技術者倫理（第3Q）　第2回

福島原発事故とリスクマネジメント

東京工業大学　平成30年度
中村昌允

技術者倫理　講義計画

	第3Q	第4Q
＃1	技術者倫理とは何か－1 “技術者のジレンマ”	技術者倫理とは何か－2 “科学者と技術者”
＃2	福島原発事故と科学技術者の責任 “リスクマネジメントの課題”	技術者と経営者－1 “チャレンジャー号爆発/シティコープビル”
＃3	福島原発事故と説明責任－1 “放射線問題と科学技術者の責任”	技術者と経営者－2 “研究開発とMOT”
＃4	福島原発事故と説明責任－2 “津波予測と防潮堤の判断”	ヒューマンエラーと設計技術者の責任 “JR福知山線脱線事故”
＃5	危機に際しての行動 “福島原発事故における撤退問題”	現場力の低下と設計技術者の責任 “現場力の低下にどう対応するか”
＃6	STAP問題と研究者の倫理 “研究者、研究指導者として問われたこと”	どこまで安全を求めるか－1 “日本の安全認識は世界に通用するか”
＃7	技術者のジレンマ－1 “内部告発”	どこまで安全を求めるか－2 “岐路にきた日本の安全管理”
＃8	技術者のジレンマ－2 “不確実な状況下での意思決定”	これからの科学技術と技術者の責任 “科学技術者は社会とどう共生するか”

第3Q　講義計画

講義	日程	講義内容
#1	9月29日（土）	技術者倫理はなぜ必要か？ ～技術者のジレンマ～
#2	10月　6日（土）	福島原発事故と科学技術者の責任 “リスクマネジメントの課題”
#3	10月13日（土）	福島原発事故と説明責任－1 “放射線問題と科学技術者の責任”
#4	10月20日（土）	福島原発事故と説明責任－2 “津波予測と防潮堤の判断”
#5	10月27日（土）	危機に際しての行動 “福島原発事故における撤退問題”
#6	11月　3日（土）	STAP問題と研究者の倫理 “研究者、研究指導者として問われたこと”
#7	11月10日（土）	技術者のジレンマ－1 “内部告発”
#8	11月17日（土）	技術者のジレンマ－2 “不確実な状況下での意思決定”

ノーベル医学・生理学賞
本庶佑 京大特別教授

1. 京都大学医学部卒業後、カーネギー研究所、NIHで研究。
   37歳の若さで大阪大学教授就任、免疫の仕組みを研究。
2. 平成4年、免疫細胞表面に「PD－1」という新しい物質を発見。
   「PD－1」の働きを止めると、免疫反応が過剰に働くことが分り、
   平成11年、この物質が免疫が働くのを抑える、
   いわば、「ブレーキ」の役割を果たしていることを突き止めた。

3. がん細胞がこのメカニズムを利用し、ヒトの免疫を逃れていること
   を発見。
   → がん患者の体内で、「PD－1」が働かないようにすることで、
   再び、免疫ががん細胞を攻撃するようにして治療するという
   抗がん剤とはメカニズムが全く違う
   「新しいがん治療薬の開発」につながり、
   「オプジーボ」という名前で売られるようになった。

