

札幌市第一期水道擴張事業について

正 員 札幌市水道部工務課 伊 藤 健 二

I. ま え が き

札幌市の上水道は昭和9年2月22日にその工事認可をうけ、昭和12年6月30日に竣功したものでその施設基準は次の通りである。

給水区域	札幌市一円
計画給水人口	220,000 人
計画1人1日平均給水量	125 ℓ
計画1人1日最大給水量	163 ℓ
計画1日最大給水量	35,800 m ³
導水管	700 耗鋳鉄管 2,923 m
浄水場	
{ 原 水 室	1 池
{ 攪 拌 槽	100 m ³ ×4 池
{ 薬品沈澱池	1,600 m ³ ×4 池
{ 急速浄過池	76.5 m ² ×4 池
配水池	6,000 m ³ 2 池

表一1 は過去の実績であるが給水量は逐年増加し特に

1人1日最大給水量は昭和20年で516 ℓ という数字を示し給水量は昭和19年を境として急激に増加している。しかしながら導水能力が約 54,000 m³/d あるため濾過速度を早めて漸くその需要に応じて断水を免れてきたのが現在までの実体である。

終戦後は急激な市勢の発展と共に市民生活の安定、衛生思想の普及、地下水汚染度の増加、地下水の枯渇等に基因して給水人口が急増する傾向を示し更に本市における政治・産業・経済等の集中化が著しくなり、そのため高層建築が相次いで計画される趨勢にあつたため浄水場の拡張は緊急を要することになりこれが調査に当たつたのである。

一方市民の需要に応じて昭和24年から配水管の拡張工事を施行すると共に給水量の増加を抑制すべく従来大部分の給水栓が放任制であつたのを全戸計量制に切換え、これによつて冗水の節約を図り1人1日給水量を漸減せしめて給水人口の増加に応じてきたものである。

かくて着々と調査計画をすすめてきた拡張計画も漸く

表一1 年度別人口及び給水量

年度	総人口 (人)	給水人口 (人)	普及率 (%)	1日平均 給水量 (m ³)	1人1日平 均給水量 (ℓ)	1日最大 給水量 (m ³)	1人1日最 大給水量 (ℓ)
12	204,628	91,680	44.7	14,841	162	23,700	259
13	201,561	109,090	54.0	16,484	151	24,500	225
14	200,010	110,870	55.6	18,169	165	29,400	265
15	206,103	115,676	56.0	21,380	184	34,900	302
16	224,729	118,651	53.0	27,220	230	52,300	441
17	225,457	119,116	53.0	25,070	211	31,900	268
18	226,695	119,696	53.0	25,760	215	31,400	262
19	225,842	109,339	48.2	28,253	260	44,900	411
20	220,139	100,210	45.5	36,756	368	51,700	516
21	227,223	105,464	46.5	43,165	409	49,500	469
22	259,602	116,710	45.0	42,448	364	53,300	457
23	269,136	122,695	44.2	43,060	350	49,600	404
24	281,754	136,155	47.1	43,235	318	52,600	386
25	313,850	141,884	43.8	44,185	312	53,100	374
26	324,460	147,481	44.1	44,741	303	53,000	361
27	341,517	152,913	43.9	45,296	296	54,900	359
28	354,891	157,388	44.3	44,721	284	52,700	335
29	370,951	168,729	45.5	45,882	272	51,300	304

その大綱を決定したので関係書類を作成し昭和29年4月1日付で本事業の工事認可を申請し同年6月8日付で認可をうけ、こゝに「札幌市第一期水道拡張事業」がその第一歩を印したのである。本事業はその総工事費8億4千万円で昭和29年度から昭和34年度に至る6ヵ年継続事業としその財源は6億円を起債とし2億4千万円を事業収益によるものとする。工事は同年7月26日第3配水池新設工事(容量6,000 m^3)から着工しこの工事は昭和30年8月23日に竣工した。昭和30年度は工事も本格的となり現在浄水場新設工事及び導水設備工事の一部を施工中である。

これ等の工事報告については新設浄水場の automation と共に何れ機会をみて発表することとし今回は本事業の計画及び施設の概要について紹介しようとするものである。

II. 計画の概要

1. 給水区域

昭和29年4月1日現在の札幌市域13,349haのうち藻岩及び円山の山岳地帯と旧白石村の月寒川以東の地域を除いた地域4,965haを本事業の計画給水区域とした。

現在本市の面積は昭和30年3月1日に琴似町・札幌村・篠路村の3町村を合併したため28,667haである。このためこの計画給水区域については本事業が終了して配水管布設の具体的計画を樹てる際に変更拡大する予定

