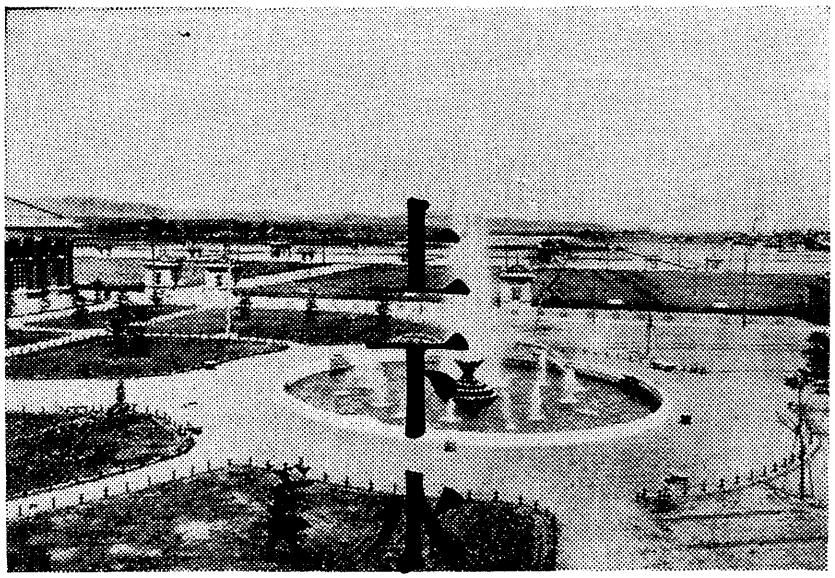


土木道

工學博士 草間偉

第二十一編　上下水道

前編　上水道

第一章　總論

一　上水道の效用

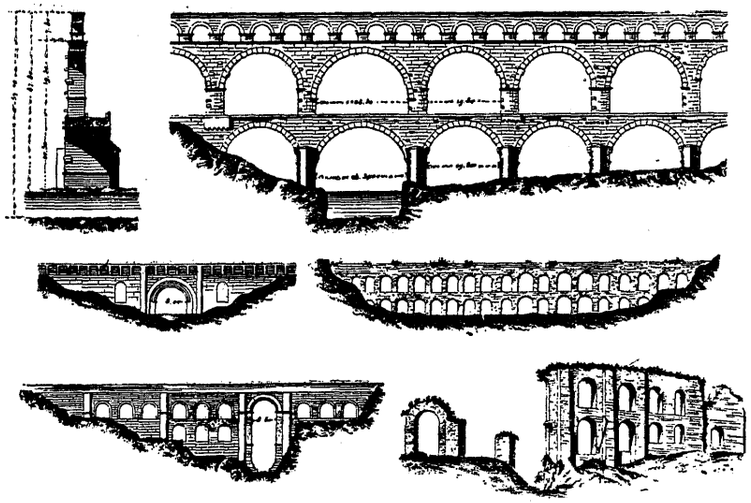
上水道は市町村の住民の需用に應じ公共給水の目的を以て敷設せるものである。凡そ水は人類の生活に一日も缺く能はざるものにて飲料に料理に、洗濯に、沐浴に、庭園街路の撒水掃除に、下水管の洗掃に、消防に、工業に、進んで水力電氣に、田園の灌漑に各適當の量を必要とする。社會の進歩、工業の發達に伴ひて人間は都會に集中し來り都會に於ては到底從來の井戸等にては其の著しき需用に應じ得ざるに至り、猶家庭汚水又は工場廢水は地下に滲透して土壤を汚し或は河川に流下して水質を損し之等の水は恐るべき傳染病の媒介者となり市民の健康を脅かすに至り茲に上水道施設の必要が起つて來る。上水道を造らなければ都會は或る程度以上發展しないものである。東京市も往時德川幕府時代以來水道を造り給水したればこそ斯る大都市になつたのである又倫敦も人口の增加に伴ひ遠き昔よりテームス河の水を揚げ巴里もセーヌ河又ば遠方より湧水を導き給水する事に苦心して克く今日の大都會をなし其の他紐育、市俄古、伯林等も此例に洩れない。何れも其の發展と共に巨費を投じて上水道の完全に努力して居る。上水道を完全にすれば市民の健康を增進し傳染病を減じ死亡率を低下する事は諸統計により明かである。又市民の日常生活を極めて便利ならしめる。若し井水が硬水ならば軟水として洗濯に汽罐給水に都合よくする是等の外に火災の被害を減じ不動産の値を增し火災保險料を輕減せしめる。又本邦にては水道は市町村等公共團體にて經營するを元則として居るが相當の利益を收め財源となる然れ共都市の衞生は單に上水道のみにては完全でない。上水道をば使つて生じたる汚水汚物を迅速に排除する事も極めて肝要である。茲に於て下水道の必要が起る。上下水道は丁度人間の身體に於ける血液の循環系統に比すべきもので、心臟はポンプに相當する。上水道は動脈に當り初め大管にて心臟より出で漸次小管に分岐して血を各組織に送り血液が榮養作用を營みて心臟に戻るには靜脈に依る、之は初め小管にて汚血を集め後大管となる、恰も下水管に相當する。肺は再び血液を淨化するもので略淨水場に當るも都會にては下水を再び淨化して飲料に供する事はない點が違ふ丈である、併し井戸を水源とする所にては下水の一部は滲透して戻らないとも限らない斯くして人間の健康は靜脈動脈兩系統の完全なる時に保ち得る如く都市の衞生は上下水道完備して始めて其の完全を期し得べきものである。

二　上水道の沿革

古代　太古未開の時代人間相集つて一つの集團をなすに方つては湧泉、河流等の附近に集り自然に良水の得られ易き所に部落を造り之を杓つて使用したものである。然るに人口の繁殖增加に伴ひ斯る天然の供給にては水の不足を來し又は新に居を卜するに方り河流池沼の乏しき地方にては井戸を穿ちて地下水を汲む樣になつた。古代の井戸中最も有名なるものは埃及ピラミッドの附近に其工事中使用したと云ふカイロ市のジョセフの井戸である。之は當時に於ける埃及人の優秀なる技術を示すもので岩の中に深さ約九〇米も掘り此の上部は側邊五・五、及び七・五米の矩形斷面にて深さ五〇米、下部は側邊二・七及び四・六米深さ四〇米にて水を汲み揚るには下部は驢馬を上部の底に入れて環狀をなしたる鎖に多數のバケツをつけて汲み上

部は井戸側に沿ふ螺旋狀の斜面にて運び揚げたものである。其他古代希臘、波斯、印度等にも有名なる井戸が有り又支那人は殆ど今日と同一の方法にて深さ五百米に近い掘拔井戸を穿つて居る。又古代人は井戸の外に貯水池並に水路を造りて水を引きしものにてジエルサレムには地下貯水池が有つて雨水を貯へ又石造水路により引き來れる水を貯へる池も有つた。希臘人は導水路を造り「サモス」の町には今猶一部殘つて居る。又伏越も古代既に知られ、切石造のものが殘存して居る。カルセージにも地下大貯水池の敗墟がある。又埃及、アッシリア、印度等には水道工事に併せて農業用の灌漑水も加へたる大きな水路や貯水池も少くない。然れども古代水道中羅馬市の水道は其の規模に於て、其の水路の數及び延長に於て當時他に比類を見ない。實に水道史中特筆大書す可きものである。羅馬は紀元前三一二年迄は其の町を流るゝタイバー河の水或は其の附近の湧泉又は井戸等を使つて居つた。漸次之等の水が汚されて不潔となり遂に水源を遠方に求むる樣になつた。斯く遠方より清き水を取るには長き水路や水道橋を要し山には隧道を穿ち低地には栱橋の長列（第一圖參照）を造り當時としては實に驚嘆す可き工事である。第一の水道は當時（紀元前三一二年）羅馬の執政官アッピアス・クロウディアスの造りしものにてアッピア水道と稱して延長一八粁である。後羅馬にては相次いで工を起し紀元三〇五年に至る約六〇〇年間に總數一四の水道其の延長五七八粁内栱橋部八〇粁を造つた。之等の水路中水質の最良のものは飲料に次ぐものは噴水や水槽洗濯に、最も濁水は浴場や撒水に使用した。給水量は一人一日平均約一八〇立にて今日に比べても可成豐富である。羅馬人は單に首府羅馬にのみ水道を造つた許りでなく猶其の殖民地たりし佛國のパリ、リオン、獨逸のメッツ、西班牙のセゴヴィア、セヴィユ等にも重要なるものを造つた。

第一圖



羅馬の水道橋

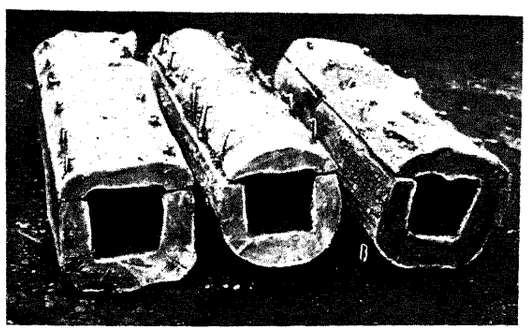
中世 紀元五三七年羅馬帝國の瓦解後は世は中世の暗黑時代と化し約一千年間羅馬は勿論其の殖民地の水路も捨て顧みるものなく使用に堪えない樣に破壞し甚しきは何の目的の爲に古代羅馬人が造りしかも忘れられる樣になつた。當時宗教の教義にも却て人體の不潔を奬勵する位で其の不衞生狀態から終に一四世紀に恐る可きペストの大流行を來し歐洲の人口の四分の一を斃した。斯くして識者は此の原因の那邊に存するかを悟り中世紀の終りに至り漸く再び水道衞生に就て注意し始めた。尤も其の間にムーア人が西班牙にて元の羅馬人の水道を修繕し一二世紀にアルトイスにて始て掘拔井戸を穿つた。巴里にては一〇八三年小水道を造りし迄は全くセーヌ河の水に依り倫敦にても一二三五年に始めて泉の水を鉛管にて導き一五八二年に倫敦橋に最初のポンプを据ゑ鉛管にて市内に配水した。獨逸にては一四一二年に創めて水道を造り一五二八年にハノーヴァーに於てポンプを使つた。

近世 十七、十八兩世紀は水道の發達極めて微々たるものであつたが一八世紀の後半に蒸汽力をポンプに應用する樣になつた事が水道發展に大に力を與へた。其の最初のものは倫敦にて一七六一年である。蒸汽ポンプと共に水道に一新紀元を劃したものは鑄鐵管の使用である以前は鉛管及び刳拔木管で配水して居つたものを一八〇〇年頃鑄鐵管に改むる樣になつた。又水を砂濾しする事は一八二九年倫敦のチェルシー水道會社のジェームス・シムプソン氏によりて殆ど現時の方法と同じ方法で創められ一八七五年以來全歐洲に汎く行はれ今や地表水にて砂濾をしない町は殆ど無くなつた。當時給水は一日の内數時間に限られる所謂制限給水で有つたものを今日の如く連續給水としたのは一八七三年矢張倫敦市である。從つて今日の水道の發達は古い樣であるが實は漸く最近數十年の進歩に過ぎない。次に米國では一六五二年にボストンにて創めて水道を造り自然流下式により湧泉を導いたものである。又蒸汽ポンプは一八〇〇年、木管の代りに鑄鐵管は一八〇四年共にフィラデルフィア市で創めて用ひられた。米國も歐洲と同じく一九世紀後半に著しく進歩して居り一九〇〇年には人口二千以上の町村にて水道を有しない所は稀である樣になつた。米國にては機械濾過法も發明され一九〇八年には漂白粉殺菌法次に鹽素殺菌法も創められた。一九〇六年より一九一八年に於けるニューヨーク市のカッツキル水道の如きは水道技術の異狀なる進歩を示すものである。

凡そ淨水を供給する方法は國々に於て地形と地質によりて異る事は勿論なるも地形地質等類似の所にても國によりて發達の方面に大差ありて各國各自の方法を墨守し他國にて非常に必要なる方法と目されたるものを顧みざる傾あるは寧ろ不思議な位である、例へば英國にては小流の水を貯水地に貯へて旱魃時に供ふる事に努力すれども歐洲大陸にては斯る例少く獨逸にては濁れる河水を清淨にする事に費用を惜まず近年地下水の利用盛に佛國墺國は山間の清水を得んとして數百粁の水路を遠しとしない。又米國は一般に豐富なる供給に重きを置き給水量の點にては世界に比を見ないが水質には比較的無頓着である。

本邦水道の沿革 飜つて本邦水道の狀態を見るに潔癖性に富める我國民は飲料水に對し深甚の注意を拂ひ常に清水を需めて其用に充て主として掘拔井戸又は筧の水に依つた事は明かであるが公共給水の目的を持つて施設せる上水道の起源等は史上に其記錄がないから知る事が出來ない。蓋し東京市の上水道の起源の如きは最も古き記錄のものである家康の江戸に幕府を定むるに方り井水の不良又は涸渇を憂ひ天正一八年中（西暦一五九〇年）大久保藤五郎忠行命を奉じて井の頭の池水を關口より水道橋を經て神田、日本橋に引き神田上水を創設した之が本邦に於ける水道事業の嚆矢である水路延長五里二六町餘小石川水戸屋敷以下は伏樋にて其總延長一六里二九町餘である。其後江戸の發展に伴ひ神田上水にては不足を告げ市民大に苦しんだので將軍家光町奉行神尾備前守元勝に命じ玉川上水を開鑿せしめ多摩川村の庄右衞門清右衞門の兄弟專ら之に當り承應二年（西暦一六五三年）多摩川の水を羽村より四谷大木戸迄一〇里三〇町開渠にて導き大木戸より伏樋にて麴町を經二分し

第二圖



玉川時代の木管

一つは城内吹上御苑に出で一つは虎の門外に至つた。斯く本邦にては三百餘年前既に歐洲にも優る立派な水道を造つて居つたのである。第二圖は大正十五年十一月東京市麹町區一番町にて發掘せる玉川時代の木管である。

猶後年龜有上水、千川上水、三田上水等を施設した。當時諸藩にても亦幕府の制に倣ひて簡單なる上水道を設けた所が多い、中でも名古屋、水戸、金澤、仙臺、福山、鹿兒島、高松、福島等は最も有名にて、中には現存するものも少くない。

降つて明治時代には橫濱にて明治一六年英人バーマー氏に調査を依賴し一八年工を起し二〇年創めて通水した。之れ實に本邦に於て水を濾過し鐵管を使用し有壓水を送る新式水道の嚆矢である。次で函館、長崎、大阪、廣島、東京、神戸、岡山、下關等各市の水道成り爾來連年各市町の竣工を見ざる事なく駸々として普及發達し昭和三年四月內地に於て竣工せるもの實に二一六箇所工事中のもの七一ヶ所申請中のもの三總計二九〇に達し、外に樺太二、朝鮮二八、臺灣二一、南滿洲にて關東廳並に南滿洲鐵道株式會社に屬するもの二一に達して居る、內地に於ては市の六割強、町の六パーセント、村に至つて千分の五か六程度にて給水區域內住居者は全國にて千五百萬人、全人口の一八パートの普及率を示して居る。

三　上水道設計の要素

上水道を設計するに方りて先づ考究す可き事項は大要差の五項である。

第一、供給す可き水量
第二、水源を求め水質檢査
第三、水源より都市に導く水路
第四、水の淸淨方法
第五、市內配水法

而して上水道をなす要部は次に列記するものである。

(一)集水設備　水の適當の量を集め取入るゝ設備にて溪流より取る場合、大河湖沼より取る場合にて異る、制水門、堰堤、貯水池、送水路、大河又は湖水よりの取水口、井戶、ポンプ等。

(二)淨水設備　水質を改良するものにて沈澱池、濾過池、曝氣、除鐵、又は軟化裝置、消毒裝置等。

(三)配水設備　所用の水壓の下に所要水量を調節して市內に配水するものにて淨水池、配水池、配水塔、ポンプ、配水管及び其附屬品、制水瓣、消火栓、量水器等。

是等のものが水量、水質、源水の位置地形等により簡單なるものあり複雜なるものあり或は大なるもの小なるもの等場合に依り千差萬別である。

四　上水道の配置と方式

上水道の要部の配置規模等は水源の水質都市よりの距離高さ市內の地形等によるものである、併し大體に遠方水源と近傍水源との二つに大別せられる、遠方水源のものは多く貯水池を有し送水路に依り自然流下にて市內に配水される、近距離のものは近傍の地下水又は河川湖水よりポンプにて揚げ配水するのが普通である之は市內より高さの差充分でないから高揚ポンプを要する、又市內にて高低の差著しき場合には給水の區域を高區低區の如く二段に又は場合により高區中區低區の三段に別つ事が經濟的である、水道に最も費用を要するのは水源も遠く位置も低く剩へ水質も惡しき場合にて最も惠まれたるは之れに反對に水源近く高き場所に淸涼なる湧泉を得られ其儘自然流下にて給水出來る場合である。然れ共普通の場合は此中間に位して居り都市附近の源水を淨化し揚水するものと遠方の高所にある水源とを注意して比較決定を要する。

又配水方法によりて水道の形式を分類すれば次の四種となる。一、自然流下式　二、配水池

式　三、配水塔式　四、ポンプ直送式にて一の自然流下式は全然重力卽ち自然流下により市內給水をなすもの、二は一旦配水池に水を揚げ之より自然流下式により市內に給水するもの、三は配水池の代りに人工的に配水塔を造れるもの四は全くポンプ直送により給水するものである、多くの場合に配水池又は配水塔はポンプ揚水量が市民の需用量に不足する場合に之を補ひ過剩する時に之を返戻するもので此の際は、二と四、或は三と四、の混合式卽ち直間接式となる、何れにするも配水池、配水塔を用ふる場合は出火の際は市內配水管と連絡を斷ちて水壓を高められる樣にするがよい。以上列記せる四方式は地方の狀況に依り工費等經濟上定まるものであるけれど其の優劣を比するに、一の貯水地を有する自然流下式は給水最も安全確實である、二は之に次ぎ、配水塔式は更に下り、四のポンプ直送式は最も不安にして一旦停電あらんか直ちに全市斷水するに至り不幸にして斯る際列風の下に失火でもあらば之を如何ともする能はず全市を擧けて烏有に歸せしむる事が起る。故に、三、四等に際しては動力の源を少くも二重とする事が肝要である。近來ディーゼル機關は其の始動に要する時間が極めて短いから之を豫備として設置し併せて電力のピークに應ぜしむるは良法である。

五　上水道の要件

前述の如く水道の水は種々の用途に使用せられる、飮料とか料理の如き家庭用水、工業用水、又は公園の噴水街路の撒水又は掃除、下水管の洗掃或は消防用水等種々の違つた目的に使用される、多くの場合に配水池又は配水塔はポンプ揚水量が市民の需用量に不足する場合に之を補ひ過剩する時に之を返戻するもので此の際は、二と四、或は三と四、の混合式卽ち直間接式となる、何れにするも配水池、配水塔を用ふる場合は出火の際は市內配水管と連絡を斷ちて水壓を高められる樣にするがよい。以上列記せる四方式は地方の狀況に依り工費等經濟上定まるものであるけれど其の優劣を比するに、一の貯水地を有する自然流下式は給水最も安全確實である、二は之に次ぎ、配水塔式は更に下り、四のポンプ直送式は最も不安にして一旦停電あらんか直ちに全市斷水するに至り不幸にして斯る際列風の下に失火でもあらば之を如何ともする能はず全市を擧けて烏有に歸せしむる事が起る。故に、三、四等に際しては動力の源を少くも二重とする事が肝要である。近來ディーゼル機關は其の始動に要する時間が極めて短いから之を豫備として設置し併せて電力のピークに應ぜしむるは良法である。

上水道の各部卽ちポンプ、貯水池、水路、濾過池、給水管等は總て其市町村に要する水量を假定して其設計の基礎とする、而して水量の假定は人口、戶數等が標準となるものである、各人の水の使用量は町の人口、習慣、貧富、氣候等に依りて異り又工場の多少、噴水、撒水、道路や下水管の洗滌に水を使用するや否やに依りて差違がある、克く之等の事情を調査し且つ季節及び時間等による使用量の增減を考へ消防用水、漏水等の量を加へ其上相當將來に於ける人口の增加に對する餘裕を見込みて其の最大の使用量を支障なく給水し得る樣に定めなければならない。

第二章　水量と水質

第一節　使用水量

且つ恒に斷水する事なく確實に給水して需用者を安心せしめねばならぬ、斯くして上水道の主なる要件は水量と水質と需用者の便利及び給水の確實性とである、次に第二章にては水量及び水質に關して述べ第三章にて集水工、第四章にて淨水法第五章にては配水工並に維持經營に就て記述しやう。

一　水量の單位

水道に於ける水量の單位は英國にては英ガロン米國にては米ガロンを使ひ歐洲大陸にては米突式にて立(リットル)又は立方米(一千立)を使つて居る本邦では今後米突式に依る可き筈であるが從來は立尺、立呎、又は石斗升等を用ひて一定して居ない、從つて其換算表が必要である。

第一表　水量換算表

立(l)	升	米ガロン	英ガロン	立方尺	立方呎
1.	0.5544	0.2642	0.2200	0.0359	0.0353
1.804	1	0.4765	0.3968	0.0348	0.0637
3.785	2.098	1	0.8327	0.1360	0.1337
4.546	2.520	1.2009	1	0.1634	0.1605
27.826	15.426	7.3509	6.1211	1	0.9827
28.317	15.698	7.4805	6.2290	1.0176	1

二　使用水量

或る都市に於て一年間の全給水量を全人口の三六五倍にて除せば一人一日平均給水量が出る此量は村落に少く人口が增すに從ひ卽ち大都市になる程大きい、木邦の例では、

大都市	一二〇——一八〇立
小都市	八〇——一二〇立
町	六〇——一〇〇立
村落	四〇——六〇立

程度である。此の水は種々の目的に使用されるものにて之を目的に依り大別すると、

家庭用（飮料・料理・洗濯・風呂等）
商工業用（營業・工場・船舶等）
公共用（消防・公園の噴水・道路下水の撒水洗滌等）
漏水其他

是等の內大工場用水を除けば總て給水區域內の人口とか戶數に大體比例するものである、米國人は非常に水を使用する國民で極端の例を除いて見ても左の樣である。

第二表　一日一人一せ示てに立量用使均平

使用の種類	最小	最大	平均
家庭用	80	200	140
商工用	40	190	115
公共用	20	60	40
漏水其他	60	150	105
合計	200	600	400

最近（一九二六年）の報告によるに小都市にても三〇〇立以下は甚だ稀であると云ふ、シカゴ市の一〇四〇立、バファロー市八〇〇立の如きは特に異例である。

歐洲人は米國に比して餘程少く三分の一位である。卽ちロンドン市始め英國諸都市も二〇〇立以內であり米國の最小の部に當る、佛伊兩國は之より多少多い樣なるも、獨逸は一般に儉約にて本邦の狀況に似て居る、前に述べし樣に本邦にては從來普通一人一日平均一〇〇立以下にて滿足して居つたが文化の進歩衞生思想の發達に伴ひ淸潔を喜び衞生設備を設け又水道使用に慣れて濫費性を增し一人當りの水の使用量を增加するもので東京市の如きも初め一日最大四立方尺が擴張にては六立方尺、將來は一・五立尺となり大阪、神戶、名古屋等も皆年と共に增し來り當初の極度給水人口に達する以前に此の原因の爲に擴張を要するものが少くない。將來の都市にては家庭の水撒便所用水は一人一日二〇立の外下水洗滌槽に一日一二〇立、鋪道洗滌に一平方米につき一日二立等公共用水に相當增加す可き故一割以上見込むがよい世界に於ける使用水量を次に表示する。

第三表　外國諸都市使用水量表

地名	一人一日當平均使用水量(立)
バーミンガム	一六〇
エディンバラ	一九一三——二八五
グラスゴウ	四一九一
ロンドン	一六〇
マンチエスター	一六〇
ブエノスアイレス	一三六
ベルリン	一三三
ハムブルグ	一四二
レニングラード	一四四
アルソー	九六
プラツセル	九六
プタペスト	二二四
マルセーユ	一六七
バリ	一四五
ローマ	四五三
ヴイーン	九六
シドニー	一九二
ボムベイ	一四二
カルカツタ	一〇四〇
ボストン	四二七
ニューヨーク	四九五
フイラデルフイア	六三五
ボルチモア	五〇〇
パフアロー	八〇〇
ワシントン	五〇〇
ロスアンジエルス	四七二
セントルイ	五三〇

一九〇七——一九一五 一九二五

各種目的に使用する水量に就て獨逸水道協會の規定は次の樣である。

(イ)住宅及び廐舍に於ける水の使用量

飮用・料理・洗淨用水	一人一日　二〇—三〇立
洗濯用水	一人一日　一〇—一五立
便所水洗一回に付き	五—六立より八—一〇立
小便所にて使用毎に洗滌するもの一日に付き平均	三〇立
連續的に流出するもの流水管一米に付き一時間	二〇〇立
浴槽一回	三五〇立
灌水浴一回	二〇—三〇立

旱天に庭園の水撒	一平方米に付き一日・五立
歩道及庭の撒水	一平方米に付き一日・五立
馬牛其他大なる家畜	一四一日に付き五〇立
小家畜(羊豚等)	一〇(八—一三)立

(ロ)公共用水量

學校	生徒一人授業一日に付き　二立
營兵隊	一人一日に付き　二〇立
馬一匹に付き	四〇立
同院	一人一日に付き　一〇〇—一五〇立
病館	一人一日に付き　一〇〇立
旅浴場	一人專用一回に付き　五〇〇立
洗濯場	一日庭に付き　四〇〇立
屠殺場	大家畜一頭に付き三〇〇—四〇〇立
屠殺場	小家畜一頭に付き一五〇—二〇〇立
市場	逵坪一平方米一日に付き　五立
停車場	使用機關車一臺一日に付き　六〇〇〇—八〇〇〇立

(ハ)公共用

鋪裝道撒水	一回一平方米に付き　一・五立
碎石道同	一・五立
公園道同	一・五立
公衆便所	使用每洗滌するもの一箇所に付き一時間　六〇立
公衆便所	連續的に洗滌するもの流水管一米に付き一時間　二〇〇立
公衆給水栓	斷續的に流出するもの一日一回に付き　三〇〇立
公衆給水栓	連續的に流出するもの一日一回に付き　一五、〇〇〇—二〇、〇〇〇立

(ニ)工業用水

ビール百立の釀造に

蒸汽機關及瓦斯機關	蒸汽機關は凝汽器の有無にて差あり無きものは一馬力一時間に付き　三〇立有るものは凝汽に使ふ水を每回新にするものとして一馬力一時間　三五〇立
瓦斯機關は一立方米の瓦斯に付き冷却水	四〇—六〇立
噴水	庭園の二—三米直徑の水鉢に出るもの一時間に付き二〇〇—五〇〇立
猶大なるものは大きさに依り一時間	一〇、〇〇〇—一〇〇、〇〇〇立
煉瓦積	一千本に付きトロの水を加へて　七五〇立
消火栓	壓力及口徑に依り每秒　一〇—五立

三　使用水量の變化

又水の使用量は一年間に於ける季節により又一日にても時刻により恒に變化して居る、卽ち月により日により時間によりて異る、之を夫々月變化、日變化、時間變化と稱する貯水池等には長い期間の變化の研究を要し濾過池等には日變化を標準とし調製池配水管、直送式のポンプ等には時變化を考慮しなければならぬ。

月變化は一年間の月々によりて異るもので主に大氣の溫度によりて影響を受け熱い時七、八月に多く二月頃の寒き時に最少である、極く寒い地方にては給水栓の凍結を防ぐ爲に故意に開口する爲冬最大に達する事もある、月變化は一年平均量の一〇—二五%增位にて二、三ケ月繼續するものとする。

日變化は日によりて異るもので、夏の暑き日に最大である、普通一年平均使用量の五〇%增しとする。

時變化は一日中の時間により異るもので其の變化は同じく夏の熱き日に最大である、之も其一日の使用量の五〇%增位にてよい、朝四時頃より使ひ始め八時頃最大となり夕方まで下りつゝ上下し午後六七時頃再び上りて後十時より十二時の間に下りて夜の漏水のみとなる、從つて設計の際取る可き量は次表の如くなる。

第四表　一年間に於ける平均使用量と最大日時使用量比較表

	比例	一人一日平均使用量を百立とすれば
一年間に於ける一人一日平均使用量	一・〇	一〇〇立
最大一人一日使用量	一・五	一五〇立
最大一人一時間使用量（其割合に一日使用するものとして）	二・二五(1.5×1.5)	二二五立

故に配水管、直送式ポンプ等は平均一年間使用水量の二乃至二・二五倍にして且つ次の消火水量を見込みて設計すべきものである。

第五表　本邦諸都市一人一日平均及最大使用量表（大正十五年—昭和元年）

地名	一人一日平均使用量(立)	同最大使用量(立)
東京市	一五七	二〇七
京都市	九九	一六六
大阪市	一三六	一八四
横濱市	二〇三	二六六
神戸市	七四〇	一〇五二
名古屋市	九一	一二七
函館市	一五〇	一七四
新潟市	七七	一〇八
長野市	一二二	一五二
仙臺市	一八三	二四二
廣島市	一四五	二〇一
下關市	一四五	一七七
高知市	二四七	三三〇
福岡市	五三	九〇
鹿兒島市	六〇	九三
京城府	一二三	一六七
臺北市	一六一	二〇一
大連市	八〇	一一八

消防用水、之は臨時的のものにて一年分の全人口に割當てると極く微量である且使用量の少ない冬の夜に火事が多いが火災の時其の場所丈けに極めて多量を要するから平素必要量を貯水し配水管の直徑は主として消防用水の流通する方より考慮する、附屬の消火栓は市街の一區畫每に一つ、距離から一〇〇米—一五〇米以內には必要である、又火災時に同時に用ふるホースの數はキチリング氏に依れば $2.8\sqrt{x}$ 但し x は人口を千人單位にて表はせるものにて其三分の二は一地點に集中せしめる必要がある。其一本のホースよりは商業地區にては每分九五〇立の水量を射出するものとする但し住宅地區にては六六〇—七五〇立のホースにてよろしい日本にては家も小さいので每分六〇〇立位でよい、水量は米國にては $Q=2700\sqrt{x}$ 立/分 となるけれども火災保險局にては更に安全を取りて $3800\sqrt{x}\left(1-0.01\sqrt{x}\right)$ 立/分 として居る、日本にては $Q=1700\sqrt{x}$ 立/分 位でよいだらう而して此消防使用水量は大都市にては其の影響は少いけれども小さな町では比較的大きい、斯る火災が二—三時間續くものとすれば可なりの量となり一萬人以下の小都市には一日の普通使用量よりも大きくなるので貯水池配水池等の設計に相當考慮しなくてはならぬ、又ポンプや配水管等は斯る時を標準として設計するを要する、倫敦、紐育、巴里等にては特に火災時河の水を引き入れ使用する事が出來る樣になつてゐる。

四　將來の使用量附人口の增加

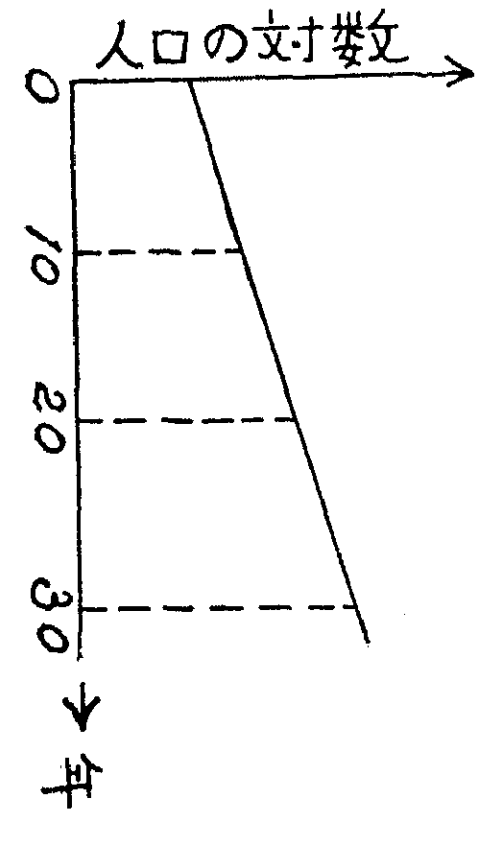
普通都市の人口は年を逐ふて增して居る、水道の計畫には或る將來にも充分給水出來るが如き容量を見込まねばならぬ、人口の增加は成る可く長年月に亘りて過去の人口の增加の割合を調査する、之をP%とすると衰微する町或は全く眠つて居る町を除けば通常の町にては大きな町ではPは二—三%、小さな町では〇・五—一%村落にては〇・三—〇・五%位である、最も大都市の接續町村とか又は其町に師團とか大工場が出來るとか停車場が出來る等の特別の場合には急激の增加率を示すものである、斯くしてPが判つたらば現在人口が a で今より X 年後に於ける人口 y を求むるには其間同一の割合にて增すものと假定すれば複利法と同じ樣にして

$$y = a\left(1+\frac{P}{100}\right)^x$$

$$\log y = \log a + x\log\left(1+\frac{P}{100}\right)$$

の式にて對數表又は $\log y$ と x との間の一次式であるから第三圖の樣な直線圖表によりても任意の年に於ける人口の對數次で人口を容易に求められる、扨て增加率が每年三%とすると二四年にて二倍三七年にて三倍四七年で四倍になる猶都市の人口は右の式にて無限に增すものでない、限られたる面積であるから飽和人口がある、都市計畫の方から之を千坪に百人とか二百五十人とか卽ち一ヘクタールに三百人とか七百五十人とか云ふやうに飽和人口を定め之を考慮する必要がある、若し過去の人口の統計が不完全の場合には人口、商工業其他の事狀が似て居り且つ既に水道を有して居る都市の發展の模樣を參照するがよい、是れで何年後を標準として水量を定むるかは、普通一〇年乃至一五年位で長きは三〇年に達する、併し初めより其の最後の人口に對して全水道を設計する必要はない、送水路の如き用地の如き擴張買增しに困難なるものは一度に三〇年乃至五〇年の如く遠き將來の分まで準備する、濾過池やポンプの如く人口の增加に伴ひて一個宛追加し得るものは現在の人口に對し故障とか掃除等の豫備として多少の餘裕を見ればよい、從つて異つた部分に對し異つた人口に就て設計するのである。

第三圖



第二節　水質

一　不純物

化學的に純粹なる水は H_2O 卽ち水素一一・二酸素八八・八よりなり他の何物をも浮游狀又は溶解狀にて含まないものである、斯るものは自然には存在して居らぬ、大抵の瓦斯體や固體は多少水に溶解するもので他の液體も水と混交しやすく且水は恒に之等のものと接觸してゐるから其の成分を多少吸收し其上塵埃や細菌や其他の生物を含み極めて不純になつてゐる、人間の得られる最も純粹なる水は蒸溜水である。斯る不純物の成因は水が雨雪となりて空中を降るときに酸素、窒素、炭酸瓦斯等を溶かし、且空氣中の塵埃細菌等を含み地面に達して流下すれば水は種々の礦物や有機物を溶かし又一旦地中に滲入するや地下水となり再び泉、井水となりて出るけれども、其の間に種々のものを溶かし此の不純なる水は清水には不溶解の他の礦類を溶かして飽和狀態にまでなるものである。又町を流るゝ水は下水に田畑を流るゝものは惡水に汚され種々危險なる細菌や生物を含む樣になる水道の立場より見ると或る種の不純物は却て之を歡迎する場合も有るもので飲用として健康上有害とか又工業用に特に不適當とか或は外觀臭味等が不愉快になるものを含有しなければ構はないものである、此考へにて水の良否を判定する、實際に化學的純粹なる水は寧ろ味は良しからずして普通の無害なる礦物質が多少含まれたる方が飲料に適するものである。

二　不純物の水質上に於ける意味及檢査

前述の不純物は水に物理的に化學的に又衞生學的に或る性質を與ふるものにて其內主なるものは濁度、色度、臭味、反應、硬度等である、又有機物、細菌等は飲料水に非常に大切なる衞生上の關係を持つてゐる、次に之を說明しやう。

濁度　濁度は水中に砂、粘土等の微細分子の浮游より生ずる、時に藻類等の微生物に原因し鐵管中にては鐵分により濁る事もある、程度は百萬分中浮游物の量にて示し百萬分の五（一立中五ミリグラム）卽ち五度までは殆んど認識さ

れない、百度となれば餘程濁り一千度となれば不透明となり一萬度は多くの水の不純物含有の事實上最大限度である、濁度が餘り高いと貯水池、鐵管及汚鑵に沈澱を生じ外觀も悪しく飲料洗濯工業等にも不適當となる、飲料水としては五度を制限とする、濁度の測り方は標準濁度の溶液と比較檢査により、又簡單には長さ一・二米の棒端に徑一粍の白金線を附し之が見えなくなる深さを以つて定める、百粍の深さの時丁度百度に當る、其他も棒に目盛してある、標準液は一ミリグラムの白陶土を蒸溜水一立中に入れたるものを一度とする。

色度　濁度を生ずる浮游物に色があると水に着色した樣に見える、併し水自身の眞色は着色不純物が水に溶解又は半溶解せる場合である、沼澤は水に着色する主なる原因にて水に褐色を與へ落葉は之れに綠色を混ぜる、微生物も水に悪臭と共に色をつける、測るには濁度と同樣にカラメル其他の色素を用ひたる標準液と較べて度を定める。

臭味　之は互に密接なる關係を持ち混同せらるゝもので多くの味は其實臭氣である、アンモニア、硫化水素藻類其他にて水を汚すと臭味を與ふるが普通ある如き少量の不純物にては嗅覺にて發見されない、水を熱すると臭氣を增すものであるから檢水を熱して檢査する臭味の程度には標準がない、種類強弱を詞で示すに過ぎない。

反應　酸性であるか、アルカリ性なるかを見る、普通の水はカルシュームかマグネシュームの炭酸鹽類の爲に稍アルカリ性である、併し腐蝕有機物の土質の所にては CO_2 の爲に弱酸性のことがある、又石炭礦山にては硫酸や亞硫酸の出る事があり、又種々の工場よりも夫々特別の酸が流出する。斯る水は水源として衞生上面白くない、アルカリ性又は酸性の度を見るに夫々醱性又はアルカリ性の標準液を滴下して定める、又アルカリ度は水素イオン濃度即ちpH値でも定められる、之は水中の陰陽兩イオンの磁氣引力を基礎としたものにて酸かアルカリにて處理すると丁度兩イオンの引力の最大の所がある、此の際凝集劑（沈澱を助くる藥にて明礬の如きもの）が最も有效に作用する。

アルカリ度は百萬分中炭酸カルシューム（$CaCO_3$）一分を以て一度とする、之は獨逸式にて示すものにて機械濾過にては クラークの度（一英ガロン中の炭酸カルシューム（$CaCO_3$）のグレインの數即ち七萬分の一）、佛國にては一〇萬分中の炭酸カルシュームの一分を一度とし米國にては百萬分中の炭酸カルシュームの量にて定める、今其換算率を表示しやう。

硬度　カルシュームやマグネシュームの炭酸鹽類又は硫酸鹽類及びソヂュム及びカルシュームの鹽化物は水に硬度なる性質を與へる斯る物を澤山溶解して居る水を硬水と稱し少量のものを軟水と云ふ、而して炭酸鹽類は單に水を煮沸すると軟くなる之を一時的硬度と云ひ硫酸鹽類又は鹽化物の方は斯く簡單に除けない此の方を永久硬度と云ひ兩方を合せて總硬度と稱する、硬水は洗濯に餘計の石鹼を要し又汽鑵の一部垢を生じ燃料を餘計に要し且つ時に汽鑵に湯を過熱して生命を短くしたり爆發を誘引する、併し飲料水としては適當の硬度を有する水の方がよい、硬度を定むるには標準石鹼液を滴下し烈しく振りて五分間消滅しない小泡の出來る迄加へ、其の石鹼液の量にて總硬度を知る、硬度は本邦にては一〇萬分中に含有する酸化カルシューム（CaO）一分を以て一度とする、之は獨逸式に依つたものであるが英國にてはクラークの度（一英ガロン中の炭酸カルシューム（$CaCO_3$）のグレインの數即ち七萬分の一）、佛國にては一〇萬分中の炭酸カルシュームの一分を一度とし米國にては百萬分中の炭酸カルシュームの量にて定める、今其換算率を表示しやう。

第六表　換算率

	獨逸式	クラーク度	佛國度	米國度
獨逸式（本邦は之を用ふる事多し）	1.0	0.8	0.56	0.056
クラーク度（英國式）	1.24	1.0	0.7	0.07
佛國式	1.78	1.43	1.0	0.1
米國式(p.p.m)	17.8	14.3	10.0	1.0

硬度は或る地方にては急に汚されない限り一定してゐるものである。

飲料として硬度　は慣れれば差支へないが水道にて理想とするは獨逸式八度以內にて此內永久硬度は三度以內位がよい、總硬度が六度以上なれば永久硬度も檢査する、クラーク氏は其六度以下を軟水以上を硬水とし米國にては五〇（米度）以下を軟水、百度以上を硬水として居る。

鹽素（クロール）　鹽素の檢査も亦必要なるものにて其の地方により自然に含まるゝ量は一定して居る、夫れ以上含有さるゝ場合には尿等人間の排泄物より汚されて居る事を證するものである、米國にては此鹽素の分量から其川の上流に住む人口を知ると云ふ位である、食鹽は却々吸收されず人體を通過し尿、汗として出で、又水道にて沈澱濾過しても除去出來ないものである、尿の中には〇・七五乃至一％も鹽素を含む故に人口稠密の所にては土壤中の鹽素含有量を增すものである。

鐵とマンガン　鐵とマンガンが多すぎれば悪臭をつけ又は點滴を以て定められる、水中にある鹽素の限度は百萬分の五〇以下である、二五〇以上となれば不愉快なる味をつける。

クローム酸加里溶液を加へ標準硝酸銀溶液の

配水管中に鐵バクテリアの如き有害なる微生物を發生する因をなす、二百萬分の一の鐵は既に害をなす樣である、百萬分の鐵法を講じなければならぬ、マンガンは丁度鐵と同樣の害があり鐵と共に存在すれば互に除去を困難ならしめる。

鉛・亞鉛・銅及び錫　是等の分析は特に其中毒の恐れある時の外は行はない、水が軟かにて炭酸を含む時に酸性となりて配水管の是等のものを溶す事がある、特に鉛は鉛毒を生じ二百萬分の一にても既に有害である、例へ之以下の分量にても不斷に用ふれば恐る可き鉛毒を生ずる。

三　有機性不純物の意味及檢査

衞生上、水中に含まるゝ不純物中最も危險なるものは有機性物質である、有機物の多い水はバクテリアの多い事を示してゐるから、此の檢査は尤も肝要である。アムモニア、亞硝酸・硝酸、酸素吸收量等の檢査は之を目的とする、凡そ有機物は次の三形體として這入つてゐる（一）動物或は植物の如き生物、（二）生物生活の生産物即ち蛋白質、尿素、又は組織、（三）有機物分解の生産物即ちアンモニア、炭酸瓦斯、硝酸及び亞硝酸の鹽素。

炭素や窒素は無機物としても有機物としても這入つてゐるから化學的分析丈けにては其の原因は有機物なる事は不明である、猶間接に調査し其成因を定める、總て窒素を含む有機物は分解し易きのみならず窒素は總ての生物の要素をなしてゐるから衞生學上最も肝要なるものである、化學分析にて窒素は次の四形體にて出てくる、（一）蛋白性アンモニアとしての窒素、（二）アンモニアとしての窒素、（三）亞硝酸鹽としての窒素、（四）硝酸鹽としての窒素。

有機物は主に炭素、水素、窒素、酸素の四元素よりなり若し生物が枯死すると分解を始め最初に炭素が酸化すると後にアンモニアとなり次に酸化して亞硝酸となり硝酸となる、普通之れは水中の無機鹽基と化合して亞硝酸鹽、硝酸鹽となる、之れが有機物が他の或る細菌の作用で漸次に酸化して次に安定し無害なる無機物となる順序を示すもので水を分析して若し游離アンモニアが發見されると水中の有機物が盛に分解してゐる事を表はし、亞硝酸鹽硝酸鹽は漸次其の安定無害を示すものである。

有機物は亞硝酸又は硝酸となる爲に水中にある溶解酸素を吸收する、此の爲に水中の游離酸

素の大部分は消盡される故に此の溶解酸素の多少を調べると水中の有機物存在の一指針となり其の水が今後腐るか否かを知るに極めて必要である、又斯くの如く消費された酸素を補ふ爲に過マンガン酸加里を加へたる量により消費酸素量を知る事が出來る、總て高度のアンモニア・亞硝酸鹽硝酸鹽及び鹽素が多い場合には水源が下水に汚損されて居る事を證明する。

微生物　微生物も水質と密接の關係を有するもので之は百倍位の顯微鏡に依り、大なるは肉眼にて見ゆる位の水中の種々の動植物である、(第四圖)水に屢々惡臭を與へ又は色を附け時としては水を濁らし沈澱物を生ずる、藻類(アルゲー)は其主なるもので水中の明るい所にのみ生存するから清水にては水面以下七米、五以内に濁水にては二〇或は三十糎以内にのみ繁殖する、人體には直接害なきも貯水池濾過池等にてよく困難を生ずる、又鐵細菌と稱するクレノスリックスは暗い炭酸瓦斯や鐵分を含める地下水中に繁殖して鐵管に有害である、微生物にも種々のものがあり之を調べて化學分析にも現はれない微量の不純物も判るもので分析檢査と相俟つて下水汚染の判定上必要なものである。

第四圖



四　細菌と其檢査法

水中の微生物

細菌は顯微鏡にて漸く見ゆる位微小のものにて一般に運動してゐる、恐らく地表水中にて繁殖細菌の居ない水はない、檢査の結果は一立方糎中の數にて示し多いものは數百萬に達する、種類も多いが多數は人間に無害である、却て水中の有機物を酸化分解して水の自淨作用を援くる、併し其內の僅かなるものが病源をなすもので其の一、二個にても胃腸に入ると危險である、水道に於て最も注意を要するのは此爲であるから水が下水に汚されてゐるか便と共に水中に排泄され玆に數日乃至數週間生存する、最も普通なるものはチフス、赤痢、コレラである、併し高等動物のみの腸の內に多數ゐる大腸菌(BColi)なるものは無害であり且つ此の形は顯微鏡にて容易に判るものにて病源菌より遙に多いから水が下水に汚されてゐるか否かを判定するに最も便利である、チブス、コレラ等の細菌は細菌學者が一代かゝるも普通の地表水の中に直接發見する事はないけれども病氣の傳播には充分である、故に大腸菌の數によりて水の斯る危險性を有するや否やを判定する、又細菌の數を數へるには檢水一立方糎を取り寒天培養器の上に攝氏三七度の溫度に二四時間培養して其聚落數を以て下水細菌を數へ又膠質培養器を用ひ攝氏二〇度にて四八時間培養して土壤細菌を檢する細菌數極めて多き時は蒸溜水又は殺菌水にて相當に稀釋して此の檢査を行ふ又瓦斯を生ずる細菌は培養して瓦斯の成否によりて定める、兎に角細菌數の多い水は危險なるものである、細菌の數は標水を汲み取りて後の時間によりて大差があるから採酌後成可く早く檢査し其場所にて培養出來ない場合には檢水を氷詰め冷器內に保ち三時間以內に檢査する一立方糎內の細菌數五〇以下のものは純良、一〇〇迄は良、一〇〇場合により一五〇以上は不良にて其儘飲料には適しない、細菌は砂濾によりて九九%以上も除かれる、煮沸殺菌法によりても完全に除去出來るものである。

五　水の溫度

水の溫度は水源によつて異る、地表水は大氣の溫度に伴つて變化するけれども空氣程著しくない、冬は氷點に下り夏は攝氏二七度に上昇する事がある、水深大に水量多き所は變化少くして深き湖底の水は攝氏四度を保つけれども淺き池沼の水は非常に變化する、飲料としては攝氏七度乃至一二度が最も適當である、地下水の溫度は一年を通じて餘り變らない、此常溫地層の深さは地面下一五乃至二〇米(メートル)熱帶地方にては一乃至二米寒帶にては溫帶地方よりも一層深いものである、若し地下水の水溫が氣溫と共に變る所にては水源の淺きを知り又水溫を測りて地下水脈の判別も出來る、極めて深き掘拔井戸又は深層より流出する泉は地熱の爲に深き程溫く地熱は平均三三米(メートル)に付攝氏一度を增すものである。

六　病氣と飲料水

水道にて最も考慮す可き事は水質の生理學上の影響特に重き傳染病の病源をなす事である、若し水源にして病源菌を含めば全市民擧てこれに犯される、多くの無機不純物は其量さへ多くなければ其の水に慣れない人を犯すのみである、硬度の差違の如きも不慣れの人の腸を傷ふ程度にて濁度も其水に慣るればよく漸次抵抗力を增す樣である、併し鉛毒はよくない、有機不純物も多量でなければ一時的に下痢を起す位である、チフス、コレラ、赤痢等の腸の病氣は其病菌が腸に入るより發生するものにて患者の排泄物が下水より河に流入して下流の町の水源に入るより起る、病菌は二週間位生存し冬季は凍るも春季融解時再び活動する、斯る水を濾過すれば傳染病を減ずる事は確實にて米國諸都市にて給水開始前後に於けるチブスに依る死亡率は少くとも三〇乃至四〇%多きは八五%を減じてゐる。

第七表　米國諸都市の給水開始前後に於ける人口十萬人に對するチブス死亡率

	給水前					給水後					減少率
オルバニー	170	102	88	100	87	21	32	20	15	19	74%
パターソン	33	46	23	23	34	7	14	4	11	10	69%
ピッツバーグ	136	139	108	141	135	13	12	10	6	10	85%
ローレンス	127	134	119	105	80	19	16	14	34	18	79%
シンシナチ											80%
コロンブス											78%
ホボーケン											28%
インデイアナポリス											39%
ニユーオルレアン											33%
ワシントン											43%

第八表　人口十萬に對する膓室扶私、赤痢、虎列拉死者人口千に對する一般死亡率

	人口十萬に對するチブス、コレラ、赤痢死者			人口千に對する一般死亡率		
	年度別			年度別		
	給水開始前	給水開始後	增減	給水開始前	給水開始後	增減
東京市	自明治27年至31年 79.26	自明治32年至大正6年 38.29	減 40.97	同上 20.55	同上 18.68	減 1.69
大阪市	自明治21年至27年 194.43	自明治28年至35年 89.46	減 104.97	同上 24.35	同上 24.12	減 0.23
横濱市	自明治15年至19年 934.61	自明治21年至24年 117.40	減 817.21	同上 43.37	同上 22.69	減 20.68
神戸市	自明治28年至32年 306.90	自明治33年至44年 80.33	減 226.59	同上 26.55	同上 24.53	減 2.02
長崎市	自明治19年至21年 444.04	自明治24年至28年 141.66	減 302.38	同上 23.62	同上 17.61	減 6.01
佐世保市	自明治35年至39年 117.10	自明治40年至44年 19.88	減 97.22	同上 12.08	同上 11.79	減 0.29
秋田市	自明治35年至39年 36.10	自明治40年至大正6年 24.15	減 11.95	同上 16.16	同上 20.94	增 4.78
岡山市	自明治33年至37年 309.38	自明治38年至42年 43.42	減 145.96	同上 17.22	同上 15.83	減 1.39
廣島市	自明治29年至31年 405.27	自明治32年至大正6年 42.22	減 363.05	同上 21.43	同上 18.86	減 2.57
下ノ關市	自明治29年至38年 58.56	自明治39年至大正4年 52.36	減 6.20	同上 19.46	同上 16.36	減 3.10

本邦にても都市給水開始前後に於てチブス、赤痢、コレラ等の減少は次表に示す樣である。

七　水質檢査及良否の判定

或る水が飲料水工業用に適するか否か又夫れを適する樣にするには如何なる淸淨方法を採用す可きか又其所要程度は先づ源水を檢査し如何なる不純物を含んでゐるか又其水源を調査して不純物の成因、意味、水道に及ぼす影響等を知らなければならぬ是等の事項は前節に於いて一通り說明した、水質檢査の方法は次の四つに分類される。

（イ）物理學的檢査—溫度・濁度・色・臭味等

（ロ）化學的檢査—蒸發殘渣—反應—硬度—鹽素—鉛—鐵—CO_2—硫酸—溶解酸素—窒素總量—蛋白性アンモニア—アンモニア—亞硝酸—硝酸

（ハ）顯微鏡檢査—一立方粍中の微生物量及種類—組織—無機物

（ニ）細菌學的檢査—一立方粍中の細菌の數—大腸菌

本邦にては上水協議會にて協定試驗法を定め第一採酌法第二理化學的試驗第三細菌學的檢査の方法を詳細に規定してある、是等の檢査の一つにより源水が下水に汚されて居ると斷定せずに種々の方面より考察して良否を判定しなければならぬ例へばアンモニアが多くとも之れが地下深く出る鑛物性に起因するものなれば心配は少ないが鹽素、有機物や細菌檢査等より下水に起因するものなるを知れば排斥す可きである、濁度高き水は直覺的に惡水と思ふが沈澱すると容易に良水を得る事が尠くない、又水質檢査は唯一回にては信用が置けない、四季を通じ又は豪雨の後等幾回もするがよい、斯くして水質汚染があれば其水源を精査して其原因を定め恒に之を除く樣努力するを必要とする、之を衛生測量と稱する。

次に本邦上水協議會にて從來採用せる上水試驗法及び飲良適否の判定標準は左の通りである。（但し大正十五年末より更に精しきものに改正せられて居るが尨大に亘るから以前のものを揭げる事とする）

協定上水試驗法

第一　採酌法

一、上水試驗用の採酌は左の三部よりすること

（一）水　源

每年春秋の二季に水源適宜の地に就き採酌す水源地に沈澄池を有するものは本條に據る其の他必要に應じ臨時採酌を行ふべし

（二）淨　水　場

濾池、淨水池、溜井及沈澄池は每日一回採酌すること

濾池、淨水池、溜井等甚だ遠隔するものは其の給水栓に就き本條を適用す

事情に依り一週一回迄は省略することを得

（三）給　水　栓

適宜の部分に就き時々採酌すべし

二、採水器械はハイロート氏法或はエスマルヒ氏法に據るものを用ゆること、但し細菌學的檢査用のものは各箇の瓶に所屬する全裝置を殺菌すべし

三、濾池、淨水池、溜井等に於ては可成周圍及び深さの中央より採酌すること

四、給水栓より採酌するときは充分開放して五分時以上放流せしめたる後採酌すること

五、一定所に於ける採酌は細菌學的檢査用のものを先にし化學的檢査用のものを後にすること

六、濾池、淨水池、溜井に於て採酌する場合に被蓋ある部にして降雨の際なるときは開放の爲に汚水混入の虞あるを以て、暫時の後水質平均するを待つて採酌すること

七、水溫は採酌所に於てペツテンコーフェル氏採水檢溫器を以て計り、氣溫は可成採酌所に近き處に於て日光の直射を避け計るべし、其の時間は十分時示度は攝氏に依ること

第二　化學的試驗法

一、淸濁及色

七十仙迷の水層を白紙上に置き其の上方より透見す溷濁の程度色は白陶土及びカラメル溶液を以て比較試驗を行ふ。評語は一リーテルの水に對し白陶土及びカラメル各一ミリグラムを一度とす。此のカラメル溶液一〇ccの色度は次の標準白金コバルド溶液一八ccに一致するものとす

鹽化白金カリウム（K_2PtCl_6）一二四六グラム（白金〇・五グラムに相當す）及結晶鹽化コバルト（$CoCl_2+6H_2O$）一・〇一グラム（コバルト〇・二五グラムに相當す）を濃厚鹽酸一〇〇ccに溶解し、蒸餾水を以て一リーテルとなす（第十二回上水協議會に於て追加）

但し便宜上七十仙迷以下の水層を用ゆることを

得、又地方に依り便宜上カラメルに代ふるに色素液を用ゆることを得、此場合に於ては其の色素名及び分量方法を附記すべし（第九回上水協議會に於て追加）

二、臭　氣

檢水二〇〇立方仙迷以上を倍量以上を容るべきコルベンに取り、四十度乃至五十度の熱を與へて試驗す

三、味

檢水冷涼なるときは溫を與へ十五度乃至二十度に於て試驗す

四、反　應

（一）反應は中和したるロゾール酸溶液を以て試驗す評語は弱酸性、中性、微弱アルカリ性及びアルカリ性とす（第九回上水協議會に於て追加）

（二）反應の定量試驗はエルムス氏法に據る（同上改正）

五、クロールの定量

檢水二〇〇cc以上蒸發濃厚となし、一〇%クローム酸カリウム液一ccを加へ十分ノ一若くは百分ノ一定規硝酸銀液を以て滴測し、左の比較液と對照定量す檢水を本文と同樣に處理し、稍々過剩の硝酸銀液を加へて極めて著明なる暗色を認むるに至らば、クロール、ナトリウム一小片を加へ其の暗色を消し綠黃色を呈せるものを以て比較液とす（第十二回上水協議會に於て改正）

六、硫　酸

檢水二〇立方仙迷に鹽酸を加へ酸性となし、更にクロール、バリウム溶液を加へ十二時間の後上水を傾斜し溷濁に因て量の多少を定む。評語は微痕跡、痕跡、極少量、少量とす、但し多量の場合には定量すること

七、硝　酸

檢水二〇立方仙迷に一%サリチル酸ナトリウム液一ccを加へて蒸發乾涸し、冷後濃硫酸一ccを加へて殘留物の全面を濕ほし、後蒸餾水及一〇%アムモニア水各一〇ccを加へて比色試驗すべし（第十二回上水協議會に於て改正）

八、亞　硝　酸

檢水五〇立方仙迷に稀硫酸（1.3）一立方仙迷の比例を以て密閉すべき硝子圓筒に入れ十二仙迷の水層を造り之に沃度亞鉛澱粉溶液を加へて試驗す。但し沃度澱粉溶液の製法は日本藥局方に據る

九、アンモニア

檢水一〇〇乃至一五〇立方仙迷に對しネスレル氏試藥（沃度汞法）一立方仙迷の比例を以て注加し白紙上に置き反應の有無を見る。但し水層の高さは十五仙迷とす（第十一回上水協議會に於て改正）

一〇、鉛

檢水五リーテルを取り醋酸を加へ著しき酸性を與へ蒸發して約五〇立方仙迷となし、十立方仙迷の水層を造り硫化水素を通す。若し鉛含有の疑ある時は他の反應を試む（第九回上水協議會に於て但し書削除）

一一、有機物の定量

クーベル氏の法に依り定量す。但し百分の一乃至四百分の一定規過マンガン酸カリウム液を用ひ煮沸時間を五分とす

一二、硬　度

クラルク氏の法に依り總硬度を定む。（第九回上水協議會に於て但し書削除）但し必要ある場合には他の方法に依り總硬度を定む（第十一回上水協議會に於て追加）

一三、蒸發殘渣の定量檢水

檢水二五〇立方仙迷以上を蒸發し、蒸汽乾燥器を以て二時間以上乾燥せしめ秤量す

一四、蛋白性アンモニア

內容二リーテル以上にして頸口に近き所を下方に向け鈍角に屈曲せしめたる有栓レトルトを取り頸を斜めに上方に向けリービヒ氏冷却管を接續し、蒸餾水一リーテルをレトルト中に注入し、之に結晶炭酸ナトリウム約一グラムを加へて、アンモニアの發生を見ざるに至る迄蒸餾し、次で檢水五〇〇cc注入し、可及的速に蒸餾し、餾液五〇cc宛を順次に取りネスレル氏試藥を用ひ色像試驗に依りアンモニア鹽となりて存在するアンモニアを定量し、（水層の高さは三十二乃至三十六仙迷とし、檢水の蒸餾したるもの五〇立方仙迷に對しネスレル氏試藥一立方仙迷を用ゆべし）更にレトルト中の殘液にアルカリ性過マンガン酸カリウム液一立方仙迷を加へ蒸餾し、一〇〇立方仙迷を三回に取り前法に依り蛋白性アンモニアを定量すべし

アルカリ性過マンガン酸カリウム溶液

精製水酸化カリウム二〇〇瓦、及び結晶過マンガン酸カリウム八グラムを蒸餾水一リーテルに溶解し、之をレトルト中に注入アンモニアを驅除する爲二〇〇乃至二五〇立方仙迷を蒸餾し、冷後蒸餾水を加へて全量を一リーテルとなす

色像的定量クロールアムモニウム溶液

精製クロールアムモニウムを細末となし攝氏百度に於て乾燥し其の三、一四七グラムを蒸餾水一リーテルに溶解し（一立方仙迷はアムモニア（NH_3）一ミリグラムを含む）用に臨みて稀釋す

一五、水質定量分析の計算は最近萬國原子量表に據ること

一六、本法四の第二項及び七、一〇、一二、一四は必要に應じ施行するものとす（第九回上水協議會に於て追加）

一七、毎年一回以上源水並に濾水の化學的完全定量分析を施行すること（第十一回上水協議會に於て追加）

第三　細菌學的試驗法

培養準備

一、培養基は肉越幾斯膠質を用ゆるを常規とす其の處方左の如し

リービヒ氏肉越幾斯	十　分
食鹽	五　分
ペプトン	十　分
膠質	二百五十分以内
水	千　分

但し報告には膠質の含量を附記すリービヒ氏肉越幾斯を用ひ難き場合は肉汁其の他のものを以て代用することを得、此場合には備考欄に其の旨附記すべし（第十三回上水協議會に於て追加）

二、膠質培養基を使用し難き事情あるときは肉越幾斯寒天を代用する事を得、斯る場合には備考に其の旨を記載し、併せて培養温度を附記するを要す、但し寒天は二%以内とし其の他は膠質培養基の製法に準ず

三、培養基の反應は中和の後一リーテルに對し、純結晶炭酸那篤個謨一・五を加へ亞爾加里性となす

四、培養基は可成新鮮のものを用ゆ、若し製造後一週間以上を經たるものを用ゆる時は、時々其の亞爾加里性を檢すべし

培養

五、培養は採水直後該地に於て施行すること

六、採水位置に於て培養を實行し能はざる場合には可檢水を氷を詰めたる冷器内に保存すべし但し此場合と雖も一時間半を超過すべからず

七、濾過水は各一種に就き〇・五立方仙迷宛を二箇のペトリー氏皿に注ぎ、豫め溶解したる膠質（二十度以下なるを要す）を注ぎ、靜に動搖して能く混和せしむ

八、源水又は沈澄池の水にして細菌含量多數なるものは殺菌水を以て適宜十乃至百倍に稀釋し化部分を濾紙片にて吸收し、過マンガン酸カリウム溶液（五プロセント）を液化帶の周圍に塗布す

九、培養平板は攝氏二十二度の温度に靜置す

聚落計算

一〇、聚落の計算は培養後四十八時間に於てす但し本文以上の時間を經過したるときは其の旨を記し、絲狀菌の聚落は加算せず（第十一回上水協議會に於て改正）

一一、聚落多數にして各箇の計算困難なるときは平均法を用ゆることあるべし

一二、平板上强液性細菌あるときは該聚落の液ものは殺菌水を以て適宜十乃至百倍に稀釋し、過マンガン酸カリウム溶液（五プロセント）を液化帶の周圍に塗布す

九、培養平板は攝氏二十二度の温度に靜置す

聚落計算

一〇、聚落の計算は培養後四十八時間に於てす但し本文以上の時間を經過したるときは其の旨を記し、絲狀菌の聚落は加算せず（第十一回上水協議會に於て改正）

一一、聚落多數にして各箇の計算困難なるときは平均法を用ゆることあるべし

一二、平板上强液性細菌あるときは該聚落の液化部分を濾紙片にて吸收し、過マンガン酸カリウム溶液（五プロセント）を液化帶の周圍に塗布す

培養

五、培養は採水直後該地に於て施行すること

六、採水位置に於て培養を實行し能はざる場合には可檢水を氷を詰めたる冷器内に保存すべし但し此場合と雖も一時間半を超過すべからず

七、濾過水は各一種に就き〇・五立方仙迷宛を二箇のペトリー氏皿に注ぎ、豫め溶解したる膠質（二十度以下なるを要す）を注ぎ、靜に動搖して能く混和せしむ

八、源水又は沈澄池の水にして細菌含量多數なるものは殺菌水を以て適宜十乃至百倍に稀釋し、過マンガン酸カリウム溶液（五プロセント）を液化帶の周圍に塗布す

九、培養平板は攝氏二十二度の温度に靜置す

聚落計算

一〇、聚落の計算は培養後四十八時間に於てす但し本文以上の時間を經過したるときは其の旨を記し、絲狀菌の聚落は加算せず（第十一回上水協議會に於て改正）

一一、聚落多數にして各箇の計算困難なるときは平均法を用ゆることあるべし

一二、平板上强液性細菌あるときは該聚落の液化部分を濾紙片にて吸收し、過マンガン酸カリウム溶液（五プロセント）を液化帶の周圍に塗布す

第四　飲料適否の判定

左の數項の一に該當するものは飲料に適せざるものとす

一、外觀異常あるもの

二、異臭味あるもの

三、直に亞硝酸及アムモニアの反應を呈するもの

四、過マンガン酸カリウム消費量十ミリグラム以上のもの

五、細菌聚落數百一箇以上のもの、但し土地の狀況に依り百五十一又は二百一箇以上となすことあるべし

六、反應、クロール、硫酸、硝酸、固形物總量、硬度の異狀あるもの又は鉛を檢出するものは適宜其の良否を判定し、其の他異常成分、病原的、細菌混在の疑あるときは特に試驗を施し判定の改善の方法を施行すること

但し檢水一立中にクロール三〇粍蒸發殘渣は五〇〇粍硫酸（SO_3）は一〇〇粍硝酸（N_2O_5）は五—一五粍鐵〇・三粍有機炭素五粍蛋白性アンモニア〇・二粍硬度は飲料水には一八度（獨逸式）汽罐用水には六度を以つて限度とすればよい、次に東京市、外二三水道の大正十五年の一月より昭和元年十二月に至る十二ケ月平均の水質試驗の例を掲げやう。

第九表　水道水質分析表（大正十五年——昭和元年平均）

檢水種類	東京（淀橋）		東京		大阪		名古屋	
	源水	市内栓	源水	市内栓	源水	市内栓	源水	市内栓
色度	〇・八	〇	七・九	〇	一二・七	〇	一一・七	〇
濁度	四・六	〇	二・四	〇	七・九	〇	二・〇	〇
臭味	無	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
反應	弱アルカリ性	同上	微アルカリ性	同上	弱アルカリ性	同上	微アルカリ性	同上
クロール	一・四二	一・四二	五・〇六	五・〇七	六・二三	五・八二	二・四〇	二・四〇
硫酸	痕跡	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
硝酸	痕跡	同上	検出セズ	同上	痕跡	同上	同上	同上
亞硝酸	検出セズ	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
アムモニア	検出セズ	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
硬度（獨逸法）	一・五二	一・九二	一・二二	一・一五	一・一五	——	〇・五六	〇・五四
固形物總量	六五・六	六〇・二	五九・三	四五・二	七〇・七	五〇・〇	四六・一	四一・七
過マンガン酸加里脱色量	一・七二	一・三八	四・二六	二・〇一	五・〇二	二・六三	四・一一	三・一〇
細菌聚落數	一七七六	一五	八七	七	九五〇一	三二	七四三	二二

第三節　水源

分類　水源を地表水と地下水とに大別する。

（一）　地表水は屋根より集めたる雨水、河水、湖水等。

（二）　地下水は泉、淺き井戸、深き井戸、掘拔井戸、集水隧道等である。

一　雨水

太陽は絶えず地球上海陸兩面より水の非常なる大量を蒸發し是れが再び地球上の冷面とか冷氣と接觸し雨雪の形となりて降り來る、故に雨水は蒸溜水であるけれども降雨の最初には大氣中に浮游せる多量の微生物、煤煙、塵埃を含有するものである、併し自然水中にては最も純粹のもので且最も軟水である。雨水を飲料とするには降り初めは兎角不純の上に屋根の塵芥等も混入するを以つて之を下水に捨て、一二時間經過して後に貯槽に導き飲料に用ふるには濾過又は煮沸する方が安全である、本邦にても南洋諸島にては天水を利用して居る、貯槽の大きさは雨量によりて異るけれども米國にては七乃至九立方米で水密構造とし蓋を以て密閉し蟲や塵を防ぐ、屋根に降り來る雨水の量も可なりあるものにて百平方米の屋根に一年間千五百粍の雨が降れば、其三分の二を貯へても家族五人位の飲料等の家庭用としては一人一日五五立に達し潤澤に使用出來るものである。

二　雨量

總て水道の水源は直接又は間接に之を雨水に仰いでゐる、雨水は地上に達すると一部は再び蒸發し一部は地表面を流下して川となり、一部は地中に滲透して地下水となり湧泉又は井戸水となり或は河川の平水となる。

本邦の雨量　は南に多く北に少く外海岸特に南太平洋岸に多く、山脈に隔てられた內地盆地瀨戸內海岸に少ない、年雨量の最も多いのは南太平洋沿岸の鹿兒島、宮崎、高知地方及び濱松靜岡附近と日本海岸の福井、金澤、伏木方面に

第一〇表　各地十年間平均雨量年配布（粍）

	I	II	II	II	II	III	III	IV	IV	V	V	V	V	V	VI	VII	VIII	IX	IX	IX
	長崎 熊本	鹿兒島 宮崎	高知 德島	濱松 沼津	東京 熊谷	福島 宮古	十勝 根室	松山 多度津	廣島 岡山	福岡 下關	濱田 境	金澤 福井	新潟 秋田	壽都 札幌	青森 函館	網走	名瀬 那覇	臺北 社寮島	臺中 臺南	臺東
一月	84	94	62	90	53	72	34	55	55	79	171	241	145	72	92	37	188	195	42	45
二月	67	79	53	53	44	57	27	39	40	73	124	200	110	63	98	27	177	216	33	37
三月	133	175	165	156	99	83	44	94	103	117	135	163	102	57	74	67	185	261	62	61
四月	190	272	208	186	114	79	64	102	137	154	136	153	101	56	56	47	206	174	90	73
五月	179	246	219	190	146	136	114	112	127	136	116	155	115	76	82	71	315	248	182	210
六月	358	443	289	278	149	120	94	209	236	328	206	218	140	77	79	70	249	246	336	292
七月	290	365	275	329	177	146	83	173	183	263	167	251	177	82	152	78	221	171	344	194
八月	176	244	244	280	205	192	90	121	126	148	117	191	155	67	99	71	282	207	366	329
九月	193	211	288	271	228	193	133	172	175	187	207	227	218	135	151	98	212	249	135	220
十月	118	181	192	193	169	124	80	117	107	109	131	103	137	1[illegible]6	104	63	245	195	27	198
十一月	58	115	102	82	54	47	60	55	48	60	128	253	191	121	115	54	187	205	15	56
十二月	70	67	68	71	50	65	50	48	44	73	141	326	196	108	131	63	139	233	17	3
全年	1918	2492	2169	2181	1490	1314	887	1298	1383	1728	1774	2524	1789	1023	1237	747	2713	2603	1625	1746

第一一表　多雨量地の十年間平均雨量（續）

地名	番號	府縣名	海拔（米）	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年	最大日量
				雨量（粍）													
尾鷲	211	三重	10	96	78	280	325	362	455	514	686	670	406	185	157	4215	453
井川	3[illegible]0	靜岡	640	126	85	227	333	284	437	570	521	469	255	116	122	2546	402
中宮	1171	石川	450	300	290	287	234	249	303	334	234	260	223	328	390	3442	174
窪川	124	高知		84	105	264	273	310	410	416	470	462	241	152	106	3293	330
宍喰	141	德島	5	109	91	282	339	354	473	393	354	334	365	176	103	3374	295
大鳥	1340	秋田		328	344	297	144	181	189	271	227	258	264	476	482	3468	195
學ノ木	94	宮崎	160	90	88	209	248	278	493	406	364	265	217	124	61	2772	242
名瀬	1474	鹿兒島	4	232	225	215	253	392	4[illegible]4	268	288	258	304	222	169	3239	547
神子元島	381	靜岡	31	261	165	398	443	366	491	519	389	558	507	213	192	4503	321
八丈島	662	東京	81	257	229	334	243	296	356	314	326	422	554	337	187	3874	273

第一二表　少雨量地の十年間平均雨量

地名	番號	府縣名	海拔（米）	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年	最大日量
				雨量（糎）													
網走	1449	北海道	39	37	27	67	74	71	70	78	71	98	63	54	63	747	91
福岡	663	岩手		53	42	44	31	72	82	120	116	134	65	55	60	874	90
上田	1266	長野		33	18	61	68	83	140	144	116	154	91	28	30	967	114
水澤	625	岩手	63	63	39	51	75	118	101	155	167	118	86	61	61	1096	124
上ノ山	1332	山形	170	87	62	61	66	72	92	127	129	99	74	91	114	1047	108
百貫島	820	愛媛	60	38	20	81	87	78	163	139	74	123	86	39	32	971	89
漁翁島	1528	臺灣		21	20	64	99	104	175	206	119	99	38	24	23	992	339

第一三表　主要諸地方十年間平均雨量

地方名	雨量	地方名	雨量	地方名	雨量
臺中附近	1200—1800 粍	津附近	1700—2000 粍	宇都宮附近	1500—1700 粍
臺南附近	1400—2000	名古屋附近	1600—1900	會津附近	1000—1200
臺東附近	1700—1800	濱松附近	2000—2300	米澤附近	1100—1300
臺北附近	1900—4000	靜岡附近	2200—2900	山形附近	1000—1200
鹿兒島附近	2100—2600	東京附近	1300—1700	松江附近	1700—2000
宮崎附近	2100—2600	水戸附近	1400—1500	鳥取附近	1700—2000
熊本附近	1800—1900	福島相馬附近	1200—1500	福井附近	2200—2400
大分附近	1300—1700	仙臺附近	1100—1[illegible]00	金澤附近	2000—2[illegible]00
福岡附近	1600—2000	盛岡附近	1000—1200	富山附近	2200—2500
山口附近	1600—1800	三戸附近	700—1000	新潟附近	1700—2200
廣島附近	1400—1600	京都附近	1600—2300	酒田附近	1500—2000
岡山附近	1000—1200	彦根附近	1600—1800	秋田附近	1400—1800
松山附近	1400—1500	岐阜附近	1900—2200	津輕附近	900—1200
多度津附近	1100—1300	高山附近	1500—1800	函館附近	1100—1200
高知附近	2600—3000	長野附近	900—1100	札幌附近	900—1000
德島附近	1400—1800	甲府附近	1200—1400	北見附近	700—800
大阪附近	1300—1500	前橋附近	1200—1400		

第一四表　各地方降水年量（粍）

區	I	II	II	II	III	III	IV	IV	V	V	V	V	V	VI	VII	VIII	IX	IX	IX
	長崎 熊本	鹿兒島 高知	濱松 沼津	東京 熊谷	福島 宮古	十勝 根室	松山 多度津	廣島 岡山	福岡 下關	濱田 境	金澤 福井	新潟 秋田	壽都 札幌	青森 函館	網走	名瀬 那覇	臺北 社寮島	臺中 臺南	臺東
34年	1992	2669	1857	1495	1389	1089	1308	1206	1767	1613	2384	1756	1072	1124	848	2820	2435	1204	2198
35年	1948	3072	2082	1669	1180	878	1529	1591	1771	1828	2462	1773	963	1126	643	2523	2270	1486	1600
36年	1873	2649	2642	1669	1542	1078	1330	1360	1464	1761	2720	2000	1024	1398	731	3371	3000	2582	2244
37年	1421	1639	1762	1363	133[illegible]	941	993	1097	1580	1848	2670	1971	1139	1418	921	1567	2373	1844	1889
38年	2549	3396	2226	1197	1319	703	1546	1657	2163	2006	2538	2045	1023	1339	545	2857	2719	1924	1710
39年	1995	2631	1829	1467	1103	739	1316	1296	1747	1828	2444	1624	835	1116	693	3220	2390	1619	1858
40年	1821	2360	2408	1568	1303	980	1205	1456	1517	1730	2203	1645	1171	1306	855	2457	2644	1251	982
41年	1670	2560	2169	1473	1172	661	1168	1362	1720	1577	2517	1576	923	1102	722	2719	2977	1445	1479
42年	1944	2362	2077	1345	1314	964	1258	1417	1844	1736	2622	1587	1178	1209	926	2595	2582	1589	1522
43年	1887	2175	2848	1642	1597	844	1247	1368	1749	1814	2637	1941	955	1238	588	3005	2521	1385	1984

て皆二千粍以上である、普通千乃至二千の所が多く、北海道の內地、樺太、朝鮮、滿洲は千を下る所が多い、東京は千五百粍內外である。而して雨量の統計は長年に亘る方がよい、其間に年雨量は每年違ひがあるものにて最も多い年は平均年雨量の五割增となり最小の年は平均の三分の二位である、分布の狀況月々に依る變化等は第一〇表乃至一四表にて判明する。

次に一日の最多雨量は臺灣、嘉義廳、奮起湖の明治四十四年八月三十一日に於ける一〇三四粍にて、殆ど世界の記錄たる印度の一〇三六粍を摩してゐる、內地にては紀州田邊の明治二十二年八月二十日の九百粍である、又一時間雨量は岐阜の百粍が最大であるけれど、普通は五〇粍內外が最大とせられる、併し五〇粍程度の雨には東京地方にても折々襲はれるやうである。

三　河水

河水を水道の水源とする時には其河の最小流量と場合により最大流量又は相續ける數ヶ月又は數年の流量の變化を知らなければならない、最小流量は貯水池なしに給水し得るや否やを考ふる時に必要である、最大流量は凡て河の工事の設計に必要で特に餘水吐の大きさを定むるに必要である、永き間の流量の變化は給水量及び貯水池の大きさを定むるに入用である、渇水量

は一年の內十日以內此の量に達するも夫れ以上は之れ以下に下らぬと云ふ流量で、發電水力調査書に依ると本邦諸川の流域一平方粁よりの渴水量分布の模樣は、北陸中央山地の川は最も多く每秒二七立（一方里に付一五個）より三七立（一方里二〇個）五五立の所も少くない、信州の國飛驒の高原にては二七立位に下る太平洋岸富士帶地方は一八立（一方里一〇個）位北海道は平均一一立（一方里六個）にて十勝北見は五・五立位である。九州南部は山間二七立下流一三立位を下らず瀨戶內海附近は雨少なく蒸發量が多いから九立（一方里五個）に下る、四國南岸畿內南部山陰地方共に一八立（一方里一〇個）內外である、併し實際最小水量の決定は永年の渴水時に於ける實測に依るが安全である、洪水量を推定するにも洪水の痕跡、流速斷面勾配等より又は流量の實測等により定めらる、又流域の面積狀況より公式に依り大體推定出來る、例へばディックン氏の公式の如し

$$Q = 11.5M^{0.75}$$

但Q洪水量（立米/秒）M.流域面積（平方粁）

年流量　一年間に於ける或川の流出量は年雨量中より蒸發量及び滲透水にて再び流出せざる分を取れる殘りである。卽ち地質、地形、風向、風力、溫度等にて異る、一般に山中急勾配の所は流出量多く平地には少ない、本邦の山地にては全雨量の三分の二（時に九〇%以上もあり）平坦地にては二分の一位である。

用水　以上の外に河川には古來灌漑、水力等にて既に水利權を有し、之れが爲に水道用水源として取水に困難を生じ、多少不利を忍んで他の水源を選ぶか又は水利權の補償に應ぜざるを得ない場合が少くない。

河水の水質　河水は泉、湖水等の水の集りであるから之に類似せる不純物を含んで居るが其量は泉の水より少ない、之れ流下する時に溶解してゐる CO_2 が游離して種々の炭酸鹽類が沈澱するからである、而して降雨時には特に稀釋される、又流下する地表面の性質に依りて異り山の急斜面の所にては大部分の雨は河に流下し若し土質が流され易き所にては多量の浮游物を持込み混濁を生ずる、而して浮游物の性質は地表の狀況に關係する、若し地面が平坦にて植物が多いと川に流れ出る雨水は少ない、斯く雨後の河水が濁るか否か卽ち沈澱物の多少は全く水源の性質に關係する。

河水には上流水と田園を流るゝ水とありて水質は非常に異る、上流汚染を受けない水は一般に飮料にも商工用にも適する、いが植物性の不純物又細菌も居るから沈澱又は殺菌に依りて安全なる飮料水とすることが出來る、農園耕地を流るゝ河水は肥料惡水等にて汚濁せられ、頗る危險性に富んでゐるが場合に依りそれを使用しなければならぬ事がある、此場合には濾淨に最善の方法を講ずる事が肝要である、併し河水は例へ惡水、下水等に汚染なしに一五粁も流下すると、酸素や細菌の作用によりて自然に淨化されるもので之れを水の自淨作用と云ひ特に急湍をなして奔流すれば充分曝氣されて一層早く淨化される、河水の溫度は流動して恒に相混交するから各部一樣であつて大氣の一日の平均溫度より約二度（攝氏）高い、四季溫度に連れて高下するけれども一日の內には餘り變化がない。

四　湖水及貯水

高地にある湖水は雨水に亞ぎて純良であるが低地の湖水は比較的多量の不純物を含んでゐる、元來湖水は地表水の低所に集まれるものと一旦滲透せる地下水の混合せるものであるから其性質は地表水と地下水との中間に位する湖水の水は廣大なる面にて充分曝氣され日光も受け且つ沈澱作用も營まれるから有機物細菌等も酸化或は沈澱して水質は非常に改善せられる、其上貯水の作用もするので水道水源としては河水よりも一般に水質、水量共に確實なるものである、併し場合により異るものにて沼の水の如き淺く停滯せる水は却て水質を損ずる、水溫は湖水は比較的靜であるから深さによりて異り夏は水面は暖く底は冷く冬は水面の溫度零度となるも底は四度を降らない。

貯水池　山間の峽谷に一種の土手、所謂堰堤を築いて夫れより上流地域に降れる雨を貯水する方法である、普通の川の上流にて渴水量が都市の給水量に不足を來す場合に此方法に依る、紐育市とか本邦では神戶、長崎等の水源の如きものである、又水源を川に取り一時貯溜の意味に用ふる東京市水道村山貯水池の如きものもある、深大なる貯水池は湖水と同じく曝氣沈澱と共に貯水作用をなすものにて水質水量の上に甚だ有效なるものである。

五　地　下　水

雨水中地中に滲透せしものも一部は地表土壤中に保たれ再び蒸發され又は植物に吸收され殘りのものは土質の密度により或は早く又は遲く地中に滲入し不滲透地層に遭遇しては其處に貯溜し又は其層に沿うて方向を變じて流れる、滲透性の地層は水を以て滿され地下水流の水路となる、此流速は土質の有孔度とか土砂の粒の大きさに支配され稀には石灰岩の如く洞穴をなし水流をなして流るゝ事がある、此の地下水が再び地表に現はれたものが湧泉又は人工的に穿てる井戶の水である、地下水の水質は前記の狀況によりて異るも一般に地表水中の浮游物は幾多の地層にて或は粗らく又は細かに濾過されて無色透明となり細菌の如きも地面下にては急に減じ約三米に達すると殆ど無くなる、之に反し接觸する地質に依り種々の鹽類（Na. K. Ca. Mg. Al. 硅酸等の）を殆ど飽和するまで含有する、地下水を淺井、深井又は掘拔井、湧泉等に分つことが出來る。

淺井水　淺井は一〇米（メートル）位以下の淺き井戶にて普通最も多い、住宅の附近にありて下水、尿等が滲透し易く衞生上最も危險なるものである、水も透明にて味もよいけれども安心が出來ない、東京市にて先年斯る井戶に於て一立方糎の檢水中に百の內五五の井戶に於て一に大腸菌を檢出した。

深井水　三〇米以上深い井戶の水にては多くは無色無味にて細菌も殆ど居らぬ、併し場所により礦物質に起因するアンモニアを含み又は鐵分によりて臭味を有する事もある、併し一般に飮料として安全である。

湧泉水　岩の間又は山麓其他より湧出する水にて水源の淺きものは危險の場合あるも一般に水源深く清涼掬す可きもので礦物性鹽類を多く溶解してゐる。要するに各種水源中、湧泉水・深井水・上流水、高山の湖水等は水道水源として衞生的安全にて普通湖沼水・貯溜雨水、耕作地を流る川水等は疑問に屬し下水の流入する河水、淺井水は最も危險なるものである。

水源使用者別

次頁の表は大正六年末內務省衞生局にて調査したものである、少し古い統計であるが本邦飮料水使用の大體趨勢は判る、之にて注意す可きは一戶當平均人員は大體五人である事、水道の普及率は當時約一割でありし事、非水使用者が全國の六割以上を占むる事、水質檢查の結果約半分は不良なる事等である、前節に述べた樣に淺き井戶水の危險及び其改良の如何に必要なるかゝ判明する、非戶の事は改めて後の章地下水の項にて更に詳說しやう。

第三章　集水並に送水方法

第一節　取水方法（地表水）

上水道に於ける取水方法は地表水と地下水とに依りて異り地表水より取るものは之を河川、集水埋渠、貯水池、湖水等に大別出來る、而して其具備す可き條件は恒に確實に取水し得る事水質汚染の惧なき事、魚類、流木、流氷、砂礫等の流入を防止する事、水量の調節を自在ならしめる事等で之が爲に適當の位置を選定し或は堰堤を築造し又は取水塔を設け芥除及び制水門等を設置し且つ之等構造物の建設費、維持費並に作業費の低廉なることが必要である。

種類	施行ノ町村	施行ノ郡市區（市區ハ帶廣ノ一部ヲ含ム）	水質檢査
其他	十五年一〇一水	十五年一〇一水	
雨水	一〇〇四，三〇一	一〇〇四，三〇一	毎月分
池沼	一〇一，一水	一〇一，一水	毎月分
谿流	一〇一，一水	一〇一，一水	毎月分
河川	一〇一，一水	一〇一，一水	毎月分
湧泉	一〇一，一水	一〇一，一水	毎月分
井水	一〇一，一水	一〇一，一水	毎月分
鑛水	一〇一，一水	一〇一，一水	毎月分
水道	一〇一，一水	一〇一，一水	毎月分

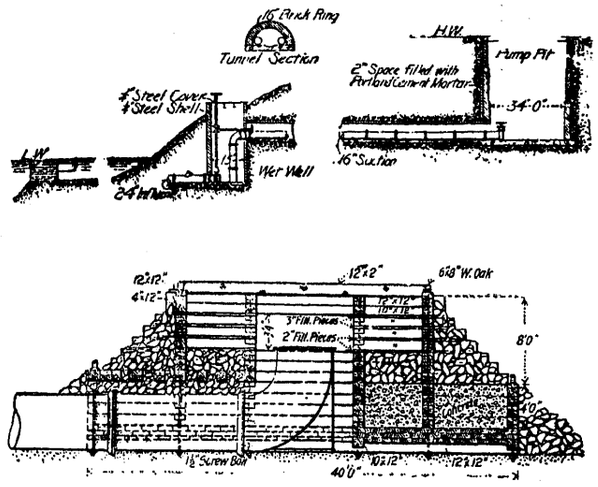
國庫負擔ノ種類	人口百分比	町村數	人口	戸數	郡市數	人口	戸數
水道	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水
鑛泉	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水
井水	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水
河川	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水
湧泉	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水
谿流	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水
池沼	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水
雨水	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水
其他	一〇一	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水	一〇一	一〇一，一水	一〇一，一水

町村別	戸數	人口	人口百分比
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一

町村別	戸數	人口	人口百分比
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一

町村別	戸數	人口	人口百分比
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一
一戸當ノ平均人口	一〇一	一〇一，一水	一〇一

第七圖



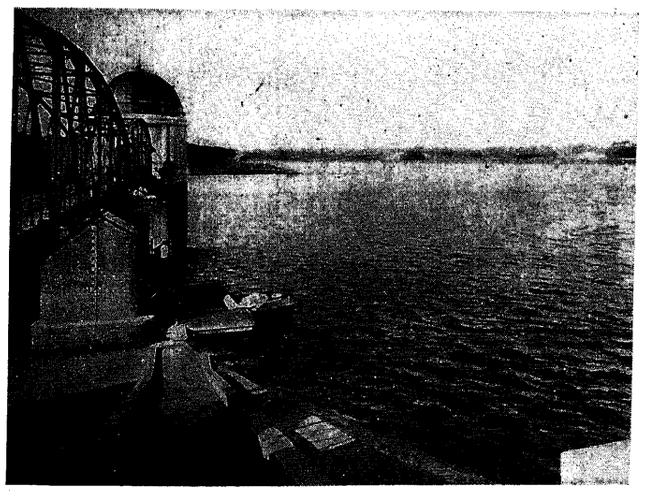
大河又は湖水よりの取水口

又は第八圖の如く取水塔と稱する煉瓦、石造、鐵製又は鐵筋コンクリート造りの橋脚狀構造物を設け下方水中に高さを異にせる數個の引入鐵管を伏せ頂部は洪水位以上に突出せしめ各鐵管附屬の制水弁を開閉し最も水質の良好の個所の水を取る、又頂部は橋梁を以て陸上と連絡する、引入管に於ける流速は〇・六〇乃至〇・九〇米秒以下とする、引入口又は塔内には濾格を設け自然流下又はポンプに依りて所用水量を沈澱池其他に導く。

二 集水埋渠

河川より取水するに又集水埋渠式の方法がある、之は河の表面に流水の全く涸れた時にも尙河底の砂礫層中には多量の伏流が存在する事がある、又表面流水の潤澤なる場合にかいては其河底砂礫なれば玆に比較的清淨なる伏流が有るは明かで之れが採集には木製又は有孔鐵筋コンクリート管の集水埋渠を河底以下三米位不滲透層以上に又は堤内に平行して埋設する、(第十二圖)集めたる水は之れを吸水井に導きポンプにて揚水する、近年本邦に盛に賞用せらるゝ、方法にて砂礫質の河底の所に適し水質概ね清く沈澱池を省略する事が出來る。澁谷、和歌山、德島、宇部、長岡、上田市等其例が甚だ多い。

第八圖

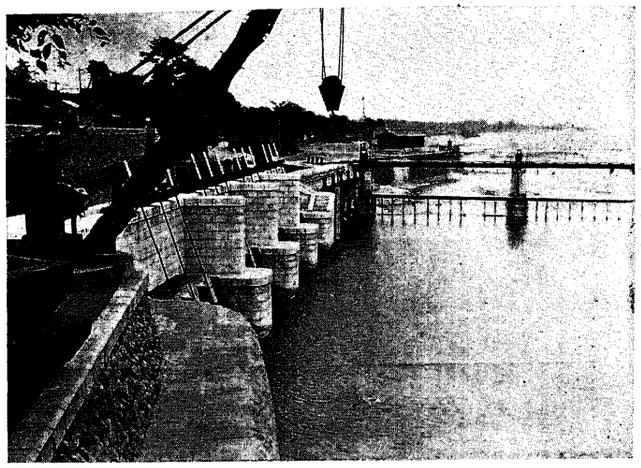


東京市水道羽村取水口

三 貯水池

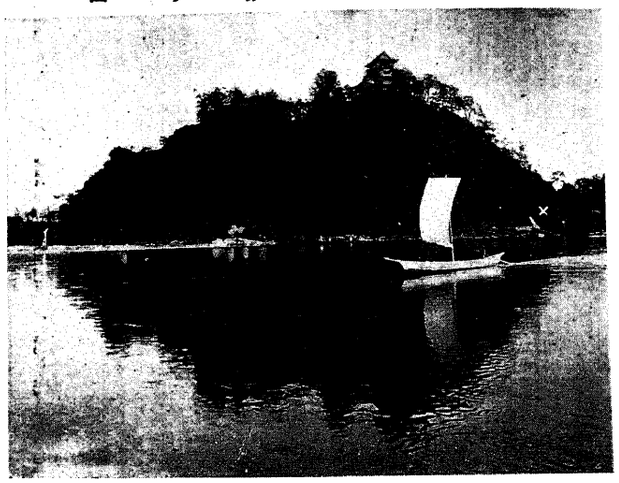
河川を水道の水源となす場合に例へ平均給水量が其河の渴水量を超えても相當大きさの貯水池を造る事に依りて故障なく給水し得る場合が多い、貯水池の位置の選定は愼重の注意を要するものにて町よりの距離、高さ地形、地質、移轉を要する財産、堰堤築造材料の有無等を調査し成る可く小堰堤を以つて貯水量の大なる所がよい、特に地質を調査して堰堤の安定を期し貯水池の位置に滲透性地層の有無を調べ漏水の虞有る所は之を避くるがよい、容量貯水池の容量を定むるには適宜に之れを假定する、英國では雨が少ないので給水量の一五〇日分とか二〇〇日分とかを取り又ホークスレー氏はC＝$\frac{5000}{\sqrt{0.8R}}$日分を貯水せよと云つてゐる、但しRは平均一年の雨量を粍としたものである、併し池を大きく假定しても水源に水がなくては效がない、猶理論的には水源を調査し流入量と流出量とを加減し最渴水時にも若干の餘裕を存ぜしめる樣にする、此流入量は河川に就き永年日々の流量を調査し其內渴水期の最も永く續き渴水の尤も甚しき時を知る必要がある、リップル氏の圖式法は流入量累計曲線OAと流出量即ち給水量とが用水等の補償水量の和の累計曲線OBとを畫き此の二曲線間の縱線に沿ふ距離を以つて更に第二の曲線を畫き其相接續する高低差の最大量(I)を以つて所要貯水量とする方法は最も理論的である(第十三圖)。

第九圖



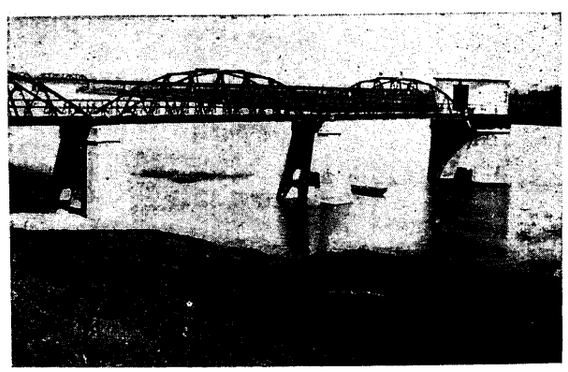
東京市水道羽村取入口

第十圖



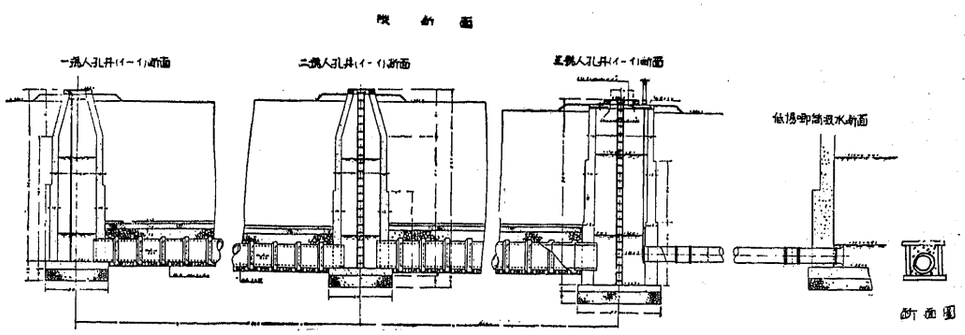
江戸川水道取水塔

第十一圖



貯水池に關する注意　凡そ貯水池は淺く小形の池は有機物發生し水質を損じ上流に

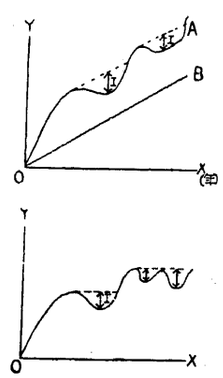
第二十圖



前橋市水道水集埋渠

事が出來る利便がある。貯水池の容量は其位置の地形測量の結果判るが堰堤の高さの底部の方二〇―二五%位は容量に及ぼす影響は少い、且つ底部は沈澱の結果水質が悪いから使用してはならぬ、又此の部は將來沈澱物にて埋沒される事もあるから容量には算入しない方が安全である、堰堤が竣功後貯水する前に池の底になる部分は地表を二〇乃至三〇糎の深さに削りとるか又は清淨なる土砂又は砂利にて蔽ふと水質の爲によいが費用が高いので出來ない事が多い、けれども少くも古い便所は掘取り清き土砂にて埋め草は刈り木は株を掘り取るがよい。又貯水池の形は出入少なき規則正しい方が水の停滯が少くて望ましいものである。若し流入する河川が豪雨時餘り濁る場合は小沈澱池を造りて沈澱させるか又は其際の水は直接堰堤の下流に導くも良法である。

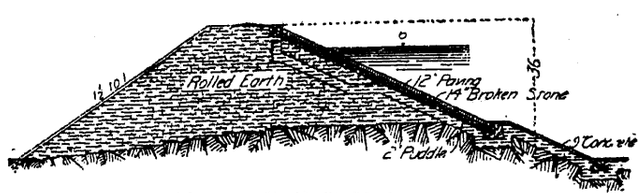
第三十圖



四　堰堤

堰堤には築造材料により土堰堤と石堰堤との二つがある、土堰堤は梯形の斷面を有し水深をhとし上幅をbとすればbは約 $b=\frac{h}{5}+1.0$米

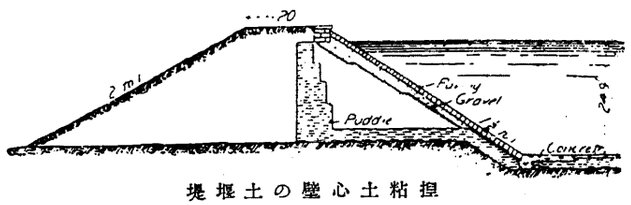
第四十圖



土堰堤鋪裝の一例

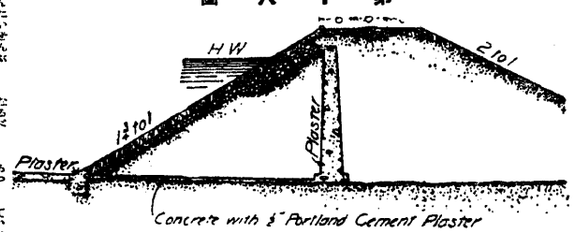
水面側は約三割、外側は約二割の勾配を普通とし成可く緩傾斜が安全である。水面側は石材又はコンクリート塊を以つて舖裝する。下流面には芝を植ゑる。水深二〇―三〇米以下にて岩盤の基礎を有せざる場合に採用せられる（第十四圖）、土堰堤の築造には頗る注意を要し之を不滲透ならしめる爲に心壁を設け底部は勿論兩側も深く地山中の不滲透質地盤に達せしめる

第五十圖



土心壁の堰堤

第六十圖



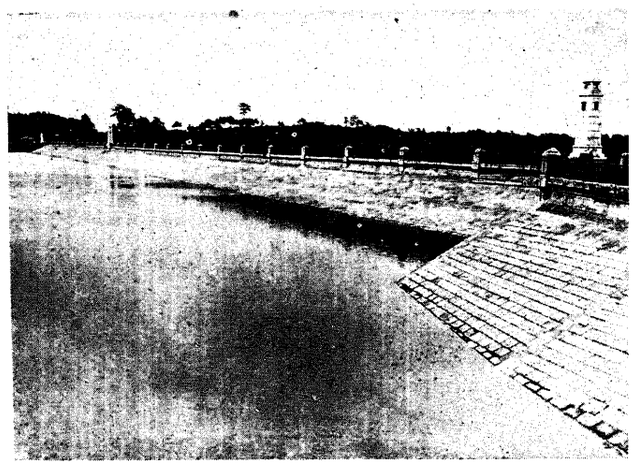
コンクリート心壁

堰體全部も成可く良土を薄層に布き「ローラー」にて壓し固める事が肝要である如何なる場合と雖も決して溢流を許さない、心壁は粘土に適當の砂を混じたる捏粘土工に依る又此に砂利を混ずる事が有る、又は粘土のみの事もあるが龜裂を生じたり、蛇、土鼠に穿孔される恐れがある（第十五圖）。又心壁にコンクリート工を用ふる事もあるが心壁の厚を減じ得るけれども往々堤體と沈下を異にするを缺點とする（第十六圖）。取水塔餘水吐等は堤體を離れ自然の地盤中に設けるがよい、米國にては壓力を有する水にて山の土砂を崩し之を管にて土堰堤の位置に流し込み沈澱する方法によりて水密的な堰堤を造つた例が多い、臺灣にても其例がある、又粗石岩屑を以つて築造し上流面を板張をなし又は上を厚く置けるものは最初も漸を追ふて間隙を閉され水密となるものにて岩石多く且多少水を失ふも意としない所によい、土堰堤は水漏を注意し若し濁れる水が漏水する時は直に大修繕をしないと危險である。

石堰堤　石堰堤は水の橫壓に抵抗する壁狀構造物で上より一層硬く重き材料を積重ねたるもので土堰堤に較べると基礎面積が小さい、此處に於ける壓力は却つて大きい、從つて石堰堤は基礎として丈夫な岩盤が必要である、石堰堤には自己の重量を以つて水の橫壓に抵抗する重力式のものがある、石材、コンクリート、粗石又は巨石、コンクリートよりなる（第十九圖）、又拱の作用によりて抵抗する拱堰堤あり（第二十圖）、又鐵筋コンクリートの床版形又は連續せる拱形の中空堰がある、土堰堤が一般に水深三〇米（メートル）内外を高さの限度とするに對し石堰堤にては之れ以上のものを安全に且容易に築造出來る利益がある。

重力式堰堤の設計にては堰堤の基礎又は或水平斷面にて湛水又は涸水の兩方の場合に(一)壓力線が中央三等分點の間にある事、卽第二十一圖にてDCをE.Fにて三等分してFなる壓

第七十圖



村山貯水池上堰堤（取水塔より見たる處）

第八十圖



東京市水道村山貯水池

石堰にては(一)の條件丈にて充分で一種か二種の梯形の集合であるけれども高堰堤になると(二)の條件の爲に五種の梯形の集合となる設計の時は第二十二圖ウエグマン氏の標準の形を參考にすると都合がよい又大體には第二十三圖の樣に所要の堰の高さACを垂直に取り、

$$BC=\sqrt{\frac{AC}{g}}$$ 但しgは堰の材料の比重

此の式に依りBCを取りて三角形ABを定め所用の頂幅ADを取りDEを垂直に下しE點に丸味を付けACに少し肉を付ければAC/BEDなる形に依り約堰の形を定められる。

拱堰堤は其兩翼を兩岸の岩に托し水平拱の作用を生ぜしむるものにて重力式のものに比すれば斷面を節約する事が出來る。之れも半徑の小さい卽兩岸の岸が

第十一圖

53.

