

## 第 10 回「安全目標に関する検討委員会」

## 速 記 錄

1. 日時 令和 7 年 11 月 14 日（金） 13:00～15:30

2. 開催方式 ハイブリッド

3. 対面会場 AP 新橋

(東京都港区新橋 1 丁目 12-9)

4. 出席者（敬称略、50 音順）

(委員)

荻野 徹 京都大学 客員教授

勝田 忠広 明治大学法学部 教授

亀井 善太郎 PHP 総研 主席研究員/  
立教大学大学院社会デザイン研究科 特任教授

高原 省五 日本原子力研究開発機構安全研究センター 研究主席

塚原 月子 株式会社カレイディスト 代表取締役兼 CEO

成川 隆文 東京大学大学院工学系研究科 助教

成宮 祥介 東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻 学術専門職員

伴 信彦 原子力規制委員会 参事

更田 豊志 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 廃炉総括監/  
東京大学大学院工学系研究科 上席研究員

藤原 未来子 日本サイバーセキュリティ・イノベーション委員会 事務局長

山口 彰 原子力発電環境整備機構 理事長/  
東京大学 名誉教授

(オブザーバー)

平野 雅司 元日本原子力研究開発機構安全研究センター

本間 俊充 元日本原子力研究開発機構安全研究センター

村松 健 日本原子力研究開発機構安全研究センター

鄭 嘘宇 日本原子力研究開発機構安全研究センター

## 5. 議事

- (1) 前説～安全文化と安全目標～ (荻野委員)
- (2) 米国における安全文化に関する経緯 (平野氏 (元 JAEA))
- (3) 安全文化と安全目標の関係 (村松氏 (JAEA))
- (4) RG1.174 再解説—リスク情報活用と安全目標— (成川委員)
- (5) 原子力施設の環境影響評価と原子力安全規制での利用 (高原委員)

## 6. 配付資料

- 資料 1 前説～安全文化と安全目標～ (荻野委員)
- 資料 2 米国における安全文化に関する経緯 (平野氏 (元 JAEA))
- 資料 3 安全文化と安全目標の関係 (村松氏 (JAEA))
- 資料 4 RG1.174 再解説—リスク情報活用と安全目標— (成川委員)
- 資料 5 原子力施設の環境影響評価と原子力安全規制での利用 (高原委員)
- 参考資料 1 第 9 回速記録 (案)
- 参考資料 2 資料に関する気づき点 (山本委員)

- 更田委員長

それでは、坪倉さんがまだお着きになつていませんけれども、第10回安全目標に関する検討委員会を始めたいと思います。よろしくお願ひいたします。お手元の議事次第をご覧ください。議題が少したくさんありますけども、短いものも含めて5件の…。

はい、議事についてそれぞれ紹介はしませんけれども、まず、荻野さんから前説をしていただいた上で安全文化に関する報告を2件、それから、リスク情報活用に関する、どういったメリットがあるのかというのをお話するために、Regulatory Guide 1.174の再解説と、高原さんから環境影響評価に関する報告をしてもらいます。それはちょっと遅れてしまいましたけど、荻野さんよろしくお願ひします。
- 荻野委員

はい、荻野でございます。開口一番ということで前座でございますけれども、今日は、結果的にワーキンググループ関係で本格的な報告が4つございますけれども、それに入るに先だってですね、やや引いた視点で眺めてみるとこんなことになるということで、簡単にお話をしたいと思います。

安全文化ということが非常に重要なテーマでありまして、原子力規制委員会でも安全文化に関する宣言を決定したり、あるいは色々なガイドラインを制定したりしているという意味で、原子力の世界で非常に安全文化が重要視され、力を入れられているわけです。引いて考えますと、こういったものは何らかの危険性を内包する業務、一般に広く共通する課題であろうと。ルールを作っても守る気がないとか、形だけになってしまふ問題とかですね。それから、ハードがあっても実際には役に立たないとか、あるいは事故なんか起きるわけがないと慢心してしまう。といった問題は、原子力の世界でも色々な事故の反省、教訓でも出てきますけれども、広く色々な人間の活動に共通する問題であろうと思います。そしてまた、安全文化について色々議論がありますけれども、まさに目の前にある組織体について何らかの在り様があって、それが優れていたり劣悪だったりするのでしょうかけれども、そういう安全文化が存在すると。それで色々な心配事が生ずると、その存在に気づかされるというようなものなのだろうと思います。

安全文化を色々議論する意味はあるのかということですけれども、原子力の分野に限っても、当然そのリスク情報の活用であるとか、あるいはROPといったような、日本からすると、ある意味で進化しているものを取り入れた検査のやり方について、その背景として安全文化が必要であると。あるいは安全文化をどのように見ていくかといった問題が議論されるわけですけれども、こういう規制の規制と言いますか、広い意味で取り組みの手法の進化に伴って生じた問題ではなくて、より一般的な課題として日々あるということだと思います。また、安全文化は、何々の大前提という言い方をしますけれども、その大前提をクリアしたら次のステップに進めるのかということではなくて、これも日々問題となるようなものですし、安全文化、これは原子力に限りませんけれども、文化論といったものをやりますと、自己満足に陥ったり、あるいは、結局日本人はこれだ、みたいな形で思考停止になつてしまうという恐れもあるだろうと思います。そういう意味で安全文化の議論の意味があるとすれば、こういったものを人為的にどうやつたら変化するのか、そもそも変化をさせることができるのかと、それをどうやって観察評価するのかといったことの具体的な議論になれば、そういうものを議論していく意味があるだろうと思うところです。

この場で色々ご検討いただいている安全目標との関係ですが、特に原子力に携わっている規制なり事業者に内在的な問題としてもありますけれども、外側から、社会か

ら見て、安全文化と安全目標の関係をどういうふうに捉えられるのかということを想像してみると、やはりそれは、原子力の安全性に大いに影響するであろう、安全文化の維持、向上、諸々の心配ごとの解消とは重要なことであり、安全目標の導入がそれに寄与する可能性があるということであれば、社会の立場から見てもそれは大事なことで注目すべきだということになるのではないか。

例えばその安全目標を導入しようとすると、その過程で安全文化の向上に取り組まざるを得ないという一種の付随的な効果があるとか、安全目標の導入が当然リスク情報活用と異なるわけですけども、これが進むと、結局安全文化の程度の見える化がされてしまうということで、意図せざる、反射的な効果かもしれませんけれども、安全文化の向上に繋がるといったストーリーが描ければ、社会にとっても意義があるということになるのではないかでしょうか。

最後は、能書きというか、楽観的な予測のようなものですけれども、安全目標の導入が安全文化の見える化に繋がるといったようなことがあり得るだろうか。安全文化について、なかなか定量評価が難しいですけれども、精神論になってしまったり、単なる規則遵守至上主義で文化が向上をしているふりをするという形になっては意味がないわけですけれども、そういった安全目標の導入による具体的な取り組みが、安全文化の traits という言い方をしますけれども、それの客観的な判断材料になるとすれば、安全目標の導入と活用を企図し、準備し、試行し、試行錯誤を続けるといった過程プロセス自体がこういった traits の判断材料の供給源になるのではないかと。これによって安全文化の見える化が促進されれば、世間の目という圧力で自己満足になってしまふことを防いで、安全文化の取り組みが具体的になるのではないかというような感想を抱いております。これはあくまで 1 つの感想でありますけれども、これから色々それぞれの立場からもうちょっと差し当たった説明を始める前に前説として申し上げます。以上です。

#### ● 更田委員長

はい、ありがとうございました。これからちょっと米国の事例なども引いて安全文化っていうものについて経緯を解説してもらいますけど、そもそも安全文化って何だというのは、これからずっと、その疑問を頭に抱えたまま話を聞いていただくことになるだろうと思います。

ちなみに、この安全文化に関しては、規制の方で言えば、これは伴さんが就任するちょっと前ですね。伴さんは就任前だけど、2015 年の 5 月に原子力安全文化に関する宣言というのをしています。これは田中委員長時代で、おそらく大島委員を中心になって作業されたと思います。それから 2019 年の 12 月に、委員長が田中委員長から私に変わって 3 ヶ月ぐらいの時に、健全な安全文化の育成と維持に係るガイドの制定をしています。その時は伴さんも委員のメンバーになっていますけども。言っても、これが旧保安院時代であるとか原子力安全委員会時代に行われていた安全文化に関する議論から大きく変わっているか比べてみるとそんなに変わってないですよね。どちらかというと、当時行われていた、ごく一般的な安全文化に係る議論をまとめたものというような形になっています。前置きになりましたけども、平野さんお願いします。

#### ● 平野オブザーバー

はい、ワーキンググループの平野です。米国における安全文化 Safety Culture に関する経緯と題して 35 分程度お話をしたいと思います。プレゼンを始める前に、2001 年、当時 NRC の委員長であった Meserve 氏の言葉をご紹介いたします。「Safety Culture は Safety Goals を達成する能力に大きく寄与している。」これは Strong Safety Culture がリ

スクを最小化するという Safety Goals の目的と整合する哲学に導くということを意味しているということあります。ということで、本日は安全文化について議論したいと思います。

目次になりますが、安全文化に関する一般事項。米国における 1980 年代以降の安全文化に関する議論の進展。米国 NRC の検査制度であります、原子炉監視プログラム ROP における事業者の安全文化の評価。最後に応答的規制とリスク低減における安全文化の役割。として規制当局と事業者の相互作用、安全文化、安全目標などについて議論したいと思います。

まず、安全文化に関する一般事項であります。Safety Culture という言葉が最初に使われたのは IAEA の国際原子力安全諮問グループ、INSAG の最初のレポート「INSAG-1」、チェルノブイリ事故後レビュー会議報告だと言われています。この会議は 1986 年 8 月、事故の 4 ヶ月後にウィーンで開催されました。この会議では、この事故は多くの人的過誤と運転規則違反、さらにはそれらの効果を增幅させ、出力暴走に至らしめたこの炉の固有の特徴の組み合わせの結果とした上で、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、それにより補強されなければならない。といった文脈でこの言葉が初めて使われました。この会議には、後の旧原子力安全委員会の委員長の佐藤一男氏が出席されました。

その 5 年後に INSAG は、セーフティカルチャを勧告し、セーフティカルチャを以下のように定義しました。「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。」この時の日本からの INSAG のメンバーは佐藤一男氏がありました。

INSAG-4 の優れた点の 1 つは、セーフティカルチャには構造があり大別して 2 つの重要な要素があることを示したことであります。1 つ目は、組織内に必要な枠組。これは管理層の責任であります。特に左側の 1 番上にあります安全文化政策声明、Policy Statement が特に重要であります。現在その役割は、リーダーシップの重要性にとって変わったものと考えています。2 つ目は、その枠組に応答する全ての階層の職員の姿勢であります。例えば個人の振る舞いでは、問い合わせ姿勢 (Questioning Attitude)、厳密かつ慎重な取り組み (Rigorous and Prudent Approach)、コミュニケーションの重要性を指摘しています。

東電福島第一原子力発電所事故につきまして IAEA の報告書の中で、事故の主要因の一つは、日本のプラントは極めて安全であり、このような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。そして基本的想定、Basic Assumptions について議論しています。右側の図に心理学者 Edgar H. Schein の組織文化の 3 層モデル、いわゆる氷山のモデルを示しましたが、Basic Assumptions は最も深い層であります。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であり、振る舞い、解釈、思考、感情などを決める、そういった基本的な想定、Assumptions であるという意味であります。

さて、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であります。1980 年代後半から安全文化の観点から重要な事例が 3 件起きました。そして、その各々に対して NRC は 3 件の安全文化に関する政策声明を出しています。縦の破線で示しましたのが 2000 年でありますけれども、NRC は、この年から検査制度であります原子炉監視プログラム ROP の運用を開始しました。そして今述べました 3 つの事例の経験を生かし、ROP では 3 つの横断的分野、Cross-cutting Areas、すなわち人的パフォーマンス、問題の特定と解決、そして安全認識の高い職場環境、これらを設定して事業者のセ

