

# 熱電變換의 問題點

編 輯 室

熱 energy 를 利用하여 電氣를 얻을 수 있는 것으로 熱電發電, 熱電子發電, 強誘電體發電 등이 있는데 여기서는 주로 熱電氣를 中心으로 하여 熱電 變換 全體에 共通되는 것을 言及 할려고 한다.

## 1. 熱電 發電

熱電素子の 組合에 依하여 이루어지는 熱電 發電은 1822年 Seeback 氏가 여러가지 物質에 對하여 定性的으로 熱電氣 系列을 만들어(表1 參照) 그 兩極端의 物質 PbS 와 SbZn 을 組合하여 電氣 energy 를 얻었는데, 이

表 1.

Seeback (1822年)	Justi (1948年)	Meissner (1955年)
PbS	Bi -80	Bi -70
Bi	Co -21	Co -17.5
Amalgum Bi	Ni -20	Ni -18
Ni	K -14	K -12
C <sub>0</sub>	Pd -8	Pd -6
Pd	Na -7	Na -4.4
Pt No. 1	Pt -5	Pt -3.3
U	Hg -5	Hg -3.4
Au No. 1	C -3.5	
Cu No. 1	Al -1.5	Al -0.6
Rh	Mg -1.5	Mg -0.4
Au No. 2	Pb -1.0	Pb -0.1
Ag	Sn -1.0	Sn +0.1
Zn	Cs -0.5	Cs +0.2
C	Y -1.0	Y +2.2
Cu No. 3	Rh +1.0	Rh +2.5
Pt No. 4	Zn +1.5	Zn +2.9
Cd	Ag +1.5	Ag +2.4
Steel	Au +1.5	Au +2.7
Fe	Cu +2.0	Cu +2.6
As	W +2.5	W +1.5
Sb	Cd +3.5	Cd +2.6
Sb <sub>2</sub> Zn <sub>3</sub>	Mo +6.5	Mo +5.9
SbZn	Fe +12.5	Fe +16
	Sb +42	Sb +35
	Si +44	
	Te +49	Te +400
	Se	Se +10000

研究의 結果가 後에 Justi 氏, Meissner 氏等의 綿密한 研究 結果와 거의 一致되고 있다.

## 2. 熱電 發電의 効率

定常狀態에서 高溫側을 T<sub>h</sub>, 低溫側을 T<sub>c</sub>에 維持시키고 N型, P型 素子の 諸元을 添子 n, p로 하여 다음과 같은 記號를 使用 하기로 한다.

l<sub>n</sub>, l<sub>p</sub>: 素子の 길이

S<sub>n</sub>, S<sub>p</sub>: 素子の 斷面積

α<sub>n</sub>, α<sub>p</sub>: 素子の Seeback 係數

κ<sub>n</sub>, κ<sub>p</sub>: 素子の 熱傳導率

ρ<sub>n</sub>, ρ<sub>p</sub>: 素子の 電氣抵抗率

또 素子系의 內部 抵抗( $\frac{\rho_n l_n}{S_n} + \frac{\rho_p l_p}{S_p}$ )와 外部 負荷를 같다고 하여 이 系에서 最大의 電力을 낼 때의 效率를 η라 하고, 單일 素子の 寸法과 素子の 性質 사이에  $\frac{S_n l_p}{S_p l_n} = \sqrt{\frac{\rho_n \kappa_p}{\rho_p \kappa_n}}$ 의 條件이 滿足하면

$$\eta = \frac{\Delta T}{2T_h - \frac{\Delta T}{2}} = \frac{4}{Z} \quad (1)$$

로 된다.

이 경우

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (2)$$

$$Z = \frac{(\alpha_n + \alpha_p)^2}{(\sqrt{\kappa_n \rho_n} + \sqrt{\kappa_p \rho_p})^2} \quad (3)$$

이다.

위 效率의 式에서 Z가 커지면 η도 크게 된다.

그림 1은 T<sub>c</sub>=300°K에서 η와 Z의 關係를 나타낸 것인데 特別한 冷却裝置로 冷却方法을 쓰지 않으면 T<sub>c</sub>를 常溫에 維持하기가 困難하다. 그러므로 具體的으로는 ΔT를 크게 하는 것이 困難한 것이다.

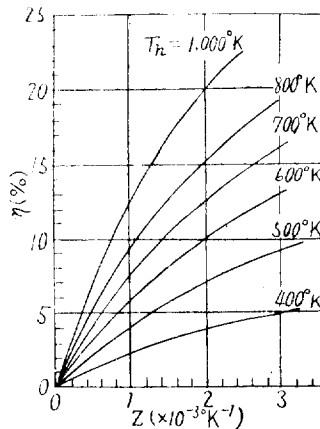


그림 1.

