

論 說 報 告

第 21 卷 第 2 號 昭和 10 年 2 月

鑄鐵管に於ける流量に就て

會 員 工 學 士 池 田 篤 三 郎*

On the Discharge in Cast Iron Pipes

By Tokusaburo Ikeda C. E., Member.

内 容 梗 概

鐵管流速の公式は種々ありますが、從來のものは何れも新管を基礎とせる公式でありまして、舊管流速を正確に表はすもの殆んどなく、偶々年齢に依る流量變化を比較的詳しく表はし得るものでも舊管に就ては、其の都度年齢又は他の通水要素 (hydraulic element) に依り係数を變へて流量の變化に應ぜしめて居るのであります。即ち各種管徑を通じ年齢と流速との關係を一定の方式で表はしたものは未だ見當りません。

著者は年齢と流量との間には大體一定の關係あるを思ひ從つて此の流量變化は年齢及び他の通水要素に依り變化せざる一定係数と年齢を含む函数とで表はす事が出來ると考へます。即ち

$$v = C f(y) R^m S^n$$

但し C は年齢又は他の通水要素に依り變化せざる常數、 y は年齢、なる形で表はす事が出來ると考へます。

依つて以下此の函数 $f(y)$ の形を理論的に誘導し、更に多年多數の鑄鐵管に就いての實驗を基礎として其の係数並に指數を定め其の結果より得たる公式が實測値と極めてよく一致する事に就て詳細に述べて見たいと思ひます。

目 次

	頁
第 1 章 緒 論	2
第 1 節 鐵管内に於ける流速並に流量	2
第 2 節 在來の流速公式	4
第 3 節 在來の調査と名古屋市に於ける調査	5
第 4 節 Williams & Hazen 公式の C と之に關する調査	6
第 5 節 年齢を加味した指數公式採用の理由	8
第 2 章 實驗の概要	8
第 1 節 實驗の範圍と其の方法	8
第 2 節 流量の測定	9
第 3 節 水頭の測定	10
第 4 節 誤 差	10
第 5 節 實驗の成績と平均流速及び動水勾配の計算	11
第 6 節 本邦他都市に於ける實驗の成績	17
第 3 章 實驗公式の作成	23
第 1 節 實驗公式の撰定	23
第 2 節 名古屋市の實驗成績より求めたる實驗公式	25
第 3 節 鑄管係数の指數に動水半徑を含まざる實驗公式	38

* 名古屋市水道部長

第 4 節 我國諸都市の實驗を包含せる實驗公式..... 39
 第 4 章 實測値と實驗公式との比較..... 46
 第 5 章 在來著名實驗公式と本實驗公式との比較..... 47
 第 6 章 結 論..... 48

第 1 章 緒 論

第 1 節 鐵管内に於ける流速並に流量

管内の流速並に流量に就き、動水半徑と勾配以外に影響するものは色々ありますが、其の最も大きいものゝ一つは鏽層に依る斷面縮少と粗度増加の影響であります。

従來之等に對する調査は相當行はれて居りますが、今鑄鐵管内の鏽層の狀況に於て各地の實際に就て見ますと、New York 市の報告に依れば、Croton 水源に於きましては約 50 年の通水後に於て、鑄鐵管の内面に平均約 25 mm の鏽を生じ、爲に通水能力は新管の 2/3 に減少したと云ひ、Brooklyn 水源に於きましては通水後 30 年に於て、Croton 水源 50 年通水のものと同程度の鏽を生じ、Catskill 水源の場合には通水後 30 年にして前 3 者と同様の腐蝕狀態を示すに至つたと報告してゐます。Bronx 市邑の水道は、前 3 者の水源を利用して來た結果、市内に埋設してある、通水後 30 年の 20 吋鐵管に於きまして、掃除前 Williams-Hazen 流速公式の粗度係數 78 のものが、掃除の結果 137 になつたと云つて居ります。

又 Forbes 氏の實驗に依りますと、通水後 18 年を經過した内徑 14 吋及び 16 吋の鐵管に於きまして、通水能力は新管に比し 25% の減少を示したと云ひ、Fitz Gerald 氏の Rosemarysiphon に於ける實驗に依りますと、通水後 16 年を經過した内徑 48 吋の鐵管の通水能力は、新管に比し 24% の減少を示したと云つて居ります。

又小野氏は土木學會誌に東京市に於ける詳細なる結果を報告して居ります。福岡市に於きましては、送水鐵管の流量は、過去 11 年間に 13.8% の減少を示したと云つて居ります。

尙最近 (1934 年 9 月) New England 水道協會第 53 回總會に於て、E. T. Killam 氏の發表したところによりますと 50 都市より得た結果は、摩擦係數は非常に多様となつてゐますが、大體に於て W. & Hazen 公式 C の値より小さくなり、13 年經過のものは 87 となると云つてゐます。之等鏽生成の原因は極めて多種多様でありまして、簡單に一率に示すことは到底困難であり、従つて之が流量に及ぼす影響と簡單な方法を以て表示することは、困難であると考へられて居りました。

第 1 表 導水管の水質試驗表 昭和 9 年 11 月試驗

又從來發表せられました流量公式を見ましても多くは新管に對するものでありまして、年數と流量との關係は一般に年數に應じ實驗に依つて係數を定めてゐる様であります。然し鏽の生ずる主なる原因は管の性質、塗裝の良否並に水質等に依るものでありまして我國水道の大部分は地表水を水源とし、大部の管は濾過後の水を通すのに使用せられ、従つて水

採 取 場 所	駒込川取水場 (内徑 1000 mm)			駒込川取水場 (内徑 1000 mm)			駒込川取水場 (内徑 1000 mm)		
	年 数	管 径	平 均	年 数	管 径	平 均	年 数	管 径	平 均
駒込川	230	230	207	340	250	205	300	250	205
水 質 (cf)	250	190	232	240	210	231	250	190	223
流 量 (噸/時)	350	2	137	200	0	104	250	400	150.0
色 (度)	750	0	24.0	40.0	0	15.0	340	75	152.5
臭 味	微臭あり	臭あり	微臭あり	臭あり	臭あり	臭あり	臭あり	微臭あり	微臭あり
臭 度	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
アロハシ	12.0	5.5	8.9	2.0	3.0	12.7	15.0	14.0	14.0
プロール	4.255	1.418	2.913	4.078	1.418	2.794	4.255	1.390	3.024
色 係	流 量	..	..	..	..	..	..	..	..
粗 度	..	..	..	..	..	..	..	..	..
摩擦係	..	..	..	..	..	..	..	..	..
内徑 (mm)	..	..	..	..	..	..	..	..	..
管 径 (mm)	..	..	..	..	..	..	..	..	..
管 径 (mm)	5.57	1.590	2.919	4.154	1.896	2.844	3.095	3.477	18.068
管 径 (mm)	20.00	32.000	59.000	100.000	50.000	58.257	520.000	140.000	244.553
粗 度	0.825	0.875	0.892	0.775	0.875	0.890	0.875	0.825	0.675
節 水	..	..	..	..	..	..	..	..	..
節 水	3.0	7.5	22.8	..	..	..	4.575	7.0	1.128
採 取 場 所	0.840	5	144.0	370	4.50	1.9	270.40	170	9.505
採 取 場 所	3.0	3.0	3.0	..	..	..	0.0	0.0	0.0
凡 例	2	2	2	0	0	0	2.5	14	19.5
P. 11	7.1	0.1	0.51	7.3	0.0	0.83	7.3	7.2	7.28

質にも大なる相違なく又管の大部分は鑄鐵で内面は タール 塗装でありますから 錆の進行、管の 閉塞に付て大體共通法則が見出されねばなりません。

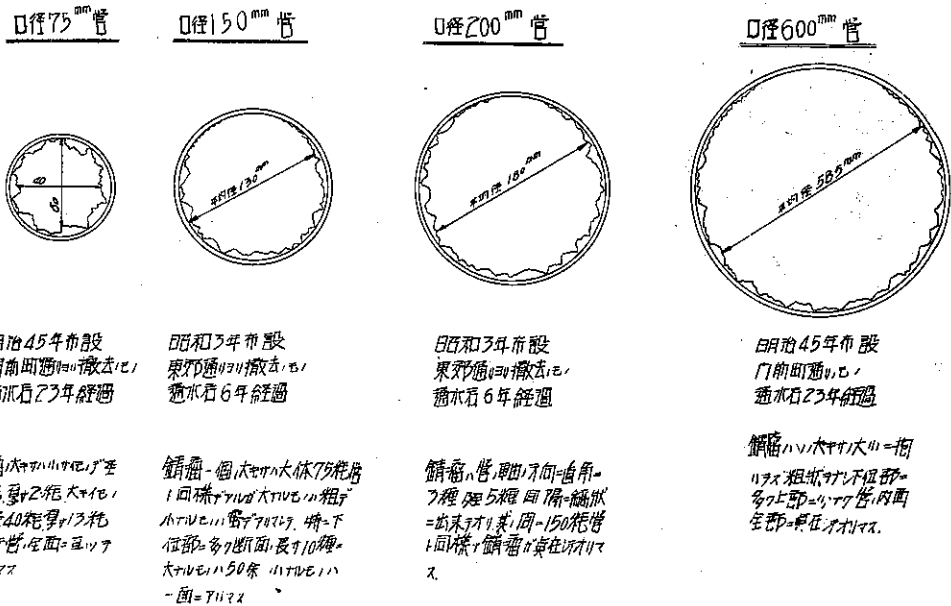
少くとも 1 水道の同種材料から出来た管は、年齢を函数とした 1 公式を以て、如何なる年齢のものでも直に算出されねばならないと思ひます。

名古屋市に於きましては、9 割 9 分迄は鑄鐵管を使用し、其の水質は第 1 表及び第 2 表の通りで各年月經過後に於ける各口径管の錆状は第 3 表及び第 1 圖~第 3 圖に示した様であります。

第 2 表 配水管内の水質試験成績表

採取場所	明治33年		明治34年		明治35年		明治36年		明治37年	
	平均口径	平均口径	平均口径	平均口径	平均口径	平均口径	平均口径	平均口径	平均口径	
試験年別	明治33年	明治34年	明治35年	明治36年	明治37年	明治38年	明治39年	明治40年	明治41年	明治42年
試験水と別	濁水	濁水	濁水	濁水	濁水	濁水	濁水	濁水	濁水	濁水
臭 度 (cc)	18.3	18.3	18.9	17.7	18.0	20.0	17.1	20.0		
水 色 (cc)	14.8	14.9	14.9	15.1	14.2	15.3	14.1	15.1		
濁 度	4.4	0	2.9	0	5.8	0	0.5	0.3		
色 度	7.1	0	4.5	0	10.0	0	9.5	0.19		
アルカリ度	19.5	19.4	17.0	17.1	19.7	19.0	18.9	18.8		
クローロ	230.7	230.0	226.0	226.0	224.8	222.8	212.0	207.1		
カルシウム	336.4	230.9	325	263	345	223.4	338.5	228.2		
固形物総量	483.89	427.93	509.50	453.70	497.69	408.59	455.52	414.21		
硬 度	0.056	0.059	0.050	0.588	0.069	0.067	0.045	0.074		
細 部 検 査	管内壁	—	—	—	—	—	104.3	3.3		
	管底	608	17	465	17	123	27	561.1	3.7	
	管口	—	—	—	—	—	—	2.9	—	
孔 徑 比 率	—	—	—	—	—	—	1.8	—		

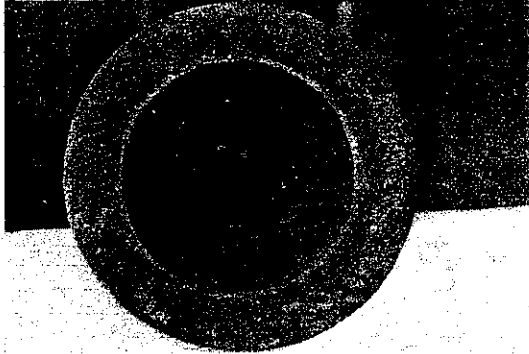
第 3 表



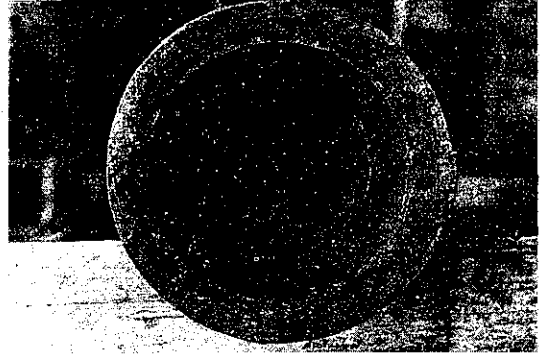
以上述べました様に、年数と共に流量の減少する主たる原因が錆腐に依るものとし、管の大きさに依り流量の減少率が變つて来るのは當然であります。何となれば口径の大小を問はず。錆腐の厚さが同様に進行するものと假定しますと、断面を縮小せしめる率は小口径のもの程影響が大きいためであり、其の他水道管の流量に影響するものは、継目、分岐及び鐵管の附屬物等であり、然し之等のものは管の延長に比して比較的少ないから、其の影響も大なるものではないと思ひます。継手に依る影響は、その數に比例し、之は又管 1 本の長さに依つて定まるものでありますが、鐵管の長さは各國共多少の相違があり、我國に於きましても各都市に依り、又布設した時代に依り違ふ様であります。

各國で使用してある管の長さは第 4 表に示した通りで今回實驗に供した管の長さは、第 5 表の通りであります。

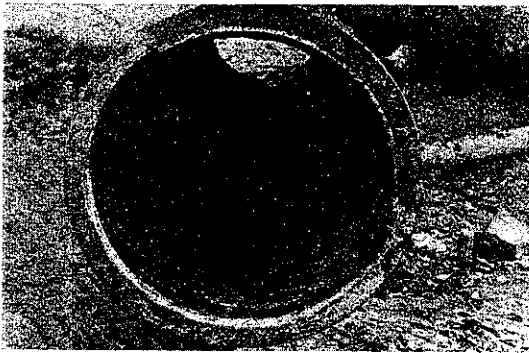
第 1 圖 内徑 75 mm 鑄鐵管の内面



第 2 圖 内徑 150 mm 鑄鐵管の内面



第 3 圖 内徑 600 mm 鑄鐵管の内面



第 4 表 鐵管 1 本に就ての長さ

規格別	管径別	管長	規格別	管径別	管長
日本標準型 (B.A.G.標準型)	75-150	3000	英國標準型	250-1500	4000
"	200-1500	4000	"	75-1750	3000
日本標準型	300-500	12(3000)	英國型	300-1000	2000
"	600-4200	12(3000)	"	1100-4200	1200
英國標準型	750-2200	3000(4000)	英國型	300-600	1200-1600

第 5 表 實驗に供したる鐵管の長さ

管径	鐵管一本長さ	管径	鐵管一本長さ
100	1200 (3650)	200	4000
300	"	300	"
420	"	700	"
750	3000	800	"
1000	"	1100	"
1500	"		

然し継目、分岐及び鐵管の附屬物等に依る影響に就きましては、實驗回数が少いのでその程度は不明であります。摩擦に依る損失水頭に比して僅少でありますから、本實驗では摩擦に依る損失水頭中に含めて取扱ひました。

第 2 節 在來の流速公式

管路に於ける流速に就きましては、從來實驗を基礎とした種々の公式が發表せられてをります。その代表的なものを數種あげて見ますと次の通りであります。式中 v は管内平均流速、 R は平均動水半径、 D は管徑、 S は動水勾配を示します。

(1) Kutter 公式

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(\frac{23 + 0.00155}{S}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RS} \quad (\text{m 單位})$$

n は粗度係数を示す。

此の公式は、河川に於て極めて緩な勾配に依つて實驗したもので、管路に對して使用する事は公式作製の経過より見る時は多少無理がある様に思ひます。然しこの公式は粗度係數 n を適當に選び得る様になつて居り、 n の値は極めて多數發表せられてをりますから、各國に於て廣く用ひられてをります。

(2) Williams & Hazen 公式 $v = C R^{0.63} S^{0.54} \times 0.84935$ (m 單位)

R 及び S の指數に變化がなく、單に粗度係數 C を變化させるのみでありますから、實用に便利で断面一定な管路に廣く用ひられて居ります。我國の水道にも廣く使用されて居ります。

(3) Flamant 公式 $S = \alpha \frac{v^{1.75}}{D^{1.35}}$ (m 單位)

α は常數にして、次の様な値であります、新管： $\alpha = 0.0007398$ 、舊管： $\alpha = 0.0009235$

(4) Unwin 公式 $S = 0.0008461 \frac{v^{1.95}}{D^{1.68}}$ (m 單位)

(5) Lang 公式 $S = \left(0.001 + \frac{0.0001}{\sqrt{vD}}\right) \frac{v^2}{D}$ (m 單位)

(6) Christen 公式 $v = 48.9 \sqrt{S} \sqrt[3]{\left(\frac{D}{2}\right)^5}$ (m 單位)

(7) St. Venant 公式 $S = 0.001435 \frac{v^{1.714}}{D}$ (m 單位)

(8) Darcy 公式 $v = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{D}}} \sqrt{RS}$ (ft. 單位)

α , β は常數にして次の様な値であります；

新管 $\alpha = 0.00007726$, $\beta = 0.00000647$

舊管 $\alpha = 0.00015452$, $\beta = 0.00001294$

(9) Lampé 公式 $v = 77.68 D^{0.694} S^{0.355}$ (ft. 單位)

(10) Tutton 公式 $v = CR^{0.66} S^{0.51}$ (ft. 單位)

C は新管、舊管に應じて適當に變ず。

以上列記しました様に實驗公式は澤山ありますが、何れも新管を主として作られたもので、通水後經過年數と流量との關係を調査したものは比較的少なく、鑄鐵管に對する實驗に就て見ましても各専門家により異なる様であります。

第 3 節 在來の調査と名古屋市に於ける調査

(1) 外國に於ける調査

鐵管内の流速と摩擦に依る損失水頭との關係に就いては、各國に於て多くの實驗が行はれ、鐵管内の流速を求めらる實驗公式も多數發表せられて居ります。然し之等の大多數は新管、又は舊管を清掃したる上、塗裝した管に就いての實驗を基礎として作られたもので、舊管に就いても多少實驗せられて居りますが、之は新管から出來た係數を定める際の参考に供せられた程度で、公式算定の基礎とはなつて居りません。實驗の主なものをあげて見ますと

ます。

第 9 表 管徑, C 及び経過年数の關係

管徑(吋) C	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
130	0年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
110				10	10	10	11	11	11	12	12	12	12
100	13	14	15	16	17	17	18	19	19	19	20	20	20
90						26	27	28	29	30	30	30	30
80	26	28	30	33	35	37	39	41	42	43	44	45	45
60	45	50	55	60	68								
40	75	87	95										

之より見ますと同一の C に對し、年數経過による流量の變化は、大管と小管とあまり差がありません。一例を擧げて見ますと、4 吋管と 48 吋管は同年數を経過した場合に於ても、前者は後者に比し約 10% 減じてゐるに過ぎません。又一般に舊管に對する C の値は實際より大きい様であります。之が原因は、特定なる管に就いての實驗から推定した結果による變化が充分加味せられてゐない結果と思はれます。

又年數と流量減少率の變化が比較的小さいのも亦同じ理由だと思はれます。

今前に記しました各地に於ける實驗の結果を W. & Hazen 公式の C 又は同じ C に對する経過年數と比較して見ますと第 10 表に示す如く大體 W. & Hazen 公式の C よりも小さくなつて居ります。

第 10 表

	實際経過年數 (年)	W. & Hazen 公式 による経過年數 (年)	管徑 (吋)
クロトン 水源	50	約 30	
ブルックリン "	30	" 30	6
キャッセル "	20	" 30	
ブロンズ市	20	" 40	20
フォルブス氏	18	" 18	14
"	18	" 20	
ローゼマリ, サイフォン	16	" 25	48
E. T. キラン氏	13	" 30	
"	8	" 64	

然るに水道の計畫に於ては、鐵管の必要なる通水量は新管に對するものよりむしろ相當年數を経過したものに就いて正確なる必要があります。即ち從來主に試験せられた新管に對する C の値より舊管に對する C の値を出来るだけ正確に知ることが必要で、近來漸くこの點に着眼せらるゝに至り、各地に於て次第に之に關する實驗の結果が發表せらるゝに至りました。

New England 水道協會では Hazen 氏の公式を基礎として、その係數を水質に依る影響を加味し、年齢による變化を定むるため委員會を設け各地の共同作業によつて之が完成を企畫して居ります。

又 Robert Horton 氏は Utica に於て 12 哩の延長を有する 42 吋の鑄鐵管に對し、長年月の間損失水頭を觀測しその結果から Hazen 氏の C の値を年齢の變化に依つて次式の如く算出しました。

$$C=90+52t^{-0.77t}, \quad \text{但し } t \text{ は通水後の経過年数を示す}$$

而して本式は 42 吋管に對するものゝみで、一般に使用することは不可能であります。何となれば C の値は Hazen 氏も云ふてある如く管徑によつて相違するもので、年齢のみでなく管の大きさの變化をも同時に考慮しなければ正確なる C の値を求むることは不可能であります。 C の變化を動水半徑に關係なく定むるには各管徑毎に實驗公式を作ればよいのでありますが、繁雜にて實用上極めて不便であります。

