



原子力の安全規制の最適化に関する研究会発表会(JSME)

検査制度の定着と今後の課題

海外における検査制度
第1～6次海外調査の概要

平成22年1月26日

東京大学 武田先端知ビル 5Fホール

IAEA, OECD/NEA ISOE委員会 第7代議長
独立行政法人 原子力安全基盤機構
水町 渉

第1次～第6次海外の原子力規制に関する調査団

第1次調査団 2006年1月

フィンランド(オルキルオト原子力発電所, STUK(本部))

フランス(EDF(本社), DGSNR(本部))

第2次調査団 2006年8月

米国(Browns Ferry/Hatch原子力発電所,

NRC(本部及び研修センター))

第3次調査団 2007年1月

スイス(HSK(原子力安全局、ライプシュタット原子力発電所)

スウェーデン(SKI(原子力発電検査局)、リングハルス原子力発電所)

第4次調査団 2007年8月

米国(NRC(原子力安全規制局、第3地方局)、

Davis-Besse原子力発電所(First Energy Nuclear Operation Co)

Quad Cities原子力発電所(Excelon)

第5次調査団 2008年9月

ドイツ(IZAR発電所, バイエルン州政府、TUEV本部、GRS)

ベルギー(BEL - V(原子力規制当局), Doel原子力発電所)

第6次調査団 2009年12月

イギリス(HSK(原子力安全局、サイズウェル原子力発電所)

スペイン(CSN(原子力安全規制局)、アスコ原子力発電所)

第7次 海外調査団 アメリカ運転中保全(OLM)

世界で最も進んでいるOLMの現場の調査

2010年1月10日～17日

South Texas Project NPS 1,2号機

131.2万kw PWR 1988.8、1989.6運転開始
非常用D/G と 非常用冷却ポンプの運転中保全調査

River Bend NPS

100.1万kw BWR Mark-3 1986.6運転開始
燃料の超音波洗浄によるSource Term低減と燃料検査

River Bend 原子力発電所所長の談話

Eric Olson 発電所所長のOLMに関する発言

1. 運転中保全を行うようになり、**我々の管理がOLMの点検に集中できる**ようになった。
 - **燃料交換期間には、燃料交換以外にも点検機器は多い。**
 - **原子炉建屋も原子炉格納容器も開放**しており、**気を使う。**
2. 運転中保全では、例えば非常用D/Gの3系統の内、B系統をOLMしている時は、所長はじめ各部長は、この作業に全神経を集中し、かつ**A系、C系がいざという時に運転が可能のように、事前に運転を確認**して、間違いが起こらないように管理している。
3. OLMを行う機器は**28週前から計画し、12週間前から管理**している。
4. OLMを同時に行うのは、最高2系統であり、1年中の**作業が平準化**され、**良い作業員を選ぶ**ことが出来る。

STPではAOTが14日で、7日でOLMを実施。D/G自動車を追加。



第6次調査団(イギリス、スペイン)

2009年12月

1. イギリス

(1) HSE (Health Safety Executive; 健康安全省・原子力局)

イギリスの規制に細則はなく、「事業者は、自らルールを設けて活動すること」を義務付け、安全運転をゴールとしている。

検査員は58名在籍し、皆専門家であり、チーム・ワークで検査をしている。

検査は毎年、同じ所を見ないように、年度計画を策定して行っている。

環境問題の解決には、原子力発電所が必須との政府の公式見解が発表され、

2025年までに20プラントの運転開始を計画。現在は型式認定としてEPRとAP1000の審査中(Detailed Design Assessment)で、2011年6月に認可予定

(2) サイズウェルB原子力発電所 (120万kwのPWR, 1995年に運開)

非常用D/Gの運転中保全是、AOTの7日の60%で行った。AOT延長も視野に。

HSEの認可後、170万kwのEPRを2基建設の予定である。

建設サイトは、サイズウェルBに隣接しており、広大な敷地が用意されている。

2. スペイン

- (1) CSN (Consejo de Seguridad Nuclear; 原子力安全規制局)
2000年にスイス、ドイツ、フィンランド、アメリカの規制制度を調査し、アメリカのROPが体系的にも安全性にも優れており、2006年に全面採用した。
検査員をNRCに常駐させ、またNRCに来てもらい徹底的に教育をした。全てをスペイン語にして発行し、運用している。
唯一の問題は、事故の発表で以前からIAEAのINESを使っていたが、それとROPの緑、白、黄、赤の基準が異なる点である。
- (2) アスコ原子力発電所 (103万kwのPWR, 1984, 1986年運開)
ROPによる検査は、2007年から実運用されたが、透明性も高く周辺の人々にも判り易く、好評である。
CAP (Corrective Action Program) もアメリカと全く同じであり、毎年1万件出ている。CAPも従業員はじめ皆に好評である。

原子力の安全規制の最適化に関する研究会 第1次訪欧調査団(JSME)

2006.1.8 ~ 1.15

フィンランド 原子力規制オーソリテイ (STUK)

Laaksonen 長官

オルキルオト原子力発電所

フランス 原子力規制総局 (DGSNR)

Lacoste 総局長

EDF 本社

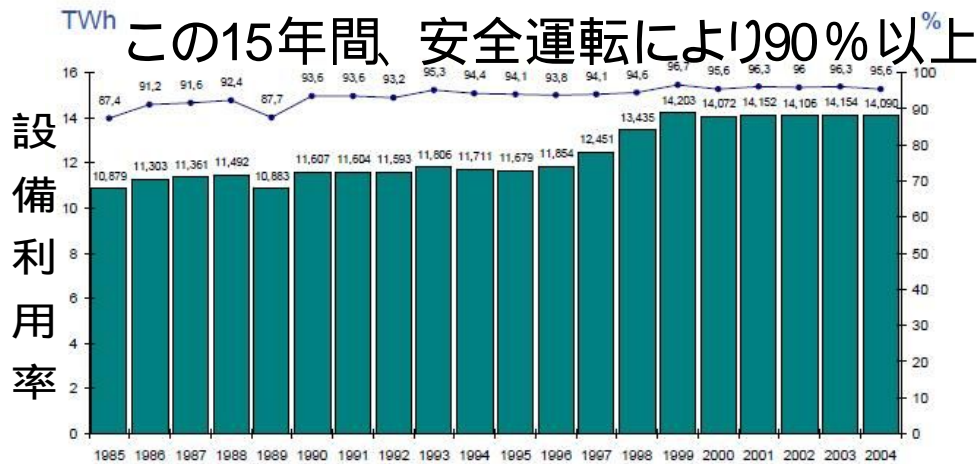
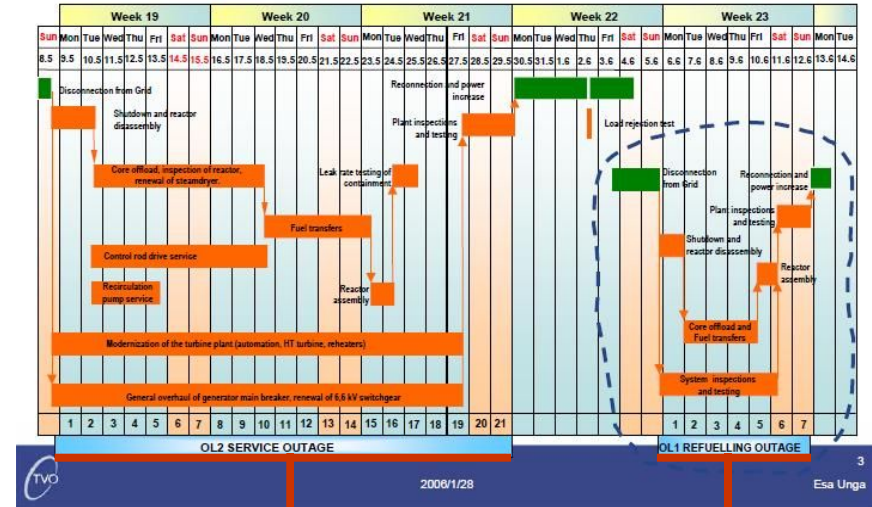
団長 水町、 副団長 岡本東大教授、

