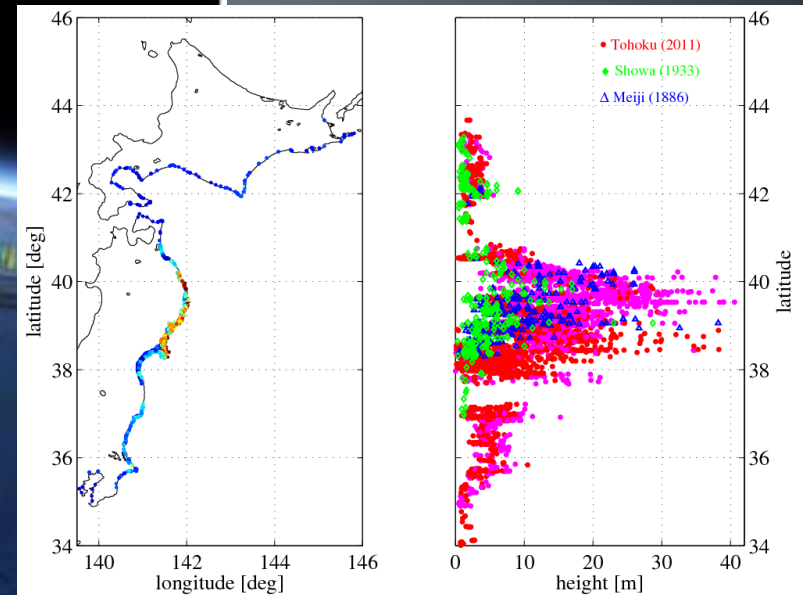
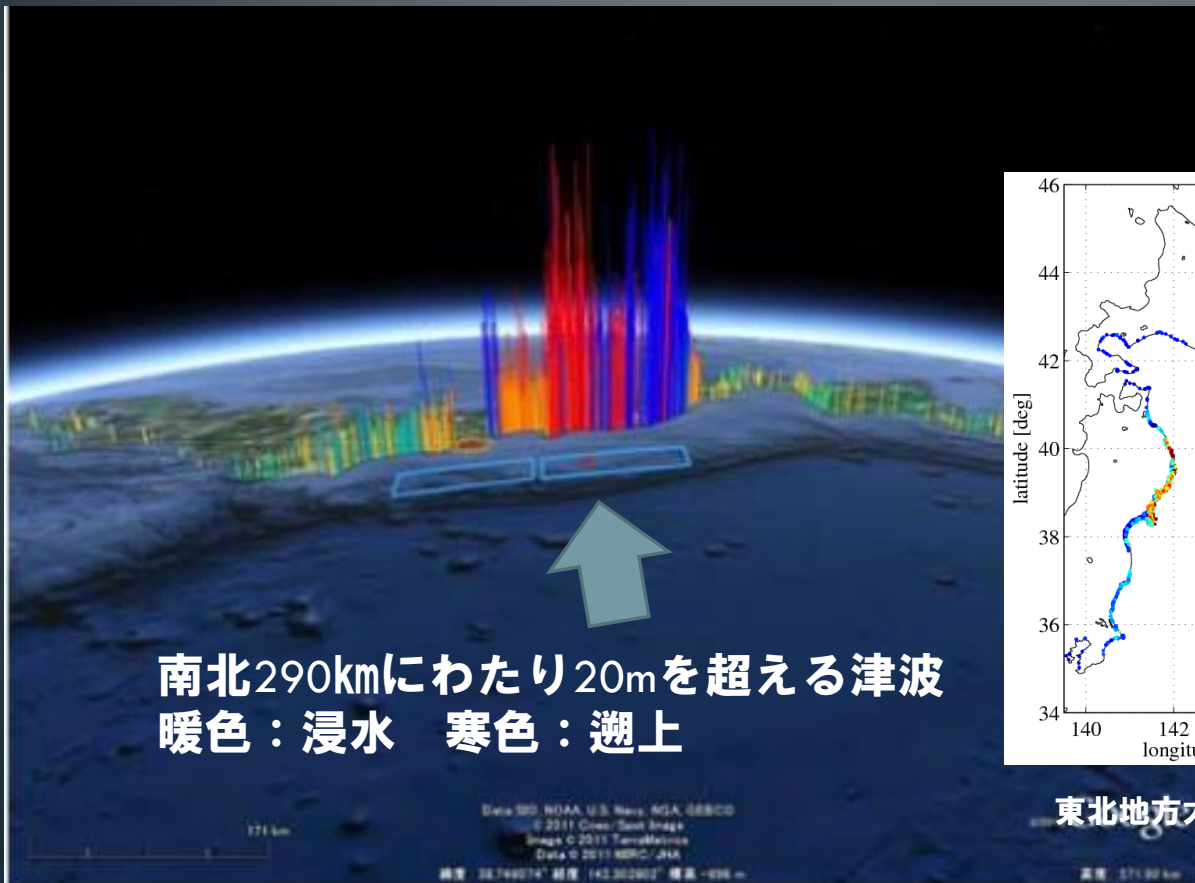


強固な組織文化の構築

— 福島第一事故に至った経緯からの考察 —

福島第一原子力発電所の事故原因

・ 地震と津波



東北地方太平洋沖地震津波合同調査報告より

福島県大熊町の近景（2019.11.13） 3



フランス IRSN（放射線防護・原子力研究所） の対話の実践

<http://www.fukushima-dialogues.com/%e7%ac%ac%e4%b8%80%e7%ab%a0-%e9%80%b2%e3%82%80%e3%81%b9%e3%81%8d%e6%96%b9%e5%90%91%e3%82%92%e6%b1%82%e3%82%81%e3%81%a6%e3%81%95%e3%81%be%e3%82%88%e3%81%86%e4%ba%ba%e3%80%85/>
た。

IRSNホームページから加工

ダイアログ

目次

ダイアログのテクニック

第1段階：

各ステークホルダーが1人5分ずつ発表を行う。

これを中断することは認めない。

第2段階：

様々な視点の意見を聞いた後、各ステークホルダーが新たに3分ずつ発表。目的は、他人の考えを聞くこと。各自が考えを深め、自身の立場をより明確にする。

第3段階：

全体での議論を始める前に、主な議論を報告者が概要にまとめる。



4

「本当の安心の為には自分なりの「放射線のものさし」
作ることが重要。」

福島県ふたば町の復興努力と兆し（2019.11.12）



県立ふたば未来学園 中学校・高等学校


シビアアクシデント対策（深層防護）の歴史

安全規制の適用の枠外と位置づける
後回しにされた自然災害等の外部事象

地震・津波に関する知見の歴史

新知見、新技術の取り扱いに不確実性を排すことに注力
津波は地震の随伴事象と位置づける
耐震指針改定でもバックフィットを要求せず

シビアアクシデント対策（深層防護）の歴史

- 1992 原子力安全委員会決定
『原子炉設置者において効果的なアクシデントマネジメントを**自主的に整備**し、万一の場合にこれを的確に実施できるようすることは強く奨励されるべきである。』
- 1992 保安院 AMの自主的な整備促進を要請
- 1994 事業者 確率論的安全評価を行った報告書提出
保安院は概ね2000年を目途にAM整備を要請
- 1995 原子力安全委員会「軽水型原子力発電所におけるAMの整備について」
『我が国の原子炉施設の**安全性は**（中略）**多重防護の思想**に基づき厳格な安全確保対策をおこなうことによって**十分確保されている**。これらの諸対策によってシビアアクシデントの発生可能性は工学的に起こるとは考えられないほど十分小さいものとなっており、原子炉施設の**リスクは十分低くなっている**と判断される。』
- 2001 米国同時多発テロ発生
- 2002 AMの整備完了報告の確認（保安院から安全委員会へ報告）
- 
- 2011 福島第一原子力発電所 炉心溶融、放射性物質放出事故発生

