

第11回 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会

日時 平成30年11月30日（金）10：00～12：43

場所 AP新橋 4階 会議室D, E

○田中企画官

それでは、定刻になりましたので、第11回多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会を開催いたします。

本日傍聴されている皆様におかれましては、注意事項といたしまして、席上に資料を配付させていただいております。事前にご一読いただければと存じます。円滑な会議運営にご協力いただきますよう、よろしくお願いいたします。

まず、それでは配付資料の確認をさせていただきます。席のほうに座席表がございまして、ダブルクリップの資料一式ございます。ダブルクリップを外していただきますと、議事次第、そして委員名簿がございまして、その後ろから資料が続きまして、資料1、資料2、資料3が3-1と3-2と3-3の3種類、資料4が、資料4-1、4-2でございまして、そのほか参考資料が1、2、3、4と4種類ございます。

よろしいでしょうか。

過不足等ある場合は、事務局にお申しつけいただければと存じます。よろしいでしょうか。

それでは、議事に入らせていただきます。

これよりは、山本委員長より議事進行をお願いいたします。

○山本（一）委員長

それでは、本日の議題の趣旨についてご説明いたします。

前回は、8月末に開催いたしました説明・公聴会の振り返りと、説明・公聴会でいただきました論点のうち、トリチウム以外の核種の取扱いについて議論をいたしました。

本日の今回は、トリチウムの生態影響や規制基準について田内委員、それから原子力規制庁よりご説明いただくほか、環境放出する際の放射性物質の管理、モニタリング等につきまして事務局からこれまでの議論を整理した上で柿内委員からトリチウムの測定についてご説明いただきます。

なお、前回の小委員会で東京電力から説明いただいた多核種除去設備等処理水のデータに関する資料につきまして、今後の情報発信や一部資料にありました誤りについてご報告いただきます。

それでは、議事に入らせていただきます。

○田中企画官

すみません。プレスの方のカメラ撮影はここまでとさせていただきます。ご協力をお願いいたします。

(プレス退室)

○山本 (一) 委員長

まず初めに、ことし10月に開催しました第10回小委員会の議事録(案)の確認をさせていただきます。資料1をご確認ください。先日、メールでご確認いただいたものですが、特にご意見等ございますでしょうか。

特になければ、こちらで正式な第10回議事録とさせていただきます。

それでは、議題2の多核種除去設備等処理水に関するデータの更新についてに移ります。まずは東京電力から資料を用いてご説明いただいた後、質疑応答とさせていただきます。

それでは、東京電力から説明よろしく願いいたします。

○東京電力(松本)

東京電力の松本でございます。

これからご説明させていただきますけれども、10月1日の小委員会以降ご説明させていただいた資料におきまして、二度にわたりまして修正をいたしましたことを、改めておわび申し上げます。申しわけございませんでした。

それでは、私どもの資料2と右肩にございます資料をごらんください。

1ページになりますが、まず1つ目、1回目の資料の修正につきましては、10月18日にホームページで公開させていただきましたけれども、ALPS処理水のデータ集の濃度推移、出口の濃度推移におきまして、処理した水の放射能の濃度をグラフ化してご説明させていただきましたが、その中で、数値のデータが適切に反映されていない箇所が判明いたしました。具体的には、2ページのところに図示させていただきましたけれども、例えば左側既設ALPSのストロンチウム90というものがございまして、少しわかりにくくて申しわけありませんが、変更前のところ、真ん中あたりに丸くプロットが3つあるところは、これは誤った核種をプロットしてしまっていて、変更後はその箇所をのけてあります。また、右側のほう、既設ALPSのヨウ素129につきましては、下側のところに、変更後になりますが、データをプロットし損ねているものが2カ所あったというところで、参考資料1に詳しく全点の訂正、正誤表をつけさせていただきました。

それから、2度目の修正につきましては、1ページの丸の2つ目になりますけれども、もともと私どもはこういったデータをグラフ化して、10月1日にご説明させていただいたのですが、その際、もともっているデータにつきましては、2015年4月から東電のホームページで公開さ

れているデータからグラフ化しておりましたが、そもそもそのもとデータの中に検出限界未満を示す不等号のマークが正しくついていないものがあることを確認いたしました。

調査の結果、皆様にご提示させていただいているALPS処理水のデータ集、出口濃度の推移のうち、18点の誤りがあることを確認いたしております。具体的にはページをめくっていただきまして、3ページになりますが、こちらは既設ALPSのヨウ素129になります。2015年12月17日の少し右側のところに、赤い丸で訂正箇所というふうに書いてございますが、本来、検出限界未満のものについては訂正済み、下側のグラフにあるとおり白抜きにすべきところを不等号がついていなかったものですから、その値で検出されたものとデータ上は処理いたしまして、上側のほうに青い塗り潰しになってしまったというところが全部で18カ所確認されました。

正誤表につきましては、お手元の参考資料2のところがございますとおり、全部で18カ所ございました。正しくは右側の欄になりますけれども、不等号がついている。したがって、その箇所については塗り潰しではなくて白抜きになっているべきだということでございます。

本日は、このような訂正を踏まえまして、改めて皆様にご提示させていただければというふうに思います。

また、こういった重要なデータにつきまして資料の誤りがございましたことにつきましては、今後、再発防止対策を徹底させていただきたいというふうに思っております。

続きまして、4ページになります。

前回の小委員会の中で東京電力といたしまして、放射線データの公開につきましては、よりわかりやすくウェブの中で公開させていただきたいということを表明させていただきましたけれども、今回、新たな取り組みとして、処理水に関する情報については、まとめまして、処理水のポータルサイトということホームページ上につくらせていただくということで取り組んでまいりたいというふうに思っております。

4ページの下段のほうになりますけれども、四半期ごとに更新をしたいというふうに考えておりまして、6月、9月、12月、3月末までのいわゆる第1、第2、第3、第4四半期までのデータを翌月整理・確認した上で、翌々月に公開させていただこうというふうに今、計画を進めております。

12月の下旬、来月の頭には、日本語版のコンテンツを公開させていただいて、翌々月1月には英語版のコンテンツも公開しようということで準備を進めているところでございます。

どのようなものを実施したいかということについては、5ページのところをごらんください。

掲載する情報につきましては、これまで皆様にお伝えしたところをまとめてポータルサイトに掲示したいというふうに思っております。まずは処理水の貯蔵の概要を示すものということで、ALPSの基本情報、処理水の処理の概要ですとか、ALPSの性能に関する情報を掲載したいというふ

うに思っております。また、処理水の貯蔵量と62核種の告示濃度比の総和で分類・整理した貯蔵の割合、それから処理水の二次処理の方針について、記載したいというふうに思っております。

続きまして、処理の状況を示すものということで、ALPS処理水の出口のところの放射能濃度の推移ということで、これまでお示しさせていただいたようなセシウム134以下、主要7核種と申し上げているものと全 β 、それからこれまでマンガン54、ストロンチウム89、テクネチウム99、H-3（トリチウム）、全 α 、ロジウム106につきましては、公開しておりましたけれども、グラフ化しておりませんでしたので、本日改めてグラフを皆様にお示するとともに、こういったデータについても情報発信していきたいというふうに思っております。

なお、本日お示いたしますマンガン54、ストロンチウム89、テクネチウム99、ロジウム106については、告示濃度限度を超えたことは過去のデータからはございませんでした。

また全 α の放射能濃度につきましては、62核種のうち8核種の α 核種の濃度としておりますが、8核種の中で最も小さい告示濃度の限度を持つプルトニウム4Bq/Lを超えたことも、こちらもございませんでした。

ポータルサイトのイメージにつきましては、6ページをごらんください。

まず、貯蔵の状況ということで、10月1日に93万2,300 m^3 たまっているということと、以前お示しました告示濃度比総和別の貯蔵量につきましては、こういう形で掲示をしたいというふうに思っております。

