

工業用水와 工業立地

技術士 張學淳
(建設部門)

1. 序

工業立地를 決定하는 諸要素中에는 原料, 產地, 燃料, 電力, 勞動力, 關聯附帶工業, 氣象, 公害 周圍環境, 消費市場, 商去來, 金融資本 그리고 土木的인 諸要素等이 있다. 其中 土木的인 諸要素라고 함은 本來의 立地條件이 人間의 土木技術의 手段에 依해서 整備改善될 수 있는 것 即 土地, 用水, 港灣, 內陸交通, 災害, 都市計劃的인 諸要素等을 말하며 特히 用水는 工業用地를 造成함에 있어서, 오늘날 가장 深刻한 關聯問題의 하나로 되어 있다. 왜냐하면 물은 他諸要素와 比較해서 取得에 地域的인 制限을 가장 많이 받고 있으며, 用水確保에 代案이 없고, 需要의 競爭이 가장 甚하기 때문이다. 特히 近來 重化學工業 石油工業 pulp製紙工業 纖維工業等 多量의 물을 必要로 하는 用水型工業의 發達과 더불어 適切한 工業用水의 取得與否는 工業用地造成의 可能性 與否를 決定하여 주는 主因子가 되고 있다.

適切한 工業用水라 함은 주어진 工業에 對해서 充分한 水量, 適合한 水溫, 良質의 水質 그리고 單價가 低廉한 물을 말하며 이 4가지 條件中에서 가장 重要的인 것은 充分한 水量을 低廉한 價格으로 確保하는 일이다. 水質은 물處理에 依해서 生産에 必要한 限度까지 改善될 수 있고, 水溫의 調節은 人工的으로 可能하나 充分한 水溫을 確保하기 위해서는 이와 같은 改善이나 調節이 不可能하며, 地域的인 水文條件에 左右되기 때문에 工業立地를 決定하는데 있어서는 于先

工業製品生産에 必要한 充分한 水量을 如何히 擘 짜게 얻을 수 있느냐에 主點을 두어야 할 것이다.

2. 工業用水의 使用量

工業用水의 水量은 工業生産製品의 種類에 따라서 다르며 그 一例를 들면 表-1, 表-2 와 같다.

表-1 工業用水(淡水)의 製品屯當用水量(屯)

製		品		原 單 位	
石 油 化 學	에	치	렌	510 ~	760
	포	리에	치	670 ~	780
	스	치	렌	640 ~	810
	포	리스	치	160 ~	180
	B	T	X	150 ~	220
	합	성	고	무	210 ~ 220
紙 판 프	D	S	P	平均	569
	D	K	P	"	451
	S	C	P	"	229
	上	質	紙	"	182
	크	라	푸	트	"
	段	불	原	紙	" 194
纖 維 工 業	綿		糸	160(屯/1,000 lbs)	
	스	프	糸	540	"
	梁	色	整	170	"
		理			

石油	燃料油精製業	10 ~ 20 (m ² /KL)
	燃 料 油 滑 油 精 製 業	15 ~ 25 (")
化學工業	메 타 놀	300
	硫 安	200 ~ 250
	암 모 니 아	550
	電 解 소 다	120
	아 法 소 다	300
業	尿 素	330
	세 루 로 이 트	3000
其他	시 멘 트	2 - 5
	鐵 鋼	300

表-2 臨海工業의 用水使用量 單位; 屯/日/坪

業 種	工場數地單位面積 當量				備 考
	淡水	海水	循環水	合計	
食料品製造業	0.20	1.19	0.03	1.42	精製糖, 麥酒, 水產加工品化學調味料等 5工場 平均
纖維工業	0.03	—	0.07	0.10	純綿紙, 綿布, 織物梳毛糸等 2工場 平均
팔프, 製紙工業	16.50	1.55	0.07	18.12	加工紙 末日面 크라프트 팔프等 2工場 平均
化學工業	1.75	0.46	2.15	4.36	硫安等肥料, 카바이드 비누 油脂等 7工場 平均
石油精製業	0.26	2.51	0.07	2.84	4工場 平均
石油石炭化學	0.40	7.00	—	7.40	3工場 平均
시멘트製造業	0.10	2.18	0.03	2.31	3工場 平均
유리製造業	0.98	0.79	2.11	3.88	4工場 平均
銑鋼一貫鐵鋼業	0.10	0.56	0.20	0.86	5工場 平均
其他鐵鋼業	0.07	0.03	0.03	0.13	5工場 平均