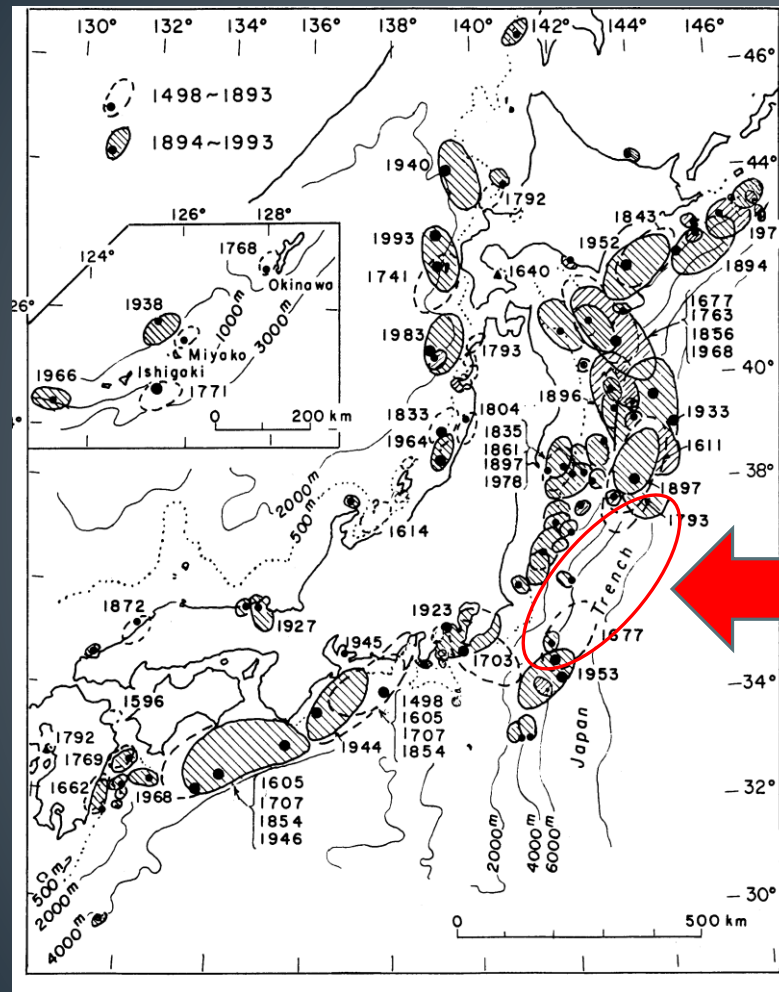
原子力規制組織体制の変遷

- 1955 原子力基本法成立
- 1956 原子力委員会発足、科学技術庁発足
- 1957 原子炉等規制法成立
- 1974 原子力船「むつ」放射線漏れ事故
- 1978 原子力安全委員会発足（事務局：科学技術庁）
- 1995 高速増殖炉「もんじゅ」二次系ナトリウム漏洩事故
- 1999 JCO加工施設臨界事故
- 2000 原子力安全委員会体制強化（事務局：総理府）
- 2001 原子力安全・保安院発足
- 2011 東京電力福島第一原子力発電所事故
- 2012 原子力規制委員会発足

- 1966 東電 福島第一 1号機 設置許可申請（津波想定3.1m）
- 1981 原子力発電施設 耐震指針制定
- 1986 貞観地震の津波堆積物発見
- 1993 北海道南西部沖地震 エネ庁が津波の想定見直しを指示
- 1995 阪神・淡路大震災 「地震調査研究推進本部」（地震本部）設置
- 1997 7省庁手引き（津波想定方法）：日本海溝の津波地震を予測
- 2002 土木学会「津波評価技術」 東電 自主的対策工事実施（想定5.7m）
地震本部「長期評価」公表 福島沖の津波地震の可能性を指摘
- 2004 マドラス原発（印）スマトラ沖津波で海水冷却施設が損傷、緊急停止
保安院 溢水勉強会
- 2006 安全委員会 耐震指針全面改訂（津波は随伴事象とされる）
保安院 改定指針に基づく「バックチェック」を要請
- 2008 東電 「長期評価」の手法で津波高さ15.7mと計算
東電 土木学会に上記手法の確認を依頼
- 2009 国の耐震関係会合で東電「バックチェック」中間報告「貞観津波を想定せず」
- 2010 福島県知事プルサーマル同意条件として耐震確認を要求
東電 1F3号機でプルサーマル運転開始
2011. 3.7 東電 「長期評価」手法での津波高さ15.7mを保安院に報告
3.11 東北地方太平洋沖地震 大津波発生

福島県沖を波源とする津波地震のデータはなかった。

10



原子力発電所の津波評価技術
平成14年2月
土木学会原子力土木委員会
津波評価部会

空白域

1498～1993年に日本近海で発生した津波の波源域分布
(羽鳥(1994))

二つの津波評価技術

原子力発電所の津波評価技術



原子力発電所の
津波評価技術
2016
平成26年9月

平成14年2月

社団法人 土木学
原子力土木委員会 編

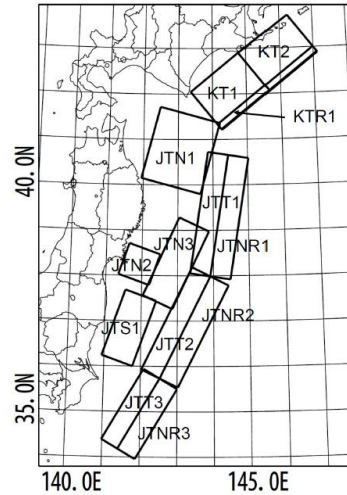
VS

波源断層を特性化した津波の予測手法 (津波レシピ)

Tsunami prediction method for earthquakes with specified source faults
(Tsunami Recipe)

平成29年(2017年)1月
地震調査研究推進本部 地震調査委員会

January, 2017
The Headquarters for Earthquake Research Promotion



三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価の一部改訂について

平成21年3月9日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

地震調査研究推進本部は、「地震調査研究の推進について―地震に関する観測・測量・調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―」(平

