



1. まえがき

水の利用は近年急激な拡大傾向をみせている。そのなかでも特に工業用水需要の増大はいちじるしく、既成四大工業地域およびその周辺工業地帯においては各地域とも多少の差はあっても、用水問題の解決が当面の急務となっている。また、そのほかの工業地帯でも大同小異の現象が生じているところも多い。このように、主要工業地帯においては工業用水の需給がひっばくしているのみならず、地下水を用水源とするところでは地下水の過剰汲上げによって、地下水位の低下、井戸の相互干渉、塩水の混入、さらに地盤沈下を誘発し、工業用水の取水に大きな障害をおこしている。

近年まで工場の規模もそれほど大きくなく、また集中の度合も激化していなかった。従って、工業用水の確保も、ほかの利水との競合のために河川水の利用ができな場合でも、地下水の利用し得られるところではそれによって容易であった。しかし、近時、工業生産の飛躍的發展にともなって工業用水需要は一段と増大し、地下水利用の傾向が高まった。特に、この傾向は既成四大工業地帯でいちじるしかった(表-1 参照)。この結果、名古屋、尼崎、大阪、東京などに地盤沈下現象が顕著になってきた(表-2 参照)。

表-1 水源別工業用水(淡水)使用状況(昭和33年)¹⁾
(単位:%)

	公共用水道	地表水	伏流水	井戸水	回収水	その他	計
四大工業地域	15.0	14.7	6.0	38.9	23.5	1.9	100
そのほかの地域	1.1	37.3	11.3	28.9	18.5	2.9	100

表-2²⁾
(沈下量の単位:mm)

	総沈下量	観測期間	年平均	年間最大量
大阪	1900	昭和9年~昭和32年	82	163(佃町:昭和32年)
尼崎	3100	昭和7年~昭和33年	119	194(東高砂:昭和33年)
東京	2900	大正7年~昭和32年	75	175(江東:昭和33年)
名古屋	700以上	昭和9年~昭和23年	50	

【写真説明】

カットの写真は一宮市下水終末処理場

対象人口 68000人

処理量 33400m³/日

(荏原インフィルコKK 提供)

このような事相になったことに対する見解はいろいろあろう。企業が各地域における水の需給を正確に把握した上で、用水不足をきたさない範囲内で立地したとすれば、今日みられるような地域的な工業用水のひっばくは招来しなかったに相違ないであろう。しかし、企業の立地を決定する因子は用水に限られるわけではない。道路、港湾、交通、用地などの立地条件もよく、*用水も豊富な地帯に立地したのが、そこにおける生産拡大が用水の供給限界を越えた点に問題が生じ、水のひっばく、水の面に対する社会資本投下の立ちおくれが顕在化したとも考えられる。

このように考えてみれば、今後の日本における工業用水問題を解決する方向としては大きくわけて、

(1) 利水相互間の合理的調整と協同

(2) 社会資本の充実という方向

(3) 用水潤沢地帯への用水型産業の立地という方向の3つが考えられる。

一方、現実に工業用水の需給がひっばくしている地域が多数存在している事実、しかも、この需給の不均衡は将来急速に拡大される方向にあるという事実を忘れてはならない。

以下に、日本の工業用水の現状、工業用水の基本的要素、今後の問題点、について簡単にふれてみる。

2. 日本の工業用水の現状

(1) 水 量

現在、日本において工業用水として使用されている水量は、昭和34年度に通産省が全国32035事業所を対象として行なった調査²⁾にもとづく次のようになる。

昭和33年度における工業用水の使用量は5005万m³/日であり、そのうち淡水は2393万m³/日、海水は2612万m³/日で、海水が淡水をやや上まわっている。昭和25年の約200万m³/日であったのにくらべ、急激な使用増である。淡水の用水量を水源別にみると、井戸水は全体の32.8%、地表水は24.5%、回収水は20.1%とそれぞれ高い比重を占めている。また、工業用水道および上水道からの買水の占める比率は、それぞれ5.8%、6.3%で、計12.1%、地表水、伏流水、井戸水、その他の自家引用水の計67.8%で、自家引用水の取水に占める比重は現在では大きい(表-3 参照)。都道府県別にわけた用水量は表-4に、使用水量が約100万m³/日以上のみを示すが、北九州工業地帯をひかえた福岡県が589.6万m³/日で首位を占め、以下、兵庫県、神奈川県、東京都、山口県がこれに続いている。静岡県は淡水のみの使用量は225.4m³/日と第1位であるが、海水の使用量がすくないため、全体では第7位になっている。

次に、用途別に分類してみると表-5に示すように、

表-3 水源別工業用水量²⁾
(単位: 10⁴m³/日)

種 別	水 量	淡水総量に対する%
公用水道	139.5	5.8
工業用水道上水道	151.7	6.3
自家用水	586.7	24.5
地表水	195.6	8.2
伏流水	783.6	32.8
井戸水	54.7	2.3
その他		
回 取 水	481.2	20.1
淡水の計	2393.0	100
海水の計	2612.0	
総 計	5005.0	