著者はこの不便を除き各年各徑に應じ唯一の公式を以て正確に流量を求むる 實驗公式を作成せんと考へたのであります。

第 5 節 年齢を加味した指數公式採用の理由

水道に於きまして鐵管路を使用する場合、管内流速と摩擦に依る損失水頭の關係並に通水後の経過年數と管内流量減少との關係は、各種計畫の根本をなす最も重大な事項であります。

水道の基本計畫を樹てるに際し、給水戸數は年々増加する爲、所要水量も年々増加するに拘らず、管内流量は之と反對に漸減致しますので、計畫年數の最後に於て規定の流量が流れる様豫め管徑を決定しなくてはなりません。此の爲には年齢に依る流量の減少即ち年齢を加味された流量公式が必要であります。

次に實驗公式は實用に際し簡単に使用される事が必要であります。その爲には成るべく係數が他の通水要素 (hydraulic element) に件ひ變化せぬものが便利であります。此の點では指數公式が一番適當だと思ひます。然し在來の指數公式で流速を算出する場合係數は動水勾配では變りませんが管徑及び年齢に依つて係數が變つて居ります。係數から此の變化をも無くし、年齢に對する項を挿入する方が便利であります。それで實驗公式として年齢を加味した指數公式を選びました。之れですと自由な年齢に對する流速が出し得る便利があります。

今回現在までの不十分な實驗を基礎とし、取て實驗公式を作成して發表しますのは、之が動機となり多數の實驗が行はれ此の實驗公式の係數や指數の値がよりよく實際に適合する様に是正される事を希望すると同時に今後の計畫又は擴張に際し多少とも參考とならん事を希望した爲であります。

第 2 章 實驗の概要

第 1 節 實驗の範圍と其の方法

本實驗は導水鐵管の配水幹線並に配水支管の口徑 75 mm~1100 mm の各種鑄鐵管に就いて、平均流速と摩擦に依る損失水頭との關係を調査したものであります。而して實驗を行ふに當りまして測定場所の選擇、流量の測定及び始點終點の損失水頭の觀測に特に注意したものであります。

測定場所は實驗を爲さんとする鐵管の始點と終點との間が成る可く直線で、屈曲部の少く且つ相當長距離を有する場所を選びました。即ち導水鐵管では沈澱池、濾過池間を選び、配水幹線では分岐管の無い配水池に近い場所を選び、配水支管では上記條件を満足する場所を市内に錯綜せる配水管中より求めました。

次に流量の測定は之に依つて管内流速を算定するのでありますから出來得る限り正確に測定しなければなりません。従つて本實驗に於きましては、導水鐵管では縮端矩形量水堰を、配水幹線では venturi-meter を、配水管では蘆田製乾式翼車型量水器を使用しました。而して之等流量の調節は鐵管終點に設置した制水弁の開閉に依つて行ひました。流量の測定は制水弁開閉後 10 分~20 分後に於て水の動搖の全く止まつた時、始點、終點での水頭を同時刻に觀測しました。然して本實驗に於て實測しました流速の範圍は毎秒 0.15m~1.50m であります。

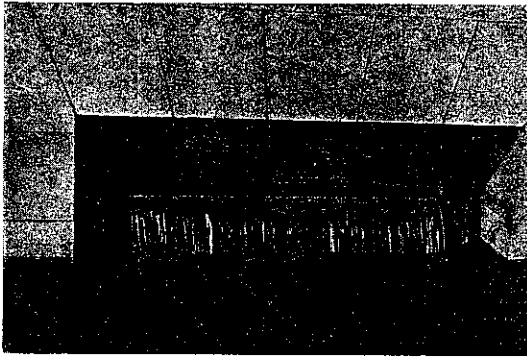
次に損失水頭を測定するには、實驗を爲さんとする鐵管の始點及び終點の水頭を精密に測定しなくてはなりません。之が爲水頭を直接尺度にて讀み得る様にすることが最も良いのでありますが、之には地上 30 m 以上の槽を建てねばならぬ事となり、第一交通の妨害となるばかりでなく、設備も非常に困難でありますから、本實驗に於ては導水鐵管の始點水頭測定の場合を除いて、總べて目盛板を附したる水銀壓力計を使用しました。而して水頭觀測は始點、終點とも規定の時間に於て水銀柱兩端面の示度を同時に讀み記録しました。

尙本實驗に於きましては制水瓣の開閉並に流量の測定をなす者、始點に於て水頭の觀測をなす者及び終點に於て水頭の觀測をなす者等各係を定め、各係員の時計は觀測前夫々標準時計に照合し、一定の時刻に制水瓣を開閉し、其の後 10 分（導水鐵管に於ては 20 分）を経過した後、各係に於て同時に觀測を行ひ、其の指度を記録しました。其の結果は第 5 節に示した通りであります。

第 2 節 流量の測定

觀測場所や管徑の大小に依つて其の測定方法も異なり、大略前節に記した通りであります。導水鐵管に於きましては鐵管末端である濾過池分水井に設置の縮端矩形量水堰（第 4 圖及び第 5 圖参照）を使用しました。

第 4 圖 縮端矩形量水堰



導水鐵管末端濾過池構内に設置

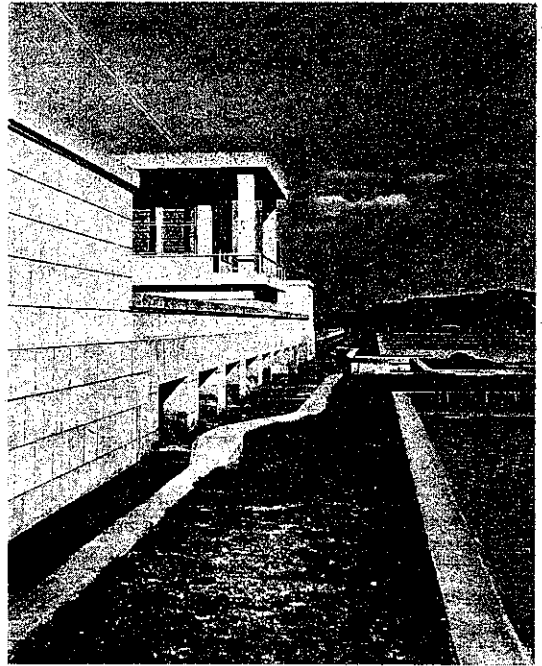
制水瓣の開閉に依つて流量を調節しますと、20 分後に於て水面の動搖は全く無くなりますので、堰天端よりの高さを正確に移してある目盛板に依つて水深を精密に讀み、それより流量を算出しました。

配水幹線では濾過池構内掘付の venturi-meter（北部幹線）、配水池構内掘付の venturi-meter（中部幹線）及び配水池構内掘付 pitot tube（南部幹線）を使用しました（第 6, 7, 8, 9 圖参照）。

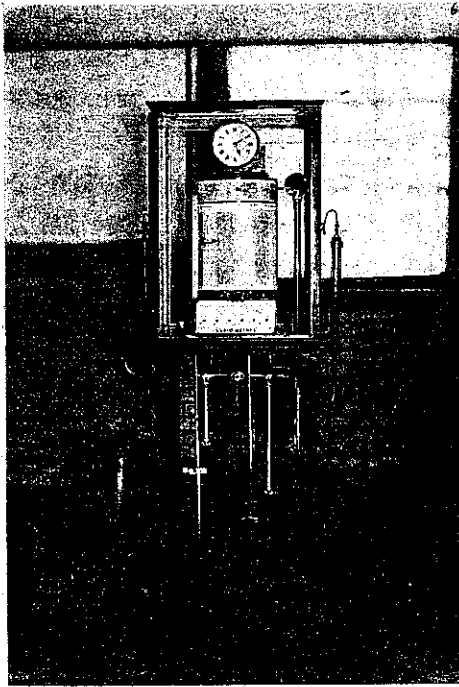
配水幹線での流量の調節は、北部及び南部兩幹線では制水瓣の開閉に依り、中部幹線では午後 5 時より午前 8 時に至る配水量の變化の著しい時刻を選び、下流に於ける給水量の自然増減の儘に放置しました。

配水支管では消化栓を取外し、蘆田製乾式翼車型量水器を裝置するか又は泥吐管に蘆田製乾式翼車型量水器（第 7 圖参照）を裝置しました。尙配水支管の實驗は分岐管の閉塞、水頭觀測用水銀柱の動搖、其の他種々なる原因の爲、午後 8 時以後午前 3 時に至る間に於て實驗を行つたものが多くあります。流量の調節は總べて制水瓣の開閉に依つて行ひました。

第 5 圖 縮端矩形量水堰

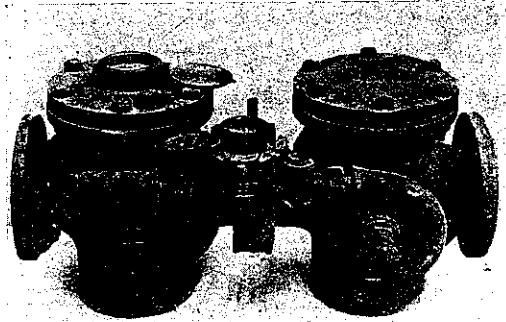


第6圖 チョーテント・ベンチュリメーター



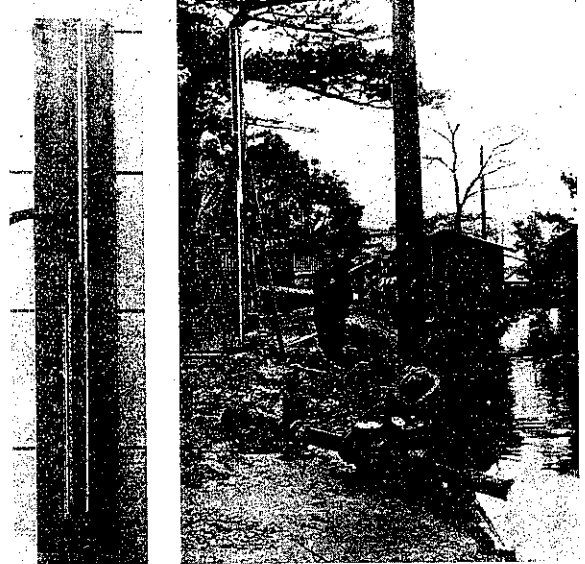
中部及び北部兩管線に各1個設置

第7圖 100 mm 蘆田製乾式翼車型量水器



小口径配水鉄管、流量測定に使用

第8圖 水銀壓力計 第9圖 鐵管損失水頭觀測狀況



導水鐵管終點水頭觀測場所に設置

第3節 水頭の測定

導水鐵管の始點に於きましては、水頭が大きく有りませんから鐵管中の水を硝子管に導き直接其の高さを觀測しましたが、其の他の場合に於きましては目盛板を附した水銀壓力計(第8圖参照)を使用して觀測しました。

先づ水銀壓力計を觀測しやうとする位置に垂直に据付けて鐵管と連絡しました。然して觀測前に始點、終點に於ける水銀壓力計の零點の標高を水準器に依つて精確に測量しておきました。次に觀測なすに當りまして配水幹線及び配水支管に於ては水銀柱が常時3cm~10cm上下に動揺しますので觀測には苦心しましたが、規定の時間に始點、終點共動揺の中央の讀みを水銀柱の兩端面にて觀測しました。尙之等の觀測は夜間水銀柱の動揺少い時を選んで行ひました。又配水支管に於きましては終點の水頭觀測位置と制水弁との間は制水弁に依る流量調節が終點の水頭觀測に影響を及ぼさない様、約20m以上の距離を離しました。

第4節 誤 差

實驗に附隨する誤差を本實驗に就いて見ますと、流量測定に使用した機械の精度、水頭觀測に於ける水銀柱の高さを定める目盛の精度及び實驗に使用した鐵管中漏水の箇所の有無等に依る誤差が有ります。

流量測定に使用したる機械に就きましては、第2節に述べましたから省略致しますが、之等機械の精度はいづれ

断面積 0.95033 m²)

- 測定延長: 7399.30 m
- 流速測定方法: 濾過池分水井に設けられたる縮端矩形量水堰に依り流速を測定したる後流速を算出す
- 流速調節方法: 鐵管終端に於ける制水弁の開度を加減する事に依る
- 始點の水頭観測方法: 鐵管中の水を耐子管に導き直接其の高さを測定す
- 終點の水頭観測方法: 水銀 U 字管を使用し水銀柱兩端の高さを測定す
- 鐵管線路中の異形管の種類及數: 曲管 45°-7 個, 曲管 22 1/2°-13 個, 曲管 11 1/2°-2 個
- 通水後の經過年數: 昭和 7 年 6 月の通水にかゝり通水後 1 年 5 箇月を經過す

第 2 實驗 (第 12 表)

第 12 表 1100 mm 鐵管 (南部幹線の實驗成績)

本實驗は市内配水管南部幹線の一部を利用して施行せり。
 観測年月: 昭和 4 年 4 月
 施行箇所: 東區千種町仲田 (市電仲田停留所) より中區櫻山町 (市電櫻山停留所) に至る區間

NO	流量 m ³ /s	流速 m/s	始點水頭 m	終點水頭 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m
1	2.9172	0.300	22.359	22.176	0.183	0.003	0.180	0.059		
2	5.2936	0.547	24.442	23.624	0.818	0.010	0.808	0.215		
3	6.0275	0.628	23.922	22.956	1.023	0.016	1.027	0.274		
4	6.3420	0.652	23.652	22.790	1.269	0.018	1.251	0.373		
5	6.8120	0.669	22.756	21.767	1.292	0.019	1.270	0.365		
6	6.2720	0.666	22.835	21.458	1.377	0.020	1.357	0.361		

- 管種管徑: 低壓鑄鐵管 1100 mm (實内徑 1113.2 mm, 断面積 0.97328 m²)
- 測定延長: 3754.95 m
- 流速測定方法: 配水池構内掘付のピトー・チューブに依り流量を測定し之より流速を算定す
- 流速調節方法: 途中分岐管制水弁を全部閉塞し下流高藏橋に於ける排泥弁の開閉に依り調節す
- 始點及終點の水頭観測方法: 第 1 實驗に同じ
- 鐵管線路中の異形管の種類及數: 曲管 45°-2 個
- 通水後の經過年數: 昭和 2 年 9 月の通水にかゝり通水後満 1 年 7 箇月を經過せり

第 3 實驗 (第 13 表)

第 13 表 42 吋鐵管 (中部幹線) の實驗成績

本實驗は市内配水管中部幹線の一部を利用して施行せり。
 観測年月: 昭和 4 年 4 月
 施工箇所: 東區千種町茂佐裏 より西裏市電停留所に至る區間
 管種管徑: 鑄鐵管 42 吋 (實内徑 1066.8 mm, 断面積 0.89383 m²)

NO	流量 m ³ /s	流速 m/s	始點水頭 m	終點水頭 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m	各種水頭 差 m
1	3.26.95	0.3652	35.477	35.221	0.256	0.005	0.251	0.117		
2	4.11.19	0.4600	35.270	34.866	0.404	0.003	0.395	0.184		
3	4.61.42	0.5162	35.204	34.568	0.636	0.012	0.624	0.291		
4	4.91.63	0.5500	35.389	34.806	0.583	0.013	0.570	0.266		
5	5.15.02	0.5762	35.273	34.656	0.617	0.015	0.602	0.281		
6	5.20.94	0.5828	35.085	34.270	0.815	0.015	0.800	0.373		
7	5.58.22	0.6252	35.233	34.351	0.882	0.017	0.865	0.404		
8	5.93.48	0.6640	35.074	34.242	0.832	0.020	0.812	0.372		
9	7.26.53	0.8128	34.267	33.210	1.057	0.031	1.026	0.472		
10	7.84.37	0.8820	34.188	32.654	1.534	0.038	1.496	0.628		
11	8.32.20	0.9322	33.901	32.262	1.639	0.043	1.596	0.745		
12	9.27.49	1.0377	33.727	31.668	2.129	0.055	2.074	0.968		
13	9.42.97	1.0550	33.760	31.597	2.163	0.056	2.107	0.982		

- 測定延長: 2142.25 m
- 流速測定方法: 配水池構内掘付のベンチュリー・メーターに依り流量を測定し之より流速を算定す
- 流速調節方法: 下流に於ける給水量の自然増減の儘に放置し調節をなさず
- 始點及終點の水頭観測方法: 第 1 實驗に同じ
- 鐵管線路中の異形管の種類及數: 曲管 22 1/2°-5 個
- 通水後經過年數: 大正 2 年 3 月の通水にかゝり通水後満 16 箇年を經過せり

第 4 實驗 (第 14 表)

本實驗は沈澱池・濾過池間導水鐵管 (第 1 號線) を利用して施行せり。

観測年月： 昭和3年8月
 施行箇所： 鳥井松沈澱池より
 濾過池分水井に至る間
 管種管径： 鑄鐵管 36 吋(管内
 径 914.4 mm, 斷
 面積 0.6569m²)
 測定延長： 7462.11 m
 流速測定方法： 第1實驗に同じ
 流速調節方法： 同上
 始點及終點の水頭
 観測方法： 同上
 鐵管線路中の異型
 管の種類及數： 曲管 22 ½°-11 個
 通水後の經過年數： 大正2年通水開始
 より滿15箇年を
 經過す

第 14 表 36 吋導水鐵管 (第 1 號線) の實驗成績

No	流量 m ³ /分	流速 m/分	始水水頭 m	終水水頭 m	全程水頭 m	同管程水頭 m	摩擦損失水頭 m	損失係數 K ₁₀₀₀
1	174.704	0.2000	12.4841	11.2081	0.2760	0.0000	0.0000	0.070
2	174.704	0.2000	12.7230	12.0607	0.0283	0.0001	0.0022	0.087
3	207.050	0.2028	12.5814	11.1988	1.3826	0.0122	1.3817	0.189
4	207.050	0.2028	12.3318	10.8479	1.4843	0.0122	1.4721	0.197
5	339.214	0.5105	12.4171	10.0733	2.3438	0.0213	2.3225	0.311
6	339.214	0.5105	12.4080	9.8064	2.5114	0.0213	2.4901	0.333
7	410.221	0.6338	12.2129	8.4827	3.7306	0.0335	3.6971	0.479
8	410.221	0.6338	12.2008	8.2004	3.8004	0.0335	3.7679	0.511
9	509.387	0.7757	12.2129	6.6322	5.5807	0.0548	5.5258	0.741
10	509.387	0.7757	11.9904	6.2010	5.6294	0.0548	5.5746	0.747
11	593.404	0.9000	11.7079	4.2427	7.5252	0.0823	7.4429	0.907
12	593.404	0.9000	12.1977	4.5526	7.6451	0.0823	7.5628	1.013
13	671.914	1.0232	11.9600	1.7729	10.1921	0.1076	10.0885	1.251
14	671.914	1.0232	12.1270	1.2470	10.8806	0.1097	10.8109	1.449
15	766.170	1.0753	12.0200	0.8242	11.5058	0.1158	11.3900	1.526
16	771.839	1.0840	12.0758	0.3139	11.7619	0.1158	11.6461	1.601
17	724.864	1.1038	11.9000	0.1054	11.8441	0.1250	11.7191	1.579
18	724.864	1.1038	12.0727	0.1700	11.8969	0.1250	11.7709	1.580

第 15 表 36 吋導水鐵管 (第 1 號線) の實驗成績

No	流量 m ³ /分	流速 m/分	始水水頭 m	終水水頭 m	全程水頭 m	同管程水頭 m	摩擦損失水頭 m	損失係數 K ₁₀₀₀
1	215.20	0.3270	39.4684	38.9566	1.0114	0.0087	1.0027	0.237
2	215.20	0.3270	39.4550	38.2724	1.1826	0.0125	1.1621	0.286
3	306.94	0.4628	39.0420	37.5927	2.3913	0.0177	2.3326	0.318
4	354.17	0.5233	39.2290	36.8170	3.1112	0.0235	3.0877	0.424
5	356.34	0.5235	39.2380	36.2266	3.2329	0.0238	3.1122	0.424
6	442.70	0.6133	39.9120	35.0286	4.1224	0.0265	4.0719	0.554
7	446.87	0.6002	39.8660	34.7120	5.0082	0.0352	5.0227	0.691
8	463.89	0.7164	39.0280	34.3339	5.5591	0.0444	5.5137	0.751
9	484.44	0.7529	39.0070	33.2665	6.0425	0.0459	6.0346	0.871
10	525.00	0.7995	39.2630	32.6782	7.0267	0.0518	7.0219	0.971
11	526.11	0.8164	39.2890	32.0223	7.7157	0.0539	7.6618	1.043
12	571.67	0.8248	39.0480	31.9923	7.8527	0.0551	7.7776	1.082
13	575.00	0.8256	39.0430	31.2509	8.2981	0.0661	8.3260	1.161
14	593.23	0.8273	38.7611	30.2233	9.0177	0.0667	9.0150	1.249
15	605.56	0.9221	39.0240	30.0793	9.9447	0.0689	9.6758	1.317
16	617.52	0.9483	39.2510	29.1581	10.3929	0.0716	10.3217	1.425
17	650.00	0.9998	39.2370	29.2224	11.5591	0.0784	11.4307	1.428

第 5 實驗 (第 15 表)