堤堰

第十九圖

石堰の一例

力線がEとFとの間にある意味にて之は斷面の何れの點にも張力を生じない條件である、又壓力線Pとは合以上の水壓Hと合成力の意である。

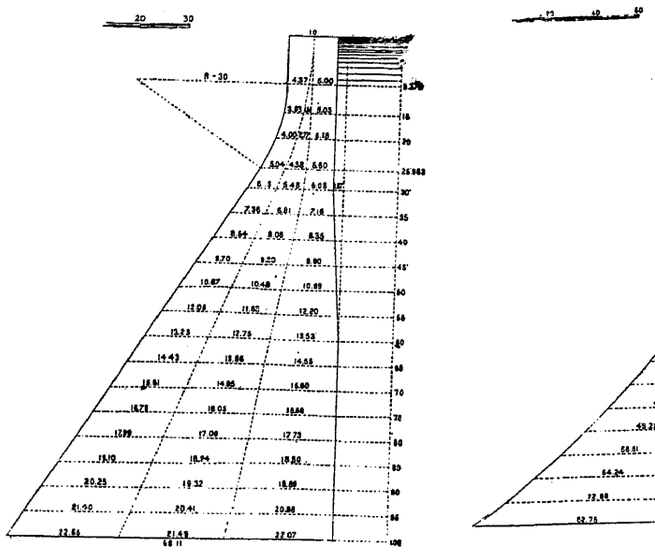
堰體重量Wとの

(二) 趾點Dに於ける壓力強度が基礎面又は石工の安全耐壓力以下にある事。

(三) 其の斷面に沿ひて滑動を生せざる事。

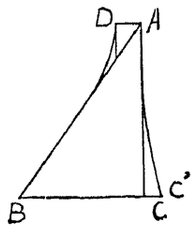
の三つを安定條件とする、水深二〇米以下のCが出來る次に堰の上幅ADを少くも六〇糎、通路にする時は二五〇米

第二十二圖



ウエグマン標準斷面圖

第二十三圖



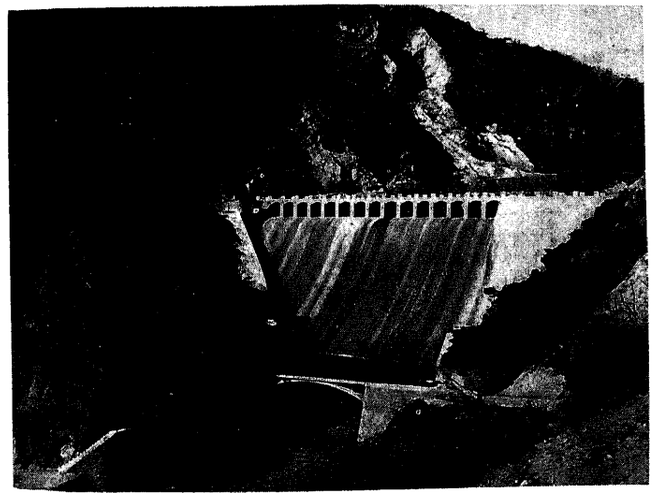
迫つて居る時の話で(第二十四圖)の形の樣に薄くてよいが半徑が大きくなると拱の作用は唯安定度を增す程度にて設計には全く重堰堤として考へる、神戸市の千苅堰堤など其一例である(第二十五圖)。中空式堰堤は水壓の一部を堰の安定に利用せる巧妙なる設計で材料が節約出來る、函館市の貯水池は鐵筋コンクリート床版式のものにて本邦唯一の例で結果も甚だよい樣である(第二十六圖)、堰堤の附屬設備として貯水池より水の引出口は池內又は堰堤內に取水塔を造り高低諸所に水門を設け水面下適當の水門を開き水質最良なる水を取り隧道、暗渠又は鐵管にて之を所要の場所に導くものである、餘水吐は或水面以上の水を捨つるものにて石堰堤の中央上部は溢流せしめ又は堰の一端に或は堰を離れて其延長上に設くる事もある、何れにしても充分の幅を與へて洪水量も故障なく排除出來る樣にする、溢流する部分は堰堤も他よりは丈夫にし落水の勢力にて前面を浚掘せられざる樣に堰の前面を滑かなる一種の曲線とし又は階段形とする下流も注意して適當に防禦工を施す必要がある、溢流の深さは貯水池全體の容量を減じない樣に餘り深くしないがよい、六〇糎位として幅を定める、溢流部の頂部は流木、流氷等に對して丈夫に築造する、堰堤には猶一時的には木材堰もある、凡て堰堤の高さは高水位以上波の高さを見込み池の大小に應じて一乃至三米の餘裕を見るがよい、地震時の波は餘程高きものにて殊に土堰堤にては恐る可きものである。

五 湖水

湖水より取水する方法は大體大河の下流部より取るものと同じく取水塔より取るものと湖底に造つた木框によるものとある。北米大湖地方に此例が多い、都市より放流する下水の影響を避ける爲に遠く七一八粁沖合に取水塔を設け之れより鐵管又は水底隧道により湖岸に導水しポ

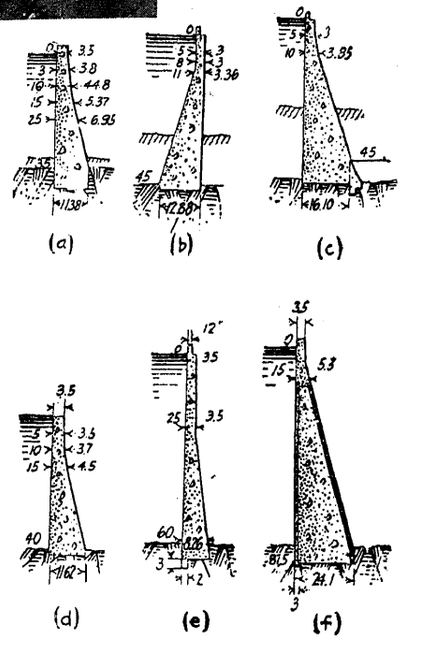
ンプにて給水する、木框に依るものは工費低廉にて波浪又は流氷による被害は少ないけれども確實性及び維持の點に於ては取水塔が優つてゐる。第七圖はミルウォーキー市の木框、第二十九圖はシカゴ市の取水塔の例で共にミシガン湖より取水してゐる。

第二十五圖



神戸水道千苅堰堤

第二十四圖



拱堰堤斷面圖

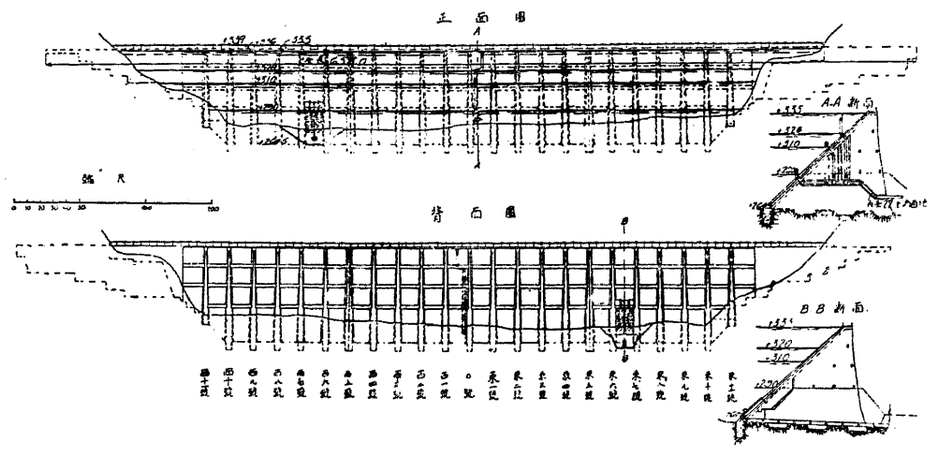
第二節　地下水一般の形狀

一　地下水

前章第三節に於て述べた樣に雨水の地中に滲透せる部分は重力の爲に地中深く入り或不滲透層に達する、卽ち上より下り來る水と横の方に流れ去る量と等しくなると平衡狀體となり其水位を保つてゐる此面を地下水位と稱する此水面は重力に依りて水平にならんとして低き方に流れる、地表水なれば勾配小にても相當の流速を生ずれども地下にては土砂の狹き間隙を流れるので抵抗が多い爲に餘程勾配があつても速力は極く小さい、今土地が一樣なる空隙を有する粒よりなるものと假定すれば地下水位の上下は略地表面の夫れと大體一致するけれ共地表面の變化程劇しくはない、第三十圖の樣に川岸の所にては地下水位と河の水位とが一致するが河より離るゝに從ひ地下水位は上るけれども地面の上る程著しくない、次の谷に行けば再び下る地下水流の方向は川の方に且つ幾分下流に向いて居る、降雨ありて滲透量增大すれば地下水位は從つて上昇すれど川の位置にては上り方は少ない、從つて勾配が急になり地下流の量が增す之に反し旱天時には地下水位が下降し勾配は緩になり遂に川の水は涸れて伏流のみ川下の方に向ひ流るゝ樣になる、普通地盤の空隙は一樣でない、若し流れる方に空隙の少ない緻密なる地層があれば地下水の勾配が急に下らないと粗粒の所と同一量を流下出來ない、此勾配が地表面に露出すれば水は地面上に溢れ出して沼とか又は地表流を生ずる、斯る沼は山麓に現はれ普通極て淺きものである、地下水位の變化は通常比較的緩のもの にて年々とか季節により又雨量等により稍短い時期で變るものである川の附近や低い所にては其變化僅かにて高臺にては著しい、又粗粒にて地下水の勾配緩なる所程此高低の變化は少いものである。

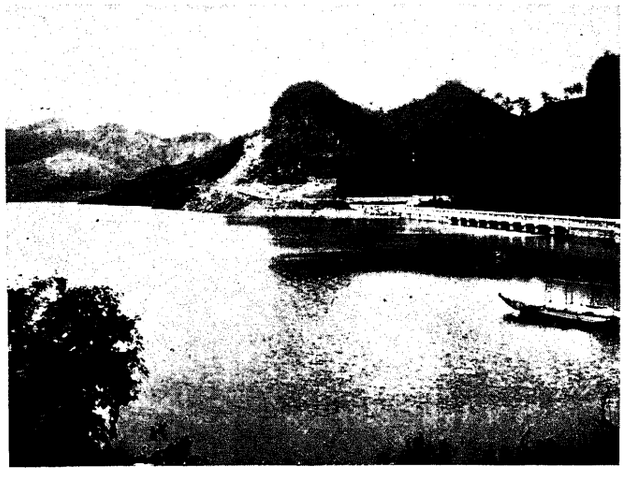
湧泉　湧泉は地下水の自然に地表に出現せるものにて第三十一圖(A)(AB)の所に出るものと(B)圖の如く粘土の不滲透層中に壓力ある含水層有り自然の龜裂Cより出るものと上下に全く不滲透層の無きに關せず地下水の氾濫により出るものとの三種がある。

第二十六圖



函館市上水道中空堰堤

第二十七圖



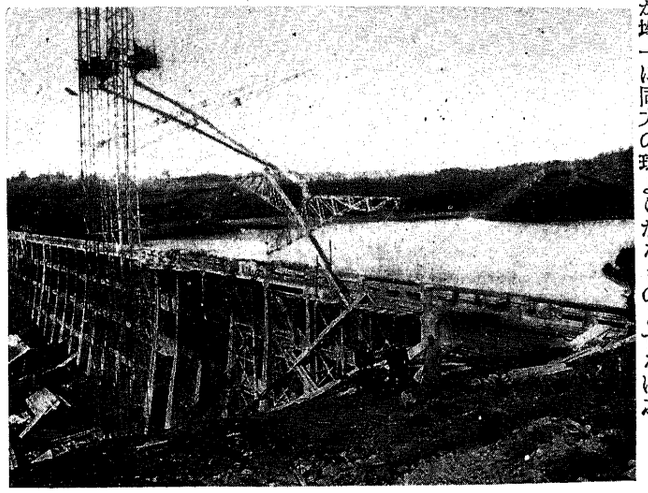
長崎市上水道小ヶ倉貯水池

掘拔井戸の原理　は第三十二圖で明である AB の間に降つた雨水が砂礫層中に入り上下は不滲透層にて挾まれてゐるCに井戸を掘れば地面上に自噴する、掘拔井戸は本邦の諸所にあるけれども佛國のアルトイスに多いのでアーテシ

アン・ウエルと稱せらる。

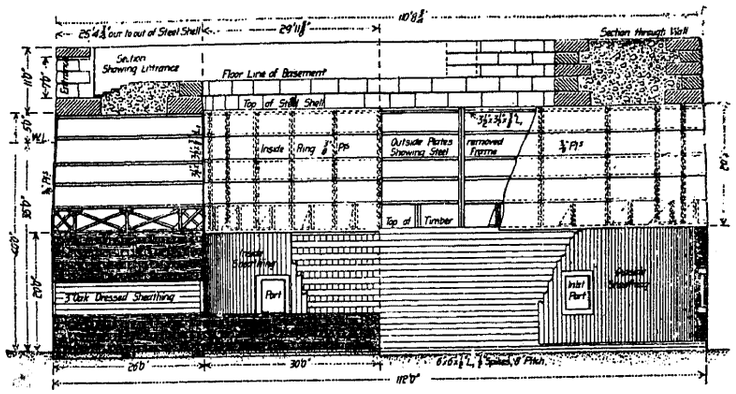
土實の空隙　凡て地表面の土壌は多少水を吸收するものである、之れは空隙に起因する、今砂粒が均一に同大の球よりなるものとするに之を如何に搗き固むるも猶二六%の空隙を存する況して形狀も配列も不規則なるものにては空隙は猶大きいもので實際粒の揃つた粗砂の空隙は三五―四〇%に達する、砂と砂利の如く大小混交せるものは多少空隙を減ずるけれども二五%以下と云ふ事は稀れである、岩石の空隙は花崗岩の如き一%位のものから粗なる砂岩の二五%―三〇%の樣なものに至るまで種々のものがある、斯の如く空隙を原容積に對する割合で示したものを**空隙率**と稱する凡て岩石粘土等の吸水率等は水道水源には餘り必要がない之れ何れにしても流速甚だ遲々として且つ水は毛管現象で吸はれて餘り流れないからである、水源として水の最も多く得られるのは砂及砂利の層か或は極めて粗質の岩石に限られてゐる。

第二十八圖



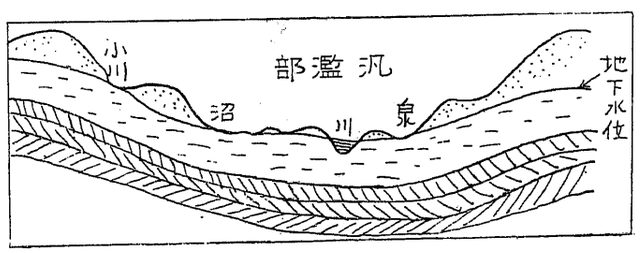
函館上水道中空堰築造中の光景

第二十九圖



シカゴ市に於ける ミシガン湖一里沖合の取水塔

第三十圖



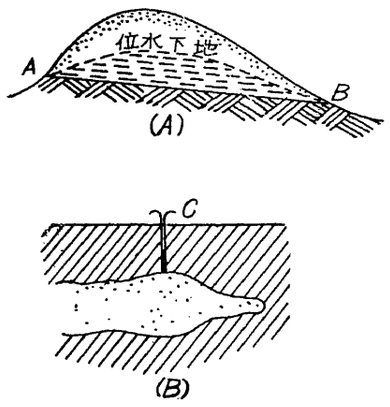
地下水と地面との關係

二　含水層と地質

地下水を水源とする場合は先づ地下に含水層の有無其狀況を判定しなければならぬ、正確には熟練せる地質學者に調査を乞ふ必要がある、けれども技術者として心得可き事は地下水の多少は地面の性質と密接の關係があるから先づ地表面の地形其排水の良否によりて滲透率の多少を見る、又森林の有無を見て多き所は地下水の豐富なるを知り、附近に湧泉の有無を見て有れば過剩地下水の存在する事が判る、又附近に井戸があれば之れを調査すれば確實に水質水量の觀念を得られる。

又地質の調査をなして岩盤の深さ、上層の土質を研究し含水層の規則正しきか否かを見若し廣汎なる面積に亘りて規則的に廣く亘れば水量豐富なる事が容易に判定し得るものである、地質の方面より見ると大體次の樣である。

第三十一圖



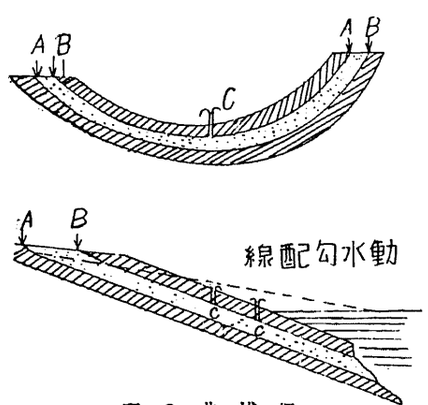
湧泉の理

砂及び砂利層　水を取るのに最良の地質にて三〇%位の空隙を有し井戸により多量の水を得られ水質概ね良好で鑛物質を溶融してゐる、細砂の層にては水は充分濾過せられ水質は最良であるが井戸の半徑を大にせざれば閉塞される惧が多い粗砂又は砂利層は時に水質汚染されて居る事が有るけれ共一般に良質である。

砂岩、礫岩　粗質の砂岩及び礫岩は水を含むものにて砂及び砂利層に亞いで良水を得られる。

古代の河川及び湖水の沈澱層　往時の河川湖水の沈澱した砂利、砂の地層より成れる砂層、砂利層、粘土層の交錯せる中層なる砂層、砂利層、粘土層の交錯せる中に含水層があるから、一般に水は第四紀層より得られるものである、**粘土及び泥板岩**（土丹岩）よりは一般に水を得られないけれども水を或る層に圍繞して散逸を防ぐから地下水には他の意味に於て必要である、**石灰岩**も水を通さないけれ共洞穴を生じて流る、水より多量取水される事もある、水質硬く汚染の惧が少くない、**花崗岩、片麻岩**等の火成岩は空隙極小である、併し表面分解し此處より良水を得る事もあるが地表より一〇〇米位までの事にて夫れより深く掘るも到底水を得られるものでない。

第三十二圖



三　地下水の流れ

地下水の流量の測定は地表水の樣に簡單ではない、此の水量の推測又は測定の不確實なる事が地下水の大缺點である、凡そ地下水の水量は最も旱魃の時季を選んで測定するを必要とする地下水の流速は土砂の粒の大きさ、空隙率及び地下水の勾配に關係するものである、勾配は諸所に「ボーリング」をして自然に上る水位を測定し地下水面の最急勾配の方向を定め其向きに於ける二つの井戸の**距離**と水位によりて勾配が

定まる、掘拔非戸の場合には管を立て、水の上る高さを定むれば同樣に測定出來る粒の大きさ及び空隙率はボーリングに依りて大體に知られる、斯くして流速を計算するに用ふる公式は古來ダルシー、ハーゲン、ヘーズン氏等の實驗によると溫度が同一なれば流速は勾配に比例し粒の直徑の自乘に逆比例すると云ふ、ヘーズン氏は濾過砂にて實驗の結果砂粒の徑〇・一乃至三粍の間にて次の公式を作つた。

$$V=cd^2\frac{h}{l}\left(\frac{3T+70}{100}\right)\cdots\cdots(a)$$

但しVは水柱としての速さ米／日、Cは係數にて砂が汚れた時四〇〇にて砂が新しく粗き時一〇〇〇に至る、dは砂の有效直徑、粍。

$\frac{h}{l}$は水の勾配＝sにて砂層の厚さ1の間に1呎丈けの落差がある意味。

Tは水の溫度（攝氏）。

有效直徑とは砂を篩ひ分け大きさの順にして小さい方からの重量一〇%の分の砂粒の最大直徑である、但し直徑は同容積の球として算定する。

上記の速力は水柱としての速力であるから砂の空隙を通る實際の流速は之れより大きい、空隙率0.4なれば一・五倍になる、水溫を一〇度とすれば溫度の項は消へ次の如くになる。

$$V=2.5cd^2s=Ks\cdots\cdots(b)$$

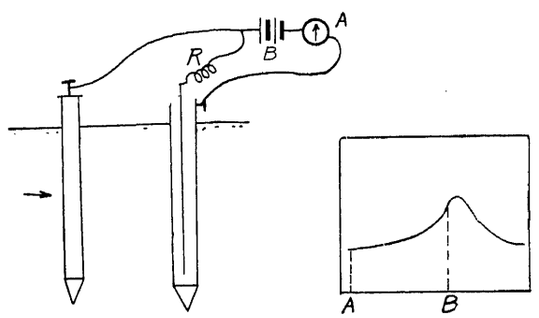
但しvは空隙を通しての速度米／日K常數S

地下水勾配にて卽ち地下水の勾配に直接比例する。

砂としては有效直徑〇・一乃至〇・二粍は細砂である、前〇・三は普通砂〇・四乃至〇・五は粗砂で(b)式のKの値は勾配一の時の速度で有つてスリッチャー敎授は同一の砂にても搗固め卽ち空隙率に依りて次の割合に變化する事を研究發表した。

空隙率%	二五	三〇	三五	四〇
比較速度	三四	五二	七四	一〇〇

第三十三圖



スリッチャー敎授地下水流速測定法

卽ち空隙率四〇%の時のものを定め他の場合は此比で減ずればよい、V＝KSのKの値卽ち勾配一の場合の流速米／日は次表の如し

第六一表

空隙率%	砂の有效直徑（粍）								
	極細	細砂	普通砂	粗砂	極粗	小砂利			
徑（粍）	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.80	1.00	2.00	3.00
25	8.5	34	76	136	210	550	850	3400	7600
30	13	52	117	208	335	830	1300	5200	11700
35	19	74	166	300	460	1200	1900	7400	16600
40	25	100	225	400	625	1600	2500	10000	22500

レムケ氏はKの値を次の樣に定めた米／日

細砂四六　普通砂二三〇　粗砂八五〇　砂礫二九〇〇

粒の大きさ三粍以上のものはdの自乘より小なる數に勾配もvSに近い數に比例する樣になる

斯くして流速Vが出れば流量は、

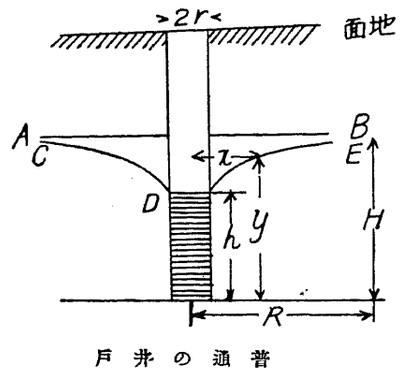
$$Q=VAp=KSAp\quad(立米／日)\cdots\cdots(c)$$

但しAは地下水の流れ來る面積（平方米）Pは空隙率を割合にて示したもの。

地下水流速の直接測定法　地下水流速の直接測定法は地下流の方向に二つのボーリングをなし上流の井戸に食鹽を投じ下流の井戸水を分析し其の反應の現はるゝまでの時間にて流速を知る事が出來るが結果は精確でない。

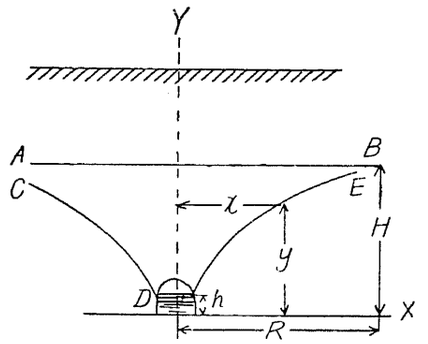
次にスリッチャー敎授の電氣的の方法は相當の距離を離して徑三糎位の二つの管井を打ち込み第三十三圖の如くR抵抗B電池A電流計を連絡し、上流の井戸に鹽化アンモニユームを電解物として加へれば此の溶液が下流井に近付くに從がつて電氣的の抵抗を減じ電流計はまはる、最後に電解液が下の井戸内に到達すれば俄然として電流は圖の如く上るABの時間により流速

第三十四圖



普通の井戸

第三十五圖



並列非理水の井

$$Q=KSAp$$

$$A=2\pi xy\qquad S=\frac{dy}{dx}$$

$$Q=2\pi Kxy\frac{dy}{dx}$$

$$\frac{Q}{x}dx=2\pi Kydy$$

積分して、

$$(Q\log_e x=\pi Ky^2+C\qquad x=r\qquad y=h$$

故に、

$$Q\log_e r=\pi Kh^2+C$$

$$y^2=\frac{Q}{\pi Kp}\log_e\frac{x}{r}+h^2\cdots\cdots(1)$$

之れが汲みし後井戸に流れ込む地下水面の曲線式である、井戸の中心を離るゝ事遠きに從ひ水位の下降は漸次少なくなり遂に事實上水位の下らない點に達する、卽ち井戸から汲み上る影響の殆ど無い所までの距離をRとする此のRを影響圓の半徑と稱する然らばx＝Rの時にy＝Hとなりて前式は、

$$H^2=\frac{Q}{\pi Kp}\log_e\frac{R}{r}+h^2\cdots\cdots(2)$$

(1)及(2)式より、

$$Q=\pi Kp\frac{H^2-h^2}{\log_e\frac{R}{r}}=K_1\frac{H^2-h^2}{\log_{10}\frac{R}{r}}\cdots\cdots(3)$$

但し、

$$K_1=\frac{\pi Kp}{2.30}$$

(2)の式から井戸の容量は井戸の半徑の影響が對

四　井戸の水理

（イ）普通の井戸　第三十四圖にてABは汲まない前の地下水位とし之を汲み上げてH丁丈け水位が下つたものとする、此の時の井戸の容量は下の樣にして理論的に求められる、但し土質は均一なるものとする、前節(c)の式により、

地下水の流れは一日に二一三米を普通とする故に井の距離は一米內外で

を知り且つ間の土地の狀況も知る事が出來る樣に遲きものなるよい。

數式で入つて居るから比較的少ない、卽ち徑七五粍の井戸と六〇〇粍のものとを比較すると僅かに一五乃至三〇%增す位である、併し汲み下る深さの方は、

$$H^2-h^2=(H+h)(H-h)\fallingdotseq 2H(H-h)$$ (H に對し h が比較的小さいとする)

となつて容量は H−h に比例する卽ち水面を低下すると夫れに直接比例して水量を增すものである、(3)式にて容量を計算しやうとしても R が不明である之は H−h や土質等にて異るけれども大體に、

$$R=1.36\frac{H-h}{S\log\frac{R}{r}}$$

として表によりてもよし又 Q に影響する事が少ないから假定してもよいが、井戸から或る距離離れた所にて水位の變化を見る事の出來る所にては其の量を觀測して(2)式に入れると R を知らないでも Q が出て來る、又 Q に依らないで も地下水の曲線が判る。

(ロ) 集水隧道又は並列井戸 (第三十五圖)

$A=2y$ として(イ)の場合と同樣にして水面曲線及び流量 Q (隧道の長さ一米につき立方米/日)は、

$$\left.\begin{aligned} y^2&=\frac{Qx}{Kp}+h^2\\ Q&=Kp\frac{H^2-h^2}{R}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(4)$$

第三十六圖の如き集水埋管の一方よりのみ來る場合は Q は半分になり。

$$Q=\frac{Kp}{2}\frac{H^2-h^2}{R}\cdots\cdots(5)$$

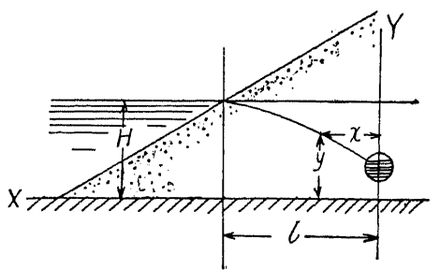
(ハ) 掘拔井戸 (第三十七圖)、普通の井戸と同樣に、

$$A=\pi Kt\frac{H-h}{\log\frac{R}{r}}\cdots\cdots(6)$$

但し t 含水層の厚(米) K_1 其他(3)式と同一。

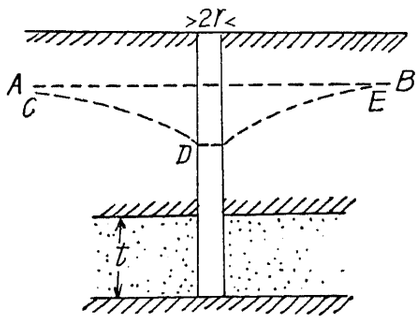
管井中の摩擦水頭 前に述べた H−h は地中に於ける摩擦水頭である、猶管中に水が入る時にストレーナー(土砂の進入を防ぐ細孔)の抵抗あり管內にては水が上昇する時の摩擦抵抗がある、鍊鐵管の井戸として新管の抵抗の二五%增しとすると大抵の場合は安全にて其の量は第一七表の樣である。

第三圖六十



集水埋渠の水理

第三圖七十



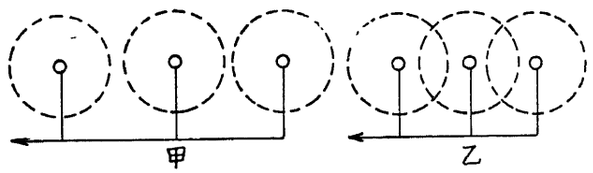
堀拔井戸の水理

此の表の使用法を例にて說明するに今徑一五〇粍深一五〇米の掘拔井戸より一八七〇立方米/日の水を四・五米の水頭にて汲上けて居る、若し二倍の水を得んとするには幾何の水頭を要するかと云ふに初めの部では表より二〇八〇立方米を揚げるには一〇〇米に付二米であるから一五〇米に付 $2\times1.5=3$ 卽ち三米である、一八七〇は二〇八〇の約一割減であるから摩擦水頭も大體二・七米とされる、殘りの一・八米は地中の抵抗である、今二倍の流出

第一七表　管井の摩擦水頭

摩擦水頭 百米に付き米	井戸直徑(粍)50	75	100	150	200	250	300
	流量 立方米/一晝夜						
0.5	49	148	318	945	2080	3785	6055
1.	72	212	455	1325	3140	5680	9085
2.	106	318	680	2080	4540	8330	13625
3.	133	416	870	2650	5680	10220	17415
4.	159	454	1020	3140	6820	12115	20065
5.	178	530	1175	3560	7570	14005	23470
6.	201	606	1325	3785	8705	15900	26120
8.	235	719	1515	4545	9840	17790	29900
10.	261	795	1780	5300	11355	20820	34070
15.	341	1020	2235	6435	14385	26800	45425
20.	378	1175	2610	7570	17415	31420	
30.	492	1515	3255	9842	21200	37850	
40.	568	1740	3785	11355	21580		

第三十八圖



第一八表　鑿井の直徑

掘拔又は鑿井の直(徑)耗	揚水量(一晝夜に付立方米)
100.	180～540
150	360～900
200	700～1800
250	1100～2400
300	1800～7200
350	2700～9000

量を得るには本節(6)式により H−h は二倍卽ち三・六米を要する、又管內の抵抗は上表より一〇〇米に付約六米であるから一五〇米に就き九米を要するから全體にて一二・六米となり當初半分の時より八・一米摩擦抵抗が增す理である、又本表と(6)式とによりて地中抵抗と管內抵抗との割合を種々の直徑と流量とに應じて研究して見ると直徑が小さく流量が大きければ管內抵抗が重なるものとなり之れに反し直徑が大きくなれば管內抵抗が大部分を占める事が判明する、斯くて鑿井の直徑に應じ適當なる流出量は第一八表の如くになる。

並列井の相互の影響　井戸を二つ以上近距離に並べて穿つ場合には第三十八圖甲の如く影響圓の直徑(2R)以上相隔たれば可なれ共、乙圖の如く重なり合へば各共戸の容量を減ずる、其の割引の程度はスリッチャー氏の研究に依れば第一九表の樣である、但し一五〇粍直徑の井戸をポンプにて揚水し水位を三米下げ影響圓の半徑を一八〇米(六〇〇呎)としたものである。

例へば、

六〇米隔てゝ二井を穿てば $(1-.16)\times2=1.68$

三〇米隔てゝ三井を並ぶれば $(1-.31)\times3=2.07$

三〇米隔てゝ多數の並列井なれば $(1-.60)\times n=.34n$

即ち前例によれば一つの井戸の夫々一・六八倍二・〇七倍〇・三四倍の容量となる。

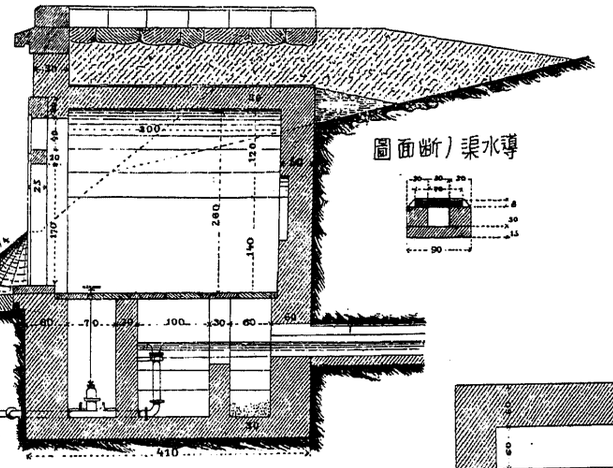
第一九表

二井		三井		多數の並列井	
間隔(米)	割引率	間隔(米)	割引率	間隔(米)	割引率
1.5	0.38	1.5	0.55	30	0.66
3	0.35	3	0.51	60	0.45
30	0.20	30	0.31	120	0.24
60	0.16	60	0.22	180	0.14
120	0.11	120	0.12	300	0.06
300	0.06	300	0.08		

五、湧泉よりの集水工

湧泉よりの取水工は引入管を開口するに便利なる小貯溜地を造り水を集めて流出量を增加せしめ水の汚染を防ぎ閉塞其他の害を避ける樣にする、此外必要に應じて小形の瓣室、沈澱池、濾過池、量水堰、餘水吐、土砂吐等を設ける事がある(第三十九圖)最も簡單なるものは第四十圖の如く湧泉の所に石造又はコンクリートの池又は井戸を造り之れより管を以つて引水する、水質を損じない樣に蓋をなし上に五〇—六〇糎の深さに土を置き光線を遮斷し且水の清冷を保たしめる、又第四十一圖の如く山麓に沿ひて廣く滲出する水を集むるには砂利玉石等にて土を置き換へ、函渠土管等の集水渠を設けて集水池に導く又第四十二圖の如く山に向ひ深く隧道を穿ちて集水する事があるけれども往々水源の涸渇を招く事がある、本邦水道にては湧泉を水源として居る、例ば餘り多くない、熊本、鹿兒島、松本市、秦野町等である。

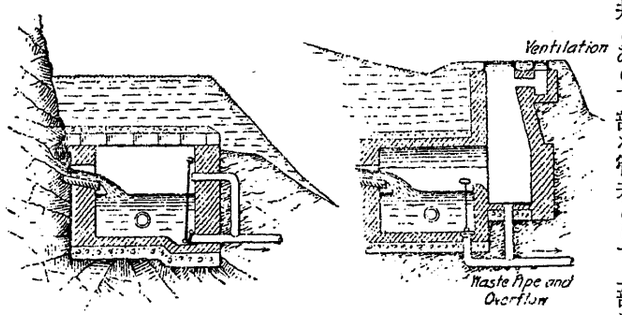
第三十九圖



六　井戸の構造

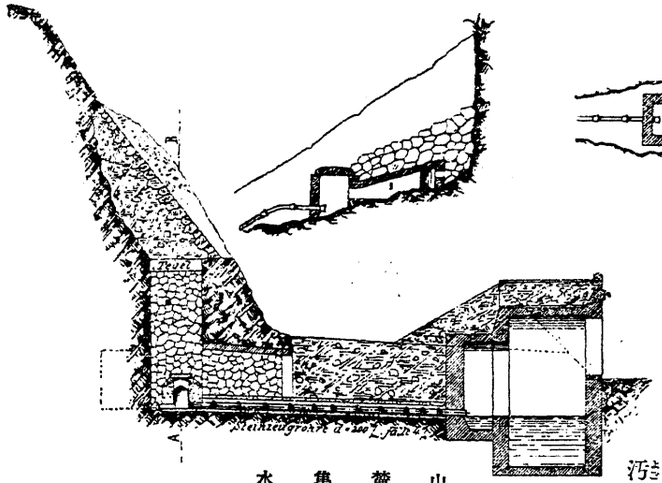
井戸は約三〇米の深さを限界とし淺井と深井に區別する、又直徑の大小と構造とにより筒井と管井とあり下部を管井として上部を筒井とはコンクリートを井戸側として土砂の崩壞を防いだものである、家庭的には普通これに依るもので數も最も多く本邦人口の六割まで此の井戸水を使用してゐる、釣瓶式の井戸は上部より汚さる、危險が多いから之を避け密閉せる蓋をなし少なくとも井戸側の上部三米間は水の漏れない構造となしポンプにて揚水するがよい、又井戸の附近は地面をコンクリート叩きとして相當傾斜せしめ洗ひ水等は直に下水に導きて遠く流し去るものあり管井は更に閉端井と開端井とし開端井の特に深きものを鑿井又は掘拔井戸と稱する淺井は主として井戸の附近に集まれる水を取るものである、人家の附近に設ける時は汚水の滲透の爲に汚濁される惧れが多いから公衆水道の水源としては避る方がよい。

第四十圖



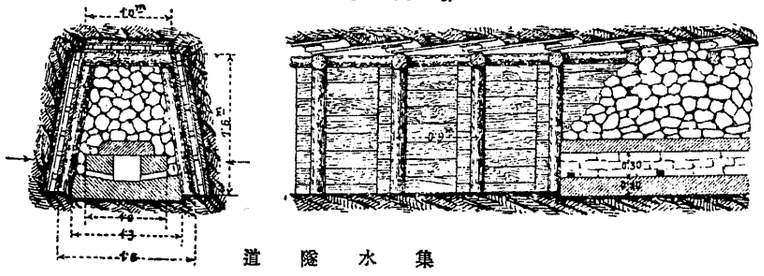
湧泉取水工(乙)

第四十一圖



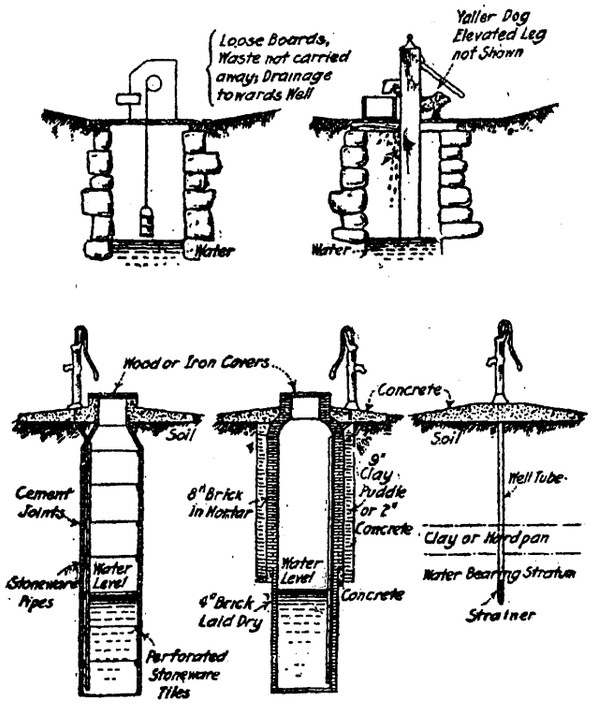
山麓集水

第四十二圖



集水隧道

第四十三圖



不完全なる構造の井上と善き構造の井戸

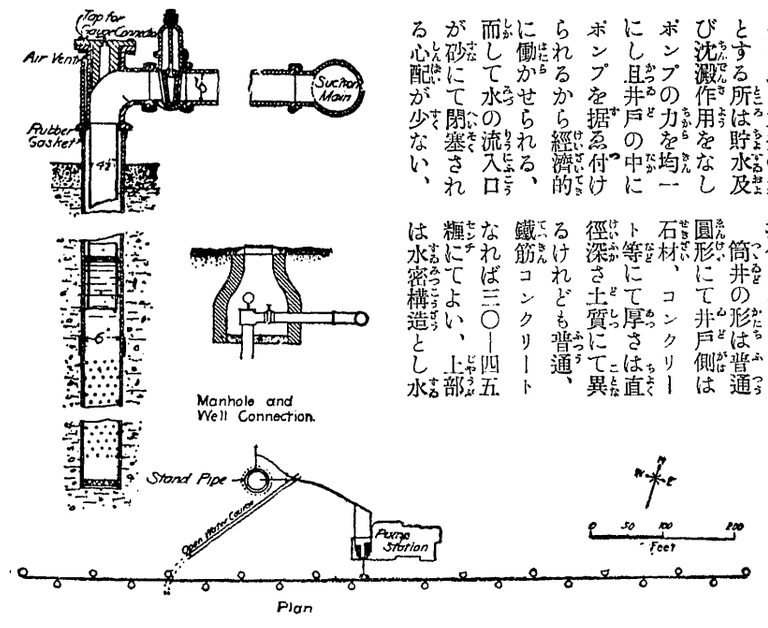
筒井戸は管井に比して直徑が一般に大きい、三米から大井は一五米に達する、凡そ管井に比し大井の益とする所は貯水及び沈澱作用をなしポンプの力を均一にし且井戸の中にポンプを据ゑ付けられるから經濟的に働かせられる、而して水の流入口が砂にて閉塞される心配が少ない、

である、要するに大井は一箇の比較的淺井にて全體に給水し得る場合に便利にて管井は廣き場所の不規則なる水を集めたり又は非常に深き井戸を掘る場合に適する。

又淺き大井を河川の傍らに設けて伏流を取る場合もある。

筒井の形は普通圓形にて井戸側は石材、コンクリート等にて厚さは直徑深さ土質にて異るけれども普通、鐵筋コンクリートなれば三〇—四五糎にてよい、上部は水密構造とし水

第四十四圖



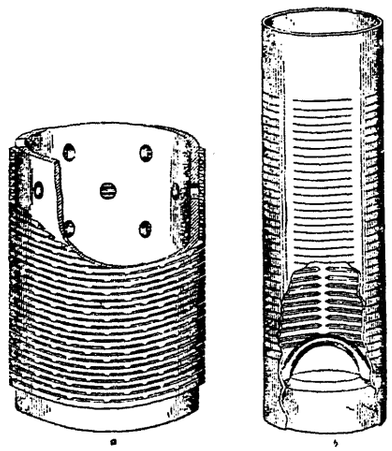
管井の配列及吸揚管

層は空積又は取水の小孔を穿ち孔の後面には砂の浸入せざる樣に砂利又は碎石を詰め後ろに行く程小さくする。又鑄鐵井戸側も歐洲によく用ひられる。井戸は上に屋根を造り水質を保護するがよい。

大井の容量は一晝夜三百立方米も出ればよい方で非常に狀態がよいと三千立方米に達する。

管井　管井中淺きものは直徑五〇—一五〇粍の瓦斯管に尖端を造り其の附近にストレーナーと稱する砂防ぎ網を附して之を地中に打込む所謂閉端井にて地質軟土又は砂の所にて深さ二〇米以下の所に適する。此式は打込引き拔き共に自在であるから種々試驗して最良なる配列をなす事が出來る、堅硬なる地盤にて稍深く大なる井戸なれば下の開きたる所謂開端井がよい、

第四十五圖

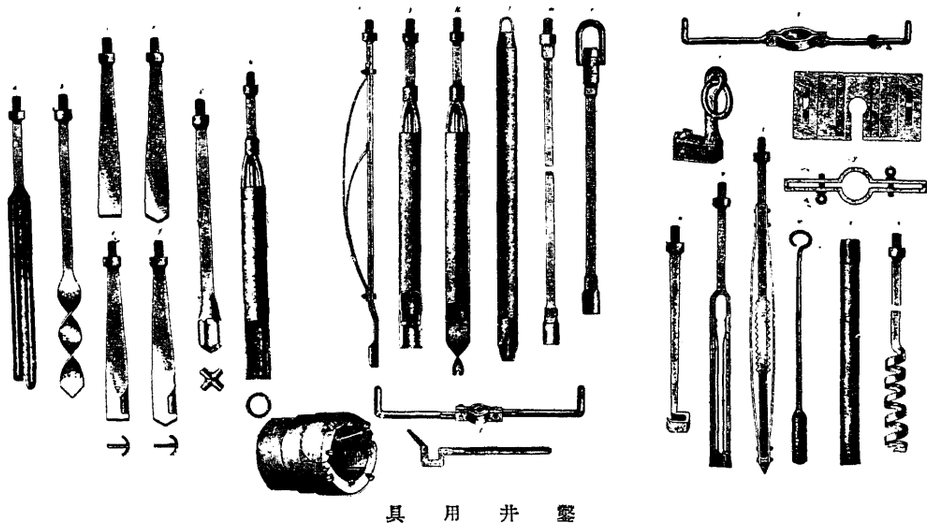


A.ストレーナー
B.ストレーナーツク

管の内側より土砂を掘鑿除去しながら沈下するものである。壓力水を噴射せしめ固結せる土砂を緩めて沈下せしむれば工程が早い、管井の直徑は一五〇粍深さも四〇米以上に達する。管の下端に近く小孔を穿ち棕梠を卷き細砂の入るを防ぎ又は種々のストレーナーを使ふ、本邦にて普通見る上總掘は此の一種にて初め櫓を組み竹片を長く繼ぎ合せたる先に錐を附けて反復錐衝を與へ細孔を穿ち後に節を拔きたる竹又は鐵管を挿入したものである。

管井は普通直徑が小さいから多量の水を得るには多くの井戸を並列し之をポンプの吸揚管に直接に連絡して揚水する物である(第四十四圖)、井戸の配置は地下流の方向と直角にして距離は餘り近過ぎれば井戸の效率を減じ餘り遠きは吸揚管を長くする不利益がある。先づ七・五—三〇米位とする。吸揚管の大なる方摩擦抵抗

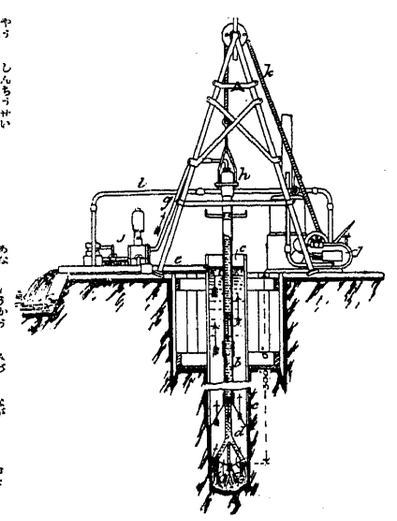
第四十六圖



鑿井用具

少ない利益はあれども經濟上餘り太くも出來ない。流速を三〇—六〇糎／秒以下とする、ストレーナー（第四十五圖）は種々の形があるが錆びない樣に眞鍮製のものにて孔の有效に水の流れ入る面積は流速五〇—七五粍／秒以下になる樣に定める、管井の流出量は吸揚管の長一〇〇米から一日三千—五千立方米位である。

第四十七圖



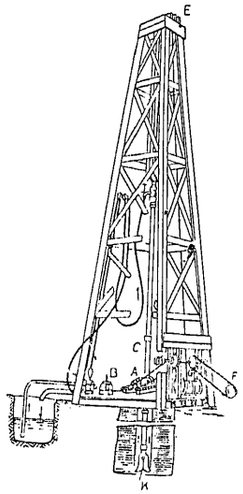
噴射式鑿井法

鑿井又は掘拔井戸　井戸の深さ三〇—四〇米以上に達すれば前の淺い井戸は實用に適しない、調査も困難に井戸の費用も不廉である。然れ共本邦特有の上總掘法に依れば軟土質の場合に比較的簡單に目的を達せられる、竹片を繼ぎ合せたる先端に錐を附けて錐衝を行ふ、而して幸に深き含水層は淺きものに比し普通面積廣く一樣に亘るを以て既に鑿井の經驗を有する地方にても淺井より確實に水を得る事が多い。鑿井には特種の技能と種々の器具とを要す（第四十六圖）。

掘鑿法には打擊式と廻轉式とが有る打擊式は地質に應じ特種の錐を上下し以て孔底に頻回の打擊を毎回少し宛方向を變へて加へ岩石を粉碎し乍ら掘進するものである。數多の鐵棒を螺旋にて連結したるものの尖端に錐を附くるロッド式は確實に垂直に掘れるけれども尖端の器具取り換へに多大の時間を徒費する、併し錐を綱にて吊り下げたるロープ式は取り變へ輕便であるが孔の眞直を缺く惧れが有る。共に噴射式掘進の便がある。又砂ポンプにより掘屑を揚げらる（第四十七圖）。

廻轉式は井管の下端に管より少し大なる直徑のダイヤモンド、又は硬鋼の錐を附け水を壓入しながら之を廻轉して岩石を切り折々心棒（コーア）を除くものである。管と土壤との間に壓力水があるから摩擦少くよく沈下する。（第四十八圖）

第四十八圖



ロータリー式鑿井

井戸側は打擊式にては掘鑿と共に管を捲き込み廻轉式は普通掘鑿を終りたる後之を挿入する

若し洪積層、沖積層等の軟かき土質なればストーブパイプ式なる二重鋼管の中を掘鑿しつゝ上より水壓ジャッキにて壓し込む方法はロータリー式の如く附近の地層を亂さず從つて近所の淺き井戸の水位に影響を及ぼす事少く工程も早い。水層の箇所にて沈下の後鋼管を切りて水を取る鑿井の大なるものは直徑五〇〇粍深さ一二〇〇米にも達する其の配列方法は深き地下水の層は一般に傾斜も緩く面積も廣大であるから配列の方向は餘り重大でない、唯其距離は井戸の築造費が高價であるから影響圏が重ならない樣少くも二百米以上隔つるを必要とする。

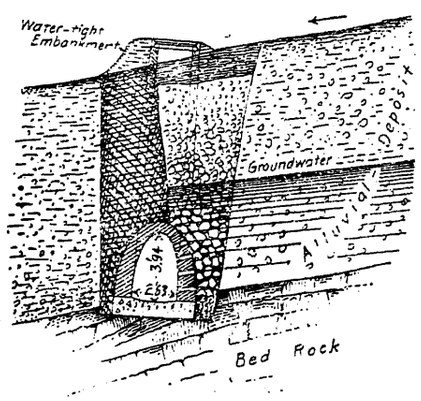
鑿井の流出量は一日七百—一萬立方米に達するもので地層の狀況にて違ふ又鑿井の容量は地上に自噴するや否やにて判定出來ない地上高く噴出するものもポンプにて汲み上る場合

市、高田市、高岡市等は鑿井に依る主なるものである。

井戸の失敗　井戸の流出量が年と共に減少する主なる原因は附近に他の井戸を掘られる事である又鐵管の接合部、塡料の缺點より漏水に起因する事、微細なる砂に閉塞される事、餘り多量に汲み出す爲に地下水位が漸次に下降する事等も往々失敗の因をなすものである。

水平井戸又は集水隧道　地下水が餘り深くない場合は地下流を横切りて水平に隧道を造り集水する事が出來る、前節河の伏流を取る集水埋渠と同一である。唯附近に格別河がなく砂丘の地下水等を集むる場合である。和蘭陀等に其例が多い。

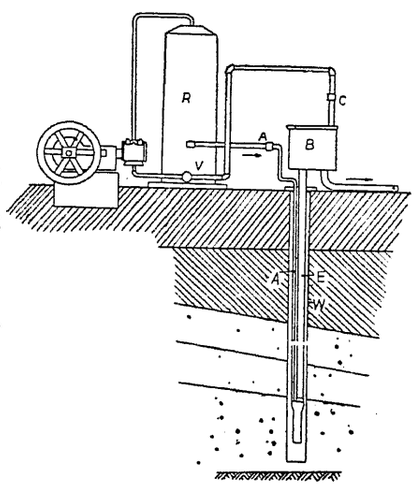
第四十九圖



集水隧道

井戸用ポンプ　井戸用ポンプは（一）竪軸型複働ポンプ（二）渦卷ポンプ（三）タービンポンプ（四）空氣揚水器等で、（一）は家庭用又は工場用に適し效率は好いも泥砂を混じたる水に適しない、（二）は淺井にて吸上管六米以下に適し細砂も揚げる事が出來る之れより深い井戸なれば井戸の中にポンプを下げねばならぬ、（三）は近來の鑿井の進歩に伴ひ考案したもので中心軸に數段に設けた翼車の廻轉によりて揚水し段數に比例して揚水高を增し三〇米以上に達するものがある、（四）は壓搾空氣を深く水中に吹込み水と混入し水の比重を輕くして揚水するものである、瓣もなく裝置簡單にて地下に破損する箇所がない、器械の部は全く地上にありて修繕に便利である（第五十圖）。然れ共揚水高の約三倍深い井戸が必要なる事と壓搾空氣に依るから能率不良である事は其缺點である。各式各利害得失があるから鑿井の成績と井水の用途により定む可きものにて概して云へば地下水位高き時は竪軸複働式又は渦卷式がよく低い時はタービン式又はエーアリフトが良い、近來家庭用井戸等にて小型の渦卷ポンプを電動器にて廻轉する設備をなし常に水を小さい壓力水槽に貯へ水を使用して一定量以下になれば自働的にスウイッチを動かし電氣を通ぜしめ水が一定量に達すれば止まる裝置が出來、ポンプ共に二三百圓以下で得らるゝので個人用として汎く用ひられて居る。

第五十圖



空氣揚水器（エーアリフト）

第三節　送水方法

水源が都市を距る事遠きにあれば長き水路を造りて其水を市に送らねばならぬ送水路に（一）自然流下式、（二）加壓送水式とある、（一）は水面が大氣に接し別に壓力を受けず流下するもの

にて開渠、水路橋、木樋、普通の隧道は之れに屬する。(二)は水が或る壓力の下に水管に滿流するものにて鐵管、鋼管、木管、鐵筋コンクリート管及び壓力隧道等が之れに屬し內壓の關係上斷面圓形をなして居る。

自然流下式は水面は均一な緩勾配をなして小山や谷間を避ける樣に迂回路を取るけれども又高き橋、築堤、深き切取や隧道を要する、壓送式の方は動水勾配線以下任意の所に埋設出來る從つて管路は地形に沿ひ急傾斜をなし地面と共に上下に屈曲されて居る。

送水路の容量　送水路が長い場合に都市の附近に相當容量の貯水池があれば送水路の大きさは其の期間の平均使用量に應ずればよい、けれども將來の擴張を考慮すれば何年後を標準とするかは送水路の種類にて異り石工水路は容量を多少增すも其工費の增加は比較的少ないから三四十年の將來若しくは水源より取水し得る最大量を見込み、鐵管水路なれば十數年位に止め必要ある時に第二管を增設しても良い、送水管は複線にすれば故障の際修繕に便利なれども市の附近に貯水池があれば一本にて支障がない、又若し複線の場合は折々兩方を連絡して置けば故障の時全然一本によるよりも其前後二本により通水する方多量の送水が出來る、又例令一本の管路と雖も河を橫切るが如き工事困難なる箇所は將來を見込みて二本同時に埋設し置く事は賢明なる方法である。

水路の位置の選定　水路の位置の選定は送水路の形式、利用し得る水頭、地形、水路の材質ポンプの動力等を考慮し最良の結果を得る樣に愼重に調査せねばならぬ、自然流下式水路は若し全水頭が制限され居れば略均一なる勾配となり高き構造物又は切取隧道にて谷間や山を越ゆるか又は迂回するかは二三の比較線によりて比較決定する、若し水頭充分なれば急勾配にて下り水路の斷面を小さく出來る、加壓送水式の場合は容易に直線式に出來るけれとも低所にても餘り水壓が高過ぎない樣にし管路の上下の回數も成可く少なからしめ小さな低部も避け、出來る丈一方の傾斜とする、又折々動水勾配線に近付けて水壓を制禦し易からしめる。

隧道は自然流下式の無壓隧道の方が長さも短く仕事も仕易い、管の水路の際の直徑は細くすれば管の費用は經濟的であるが摩擦水頭が大きいポンプの動力と相俟つて經濟的に定める（配水法の章にて詳しく述べてある）自然流下式水路を更に開渠及暗渠の二種とする。

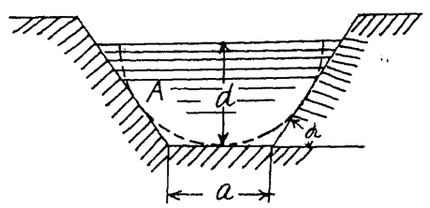
開渠は單に自然の地盤を開鑿せるのみにては流水の爲に浸蝕を受ける此の程度は土質に依りて異り許容流速は

土質	流速 米／秒
輕砂	〇・四五—〇・六〇
固結せる土	〇・七五—〇・九〇
硬粘土又は砂利	〇・九〇—一・二〇
岩石	一・五〇—一・八〇

又流速〇・六〇—〇・九〇米／秒以上なれば水路內に沈澱又は草の繁殖する惧はない。

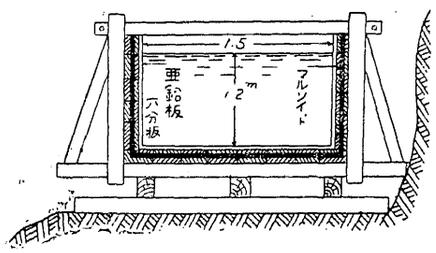
近來開渠の內面はコンクリート等にて護岸をする方が多い、速力も早くなり從つて水路斷面が節約される開渠には附近の汚水が流れ

第五十一圖



經濟的開渠斷面

第五十二圖



木樋

込み易いから護岸の笠石を高くするか又は側溝を完全にする必要がある、然れ共、兎に角開渠は塵埃、汚水の浸入、生物の發生、水溫の上昇凍結、蒸發及震災の被害等の爲水質の保清、又は送水の確實性に於て到底暗渠の勝れるに及ばない。併し東京市の多摩川舊水路、名古屋市、京都市等猶開渠に依る所もある。

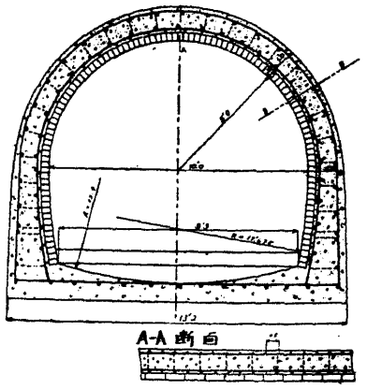
流量と側壁の傾斜とを與へて最も掘鑿土の少き開渠の形は水理學上第五十一圖の如く水面を中心とした半圓に外接せるものである、即Aを所要斷面積とすれば、

$$\begin{cases} d=\sqrt{\dfrac{A\sin a}{2\cos a}} \\ a=2d\tan\dfrac{a}{2} \end{cases}$$

$\alpha=60°$ 即正六邊の半分の形が最も流量が大きい、矩形なれば幅が深さの二倍の場合である

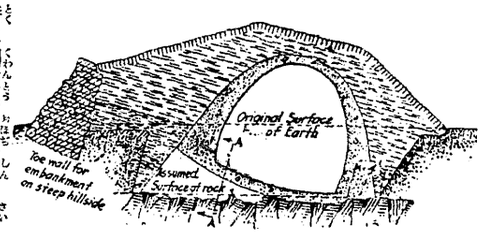
開渠は自然地盤內に造るが安全である、盛土上の開渠は沈下漏水の虞れあり特に關東の大地震の際には故障が多かつた。已むなき時は充分盛土の沈下を待ち且つ其築堤工事は總て土堰堤と同樣の注意が肝要である、木樋も開渠の掘鑿の不能なる斷崖の下に造る事がある。滑かにして水はよく疎通するが勿論一時的たる事を免れない（第五十二圖）。

第五十三圖



馬蹄形斷面

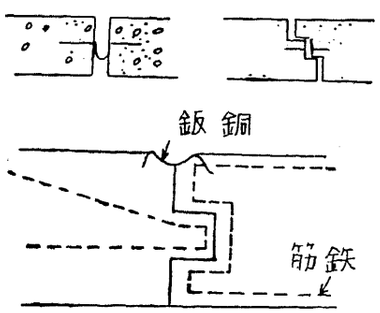
第五十四圖



地面上に露出する暗渠を土にて蔽へるもの

暗渠　動水勾配線に沿ひ比較的多量の水を送る場合には石工暗渠がよい、直徑一—一・五〇米以上になると石工暗渠の方が鐵管又は鋼管よりも經濟的にて維持も容易に壽命も長い、水量が之れより少くなれば鋼管又は鐵管がよい、水の流速は〇・六〇—〇・九〇米／秒以下になれば沈澱を生じ二米より早くするとコンクリートを摩滅する、堅き石又は鐵なれは猶速力を大にされるが此問題は水路の利用出來る水頭にて定まるものにて充分の水頭を有する所にては前記の範圍にて速力を早くし以て水路の斷面を小にする方がよい、圓形は同じ斷面積に對し流速は最も大にて土の外壓に對してもよい、構造上は圓形に最も近い馬蹄形が最もよい（第五十三圖）。馬蹄形暗渠は拱部、側壁、仰拱の三部よりなり材料は石、煉瓦又はコンクリートで近來鐵筋コンクリートに依るものが最も多い、深いものは隧道式に淺きものは埋戾隧道式（土地を切り取り底に暗渠を築造し後土にて埋戾す方法）に依りて造

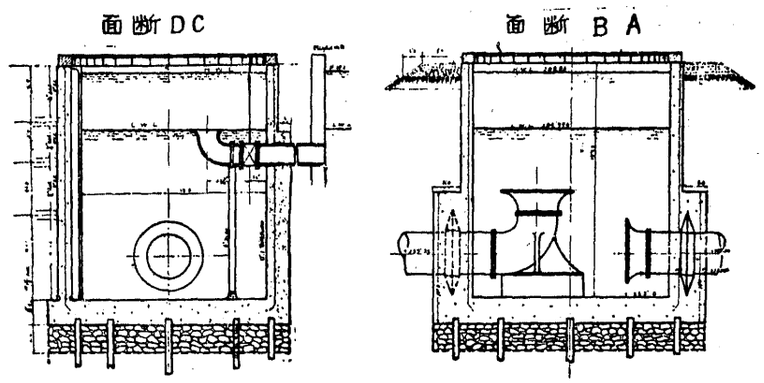
第五十五圖



伸縮接合

り猶一層淺く暗渠の頂部が地面上に露出する時は其外側を〇・六〇―一・〇米の厚さに土を以て第五十四圖の如く蔽ふを可とする、時に開渠に鐵筋コンクリート其他の蓋をなす事がある。

第五十六圖



石工暗渠の構造には愼重の注意を要するもの〇米毎に切り繼目は段繼ぎ嵌め繼ぎにし鉛か鐵板を（第五十五圖）狹み多少收縮しても漏水なき樣にする。

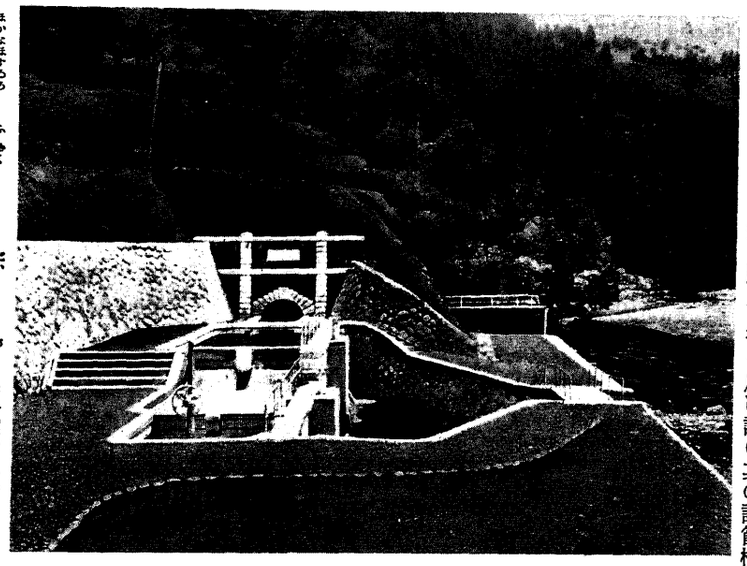
斯くの如く注意するに於ては沈下さへしなければ漏水は極めて少い盛土上に造る時は沈下せざる樣最善の努力を要し薄き層に土を布き一旦ローラーを以つて壓し固め少くも六週間沈下の後に暗渠を造り外部を少くも一米の厚さに土を以つて蔽ひ水の熱せられ又は凍る事を防ぐ、斜面は一割五分勾配として芝を植えるを要する。

壓送式暗渠　にては暗渠に張力が働くを以つて前述の石工暗渠にては安全でない、斷面圓形となり普通鐵管、鋼管又はコンクリート卷き鋼管を使用する、東京市擴張水道境和田堀線の濾過水を送る方は直徑二米厚さ六粍鉚綴鋼管にて管外をコンクリート約三〇糎厚さに卷き內側は七・五糎の厚さにモルタルにて防禦して有る、紐育市の例に法りしものである、凡て直徑九〇〇粍以上は鋼管によるが安全である、猶壓力式送水管に就ては後章配水管の所にて再說する。

水路橋　川又は谷を横切りて架する水路橋は普通の構造の橋の上に鐵管を載せたるものもあるが鐵筋コンクリートを以つて水路自身を橋梁としたものもある、又公道橋を利用して其中に鐵管を入るゝ時は輕き鋼管がよい、一般に鐵管

の外氣に曝さるゝ時は凍結を避ける爲に外面を木筒にて蔽ひ、間に鋸屑、藁、アスベスト等を詰め更に外部を亞鉛板にて包む橋臺部はコンクリートにて固め鐵管接手の後退脫落を防ぐ是等の鐵管橋には高所に排氣瓣を設け管中に溜れる空氣を排除せしめる、又溫度の變化に伴ふ爲伸縮接合を用ひ地震の被害を減ずるには或る程度方向を變へ得る自在接合又は球狀接合を用ふるが安全である、鋼鐵管は地震に對し最も安全である。

第五十七圖



青山沈砂池

伏越　他の道路、水路等の下を潛る時に用ひ兩岸の水面高差にて流れる、壓力が働らく故壓送式暗渠と同樣に造るものにて伏越部は特に完全に防護し且管內排泥の設備を設ける、以上の外尙水路に附屬して沈砂池接合井餘水吐、排泥口を設ける、沈砂地は流路を廣くし流速を緩め土砂を沈澱せしめ時々排泥口を開き之を自然の河川に放流せしめるものである。接合井は鐵管路の動水勾配線に近き壓力少き所に設け其の調節檢査に便にする（第五十六圖）。餘水吐は水路の一方に調節自在なる洗堰を設け所要以上の水を河川に放流せしむるものにて何れも自然の河に近き所に設ける、第五十七圖は横濱水道の青山沈砂池排泥設備である。

水路の斷面積の決定　水路斷面積を決定するには甲乙二點間の落差より水面勾配を求め水路の斷面を決定して次のクッター氏バザン氏等の公式により平均流速を求めて假定した斷面を檢照し順次試みて丁度所要流量を流下する樣に定める、凡そ水路又は鐵管內の流速は勾配が急なる程增すものにて其根本原理は物體落下の場合と同樣なれども流水にては高さ以外に流水と流路との間に生ずる摩擦の爲に著しく其勢を殺がれるもので此の抵抗は速度が增す程增大して遂に一定の流速に達すれば勾配線は長くして猶落下を續けて居るが丁度重力と摩擦が平均して夫れ以上速力は增さなくなる、此速力をVとすれば水理學上シェジー氏により、

$$V=C\sqrt{RS}$$

V、川又は水路內の平均流速（米／秒）
R、動水半徑（米）
S、水面勾配
C、定　數

（一）クッター氏公式　クッター氏はCの値を次式の樣に定めた。

$$C=\frac{23+\frac{1}{n}+\frac{0.00155}{S}}{1+\frac{n}{\sqrt{R}}\left(23+\frac{0.00155}{S}\right)}$$

此のC中のS項は勾配一千分の一よりも急な

る場合には之を省略するも餘り影響はない。

略式 $C=\frac{100\sqrt{R}}{m+\sqrt{R}}$

hの値は水路内面の精粗によりて異る係數にて粗率と云ふ、其値は次の樣である。

第二〇表

水路面の性質	粗率 完全 稍可	不良
能く削りし板張	〇・〇〇—〇、〇一三	
鑄鐵管	〇・〇一一—〇、〇一三	〇・〇一五
鋲なき鋼管	〇・〇一〇—〇、〇一三	〇・〇一五
鋲打鋼管	〇・〇一三—〇、〇一七	
モルタル仕上管	〇・〇一一—〇、〇一三	〇・〇一五
コンクリート管	〇・〇一二—〇、〇一六	〇・〇一八
木管	〇・〇一〇—〇、〇一二	〇・〇一三
切石積水路	〇・〇一三—〇、〇一五	〇・〇一七
粗石積水路	〇・〇一七—〇、〇二五	〇・〇三〇
粗石空積水路	〇・〇二五—〇、〇三五	〇・〇三三
普通土砂	〇・〇一七—〇、〇三〇	〇・〇四〇
天然河川	〇・〇二五　〇、〇四〇	〇・一五〇

略式中のmの値は便宜上次のバサン氏の方にて記さう。

元來クッター氏の公式は河川の流速を見る式であるが管の場合にも用ひられる、係數Cを直接計算する事は煩雜であるけれども既に計算した表又は圖式解法に依り容易に其の値を求むる事が出來る。

(二)バサン氏公式

$C=\frac{87\sqrt{R}}{\alpha+\sqrt{R}}$

而して c の値は左表の如くである

第二一表

	c	n	m
セメント又は能く削れる木材	0.06	0·010〜0.012	0.15
板・煉瓦又は切石工	0.16	0.012	0.20–0.25
粗石工	0.46	0.017	0.45
完全なる土床又は張石工	0.85	0.021	1.5–1.75
土床	1.30	0.025—0.030	1.75–2.00
惡水路	1.75	0.030	2.5

(三)指數公式

以上のクッター及バサン氏の公式は係數中に動水半徑が含まれてゐる、そこで係數の單純化を計り又一面には速度が必ずしも動水半徑の平方根に比例するもので無い事を慥め其後種々の指數公式が出來た。

$V=CR^mS^n$

mの値は〇・七二—〇・六二、nの値は〇・五—〇、五七等種々ある、鐵管中の流量流速に就ては後章市内配水の所にて精しく述べる事とする。

第四章 浄水方法

浄水法とは水より不純物の全部又は一部を除去し又は夫れを變化して障害の程度を減ぜしむる方法である、例へば前者は水を沈澱又は濾過して浮遊物を除くが如きもので後者は殺菌劑を以つて細菌を殲滅する樣な事である。浮遊物を除くには(一)沈澱法、時として凝集劑を用ひて微細なるものゝ沈澱を助ける、(二)緩速濾過法(三)急速濾過法(四)二重濾過法等によつてゐる溶解して居る不純物を除くには空氣に曝らし又は特種の藥物を加へて追放し又は其化學的變化を起させ不溶解性となし沈澱、濾過により取り去る、或る場合には同じく溶解性なるも害の少いものにする。

生物を除くには浮遊物同樣にし又は其生物には毒物である藥劑を加へて殺す、此方法にて細菌を處理する事を殺菌と稱する又は其生物の食物を絕ちて生活の出來ない樣にする。

多くの場合に水を處理するには以上の内二法時としては其四つ又は五つの方法を採用し其の何れの方法に何の程度まで清淨させるかは水質等の狀況より愼重に考慮して有效に且經濟的なるものを組合す可きものである、次に節を分ちて此等の方法を說明しやう。

第一節 沈澱方法

普通河川の水は溷濁の原因を爲す浮遊物を含有し特に荒天の後に甚しく其儘濾過地に導けば速に之を閉塞するから沈澱池を設くる事が必要である。特に緩速濾過地では豫め沈澱させねばならぬ、湖水又は貯水池の水は既に沈澱を終れるを以つて其必要が少い、沈澱の方法には普通沈澱と藥品沈澄との二種がある。

一 普通沈澱池

水の浮遊物中泥土、粘土、砂の如きものは水より重く其比重は二・一—二・九平均二・六を有すれども其大きさ卽質量は甚だ微少にて水勢の爲に浮動して居るものであるから若し水を廣き池に導きて極て緩漫なる速度にて流れしむるか若くは全く靜止せしむる時は浮遊物は漸次池底に沈澱して清澄なる水を得られる、藥物を加へずに此の作用を營む方法を普通沈澱法と云ひ古來水の清淨法に用ひたる最も簡單なる方法にて併も甚だ有效なるものである。

沈澱の爲に靜止せしむる時間は原水の濁度に依りて異り又浮遊物の微小なるもの程長時間を要する。普通二十四時間内外である、風、溫度も沈澱に影響を與ふるもので波及び水中に流れを生じ沈澱を妨げ又水溫低き時は水の粘性を增し沈澱速度を減ずる、凡そ浮遊物が沈澱する際に生ずる抵抗は浮游分子の表面と水との間の摩擦力と水の粘性とである、水の粘性抵抗は水溫に依りて異り零度(攝氏)の時は二十三度の時の二倍に達する、又分子が粗ければ粘性抵抗より摩擦力の影響が大きく極く細粒なれば之に反する、又摩擦抵抗は分子の直徑の平方根に比例し粘着抵抗は直徑の自乘に比例する、ヘーズン氏に依れば直徑一粍より大なれば沈澱の速度は主に摩擦力に支配され〇・一粍以下のものは主として粘性に制せられ〇・一と一・〇粍との間にては略直徑に比例するものである、直徑一粍以下の浮游分子の一〇度(攝氏)の水溫に於ける靜水中の沈澱速力は次表の樣である。

第二十一表

沈澱速度表

粒子の直徑 粍	沈澱速度 10°c 粍/秒
1.0000	100.0
0.8000	83.0
0.6000	63.0
0.5000	53.0
0.4000	42.0
0.3000	32.0
0.2000	21 0
0.1500	15.0
0.1000	8.0
0.0800	6.0
0.0600	3.8
0.0500	2.9
0.0400	2.1
0.0300	1.3
0.0200	0.62
0.0150	0.35
0.0100	0.154
0.0080	0.098
0.0060	0.055
0.0050	0.0385
0.0040	0.0247
0.0030	0.0138
0.0020	0.0062
0.0015	0.0035
0.0010	0.00154
0.0001	0.0000154

此の最後の速度は非常に小さく一ヶ年沈澱するも僅に四十五糎に過ぎない、而して或る種の粘土又は多くの細菌は直徑〇・〇〇〇一粍よりも小さい、前表は靜水中の事である、併し沈澱池中の水は恒に靜止せず風、溫度の變化、流入流出水等の爲容易に動搖し一日動き始むれば中々靜止しないで沈澱作用を妨ぐるものである。

又池内を水が浮游物と共に靜かに流れて居る時には粒子は前表の速度にて沈むと共に下流に押し流される、此場合に底の流速が粒子の沈澱速力より速かなれば粒子は地底に止まらず再び上昇流下する、故に沈澱作用を完全に營ましむる爲には底の流速を此の沈澱池にて取除かんとする最微粒子(制限粒子と稱する)の沈澱速度より早く出來ない、水理學の方より底の流速は平均流速の三分の一と假定し得るから平均流速が制限粒子の沈澱速度の三倍を超へてはならぬ、斯くて或る沈澱池にては其池に於て除かんとする制限粒子が表面より底に達する時間よりも永く沈澱さする必要はない筈であるが併し沈澱池の入口にては流入水の流速及び其爲に生ずる渦巻が有る故有效でない、又流出口の方も狹い出口に水が流入する爲に流速早く效力少ない、故に良設計にては池の長さの三分の一が有效に働くものとして前記の條件にて定めたる長さの三倍を沈澱池の長さとする、例へば前表にて或る沈澱池で直徑〇・〇一粍までの微粒子を除かんとするならば沈澱速

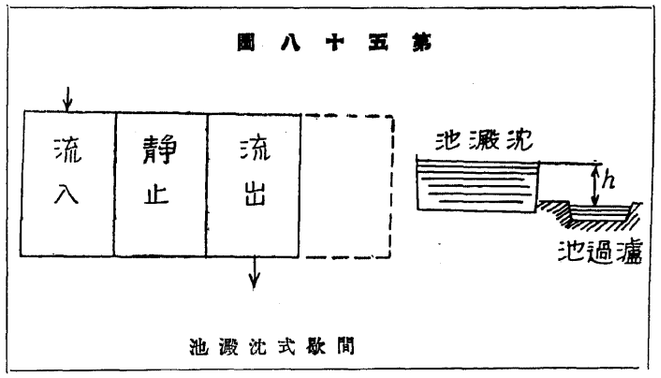
力は〇・一五四粍秒である、池の平均流速は此の三倍即ち〇・四六二より早く出來ない、今池の深さをd とすれば池の必要の長さlは

$$l=\frac{d}{0.154}\times 0.462\times 3=9d$$

之は制限粒子の如何に係らず前記の條件で設計すると池の長さは深さの九倍が最も適當である、又沈澱作用を營む間靜止して居る沈澱池にても上記に相當する時間卽ち少くも制限粒子が表面より底に達するに要する時間に相當餘裕を見たる間靜かに沈澱さする必要がある。

二　普通沈澱池の種類及び比較

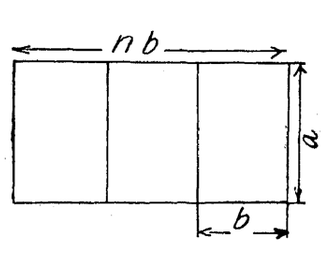
沈澱池に連續式及間歇式の二種類がある、連續式沈澱池は前項にて說明せる樣に甚だ緩き速度を以つて池中を流下しながら其間に沈澱作用を營ましむるものにて間歇式は水を池に滿たし後一定時間靜止せしめ水が充分澄みたる後之れより引水するもので從つて池は一時殆んど底まで空虛となり次に再び水を引入れ同樣の作業を繰返すものである、間歇式は一時水を靜止せしむるを以つて完全に沈澱するが如く考へられるけれども事實は水を滿たす間は動搖激しく微細浮游物は沈澱しない、又引出す際にも水を攪亂して既に沈澱せるものを多少亂し其間の有效沈澱時間比較的短く結果も良く設計せる連續式と大差ない、且此式の不利益としては連續式にありては沈澱池一個豫備を設けても二個あればよいのに間歇式にては少くも流入、靜止、流出、(第五十八圖)の三箇を要し豫備池とも四個を一組とするから池の面積が大になる、其上毎回空虛とするから水頭の損失(h)三米―五米の多きに達する事は連續式の僅かに二糎內外の比ではない、然れ共間歇式沈澱池は多少貯水を爲す便有るを以つて地價の低廉なる事日光に曝されて藻類を生じ或は風の爲に沈澱を妨げられ又夏期水溫上昇する之れに反し餘り深きに過れば浮游物の沈澱時間を增し且工費の增加を來すので普通有效水深三米―四・五米と停滯を防止すれば其結果も決して間歇式に劣らない樣に出來るものである。



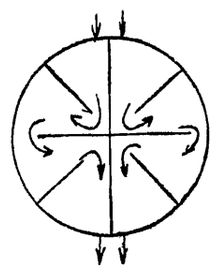
第五十八圖
間歇沈澱池

三　沈澱池の設計

深さ　第一項の理論に從ひ深さを增せば池の長さも增すので一定量の水に對しては深さに關せず池の面積は一定して居る卽ち深くしても池の面積は減じないが然らば淺い方が經濟的であるが餘り淺きに失すれば排泥口に向ひて緩なる勾配を附する二百分一位を普通とし土地平坦にして廣大なる池にては止むなく五百分の一位とする、若し水流のみにて沈澱物を流がさうとするには少くも二〇分の一位の勾配を要するけれども斯る急な勾配は實際に與へられない、導流壁は環流の目的を以つて造れる竪壁にて水の偏壓を受くる事無き故比較的薄きものにてよい、沈澱池は可成的廣き斷面積に水を緩かに流し浮游物を沈澱せしむるを原則として居るから導流壁は池內の流速を增して却て沈澱作用を妨ぐるが如きも一方水の通り拔け又は池隅に於ける停滯を防ぎ好果を奏する者である、第六十圖は矩形に第五十九圖(B)は圓形沈澱池に導流壁を用たる者にて又第六十一圖の如く上下より導流壁又は阻水壁を設けたる者もある、池底は成可く盛土上に造る事を避け止むを得ず盛土上に築造する場合は鐵筋を挿入する。**引入口及引出口**は各一個とする事が多いが成可く數個に分ち或は堰頂を越流せしめて引入管よりの流速を緩め引出口に於ても池內の



(A)　第五十九圖
池澱沈形矩


(B)　第五十九圖
池澱沈形圓

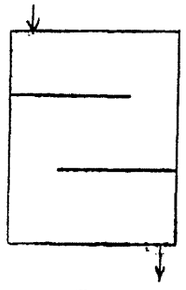
$$\frac{b}{a}=\frac{n+1}{2n}$$ となり　n=2なれば $\frac{b}{a}=\frac{3}{4}$

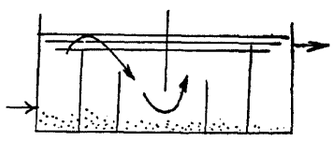
n=3 $\frac{b}{a}=\frac{4}{6}=\frac{2}{3}$

の如く定むるがよい、此結果は面積に無關係にて從つて圖の如く配列したる如何なる大きさの矩形池にも適用され其沈澱池たると濾過池淨水場の沈澱池たるとを問ない、又神戶市上ケ原淨水場の沈澱池の如く圓形となす者もある(第五十九圖(B)

四　沈澱池の構造

沈澱池の構造は水密なるを要する、周壁は斜面をなす事多く竪立する者より工費低廉にて日光及空氣に曝さるゝ面積が大きい、けれども地積を餘計に要する、近來鐵筋コンクリート垂直壁も亦少くない、池底及斜面は地盤に應じ普通天然地盤にては約三〇糎盛土又は砂礫質の所は約六〇糎の厚に搗粘土をなし又は猶確實には約二〇糎厚のコンクリート上にアスファルトを張り更に上面を石、コンクリート裝工にて防護する、盛土又は切取にても地盤に依り鐵筋を挿入する、池底には沈澱物の掃除に便利なるが如く


第六十圖
矩形導流壁


第六十一圖
豎阻水壁

する、此の外に底には泥土等が沈澱堆積するを以つて〇・六米位の餘裕を存するがよい、又高水位以上にも波に對し相當餘裕を附する。

數　沈澱池の數を增す時は引入口、引出口等の費用を增加するけれども其爲に池の總面積を減少する事が出來る、其の理由は池には豫備池が入用で例ば連續式にては池を三面にするも四面又は五面にするも豫備池は一個にてよい、池の數を增せば各池の單位面積を減じ從つて豫備池の面積小なるを以つて結局總面積を減ずる、間歇式にても若し沈澱池一面の容量をq立方米とし必要貯水量をV立方米とし引入中のものは沈澱作用上無效とし引出し中のものは半ば有效とし又は全然無效とするかに從ひて沈澱池の數nは

$$N=\frac{V}{q}+1.5\text{或}2$$

qの値が大なる程v一q池の工費は少くなるが一・五或は二なる豫備池の工費が增大する。

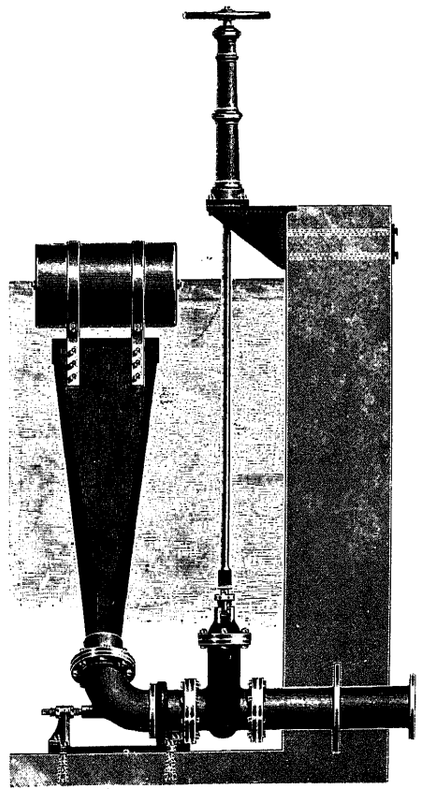
形　池の形は普通矩形である、若し一個なれば正方形がよいが二個以上となれば之を並列して第五十九圖(A)の如く池の長さa及び幅bはC。を外壁一米の工費Cdを隔壁一米の工費とすれば

$$\frac{b}{a}=\frac{2+(n-1)\frac{Cd}{Co}}{2n}$$

とすれば最も經濟的である、若しCd＝Coなれば

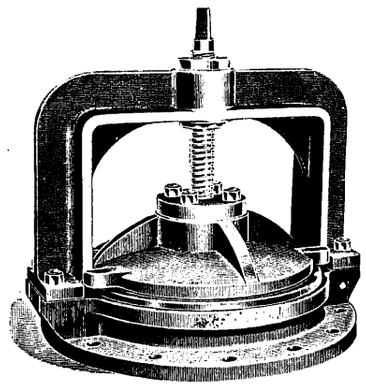
流速との差を減ずる樣にして沈澱作用を防害せざる如くする、又引入口の周圍を有孔煉瓦壁で圍み水の動搖を少からしめる事が有る、其位置は引入口を底部近く開口し、引出口は水面近く設くれば盛夏或は厳冬の季節に於る源水と池内の水との水温の差による停滞を緩和される、間歇式沈澱池にては斯る問題は起らないが出口を池底に造り表面近き清澄の水を採取する樣に浮子を有する特別の引出管を用ふる事がある（第六十二圖）。**餘水吐**は沈澱池の溢るゝ事を自動的に防ぐものにて一定度以上の高水を鐘口を用ひ管にて下水管又は自然の水路に導く、排泥管は沈澱池の掃除の際土砂等の沈澱物を排除する口にて砂泥の最も多く沈澱する邊に近く且つ排除處分上便利なる所に設ける、普通の阻水攀をきは毎月之を行ふ所あるも本邦にては一般に水源清くして一年乃至三年に一回位を普通としてゐる。

第六十二圖



浮子附引出管

第六十三圖



排泥攀又は平底攀

五　藥品沈澄池

浮游物微細にして直徑〇・〇〇三粍以下となり充分沈澄せしむるに長き時日を要する場合には沈澱を早むる目的にて藥品を混和する、藥品は硫酸礬土$Al_2(SO_4)_3$又は明礬$Al_2(SO_4)_3{\cdot}K_2SO_4$等にて大規模には硫酸鐵（綠礬）と石灰とを使用する事がある、是等の硫酸鹽類を源水中に混ずれば其中のアルカリに會して次式の反應を生ずる。

$$Al_2(SO_4)_3+3Ca(CO_3)_3+3H_2O=Al_2(OH)_6+3CO_2+3CaSO_4$$

若し源水中にアルカリを缺如せる時は同時に相當の曹達を混入する、此反應に依りて生ぜる水酸化アルミニユームは沈澱を促進する上に有效なるものにて反應の最初には殆ど肉眼には見へざれども數分時にして微細なる點となり次第に凝集して膠狀の塊片を形成する、其の際水中に浮游せるもの、大部分を抱擁し沈澱するものにて源水の濁濁せる時には此の塊片も多くの浮游物を凝集する爲比重を增して早く池底に沈下する又、凝集の際に多數の細菌を併せて沈澱するものである、藥品は濁度百度位より普通用ふるものにて加ふ可き藥品の分量は源水の濁度に應じて異るけれども百萬分中五―三五普通一〇―二〇位である、浮游物中粗粒は短時間に沈澱するから粗粒の沈澱を終れる後に藥品を加ふれば量を節約出來る、沈澄の時間は藥量により異るも三時間―五時間にて充分の樣である然れ共浮游物の性質により猶長時間を要するを以つて安全を取り十時間內外とする事が多い、此間水を可成靜置するが如く注意し決してポンプ等にかけてはならぬ、沈澄後急速濾過池にて濾過せんとする時は此の沈澄時間を二―六時間に止むるがよい、之れ水酸化アルミニユームの少量は猶濾過池に必要であるからである、藥品沈澄は又よく源水の色を除去するものである。藥品は豫め一定の濃度に溶解し適量を沈澱池上流の水路內に加へる。又は明礬を豫め粉末にして置き其儘直接加ふる事もある、兎に角藥品を充分源水に混和する事は效率上非常に必要である、藥品沈澄の場合にも沈澄池の構造は普通沈澱池と異らず唯間歇式にする方がよい、東京市淀橋淨水場の如きも通常連續式沈澱池として使用して居るも藥品沈澄の場合には間歇式として居る、併し連續式として藥品を加へて居るものも往々見るところである。

六　沈澱池の效果

（一）普通沈澱池の效果は沈澱時間の長短及び浮游物の大小によりて大差あり、米國コヴィントン市にては三〇日間の沈澱にて猶粘土を百萬分の五〇含んでゐる、併し或る水では一日か二日にて克く目的を達する。浮游物の重量から云へば一日二日にて非常に減ずるけれども濁度及外觀には粗粒よりも微細浮游物の影響が多いものである、米國シンシンナチ市の貯水池は六・五日分の容量であるも其實僅か二日にて通過するが一九一四年に於ける十二ケ月の平均にては四五％を除いてゐる細菌數の減少はロンドン市の一例にてテームス川は一ケ年平均二四、一〇七個が十二日間の沈澱にて五〇八となり九七・八五％を除いて居る大正十五年に於て大阪市水道に於ては平均四八％名古屋市にては七八％を除去してゐる之も恒に減ぜずして淀橋淨水場の沈澱池にては平均濁度も細菌數と共に却つて增加してゐる。

（二）藥品沈澄池の效果は同じく沈澄時間の長短浮游分子の大小藥品の量及水のアルカリ性によりて差異がある、セントルイス市は大沈澱池を有し第一次沈澱にて二日間第二次にて一二―一五時間沈澱するものにて硫酸鐵及石灰を凝集劑として居る效果は浮游物一一八八より三・八となり九九・七％の減少を示し細菌數は五七、〇二九より減じて九三三又は之以下となりシンシチナ市にても沈澱と藥品との双方の使用によりて九〇―九七％の效果を示してゐる、細菌の減少は浮游物と共に沈澱するに因るを以つて沈澱物即池底に堆積せる泥土の中及之に接近せる水中には細菌の數が非常に多いものである故に底部より取水しては決してよくない。

第二節　緩速砂濾法

一　沿革

砂を以て水を濾す事を都市水道に利用せしは一八二九年ジエームスシムプソン氏が倫敦市チエルシー給水會社にて試みしを嚆矢とする、當時は單にテームス河の濁度を除くを目的としたもので結果も甚だ良好であつた、其後コレラの流行した際に砂濾の水を飲用せる方面には傳染病を見る事が少なかつた爲に理由は不明であつたが急に其效力を認められ遂に議會の問題となり一八五五年には規定を以つて倫敦市の河川給水は總て濾過を必要とする事となつた、爾後英國は勿論大陸の諸都市に汎く採用せらるゝに至つた、一八七〇年に水質の化學分析が獨逸に行はるゝ樣になつたが其結果は水は濾過しても餘り改善せられず有機物は依然として除かれない事

が判り當時病源は水中の有機物に起因するものと一般に信ぜられて居つた爲に科學的に其效力を疑はるゝ樣になつた、然し一八八三年に有名なるコッホ博士が細菌を培養してコレラ病の原理を發見し次でチブスも細菌に起因する事を悟り一八八五年にフランクランド教授が傳染病の細菌學的原則を確立し、水の清淨法に關し近世の細菌學を應用して調査せるに幸に砂濾せる水は化學的には餘り改良せられざるも細菌の除去に極て有效なる事實を確かめ茲に科學的基礎を有する樣になり獨逸にても地表水は必ず砂濾を強要し本邦にても普通水道と云へば必ず砂濾をするものと了解さるゝに至つたのである。

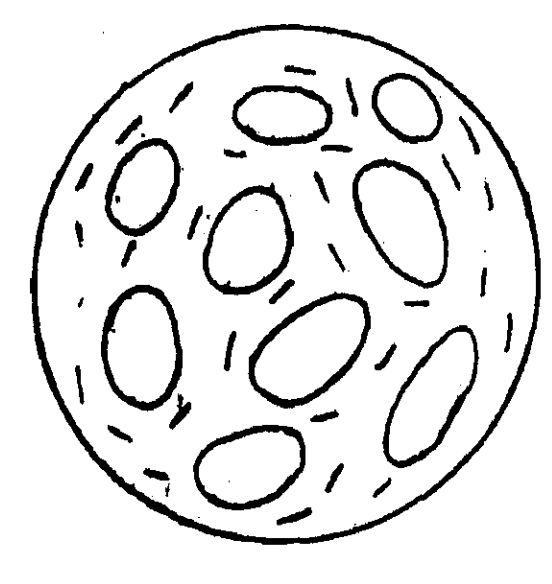
濾過方法に緩速濾過及急速濾過の二種類がある前者は主として英國歐洲大陸及び本邦に使はれ後者は米國に多い、然し兩者は漸次混交採用せられ國に依りて判然たる區別がなくなつてくる傾向である、都市水道用として兩者の得失は輕々しく斷ぜられないものである、本節に於いては先づ緩速濾過法に就て述べやう。

緩速砂濾法は濾過する速度が急速濾過一名機械濾過に比して非常に遲く一日三米位である英國に創めて造られた爲に英國式濾過又は歐洲に多いから歐洲式濾過とも云はれる、源水の比較的清澄せる所に適するものにて本邦內地の河川水の如きに適する、恒に溷濁せる河川又は有色の源水には次節の機械的の方が兎角適當する樣である。

二　砂濾の理論

元來砂粒に依りて機械的に大きな浮游物を除去し清澄される事は勿論であるが砂粒の空隙は小さいとは云へ細菌の小なるには比す可くもない、顯微鏡下に見れば第六十四圖の如きものである、然るに砂濾にて細菌除去の實を充分に擧げ得るは砂にて全部機械的に濾されるのでは無く源水中にある有機物其他の浮游物が沈澱して砂粒を取卷き

第六十四圖



砂の微粒と細菌との大いさ

之れ等が電氣的に相集まりて濾床上面一帶に亘り薄膜を形成するに因るもので此膜は膠狀網細工の如くにて水は濾過するけれども、水中の浮游膠質細菌は阻止せらる、此膜を濾過膜と稱する、洗砂後暫くは此膜の形成なく從つて細菌の除去も不完全であるが普通洗砂通水後約一〇時間にして濾過力を恢復する樣である、斯くの如く濾過膜は砂の表面に於ける薄層であるけれども極て重用なる作用をなし水は之れを通過すれば細菌の七五—八五%を除去せられ殘餘の菌は下の砂層中に於いて多少の細菌膜あり且浮游若くは溶解せる有機物の酸化作用に依りて分解除去せらるゝものである、故に下層の砂も相當の作用をして居るを以つて餘り薄きは濾過作用が不確實たるを免れない、故に洗砂の爲漸次搔き取られ厚さ〇・四五米となれば再び足し砂を所定の厚さとなすべきである、濾過膜は膠質の薄き膜にて茲に無數の細菌が居り生存競爭の結果チブス、コレラ等の病源菌が殲滅せらるる、此の膜は極て脆弱であるから急速なる濾過をなせば忽ち破れて濾過效力を減ずる、之れが爲に實驗上濾過速度を前記の如く一日最大三—四米以下と限定するものである、之れ又緩速濾過法と稱せられる所以である。

總て水を濾過する速度は恒に均一に保たねばならぬ然るに水を濾過するに從ひ漸次砂の間を閉塞し水の通過に對し抵抗を增すものであるから人工的又は自動的に濾過水引出口の水位を下げ水壓の差を增し常時一池よりは一定量を引出す樣にする、此の方法は後の構造の所に述べる、漸次引出口の水位を下げ遂に砂面以下になれば砂の面の所で水を無理に吸ひ出す樣になる、之れは弱き濾過膜にも危險に且つ砂が餘り汚れて最早や清淨の目的を達せられないので斯る吸引力、卽ち負壓力は緩速濾過にては絕對に許されない、之れに反し急速濾過にては負壓力卽ち吸引力を普通とするので之れが兩者の區別となるのである。

緩速濾過の效率　砂床を通過せる水の效率は源水の水質と作業の熟練にて違があるけれども

第二十三表　濾過效率表

	東京市		橫濱		大阪		名古屋	
	沈澱池	濾過池	沈澱池	濾過池	沈澱池	濾過池	沈澱池	濾過池
色度	4.9	0	—	—	10.4	0	6·4	0
濁度	9.6	0	20.4	0	6.4	0	1.1	0
クロール	1.49	1.49	1.45	1.45	6.1	5.9	2.1	2.4
硬度	1.96	1.92	1.45	1.39	—	—	0.57	0.55
因形物總量	71.0	59.9	75.9	75.1	53.4	49.9	41.4	42.4
過マンガン酸加消費量	2.16	1.30	2.7	1.07	4.1	2.6	4.26	3.06
細菌聚落數	1830	14.	116	4.0	4980	32	216	20.