表-4 都道府県別用水量
(使用水量 100 万 m³/日以上) (単位: 10⁴m³/日)

都 道 府 県 名	淡 水	海 水	計
福 岡	144.0④	446.7①	589.6
兵 庫	144.9③	367.3②	512.1
神 奈 川	82.6⑥	312.5③	395.1
東 京	135.1⑤	257.9④	392.9
山 口	125.0⑥	246.7⑤	371.7
愛 知	120.8⑦	150.5⑥	271.3
静 岡	225.4①	18.9⑩	244.4
北 海 道	198.1②	17.7⑨	215.8
大 阪	119.3⑧	93.8⑦	213.1
愛 媛	79.7⑩	95.1⑧	174.7
千 葉	33.9⑨	118.8⑦	152.7
三 重	52.0⑨	93.0⑩	145.0
長 崎	7.5⑬	109.0③	116.5
富 山	94.7⑧	0.7⑫	95.4

注: ○内の数字は順位を表わす。

淡水では、冷却用水が 38.8%、洗浄用水が 22.0%、製品処理用水が 16.0% 以下、原料用水、温調用水、ボイラー用水の順である。また、海水では冷却用水が 95.5% でほとんどを占め、洗浄用水の 2.7% 以外はすべて 1% にみえない。

さらに、産業別用水量に分類してみると、表-6 に示

表-6 産業別用水量 (10⁴m³/日)²⁾ (淡水)

産 業 名	ボイラー用水	原料用水	製品処理用水	洗じょう水	冷却用水	温調用水	淡水計 (その他をふくむ)		(淡水+海水) 総計
食 料 品 製 造 業	18.2	29.3	64.5	58.0	70.0	5.4	253.5	322.5	
セ ン 工 業	17.3	5.0	43.1	56.1	7.4	81.5	233.8	234.6	
パルプ・紙・紙加工品製造業	11.7	75.5	210.6	242.9	25.3	3.3	621.6	622.4	
化 学 工 業	18.6	12.6	34.2	107.3	431.7	29.1	672.8	916.3	
石油製品、石炭製品製造業	2.2	0.1	0.4	1.4	25.1	0.6	30.8	105.4	
ゴ ム 製 品 製 造 業	4.3	0.1	0.3	2.0	14.7	0.9	26.3	26.3	
窯業・土石製品製造業	3.1	5.4	8.5	8.9	80.8	0.6	112.9	242.9	
鉄 鋼 製 造 業	2.4	0.3	4.2	10.8	158.9	2.9	207.1	526.8	
非 鉄 金 属 製 造 業	1.3	0.5	4.9	6.1	35.7	0.6	59.3	73.9	
金 属 製 品 製 造 業	0.3	0.1	2.0	3.7	2.7	0.2	10.5	10.6	
機 械 製 造 業	0.6	0.2	1.6	3.3	5.3	0.6	16.3	17.1	
電 気 機 械 器 具 製 造 業	0.9	0.3	1.7	5.1	5.7	0.9	18.6	18.9	
輸 送 用 機 械 器 具 製 造 業	1.1	0.2	1.6	4.7	6.5	0.6	21.1	23.8	
輪 船 業 (火力発電のみ)	7.6	—	—	0.1	40.8	0.3	51.1	1786.3	
ガ ス 業	0.6	0.17	0.5	5.8	9.0	0.17	17.6	37.8	

表-5 用途別用水量²⁾
(単位: 10⁴m³/日)

用 途 種 別	淡 水		海 水		水量計
	水量	%	水量	%	
ボイラー用水	96.0	4.0	8.9	0.3	104.9
原料用水	130.6	5.5	25.3	0.9	155.9
製品処理用水	383.6	16.0	2.6	0.1	386.2
洗浄用水	525.7	22.0	69.6	2.7	595.3
冷却用水	927.5	38.8	2495.7	95.5	3423.1
温調用水	128.9	5.4	4.2	0.2	133.1
その他	200.7	8.3	5.8	0.3	206.5
計	2393.0	100	2612.0	100	5005.0

すように総使用量の多いのは、電気業(火力発電のみ)の 1786.3 万 m³/日を筆頭とし、化学工業の 916.3 万 m³/日、パルプ・紙・紙加工品製造業の 622.3 万 m³/日、鉄鋼業の 526.8 万 m³/日が多い。しかし、淡水のみを考えてみると、化学工業の 672.8 万 m³/日、パルプ・紙・紙加工品製造業の 621.6 万 m³/日、食品製造業の 253.5 万 m³/日、せんい工業の 233.8 万 m³/日、鉄鋼業の 207.1 万 m³/日、窯業・土石製品製造業の 112.9 万 m³/日で使用水量が多く、また、海水のみでは、電気業(火力発電)の 1735.2 万 m³/日、鉄鋼業の 319.7 万 m³/日、化学工業の 243.6 万 m³/日、窯業・土石製品製造業の 130 万 m³/日で使用水量の多いことがわかる。使用水量の多い業種について、淡水、海水の比率、用途別の比率について、まとめてみると表-7 のようになる。