本實驗は第4實驗と同一管につき施行せり。
 観測年月： 昭和8年11月
 測定延長： 7344.84 m
 通水後の經過年數： 通水開始より滿20
 箇年を經過す
 其他施行箇所： 流速測定方法、水
 頭観測方法及鐵管
 線路中の異形管の
 種類並に數量等は
 第1實驗と同一なり

第 16 表 36 吋導水鐵管 (第 2 號線) の實驗成績

No	流量 m ³ /分	流速 m/分	始水水頭 m	終水水頭 m	全程水頭 m	同管程水頭 m	摩擦損失水頭 m	損失係數 K ₁₀₀₀
1	174.70	0.2000	12.5939	12.1794	0.4142	0.0001	0.0000	0.082
2	174.70	0.2000	12.3414	12.3184	0.0240	0.0001	0.0187	0.087
3	207.05	0.2028	12.7030	11.0210	1.6824	0.0122	1.6098	0.193
4	207.05	0.2028	12.0933	11.4173	1.6760	0.0122	1.6037	0.193
5	339.21	0.5105	12.4042	10.7804	1.7238	0.0244	1.6794	0.225
6	339.21	0.5105	12.4415	10.0791	1.7408	0.0244	1.7464	0.234
7	410.22	0.6338	12.2030	8.5704	3.7120	0.0335	3.6701	0.309
8	410.22	0.6338	12.3400	8.2277	3.8123	0.0335	3.7097	0.303
9	509.39	0.7757	12.4083	6.0088	6.4015	0.0571	6.0744	0.533
10	509.39	0.7757	12.1340	5.7308	6.4000	0.0571	6.1231	0.533
11	593.40	0.9000	11.0447	0.6871	5.2579	0.0803	5.1723	0.693
12	593.40	0.9000	11.7084	0.3702	6.2222	0.0803	5.9369	0.715
13	671.91	1.0232	11.5424	0.3213	7.2005	0.1050	7.0955	0.951
14	671.91	1.0232	11.9024	0.6632	7.2388	0.1050	7.1138	0.953
15	766.17	1.0753	11.2481	2.0325	8.8355	0.1264	8.0830	1.104
16	805.90	1.2207	10.9936	0.2987	10.0981	0.1708	10.0183	1.410
17	805.90	1.2207	11.0081	0.3048	11.0033	0.1708	11.0255	1.531

第 6 實驗 (第 16 表)

本實驗は沈澱池・濾過池間の導水鐵管 (第 2 號線) を利用して施行せり。
 観測年月： 昭和3年8月
 施行箇所： 鳥井松沈澱池より
 濾過池分水井に至る間
 管種管径： 鑄鐵管 36 吋(實
 内徑 914.4 mm,
 斷面積 0.65669m²)
 測定延長： 7462.11 m
 流速測定方法： 第1實驗に同じ
 流速調節方法： 同上

始點及終點の水頭
観測方法： 第1實驗と同じ

鐵管線路中の異形
管の種類及數： 曲管 22¹/₂-11 個

通水後の經過年數： 昭和2年4月通水し通水後滿1年4箇月を經過す

第7實驗(第17表)

第17表 36吋導水鐵管(第2號線)の實驗成績

本實驗は第6實驗と同一管に付き施行せり。

観測年月： 昭和8年11月

測定延長： 7344.84 m

通水後の經過年數： 昭和2年4月の通水にかゝり通水後滿6年7箇月を經過す

NO	流量 毎秒	流速 毎分	始末水頭 差	終末水頭 差	全損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差
1	296.44	0.3722	40.4100	38.9774	1.4326	0.0112	1.4124	0.192	1/1000
2	350.00	0.5330	40.3580	37.6237	2.6657	0.0230	2.6427	0.360	
3	419.44	0.6387	40.3190	36.4227	3.8963	0.0330	3.8633	0.525	
4	469.44	0.7149	40.2850	35.3293	4.9557	0.0414	4.9143	0.664	
5	513.89	0.7825	40.2520	34.4091	5.8429	0.0496	5.7933	0.789	
6	575.00	0.8755	40.2110	32.8220	7.3890	0.0621	7.3269	0.997	
7	618.05	0.9412	40.1640	31.2297	8.9343	0.0717	8.8626	1.207	
8	705.56	1.0744	40.0870	22.2736	17.8134	0.0732	17.7402	1.460	

其他施行箇所、流速
測定方法： 水頭観測方法及鐵管線路中の異形管の種類並に數量等は第6實驗と同一なり

第8實驗(第18表)

第18表 800mm 鐵管(洗滌管)の實驗成績

本實驗は濾過池、洗砂水槽、急速濾過池間を
利用して行へり。

観測年月： 昭和9年8月

施行箇所： 濾過池構内洗砂水槽・急速濾過池間

NO	流量 毎秒	流速 毎分	始末水頭 差	終末水頭 差	全損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差
1	0.1860	0.370	10.6345	10.6076	0.0270	0.0079	0.0252	0.151	
2	0.2205	0.438	10.1430	10.0950	0.0480	0.00405	0.0439	0.299	
3	0.3122	0.621	9.5363	9.4720	0.0643	0.00507	0.0592	0.354	
4	0.3948	0.694	9.0566	8.9866	0.0700	0.00631	0.0637	0.380	
5	0.4539	0.903	7.2233	7.1128	0.1105	0.01072	0.0998	0.592	

管種管徑： 普通壓鑄鐵管 800 mm (實内徑 800 mm, 斷面積 0.50266 m²)

測定延長： 167.42 m

流速測定方法： 洗砂水槽に於ける單位時間の水位減少より流量を求め之より流速を算出す

流速調節方法： 洗砂水槽出口にある制水瓣の開度を加減し調節す

始點及終點の水頭
観測方法： 第1實驗と同じ

鐵管線路中の異形
管の種類及數： 曲管 30°-2 個, 曲管 45°-1 個

通水後の經過年數： 昭和9年7月末の通水にかゝり通水年齢は零とす

第9實驗(第19表)

第19表 700mm 鐵管(北部幹線)の實驗成績

本實驗は市内配水鐵管北部幹線の一部を利
用して施行せり。

観測年月： 昭和4年3月

施行箇所： 東區大幸町三莖埋立地東より杉村町社宮寺通り交叉點東に至る區間

管種管徑： 低壓鑄鐵管 700 mm (實内徑 708.4 mm, 斷面積 0.39414 m²)

測定延長： 2404.21 m

流速測定方法： 濾過池構内掘付のベンチュリー・メーターに依り流量を測定し之より流速を算出す

流速調節方法： 濾過池構内 900 mm 制水瓣並に下流黒川橋排泥瓣の開閉度を加減し調節す

NO	流量 毎秒	流速 毎分	始末水頭 差	終末水頭 差	全損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差	100m損失水頭 差
1	113.68	0.2264	40.175	39.972	0.223	0.004	0.219	0.091	
2	172.41	0.324	39.866	37.552	0.422	0.011	0.327	0.165	
3	211.97	0.372	39.658	37.015	0.643	0.017	0.626	0.260	
4	217.16	0.5522	37.472	36.658	0.764	0.019	0.745	0.310	
5	245.92	0.6239	37.555	36.522	1.033	0.025	0.998	0.415	
6	252.32	0.6351	37.276	36.128	1.128	0.026	1.102	0.450	
7	274.32	0.7104	37.579	36.012	1.565	0.033	1.532	0.622	
8	282.67	0.7172	37.122	37.760	1.702	0.034	1.668	0.572	
9	322.31	0.8225	37.016	37.022	2.024	0.042	1.982	0.810	
10	364.73	0.916	36.841	36.532	2.309	0.046	2.263	0.939	
11	366.15	0.9236	36.722	36.078	2.276	0.046	2.230	0.953	
12	372.11	0.9466	36.307	36.268	2.039	0.043	2.076	1.030	
13	372.11	0.9460	36.024	36.047	2.787	0.043	2.744	1.133	

始點及終點の水頭
觀測方法：

第1實驗に同じ

鐵管線路中の異形管
の種類及數：

曲管 45°-4個, 曲管 22½°-4個, 曲管 11½°-1個

通水後の經過年數：

昭和2年4月の通水にかゝり通水後滿2箇年を経過す

第10實驗(第20表)

第20表 300mm配水管の實驗成績

本實驗は南區笠寺町地内布設配水管中一部を利用して施行せり。

No.	流量 m³/分	流速 m/分	吐出水頭 m	吸水水頭 m	全管水頭 m	摩擦水頭 m	局部水頭 m	損失係數 K	損失係數 K
1	2.910	6.801	41.688	41.710	6.274	0.002	0.270	0.081	
2	3.920	9.238	41.704	40.892	6.872	0.003	0.807	1.371	
3	4.340	9.599	41.974	41.056	7.908	0.000	0.907	1.634	
4	4.920	10.070	41.578	40.543	10.35	0.008	1.027	1.801	
5	5.020	10.771	41.099	39.789	10.11	0.010	1.900	3.442	
6	6.500	12.809	40.900	38.780	12.17	0.011	2.100	3.815	
7	6.900	12.961	40.719	38.001	12.558	0.011	2.041	4.784	

觀測年月：

昭和9年9月

施行箇所：

南區笠寺町地内低

管種管徑：

壓鑄鐵管 300mm

(實内徑0.3036m,

斷面積 0.07239 m²)

測定延長：

552.00 m

流速測定方法：

150mm泥吐管に蘆田製乾式翼車型 150mm量水器を裝置し流量を測定し之より流速を算定す

流速調節方法：

鐵管終端に於ける制水瓣開度を加減する事に依る

始點及終點の水頭

觀測方法：

目盛板を附したる U字型水銀壓力計を使用し水銀柱兩端の高さを同時に觀測す

鐵管線路中の異形

管の種類及數：

曲管 22½°-2個

通水後の經過年數：

6箇年

第11實驗(第21表)

第21表 10吋配水管の實驗成績

本實驗は瀧過池・配水池間の送水鐵管を利用して施行せり。

No.	流量 m³/分	流速 m/分	吐出水頭 m	吸水水頭 m	全管水頭 m	摩擦水頭 m	局部水頭 m	損失係數 K	損失係數 K
1	3.920	9.277	52.429	52.457	0.028	0.000	0.028	0.073	
2	6.20	12.23	52.422	52.301	0.121	0.000	0.121	0.212	
3	7.20	14.42	52.209	52.041	0.168	0.000	0.168	0.294	
4	8.20	17.73	52.395	52.166	0.229	0.001	0.228	0.399	
5	10.10	22.00	52.369	52.070	0.294	0.001	0.293	0.513	
6	11.70	22.20	52.485	52.132	0.353	0.001	0.352	0.616	
7	13.30	22.64	52.354	51.941	0.413	0.001	0.412	0.721	
8	20.60	40.07	51.900	50.585	1.315	0.004	1.311	2.294	
9	22.10	40.38	50.663	49.345	1.318	0.004	1.314	2.299	
10	23.30	44.64	51.054	49.226	1.828	0.005	1.823	3.190	

觀測年月：

昭和9年11月

施行箇所：

東區田代町地内

管種管徑：

鑄鐵管 10吋(實

内徑 254.0mm,

斷面積 0.05067

m²)

測定延長：

571.5 m

流速測定方法：

75mm泥吐管に蘆田製乾式翼車型 75mm量水器を裝置し流量を測定し之より流速を算出す

流速調節方法：

第10實驗に同じ

始點及終點の水頭

觀測方法：

同上

鐵管線路中の異形

管の種類及數：

曲管 45°-1個, 曲管 22½°-1個, 曲管 11½°-1個

通水後の經過年數：

16箇年

第12實驗(第22表)

第22表 200mm配水管の實驗成績

本實驗は瀧過池・配水池間の送水鐵管を利用して施行せり。

No.	流量 m³/分	流速 m/分	吐出水頭 m	吸水水頭 m	全管水頭 m	摩擦水頭 m	局部水頭 m	損失係數 K	損失係數 K
1	4.90	11.57	51.979	51.749	0.130	0.002	0.128	0.227	
2	8.20	20.04	51.329	51.021	0.208	0.001	0.207	0.520	
3	11.20	27.02	51.199	50.559	0.440	0.003	0.637	1.113	
4	13.70	34.09	52.254	51.438	0.816	0.005	0.811	1.418	
5	17.50	46.00	52.200	51.309	0.931	0.008	0.923	1.015	
6	19.50	50.21	51.995	50.678	1.117	0.010	1.107	1.227	
7	23.20	57.40	50.518	48.896	1.622	0.015	1.007	2.812	
8	24.50	57.92	51.534	49.909	1.625	0.016	1.609	2.815	
9	27.50	60.99	51.248	48.026	2.073	0.021	2.552	4.525	
10	30.60	67.73	51.282	48.065	2.817	0.020	2.791	4.884	

觀測年月：

昭和9年11月

施行箇所：

東區田代町地内鑄

管種管徑：

鐵管 200mm(實

内徑 200mm, 斷

面積 0.03142 m²)

測定延長：

571.5 m

流速測定方法： 100 mm 泥吐管に蘆田製乾式翼車型 100 mm 量水器を装置し流量を測定し之より流速を算出す

流速調節方法： 第 10 實驗に同じ

始點及終點の水頭観測方法： 同 上

鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 45°-1 個，曲管 22 ½°-1 個，曲管 11 ¼°-1 個

通水後の經過年數： 2 箇年

第 13 實驗 (第 23 表)

第 23 表 150 mm 配水管の實驗成績

本實驗は南區本星崎町地内布設配水管に就き施行せり。

観測年月： 昭和 9 年 9 月

施行箇所： 南區本星崎町地内

管種管徑： 低壓鑄鐵管 150 mm (實内徑 151.8

No.	流量 m³/時	流速 m/s	始末水頭 差 m	終末水頭 差 m	管長 m	管径 mm	断面 積 m²	流速 m/s	流量 m³/時
1	9.60	0.537	44.985	38.980	6065	0.051	5.954	6.294	
2	10.00	0.553	45.889	39.240	6649	0.053	6.546	6.973	
3	11.20	0.557	44.646	36.454	8192	0.078	8.114	8.577	
4	13.20	0.770	44.157	32.882	11275	0.112	11.163	11.800	
5	15.00	0.831	44.273	32.028	14245	0.132	12.113	12.804	
6	18.20	1.004	43.548	23.953	19.595	0.203	14.392	20.499	
7	20.50	1.131	42.771	17.847	24.224	0.266	24.658	26.066	

mm, 斷面積 0.0181 0 m²)

測定延長： 946.00 m

流速測定方法： 100 mm 泥吐管に蘆田製乾式翼車型 100 mm 量水器を装置し流量を測定し之より流速を算出す

流速調節方法： 第 10 實驗に同じ

始點及終點の水頭観測方法： 同 上

鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 90°-4 個，曲管 45°-3 個，曲管 22 ½°-9 個

通水後の經過年數： 5 年 6 箇月

第 14 實驗 (第 24 表)

第 24 表 100 mm 配水管の實驗成績

本實驗は南區呼続町地内に於て配水管に就き施行せり。

観測年月： 昭和 9 年 9 月

施行箇所： 南區呼続町地内低

管種管徑： 壓鑄鐵管 100 mm (實内徑 101.2 mm, 斷面積 0.00804m²)

No.	流量 m³/時	流速 m/s	始末水頭 差 m	終末水頭 差 m	管長 m	管径 mm	断面 積 m²	流速 m/s	流量 m³/時
1	2.08	0.2281	43.023	41.711	1.932	0.040	1.320	2.227	
2	3.18	0.3254	44.345	40.811	3.894	0.070	3.978	4.044	
3	3.74	0.4650	43.033	38.927	4.100	0.073	4.093	4.890	
4	5.22	0.6490	43.287	35.923	7.364	0.098	7.310	8.702	
5	8.38	0.7900	42.627	33.983	8.064	0.078	8.589	10.286	
6	9.44	0.8030	42.792	31.910	14.830	0.091	10.745	12.809	
7	8.39	1.0430	41.662	25.362	10.360	0.129	10.101	10.354	
8	10.06	1.2510	41.017	29.110	21.501	0.209	21.292	25.009	
9	10.85	1.3600	40.931	18.427	26.804	0.249	24.256	29.049	
10	11.00	1.5500	40.417	14.170	26.247	0.291	26.966	31.085	
11	12.10	1.505	39.507	8.617	30.930	0.317	34.613	36.022	

測定延長： 835.00 m

流速測定方法： 單口消火栓を取外し蘆田製乾式翼車型 75 mm 量水器を装置す

流速調節方法： 第 10 實驗に同じ

始點及終點の水頭観測方法： 同 上

鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 45°-9 個

通水後の經過年數： 2 年 9 箇月

第 15 實驗 (第 25 表)

本實驗は西區下中村町地内に於て配水管に付き施行せり

観測年月： 昭和 9 年 9 月

施行箇所： 西區下中村町地内

管種管徑： 低壓鑄鐵管 75 mm (實内徑 0.076 m, 斷面積 0.00454 m²)

測定延長： 537.00 m

流速測定方法： 単口消火栓を取外し
 蘆田製乾式翼車型 75 mm 量水器
 を装置せり
 流速調節方法： 第 10 實驗と同じ
 始點及終點の水頭
 觀測方法： 同上
 鐵管線路中の異形
 管の種類及數： 曲管 45°-5 個
 通水後の經過年數： 1 年 9 箇月

第 25 表 75 mm 配水管の實驗成績

No	流量 m ³ /分	流速 m/分	始水頭 m	終水頭 m	全損失水頭 m	管長 m	管径 mm	管壁 mm	管重 kg/m	管容積 m ³ /1000
1	0.84	0.185	38.274	27.420	0.954	0.002	0.952	1.782		
2	1.32	0.291	30.300	34.730	1.564	0.004	1.560	2.905		
3	1.80	0.432	30.180	33.007	2.573	0.009	2.567	4.175		
4	2.57	0.507	34.983	28.905	6.018	0.020	5.998	11.180		
5	3.10	0.683	35.245	25.342	9.902	0.024	9.878	18.210		
6	3.90	0.873	33.774	21.604	12.110	0.052	12.058	22.454		
7	4.47	0.985	32.959	18.215	14.664	0.058	14.576	27.143		
8	5.02	1.107	31.410	15.112	16.304	0.090	16.214	30.164		
9	5.52	1.217	29.772	11.140	18.632	0.109	18.523	34.494		
10	6.08	1.340	29.227	7.212	22.015	0.130	21.879	41.860		

以上を一纏めとして其の要點を記しますと第 26 表の様になります。

第 6 節 本邦他都市に於ける實驗の成績

第 26 表 各種鐵管摩擦損失水頭實驗一覽表

鐵管内流速と摩擦に依る損失水頭との關係に就いて、我國に於ける實驗結果を調査するため、下記の如き 20 都市に對し實驗の有無を問合しました處、東京市、大阪市を除き實驗した處が有りませんでした。其の内東京市のもは、過般土木學會誌（第 13 卷第 6 號）に發表せられたもので、大阪市のもは次表の通りであります。福岡市からは

管径	管長	觀測日	流速	始水頭	終水頭	全損失水頭	管長	管径	管壁	管重	管容積
1100	4000	昭和11年	1.5	20	10	10	7300	1100	10	10	
42	12	48.4	1-7	30-105	3.25	0.5					
36	12	35.8	15-0	23-110	7.22	11	28.2	11			
		8.1	20-0	32-088	7.34	84					
		3.8	1-6	23-125	7.42	11					
		8.1	0-7	37-107	7.34	84					
80	4000	9.8	0-0	37-070	107	42					
70		4.3	2-0	28-004	3.44	21					
300		9.8	6-0	44-000	352	00					
10	12	9.1	10-0	07-040	371	50					
20	4000	3.1	2-0	15-007	571	50					
150	3000	9.8	8-8	53-113	946	00					
100		0.8	2-9	22-130	835	00					
75		9.8	1-9	18-134	579	00					

水鐵管の通水年數に依る流量の減少に就きまして、11 箇年間に約 1 割 8 分の減少を示したとの回答を得ました。

紹介せし都市名（順序不同）

東京市、大阪市、京都市、横浜市、神戸市、静岡市、金澤市、岡山市、廣島市、川崎市、福岡市、函館市、豊橋市、濱松市、和歌山市、仙臺市、吳市、横須賀市、札幌市、新潟市。

尚以上の外和歌山市水道創設當時に於ける流速と摩擦に依る損失水頭との關係に就いての成績がありましたから次に掲げておきました。

東京市第 1 實驗（第 27 表）

第 27 表 東京市水道 1500 mm 配水鐵管の實驗成績

本實驗は東京市水道擴張計畫に屬する配水本管の中和田畑淀橋線の一部を利用して施行せり。

No	流量 m ³ /分	流速 m/分	始水頭 m	終水頭 m	全損失水頭 m	管長 m	管径 mm	管壁 mm	管重 kg/m	管容積 m ³ /1000
1	1084.18	0.5879	56.8494	56.0021	0.8473	0.0109	0.7382	0.178		
2	1026.64	0.5940	56.0280	55.1325	0.8955	1.1619	0.7724	0.186		
3	1638.02	0.8872	56.0539	54.3075	1.7464	2.4233	1.5041	0.362		
4	1632.44	0.8882	56.8159	55.0542	1.7617	0.2433	1.5185	0.367		
5	2137.50	1.1579	56.0935	53.3138	2.7797	4.2698	2.3527	0.567		
6	2137.50	1.1579	56.7549	53.9082	2.8467	4.2698	2.4127	0.585		
7	2498.54	1.3536	56.1454	52.3294	3.8160	5.8744	3.2286	0.777		
8	2582.90	1.3223	56.7031	52.8109	3.8922	6.3375	3.2585	0.788		
9	2748.54	1.4889	56.2155	52.7579	4.4576	7.1289	3.7417	0.900		
10	2778.55	1.5054	56.6208	52.0744	4.5414	7.1747	3.8237	0.927		
11	2917.01	1.5803	56.5507	51.5125	5.0382	7.8444	4.2536	1.030		
12	2917.01	1.5803	56.2947	51.1773	5.1174	7.8445	4.3329	1.045		

