

平成22年11月27日（土）  
女川町生涯教育センター

もっと知りたいプルサーマル  
～プルサーマルシンポジウム2010～

## 宮城県のプルサーマルに関する最近の動き

東北大学名誉教授  
東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター研究教授  
(元)女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性検討会議座長

長谷川雅幸

# 女川原子力発電所3号機における プルサーマルの安全性に係る検討会議 (安全検討会議)

## 委員

- 長谷川雅幸<sup>1)</sup> : 東北大学・名誉教授 (原子炉材料工学) (座長)  
若林 利夫<sup>1)</sup> : 東北大学工学研究科・教授 (原子力システム安全工学) (副座長)  
関根 勉<sup>2)</sup> : 東北大学高等教育開発推進センター・教授 (放射化学)  
岩崎 智彦<sup>2)</sup> : 東北大学工学研究科・准教授 (原子炉工学、特に原子炉物理)  
山村 朝雄<sup>2)</sup> : 東北大学金属材料研究所・助教 (原子力化学工学)  
源栄 正人 : 東北大学工学研究科・教授 (地震工学)  
栗田 哲 : 東京理科大学工学部・教授 (耐震工学)

- 1) 女川原子力発電所環境保全監視協議会 委員  
2) 女川原子力発電所環境調査測定技術会 委員

## 会議

- ・H21年10月 7日～H22年2月15日の間に6回開催
- ・H21年12月 8日 女川原子力発電所3号機 現地調査

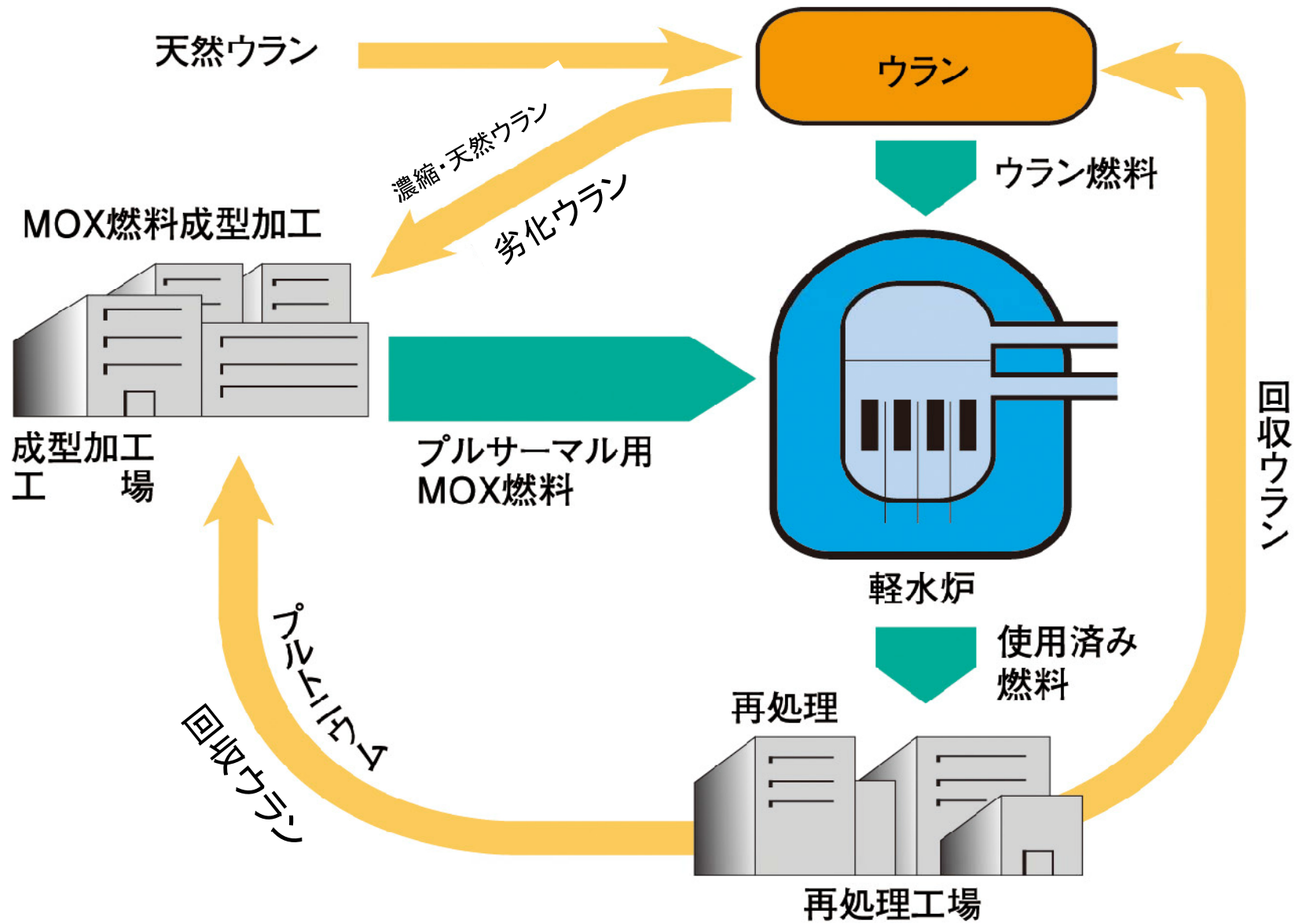
## 論点

- 1 プルトニウムの特性
- 2 MOX燃料の使用実績
- 3 海外におけるMOX燃料の製造
- 4 輸送時の安全対策
- 5 使用済MOX燃料の再処理
- 6 使用済MOX燃料の処分
- 7 地震によるプルサーマルへの影響
- 8 燃料健全性への影響
- 9 原子炉の制御性への影響
- 10 緊急時の原子炉停止能力
- 11 作業時の被ばく
- 12 貯蔵設備の冷却能力
- 13 平常時の周辺への影響
- 14 事故時の周辺への影響
- 15 安全管理体制

### 論点3 海外におけるMOX燃料の製造

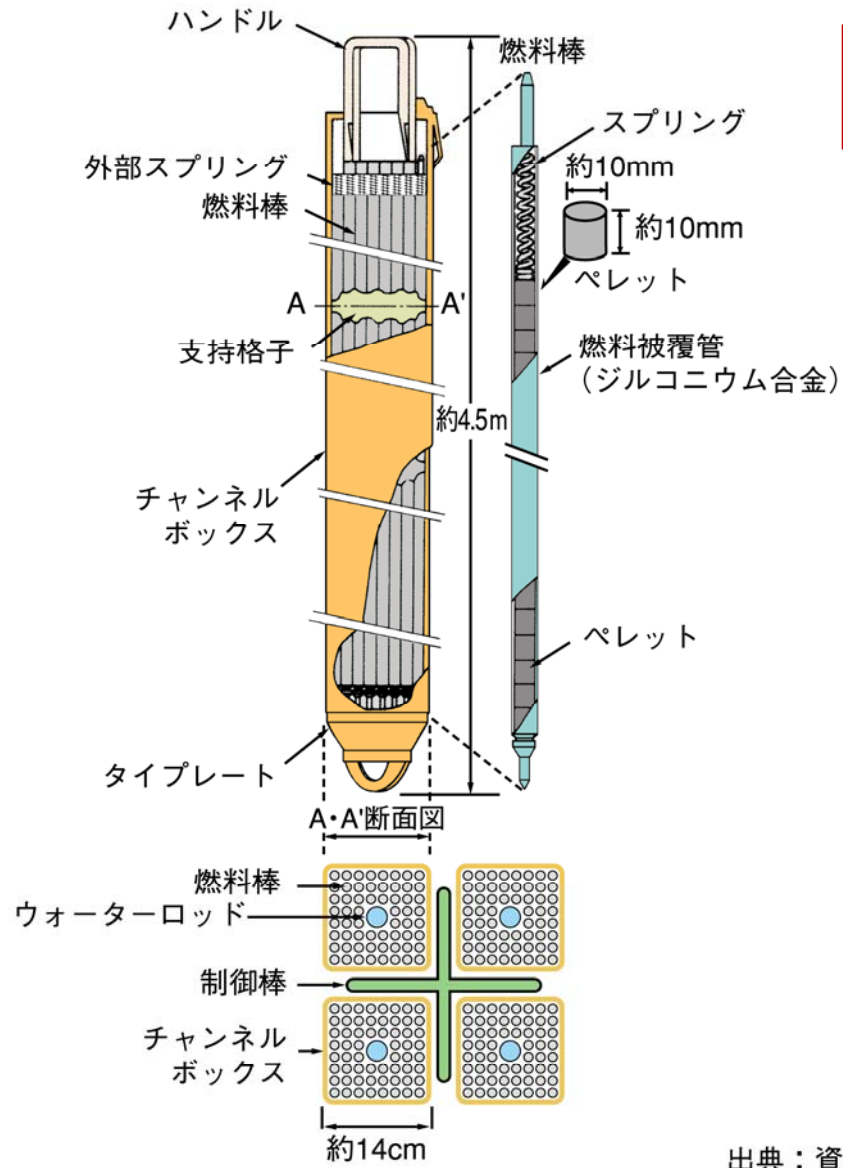
#### 検討課題

- ① 過去に海外で製造したMOX燃料の検査データの改ざん事例があったが、MOX燃料加工事業者の品質保証をどのように確認していくのか。
- ② 製造過程の監査はどのように実施するのか。



