

濃 度 差 發 電

技術展望

一 色 尙 次*

— 차 레 —

- 1. 序 言
- 2. 濃度變化에 의한 諸現象
 - 2.1 濃度差에 의한 浸透壓水車
 - 2.2 濃電 池發電
 - 2.3 稀釋熱에 의한 熱機關
- 3. 鹽水엔진의 構成
- 4. 鹽水엔진의 實驗結果

- 4.1 發電實驗
- 4.2 鹽水엔진車의 實驗
- 5. 水溶液의 에너지保有能力和 選定
 - 5.1 水溶液의 沸點上昇
 - 5.2 水溶液의 에너지保有能力
 - 5.3 水溶液의 選定
- 6. 今後展望

1. 序 言

물에 떨어진 한 방울의 질은 잉크는 넓게 퍼져서 되 돌아오지 않는 것과 같이 질은 溶質은 恒常 機會만 있으면 넓게 퍼져고 한다. 이 機能은 物理學的인 포텐셜로 설명할 수 있으며 濃度變化는 엔트러피의 變化와 더불어 發熱, 吸熱 및 其他 에너지의 出力을 同伴하고 있다.

今番 東京工業大學의 一色 尙次博士는 濃度變化에 따르는 에너지의 出入으로서 動力發生の 可能性이 있다는 것을 考察하였다. 특히 濃度가 질은 中性鹽水溶液은 蒸氣를 吸收, 發熱하면서 넓게 될 때의 熱에너지로서 動力을 發生시키는 簡單한 엔진시스템에 成功하였는데 이것을 鹽水엔진車라고 命名하였다. 또한 이것을 各種 에너지나 廢熱 등에 活用할 수 있는 에너지시스템으로 提案하였다.

2. 濃度變化에 의한 諸 現象

任意 鹽類水溶液은 濃度에 의하여 沸點上昇과 永點降下가 發生하고 더욱 濃度가 질은 水溶液은 純水한 蒸氣를 吸收하여 發熱하는 것으로 알려져 있다. 이 能力은 이미 LiBr水溶液이나 NH₃-水의 混合液을 使用하여 吸收冷凍器에 利用될 수 있는 것이나 本稿에서는

對象을 一般化해서 濃度差의 現象에서 動力를 얻을 수 있는 것을 考察하고자 한다.

2.1 濃度差에 의한 浸透壓水車

例를들면 海水와 河川의 淡水間에는 水柱 200m에 相當하는 浸透壓이 存在한다. 이 浸透壓이 그림 1과 같이 抵抗이 매우 낮고 強度가 강한 半透膜이 있으면 도랑에 設置하여 水車로서 動力化할 수 있다. 이것이 소위 海水濃度差發電의 原始形이다.

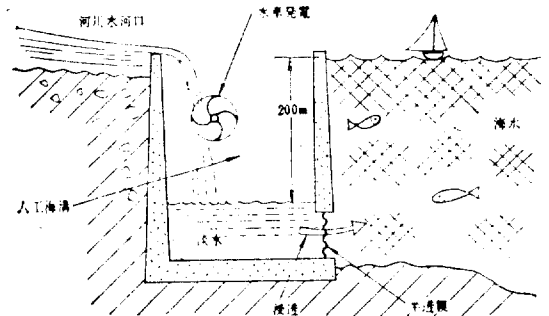


그림 1. 人工海溝와 浸透壓에 의한 海水濃度差發電

2.2 濃淡電池發電

同一 種類의 水液液에도 濃度가 다르던 同種의 電極에 대해서도 濃淡電位差가 發生하는데 이것은 鉛蓄電池에서도 黃酸의 濃度가 다르던 電位差에 약간의 差가 發生한다.

* 日本 東京工業大學教授·工學博士
本稿는 會員에게 有益한 參考資料가 될 것같이 抄譯하여 掲載한 것임(抄譯: 李根喆 會員)

그림 2와 같이 2개의 鉛蓄電池를 逆으로 連結한 後 한 편의 蓄電池溶液을 濃縮해서 恒常 濃度を 질게 하고 다 른 편의 溶液을 恒常 濃기 維持할 경우 濃縮을 위한 熱에너지의 一部를 電力으로 變換하는 熱電池를 構成 할 수 있다.