觀測年月： 昭和 2 年 6 月
 施行箇所： 始點和田畑淨水池より終點豊多摩郡代々木新町 163 に至る間
 管種管径： 1500 mm (低壓管 實内径 1533mm, 斷面積 1.84576 m²)
 測定延長： 4149.55 m
 流速測定方法： ベンチュリー・メーターに依り先づ流量を測定したる後流速を算出す

流速調節方法： 終點に設置してある制水瓣の閉閉に依る
 始點水頭觀測方法： 始點和田畑淨水池水位の直接觀測に依る
 終點水頭觀測方法： 終點に於て地盤上高さ約 80 尺の杉丸太造り橋を建て 標高を示す目盛板を之に取付け本管より水頭を此の目盛板上に讀み得る様本管に接続する徑 1/2" 護膜ホースを導き其の先端に長さ 3 尺のゲージ・ガラスを嵌め込み水道の高低に依り此のゲージ・ガラスを上下に動かして水頭の所在を探索する方法

鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 90°-1 個, 45°-1 個, 22½°-10 個, 11¼°-9 個, 5½°-17 個
 通水後經過年數： 昭和 2 年 5 月末通水にかゝり同 6 月迄 1 箇月

東京市第 2 實驗 (第 28 表)

本實驗は東京市水道擴張計畫に屬する配水本管の中和田畑青山線の一部を利用して之を爲せるものなり。

觀測年月： 昭和 2 年 7 月
 施行箇所： 始點和田畑淨水池より終點代々木練兵場岡部ヶ谷附近に至る間
 管種管徑： 1500 mm (低壓管 實内徑 1533mm, 斷面積 1.84576m²)
 測定延長： 3749.95 m
 流速測定方法： 東京市第 1 實驗に同じ

第 28 表 東京市水道 1500 mm 配水鐵管の實驗成績

NO	流量 平均値	流速 平均値	始點水頭 平均値	終點水頭 平均値	全損失水頭 平均値	摩擦損失水頭 平均値	局部損失水頭 平均値	管壁摩擦係數
1	1332.22	0.7227	57.1817	55.2320	1.9496	0.2009	1.0236	0.272
2	1431.04	0.7751	56.7549	55.3345	1.4203	0.2301	1.1902	0.320
3	1518.29	0.8202	56.7214	55.1609	1.5605	0.2524	1.3051	0.357
4	1597.53	0.8653	56.7525	54.9278	1.7617	0.2813	1.4804	0.392
5	1686.64	0.9135	56.7526	54.6668	1.8927	0.3088	1.5840	0.424
6	1778.18	0.9631	56.3409	54.8744	2.0665	0.3438	1.7225	0.463
7	1866.05	1.0055	57.1237	54.8257	2.2280	0.3772	1.8507	0.497
8	1944.26	1.0537	57.0902	54.7037	2.3865	0.4133	1.9732	0.529
9	2011.50	1.0996	56.9835	54.4234	2.5541	0.4456	2.1085	0.566
10	2123.24	1.1350	56.8174	53.9783	2.8391	0.4852	2.3539	0.631
11	2194.98	1.1820	56.7778	53.6887	3.0891	0.5322	2.5569	0.687
12	2264.63	1.2268	56.7267	53.5248	3.2112	0.5669	2.6440	0.710
13	2333.72	1.2643	56.7153	53.2864	3.4288	0.6020	2.8268	0.758
14	2431.41	1.3170	56.6757	52.9208	3.6849	0.6568	3.0281	0.812
15	2508.22	1.3591	56.6635	52.7622	3.9013	0.7050	3.1963	0.858
16	2567.67	1.3905	56.6848	52.4909	4.1939	0.7379	3.4560	0.927

流速調節方法： 水道給水量の自然増減の儘に放置し調節を無さず
 始點及終點の水頭觀測方法： 東京市第 1 實驗に同じ

鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 90°-1 個, 22½°-3 個, 丁字管-2 箇, 片落管-2 個
 通水後の經過年數： 大正 13 年 3 月通水開始より昭和 2 年 7 月末に至る約 3 年

第 29 表 東京市水道 1100 mm 送水鐵管の實驗成績

NO	流量 平均値	流速 平均値	始點水頭 平均値	終點水頭 平均値	全損失水頭 平均値	摩擦損失水頭 平均値	局部損失水頭 平均値	管壁摩擦係數
1	4221.66	1.2293	36.5154	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.411
2	4221.66	1.2293	36.5154	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.412
3	4215.54	1.2270	36.5257	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.420
4	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.425
5	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.430
6	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.433
7	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.441
8	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.446
9	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.462
10	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.466
11	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.475
12	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.466
13	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.485
14	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.475
15	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.492
16	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.494
17	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.499
18	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.503
19	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.517
20	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.512
21	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.526
22	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.526
23	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.535
24	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.554
25	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.548
26	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.554
27	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.550
28	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.563
29	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.577
30	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.582
31	4229.41	1.2367	36.6610	22.2229	9.2425	2.2494	6.9931	1.601

東京市第 3 實驗 (第 29 表)

本實驗は東京市創設水道に屬する送水管の中淀橋芝線を利用して之を爲せるものなり。

觀測年月： 大正 6 年 12 月
 施行箇所： 始點淀橋淨水場内甲井より終點芝通榮町芝淨水池に至る間

管種管徑： 1100 mm (管内径 1100 mm, 断面積 0.95033 m²)
 測定延長： 6410.56 m
 流速測定方法： 東京市第 1 實驗に同じ
 流速調節方法： 始點甲井引入管の制水弁を閉鎖し甲井の水位を昇降せしめ之を行ふ
 始點水頭觀測方法： 始點淀橋淨水場内甲井水頭の直接觀測に依る
 終點水頭觀測方法： 終點芝淨水池の引入管は常に一定の水頭(標高 90 尺)を保持せる故觀測の要無し
 鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 90°-1 個, 11 1/4°-19 個, 5 5/8°-6 個
 通水後の經過年數： 明治 32 年 12 月通水開始より大正 6 年 12 月に至る迄滿 18 箇年

東京市第 4 實驗 (第 30 表)

本實驗は東京市創設水道に屬する送水管の
 中淀橋芝線を利用して之を爲せるものなり。

觀測年月： 大正 8 年 6 月
 施行箇所： 東京市第 3 實驗に
 同じ

管種管徑： 同 上
 測定延長： 同 上
 流速測定方法： 同 上
 流速調節方法： 同 上
 始點及終點の水頭觀測方法： 同 上
 鐵管線路中の異形管の種類及數： 同 上
 通水後の經過年數： 明治 32 年 12 月通水開始より大正 8 年 12 月に至る迄滿 19 箇年半

第 30 表 東京市水道 1100 mm 送水鐵管の實驗成績

No.	流量 (m ³ /sec)	平均流速 (m/sec)	全損失水頭 (m)	管種管徑 (mm)	管長 (m)	管径 (mm)	管径 (mm)	管径 (mm)	管径 (mm)
1	1.2861	1.3533	37.7321	26.7987	10.9334	0.2990	10.6344	1.668	
2	1.2934	1.3673	37.7321	26.8198	11.2123	0.3024	10.3100	1.712	
3	1.3294	1.3990	37.7172	25.9310	11.7853	0.3133	11.0720	1.800	
4	1.3620	1.4331	37.7172	25.2988	12.4184	0.3280	12.0904	1.836	
5	1.3736	1.4453	37.7172	24.9321	12.7850	0.3313	12.4537	1.954	
6	1.3914	1.4646	37.7321	24.5804	13.1517	0.3392	12.8125	2.010	

東京市第 5 實驗 (第 31 表)

本實驗は東京市創設水道に屬する送水管の
 中淀橋芝線を利用して施行せり。

觀測年月： 昭和 2 年 9 月
 施行箇所： 東京市第 3 實驗及
 第 4 實驗に同じ

管種管徑： 第 3 實驗に同じ
 測定延長： 同 上
 流速調節方法： 終點芝淨水池引入

管附屬制水弁を閉鎖の狀態より漸次開き同池の水位を漸次に上昇せしめて之を行ふ
 始點の水頭觀測方法： 始點淀橋淨水場内甲井水頭の直接觀測に依る
 終點の水頭觀測方法： 終點芝淨水池水頭の直接觀測に依る
 鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 90°-1 個, 11 1/4°-19 個, 5 5/8°-6 個
 通水後の經過年數： 明治 32 年 12 月通水にかゝり昭和 2 年 9 月實驗に至る迄 28 箇年

第 31 表 東京市水道 1100 mm 送水鐵管の實驗成績

No.	流量 (m ³ /sec)	平均流速 (m/sec)	全損失水頭 (m)	管種管徑 (mm)	管長 (m)	管径 (mm)	管径 (mm)	管径 (mm)	管径 (mm)
1	0.972	0.9909	37.2608	24.0127	10.6262	0.1816	7.1662	1.112	
2	0.9743	1.0238	36.1380	24.9580	11.1800	0.1900	7.6658	1.102	
3	0.9773	1.0470	36.1380	24.8275	11.1165	0.1941	7.8453	1.231	
4	1.0204	1.0805	36.1085	25.2458	10.0228	0.1935	8.2381	1.325	
5	1.0553	1.1088	36.2130	25.2005	10.2045	0.2021	8.6903	1.305	
6	1.0920	1.1454	36.3471	25.4497	10.9984	0.2125	9.1772	1.440	
7	1.1150	1.1716	37.5868	27.6057	9.9410	0.2211	9.7501	1.525	
8	1.1405	1.1984	37.5788	27.2482	10.2800	0.2213	10.0402	1.575	
9	1.1482	1.2004	37.4105	26.8212	10.5893	0.2263	10.3549	1.625	
10	1.1637	1.2228	37.2014	26.2061	10.8953	0.2315	10.6573	1.672	

大阪市第 1 實驗 (第 32 表)

本實驗は大阪市水道中部幹線に於て施行せり。

觀測年月： 昭和 8 年 10 月
 施行箇所： 大阪市水道中部幹線

第 32 表

No.	流量 (m ³ /sec)	平均流速 (m/sec)	全損失水頭 (m)
1	1.055	1.368	6.60
2	1.025	1.329	4.60

管種管徑:	鑄鐵管 991 mm
測定延長:	1 090 m
流速測定方法:	柴島水源地の唧筒室にてベンチュリー・メーターの表示する流量より流速を算出す
流速調節方法:	唧筒室内の唧筒の運轉を加減して調節する
始點水頭觀測方法:	柴島水源池の唧筒室に於て指示する水壓に地盤高を加へて換算す
終點水頭觀測方法:	淀川南岸は制水瓣室内に水壓記錄計を取付け其の指示する水壓に標高を加へて換算す
鐵管線路中の異形管の種類及數:	途中徑 1 067 mm 鋼鐵管延長 319 m, 曲管 30°(1067 mm)-2 個, 90° 曲管 (1067 mm)-2 個, 40° 曲管 (991 mm)-1 個, 片落管 (991×1067 mm)-2 個, 22½° (991 mm)-2 個, 曲管 46°35' (991 mm)-1 個, 制水瓣 (991 mm)-1 個, 51°35' (991 mm)-1 個
通水後經過年數:	21 年

但し途中に實内徑の異なる鋼鐵管が敷設しあるために異形管損失水頭, 摩擦損失水頭, 動水勾配等の算出を省略す

大阪市第 2 實驗 (第 33 表)

本實驗は大阪市水道玉造幹線に於て施行せ

第 33 表

		No.	流量(m³/sec)	流速(m/sec)	全損失水頭(m)
觀測年月:	昭和 8 年 10 月	1	0.972	1.260	8.000
施行箇所:	大阪市水道玉造幹線	2	0.139	0.180	1.500
管種管徑:	鑄鐵管 991 mm	3	0.916	1.188	7.000
測定延長:	872 m				
流速測定方法:	大阪市第 1 實驗に同じ				
流速調節方法:	同上				
始點及終點の水頭觀測方法:	同上				
鐵管線路内の異形管の種類及數:	途中徑 914 mm 鑄鐵管 2 條敷設距離 218 m 曲管 90° (991 mm)-1 個, 曲管 45° (991 mm)-2 個 " 22½° (")-6 個, " 35° (")-1 個 十字管 (991×204 mm)-1 個, 片落管 (991×914 mm)-2 個 Y 字管 (991×914 mm)-2 個 曲管 45° (914 mm)-3 個, 曲管 30° (914 mm)-8 個 " 39° (")-4 個, 制水瓣 (914 mm)-2 個				
通水後經過年數:	6 箇年				

但し途中に實内徑の異なる鑄鐵管が 2 條敷設しあるために異形管の損失水頭, 摩擦損失水頭, 動水勾配等の算出を省略す

大阪市第 3 實驗 (第 34 表)

本實驗は大阪市水道東部幹線に於て施行せり。

第 34 表

		No.	流量(m³/sec)	平均流速(m/sec)	全損失水頭(m)
觀測年月:	昭和 8 年 10 月	1	1.300	1.454	9.500
施行箇所:	大阪市水道東部幹線	2	1.222	1.367	8.000
管種管徑:	鑄鐵管 1 067 mm				
測定延長:	1 750 m				
流速測定方法:	大阪市第 1 實驗に同じ				
流速調節方法:	同上				
始點及終點の水頭觀測方法:	同上				

鐵管線路内の異形管の種類及數:

途中徑 1 143 mm, 鋼鐵管延長 176 m

曲管 90° (1 143 mm)-2 個, 曲管 45°(1 143 mm)-2 個
 片落管 (1 143×1 067 mm)-2 個, " 45°(1 067 mm)-3 個
 曲管 40° (1 067 mm)-1 個, " 20°(")-3 個
 " 8° (")-1 個, 制水瓣 (")-1 個

通水後經過年數: 15 箇年

但し途中に實内徑の異なる鋼鐵管が存在するために曲管損失水頭, 摩擦損失水頭, 動水勾配等の算出を省略す

大阪市第 4 實驗 (第 35 表)

本實驗は大阪市水道北部幹線に於て施行せり。

觀測年月: 昭和 8 年 10 月

第 35 表

施行箇所: 大阪市水道北部幹線

No.	流量(m ³ /sec)	平均流速(m/sec)	全損失水頭(m)
1	1.055	1.368	5.600
2	0.972	1.260	5.100

管種管徑: 鑄鐵管 991 mm

測定延長: 1 750 m

流速測定: 大阪市第 1 實驗に同じ

流速調節方法: 同上

始點及終點の水頭

觀測方法: 同上

鐵管線路内の異形管の種類及數:

途中徑 1 067 mm, 鋼鐵管延長 174 m

曲管 90° (1 067 mm)-2 個, 曲管 45°(1 067 mm)-2 個
 片落管 (1 067×991 mm)-2 個, " 45°(991 ")-3 個
 曲管 40° (991 ")-1 個, " 20°(991 ")-3 個
 " 8° (991 ")-1 個, 制水瓣 (991 ")-1 個

通水後經過年數: 15 箇年

但し途中に實内徑の異なる鋼鐵管が存在するために異形管損失水頭, 摩擦損失水頭, 動水勾配等の算出を省略す

大阪市第 5 實驗 (第 36 表)

本實驗は大阪市水道堀江幹線に於て施行せり。

觀測年月: 昭和 8 年 10 月

第 36 表

施行箇所: 大阪市水道堀江幹線

No.	流量(m ³ /sec)	平均流速(m/sec)	全損失水頭(m)
1	0.389	0.435	2.400
2	1.250	1.398	7.900

管種管徑: 鑄鐵管 1 067 mm

測定延長: 1 492 m

流速測定方法: 大阪市第 1 實驗に同じ

流速調節方法: 同上

始點及終點の水頭

觀測方法: 同上

鐵管線路内の異形管の種類及數:

途中徑 991 mm 2 條, 敷設距離 249 m

曲管 82° (1 067 mm)-1 個, 曲管 12° (1 067 mm)-1 個
 " 45° (")-9 個, " 30° (")-4 個
 " 22½° (")-3 個, 片落管 (1 067×991 mm)-2 個
 丁字管 (1 067×304 mm)-1 個, 曲管 45° (991 mm)-10 個
 Y字管 (1 067×991 mm)-2 個, 制水瓣 (991 mm)-4 個

通水後經過年數： 5 箇年

但し途中に管内径の異なる鑄鐵管が2條敷設しあるため異形管損失水頭、摩擦損失水頭、動水勾配等の算出を省略す

大阪市第 6 實驗 (第 37 表)

本實驗は大阪市水道城内送水管に於て施行せり。

觀測年月： 昭和 8 年 10 月, 施行箇所： 大阪市水道城内送水管
 管種管徑： 鑄鐵管 660 mm, 測定延長： 982 m
 流速測定方法： 大阪市第 1 實驗に同じ, 流速調節方法： 大阪市第 1 實驗に同じ
 始點水頭觀測方法： 同 上, 終點水頭觀測方法： 同 上
 鐵管線路内の異形管の種類及數： 曲管 45°(660 mm)-4 個, 曲管 22½°(660 mm)-4 個
 通水後經過年數： 16 箇年

第 37 表

No.	流量(m³/sec)	平均流速(m/sec)	全損失水頭(m)	曲管損失水頭(m)	摩擦損失水頭(m)	動水勾配(‰)
1	0.111	0.324	2.400	0.0059	2.3941	2.438
2	0.361	1.055	6.900	0.0838	6.8162	5.941

大阪市第 7 實驗 (第 38 表)

本實驗は大阪市水道西部幹線に於て施行せり。

觀測年月： 昭和 8 年 10 月
 施行箇所： 大阪市水道西部幹線
 管種管徑： 鑄鐵管 1 067 mm
 測定延長： 1 090 m
 流速測定方法： 大阪市第 1 實驗に同じ
 流速調節方法： 同 上
 始點及終點の水頭觀測方法： 同 上
 鐵管線路内の異形管の種類及數： 途中徑 1 143 mm 鋼鐵管延長 319 m
 曲管 90° (1 143 mm)-2 個, 曲管 30°(1 143 mm)-3 個
 片落管 (1 143×1 067 mm)-2 個, 曲管 90°(1 067 mm)-1 個
 曲管 22½° (1 067 mm)-2 個, 曲管 50°(1 067 mm)-1 個
 " 45° (")-1 個, 制水瓣(")-1 個

第 38 表

No.	流量(m³/sec)	平均流速(m/sec)	全損失水頭(m)
1	0.444	0.497	3.100
2	1.250	1.398	6.100
3	1.140	1.275	4.600

通水後經過年數： 21 箇年

但し途中に管内径の異なる鋼鐵管が存在するために異形管損失水頭、摩擦損失水頭、動水勾配等の算出を省略す

大阪市第 8 實驗 (第 39 表)

本實驗は大阪市水道に於て施行せり。

觀測年月： 昭和 8 年 7 月
 管種管徑： コールター塗鑄鐵管 461 mm (實内徑)
 測定延長： 1 415 m
 流速測定方法： 始點より 1 079 m の地點に於て流速計 (シンプレックス・ヒットメーター) を用ひて流速を測定し流量を算出す
 流速調節方法： 流量の調節は終點にて制水瓣の開閉をなす

第 39 表

No.	流量 (m³/sec)	平均流速 (m/sec)	全損失水頭 (m)	曲管損失水頭 (m)	摩擦損失水頭 (m)	動水勾配 (‰)
1	0.217	1.298	3.1	0.026	3.074	2.130
2	0.278	1.666	7.9	0.142	7.758	5.403
3	0.298	1.783	8.5	0.162	8.338	5.893
4	0.278	1.667	7.5	0.142	7.358	5.200
5	0.222	1.308	3.8	0.098	3.702	2.610

始點水頭觀測方法： 水壓記錄計を取付け其の指示する水壓に標高を加へて換算す
 終點水頭觀測方法： 同上
 鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 45°-6 個
 通水後經過年數： 1 箇月

和歌山市の實驗 (第 40 表)

本實驗は和歌山市水道水源池より淨水場に至る第 1 送水管に於て施行せり

觀測年月： 大正 15 年 4 月
 施行箇所： 和歌山市水道送水鐵管路
 管種管徑： 低壓鑄鐵管 22 吋 (實内徑 22.28 吋 = 565.912 mm, 斷面積 0.25153 m²)
 測定延長： 5 079.03 m
 流速測定方法： 淨水場内の英國リ