# 沸騰水型炉(BWR)の燃料集合体の構造

## ウラン燃料



出典：資源エネルギー庁「原子力2002」他

MOX燃料集合体の外観・形状は従来のウラン燃料  
(高燃焼度8×8燃料) と同一



断面拡大

MOX燃料集合体  
断面図及び解説

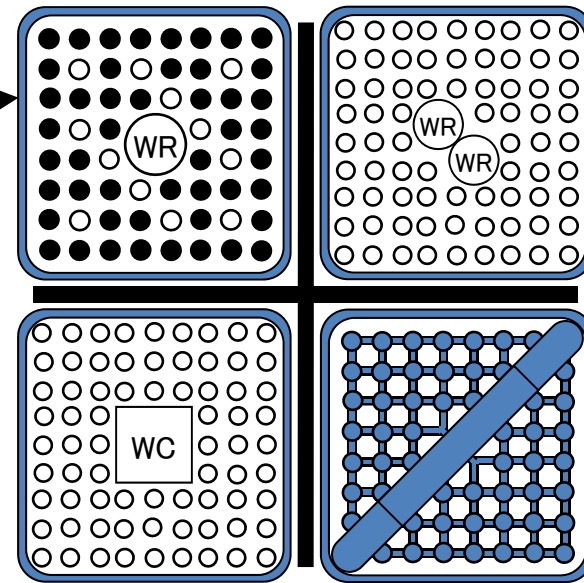
- MOX燃料棒 48本
- ウラン燃料棒 12本
- ⊙(WR) ウォーターロッド 1本