ーフティカルチャを評価する取り組みを開始しました。これらについて順次お話をしたいと思います。

まず、Peach Bottom の事例であります。制御室で複数の運転員が勤務中に居眠りをするなどのライセンス義務違反をしていましたことが確認されたため、NRC はプラントの停止命令を出しました。NRC の調査の結果、制御室のスタッフ数人が、勤務中定期的に睡眠を取ったり業務への注意を怠ったりし、管理職者は事実を認識し容認していたということであります。この事例を受けて NRC は、原子力発電プラントの運転に関する政策声明を出しています。

次は Millstone の事例であります。比較的長期に渡ってプラントの安全運転や従業員に対するハラスマント、威圧行為に関する多数の従業員からの懸念や申告があったということで、NRC はこれらを独立して評価するグループを設置して調査を行いました。その結果、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付けました。

NRC はこの事例を受けて、2 番目の政策声明を出し、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職場を確立し維持することへの期待を表明しました。NRC はこれを契機として、ROP における 3 つの共通領域の 1 つを安全意識の高い職場環境、SCWE (safety-conscious work environment) としています。

3 つ目の事例は、2002 年に Davis Besse で起きた、原子炉圧力容器上蓋の損傷であります。右側の写真にありますように、長軸が 20 数センチの楕円形の空洞が発見されました。この空洞は上蓋の大部分を完全に貫通し、内側にある厚さ数ミリのステンレス鋼被覆ライナーだけが残っているといった状態であります。原子炉圧力容器の外側からのホウ酸による腐食が原因であります。

詳細は付録に示しましたが、まず圧力容器の上蓋の貫通部ノズルの溶接部に加圧水応力腐食割れ (PWSCC) と呼ばれる現象が発生し、原子炉の冷却水がわずかに漏洩しました。原子炉の冷却水には、反応度制御のためにホウ酸が含まれており、これにより外側から腐食が進んだものと考えられています。NRC の調査報告書には以下のように記載されています。「この PWSCC は、フランスすでに発生しており、事業者は仮に漏洩が発生して、この冷却水により原子炉圧力容器の上蓋のホウ酸腐食が発生したとしても、巡視点検で容易に発見できる。」と結論し、NRC もこれに同意した。ということであります。

これは、原子炉圧力容器上蓋の外面に付着したホウ酸の堆積物の写真で、事故後すぐに撮られたものであります。事業者も NRC も結果的には、冷却水の漏洩があることは自明であったにも拘わらず放置したということかと思います。

Davis Besse の運転会社は NRC からの指示を受けて根本原因分析を実施しました。これはその報告書からの引用であります。Less Than Adequate Nuclear Safety Focus、安全の軽視といった意味でしょうか。それから、この規制要求を満足するための最低限の対応しか取らなかった。Taking minimum actions to meet regulatory requirements という表現は当時とても有名になりました。私の記憶にも残っているところであります。

当時 NRC の委員長であった Meserve 氏は、INPO 原子力発電運転協会の会合で以下のように述べています。「Davis Besse の事例は、安全文化の劣化の結果であった。その基本検査では重要な発見事項はなかった。すなわち緑であった。」この色につきましては後で説明いたします。さらには劣化の証拠はあったものの、その重要性に対する NRC スタッフの認識が不足していたことから、こうした問題を早期に発見する上で、ROP も機能しなかった。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。

この事故を受けて、産業界の INPO は「強固な原子力安全文化 (Strong Safety Culture) の原則」という文章を公表し、これを用いて、安全文化を強化するための自主的な取り組みを開始しました。そのプロセスは、NEI 米国原子力エネルギー協会の報告書「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を実施したということです。

これは先に示した図の再掲ですが、今述べました INPO の強固な原子力安全文化の原則。一番下に丸で囲みましたが、これは上方にあります NRC の最終安全文化政策声明に大きな影響を与えたと考えています。そして NRC は産業界と一般市民の参加を得て安全文化共通言語、Common Language を策定することになります。これらについて説明します。

これは NRC の最終安全文化政策声明ですが、まず安全文化を定義しています。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の共同のコミットメントということで、リーダーシップの重要性がうたわれています。参考のため、INPO の定義をここに示しましたが、そこでもまずリーダーの役割が論じられており、NRC は INPO の考え方を取り込んでいるというふうに推定されます。

これが 9 つの積極的な安全文化 (Positive Safety Culture) の特性、Traits です。まずはリーダーシップ、そして問題の特定と解決、懸念を表明しやすい環境、コミュニケーション、互いに尊重しあう職場環境、Questioning Attitude などで、INPO の考え方も十分に反映されたものとなっています。

そして 2014 年、NRC は産業界から一般公衆も参加する公開のワークショップを 4 回開催し、その成果を安全文化共通言語 Common Language として NUREG Reports に取りまとめました。これは安全文化を表現する際に、事業者と規制側がバラバラに使用してきた用語、例えば INPO の強固な原子力安全文化の原則や NRC の最終安全文化政策声明に用いられた用語などで使われてきた用語を統一しようとする試みがありました。NRC はこれを用いて、ROP の安全文化の脆弱性を検出する能力の強化に活用し、産業界はこれを健全な原子力安全文化の特徴として公表し、現在でもこれを使っていると聞いています。

これが Common Language で最終的に合意された 10 個の特性 (Traits) です。各特性の下に、合計で 40 の属性 (Attributes) がありますが、それらについても合意されました。結果的には最終安全文化政策声明での 9 つの特性に意思決定 (Decision making) を追加したものとなっています。

今述べました 10 個の特性と ROP で実際に用いている 3 つの横断的分野、Cross-cutting Areas の対応関係を示しています。すなわち、ROP の 3 つの横断的分野で、共通言語の 10 個の特性を概ねカバーしていることを色で示しています。例えば、グリーンの問題の特定と解決は、概ね 1 対 1 に対応していますから、オレンジの SCWE、安全意識の高い作業環境も、概ね 1 対 1 に対応しています。ブルーの Human Performance が残りの 7 つの特性から、関連する分を取り出しているということで、この 3 つの横断的分野で 10 個の Traits を表現していることが分かると思います。

これは 3 つの横断的分野の細分化です。全部で 23 個の横断的侧面、Cross-cutting Aspects に細分化されています。これらは安全文化共通言語の 10 個の特性の下の属性を 10 特性から関係の深いものをピックアップしたものです。例えば、人的パフォーマンスの H.12 慢心の回避、それから右側の安全意識の高い作業環境、SCWE の S.3 情報の自由な流れと共有、それから問題の特定と解決、P.1 問題の特定、P.2 評価、P.3 解決などは NRC がとても重要視している重要な項目だと考えられます。

ここから NRC の検査制度であります ROP での安全文化の評価についてお示しいたします。まず、ROP はリスク情報を活用したパフォーマンスに基づく検査プログラムで、事業者の活動とその成果 (outcomes) を重視します。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 (more than minor significance) があった場合のみと定義されています。すなわち、マイナーな欠陥は事業者は是正処置プログラム (Corrective Action Program) に任せるという意味であります。検査発見事項の重要度は、重要度決定プロセス (SDP) で評価して、先ほど触れましたけども、緑、白、黄色、赤に色分けされます。そして評価した重要度に応じて、対応マトリクス (Action Matrix) に従って、規制対応を決めるというプロセスになっています。

これが今述べましたプロセスを図示したものであります。一点補足しますと、ROP では左側の検査発見事項を対象としていますが、右側にありますパフォーマンス指標も対象としています。例えば、原子炉の計画外停止の回数といった運転実績データのことであります。

これは検査の対象分野のツリー構造です。一番上はミッションで、その下の戦略的パフォーマンス分野は、原子炉安全、放射線安全といった大分類であります。この下に 7 つのコーナーストーンと呼ばれる、基本的な安全分野が並んでいます。各コーナーストーンでの検査発見事項のうち、安全文化と関わるものは 3 つの横断的分野のいずれかに紐付けされるということになります。

次に重要度決定プロセスですが、まず確率論的リスク評価 (PRA) を用いて、発見した結果によるリスクの增加分を評価して、それが大きくなるにつれて緑、白、黄色、赤と色分けをしています。左側の図ですけれども、リスクの増加分というのは、安全目標の性能目標である、炉心損傷頻度、または早期大規模放出頻度の増加分で表現されます。右側に規制ガイド 1.174 の図を示しました。これは許認可条件の変更に際して許容される領域を示しています。許容されない領域は黒で塗りつぶされています。一般に変更に際してリスクの増加は容認されません。リスクは下がる場合はもちろん容認されますが、リスクの増加は容認されません。安全目標を満足する場合に限って、わずかなリスクの増加が容認されるということを示しています。横軸の炉心損傷頻度は、CDF であります。10<sup>-4</sup>/RY が性能目標であります。縦軸は変更に伴うリスクの増加 CDF であります。横軸の CDF が性能目標より小さい場合、性能目標の左側です。すなわち、安全目標を満足する場合ですけれども、10<sup>-5</sup>/RY 程度までの小さなリスクの増加が許容されます。Region II と III の左側の一部であります。一方、横軸の CDF が性能目標を大きく超えるような場合ですね。これはリスクの増加は許容されません。黒く塗りつぶされた領域に入っています。それほど大きくは超えていないような場合には、10<sup>-6</sup>/RY 程度までのリスクの増加は容認されます。Region III の右側の一部がそれに相当します。ということで左側の図でありますが、炉心損傷頻度の増加分が 10<sup>-6</sup>/RY を超えると緑から白に変わり、10<sup>-5</sup>/RY を超えると黄色または赤に変わることがわかります。すなわち、安全目標を用いて一貫性を保とうとしている意図が読み取れると思思います。

これは NRC の検査マニュアルなどを参照して、私が作成した Action Matrix の簡略なイメージ図であります。正確なものではありません。左から右へと移動すると、安全上重要な発見事項の件数が増えるかまたはその重要度が高くなります。それに連れて規制介入の程度が増加します。例えば、発見事項が全て緑の場合、一番左側ですけれども、基本検査のみで NRC は事業者の是正処置 (CAP) が適切に機能していることを確認するのみであります。一方、2 件以上の黄色または赤が上がったような場合、一番右

側ですけれども、NRC は事業者に根本原因分析の独立評価を求めるとともに、NRC は、例えば、タスクフォースを作つて自らも評価を実施します。Davis Besse の場合はこれに該当すると思います。

今説明しました通り、安全上重要な事象が起きた場合には、根本原因分析が実施され、いわば必然的に安全文化の問題点が議論されることになります。Davis Besse の事例はその良い例であります。一方、この横断的課題、CCI (Cross-Cutting Issue) と呼ばれる枠組は、安全上重要ではないけれども安全文化に関わる複数の事例が発見されたような場合で、そうした場合、NRC は、まず評価書で NRC の懸念を表明し、事業者が自ら改善することを促します。それでも改善されないような場合に規制介入するというプロセスであります。毎年 NRC の評価書で 3 回連続して、次に説明します横断的テーマが存在すると指摘されると、この CCI が制定され、安全文化の評価が実施されます。この横断的テーマというのは、例えば 1 つの横断的側面、先ほど説明しました Aspect になりますが、そこで 4 四半期に 6 件以上の発見事項があったような場合、安全文化に関する発見事項があった場合であります。このように色々工夫して、安全上重要ではないけれども、安全文化に係わる事例が見つかった場合には、警告を発するという枠組みを作つてあるということであります。

以上は ROP の概要ですが、ここから対応的規制 (Responsive Regulation) とリスク低減における安全文化の役割について議論したいと思います。対応的規制というのは、例えば今説明しました ROP のように、検査発見事項の重要度に応じて規制関与の程度を変える規制手法であります。

昨年 OECD/NEA の原子力規制活動委員会 (CNRA) のワーキンググループが、安全文化の観点から、規制機関と事業者の相互影響というレポートを出しました。このワーキンググループの議長はここにおられます伴委員であります。この報告書では、AER、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について議論しています。