免疫の力を利用してがんを治療しようというがんの免疫療法を医療として確立し、手術、抗がん剤、放射線治療に続く第4の治療法となるきっかけを拓いた。

イノベーションの典型：研究の時間的過程

吉川弘之『本格研究』p10　東京大学出版会

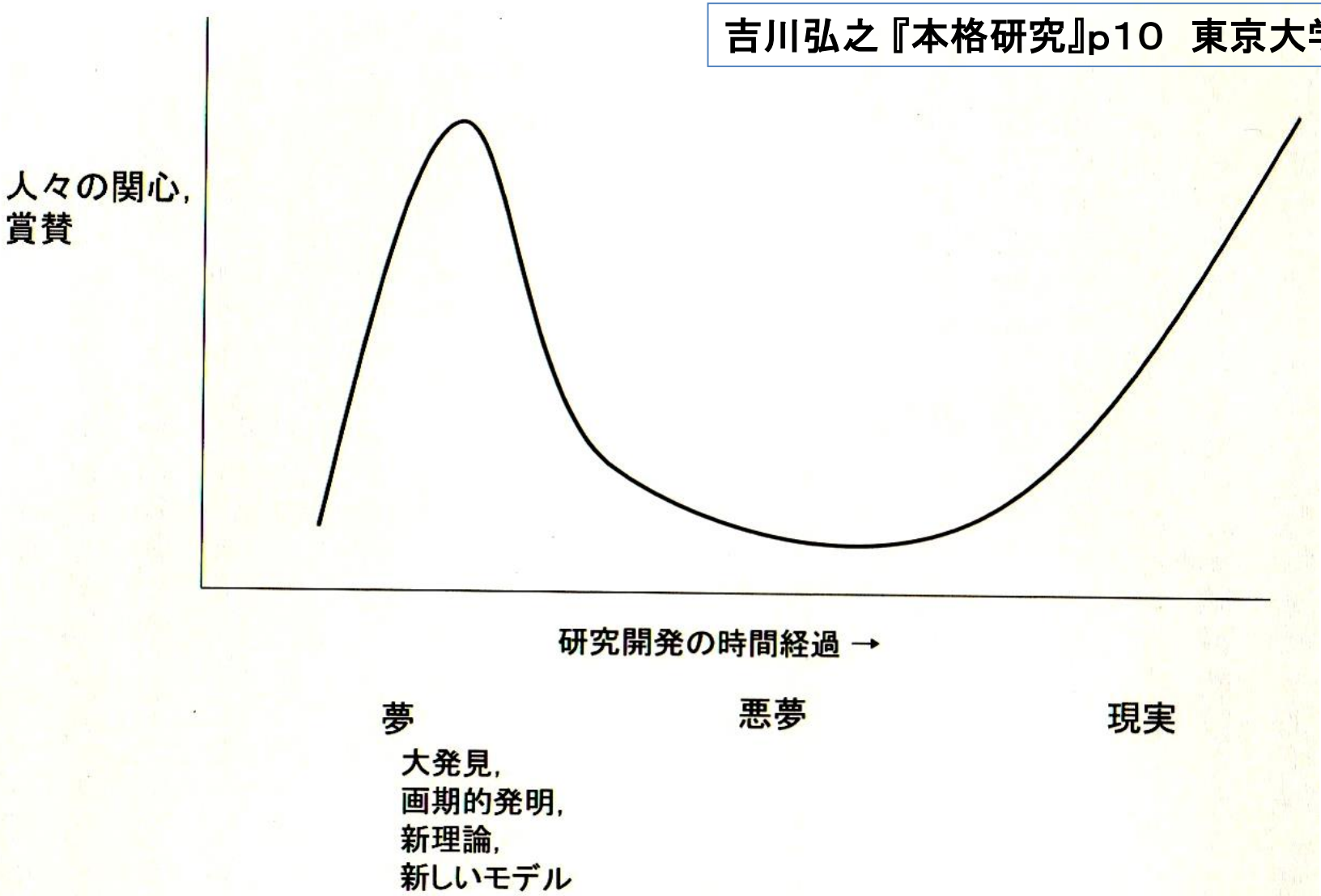


図１・１　夢－悪夢－現実

「夢―悪夢―現実」

新しい技術が誕生してから社会的に広く用いられ、
日常的なものとして定着していく過程に、一般的なパターンがある。

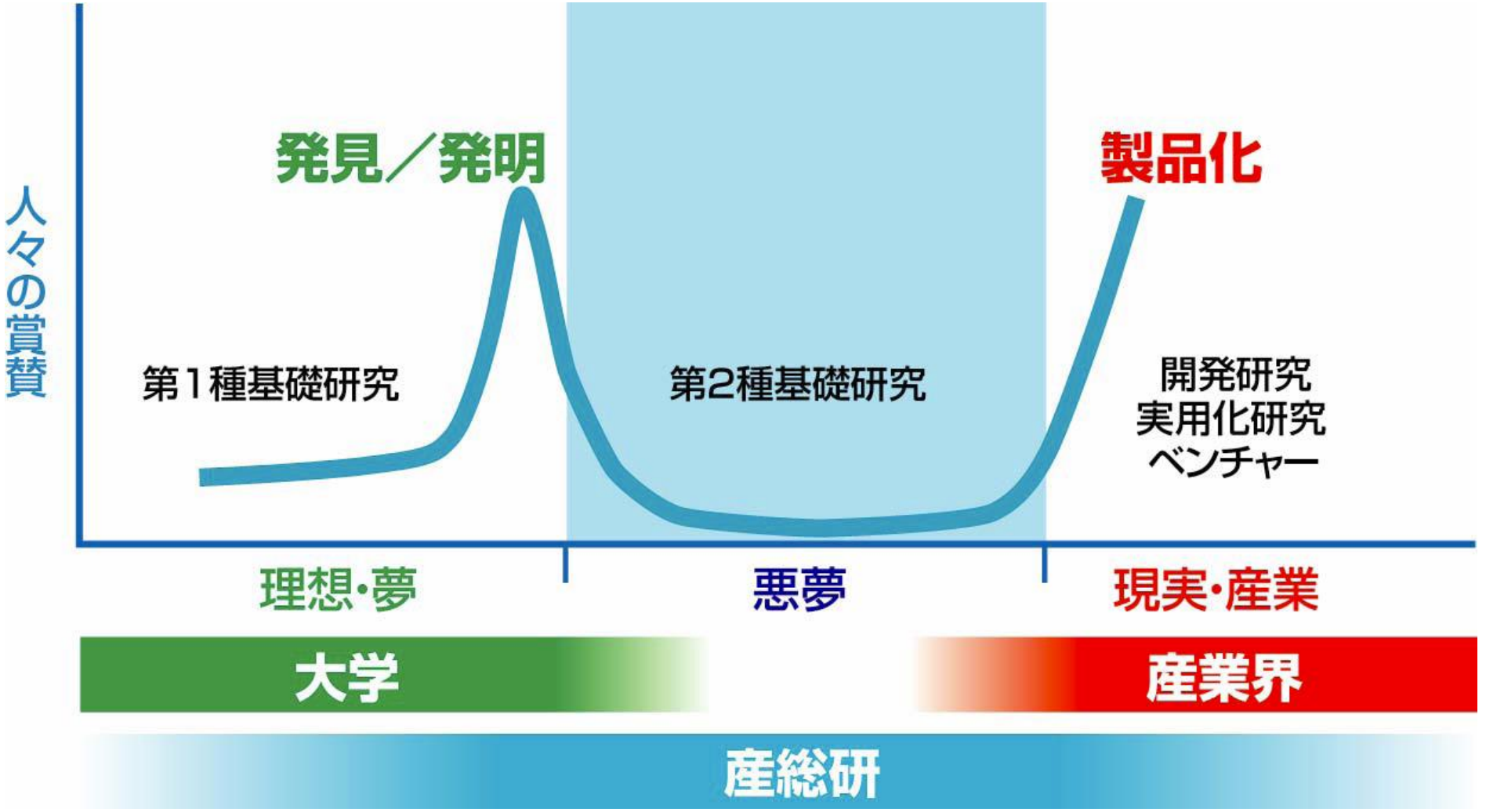
＜仮説＞

「技術の社会的受容を決める要因に、
技術的なものと社会的なものが内在するが、
両者は相互に関係しながら、その技術が定着するまでに
技術内容が進歩するのは、もちろんであるが、
それを受け入れる社会も変化し、
この両者の時間的経過がそのパターンを決定する。」

＜明らかになったこと＞

「新しい技術的着想を契機として、ある時、
大きな実現の可能性を見せ、社会から大きな期待を寄せられるが、
それが現実に普及する技術になるまでに、
十年を超す期間を待たねばならない」

産総研　産学連携


人々の賞賛
発見／発明
製品化
第１種基礎研究
第2種基礎研究
開発研究
実用化研究
ベンチャー
理想・夢
悪夢
現実・産業
大学
産業界
産総研

前回の指摘

１．技術者の責任が強調されたが、
　多くの事項は、経営者の責任、組織的な不備ではないか？
　技術者は、マネジメントの指示に対して、
　なかなか「NO」といえないのが実情ではないか？
２．技術者が専門知識を社会に伝えようとしても、
　なかなか、一般市民には伝わらないのではないか？
３．日本の品質基準や安全基準は、諸外国より高いのではないか？
４．AI、医療に関して、どのような考えを持っているか？
５．講義の中で、「責任」という言葉がよく出てきたが、
　日本では、“Accountability”と“Responsibility”とが、
　整理しないで使われているのではないか？

福島原発事故が問うたこと

分類	内容
１．リスク マネジメント	１．津波に対する事前の備え ＜不確実な情報下での意思決定＞ ２．原発事故発生時の対応 ＜危機管理＞
２．技術者の行動	３．緊急事態発生時の技術者の行動 ＜緊急時、現場を退避するか＞
３．説明責任	４．原子力発電の安全とリスク ＜原子力発電のリスクとベネフィット＞ ５．放射線リスク ＜IAEA基準と日本のリスク認識＞

福島原発事故における
リスクマネジメントからみた課題

（1）緊急事態への対応

問題が発生した時、現場でないと的確な判断ができない。

（2）リスクアセスメントは機能したか？

平成21年7月　原子力・安全保安院:「耐震安全性」OKと評価

「津波」「屋外施設」は、危険源として取り上げられたが、

リスク低減の検討対象とならなかった。

（3）福島第一、第二、女川の違いはどこから生じたか？

いずれも「想定を超える津波」に襲われた。

しかし、福島第一は電源が確保できず、深刻な被害となった。

１．　緊急事態への対応

１．緊急事態における責任と権限

（１）誰が、判断し行動できるか？

それは、第一線にいる現場の技術者である。

（２）その時、トップはどのようにあるべきか？

後方支援と対外折衝

２．緊急事態における情報連絡の一元化

福島第一原子力発電所1号機への海水注入に関する時系列について

平成23年5月26日　東京電力(株)

＜3月12日の主要な時系列＞

12:00頃　社長が海水注入の準備について確認・了解

14:50頃　社長が海水注入の実施について確認・了解

14:53頃　淡水の注入停止　（これまでに8万リットル注入）

15:18頃　準備が整い次第、海水注入する予定である旨を原子力安全・保安院等へ通報

15:36頃　水素爆発

18:05頃　国から海水注入に関する指示を受ける

19:04頃　海水注入を開始

19:06頃　海水注入を開始した旨を原子力安全・保安院へ連絡

19:25頃　当社の官邸派遣者からの状況判断として、
「官邸では海水注入について、首相の了解が得られていない」との連絡が、本店本部、発電所にあり、本店本部、発電所で協議の結果、いったん注入を停止することとした。
しかし、発電所長の判断で海水注入を継続。

Question「何が問題であったか？」

1. トップの了解とは、何を意味するか？

⇒　現場は、その指示のもとに行動している。
トップが了解したことは、トップが官邸と対応。

2. 現場は、水素爆発が起きた緊急事態にあった。

①　この時、現場と本店との対策会議は、可能であったか？
②　現場は、本来の指揮系統以外の官邸からの問合せや指示に対応できたか？
（官邸や本店はそのことを認識していたか？）

3. 吉田所長は、本店指示を無視して、海水注入を継続。

⇒　これをどう考えるか？

＜ポイント＞

1. 地震発生、そして、津波発生後に緊急電源を失い、
「冷却不能」になった。

2. 迫りくる事態「炉心溶融」への対処は、
迅速な決断と行動が必要。

3. 誰が、この事態をよく認識し、判断できたか？
そして、意思決定できるのは誰か？

＜現場が判断することと、経営者が判断することとの違い＞

① 緊急事態の判断は、現場でないとできない。

② 技術の専門事項、安全に係る判断は、専門家。

⇒ 平常時から、ルール化しておく必要がある。

海水注入問題をどう考えるか？

事故直後、原子炉への海水注入をめぐり、首相官邸にいた東電幹部は「首相の判断がないので注入はできないという雰囲気や空気」（武藤栄副社長）を感じたという。ともかく注水が大切と知りつつ、本店は福島第一原発に注水の中断を求めた。原発所長の判断で注水は継続し、最悪の事態は回避されたが、極限状態においてなお、専門家でない首相の意向を慮（おもんぱか）る姿勢からは安全への使命感は感じられない。

2011.7.17　読売新聞

（行動の原因が自分の外にある）他律的行動は、
失敗した時「上司に言われてやった　or　親に言われたのでやった」
などのいいわけが可能だ。

国会事故調査委員会発表　2012年6月10日読売新聞

国会事故調「論点整理」の骨子

1. 東京電力が全員撤退を決定した形跡は見られない。
2. 官邸関係者からの頻繁な電話や初歩的な質問などにより、現場は余分な労力を割かれた。
3. 東電は単なる官邸指示の伝達役になった。
4. 放射性物質拡散予測システム（SPEEDI）による予測計算は、初動の避難指示に活用できないものだった。
5. 情報発出側の責任回避に主眼が置かれ、住民の健康と安全は顧みられなかった。

「原発 官邸が過剰介入」

国会事故調 初動遅れを批判

東京電力の福島第一原子力発電所事故を検証する国会の「事故調査委員会」（黒川清委員長）は9日、国会内で会合を開き、最終報告書に向けた論点を整理した。菅前首相をはじめ、首相官邸による過剰な現場介入が事故対応の妨げとなるとともに、官邸の初動の遅れが住民避難の混乱拡大を招いたと結論づけた。6月末に衆参両院議長に提出する最終報告書でも、事故対応の混乱の最大の責任は官邸にあった、と結論づけられる公算が大きくなった。

〈関連記事2・3面〉

国会事故調「論点整理」の骨子

▽東京電力が全員撤退を決定した形跡は見受けられない

▽官邸関係者からの頻繁な電話や初歩的質問などにより、現場は余分な労力を割かれた

▽東電は単なる官邸指示の伝達役になった

▽放射性物質拡散予測システム（SPEEDI）による予測計算は、初動の避難指示に活用できないものだった

▽情報発出側の責任回避に主眼が置かれ、住民の健康と安全は顧みられなかった

報告は来ないかも

2014年9月5日 読売新聞

福島第一原子力発電所の事故の後、アメリカのある電力会社の社長が、技術担当の役員に尋ねた。「もし原子炉に海水を注入するような場合には、事前に君から報告があるだろうか」。技術担当役員は「いいえ」と答えた。「なぜなら、私の所にも報告は来ないでしょうから」

米原子力規制委員会（NRC）の幹部が当時、笑いながら話していたが、ジョークではなさそうだ。一刻を争う重大事故の対処では、現場の判断が最優先され、いちいち本社にお伺いを立てている暇はない。

原子炉に塩水を入れると、もうその炉は使えなくなる。それでも、冷却手段が海水しかなければ、現場は注水をためらわない。経営より、炉心の冷却の方がはるかに重要だからだ。

