解 說

濃度差 energy의 動力化

徐 正 閏*

1. 序 論

最近의 石油波動과 發生하는 많은 公害問題로 인하여 從來의 化石 및 原子力燃料에 대한 再檢討와 이것에 代身할 새 energy源의 發見이 절실하게 要望되고 있음은 다들 周知의 事實이다. 이 問題의 解決을 위해서 從來의 高密度 energy에 대신하게 될 低密度 energy에 注目하게 되었다. 즉 그 利用方式으로서 규모가 큰 吸收式暖房發電裝置라고도 할 수 있는 濃度差 energy system (concentration difference energy system)을 活用하는 것이 가장 適合하다는 것이 近間에 提唱되었다. 따라서 새時代의 燃料를 模索코저 몸부림치는 우리로서는 이 濃度差 energy와 그의 動力化에 대해서 愼重한 開發이 必要하다고 보기 때문에 이에대해서 그의 槪略的인 解說을 하고저 한다.

2. 濃度差 energy와 그의 動力化

濃度가 높은 水溶液과 純水 예를들면 海水와 淡水와 같이 濃度가 다른 同種의 溶液間의 相互反應이나 特性의 差는 여러가지 많이 있으며 예를들면 다음과 같은 것이 있다.

a) 濃淡電位(濃淡電池의 形成, 濃淡腐蝕의 發生)
b) 浸透壓의 發生(浸透壓 pump의 形成, 植物의 吸收)
c) 稀釋熱의 發生(融解熱)
d) 沸騰點上昇, 蒸氣壓降下(吸收現象, 吸收發熱, 吸濕)
e) 氷點降下(寒劑, 融電, brine)

이상의 여러 現象에서는 많은 物理的·化學的 效果가 存在한다는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 이것들은 모두 energy 變換의 現象이므로, 진한 溶液은 그보다 엷은 溶液이나 純溶媒에 대해서 外見上 potential이 높으며, 다시 말해서 energy를 많이 가지고 있다고 볼 수 있다. 이 差를 일단 濃度差 energy(concentration difference energy, CDE)로 생각하게 된다.

이상의 反應들 중에서 動力化할 수 있는 것에 대해서 考察하면 (a)는 內部抵抗이 높고 (b)는 半透膜의 流動抵抗이 높고, (c)는 熱量이 (d)에 비하여 작으므로 結果 (d)의 沸騰點上昇, 吸收發熱등을 使用하는 것이 動力化方式으로서 有望視된다.

즉 濃度差 energy를 工學的으로 利用하려면 가장 效果가 큰 吸收現象을 利用해야 한다. 이 吸收現象은 이미 各種吸收式 冷凍機, 예를들면 gas 冷凍機 등에 의해서 冷凍·冷房에 實際로 使用되고 있다.

여기서 濃度差에 의한 吸收現象을 加熱·發電·推進 등에 適用하도록 한 것이 濃度差 energy system[1)~6)]이라고 할 수 있다.

따라서 이 system에서는 엷은 水溶液을 各種發熱등에 의해서 濃縮된 水溶液으로 만들고 이것을 수시로 이용한 후에 再生순환시키게 되므로 逆吸收冷凍 cycle이라고도 할 수 있다. 따라서 吸收現象을 지금까지의 冷凍을 위해서가 아니라 그의 逆方法을 써서 吸收發熱을 利用하자는 것이다.

*仁荷工大

3. 沸騰點上昇과 呼吸現象

그림 1의 (a)와 같이 한쪽 容器에 任意의 鹽類로된 濃度가 높은 水溶液(中性, alkali性, 酸性)을 넣고, 다른 한 容器에 純水를 넣은 다음 兩者를 密閉하여 連通管으로 上部空間을 連通시킨 후, 眞空 pump로 그 上部空間을 排氣하여 眞空으로 하면 양쪽의 液體의 蒸氣壓이 다르므로, 蒸發하기 쉬운 純水의 蒸氣가 發生하며 이 蒸氣는 連通管을 지나 濃度가 높은 水溶液에 吸收된다.

