

# 改良版指標線量率の 適用について

令和8年5月13日

宮城県環境放射線監視センター

# 1 概要

- 女川原子力発電所からの予期しない放出を監視するために採用している「指標線量率」について、県では令和6年度に実施した「女川原子力発電所周辺環境放射線監視システム」の更新に合わせて、精度向上を図るため計算手法の改良を行った。
- 改良版指標線量率を女川原子力発電所周辺の環境放射線監視へ適用するため、現在の指標線量率との比較及び検証を行い、監視測定の精度向上を確認できたので、県の指標線量率について、令和8年度からの正式適用について評価いただくもの。

## 2 指標線量率に係る経緯

- 昭和57年度 県が指標線量率（旧剰余線量率）の算出を開始
- 平成13年度 東北電力が指標線量率の算出を開始
- 平成15年度 指標線量率を正式な監視フローに導入し、女川原子力発電所環境調査測定技術会においての評価資料とする
- 令和6年度 県の環境放射能監視システムを更新し、指標線量率の改良版を導入
- 令和7年11月 環境放射能監視検討会において、改良版の指標線量率について検討  
（現行版と改良版の比較及び検証の報告）
- 令和7年12月 環境放射能監視検討会構成員に対して、令和8年度からの改良版指標線量率適用にかかる意見照会を実施（書面）

# 3 現行版指標線量率の課題と改良点

- 課題

指標線量率算出時の統計処理の影響で、過去27日間に降水が少なく、ウラン系列の線量率の上昇が少ない時に降水があった場合や、過去27日間に降水があったとしても、それ以上に降水により大きく空間ガンマ線量率が上昇する場合には適切に推定バックグラウンド線量率が算出されなかった。

天然放射性核種起因にも関わらず指標線量率が設定値を超過することが年に数回発生しており、降水時の天然放射性核種による変動の抑制が課題となっている。

# 指標線量率算出方法

「指標線量率」とは、ガンマ線スペクトルから「全体の線量率」と「推定バックグラウンド線量率」を算出し、その差分を人工放射線寄与分とした線量率である。

## 【主に係数を乗じて算出】

検出した全ての放射線毎にエネルギーで重み付けして線量率を求めたもの。

全体の線量率  
(天然分 + 人工分)

## 【主に統計的手法による推測】

天然放射線3成分（ウラン系列、トリウム系列、カリウム40）から統計的手法を用いて、現在のバックグラウンド線量率を推測したもの。

推定バックグラウンド線量率  
(天然及び過去に沈着した人工分)

新たに環境へ付加された人工放射線寄与分

指標線量率  
(新たに環境へ付加された人工分)

図 指標線量率算出の概念

# 指標線量率算出方法と改良点

## 係数等の改良

- ・ 空気のW値
- ・ 応答行列 等

## 統計手法の改良

- ・ データ抽出間隔
- ・ 計算間隔 等

I補正-対チャン補正(ピークのずれを補正)  
〔過去1日間の天然核種ピーク位置を用いる〕

入射スペクトルの成分分解(最小二乗法)  
〔波高分布を入射γ線の線束密度スペクトルに変換〕

全線束密度スペクトルから  
全体の線量率を算出

U系列、Th系列、K-40それぞれの  
代表的なエネルギー範囲における  
寄与線量率の算出

バックグラウンド線量率の推定  
 $\beta_1 \cdot U$ 系列 +  $\beta_2 \cdot Th$ 系列 +  $\beta_3 \cdot K-40$  +  $\beta_4$   
〔 $\beta_1 \sim \beta_4$ : 過去27日間の全線量率(RM線量率)  
と各寄与線量率を重回帰分析して算出〕

全体の線量率  
(天然分 + 人工分)

推定バックグラウンド線量率  
(天然及び過去に沈着した人工分)

指標線量率  
(新たに環境へ付  
加された人工分)