## 3. 發電機 構成의 實際的 問題點

### A. 熱電物質의 安定性

熱電物質의 使用 도중에 그 性能이 變化되어서는 困難하기

때문에 合金의 成分中에 蒸氣가 높은 것과 酸化 되기 쉬운 成分等이 包含되지 않는 것이 좋다. 高溫으로 長時間 維持하는 경우 素子 材料의 蒸發에 의한 消耗도 考慮에 넣어야 한다. 또 接觸된 다른 金屬과 接着劑의 成分等이 熱電 物質中에 擴散되는 일은 注意를 要하는 問題이다. 高溫이고 또한 顯著한 溫度勾配가 있는 狀態에서 作動 시킬수록 擴張의 問題는 深刻하게 된다. 例를 들면 PbTe 중에는 Cu, Ag 등이 속히 擴散하고 또 Zn 이나 Cb 는 PbTe 와 反應하여 ZnTe, CdTe 등을 만든다. 그러므로 N, P 두가지의 熱電 物質을 連結하는 電極物質은 특히 注意를 하지 않으면 안된다.

鐵과 stainless 銅과 같이  $\kappa$ 가 적고 比較的  $\rho$ 가 큰 것을 써야 하는 點은 全體의 效率에서 보면 상당히 不利한 條件이 된다.

### B. 接觸

보통의 鎔납은 融點이 낮고 熱電 素子 中에 擴散하는 成分도 있다. 이런 意味에서 보통 高溫側에는 使用하지 않는다.

그러나 低溫에서는 silicon grease 등을 使用하는 것보다 接觸은 數倍나 良好하다. 그러므로 이것을 使用치 못한다면 아무래도 高溫側에 良好한 接觸을 維持하도록 努力해야 한다. 이것은 實際 擴散, 化學反應을 度外視하여도 考慮해야 하는 問題인 것이다. 그 理由는 다음과 같다.

即 發電機는 使用時와 未使用時 사이에 溫度差가 크므로 熱膨脹에 의한 寸法의 變化를 考慮하지 않으면 안된다. 그런데 熱電 物質은 一般으로 熱傳導가 적은 物質이므로 熱膨脹은 보통 커진다. 그렇기 때문에 素子の 兩端을 鎔납으로서 電極과 함께 固定하면 熱歪로 破裂되기 쉽다. 이때문에 低溫側은 납으로 連結할수 있어도 高溫側의 素子和 電極은 spring 과 같은 彈性體로서 壓縮하는 形式 이라야 될 것이다. 그러나 接觸抵抗 때문에 裝置의 內部抵抗이 變化할 憂慮가 생긴다.

이런 意味에서 極板과 素子の 接觸은 素子の 性質에 依하여 極板을 選擇하지 않으면 안된다.

또한 吸熱板, 放熱板은 어느것이나 素子和 電氣의 으로 는 絕緣되고, 熱的으로는 接觸 되어야 한다.

### C. 放熱

低溫側을 低溫으로 維持하기 爲해서는 放熱을 잘 하지 않으면 膨대한 放熱板이 必要하게 되어 모양만 커지게 된다. 放熱을 잘 시켜도 低溫側이 300°C 가량이나 되어 充分히 큰 溫度를 期待하기 어렵다.

### D. 放射能에 依한 素子の 變質

熱源에 放射性 物質의 能量을 利用하면 裝置를 小型으로 만들수 있다. 그러나 이와 같은 경우 放射線 때문에 物質의 性質이 變化할 憂慮가 있다. 原子爐의 熱을

表 2.

年度	電力 (W)	名稱 또는 目的	熱 源	製作會社
1950年	3	實驗	LP gas	W
1959年	100	TAP-100	//	//
	100	展示用	//	//
	20	Rocket	Rocket	//
	9	實驗	炎	//
	2	SANP-3	Po <sup>210</sup>	3M
	2	實驗	太陽	BAC-W
	1	//	電熱	W
1960年	5000	實驗	油	//
	250	SANP-10	電熱	//
	130	NAP-100	//	//
	125	SNAP-1A	//	M
1961年	260	可搬式	LP gas	3M
	//	//	//	W
	275	浮標點燈用	//	//
	50	防食	天然 gas	//
	30	天然浮標點燈用	LP gas	GI
	10	SNAP-7C	Sr <sup>90</sup>	M
	8	防食	太陽 gas	TI
	5	浮標用	Sr <sup>90</sup>	M
5	//	LP gas	//	
	5	實驗用	太陽	HS
	2.7	Transit 4 A 人工衛星	Pu <sup>238</sup>	M
1962年	50	防食	天然 gas	W
	500	SNAP-10A	原子爐	//
	30	SNAP-70	Sr <sup>90</sup>	M
	18	實驗	太陽	W
	385	可搬式	LP gas	

註: W: Westing house  
 3M: Minesota mining & mftg.  
 GA: General atomic  
 GI: General instruments  
 TI: Texas instruments  
 HS: Hamilton standard  
 M: Martin

利用하는 경우에는 中性子에 依한 影響을 無視할수 없다.