である。

2. 計画年次

全体計画としては昭和60年度を目標とするが第一期拡張では昭和45年度を計画目標とする。但し将来拡張する場合の工事の困難性と経済性を考慮して導水設備の一部は昭和60年度に対応する施設とし浄水場及びポンプ場等は容易に拡張可能なるように考慮して計画した。

3. 計画給水人口及び計画給水量

計画給水人口は給水区域内人口を過去の実績から推計曲線により推定し表-2に示すような数字となつた。給水普及率は昭和45年度で65%、昭和60年度で79%と推定して給水人口を決定した。1人1日当給水量は表-1及び表-2から分るように逐年増少しているが、これは経営の合理化と維持管理の適正化により有効水量の給水量に対する比率の増加によるものであり本計画では1人1日平均給水量を240 ℓ 、1人1日最大給水量を300 ℓ とした。施設の基準は1日最大給水量から決められるものであり

昭和45年度では $300\ell \times 327,000人 = 98,000 m^3/d$

昭和60年度では $300\ell \times 480,000人 = 144,000 m^3/d$

時間最大給水量は1日最大給水量の50%増して考えた。

基準水量は表-3の通りである。即ち今回の拡張分は $98,000 - 35,800 = 62,200 m^3/d$ の給水量を増加させる施設とするものである。

灌漑水量は過去の実績に基づき給水量の3%増、受水量

表-2 推定給水人口及び給水量

年度	給水区域内人口 (人)	給水人口 (人)	普及率 (%)	1日平均給水量 (m^3)	1人1日平均給水量 (ℓ)	1日最大給水量 (m^3)	1人1日最大給水量 (ℓ)
30	358,400	174,200	48.6	47,600	272	57,800	332
31	369,200	183,100	49.6	48,300	264	59,500	325
32	380,000	193,800	51.0	49,600	256	61,000	315
33	390,500	203,800	52.0	50,000	248	62,800	308
34	400,900	214,100	53.4	51,400	240	63,800	298
35	411,100	224,900	54.7	52,300	232	65,200	290
36	421,100	235,800	56.0	55,200	234	68,900	292
37	430,900	246,900	57.3	58,300	236	72,600	294
38	440,600	258,200	58.6	61,500	238	76,700	297
39	450,000	268,200	59.0	64,400	240	80,500	300
40	459,400	278,400	60.6	66,800	240	83,500	300
41	468,600	288,200	61.5	69,200	240	86,500	300
42	477,700	298,100	62.4	71,500	240	89,400	300
43	486,600	308,000	63.3	73,900	240	92,400	300
44	495,300	318,000	64.2	76,300	240	95,400	300
45	503,400	327,200	65.0	78,500	240	98,000	300
60	610,000	480,000	79.0	115,200	240	144,000	300

表-3 計画基準水量

	全 体 計 画			第 一 期 拡 張 計 画		
計 画 年 次	昭和 60 年			昭和 45 年		
計画給水区域内人口	610,000 人			503,400 人		
給 水 普 及 率	79%			65%		
計画給水人口	480,000 人			327,000 人		
1 人 1 日最大給水量	300 ℓ			300 ℓ		
	全 体 (m ³)	現 在 (m ³)	拡 張 (m ³)	全 体 (m ³)	現 在 (m ³)	拡 張 (m ³)
給 水 量	144,000	35,800	108,200	98,000	35,800	62,200
濾 過 水 量	148,300	36,700	111,600	101,000	36,700	64,300
受 水 量	151,200	37,400	113,800	103,000	37,400	65,600
取 水 量	163,400	53,700	109,700	108,000	53,700	54,300

は同じく5%増、取水量は同じく給水量の10%増とした。

4. 水源及び導水方法

水源は豊平川表流水で篠舞にある北海道電力株式会社藻岩発電所の取水堰堤により取水される。ここから沈砂地及びコンクリート隧道約 10.5 km を経て藻岩発電所発電水槽迄は同発電用水と共用であり、ここから分岐して

38 個 (91,300 m³/d) の水量を北海道電力との分譲協定により水道用水として供給される。ここから量水室・導水段渠・破圧池を経て導水管により自然流下で浄水場迄導水されるものを第一導水設備とする。

