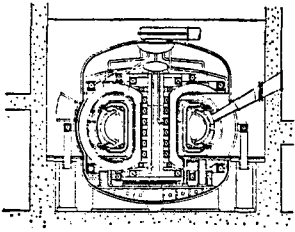


特別企劃 核融合— 그 技術的 課題와 開發戰略의 前提(4)



核融合炉의 遠隔修理技術

1. TOKAMAK炉의 概念과 分解修理의 重要性

그림 1에 輕水炉와 비교한 TOKAMAK 炉의 단면구성을 개념적으로 표시하였다. 炉는 ① blanket ② 第 1 壁 (冷却管 panel) ③ divertor ④ 超電導 magnet 用 차폐 겸 眞空容器 ⑤ 超電導 magnet 등으로 구성되며 그림과 같이 TOKAMAK 炉는 복잡한 대형장치이다. 그리고 divertor, 제 1 벽, blanket 容器 plasma 측은 격심한 中性子 損傷을 받으며 divertor 에서는 높은 熱流束과 plasma 입자에 의한 erosion을 받는 외에 斷續 운전에 따르는 여러가지 문제를 내포하고 있다 (本誌 3, 4 月号 參照). 이와같은 炉内 구조물이 超 高眞空容器內 (도달 요구진공도 10^{-7} Torr)에 收容된다. 따라서 분해수리는 炉 설계시 최우선으로 생각해야 할 중요한 것으로 이 설계여하에 따라 炉의 개념은 상당히 변하게 될 것이다.

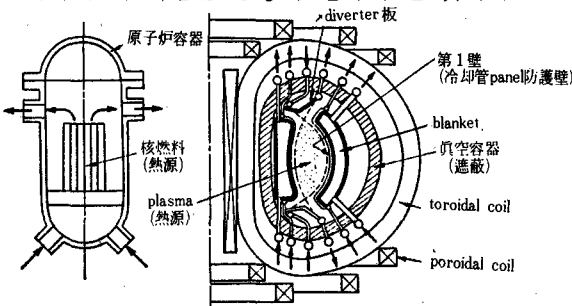


그림 1 分裂炉와 TOKAMAK 炉의 構造比較 (화살표는 冷却材의 흐름을 표시)

2. TOKAMAK 炉 設計의 變遷 (進歩)

TOKAMAK 炉의 設計가 어떻게 개선되어 왔는가를 검토하는 것은 現狀認識과 장래 전망을 도모하는데 유용하다. 여기서는 분해수리와 밀접한 炉구성에 대해서 주로 기술하겠다. 현재까지 수많은 설계가 행해져왔으나 주로 poloidal divertor를 설치한 대표적인 설계를 소개한다.

divertor는 重水素와 tritium (이하 DT) 반응에서 생기는 재(灰)인 헬륨(He)을 排出하며 또 벽면으로부터의 불순물 流入을 억제하는 역할을 한다. DT 반응에서 생긴 3.5 MeV의 He ion은 약 10 keV의 DT plasma와 충돌하여 에너지를 줌으로서 가열하여 핵융합반응을 지속시키는 중요한 일을 하나 그대로 두면 축적되어 연료의 불순물로 害를 미치므로 排除할 필요가 있다. 이를 위해서는 강한 toroidal 磁場을 가로질러 plasma 밖으로 He을 잘 유도시켜 plasma에서 멀리 떨어진 divertor 板에 충돌시켜 中性化시키고 이것을 排氣하는 방식을 취한다. 초기에 생각했던 divertor는 대단히 복잡했으나 최근에는 상당히 간소화되었다.

그림 2는 미국 Princeton 大學의 설계이다. 炉의 분해수리를 전혀 고려하지 않았으나 divertor가 붙은 최초의 설계로 역사적인 의의가 있다. 이 형의 divertor에서는 null 點 (poloidal 磁場 zero의 點)이 torus 中心축에 있기 때문에 toroidal 자장이 강한 귀중한 空間을 사용하지 않

을 수 없었던 결점을 지나 安定性이 대단히 좋다는 利点이 있다. 일본原研의 JFT-2a라는 소형의 plasma 시험장치에 이 형이 채택되어 좋은 성과를 거두고 있다. 이탈리아의 설계 FIN-TOR에도 이 형의 diverter가 채택되고 있으나 앞에서의 결점과 炉의 분해수리가 곤란하다는 점 때문에 최근의 설계에서는 볼 수 없다.

