

工業用水에 對한 諸問題

그리고 또한 그들은 흐르는 물에서
미묘한 소리를 같이 들을 때에
서로 마주 쳐다보며 같은 것을 생각하며
같은 물음에 대한 같은 대답에
행복을 느끼는 것이었다.

安 東 赫*

헛세

1. 머릿말

工場の血液으로 여겨지고 있는 工業用水는 그 供給과 處分에 있어서 많은 문제를 일으키고 있다. 工場企業이 形成되기 以前에는 工業用水問題は 주로 質的인 神秘에 쌓여있었다. 産業革命後 量의 問題가 더 重大化하였다. 또한 사용된 廢水 處分問題가 주로 社會安全과 資源保全의 視角에서 提起되었다. 그러나今日の 問題는 그 테두리가 크게 擴大되었다. 近代工業의 巨大化, 連續化, 自動化 및 精密化의 4大方向은 人口의 密集 즉 都市化를 促進하고 物資消費를 昂進시키므로서 大量的의 工業用水, 上水 및 廢水の 供給, 處理, 處分問題를 解決하기가 나날이 더 어렵게 되어가고 있는 것이다.

韓國의 工業用水問題は 아직 産業革命期段階에 있지만 全般速度는 必然的으로 빠르겠고 過去의 敎訓을 살려 前敎를 밟지 않기 위하여는 今日 이 問題를 다루어두는 것이 결코 이르지 않다. 우리 땅에서 工業用水問題가 처음으로 提起된 것은 1930年頃이다. 이즈음까지 약간의 工場이 所定の 地點에서 所要의 用水를 取得할 수 없어 廢棄되었다. 그리하여 工業이 成立되기 쉬운 주로 都邑地帶의 水量 水質의 探索事業이 筆者의 指揮下에 10數年間 實施되었다. 이 일은 아직도 더 繼續할 必要가 있고 現在도 各分野에서 實施되고 있다. 그러나 問題는 더 커지고 있으므로 擴大된 見地에서 問題를 整理해 볼 必要를 느끼기 때문에 이 글의 題目이 選定된 것이다.

물은 우선은 液體이어서 이를 水理學的으로 다루는

것은 당연하다. 그러나 물은 物質이므로 問題가 여러 워질수록 綜合的인 즉 土木工學에서 化學工學으로 또는 物理學 生物學등 더 基礎的 深度를 要함은 不可避한 일이다. 대체로 化工界에서 물에 대한 態度는 이른바 Anchillary Services의 하나로 電氣 動力보다는 關心이 크지만 燃料보다는 冷淡하다. 人生必需의 最大問題를 他山之石 程度로 여김은 分明히 認識錯誤로서 化工이 당연히 이 問題 解決에 應分の 努力을 해야하며 이런 點에서 이 심포지움은 意義가 있다.

2. 水 資 源

한 地域의 水資源을 正確히 把握하려면 長期에 걸친 精密한 水文調査에 依據하지 않고는 可能치 않다. 水文調査는 自然水의 循環狀態를 觀測하는 일로서 氣象水(降水量 蒸發量 湿度等) 地表水(河川 湖沼海洋等) 地下水(井泉 地下川等) 등 諸形態의 環境(溫度 地形 地帶 汚染等)에 따르는 水量 및 水質의 動態가 밝혀진다. 我國의 水文資料는 거의 原始狀態라 할 수 밖에 없다.

氣象觀測計報는 約 60年分이 있기는 하나 觀測地點이 過少하여 많은 경우 推定値를 쓸 수 밖에 없다.

河川에 대하여는 日政期の 朝鮮河川調査書와 年報 發電水力調査書, 建國後의 土木局 建設部 韓電등에서 약간의 報告書가 刊行되었으나 극히 平凡한 內容으로서 必要地點에 대한 data를 供給치 못함은 물론 水質에는 전혀 손도 못대고 있으며 水量일지라도 觀測値가 過少하다. 海水에 대하여는 더욱 막연한 것으로서 海洋調査年報에서 水深 地形을 짐작할 뿐이다. 이 分野에서 整理를 要하는 資料로서는 서울市 등의 水道事業의 測定値가 保存되어있다면 °C Cl-ppm에 不過하지만 參考가 될 것이다. 금년에 發足한 國際的인 漢江水系調

*漢陽大學校 教授, 本學會 顧問.