別に 30 個 (72,100 m³/d) は藻岩発電所放水路から分岐するもので昭和 29 年 7 月 6 日付でこの水利権を得てい

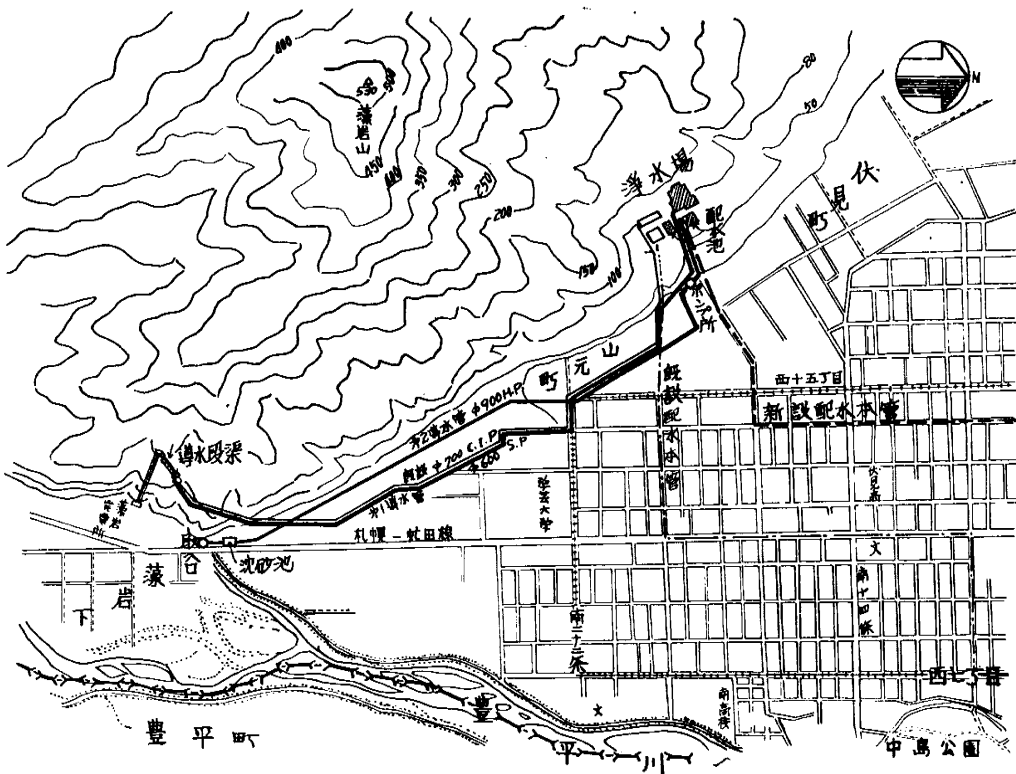
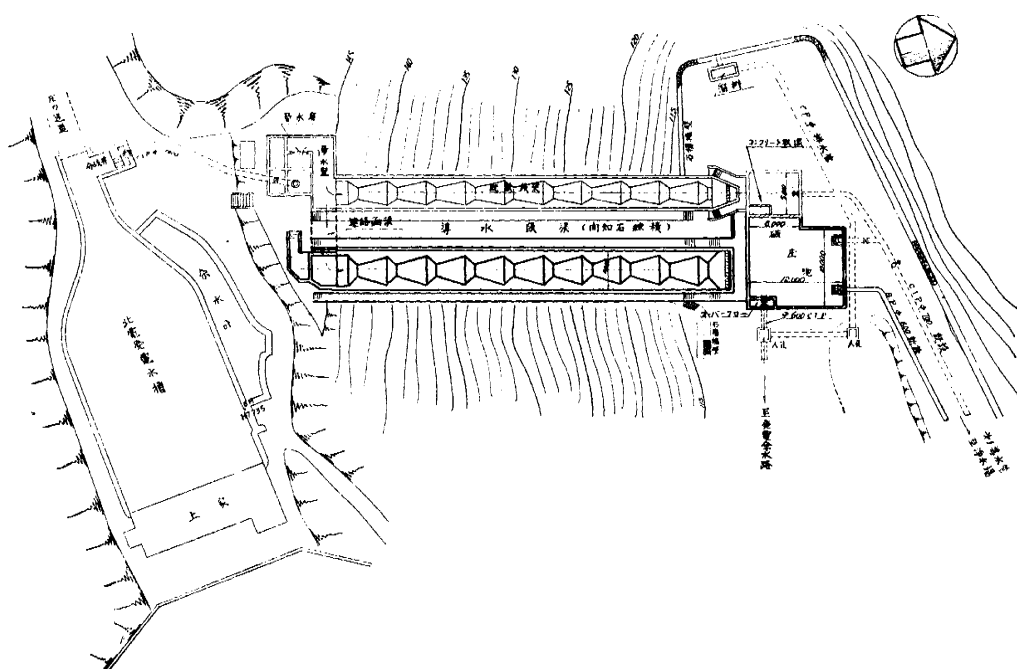
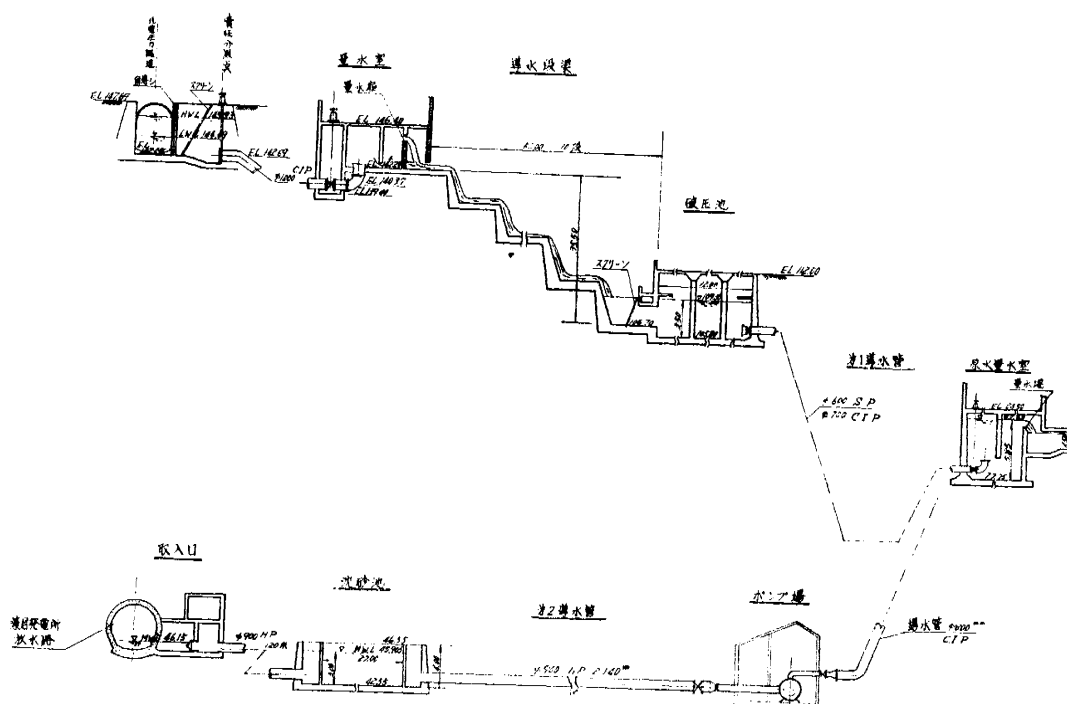


