



我が国の中期エネルギー戦略と 原子力利用のあるべき将来

キヤングローバル戦略研究所

2012-7-24

湯原哲夫



目次

1. 2030年の認識と中長期エネルギー戦略
2. 『意志』に基づくエネルギー・環境政策
3. 原子力政策に係る提言
 - 3-1 原子力ビジョン総論(「日本モデル」の再構築)
 - 3-2 既設軽水炉の安全性向上等に係る提言
 - 3-3 新型炉開発(大型炉、SMR)に係る提言
 - 3-4 原子燃料サイクル・FBRに係る提言
 - 3-5 原子力規制に係る提言

「中期エネルギー政策と原子力の将来 ～福島事故を踏まえた展開～」

(通称「明るい原子力の未来」、
または「こういう時こそ堂々と正論を構築する」)

CIGSエネルギー2050研究会
特別検討グループ 2012.4~2012.7

～討議参加者～

田中 知(再処理研究)

飯田 式彦(次世代炉4S開発)

波木井 順一(規格基準)

早瀬 佑一(燃料・プラント・再処理、CIGS)

湯原 哲夫(新型炉設計基準、CIGS)

岡 芳明(新型軽水炉研究)

宮口 治栄(軽水炉設計)

伊藤 裕之(軽水炉安全)

青柳 由里子 (CIGS)

2030年における3つのシナリオ

国家戦略室がエネルギー・環境会議に提出した2030年の電源構成



	2010年	ゼロシナリオ		15シナリオ	20-25シナリオ
		追加対策前	追加対策後		
原子力比率	26%	0% (▲25%)	0% (▲25%)	15% (▲10%)	20~25% (▲5~▲1%)
再生可能エネルギー比率	10%	30% (+20%)	35% (+25%)	30% (+20%)	25~30% (+15~20%)
化石燃料比率	63%	70% (+5%)	65% (現状程度)	55% (▲10%)	50% (▲15%)
非化石電源比率	37%	30% (▲5%)	35% (現状程度)	45% (+10%)	50% (+15%)
発電電力量	1.1兆 kWh	約1兆 kWh (▲1割)	約1兆 kWh (▲1割)	約1兆 kWh (▲1割)	約1兆 kWh (▲1割)
最終エネルギー消費	3.9億 kl	3.1億 kl (▲7200万 kl)	3.0億 kl (▲8500万 kl)	3.1億 kl (▲7200万 kl)	3.1億 kl (▲7200万 kl)
温室効果ガス排出量 (1990年比)	▲0.3%	▲16%	▲23%	▲23%	▲25%

※比率は発電電力量に占める割合で記載。
括弧内は震災前の2010年からの変化分。



エネルギー環境会議における2030年における3つのシナリオ(電源構成)

(1)2030年の発電構成:原子力発電の構成を現状2010年26%、現行基本計画2030年50%に対して、

2030年0%,15%,20~25%の3案を提示。

(2)二酸化炭素の削減は1990年比で2030年16%~25%の削減となる。

これ迄の政府方針2025年25%、2050年80%から後退。

(3)GDPへの影響は現行基本計画に比べて、大きい

(RITEのシミュレーション, 積み上げ・発電コスト、産業の海外移転)

2030年 原子力発電の 比率	2030年GDP への波及 (RITE)	化石燃 料	再生可 能エネ ルギ	CO2の削 減(1990 年比)	GDP累積減 少額(~2030 年)
0%	-7.6%	65%	35%	16%~23%	500兆円
15%	-5.2~-8.9	50~54	31~35	-23	338~
20~25%	-2.4	53	22	-25	158

福田ビジョン洞爺湖サミット 2050年80%削減は2030年40%削減に相当

鳩山ビジョンは2020年25%削減, 2050年80%削減から内挿すれば2030年40%

現行の基本計画; 2030年電源原子力50%、再生可能エネルギー20%、化石燃料30%

現状の電源構成: 2010年原子力26%、再生可能エネルギー10%、化石燃料63%

現状の総1次エネルギー供給; 2009年原子力12%、再生可能エネルギー3%、化石燃料82%

3Eの視点は不可欠 (1)エネルギー安全保障(2)地球環境対策(3)経済成長



1. 2030年の認識と中長期エネルギー戦略

中期エネルギー目標における2030年の認識と エネルギー政策への視点



1. 2030年世界のエネルギー-状況

- 世界の人口は80億人を越え、GDPは倍増する。エネルギー需要も激増する。
- 国際的な枠組みによる温室効果ガスの削減が進まない(2020年迄は制約なく、それ以降の国際的枠組みが出来たとしても、その効果は2030年以降)。地球温暖化の影響が顕在化する。
- エネルギーと資源をめぐる紛争がたえず、資源ナショナリズムが高まる。我が国への化石燃料輸送の不安定性が増す。
- 化石燃料依存率80%が世界レベルで続き、石油はピークアウトし、天然ガス・石炭の消費が増大する。世界的に化石燃料は逼迫し、不安定な供給を想定せざるを得ない。

2. 2030年へ向けたエネルギー政策の基本

- エネルギー政策の基本は「エネルギー安全保障」であり、エネルギー自給率向上と非化石エネルギーへの転換がその基本。
- 地球環境・地域環境のため、低炭素技術導入と民生・産業における省エネルギーが不可欠な課題
- エネルギー供給は再生可能エネルギーと原子力エネルギーの利用拡大、産業・民生における省エネルギー、運輸における新燃料への転換が重点課題。

地球温暖化抑制と世界の長期エネルギービジョン



1. 日本政府の提案と公約

- (1) 福田首相洞爺湖サミット「2050年世界全体で50%削減、先進国は80%削減」
- (2) 鳩山イニシアティブ「日本国内 2020年1990年比25%削減」

2. 国際的な合意

- (1) COP15 & 16: 先進国が途上国温暖化対策を支援のため、2010-12に300億ドルを拠出、2020年までに毎年1000億ドルを拠出する。
- (2) COP16: 日本は京都議定書延長からの離脱。

3. 海外からの排出枠の購入

2010年までに政府が1500億円かけて1億トン、電力業界は2.5億トン、鉄鋼業界は5600万トン分を購入済みで、電力・鉄鋼分は6000億～8000億円と推計。

原子力発電が稼働しない場合さらに数千万トン分の排出枠の追加調達が必要。
一方、排出量取引価格は2008年のピーク時の10分の1に下落したこともある。

4. 新しい枠組みの必要性と提案

国際的に混迷し、出口が見つからないまま、漂流するおそれすらある。

新たな枠組みは、

- (1) 世界全体の二酸化炭素排出量曲線の共有
- (2) 世界全体での最適化にもとづく、各国排出量の設定
- (3) CO₂ 削減と経済成長が両立するエネルギー構成
(投資とベネフィットのバランス)に基づき、
- (4) 先進国の発展途上国への支援の仕組みを示すもの。

1.(3) 「地球温暖化対策で世界が共有するエネルギービジョン」

1。新たな枠組み：新しい「排出曲線＋世界全体で最適化＋国際協力の仕組み」

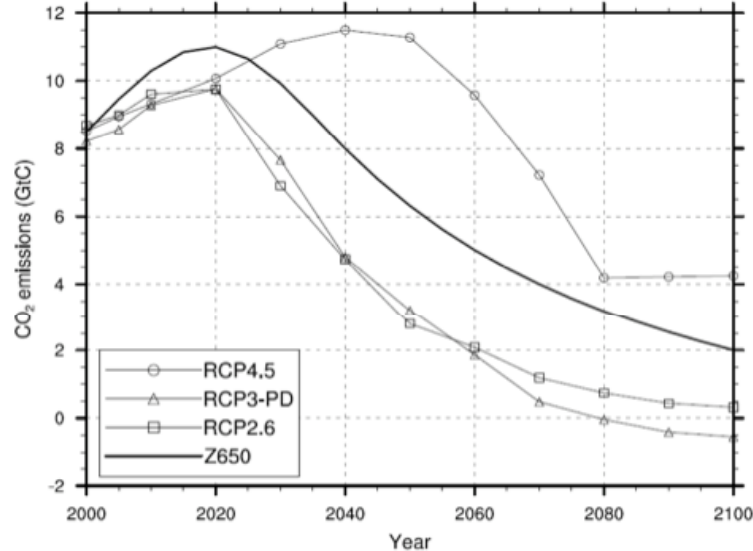
- (1) 温室効果ガス(主としてエネルギー起源二酸化炭素)の総排出量の設定(「GHG濃度安定化450ppm&2°C」から「オーバーシュート&ゼロエミッションシナリオ」(総排出量650GtC, 2°C)と二酸化炭素排出曲線の設定→Z650
- (2) 排出曲線の制約下で世界全体で最適化(コストミニマム)するエネルギー構成と結果としての各国の排出分担(2050年先進国50%減、途上国10%増)
- (3) このエネルギー構成に対する追加削減費用と省エネメリットのバランス(追加投資が燃料削減メリットとバランス)するエネルギー構成
- (4) 低炭素エネルギー技術普及のメカニズム(途上国支援のための技術移転とその在り方、京都議定書における追加性の削除 とカーボン市場における投機性の排除)。