解

報告は来ないかも

科学部次長
山田　哲朗

故吉田昌郎・同原発元所長が政府の調査委員会に語った「吉田調書」によれば、吉田氏も「もう海水を入れるしかない。海水なんか当たり前だ」と迷わず海水注入を進めた。

ところが、官邸に詰めていた東電幹部は、炉内の状況より官邸内の状況をおもんぱかり、「官邸はまだ海水注入は了解していない。四の五の言わずに止めろ」と吉田氏に電話する。

困った吉田氏は、注水を続けるよう部下にこっそり指示したうえで、東電本店とのビデオ会議では表向き注水停止の命令に従ったように芝居を打った。

緊急の場面では、自分に相談があるとは限らない。アメリカの電力会社役員だけでなく、日本のお偉方もそこを理解しておかないと、危機対応を誤ることになる。

参考:JR東日本　津波への対応

2011.3.11の津波で

駅・列車ご利用中のお客さまの死亡ゼロ

現場は、そして社員は、

どのように対応したのか。

出典:　西野史尚　MOTシンポジウム2012講演資料
「JR東日本における安全と地震への取り組み課題」

今回、「鉄道ご利用中のお客さまの死亡ゼロ」は、指令、現場社員の自律的な行動による大きな成果である。

◎今後も地震に限らず、様々な危機が発生しうる。

その時に、今回の各職場の取り組みに学び、当社のどこの職場であっても、同じようなことができるようにしていかなくてはならない。

◎震災や大事故発生直後の対応にあたっての判断は現場に委ねられる。

・・・本社対策本部は、要員・物資の支援と行政との対応がメイン（それしかできない）

⇒現場が臨機応変に対応できるように以下を再構築

・資材・機材の配置

・社員が臨機応変に対応できる訓練の実施

出典：　西野史尚　MOTシンポジウム2012
講演資料「JR東日本における安全と地震への取り組み課題」

②現地で避難の意思決定がスムーズにできる

【津波の危険を意識して避難を決定】

成功の要因

（乗）指令は津波危険区域外だったので待機指示を出したが、乗務員が危険と判断して**指令に避難の了解をもらった**

（共）**「警報受信時は空振りしてでも避難する」という方針**を徹底

（共）**地震の大きさで津波を連想**し防災放送により**避難準備した**

58

出典：　西野史尚　MOTシンポジウム2012講演資料
「JR東日本における安全と地震への取り組み課題」

緊急時の体制

1. 緊急事態発生時に、トップは包括的な指示は出せるが、的確に判断できるのは、現場である。
2. 緊急事態においては、安全に絡む判断等、技術者がすべき決断を、現場に委ねることを、ルール化しておくことが必要。
3. しかし、経営に大きな影響を及ぼす決断を、現場で実施することは、現場にとって大きな負担となる。トップが関与せざるを得ない。

⇒　現場にどこまでの権限を委譲するかのルールが必要

2. リスクアセスメント（RA）の課題

1. リスクアセスメント

- 新しい技術を、アメリカから日本に導入する際のRA
- 地盤を掘り下げた時のRA
- 電源喪失リスクに対する備え（原発運転停止後も発熱が続く）

2. 見直しの機会が活かされなかった。

- 津波対策は、耐震基準見直し時にリストアップされたが、未実施。
- 一度「OK」としたことの見直しを、関係者にどのように説明するか？
  社会に、「絶対安全」といってきたこととの整合性

3. 「想定外」の事態

- 技術者は、「想定」の範囲を広げるようにする。　ex. 安全率
- リスク低減措置を講じても残るリスク「残留リスク」がある。
  → これをどのように、関係者で情報を共有し、対処するか！

（1）原子力発電所を日本に導入時のRA

1．原発技術を日本に導入するときに、
アメリカとの立地条件の違いをどのように考慮したか？

（1）アメリカ：　大河のほとりに立地
恐れていたのはテロ　⇒　重要施設は地下

（2）日本　：　海岸に立地
⇒　日本の環境に合わせたRA

2．福島第一原発の建設時、
建設地盤は35mあったが、10mに削られた。

・過去の記録、あるいは、何らかの推論に基づく最大の高潮に対するRAは、どのように行われたか？（当時の津波の想定：最大　5．7m）

アメリカの原子力発電所の立地

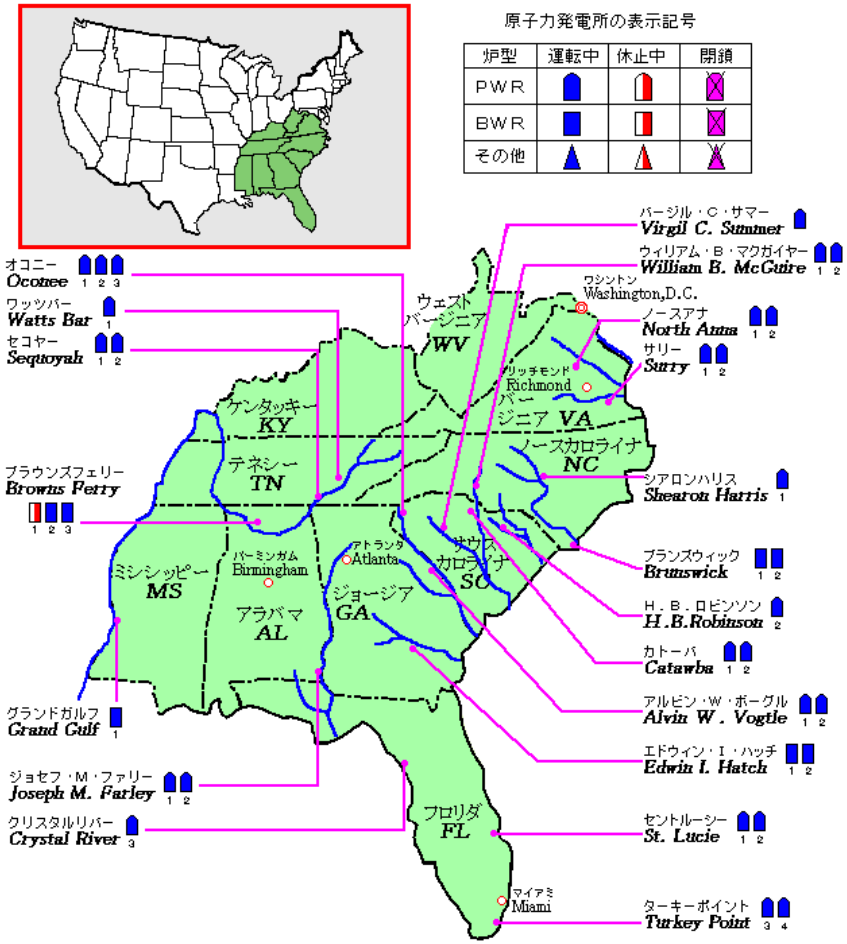


図１－３　北米南東部の原子力発電所立地点

[出典](社)日本原子力産業協会：世界の原子力発電開発の動向 2005年次報告、(2006年5月)、p.73

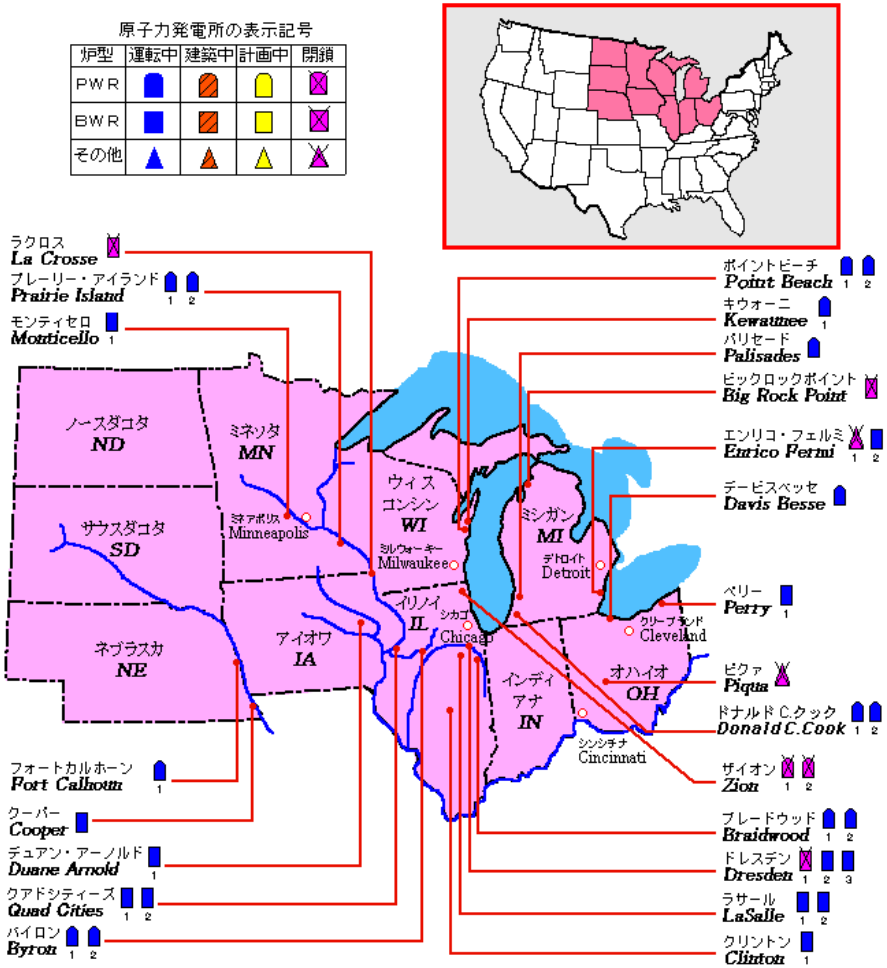


図１－４　米国中部北地域の原子力発電所立地点

[出典](社)日本原子力産業協会：世界の原子力発電開発の動向 2005年次報告、(2006年5月)、p.75

（2） なぜ、見直しの機会が活かされなかったか？

1. 平成21年7月　原子力安全保安院は、
福島原発の耐震安全性の見直しを実施した。
2. この時、採られた方法は、
安全上重要な建物、機器の再評価で、
屋外設備等は次の機会に評価されることになった。