団員 保安院 根井検査課長、

各電力、東芝、日立、三菱 北大 他団員 23人

フィンランド: オルキルオト発電所の運転状況

2005年の計画停止実績



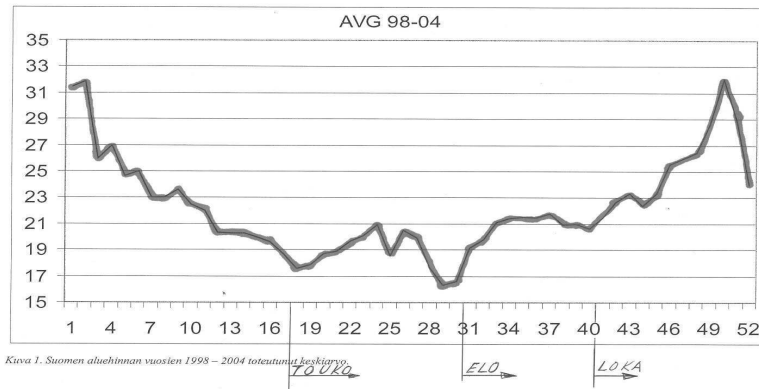
2号 計画停止	近年になく長い 21日7時間50分
1号 計画停止	世界最短記録 7日4時間16分

フィンランド: 北欧の電力事情

発電量



電力料金



Kuva 1. Suomen aliehtinn vuosien 1998 - 2004 toteutunut keskiarvo. TOUKO, ELO, LOKA

停止期間

Station/ Bto	1/T Rec Date	1/T Date	Fria		Till		1/T Date	RA Dygn	Kas Avställningsplan (Kärnkraft) för år: 2005																															
			Start	End	Start	End			April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober																									
RAB	1	09-02-01	10-10-01	01	01	01	01	01	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
	2	03-07-01	04-20-01	01	01	01	01	01																																
	3	10-27-01	06-18-01	01	01	01	01	01																																
	4	08-04-01	08-29-01	01	01	01	01	01																																
BVT	2	05-31-01	06-02-01	01	01	01	01	01																																
	1	07-17-01	08-30-01	01	01	01	01	01																																
FKA	2	06-11-01	06-22-01	01	01	01	01	01																																
	3	05-28-01	06-07-01	01	01	01	01	01																																
	1	06-05-01	07-06-01	01	01	01	01	01																																
OVT	2	07-31-01	08-21-01	01	01	01	01	01																																
	3	05-01-01	05-31-01	01	01	01	01	01																																
	1	07-30-01	08-17-01	01	01	01	01	01																																
LO	1	07-30-01	08-17-01	01	01	01	01	01																																
	2	08-20-01	09-07-01	01	01	01	01	01																																
OY	1	06-05-01	06-12-01	01	01	01	01	01																																
	2	05-08-01	05-28-01	01	01	01	01	01																																

