

# 日本에서의

## 原子力發電所

### 稼働率向上对策



岩田 恒雄

(関西電力(株)原子力管理部調査役)

#### 1. 序 言

日本の 原子力發電開發計劃은 輕水炉를 為主로 했으며 現在 全發電施設容量의 12%를 占하는 約 15,500MW의 施設을 가지고 있다.

일본이 지나친 石油依存에서 벗어나서 原子力이 에너지 供給의 主役이 되기 爲해서는 原子力發電所의 稼働率이 要求되며 이를 爲해서 政府와 民間의 많은 關係자들이 苦心해서 努力해왔다.

이 努力의 核心으로서 1975년에 通産省에 依하여 原子力發電所改良標準化計劃이 樹立되었으며 우리는 이 計劃에 따라 我們들 自身이 開發한 進歩된 技術을 根拠로 發電所의 信賴度 및 稼働率向上과 從業員의 放射線被曝量 減少를 實現시키기 爲하여 努力하고 있다.

이 報告書는 PWR發電所의 定期補修(overhaul) 時間短縮에 重点을 둔 發電所 稼働率의 歷史와 稼働率向上을 爲해 우리가 해왔고 또 현재하고 있는 일을 提示하려는 것이다.

#### 2. 原子力發電所의 稼働率

日本에서의 BWR 과 PWR發電所의 利用率(Capacity Factor)은 Fig. 1 과 같으며 輕水炉의 稼働率(Availability Factor)과 利用率의 記錄은 表 1 과 같다. 輕水炉, BWR, PWR의 記錄을 나타내는 曲線은 1975年, 1977年, 1979년에 크게 떨어진다. 1975年과 1977年의 下落原因은 BWR發電所의 스테인레스 파이프의 応力腐蝕龜裂現象과 給水噴霧器노즐 및 制御棒駆動用水管노즐에서의 thermal cycle fatigue現象에 對한 對應措置에 많은 時間이 所要되었기 때문이고 1979年의 下落原因은 TMI事故의 余波로 大飯發電所 1号機를 安全點檢을 爲해 shutdown시킨 것과 모든 PWR發電所의 制御棒 guide

tube support pin의 欠陥에 対応策 수립을 위해 overhaul期間이 延長되었던 때문이다.

日本에서의 原子力発電所稼働率의 歴史는 다음과 같은 特性으로 説明될 수가 있다.

Overhaul時에 어떠한 欠陥이 発見되면 우선 그 原因의 규명, 同一한 결함의 재발 방지를 위한 대책수립에 많은 時間을 소비함으로써 가동율의 저하를 가져오는 것이 常例였다.

日本에서의 原電에 対応한 建設에서부터 運轉까지의 規制制度는 Fig. 2와 같다. 運轉中 또는 定期点檢時에 發生 또는 発見된 欠陥에 対応한 處理는 通産省의 規制와 감독하에 하도록 되어있고 새로 建設하는 發電所에 対応한 것과 동일한 절차가 적용되도록 되어 있다.

어떤 事故가 發生하면 事故의 内容, 原因, 対応策에 対応한 報告서를 通産省에 제출하여 승인을 받아야 하며 그 報告書内容中 安全性에 対応한 問題는 別途로 原子力安全委員會에서 審査를 받게 된다.

3. 稼働率 向上 対策

Fig. 3에 표시된 것과 같이 發電所의 가동율 향상에 기여하는 요소는 다음과 같다.

- overhaul時間의 短縮
- 運轉時間의 延長
- 運轉停止期間의 最少化

3-1 Overhaul시간의 단축

3-1-1 Overhaul시간 단축을 위한 건의사항

1977년에 미국 및 유럽 여러군데를 방문하였던 특별연구팀의 다음 다섯가지 건의사항을 이행한 결과 가동율의 상당한 개선이 이루어졌다.

A. overhaul시행을 위한 作業방법의 종합적 검토

PWR발전소에 대한 定期点檢 標準日程에 있어서의 critical path는 Fig. 4에 表示되어 있다. 이 critical path는 원자로용기의 뚜껑을 여는 것, 연료의 인출, 연료의 검사, 증기 발생기 튜브에 대한 渦流探傷試驗(ECT) 연료의 장전 그리고 원자로용기의 뚜껑을 닫는 것까지를 包含한다. 이 critical path에서의 모든 作業은 24時間 계속해서 遂行될 것이다. PWR발전소에서의 연속 作業은 다음 순서에 의해서 行해졌다.

- (1) 연료집합체의 인출과 재장전
- (2) 연료의 검사 및 증기발생기 튜브에 대한 와류탐상시험
- (3) 원자로용기 뚜껑을 여는 것과 닫는 것

Fig. 4에서 원자로용기 뚜껑의 개폐작업은 주간근무 작업원(1일 8시간 근무)의 특근으로, 나머지 작업은 24시간 근무(실제로는 16~18시간 근무)를 전제로 한 것이다.

日本에서의 定期点檢은 電力会社의 發電所勤務者와 기기제작업체의 종업원 그리고 건설업체 종업원의 공동작업이 될 것이다. 이 点檢作業이 가장 바쁠 때에는 작업원수가 1,000명(2基의 site인 경우)에 달하고 여기에 발전소가 正常的으로 운전을 하고 있을 때에는 일상작업에 종사하는 200명이 추가된다. 이 1,000명의 인력은 overhaul기간 중 블록렌즈 모양으로 배분될 것이다.