## ● 現行版からの改良点

区分	項目	現在	改良案
統計手法	エネルギー校正	1日分のスペクトル（10分値×144個）を加算し、 <b>毎0時に算出</b> しているため、夏季日中の気温上昇によるピーク位置変動により指標線量率が変動する。	10分値×3個の加算により <b>毎10分の算出</b> とする
係数等	最新の最適値への対応	応答行列、空気のW値、天然成分マトリクスなどの数値について、測定を開始した <b>当初の値</b> を採用している。	<b>最新の文献*1*2</b> に記載された数値を採用する
統計手法	重回帰分析に用いるデータ数	過去27日間の10分値のうち <b>90分毎に1つ</b> 使用しているため、過去データを活かしきれていない。	<b>全データ</b> を用いる
統計手法	U系列とRM線量率の相関係数の二乗（ $R^2$ ）による判定	重回帰分析を行う過去27日間において、降水の影響が少なくU系列の変動が少ない場合、 <b>U系列の偏回帰係数<math>\beta_1</math></b> が低下する。その条件下で、降水によるU系列の線量率の上昇があった場合は、 $\beta_1$ にU系列による変動が十分に考慮されていないため、RM線量率ほど推定BG線量率が上昇せず、 <b>指標線量率が上昇</b> する。	過去の調査*3でU系列とRM線量率の相関係数の二乗（ $R^2$ ）により $\beta_1$ の信頼性を判定し、 <b><math>R^2</math>が0.8を下回った場合は偏回帰係数を更新しないこと</b> で降水時の変動が抑制されることが確認されており、適用するもの。
統計手法	重回帰分析の頻度		重回帰分析の実施時期を <b>毎0時ではなく、毎10分</b> とする

\*1 原子力規制庁監視情報課、連続モニタによる環境 $\gamma$ 線測定法、放射能測定法シリーズNo.17、2017

\*2 湊進、環境ガンマ線スペクトル・アンフォールディングに用いる応答行列を改良するための対角要素適合技術、Radioisotopes、2001、Vol.50

\*3 木村昭裕ほか、人工放射性核種の影響がない状況下での指標線量率の特異な変動事例について、宮城県環境放射線監視センター年報第5巻、2019

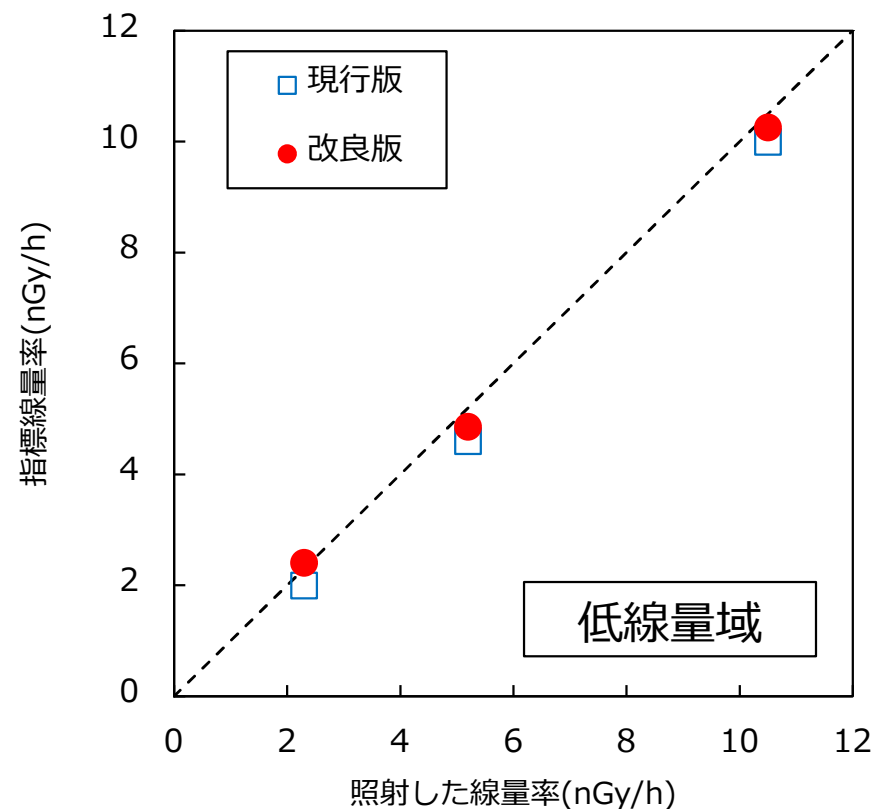
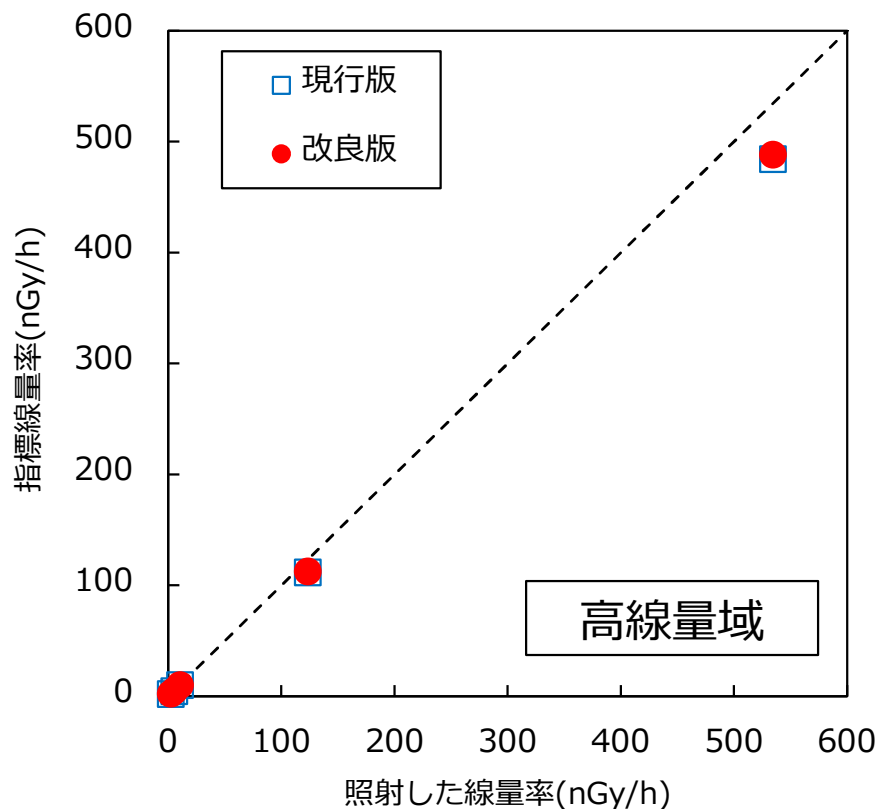
# 4 性能試験結果（照射試験結果）

