

米国における安全文化Safety Culture に関する経緯

2025年11月14日
安全目標に関する検討委員会
ワーキンググループ

はじめに

基本的なレベルで、安全目標と安全文化は強く結びついている。現実的な意味で、**安全文化は安全目標を達成する能力に大きく貢献**している。

これは、・・・、**強固な安全文化は、リスクを最小化するという安全目標の目的と整合する運転哲学に導くことを意味する。**

On a fundamental level, safety goals and safety culture are **linked together**. In a very real sense, safety culture is a **significant contributor to the ability to meet safety goals**.

This is not to suggest that , but rather that **a strong safety culture leads to an operational philosophy consistent with the safety goal objectives of minimizing risk**.

Dr. Richard A. Meserve, Chairman, U.S. NRC,

“The Evolution of Safety Goals and Their Connection to Safety Culture,”

Atomic Energy Society of Japan/American Nuclear Society Topical Meeting on Safety Goals and Safety Culture, Milwaukee, Wisconsin, June 18, 2001

目次

1. 安全文化に関する一般事項

- 安全文化の定義等

2. 米国における1980年代後半以降の安全文化に関する議論の進展

- 安全文化が関わる3つの事例と3つの政策声明

3. 米国NRCの原子炉監視プログラムROP: Reactor Oversight Programにおける事業者の安全文化の評価

- 米国の検査制度での安全文化の評価

4. 応答的規制Responsive Regulationとリスク低減における安全文化の役割

- 規制当局と事業者の相互影響、安全文化、安全目標等

5. まとめ

1. 安全文化に関する一般事項

- 安全文化の定義等

INSAG-1: チェルノブイリ事故後レビュー会議報告書

Summary Report on the Post-accident Review Meeting
on the Chernobyl Accident, **1986***

IAEA INSAG: International Nuclear Safety Advisory Group 国際原子力安全諮問グループ**

- **1986年4月26日01:23**、チェルノブイリ4号機事故が発生。
- IAEAと旧ソ連は、**1986年8月25-29日**にウィーンで事故後レビュー会議 (Post-Accident Review Meeting)を開催することで合意。

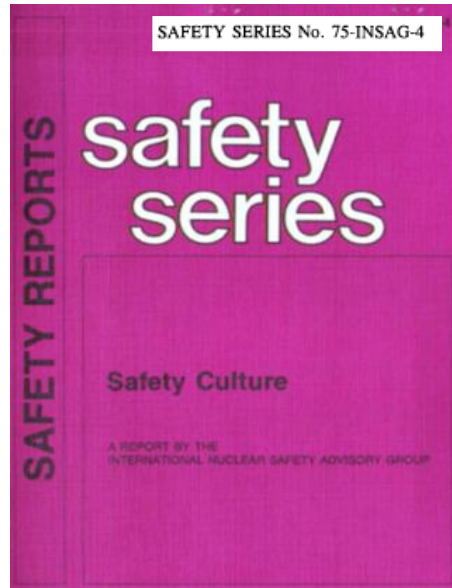
General Observation and Conclusions

- …この事故は、驚くほど多くの**人的過誤及び運転規則違反**と、それらの効果を増幅させ、出力暴走に至らしめたこの**炉の固有の特徴**(specific reactor features)**の組み合わせの結果**。
- **重要な結論は**、…正式な**手順はレビューされ承認され**、そしてそれは、“**原子力安全文化**”が創出され維持されて (creation and maintenance of a “**nuclear safety culture**”)、それにより**補強supplemented**されなければならない。

* 1992年にINSAG-1の改訂版INSAG-7が刊行された。

** 当時のINSAG member: Birkhofer, A., Nozawa, M., et al.

IAEA INSAG: International Nuclear Safety Advisory Group*, Feb. 1991



- INSAGの最初の提案は、**安全文化の定義**
definition of Safety Cultureである:

Safety culture is that assembly of characteristics and attitudes in organizations and individuals which establishes that, as an overriding priority, nuclear plant safety issues receive the attention warranted by their significance.

A Questioning Attitude
Plus
A Rigorous Prudent
Approach
Plus
Communication

The results will be a major
contribution to:

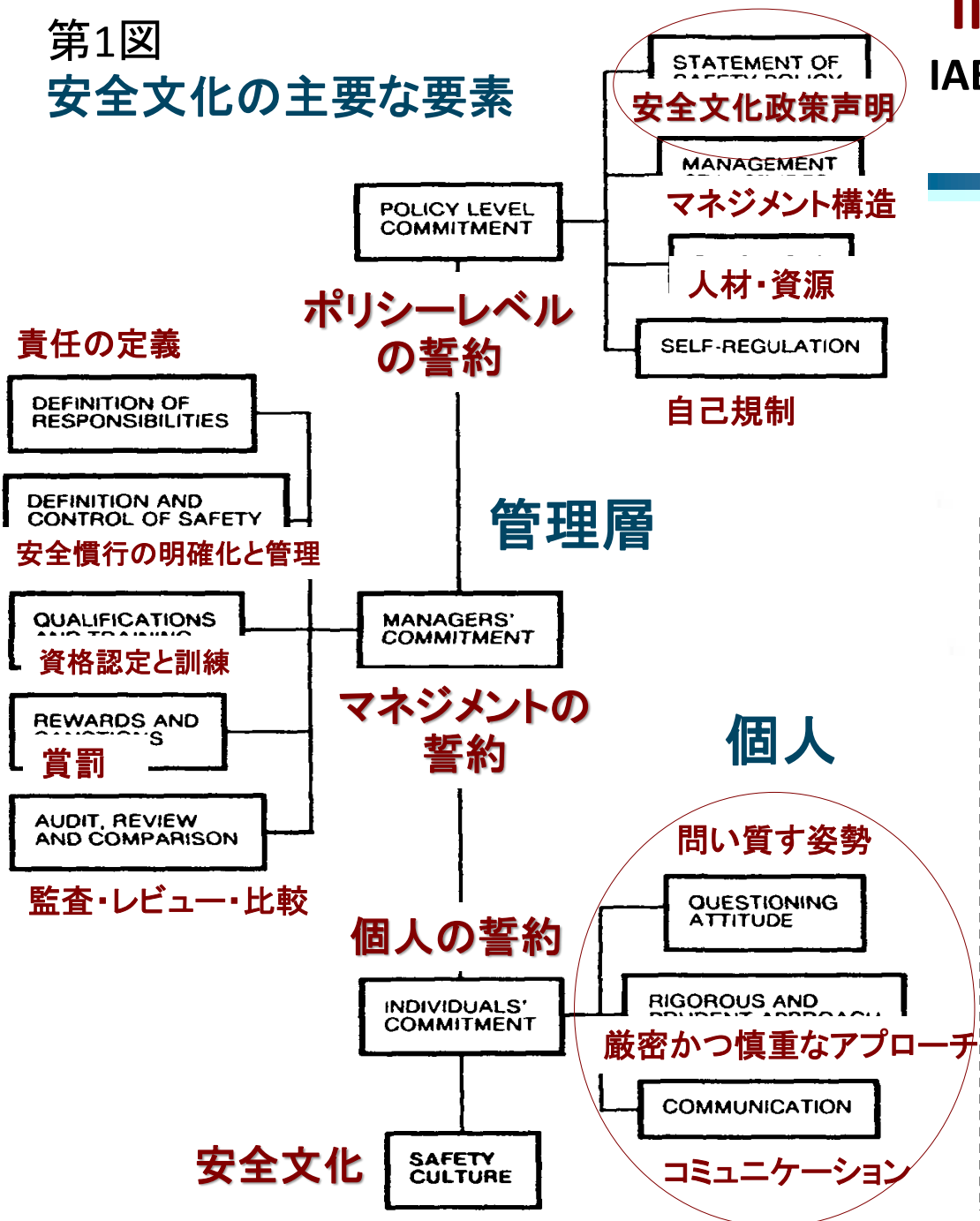
SAFETY

セーフティカルチャとは、原子力プラントの安全が、何もののにも勝る優先度をもって、その重要性にふさわしい関心を集めることを確実なものにする、組織と個人の態度と特質の集積である。

佐藤一男、セーフティカルチャ、原安協プライマーNo. 5, 2002年6月

* 当時の日本のINSAGメンバーは、佐藤一男氏。

第1図 安全文化の主要な要素



INSAG-4: Safety Culture (2/2) 6

IAEA INSAG: International Nuclear Safety Advisory Group*, Feb. 1991

安全文化には構造がある。

- 2つの一般的な構成要素
general components :

- 1つ目は、組織内に必要な枠組み。これは管理層の責任 responsibility of the management hierarchy。 → リーダーシップ
- 2つ目は、その枠組みにどのように応答し、そこから利益を得るかという全ての階層の職員の姿勢 attitude of staff at all levels である。