보수공사의 여러분야에 걸쳐서 충분한 자격과 경험을 가진 충분한 수의 작업원을 보유하고 있는 것도 좋지만 전력회사들은 정기점검작업과 관련된 총괄적인 통제와 관리 하도급업체에 대한 작업량의 分配를 위한 조정, 작업장에서의 노무자의 확보, 작업원의 기능도 향상, 하도급체에 대한 노무관리 등의 책임을 맡게 해서 數基의 点檢作業을 일시에 수행할 능력을 가진 업체를 양성하

기 위하여 노력해왔다.

**B. 제 3 검사기관의 활용**

원자력발전소의 정기점검은 통산성의 監 督下에 시행된다. 점검절차의 승인, 검사의 입회, 검사결과와 평가 및 수리는 통산성의 권한에 속한다. 그러나 통산성의 관계공무원의 수에는 제한이 있으므로 어떤 경우에는 인력의 부족으로 적기의 검사가 지장을 받을 때가 있었다. 유럽에서는 원자력발전소의 검사나 시험을 효율적으로 수행하는 제 3 검사기관을 가지고 있다. 日本에서는 日本発電設備検査所 (Japan Power Plant Inspection Institute)가 通産省을 대신해서 発電所의 용접 검사를 수행해왔으며 1980년에 原子力発電所検査部를 設置함으로써 조직이 강화되었다.

또한 통산성 검사관의 입회는 安全性과 직결되는 설비, 발전소 외부의 방사선 노출 통제에 관련되는 설비 등에 처한 중요한 검사나, 정기점검 최종단계에서의 性能試驗에 국한될 수 밖에 없었고 다른 검사에 대한 입회는 상술한 원자력발전소검사부의 검사원이 행하고 그 검사결과를 통산성이 확인하는 방식을 택하게 된다.

PWR 발전소의 overhaul時 検査項目은 表 2에 나타나 있다.

**C. overhaul의 시기결정**

overhaul의 시기는 연료재장전의 시기와 맞추어져야 하며 3-2項에서 자세히 설명하겠다.

**D. overhaul時的 検査範圍**

정기점검시의 검사범위 및 내용은 ISI code와 과거의 사고 경험을 감안해서 철저하고 실질적인 것으로 수정되었다.

1980년에 원자력발전소의 운전 및 보수에 대한 축적된 경험을 통해서 발전소별로 달랐던 검사항목의 範圍와 節次, 評價基準이 BWR과 PWR에 대한 각각의 표준 매뉴얼

에 통합처리되었다. 또한 운전보수경험에 입각하여 검사의 범위나 빈도를 합리적으로 조정하려는 움직임이 일고 있다. 그 예를 든다면,

(1) 연료의 시핑 검사 (Fuel Sipping Inspection)

운전중의 1차 냉각재속의 I-131 level을 측정된 결과 규정치에 미달하고 또한 원자로의 shutdown시 추가로 방출될 I-131의 양도 규정치에 미달하는 경우에는 検査를 생략할 수가 있다.

(2) 증기발생기 튜브에 대한 와류탐상시험 (Eddy Current Test)

Feedwater에 AVT가 주어진 경우 그리고 이전에 시행한 2회 이상의 ECT에서 아무런 이상이 발견되지 않았을 경우에 ECT의 대상을 임의로 선정된 튜브에 대해서만 하도록 시험량을 줄일 수가 있다.

**E. 規制機關에 대한 申請節次的 簡素化 및 処理 所要時間 短縮**

증기발생기 튜브벽이 얇아진 것을 ECT로 검사한 결과 상당수의 튜브가 누설을 방지하기 위해 plugging이 필요한 경우를 예로 들어보겠다.

Plugging작업을 하기 위해 關係규제기관에 신청서를 제출함에 있어 우리는 우선 원자로 설치허가의 변경, 그에 대한 안전심사, 전설허가의 변경, 그에 대한 通産省의 심사, 용접과 그 현장검사에 대한 심사, 가동전 시험과 가동전 현장검사에 대한 신청 등 많은 절차를 밟지 않으면 안된다. 이를 위해서 많은 시간이 소비되는데 우리는 규제기관에서 그러한 신청서를 신속히 처리해 주기를 기대하고 있고, 또 규제기관도 그것을 充分히 理解하고 있다.

**3-1-2 原子力発電所の 改良標準化計劃 改良標準化計劃의 目的은 原子力発電所の**

信賴性和 稼動率을 向上시키고 日本型의 原子力發電所를 만드는데 있다. overhaul 期間의 단축과 關係해서 이 計劃은 다음 事項의 成效를 爲해 作成되었다.

1. 補修能力의 改善
2. 設備와 工具의 改良
3. 放射線 被爆量 減縮對策

이제 critical path에 包含되는 원자로용기 뚜껑의 改修, 연료의 檢査, 그리고 증기발생기 튜브에 대한 ECT의 概要를 說明하겠다.

(1) 원자로용기의 뚜껑과 부수품의 일체화 (Fig. 5 참조)

(2) 증기발생기의 Channel head用 Nozzle cover의 改修

이 노즐커버는 증기발생기 튜브에 대한 ECT의 동시 시행과 연료집합체의 인출 및 장전을 촉진하는데 사용된다. (Fig. 6 참조)

(3) 연료검사제도의 개선 (Fig. 7 참조)

(4) 증기발생기 튜브와 기타에 대한 ECT用 manipulator의 改修 (Fig. 8 참조)

이상과 같은 개선 사항이 시행된다면 overhaul소요기간은 Fig. 9에 나타난 바와 같이 단축될 것이다.