- 場所：飯子浜局
- 年月日  
令和7年10月20日  
令和7年10月23日
- 天候：晴れ
- 使用核種：Cs-137
- 実施方法



Cs-137（10MBq）の密封小線源を用い、検出器との距離を変化させ、約2 ～ 530 nGy/hを照射した。

# 性能試験結果 <飯子浜>

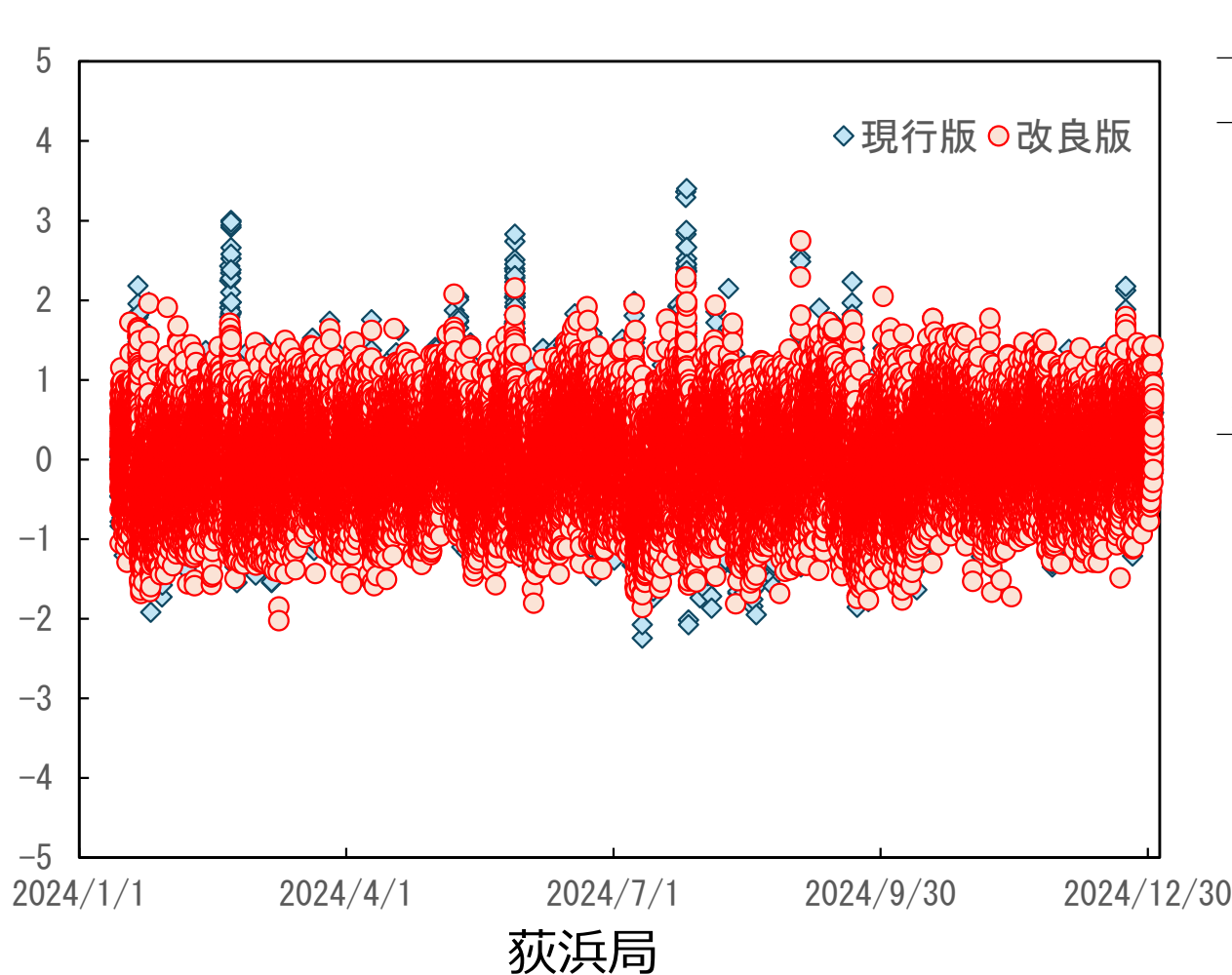


(nGy/h)

Cs-137照射の上昇分	指標線量率 現行版	指標線量率 改良版
2.3	2.0	2.4
5.2	4.6	4.9
10.5	10.0	10.3
123.2	111.7	112.7
534.5	484.2	488.5