2.3 稀釋熱에 의한 熱機關

黃酸에 물을 注入하면 稀釋熱이 發生하는데 이것을 熱機關의 熱源으로 利用하고자 하는것은 從來부터 構想된 것이다. 그러나 稀釋熱의 發生은 可逆反應이 아 니고 엔트리피의 增大와 더불어 에크셀기의 減少를 招來하므로 効率이 나쁘며 稀은 溶液에서는 實行이 不可 能하다. 이와같이 發熱現象을 可逆의으로 行한 것이 鹽水엔진이다.

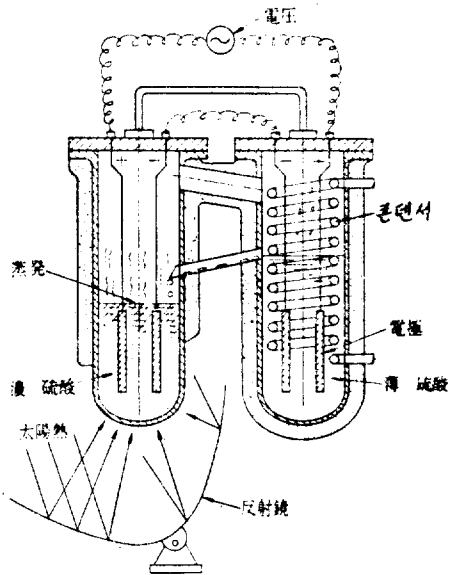


그림 2. 濃淡電池의 例

3. 鹽水엔진의 構成

以上과 같은 方式을 考察하여 實驗한 結果 筆者는 濃度가 다른 溶液의 沸點의 差 즉 蒸氣壓의 差와 溶液이 蒸氣를 吸收하므로서 吸收熱을 發生시키는 그 現象을 組合한 그림 3과 같은 動力化方程式에 着眼했다. 本方式은 鹽類水溶液엔진 略稱해서 鹽水엔진 또는 濃度差에너지엔진(CDE엔진)이라고 한다. CDE는 濃度差 에너지(Concentration Difference Energy)의 略字이다.

鹽水엔진은 그림 3과 같이 質은 鹽類水溶液 B 中에 純水보일러 A를 넣어두고 여기서 發生하는 水蒸氣에 의하여 驅動되는 蒸氣機關 C 및 同機關의 排氣蒸氣를

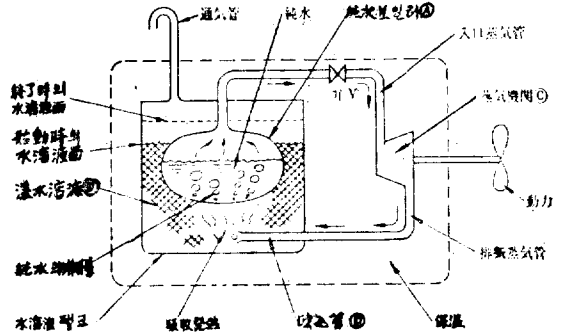


그림 3. 鹽水엔진(濃度差에너지엔진)의 原理圖

本來의 水溶液 B 中에 吹入해서 吸收시킨 吹入吸收管 D 로 構成된 것이다.

現在 實驗中인 것은 LiCl과 CaCl₂의 混合物 約 60%의 水溶液을 使用하였으며 沸點은 約 160°C前後의 것을 利用하여 始動時 水溶液 B와 보일러 A를 約 150°C로 豫熱하고 있다.

이 경우에 純水는 約 5ata의 蒸氣를 發生하도록 되어 있으며 弁 V를 開放해서 蒸氣機關 C에 보내면 動力이 發生된다. 排氣는 水溶液 B 中에 吹入되면 水溶液의 水蒸氣壓成分은 大氣壓보다 약간 낮아지므로 蒸氣는 곧 水溶液에 吸收되어 吸收發熱 Q_L을 發生시킨다.

吸收發熱 Q_L은 同一한 量의 水蒸氣를 보일러 A에서 發生시키는 데 必要한 蒸氣潛熱 Q₂보다 約 20~30%크므로 例를들면 動力化되어 消費된 熱量을 卽도 나머지가 數 %~10%정도가 되므로 일단 始動하면 本 시스템은 다른데서 熱量을 供給받지 않고 自力으로 運轉을 繼續할 수 있다.

다만 運轉이 繼續됨과 同時에 그림 4와 같이 濃度가 質은 水溶液은 漸次 濃기 되며 沸點溫度가 低下됨에 따라서 運轉能力이 消失된다.