図-1 一般平面図



图—3 第一取水設備取入口附近平面图



る。この放水路からは浄水場台地の麓に設けるポンプ場まで自然流下で導きここから浄水場の原水量水室に圧送するものでこれを第二導水設備とする。

5. 浄水方法

浄水方法は急速濾過法及び塩素滅菌とする。

III. 施設の概要

1. 取水及び導水設備

(1) 第一導水設備

前記の通り北海道電力株式会社との協定に基づき藻岩発電所発電水槽から分水するものでその取水量の限度は38個(91,300 m³/d)である。取水は発電水槽の分岐井から1,000 耗鉄管(延長23.92 m)を経て量水室に入る。ここまでは容量も充分であるが量水室は従来の量水堰を取り堰頂を下げて新たに量水扉を取付け発電水槽の水位の変動に応じて必要水量を38個迄自動的に取水可能なるように改造する。導水段渠は既設のものに並行して築造し10段で総落差32 mである。これは導水管(既設700 耗鉄管は静水頭75 mが限界である)に対する減圧作用をすると共に曝気(aeration)作用により原水中に含まれる鉄分の除去を容易ならしめるものである。この構造は既設のものと同じく間知石張コンクリート造りで上幅5.0 mで落差3.0 m, 下幅2.4~3.8 mのもの4段, 落差4.0 m, 下幅2.8~4.0 mのもの5段, 落差3.5 mのもの1段で破圧池に連絡している。又量水室とは長さ4.55 m, 幅2.5 m, 高さ1.0 mの鉄筋コンクリート函渠で連絡する。破圧池は導水管内の水压及び水量を調整するもので既設のものが極めて小さいため導水管に常に空気を混入させ、又異常水量の調節が困難であつたためこれに接続して一体に築造するもので構造は覆蓋付鉄筋コンクリート造りとし内法長さ12.0 m, 幅10.0 m, 総高5.95 m, 有効水深3.50 m, 容量420 m³で既設のもの

合せて490 m³となり91,300 m³/d(63.4 m³/min)に対し約8分間の滯留時間となる。破圧池からは自然流下で浄水場まで導水されるが既設の700 耗鉄管(延長2,923 m)は53,700 m³/dの導水能力を有するから残水量は

$$91,300 - 53,700 = 37,600 \text{ m}^3/\text{d} = 435 \text{ l/sec}$$

となり Williams & Hazen 公式より新設導水管の管径を600 耗と決定した。新設導水管はアスファルトジュート巻電気熔接鋼管としその延長は3,280 mで既設管に並行して布設し新設浄水場の原水量小室に達する。