た地震動予測地また「陸域の浅層を行う」とし

海域に発生するトラフの地震、動、日本海東縁相模トラフ沿い

ての地震活動の5月8日の茨城県もに、三陸沖から時間が経過

なく、そのため



◆ 津波は地震の随伴事象

2006.9 原子力安全委員会 耐震設計審査指針改定

地震随伴事象に対する考慮：

施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があるとして想定することが適切な津波によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと。

◆ バックフィット要求せず

2006.9 原子力安全委員会 耐震設計審査指針改定と同時に出された見解書

指針類の改定等がなされたからといって、既設の原子炉施設の耐震設計方針に関する安全審査のやり直しを必要とするものでもなければ、個別の原子炉施設の設置許可または各種の事業許可等を無効とするものではない。すなわち上述の既設の原子力発電施設に関する耐震安全性の確認は、あくまで法令に基づく規制行為の外側で、原子炉設置者等の原子力事業者が自主的に実施すべき活動として位置づけられるべきであるものの、当委員会としては（中略）行政庁による対応について、その着実な実施を特に求めるものである。

■ 福島事故以前に実施していた対策

国名	予備電源の追加	高所	擁壁	その他	備考
フィンランド (Olkiluoto)	○	○	—	—	・ 予備電源：空冷式ガスタービン発電機
台湾 (金山、国聖)	○	○	—	—	・ 予備電源：ガスタービン発電機 ・ 金山：標高22m（設計津波高さ 約11m） ・ 国聖：標高22m（設計津波高さ 約10m）
ベルギー (Doel 1-4号)	○	—	○ (3,4号)	○ (1,2号)	・ 予備電源：D/G ・ その他：D/G設置建屋を外部事象防護用に改良
ドイツ (全プラント)	○	—	—	○	・ 予備電源：D/G ・ その他：少なくとも1つの予備送電システムの追加
日本	—	—	—	—	

出典：カーネギー報告書「WHY FUKUSHIMA WAS PREVENTABLE」(2012.3)

【代替ヒートシンク】

■ 福島事故以前に実施していた対策

国名	空冷式熱交換器	井戸	貯水池	備考
イギリス (Sizewell B)	○	—	—	・海水系統とは独立した建屋に設置
オランダ (Borssele)	—	○	—	・8ヶ所（地震及び洪水に対し耐性設計）
スイス (数プラント)	※	○	—	※ 1つのプラントで、非常用冷却塔を保有
台湾 (金山、国聖)	—	—	○	・金山：標高62m（設計津波高さ 約11m） ・国聖：標高90m（設計津波高さ 約10m）
日本	—	—	—	

出典：カーネギー報告書「WHY FUKUSHIMA WAS PREVENTABLE」(2012.3)