普通浮游物は完全に除去せられる、細菌は九八—九九%を除くを得九九・五以上に達する事も尠くない、併し細菌數はパーセントにて效率を表す事は理論的でない、一立方糎に百萬居るものを一萬にするは容易であるが百を一に減ずるは非常に困難である、寧ろ一立方糎に殘る數で云ふ方がよい、通常五〇以下にする事が左程困難なしに出來る、大正十五年—昭和元年の一ケ年に於て平均效率の例は第二三表の如し。

要するに濁度及細菌數には非常に有效であるけれども化學的には餘り效力がないものである

三　設計及構造

濾過池は普通面積廣く淺き水密構造の池にて內部に砂利にて支持せらるゝ厚〇・六〇—〇・九〇米の砂の濾過床を設け且源水引入口、淨水引出口、集水渠等を具備してゐる、一般に屋根は無けれども正月中の平均溫度零度(攝氏)を下る北海道其の他の寒地にては濾床氷結して細菌除去の完全を期し難いから特に屋根を設置する又屋根は藻類の繁殖を防ぐに效能がある。

濾過速度　一日の濾過水量(Q立方米)を濾過池の砂面積(A平方米)にて除したるものを濾過速度と云ふ、之れをV米/日とすれば

$$Q=VA \quad V=\frac{Q}{A}$$

此のVは平均速度にて砂粒間を流るゝ實際速度は之れより遙かに多きい、濾過速度は緩速濾過にては極て徐々たるものにて獨逸等は一日二米四を標準として本邦にても元則としては一

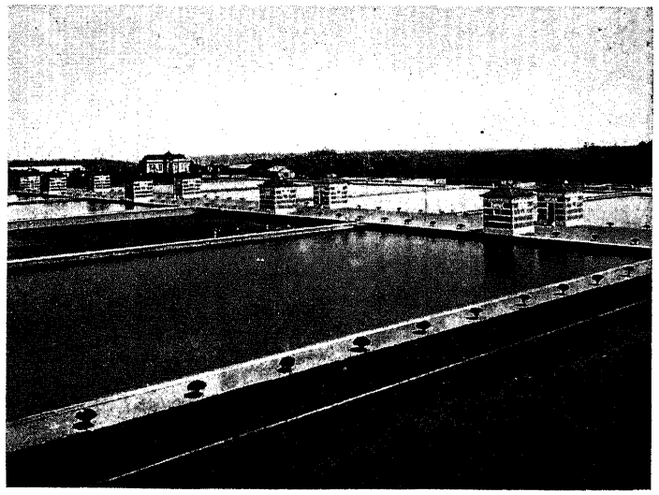
第二十四表　濾過速度比較

	一日一エーカー 百萬米ガロン	一日一エーカー 百萬英ガロン	一時一平方呎 米ガロン	一時一平方呎 英ガロン	一時一平方碼 立方呎	一時 吋	一日 呎	一時 粍	一日 米
一	一、〇〇〇	〇、八三三	〇、九六	〇、八〇	一、一五	一、五三	三、〇六	三九、〇	〇、九三五
二	一、二〇〇	一、〇〇〇	一、一五	〇、九六	一、三八	一、八四	三、六八	四六、八	一、一二二
三	一、〇四五	〇、八七〇	一、〇〇	〇、八三	一、二〇	一、六〇	三、二〇	四〇、七	〇、九七八
四	一、二一五	一、〇四五	一、二〇	一、〇〇	一、四四	一、九二	三、八四	四八、九	一、一七四
五	〇、八六五	〇、七二四	〇、八三	〇、六九	一、〇〇	一、三三	二、六六	三三、九	〇、八一三
六	〇、六五二	〇、五四二	〇、六二	〇、五二	〇、七五	一、〇〇	二、〇〇	二五、四	〇、六一〇
七	〇、三二六	〇、二七四	〇、三一	〇、二六	〇、三八	〇、五〇	一、〇〇	一三、七	〇、三〇五
八	二、五六六	二、一三九	二、四六	二、〇五	二、九五	三、九四	七、八八	一〇〇、	二、四〇〇
九	一、〇六九	〇、八九一	一、〇三	〇、八五	一、二三	一、六四	三、二八	四一、七	一、〇〇〇

日三米を制限として居るが水質のよき所又集水埋渠式にては四・五米に達することがある、濾過速度を大にすると濾過池の面積は之れに比例して減ぜられるけれども水質上の效果充分でない、且つ濾過池が早く汚れる、濾過速度の呼び方も種々の單位がある。其換算は第二四表に依ればよい。

總て濾過設備は一日最大使用量を標準とする

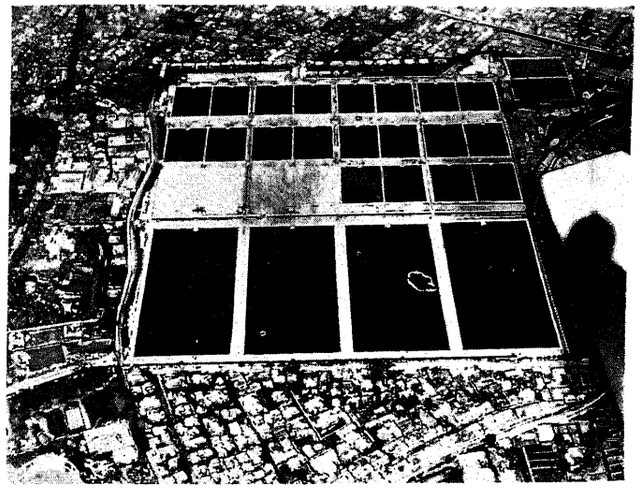
第六十五圖



横濱市西谷淨水場濾過池

濾過池の面積、數、大きさ 前項の如く濾過池の所要面積は $A=\frac{Q}{V}$ で見出される、緩速濾過にては濾過速度か緩漫であるから池の全所要面積は可なり大になる而して一池の面積は大きい方が水の出入口及周壁の費用を減じ經濟的になるが沈澱池にて說明せるが如く豫備池の面積を增すので或る經濟的の大きさが定められる、之れは理論上給水量の平方根に比例するもので東京大阪の如き大都市にては一池の面積は大になり大阪市の濾過池は約五三〇〇平方米（一六〇〇坪）東京市境淨水場の者は

第六十六圖



東京市淀橋淨水場飛行寫眞

四七〇〇平方米（一四二〇坪）である、普通一、〇〇〇—三〇〇〇平方米（三〇〇—九〇〇坪）位のものが多い小設備にては一池の面積は小さくなり又屋蓋を有する池は普通のものに比し更に前記の半分位に小分する方が工費を減ずる、此の外掃除若くは修繕等の際に於ける豫備として濾過池五乃至八面に對し一面位の割合に設ける、但し之れ以下と雖も必ず一面の豫備池は必要である。

形狀 池の形は沈澱池と同樣に矩形（第六十五圖及第六十六圖）となす事が最も一般にて往々神戸市上ケ原淨水場（第六十七圖）の如き蛇

の目式のものがある、矩形の場合に一列に並ぶもの丶幅及び長さの比例は沈澱池に記したが若

$$\frac{b}{a}=\frac{8+\frac{Cd}{Co}(2n-4)}{n\left(2+\frac{Cd}{Co}\right)}$$

若し $Cd=Co$ なれば

$$\frac{b}{a}=\frac{2n+2)}{3n}$$

$n=4$　$b=a$

$n=6$　$b=\frac{8}{9}a$

$n=8$　$b=\frac{5}{6}a$

となる。

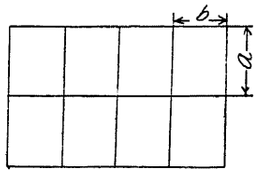
第六十七圖



神戸市上ケ原淨水場濾過池

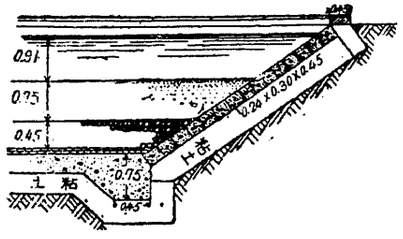
池の周壁及び底 濾過池は面積の廣大なる淺き池にて周壁も底も共に水密構造にし煉瓦、コンクリート等にて造る、周壁は一割位の斜面をなし防禦せるものあり（第六十九圖）又略前面垂直の擁壁よりなるものもある、斜面式のものは工費は安きも斜面を汚され又は面積大となることは其の缺點である、併し垂直式のものは之れに沿ふて充分濾されない水が通過する惧あるを以つて第七十圖の如く途中に小段を設くるか池端にては底まで砂を布くを安全とする、斜面式は此の必要がない。底及斜面の構造は沈澱池と同樣であるが一層水密構造たるに注意する、之れ地下水位が高ければ池中に滲入し低ければ濾過水を失ふからである、普通の地盤なれば池底は相當に基礎を固め第七十一圖の如く〇・二米の厚さにコンクリートをなしアスファルトを挾み更に〇・一〇米の抑さへコンクリートをなす、又溫度の變化に對し六—二〇米位毎に伸縮接合をする、又地盤の惡しき所には鐵筋を挿入す

第六十八圖



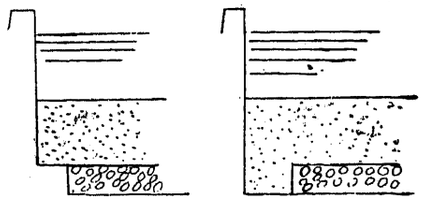
二列矩形配列

第六十九圖



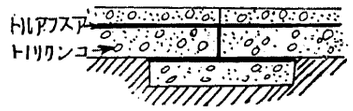
斜面式周壁

第七十圖



垂直式周壁

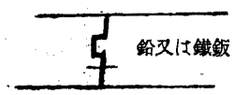
第七十一圖



池底

る、周壁は土壓並に水壓に堪ふる樣に設計する一種の擁壁にして同じく伸縮接合をなし接合にはアスファルトを挾み且鉛又は鐵鈑を用ひ漏水を防ぐ（第七十二圖）又池中に設くる隔壁は主として水の偏壓を考慮する、屋蓋を設くる場合には以前は克く煉瓦、コンクリートの拱を用ひしが近來は主として鐵筋コンクリートの桁及床版又は拱に依り池底より柱を建てゝ之を支持する屋根の上には〇・六〇—〇・九〇米の厚に土を以つて蔽ひ相當排水

第七十二圖

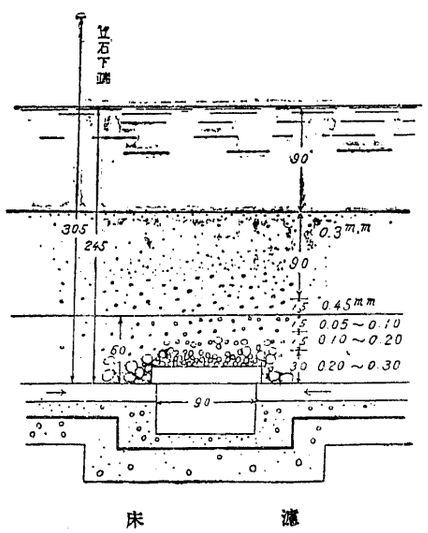


周壁の伸縮接合

設備を施し諸所に竪孔を穿ち掃除の際空氣及光線を入れる役をさせる、猶出入口の門を造り汚砂を除去したり洗砂を搬入する通路とする。

集水渠 集水渠は濾過砂及砂利を支へ濾過水を集むる所にて普通煉瓦、コンクリート塊、土管等より出來てゐる、濾過池の總ての部分より成可く均一に集水する樣に配列する、池の中央に幹線集水渠があり左右より枝渠が合流する、集水渠の流速を大にすれば摩擦抵抗の爲めに池の出口に近き所が早く濾され遠方程遲く不均一になる、故に枝渠の方は一〇㎜/秒幹渠の方も一五㎜/秒より早くならぬ樣に斷面を定める、又掃除する時の便を計りて枝渠は一五〇分の一幹渠の方には二百分の一内外の勾配を附する、枝渠の方は全然省いて煉瓦又は玉石を亂雜に又は一定の規則に配列したるものもある、集水渠の蓋石は略平になる樣にして成可く砂利層中に突出せざらしめるがよい、斯くすれば砂利の量が節約されるのである、歐洲には集水の目的にて池底を二重底にしたものもある。

第七十三圖



濾床

濾床 濾床は濾過池の本體にて第七十三圖に示せる樣に種々の層よりなる、即ち上層の厚さ〇・七五米内外は細砂にて有效徑は〇・二—〇・四粍一平方吋に一〇〇孔の篩にて採集したものである、次の層は厚さ約〇・一五米の粗砂にて次に細砂利より粗砂利玉石となり普通〇・六〇—〇・九〇の厚さである、然れ共此の細砂利層以下の層は單に上部砂層の支保となるものにて濾過砂の流下を防げば足るを以つて米國にては成可く其の厚さを減ぜんとし大小の砂利を漸次下に大なる樣注意して配列し〇・三〇—〇・四〇米に減じて居る、實驗上上層の砂又は礫粒の三—四倍以下のものを次層に並ぶれば上層

のものが下に流下する事がない、又佛蘭西にては更に薄くしやうとして最近砂利層を全く省略して砂を止め水のみを通過する如き粗鬆なるコンクリート床にて濾砂を支持せしめ厚さを五糎か一〇糎以下に減ずる事を試み好果を得本邦にても最近下關市の濾過池に實施してゐる、凡て砂利層の厚さの減少は直ちに濾過池の全深を減ずる事になり土工費並に周壁の工費を節約し多大の利益がある、砂の上面にありて〇・九〇—一・二〇米の水深を有する水は先づ此砂層を通過し砂利層又は玉石層を經て池底に設けたる集水渠に流入し次に淨水引出口に至る、而して池底は多少勾配があるも砂表面は完全に水平で併も砂層の厚さは何處も同一にするを要するので之れは砂利層の厚さにより加減するものである。

砂利 砂利は硬き岩石よりなるものがよく石灰岩又は碎け易き石は避ける、米國にて最も注意して厚さを節約したる例は二五—七五粍徑の石を一五〇粍一二—二五粍徑の小石を五〇粍、六—一二粍の豆砂利を五〇粍、〇・七五—一・五粍の粗砂を五〇粍計三〇〇粍厚さの層にて充分好果を得てゐる。

砂 緩速濾過にて使用する砂は通例非常なる大量を要するものにて普通川砂、海砂又山砂を使ふ之れ等は恒に性質は勿論粒の大きさ等不適當なるも已むを得ず用ひる場合が多い、けれども砂の良否判別の爲に必要なる性質を述ぶるに凡そ濾過の目的に用ふる砂は總て石英又は硅酸鹽にて容易に碎けざるものがよい、石灰石又はマグネシヤは微量の外は含んではならぬ、粘土質又は石灰質を含有すれば濾過に對し抵抗を增し石灰石及マグネシヤ鹽類は硬度を增す惧があり又有機物を含有しては惡い、故に之等に對し含有量の制限を附する必要がある。

砂粒の大きさは濾過池の作業に至大なる關係を有するものにて濾過速度を左右する、第二節第三項に於ける地下水の流速を出す、前章ヘーズン氏の公式は濾過砂に就き求めたるもので直ちに應用が出來る。

$$V=Cd^2\frac{h}{l}\left(\frac{3T+70}{100}\right)$$

此の式に依ると砂の有效直徑即砂を大小の順に篩分けて小さい方から一〇%の所の粒の直徑dの二乘に比例するので其影響は甚だ大きい濾過砂として甚だ微細の砂は有效直徑〇・一七粍甚だ粗粒のものは〇・五〇粍普通の砂は〇・二〇—〇・四〇粍にて〇・三五粍位が最も普通である、本邦の諸都市に於ける濾過砂の平均有效直徑は〇・三八八粍である、又砂粒の大小の揃へる程度を示す爲に篩分けの際小さい方より六〇%の所の直徑を直效直徑にて除せし比を求め之れを砂の均等係數と稱する、天然の砂の均等係數は一・五—二・五で濾過砂にては二・〇より小なる事を必要とする、本邦の實例は平均一・七六である。砂の大きさを檢査するには一吋（二五・四粍）に一〇—二〇〇孔を有する種々の篩にて篩ひ分け殘つてゐる重量によりパーセントが判る、其の一つの篩にて最後に落ちし砂粒を取り一粒の平均重量を測り次に各砂粒は同容積の球の直徑を有するものと假定し石英の比重を二・六五とすれば直徑d（粍）は

$$d=0.6\sqrt[3]{W}$$

にて計算出來る、但しWは一粒の目方を瓩にて表はせるものとする、濾過砂の仕樣書の一例としてヘーズン氏の米國オルバニー市の爲に作成したものを摘錄すれば次の樣である。

濾過砂は清淨なる川砂、濱砂又は山砂にて其稜角に富めると否との何れにてもよろし、充分洗滌したるものたる可く粘土、塵埃又は有機物を一切含む可からず、砂粒は硬質にて分解せざるものたるを要し直徑は左の通りである。

〇・一三粍以下のものは重量にて一%を越ゆ可らず。

〇・二七粍以下のものは重量にて一〇%を越ゆ可らず。

少くも一〇%は〇・三六粍以下の砂たる可し。

少くも七〇%は一・〇〇粍以下の砂たる可し五粍以上の砂粒を含む可からず。

直徑は同容積の球の直徑として算出す可く又

重量にて炭酸鹽として計算し二%以上の石灰及びマグネシアを含む可らず」清淨の度を示す爲にピッツバーグにては一〇〇瓦の洗ひ砂を取り一立の清水中に入れ二〇〇度の濁度を生ず可らずと規定してゐる。

砂層の厚さ　砂層は流水に最も抵抗を與ふるものであるから其厚さが清淨作用に必要以上厚くしてはならぬ、又微細なる砂は粗砂に比して效果はよいが抵抗大に從つて損失水頭も大きく早く砂も閉塞される、砂の有孔直徑〇・三五粍にて均等係數二・〇位なれば砂層の厚さが〇・六〇—〇・九〇米も有れば掃除の爲多少削り取りをなしても充分である、併し厚い砂層は砂の削り取りの影響も又下底集水渠の抵抗に依り池面の各部に於て不均一なる濾過速度をなす惧も少くなる、獨逸にては〇・三〇米より薄くす可らずと規定してゐるが實際は之れより遙に厚くしてゐる、細砂を粗砂の下に置く事は下部が閉塞して惡いから精粗別ある場合には下層を粗くする事に注意する必要がある。

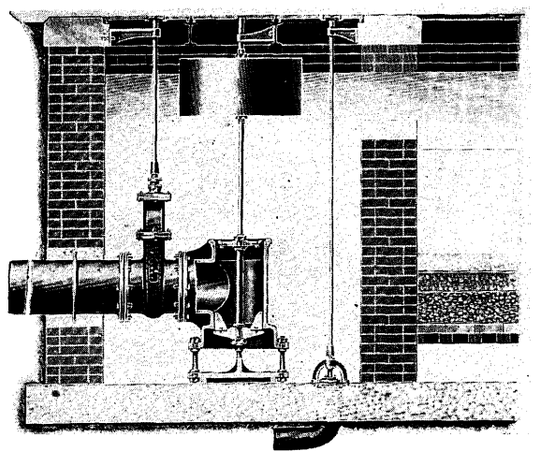
砂面上の水深　水深は場所により異るけれども近來は普通計畫にて〇・九〇—一・二〇米で洗砂の際砂を削り取れば之れより增す、往時は一・二〇米以上の事もありしも餘り深いと濾過水の流出量を調整し惡いものである、併し深い方が藻類の害を減ずる事は出來る、此に水深は濾過水頭の最大限度よりも深くする事が絶對に必要である、然らざれは引出口の水位が砂面よりも降りて前項に述べたる吸引濾過を起す樣になり、從て負水頭即ち部分的眞室を生じ水中に溶解せる空氣を放出して濾過作用を攪亂するに至る、故に米國にては此の限度が一般に大いから水深も大きくして居る。

濾過水頭及其限度　濾過池中を水が通過するに從ひ抵抗は恒に變化するものにて當初砂の清淨なる間は抵抗少なく漸次水中の浮游物が砂上に沈澱し砂粒間を閉塞すると共に增加する、之れは濾過池水面と引出口水面との水位差が此の濾過水頭を示すもので引出口の調整室に浮子の作用にて此差を恒に讀み易くして置く、斯くて濾過水頭は砂の充塞の度を示すものにて餘り多きに達すれば砂の汚穢甚しく且つ濾過膜に無理を生じ水質を損ずる、此の限度は砂粒の細さ、砂床の厚さ、濾過速度、沈澱物の性質等により差違あるも普通〇・六〇—〇・七五米に達すれば濾過を中止し濾過膜と共に汚砂を約一五粍搔き取り新しき砂面とする、米國では此の限度を約二倍即ち一・二〇—一・五〇米にして居る、斯る限度を定むるに際しては餘り少ければ必要以上に砂を洗ふ事になり池の作業日數を減じ不經濟である又餘り多きに失すれば不衞生となる、各水道にて水質檢査の結果愼重に決定す可きである實例は

ベルリン　・六〇米　ハンブルグ　・七〇米
東京　・七五米

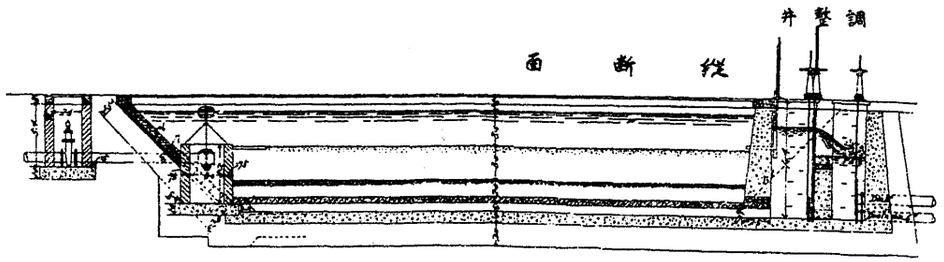
引入口　沈澱池より流れ來れる源水は濾過池引入口まで開渠にて導かるゝ事多く夫れより濾過床面に導かる此際水の流勢を以て砂を攪亂せざる樣に水勢を殺ぎ並に砂面を防禦する（第七十四圖）、此際流入量を自動的に加減する爲に浮子を有する瓣を流入管の端近くに設くる事あり（第七十四、七十五圖）之は池內水位が一定以上に上昇すれば流入孔の口を塞ぐ式である又は小設備にては供給する井戸の水位を一定以上に昇らざらしめてもよい猶ほ開渠の引入口には格子を附し大形の浮游物の流入を防ぐ

第七十四圖



浮子附流入自動調節瓣

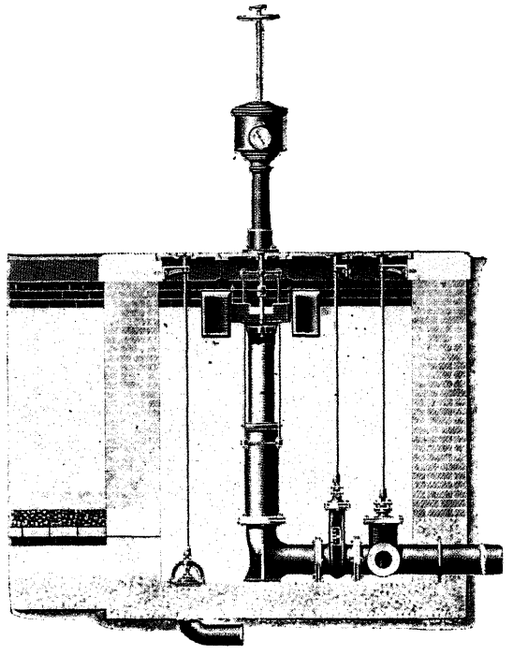
第七十五圖



谷地町水道濾過池

引出口　濾過池の源水が濾床を通過して調整井に流れ來る事は全く兩者の水位差に因る調整井に於ては恒に一定の濾過水を配水池に送る樣に設備する、即ち一定の濾過速度を保つ樣にする、之れが爲には可動堰を用ひて前記の水位差即ち濾過水頭を加減して堰上の水深を一定せしめ（第七十五圖）又は自動的に配水池に向ふ引出し管を第七十六圖の樣に望遠鏡管式に內外二重とし內管に浮子を附し調整井の水位の如何に關せず引出管の頂部又は流出口と調整井の水位との差は一定せる故に恒に一定量の濾過水を管內に流入せしめる、此の浮子のなき（第七十七圖）の如きものゝ作用は前の可動堰と同一にて一々人力にて瓣を加減して第二室の水位を一定に保つ樣にする、又場合に依り浮動式サイフォンに依る事がある（第七十八圖）、引出管中に空氣の入り込む心配がない。又ヴェンチリー管を利用して、一定量を取るものあり又は自動調整瓣を備へて（第七十九圖）恒に一定量を取るものもあり設備小形に締りよく出來るものである急速濾池に多い。

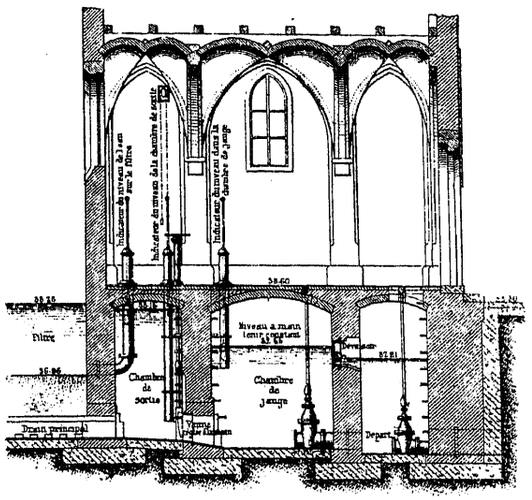
第七十六圖



引出口

其他の設備　以上の外に濾過池には連絡設備餘水吐、砂面排水管等がある、連絡設備とは洗砂後隣接池の濾過水を洗砂したる池の砂面まで逆送するものにて餘水吐は水面に設け一定度以上水位の上昇せる場合に餘水を下水管に導くものにて砂面排水管は洗砂の際速かに池水を排

第七十七圖



引出口

除するものである、此の外種々の所より試驗水を取る設備をなし又必要に應じて濾過池を通過せずに直接給水し得るが如くバイパスを設ける又砂洗と其の他の目的に高壓水を利用し得るが如く高壓給水管より鐵管を引き又は砂洗用の水槽を設置する事もある。

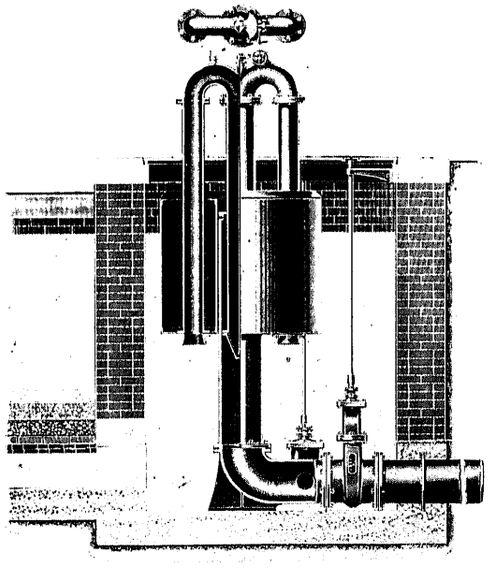
池の配列 池を多數要する場合には地形が之れを許せば相對して二列に配列し此の中間の面積に濾過水管調整室、下水管等を配置すれば締りよく壁の費用も節約出來る、源水及貯砂場砂洗場は向ひ側に置く事あり又は全部此の中間の面積に並べる事がある（第八十圖）。猶大設備となれば斯るものを更に組合せる。砂洗場及貯砂場まで此の面積に設くる事は餘りに狹隘となり其可否は不明である。

四 濾過池の掃除及作業

砂層が閉塞され濾過水頭が其限度に達すれば濾過作業を中止し池を乾かし表面の砂を掻き取る、此の作業は成可く短時間にて行ふ事を要する、之れが爲には水の流入を止め水位漸次減少して〇・六〇米の深さに達すれば砂面排水管の口を開き速かに水を排出し更に砂面以下〇・一五—〇・三〇米まで水を排除すれば充分である。之以上砂中の水を除く事は單に其の時間を失ふ許りでなく後に水を張る場合にも無用の時を費やすものである、斯くして砂面を一五粍内外掻き取り汚砂を池外に運搬する、池底の通路は、人が餘り砂を踏み固めざるが如く板を敷くを可とする、掻き取り作業には幅廣きショベルを用ひ運ぶには手押車、畚又は輕便レールを用ふる、近來歐洲にては水壓射水器なるものを使用する、之は砂を器内に投入すれば壓力水の爲にホースを通じて所要の所に水と共に壓送せられ別に運搬を要しないものである（第八十一圖）。

砂を掻き取りたる後は砂面上五糎位まで隣池の濾水を以つて下より逆に滿たし後上より源水を流入するものである、逆に水を滿たす理由は

第七十八圖

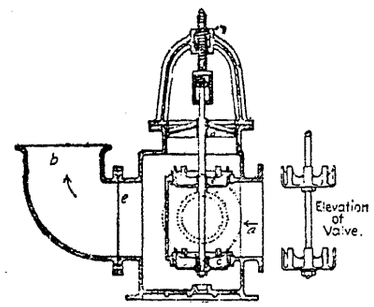


サイフオン式引出管

若し初めより上から水を張れば流入口附近に早く滲入して均一を缺き且砂中の空氣の逃出口なき爲空氣拔管の必要を生ずるからである。

緩速濾池にては濾過膜の所にて大部の有機物は勿論細菌も共に除去さるるもの故掃除毎に表層の一—二糎を取れば以下は先づ綺麗な砂であるから充分である、斯くて砂を削るに從ひ濾過層の厚さを減ずるけれども普通一定の限度に達するまでは清き砂を補はない、之れ毎回補へば掃除にも時間を要し且つ下層の砂は汚き儘永く下に殘るからである、此の砂層の最も薄くなる限度は〇・四五米で普通之れに達する前に新しき砂を補ひ又は序に砂層全部を除去し清砂を以つて計畫の厚さに充たすものである。

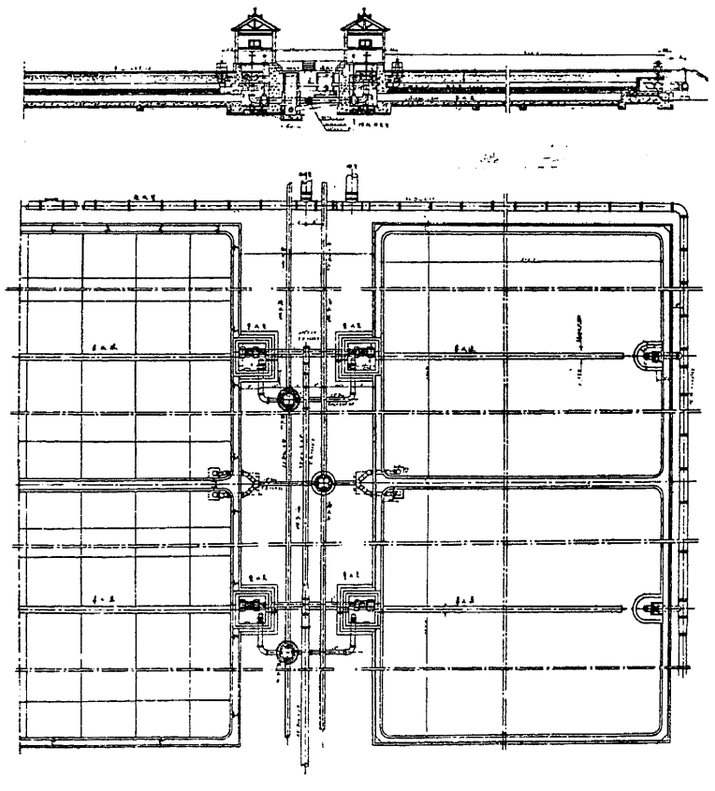
第七十九圖



自動調整瓣

汚砂の掻取りに費す時間は淀橋淨水場の例に依るに作業の中止より排水に要する時間は四時間にて砂面下〇・三米まで水位下降し次に掻取りに八時間を要し後隣池より濾過水を逆送し約五時間にして砂面に達せしめる、作業中止より約一七時間であるが實際には作業中止の翌日砂を掻き取り翌々日平常に復する、而して作業開始後濾過膜が完全になるまでに凡そ二〇時間を要する。

第八十圖



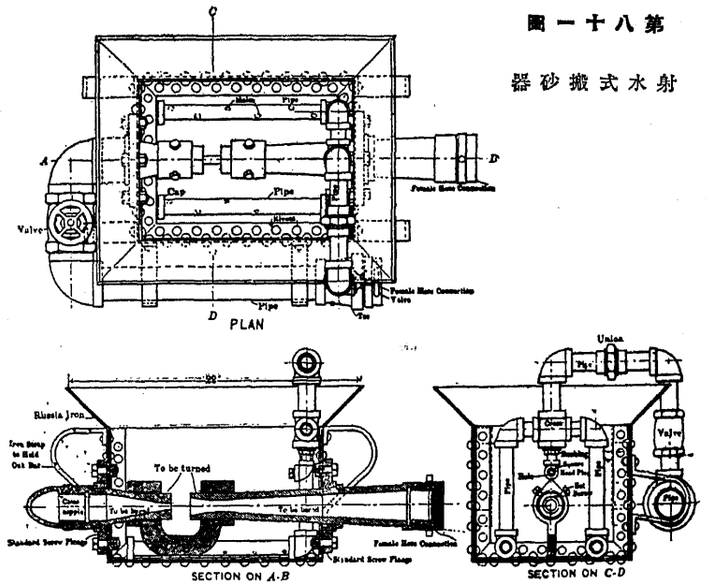
濱横市西谷淨水場及其配列圖（上斷面・下平面）

池の作業日數 砂の削り取り間の日數は水の種類、砂の細度、濾過速度、損失水頭の限度等

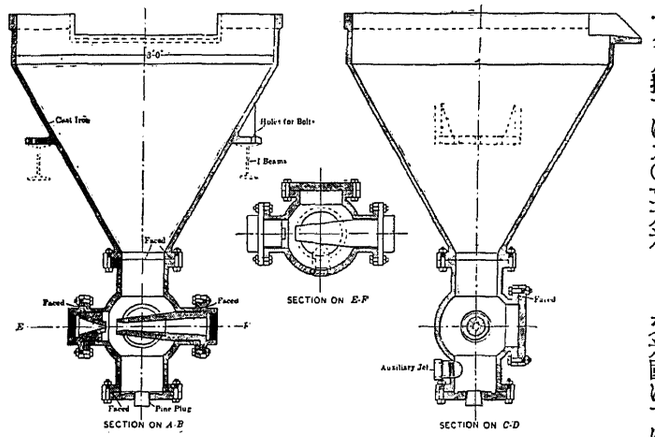
にて異り同一淨水場にても時季に依るものにて藻類の繁殖する頃が最も悪く一週間にて掃除を要することあり又水質よき時は二三ヶ月に達

第八十一圖

射水式搬砂器



第八十二圖



射水式洗砂裝置

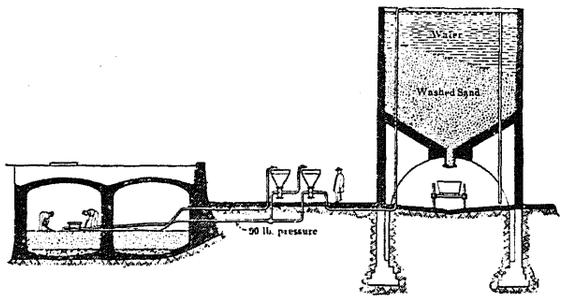
○日である。又掃除の間に單位面積にて濾す水の量にて示す事がある、米國にては三七—七五米/平方米の樣である。一日三米の濾過速度にて一ヶ月持てば九〇立方米/平方米となる。若し一回に一五粍宛削り取ものとすれば一容積の砂が六、〇〇〇容積の濾過水に當り逆に濾過水の六千分の一の砂を要する事になる。此の掃除回數が少い程豫備池の數も小にしてよい、普通作業日數は一年を通じて一〇—二〇%を減ずる、之れに多少餘裕を見て豫備池は五乃至八面に一個とする。

又米國にては部分的掃除と稱し砂層が閉塞すれば一部池水を排除し表面の砂を攪き亂し直ちに濾過に使用し之れを二三回繰返す。漸次作業日數を減じ遂に攪き亂しても効力なきに至るもので最後に普通より深く砂を削りて洗ふ、三回別に砂を洗ふよりも經濟的にして水質も人の恐るゝ程に悪しからずと云ふ事である。

砂の洗滌　砂洗には可なりの費用を要するから附近に河でもありて砂の安價の所にては汚砂を棄てゝ毎回新しき砂を用ふる、併し普通は洗ふ方が經濟的である。洗滌の方法は池の附近にコンクリート又は煉瓦の小さき桝を造り砂を之れに入れ壓力水を以つて洗ふ、最も元始的の方法である。

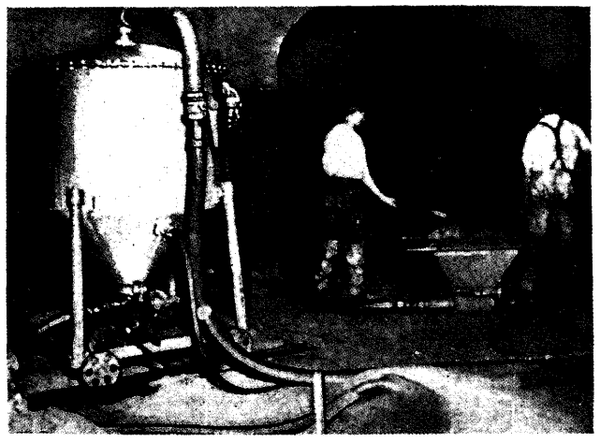
機械的の方法には種々あるが獨逸にて好んで用ひらるゝ廻轉圓筒式洗砂機は水平軸のまはりに廻轉する稍圓錐形をなしたる筒の兩端開口したるものにて大孔より砂が入り小孔より清水を送れば筒内にある螺旋羽の爲に砂は一方に送られ中途にて清水と會し洗滌せらるゝものにて水

第八十三圖



ワシントン市搬砂・洗砂及貯砂裝置

第八十四圖



ニコルス洗砂器

ものである。此の外ニコルス洗砂機（第八十四圖）は密閉せる鋼鐵槽にて一・〇五米徑〇・九〇米高さである。汚砂水は頂部より來り清水は底部より上昇し砂は洗はれて底部より泥を攪拌しながら泥水を吸ひ出すものにて池の全面積に機械が動く式である（第八十五圖）。

本邦松田式洗砂機は壓力水射出式を應用したものにて射出水にて砂と水は管中を上昇し次の室に送られ漸次之れを繰返して砂は洗滌される泥水は側壁頂部を越流する、本邦にては克く用ひられて居る（第八十六圖）。凡て洗砂用水量は全水量の〇・二五—一・%を要するものである。

作業上の注意　濾過作業上注意す可き點は獨逸にては次の如き規則がある。

一、各濾過池は毎日檢査する事

二、所定の濾過速度より早くしない事

三、一立方糎中の細菌數は百以上を含まない事近時此の外に大腸菌の檢査もしてゐる、此の結果により作業を加減して經濟的に効率を擧ぐる樣に注意す可きである。

五　二重濾過

濾した水を更に二重に濾すものにて極て悪しき水に使用する方法である、歐洲にては屢々用ひられ其の構造は普通のものと別に差違なく唯第一の濾過池は少し砂を粗くし第二の池は少し

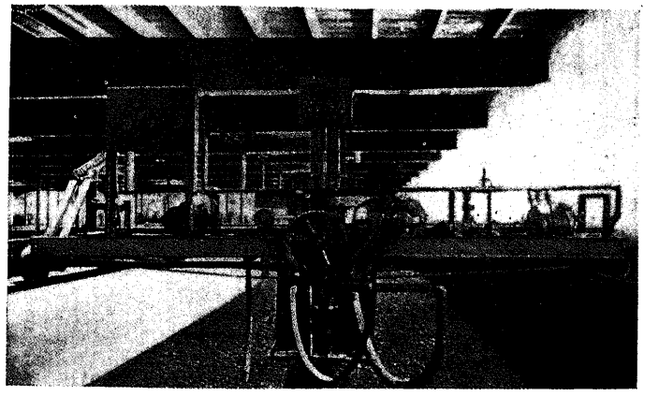
の量は砂の量の七—八倍を要する。

近來英米にては前項の砂の運搬に使用せしと同樣に壓力射水を利用したる漏斗を連絡して砂を洗ふ（第八十二圖）。第八十三圖は米國ワシントン市濾過池の砂洗ひ及び貯搬貯槽を示した

水は頂部より出づ重量三〇〇瓩で池中に持ち行くから砂の運搬の要なく、洗へる砂は直ちに使用出來る。前項の部分的掃除の方法に都合よくフィラデルフィア等にて好果を奏してゐる。

ブレースデル洗砂機は水を全部除かずに砂面

第八十五圖



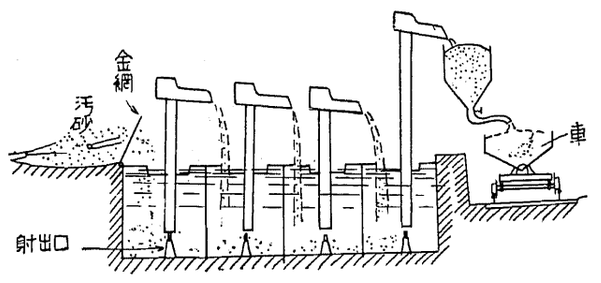
プレースデル洗砂器

豫行濾過 米國にても下水にて汚され又は粘土等の微細なる浮游物の爲濁度高き水は沈澱の後、更に豫行濾過又は粗濾しを行ふ、之れには機械濾器にて沈澱劑を使はずに一日百米位の速さにて濾し後に改めて普通の緩速濾過に送るので、玆にては一日六米位即ち普通の二倍位の速力にて濾すもので結局經濟的である。フィラデルフィア市トレスデール淨水場、及びオルバニー市等も此の方法に依つてゐる、前項の二重緩速砂濾に依るよりも遙かに費用がかゝらないと稱せられて居る。

粗濾しにはスクラッバーと稱する粗礫と礦滓との層を壓縮海綿にて蔽ふたもので一日五五米の速さで濾し六〇%の濁度七五—八〇%の細菌を除去出來る物を使ふ事がある。同じく後の緩速砂濾の速力を倍にするもので經濟的である。

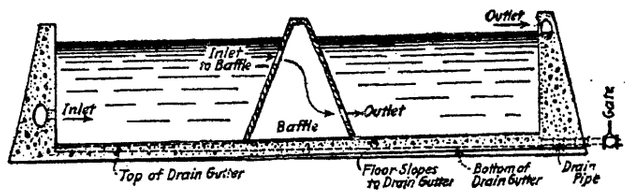
又石版石やコークスを海綿にて蔽ふたものもある、ピッツバーグ市の粗濾しは特に面白いもので同市の源水は工場廢水や炭坑下水にて汚されて居り種々濾過作業に困難を招いたので先づ源水を一二—二五粍の砂利二・四〇米の厚い層にて粗濾してから沈澱池に出で玆には二つのA型阻水壁があり之れを通過してから緩速濾過にかける粗濾の濾過速度は一日七〇米である（第八十七圖）。

第八十六圖



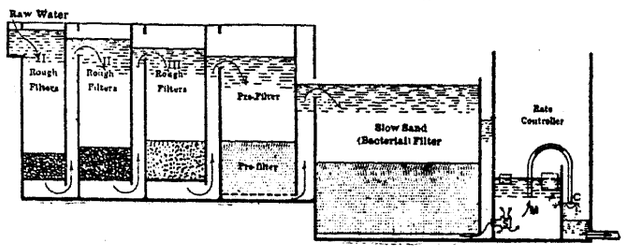
松田式洗砂裝置

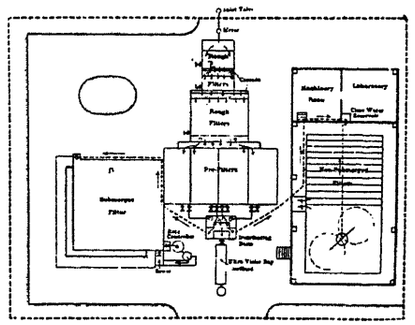
第八十七圖



A型阻水壁

第八十八圖





ピユエシヤバル式濾過法

ピユエシヤバル式濾過法 之れは巴里及び他の歐洲諸都市にて用ひられて居る。此の式にては源水は粗砂利の三個又は夫れ以上の濾過床を通る。此の砂利は第一床より順を追つて小砂利となり濾床の厚さは增加し濾過速度は漸次減少し次に豫行砂濾床に移り最後に普通の緩速砂濾に到るもので水は順次改善せられて完全なる衛生的飲料水となる。一例を示めせば第八十八圖の如き配置にて砂礫の大きさ、層の厚さ濾過速度は次表の樣である。

表五二 第

	濾材の大きさ（粍）	濾材の厚さ（米）	濾過速度（米/日）
粗濾し I	20 以下	0.30	100
同 II	12.5 〃	0.35	50
同 III	8. 〃	0.40	30
同 IV	5. 〃	0.40	20
豫行濾し	3. 〃	0.60	10
緩速濾過	0.3 〃	0.60	2.5

第三節 急速濾過法

一 概論

沿革 急速濾過は最初米國にて發達せる爲米國式濾過とも稱せられ又汚砂の洗滌頻繁なる爲砂の攪拌を機械的に行ふを以つて機械濾過とも云はれてゐる。但し現今にては單に米國に止まらず汎く使用せられ歐洲にても種々の型式のものを案出する樣になつた。

急速濾過の當初米國に發達したる理由は米國の河川は一般に粘土や下水を以て、汚されて水が濁つてゐるから緩速濾過池を造るも早速閉塞される且つ米國人は歐洲人に比し水の使用量が遙かに多く平均三倍多きは十數倍に達するので之れを緩速濾過に依る時は非常に面積を要する、砂濾の方法は一八七〇年に米國に入りしも其の後の發達は比較的微々たるものであつた。從つて米國に適せる新濾過方法を發明せんと苦心して居つた。斯くて先づ溷濁せる水を清澄する事は古き支那の法に倣ひ明礬を使用する事にて成功し且之れにより細菌も相當に除去出來る事を知りエドムンド、ウエストン氏其の他が一八九三年—一九〇一年に之れを研究し諸所に試みて其の結果次の急速濾過の基礎的要件を確立した。

一、此の方法にて水を淨化するには先づ源水の物理的、化學的並に細菌學的の性質を精知しなければならぬ。

二、浮游物の多き濁水は先づ暫時沈澱して粗粒を除き其の後に明礬又は硫酸礬土を加へ暫く細粒を沈澱せしめる。

三、先づ水中の浮游物は適當に凝集され居る事が必要にて又濾過機中に入り來る水中に其凝集

物は必要であるが、其量多きに失してはならぬ

四、濾過速度は注意して制禦し急激なる變動があつてはならぬ。

五、凝集劑の量は水質に依り調整し水中には恒に均一に加へる事が肝要である。

六、化學的並に細菌學的檢査を絶えず行ひ此の結果に依り急速濾過の作業法を加減する、而して此の作業の監督は充分嚴重にす可きである。

斯る結論を得た結果大いに好結果を奏して米國の諸所に廣く使はれる樣になつた。從つて急速濾過にては藥品混和の裝置を必ず備へなければならない。

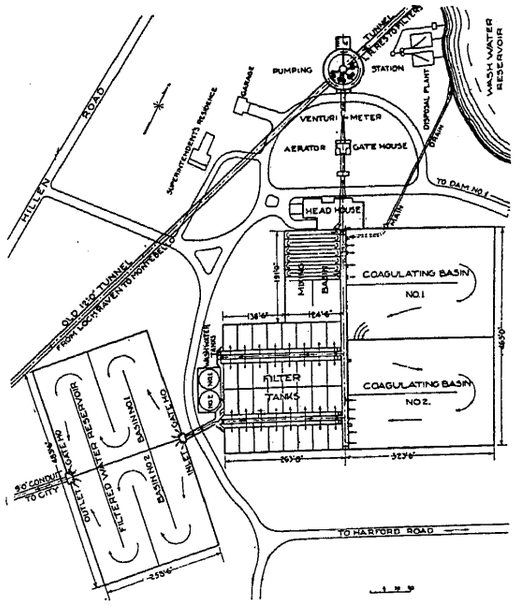
原理 原水中に硫酸礬土等を加へると沈澄池と同樣に水中のアルカリと化合して

$$Al_2(SO_4)_3+3CaCO_3+3H_2O=Al_2(OH)_6+3CaSO_4+3CO_2$$

の如き反應を生じ此の際出來る水酸化アルミニユームが白味がゝれる膠質の容積の大なるものにて急速濾過機を通過すれば全部除去され砂表一糎中に大部分殘留して强靱なる膜が出來極く微細なるものは數糎内部まで侵入する、水が此の表面の膜に濾過されると水中の最も微細なる浮游物も細菌も共に除去せられる。丁度緩速濾過法に於ける濾過膜と同樣の作用をする、而して此の人工的濾過膜は質甚た强靱にて濾過速度を餘程高めても破るゝ惧れがない。斯る高速度を得せしめんが爲に緩速濾過にては濾過水頭は決して砂面上源水の深さ以上に達せしめなかつたけれども急速濾過にては遙かに之を超過せしめ負水頭にて濾床を通じて水を吸出す樣にする

濾過速度 斯くて濾過速度は一日一〇〇—一五〇米、平均一二〇米にて約緩速濾過の四〇倍に達する、故に面積は約四〇分の一にて足りる事になり米國の事狀に適するので先づ米國に汎く發達したのである。斯くの如く急速度に濾過する關係上緩速のものに比して砂の充塞する事早くして月一回にて足りしものが、これにては毎日一回或はそれ以上の洗砂を要する。

第八十九圖



ボルチモア急速濾過裝置配置圖

併も彼は砂面一—二糎を削れば充分なりしに此れは深く汚れ時に三〇糎に達する事がある、且つ濾過機の數も數箇以上數十箇を使用するから砂を洗ふ事は大仕事となる、從つて之に對し特種の裝置を設くる必要がある。

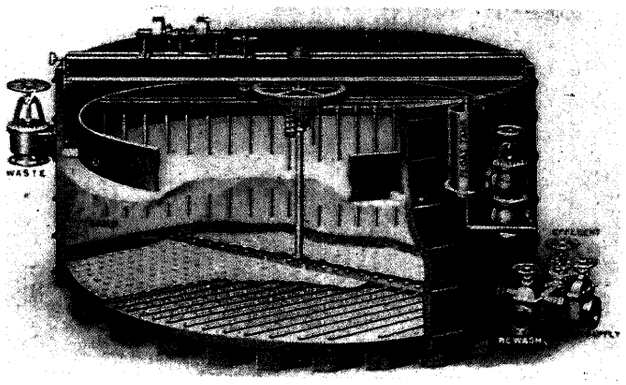
配置 急速濾過場の完全なる裝置にては(一)混藥並に沈澱池 (二)濾過機 (三)淨水池 (四)藥劑を貯藏し又は作業する室を要する、此外に豫め粗粒を沈澱する池も備へる事があるが之れは多く別に考へてよい、凝集池は急速濾過にて最も必要なる部分であるから之れを作業する裝置は濾過槽と同じ場所に置く樣にし又藥劑貯藏室又は混藥室も近所に置きて長き連絡管を避ける、第八十九圖はボルモチア市の配置にて締りよき設計の一例である。

二 急速濾過裝置の構造及び作業

構造の要部は (一)砂床 (二)砂利及びストレーナー (三)洗砂裝置 (四)濾過速度調整裝置 (五)管及び瓣の配列等である。

濾過床 砂粒の大きさは濾過速度が大きいから緩速濾過の場合に比し稍々粗く普通〇・三—〇・五粍の有効直徑を有する、時に水質に依りて〇・六粍に達する事があるが一般には〇・四粍を越えない樣にする、而して均等係數は一・六を一%以上含んではならない。砂層の厚さは〇・七〇—〇・九〇米とし其下には上部徑三粍底部には三〇粍位の砂利層を厚さ〇・一五—〇・二五米位設け高速度洗滌法にては猶厚く〇・三五米に達する、砂利層の下には種々の形のストレーナーがありて何處も均一に濾過される樣にし且砂利の進入を防ぐ、濾さんとする水は砂層上深さ〇・六〇米位に保ち乍ら四米内外の水頭にて濾すものである。

第九十圖



重力式急速濾過機

濾過槽の種別 槽は木製、鋼製、鐵筋コンクリート製等にて形も圓形槽と鐵筋コンクリートの矩形槽とに大別出來る、又型式上重力式濾過槽と稱して蓋を有せず上方に開放せるものと壓力式即ち密閉式濾過槽とに二大別される。

重力式濾過槽 當初は普通圓き槽狀をなし木又は鋼よりなり第九十圖の如きもので直徑五米内外にて容量は一日約二千立方米位である。砂を洗ふには水を一部分排除し動力に依り上の熊手形の搔砂器を廻轉して下より濾過水を逆流させ泥水を下水に送り清澄となるまで洗へばよい。

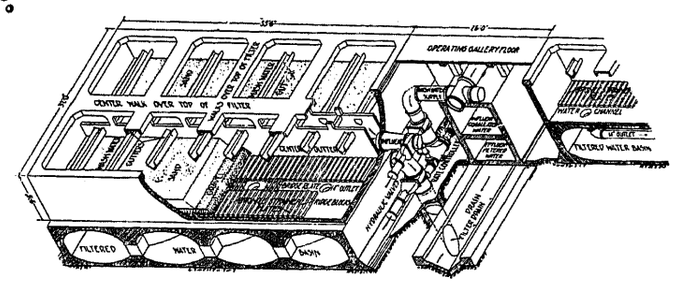
近來は鐵筋コンクリートにて多數の矩形の池を築造し大きさも三・五米に四・五米の小形のものから一〇米に一五米の如き大形に至り容量も一日二千立方米から一萬八千立方米に達して居る、小形のものを多數造る事は壁の費用及調節裝置費を增して工費を高める。又大形のものは濾過又は砂洗ひを均一にする事困難に且管、瓣類が大きくなる、砂洗ひに要する時間は大差ないけれども池を修繕する時の障害は大形の池に大きい、斯くして前記の大きさ位が

第九十一圖



クリーブランド市濾過槽配置圖

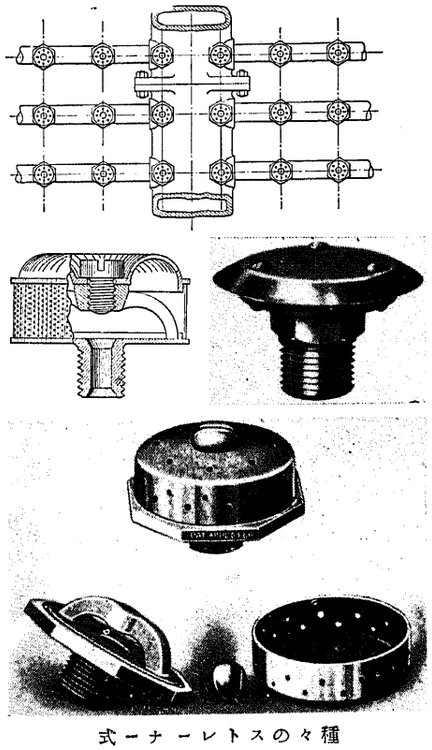
第九十二圖



構造圖

の作業臺の上に集めたる制水瓣の手柄にて、調節出來る、明礬を加へたる水は一般に給養主管より濾過池の全長に亙る給養溝に入り堰頂を越えて砂上に流入し池内の水の攪亂を最小ならしめる、濾過せる水は池底のストレーナーを通過して濾過水本管に重力に依りて流れ込み淨水池に行く、急速濾池の濾過水頭は普通三—五米（メートル）である。淨水池は第九十二圖の如く濾過池の下に築造する事がある、之は地積と工費を減ずる上光線を遮斷するから藻類の發生を防止する利益があるけれども本邦の如き地震國には安全でない獨第九十二圖は種々の構造を判り易く示して居る。

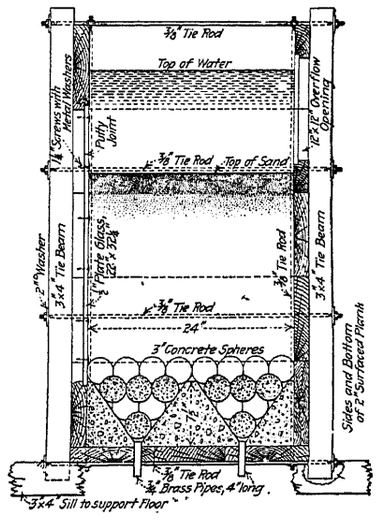
第九十三圖



種々のストレーナー式

砂洗ひ　砂洗ひの際は濾過水を洗砂水管よりストレーナーを通して砂粒を半ば浮游狀に保つ程度に射出し

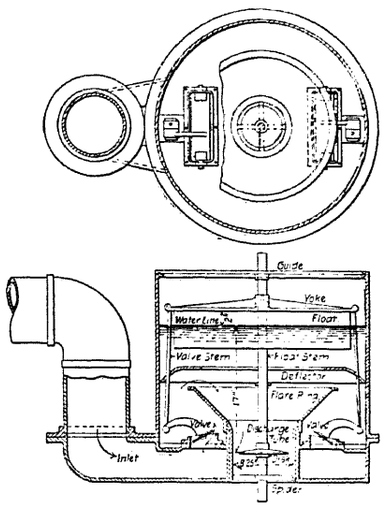
第九十四圖



ホイラー式槽底

矩形濾過槽　の配列は第九十一圖の如く中央に廊下を造り其の兩側に配列する、濾過池の半分は建物の外に出て居るけれども同じく屋根にて蔽はれて居る、此の中央廊下の下には種々の管が設けられて居る卽ち明礬を加へた濾されし水を送る管、濾過水を取る管、砂洗の爲に空氣や濾過水を送り込む管、泥水を排除する管は各濾池の適當の位置にて枝管を出して連絡し一箇最も普通である。

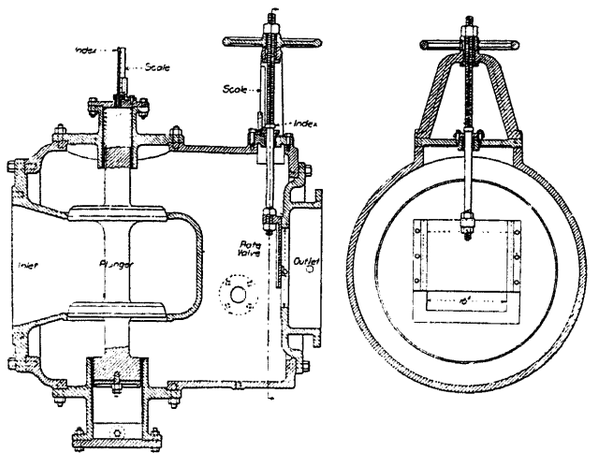
第九十五圖



ウエストシト調整瓣

丁度泥水を排泥樋（第九十一圖）中に押し流し而も砂を流さない位の水量を送る、此の水が略清澄となるに至りて送水を止め掃除を終り作業を回復する。近頃の多くの裝置にては先づ强靱なる濾過膜を破らんが爲に空氣を壓入し後に水を逆流させる、此の方が水の壓力小にして足り、爲に砂利層を攪亂して其間に砂の混入する事を防ぐ利益がある、若し空氣を用ひざる所にては砂利と砂層との間に眞鍮の網を用ひ砂の混入を防ぐ事を得るけれども水質に依りては速に網の腐蝕を來す事がある。洗砂水には必ず濾過水を使用しなければならぬ、然らざれば濾過し始めたる場合に不純物又は細菌が淨水池に流入する虞れがある、斯る洗砂水は特にポンプで給し又は市内に給水する本管より供給され或は特に此の爲に高架水槽を造る事も有る、斯くして洗砂に要する時間は一回十分內外にて足りる砂洗の直後は濾過膜未完成の爲其の効率が悪いからセントルイ市にては明礬の溶液を加へ先づ砂表に人工濾過膜を造り後に水を濾して居る。京都にては一五分間位は棄てゝゐる。

第九十六圖



平衡瓣

諸附屬設備　急速濾過には作業の便を計り種々の考案特許がある、卽ち種々のストレーナー（第九十三圖）が有る之れは濾過水の出口となり又洗砂水や空氣の入口となる、但し空氣の入口は砂利、砂の混交を防ぐ爲に此の兩層間に別の空氣吹出管を配列する式もある。又種々のストレーナーの作用をなす如き構造を有する底もある（第九十四圖）。

濾過速度制禦器　之れは濾過水量を恒に一定にする設備にて各濾過槽と濾過水本管との間に設けるものである、凡て砂層上の水深は普通一定とするから濾過槽の出口に於て或る摩擦抵抗を與ふる瓣を設けて制禦するものにて砂の清淨なる間は少し開き濾過量を一定に制限し砂の汚れるに從ひて瓣を開き恒に所要の量を流出せしめ終りに瓣を滿開するも所要量を取り能はざるに至つて砂を洗ふものである、斯く流出瓣を手力によりて調節する事は取扱者の不斷の注意と熟練とを要するものであるから自働流量調節機を用ひるのが便利である。此の考案には種々あるが（一）浮子にて流出瓣を動かす樣にして一定水位以上に出れば瓣を閉ぢる樣にし水量が少なく水位が下降

すれば瓣の開口を増して恒に一定の水位に保たしめるものにて此の式は開室中にのみ利用できる（第九十五圖）。(二)は固定流出口の兩側に於ける壓力の差が同一なれば流出量が一定する、若し流出量が増減すれば壓力差の變化を生じ依りて流出瓣を動かし恒に自働的に一定量を流すものである平衡瓣（バランスドヴァルブ）之である（第九十六圖）。(三)はヴエンチュリー管式を利用するものにて其の壓力差を利用して流出瓣を調節するシムプレッキス流量調節瓣は之れである（第九十七圖）。(二)と(三)とは水中に設けられるから便である。引出し管は濾過槽の出口に負水頭を生ずるものである。

制水瓣、小設備にては手力にて開閉するけれども大設備にては水壓力を利用しピストンを動かし其の柄に連絡せる制水瓣を開閉するものにて手力よりも容易に迅速に且つ確實に作業が出來る、又往々電力を利用するものもある、又前の第九十圖に見るが如く作業臺がありて上に六個の柄子を有し夫々流入水、流出水、洗砂水、泥水排出口、空氣及び濾過槽排水管の制水瓣を開閉する但し濾過槽排水管とは一度濾した水を必要に應じて捨つる方の瓣である、而して此の六つの内最初の四個は必ず必要である、其の他損失水頭計、濾過速度指示器、洗砂水及び空氣の壓力を示す計器等がある、又流出水から常時檢水が採集出來る樣に設備する。

重力式急速濾過槽の効果の一例　セントルイス市一九一五年一九一六年の一年間の平均は次表の如くである。但し源水は、ミスシツビー河の濁水である。

第二十六表

	源水	用沈澄後	濾過槽後	給水本管
浮游物	1950			2.4
濁度	1420(900)※	20(20)※	0.32(0)	1.07
色	36			15
總硬度	163			95
細菌37°C	1150C(1900)※	131(170)※	34(15)※	26
〃20°C	51206	1118	637	317
大腸菌	31	0.24	0.10	0.02

※はニューオルレアン市の例である

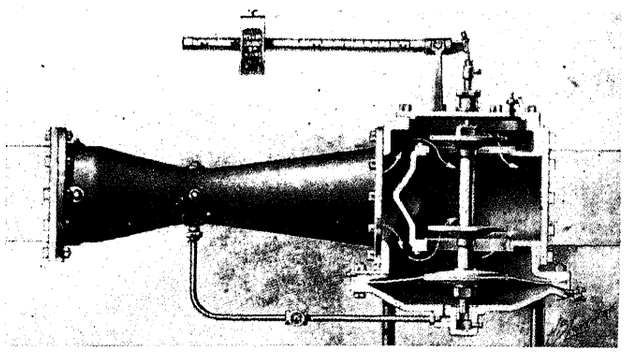
京都市濾過槽にては大正十五年昭和元年度の一ヶ年平均を見るに

	沈澄池	濾過槽
色度	六・六	○
濁度	二・二	○
硬度	一・一八	一・一五
細菌聚落數	四九	五

三　壓力式濾過槽

壓力式濾過槽も大體に於て其の構造及作業方法は重力式と差違はない、唯密閉せる鋼鐵槽中にありて壓力は水頭二八―四二米以下に濾すのである、但し水壓の差は重力式と同樣四米内外とする、多くは砂層を用ふるも時に木炭とかコークスを使ふ事もある濾過槽は第九十八圖の竪型のもの多く又第九十九圖の樣な横型のものもある、容量は一日二千立方米以下である圖の如く種々の管を備へ流入、流出、排泥、送風等一々制禦する瓣を有する。以前は送風洗砂は行はなかつたか、近來は之を行ふ樣である。壓力式濾過槽はポンプ送水管中又は取水場と配水池の間に又は取水場より直接市内に送る間の

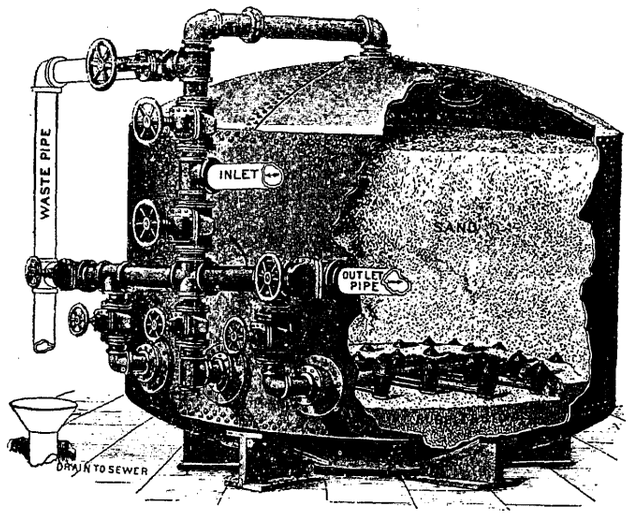
第九十七圖



シムプレツキス流量調整器

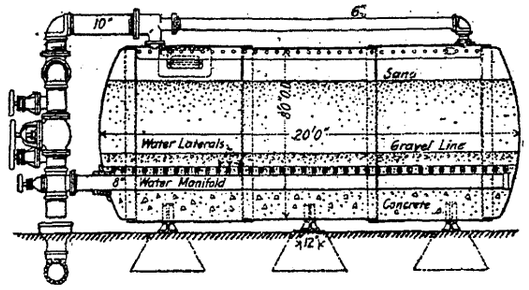
任意の所に設置せらるゝ便がある、此の式の利益は設置場所の自由なる外に價廉に小型のものは西洋にては既成品があるから速かに据付けられる、修繕も容易にて狹隘なる面積に二段にも三段にも配列が出來る、時に凝集劑を用ひずに粗濾も可能であるけれども効率惡く、不利益としては壓力高きを以て濾過速度及藥劑注入の調節が自由でなく過度の量を濾し易く又洗砂の時に砂が流出し易い、從つて重力式に比して清淨効率低きを免れない、市の水道に用ふる所も往々有るけれども寧ろ小設備にて個人用のビルデングとか又それ程完全の濾過を要せざる清涼なる源水に適する、又後に鹽素殺菌にても施行する場合に面白き方法である。

第九十八圖



竪型壓力式機械濾槽

第九十九圖



横型壓力式機械濾槽

四　藥品の注入

總て急速濾過機にては明礬又は硫酸礬土等の藥品を混和する、其の分量は源水溷濁の程度並に濾過の速度等に關係する。先づ適當の濃度の藥液を作り常に之れを攪拌しつゝ水量に比例して適量を加へる、之れにはボールタップにて一定水位に保てる藥液槽よりオリフィスを上下して所要量を流し出し又は堰の巾を加減して適量を注加する、又大設備にては自動的にヴエンチュリー水頭を利用して水量に應じて平衡辨を動かし又は水路中の浮子により水量に比例して堰幅を自動的に調節する等巧妙なる調節機もよく使用せられる、若し源水の濁度少なく自然にアルカリ性を相當に有せざる場合には凝集作用が完全に行はれないから曹達灰等を併せて注入する必要が起る。

五　種々の急速濾過機

急速濾過機には國により會社により種々の專賣品が考案せられてゐる、故に其の二三のものを説明しよう、但し其内には明礬等を使用しない粗濾式のものも形式上急速濾過であるから加へて置く。

「ジューウェル」型急速濾過機は米國ジェーウル會社の製品にて本邦にても京都、龍山等の諸水道に之れを使用して居る、京都市のものは、

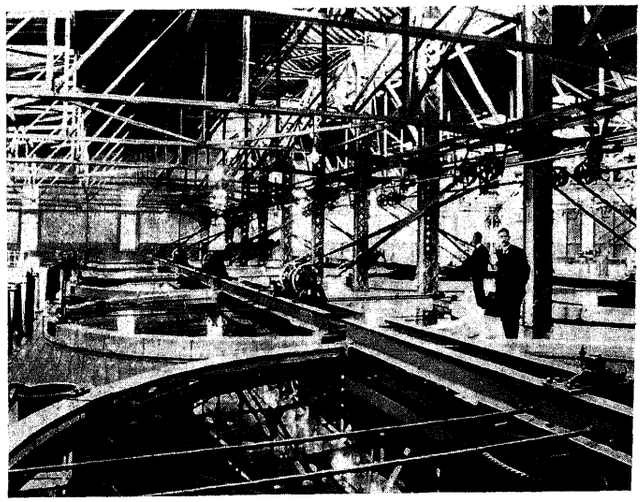
(第百圖)濾過槽の數二〇個各內徑六・四米深二・三二米有效面三二・一八平方米にて一日の濾過速度は約一二二米にて一日に一槽にて三九三〇立方米宛を濾過して居る。又同式の壓力式のものも種々ありて小型としても直徑〇・三〇より二・四〇米に達し容量は一日一一立方米より一、七四五立方米に達するものが種々ある。

「キャンディ」型急速濾過機は英國キャンデー會社の製品にて壓力式のものと重力式のものとある、砂洗に對しては壓搾空氣又は水壓を利用する事が出來る、砂には英國のボーラライトと稱する良質のものを使用し、往々凝集劑を用ひずに使用される。濾過速度二〇〇米/日に達し佐賀市(第百一圖)、大牟田、堺、高田市等の地下水を源水とする水道に使用されて居る。

「ランサム」型急速濾過機は同じく英國ランサム會社製にて濾床は甲乙二種の砂よりなり甲は定置なれども乙は所謂漂砂にて源水に伴ひ機內に集まり來りて甲の上に堆積し自然圓錐狀を形成し此の間に源水は濾過せられ漂砂は圓錐狀をなせる甲の上を汇りて機の下方に集まり再び源水に混じて甲の表面に來る、斯くの如く繰り返して濾床の清潔を保つて居る式である。

「ベル」型急速濾過機は英國ベルブラザー會社

第百一圖



京都市ジユーエルエヌ式急速濾過機

の專賣品にて下方のストレーナーは一面に一樣に配置せられ居るを以つて一樣に濾過が出來るバターソン型急速濾過機は英國バターソン工業會社の式にて洗砂の時に壓搾空氣にて砂の攪拌を行ひ洗滌用水を減ずる、神戸市奧平野淨水場內のものは長七・二七米幅三・六四深二・八二米濾過速度一日一一八・五米である、此の型式の設計は米國に多く見る所である。

「マザース・エンド・ブラット」型、之も英國マザースエンドブラット會社製である。

「ターンオバー」型は英國ターンオバー會社製にて洗砂等に都合がよい。

「ブレダ」型急速濾過機は獨逸のエル・レーボルト商會にて代表販賣してゐる、鐵分を除くに都合よく必要あれば曝氣設備を備へてゐる、一般に英、米製に比し廉價である、殊に管類に內地製品を使用すれば經濟的である。

「アボロ」式急速濾過機は本邦の東京市外落合町アボロ工場の製品にて濾材としてマンガンバームチツトを使用する殺菌性に富むものにて九州城島水道其の他に使用せられて居る。

六　緩速濾過法と急速濾過法との比較

或る都市にて緩速濾過法に依るか又急速濾過法を採用するかは源水の性質、地積其他に關するものにて愼重に考慮す可きである。先づ急速濾過の便利なる點を列記すれば次の樣である。

(一)源水濁濁甚だしく通常の緩速濾過法にては其の濁度を取り去るに困難なる場合

(二)沈澱池、濾過池を築造するに充分なる場所を

求め難き場合

(三)氣候寒冷にて普通濾過池は凍結する場合

(四)源水が色又は鐵分を有する場合

(五)濾過用砂及砂利等の採集困難なる場合

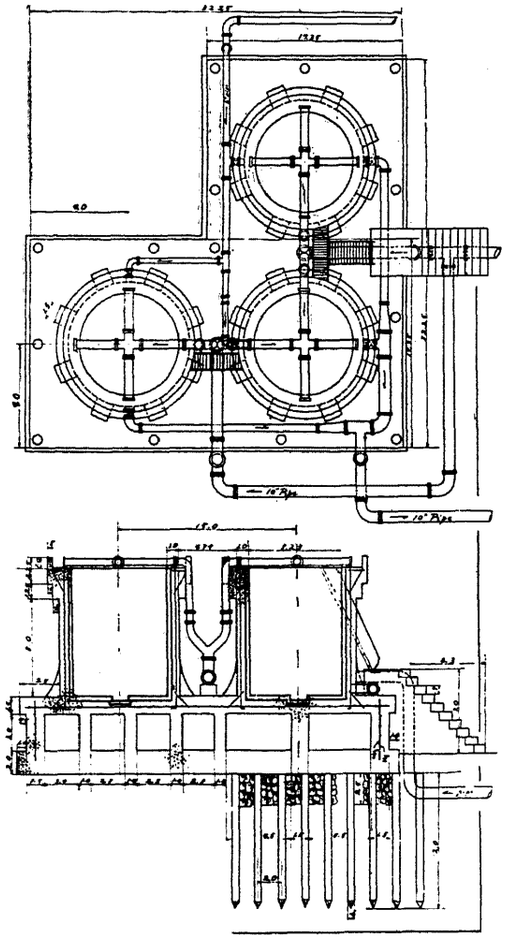
(六)壓力濾過池を要する場合

(七)源水に藻類を發生し易き場合

濾過効率に於ては兩者共事情によりて差異あるけれども大體に於て大差が無い、急速濾過法は細菌數に於いて時に緩速濾過に劣るとの說はあれども色度を除く事は明礬を使用する爲に遙かに有効である、最初の施設費は緩速濾地よりも廉であるけれども藥品費、洗砂動力費及び作業上不斷の注意を要し常時熟練者を雇はなければならぬ點に於て經常費は稍大きい。

急速濾過は色度又は濁度の低き源水には効力少なきものにて米國にては濁度三〇度又は色度二〇度以下には緩速濾過を可とし濁度五〇度又は色度三〇度以上には急速濾過にて流石に發明の本國丈けに約三分の二は急速濾過にて殘三分の一が緩速濾過に依り併も急速式が漸次增加する形勢である、猶其上に粗濾し又は豫濾池に明礬等を使はずに使用してゐる、然るに本邦內地の源水は一般に清澄なるを以つて普通緩速濾過に依るを元則としてゐる、然れ共礬井、伏流等の地下水にて時に鐵分又はアンモニアを含む慣れある場合、又は平素水質清明今後漸次使用增加の趨勢著しきものがある。

第百一圖



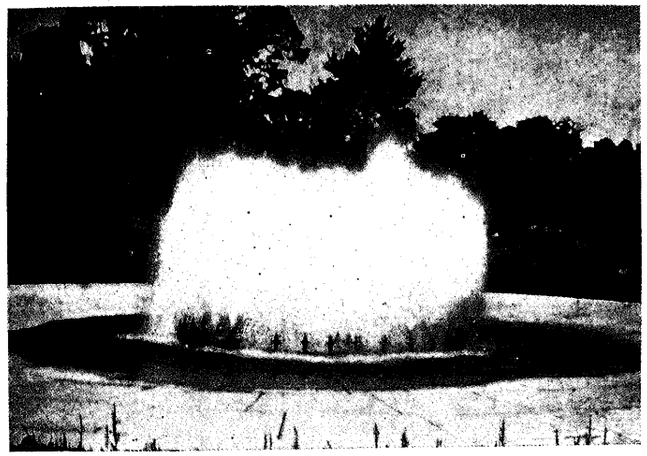
佐賀市キヤンデイー濾過槽

第四節　特種淨水法

一　曝氣法(附、色及臭氣除去法)

水を噴水として高く空中に射出し(第百二圖)又は堰上とか楷段を越へ薄膜として空中を落下せしめ(第百三圖)又は斜面上を淺く流下し或は急斜水路中に石を置きて奔流せしめ又はコークスや粗砂利層中を滴らせ或は有孔の皿を流すにして其儘飲料に適するも時に溷濁する心配ある場合に簡單なる機械濾機を備へて之れに應ぜしめ以つて工費の節約を計るも亦賢明なる方法であるから現時は京都及大阪市、神戸等の一部及び鑿井を有する數市に限られて居るけれども

第百二圖



ニユーヨーク市プロンクス曝氣法

等の手段にて空氣と充分に接觸させると空氣中より酸素を吸收し又は水中に含有せる炭酸瓦斯及び硫化水素等を除去せられ臭味を去り水質を改善するもので沼澤の水にて臭味のあるものには極て必要な方法である、又鑿井水も屢々鐵分又はアンモニアを含むものにて鐵分を除くには普通曝氣法が有効にて鐵分が酸化し酸化鐵となり沈澱濾過に依りて目的を達せられる、アンモニアも高所に源水を揚げ之れを薄膜となして數段に落下せしめコークス又は輕石層を置きボーラライトを濾過砂とせるキャンデー濾水器に依りて除去される、佐賀市水道にて此の方法により成功して居る（第百一圖及百四圖）。

又米國スプリングフィールド市にては藻類に因る惡臭を有する水を曝氣法と濾過法にて除去し得る宛交互に繰返して漸く除いて居る、又色付ける單に曝氣法と濾過法とを四回水は明礬により除かれるけれども簡貯水池の堰の出口に各約一五〇米（メートル）に六〇米の噴出池を設け各千六百個の噴水口を有し毎年四月より十一月に至る間は壯觀を極めて居る、射出口は螺旋形の羽を有する特別のノツズルを設置してある。

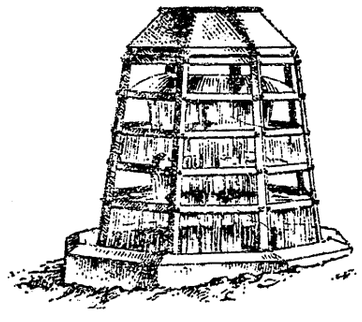
二　除鐵法（附、除マンガン法）

水中に鐵か炭酸第一鐵又は水酸化第一鐵等の形にて溶解し且酸化し易き形にある場合には曝氣法により第二鐵なる不溶解性化合物となり濾過によりて容易に除かれる、併し水中に有機物があれば不成功に終る事があるけれども明礬を加ふれば沈澱濾過に依り目的を達する、從つて急速濾過は除鐵に有効である、硫酸第一鐵の際には石灰を加へ曝氣及濾過に依る、總て鐵を除くに當り水中に炭酸瓦斯（CO_2）が有ると邪魔をするから先づ此れを攪拌又は曝氣にて除去する必要がある。

歐州にてはアントウァープ市其の他にてアンダーソンの方法により鐵分を除くと共に水を淨化して居る、之は水平軸に沿ひ廻轉する圓筒の中に鐵屑を入れ一方より源水を送入するとCO_2があれば餘計に鐵を溶かし廻轉に從ひCO_2は漸次減少し酸化によりて第二鐵化合物となり沈澱の際凝集劑として作用し他の膠質のものや植物性色度を除くものである（第百五圖）。

鐵がマンガンと共に存在する水は相互に沈澱を防害するものにて甚だ困難を生ずる、斯る場

第百三圖



曝氣法

第百四圖



佐賀市アムモニア除去設備

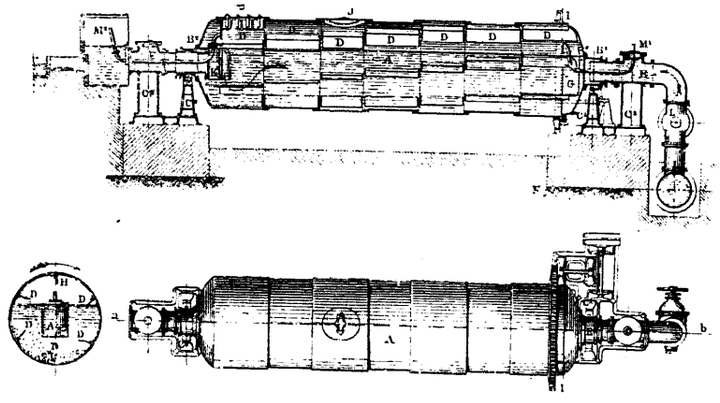
合には徑二五—五〇粍のコークス床の厚さ三米（メートル）位のものを設け源水を充たし暫時靜置し後空虛にして暫くコークスを空氣に曝すもので濾過速度は一日七〇米（メートル）位となし後約一時間沈澱させ又は砂にて濾過する。此の方法にて鐵もマンガンも共に除く事が出來る、マンガンを除くには過マンガン酸鹽類にて酸化するのも良法にて過マンガン酸曹達にて處理したゼオライトも有効な方法である。

三　水の軟化法

カルシューム又はマグネシュームの炭酸鹽類より生ぜる一時的硬水は之れを煮沸すれば軟化出來るけれども都市の上水を全部煮沸する事は不可能である、唯化學的方法によるのみである、之れは普通クラーク氏方法とゼオライトの方法との二種に依つてゐる。

「クラーク氏」の硬水軟化法　英國のクラーク氏の方法即ち石灰を加へる、總て水中の炭酸鹽類は水に溶解してゐる、CO_2により重炭酸鹽類の形になりて餘計に溶けてゐるもので炭酸鹽類の形になりて餘計に溶けてゐるものである。クラーク氏の方法は最も古く併も有効なるものにて其の化學的反應は、

第百五圖



アンダーソン氏廻轉式淨水機

(1) $H_2CO_3+Ca(OH)_2=CaCO_3+2H_2O$

(2) $CaCO_3H_2(CO_3+Ca(OH)_2=2CaCO_3+2H_2O$

(3) $MgCO_3H_2CO_3+2Ca(OH)_2=2CaCO_3+Mg(OH)_2+2H_2O$

斯くて石灰を加へると水中の遊離炭酸又は重

炭酸鹽の炭酸を除去して普通の炭酸鹽となり、溶解性を減じ沈澱する併し炭酸マグネシュームは炭酸カルシュームよりも水に溶け易いから水酸化マグネシュームの出來る樣に充分に石灰を加へる必要がある。

永久硬度卽ち硫酸鹽とか鹽化物の場合には前法は適用されない、之れにはボーター氏の方法卽ち炭酸曹達（曹達灰）を加へ或るものには更に石灰を加へる、化學反應は

(1) $CaSO_4+Na_2CO_3=CaCO_3+Na_2SO_4$

(2) (a)$MgCl_2+Na_2CO_3=MgCO_3+2NaCl$

(b)$MgCO_3+Ca(OH)_2=Mg(OH)_2+CaCO_3$

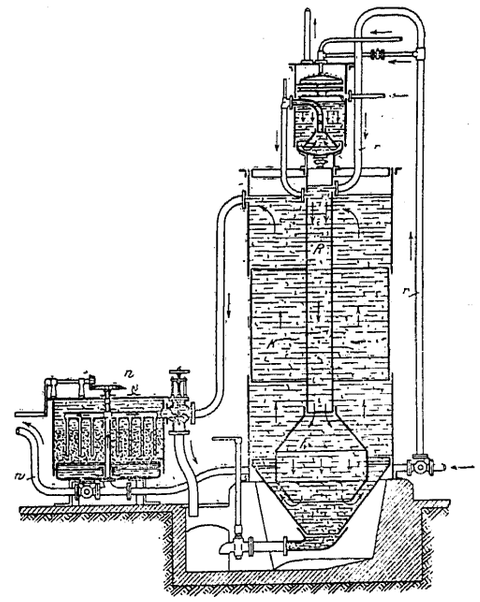
斯くの如くカルシュームやマグネシュームの鹽類がソヂウムと交代するものにてソヂウムの硫酸鹽や鹽化物は可溶性であるから水の中に猶溶存するけれども或る程度までは差支へがない又曹達灰は遊離酸及び鐵アルミニューム、マグネシューム等の硫酸鹽を中性にする。

藥量は硬度を生ずる溶解物一瓦を處理するに次の表の如くである。

表 十 二 第

	石灰(瓦)	曹達灰(瓦)
炭酸カルシューム	1.27	
炭酸マグネシューム	0.56	
硫酸カルシューム	1.33	
鹽化カルシューム		0.78
鹽化マグネシューム		0.96
硫酸	0.57	1.08
硫酸マグネシューム	0.47	0.88

第百六圖



硬水軟化裝置

前記の如く軟化法を講ずると細菌も除去されるもので石灰を粉末にして水に加へ沈澱させるとも九七%を除去せられるから其の水を更に濾過すれば事實上無菌水を得られる。

「ゼオライト」又は「パームチット」を使用する方法　之れは獨逸人ガンス氏の發見したる方法である、ゼオライトには天然のものと人工的のものと二種ありて人工的のものはパームチットと稱し却つて吸收力強くしてよい、組成分は

$2SiO_2Al_2O_3Na_2O+6H_2O$

にて市場にある多孔性のもので水に入れると其 Na_2 が Mg や Ca と交代して水を軟化する、若し軟化力を失へば取出し食鹽にて處理し清水にて洗へば再び元のものに復歸し何回にても使用出來る。

飲用水としては前記の二方法に依るけれども工業用水のみを目的とすれば苛性曹達とか水酸化バリユーム等種々の有效なる方法がある。

兩方法の比較　普通水道にて採用する軟化方法は石灰及曹達灰の方法であるが兩者を比較するとゼオライト式の利益は、

一、大規模の水道にて硬度を零とされる

二、藥品としては食鹽を使用するのみである。

三、源水の硬度に對し餘り考慮する必要がない。

四、沈澱を生じない。

不利益とする所は、

一、石灰や曹達灰より高價である。

二、速にパームチットが塞されるから濁水に使用されない。

三、之れで軟化したる水は重炭酸曹達を含み汽

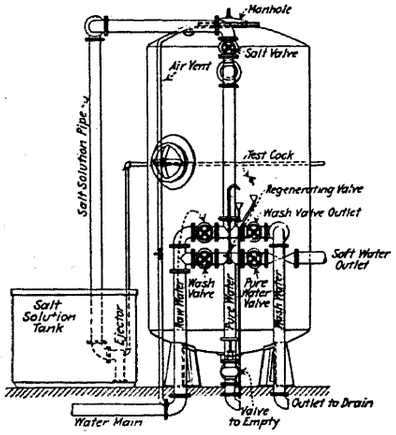
鑵水に泡立を生ずる。

混和方法　石灰や曹達灰の注加方法は石灰は之れを石灰水とし曹達灰は湯に溶かし二〇%の溶液として加へる、加藥後はよく水と混和し少くも二—三時間は沈澱池に保ち充分に沈澱せしめ且化學作用を完全ならしめて後に濾過する、水の溫度は高い方が作用早く完全である。

第百六圖は機械工場に使用する軟水機の例にて原水はrより機内のRに入り其の際上方より來れる溫き石灰水と混和して不溶解物質を機底に沈澱し上昇清水は濾機nにて清淨され、斯る種類の機械は種々ある。

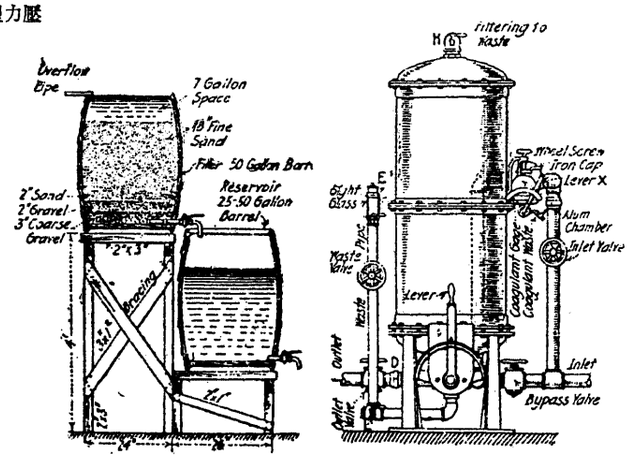
「パームチット」は重力式又は壓力式の兩法ありて急速濾過器の圓槽の如き形をなしパームチットにて水を濾過するものである、別に食鹽溶液槽を有し折々パームチットの軟化力を回復せしむる用をする。（第百七圖）は其の一例である。

第百七圖



壓力型パームチット軟化機

第百八圖

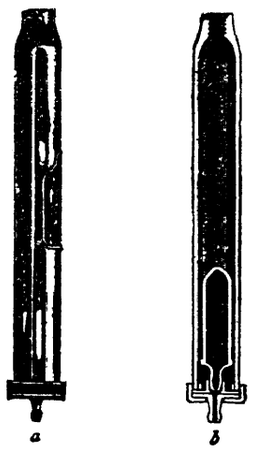


家庭用濾過器

四　家庭用濾水器

家庭用濾水器は種々考案されてゐるが使用法に注意を拂はないと却つて有害の場合がある、第百八圖は小桶の如きものに砂木炭等を充たし上面を棕梠又は砂利を以つて蔽へるものである、濾過膜を生ずる事困難にして澄明の水は得らるゝけれども細菌上は猶殺菌法によらなければ完全でない、歐洲には「バスター」（第百九圖）「ベルケフェルド」等素燒の瀨戶物にて濾すものがあり溫度低き所に保つ方が有効である、後者は粗質にて濾過速度早く便利である、而して細菌を除く効がある、汚れて充塞したる場合には三〇分か一時間煮沸して使用する、又獨逸ウォルム町では「フイッシャータイル」と云ふ濾過瓦にて水をこしてゐる、砂と硝子を熔融した多孔質のものである、其の他骨灰等にて濾すものがあるが長く使用

第百九圖



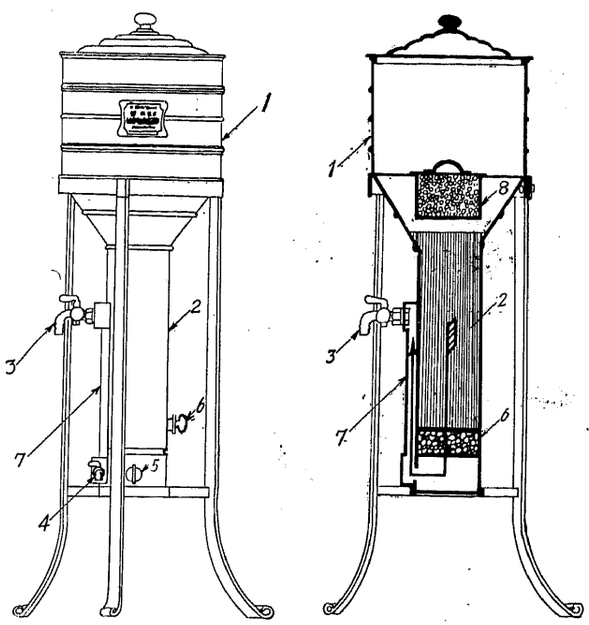
パスター濾水器

すれば効力が減ずる、本邦には「パームチット」濾水機が市場にある、「パームチット」には「ナトロンパームチット」と「マンガンパームチット」との二種がある、前者は硬水を軟化し後者の代りに理化學研究所にて發明されたものにて強き吸水力と酸化力とを有してゐる、即ち彼の吸水劑なる酸性白土を核とし之れを化學的に處理加工せるものにて核をRとすれば組成分は

$$\left(R_2 \begin{matrix} \nearrow N_{a_2} \\ \searrow Mn_0 \end{matrix}\right) Mn_2O_7$$

で此の中のNaとOとが作用し易い性質で水の色臭氣有機物、細菌、アムモニア、鐵分等を除き兼て硬水を軟化する、細菌を充分に除くには層を厚くし濾過速度を遲くするがよい、層の厚さは六〇糎—九〇糎とし濾過速度は一時間一〇米内外とする、第百十圖(1)受水槽(2)濾過筒(クラリット)(3)濾過ク水コック(4)排水コック(5)排水口(6)硅石層(7)濾過水上昇管(8)水受用硅石壺である、「クラリット」の清淨力を回復するには食鹽水(五%の溶液)過マンガン酸加里の一%溶液の混合液を作りて一夜「クラリット」の全部漬かる所まで充たして翌日桃色の水は主として水中の鐵及びマンガンを除去し兼て酸化作用を營み殺菌作用をする、濾材の清淨作用を回復せしむるには前者には食鹽水後者には過マンガン酸加里を以つて處理すればよい 又「クラリット」濾水器は前の「パームチット」の出ないまで充分に洗ひて後使用する、(此の裝置は小型二〇圓大型五〇圓位にて其間に種々の大きさがある、東京市丸の内ビルディング東京「パームチット」商會にて販賣して居る)又壓力式のものにてパイプで水を送る途中に設置せられる密閉式のものもある、要するに家庭用濾水機を購入する場合には効率は勿論使用簡單に而も久しきに堪へ且濾過材が充塞し又は清淨力を失ひたる場合に容易に回復し易きものを撰擇す可きである、凡て家庭用濾水機は注意して使用しなければ往々危險を生ずるものにて餘り信頼して傳染病の蔓延を來たした例が少なくない。

第百十圖



濾水器「トッチムーパ」又「トッリラク」

五 藻類の除去

水中にアルゲー(硅藻)其の他の微生物が繁殖すれば其の分解に依り水に惡臭を與へ又は濾過池を閉塞する、之れを除くには硫酸銅(膽礬)又は漂泊粉を加へると目的を達する、硫酸銅は人體に有害であるから反對もあるが百萬分の一か其の半分以下にて大抵の微生物を殺すものにて人體には影響がない、但し此程度にても魚類には有害である、硬水にては硫酸銅は凝集劑の作用をする、軟水にては此の作用が遲い、又溫度下降すれば藥の効力が少なくなるから攝氏一度に付き二・二五%宛增す、硫酸銅を水中に加へる方法は粗布袋か針金籠又は有孔バケツに入れボートの後舷に吊し池上を六米位の距離毎に往復する、速力は急漕位又はモーターボートを利用する、多少風の有る日が混和上都合よく加藥後數日間は枯死せる微生物の爲に油を出し臭氣を生ずるから水を棄つるがよい、昭和二年五月江戸川水道にては漂白粉を千萬分の三程度に入れて目的を達した。

第五節 殺菌法

一 概說

水の殺菌が上水に重要視せらるゝ樣になつたのは一九一〇年以來である。前述の沈澱濾過等の方法に依り細菌は九九%以上除去せらるゝけれども此の殘りの中に病源菌を含むやも計られない、尤も病源菌は比較的弱きを以つて最初に除かれるものであるが猶完璧は期し難い、源水が下水等にて汚れて居る場合には沈澱濾過の上進んで彼の細菌を殲滅する事が殺菌の目的である、又平素清澄水であるが往々危險を伴ふ水とか規定以上の細菌を含む水を不廉なる濾過設備を省略して供給する場合に有効である、殺菌法は普通水を清澄ならしめ又は浮游物を除く作用はない、現今最も汎く實用に供せられるのは鹽素及び其の化合物にて鹽素瓦斯又は漂白粉を使用する、即ち鹽素の作用にて發生機の酸素を生じ此の酸素が強き殺菌性を有する、又歐洲にてはオゾーンや紫外光線を使つて殺菌して居る所がある、水を煮沸し又は蒸溜する事は水を消毒するものなれども都市水道の如き大規模のものには莫大の費用を要し到底應用されない。

二 漂白粉

漂白粉を下水處理に使用する研究は既に英國に於て一八五四年に創められたが上水道には降つて一八九七年同國メードストーン市にて市内の配水管中の消毒用として使用せるを嚆矢とする、米國にては一九〇八年シカゴ市の屠殺場にて水の殺菌に使用せしが意外に好果を得たから獸のみに使用するのは惜しいとて同年ジャジー市の水道に使つたのが創めてゞある。

市場の漂白粉は大體に三五%の鹽化カルシューム($CaCl_2$)三五%の次亞鹽素酸カルシューム($CaOCl_2$)後の三〇%は不純物である、消石灰に鹽素瓦斯を通じて作つたものである、此の次亞鹽素酸カルシュームが有効であつて之れが水中に這入れば水中の炭酸の作用によりて

$$2CaOCl_2 = Ca(OCl)_2 + CaCl_2$$

$$Ca(OCl)_2 + CaCO_3 + H_2CO_3 = 2CaCO_3 + 2HOCl$$

此の次亞鹽素酸は頗る不安定のものにて直ちに分解して、

$$2HOCl = 2HCl + O_2$$

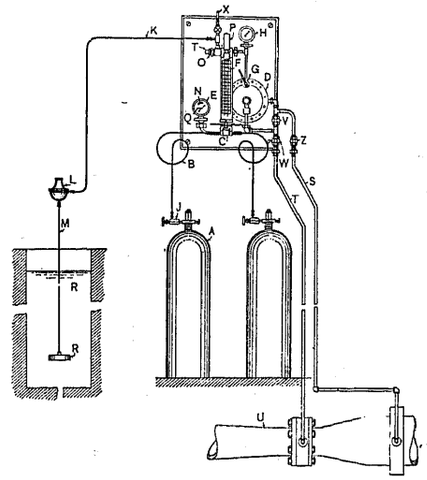
にて發生機の酸素を生ずる、此の炭酸が水中にないと作用が緩漫である、此の化學作用を營む爲には時間を要し少なくも三十分は必要にて溫度が高くなれば又は炭酸が少なければ長くかゝる、市場の漂白粉中有効鹽素の量は三七—四〇%にて發生する酸素の量は有効鹽素の二二・五%である。

加ふ可き漂白粉の分量は水中の不純物、殺菌の所要の度によりて異り最大限は水に惡臭を與ふる事により制限される、一般に前に濾過した水は、百萬分に對し〇・七—一・五にて足り未濾過の水は有機物があり又溶解性鐵分があると切角出來た酸素を吸收するから其の量も百萬分の二・五から四に達する、且斯る不純物量の變動に對し二五%位の餘裕を見る必要があるから成る可く濾過した後に適用す可きものである。

漂白粉は〇・五—二%の溶液として水に加へる、比較的不溶解性にて水に浮び溶かし難いもので或る裝置にては漂白粉を入れる筒を造り上下に孔を穿ち壓力水を上孔に導き下の孔より漂白粉を洗ひ出し溶解槽より溶液槽に移す、又或るものは溶解槽中に攪拌羽を廻はして混和し糊狀として溶液槽中に送る、又或る小設備にてはアイスクリーム製造器の樣に有孔鑵を廻轉して混和する、充分混和すれば後は攪拌せずに表水丈けを取り所定の量を調合槽を經て注加する、溶液槽の沈渣は槽底の排除管より除くもので、

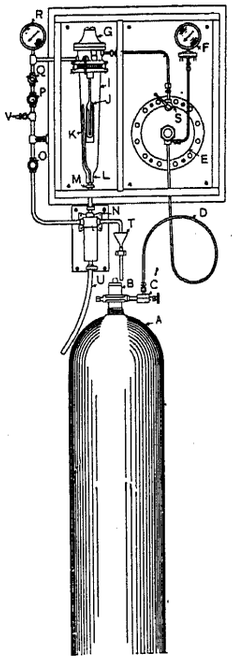
此の量は可なり多量にて漂白粉法の一缺點である、溶液は弱きものにても非常に腐蝕性に富んで居るから鐵、眞鍮、銅、錫又は其の他の金屬を用ひてはならぬ、硝子、硬護謨及び石器等を用ふる、銀は一度鹽化銀となると後は侵されないから使用される、漂白粉は水に沃土ホルムの

第百十一圖



鹽素混合裝置

第百十二圖



リロリーネター

臭氣を與ふる事がある、之れは水中の有機物特に藻類の枯死して分解する爲め一つは分量が多過ぎる場合に起る、水質水量に應じて適當量を加へ且作用を充分なす時間を與へる事を必要とする、之れらの注意を拂ふも猶臭氣があれば漂白粉を加へし後一五分か三〇分を經て硫酸チヲ曹達を加へる、此の者は殺菌力を無くするものである。

三　液體鹽素

液體鹽素は一九一〇年に米國にてダーノール氏が考案したもので一九一三年以來益々諸所に採用せられ甚だ有効に作用する、鹽素瓦斯を水に加へると、

$$Cl_2+H_2O=HCl+HOCl$$

となり前の漂白粉と其の作用は同一であるが遙に簡單にて炭酸の存在を要しない、瓦斯は純鹽素であるから理論上漂白粉の三分の一にて足りる筈であるが實際には一層有効にて二七―二〇%位にて同樣の効果を擧げる、且つ前項末に述べた漂白粉の缺點はなく水に注加するには自動的鹽素注入器（第百十一及百十二圖）を備ふれば格別監督も不用である、瓦斯は鹽素を低溫高壓の下に液化して鋼瓶中に詰めてある、本邦にては程ヶ谷の磯村曹達工場にて製造販賣して居る六〇斤入り位である、漂白粉と同樣豫め濾した水に加ふる方が有効にて普通百萬分中〇・二―〇・五にて目的を達する、未濾過水にて有機物とか色のつける水にては百萬分中一・五又は二にも達するものがある、鹽素は水に臭を與ふるけれども普通百萬分の〇・六以下にては發見出來ない。

凡そ鹽素の重量は瓦斯狀にて攝氏零度一氣壓の下に一立に付き三瓦一六七である、液狀にては一立に付き一四四〇瓦となるから四五倍重くなる、攝氏零度、六氣壓にて液化するものである、極て危險なる毒瓦斯にて水と混ずれば強き腐蝕性を有する、鹽素瓶中の鹽素の壓

力は溫度に依り又使用に從ひ變化する、之れを水量に從ひ所要の量を加へなければならぬ之れを加減する鹽素注入裝置は苦心の末漸く成功したものにて紐育市の「ウォレースティルナン」式英國の「バターソン」式獨逸の「オルンスタインクロレーター」等種々あるが原理は大體似て居る、先づ鹽素瓶より減壓瓣にて壓力を一氣壓に下げ次に第二の減壓瓣にて所要の壓力を流出口版（オリフィスプレート）に與へ更に其の鹽素を水に吸收させて之れを水中に加へる途中に流量計が有りて瓦斯の流出量が判る、又氣壓計に依りて瓶中の壓力も判る樣にする、乾燥せる鹽素瓦斯の內は鐵、鋼の管を使用してもよいが水に混じたる後は金屬に對し腐蝕性強きを以つて漂白粉の時と同樣の注意を要する、又浮子やヴェンチュリメーター管を使つて給水量に應じて自動的に鹽素の量を加減するものがある、第一一一圖は氣壓計式第一一二圖は脈動式である、氣壓計式は硝子の流出口を鹽素が出ると其の量に應じて壓力が下る、其の低下を讀みて通過する鹽素量が直ちに判る樣に目盛するものにて脈動式は中のホヤ型をなせる底無し壜に鹽素瓦斯が充滿する毎に夫れ丈けを水に溶かす樣にして其の脈動數を加減して所要量を加へる、又鹽素瓦斯の儘カーボランダム盤を通じて水中に加へるものもある、而して鹽素瓶は正確なる衡器の上に於て加へた量を照査する。