2。先進国と途上国2030年 & 2050年のCO₂削減比率と 総一次エネルギー供給構成

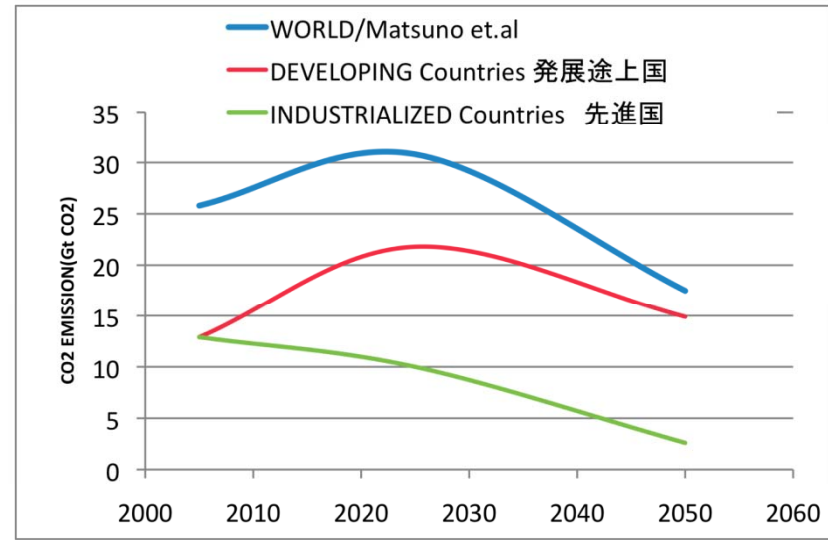
	2030年		2050年	
	CO ₂ 排出削減 2005年比	エネルギー構成 比率	CO ₂ 排出削減 2005年比	エネルギー構成 比率
世界	20%増	7:1:2	25%減	5:2:3
先進国	5%増	7:1:2	50%減	6:1:3
途上国	54%増	6:1:3	10%増	5:2:3

エネルギー構成は、化石燃料:原子力:再生可能エネルギーの比率

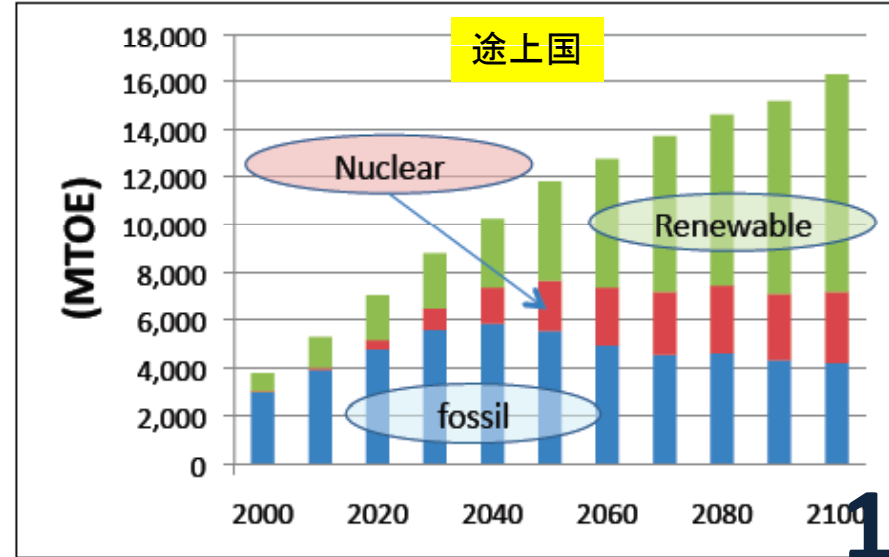
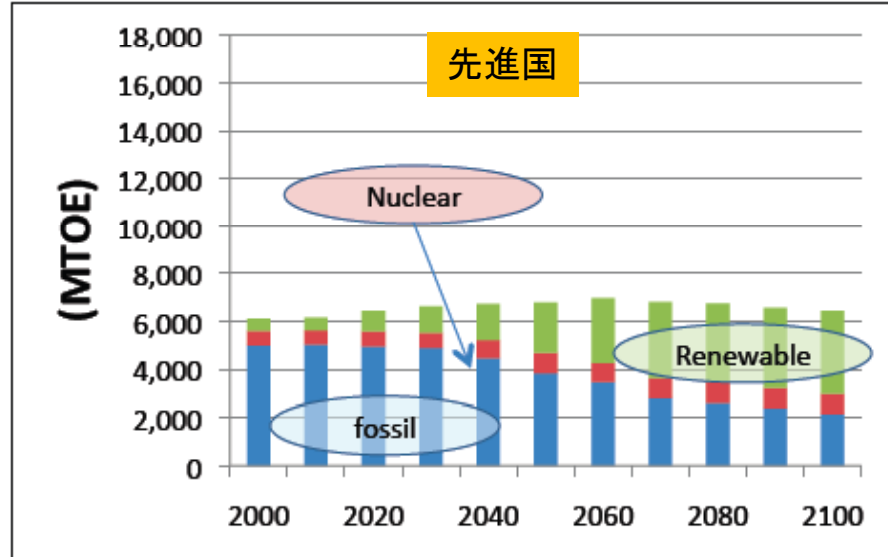
松野らの温暖化効果ガスの排出曲線Z650
 提案するZ650シナリオによる21世紀中CO₂排出パスを他のRCPシナリオと比べる。Z650は21世紀中の総排出量が650GtC、RCP2.6は420GtCぐらい。



Z650は世界全体で守る削減曲線(青色)
 先進国が約束通り2050年80%削減すれば
 途上国の排出分は赤線の様になる。



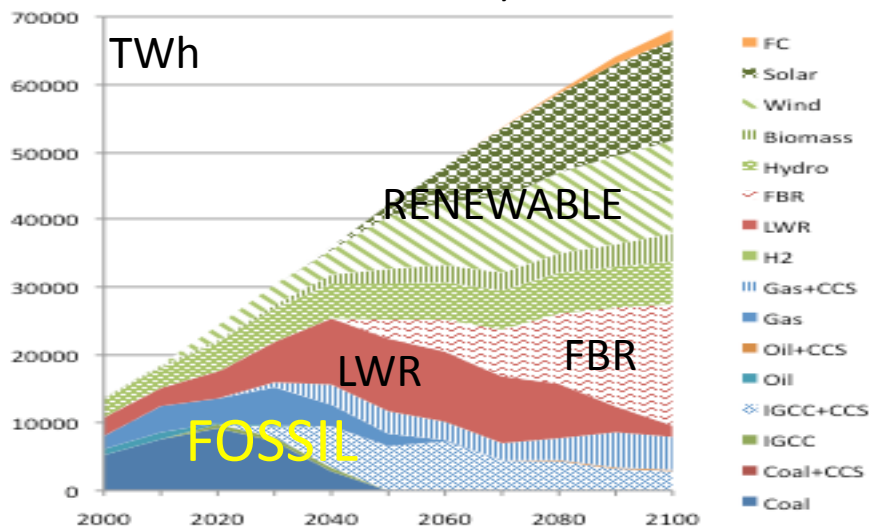
世界全体で最適化されたエネルギー構成



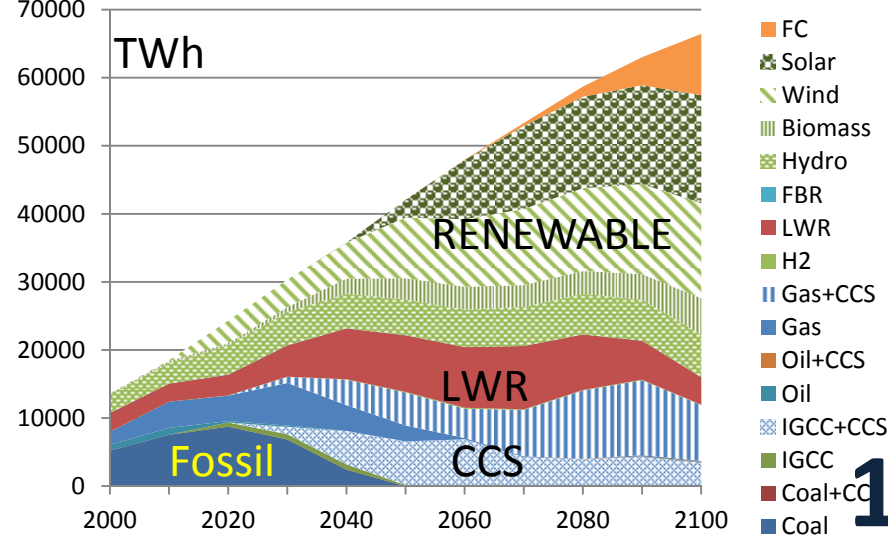
1.(4) 温暖化抑制と成長の両立への条件Z650制約下の 最適エネルギー構成

- 1。濃度450ppm安定化曲線に比べて、かなり緩和されたZ650 排出削減カーブにも関わらず、温暖化抑制と成長を両立させるエネルギー構成には(1)天然ガス・石炭火力発電とCCS(炭素隔離貯蔵) (2)原子力の役割が不可欠である。
- 2。原子力は長期的にはウラン資源の枯渇性から、持続可能な高速増殖炉サイクル(使用済み燃料を再処理し、プルトニウムを燃料とする)が不可欠である。
- 3。原子力フェーズアウト、CCSなしの場合、投資とベネフィットが大きくバランスを崩し、その影響は特に途上国で顕著に現れる。
- 4。削減シナリオZ650では原子力、CCS、再生可能エネルギーの3者が応分に分担しており、特に電力エネルギーで見ると3者はそれぞれ1/3を担っている。
- 5。また電力エネルギー源は2050年頃には「CO₂排出無し」を達成するとしている。