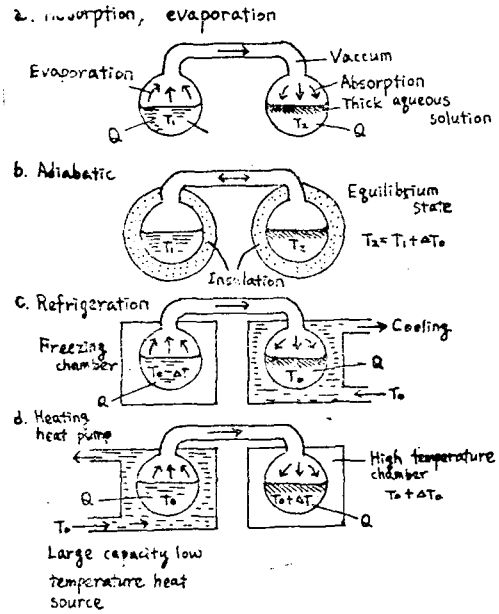

Fig. 1. Principle of Absorbing Phenomenon

이와같이 하여 吸收가 시작되면 純水쪽은 蒸發의 潛熱을 뺏기므로 溫度가 내려가며 濃度가 높은 水溶液쪽은 凝縮의 潛熱이 放出되므로 溫度가 上昇한다. 만일 그림 1의 b와 같이 양쪽의 容器가 斷熱되었을 때는 兩者의 溫度差가, 濃度가 진한 水溶液이 純水 또는 엷은 水溶液에 대한 沸騰點溫度上昇分 ΔT_0에 相當하는 溫度가 될 때 吸收는 中止하며 平衡狀態에 到達한다.

그러나 그림 1의 (c)와 같이 濃度가 진한 水溶液쪽을 冷却水로 冷却하여 一定溫度 T_0를 保持하도록 하여 吸收로 생기는 潛熱을 계속 뺏도록하면 純水쪽은 蒸發에 의하여 低溫이 되어($T_0 - \Delta T_0$)의 溫度狀態가 維持된다.

이것은 在來의 吸收冷凍에 使用되는 冷凍原理이며, 從來에는 Lithium鹽類 등의 水溶液이 使用되고 있었음은 잘 알려져 있는 사실이다.

그러나 反對로 그림 1의 (d)와 같이 純水쪽을 大量의 물이나 大氣와 같은 大量의 熱容量을 갖는 物質(大量低溫熱源)과 接觸시켜서 그 低溫熱源에서부터 水蒸氣의 蒸發에 필요한 熱 energy의 補給을 받으면서 一定한 溫度 T_0를 保持한다고 하면 濃度가 진한 水溶液쪽은 ΔT_0만큼 溫度가 上昇하여 ($T_0 + \Delta T_0$)가 되어 平衡하게 되며, 濃度가 진한 水溶液에서부터 凝縮에 의한 潛熱의 放出分이 外部에 放出되어도 거의 이 狀態가 維持된다. 이것은 純吸收式暖房에 使用되는 原理이며, 마치 大量低熱源에서 熱energy가 이동하여 ΔT_0만큼 溫度上昇한 곳에 放出되므로 吸收式 heat pump라고도 할 수 있다.

以上과 같이 濃度가 진한 水溶液은 純水의 水蒸氣를 媒介로 하여 ΔT_0인 溫度差의 冷凍이나 heat pump를 할 수 있는 能力을 갖게 되면 이 能力을 여기서는 濃度差 energy라고 한다. 그림 2에는 純水 및 濃度가 진한 水溶液의 飽和壓力線圖를 縱軸에 壓力 p, 橫軸에 溫度 T를 정하여 表示하였다. 그림에서와 같이 濃度가 진한 水溶液의 飽和壓力線 s'는 純水의 飽和壓力線 s에 비하여 沸騰點溫度上昇分 ΔT_0만큼 옆으로 벗어난 위치에 있으며, T_0를 冷却水나 大氣와 같은 大量低溫熱源이라고 하면 冷凍의 경우, 純水와 濃度가 진한 水溶液의 狀態位置는 B_1과 C_1에, 또 heat pump의 경우의 兩者의 狀態位置는 B_2와 C_2가 되어 壓力은 p_1 및 p_2가 됨을 알 수 있다.