**이 원고는 1966년 8월 1일 本學會 “工業用水 심포지움”에서 특별 강연한 것이다.

查事業은 從來의 주먹구구의 弊習을 一掃하고 實測에 힘들여 模範의인 作業을 보여주기를 바란다.

地下水에 대하여는 筆者의 中央工業研究所報告外에 地質調査所의 作業이 있을 뿐이나, 이 分野에서도 建設交通 遞信등 諸事業機關의 工事報告를 整理할 수 있다면 매우 有助할줄 믿는다. 우리나라 地下水는 거의 30 m 以內的 淺井에 屬한다. 石炭地帶나 熔岩地帶에는 이보다 깊은 地下川이나 滲透水가 있다. 1000 m 깊이의 이른바 深部帶水層은 아직 알려진 것이 없다.

工業用水의 立場에서 우리나라 水資源에 대한 筆者의 見解는 대강 다음과 같다. 全般的으로 우리 나라의 水資源은 豊富하다 할 수 없으나 그 利用度는 매우 낮으므로 相對的으로는 아직 餘裕있는 狀態이다. 河川水의 水質은 良好하며 300,000 m³/D 以上の 水量은 大河川에, 10,000 m³/D 以上은 中小河川에 依存함이 原則일 것이며, 이 以下の 水量은 地下水에 期待할 수 있다. 河床周邊의 伏流水는 河川에 準하는 水量이 있고 水質은 더 良好하고 施設이 간이함으로 가장 좋게 쓰이고 있다. 30 萬 m³/D 以上은 相當한 貯水施設을 要한다. 海水의 利用率은 現在 거의 영이나 앞으로 依存度가 急進할 것은 世界的인 趨勢이다.

水資源의 開發利用은 주로 그 經濟効率에 따라서 決定될 問題이다. 工業用水의 價値生成率은 매우 큰 것으로서 都市上水道와 競合되지만 물론 이를 原則的으로는 超范할 수는 없다. 우리 나라에서도 이미 安養邑은 年來로 이 苦惱를 解消치 못하고 있다. 이런 問題는 工業과 都市 또는 聚落의 相互計劃에서 깊이 檢討되어야 한다. 가령 馬山市가 國際적으로 優良한 釀造用水의 賦存地이며 그 供給量이 制限되었을 때에 dilemma가 생긴다면 그 解決은 技術的으로나 社會的으로나 여러모로 模索되겠지만 미리 經濟的 計劃에서 調整해 둬야 賢明할 것이다.

根本的인 問題는 水資源의 保存이다. 降水量이 많다 할 수 없는 우리 나라에서 그 80%를 洪水量으로 土壤의 肥沃成分과 財貨와 人命을 붙여서 消失하는 現象은 없애야 된다. 다음은 汚染인데 都市와 工場은 현재까지 거의 無責任이다. 이 不幸한 自由는 究 是正될 줄 안다.

3. 水源과 供給

水源과 水路의 地點設定과 施設은 水工學의 擔當分野이다. 要는 所要水質 및 水量의 經濟的인 供給에 있다. 現在 工業用水費는 ₩ 5~15/m³이 限界이며 이 價格은 점차 上昇 될도 不可避하나 結局 生産費의 國際水準에 制約을 받으므로 現下의 高金利는 初度設備을 極小化한다. 同一水系에서의 競合은 더욱 深刻한 紛爭을 일으키

게 되며 결국 社會經濟的 損失이 되므로 그 調整 또는 共同管理 내지 工業用 水道事業問題는 우리나라에서도 벌써 着手을 要하는 段階이다.

現下의 水源施設은 大規模의 dam을 비롯하여 小規模의 集水井에 이르는 多岐에 達하는 것인바 그 實地는 주먹구구와 試行錯誤로 施行되고 있다. 이를 最小限 必要한 水理測定과 基準示方에 依據하게끔 規制하여야 한다. 管理 維持狀態도 顯著한 事故가 發生한 뒤에야 應急手段으로 미봉해 두는 것이 이른바 解放式으로서 筆者는 都市上水道등 公營事業을 비롯하여 큰 規模의 施設에서 分析的 檢討가 時急하다고 생각한다. 實例로 서울시上水道事業은 近年에 많은 改善이 이루어졌지만 그 使命을 完全히 遂行하고 있다고는 볼 수 없으며 그 唯一한 生産品의 漏水管理은 아직도 극히 소홀하다.