【原子力-軽水炉(LWR) + 高速増殖炉(FBR)】



【FBRのないケース】



1. (5) 長期エネルギー戦略に求められるもの

1. エネルギー安全保障

中長期的にエネルギー供給は不安定化し、又化石燃料は逼迫することを前提にせざるを得ない。再生可能エネルギーと原子力によって自給率を高め、地球温暖化への対処から高効率で低CO2排出の火力(クリーンコールやコンバインドサイクル)への転換による低炭素社会を構築して、危惧されるエネルギー危機やエネルギー紛争を回避しなければならない。

2. 地球温暖化対策

中長期的には厳しい鎖となって、先進国の産業はさらに低成長と海外移転を余儀なくされる。

3. エネルギー技術への期待

原子力開発技術と再生可能エネルギー技術では周回遅れの現状を認識し、産業基盤の再構築をはかるべき。

原子力は国家基幹技術であり、福島事故の反省の上に立って、新世代の原子力エネルギー技術を推進すべき。

一方、CCS(Carbon Dioxide Capture and Storage)も極めて重要になって来る。



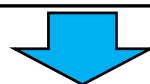
2. 『意志』に基づくエネルギー・環境政策

2. 『意志』に基づくエネルギー・環境政策(1)



世界のエネルギー・環境政策に係る基本認識

- 化石燃料を巡る国家間の摩擦を回避し、世界全体として安定的な経済成長を維持しながら、地球温暖化も抑制できる『シナリオ』の構築・遂行が必要
- 上記は、単なるエネルギー源の開発のみでは達成不可能であり、以下の同時達成が必要
 - ① 中国等、主要国の省エネルギー化の促進
 - ② 市場原理、及び各国の自然環境やエネルギー需要形態に即した再生可能エネルギーの最大限の利用
 - ③ 世界規模での原子力エネルギーの最大限の活用
 - ④ 化石燃料の有効利用と実質ゼロエミッション化の達成



日本の責務は

- 世界に対しては①～④を、また国内では②&③を達成すること
- その為には「ポスト福島原子力平和利用政策」の再構築と、「2050年以降も持続可能なエネルギー政策」の構築が必要



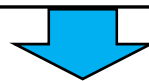
「ポスト福島原子力平和利用政策」における基本認識

(視点-1) 原子力の安全性の“大幅向上”の実現

- 世界の日本への期待は「脱原子力」ではなく、福島事故の経験を反映した“どこよりも安全な原子力技術”の確立・提供

(視点-2) 海外途上国、特にアジア・太平洋諸国(含む中国)のCO2排出量削減&セキュリティ向上への積極的な寄与

- 日本のCO2削減ノルマを、省エネ代の少ない日本国内のみで達成することは無理
 - ・・・海外途上国への火力(効率UP)・原子力技術支援による「二国間カーボンオフセットクレジット」の必要性
- 海外途上国の求めに応じた原子力プラント輸出、早期建設・運転の実現による域内エネルギーセキュリティへの貢献



今回は軽水炉の安全性改善及び国際化に係る施策を提言

2. 『意志』に基づくエネルギー・環境政策(3)



(視点3)「今世紀中の気候変動2°C以下」を達成可能なCO²排出量削減シナリオの構築・実行

・低炭素社会に向けた総合的・複合的なエネルギー対策の推進

① 再生可能エネルギーの最大限の利用

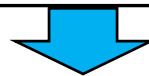
- 市場原理に基づく取捨選択(環境に即し効率的な再生可能エネの見極め)・・・日本では地熱&小型水力
- 電池技術開発&大規模導入による不安定性緩和

② 原子力エネルギーの最大限の活用(アジア等への支援含)

- 新世代原子炉技術(Ⅲ⁺/Ⅲ⁺⁺世代炉、Ⅳ世代炉)
- 放射性廃棄物問題の解決

③ 化石燃料の有効利用促進と実質ゼロエミッション化の同時達成

- 発電効率Upによるアジアの石炭⇒ガス転換促進の支援
- Clean Coal技術の開発(IGCC/CTL等)
- CCS技術の確立及び(海外での)事業化



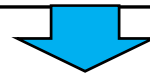
今回は新型炉や廃棄物問題に対する取り組み等の施策を提言

2. 『意志』に基づくエネルギー・環境政策(4)



(視点4) 国家安全保障上の視点から見た原子力エネルギー及び原子力技術維持の意義・必要性

- ① 欧米に比して著しく脆弱な日本のエネルギーセキュリティを脱原子力/減原子力のムードに流されて更に危険に晒す『愚』を犯すべきでない
 - 原子力発電はあくまでも「エネルギー基本計画」の数値を目指すべき
- ② 周辺を友好的/平和的とは言い難い核兵器保有国(中国・ロシア・北朝鮮)に囲まれているとの現実を直視し、「核の潜在能力」を自ら放棄するとの「誤ったメッセージ」をそれらの国に送るべきではない
 - 核の平和利用に徹しながら、核燃料サイクル路線を堅持し再処理技術の完成を目指すべき



本視点の結論は他の提言に含める

(補足2-1) 日本及び世界で利用可能な自然エネルギーの総量は？

- **太陽エネルギー: 世界中の全ての住宅及び公共施設に太陽電池を設置しても供給量は電力需要の最大10%程度**
 - 世界のエネルギー消費 1.6×10^{13} J/Secを賄うため世界の5箇所の砂漠に合計 8.1×10^5 km²の太陽光パネル要(基幹部送電線敷設距離10000km超過で約8000兆円建設費要)
- **地熱エネルギー: 世界の火山帯にある電力に変換可能なエンタルピーは世界のエネルギー消費の16%(日本、インドネシア、アイスランドを含み世界10箇所に集中、送電費用は太陽エネルギー同様膨大)**
- **時間利用率と貯蔵: フランス政府「エネルギー2050」では風力及び太陽光の時間利用率を各20%、11%し、その分、電力貯蔵施設が必要と結論**

(補足2-2) CCSは何時頃可能か？どの程度の規模で使えるのか？

- 捕獲-輸送-貯蔵のプロセスが必要で、最初の捕獲プロセスにブレイクスルーには必要 (EPRI 1022782、2011/6によれば、現状のアミン溶媒・CO₂圧縮法では、エネルギー損失が30%)
- また、輸送及び貯蔵には相当のインフラ投資が必要なのだから少なくとも2030年以前に有意な量のCCSを期待するのは適切でない
- 貯蔵には安定な滞水層・ガス層が必要・・・日本の場合は貯蔵場所を海外に確保した上で、液化CO₂をタンカー輸送することとなるので非現実的 ⇒ CO₂制限の為に将来的に日本でのPhase Outが余儀なくされるのは「火力発電」であり、再生エネルギーと原子力の必要性・必然性はより高くなる



3. 原子力政策に係る提言（クリーン・ニュークリア・イニシアティブ作戦）

3-1 原子力ビジョン総論（「日本モデル」の再構築）

3-2 既設軽水炉の安全性向上等に係る提言

3-3 新型炉開発（大型炉、SMR）に係る提言

3-4 原子燃料サイクル・FBRに係る提言

3-5 原子力規制に係る提言

3.1 (1) 世界各国の原子力政策の比較



- 核武装国(米・仏)・・・軍事核と原潜・空母の動力炉開発を基にその延長上で原子力ビジネスを展開。商用原子炉では燃料供給&原子炉安全設計の点で米・仏の2か国が世界をリードし競合中
- ロシア・・・国内原子力産業の基盤強化と主にアジアへの輸出展開を目標(核燃料-原子炉-使用済燃料処理のパッケージ化に強み)
- 中国・・・導入軽水炉技術の大量展開(運転中15基、建設中26基)に加え、全炉型を対象に新型炉開発を実施中。アジア・アフリカを対象に原子力発電の輸出産業化との戦略・・・「近い将来の民生用原子力大国」化
- 韓国・・・エネルギー自立(再処理/FBRへの挑戦)、「日本モデル」の追求と凌駕、産業政策としての原子力輸出(2030年までに80基、中国と「近い将来の民生用原子力大国」を競う)を目指す
- インド・・・技術導入による原子力発電所建設と、高速増殖炉からトリウム炉への長期的戦略を同時進行中



原子力は自国の基幹エネルギーとして、また輸出産業化により
拡大成長中

3.1 (2) 民生用原子炉の世界市場の状況

- Ⅲ+世代(シビアアクシデント対応炉)の原子炉開発は米・仏2か国に集中
 - 米: Passive大型炉(AP-1000等) + 小型モジュール炉(B&W等)の2面作戦
 - 仏: Active多重・多様化大型炉(EPR)に一本化
- ⇒ 潜在的大消費国(中国・インド)への米仏アプローチ激化
- 仏: 長期間に渡る漸東戦略・・・①対独協調 ⇒②WENRAを使った規制と標準による欧州制覇 ⇒③WENRAをIAEAに拡げて世界(中国・インド・アフリカ)に拡大中
- 米: 民間主導の(或いは民間を盾とした)対中国直接アプローチ・・・①AP-1000技術提供を餌とした中国側(SNPTC)との協力、②民間規格ASMEと民間認証制度(AIA-HSB(保険・検査会社))の導入、③ビルゲイツが中国と進めるSMR開発と第三国への輸出、等々
- インドに対しても米・仏は中国と同様なアプローチを実施中



プラント・基準・認証のセット化と、Ⅲ+炉/Ⅳ世代炉による国際市場制覇の争いが展開されている

3.1 (3) 『福島事故』の原因と対策(1)