表-7

産 業 種 別	淡水比率 (%)	淡水使用の用途別比率 (%)				
		冷却用水	洗浄用水	製品処理用水	原料用水	ボイラー用水
電気業(火力発電)	2.9	79.8	0.2	0	0	14.9
化学工業	73.4	64.2	15.9	5.1	1.9	2.8
パルプ・紙・紙加工品製造業	99.9	4.1	39.1	33.9	12.1	1.9
鉄 鋼 業	39.3	76.7	5.2	2.0	0.1	1.2
食料品製造業	78.6	27.6	22.9	25.4	11.6	7.2
窯業・土石製品製造業	46.5	71.6	7.9	7.5	4.8	2.7
せんい工業	99.7	3.2	24.0	18.4	2.1	7.4

(2) 水 質

現在使用されている工業用水の水質は一律には表示できない要素を多々包含している。表—8 に、一例をおおざっぱに示す。

表—8 日本で使用されている工業用水(淡水)の水質の一例⁸⁾(単位: ppm)

	ボイラー用水	一般冷却水	せんい工業用水	酸・アルカリ工業用水	肥料工業用水
pH	6.7~7.0	6.6~7.3	~7.0~	7.0~7.3	~6.9~
アルカリ度 (CaCO ₃)	9~40	30~66	~35~	—	~66~
酸度(CO ₂)	10~25	—	~12~	~1.1~	—
濁度	—	—	0.2~1.0	~2~	~1.5~
溶存酸素	0.016~0.15	—	10~13	0.15~10.4	—
全蒸発残留物	45~130	150~360	50~60	88~160	114~160
溶解蒸発残留物	—	—	—	—	~47~
灼熱残留物	30~95	114~309	10~44	~138~	~114~
Cl	5~26	10~625	3.2~18	3.9~625	10.7~25
SO ₄	5~25	0~140	10~25	0~10.8	8~18
S	0	0	0~痕跡	0	—
NO ₃	—	0	0~痕跡	0	—
NO ₂	—	0~痕跡	0~痕跡	~1.4~	—
N	—	—	0~痕跡	0	—
SiO ₂	10~45	22~75	2~30	22~43	16~63
PO ₄	0.1~1.2	0~2	0~痕跡	0.12~0.35	—
Mg	0.1~4.4	0.25~20	0.1~2	3.4~31	2.1~3.8
Ca	0.4~11	5~200	5~10	9.2~61	4~12
NH ₄	—	—	0~痕跡	0	—
Fe	—	0.1~2.5	—	0.01~6.0	~0.6~
Fe ⁺⁺	—	0.1~2.5	—	0.01~6.0	~0.6~
Al	—	—	~0.1~	—	—
KMnO ₄ 消費量	0.8~3	3~38	2~10	3.3~38	~0.8~
全硬度	—	1.2°~17°	0.8°~1.4°	2.1°~169°	1.2°~4.2°
永久硬度	0.2°~2.6°	0.7°~	0.8°~1.4°	—	—

注: —はデータがないもの、あるいは手に入らないもの。

工業の種類によって、用水の水質についての適確な限界は必ずしも一定していない。業種により比較的溶存成分の多い水でも差し支えない場合もあり、また、反対に極端に溶存成分のすくない水を必要としている場合もある。さらに、一工場の内部にあっても、全量が必ずしも良質のものでなくてもよいが、一部の製品処理やボイラー用にだけ極度に純化された良質の用水を供給する必要のある場合もある。絶対的の水質を要求される場合と、水質と水量との相関で要求される場合も多いと思う。すなわち、現状では水経費との深い関連性があると思う。

(3) 水 温

工業用水は、原則として低温なことが望ましい。現在、日本全体にわたる工業地帯の陸水の水温について概説してみる⁹⁾。西日本、東海道一帯における取得原水温は、地表水の場合、普通夏季28~29°C(条件が悪い時には32~33°C)、冬季4~5°Cで、年較差は西日本で25~28°C、中部日本で23~25°C前後となっている。

比較的恵まれている現存河川の河川敷における伏流水源の場合で、夏季19°C、冬季12~14°C、年較差5~7°C程度だが、実際にポンプ揚水された水の温度較差は地表水のそれに近づき、20°C程度までになってしまう。

自由面地下水を取水している浅井戸ではかなりの開きがあるが、12~13°Cから22~23°Cまでのものならよい条件といえる。被圧面地下水を取水している深井戸では13.5~18°Cくらいの範囲である。冷却用水を中心にして考えると、低温と同時に恒温であることが冷却効果を一定に保つ上で必要な条件であり、キャリヤ冷凍機などは、大体16~20°C前後を標準として設計されているが、原水取得難から20°C以上の水を使わざるを得なくなっているところも多いのが実状である。従って、水温を補なう意味で、水量を多く使っておまかしているが、その水量すらも得にくくなってきている現状である。