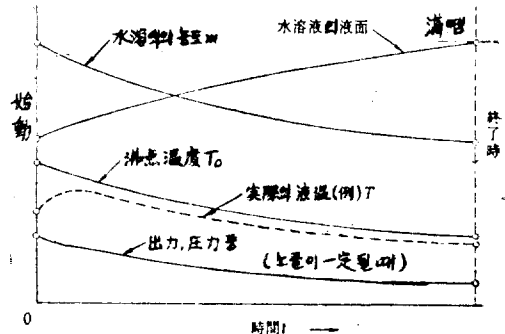


그림 4. 鹽水엔진의 時間經過에 따르는 性能變化

4. 鹽水엔진의 實驗結果

4.1 發電實驗

鹽水엔진의 試作 1號機는 모판船用 코르니 튜보일러에 의하여 LiCl과 CaCl₂의 1:3溶液을 2kg 사용한 것으로서 扇風機를 約 1時間 40分동안 連續運轉에 功하였으며 그림 5와 같이 大形 및 小形發電實驗機關을 製作했다.

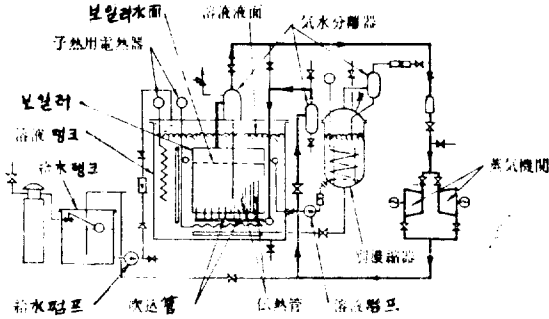


그림 5. 大形 鹽水엔진의 實驗裝置

小形機關은水管式으로서 岷附着形이며 大形機關은 煙管式으로 煙管內를 水溶液이 흐르도록 되어있다. 實驗結果 小形機關은 約 10W, 大形機關에서는 最大 500W, 平均 400W의 實際發電에 成功했다.

단, 測定結果에 의하면 各 엔진이나 터어빈이 적으므로 効率が 매우 낮으며 만일에 効率 100%의 터어빈發電機로서 出力을 낼 경우 小形機關에서는 約 150W, 大形機關에서 約 4kW의 出力을 얻을 수 있다.

그림 6에 兩엔진에 의한 溶液으로부터 보일러水까지

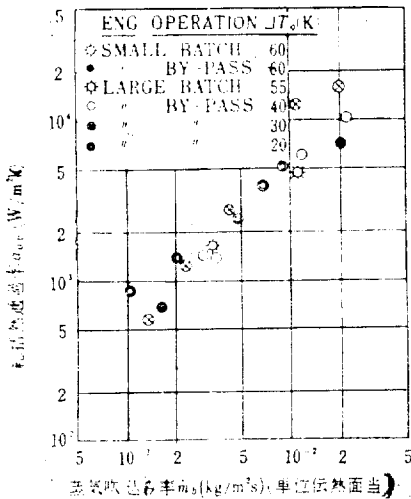


그림 6. 鹽水엔진의 보일러熱通過率

의 總括熱通過率 α_{00} 와 蒸氣吹入率의 關係를 圖示했다. 同圖에 의하면 兩者는 거의 直線의으로 比例한다. 이와같이 熱通過가 良好한 것은 吹入蒸氣가 水溶液에 의하여 吸收될 때 심한 動搖가 생겨서 熱傳達를 促進시키기 때문이다.

이로인하여 鹽水보일러의 傳熱面은 거의 加壓水와 加熱形의 보일러 즉 液-液熱交換器의 傳熱面정도로 縮少시킬 수 있다.

現在까지 實驗結果 엔진의 性能上 가장 關鍵이 되는 것은 蒸氣엔진이다. 結局 익스팬더의 効率が 낮아져 특히 1kW이하의 小形 익스팬더의 効率が 約 10%~20% 정도밖에 되지 않으므로 全體로서 小形엔진의 熱効率을 低下시킨다. 今後 効率が 良好한 小形 익스팬더의 開發이 要望된다.

4.2 鹽水엔진車의 實驗

水溶液은 에너지의 蓄積能力을 가지므로 이 能力을 가장 有效하게 利用할 수 있는 것은 車輛뿐이다. 軌道車輛은 에너지의 擔體를 利用할 수 밖에 없으며 가솔린도 一種의 에너지擔體로서 鉛蓄電池도 同一하다.

