

安全な原子力発電で安定した電力供給を  
そして安心できる社会の実現に向けて

平成24年12月15日

新田隆司

## 40年を振り返って(1/2)

- 1)「美浜学校」に学んで (1972年:関電入社)
- 2)スリーマイルアイランド2号機事故対応 (1979年:担当者時代)
- 3)TQCとデミング賞受賞 (1985年:本店発電課副長時代)
- 4)チェルノブイリ原子力発電所4号機事故の教訓 (1986年:美浜発電所電気保修課長時代)
- 5)IAEA－OSARTに参加して (1989年:原子力設計課長時代)
- 6)美浜2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象対応 (1989年:同上)
- 7)美浜1号機運開30年超えの準備 (1998～1999年:美浜発電所長時代)
- 8)JCO臨界事故に学ぶ (同上)

## 40年を振り返って(2/2)

- 9) 敦賀3・4号機開発の経緯と位置づけ  
(2004年6月:原電 開発計画室長時代以降)
- 10) 活断層調査と耐震設計問題 (同上)
- 11) 東京電力福島第一原子力発電所の事故について  
(2011年3月)
- 12) 東海第二発電所の状況 (2011年)
- 13) 東電福島第一原子力発電所事故の教訓 (2011年)
- 14) 原子力安全・保安院報告書(安全対策30項目) (2012年)
- 15) 民間側における活動 (2012年)
- 16) 原子力安全規制の改革 (2012年)
- 17) 原子力規制委員会における検討状況 (2012年)
- 18) 3月11日以降の原子力発電 (2011年~2012年)
- 20) エネルギー政策における原子力の位置づけ (2012年)
- 21) 迷走する新エネルギー政策 (2012年)
- 22) 我々の使命と課題 (2012年)

# 「美浜学校」に学んで

- ・昭和47年4月、関西電力美浜発電所に配属(新入社員20人)
  - 1号機:既に商業運転開始、2号機:試運転中、3号機:建設工事中
- ・最初一カ月は、3号機建設事務所の2階で、毎日講義と試験の繰り返し
- ・教育プログラムは米国WHに派遣された「12人のサムライ」が持ち帰ったもの
- ・教育は厳しかったが、我々は親しみを込めて「美浜学校」と呼んでいた
- ・一か月の机上研修後、5人ずつのグループに分かれ、技術課、放射線管理課、保修課、発電室で現場実習
- ・各課長(室長)は、全て12人のサムライ達
- ・教訓は
  - ①実践的で正確な知識を持つこと
  - ②課題を解決できるまで諦めないこと

# スリーマイルアイランド2号機事故対応

- 1979年3月28日 米国ペンシルベニア州 B&W社製PWR 96万kW
- 事故の概要: 2次側給水喪失→1次側圧力上昇→加圧器逃がし弁開固着  
1次側圧力低下→ECCS動作→運転員がECCSを手動停止→小LOCA
- 大飯1号機の商業運転開始の翌日、高浜3・4号機の安全審査終了間際に事故発生→安全審査はしばらくホールド
- 原子力安全委員会から大飯1号機を停止して安全性の確認をするよう要請され、4月16日に運転停止
- 大飯1・2号機はWH社との直接契約、WH社にて安全解析を実施
- 「加圧器圧力低と加圧器水位低の一致」信号が出なくても大飯はアイスコンデンサー型格納容器で設計圧力が低いため、「格納容器圧力高」信号によりECCS作動信号が出る。→安全設計上問題なし
- 大飯1号機は1979年6月13日に運転再開、高浜3・4号機は約1年遅れで1980年8月4日に増設の設置許可(申請は1978年4月)

## 「教訓」

- 大きくは「ヒューマンファクターの重要性」と「確率論的安全評価(例: WASH 1400ラスムツセンスタディー)の活用の重要性」が認識されたこと
- 日本では「TMI52項目の教訓」が抽出され、その後国内各プラントで実施