ウラン燃料集合体  
(9×9A型) 断面図

- ウラン燃料棒 74本
- ⊙(WR) ウォーターロッド 2本

ウラン燃料集合体  
(9×9B型) 断面図

- ウラン燃料棒 72本
- (WC) ウォーターチャンネル 1本



## 燃料集合体（BWR）



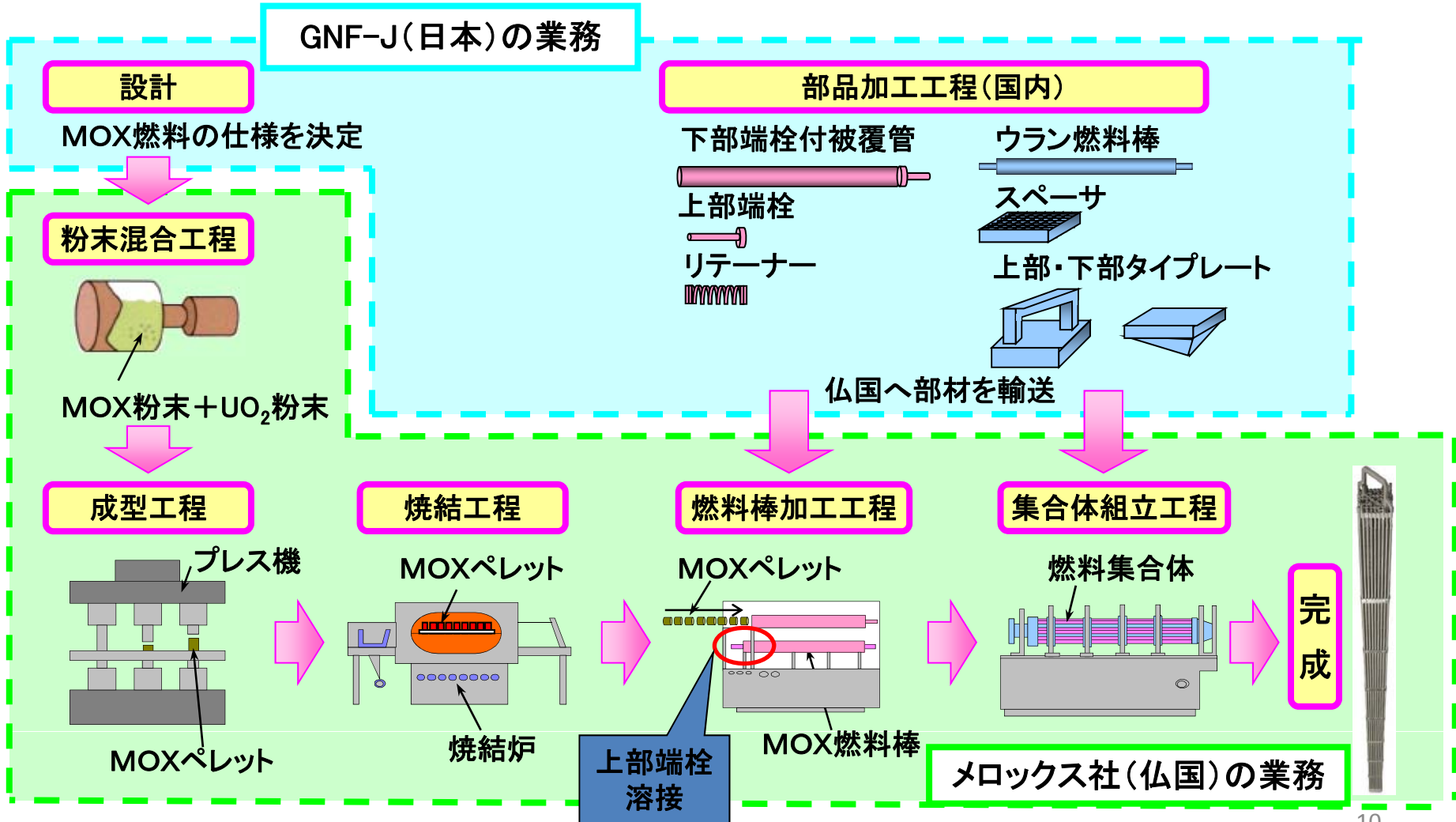
出展：原子燃料工業株式会社<sup>8</sup>



# 東北電力女川原子力発電所3号機の プルサーマル計画

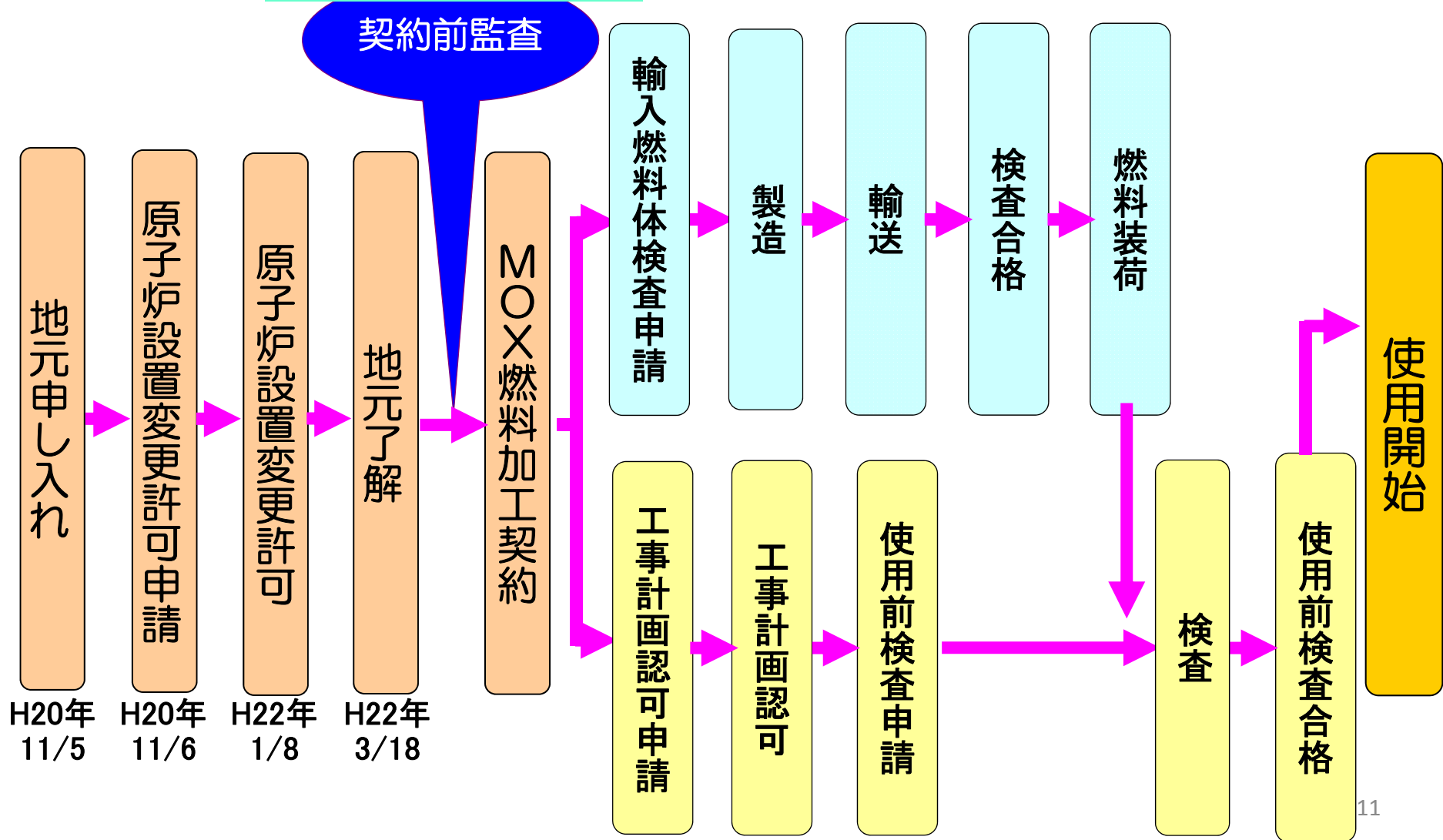
- プルトニウム(仏国などに所有)
- MOX燃料加工(仏国分):
  - 元請候補:グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン(GNF-J)(横須賀)
  - 製造候補:メロックス社(仏)
- 海外MOX燃料調達に関する品質保証活動
  - (ISO9001(品質マネジメントシステムの国際規格)に基づく品質マネジメントシステム)
  - ・GNF-Jへの契約前監査(7月16日)
  - ・メロックス社への燃料製造に関する監査(9月8, 9日)