この AER について議論するために、まず応答的規制 (Responsive regulation) について、規制ピラミッドを用いて次のように説明しています。ピラミッドの底辺にあるのが自主規制を尊重する規制アプローチであり、そこから上に進むにつれて規制関与の度合が強化されます。ピラミッドの頂点には、例えば罰則を伴う命令といった prescriptive、規範的なアプローチが置かれます。この図は、米国 NRC の ROP を私が想像して描いたものですけれども、左側が規制ピラミッドの例で右側が ROP での追加検査を示しております。検査発見事項の重要度に応じて規制の関与が大きくなります。下から上に行くにつながって、規制の関与が大きくなっています。OECD/NEA の報告書ではピラミッドの底辺に近い領域では赤字で書きましたように、AER、すなわち事業者の安全文化の醸成を促し、安全に対する責任を主体的に果たすように導こうとする規制のアプローチが重要だと報告されています。一方 ROP では、この領域はパフォーマンスに基づく考え方、Performance-Based Approach が採用されており、outcomes、すなわち事業者自身による是正措置が有効に寄与していればそれで十分とする考え方方が採用されています。ということで、パフォーマンスに基づく考え方は AER の考え方からと、共通の点が多いということかと思います。

米国では AER という表現は使われていないと思いますが、AER と米国 NRC の Performance-Based Approach は、基本的に似た概念かと思われます。NRC のホワイトペーパーからの引用ですが、規制には prescriptive なものと、パフォーマンスに基づく Performance-Based のものがあると記載されたのに、これだけでも AER と Performance-Based は似た概念であると推定できます。パフォーマンスに基づく要求は、測定可能な

成果 (outcomes) が達成されることを重視しますが、成果を得るための手段については規定していません。これが事業者により多くの柔軟性、flexibility を与えイノベーションをもたらすと NRC は表現しているところあります。

当時 NRC の委員長であった Meserve 氏は、冒頭に触れましたように以下のように述べています。「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。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。」ということあります。

NRC の安全文化は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に対する当事者意識を奪いその低下を招く。過小な規制には、当然危険が伴う。従って適切なバランスを見つけなければならない。そのバランスの 1 つは、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であると述べています。NRC は、過剰な規制を廃止して、事業者が自らの安全文化を醸成するように促すことがリスクの低減を図る上で重要だと言っているのだと推定できます。その 1 つの理由は、NRC は安全目標のレベルまでのリスク低減を求める規制権限を有していないということと関連すると思われます。

これは鄭さんのプレゼンテーションで既に報告がありましたが、NRC の規制権限の 2 層構造について説明しています。第 1 層は義務層でコストを考慮することなく適切な防護 (Adequate protection) を提供する権限であり、第 2 層は、事業者が必要とする費用と社会的便益を考慮した上で適切を超える防護 (Extra adequate protection) を提供する権限であります。赤字で示しました安全目標のリスクレベルは、これよりさらに低いと想定しています。この第 2 層の下限より下の領域では、NRC はリスク制限を求める権限を有していないということから安全目標を達成するためには、事業者の自主努力、すなわち安全文化が不可欠ということかと考えられます。

最後に、安全目標が存在することが安全に与えうる効果について考えてみました。安全目標の目的はその政策声明に記載されている通り、より合理的で一貫し予見性の高い規制を実現して規制基準やプラントの安全に対する公衆の信頼を得ること。すなわち、自らの規制をより良くすることであると考えています。これは「日々の規制を通して、全てのプラントが安全目標を満足することを目指す。」という NRC の意思表明であり、これが NRC の安全文化の特徴となっているものと考えられます。Meserve 氏が言うように、NRC の安全文化は事業者の安全文化に影響を与えるということで事業者もまた安全文化を満足することが、その安全文化になるということかと考えます。

ここからまとめですが、基本的に繰り返しでありますので、この辺で私の話を終わりとしたいと思います。どうもありがとうございました。

- 更田委員長

はい、ありがとうございました。ものすごく内容豊富だと思いますけれども、今の説明に対してご意見、ご質問があればお願いいいたします。

- 伴委員

NEA のレポートのことを紹介していただいたので、それを含めて補足したいのですが、37 ページのところで、要はアメリカが言っている Performance-Based と NEA のレポートの AER とが似たようなものじゃないかという話があつて、実はこのワーキンググループで議論した時に、このアプローチを AER と呼んでいるものをどういうふうに名付けようかという話になりました。最初、Performance-Based という言葉は確かに出てきましたが、パフォーマンスというのは結果だけ、目に見える結果なので、それだけじゃないよね。やっぱり目に見えないものも含めて。しかも Based と言ってしまうと、

本当にそれだけっていう感じになってしまふので、そういう中で議論をして最終的に Accountability-Oriented という言葉をひねり出しました。だから、その辺のところにちょっと苦労があつたっていうのと、おそらくアメリカの NRC の安全文化と NEA とかそういったところで議論している、安全文化 Safety Culture との微妙な違いというのもあるのかと思って、結局どんなに設備を完璧にして仕組みを工夫しても、まだそれだけでは足りないものがあるよね。そのミッシングピースが多分 Safety Culture だうとなった時、それで NRC としては、Strong Safety Culture、INPO も含めてそういう言い方をするわけですけれども。一方で、おそらくヨーロッパ的にはむしろ全体に血を通わせるようなものというイメージじゃないかと私は思つていて、だから NEA では Strong Safety Culture とは言わずに、Healthy Safety Culture って言い方をしますよね。その辺のちょっと微妙な違いは感じました。

- 更田委員長  
　　はい。Accountability-Oriented はよく分かりますけど、Enabling はなんかいやらしくないですか。
  - 伴委員  
　　これは、そこにイギリスの ONR の人間がいて、ONR が事業者にかなり裁量を与えるアプローチのことを、Enabling Regulation という言い方をしていたので、それを使つたっていうことですね。
  - 更田委員長  
　　ちょっと流行りの言葉で、Enabling Regulation っていう、ONR が発端ではあるけど、色々な国が今使い出していると。で、事業者大喜びというようなところはあるけれども、それは正しく理解されてないという意味で。だけど、Accountability-Oriented は分かるけど、なんで、あの、本論とはあれですけども。他にご質問ご意見あれば。平野さんどうぞ。
  - 平野オブザーバー  
　　どうもありがとうございました。概ね、CNRA の議論は想像がつきました。その ROP は検査ですので、なるべくドライに、見つけたものから、問題を掘り起こしていくことから Performance-Based が中心になっているのであって、NEA の議論ではそういういったドライなファクトだけではなくて、もっと違うものもあるだろうという、そつちの議論の方がより重要ということだったろうなという感じがします。ですから、1つは検査重視の議論と Accountability-Oriented という実際の Outcomes の議論との違いが若干あったのかなという気はします。ありがとうございました。
  - 更田委員長  
　　他にご質問、ご意見ありますか。ちょっと考えていただいて。安全目標との関連としての議論で言うとちょっと漠然としていますけど、安全文化と安全目標ってどちらが上流側の議論かと言うと、おそらく安全文化です。何が言いたいかと言うと、劣化した安全文化の下で、安全目標って何のご利益もたらさないじゃないか。というのはどうでしょうね。安全文化が維持されて、健康なというか、その下でのみ安全目標とその安全、私ちょっと定量的安全目標のイメージがあるのでリスク情報活用と言い換えてもいいのですけれども。伴さん、どうぞ。
  - 伴委員  
　　いや、やはり安全目標の定義の仕方じゃないかと思っていて、今定量的目標っておっしゃいましたけれども、それこそ確率がいくつというような、そういう形にしてし

まうと逆に安全目標自体が安全文化を劣化させてしまう可能性がある。つまり、これを達成していいでしょ。ここに達してればいいでしょ。という話になりがちなので、そうではない。言ってみればムービング・ターゲットのような、言ってみれば走り続けてないと、そこにはいつもいられないような目標の設定の仕方にしないと逆効果なんじやないかなという気はします。

● 更田委員長

安全目標の定義の問題ですよね。何て言つたらいいのかな、悪用ではないのだけれど、当然、安全目標には、安全目標に達したってものについて、更なるではなく、そこで最適化が忘れられて慢心するという像も当然浮かぶわけでね。ただ、荻野さんに前説をお願いしたのも、安全文化の議論と、あくまで安全目標に関する議論の中で安全文化を捉えているので、そうすると安全文化と安全目標との関係、注意すべき点というか、そういうことだろうと思いますが。はい、成宮さん。

● 成宮委員

すいません。成宮です。今の平野先生のお話も非常によく分かりましたし、伴委員の後で OECD のお話もそういうことだと納得しました。ありがとうございました。

私は安全文化というのが、最初の荻野委員のおっしゃっていた、最初のページにも書いてあるような、いわゆるこういう問題じゃなくて、もっとその文化的な、多分国民とかあるいは社会のもっている文化というのに非常に影響を受けるものではないかと思っていたのですが、そういう意味では非常にその基盤と言いますか、例えば部屋でいう床みたいなものが安全文化であって、その上に安全目標を形成したり、あるいはリスク情報活用だけではなくて、色々な規制があったり、それから事業者の行動があったり、あるいはハードウェアとかソフトウェアの成立があるというような動きというか、行動がその上でなされているのだろうと勝手に理解をしていますけれども、そういう意味では、ある意味、パートというのかもしれませんけども、逆に言うとすごく大きな、あるいはすごく影響を受けるような、あるいはすごく能動的な行動が、もしもその床の上になされるのであればそれは安全文化の方にもひょっとしたら影響を及ぼすのかもしれませんし、文化そのものの意識が変わるということもあるのかなと思ったのですが、その辺りはどうでしょうか。そこまで考える必要はないのでしょうか。

● 更田委員長

はい。まず、Plant-specific Safety Culture というのは OECD がやっていますけど、当然のことながら安全。さらに Safety Culture と我々が言っている安全文化が同じものであるのかどうかということすら特定できていない。これは Safety という言葉が出たって、それを私たちは安全と呼んでいるけれど、彼らが英語圏で言っているところの Safety と私たちの安全が同一化であるという保証というか定義を厳格にしていくわけではないので、当然のことながら、Plant-specific な部分っていうのはあるだろうと思いますけど。平野さん。

● 平野オブザーバー

スライド 7 の右側の図の矢印をご覧いただきたいのですけれども、双方向になっていますね。やはり、成宮委員のご指摘があったように、上の層から下の矢印もあるんですね。多分その 1 つはご指摘のかなという感じがします。もう 1 つは今 Safety Culture、IAEA の文書で Safety Culture について議論しているのは、GSR Part 2 でリーダーシップ&マネジメントですね。その中で Safety Culture という言葉と、Culture For Safety という 2 つの言葉を意図的に使っています。それは Culture より、Emphasis を置いた表現の

場合は、Culture For Safety で議論する。そういう場合は、なかなかカルチャーを変えるとかいうことではないし、カルチャーにむしろフォーカスした議論になっていると。Safety Culture といった場合は、我々セーフティのエンジニアなんかも含めてむしろセーフティにフォーカスした議論になっていて、リーダーが安全を重視するということを下に伝えていくと、そこが中心の視点になっていると。そういうことかなと理解はしています。

● 成宮委員

成宮です。ありがとうございます。今お話をしていて、Culture For Safety の話を少し飛ばしてしまったのですが、7ページの図でそれはあまり表現できないでしょうか。なんかもっとこう奥の方が Culture For Safety なのかなと一瞬思ったのですが、それは見間違いでしまうか。必ずしもこの図だけで全てを説明することはできないなとは思いますが、イメージとしてどう捉えたらいいのかと思ってちょっと考えました。すいません。以上です。

● 平野オブザーバー

今日は NRC の ROP での Safety Culture の評価にフォーカスした議論ですので、必ずしもカルチャーの側面にフォーカスしたものではないということだけはご理解いただきたいと思います。

● 更田委員長

他にご質問、ご意見あれば。塚原さん。

● 塚原委員

塚原です。包括的でというか非常に勉強になったのですが、カルチャーであったり、文化という言葉から想起されるものというのと、今ご説明いただいたものというのでは、なんとなくですが、一般的な文化とかカルチャーというものからすると、もうちょっとしっかりとしっかりロジックというか枠組ができているものだなと感じました。例えばすれども、23 ページのところで、米国 NRC の安全文化共通言語っていうところで、リーダーシップとかこういったところというのはよくカルチャーと一緒に議論されますけれども、例えば作業プロセスであったり、意思決定のところであったりというのは、通常の日本語の中で文化とか、カルチャーということよりも、もうちょっとしっかりとした枠組のある方に捉えられるようなものなのかなと思いました。ですので、どうしても文化とか、カルチャーとか風土というと、ふんわりとしたソフト的な要素というか、というふうに捉えられがちなのかなと思ったのですが、こういった評価に値するとか、制度的に組み立てていくことができるようなものがこの中に入っているというのが、私としては非常に学びになったのと、安全目標を考えていく上でもそういったところの要素というのが重要なのかなと思いました。すいません。ちょっとふわふわした感想みたいな感じで恐縮ですけれども。