# TQC活動とデミング賞受賞

- 高浜発電所と大飯発電所の品質管理不備による原子炉停止  
→ 経営安定化のためには「原子力の計画外停止」を少なくし設備利用率を向上させることが必要 → 社長のTQC導入宣言
- QC的考え方の例
  - ・消費者指向の徹底
  - ・後工程はお客様の認識
  - ・PDCAサイクルの繰り返し
  - ・方針の管理と展開
  - ・重点指向
  - ・業務プロセスの管理
  - ・事実による認識(データで語る)
- 原子力は、故障物理、信頼性管理、情報分析が重要と指導された  
故障物理(解析、再現実験、検証)によりトラブルの再発防止  
信頼性管理(FTA、FMEA)と情報分析によりトラブルの未然防止

# チェルノブイリ原子力発電所4号機の事故の教訓

- 1986年4月6日の未明、プラントの特性試験(事故時、DGが起動するまでのECCSポンプ用電源としてタービンの慣性回転を利用する)実施中に事故が発生、典型的な反応度事故、そして水蒸気爆発、水素爆発、黒鉛火災 大量の放射性物質が国境を越えて拡散し、広範囲に放射能汚染

## 「原因」

設計欠陥(ポジティブスクラム:制御棒の挿入により正の反応度が添加される)  
運転員の規則違反(ECCS信号のバイパスなど)

- ソ連政府は最初パニックや秘密漏洩を恐れ、この事故を内外に公表せず。  
翌4月7日スウェーデンのフォルスマルク原子力発電所で放射性物質が検出され、4月8日ソ連政府も事故の発生を認めた。
- 当時の日本の見解:日本の原子炉はソ連型のRBMK炉(黒鉛減速軽水沸騰チャンネル管型)とは設計が異なる軽水炉であり、同様の事故は起こりえない

## 「教訓」

- IAEAは「安全文化」という新しい言葉を作り、組織と個人の「安全文化」の欠落がこの重大事故を引き起こすに至ったと結論
- 「安全文化」の重要性を認識(手順書の変更、施設の安全上の特徴の理解、規則・手順書の意味の理解、十分な規則の監視)

## 美浜2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象対応

- ・1991年2月9日 定格出力運転中、R-15、R-19の警報発信、SGリークと判断して停止操作に入ったが、途中「加圧器圧力低」による原子炉自動停止、さらに「加圧器圧力低と加圧器水位低の一致」によるECCS動作
- ・日本で始めてECCSが動作した事象
- ・加圧器逃がし弁作動用空気元弁がヒューマンエラーで閉状態、加圧器補助スプレーにて減圧→1・2次系の均圧までの時間が安全解析結果の事故継時間(約30分)より長くかかった
- ・原因は「SG製作時の触れ止め金具の挿入不備」→流力弾性振動が発生→伝熱管が損傷→1次系圧力低→ECCS動作
- ・通産省原子力発電技術顧問会に美浜2号機調査特別委員会設置→1991年11月まとめ
- ・「積極的な情報公開」と「徹底した時系列の確認」が早く収束できた要因
- ・約3年後にSG取替え工事を完了をして運転再開
- ・製作時の品質管理の重要性が示唆される事象であった
- ・技術開発過程における失敗は忘れてはならない貴重な経験(負の遺産)としてSG保管庫を建設し、そこで旧SGを展示して一般公開



# IAEA－OSARTに参加して

- ・中国広東省大亜湾原子力発電所建設工事中OSART
- ・13カ国からのエキスパート(土木建築、機械工事、電気・計装工事、品質管理、安全管理、防災計画、教育・訓練等の分野)とチームリーダーで構成
- ・電気・計装工事のエキスパートとして参加
- ・書類調査、面談、工事現場視察、倉庫視察、下請け会社との面談等を実施
- ・毎朝・毎夕のミーティング、毎日の報告書作成、チームリーダーに提出・コメント反映
- ・3週間で良好事例、勧告、推奨事項を見つけ報告書にまとめ、政府と電力に提出する。

## 「学んだこと」

- ・チームリーダーのリーダーシップに感心  
＝専門性、重点指向、的確な指示、人間性＝
- ・専門外のことでもお互いに気をついた点を言い合う雰囲気
- ・英語力向上の必要性を痛感