ロビーサ

オルキオト

暖房需要で冬期がピーク

雪解け水による水力が豊富で、電力料金が安い時期に原子力は計画停止

原子力の基数は少なく大容量のため停止の影響大
停止期間は短く

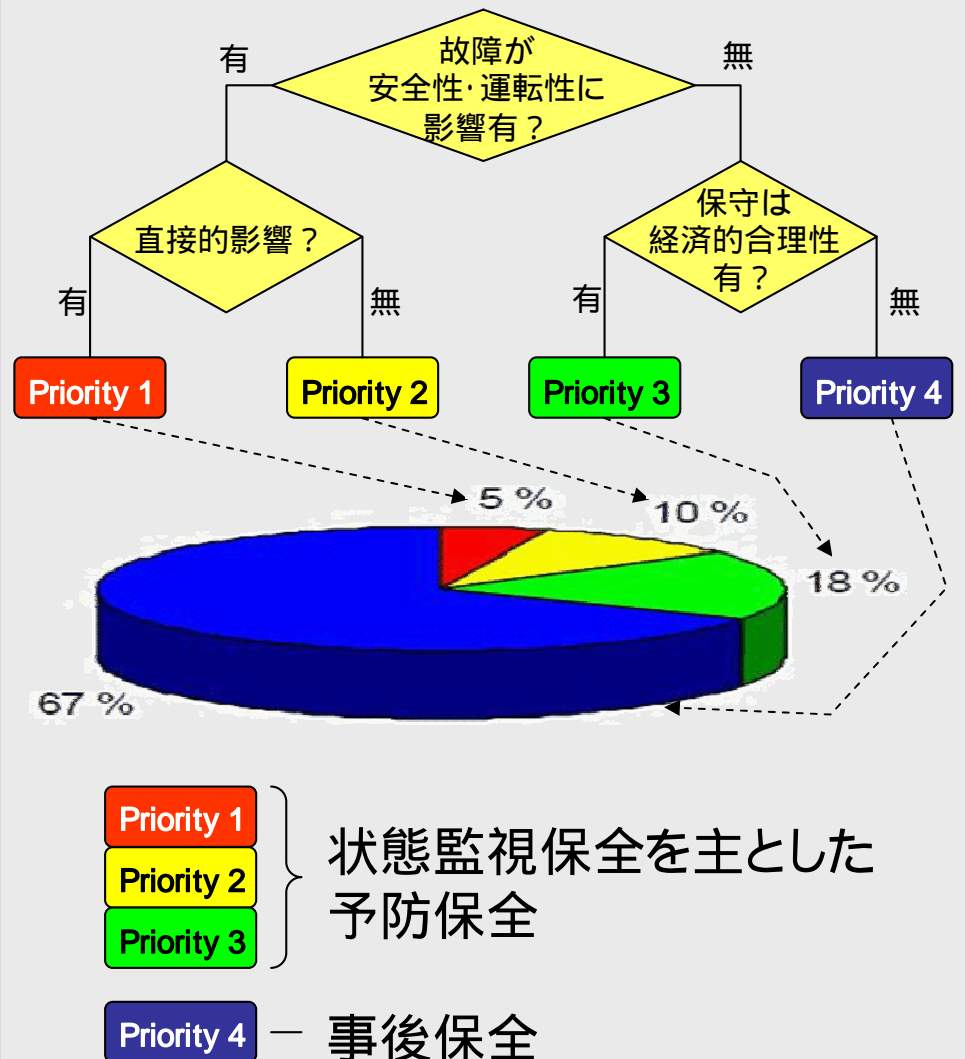
1年の運転サイクルで超短期計画停止により好成績

重要

電力事情に合わせた柔軟な運転

フィンランド: 安全且つ良好な運転実績を支えるもの

RCMと状態監視保全



予備品の充実

2万2600品の予備品を保管
状態監視で予知したら、即時
交換可能
取替方式 短期計画停止
Ex) 主変圧器は5日で取替完了

安全を大前提とした規制

違反行為は厳しく(警察を使ってでもプラント停止を辞さない)
プラント起動前に計画停止に応じて安全を確認し許可を出す



検査の効率性は重視し、休日でも夜でも検査に立ち会う
停止工程に沿った検査計画

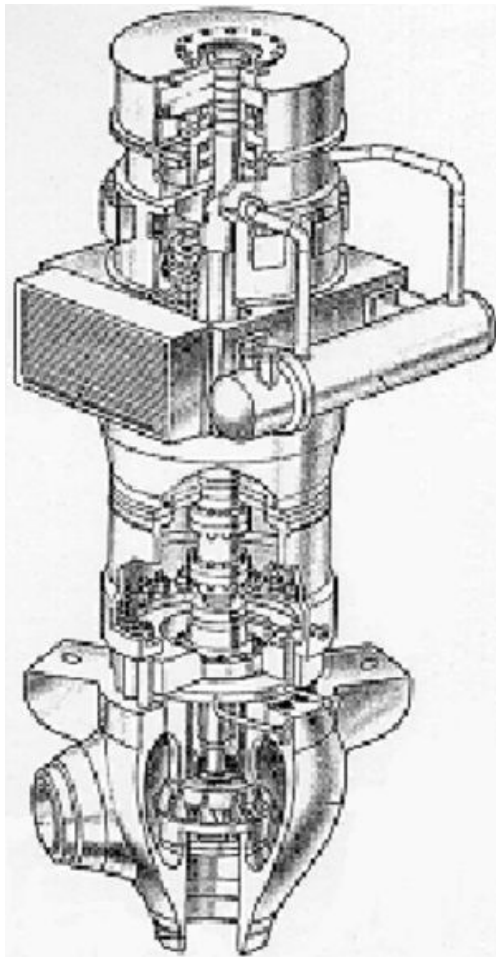
Types of maintenance

- **Repairs**
 - **Preventive maintenance**
 - Periodical testing and inspections
 - Condition monitoring and measurements
 - **Modifications / Modernisations**
 - Lifecycle control
 - Functional improvements
- ! ” Destructing maintenance”**
If it works, do not touch it.

いじり壊しを避け、開放点検でなく状態監視保全を

フランス: 状態監視保全による点検周期の変化例

- RCPの例 -



Inspection	Predetermined maintenance	Condition-based maintenance (according to health check-up criteria)
Type 2A: check on 3 shaft seals	3 years	6 yrs at the most
Type 2B: 2A check + check on bearing and US inspection of shaft	6 years	12 yrs at the most
Type 2C: 2A check + seal 1 standard replacement	9 years	12 yrs at the most

フランス: 計画停止後の再起動承認

計画停止のタイプ

ASR: ~ 30日 (燃料交換)

VP : ~ 60日 (燃料交換 + 保守)

VD : ~ 90日 (10年毎の詳細点検)

計画停止中の監視

左記フォローシートにより事業者と規制、規制側の地方及び中央間のコミュニケーションが図られる

全工事に対してフォロー実施

計画停止中は何回も改訂

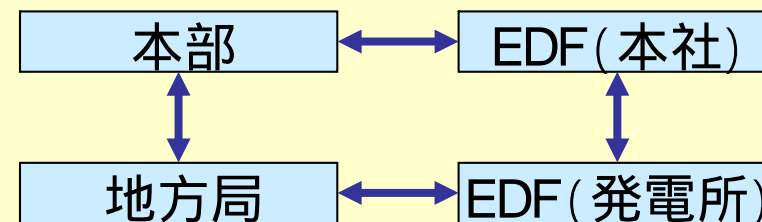
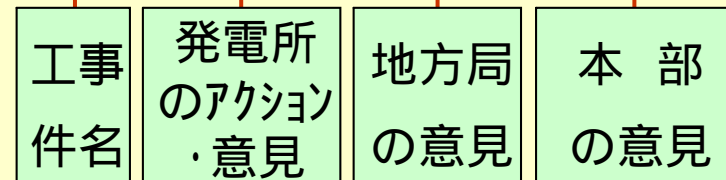
再起動には規制側の許可が必要

フォローシートを元に安全の確認

計画停止内容に応じて安全を確認

計画停止フォローシート

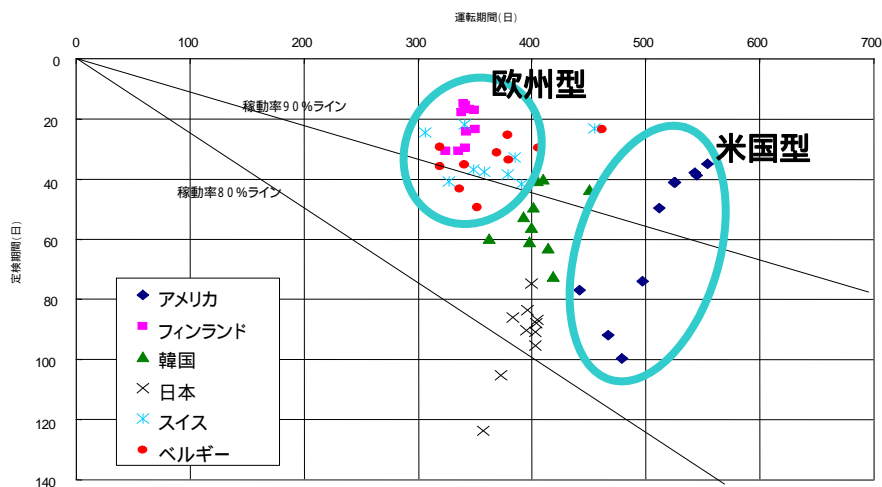
Action on BCCN "sensitive points" sheets					
N°	Subject (fill out all points identified in the sensitive points sheets)	Action proposed by NPP	DSNR opinion	BCCN opinion	Comments
B1	Nozzles sensitive to vibration fatigue (01/04) Surveillance programme of 11-07-2005. Repair process.			N	
B2	NDT Qualification - Regulation time limit (10/04) Y-Flapper. Follow-up.			N	
B3	IG Tubes (01/04) Examination of results of inspection before plugging. Examination of detailed results during summary meeting. EMAP. Spot checks on conformity of reference framework applicable and NDT and plugging operations (inspection).			N	
B4	Pressuriser SEBIM valves (01/04) Check on valve head coupling entering operating equipment, lighting difficulties, traces of marking.			N	
B6	Thermal fatigue in the Residual Heat Removal System (RRA), Auxiliary Feedwater System/Feedwater Flow Control System (A-FG/ARE), PLCH and PPS mixing zones (01/03). Examination of inspection results.			N	