- 福島事故については、安全規制上の問題、事業者の体質上の問題、国及び事業者の危機管理体制上の問題等々、人的要素やソフト的要素に関する指摘・批判が多く見られるが、最も重要なものはやはり「技術的視点」
- 「技術的視点」から見た『福島事故』の原因は極めて明確
 - 津波の想定が甘く、電源系や冷却系の浸水・防水対策が不十分であった為、設計上想定していなかった長時間のSBO(全交流電源喪失)及びLUHS(最終ヒートシンク喪失)に陥り、炉心冷却機能が不足した
 - 設計想定以上の事故に備えたアクシデントマネジメント対策も準備していたが、外部事象による共通モード損傷や長時間のSBOは想定していなかった為、事故進行を遅らせ、影響を緩和する有効な「手段」の準備が不十分だった



『福島事故』は「安全要件」の設定不備と、それに対応した設備設計の不備によるものであり、本来は設計により避けられたもの



3.1 (4) 『福島事故』の原因と対策(2)

- 世界で展開中のⅢ+炉は『福島事故』のような炉心溶融を含む多様なリスクへの対処を主たる目的として開発された
- 仏新型炉(EPR)では、DEC(Design Extended Condition)としてSBO対策、航空機落下対策、炉心溶融対策、水素ガス対策等を設計条件に含めて徹底的に対策済み
- 米国では新型炉(AP-1000)での設計対応に加えて、9/11対策として既存炉にもB.5.b対策(テロ攻撃に備えたダメージコントロール的な緊急対応策)を実施済み
 - AP-1000ではPassive Safety化により非常時のAC電源を不要とすると共に、航空機落下対策、炉心溶融対策、水素ガス対策等も設計対応済み
 - 既存炉ではテロ攻撃等により電源系や冷却系に大きな損傷を受けた場合でも、ポータブル機器(電源車・ポンプ車等)により炉心と使用済燃料プールの冷却を確保するよう準備済み



世界では『福島事故』に対して、

- 新型炉では設計段階から徹底的に対応済み
- 既設炉ではAdd-on設備により対応(米:実施済/仏:指示済)

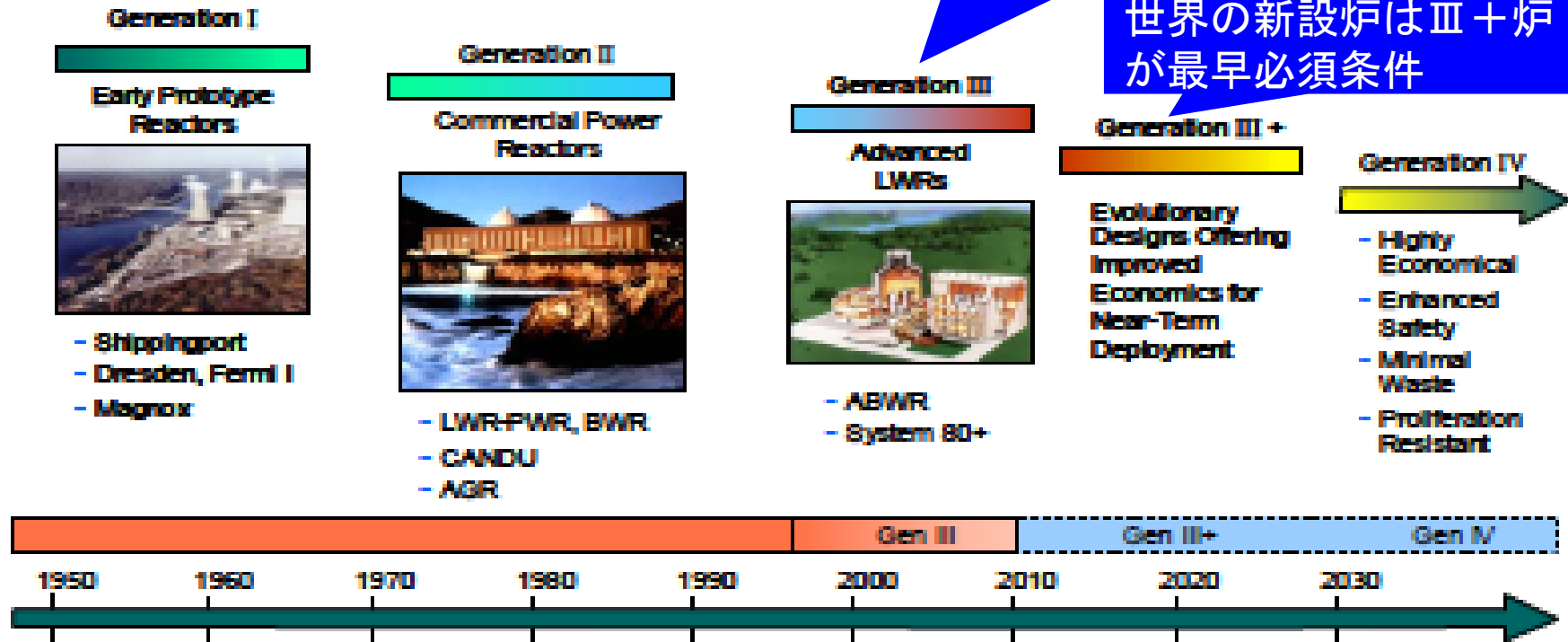
3.1 (5) 世界に遅れてしまった日本の原子炉開発



日本の原子炉は20~25年前からこの段階に留まったまま

世界の新設炉はⅢ+炉が最早必須条件

(DOEの唱えるプラント開発段階)



A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems

- リスクプロファイルの拡大に応じた安全設計“高度化”の流れ
 LOCA/反応度事故⇒SBO含むSA、自然災害⇒テロ・航空機衝突も考慮
- 旧式プラントも安全設計のUp Dating要・・・福島はこれが出来てなかった

3.1 (6) 世界と日本の原子力政策の比較

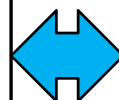


(海外主要国の原子力政策)

1. エネルギー源としての原子力の有効活用に対する一貫した姿勢
2. 原子力の“リスク”に対する謙虚な認識
3. 上記リスクをエンジニアリングにより克服しようとする明確な意思
4. 国際“商品”としての原子力の価値の最大化による「国益」の追求(EPR、AP-1000は国益そのもの)
5. 原子力を通じた中国を含む途上国との新たなアライアンスの可能性の追求

(日本の原子力政策)

1. 3/11以前は左記の意識を共有していたが現在は曖昧
2. 海外に比べて規制側のリスク認識は大きく不足
3. SAIに対する事業者の認識の不足、及び規制の「QA偏重」により、ピント外れの対策に多くのパワーを浪費
4. 国内市場への依存が強く、メーカーの商品企画力や開発意欲が不足
5. 海外アライアンスとの発想自体が不足



**原子力政策の誤りが『福島事故』の原因であり、
政府・事業者・メーカーの各々の姿勢に問題があった**

3.1 (7) 日本原子力再生-日本の「コア技術」とは？



- 環境・エネルギー産業は日本の輸出基幹産業。アジアのエネルギー・インフラ整備事業は産業政策の中核であり、アジア各国の期待も大
- 途上国への『低炭素技術』の提供は、経済性・安定性・環境性に優れた火力&原子力発電技術の提供が基本
- 日本の原子力産業技術は商業用に特化し、製造技術やエンジニアリング技術の競争力は高く、材料・部品・機器等の信頼性も高い
- ウラン濃縮&再処理技術は独自技術を開発中で、商業化直前の段階。「国際競争力のある商業技術」としての確立が最重要課題
- 原子炉開発技術は、船用炉・重水炉(新型転換炉)・高速増殖炉・高温ガス炉を自主開発し、高い技術レベルを保持・・・「むつ」と「もんじゅ」は些細な開発段階のミスが祟って、商業化を断たれたものであり、原子力技術開発に対する「寛容度設定」の失敗



日本の原子力産業の特徴、即ち「コア技術」は、

・核不拡散に徹していること

・「燃料-炉-サイクル」のフルセットの技術を保持し、開発力も有していること

3.1 (8) 日本原子力再生-日本モデルの再構築



「日本モデル」の基本コンセプト

1. 「2050年度までにCO₂ 80%削減」(洞爺湖サミット合意)は先進国の共有課題 ⇒ CO₂フリーの原子力利用拡大を図るべき
2. 原子力によりエネルギーの安定性及び自給率をUpし、産業競争力・国民生活の維持及び国富流出の削減を達成すべき
⇒ 国家100年の計の強化である「燃料-原子炉-再処理」路線の再確認と自主・自立性強化を図るべき(損害賠償や燃料サイクル費用を含めても化石燃料に対する経済優位性あり)
3. 競争力の源泉である「プラント開発力」を次世代炉技術開発により強化すると共に、安全性の『基本』を自ら構築すべき
⇒ 自主開発により安全性向上への意識・意欲を向上させるべき
4. 日本の原子力の基盤として、高品質の機器製造技術と確実なプラント建設技術(納期遵守のエンジニアリング力)を堅持すべき
5. 併せてフロントエンド(燃料製造)の信頼性向上と新バックエンド技術(次世代再処理プロセス)の確立に向けた開発を行うべき
6. 独自開発をベースとしながらも、自身が主導権を持った国際強力はフレキシブルに志向してスピードアップを図るべき