7ページからごらんください。

本日は10月1日の小委員会で報告させていただいた事項につきまして、10月31日までのデータを加えて、今回ご報告させていただきたいというふうに思っています。

ALPS処理水の貯蔵量と告示濃度比ごとの貯蔵の割合、ALPS設備の出口濃度の推移、ALPS処理水タンクのタンク群ごとの放射能濃度推定値及び実測値でございます。

なお、グラフにつきましては前回、横軸、時間軸が各グラフともばらばらでございましたので、今回わかりやすさ、比較しやすさの向上を図って、時間軸の統一を図りました。また、先ほど申し上げたとおり、今回、以下のデータについてもグラフ化したということで、主要7核種及び全 β 以外のものについてご説明いたします。

まず、8ページをごらんください。

処理水の貯蔵量と告示濃度比ごとの貯蔵の割合です。こちらは10月1日の小委員会のグラフに至近のデータを加えさせていただきました。前回は、8月7日の時点で満水になったタンクの貯蔵量をお示しましたけれども、本日は11月1日までに満水になったタンク群の貯留量をお示しました。塗り潰してあるところは、前回の小委員会でご説明したところでございますが、青い斜め

線のハッチングしているところ、例えば告示濃度比1未満のところでは申し上げますと、1万2,800 m³が新たに加わっておりますが、これは前回お示しした13万6,700m³に加えまして、新たにタンクが満杯になったということで1万2,800m³、1未満のものが14万9,500m³あるということをお示ししております。

前回から新たに生じたものは、ここの告示濃度比1未満、それから1から5のところそれぞれ1万2,800m³、2万2,000m³ほど発生しているという状況でございます。

また、告示濃度比の1から5、5から10、10から100のところはちょっと見えにくいですが、緑のハッチングしたところがございます。1から5で申しますと5,600m³ほど新たに追加しておりますが、こちらにつきましては、既にあったタンクの中の水位の設定を見直しまして、よりたくさん水を保管したということで、今回、つけ加えさせていただいております。

ただ、水の中身につきましては、青いハッチングと同様、告示濃度比の1未満もしくは1から5のものでございますけれども、量が少ないものですから、改めて濃度の分離はせず入れたもの、もとのタンクの濃度のところに加えたということで、足し算をしております。こういった形で今後、データをレビジョンアップしていきたいというふうに思っております。

続きまして、9ページ以降は、10月1日の小委以降、追加したデータのところでございまして、9ページで申し上げますと、右側のところに青い枠が囲ってございまして、※1と打っておりますが、この部分が小委以降の至近のデータを追加したというところでございます。

こういった形で今後、データの更新をしていきたいということと、先ほどご説明させていただいたとおり、全てのデータにつきましては、一番左側を2013年4月1日ということで合わせまして、それぞれのグラフの時間軸を合わせて横並びの比較ができるようにしたいというふうに思っております。

ページを少し飛んでいただきまして、25ページからが以前のデータではお示ししていなかったマンガン54等の推移の状況でございます。マンガン54、次に27ページからストロンチウム89といった核種について、これまでの核種と同様、トレンドで掲載させていただきたいというふうに思っております。

最後といいますか、核種のグラフになりますが、35ページをごらんください。

トリチウムの時間的な経緯を示したものでございます。トリチウムにつきましては、多核種除去設備でも除去できないものですから、これまで皆様にはおよそ平均1リットル当たり100万Bq程度というふうな形でご説明させていただいておりますが、時間的な推移を見ますと、このような状況になっております。2011年3月1日が一番左の軸になっておりますが、その後、最初は高かったんですけども、その後、地下水の流入がございました結果、徐々に薄まってきたというのが、

最初の2016年の8月ごろまでの状況でございます。

また、2016年8月以降、再び上昇に転じまして、現在では100万Bqを超えるところで推移しているというような状況でございます。

こちらにつきましては、36ページ以降、濃度上昇の要因を考察しておりますので、ご説明いたします。

福島第一の原子炉、あるいは燃料デブリにつきましては、未臨界でございますので、新たなトリチウムは発生しない状態でございます。したがって、トリチウムの濃度の原因は、トリチウムを含む放射能濃度が高いサプレッションチェンバ、格納容器の下にございますトラスの部分からのたまっていた濃い汚染水が測定エリアに流れ込んだものというふうに推定しております。

現在、タービン建屋の高濃度滞留水につきましては、リスク低減の観点から、2020年度末までに全部吸い上げるということを取り組んでいるところでございますが、タービン建屋の水位が下がった影響で、原子炉建屋からの流れ込みが多くなったというふうなことで推定しています。

ページをめくっていただきますと、37ページのところに建屋水位の減少の状況をグラフ化しておりますけれども、この建屋水位の減少の状況とトリチウム水の濃度の上昇が一致しておりますので、因果関係があるというふうに東京電力としては考えております。

39ページのところに、トリチウム以外の核種の状況ですけれども、セシウム137、ストロンチウム90とも同じような傾向を示しておりますので、原子炉建屋からの放射能濃度の比較的高い水がタービン建屋に流れ込んでいる影響というふうに考えております。

また、建屋滞留水につきましては、除去、くみ上げをするとともに、滞留水そのものの濃度を薄くするというので、サリー、キュリオン等の運用をしております。

トリチウムの濃度の状況につきましては、以上でございます。

最後になりますが、40ページからはタンク群ごとの放射能濃度の推定値を追加させていただきました。これは8月7日以降、新たに満水になったタンクの濃度と、14ページ以降は、現在、タンク群ごとに推定値から実測値にデータを切りかえております。実測値が出たものについては実測値としてデータを更新していきたいというふうに考えております。

以上で、東京電力の説明を終わらせていただきます。

○山本（一）委員長

ありがとうございました。

ただいまの東京電力からの説明に対しましてご質問等ございましたら発言、お願いいたします。

森田委員。

○森田委員

ちょっと私が、何かを勘違いしているのかもしれないのですけれども、例えば10ページのグラフで、ND値が白丸で書いてありますけれども、すごい高い濃度のところでも白丸というのがありますが、この濃度でもNDだったということなののでしょうか。

○東京電力（松本）

東京電力の松本でございますが、検出方法につきましては、そもそもはかりたいものに応じて測定時間ですとか、あるいは特に薄いものに関しては濃縮するというような操作をした上で測定いたしますので、検出限界値については、我々のところで設定の変更ができます。したがって、今回、比較的濃度が高いというふうに見られましたけれども、10ページでいうところの100Bqを超えている処理前のところは、今回、そのときは1,000Bq程度の検出限界値ではかかったら検出限界未満でしたということを示しているという状況でございます。

したがって、統一して検出限界値をいくつに設定して測定するかというところは、測定する対象及び必要性に応じて決めているというような状況になります。

○山本（一）委員長

そのほかご質問等ございますか。

辰巳委員。

○辰巳委員

ありがとうございます。

データの話とちょっと違うのですけれども、今後、情報発信をポータルサイトをつくってやっていくというご説明があった点なんですけれども、これは一応、国民の方たちに見ていただきたいという思いでおつくりになるのではなかろうかというふうに理解するのですけれども、そうですよね、当然。

それに当たって、消費者目線というのをそのサイトをつくるときに考えておられるのかどうか。つまり、一応皆様方ご専門家の方たちが、これだとわかりやすいだろうという理解のもとにおつくりになっているらっしゃるのであれば、そこら辺でまたすれ違いが起こるのではないかなというふうに思っているのですね。だから、そんなふうなことを検討されているのかどうかというのが1つと、それからもし何か声がそこにあったときには、それにどういうふうに対応するというふうな何か仕組みをおつくりになっているのかというふうな、そのあたりをちょっとお聞きしたいというふうに思いました。

○東京電力（松本）

東京電力の松本でございます。

まず消費者目線、消費者の皆様と特定せずに、広く国民の皆様から意見を伺いたいというふう

に思っております。また、まず我々技術方のほうから、こういうデータを公開したい、あるいはこういうデータを公開するべきだというところを、ホームページをつくる者たちと相談の上、つくっていくわけですが、そういう場合には、いわゆるウェブページを東電でも専門にやっている部隊がございまして、そこと相談してつくり上げる。それから、いわゆるウェブデザイナーの方々の支援もいただきまして、東電自身が、これがわかりやすいと思ってつくっても、それは全然違うよというようなケースがございまして、そういった意見は反映した上でつくっていきたいというふうに思っております。