● 更田委員長

はい、ありがとうございます。私は今のご意見を伺っていて、本当にそうだなと気づかされました。確かに文化というより、ちょっとふざけた表現ですけど、校則みたいですね。藤原さん。

● 藤原委員

塚原さんと似たようなことをずっと考えていて。安全文化、私がそもそも自分の持っていたイメージとして安全文化は全ての土台みたいな。カルチャーですので全ての土台でその上に安全目標があるというふうに感じながら、思いながら読んでいたので、

先ほど伴さんがおっしゃられた、どれだけ体制とかシステムを固めても抜けとか欠けがあると。それを埋めるものがカルチャーではないのかというところは、すごく納得して聞いていたのですが、平野さんにしていただいたプレゼン、すごく包括的で勉強になりましたけれども、土台ではないのかなっていう意識がだんだんしてまいりました。私が、あつと思ったのは 17 ページですけれども、この圧力容器上蓋の腐食は安全文化の劣化の直接的な結果、文化の直接的な結果で腐食が起きるのかって、私の感じ方だと、それは安全目標が劣化しているとか、安全目標の不足によって腐食が起きるのではないだろうか。というように思って、ちょっと違和感を持ちながら読んでいました。最後のところの、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と書いてありますが、安全文化というよりは、まず安全目標を確保するためのアプローチが十分なのかどうかというような印象を持ちながら、感想を持ちながら読んでいたので、ちょっと自分の中で安全文化と安全目標の位置付けが分からなくなってきたというのが正直なところです。

● 更田委員長

はい、ありがとうございます。平野さん、Davis Besse の話ををしていただいた方がいいですよね。私の方からします。Davis Besse って、何か異常が起きていることはもう明らかで、それが目に見えているのだけど、検査官の持たされているチェックリストの項目にはなかった。だからそれまでの検査は、これとこれをチェックしてこい、リストを渡されて、それにチェックを付けていくという検査をやっていたけれど、誰が見たってここに変なものがある、異常なものがあると。だけどこれは検査項目ではないよね。とずっと見過ごしてき。だから、そんなことくらいちゃんとせいや。という意味では、安全文化の問題という捉え方を当時して、この Davis Besse の一件というのは、要するに、本当に Prescriptive なものだけを守り続ける姿勢であるとか、態度そのものが問題だという捉え方をされたので、安全文化の時によく委員をされる事例ではあります。

ちょっと安全文化の議論は禅問答になりがちではあります。それから、最終的にそこへ話を持っていけばそれで解決みたいになってしまふというのは、実は本質を見逃してしまう可能性もありますけども、具体的になりますけど、平野さん、あの Peach Bottom の時に居眠りってありましたよね。だけどこれって、その当人はものすごい長時間の勤務を強いられている職員で、それが居眠りをしていたと。さらに、そういう勤務を強いる体制みたいなものもあって、Peach Bottom の事例っていうのは、やはり組織文化が特に問われて、PECO という電力会社だったと思いますけど。問われて CEO が辞任したという。はつきりしてないけど、1 年どころではないですね。NRC が停止させたのって。随分長く停止させましたよね。これね何かと比較するかって言うと、1F の 1 号機が、圧縮空気を入れながら格納容器の漏えい率試験をやって、要するにメーカーと電力が結託して規制当局を騙したのですけど、あの事例の時の運転停止が 1 年間でしたよね。その時に随分短いなっていうか、設置許可取り消しなんじやないのって、私の友人は非常に強く言っていたのだけど、だからこのピーチボトムの時も結構長く停まった。2 号機、3 号機が結構長く停まったと記憶していますけども。数年間で。

ただ、その問題を安全文化にすると、逆として捉えると、逆にそれが改善されているか復帰しているかを見極めるのが非常に難しい。何を以って正しくなったって。伴さん、最近の柏崎刈羽なんてまさにそれだろうと思いますけども、あの故障とか欠陥だったら技術的な解決でというのは明確だけど、安全文化だとかセキュリティ文化の問

題として捉えると、それがどう復帰しているか、どう満足できる状況に戻っているかの特定が難しいっていう事例は確かにピーチボトムもそれに当たるのだろうと思います。すいません。ちょっとそれましたけど。はい、伴さん。

● 伴委員

最後に1つだけ。安全文化とは何だろうという話で、さっき私が言ったように、設備やハード面、仕組み、それだけでは十分じゃない。まだ何か重要なものがあるよね。というところから多分セーフティカルチャが出てきて、その何とも表現のしがたいものをできるだけ見える化したいという形で、この10 Traits が出てきたと思うんですね。だからその意味で安全文化は、1つのテクニカルタームみたいになってしまって、そういったものを安全文化と呼んでいる。だけれども、さっき藤原さんがおっしゃったような、本来土台じゃないというところに目を向けると、いや、安全文化って結局組織文化の1つの側面だよね。そうすると、そこだけ切り出してもしょうがないじゃないか。さらには、国民性だとかそういったものを含めものすごく大きな広がりを持っているので、そういうところから Culture For Safety という言葉が出てきていて、今はむしろそういう流れになってきているのかなという印象は受けます。

● 更田委員長

はい、ありがとうございます。まず、平野さんにレスポンスをしていただいて。

● 平野オブザーバー

はい。今、伴委員の言われたことはその通りだと思います。セーフティカルチャとは何かと言われると、やはり Basic Assumption が最も重要で、一番深いところで一番広いところが重要であることに違いはないのですが、今日の私のプレゼンは、ROP 検査でそれをどうやって客観的に捕まえるか、尻尾を捕まえるか。これはダメだよって言うのではなくて、ちょっと怪しいねって事業者に規制側が問い合わせ、それに対して自ら改善するということを NRC が事業者に促すと。そこが一番重要だろうという感じはします。だから、検査の議論と安全文化が何だという議論と分けて議論しないと混同するかなという感じがします。

● 更田委員長

はい、ありがとうございます。

● 成川委員

亀井先生からチャットでコメントいただきしております、読み上げる形で。

● 亀井委員（チャット）

皆さんが言われている通り、安全文化というのは問題が生じた1つの原因であって、これを目的にしていくというのは私たちのアプローチではないような気がします。そもそも、いわゆる欠けが出てきてしまった問題の原因を突き詰めなくなってしまいますので、そういう意味で平野さんのご説明、質疑応答のご回答はとても納得感があります。

● 更田委員長

はい、おっしゃる通りですね。安全文化に帰結させてしまうと、本来特定すべきものが特定されないっていうのはあるだろうと思います。だから、都合のいい言葉として使われる部分っていうのもあるだろうとは思いますけど。ちょっとここで、平野さんとは別途、短くなるだろうと思いますけど、村松さんに私見を用意してもらっているのでそれについて話してもらいます。

● 村松オブザーバー

JAEA の村松でございます。荻野さんの前説の中で、安全目標、安全文化に良い影響を与えるのかという問い合わせがありましたので、個人的な解釈ですがメモを作らせていただきました。

この図では、左側に安全目標とリスク評価を組み合わせることによって、様々な安全確保活動が効率的・効果的に行えるということを示しています。一方、右側には平野さんのスライドの 23 にあった、健全な安全文化の特徴 10 項目とその短い説明を示しています。

実は私も藤原委員がおっしゃったようなことと同じような感じを持っていまして、安全文化は抽象論になりがちなので、NRC の説明をもう少し加えています。小さい字で申し訳ありませんが。その説明を置くことによって、安全目標やリスク情報活用と安全文化を結びつけやすくなっていると思います。

中央の緑の部分ですけれども、左側の活動が右側の安全文化の特性にどう役立つかということを考えています。ただこれは、証明されたとか、どこの文献に書いてあります、ということではなくて、あくまで期待でございます。また、逆方向の影響もありますので、図の上隅に青色で逆方向の矢印を書いています。安全文化はリスクの評価やリスク情報活用だけでなく、そもそも組織のリスク全体に影響を与えるものですので、この矢印にはリスクに与える影響としています。

安全文化の項目の方の 1 番上を見ていただきますと、リーダーが意思決定と行動でコミットメントを示すとされています。これについては、中央の緑の部分にありますように、経営層及び規制機関のところですけれども、規制機関が安全目標とその活用方針を示すことで、事業者はそれを踏まえて自らの定量的な管理目標を定めることができます。また、それによって安全管理における意思決定の一貫性を高めることができます。これらは安全文化の最後の項目、下の方にありますが、その意思決定にも役立ちます。つまり意思決定は、ここで書いてあることを読みますと、体系的、厳格、かつ徹底的なものであるべきとされています。それが、安全目標とリスク評価を使うことによって、体系的であり、全体に対して徹底的に適用していくことが可能になると思われます。

次は、安全文化の特性の 2 番目に安全に影響する問題が迅速に特定され、速やかに対処されることがあります。このためには、左側の下にあるパフォーマンスの監視というところが役に立つと思われます。パフォーマンスの監視で指摘される事項の重要度評価というのは、平野さんのパワーポイントの 30 ページ目にありました 4 色の色分けの区分で表現されるようなものです。この 30 ページのような形の重要度の評価は、PRA を通して安全目標と結びつけられているので、様々な問題に対して一貫した形で、重要な問題だとか安全文化の劣化のうちの重要なものを迅速に認識し、対応するために、役立つと思われます。

安全文化の 4 番目のところに作業プロセスという項目がありますけれども、ここでは安全確保に配慮して作業が計画される、ということが要求されています。これについて、例えばリスク情報活用のところの運転中保全ですか、その作業をやる前に、作業中の色々なことがリスクに影響を及ぼさないか、あるいは及ぼしたとしても小さいリスク増加にしかならないようになっているかということを確認しますので、安全文化での結果として現れる作業プロセスの特性を実現するために役立つということあります。

次は、安全文化のうちのいくつかの項目に関係しますけれども、個人の責任感とか

継続的な学習。継続的な学習のところには、日常業務の中のあらゆる機会をとらえて学習をしてもらうというようなことが書いてあります。その他、敬意ある職場環境を作る、あるいは疑問を持つ姿勢を作るといったようなことがありますけれども、これについては緑の管理層のところに書いてありますように、個々のスタッフの教育にも配慮しながら、リスク情報活用を進めることによって、スタッフの理解の向上ですとか、個人層に書いてありますように、意欲の向上につながるということがあると思います。そういう活動をすることによって、経営層、管理層、個人層という3つの全ての段階で全員の安全文化の向上に資すると考えられます。

最後に、安全文化のうちの7番目である効果的な安全コミュニケーションが保たれること、ということですけれども、これは全てのリスク情報活用、あるいは全ての層のそれぞれの人の関わり方を通じて一貫した安全の理解というか、自分の仕事と安全との関連というものを、リスク情報活用を通じてより深く学ぶことができると。あるいは、経営層、管理層、個人層で共通の理解を持つことができるということが、コミュニケーションをやりやすくすると考えられます。あるいは、国が定めたものを踏まえ、それと整合するように経営層が安全目標、自分の安全目標を作つていれば、公衆に対しても適切に説明することができるということも期待できます。以上でございます。

● 更田委員長

はい。ご質問、ご意見あれば。成宮さん。

● 成宮委員

村松先生ありがとうございます。安全目標を議論していると、主語と対象物が明確になってないことが、別にそれが悪いという意味で申し上げているのではなくて、この資料は非常に何々がとか、何々をという形で主語、述語が明確になっているので分かりやすいと思い読んでおりました。