改良版は、現行版よりも人工放射線の照射値に対する応答性が向上した。

# 5 解析結果の検証



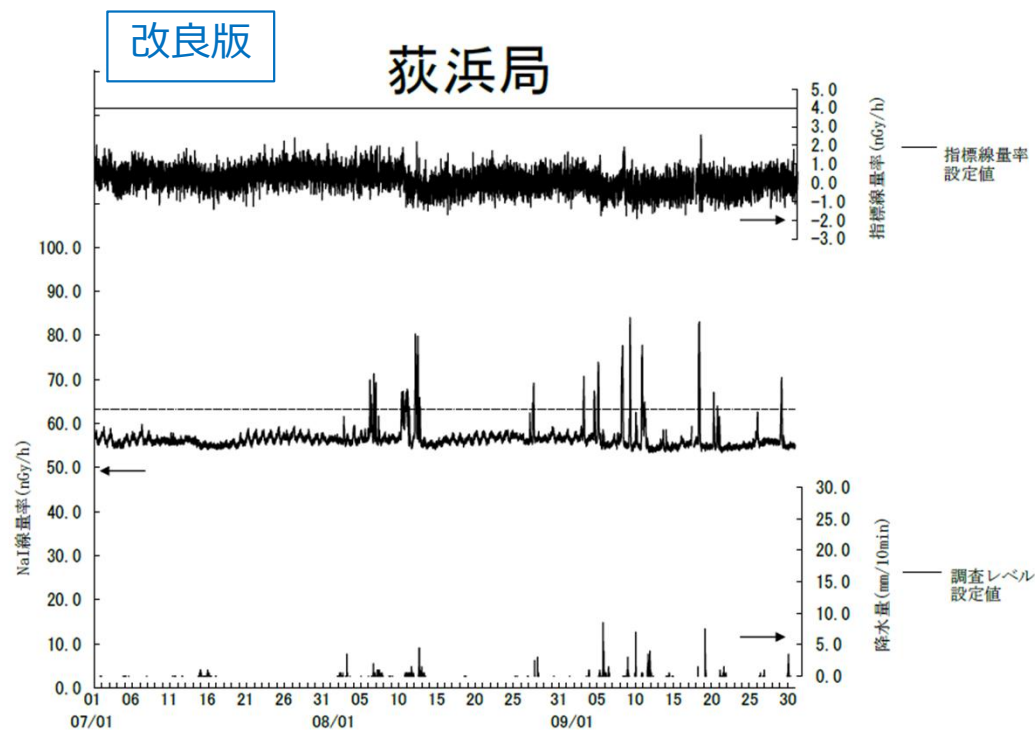
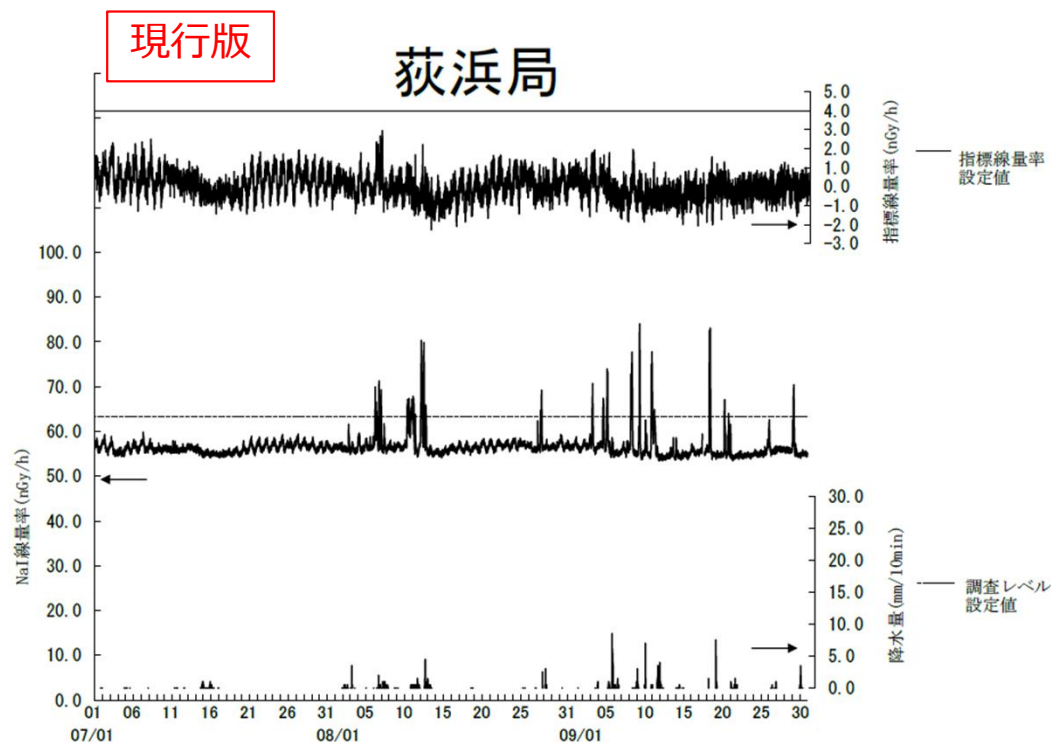
	(nGy/h)	
	現行版	改良版
最大値	3.4	2.7
最小値	-2.2	-2.0
平均値	0.0031	0.0040
標準偏差	0.49	0.50

改良版は、**現行版より降水時の変動幅が小さくなり、天然放射性核種による影響が抑制された。**

2024年の1年間のデータを解析し、指標線量率の最大値などを比較した結果、改良版を採用することにより降水による設定値超過は起こりにくくなると期待できる。

※2024年の指標線量率の上昇は全て天然放射性核種の影響によるもの

## <令和7年度第2四半期の例>



全体としての傾向は現行版も改良版も同様だが、令和7年度第2四半期のデータに改良版を適用すると、日変動が抑制されるとともに、降水時の天然放射性核種による急峻な変動が抑制されている。

# 6 環境放射能監視検討会構成員からの主な意見

設定値の見直しをした上での適用に賛成する。

- 改良版の指標線量率算出結果を基に、従来の方で設定値を再設定する。ただし、算出期間は調査レベルに準じ、過去2年度とする。

改良版を適用した指標線量率の統計値（2024年度及び2025年度の2年間）

	女川	飯子浜	小屋取	寄磯	鮫浦	谷川	荻浜
最大値	2.0	2.2	2.4	2.4	2.9	3.2	3.0
最小値	-1.8	-1.9	-2.1	-1.6	-1.8	-1.9	-2.0
平均値	0.0005	0.0167	0.0207	0.0056	0.0428	0.0369	0.0375
標準偏差	0.31	0.39	0.44	0.35	0.43	0.45	0.51
新設定値 (標準偏差 ×7.4)	<b>2.3</b>	<b>2.9</b>	<b>3.2</b>	<b>2.6</b>	<b>3.2</b>	<b>3.3</b>	<b>3.8</b>
(参考) 現行設定値	2.7	3.3	3.8	3.5	3.7	3.9	4.0