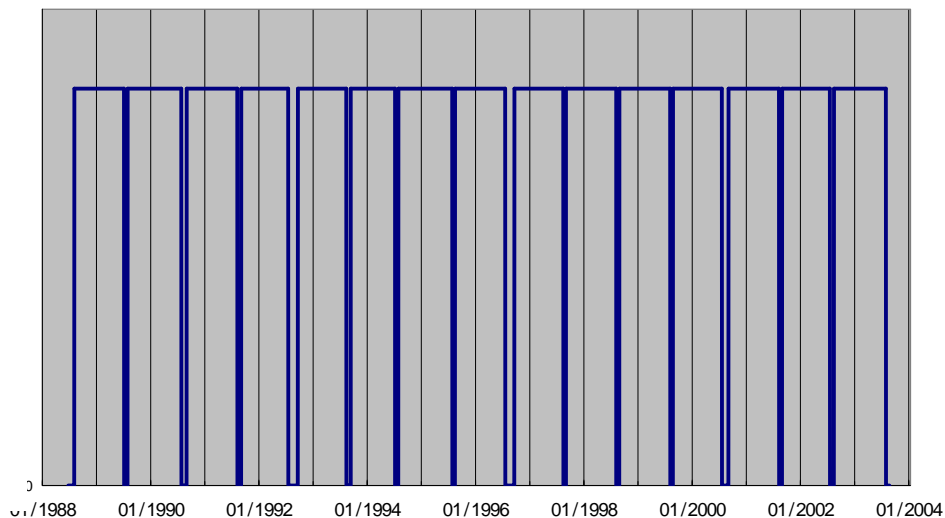
フォローシートによるコミュニケーション

海外の調査国の運転状況について

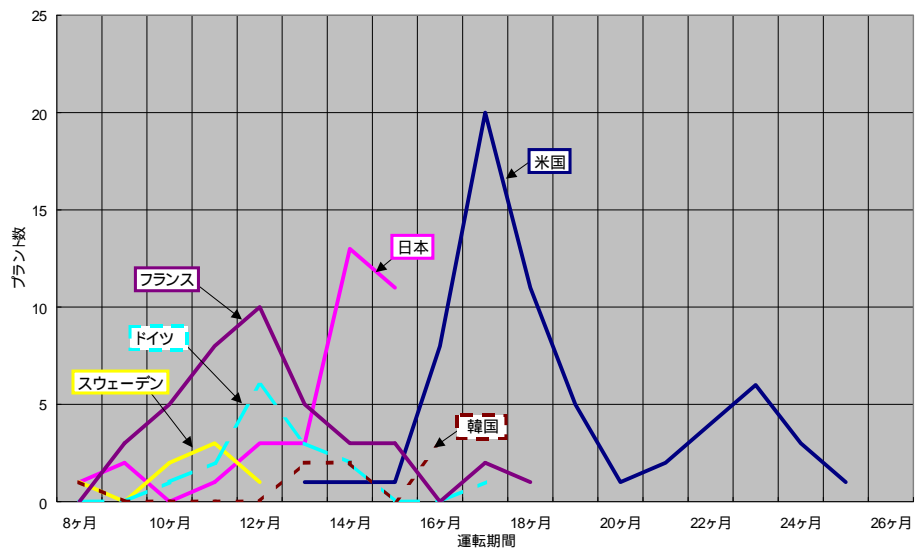
各国の運転期間・燃料交換停止期間の推移



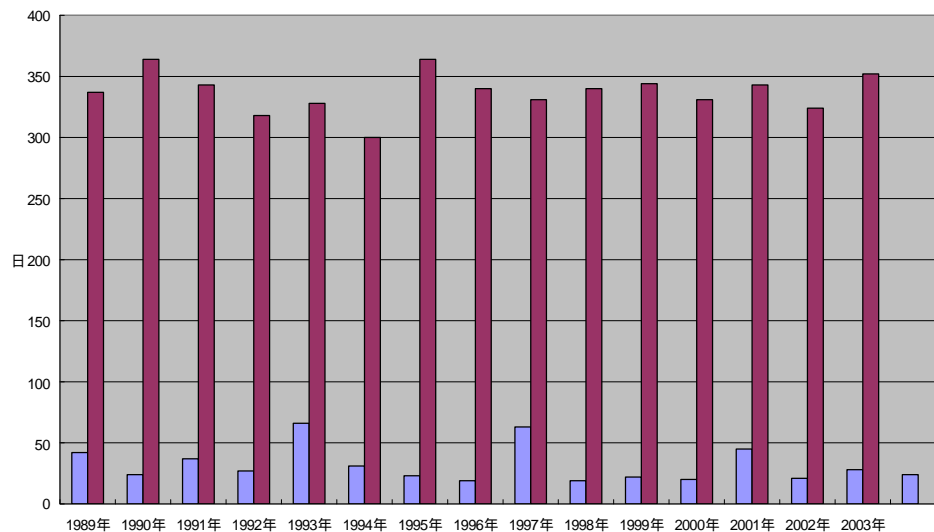
フィンランド ロビーサ1の運転パターン(12ヶ月運転、夏定検)



2003年中に解列したプラントの運転期間の国別比較



ロビーサ1号の定検 運転期間の推移

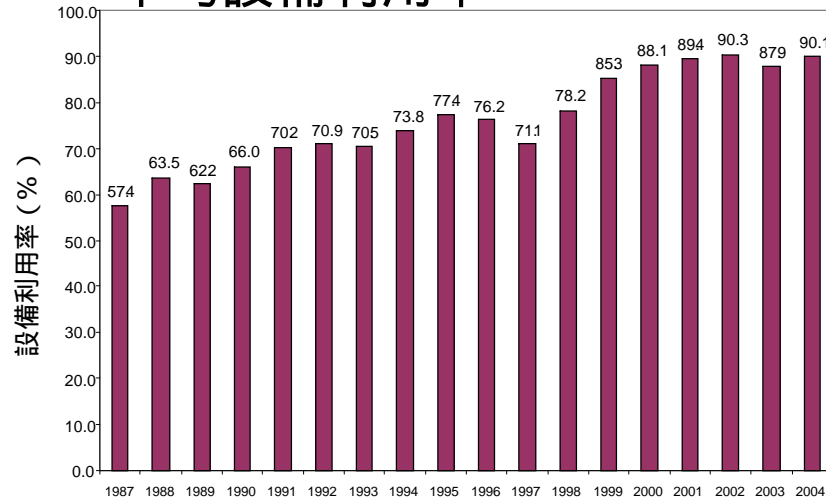


第2次調査団 2006年8月

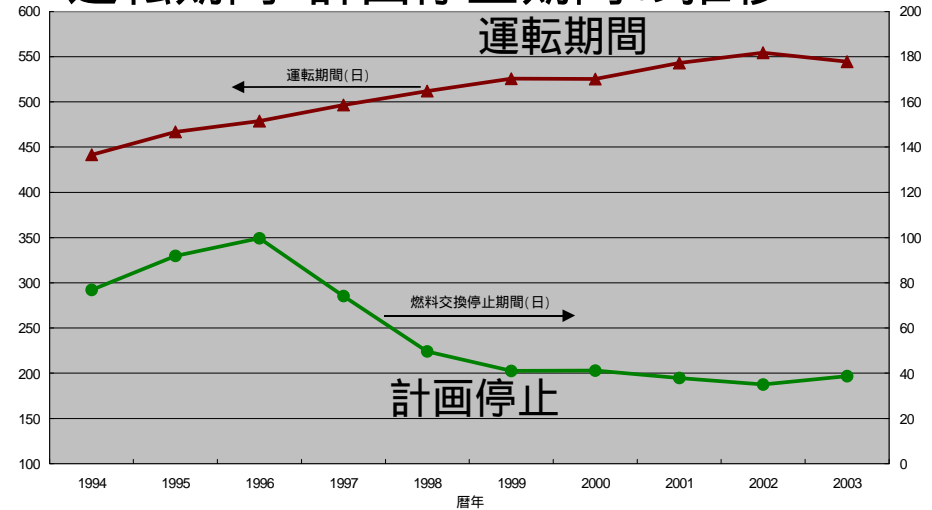
- 米国(**Browns Ferry/Hatch**原子力発電所,
- NRC(本部及び研修センター))