又既設導水管の導水量のうち既設浄水場の受水能力37,400 m³/dを差引いた残量

$$53,700 - 37,400 = 16,300 \text{ m}^3/\text{d}$$

は新設浄化場に導水するように既設導水管の末端を新設浄水場の原水量水室に連絡する。

(2) 第二導水設備

藻岩発電所の放水路の起点から320 mの地点で80個(72,100 m³/d)を取水し浄水場台地の下まで自然流下で導水し、ここにポンプ場を設けて新設浄水場まで圧送するものである。この放水路は内法高さ3.8 m, 幅4.0 mの鉄筋コンクリート馬蹄型暗渠でこの側面に幅3.75 m, 高さ1.2 mの穴をあけ最高30個までの水を取水しうる設備を造り、これより内径900 耗ヒューム管延長2,260 mを布設して浄水場下まで自然流下で導水する。

これは前に述べたように昭和60年度の全体計画による1日最大給水量144,000 m³/dに対して充分間に合うもので第二期拡張工事においてはポンプ場の拡張と新設浄水場の拡張により容易に給水能力を増加させることができる。沈砂池は取入口から120 mの位置に設け内法幅10.0 m, 長さ30.0 m, 有効水深3.0 mの鉄筋コンクリート造りとし中央に隔壁を設けて2池とする。この有効容量は900 m³で72,100 m³/dに対し流下時間は18分間、池内平均流速は1.67 m/minとなる。ポンプ場は浄水場

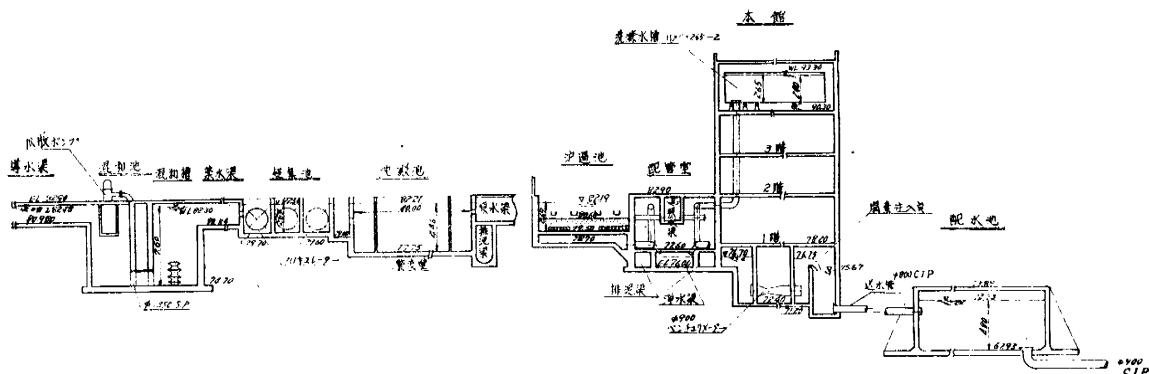


図-2 系 統 図

台地下の山元町に設ける。第一期拡張では $72,100 \text{ m}^3/\text{d}$ のうち $16,700 \text{ m}^3/\text{d}$ を揚水するだけでありポンプ場及び送水管は当初この水量だけを対象として考えたがこの工事の施工時期と第二期拡張工事を施工する場合の経済性等を考慮してこの実施設計については目下再検討中である。即ち全体計画としては送水管は 800 耗鉄管としポンプは 250 IP 4 台 (内 1 台予備) を設けることとしポンプは逐次増設して行く予定である。

2. 浄水設備

(1) あらまし

新設浄水場及び新設配水池は本市山元町の漢岩山麓にある既設浄水場に隣接してその北西側に約 $8,800$ 坪の土地を買収し既設浄水場及び既設配水池との連絡上概ねそれらと同一標高の位置に設けられる。即ち敷地を標高 78 m と 74 m の 2 段に造成し高段には原水量水室・導水渠・混和池・凝集池・薬品沈澱池・急速濾過池及び附属本館等を同一建物内に設け低段には配水池及び配水調整池を設ける。