宮城県分のみ改良版を先行して適用して構わないと考える。ただし、技術会資料には注釈として、電力分は現行版であることを明記することが大事である。

- 技術会資料に、指標線量率の算出方法が県と東北電力において異なることを明記する。

## ● 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項

降雨時などに際して、体積線源、面線源などの違いによる空間線量率の定性的説明を繰り返してきたと思うが、実際の測定結果にあてはめて具体的に検討してみたら良い。

- 継続して取り組んで行く。

学会や専門研究会などに積極的に参加することを勧める。また宮城県の成果を発表して意見交換すればなおよい。

- 現在、学術誌に論文を投稿中である。

# 7 まとめと今後の予定

## <性能試験結果>

- 改良版は、現行版よりも人工放射線の照射値に対する応答性が向上した。

## <解析結果の検証>

- 改良版は、現行版よりも降水時の変動幅が小さくなり、天然放射性核種による影響が抑制された。



以上より、改良版指標線量率について、現行版よりも精度が向上し、女川原子力発電所周辺環境放射線監視へ適用できることが確認された。

## <今後の予定>

本会議においてご評価いただき、了承が得られた際には、県の指標線量率について、改良版を令和8年度第一四半期より適用したい。

指標線量率改良版に関する検討会当日意見及び委員照会結果一覧

番号	意見分類	会議/照会	委員意見	回答
1	1 改良版適用までに検討すべき事項	照会	説明を尽くすこと！ 指標線量率は協議会や技術会の委員にとっても理解しづらいものだということが本検討会で明らかになった。その意義、位置づけなどをはっきりさせ、説得力のある説明をすること。またその上で、従来の課題や今回の改善点は何だったのか、改善した結果何が期待できるのか、宮城県にとってそれがどういう意味を持つのか、についてわかりやすく簡潔に説明すること。（願わくば、より俯瞰する立場での説明が加えられればなお良い。）	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 指標線量率は、「原子力発電所からの予期しない放出の監視」に用いる手法の1つであり、人工放射性核種の影響を確認するための線量率でございます。</li> <li>➤ 従来の課題は、本来であれば、人工放射性核種の影響のみで指標線量率が上昇するところ、降水による天然放射性核種の影響によって設定値の超過を伴う上昇が稀に確認される点にあります。今回、算出に用いる応答関数の変更や、重回帰分析頻度の変更などにより、天然放射性核種の影響による上昇を抑制することが期待できました。</li> <li>➤ 天然放射性核種の影響による指標線量率の上昇が抑制できることにより、これまでに確認に要していた時間を削減でき、本来の目的である原子力発電所からの影響の監視に注力できる利点がございます。</li> </ul>
2	1 改良版適用までに検討すべき事項	照会	「設定値の見直し」について 本会議でも設定値の見直しについてその準備状況が具体的に示された。実施する際（前倒しを含む）には、従来の処理を行う東北電力側の設定値の取り扱いに配慮を要する。すなわち設定値の統一的な決め方などの項目を含む運用システムの提示が条件としてあげられる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 指標線量率の設定値について、東北電力分は算出方法の変更がないため従来通りとし、県分は改良版を適用するため、新たに設定いたします。</li> <li>➤ 設定値の考え方としては、従来通り、過去の測定値の標準偏差の7.4倍といたします（標準偏差の7.4倍という方法の詳細については、本資料16ページに記載の参考をご覧ください）。</li> <li>➤ 標準偏差を算出する過去の範囲について、これまで指標線量率の設定値変更を議論した平成29年度及び令和3年度においては、「空間ガンマ線量率監視における調査レベル」の算出期間が過去1年間でしたが、現在は線量率の減衰傾向が見られなくなり、過去2年間としておりますので、指標線量率においても過去2年間とします。詳細は次ページのとおりです。</li> </ul>
3	1 改良版適用までに検討すべき事項	照会	改良版により宮城県側の指標線量率の基準超過は通常の場合にはなくなるであろう。その結果、かえって普段の人的な確認作業がおろそかになってしまうことが危惧される。そうならないようにするために運用システムにきちんと組み込んで欲しい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 指標線量率を含め、モニタリングステーションで測定した空間放射線量率などの各種測定結果については、毎日（平日）、日報としてトレンドグラフや最大値などの統計値を確認しており、今後も継続してまいります。</li> <li>➤ 指標線量率が超過した際には、スペクトル確認などを実施しておりますので、超過時にどのような対応が必要かを年度当初に確認するなど、所内の引継ぎを徹底し、技量を維持してまいります。</li> </ul>
4	1 改良版適用までに検討すべき事項	照会	設定値の見直しをしたうえで適用に賛成します。	(No.2への回答と同じ)
5	1 改良版適用までに検討すべき事項	会議	積雪により地面からの放射線が遮へいされている場合の指標線量率の挙動について、現行版と改良版の比較した詳細なデータを確認したい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2024年1月24日から25日にかけて積雪があった茨浜局のデータを示します。</li> <li>➤ 左図オレンジ枠で囲った時間帯に積雪があり、積雪後には点線で示したとおりNal線量率のベースラインが低下しました。</li> <li>➤ 積雪後、指標線量率現行版(黒線)はわずかに低下しておりますが、改良版(赤線)は現行版ほど低下していない結果が得られております。</li> <li>➤ これは、現行版は積雪による遮へいの影響を受けて低下する一方、改良版は毎10分の重回帰分析によって周辺環境の変化を適時反映することによる差が一因かと考えております。</li> </ul>
6	1 改良版適用までに検討すべき事項	照会	追加の意見等は、特にございません。	(「特になし」や「賛成」といった内容への回答につきましては、省略します。)