2つ確認をしたいのですが、結果的にこういう表現になっているのだろうと思いますが、例えば、何かに役立つとか何かを維持するとか何かを管理するという非常に定量的な状態が多いと思いました。別にそれだけではなくて、能動的なものというのも当然頭中に入った上で、例として、こういう形を書かれているだろうと思いますけども。もう少し言うと、安全目標というのは規制なり事業者なり、それを使う、適用する組織体が変化をするというか、変化する行動を起こすという、そういうようなことにも繋がるのではないかと思います。

先日ある学会でもそういう意見が出ておりまして、いわゆるステディな状態を維持するというのはもちろん大事ですけども、やはり周辺環境とか物の環境、材料の劣化という意味だけじゃなく、安全文化は簡単には変わらないのかもしれません、社会からの要求とか、あるいはやっている人たち、組織そのものの考え方というのもやはり年次によって変わっていく。そうすると、安全目標の使い方とかそういうものの変化というものもあるのか、あるいは安全目標がさらにそういう行為を変化させることというのがあるだろうと思って読んでおりました。そういうものもやはりこの中には入れて考えてもよろしいでしょうか。というのが1つの質問でございます。

● 村松オブザーバー

はい。まさにそうだと思います。この中には明示的に示されていないですけれども、例えばパフォーマンスの監視等によっては、今準備されていないような課題が出てくることもあると思います。それから、安全目標を満足しようとしますと、リスク評価で評価されていないものの中にも重要なものがあるのではないかということもあると思いますので、安全目標が固定されているからといって安全性が向上しないということ

ではないと思っております。

それともう 1 つは、成宮さんが意図されたかどうか分かりませんけれども、こうやってリスクとか安全目標というものについて共通の理解を持ち、自分でも考えられるようになっていくと今の安全目標よりも高いところを目指すことも可能じゃないかというのは当然出てくると思います。そういう議論の土台になるというか、今の安全目標を満足させようとする行為が、その上に進むためのステップになると思っております。ここに書ききれておりませんけれども、そのように思います。

● 成宮委員

ありがとうございます。もう 1 つだけ質問と言いますが、意見を言わせていただきますけど、真ん中の緑色で囲ってある 1 番上には、経営層/規制機関と書いてあって、多分、規制機関の中にも当然管理層はあるし、個人層もあるだろうと思いますが、1 つの発電所における行為を色々取り上げ対象にして例示をされているんだろうと思っているのですが、それを規制行為の中に置き換えるというか、反映させても、もちろん表現は変わってくるものに当然なるのですけれども、その辺りはそういう意味では規制機関における安全文化とかそういう話も入ってくるのでしょうか。

● 村松オブザーバー

はい。当然入ってくると思います。ですから、規制機関向けに緑の部分を書き直すことは可能だろうと思いますし、実際そういう議論はなされているだろうと思いますけれども。

● 成宮委員

はい。ありがとうございます。

● 更田委員長

むしろ私はですね、規制機関の安全文化の方が重要だと思っていて、安全文化の議論をほとんど規制当局側の議論として捉えて、なんて言うのか、ネイチャーがあるんですよ。というのは、ただ一方でそれをどこが特定するのかと、検査ではプラクティスが随分あるのだけど、規制当局の安全文化というのは、特定するプラクティスがあまりないんですよね。今の仕組みであれば当然立法府の監視を受ける。それから司法の監視を受ける。社会の監視を受けるということであります。いわゆる検査みたいな制度があるわけではないので、強いて言えば IRRS がそうだろうけど、それはちょっと違うかなと。強制力があるというものでもないので少し違うなというような議論を INSAG ではしおっしゃうやっています。はい。塙原さんお願いします。

● 塙原委員

ありがとうございます。本当にいつも不規則な発言ばかりしてしまって申し訳ないのですが、この図、右側の安全文化の特徴のところの解像度が上がって、とても分かりやすいのですけれども、逆にこれを見ると、これが事業者であっても規制機関であってもここに書かれていることが満たされている組織はないと思って見ておりました。色々な事業者さんとお付き合いがある中で、理想的なことが色々書いてあるのですけれども、これが満たされて、満足度で言うと 50% もないかなと。満たされている度合が 50% ある組織があればかなり健全な組織じゃないかなと思うぐらいだなと思ったのですけれども。そうだとすると、ここの満たされた度合というのは、非常に難しいことであるという前提に立って安全目標の議論であり、先ほど平野先生のお話で、この状態というのをどうディテクトしていくのかというお話がありましたけれども、それもディテクトされる可能性というのも実は低いのではないかとちょっと色々な組

織の文化をよく見ている立場から見ると非常に思ってしまった次第です。すいません。

● 更田委員長

はい。どなたかレスポンスされます。村松さんどうぞ。

● 村松オブザーバー

どうもありがとうございます。塚原先生と藤原先生からのご指摘は、私もどちらかと言えば同じように感じます。特に迅速に発見するというところについては、NRCがやっているようなパフォーマンスの監視というのはまだ日本ではできないと思っています。ただ、事業者さんの中に時々見ている会社もあって、自分のところで色々な不適合が起きた時に、規制で要求されてないところまで県に報告しているというような会社もあって、その時に県に報告すればその県の委員会で色々議論されて、これは安全文化とか管理の問題じゃないのかと。単に機器の故障ではなくて、そういうような指摘を受けて色々説明をされるところもあります。そういう意味で、確かにこの10項目というのは、一種それ自身が安全目標じゃないかと思うようなところもありますけれども、ただそこに近づいていけるための、そういう素地はあるかなと。だから、目指して価値のない、とても無理なものではない、かと私は思いますがどうでしょうか。

● 更田委員長

今の議論を聞いていると、監視が多様であることの意味って、Stakeholder Involvement か Stakeholder Engagement と盛んに言われるけど、Stakeholder Involvement の価値ってそこにあるのだろうなというのは、例えば、右側に出てくる10項目はいかにも電力会社が地元で、私たちの施設は安全ですという説明をする時に並べる項目みたいに見えるでしょう。僕達ってこうだからこれを目指してまいります。結局規制当局が、例えば、保安規定の認可をしたって、それで信頼されるものじゃないですね。じゃあ信頼とか信用とか何がどう生まれるかと言うと、本当に多様なコミュニケーションの中からしか生まれない。だから、結局できるだけ多様なステークホルダーに直接触れることが大事で、いくら並べてみたところで、直に接しないものからは信用されないというか、だから規制当局も同じことで、規制当局も安全文化宣言をいくらしたところで、それは、「ああ言ってら」、という話なので。

確かに民間の10項目って、すごく立派な校則みたいなイメージですよね。だから安全文化の議論を単なるお題目にしない、あるいは安全文化の議論を言い逃れに使わないっていうことの注意っていうのは重要だと思います。すいません。伴さん。

● 伴委員

確かにこの10項目はよく出てくるのですけれども、なんなくこの10項目に点数をつけて、安全文化が合格レベルにあるかどうかということをやろうとしているかのように思われますが、実際に検査の中でやっているのはそういうことではなくて、いつも使われる言葉は、安全文化の劣化の兆候って言うんですよね。つまり、安全文化がよろしくない方向に動いているとしたら、こういったところに尻尾が出てくるよという。さっき平野さんが尻尾とおっしゃった、まさにその通りで、こういった観点から眺めてくださいね。そうするとおかしなことが起きている、きっと何か兆候が現れますからという、そういう視点だと理解しています。

● 更田委員長

だから校則みたいに見えるんですよね。服装の乱れはなんとか、というような、それに近いけど、ただ兆候しか捉えられないから検査は。ずっと親しくなって話して、この人はこうだというのを捕まえに行くわけではないから、やはり兆候を捉えるしかない

ので、それはおっしゃる通りだと思います。

よろしいですか。塚原先生、手が挙がっていますけど、他によろしいでしょうか。それでは安全文化から少し外れますけども。ただ、今の村松さんの話にしても、村松さんが訴えているメリットというか、ご利益って、安全目標なのか定量化なのか、村松さんに色濃く出ているのは、定量化のメリットがすごく強く出ていますよね。そういう意味で、定量化をどう上手く活かそうか、というところの代表的な米国の仕組みがRegulatory Guide 1.174なので、これを成川先生に紹介をしてもらいます。

- 成川委員

それでは成川から、Regulatory Guide 1.174 再解説、リスク情報活用と安全目標という題でご報告をいたします。本日の報告内容は、Regulatory Guide 1.174 という、米国のNRCの代表的なリスク情報活用の取り組みのガイドです。これをご紹介してリスク情報活用にどういったことをやることで、どういったご利益があるのかということと、安全目標とはどういう関係にあるのかということを整理してご報告いたします。

まずリスク情報活用ですけれども、米国NRCではこのように定義されています。リスク情報活用やアプローチによる規制上の意思決定は、リスクから得られる知見を他の要素と併せて考慮する考え方を表すもの。これによって、事業者や規制当局の注意を健康と安全にとっての重要性に応じて設計や運転上の課題により的確に向けるような要求を定めることができるということです。

このリスク情報活用のアプローチというのは、従来のアプローチを次のように強化するということで5項目挙げられています。安全に対するより広範な潜在的課題を明示的に考慮できるようにする。リスク重要度、運転経験、または工学的判断に基づいてこれらの課題を論理的に優先付けできるようにする。これらの課題に対抗するためのより幅広い資源の考慮を容易にする。解析における不確かさの源・要因を明示的に特定・定量化する。主要な仮定に対する結果の感度を検証する手段を提供する。それによって、より良い意思決定につなげる。また、リスク情報活用型の規制アプローチを用いて、従来の決定論的アプローチにおける不要な保守性を低減することも可能。それとは逆に保守性が不十分な領域を特定して、追加的な要求や措置を講じることもできるということです。

先ほど、リスク情報活用によって健康と安全にとっての重要性に応じた意思決定が可能になると申しましたが、それはどうして可能になるのかということを、この安全目標とその代替目標である性能目標との関係を可視化した図で説明したいと思います。

安全目標、まず1番上の方に、これは旧原子力安全委員会の中間とりまとめ提示された安全目標を示していますけれども、これは公衆の個人の急性死亡リスク、それから平均がん死亡リスクが、1年あたり  $10^{-6}$ 程度という安全目標の案として日本では提示されているというところです。この目標を満足するように、その代替目標である性能目標として、こちらにあります格納容器の機能喪失頻度、炉心損傷頻度というものが定められています。3つ目のCFF-2と管理放出機能喪失頻度というのは、直接、死亡リスクと関係するというよりは、原子力発電所の事故による環境汚染によって、長期の避難を要するような事態を回避するといった、そういう目的で定義されているというもので、少し毛色が違うものと考えられますが、このCFF格納機能喪失頻度、それから炉心損傷頻度については、これらを満たすことによって安全目標が満足できるというような関係を基に、この頻度がそれぞれ  $10^{-5}$ 、 $10^{-4}$ と定義されております。従って、このような性能目標を用いて日々の原子力発電所のプラントを管理するということで、それは安全目標を満たすことに繋がって健康と安全にとっての重要性に応

じた意思決定が可能になるということです。

続きまして、Regulatory Guide 1.174について、まず概要を説明したいと思います。これは、許認可ベースの変更というものに係るリスク情報を活用した申請に関して、米国 NRC 職員が受け入れ可能と認めるアプローチを示すものであります。許認可ベースですけれども、これは NRC が原子力施設の建設や運転などの行為に対して、許可を発給する際の根拠となる文章、また技術的基準の集合というものになります。Regulatory リスク情報活用に関連した Regulatory Guide というのは、この 1.174 以外にも複数ございますが、この 1.174 は、そうしたガイドの中で最も基本的なものと位置付けられています。これをベースに、個別のリスク情報活用に関する Regulatory Guide として、例えば 1.175 とか 1.177 などが定められています。こういったリスク情報活用のガイドには、さらに PRA の結果の妥当性を確認するための Regulatory Guide 1.200 というものがあり、これが全体を下支えしているという構成になっております。今日は、この基本となる 1.174 についてご報告していきます。