非鐵金屬製品製造業	0.03	0.03	—	0.06	알루미늄製品, 銅製練 2工場
機械製造業	0.10	—	—	0.10	各種 化學機械 다 이젤엔진
火力發電	0.23	14.69	6.80	21.72	

또 工業團地의 面積과 工業用水의 所要量과의 比率은 日本 大工業地帶의 例를 들면 팔프紙와 같은 大用水型工業에 있어서는 專用敷地 10萬坪當 1日 約 6萬屯을 必要로 하며 化學工業 1萬 5千屯 非金屬製品 7千 4百屯 鐵鋼 6千 5百屯 石油 5千 6百屯 機械製品 1千 9百屯이며 一般의 으로 重化學工業의 立地가 되는 大型臨海工業地 100萬坪에 對해서 1日 10萬屯 以上の 工業用水와 周圍에 造成될 都市用水가 必要하다. 그러나 達觀的인 計劃立案에 있어서는 坪當 0.1屯/日 乃至 0.15屯/日을 基準으로 한 例도 있다.

이와 같은 工業用水의 用途는 一般의 으로 보 이라 用水 原料水 製品處理用 洗滌用 冷却用 溫度調節用 等으로 分類되며 其中 冷却用水가 占하는 比率이 第一 크며 淡수에 있어서는 43.6% 海水에 있어서는 91.6%이고 다음 洗滌用水 製品處理用水 溫度調節用水 原料用水 보이라 用水의 順序로 되어 있으나 業種에 따라서는 반드시 그렇지도 않다. 1962年度 日本의 用途別 工業用水 使用量의 比率을 例로 들면 表-3과 같으며 淡水의 業種別 用途別 使用量의 實例를 들면 表-4와 같다.

表-3 用度別 用水量 (1962年現在) 單位: %

	보이라 原料 製品處 洗 滌 冷 却 溫 調						計
	用水	水現	用水	用水	用水	用水	
淡水	3.2	3.9	16.5	17.7	43.4	5.2	100
海水	—	1.7	0.1	0.8	95.6	—	100
計	1.7	2.7	7.2	8.2	72.9	2.3	100

表-4 淡水의 業種別用途用水量 (單位: %)

業 種	보이러 用水	原 料 用水	製品處 理用水	洗 滌 用水	冷 却 用水	溫 調 用水
食料品製造業	6.3	13.9	14.9	23.7	37.6	4
纖 維 工 業	9.5	2.0	17.8	21.5	6.8	42.4
판프加工品製 造	2.9	1.5	53.2	37.0	4.3	1.1
化 學 工 業	2.8	2.7	4.4	11.2	70.1	8.8
石油石炭製品 製 造 業	10.7	5.2	2.8	2.8	78.5	—
窯業, 土石製 品 製 造	2.8	11.2	12.9	11.7	59.8	1.6
鐵 鋼 業	1.1	0.1	4.61	5.61	87.4	1.18
非鐵金屬製品 製 造 業	3.4	0.8	9.2	12.5	71.5	2.6
金 屬 製 品 製 造 業	5.0	2.3	26.4	37.2	27.7	1.4
機 械 工 業	4.0	—	12.4	25.1	46.9	11.6
其 他	9.2	1.5	11.7	9.5	61.6	6.5

3. 工業用水의 水源

工業用水의 水源으로 利用되고 있는等, 水源의 種類는 淡水 海水 工場廢水 또는 循環水의 回收水 등이 있으며 淡水水源은 다시 河川地表水 伏流水 地下水(淺井 또는 深井) 湖沼水 등이 있다. 어떤 水源을 擇할 것인가의 問題는 地域的인 考慮 用水量 要求水質 經濟性 等に 依해서 決定되나 外國의 例에 依하면 一般的으로 水源으로서 가장 큰 比重을 차지 하고 있는 것은 海水로서 다음이 循環使用水 地下水 河川地表水 伏流水의 順序로 되어 있다. 그러나 海水는 水質上 거의 冷却用水의 水源으로 限定되어 있고 其他目的을 위한 工業用水는 淡水에 依存하고 있으며 淡水水源의 40% 以上이 伏線水 또는 井戶水에 依存하고 있다. 表-5는 1962年 現在 日本의 水源別工業用水의 使用量을 調査한 것이나 이 表에서도 알수 있는 바와 같이 工業用水의 水源으로서 工業用水道 또는 都市上水道에 依存하고 있는 比率이 적은 買水인 關係上 用水單價가 高價인데 基因한다.