使用面에 있어서 工業用水問題는 매우 區區하다. 우선 使用量은 業種에 따라서 製品重量의 5~3,000 倍의 變動이 있으며 要求水質도 冷却水를 비롯하여 高壓汽罐水에 이르는 差가 있다. 이 問題의 合理的 解決은 大企業에서는 system engineering의 idea를 導入함이 效果的이라고 여겨진다. 筆者는 이를 區分使用法이라고 부른다. 적어도 一般的으로 허드레물과 上水의 2 區分, 大工場은 海水를 包含한 더 많은 區分은 現在에서 不可避한 것이며 今後 더욱 細分될 것은 明白하다.

4. 處 理

原水中에 存在하고 있는 障害物質의 除去 또는 效果物質의 添加作業을 廣義로 處理라할 수 있고 따라서 處理法은 原水의 種類와 對象物質의 限界 그리고 規模와 經費등이 相關因子이므로 無數한 combination이 可能하다. 從來의 이 問題에 대한 研究와 實際는 routine methods를 series로 한 이른바 standard treatment를 設定하고 與件의 不適當을 補完하는 方式이다. 보통의 경우 이 方式으로 해나갈 수 있기는 하지만 效率的이라 할 수 없고 다음 例에서 보는 바와 같은 根本的인 問題는 解決하지 못한다. 나는 現行 諸處理系列에 대하여 특히 academy 側에서 論理的 計統的研究가 遂行되어 convension이 修正되기를 要望한다.

a. 上水處理

보통 原水의 障害成分은 粘土 Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ Na⁺ K⁺ Fe⁺⁺ Fe⁺⁺⁺Cl⁻ SO₄⁻⁻ NO₃⁻ SiO₃⁻⁻ NH₄⁺ O₂ 有機物 微生物 등이며 特殊한 경우 Mn⁺⁺등 Zn⁺⁺ F⁻ Al⁺⁺⁺S⁻⁻등을 考慮해야 되며 溶存無機物總量은 的 100 ppm이다. 이에 對하여 物理的(濾過 沈降등) 物理化學的(凝集 吸着 蒸溜 滲透 電氣泳動등) 化學的(이온交換 沈澱劑 曝氣 脫氣 電解 이온封鎖등) 및 生物學的方法이 對應한다. 理論上으로는 障害成分의 分離는 容易하지만 問題는 經

濟性에 있어 이것이 技術者의 苦惱이다. 그러므로 工業用水에서는 原水에 대하여 우선 基本處理(凝集 曝氣 濾過)를 한 것을 일단 給水하고 各工程上 必要한 處理를 該當部門에서 實施하게 된다. 個別的 處理法에서는 基礎科學의 發展에 따라 無數한 方法을 案出할 수 있고 工程設計에서도 前述한 바와 같이 綜合檢討의 餘地가 많다.

b. 海水處理

海水는 最大의 水源이므로 電力 製鹽 養殖 原子力등 巨大한 分野에서 研究되고 있으며 化工原料로서도 利用度가 커지고 있다. 大規模工場의 冷却水源으로는 우리나라에서도 火力發電所에서 이미 經驗을 쌓았고 混濁除去處理等으로 그 費用은 意外로 비싸게 먹으나($W 5/m^3$) 今後 使用量은 急増할 것으로 豫想된다. 海水處理에서 現下 世界的인 課題는 經濟的인 脫鹽 즉 海水의 上水化에 있다. 그 目的은 農業, 都市, 工業, 船舶, 作戰 등 多岐의이지만 그중 工業用水로서의 比重은 近代工場의 海岸指向과 아울러 激増할 것이며 우리나라에서도 50 萬 m^3/D 이상의 水量은 海水를 考慮치 않을 수 없게 된다. 現在 世界各地(南北美 地中海 퍼시아灣 北歐 南阿 28個所)에서 103,500 m^3/D 의 淡水가 32~89¢/ m^3 의 經費로 生産되고 있다. 만약 이 生産費를 1/3로 줄일 수 있다면 一般上水道와 競爭할 수 있고 1/6로 할 수 있으면 砂漠地帶의 綠化가 可能하다 한다. 현재의 脫鹽法은 濃縮採水(蒸溜 凍結 溶劑抽出 gas 水和物法 등)와 除鹽淡化(電解透析 逆滲透 이온 交換法 등)가 사용되고 있다. 高分子化學의 發展에 따라 membrane technology의 實用化(現在는 醋酸纖維等)도 好望이긴 하나 아직 經濟的인 材料와 設計가 더 發展되어야 한다. 海水脫鹽에 所要되는 熱力學上 energy 最低値는 0.39 kwh/ m^3 인데 實際는 이 理論値의 15~90 倍가 消耗되고 있으므로 目標到達은 好望의이라 할 수 있다. Propane hydrate $C_3H_8 \cdot 17H_2O$ 는 10°C, 3 atm에서 固化分離되므로 興味있으나 常溫水結分離가 可能한 hydrate가 發見된다면 劃期的인 成果를 거둘 수 있을 것이다.