第 40 表 和歌山市水道 22 吋送水鐵管の實驗成績

No	流量 m ³ /s	流速 m/s	始點水頭 m	終點水頭 m	全損失水頭 m	摩擦損失水頭 m	局部損失水頭 m	動水頭 m
1	85.51	0.3399	3.9027	8.7850	112.27	0.0064	1.1143	0.219
2	108.53	0.4358	10.6676	8.8023	186.53	0.0103	1.8550	0.365
3	124.44	0.4941	11.4296	8.8133	261.53	0.0134	2.6029	0.512
4	147.24	0.5852	12.1216	8.8282	336.34	0.0193	3.3451	0.652
5	161.40	0.6416	12.9536	8.8374	411.62	0.0226	4.0936	0.806
6	173.29	0.6888	13.7155	8.8453	487.02	0.0259	4.8443	0.944
7	188.29	0.7422	14.4775	8.8545	572.30	0.0309	5.5922	1.101

ーレコーダー會社製ウエヤーに依り流量を測定したる後流速を算出す
 流速調節方法： 唧筒室内の揚水唧筒の運轉を加減する事に依る

始點水頭觀測方法： 唧筒室の休止中の唧筒に取付けある壓力計に送水管内の壓力を受けしめて測定せり
 終點水頭觀測方法： 唧筒を全部休止せしときの靜水壓を測定し此の管内靜水頭を以つて淨水場内ウエヤーの縁頂に至る靜水頭とせり

鐵管線路中の異形管の種類及數： 曲管 45°-22 個, 90°-1 個, 23 1/2°-5 個
 通水後經過年數： 11 箇月

第 3 章 實驗公式の作成

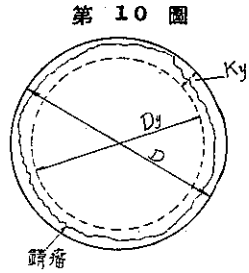
第 1 節 實驗公式の撰定

鐵管内流速と摩擦に依る損失水頭との關係を示す實驗公式は多數に發表せられて居りますが、其等の公式を大別しますと Chezy 公式 $v=C\sqrt{RS}$ (但 v は平均流速, S は動水勾配, R は平均動水半徑, C_1 は係數にして常數を示す) に於きまして係數 C_1 を實驗より種々なる形で求めたものと, $v=C_2 R^m S^n$ (v, R, S は前述と同記號にして C_2 は粗度の係數を示し, m, n は指數を示し共に常數なり) なる指數公式を使用し, 實驗より C_2, m, n を決定してをるものがあります。

前者は係數 v が R, S の項を含んだ複雑な形のものが多く實用には不便が多く、之に反し後者の C_2 は粗度の同一な管路に對しては, R 及 S に無關係な常數でありまして, 流速と摩擦損失水頭との關係が簡単に出来ますので實用に便利であります。依つて實驗公式は指數公式によることゝ致しましたが、年齢が變れば單に粗度だけで無く斷面積も變化する爲、之等に應じ係數を變へねばなりません。一般に鑄鐵管は通水後の經過年數に伴ひまして管の内壁面に鏽瘤が出来、通水斷面を徐々に縮少すると共に粗度を増加致しますが、此處では便宜上兩者を一括して粗度のみが増加するものとし、次に示す様な方法に依り實驗公式を組立てました。

第 10 圖に於きまして

- D: 新管の内徑
 - D_y: y 年後の有効内徑
 - 2Ky: y 年間に於ける管徑の縮少
- 尙又
- A: 新管の有効斷面積
 - v: " 平均流速
 - Q: " 流量
 - R: " 平均動水半徑
 - C: " 粗度係數
 - S: " 動水勾配



とし、y 年後のものに對しては夫々 A_y, v_y, Q_y, R_y, C_y, なる記號を使用する事にし、 $v = CR^m S^n$ (但 m, n は係數) なる指數公式を使用せば、

$$\frac{A_y}{A} = \frac{\frac{\pi}{4} D_y^2}{\frac{\pi}{4} D^2} = \left(\frac{D_y}{D}\right)^2 = \left(\frac{D-2Ky}{D}\right)^2 = \left(1 - \frac{2Ky}{D}\right)^2 = \left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^2$$

$$\frac{v_y}{v} = \frac{CR_y^m S^n}{CR^m S^n} = \left(\frac{R_y}{R}\right)^m = \left(\frac{D_y}{D}\right)^m = \left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^m$$

$$\frac{Q_y}{Q} = \frac{v_y A_y}{v A} = \left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^{2+m}$$

今 y 年後に於ても有效斷面は變化せず、流量の減少は凡て粗度係數 C の減少に因るものと假定すれば、

$$\frac{Q_y}{Q} = \frac{C_y R^m S^n}{CR^m S^n} = \frac{C_y}{C} = \left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^{2+m} \dots\dots(1)$$

今此の $\frac{C_y}{C} = \left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^{2+m}$ を 2 項定理に依り展開しますと、

$$\left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^{2+m} = 1 - (2+m) \frac{Ky}{2R} + \frac{(2+m)(1+m)}{2 \times 1} \left(\frac{Ky}{2R}\right)^2 - \dots$$

然るに $\frac{Ky}{2R}$ は Ky が y 年間の半徑の縮少を示し、2R は半徑を示してをりますから $\frac{Ky}{2R}$ は 1 より小であります。

従つてこの展開式は收斂します。そして $\frac{Ky}{2R}$ は非常に小さい數でありますから上式の 3 項以下を省略しますと、

$$\frac{C_y}{C} = \left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^{2+m} \doteq 1 - (2+m) \frac{Ky}{2R} \dots\dots(2)$$

次に $p = 1 - (2+m) \frac{Ky}{2R}$ とおきますと、(p は R, S に關係無き常數)

$$p^{\frac{y}{R}} = \left\{1 - (2+m) \frac{Ky}{2R}\right\}^{\frac{y}{R}} = 1 - (2+m) \frac{Ky}{2R} + \frac{y}{R} \left(\frac{y}{R} - 1\right) \frac{(2+m) \frac{Ky}{2R}}{2!} - \dots$$

$(2+m) \frac{Ky}{2R} < 1$ でありますから收斂級數であります。そして $(2+m) \frac{Ky}{2R}$ は非常に小さい數でありますから 3 項以下を省略しますと

$$p^{\frac{y}{R}} \doteq 1 - (2+m) \frac{Ky}{2R} \dots\dots(3)$$

(2) 式 (3) 式の右邊は同一でありますから、

$$\left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^{2+m} \doteq p \frac{y}{R}$$

従つて (1) 式より,

$$\frac{C_y}{C} = \left(1 - \frac{Ky}{2R}\right)^{2+m} \doteq p \frac{y}{R}$$

依つて實驗公式の形を次の如く定めました。

$$V = C_y R^m S^n = C p \frac{y}{R} R^m S^n \dots\dots\dots (4) \text{ (池田公式)}$$

此處に V は y 年後の斷面を新管斷面と同一にして、鑄腐に依つて斷面が縮小しないものと假定した場合の假想平均流速であります。従つて y 年後に於ける流量は $Q_y = VA$ に依つて算出されます。

上述の計算に依つて使用した p は常數でありまして、此の p を鑄腐係數と名づけますと、 y 年後の管内流速は C は變化しませんから、同一管の同一勾配では鑄腐係數の y/R 乘に依つてのみ變化致します。即ち自由な年齢に對する流速が直ちに實驗式に依つて算出する事が出來ます。

従つて管内流量も之の流速に新管斷面を乘ずる事に依つて直ちに算出されます。

第 2 節 名古屋市の實驗成績より求めたる實驗公式

實驗流速公式を第 1 節で撰定しました様に、

$$v = C p \frac{y}{R} R^m S^n$$

- 但し
- v : 平均流速 (m/sec)
 - R : 平均動水半徑 (m)
 - S : 動水勾配 (1/1 000)
 - C : 新管の粗度係數
 - y : 通水後の經過年數
 - p, m, n : 常數

と假定し、兩邊の對數を採りますと、

$$\log v = \log C + \frac{y}{R} \log p + m \log R + n \log S$$

此處に $x = \log C, y = \log p, z = m, w = n$

$$a = 1, b = \frac{y}{R}, c = \log R, d = \log S, e = -\log v$$

とおきますと、

$$ax + by + cz + dw + e = 0 \dots\dots\dots (5)$$

(5) 式の x, y, z 及び w を求めんとするのであります。

第 1 實驗より第 15 實驗に至る各實驗に於ける測定流速と動水勾配との關係より (5) 式を作り、之等の總べてを満足する x, y, z 及び w の most provable value を最小自乘法に依つて求めますと第 41 表~第 55 表の通りであります。

第 41 表乃至第 55 表の總合計を作りますと第 56 表の様になります。

第 4 2 表 第 2 號 1 100 mm 配水管 (南部幹線) 漏水後 1 年 7 箇月

NO	1	2	3	4	5	6
1	0.300	1.0720	0.400	1.0720	1.0720	1.0720
2	0.363	1.2240	0.210	1.2240	1.2240	1.2240
3	0.370	1.2240	0.270	1.2240	1.2240	1.2240
4	0.452	1.01625	0.330	1.01625	1.01625	1.01625
5	0.410	1.02543	0.360	1.02543	1.02543	1.02543
6	0.400	1.02543	0.360	1.02543	1.02543	1.02543

照 査

$(ax) + (ab) + (ac) + (ad) + (ae) = 34.40351, (af) = 34.40351$
 $(ab) + (bb) + (bc) + (bd) + (be) = 195.69099, (bf) = 195.69099$
 $(ac) + (bc) + (cc) + (cd) + (ce) = -19.11081, (cf) = -19.11081$
 $(ad) + (bd) + (dc) + (dd) + (de) = -22.05742, (df) = -22.05742$

NO	1	2	3	4	5	6
1	588811	-0.35570	-3.18176	0.52268	0.27420	0.30827
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1

cc	cd	ce	cd	de	f	af	bf	cf	df
0.30827	0.27256	-0.29045	1.73373	-0.00925	5.23674	5.23674	30.35526	-20.6251	-20.3786
0.37102	-0.14272	0.46262	0.46262	-0.17604	5.72026	5.72026	32.59035	-31.8310	-30.2522
0.31232	-0.11223	0.21613	-0.11223	-0.11223	5.77201	5.77201	32.83006	-32.0022	-32.4250
0.26220	-0.10310	0.22006	-0.08071	0.04001	5.04001	5.04001	33.22374	-32.4425	-27.0932
0.24310	-0.09497	0.19159	-0.07604	0.03802	5.85248	5.85248	33.38225	-32.6000	-25.6912
0.24450	-0.09092	0.19250	-0.07223	0.03520	5.85248	5.85248	33.22374	-32.5172	-25.8025
0.24092	-0.08410	0.18410	-0.06551	0.03051	5.85248	5.85248	33.22374	-32.5172	-25.8025

従つて x, y, z 及び w を求める正等式は

$$\begin{cases}
 +158.0000\ 0\ x + 9\ 066.5343\ 4\ y - 131.0571\ 4\ z - 12.7949\ 7\ w + 31.5662\ 6 = 0 \\
 +9\ 066.5343\ 4\ x + 1\ 083\ 893.7336\ 7\ y - 9\ 387.1839\ 2\ z + 1\ 103.9222\ 2\ w + 2\ 567.6968\ 1 = 0 \\
 -131.05714\ x - 9\ 387.1839\ 2\ y + 128.8244\ 3\ z - 13.8236\ 9\ w - 27.6665\ 1 = 0 \\
 -12.7949\ 7\ x + 1\ 103.9222\ 2\ y - 13.8236\ 9\ z + 57.6996\ 8\ w - 14.0995\ 9 = 0
 \end{cases}$$

之を解いて

$$x = 0.3615\ 0, \quad y = -0.0010\ 6, \quad z = 0.5565\ 7, \quad w = 0.4779\ 4$$

従つて實驗公式の對數式は (但し S の單位は 1 とす)

$$\log v = 0.3615\ 0 + (\bar{1}.9989\ 4) \frac{y}{R} + 0.5565\ 7 \log R + 0.4779\ 4(\log S + \log 1\ 000)$$

故に實驗公式は,

$$v = 62.42(0.9976)^{\frac{y}{R}} R^{0.557} S^{0.473} \dots \dots \dots \text{(第 1 公式)}$$

實驗公式の作成に當りましては測定器に依る誤差は第 2 章で述べました通り僅少でありますから之を省略し、各實驗に對する輕重率は總べて同一としました。

第 3 節 鑄管係數の指數に動水半徑を含まざる實驗公式

實驗公式を $v = Cp^{\frac{y}{R}} R^m S^n$ としましての係數及指數の決定に就いては、既に述べましたが此の式の鑄管係數 p の指數を y/R とせず、單に y のみに依つて變化するものとし、 $p^{\frac{1}{R}}$ に関しては動水半徑 R の指數を決定する場合に此の中に含ますものと考へますと實驗公式は $v = C_1 p^{y_1} R^{m_1} S^{n_1}$ となります。此の式では管徑が違ひましても y 年後の粗度係數は $C_1 p^{y_1}$ となりますから、年齢のみに依つて變化する事となります。之では大小口徑管のすべての管に適合する實驗公式としては、不合理でありますから、少くとも 2 つ又は 3 つに管徑を區分して實驗公式を作成しますと、近似的計算には使用する事が出來ます。それで名古屋市に於ける實驗成績中口徑 300 mm 管以下を小口徑管とし、口徑 700 mm 管以上を大口徑としまして實驗公式を作成しますと、次の通りであります。

A. 大口徑管の實驗公式

第 2 節に於て述べましたと同様な方法で、最小自乘法に依つて求めました正等式は次の通りであります。

$$\begin{cases}
 117\ x + 957.163\ y - 73.7206\ 1\ z - 35.8945\ 4\ w + 20.0586\ 0 = 0 \\
 957.163\ x + 14\ 682.0873\ 9\ y - 599.1675\ 9\ z - 243.830\ 9\ 6\ w + 162.3478\ 9 = 0 \\
 -73.7206\ 1\ x - 599.1675\ 9\ y + 46.8458\ 6\ z + 22.5289\ 8\ w - 12.6832\ 9 = 0 \\
 -35.8945\ 4\ x - 243.8309\ 6\ y + 22.5289\ 8\ z + 24.9594\ 2\ w - 12.3589\ 6 = 0
 \end{cases}$$

之を解いて

$$x = 0.1508\ 6, \quad y = -0.0032\ 3, \quad z = 0.2466\ 4, \quad w = 0.4579\ 8.$$

従つて實驗公式の對數式は、(S の單位は 1 とす)

$$\log v = 0.1508\ 6 + (\bar{1}.9967\ 7) y + 0.2466\ 4 \log R + 0.4579\ 8(\log S + \log 1\ 000)$$

故に實驗公式は大口徑管に對し

$$v = 33.49(0.9926)^y R^{0.247} S^{0.453} \dots \dots \dots \text{變形公式(A)}$$

となります。

B. 小口徑管の實驗公式

第 2 節に於て述べましたと同様な方法で最小自乗法に依つて求めました正等式は次の通りであります。

$$\left. \begin{aligned} 41x + 238.500y - 57.3365z + 23.09857w + 11.50766 &= 0 \\ 238.500x + 2515.8750y - 306.36609z + 47.01402w + 108.88261 &= 0 \\ -57.33653x - 306.36609y + 81.97857z - 36.35267w - 14.98322 &= 0 \\ 23.09857x + 47.01402y - 36.35267z + 32.74026w - 1.74063 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

之を解いて

$$x = 0.60302, \quad y = -0.01694, \quad z = 0.76225, \quad w = 0.49840$$

従つて實驗公式の對數式は (S の單位は 1 とす)

$$\log v = 0.60302 + (1.98306)y + 0.76225 \log R + 0.49840 (\log S + \log 1000)$$

故に實驗公式は小口徑管に對し

$$v = 135.38(0.9618)^y \times R^{0.762} S^{1.498} \dots \dots \dots \text{變形公式(B)}$$

となります。

此の式では前述の如く y 年後の粗度係數は C_1, p_1^y に依つて變化し、管徑に關しては變化しない事になります。然し y 年後に於ける流量が新管に對して減少する率は大口徑のものと小口徑のものと異り、 y 年後に於ける斷面が新管と同一と假定しますと、粗度係數は粗度及年齡に依つて變るばかりで無く、管徑に依つても變らなければなりません。

尙粗度係數を年齡の函數に依つて表はすことは、同一鐵管に對し長年月に互り流速と損失水頭の關係を調査して初めて出來得る事にして、其の結果は實驗に供した鐵管に就いてのみ使用せられるもので、他の鐵管に就いては使用する事が出來ません。

又口徑の異なる鐵管に就いては、上記の如き實驗公式を作成しましても、實驗に供した鐵管と殆んど同口徑の鐵管に就いて、概略的計算をなす場合に使用される程度だと思ひます。従つて大小口徑管を通じて一般に適用される實驗公式としましては、 $v = C_p \frac{y}{R} R^m S^n$ なる形でなければなりません。

第 4 節 我國諸都市の實驗を包含せる實驗公式

第 2 節に於て述べましたと同様な方法で名古屋市、東京市及和歌山市の實驗成績を總括したのより最小自乗法に依つて x, y, z 及び w を求めますと第 57 表乃至第 63 表の通りであります。

此の中に大阪市の實驗成績を考慮に入れなかつたのは大阪市の各實驗とも測點の數が少ないのと【實驗に供した 1 鐵管線路中に口徑の異なる鐵管があつた爲であります。

第 57 表乃至第 63 表の總合計を作りますと第 64 表の様になります。

従つて x, y, z 及び w を求める正等式は

$$\begin{aligned} 240x + 12717.27613y - 175.01517z - 13.36262w + 27.89247 &= 0 \\ + 12717.27613x + 1350206.56761y - 11426.70360z + 1667.19503w + 2253.31001 &= 0 \\ - 175.01517x - 11426.70360y + 153.50493z - 14.09188w - 26.27210 &= 0 \\ - 13.36262x + 1667.19503y - 14.09188z + 63.21362w - 16.05321 &= 0 \end{aligned}$$

之を解いて

$$x = 0.40883, \quad y = -0.00696, \quad z = 0.61176, \quad w = 0.50212$$

従つて實驗式の對數式は (但し S の單位は 1 とす)

$$\log v = 0.40883 + (1.99904) \frac{y}{R} + 0.61176 \log R + 0.50212 (\log S + \log 1000)$$

第 63 表 和歌山市水道 22 吋 送水管 通水後 11 箇月

NO	測位點	log ₄	50000	log S	a	b	c	d	e	f
	(1/1000)		(1/1000)		($\frac{1}{\sqrt{S}}$)	($\frac{1}{\sqrt{S}}$)	($\frac{1}{\sqrt{S}}$)	($\frac{1}{\sqrt{S}}$)	($\frac{1}{\sqrt{S}}$)	($\frac{1}{\sqrt{S}}$)
1	0.3394	2.3124	0.214	7.36260	1	0.00149	0.004310	-0.05949	0.000974	0.00102
2	0.9158	1.63929	0.365	2.56229	1	0.00376	0.01091	-0.03316		
3	0.4491	1.69347	0.352	2.70922	1	0.00272	0.00760	-0.02697	0.00169	0.00270
4	0.5853	1.70430	0.659	1.91989	1	0.00461	0.01404	-0.02329	0.00270	0.00377
5	0.6816	1.80760	0.806	1.80634	1	0.00346	0.01029	-0.02294	0.00169	0.00270
6	0.6088	1.84803	0.994	1.97920	1	0.00253	0.00709	-0.02049	0.00169	0.00270
7	0.2292	1.87255	1.191	1.82497	1	0.00482	0.01428	-0.02028	0.00169	0.00270
計					7	0.0037036	-5.94510	-1.69825	0.00406	0.00285

照 査

$(aa) + (ab) + (ac) + (ad) + (ae) = 46.6285 1, \quad (af) = 46.6285 1$
 $(ab) + (bb) + (bc) + (bd) + (be) = 302.2217 4, \quad (bf) = 302.2217 7$
 $(ac) + (bc) + (cc) + (cd) + (ce) = -29.6015 5, \quad (cf) = -29.6015 9$
 $(ad) + (bd) + (cd) + (dd) + (de) = -10.7685 7, \quad (df) = -10.7686 1$

第 64 表 第 57 表より第 63 表迄の総合計表

種別	測位點	log ₄	50000	log S	a	b	c	d	e	f	af	bf	cf	df
和歌山市水道	22 吋 送水管	0.3394	2.3124	0.214	7.36260	0.00149	0.004310	-0.05949	0.000974	0.00102	0.00149	0.00102	0.00102	0.00102
和歌山市水道	22 吋 送水管	0.9158	1.63929	0.365	2.56229	0.00376	0.01091	-0.03316			0.00376	0.01091	-0.03316	
和歌山市水道	22 吋 送水管	0.4491	1.69347	0.352	2.70922	0.00272	0.00760	-0.02697	0.00169	0.00270	0.00272	0.00760	-0.02697	0.00169
和歌山市水道	22 吋 送水管	0.5853	1.70430	0.659	1.91989	0.00461	0.01404	-0.02329	0.00270	0.00377	0.00461	0.01404	-0.02329	0.00270
和歌山市水道	22 吋 送水管	0.6816	1.80760	0.806	1.80634	0.00346	0.01029	-0.02294	0.00169	0.00270	0.00346	0.01029	-0.02294	0.00169
和歌山市水道	22 吋 送水管	0.6088	1.84803	0.994	1.97920	0.00253	0.00709	-0.02049	0.00169	0.00270	0.00253	0.00709	-0.02049	0.00169
和歌山市水道	22 吋 送水管	0.2292	1.87255	1.191	1.82497	0.00482	0.01428	-0.02028	0.00169	0.00270	0.00482	0.01428	-0.02028	0.00169
計						0.0037036	-5.94510	-1.69825	0.00406	0.00285	0.0037036	-5.94510	-1.69825	0.00406