今回のご報告の趣旨は、リスク情報活用することでどういった改善に繋がるのかということを端的にお示ししたいというものです。それが書かれているものが、この表になります。適用事例として、許認可ベース変更項目として 4 つの代表例を載せています。まず 1 つ目が、許容待機所外時間（AOT）というもの。これを延長するという変更申請です。1998 年の North Anna という発電所で行われた申請を見てみると、ここでは非常用ディーゼル発電機の分解点検を原子炉の運転中に実施できるようにするために、テックスペック（TS）と呼ばれる技術仕様書の AOT、従来 3 日間でしたがこれを 14 日に延長するという申請がなされまして、これが NRC によって承認されたということです。分解点検するには、従来 6 日ほどかかっていたと聞いておりまして、従来の AOT、3 日間ではそれができないということで、分解自体は原子炉を止めた定期点検にしかできなかったということで、こういったリスク情報を活用して変更申請をすることでそれが運転中にできるようになったということです。

次に供用期間中試験（IST）というもので、これは、リスク重要度に基づき機器の安全度を分類しまして、ASME と呼ばれる機械学会の規格ですね。これで、従来は 3 ヶ月ごとに試験をせよ、とされていたものを、この試験間隔が安全重要度の低いものについては最大 6 年に延長するという申請が出され、それが承認されました。供用期間中検査（ISI）につきましては、これもリスク情報を活用して配管溶接部の非破壊検査箇所を選定し直すことで、ASME 規格に基づいて要求されていた 385 箇所の非破壊検査箇所を 136 箇所に低減するという申請がなされ、これも承認されております。等級別品質保証（GQA）というものにつきましては、確率論的リスク評価などに基づいて、機器等の安全重要度を分類し、重要度に応じて 3 段階の品質保証レベルを適用する品質保証プログラムに行こうということで、従来は安全に関連する機器と関連しない機器を二分類で画一的にやっていた品質保証を、このようなリスクに基づいた品質保証レベルを適用するというプログラムに移行したということです。

改めまして Regulatory Guide 1.174 の特徴についてご説明したいと思います。これは、NRC におけるリスク情報を活用した規制の嚮導として位置づけられるもので、性能目標である CDF、それから早期大規模放出頻度である LERF と呼ばれるもの、これを NRC で初めて定義しました。また PRA 手法の活用に関する NRC の政策声明に基づいて、許認可ベースの変更に関する以下の規制プロセスの改善を意図として定められたものです。1 つは、安全に係る意思決定を強化すること。NRC の資源のより効率的な利用。3 つ目が、許認可事業者に対する不要な負担の軽減。こういった規制の改善を意図しているということです。また、特徴の 1 つとしては、制限的なリスク情報活用

が挙げられます。これは次のページで詳しく説明をしたいと思います。

このガイドの中には、スライドの中に書かれていることが提示されていまして、そこでは理論上、リスクを増大させ得るリスク情報活用型の変更を検討するために、より寛容な規制枠組を構築することも可能としています。この寛容的な規制枠組というのは、すなわち全体リスクを実に低減しない、又は安全上の利益によって正当化されない継続的費用を生む、適切な防護、Adequate protection ですね。これに不要な全ての措置の廃止を認めることも考え得る。あくまで理論上の話ですが、こういった使い方もできるだろうと。これに対して、1.174 が採ったリスク情報活用の方針というのは、僅かなリスク増に限り、かつ、とりわけ深層防護と安全余裕の維持が合理的に確保される場合のみそれを認める、という制限的なものであるということが書かれています。なぜこのような制限的なアプローチを採ったかと言いますと、これは不確かさの存在に加えて、原子力産業の成熟にも拘わらず、設計、建設、運用に関連する安全上の課題が顕在化し続けているという、当時の米国の現状、これを考慮したものであると書かれています。これらの要因は、原子炉は日常的に適切な防護を上回る慎重な余裕を持って運転すべきであり、これによって適切な防護が維持されるとの合理的確信を与えるべきであることを示唆していると。安全目標の代替目標、つまり性能目標ですね。これは、そのような慎重な余裕の一例であるとされています。

このような制限的なアプローチを実現するために、このガイドでは、統合的意思決定の原則として、こちらの図で示す 5 つの原則が示されています。原則の 1 つ目は、現行の規制を満たすことという原則です。これは元々の 1.174 が許認可ベースの変更に関するガイドであるのに、なぜ現行規制を満たさなければいけないとかいう、ちょっと矛盾に感じる方もいらっしゃると思うのですが、これはあくまで現行規制の中で、許認可ベースとして規定されているもの以外にも、NRC が承認したものについては、代替のプランも認めることができるというような、そういうような規制ルールになっている場合においてのみ、この申請が可能になるということです。原則の 2 つ目は、変更は深層防護の考え方と整合すること。3 つ目が、十分な安全裕度を維持すること。この十分性につきましては、決定論的に評価するものでして、具体的には米国 NRC が認めた規格とか標準類、それに則って安全解析が実施されているかどうか、そういうことを確認することで十分性を評価するということが書かれています。原則の 4 つ目がリスクに関するもので、提案されたリスクの変化は小さく、かつ安全目標政策声明と整合することという原則になっています。これは後ほど詳しく説明します。最後の原則はモニタリングでして、パフォーマンス測定戦略に従って変更を監視することという 5 原則が提示されています。

先ほど出てきたリスクの原則、その判断に使うのがこちらのリスク許容ガイドラインです。平野さんからのご説明の中でも出てきまして、同じもので少し簡単に説明したいと思います。2 枚ございまして、CDF に関するもの、炉心損傷頻度に関するものと早期大規模放出頻度 (LERF) に関するものの 2 つがありまして、両方満たす必要があります。ただ、書かれている内容は、若干数値が異なるだけで似た内容ですので、CDF について左の図を見ながら説明したいと思います。CDF については、性能目標として  $10^{-4}$  で定められています。これを満たす場合、これよりも CDF が低い場合については、提案する変更によるリスク増加というのは  $10^{-5}$  まで認められるということです。この CDF の絶対値が性能目標を満たさない場合、それを超える場合、大きく超えた場合、当然変更は何も認められないですが、少し超える場合については、提案する変更によるリスク増が  $10^{-6}$  までだったら認められるということで、ここは若干グレーの色になっているということです。こういったリスク許容ガイドラインを用いてリス

クに関する判断を行うということです。このようなリスク増分の大小の判断ができるのは、これは絶対値である性能目標があつて初めて可能になります。この  $10^{-4}$  に対して大体  $1/10$  ぐらいまでだったら認める、 $1/100$  ぐらいまでだったら認めるというような判断が可能になるということです。

次のスライドに載せていますのが、先ほど表の中で最初に出てきた非常用 DG の許容待機除外時間の延長 (North Anna) のプラントの事例を、CDF の許容ガイドラインに落とし込んだ図です。待機除外をしますとその瞬間は非常用 DG を使えなくなりますので、右側に示す、横軸に時間、縦軸に炉心損傷頻度を取った図を描いてみると、待機除外をした瞬間に CDF というのは瞬時に増加します。こういったリスク増、このピンクの面積で表すのは、瞬時を時間積分したものですが、この許容ガイドラインで使う縦軸のデルタ CDF というのは、より長期的な視点で、年換算したものとして捉えていただければと思います。それがデルタ CDF として提示されています。North Anna の事例では、横軸の CDF は大体  $3.6 \times 10^{-5}$  で、縦軸のデルタ CDF は  $6 \times 10^{-7}$  ということでプロットしてみると、この Region III に相当するということで、非常用 DG の許容待機除外時間延長によるリスク増というのは小さいということでこの申請は承認された。これは原則 4 のリスクに関する判断の一例として、その他にも深層防護の観点から、待機除外した時に、他の代替の非常用電源が使えるかどうかとか、気象条件が厳しい時にはこういった待機除外は行わないだとか、そういった決定論的な措置も含めて統合的な意思決定をした上で、この延長申請が認められているという状況です。

最後まとめです。米国 NRC におけるリスク情報活用の代表例である Regulatory Guide 1.174 は、適切な防護を上回る慎重な余裕があることを前提にして、僅かなリスク増の許容による施設運用の合理化を通して、規制プロセスの改善を図るもので、このリスク情報活用における安全目標の役割は、リスク許容ガイドラインに根拠を与えて、健康と安全に対する重要性に応じた意思決定を可能にすることです。このような規制プロセスの改善は、安全目標を単なるリスク許容水準として定めるだけでは実現しません。米国は、規制当局と事業者の双方が資源の有限性を認識して、安全目標を指針として、制限的なアプローチでリスク情報を活用することで、このようなプロセスの改善を実現してきました。安全目標の策定は、このようなリスク情報活用の方針と一緒に示されて初めて実効性を持つと考えております。以上です。

#### ● 更田委員長

ありがとうございました。補足しますけれど、定量化されたリスクによる安全を指標として定量化することのご利益という例で、6 ページ目にその適用事例が示されていますけど、これがなんでご利益なのかなっていうのを分かりにくいかもしれないで、AOT を延ばしたというのは、これは運転中に分解点検ができるってことなので施設を止めないで済むと。だからリスクがほとんど変わらないならば、その分いっぱい電気が作れますというのがこれのご利益。それから、下の方にある試験に関するもの、検査に関するものは作業員の被ばくが減ると、それから無用な検査をしないというのがご利益です。リスク情報活用のご利益っていうと、もっと色々ありますけれども、実は米国でも、リスク情報活用の適用というのは今のところ非常に限定的で、いわゆる審査に使われた例というのは、火災防護に関するものに関して、火災 PRA をきちんとやれば火災防護施設のある一定程度の合理化が許されるという仕組みがあったのですけども、火災 PRA 自身がものすごくお金の掛かる作業なので、それぐらいだったら言われた通りに報知器つけた方がいいや、というように流れたのが米国の前例です。ですから、審査でリスク情報が使われている事例というのは、これまでのところはほ

ぼないと言つていいですけれども、ただ、今、米国はここを大きく変えて、審査にリスク情報を使おうというのはものすごく前のめりになっています。というのは、これから、まだ姿形のない紙の上の革新炉をこれから許可してどんどん作つていこう。しかも 18 ヶ月以内に臨界までもつていこうっていうような目標を立てていますので、そうするとリスク情報に頼るしかないというのが実態だと思いますけども。日本の場合はリスク情報活用というのは、この AOT が多分入り口としては最初に来るのでしょうかけれど、今盛に規制当局と産業会、ATENA などの間で議論が進められていて、果して安全目標なしでも行けるという議論なんじゃないかと思っています。増分で議論していくべき応用できるかという期待はありますけれども。ただ原点としての安全目標があった方が好ましいという議論は一般論としてあるだろうと思います。すいません。何かご質問ご意見ありますか。 はい、成宮さん。

● 成宮委員

成宮です。Regulatory Guide のある意味、再解説とか再と書いてらっしゃるが非常に分かりやすくてありがとうございます。8 ページのところに、その通りの表現ですが、2 つポツ目ですか、とりわけ深層防護と安全余裕の維持が合理的に確保される云々という、この活用方針がどうのということではなくて、私が申し上げたいのは、リスク情報活用というと、どうしても誤解する人が多くて、私も平野先生と一緒に学会の標準を作った、まさにこの Regulatory Guide1.174 を見ながらですね、作らせてもらったと思うが、その時にも結構誤解を招いて質問があつて、10 ページに紹介された、先ほど平野先生も紹介されていましたけど、この判定基準を以って、これが図ですからものすごく目立つんですよね、本の中では。そうしますと、これだけで判断するんですね、という質問をよく受けたのですが、実はこの深層防護とか安全余裕というところもきちつと見ながら、というところが、あるいは規制要求との照らし合わせですか、さらに、モニタリングをすることによってコストだけではないですが、時間がどのくらい掛かっているかとか、たるんでないかは無かったと思いますけども、それこそ安全文化と言いますか、そういう組織としての姿勢がどうかとか、そういうものも短い言葉でしたけどあったかと思います。そういう意味では特に私が重要だと思うのは、この深層防護と安全余裕というところも重要だと思うのですが、ちょっと違う見方をすると、ここからはちょっと質問ですが長くなつて申し訳ございません。