## 美浜1号機運開30年超えの準備

- ・日本で最初のPWRである美浜1号機(34万kW)が商業運転開始(1970年11月)から30年を迎える2年前に発電所長に就任、新入社員時代、電気保修課長時代に続く3回目の美浜発電所赴任
- ・当時、所員は高齢化しつつあった
- ・設備の不具合も経年化に伴う複雑な事象が多かった  
(熱疲労、流体振動、劣化の複合事象)
- ・平成10年度に発電所全体の設備利用率が過去最高の90.5%を達成
- ・国、県、町に美浜1号機高経年化対策を報告
- ・美浜1号機の今後の運転方針(30年を超えて運転すること)の表明

### 「所長として心得たこと」

- ・元気で活気のある職場作り(スローガンの作成、各課、室との懇談会)
- ・担当者の技術力アップ(設計レビュー検討会、3現主義徹底)
- ・構内常駐会社の人との意思疎通(各種会議で必ず近況、考えを説明)
- ・地元の人たちとのお付き合い(各種行事の企画、開催)

# JCO臨界事故に学ぶ (技術者倫理の観点から)

- ・1999年9月30日、東海村のウラン転換工場で臨界事故発生
- ・原因
  - 作業者が使用目的の異なる沈殿槽に 臨界量以上のウラン溶液を注入したことにより臨界
- ・問題点
  - 1)顧客からの要求に応じた工程変更
  - 2)作業員からの改善提案に応じた工程変更(事故当日)
  - 3)安全管理体制の不備
- ・教訓
  - 1)技術者(専門家)としての責任の自覚と注意義務(特に、従来からの方法、手順を変更する時など)
  - 2)周囲との円滑なコミュニケーションと安全最優先の風土
  - 3)法令の遵守

# 敦賀3・4号機開発の経緯と位置づけ

- 第一次、二次、三次改良標準化の経緯  
第一次:川内1・2号、高浜3・4号  
第二次:敦賀2号、大飯3・4号、玄海3・4号  
第三次:ABWR(柏崎刈羽6・7号、浜岡5号、志賀2号  
島根3号) APWR
- 敦賀3・4号機の設計の特徴(APWRの改良型)  
経済性の向上:出力153.8万KW、機器の大容量化  
安全性の向上:高圧注入系の4系列化、高性能畜圧タンクの採用  
苛酷事故対策(一部)  
信頼性の向上:炉内構造物の簡素化、蒸気発生器の改良  
運転性の向上:新型中央制御盤
- 現在、福島事故の教訓反映で一層の安全性向上に向け設計改良中  
(深層防護設計、設計拡張事象の考慮)
- 世界の新型軽水炉  
EPR、AP1000、US-APWR

# 活断層調査と耐震設計問題

- 耐震設計審査指針(1981年):5万年前以降に活動した活断層は、地震発生確率にかかわらず全て耐震設計の対象
- 兵庫県南部地震が発生(1995年1月17日 Mg7.3)
- 地震調査研究推進本部による調査(1996年以降、全国の主要活断層(98断層)及プレート境界の地震から予測される地震規模、地震発生確率を順次公表)
- 大地震の発生:鳥取県西部(2000年10月8日 Mg7.3)、芸予(2001年3月 Mg6.7)、東海道沖の地震(2004年9月 Mg7.4)、新潟県中越(2004年10月 Mg6.8)、福岡県西方沖(2005年3月 Mg7.0)、宮城県沖の地震(2005年8月 Mg7.2)
- 新耐震設計審査指針(2006年):①後期更新世以降(12~13万年前以降に活動した活断層は耐震設計の対象 ②残余のリスク概念の導入
- 中越沖地震(2007年7月 Mg6.8)、能登半島地震(2007年3月 Mg6.9)、茨城県沖の地震(2008年5月 Mg7.0)、岩手・宮城内陸地震(2008年6月 Mg7.2)福島県沖の地震(2008年7月 Mg6.6)、東北地方太平洋沖地震(2011年3月 Mg9.0)、

## 「論点」

- 設計上考慮すべき活断層かどうか?
- 断層長さをどう評価するか?
- 不確かさ(断層深さ、傾き、破壊の起点など)をどのように考慮するか?
- どの活断層が連動すると考えられるか?
- 観測地震波にフィッティングするための地震の特性(震源特性、伝播特性)の見直し