それから、いろんなご意見、ご質問等が寄せられると思いますので、そういったところはウェブサイト上、そういった窓というのですか、ご意見を承るところを用意していきたいというふうには思っております。

○山本（一）委員長

柿内委員、お願いします。

○柿内委員

森田委員の質問された内容のところで、ここで例えば先ほどの10ページを見たときに、分析の前処理法や、その評価の手法によって、同程度の数値として検出できたりできなかったりということがあります。まずこういうデータを出していただくときは、どういうふうな分析をしたから、この数値だということを示して頂きたいです。我々がデータを見るときに、この数値はどれだけ確からしいかというのは、どう分析したか、どう評価したかということが大事になってきます。できれば、特にこういうデータで矛盾が出てくるようなところは、そのあたりを注意していただいて、どこかに注なり記載していただくということをお願いしたいと思います。

○東京電力（松本）

はい、わかりました。

○山本（一）委員長

高倉委員、お願いします。

○高倉委員

ちょっとお聞きしたいのですけれども、処理処分の中でのトリチウムの濃度が高くなろうと低くなろうと、最終的にはチェックして出すので、所内的には問題あるでしょうけれども、我々としては余り関係ないかとも思うのですけれども、ちょっとお聞きしたいのは、今、循環させているわけですが、その中でサブチェンの水位と、リアクタービル、それからタービン建屋の水位の関係がちょっとわかりにくかったんですけれども。

○東京電力（松本）

現在、燃料デブリの冷却をするために圧力容器に水を注入して、その水が格納容器に漏れ出ているという形で冷却を進めています。したがって、直接水位をはかっておりませんが、温度の状況を見ますと、燃料デブリ、圧力容器、格納容器とも冷えている、十分冷却できているというふうに思っています。

ただ、建屋側の水位につきましては、現在、タービン建屋の水を抜いておりますので、それに従ってタービン建屋の水位が下がっていると。原子炉建屋のほうにつきましては、それに応じて低いほうへ、低いほうへ、水が流れていく。堰のようなところから水が流れて落ちているというところになりますので、原子炉建屋、タービン建屋とも下がっている、もしくは原子炉建屋のほうは、ある程度、一定の水位を確保できているのではないかというふうには思っています。

○高倉委員

すみません。それはあくまでも推理というか、推測でなっているわけですか。

○東京電力（松本）

タービン建屋、原子炉建屋とも、測定ができておりますので、私の推定というわけではなくて、水位のデータとしてございます。

○高倉委員

そうすると、余りその表面に出るトリチウムの濃度が低いように処理処分を進めていくには、どういうふうに考えているのですか。

○東京電力（松本）

トリチウムの濃度そのものについては、低くするとか高くするというようなことが人為的にできませんので、入ってくる水の性状が、ここでお示しします35ページのような濃度のものが入ってきているということを確認しているという状況でございます。これを意図的に何か薄めるだとか、濃くするというようなところはやっておりません。

○山本（一）委員長

辰巳委員。

○辰巳委員

今の資料のところを見ていて、例えばの話ですけれども、今もR0だとか、それからS/Cとかあったりとか書いて、記号で全部書かれちゃうんですね。そうすると、もうついていけなくなってしまうんですね。言葉ではそういうふうにおっしゃらないで、ちゃんと建屋とかおっしゃっているのに、どうしてこの文章の中にそういう言葉を書いてくださらないのかなというのが、まずスタートから私なんかはつまづいてしまうのですけれども、いかがですか。どういうふうにお考えなのかなというふうに思ったので、すみません。

○東京電力（松本）

その辺はまことに申しわけございません。我々は、逆浸透膜装置というところをROというふう
に申し上げたり、S/Cと書いてある、サブプレッションチェンバのことなのですが、通常、格納容
器底部の水をためているところをサブチェンというふうに呼んでいるのが、日本語で格納容器底
部というところよりも言いやすいものですから使っています。したがって、辰巳委員がおっ
しゃるとおり、それって一般の人にはわからない暗号のようなものですよねということは、まさ
にご指摘のとおりですので、できるだけ日本語といえますか、少し長い漢字になるかもしれませ
んけれども、そういう日本語で表記を徹底していきたいというふうに思います。

○山本（一）委員長

崎田委員。

○崎田委員

今、いろいろ表記をわかりやすくというご意見などありました。そういうところの徹底は本当
にしっかりやっていただきたいんですけども、その次の段階として、先ほど意見を出せる場が
あるのかというご質問もありました。やはり質問とか意見をして、それに答えていただくという、
それが基本だと思うんですが、きっと多くの方から同じような質問が来ると思うんですね。

ですから、例えばそういう意見を集約する場所を設け、大変多くいただくご質問というのと、
それに対するお答えをこうしましたというような、そういうことをちゃんと蓄積して、それを外
部から見させていただけるような形にするとか。そうすると多くの方が、きちんと対話をして改
善をしているんだなというのがわかると思うので、そういう場を使って情報公開だけではない対
話をしているんだということがわかるように、せっかくこういうサイトを新しくつくるというこ
とですので、ちょっと心がけていただければ大変ありがたいというふうに思います。

○東京電力（松本）

ありがとうございます。

12月上旬のポータルサイトには間に合わないかもしれませんが、いわゆるFAQのような
窓といいますか、よくあるような、よくご質問される事柄についてみたいなところを準備してい
こうと思います。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

ただいま東京電力からご報告いただきました資料の修正につきましては、グラフが示している
多核種除去設備出口の放射能の濃度の傾向等には変わりはないとのことですが、これは議論のも
ととなる重要な情報でございますので、東京電力には、こういうような間違いの再発防止にはし

っかりと取り組んでいただきたいと思います。

ただいまいただいたご意見等も踏まえて、今後わかりやすい情報発信に取り組んでいただきたいと思います。引き続き丁寧な情報発信をお願いしたいと思います。よろしくお願いします。

○東京電力（松本）

承知いたしました。今後ともよろしくいたします。

○山本（一）委員長

それでは、次に議題3と4に移らせていただきますが、その前に簡単に事務局からどのようなご意見を説明・公聴会でいただいていたか、復習をさせていただければと思います。

それでは、事務局、お願いいたします。

○奥田対策官

ちょっと資料の下のほうでございますけれども、参考資料3をお配りしていますので、簡単にごらんいただけますでしょうか。

この資料自身は、前回の10回の委員会のおきにお配りさせていただいた資料の抜粋でございます。最初のページに、7つの論点を書かせていただいています。前回ご説明させていただきましたとおり、説明・公聴会でいただいた意見、大きくはこの7つに分類できるのかなというふうに考えてございます。

そのうちの④につきましては、前回の委員会でご議論いただいたところでございますが、本日は、この中で③のトリチウムの生物影響について、それから⑤のモニタリング等の在り方についてというところでご議論をいただければというふうに考えてございます。

その次、めくっていただきましたところに、それぞれのご意見、前回お配りした資料そのままでございますけれども、お配りさせていただいております。一個一個説明していますと時間がございませんので、説明は割愛させていただきますけれども、こういったご意見があったということ踏まえながら、本日も議論をいただければというふうに考えておりますので、よろしくお願いいたします。

以上でございます。

○山本（一）委員長

それでは、議題3のトリチウムの生体影響・規制基準に移ります。

まず初めに、田内委員よりトリチウムの生態影響についてご説明いただいた後、原子力規制庁からトリチウムの規制基準についてご説明いただきます。また、トリチウムの生態影響に関してまとめられました報告書がありますので、事務局から簡単にご紹介いただいて、その後、本議題の質疑応答とさせていただきますと思います。

それでは、田内委員からよろしく願いいたします。

○田内委員

茨城大学の田内でございます。

私は、この前のタスクフォースのときから委員をさせていただいておりますが、タスクフォースのほうで科学的、技術的な議論をいたしまして、その中で、やはり科学技術だけではないだろうということで、この委員会ができたとして了解をしておりますが、この委員会でまさか、コテコテの科学にこだわった話をするようになるとは、全く想像しておりませんでした。