故に實驗公式は

$$v = 82.26 \times 0.9978 \frac{v}{R} R^{0.612} S^{0.502} \dots \dots \dots \text{(第 2 公式)}$$

となります。

此の式と前述の第 1 公式と比較して見ますと係數、動水半徑及動水勾配の指數には多少の相違がありますが鑄管係數は殆んど相違がありません。此の事は特に注意すべき事だと思ひます。

係數や動水半徑の指數が前述の第 1 公式よりは多少大きくなつておりますが、之は實驗方法、實驗精度其の他の狀況等に依り相違して來たものと思ひます。

然し之とても流速の算出に當りましては第 1 公式と大差がありません。何となれば動水半徑は大體 1 より小さい數でありますから、動水半徑の指數が大きくなれば動水半徑の項は小さくなります。

従つて係數 C が第 1 公式より大きくなつて居りまして、之と動水半徑の項との相乗積は第 1 公式の之等の相乗積とは殆んど同じ値を示すからであります。

第 4 章 實測値と實驗公式との比較

第 3 章で求めました第 1 公式と各實驗に於ける實測値とを實測範圍内で比較しますと、全實驗を通じ、管徑、勾配及び年齡の如何を問はず、大體に於て何れも實測値と計算値とが一致して居りますことは附圖第 11 乃至附圖第 25 の通りであります。

又名古屋市、東京市及び和歌山市の實驗成績を總括して作成しました前記實驗公式(第 2 公式)と、各實測値とも附圖第 26 乃至附圖第 44 に示した通り大體合致いたします。局部的に多少相違の點がありますことは止むを得ぬ事と考へます。以下第 1 公式と公式作成に使用した實測値と比較して見ますと、次の通りであります。

- 第 1 實驗 (1100 mm 導水管の第 3 號線、通水後 1 年 5 箇月) では、全體に實測値より大きい流速を示し、
 第 2 實驗 (1100 mm 配水本管南部幹線通水後 1 年 7 箇月) では、實測値と略一致し、動水勾配 $\frac{0.33}{10000}$ (流速毎秒 0.65 m) 附近で全く一致します。
 第 3 實驗 (42 吋配水本管の中部幹線、通水後 16 箇年) では、全體に實測値より小さい流速を示し、
 第 4 實驗 (36 吋導水管第 1 號線、通水後 15 箇年) では、全體に實測値よりやゝ小さい流速を示しますが、良
 く一致し、
 第 5 實驗 (36 吋導水管第 1 號線、通水後 20 箇年) では、全體に實測値と良く一致し、
 第 6 實驗 (36 吋導水管第 2 號線通水後 1 年 4 箇月) では、全體に實測値より小さい流速を示し、
 第 7 實驗 (36 吋導水管第 2 號線、通水後 6 年 7 箇月) では全體に實測値より大きい流速を示し、
 第 8 實驗 (800 mm 急速濾過池用洗滌水管、新管) では實測値より小さい流速を示し、
 第 9 實驗 (700 mm 配水本管北部幹線、通水後 2 箇年) では實測値より小さい流速を示します。
 第 10 實驗 (300 mm 配水管、通水後 6 箇年) では全體に良く實測値と一致します。
 第 11 實驗 (10 吋透水管、通水後 16 箇年) でも全體に良く實測値と一致します。
 第 12 實驗 (200 mm 配水管、通水後 2 箇年) では動水勾配緩な時は實測値より大きい流速を示し急な時は實測
 値より小さい流速を示し、大略實測値と一致します。
 第 13 實驗 (150 mm 配水後 5 年 6 箇月) では全體に實測値より大きい流速を示し、
 第 14 實驗 (100 mm 配水管、通水後 2 年 9 箇月) 及び

第 15 實驗 (75 mm 配水管, 通水後 1 年 9 箇月) では動水勾配の緩な時は實測値より大きい流速を示し, 動水勾配の急な時は實測値より小さい流速を示し大略實測値と一致します。

以上各實驗と第 1 公式との比較は上述の通りですが, 總括的に見ますと, 第 1 公式作成に利用した 15 實驗中で 4 實驗 (36 吋導水管第 1 號線の通水後 15 箇年及 20 箇年の實驗, 10 吋送水管の通水後 16 箇年の實驗及 300 mm 配水管の通水後 6 箇年の實驗) は特に實驗公式と實測値とは一致し, 3 實驗 (36 吋導水管 2 號線の通水後 6 年 7 箇月の實驗, 1100 mm 導水管第 3 號線の通水後 1 年 5 箇月の實驗及 150 mm 配水管の通水後 5 年 6 箇月の實驗) は實測値より大きい流速を示し, 3 實驗 (36 吋導水管 2 號線の通水後 1 年 4 箇月の實驗, 700 mm 配水管の通水後 2 箇年の實驗及 42 吋配水管の通水後 16 箇年の實驗) は實測値より小さい流速を示し, 其の他の 5 實驗は實測範囲の中間で實測値と一致し, 實測範囲の兩端では多少の相違があります。次に各市總括の第 2 公式と實測値との比較に就きましても殆んど上述と同様の事が云へます。之を要するに第 1 公式及第 2 公式は全部を通じ大體に於て實測値と合致いたします。

第 5 章 在來著名實驗公式と本實驗公式との比較

廣く水道管の流量算出に使用せられます實驗公式は色々ありますが, 其の中著名なる實驗公式として W-Hazen 公式, Kutter 公式及び Flamant 公式を選び, 之等の實驗公式と名古屋市に於ける實驗を基礎として導き出した第 1 公式とに就きまして, 口径 100 mm, 300 mm, 900 mm 及び 1100 mm の 4 種の鐵管に對し比較して見ますと附圖第 45 乃至附圖第 48 の如くであります (各市總括の第 2 公式に就きましては附圖第 49 乃至附圖第 52 の通り殆んど第 1 公式と同様の事が云へます)。口径 1100 mm 鐵管に於きましては, 動水勾配 0.2/1000 ~ 1.5/1000 (毎秒 0.500 m ~ 1.500 m) 附近にて新管に對しては, Hazen 公式 $C=130$ と $C=120$ との間にあり, Kutter 公式 $n=0.012$ に大略一致し, Flamant 公式より著しく小さい流速を示します。

通水後 10 箇年に於きましては, Hazen 公式 120 と 110 との中間の流速を示し, Kutter 公式 $n=0.013$ と大略一致し, Flamant 古管公式より著しく小さい流速を示します。

口径 900 mm 鐵管に於きましては, 動水勾配 0.2/1000 ~ 1.5/1000 (毎秒流速 0.400 m ~ 1.500 m) 附近に於て新管に對しては Hazen 公式 $C=130$ と $C=120$ との間にあり, Kutter 公式 $n=0.012$ と殆んど一致し, Flamant 新管式より餘程小さい流速を示します。

通水後 10 箇年に於きましては Hazen 公式 $C=120$ と $C=100$ の中間の流速を示し, Kutter 公式 $n=0.013$ と大略一致し, Flamant 古管公式より著しく小さい流速を示します。

口径 300 mm 鐵管に於きましては, 動水勾配 0.5/1000 ~ 5/1000 (毎秒流速 0.350 m ~ 1.000 m) 附近に於て, 新管に對しては Hazen 公式 $C=130$ 及び Flamant 新管公式と殆んど一致し, 殊に毎秒流速 0.800 m 附近で最もよく一致します。

而して Kutter 公式 $n=0.010$ と $n=0.011$ との中間の流速を示します。

通水後經過年數 5 箇年に於きまして, Hazen 公式 $C=110$, Kutter 公式 $n=0.012$ 及び Flamant 古管公式と殆んど一致し, 殊に毎秒流速 0.600 m 附近で最もよく一致します。

通水後經過年數 10 箇年に於きましては, Hazen 公式 $C=100$ 及び Kutter 公式 $n=0.013$ よりやゝ小さい流速を示します。

口径 100 mm 鐵管に於きましては, 動水勾配 0.5/1000 ~ 5/1000 (毎秒流速 0.200 m ~ 0.600 m) 附近に於て新管

に對しては Hazen 公式 $C=140$ より大なる流速を示し, Kutter 公式 $n=0.010$ 及び Flamant 新管公式より餘程大なる流速を示します。

通水後經過年數 5 箇年に於きましては Hazen 公式 $C=90$ と大略一致し, Kutter 公式 $n=0.012$ と $n=0.013$ との中間の流速を示し, Flamant 古管公式より餘程小さい流速を示します。

要するに, 第 1 公式と在來の諸公式と新管に就きまして比較して見ますと, 上述の動水勾配の範圍内では, 本公式は小口徑管にあつては大きい流速を示し, 大口徑管にあつては小さい流速を示し, 口徑 300 mm 管附近に於て殆んど一致します。舊管に就いては他公式には流量算出に準據すべきもの極めて少なく, 従つて第 1 公式と比較する事は困難でありますが, 其の中只 Hazen 公式のみは幾分各種年齡に就いて係數を與へております。

然し之とても前述の通り最近アメリカで一般に Hazen 公式より算出せる舊管流量は實測値より過大だと云はれて居りますから本公式の對稱とはならぬと考へます。

然るに第 1 公式は大體名古屋市に於ける舊管の實測値と何れも合致し, 又第 2 公式は名古屋市, 東京市等我國主要なる都市に於ける舊管の實測値と大體合致しますから, 從來の諸公式よりは便利で正確なものと考へます。

第 6 章 結 論

名古屋市に於ける實驗を基礎として導き出しました此の第 1 公式及び各市總括の第 2 公式は, 實測値との比較の際に於て述べました様に管徑, 勾配及び年齡の變化に應じ大體何れの管にも合致致します。多少の相違は實驗方法, 實驗精度其他狀況等が異なる實驗成績より實驗公式を作成しましたから止むを得ぬ事と考へます。

尙名古屋市のみの實驗より算出しました第 1 公式と本邦他都市の實驗をも包含せる第 2 公式との 鑄管係數が殆んど一致して居ります事は, 本公式の我國上水道用鑄鐵管全般に對し特殊のものを除けば, 大體共通の可能性を有する事を如實に物語るものと考えられ, 又特に水質や管の性質の著しく異なつたものに對しても, 鑄管係數 p の値を多少變化すれば如何なる場合にも適用し得ると考へます。

即ち水道管内の流速は新舊を通じて $v=Cp^{\frac{1}{2}}RmS^a$ なる池田公式を以て一般に表はす事が出来ます。

尙本公式と實際値との多少の相違は, 今後各所で行はるべき多數實驗の結果により順次其の差を縮小され實際値に合致し得るものと信じます。

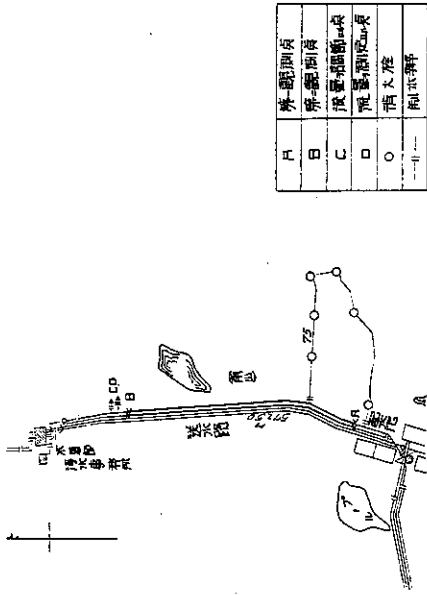
従つて將來本公式の係數及び指數に多少の變化もある事と豫期して居ます。

次に第 1 公式に就いて通水後の經過年數に伴ふ流量減少の割合を見ますと, 其の影響は大口徑管より小口徑管の方が大きいのであります。

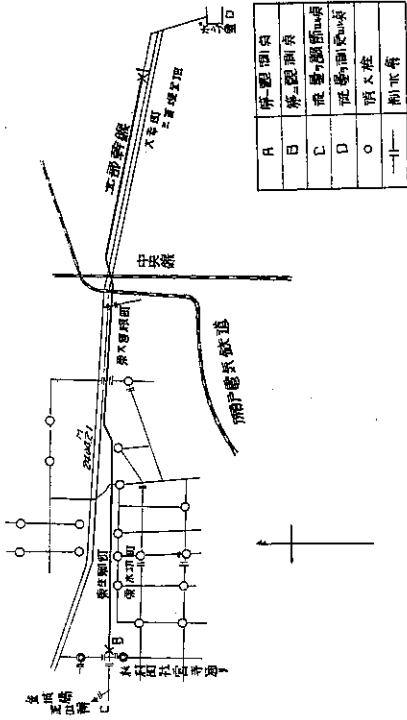
例へば口徑 300 mm 管と口徑 1100 mm 管と比較して見ますと, 口徑 300 mm 管では通水後約 22 年にして其の流量は半減するに反し, 口徑 1100 mm 管では通水後約 80 年を要します。

今回新しい實驗公式を作成し, 僅少なる實驗結果より之等の係數を定め發表する所以は, 之が動機となり多數の實驗が行はれ, 此の實驗公式の係數なり指數の値がよりよく實際に適合する様に是正される事を希望すると同時に, 今後の計畫又は擴張に際し, 多少なりとも參考とならん事を希望した爲であります。

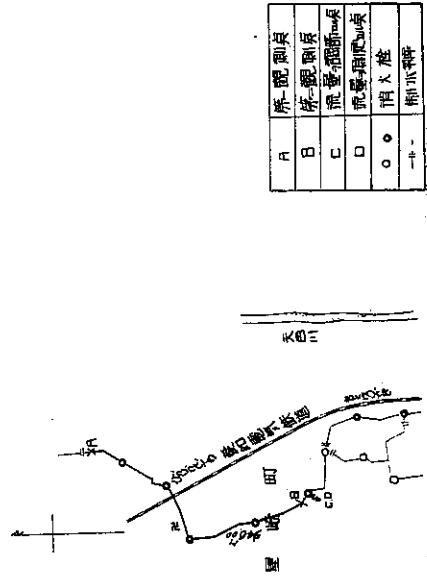
附圖第 7 内徑 1.0 吋, 200 mm 鐵管損失水頭斷面平面圖



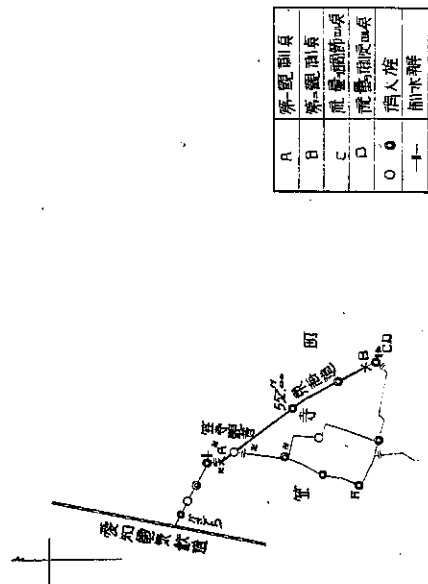
附圖第 5 内徑 700 mm 鐵管損失水頭斷面平面圖



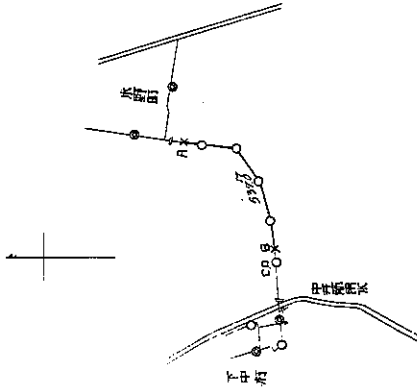
附圖第 8 内徑 150 mm 鐵管損失水頭斷面平面圖



附圖第 6 内徑 300 mm 鐵管損失水頭斷面平面圖

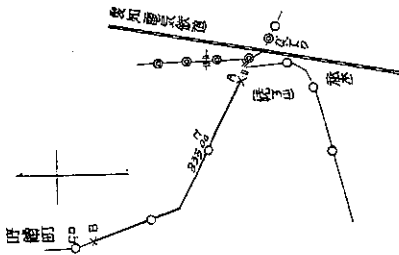


附圖第 10 内徑 75 mm 鐵管損失水頭斷面平面圖



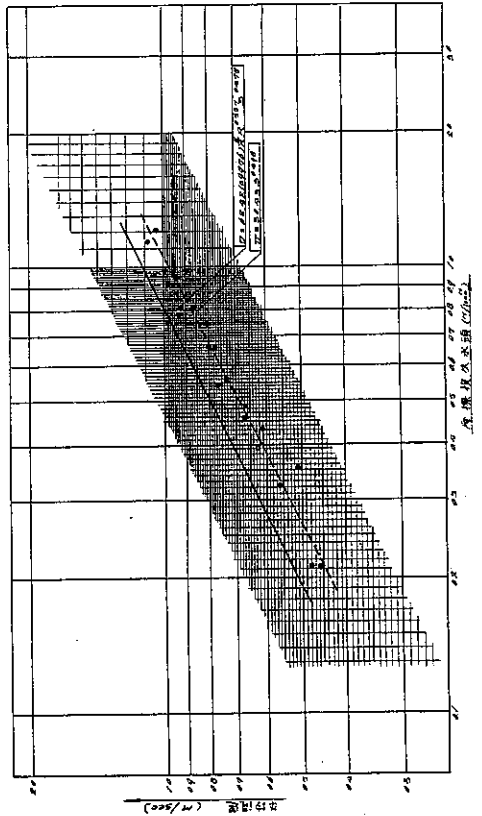
A	外徑測点
B	外徑測点
C	流量測点
D	流量測点
○	消火栓
—	制水管

附圖第 9 内徑 100 mm 鐵管損失水頭斷面平面圖

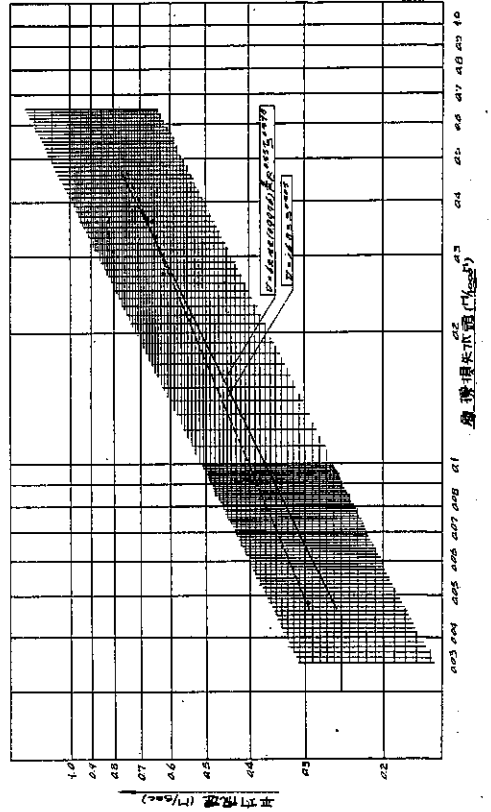


A	外徑測点
B	外徑測点
C	流量測点
D	流量測点
○	消火栓
—	制水管

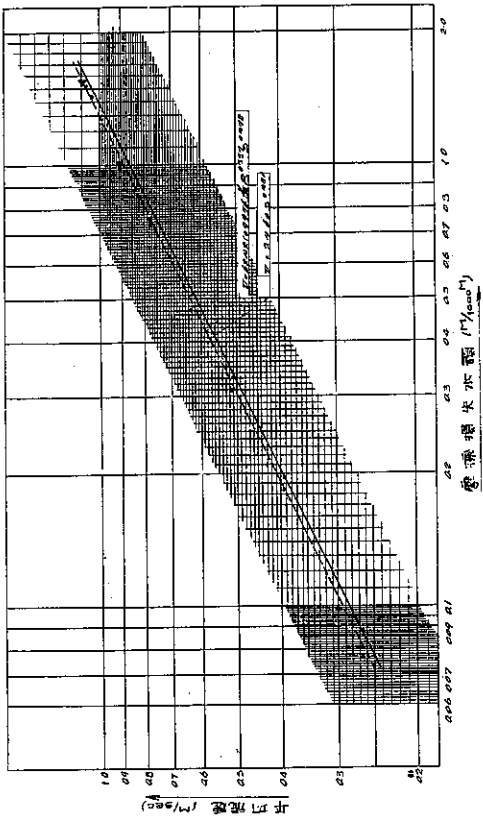
附圖第 11 内徑 100 mm 鐵水管 (第 3 號線) (觀測年月 昭和 8 年 11 月 1 年 5 個月)