### 3-2 發電所運轉時間의 延長

日本의 電力会社는 다음과 같이 定期檢査를 시행하도록 법으로 규정되어 있다.

원자로계통 (NSSS) ..... 年 1회  
 터빈발전기계통.....每 2년에 1회  
 1979년까지는 電力会社들은 原子炉系統에 대한 定期檢査를 12個月 以内に 實施했다. 바꾸어 말하면 정기검사에 5개월이 소요된다면 발전소가 운전되는 것은 나머지 7개월에 不過하다.

최근의 원자력발전소 운전기록과 신뢰성 증가를 근거로 해서 규제기관에서는 發電所의 계속운전기간을 12개월까지 인정하기에 이르렀다. 현재 PWR발전소의 core는 보통

9~10EFPM까지이나 상기한 규제내용의 완화로 12개월 범위안에서 core가 완전히 소모될 때까지 발전소를 운전하는데 대한 타당성이 인정되게 되었다.

정기점검의 시기를 연료교체시기와 맞출 수 있다는 전제하에 core cycle 연장방법의 개발은 발전소 가동율향상의 유력한 방안이 될 것이다. core cycle 연장의 실현방법은 Fig. 10에 表示되어 있으며 수년내에 12EFPM을 성취할 계획이다.

### 3-3 運轉停止期間의 最少化

#### 3-3-1 運轉補修中の 事故記錄에 依한 機器의 改良

第2회 세미나에서 報告된 바와 같이 改良標準化計劃에서 얻어진 結果는 모두 새로운 發電所의 設計에 反映시키고 있다.

#### 3-3-2 사고나 결함에 대한 자료의 수집과 그 자료의 활용

발전소의 부품이나 시스템의 품질보증을 통한 신뢰성 확보와 적절한 검사나 유지보수 방법을 정하기 위해서는 과거에 있었던 部品과 시스템의 결함, 운전사고에 관한 정보는 좋은 참고자료가 될 것이다.

### 4. 結 言

이상 기술한 가동율향상을 위한 여러가지 대책은 연제고 실천이 가능해질 때마다 운전중, 건설중 뿐만아니라 계획단계에서도 적용하고 있으며 앞으로는 개선 노력은 계속되어야 할 것이다.

일본에서 1980년과 1981년에 原子力發電所의 繼續運轉時間이 늘어나고 있는 記錄으로 볼 때 이는 정부와 전력회사 그리고 제작회사의 공동노력이 열매를 맺은 것으로 말할 수가 있다. 우리는 表3의 改良標準化計劃에서 장차의 목표를 책정해 놓았으며 이 목표달성을 위해서 모델발전소를 선정하여 모든 노력을 기울이고 있다.

Fig 1 Capacity Factor of LWR Plants in Japan

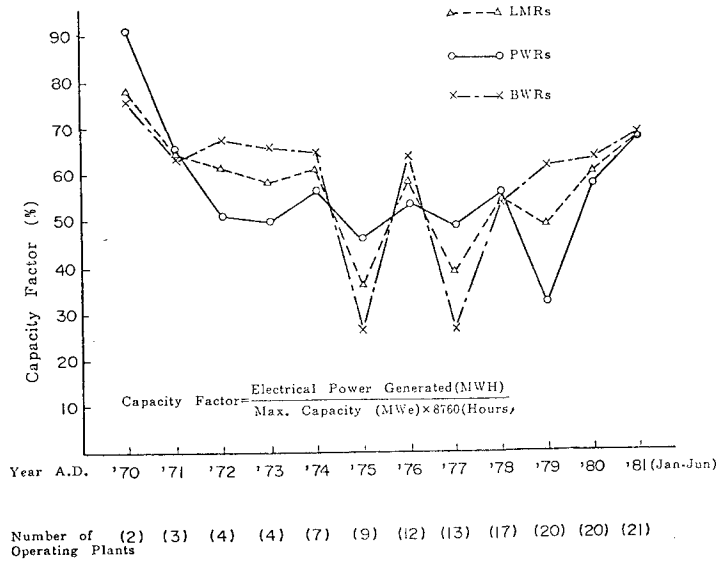


Fig.2 Licensing Procedure, in Japan and U.S.A.

Key Events	Japan		U. S. A.	
	Licensing Step	Documents filed	Licensing Step	Documents filed
Construction → Start	Reactor Establishment Permission	Application for Reactor Establishment permit to MITI (Double checking examination by Nuclear Safety Commission)	Construction Permission	Preliminary Safety Analysis Report
	Construction Permission	Application for Design Evaluation to MITI (divided application)		
	Welding Examination	Application for Welding Document Examination and Inspection to MITI (divided application)		
Construction → Complete	Pre-Use Examination	Application for Pre-Use Test and Inspection	Operation License	Final Safety Analysis Report (including Technical Specification)
	Technical Manual Permission	Application for Technical Manual Permit		
Commercial → Operation Start	Operation Schedule Notification	Operation Schedule Report		
	Annual Overhauling Inspection	Application for Annual Overhauling Inspection		