그림 3은 미국 Wisconsin대학의 최초의 설계인 UWMAK-I의 plasma와 magnet의 위치관계와 電流值를 나타낸 것이다. 上下에 diverter를 설치하고 또 여기에 필요한 poroidal磁場 coil(이하 PF coil)을 toroidal 자장coil(이하 TF coil)의 밖에 둔다는 劃期的인 것이었다. 이들의 분해수리는 그림 4에서와 같이 TF coil를 붙인 상태에서 炉module을 꺼내는 방식이다. 그 후 이

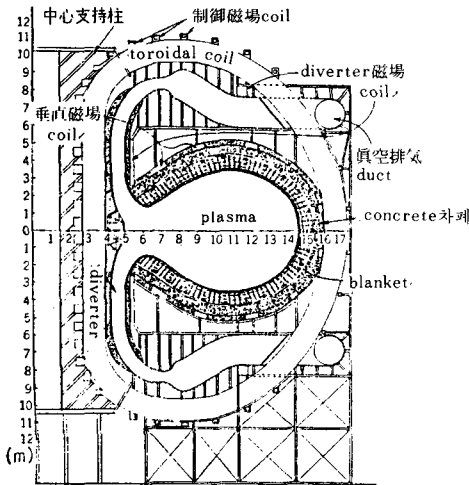


그림 2 Princeton 대학의 動力炉設計 · 垂直断面圖

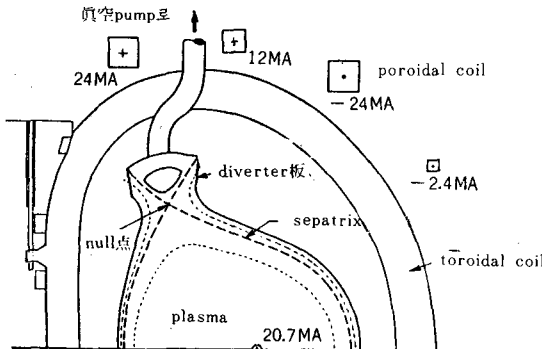


그림 3 Wisconsin 대학의 動力炉設計 · UWMAK-1 断面構成

들은 사고방식을 바꾸었다. 그것은 磁力線에 따라서 diverter에 부딪쳐 中性化된 He이 plasma로 되돌아가지 않게 하기 위해서는 가늘고 긴 通路가 필요하다는 것으로 UWMAK-II를 설계하였다.

그림 5는 이에 계속되는 UWMAK-III로서 기본적으로는 II와 같은 炉구성이다. 가늘고 긴 通路를 만들기 위해 Princeton의 설계와 같이 TF coil과 link하는 다수의 PF coil를 배치하였기 때문에 경첩이 붙은 차폐뚜껑을 열고 내부 component의 일부는 꺼낼 수 있으나 炉구조물의 대부분은 수리불능한 설계가 되었다. 소련에서도 이 형의 설계가 행해지고 있다.

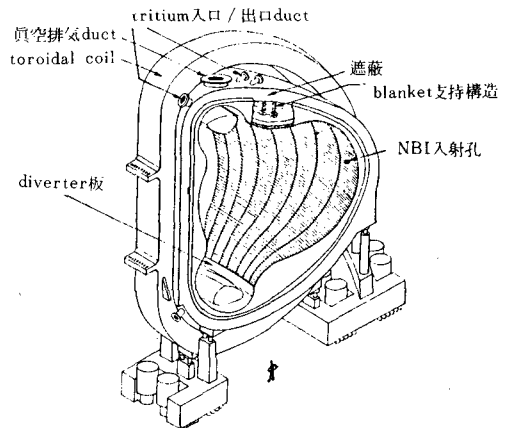


그림 4 UWMAK-I의 炉module (3000ton)