# MOX燃料製造工程



# プルサーマル使用開始までの流れ

GNF-J: H22年7/16  
メロックス: H22年9/8,9



# 主な確認結果

## (1)品質保証

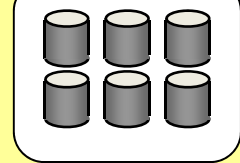
- ・品質マニュアルの作成・維持
- ・文書・記録の管理等の仕組み

## (4)製造管理

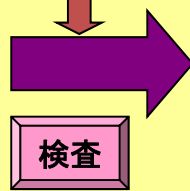
- ・製造工程及び検査装置の認定試験実施

### 製造

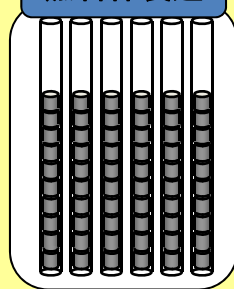
#### ペレット製造



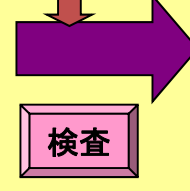
部品



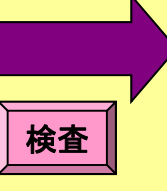
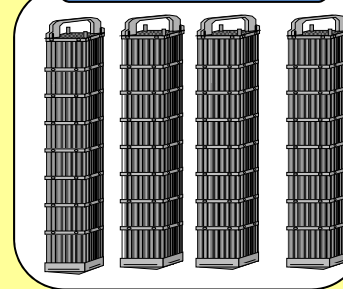
#### 燃料棒製造



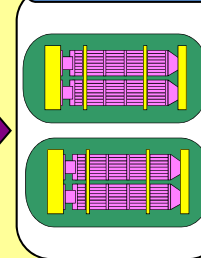
部品



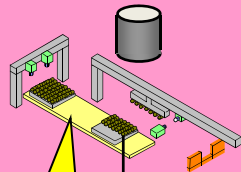
#### 燃料集合体製造



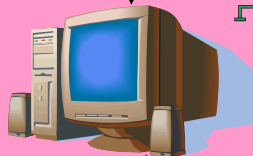
#### 梱包・出荷



### 検査



データ伝送



データ伝送

データ伝送

メロックス社

GNF-J

東北電力



(5)データ管理  
検査装置の自動化による検査データの自動記録

(5)データ管理  
検査データの読み出し、書き込み権限設定(アクセス制限)

(4)製造管理  
工程管理システムにより、誤った手順書適用、作業ステップ間違い等の人的ミス防止

(2)教育・訓練  
・作業員の力量設定、認定  
・日本固有の検査・監査についての教育

(2)教育・訓練  
・検査員の力量設定、認定  
・製造工程毎に検査等の教育を実施

(4)製造管理  
・製造工程・検査立会い  
・定期的な巡視

(3)コミュニケーション  
・現地に責任者を常駐させる体制  
・加工進捗状況等の連絡を毎日受ける

## 論点6 使用済MOX燃料の処分(1)

### 検討課題

6① 使用済MOX燃料の処分方法が決定されるまでの間は、女川原子力発電所に長期保管されるのではないか。

使用済MOX燃料を処理する第二再処理工場については、国の原子力政策大綱に「2010年ごろから検討を開始する」と明記されている。

現段階で、建設地など具体的内容は決まっていない。

五者協議会から、原子力委員会への報告(7月20日)

- ・高速増殖炉サイクルの早期実用化を着実に進めるための今後の取組みについて報告。

上記の報告に対する原子力委員会の見解

- ・国が本年度に予定している今後の研究開発方針の一層の具体化に資するところが大きいと考えるので、JAEA及び五者が報告に従い、それぞれの役割を引き続き着実に果たすことを期待する。

### \* 五者協議会

文部科学省、経済産業省、電気事業連合会、日本電機工業会、日本原子力研究開発機構(JAEA)の五者から構成される「高速増殖炉サイクル実証プロセスへの円滑移行に関する協議会

## 論点7 地震によるプルサーマルへの影響 (1)

### 検討課題

- ① 新しい耐震指針により、どのようにして耐震安全性を確認(バックチェック)しているのか。

- ・内陸地殻内地震を特に重要視した新しい耐震指針に基づき、原子力発電所施設の耐震安全性を評価(耐震バックチェック)。
- ・詳細な活断層の調査、地震学及び地震工学の最新の知見(地震動)の評価方法に断層モデルなどに基づいた評価。

1号機の間接報告書に対する国の審査で妥当と評価済み  
原子力安全・保安院(平成21年12月)  
原子力安全委員会(平成22年4月)

### 2, 3号機の間接報告書

1号機と同様の評価法にて、主要施設の耐震安全性を確認し、  
原子力安全・保安院へ中間報告書を提出中

### 本報告書

現在、国の中間報告に対する審議結果を踏まえ、中間報告で評価した  
主要な設備以外の施設等の評価結果を追加して、本報告書を取り  
まとめているところ。まとも次第、国へ提出予定。

## 論点15 安全管理体制(2)

### 検討課題

#### 15-2 安全管理等への取り組み

- ① 東北電力では、安全確保に向けてどのように取り組んでいるのか。
- ② 過去のトラブル等において、どのような対策を取ってきたのか。また、その結果はどうか。
- ③ 安全確保に向けて、組織内で連携を十分に図っているか。
- ④ 東北電力では、一連のトラブルを風化しないように、今後どのような取り組みを行っていくのか。