Fig.3 Availability Improvement Measures

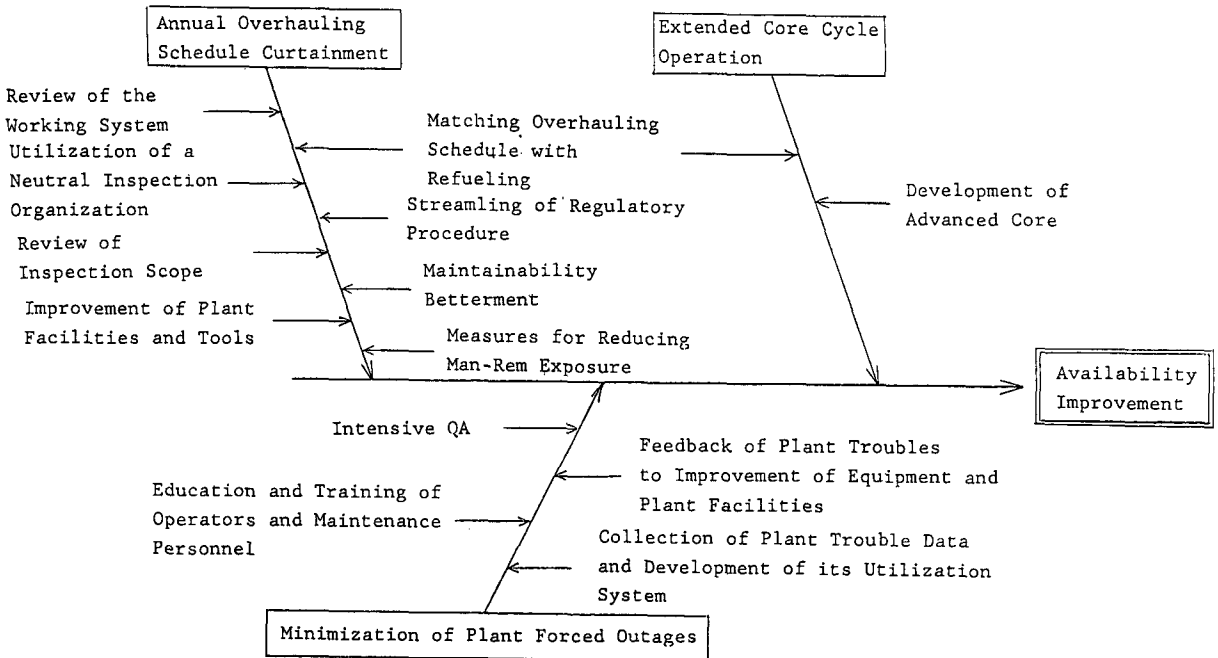
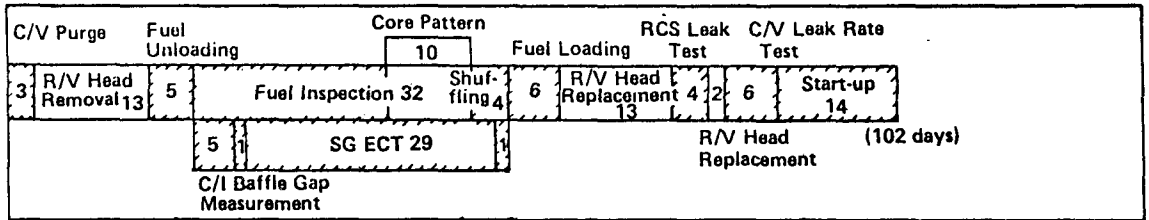