# 東京電力福島第一原子力発電所の事故について

- 平成23年3月11日14時46分頃、東北地方太平洋沖地震発生(世界の観測史上4番目の大きさ= $M_g 9.0$ )
- 宮城県沖、三陸沖南部海溝より、福島県沖、茨城県沖等の複数領域が連動して発生(震源域は、幅約200Km, 長さ約500Kmと広範囲)
- 揺れの大きさは基準地震 $S_s$ によるものとほぼ同等か少し上回る程度
- 15時30分頃、約13mの津波が来襲、主要敷地高さ約10mのサイトは広範囲に浸水、1~5号機で全交流電源喪失、1, 2, 4号機では直流電源も喪失、海水ポンプの停止により最終除熱源も喪失
- 大きな余震、継続する大津波警報、津波による瓦礫散乱の中、厳しい対応をせまられたと推察
- 1号機は11日~12日の深夜にかけて炉心損傷、12日15時36分水素爆発
- 2号機は14日夜から炉心損傷開始、15日6時過ぎ、圧力抑制室付近で衝撃音(これは4号機建屋で発生した水素爆発の衝撃音)  
15日10時頃建屋付近から白煙、正門付近の線量率が急上昇
- 3号機は12日RCIC停止、14日11時01分水素爆発
- 4号機は定期検査中、使用済み燃料プールの冷却が心配されたが問題無し、15日6時14分ごろ大きな爆発音と衝撃(3号機の水素を含むベント流が4号機側に逆流し4号機建屋で水素爆発したもの)
- 5・6号機は定期検査中(冷温停止中)

## 東海第二発電所の状況

- ・東海第二発電所：茨城県東海村に立地、1973年建設開始、1978年運転開始、110万KW沸騰水型(BWR-5)、MARK-II型原子炉格納容器
- ・東北地方太平洋沖地震時、「タービン軸振動大」により主発電機が自動停止、「主蒸気止め弁閉」信号により原子炉も自動停止
- ・3系統の外部電源も喪失
- ・3台の非常用ディーゼル発電機が自動起動
- ・主蒸気逃し安全弁からサプレッションプール(SP)へ蒸気を導き、SP水を2系統の残留熱除去系することにより、原子炉の崩壊熱を除去
- ・H.P.+6.2mの津波が来襲したが、茨城県が公表した「津波浸水想定区域図」を反映し非常用海水ポンプ室の側壁をH.P.+7.0mまで嵩上げしていたので浸水を免れた。
- ・一部浸水対策工事が未完であった海水ポンプ室へ海水が浸入。  
1系統の非常用海水ポンプと非常用ディーゼル発電機が停止したが、最終的には外部電源と非常用海水ポンプも復旧し、冷温停止達成

# 東電福島第一原子力発電所事故の教訓と課題

- 学ぶべき教訓が沢山ある
  - ・IAEAに対する政府報告書(28項目)
  - ・NRC Near Term Task Force 報告書(12項目)
  - ・原子力安全・保安院報告書(30項目)
  - ・民間,国会,政府事故調の各報告書
  - ・INPO報告書

## 「課題」

- 外的誘因事象に対する設計想定、安全設計、安全評価の見直し  
(基準津波の設定、電源系の信頼度向上、最終除熱源の強化)
- 過酷事故対策の改善
- アクシデントマネジメントの充実・強化  
手順書の改良、訓練の実施
- 危機管理・リスクマネジメントの充実



# 原子力安全・保安院報告書(安全対策30項目)

- 1 外部電源系統の信頼性向上
- 2 変電所設備の耐震性向上
- 3 開閉所設備の耐震性向上
- 4 外部電源設備の迅速な復旧
- 5 所内電源設備の位置的な分散
- 6 浸水対策の強化
- 7 非常用交流電源の多重性と多様性の強化
- 8 非常用直流電源の強化
- 9 個別専用電源の設置
- 10 外部からの給電の容易化
- 11 電源設備関係予備品の備蓄
- 12 事故時の判断能力の向上
- 13 冷却設備の耐浸水性・位置的分散
- 14 事故後の最終ヒートシンクの強化
- 15 隔離弁・SRVの動作確実性の向上