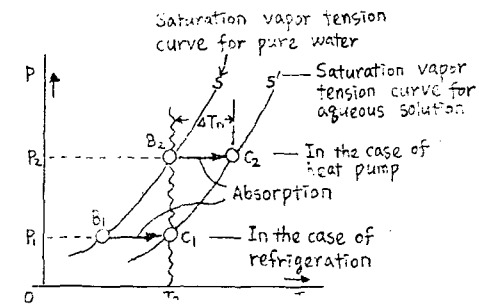

Fig. 2. Saturation Vapor Tension Curve Showing Absorbing Phenomenon

또 p_2가 p_1보다 크며, C_1은 B_1에 대해서, C_2는 B_2에 대해서 모두 ΔT_0만큼 높은 溫度가 됨을 알 수 있다. 實際의 水溶液에서는 LiBr 水溶液이나 NaOH, H_2SO_4 등의 水溶液은 充分히 濃度가 높을 때 50°C 내지 100°C 정도의 ΔT_0를 갖게 하는 것이 可能하며, 특히 NaOH는 濃度에 따라서는 200°C가까이 ΔT_0를 保持할 수 있다. 또 濃度가 떨어질수록 ΔT_0가 낮아지며 純水에 接近하게 된다. 특히 大量의 energy를 蓄積하기 위해서는 LiBr와 같은 高價의 溶液이나 NH_3와 같이 高壓을 必要로 하는 것 보다도 $CaCl_2$나 $ZnCl_2$, NaOH등과 같은 低價格의 溶質을 선택할 必要가 있다. 그림 3에는 몇개의 代表的 溶液의 飽和蒸氣壓測定値를 表示하였다.

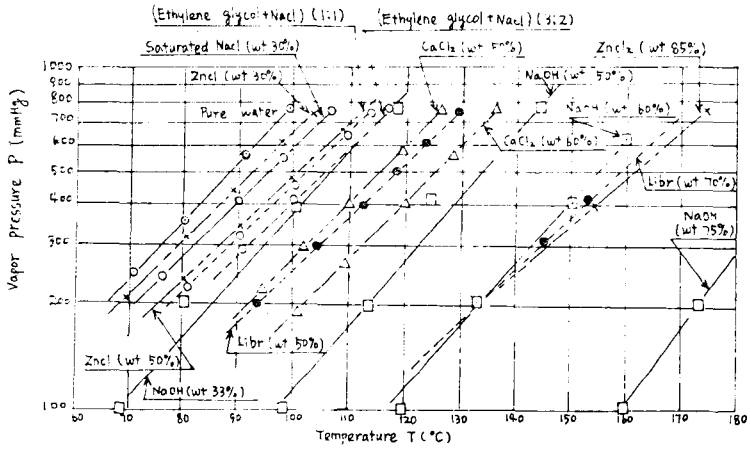

Fig. 3. Vapor Pressure of Various Solutions

그림에서 純水의 蒸氣壓에서부터 右方向으로의 엇갈림이 沸騰點의 上昇을 나타내게 된다.

4. 濃度差 energy-engine

위에 적은 吸收現象과 發熱을 基本으로 한 濃度差 energy機關의 原理는 다음의 그림 4와 같이 극히 단순한 形式의 動力장치로 形成된다.

