

# 核融合炉 Blanket의 構造設計

國際原子力機構 (IAEA)를 중심으로 大型 TOKAMAK型核融合炉 (INTOR)의 계획이 진행되고 있다. 여기서는 除熱만을 목적으로 한 Tube in block型 blanket, Tritium 增值과 發電을 고려한 压力容器型과 Tube in shell型 blanket의 設計結果에 대해 그 구조를 중

심으로 하여소개한다.

INTOR라고 불리는 TOKAMAK 型核融合炉의 設計연구가 IAEA 主導下에 미국, EC 일본, 소련등 4그룹 共同으로 행해지고 있다. INTOR의 중요한 設計諸元을 表1에, 炉概念을 圖1에 표시하였다.

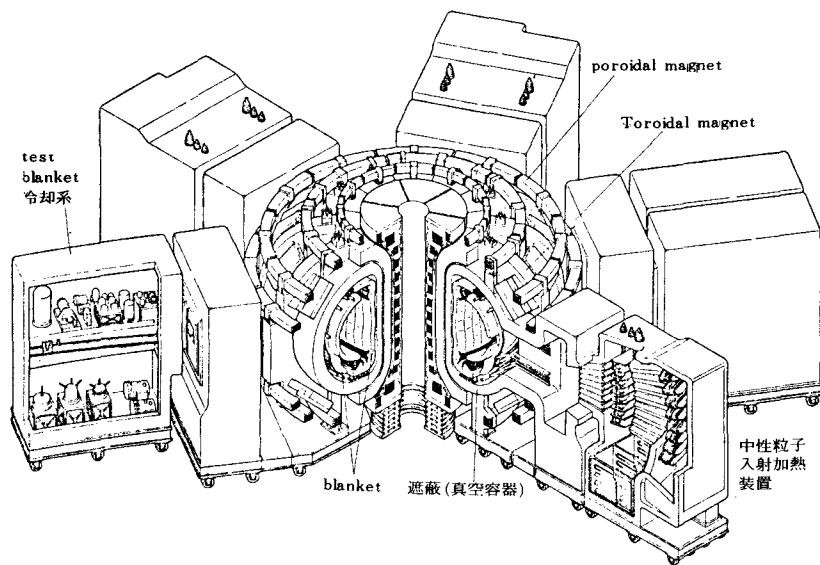


圖1 INTOR-J의 概念圖

Blanket은 주로 ① 核에너지의 熱에너지로의 變換, ② 超電導磁石保護를 위한 放射線遮蔽, ③ D-T反應의 燃料로서의 Tritium 生産機能을 가지나 INTOR 계획의 초기단계에서는 Plasma의 發生, 유지에 관한 기술 개발에 중점을 두기 위해 Tritium 生産, 發電을 行하지 않는다. 이러한 非增殖 blanket로서는 Tube in block型이 일본에서 설계되고 있다. 그런데 INTOR 계획에서는 Tritium 生産, 發電을 實証하기 위한 blanket 시험도 예정되어 있으므로 이와 같은 blanket에 관한 검토도 행해지고 있다. 이 Tritium 增殖用 blanket로서는 壓力容器型과 Tube in Shell型이 대상이 된다.

表 1 INTOR-J의 設計諸元

出力(MW)	415
熱燒時間(S)	200
duty cycle(%)	80
壁面中性子負荷(MW / m <sup>2</sup> )	1
plasma主半徑(m)	5
plasma小半徑 橫/縱(m)	1.2/1.8
plasma 電流(MA)	4.7
blanket의 最大放射線 發熱率(W/CC)	11
module數	6

## I. Blanket構造

### 1. Tube in block型 blanket

Tube in block型 blanket는 除熱과 차폐만을 목적으로 한 非增殖用 blanket의 하나이며 blanket에서 發生한 열을 發電에 사용하고 있지 않으므로 低壓, 低溫의 加壓水를 冷却材로 사용하고 있다. 주되는 設計 파라미터를 表 2에 표시한다.

Tube in block型 blanket는 圖 2와 같이 316SS block에 冷却管을 통한 구조를 하고 있다. blanket는 냉각관 한층마다 2枚의 半円形 홈을 가진 板을 鑄아서 전층을 함께 接合시킨다. 냉각관과 block 사이의 熱抵抗을 감소시키기 위해 兩者를 납땜한다.