基本的想定 Basic Assumptions

東電福島第一原子力発電所事故：IAEA事務局長報告

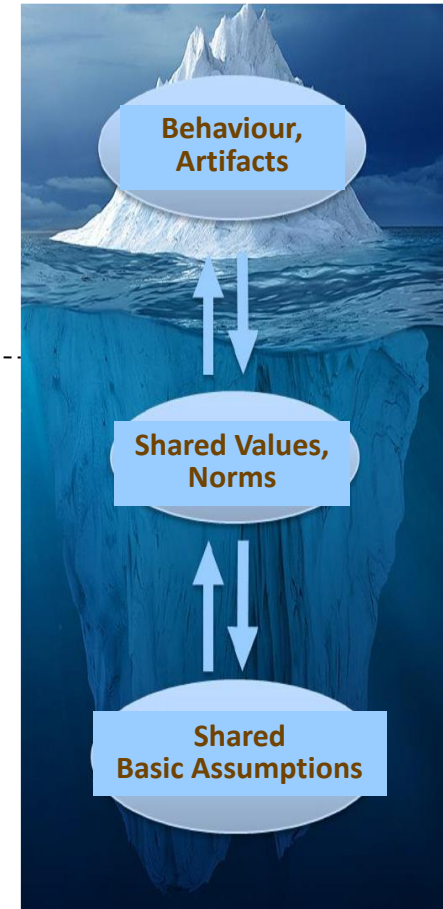
The Fukushima Daiichi Accident: Report by the Director General, IAEA

- 事故の主な要因の一つは、日本の原子力発電所は極めて安全であり、このような規模の事故は考えられないという認識が広く浸透していたことである。

... was the **widespread assumption** in Japan that its nuclear power plants were so safe that an accident of this magnitude was simply unthinkable

心理学者Edger H. Scheinによる3層の組織文化

1. **Artifacts**: 組織に関して知覚できる全ての要素（構造やプロセス）。
2. **Espoused Beliefs and Values** 信奉された信念と価値観：組織が表明している理想、目標、価値、イデオロギー等。
3. **Basic Underlying Assumptions** 基本的想定：無意識のうちに、当然のこととして受け入れられている信念や価値観等。振る舞い、理解・解釈、思考、感情等を決める。



(PDF) [Edgar Schein's three levels of Organizational Culture](https://gnssn.iaea.org/NSNI/SC/WS_LCfS2016/Presentations/12%20IAEA%20SCCIP.pdf)

https://gnssn.iaea.org/NSNI/SC/WS_LCfS2016/Presentations/12%20IAEA%20SCCIP.pdf (一部加筆)

Organizational Culture and Leadership, 4th Edition, Edgar H. Schein, 2010, John Wiley & Sons, Inc., Published by Jossey-Bass.

2. 米国における1980年後半以降の安全文化に関する議論の進展

- 3つの事例と3つの政策声明

米国NRCが最終安全文化政策声明 (June 2011) を出すまでの経緯

3つの政策声明

1996

政策声明「原子力産業従事者が報復を
恐れず安全上の懸念を提起する自由」

1989

原子力発電所運転に関する政策声明

2011

最終安全文化政策声明

1980

1990

2000

2010

2020

1987

Peach Bottom 居眠り等事例

1996

Millstone 内部告発・報復

2002 - 2006

Davis Besse 圧力容器上蓋劣化

3つの事例

原子炉監視プログラム
ROPの改良

1998 規制ガイド 1.174

1999 3つの横断的領域*

2000 ROPの本格運用

2014 NRC安全文化
共通言語 Common
Language

*横断的領域 Cross-cutting Areas

- 人的パフォーマンス(HP)、
- 問題の特定と解決(PIR)、
- 安全意識の高い職場環境(SCWE)

2004 INPO 強固な原子力
安全文化の原則

ライセンスを持つ運転員が勤務中に**居眠り**をしたこと **Asleep While on Duty**による運転停止命令

- 1987年3月24日、Region I事務所は、**Peach Bottom炉**の**制御室**で**特定の複数の運転員**が、**勤務中に居眠り**をしているのが確認され、その他にもライセンス義務に対する注意義務に違反しているinattentive to their license obligationsとの情報を入手。
- 初期調査結果に基づき、NRCは**1987年3月31日**、**3号機を36時間以内に停止するよう命令を発出**（2号機は既に停止中）。主な調査結果：
 1. 過去5か月間、・・・制御室スタッフ（運転員、シフト監督者等）の**1名以上**が、勤務中に定期的に睡眠を取ったり、業務への注意を怠ったりしていた。
 2. シフト監督者及びシフト主任レベルの**管理職者は、上記事実を認識し容認していた**。是正のための措置を講じるべきであった。

NRCは**Millstone**炉に関する申し立てAllegationsについての報告書を 刊行：従業員の懸念に対する第三者監視Third-party Oversightを要求

- 1980年代後半以降、**Millstone 1～3号機**では、プラント運転安全や従業員に対する**ハラスメントや威圧行為(H&I: Harassment and Intimidation)**に関する多数の従業員からの懸念や申告があった。NRCは、これらを裏付ける**多数の検査や調査を実施**。
- 1995年12月、**NRCは**、Millstoneにおける従業員の懸念及び申告への対応を**独立して評価するグループを設置**。
- 同グループは、**数年間にわたり、異論を許容せず、問題提起を歓迎しない不健全な職場環境が存在していた**と結論づけた。このような環境は、差別の繰り返しや従業員懸念への非効果的な対応を招いた。これら大半は安全上の重要性は低いものであったが、幾つかは安全上重要であったと判断された。

NRC政策声明:原子力産業の従業員が 報復を恐れることなく安全上の懸念を提起する自由

Freedom of Employees in the Nuclear Industry to **Raise Safety Concerns Without Fear of Retaliation**, May 14, 1996 (Federal Register, Vol. 61, No. 94)

- NRCは、本声明により、以下への期待を表明。
 - ライセンス保持者及びその他の雇用主が、「従業員が報復を恐れることなく、経営者及びNRCに対して **安全上の懸念を自由に表明できる安全意識の高い環境**」を確立し維持すること
establish and maintain **SCWE (safety-conscious work environment)**
in which employees **feel free to raise safety concerns**, both to their management and to the NRC, **without fear of retaliation**.
- このような環境を維持する責任は、各事業者、並びに原子力産業における請負業者、下請業者及び従業員に帰属する。...rests with each NRC licensee, as well as with contractors, subcontractors and employees in the nuclear industry.

Davis Besse NPPでの原子炉圧力容器上蓋の損傷 (1/5)

13

U.S. NRC, “Davis-Besse Reactor Vessel Head Degradation Lessons-learned Task Force Report”, Sept. 30, 2002*.

- 2002年3月5日、事業者(FENOC: FirstEnergy Nuclear Operating Co.)は、**原子炉圧力容器(RPV)上蓋の鋼材に大規模な劣化を確認**。
 - 当日、事業者は、燃料交換のための原子炉停止中に、**PWSCC***による**PV上蓋の貫通部ノズルの亀裂の検査**を実施。これはNRCの通達に応じた検査であった。

*1次冷却水環境下での応力腐食割れ
 - 複数のノズルに亀裂を発見。そのノズルの修理のため、近傍を調査した結果、約 **20~30 in² (129~193cm²) の空洞を発見**。厚さ6.63in (16.8cm) の炭素鋼製RPV上蓋を完全に貫通し、内側のステンレス鋼被覆ライナーまで達していることを確認。**外表面からのホウ酸腐食Boric acid corrosion**が主要因であった。



Looking Back Toward Nozzle Three

<https://www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/vessel-head-degradation/vessel-head-degradation-files/looking-back-toward-nozzle3>

*<https://www.nrc.gov/docs/ML0227/ML022760172.pdf>

Davis Besse NPPでの原子炉圧力容器上蓋の損傷 (2/5)

U.S. NRC, “Davis-Besse Reactor Vessel Head Degradation Lessons-learned Task Force Report”, Sept. 30, 2002.

- 原子炉圧力容器上蓋 制御棒貫通部の応力腐食割れ(加圧水応力腐食割れ (PWSCC)と呼ばれる)が発端(App. D参照)
 - 1991年、仏のBugey3号機 (PWR)で確認。NRCは、PWSCCに対処する行動計画を実施し、事業者は安全評価を実施。
 - 事業者の報告書では、PWSCCからの漏洩水*によるRPV上蓋の外側からのホウ酸腐食の可能性について、以下のように言及：
 - ✓ 軸方向の亀裂は安全上重要な影響を及ぼさない、
 - ✓ 周方向亀裂は発生可能性が低く、仮に漏洩した冷却水によりRPV上蓋のホウ酸侵食が発生しても、「安全余裕が損なわれる前に巡視点検で発見できる」と結論。
 - 1993年11月19日、NRCはこれに同意。周方向亀裂については、産業界に対しVHPノズル漏洩監視の強化を促した。

*原子炉の冷却水には、反応度制御のためホウ酸が含まれている。

Figure 2-5 BORIC ACID DEPOSITS ON RPV HEAD FLANGE

原子炉圧力容器上蓋フランジ部のホウ酸の堆積物

Davis Besse NPP
原子炉圧力容器
上蓋の損傷 (3/5)



Figure 2-5 BORIC ACID DEPOSITS ON RPV HEAD FLANGE

Refueling Outage 12 (2000)

U.S. NRC, “Davis-Besse Reactor Vessel Head Degradation
Lessons-learned Task Force Report”, Sept. 30, 2002.