## 安全管理体制

### 安全管理への取り組み

これら3つの観点から発電所の安全管理に取り組み、トラブルの発生防止に努めている。

- ・トップマネジメントの強化
- ・安全推進会議
- ・連携の強化(本店と発電所, 協力会社)
- ・技術力の向上

### トラブルの発生防止

- ・安全設計  
(インターロック, フェイルセーフ)
- ・誤操作防止対策
- ・作業環境改善の取り組み
- ・ヒューマンエラー啓発活動

- ・不適合管理
- ・他社事例の水平展開
- ・根本原因分析
- ・PDCAによる継続改善

ヒューマンエラーの防止

トラブルの再発防止



## ● 組織のマネジメント能力向上対策

### (1) 号機担当制の導入(平成22年2月より先行運用)

- ・ 保修関係課での定期検査に係わる繁忙感を解消するため、外部技術者(29名)を投入。
- ・ 組織整備(後述(3))に先立って号機担当制を一部先行運用。

### (2) 技術主任の配置(平成22年7月より実施)

- ・ 保修関係課の人員増加と業務管理範囲の肥大化に対し、木目細やかな業務管理と現場訓練(OJT)を含めた職場内コミュニケーションの拡充のため、小グループの取りまとめ役として新たな役職「技術主任」を配置。

### (3) 発電所の組織整備(平成23年7月に予定)

- ・ 発電所幹部による実効ある責任体制の強化と柔軟な組織運営のため、発電所の組織整備を予定。

## ● コミュニケーション能力向上対策

### (1) リスク想定訓練(平成21年10月より実施)

リスクを見出す視点の養成と、コミュニケーションの活性化を目的とし、実事例をもとにしたケーススタディを職場グループ単位で定期的実施

### (2) 予防安全の共有活動(平成22年4月より実施)

「ヒヤリハット」などの潜在的なリスクを改善するとともに、その情報を共有し、他者にも同様な行動を促すための仕組み・システムを構築し運用

### (3) コミュニケーション能力向上教育(平成21年11月より実施)

作業グループ(チーム)におけるマネジメントやコミュニケーション能力を向上させ、安全で質の高い作業を実現するため、航空機業界が導入している保全資源管理(MRM)トレーニングを取り入れた教育を原子力部門の全管理職を対象に実施中

最近の主な不具合事象(いずれも1号機)  
(H21年10月以降)

保安規定で定める「運転上の制限」(\*)を超えたもの

- 1) 中性子計装系のうち、中性子源領域モニタ1系統で測定不良、中間領域モニタ1系統で測定範囲切り替え不良:H22年2月23日
- 2) 高圧注水系の主蒸気止め弁から水滴:H22年7月6日
- 3) 格納容器雰囲気放射線モニタの一時的な測定不能:H22年10月4日

「運転上の制限」(\*)

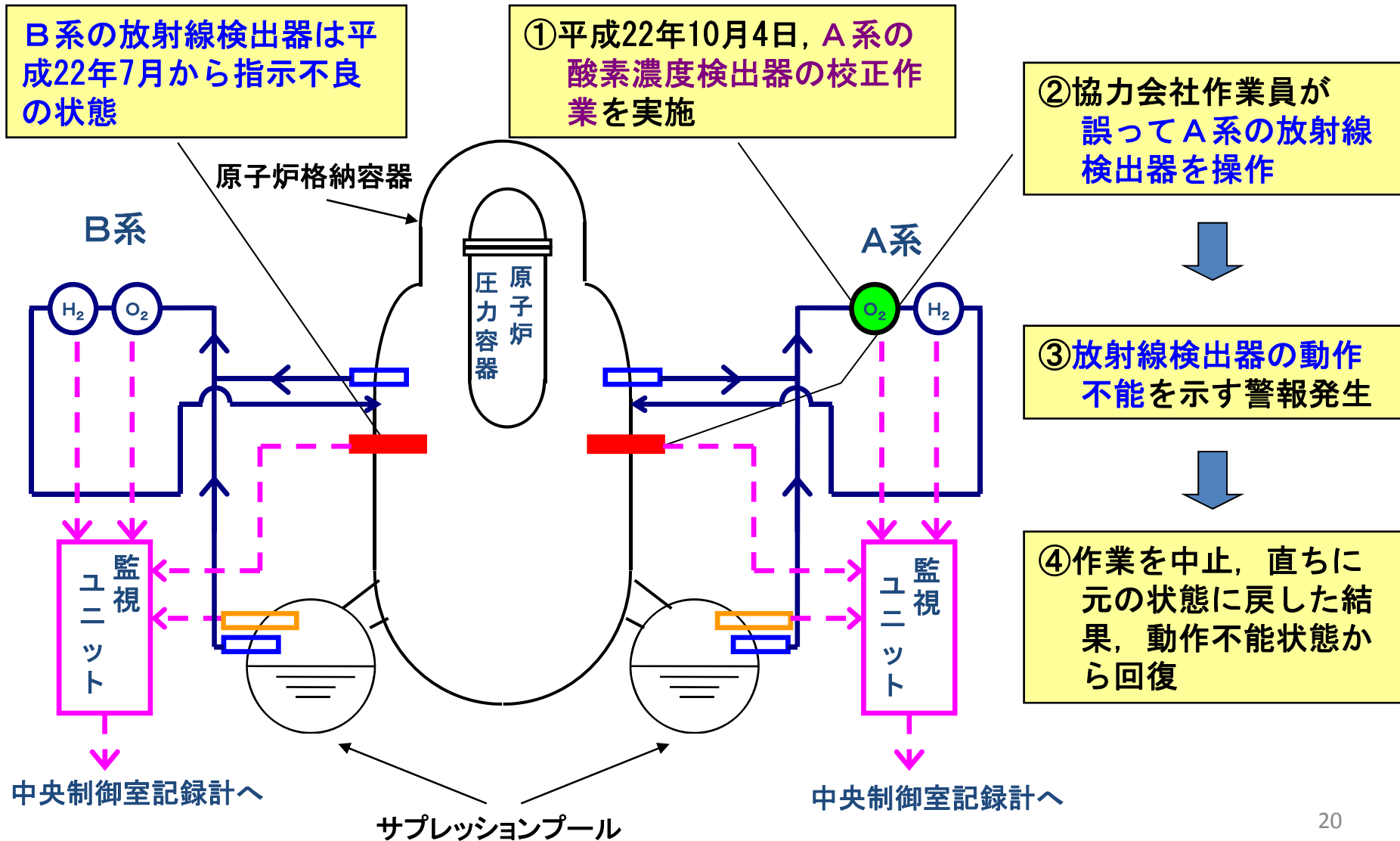
これが満たされない場合には、定められた時間内に、その装置を復旧させるか、予め定められた措置を行えばよい。