### 4. 熱電 發電機의 具體 例

1958年 以後 熱電 發電機의 使用 例를 表 2에 表示하였다.

이 中에서 SNAP-3, SNAP-10, 5 KW 의 것에 對하여 詳細히 쓰면 表 3과 같다.

SNAP는 System for Nuclear Auxiliary Power의 略字인데 SNAP-3을 만들므로써 熱電 發電의 歷史에 占有하는 位置가 적지 않게 되었다.

表 3.

名 稱	熱 源	素 子	素子對數	高溫低溫	入 力(W)	出 力(W)	効 率(%)
SNAP-3	Po <sup>210</sup>	PbTe	27	382°C 80	48	2.4	5
SNAP-10	原子爐	P : GeBiTe N : PbTe	348×14	614 344	12000	254	2
5 KW	propan	//	85×14	600 50	12600	5967	4.7

예를 들면 1961年 6日에 發射한 人工衛星 transit 4 A 는 通信用 電源으로 Pu<sup>238</sup>을 熱源으로한 熱電 發電機를 備置하여 地球를 12,500 回 도는 데에 45 KWH의 電力을 供給한 것이다.

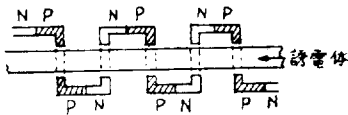


그림 2.

Moreland 氏에 依한 500 W, 重量 35 lb, 負荷電壓 24 ~ 28V 를 目的으로 하여 熱源에 개소린을 使用한 것은 實際로는 335 W 에 不過한 出力을 얻었으나 1lb 當의 電力은 9.6 W/lb 이다. 結局 作業溫度, 素子の 寸法, 素子の 集合形式, 熱交換等의 基礎的인 經驗이 잘 集積 되었기

表 4.

	°C
熱 源 溫 度	630
發 電 氣 高 溫 側	610
素 子 高 溫 側	550
素 子 低 溫 側	370
低 溫 側 極 板	345
低 溫 用	315

때문일 것이다.

周期的 加熱을 利用하는 경우 westing house 의 Kraus 氏는 LiOH 가 1lb 當 1167 btu 의 큰 融解의 潛熱(融

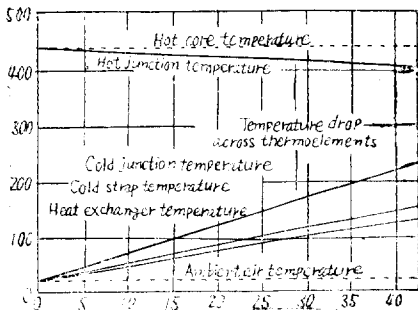


그림 3. Thermal flux density (W/in)

點 688°C)을 가지는 것에 着眼하여 熱 energy 를 蓄積 하는 方式을 採用하게 되었고 Nottage 氏는 太陽熱, 其

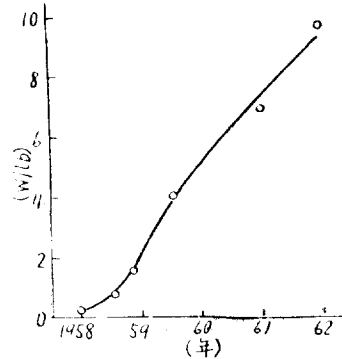


그림 4.

他 周期的 加熱에서 交流電源을 얻기 爲해서 基礎實驗을 그림 2 와 같이 하였는데 誘電體의 block 에 N 型 및 P 型의 PbTe 를 그 속에 넣어 實驗을 成功시켰다.

### 5. 有效溫度差

熱電對의 高溫側과 低溫側의 溫度差를 크게 함이 要求되는 것은 勿論이나 實際에는 熱源의 溫度와 熱電對의 高溫側사이에는 相當한 溫度差를 일으키고 또 熱電對의 低溫側을 外氣의 溫度까지 내리게 함은 어렵다. 이것은 熱電交換의 큰 技術的인 問題點이며 熱傳達의 基礎的 技術의 向上이 要望된다, 表 4 는 SNAP-10에 對한 實測值를 보여 주는 것이고 그림 3 은 公稱 500 W 實測 335 W 의 發電機에 對하여 實驗值를 나타낸 것이다.

### 6. 結 論

以上과 같이 많은 困難이 있지만 America 와 같은 기름이 廉價인 나라에서는 油送管의 防食에, 熱電 發電機에 依한 低電壓 大電流의 電源을 試用하고 있으며 또 海上 保安用的 浮標의 電源으로는 蓄電池보다도 廉價임을 보여 주고 있다. 即 宇宙航行과 같은 것에서 地上의 應用으로 옮기는 狀態에 있다. 그림 4 는 最近 數年間の 熱電 發電機의 重量 1lb 當의 數를 watt 으로 나타낸 것인데 이 曲線보다는 앞으로도 아직 性能이 많이 向上될 것이 期待된다.

(日本 電氣學會雜誌 1964年 5月號 參照)