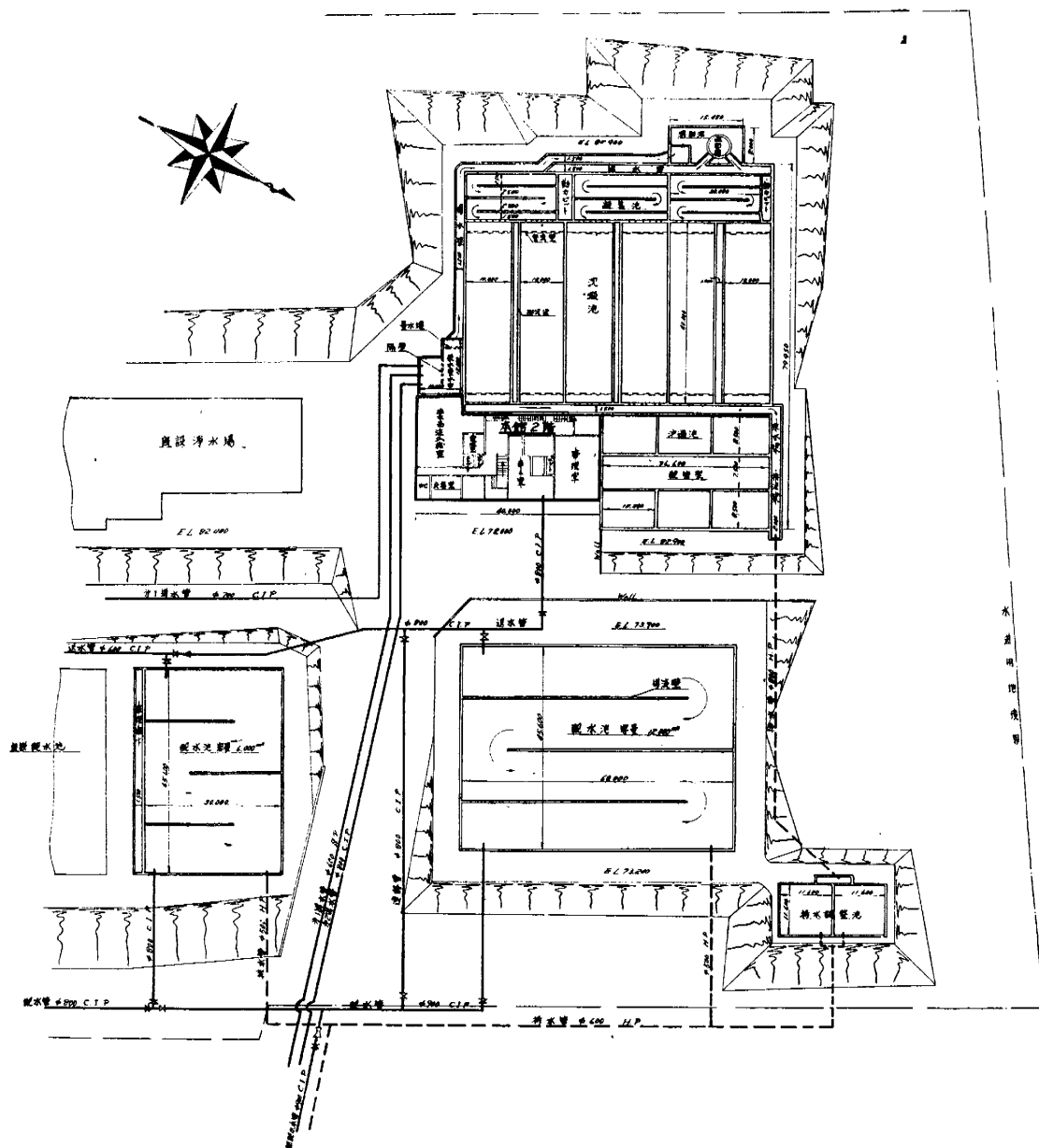


圖-4 浄水場平面図

新設浄水場は第一期拡張工事では 62,200 m³/d の配水量に対応するものであるが原水量水室・導水渠及び混和池は全体計画である 108,200 m³/d の配水量に対応するものとし第二期拡張工事においては凝集池・薬品沈澱池及び急速濾過池をその北側に増設する計画となっている。原水量水室に入った原水は量水堰によつて計量され導水渠を通つて混和池に至る。ここで拡散ポンプにより薬品を注入して急速攪拌機 (flash mixer) により急速且つ充分に混和され凝集池に至る。ここで緩速攪拌機 (floculator) により緩速攪拌され floc が生成され薬品没澱池・急速濾過池を経てベンチ ユリメーターにより計量されて浄水井に入り、ここで塩素滅菌され送水管 (800 耗鉄管) により配水池に送られる。これらは冬季間の降雪及び保温に備えて同一屋内に配置され必要な個所にはすべて暖房設備が設けられる。

(2) 原水量水室

原水量水室は隔壁で 2 つの水槽に分れ第 1 水槽は長さ 7.65 m, 幅 4.70 m, 第 2 水槽は長さ 10.40 m, 幅 4.60 m で量水堰下の水深は 5.50 m である。第 1 水槽には 800 耗, 700 耗, 600 耗, 各 1 本の導水管が入る。即ち 600 耗は第一導水設備の新設鋼管, 700 耗は既設浄水場に入っている導水管を連絡延長するもの, 800 耗は第二導水設備のポンプ場からの送水管である。第 2 水槽は整流を得るためのもので量水堰の反対側下に 2 m² の連絡口で第 1 水槽とつながっている。この有効容量は全体計画の受水量 113,800 m³/d (79 m³/min) に対して約 6 分間である。量水堰は幅 3.00 m 砲金製でここで受水量が計量される。各導水管には制水弁が設けられ流入量を調整し, 又 800 耗の排泥弁及び越流管が設けられる。