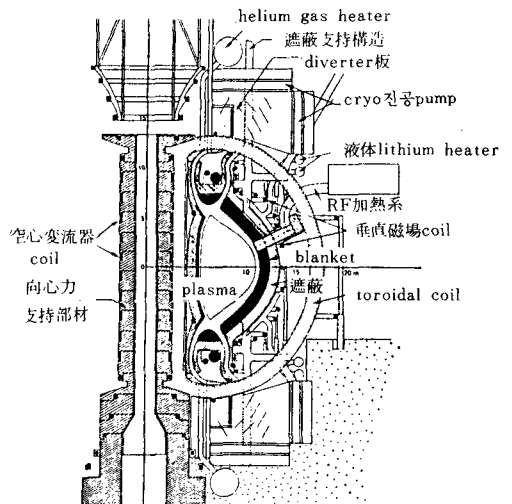


그림 5 Wisconsin 대학의 設計 · UWMAK-III 垂直断面圖

그림 6은 INTOR workshop Zero Phase(data base 평가)에서 일본이 제안한 INTOR-J 설계이다. 이 炉는 UWMAK- I과 같이 PF coil을 밖에 두는 형식의 diverter를 설치하고 있다. 이것은 日本原研의 plasma 관계자의 洞察力(이것은 JFT-2a의 실험성과 등이 배경이 되었다)과 解析노력에 의해 짧고, 폭이 넓은 통로라 하더라도 diverter板에서 中性化한 He을 排氣할 수 있다(완전치는 않으나 실용상 지장이 없을 정도로)라는 결론에 따른 것이다. 이것은 INTO R의 workshop에서도 상세히 검토되었으며 미국 GA社의 다브레드Ⅲ 실험에서도 뒷받침되어 현재로서는 그 有効性에 대한 否定자료는 나오 고 있지 않다. 이 설계에서는 TF coil에 최대한 가깝게 차폐를 접근시키므로써 TF coil의 小型化를 도모하여 炉의 분해수리는 6分割한 炉module을 TF coil 2本이 붙은 상태에서 당겨내는 방식으로 하였다. 또 고장이 나기 쉽다고 생각되

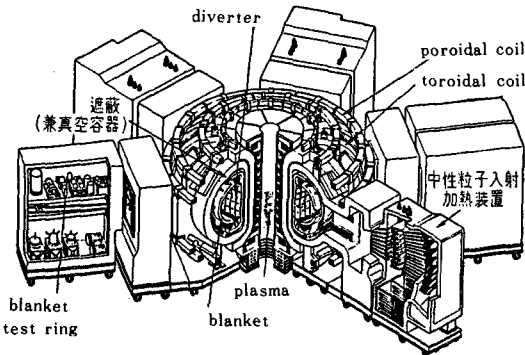


그림 6 INTOR-J(Zero Phase 日本案)

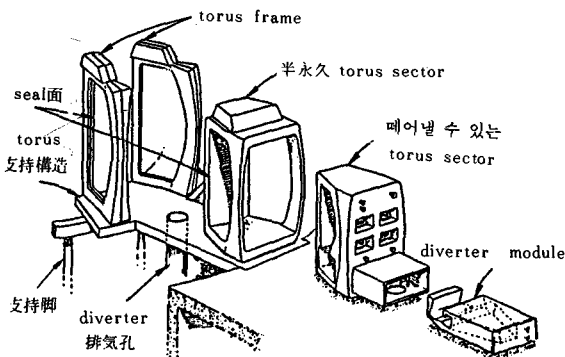


그림 7 實驗炉 INTOR의 炉内 構造物分解修理方法

는 diverter 등은 manipulator를 삽입하여 수리하는 방식으로 하였다.

이 설계에서 diverter는 下部만으로 하며 또 TF coil의 bore는 되도록 擴大하여(높이 10.8 m, 폭 7.7m) 그림 7 과 같이 모든 炉内구조물을 半径方向으로 꺼낼 수 있게 하였다. 이로 인해 炉가 巨大化하였다. 미국 Oak Ridge 연구소의 次期裝置 설계 FED도 같은 사고방식이다. diverter를 上下로 하느냐, 下部만으로 하느냐는 INTOR workshop에서도 상세히 검토되었으나 全員 협조하여 설계하는 대표안에서는 하부만으로 하며, 대체안에서는 각국이 자유로 하여 上下에 diverter를 가지는 炉도 있었다.

그림 8은 INTOR-J의 磁力線分布를 나타낸 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 자력선의 분포는 plasma周邊에서 内側은 粗, 외측은 密하게