しかし、紡績工場では温湿度調整用水として低温・恒温の深井戸水を使用し、全国でおおよそ400本あまりの井戸が、主として夏季4カ月間活躍している。

(4) 業種別工業用水(淡水)平均価格

昭和33年度の通産省の調査による淡水の平均価格を表—9に示す⁵⁾。

表—9 産業別・工業用水(淡水)平均コスト(単位: 円/m³)

業 種	単価	業 種	単価
食 料 品 製 造 業	3.44	金属製品および機械器具	8.55
せんい工業	1.78	非鉄金属精錬	2.61
パルプ・紙・紙加工品製造業	2.13	鋳 業	4.33
化学工業	2.49	火 力 発 電	7.51
石油精製	3.81		
ガラスおよび土石製品	2.43		
鉄 鋼 業	4.99	加 重 平 均	2.95

(5) 工業用水道の現況

工業用水道には地方公共団体によって運営されている公共工業用水道と自家用工業用水道とがある。自家用工業用水道とは工場、事業場における自家用のもの、公共工業用水道事業者に工業用水を供給するもの(卸供給)などを呼び、1日最大給水量が54m³以上の自家用工業用水道を布設する者は通産大臣に届出をすべきものとされている。

a) 公共工業用水道 戦前にはわずかに川崎市、清水市の経営するものがあつたにすぎなかった。戦後、用水事情のひっばくから工業用水道の布設が各地でみられるようになり、とくに昭和28年度からその布設が急速に促進され、表—10に示すように合計26箇所の工業用水道が完成され営業中で、その給水総量は199.36万m³/日である。このうちでは施工年度は昭和10年のものが一番古く、昭和31年から35年のものが大部分を占めている。また、現在建設中(着工予定をふくむ)の事業は表—11に示すように42事業であり、その給水総量は約592万m³/日に達している。

b) 自家用工業用水道 工業用水道事業法による届出を中心として自家用工業用水道の現況を概説してみる。

昭和36年現在、自家用工業用水道を有する工場事業

表-10 工業用水道事業の現況

事業主体	事業名	給水量 (万 m ³ /日)	施工年度	供給料金 (円/m ³)
川崎市	川崎市工業用水道	5.4	昭 11~13	4.0
		2.7	12~14	
		10.0	26~29	
		2.0	31	
静岡県	静岡 "	3.6	14~19	3.0
		4.8	28~32	
三重県	四日市 "	5.0	29~30	3.5
		4.5	31~32	
大阪市	大阪市 "	5.25	26~30	4.0
		0.3	30~31	
		4.0	32~33	
名古屋市	名古屋市 "	2.7	11~13	3.5
		0.85	13	
		0.6	25	
		6.0	31~33	
和歌山県	有田川 "	5.136	28~31	4.7
	紀ノ川 "	2.0	31~33	4.0
和歌山市	和歌山市 "	1.0	28~31	4.5
		3.0	31~33	
呉市	呉市 "	2.2	31~32	3.5
		3.0	31~32	
山口県	宇部小野田地区 "	14.4	16~24	0.44
	下関地区 "	13.2	15~19	
	徳山地区 "	12.0	25~27	
松山市	松山市 "	1.8	27~29	3.5
		3.0	30~31	
		3.33	35	
秋田市	秋田市 "	2.7	32	3.0
		1.0	35	
新潟県	新潟臨海地区 "	5.5	32~33	3.5
兵庫県	西播 "	10.2	28~32	3.5
福山市	福山市 "	2.0	32	3.5
富山市	富山市 "	3.0	32~33	3.0
		5.0	35	
横浜市	横浜市 "	10.0	32~34	3.5
		1.7	34	
北九州 水道組合	北九州 "	7.0	32~34	4.5
高砂市	高砂市 "	5.0	大10 昭10~22	維持管理費
名古屋	名古屋市 "	7.0	33~35	4.0
恵那市	恵那市 "	3.0	35	0.38
大分県	大分鶴崎 "	12.5	33~35	3.5
相模原市	相模原市 "	0.5	35	5.0

場数は 490 箇所、その給水能力総計は 1 674 万 m³/日である。これを業種別にみると、その数においては、紙・パルプ、せんい、化学が大部分を占めているが、給水能力ではこれらの業種以外に火力発電が大である。

都道府県別の給水能力は北海道が 321 万 m³/日、静岡県の 174 万 m³/日、山口県 88 万 m³/日が多く、最少は長崎県の 0.5 万 m³/日である。また、工場数では静岡県の 59 が一番多く、愛知県の 36、大阪の 35 の順となっ