米国: 原子力発電の運転状況

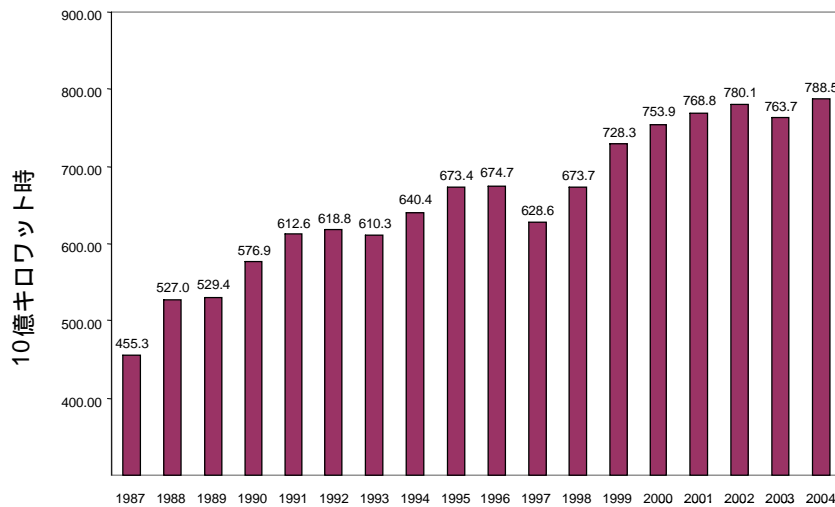
平均設備利用率



運転期間・計画停止期間の推移



原子力発電量



安全を維持向上した状態で、

設備利用率の向上

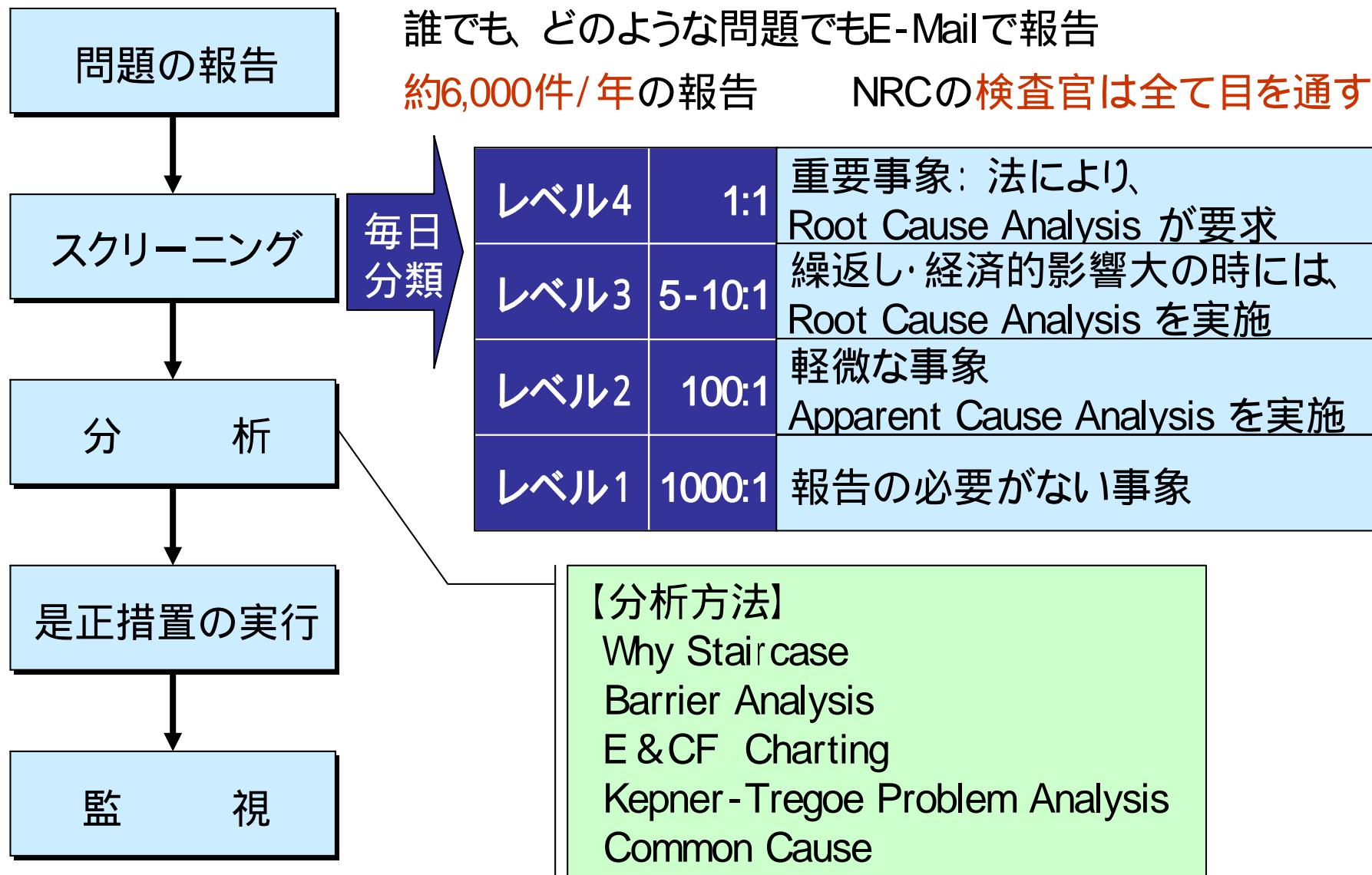
○ 18 ~ 24ヶ月の長期サイクル運転

○ CBM、オンラインメンテナンス等による
計画停止期間の短縮 etc.