人工知能 VS 人間

「データの見えざる手」 矢野和男

人工知能



特定の場所に従業員がいる
と売上げが伸びる

顧客購買単価 15%増加

流通産業界の専門家



注力すべき商品群
店内広告
商品棚の配置改善

顧客の行動 変化なし。
売り上げ 変化なし。

大量のデータを分析できれば人知の及ばぬことも見つかる 16

「データの見えざる手」 矢野和男

自ら意図をもって何かを行うことで人は幸福感を得る。
行動の結果ではなく、行動を起こすこと自体が人の幸せ

S. リュボミルスキー



↓

幸せを感じていることをセンサーで測定
幸せな人の身体は良く動く

↓

幸せな人は、仕事の生産性が高く、創造性も高い。
会話の時に身体が良く動く職場は生産性が高い

積極的に問題解決する人との相関性がある



リーダーの指導力と現場の自律は矛盾しない

「データの見えざる手」 矢野和男

問題解決につながる人 への到達度の高い人が リーダー

どうしたら到達できるか？

リーダーの幅広い人脈

組織のメンバー同士のつながり

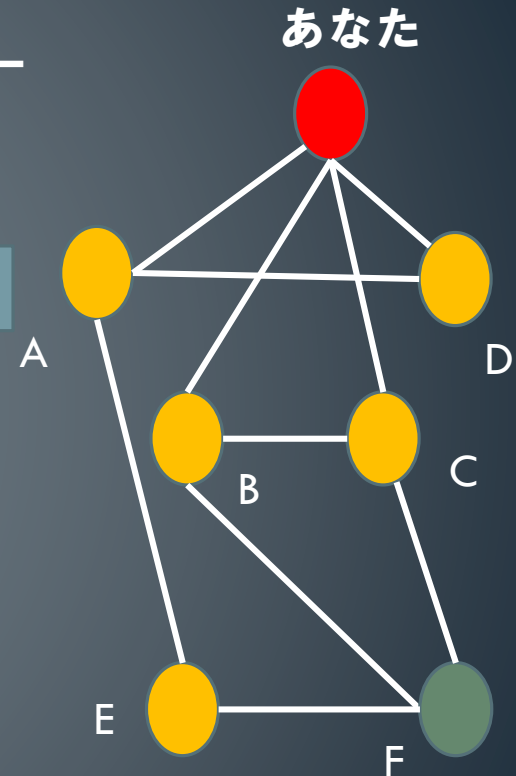
VS



自分の知り合いを増やさずとも 組織内の三角形
を増やすことで到達度は高まる

リーダー力の高い組織は現場力も高い

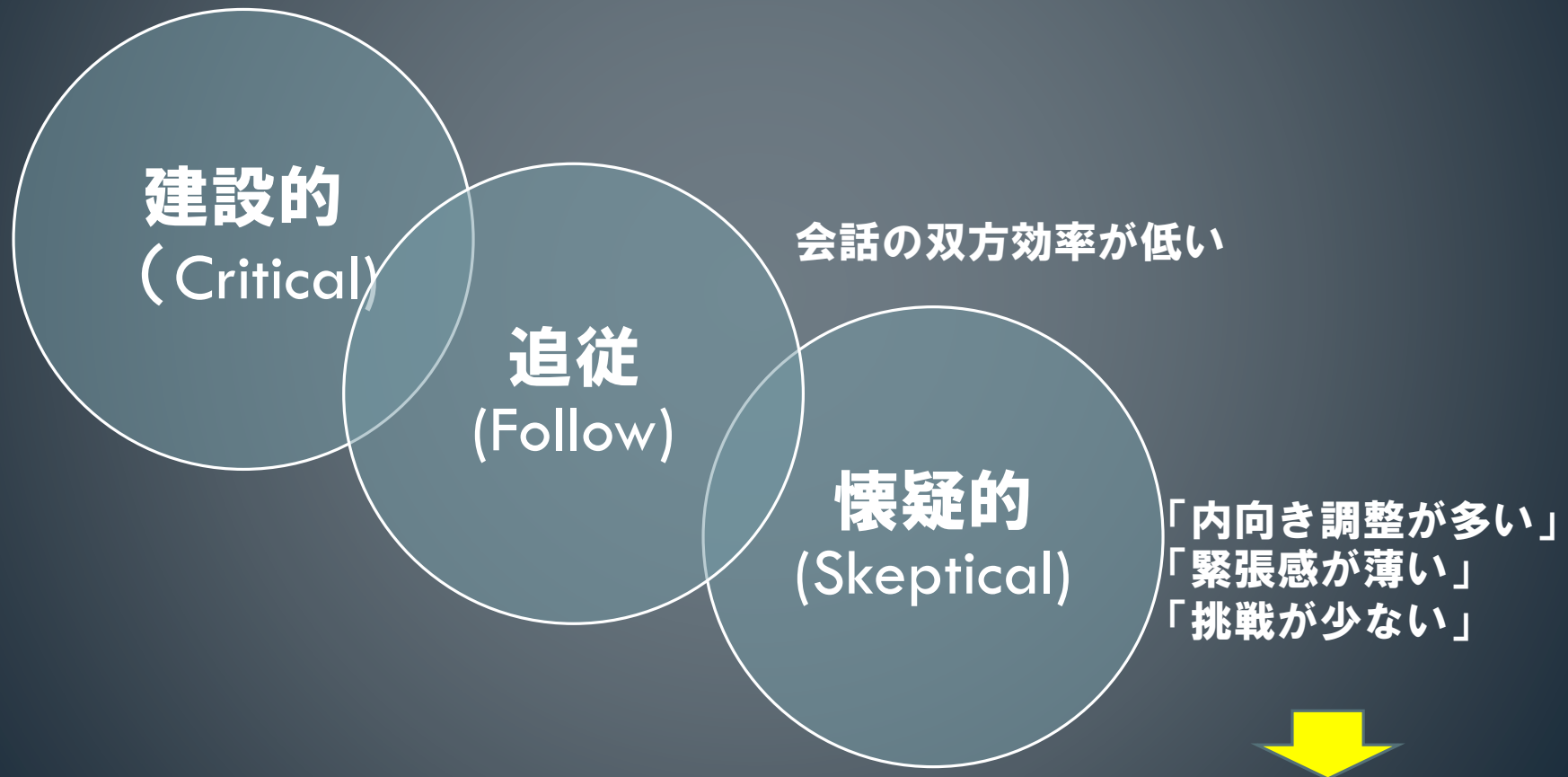
トップダウン VS ボトムアップ
という思考パターン（二項対立）は間違い



我々は課題にどう向き合うか

「データの見えざる手」 矢野和男

組織を活性化するためには・・・



**挑戦が少なく、対応策が遅かった原子力業界
は懐疑的会話の多い組織、懐疑的思考に満ち
た業界だったのか？**

IAEA 福島第一事故事務局長報告

“事故の背景要因としての組織文化の課題”

20



事故の前には、日本の原子力発電所の設計と安全管理はしっかりしているので、稀にしか起きない、でも万一起きた時には甚大な被害をもたらす外部事象に対して十分頑強だから日本では、シビアアクシデントは起きないとの **思い込み** が関係者にあった。p. 6

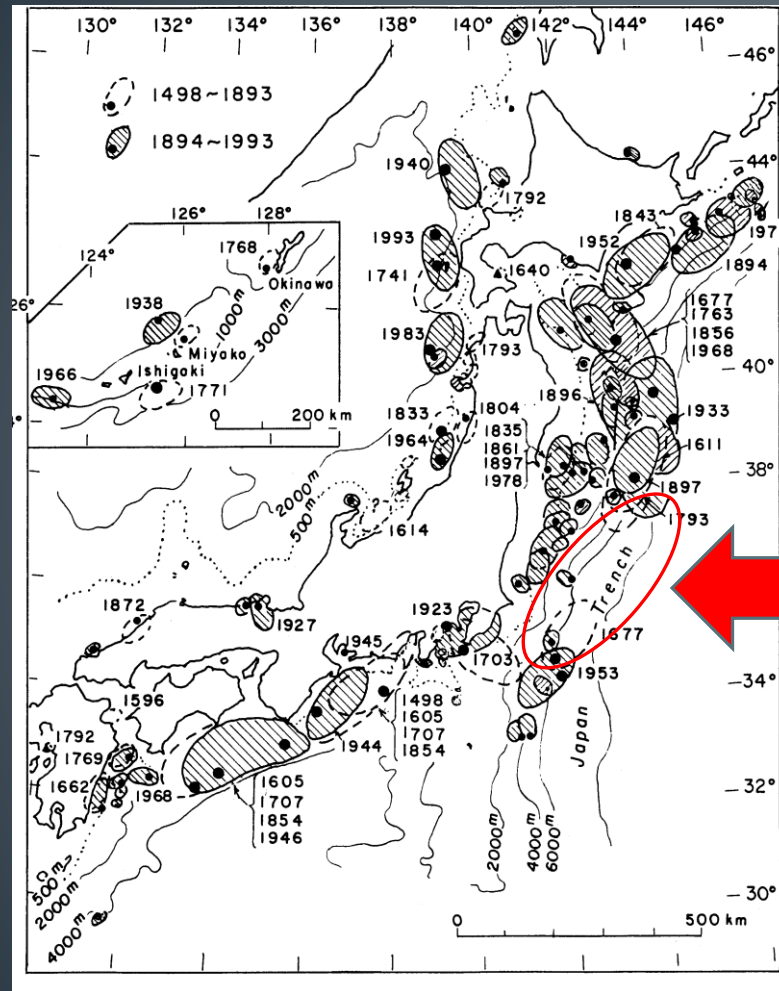
この思い込みは東京電力の活動に影響を与え、重大な炉心損傷事故を防ぐ技術力や万に備える対応力について**過信を招くこと**となった。p. 63

データの延長において将来の予測を立てることができると信じてきた。



データの無い時はどうすればいいのか？
複雑系の世の中では、データの延長だけで
予測できないことが起こる！

再掲



原子力発電所の津波評価技術
平成14年2月
土木学会原子力土木委員会
津波評価部会

空白域

1498～1993年に日本近海で発生した津波の波源域分布
(羽鳥(1994))

このような経緯から同じ過ちを繰り返さないためには何を考えるべきか

“想定外の事態に備える”

重大事故の発生防止と万一の事態の緩和措置を規制要件化
新規制基準は既存プラントに遡及適用。



規制要件

「深層防護の思想に基づいて、地震・津波などの自然現象、その他の人的理由で起きる事象に対する設計とその防護は、安全機能が共通した原因で同時に喪失することのないように強化する。」