3.1 (9) 日本原子力再生-原子力再生アジェンダの提案



国民からの信頼回復、並びに原子力産業の努力を牽引するインセンティブ付与の切掛として下記のアジェンダを提案

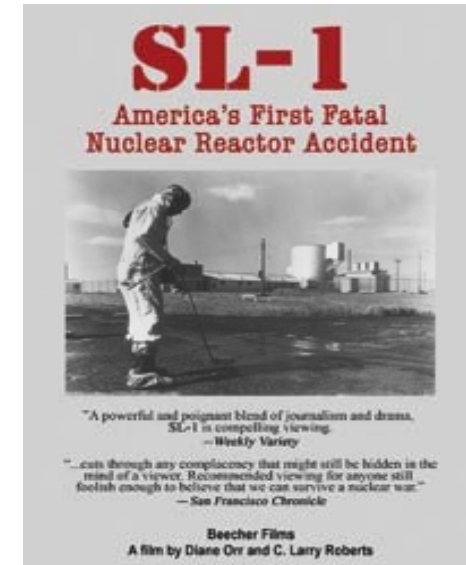
1. CO₂削減と経済成長戦略を両立させるエネルギー戦略を明示すべき！
 - 原子力と再生エネに対する予断抜きでのFairな評価結果の提示
2. 原子力安全技術の“大幅”向上の為、以下を実現すべき！
 - 『福島』の教訓の活用・反映による世界の原子力への貢献
⇒ 既存炉でもⅢ+炉の安全性水準を達成する
 - 原子力再生の象徴として、国内(例えば青森県)で世界一安全性に優れた新型炉を建設する
 - より安全性に優れたリプレース炉の建設計画を提示する
 - 福島復興の財源としての原子力発電売電収入を活用する
 - 放射性廃棄物問題を、現状から延長可能な時間スパン(300年程度)で解決可能とする技術開発の見通しを得る
3. 国民からの信頼を回復できる規制と政策を実現すべき！
 - 意志決定の透明性(「顔」の見える政策決定プロセス)
 - 高い見識を持った専門家の責任と権限
 - 上記により「絶えざる安全性向上」を規制が先導すべき

(補足3-1)原子力安全問題の進歩 I : 決定論的安全設計の時代

- 1942年: Chicago Pile 1 (最初の原子炉)
- 1953年: 原子力の平和利用
- 1955年: プライスアンダーソン法 (原子力損害保険) 提案 → 1957年制定
- 1957年: WASH-740 「事故確率を考慮せず、放出される放射性物質による死亡者数、障害者数、土地損害評価」
- 1961年: **SL-1核暴走3名死亡 (反応度事故)**
- 1962年: 10CFR100 「原子炉立地基準」 (TID-14844 離隔距離の計算)
- 1967年: 10CFR50 App A, General Design Criteria 「原子炉安全設計一般基準」以降 Reg. Guide 等が整備
- 1971年: **LOFT Semi Scale (ECCS機能せず!)**
- 1975年: WASH-1400 (ラスムッセン報告、1977年期限切れのプライスアンダーソン法延長の有力な資料)
 - ・原子力発電所によるリスクは、他の一般災害のリスクに比して十分小さい
 - ・大LOCA (冷却材喪失事故) 以外にも、小さな過渡事象から炉心溶融に至る可能性を無視できない
- 1979年: **TMI事故** (二次系給水ポンプの故障から炉心溶融 → WASH-1400の妥当性実証、ヒューマンファクターに注目)



ABWR/APWR以外の日本の既存炉は本段階



(補足3-2)原子力安全問題の進歩Ⅱ:SA対策とPRAの発展

- 1979年:ケメニー報告「炉心溶融を影響を含めた事故発生確率やリスク評価の詳細研究を行うべき」
- 1980年:ロゴビン報告「潜在的な事故シーケンスに対する定量的リスク評価導入を含む安全規制見直しの基準変更が必要」
- 1982年:NRCがSARP(Severe Accident Research Program)公表
- 1985年:苛酷事故政策声明書
- 1986年:チェルノブイル事故(正反応度、安全文化)
- 1986年:安全目標政策声明書
- 1987,89年:NUREG-1150 1st, 2nd Draft
 - ・NRC規制活動におけるデータベース見直し
 - ・格納容器型式の異なる5つのプラントについて最新技術を用いたリスク解析
- 1989年:Generic Letterにて既設個別プラントの体系的な安全評価(IPE)要求
- 1990年:NUREG-1150 Final
- 1981~1985:第三次改良標準化(ABWR(高圧系強化(3系統化)、APWR、Ⅲ世代)
- 1991~1992:柏崎6/7号着工
- 80年代末、PIUS, SBWR, AP-600, PRISM等の中小型固有安全炉に開発着手
- 1991年:IPEEE要求(外部事象:地震、火災、洪水、強風、輸送及び近隣事故)



日本のABWR/APWRは本段階

THEORETICAL POSSIBILITIES AND CONSEQUENCES OF MAJOR ACCIDENTS IN LARGE NUCLEAR POWER PLANTS

*A Study of Possible Consequences if Certain Assumed Accidents,
Theoretically Possible but Highly Improbable, Were to Occur
in Large Nuclear Power Plants*



WASH-740

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION

March 1957

WASH-740概要(決定論の推定)

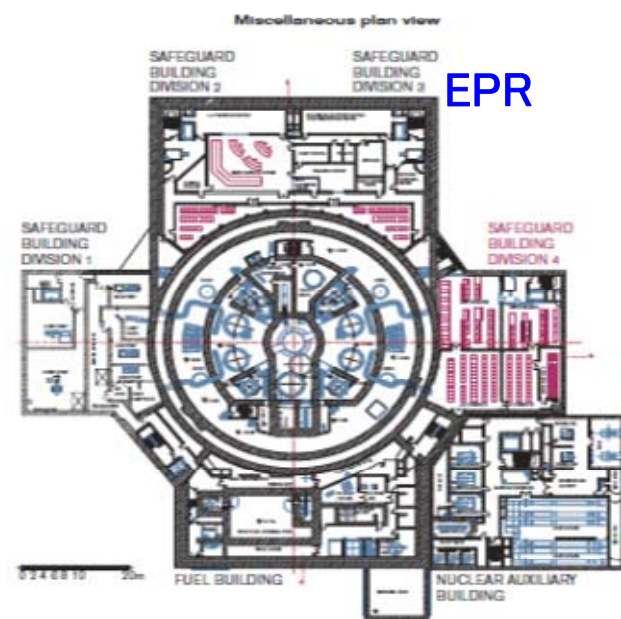
- 500MWtの原子炉、180日間運転
- 核分裂生成物(FP)放出割合
 - － 格納施設内全FP放出・閉じ込め
 - － 格納施設より揮発性FPのみ放出
 - － 格納施設より全FPの50%放出
- 敷地境界:600m
- 気象条件、人口分布等から以下算出
- 死者:0~3400人
- 傷害:0~43000人
- 物的損害:50万ドル~70億ドル

(補足3-3)原子力安全問題の進歩Ⅲ:テロ・外的事象対応

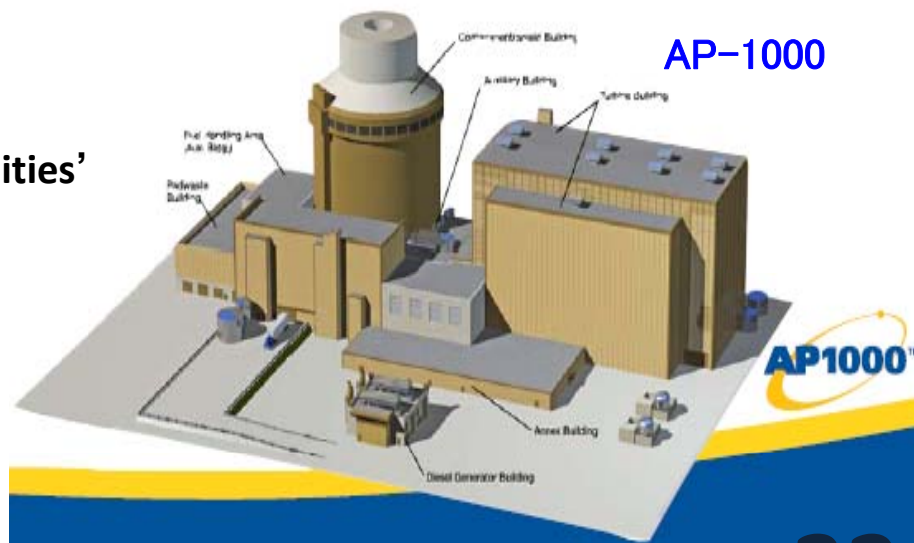
- **欧州:1990年代初頭よりEPR**(仏→欧州→世界統一を目標、多重・多様性炉、航空機落下を含むテロ及び外的事象を含むシビアアクシデント対応、ECCS×4系統+SBO D/G×2台)
- **米国:1990年代初頭よりAP-1000**(上記安全要件を受動機器で達成指向)
- 1995年:NUREG-1465(33年振りTID-14844見直し)
- 2001年9月11日:テロ→新たな安全要求(航空機衝突、EDMG-Extensive Damage Management GL)
- 2002年2月:NRCのICM Order(暫定補償措置命令)
- 2006年12月:NEI06-12 Rev.2 B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline(炉心、格納容器、使用済燃料プールの保護)
- 2007年:フラマンビル(EPR)発電所建設開始
- 2011年:福島第一事故
- 2012年:ヴォーグル発電所(AP-1000)建設許可
- 2012年:IAEA SSR 2/1 Design(元はEuropean Utilities' Requirement)



日本には本段階の原子炉は未だない



EPR



AP-1000

(補足3-4) III+新世代炉の先頭ランナー中国の現状(1)

中国-数年後には(15+26+6基、32/47はIII+炉)