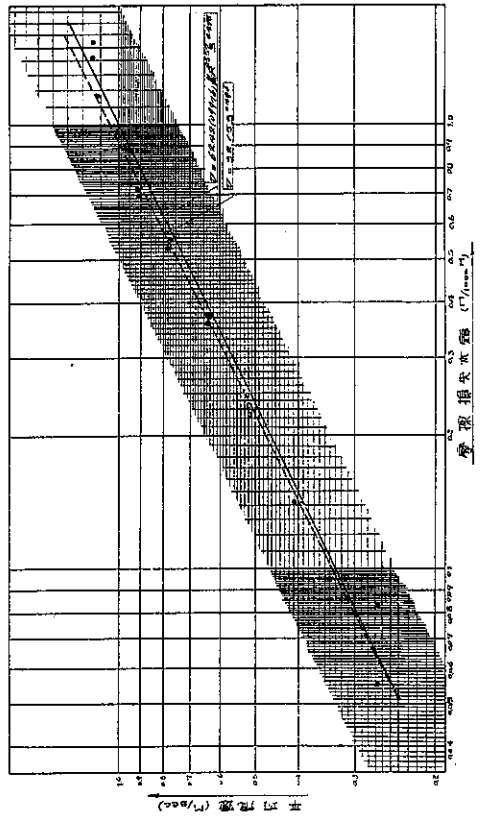
附圖第 12 内徑 100 mm 鐵水管 (南部幹線) (觀測年月 昭和 4 年 4 月 1 年 7 個月)



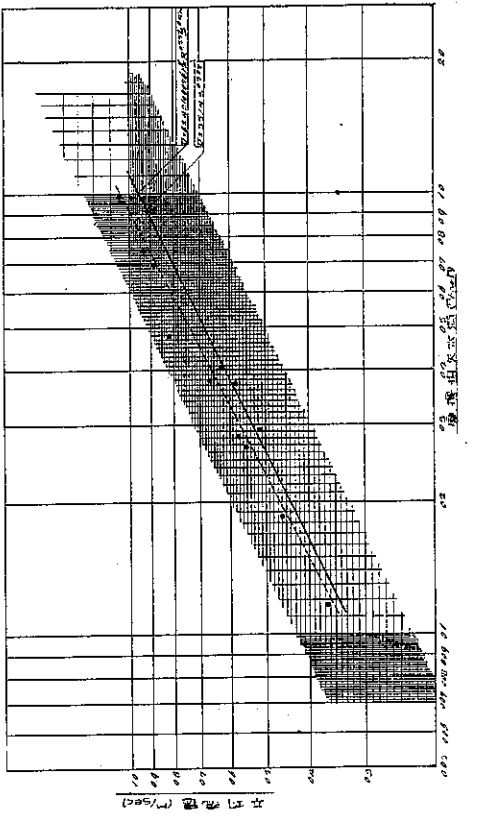
附圖第 14 内徑 36 吋導水管 (第 1 號線) (昭和 3 年 8 月 15 號年)



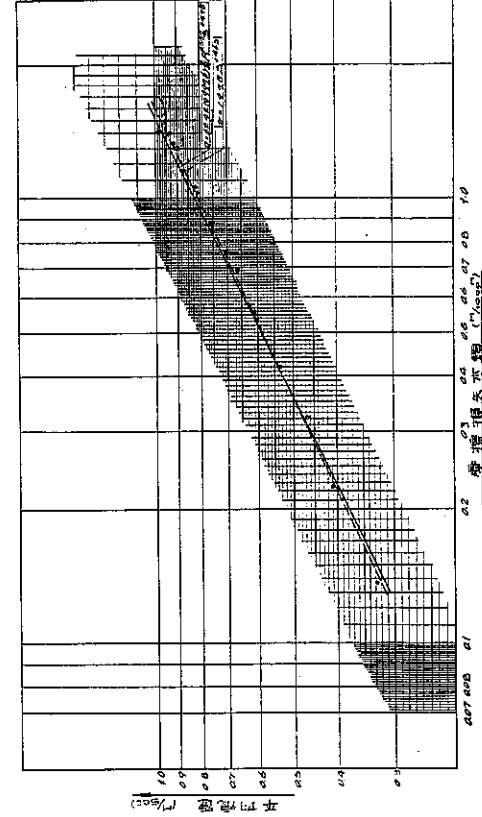
附圖第 16 内徑 36 吋導水管 (第 2 號線) (昭和 3 年 8 月 1 年 4 號月)



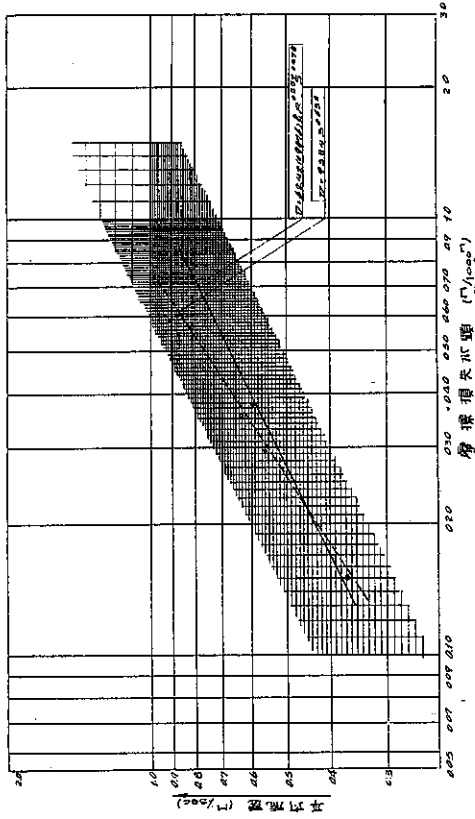
附圖第 13 内徑 42 吋配水管 (中部幹線) (昭和 4 年 4 月 10 號年)



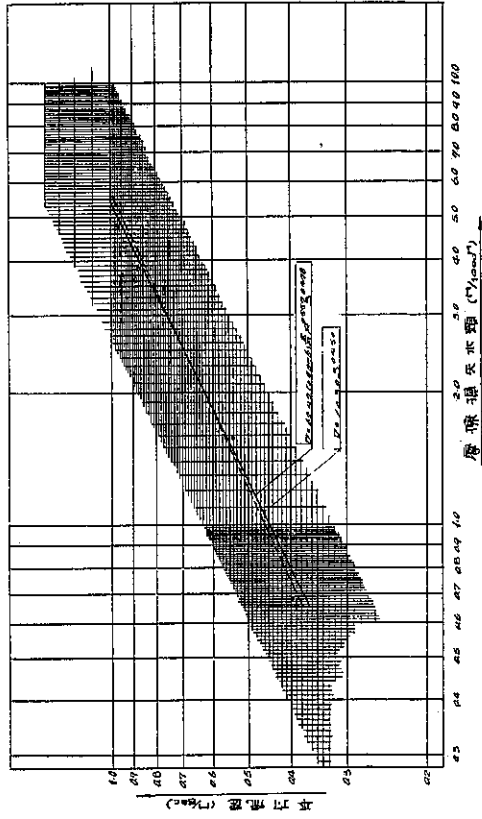
附圖第 15 内徑 36 吋導水管 (第 1 號線) (昭和 8 年 11 月 10 號年)



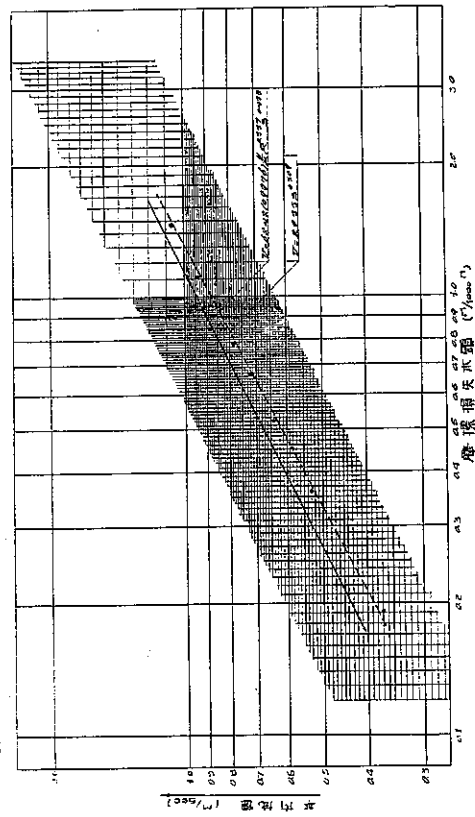
附圖第 1 8 内徑 800 mm 洗濯管 (昭和 9 年 8 月)



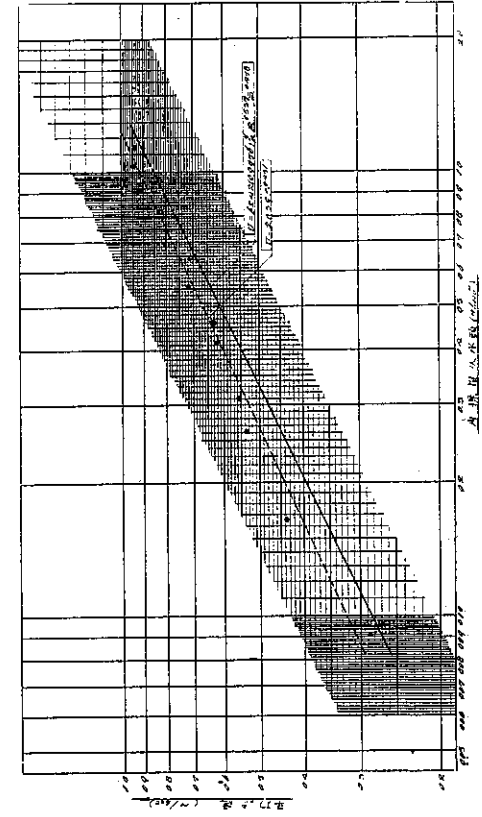
附圖第 2 0 内徑 300 mm 配水管 (昭和 9 年 9 月)



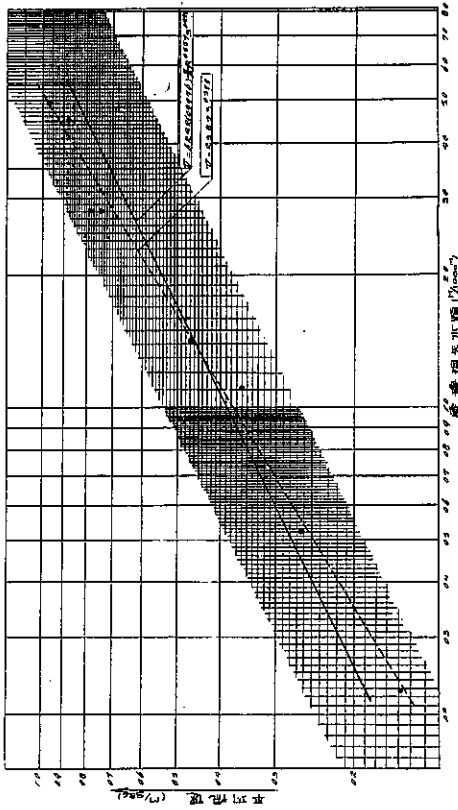
附圖第 1 7 内徑 36 吋鑄水管 (第 2 號線) (昭和 8 年 11 月)



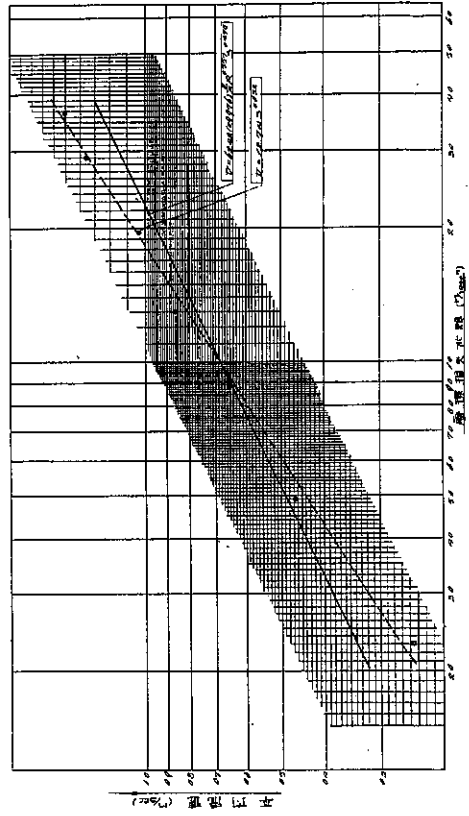
附圖第 1 9 内徑 700 mm 配水管 (北部幹線) (昭和 4 年 5 月)



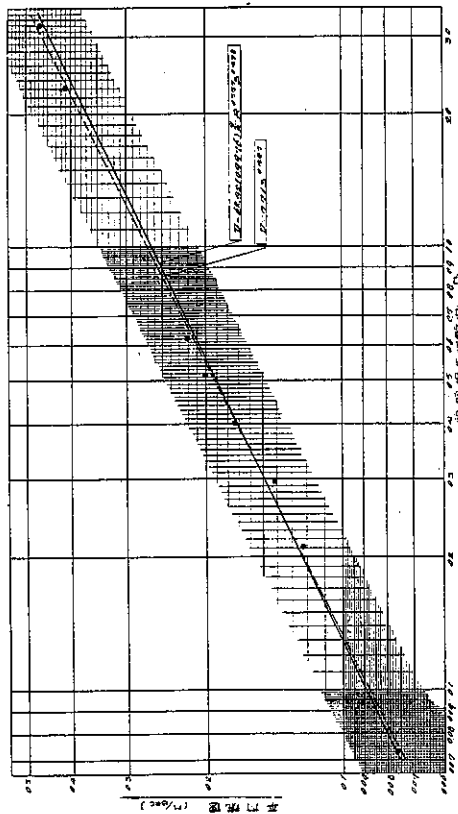
附圖第 2 2 内徑 200 m 配水管 (昭和 9 年 11 月 2 日 調査)



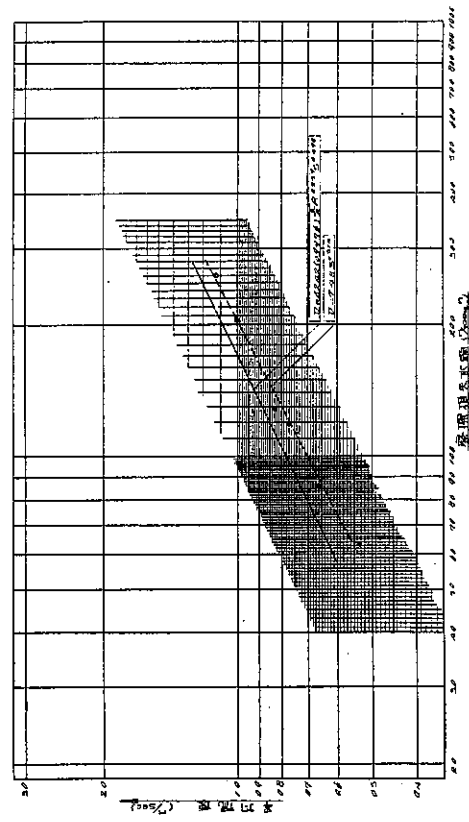
附圖第 2 4 内徑 100 mm 配水管 (昭和 9 年 9 月 2 日 調査)



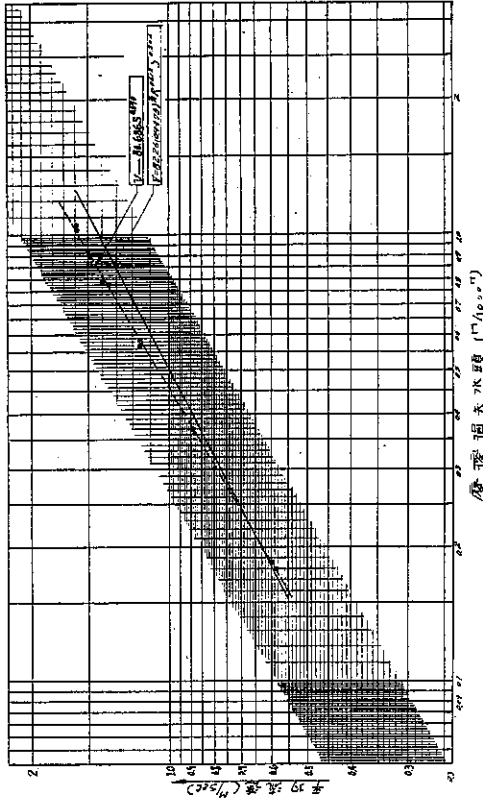
附圖第 2 1 内徑 10 吋配水管 (昭和 9 年 11 月 10 日 調査)



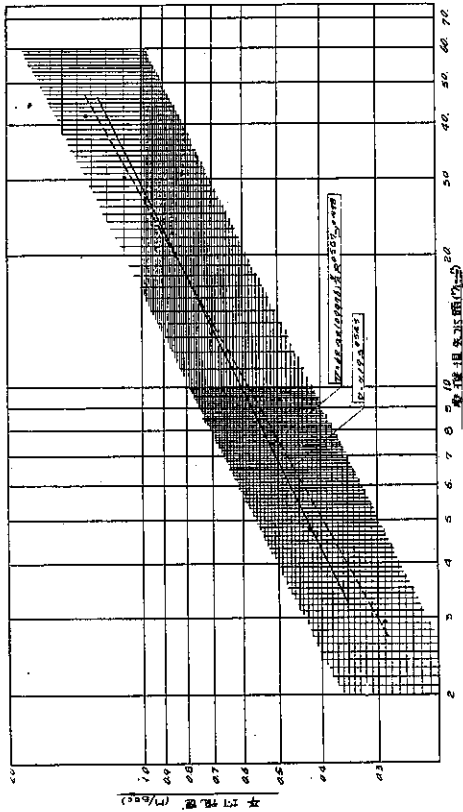
附圖第 2 3 内徑 150 mm 配水管 (昭和 9 年 9 月 3 日 調査)



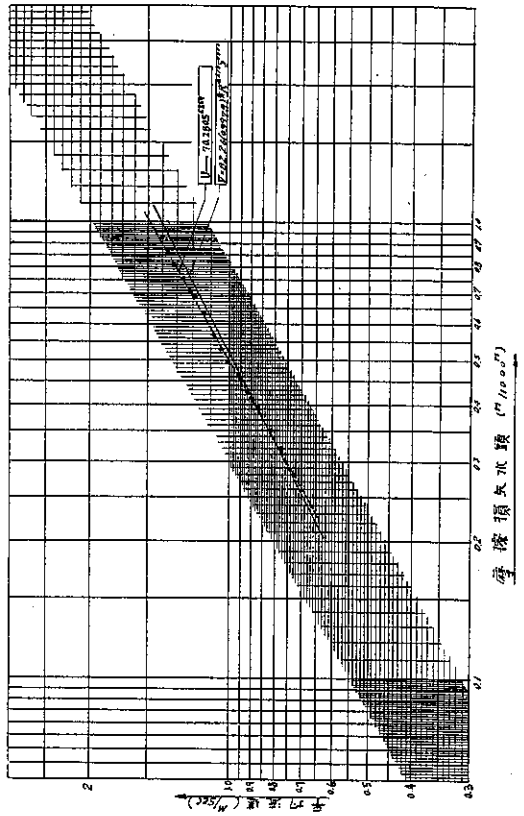
附圖第 2 6 東京市水道 1,500 mm 配水鐵管 (觀測年月 昭和 2 年 6 月 (通水後起過年數 1 個月))



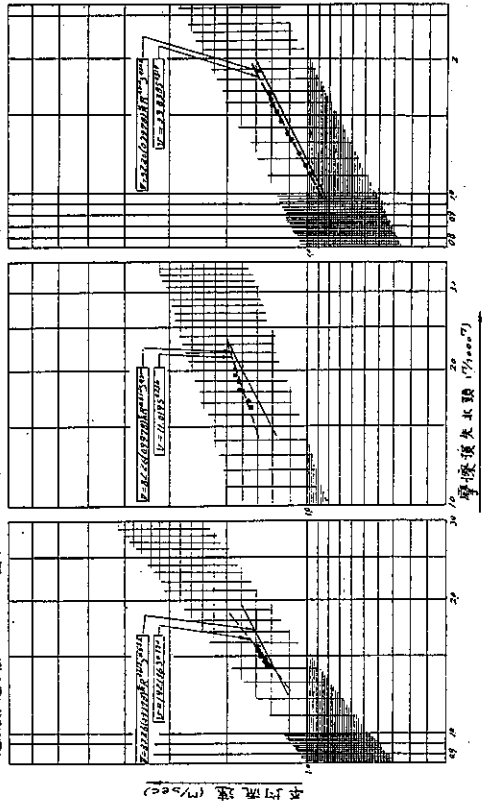
附圖第 2 5 內徑 75 mm 配水管 (觀測年月 昭和 9 年 9 月 (通水後起過年數 1 年 9 個月))



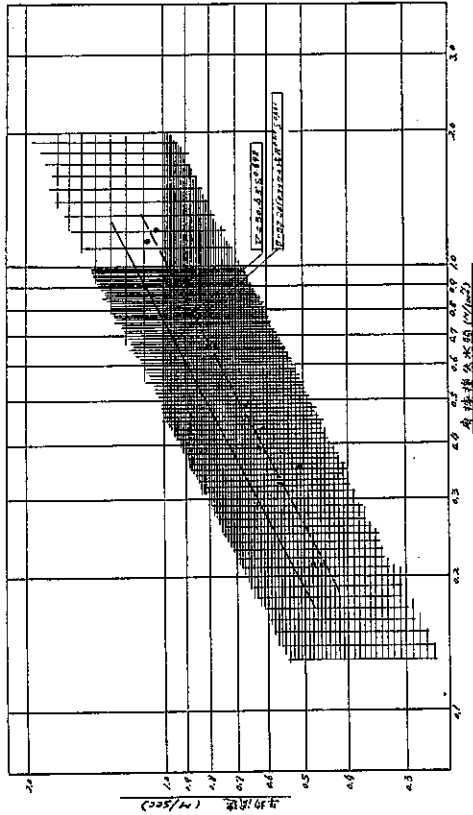
附圖第 2 7 東京市水道 1,500 mm 配水鐵管 (觀測年月 昭和 9 年 7 月 (通水後起過年數 3 年 4 個月))