PRA は、そもそもプラントの As-Is を評価するわけですね。モデル化して。そうすると、自ずと深層防護の概念をもつて具現化している設備の多様化とか多重化、あるいは安全余裕。先ほど解析の話をされましたけども、解析の結果、具現化されている設備とか、あるいは操作の余裕、時間余裕だとか、その設備そのものの性能の余裕というものが、本当は PRA の中にちゃんとモデル化あるいはデータ化がされているはずです。私も正直いますが、必ずしもそれが表層に表れてこないので、やはりちゃんと見るのはこういう形になっていると思いますが、その考え方はどうでしょう。全部 PRA で見ているみたいなことはあまりに単純すぎて無理だとは私も思うし、こういう形を取っているのだな。9 ページのような、これですね。もちろん理解はしていますし、それがいいと思うのですが、ちょっと違う見方をすると、そういう見方は正しいのでしょうか。ご意見伺いたい。

● 成川委員

ありがとうございます。私もモニタリングは、この中のワーキングのメンバーとも話していた時に、その不確かさとか PRA の評価に欠けがあるので、それを補うという

か、その欠けを検知するためにこの原則があるっていうふうに理解したのですけれども、成宮委員がおっしゃった逆の視点で PRA に反映されていない余裕というのをポジティブな視点で見ていくっていうことなのかなと。だから、リスクとして過少評価されているところも実態としては、実際のパフォーマンスを見ていくと、そうではないっていうことも有り得るだろうと、そういうご意見かなと思いました。

● 更田委員長

私も成宮さんの質問の受け取り方ではあるのだけど、成宮さんがおっしゃった PRA の結果が As-Is のものであるとすると、ここでさらに安全裕度を考えるのって、安全裕度の二重掛けにならないかって。結局、設備なり施設が深層防護に基づいて設計されて、その要求に基づいて作られているもの性能と言いますか、在り方をリスクが正しく反映をしているとすると、さらに加えて安全裕度を考えるっていうのは、そういう意味でおっしゃったんですよね。うん。ですので、この Regulatory Guide 1.174、非常に素晴らしいとは思うんだけど、一方で、この深層防護であるとか安全裕度というのを審査する側の申請に委ねすぎてしまうと結局リスク情報活用は進まない。このガイドをもってしても進まないと思うんですよ。結局、ここで安全裕度であるからこそ、さっきの後ろの図があるだろうと思いますが。ここで深層防護、安全裕度を逆に過度に強調するとリスク情報の使いようがないと、むしろ非常に重要だと思っているのは、ここでモニタリングが挙げられていることは非常に重要なと思います。

今、原子力規制委員会も含めてそうだけど、このモニタリングの仕組みというのがなかなか議論できていないところがあるんだろうと思います。ですから実際これを適用すると、ますますモニタリングが重要だと思います。すいません。長くなつて、成宮さんどうぞ。

● 成宮委員

すいません。もう時間がないので一言だけ。更田委員長のおっしゃったこと、私はそれを聞きたかっただけです。私の言い方がちょっと悪かったと思います。例えば、Regulatory Guide を見ていると、ちょっと出てこないんですけど、ああいう米国電力研究所 EPRI だとかですね、だいぶ昔の文献のオープンになっているものを見ていると、非常に小さい Risk Informed Approach みたいなものが書いてあって、結局は AOT の中でどうのという話で、先ほどの 4 つの領域にはもちろん入るんですけど、その時に結構安全余裕がこの設備に対しては少ないけどもリスクの方でなんとかなっているから、この変更はいいだろうとかですね。そういう類いのことも書いてあって、そういう意味ではちょっと私が質問したのは、必ずしもそのリスクだけではないという位置付けなのか、安全裕度と深層防護がどういう位置づけで考えているだろうか、どういう力点が置かれているだろうかというのは、やはりこれから日本が Risk Informed の Regulations なり、あるいは Approach なりをする時に、ちょっと具体的に考えておかないといけないだろうなと思いました。すいません。以上です。

● 更田委員長

はい、おっしゃる通りだと思います。ちょっと時間の関係もあるのですが、高原さんの話に移らせてください。

● 高原委員

はい、ありがとうございます。高原です。本日は、原子力施設の環境影響評価と原子力安全規制での利用というテーマでお話をさせていただきます。これは以前の委員会におきまして、確か関村委員だったと思いますが、原子力安全に関する中で環境影響

評価がどうなっているのか、というところを一度説明してくださいというお話をあつたものを受け行うものです。

目次がありますが、報告内容といたしましては、どういった方法を用いるのかという方法の話と、規制における影響評価がどのように利用されているかというところについてお話をしたいと思います。今回は、米国のバックフィットの例を用いて利用の状況を説明いたします。

評価の方法についてですけれども、出だしのところで発電技術は、とございますけれども、この辺は一般的に理解されているところかと思いますが、電力を供給する一方で、人の健康や環境に有害な影響を及ぼしているところがございます。そういうものがどのくらいの影響を及ぼしているかということを評価していくのですが、その前提として、今回は、原子力発電所にフォーカスしますけれども、基本的には原子力発電所だけではなくて、燃料の採掘から廃棄まで全ての段階から放置される可能性を考慮して評価することが必要です。今回は原子力発電所にフォーカスします。また、特に事故の話が今回の安全目標の中で議論になっているかと思いますけれども、一般的には、影響評価をする際には平常の運転時、施設の建設や閉鎖そして事故、それぞれの段階において、どれくらいのポテンシャルがあるかということを評価することになります。この辺のところが前提となってまいります。

影響評価の方法につきましては次のスライドですけれども、この方法というのは国際的にずっと研究が続けられてきていて、2つの例を持ってきていますが、IAEA国際原子力機関の研究プログラムが1990年代に行われていたというのと、欧州委員会においても原子力発電だけではなく、石炭から、太陽光、水力などの色々なエネルギー源に対して影響がどれくらいになるかという評価が行われてきて、その結果が公表されているというようなところでございます。ですので、次のスライドにある方法については、国際的なコンセンサスが得られているのかなというようなのが私の認識でございます。

本当に簡単ですけれども、さわりというところで影響の方法、評価の方法を示しています。こちらに示しているのは、先ほどお示しした、欧州委員会の Extern E と呼ばれるプロジェクトの中で提案された方法でありまして、名称としては影響経路法と呼ばれているものでございます。段階としては、有害物質が放出されてから色々な段階を得て最終的に貨幣価値のところまで行くわけでございますけれども、有害物質が放出されると、この右の図を見ていただきますと点線の下のところが放射性物質の場合を例にとって説明しております。放射性物質の放出があった場合、1時間あたりにどれくらいのベクレル数が放出されるかというような情報がありますと。それを用いて、大気拡散モデルを用いて、どの場所にどれくらいの放射性物質が飛んでいくかというような情報を評価することができます。この中では単位体積中にどれくらいのベクレルがあるかという情報が得られて、さらに、地表面等への沈着もこの辺のフェーズで行いますが、そのような情報、環境媒体中の濃度が分かってまいりますと、空に飛んでいる放射性物質や地表面に沈着したものからどれくらい被ばくを受けるかということで、放射線の被ばくの線量が出てきます。ここでシーベルトという単位が出てくるわけでございますけれども、そういった評価を行う。次に1シーベルトを浴びたらどれくらいのリスクがあるのかというところで、基本的にはがん死亡リスクがどれくらいになるのか、がんへの罹患がどれくらいになるのかというような評価を行います。最終的に到達するところは、その後お金の評価ということで、この死亡のリスクや罹患のリスクが一体経済的にどれくらいの影響に換算することができるのかというところまで評価を行います。本日お話する例は、費用便益分析の結果を持ってきており

ますので、この最初の貨幣価値化をした後のところの分析にかなりフォーカスをしているというような例を持ってきております。

本当に簡単でございますが、今のものが方法の流れというところでございまして、次に利用の具体例というところで、今回は米国における例を持ってきました。米国はですね、環境影響評価による評価結果というのを実際に使っているところがございまして、特に費用便益分析というものを使っているというのは大きく2つあります。1つ目が規制影響分析と呼ばれるもので、もう1つがバックフィットルール。ここは鄭さんや平野さんのお話の中に何度も出てきたところでございますが、そういったところで行われています。詳細はちょっと時間もありますので割愛いたしますが、今回はこれらのうちのバックフィットルールに着目をして説明をしていきたいと思います。ルールに関しましては後ほど出てきますので、そこで説明をさせていただきます。

このような規制影響分析やバックフィットルールの中で費用便益分析を行う際にどうやって行いますかというところに関しまして、米国では関連する文書というものが整備されておりまして、代表的なものを3つ持ってきております。NUREG/BR-0058、NUREG/BR-0184、NUREG-1530というものが出てきます。0058というのは、規制影響分析の基本的な考え方、手順を定める文章になっております。その次の0184というのが、Technical Evaluation Handbookと呼ばれるもので、費用便益分析のだいぶ具体的な計算式やパラメーターの設定方法が書いてございますので、これを用いて基本的には行っていくことになります。最後、1530というのは先ほどの評価方法の流れの中で、1死亡から経済価値に換算するという流れがありました。死亡をお金の価値に換算しないといけないという特殊なパラメーターが出てきまして、そのパラメーター、統計的生命の価値と呼ばますが、その辺のパラメーターがどうなっているかというもののについて記載したものが1530ということになります。

次のスライドに載せておりますのが、こちら側が NUREG/BR-0058に載っている、費用便益分析を行う際にどういった属性を考えのかというところを列記したものでございまして、上方から公衆の健康、作業者の健康、オンライン・オフサイトの財産、規制の導入時における事業者とNRCの負担、そして運転時における事業者とNRCの負担。この辺に関しては定量的な評価が必要だというような形になっていて、その下にあります、他の政府機関への波及からその他の考慮のところまでは、できる場合には定量的に評価しますし、そうではない場合には定性的に評価するというような形になっております

ここにYとXとZと書いてございますが、今回はこれらのパラメーターを用いて実際に費用便益分析の例を示していきますので、それらをどう扱うかということを数式的に説明したのが次のスライドになっております。

こちらのスライドで、代表的な費用便益分析の1つの例を示しております。今回使っているパラメーターは、先ほど前のページでY、X、Zが与えたものだけを整理しているわけでございますが、基本的に2つ目の黒い四角にありますように、費用便益分析では正味の便益がどうなるかというようなところを見ていきます。正味の便益というのは便益と費用の差として定義されますのでこちらの式のようになります。左側の括弧で囲まれている赤いところというのは、デルタYとデルタXとなっております。デルタというのはベースラインとして、何も規制を導入しなかった場合というものをベースとして、規制を導入した場合にどれくらい公衆や作業者の健康への被害を回避できたかというようなところ。この回避できた分というのを費用便益分析における便益という風に見るというような形になっております。そして、そこからZとして規制の初期導入費用と継続費用の引いていくというのが基本的な式になります。2つ目の

式で展開していく、Y を  $VSL \times (\Delta R)$  と式にしておりますが、この  $VSL$  というものの説明をいたしますが、統計的生命の価値と呼ばれるものでございまして、単位死亡リスクを削減することによって得られる経済的な価値というようなところで、いわゆる政策評価において用いられる原単位として米国や英国ではこういったものが既に提案されていますので、こういったものを使って評価していくという形になります。詳細な数字については後ほど説明させていただきます。3つ目の黒ポツに行きまして、バックフィットルールの中で正当化とか最適化というようなことを考える際に、正当化は何を意味するのかというところを考えますと、これは正味の便益が正になるということをございますので、上で言うところの、右辺のところが正になるということで、その条件を基に式を変形していきますと、最終的にこの矢印の2つ目にはありますような、左辺に  $VSL$  が来て、右の方には  $\Delta R$  分の  $Z$  から  $X$  を引いたものというような式になります。これは何を意味しているかというと、左辺にあります  $VSL$  というものは先ほど申し上げましたように、何かしらの規制を導入して、1 死亡リスクを削減することができました。削減したことによって得られる便益がどれくらいかというものを示すのが  $VSL$  だと。右側の方は  $\Delta R$  が来ていて、削減した分のリスクが下に来ていて、上の方は費用から便益を引張って引いたものでございます。要は、最終的に、いくら規制の導入にお金が掛かったか、というところになりますので、1 リスクを削減するためにこの規制でいくら使ったかというようなものになってきていて、この単位リスクの削減便益と単位リスクの削減を比較して、便益の方が大きくなることが正当化では求められると。最適化に関しましては、狭義で言うと、単位リスクの削減費用、右側の式のものができるだけ小さいものを選ぶというのがここで言うところの正当化と思っていただければと思います。