中广核 CGN		Building A World-class Clean Energy Group						
Nuclear Power Units Being Built in Mainland China								
No	Owner	Approved units	Being Built	Province	Unit capacity	Unit type	FCD	Total
1	CGN/CPI	Hongyanhe 1/2/3/4/5/6	Hongyanhe 1/2/3/4	Liaoning	1080	CPR1000	2007-08-18,2008-03-28, 2009-03-07,2009-08-15	15 units 17540MW
2	CGN	Ningde 1/2/3/4	Ningde 1/2/3/4	Fujian	1080	CPR1000	2008-02-18, 2008-11-12,2010-01-08	
3		Fangchenggang 1/2	Fangchenggang 1/2	Guangxi	1080	CPR1000	2010-7-30, 2010-12-23	
4		Yangjiang 1/2/3/4	Yangjiang 1/2/3	Guangdong	1080	CPR1000	2008-12-16,2009-06-04	
5		Taishan 1/2	Taishan 1/2	Guangdong	1750	EPR	2009-12-21,2010-04-15	
6	CNNC	Fuqing 1/2/3/4	Fuqing 1/2/3	Fujian	1080	M310+	2008-11-21,2009-06-17, 2010-12-31	9 units 9200MW
7		Fangjiashan 1/2	Fangjiashan 1/2	Zhejiang	1080	CPR1000	2008-12-26, 2009-07-17	
8		Changjiang 1/2	Changjiang 1/2	Hainan	650	CNP600	2010-4-25, 2010-11-22	
9		Sanmen 1/2	Sanmen 1/2	Zhejiang	1250	AP1000	2009-04-19,2009-12-15	
10	CPI	Haiyang 1/2	Haiyang 1/2	Shandong	1250	AP1000	2009-12-28,2010-06-20	2 units 2500MW
11	High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR)							
Total			26 units	29240MW				
Approved for FCD			6 units	6820MW + HTGR				

(補足3-5) III+新世代炉の先頭ランナー中国の現状(2)

米→中のAP-1000の技術移転(国策会社SNTPC)

著作権保護のため画像削除

(補足3-6) III+新世代炉の先頭ランナー中国の現状(3)

Sanmen(三門):当初予定では来年運転開始・・・世界初のAP-1000

著作権保護のため画像削除

(補足3-7) III+新世代炉の先頭ランナー中国の現状(4)

仏→中のEPR技術供与、2号はRPV、SGも国産

Taishan 1&2, China



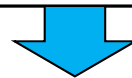
MAIN EQUIPMENT WORK

	Unit 1	Unit 2
Reactor Pressure Vessel	Mitsubishi Heavy Industries, Japan	DEC, China
Steam Generators (SG)	AREVA Chalon Saint Marcel, France	DEC: 2 SGs ; SEC: 2 SGs, China
Pressurizer	AREVA Chalon Saint Marcel, France	DEC, China
Main Coolant Lines	AREVA Creusot Forge, France + Nordon	AREVA Creusot Forge, France + Nordon
Reactor Coolant Pumps	AREVA Jeumont Solutions for Pumps and Mechanisms (JSPM), France	AREVA JSPM, France / Creusot (France+China)
Control Rod Drive Mechanisms	AREVA JSPM, France	Nordon
Heavy Component Supports	DEC, China	DEC, China

(補足3-8)原子力地政学(1) フランスの世界制覇への執念



- 1990年初頭:EPR構想(TMI、チェルノブイル経験からSA、地震、津波等外部事象、航空機落下等テロ対策も考慮、軽水炉終局形(4×100%のECCS+2×SBO D/G等)、世界標準化による量産でコストダウン(昔のNシリーズの再来))
- 1991&1993年:フランス規制当局安全要件
- 2000年9月: EUR 1st Draft (DEC導入等シビアアクシデント対応の標準)
- 2003: 独仏規制当局共同文書、WENRAで欧州共通安全目標へ(意図的差別化によるAP-1000欧州侵入を阻止)
- 2012年1月: IAEA SSR2/1 Design (EURを世界共通の規制基準に)



仏の戦略性と執念は米国も『悔しいが』認めざるを得ない
(NRC) General Design Criteriaの上に建増しを重ねたPatch Work Regulation by
Dr. Apostolakis (VTR SECY12-25)、でも実務的
(IAEA) Maybe, as Dr. Diaz said, “unqualified people of Comment allez-vous?”,
but the most influential international nuclear organization



日本にはこのような戦略・執念は勿論、発想自体が無かった

(補足3-9)原子力地政学(2)仏・中・米同盟と取り残された日本



互いに対立しながらも中国を媒介にした広義の「仏・中・仏同盟」を構築

- ユーラシア大陸を西側から浸食するIAEA(WENRA=AREVA &EDF)の枠組みと仏中協力
- 太平洋を跨いで進むWH(ASME)/SNTPCの米中協力と第三国へのAP-1000輸出(Ⅲ+原子炉)
- ビルゲイツが中国と進めるSMR開発と第三国への輸出・・・Ⅲ+原子炉(グリッドの小さな途上国へ売りやすい30~60万KWプラント、Passiveを活かせる熱出力)
- AP-1000/EPR等とそれに伴った規格開発(R.G.1.216(SA対応の格納容器設計基準)、R.G.1.217(航空機落下)、IAEA SSR 2/1(元はEUR(元はEDF/AREVAのEPR向け基準))

かたや日本は・・・

- **国内に上記に対抗しうるプラントや規格の開発無し・・・結果的に国内市場が日本原子力産業の成長を阻害した**
- **結果、中国・アジア諸国が中国製CAP-1000やCPR等で席卷された時も、日本国内には従来型Ⅱ/Ⅲ世代炉のみ、との現状**

3.2 (1) 既設軽水炉の安全性向上等に係る提言-1 (SA対策)



(動機と背景)

- 福島事故は技術的には想定外事象(BDBE)に対する安全性評価と、それを反映した対策の欠如によるもの……内部事象と地震のみに着目し、それ以外の外部事象を軽視してきた
- PRA評価(確率論的リスク評価)により外部事象等に対する不備・弱点を明らかとし、それに対する強化対策を行えば、既存炉でも安全性の大幅な改善・向上が可能



(既設軽水炉に係る提言-1)

1. 下記を盛り込んだ既設炉向けSA対策基準の早期策定と実行

- 地震・津波、それ以外の幅広い外部事象(火山灰や河川洪水等)、内部事象(テロ等を含む)等に対するPRA評価を実施してプラント毎の脆弱性を把握し、それに対する安全性向上対策を継続的に実施する
- 本設設備の強化とポータブル設備配備を組合せたSA発生防止対策の実施(共通モード損傷に対する耐性を重視した多様性のある対策系)
- 「深層防護」に基づくSA時の影響緩和対策の実施……格納容器防護対策、デブリ対策、水素ガス対策、FP放出防止対策等
- 体制・管理面の強化や、事前準備・訓練の充実等、ソフト面での対策の強化

3.2 (2) 既設軽水炉の安全性向上等に係る提言-2(SA対策)



JSME

日本機械学会

**発電用原子力設備規格
外部事象シビアアクシデント対策
設備設計ガイドライン
(BWR 編)**

(201X 年版)

JSME X XXX-201X

(Ver.P-4A at 2012-05-30)

原専書面投票コメント反映版

発電用設備規格委員会

一般社団法人 日本機械学会

3.2 (3) 既設軽水炉の安全性向上等に係る提言-3(出力増強)

(動機と背景)

- 米国においては既設プラントのUp Ratingを推進し、大きな効果を上げている。NRCは福島事故以降もUp Ratingを積極的に認可
- 日本においても以前は盛んに議論されていたが、3/11以降は「お蔵入り」の状態
- しかし、タービン効率Up(熱出力一定)によるUp Ratingであれば、事故時のリスクは変わらず、温排水にも影響無いので、新規の電源確保よりも非常に簡便で効果的な対策



(既設軽水炉に係る提言-2)

1. 新設プラント建設のスローダウン・凍結に対する代替策として、既設軽水炉のUp Ratingを積極的に推進すべき
 - 事業者のUp Ratingに対するモチベーションを高める制度的・法的な支援制度の検討・構築すべき
 - 第一段階としてタービン効率UpによるUp Ratingを推進すべき(+10%程度)
 - 加えて第二段階として原子炉系を含むUp Ratingに向けた各種検討を推進すべき(更に+10%以上程度)

3.3 (1) 新型炉開発に係る提言-1(基本方針)



(動機と背景)

- 国外新設炉は中国、米国とも“Ⅲ+炉”(AP-1000, CAP-1000, CPR(Chinese EPR))で、国内既存開発炉はSpec.上は見劣り・・・「ABWR/APWRは30年前の商品」との認識
- 国内は立地難で「多数基立地/沿岸同一サイト」が不可避 ⇒ 共通要因故障を誘発する外部事象(地震・津波等)起因のリスクが常に支配的で、それらに対する高度な耐性は海外からの導入技術では不十分
- 日本のテロ対策上の不備(「対策準備無しでの情報公開」との慣行)を克服する為にも、安全対策のより一層の強化が必要



(新型炉に係る提言-1)

1. 「実証済の枯れた技術を買う」との思考からの卒業・・・新型炉開発により原子力を「改良標準化技術」から「真の自前技術」へ！
2. 「IPEEEや EDMG(B.5.b)を回避」との過去の清算・・・ IPEEEや EDMG(B.5.b)を既存の安全対策と統合して、新型炉開発にBuilt in ⇒ DBA対策からBDBA対策へのシームレスな安全対策移行を実現する

IPEEE; 地震・火災等の外部事象に対するプラント個別のリスク評価

EDMG: 炉心損傷発生時の影響緩和対策を言い、B.5.b対策と同義

DBA: 設計ベース事故、 BDBA: Beyond DBA

3.3 (2) 新型炉開発に係る提言-2(プラントコンセプト)



(動機と背景)