Davis Besse NPPでの原子炉圧力容器上蓋の損傷 (4/5)

マネジメント及び人的パフォーマンスに関する FENOC社による根本原因分析報告書

- FENOC社は、NRCからの要求を受け、**根本原因分析**を実施。
- RCAチーム構成：大部分はFENOC社職員。**同社から独立した根本原因分析の専門家**複数名と**IMPOから複数名**が参加。

CONCLUSIONS

*“**Less Than Adequate Nuclear Safety Focus – Production focus**, established by management, combined with **taking minimum actions to meet regulatory requirements**, resulted in acceptance of degraded conditions.”*

FirstEnergy Nuclear Operating Company (FENOC), “**Management and Human Performance Root Cause Analysis Report** on Failure to Identify Reactor Pressure Vessel Head Degradation.” August 21, 2002.

安全文化: NRCの展望 Perspective

Dr. Richard A. Meserve, Chairman U.S. NRC

INPO CEO Conference, Atlanta, Nov. 8, 2002

- Davis Besseの検査により、圧力容器上蓋の腐食は、**安全文化の劣化の直接的な結果** direct result of a degraded safety cultureであったことが明らかになった。
 - **長期に亘る原子炉冷却水の漏洩**に対処できず、是正措置が効果的かつ適時には実施されなかった。
- こうした問題を早期に発見する上で、**原子炉監視プロセスROPも、期待したようには機能しなかった。**
 - **パフォーマンス指標は「緑」**であり、基本検査では、重要な発見事項significant findingsはなかった。
 - **劣化の証拠の重要性**に対するNRCスタッフの認識が不足。
- 本件は、**適切な安全文化を確保するためのNRCのアプローチが十分かという根本的な問題**を提示している。

INPO 強固な原子力安全文化の原則

Principles for a Strong Nuclear Safety Culture, Nov 2004

INPO: Institute of Nuclear Power Operations 原子力発電運転協会

- 2004年、Davis Besseでの事故を受けて、**原子力産業界のINPOは「強固strongな原子力安全文化の原則*」**を公表。
- 2009年、原子力産業界は、原子力エネルギー協会（NEI）、INPOと連携し、**安全文化を強化するための自主的な取組を開始。**
 - そのプロセスは、NEIの報告書**NEI 09-07「強固な原子力安全文化の醸成*」**に記述され、各電力は、それに従って自己評価がなされた。
 - **NEI 09-07は、INPOの「強固な原子力安全文化の原則*」**を基にしている。

* **Principles for a Strong Nuclear Safety Culture**, The Institute of Nuclear Power Operations (INPO), November 2004.

****NEI 09-07 Rev 0, Draft, Fostering a Strong Nuclear Safety Culture**, Jun 2009.

3つの政策声明

1996
政策声明「原子力産業従事者が報復を
恐れず安全上の懸念を提起する自由」

1989
原子力発電所運転に関する政策声明

2011
最終安全文化政策声明

1980

1990

2000

2010

2020

1987
Peach Bottom 居眠り等事例

1996
Millstone 内部告発・報復

2002 - 2006
Davis Besse 圧力容器上蓋劣化

3つの事例

原子炉監視プログラム
ROPの改良

1998 規制ガイド 1.174

1999 3つの横断的領域*

2000 ROPの本格運用

2014 NRC安全文化
共通言語 Common
Language

*横断的領域 Cross-cutting Areas

- 人的パフォーマンス(HP)、
- 問題の特定と解決(PIR)、
- 安全意識の高い職場環境(SCWE)

2004 INPO 強固な原子力
安全文化の原則

米国NRCの最終安全文化政策声明 (1/2)

Safety Culture Policy Statement, June 14, 2011

III. 政策声明Statement of Policy

- 委員会は、・・・積極的な安全文化positive safety cultureの確立と維持を支援するよう奨励する。
- 委員会は、安全文化を以下のように定義する。：
 - 人と環境を確実に守るために、競合する他の目標よりも安全を重視するというリーダーと個人による集団的なコミットメントから生じるresulting from、中核となる価値観と振る舞いcore values and behaviors。

(参考)INPOの「強固な安全文化」の定義：

安全文化とは、リーダーがモデル化し、メンバーが内面化した組織の価値観と振る舞いであり、原子力安全を最優先overriding priorityにするために役立つ。

米国NRCの最終安全文化政策声明 (2/2)

Safety Culture Policy Statement, June 14, 2011

■ 積極的な安全文化の特性 Traits of a Positive Safety Culture :

1. リーダーシップ、安全の価値と行動 Leadership Safety Values and Actions
2. 問題の特定と解決 Problem Identification and Resolution
3. 個人の責任 Personal Accountability
4. 作業プロセス Work Processes
5. 継続的学習 Continuous Learning
6. 懸念を表明できる環境 Environment for Raising Concerns
7. 効果的な安全コミュニケーション Effective Safety Communication
8. 互いに尊重し合う職場環境 Respectful Work Environment
9. 問いただす姿勢 Questioning Attitude

米国NRCの「安全文化共通言語」: NUREG-2165 (1/2)

Safety Culture Common Language, March 2014

- NRCは、原子力産業界と公衆も参加するワークショップを4回開催（2011年12月～2013年1月）し、「安全文化共通言語」を刊行。
- これは、安全文化を表現する際に、事業者と規制者が各々使用してきた用語を調和させ、統一する試み：
 - INPOの「強固な原子力安全文化の原則」
 - NRC「最終安全文化政策声明」における安全文化の特性
 - NRCが原子炉監督プロセス(ROP)で使っている横断的領域
Cross-cutting Areasと横断的側面 Cross-cutting Aspects
- NRCは、当該共通言語を用て、ROPでの「潜在的な安全文化の脆弱性を検出する能力」の強化に活用。
- INPOは、当該共通言語を、INPO 12-012「健全な原子力安全文化の特性*」として公表、産業界で活用。

*INPO 12-012, Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture, Dec 2012.

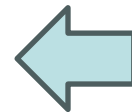
米国NRCの「安全文化共通言語」: NUREG-2165 (2/2)

Safety Culture Common Language, March 2014

- 安全文化の特性Traits及び属性Attributesを定めた(全10特性と40の属性)。

10特性:

1. リーダーシップ、安全の価値と行動Leadership Safety Values and Actions (LA)
2. 問題の特定と解決Problem Identification and Resolution (PI)
3. 個人の責任Personal Accountability (PA)
4. 作業プロセスWork Processes (WP) Traits, Attributes and
5. 継続的学習Continuous Learning (CL)
6. 懸念を表明できる環境Environment for Raising Concerns (RC)
7. 効果的な安全コミュニケーションEffective Safety Communication (CO)
8. 互いに尊重する職場環境Respectful Work Environment (WE)
9. 問いただす姿勢Questioning Attitude
10. 意思決定Decision making

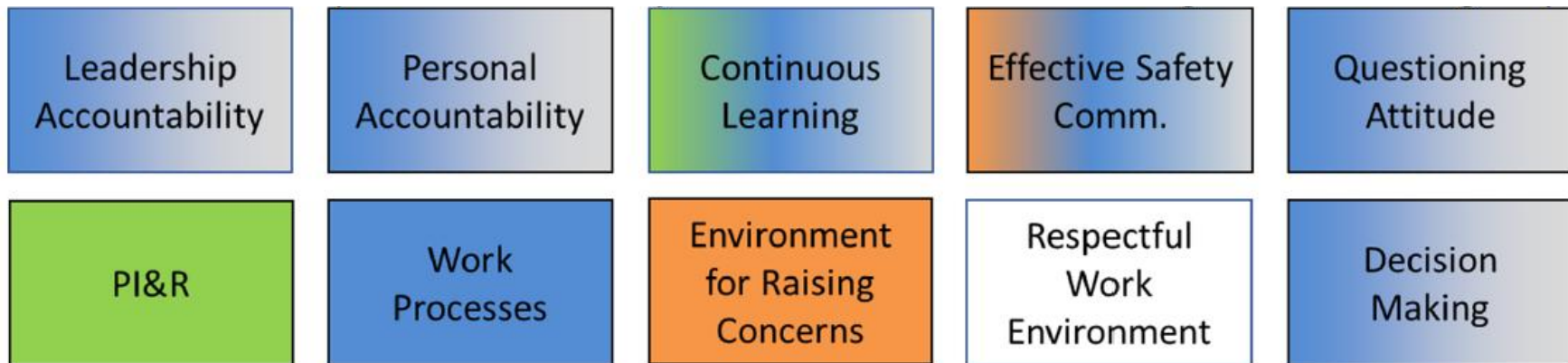


最終安全文化政策声明での
9 Traitsに追加

安全文化共通言語の「10の特性traits」と原子炉監視プログラムROP での「3つの横断的分野cross-cutting areas」との対応関係

2019 Cross-Cutting Issues (CCI) Program Effectiveness Review
CCI Program History*

安全文化共通言語の10の特性Traits



*白は、3つの横断的分野では使っていない部分

ROPでの横断的分野Cross-cutting Areas



安全文化共通言語に基づく横断的分野の細分化

2019 Cross-Cutting Issues (CCI) Program Effectiveness Review *

3つの横断的分野Cross-cutting Areasと23の横断的側面Cross-cutting Aspects

HP: 人的パフォーマンス

- H.1 資源
- H.2 現場臨場Field Presence
- H.3 変更管理
- H.4 チームワーク
- H.5 作業管理
- H.6 設計裕度Design Margin
- H.7 記録Documentation
- H.8 手順遵守Procedure Adherence
- H.9 訓練
- H.10 意思決定の基盤
- H.11 未知Unknownへの挑戦
- H.12 慢心complacencyの回避**
- H.13 一貫したconsistentプロセス
- H.14 保守的バイアスBias