表-11 建設中(着工予定をふくむ)の工業用水道

(a) 補助事業

事業主体	事業名	給水量 (万 m ³ /日)	施工年度
宮城県	仙塩工業用水道	10.0	昭32~38
福島県	盤城 "	12.86	33~36
愛知県	愛知県管 "	8.6	31~36
三重県	北伊勢 "	25.0	33~38
山口県	徳山南陽 "	4.8	33~36
千葉県	市原地区 "	12.0	34~37
川崎市	川崎市(第3期) "	24.0	34~37
大阪市	大阪市 "	16.0	34~37
大阪府	大阪府管 "	5.5	34~36
愛知県	尼崎市 "	20.0	34~37
愛媛県	松山松前地区 "	10.6	34~38
東京都	東京都 "	32.6	35~39
大坂臨海組合	大坂臨海 "	20.0	35~37
北九州	北九州 "	5.0	35~38
水道組合	北九州 "	20.0	35~41
兵庫県	加古川 "	5.0	36~39
川崎市	川崎市(第4期) "	26.3	36~42
横浜市	横浜市 "	24.1	36~44
静岡県	西 遠 "	13.3	36~38
名古屋市	名古屋 "	25.9	36~39
愛知県	愛知県管(第2期) "	10.0	36~42
神戸市	神戸市 "	15.0	36~42
北海道	室蘭地区 "		
計		356.58	

(b) 起債単独事業

事業主体	事業名	給水量 (万 m ³ /日)	施工年度
静岡県	富士川工業用水道	11.232	昭 32~37
和歌山市	和歌山市 "	15.5	33~37
岡山市	岡山市 "	10.0	33~37
山口県	小瀬川 "	14.64	33~37
大分県	大分鶴崎 "	12.5	36~38
岡山県	水島 "	10.2	33~38
大竹市	大竹市 "	4.8	36~37
新居浜市	新居浜 "	5.2	35~38
宮崎県	細島臨海 "	12.5	35~38
山形県	酒田 "	10.0	35~37
新潟県	上越 "	12.0	35~37
呉市	呉市 "	3.8	35~36
山口県	錦川 "	45.62	35~39
埼玉県	埼玉東部 "	15.0	36~38
静岡県	静岡 "	6.7	36~38
金沢市	金沢市 "	4.3	36~40
山口県	厚東川 "	21.6	36
松山市	松山市 "	3.162	36
福山市	福山市臨海 "	12.0	36~38
三重県	松坂市 "	1.5	36~37
計		235.254	

ており、奈良県、茨城県、栃木県、群馬県などが少ない。

なお、全般的の自家用工業用水道の特徴としては、

①昭和9年の満州事変を契機として増加の傾向をたどり、特に昭和25年頃からの増加がいちじるしい。

②地域的特徴は北海道、静岡県などの紙・パルプ業が集中し、かつ、従来比較的水源の豊富であったところに多く設けられている。

③最近の傾向は例外を除き、年間平均 35~63 万 m³/日の給水量増加を示している。

④給水量の増加は北海道，新潟県，岡山県，兵庫県，山口県などの水源に多少とも余裕のある地域であり，反面四大工業地帯周辺は頭打ちとなっている。

3. 工業用水の基本的要素

工業用水は，水量，水質，温度，原水を得，使用目的に応ずる水にするための水経費，の4つの条件を基本的な要素として成立つものである。もちろん，業種，工場規模，製造工程などによって，重点のおかれる要素には相違はあるが，いかなる場合にも共通的にいえることはつとめて多量，良質，低温(恒温)，低廉にえられる水であるという点である。

(1) 必要水量

工業には一体どのくらいの水量が必要であろうか。各

表—12 製品単位量当りの必要水量^{4),6),7),8)}

製 品 名	製品単位	必要水量 (m ³)
製 鋼， 製 鉄	1 t	300 ⁶⁾
圧 延 鋼	”	300 ⁶⁾
冷 間 圧延鋼材 (high carbon)	”	230 ⁶⁾
”	”	20 ⁶⁾
熱 間 圧 延 鋼 板	”	60 ⁶⁾
紙 パ ル プ	”	210~265 ⁶⁾
パ ル プ	”	430 ⁴⁾
サルファイトパルプ	”	300~500 ^{6),7)}
ソーダパルプ	”	220~350 ^{6),7)}
クラフトパルプ	”	350~390 ^{6),7)}
洋 紙	”	430~860 ⁴⁾
新 聞 紙	”	200~280 ^{7),8)}
印 刷 紙， 上 質 紙	”	375~1000 ⁷⁾
板 紙	”	60~375 ⁷⁾
可 性 ソ ー ダ (ア 法)	”	120~150 ^{4),8)}
” (電解法)	”	100 ^{4),8)}
” (NaOH 11% の溶液)	”	75~90 ⁷⁾
ソ ー ダ 灰	”	50 ^{4),8)}
” (ア法 58%)	”	60~75 ⁷⁾
硫 酸 (90% H ₂ SO ₄)	”	30 ^{4),8)}
” (鉛室)(100%)	”	10 ⁷⁾
” (接触)(“ “ “)	”	3~20 ⁷⁾
硫 安	”	50~250 ^{4),8)}
”	”	835 ⁷⁾
ア ム モ ニ ア (合成)	”	130 ⁷⁾
醋 酸 (合成)	”	400~1 000 ^{4),7),8)}
酸 化 テ タ ン	”	250 ^{4),8)}
メ タ ノ ー ル	”	15 ^{4),8)}
ホ ル マ リ ン	”	8~10 ^{4),8)}
石 灰 窒 素	”	17 ⁶⁾
ア セ ト ン	”	360 ⁶⁾
ア ル コ ー ル (原 料)	”	200~500 ^{4),8)}
” (100 度)	”	140 ⁷⁾
” (190 度)	”	50~100 ⁷⁾
カ ー バ イ ト	”	60~120 ^{4),7),8)}
ステアリン，石けんおよび洗剤(油脂分のみ)	”	70~200 ⁷⁾
マ グ ネ シ ア ク リ ン カ ー	”	180 ^{4),8)}
ビ ー ル	”	20~80 ^{4),8)}
セ メ ン ト	”	1~4 ^{4),7),8)}
伸 銅 品	”	180 ^{4),8)}
石 油 精 製	”	10~100 ⁷⁾
レ ー ヨ ン	”	1 000~2 000 ⁷⁾
人 絹 パ ル プ	”	550~660 ^{7),8)}