当事者が重要と思わないと、リスク評価の対象とならない。
周辺設備は、対象から外されることが多い。

⇒ どのように、リスクアセスメントを行なえば良いのか？

参考資料　3

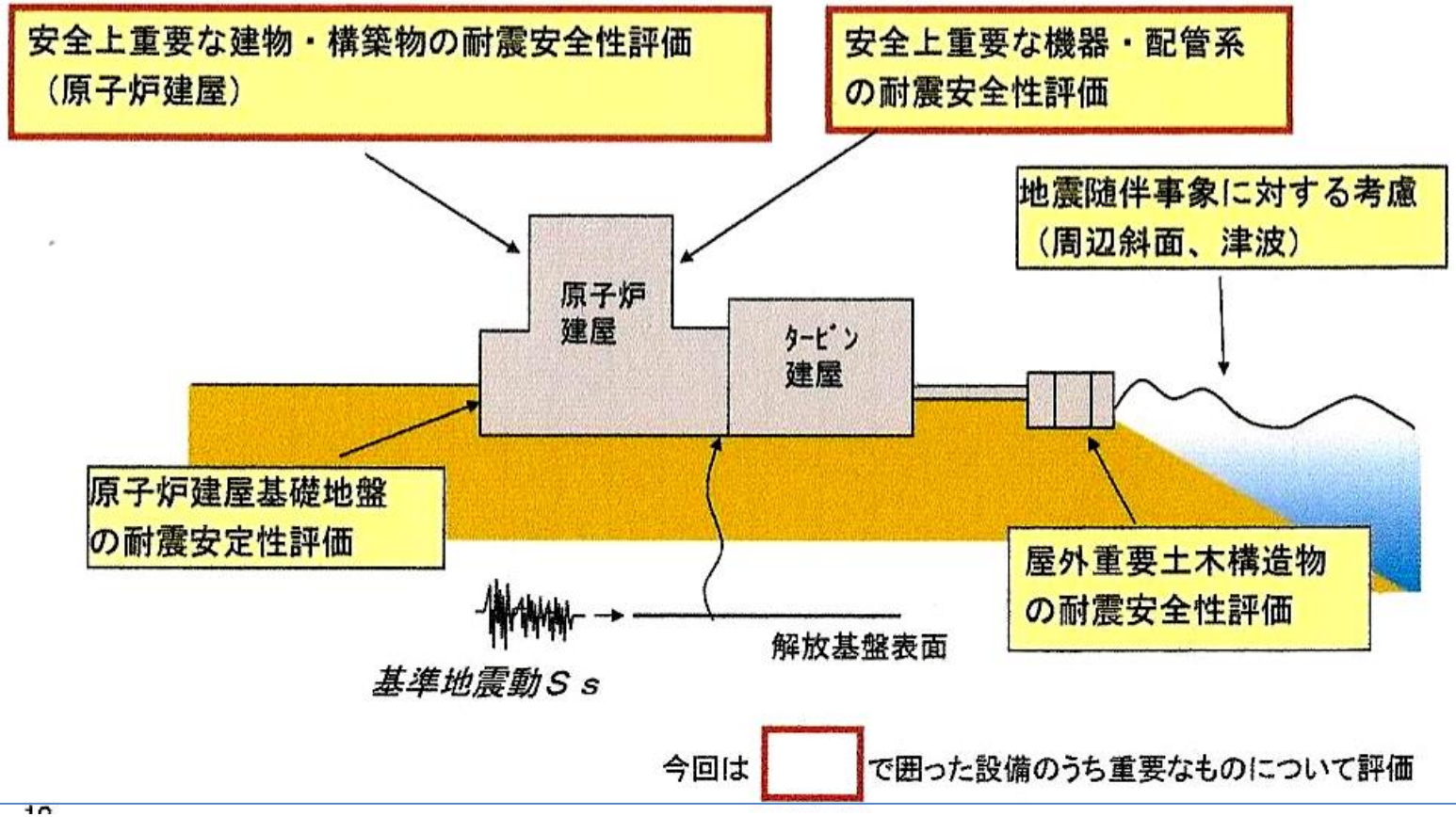
福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所の耐震安全性について

平成21年7月

原子力安全・保安院

バックチェックの方法（耐震安全性評価）

基準地震動Ｓｓを策定し、下記の施設等の耐震安全性評価を実施。



平成21年7月　原子力安全・保安院
「福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所の耐震安全性について」

リスクアセスメントの課題

(1)リスクの特定

危険源として、リストアップされても、
それが『危ない』と思われないと、
リスク低減策実施の対象とならない。

⇒　網羅的手法で解決できるか？

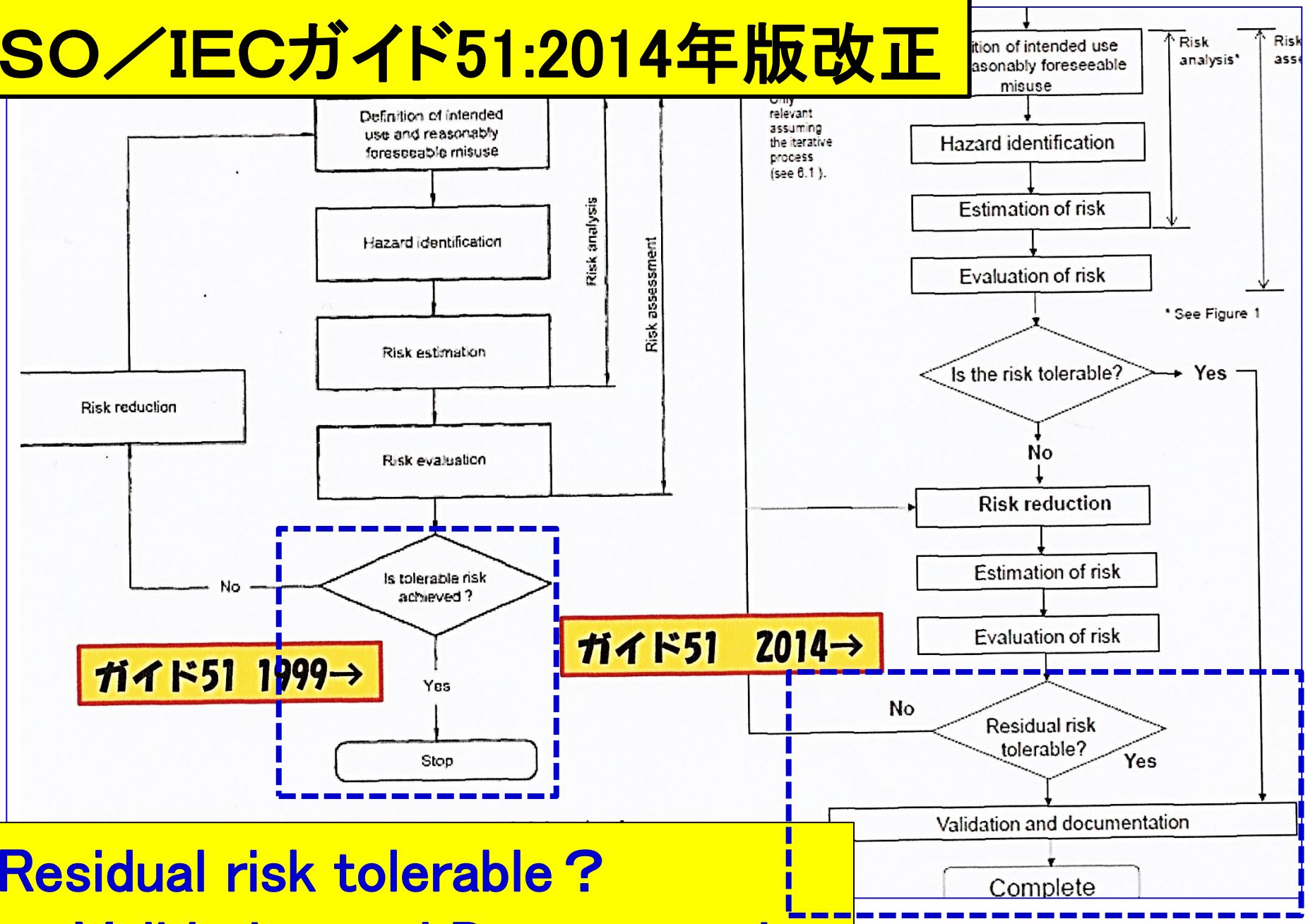
⇒　どんな事項を、リスク評価対象とするかは、
経験と専門能力が必要。

結局は、「リスク感性」の問題に帰着。

(2)リスク評価：　受け入れ可否の判断

どこまでを許容するか（我慢できるか）？

ISO／IECガイド51:2014年版改正



Residual risk tolerable？

→ Validation and Documentation

３．リスクマネジメント（狭義）の問題

（１）福島第一、福島第二、女川原発のいずれも
想定を超える津波に見舞われたが、
福島第一は、致命的事態となった。

（２）原発は、「電源が切れたら、すべて終わり」という
構造上の問題があった。
それに対する事前の備えができていなかったことが、
根本的な問題である。

（1）構造上欠陥:「電源が切れたら全て終わり」

＜ なぜ、電源が断たれたのか？　＞

1. 地震の1時間後には、すべての電源が止まった。

① 変電所からの送電　（地震で破壊）
② 非常用電源／配電盤／海水ポンプ　（津波で破壊）
③ 緊急炉心冷却装置　（海水をかぶり制御系破壊）
⇒ 原子炉を冷却できない状態。