量水堰の下流側ではアルカリ補足剤として消石灰が注入される。

(3) 導水渠

導水渠は原水量水室と混和池を連絡するもので幅 1.5 m, 水深 1.5 m, 有効断面積 $1.5 \times 1.5 = 2.25 \text{ m}^2$ で延長は約 77 m である。

導水渠内の流速は

全体計画の 1.32 m³/sec に対しては

$$v = 1.32 / 2.25 = 58.6 \text{ cm/sec}$$

第一期拡張計画の 0.76 m³/sec に対しては

$$v = 0.76 / 2.25 = 33.8 \text{ cm/sec}$$

である。

(4) 混和池

混和池は凝集剤として硫酸バンド ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) を原水に注入して完全に混和させるもので拡散ポンプ及び急速攪拌機 (flash mixer) を使用する。拡散ポンプは 3 段階のポンプを組合せて硫酸バンド溶液を各ポンプ毎に 4~10 倍に逐次薄めて最後に混和水槽の下から放射状

のノズルで噴出させ一様な混和をさせようとするものである。混和水槽は平均半径 2 m の変型円形水槽で有効水深は 7.60 m, 容量は 95 m³ で水槽内には放射状ノズルとその上に立軸に 2 段 2 枚の攪拌羽根を有する急速攪拌機があり電動機は周速 3~7.3 m/sec の範囲内で無段変速されるものとする。

この混和時間は

$$\text{全体計画に対しては} \quad 95 / 75 = 1.2 \text{ 分}$$

第一期拡張計画に対しては $95 / 45.5 = 2.1 \text{ 分}$ である。

(5) 凝集池

凝集池は沈澱池 2 池に対して 1 池とし全部で 3 池設けられる。各池は内法幅 2.50 m, 水深 2.50 m で延長 20 m のもの 3 条から成り容量は $2.5 \times 2.5 \times 60 = 375 \text{ m}^3$ で滞留時間は 25 分間である。各条毎に全水中軸流式 floculator を設ける。これは薬品混和を完了した原水に緩速ら旋運動を与えることにより沈澱並びに急速濾過に効率のよい floc を生成させるためのものである。floculator は各池間に設けられた動力用ビット内の電動機により駆動せられ廻転翼の周速が 15~60 cm/sec の範囲内で無段変速を可能ならしめるものとする。

(6) 薬品沈澱池

沈澱池は 6 池並列して設けられ 1 池の大きさは内法幅 10 m, 長さ 40 m, 有効水深 4 m, 容量 1,600 m³ で沈澱時間は 3.5 時間, 池内平均流速は 19 cm/min である。

各流出入口には 500×500 耗の制水扉を各 3 個宛設け流出入口から夫々 2 m の距離に有孔直角整流壁を設ける。整流壁は厚さ 20 cm, 孔径 10 cm, 孔の間隔 40 cm で孔の総面積は池断面積の 4.9% である。

排泥は池内を空にしてポンプによる圧力水の射出流により 5 カ所の 300 耗排泥弁から各池間に設けられた排泥渠に流すもので池底には排泥に便するように 1/40~1/67 の勾配をつける。

(7) 急速濾過池

急速濾過池は重力式開放型で集水方式はハイラー式とする。全 6 池で管廊を中央にして 3 池ずつ相対峙させる。1 池の大きさは中央排泥渠を挟んで縦 8.1 m, 横 5.4 m のもの 2 面から成り濾過面積は $8.1 \times 0.10.8 = 87.5 \text{ m}^2$ である。濾過速度は 135 m/d とする。

1 池の濾過水量は $87.5 \times 135 = 11,812.5 \text{ m}^3/\text{d}$ で全部では 70,875 m³/d となりこれは基準濾過水量である 64,300 m³/d に対して 10% の余裕がある。濾層は厚さ 110 cm で砂利層を 45 cm, 砂層を 65 cm とする。砂利は 2~45 mm のものを 5 層に篩分けて敷き均す。

即ち

2~5 mm	7 cm
5~10	8

10～15 mm	10 cm
15～25	10
25～45	10
計 45 cm	

砂は有効径 0.6 mm 均等係数 1.3 とする。

濾層底部のホイラスラブは中心間隔 30 cm の角錐漏斗状ますを有するコンクリートブロックで、ますには大小 14 個（直径 75 mm のもの 5 ケ、40 mm のもの 9 ケ）の磁球を入れる。ますの中央下部の噴出口は径 19 mm の磁器製チューブでその総断面積は濾過面積の 0.32% である。