SCWE: 安全意識の高い作業環境

- S.1 SCWE政策
- S.2 代替プロセス
- S.3 情報の自由な流れと共有Free Flow**

PIR: 問題の特定と解決

- P.1 特定Identification**
- P.2 評価Evaluation**
- P.3 解決Resolution**
- P.4 傾向分析Trending
- P.5 運転経験
- P.6 自己評価

3. 米国NRCの原子炉監視プログラムROP: Reactor Oversight Programにおける事業者の安全文化の評価

- 米国の検査制度での安全文化の評価

NRCの原子炉監視プロセス (ROP), by Russell Gibbs,

Workshop on Performance Based Oversight, Tokyo, Japan, Oct. 2019

- ROPは、リスク情報を活用したパフォーマンスに基づく (Performance Based) プログラム。
 - 事業者がリスクを考慮して安全に運転することを重視: 事業者の活動とその成果 (actions and associated outcomes) を重視。
- 検査発見事項 (Inspection findings) は、安全上の重要性がマイナーより大きいパフォーマンスの欠陥 (performance deficiency of more than minor significance) があった場合のみ*。
 - マイナーな欠陥は事業者の是正処置プログラム (CAP) に任せる。
- 検査発見事項の重要度は、重要度決定プロセス (SDP: Significance Determination Process) で評価される。
- そして、重要度に応じて、対応マトリクス (Action Matrix) に従い、規制対応 (regulatory response) を決める。

*IMC 0612, Appendix E, “Examples of Minor Issues”

原子炉監視プロセス (1/2)

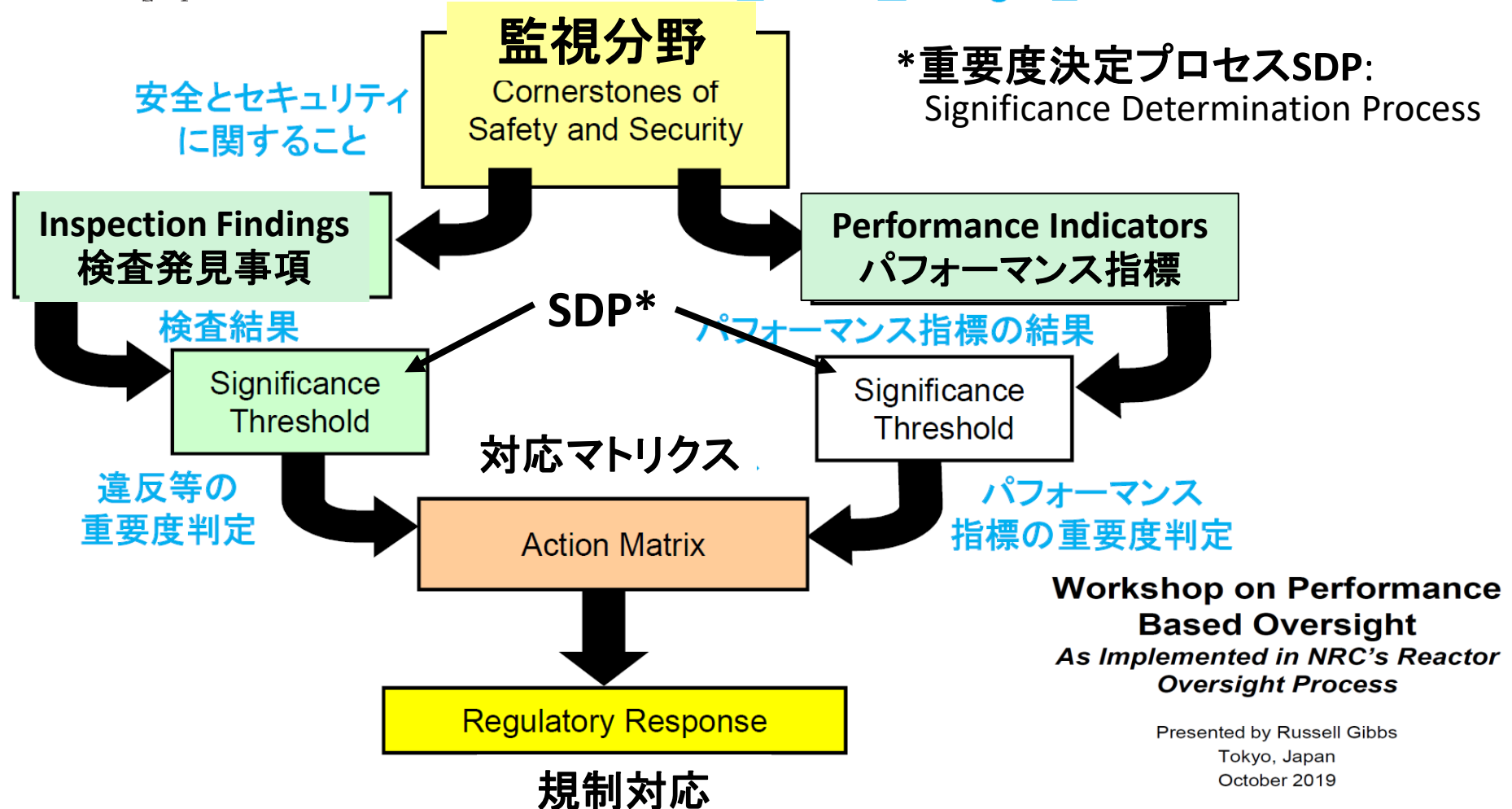
ROP: Reactor Oversight Process

<https://www2.nra.go.jp/data/000290816.pdf>



Refresher on ROP

原子炉監督プロセス (Reactor Oversight Process)