番号	意見分類	会議/照会	委員意見	回答
7	1 改良版適用までに検討すべき事項	会議	設定値の見直しを検討するべき。	(No.2を提出した委員からの意見であり、重複する内容として整理)
8	2 県と東北電力において適用時期が異なることについて	照会	県と東北電力間で十分に情報共有できる体制が整っているかどうかをご確認いただければと存じます。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 県と東北電力間において、指標線量率や空間放射線量率などの測定データは、環境放射線監視システム上で、リアルタイムに共有しているとともに、異常な変動等が確認された場合は、即座に連絡を取り合える体制としております。</li> <li>▶ 例えば、放水口モニタについては、四半期間に調査レベルの超過が複数回確認されますが、その都度、東北電力から県に対し、スペクトルの送信と超過原因の説明があるなど、情報共有できる体制が整っております。</li> </ul>
9	2 県と東北電力において適用時期が異なることについて	照会	「県と東北電力において計算方法が異なることについて、技術会の各委員に理解いただくことが必要である。」 前項にも記したが、委員にはいねいで根拠ある説明が必要であり、委員が納得できるわかりやすい運用システムを準備してほしい。 たとえば、東北電力側で基準値を超えた場合には、宮城県側でそのデータ解析を行い、超過の原因をあらかじめ調査できるようにしておく、などが一例として考えられる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 今後、技術会において説明し、指標線量率を説明する際に用いる技術会資料において、指標線量率の算出方法が県と東北電力において異なることを明記いたします。</li> <li>▶ 県側の環境放射線監視システムでは、従来より東北電力分の指標線量率を算出できない仕様となっております。これまでの監視において、東北電力分の結果のみが設定値を超過することもあり、その際は東北電力が主体となりスペクトル確認などの原因調査を行い、県はその説明が妥当であるかを確認しており、今後も同様の体制を継続してまいります。</li> </ul>
10	2 県と東北電力において適用時期が異なることについて	照会	県の担当分のみを先行してもかまわないと考えます。ただし、技術会資料には注釈として、電力分は従来法であることを明記することが大事だと思います。	(No.9への回答と同じ)
11	2 県と東北電力において適用時期が異なることについて	照会	改良版の適用は、原子力安全対策課が発言されていたように、行政の役割として非常に重要です。予定通り宮城県が先行して行って差し支えないと考えます。	(「特になし」や「賛成」といった内容への回答につきましては、省略します。)
12	2 県と東北電力において適用時期が異なることについて	会議	県と東北電力において計算方法が異なることについて、技術会の各委員に理解いただくことが必要である。	(No.9を提出した委員からの意見であり、重複する内容として整理)
13	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	本来の空間線量率自体およびその実測値について、基本的な理解をさらに深めていくことが重要である。これによって本システムを用いた人工放射能の検出を精緻化することができる。 継続的課題について ・空間線量率について理論的・実験的に考察を進める。以下に具体的な提案を記すが、参考になれば幸いである。 (1)「線源の放射能から計算した理論値と実際に観測した値を比較する」ことは指標線量率の絶対値の評価を行う上で重要な意味を持つので実施して欲しい。	継続して取り組んでまいります。
14	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	(2)過去の報告を基に、NaI(Tl)のガンマ線スペクトルから空間線量率へと導かれる計算過程およびそれに必要な物理量の理解を深め、誤差の算出へとつなげる。放射線測定を行う際に誤差評価ができないことは致命的である。	誤差評価の重要性については、これまでもご指導いただいておりますので、理解を深められるよう継続して取り組んでまいります。
15	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	(3)降雨時などに際して、体積線源、面線源などの違いによる空間線量率の定性的説明を繰り返してきたと思うが、実際の測定結果にあてはめて具体的に検討してみたら良い。	降水時と晴天時の線束密度スペクトルを比較するなど、継続して取り組んでまいります。