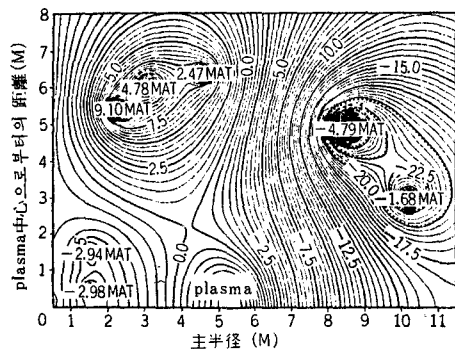


그림 8 poroidal diverter 가 붙은 TOKAMAK 炉의 磁力線分布와 coil電流

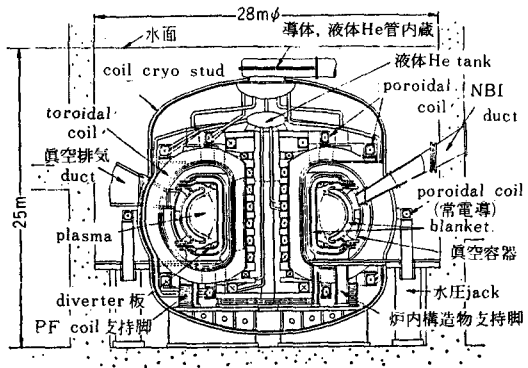


그림 9 實驗炉 SPTR 垂直断面図

된다. plasma 주변의 第1壁과의 사이의 공간(s-crape off)은 10~20cm가 필요하다고 한다. diverter가 한쪽에만 있으면 자력선이 연결되어 있으므로 외측에 10cm의 공간을 설치하면 자동적으로 내측은 30cm 정도가 되어 torus 내측에 磁場이 높은 약 20cm의 귀중한 공간을 헛되게 하는 결점이 있다. 그러나 炉구조는 단순化되고 또 plasma를 TF coil의 上下 中心부터 50~60cm off-set시키므로 약 1m의 높이를 단축시키는 것이 가능하다는 큰 利점이 있다. INTOR의 검토에 의하면 熱負荷는 上下에 있을 경우 上下 均등하게 配分되며 内外는 1:4이나 한쪽만일 때는 자력선이 연결되어 있으므로 内外의 차이는 없다. 높이에 여유가 생기는 것을 고려하면 한쪽만일 때 특히 熱流束이 높아지는 일은 없을 것 같다. 또 plasma 制御上에서는 특히 우열을 가리기가 어렵다고 한다.

그림 9는 2년전부터 검토를 해오고 있는 swimming pool형 TOKAMAK 炉(이하 SPTR) 실험로의 최근 설계이다. 이 설계는 炉구성의 단순化와 소형化를 목표로 하고 있는데 TOKAMAK 炉를 복잡하고 大型化하는 것은 무겁고, 거대한 超電導 magnet용 차폐에 있음을 고려하여 이것을 pool물로 대체시킨 것이다. 그림에서는 上下 diverter를 설치하고 있으나 이것은 本質의인 것은 아니다.

3. 分解修理에 대한 최근의 思考

그림 10에 수리방식과 炉구조개념을 표시했다. A는 TF coil 각각을 분해하는 방식으로 炉를 소형化 할 수 있다. B는 TF coil은 고정하고 炉

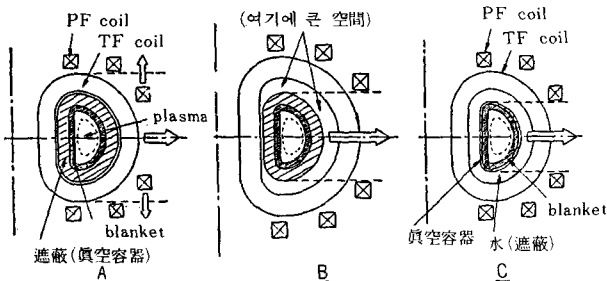


그림 10 TOKAMAK 炉의 分解修理方式과 炉構造概念

내구조물만 독립적으로 수리할 수 있는 방식으로 炉는 대형화된다. C는 SPTR이다. 일본의 INTOR-J는 A방식이다. 이것은 ① 炉内구조물 중 특히 고장을 일으키기 쉬운 diverter등은 炉에 설치된 開口部로 manipulator를 삽입해서 수리할 수 있지 않을까 하는 기대 ② 실험로 단계에서도 magnet의 분해수리가 필요하지 않을까 하는 생각 ③ 炉를 되도록 소형化시키려는 생각에서였다고 한다. 그러나 설계가 진행됨에 따라 ① manipulator로 diverter를 수리하는 것의 困難性和 ② 照射脆化된 배관 등의 再溶접 가능성에 대한 不確實 등이 큰 문제로 인식되게 되었다. 또한 ③ 超電導magnet의 분해가 당초 생각했던것 이상으로 곤란하다(電磁力 支持를 위해 견고하게 지지할 필요성이 있기 때문에)고 판명되었기 때문에 이 방식을 단념하지 않을 수 없었다.

이와같은 이유로 일본에서는 B방식을 취하게 되었다. 이로서 필연적으로 ① TF coil bore의 증대, 즉 炉의 대형화를 가져왔으며 또 ② PF coil 전류증가에 따르는 電源설비의 증대 ③ TF coil hoop力, 轉到力의 증대를 가져와 coil 지지구조의 強大化를 가져오게 되었다. C에 示된 SPTR은 이와같은 여러문제를 타개하기 위한 새로운 개념의 炉로 검토가 진행되고 있는 것이다. 그런데 B방식에는 다음 두가지의 선택이 있다. 즉 INTOR대표안에서 선정된 방식으로 TF coil의 bore를 크게 하여 炉内구조물을 straight로 뽑아내는 방식과 炉内구조물을 細分化하여 빼내는 방식인데 TF coil을 소형化할 수 있다. 이때는 torus방향의 이동도 포함되므로 수리작업은 복잡化 된다. 그리고 plasma에 허용되는 TF ripple은 $\pm 1\%$ 정도이며 TF coil의 bore를 축소하면 密하게 배치할 수밖에 없으며, 소형化하면 TF coil과 사이의 space가 좁아지므로 복잡化는 加速된다.