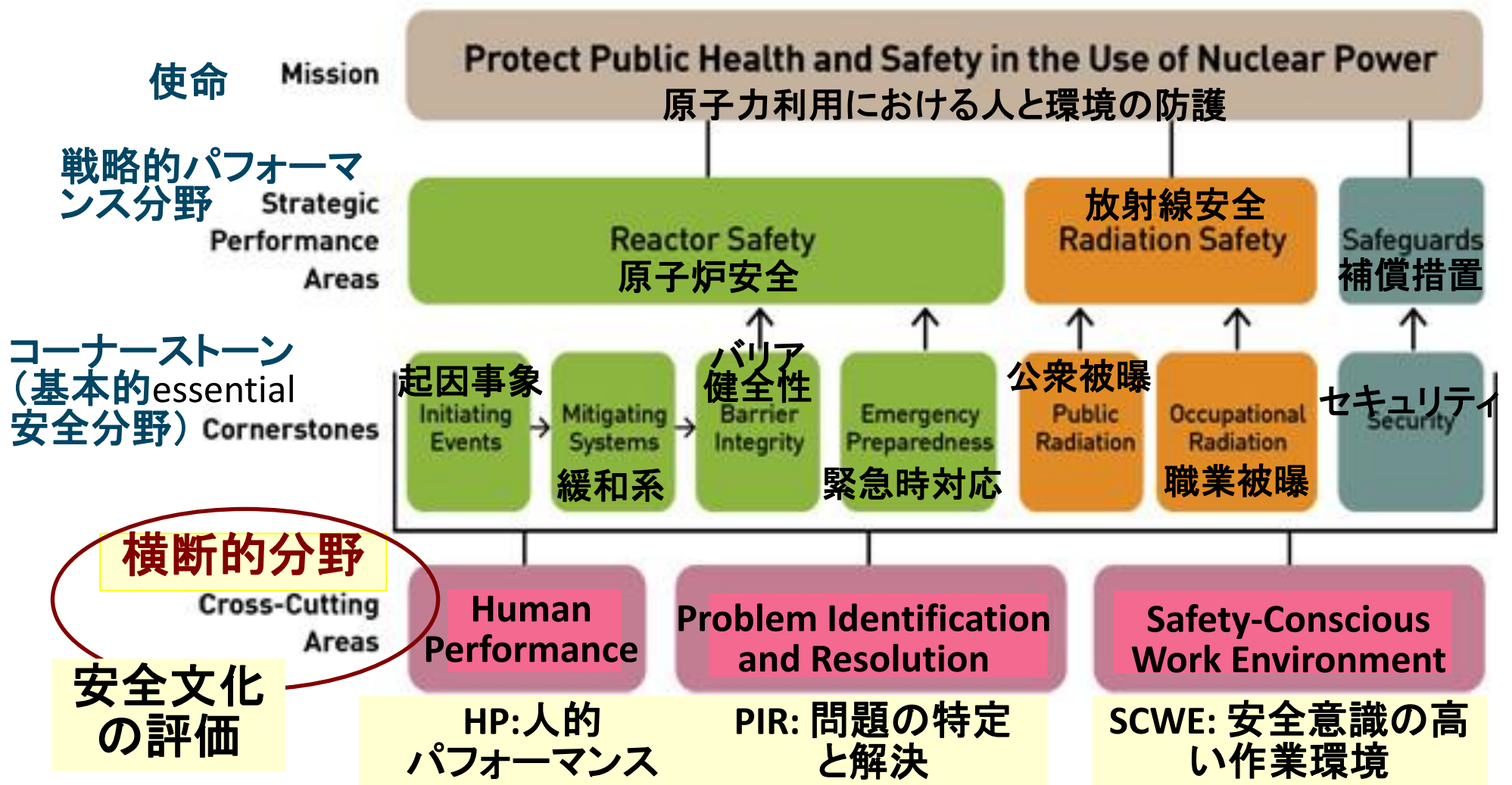


原子炉監視プロセス (2/2)

ROP: Reactor Oversight Process

U.S.NRC: <https://www.nrc.gov/reactors/operating/oversight/rop-description.html>

Reactor Oversight Framework 監視分野



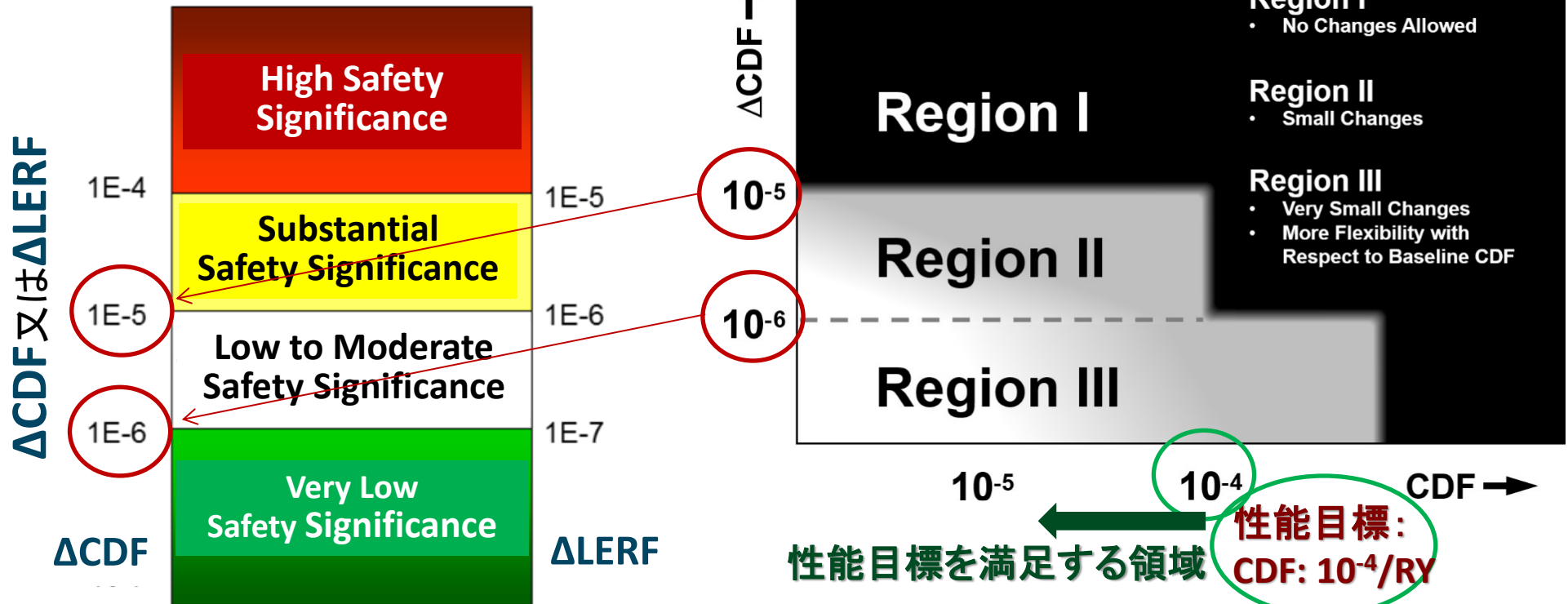
重要度決定プロセスSDP: Significance Determination Process

Inspection Manual Chapter 0609, 2001/01/2019

30

- 検査発見事項inspection findingsには、その**安全上の重要性**を示す色が割り当てられる。

検査発見事項の定量的重要性



ΔCDF: 炉心損傷頻度の増分(/RY)

ΔLERF: 早期大規模放出頻度の増分(/RY)

U.S.NRC, Inspection Manual Chapter 0609, SDP, 2019

Regulatory Guide 1.174, July 1998:

An Approach for Using PRA in Risk-informed Decisions on Plant-specific Changes to the Licensing Basis.

原子炉監視プロセス

対応マトリクス (Action Matrix) のイメージ

区分	基本検査	追加検査IP 95001	追加検査IP 95002	追加検査IP 95003
施設の 状態	事業者の自律的な改善が見込める状態	事業者の安全活動に軽微な劣化がある状態	事業者の安全活動に中程度の劣化がある状態	事業者の安全活動に長期にわたる又は重大な劣化がある状態
評価 基準	全て緑評価	1つの戦略的パフォーマンス分野で1～2件の白	1つの戦略的パフォーマンス分野で3件の白又は1つのコーナーストーンの劣化*	2件以上の黄又は1件の赤、複数のコーナーストーンの劣化等
	<ul style="list-style-type: none"> 事業者による是正処置(CAP: Corrective Action Program)の状況の確認。 	<ul style="list-style-type: none"> 事業者による根本原因分析及び再発防止のための是正措置の妥当性確認。 	<ul style="list-style-type: none"> 事業者による根本原因分析 NRCによる独立した状況・原因の評価等 	<ul style="list-style-type: none"> NRCは、根本原因の独立評価independent assessmentを要請。さらに、自ら安全文化の評価を実施。

規制介入の程度: 大

下記を参考に筆者が作成:

- 原子力規制庁、原子力規制検査等実施要領
<https://www2.nra.go.jp/data/000476289.pdf>
- U.S. NRC, IPs 95001, 95002 and 95003等

* コーナーストーンの劣化: 1つのコーナーストーンに3件以上の白又は1件の黄がある場合

横断的課題CCI: Cross-Cutting Issue

IMC: Inspection Manual Chapter 0305, 10/25/24

- **CCI**は、安全上重要ではないが、安全文化に関わる複数の欠陥が見つかった場合等に、懸念を表明ことにより、**より重大な問題が発生する前に対応を採ることを促すプロセス**。
 - NRCの評価書で、3回連続して**横断的テーマ**(Cross-Cutting Theme)が**指摘されると、CCIが設定**され、必要に応じて、**安全文化評価**の実施が求められる。
- **横断的テーマの設定**:
 - **人的パフォーマンス**又は**問題の特定と解決の1つの横断的側面** (CCA: Cross-Cutting Aspect)で、4四半期に**6件以上**の発見事項があった場合等。
 - 4四半期に**人的パフォーマンス**で**20件**又は**問題の特定と解決**で**12件**以上の発見事項があった場合等。
 - **安全意識の高い作業環境** (SCWE)で、18か月の評価期間中に**1件**の所見があった場合等。

4. 対応的規制 Responsive Regulation とリスク低減における安全文化の役割

- OECD/NEA の報告書「安全文化の観点から見た**規制機関と事業者の相互影響***」
- 米国NRCの白書「**パフォーマンスに基づくアプローチ** (Performance-based Approach)**」
- NRCのMeserve 委員長のスピーチ「**安全目標の進化と安全文化との関係**」

* The **Mutual Impact** of Nuclear Regulatory Bodies and License Holders from a Safety Culture Perspective, OECD/NEA **CNRA/WGLSC** (Working Group on Leadership and Safety Culture, **Chair, Nobuhiko Ban** (Commissioner, NRA Japan), 2024.

** SRM SECY-98-144: **White Paper** on Risk-informed and Performance-based Regulation, Revised, March 1, 1999.

*** NRC News, **Safety Culture: An NRC Perspective**, Remarks by Dr. Richard A. Meserve, Chairman U.S. NRC at the 2002 INPO CEO Conference.

安全文化の視点からの規制機関と事業者 の相互影響 **Mutual Impact** (1/2)

OECD/NEA **CNRA/WGLSC**, The **Mutual Impact** of Nuclear Regulatory Bodies and License Holders from a Safety Culture Perspective, 2024.