Fig.4 PWR Standard Annual Overhauling Schedule



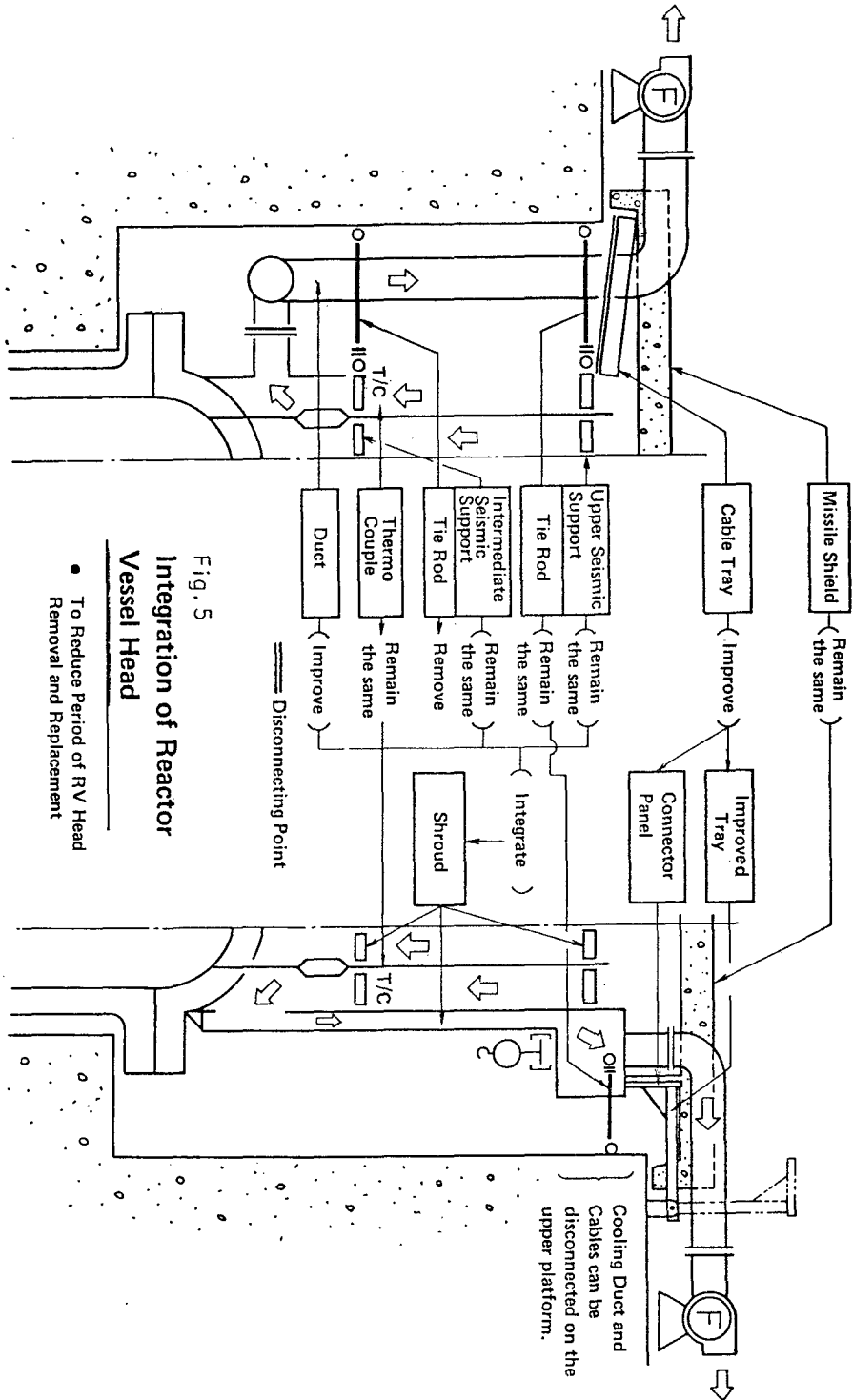


Fig. 5  
**Integration of Reactor Vessel Head**  
 • To Reduce Period of RV Head Removal and Replacement

Fig.6 Development of Nozzle Covers for Steam Generator Channel Head

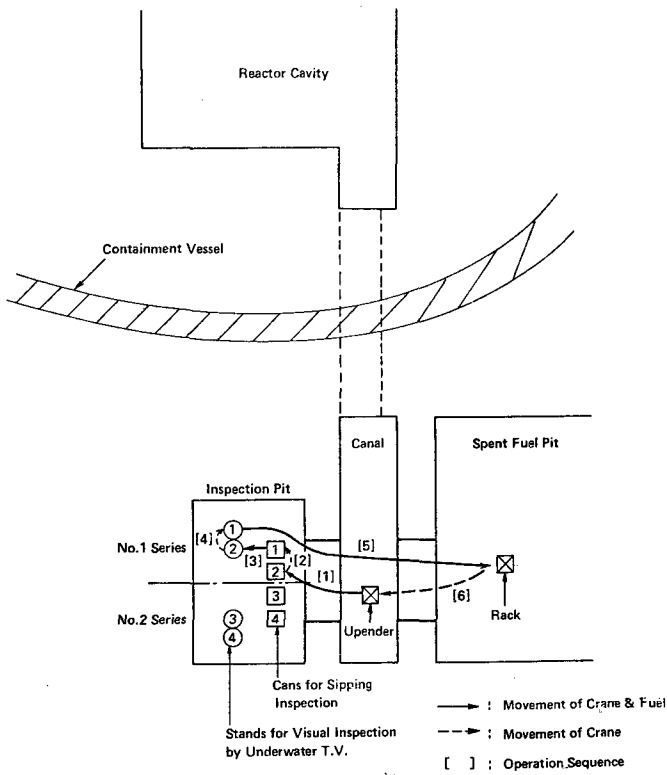
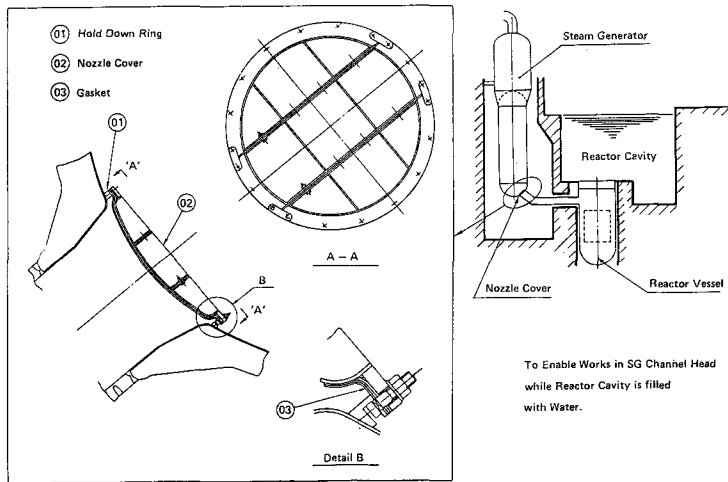