種々々の製品を生産するのに千差万別の用水量が示されている。同一の製品を生産するのに必要な水量も，生産工程，生産方法，一工場単位としての生産規模の違いにより，あるいは立地条件により異なった値を示すこともあり得るだろうし，実際の数値にも現出しているようである。表—12 に製品単位当りの必要水量の一例を示す。

前述のような理由のほかに，水温によっても必要水量は左右される。現実的には表—13 に示すような蔵田延男理博による分類による方が，工場の立地条件と水源とのバランスを考えなければならないとゆきづまる恐れのある現在では便利であるかも知れない。

表—13 用水量から区別した工場のおよその種別⁹⁾

用 水 量 別 (m ³ /日)		工 場 種 別
A	1 級	100 000 < (超用水型)
	2 級	20 000~50 000 前後
B	3 級	10 000 台
	1 級	7 000~8 000 前後
C	2 級	3 000~4 000 前後
	1 級	2 000 >
	2 級	1 000 前後
	3 級	500 > (非用水型)
		一次金属・天然ガス合成化学・総合化学，パルプ・製紙一貫工場など
		化学繊維，製紙工場あるいは人絹工場など
		中規模の化学工場
		一流の紡績工場の級
		染色・製薬・ビール工場の類
		金属・機械・食品加工など
		製氷工場の級
		—

(2) 必要水質

ほとんど大部分の業種が溶存成分の可及的すくない水を要求している。大量の水を低廉に得るために海水で充当している部門でも，淡水が容易に低廉に得られれば，ただちに淡水に切り換えるであろう。しかし，ある種の工業たとえば，皮革，醸造などでは，ある程度の含有成分の存在が必要であり，一定量のバクテリアをふくんだり，ある程度の硬水であることが望ましい場合もある。日本の陸水には世界的にみて珪酸の含有量が多い。この珪酸が工業の面でいろいろの悪い影響を与えているが，なかでも珪酸塩を主成分とする缶石がボイラー用水として広く障害を与えている。

鉄あるいはマンガンは製紙，染色，染料，写真などの諸工業には敬遠されるが，さらに広い範囲にわたる各種の工業にいろいろの点で好ましからぬ影響を与える。

硬度と塩分の影響はいうまでもないことであろう。

生物による工業用水としての障害は大きな問題である。たとえば，Lepthothrix, Crenothrix, Gallionella, Spirophyllum などの鉄バクテリアによる障害である。これは嫌気性で O₂ を嫌い CO₂ を好み，地下水中で燐などの有機物を栄養として繁殖し，水中の鉄が触媒のような形で鉄バクテリアの繁殖を助けている。この鉄バクテリアの出す CO₂ が金属の腐食を進めるといわれている。また，この鉄バクテリアの付着による種々の障害も生ずる。また，藻類による障害もある。ある種の藻類は鉄バクテリアと共存して，管の閉塞現象を生ずることも

ある。とくに 25~26° 以上の水温と適度の太陽光線を受けると、その繁殖が旺盛となり、夏の濁水期、用水のピーク時に障害のたねをまきやすい。さらに、海水使用の際のムラサキガイ、マガキ、フジツボなどの付着、閉塞による障害があげられる。そのほか、いろいろの物質が種々の障害をひき起こすであろうが、工業の種類によっての用水の水質についての細部の限界は必ずしも一定してはいないのが現状であろう。次に、使用目的による、おおざっぱな目標を述べてみる⁷⁾。