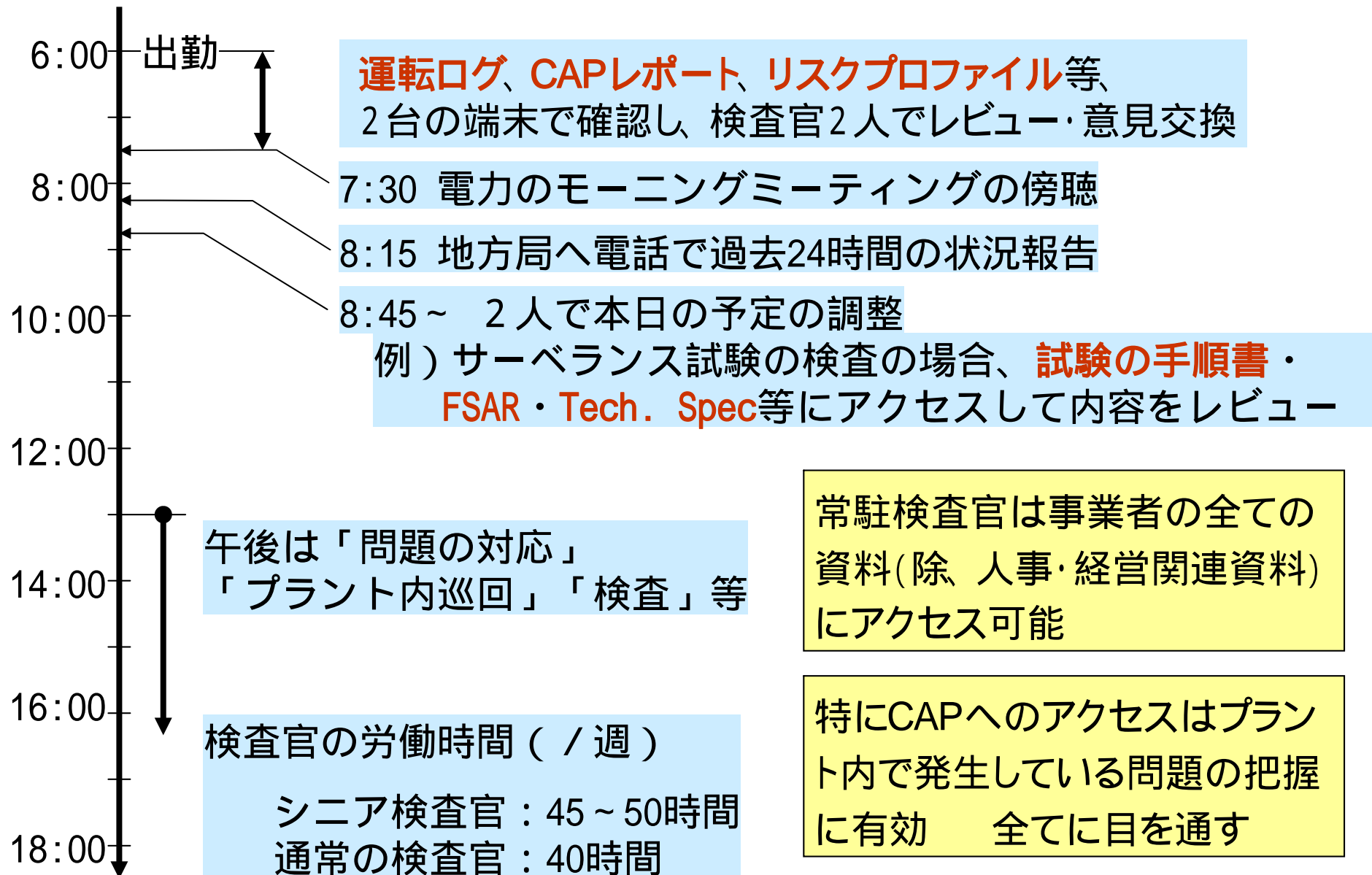
出力増強

により発電電力量が近年増加

米国: Browns Ferry 発電所の是正措置システム (CAP: Corrective Action Program)



米国:NRC常駐検査官の1日



米国: NRCの基本的な規制に対する姿勢

NRCの基本姿勢を示す2つのキーワード

"We trust licensees, but verify them"

NRCは事業者の自主性を重んじた規制を行っている

例) NRCの保守に対する規制 = メンテナンスルール

- ・NRCは系統・機器が安全であることを示すパラメータが基準値以内であること (= 保守の結果) を要求
- ・保守方法については事業者の自主に任せている

"What is the Risk Significant"

- ・NRCはが事業者から信頼を受け続けるには
NRC自身が適切にリスクを把握していることが必須
NRCはリスクのより大きい事象に焦点
- ・可能なものは炉心損傷頻度(CDF)を活用
原子炉の内包する放射能 ほとんど炉心に存在

第2次調査のまとめ

事業者側

電力事情に合わせた柔軟な運転

RCM(信頼性重視保全)による
科学的・合理的な保全方式・周期の選択

CBM(状態監視保全)の積極的な採用

運転中の安全性の確認 より安全な運転

規制側

計画停止内容に応じた安全確認の実施

事業者の自主性を引き出す規制の姿勢

規制当局の適切なリスクの把握 事業者の信頼

リスク情報(炉心損傷頻度)の活用

第3次調査団 2007年1月

スイス(**HSK**(原子力安全局、
ライプシュタット原子力発電所)

スウェーデン(**SKI**(原子力発電検査局)、
リングハルス原子力発電所)

スイス

スイス

5基の原子力発電所で電源の40%、他は水力で60%
CO₂の環境問題から火力は作らず原子力、水力に限定。

HSK (原子力安全局)

HSKは統合的監視(Integrated Oversight)を独自に開発し、
技術と組織と人的要因の3分野から安全性の検査。

ライプシュタット原子力発電所

航空会社に学び独立の安全組織(Safety Controller)を設置。

PR館は最高

隣のベツナウ原子力発電所では、近隣の家庭に熱供給をしている。

スウェーデン

スウェーデン

1. 10基の原発で電源の47%、水力で47%、脱石油政策
2. SKI(原子力発電検査局)は、電力が安全に関する検査評価を自己責任で履行している状況を監督する。
3. その為の対話を重視する。

リングハルス原子力発電所

3つのレベルで品質管理:

安全規制の要求

組織、責任、機能、業務のプロセス

収益性、効率



第4次調査団 2007年8月

米国(NRC(原子力安全規制局、第3地方局)、
Davis-Besse原子力発電所
(First Energy Nuclear Operation Co)
Quad Cities原子力発電所(Excelon)

団の構成

(1) 総勢 24名

(2) 団長 水町 JNES

副団長 岡本 東大教授、奈良林 北大教授

原子力安全・保安院 検査課 田口班長

各電力 部長、課長、副長

メーカー 部長、課長、主任

世界でも極く稀な、産官学の調査団として各所から歓迎された。

アメリカ ROP の特徴

- **Performance Indicator の採用** （性能指標）

成績の良いプラントは基本検査のみとし、
悪いプラントは検査を増やす。

アメとムチによる、やる気をおこす規制

- **Maintenance Rule の採用** （保守規制）

維持基準など保守規則の明確化

アメリカNRC(原子力安全規制局)の規制

(1) SALPからROPへの変更

SALP (Systematic Assessment of Licensee Performance) の弊害

膨大な量の書類によるQA審査

罰則の乱発(サインが抜けても罰金)