## 事象の概要

- 原子炉格納容器内の放射線量を測定できなかった  
午前10時01分から10時03分の間については、保安規定で定める格納容器内の計測機能が欠けていた。
- 本事象による発電所周辺への放射能の影響は無し。

# 格納容器内雰囲気モニタ系 系統図

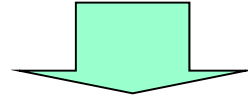
- 酸素濃度, 水素濃度, 放射線量の測定装置
- A系とB系があり, いずれかが動作可能であれば, 運転上問題なし



# 事象発生の原因と対策の一例

## (1) 作業員の操作および操作確認に係る原因

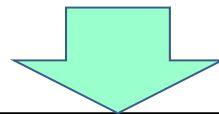
- a) 作業手順書の個々の操作の確認不足
- b) 作業手順書に記載された個々の操作内容と実際の操作状況を対比不足



- a) 『指差呼称』による確認, 作業手順に基づいて一つひとつの操作を確実に実行
- b) 作業員毎の役割分担を明確化

## (2) 作業手順書の記載内容に係る原因

- a) 複数の操作手順が1項目にまとめて記載
- b) 操作の実施結果を記載する確認欄がなかった



- a) 「一つの操作に対して一つの手順」となるように記載
- b) 操作手順に対する実施結果を確認する欄を追加した

- c) 「運転上の制限」への影響が考えられる作業は, 作業手順書にも注意喚起

## ハインリヒの法則

人命の喪失に至るような**1つの大事故の背景**

- 1)もし処置を誤っていたら同じような大事故になったかもしれない  
**“あわやと言うケース”が平均29件**
- 2)その背後には、表面に現れない**極些細なケースが平均300件**

## 原子炉の事故

発端は些細な事象であり、これを防止すると同時に、些細な事象が大事故にまで拡大するのを抑制することが大事

# 虫(むし)の目、鳥(とり)の目、魚(さかな)の目

## 「虫の目」: 細部まできちんと見極める能力

不具合・トラブルを深く探求。  
現場重視。  
科学・技術で徹底的に分析。  
予期せぬことの予兆を察知。

## 「鳥の目」: 全体像をしっかりと見渡す能力

より広い視点で見て多角的に評価・判断。  
自らの作業のみならず、その意義や位置づけ、同時進行の関連作業の把握。

## 「魚の目」: 時間の流れの中で現在と未来を見通す能力

社会が求める安全・安心とは何かを常に意識。  
地元との共生。  
歴史観。

東北電力の立地地元に対する今後の情報開示(透明性、説明責任)に望むこと  
\* \* 地元民の安心・信頼感の向上を目指した今後の情報開示 \* \*

2010年2月15日  
安全検討会議座長 長谷川雅幸

- 1)トラブル、不具合事象は勿論、運転、改善状況、さらには安全性に関する目標の達成状況を積極的に公表・開示し、正直、率直、オープンな姿勢で立地地元民の安心・信頼感の向上に努めること。
- 2)トラブル、不具合事象を速やかに公表。
  - (i)技術的・科学的根拠・原因がはっきりしている場合はそれらを分かりやすく(相手は専門家でないことを常に念頭に)。
  - (ii)はっきりしていない場合でも、実態・現状、対処の状況をきめ細かく。
  - (iv)その事象に関することは全て公表すること。原因や対策が分かっている(一部)ことの情報のみならず、そうでない(一部原因・対策が分かっていない)ことの情報も公表すること。後者については“問題を意識しており、常に管理し、誠実に対処している状況”を示すこと。
  - (vii)データの不確かさや弱点も率直に示すとともに、それらに伴う最悪の事態、危険性の幅も示すこと。