Glossary

AER: Accountability-oriented, Enabling Regulation

- 事業者自身による継続的改善と安全文化の成熟を促し、安全に対する責任を主体的に果たすよう導こうとする規制アプローチ
 - A regulatory approach which **seeks to foster the licensee's accountability for safety, enabling continuous improvement and growth of the licensee's safety culture** towards higher maturity levels.
- その特徴は、規制・監視における**規範的要求の度合いが低いこと low degree of prescriptiveness**。建設的な協力、対話及び信頼に基づく規制機関と事業者との効果的な関係、並びに相互尊重と各組織の役割と責任の認識に基づいて構築される。

安全文化の視点からの規制機関と事業者 の相互影響 **Mutual Impact** (2/2)

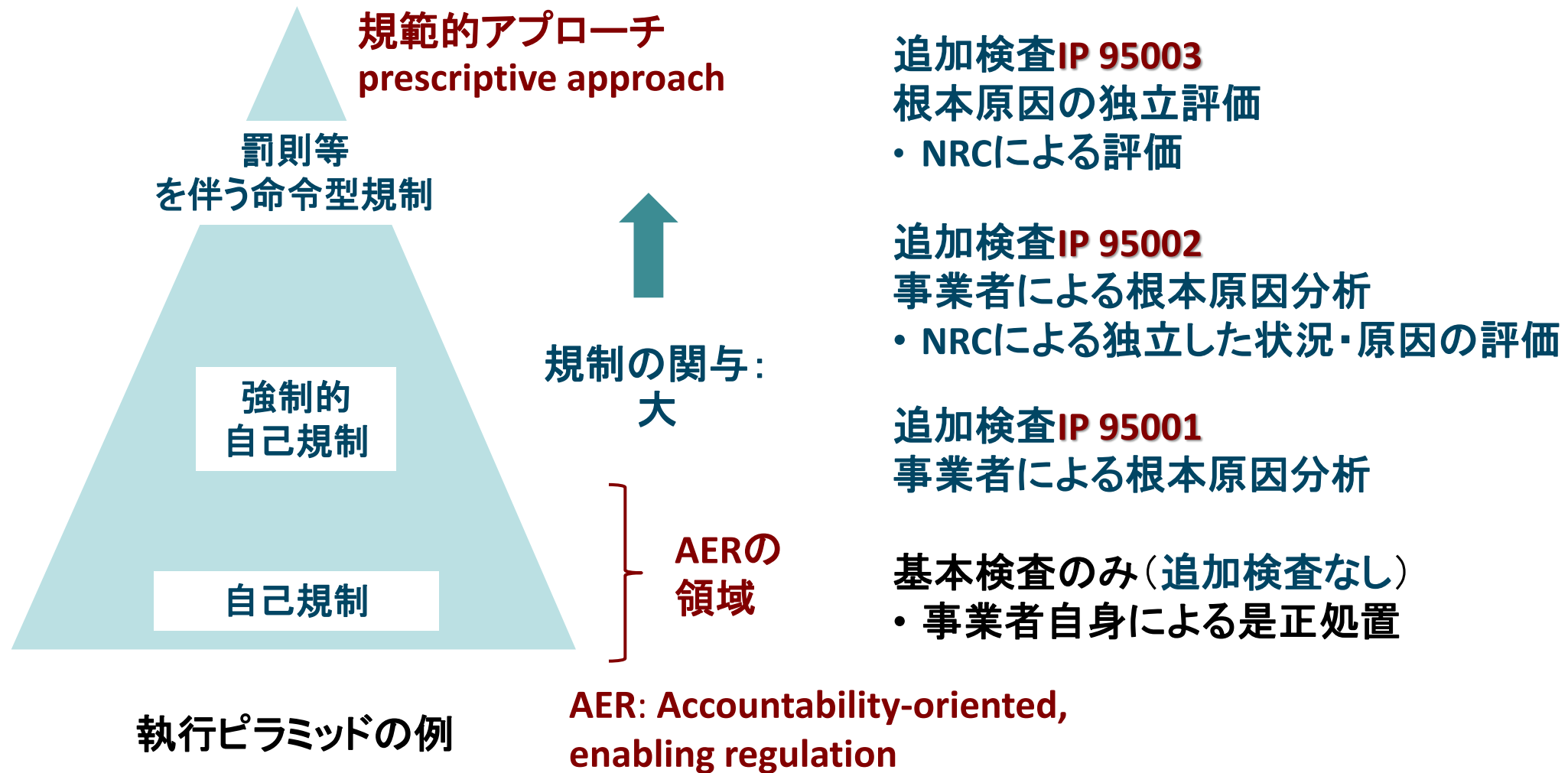
OECD/NEA **CNRA/WGLSC**, The **Mutual Impact** of Nuclear Regulatory Bodies and License Holders from a Safety Culture Perspective, 2024.

Glossary

応答的規制 **Responsive regulation**

- 全ての事業者に適した **規制監視Oversight**のアプローチはなく、**規制監視は、事業者のパフォーマンスと文化に、時間をかけて適合させる必要があるとする規制概念。**
- 応答的規制は、「**規制ピラミッド**」で説明される。
 - 底辺の **自主規制**self-regulation、**自主的遵守**voluntary compliance等に基づく監視から上方に進むにつれ、規制介入が強化される。
 - 下層にある穏やかな規制措置及びより侵入的でないless intrusive規制措置の全てが効果的ない場合には、「**最後の手段ultima ratio**」として、**ピラミッドの頂点に強力な措置と厳格な規範的アプローチ**prescriptive approachが置かれる。

応答的規制 Responsive Regulation の例



Jonathan Kolieb, When to Punish, When to Persuade and When to Reward: Strengthening Responsive Regulation with the Regulatory Diamond, Monash University Law Review (Vol 41, No 1)

<https://www.austlii.edu.au/au/journals/MonashULawRw/2015/6.pdf>

リスク情報活用とパフォーマンスに基づく規制に関する白書

White Paper on Risk-informed and Performance-based Regulation, March 1, 1999

7. **パフォーマンスに基づくアプローチ** (Performance-Based Approach): 規制a regulationには、**規範的なものprescriptive**と、**パフォーマンスに基づくPerformance-based**ものがある。
- ✓ **規範的要求**は、望ましい目的を達成するための手段として、設計又はプロセスに含まれるべき特定の機能、行為、又はプログラム要素を規定する。
 - ✓ **パフォーマンスに基づく要求**は、測定可能な**成果outcomes**を重視するrelies uponが、それらの成果を得るための**手段means of meeting those outcomes**については、**事業者により多くの自由度を与えるprovides more flexibility**。...

安全目標の進化Evolutionと安全文化との関係 (1/2)*

Dr. Richard A. Meserve, Chairman, June 18, 2001

- 基本的なレベルで、安全目標と安全文化は強く結びついている。
現実的な意味で、安全文化は安全目標を達成する能力に大きく貢献しているsignificant contributor to the ability to meet safety goals 。
 - これは、プラントの運転員がQHOや性能目標subsidiary objectivesを日常的に数値目標として使用していることを意味するのではなく、
 - むしろ、強固な安全文化は、リスクを最小化するという安全目標の目的と整合する運転哲学operational philosophyに導くことを意味している。

QHO:定量的健康目的Quantitative Health Objective

*Presented at Atomic Energy Society of Japan/American Nuclear Society Topical Meeting on Safety Goals and Safety Culture, Milwaukee, Wisconsin, June 18, 2001

安全目標の進化Evolutionと安全文化との関係 (1/2)

Dr. Richard A. Meserve, Chairman, June 18, 2001*

- **NRCの安全文化は、スタッフの振る舞いをとおして、事業者の安全文化に影響を与える。**
 - 過剰な規制は、事業者からプラントの安全パフォーマンスに対する当事者意識を奪い、その低下を招く恐れがある。
 - 過小な規制には、当然、危険が伴う。
- 従って、NRCの文化は、事業者の安全文化に望ましくない影響を与えることなく、適切な安全重視を維持するために、監視プロセスで適切なバランスを見つけないといけない。
- そのバランスの一つとして、**事業者の安全文化が安全目標の達成に果たす役割**を理解することが挙げられる*。