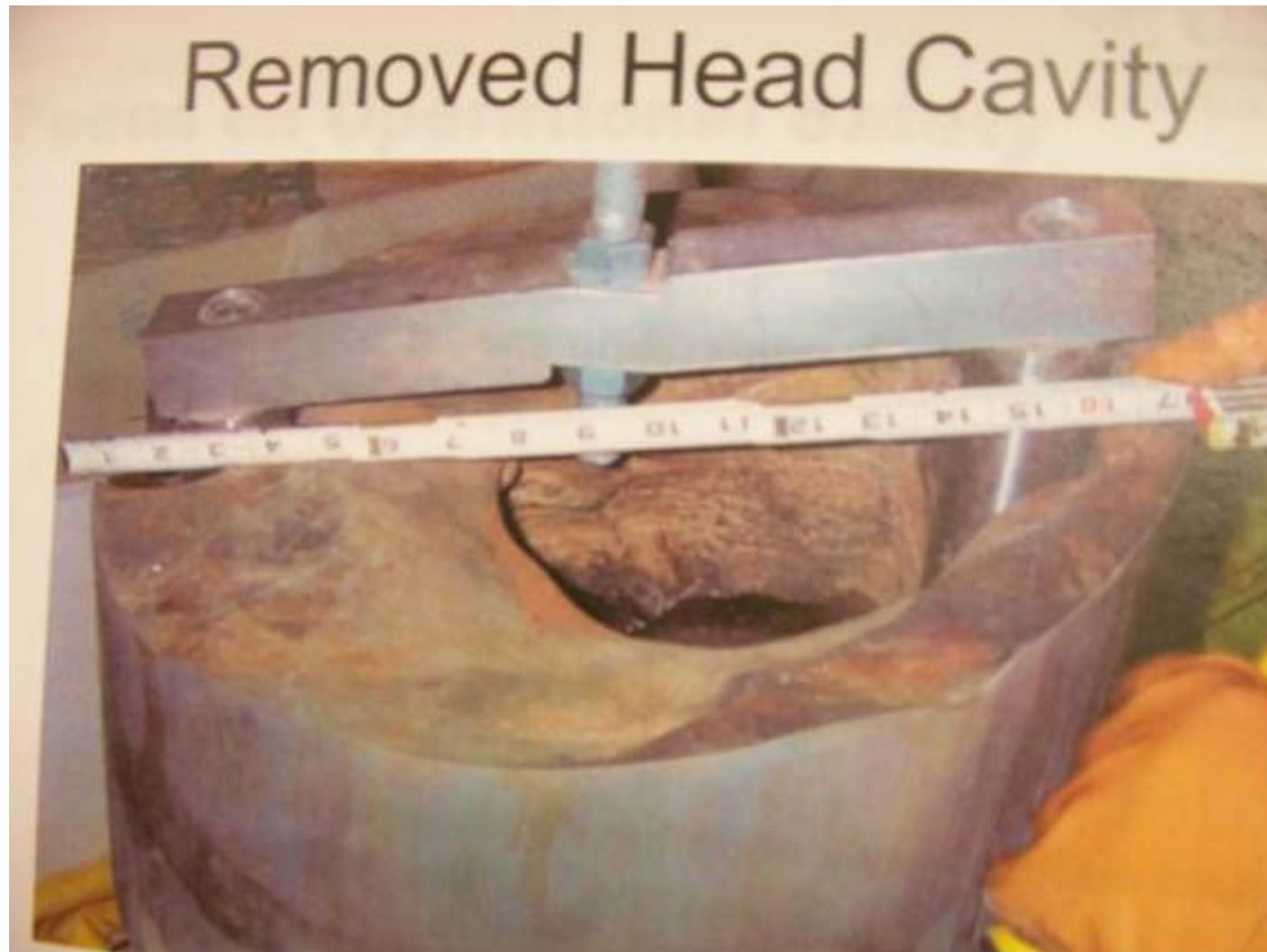
規制、許認可の非効率

NRCと電力のいがみ合い

SALP: TMI以降 1981年から1993年まで運用

(2) 2000年に正式に民間団体NEI提案のROP (Reactor Oversight Process)を受け入れ

Davis-Besse 原子力発電所の安全文化
原子炉容器上蓋にパイナップル大の欠陥



独立した安全文化の向上委員会を設置

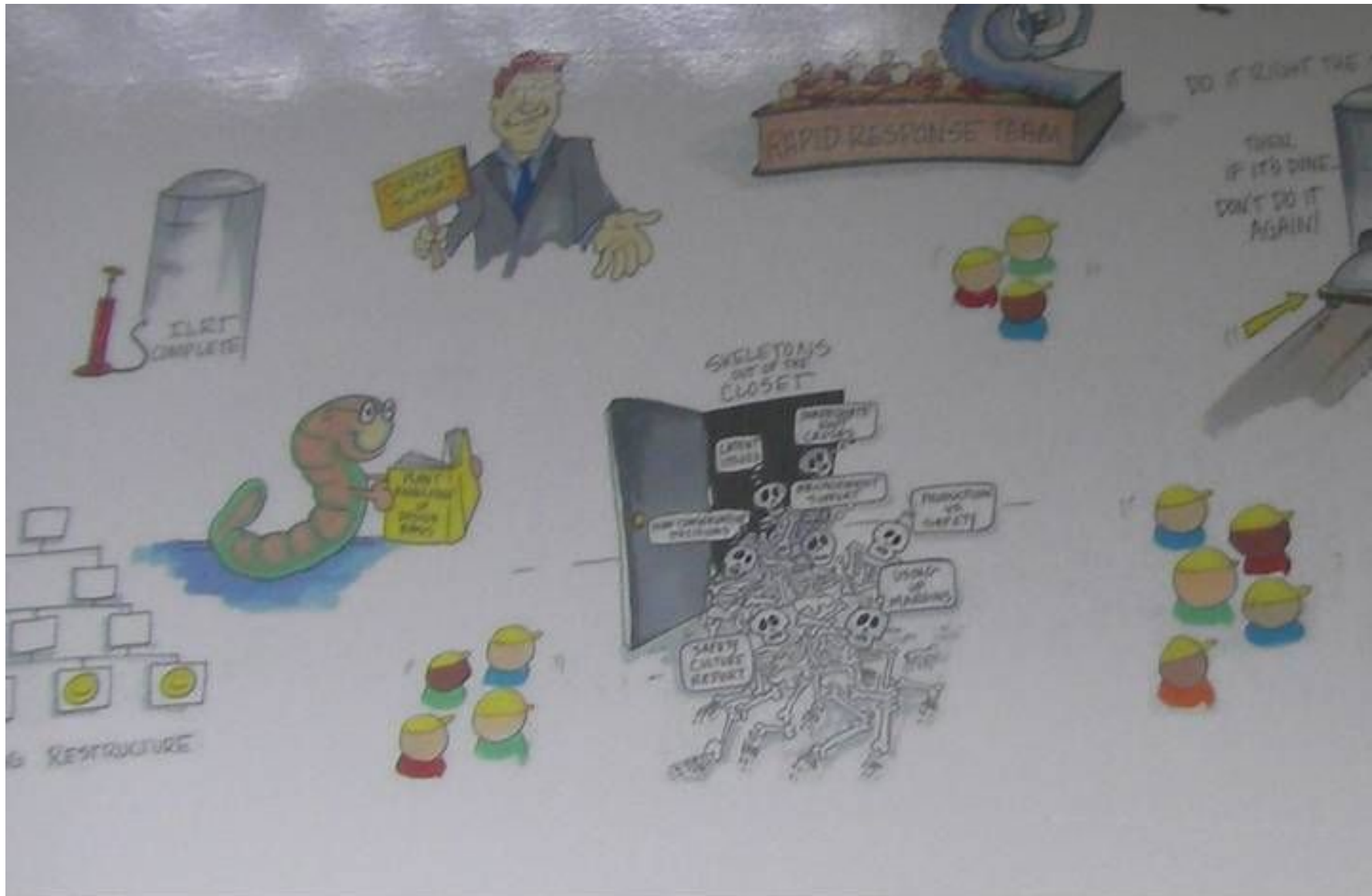
徹底した意識改革

組織の見直しでなく人事の刷新

20人のマネージャーの内18人を交代、2人残る。

過去の反省を漫画にし、陶板を作り皆に展示



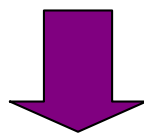


過去の扉を開けると骸骨(秘密)がゾロゾロ出て来た

Davis-Besse 原子力発電所の安全文化の改革

所長が 700 人の従業員の父となり、次長が母となり、何でも相談。1 年間に 1 万件の改善提案書。所長も NRC 常駐検査官も朝 6 時に
出社して、1 日平均 30 件を見て、指示をするのが最初の仕事。
原子力の安全に関する改善提案は年に 10 件程度で、これらは根本
原因解析を行う。