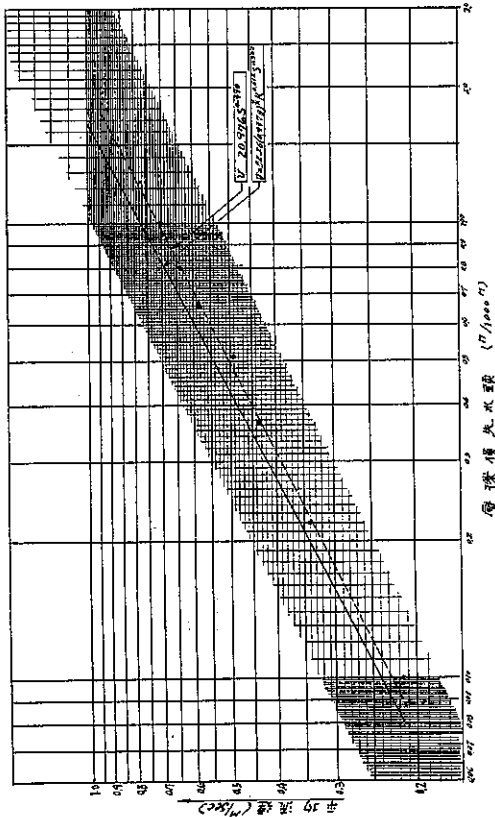
附圖第 2 8 東京市水道 1,100 mm 送水鐵管 (觀測年月 大正 6 年 6 月 (通水後起過年數 19 年 0 個月)) (觀測年月 昭和 8 年 8 月 (通水後起過年數 27 年 9 個月))



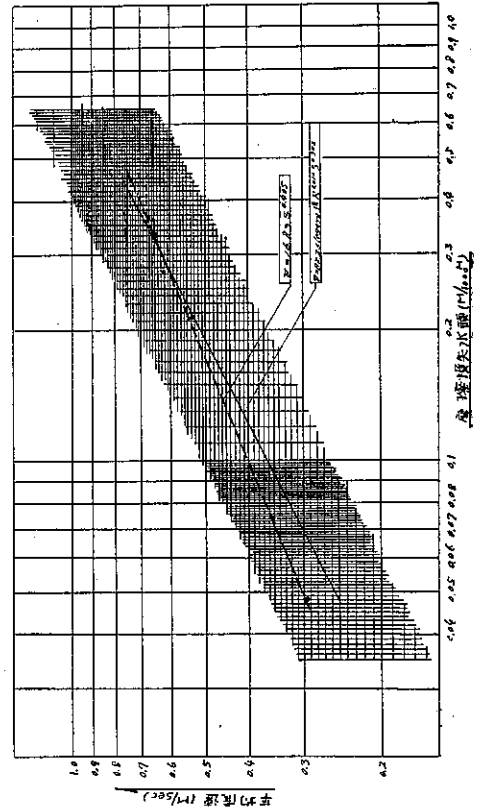
附圖第 3 0 内徑 1100 mm 導水管(第 3 號線) (觀測年月 昭和 8 年 11 月) (通水後經過年數 1 年 5 箇月)



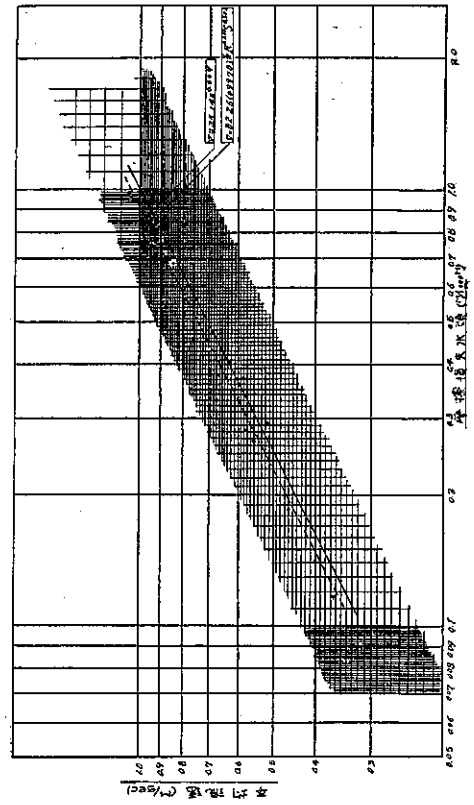
附圖第 2 9 和歌山市水道 22 吋送水鐵管 (觀測年月 大正 13 年 7 月) (通水後經過年數 1 箇月)



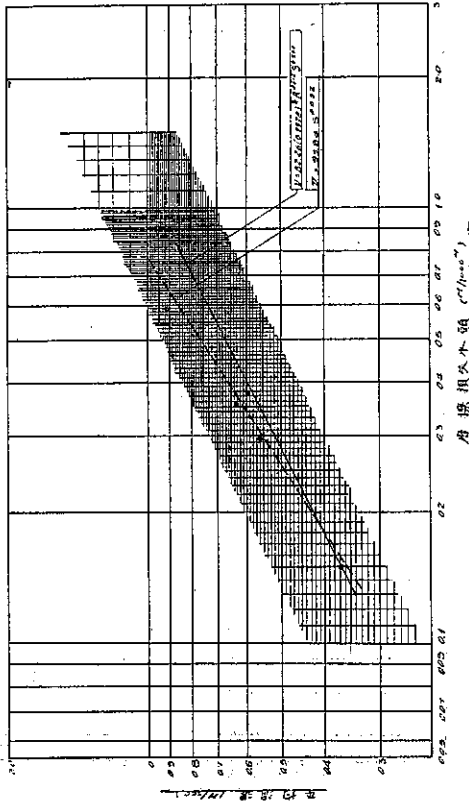
附圖第 3 1 内徑 1100 mm 配水管(南部幹線) (觀測年月 昭和 4 年 4 月) (通水後經過年數 1 年 7 箇月)



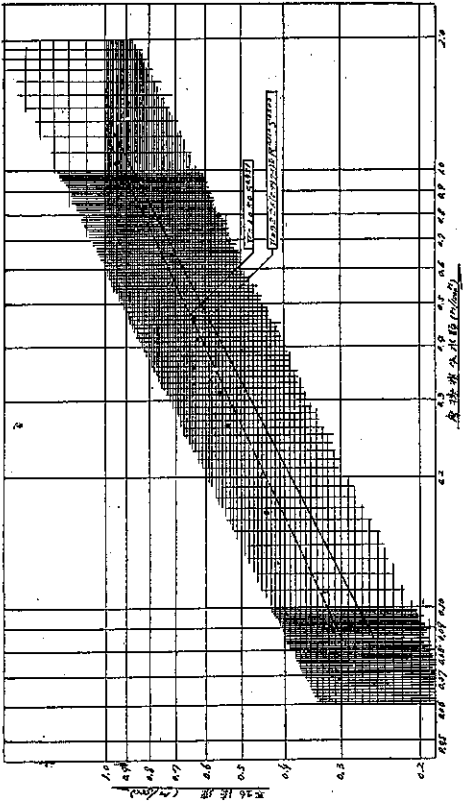
附圖第 3 2 内徑 42 吋配水管(中部幹線) (觀測年月 昭和 4 年 4 月) (通水後經過年數 1 箇月)



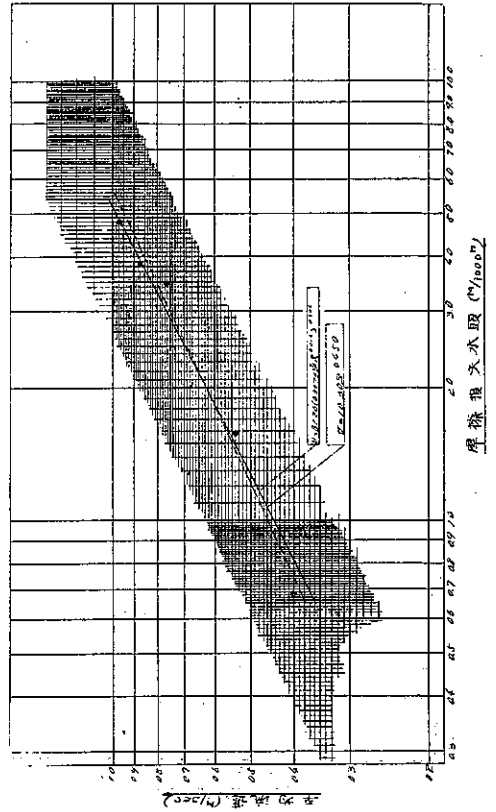
附圖第 37 内徑 800 mm 洗滌管 (観測年月 昭和 9 年 8 月)



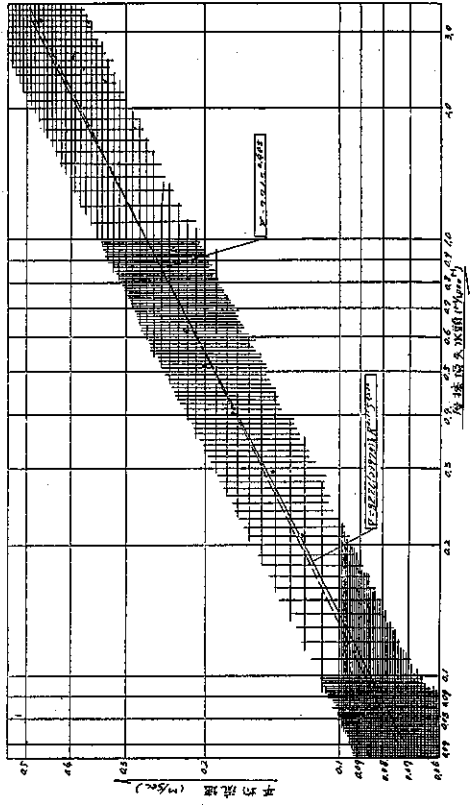
附圖第 38 内徑 700 mm 配水管 (北部幹線) (観測年月 昭和 4 年 3 月)



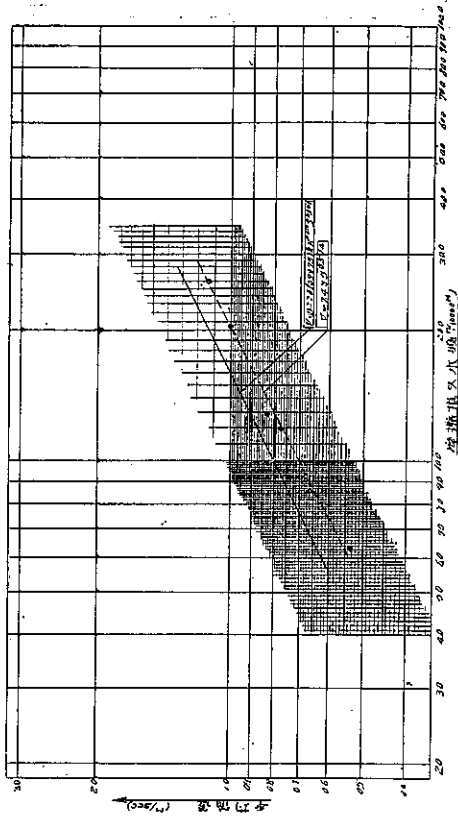
附圖第 39 内徑 300 mm 配水管 (観測年月 昭和 9 年 9 月)



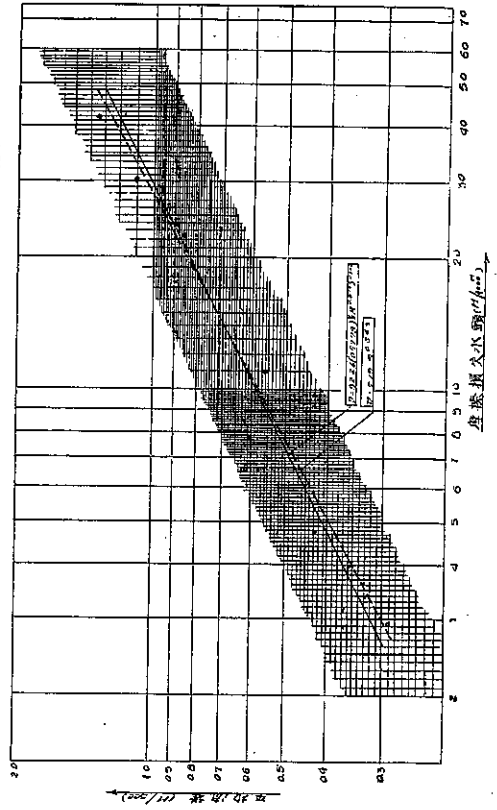
附圖第 40 内徑 10 吋配水管 (観測年月 昭和 9 年 11 月)



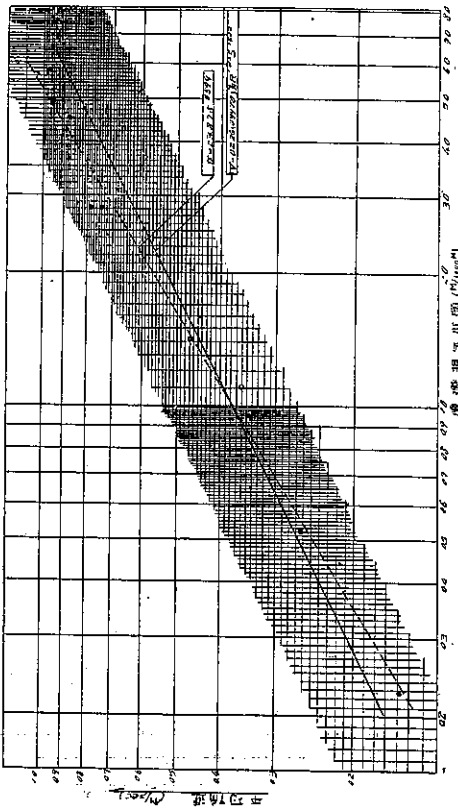
附圖第 4 2 内徑 150 mm 配水管 (觀測年月 昭和 9 年 9 月 (通水後總年數 5 年 6 個月))



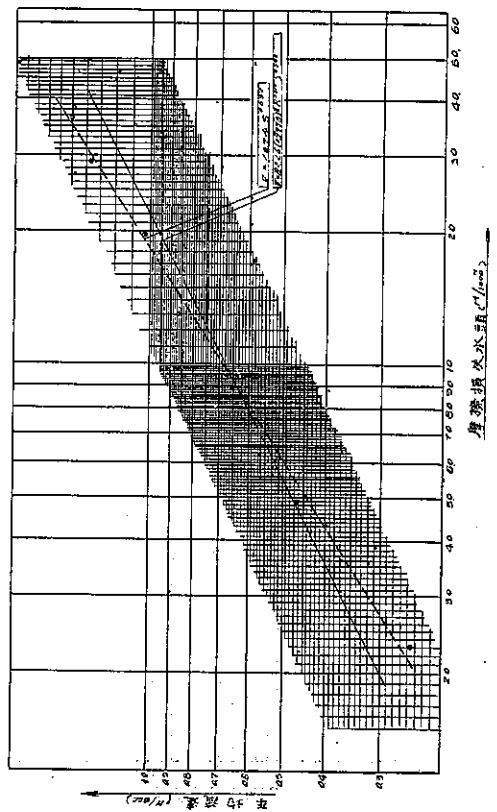
附圖第 4 4 内徑 75 mm 配水管 (觀測年月 昭和 9 年 9 月 (通水後總年數 1 年 9 個月))



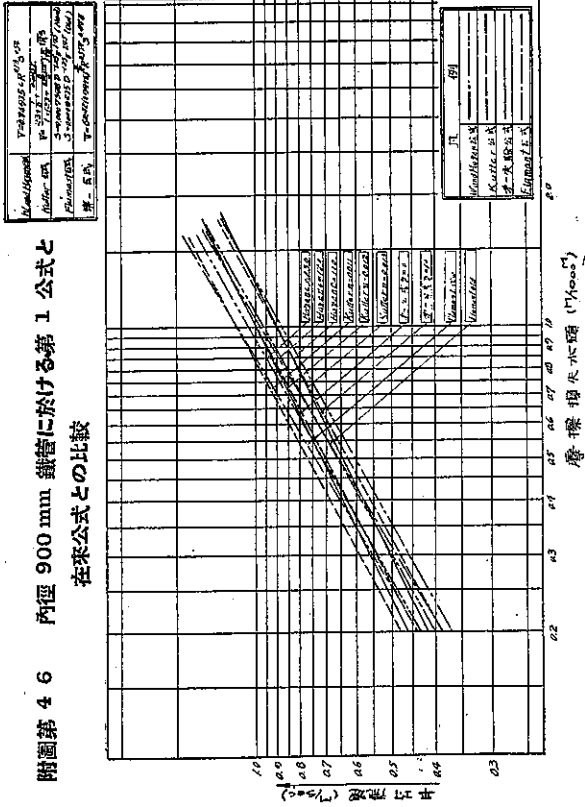
附圖第 4 1 内徑 200 mm 配水管 (觀測年月 昭和 9 年 11 月 (通水後總年數 2 個月))



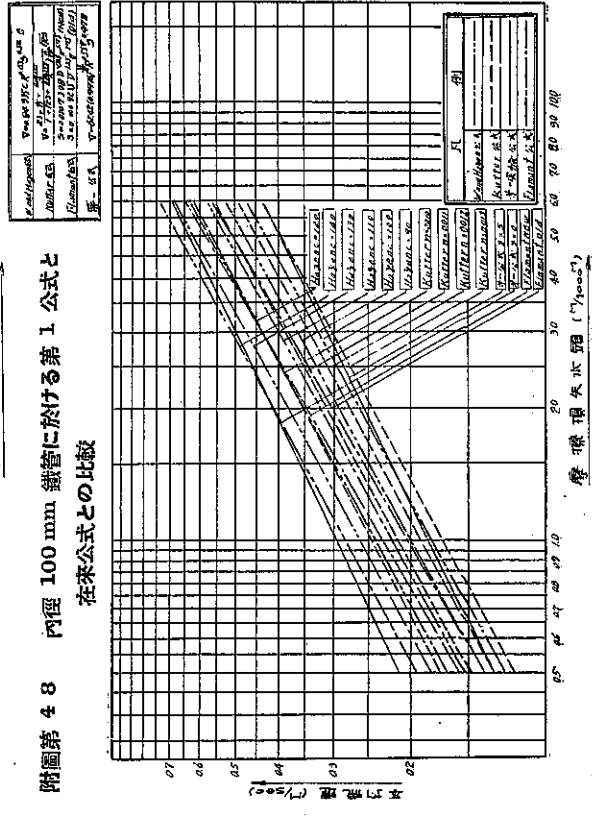
附圖第 4 3 内徑 100 mm 配水管 (觀測年月 昭和 9 年 9 月 (通水後總年數 2 年 2 個月))



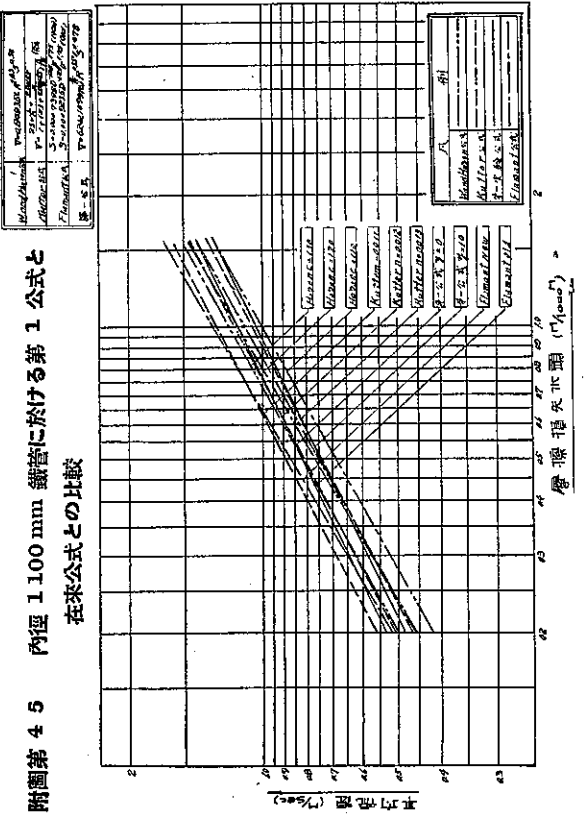
附圖第 4 6 内徑 900 mm 鐵管に於ける第 1 公式と
在來公式との比較



附圖第 4 8 内徑 100 mm 鐵管に於ける第 1 公式と
在來公式との比較



附圖第 4 5 内徑 1100 mm 鐵管に於ける第 1 公式と
在來公式との比較



附圖第 4 7 内徑 300 mm 鐵管に於ける第 1 公式と
在來公式との比較