* NRCは、多くの場合、安全目標のレベルまでのリスク低減を求める規制権限(原子力法161条に基づくバックフィットの権限)を有しないことと関連すると考えられる。

参考

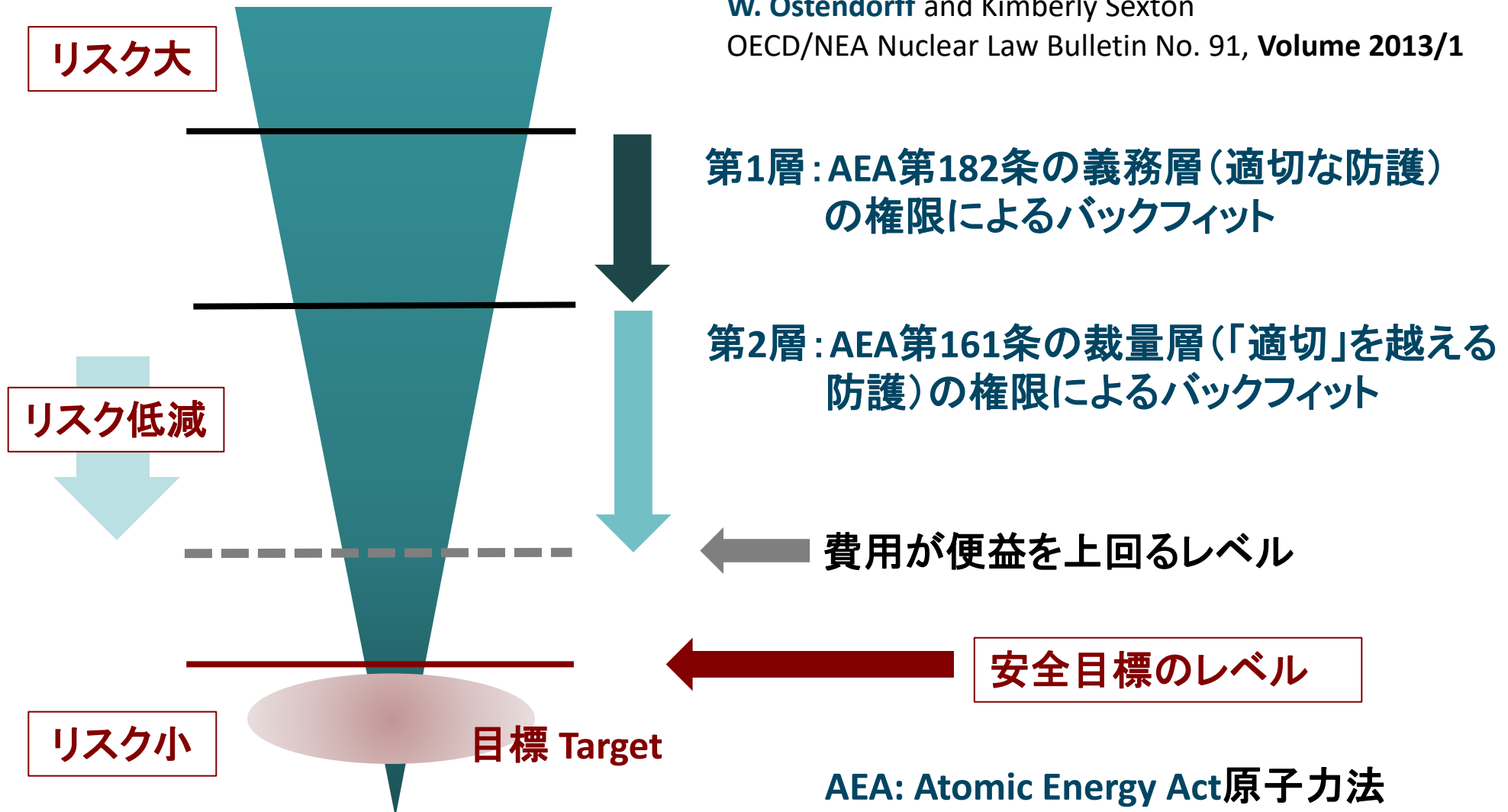
米国の1954年原子力法

NRCの規制権限の2層構造

Two-tier Structure: **Mandatory Tier** and **Discretionary Tier**

W. Ostendorff and Kimberly Sexton

OECD/NEA Nuclear Law Bulletin No. 91, Volume 2013/1



安全目標が存在することが安全文化に与える効果： 規制者と事業者の相互影響Interaction

安全目標の目的 ← Introduction of Safety Goal Policy Statement

- 現状の規制は改善できる。より合理的で一貫した coherent and consistent 規制、より予見性 predictable の高い規制プロセスを実現し、それにより、規制基準についての公衆の理解及びプラントの安全に対する公衆の信頼を得ることができる。
- ➡ これは、「日々の規制活動を通して、全てのプラントが安全目標を満足すること(リスク低減)を目指す。」というNRCの意思表明であり、NRCの安全文化の特徴となっている。

規制者と事業者の相互影響Interaction

- Meserve 氏が言うように、「NRCの安全文化は、スタッフの振る舞いをとおして、事業者の安全文化に影響を与える。」
- 事業者もまた、「安全目標を満足すること」が自らの目標となり、それが事業者の安全文化・振る舞いとなる。

5. まとめ (1/2)

- 原子力発電運転協会INPOは、Davis Besse等での事例を経験し、2004年、「**強固なstrong原子力安全文化の原則**」を刊行。
- 一方、NRCは、2011年、最終**安全文化政策声明**を発出。INPOの考え方も反映。
 - NRCは、2014年、産業界と一般公衆と共に、「**安全文化共通言語**」を整備。
- ROPでは、事業者の**安全文化を評価**:
 - **安全上重要な欠陥が見つかった場合には**、その重要度に応じて、**根本原因分析**の実施を要求。規制介入の程度を強める。
 - **横断的課題CCI: Cross-Cutting Issue**プロセスでは、**安全上重要ではないが、安全文化に関わる複数の欠陥が見つかったような場合に**、その懸念を事業者に伝えることにより、より重大な問題が発生する前に適切な対応を採ることを促す。

5. まとめ (2/2)

- OECD/NEA 原子力規制活動委員会 (CNRA) のレポート(規制者と事業者の相互影響)では、事業者による継続的改善と安全文化の成熟を促し、安全に対する責任を主体的に果たすよう導こうとする規制アプローチ AER: Accountability-oriented, Enabling Regulatory Approachについて議論。
 - パフォーマンスに基づくアプローチとの類似性が高い。
- 安全文化と安全目標の関係
 - 安全目標により、NRCは、日々の規制活動を通して、**一貫して、各プラントが安全目標を満たすことを目指す**ようになる。これがNRCの安全文化の特徴となり、**事業者の安全文化に影響**を与える。
 - その結果、**事業者の安全文化がより強固なものとなり、それがリスクを最小化するという安全目標の目的と整合する運転哲学に導く。**

Appendix

“Safety Culture”という言葉の由来

- 当時のソ連の原子力界には、安全が重要なものであり、高い優先度を与えなければならないという意識がなかったのではないかと、そしてこれは「culture」という言葉で表現するのが適当なほどに、根深くかつ広い問題ではないか

佐藤一男著「改訂原子力安全の論理」(2006年2月22日)

- …ソ連には安全が重要でありこれを最優先するという考え、すなわち『安全の意識』が存在しないのではないかという、深刻な疑問が起こるのを禁じ得なかった。
- …それは単に発電所の現場のみならず、政府の最高機関から末端にまで渡り、**その根は深くかつ広く「カルチャ」と呼ぶに相応しいものではないか**と思われたのである。

佐藤一男、セーフティカルチャ、原安協プライマーNo. 5, 2002年6月

IAEA基本安全原則

Fundamental Safety Principle: SF-1, 2006 (1/2)

IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

Fundamental
Safety Principles

Jointly sponsored by



Safety Fundamentals

No. SF-1



原則3:安全のためのリーダーシップとマネジメント

Leadership and management for safety

放射線リスクに関する組織並びに放射線リスクを生ずる施設及び活動では、効果的な**安全のための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。

3.12 ... さらに、マネジメントシステムは、**安全文化の醸成** promotion of safety culture、**安全パフォーマンス**の定期的評価及び経験からの教訓の適用を確実にしなければならない。



GSR Part2: Leadership and Management for Safety, 2016

IAEA基本安全原則

Fundamental Safety Principle: SF-1, 2006 (2/2)

原則8: 事故の防止 Prevention of accidents

核又は放射線事故を防止し緩和するために、実際に役立つ practical あらゆる努力がなされなければならない。

3.31 事故の発生を防止し、その影響を緩和する主な手段は、**深層防護の概念** concept of defence in depth を適用することである。

3.32 **深層防護**は、以下の適切な組み合わせによって実現される：

- 安全に対するマネジメントの強いコミットメントと**強固な安全文化** strong safety culture を備えた効果的なマネジメントシステム。
- 適切なサイト選定及び主に下記手段による**安全裕度、多様性及び多重性**を実現する優れた設計と工学的設備 engineering features の導入。
- ...