效果

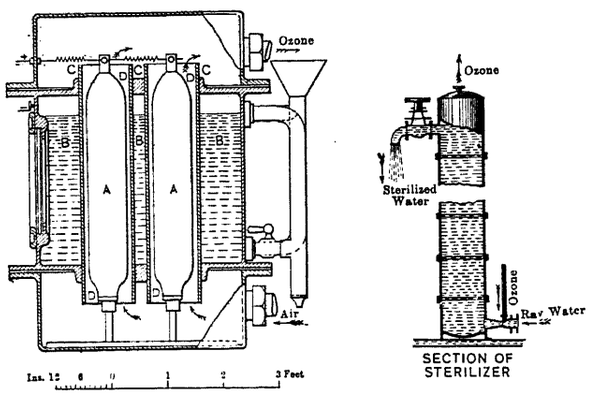
鹽素消毒の結果はシンシナチ市水道にては一九一一年以來六年間の平均にて細菌數は〇・一〇一から〇・〇四四に減じた、但し鹽素量は百萬分中〇・一二の如き少量の月も少くない、クリーヴランド市にては一九一一年に攝氏三七度の細菌數濾過水にて六〇個は五となり、大腸菌は〇・四三九より〇・〇一九となつた、チブス死亡率も鹽素殺菌の結果ボルチモア、クリーヴランド、エヴァンストン、キャンサス、オマハ等の諸都市にて約半減して居る、故に米國にては各水道にて殆んど鹽素殺菌裝置を備へる樣になり本邦にても横濱、名古屋、無順其他にて之れを設置する樣になり漸次其の數を增す趨勢にある。

本邦內地に於いては從來水道と云へば必ず緩速濾過にて濾すものと思考されて居つたが歐米先進國にては水源が汚されざれば單に沈澱するのみにて給水し若し危險の場合には鹽素殺菌を行つて居る、本邦にては普通上流まで水田に畑に汚されて居るから全然地表水に於て濾過池を省略する事は危險である、けれども若し濾過速度を增して濾過の設備を簡單にし又は廢質なる機械濾過に依りて粗濾程度に止め、之れに鹽素殺菌を應用すれば安全にして而も經濟的作業をなす事が出來る事を今後は充分考慮して計畫を樹つ可きである。

四　オゾーン殺菌法

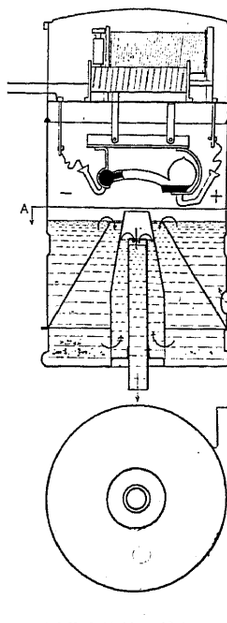
オゾーン（O_3）は乾燥せる空氣の流れ中に電氣の靜放電をなして生ずるものにて直ちに分解して發生機の酸素となりて水を殺菌するものである、オゾーン發生器にてオゾーンを發生し水泡の形にて水中に出し又水を砂利層中に滴下して

第百十三圖



シーメンスルスケ・オゾーン發生機及消毒槽

第百十四圖

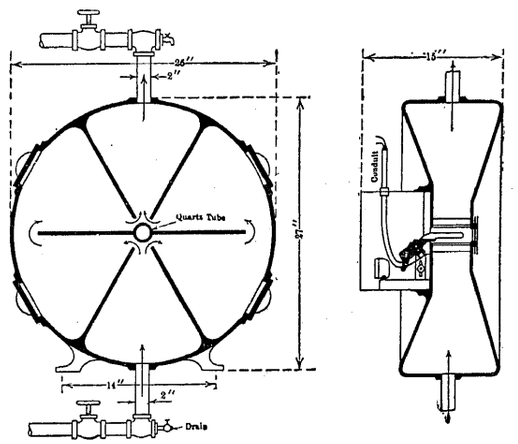


紫外光線消毒裝置

層底に射出せしめ、オゾーン瓦斯と會せしめる、(第百十三圖)オゾーンの量は百萬分の一・五一二・〇にて動力は百萬分の一につき千立方米に對し二〇ー五〇 K.W.H. を要する、「レーニングラード」、「ニス」、「ウィースバーデン」、「マドリッド」等歐洲に多い、此の方法は水に他物を加へないから最も理想的であるけれども生器も其の作業費も高く濁水や有色水には効力が少ない、豫め濾過した水たるを要する故に實驗室にては面白いけれども實際にては電力でも有り餘る所の外は不經濟である、殊に本邦の樣に濕氣の多き所にてはオゾーン發生機に送る前に空氣を乾燥する爲冷凍する費用も少なくない、八幡市にては製鐵所に於いて豐富なる電力を利用するを得るので、目下之れが計畫中である。

五　紫外光線殺菌法

第百十五圖



紫外光線消毒裝置

巴里市ソルボン大學のアンリー及びレクリングハウゼン兩氏の實驗の結果光線の波長が短かくなる程殺菌作用強くなり紫外線は最も強烈にて多くの病源菌は一〇ー四〇秒間曝らせば死滅される事が明になつた、此の紫外線を發生するには水銀蒸氣の石英ランプが最も便である、併し此の作用も水中深き所に及ぼさない、また濁度や色度の高い場合も水に瓦斯が飽和して居る場合にも効果が薄く浮游物の蔭に潛める細菌は其の作用を免がれる、故に澄明なる水を薄層をなして水銀ランプ附近を何回も通過させる樣にする、其の裝置は第百十四圖及び第百十五圖に示す樣であるランプはピストル型のものが具合ひよく之れに抵抗器を入れて攝氏七〇〇ー八〇〇度位の溫度に熱くして置くと餘計に光線を發射する、マルセーユ(佛)ヘンダーソン市ケンタッキー市(米)其他に採用されてゐる、電力は千立方米を殺菌して行くのに一三ー三三キロワット普通二五キロワット時位を使用する、要するにオゾーンや紫外線殺菌は小量の清水を殺菌する場合にて經濟等を餘り考慮しない時に應用せられる、現時都市水道としては液體鹽素が最も實用的であると認められて居る。

第五章　配水方法

第一節　配水池

一　概論

目的　配水池は又淨水池、調整池とも稱せられ市内又は市の附近に設けて濾過した水又は濾さないでも之れより直接配水する淨水を貯ふる池である、凡そ使用水量は時々刻々變化するけれども水路濾過池又は井戸より出て來る量は恒に略一定して最大一日使用量を供給する樣になつて居る、次に配水池は夜間等水の使用量少なき時に貯へて晝間の最大供給の際に補ふ事即ち調整を主なる目的とする、之れより淨水池又は調整池と云ふ意味も明であるけれども濾過水を一度相當の池に集めて後にポンプにて高所にある池に揚水し玆より自然流下にて市内に給水する所にては濾過水を集むる池を淨水池と云ひ山上の池を配水池と兩者の間に明確に區別をして居る、併し前者をポンプ井又は吸水井と云ひ後者を淨水池又は配水池と稱して居る所も少なくない。

配水池の設置は水道の經濟上にも確實性にも又水質上にも有効である、例へば長き水路にて導水する場合には配水池があれば略均一の水量を送ればよいから水路も鐵管も小にして足り且つ水路の故障の場合にも斷水せずに小修繕は可能である、又ポンプの力も均一に而も揚水量も壓力も變化少なく經濟的に作業が出來る、濾過池も恒に一定量を濾せばよいから無理が起らない。

地下水を水源とする場合にも淨水池が有れば餘程給水能力を增加し得られる、水を濾さないで使ふ都市にては配水池は沈澱作用をなして水質を改善する。

斯くの如くして配水池は給水系統に彈力を與へるものである、且つ大都市にては市の各部に多少獨立して給水出來る樣にする便が有る。

配水池の種類　構造に依りて(一)土又は石工又は(二)木材、鋼又は鐵筋コンクリート造の貯水池(二)つとする池を地面上餘り高く造る必要なき場合には屋根のない土堰堤の貯水池が最も經濟的であり、數日間と云ふ大容量のものは此の種類である、紐育市の水道にかける如く大きな貯水池より出て來た水なれば此の方法にても餘り水質に影響はないけれども濾過水と通屋根を要する、市の附近に高地が無くして池を高く造る必要ある場合には配水塔を築造する。

容量　石工造配水池が一日中使用量の變化に應ずる場合には夜間の餘剩水量を貯へて晝間使用する際に不足なからしむるもので此の目的には少くも最大一日給水量の五時間分を要し此の外に相當の消防用水を見込むもので本邦にては一般に六時間乃至一二時間分にて八ー一〇時間位が最も普通で稀に二〇時間分のものもあるもボンプの安全に働らくまでの時間約一時間の消防用水丈けを配水塔に貯ふるがよい、此の外に一日平均給水量を超過する數時間分を補足する丈けの容量を與へる樣にしたい、此の超過量は配水塔が低くて間に合ふ所即ち工費が廉なは一〇時間分を要すると云つて居る、之れは米國火災保險協會にての二千五百人以上の町にては一〇時間それ以下にては五時間、村にては三ー四時間火事が續くものとし、一人使用量を四七〇立としての勘定である、又小設備にては貯水量充分なればポンプは夜間休ませられる。

土堰堤の配水池にて屋根のなきものは二三日分から十日分位に達する。

配水塔は工費高かきを以つて大都市にては充分なる容量は與へられない、普通唯ポンプの壓力を均一にする目的を以つて小形の配水塔を造るのであるから水量の調整の目的は達せられない、故にポンプを多く設けて直送式にする、併し停電等の故障の際に斷水せざる爲に電源は少くも二ケ以上に仰ぐを必要とする、それが出來なければディーゼル機關を備へ直ちに電力を補ふの方法を講ずるが安全である、ディーゼル機關の始動には僅かに數分時にて足りるけれども不熟練又は夜間の故障等の爲めに少なくも三十分安全を見て一時間の容量を配水塔に與ふるを要する、又二萬五千人以下の小都市にては多少費用は高いけれども安全と經濟との爲に少なくもポンプの安全に働らくまでの時間約一時間の消防用水丈けを配水塔に貯ふるがよい、此の外に一日平均給水量を超過する數時間分を補足する丈けの容量を與へる樣にしたい、此の超過量は配水塔が低くて間に合ふ所即ち工費が廉な

る程、前述配水池の容量に近づくものである。

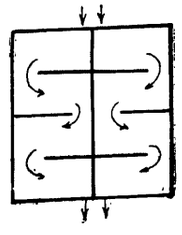
配水池の位置　池の位置は地形に依るものにて高所にて工事に便なる所を要するから撰ぶ範圍は少ない、理想としては配水區域の中心に近い方が市全體に均一に高壓力の下に小徑管にて配水出來るものである又配水池の數は多き方便利であるけれども大都市でなければ難しい、多くは一個若しくは二個である。

（イ）一個の配水池　自然流下式にては導水渠は配水池に終るから配水池が給水區域の中心にあれば導水渠がそれ丈長くなる故其の間に適當の位置を撰ぶ可きである、ポンプ式なればポンプ場に近く設けるか又は町を隔てゝ反對の側の高所に撰ぶかである、之れを比較して見るに前者にては水は大部分配水池を通過する事となりポンプの壓力は常に略均一である、然るにポンプ場と反對側に池を置けば夜間使用量の少なき時には配水池に入り晝間の餘計使用する時はポンプ及び池の双方より給水されて市内の管内の水壓が高い、例へば第百十六圖(a)にてPをポンプ場としRを反對側の池Eを市内とする、E點に於ける水壓は双方から給水すればDまで上るがポンプよりのみなればL丈けしか上らないDまで上げんとするには夫れ丈けポンプ力を増すが鐵管を太くしなければならぬ、其の代りにポンプの壓力は市内の使用量に應じて恒に變化する缺點がある。

（ロ）二個以上の配水池　二個の場合は一はポンプ場の附近に一つは反對の側に置くがよい、數個あれば第百十六圖(3)巴里の様にする。

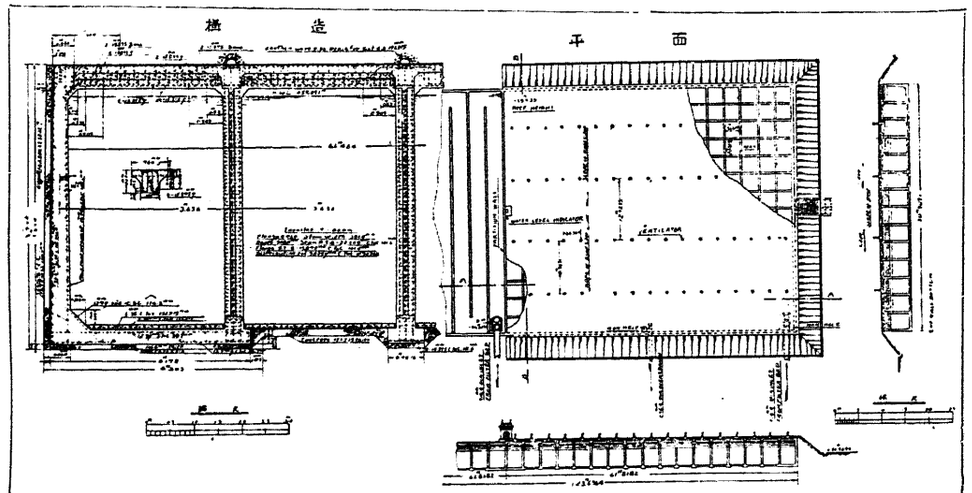
配水池の高さ　市内の高低が著しき場合には前述沈澱池と違はない、大容量の池は貯水池の様である、濾した水を貯ふるには必ず石工造の壁及底を有する水密構造の池にて屋根を必要とする、淨水を貯へるから餘り汚れず且池の目的の性質上豫備池は不用である、唯一池の場合には中央に隔壁を設けて二分し掃除の時に一方の部のみを使用すればよい、形は圓形のものもあるけれども普通矩形にて一個の池にて可なる場合には正方形として隔壁を以つて二分する、多數の矩形池を設くる場合には一池の幅及び長さの比例は沈澱池の場合と同樣である、池の深さは理論上容量の五乘根に比例し又池の幅の平方根に比例す可きものである、普通は三―五米である餘り深き池は水漏れ多く市内の有効水頭は低くなり壓力の變化が大きくなる缺點がある、併し餘り淺きは水溫上昇する、開放式配水池は地方的狀況に依りて一〇米以上に達する事もある、餘り淺きは溫度が昇り且藻類が繁殖する。

一個の配水池(a)と二個以上の配水池


導流壁

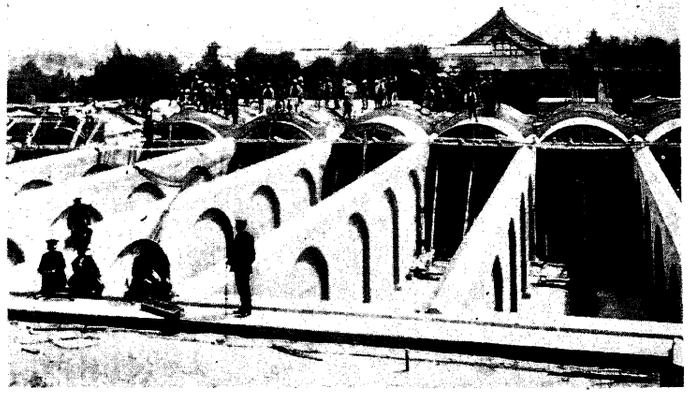
構造　配水池は濾過池に續いて直ちに同一淨水場構内に設くる場合が多い、横濱市京城府水道の様なものである、又濾過池を離れ山頂或は山腹を切り均らして造る事も尠くない、名古屋市和歌山市水道の如きものである、此の場合も成る可く盛土の上を避け已むを得ざる場合には基礎鐵筋コンクリート等にて築造したものにて多くは矩形にて内部に導流壁を有し屋蓋と通風孔とを設ける、周壁、隔壁、流導壁及び底部の構造等は濾過池と同樣で屋蓋を設け上に土を置く關係上鐵筋コンクリートを使用する、尚防水には特に注意を要しモルタル、アスファルト又はシルヴェスター方法或は種々の防水劑を施す、導流壁（第百十七圖）は水を環流せしむる目的を有し同時に上部屋蓋に對する支壁の用を兼ねて居る伸縮接合は濾過地と同樣に相當の距離に設ける方が施工容易であるけれども將來は土中に埋め込み且つ水を貯ふるものであるから構造の際に注意を拂ひ鐵筋の量を增せば全然之れを省略する方構造物としては耐震

第百十八圖



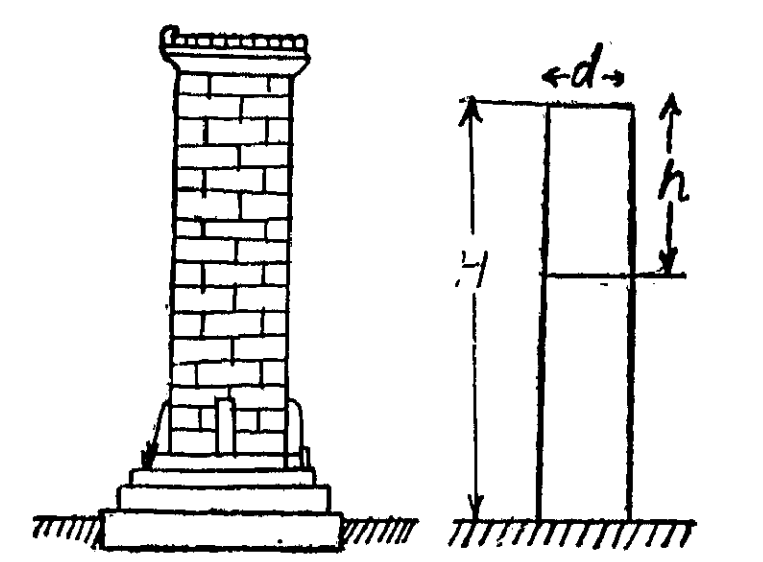
名古屋市擴張配水池

第百十九圖


名古屋市配水池

的である、(第百十八圖)。屋蓋は簡單に木造としたものあり又は永久的に石工造のものがある、石工造のものは支壁の間に架せる拱(第百十九圖)又は床版で屋蓋の用は日光を遮り藻類の發生を止め水溫の上昇又は凍結を防ぎ外物の侵入に備へる爲である、池内の環流の外に換氣も亦必要にて多數の通風孔を造る、此の外配水池には引入管、引出管、溢水口、排泥口、バイパス管

第百二十圖



スタンドパイプ

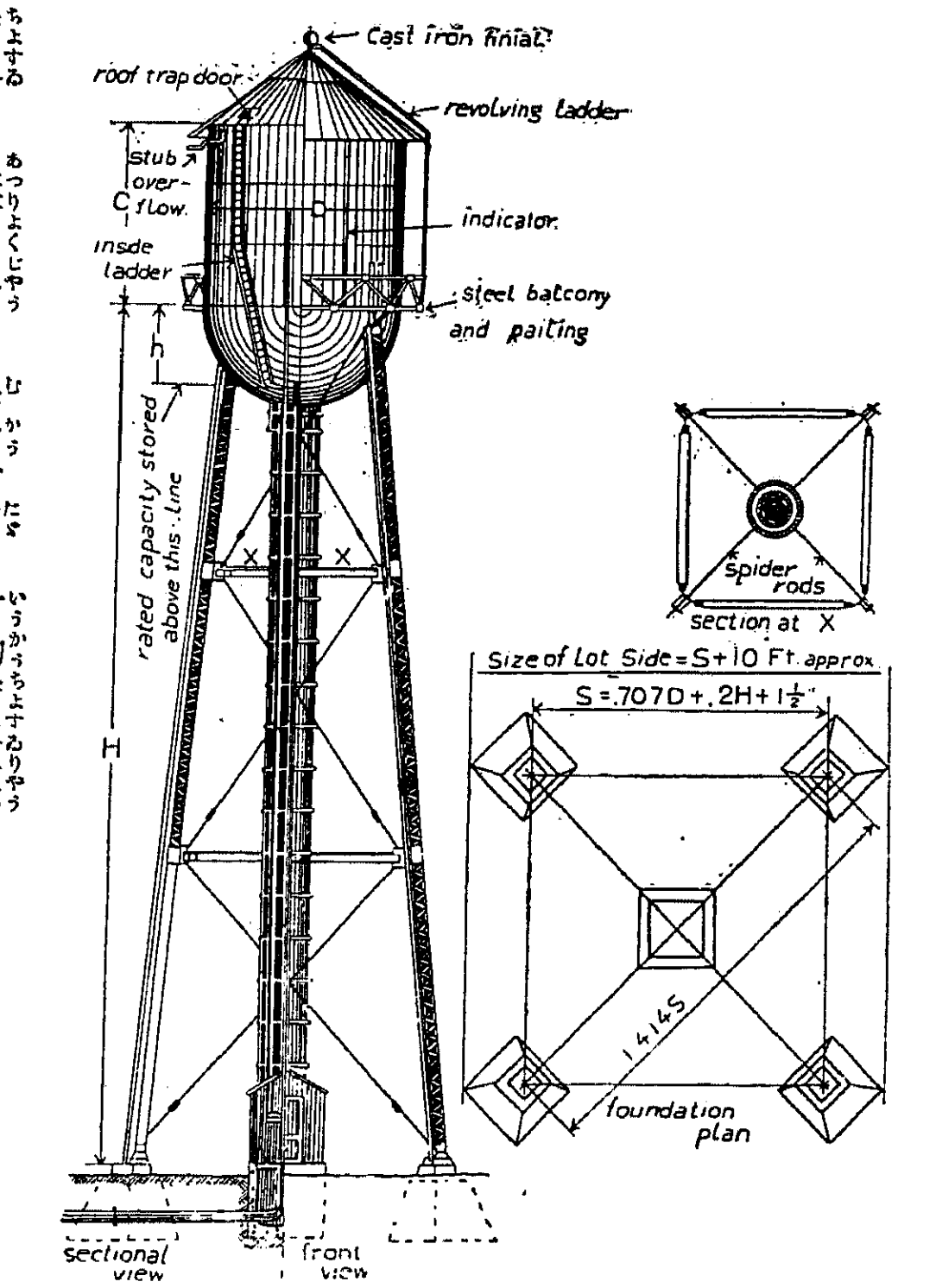
等を設け夫々制水瓣を附ける、引入管は滿水面下數尺まで立揚らしめ濾過地よりの動水勾配線を成る可く一定ならしめるがよい、又玆に高き配水池にては逆止瓣を設ける。

三 配水塔

配水塔は竪管式のものと高架式のものと二種に大別出來る、前節の配水池はなる可く高臺に設けて充分の水位を保たしむ可きものであるけれども市の附近に適當なる場所無き時は勢直立せる配水塔を造りて水槽自身の水深を增さなければならない、此の場合には高き水壓及び風壓に耐へしめ鋼鐵又は鐵筋コンクリートの圓筒形構造とする之れは竪管式である。

竪管(スタンドパイプ) は第百二十圖の如く圓形の斷面にて均一なる直徑を有し石工基礎上に緊着する、若し市内の地盤より餘り高き所にあらざれば底部一〇—二〇米は貯水にも壓力上にも無效で唯上の水を支へる丈けであるから下を結構にして上に水槽を支へてゐる所の高架水槽とするがよい、一般に高架水槽の方が配水塔より美觀的であり基礎も簡單である、併し其の位置高く底近き所まで水を利用し得る場合は竪管式がよい、配水塔の容量は普通一九〇—五七〇〇立方米である。

第百二十一圖



高置式配水場

鋼製竪管の直徑及び高さ 凡て鋼製竪管の高さは其の直徑の一〇倍以下出來れば八倍以下とする、直徑大なる方が風及び地震に對し安全である、今竪管の直徑をdとし底部有效でない高さをHとする、之れより上の高さをxとすれば

有效貯水量、

$$Q=\frac{\pi d^2 x}{4}$$ 故に

$$d=\sqrt{\frac{Q}{0.7854x}}$$

又理論上x=Hとすれば最も經濟的であるから、

$$d=\sqrt{\frac{Q}{0.7854H}}$$ 全高=2H

とするがよい、但し此の關係は竪管の工費ばかりでなく餘り高きに過ぎると水壓の變化著しくポンプ力も不經濟になり且つ鋼鈑の厚さ三〇粍を超過するに至り又一方直徑大なれば基礎費用を增加する、併し大體直徑を大にする方が安全で普通の容量にてHが一五—三〇米なればxは四分の三乃至二分の一H位が最もよい樣である。

若し其の位置高くして竪管の全容積の水を使用し得る場合には竪管費の外に基礎の費用と揚水費とを經濟的にする事を考慮し七・五—九米の高さ、大容量のものは一二米位が經濟的の高さである。

若し竪管がポンプの壓力を平均さするのみなれば一・〇—二・〇米の直徑にて足りポンプの壓力送水管の直徑の二倍もあれば目的を達せられる。

鐵鈑の厚さは水壓よりの張力、風壓及び自重よりの壓力滑動等を考へ且つ本邦にては少なくも千粍/2秒の地震に對し安全なる樣に設計する、(第百二十圖)にて

$$t=\frac{hd}{2000f}=\frac{hd}{1,200,000}$$

d直徑(糎) h頂點よりの距離(糎)

fは鋼の安全強度千(瓩/2糎)より、リヴェット孔を差引きて六〇〇(瓩/2糎)とせるもの t鐵の厚さ(糎)。普通此の水壓の式により設計すれば他は大抵安全である、鈑の幅は一・五〇米の高さ宛立揚る樣にし長さは一・八〇米—三・〇米、厚さは六粍より薄くせず一・五粍位宛に變化して二五粍に達する、普通二五粍よりは厚くしない、併し三〇粍迄は使ふ事がある、繼ぎ目は各層毎に内外交互にする。水平繼目は重ね繼とする、竪の繼目は重要なるもので一二・五粍以下の鈑には重ね繼とし夫れより厚い鈑は衝ぎ合せ繼とし兩方より繼目鈑にて挾む、繼ぎ目は鎔接し又はリヴェットする、リヴェット孔の爲に鈑の強さは減ずるが其の割合はリヴェットの直徑と距離にて差はあるけれども大體に單列リヴェットなれば五〇%となり複列にては七二%三列なれば七五%となる、リヴェットの直徑は重ね繼ぎなれば鈑厚の$2\frac{1}{3}$倍衝き合せ繼ぎなれば鈑厚の$1\frac{1}{6}$倍位がよい。

底鈑厚は九粍位の鈑を使ひ放射繼目は衝ぎ合せ繼ぎ、圓形繼ぎ目は重ね繼ぎとする、底鈑は周壁に大型の山形鋼を附し丈夫につける、之れを基礎上に据へるには基礎面を水平にし此の上にセメント一砂一又は二を混じたるものを四糎位敷きて上に底鈑を据へる、又は底鈑を二糎位揚げて下にグラウティッグを施す、竪管は水の空虚の場合に風壓に對し最も危險である、此の際を考慮して底部に控鈑を附しボールトを以つて基礎に緊結する事を忘れてはならない。

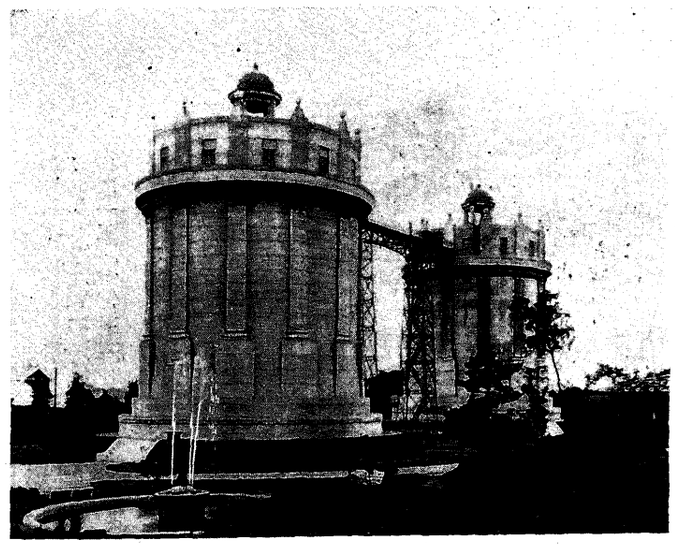
附屬設備 は普通一本にて引入管及び引出管を兼ねしめ基礎中に拱にて廊下を造り竪管の底部に開口せしめる、排泥管も必要にして溢水管も時に設ける、而して引入管及び排泥管の瓣は塔の外にて開閉出來る樣にするものにて此の開閉は電力又は水力に依り水の衝擊作用を減ずる爲に安全瓣を備へる、又竪管よりは自動的に必要に應じ開閉するにあらざればバイパスを設け逆止瓣に依りて若し送水管の壓力か竪管内の壓力より下降すれば自動的に之れを補ふ樣にする、其の他滿水せる時はポンプ場に電氣的に警鈴をならす樣に浮子を設ける、寒地にては冬期凍結するを以つて石工造りの周圍を保溫材にて包圍すると外觀もよくなり且弱き竪管を風より保護する事が出來る。

竪管の頂上の所は少なくも七五糎と一二五粍の不等邊山形鋼にて堅牢にして置くがよい、空虚の場合風壓にて歪む事を防止される。

屋蓋は細長なる竪管には不用であるが低大なる物には水質保淸と外觀上必要で細き山形鋼にて骨組をなしトタン葺又は銅葺とする。梯子は外側に螺旋狀につけると單調を破り外觀上效がある。

人孔は周壁の底層に設け山形鋼及び鑄鋼の枠を以つて丈夫にし蓋は平素強きボールト及びナットにて緊締する、掃除及修繕の爲に設ける。凡そペンキ塗は内外共に必要であつて折々塗り換へをなす可きである。

第百二十二圖

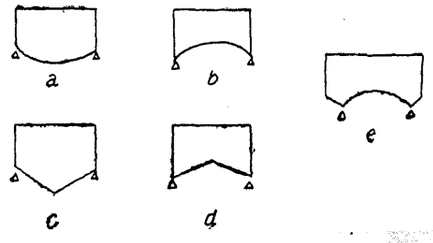


澁谷町水置スタンドパイプ

鐵筋コンクリート竪管は設計に依り美術的に出來る、第百二十二圖は澁谷町上水道の竪管にて內徑一四・二米水深一八米總高二二・五米にて人口十五萬人に對し二基にて約八時間分を容れる、鐵筋コンクリート製にて水密ならしむる爲に三粍の鐵鈑を周壁及び底に入れ且つ防水劑としてイナトール又はシルヴェスター等を施してある、引入管は五〇〇粍管を中央に一二米高さに揚らしめ引出管は五五〇粍徑にて底部の一隅に開口して居る。

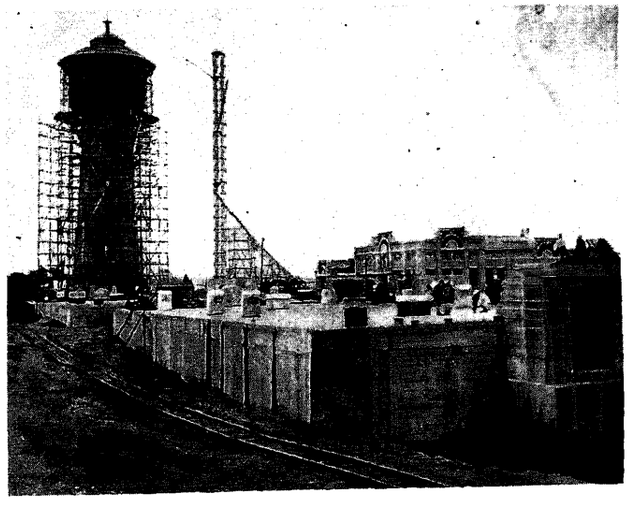
高置水槽 此の式の配水塔は槽全體の水が有効に使用されるから便利で外觀も竪管式に優る、屋根のある水槽は直徑より深さを大ならしむる方が外觀がよい、以前は住々底を平にし桁を以つて水槽を支持したけれども近來は錐形又は半球形、缺球形として周圍にて支ふる型式が他に事狀がなければ經濟的で一般に賞用されて居る、第百二十一圖の如き半球底が最も力學上は都合よく周壁の厚を半分に減ずる併し支持方法が一寸面倒である、故に石工造の臺上に置く時は缺球底が都合がよい、底の種々の形は第百二十三圖に示してある、內(e)は

第百二十三圖



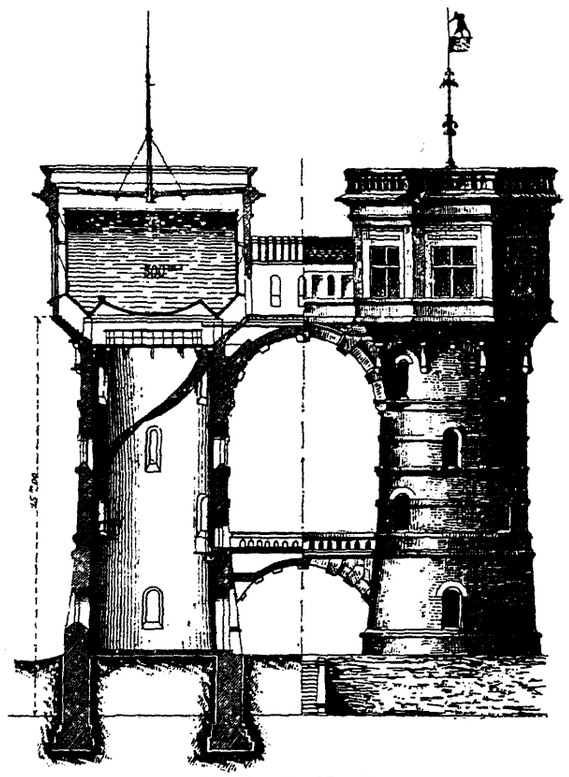
槽底の形

第百二十四圖



長岡市高置配水場

第百二十五圖



高置配水塔

インツェ式である、獨逸にて屢々用ひられ支點上の水平分力が等しくなる樣に定めてあるから石工臺にて支ふるに容易である、第百二十四圖は長岡市水道の配水塔で第百二十五圖と同樣にインツェ式鋼槽である、之等の周壁の鈑厚の計算は竪管と同一である底鈑の應力の計算法は之れを力學の方に讓る事とする。

周壁と底鈑との結合は特に丈夫にし此の部分には山形鋼を當てゝ補强する、結合法は第百二十六圖に示す樣に種々ある。

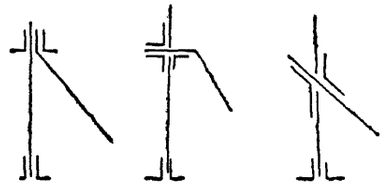
塔を支ふる脚は最小三本である、普通六本—八本にて多きは十二本に達する、六米—九米毎に水平に結び對風綾構を施す、一本の脚に於ける力pは自重Wを脚數2nにて割り風の爲に或る考ふる點に於ける力率をMとし其の點に於ける2n脚を含む水平斷面圓の半徑をRとし一脚の斷面積をAとすれば、

$$P=\frac{W}{2n}+\frac{M}{nr}$$

但しWは自重にて(十)を取る場合には水、氷等の重量を加へ(一)を考ふる場合には空虛の場合を考へp値が負となればそれ丈けボールトを以つて基礎に締着するを要する

歐洲にては普通水槽を石工造の臺にて支へ之れを石工造り又は木造の構造物にて包む石工臺に載る所はインツェ式なれば最も都合がよい、引入管は槽底の中心に導き伸縮接合を設ける。寒國にては木函を以つて包み中に熱の不良導體を詰める、又高架水槽にも溢水管を設置する。

第百二十六圖



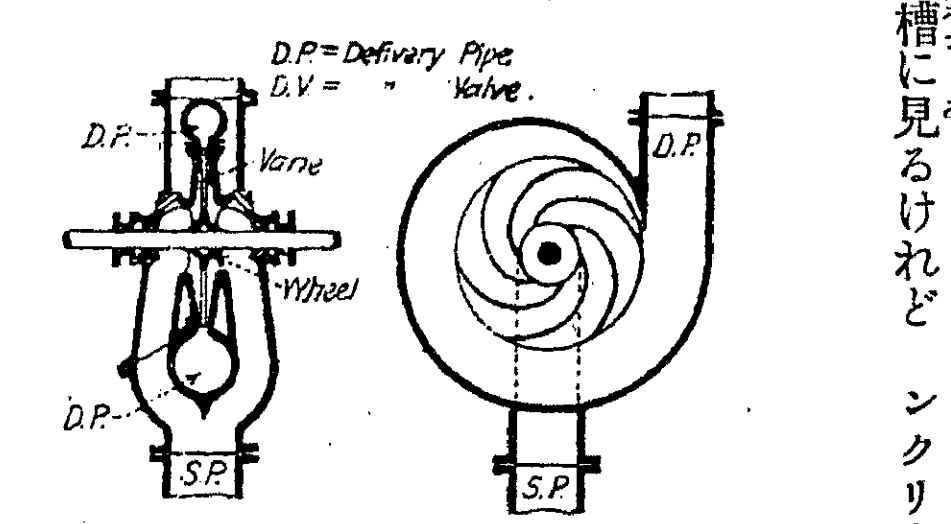
周壁と鈑の接合法

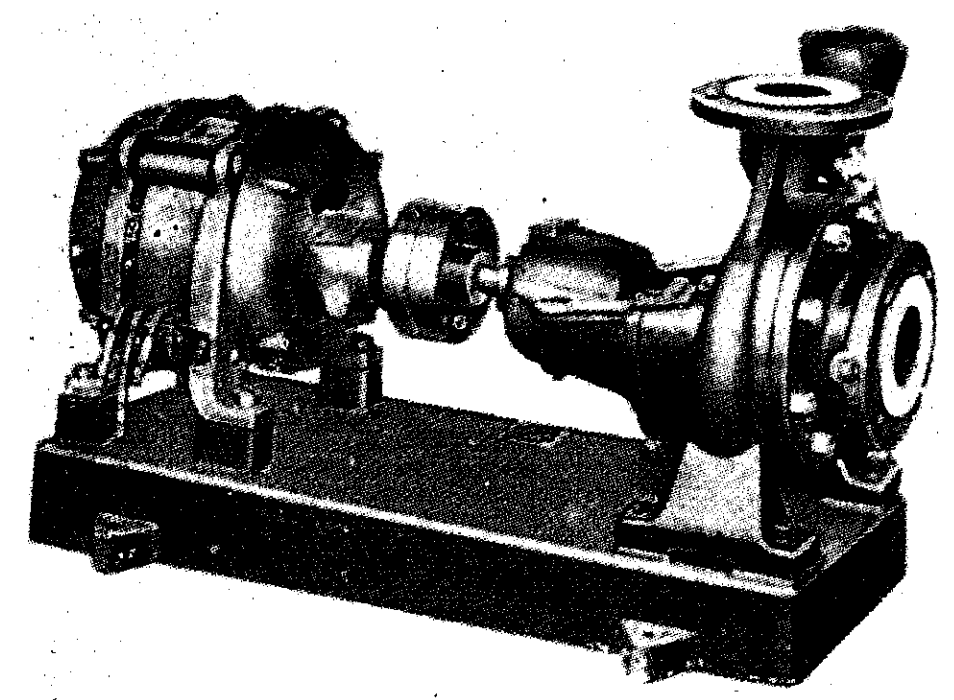
木槽 高架水槽に於て二〇〇—三〇〇立方米以下の容量にて工費を節約せんとする場合には木槽を利用しても一五—二〇年は持つ良質木材を選み能く防腐劑を塗るを要する、兎角箍鐵が腐り易いから肉厚のものを使ひアスファルトとか亞鉛メッキをして充分防護す可く箍鐵が突然切斷して水槽の破壞を見たる例が少なくないから注意す可きである。

鐵筋コンクリート槽 鐵筋コンクリートは又屢々竪管又は高架水槽に應用せられる。設計施工宜しきを得ると鋼槽よりも希望通りの形に出來外觀も善く冬凍る心配も少なき點にて優つて居るけれども水密を保つ事困難にて其の結果浸

潤點を生じ見苦しく維持困難に耐久性も疑問となる、何故かと云ふに周壁に沿ふ鐵筋の張力に依りて水壓を支へて居るから鐵筋に三〇〇瓩／平方糎位の張力がかゝる樣になるとコンクリートには竪ての龜裂が入り始める理で且つ周壁と底との連絡する所に龜裂が生じ易い、併し多少水が漏れる位は諸々の水槽に見るけれども水を失ふ程ではなく、時と共に止まるけれども外觀あしくなる事は免れない之れ等の缺點を除く樣にすれば結果はペンキ塗りも不要にて壽命も永い、周壁は特別の型を使ひて下方より一環宛漸次上方に型を移して進む。一環は休まずにコンクリートを打つ、故に水洩れはよく水平繼目に起るから前日の仕事の所を克く刷毛と水とを以つて洗ひ先づ附純セメントを塗りて仕事を始むる樣にする、澁谷水道にては鐵鈑を挾んで防水した、縱鐵筋も相當に入れる、鐵筋は凡て表面より五糎以上の內側に置くが好い、周壁の頂上の厚さは一五—三〇糎、底部は二五—九〇糎である、コンクリートの調合比は水密ならしむる爲に 1:1:2 とか 1:1½:3 と云ふ如く上等のものを使用し、砂利は良質の小粒のものを使ふ、練り方は軟か氣味にして充分混交し且棒にて搗き空氣又は遊離水を追出し鐵筋の周圍には特別に搗き混を行き渡らしめる、型は漏無きが如くし確實に支持し枠を取りし時にコンクリートの表皮を剝がない樣に注意する、之表皮は最も水密でコンクリートの厚さ五—六糎に當るからである。型を除去せる後は少なくも二週間は濕して置き布其他にて蔽ひ直接日光に當らない樣に保ち、漏水を止めるには內側にアスファルトを塗り又はフェルトを挾み上を鐵網コンクリートを以つて防禦する、セメント塗位にては却々止まらない樣である。前記澁谷町竪管及長岡市配水槽は鐵筋コンクリート槽の好例である。

第百二十七圖



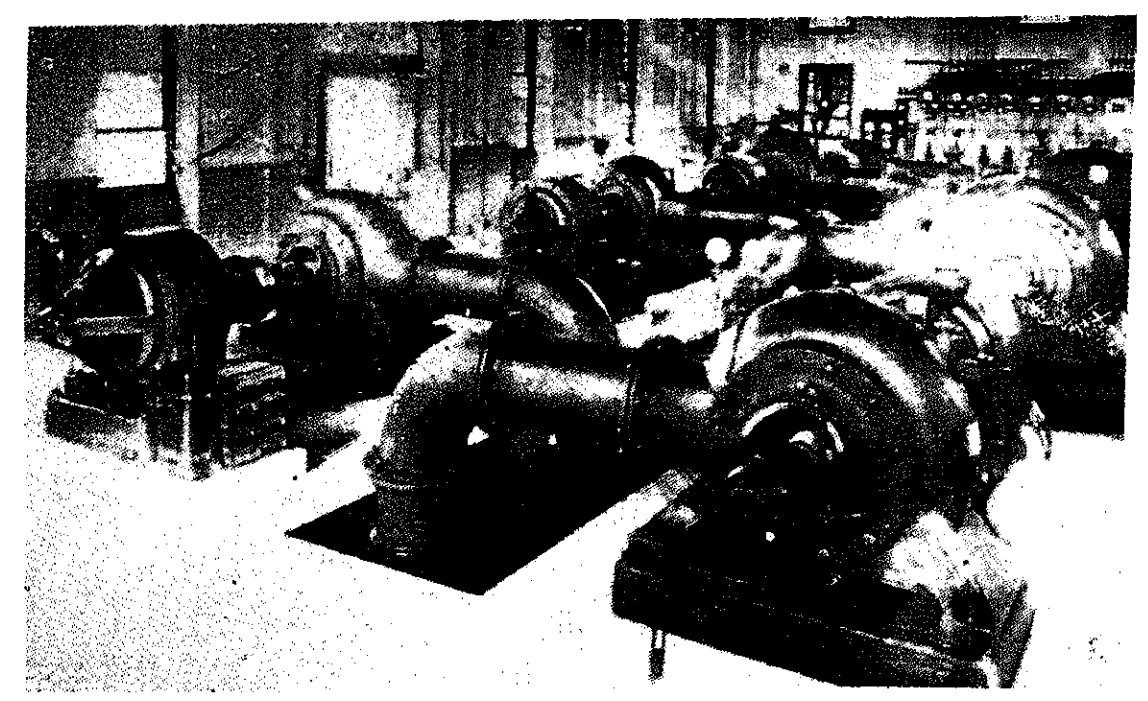


渦卷ポンプ

四　低揚、高揚、並に配水ポンプ

井戸、河川等より淨水場內まで取水する揚程の低きポンプを低揚ポンプと稱する、已に淨化した水を配水池又は配水塔に揚る方を高揚ポンプと云ひ配水池配水塔を設けず直接市民に給水するものは直送式配水ポンプで高揚ポンプに該當するものである。往時は蒸氣力に依れるプランジャー式のものが多かつたが世界的に水力電氣の豐富にて併も石炭に惠まれざる本邦は近年專ら電力に依り低揚は第百二十七圖渦卷ポンプに高揚又は配水用にはタービンポンプを使用するものが多い（第百二十八圖）又ポンプにて昨今最も信用あるは瑞國ヅルツァー會社にして最高級品として採用する所も尠くない。然れども近年內國の技術も大いに進み外國品に大差なく價格は遙かに廉なるを以つて國產獎勵と相俟ちて內國製を採用すべきである。

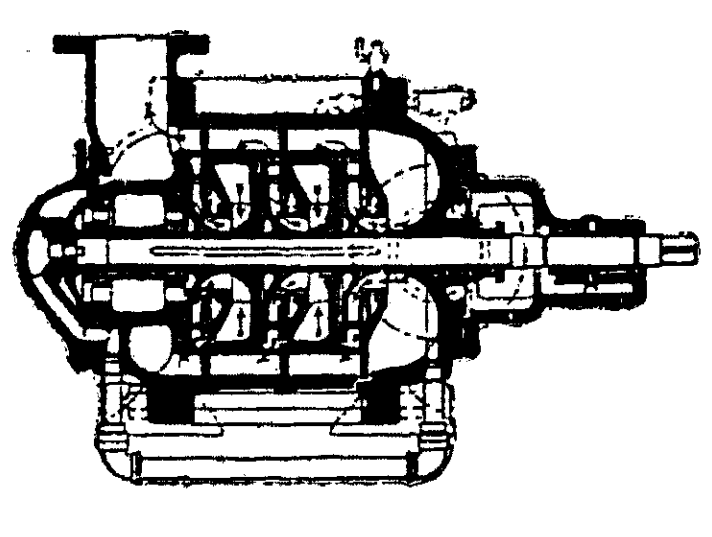
第百二十八圖(A)



名古屋上水道ゐのくち式十八吋電動タービンポンプ
水量每分四六四〇立方呎、全揚程一二四呎、同轉數一一五〇

又其の數も近年外國品を壓倒して居る蒸汽ポンプ機關は水道用にはハイデューティー、ポンプと稱する送水量に對して蒸汽の消費量の最も經濟的なるポンプがよい。之れにはハズミ車と曲柄とを有する機關にポンプを直結したもの卽ち曲柄喞筒機關と曲柄及びハズミ車を有せずして汽筩及び水筩の一聯を二列に配列したる型卽ちウオーヂントン二聯筒ポンプとの二型式がある。前者は餘り面積を取るので日本には行はれない。後者は東京市、大阪市、岡山市等の水道に用ひられた事がありて其の或るものは今存在して居る、何れも蒸汽機關部は多段膨張にて

第百二十八圖(B)



多段タービンポンプ

第二八表

電動機直結　ゐのくち式標準MLS型渦卷ポンプ

ポンプ口徑	一分間排水量 立方呎	一分間排水量 英ガロン	周波數 60～／50～	1800 (60～)	1500 (50～)	1200 (60～)	1000 (50～)	900 (60～)	750 (50～)	720 (60～)	600 (50～)	概略重量（貫）	荷造寸法（尺）
			電動機の無荷重廻轉數每分（全荷重に於けるスリツプを約 4%とす）										
1½″	4	25	全揚程	32	21							20	1.5 1.5 2
			消費馬力	0.52	0.35								
2″	8	50	全揚程	36	24							30	1.7 1.7 3
			消費馬力	1.02	0.69								
2½″	12	75	全揚程	45	31							40	2 1.8 3.2
			消費馬力	1.82	1.23								
3″	20	125	全揚程	58	39	23						50	2.2 1.9 3.5
			消費馬力	3.85	2.45	1.47							
4″	38	240	全揚程		55	32	20					70	2.6 2.3 4.2
			消費馬力		6.4	3.53	2.24						
5″	60	380	全揚程			44	28	22				95	3 2.5 4.5
			消費馬力			7.3	4.6	3.7					
6″	90	560	全揚程			60	38	28				130	3.5 2.8 5.3
			消費馬力			15	9.1	6.7					
7″	130	810	全揚程				52	38	22	20		170	3.8 3 6
			消費馬力				18	13	7.5	7.0			
8″	180	1100	全揚程				63	49	30	27		220	4 3.5 5.8
			消費馬力				30	23	14	12			
9″	230	1400	全揚程					61	40	37	22	280	4.2 3.8 6.2
			消費馬力					37	24	22	13		
10″	290	1800	全揚程					68	46	42	27	350	4.4 4 6.8
			消費馬力					53	35	31	20		
12″	420	2600	全揚程						60	54	36	480	4.6 4.3 7
			消費馬力						66	59	38		

第　九　二　表

プンポンビータ段多型準標式ちくのゐ　結直動電

60～ 50～	毎分回轉數 1800	1500	1200	1000	荷造重量(貫)	概略寸法(尺)	毎分回轉數 1800	1500	1200	1000	荷造重量(貫)	概略寸法(尺)
	二　段						三　段					
全揚程	98	68			85	2.0	147	102			123	2.1
軸馬力	4.8	3.4				1.8	7.2	5.1				2.0
						5.6						5.9
全揚程	142	100			130	2.3	213	150			175	2.3
軸馬力	128	8.8				2.0	19.2	13.2				2.1
						7.0						7.4
全揚程	184	128			190	2.7	276	192	126		245	2.8
軸馬力	28	18.5				2.4	42	27.7	17.4			2.6
						7.3						8.0
全揚程	240	168			250	2.8	360	252	165		320	3.1
軸馬力	54	36				2.8	81	54	33			3.0
						7.4						8.1
全揚程	284	200	130		340	3.4	426	300	195	132	440	3.7
軸馬力	88	60	36			3.8	132	90	54	39		4.0
						9.7						10.3
全揚程	366	256	166	114	430	3.9	549	384	249	171	580	4.7
軸馬力	152	104	66	44		4.1	228	156	99	66		4.3
						10.7						11.0
全揚程	420	292	190	130	530	4.0	630	438	285	195	700	4.5
軸馬力	220	150	94	62		4.5	330	225	141	93		4.8
						11.5						12.1
全揚程	464	326	210	144	660	4.4	696	489	315	216	840	4.8
軸馬力	304	206	128	86		5.0	456	309	192	129		5.3
						13.0						13.6
全揚程		428	276	190	950	5.0		642	414	285	1250	5.5
軸馬力		400	256	168		6.4		600	384	252		6.6
						15.9						16.5

東京、大阪兩市のものは蒸汽のカットオフの裝置を有して居る。

渦巻ポンプは高速回轉機械で電動機に直結するに適して居る、近年電氣事業の隆盛は電動機を普及し渦巻ポンプと亦發達を促達せしめられた。渦巻ポンプはプランジャー型に比較すると設備費が安價で場所を要する事少なく運轉靜肅にて手數を要しない。其效率に於いても內國製にて導翼のない物でも八〇%を超ゆるものが少なくない。渦巻ポンプには「ヴォリュートポンプ」卽ち普通單に渦巻ポンプと稱するものと「ターピンポンプ」との二種がある、後者は翼車の周りに擴散室を有し其中に備へたる導翼に依りて水の速度水頭を壓力水頭に變ずるから效率が良くなり高揚程に適するものである。ターピンポンプの翼車及び導翼を二段以上數段重ね一つの翼車を通過したる水が次の翼車に順を追ふて入る樣に裝置したものは段數に比例して著しき高揚程、高壓の送水に適するので多段ターピンポンプと稱せられる（第百二十八圖B）又同型同大のターピンポンプを二段に連結する樣に鐵管を配置すれば水頭は約倍加出來るから直送式水道にては平素は並列に運轉して低壓の水を給水し火災の際に高壓水を送るのは賢明なる方法である。本邦にて渦巻ポンプ及びターピンポンプを製作する所は頗る多いが其の中有名なるものは荏原製作所、日立製作所、三菱造船株式會社、酉島製作所等である。

渦巻ポンプの揚水量揚程馬力と管徑　ポンプは揚程と揚水量とに依り最も經濟的に設計してある、大體には製作所の型錄に就き取捨撰擇し得られる。第二十八—三十表には一例として荏原製作所のものが揭げてある。

第　〇　三　表

プンポンビータ段一型MBK準標式ちくのゐ　結直機動電

ポンプ口徑	一分間排水量 立方呎	英ガロン	周波數 60～ 50～	電動機無荷重廻轉數每分（全荷重に於けるスリップ約4%とす） 1800 3000	1500	1200	1000	900	荷造重量(貫)	荷造寸法(尺)
3″	17	106	全揚程	146	49	34			65	2.3
			消費馬力	7.7	2.4	1.7				2.2
										4.5
4″	32	200	全揚程	210	71	50			92	2.7
			消費馬力	21	6.4	4.4				2.6
										5.2
5″	53	330	全揚程	276	92	64	42		135	3.2
			消費馬力	42	14	9.2	5.8			2.9
										5.8
6″	80	500	全揚程	360	120	84	55		180	4
			消費馬力	87	27	18	11			3.2
										6.6
7″	115	720	全揚程		142	100	65	44	240	4.2
			消費馬力		44	30	19	13		3.9
										7
8″	150	940	全揚程		183	128	83	57	305	5
			消費馬力		76	52	33	22		4.2
										8
9″	190	1200	全揚程		210	146	95	65	330	5.5
			消費馬力		110	75	47	31	52	5
								25		9
10″	240	1500	全揚程		232	163	105	72	470	6
			消費馬力		152	102	64	43	65	5.5
								39		9.5
12″	350	2200	全揚程			214	138	95	675	6.8
			消費馬力			200	128	84	76	6
								66		10.5

全揚程 15% 以內增減の際通がきく

第二節　水　管

水道用配水管は恒に壓力の下に給水するものにて普通水管を使ひ、主として鑄鐵管を使用して居る、其の他鋼管、錬鐵管、木管、モルタル及びコンクリート管、鐵筋コンクリート管及び陶管等も亦用ひられる、屋內給水には鉛管が最も普通で米國にては眞鍮管も近頃盛んに用ひられて居る、何れにせよ丈夫にて耐久力に富み安價なるを要するが、其の何れに重きを置くかに依りて適當なるものを撰擇する。

一　管の外力

水管の受くる外力は（一）水壓（二）外側の土壓（三）溫度の變化に依る力（四）運搬又は埋設中に受くる打擊等である。

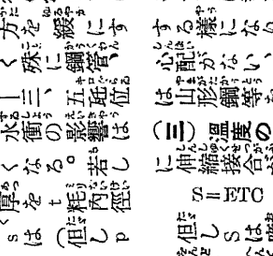
（一）水壓　水壓には水の最大水頭の場合の靜水壓力と動水を制水瓣等にて急に止めたる時に生ずる水の擊衝作用より生ずる水衝壓力である、前者は配水池の滿水位と考ふる場所との水位差より簡單に出る、ターピンポンプに依る直送の場合は其のポンプの廻轉數に依り定まれる最高水頭を配水池の滿水位の代りに考ふればよい。後者は水管の直徑、厚さ、材料の彈性率、水の速力等によりて異るものであるけれども、小徑の管にては影響も大であるが每平方糎に七

位くるゝ、又は横ゆれが有るけれども、道路面上も有れば馬の車馬の通ずる場合には上面に厚き鐵板の敷設して置くなくてよい。又若し鐵管の心配が全くなくなれば、上面の土壓も無くなる。

（三）土壓

但し A は管の内徑、t は管の厚、v は流速、w は土の單位重量、r は管の半徑、p は土壓、p′ は水壓、p″ は管壁に於ける應力、θ は管の中心と土壓の作用點とのなす角、g は重力の加速度を表はす。

$$p=2A(P+P'+\frac{wv^2}{g})\sin\theta$$



圖九十二百第

押に押し出されんとするに、之れを外方より P′ にて支へるとすれば第百二十九圖によりて

$$P'=\frac{(p+p')r}{t}$$

及び r 粍とすれば管壁に於ける應力 s は

$$s=\frac{(p+p')r}{t}$$

凡そ一平方糎に付き何程の應力を以て破壊するかを知ることが出來る。

（但し粍、糎、瓲、粁は夫々ミリメートル、センチメートル、デシメートル、キロメートルの略字なり）

二　鑄鐵管

（一）鑄鐵管の種別

鑄鐵管は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二）鑄鐵管の規格

鑄鐵管は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三）鑄鐵管の厚さ

鑄鐵管の厚さは其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四）鑄鐵管の重量

鑄鐵管の重量は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五）鑄鐵管の長さ

鑄鐵管の長さは其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六）鑄鐵管の口徑

鑄鐵管の口徑は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七）鑄鐵管の接手

鑄鐵管の接手は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八）鑄鐵管の附屬品

鑄鐵管の附屬品は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九）鑄鐵管の試驗

鑄鐵管の試驗は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十一）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十二）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十三）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十四）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十五）鑄鐵管の試驗

鑄鐵管の試驗は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（三十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（四十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（五十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（六十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（七十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（八十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（九十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百二十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百三十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百四十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百五十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百六十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百七十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百八十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（百九十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十一）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十二）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十三）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十四）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十五）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十六）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十七）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十八）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百十九）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十一）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十二）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十三）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十四）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十五）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十六）鑄鐵管の製造所

鑄鐵管の製造所は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十七）鑄鐵管の檢査

鑄鐵管の檢査は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十八）鑄鐵管の塗料

鑄鐵管の塗料は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百二十九）鑄鐵管の記號

鑄鐵管の記號は其の用途に應じ之を左の二種に分つ。

一、普通壓力管

二、低壓力管

（二百三十）鑄鐵管の製

第十章　重　量

第二十條　管ノ重量ハ塗裝シタルモノニ付之ヲ測定シ附表ニ依ルモノトス

重量ノ公差ハ正（十）ハ制限ヲ附セス負（一）ハ次表ニ依ルモノトス

第三一表 (C)

公稱内徑	公差%　直管	異形管
350　以下	—4	—8
400——900	—3	—6
1000　以上	—2	—4

此の規格は更に附表を以つて各種の管や異形管類の大きさ重さ等を一々制定して有り設計並に製造上極めて必にて且便利である。

内徑の種類　内徑の種類は次の二〇種とする即ち七五粍、一〇、一二五、一五〇、二〇〇、二五〇、三〇〇、三五〇、四〇〇、四五〇、五〇〇、六〇〇、七〇〇、八〇〇、九〇〇、一〇〇〇、一一〇〇、一二〇〇、一三五〇、一五〇〇粍、である。

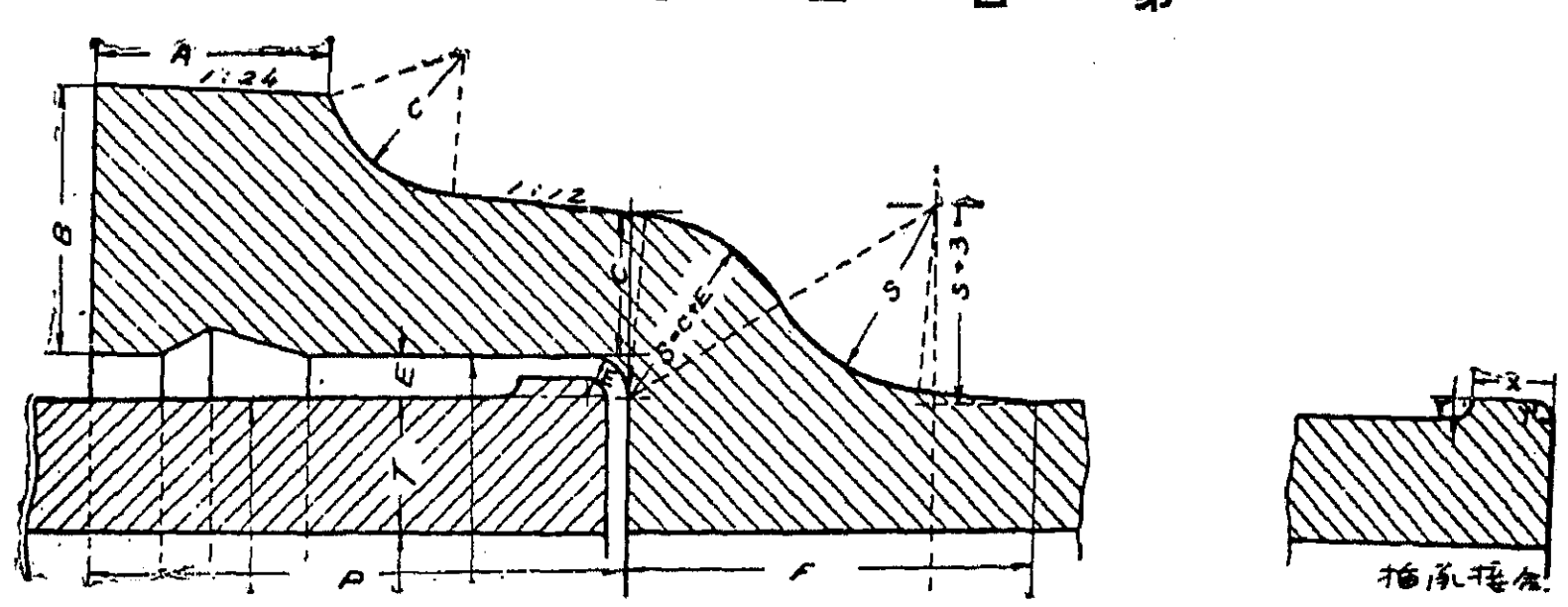
肉厚　管には普通壓管及び低壓管の二種類ありて普通壓管は靜水頭四五—七五米、低壓管は靜水頭四五米以下に對するものである。異形管には此の種別を設けず總て七五米以下に使用される、此の外に水の衝擊作用に對し一平方糎に付五、五瓩を見込んで居る。

低壓管には　T＝0.016D＋8.5

普通壓管には　T＝0.022D＋8.5

Tは肉厚（粍）Dは内口徑（粍）にて八、五粍は偏肉とか破損とか取扱ひの打擊に對する餘裕である。異形管にては砂型を用ひ鑄造法も直管の樣に完全に行かないから普通壓管の厚さの一割丈けを增して居る、管は總て内徑にて呼ぶものにて外徑は普通壓直管にて公稱内徑に上式の計算にて出でし厚さの二倍を加へるものを標準の外徑として低壓管に於いては標準外徑より其の口徑に應ずる肉厚の二倍を減じたるものを實内徑とするから實内徑は公稱内徑より僅か大きい。唯普通壓直管に於いてのみ兩者は一致して居る。

第百三十圖

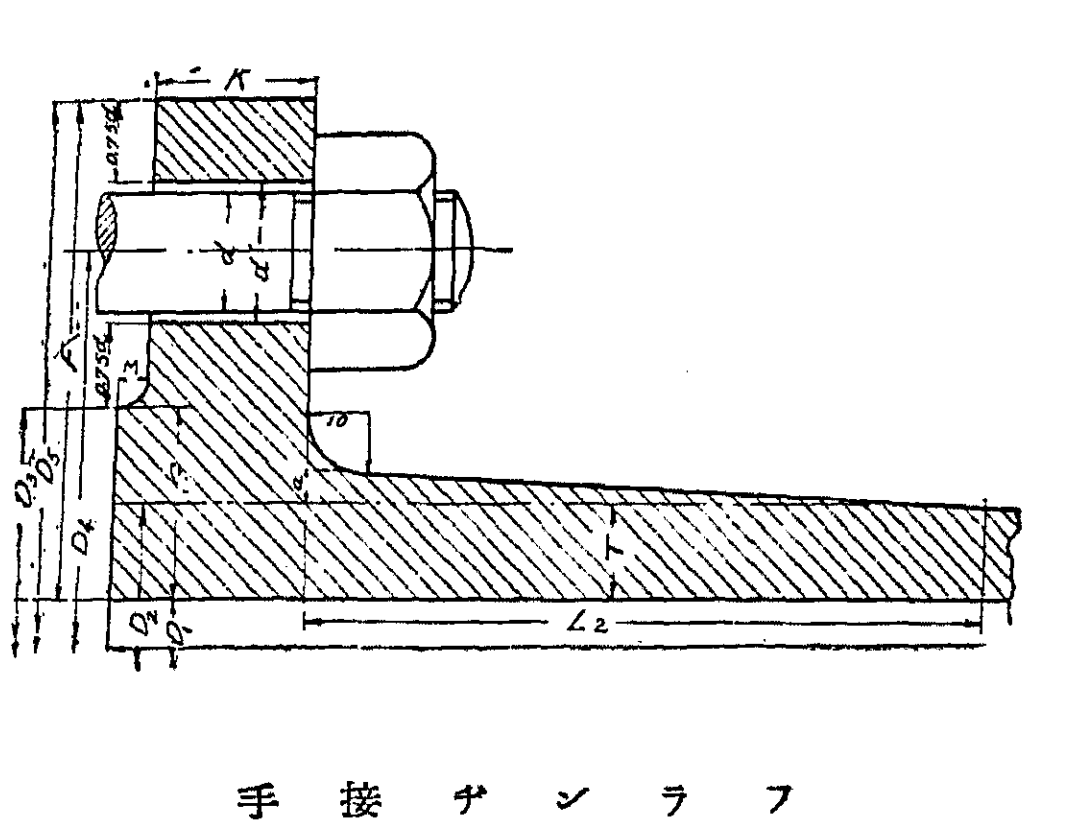


挿承接手

管の長さ　管の長さは口徑一五〇粍以下は有効、長さ三米二〇〇粍以上は凡て四米とする。

接手の種類　接手には印籠接手とフランヂ接手との二種類がある。印籠接手は又挿承接手と稱するものにて最も普通に用ひられる。（第百三十圖）承口の形は圖の樣であるが鉛を塡め充分かしめる事の出來る丈けの空隙を要し接手が水密に出來且つ橫の方の力に對しても充分強く又地震の際多少拔け出すも水漏れなき樣に充分重なり合ふを必要とし猶多少拗ぢても又は鉛をかしめても破裂しない丈の強さが入用である。内側に三角構の有るは鉛の逸出を防ぐ爲で挿口にも突出部がありて麻繩を受け接手の脫出に抵抗する、此の式の接手なれば地中の溫度變化位なれば伸縮を許すものにて且つ敷設の際に多少彎曲せしめらるゝ便がある。

第百三十一圖

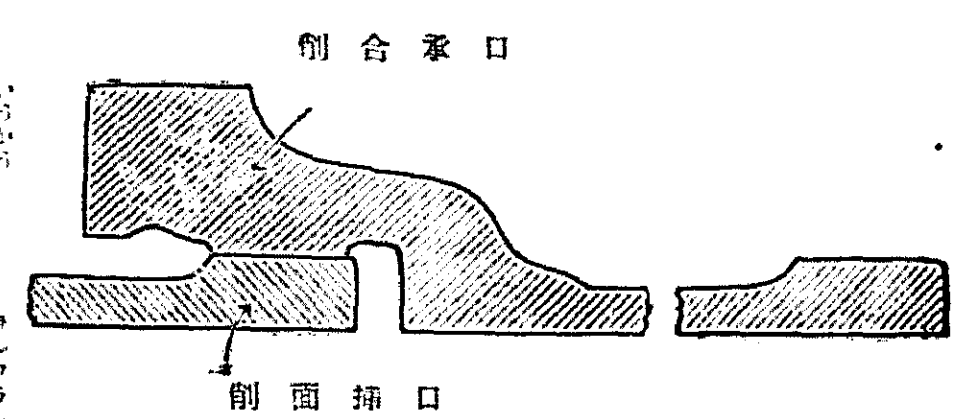


フランヂ接手

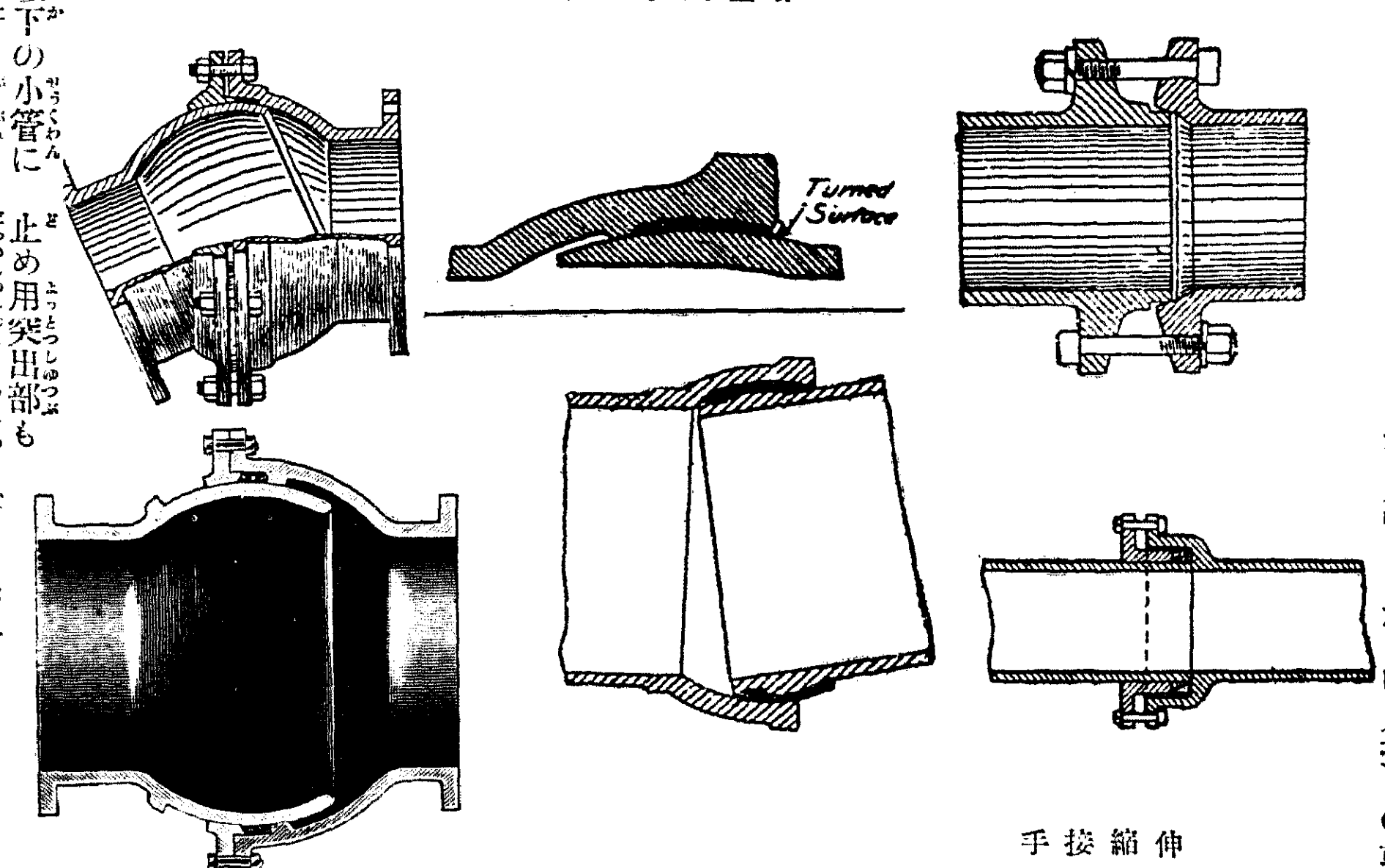
フランヂ接手は第百三十一圖の如き式にて鍔管の端をすり合せ外端の三粍位の間隙にゴムパツキングをなしボールトにて締めつける此の式は橋梁上又は制水瓣の前後等比較的振動を受くる所又は將來屢々取り換へを要する箇所又は建築物の内部の狹苦しき所や一時的の所に便利である。併し此の式は印籠接手の如く伸縮又は彎曲して埋設出來ない。從がつて長距離の所には不可である。且つ經費が高く鍔の爲に運搬取扱ひとも不便である。叙上二種の外に歐洲には削面接合（第百三十二圖）と稱して挿口の外側と承口の内側とを精密に摺合せ其の面に油かペンキを塗りて木槌にて打込み外側に僅かセメントを用ひたるものもある、拔出す缺點があるので本邦の如き地震國には用ひられない。接手には自在接手又は球狀接手として多少方向の變化自在なるものがある。又伸縮接手と稱して多少長さの變化を許すものもある。（第百三十三圖）

耐震接手　地震の爲接手の弛む事は土地の震動と鐵管の震動との相違に起因し良好なる地盤に充分なる基礎工事を施せば被害は著しく減ずるものである。其の他承口を深くして重なりを增し多少脫出するも漏水を少なくせんとし猶前記工學會に於ける水道鐵管調査委員會の實驗に依り鉛止めの溝は震動の爲多少脫出の際の漏水を防ぐに有効である。桑港にては此の溝を二つ設けたが實驗の結果は餘り効力がない、それよりも挿口の外側にも深さ二—三粍の小溝を造る方が漏水防止に有効である。但し徑一〇〇粍以下の小管にては之れが爲に管體が弱くなるから此の部分に止め用突出部も脫出及び漏水を防ぐに重要なるものにて一且

第百三十二圖



第百三十三圖



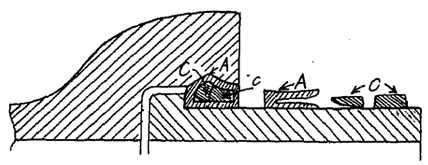
伸縮接手

自在接手及球狀接手

脫出に依りて漏水を始むるも麻の壓搾に依り再び漏水を止める。且つ此の突出部と承口の內形を多少變更して成る可く管の方向の變化を自在ならしむる方耐震度が大きくなる等の結論を得た、耐震接手として球狀挿承と彈條とを用ひ方向も長さも多少自由のきく考案もある。

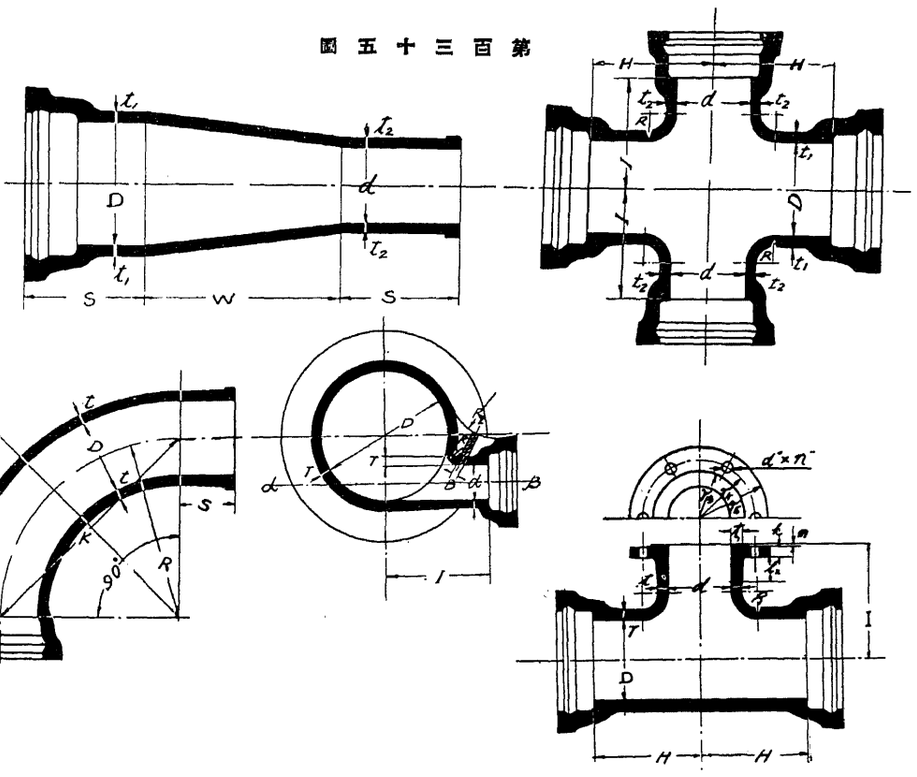
塡隙材（パッキング）挿承接手の塡隙材として普通鉛を用ふる、水密なる上に其の粘性の爲に相當の伸縮を許し且耐久なる事等にて結果は最もよい。管が電解作用の爲腐蝕する所にては折々木材、セメント、ゴム等のパッキングを使用する事がある。此の外レッダイト、絲鉛等も屢々用ひられる。レッダイトは鐵、硫黄、鑛滓及び鹽を粉碎熔融して作つたものにて、一七・五瓲位の壓力に堪へる、鉛の樣にかしめる事は不要にて彈性に富み曲線の所でも押し出される事無く仕事は簡單で價も廉い、重量も輕く鉛の六分の一にて仕事より云へば一噸のレッダイトが鉛の五噸分の

第百三十四圖



パッキング

第百三十五圖



異形管

右上、十字管、下右、T字管　左、落片、上左、曲度十九、下左、曲中央、泥吐管

接手を充塡する、近來米國にては盛んに用ひられる、本邦にても小樽其の他にて好果を得て居る、鐵管を夏期太陽熱にて熱せらるゝ位に溫め溶解したるレッダイトを注入する。

絲鉛は獨逸等にて大口徑の鐵管接手に使はれ又應急修理とか水分多き溝の中等に熔かさずに使用出來るから便利である、克く三瓲の壓力に堪へ得ると云ふ、但しかしめるには技倆を要する。

佛國には又ビレパッキングなるものがある、第百三十四圖の如くAを入れCを押し込みてかしめる、ヤーンが不用であるから承口の深さが淺くて濟むと云はれて居る。

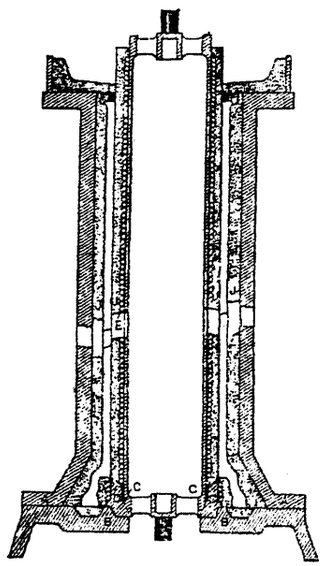
異形管　印籠直管及び兩鍔直管の外に種種の異形管がある、十字管、丁字管、片落管、曲管、乙字管、又管、制水辨用管、消火栓用管、排氣辨用丁字管、泥吐管、接ぎ輪、短管、帽、栓、喇叭口等十五種を數へ且同一種類の異形管にも承口、鍔口等の種々の組合せあり、曲管にも九〇度四五度二二度二分の一一一度四分の一五度八分の五等の別あり、接ぎ輪にも長短の別がある、第百三十五圖は其數例を示す之れ等の形狀、寸法、重量は皆日本標準規格に制定されてゐる、異形管類は總て肉厚を普通壓直管肉厚の約一割增しとし外徑を押へて居るから、實內徑は公稱內徑よりも小さい、之れ外徑にて規定しないと、挿口が普通直管の承口に入らない樣になるからである、異形管類の價格は同一重量に對し直管類の約二倍である。

防火水道にては特に高壓水を使ふので純育邊にては口徑三〇〇粍管に對し每平方糎五〇瓲餘の試驗をして居る、斯る場合の異形管には普通鑄鋼を使用する。

材料竝に製造法　管は性質良好なる銑鐵を用ひて鑄造し組織均一且つ强靱にして錐揉みし易きものたるを要する、之れ給水管を隨所に取付けなければならぬからである、又管は鑄込んだ後は急冷により不等收縮其の他の障害を避ける爲に型が充分に冷ゆる迄型枠より取り出さない樣にする、而して直管は總て竪型を使ひ印籠管には外側の一定の場所に水の字製造所の記號製造の年及び番號等を鑄出し普通壓管にはフ低壓管にはテの字を附し檢査の時不合格品は水の字を削り落すものである。

又久保田鐵工場にては內型は前記と同樣であるけれども外枠を鐵枠にし之れを豫め熱して其の儘砂なしに造つて居る、又ドラボー式と稱する外型は橫型にし內型は之れを用ひず水平軸の廻りに高速度に廻轉しながら熔銑を流し込んで造るものがある、質緻密にて强度は普通の二倍もある、然れ共冷たき外型に接して硬化せる部をなます事が困難にて且挿口の突出部が出來ない事と强度が强いから管の厚さを減ずると給水管の取付けが難かしい缺點がある、歐米にては既に一九二二年以來採用せられ將來有望のものである。

第百三十六圖

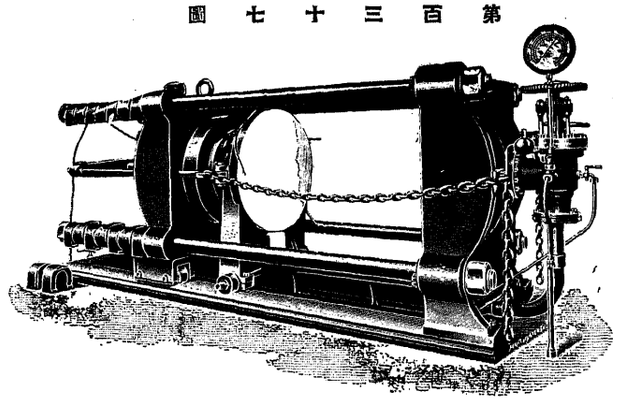


鐵管鑄型

塗裝　鑄鐵管には防銹の目的を以つて內外面全部にコールタールピッチ及び亞麻仁油を混じたる塗料を塗る、之れには總ての面を針金刷毛等にて清潔に掃除し銹を完全に落し全體を一五〇度（攝氏）に熱して同溫に熱したる前記のアンガスミス氏溶液中に五分間前後浸漬し後引き上げて液滴を去り大氣中に放置乾燥せしめる、又外時に相當の押し湯を附し此の部分は冷却後丁寧に切り取る、砂型の內枠は心棒のまはりに藁繩を卷き其の上に濕砂をつけ定規により滑かに仕上げる、外型は鐵枠の內側に鐵の心棒を入れ濕砂を充塡し後靜かに拔き去りて造る、餘程型枠や鑄造には注意を要するものにて管體は勿論承口も挿口も事實上眞圓にて偏肉のない樣にし且つ疵、瘤、巢、鑄張り等の缺點が無い樣にする、

氣に暴露する所にては更に此の上をアスファルトやタールに漬けたるズックにて捲く事がある又鐵管の内側にモルタルを遠心力に依り塗裝したるものは銹止めに有效にて年を經るも流量を減じない、併し疵が出來ると失敗する。

管の檢査　購入の際には其の檢査をする事が必要である、之れには熔銑から試驗片を取り前揭規格の如く抗折試驗を行ひ場合に依り抗張試驗もする、出來上りの管に就ては形狀寸法重量等を檢し公差以內なるかを見る、次に疵、巢其の他の缺點を檢べる爲に管を掃除した後小形の鎚を以つて輕く敲いて見る、次に水壓試驗をするには管徑四百三十七圖は水壓試驗器である。



第百三十七圖

鐵管水壓試驗器

五〇粍以下には凡て一七・五瓩をかけ五〇〇粍以上の管には低壓管には一〇・五瓩、普通壓管には一四瓩の水壓をかけ一定の鎚にて鎚打をする、之れ等の事項は日本標準規格に精しい、第一〇―一一五年にして內側に多少の腐蝕を生ずるが其の後の進み方は遲々たるものである。普通克く塗裝されて居れば七五―一二五年位は使用生命は有ると云つて居る、普通克く塗裝し管の內面腐蝕の模樣は普通の鐵の銹とは異りて硅土、石灰又は有機物も伴ふ、大きさは徑三四―五〇粍厚さ一二―二五粍に達する、其の底部には鐵が惡く銹びて小刀にても切れる位柔き斑點が出來周圍は塗裝されて綺麗に保護されて居る、此の瘤は全く塗裝の缺點より生じ初めたもので玆に炭酸が作用して第一炭酸鐵となり次に水中の溶融酸素の爲に酸化して第二酸化鐵となり斯くして遊離炭酸を生じて更に新しく鐵を腐蝕する、斯く凹處が出來て其の內に瘤が出來るのである、而して鐵細菌が此の間に有力なる作用をなすとの說もある、外側の腐蝕は地質に關係するものにて鹽質の沼地或は灰や灰爐中の鐵管は早速腐蝕する。又海岸にて鹽水が恒に攻擊する所は早く橫濱の海岸通りにて三五年にして穴のあきし例がある。

電氣分解も鐵管の生命を著しく短縮するものにて之れを防ぐには電氣の歸回路をなすレールより遠ざけ且つ管の塗裝を厚くし接手に不導體を用ひ且つ軌道のレールは充分電氣的に連絡する等の考慮を要する。

三　錬鐵及び鋼鐵管

水道用管として錬鐵及近時主として鋼鐵管が使用せられて居る、殊に送水管として大口徑の管に適して居る、鑄鐵管に比較すると強度が遙に強いから肉厚薄く輕くなり從て運搬に便である、耐震性は非常によい、又小管は地面上に

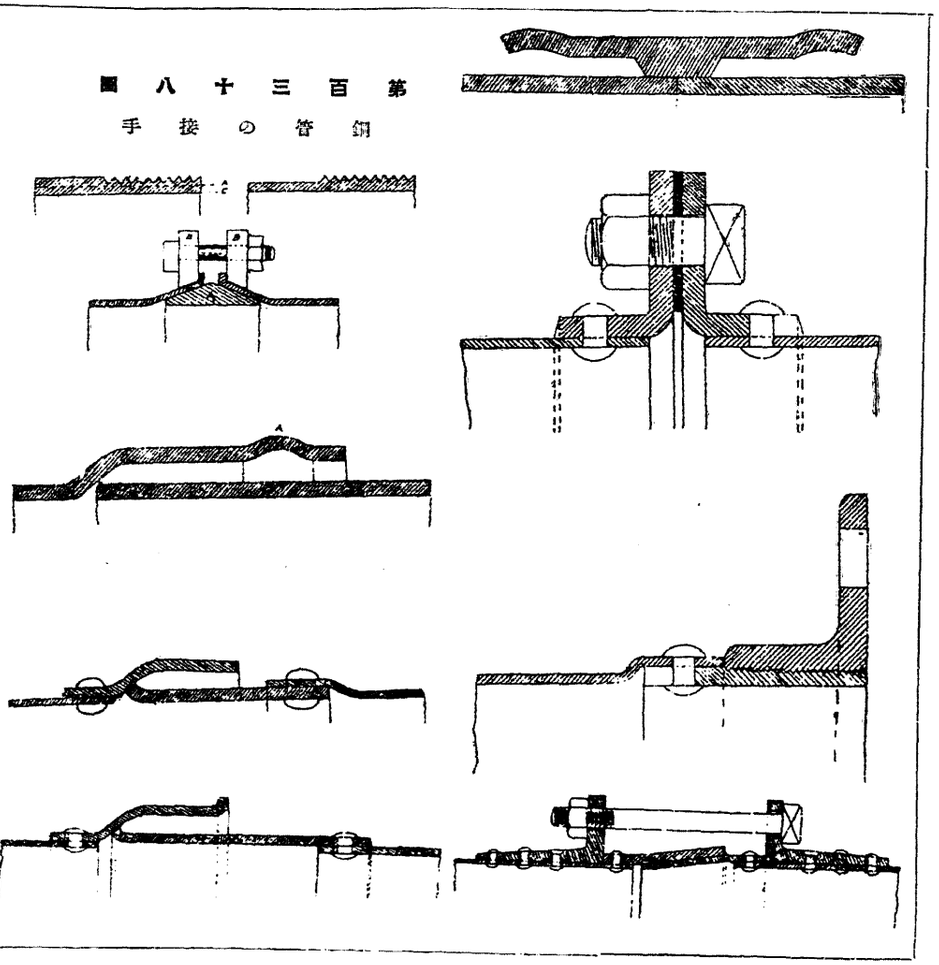
接合して多少曲線に曲けて其の儘埋設出來るから工程が早い、併し不利益としては壽命が短く、小管にては特に薄くなるから惡い事、鉄綫管は抵抗が大きいから口徑も約六%大になる事又異形管が鑄鐵管の樣に自由に出來ない事等で枝管も出し惡い故に今日まで配水管としては到底鐵鑄管に及ばない、然れども近年鋼鐵管も防銹法を講じ又小枝管を出す方法を研究して鉄上の缺を補ひ鋼鐵の利點を利用して漸を逐ふて配水管にも使用する樣になる傾向である、要するに鋼管の好い場合は長き送水管にて直徑も九〇〇粍より大きく途中枝管を出す必要ないか有るも數ヶ所位の所卽ち水源から淨水場に來る所に適する、腐蝕は早いけれども當初安いから取り換へても鑄鐵管より經濟的である、併し兎に角取り換へる事は不便である、又口徑一二〇〇粍以上の鑄鐵管は往々豫告なしに突然に破裂するけれども鋼管の方は先づ腐蝕の爲に小孔を生じ漏水を始め徐々に大きくなるから修繕は容易である、其の他橋梁上とか恒に振動のある所は鋼管が最も安全である。

錬鐵は鋼鐵より腐蝕が遲い利益はあるけれども別に大した差違はなく他の點にては總て劣つて居るので近時全く鋼管に壓倒されて居る。

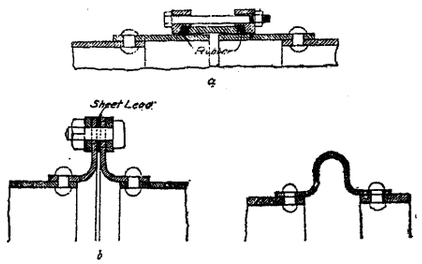
材質　鋼管の材質は柔き開爐鋼にて應張力は約四二〇〇瓩/平方糎、彈性限度は此の半分、伸長二二―二五%斷面收縮率は五〇%を有し打

第百三十八圖

銅管の接手



第百三十九圖



鋼管の伸縮接合

にて求められる、但し鋼鐵は鑄鐵よりも製造完全に檢査も充分に出來るから安全率も小さくなる、之れを四と見れば安全强度は一〇五〇瓩となる、更に二列の鋲綴とすると有效斷面は六五—七五%となるから

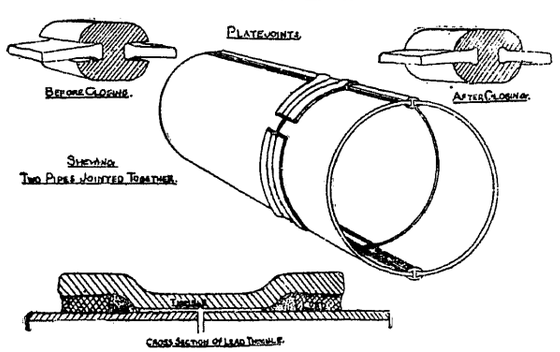
$$t=\frac{(p+p')r}{750}+1,5$$

にて計算出來る、但し t は厚(粍) p は靜水壓 p は水の擊衝壓(平方糎に付瓩) r は管の半徑(粍)とする一・五粍は長く使用する場合に銹其の他に對する餘裕である、厚さは三粍から三〇粍位である、土壓等の外壓に對しては大管にては山形鋼等に依り補强する、又長き管線にては水を拔いたる場合に大氣の壓力を受けるから折々空擊や鍛冶穿孔及び塡隙しても疵の入らないものたるを要する。

厚さ 鋼管の厚さは第一項の $\frac{(p+d')r}{S}$ 氣瓣を設ける、而して鋼管は肉厚が薄いから埋設の場合に周圍より均一に支持せしめる注意は鑄鐵管以上に必要である。

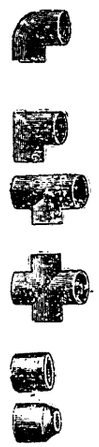
接手 小管は一枚の鋼鈑を圓形に曲げ端を重ね熔接し又重ね式又は衝き合せ式の鋲綴とする、中には細長い鈑を螺旋狀に卷きて熔接又は鋲綴とする、長さは三・六〇—四、五〇米にて現場にて連結するには螺旋接手、鋼鐵製挿承接手、鋲綴とか單に打込に依る。(第百三十八圖)

第百四十圖



ロックバー式鋼管

第百四十一圖



小ガス管の接手

大管にては縱横の方向に接合を有して鋲綴とする、多くは重ね接手であるが流水に對し抵抗が多いので衝き合せ式にして鋲の頭を扁平にしたものもあるが、併し鋼鈑の厚きものを要する、管の長さは工場にて六—九米位に鋲綴にして置き横の接合は現場にて綴ぢる、何れの鋲も充分かしめ更に水壓にて檢査す可きものである。

鋼管にては鋲綴のものや螺旋接ぎのものは伸縮接合を設けないから第一項の樣に溫度に對しての應力を考慮しなければならぬ、接合箇所にては大きな石工臺に緊結する、又は伸縮接合を備へる、長距離外氣に觸るゝ所には伸縮接合を設けるがよい、それは第百三十九圖の樣である。

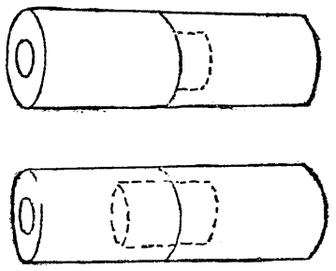
ロックバー式(第百四十圖) 接合は濠洲にて長き管路に使用したものにて鈑の端をロックバーに挾み水壓機にて壓搾して造る、水に對し抵抗少なく鋲綴よりも廉く大管に用ひられる、輪狀の接手は鋲綴とし又は第百三十九圖の樣にして接手輪を用ひて鉛を塡める、方向の變化は少しく楔形をなしたものを角度により數箇用ひれば出來る、分岐管は普通鑄鐵管の異形管を使用するけれども大管にては鈑を鋲綴にして

特に作製する、又制水瓣は鑄鐵の鍔管を使ひて鋼管に連結する。

塗裝 肉厚が薄いから完全なる塗裝は鑄鐵管の場合より肝要である、精製アスファルトを一五〇—一六〇度(攝氏)に熱して銹のない清淨なる鋼管を其中に漬ける、塗裝を厚くする爲に再び漬ける事もある、乾燥する地方にはアスファルト丈けにてよいが濕地にはコールタールかアスファルトとコールタールとの混合物の方が結果が好い、近時布にアスファルトやタールを浸み込ませたものを卷く事も能く行はれる、何れにせよ塗裝は埋設後も恒に疵が這入らん樣に維持するを要し而かも甚だ難事である、又內側にもモルタルを塗る事は鋼管の防銹に有効にて又小管には亞鉛鍍金をなす事も効力が多い、

小鋼管 小さな亞鉛鍍金又はコールタール塗の直徑五〇粍以下のものが消火栓の無い數軒の家又は建築物內に必要である、鍊鐵又は鋼鐵の鈑を曲げて管狀になし其の繼目を酸素、アセチレン又は電氣熔接或は其の他の方法にて赤熱鍛接したものにて內徑三粍—三〇〇粍のもの即ち普通瓦斯管と稱して居るものを使用する、徑二五粍以上のものは重ね接ぎに熔接する、小管の接手には接ぎ輪を用ひ螺旋にて連結する、此の接ぎ輪が鑄鐵管の異形管に該當し第百四十一圖の樣に種々のものがありて直角に曲がり又は枝管を分岐する役をなすものである。

第百四十二圖



手接管木拔剖

引拔き管 鋼塊(インゴット)を燒き丸き穴を穿ちたるものに心金を當てて數段のロールに依り引拔きて造りたるもので縱の方向の接ぎ目が無い事が特長で高壓に適する、歐洲に於けるマンネスマン引拔き鋼管は世界的優良品にて其の工場は獨逸デュッセルドルフ及び佛國占領地なるザールブリュケンにあり、之れ等の工場にては內徑最大四〇〇粍までのものは本法に依りて造つて居る、接手は螺旋付接ぎ輪又は挿承接手に依つてゐる、本邦に於ても川崎市の日本鋼管株式會社で製造して居る。

管の生命 鋼管の生命は塗裝の如何、地質、及び水の性質に關するものであるが多數の場合に五〇年使用して猶狀況惡しからずと報告されてゐる、然し二年半又は一〇數年にて穴があき之れを修繕して使ふ所もある、紐育市にてフリーマン氏は鋼管の生命を五〇年と假定して居る、但し一〇年毎に掃除し塗裝する覺悟を必要とする。

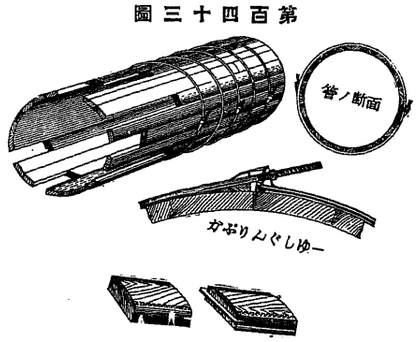
四 木 管

特長 木管は往時の水道には一般に用ひられたものにて本邦にても江戸時代は專ら之れに依つて居つた、最近復興事業に掘り出せるものは既に第二圖に示してある、其の特長とする所は內面が平滑にて鐵管に比すると二二%許り餘計に水を流し年と共に銹びる事なく却つて抵抗が少なくなる事、熱の不良導體であるから外氣にさらされても熱せられず又凍結の被害が少ない事、重量輕く鉛が不要で敷設が極て早い事、酸類、鹽酸硫黃瓦斯等に腐蝕される虞れ少なき事電氣分解の惧なき事、恒に水壓の下に濕潤して居ると生命も可成長い事、彈性に富むを以つて水の擊衝作用少なき事等にて、缺點とする所は一平方糎七瓩以上の壓力に適しない事、結果が不確實にて管に依り又は埋設場所により非常に早く傷む事等である、一時歐州戰爭中鐵管の價暴騰した時に用ひられた事があるけれども今日では兩者の價格に於いて大差なく鑄鐵管の確實なるに及ばない樣になつた、併し木材豐富にて安い所にはよい、殊に壓力低く大形の管の入用の所に適する、狀況が良ければ壽命は中々長く德川時代の玉川上水のものが今猶腐敗しないで

居る事は既に第一章の沿革の所に說いてある、耐久性は又地質に關し植物質の多孔性の地盤又は地面下〇・六〇米以内に淺く埋設すると腐蝕が速かである。

刳拔き管 近頃用ふる木管には刳拔き管と組子管との二種がある、刳拔き管は丸太を刳拔きて造り周圍を鐵のバンドにて螺旋形に卷きアスファルト又はピッチを塗つて保護せるものである、バンドの間隔は壓方にて違へるもので接手は挿承式か又は兩方承口にして繼輪を挾み埋設する（第四十二圖）

第百四十三圖



連筒式木管

時に木槌にて確り打込み内面は滑かに且つ連續させる、管長は三、六米、内徑は五〇—一五〇粍にて壓力は一〇—一四瓩位まで耐へられる。

組子管 之れは桶を造る如く板を組み合せ外部を針金又はバンドにて卷いたもので内徑二五—六〇〇粍に用ふる、其の製作は組子を合せ製管機を以つて充分に壓搾し管の外側に鋼鐵線を捲締し其の上に防腐劑を數回塗布する、長さは徑五〇粍以上は三、六〇米を普通とする、内徑の六〇〇粍以上のものは連筒式木管（第百四十三圖）とも稱し現場に於いて組立て製作するものにて直徑二・七〇米までは造られる、全く接手がない連續したものが出來る、組子管は大約七瓩以下の水壓に耐へ之れ以上の水壓には太き鋼線を密に捲く必要があつて却つて不經濟である、木の厚さは二五—六二・五粍鋼鐵線は最少一〇粍にて間隔は直徑と壓力とにて異るものにて次の式にて計算出來る、即ち鋼線の安全强度をS最高水壓をp、木材の膨脹力をe、管の半徑をr、木の厚さをtとすれば間隔aは

$$a=\frac{S}{pr+et}$$

eは五・〇—一〇瓩にて普通七瓩／平方糎を取る、但しaは二五〇—三〇〇粍以下にしないと板が曲り出して漏水を生ずる惧れがある。

用村は檜、ひば、かや、まき等にて檜は最も耐久なれども松は得易すいから普通弘く使用される。

塗裝 アスファルト又はコールタールを熱して一五〇度（攝氏）とし其の中に漬ける事鐵管と同樣である、又藥液より引き揚げ後直ちに鋸屑中に轉がすと取り扱ひの際摩滅を防ぐに効力あると云ふ、本邦にては志賀博士の防腐防蟲劑を塗り且つ酸類鹽類の多量の土地又は外氣に曝露せらるゝ所には二重保護と稱して更に木管の外部をピッチ布を以つて蔽ふて居る。