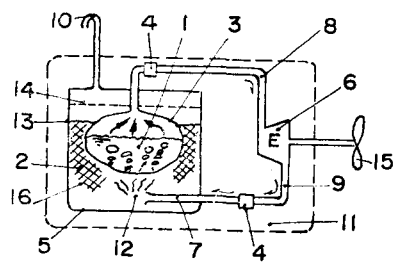

Fig. 4. Principle of Concentration Difference Energy Engine

① pure water
② thick aqueous solution(A)
③ boiler for pure water(B)
④ steam spearator
⑤ receiver for aqueous solution

즉 이 方式은 開放 tank內의 진한 水溶液(A) 그 內部에서 純水 boiler(B), 蒸氣機關(E), 蒸氣機關의 排氣를 水溶液(A)內에 注入하여 吸收시키는 吸收管(C)의 4개의 部品만으로 形成되며 全體가 保溫되어 있다. 일단 沸騰點溫度附近에서 시작하면 水溶液이 充分한 水蒸氣를 吸收하여, 濃度가 낮아질때까지 作動하며, 이 동안의 狀態를 p-T線圖에 表示하면 그림 5와 같다.

또 이때의 energy 平衡을 생각하면 그림 6과 같다. 즉 吸收發熱分은 後續蒸氣蒸發分과 動力

⑥ steam engine(E)
⑦ absorption pipe(C)
⑧ inlet steam pipe
⑨ outlet steam pipe
⑩ bleeder
⑪ heat insulator
⑫ absorption exothermic reaction
⑬ aqueous solution surface of the commencement of the reaction
⑭ aqueous solution surface of the end of the reaction
⑮ propulsion energy
⑯ boiling of pure water

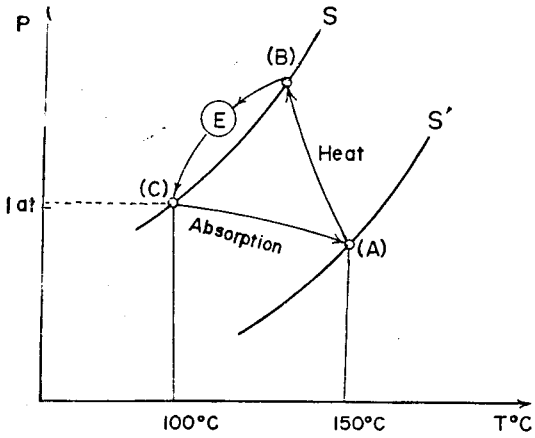

Fig. 5. P-T diagram (corresponds to Fig.4)

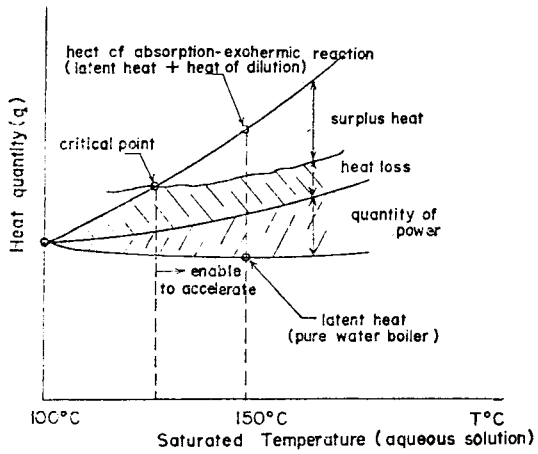

Fig. 6. Energy balance

分과의 合보다도 크므로 이 反應은 自己 保持性과 약간의 加速性을 갖게 되며 保溫材를 통한 外部로의 熱損失이 크면 臨界以下가 된다.

다음은 그림 7과 같은 장치를 갖는 車의 實驗例에 대해서 說明하기로 한다.

$CaCl_2$와 LiCl을 3대 1의 비로 만든 混合鹽의 飽和水溶液을 約 150°C 程度로 豫熱하면 純水 boiler內의 물은 壓力이 4氣壓程度가 되어 이것을 蒸氣機關에 유도하면 出力이 發生하며 排氣는 거의 大氣壓狀態로 水溶液內에 注入되어 곧 吸收된다. 그리하여 이 때의 吸收發熱에 의하여 다음의 蒸氣가 發生하며, 機關의 作動이 계속된다. 여기서 吸收發熱은 물 1kg에 대해서 거의 凝縮潛熱보다 約 35% 많으며, 그 差는 10% 程度의 發生動力과 數%의 熱損失分의 合보다도 크므로 機關의 作動은 持續되며, 약간의 加速能力도 갖게 된다.