우리나라는 過去 工業用水道가 없었고 單位工場에서 使用되는 工業用水使用量도 그리 크지 않

表-5 工業用水의 水源別內譯(淡水)
1962年 現在 單位: (%)

公共水道		地表水	伏流水	井戶水	回收水	其 他	計
工業用水道	上水道						
5.9	8.2	19.6	7.0	29.7	27.8		
58~5.9	63~8.2	19.6~24.5	36.7~41.0		20.1~39.6	1.8	100

아서 大部分 都市上水道나 自家井戶 또는 河川地表水를 水源으로 使用하고 있었다. 그러나 需要量의 單位가 커지고 工業의 集團化가 이루어져감에 따라 徒來와 같은 小規模의 自家井戶나 河川表流水의 取水方式으로는 充分한 水量確保가 어려워지게 되며 政府支援事業에 依해서 關發되는 工業用水道에 依存하는 傾向이 많아져가고 있다.

우리 나라 河川의 地表水는 河水涵養이 不良해서 渴水量이 一般的으로 적기 때문에(平均 渴水比流量은 流域面積 100 km² 當 約 0.2 吨/秒 程度이다) 自然狀態에서 10,000 吨/日 乃至 2,000 吨/日의 地下水 얻을 수 있는 河川이란 漢江, 洛東江, 錦江等 三大河川에 臨한 地帶와 其他局 限된 河川流部를 除外하고는 거의 없다. 또 農業用水와 水利權競合이 極甚하기 때문에 單一工場으로서 工業用水를 河川地表에 依存한다는 것은 大端히 어려운 일이다. 그럼으로 貯水池築造에 依한 大容量工業用水道の 開發이 漸次活發해져 가고 있으며 蔣山을 비롯한 鎭海, 鹽水, 庇仁等 工業用水道の 開發은 좋은 例이다.

한편 地下水源은 低溫 또는 恒溫良質의 水質이여서 工業用水의 水源으로서 水質面에서는 좋으나 우리나라에 있어서는 水量面에서 依存도가 얕다. 地域的인 差는 있으나 單一井戶에서 期待할 수 있는 取水容量을 約 3,000 吨/日이 限度가 되어 있고 10,000 吨/日의 伏流水 또는 地下水를 얻을 수 있는 地域이란 極히 드물다. 이는 우리나라 地質이 大概 花崗岩地帶가 많고 地下水層의 두께가 比較的 얕기 때문에 地下水를 包携할 만한 特徵을 가지고 있지 않는데 基因한

表—6 우리나라 工業用水道の 現況과 將來計劃

1968. 6. 現在

地 區	現 在 生 產			合 計
	現 在 生 產	施 工 中	將 來 計 劃	
蔚 山	120,000 屯/日	50,000 屯/日	350,000 屯/日	520,000 屯/日
鎮 海	85,000 屯/日	—	—	85,000 噸/日
庇 仁	—	100,000 屯/日	—	100,000 屯/日
浦 項	—	100,000 屯/日	100,000 屯/日	200,000 屯/日
麗 水	—	25,000 屯/日	100,000 屯/日	125,000 屯/日
三 千 浦	—	—	100,000 屯/日	100,000 屯/日
計	205,000 屯/日	275,000 屯/日	650,000 屯/日	1,130,000 屯/日

다. 또 地上水가 隣近井戶 相互間의 干涉이 생
기게 되면 水 量이 減少되고 甚한 汲上使用은
附近地 地盤沈下를 招來하여 甚하지 않은 災害
나 損害를 받게 되기 때문에 앞으로의 工業用水
의 用水源으로는 크게 期待하기가 어렵다.

이런 見地에서 본다면 앞으로의 工業用水와의
關聯에서 選定될 工業立地의 適地는 小規模일경
우를 除外하고는 其他 立地條件을 考慮한 限界
內에서 三大河川에 臨한 地帶나 工業水道의 供
給意決을 받을 수 있는 大規模臨海工業團地가 되
리라는 結論을 갖게 된다. 그러나 小規模의 工
場立地일 境遇에는 河川地表水나 地下水에 依存
하되 前者일 경우는 充分한 水文調査 后者일 경
우에는 組密한 漁水試驗을 하여 必要水 量確保에
對한 確證을 얻은 然後에 立地決定을 하여야 할

것이다.