設備は格段に強化！ VS



マネジメント、
組織文化は、
これから！

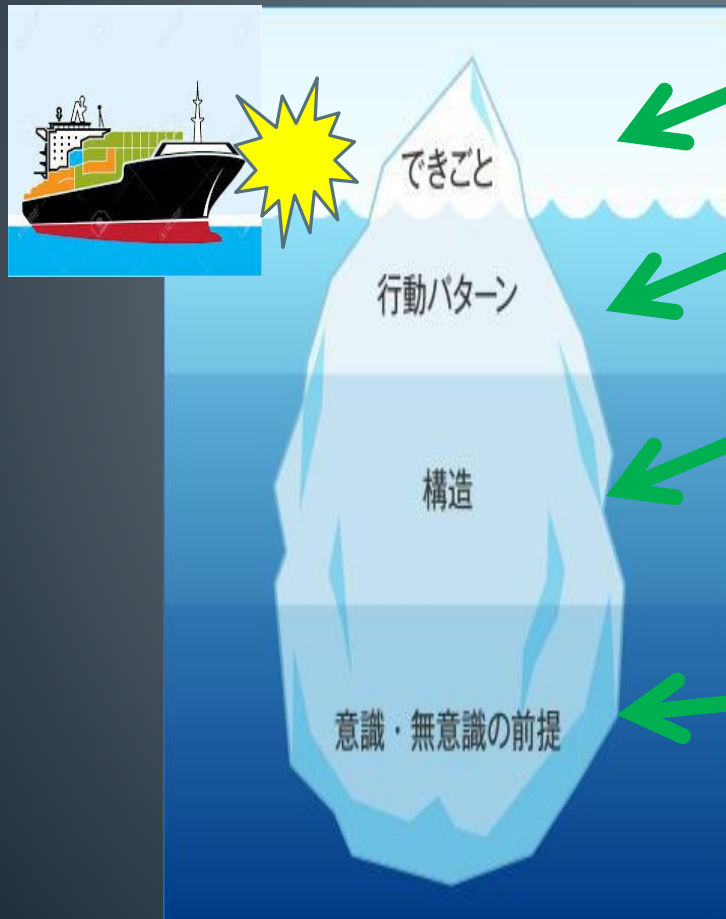


組織の運営、心の準備の面で
予期せぬ事態に備える

冰山モデルを使った思考のフレームワーク

Peter M Senge: *The Fifth Discipline: The art and practice of the learning organization*, 2006

表層にとらわれてはいけない。



出来事： 表面にあって観測される事象

パターン： 繰り返し起こることで見える傾向

構造： パターンを生み出す構造

意識の前提： 構造を創り出す価値観（メンタルモデル）

技術の側面からだけでなく、人間、組織の側面にも目を向ける

**なぜ、新知見を反映することに
時間がかかっていたのか**

**なぜ、シビアアクシデント対策（AM策）は、
“めったに起きないことなので、念のため
の備えだから”と、安全規制の枠外に
置かれていたのか？**

なぜ、安全神話に囚われてしまったのか？

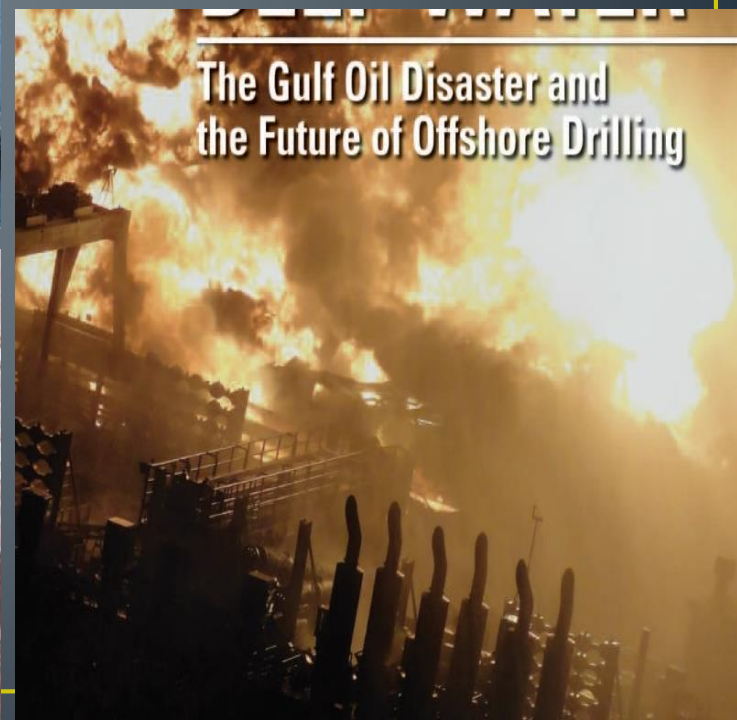
経験から学ぶ

「どんな業界で起こるミスも、その多くは一定の「パターン」をたどっている。」

失敗の科学 (Black Box Thinking) マシュー・サイド, 2016



2002 Davis-Besse
Reactor Pressure
Vessel Head
Degradation
Knowledge
Management Digest



The Gulf Oil Disaster and
the Future of Offshore Drilling

Lessons Learned

(デービスベッセ 原子炉容器蓋損傷事故 2002)

(ディープウォーターホライゾン原油掘削施設事故 2010)

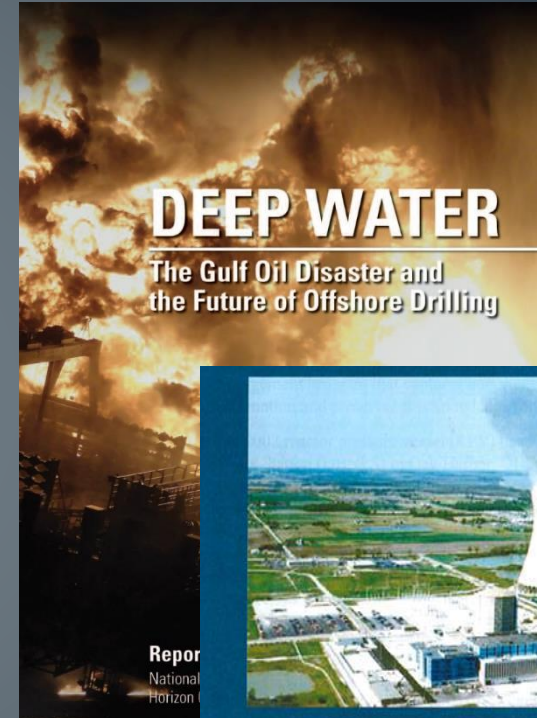
行動（思考）パターン

成功は視野狭窄を招き、唯一のやり方を強化し、現状のやり方に自信を生み、対立する見方を排除する。

問題は、成功が自分たちの能力によるものだと考え、一層、自己満足・不注意状態に陥ってしまうことである。

W. スターバック

Challenger: Fine-Tuning the Odds Until Something Breaks” (William H. Starbuck et.al, 1988)



2002 Davis-Besse
Reactor Pressure
Vessel Head
Degradation
Knowledge
Management Digest

米国航空母艦ジョージ・ワシントンの火災事故
(安全文化が気づかないうちに劣化することを忘却)