- AP-1000やESBWRのPassive化の徹底、或いはEPRのActive多重化の徹底を超えるPlant Conceptの構築が必要
- 福島の教訓を「強み」に変えると共に、日本独自の「強み」も反映した差別化が必要
- その為には従前の「次世代軽水炉」ではアピール度不足であり再考要



(新型炉に係る提言-2)

1. AP-1000 やEPRに対する技術的Advantageの構築
 - Passive +Activeハイブリッド安全系(対AP-1000・EPR)
 - 最終ヒートシンクの多様化(対EPR)
 - 耐震性の大幅改善(対AP-1000/EPR)
 - 「避難不要」を可能とする事故後無漏えいの達成(対AP-1000)
 - 「二重格納容器」以外の航空機落下対策(対AP-1000・EPR)
 - 中央制御室機能の多重性確保(対AP-1000・EPR)
2. 日本の素材・部品技術力を活かしたプラントコンセプトの構築
 - 格納容器用高性能鋼板の開発による大型炉への「事故時自然空冷式」鋼製格納容器の適用
 - Fly by wireとFly by lightの併用による多様性を要する制御・計測系の採用

3.3 (3) 新型炉開発に係る提言-3(海外市場対応)



(動機と背景)

- 市場確保(産業化へのインセンティブ)及び「二国間カーボンオフセットクレジット」の為にも途上国へのパッケージ輸出は必須条件
- 途上国の日本への期待大だが、日本の原子力業界は海外PJの準備・経験が不足



(新型炉に係る提言-3)

以下を含む「包括的」フルターンキーの実現

1. 許認可制度・規格・認証のパッケージ化
 - 日本発規格の必要性・・・優れた機器製造能力・部品/材料供給力を最大限に活用する為には何が有利か?から発想する
 - ASME/AIA制度との可換性確保等による現実的な対応
 - パッケージ化検討結果を国内制度の見直しにもフィードバック
2. 現地での調達・工事・エンジニアリングの「障害」の克服
 - フィンランド(AREVA)や台湾龍門(GE)の反省の反映
 - コスト・品質・納期を最適化する“Buy where we build”™(WEC)と“日本内作”とのベストバランスの追求
3. 損害賠償制度の確立
4. 燃料供給と使用済燃料等バックエンドの整備
 - IAEAやロシアとの共同保管の可能性

3.3 (4) 新型炉開発に係る提言-4(開発体制)



(動機と背景)

- 今までの国策に基づく新型炉開発は技術的には成功しても商業化には尽く失敗しており「構造的問題」がある
- メーカー間の競争があるとエネルギーが内向きに消費される
- また、そのような状況が各々提携する海外メーカーに利用される恐れ



(新型炉に係る提言-4)

1. メーカー間の垣根を越えた国策民営会社による自主開発
 - 国内リソースの集中と十分な開発資金の確保
 - 特定メーカーや海外メーカーの過大な影響力の回避
2. 国策民営会社化による「公設公営」から「公設民営」への変換
 - 開発自主性の確保とコスト意識・スケジュール意識の徹底
 - 上記による開発・市場投入のスピードアップ
3. そうは言いながら当面の現実的対応としては海外メーカーとの協力による技術開発の可能性も否定しない
 - … 例えば、JAP-1000(WEC/東芝)やJ-EPR(AREVA/三菱)等の可能性(但し、それでは本当に競争力のある基幹産業には育たない恐れもあり一長一短であるが…)

3.3 (5) 新型炉開発に係る提言-5(小型炉への取り組み)



(動機と背景)

- 今回のSMR(Small Module Reactor)ブームは本物なのか？過去にもチェルノブイル後の80年代末期にPIUS・PRISM・SBWR・AP-600等、最初のブームがあったが同様にならないか？を冷静に判断すべき
 - 技術的な新しさはあるのか？
 - DOEの意志は“Change the Game”(公設民営化)なのか？



(新型炉に係る提言-5)

1. (取り組むのであれば)狙いや市場を明確化し、それに即した開発計画を立案すべき
 - ① ニッチ市場狙いのSMR(東芝4S・韓国SMART他):
 - (燃料輸送の困難な)遠隔地対応や海水淡水化対応等、ターゲットの絞り込みと、その後の市場展開等に関するリサーチの徹底
 - ② 大型炉との競合狙いのSMR(B&W-mPOWER他):
 - 大型炉との“同等発電単価”の検証方法の確立
 - 初号機オーナー確保の為にリスク低減策やインセンティブの検討
2. 但し、より本質的には以下の「志向」の違いを再度検討すべき
 - (海外)出力小として安全裕度を高めることを志向
 - (日本)(立地確保が困難なため)一貫して出力大の大型炉を志向

3.4 (1) 原子燃料サイクル・FBRに係る提言-1(現状認識)



(現状認識)

- 「安定化無しの直接地層最終処分」の困難さが明確になりつつある
 - Blue Ribbon Commissionの”America’s Nuclear Future”が示すものは「従来考えていた「暫定」とはとても呼べない程の長期の乾式貯蔵」との現実 ⇒ ヤッカマウンテンの「行き詰り」
- 処理・処分方法の「望ましさ」の順は常識的にも下記
 - 「直接処分」<「ガラス固化」<「分離、変換」
- 現状のAREVAガラス固化再処理技術が民生利用の最終形ではない
 - 更なる分別・減容・処分のための安定化技術がありうる
 - 下記の核種変換を行う為にはMA分離技術の実用化が必要である
- 高速炉を用いた核種変換・短寿命化の可能性はある
 - 高速中性子で長寿命核種を変換すれば、保管管理期間を管理可能な範囲内(300年～1000年程度)に出来る可能性がある
 - 加えて高速炉導入によりウラン資源の有効利用も可能となる
 - ・・・「軽水炉の2倍程度のコストで無尽蔵のエネルギーを確保できる」との魅力は依然として失われていない
- 再処理施設の稼働と技術課題の克服が必要
 - 六ヶ所再処理工場の現実的な処理能力(例えば800t→400t)を踏まえて、第二再処理工場の開発と独自技術体系の構築を始める必要がある

3.4 (2) 原子燃料サイクル・FBRに係る提言-2(基本路線)



(動機と背景)

- スーパーフェニックス閉鎖以降は、高速炉に対し「長寿命放射性廃棄物消滅研究用の炉」としての役割を期待
 - フェニックスでは2004年まで、プルトニウム燃焼(CAPRA計画)及びアクチニド消滅処理(SPIN)の研究を実施
 - 仏は2006年6月28日法にて「分離・変換に関わる研究開発は次世代炉開発と一体で進める」と明記
- 消滅処理により管理期間を300年～1000年に出来るが、以下が課題
 - 「TRUと対象FPを使用済燃料から高効率(99.9%)で分離する方法が工学的には未確立」「科学的には可能でアメリシウム分離は現実的だが、キュリウム分離は非常に困難」
 - 放射能の高い 燃料製造には遮へいセルが必要で燃料製造コスト高

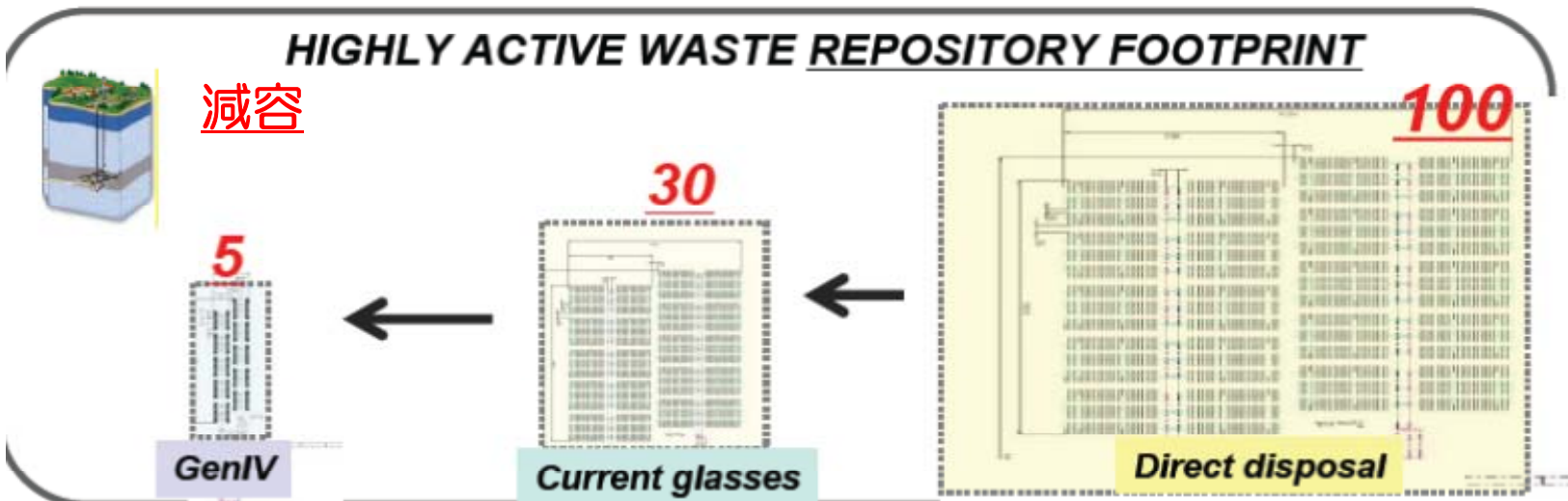
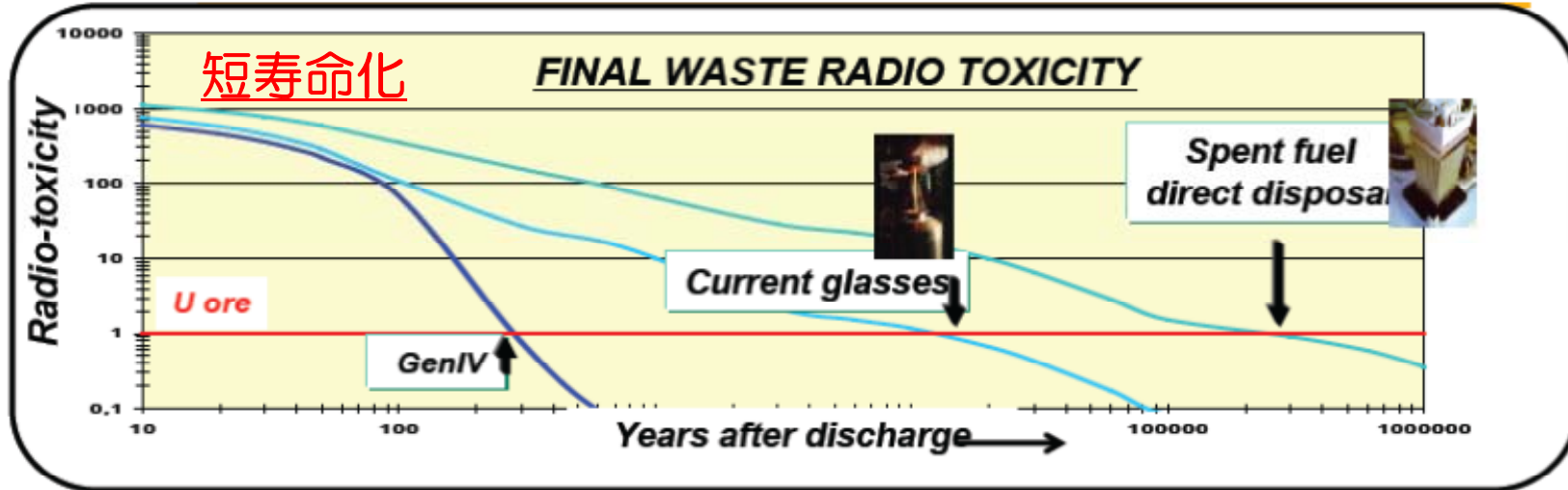