鹽水엔진은 水溶液이 에너지擔體 이므로 1ton의 NaOH水溶液(最終濃度)은 約 100kWh의 動力을 理論的으로 얻을 수 있으며 예를들면 3分の 1로서도 從來의 鉛蓄電池와 같은 能力을 갖는다.

最近 有人鹽水엔진車輛 1號를 試作實驗하였다. 이것은 CaCl₂와 LiCl의 2對 3水溶液 23kg을 使用하였으며 純水 6kg을 水보일러에 넣어 155°C에서 始動되었으며 水溶液沸點이 135°C정도 될 때까지 23分間, 平均速度 10km/h로서 平穩地를 走行했다.

本 1號車輛의 重量은 140kg이나 사람의 무게 60kg을 합쳐서 200kg이었으며 豫想設計性能보다 낮았으나 最初의 鹽水엔진車輛으로서는 滿足스러운 것이었다.

5. 水溶液의 에너지保有能効과 選定

5.1 水溶液의 沸點上昇

水溶液의 에너지保有能効에 있어서 目標은 沸點上昇值이다. 普通 沸點上昇이 높아짐에 따라서 吸收熱도 增加하며 또한 鹽水엔진의 効率도 增加한다.

즉 L_0 을 純水의 潛熱이라고 하고 同一壓力에서의 水溶液의 潛熱을 L 이라고 하면

$$L = L_0 \left(\frac{T_0 + \Delta T_0}{T_0} \right)^2$$

와 같은 式이 成立한다.

단, T_0 : 純水의 飽和溫度(沸點)

$T_0 + \Delta T_0$: 水溶液의 沸點

즉 吸收熱은 沸點의 自乘에 比例하므로 沸點上昇 ΔT_0 의 크기에 따라 發熱量이 增加한다. 여기서 ΔT_0 의 크기는 NaOH, MgBr₂, ZnCl₂, LiBr, LiCl, CaCl₂ 및 MgCl₂의 順序이다.

5.2 水溶液의 에너지保有能力

沸點이 上昇할 경우 水溶液에서 나오는 動力은 그림 7과 같이 假想的 可逆카르노엔진에 의하여 計算할 수 있다. 여기서 左의 純水탱크 A에 純水를, 右의 水溶液 탱크 B에 水溶液을 넣으면 兩者가 等壓될 경우 兩者의 溫度差 ΔT (沸點上昇)에 의하여 可逆의 으로 카르노機關이 動作된다.

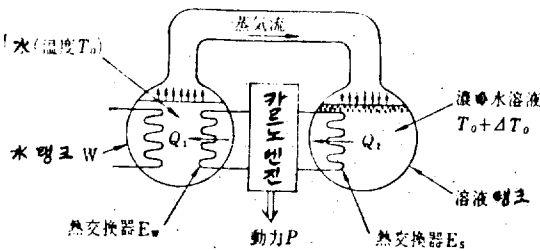


그림 7. 水溶液에 의한 動力과 熱의 蓄積

또한 水溶液이 水蒸氣를 吸收하여 稀薄해질 때는 카르노엔진에서 動力을 얻을 수 있으나 外部에서 카르노엔진에 動力을 주면 水溶液에 熱이 注入되므로 水溶液이 濃縮된다. 本 시스템은 거의 可逆의이며 出力은 水溶液의 理論的인 動力化值에 거의 一致된다.

5.3 水溶液의 選定

實際로 溶液의 種數와 耐蝕性材料의 選定이 가장 重要하다. 溶液으로는 첫째, 沸點上昇 ΔT_0 가 높고 腐蝕性이 낮으며 또한 水溶液에 대하여 耐久性이 있는 低價格의 材料일 것. 둘째, 鹽類自體를 入手하기 容易하며 毒性이나 環境汚染이 적고 低溫에서 固化나 結晶化되지 않을 것 등이다.

上記한 바와같이 高 ΔT_0 의 鹽類中에는 NaOH가 가장 腐蝕性이 強하며 ZnCl₂도 또한 腐蝕性이 높으므로 Zn이 環境規制에 걸려있다. LiBr, LiCl은 高價이며 現在 Li는 美國以外에서는 生産되지 않고 있다. 한편 MgCl₂는 鹽化脆性作用이 強하며 固化되기 容易하나 CaCl₂는 低價格으로서 固化率이 높은 것이 難點이다.

試驗結果에 의하여 高價인 LiCl과 低價格인 CaCl₂을 適當히 混合하므로써 比較的 低價格이며 높은 ΔT_0 을 주는 混合中性鹽을 얻었다.