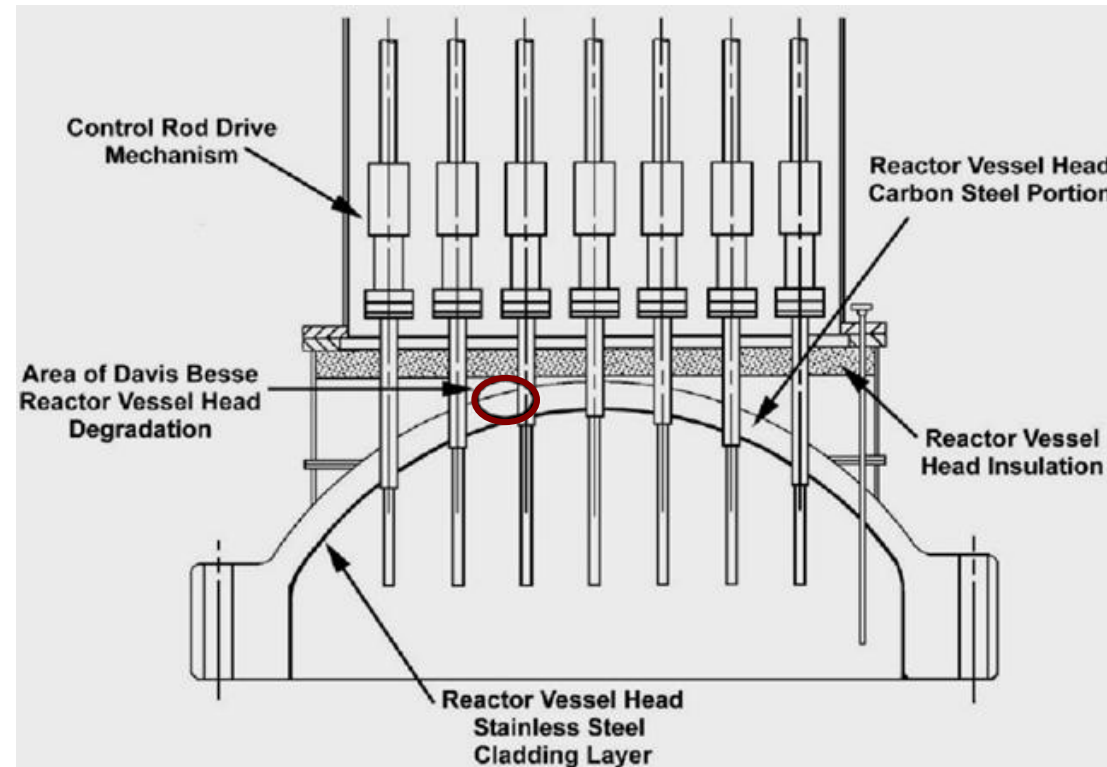


Figure 2-2 SCHEMATIC VIEW OF TYPICAL B&W RPV HEAD 代表的B&W社製原子炉圧力容器上蓋 (一部加筆)

1次冷却水にはホウ酸が含まれており、**PWSCC** によるノズル割れからの漏洩水により、上蓋が外側からのホウ酸腐食Boric acid corrosionにより浸食された。

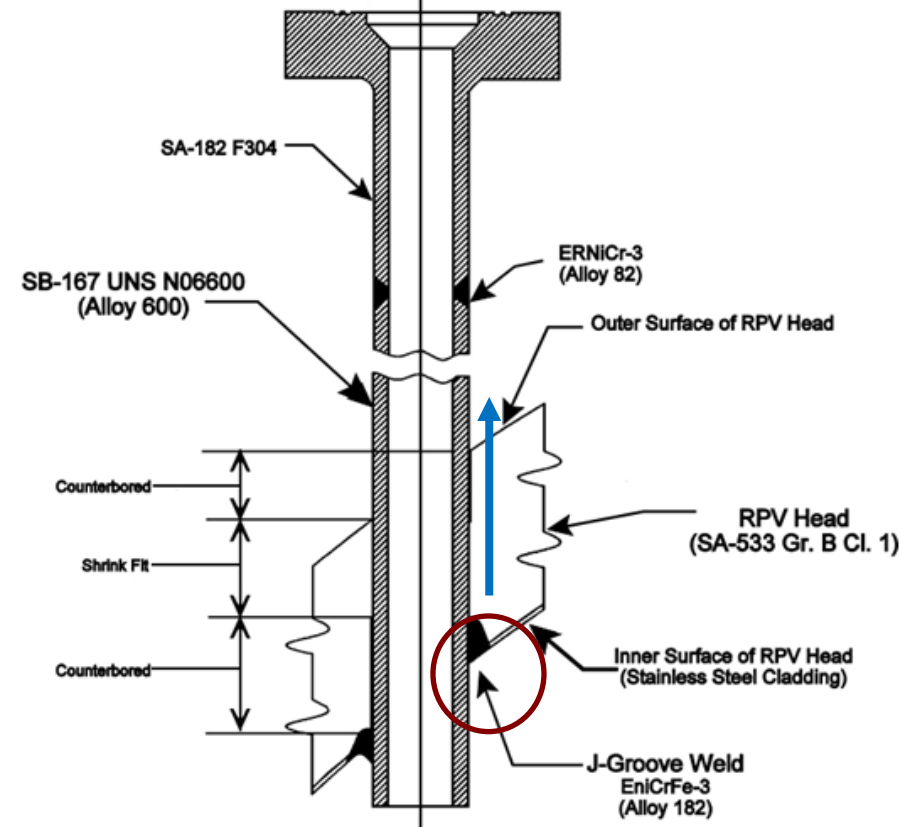


Figure 2-3 SCHEMATIC VIEW OF TYPICAL B&W VHP NOZZLE 代表的B&W社製原子炉圧力容器上蓋ノズル (一部加筆)
(合金600ノズルの**PWSCC**)

U.S. NRC, "Davis-Besse Reactor Vessel Head Degradation Lessons-learned Task Force Report", Sept. 30, 2002.

U.S. NRC, “Davis-Besse Reactor Vessel Head Degradation Lessons-learned Task Force Report”, Sept. 30, 2002.

観察と結論 Observations and Conclusions

- NRCタスクフォースは、「VHPノズル漏洩及びRPV上蓋の劣化は防止できたwas preventable」と結論。そして、以下の理由で防止できなかったwas not prevented becauseとした：
 1. NRC、Davis-Besse炉及び原子力産業界は、関連する運転経験の適切な検討、評価及びフォローアップを怠ったfailed to adequately review, assess, and follow-up
 2. Davis-Besse炉はプラントの安全問題に適切な注意を払わなかったfailed to assure that plant safety issues would receive appropriate attention
 3. NRCは、既知の又は入手可能な情報をDavis-Besse炉の安全パフォーマンスの評価に取り入れることに失敗したfailed to integrate known or available information into its assessments of DBNPS's safety performance

POP: NRCによる安全文化の監視

安全文化が関わる場合の**対応マトリクス** (Action Matrix)

Diane J. Sieracki, IAEA TM Oct. 6-8, 2014

- **規制介入の程度**は、「**対応マトリクスAction Matrix**」で決定される。
 - **検査手順書95001**: NRCは、**事業者が実施する根本原因分析** Root Cause Analysisが**安全文化を適切に考慮しているか**を検証 verifyする。
 - **検査手順書95002**: NRCは、**事業者とは独立に、安全文化の弱点が根本原因又は寄与要因であったか否かを判断する**。事業者に対し、**根本原因の独立評価を要請**する場合がある。
 - **検査手順書95003**: NRCは、事業者に対し**根本原因の独立評価** independent assessment**を要請**。さらに、事業者の評価結果を基に、**自ら安全文化の評価を実施**する。

Remarks of **Chairman Nils J. Diaz**, NRC NEWS, April 16, 2003

No. S-03-009

- 私の規制者としての哲学は、最も安全上の重要性が高い課題に最も高い優先順位を与えること。
- 我々の目的は、実際のリスクに対応する規制を行うこと、それが現実的な保守性に違いない。過小な規制は公衆の安全を脅かし、過大な規制は安全に見合わないコストの増加を消費者にもたらす。
- 私はリスク情報を活用した規制の提唱者(advocate)であったが、今はリスク情報を活用したパフォーマンスに基づく規制の提唱者である。
- パフォーマンスに基づく規制の最良の例は保守規則。この規則では、何をしなければならないかを規定しているが、どのようにしなければならないか (how it must be done)は規定していない。
- この規則は、事業者にflexibilityとinnovationをもたらす。
- Davis Besseを議論することなく、安全の議論を終わらせることはできない。Davis Besseは、常に警戒を怠ることなく監視を改善すること constant vigilance and improved oversightの必要性を示すものであり、それがより適時な是正措置に導く。(Davis Besseは原子炉監視プログラムROPで緑であった。)

福島第一事故後の適切な防護: 変化の世界で不変のもの

NRC委員 W. Ostendorff and Kimberly Sexton

OECD/NEA Nuclear Law Bulletin No. 91, Volume 2013/1

NRCの規制権限: 2層構造

- 2つの連邦控訴審判例federal appellate casesは、この問題を直接語っておりspeak directly、原子力法AEA: Atomic Energy Actの放射線防護システムradiological protection systemを「2層構造two-tier structure」と表現している:
 - 第1層(第182条の義務層)は、コストを考慮することなくwithout regard to cost適切な防護adequate protectionを保証するものであり、
 - 第2層(第161条の裁量層)は、ライセンス保持者へのコストcosts to licenseesと社会的便益societal benefitsを考慮した上で、「適切を越えるextra-adequate」防護を提供するものである。