(燃料サイクル・FBRに係る提言-1)

1. 全量再処理を前提とする燃料サイクル路線の堅持を再確認すべき
2. 第二再処理工場に向けた抜本的・多角的な検討の開始すべき
3. 高速炉による消滅処理研究とMA分離研究を本格化すべき
 - 難易度高く共、原子力の最大の課題の解決には不可避と認識
 - 消滅処理研究を「もんじゅ」の新たなミッションに加える

3.4 (3) 原子燃料サイクル・FBRに係る提言-3(補足説明)

4th GENERATION SYSTEMS : WASTE...



3.4 (4) 原子燃料サイクル・FBRに係る提言-4(処分等)



(燃料サイクル・FBRに係る提言-2)

1. 高レベル放射性廃棄物処分サイトの早期決定の為、サイト選定作業を全日本的に加速させるべき
 - コミュニケーション手法等を駆使したパブリックアクセプタンスの獲得
 - フランス・ロシア等の実績を参考に、法律に基づき段階的に準備を進めることも検討すべき
2. 「非核兵器保有国ながら核燃料サイクル施設を有する」との我が国の特徴を、アジア・太平洋地域の原子力エネルギー展開に活用する『方策』を追求・模索すべき
 - 近い将来、中国を中心としたアジア・太平洋地域が民生用原子力の中心地帯になるのは確実(製造技術国・大規模利用国・導入国・ウラン資源国(カザフ、モンゴル、オーストラリア))⇒ 域内における(燃料供給、再処理とも併せた)廃棄物処分の国際的フレームワークの構築を目指す
 - 同時に相互依存関係の強化による自国及び域内のセキュリティ向上を狙う・・・反面国益に裏打ちされた強い「意志」がなければ流される儘になるので要注意

3.4 (5) 原子燃料サイクル・FBRに係る提言-5(アジア連携)

アジア原子力エネルギー地政学に係る東京大学田中知教授の提案



欧米偏重ではなく、ロシアを含むアジア各国とのバックエンドを中心とした国際協力を推進すべき

- 原子力エネルギー利用を軸としたアジア地域での将来の日本の立ち位置と貢献
- 中国、インドへの国際協力
- ロシアエネルギー戦略への特徴的協力
- 韓国使用済燃料措置への協力
- カザフスタン、モンゴルへの協力、資産価値化
- 豆満江河口付近共同開発
- 南シナ海、ベトナム東海地域でのベトナムを軸とした協力
- インド原子力協力の早期締結

3.4 (6) 原子燃料サイクル・FBRに係る提言-6(FBR)



(動機と背景)

- FBRにはプルサーマルとの代替候補があるため燃料サイクル以上に将来計画が流動的となっている
 - 欧米のFBR開発はMA処理にほぼ限定されている
 - しかし、ロシア・インド・中国等は動力炉としての開発を継続中
 - 日本では3/11の影響により実証炉開発が大幅スローダウン中
- しかし2050年以降も原子力エネルギーを利用し続ける為には、トリウム又はプルトニウムの利用が必須
 - トリウムは核拡散抵抗が高いが、増殖比はプルトニウムに大きく劣る
 - トリウム炉としては溶融塩炉が有力視されるが、FBRのような技術・経験の蓄積は無く、開発に多くの時間を要することが予想される



(燃料サイクル・FBRに係る提言-3)

1. 長期原子力計画におけるFBRの必要性・重要性を再認識すべき
2. Na冷却との特徴を活かしたプラント新概念を構築すべき
 - Naの高熱伝導率を活かした完全自然循環による事故時冷却系設計
 - Naの高沸点や「低圧」設計との特徴を活かし、事故時の冷却材喪失を最小限として、炉心の露出・溶融を生じない1次系設計
 - 万一の炉心溶融時にも水素・水蒸気の発生が無いことを活かした「ノーベント&FP放出無し」、即ち「避難不要」を達成可能な格納容器設計

3.5 (1) 原子力規制に係る提言-1 (規制原則の共有)



“The safe and secure **use** of radioactive materials and nuclear fuels for **beneficial civilian purposes** is made possible by the agency’s adherence to the following principles of good regulation: independence, openness, **efficiency, clarity**, and reliability. In addition, regulatory actions are effective, realistic, and timely.”

NRC Principles of Regulation from Strategic Plan Fiscal Years 2008-2012



(原子力規制に係る提言-1)

1. 「原子力利用あつての『規制』との当り前の認識を共有すべき」
 - 規制と推進一体体制から規制を分けたNRCの場合でも原則
 - TMI後の「規制のための規制」が「長期低迷」を招いたとの米国の経験を活かすことが重要
2. 「科学的、合理的で透明な意志決定、名前のある責任者の決断」が世界中から見えるようにすべき
3. 安全への寄与の少ないコンプライアンス主義より「安全技術・安全要件」を重視する風土を醸成すべき

3.5 (2)原子力規制に係る提言-2(規制-体制改革の方向性)



(原子力規制に係る提言-2)

1. 原子力利用の健全な発展と安全規制への信頼回復を図るべき

- 規制庁全職員に対し、前頁の規制の目的と役割の徹底を図るべき
- 「迅速且つ予測可能な」規制の強化を図るべきであり、意志決定プロセスの透明性と責任を明示すべき
- 絶えざる安全性の向上を規制が先導すべきであり、その為、事業者を「動機付け」する規制(現場の良心や安全性向上の動機を後押しする規制)を目指すべき

2. 規制側と事業者が原子力安全を巡り真剣な議論を戦わせる透明な“仕組み”の構築を図るべき

- 相撲の土俵上の力士(規制側と事業者)の真剣な取組(やりとり)を観衆が見守るイメージ。規制側にも単なる“お上”の威光でなく事業者と対等に安全をめぐる戦える実力と責任ある体制が必要。
- 加えて審判団として『第三者監視委員会』制度を設けるべき

3. 実効性の高い規制を目指すべき

- 耐震バックチェック・QA・PLM・ストレステスト等の「ペーパーワーク規制」から脱却すべき
- 根本的な安全要件を軽視して、QAや構造計算・材料といった手段に執着する「偏り」を是正すべき

3.5 (3) 原子力規制に係る提言-3(規制技術の向上)



(原子力規制に係る提言-3)

1. 規制制度の国際的な透明性を確保すべき
2. 安全規制への人的リソースの優先配分を可能とすべき
 - 海外規制機関によるプラント設計認証等の国際的な規制システムの活用も検討すべき
 - 規制の性能・機能規定に対する仕様規定として、民間規格・基準の活用をより一層推進し、その為、民間規格策定団体への必要な支援を行うべき
 - 工認や溶検に関する民間認証システムの活用を推進すべき
3. 絶えず最新知見の取り込みを行い、蓄積された経験とエンジニアリングに基づく規制を行うべき
4. 下記を通じて規制技術の蓄積・向上を図るべき
 - 新型プラントの設計認証(DC)審査の実施
 - 原子力プラント輸出に際しての途上国への規制システム「移植」
5. 下記を通じて規制の為の「専門家」の育成を図るべき
 - 「実務経験の蓄積」を含めた人材育成のBuild in⇒より高度な専門家を育成して安全規制の実効性・効率性を向上
 - 要素技術に留まらないプラント技術の専門家を育成⇒例えば産業界出身の大学研究者等が専門職大学院で規制人材を育成する等(10人/年でも10年で100人を確保可)