2. 非常用ディーゼル発電機が構内の同じ場所にあった。

3. 非常用発電機のバックアップとして準備してあった移動式ディーゼル発電機が使えなった。

4. バッテリが8時間で切れた。

(2)なぜ、福島第二・女川は大丈夫だったか！

	福島第一	福島第二	女川
地震想定	マグニチュード6．5 に対し、9．5	マグニチュード6．5 に対し、9．5	
津波想定	5．7mに対し、約15m	5．7mに対し、約7m	約9mに対し、約13m
	①外部からの電力供給を 受けられなかった。 ・送電鉄塔倒壊 ・送電網とルート倒壊 ②津波により、 ・非常用発電機冠水 ・海水系ポンプ冠水 ・配電盤冠水 →非常用電源を失う。 1基助かる。(空冷式)	①非常用発電機 気密性の高い 原子炉建屋内に設置 ②地震発生当日に、 外部電源が 使用可能になる。	①標高15mに施設建設 地下部分の 一部浸水に止まる。 ②外部からの 電力供給があった。
停止状況	・1～4号機爆発 ・5，6号機、20日冷温停止	15日までに全基が、 冷温停止。	12日未明までに、 3基全て冷温停止。

東海第二はなぜOKであったか？

１．２０１１年3月１１日
東北地方太平洋沖地震により、原子炉が自動停止。

２．常用の外部電源も停止したため、
非常用ディーゼル発電機3台を起動し、必要な電源を確保。

３．１台は津波によってディーゼル発電機用海水ポンプが故障。
残るディーゼル発電機2台で原子炉冷却に必要な電源を確保。

４．その後外部予備電源が回復し、３月１５日０時４０分に
原子炉水温度が１００℃未満の冷温停止状態。
その間は注水と、水蒸気を逃がすための弁操作の綱渡り的な繰り返しで、
冷温停止までにかかった時間も通常の2倍以上であった。

（3）深層にあったことは？

1．問題の先送りは、なぜ行われたか？

（1） 過去にOKとしてきたことが覆る。
そのために起こるであろう『訴訟リスク』を恐れた。

（2） そこまでしなくとも、『大丈夫』と思っていた。
＜津波の予測とリスクマネジメント＞

2．原発の運行に支障が生じることを回避

耐震工事等が必要と思いながらも、
社会が、条件変更を厳しくチェックするため、
当初設定では、リスクがあると言えなかった。

（4）電源の比較検討

「1つでも残ったか否か」が分岐点

各原発の電源の状況（概要）

	福島第一原発 1号機	福島第一原発 2号機	福島第一原発 3号機	福島第一原発 4号機	福島第一原発 5号機、6号機	福島第二原発 1～4号機	女川原発 1～3号機	東海第二原発
外部交流電源	✕ 全6回線が地震で喪失					△ 4回線中1回線のみ健全	△ 5回線中1回線のみ健全	✕ 全3回線が地震で喪失
非常用ディーゼル発電機	✕ 津波によってすべて喪失				△ 5台中1台のみ健全（融通）	△ •1、2号機は全滅 •3号機は3台中2台、4号機は3台中1台が健全	○ •1、3号機はすべて健全 •2号機は3台中1台が健全	○ 3台中2台が健全
直流電源※（バッテリー）	✕ 津波によってすべて喪失		○ 全2機が健全（のちに枯渇）	✕ 津波によってすべて喪失	○ 全4機が健全	○ 全8機が健全	○ 全6機が健全	○ 全2機が健全
電源車	✕ •2号機 ➡ 唯一あった電源車の接続を試みたが、1号機の爆発で損壊し、接続できず •1、3、4号機 ➡ 使用可能電源盤の調査、ケーブル敷設に時間を要したため対応が遅延				○ 海水系ポンプの復旧に使用	○ 一部電源車を使用	— 外部電源、非常用発電機が健全だったため、必要としなかった	— 非常用発電機が健全だったため、必要としなかった
外部電源の復旧	✕ 水素爆発までに復旧せず				✕ 冷温停止までに復旧せず	— 当初から1系統の外部電源が生きていた	— 当初から1系統の外部電源が生きていた	○ 3月13日19:37に予備系統が復旧

※直流電源はA系、B系のみ記載

設計の想定以上の長期電源喪失が発生
過酷事故への進展

大前研一「原発再稼働最後の条件」p82（2012）小学館

(5)各原発の重要機器の設置位置

1. 福島第一の致命傷は、「電源」の喪失
2. 1～4号機の重要施設は、海抜2mの場所にあり、浸水。

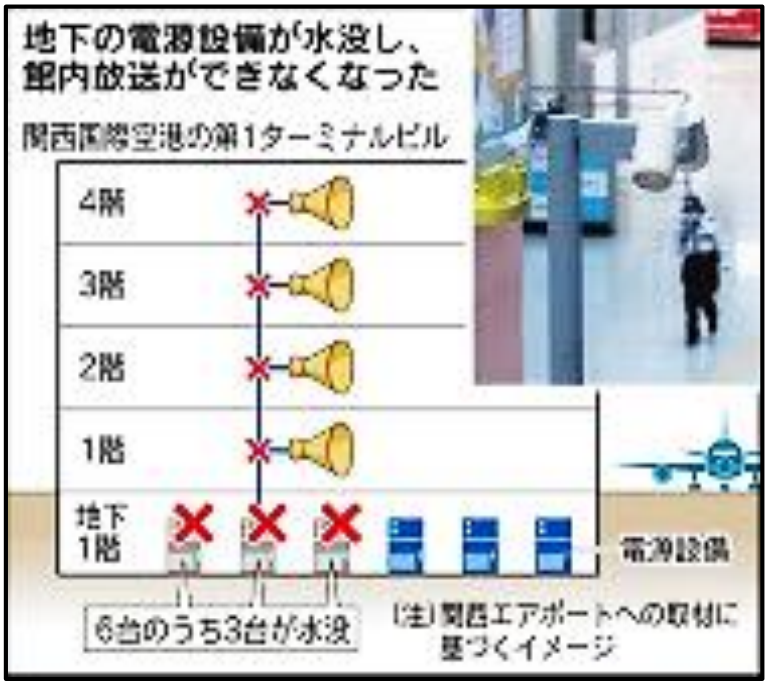
各原発の重要機器の設置位置を比較――福島第一原発では水没した地下にあった

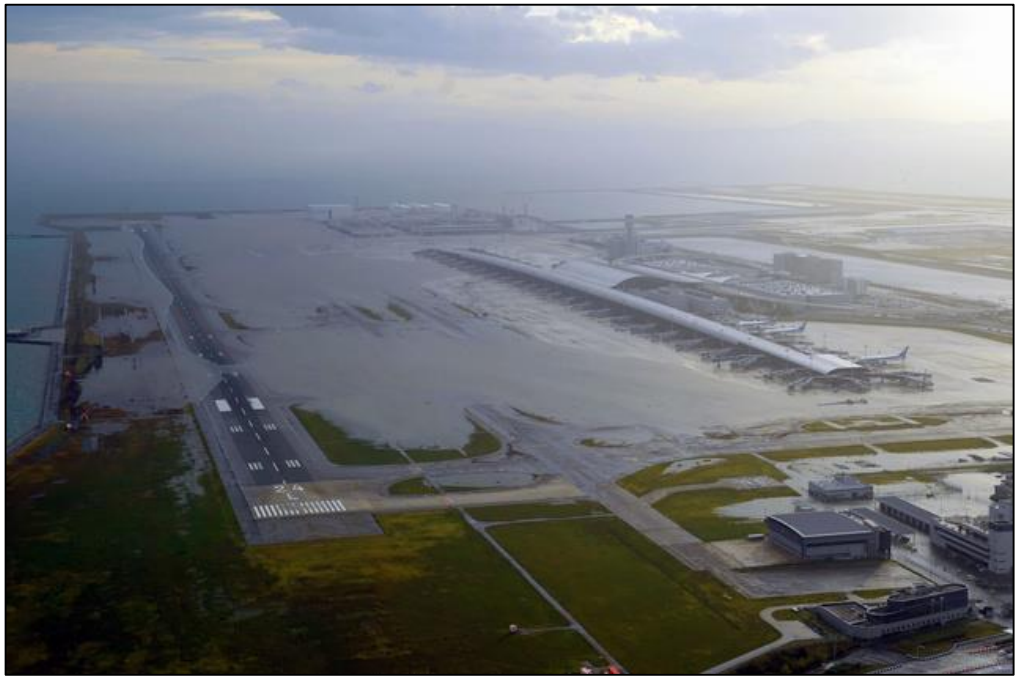
	福島第一原発1号機	福島第一原発2号機	福島第一原発3号機	福島第原発一4号機	福島第一原発5、6号機	福島第二原発	女川原発	東海第二原発
浸水の高さ（主要建屋設置エリア）	O.P.約15.5m				O.P.約14.5m	O.P.約14.5m	O.P.約13m	H.P.約6.3m
敷地の海抜（主要建屋）	O.P.10m				O.P.13m	O.P.12m	O.P.13.8m	H.P.約8.9m
非常用発電機の設置高さ	A系 O.P.4.9m B系 O.P.2m 両方とも浸水により喪失 ×	A系 O.P.1.9m 浸水により喪失 B系 O.P.10.2m（空冷） 電源盤浸水により喪失 ×	A系・B系 O.P.1.9m 浸水により喪失 ×	A系 O.P.1.9m 浸水により喪失 B系 O.P.10.2m（空冷） 電源盤浸水により喪失 ×	5号機 A系・B系 O.P.4.9m 6号機 A系・H系 O.P.5.8m 6号機 B系 O.P.13.2m 空冷。この1台だけ使用可 ○	1～4号機 A系・B系・H系 O.P.0m 3号機で2台、4号機で1台使用可 ○	1号機 A系・B系 O.P.0.5m 2、3号機 A系・B系・H系 O.P.14m 1、3号機で全台、2号機で1台使用可 ○	A系・B系・H系 H.P.1.6m 2台使用可 ○
直流主母線盤の設置高さ（A）、（B）系	コントロール建屋 B1F O.P.4.9m ×	コントロール建屋 B1F O.P.1.9m ×	タービン建屋MB1F O.P.6.5m ○	コントロール建屋 B1F O.P.1.9m ×	タービン建屋MB1F O.P.9.5m ○	コントロール建屋 2F（1、2号機） O.P.18m コントロール建屋 1F（3、4号機） O.P.12.2m ○	制御建屋B1F（1号機） O.P.9.5m 制御建屋B1F（2号機） O.P.7m アウターB1F（3号機） O.P.5m ○	複合建屋1F H.P.9.1m ○