냉각관 배열은 blanket(ss block)內 온도 조건이 고르게 되도록 放射線 發熱密度의 減少에 應하여 Plasma로부터 떨어져 離에 따라 密에서 粗로 變化시킨다.

Blanket 集合체를 圖 3에, 冷却 Panel을 圖 4에 표시한다.

Blanket 集合체는, Blanket, 冷却Panel, 配管系 등으로 되어 있다. 냉각 Panel은 Blanket의 Plasma側 前面에 설치되어 Plasma로부터의 輻射熱이 Blanket에 도달하지 못하

表 2 Blanket의 Parameter

Parameter	Blanket型式	Tube in block型	壓力容器型	Tube in shell
構造材料		316S S	316S S	316S S
Tritium 增殖材		—	酸化 Lithium(Li <sub>2</sub> O)	酸化Lithium(Li <sub>2</sub> O)
冷却材		加壓水	Helium	加壓水
冷却材壓力(ata)		5	30	100
冷却材溫度 入口/出口(℃)		50/90	250/550	290/305
構造材最高溫度(℃)		150	400	400
Purge gas		—	Helium(冷却材兼用)	Helium (~ 1 ata)
Tritium 增殖比		—	~0.6	~0.7

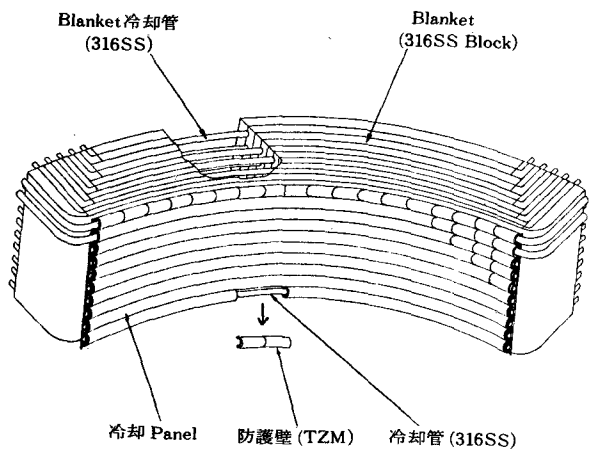


圖 2 Tube in block型 Blanket의 概念圖

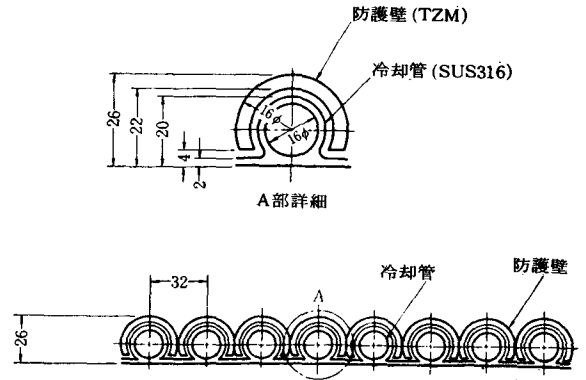


圖 4 冷却 Panel (防護壁付)

도록 되어 있다. 냉각 Panel은 fin이 붙은 냉각관을 이어서 맞춘 Membrane wall 구조이다.防護壁은 Plasma異常時에 냉각관의 파손을 방지하기 위해 설치되고 있다. 그 형태는 냉각관을 둘러싸게 되어 있으며 輻射熱이 냉각관의 Blanket側에도 둘러 싸도록 되어 있고 냉각관의 周方向의 온도差에 의한 熱応力を 완화한다.

2. 压力容器型 Blanket

压力容器型 Blanket는 圖 5 에서와 같이 容器内에 Tritium增殖材(L<sub>12</sub>O)를 수납하고 이것을 냉각재로 직접 냉각함과 동시에 이 냉각재로 增殖材中에서 발생한 tritium을 回收한다. Tritium 분리의 容易性을 위해 냉각재로는 helium gas를 사용하며 發電을 고려해서 高温·高压으로 한다. (表 2)