組子管の生命 良質の材料を用ひ、アルカリ又は有機物を含まざる緻密の土にて蔽はれ絶へず七・五米以上の水頭の下に浸潤して居るときは能く四〇—五〇年の生命を保つけれども多孔性又はアルカリ性の土質中にありて且水壓少なきか、或は時に空虛になりて木管が乾く樣な場合には一〇—一五年に及ばない、又臺上に支へられて露出して居るけれども絶へず浸潤せるものは氣候の狀況に依り差違はあるが二五—三〇年の生命を保つ樣である、斯く木管は管内には水が充滿し常時水壓を受けて居らないと永年の使用には適しないものである、木管は米國中西部諸都市には能く使用せられ、日本にても鰍澤及び尼ケ崎水道には木管を用ひ玉川水道も最初使用したけれども現今漸次鐵管に變更して居る

五 諸種の水管

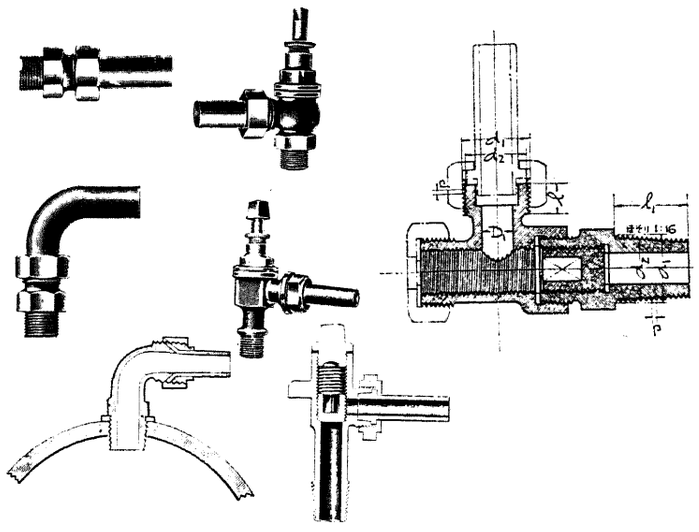
鐵筋コンクリート管 水源より導水する暗渠には最も好適の材料である事は既に第三章で述べた、但し水頭二三十米以下の場合の事にて之以上の高壓管には鋼管が優れてゐる、コンクリートの調合比は一—二—四か一—一・五—三位の上等のものにして砂利も細かに施工養生にも注意を要する、肉厚は鐵筋を保護する外に充分水密たる丈けに厚くする、直徑一・三五米位までは工場にて製作し、現場に運搬埋設されるものにて長さは重量にて制限され普通〇・九〇—三・六〇米に達する、接手は又肝要のもので溫度の變化著しき所では伸縮接合を設けないと水漏れを生ずる、大管にては接輪を用ひ、小管にては挿承接合とし間隙にはモルタルを充塡する、伸縮接合には、アスファルト及び銅鈑を挾める、地中に埋設するものにては伸縮接合は不要である、但し縱鐵筋は〇・二—〇・三%位用ひるがよい。

鐵筋コンクリート管は市内配水には異形管が出來ない事、及び各戸給水管が付け惡い事等の爲に餘り都合よくない、併し淨水場其の他の排水排泥作用には土管と共に汎く使用されるけれども之れは後編下水の部に詳述しやう。

水道用鐵筋コンクリート管としてはヒューム管が其の巧妙なる回轉式製法に依り内面滑らかに質緻密にして二三十米迄での高壓に耐ゆる樣で近來諸所に使用されて居る。

モルタル管は明治廿七八年淀橋淨水場工事用として製作せられしを創めとして爾後諸所に排水用として利用されて居る、土管をモルタルにて作りしものである。

第百四十四圖



分水栓（フエルール）

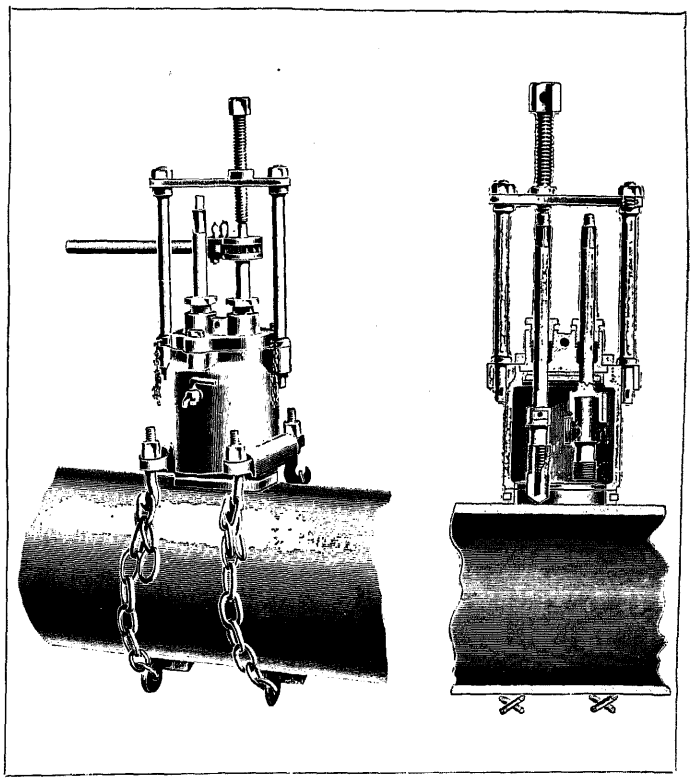
コンクリート管 鐵筋コンクリートの發明後は全く追ひ除けられた之れ管の厚さが厚きを要し且破壞の場合鐵筋コンクリート管の如く粘り事がある、壓力の少ない所にて廉く出來る、富山縣出町、神奈川縣秦野水道等に使はれて居る。接手は挿承式にて承口を深くし麻をセメントに浸して塡めると可成り水密になる、併し有効長〇・六〇糎位であるから接手の數多く從がつて漏水少なからず耐震性も薄弱である、下水用としては頗る好適の材料であるけれども水道用としては雜用水とか排水用管等に用ふるに過ぎない、尙精しくは下水の部に讓る事にする。

鉛管 水道鐵管より各個人の家に水を引く給水管又は引入管は直徑一六—四〇粍の如く細いものであるから防銹せる管でないと閉される惧が多い、亞鉛鍍金又は錫、鉛、セメント、裏裝の瓦斯管が汎く用ひられてゐるけれども最も普通には鉛管を使用する、之れ鉛管は殆ど腐蝕する事なく引入工事が容易で曲げ易く簡單に切斷又は接合し得る特徵があるからである、併し高壓の場合に高價に或る種の水には强くなく急遽襲來するから本邦の如き地震國には適しない。

土管又は陶管 導水用として水道に利用する

鉛毒の惧れがある。鉛毒は硬水や溶融固形物の多い水には少ないけれども酸素と炭酸（CO_2）を含む水に危険が多い、之れは軟水の特性である、一般に地下水の軟水が鉛を溶かすものである、地表水は心配が少ない、普通の水にては鉛管の内面に早速或る種の被覆膜を生じ鉛を溶かす様な事は無くなるので今も盛んに鉛が使用せられて居る、若し鉛毒の心配がある水にては錫を以つて裏装した管を使用すればよいが多少高價になる、一般に鉛管中に數時間も停滯した水は鉛の含有量を增すから暫らく放流して飲用するが安全である、鉛毒は鉛の含有量百萬分の〇・五に達する水を恒に用ふると生ずるものである、亞鉛は普通の含有量にては無害であるから亞鉛鍍金管はよく使用される。

第百四十五圖



鉛管を鐵管に接續するにはフェルールと稱する眞鍮製又は砲金製の分水栓（第百四十四圖）を捩ぢ込み又は打込む、分水栓は高壓の水にては脫出せざる樣にバンドにて管體に締め付ける新に分水栓を付けるには夜斷水して仕事をする又第百四十五圖の如き機具を用ひれば斷水せずして穿孔し接合管を挿入し得られる、鉛管は良質の鉛にて引拔方法によりて製作するものにて長さは直徑により六乃至二〇米位を一把とし細管の方が長い、內徑の種類は一〇・一三・一六・二〇・二五・三〇・四〇・五〇、粍の八種類にて肉厚は

普通壓には　$t=0.1d+3.0$

低壓には　$t=0.1d+2.0$

にて內徑三〇粍管以下には特に低壓を設けず唯一種である、其の他重量試驗檢查方法等は鐵鐵管と同樣に上水協議會より工學會に委囑し調査制定せるものを昭和二年の會議にて採用に決定したる規格（追て日本標準規格）に精しい。

水道用鉛管規格

第一章　總　則

第一條　本規格ハ水道用鉛管（以下單ニ管ト稱ス）ニ適用ス

第二章　種　別

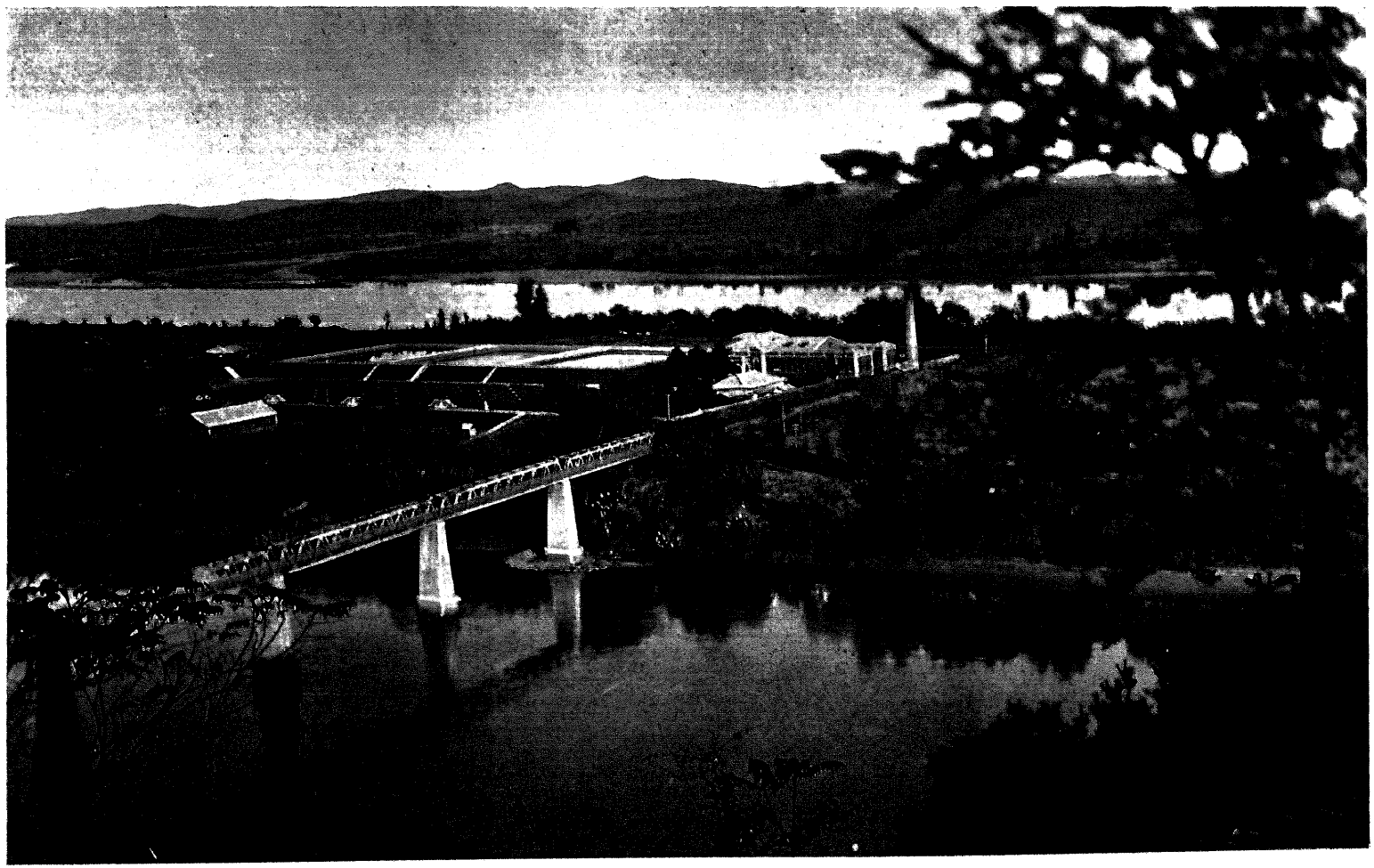
第二條　管ハ之ヲ二種ニ分チ靜水頭四五米乃至七五米ニ對スルモノヲ普通壓管ト稱シ靜水頭四五米未滿ニ對スルモノヲ低壓管ト稱ス但シ內徑三〇粍以下ノ管ハ總テ靜水頭七五米以下ニ對スルモノトシ前記ノ種別ヲ設ケス

第三章　製造法

第三條　管ハ〇・五%以上ノ不純物ヲ含有セサル軟質良好ナル鉛ヲ用ヒテ堅型製管機ニ依リ製造シタルモノニシテ組織均一且粘性ニ富ミ打展シ易ク又屈曲シ易キモノナルコトヲ要ス

第四章　押擴ゲ試驗（タンピング）及屈曲試驗

第四條　管ノ材質ヲ檢スルタメ押擴ゲ試驗ヲ行フモ



平壌水道水源地

市を距る約三十町大同江の上流牡丹臺の直下綾羅島にあり、圖は配水池より水源地構内(ポンプ室、沈澱池、送水管用鐵橋)を望む

ノトス註文者又ハ其ノ指定シタル檢査員（以下單ニ檢査員ト稱ス）ニ於テ必要ト認ムルトキハ屈曲試驗ヲ併セ行フモノトス

第五條　押擴ゲ試驗　標準圓錐型ヲ其ノ尖端ヨリ底端ニ至ル迄徐々ニ管内ニ打込ミ管ノ周圍ニ裂疵ヲ生セサルコトヲ要ス

標準圓錐型ハ鋼製ニシテ其ノ尖端ニ於テ内角四〇度ヲ有シ其ノ底端ニ於テ管ノ内徑ノ二、二五倍ニ相當スル徑ヲ有スルモノトス

第六條　屈曲試驗　管内ニ一平方糎ニ付七・五瓩ノ水壓ヲ保チツツ管ヲ屈曲器ニ依リテ徐々（一〇秒乃至一五秒間）ニ九〇度屈曲シ之ヲ前ト同シ速サニテ原位ニ復シ更ニ反對方向ニ同樣ニ九〇度屈曲シ原位ニ復スルモ漏水ヲ生セサルコトヲ要ス

屈曲器ハ管ノ内徑ノ三倍ニ相當スル外徑ヲ有スル金屬製「ローラー」ヲ裝置シ管ヲシテ「ローラー」ノ周圍ニ馴染好ク接觸セシメ管ノ形狀ニ歪ミヲ生セスシテ容易ニ之ヲ屈曲シ得ル構造ノモノトス（附圖參照）

第五章　形狀寸法及重量

第七條　管ハ斷面實用的正圓ニシテ其ノ寸法及重量ハ次表ニ依ルモノトス

第三二表

種別	内徑（粍）	管厚（粍）	重量（長一米ニ付瓩）最小限度（米）	一把ノ管長ノ
普通壓	四〇	八、二	一四、〇	七
同	五〇	九、四	二〇、〇	五
低壓	四〇	七、一	一、二〇	八
同	五〇	八、〇	一六、五	六

備考　管ノ重量ハ一立方糎ノ鉛ヲ一一、三八瓦トシテ算出シタルモノナリ

第八條　管厚ノ公差ハ正負各一〇%トス

第九條　管ノ内徑ノ公差ハ正負各三%トス

第十條　管ノ重量ノ公差ハ正負各三%トス

第六章　水壓試驗

第十一條　管ハ一平方糎ニ付一七、五瓩ノ水壓ニ耐ヘ漏洩其ノ他ノ缺點ナキコトヲ要ス

第七章　檢　査

第十二條　管ハ内外面共滑ニシテ疵、巢、其ノ他有害ナル缺點ナキコトヲ要ス

第十三條　管厚及内徑ノ檢査竝押擴ケ試驗及水壓試驗ハ各把ニ付之ヲ行フモノトス

第十四條　重量ノ檢査ハ同種同徑ノ管一〇把若クハ其ノ端數ヲ以テ一組トシ各組ヨリ一把ヲ採リ其ノ一端ヲ切リ取リテ之ヲ行フ但シ一組ノ把數ハ註文者ノ指定ニ依リ之ヲ增減スルコトヲ得

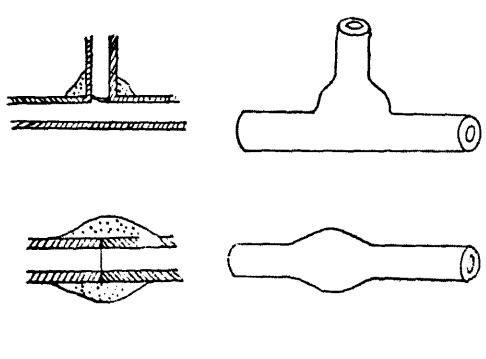
前項ノ檢査カ不合格ニ終リタルトキハ其ノ代表スル組ハ總テ不合格トス但シ註文者又ハ檢査員ニ於テ相當ノ事由アリト認ムルトキハ其ノ代表スル組ノ各把ニ付再檢査ヲ行フコトヲ得

第十五條　註文者又ハ檢査員ニ於テ必要ト認ムルトキハ任意ノ箇所ニ於テ管ヲ切斷シ檢査ヲ行フコトアルヘシ此ノ場合ニ切斷セラレタル管カ合格セルトキハ之ヲ連續セル一把ノモノト看做ス

第十六條　管ハ其ノ兩端ヨリ各約〇、三米ノ箇所ニ製造所ノ記號ノ外普通壓管ニ對シテハ㊀ノ字低壓管ニ對シテハ㊁ノ字ヲ刻印スルモノトス

鉛管ノ接手ニハハンダヲ使ふ、之ハ錫ト鉛ヲ半分位づゝ合セたるものにて枝管等も同樣に本管に孔をあけて接合する（第百四十六圖）又鉛

第百四十六圖



鉛管接手

管の廻りを纖維にて捲き更に針金を捲き外をアスファルトにて包めるものがある、眞徑は最大六五粍位にて接手なく屈曲自在のものである。

眞鍮管　米國にては鉛管も高壓にては重量も增し可なり高價になるを以つて眞鍮管とするも價格に於いて大差なく併も外觀に於て同日の

談で無いので使用場所により漸く廣く用ひらるゝ樣である。

六　結　論

前數項に依り種々の材料よりなる水管の性質は判明したが要するに鑄鐵管は中位の口徑以下の管にて諸所に枝管を分岐する場合又は異形管を使ふ時に便である、鋼鐵管は大口徑の管にて水壓高き所に輕きを欲する場合、又は振動を受くる所に適し木管は木材豐富に鐵管の高き所にて水壓低き所によく、鉛管は給水小管の建物内に好適である。

第三節　附屬設備

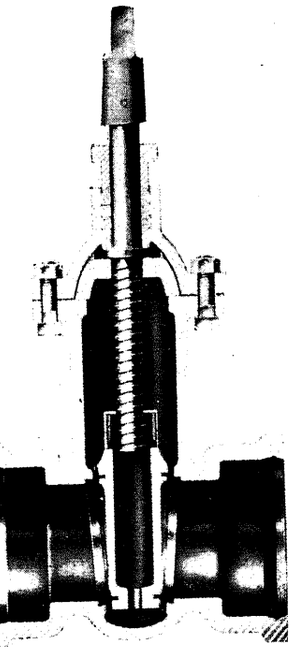
一　辨　類

制水辨又は阻水辨　水道の導水管線を檢査し又は直に修繕する爲に一・五―三粁毎に制水瓣を設け且つ重要なる管線の頂上とか谷底にも必要である、又配水管中にも要所々々に必ず設置する、斯くて故障の場合には手近の瓣を閉ぢて以つて再び充す時間や水の損失を最少ならしめる、大形の瓣は急に高價になり且つ取扱びに困難を增すを以つて管自身よりも直徑を減ずると安くなる、而して前後に適當の片落管を用ひれば餘り水頭の損失もないものである。然らばどの位小にするかは瓣や異形管の價格、損失水頭や揚水費等を考慮して定める、併し管徑よりも小さくすれば管内の排水上不便を來すものである。

口徑四〇〇粍までの瓣は一人にて特別の裝置なしに開閉出來る、之れより大口徑のものは齒車聯動に依るとか（第百四十八圖）水壓力又は電力に依るを要する、制水瓣の構造は第百四十七圖に示す樣で何れも殆ど同一にて瓣筐、瓣扉及び瓣軸より成り水流の方向に直角をなして瓣扉を上下せしむる裝置である、瓣扉は兩面共摺り合せて瓣座に適合せしめ摺動部及び瓣軸は砲金製とし水壓と水衝に對し充分の强さとする、大形の瓣は第百四十九圖の如くバイパスを有し先づ其の小形の瓣を開き兩面の壓力を平均せしめて大扉を動かし易からしむると共に水衝作用を減ずる、又制水瓣の總ての部分品は除去出來且つ取換も可能ならしめる、埋設後は兩面より水壓をかけて檢査する。

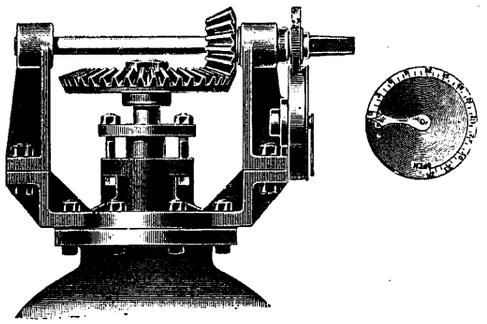
口徑四〇〇粍以下の瓣は瓣軸を垂直にして二五〇粍以下のものは鑄物の（筐第百五十圖）又三〇〇粍以上は石工造の瓣室を作りて保護する四〇〇粍以上の瓣は更に鐵型を設けて管の淺き所にて瓣軸の路面上に突出するを防ぐ（第百

第百四十七圖



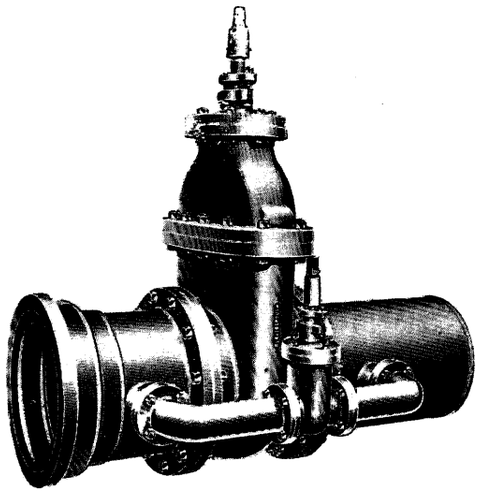
制水瓣

第百四十八圖



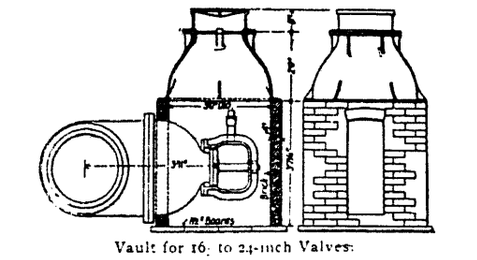
制水瓣齒輪聯動

第百四十九圖



バイパス瓣

第百五十一圖



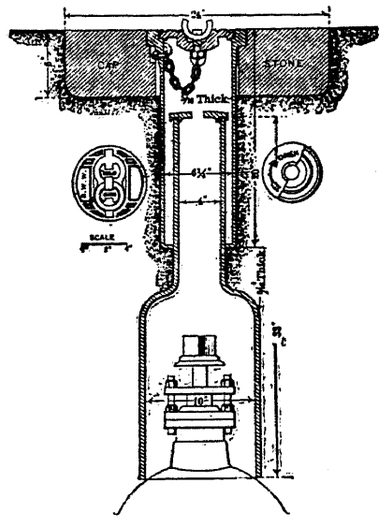
横軸排型

五十一圖）制水瓣の數は市内にては成可く多き方が便利にて其の位置も四ツ角の邊石の見通しとか何米手前とかに一律すれば暗夜又は雪中に探すに便利である。

近來大口徑の瓣にては從來の型を不便とし水流の方向に揺動する、ジョンソンヴァルヴなるものを用ひる樣になり最近淀橋淨水場に之れを据え付けた水壓を利用して容易に開閉出來るものである。

制水瓣も往時は英國「グレンフィールト」「チャプマン」型等を輸入したが近來專ら内國製にて鑄鐵管製造工場にて製

第百五十圖



鑄物の筐

比較的高所には排氣瓣を設ける、之高き所にては水壓が他の箇所より低く爲に水中に溶解せる空氣が遊離し水の通過を妨ぐるからである、又水を充たす時には空氣の逃口となり水を空にする時は空氣の入口となるものにて普通自動的に作用する、第百五十二圖双球排氣瓣の孔に大小あるは通水時大量の空氣を排除するには大孔よりし平時は小孔よりするによる、球は浮子の作用をなして空氣が溜まれば自ら下りて開孔―排氣を終れば再び浮いて孔を閉すもので、木製にて表面にはエ

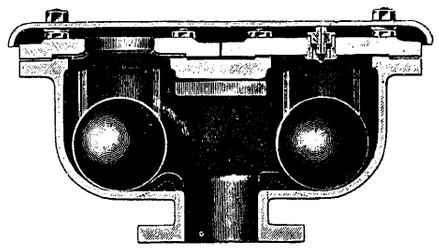
ボナイトを被覆してある。

排泥瓣　所謂泥吐きにて管線の低所に設け管内の不用水又は泥砂は下水又は河川に吐く設備である、泥吐き口の直徑は管の内徑の二分の一―三分の一にて四〇〇粍止りである。

安全瓣　高架水槽の下とか長き管線の終りの阻水瓣の前等特に水衝作用の起り易き所に設ける、平素は重量又は彈條にて阻水し規定の水壓を超過したる場合に水を逸出せしめて壓力を減ずる（第百五十三圖）、恰も空氣室の如き作用をする。

逆止瓣　一旦通過せる水の逆流を防ぐ瓣にて鐵管の破裂したる場合に多量の水を失ふ所、即ち高き貯水池の入口、長き坂の麓ポンプ壓送本管の始點等に用ひ又上水管に連接する所にも必要である、管を太くして蝶番にて動く片開きの瓣扉を設け大管にては人孔を設けて檢査に便にする。

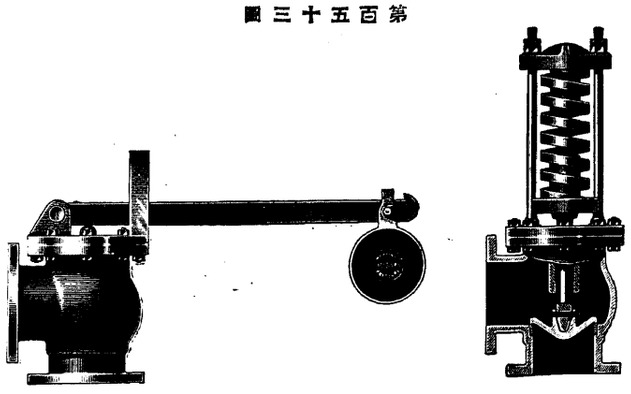
第百五十二圖



排氣瓣

減壓瓣　供給水壓を一定壓力に減ずるものにて供給水壓が高まれば自然に通路を狹めて壓力を一定ならしめる、高區低區に給水區域を分つ場合に高臺に於ける充分の防火水壓は低區に於ける家庭用水壓には高過ぎる、斯るものを連絡するに必要である、第百五十五圖にてAの壓力が五瓩にてBの壓力を三瓩にしようと思へばW又は彈條にて其の力を二瓩とすればよい理である、之れにも「ロツス」「アンダーソン」「ミューラー」等種々の會社のものもあるが要するにクツションを入れて滑らかに動作をする樣に工夫したものである。（第百五十六圖）

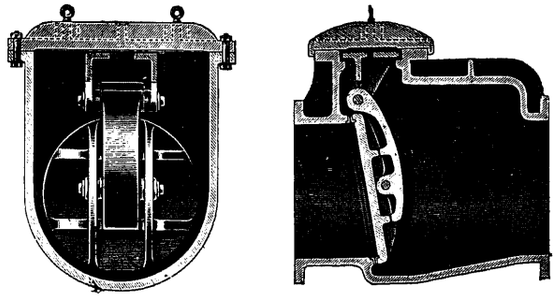
第百五十三圖



安全瓣

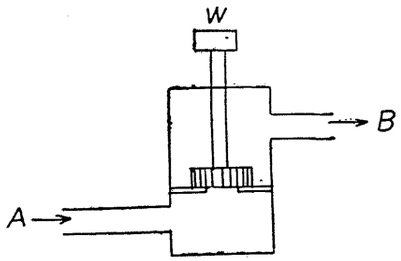
自動止水瓣（**スロツトル瓣**）配水池より市内に給水する場合に池の附近の水壓の少なき所に設置し市内其の他にて鐵管の破裂した時に自動的に氾濫を防止するものである。挺子の一端に小圓盤を附け管内の中央に置き若し流速が一程

第百五十四圖



逆止瓣

第百五十五圖



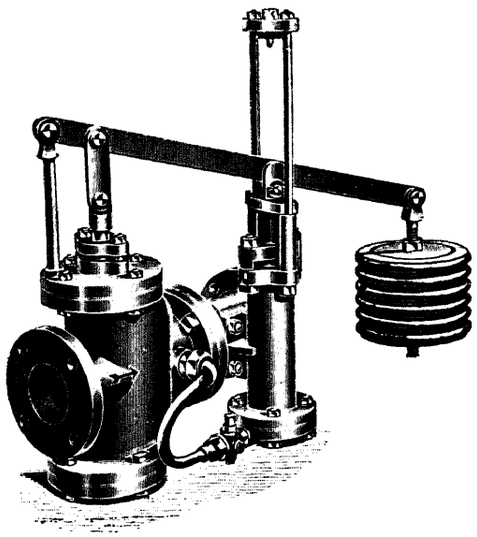
減壓瓣の原理

度を越す時には自動的に挺子を動かして錘を開放して靜かに蝶瓣を閉ざすものである（第百五十七圖）。紐育市にては一二〇〇粍の砲金製のライザー瓣を備へ二〇〇餘米も深き隧道より地上の給水本管に送る竪坑中に設けて流速が一定度を越ゆれば自動的に阻水せしめて居る（第百五十八圖）。

二　水栓類

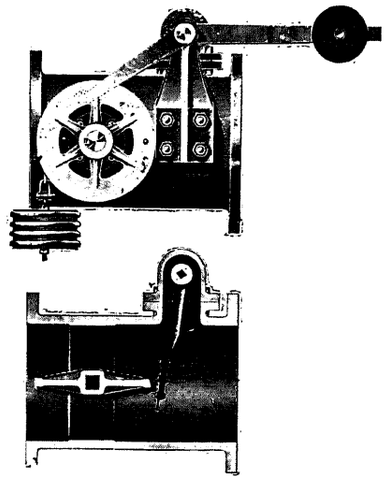
水栓類は主として砲金を以つて鑄造したもので用途により大別して給水栓止水栓及び分水栓の三種とする、給水栓は（第百五十九圖）水道引用者が各自に之れを開閉して所要の水量を得る裝置にて又止水栓第百六十圖及び分水栓第百四十四圖は水道經營者に於いて之れを管理し前者は水道引用者の門戸の地下に設置して給水の開始及び停止に際し之れを開閉する用に充て後者は配水鐵管より給水管を分岐する箇所に取り付け給水管に故障を生じたる際之れを閉鎖し以て修繕の用に充てるものである、水栓類に就ては上水協議會にて大正十五年十月規格を制定してある。

第百五十六圖



減壓瓣

第百五十七圖



自動止水瓣

水道用水栓の規格

第一章　總則

第一條　本規格ハ水道用給水栓、止水栓、分水栓、其他之ニ類スルモノ（以下總括シテ單ニ水栓ト稱ス）ニ適用ス

第二章　製造法

第二條　水栓ハ性質良好ナル砲金ヲ用ヰテ鑄造シ組織緻密且ツ均一ニシテ强靱ナルコトヲ要ス

水栓ノ軸ニハ性質良好ニシテ引延ベタル眞鍮棒ヲ用ウルモノトス

第三條　水栓ハ鑄込ミタル後急冷ニ依リテ生ズル不等ノ收縮其ノ他ノ障害ヲ避クルタメ必要ナル時間型枠ヨリ取出サザル

コトヲ要ス

第四條　水栓ノ外面ハ本磨仕上トス、但シ註文者ニ於テ其ノ必要ナシト認ムル部分ニ就テハ此ノ限ニ在ラズ

第五條　水栓ノ摺動部ハ叮嚀ニ摺合セヲナシ接合部及瓣ニハ品質良好ナル革ヲ用ウルモノトス

第六條　砲金ノ成分ハ次表ノ標準ニ依ルモノトス

第三三表

銅	七八%以上
錫	七%以上
亞鉛	五%以下
鉛	九%以下
其他	一%以下

第七條　水栓ハ同種ノモノニ在リテハ各部分品相互ニ交換シ得ルコトヲ要ス

第八條　水栓各部ノねぢノ寸法ハ日本標準規格「管用ねぢ」ニ依ルモノトス

第三章　寸法

第九條　水栓主要部ノ寸法ハ附表第一號乃至第五號ニ依ルモノトス（略）

第四章　檢査及試驗

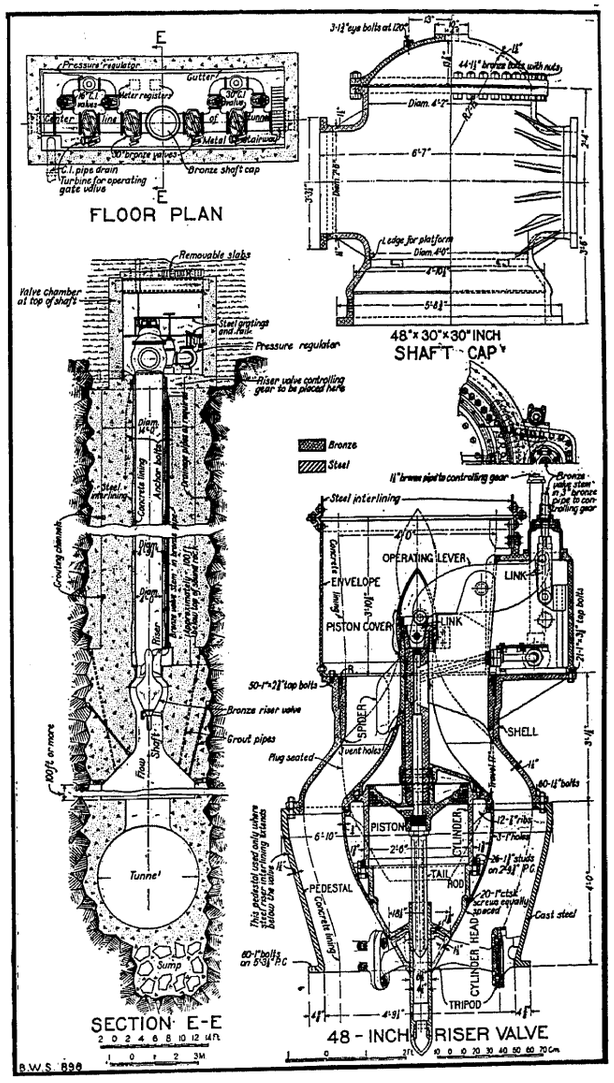
第十條　水栓ハ其ノ內外面滑ニシテ疵、瘤、鑄巢、巢、其ノ他有害ナル缺點ナキコトヲ要ス疵、巢穴等ニ詰金又ハ塡金ヲ爲スコトヲ得ズ

第十一條　註文者又ハ其ノ指定シタル檢査員ニ於テ必要ト認ムルトキハ分析又ハ破壞ジテ水栓ノ材質及寸法ヲ檢査スルモノトス

第十二條　水栓ハ一平方糎ニ付キ一七・五瓩ノ水壓ニ耐ヘ漏水又ハ浸潤ナキコトヲ要ス但シ摺動部及接合部ヨリ漏水スルモノハ修理ノ上再試驗ヲ行フコトヲ得

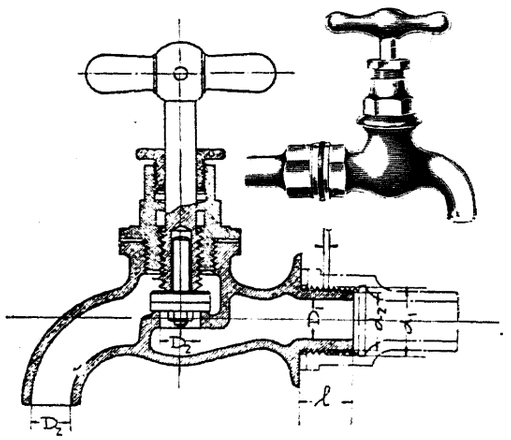
以上

第百五十八圖



第百五十八圖　四十八吋ヲイザー弁

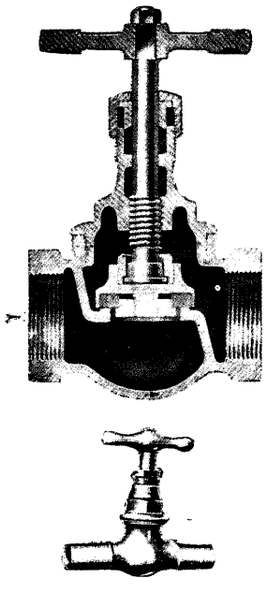
第百五十九圖



給水栓

して居る、結氷期には藥其の他を捲くけれども一層の寒地に於ては耐寒給水栓（第百六十一圖）を使用する即ち鉛管內の水は主に地上部分が結氷するもの故開閉裝置を地下深く設け夫れ以上の鉛管內の水は瓣を閉ぢると共に管外に排出せしめ又は下方縮部の小孔より鉛管外に流逸せしめる、夏期は流出口を閉ぢるとよい、之に和田式、西出式、仲田式等種々ある、又自動制水裝置にボールタップなるものがある、混藥裝置水洗便所に於ける瀉水槽其の他に使用されるものにて一定の水位に嵩まる時は球は浮いて流出孔を縮少閉塞する者である（第百六十三圖）。

第百六十圖

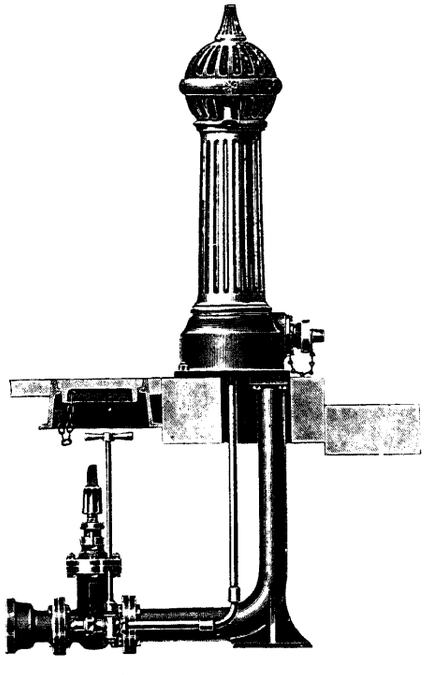


止水栓

三　消火栓

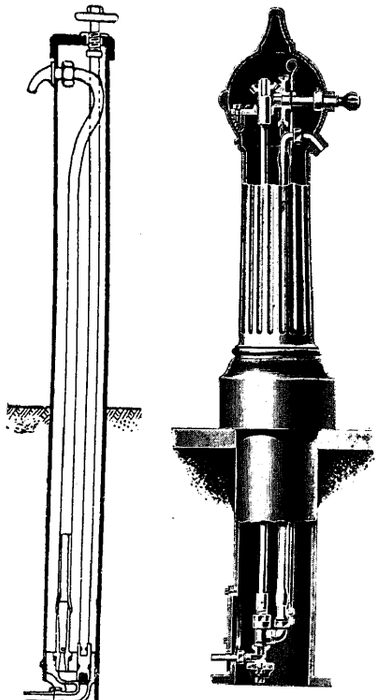
消火栓は配水管の要所に必ず配置せらる可きもので水道敷設の概要なる目的の一なる防火の用に供するものである其の主要部は砲金を以つて製作せらるゝものにて形式上之れを大別して地上式（第百六十四圖）及び地下式（第百六十五圖）の二つとする地上式は暗夜又は雪中にも認識容易にて且操作簡單なる利益があるけれ共狹隘なる又雜沓せる街路には平素邪魔物となり且價格不廉の缺點がある、本邦にては現時地上式は稀であるが都市計畫事業の進捗と共に街路の幅員擴張せらるるに伴ひ地上式のものは益々增加する傾向である、地

第百六十一圖



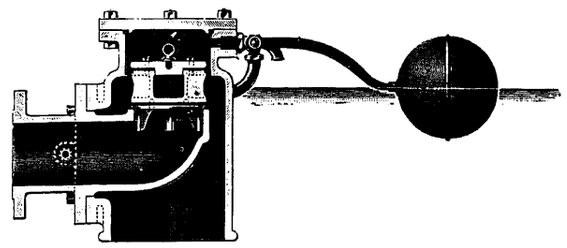
共用栓

第百六十二圖



耐寒給水栓

第百六十三圖

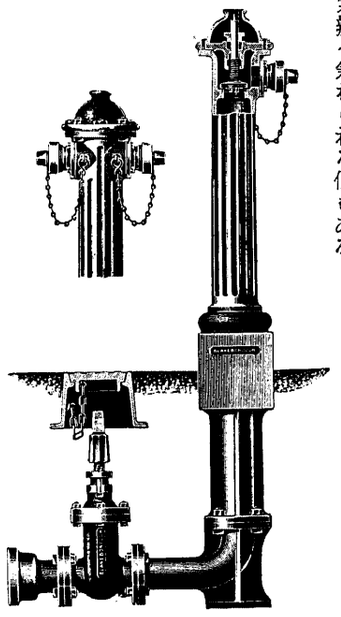


辨球

構造上より第百六十五圖の如く制水瓣を取り付けたるもの及び第百六十六圖の如く球瓣を取り付けたるもの、三種に區別出來る、

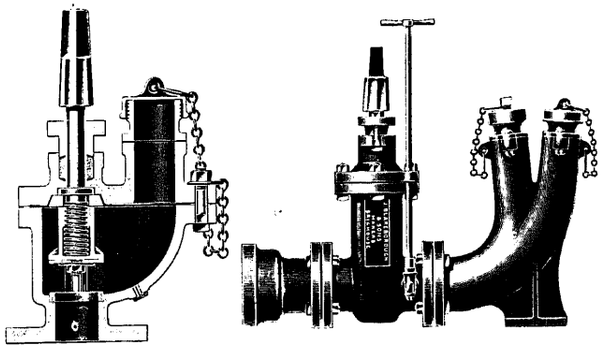
瓣球は簡單で往時能く用ひられたが使用の際竪管（第百六十七圖）ふ不便と壓力下降せる際に惡水の水道鐵管中に浸入する危險があり、し排氣瓣を兼ねられる便もある。但

第百六十四圖



地上式消火器

第百六十五圖

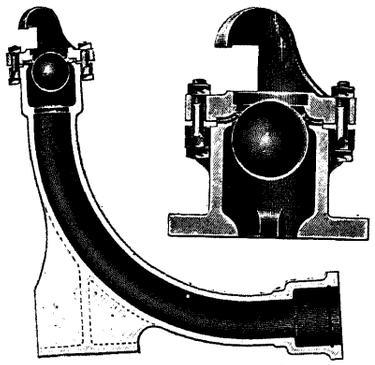


地下式消火栓

制水瓣式消火栓は濾過水のみなればよいが然らざれば臺座に土砂が這込りて漏水を生ずる事がある。

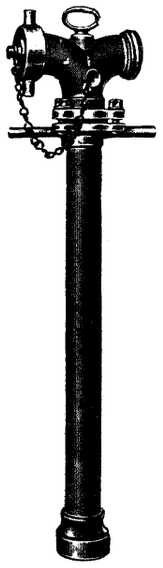
消火栓には又一箇所より出づるホースの數に依り單口、双口或は多口消火栓がある、商業中心の重要區域には双口又は多口式を使ふ之れは一口が作業中他の口にカプリングを嵌められる様に工夫する事が必要である人口の密度少なき所は双口消火栓よりも單口消火栓

第百六十六圖



球瓣式消火栓

第百六十七圖

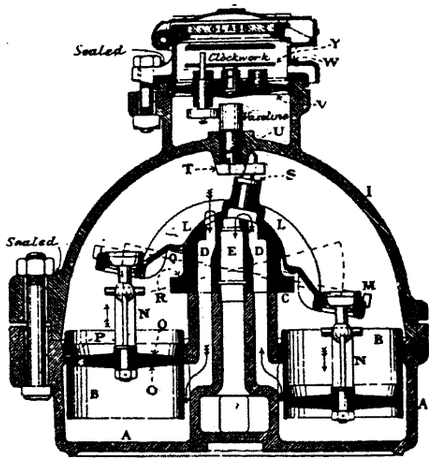


消火栓用竪管

を近距離に設置する方が安全である、又消火栓には公設及び私設の別がある、公設は水道經營者自ら管理するもので私設の方は個人の要求に依り施設する從がつて之れを使用する毎に其の料金を徴集せらるゝものである。

要するに消火栓には種々の型式があるけれども摩擦抵抗少なくホース等も屈曲少なきを可とし「カプリング」も容易に嵌めやすきものがよい、町野式カプリングは此點が甘く考案せられ結果も良好である、消火栓室中の水は汚れて居るを以つて使用後鐵管内に復歸せぬ様にして栓を閉ぢると共に排水口が開き之れを下水とか砂

第百六十八圖



ピストン型直接式量水器

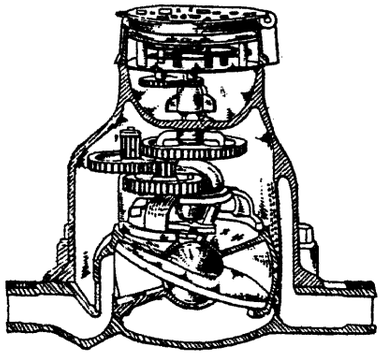
設する必要がある。

消火栓は單に消火の目的に使はるゝ計りでなく道路の撒水洗滌に又管中の水を棄つる事及び水を充す際には空氣の脱出口ともなるものである。

四　量水器

量水器には種類極めて多いけれども之れを直接式と間接式との二種に大別出來る、直接式量水計は實際に通過する量をピストン又は廻轉式圓盤等にて毎回容にし其の往復（第百六十八圖）又は廻轉の回數を記錄して水量を知るもので間接式量水器は器内に翼車又は螺旋狀があつて其の廻轉數より水量を想定するもので

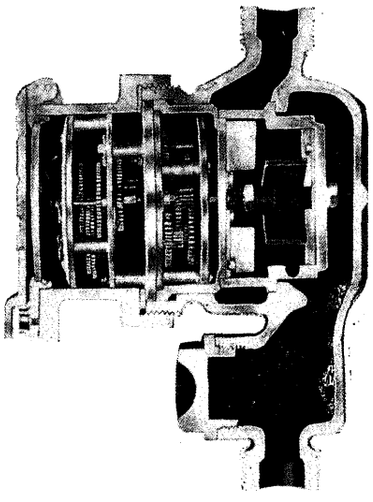
第百六十九圖



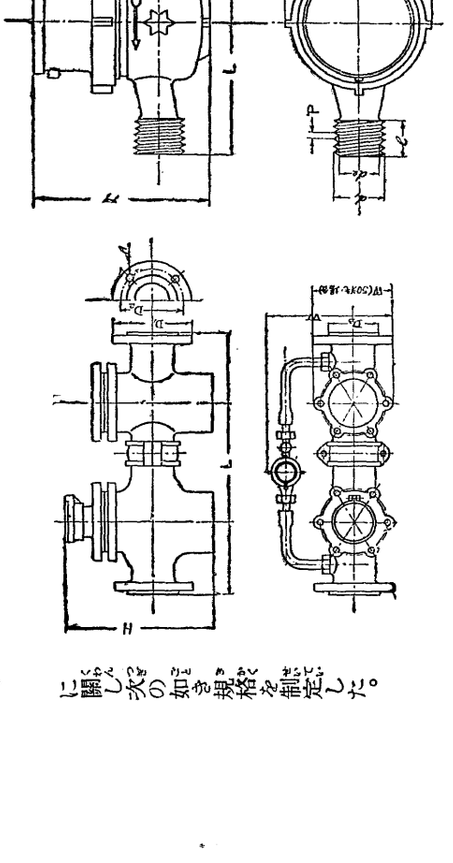
圓盤型量水器

あり、兩者の利害は間接式の方は構造簡單にして價格低廉摩擦抵抗も直接式より少ない、直接式は器

(A) 圖十七百第



(B) 圖十七百第



翼車式量水器ニ關スル規格

第一條　本規格ハ翼車式量水器（以下單ニ量水器ト稱ス）ノ取付部及外廓ニ適用ス

第二條　量水器ノ取付部ハ口徑四〇粍以下ノモノヲねぢ式トシ口徑五〇粍以上ノモノヲ突縁式トス

第三條　ねぢ式取付部ノ寸法及外廓ノ最大限度ノ寸法ハ附表第一號ニ依ルモノトス

第四條　取付部ねぢノ寸法ハ日本標準規格「管用ねぢ」ニ依ルモノトス

第五條　突縁式取付部ノ寸法及外廓ノ最大限度ノ寸法ハ附表第二號ニ依ルモノトス

第六條　取付部ノ突縁面ハ量水器ノ長軸ニ對シ直角ナルヲ要ス

第七條　量水器ノ長軸ニ於ケル長サノ公差ハ負四粍トス

表四三第　號　二　第　（メートル粍ヲ位單ノ法寸）

口徑	副量水器	取付部ノ寸法					外廓ノ寸法		長サニ於ケル公差
		突縁寸法			ボールト孔		高	幅	
D	口徑	D_1	D_2	D_3	d	n（數）	H	W	L
50	—	186	143	100	19	4	340	240	560
75	20	211	168	125	〃	〃	380	450	630
100	25	238	195	152	〃	〃	450	550	750
150	〃	290	247	204	〃	6	530	660	1000
200	30	342	293	256	〃	8	600	740	1160
250	40	410	360	308	22	〃	620	750	1240
300	〃	464	414	362	〃	10	720	850	1600

※副量水器ノ口徑ハ參考ノタメニ附記セルノミ

表四十三第　號　一　第　（寸法ノ單ノ粍ヲ位メートル）

口徑	長サニ於ケル公差	高	幅	ねぢノ徑	ねぢノ谷ノ徑	ねぢノピッチ	ねぢ山ノ數	ねぢ部ノ長
D	L	H	W	d_1	d_2	P	25.4粍ニ付	l
13	165	140	100	26.442	24.119	1.814	14	11
16	170	〃	〃	30.202	27.878	〃	〃	12
20	190	〃	115	33.250	30.293	2.309	11	13
25	225	150	120	41.912	38.954	〃	〃	15
30	230	155	125	47.805	44.847	〃	〃	17
40	245	180	135	59.616	56.659	〃	〃	20

器水量式車翼

大阪機械工作所所長「ルックネー」氏が、近年に至り大に多數の商工業者に使用せられて居る、「シーメンス」より輸入品を抑へ國產品を獎勵する爲め、小型の翼車式量水器に就き、數回に亙つて研究を重ね、其の結果として、從來の翼車式量水器の缺點を改良し、且つ製作上の困難を除去して、製品の均一を期し、價格を低廉ならしめたる、翼車式量水器である。

翼車式量水器は、構造簡單にして、取扱ひ容易なる點に於て、他の量水器に優れるも、其の計量の正確を期し難く、從つて使用者の信用を博し難きは、翼車式量水器の缺點とする所である。

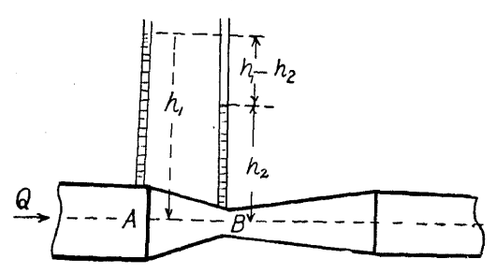
「ルックネー」氏が、翼車式量水器の缺點を改良するに當つては、翼車の軸受に於ける摩擦を減少し、且つ翼車の回轉數を減少して、翼車の摩耗を防ぐと共に、翼車の回轉數を減少して、翼車の回轉數を減少して、翼車の回轉數を減少して

は流速が大なる關係上水壓力は減ずるものにて流量Qは水理學上第百七十一圖にて

$$Q=a\sqrt{h_1-h_2}$$

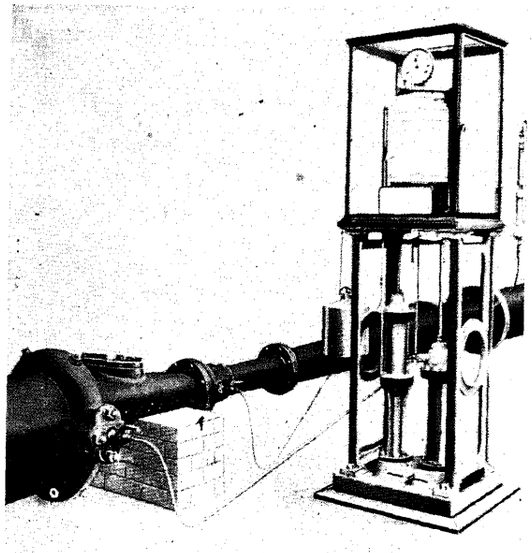
となりてh_1-h_2なる差丈け測れは流量が判明する、之れを小管にて導き此の差を室内にて流量

第百七十一圖



ヴエンチュリメーター

第百七十二圖



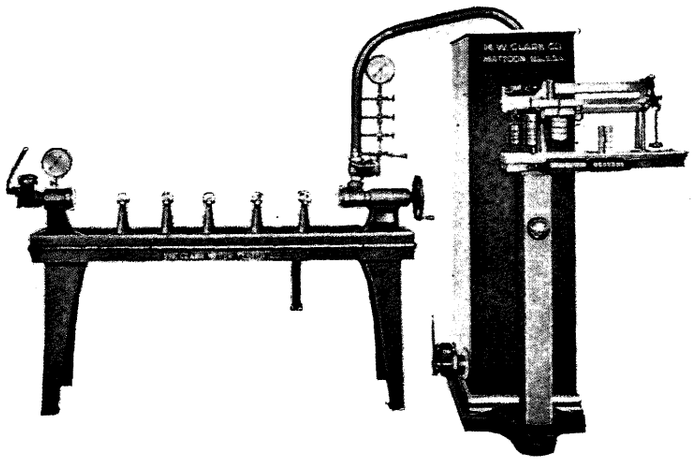
ヴエンチュリメーター裝置

流速は〇・七五―一二米／秒にて最もよきは三―九米である、誤差も一―二%に出來る、下流への擴がりの角は四度五八分位がよい、上流はAの六倍間内經六〇糎以上は少なくも三・六米丈けは直線なるを必要とする、管は水平に据へるを普通とし水壓は水頭八・五米を標準とするが三米位までは測定出來る、測定の範圍は通例最大量は最小量の十三倍位である、ヴエンチュリメーターの世界的に最大なるは紐育市のカツツキル水道にて咽喉部の徑二・六四米全長二六・八米一日五、三〇〇、〇〇〇立方米の量を計つて居る、ヴエンユチリメーターは普通配水池の引出口に設置して其の管全部の水量を記錄する、「ケント」會社製品は最も高級品にて「シーメンス」「バラタイン」等もよく本邦に用ひられてゐる。

五　人　孔

長大なる導水管線にては五〇〇米内外の距離にて管線の低所又は制水瓣の附近に人孔を設けて管の掃除を便ずる、泥吐口も屢々之れに利用出來る、長さ約五〇糎幅約三五糎位の楕圓形の鑄鐵製鍔を附け丈夫なる蓋をなしボールトにて締め付ける。

第百七十三圖



メートル試驗器

第四節　市内配水

一　概　論

市内配水管は總ての水道使用者に適當の水量を或る單位にて讀む樣に目盛する、又は時計仕掛として記錄筒に時々刻々の水量を積分して畫く樣にする（第百七十二圖）。

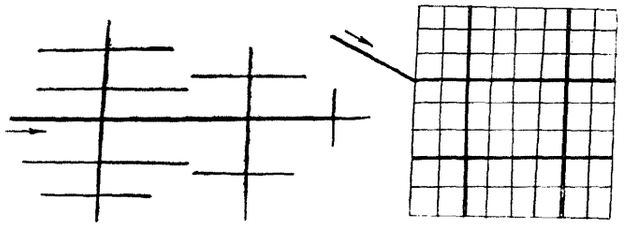
ワエンチュリメーターの咽喉部Bの内經はAの内經の二分の一乃至三分の一にてBに於ける

ればならぬ、之れが爲には何れの場所にても二つ以上の幹線から給水される樣にし、即ち總ての幹線を連結して適當に制水瓣を設け一ケ所の破裂又は斷水時間と區域とを最小ならしめる樣に努める、此の爲に生ずる水量を使用する、凡そ配水管の費用は水道施設費の内重要なる部分にて其の何れに依るかを決定する、又總ての使用者に給水するには總ての街路に管を敷設しなければならぬ、併し場末の町に管を敷くや否やは其の人口及び將來の發展及擴張の事項を考へて判斷しなければならぬ。

二　配水方式

配水方式に自然流下式、配水池、配水塔及びポンプ直送式等があり其利害得失、並に高低差の多き町にて高中低區等に給水區域を分つや否やに就ては既に第一章第四項に解說した、此の外に二重配管式と稱して飲料水のみに淨水を用ひ防火、撒水及び掃除用には別に雜用水道を造りて配水管を二重に敷設する事がある、此の式の利益は飲用及び料理に使ふ水量は比較的僅少であるから水質の好い水源を

第百七十四圖



網目式

第百七十五圖

行止り式

央等其複管る爲る水ゐくは停滯だ他を連絡す端管要ゐ網目式ゐ水ゐ場ゐ長い、之れは

$$h_1 = f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}$$

但し h。まで頭ゐ大口ゐ點ゐ等ゐ屈ゐ曲ゐ全ゐ損ゐ失ゐ抵ゐ抗ゐの總ゐ和ゐで給ゐ水ゐ口ゐ及び出ゐ口ゐ迄ゐの摩ゐ擦ゐ抵ゐ抗ゐ h₁ h₂ h₃ h₄ h₅ h₆ h₇ は水ゐ頭ゐ等ゐ損ゐ失ゐ、h₅ は管ゐの摩ゐ擦ゐ抵ゐ抗ゐ、h₆ は縮ゐ小ゐ抵ゐ抗ゐ、h₇ は出ゐ口ゐに於ゐける速ゐ度ゐ水ゐ頭ゐ、h₀ は入ゐ口ゐ抵ゐ抗ゐ、l は管ゐの長ゐさ、d は管ゐの内ゐ徑ゐ、f は摩ゐ擦ゐ係ゐ數ゐ、g は重ゐ力ゐの加ゐ速ゐ度ゐ、v は管ゐ内ゐの平ゐ均ゐ流ゐ速ゐ、a は管ゐの斷ゐ面ゐ積ゐ、Q は流ゐ量ゐ、C は流ゐ速ゐ係ゐ數ゐ、i は動ゐ水ゐ勾ゐ配ゐ、R は徑ゐ深ゐ、S は潤ゐ邊ゐ、n は粗ゐ率ゐ、π は圓ゐ周ゐ率ゐ、e は自ゐ然ゐ對ゐ數ゐ、log は常ゐ用ゐ對ゐ數ゐ、sin は正ゐ弦ゐ、cos は餘ゐ弦ゐ、tan は正ゐ接ゐ、sin⁻¹ は逆ゐ正ゐ弦ゐ、cos⁻¹ は逆ゐ餘ゐ弦ゐ、tan⁻¹ は逆ゐ正ゐ接ゐ、Σ は總ゐ和ゐ、Δ は差ゐ、d/dx は微ゐ分ゐ、∫ は積ゐ分ゐ、√ は根ゐ、! は階ゐ乘ゐ、∞ は無ゐ限ゐ大ゐ、lim は極ゐ限ゐ、∠ は角ゐ、⊥ は直ゐ角ゐ、∥ は平ゐ行ゐ、≒ は略ゐ等ゐ、≡ は恒ゐ等ゐ、≠ は不ゐ等ゐ、> は大ゐ、< は小ゐ、≧ は以ゐ上ゐ、≦ は以ゐ下ゐ、± は加ゐ減ゐ、× は乘ゐ、÷ は除ゐ、= は等ゐ、≈ は略ゐ等ゐ、∝ は比ゐ例ゐ、∴ は故ゐ、∵ は因ゐ、∀ は凡ゐ、∃ は存ゐ、∋ は含ゐ、∈ は屬ゐ、∉ は不ゐ屬ゐ、∩ は交ゐ、∪ は合ゐ、⊂ は包ゐ、⊃ は含ゐ、⊆ は包ゐ含ゐ、⊇ は含ゐ包ゐ、∅ は空ゐ、∠ は角ゐ、⊥ は垂ゐ、∥ は平ゐ行ゐ、≅ は合ゐ同ゐ、∽ は相ゐ似ゐ、∠ は角ゐ、△ は三ゐ角ゐ、□ は四ゐ角ゐ、○ は圓ゐ、∥ は平ゐ行ゐ四ゐ邊ゐ形ゐ、⊥ は垂ゐ線ゐ、∠ は角ゐ、⌒ は弧ゐ、∫ は積ゐ分ゐ、∑ は總ゐ和ゐ、∏ は連ゐ乘ゐ、lim は極ゐ限ゐ、∞ は無ゐ限ゐ大ゐ、∂ は偏ゐ微ゐ分ゐ、∇ は勾ゐ配

Sは動水勾配で $\frac{h}{l}$ である。

$$v=c\sqrt{ds}=cd^{0.5}s^{0.5}$$

而して流量Qは

$$Q=\frac{\pi d^2}{4}v=\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{2gh}{fl}d^5}$$

$$d=\left(\frac{8flQ^2}{\pi^2 gh}\right)^{\frac{1}{5}}=0.6075\sqrt[5]{\frac{flQ^2}{h}}$$

故に管の流量は直徑の二分の五乘に比例する事が判る、若し直徑が二倍になれば流量は五・七倍となる、卽ち管の斷面積から云へば直徑が倍なれば四倍でもよいものがそれ以上になる、實際はｆの値は直徑の增す程減じ徑三〇〇粍の時に〇・〇二三が六〇〇粍になれば〇・〇一九に減ずるから之れを計算すると流量は六・二倍となる然るに管の重量は口徑の一・六－一・七乘に比例して增すものである之れから見ても大口徑の管は通水上余程有利である事が判明する卽ち余り小徑管は經濟的ならず而も摩擦水頭が多いものである。

斯くて水理學上管の流量は動水勾配と直徑との積の平方根卽ち $\sqrt{ds}$ に正比例する理であるけれども實驗上は水の不定流とか直徑や流速の大小に依りｆが變る爲に簡單でない、多數の實驗に依り古來數多の實驗公式がある、其の內屢々使用せらるゝものは第二章送水路にて說いた「ガングィレークツター」及び「ダルシー」の兩式は元來開渠の公式であるけれども水管に應

第三六表　各種鐵管內流速比較表

直徑 d 吋	勾配 S	流速 スミス	ラムペ	フラマン 新管	フラマン 中古管	ダルシー 新管	ダルシー 中古管	クッター n= 011	ヘーズンウイリアム $C_1=140$	ヘーズンウイリアム $C_1=120$ (呎/秒)
2	.004	1.07	1.05	1·02	0.90	1.20	0.85	0·79	1.26	1.08
	.05	4.54	4.25	4.34	3.83	4.24	3.00	2.78	4.95	4.25
	.20	9.68	9.17	9.59	8.46	8.47	5.99	5.57	10.42	9.00
6	.001	1.00	1.04	1.02	0.90	1.18	0 83	0.96	1·19	1.02
	.01	3.67	3.73	3.80	3.35	3.72	2.63	3.12	4.15	3.55
	.1	12.80	13.38	14.13	12.47	11.77	8.32	9.85	14.40	12.40
12	.0005	1.08	1.14	1.12	0.99	1.22	0.86	1·14	1.27	1.09
	.005	3.96	4.11	4.18	3.69	3.86	2.73	3.73	4.40	3.78
	.025	9.56	10.03	10.51	9·27	8.64	6.11	8.35	10.50	9.00
36	.0001	1.01	1.00	0.98	0.87	0.97	0.68	1.06	1.07	0.92
	.001	3.57	3.60	3.66	3.23	3.07	2.17	3.62	3.70	3.18
	.01	12.60	12.92	13.64	12.03	9.72	6.87	11.50	12.80	11.00
60	.00005	1.01	0.97	0.95	0.84	0·89	0.63	1.04	1.01	0.87
	.0005	3·51	3.49	3.55	3.13	2.82	1.99	3.57	3.50	3.00
	.005	12.50	12.54	13.22	11.66	8.92	0.31	11.45	12.20	10.50

用出來殊にクッター氏の式は大口徑の場合も實驗に合致する、Ｓが二千分の一以內なればクッターの簡易公式にてよい、卽ち

$$c=\frac{100\sqrt{R}}{25+\sqrt{R}}$$

も使用される、併し此のクッター氏の式は係數の形が非常に複雜して居るが之れは流速は水理學の原理たる $\sqrt{ds}$ に根本的に比例するものとして係數の方で實驗の結果に合せたからである、スミス氏は實驗の上此の係數を直徑及び流速により表示し又圖表を作つた、其の後

$$v=cd^m s^n$$

なる指數公式が案出せられ猶多くの實驗の結果を加へ c=107～46 の間に m=0.62～0.72の間に n=0.50～0.57間の種々なる公式が作製せられた（呎秒單位）之れに依るとｃなる係數は管の大小に由らず一定して居る、唯管の新舊、材質に依りてｃの値が異るもので

ある、之れには次の「ラムペ」「フラマン」「テーラー」「ウィリアムヘーズン」等種々のものがあり、計算上も使用上も甚だ便利である、次の公式は全部呎秒で示したものである。

「ラムペ」氏公式 $v=77.68d^{.694}s^{.555}$

「フラマン」氏公式

$v=76.28d^{\frac{5}{7}}s^{\frac{4}{7}}$ 數年使用せる鑄鐵管

$v=86.38d^{\frac{5}{7}}s^{\frac{4}{7}}$ 新管

ウイリアムヘーズン氏

$v=C_1 r^{.63}s^{.54}0.001^{-.04}=1.318C_1 r^{.63}s^{.54}$

140 $v=77.d^{.63}s^{.54}$ 滑らかな新鐵管及び眞鍮管

130 $v=71.5d^{.63}s^{.54}$ 新鐵管の瘤銹なきもの

100 $v=55.d^{.63}s^{.54}$ 舊鋲綴鋼管の瘤銹あるもの

100～100v= 55～60.5$d^{.63}s^{.54}$

小管にして瘤銹ある管は C_1 の値は一五から二〇位に減ずる、之れ等の諸公式の結果の比較は第三六表で判明する。

本邦にては從來多くクッター氏の公式にて

n=0.011

n=0.013

を使つた例が多い、又計算の表もムーア氏著衛生工學にあるので水道下水共に汎く利用せられて居る。

又指數公式は簡單であるから第百七十七圖の樣なノモグラムに依りて容易に定規か細い糸一本あれば直ちに直徑が求められる。此の使用法は流さんとする流量を第一行に千分に於ける落差を第三行に見出し糸をはれば第二行より所要直徑第四行に流速が出る例へば毎秒四立方呎の水を五〇〇〇呎の所にて五呎の落差にて流すには第一線の四と第三線の

$$\frac{5}{5000}=\frac{1}{1000}$$

にて一・〇を結びて第二線より一八吋七位と出る、卽ち二〇吋（五〇〇粍）管を使用すればよい、此の際第四線によりて秒速一・八五呎と出る、其の他何れの二つの量が與へられても他の二つの量が求められる。

使用年と流速　此の「フラマン」又は「ヘーズン」の圖表はよく塗裝してある鐵管なれば十年か十五年位使用した所を標準としてある、之れで直徑を定むれば充分の場所も多いがもし塗裝しなければ早速銹びて一〇〇粍や一五〇粍の小口徑管にては七五％も流量を減ずるものにて塗裝の如何及び水質に依りては不足する事になる。

管の瘤銹とか皮殼は管の斷面を減ずる爲と一つは內面の粗率を高める爲めに著しく流量を減ずるもので此の影響は特に小管に大きい、實例に依るにコールタール塗四〇〇粍管にて十八年使用して二五％流量を減じボストンにてはコールタール塗一二〇〇粍管にて十六年間に二四％(n=0.014)になつた例がある、ダルシーは舊管は新管に比しｆの値を二倍とする卽ち流速にて新管の十分の七を取る事としウエストン氏は各五年間に一六％宛損失頭を增すものとしコッフィン氏は之れを一五－二五％とし流速大なる程影響が大なりと云ひウィリアムヘーズン氏は C_1 が一五－二〇年に一四〇より一〇〇に減ずるものとして居る。

給水管の流量　前記の鐵管の流量式は家庭給水管の直徑二五粍內外のものには適用されない之れは鉛管とか眞鍮管とか亞鉛渡金管で余り銹びない、之れにはスミス氏の係數の表を使ひ又ウエストン氏の滑らかなる新管に對する公式

$$d=f\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}$$

$$f=0.0126+\frac{0.0315-0.06d}{\sqrt{v}}$$

にて計算した表を使用する事が多い、但し此の式は呎秒單位である。

鋲綴鋼管　鋲綴鋼管にては $v=C\sqrt{RS}$ にてＣの値が一〇〇乃至一一五にて先づ一〇〇位である、クッター氏の式によれば n=0.013～0.015 位である。

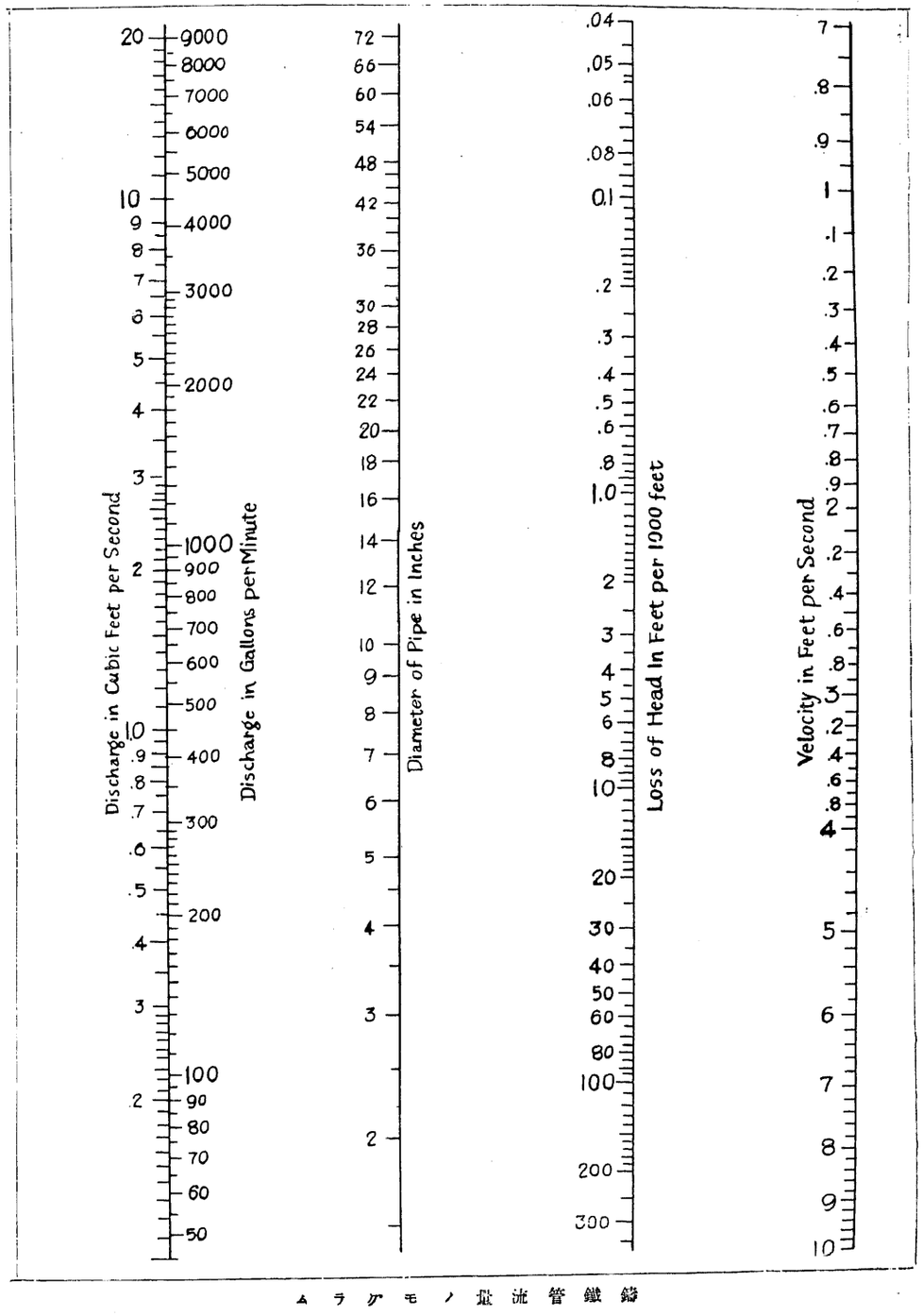
組子木管にてはスコベー氏は

$$v=75d^{.65}S^{.555}$$

を實驗に依りて定めた、ウイリアムヘースン氏は C=120 とせよと云つて居る、クッターのｎは0.010 は少し實驗と合はない〇・〇一一－〇・〇一四位に相當する。

防火流線の水理　ノッヅルとは防火用に使ふ

第百七十七圖



鑄鐵管流量ノ諸ラムダ

第百七十八圖



ルヴッノとブイバーレブ

ホース先端の長約六〇糎の小管の先につける十二糎位の錐形管である（第百七十八圖）、フリーマン氏は

$\frac{3''}{4}$　$\frac{7''}{8}$　$1''$　$1\frac{1}{8}''$　$1\frac{1}{4}''$　$1\frac{3}{8}''$

等種々の口徑のノッヅルより出づる流線に於いて壓力、流出水量、水滴の達する高さ及び距離の實驗をして其結果を米國の土木學會年報一八八九年二一卷の三〇三頁に發表してある其の一部を記せば次の第三七表の樣である、四五度の時が最も水平の方向に遠く達する。

五　配水管の直徑

管の經濟的流速　配水管の大きさは其の管の時間的最大給水量及び消火用水を或る流速を以つて給水出來る樣に定める、速度を增せば小管にても比較的大量の水を流し得るけれども管内の摩擦抵抗を增し著しく水頭を減じ且水衝作用を增すものである、水源高く落差充分なる所にては速力を增加して管の直徑を減じ工費を節約するを可とするけれども落差不充分にてポンプを要するが如き場合には管を相當太くして揚水費の低減を計らねばならぬ、玆に管の經濟的直徑を求むる問題が生ずる、之れを研究するに先新規格に依る鐵管の重量は大體次の第三八表の式にて見出す事が出來る。

第三八表

普通壓管　$w=15+0.0025\frac{d}{t}$　徑二五〇粍以下
$w=0.0025\frac{d}{t}$　徑三〇〇粍以上

低壓管　$w=12+0.0125\frac{d}{t}$　徑三五〇粍以下
$w=0.0125\frac{d}{t}$　徑四〇〇粍以上

但Wは直管の一米の平均重量、瓩dは管の内徑粍、次にaは鐵管一瓩の材料費及埋設費、

bは一年間一立方米の水を一米揚ぐる電力費、

nは年利率と鐵管の年減價率、

とノ管内の流速はフラマン氏の

$v=0.315d^{\frac{2}{3}}\left(\frac{a}{b}\right)^{0.361}n^{0.361}$

但vは水の毎秒流速（米）dは管の内徑（粍）Sは水の一米に付き落差（米）とすれば經濟的流速は次式の樣になる（理論省略）

$v=10.3\left(\frac{a}{b}\right)^{0.722}n^{0.722}$

同樣に

$v=11.612\left(\frac{a}{b}\right)^{0.361}n^{0.361}$

今aを十五錢としポンプ及

第三七表

入口ニ於ケル壓力（封度毎平方吋）	½吋のつづる 噴出ノ高（呎） A	½吋のつづる 噴出ノ高（呎） B	½吋のつづる 流出ノ水量（瓦斯毎分）	1吋のつづる 噴出ノ高（呎） A	1吋のつづる 噴出ノ高（呎） B	1吋のつづる 流出ノ水量（瓦斯毎分）	1¼吋のつづる 噴出ノ高（呎） A	1¼吋のつづる 噴出ノ高（呎） B	1¼吋のつづる 流出ノ水量（瓦斯毎分）
10	20	17	52	21	18	93	22	19	148
20	40	33	73	43	35	132	44	37	209
30	59	48	90	63	51	161	66	53	256
40	78	60	104	83	64	186	86	67	296
50	93	67	116	101	73	208	107	77	331
60	104	72	127	117	79	228	126	85	263
70	114	76	137	130	85	246	140	91	392
80	123	79	147	141	89	263	150	95	419
90	129	81	156	147	92	279	157	99	444
100	134	83	164	152	96	295	161	101	468

A＝風ノ無キ時ニ水滴ノ達スル高

B＝軟風ノ際ニ水流ノ達スル高

び電動力の効率を〇・六とすれば一六・三六キロワットの電力を要し一キロワット時を四錢とすれば$h=5,732$圓55となり$r=0.06+0.02=0.08$として上式に入れ計算すると次表を得られる。

第三九表　鑄鐵管の經濟的流速流量表

直徑 耗	普通壓管 流速米秒	普通壓管 流量立秒	低壓管 流速米秒	低壓管 流量立秒
100	0.426	3.3	0.415	3.26
125	0.459	5.6	0.444	5.45
150	0.488	8·6	0.470	8.3
200	0.537	16.8	0.514	16.2
250	0.580	28.5	0.550	27.0
300	0.616	43.5	0.583	41.2
350	0.648	62.5	0.610	58.6
400	0.678	85.2	0.636	79.9
450	0.706	112	0.661	105
500	0.732	144	0.683	134.4
600	0.777	220	0.722	204
700	0.819	316	0.758	292
800	0.856	43[illegible]	0.790	[illegible]97
900	0.8[illegible]0	565	0.820	522
1000	0.9[illegible]3	726	0.847	665
1100	0·953	906	0.872	83[illegible]
1200	0.981	1108	0.897	1015
1350	1.021	1462	0.929	1331
1500	1.057	1867	0.961	1700

以上は配水池に給水する場合の如く一日を通じ約一定せる流量を送る場合であるが若し直送の場合の如く恒に變化すれば前記の流速を$2^{0.326}$即ち一・三倍程度に高むるを可とする。又消防用水は一時非常の量に達するけれども一年間とすれば其の水量は極て僅少である故に此の際の速力は遙かに前表より速かにしてもよい、其の量は一年間の平均使用料をQとし消防用水を加へた最大量をQ_1とすれば

$\left(\frac{Q_1}{Q}\right)^{0.326}$倍

にしてよい。即ち大體に最大水量と平均水量との比の立方根に比例して増加してよい。此の比は小管にては五〇倍にも達するけれども大管にては二倍とか四倍の如く僅である。

猶大口徑の管にては此比が普通小にて經濟的速度が第三九表を超過する量は餘り大きくない

第四〇表　火災時の流速

		2	4	10	25	50
最大水量と普通水量との比		2	4	10	25	50
經濟的速度(米秒)	管徑 150粍	.63	.81	1.12	1.57	2.01
	200〃	.69	.89	1.24	1.72	2.21
	250〃	.75	.96	1.34	1.86	2.39
	300〃	.79	1.02	1.42	1.98	—
	400〃	.87	1·12	1.56	—	—

管の大きさ

(一)巾狭く長き町にては設計は極めて簡單にして行止り式に依り計算出來る。

第百七十九圖に於いてSは配水池にて其の底はGに於ける地盤面よりもm米高いものとする、SAの間には枝管がない、即ち町全體の時間的最大給水量と消火用水の和Qを流すものとする先づ前項の方法又は實例にてSA間の管の大きさを適當に假定してA點までの損失水頭を求めるmより之れを減じてA點に於ける有効水頭を得る次に消防用水は町全體の面積の半分までは全體の分を要し半分以下の面積に對しては其受持つ面積の二倍に相當する消防用水を通すものと假定する。又最小の幹線にても消火水流は少なくも三本乃至六本位即ち毎秒三〇―六〇立

を見込むものとする。斯くてAB間はA以下の全部の普通給水量と消防用水全町の分との和Q_1を見てAB間の直徑を假定しB點の有効水頭を得る、斯くして同樣に進みEF管にてはE點以下の普通給水量とE以下の面積の二倍に相當する消火水量との和Q_1を見込むでF點に於ける有効水頭を求め以下同樣にして遂にGに達する。若しGの水頭が地面上二〇米を要するとすれば上法により得たものが丁度二〇米より一〇%以下の違ひなれば夫れでよい、若し之れより多すぎれば當初SA管の假定が太過ぎた事になり之れは安全であるも不經濟であるから直徑を少し宛細くして再び試む、若し二〇米に達しなければ當初のSA間の假定が細過ぎたる事になるから太さを増して再び試みる。

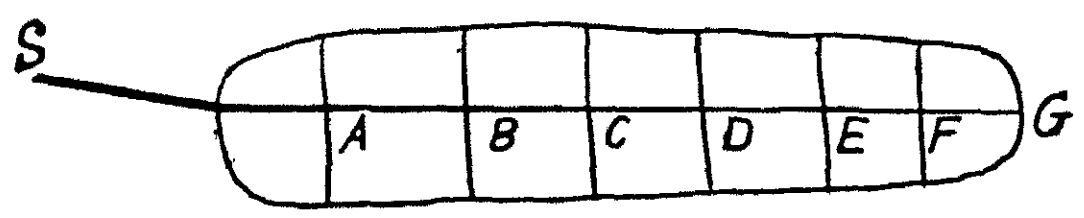
上記の設計に際しA點以下の管經の假定には次の同一の損失水頭に對し鐵管の流量比較表を使用すれば甚だ便利である。之れはヘーズン氏の公式により流量は$d^{2.63}$に比例するものとして算出したものである。

第四一表　同一損失水頭に對する鐵管の流量比較表

管徑粍	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
比較流量	1	1.8	3	6.2	11	18	27	38	52	69	111

管徑粍	700	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
比較流量	167	237	323	427	548	689	939	1239

第百七十九圖



行止り式管徑の決定

SAなり又は他の一管の内徑を假定すれば他は其の流量に依りて此の表に依り適當の管徑を定める事が出來る。例へばSAは五〇〇粍管と假定し若しC點邊にて四分の三に相當流量が減ずるものとすれば茲にては

$$69\times\frac{3}{4}=52$$

即ち一〇〇粍管の五二本分を流すものは上表より四五〇粍管でよい事が判る、一回の假定にて全町の損失水頭を算出すれば次には比較的正確に管徑の假定が次の方法により出來る、即ち配水池より最終點までの全體の損失水頭をh_0にしたいのに最初AS間をdと假定した爲にhを得たとすれば

$$V=cd^{.63}\left(\frac{h}{l}\right)^{.54}$$

即ち流量は同一であるから

$$Q=c'd^{2.63}h^{0.54}=c'd_0^{2.63}h_0^{0.54}$$

即ちd_0を求むるSAの直徑とすれば次の關係がある。

$$\left(\frac{h}{h_0}\right)^{0.54}=\left(\frac{d_0}{d}\right)^{2.63}$$

之れにてd_0を求め之れにより更に全體を定むればよい理である。併し規格にある管徑は五〇粍とか一〇〇粍飛びであるから此の計算は餘り精しくするにも及ばない。

左右に分岐する小管は少なくも一〇〇粍とするがよい。餘り細きは消火の際に役に立たず又閉塞しやすいものである。

(二)第百八十圖の如き網目式設計の場合は前記の樣に簡單ではない。然れども此の際も同樣に或る主要幹線を想定し給水は全部之れに依りて流るゝものと假定し枝幹線は唯安全率を増すものと考へる而して此の幹線は壓力も高く水量も多いから賑かなる重要街路に設け裏町の方に小管を布設する、但し主要幹線と平行の町には一つ置き又二つ置き毎に準幹線を埋設する横の方向には四〇〇―八〇〇米毎に之れを設け他の町には一〇〇粍位管位を埋設する、第百八

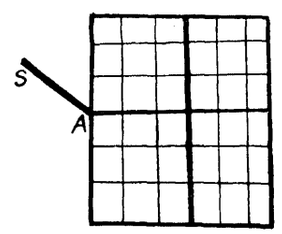
十圖にてSABCDEは(一)の例と同樣に定めCやHやD等は準幹線より分岐する枝管の面積の和の半分でよい、即ちKGは一〇〇粍管が三本出て居るから

$$\sqrt{\frac{3\times100^2}{2}}=123$$

即ち一二五粍管でよいが幹線や準幹線は少なくも消火の方より一五〇粍か二〇〇粍にするがよい、他の裏町は一〇〇粍でよい、米國にては最小管を一五〇粍として居る、枝幹線にても二〇〇粍として居る、東京市にては四〇〇粍管まで幹線とし二五〇粍以下を枝管として消火栓、給水の分水栓は專ら枝管につけて居る、又第百八十一圖の樣に町の周圍に幹線を圍繞さする方式がある市內到る所壓力高き利益あるけれども鐵管費は高くなる。

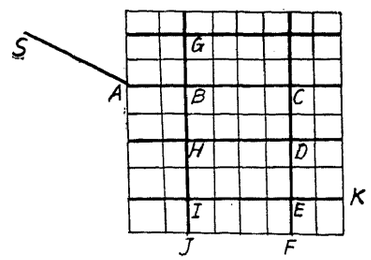
將來の擴張を考へて埋設の際に枝管を埋設し又は栓を以つて閉ざして置く事がある、將來を考ふればよい、しかれども鐵管費は高くなる。

第百八十一圖



圍繞式

第百八十圖



定決の徑管式目

六　配水管の埋設

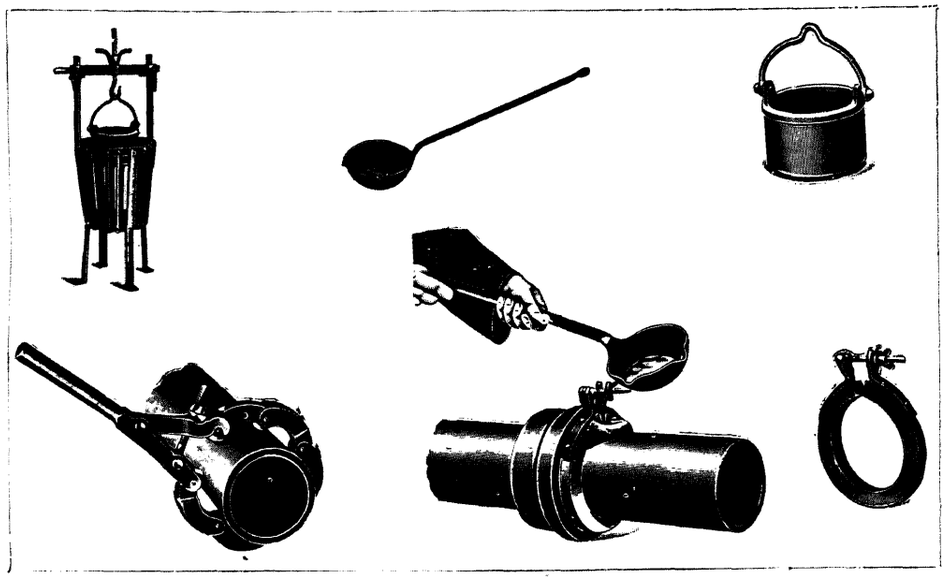
鑄鐵管の埋設　鐵管は多く道路に埋設する。深さは通行荷重に破損せられざる事及び凍結の害を防ぐ爲に內地にて普通地面下〇、九〇米に達する、以上樺太滿洲等にては一、八〇米に達する、先づ道路に管の外徑よりも三〇糎位廣き竪溝を穿ち接手部は更に人の近付き得るが如く左右及び底に三〇糎位宛大きく穿つ、若し土質惡しければ矢板を以つて土留工を施す、岩石質の所にては底を平に均して上に土砂を五—一〇糎厚さに置きて管が直接岩の角等に支へられない樣にする、總て鐵管は下より均一に支へられる事は極て必要で絕對に玉石とか岩角とか丈夫なもの、上に直接置いてはならぬ。此の原因の爲に管は桁として働き破損せし例は甚だ多い、又極く柔軟なる土質にては割栗又は枕木を入れ又は杭打ちをする、コンクリート基礎は非常に丈夫になるか費用が高い。

配水管は壓力の下に流れるから高低には關係ないけれども出來る丈け高低も方向も定めて曲管其の他異形管の數を減ずる樣に考慮する、併し大體に於いて地面の起伏に從ふから高低は出來る其の高き點や橋梁の所等には排氣瓣を設け低き所には排泥瓣即ち泥吐きを設置する、又急に曲る所の外側には木の塊とかコンクリートにて溝壁に支へ、押し出される事を防止する、殊に大口徑の管では注意しなければならぬ。又直管は接合箇所にて少し宛方向を變ゆれば大きな半徑の曲線に埋設出來る、例へば一〇〇—二〇〇粍管は半徑四五米、四〇〇粍管は七五米九〇〇粍管は一五〇米の半徑に埋設出來る。

管の埋設は管の大きさに依り其の方法は異るものにて四〇〇粍管以上のものは承口の根元と挿口の所に木の枕をさせて方向を合はせる、先づ溝を穿ち小管は直接手にて卸ろし大管は溝上に橫木を渡し其の上に所要の位置に管を持ち來り溝上に据ゑたる捲卸機にて管を吊り橫木を取

り除きて前記の枕木の上に靜かに卸し楔にて適當の方向に支へ次に前に埋設を終りし承口に挿口を入れ求むる勾配及び方向とし相當の伸縮余裕を殘し麻繩を承口深さの二分の一か三分の一位詰めて麻打をする、此の目的は一つは鉛の管內に出るを防ぐのと一つは承口の周圍を均一の厚さにするにある。此の麻は十年もすれば腐るけれども別に差支へがない、コールタールを塗れば一層よい。次に鎔鉛を注ぐには小管なれば單に粘土を捲き大管なれば麻繩又はゴムの帶に粘土をつけて承口端に沿ふて捲き第百八十二圖の如く上部を殘して鉛の注入口とする、鉛は柔軟のものがよく可撓爐及び坩堝を以つて現場にて熔かし相當の溫度として注ぎ込む此の際承口の間隙

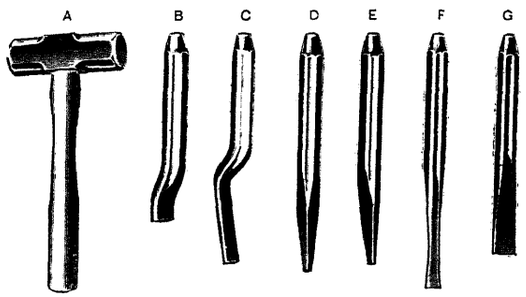
第百八十二圖



鐵管埋設具

中に水分があると急に蒸發して飛出すものであるから注意を要する。勾配の所にては承口を上向にする方が鉛が充分に入るものであるが小管なれば倒にてもよい、鉛は速かに固結するが其の時に冷へて周圍に多少の隙を生ずるを以つて填隙器具（第百八十三圖）にてかしめる、填隙は手力に依り又は壓搾空氣を用ふる填隙器に依る、斯くして管の下に充分に注意して土を突込み均一に支持する樣にし夫れ以上は十五糎內外の層毎に土を平に固めて道路面まで埋め戻す大正十二年の大震災の跡を見るに溝渠、河川

第百八十三圖



かしめ具其他

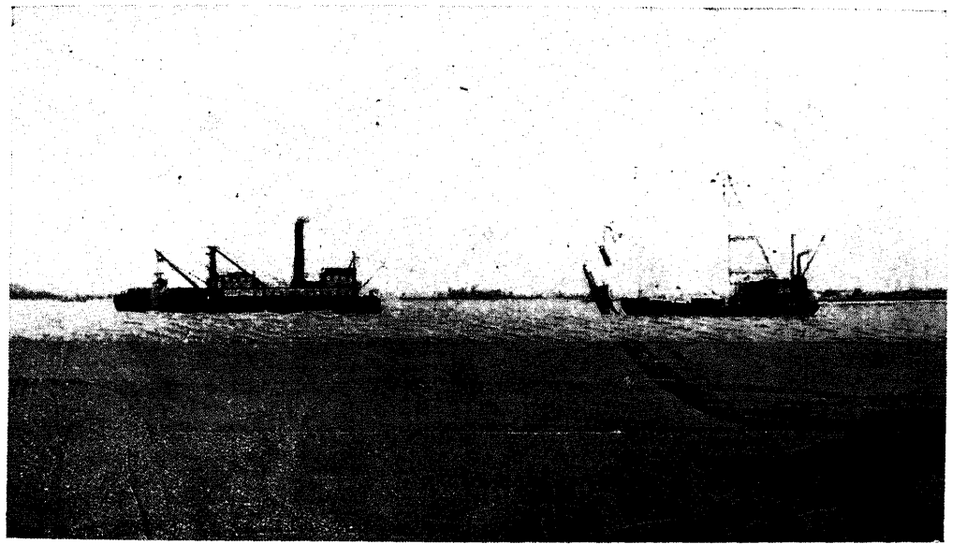
みつめしかし（鎔めしかし）、A、C、やーん具、G F.E.D.