※女川原発は、地震による地殻変動（-1m）を考慮している。MB1Fは1階と地下1階の間にあるフロア　　O.P.=小名浜港工事基準面（福島第一原発、福島第二原発の場合）、女川基準面（女川原発の場合）　H.P.=日立港工事基準

大前研一「原発再稼働最後の条件」p96（2012）小学館

【台風21号】
関西空港では、なぜ、停電になったか？





運営会社の関西エアポートによると、関空では第1ターミナルビルの地下1階の機械室に設置した6台の電源設備が電力会社から送電を受け、それぞれがターミナル内の異なる設備に送っている。台風21号の接近で4日、空港周囲では過去最大級の高潮が発生し、機械室にも海水が入り込んだ。その結果、6台のうち3台の電源設備が水没し、同日午後1時半ごろターミナルビルの一部が停電。館内放送用の設備に電気を送れなくなった。

ブラックアウトはなぜ起きたか？

北海道電力が抱える「脆弱性」の本質
他の電力会社とは全く状況が違う

1．震源地近くに立地する北海道電力苫東厚真火力発電所が被災した。
当時の発電量の半分近くに相当する1，2，4号の3機合計165万kWもの電力が一瞬のうちに失われ、系統の他の発電所も発電設備保護のために順次停止し、北海道全体が停電、いわゆる「ブラックアウト」状態に追い込まれた。

2．その後、水力発電所や被災しなかった火力発電所などが順次再稼働を果した。
しかしながら、北電最大の発電所である苫東厚真が再稼働するまでは、泊原発の再稼働が見渡せない状況の中で、復旧したとは言えないだろう。

3．問題点

① 北海道電力が孤立し、経営規模が小さい。

② 北電火力の発電所の老朽化。30年以上経過したものが大部分
（火力への依存度：原発事故以前の40%から70～80%に増加）

③ 泊原発（207万KW）の停止が長期化し、再稼働が見通せない。

④ 風力、太陽光は、出力不安定なため、寄与できなかった。

（6）全てのリスクに対応できるか？

1．想定を超える津波が来ても、福島第二、女川、東海第二は、
非常用電源が失われなかったので、無事であった。

2．福島第二が建設された時に、
福島第一の電源設備に対する見直しが行われたか？
見直しが行われたとしても、
実際に工事することが可能であったか？
そのことを、技術者は、関係者に説明できたか？

＜参考＞　化学プラントの緊急放出弁
異常が起きれば、そこから圧力が放出

（7）政府事故調　核心解説

以上の海外での安全対策を見ていると、日本の“安全神話”とはいったい何だったのか、と言いたくなる。日本の原発技術は、材料技術、機器の信頼性および地震対策などの面で優れていたと思われる。しかし、それらのほとんどは「小さな事故を起こさない」ための技術であり、ある程度の規模の事故が起こってしまった後の「減災のための安全技術」は含まれていなかった。

つまり、日本は「小さな事故を起こさないためには神経を集中させてきたが、いったん事故が起こった後のことを十分には考えてこなかった」と総括できるように思う。

畑村洋太郎、安部誠治、渕上正朗：
「福島原発事故はなぜ起こったか　政府事故調核心解説」
P27（2013年）　講談社

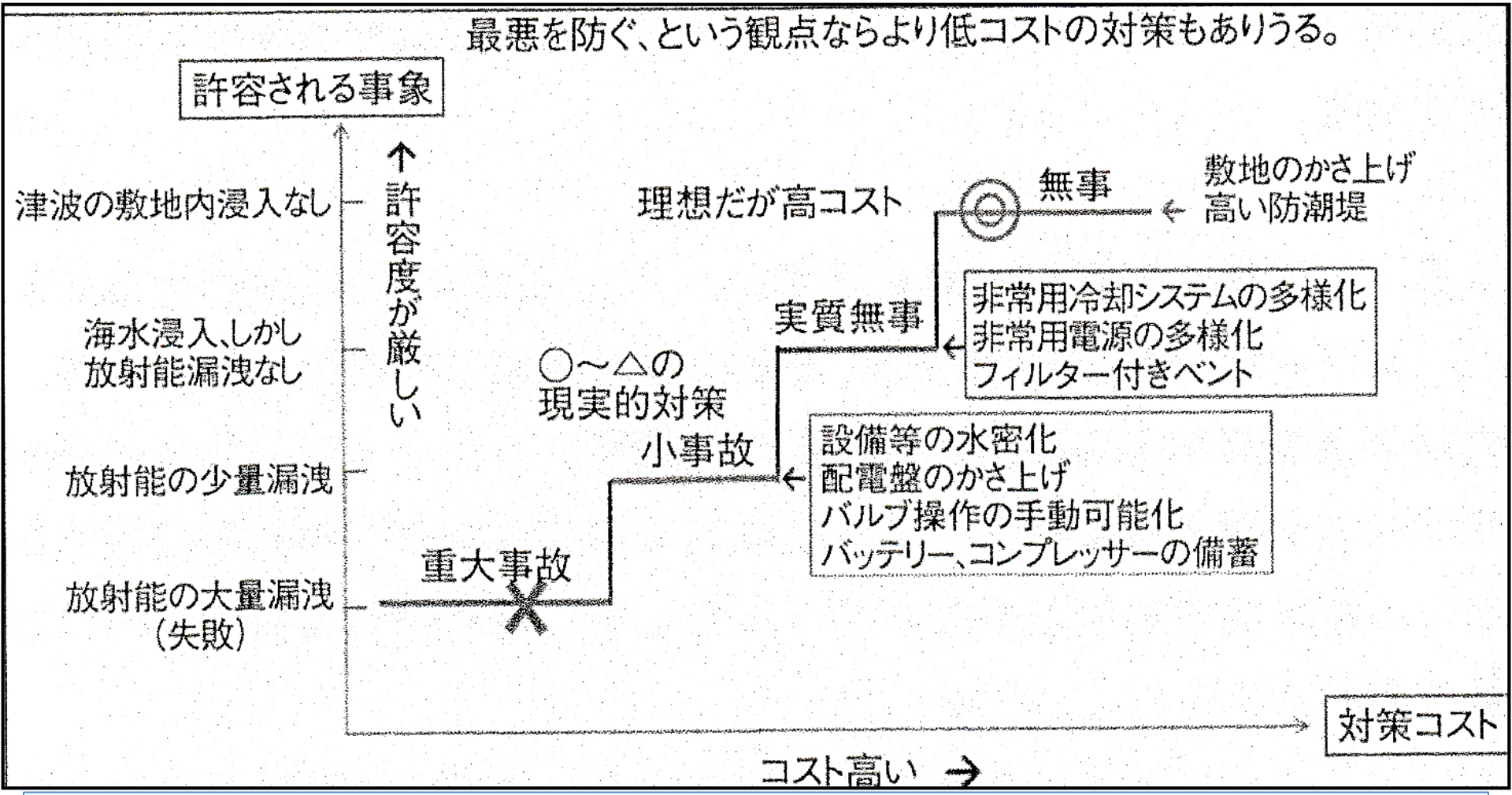
ありえた現実的な対応策

津波対策と言えば、「防潮堤を高くして防ぎ切るしかない」と単純に考えるのは間違いである。「わずかな浸水も許さない」というのではなく、視点を変えて、炉心損傷に至る過酷事故を「ギリギリにでも防ぐことができなかったのか」と考えてみる必要がある。すると、配電盤やバッテリーの水没、エア（圧縮空気）の枯渇、水位計の機能喪失など、いわば「周辺部」や「神経部」とでもいうべき主要部以外の設備にも多くの原因があったことがわかる。