USS George Washington (CVN 73)

http://www.navy.mil/view_image.asp?id=2906

2008年4月、25年の就役後の長期点検補修、
設備更新の後、任務に就くため母港への
就航途中に火災
(37名の負傷者、数百万ドルの損害)



http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=98195

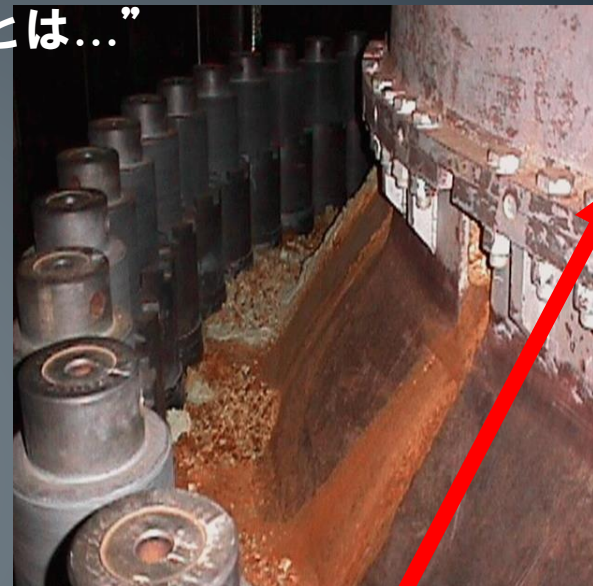
デービスベッセの原子炉上蓋損傷の経験から得た自分の教訓

“予期せぬことに直面した時の人間行動の特性とは...”

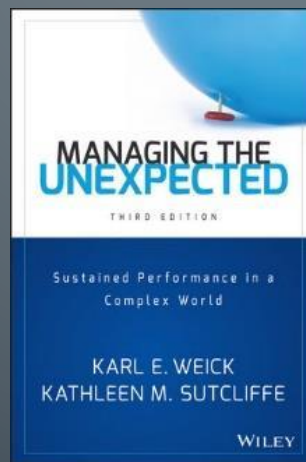
行動（思考）パターン

人は予期していないデータに直面すると困惑し、それを自分の経験に照らして正当化しようとする。

K. ワイク



母材が15cm削られていた



Managing the Unexpected
(2010) K. E. Weick

“Safety Culture” から “Culture for Safety” へ

(人・組織の) 安全文化 安全のための (人・組織の) 文化

これまで安全文化は組織を評価する変数の一つと理解されていた



しかしながら組織は目標、規律、行動様式などの属性を持ち、安全に対する価値観はあらゆる属性に内在する

どの組織にとっても目標となるのは、日々の安全の達成に役立つ組織文化を創りあげることであり、すなわちそれは「安全のための文化」である。



安全に対する価値観の確認

社会・組織の通念が原子力安全の追求を阻害しているか、人・組織がリスクを正当に認識しているか確かめる必要がある。

IAEA 資料16-2483 CULTURE FOR SAFETY

Evolving terminology: From safety culture to culture for safety

The IAEA has traditionally applied the concept ‘safety culture’, defined as “the assembly of characteristics and attitudes in organizations and individuals which establishes that, as an overriding priority, protection and safety issues receive the attention warranted by their significance”. A central outcome of the International Conference on Human and Organizational Aspects of Assuring Nuclear Safety - Exploring 30 Years of Safety Culture held in February 2016, was a call to “evolve from the theoretical concept of safety culture through the more practical concept of culture for safety” (Closing Statement by Juan Carlos Lentijo, DDG-NS). Practitioners argue that by moving towards ‘culture for safety’ we are reminded that ‘safety culture’ is not a discrete entity that can be ‘implemented’ or ‘removed’ from an organizational culture. Rather, safety is an outcome of an organization’s culture as its culture influences every aspect of how the organization’s members behave, from how the management system is developed to how defence-in-depth principles are manifested. As such, the goal for any organization is to create an organizational culture that is working to achieve safety day by day – in short: a culture for safety.

人間の特性、組織の陥り易い特性を知る

人は見たいものしか見えない。



政府事故調査委員会
畑村委員長

- (1) あり得ることは起こる。あり得ないと思うことも起こる。
- (2) 見たくないものは見えない。**見たいものだけが見える。**
- (3) 可能な限りの想定と十分な準備をする。
- (4) 形を作っただけでは機能しない。仕組みは作れるが、目的は共有されない。
- (5) 全ては変わるものであり、変化に柔軟に対応する。
- (6) 危険の存在を認め、**危険に正対して議論できる文化**を作る。
- (7) 自分の目で見て自分の頭で考え、判断・行動することが重要である。

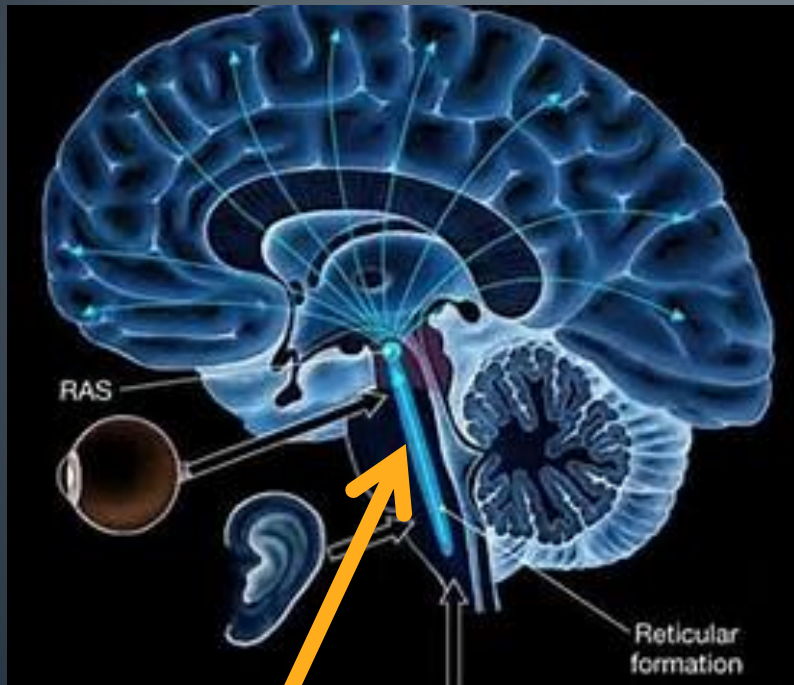
ハーバード大学心理学実験

https://www.youtube.com/watch?v=X1GfA_JIR9A

思い込み状態の脳の動き

人間には自分にとって必要な情報を選択して脳に取り込む機能がある。一方、意識しなければ、たとえ目の前に現れても見えないことがある。この情報選択機能は脳幹の中にある神経の束（**網様体賦活系**）の働きと言われている。