(冷却用水)：特に水温が第一の水質標準である。そのほかには、硬度、浮遊物質、腐食性ガス、酸、油、そのほか有機物などスライム形成の原因となる有機物のすくないこと。

(ボイラー用水)：高温、高压ボイラーの使用が多くなったので、水質標準はきびしくなっている。

(加工用水)：製品と接触するか、直接製品中に入るため、その目的によっては飲料用あるいはそれ以上の水質が要求されることもある。また、製品の品質に影響を与えない水質でもなければならない。

要するに工業用水として、非常に厳重な水質を要求する部門もあれば、割合に大ざっぱな部門もあるというのが現状である。しかし、各使用用途別の水質制限値を一応設けてある部門もある。前述のように、用水としての用途別は冷却用水および洗浄用水が多いので、これらの用途に供せられる原水を供給している工業用水道の給水水質の一例を 表-14 に示す。

表-14 川崎市工業用水道給水水質基準

項目	水 温	濁 度	総硬度	総鉄量	蒸発残留物	pH
標準値	20°C 以下	10 ppm 以下	5 度以下	1 ppm 以下	300 ppm 以下	6.5~7.5

結局、必要に応じて、それぞれの水質に適合するように分配、あるいは処理して使用すべきであろう。

(3) 所要水温

工業用水は原則として低温なことが望ましい。冷却を考えると低温と同時に恒温であることが冷却効果を一定に保つ上で必要な条件の一つとなっている。とくに紡績工場をはじめ、いわゆるキャリヤ、エヤコンなどの現場では恒温の水が絶対にかかせない。紡績工場では作業場内の紡機、織機群が中心となって大量の発熱を行ない、このような状態になると糸の切れが目立って増える。そこでこれを防ぐために作業場内の湿度および温度の調整が考えられるようになった。キャリヤ、冷凍機などは大体 16~20°C を標準にして設計されているので、その水温の水が要求される。一方、パルプ、製紙関係では SP 用には 25°C、洋紙用には 20°C、一般の製紙には 16~20°C 前後の恒温のものが望まれている。

4. 今後の問題点

今後、ますます需要量が増大すると考えられる工業用水の水量を確保し、適正な価格で有効に使用するために考えられる、あるいは考えなければならぬと思われる諸点を列挙すれば次のようである。

(1) 利水相互間の合理的な調整と協同による効果的な用水対策

(2) 用水潤沢地帯への用水型産業の立地

(3) 地下水の有効利用 わが国における地下水利用

の現況は地域的に偏った現状にあり、一方で過度汲上げによる種々の障害を誘発している地域があるかと思えば他方では全く未利用のままに放置されている地域がある。このような観点から地域別に工業用水の取得可能量を定量的に調査し、地盤沈下などの悪影響を招来しない範囲内での適正利用量を地域別に推定する必要がある。

(4) 下水処理水の再利用 公共下水道の終末処理場

から排水される下水処理水を再生利用することは淡水源のひばくしている今日において水源確保の一つの有効な方策であると思う。下水処理水を再処理して工業用水として使用する時、水質、水温の面で若干問題がないわけではないが過去の実績から実用化し得ることが判明した。

この問題については、1945 年頃よりアメリカのベッレーム製鋼所でバルチモア市の下水処理水のうちの 19 万 m³/日を用水として供給を受けている。

わが国では数年前からその利用方法について検討がなされてきて、東京都においては、三河島下水処理場の下水処理水のうちの 2 万 m³/日を浄化処理して千住製紙工場に給水している。この経験実績にもとづき、さらに約 5 年にわたる詳細な各種試験と研究調査を続けた結果、冷却用水、一部洗浄用水、雑用水など、都の工業用水使用量の 8~9 割を占める用途についての利用の確信のもとに、第一期計画として、三河島および砂町下水処理場よりの下水処理水のうちの 32.6 万 m³/日を浄化処理する江東地帯工業用水道を建設することになった。また、名古屋、大阪においても下水処理水を水源とする工業用水道が布設されつつある。この傾向は、今後主として大都市において一そうさかんになるものと期待される。

表-15 に東京都三河島下水処理場の処理下水を原水

表-15 東京都三河島下水処理場還元水水質標準案

項目	水 質 標 準
水 温	26~27°C(8 月中), 20~25°C(5 月中旬~7 月, 9 月~10 月中旬), 19°C 以下(その他の月)
濁 度	50 度以下
電気伝導度	2 000 μ v/cm 以下
全 硬 度	20 度以下(ドイツ硬度)
酸素消費量	25 ppm 以下
塩素イオン	1 000 ppm 以下(夏期 500 ppm 以下, 冬期 1 000 ppm 以下)
全鉄イオン	0.5 ppm 以下

として工業用水としての浄化を行なった還元水の水質標準案を示す。

(5) 工業用水湖の造成 河川の河口またはその付近の埋立地内において「工業用水湖」を造成する方法も考慮する価値があると思う。この構想には、①工業用水に適した水質、水温の水を得ることができるか、②海水の浸透をどの程度にとどめ得るか、などの技術上の問題点があるが、これらの諸点が解決されれば、従来、海に放流されていた河川末流の水を経済的に活用することが可能である。このような面での技術研究と効果的実施が今後の水源開発の方向として検討されなければならない。