番号	意見分類	会議/照会	委員意見	回答
16	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	(4)照射試験では、より実際の他の核種を線源として用いることができれば説得力が増す。また、線源位置、散乱物や遮蔽体の配置を工夫するなど、測定条件を変化させることでより詳細な情報が得られ、個々のモニタリングステーション環境の理解が深まる。ぜひ試行して欲しい。	継続して取り組んでまいります。
17	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	(5)他県で行っている補正方法との具体的な比較を行い、指標線量率の有用性を評価する。	他自治体の状況を調査し比較検討するなど、継続して取り組んでまいります。
18	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	・「学術誌への投稿など」の意見に関連して (1)学会や専門研究会などに積極的に参加することを勧める。また宮城県の成果を発表して意見交換すればなおよい。 学術的背景の理解がなければ宮城県や自分の立ち位置がわからず、非科学的な見解を公的に発信してしまうことになる。また発表の準備を行うことにより、自然科学の論理的思考力が醸成され、課題の整理能力やプレゼンテーション能力も養われる。すなわち、行政的な理解はもちろんだが、学術的意義も理解できる人材を育てることが肝要である。	学会等への参加や意見交換を通じて、自然科学の論理的思考力、課題の整理能力、プレゼンテーション能力の醸成に継続して取り組んでまいります。
19	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	(2)本会で意見のあった「学術誌への投稿」に関しては、学術的・社会的な背景のもとに本取り組みの意義と主張を位置づけて執筆する必要がある。まず宮城県のセンター報告にまとめ、全国の関係部署に発信して欲しい。	本件について学術誌への投稿するとともに、設定値の詳細な検討結果は当センター年報にて報告するなど、継続して取り組んでまいります。
20	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	会議	偏回帰係数 $\beta 2$ の挙動も含めて確認していくと良い。	継続して取り組んでまいります。
21	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	会議	全国でも標準的に使用できるようにすると良い。	継続して取り組んでまいります。
22	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	会議	学術誌への投稿などにより専門の学者の評価を受けてはどうか。	本件について学術誌へ投稿するなど、継続して取り組んでまいります。
23	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	会議	国際的にはどのような監視方法を採用しているのか確認するべき。	文献調査などを通じて、継続して確認してまいります。
24	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	追加の意見等は、特にございません。	(「特になし」や「賛成」といった内容への回答につきましては、省略します。)
25	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	照会	当日の各委員からのご指摘以外に特にありません。	(「特になし」や「賛成」といった内容への回答につきましては、省略します。)
26	3 改良版適用に関わらず継続して検討すべき事項	会議	線源の放射能から計算した理論値と実際に観測した値を比較するべき。	(No.13を提出した委員からの意見であり、重複する内容として整理)

番号	意見分類	会議/照会	委員意見	回答
27	4 その他意見	照会	<p>今回の指標線量率の改良にむけてのセンターの努力は並々ならぬものであったと思う。これは高く評価することができ、データ解析や照射試験など、本当によくやられたと思う次第である。</p> <p>ただし、これだけ長期間にわたって運用されてきた指標線量率であるのにも関わらず、検討会委員からは、「必要なものなのか」「他では・・・、また世界ではどうしているのか」など、それ自身の役割や位置づけを問う質問が相次いだ。</p> <p>「調査レベル」を超えたときの、いわば「緊急アラーム」のほぼすべてが天然放射能の増加により引き起こされた“誤報”であるということを指標線量率が証明したのではないか。これは際立った実績であると思う。</p> <p>この機会に位置づけや実績をあらためて評価し、それを基に、対策室、センターでは説得力のある解答ができるようにして欲しい。</p>	<p>▶ ご評価いただきありがとうございます。実績の整理も含めて、第三者の方々に理解をいただけるよう努めてまいります。</p>
28	4 その他意見	照会	特にございません。	(「特になし」や「賛成」といった内容への回答につきましては、省略します。)
29	4 その他意見	照会	監視検討会において再度の説明は不要であり、技術会に説明することで良い。	(「特になし」や「賛成」といった内容への回答につきましては、省略します。)