# 原子力安全・保安院報告書(安全対策30項目) (続き)

- 16 代替注水機能の強化
- 17 使用済み燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上
- 18 格納容器の除熱機能の多様化
- 19 格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止対策
- 20 低圧代替注水への確実な移行
- 21 ベントの確実性・操作性の向上
- 22 ベントによる外部環境への影響の低減
- 23 ベント配管の独立性確保
- 24 水素爆発の防止(濃度管理及び適切な放出)
- 25 事故時の指揮所の確保・整備
- 26 事故時の通信機能の確保
- 27 事故時における計装設備の信頼性確保
- 28 プラント状態の監視機能の強化
- 29 事故時モニタリング機能の強化
- 30 非常事態への対応体制の構築・訓練の実施

# 原子力安全規制の改革

- ・原子力規制委員会設置法の成立(6月20日)  
国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全並びに我が国の安全保障に資する
- ・原子力基本法の一部改正 (6月20日)  
放射線による有害な影響から人と環境を守る
- ・原子炉等規制法一部改正 (6月20日)
  - 1)「想定外」への対応:過酷事故も考慮した安全規制への転換
  - 2)最新の知見による規制:最新の知見を既施設にも反映する規制への転換
  - 3)高経年炉対策としての「40年運転制限」を導入
  - 4)事業者責任の明確化:事業者自からの安全性向上への取組責任を明確化
  - 5)災害発生時等の国民の生命・健康の保全確保の徹底
  - 6)原子力安全規制の一本化:電気事業法との分離

# 原子力規制委員会における検討状況

- ・原子力災害事前対策等に関する検討チーム
  - 防災指針の見直し⇒災害特別措置法の改正⇒地域防災計画
  - 予防的防護措置を準備する区域(PAZ:5Km)
  - 緊急防護措置を準備する区域(UPZ:30Km)
- ・新安全基準に関する検討チーム
  - 設計基準事故への対応、外的誘因事象として考慮すべきもの、シビアアクシデント対策の基本方針、安全設計(深層防御、位置的分散、多様性)
  - 使用済み燃料プールの燃料損傷防止対策
- ・地質・津波に関わる新安全設計基準に関わる検討チーム
  - 耐震設計審査指針の見直し、津波に関する新設計基準
- ・新安全規制の制度整備に関する検討チーム
  - 設置許可申請書の内容改善、型式認定制度、一部届け出化、製造者に対する検査

# 民間における活動

- ・ 各原子力発電所での安全対策の推進  
電源車、消防ポンプ・ホースの配備、  
空冷式非常用発電装置、大容量ポンプの配備  
水密扉、防護壁、防潮堤の設置  
要員の配置と訓練
- ・ 原子力安全推進協会(JANSI)の設立 2012年11月15日  
「日本の原子力産業界における、世界最高水準の安全性の追求」  
①技術評価の独立性 ②事業者社長のコミットメント ③海外機関との連携
- ・ 民間規格の策定・改定の活動(原子力学会、機会学会、電気協会)  
国の性能規定と民間の仕様規定の両輪で安全基準を整備
- ・ 原子力学会の活動  
事故調査委員会の立ち上げ  
2013年3月中間報告、2013年度内最終報告  
原子力安全部会の活動  
福島事故セミナーを計8回開催、2013年春の年会に最終報告

## 2011年3月11日以降の原子力発電

- ・菅首相、浜岡原子力発電所の運転停止要請(2011年5月6日)
- ・政府がストレステストの実施を発表(2011年7月6日、これまで30基の1次評価結果が提出されている)
- ・高浜3号機定期検査入り(2012年2月20日)
- ・柏崎・刈羽6号機定期検査入り(2012年3月26日)
- ・泊3号機の定期検査入り(2012年5月5日:50基全てが運転停止)
- ・大飯3・4号機の再稼働(2012年7月1日、18日)
- ・他の原子力発電所の再稼働の条件は？
  - 年内に防災指針を固め、2012年度内に地域防災計画を制定
  - 2013年7月ごろ新安全基準、新安全基準への適合性の確認
- ・再稼働承認の権限と責任は誰か？
- ・国のエネルギー政策にも依存