（脳生理学）



網様体賦活系

「社会・組織の通念」（暗示）が出来上がると脳に上記の働きでフィルター機能が作用する

原子力安全に必要な要素を見落とす可能性がある

この脳の働きをリカバーするには、脳に質問を投げかけることが有効

脳は質問に対する答えを探し始める

Questioning Attitude

参考 日本社会の美德/弱点

38

● 忖度（そんたく）

- 察すること
- 相手の気持ちを推し量ること

● 和をもって尊し

- 多様性の許容
- 批判・攻撃姿勢の回避

- その場の空気を読み、批判的意見が出ない（同調性重視）
- 個人よりも組織の意向/利益を重視
- リーダーシップが不足
- 横並びによる安心

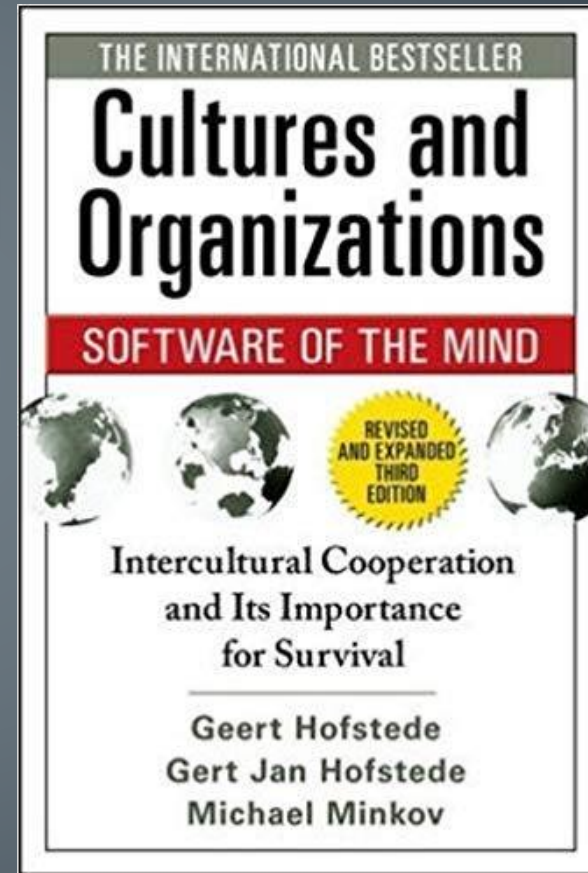
組織文化を考える一つの視点

39

国の文化的特徴を測る観点（評価軸）

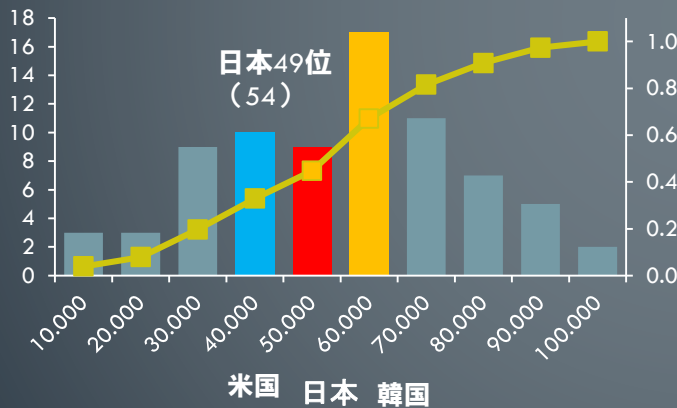
1. 権力格差
2. 個人主義 vs 集団主義
3. 男らしさ vs 女らしさ
4. 不確かさの回避
5. 長期展望
6. 快樂 vs 抑制

Cultures and Organization,
2010, Gert Hofstede et.al.

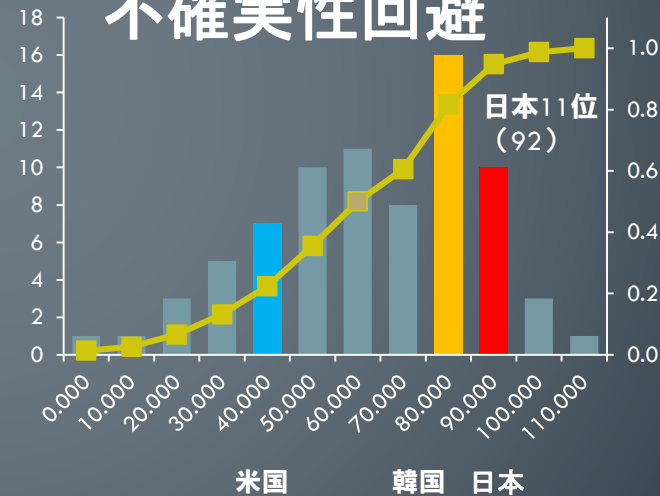


- 権力格差が強いと職務よりも人間関係が優先されるので、組織の論理に流され、指示待ちになり易い。
- 不確実性回避傾向が強いと規則を作って、それを守ることに意識が固定され、結果として、形式主義に陥り易い。

権力格差

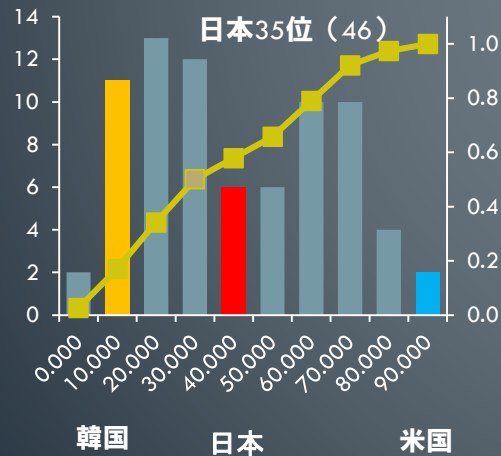


不確実性回避

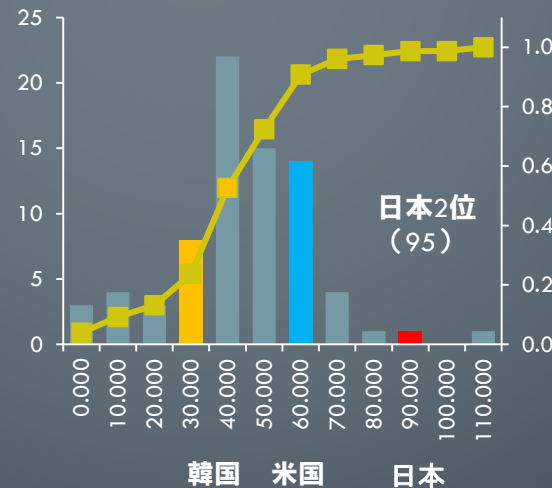


- 集団主義が強いと、個人よりも組織を優先する意識が強く、組織の論理を優先してしまう。
- 男らしさが強い社会は「仕事に対する認知」「昇進」「やりがい」を重視するので、目に見える結果を求めて無理を重ね易い。
- 長期志向が強いと“真理は一つだけではない”と考え、見解の相違を気にかけないので、結論を急がない。