Fig. 7 Betterment of Fuel Inspection System

- To Inspect All Fuels (Sipping, TV Inspection) During Fuel Unloading



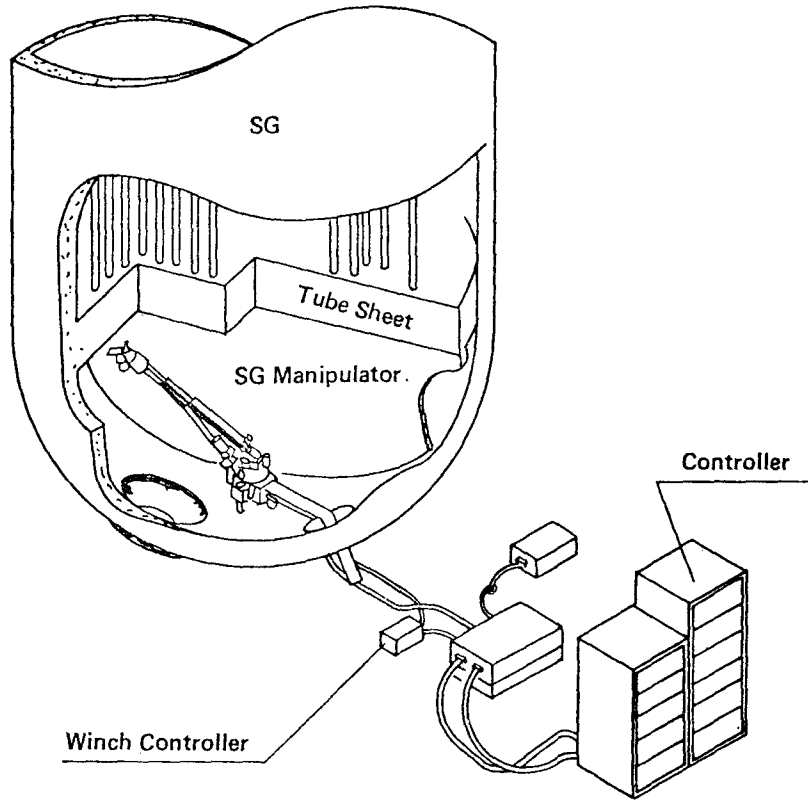
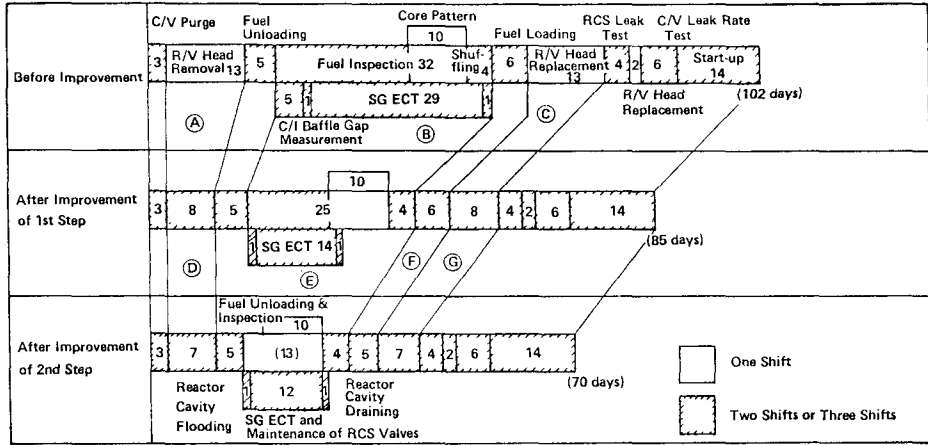


Fig. 8  
**Development of Manipulator for ECT  
 on Steam Generator Tubes and Others**

- Multi Purpose Computer Controlled Manipulator
- Can be Used for
  - ECT
  - Plug Weld
  - Penetrant Test of Plug Weld
  - Other Repair Works of Tubes
- Required No Entry into SG Channel Head for Setting
- Rapid to move from one tube to another tube

Travel Speed is 5 ~ 10 sec./pitch.

Fig. 9 Curtailment of the Annual Overhauling Schedule  
Expected Effect of Improvement and Standardization Program



- [Contributing Factor]
- (A) · Adoption of Two Shift
  - (B) · Improvement of Stud Bolt Handling Tools
  - (C) · A doption of Full Automatic SG ECT Equipment
  - (D) · Reduction of Number of SG Tubes Tested by ECT
  - (E) · Improvement of C/I Design (No C/I Baffle Gap Measurement)
  - (F) · Reduction of Nun.ber of Fuels Inspected by Sipping
  - (G) · Adoption of Two Can Sipping Equipment
  - (D) (G) · Adoption of Integrated R/V Head Package
  - (E) · Adoption of Fuel Inspection Pit System
  - (F) · Adoption of SG Manipulator
  - (F) · Improvement of Fuel Handling Machine