以上述べたところは工業用水の供給面からの今後の問題点であるが、このような供給対策と併行して、水使用の面における合理化対策を行なうことが必要である。

(6) 水使用の合理化 水使用合理化対策の第一は、回収水の向上である。ここにいう回収水とは、一事業所内のある工程で使用した水を、その工程あるいはほかの工程でもう一度利用するために回収装置を通して回収した水をいうことにする。従って、回収率とは回収水量をその工場の全工業用水使用量(回収水量をふくむ)で除したものと定義される。この回収率は昭和33年の実績によると全国平均で20.1%を示し、全回収水量は481万m³/日に達している。表-16に業種別の回収率を示す。

表-16 業種別回収率(単位:万m³/日)

業 種	全使用水量	回収水量	回 収 率
セ ン ー	233.8	6.6	2.8%
紙 パ ル プ	621.6	67.1	10.8
化 学	672.8	214.3	31.8
石 油 精 製	30.8	1.9	6.2
鉄 鋼	207.1	88.6	42.2

回収水使用の技術上の問題点としては、水温の低下方法、水による障害の除去方法を考慮しなければならない。水温低下の方法としては、噴霧池法、冷水池法、気曝塔法、機械的通風法などがある。回収水による障害としては、缶石、缶泥の付着による流過量の減少や腐食、鉄バクテリアや藻類の繁殖による化学的、物理的、生物学的の各種の障害が考えられる。これに対する処理方法としては一般的に、凝集沈殿、ろ過、軟化、酸処理、気曝、塩素注入、薬品処理、冷却などの方法があるが、工場で使用される水は大量であり、短時間に効果的な処理を行なうような方法を検討しなければならない。

水使用合理化の第二の対策は排水の地下還元である。これは工場排水を注入井または圧入井により地下に注入し、地下水源の保全を行なう方法である。この方法は、富山、大阪、滋賀などの工場で実用に供せられている。この方法には注入、圧入量に対してどの程度の水量を得ることができるかなどの問題があるが、あらかじめ十分

な水理地質調査を行ない、その結果にもとづいて実地にそくした地下還元を行えば相当の効果を期待し得る。

水使用合理化の第三の対策は用水管理による使用水量自体の節減をはかることである。用水管理の方法としては、計量器の完備、ろう水損失の防止、配給水管の維持、水冷式から空冷式への転換などの方法が考えられるが、現場に適合した用水管理の総合対策をたてるべきと思う。

水使用合理化については、鉄鋼、化学(硫酸)の2業種については委員会を設けて現在検討している。

(7) 海水利用の促進 第一は、海水を海水のままに利用する方法の促進である。この方法には施設設備に種々の障害を与える点が存在するが、施設設備の改良などによって、海水と淡水との併用度を高めることも可能であろう。海水利用の第二の方法は海水の淡水化である。これが経済的低廉に可能になれば、用水対策も一新するであろう^{9),10)}。

5. あとがき

この小文を草するに当たり、いろいろの助言をして下さった人々、参考文献を供して下さった人々に対して感謝し、特に、各種資料の便宜をはかって下さった通産省工業用水課の永岡乙哉技官の御好意に対して厚く御礼申し上げる次第である。なお、複雑多岐にわたる工業用水について述べた本文中に、書き落し、あるいは書き誤りがあるかも知れないと思うが、いささかなりとも工業用水に対する認識をもっといただければ幸いと考える。

参考文献その他

- 1) 経済同友会：“The Problems of Japanese Regional Economy”, 1961.
 - 2) 通産省：“昭和33年工業用水統計表”，昭和35年.
 - 3) 徳平 淳：“工業用水水源水質改善基礎調査報告書”，東京都首都整備局，1961～3.
日本工業用水協会編：“工業用水便覧”，7ページ.
 - 4) 蔵田延男：“工業用水の基本的性格”，用水と廃水，昭.34.9,48 ページ.
 - 5) 永岡乙哉：工業用水，昭.33.12，6ページ.
 - 6) Eskel Nordell：“Water Treatment for Industrial and other Uses”，p. 161～163，1961，Reinhold Publishing Co.
 - 7) Department of Economics and Social Affairs：“Water for Industrial Use”，E-3058.
 - 8) 豊田環吉：“工業用水とその水質管理”，2ページ，昭晃堂(昭.36)
 - 9) 永岡乙哉：“海水の淡水化”，土木学会誌，46巻12号
 - 10) 徳平 淳：“海水の淡水化”，工業用水，24号(昭.35.9)
- その他
栗原東洋：“所得倍増計画と社会資本充実の意義，その究明”，国民経済，昭.36，2月号
山本正雄：“日本の工業地帯”，岩波新書。
[筆者：正員 工博 東京大学助教授 工学部土木工学科]
(原稿受付：1961.12.29)