ただ、公聴会の中でいろいろ出された意見、多分時間の関係で個別にはお答えはできない部分があるかと思いますが、やはり私の本日の説明の前提が非常に重要かと思えます。資料3-1の2ページをご覧いただきたいのですが、私は放射線の生体影響、あるいは健康影響に関する科学的な理解を深めていただくというような活動を学会のメンバーとして行っております。日本放射線影響学会という学会でございますけれども、その学会そのものは第五福竜丸事件を踏まえてできた学会でございますので、ある意味、科学者がどうあるべきかということはずっと議論してきたつもりです。

本日の私の説明の中では、この2ページに記載した前提に基づいてご説明を差し上げるということをご理解いただきたいと思います。

ポイントは上の3点です。科学的な情報に基づいて説明する。その科学的な情報というのは何かというと、我々の世界では、やはり再現性のあるデータに基づいた研究論文である。その過程では恣意的な操作がされていない、それから追試が可能である、あるいは実施されている、そういうことが前提になっております。それから、そのようなデータに基づいた研究論文というのは、適正な査読システムを有する学術論文誌、実は、現在いろいろ問題がございまして、適正でない査読システムの学術論文誌が山のようにできておりますので、そういう点ではどこまで線引きするかということが非常に難しいのですが、多くの科学者が「これなら大丈夫だよ」という、ある一定のレベル以上ということになります。

当然、そういう査読を受けた論文誌の情報であれば、追試、あるいは確認ができるということです。そういう情報に基づきまして、あくまで合理的かつ中立的な解釈に基づいて説明を申し上げるつもりでございます。ただし、先ほど辰巳委員が東電さんに質問されていたように、専門用語を書きますと多分全くわからないという暗号の世界になりますので、そこは極力、上の2点を崩さない範囲で私は「翻訳」を行ったつもりです。それに対して、またご批判があるかもしれませんが、その点は必要であれば、専門用語でお答えはさせていただきます。

それから、その情報の扱いに関しましては、真ん中のちょっと下のところでございますが、い

いわゆる都合のいいデータだけを抜き出して、持論を展開するということはいたしません。これは必ず論文の中で著者が結論を書いておりますので、それをあくまで尊重する。それから、そういうデータに基づいて出てきた論文の中には、やはりいろんな反論が出てくる場合がございます。それもきちんと公平に扱う。それから、わからないことはわからないとするのが当然なんです、ただ、合理性を持って説明できることはたくさんあるかと思えます。そういう点はやはり取り上げて説明するという心をかけて、この資料をつくらせていただきました。

個別の詳しい部分は、研究者であっても全ての情報を知っているわけではございません。それをまとめたものは、後ほど事務局のほうから概要の説明があるかと思えますが、UNSCEARという国連の中の科学委員会がございます。放射線に関する科学委員会でございます、ICRPもこの情報をかなり利用しております。

ICRPに関しましては、事業者が入っているという批判もございますが、UNSCEARは本当に科学者の集まりです。科学者が集まって、議論をして、データを集めて、論文誌をかなりの時間をかけてチェックしてまとめたものでございまして、奇しくも2016年にトリチウムに関する報告が出ております。私は、そのメンバーではございませんが、若干かかわっております。内容を詳しくごらんになりたい方は、残念ながら全部英語でございまして、誰でも入手可能ですので参照いただければと思います。

それで3ページ以降に移らせていただきますが、多分、全部を丁寧に説明申し上げると、1時間やそこらは十分かかりますので、要点だけかいつまんでお話しさせていただきます。実は、タスクフォースの時よりも詳しい資料になっておりますので、非常にわかりにくいところがあるかと思えますが、読んでいただいてわからないというところは、後ほどお聞きいただければと思います。

3ページの要点なんです、重要な点はいろんなところで使われるシーベルト (Sv) という単位のことをご理解いただきたいということです。

Svという単位は、物理的な放射線の量ではございません。物理的な量というのは、この後も出てきますが、Gyと書きまして「グレイ」という単位がございます。これはいわゆる吸収線量と申しまして、物質の中に吸収された放射線のエネルギー、これに基づいている物理量です。

ただ、放射線にはたくさん種類がありまして、種類が変わると実は生体への影響が変わります。この後のトリチウムの話でも出てきますが、そうするとそれをやはり補正する必要があります。人への健康の影響ですが、対象は「ヒト」のみ、現在のSvの対象は人のみということで、課題はあるのですけれども、同じ影響であればほぼ同じ数字になる。全く同じという意味ではございません。放射線の影響というのはばらつきがございますので、ほぼ同じというふうにご理解いただ

きたいと思います。

これは被曝の形態によらず、どういう放射性核種による内部被曝であっても、Svの数字が、もちろん誤差を否定はいたしませんけれども、ほぼ同じ値であれば、ほぼ同じ影響というふうにご理解いただくことが重要なポイントになります。

外部被曝と内部被曝では、被曝線量の考え方が若干違うというのも、このページのポイントになります。外部被曝は放射線が当たっているときだけ被曝しますので、それは比較的是かりやすい、評価しやすいという点がございます。

一方で内部被曝というのは、生涯にわたって被曝する可能性があるわけです。体の中にあるわけですから、全部抜けるまでは被曝がゼロにはならない。ですから、その部分をどう評価するかというところで、現在使われているのが預託線量という考え方です。これは生涯の被曝、子供でしたら70歳、世界的な平均年齢かと思いますが、大人の場合は50年間、50歳の方でも50年間で100歳までの被曝というのを、取り込んだ瞬間に被曝したという前提で評価をいたします。ですから、その点からすれば、若干、内部被曝に関しましては、いわゆる過大評価をするような方向になっているということもご理解いただきたいと思います。

それで、次のページ以降、ちょっと急ぎますが、放射線の影響には、大きく分けますと2つの影響がございます。いわゆる、ある線量を超えなければ起きないという確定的影響と呼ばれるものです。髪の毛が抜けるとか、子供が奇形になるとか、不妊になるとか、そういう影響は、ある線量を超えなければ出現はしません。もちろん自然に起こる場合もございますので、どこで線引きするかは議論があるのですが、少なくともある線量以下では放射線では増えない。出てこないというのが確定的影響です。

一方で、一番問題になりますがんのような影響は、確率的影響と申しまして、4ページの下右側でございますとおり、ほぼ線量に比例して増えていくのですが、ある線量より下になるとよくわからないというものが、いわゆる確率的影響です。

これは実際にどういうことか、なぜわからないのかというのが次のページにあるのですが、5ページ目ですが、これは原爆被曝者の調査結果です。原爆被曝者約20万人のうち、データ追跡ができる十数万人に関するデータです。固形腫瘍と白血病、固形腫瘍のほうは最新のデータですが、白血病はまだ最新の論文が出ておりませんので、2004年のデータ、論文のデータを使っております。横軸が重みづけした被曝量、単位はGyとなっておりますが、ここでの重みづけというのは、先ほどのSvに似た考えをしておりますので、横軸はほぼSvというふうに読んでいただいても結構です。

その上で、縦軸が過剰相対リスク、これがまた非常にわかりにくい言葉ですけれども、右の上

のほうに書いてございますが、自然発生の頻度の何倍分プラスになるか、上乘せになるかということ。つまり過剰相対リスクゼロというのは、自然発生の頻度のままであるということです。過剰相対リスク1.0というのは、自然発生の2倍ということですね。同じ分上乘せという意味です。そういうふうな考え方でご覧いただければと思います。

集団を被曝線量ごとにある区切りでまとめまして、過剰相対リスクをプロットすると、図にあるような、縦に線が入っておりますが、これはいわゆるばらつきを示しております。それを近似した線が、例えば固形腫瘍の場合には、真ん中に斜めの線が引いてございますが、その両脇の点線というのは、95%信頼限界と申します統計的な処理をして、このぐらいの範囲に大体おさまってくるという目安です。