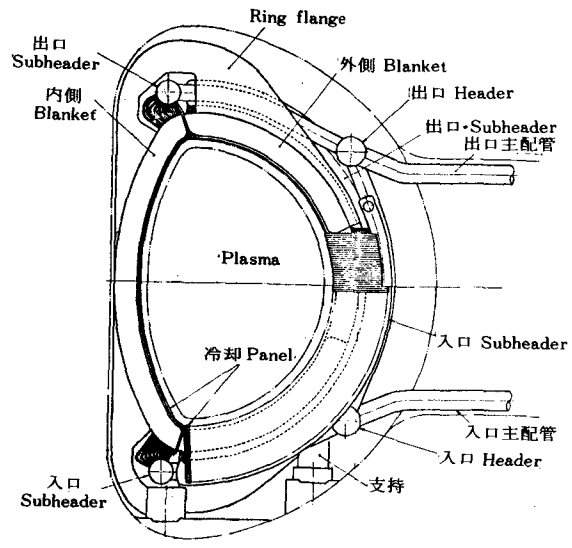


圖 3 Blanket集合体 (Tube in block型)

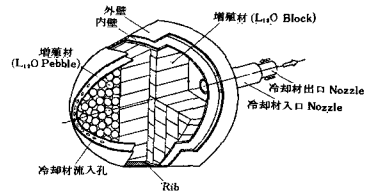


圖 5 压力容器型 Blanket

容器壁은 Blanket領域의 放射線發熱이 크므로 熱応力 완화를 위해 그 두께가 제한된다. 이로 인해 胴部를 円錐台形, 容器 선단부를 球形으로 하여 耐圧強度의 확보를 도모한다. 円形断面 Blanket의 空間占有率을 크게 하며 Tritium增殖比를 높이기 위해 容器를 三角배열로 한다. 그리고 容器間의 Gap에서의 放射線 Streaming 防止대책에 대해서 앞으로 더욱 검토를 할 필요가 있다.

容器壁은 2중벽 구조로 하며 内·外벽은 외벽에 붙어있는 Rib을 통해서 一体化한다. Rib은 냉각재 通路를 형성하고 있다. Rib을 容器壁 선단을 向해 線狀으로 하므로써 냉각성능의 向上과 放射線 Streaming 방지를 도모하고 있다. 냉각재는 胴部 2중벽 사이를 螺線形으로 흘러서 容器선단에 도달한 후 内벽의 곳곳에 뚫린 구멍으로부터 容器内로 들어가서  $Li_2O$ 를 냉각함과 동시에 그 곳에서 발생한 Tritium을 회수한다.

容器出入口 配管은 眞空容器内的 좁은 공간에서의 配管두르기, 出入口 배관의 熱応力対策, 眞空維持의 信賴性向上을 위한 배관 표면적 저감을 목적으로 2重管 구조로 한다.

### 3. Tube in Shell型 Blanket

Tube in shell型 Blanket는 圖 6에서와 같이 容器内에 수납한 增殖材를 그 사이에 배치한 냉각관을 사용해서 냉각한다. 增殖材는 Helium gas 零壓氣中에 놓여지며 발생한 Tritium은 이 Helium gas를 사용해서 회수된다. 이와같이 Tube in shell型에서는 Tritium回收系와 冷却系를 분리함으로써 냉각재로서 Helium gas 외에 물의 사용도 가능하게 되었다. 또, 냉각재 통로로서 円管을 사용하므로 壓力增大가 비교적 용이하게 되며 특히 가스냉각의 경우 냉각성능이 향상한다. INTOR설계에서는 냉각재로서 加壓水와 Helium gas 양쪽에 대해서 검토를 행하고 있으며, 중요한 Parameter는 表 2에서 표시하였다.

冷却管配列은  $Li_2O$ 内的 온도분포가 고르게 되도록 Plasma로부터 떨어짐에 따라 發熱密度의 減少에 対応해서 密에서 粗로 되어 있다.

용기벽은 2중벽 구조로 하여 그 사이를 냉각재가 흐르는 구조이다.

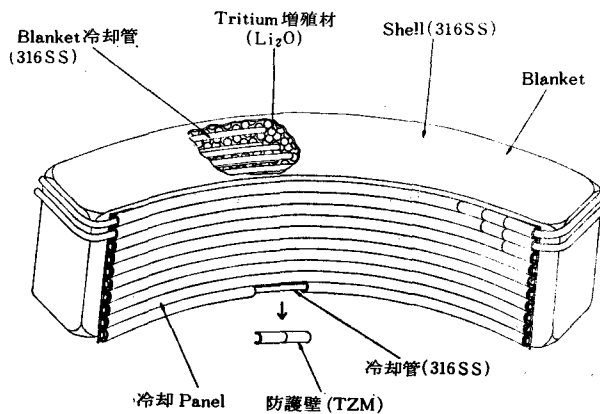


圖 6 Tube in shell型 Blanket