INTOR代替日本案外에 SPTR과 함께 설계 중인 炉도 이 방법이다. 또 현재 진행되고 있는 INTOR-phase 2a에서도 앞에서의 설계를 개선하기 위해 이 방식(단, diverter는 下部뿐)을 중

점적으로 검토중이라고 한다.

表 1 各種 component의 故障頻度

修理scale	年間修理回数	對象이 되는 component
小規模	2~10	diverter NBI ion源
中規模	1	第一壁, blanket
大規模	0.1	超電導magnet·遮蔽

表 1에 각종 component의 고장頻度 想定値를 표시하였다. 이 値는 설계에 따라 변하는 것이며 현시점에서 정확한 예측은 할 수 없으나 INTOR Phase 1에서 검토된 것이다. 장차의 爐에서도 이만큼 빈번한 고장이 허용된다는 것이 아니고 실험로로서의 예측이다. 이 표에서 대규모 수리에 超電導magnet가 들어 있는데 최근의 생각으로는 수리하지 않아도 되지않을까 하는 기대가 있다. DT를 사용하기 전 H의 plasma에 의한 시험기간중에 초기고장을 수리해 두면 그 후는 별문제가 없을 것이라는 것이다. 수리가능으로 하는가 아닌가에 따라 설계가 상당히 변해진다. 그리고 NBI ion源의 고장은 별로 중요하지 않다(수리작업의 곤란성이 적다).

4. INTOR의 分解修理

爐정지 1일후의 유도방사능에 따르는 線量率은 本誌 3·4月号 参照. 수리분해방식은 그림7에 표시하였다. INTOR에서 채택된 설계기준은 다음과 같다.

① 사람이 접근할 필요성을 위해 爐정지 1일후에 차폐외측은 2.5mrem/h이하로 한다. ② blanket 등과 같이 대형이며 무거운 구조물은 straight motion으로 밖으로 빼내는 방식으로 한다. ③ diverter와 같이 고장나기 쉽다고 생각되는 것은 단독수리 가능으로 한다. 이것도 straight motion으로 한다.

이와같은 생각은 TOKAMAK는 대단히 복잡하고 수리에 필요한 space도 極限되어 원격수리가 매우 곤란하므로 수리를 위한 기계를 set하기까지는 사람이 가까이 갈 필요가 있다는 것과 torus방향의 이동을 허용한다면 기구가 복잡화하므로 현실적이 아니다라는 사고방식에 따

른 것이다. INTOR는 이것을 base로 설계되었다. poroidal diverter를 下部에만 한것도 爐의 소형화를 도모함과 동시에 분해수리를 쉽게 하기 위한 것이다.

이 爐의 경우 분해수리와 관련된 未검토의 重要항목은 다음과 같다.

① 각종 開口部(NBI, 排氣, 計測등)와 차폐 이음곳의 gap으로인한 中性子streaming에 의한 방사화에 따른 爐정지후의 γ 선량율의 局所的增大 등 사람 접근시의 안전성 평가

② streaming對策, 특히 수리를 위해 冷却水를 뽑아낸 후의 배관주변의 γ 선량율 증가

③ 수리를 위해 component를 빼내는 작업중에 여러가지 원인에 의해 기계가 作動하지 않게 된다는가, component가 轉倒된다는가 하는 경우의 backup system. 분해작업을 시작할 때는 사람이 爐室에 들어간다 하더라도 일단 차폐를 때어내면 爐室은 巨大한 hot cell化 되므로 backup system의 검토는 매우 중요하다.

④ 수리시에 생기는 방사성 切斷片이나 dust의 爐室汚染과 사람의 接近性 평가

⑤ 수천톤의 차폐구조물 baking(150°C)의 실현가능성

5. SPTR의 設計概要와 分解修理

表 2에 主要諸元을 표시하였다.