c. 廢 水

都市廢水와 工業廢水는 處理 分解해야 함은 常識이나 우리나라에서는 아직 本格化되고 있지 않아 法規上 強制가 必要한 것은 더 말할 것도 없다. 都市廢水와 天然有機物工業廢水는 活性汚泥法으로부터 化學法으로 하여 漸進的인 實施가 되어갈 줄 믿는다. 工業廢水는 그 業種에 따라 또한 工程에 따라서 汚染成分이 전혀 다르고 그 處理 및 回收의 經濟性도 判異하므로 나는 年來

여기도 區分處理를 想像하고 있다. 이 空想은 業種別로 統計的 研究을 해볼 價値가 있다고 믿는다.

더 積極的으로 廢水를 工業原料로 看做하라는 말은 많은 text나 나도 講壇에서 가끔 熱을 올리기는 하지만 現實的反應은 아직은 적다. 그러나 이 問題는 事實上 世界的인 課題로서 Minnesota 大學에서는 物理學教授를 head로 廣範한 field work에 着手한지 오래다. 廢水處理의 對象을 汚染物에 두는 것이 原則이지만 그 主成分의 回收 利用 즉 回收問題가 바로 이것이다. 世界의 淡水飢饉은 恒久的이며 急進的인이다. 따라서 回收水는 常識的 要求이다. 이미 오래 前부터 冷却水 汽罐用水의 回收循環은 實施되었고 製紙工場에서 洗滌用水의 回收利用도 恒例이었던 것이다. 우리나라에서도亦然하며 製紙工場의 回水率은 約 10%라 한다. 課題의 所在은 一般廢水의 回收에 있는 것으로서 現在까지의 試驗成績은 回收率 80%까지 經濟的으로 成立된다한다. 이 數値는 너무 理想的이라 할지라도 벌써 先進國에서는 60% 目標을 세우고 있으므로 우리도 이에 留意할 必要가 있다.

5. 結 言

工業用水를 둘러싼 課題를 概括的으로 講評하였다.

우리나라에서의 이 分野는 아주 첫걸음의 段階로서 專門的研究가 거의 遂行되고 있지 않으나 앞으로의 重要性은 急激하고 必至이다. 水資源에 대한 基本的인 把握을 위하여 水文調査의 必要性 上下水施設의 基本示方 確立을 要請한다. 工業用水의 處理 使用 工業廢水의 處分에 대한 우리 化工界의 關心을 促求한다.

海水의 脫鹽과 廢水의 回收는 世界人類的 福祉와 直結된 大課業으로서 현재의 技術水準으로는 그 實現에 許多한 難關이 있는 바 綜合技術 綜合科學的인 構想이 要望된다.

工業用水를 둘러싼 諸問題는 科學 技術的인 것인 동시에 經濟 政治 社會的인 것으로서 우리나라에서도 마땅히 早速한 時日內에 適切한 이에 對應하는 體系的인 立法行政 經濟上 政策과 措置가 마련되어야 한다.

끝으로 一言코저하는 바는 工場用水는 化工의 立場에서도 다만 用水에 그치지 않고 重要 原料인 것이다. 今日 水素合成系의 諸事業은 直接 또는 間接으로 물을 原料로 하고 있다. 尿素보다도 宇宙船燃料로서의 水素 및 hydrazine 등 水素化合物의 位置는 더욱 顯著하다. 將來 宇宙時代가 實現된다면 이 問題는 地球上 水資源에 대한 새로운 思考를 가져올 것이다.