そうしますと、固形腫瘍の場合は、胃がんとか肺がんとかですけれども、ほぼ直線に乗っかってくるのですが、統計処理をいたしますと、やはり150mSv相当を下回ると、統計的には差が見えないということです。

白血病の場合は、もうちょっと曲線的な感じで上がっていきますが、こちらに関しましては200mSv相当を下回ると、統計的には増えているとは言えない。白血病のほうでは、ちょっと最初のあたりが横になっているようにも見えますけれども、そういうふうになります。それがいわゆる低線量の放射線の影響は、増えるかどうかわからないという意味でございます。データが無いので、わからないということではございません。

じゃ、一体その中はどうなっているのかというのが6ページございます。幾つか論文が出ておまして、その真ん中に絵がございまして、黄色の部分がいわゆる自然発生の頻度の変動の範囲というふうにご理解いただきたいと思います。発がん、あるいは遺伝子の変異というのは自然発生でも起きまして、しかもその頻度は一定とは限りません。あるばらつきがございまして、

ですので、その範囲の中に入ってしまうと、放射線だとえ増えていたとしても、それは差が見えない。統計的に処理しても差が見えないということになります。じゃ、一体その中は放っておいていいのかというと、そういうわけにはまいりませんので、いろんな実験のデータに基づきまして、4つの説がございまして、

Aというのは低線量高感受性説と申しまして、低い線量のところで実は影響が大きくなる場所がある。ただし、黄色の範囲を超えるわけではございません。それから、Bというのは、いわゆる有意差がちゃんと見えるところでの傾きのままゼロまで行くという、いわゆる直線閾値なし仮説というものです。それからCは、ある一定のところは影響がなくて、そこから上がっていくという、確定的影響のように閾値のようなものがあるという考え方。それからDは、逆にある線量のところでは、影響が小さくなるというホルミシスという考え方です。

これは、特種な実験系であったりもしますけれども、いずれもそれぞれ再現性のあるデータがございます。ただ、一般的に考えて、科学的に矛盾のない考え方というのは、やはりBであろうということで、実はICRPの安全の基準というのは全てこのBの、直線をそのまま引っ張るという前提で想定をされています。つまり、安全の基準は全てそういう前提で、どこまでのレベルなら容認できるかということで考えられているというふうにご理解いただければと思います。

では、どうして放射線の影響に確定的影響、確率的影響というのがあるかというのが、7ページの絵です。確定的影響というのは、これは組織をつくっている細胞が死んでしまうために症状が出てくる、あるいは変異を起こして組織の機能が失われるために起こるというものです。

図の点線より上の部分の3段は被曝線量が違う設定ですけれども、放射線が当たってダメージを受けた細胞を赤い丸で示しております。その赤い丸で示した細胞が消えるわけですが、その消えた場所を周りの細胞が増えることで埋めることができれば症状は出ません。ですから、当然、一定の線量までは生物が耐えられるということになります。これが確定的影響です。たくさん細胞が失われれば、当然、もうそれを補うことができなくなりますから、そこから影響が出始めて、線量が高ければ症状もどんどん重くなっていくというものです。

一方で確率的影響というのは、ダメージを受けた細胞が死なずに、異常を起こしてそのまま残ってしまうことによって起こるというふうにご理解いただければと思います。

がんなどは、異常を持った細胞が消えないために発生してきます。そうしますと、異常をもって生き残るものが多いほど、そういうことが起こる可能性もあるわけですね。当然、線量がふえればそういう異常なものは増えるわけですが、一定の線量より下であれば差は見えない。なぜかという、このダメージというのは、後ほどお話しますが、自然でも起こっているからでございます。

そのダメージというのは一体何かというのが、8ページになります。この絵、ちょっと拙い絵で恐縮なのですが、私の研究室の院生が頑張ってつくってくれた絵なんです。らせんのようなのはDNAだと思ってください。四角いのがDNAの上にかかれている情報、いわゆる塩基と呼ばれるものです。4文字に相当するものですね。白い四角は正常な塩基ですけれども、例えば赤い四角になっているものは、これは化学的に変化を起こして、いわゆる文字として認識できなくなっているということです。

DNAの損傷というのは全て化学変化です。DNAは化学物質ですから、DNAってすごく安定だというふうに皆さん考えられているかもしれませんが、実際には、生体の中の分子というのは常に変化をしております。そういう化学変化が起こる場合がございます、文字として読めなくなれば塩基損傷というふうにご呼ばれています。あるいは隣の文字同士がくっついてしまった二量体と呼

ばれるものですね。それから、らせんをつくっている鎖が切れてしまうようなもの、あるいは隣同士の文字がくっついてしまって読めなくなる。これは鎖の中であつたり、鎖の間であつたりします。さらには、大きなものがくっついて読めなくなる、クロスリンクと書いてあるのは、そういうものです。たんぱく質がDNAに化学的にくっついてしまって、その部分が読めなくなる。

実は、放射線の特徴は、その左の下に書いてあるとおり、鎖が切れてしまう、完全に切れる二重鎖切断というのを効率よくつくるとというのが大きな特徴です。一体どのぐらい損傷ができるのかというのを、1Gyという放射線の量、 γ 線で1,000mSvに相当しますが、そのぐらいの量の被曝をしたときに、細胞1個の中に幾つぐらいの傷ができるかが、シミュレーションで見積もられています。実際に測定しても大体そのぐらいの数だろうということは裏づけがとれておりますが、全部合わせますとやはり2,000個ぐらいの傷ができるんですね。種類もたくさんのものできてきます。

そうするとやはり放射線は遺伝子に傷がつくので、例えば1mSvであっても、その1,000分の1の数ではできるわけですから、数個はできるということになります。ですから、当然放射線は遺伝子に傷をつけますよね。それはそのとおりでございます。

ところが、9ページなんですけれども、先ほどもちょっと申し上げましたが、実は、遺伝子というのはいつも損傷を受けております。これは、どういう原因で損傷が起こるかというのをちょっと、例示したもので、ほかにもたくさんあるのですが、例えば活性酸素、これは酸素呼吸をすれば必ず細胞の中に出てきますから、それによって常に傷ができています。我々の体の細胞というのは、約40兆個、半分は赤血球ですから、核を持っている細胞はその半分の20兆個程度ですが、その細胞にこれだけの傷ができるということです。地球上にあらわれた最初の生命は酸素呼吸をしなかったのは何故かという、酸素がなかったからもあるのですが、酸素呼吸にとまなう、遺伝子の傷を何とかするという手立てがなかったわけですね。ところがその手立てを得た生物が酸素呼吸を行うようになって、効率的なエネルギーの代謝ができるようになって、我々のような複雑な生命に変わっていったということです。

それから、太陽の紫外線も当たればDNAにたくさんの傷をつくります。海岸で日焼けをすれば皮膚が炎症を起こすのは、まさにこのせいだというふうに考えていただいて結構かと思えます。

そういう傷が夏の炎天下の皮膚であれば、1時間に1個の細胞に1万個です。実は、紫外線の傷というのは細胞にとっては、さすがに1万個ぐらいできてしまうと、ある意味、致命的な傷に相当しますので、夏に日焼けをし過ぎると皮膚が炎症を起こして剥がれていくということが起こります。ただ、5分、10分外を歩いたからといって炎症を起こさないのはなぜかという、この傷を何とかしているということですね。自然の放射線のレベルでいきますと、桁が少ないので、こ

これは何か操作しているのではないかと思われるかもしれませんが、年間2mSv相当を細胞1個当たり置きかえると、ちょうど年間で2個ぐらいに相当する傷ができるということになります。そうすると、自然の傷がたくさん出来ている中で、1mSv、2mSvの傷というのは、比べてみれば、種類は若干違いますけれども、何とかなるということは、ご理解いただけるのではないかなと思います。