等の岸近く埋設せしものは被害が特に大きかつたから成可く河岸より内方に埋設するがよい。又橋、渠の前後急激なる屈折、制水瓣及び異形管の前後は震動が不均一の爲に被害が大きいから斯る所は特に丈夫に埋設する必要がある。

諸種の管の埋設　鋼管、木管其の他の管の埋設は大體に於いて鑄鐵管と同樣である、唯接手の異るに從ひ施工も自ら難易不同である、是れ等は本章第二節に於いて夫々述べてある。

橫斷　管線が建物鐵道下水等の下を橫切る場合には特に注意して將來破裂等の危險を無からしめねばならぬ。管は多少丈夫なるものを使用しコンクリートの基礎とか被覆を施す大管は二分して小徑の安全のものとなし兩端に於いて制水瓣を連結する非常に重要なる場所は隧道を造り其の中に管を置けば甚だ便利にて修繕にも檢査にも隧道に餘裕を設けて置けば擴張にも都合よいものである。河川を橫切る場合には橋梁に依り又は川床の中を管にて橫切り或は隧道式に依るものにて若し橋梁があれ

第百八十四圖



海底埋管法

ば其の床構の中、又は橫の下側に置く事が出來る、特に水管橋を造る場合は極く簡單な橋にて承臺及び帶鐵にて緊結させ徑間が小なれば水管自體を橋とするものにて鋼管、木管にては便利である、鋼管なれば徑間約二〇米位まで此の方法にて橫斷出來る、併し口徑大なる管は上側が撓折しない樣に山形鋼にて補強し又は縱接合を上面にし橫の接合も丈夫にする而して管の一端はローラー又は承臺を吊して其の上に支へ伸縮接合は此の承臺の後ろに置く、又管を應壓材として下より央柱と棒鋼にてキングポストトラス形にして越す事もある。木管は拱形に曲げて二本の管を綾材にて結合し三〇米も越した例もある。

橋梁上管が外氣に曝露する所は氷結を防止する樣に保護を施す必要があるけれども徑六〇〇粍以上にて夜間も流れて居る所は內地にては餘り氷結の心配がない。併し小徑の給水管にて全く夜間靜止する場所は管を木にて包み其の間に熱の不良導體卽ち鋸屑、又は石綿を詰め濕れない樣にして置く、兎に角管の周圍に空氣の換はらない空間を設ける事は有效である。若し凍つた場合は電燈線の電壓を五〇ボルトに下げて通ずるも有效で

第五節　維持及び經營

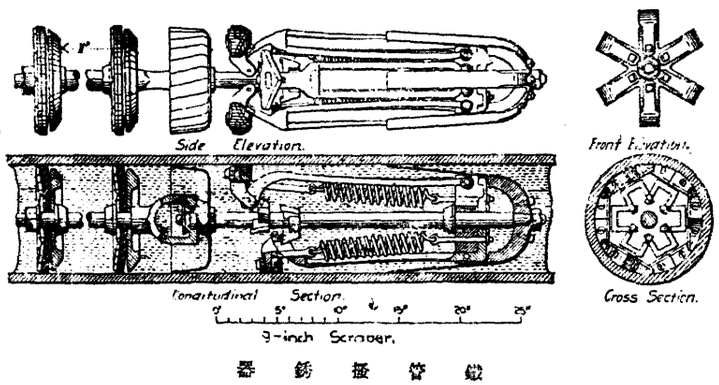
一　維持及び修繕

水路及び管線　水路の維持は主として掃除と小破損を修繕する事で大破に至らしめない事を必要とする、石工造りの暗渠へ盛土の堤が崩れたれを日塗しコンクリート造りの目筋が泥はれたらば之泥を排除する、殊に高き盛土上の水路は注意を要し下に隧道がある所又は水路の曲線箇所に地震等の際故障を起し易き弱點であるから東京市水道玉川水路の如く相當鐵筋等にて補強するがよい。

溝渠や橫斷伏越し排氣瓣其の他の特種構造物には折々見廻りを必要とする、石工造りの暗渠も餘り土垢や藻類の繁殖に任せると水流を害し且つ水質を損する少くも一年に一回、水質淸澄なれば數年に一回時を定めて掃除する、之れに時を撰びて水路を空にし刷毛掻取器又は車上の機械等を用ひてする、大鐵管又は大鋼管は內部を空にして掃除する事は少ない。併し藻類の繁殖盛んなるか又は瘤銹多く流量が減ずれば水路と同樣に淸掃によりて流量の回復を計る事が出來る。

小管は第百八十五圖の如き管內壓銹器を使用して一方泥吐きを開き一方より水壓にて壓送するものである、硬き皮殼や銹を取るものにて強きバネにて掻刃を管壁に壓し付け乍ら進行し其の音により外部より其の位置を知るものである、

第百八十五圖



鐵管掻垢器

ある、又は蒸汽或は火をたきて融解させる、大正十二年大震災に於いて橫濱の例を見るに鐵管が水管橋の橋臺背部の所にて脫出又は折損の例が頗る多かつた。此の部に九〇度の曲管を以つて持揚けてゐる事も大いに影響があるので其の後は四五度曲管を用ひ且堅固に補強する樣になつた、鋼管なれば彈力があるから安全である、又川底以下に深く埋設するも耐震的に有效である重要なる幹線は橋梁に水底下に二重に施設するを安全とする。

管の水底埋設　之れに種々の方法があるが淺き水なれば締切りて陸上と同樣になし寒國にては寒中の河水凍結を利用する事もある、又陸上にて管を可撓接手により連結して置き之れを潛水夫により豫め用意されたる河床の溝中に沈下埋設し其の上を波、流氷、船舶に破壞されない樣に埋め戻し捨石をなして防禦する。此の場合埋設後も壓搾空氣にて接合の如何を檢査す可きである。紐育にては九〇〇粍鑄鐵管を球狀接手としブルッリンよりステートウン島に渡る爲めに船上にて接合し前行しながら港口三十哩以上深かき河底に埋設して好果を收めた（第百八十四圖）

水底埋管施工は水道工事中最も難事にて愼重の注意を要する事である。

附屬設備の注意　繊類も消火栓も責任ある所定の人以外は開閉出來ない樣にする、平素使用せざる繊類、消火栓等は時を定めて操作をなし油を注ぎペンキを塗り又はパッキングをなし水漏れのない樣に注意し殊に寒地にては凍らぬ樣にしなければならぬ、淨水場等も前編に述べし注意を怠らざる樣にする、殊に藥品を使用したり又急速濾過による場合等は其の効果は全く愼重なる操作上の注意の如何に係るものである。日々水質の檢査を行ひ其の結果に依りて砂洗ひ藥量、濾過速度等を適當に加減して作業の冗費を省く、ポンプ場は本邦にては近來專ら電力に依るから以前の石炭をたき蒸汽の力に依りし時よりは作業は容易であるけれども電動機の過熱又油ぎらをさして雜音なき樣にし配水池の水位に注意し有害無益に送水せざる如くし又直送の場合には其の送水量の變化及び壓力に不斷の注意を拂ひ使用量相當のポンプを運轉し動力の節約を計らねばならぬ。次に揚水量、水壓、電力消費量等を記錄して置けば他日の參考となり又市内諸所に壓力計を裝置して其場所の壓力を記錄して置けば鐵管破裂の際に其の場所を直ちに知るに都合がよいものである。

配水池配水塔も折々ホースを用ひて泥を洗ひ出し鋼製配水塔は數年に一回はペンキを塗り換へる木槽も組子板や箍鐵の裏側も檢査し充分塗裝し危險なるものは取換へる、漏水は時に全給水量の三分の一にも達する事がある、之れは揚水費を增す計りでなく凡ての設備の作業費を增し且必要なる水壓をも減ずるものである。漏水豫備は經濟上甚だ必要で不完全なる接手をさけ又計量制に依るがよい、量水器等も恒に檢査し正確を保つ樣にする可きである。

最後に注意す可きは貯水池、水路、淨水場ポンプ場等の諸設備は恒に清潔を旨とし美觀を重んずる、之れ内容如何に完全なるも外觀不潔なれば市民の淨水に對する精神的不信任を招くからである。宜しく芝又は草花を植へ木石、噴水等を配し庭園的美觀を保たしめ恒に番人をして手入をなさしむ可きである。

二　收入及び支出

收入　水道經營の收入は水道料金と稅金であるが、前者は多少水の使用量に比例して徵集するものにして後者は一般の稅金である、家庭用、商工用水は料金により公共用、消防用水は公共用の施設費等に對しては一般の課稅に依るべきものである、之れは一般市民も火災を減じ火災保險料も安くなり土地家屋の價値は上り衞生上利益があるから正當の事である、從がつて一般課稅に依る部分も可なりの額にて特に村落にては消火の爲めの水道なれば全部課稅となる可きである、水道料金は量水器を使用量に依れば最も公平なるものにて同時に濫費を防ぐに有効である、近來本邦にても計量給水制に依るもの益々多きを加へる樣になつた、唯量水器を使用すれば客になり水量を節約して不衞生になる缺點はあるけれども之れは最低料金を定めてメートル使用量の形式にて取れば容易に除く事が出來る、例へば一ヶ月一〇立方米を最低量と定め之れ以内は料金に差違なくする事、東京市の樣にすればよい、而して一〇米を超過すれば其の超過量に對して一立方米何程と定めて徵集するのである、工場其の他大量に使用する所は水の料金を低下する事が普通であるが之れに反する場合も稀には有る、又社會政策上共用栓の料金は專用栓に比して安くするがよい、計量給水制を布かない町卽ち放任給水にては普通各戶一ヶ月家族五人までは何程と定め家族の增加、風呂場、洗濯槽等、水洗便所、芝園水撒き等に給水栓を增す毎に月額の料金を增す方法に依る、又ビルデイングにては建物の大きさ、住居人數、世帶數、水栓數等に依り料金を定める、然れ共到底メートル制に依るが如く理想的の公平を期する事は出來ない。

支出　水道經營上の支出は次の六項に分たれる。

一、建設費の公債の利子
二、年々の作業費及び維持費
三、年々の公債の元金償却費
四、年々の諸施設費の減價に對する積立金
五、年々の擴張費及び改良費
六、利益配當

此の内一、二、三、四、は年々の收入より支拂ひ五、は別に新らしく起債してもよい、六、は私營會社なれば必要であるけれども本邦にては市町村等の公共團體が經營するを原則として居るから通常之れは不要である、利益は之れを擴張費に充て又は他の市町費に廻すものである。

普通給水卽ち家庭用、商工用、公共用水費は略給水量に比例するものであるが消防用水費は使用水量には關係しない、一年としては其の使用水量少ないけれども之れが爲にポンプの容量を增し配水管及び配水池を大きくし配水塔消火栓費及び維持費等を增すものである。小都市に殊に災害が大きく米國にては人口一萬人位なれば此の費用は總工費の六〇%にも達し十萬人にて二三%三十萬人にて一三%位となりと云ふ、又維持費にも全費用の五乃至六%を見て居る又將來の擴張費に對しては總工費の三分の一位を見てる居るのが普通である。

本邦にては公共團體の施設する水道に對しては工費豫算の四分の一を國庫より補助し猶一一二割は府縣費より支給するから公共團體の負擔は總工費の六割內外にて水道が敷設出來る。

經常支出の實例　支出には水道事務費、水源水路費、諸池費、ポンプ費、鐵管維持費、雜費（休退職、並に死亡給與金、水質檢査費等を含む）等水道經營に必要なるものゝみにて各戶給水に要する給水工事費及び之れに關する事務費は含まない、次の例は六大都市の大正十四年度の收支決算例である。

第四二表

	支出	收入
東京	一、六九二九、三三圓	五、四四五、四七二圓
京都	二八四、九七三	一、〇九七、〇七〇
大阪	一、三七二、一一四	四、六一三、七〇七
横濱	四八六、三〇一	二、九二三、二三八
神戸	五九〇、八三〇	一、九六九、八八三
名古屋	一八二、九九四	九八九、一〇八

收入は水道料金及び雜收入にて公債利子元金償却其の他に當てる可きである。

三　經濟的施設

凡そ水道事業は都市の保健上並びに保安上緊要缺く可からざるものにて都市繁榮上の源となり其の營養と發展とを支配す可き重大なる使命を擔つて居るから其の規模並びに設計如何は直ちに都市の消長に密接なる關係を有するを以つて事業の創設に際しては設計上深甚なる注意と周密なる調査とを要するは勿論大都市にありては計畫は規模を可及的大にすると共に設備の完璧を圖り工事の完成とともに擴張を起さゞる樣注意せねばならぬ、之れと同時に總ての事業は經濟的關係を離るゝ事は出來ない、水道の創設に當りても其の施設の設計に於いて恒に現在は勿論遠き將來を考へて經濟的考慮を怠つてはならぬ、而して水道施設の經濟上の問題は將來に關する事多く現在にありては大體に想像するに止まりて正確に定め難きを恒とする、例へばポンプ其の他の操業費も常に變化し資金の利息も近年の如く變化恒ならず鐵管セメント等の工事用材の價格も絕えず高低あり其の間に新しく輕妙なる工事用材又は工法の發見せらるゝや施設の根本的方法も覆へされるものである、水道施設の費用は普通一般の工事の如く一、建設費二、經常並びに維持費二、施設の減價償却費の三部よりなり此の總和を最少ならしむる樣に努めねばならぬ、此の外に營利會社にては資金に對する年々の配當も考慮す可きである。

當初水道の調査設計をなす場合には水源を遠方の高所より仰ぎて自然流下式によるか又は都市附近の地下水、伏流水等に依りてポンプ給水に依るか或は同一配水法にても附近に高臺なき場合に配水塔を設くるが又はポンプ直送に依るか或は給水區域を如何に區分す可きか等の問題を比較決定するに際しては前記三費目を求めて其の最少なるに依る可きである。

此の經濟的價値の比較方法に（一）、現在に於ける建設資金と作業に要する資金とを比較する

か、(二)、將來の年々の費用と年々の資金に對する金利と年々の施設の償却費とを加へて比較するかの二つの方法がある、前者は或る構造物の設計の比較等に於いて建設費に比較的重きを置く場合に便利であるけれども後來の年々の經常費と公債の利子支拂ひ及び償却等を考ふる場合に後者が屢々用ひられる、何れにするも結局同じ比較に歸するものである。

(第一) 現在資金化して比較する法

(一)、建設費

(二)、年々の經常費及び維持費を金利により現在資金の形とする

(三)、施設の減價準備金、之れは水道の施設中堰堤、トンネル、石工造水路等は年々の維持費用にて修繕さへすれば略々永久的であるが斯る部分を除いたポンプ、電動機、鐵管等壽命のあるものは年々減價するから壽命到達の際に新しく取り換ふる爲に現在にて備ふ可き準備金である、之れをPとする、次にCを改造費用として現在の建設費と同一とする、rを年利率 nを構造物の壽命(年)とする

$$P(1+r)^n = P + C$$

$$P = \frac{C}{(1+r)^n - 1}$$

今Oを年々の作業費及び維持費とすれば之れを現在資金に換算すると $\frac{O}{r}$ になる、故に一、二、三、を現在資金に換算した總和をSとすれば、

$$S = C + \frac{O}{r} + P = C + \frac{O}{r} + \frac{C}{(1+r)^n - 1}$$

若し永久的の構造物であれば $C + \frac{O}{r}$ 丈けにて第三項は消える、第三項の有る場合に其の關係する程度を實例にて見るに或る構造物の建設費を五萬圓經常費を六千圓、壽命を三〇年、年利率を〇、〇六とする。

$$S = 50,000 + \frac{6000}{0.06} + \frac{50000}{(1.06)^{30} - 1} = 50,000 + 100,000 + 10,550 = 160,550\text{圓}$$

若し壽命が四〇年なれば第三項五三八〇圓となりて S=155,380 若し壽命が五〇年なれば第三項二八七〇圓となりて S=152,870 即ち壽命が三〇―四〇年以上に長くなれば減價償却費は建設費及び經常費に比して極て僅である事が判る、又壽命年數は少し位違つても大した影響が無い事も知れる、斯くの如く現在資金に換算して比較すればよく判明する。

(第二) 經常費にて比較する方法

$$Cr + O + Pr$$

を比較する、其のPrは一年の減價にて之をDとすれば、

$$D = Pr = \frac{Cr}{(1+r)^n - 1}$$

而して $\frac{r}{(1+r)^n - 1}$ は毎年之れ丈け宛 r と云ふ利息で複利として積立つれば n年の末に一圓となるので此の表を種々の利率に付き一乃至一〇〇年の間に作り置けば甚だ便利である。

鑄鐵管等の壽命は既に第二節に説明したが克く製作した機械類は三〇―四〇年は持つが其の間に機械製作の進歩發達の爲に二五―三〇年位となる。輕き簡單の器械類は磨滅の爲一五―二〇年惡しき場合には一〇年以下に落ちるものである。

將來の擴張に對する準備 此の問題は既に第二章第一節に説明せる如く水道施設の各部に依りて其の施設の性質を考慮して異つた將來の年數を見込んで設計するものである、之れも或る施設を設計するに何年後を標準とす可きかは經濟上次の簡單なる關係から定むる事が出來る、即ち現在B丈け施設費を節約すれば n年後には $A = B(1+r)^n$ となりてA丈け使用出來る。

$$(1+r)^n = \frac{A}{B}$$

此の式にて判定出來る、例へば鐵管の例を取るに四〇〇粍管は三〇〇粍管の約二本分を流す。

同様に二百粍管は一五〇粍管の約二本分を流す。

同様に六百粍管は四五〇粍管の約二本分を流す。

今當分は此の小管一本にて充分であるが之れを遠き將來を慮りて今直ちに大管を埋設する

や否やを定めるには c を半容量の管一本の一米に付き材料費及び埋設費とする、c_1 を一容量の管一本の一米に付き材料費及び埋設費とする。

$$(1+r)^n = \frac{c}{c_1 - c}$$

此の式にて定められる、即ち三〇〇粍管は一米に付き c=17圓76 四〇〇粍管は一米に付き c_1=25圓97 とすれば、

$$(1+r)^n = \frac{17.76}{25.97 - 17.76} = 2.16$$

r=0.06 とすれば

$$n = \frac{\log 2.16}{\log(1.06)} = 13.2\text{年}$$

即ち今より一三年經過せざる以前に猶一本三〇〇粍管を埋設する必要の起る所にては直ちに四〇〇粍を埋設する方がよい、其の後に必要起る所にては今三〇〇粍管を埋設し他日必要起れる時に更に三〇〇粍管を埋設するがよい事になる。

同様に二〇〇粍と一五〇粍管とは約一八年を以つて六〇〇粍管と四五〇粍管とは約一二年を以つて限界とする。

以上は單に經濟上の比較であるが太い管は此の外に水壓高く消化能力の點に於いて小管に優れる事は既に屢々說ける所である。

四 水道條例

水道條例 (明治二十三年二月十二日法律第九號 大正二年四月八日法律第十五號ヲ以テ改正)

第一條 水道トハ市町村ノ住民ノ需用ニ應シ給水ノ目的ヲ以テ布設スル水道ヲ云ヒ水道用地トハ水源地、貯水地、濾水場、喞水場及水道線路ニ要スル地ヲ云フ

第二條 水道ハ市町村其公費ヲ以テスルニ非サレハ之ヲ布設スルコトヲ得ス但當該市町村ニ於テ其資力ニ堪ヘサルトキハ市町村以外ノ企業者ニ水道ノ布設ヲ許可スルコトアルヘシ

第三條 市町村ニ於テ水道ヲ布設セントスルトキハ命令ノ定ムル所ニ依リ其目論見書ニ左ノ事項ヲ詳記シ地方長官ヲ經テ內務大臣ノ認可ヲ受クヘシ

第一 水道事務所ノ所在地

第二 水源ノ位置(河川池湖又ハ堀井ノ別其周圍ノ概況) 及其水量ノ概算但圖面及水質ノ試驗表ヲ添フヘシ

第三 水道線路及水道線路ニ沿フタル地名、貯水地、濾水場、喞水場ノ位置但圖面ヲ添フヘシ

第四 給水ノ區域其人口及其一人一日ニ對スル平均給水量

第五 人口增殖及多量ノ水ヲ用フル製造所等ニ對スル給水量增加ノ見込

第六 水壓ノ概算

第七 工事方法

第八 起工竣工期限

第九 工費ノ總額其收入支出ノ方法及其豫算

第十 水料ノ等級價格、水料徵收ノ方法及經常收支ノ概算

市町村ニ非サル企業者ニ在リテハ前揭各號ノ外企業ノ組織、資本ノ總額及許可年限ヲ記載スヘシ

第四條 內務大臣ハ前條ノ圖面書類ヲ審査シ不都合ナシト認ムルトキハ水道布設ノ認可狀又ハ許可書ヲ與フヘシ

市町村ニ非サル企業者ノ出願ニ對シテハ內務大臣ハ必要ト認ムル事項ヲ許可書ニ附シテ命令スルコトヲ得

第五條 水道用地ハ國稅其他ノ公課ヲ免除ス

第六條 官有ノ土地ニシテ水道用地ニ必要ナルモノハ之ヲ拂下ケ又ハ貸付スヘシ

第七條 水管ヲ官有地又ハ公道ノ地下ニ布設セントスルトキハ當該行政廳ノ許可ヲ受クヘシ

第八條 地方長官ハ隨時當該官吏又ハ技術官ヲ派遣シテ水道工事及水質水量ヲ檢査セシメ其改築修理ヲ要シ又ハ水量不足ナリト認ムルトキハ相當ノ猶豫期日ヲ定メテ之カ改良ヲ市町村ニ命スヘシ

第九條 市町村ハ工事落成又ハ改築修理ヲ了リタルトキハ地方官廳ニ屆出監査ヲ受クヘシ

第十條 水道ノ給水ヲ受クル者ハ水質水量ノ檢査ヲ市町村ニ請求スルコトヲ得

第十一條 家屋內ノ給水用具及本支水管ヨリ之ニ接續スル細管ハ市町村ノ所定ニ從ヒ之ヲ設置シ其費用ハ給水ヲ受クル家主ノ負擔トス但市町村ハ命令ノ定ムル所ニ依リ之ヲ設置シ其費用ヲ負擔スルコトヲ得

第十二條 市町村ノ水道掛ハ午前八時ヨリ午後五時迄ノ內ニ於テ家屋內ノ給水用具ヲ檢査スルコトヲ得但水道掛ハ其證票ヲ携帶スヘシ

第十三條 市町村長ハ水道掛ノ報告ニ依リ家屋內ノ給水用具不完全ナリト認ムルトキハ相當ノ猶豫期日ヲ定メテ之カ修繕ヲ爲サシムヘシ

家主若シ其修繕ヲ怠ルトキハ市町村ニ於テ之ヲ修

繕シ其費用ヲ徵收スルコトヲ得

第十四條　家主ハ家屋內給水用具ノ設置又ハ其修繕ヲ了リタルトキハ市町村ノ水道掛ニ屆出ツヘシ水道掛ハ速ニ之ヲ檢査スヘシ

第十五條　市町村ハ一家專用ノ給水用具ヲ設クル能ハサルモノ、爲メニ共用給水器ヲ設クヘシ

第十六條　市町村ハ消防用ノ爲メニ消火栓ヲ設備スヘシ消防用ニ消費シタル水料ヲ徵收スヘカラス

第十七條　市町村ニ非サル企業者ノ布設シタル水道ニシテ許可年限ノ滿了シタル後ハ關係市町村ハ水道布設ニ要シタル費用ヲ支拂ヒ其水道及水道經營ニ必要ナル土地物件ヲ買收スルコトヲ得但水道及水道經營ニ必要ナル土地物件ニシテ布設當時ニ比シ價格ヲ減損シタルモノアルトキハ水道布設ニ要シタル費用ヨリ之ヲ控除ス

前項費用ノ範圍及金額ニ關シ當該市町村ト企業者トノ間ニ爭アルトキハ地方長官之ヲ決定ス其ノ決定ニ不服アル者ハ內務大臣ニ訴願スルコトヲ得

第十八條　市町村ニ非サル企業者ノ布設シタル水道ニシテ關係市町村ニ於テ必要ト認ムルトキハ許可年限ノ滿了前ト雖モ之ヲ買收スルコトヲ得

前項ノ買收價格ハ協議ニ依リ之ヲ定ム協議調ハサルトキハ鑑定人ノ意見ヲ徵シ地方長官之ヲ決定ス其決定ニ不服アル者ハ內務大臣ニ訴願スルコトヲ得

第十九條　本法又ハ本法ニ基キテ發スル命令ニ依リ市町村又ハ市町村ニ非サル企業者ニ於テ履行スヘキ事項ヲ履行セス又ハ之ヲ履行スルモ充分ナラスト認ムルトキ又ハ必要ノ時限內ニ履行シ得スト認ムルトキハ地方長官ハ府縣費ヲ以テ之ヲ施行シ其費用ヲ市町村又ハ市町村ニ非サル企業者ヨリ之ヲ追徵スルコトヲ得

前項ノ處分ハ豫メ履行期間ヲ指定シテ戒告スルニ非サレハ之ヲ爲スコトヲ得ス但第八條ノ場合ハ此ノ限ニ在ラス

第二十條　市町村ニ非サル企業者ニシテ前條ノ費用ヲ指定ノ期限內ニ納付セサルトキハ國稅徵收ニ關スル規定ニ依リ之ヲ徵收ス

第二十一條　內務大臣ハ必要ト認ムルトキハ水道ノ布設ヲ市町村ニ命スルコトヲ得

第二十一條ノ二　內務大臣ノ職權ノ一部ハ勅令ノ定ムル所ニ依リ地方長官ニ之ヲ委任スルコトヲ得

第二十二條　本法中市又ハ市長トアルハ北海道區制又ハ沖繩縣區制ニ依ル區ニ在リテハ區又ハ區長トシ府縣費トアルハ北海道ニ在リテハ北海道地方費トス

附　則

第八條乃至第十六條ニ於テ市町村及市町村長トアルハ市町村以外ノ企業ニ係ル場合ニハ其企業者ニ之ヲ準用ス

本法ハ公布ノ日ヨリ之ヲ施行ス

內務省令第二十二號

水道條例第三條及第十一條但書ノ規定ニ依ル命令ニ關スル件左ノ通定ム

大正十年七月十九日　內務大臣　床次竹二郎

水道條例第三條及第十一條ノ但書ノ規定ニ依ル命令ニ關スル件

第一條　水道條例第三條ニ規定スル目論見書ニ添付スヘキ水質ノ試驗表ニハ左ノ事項ニ關スル試驗ノ結果ヲ記載スヘシ

一　色及清濁
二　臭味
三　沈滓
四　反應
五　亞硝酸
六　アムモニア
七　過マンガン酸カリウム消費量
八　クロール
九　硝酸
十　硬度
十一　蒸發殘渣
十二　細菌聚落數

前項各號ニ揭クルモノ、外異常成分混在ノ疑アルトキハ特ニ其ノ試驗ノ結果ヲ記載スヘシ

第二條　水道條例第三條ニ規定スル目論見書ニハ工事方法ニ關スル左ノ圖面及書類ヲ添付スヘシ

一　實測平面圖（縮尺六千分ノ一以上）
二　實測縱斷面圖（縮尺長サ千分ノ一以上高サ二百分一以上但シ配水支管ニ限リ本圖ヲ省略スルコトヲ得）
三　取水口、取水管又ハ取水渠、隧道、沈砂池、貯水池、堰堤、餘水路、排泥管又ハ排泥渠、送水管又ハ送水渠、沈澱池、濾水池、殺菌裝置、配水池、配水塔、喞水場、量水室、配水管又ハ配水渠、橋渠、伏越等水道設備ノ構造ニ關スル圖面其他必要ナル細分圖（縮尺百分以上）
四　取水量決定ノ理由書
五　一位代價表
六　工費計算書
七　計畫說明書

第三條　實測平面圖ニハ郡市區町村ノ名稱及境界、道路、河川、視形線其ノ他地形ヲ表スニ必要ナルモノ、取水口、取水管、又ハ取水渠、隧道、沈砂池、貯水池、堰堤、餘水路、排泥管又ハ排泥渠、送水管又ハ送水渠、沈澱池、濾水池、殺菌裝置、

配水池、配水塔、喞水場、量水室、配水管又ハ配水渠、橋梁、伏越、排氣弇、消火栓、制水弇、配水區劃等ヲ記載スヘシ但シ管又ハ渠ニ付其ノ徑又ハ幅員ノ異ナルモノハ適宜ノ符號ヲ以テ之ヲ區別スヘシ

第四條　實測縱斷面圖ニハ地盤高、計畫線ノ高低、取水管、送水管及配水本管ノ大サ勾配、動水勾配線、水平距離、水源、貯水池、沈澱池、濾水池、喞水場、配水池、配水塔、量水室等ノ標高竝其ノ水位、排氣弇、排泥管又ハ排泥渠、橋梁及伏越ノ位置等ヲ記載スヘシ

第五條　第二條第三號ニ規定スル水道設備ノ構造ニ關スル圖面ニハ地盤線及斷面其ノ他構造ヲ表スニ必要ナル事項ヲ記載スヘシ

第六條　取水量決定ノ理由書ニハ水源ノ狀態、渴水量既設水利事業又ハ灌漑ニ必要ナル分水量及消火用其ノ他給水量（各設備ノ設計ノ基礎トナルヘキ水量）決定ノ理由ヲ記載スヘシ

貯水池又ハ調整池ヲ設クルモノニ在リテハ其ノ容量流域ノ面積及狀況、雨量觀測表計畫ノ基礎トナルヘキ事項ヲ記載スヘシ

第七條　計畫說明書ニハ施工箇所ノ地形及地質、給水區域、現住人口及將來增殖スヘキ豫定人口基本計畫給水人口、豫定給水人口、給水量、淸淨方法、配水方法、配水本管線選定ノ理由、管渠ノ斷面及水壓ノ計算方法、各種構造物設計ノ根據其ノ他水道計畫ニ關スル必要ナル事項ヲ記載スヘシ

第八條　地方長官ニ於テ大正十年七月勅令第三百三十一號各號ニ揭クル事項ノ認可又ハ許可ヲ爲ス場合ニハ水道條例第三條第一項第三、第五及第六竝本令第二條第二號乃至第七號ニ規定スル事項ヲ省略セシムルコトヲ得

第九條　市町村ニ於テ左ノ各號ニ該當スル施設ヲ爲シ其ノ費用ヲ負擔セムトスル場合ニハ地方長官ノ許可ヲ受クヘシ

一　本支水管ヨリ家屋內ノ給水用具ニ接續スル細管ニシテ公道ノ地下ニ屬スル部分ヲ設置セムトスルトキ
二　衞生上特ニ必要アリト認メ家屋內ノ給水用具及本支水管ヨリ之ニ接續スル細管ヲ設置セムトスルトキ

前項ノ規定中市トアルハ北海道區制ニ依ル區ニ在リテハ區トス

第一項ノ規定ハ市町村ニ非サル企業者ニ之ヲ準用ス

勅令第三百三十一號

水道條例第三條及第四條ノ規定ニ依ル內務大臣ノ職權中左ニ揭クル事項ニ關スルモノハ地方長官ニ之ヲ委任ス

一　基本計畫ニ於ケル給水人口一萬ヲ超エサル水道ノ布設
二　前號ノ水道以外ノ水道ノ工費三萬圓ヲ超エサル改築又ハ增築但シ基本計畫ニ變更ナキモノニ限ル

附　則

本令ハ大正十年八月一日ヨリ之ヲ施行ス

後編　下水道

第一章　緖論

第一節　下水道とは何ぞ

人類は其生活に於て必ず固形又は液狀の廢物を生ずる、固形廢物は之を塵芥と謂ひ液狀廢物は之を下水と稱する。下水中には家庭及工場より排出する廢水即有機物を多量に含有し衞生上最も危險なる汚水の外更に雨水及場合により地下水を含むものである。野蠻未開の人民は斯る塵芥及下水を自己の住居附近に置き堆積腐敗して害をなし病氣を起すや他所に移轉するけれども文明人は直ちに之を住居地より遠方無害の地に排除し以て居所の空氣及土地を汚す事を防止する、從つて下水道は之等の下水を市內より成る可く早く排除するものにて市民の保健上並に便利上上水道と相待つて必要缺く可らざるものである。

第二節　泰西に於ける沿革

下水道の歷史を尋ぬるに小規模の下水用として管渠を用ひたる事は「バビロン」時代に有つたけれども稍々系統的の下水道を築造せるは古代「ローマ」人で彼の遺跡たる「クロアカ、マキシマ」なる大下水は實に西曆紀元前六一五年頃「フォーラム」谷の排水の爲に建設され高さ

約一〇米の石造拱渠にて其一五〇米は今日も猶使はれて居る其後多くの下水渠が出來て「ローマ」の町は拱の上に支へらるゝと稱せられる樣になつた而して「ローマ」の殖民地たる諸都市に於ても之に倣ひ稍々發達したものがあつたけれども其普及今日の如くに至らずに「ローマ」帝國の滅亡と共に上水道と同樣中世暗黑時代の幕に葬られた、然るに中古に至り紀元一三四七年乃至五〇年に亙り歐洲に「ペスト」病が流行し死者相踵で生ずるを見て爰に覺醒の緒に就き其原因は下水の不良に關係するを悟り永き不潔時代より脫出す可く先覺識者が輩出するの樣になつた。當時は下水を滲透性材料よりなる汚水溜に貯藏し地中に不潔物の滲透するに委せたりしこと恰も現今本邦僻陬の市町村に於て見る如き狀態なりしを溝渠によりて河川に放流することとした當時の大都市たる倫敦市の如きも當初汚水溜中に汚水汚物を貯へ次で之に溢流を許し道路の側溝に液狀物を流し遂に「テームス」河に放流し之を永く宅地内に貯藏するの方法より脫出するを得たけれども開渠の不潔が到底堪へられない樣になつた。且一八一〇年頃より水洗便所の發明使用され世人大に其清潔を維持するに有益なるを認め益普及する樣になり屎尿と汚水とを現存せる汚水溜に貯ふる時は忽にして溢流し次で側溝内の下水量の增加と汚化との度を激增するに至り爰に市民は開渠に蓋をなし暗渠とした之れが暗渠下水道の創めである而して市の低所にては上流より來る多量の下水を排流する爲大型の深き暗渠を要し且地表に近く附近の下水を排除する暗渠をも必要とし爾後漸次擴張して一八四七年に實際の下水道が出來凡て規則により下水を暗渠に流下せしむる樣になつた。

抑々倫敦市にて最初に下水問題に就き改善を加ふるに至つた主因は一八三一年頃同市にコレラ病の大流行を來した時に其流行の模樣を調査の結果市の乾燥せる部分は濕地にして不完全なる部分よりも遙に其被害少かりし事實コレラ及チフス患者發生數を清潔なる宅地又は住宅と甚だ不潔なるものとを比するに二倍乃至四倍に達する事は永年の統計の示す所である。

後一八四八年に英國政府は法律に依りて諸都市及地方の公衆衛生を監督するに至り其結果清淨なる飮料水の供給を司る上水道及汚水排除をなす可き下水道は漸次改良を加へらるゝ樣になつた。斯くて其先鞭を着けたる倫敦市に倣ひ英國の大小都市は競ふて衛生的設備を完成するに努め之に次で獨、佛等大陸に於ける大都市も英國に範を採り今や歐米相競ふて其完備を期して居る。

叙上の排水法が稍々完備せる頃より下水を收容する河川の狀態如何を研究する樣になつた卽ち下水を收受する河川は不潔物の爲漸次汚化せられ其河川の自然的自淨力の不充分なる程或は河水量に對し汚水量の多量なる程汚物の河底に沈澱せるもの溶解せるもの等到處に散亂し或は一處に停滯腐敗し臭氣を發散し河上を往復する船舶には勿論沿岸住宅内に迄惡臭を感ぜしめ河川の美觀を損ずる事甚しく加ふるに河水を工業用水となす所又は飮料水の水源となす所或は游泳所を設け養魚所の存する處等にありては到底耐ふる能はざるに至り玆に一難去りて更に新なる一難を生じたるは卽ち河水保淸の問題にして其議漸く高まるに至つた、之も人權を重んじ工業盛にして且河川の小なる英國に最初に喧しくなり幾多の損害賠償、飮料水汚化等の訴訟問題を生じ遂に一八六〇年乃至七〇年の交に至り英國諸都市は先んじて諸處に下水淸淨を考究する爲め學者技術者工場主、政府當局等學識經驗ある委員會を設け之が調査をなすに至つた是れ下水淸淨問題の重要視せらるに至つた濫觴である次で歐洲大陸も米國も爭ふて之を研究する樣

になり今や下水處分の問題は學者間の研究主題となり而して其方法の多種多樣なる其成績の千差萬別なる實に枚擧に遑あらざる狀況にして今猶研究中に屬し充分なる解決法が發見せられたとは云はれ無い。

第三節　本邦に於ける發達

飜つて本邦を見るに古來下水排除の問題は緊切なる注意を引かず唯溝渠の疏通、開鑿、濕地の埋立等主として舟運及び軍事的防備の目的を以て經營せられたるもの多く傍ら排水の用に應じたる程度に過ぎなかつた、之れ我邦は世々農業を以て國本となし、屎尿を唯一の肥料に充て有價値のものとして農家に有料處分を爲さしめて居つた習慣あり便所の構造は全く汲取式にして溝渠に之を排流する事が無かつたから其汚濁せらるゝ程度の大ならざりし事實も亦下水道施設の發達しなかつた一原因に相違ない。

東京市に於ける近代下水の嚆矢は明治五年東京市銀座大火の後街衢修築と共に兩側の溝渠を洋風の設備に改めたるに始まり、下水道施設の案要なるを感知したるは明治十年都下に虎疫大流行以後の事にて明治十七、十八の兩年に亙り和蘭人「デレーク」氏の意言を徵して神田區の一部に分流式下水道を敷設し煉瓦及土管を使用した、其後明治二十二年「バルトン」氏の下に東京市に亞ぎて大阪市は明治十九年及二十三年に際し下水道計畫の端を發し二十年の虎疫流行に際し下水道の起工と共に中止されたが在來の下水路に「コンクリート」塗をなし蓋をしたる略式下水道の程度にて七年に着手したのは明治四十四年仙臺市下水道の起工は明治四十五年である本式の改良下水道は故中島鋭治博士の設計にて合流式に依り明治三十二年起工したるものにて實に本邦技術者の手に成れる暗渠式改良下水道の嚆矢である、又始めて「モルター」管を製作使用した、名古屋市も明治四十四年起工したが茲に本邦下水道の用材に就き深く考究し土管の規格を定め鐵筋「コンクリート」管を創作した。

廣島市は明治四十一年起工した此外規模小なれ共横濱市、長崎市、神戸市、下關市等にて海岸の一部に土管を以て暗渠式下水道が古くより施工して有る。

要之前述東京、大阪、仙臺、名古屋、廣島の五市下水道は本邦下水道の典型をなし範を示したものにて其後函館、岡山、明石、松山、若松(福岡)、福島、大分、千住、津、靜岡、大崎、長岡、富洲原、岡崎、小倉等の市町にて相亞いで起工し今日に至つたが其普及の狀況を上水道の發達に比すれば實に微々たるものである此の外殖民地たる臺北、大連、青島等にて稍見る可きものが有る。

次に都市に於ける汚水の最後處理に至つては僅に東京市の一部に大正十一年三月運用を開始せる三河島處分場が有り大阪、名古屋兩市に現今最新の良法と稱せらるゝ促進汚泥法に基く試驗設備を有し殊に名古屋市にては昭和三年四月之が大設備を同市堀留及熱田の兩所に起工するに至つた程度に過ぎない、其他は自然放流の儘殆ど原始的狀態に委するは衞生上甚た憂慮す可き事である。

第四節　完全下水道の必要

如斯都市の下水處理設備の不完全の結果として官公署、學校、會社、病院、工場「ビルディング」、個人の住宅等にて水洗便所使用者は勢ひ小規模の汚水淨化裝置を設置する樣になり其發達は寧ろ泰西に優る狀況にあるは本邦斯界の一異彩である。

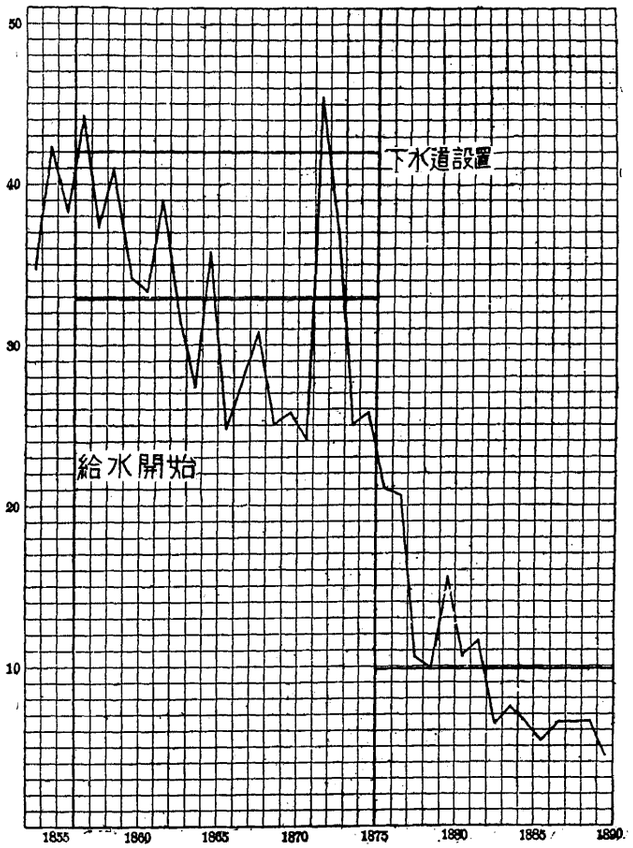
都市衞生上、上水道施設の非常に効果有る事は既に前編に述べたる如くなれども下水道は更に傳染病防止上に有効なるものである、第百八十六圖は伯林市の例であるが同市にては一八五六年に上水道の設けられたる後尙ほ「チフス」死

亡率及び一般死亡率は甚しく減ぜざりしが一八七五年以後下水道の施設を見之に各戸の排水管を接續したるに著しく其率を減したる事が判る、フランクフルト・アン・マイン」市にても同樣の結果を擧げて居る此兩市の例に依れば上下水道の完備により「チフス」死亡率は一年に人口十萬人に付四人乃至五人位迄に減少せられ一般死亡率も一千人に付十六人位までに減少する事は困難で無い樣である。

又「メーソン」氏の著書に依るに歐米諸都市にカイロ、ペキンを加へたる十五都市の排水工を有せざるものに就き五年乃至二十年間の千人に對する平均死亡率三五・八なるに排水工を有する三十四都市の十年乃至二十年の平均死亡率は二六・〇である之に依れば排水工を施せる完全下水道を有する都市は一年間に千人に對し十人の生命を救助して居る事になる、倫敦市の統計に依るも一八四〇年頃の一千人に對し約二五人の死亡率は一九一一年以後一五人に減じ人間の平均壽命が四十歲より六十六歲餘に增した事を示して居る。

次に「チフス」死亡率を見るに獨逸國大都市の平均は一九一二年に十萬人に付年平均二人、（一・三乃至三・二）米國の大都市にては一九二一年に平均三・五人（一・一乃至五・八）で有るのに本邦六大都市にては大正九年に一四・九乃至四六・七平均三〇人に達して居り全國永年の平均も一三・二人に赤痢を加ふれば二四・一にて歐米とは同日の談で無い、而して「チフス」病は特に一五歲乃至四〇歲の壯年男女を襲ふを以て國家としても損害が大きい理である、然らば歐米諸國と本邦とに何故斯る絶大なる相違を來せるかを探究し其原因を除去すべきは國家的見地上、人道上一日も忽諸に附する能はざる重大問題である、不良なる井水、糞尿を肥料とせる野菜等は其原因の一部をなすは明瞭であるけれども不安全なる下水道及不完全なる下水道等に基因する所極て大なるは疑を容れない、便所の構造が如何に傳染病の蔓延に關係するかは次の例に依れば判る。

第百八十六圖



上水及下水道完成と「チフス」死亡率（伯林市の例）

一八九七年英國「ノッチンガム」市の年報に依れば過古十年間「チフス」發病者を市の如何なる部にて起れるかを調査せるに、

第四三表

便所の狀況　一病人に對する家の數

地中に貯槽を有する式	三七戸
可搬小槽式	一二〇戸
水洗便所式	五五八戸

又英國「レスター」市にては一八九四年チフス流行せる際其發病數と便所の狀況とを調査せるに可般小槽式を用ふる家は水洗便所を使用せる家に對し患者數五倍の多きに達した、之れに依り之を見るに地中に不完全なる貯槽を有する本邦の汲取式便所にては「チフス」患者、十數倍の多きに達する事は敢て怪しむに足りない。

之を要するに便所を改造して水洗便所となし之を完全下水道に連結して最後に都市にて下水處理をなし河海に放流する事の肝要なる事は東洋の一角に五大强國の一たるを誇る一等國の體面上否保健上、人道上今日は既に議論の餘地なく可及的速に實行せねばならぬ事である、斯くの如き自明の事を怠りて現時猶大都市の中央に白晝惡臭を放ちつゝ糞尿車の列を見るが如きは他の文明國都市にて毫も見得可からざる奇觀にて都市の體面上將又衞生上到底一日も默過す可き事では無い。

第五節　下水道の目的

叙上により下水道の目的は大體判明したが要するに左の四項となる。

一、凡ての排水、汚水を出來る丈け早く市外無害の地に排流する事、之を緩漫にすれば其間に下水中の有機物は腐敗を始め下水管より惡臭を放つに至り不衞生となると共に最後の處理に障害を來たすから中途の分岐點や人孔の所も流れを邪魔しない樣に努め、沈澱物も生じない樣に設計し、洗掃にも注意を要する。

二、雨水も氾濫の害無き樣に速かに排除する事、場所により地下水位高き所は衞生に害があるから之を下ける、卽排水の目的を兼ねる。

三、場所により地下水連絡上深さの大なるを要し土工費增加すれども尙分流法の如く別に汚水渠を設置するものに比すれば其所要工費遙に低廉である。

四、下水處分場にて處理し再び腐敗する事が無い樣にして河海に放流し汚泥は肥料にでも利用する、卽河海保淸の任務を有する。

第二章　下水の排除方式

第一節　合流法と分流法

汚水、汚物を排除するに二法あり一を水運式と稱し水を以て汚水、汚物を流し去る方法にして一を保留式と云ひ暫時汚物を住宅内に保留し時々之を撤出する方法である、保留式は初步幼稚の方法で餘り衞生的のものと云はれない、從つて下水道にては水運式を本體とする、以下專ら之を述べ保留式は其後に簡單に說く事とする

水運式は更に大別して二種とする、雨水及び汚水を同一の管渠に導き之を排除するものを合流法と云ひ雨水と汚水とを分離し別々の管渠に依りて排除するものを分流法と稱する、今兩法の優劣を比較するに合流法の利點は、

（一）汚水の量は雨水の量に比すれば甚だ僅少であるから合流法の管渠は分流法の雨水渠と其大いさに著しき差違が無い唯合流法のものは各戸下水連絡上深さの大なるを要し土工費增加すれども尙分流法の如く別に汚水渠を設置するものに比すれば其所要工費遙に低廉である。

（二）下水道は主として市街地に敷設するものであるから街路には既に上水道、瓦斯、電話、地下鐵道其他の地下埋設物の縱橫に設置せられて居るのが常である故に一條の管渠にて濟む合流法は二條の管渠を要する分流法よりも施工甚だ容易である。

（三）合流法は雨水と汚水とを同一管渠内に混流せしむるから降雨毎に多量の雨水流入し來り自ら管渠内を洗滌し沈澱物を除却する効が有る

（四）合流法は唯一條の斷面大なる管渠を備ふ

るのみであるから檢査、修繕、掃除等簡便にて且充塞される惧れが尠い。

(五)道路面の塵埃、積雪等の洗掃に合流法の管渠を利用した例が尠くない。掃除、運搬の費用が可なり節約出來る。

而して其の缺點は

(一)合流法は管渠内流水量の變化著しき爲水位常に一定せず、管壁に汚物を殘し乾天時腐敗して惡臭を發すと云はれるが管壁を滑かに仕上げ管内の通風を完全ならしむる時は此害は殆んど消滅せしめられる。

(二)合流法は管渠の口徑が大きいから乾天時流速を減じ沈澱物多量ならんと云ふも卵形渠を用ふれば此憂いが尠い。

(三)洗滌槽を用ふる場合に斷面大なる爲め効果薄しと稱せられるが之れも卵形渠を用ふれば此憂なく且つ洗滌の所要回數も分流法よりは遙に節約してよい。

(四)雨水を混ぜるから下水の最後處理に合流法は不便なりと云ふも或る程度以上に稀釋せられたる下水は直接河海に放流するも支障なきを以て實際に於ては此憂も左程でない。

(五)合流法は路上に雨水の流入口多きが故に惡臭瓦斯が道路に出づる機會多しと云ふも實際に於ては分流法の汚水渠の如く濃厚なる惡臭を發散するものより其害却て尠しと云はれる、然らば分流法の利益は

(一)雨水渠築造に際し合流法の如く各戸下水道連絡の必要なき爲め所要の深さに淺く敷設すれば足る事。

(二)既に雨水渠の現存して居る場合に比較的小口徑の圓形汚水渠のみを設置すれば充分なる事等で圓形管は工事簡易にして丈夫である。

要之以上兩式の撰擇は專ら都市の狀況、地勢等に著しき關係あるを以て遽かに之れが適否を斷じ難いけれども大體分流法は既に適當なる雨水渠を有する都市、又は雨水排除の爲め特に要なき小都市にして小額の工費を以て直ちに汚水處理をなさんとする所に適し、合流法は一般に雨水及び汚水の排除を新に設備せんとする都市に適應する樣である。

大都市に於ては地勢其他の關係にて兩者を併用する場合が尠くない。例へば一部に低地ありて揚水費用の節約を企てる場合の如きは其一部を分流法として容易の業で無い、況んや分流法を採りて雨水及汚水の二渠を併行し或は相重疊して敷設せんとせば施工上の困難を一層大ならしめる理である。

從て本邦既設又は工事中の下水道を見るに何れも合流法に依らざるは無く分流法は僅に東京市下關市及青島の一部に存在するに過ぎない、之畢竟前述せし理由に基く當然の歸結にて將來に於ても合流法の下水道が益々其數を增すものと思はれる。

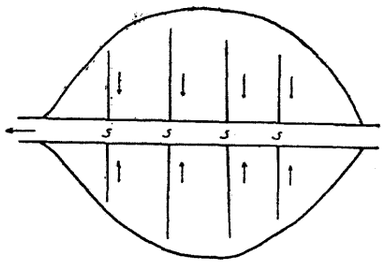
實際合流法に依り其下水幹線に沿ふて適所毎に雨水吐を設けて雨水の溢流を圖り成る可く汚水のみを集中して管渠口徑の縮約に努むる事最も普通の方法である。

第二節　下水渠の配置、方式

下水渠の配置は都市の地形によりて定むる計りでなく其最後處分場の位置方法を考慮せねばならぬ、要は成る可く地形に從ひ迅速に且經濟的に下水を目的地に排除するにある、其管渠の配置方法により左の五方式に分類される。

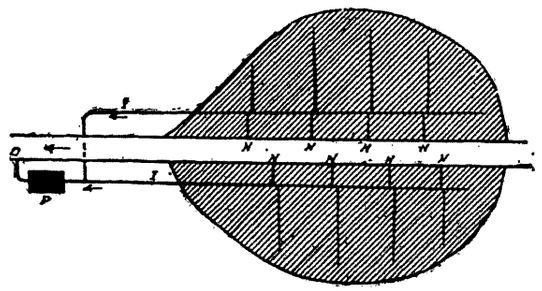
(一)垂直式　第百八十七圖の如く殆んど河川又は海岸に直角をなして下水渠を配置するものにて管渠の長さ短く斷面小にして足り最も經濟的の配列法である、河海が充分に大にして汚化

第百八十七圖



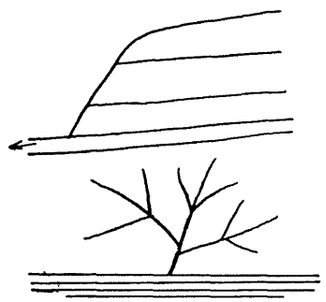
垂直式

第百八十八圖



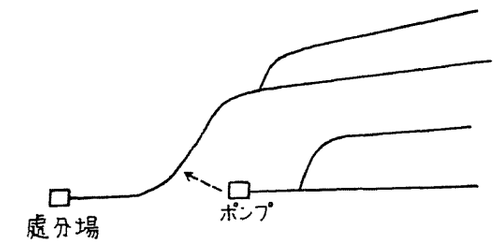
集造式

第百八十九圖



扇狀式

第百九十圖



帶狀式

の憂なき場合に好適の方式である。

(二)遮集式　之は當初垂直式なりしも人口の增加工業の發達に伴ひ河水の汚濁堪へ難きに至り爲に河岸に沿ふて遮集渠（第百八十八圖）を設け乾天時には全汚水を收容し下流端に設置せられたるPなる下水處理場を經て河海に放流する式である、大雨の場合には下水も稀釋され河水も增加するから雨水吐を交點の所に設けて一程度以上の下水は直接河川に放流し去るものである。

當初垂直式に依る場合に將來遮集渠を築造する必要を生ずる如き都布にては豫め其遮集渠の勾配を考慮して垂直下水渠の吐口を定め置くを要する、又遮集渠は普通河岸の軟弱なる地質に深く埋設す可きものであるから高き工費を要する事は免れない。

(三)扇狀式　遮集渠の多額の工費を免る、爲に地形の如何によりては第百八十九圖の如く按配する事が有る、所謂扇狀式である。

(四)帶狀式　市内の高低の差甚しき場合に應用せらる、方法にして第百九十圖の如く市を高區低區に區劃し各區別々に排水幹線を有し低區の下水は「ポンプ」によりて高區本渠中に揚水するか或は全く別に「ポンプ」に依りて他の下水處理場に送水する式で「ポンプ」揚水量を少くする利益が有り又高區と低區とを折々連絡して低い所を洗掃せしめる所もある。

(五)放射式　市を何個もの區劃に分ち中央より四方の市外に向つて放射狀に下水幹線を出すものにて市が四方水に圍繞せらる、場合とか又は中央が高い所にて其周圍が低き地或は平坦の大都市にて共附近に容易に水流水面の存せざる

が如き場合に應用せられる、伯林市の如き此式により十二區に分ち四方の灌漑畑に壓送して居る（第百九十一圖）。

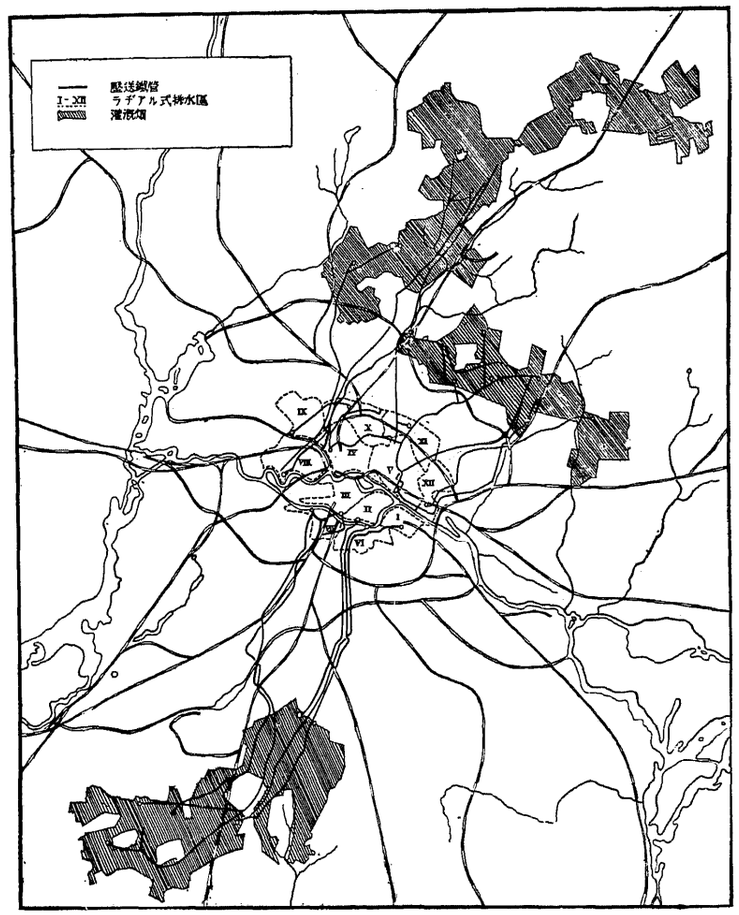
實際の設計には之等の諸式を適當に組合せ採用することが多い。

第三章　下水の成分

第一節　成分と其性質

下水とは便所、浴室、洗面所、臺所等の廢水卽家庭廢水、工場廢水、雨水、街路洗滌水、地下水等一切の總稱である、新鮮なる下水は灰濁色を呈し通常百萬分中五百內外の浮游物を含有し其一半は有機物なるも他の半分は無機物にて砂、粘土、酸化鐵、「アルミニユーム」酸化物（以上不溶解性）並に鹽化物、炭酸鹽、硫酸鹽、燐酸鹽（以上溶解性）等より成り工場廢水を多量に含むもの、外は臭氣甚しく無いけれども時を經るに從ひ漸次に腐敗して黑色に變じ硫化水素其他の惡臭瓦斯を發散し遂には表面に黑色又は灰暗色の浮渣を生ずる樣になる、凡そ有機物は炭素水素窒素酸素の化合物が主なるも

第百九十一圖



のにて時に硫黃及燐を含むものにて下水中の有機物の主なるものはプロテイン（蛋白質の如きもの）炭水化合物（澱粉、砂糖、纖維等）及び脂肪の三つである、若し下水中に硫黃多量なる時は硫化水素を生じ甚しく惡臭を放つ、有機窒素及游離「アムモニア」は下水中の有機物の量を示すもので其の和は殆んど常に相等しく游離「アムモニア」は有機物の細菌分解に依りて生ずるものであるから新鮮にして溫度低き下水中には其量少く有機窒素比較的に多い、亞硝酸及硝酸は新鮮下水には其量少く百萬分中一以下を常とするけれども、酸化せるものには其量著しく增加する、硝酸は窒素化合物中最も安全なるものである、亞硝酸は稍不安定で酸化すれば硝酸となり還元すれば「アムモニア」に變る。酸素消費量は過マンガン酸加里に依りて酸化され易き炭化物の存在を示すものにて下水中に酸素の存在少く腐敗し易き不安定狀にあるを現はす卽炭化物の大量は處理の困難を示すものである。窒素化合物は尿「プロテイン」「アミノ」及「アミノ酸」等で有る。

有機物及無機物は共に溶解、浮游又は「コロイド」（膠）狀をなし存在するものにて浮游物は全固形物の不溶解性部分である、又蒸發性浮游物は腐敗性有機物で固定浮游物は無害なる無機物である、沈澱する固形物は下水の汚泥量を示し普通沈澱法により除去する事が出來る、併し「コロイド」は普通の濾過法又は沈澱法にては除き得ない極て微細なる浮游物にて而も溶解して居るもので無い故に沈澄藥劑（硫酸礬土とか石灰）とか促進汚泥法等によりて沈澱せしめねばならぬ、「コロイド」の多きは腐敗下水又は特殊工場廢水たる事の證據であると云はれて居る鹽素は食鹽として尿中に存在する無機物にて此多量なるは普通下水の濃度強きを示すものである、然れども特殊工場例へば肉類鹽漬工場、「アイスクリーム」工場等の廢水にも此量が多い、鹽素は食鹽溶液として存在して居るから沈澱法とか細菌處理法にては影響なく此減少は殆んど稀釋度と比例する。

第二節　下水と細菌

細菌　は下水中に腐敗性有機物を含む程多數である下水一立方糎中に二〇萬乃至五〇〇萬を算し時に一千萬に達し其內大腸菌は五萬乃至一〇萬時に五〇萬を算する是等の細菌は全部危險性のものでは無いけれ共一般に其數の多き中には多數の傳染病菌又は其他の有害菌を含有するものと見做す事が出來此の如き多數の細菌が若し其儘河川に混ずる時は如何に稀釋さるゝとは云へ之を使用して安全を期する事は出來ない。抑々細菌が下水中に含まれ又下水が細菌の作用によりて淨化する事は注意す可き現象にて下水處理を研究するには大に細菌學の知識を必要とするから今之れに關する細菌に付簡單に說明しやう。

細菌は其形態に從つて三種に分別される。球狀菌、桿菌、螺旋菌が之れである、其大さは慨ね一粍の千分の一位の單細胞植物にて分裂によりて增殖するけれども環境が之に適しないと死滅するか單に胞子として生存する卽ち或る種の細菌は下水中にて增殖をなすも他の種類は發育せざるもので有り又數種の細菌ありて共存に適するものと然らざるものとが有る好氣菌は有機物を酸化する作用をなし「アムモニア」は酸化されて亞消酸又は硝酸鹽と化すものにて之を硝化作用と稱する、嫌氣細菌類は之に反し酸素無き所に共存的に繁殖するものにて下水中の有機固形物を酵素の作用にて溶解し液體と瓦斯とにする之を腐敗作用と稱する、此硝化作用と腐敗作用の兩者は共に下水處理には最も重用なものである。

第三節　下水の成分

下水の成分は常に變化して居る、之は下水道に流入する雨水量各種の洗滌用水、工場廢水の多寡等に起因するものにて其變化は排水區域の狀態により異れども一般に夜中の下水は日中に比して稀薄なる事は明である。

今試に歐米諸都市の下水性分と大阪市衞生試驗所に於て大正七年一月より十二月に至る期間中四〇〇餘種の下水に就き平均したる平均成分とを比較すれば第四十四表の樣である。

備考、本表中大阪市の「アムモニア」窒素量の著しく小なるは屎尿を混ぜざる爲である。

第四節　屎尿混入の影響

日本人男女老幼の屎尿量を平均すれば一人一日に就き屎一〇七瓦、尿六七七瓦合計七八四瓦にて其成分は游離及蛋白性「アムモニア」合量窒素は七・一六瓦燐酸一・五九瓦「クロール」四・七四瓦にて之を歐米人に比すれば屎量多くして尿量少く總量に於て約二割方少い。「ケーニヒ」氏が獨逸に於て屎尿を含まざる廢水と含めるものとの成分を平均して比較したものを一立中瓦にて示せば第四十五表の如きものである。

第四四表

都市名	平均一人一日廢水量（立）	固形物	クロール	窒素 游離性アンモニア	窒素 蛋白性アンモニア	窒素 計	摘要
米國十三都市平均	450	2,925.	862.	41.02	32.90	73·92	1立中に瓦
英國六都市平均	172	1,165.	166.	37.37	15.12	52.49	〃
獨逸十都市平均	112	592.	99.	34.44	12.67	47.11	〃
大阪市大正七年	84	1272.	201.	3.18	1.66	4.84	〃

之に由て觀れば屎尿を混せたるものは腐敗性物質を多量に有する事は明かなれども其差は顯著でない。

英國の河川保清調査會にても水便所を有する都市と有せざる都市との下水成分を比較し屎尿を下水渠中に收容すると否とにより大差無しとの結論をなして居る。

又廢水のみの成分に就て各成分の含有さるゝ絕對値を考ふるよりも屎尿を加へたる場合に於て稀釋さるゝ程度如何を比較する方理の當然なる可きを唱へ「ゾンバー」博士は屎尿を下水中に加ふるも水洗便所なれば其量は增すけれども其不潔の濃度は屎尿を混入せざる場合と異ら無いと說いて居る。

本邦にては前表大阪市大正七年の調査に依ると下水內に屎尿を混入しない爲め有機物が泰西のものに比較すれば非常に少い從て其混入如何は下水の成分に大影響が有ること明であるけれども、文化の進歩工業の發展に伴ひ漸次歐米の結論に近付くものと信ぜらる。

第四五表

下水ノ種類	浮游物 有機物	浮游物 無機物	浮游物 窒素	溶解物 全量	溶解物 窒素 有機物	溶解物 窒素 有機アムモニア	溶解物 燐酸	溶解物 加里	溶解物 鹽素
混水を下せる尿	445.7	271·2	41·6	1161.5	364.7	24.4	66.9	25.6	89.5	252.3
屎尿のみの廢水	345.8	263.7	28.9	975.3	313.1	16.4	40.5	24.0	80.0	164.1

要するに下水に屎尿を混入すると否とは其最後の處分に大した難易の相違を生ずる者で無い

第五節　工場廢水

工業都市にては工場廢水は其種類多く且其量が大いから處理上特に注意を要するものにて其成分の千差萬別なる爲め之を一般汚水と一率に處理する事が出來ない。而して之等の廢水中

特に汚度の高きもの又は特種成分のものは工場自身をして或る程度まで處理方法を講ぜしめ然る後に下水渠又は河川等に放流せしむ可きものである、次に其成分の概要を述べやう。

一、纖維工場廢水　一般に汚染度低く病源菌の生殖期間が短い、然れども多數工女を收容するものは病源菌の混入が多量である。

二、製紙工場廢水　腐敗性大にして細菌數が多いけれども增殖率高くない。併し游離纖維は腐敗作用により分解せられ無い事は處理上注意を要する。

三、金屬工場廢水　比重高く固形物多い時に游離酸の多量を含む事があるけれども細菌數が少い銅工場の銅「イオン」は下水の肥料價値に重大なる影響を與へる。

四、化學工場廢水　種類千差萬別にして一樣に律する事が出來ない、使用藥品によりて其成分を異にする。

五、食料品工場廢水　其材料の植物性なると動物性なるとにより、又釀造品の如何により成分區々なるも一樣に汚染度が高い。

六、浴場廢水　理化學的汚染度は低く腐敗性小なれども細菌學的には尿と共に處理す可きものである。

細菌は一般に酸に對しては抵抗力弱く「アルカリ」性には强い從て下水が「アルカリ」性を帶ぶる時は能く繁殖するもので有るから特に工業廢水に酸性下水が混入せらるゝ場合には細菌的處理を防害するものなる事を注意せねばならぬ。又酸は金屬類、セメント類の構造材料を腐蝕する。

第四章　下水量

第一節　家庭工場廢水及び地下水

下水は家庭廢水、工場廢水、地下水、及雨水の四種とされる。

家庭廢水　各戸より排泄する汚水量は一般に上水供給量に等しとして算出する、精しく云へば漏水、蒸發、浸透、人體攝取等の爲め給水量の全部は下水道に到達せざること勿論なるも一方井水、川水、湧水等の各戸使用水の一部が下水道に流入するから相殺するものと見做すのである。我邦に於ける上水道の平均給水量は一人一日百立を最も普通とし最少は八十立又は夫以下に下るけれども東京市の如き大都市或は工場用又は船舶給水を盛に支給する都市にては一七〇立前後時に三〇〇立に上るものもある、又上水量の日により時刻により異るが如く汚水量も時々刻々相違し晝間は夜間に比し遙に多く其平均量に對する最大最少の變化率は都市の大小、人口の多寡習慣に依り多少の差違は有るけれども一日中或る時刻の最大使用量は其平均量の一倍半乃至二倍に相當する、故に最大使用時の每秒の廢水量は人口一人に就き

(a)……$\frac{1.5\times100}{24\times3600}=0.0017$立/秒　1.5倍とした時

(b)……$\frac{2\times100}{24\times3600}=0.0023$立/秒　2倍とした時

「オグデン」氏は一日の平均量の半分を八時間に流下せばよいと云つて居る之(a)式に相當する、倫敦市にては一日の全流量の半分を六時間にて流す事として居る之れ(b)式に該當する。

分流法にては此量に依り汚水渠の口徑を計算するけれども合流法にては直接の必要は無いが乾天時に於ける最小流速を定むる上に肝要である、人類の排泄は屎尿を併せて大人と雖も一日平均一・三瓩內外に過ぎない。之を全汚水量に比すれば其量極て僅少である、故に汚水中に流入しても格別の影響を與へない。

人口密度　汚水量の算定には排水區域內の人口及び其最高密度を調査する必要有りて人口の密度は同一の都市內と雖も場所により其狀況に應じ相異するは勿論である、凡そ下水渠の設計には其排水面積を標準とするから其流域每の人口密度を精査し實狀を斟酌して將來の最高密度を推定せねばならぬ。人口の密度は市民の衞生上緊要なる事にて都市計畫上某區にて幾許の

密度の人口を收容す可きかを豫め規定すれば明に各區よりする最大家庭汚水量が定め得られる。

伯林市は一「ヘクタール」に付百人乃至八百人にて八百人を下水計畫の標準として居る大阪市は六百人（以下全部一ヘクタールに就ての意）を最大標準とし東京市は全市なれば三百人なれども下谷淺草方面は七五〇人に達する。而して本邦現在下水道の施設を有する都市にては一人一日當り最大汚水量は一七〇乃至三五〇立に達し人口密度は二〇〇人乃至九〇〇人に達して居る。米國東部の都市にては摩天樓櫛比する爲めか百萬人以上の大都市に在りては一二五〇人位に達して居る。

今假りに人口密度を二〇〇人一人一日の平均汚水量を一〇〇立とし最大量を此二倍と假定すれば一「ヘクタール」よりの最大汚水量は

$$200 \times 0.0023 = 0.46$$ 立/秒ヘクタール

之に流域の面積を乘ずれば汚水量が求められる、將來に於ける人口增加の割合は上水道編に述べたると同樣にして定められる。

工場下水量　之は工場の規模、目的、性質により一律出來ない、各工場に就て調査する、併し特殊の工業都市を除き普通の都市に於ては全市汚水量に比し比較的少量なるを通例とし大都市に於て殊に然りとする、例へば大正十年度中本邦有數の大工業都市たる大阪市に於ける調査によるも工場廢水を含む總汚水量は人口一人當一日平均八四立を出づる事稀であると云ふ事である、因て普通の都市に在りては最大汚水量中に含有せしめても大過無い樣である。

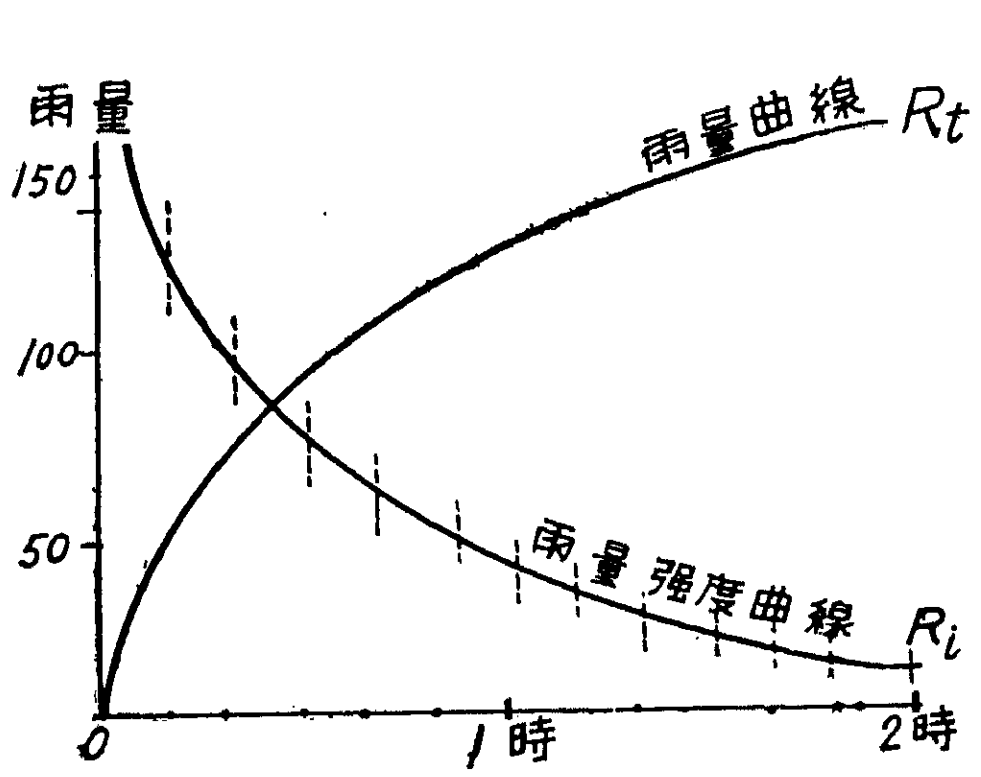
地下水　下水管渠內に浸出する地下水の量は管渠の材料、構造、接合、直徑、延長、流速、流深等に左右せらるゝのみでなく周圍の土質並に地下水位の高低如何に依り著しき相違が有る。外國の例によるに「セメント」接手として一粁に付毎秒〇・二乃至〇・四立にて構造粗惡なるものは此五倍時に十倍の量に達する分流法に於て汚水渠を設計するに際し地下水の浸出量を汚水量の一〇乃至一五%に採ること普通にて極て低濕の地にては二〇%以上とする場合も有る。

第二節　雨水

降雨量　雨水は合流式下水道の斷面を決定す可き重要資料で有るから其土地に於ける最大降雨量並に降雨日數等の調査は下水道の設計上最も必要なるものである而して之が爲めには年雨量月雨量又は日雨量と云ふが如き長時間の觀測よりも寧ろ短時間內の降雨量を知る事が肝要にて少くも一時間雨量を知り望み得れば一分間雨量も知りたい、併し之等の調査は永年に亘り自記雨量計の觀測に依り始めて知り得可きものなれど我邦の測候所の年報には斯る短時間の雨量は知る事が出來ないので大都市以外には其資料を需むる途が無い、僅に附近の土地に於ける時雨量を以て計畫の基準となすの已むなきは下水道の設計上甚だ遺憾とする所である。

我邦は一般に降雨頻りにて不時の豪雨襲來することは珍らしくない。下水計畫を樹つる土地に於て標準降雨量を調査するに總て雨量は短時間には非常に強きものにて降雨時間が長くなる程雨量の強度は減ずるものである例へば永年の調査にて十分間の雨量強度（其強さにて一時間繼續したものとしての雨量）二十分間の雨量強度三十分間の夫れと云ふ樣に多くの雨より拾ひて圖上に點を取ると第百九十二圖の雨量強度曲線（Ri）を得らる、其都市の（Ri）を定むるには永年の記錄中最大雨量を標準とすれば安全は即ち安全であるけれども徒らに大管渠を要し莫大なる工費を投ずるに止まり實際上左程の効益無き事が多いから充分四圍の狀況、氾濫の被害と工費の增加とを比較考究し三年位に一回とか又は被害少き所にては毎年一乃至二回とか溢るゝ事を覺悟して標準雨量を決定して終局の經濟を計る可きである、實際の場合には本邦にては一時間の雨量を三〇粍乃至六〇粍、普通五〇粍とする事が多い、前記の雨量強度曲線（Ri）は其土地の第二流か第三流の雨を標準とし其曲線式を左の二種の形に定むる事が多い

第百九十二圖



雨量曲線

(1) $Ri = \frac{c}{t^m}$　(2) $Ri = \frac{c}{t+n}$

c m n は記錄より拾いたるものより最小二乘法にて定めたる定數、t は想定降雨繼續時間（分）、Ri は其強度にて一時間降り續きたる總雨量（粍）である、東京市にては明治二十四年以來の記錄により精查して

$Ri = \frac{5500}{t+50}$　（第一期即下谷淺草方面）

$Ri = \frac{5000}{t+40}$　（第二期即目下工事中の麹町を中心とする部分）

を使用して居る、共に一時間の繼續雨量は五〇粍としてある。若 t 一〇分なれば第一式にては九二粍、第二式は一〇〇粍となる。斯くて t 分間に降る實際の降雨量はR曲線（第百九十二圖）

$$Rt = Ri \times \frac{t}{60}$$

にて示される之れが雨量曲線である、斯くて小區域の管渠は短時間の強度大なる豪雨にて最大流量を生じ長き區域を排水する管渠は長時間續く雨量の強度低き雨量にて大なる流量となる。計算は此雨量曲線によりて出來る。

雨水量　降雨量の全部が下水渠內に流出するものでは無い、其一部は蒸發し一部は地下に滲透して殘部のみ管渠內に集まり來るものである、從て此の滲透量と蒸發量とを研究する事は管渠の口徑を定める上に最も重要にて蒸發量は其土地の風土、氣候、樹木の多寡等に影響する所多く滲透量は土質、勾配、道路の面積、鋪裝の性質、家屋の密度、屋根の構造性質、庭園、森林、公園、邸宅、空地等の多寡、土壤の濕土等に依り著しき相違を生ずる、雨水の流出量を算定するに當り最も簡單なる方法は全降雨量の內其幾パーセントか下水渠內に流入するかを推定するに在る、例へば伯林に於ては最大降雨時量の三分の二は蒸發滲透する量となし殘り三分の一を下水渠に到達するものとして流入量を算出した我邦にても仙臺市下水道は最大降雨時量に對する流出量を大管は二分の一小管は四分の三と推定し、管徑を定め廣島市は同市街地は二分の一他は四分の一に若松市は市街地を二分の一に他を五分の一に明石市は五七%に神戸市は平地を六二・五%に山地を三一%に採りたるが如きは其實例である。

合理方法　前記の流出係數を全體として推定するもよいが猶精しく定むるには排水區域內の屋根、鋪道、庭園、森林、其他の面積を各々別に調査し降雨量に其面の性質に應ずる左表の如き流下係數を一々乘じて流出量を定むるものにて最も理論的であると共に計算は煩雜である。

第四六表

屋根	八〇乃至九五%
（アスファルト）及木鋪道にて目地の水密のもの	八〇乃至九〇%
普通鋪道	三五乃至七〇%
碎石道路	二五乃至五〇%
砂利道路	一五乃至三五%
公園森林又は庭園草地等	〇乃至二五%

上記の範圍を示したのは地表の勾配其他の狀況に從つて設計者が斟酌す可き爲である。

今例を以て說明せんに降雨量を五〇粍と假定すれば毎秒一「ヘクタール」に就き一四〇立となる。次に考ふる區域內は道路面二〇%流下係數八〇%、屋根三〇%流下係數九〇%、庭園及空地五〇%流下係數二〇%であるとする、然れば

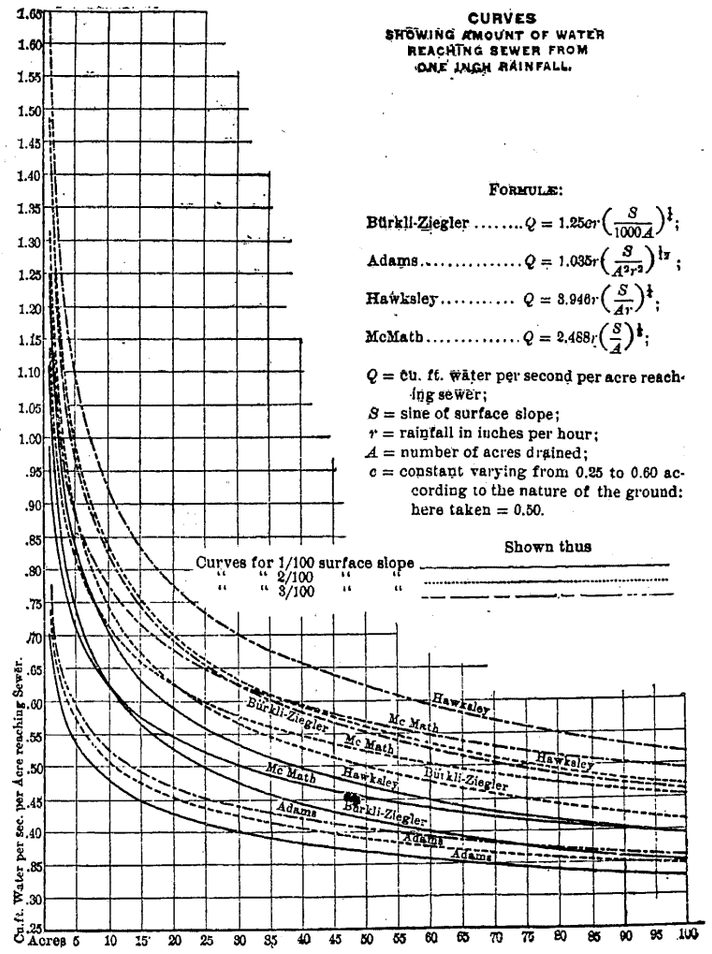
道路　$0,20 \times 0,80 \times 140 = 22,4$立

原圖及空地　0,50×0,20×140=14,0

即ち斯る區域内一「ヘクタール」よりの毎秒流下量は七四・二立となり全體としての流下係數は五三%となる理である、之を前節の家庭汚水量の〇・四六立と比較すると一六〇倍になる、故に合流法にては雨水量に依りて口徑は定まるものにて家庭汚水量は殆んど考へないでよい、斯る大量の雨水を全部下水管に收容する事は頗る不經濟であるから幹線の諸所に雨水吐を設くるがよい。又は二つの幹線が合流する場合には一方に停池と稱する下水の貯溜池を設けて其最大流量の時間が一致しない樣にすると下の管渠費を節約する事が出來る。

次に排水區域が廣大にて下管渠の長さが大なれば遲滯の影響を研究せねばならぬ。雨水流出の狀況を見るに流域の細小なるものにありては短時間の强雨か最大流量を示す事が普通であるけれども流域廣く流程の延長するに從ひ或る地點に到達する迄に相當の時間を要するを以て玆に遲滯の影響を生じ降雨强度の大小と雨の繼續時間の長短に依りて最大流量の到達を來す樣になる、今Lを下水管の最遠端より管内の任意の一地點までの距離とし

第百九十三圖



實驗公式比較表

ば上流端の雨水が地上に降りし後下水管内に流入し考ふる一地點に到達す可き時間tは、

Vを下水管内の平均豪雨時流速としTを雨水が地表に降りし時より下水管内に到達する迄の時間（普通二分乃至十分平均五分位）とする然ら

$$t = \frac{L}{V} + T$$

式にて判る而して多數の場合にt時間丈け繼續

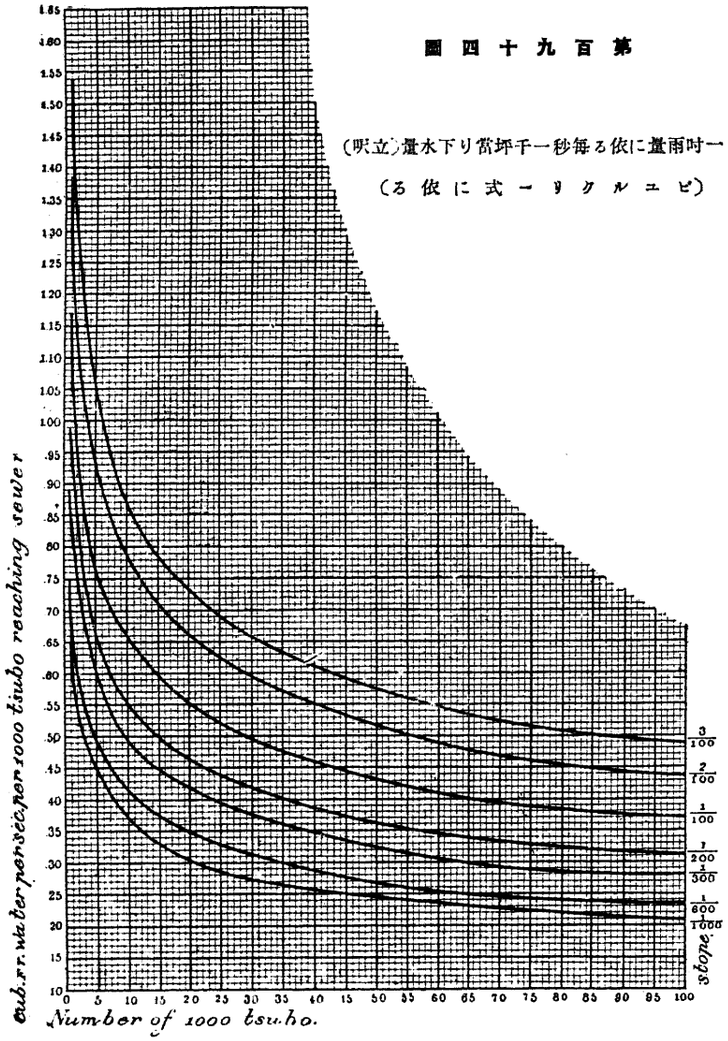
する强度の雨が此の地點の下水管に最大流量を起すものである、故に各下水渠毎に一々其始點よりの距離に應じ其最大流量を生ず可き降雨の繼續時間及び强度を精査し前述の流下係數等を酌量して其流量を算定するものである。而して實際に於ては夫々必要なる圖表を作製し置き一々計算するの手數を省略出來るから運用上には左程の困難無しとの事であるが兎に角此合理方式は計算上多大の手數を要する丈け結果は合理的にして次說の實驗公式よりも最も實際に適用して安全なりと稱せらる、東京市及靜岡市下水道は合理方式により雨水量を算出した。

實驗公式　併し從來の技術家又は學者の實驗的に流出量を定むる公式が澤山有る「ビュルクリーチーグラー」「ホークスレー」「アダムス」「マツクマス」「ヘーリング」「ブリツクス」「クレーグ」「バームレー」「グレゴリー」等最も著名にて何れも研究せられたる地方的には信賴し得るものなれども風土、氣候を全然別にし降雨の性質並に雨量を異にせる地方に於て之等を應用せんとする場合には公式の起源等に就き充分なる調査を行ひ相當の考査酌量を

第百九十四圖

一時雨量に依る毎秒一千坪當り下水量（立呎）

（ビュルクリーチー式に依る）



施して過失なき樣注意を必要とする第百九十三圖は諸公式を圖表に示し比較したものである如何に互に相違するかゝ判明する。以上諸公式の狹、土地の勾配、狀況等をも相當に斟酌せられて居るから比較的本邦の事狀に適し臺北市及名古屋市の兩下水道に試用せられて相當の結果を牧めて居るので調査試料に乏しく合理法に依り難き本邦諸都市には爾來最も廣く應用されて居

内「ビュルクリー、チーグラー」公式は山岳多き瑞西國「チューリヒ」市の産物にて排水面積の廣

る、其公式は、

$$Q=CR\sqrt[4]{\frac{S}{A}}$$

但Qは排水面積一「ヘクタール」より下水渠に達する雨水量(毎秒立)、Sは排水區域内の平均勾配にて $\frac{S}{1000}$ にて示したSの値

Aは排水面積を「ヘクタール」にて示せるもの

Rは降雨繼續時間中一秒時間に一「ヘクタール」に降れる平均雨量(立)

Cは定數にて最大〇・六最小〇・三平均〇・五

名古屋市にては便宜上之を吋、坪、立方呎の單位に換算して次の式を使用した。

$$Q=1.25Cr\sqrt[4]{\frac{1225S}{A}}$$

但Qは一秒時一千坪の面積より流れ來る雨水量（立方呎）

Sは排水面積の平均勾配

Aは一千坪を單位とする排水面積

rは時にて示せる最大降雨時量

Cは前と同じ

第百九十四圖は右の式を圖表にて示したものである、此式は名古屋、臺北市に次ぎて函館、津、千住、大崎、長岡、岡崎、東京府下各町村等に最も廣く應用せらるゝものにて其結果を合理方式に比すると一般に流量小にして殊に排水區域廣大にして平坦なる所に其差か大きい、從つて必要少き町村に工費低廉に出來る利益がある。

大阪市及福島市の雨下水道にては高區低區に區分し勾配比較的急峻なる高地には「ブリックス」公式（獨逸オーフエン市の產物にて勾配急の所に適するものにて、

$$Q=\frac{0.5R}{\sqrt[6]{A}}$$

但QRAは(1)式と同じ）を使用し、地勢平坦にして勾配遲緩なる低地には「ビユルクリー、チーグラー」公式を採用し排水面積一「ヘクタール」未滿の小區域には遞減率を用ひない特種公式を使用した卽ち

(A)一「ヘクタール」未滿の小排水面積に於ける特種公式

$$Q=\psi R$$

(B)排水面積一「ヘクタール」以上にて勾配緩なる低地に採用した「ビユルクリー」公式

$$Q=\frac{\psi R}{\sqrt[4]{A}}$$

(C)排水面積一「ヘクタール」以上にて傾斜多き高地に使用されたる「ブリックス」公式

$$Q=\frac{\psi R}{\sqrt[6]{A}}$$

但Q、R、Aは(1)式に於けると同じにてRは一六七立とする、ψは降雨强度不均一に關する遞減係數（フリユーリング教授による降雨中心を距る三粁にて雨量は半減し其間は二次拋物線にて遞減するもの）ψは蒸發滲透に關する係數にて低地には〇・五高地には〇・六を採る。

之等の實驗公式にては皆最强雨量を知る必要がある、之は自記雨量計に依りて定められる、記錄的の豪雨は必しも設計標準雨量ではないけれども參考の爲其有名なるものは左の如きものである。

第四七表

市名	西暦年號	降雨量 毎秒一ヘクタールに付(立)	降雨量 毎時間の降水量(粍)
米國テキサス市	一八八四	四二一	一五二
〃紐育市	同	四〇〇	一四四
瑞西バーゼル市	同	三八三	一三七
〃チユーリヒ	一八七六	三五三	一二七
獨逸フランクフルトアンマイン	一八九一	三三三	一二〇
〃マンハイム	一九〇三	三三三	一二〇

東京市の $\frac{5000}{40+t}$ 式も瞬間的最大は毎時一二五粍の筈であるが事實は之より大きいだらう。

第五章 設計

第一節 概論

下水道の設計に際しては先づ其都市の地形、地域、地質、人口、雨量等を調査し下水系統及び排水區域を定め幹線の配列を考究し下水量を知り管渠の口徑を定め且つ汚水の處理方法を研究して豫め處分場の位置を撰定し置くこと肝要である、下水の排除は成る可く自然流下式に

依るを可とし「ポンプ」力の使用範圍を制限縮少することに專ら留意せねばならぬ故に合流法の管渠の如きは河川、溝渠等に近接する每に地形の許す限り溢流口卽雨渠吐を設置して雨水を溢流せしめ管渠口徑の節約を圖り同時に排泥口を適宜配置して沈澱物の除却に備ふるが便利である、下水渠の敷設位置は原則として街路の中央を撰定する事普通なれども道幅の廣き場合又は中央に軌道等の存在する個所に於ては兩側の步道下に埋設するを便利とする場合も尠くない然れ共之等は上水道、瓦斯、電信、電話、地下鐵道其他各種の地下埋設物を充分に調査するは勿論遠く將來に着眼して豫め一定の順序標準を制定し整理方法を攻究し置く事は頗る緊要の事である。

下水管渠の配列方式は既に第二章第二節に說明したる如く種々のものが有るが其配布並に系統は地形及處分場の位置等より左右せらるゝこと勿論である、要は最も捷路を撰び下水を成る可く速に市外に排除し得る經濟的施設を行はんとするに在るを以て全體の系統及管渠の配布に就ては愼重に考慮を要し充分に比較研究せねばならぬ而して直角式、遮集式、扇形式帶狀式、放射式等を按配して最良の結果を與ふる樣に決定するものである。

第二節 流速及び勾配

下水の流速は成る可く大なる方が汚水を短時間に處分場に排除する目的に副ひ且管渠の斷面も小形にして足り經濟的である、然とも此流速の大小は管渠や勾配に依り左右され勾配は地形により自由に出來ない、勾配急に失すれば流速を增して管底を磨滅し、緩に過ぎれば流速を減じ流入し來る土砂、塵芥の沈澱を招き下水管を閉塞し又は腐敗して惡臭を發し不衞生となる原因をなす、之を避くるには少くとも〇・六〇乃至〇・七五米秒の速度を必要とする、此の如き下水管内最小流速を定むるには通常下水内に流入する固形物に付き其自掃に必要なる流速を知るを必要とし之が實驗成績を徵するに管渠を構成せる材料の種類により多少の相違はあるけれども大體一秒時の平均流速は次の如し。

第四八表

	糎秒
半流動性河泥	七・五
普通粘土	一五・〇
黃色眞土	二二・五
河砂（小豆大以下）	三〇・〇
砂利（大豆大以下）	四五・〇
礫（徑二五粍）	七五・〇
碎石（鷄卵大）	一〇五・〇

卽平均流速凡そ每秒七五糎有れば普通沈澱物を流通する事が出來る、英國の實例にても普通口徑の下水管にては少くも秒速六〇乃至七五糎を與へ細管に對しては特に一米又は一・一五米を與ふる樣である、併し之れでは小管が餘り急勾配になるので此の制限は中止して居る最小流速は下水の流深によりて大部異るから之を餘り淺くする事は出來ない、最小深三乃至四糎を要する、此最小流速は乾天時下水(汚水と地下水を含む下水)の一日の平均流速を以て率すればよい、之が不可能の場合にても少くも一日中一時間は之れ丈けの流速を以て流るゝを必要とする。

凡そ流速は又管渠の小なる程減ずるものであるから管徑によりて夫れ〱最小勾配が定まる夫れより緩に埋設すれば管の爲めによくない、例へば各戶取附用の一五糎位の管は五十分一小形市街下水管は百分一、下水渠にては百五十分一の如きである、下水の最大流速に就ては同じく地勢上左右せられ一定の制限を設け難いけれども過大なれば砂利、砂の如きものが下水管底を磨滅する憂が有る、此最大流速は一・八〇米秒以内を適度とする、之も人により說を異にし一・五〇乃至二・五〇米秒の範圍内に變つて居る、併し稀に起る洪水にて極く短時間なれば六米秒を許す事も有る、斯くて此最大流速の制限の爲に急坂等にては適宜人孔を設置し特に人孔内にて落差を設け管渠の勾配を緩にし流速を減少せしむる事も尠くない、然れ共地形上己むを得ざる場合に於て小管に對してまで斯くの如くするに於ては莫大なる施設費を要して不經濟を免れないから寧ろ磨滅其用に耐へざる

場合に至らば局部的に改築修理する事を覺悟し或は底部に敷石を敷設するか又は七五糎以下の小管に對しては地勢の命ずる所に從ひ一部に極端なる急勾配を挿はさめた例も亦尠くない。

我邦の既設下水道に於ては管渠の平均滿管流速を普通〇・九〇米秒前後に採つて居り如何なる場合と雖も〇・六〇米秒以下を用ひないものが多い、土地甚だ緩にて之等の流速を與へ得ない場合に於ては卵形管渠等を使用して流速を速め土砂塵芥の沈澱防止に努めるを普通とし取附用の細管には特に一・二〇米秒前後の流速を附與し又最大流速と雖も二・四〇米秒を越えない事を原則とするものが尠くない。

今試に圓形斷面を有する諸管に就き其適度の勾配流速等を表示すれば次の樣である。

第四九表

直徑(糎)	勾配	滿管流速米秒	滿管流量立秒
一〇	三五分ノ一	一・一〇六	八・九八
一五	四〇分ノ一	一・〇八九	一九・五五
二〇	一〇〇分ノ一	一・〇五九	四三・四九
三〇	一四〇分ノ一	一・〇七四	九八・六六
三七・五	一〇〇分ノ一	一・一〇四	二三八・八一
四五	三〇〇分ノ一	一・〇〇〇	一六九・三
五〇	三五〇分ノ一	一・〇〇〇	二六六・三
六〇	四〇〇分ノ一	〇・九八一	三六六・八
一米五〇	一四〇〇分ノ一	一・〇三八	一九五五・六
二米四〇	三三〇〇分ノ一	〇・九八八	四六二・八

平坦なる都市にては斯る都合よき勾配を與へ難い事も少くない。

最小勾配　若し秒速〇・五〇米位を最小速度として許せば、

第五〇表　最小勾配

直徑(糎)	
二〇	一
二五	一
三〇	一
三五	一
四〇	一
四五	一
五〇	一
六〇	一
	一二五〇分ノ一
	一五〇〇分ノ一
	二〇〇〇分ノ一
	二五〇〇分ノ一
	三〇〇〇分ノ一
	三五〇〇分ノ一
	四〇〇〇分ノ一
	四五〇〇分ノ一
	五〇〇〇分ノ一
	六〇〇〇分ノ一
	七五〇〇分ノ一
	九〇〇〇分ノ一
	一一五〇分ノ一

實際の場合には下水管の勾配は地形により支配せられ上流端の深と又下流吐き口の高さにて兩端を押さえられ中間にても道路面より適當の深さに埋設せねばならぬ卽餘り淺きは各戸取附けに不便にて且つ道路の通行貨物に害せられる又幹線は恒に枝線より深きを要する、又餘り深きは徒らに工費を增す。斯る制限を受けて勾配を決定するものであるから自由には出來ないが經濟上恒に左の二項を念頭に於て愼重に審査決定する。

一、下水管の斷面を小にする爲勾配を急にする事。

二、下水管の深さを成る可く淺くして工費を節約する事。

第三節　管渠の埋設深さ

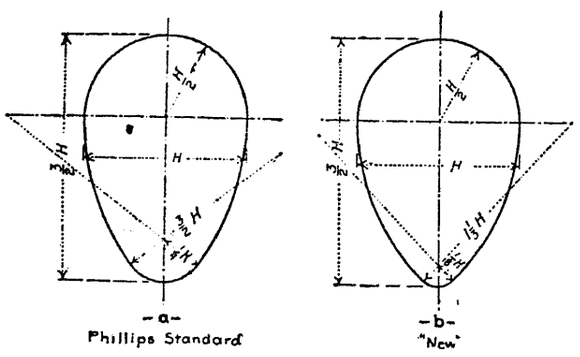
下水管の深さは工費より云へば成る可く路面に近きを望むけれ共各戸取附と通行貨物と寒國にては凍結の爲下水管の破壞されない事より制限される、地下室の有る西洋建物にては少くも三米乃至四米、地下室無きも二乃至三米を要するけれ共本邦にては附近最低の地面以下〇・九〇米止む無き所にても〇・六〇米の深さを保たしめる、將來西洋建築の地下室の出來る如き重用市街にては豫め充分の深さとする必要が有る。

一方下水管の深さの增は急に工費を增大するものにて且又取附工事を不便ならしむる、斯る所にては別に表面近く小下水管を埋設し人孔の處にて深き幹線に連結するがよい何れにするも下水管の深さは萬已むなき場合の他は五米より深くしない樣にす可きである。

第四節　管渠の斷面形狀

下水の量は時々刻々相異るが故に下水管渠の形狀は流量變化するも流速の變動大ならざるものを以て最善なりとする、卵形斷面は一八四六年英人「ジョンフイリツプ」の考案に成り底部の半徑は上部の半徑 H/2 の半分 H/4 にて全體の高さ及側壁部の半徑は共に 3H/2 である之を古型卵形と云ひ第百九十五圖 a が之を示す、新型は底部の半徑を更に半減して H/8 とし高さは同じく 3H/2 で同圖 b に示して有る、新型は底部細小なるを以て汚水量の少き所に適する此外種々なる高さと半徑とを有する卵形斷面が有る、時に之を倒立したる形狀を用ふる事も有る、汚水量比較的多き所に渠内を步行するに便である、我邦に於ては卵形渠の上部を去り板石又は鐵筋コンクリート板を以て覆蓋となしたる所謂截頭卵形斷面を使用する事が多い、卵形斷面は流速の變化少きを以て下水管渠に最も適當して居るけれ共之を圓形斷面と比較し水頭の損失大なる事、强度を與ふるに不利なる事、施工簡易ならざる事等の缺點が有る、因りて通常

第百九十五圖



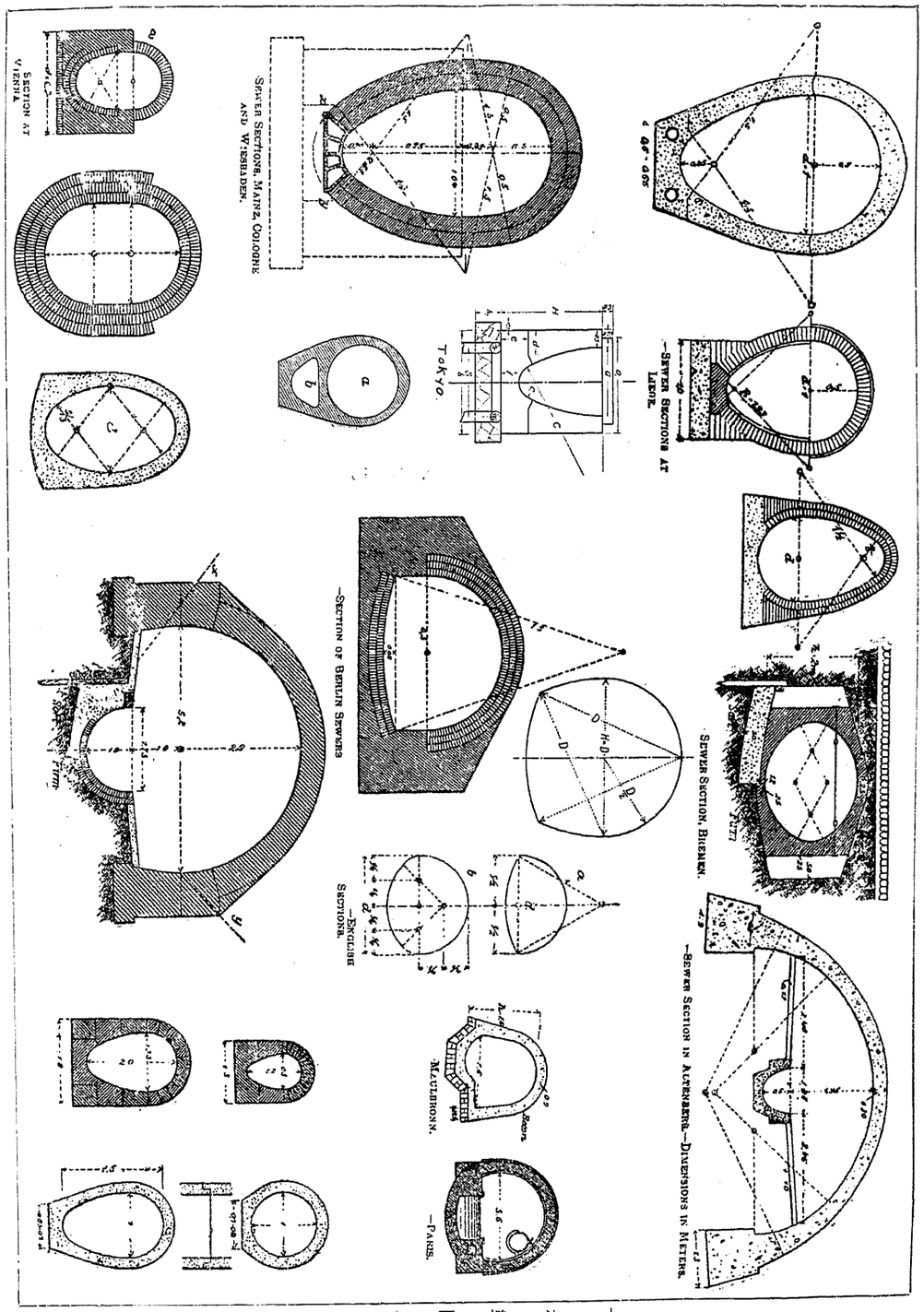
卵形渠

常に適當なる流速を與へ得る管渠にては成る可く構造簡單にして强度大に施工の容易なる圓形斷面を撰擇する事最も策の得たるものにて唯土地低く平坦にして充分なる流速を採り得ざる場合又は汚水量と雨水量との差大に失し流量の變化常なく汚物の停滯を自掃せしめ得ざる場合等に限り卵形斷面を採用する事が最も普通である

前說の如く下水道は專ら土地の地勢と排出口の高さとに依り制限せらるゝ事夥しきを以て水理學上又は强度上最も都合よき形を取る事が出來ない場合が多い其幹線管渠の如きは屢々圓形斷面よりも更に扁平なる形狀を必要とする場合も少くない卽ち楕圓形を横にせる斷面、半圓形斷面、馬蹄形斷面、矩形斷面等は皆之等の場合に應用せられたる形狀にて之等を使用せんとする場合は少くも〇・九〇米秒の平均速度を與ふる事に留意せねばならぬ、尤も圓形に近き馬蹄形斷面は大下水渠には普通の形にて構造上最も便和で且圓形の利點を有するものである、此他地勢又は經濟上の關係にて開渠を使用する事もあり、又巴里市下水道に於ける樣に斷面を著しく大きくし底部の中央又は一端に溝渠を設け平素の汚水を疏通せしめ上部に總ての地下埋設物を抱擁するものもあり、斷面を上下二段に區分し上部を雨水渠に充て下部を汚水渠に充當するものもあり（第百九十六圖）千差萬別其形狀到底牧擧に遑ない位である、然れども何れの場合にも其底部は弧形又は溝形とし汚物停滯の防止に努むると同時に洗掃の利便に對する注意を忘つてはならぬ。

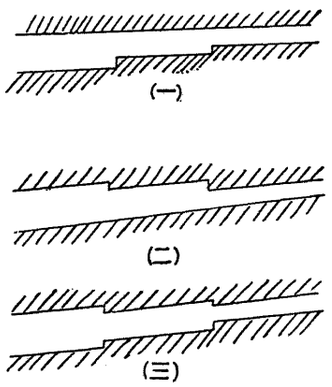
尙下水渠には伏越箇所又はポンプ壓送管等或る特種の者の外は水壓を受けない樣にする事及

第百九十六圖



下水渠斷面圖

第百九十七圖

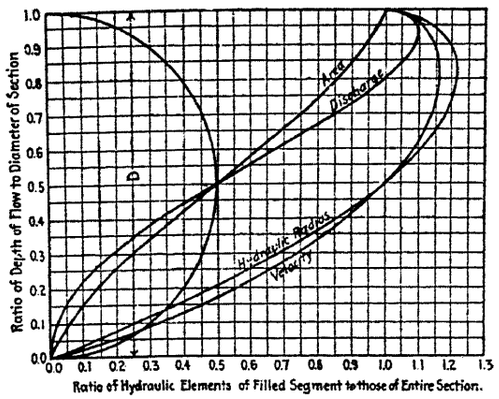


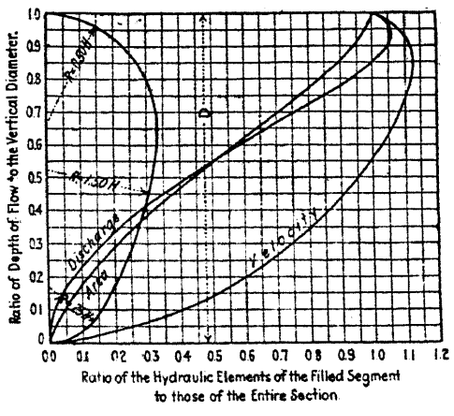
街路下水管は一は閉塞されない爲め一は掃除の必要上最小徑のものにても二〇糎以下を使用しない事を肝要とする。

下水管渠の斷面の變化は人孔の所にて行ふけれども之れが擴大を(一)底の方にする事(二)頂部の方にする事(三)兩者の中間を取る事(第百九十七圖)の三方法がある(一)は直ちに全斷面を利用せられ(二)は下水管が餘り深くなるを防ぐ故に地形上充分の勾配を附けらるゝ所には(一)がよく平坦の町には(二)が適する、兩者の中間に(三)を採用する。