このような土壤を整えた上で具体的な例を見ていきたいのですけれども、スライドの11枚目でバックフィットの例を説明いたします。そもそも米国におけるバックフィットとはどのようなものかというところについて、バックフィットルールを再掲しております。これが 10CFR50 の 109 Backfitting の要約となっておりますけれども、(a)(1) は、定義についての記載なので割愛します。(a)(2) では体系的かつ文書化された解析が必要とする。ということが書いてございまして、この文書化というのは、規制評価書というものの中に費用便益分析が含まれていますので、結局費用便益分析の解析を行って文書化する必要がある。その下にありますように、その解析に基づき、公衆の健康安全または共通の防護と安全保障の防護が実質的に向上し、直接または間接的費用が向上した防護の観点から正当化される場合に限り、バックフィットするということで、ここで言う正当化とは、狭義で言うと先ほどの正当化というような意味になってくるかと思います。ただし、こういった費用対効果を考える必要がないというもの、つまりバックフィット解析が必要でないという状況があり、それについて(a)(4)で書いてあります。これは鄭さんの発表で言うと、義務層に該当するところかと思いますが、それを書いたものがこちらになっていて、両括弧2番に書いてありますように、適切な防護を提供することを確実にするために必要な場合、あるいは適切であるとみなすべきかについての定義又は再定義を含む場合。要するに義務層のところに関わる場合にはそういうものは必要ないというような見方ができます。

費用便益分析ですので、基本的には定量化を行って議論をしていきますが、定量化できない要因をどうやって考慮するのかについても NRC から文書が出ておりまして、こちらにあります SECY と呼ばれる文書の中には、「規制分析及びバックフィット分析の解析における要因の定性的考察」というものが出ており、ガイダンスの必要とそのガイダンスの作成にあたって求められる原則というものが作られています。詳細を割

愛しまして、3つ目のポツにありますように赤いところを読みますと、可能な限りコストの定量化は頑張って行いますが、定量的な分析が不可能あるいは非現実的である場合に限り、意思決定の参考として定性的な要素を使用すべきである。ということが言われており、こういった原則を受けて、NUREG/BR-0058の中には、Appendix Aというものがあり、定性的な分析の具体的な方法が提供されているということで、必ずしも定量的な分析結果だけではなく定性的な結果も考慮に含む、というところが考えられます。今回のバックフィットの例ではここも重要なになってくるので説明させていただきました。

スライドを1枚めくっていただきまして、具体的にどういった例なのか、というところでございますが、1番上のポツに書いてありますように今回ご説明するのは、「シビアアクシデント条件下で、運転可能な信頼性の高い格納容器強化ベントに関するライセンス変更」というものでございまして、これは1F事故後の米国の議論の中へ出てきたもので、優先順位の高いものとして挙げられたものの1つです。その辺が矢羽根の2つ目に書いてありますけれども、元々ですね、ちょっと時間があれなので早目にいかないといけないんですけども、3つある中のEA-12-050というものが信頼性の高い格納容器強化ベントに関するものですけれども、このEA-12-050では、この格納容器強化ベントの設置というものは適切な防護に不可欠であると結論付けられて、先ほどの除外の条件に該当いたしますので、費用便益分析は不要となったのですが、ただし、格納容器の強化ベントがシビアアクシデント条件下でも機能すべきということについても、やはり検討すべきだという課題がありまして、この点に関しては適切な防護に対して追加的なものになるので、この点は、除外条文ではなくきちんと費用便益分析を行って判断をしましょう。ということで、費用便益分析が行われたというような流れになります。

その費用便益分析を行ったのが、先ほどの12-157という文書でございまして、この文書の中で今回議論するのは3つのオプションで、オプション1、2、3とあります。オプション1というのは、先ほどの適切な防護に不可欠であると言われたものです。これがベースラインになります。問題はオプション2とオプション3で、シビアアクシデントに対応した格納容器強化ベントを作るのか、そしてさらに進んでフィルターベントを付けるのか、という議論がありました。

これらについて、費用便益分析を行った結果が次のスライドになっておりまして、この赤字が費用、マイナスのもので、黒字がプラスのもので、1番下の行が合計となっています。オプション2と3とあり、それぞれに対して必要になるような事故がどれくらいの頻度で発生するかというところについては仮定でございますので、 $2 \times 10^{-5}$ 炉・年と $10^{-4}$ 炉・年という仮定で今回NRCは解析を行っており、マイナス4乗の炉年の場合はどちらも正であったと。ただし5乗にしてしまうと、これが負になるということで、費用便益上では赤字になるという結果になっているということでこの表は見るものでございます。このような結果を受けて、NRCがどのように判断したかが16枚目でございまして、先ほど申し上げましたように、オプション2、3共に発生頻度を $10^{-5}$ とした場合には費用が上回ってしまう。しかしながら、事象の頻度や解析の仮定、不確実さが大きいのでこの程度の差であれば便益の方が費用よりも大きくなる可能性があるとした上で、さらにオプション3の方は費用がだいぶ上回っているのと便益が小さいということがあるので、さらに追加的なものがあって、これが定性的な長所があるということで、こちらにありますような定性的なことも考えるとNRCのスタッフの結論としてはオプション2もオプション3も正当化ができるのではないかというふうに判断されたと。しかしながら最終的には、これをスタッフから委員に挙げて、委員が

どのように承認するかというところでございますが、最終的にはオプション 2 のみが承認され、オプション 3 に関しては費用の観点から、やはり実施することは見送られたというのが最終的な結論になっております。

これが NRC での議論の流れですけれども、このようにしてオプション 2 は採用されオプション 3 は棄却されたわけでございますけれども、それが他の環境リスクと比較した場合どのような位置にいるのかということについて、少し議論してみようと思ったのが 18 のスライドで、先ほどパワーポイントの 9 枚目で議論いたしましたけれども、単位リクスの削減便益というものと、単位リスクの削減費用というものがあって、今回がこれに対してどのような数字だったのかということをもう少し整理してみました。最初に整理しないといけないのは、VSL と呼ばれる単位リスクの削減便益がいくつになっているかということでございますが、詳細は割愛いたしますが、最近の結果を基にしてメタ分析を行ったところ、日本においては大体これが 4.54 億円になるであろうというところが結果として分かりました。これは 19 枚目のスライドに書いてございます。

次に 20 枚目と 21 枚目のスライドに書いてあるのは、その原子力分野で他の事例として単位リスクを削減するための費用がどうなっているか。これが 20 枚目のスライドに書いてあり、レベル 3 PRA での評価と、さらに 1F 事故に基づいてどのようになっていたかということを少し遡及的に評価してみたというところでございます。

21 枚目の方は、それとは別に他の環境リスクどうなっているかということを、米国と日本の化学物質についてそれぞれ調べたものでございます。数字についての詳細は割愛させていただいて、その結果が 22 枚目に出ています、左側の青で示しているのが米国の環境リスクに対するもの。真ん中の赤が先ほど説明した格納容器強化ベントとフィルターベントの例、そして緑色で示しているのが原子力分野で評価したものでございます。1 番右の紫色が日本の化学物質関連です。見ていただきますと、先ほどの赤ですね。見ていただいて HCVS と書いてあるもの、オプション 2 というのは先ほどの費用便益分析で正当化されたもので、この棒グラフのてっぺんのところが中央値なのでここを見ていただきこれに対して横に赤く引いてあるのが VSL の中央値で、これを超えなければ費用の方が便益よりも小さくなり正当化されるということで、VSL との費用はほぼ同レベルで、基本的にこれは正当化されたと。一方で、右に書いてあるフィルターベントというのは、先ほど正当化されなかったものでございますけれども、これは少し幅が大きくて、数十億円から数百億円の費用が 1 単位の死亡を回避するために必要となってくるということで、これはやはり正当化されなかったと。他のものを見ていただきますと、例えばその隣にある避難と屋内退避というのは、このレベル 3 PRA というものを以って我々が計算した結果でございますけれども、やり方によっては中央値的には数億円程度になっているのでこの辺は正当化されるであろうと。基本的に日本でも作られている原子力災害対策指針のやり方を基にして評価した結果なので、これくらいになるということで正当化されそうだというような知見があります。一方で右側にいっていただきますと、出荷制限と書いてございまして、福島事故の時に実際に行われた出荷制限に対して費用対効果を出したもので、1 年目/全品目、短期/野菜、1 年目/コメ、というふうにあります、この中で VSL と同レベルになっている出荷制限としては短期の野菜ということで、これは事故直後 1 ヶ月間での野菜の濃度に対して行ったもので、やはり濃度が高い状況でこういった出荷制限などを行うと費用対効果は非常にいいということが出ていて、一方で、1 年ぐらい長くなってしまいますと濃度も落ちてきて、そういうものを出荷制限すると費用対効果としてはあまりよろしくないということがこの辺からも分かってくると。しかしながら、先ほどの

フィルターベントも 100 億円くらいで、これは正当化されなかつたですし、今回の 1F の出荷制限というのも、長期のものに関しては 100 億円ぐらいになっていて正当化されないので、となりますけれども、これはそういうわけではなくて、まとめの方には書いてございますが、実際にやったもの、例えば事故の時にそういうことをやるというのはお金だけの問題ではなくて、例えば ICRP でいうところの、尊厳とか正義とか、そういう話を前回いたしましたが、やはりそういうところの方が重要になってくるということで、そういうところをどう考えていただかかということは大事になってくるというところになってくるかと思います。

まとめの方は、今までお話しした内容を少し丁寧に書いたものでございますので、割愛をいたしますが、よろしければ読んでいただければと思います。はい。以上です。

- 更田委員長

すいません。駆け足にさせちゃったけども。差し使えなければご質問、ご意見ただければと思いますが、伴さん。

- 伴委員

最後に高原さんがおっしゃった、やっぱりどうしてもここに含まれてないものがあるのでという場合に、解析の結果、何かその対策を打つ理由にはなり得るのだけれども、対策を取らない理由にするのはなかなか難しいっていう印象を受けたのと、あと、LNT に基づいてやっていますけど、範囲が施設から 50 マイル以内ということですが、それこそ今後、小型炉とかをもっと都会を持っていきましょう。みたいな話になった時に、人口密集地になれば非常に少ない線量で、人口が多いので見かけ上いっぱい癌が発生するよう見えてしまうようなシチュエーションがあり得るのかなと思うんですけど、この辺の議論ってありますか。

- 高原委員

まず 50 マイルというのは、先ほどお示した NUREG の Technical の中に書いてある条件の中で、費用便益分析をやるべしと書いてあって、現状の米国でやるとなった時はこうなるということでございまして、ご指摘の通り、人口とか、密集地帯に対してこういった費用便益分析をその現状のラインに従ってできるのか、というのはよく考えるべきかなと思います。

最初の方のご質問で、今回これを解析していく、これをやらなければいけないなと思ったのは、やったものもやってない計画段階の事前の評価も全部ごっちゃになっていますので、やったもので、どれくらいの費用になっているのか、やらなかった、ただ計画段階で弾いたものでどれくらいなっているのかっていうところについては、きちんと調べてやったその差がどういったものなのかというとこについてはもうちょっと議論していきたいなと思っております。

- 更田委員長

はい。他にありますか。よろしいですか。本間さんいいですか。大丈夫ですか。

はい。以上で説明するものは終わりですけど、全体を通して何かコメントとあればお願ひします。

ちなみに参考資料の 2 という形で、ご欠席の名古屋大学山本先生の気づきという形で資料をいただいているので、それを添付していますのでご覧いただければと思います。

時間が来てしまいまして、次の委員会というのが 1 月 7 日ですね。1 月 7 日で、少し時間が空きますけども、それまでに今日の安全文化での議論に関して、振り返りとい

う形で、また何人かの方にお話をすることをお願いしていますし、また作業ワーキングの方では、どういった議論を進めるかというものの検討をしていきたいと思います。はい。それではちょっと時間を過ぎてしまって申し訳ありません。ちょっと始まるところで混乱があり申し訳ありません。では、以上で本日の委員会を終了します。ありがとうございました。