그림9에 爐의 立面圖를 표시하였고 그림11에 平面圖를 표시하였다. 融合出力 420MW로 INTOR보다 低出力이나 tritium增殖率は 1.0을

表 2 SPTR의 主要諸元

核融合出力	420MW
燃燒時間/周期	100s/140s
稼働率	25%
plasma主半徑	5.3m
plasma副半徑 橫/縱	1.1m/1.65m
平均 ion 溫度	10keV
平均 ion 密度	$1.4 \times 10^{20} \text{m}^{-3}$
plasma電流	3.9MA
軸上磁場	5.2T
加熱入力	30MW
入射粒子energy	175keV
中性子鹽負荷	1.0MW/m ²
toroidal磁場coil 超電導材	Nb ₃ Sn, NbTi (hybrid)
toroidal磁場coil 數	14

*現在 設計中인 것은 一部 變更이 있음

목표로 하는 등 종합성능은 같은 정도이다. 炉는 직경 28m, 깊이 25m의 pool内에 설치된다. cryostud의 外径을 적게하기 위해 赤道面에 수리시 이동가능한 常電導의 PF coil을 배치하고 그 외는 모두 超電導coil로 하고 있다. TF coil은 Nb_3S_m 과 NbTi의 hybrid, PF coil은 NbTi를 사용한다. TF coil의 bore는 9.1m×6.1m로 14본의 coil을 2본씩 단단하게 연결하여 轉到力에 대처한다. 이로서 引出口는 7개소가 되며 여기서 21分割된 炉module을 빼낸다. 그림11과 같이 A, B 2종류의 module로 되며 module A(7개)는

곧바로, B(14개)는 torus방향으로 이동 후 빼낸다. module B에는 一周低抗確保 (0.2m Ω)를 위해 bellows unit가 설치되었고 AB間은 lip seal에 의해 眞空을 유지하며 外力은 bolt에 의해 지지된다. 각 module 1개당 중량은 약 80톤, 총중량 1,600톤 (INTOR에서는 6~7,000톤)이다.

module A에는 NBI duct, 眞空排氣duct 등이 붙는다. streaming의 문제가 적으므로 flexible joint를 사용할 수 있으며 열팽창, 특히 baking (공기중에서 행함)시의 문제가 적다. 또 component間的 space도 크므로 耐震설계를 하기 쉽다. 그리고 水中特有的 耐震문제에 대해서는 현재 검토중이다.

그림12에 炉module의 단면을 표시하였다. 진공용기는 두께 100mm로 端部에 lip seal을 갖는다. 이 용기는 대기압외에 1~2기압의 水圧이 가해진다. 분해수리면에서 보면 torus내측에는 bolt締結이 없는 것이 바람직하다. 變形解析에 의하면 上下外側만 결합시켰을 경우 内側部에 약 2mm 외측으로 변형하여 module 한개당 약 0.5mm 열리게 되어 문제는 없을것 같으나 현재 다시 電磁力 등을 가한 解析을 진행시키고 있다. 그리고 TF coil의 그림자가 되는 module BB間은 원격조작이 용이하지 않으나 lip seal에 剪斷力이 걸리지 않게 key구조로 할 수가 있어 締結 bolt수를 적게 할 가능성이 있다. 진공용기 주위의 물은 진공용기의 發熱분과 水中에서의 발열을 흡해서 13MW의 열을 받는다. 이 부분의 물은 pool의 물과 되도록 혼합되지 않는 것이 바람직하며 용기 상부로부터 외부로 꺼내는 管이 설치된다.

그림13에 운전中の 중성자 및 감마線束分布 (torus 内側)를 나타내었다. 水中에서의 中性子減衰는 크고 감마선은 그렇치 않으나 전체를 고체차폐한 従來型(이 경우 gap을 極力 작게 한다)과 같은 칫수로 필요한 차폐를 달성할 수 있다. 이것은 수리를 위한 공간을 충분히 확보하면서도 성능을 유지시킬 수 있음을 뜻한다.