それらの安全対策は、仮に実施していたとしても、比較的低コストで実施できる内容が多かったと考えられる（図２－19）。「比較的容易に実施できたはずの、過酷事故を防ぐための最低限の対策」とは何だったのか、という視点から、下記の５つの課題を指摘したい。

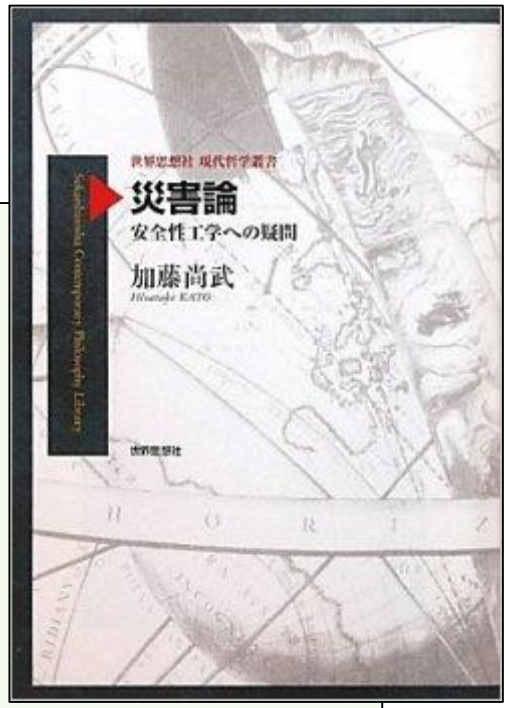
畑村洋太郎、安部誠治、渕上正朗：
「福島原発事故はなぜ起こったか　政府事故調核心解説」
P27（2013年）　講談社

津波に対する安全コストと許容される事故の過酷度



畑村洋太郎、安部誠治、渕上正朗：
「福島原発事故はなぜ起こったか　政府事故調核心解説」、P78（2013年）　講談社

加藤尚武　京都大学名誉教授



＜安全性工学への疑問＞

原子力発電所の安全の設計原理（PSA）には、
確率の基礎概念として「期待値」が使われている。
「期待値」は、
「低い確率で大きな損害＝高い確率で小さな損害」
に基づいているから、
「異常な危険は、事実上リスク・ゼロにせよ」を吸収できない。

無過失責任の原理の前提
「低い確率で大きな損害≠高い確率で小さな損害」

⇒　重大なあるいは不可逆な損害が生じる恐れが
ある場合には、確率論的安全評価は使えない。

リスクマトリックス（通常）

向殿政男　よくわかるリスクアセスメント（中災防新書）

ひどさ 頻度	1 無視可能	2 軽微	3 重大	4 破局的
信じられない	1	1	1	1
起こりそうにない	1	1	2	2
あまり起こらない	1	2	2	2
ときどき	2	2	3	4
かなり	2	3	4	4
しばしば	3	4	4	4

1　無視可能なリスク　　2　許容可能なリスク
3　受け入れられないリスク　　4　全く受け入れられない

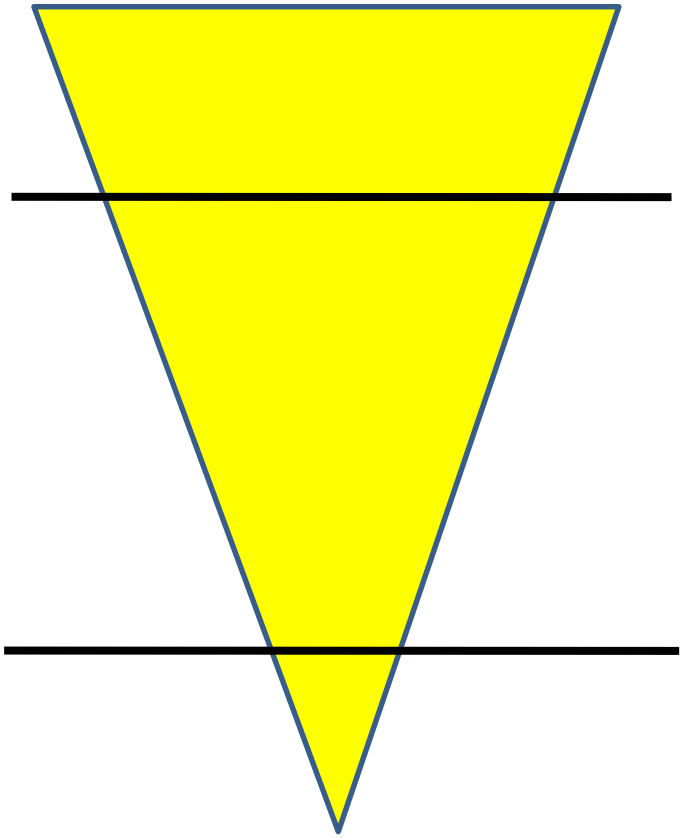
リスクマトリックス（見直し）

向殿政男　よくわかるリスクアセスメント（中災防新書）

ひどさ / 頻度	1 無視可能	2 軽微	3 重大	4 破局的
信じられない	1	1	1	4
起こりそうにない	1	1	2	4
あまり起こらない	1	2	2	4
ときどき	2	2	3	4
かなり	2	3	4	4
しばしば	3	4	4	4