砂面上水深は 1.6 m あり、洗滌排水桶はその中心間隔を 2.03 m としその上縁は砂面上 0.7 m となるように中央排水渠に向つて各 4 本を対称的に配置する。

濾過層の洗滌方式は圧力水による逆洗滌及び固定式表面洗滌とする。逆洗滌の洗滌速度は最大 90 cm/min とし洗滌時間は 5 分間とする。洗滌水は附属本館 4 階の洗滌水槽から 600 耗鉄管で供給される。表面洗滌は固定式とし 2 kg/cm² の水压を保持させて 0.2 m³/min/m² の水量を 1 m² 当 1 ケのノズルから射出させる。この洗滌水は浄水井からポンプで圧送される。

管廊は内法幅 7.50 m その床下の中央に浄水渠を両側には排水渠を設け中央上部には原水渠をおく。管廊内には原水流入管・浄水流出管・洗滌排水管・洗滌水本管等が配管され各池毎に原水流入弁（500 mm）・浄水流出弁（400 mm）・逆洗滌水流入弁（600 mm）・表面洗滌水流入弁（350 mm）・洗滌排水弁（700 mm）・捨水弁（200 mm）及び濾過自動調節装置が付けられる。

濾過水は浄水渠からベンチュリメーターによつて計量されてから浄水井に落ち、ここで塩素滅菌されて配水池に送水される。

(8) 附属本館

附属本館は鉄筋コンクリート 4 階建で原水量水室・薬品沈澱池・急速濾過池に接して設けられる。建坪約 240 坪、延坪 890 坪で 1 階電機室の下は浄水井となつている。各階の使用目的は次の通りである。

- 1 階 玄関・石炭庫・ボイラー室・電機室・塩素注入器室・塩素庫。
- 2 階 管理室・注薬機室・事務室・宿直室・応接室
- 3 階 注薬室・貯薬室・水質試験室・会議室。
- 4 階 洗滌水槽室・エレベーター機室。

電機室は各種ポンプ及び受配電盤等を配置する。

管理室は各種計器・薬品注入・攪拌及び洗滌操作機器等をここ集中管理して所謂 one man control をしようとするものである。洗滌水槽は鋼鉄製で長さ 11 m、

幅 11 m、水梁 2.65 m、容量 320 m³ のもの 2 槽とする。

エレベーターは 1 屯積とし主として薬品運搬に使用される。

これらの各種機械・管理用計器・受配電施設等は現在未発注でありその詳細については次の機会に紹介したい。

(9) 排水調整池

これは洗滌排水等を一時貯留し時間的に平均して排水し下流の氾濫を防止することを目的とするもので鉄筋コンクリート覆蓋付構造とし長さ 11.65 m、幅 11.6 m、有効水深 3.60 m、容量 480 m³ のもの 2 池を設ける。

3. 配水設備

(1) 配水池

配水池は給水量の時間的変化に対してその流量を調節するためのもので内法幅 30 m、長さ 45.60 m、水深 4.80 m、有効貯水量 6,000 m³ のもの 1 池と幅 60 m、長さ 45.60 m、水深 4.80 m、有効貯水量 12,000 m³ のもの 1 池とを設け既設の 6,000 m³、2 池とあわせて総有効貯水量は 30,000 m³ となり計画 1 日最大給水量 98,000 m³/d に対して約 7 時間半分の貯水量となる。

その構造は扶壁擁壁式側壁に円柱による平板式覆蓋を有する鉄筋コンクリート造りとしその上には 45 cm の覆土をなす。内部には 3 枚の導流壁を設け池内浄水の停滞を防ぐ。池内最高水位は既設池と同じく 72.73 m である。

(2) 配水管

配水管布設工事は莫大な工事費を要し、又地区別発展状況に応じて布設しなければならないためこの第一期水道拡張事業では配水本管のみを考え、その他の配水幹枝線は本事業終了後に逐次布設することとした。

新設本管は 900 耗で既設の 1,000 耗配水本管と合せて全体計画の 144,000 m³/d に対しても充分の配水能力を有するものである。新設本管は配水池を起点とし内径 900 耗で南 16 条を東進し西 14 丁目に至つて管径を 800 耗に落し北折して北 2 条に至る。ここで管径を 700 耗に落し東折して西 7 丁目に至り既設配水本管の内径 600 耗管と連絡し、これより管径を 500 耗に落して創成川を伏越して東 2 丁目からは更に 400 耗に落して東 12 丁目に至り既設 300 耗管と連絡するものでその総延長 7,190 m である。

IV. あとがき

以上で本市上水道の拡張計画とその施設の概要について述べたが水道の普及が極めて低い本道において今後新設或いは拡張される都市も多いと思われるが、その計画に当つて本文がいくらかでも参考になれば幸である。