# エネルギー政策における原子力の位置づけ

- ・2010年のエネルギー基本計画では2030年時点における原子力比は53%(2020年までに9基、2030年までに14基以上の新設)。これは地球温暖化対策として、2030年にCO<sub>2</sub>を1990年比で30%削減目標を達成するために必要とされた。
- ・エネルギー・環境会議でエネルギーミックス見直し  
2030年時点の電源構成における原子力比率として  
①0%(35%) ②15%(30%) ③20~25%(25~35%)  
の3つ選択肢を国民に提示 ( )内は再生可能エネルギーの比率

## 「問題点」

- ・エネルギー自給率4%の日本にとって、エネルギー安全保障上原子力0%でいけるのか？
- ・再生可能エネルギーの比率の実現性、電力コストへの影響、経済活動への影響からみて現実的なケースはどれか？
- ・地球温暖化対策はどのように解決するのか？

# 迷走する新エネルギー政策

- 2012年9月14日 エネルギー・環境会議において、「革新的エネルギー・環境戦略」を決定

「2030年代に原子力発電所の稼働ゼロを可能とするよう、あらゆる政策資源を投入し…」とし、原子力発電のあり方として、次の3原則を提示

- ①原子力発電プラントの40年運転制限制度厳格な運用
- ②新設する原子力規制委員会が安全確認したプラントのみ再稼働
- ③原子力発電所の新增設は行わない

核燃料サイクルについては、「引き続き従来の方針に従い、再処理事業に取り組む」

- しかしながら、同9月19日の閣議決定を見送り  
「新戦略を踏まえて、関係自治体や国際社会と責任ある議論を行い、柔軟性をもって不断の検証と見直しを行いながら遂行する」という対応方針のみ決定
- 総合エネルギー調査会の基本問題委員会は同戦略に基づくエネルギー基本計画の策定に関する検討を先延ばしする方針



# 我々の使命と課題

## 「使命」

安全な原子力発電で安定した電力供給を  
そして安心できる社会の実現に向けて

## 「課題」

- ・原子力政策の確立  
(現実的なエネルギーミックスと原子力発電の位置づけ)
- ・原子力に対する社会の信頼の回復  
(周辺住民及び自治体との信頼関係を再構築)
- ・産官学の協力  
(専門性を尊重)
- ・規制側と被規制側のコミュニケーション  
(規制側の独立性は確保しつつ、被規制側の知見も活用)
- ・技術力の向上  
(固有技術と管理技術の両面を磨くこと)
- ・原子力の人材育成  
(後継者の育成、技術伝承、OJT)

# IAEAの安全目的と基本安全原則

(参考)

(注)本内容は「Fundamental Safety Principles ,Safety Standards Series No.SF-1」  
を独立行政法人原子力安全基盤機構で翻訳したものである

## 安全目的

人及び環境を電離放射線の有害な影響から防護することである

## 基本安全原則

### 原則 1:安全に対する責任

安全のための一義的な責任は、放射線リスクを生じる施設と活動に責任を負う個人  
又は組織が負わなければならない

### 原則 2:政府の役割

独立した規制機関を含む安全のための効果的な法令及び行政上の枠組みが定められ、  
維持されなければならない

### 原則 3:安全に対するリーダーシップとマネジメント

放射線リスクに関係する組織並びに放射線リスクを生じる施設と活動では、安全に対する  
効果的なリーダーシップとマネジメントが確立され、維持されなければならない

### 原則 4:施設と活動の正当化

放射線リスクを生じる施設と活動は、正味の便益をもたらすものでなければならない

# IAEAの安全目的と基本安全原則(続き)

## 原則 5:防護の最適化

合理的に達成できる最高レベルの安全を実現するよう防護を最適化しなければならない

## 原則 6:個人のリスクの制限

放射線リスクを制御するための対策は、いかなる個人も害の許容できないリスクを負わないことを保証しなければならない

## 原則 7:現在及び将来の世代の防護

現在及び将来の人と環境を放射線リスクから防護しなければならない

## 原則 8:事故の防止

原子力または放射線の事故を防止及び緩和するために実行可能な全ての努力を行わなければならない

## 原則 9:緊急時の準備と対応

原子力または放射線の異常事象に対する緊急時の準備と対応のための取り決めを行わなければならない

## 原則10:現存又は規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置

現存又は規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置は、正当化され、最適化されなければならない