분해수리의 관점에는 pool벽은 낮은 쪽이 approach되기 쉽다. 이 설계에서는 水深을 크게

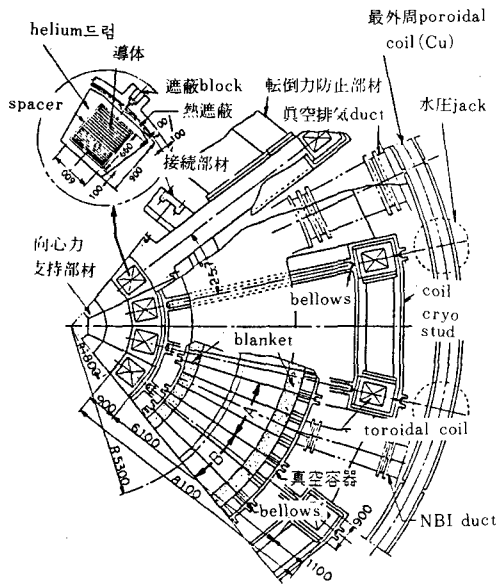


그림11 SPTR 不平断面图

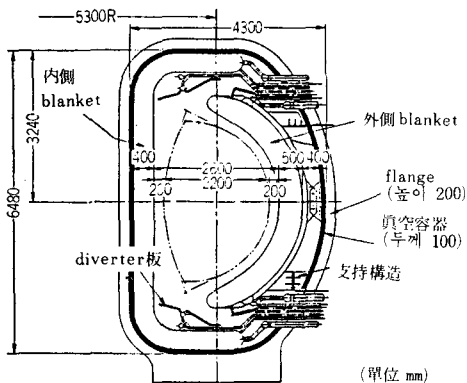


그림12 SPTR 炉 module 断面图

잡아 운전중에도 炉室에 사람이 들어갈 수 있는 깊이로 하고 있다. 실제문제로 운전중일 때는 磁力線 등도 있어서 사람의 炉室出入은 단념하여야 하며 炉정지 직후에 들어갈 수 있을 정도로 하려면 더 알아도 좋을 것이다. 물의 처리문제와 함께 앞으로의 검토과제이다. 炉의 분해에 있어서는 다음과 같은 생각을 가지고 있다.

㉠ 분해수리는 물을 뺀 상태에서 행한다 ㉡ diverter는 단독수리하지 않고 炉module채로 빼내어 site用 hot cell에서 수리한다 ㉢ 炉module의 torus방향 이동을 허용한다(TF coil 소형화를 위해).

앞의 ㉡, ㉢는 INTOR workshop에서의 從來型 설계에 채택된 기준과는 역행하나 이것을 채택하는 이유는 다음과 같다.

① 上下에 poroidal diverter를 붙인 炉로서 diverter를 단독수리하는 방식은 장치를 매우 복잡화한다 ② 수리기계가 들어갈 space는 충분하며 또한 炉module은 비교적 輕量小型이므로 torus방향의 이동이 특별히 곤란하다고는 생각되지 않는다 ③ 수리기계가 작동하지 못하게 되었을 경우 물을 채우면 炉室에 사람이 들어갈 수 있으므로 현실적인 backup system을 생각할 수 있다. 따라서 대담한 설계를 채택할 수 있다.

그림14에 炉정지 1일후의 감마선량을 분포를 표시하였다.

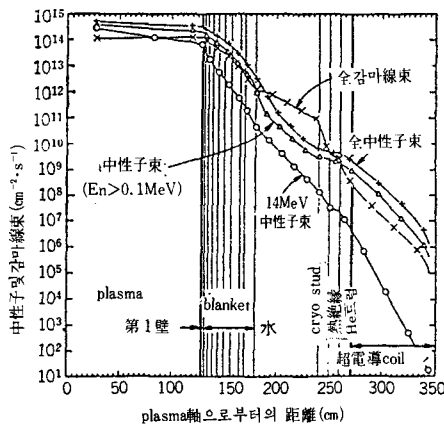


그림13 SPTR 中性子 및 감마線束分佈 (torus內側)

이것은 torus內側의 것이나 외측에 대해서도 대체적인 예측은 가능하다. 이 그림에서 알 수 있듯이 물이 채워진 상태이면 炉주위의 사람이 접근할 수 있다. 窓이 붙은 gondola, 추진력을 가진 소형잠수작업선, dry suit와 helmet를 조합시켜 pool물이 들어가지 않게 한 aqualung 잠수 등도 생각된다. 이는 backup으로서의 고려이며 통상의 点檢작업은 自走式 또는 pool水上에서 manipulator로 삽입한 ITV나 pool벽에 설치한 窓에 의해 가능하리라 생각된다. 고체차폐가 없기 때문에 진공용기 표면을 직접 감시할 수 있다는 큰 利點이 있다.

그러나 분해수리시 물을 drain하면 강한 감마선으로 인해 炉室로 사람이 들어갈 수 없으므로 ITV, manipulator와 자동기계에 의한 수리작업이 필요하게 되며 이때 ITV를 사용할 수 있는가가 중대 관심사이다.