1　無視可能なリスク　　2　許容可能なリスク
3　受け入れられないリスク　　4　全く受け入れられない

工学システムにおける安全目標



基準　A

工学システムが如何に社会に対して
有効な機能を有していても
最低限満足すべき目標

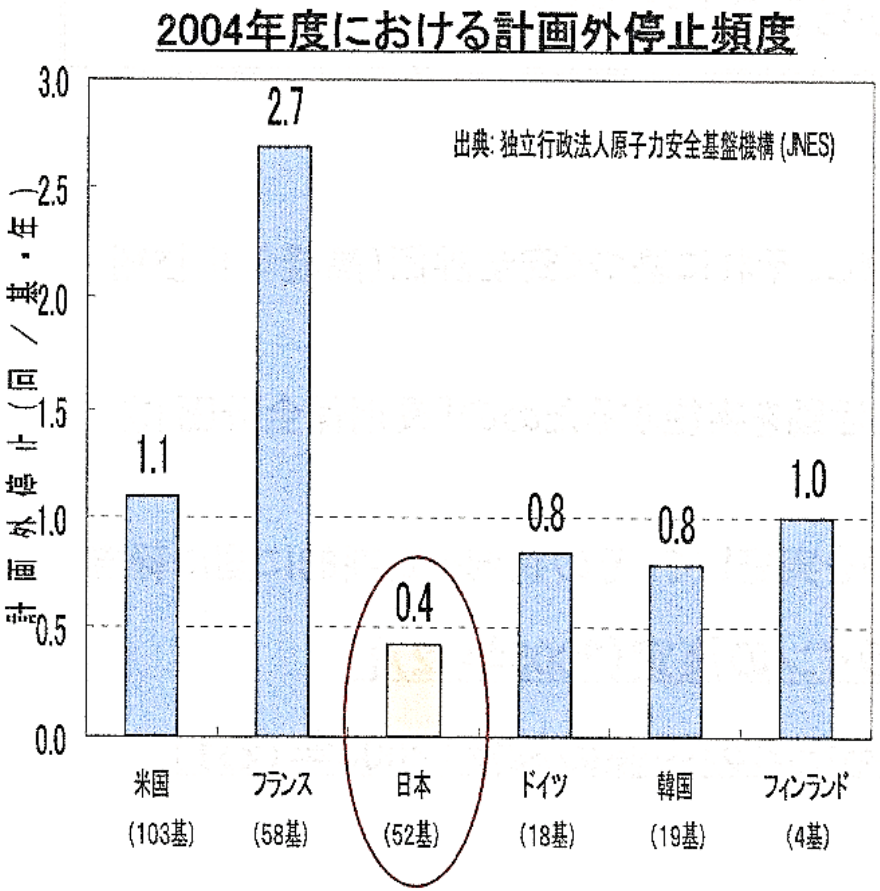
基準　B

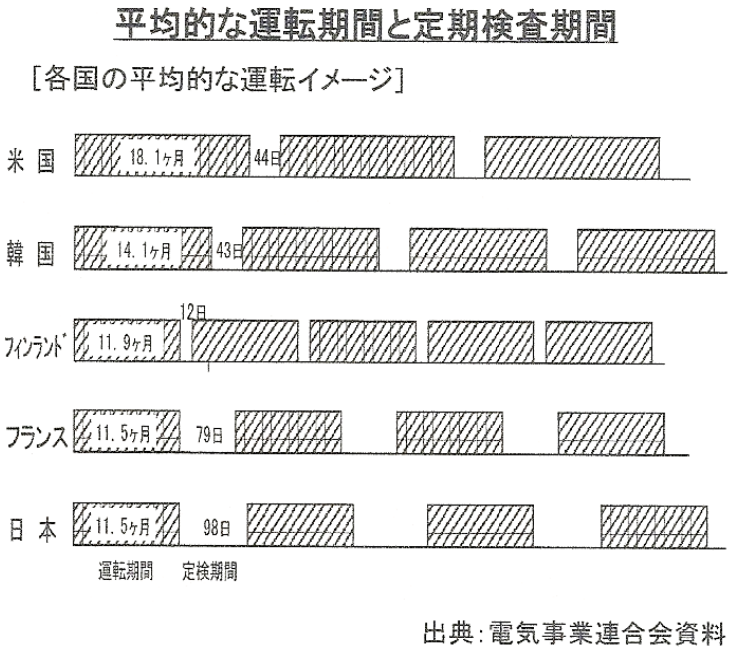
満足すれば無条件で許容できる
更なる改善を必要としない

1. 基準A　：　社会との合意によって決まる。
2. 基準B　：　関係者との合意
3. 基準A と基準B との間の判断は、ALARPの原則に則って行う。

4. なぜ、フランスは原発依存度が高いのか？

計画外停止頻度の比較





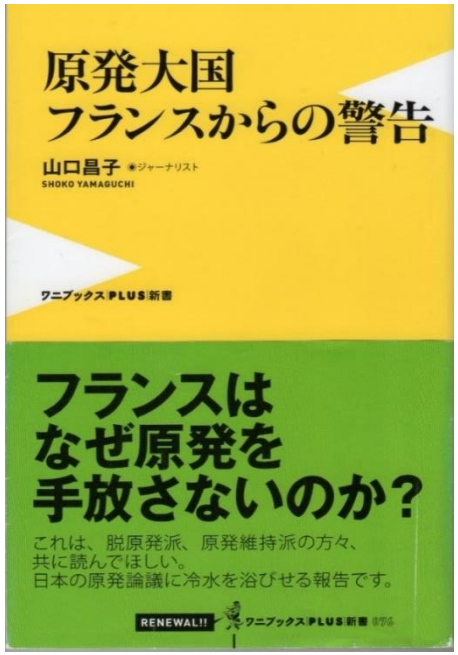
フランスの考え方

「事故ゼロはあり得ない。万一、事故が発生したら、
事故を受け入れられる水準に食い止め、可能な限り安全を確保。」

フランス放射線防護原子力安全研究所　所長　ルピュサール

1. エネルギーの独立を果たすために、原発を選択
2. 「事故はあり得る」という前提に立ち、
   重大事故を予測予防し、回避するかを説明。
   → 事故が起きたときに備えて、
   周辺の医療機関に、ヨウ素剤を配布
3. いかなる重大事故も発生していない。
4. CO_2問題

この政策は野党を含めて承認された政治的選択



山口昌子「原発大国フランスからの警告」P107～p109

フランスが原発を選択する理由

フランス・エネルギー省：クロウド・マンディル事務局長

1. 第一に、フランス人の独立志向だ。
   中東諸国の石油に依存することはフランス人に耐えがたい。
   フランスは「石油がなくガスがなく石炭がなく、他の選択肢がない。
2. 第二に、文化的な要因がある。
   フランスは、巨大な集権的プロジェクトを歴史的に好む。
   「原子力が好きなように、高速鉄道や音速ジェット機をフランス人は好き。　その結果、技術者や科学者の社会的地位が高く、米英で弁護士が行政やビジネス界で多いように、理系教育を受けた人が行政機関など、さまざまな場で活躍している。」
3. 第三に、フランス政府、関係諸機関が、原子力のリスクと同様に経済的利益があることを強調し、人々に利益を認知させたことにある。 広告の機会は多く、フランスの原発は市民を見学に誘い、年600万人が訪問する。

日本とフランスの「国の形の相違」

1. 国家の原則:「エネルギーの独立」
2. 地球規模の課題:「炭酸ガスの排出規制」
3. 生活に密着した経済性:「安い電気料金」

山口昌子「原発大国フランスからの警告」
P225、P232～P233（2012年）

フランスの原発問題は、煎じ詰めれば、「エネルギーの独立」という国家の大原則と「炭素ガスの排出削減」という地球規模の人類共通の役割、そして「安い電気料金」という生活に密着した経済性――この三つの異なる要素を「安全」という括弧でくくって回答を探し出すことにかかっているといえる。

福島原発事故に対する日本政府の対応の鈍さ、「危機管理」能力の欠如の背景には、「国家は国民を守るのが第一の義務」という認識がないからかもしれない。福島原発事故後、フランス人記者に、日本はまだ「統一国家」ではなく、「封建時代同様にてんでん、ばらばら」と痛烈に批判されたこともある。「幸いにも、この混乱に乗じて日本を襲撃する外敵のいないことを良しとせよ」と、真顔で忠告したフランス人もいた。

福島原発事故は、こうした日本という「国のかたち」と、フランスという「国のかたち」の相違を図らずも浮かび上がらせてくれた、という点で、私個人にとっても、貴重な体験となった。

＜日本の課題＞

1. 政府は、原発のメリットとデメリットとを比較して、社会に説明しているか？
2. 原発の代替手段との比較が、行なわれているか？
   → 「危ないものは止めろ」でよいか？
   代替手段採用による別のリスクがある。
   （日本における「予防原則」の課題）
3. 将来を見据えた「エネルギー政策」

あなたは、どちらを選ぶか？

マイケル・サンデル教授

＜第一のシナリオ＞

原子力の安全性を高めるために、私たちはあらゆる努力を払う。
ただし、リスクをゼロにすることはできない。
そのような完全な技術は存在しないからだ。
それでも安全性を高めながら、原子力への依存を高め、
原子力発電所を作り続けていく。

＜第二のシナリオ＞

今回の危機を受けて、原子力への依存を減らす。
あるいは、完全になくす。
その結果、私たちは、生活の水準を下げなくてはいけないだろう。
それでも原発は支持しない。

どちらを選ぶか？

NHK　04/25/2011

第一のシナリオ	安全性を高めながら、原発への依存を高め、原子力発電所を作り続けていく。
第二のシナリオ	原発への依存を減らす。あるいは完全になくす。生活水準を下げても、原発は支持しない。

	日本	上海	ボストン
1. 第一のシナリオに賛成	６人／１２人	５人／８人	８人／８人
2. 第二のシナリオに賛成	６人／１２人	３人／８人	０人／８人

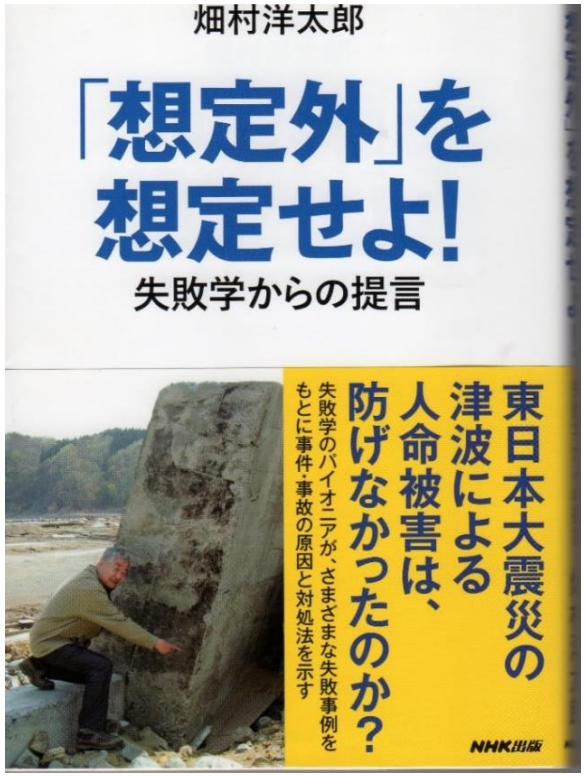
4.「想定外」は想定できるか？

①.「想定」は考えるために、必要不可欠。

人間は「これについて考える」という領域を決めないと、考えることができない。
どの領域について考えるのかを、（境界線を決めて）
その中のことを考えることで、頭が回りだす。

②.「想定」の外の事柄については、人間は考えが及ばない。

③. 境界は、人それぞれに、広い領域や狭い領域を設定する。



畑村洋太郎:「想定外」を想定せよ
第1章　想定とは何か　NHK出版（2011年）

（1）畑村洋太郎氏のポイント

1. 「想定」は物を作る人が勝手に決めたもので、
その範囲を超えた領域である「想定外」は起こり得ないのではなく、
確率は低いかもしれないが、起こる可能性はある。

2. 想定には、人間の心理が反映される。
人間は「見たくないものは見えない」「考えたくないことは考えない」
→ 「発生頻度の低いことは起こらない」と考えてしまいがち。

3. しかし、「想定外」について何ら心構えをしなかった場合、
実際に「想定外」が起きると、うろたえることしかできなくなる。

4. どんなに発生頻度が低く、「想定外」であっても、
起きる可能性が、0パーセントでない限り、起きることは起きる。

（2）「想定外」にどのように対応するか

1．人間は、「想定」したことしか考えられない。

→ ①　日頃から、広い領域に眼を向けておく。

②　設計の安全率を余裕をもって設定

③　リスク低減措置を講じても、

残っているリスク（残留リスク）への対応

ex.　想定を超える津波が来たら、対処すべきこと

2．リスク管理の考え方の見直し

→ ①　「リスク」＝「危害の大きさ」×「発生確率」でよいか？

②　重大災害は、たとえ、起きたとしても、

危害を最小化する措置をあらかじめ講じておく。

ex. 本質安全化、被害拡大の防止

リスクベース意志決定の社会的受容

北村正晴　東北大学名誉教授

＜基本的了解事項＞

１. いかなる先端技術もゼロリスクはありえない。

２. ある技術を採用するか否かは、その技術の採用に関し、期待できるメリットと、予測されるリスクの大きさとを、総合的に評価して、決定される事が合理的である。

３. この採否の決定にあたっては、同等の機能が期待できる競合技術があれば、それとの相対比較も実施し、その結果を勘案して判断するべきである。

この基本的了解は、欧米諸国では相当程度定着しているが、日本では社会的な合意形成ができていない。