한편 工場用水의 回收使用은 用水單價를 節減
하고 用水確保가 漸次 어려워져 가고 있는 우리
나라의 實情에서는 充分히 研究檢討되어야 할問
題點이다.

4. 工業用水의 經濟性

工業用水는 모든 工業生産에 있어 各種工程上
直接間接으로 重要한 工業原料의 一種이며 따라
서 用水單價는 該 工業生産品原價에 影響을 준
다. 用水單價의 上限이 어느 程度가 되어야 經
濟的인가 하는 것은 그것이 工業生産의 種類와
規模 또는 地方事情等에 依해서 틀리기 때문에
一括으로 規定지을 수 없으며 用水의 水 量,
水質, 水溫等의 諸條件이 그 工場의 生産에 必
要한 作業工程을 經濟的으로나 操業上 滿足할 條
件을 維持하는 限度에서 決定되어야 할 것이다.
工業用水의 用水單價는 年間生産使用하는 工業
用水量을 그 工業用水를 生産하는데 所要된 年
間經費로 나누면 얻어진다. 여기서 말하는 年間
經費란 施設投資에 對한 年利子와 減却償却費
그리고 固定資産保存費를 考慮한 固定年間費用
과 電力費施設維持費管理費 用水處理用藥品費等
의 年間維持運營費의 緩和이며 用水單價를 算出
하는 一般式을 紹介하면 다음과 같다.

$$\text{用水單價 } C = \frac{C}{E+F} \quad [\text{원/屯}]$$

여기서 $V = \text{年間 用水生産量} [\text{屯 또는 } M^3]$

別表—A 施設投資에 對한 年間費用(E)

種 類	投資額(E)	年利子(r)	減價償却率(n)	固定資産保存率(m)
펌프場 構造物과 建物	E_1	r_1	$n_1 : 0.017(\text{鐵筋콘크리트})$ $0.045(\text{木造})$	$m_1 : 0.008(\text{鐵筋콘크리트})$ $0.050(\text{木造})$
펌 프 機 器	E_2	r_2	$n_2 : 0.040$	$m_2 : 0.026$
管 路	E_3	r_3	$n_3 : 0.018$	$m_3 : 0.018$
用水處理 施設構造物	E_4	r_4	$n_4 : 0.017$	$m_4 : 0.008$
用水處理 施設機器	E_5	r_5	$n_5 : 0.004$	$m_5 : 0.026$

$$E = E_1(r_1 + n_1 + m_1) + E_2(r_2 + n_2 + m_2) + E_3(r_3 + n_3 + m_3) + E_4(r_4 + n_4 + m_4) + E_5(r_5 + n_5 + m_5) = E_i(r_i + n_i + m_i)$$

別表-B 年間維持運營費 (F)

種 類	年間費用	$F = F_1 + F_2 + F_3 = ZFi$
電力費	F_1	
藥品費	F_2	
管理費	F_3	

$E + \dots =$ 總年間經費 [원]

$E =$ 施設投資에 對한 年間費用 [원]... 別表 A 參照

$F =$ 年間維持運營費 [원]... 別表參照

이와같이 해서 工業用水의 一屯當單價를 算出할 수 있다. 施設投資에 對한 年間費用을 算出하는데 있어 減價償却費와 固定資產保存費는 施設物이나 機器의 種類에 따라 다르며 위에 表示한 値는 各種類의 耐用年限을 基準으로해서 策正한 一般化된 것이다.

위에서 말한바와 같이 工業用水의 單價에는 施設費, 維持管理費, 動力費, 水質改善等이 包含

되어 있으며 이들 諸經費가 工業生產費中에 占하는 比率에 따라서도 工業用水의 經濟性이 評價되어야 한다. 卽 아무리 좋은 水質의 물이라 하더라도 工業生產에 充分한 水量을 얻을 수가 없어서 採水費가 비싸게 所要될 경우에는 工業用水로서의 利用價値는 低下된다. 또 한편 水質은 어느程度不良하다고 하더라도 水量이 豊富해서 採水費가 低廉할 경우에는 水質改善費에 多少의 費用이 所要되더라도 結果的으로는 充分히 經濟的인 工業用水가 될 것이다. 故로 經濟的인 工業用水單價에 對한 普遍化된 規定을 지을 수는 없으나 日本의 例에 依하면 1932年 現在 全國의 淡水加重平均 單價는 3.34圓/屯 海水의 平均單價는 0.49圓/屯으로 되어 있다. 또 用水單價가 生産原價中에 合하는 比率은 大略 0.5% 乃至 1.0% 程度가 平均으로 되어 있으며 場所에 따라서는 3% 乃至 5%되는 곳도 있다.