上長の悪口などは、人事の問題で全く別に解決を図る。
日本に学び、3 ヶ月に 1 度バーベキュー大会で、管理職が従業員に
サービスをして、良い雰囲気を作っている。



24 ヶ月運転と 1 ヶ月の燃料交換で 2006 年設備利用率 99% を達成

Quad Cities原子力発電所の24ヶ月運転の申請

24ヶ月運転サイクル採用のため、25人特別チームを作り検討。

Excelon本社から2人、サイトから13人、ベンダー10人

逃し安全弁、ドリフトなど24ヶ月運転の検討。

逃し安全弁： 5年毎の設定圧力試験の実施

ドリフト： 過去のCalibrationデータを最低30件収集し評価

原子炉格納容器の漏洩率試験は10年ごとに行う。

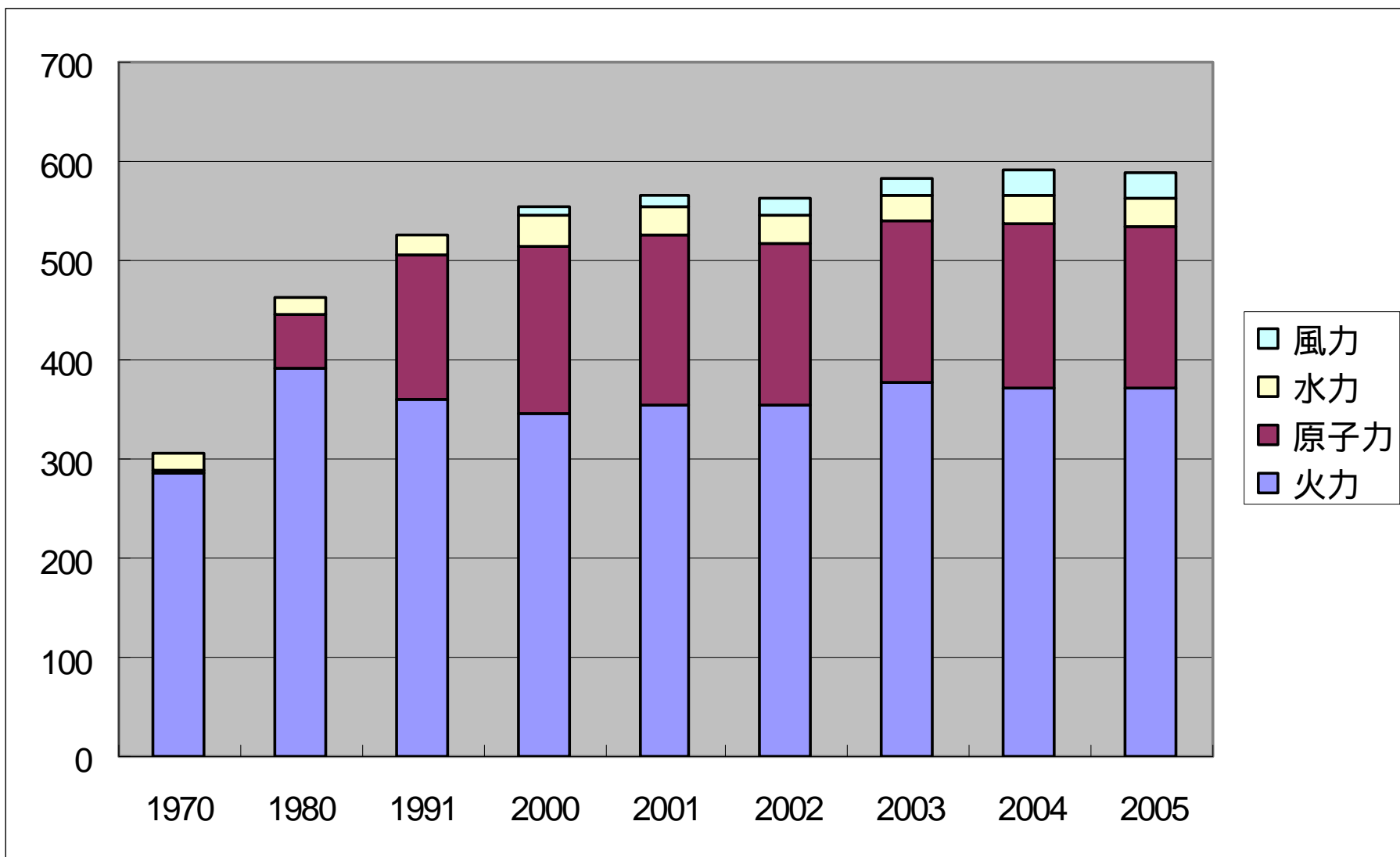
2000年3月にNRCに申請、2001年5月に認可。

第4次調査の結論

- (1) アメリカNRCは15年前の北風から太陽政策に変身
SALP; 違反があれば、すぐに罰金を徴収
ROP; 原子力発電所で良い運転成績のプラントは、
Basic Line 検査のみ。
電力をまず信頼して、情報交換を促進する。
- (2) アメリカの電力会社は、NRCを信頼し、人事、経営情報
以外の発電所に関する全ての情報をNRCに提供。
- (3) 規制者も電力も、古い日本文化を学び、協力すべきは協力し、
罰すべきを罰する。
- (4) アメリカの電力は経営上、原子力の安全運転が第一を
基本として、科学的な合理性を追求している。

第5次調査団 2008年9月

- ドイツ(IZAR発電所, バイエルン州政府、
TUEV本部、GRS)
- ベルギー(BEL - V(原子力規制当局)、
Doel原子力発電所)



ドイツの総電力発電量の構成と推移

2008.9 ドイツのバイエルン州政府とISAR原発

- ・ISAR原発が8回発電量世界一 147万kw 稼働率97%
- ・ドイツ 設備容量 2170万kw 発電量 全電力の22.3%(2009年末)
発電原価 10円/kwh (発電 5円、最終貯蔵等 5円)
- ・世界一の風力発電
1万3千の風力発電 設備容量 1840万kw
全電力の2009年末は6.3% 太陽光発電 0.2%
発電原価 65円/kwh(49ユーロ・セント)
電力会社に買い取り義務



電力料金45円/kwh(30セント)と世界一高く、主要産業界は海外移転
環境を守る積りが、産業の空洞化と鳥殺し、教会の反発

海外の検査制度の結論

1. 規制当局と電力が安全運転につき、緊張感を持った協調体制を確立

規制当局: 国民の健康を守ることが責務。そのため電力の安全運転を監視。

電力; 電力の安定供給及び利益確保が社会的責務。安全運転なしでは不可能。

2. 検査に関し、専門家や専門機関の一層の活用

検査制度と共に、最後は検査員の質、能力が重要 ⇒ 定期的な教育が重要

3. 本質をついた保安活動 形式的なQMS ⇒ 本質をわきまえたQMS

4. OLM(運転中保全)とCBM(状態監視保全)の徹底

燃料交換時の保全 20%、運転中の保全 80% 日本は逆。

5. 事業者の検査の適切性を規制者が観察し独自に確認する姿勢

6. より一層の観察重視型の検査やフリーアクセスの活用

7. 規制検査の柔軟な対応

8. 検査制度も技術の進歩により変わるべき。毎年国民の意見を聴く。(NRC)