## 主要エネルギー源の5条件

どのエネルギー源も以下の5条件何れかで課題を抱えている.\*

規模

コスト

安全性

供給信頼性

環境

### 原子力

安全性 (国民の最要望事項)  
失敗を許されない巨大技術

優秀な人材の確保：誇りを持って働ける職場

地元との共生： 友好的かつ緊張感を伴う信頼関係

透明性、公開性

以下、付録

## 女川原子力発電所第3号機の定期安全管理審査結果の通知について

平成21年9月18日

独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)

同発電所では、審査において改善が必要と判断される事項を確認できなかったこと、また、これまでの保安活動の結果を反映し、品質マネジメントシステムに係る規程類の見直しを行うとともに検査の実施要領の適切性の向上に努めていること等、より良い品質マネジメントシステムの構築、運用に向けて前向きに取り組んでいることが認められた。

また、今回の審査で、定期事業者検査に係る不適合管理の適切性については、根本原因分析チームを設置し、対策の検討・提言を行っていること及び不適合に係る情報を的確に把握し管理を充実するための勉強会の開催等、改善に努めており、自律的かつ適切な体制で実施することに努力していることが認められた。

しかしながら、定期事業者検査の実施時期について不適切な事象が発生し、定期事業者検査を追加して実施しており、根本原因究明と再発防止対策の検討を進めているところにある。

以上のことから、同発電所の品質マネジメントシステムは概ね機能しており、定期事業者検査は自律的な体制で実施されていると判断されるが、上記対策を踏まえ定期事業者検査を確実に実施するための体制をさらに充実させることが望まれる。

また、同発電所では、原子力発電所の安全性・信頼性のより一層の向上に向けた努力を積み重ねていくことが重要である。

# 安全対策実施の具体例

潜在的なリスクを見出し改善することおよび情報共有しつつ同様な行動を促すことを目的に新たにPROGRESS(予防安全共有活動)の仕組みを構築

**【PROGRESS】: 進歩、発達、向上 ~ ある目標に向かって絶え間なく進む**

PROactive (前向き・予防的な)

Good practice events (良好事例)

Reporting (報告)

System for information Sharing (情報共有システム)

**【収集する情報】 不適合の予防のために有効な情報を3パターンの帳票で収集**

改善メモ

平成 22 年 5 月 17 日

定期試験前におけるヒヤリハット事例の有効活用に関する改善

改善前 (問題点)

改善後 (効果)

定期試験前にはヒヤリハット事例があるのにヒヤリハットシステムが広く活用されず改善前には気づいていなかった。

定期試験前にはヒヤリハットシステムを活用する人は個人の得意でほとんど活用されていない。

TBM

現場

定期試験前にはヒヤリハットシステムを活用する人は個人の得意でほとんど活用されていない。

定期試験前にはヒヤリハットシステムを活用する人は個人の得意でほとんど活用されていない。

記載例(改善メモ)

## 「改善のタネ」気づきメモ

**【顕在化する前に気づく】**すぐ解決できないリスク改善に至らない小さなリスク、(想定)ヒヤリハット等

## 改善メモ

**【顕在化する前に予防する】**改善を実施し、不適合の可能性を解消した事例

## 「良好事例」気づきメモ

**【安全に繋がる取組を共有する】**不適合を防止できていると思われる社内外他メンバーの良好な取組み

# 再発防止対策の具体例:KYT

## 安全意識向上のための対策

- 作業実施時には当社から注意喚起し、作業前の1分間ドリルによる**危険予知訓練(KYT)**を行う。

### 作業前の1分間ドリル

#### 作業前の1分間ドリル

発電管理課

この作業は  
保安規定第 〇〇 条に係わる  
重要な作業です。

★ 不具合などが発生したら、たたちに作業を中断し以下に連絡願います。

(1号機、2号機の作業の場合：保安電話 2501 (発電課長))

(3号機の作業の場合：保安電話 2701 (発電課長))

★ この作業が終了したら、中央制御室 (発電課長) へ連絡願います。

作業前の1分間ドリル  
“おもて面を再確認！！”

- ・何故この操作をするのかももう一度考えよう!!
- ・操作に当たって心配はないか?
- ・操作に当たってどんな危険が潜んでいるか?

最後にもう一度深呼吸してから操作に取りかかりましょう!

ものをこわがらな過ぎたり、こわがり過ぎたり  
するのはやさしいが、正当にこわがることは  
なかなかむづかしいことだと思われた。

「寺田寅彦随筆集 第五巻」“小爆発二件”(岩波文庫、1997年、第65刷)