그리고 이 機關의 계속되는 作動으로 인하여 점차 純水는 水溶液內로 移動하게 되므로 水溶液의 液面은 上昇하며, 同時에 濃度가 낮아져서 溶液이 아주 엷어지거나 full tank가 될때 作動은 停止하게 된다. 이때 始動時와 終了時를 비교하면 진한 水溶液이 단지 엷은 水溶液으로 변화하는 것만으로 作動하게 되므로 이 機關을 濃度差 energy機關이라고 한 것이다.

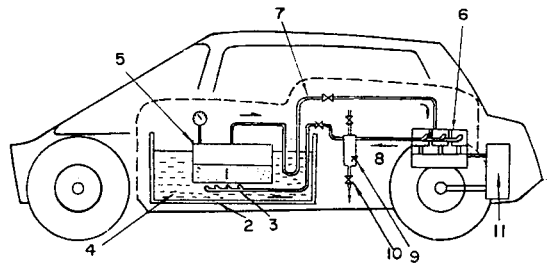

Fig. 7. Outlines of Concentration Energy car Structure

① pure water
② receiver produced by copper for aqueous solution
③ absorption-exothermic reaction
④ 2*l* of an aqueous solution mixture of $CaCl_2$ and LiCl on the ratio of 3 : 1
⑤ boiler for pure water
⑥ steam engine
⑦ heat insulator
⑧ exhaust steam
⑨ steam separator
⑩ drain cock　　⑪ gear box

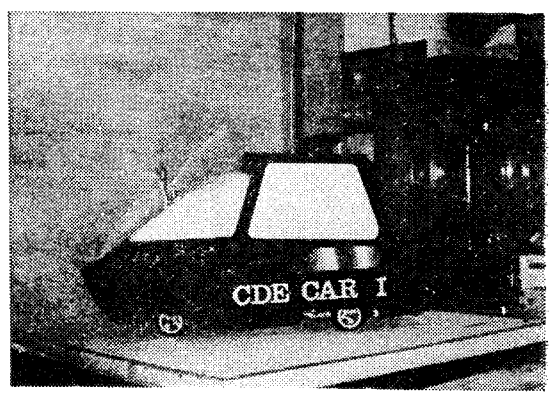

Fig. 8. CDE CAR

그림 8은 東京工大一色敎授가 開發한 濃度差 energy을 搭載한 模型車의 사진이다. 實驗에 의하면 이 車의 全備重量은 8kg이며 溶液 2ℓ, 純水 600cc를 써서 時速 15km로 20分間 走行하였다고 한다.

5. 濃度差 energy system

위에서 말한 이 濃度差 energy機關의 特徵은 水溶液이 化合이나 分解를 하지 않고 濃度變化만을 할 뿐이며 反復使用이 可能하다는 점이다.

이때 엷어진 水溶液의 濃縮을 위해서는 工場排熱, 太陽熱, 쓰레기 燒却熱등의 energy源과 새 energy資源이 利用될 수 있으며, 특히 200°C 以下의 低溫熱源에 적합하다. 또 水溶液 tank를 크게 해두면 不定期的으로 나오는 energy가 蓄積되며 風力이나 剩餘電力의 蓄積도 생각할수 있다.

이와같이 水溶液이 갖는 濃度差 energy는 廣範圍한 energy資源의 利用과 그 活用에 利用할 수 있다. 그것은 從來의 吸收式冷凍機 1臺에서 이루어진 吸收 cycle을 規模를 크게 하여 冷暖房뿐만 아니라, 發電이나, 推進, 各種 用途에 널리 system化하여 活用하는 것이며[1,3] 그 energy system의 槪念圖는 그림 9와 같다. 本 system은 먼저 機關排氣熱, 冷却水熱, 海洋熱, 風力, 波力등의 energy資源이나 大自然 energy資源에 의해서 任意의 鹽類의 엷은 水溶液을 蒸發法, 壓縮法(眞空法), 凍結法등의 方法으로 濃縮하여 진한 水溶液으로 만들고 이것을 tank에 貯藏하여 energy 蓄積을 하며 또 適當히 수송, 分配, 調質등의 操作을 하고, 또 利用部分에서는 海水등의 任意의 大容量, 低溫熱源에서부터 熱을 얻어서 純水로부터 水蒸氣를 發生시키며, 그 水蒸氣를 前述한 진한 水溶液에 吸收시켜서 이때 發生하는 吸收熱量에 의해서 冷暖房 加熱뿐만 아니라, 推進動力도 發生시키고져 하는 것이다. 이때 水蒸氣의 吸收로 엷어진 水溶液은 再次濃縮部에 다시 되돌려 보내며, 濃縮이 反復되게 한다.