Fig.10 Measure for Extended Core Cycle Operation

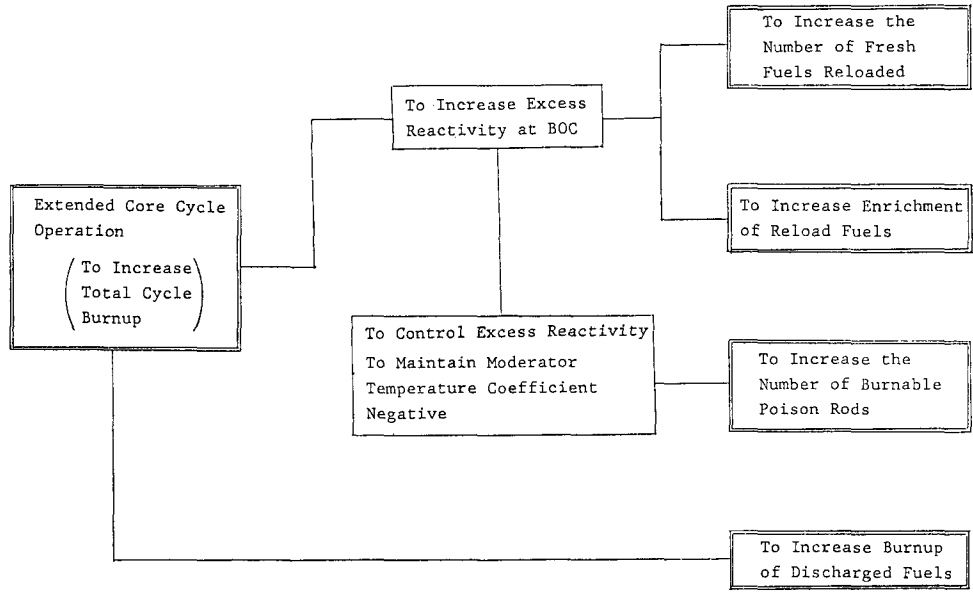


Table 1 Availability Factor and Capacity Factor of Nuclear Power Units in Japan

Utility	Plant and Unit (Date of Commercial Operation)	Max. Electrical Output(MWe-gross)	F.Y.		A.F.(%)															
			A.F.(%)	C.F.(%)	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80					
JAPC	Tokai (66. 7. 25)	166	A.F. C.F.	803 690	859 654	855 674	882 705	853 679	878 684	875 695	837 678	866 696	875 675	821 672						
	Tokai (72. 11. 28)	1,100	A.F. C.F.	815 800	736 782	802 724	856 786	558 488	491 421	764 683	411 371	892 805	823 713	874 713						
	Tsuruga (70. 3. 14)	357	A.F. C.F.	800 198	782 652	851 851	884 484	262 262	218 201	201 60	92 60	508 508	508 508	508 508						
	Fukushima No.1 (71. 3. 28)	460	A.F. C.F.	198 99.3	652	851	484	262	201	60	92	508	508	508						
	Fukushima No.2 (71. 7. 18)	784	A.F. C.F.	784	652	851	484	262	201	60	92	508	508	508						
Tokyo	Tokai (76. 3. 27)	784	A.F. C.F.	784	652	851	484	262	201	60	92	508	508	508						
	Tokai (78. 10. 12)	784	A.F. C.F.	784	652	851	484	262	201	60	92	508	508	508						
	Tokai (78. 1. 28)	784	A.F. C.F.	784	652	851	484	262	201	60	92	508	508	508						
	Tokai (79. 10. 21)	1,100	A.F. C.F.	784	652	851	484	262	201	60	92	508	508	508						
	Tokai (76. 3. 17)	540	A.F. C.F.	540	652	851	484	262	201	60	92	508	508	508						
Chubu	Hamaoka (78. 11. 29)	840	A.F. C.F.	722	713	452	472	129	0	0	0	208	78	100	671	717				
	Mihama (70. 11. 28)	340	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
	Mihama (70. 11. 28)	500	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
	Mihama (72. 7. 28)	826	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
	Mihama (74. 11. 14)	826	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
Kansai	Takahama (74. 11. 14)	826	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
	Takahama (74. 11. 14)	826	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
	Takahama (75. 11. 14)	826	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
	Takahama (79. 3. 27)	1,175	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
	Takahama (79. 12. 5)	1,175	A.F. C.F.	653	724	361	570	73	321	551	542	761	1.12	601	582					
Chugoku	Shimane (74. 3. 29)	460	A.F. C.F.	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792					
	Shimane (77. 9. 30)	566	A.F. C.F.	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792					
	Shimane (75. 10. 15)	559	A.F. C.F.	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792					
	Shimane (81. 3. 30)	559	A.F. C.F.	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792					
	Shimane (81. 3. 30)	559	A.F. C.F.	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792					
Total		1,551.1	A.F. C.F.	798 738	765 689	711 620	674 541	589 432	487 422	604 528	466 418	634 567	530 516	668 628						

(Note) 1. A.F. : Availability Factor =  $\frac{\text{Generating Hours}}{\text{Total Calendar Hours}} \times 100\%$   
 2. C.F. : Capacity Factor =  $\frac{\text{Gross Generated Power (MW)}}{\text{Max. Capacity (MW)} \times \text{Total Calendar Hours}} \times 100\%$   
 3. All units except Tokai-1 are LWRs.

Table 2 Annual Overhauling Items Example

page 1 out of 2

		:MITI Attendance		
1.	RCS Pressure Boundary ISI	Reactor Vessel (R/V)	<u>Leak Test (LT)</u>	Others
2.	Fuel Assembly Inspection	Sipping	<u>T.V. Survey, etc</u>	
3.	Fuel Assembly Relocation			
4.	<u>Minimum Shutdown Boron Concentration Measurement</u>			
5.	Critical Boron Concentration Measurement			
6.	Moderator Temperature Coefficient Measurement			
7.	Baffle Plate Gap Measurement			
8.	Pressurizer Safety Valve Inspection	Overhauling	<u>LT</u>	<u>Functional Test (FT)</u>
9.	Pressurizer Relief Valve Inspection	Overhauling	<u>LT</u>	<u>FT</u>
10.	Block Valve of Pressurizer Relief Line Inspection	Overhauling	<u>FT</u>	
11.	RCS Major Valves Overhauling			
12.	CVCS Inspection	Major Valves Overhauling	Charging Pump Overhauling	
13.	Main Steam Safety Valve Inspection	Overhauling	<u>LT</u>	<u>FT</u>
14.	Main Steam Relief Valve Inspection	Overhauling	<u>LT</u>	<u>FT</u>
15.	Main Steam Isolation Valve Inspection	Overhauling	<u>FT</u>	
16.	High Pressure Injection System Inspection	Major Valves Inspection	Pump Overhauling	<u>FT</u>
17.	Low Pressure Injection System Inspection	Major Valves Inspection	Pump Overhauling	<u>FT</u>
18.	Accumulator System Inspection	Major Valves Inspection	<u>FT</u>	
19.	UHI System Inspection	Major Valves Inspection	<u>FT</u>	
20.	SG ECT			
21.	RCP Inspection	Overhauling	Seal Integrity Verification	
22.	<u>Component Cooling Water System Functional Test</u>			
23.	ISI	Engineering Safeguard Features, etc.		
24.	<u>Nuclear Instrumentation System Inspection</u>			
25.	Reactor protection System Inspection	<u>Detector Setpoint Verification</u>	<u>FT</u>	Detector Performance Check and Calibration
26.	<u>Reactor Turbine Generator Overall Interlock Test</u>			