それでは何故、何とかなっているかと申しますと、次の10ページの絵です。例えば遺伝子を巻物に文字が書いてあるものだというふうに、左の上にございますけれども、仮定してください。その文字にごみがついて読めなくなったのが、塩基の損傷です。そして、巻物が半分切れたのが一本鎖切断、完全に切れてしまったのが二本鎖切断あるいは二重鎖切断と呼ばれるものです。

その場合に、細胞はDNAが切れてしまったからお手上げですかというと、そんなことはございません。細胞の中では、絵にございますとおり、消しゴムとか鉛筆とかゼロハンテープとか、糊とかはさみとかクリップに相当するようなもの、あるいはコピー機に相当するものまでそろっています。これが修復酵素というものです。修復酵素によってきちんと元に戻そうという仕組みが備わっています。ですから、遺伝子の傷の大半というのは修復が可能だということです。

ただし、絶対確実に直せるかといったら、それは100%ではございません。ですから、ある一定の確率ではミスをする可能性がございますが、相当な確率で直すことが可能です。当然ながら、これは傷の修復に、一言で申し上げますと、やはりキャパシティがございますので、ある時間当たりに傷が何個入ったかということが、非常に重要になってくるということです。

それを踏まえまして、トリチウムの説明を差し上げたいと思うのですが、11ページのように、トリチウムを含む化合物というのは大きく分けると、2つございます。1つ目が、今この委員会で取り上げているトリチウム水です。トリチウム水というのは、右の上に絵がございますが、酸素1個に水素2個がくっついている H_2O 、水にトリチウムに含まれている。水の中の水素の1つがトリチウムに変わっている、赤色になっているという、これがトリチウム水です。

生体の中に入ってきたときには、平均で大体10日程度で半分に減っていきます。これは、後ほど説明を差し上げます。それから、その一部は、実はその下側にある有機結合型トリチウムに変わります。申しわけございません。ここはちょっとICRPの古いほうのデータも入れてしまっていますので、ここには「3~6%」と書いてありますが、これは「5~6%」です。それ以降のページは全て「5~6%」に直してあります。

実効線量係数の話は、後ほどさせていただきますが、ICRPの改訂では現行の数字よりも若干ふえております。これは、実は有機結合型トリチウムへの移行割合が若干ふえたということが理由かと思えます。

その有機結合型トリチウム、公聴会でもたくさんご意見いただきましたが、具体的にはどういうものかと申しますと、有機化合物の中の水素の一つがトリチウムに置きかわっている。まれに2つだったりもするかもしれませんが、基本的には1つです。

右の真ん中辺にある化合物、おわかりの方はすぐご理解いただけるかと思いますが、炭素が2つと水素が6つと酸素が1個と、私も大好きなものでございますけれども、そういうもので、例えばトリチウムが入っているものがあるということです。

有機結合型のトリチウムは、水のようにスースー抜けなくて、40日程度の半減期で減るものと、1年近くたってようやく半分が減るような成分の2つがあるということが現在わかっております。ただ、それらもずっととどまるわけではなく、やはり代謝をされて回っていく。減っていくことには変わりありません。もし有機結合型のトリチウムとして体内に取り込まれた場合には、半分が速やかに代謝されて水として回っていきます。それから残りの半分は、短半減期の成分になって、これはもちろん最初の有機化合物が何かにもよるのですけれども、半分程度は短半減期の成分として、あるいは、一部が長半減期の成分に変わって体の中をめぐります。

ちなみに、実効線量の係数は、上にあるトリチウム水の値と比べていただければおわかりいただけると思いますが、有機結合型は長く滞在する分、影響が大きいということで約2倍ちょっと、3倍近い値になっているということでございます。

実際、体に取り込まれたものの流れをまとめたのが12ページです。これはUNSCEARの報告書の中にあるICRPの新しいモデルに基づいて書かせていただいております。左のところ、HTOと書いてありますが、これはトリチウム水ですね。これを飲み込んだ場合には、血中に全てが移行します。もちろん排せつされる部分もあるのですが、血中に入ったものは組織中の水と交換をしながら、一部はOBT、半減期の短いOBTになりますし、一部は半減期の長いOBTになる。それも交換しながら、やがて時間がたつと減っていく。そのOBTに移行する部分というのは、取り込んだトリチウム水、組織液中のトリチウム水の5~6%というふうに推計されているということです。

血中のトリチウムは体を循環している中で、交換をしながら、尿とか排便とか呼気とか、その他いろんなもの、皮膚等を通じて排せつをされていくということになります。いずれは減っていきます。決してどこかに濃縮されるということはありません。

それで、13ページなんですけど、それではトリチウムの影響について、一体今まで何がわかっているのかということをお簡単にまとめさせていただきました。

まず1つは、トリチウムというのは、最初でご説明しませんでしたけど、非常に弱いβ線のみを出す放射性物質です。非常に弱いβ線というのがどのくらいかというと、水中で数μm、平均5μm程度と言われてはいますが、そのくらいしか飛びませんので細胞1個分も飛ばないんですね。そ

うすると、当然、被曝は、外部被曝ということはほぼあり得ず、基本的に内部被曝です。つまり体に取り込むことによる被曝ということになります。それでは、そのトリチウムの被曝の影響はどのくらいかというのが、1980年代を中心にかなり精力的に日本でも研究がされまして、生物学的効果比と書いてございますけれども、これも非常にわかりにくいのですが、放射線の中で一番影響の程度が低いのがX線とかγ線です。その影響を1としたときに、どのぐらいの影響があるかというのを比較したものが生物学的効果比というふうに考えていただければと思うのですが、大体1.1倍から2倍程度という数値になっています。もちろんこれより高いというようなデータもございますし、低いというデータもございますけれども、おおよそのものは大体そのぐらいの範囲に入っております。それは下の表の中に書かれていますので、影響評価の指標と、RBEと書いてあるのが、X線、γ線と比べてどのぐらい影響が大きいかということを示したものです。

その実験に用いた吸収線量の範囲等も書かれておりますので、ご覧いただければと思います。実際にトリチウムを体に取り込んだときに、どのぐらい飲んだら死ぬのですか、体に取り込んだら死ぬのですかというのも、質問にありましたが、実験的には、半分の個体が死ぬ線量というのはトリチウムの被曝をGyに換算して8Gy程度、これはX線とかγ線と比べてもそんなに変わらない値です。

それからOBT、有機結合型トリチウムは、HTO、トリチウム水よりも影響が大きいということも確認をされております。ただし、トリチウムがどういう分子に入っているかによって随分違います。例えば公聴会でも出てきておりましたけれども、DNAに直接入るような分子の場合には、論文で100倍ぐらいになるというデータがございます。ただ、これは線量の評価も非常に難しいところがございますので、なかなか解釈が難しい。それから、全ての分子がDNAに取り込まれるような状態のトリチウムというのはあり得ませんので、そういう点も考えていただければ、やはりトリチウム水の2~5倍程度というのが妥当であるというのが国際的な科学者のコンセンサスということになります。

それで、もう一つ放射線の影響というのは次のページに、14ページに移っていただきたいのですが、先ほども申し上げましたが、DNAの損傷というのは時間当たり何個入るかというのが、影響のレベルに大きく効いてきます。つまり、線量率といいますが、時間当たりの被曝量というのが、実は生体影響に大きな意味を持つことになります。

14ページのグラフは、横軸がちょっとわかりにくいのですが、これは対数軸と申しまして、太い線1つ行くと10倍違うのですが、横軸に時間当たりの線量率、毎時間何Gyかという線量率ですね。それで縦軸に、これは培養細胞の突然変異、遺伝子の変異の頻度を10万個当たりで見たものです。つまり、1Gy当たり10万個当たりで見たものですが、トリチウム水とγ線で若干違うとい

うことがおわかりいただけるかと思えます。先ほど申し上げましたとおり、 γ 線よりも、この場合だと1.3倍から2倍ぐらい高いということになります。 γ 線の場合は線量率に応じて落ちていくのが、トリチウムは、それよりも若干落ち方が小さいということは、低い線量では差が大きくなるということになりますが、だからといって、その影響が何十倍にもなるということは決してないということです。