그림14에서 알 수 있듯이 진공용기의 외면은 10⁴ rem/hr정도로 현재의 것이라도 수시간정도면 사용할 수 있을것 같다. 炉內감시에는 耐감마선의 半導體 개발이나 감마선을 1~2자리(桁) 감쇠시킬 수 있는 光学기구의 개발 등이 필요하다. 그리고 납의 차폐성능은 여기에 존재하는 에너지의 감마선에 대해 약 4cm로 한자리이다.

module의 정확한 위치정함을 위해서는 module의 工作精度를 높게 하고 互換性을 좋게 할

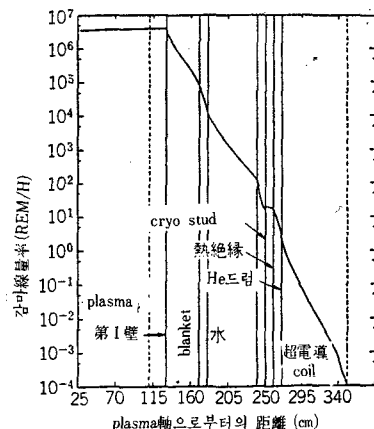


그림14 2年間 운전하고 炉를 정지시켜 1日後의 감마線量率 (torus內側)

필요가 있다. 또 원격조작으로 정확한 위치에 set하기 위한 어려운 문제가 있다. 설계의 타당성평가를 위해서는 mock-up test가 필요하다. 또 매우 미소한 leak로도 炉가 정지하며 고장난 module의 탐색에 대해서 각종 방법이 생각되나 이들은 앞으로 중요한 검토과제이다. module의 torus방향이동에 관해서는 현존기술의 응용으로 각종 방식(自走式, gear구동식: 바닥면에 대해서는 浮上式, 매끄럽게한 平面, 車輛式 등)을 검토중이다.

自動 lip seal용접기(개발中)의 시험상황을 보면 SPTR진공용기의 最大曲率에 맞추고 또한 space를 0.2m로 제한시킨 상태에서 용접 및 절단(이경우 적당크기의 tip으로 하여 가루의 飛散을 억제한다)에 성공하고 있다. 이와같은 기기를 manipulator에 장치하여 자동작업을 시킨다는 것이 분해수리작업의 기본이다. lip seal을 한 후의 검사기술 개발도 중요하며 He leak test, dyecheck法 등도 검토중이다. 설계가 진행됨에 따라 多關節型 robot 등의 중요성도 인식될 것이다. 사람을 대신하여 知能robot가 대신할 수 있는 적절한 작업에는 炉의 분해수리에 따르는 예기치 못한 일에 대한 처리, hot cell내에서의 수리작업 등이 있을 수 있다.

현재 일본原研은 원자력 메이커와 제약한 炉 설계 이외에 특히 원격수리기술에 대해서는 高温구조안전기술연구조합에 위탁해서 평가하고 있다. 여기에는 module분해, 빼내기, 再조립시의

문제를 중점으로 하여 torus방향이동기구, 용접 검사법, 진공manipulator외에 수중용접법까지 포함한 광범위한 검토평가가 진행되고 있으며 강력한 연구개발과 炉本体의 설계면에서의 개량을 포함해서 분해수리의 실현성이 기대되기에 이르렀다.

SPTR는 아직 초기의 炉개념이며 앞으로의 개선 여지가 크다. 예를들면 INTOR와 같이 diverter를 下部에만 하면 상부의 PF coil을 소형화할 수 있으며 또 배치를 잘 선정하면 진공용기의 상부 7개소(2本租 coil사이)에 큰 공간을 만들 수 있으므로(예비적 검토에서는 가능) 수리작업이 쉬워지며 炉의 소형化라는 利点도 생긴다.

TOKAMAK 炉의 복잡함과 巨大함은 최근에 와서 단순화된 diverter의 유효성 확인과 새로운 炉개념 출현에 의해 상당히 개선되었다. 한편 원격조작기술은 分裂炉 등의 기술과 연관되어 앞으로 급속하게 진전할 전망이다. 더욱이 TOKAMAK의 다른 큰 문제인 斷續운전에 대해서도 고주파전력印加에 의한 電場의 발생, 이에 의한 전류유지 소규모, 저밀도plasma이긴 하나 실현되었고, 炉의 直流(정상운전)化가 기대되게 되고 있다. 現狀에서 장래의 경제성, 신뢰성이 높은 動力炉를 想定하는 것은 어려우나 과거 수년간의 진보를 감안하면 앞으로의 진전은 상당히 기대된다.

FORATOM VIII大会 参加

6月20일부터 24일까지 스위스 로잔느에서 開催된 第8次 FORATOM大会에 우리나라에서는 5名の 参加団이 参席하였다. 특히 이번 大会에서는 成樂正 韓電社長이 「韓國의 原子力發電 計劃」에 관하여 發表하였다.

(参加团 名單)

성낙정	한국전력공사 사장	최장동	한국전력공사 원자력발전부장
고중명	현대건설(주) 부사장	여성원	한국원자력산업회의의 부장
성낙상	동아건설산업(주) 부사장		