現在 이 濃度差 energy의 利用에 있어서 最大

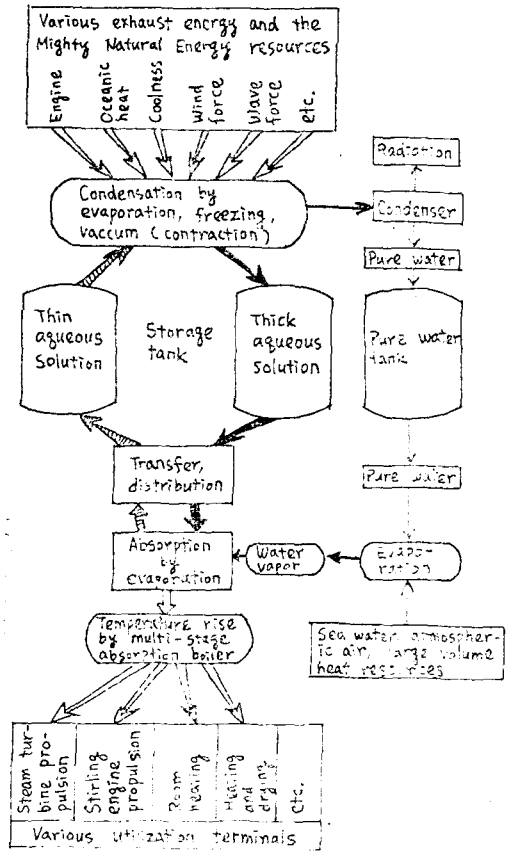

Fig. 9 Concentration Energy System

의 壁은 材料의 耐蝕性의 向上 및 腐蝕性이 적고 沸騰點上昇度가 높으며, 또 低溫에서도 流動性이 良好하며, 價格이 낮은 混合溶液의 開發에 있는데 이것은 가까운 將來에 필시 이 고비를 넘어설 수 있으리라고 기대된다.

如何間에 이 濃度差 energy의 利用은 energy變換方式의 새로운 局面을 갖이며 그 自體가 低溫低音, 無排氣, 低公害이며, 또한 어디에나 있는 排熱이나 大自然 energy資源의 活用을 目標로 하고 있으므로 從來의 高度成長時代의 高溫·高密度機關과는 全然 다른 內容을 갖는다.

環境優先과 energy節約, energy의 均等化를 통해서 새 energy의 蓄積과 活用을 하고저하는 濃度差 energy system은 將來의 energy 開發을 위해서 매우 有望한 것으로 생각된다.

6. 結　論

以上에서 우리 周圍의 低密度一低溫度差의 energy資源은 今後의 energy源으로서 極히 注目을 해야할 것이며 그 活用方案이 될 이 濃度差 energy system은 energy補集, 蓄積, 高溫化, 發電등이 可能하며, 더없이 無公害의 energy system이라는 점에서 장차 연구계획의 일환으로 염두에 두도록 强調하고저 한다.

參 考 文 獻

(1) 一色尙次：燃料協會誌 54-5, 1975, 277
(2) 〃 日本機械學會 熱工學講演會前刷 1975 11
(3) 〃 日本舶用機關學會誌 10-6, 75, 6
(4) 〃 日本機械學會 78-685, 75, 1
(5) 〃 化學工場 19-11, 75, 69
(6) 〃 內燃機關 14-10, 75, 55