では、一体どの濃度だったら影響が出るのですかというのを、15ページなんですけど、これをネズミで実験した研究者がおられまして、その方のデータをここに載せさせていただきました。私もよく存じ上げている先生なんですけど、実はこの実験、今の世の中でできる場所はほとんどございません。昔の規制基準の中ではできたのですが、今の規制の中では、もう相当なお金をかけた施設をつくらない限りはできない実験ですけれども、ネズミにトリチウム水を含む水を毎日というか、生涯ずっと飲ませ続けて、寿命がどうなって、死んだときにマウスをすぐ解剖して、そのマウスにがんができていくかどうかというのを調べた、非常に長期にわたる実験です。

その実験のデータが、非投与から1日当たり240mGyまでの幅で研究をされております。ポイントは、赤い矢印があるところなんですけど、その赤い矢印がある10と3.6の間に大きな影響のギャップがあるというのが、この論文のポイントになります。

平均寿命をごらんいただきますと、ばらつきはもちろんあるのですが、3.6までは非投与とほとんど変わりません。10になると途端に短くなっていきます。それから、発がんしたマウスの割合なんですけど、ここも3.6までは非投与とほとんど変わらず、10を超えると一気にふえる。そしてそのがんの内訳、実はマウスの実験では、基本的に特定のがんをよく起こすマウスというのが使われています。実は飼われているマウスは、死ぬときにがんを起こす場合が非常に多いんですけど、これは人間が飼いならして純系にしていく過程で特定のがんを起こしやすくなっているということでございます。

このマウスの系統では、胸腺リンパ腫というがんが、放射線が出てくる特徴的ながんになります。それも3.6を境にぴたりと出なくなる。つまりこの実験では、1日当たり3.6mGyを下回ると影響が見えなくなる。自然発生と同じになりました、というデータです。ちなみに、そのときのトリチウム水の濃度は幾らかと申しますと、下に書かれておりますが、1億3,900万Bq/Lでございます。ですので、そういうデータもあるということでご理解いただければと思います。

「それじゃ、人間はどうなんですか」ということになるのですが、それが15ページです。トリチウムに関する疫学、実は先ほどの原爆被爆者のデータも疫学でございますが、疫学の現状というのを、まとめさせていただくと、これはUNSCEARに書かれているものを私のほうで抜き出させていただきましたが、ポイントは、調べる対象は2つしかないということですね。

自然界にもトリチウムがございますので、それ以上のトリチウムに曝露される場合というのを考えると、調べる対象の1つは原子力関連施設で作業している方、こういう方は体内にトリチウムを取り込む可能性がございますので、その被曝量との関係で、過剰相対リスクというのが推測されている論文がたくさんございます。

ただし問題は、原子力関連施設で作業されている方がトリチウムだけに被曝するというござはまずございません。ほかの放射線にも被曝しますし、ほかの放射性物質を体に取り込む可能性もございますので、それらを全部含めた評価になっているということです。

その中からトリチウム分だけを抜き出すという作業をしている論文もございますが、それはやはりどうしても不確かさを伴う。ともあれ、そういうものを含めて評価をしてみると、100mSv当たり自然のレベルが1.1から1.47倍になるというのが論文の値です。

この値をどう考えるかということになるのですが、これは先ほどの原爆被曝者のページに一度戻っていただければと思うのですが、5ページですね。100mSv当たりというのは横軸でいくと0.1なんです、それじゃちょっとわからないので、1.0の値を10分の1にさせていただければと思うのですが、1.0のところを見ていただくと、固形腫瘍だと0.5ぐらいですかね。ですから自然の1.5倍ということです。そうすると100mSvだと1.05倍ということになります。やっぱりトリチウムのほうが大きいじゃないかということになるのですが、白血病の1のところをご覧いただくと、過剰相対リスクは2.5ぐらい、つまり100mSv当りは1.25倍になります。ですから全部のがんを総じて引くくめていくと、実は100mSv当りはやっぱり1.5程度なんですね。そういう意味でいきますと、トリチウムの値が特別高いということございません。ですから、疫学データは、トリチウムがほかの放射線とか核種に比べて特別に健康影響が大きいという事実は全く出していないということです。

一方で、もう1つの対象である原子力施設の周辺の住民というところに関しましては、これは被曝線量の評価が非常に難しいということと、それなりの量のトリチウムに曝露されることが、過去にはあったのですけれども、そのときのデータがほとんどないということもございますので、トリチウムとの因果関係を結論づけるのは非常に難しい。それから一般の住民に関しましては、生活習慣が違うとか、食べ物が違う、生活環境が違う、いろんな他のファクターが入りますので、そういうのを交絡因子といいます、そっちの影響が大き過ぎて評価が難しいということです。

何よりもトリチウムを排出している施設の周辺の住民に共通して、世界中のどこでも同じような影響が出ているというような事実はございませんので、そういう点では、特定の事例を挙げて議論をしても、かみ合わないということになるかというふうに思います。

それで17ページなんですけれども、最後に、トリチウム水の濃度限度が非常に大きい、線量の

評価が緩いんじゃないか、というご批判もあるかと思いますが、これは後ほど規制庁からもご説明あるかと思いますが、濃度限度というのは、年間で1mSvの被曝に抑えることを担保するための規制値です。そしてその1mSvというのは、先ほどの損傷の数でもお話しさせていただきましたが、これは影響が出る出ないの境ではございません。これは理想的な数字です。要は、自然のレベルに抑えろ、という数字でございますので、決してそれを超えた途端に何かが起こる数値ではないということも、ちょっとお含み置きいただきたいのです。とはいえ、トリチウム水の実効線量を求めるための係数、これは預託線量ですけれども、それを求めるための係数というのはセシウムと比べると明らかに桁が違うんです。小さいのですね。それはおかしいじゃないかということも言われておりますが、これは何でそうなったかと申しますと、真ん中に考え方が書かれております。この数字は、核種とか化学形などに応じて、体の中のどこにどのぐらいとどまってどのぐらいの被曝をするのか、そして、その組織の被曝が体にどういう影響を与えるのかというのを、モデル計算して求めた値です。

鍵になるのは、やはり吸収線量なんですね。1Bqの放射性物質を体に取り込んだときに、幾ら被曝をするのか、身体のどこが幾ら被曝するのかというのが非常に重要になります。

実は、放射性セシウムはお塩と同じような動きをしますし、トリチウムは水と同じような動き、どちらも結局、水と同じような、似た動きをしますので、ある意味、体内分布はよく似たようになります。全く一緒ではございませんけれども、よく似たようになりますので、要は被曝線量が違うのだということをご理解いただければと思って、この表を出しました。

まず、もちろん物理的半減期は違うのですが、生物学的な半減期はトリチウム水と放射性セシウムであれば、放射性セシウムのほうが体から抜けるのに時間がかかります。なおかつ、どちらの放射性物質もβ線を出します。β壊変というのを行いますが、そのときに出てくるβ線の平均エネルギーのをご覧いただきたいのですが、色がついているほうの数字です。最大ではなくて平均のほうがいいかと思いますが、トリチウムの平均エネルギーは5.7KeVという、単位はともかくとして5.7だというふうにご理解ください。

一方で、放射性セシウム137や134では、190とか160とか、トリチウムと比べれば30倍ぐらい高いわけですね。なおかつ、実は放射性セシウムはγ線も出します。トリチウムはγ線を出しません。一切出しません。当然、放射性セシウムではγ線による被曝も加わってきます。そうすると、半減期が長くて、出てくる放射線のエネルギーが大きいということは被曝も大きくなりますから、単純計算でも放射性セシウムのほうが生物学的な半減期が10倍くらい長くて、エネルギーが数十倍あるといたら、どう考えてもトリチウムはセシウムの何百分の1ですよということになるのです。大事なポイントは、被曝量の違いで影響の違いが出てくるということです。

ちょっと長くかかってしまいました。やっぱりしゃべり過ぎましたね。

まとめさせていただきますが、ポイントは18ページの2つ目です。放射線の生体影響の有り無し、あるいは程度というのは、被曝の線量と、線量率、時間当たりの被曝量で決まるということです。