集団-個人主義



女らしさ-男らしさ



短期-長期 指向



- **なぜ、新知見を反映することに時間がかかっていたのか**

- **なぜ、シビアアクシデント対策（AM策）は、“めったに起きないことなので、念のための備えだから”と、安全規制の外に置かれていたのか？**

□ なぜ、シビアアクシデント対策を規制基準の外に置こうとしたのか？

既設の原子力発電施設に関する耐震安全性の確認は、あくまで法令に基づく規制行為の外側で、原子炉設置者等の原子力事業者が**自主的に**実施すべき活動として**位置づけられるべき**

2006. 9 原子力安全委員会 耐震設計審査指針改定と同時に出された見解
潜在意識



- 安全性を揺るぎないものと考えたい理由の存在
- 既設と新規との予定調和
- 規制と自主との予定調和
- 規制と事業者の立場を分ける意識
- これまでの活動との整合性重視（訴訟）
- 国民の安全を守る意識の不在

人と組織と環境の視点からみた要因

- 見たいものしか見ない（選択的注意）
- 自分に都合の良い解釈（正常性バイアス）

- 集団主義
- 強い権威勾配

- 不確実さを避ける国民性
- 結果を求めて形式に走る国民性
- 結論を直截に求めない人間関係

- 海外技術の輸入成功体験
- 国情に合わせた付加技術の導入不足

- 本音と建前
- 中央と地方の二重権威

技術の側面からだけでなく、人間、組織の側面にも目を向ける

リスクに対して正対する組織文化を創る

福島第一事故の教訓

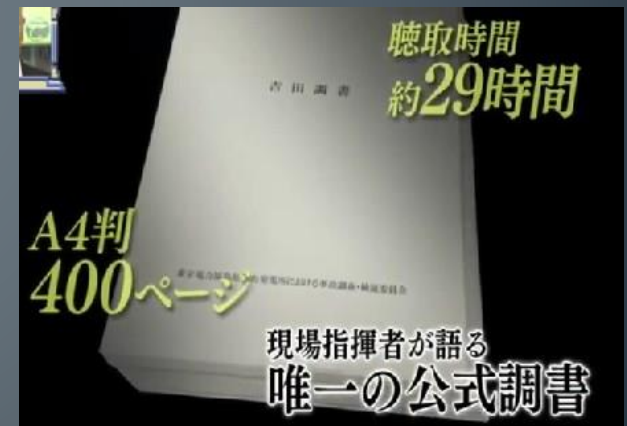
46

自然災害という大きな共通要因が長期間の全電源喪失と炉心冷却能力を奪った結果、シビアアクシデントを招いてしまった。

□ 自然災害という不確定なハザードに正対しなかった。

行動（思考）パターン

“...東京電力を含む電力事業者も国も、わが国の原子力発電所では深刻なシビアアクシデントは起こりえないという安全神話に囚われていたがゆえに、危機を身近で起こり得る現実のものと捉えられなくなっていた・・・”



政府事故調査報告書 2013

安全管理の姿勢の違い

オーストラリアの事例

フッ化水素酸の取扱い

❖ 教育

マニュアルの精読義務、実施者、安全管理者、管理責任者の署名

❖ 装備

ニトリルゴム手袋2枚装着、実験衣の上に耐賛成のオーバーオールを着用

その上からフッ化水素酸対応の専用手袋着用
保護眼鏡の上からフェイスシールド着用、ゴム長靴

❖ 体制

同僚の随伴が義務付けられ、中和剤を手にして、
2 m離れて待機



オーストラリアCurtin大学の研究室の事例
小山高専研究紀要第48号 (2015) 17-20
より引用

日本では、

❖ 装備

実験衣と保護眼鏡、耐フッ化水素酸専用手袋

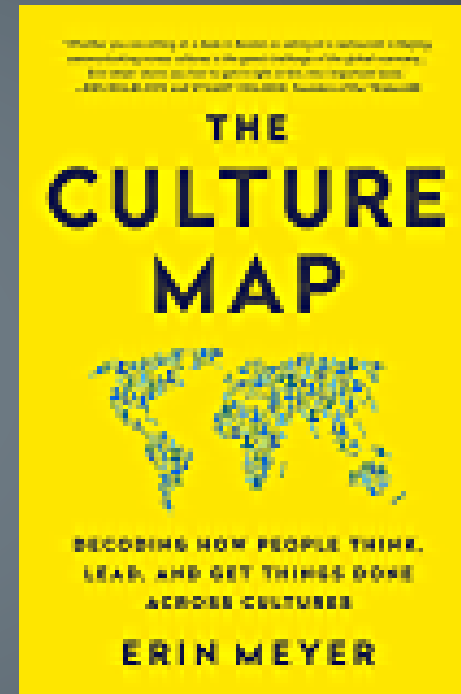
❖ 体制

最大限の注意喚起

(続) 組織文化を考える一つの視点 (2)

国の文化的特徴を測る観点 (評価軸)

- 1) 会話の情報量
- 2) 評価の伝え方
- 3) 説得の方法
- 4) リーダーシップの発揮
- 5) 意思決定方法
- 6) 信頼獲得のプロセス
- 7) 反論の意思表示方法
- 8) 計画性



The Cultural Map, 2014, Erin Meyer

評価の伝え方

ー 評価とフィードバック方法の特徴

The Many Faces of Polite (様々な礼節の形)

- 多くのヨーロッパの国が率直にネガティブな批判を行う。特にロシアやオランダやドイツは**直接的な批判**を行う傾向が強い。
- 米国や英国は中央に位置し、ラテンアメリカも中央だが、若干、間接的語句を含んで批判する。
- 多くのアジア諸国は**間接的に批判**を行う。タイ、インドネシア、日本が間接的傾向が強い。



システム思考

人間の行動は、「人」と「文脈」（コンテクスト）
（技術、組織、環境）の相互作用から生まれる



システム思考から見えてくる隘路

因果関係、相互関係のループ図を描くことで見つかる隘路

1. 社会の「不確かさ」に対する低い許容度（強いゼロリスク信奉）
2. 安全に対する客観指標が社会的に共有されず
3. リーダーシップの不足（社会的責任の不在）
専門家、経営者の倫理的責任

庭石や砂の成分や位置を分析しても枯山水の庭の趣は伝わらない

システミックアプローチの必要性



まとめ

- 経験から学ぶことが大事、学び方を学ぶことも大事
- 現代は既往最大に備えても想定外のことが起こる
- 想定外のことに備えるためにリスクに正対する組織文化を創ることが必要

- 人工知能でデータを分析するアルゴリズムを超えて、主役である「人」の性癖を知る
- 表層に囚われず、「技術」と「人」と「組織」の相互関係の深層に目を配り、時間軸を入れて全体を眺めると、失敗の本質が見えてくる

ご清聴ありがとうございました。