混合鹽에 대한 材料로는 티탄材料, 니켈材料 및 銅

을 主體로 한 銅合金(黃銅, 磷青銅) 등이 良好하나 靛絡系의 耐熱性코우팅도 優秀하다.

今後 高에너지화에 대하여 NaOH系의 溶液開發(H₂SO₄, H₂NO₃ 등도 可함)이 重要하며 또한 암모니아水의 組合은 특히 低溫用에 重要하여 研究가 必要하다.

6. 今後展望

鹽水엔진의 利用으로는 工場排熱의 活用과 太陽熱등 大自然에너지의 使用을 생각할 수 있다.

工場排熱의 利用에 있어서 排熱은 多種多樣한 流體形式과 溫度 및 많은 利用方法을 構想할 수 있으며 濃度差에너지利用의 鹽水엔진은 負荷가 變動되는 경우와 溫度가 낮은 경우를 進行시키고 있다.

예를들면 溫排水中에 80°C以上の 溫水가 大量으로 나오는 製鐵所 등은 그림 8과 같이 溫水를 플러쉬보일러에 넣어 低壓蒸氣를 보내고 冷水와 混合한 後 콘덴싱인젝터를 通해서 眞空을 發生시킨다. 이 眞空에서 水溶液을 濃縮된 水溶液으로 鹽水엔진을 回轉시켜 發電하는 溫水인젝터方式이 생각되며 이 方式은 80~100°C정도의 溫水利用으로는 매우 有望한 것이다.

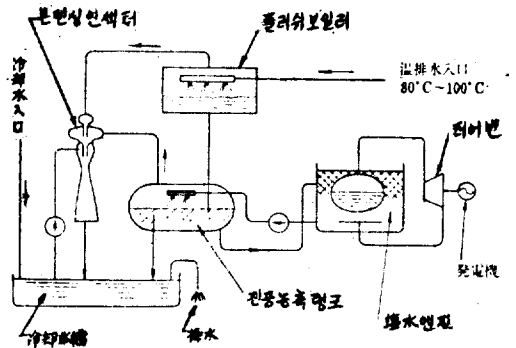


그림 8. 플러쉬 보일러와 콘덴싱인젝터에 의한 溫排水의 發電

또한 太陽利用의 冷暖房으로는 그림 9와 같이 太陽熱 吸收權을 2個로 나누어 한쪽은 水溶液의 濃縮으로 다른 한쪽은 溫水의 製造에 使用되며 水溶液으로 鹽水엔진驅動히트펌프를 回轉시키고 溫水의 熱을 暖房으로 回收하는 方式을 생각할 수 있다.

또한 濃縮된 水溶液은 에너지의 長期貯藏으로 생각되나 鹽水엔진의 경우 使用溫度레벨이 約 150°C이므로 水溶液을 일단 濃縮해서 室溫까지 溫度를 내리면 150°C까지 豫熱하기 위하여 새로운 熱에너지가 必要하게 된다.

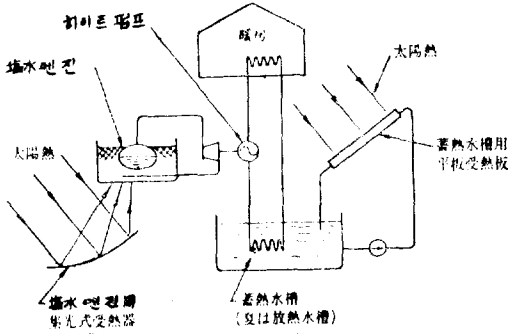


그림 9. 太陽熱鹽水엔진의 冷暖房시스템

이 豫熱에 必要한 에너지는 吸收發熱의 25%~30% 이므로 自己의 吸收發熱만으로 豫熱하면 여러 가지 損失이 생겨 出力은 實際로 約 70%~50%정도로 減少된다. 이것을 防止하기 위하여 에너지를 利用할 경우 利用地點의 近方に 豫熱用 에너지 즉 太陽熱이나 排熱이 있으면 良好하며 이것을 利用하므로써 最初로 貯蓄한 것을 100% 全部 使用할 수 있다.

現在는 에너지蓄積보다도 瞬時使用의 時代로 突入하고 있으며 石油나 其他 化石燃料가 涸竭하는 경우 이와같은 에너지方式은 반드시 檢討되리라고 確信하는 바이다.

늘어가는 國民貯蓄 이룩되는 物價安定

통장들고 걷는걸음 행복으로 가는걸음

높은수익 재형저축 불어나는 우리살림