Table 2 Annual Overhauling Items Example (continued)

page 2 out of 2

27.	<u>CRDM Functional Test</u>			
28.	Instrumentation Air System Functional Test			
29.	Boron Acid Pump Overhauling			
30.	<u>Fuel Handling System Functional Test</u>			
31.	SFP Cooling System Functional Test			
32.	<u>Environmental Radiation Monitor Functional Test</u>			
33.	<u>Fixed Area Radiation Monitor Functional Test</u>			
34.	<u>Process Radiation Monitor Functional Test</u>			
35.	Annulus Recirculation and Exhaust Air Handling System Filter Efficiency Test		<u>FT</u>	
36.	Control Room Emergency Recirculation Air Handling System Filter Efficiency Test		<u>FT</u>	
37.	Liquid Waste Disposal System	Overhauling	Evaporator Heating Steam Performance Test	
		<u>FT</u>		
38.	Gaseous Waste Disposal System			
39.	<u>Solid Waste Inventory</u>			
40.	<u>CV LRT</u>			
41.	CV Isolation Valve Inspection	Overhauling	<u>FT</u>	
42.	CV Vacuum Break Valve Functional Test			
43.	Containment Spray System Inspection	Major Valves Overhauling	Pump Overhauling	<u>FT</u>
44.	Ice Condensor Inspection	<u>FT</u>	<u>Ice Loading Measurement</u>	
45.	CV Hydrogen Recombiner Inspection	Overhauling	<u>FT</u>	
46.	Diesel Generator Inspection	Overhauling	<u>FT</u>	
47.	<u>Plant Performance Test</u>			
48.	Auxiliary Feedwater Pump Inspection	Overhauling	<u>FT</u>	
49.	Turbine Bypass Valve Inspection	Overhauling	<u>FT</u>	
50.	Control Rod Cluster Guide Tube Support Pin Integrity Verification			

Table 3 Target of Improvement and Standardisation Program

	Current Design (800,1100 MW)	Step-1 (800,1100 MW)	Step-2 (800,1100 MW)	Remarkable Improvement	
				BWR	PWR
Availability Factor		App. 75%	App. 80%	• Anti-SCC Material • Core Design	• Anti-bowing Fuel • S/G
Capacity Factor		App. 70%	App. 75%		
A Time Span of Annual Overhauling	90-100 Days	App. 85 Days	App. 70 Days	• Automatic CRDM Exchanger • Fuel Exchanger	• R/V Head Integration • Fuel Inspection System
Total Man-Rem Exposure during Annual Overhauling	100%	App. 75%	App. 50%	• Automatic ISI Machine • Cobalt-free Material	• S/G Manipulator • S/G Channel Head Nozzle Cover
				Larger Diameter of C/V	

Units where above improvement and standardization applied

Step-1 BWR Fukushima II #2, Hamaoka #3  
PWR Sendai #1, Tsuruga #2

Step-2 Units where establishment licensing application filed since 1981.  
Units where Step-2 applied inasmuch as possible are as follows.  
BWR Fukushima II #2, #3, #4, Hamaoka #3  
PWR Sendai #1, #2, Takehama #3, #4, Tsuruga #2

특 집

## 放射線과 放射能

放射線과 放射能은 線과 能, 글자 한자만 이 다르나 그 뜻은 대단히 다릅니다.

방사선에는 X선, 감마선, 베타선등이 있으며 눈으로 볼수없는 빛과 같은 것입니다. X선 발생장치나 TV등에 스위치를 넣으면 방사선(X선)이 나옵니다.

방사능이라함은, 원래는 방사선을 내는 물질의 성질이나 능력을 의미했으나 지금은 일반적으로 방사선을 내는 물질 그 자체를 말합니다.

반딧벌레는 스위치를 넣지 않더라도 계속해서 빛을 내는것처럼 방사능(방사성 물질)이라고 하는것이 좋습니다)도 계속해서 방사선을 내고 있습니다.

방사능에는, 반감기(半減期)라는 것이 있습니다. 이것은 방사성물질이 갖는 방사능이 원래의 반이 되기까지의 시간을 말합니다. 방사능에도 많은 종류가 있으므로 반감기도 각각 다릅니다.

즉 천연방사능의 칼륨-40은 약 12억년, 코발트-60은 약 5년, 요드-131은 불과 8일입니다.

미국의 원자력발전소 TMI-2에서 사고가 발생하였을때 「방사능 누설」이라고 잘못 쓴것을 보았습니다.

「방사능 누설」이라면 이 방사능이 반감기에 따라 방사선을 내지 못할 때까지 계속 방사선을 내고 있을것입니다.

앞에서 말한 반딧벌레가 방사능이라면 반딧벌레에서 나오는 빛은 방사선에 비유될 수가 있습니다.

방사선이 사람에게 미치는 영향을 나타내는 단위로서는 렘(rem)을 사용합니다. 국제방사선 방호위원회(ICRP) 권고에 따르면 전신균등조사의 경우 최대허용선량은 일반인 500밀리렘/년, 방사선작업종사자 5,000밀리렘/년으로 되어있습니다.