工業用水單價를 業種別로 보면 規模 立地條件 水量, 用途等에 따라 다르겠지만 製紙 및 팔프, 非鐵金屬, 火力發電, 纖維等은 0.33~2.8圓/屯

表-6 日本工業用水單價 (1962年現在) 單位 日/屯

業 種	調査對象 工場數	河 川		地 下 水		回 收 水	工 業 用 都 市		其 他	平 均
		地 表 水	井 戶 水	伏 流 水	水 道 上 水 道					
食 品	209	0.77	1.77	2.19	1.81	4.93	15.48	2.75	3.12	
纖維及纖維製品	453	1.60	1.59	1.06	0.83	6.14	14.26	0.83	2.05	
製紙及팔프	117	1.58	1.11	1.86	0.87	2.96	10.04	3.50	1.48	
化學工業	264	1.35	2.37	2.15	1.60	3.01	14.39	2.11	2.53	
石油精製	14	5.00	3.09	1.86	—	4.38	14.82	—	4.53	
窯業土石	65	1.32	2.55	1.72	0.76	4.41	17.68	9.12	7.03	
鐵 鋼	148	4.42	2.88	5.80	2.12	3.67	16.08	1.26	3.80	
金屬製品機械及器具等	270	4.54	3.76	2.09	2.76	4.25	15.48	5.02	7.55	
非鐵金屬精鍊	58	0.85	2.14	1.33	1.38	3.60	15.05	1.51	1.71	
火 力	42	0.33	2.82	3.17	1.95	3.86	13.11	6.51	1.09	

範圍의 自家用수를 使用하고 있어 平均 코스트도 1.09~2.05圓/屯으로서 他業種보다 低廉하다. 이는 使用水量이 많기 때문에 製品의 生産原價中에 用水單價가 占하는 比率이 自然커져서

되도록 低廉한 用水를 必要로 하는 業種이다. 다음 化學 石油精製 食品, 鐵鋼業은 0.77~4.93圓/屯 程度의 것을 使用하고 있고 平均 코스트는 2.53~4.53圓/屯이다.

水源別 用水單價는 地表水 0.23~5.0圓/屯 地下水 1.0~3.0圓/屯 回收水가 0.76~2.76圓/屯 이며 이 中上水道用水는 工場의 徒業員의 飲料水 또는 보일러用水等 比較的 高度의 處理를 處하는 分野에 使用되기 때문에 10~17圓/屯을 나타내고 있다. 한편 工業用水道는 1.06~6.0圓/屯이다.

表-8
製造原價中用水費와 電力費 차지하는 比率

業	種	用水費占有率	電力費占有率
銑	鐵	0.76	0.64
棒	鋼	0.57	0.45
시	멘트	1.29	5.50
硫	安	7.43	34.43
비	스코스	1.79	0.33
팔	프(D S P)	2.33	9.26
洋	紙(上質)	3.44	0.44
石油製品	(原價處理)	0.41	0.69

이와 같은 用水單價를 製品의 生産原價中의 電力費와 比較하여 보면 表-8와 같으며 主要業種의 用水單價는 電力費와 같은 程度의 比重을 차지하고 있음을 알 수 있다.

參考로 우리나라 工業用水道의 用水單價는 蔚山의 境遇 現在屯當 4.96圓이며 都市上水道用水는 家事用일 境遇 全國 平均 9.0圓/屯, 全國 最高 15.0圓/屯, 基本量超過料金最高 22.0圓/屯이며, 工業用일 境遇에는 全國 平均 11.9圓/屯, 全國 最高 25.0圓/屯으로서 工業用水를 都市上水道에 依存하는 것이 얼마나 高價인가 容易하게 알 수 있다.

그럼으로 工業立地와 關聯해서 工業用水는 極히 不可避한 境遇를 除外하고는 都市上水道에 依存할 것이 아니라, 專用工業用水施設을 가추거나 政府工業用水道에 依存하여야 할 것이며 前者일 境遇에는 工場의 規模, 地方에 따라 다르겠지만 最少限 工業用水道의 用水單價보다 같거나 이보다 低廉한 單價를 가질 수 있는 工業用水가 一應 經濟的인 上限의 물이라고 하겠다.

(筆者：都和 인터내쇼날 代表)