總て斷面の變化、方向及勾配の變更點は人孔の所に於てする從て街路の交叉點にて行ふのが普通である、蓋し此の方が下水管内の檢査掃除に便利であるからである。

第百九十八圖





第五節　管渠の斷面算定

下水の流速　下水中には浮游物の含有量が多いけれども尚其割合は水分に比すれば極めて少量であるから普通の水理學の原則に從ひ水理公式を使用しても差支へが無い、下水管渠の斷面計算には上水篇第三章に掲載した「ガンギレー、クッター」公式を使用するもの最も多く我邦既設下水道の如きも殆んど之れに依つて居る、但粗率nの値は下水管にては〇・〇一三、〇・〇一五及び〇・〇一七の範圍に於て取捨するが普通である、クッター式は形は複雜で有るが既に精しき表も有り(ムーア氏著サニタリーエンヂニアリングに精しい)又は圖表によりて容易に圓形又は卵形の大いさを決定出來る。

又「クッター」の式を簡單にしたる式

$$V=\frac{100\sqrt{R}}{0.35+\sqrt{R}}\sqrt{RS}$$

但しVは平均流速米秒Rは動水半徑(米)Sは水面勾配である。

も能く下水管に使用される。

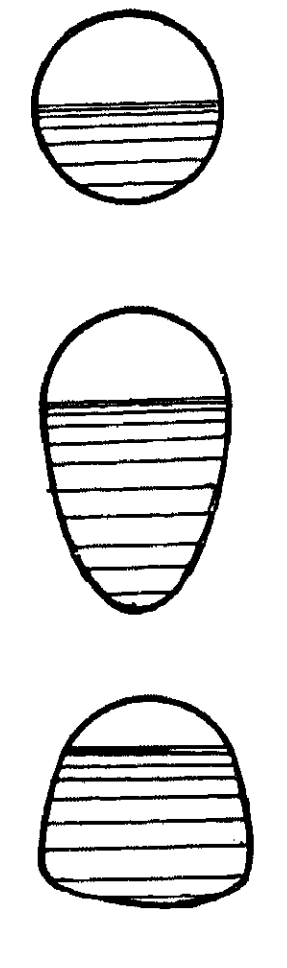
又は上水篇配水法の章に掲げたる「ウイリア

ムヘーズン」氏の指數公式による所も有る。

斯くて下水管は常に滿流せずに一部分流れて居るものであるから其際の流量を知るには各標準斷面に就て「クッター」氏なり何なりの流量式に依り第百九十八圖の如き水理要素を算出し圖表にして置けば甚だ便利で有る、尤も之は高さを一とした場合であるから若しdなる高さなれば面積には$d^{\frac{1}{2}}$を流速をには$d^{\frac{1}{2}}$流量には$d^{\frac{5}{2}}$を乘すればよい、併しdによりてCなる係數が變化するから精しくは之を考へに入れねばならぬ。

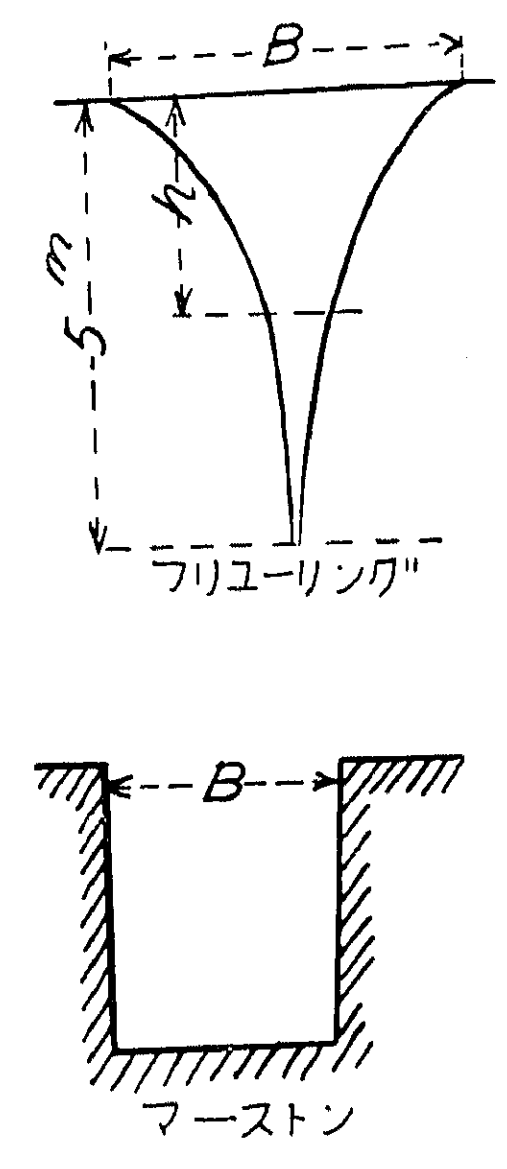
又卵形、馬蹄形等の特種の形狀のものは之れと等流量の圓形管に換算する圖表を豫め作製し置けば甚だ設計上便利である。

第百九十九圖



管渠の餘裕

第二百圖



管渠上の荷重

斷面の大さ　凡そ下水管渠內は常時修理洗滌して、汚物、土礫の沈澱停滯を防ぐは最も重要の事であるけれども時に多少の沈澱を招き且つ豫想以上の流量を來す事決して稀でない故に實驗公式によつて定めた下水管渠の斷面には計算以上に相當の餘裕を與へる事が必要である、之れが爲め故中島博士は歐米の實例に鑑み直徑六〇糎以下の管には二分の一、高さ七五糎乃至一八〇米の圓形管又は卵形渠には其三分の一、之れ以上の大形馬蹄形又は半圓形渠には高さの四分の一の餘裕を取り斷面を定め本邦にては之れによるものが多い併し合理的流量算定法にて毫も斯る餘裕を必要とせず却て一年に一回位は滿流さするを可とする故滿流を以て斷面を決定してよい。

第六節　管渠の荷重

外部より下水道に及ぼす壓力は埋戻土及び路面の動荷重に基因するものにて埋戻しの深さ、土質施工法に依り異り且土壤中に荷重の分布する狀體も極て複雜で之を決定する事は難事である、而して埋戻土の壓力は施工の際に最も大にて時日を經るに從ひ減少するから動荷重と共に考ふる場合は其三分の二位を採る樣である、動荷重の影響は路面よりの深さの增すと共に次第に其强さを減ずるものにて「メットカーフ」氏は地下數尺に及べは等布荷重と見做して支障なしと云つて居る「フリューリング」氏は埋土の深さ五米迄は漸次管上の土壓を增すも其增し方は深さの自乘に比例して減少し遂に五米を超ゆれば一定不變なりとなし動荷重も亦深さ五米までは其自乘に比例して減じ五米以上の深さにては其影響無しと說いて居る。

$$P_1=\frac{1}{3}wB\left\{5-\frac{(5-h)^3}{5^2}\right\}$$

$$P_2=BQ\left(\frac{5-h}{5}\right)^2$$

但しP_1は管の一米の上に來る埋戻土より來る壓力(瓩)

wは埋戻し土の單位重量(瓩)

P_2は管の一米の上に來る動荷重よりの壓力(瓩)

Qは一平方米の上の動荷重(瓩)

Bは管の外徑

「マーストン」氏は實驗上管上の荷重は掘鑿幅の自乘に比例して增加するものなりと主張し次の公式を案出し種々の深さ及幅によりて表を作製した。

$$W=CwB^2$$

但Wは單位長さ上に來る壓力

wは埋戻土の單位重量

Bは掘鑿幅

Cは深、幅、土質、荷重等によりて異る係數

第五三表　「マーストン」氏に依る安全荷重としてのCの値表

深さと幅との比	濕れる地表土乾又は濕砂	水にて飽和せる表土	濕れる黃粘土	水にて飽和せる黃粘土
0.5	0.46	0.47	0.47	0.48
1.0	0.85	0.86	0.88	0.90
1.5	1.18	1.21	1.25	1.27
2.0	1.47	1.51	1.56	1.62
2.5	1.70	1.77	1.83	1.91
3 0	1.90	1.99	2.08	2.19
3.5	2.08	2.18	2.28	2.43
4.0	2.22	2.35	2.47	2.65
4.5	2.34	2.49	2.63	2.85
5.0	2.45	2.61	2.78	3.02
5.5	2.54	2.72	2.95	3.18
6.0	2.62	2.81	2.01	3.32
6.5	2.68	2.89	3.11	3.44
7.0	2.73	2.95	3.19	3.55
7.5	2.78	3.01	3.27	3.65
8.0	2.82	3.06	3.33	3.74
8.5	2.85	3.10	3.39	3.82
9.0	2.88	3.14	3.44	3.89
9.5	2.90	3.18	3.48	3.96
10.0	2.92	3.20	3.52	4.01
11.0	2.95	3.25	3.58	4.11
12.0	2.97	3.28	3.63	4.19
13.0	2.99	3.31	3.67	4.25
14.0	3.00	3.33	3.70	4.30
15 0	3.91	3.34	3.72	4.34

溝の深さは管の頂點までとする

第五四表　「マーストン」氏に依る管に達する動荷重の割合表

深さと幅との比	砂と濕表土	飽和表土	濕黃粘土	飽和黃粘土
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.85	0.86	0.88	0.89
1.0	0.72	0.75	0.77	0.80
1.5	0.61	0.64	0 67	0.72
2.0	0.52	0.55	0.59	0.64
2.5	0.44	0.43	0.52	0.57
3.0	0.37	0.31	0.45	0.51
4.0	0.27	0.21	0.35	0.41
5.0	0.19	0.13	0.27	0·33
6.0	0.14	0.11	0.20	0.26
8.0	0·07	0.09	0.12	0.17
10.0	0.04	0.05	0.07	0·11

即ち管渠埋設の際掘鑿幅の節約は管の壓力に影響する事頗る多大なる事を認めざるを得ない。

第六章　管渠の材料及び構造

第一節　材料

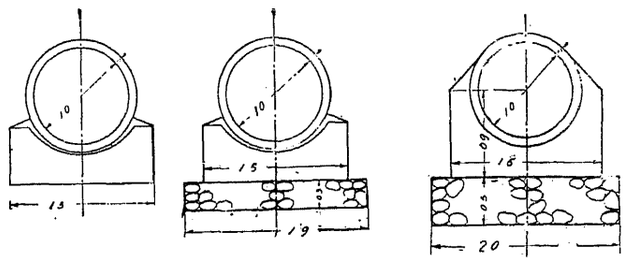
下水管渠に於ける使用材料の撰擇は設計上最も重要の問題にして價格の低廉なること、强度の大なること、腐蝕せざること、表面平滑なること、水密なること、完成速かなること並に維持費小額なること等は總て必要なる事項であるけれども之等を具備して居る材料は容易に得られるものでは無い、從來下水管渠に使用し來れる材料を擧ぐれば陶管、煉瓦、石材、「モルタル」、「コンクリート」及鐵筋「コンクリート」等にて木材は腐蝕し易きを以て下水管には適當しない、又鐵管は其價不廉であるから伏越其他「ポンプ」附近等特種の場合の外は一般の需用に充てられない、以下其主なる材料に就きて記述しやう。

第二節　陶管

從來は普通に土管と稱せられしが商工省の規格にて陶管と稱する事となつた、陶管は粘土を主要原料として燒いて造り釉藥を施したるものにて原價低廉にて腐蝕磨滅の憂少く耐酸性に富み加ふるに敷設甚だ容易なるを以て下水小管には最も適當である、而して其形狀の正確と厚さの均一及內面の平滑と强靭にして水密なる事を必要とするから之が製作には其原料素型、燒成、釉藥等に對し大に注意せねばならぬ、陶管の長さは細管は四五糎であるが口徑一〇糎以上のものは有効長六〇糎(規格案は六六糎)を標準として居けれども近來九〇乃至一二〇糎のものも出來る樣になつた、直徑は五糎乃至九〇糎であるが下水管としては四五糎以下を用ふる、肉厚には並管、厚手管、特厚管の

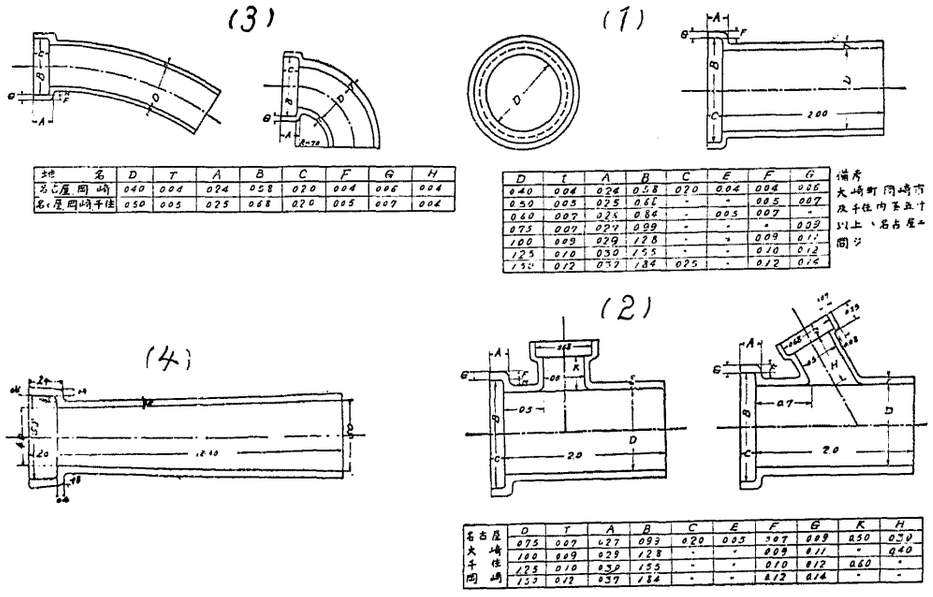
三種類が有る、接手は挿承接合となし「モルタル」又は「アスファルト」の類を用ひ内側に突出さざる樣注意し承口を上流に向ける、其敷設に就ても完全なる基礎の上に注意して施工せねばならぬ、即周圍の埋戻しには最も留意し上部よりの荷重の等布を期する事肝要にして普通地盤に於ては「コンクリート」基礎を施し陶管の下半部を全く抱擁せしむる事が安全である（第二百一圖）、地盤不良の場合には抗打地形となし割栗石等を塡充し上に完全なる「コンクリート」基礎を施すことが、必要である、猶被土淺ければ直接に通行荷重を受け、深きに過れば工費を增し且土壓大なる爲破壞の惧れが有る、寒國に於ては冬期凍害の虞有るを以て少くも地面下一米以上深く埋設するを要する。

第二百一圖



内徑一尺土管

第二百二圖



陶管

(1) 直管 (2) 枝付土管 (3) 曲管 (4) 漸縮管

陶管には普通直管の外に曲管、漸縮管九〇度並に六〇度枝付管（第二百二圖寸法は單位尺）等が有る圖面に徑一尺五寸迄なるは畢竟下水管に陶管を使用して便利なるは此の範圍にて徑二尺（六〇糎）以上は強度不充分なる上製作至難なる爲め價格增大して寧ろ他の材料を使用するに若かないからである、管の檢査は實用的眞直、正圓にて漏水の虞有る「ヒヾワレ」又は疵が無く、充分燒成して之を打ては金屬性の淸音を發し其内外面に適當に釉藥を施したるものにて耐壓試驗を行ひ規定の耐壓力を必要とする此の外吸水試驗、滲透試驗、耐酸試驗、破面檢査等をする事により其良否を判定する。

本邦生産地の主なるものは愛知縣常滑町、高濱町岡山縣伊部町等最も著明である。

第三節　煉瓦及び石材

煉瓦　コンクリートの未だ發達せざりし以前は六〇糎以上の管渠の築造に殆んど煉瓦積を採用して居つた樣である、精撰したる燒過煉瓦は其面滑らかにして磨損度の尠く强度も比較的大に酸又は鹽類の作用を受くること最小であるから下水管渠としては最も適當である、卵形渠等を造るにも都合がよい、併し良質の煉瓦は其價高く特殊の職工を要するのみでなく直徑一、八〇米未滿の管渠は異形の煉瓦を必要とするから價格頓に增加し他の材料と比較し遙に高價となり、且つ其施工は主に場所積なる爲め竣工速かならず交通上の支障大なる爲め鐵筋「コンクリート」の發達したる今日に在りては殆んど之を管渠の築造に使用するものがなくなつた、本邦に於ても煉瓦渠は東京にて明治三十五六年頃迄で神田下水其他に使用したると仙臺及若松兩市に於て其下水道の一部に採用したるに過ぎない、其他は何れも人孔、側溝、雨水桝、吐出口、喞筒場等の附屬工作物築造に利用するを見るのみである、新規格による大さは長さ二一〇粍幅一〇〇粍厚六〇粍公差正負各三%厚さは四%としてある。

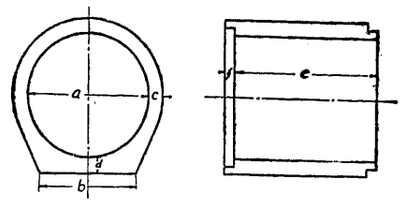
石材　堅硬なる石材は强度高く耐久性に富み酸にも作用せられず磨損も少い、併し都市にては普通得られ惡く、仕上げ困難にて且つ高價である、從つて特に强度を必要とする所に煉瓦又は「コンクリート」と混用する程度である、即ち流速の急なる部分の底部張石用に用ひられ一般には蓋石、緣石、笠石、隅石等として附屬工作物に又は開渠の護岸及底張り等に應用せらるるに過ぎない。

第四節　「モルタル」「コンクリート」及び「鐵筋コンクリート」

「モルタル」及「コンクリート」「セメント」工業發達の結果「モルタル」及「コンクリート」は其効用莫大にして下水工事に於ても總ての部分に之を應用し用途最も廣汎なるものである。

即良質の「モルタル」及「コンクリート」は啻に平滑なる表面を得るのみならず、强度も可なり大に又其形狀は一に型板の格構に準じ意の儘に之を築造出來、管渠の製作に於ても小口徑のものは恰も陶管の如く、所要の大いさに之を工場に於て豫め製造し得可く大口徑のものも其構造の容易と施工の迅速とは下水道の如く常に交通頻繁なる市街地に作業するものの最も便利とする所にて工費も頗る低廉である。唯「モルタル」及「コンクリート」管は流速の大なる所にては磨損の虞れ尠からず且耐酸性少いけれども其の底部に煉瓦、「テラコッタ」又は石材を使用し又は内側に陶管を裏裝すれば此缺陷を補ふ事が出來る。我邦に於ける「モルタル」管は明治二十七八年頃淀橋淨水場に於て排水渠用に使用したるに創まり之を廣く下水道に應用した仙臺の下水道にて内徑四五乃至七五糎（第二百三圖）のものを自製して埋設し其後廣島、松山市も之れに倣らつた、之等の「モルタル」管の内側は總て圓形であるが外側は据付けに便ならしむる爲に底部を平とした馬蹄形のもの多く長さは總て九〇糎とし厚さは普通其内徑の八分一に採り挿承接手となし配合一――三「モルタル」を以て製作したるものが多い。而して「モルタル」管は多少脆弱の憾み有り運搬施工に際

第二百三圖



寸法表

a	b	c	d	e	f
1.5	1.2	0.19	0.19	3.00	0.12
1.7	.14	0.215	0.215	〃	0.13
2.0	16	0.25	0.25	〃	0.16
2.5	20	0.31	0.31	〃	0.20

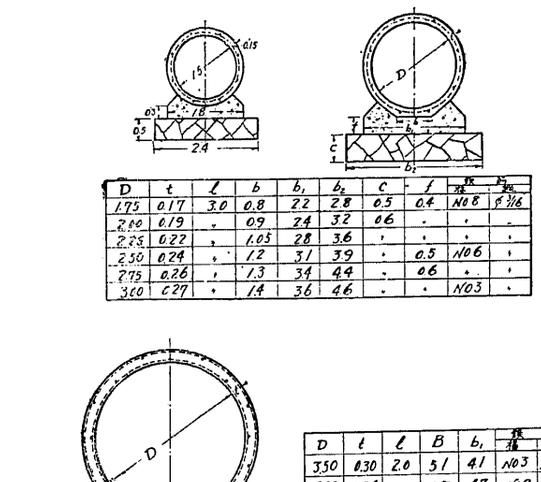
仙臺市モルタル管

工法の發見程、土木建築兩界に貢獻したるものは無い樣である、下水管としても其強度の大、材料の簡易、施工の迅速及び工費の低廉とは優に從前の諸材料を壓倒し其裏面の平滑なる事任意の形態を作るに容易なること等は「モルタル」又は「コンクリート」管と異ることなく其強度の大なることは同一工費の下に數倍に達すること容易にて從て厚さの減少に歸着し重量を著しく輕減し得るを以て運搬施工に便なるのみならず大に耐震力を增加せしめ本邦の如き地震國にては其効果頗る大なる可きは關東大震災に於て明かに實證したる所で有る。

鐵筋の管は明治四十年前後より東京、名古屋、大阪等に設計使用され其結果甚だ良好であつた爲今や口徑六〇糎以上の管渠には之に依らない所は無い位に普く使用されて居る、徑四五糎以下は陶管が却て安價である、徑五〇糎及六し破損するもの稍多いから鐵筋「コンクリート」の發達以來は次第に其用途を減じたけれども細管には現今猶使用せられて居る、混凝土管は明治三十年頃より東京市に使用せられ單に圓形渠のみでなく卵形渠、截頭卵形渠、馬蹄形渠、矩形渠、開渠等種々なる形狀を有し多くは場所詰めなれども時には管又は塊として豫め工場にて製作し置き其現場にて組立つるものも尠くない、「コンクリート」の配合は通常一—三—六にて中には煉瓦又は石材と混用するものが有る、口徑の大なるものは「モルタル」の上塗を施すことが多い、其後廣島、大阪其他の下水道に汎く使用されて居る。

鐵筋「コンクリート」 鐵筋「コンクリート」

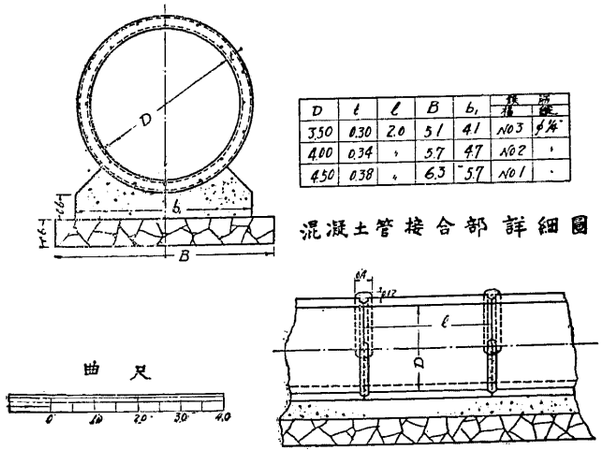
第二百四圖(其一)



D	t	l	b	b_1	b_2	c	f	筋	筋
1.75	0.17	3.0	0.8	2.2	2.8	0.5	0.4	NO8	φ3/16
2.00	0.19	〃	0.9	2.4	3.2	0.6	〃	〃	〃
2.25	0.22	〃	1.05	2.8	3.6	〃	〃	〃	〃
2.50	0.24	〃	1.2	3.1	3.9	〃	0.5	NO6	〃
2.75	0.26	〃	1.3	3.4	4.4	〃	0.6	〃	〃
3.00	0.27	〃	1.4	3.6	4.6	〃	〃	NO3	〃

D	t	l	B	b_1	筋	筋
3.50	0.30	2.0	5.1	4.1	NO3	φ1/4"
4.00	0.34	〃	5.7	4.7	NO2	〃
4.50	0.38	〃	6.3	5.7	NO1	〃

混凝土管接合部詳細圖



曲尺

東京市鐵筋混凝土管

第二百四圖(其二)



上同

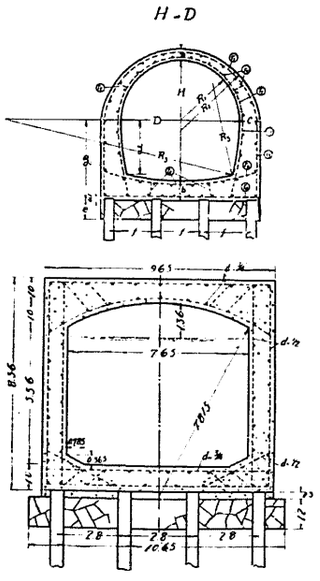
○糎位は鐵筋「モルタル」管とし厚さは直徑の十一分から十四分の一とし調合比は一—三「モルタル」を使用する、接手は管の端に凹凸を作り突き合せて「モルタル」目地を施すものと「カラー」接手とし又は挿承接手として「モルタル」目地をなすものとある、管の長さは普通九〇糎である。

鐵筋「コンクリート」管に二種ありて一は工場型管として豫め工場にて製作し之を現場に運搬埋設するものにて直徑一・三五(四尺五寸)以下のものに應用せられ、他は場所詰管にして直徑一・五〇(五尺)以上のものは現場に於て築造する、第二百四圖は東京市の鐵筋「コンクリート」管の標準を示し鋼型を使用して手力により製作して居る、配合は一—二—四を常とし鐵筋は內外二重にするか又は一重として上下は管の內面に近く左右にては外側に近付く樣に多少楕圓形のものを挿入する、此際は管の內面は圓形にしても外側は馬蹄形となし埋設の際上下と左右とを誤らざる樣に注意す可きである。

近來鐵筋「コンクリート」管の製法著しく發達し市場販賣のものも亦少くない、其內水平軸の周圍に高速度に外型を廻轉し內型を省略し遠心力に依り製作するヒューム管の如きもあり又は外型を廻轉しながら內側より壓縮して製造する東邦及旭コンクリート管の如きものあり、手製に比すれば遙に質緻密にして內面滑らかに可成りの水壓にも堪へ漏水殆んど無き高級品が製作される樣になつた。

直徑一・五〇米以上の大口徑のものは運搬施工困難なるを以て現場にて切り開き隧道の工法によりて築造する(第二百五圖)。

第二百五圖



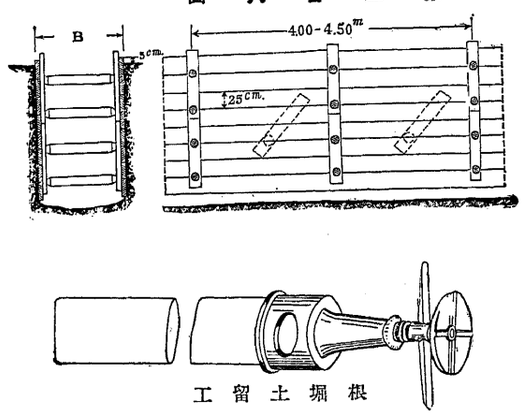
渠水下詰所場

第五節 基礎

根堀 下水管線の位置が定まれば次に根堀即埋設する溝を掘鑿する、市內交通頻繁なる所であるから成る可く幅を狹くし、土工量を減し管の外壓を少からしめ同時に交通の障害を最小ならしめる事を必要とする、從つて普通土留工を完全にし附近の建築物に危害を生ぜざらしめる樣留意せねばならぬ、(第二百六圖)土留工の支

保材は螺旋仕掛けにて兩壁を緊壓、弛除を自在ならしむると便利である、而して根堀中の湧水は之を他に導き「ポンプ」にて揚水し、地下水位特に高き多孔土質の所にては或る地下水沈降方法を講ぜねばならぬ事がある、工事は下流より上流に向ふ方が排水に便である、又交通特に繁劇なる街路にて深き下水渠には隧道の工法により通行妨害を避くる事がある、普通の切り開き式を採るよりも工費は遙に高い缺點は免れない。

第二百六圖



基礎　下水工事中最も重要なるは善良なる基礎である、下水小管にては不完全なる基礎より起る惡結果を往々看過する傾向が有る、若し下水管の一部沈下すれば二つの害を生ずるものにて一は管渠中に凹處を生じ其中に下水の停滯を來し腐敗して惡臭を發散する、一つは管渠に龜裂を生じ下水が漏るか地下水が多量に浸入する、例令管渠に不良なる材料を使用しても基礎完全なる爲めに上等なる管渠にて不完全なる基礎を有する下水道より好結果を奏する例は甚だ多い。

堅硬なる水成層又は岩盤の場合は適當なる根掘を行ひ砂礫又は割栗の類を填充して搗き固めなるか又は湧水の多量なる場合等に於ては充分に割栗石を充塡し混凝土基礎を施さねばならぬ、地盤の一層脆弱なる場合には更に杭打地形となし又は梯子胴木を施し上に混凝土基礎を施行する等地盤の沈下擁護に對する完全なる工法を採用すること最も肝要である、殊に大口徑の管渠に於ては基礎沈下の影響特に著大なるもの有る故に其萬全を期せねばならぬ（第二百四、二百五圖參照）。

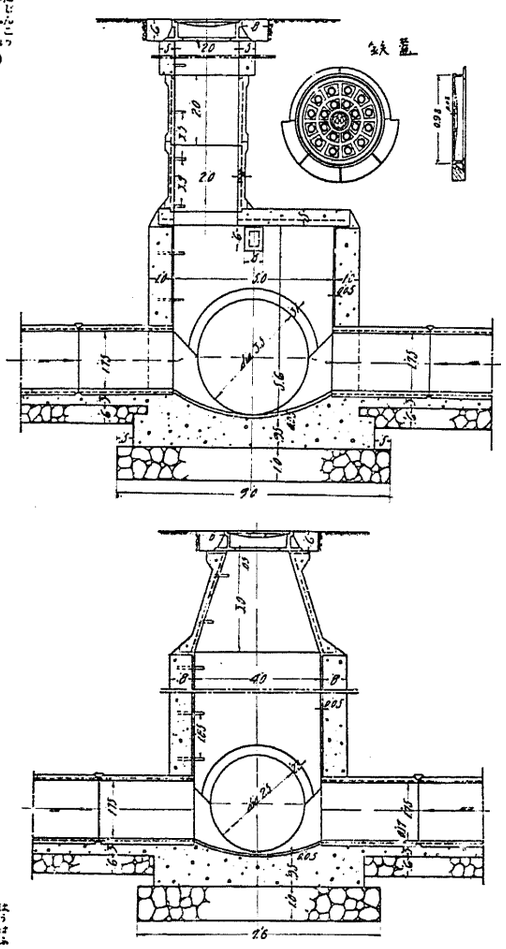
第七章　附屬工作物

第一節　人孔及び燈孔

人孔　人孔は下水管渠内の檢査又は掃除の爲め人の出入する口にて兼ねて小管相互の連絡を掌らしむる要がある、下水道附屬設備中重要なる施設の一で下水管だ起點、管渠の交叉又は分岐點、勾配、方向及斷面の變更點、卽街路の交叉點に設置すること普通なれども其距離長大に過ぎ檢査掃除等の不便を感ずる場合には直線中と雖も之を設置する必要が有る、其距離は管渠の大小に應じ一樣でないが小渠なれば六〇乃至一二〇米、大渠なれば一五〇乃至二〇〇米を普通とする、路上に通ずる入口は徑六〇糎の圓形となすもの多く其周圍には鐵枠及邊石を据え付け、鑄鐵蓋を以て蔽ふ、蓋には通風の爲め氣孔を穿つものと然らざるものと有りて穿てるものは塵芥、泥水の落下しない樣に「バケツ」を垂下することが有る、又往々人孔内に防臭の爲め骨灰又は木炭の容器を備ふることが有るけれども其効力極て微弱にて却て煩を增すに過ぎないから近時の傾向は洗滌及通風裝置を完全にして下水の腐敗防止に努むる事專らである我邦下水道にても斯る裝置を備ふるものが無い、又人孔の入口は管渠の直上に設くること普通なれども往々車道内に築造する事を避け横坑階段狀となし步道に入口を設けるものも有るが徒らに工費を增し掃除を困難ならしめ惡臭を人家に導くの缺點あるを以て簡單に直上に造るがよい、要するに簡單なる設計が最善である。

人孔上部の大いさは叙上の如く徑六〇糎であるか第二百七圖に示す樣に下部に至るに從ひ孔内の作業、並に下水管相互の連絡を圓滑ならしめんが爲に漸次之を擴大する必要が有る、其大いさは管渠の大小、數等により一定しないが徑九〇乃至一五〇糎の圓形を普通とし時に楕圓形又は矩形等を用ふるもの亦尠くない、又人孔の側壁には出入を便ならしむる爲め適宜鐵梯子を裝置する必要が有る、人孔の底部は第二百八圖の如く渠底より下げて玆に淺き水槽を設け沈澱物を收容する事が有る、然れ共之れは洗滌宜しきを得ざれば却て汚物の停滯腐敗を來たし惡臭發散の原因をなす恐れ有るを以て寧ろ第二百七圖の如く人孔底を渠底と同一面とし溝型を作り側面より來り合流する管渠とは曲線連絡となし適當なる勾配を附與して疏通を平滑ならしむるが善い。

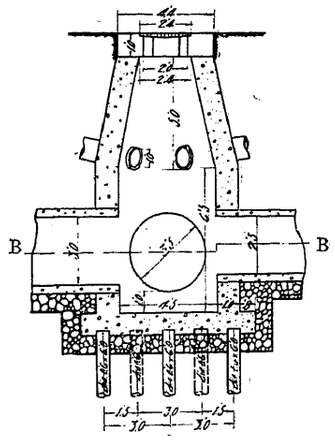
第二百七圖



人孔の築造には煉瓦又は「コンクリート」を使用することが多い、併し施工を迅速にし交通上の支障を輕減する爲め特に人孔用鐵筋混凝土片塊を作成し現狀にて組立つる事も甚だ便利なる方法で諸所に應用されて居る第二百九圖の如きものを種々の高さに豫め、工場にて製造して置くのである。

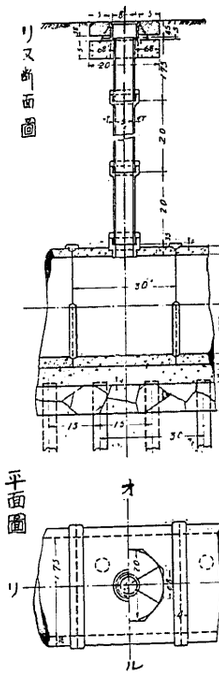
燈孔　燈孔（第二百十圖）は人孔も亦其基礎に留意する必要有る事管渠と異る所が無い。人孔の代用として下水管の屈折箇所又は勾配の變更點等に設け時々燈火を吊下して隣接せる人

第二百八圖

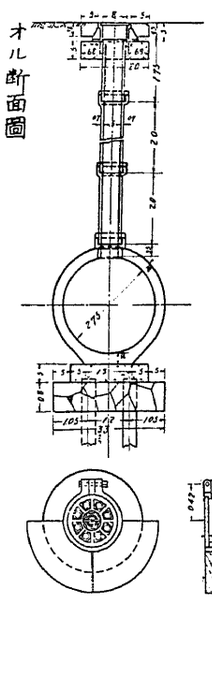


人孔

第二百十圖



リヌ斷面圖



オル斷面圖

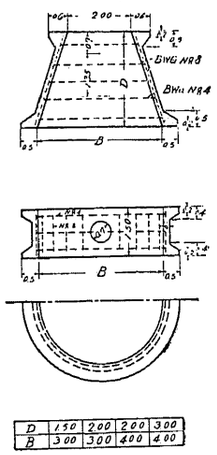
平面圖

孔　人

第二節　管渠の連絡

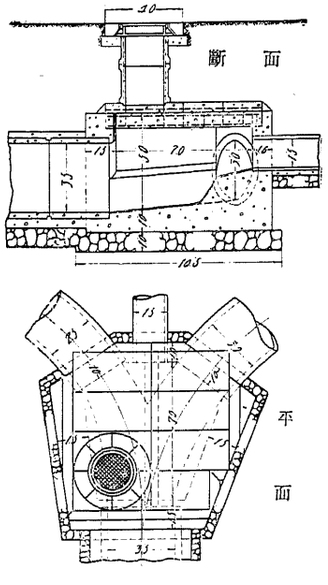
小徑の下水管は普通人孔内に於て相互の連絡をなし又は屈折せしむること自由であるけれど「コンクリート」桝形として小渠の連絡用とする事もある

第二百九圖



塊片トーリクンコ用孔人

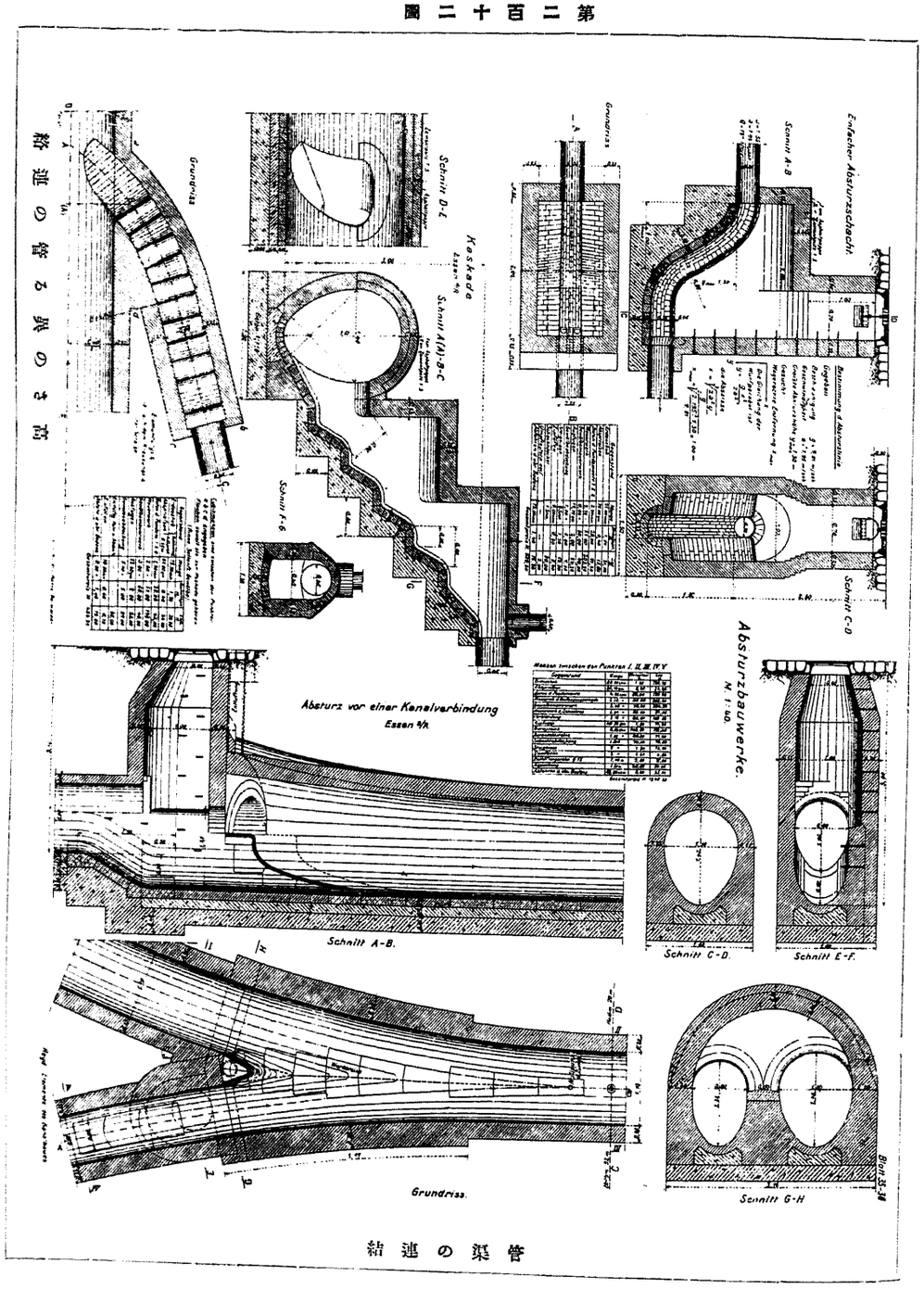
第二百十一圖



下水管の連絡

孔内より之を見て管内の檢査を行ふと共に又時に通風の役をなすものである、其構造は內徑十五糎乃至三十糎の陶管を管渠上に倒立せしめ「モルタル」目地を施し路上には枠附き鐵蓋を裝置し緣石を据え通行荷重が直接燈孔用管の上に載らない樣にする必要が有る、然らざれば管渠が破壞される事が尠くない、又叮嚀のものは周圍を「コンクリート」にて卷き又は煉瓦若くは「コンクリート」造とし人孔と同樣に築造する、又下部を「コンクリー

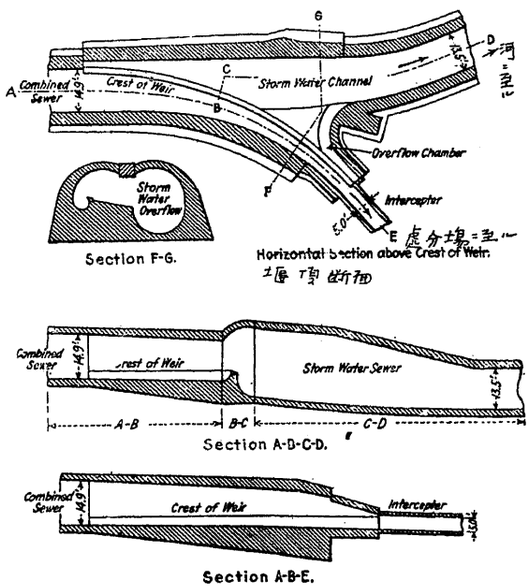
第二百十二圖



管渠の連結

も大渠に至つては其連絡の圓滑を期し疏通を阻害しない様に其實狀に應じ第二百十一圖の如く適度の曲線を以て之を接續せしめ、努めて流水の激突するを避け且つ管渠自身の部よりも此連絡部にては勾配を急にして水の曲線抵抗及び合流抵抗に打ち勝たなければならぬ、特に土地平

第二百十三圖



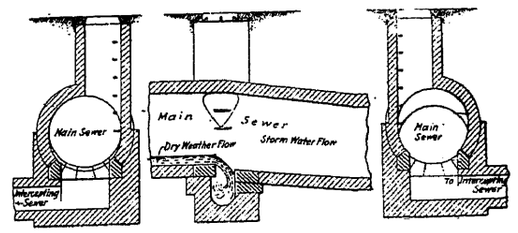
堰流溢

伺に相違し素より一樣でないけれども多くは煉瓦、混凝土、鐵筋混凝土等を使用し各合流渠の中心曲線は合流點に於て相互に相切する樣に注意し天井は拱形又は「スラツプ」形に築造するもの多く、人孔を附屬せしむる事普通である、線又は數個の階段として激突を避ける（第二百十二圖）

第三節　溢流裝置

溢流裝置（雨水吐）　降雨に際し下水が一定度以上に稀釋せられ其餘水を附近の河川溝渠に直接放流するも支障無きに至れば溢流口より之を溢出せしめて以て下流管渠費の節約を期し處理の徒勞を免るゝ事最も必要である、放流に就ては其狀況により各趣きを異にし元より一定しないけれども河川大にして水量豐富なる場合には六倍以上の稀釋度を必要とする事は歐米に於ける河川汚化の實例に徴し明らかである、又

第二百十四圖



堰流溢躍跳

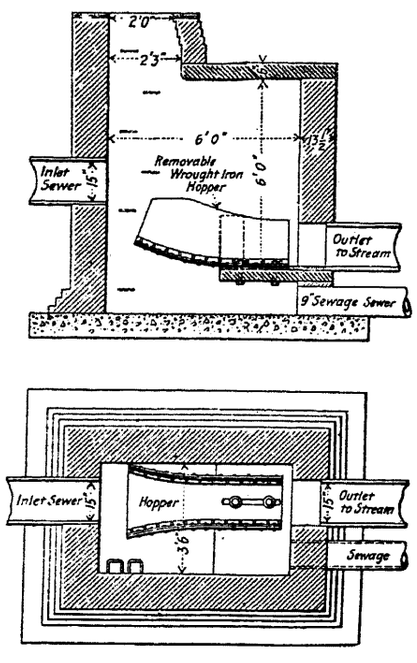
其全量が下水管に流入するものとして百分の一時の雨量を取ることが有る、之れは一「ヘクタール」に就き毎秒〇・七立に該當し若し汚水量を一「ヘクタール」に付毎秒〇・四六立とすれば稀釋度は二・五五倍となる樣である。

溢流口の構造は多種有る、第二百十三圖の如く渠壁を固定堰又は可動堰として一定の水位以上を直接に放流せしむるもの第二百十四圖の如く渠底に孔隙を穿ち平素の汚水は全部遮集渠に流下して處分場に達するけれども一定量を超ゆると下水は孔隙を跳躍して直接河川に溢出するもの、又第二百十五圖の如く平素は人孔底に落下して汚水渠に流入するけれども雨天時には流勢を增し一定量以上は直接奔流して河川に導かる

第四節　伏越及び「サイフオン」

ゝものにて此の受樋は任意に加減出來て前述稀釋度を按配される、其他考按種々あり、第二百十六圖は固定溢流堰の例である。

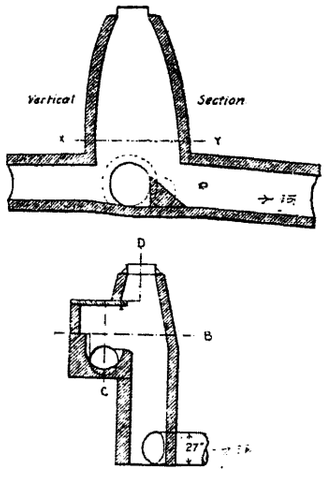
第二百十五圖



動樋溢流堰

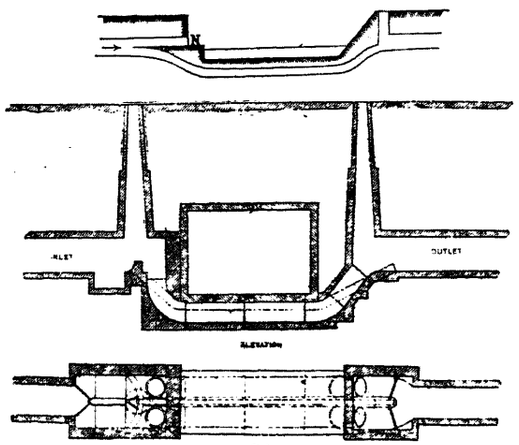
之を埋設し多少浚渫に際しても改造を要するが如き憂の無い樣にし其の基礎は特に完全にし外部は總て混凝土等を以て充分に包被し、船椗等の障害を防がんが爲めには其上部に捨石工を施す、伏越の兩端には人孔を設け

第二百十六圖



堰流溢

第二百十七圖



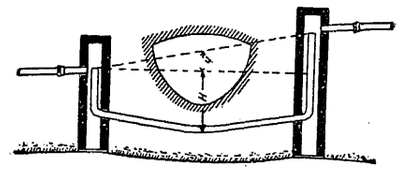
伏越

伏越　下水道の配布上、河川、運河、地下鐵道又は他の重要なる地下工作物を横斷する場合には普通伏越（第二百十七圖）を用ひ夫等の河底に深く管渠を埋設せねばならぬ、伏越は壓力管であるから鑄鐵管又は鐵筋混凝土管を用ふるを常とし河川を横切る場合等には充分の深さに

流入口の方には沈澱槽を設置し金網又は鐵格子を設けて土砂塵芥の流入を防止し且沈澱槽は折々沈澱物を浚渫除却する、伏越の管渠は二條に別ち敷設する方が修

理其他の場合に便利である、且つ管は何れか一方に傾斜せしめて洗掃に便ずるがよい、尚伏越の修理洗滌に際しては之を兩端に於て遮斷する必要が起るから制水瓣を設け且つ餘水吐を設備して豪雨に際し若しくは修理洗滌する場合に於て直ちに下水を河に放流し得る樣に準備を要する、凡て伏越内の洗掃及修繕は容易でないから停滯等の支障を防止する爲め普通よりも流速を大にし充分なる落差を附與せねばならぬ、少くも秒速七〇糎を下らない樣にする、是等の計算には總て水道鐵管の流量公式を利用してよい、伏越の洗掃には普通水洗法に依り上水、又は雨水、潮水等を急に流入せしむるか或は下水管渠と同樣に鎖又は球等を通じて之を掃除するを常とするか已むなき場合には内部に入りて之を掃除する覺悟をせねばならぬ、小管等の場合には伏越の代りに障害物の上を越す普通の「サイフオン」を利用して深い掘鑿を避ける事が有る此の場合は充分氣密的の構造となし且つ排氣機を備へて時々高所に集まれる空氣の抽出を必要とする、(第二百十八圖)兎に角此式は鐵管を使用し構造に特に注意を要し維持費も從つて高くなるものである。

第二百十八圖



サイフオン

第五節　地下水の排除

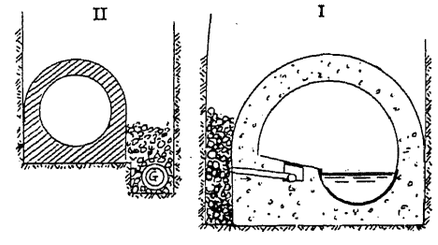
衛生的家屋は地下水線上少くも一米以上の地に建築せねばならぬ、故に低濕なる土地にありては汚水及雨水の疏通を計ると共に地下水の排除を必要とする。

通常下水設備の完備せし曉には汚水及雨水の大部は急速に排除せらるゝを以て克く地下水位の上昇を抑制し其害を免かるゝ事が尠くないけれども特に地質不良にて濕潤甚しき場合には玉石、砂利を詰めたる盲下水、又は目地をせずに土管を並べて周圍に砂利又は玉石を詰め下水渠と獨立して別に之を配置し逆流の恐れなき河川、池沼又は下水渠に疏通せしめる、(第二百十九圖)、若し適當なる排出口無き場合には附近の下水渠に之を連續せしむる外なきも往々汚水が逆流して却て附近の土地を汚化する事が有るから逆流を許さない一方開きの盾瓣等を設置して常時其働らきを監理し充分なる豫防を講ぜねばならぬ。

第六節　通風裝置

下水管渠内の通風不完全なれば、有害なる下水瓦斯は濃厚となり其逸出は人をして不快ならしめ不衛生となり甚しきに至りては巡視者又は掃除人を窒息せしむる事が尠くない、故に管渠内の通風を良好ならしむる爲め通常人孔の鐵蓋に氣孔を穿ち絶えず空氣を疏通せしむるけれども之にて不充分なれば、街路に排氣柱を樹て陶管にて之れに導く、柱は徑十五糎位の熔接鋼管より成る、又は此柱の上に瓦斯燈を點じ氣流を促すと共に下水瓦斯を燃燒して無害となす、斯の如き排氣柱の高さは高き程有効なるを以て、住宅や工場の煙突に下水渠を連結して屋上高く下水瓦斯を逸散せしめる、

第二百十九圖



地下水の排除

即第二百二十圖の如く道路の人孔より空氣が入り下水瓦斯は排氣柱又は煙突に行くは理想的であるが、斯る設備が無くも街路の幅員廣ければ管渠に相當の勾配が有るを以て同圖の上の樣に上流に上昇する傾が有りて、左程害無きものである、然れども輓近自動車の發達に伴ひ「ガソリン」の渠内に流入する恐れが大になり時に爆發の事故を生ずるから管渠内の通風換氣に關しては最も注意を要する、排氣孔の距離は六七十米間隔を可とする。

排氣管内に於ける氣流の速力(Vは米/秒にて

$$V=\sqrt{\frac{0.071\,dht}{d+cl}}$$

但dは排氣管の内徑米

hは管の出入口の高さの差米

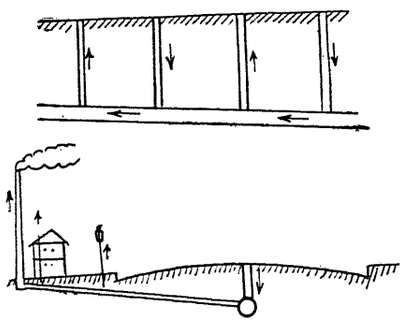
tは同上溫度の差攝氏

lは管の長さ米

cは係數にて釉藥陶管〇・〇二、削れる木管〇・〇三位である

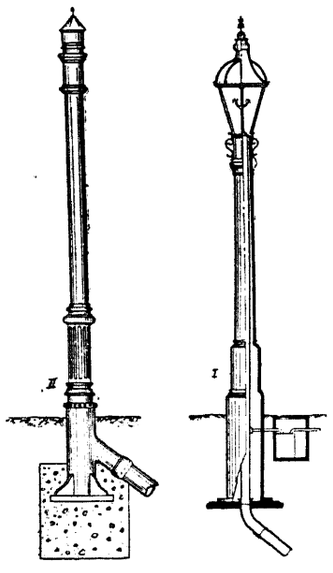
管を直角に曲ぐる時は其速力を半減するから成る可く緩やかに彎曲せしめるがよい。

第二百二十圖



通風

第二百二十一圖



排氣柱

第七節　雪孔、及砂利溜

雪孔　積雪多き寒國にては街路上に堆積する雪の掃除運搬は相當困難なるものである、小規模の運搬は勞働者をして車馬に積み適當なる空地又は水面に投棄せしめるけれども下水渠中に之を投入して漸次融解せしむる方法も屢々行はれる之れが爲に雪孔と稱する人孔に類する竪孔を築造することが有る、第二百二十二圖は簡單なる雪孔にして街路上よりSに投雪しPなる段に居る人夫が雪を少量宛下水中に入れるものである下水渠内は冬季に於ては外氣より遙に溫暖であるから早く融解するものである。

砂利溜　砂利又は碎石道にては下水渠中に砂、砂利等が流れ込み管渠の底を磨滅すること大なるか故に所々に下水渠の幅及深さを增大し流速を一〇乃至二五糎秒位に減じて砂利を沈澱せしめ此憂を除くがよい、沈澱した砂利及他の沈澱物は時々之を掃除する必要がある(第二百二十三圖)。

第八節　街渠及び雨水桝

街路上の雨水、撒水並に洗滌水等は路面を流れて街渠(側溝とも云ふ)に入り更に雨水桝に至り取付管を經て直ちに下水管に疏通するものである、街渠の形狀はレ型、弧形型、矩形型等

種々有りて其構造は煉瓦、混凝土、石材、陶管等を用ふるもの多く築設箇所により其技巧に精粗の別有るは勿論であるが要は排水完全にして洗掃し易く交通を保安し路面を損せず不體裁に陥らざることが肝要である、其大いさは街路の幅、雨水桝の距離、路面の縦横斷面、勾配、降雨量等により元より一定しないけれども大體幅員一八糎乃至四五糎を普通とし深さは淺き程便利である。

雨水桝は街角及街渠に沿ふては三〇乃至五〇米毎に設ける、普通圓形又は方形にて煉瓦、石材、コンクリート、鑄鐵管、簡單なるは土管よりなり直徑四〇乃至五〇糎深一・五〇乃至二米位である上面に鐵格子を備え底部に沈澱槽を設備して土砂の流入を防止する、又土砂の掃除に便ならしむる樣に鉤附き有孔「バケツ」を具備するものが有る、沈澱槽は折々掃除せざれば此處に腐敗して瓦斯を發生する樣になる、掃除には前述の「バケツ」を引き揚けて汚泥車に汚泥を收容するか「バケツ」を有せざる雨水桝にては「ポンプ」の吸管を槽底に入れて吸ひ取る、雨水桝と下水渠との連絡用取付管には通常徑一五糎乃至二十糎の陶管を用ひ勾配は五〇分一内外を最良とし雨水桝の出口の所に防臭瓣を設置すること尠くない、防臭瓣は下水渠より發散する瓦斯が雨水桝を通じて街渠の入口より散出し路上及住家に入るを防ぐ爲め流出口に小彎管又は小舌壁を設けたるものにて恒に小量の水を貯へて置くものである、洪水時に於ては下水も相當稀釋されるから岸に近く放流するも甚しき支障を生じない、故に排出口を上下二段に區別し、乾天時は下口に依り中流に排出し降雨時には上口より直接河岸に放流する樣施設したるもの尠くない（第二百二十六圖）。

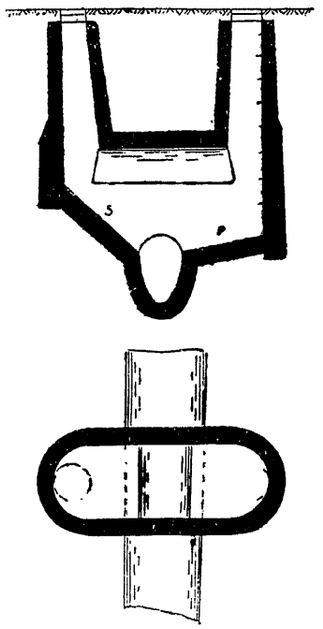
有潮河川又は海に排流する場合には愼重に潮流を調査し一旦放流したるものが再び港内又は沿岸に歸り來る、下水渠の排出口は河海の如何なる水位に際しても完全に吐出し得る樣に其高さを定め平素は成る可く河の中流又は海にては潮流の急なる所を撰び流勢の强大なる部分に開口せしめ汚水を速かに河心又は沖合遙に排流する事最も肝要である（第二百二十四圖）、雨水桝には各市種々の考案あり又專賣特許型も有る、第二百二十五圖は軌道の排水を示すものである。

第九節　排出口及びポンプ

洗滌裝置

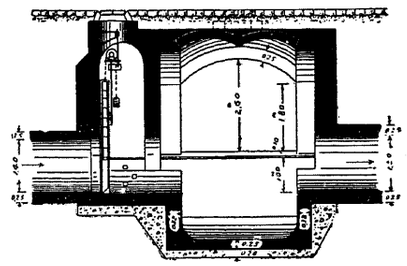
此裝置も下水渠附屬設備に外ならざれども次章洗掃の項に詳述することとする。

第二百二十二圖



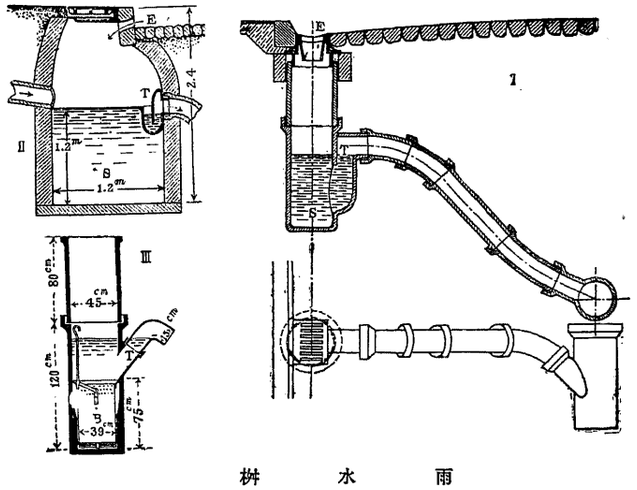
孔　　雫

第二百二十三圖



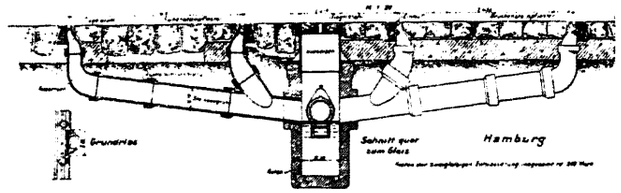
溜　利　砂

第二百二十四圖



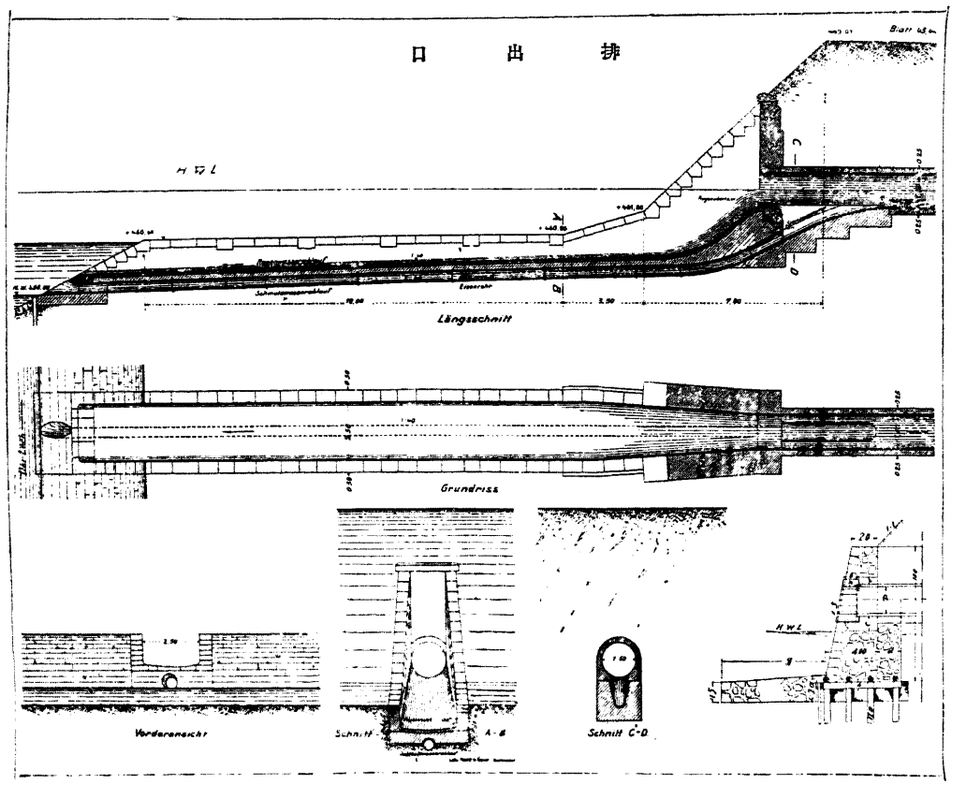
桝　水　雨

第二百二十五圖



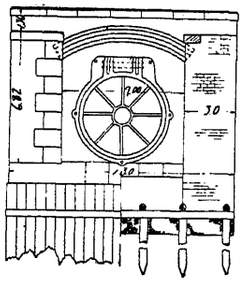
水　排　道　軌

第二百二十六圖



らざる樣潮時に依りて排流時間を定むる必要がある、之れには滿潮時より種々の時を隔てゝ浮子を流し之を追跡して其沖合に流れ去る模樣及時間を精査する、又海に於ける吐出し口も一箇所に集めず廣き範圍に流出するが如くして沈澱物の一部に堆積するを防ぐ、兎角海中遠き排出管渠は工事の困難と經費の莫大なるとに鑑み吐出口の決定には深慮を要する、之れが施工も豫め潛水夫をして海底を穿ち基礎を準備せる上に球狀接手として連結せる鐵管を沈下し上を埋戻し捨石防禦を要する事上水道に於ける水底橫斷と異らない。

排出口の高さ不十分にして時に放流す可き水面より低き場合は其程度に從ひ相當なる施設をせねばならぬ、若し平素は高さ充分なれども洪水時又は滿潮時に限り排出不可能なる如き場合には其程度小なれば下水の各排出口に扉門を設け水位の高低に應じ自動的に之を開閉せしむること最も普通である（第二百二十七圖）、卽ち渠內の水位河海の水位より高ければ扉は自ら開きて放流自由なれども河海の水位漸次上昇して渠內の水位より高くなれば門扉は自ら閉鎖し一時排水を遮斷する裝置をなすものにて此の場合には上流の低地に氾濫を來さゞる樣充分に注意を要する、自動開閉裝置は鐵製又は木造を普通とし其構造は大小に應じ種々なる設計が有る扉は一重のもの二重のもの等が有るが二重の方は成績良好である、尙重要箇所には別に完全なる制水裝置を準備し非常の際は人爲的遮斷の方法を採ることが必要である。水位差の程度大なる時は貯溜池を設ける、又下水渠內の容量も可



自動開閉扉付排出口

第二百二十七圖

時間等より考案して適當に定めなければならぬ。

排出口の水位一層低くして自然排水不可能なるか又は貯溜池を設くる餘地無き場合には「ポンプ」力によりて排水する事が必要となる。

「ポンプ」排水は經費多大なるを以て其揚量、揚程等に對しては最も注意を拂ひ經濟的施設とするを肝要とする、尙揚水に先立ち豫め濾格並に沈砂等の方法を講じ浮游物又は固形物を除去し「ポンプ」の損傷を避け其效率を最大ならしむる樣に努力せねばならぬ、下水排水用に使用せらるゝ「ポンプ」は「プランジヤー」型及び渦卷型等最も普通にして今H.Pを「ポンプ」の馬力數、aを每秒の揚水量(立)、Hを「ポンプ」井戶水面よりの揚程に管內の損失水頭を加へたるもの(米)、Cは係數にて效率にて違ふものであるとすれば、

$$H.P=\frac{C}{75}QH$$

「プランジヤー・ポンプ」の直結式　C　一・一
同　右　調革式　C　一・二
渦卷「ポンプ」　直結式　C　一・二―一・三五
同　上　調革式　C　一・三―一・五五

動力には電力を使用すること最も便利なれども雨水の「ポンプ」排除を必要とするが如き場合には其設備伸て大規模となるのみならず降雨時に限り使用するのみであるから一年間を通ずる使用時間は極て少く、電力料の支出甚だ不經濟に陷ること多きを以て「ディーゼル」機關を混用して「ピーク」を負擔さすがよい、此機關は極めて短時間に始動するから下水用として電力の「ピーク」に應ぜしむるに甚だ便利である。

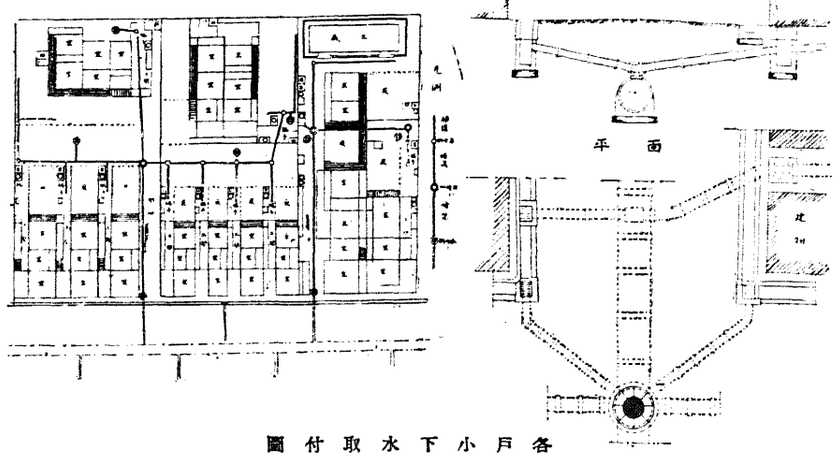
第十節　各戶下水道

附　宅地排水

叙上は總て公費を以て敷設す可き公共下水道に關するものである、而して公共下水道と共に各戶に屬する下水道を改良して其連絡の完全を期する事は最も必要であつて公共下水道が如何に完備して居つても各戶下水道にして不完全なるに於ては公共下水道も充分なる衞生上の效果を顯はす事が出來ない、卽ち各戶下水道は公共下水道の改良と相俟つて、同時に施工する必要が有るものである。

各戶下水道は各個人の邸宅の汚水及び雨水等を收容して各捷路を取り之を公共下水道に疏通せしめんとする施設にて其狀況に應じ戶々各別に或は數戶連帶して敷設することが出來る、之が工費は公道に屬する分の外は各個人の自辨であるから、其施設は取締規定の如何と施工者の任意に依るものが多いけれども、其の大要を次に述べやう。

各戶下水道の構造に開渠及び暗渠の二種があり、其の選擇は主として土地の狀況及排除物の種類に依る可きものにて、單に雨水又は地下水を疏通するに過ぎないものは開渠にて支障が無いけれども汚水を排除するものは成る可く暗渠式を採用して汚物の曝露、惡臭の發散、塵芥の浸入等を防止し時々洗滌して衞生上の安全を期せねばならぬ。



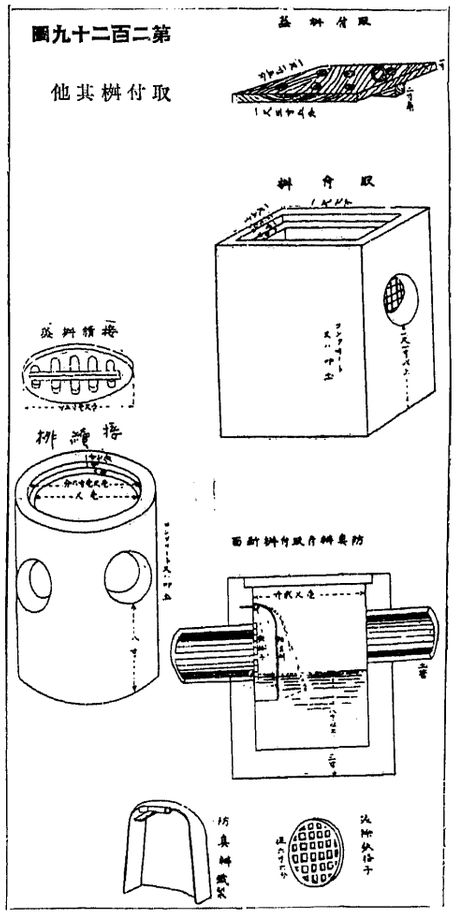
各戶小下水取付圖

第二百二十八圖

各戶下水道の材料は陶管を以て最良とする。其接手には必ず「モルタル」を用ひて汚水の漏洩を防ぎ地下相當の深さを保たしめ入念に施工せねばならぬ。管の大きさは宅地の廣狹人口等により異るが通常內徑一〇糎乃至一五糎にて充分で勾配は大凡そ二〇分一乃至六〇分一位が最も適當にて最少と雖も一二五分一よりも緩にせず又一〇分一か五分一より急にしてはならぬ、各戶下水道は其暗渠なると開渠なるとを問はず公共下水道との連絡點には必ず取付桝を設備し沈澱槽、金網又は鐵格子、防臭纖等を備え土砂塵芥の公共下水道に流出するを防止せねばならぬ。第二百二十八圖及第二百二十九圖）

輓近時勢の進運に伴ひ水洗便所を設くるもの逐年增加する傾向が有る。然るに本邦の下水設備は單に下水道を改良するに止まり完全に汚水の處理を講ずるものは今猶東京市の下谷、淺草方面以外には實驗設備を除き絶無であるから特に淨化裝置を施したるもの、外は屎尿を下水道に放流

し得ない、けれども將來汚水處理設備の完備せる曉には屎尿を放流するも公共下水道の施設は殆んど支障を感じないものゝみになるから各戸下水道の施設も亦事情の許す限り之に應じ得るの設備となし置く事は頗る策の得たるもので有ると信ずる。最も近き將來に汚水處理場の設置を見る可き名古屋市に於ては目下此の事を考慮し各戸下水道の設備中取付桝の如きも沈澱槽を省略し人孔の底部の如く下水管の底部と同一面を繼續せしめ以て汚物の沈澱腐敗を防止する事を計つて居る。



第二百二十九圖

第八章　管理及び維持

第一節　管理の注意

莫大なる工費を支出して竣功したる下水道も爾後の管理及維持の方法宜しきを得ざれば、充分に其衞生的效果を發揮し得ざるは勿論遂には破壞閉塞して汚物の停滯腐敗を來し却つて施設せざるに若かざる事無きを保し難い。特に各戸下水道は個人の負擔に屬し各自に之を施工するものであるから豫め完全なる取締り規則を設け工事を監視督勵し粗雜なる施工は之を排斥すべきは言ふ迄もなく竣工後と雖も充分なる維持修繕を行はしめ、苟くも公共下水道を阻害する材料とを配置し、檢査員の報告に依り即時支障個所の修理、改造に着手せしめねばならぬ。

第二節　檢査及び修繕

一週一回又は少くも一箇月一回を期して全般に亘る檢査を行ふこと最も必要である。檢査の際は細に渉り密に入ること又重要にて各戸、下水道の施設、洗掃に就ては勿論、街渠、雨水桝、取付管の洗掃の程度、及支障の有無、洗滌裝置や通風裝置の具合ひ、人孔、瓶孔の蓋に故障有るや否や、垂下「バケツ」の掃除、管渠内閉塞の有無、臭氣の程度、各種工作物の損傷等を詳細に調査せしめねばならぬ檢査に慣れたる人は人孔を一瞥して流速に依り排泄物は一切其流出を禁じ、相當處理して其有害性を除去せしむ可きである、街渠又は雨水桝の洗掃は常時特に大雨後に之を施行し、下水道内に土砂の流入するを防止せしめねばならぬ。要するに下水道をして常に清潔に其疎通を完からしめんが爲めには、

(1)土砂塵芥又は支障物の流出を禁止防遏すること、

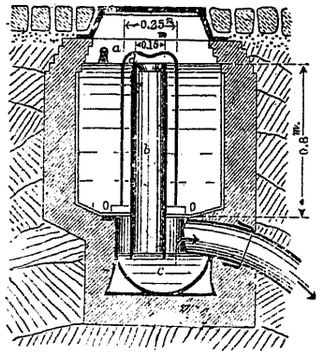
(2)常時檢査を勵行して支障を除き破損缺處を大破に至らざるに先立ち迅速に修理すること、

(3)洗滌及び掃除を怠らざる事、

(4)通風を完全ならしむる事、

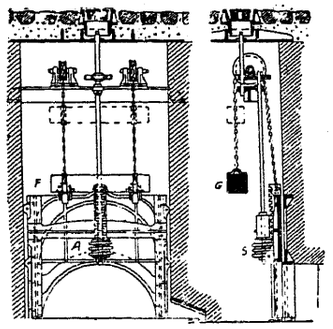
等を嚴守すること最も肝要である。

故障の無有を知り臭氣の程度を觀察して沈澱物の多少を認識し得ると稱せらる。而して平素常に沈澱物の多き箇處は其原因を精査し、個人の宅地下水より來る事判明すれば嚴重に戒告を加へ、設計上已むなき原因に歸する所にては上流に洗滌裝置を設置するがよい。



第二百三十一圖

自働洗滌槽



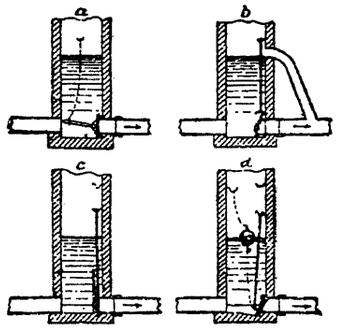
第二百三十圖

耐重付洗滌扉

下水渠の檢査は大雨後等には特別に之を行ひ沈澱物等の除却を速行する事肝要である、固形沈澱物は日數の經過に伴ひ漸次膠着して排除を至難ならしむるものである、又檢査日誌は詳細に記錄せしむる必要がある。

第三節　洗滌

下水管渠内を時々洗滌して固形物の停滯を除き汚水の疎通を完全にし常に其内面を清淨ならしむることは下水道の維持上最も必要のことである、合流法の場合には降雨毎に多量の雨水管渠内に流入するを以て自淨作用を行ふの便が有る、勾配充分にして適當の流速を有するものにありては沾渇の甚しき場合に於てのみ洗掃すればよい、けれども平坦地の下水道にて勾配緩にて流速の充分ならざるもの又は排水口の高さ低く降雨時又は滿水時に於ける自然排水不能な場合には時々洗掃を行ふに有らざれば滿水又は潮水等を管渠の上流より常時或は折々流入せしむるものは最も簡易にして成績も優良である、靜岡市及松山市にては用水を導き人孔内の門扉の開閉により各管渠を交互に洗ふ設備をして居る、蓋し斯る水流を利用し得る地形に在りては最も賢明なる設計である、水源を有せざるものは水運車を以て井水、池水又は河水を運搬し上流の人孔内に急に注入して洗滌するか又は「ホース」によりて上水を射出せしむること有り最も叮嚀なるは適當の個所を撰び自働洗滌槽を設けて上水を利用し洗滌を行はしめる、自動洗滌槽は上水を常時少量宛滴出せしめ槽内の水位が一定度に達すれば「サイフォン」作用又は自重に依り轉廻して槽内の水を一時に流出せしめ下流の管渠を洗滌せんとするものである（第二百三十圖）。東京市のものは此の槽底に「サイフォン」があるものにて



第二百三十二圖

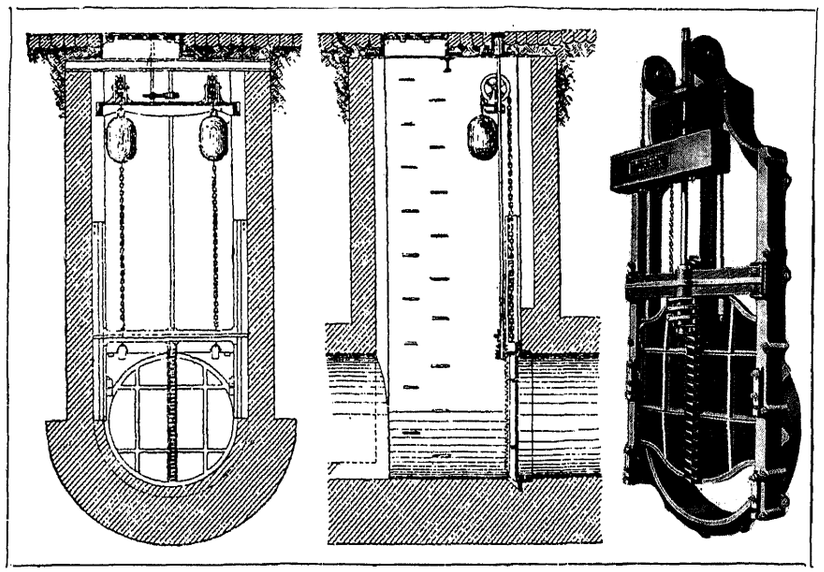
洗滌裝置

第二百四十九圖の右の方の式である。

此他水利の不便なる場合には要所の人孔に水門を設け洗滌の際は扉を閉塞して一時上流の下水を貯溜し其充滿するを待ちて急に之を開けば下水は射流して下流の管内を洗滌する、（第二百三十二圖）門扉の構造は其大小に依り異り小なるものは普通の蝶瓣を使用し鎖又は柄によりて開閉するけれども大なるものは重くなるから對重を附し「スクリユーギーア」にて開閉する、（第二百三十三圖）此の場合上流の氾濫を防止し且つ管渠内に多大の水壓を起さない樣に適當の高さに隘水口を準備する必要が有る、又大徑の渠にては管渠の全斷面を締切らずして其下半部のみを閉すことあり、之を自働的に開閉せしむる爲め門扉の下部を水平軸にて支持せしめ第二百三十四圖に示す如く平素は竪立して居るも水位上昇して一定度に達すると其水壓に依り急に倒れて洗滌を行ふものである、此外傾斜式槽を利用して水の充滿に依り自働的に傾卸し貯水を一時に射流するもの等考案が尠くない、水門相互の間隔及び洗滌回數等は其狀況により區々なれども間隔は管渠の大小に應じ一〇〇乃至一、五〇〇米を程度とし、回數は乾天時に多く雨天時には少きことが普通である。

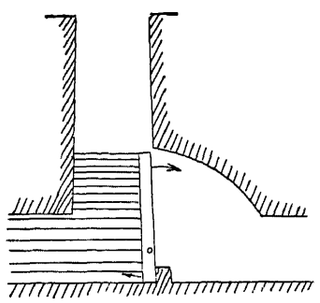
「サイフオン」式自働洗滌槽の容量は東京市下水道のものは普通一、二五〇立（四五立方尺）

第二百三十三圖



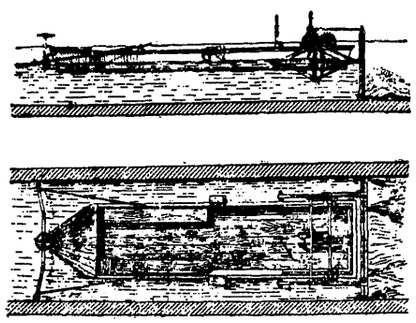
對重付洗滌扉

第二百三十四圖



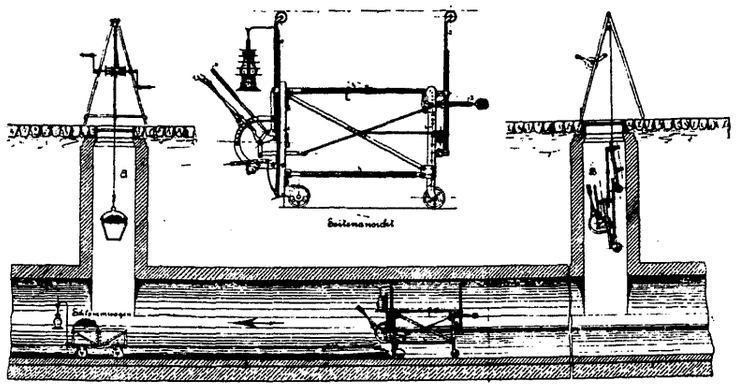
自働洗滌扉

第二百三十五圖



ポート及掃除板

第二百三十六圖



車付掃除

位である、上水管より直接に連結せず途中に防臭瓣の裝置をなし下水瓦斯其他が上水鉛管中に入らない樣にするがよい、而して斯る洗滌は上流下水渠の小徑管又は分流式の汚水管に有效であるけれども大徑の下水渠には餘り有効でないものである。

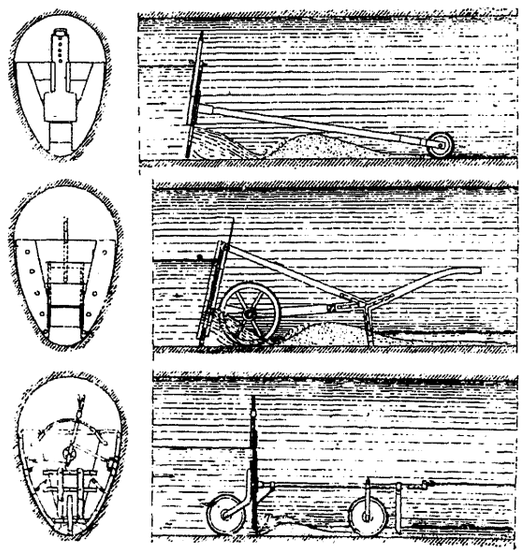
第四節　掃除

巴里市の大下水道の如きは普通洗滌に依ることが出來ないから器械的掃除法を採用し船の先端に掃除板を取付け板の下部には小孔を穿ち船の進行に伴ひ其前後に生ずる水位差を利用し水孔より壓力水を射出せしめて沈澱物を洗掃する（第二百三十五圖）又は同樣の板に車を附して水に押流されつゝ壓力水を射出し洗掃するものもある（第二百三十六圖）其他門扉を人力又は電力にて徐々に前進せしめ洗掃を行ふもの等種々有る。（第二百三十七圖）

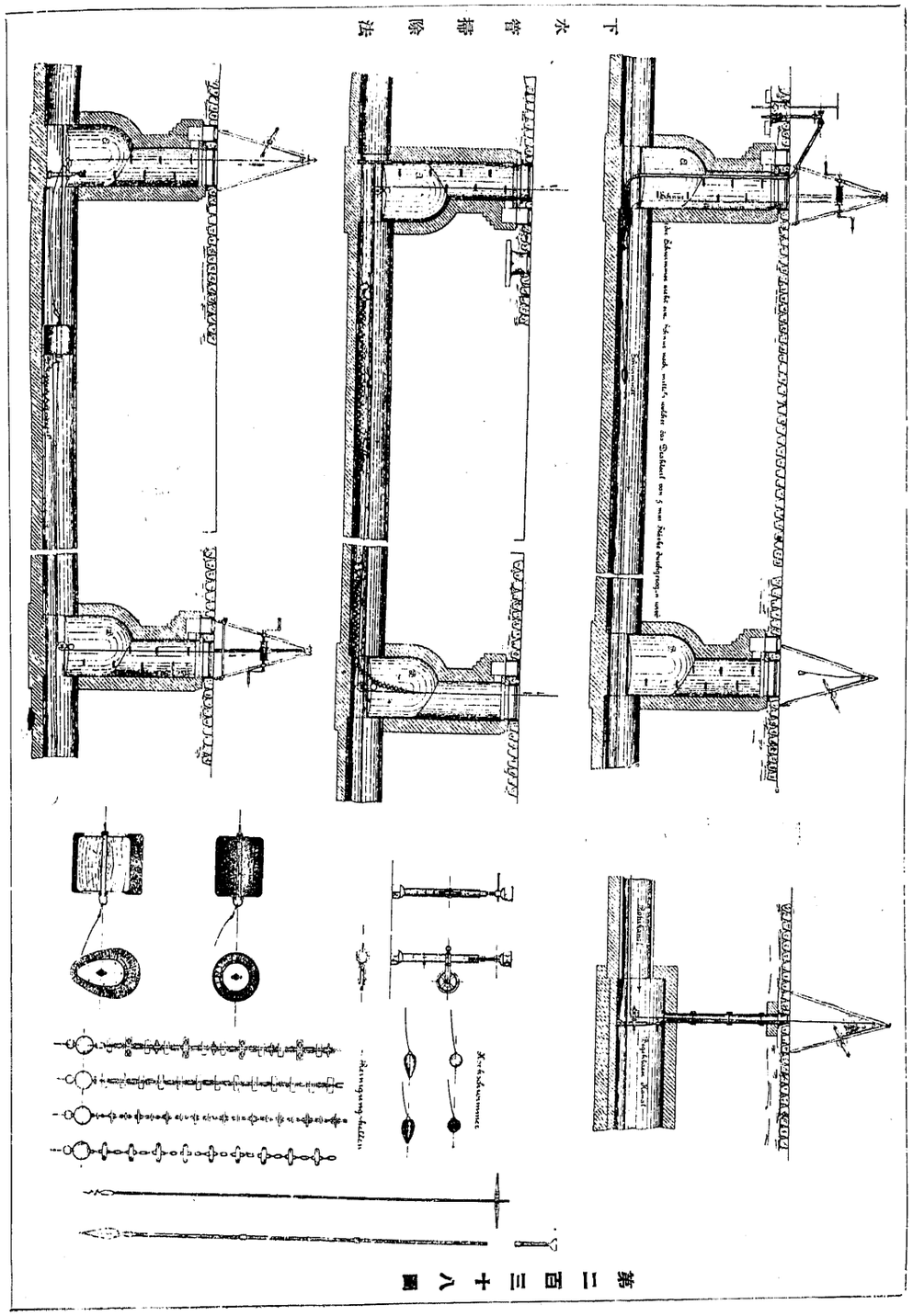
人間の出入し得ざる小渠の掃除には木壔の周圍に針金の刷毛を裝置して繩にて人孔より次の人孔に曳くものあり、又は針金刷毛に屈撓性の柄を附し人孔内より掃除するものあり球を流すものあり又管中に生ずる藻類の根を剪除する爲め或は固結せる土塊等を掻き取る爲め種々の形をなせる鎖鏈を引くもの、「ゴム」管を通じて壓力水を送るもの其方法一にして足りない。（第二百三十八圖）

要するに下水管渠の洗掃は之を屢々するに非れば沈澱物は次第に膠着して遂には其疎通を閉塞するに至るものである、即ち常時監視を嚴にして土砂塵芥の流入を防止し洗掃、修理の完全を期することは下水道維持の最大要素と云ふ可く、要は大事に至らざるに先立ち之を處理するを以て最も賢明なる方法と認められる、本邦既

第二百三十七圖



種々の掃除板



設下水道を見るに何れも維持、修繕費の支出餘りに小額に失し監視の如きは全く形式的にして洗掃の充分ならざるの憂少くない、苟も大金を投じて下水道を設備したる以上僅少の維持、修繕費を吝むで其效果を發揮させないのは常識上吾人の組し得ない所である。

第五節　下水道法及び細則

本邦下水道法及施行規則は次の樣である。

下水道法（明治三十三年三月法律第三二號）

第一條　本法ニ於テ下水道ト稱スルハ土地ノ清潔ヲ保持スル爲汚水雨水疏通ノ目的ヲ以テ布設スル排水管其他ノ排水線路及其ノ附屬裝置ヲ謂フ本法ニ於テ築造ト稱スルハ新築改築及增築ヲ包含ス

第二條　市ニ於テ下水道ヲ築造セムトスルトキハ其ノ設計工費ノ收支豫算及起工竣工ノ期限ヲ定メ內務大臣ノ認可ヲ受クヘシ但シ命令ヲ以テ定ムル種類ノ改築又ハ增築工事ニ關シテハ此ノ限ニ在ラス

◎下水道築造認可申請方ノ件（明治三十四年七月十日內務省訓令第一一號）

下水道法第二條ニ依リ下水道築造ノ認可ヲ申請セムトスルトキハ左ノ規定ニ從ヒ圖面及書類ヲ調製添付セシムヘシ

第一條　申請書ニ添付スヘキ圖面及書類ハ左ノ如シ

一　實測平面圖（縮尺二千五百分一以上）
二　實測縱斷面圖（縮尺橫二千五百分一縱高百分一以上）
三　排水管及排水渠ノ斷面圖（縮尺五十分一以上）
四　人孔、燈孔、通風器、防臭裝置、排水喞筒、沈澱池、濾過池ノ構造ニ關スル圖面其ノ他必要ナル細分圖（縮尺五十分一以上）
五　一位代價表
六　工費計算書
七　計畫說明書
八　下水道管理ニ關スル規程
九　歲入出豫算書
十　起工及竣工年月日

第二條　實測平面圖ニハ市町村界、市町村名、街路、河川、視形線其ノ他地形ヲ顯ハスニ必要ナルモノ、排水區劃、沈澱池、濾過池、排出管、排水管、排水渠、人孔、燈孔等ヲ詳記スヘシ但シ排水管排水渠ノ管徑幅員ノ異ナルモノハ適宜ノ符號ヲ以テ區別スヘシ

第三條　實測縱斷面圖ニハ計畫線ノ高低、排水管排水渠ノ勾配、水平距離、河川ノ水位、海面ノ干滿潮面等總テ必要ナルモノヲ詳記スヘシ

第四條　人孔、燈孔等ノ構造圖ハ平面斷面其ノ他構造ヲ顯ハスニ必要ナルモノヲ調製スヘシ

第五條　一位代價表ニハ切取、埋立、石垣、コンクリート」、「モルタール」等各種共其一位トナスヘキモノヲ選ミ一位ニ付テ必要ナル材料、人夫等ノ員數及代價賃金ヲ算シ摘要欄ヲ設ケ單價ノ基ク理由ヲ詳記スヘシ

第六條　工費計算書ニハ各種工事共各部分毎ニ計算ヲ記スヘシ

第七條　計畫說明書ニハ下水道築造ノ必要ナル理由、地形（接壤地ヲモ含ム）地質、排水スヘキ地域及各排水區劃ノ面積其ノ地域及各區劃ノ現在人口及將來增殖スヘキ豫定人口、雨水及汚水ノ量排除方法、幹線選定ノ理由、排水管及排水渠ノ斷面計算、洗滌及通風ノ裝置、汚水最後ノ處分法、河川ニ放流スルトキハ下流飮用ノ有無其ノ他苟モ設計ニ關スルモノハ其ノ算式及事項ヲ詳記スヘシ

第八條　下水道管理ニ關スル規程ニハ下水道ノ修繕掃除及下水道又ハ市ノ義務ニ屬スル下水道法第三條ノ施設ト土地ノ所有者、使用者ノ義務ニ屬スル施設トノ連絡等ニ關スル必要ノ事項ヲ規定スヘシ

第九條　圖面ハ總テ蠟布ヲ用ヒ計畫線路構造等ヲ識別スルニ容易ナラシムル爲メ彩色ヲ施シ設計者ヲシテ署名捺印セシムヘシ

◎下水道築造認可申請ニ添附スヘキ圖面ノ件（大正九年十二月一日兵土第一四六號各地方長官宛、十木局長通牒）

從來標記ノ件ニ關スル添附圖面ハ明治三十四年七月十日訓令第十一號ニ依リタルモ今般別紙ノ如キ兵庫縣知事伺ニ對シ支障ナキ旨通牒致候條御了知相成度

兵庫縣知事伺（大正九年十月二十一日兵土第二三七一號）

過般地方長官會議ノ際都市計畫用圖面ハ三千分一ヲ以テ調製スヘキコトニ御指示相成候處管內神戶市ニ於テ下水道築造ノ計畫有之右ニ添付スル平面縮縱斷面圖ハ明治三十四年七月十日訓令第十一號ニ依リ縮尺二千五百分一以上ノモノヲ調製スル筈ノ處便宜上此ノ場合ニ於テモ三千分一圖面ヲ利用セシメ製圖上手數ヲ省略スルノミナラス圖面利用上亦便不鮮ト被認候ヘ共前記訓令ノ次第モ有之候支障ノ有無至急

何分ノ御意見御指示相煩度

第三條　下水道ヲ設ケタル地ニ於テハ命令ノ定ムル所ニ依リ市又ハ土地ノ所有者使用者若ハ占有者ハ汚水雨水ヲ下水道ニ疏通スル爲必要ナル施設ヲ爲シ及之ヲ管理スルノ義務ヲ負フ

市ニ於テ前項ノ施設ヲ爲シ及之ヲ管理スル場合ニ於テハ市條例ノ定ムル所ニ依リ其ノ費用ヲ土地ノ所有者使用者又ハ占有者ヨリ徴收スルコトヲ得

第四條　前條ノ場合ニ於テ甲地ノ汚水雨水ヲ疏通スル爲必要アルトキハ乙地ニ汚水雨水ヲ通過セシメ又ハ乙地ノ汚水雨水ヲ通過セシムル爲設ケタル工作物ヲ使用スルコトヲ得但シ乙地ノ爲ニ損害最少キ場所及方法ヲ選ムヘシ

前項ニ依リ他人ノ工作物ヲ使用スル者ハ其ノ利益ヲ受ケル割合ニ應シテ工作物ノ施設及管理ノ費用ヲ負擔スヘシ

第五條　下水ヲ築造シ若ハ之ヲ管理シ又ハ第三條ノ施設ヲ爲シ若ハ之ヲ管理スル爲必要アルトキハ他人ノ土地ヲ使用スルコトヲ得但シ之カ爲他人ノ受ケタル損害ニ對シ償金ヲ拂フコトヲ要ス

第六條　當該吏員ハ下水道又ハ第三條ノ施設ノ實況ヲ監視スル爲其ノ事由ヲ告知シテ私人ノ土地ニ立入ルコトヲ得

第七條　下水道ノ用地ニ必要ナル國有ノ土地ハ之ヲ市ニ讓與シ又ハ無償ニテ使用セシムルコトヲ得

第八條　本法又ハ本法ニ基キテ發スル命令ニ依リ私人ニ於テ履行スヘキ事項ヲ履行セス又ハ之ヲ履行スルモ充分ナラスト認ムルトキハ當該吏員ニ於テ之ヲ施行シ其ノ費用ハ市ニ於テ之ヲ支辨スヘシ

前項ノ處分ハ豫メ履行期間ヲ指定シテ戒告スルニ非サレハ之ヲ爲スコトヲ得ス但シ必要ノ時限内ニ履行シ得スト認ムルトキハ此ノ限ニ在ラス

第九條　前條ノ處分ヲ爲シタルトキハ市ハ市稅ノ例ニ依リ其ノ費用ヲ義務者ヨリ徴收スルコトヲ得

第十條　市ハ勅令ノ定ムル所ニ依リ町村ノ委託ヲ受ケ町村ノ全部又ハ一部ノ爲ニ其ノ下水道ヲ築造スルコトヲ得

第十一條　内務大臣ハ必要ト認ムルトキハ下水道ノ築造ヲ市ニ命スルコトヲ得

附　則

第十二條　本法ハ明治三十三年四月一日ヨリ之ヲ施行ス

第十三條　本法ハ東京市區改正ニ關スル規定ノ効力ヲ妨ケス

第十四條　本法ノ規定ハ之ヲ區町村ニ準用ス

◎下水道法施行規則

（明治三十四年七月十日）改（八正六年内務省令第二號）正（省令第二三號）

第一條　土地ノ所有者使用者又ハ占有者ハ左ノ區分ニ依リ下水道法第三條ノ施設ヲ爲シ及之ヲ管理スルノ義務ヲ負フ但シ本則第二條ノ場合ニテハ此ノ限ニ在ラス

一　建物アル土地ニアリテハ之カ築造及修繕ハ其ノ建物ノ所有者

二　建物ナキ土地ニアリテハ之カ築造及修繕ハ其ノ土地ノ所有者

三　建物ノ有無ニ拘ハラス掃除及浚渫ハ土地ノ占有者

第二條　市ハ下水道法第三條ノ施設ニシテ公道ニ屬スル部分ヲ築造シ之ヲ管理スルノ義務ヲ負フ

市ハ土地ノ狀況ニ依リ下水道法第三條ノ施設ヲ爲シ及之ヲ管理スルノ義務ヲ負フ但シ本則第二條ノ場合ニテハ此ノ限ニ在ラス

一　建物アル土地ニアリテハ之カ築造及修繕ハ其ノ建物ノ所有者

二　建物ナキ土地ニアリテハ之カ築造及修繕ハ其ノ土地ノ所有者

三　建物ノ有無ニ拘ハラス掃除及浚渫ハ土地ノ占有者

第二條　市ハ下水道法第三條ノ施設ニシテ公道ニ屬スル部分ヲ築造シ之ヲ管理スルノ義務ヲ負フ但シ本則第二條ノ場合ニテハ此ノ限ニ在ラス

一　建物アル土地ニアリテハ之カ築造及修繕ハ其ノ建物ノ所有者

二　建物ナキ土地ニアリテハ之カ築造及修繕ハ其ノ土地ノ所有者

三　建物ノ有無ニ拘ハラス掃除及浚渫ハ土地ノ占有者

第三條　市ハ下水道ノ改築又ハ增築工事ニシテ工費壹萬圓未滿ノモノニ關シテハ下水道法第二條ノ認可ヲ受クルコトヲ要セス

第四條　當該吏員下水道法第六條ニ依リ私人ノ土地ニ立入ル場合ニ關シテハ汚物掃除法施行規則第十二條ノ規定ヲ準用ス

第五條　下水道法第八條第二項ノ戒告及第九條ノ費用徴收ニ關シテハ汚物掃除法施行規則第十三條及第十四條ノ規定ヲ準用ス

第六條　下水道ニ關シテハ汚物掃除法施行規則第四條第三項及第七條ノ規定ヲ準用ス

下水道及下水道法第三條ノ施設ニ關シテハ汚物掃除法施行規則第十五條ノ規定ヲ準用ス

第七條　東京市及八王子市ニ在リテハ地方長官ノ職務ハ警視總監及東京府知事之ヲ行フ

第九章　下水處分法

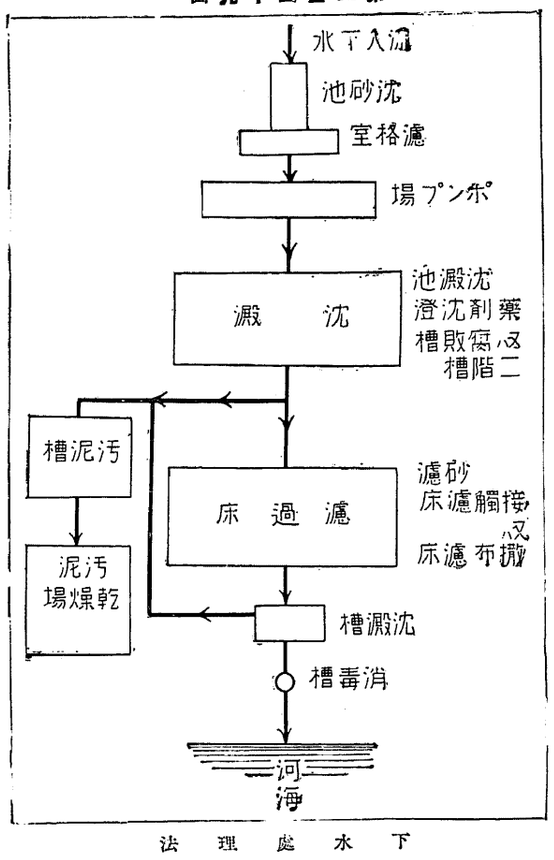
第一節　概說

下水處分と云へば下水を其儘河海に放流し又は荒地に排除するも一種の處分であり又下水を人工を以て物理的化學的に一定度まで綺麗にして後河海其他に放流排除するも處分に相違ないが、後者を下水處理と稱する、本章に於ては專ら處理法を說述しやう。

往時は往々下水清淨法なる詞を用ひたが之は誤解を招く恐れが有るので下水處理法と改良せられた、何故と云ふに既に或る種の處理を受け

た水も決して衞生上無害の清水と云ふのでなく猶相當濁度も有れば細菌も居るのを清淨と云ふ詞の爲めに猶批難を受ける事が有るからである、要は放流せらるゝ河水と同樣の程度までに清淨にすれば充分にて夫れ以上勞力と費用をかけるには及ばないのである、併し受放流河川が小さく既に腐敗しつゝ有る如き場合には進んで之れまで淨化する位の標度も亦必要である、卽吾人は研究して成る可く經濟的にして最も清淨に出來る有效なる方法の發見採用に努力せねばならぬ、玆に猶注意す可き事は甲の地方にて最も成功せる方法が、下水の性質や氣候土質の異なれる乙地にて必しも成功すると云ふ事が出來ない事にて、之が爲本邦にて泰西の方法を採用する場合には充分試驗の上其方法を調査

第二百三十九圖



下水處理法

又は地中に埋め或は河海に放流し若くは火にて燒却して居つた、卽空氣、土、水、火等の自然の力を以て處分して居つた、現時と雖も同樣に此力に依るものにして唯下水處理法に於ては是等の力を科學的に都合よく永く作用する樣になして下水を無害なる狀態に復歸せしめ受放流河川を汚化しない樣にするに外ならない。

下水處理の方法には處分場を第二百三十九圖の如く配置して、

(1)濾格法

(2)沈澱法
(イ)普通沈澱法　(ロ)藥品沈澄法　(ハ)腐敗槽
(ニ)二階槽又は「イムホフ」槽

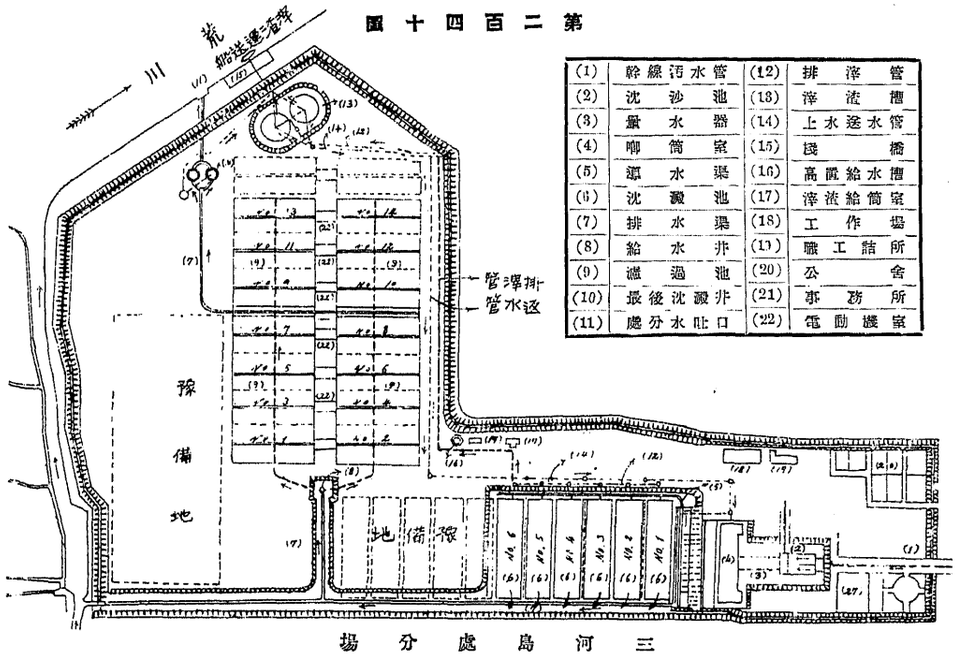
(3)濾過法
(イ)灌漑法　(ロ)間歇砂濾法　(ハ)接觸濾過法
(ニ)撒布濾過法

(4)促進汚泥法
(イ)突氣吹込法　(ロ)機械的攪拌法　(ハ)「シンプレッキス」法又は表面攪拌法

(5)殺菌法

斯く分類したが處理の要求する淸淨度によりて其一若しくは數法を併用するを常とする、而して其何れを採用す可きかは其都市の狀況、下水量、並に性質、受放流河川の流量、流速、水質下流にて其河川を使用する目的、海なれば外洋であるか灣内であるか、と水は酸素を供給して細菌の作用を旺盛ならしめ有機物を分解して無害となし土も空氣と共に働きて下水を淨化し又は濾過作用をなし火は直接酸過作用を營みて腐敗する有機物も病菌も共に燒滅せしめる、下水處理方法も之等四元の力を利用し、或は肥料に利用し、

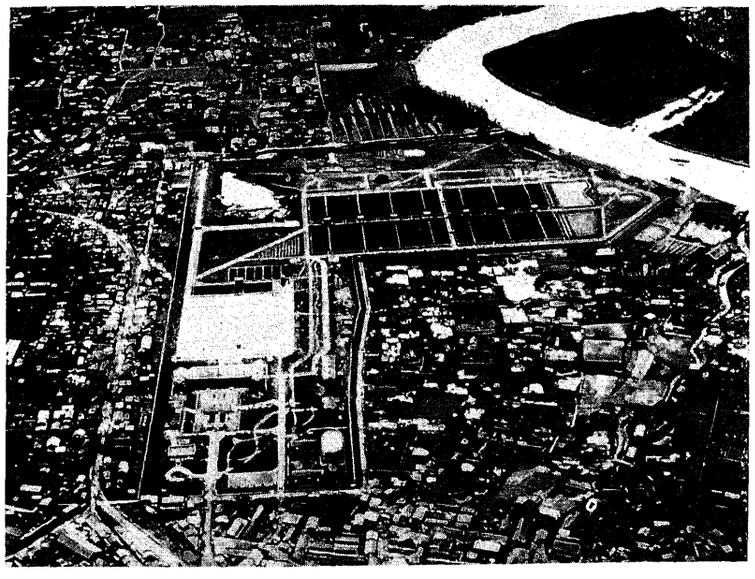
第二百四十一圖



(1)	幹線汚水管	(12)	排泄管
(2)	沈沙池	(13)	泄流槽
(3)	量水器	(14)	上水送水管
(4)	喞筒室	(15)	棧橋
(5)	導水渠	(16)	高置給水槽
(6)	沈澱池	(17)	泄流給筒室
(7)	排水渠	(18)	工作場
(8)	給水井	(19)	職工詰所
(9)	濾過池	(20)	公舍
(10)	最後沈澱井	(21)	事務所
(11)	處分水吐口	(22)	電動機室

三河島處分場

第二百四十一圖

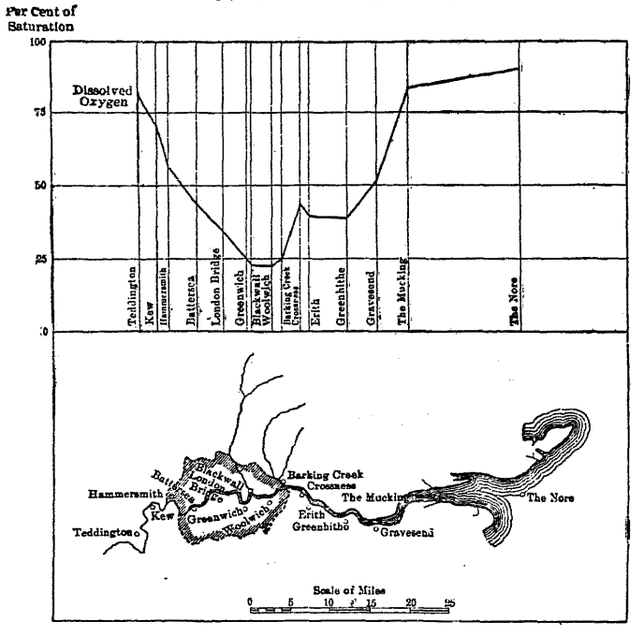


三河島處分工場の光景

流、容量等を愼重に調査して決定す可きものである。

水は砂溜りに入り玆に砂礫及大なる固形物を除去せられ次に濾格室にて紙片、布切、菓皮其他汚水處理場の最も完備せるものにありては東京市三河島處分場に於けるが如く下水の固形物を除かれ次に必要あれば「ヴェンチュリメーター」にて下水量を測り次で「ポンプ」にて所要の高さに揚水し沈澱池に入り微細なる浮游物を沈澱し表水は更に撒布濾床に入り細菌學的酸化作用を受け有機物性「コロイド」を無害ならしめ更に次の小沈澱池を經且つ傳染病流行時には殺菌室を通過して河川に放流せらるる而圖一は烏瞰圖である。叙上の大體を示して居る。以上の内沈澱法までは豫備處理にて濾過法以下が最後の仕上げ處理である。次に各種の處理方法に就て簡單に其原理及び方法を述べやう。

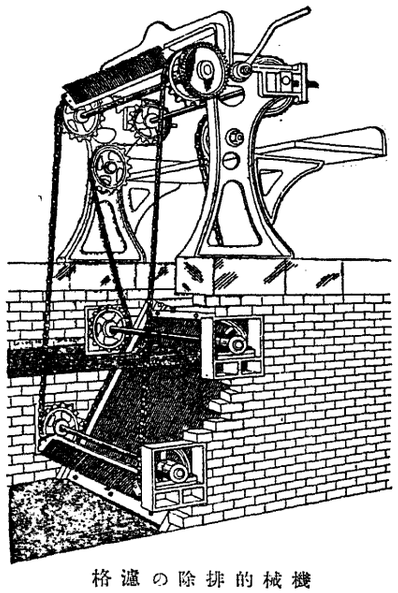
第二百四十二圖



テームス川の水質

第二節 稀釋及濾格法

第二百四十三圖

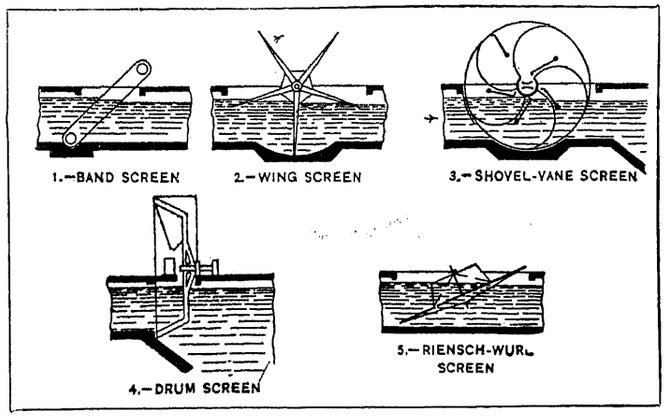


機械的排除の濾格

下水中の粗き浮游物を除去して其儘河海等の水體に放流稀釋するものにして最も簡單な而も最も廣く使はれて居る方法である。歐米に於ても海岸の都市は多く此の方法を採つて居る、唯河海の自淨作用即稀釋又は曝氣作用に委するもので有しつゝ有るが如き河川に於ては例へ水量豐富なりと雖も夫れ以上の下水放流に堪へ能はずして早速障害を生ずる、故に正確には下水中の有機物を酸化するに充分の酸素を受放流水體に存するや否やに依りて決定する必要が有る。又湖沼等に放流する場合には其水が恒に交代して居る水量により論ぜねばならぬ。然れども空氣中の下水量に比し受放流の河川は充分大なるを必要とする之は其河川の性質流速、生物の狀況、氣候により大差有るも少くも下水量の二〇倍にて流速は吐口に於ける下水の流速より大なるを要する、尤も此の倍數は、受放流水體中の溶存酸素の量に密接の關係を有し、河水にして此酸素を充分に含有すれば直ちに下水を淨化するけれども既に斯る酸素の量不充分にして腐敗して沈澱せる汚泥は之を汚泥槽に送り更に沈澱せしめ表水はポンプ室に返送し沈滓は之を乾燥し又は肥料に利用し或は海中に投棄する第二百四十圖は三河島處分場の平面圖にて第二百四十

酸素によりても淨化されるものである。例へば下水量の二〇倍も有る河川にて其後新たに下水を受入れ無ければ受放流後十五粁も流下すれば殆んど淨化されるもので之を河川の自淨作用と

第二百四十四圖



諸種の機械的スクリーリクス

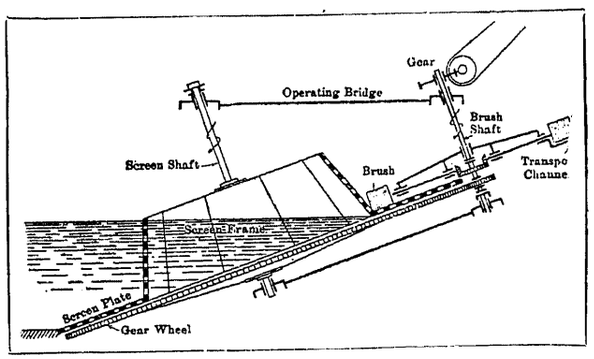
のにて鐵格子の間隔二十五粍に達する粗格子と五粍位の密格子とが有る、之れに懸れる固形物は人力又は機械的に熊手の如きもので除去するが有る。『濾格には又第二百四十三圖）格子は垂直面より三〇度位傾斜せるもの多く住々粗密二重とする事帶形、翼形、ショヴェル形、筒形、帽子形等の廻轉式機械篩が有る、帽子形は「リーンシュウール」式と稱し眞鍮又は砲金より成り篩目の幅は一乃至五粍の密篩にて獨逸米國其他に賞用せられ下水は濾格にかけた儘大河に放流する場合に好結果を奏して居る。而して機械篩にかゝれる固形物は多く機械力の刷毛又は壓力水等にて除かれ之を帶狀搬器にて自働的に所要の場所に送つて

第三節　沈澱法

沈澱池を廣義に解すれば砂礫及大固形物を取る沈砂槽又は砂溜、細微なる沈澱物を取る普通沈澱池、或は藥品を使用する沈澄池、之を改良せるイムホフ槽等を含むものである。

沈砂槽又は砂溜　沈砂槽又は砂溜は下水より粗大なる固形物卽砂礫等を除去するものにて主として道路を洗へる塵芥が來る故合流法に必要

第二百四十五圖



帽子形（リーンシュウール）スクリーリクス

濾格法にては浮遊固形物の三〇%以上は除く事困難で且溶解せる有機物は全く除かれない、因て流出下水にも猶危險物を多く含有するを以て受放流水體が充分大なるにあらざれば完全を期し難い。

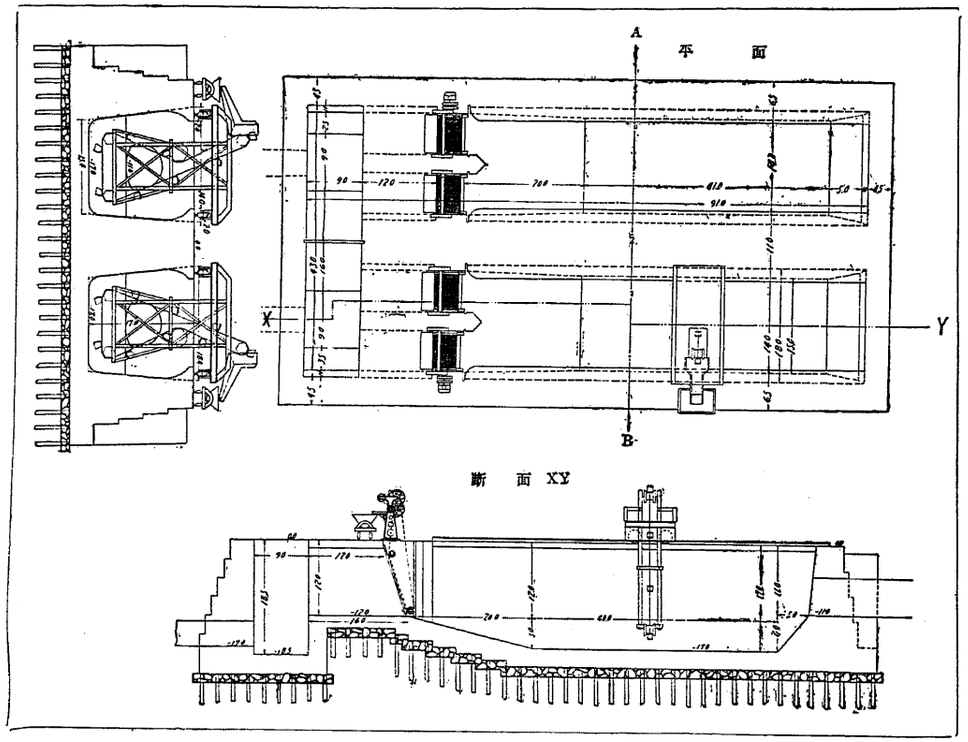
沈澱池は池を大きくし速力を三糎乃至四糎秒以下とし二乃至四時間沈澱せしむると別に藥劑を用ひないでも淨遊固形物の五〇乃至七〇%を除去出來るものである。獨逸國ケルン市の技師「ストイエルナーグル」氏は沈澱時間と其量とを實驗して左の結果を得た之によれば沈澱池内に於て靜止せしむること永きに從つて沈澱物の量は增すけれども其割合は時間の增すに從づて減ずる。

第五五表

沈澄時間	除去せられる沈澱物量
五分間後	四二%
一八分後	五七%
二五分後	六〇%
三〇分後	六一%
五〇分後	六五%
一時間後	六七%
二時間後	六九%
三時間後	七〇%
四十六圖は三河島の沈砂槽にて寸法單位尺）	

普通沈澱池　沈澱池は池を大きくし速力を三糎乃至四糎秒以下とし二乃至四時間沈澱せしむると別に藥劑を用ひないでも淨遊固形物の五〇乃至七〇%を除去出來るものである。獨逸國ケルン市の技師「ストイエルナーグル」氏は沈澱時間と其量とを實驗して左の結果を得た之によれば沈澱池内に於て靜止せしむること永きに從つて沈澱物の量は增すけれども其割合は時間の增すに從づて減ずる。

第二百四十六圖



東京市三河島汚水處分場沈砂槽圖

六時間後	七五%
一二時間後	七九%

此結果に依れば最も有效なるは最初の短時間にて二時間以後には沈澱の量は殆んど云ふに足りない池の長さは幅の四倍位が普通にて深さは一・五から二・五米位でよい、底部には入口に沈澱物が多いから其方に向ひ傾斜を附し入口には阻壁を置いて下水が直通するを防ぐ、普通池の長さは幅に比し四倍位がよいけれども甚だまち〳〵である深さも二乃至三米位が多い（第二百四十七圖）。凡そ沈澱池を有效にするには(a)池を細長く築造すること。(b)多くの區劃を有する室に別つこと。(c)其底は傾斜せしめ或は漏斗形に造ること。(d)下水を流すに水平に流すよりも直立槽又は井戸を設け下より上に向ひ靜に流すこと、此の原理に依り設計したものもある垂直流式の深い槽は之れである。（第二百四十八圖）。沈澱池の流速を加減するには流出口の水位を調整する事により自由に出來るものである。

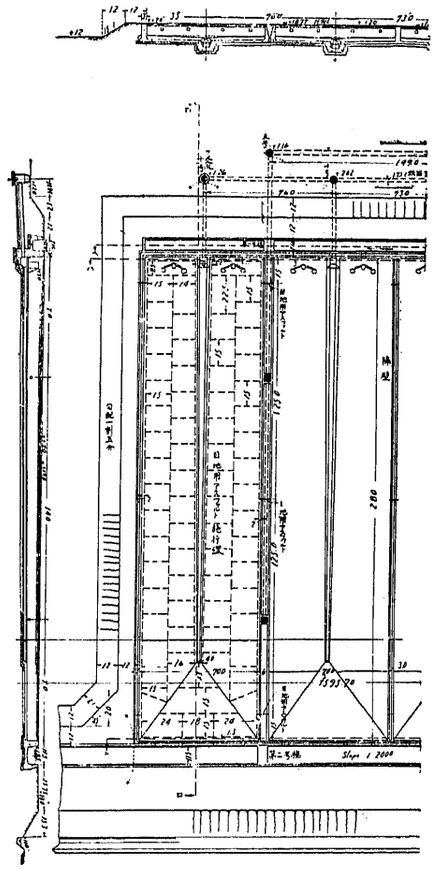
藥品沈澄池　之は普通沈澱池の

みにては充分沈澄しない微細分子を除き且つ沈澱を肥料として販賣せんとするものには藥品として石灰と明礬又は綠礬を使用する、英國にては前世紀の末葉は此法によりて處理法を解決したと稱せられ廣く採用された、浮游物の八〇乃至九〇%時に九五%を除き得た。然れども有機物の除去も未だ完全ならず流出下水も猶腐敗の惧がある、且つ沈澱の量多く之を壓搾乾燥の上肥料として販賣して居ても、大戰以來藥品の騰貴に伴ひ到底他の人造肥料と競爭せられず漸次之を「イムホフ」槽其他に改良されるに至つた。倫敦市にても大戰後藥品の高價に耐えず藥劑の使用を止めて居る。

第四節　腐敗槽

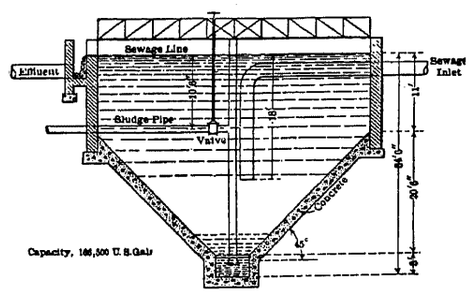
腐敗槽は普通「セプチック、タンク」と稱せられ、既に第三章細菌の項に述べたるが如く下水を淨化するに好氣細菌と嫌氣細菌との二種がある、好氣細菌は始め下水の新鮮なる間に含有して居る酸素の下に充分活動し細菌學的酸化作用を營み後酸素を消盡し若し別に新に供給を受けなければ好氣細菌は死滅し次に嫌氣細菌が漸次繁殖して腐敗作用卽ち有機固形物を分解し惡臭の瓦斯と液體とにする作用を營むものである、腐敗槽は第二百四十九圖の如きものにて此腐敗作用を利用するものにして一八九五年英國「カメロン」氏の創案である。沈澱池と異る事は汚泥が前述の如く分解するから其量極く僅少にして殆んど除去の必要がない、腐敗槽には屋蓋を有するものと然らざる者とが有る、屋蓋無きも浮渣が忽ちに池面を蔽ふて空氣の下水面に接觸して酸素を供給す

第二百四十七圖

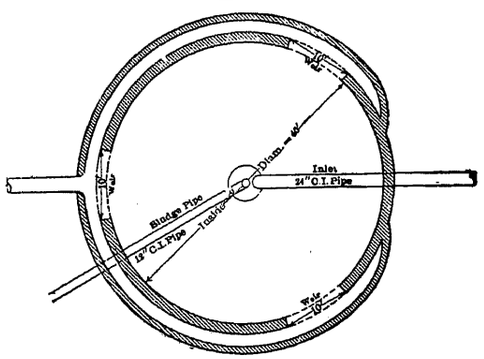


三河島沈澱池

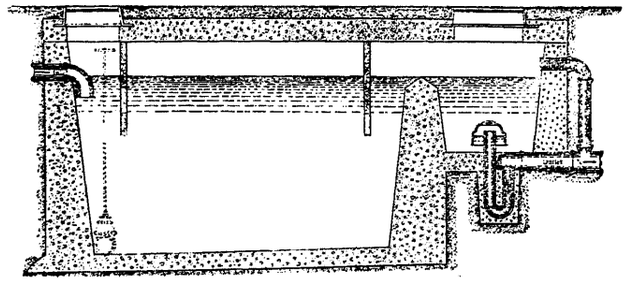
第二百四十八圖



垂直沈式沈澱深槽

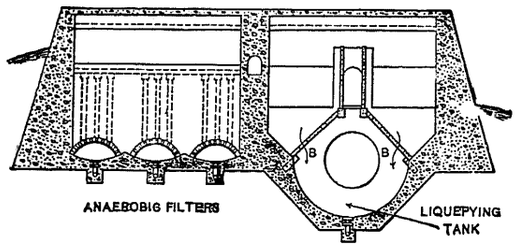


第二百四十九圖



セプチツク槽

第二百五十圖



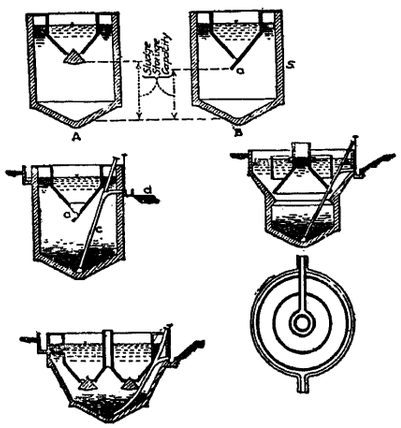
トレヴイス槽

水素、酸素であるから之を燃燒すれば多量の熱を生ずる此量は人口一千人より常時九馬力を發生して居る例が有る又病菌の發育を妨害する、併し缺點は流出水は甚しく惡臭を有し硫化水素を含み魚類に有害にて又時に「セメント」を分解することが有る而して最も缺點とする所は夏期瓦斯の發生盛にして爲に浮游物の沈澱を妨げ著しく効力を減ずる事であつて一時歐米に使はれる樣になつたが之等の缺點と共に特許權の訴訟等にて評判を落し他式に改造さるゝ樣になつて來た。

腐敗槽の缺點を補へる最初の二階槽は英國の「トレヴイス」槽にて次で獨逸の「イムホフ」槽である、腐敗槽の深さを增し上下二室に別ち上室を沈澱に充て下室を沈泥消化室とするものにて一般に「イムホフ」槽一名エムシヤー槽を使用して居る、之れは一九〇六年獨逸「エムシヤー」に於て「カルル、イムホフ」氏の發明である、其「トレヴイス」槽との相違はトレヴイスは下水の一部を消化室中に流す事と上下兩室間の孔隙の下に突出部の設備無く爲めに瓦斯が多少沈澱室を攪亂する事及石板を使ひて「コロイド」を取る理を應用して居るけれども「イムホフ」槽にては消化室には全く下水を通過させず又孔隙の下に突出部を設けて消化室の瓦斯の

第五節　二階槽及びイムホフ槽

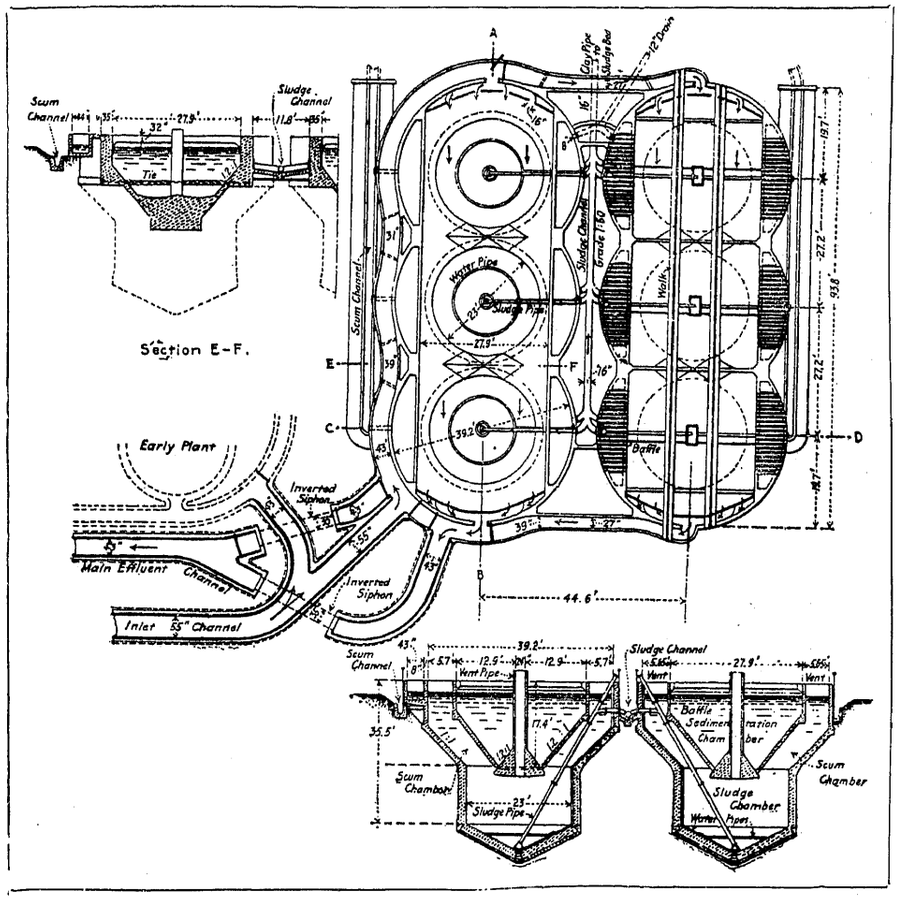
第二百五十一圖



イムホフ槽

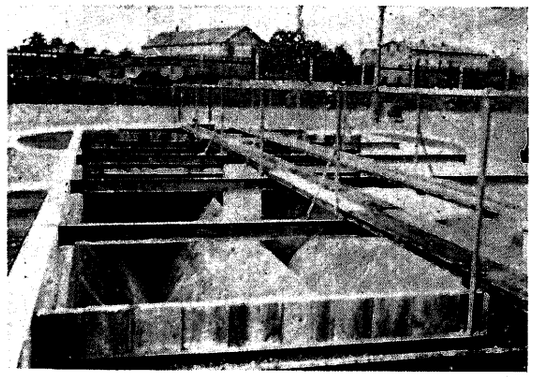
沈澱室に上昇する事を防いで居り且コロイドを全く考へない點等である、今其の作用を說明せんに下水は第二百五十一、二百五十二圖の上部沈澱室を靜に流れ沈澱せる汚泥は其底部の巾十五糎位の小孔を通して下の汚泥消化室に入嫌氣細菌の分解作用を受け發生せる瓦斯は浮渣室を通り空氣孔に逸出して沈澱室を妨害することがない、汚泥は排出管を通じ水位差により又はポンプにて排除し之を汚泥乾燥畑に送る。イムホフ槽は獨逸型は多く圓形をなし、米國型は矩形をなし下水は一方より入りて平行に流れ他方より出でる、入口に近く沈澱物が多いから折々流れの方向を變じて流し得る樣にする、下水の貯溜時間は其の濃度により差違有る可き筈であるが普通一・五時間乃至三時間である。汚泥消化室は八五%水分の汚泥を六ヶ月分位の容量とし空氣孔は槽面積の三分一か四分の一にて十分の一の例がある汚泥乾燥場は砂利又は炭燼の厚さ三〇糎位の層上に薄く砂を撒布し下に排水設備を施したるものにて此上に汚泥を約三〇糎の深さに廣げて之を乾燥する、面積は人口三五人乃至四〇人に一平方米の割に入要である、乾いたる汚泥は殆んど無臭にて肥料としてもよい。此式は腐敗槽に比して評判もよく米國にては一九一〇乃至一五年に、コロンバス市を始めとして諸所にて腐敗槽を之に改造し、ロチエスター、オルバニー、ウスターフイラデルフイア等にて新設し結果もよい、唯ボルチモアのみは切角設備した「イムホフ」

第二百五十二圖



イムホフ槽

第二百五十三圖



獨乙エルフールト市のイムホフ槽

槽は惡臭が出且つ瓦斯を吹き出すと云つて使はずに腐敗槽を賞用して居る、之は處理場が餘り遠方にて其處に達する前に下水が餘り腐敗せるに因ると云つて居つた、而して本式の缺點は十米以上も深くなるから腐敗槽に比して工費が同一量の下水を處理するに約二倍を要する事である。而して發散瓦斯の利用とか汚泥の量少く且處分し易き利益は腐敗槽と異らない。

第六節　灌漑法及び間歇砂濾法

濾過法は下水の最後の仕上げ處理である之れに灌漑法、間歇砂濾法、接觸濾過法、撒布濾過法等種々有る。

灌漑法　下水を畑に導きて處分すると同時に肥料に利用するものにて往時より使用せられ乾燥せる粗鬆の土質の箇處に好果を奏する、伯林、巴里、モスコー、リヴアプール等其他にて現今猶使用されて居るが面積を要すること多大にて人口百人に付〇・四「ヘクタール」を要する、此方法には最も好果を得て居る伯林に於てすら早晩他の人工的方法を採用せんとして居る、雨量極て少き砂漠の如き地方にて灌漑用水に下水を利用せんとする所を除いては今後採用せらるゝ事は無からう。

間歇砂濾法　灌漑法は斯く廣き面積を要する故都市の附近にては斯る面積を得る事は容易でないので一八七〇年「フランクランド」博士が種々研究して之に換ふるに人工的に濾過池を造り粗砂を厚さ一・五米位に敷き下水を折々漲らせ上より下に濾過せしむれば下水は非常に清淨になるものにて他の何れの方法にも勝り濾過水は實際的に純粹の水となり面積は灌漑法の約十分の一にて足りるものである。此の清淨作用は砂表に近き所に多數棲息する好氣細菌が酸素の豐富なる供給の下に有効に行はるゝものであるから絶えず下水を漲らして居るのは惡い先づ下水を二―三糎の深さに上方より滿たし靜置すれば約三十分にして水は砂面下に沈み、砂中より出で終りし後も猶相當の時間休息せしめ五―六時間毎に一回宛間歇的に働らかすものである、米國東部の如き自然に砂の多い所にはよい方法で唯表面を掘り均らして池の形を作ればよい、然らざれば地下に排水渠が入用である。

第七節　接觸濾床法

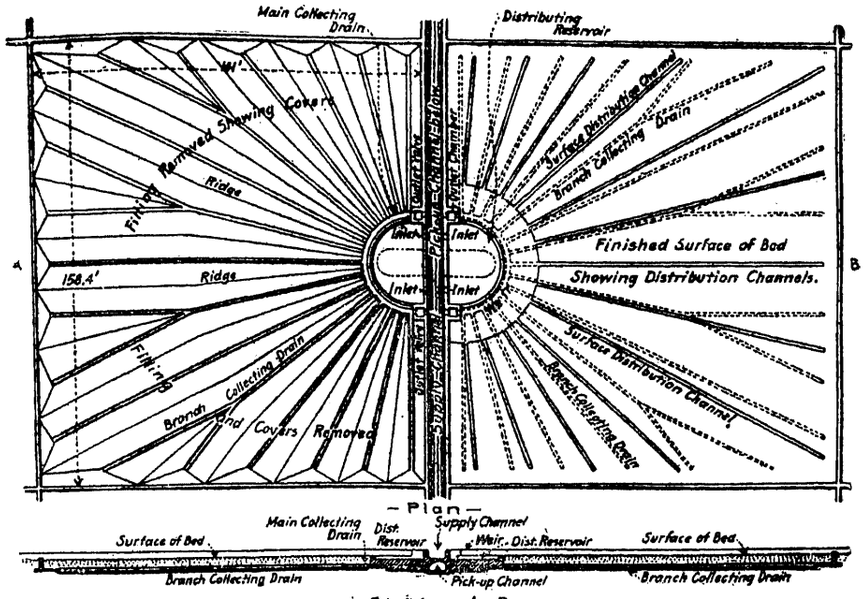
間歇砂濾法は適當なる砂の少き英國の如き所には應用出來ない。其處で英國の「デイブディン」氏は一八九三―九五年に細菌床、即接觸濾床を砂利にて造ることを考案して之に代用した、之は濾池の周壁及び底を水密的の構造とし深さを六〇乃至一八〇糎とし徑三粍乃至二〇粍の均一大の砂利、煉瓦屑「コークス」又は石炭を入れ出口には制水瓣を設けて下水を張り靜置して充分濾材と接觸せしめる、次に流出せしめて後暫く休息させ濾材をして充分に空氣に接觸し酸素を吸收せしめ再び同一作業を繰返へすものにて此の反復する時間等は下水の濃度により差違あるけれども引入一時間、接觸二時間、引出一時間、休息四時間全部にて八時間位を一週期とし休息して砂利の間に空氣を入れ酸素を細菌に供給せしむる時間を永くする程有効である時に一週期を四―五時間とする事も有る、下水

を均一に各部に張り又は除去する爲に導水樋や底に排水渠を設ける。（第二百五十四圖）

此の作用は前砂濾法と異り機械的に濾にあらずして全く休息時間中供給を受けた酸素を充分含有して居る砂利面上の細菌膜に既に豫備處理を受け微細なる固形物しか含まない下水が來て靜に接觸して居る間に好氣細菌が充分迅速に且つ有効に作用をするものである。卽ち全然細菌作用に依るものであるから細菌床と稱せられる、効果を良く收むるには接觸濾池を二重にして粗き砂利と細砂利との二重の接觸濾床にて濾せばよい一回にて溶存有機物の五〇%を除くから二重濾しとすれば全體の七五%を除く事となり普通河川に放流するも充分安全となる。

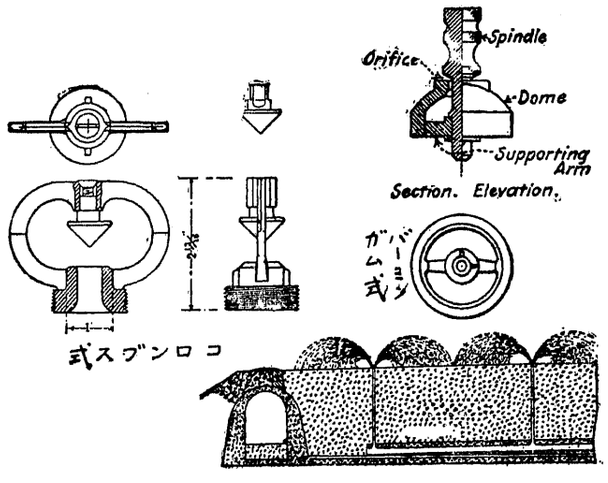
砂濾に比し本法の利益は濾過速力約八倍であるから面積は八分の一位にて足り、且つ砂の様に使用に伴ひ閉塞さるる心配が尠い。而して濾材の容量は二重濾池として一日の下水量一に付き一・七乃至二・二平均二培の容量を必要とする。

第二百五十四圖



マンチスエター市接觸濾床

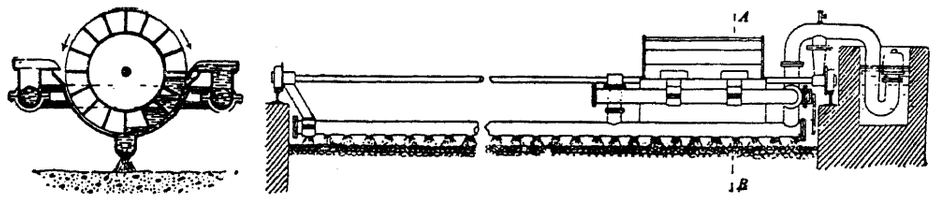
第二百五十五圖



第八節　撒布濾床法

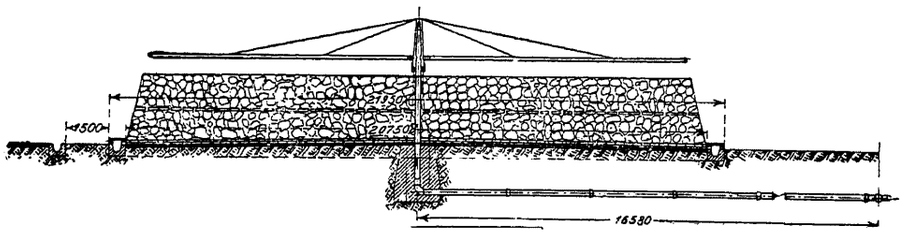
此式は一般に小設備に好適である。都市の大設備には次の撒布濾床には面積の點にて及ばないけれども設備の簡單なること、損失水頭の少ない事、臭氣及蠅の害少く住宅附近に設けられ且つ下水量の不同に影響さるゝ事が尠い得點が有る。

第二百五十六圖



移動式撒布濾床

第二百五十七圖



回轉式撒布濾床

第二百五十八圖



獨乙ウイルマースドルフ市の撒布濾床

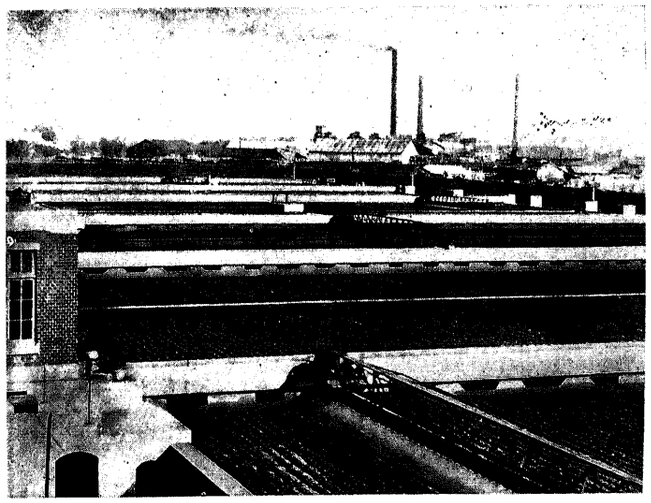
前記の諸方法は皆間歇式であるが若し之が効果を落さずに連續式となすことが出來れば大に時間の上にも經濟上も都合が宜しからうとて一八九三年英國の「ストツダート」氏が創案したものである。

先づ下水を噴水の形とし又は點滴として粗粒より成れる砂利碎石（コークス）石炭等の濾床面上に撒布する、此際下水は充分に曝氣され後好氣細菌膜を有する濾材に酸化されるものである歐米に於ても甚だ廣く採用せられ本邦唯一の處分場たる東京市三河島に於ても此方法に依つて居る、濾材の大いさは徑二五粍乃至七〇粍にて厚さは一・五乃至二・五米の層として下に大石を用ひ縦横に排水管を設ける。下水中に大なる固形物を含有して居れば射出口を閉ざすから豫めよく沈澱した下水で無ければ不可である。下

水を撒布するには管を濾床中又は其下に配置し四米（メートル）内外の距離に竪管を出し射出口（第二百五十四圖）を附ける、噴出する高さは一・五〇乃至二・五〇米（メートル）に達し英國「バーミンガム」米國「ボルチモア」等に特に大設備がある。以上の射出口は定位置に有りて動かないけれ共此外に移動撒布器が有る之は軌道の上を電力又は自己の水力にて移動するものである、（第二百五十六圖）又小設備にては濾頭圓錐形に濾材を積み中央の竪管を軸として廻轉する水平管には一方にのみ下水を射出せしめ其反力により反對の方向に廻轉する考案のものが有る、（第二百五十七及二百五十八圖）三河島處分場にては移動撒布器を使用し電力にて濾床の上を往復せしめて居る、（第二百五十九圖）、第二百六十圖は底部排水の圖である。

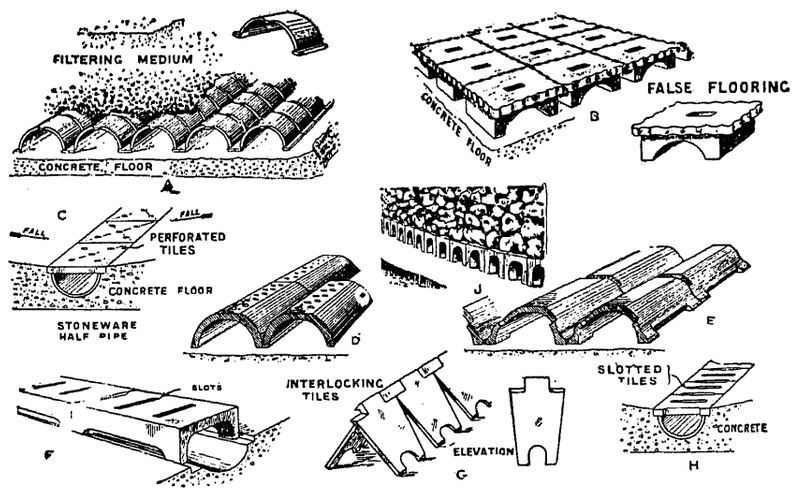
築造直後は細菌膜の發育無きが故に作用が完全でないが、夏季ならば一ケ月冬季ならば二三ケ月にて能力を發揮する樣になる。此の方法は連續的と稱するけれども操作方法は場内の區劃を分ち一區劃數分時間宛射出せしめ屢くは休息させ可動式にても往復又は廻轉の際再び復歸し來るまでは其部分は休息して居る理で細菌膜は此間に酸素を供給されるのである。此の方法に依り處理された水は再び沈澱し易き汚泥を生ずるから更に小沈

第二百五十九圖



三河島處分場移動撒布機

第二百六十圖



撒布式濾床底部排水法

澱池に於て沈澱せしめ後放流すれば實際的に充分安全である。細菌も七〇％大腸菌の如きも八八％位除去せられる樣である。實に此方法は叙上の濾過方法中普通必要なる程度まで下水を淨化するには最も經濟的の方法である。

此式にて最も利益とする點は面積が小にして足りる事にて米國の例に依るに、

第五　間歇砂濾　一「ヘクタール」に付　一、二五〇―二、五〇〇人

六表　二重接觸濾床　同　一〇、〇〇〇―一二、五〇〇人

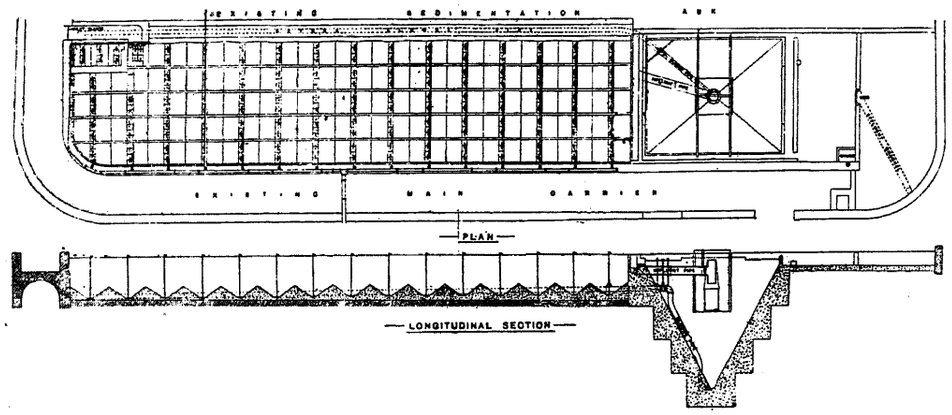
撒布濾床　同　少くも二五、〇〇〇人

配水及び射出設備費の高き事は多くの場合に用地費にて償つて余り有る樣にて作業費も二重接觸濾床の四分三にて濟むと云ふ、唯、損失水頭が多い事及蠅の發生、多少の臭氣の害の爲め市街住宅地附近に適當しない缺點が有る。

第九節　促進汚泥法

本法は最近急速なる發展を遂げ斯界に於ける最も進歩せる方法にて豫備處理にして同時に最後處理となる事の出來る理想的のものである、一九一三年「マンチエスター」市の「ファウラー」博士の創案せるものにて下水中に單に空氣を吹き込みて有機物を硝化するには約五週間を要するけれども斯く充分曝氣して得たる活性に

第二百六十一圖

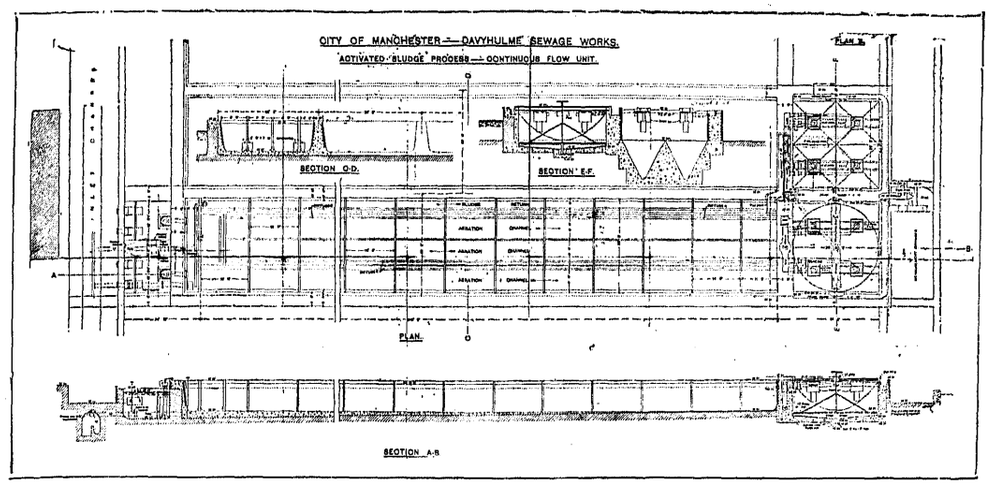


マンチエスター市ウイザンツ促進汚泥法

富み促進作用を有する汚泥を新着下水の二〇―二五％位混入して曝氣攪拌すれば僅に六時間にして汚水淨化の目的を達することを發見した。其後廣く研究せられ又實施せられ輓近に於ては斯界に於て最も重要なる方法となつた。之れに空氣吹込法、機械的攪拌法、表面攪拌法、流線曝氣法等種々のものが考案された。

空氣吹込法　ファウラー博士創案の方法にて下水中に促進作用ある汚泥を加へ壓力を有する空氣を吹き込み下水を攪拌すると共に曝氣すれば其結果浮游物は羽毛狀の容易に沈澱し易きものとなりて沈澱槽にては速に沈澱し此際沈澱劑の作用もなし且つ浮游し又は溶解せる有機物も殆んど完全に酸化せられる、斯く汚泥を沈澱して得たる表水は透明にして高度に硝化し細菌も大部分除去せられる、汚泥の量は多く且つ腐敗性に富み、コロイド性にて乾燥は困難である、然れ共窒素含有量五―七％燐酸も二―四％の如く多く肥料として頗る價値が有る。此の羽毛狀の促進汚泥は海綿質の構造を有し適度に曝氣せる者は金褐色を呈し比較的緻密である。之に多數の好氣細菌を保有し充分

第二百六十二圖

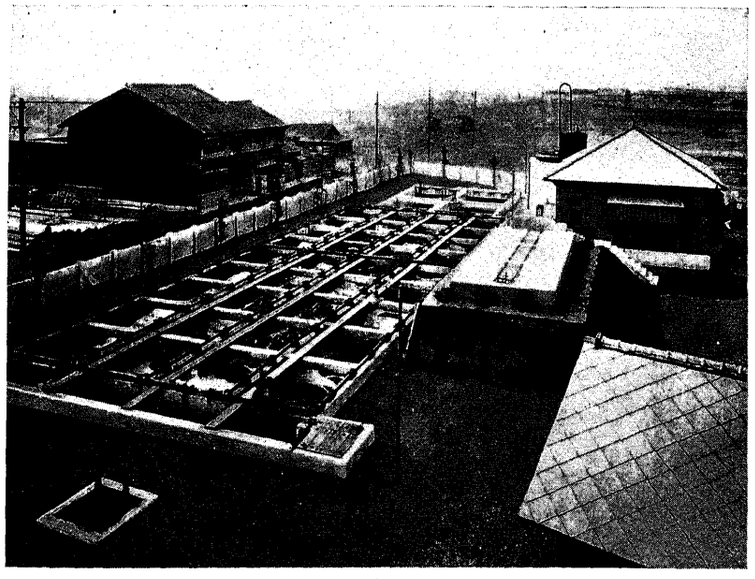


マンチエスター市デビウルム促進汚泥法

なる空氣の供給の下に下次中を上下左右して細菌の清淨作用を營むのである。其原理は前項接觸又は撒布濾床と違はない唯斯る細菌床にありては空氣の供給を受けて酸化作用の旺盛なる細菌膜にて被はれた砂利面に下水が近付て接觸する際に淨化せらるるものであるのに、促進汚泥法にては下水中を此清淨力ある細菌の集團なる汚泥が上下左右して充分接觸を保ち乍ら淨化する。換言すれば下水が細菌に近付くか又は細菌の方から下水に近付くかの點に於て相反するのみである。

曝氣槽にて曝氣する時間は下水の濃度性質にて異るけれども普通三—六時間にて沈澱時間は一時間乃至二時間である。曝氣不充分なる汚泥は淡褐色にて輕き羽毛狀を呈し過度なるものは泥褐色をなし汚泥は分解して微片となり沈澱遲くして表水混濁する。曝氣槽の深さ

第二百六十三圖



大阪市市岡促進汚泥式實驗裝置

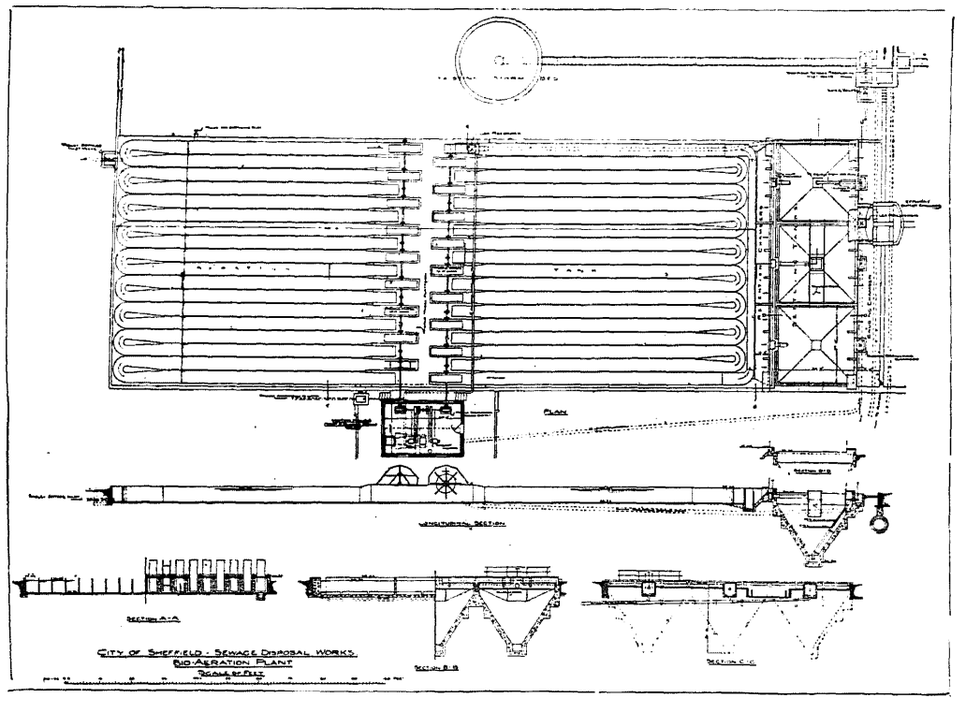
は有效三—四米を有し槽底は畝溝式（第二百六十一圖）又は平坦にして角隅に丸味を附し一側に撒氣版を置いた螺流式（第二百六十二圖）の二式がある前式は安全であるか後者も結果良好にて工費低廉である。空氣を吹き込むには撒氣版と稱する多孔質の板を通じ成る可く小氣泡をなして均一に噴出せしめる。版の大いさは三〇糎角の厚さ、四糎内外、又長方形のものも有る、曝氣槽の面積に對する撒氣版の面積の割合は六分一位であるか十分の一又は十五分の一の例も尠くない。甚しきは二十三分の一に下る實例が有る。使用する空氣の量は下水の量と性質所要清淨度、曝氣時間、混入泥汚量、溫度、曝氣槽の深さによりて差違が有る。大體に曝氣槽の深さを三—四・五米、撒氣版の面積比を六分一、曝氣時間を六時間とすれば下水一立に對する空氣量は次表の通りである。

第五七表

下水の性質	下水一容積に對する空氣量
一、弱き家庭下水	七・五
二、濃き市内下水（多少工場廢水を含むも細菌生活に無害のもの）	一一・
三、淡き市内下水（多量の工場廢水を含み中に有害なる酸性鐵分を含む）	一五・
四、濃き市内下水（多量の工場廢水を含み中に有害の酸性鐵分を含む）	三〇・
五、製革工場下水の膠質多きも一度沈澱せるもの	四五・

但し英國にては下水量の四倍位で成功して居る例も有る。而して空氣量の增加は直ちに經常

第二百六十四圖



シエフイールド市機械攪拌法

費は勿論設備費の增加を來たすものであるから總氣量は出來る丈け少くする樣に汚泥混入量、曝氣時間等を研究按配する事極て肝要である。混入汚泥量が多いと空氣は余計入用である近頃は一五—二〇%が普通である。而して本法の効率は前記の下水の性質と作業方法によりて差違あるは勿論であるが大約細菌減少率九〇%、浮游固形物除去率九五%、「メチレン

ブルー」試驗による安定度七二時間である。

第二百六十三圖は大阪市、市岡に於ける本法實用的實驗處分裝置である。

最後に空氣吹込法による利益の點は、

一、面積は撒布濾床の三分一にて足る。

二、水頭の損失極て少い。

三、惡臭及蠅の害が少い從つて市内にも設置出來る。

四、汚泥の肥料價値最大である。

五、清淨度高し。

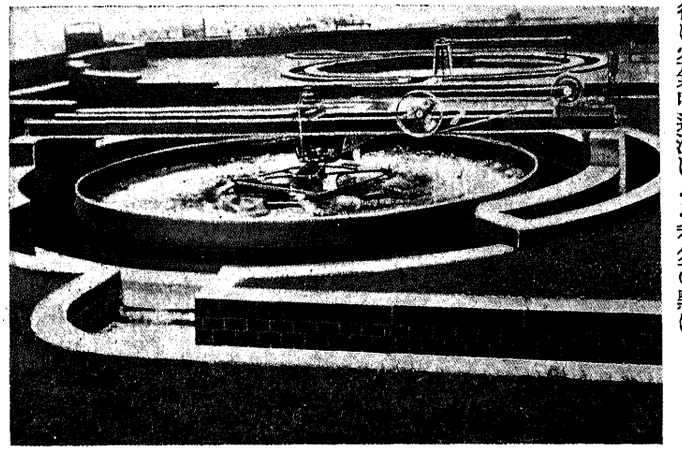
六、作業開始後掃除の必要がない。

其缺點は動力費を要するから經常費が大きいこと、撒氣版及び空氣配管が損傷し易き事、作業に注意を要する事、汚泥に水分多く其量下水量の一―一、五%に達し其處理、乾燥に困難なること等である。

汚泥は膠質にして乾燥し難いものであるが此除水法の成功如何は直ちに本法の將來に影響するので目下猶研究中である。其内汚泥溝中に徐々に回轉する筒車に厚布を張り中を眞空ならしむるオリヴアー氏の眞空式濾過方法が有望である。此他汚泥壓搾器無水亞硫酸處理等種々試みられて居る。

本邦に於ても本式により目下名古屋市に於て最初の實施設備を工事中である(昭和三年九月)

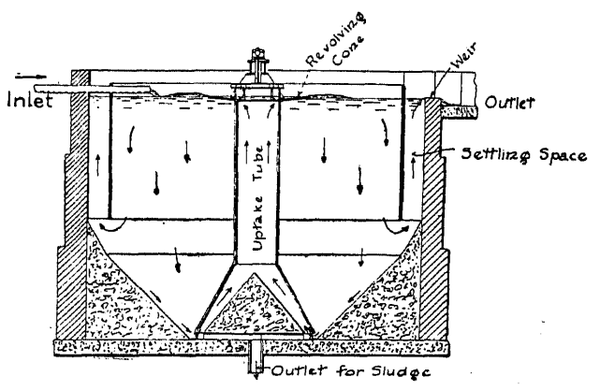
第二百六十五圖(A)



シムプレツキス式表面攪拌法

機械的攪拌法 原理は空氣吹込法と異らない唯空氣を以て攪拌する代りに機械的に蹼輪を以て攪拌する點に於て異るのみである。此方法は英國「シエフィールド」市なる「ハウオス」氏の創案にて促進汚泥法の作用を化學的に檢査するに下水淨化の爲めに實際有效に使用される空氣中の酸素量は送入した酸素量の一・二五%に過ぎない此程度の酸素は攪拌中水面に接する空氣にて充分である。然らば吹込法による空氣は單に下水の攪拌に使用せらるゝに過ぎない然らば不經濟極まる壓搾空氣を以て間接に攪拌するよりも直接機械的に攪拌する方が動力の上に於て遙に有利であると主張し同市に一日百萬英「ガロン」の設備(第二百六十四圖)を作つた之は深さ幅共一・二〇米の溝形に分てる曝氣槽を造り蹼輪を廻轉し下水は

第二百六十五圖(B)



同上斷面圖

適量の促進汚泥と共に平均八時間宛廻流し約一八粁の人工水路を攪拌を受け乍ら流るゝ事となる。此の方法は空氣吹込法に比し設備簡單にして建設費及動力費共に低廉である然れども下水量の變化に應じ空氣吹込法の如く動力の節約を簡易になし得ないこと、同一清淨度に達するに所要時間の大なること、深さ淺き故に所要面積大なること汚泥が蹼板にて粉碎せらるゝ事等の缺點が有る。

「シムプレツキス」式又は表面攪拌法 第二百六十五圖の如き深き槽にて中央の上部の羽を速に廻轉して水を切り乍ら周圍に下水を振り撒けば水滴となりて曝氣され周圍の水は圖の矢の如く下降して中央の管内を上昇し萬遍なく總ての水が曝氣される。効果も却々よく小設備に適するものにて空氣吹込法に比し設備費經常費共に低廉である。

此の外流線式曝氣法は最近の考案にて緩傾斜の面を「コンクリート」の砂利面を露出したる粗らきものにて造り此の上に適量の促進汚泥を加へたる下水を淺く流下して曝氣沈澱するものである。

第十節 殺菌法

上記說明せる方法によりて下水は著しく淨化される其程度の比較は左表の通りである。

第五八表 各種處分法の効率比較表

處理方法	浮游固形物	有機物	バクテリア
細スクリーン	15	10	15
沈澱法	65	30	65
セプチツク槽	65	30	65
藥劑沈澄	85	50	85
接觸濾床	85–90	65–70	80–85
撒布濾床	85–90	65–70	90–95
促進汚泥	95–98	75–90	90–98
砂濾法	95–99	90–98	98–99

之れには前述の處理を終つた最後に殺菌槽と稱する小池に導き漂白粉又は液體鹽素を以て殺菌する其注入す可き量は流出下水の性質によりて異るけれども上水道の場合の十數倍を要する、時に漂白粉を一萬分一以上を混ずる事がある。而して河川に放流する前に混和後少くも二十分間作用せしめなければ效果が少い、漂白粉又は鹽素殺菌の裝置及び方法は上水道の場合と同樣之を見ると猶相當の細菌を含有して居る其の多くは人體に無害であるけれども若し傳染病菌を含まば其數僅かなりと雖も甚だ危險である故に「チブス」赤痢、虎疫等の流行時には下水の殺菌を猶必要とする。

又食鹽を電氣分解して鹽素を發生せしめ消毒を行ふ方法も有るが經費廉くない。

又石灰を下水に加へ電流を通ずれば石灰のみより沈澱効率を擧げ殺菌上にも効力がある。

第十一節 汚泥處分

叙上の處分方法にて何れも夫々汚泥を生ずる促進汚泥法、用劑沈澄法は最も多く腐敗槽「イムホフ」槽は最も少い、其の量は左表の如くである。

表九五第

(米萬百水下中ンロガ)量るよに法方汚泥理處の々種

處理方法	百萬米ガロン中立方ヤード	含水量%	乾燥固形物百萬ガロン中噸
イムホフ槽	2～4	80～85	0.161
沈澱池	4～10	88～96	0.580
藥劑沈澄法	20～30	86～94	1.435
促進汚泥法	20～80	98～99	0.67

汚泥の處分法は既に二三之を述べたが未だ完全なる方法は發見されない、從來の方法を簡單に述べれば、

(一)、都市の塵芥量は汚泥量に比して甚だ多いから之れに混じて處分する即ち埋立に使用し又は投棄する。

(二)、液狀の儘之を農夫に賣却する、又畑に送

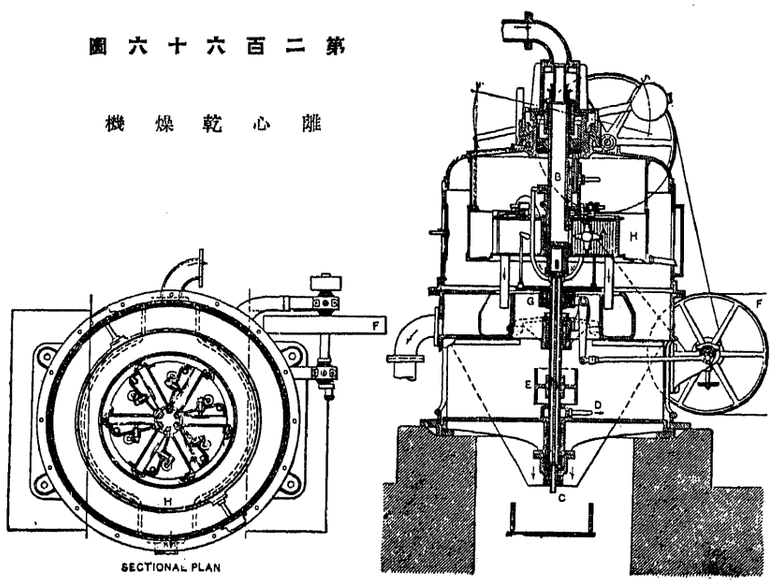
りて農圃處分をなす。

(三)、汚泥船に積み遠く海中に投棄する。(倫敦グラスゴー市)等。

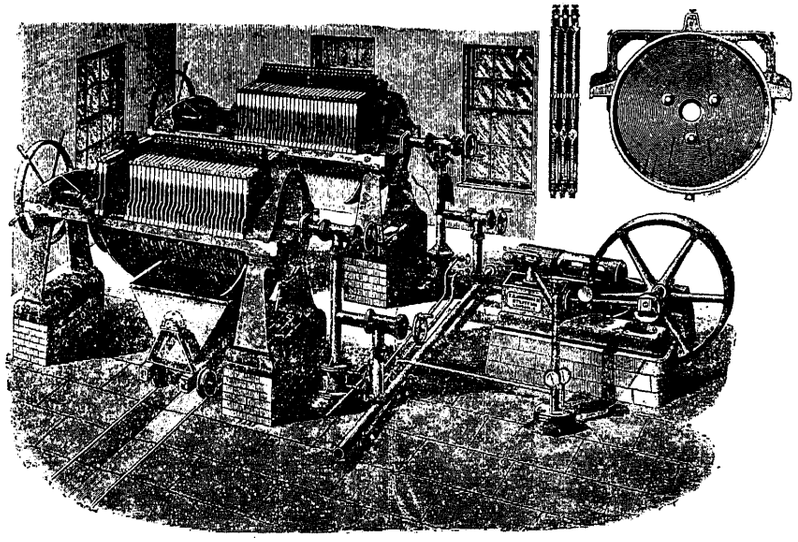
(四)、汚泥を離心乾燥機(第二百六十六圖)にて含水量を六〇%位とし塵芥と混じて燒却する。(五)、汚泥を汚泥壓搾機(第二百六十七圖)に入れて水分を五〇—六〇%とする、後乾燥機にて乾燥し水分を一〇%位とする。

第二百六十六圖

離心乾燥機



第二百六十七圖



汚泥壓搾機

第六〇表　汚泥の重量

含水量%	95	90	80	70	60	50	40	30	20	10
取扱ふべき汚泥量噸	100	50	25	17	12.5	10	8.3	7.1	6.25	5.55

其他汚泥乾燥場及促進汚泥に付ては既に記述して有る。

汚泥の量は水分を減ずれば急に減ずるものにて百噸の下水中に五噸の固形物を含有するとすれば九五%の水分である之れが若し漸次乾燥して水分の減ずる場合に取り扱ふ可き汚泥の重量は左表の如く減ずる。

第十章　保留法及家庭汚水淨化裝置

第一節　保留法

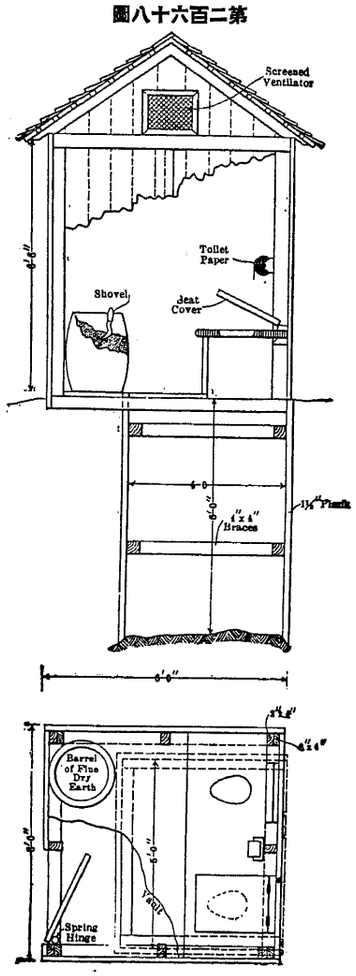
保留法は水運法と相對する方法にて原始的にて且非衞生的たるを免れないけれども完全なる下水道の無き都市に於ては此方法によるの外はない而して何れも一時屎尿貯槽中に汚物を貯へ成る可く腐敗の甚しく進まざるに先ちて之を撤去す可きもので有るけれども其構造を完全にし其汲取運搬法を改善し之を科學的に取り扱ふ樣に設備すれば之を應用することが出來る。

保留式を別ちて定置貯槽法、可搬槽、撒粉裝置及家庭用汚水淨化裝置となす。

定置貯槽法　此方法は最も原始的にて甚しきは單に地中に窖を穿ちて屎尿を此内に貯へ汚物の土壤中に滲透するに委するものである。併し米國の改良せるものは田舍の農家に用ひられ第二百六十八圖の如き構造にて三分二位一杯になれば新に掘りて移轉する。蠅など入らない樣にして有る。土地を汚化する憂ひ無き所に不完全なる運搬法に依るよりも衞生的なりと稱せられて居る。

稍進歩せるものは木製の桶の如き貯槽を地中に埋設し玆に汚物を貯ふるものにて次で改善せるものは釉藥を施せる粘土燒きの瓶類を用ふるものにて本邦都市住

第二百六十八圖



米國田舍に於ける窖便所

第二百六十九圖

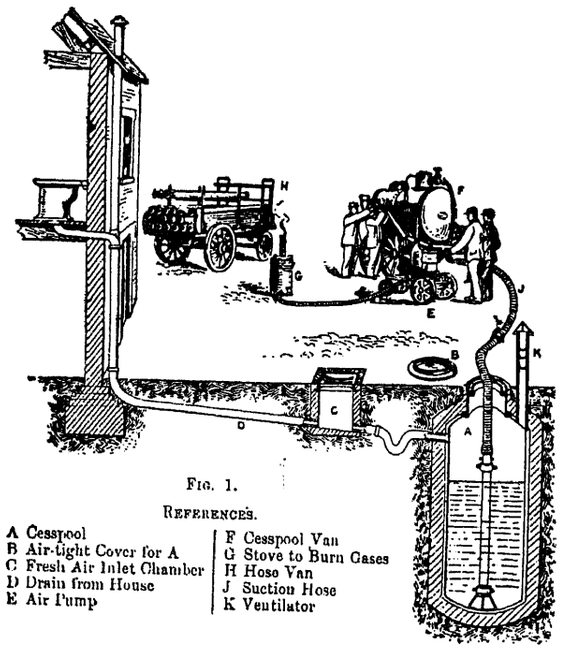
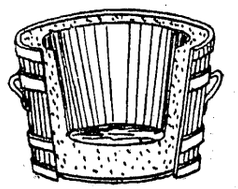


Fig. 1.

空氣ポンプを使ひ無臭に吸取り運搬する式

宅にて一般に行はるゝ方法である。此方法の缺點とする所は、

第二百七十圖

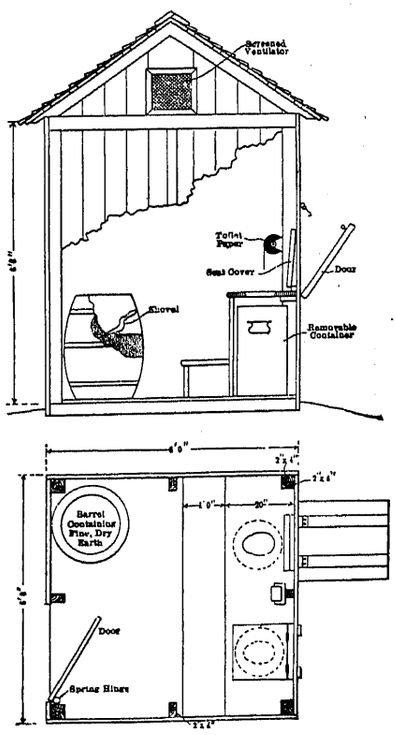


グー式可搬糟

に持つて來る。

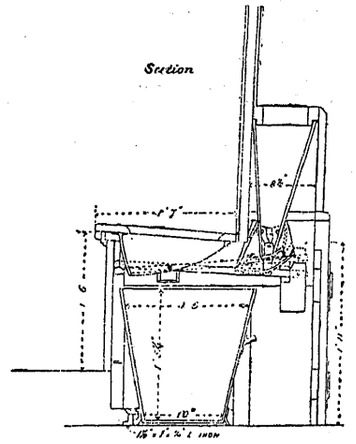
(二) 貯糟の構造が充分でない爲め其附近の土地を汚化し諸種の病菌は地中に滲潤し遂に井戸水中に混ずる可く其危險なること甚しい加ふるに汲取人は衞生的知識の乏しき農夫にて貯糟附近に汚物を散亂せしむること稀れでない。故に此の害を除くには蠅蚊の入らざる樣に考案し且貯糟を不滲透のものとなし惡臭は烟突式に屋上に導き通風裝置をなし且便所の附近を「コンクリート」にて叩き時々掃除し清潔を保持出來る樣に改善するを要する、近時種々の貯糟が考案されて居るから便利である。第二百六十九圖はポンプにて夜間無臭に溜めより吸ひ取り運搬するものである。

第二百七十一圖



来國田舍に於ける可搬糟

第二百七十二圖



撒土便器

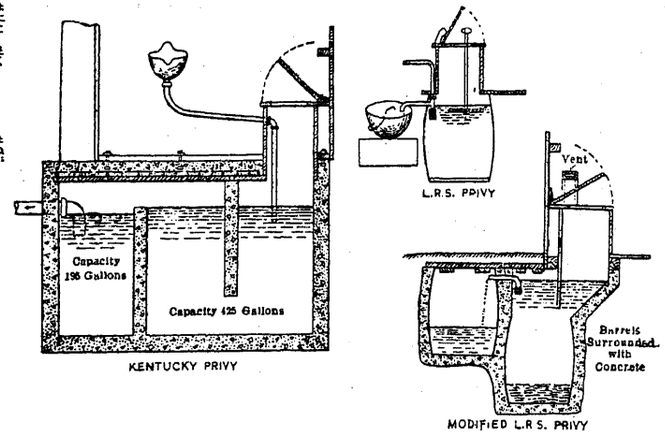
可搬糟 容量百乃至百二十五立の小糟を便所に置き密蓋をする事が出來る。若し小糟が滿たされれば之に密蓋をなし螺子にて止め搬出し清掃し次で之を置き換へる、第二百七十圖は「グー」式の可搬糟にて內壁には吸液性物質を塗つて有る。

可搬糟式は二—三日毎に市の方に於て運搬取り換ふるもので余り腐敗させる前に衞生的に運搬すれば推賞する程の方法では無いが本邦の汲取式には勝る事數等である。

撒粉便器 本法は第二百七十一圖の如く乾燥せる吸液性粉末を汚物溜內に撒布し液體を吸收せしめ又被覆する故惡臭を發しない。運搬の爲にも乾燥狀のものは輕くるが大正便所の如きは以上の諸點を改善し汲取口を戶外にして密閉せる蓋と通風裝置とを有すれども、間々使用せられる、撒粉としては乾いた細

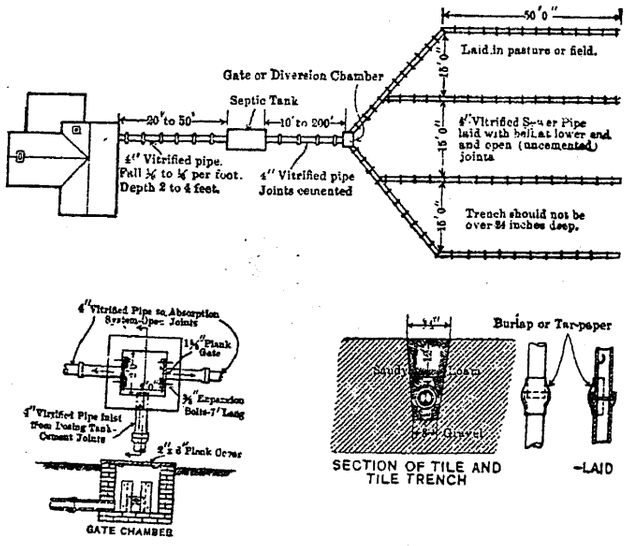
い土、灰、炭粉、泥炭等を使用するものにて用便後適量の粉を均一に撒布するもので毎回七〇〇瓦位の土を要するから便器と共に粉函を備へ撒粉裝置に依り一定量宛撒布する樣にする、木

第二百七十三圖



液化槽又は腐敗槽

第二百七十四圖



地下灌漑式

液化槽 前述のものよりも多少工費に制限無き場合には液化槽と稱せらるゝ腐敗槽の一種が都合よい。此式では便所は密閉槽より成り水を滿たし溢流するものにて固形物は細菌作用に依り液化され、溢流水は地下灌漑をなすものである（第二百七十三圖）第二百七十九圖の如く腐敗槽を應用してもよい。之れも溢流水は「サイフォン」の理により一日に二—三回に集めて地下灌漑をする。之れに依り土壤の淨化力を失ふからである。地下灌漑の上には草花を植ゑれば實に一擧兩得となる。第二百七十三圖も地下灌漑の一例にて下水を途中の轉向室にて或は右に或は左に向ける、地下排水管の長さは一人に付七五粍管を土質により一〇米乃至二〇米を要する勾配は百分乃至二百分一とする。

家庭用汚水淨化裝置 完全下水道が出來る。之れには警視廳其他府縣に取締規則が有る。次掲のものは警視廳令の一例である。

水槽便所取締規則

第一條 汲所便所ニ非サル便所ヲ設置セムトスル者

第二節 汚水淨化裝置

方法も亦姑息たるを免れない。

ハ水槽便所ノ構造トナスヘシ但シ市街地建築物法施行規則第十二條本文ニ依リ指定スル下水道ニ放流スル場合ハ此限ニ在ラス

第二條　水槽便所ヲ建設セムトスル者ハ左ノ事項ヲ具シ所轄警察官署ヲ經テ警視廳ニ願出テ許可ヲ受クヘシ其變更セムトスルトキ亦同シ

一、敷地及建物ノ總坪數及其平面圖
二、建物使用ノ目的
三、建物内ニ常住スル人員
四、通勤者アルトキハ其人員
五、外來者見込人員
六、便器ノ數
七、便所ノ位置及構造ヲ示ス圖
八、腐敗槽酸化槽及消毒槽ノ構造仕樣書及圖面
九、汚水排出ノ場所
十、便器ノ用材及其構造仕樣書
十一、便器ヨリ他ノ場所ニ誘導スル爲ニ設置スル管ノ用材及其ノ大サ

第三條　水槽便所ノ構造落成シタルトキハ所轄警察官署ヲ經テ警視廳ニ届出テ使用認可ヲ受クヘシ前項ノ認可ヲ受ケタル後ニ非サレハ之ヲ使用スルコトヲ得ス

第四條　水槽便所ノ淨化裝置ハ撒水式濾過床ノ構造トシ腐敗槽、酸化槽及消毒槽ノ構造ハ左ノ制限ニ從フヘシ

一、地盤及壁ハ石、煉瓦又ハ「コンクリート」ヲ以テ構造シ内部ニハ厚五分以上ノ防水「モルタル」ヲ塗布スルコト
二、石又ハ煉瓦ノ厚七寸以上「コンクリート」ハ厚五寸以上ト爲スコト

三、汚水排出口ニハ銷鑰ヲ具ヘタル水門ヲ設クルコト

(一)、腐敗槽及酸化槽ノ大サハ左ノ制限ニ從フヘシ但シ一人一日ノ汚水量ハ一五方尺ト シテ計算スヘシ

(二)、腐敗槽ノ容積ハ水平面以下ニ於テ少クトモ六十立方尺以上トシ使用人員三十人ヲ超ユル時ハ一人ニ對シ二立方尺以上ヲ增スコト但シ其ノ容積二百立方尺以上ノモノニ在リテハ淨化支障ナシト認ムルモノニ限リ此ノ割合ニ依ラサルコトヲ得

(三)、酸化槽内濾過床ノ高サハ三尺以上其ノ容積ハ三十立方尺以上トシ一日間ニ濾注スル汚水量ト同一以上ノ容積ヲ有スルコト

第六條　水槽便所ニハ使用人員一人ニ對シ一立方尺以上ノ水ヲ濾注シ得ヘキ水槽ヲ設備スヘシ

第七條　水槽便所ハ撒水式濾過床ノ構造ニ依ラサルモノト雖其ノ汚水ヲ第八條ノ標準程度ニ淨化シ得ヘシト認ムルモノハ之ヲ許可スルコトアルヘシ

第八條　水槽便所ヨリ排出スル汚水ハ左ノ各號ノ標準ニ適合シ且消毒シタルモノニ非サレハ之ヲ放流スルコトヲ得ス

一、流出物ハ微ニ濁渇スルモ殆ント臭氣ヲ放タサルコト
二、流出物ハ亞硝酸又ハ硝酸ノ反應著明ナルコト
三、流出物ハ「メチーレンブラウ」脫色試驗ニ於テ褪色スルコトアルモ五時間内ニ脫色セサルコト
四、流出物ノ四時間ニ於ケル酸素吸收量ハ十萬分中ノ一、五分以下タルコト
五、流出物ノ蛋白性「アムモニア」ノ含量ハ十萬分中〇、三分以下タルコト
六、流出物ハ原汚水ニ對シ酸素吸收量及蛋白性「アムモニア」ノ含量ニ於テ四五、〇「パーセント」以上ノ減少率ヲ示スコト

第九條　水槽便所ノ排出汚水ハ必要ニ應シ警視廳ニ於テ之カ檢査ヲ行フ

前項檢査ノ結果前條ノ標準ニ適合セサル時ハ放流ヲ禁止ス此ノ場合ニ於テハ排出口ノ水槽ニ銷鑰ヲ施シ封印スヘシ

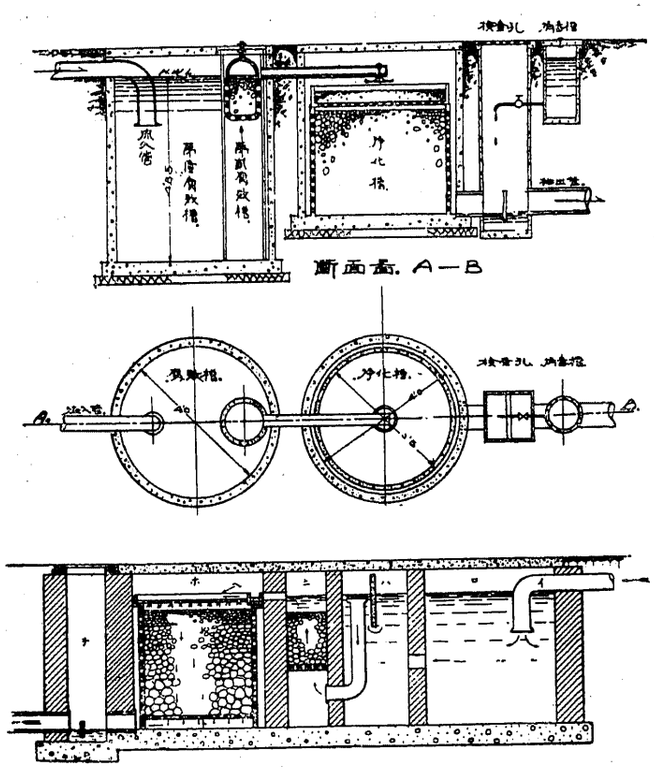
第十條　前條第二項ノ規定ニ依リ其放流ヲ禁止セラレタル汚水ハ横溢セサル樣汲收ルヘシ

第十一條　腐敗槽ハ年一回以上掃除ヲ行ヒ沈澱物ヲ除去スヘシ

第十三條　第二條、第三條第二項、第八條、第九條第二項及第十條ノ規定ニ違反シタル者ハ五十圓以上ノ罰金又ハ科料ニ處ス

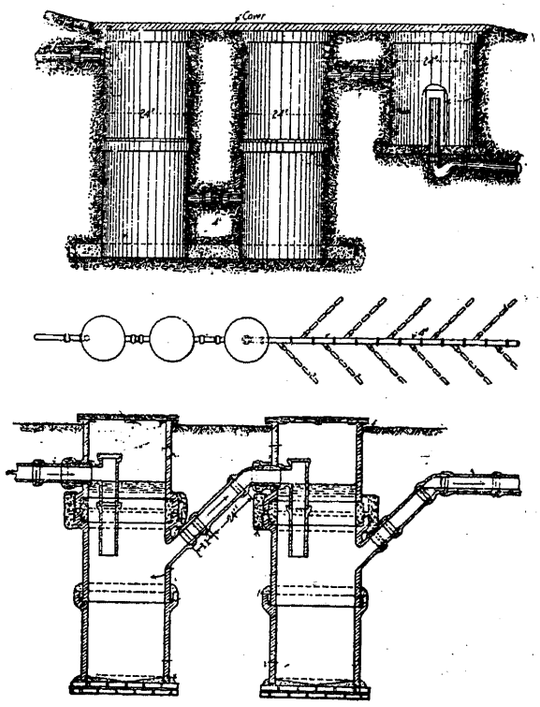
第十四條　建設者未成年者又ハ禁治産者ルトキハ

第二百七十五圖



汚水淨化裝置

第二百七十六圖



土管式淨化裝置

本令ノ罰則ハ之ヲ其ノ法定代理人ニ適用ス建設者法人ニシテ其ノ代表者又其ノ他ノ從業者本令ニ違反シタルトキハ本令ノ罰則ハ之ヲ法人ニ適用スル法人ヲ處罰スヘキ場合ニ於テハ法人ノ代表者ヲ以テ被告人トス

附　則

本令ハ大正十年七月一日ヨリ之ヲ施行ス

本令ノ規定ニ適合セサル現在ノ水槽便所ハ本令施行ノ日ヨリ二年内ニ本令ノ規定ニ適合セシムヘシ但シ排出汚水ニシテ第八條ノ標準程度ニ淨化セルモノハ此ノ限ニ在ス

第二百七十五圖は西原式家庭用淨化裝置である。水洗便所より放流せられたる下水は先づ腐敗槽に入り茲に腐敗作用を受ける、此槽の容量は家族三〇人迄では幾ら小人數にても六〇立方尺を要する事になつて居る次に腐敗槽より溢流したる水は酸化槽に點滴として落下し撒布濾床と同樣の原理即ち好氣細菌により酸化せられる故に此槽は換氣を充分よくして置く而して砂利の容積は少くも三〇立方尺深さ三尺以上を要する、次に酸化槽を出でたる水は消毒槽にて消毒され無害となりて市の下水道に又は溝渠に放流を許可せられる。他に城口式其他枚擧に遑無い樣に諸式が有るが原理は大同小異である。要するに之等は皆市の下水處理の原理を小規模の裝置に應用した者に過ぎない。同一に歸成後の監理と維持とを注意しないと効果を奏す

ることは出來ない。第二百七十六圖は鐵筋コンクリート管又は陶管を汚水淨化裝置に利用したものである。

第十一章　塵芥處分法

第一節　塵芥の性質及び分量

都市に於て吾人の日常生活より生ずる固形廢物を分ちて街路塵芥と各戶塵芥との二種とする。街路塵芥は鋪裝の種類及び交通の繁閑によりて差違が有る。鋪裝の磨損より生ずるものにて碎石道にて交通頻繁の箇處に於ては表面一年間に四〇糎を減ずると云はれるが普通二〇糎位である。又街路塵芥の量は天候によりて甚しく異り雨天の時は平時よりも多量にて、アスファルトにて平時の一・五倍に達し石道及碎石道にては二乃至五倍に達する、曾て一九〇七年に紐育市にて街路塵芥に就て調査したる結果に依れば、

第六一表　各種鋪裝磨損割合表

路面の種類	容積	重量
「シートアスファルト」	一〇〇	一〇〇
アスファルト塊	一三〇	一八二
木塊	三三二	一四五
花崗岩塊	一〇八一	九一二

街路塵芥の成分の一例は、

第六二表　街路塵芥成分

窒素	〇・四四%
水分	三二・二四%
有機物	一九・九%
燐酸	〇・一%
加里	〇・二%
灰	四七・一%

街路塵芥の一種として雨水桝中の汚泥を含むものとする。各戶塵芥は之を大別して厨芥、灰燼及び雜廢物とする。塵芥とは勝手より出でしもので最も有機物多く腐敗し易き有害のものにて、雜廢物とは紙片、木片等家庭內の掃出塵を云ふのである。

之等の塵芥を家庭內に貯へると二―三日中に腐敗して有害瓦斯を發生し且種々の病菌の繁殖を促し甚しく非衞生的であるから速かに搬出せねばならない。

各戶塵芥の成分は、

(a)大いさによりて分類すれば直徑七粍以下の小固形物は全重量の四〇―七〇%

(b)可燃物は全重量の一五―四〇%

(c)化學的成分に從つて別てば有機物は一六―三〇%にて夏期に多い。

(d)工場廢物たる金屬片、木片、肉切、骨片、革皮片、厩舍廢物及び汚物。

大阪市に於て調査したる所によると同市の塵芥中可燃性分三六・三、不燃性分一〇・三水分五三・四%にて內動物性一・七植物性三四・六鑛物成分六三・七%位で有つたと云はれて居る。

塵芥中に有るものは地方と人民の習慣とによりて差違は有るが主に灰燼、石灰、「コークス」塵埃、紙片及び纖維、布片、木片、骨片、野菜及び果物片、空瓶、空鑵、金屬、硝子、陶器片動物の殘骸等である。

塵芥の重量　塵芥の重量は一立方米六〇〇―八〇〇瓩にて時に一〇六〇瓩に達するけれども雜廢物即ち掃出塵は輕く七五―三五〇瓩である。

塵芥の量　塵芥の量は歐洲にては一人一日〇・五―〇・七瓩一年間一八〇―二五〇瓩なるも東京に於ての一例は〇・三瓩一年間一一〇瓩である、歐米に比して少いのは生活程度にもよるが主として充分に搬出せられずに家庭にて處分せらるゝもの多いからであらう。

米國紐育市の一九一七年の一年間に於ける例を見るに一人一年に就き厨芥七〇、灰燼六一〇、雜廢物四一、計七二一瓩になつて居る其大部分は灰燼である。

塵芥の量は又一年の時季に依りて異り或る時季には庭園の塵芥が最大となる。

塵芥の容器　は水密、氣密にて且耐火性材料より造られねばならない、容量は大凡そ一週間分とし鐵製又は鐵筋コンクリート製にて氣密の蓋を有したものがよい、煉瓦等にて地面より築き上げ蓋無きものは不潔に陷り易いから禁止するを可とする。

第二節　塵芥の蒐集

街路塵芥は各戶、家主、又は地主にて道路の中心までを掃除して之を街路の塵芥容器中に貯へ蒐集人の來るを待ち、大都市にては市の吏員が街路洗掃機其他にて掃除し又は洗ふて居る。雨水桝中の掃除はバケツを引き揚げ、汚泥を運搬車に收め又は「ポムプ」にて吸ひ取る事前說の如うである。

各戶塵芥は歐洲にては全部を一緒にして取扱ふを常として居るけれども米國にては之を二種又は三種に分つ事が有る。卽ち厨芥と雜廢物と灰燼とを別々の容器にて處分するもので有るが之は頗る煩雜である、且つ灰燼を厨芥と混ぜると厨芥の有機物の腐敗を遲からしめ臭氣を減ずる利益が有り又灰燼のみより塵埃の飛散を少なからしめる、但し厨芥より脂肪を取るには灰を混じては不可である、然らざれば厨芥と灰燼は混和するのが普通である。

運搬車に收容するには成る可く塵芥を撒布することなく人目に觸れなくする爲め密閉せる蓋を有する傾卸式自動車を使用し衞生的構造とするを必要とする。

蒐集方法には種々の方式が有る。

(a)各家の前の可搬容器に收容して蒐集人の來るを待つ式は時間早く經濟的の方法であるが高等住宅地又は店先きには不體裁である、衞生上並に經濟上はよいけれども感情上よくない。

(b)鈴を附けた馬車が來ると各戶其塵芥を持出す方法は各戶車の來る前に塵芥を溜め置きが爲に風に吹き飛ばされ又は犬や惡童に攪き亂される恐れあり又鈴の音も愉快では無い。

(c)札を家の前に掲ぐる方法は蒐集人の時間節約には有效であるが各戶にて怠り勝になり從つて衞生上良法と云ふを得ない。

(d)塵芥が溜まれば請求書を出さしむること有るも塵芥量非常に多量となること有り加ふるに所要人員及車數は日によりて異る缺點が有る。

(e)期を定めて蒐集する方法は一週一回とか二回場所による每日蒐集人夫を巡回せしむる方法にて最も結果良く確實にて滿足であるが費用は一番高い。

(f)公設容器を適當の場所に置き各戶より其處まで運び出すものであるが貧民部落と最も密集地にはよいが斯る塵溜りを市內に設くる事は衞生上非難無しとは云はれない。

要之塵芥を集めて好果を收むるには、

(一)蒐集は屢々之を行ひ塵芥量を少からしむる事

(二)住民も蒐集人の來る時日を知り相互に不利益を減じ能率を增すこと

(三)監督者を置き各戶を巡りて檢査し且つ運搬人夫の巡回の模樣を監督せしめる事

(四)住民に厨芥等腐敗し易きものは成る可く土地內に埋むる樣にして量を少くせしむるもよい、近來の「メターン」瓦斯發生設備など成功すれば面白き方法である。

第三節　塵芥の處分

叙上の如くして蒐集せる塵芥を如何に處分す可きかは、

(a)街路塵芥は比較的有機物が少いから各戶塵芥とは別にして市街附近の低地を埋立つる方法は一擧兩得の良法であるが斯して得たる土地は容易に衞生的安全地帶とはならない、地下水を檢査し安全となり初めて住宅建築を許すがよい、本邦にては直ちに家を立て淺井を穿つ如きは寒心に堪えない。

(b)海岸に近き町にては開底船に移し遠く沖合に投棄する、此際は其場所の潮流、波浪の方向時間等を調査し再び海濱に復歸せざる所を撰ぶ。

(c)塵芥を屎尿と混合して肥料として賣却するけれども餘り衞生的でない、又塵芥を田舍

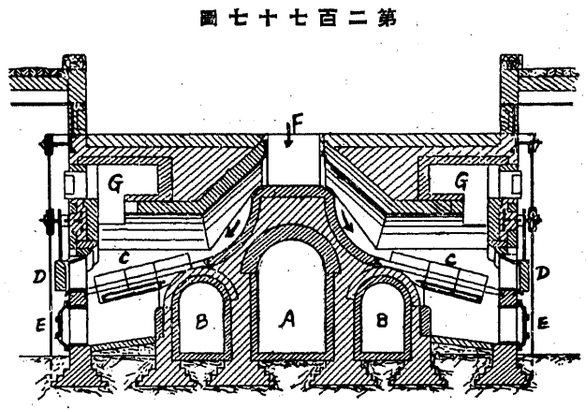
の畑に送り或は下水の汚泥と混じ灌漑農園に送りて肥料に利用し又は燒却するはよい方法である。

(d)鹿芥を粉碎して肥料にするか又は之に「タール」を混ぜ壓搾して燃料とする。

(e)鹿芥を篩ひ分け又は撰み分け大なるは燃料粉末は肥料、纖屑は纖工場、陶器等の碎片は道路の基礎等に利用する、併し取扱人には餘り衞生的の方法でない。

(f)鹿芥を蒐集して竈にて燒却する方法は最も有効にて併も無害なるものである、但し本法の一なる近郊の原野又は島嶼に於て低熱にて燒却する方法は我邦の諸所に行はれて居るけれども之が爲に生ずる臭き煤煙は附近のみならず可なり遠方までも害を及ぼすものである、其燒却法を改善し小工場内にて高熱を以て多量の鹿芥を燒く特別の鹿芥燒却爐を使用すれば惡臭及煤煙を滅じ其發生熱を他に利用し、其爐滓を種々の目的に使用され、文明大都市に應用される所が多い。

鹿芥燒却爐　之に種々設計が有る、効果を奏するには石炭又は重油の如き燃料を少量加えて燒くを要する、此の方法による發生熱は八〇〇—一〇〇〇度（攝氏）に達し此熱を利用して蒸汽機關を動かし又は之れにて發電機を運轉せしめ電力は燒却工場に要する諸動力に之を用ふるのみでなく或は上下水道のポンプ、電車等を運轉せしめることが出來る、此際一杆の鹿芥は一〇氣壓の蒸汽を一杆發生せしめ獨逸國「フランクフユルト」市にては一杆の鹿芥によりて六五—九〇、キロワット時の電力を得又竈の爐



第二百七十七圖

鹿芥燒却爐

滓の成分は殆んど熔鐵爐のスラッグに似て居り大約硅酸五〇%礬土一五%石灰一二%、殘りは主に酸化鐵である之を碎きて混凝土用「バラスト」となし、或は下水の細菌床の濾過材とし又は粉碎して石灰を加へ煉瓦を造り或は一種の「セメント」として使用する、爐滓は燒却重量の三分一に當つて居る。

燒却爐には種々の構造が有る、第二百七十七圖は英國ホースフォール式燒却爐にて鹿芥はFより投入せられBより壓搾空氣が來りCの爐格の上にて熾に燃燒しGは煙道にてAに通じAは更に汽罐に連なる、而して燃燒の殘物たる灰はEなる戸口より取り去り爐滓はDなる扉より除去する、煙道は屈曲し其距離が長いから途中にて微細粒の灰を次第に落下し煙突よりは無害なる烟を出すのみである。

尙種々烟を洗ふ裝置を施したるものも有る、其他燒却爐には「メルドラム」「ピーマン」「ヒーナン」「ステルリング」「フンボルト」「エール」式等一にして足りない。

米國式厨芥處分　米國式にて厨芥を別に集めて處分する所にては

(一)豚を飼養すること　此方法は一見有利なるが如く見ゆるも流行病の爲に豚の斃死することが有り又不潔の爲めに傳染病の媒介をなし或は蠅が繁殖すること多く衞生上よくない。

(二)還元法　化學工業の原料に利用する、所謂還元法には種々の方法が有る、今其一例を示すに先づ厨芥を蒸汽にて煮たる後壓搾し其際得たる液を槽中に流し此内にて水と油とを分ち次で眞空蒸發機にて水分を蒸發せしめ油脂を分離し又壓搾機にて搾り其後の固形分は乾燥機を通過し次で「バーコレーター」器に入れ「ガソリン」を加えて油脂分を全部取り去り、此液分は前に搾りたる液と混じて前記の方法にて油脂を分離し石鹸に使用する、固形分は之を粉碎し包裝として肥料に賣却する、油脂と分離した「ガソリン」は再び之を使ふものにて其損失量は甚だ少いと云はれて居る、此方法は金屬や街路塵芥の混入は許されない、又小規模では利益も餘り舉らない樣である。

(三)ベツカリ法　此方法は伊太利の「ベツカリ」博士の發明にて液化細菌の作用により厨芥を液化せしめるものである、故に厨芥及家庭雜廢物を投入する口を屋根に設け又瓦斯拔管を有する外屋根は一面に設備を被覆し其側壁の一側に扉を有し底は二重になり上底は細溝又は細孔を多數に有する混凝土床にて下底は一方に傾斜せる混凝土底である、此兩底版の間の側壁には細孔を多數穿ちて空氣の流通を自在ならしめる、此下底の最低處には排水管を有し下水管に連絡せしめる、又側壁内面には梯を有し其深さ二・四米に對し四段の幅五糎の棚を突出せしめる、一室の容量は二〇立方米にて約一千人分に當り厨芥は三五—四五日間其儘に放置さるゝ時は最高溫度六五度（攝氏）位に上昇し此際は液化細菌のため醱酵作用最も大なる時にて後に溫度次第に低下する、液化されたる液は下水に放流する事が出來るけれども其一部を剩しく來れる鹿芥に注けば液化が早い、斯くて上底版上の固形物たる腐土は側壁の扉を開きて之を取り出し肥料とする、此際生ずる瓦斯は側壁底部にある細孔より入りし空氣と共に空氣拔管より空氣中に逸出せしめ臭氣を防ぐ爲に吸臭劑を管中に置くことが有る、此の作業法は簡單にして費用も少く都市内に設置出來る利益がある、一九一四年以來、伊太利フロレンス市其他に應用されて居る、一回の作業は約四〇日であるから、四十個の設備を一組とすれば、毎日連續的に搬入出來、十個を一組とすれば四日毎の搬入に對するものである。

(四)メタン瓦斯發生器　植物性廢芥は「メタン」瓦斯を發生するものにて殘飯等にて試驗すると非常に効果が擧る、六尺四方深さ八尺の發生槽より一晝夜に七十立方尺にて六—七人の家族の炊事用ともなり又四〇燭光の「ラムプ」半夜七燈を點火出來ると云はれて居る、如何なる植物性厨芥にても同樣の結果を得らるれば大に有望であるが鹿芥の種類により發生不確實を免れない樣である、猶研究を要する。

(五乾溜法)　厨芥の乾溜により瓦斯を得て之を利用し殘留物として「タール」を得る外瓦斯液より、硫酸「アンモニア」、酢酸等を抽出出來る然ども瓦斯は爆發の憂有り又左程經濟的に利益が無い。

灰燼　灰燼は腐敗の憫は無い、併し投棄する外に利用の方法は少い。

雜廢物　紙片、布片、金屬片等を區分して夫夫利用するものであるけれども分類工場の不潔は到底衞生上推奬することが出來ない。

結局一般の傾向は高熱燃燒をなすを以て最も經濟的にして且つ衞生上有効なりと認められて居る。（完）