それを踏まえて19ページにトリチウムの影響をまとめさせていただきました。トリチウムは弱いβ線だけですので、出てくる影響は内部被曝であり、そして実効線量係数の数字が小さいのは、先ほど申し上げましたとおり、被曝線量がどうしても小さくなるからということです。ただし有機結合型のトリチウムは水よりも影響が大きいことは事実ということになります。ただ、それがトリチウム水の何十倍、何百倍ということは決してないということです。

これまでのいろんな実験からわかっていることは、トリチウムの被曝影響というのは、高いとしてもX線、γ線の2倍程度、今ICRPが放射線加重係数に1というのを使っていますが、それに関しては私も若干疑問は持っておりますが、とはいえ何十倍になることは決してないということです。それから、疫学調査でもトリチウムが特別に危ないという事実はないということです。その点をご説明を差し上げた前提は、最初の2ページ目にございますとおり、科学的なデータに基づけばこういうふうになるということでございます。

以上です。

○山本（一）委員長

田内委員、どうもありがとうございました。

引き続きまして、原子力規制庁からご説明をお願いします。

○今井オブザーバー（規制庁）

原子力規制庁の今井でございます。

資料3-2について、ご説明したいと思っております。

冒頭、委員長のほうからトリチウムの規制というふうにご紹介いただきましたけれども、私のほうからそれ以外もございますので、もう少し広めの形で規制についてご説明したいと思っております。

めくっていただきまして1ページ目ですけれども、のっけから専門的みたいな形で、わかりにくい形で書いてありますけれども、ちょっと平易な形でご説明させていただきたいと思っております。

現在、福島第一原子力発電所については、特定原子力施設という特別な指定を受けてはおりませんけれども、気体及び液体放射性廃棄物の放出に関しては、他の実用発電用原子炉と同じように、法令に定められた濃度限度により規制しています。いわゆる濃度規制という形で規制していると

ころでございますけれども、2番目の四角囲いで「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」、いわゆる原子炉等規制法という法律に基づきまして、具体的にその法律の下に規則というのが定まっているのですけれども、その規則の中で、こういったいわゆる放射性廃棄物については、廃棄するときには、こういう方法をとるなさいというところを決めてございます。

第16条の4号というところで、一番下の四角の中で、「前号イ」のところから始まりますけれども、「排気施設において、」いわゆる排気するときには、ろ過とか、まず、これは気体のほうの話ですね。気体放射性物質が出てきて、それを排気するときには、ろ過をなさい。それから「放射能の時間による減衰」、すぐ出しちゃう前にまず時間を置いて、半減期を考慮してから出しなさい。それから「多量の空気による希釈等の方法によって」、いわゆる希釈をして濃度を薄めて、そういうことはできるだけ行って、濃度を低下させるということを行いなさいということを示しております。そういったものもきちんと監視して、いわゆる告示濃度限度という基準が定まっておりますけれども、そういった限度を超えないようにして、まず廃棄しなさいということが定まっております。

一方で液体のほうですけれども、一番下の7号のところに書いてありますけれども、気体と同じような形で、ろ過をなさい。いわゆる含まれているものを、なるべくこし取りなさい。それから、蒸発させるとか、それから、イオン交換樹脂、いわゆるROとか、そういったもので、いわゆる逆浸透膜でもって、これもこし取るような形になりますけれども、吸着させてなるべくきれいにし出すと。それから、放射能の時間による減衰は、先ほどと同じで、そのまま出してしまうと、放射線が高い状況になってしまわないように、なるべく抱えて（放射能を減衰させてから）出すという方法も一つの方法になってございます。それから「多量の水による希釈等の方法」、これも薄めるという方法をきちんととって、濃度をできるだけ低下させて出しなさいといったことを定めてございます。

したがってまして気体についても、それから液体についても、出すときには、それぞれの方法で、若干の「希釈等」の「等」のところがございます、ほかにも我々が想定しないような何か別の方法があれば、そういったところで従って、いずれにしても濃度をできるだけ低下させて放出するような形にしなさいといったことを求めてございます。

では、実際にその濃度限度というものがどうなっていますかというものを、次のページ、2ページ目になりますけれども、濃度限度というのは、「三月間」、いわゆる3カ月間の平均濃度で我々は考えております。だから、どこかでちょこっと超えちゃったらそれでだめということではなくて、超えてしまったらほかの月はさらに下げるとか、いわゆる3カ月間の中で、全体で、平均で考えなさいということを示しております。実際の運用については事業者のほうは、どこかで

どーんと出して、どこかでどーんと下げるようなことじゃなくて、なるべく限度を超えないような形で、それを下回るような形で出していますので、運用上は、今のところは問題は起きていないかなと思っております。

濃度限度のほうですけれども、下の表ですけれども、空気中の濃度、いわゆる排気する場合、それから液体、いわゆる水中の濃度について示してございますけれども、実際には、これは核種がたくさんありまして、表全体を持ってくると何ページにもなってしまいますけれども、恐らく現在、関心のあるところは、トリチウムとそれからストロンチウムとヨウ素、セシウム、そういったところがございますので、そういったところの核種をちょっと持ってまいりました。右のほうの第五欄、第六欄というのが、第五欄というのが空気中、いわゆる気体のほうで出すときには、この基準に従いなさい。それから第六欄が液体のほうでございますけれども、液体として放出するときにはこの基準に従いなさいというところがございます。

まず、トリチウムを見ていただきますと、第五欄ですと $5 \times 10^{-3} \text{Bq/cm}^3$ 、それから第六欄ですと、液体の場合は $6 \times 10^4 \text{Bq/cm}^3$ つまり 60Bq/cm^3 といったところで、今、 cm^3 で出しておりますけれども、これがリットルに直しますと1,000倍になりますので、10の3乗倍になりますので6万 Bq/L 、1L当たり6万 Bq ということになります。

ちょっと見ていただきますと、全体的に液体よりも気体のほうが非常に厳しいという状況になっておりますけれども、こういった形での基準を定めておりまして、この限度をきちんと守って廃棄するように我々は求めております。

そうすると、例えばトリチウム、ストロンチウムがそれぞれの基準に対して全部いっぱい出せるかという、例えばトリチウム6万 Bq/L 出して、ストロンチウム30 Bq/L 出しちゃうと、それぞれ追加されることになりますね。つまりトリチウム6万 Bq/L で1 mSv/年 、それからストロンチウム30 Bq/L を含めて1 mSv/年 になっちゃうと合計2 mSv/年 になっちゃいますので、これに加えてヨウ素とかセシウムとか、ほかの核種が加わってくると、その分、どんどん足し上げられますので、そうならないように、さらに求めているものがございまして、これはちょっとページをめくっていただきますと、何か変な計算式が出てきているなどとなっておりますけれども、ちょっと概要を説明いたしますと、大体3つ項目がございますけれども、外部被曝による実効線量、それから核種への水中濃度とか、水中に、いわゆる液体で出す場合は大体真ん中辺、それから空気中濃度というところで、右側には、いわゆる排気する場合、気体で出す場合はこのぐらいでと、どこかで人が立って直接 γ 線を浴びるのをに入れて、かつ液体で出したそのときの影響も考慮に入れて、それから排気する、排気したその気体も、いわゆる吸入したりして飲んだりしますので、そういったものを全部足し合わせて、1 mSv/年 以下にするという基準になってございます。

したがって、どこかのその項目が非常に支配的になると、ほかの項目はその分下げなければいけないと、そういった構造になっております。だから、何かその基準を満たしていればというときに、ある数字に対してそれぞれの核種、それから外部被曝もそうですけれども、それぞれが1mSv/年以下であれば、足し合わせたときに1mSv/年以上になっていいということではなくて、それぞれが全体として全部合算したときに、1mSv/年以下になるというところで我々のほうの規制は求めてございます。

もう少し漫画チックに説明しますと、4ページになりますけれども、一番上は「措置を講ずべき事項」、いわゆる我々の規制の中で福島第一原子力発電所を特定原子力施設に指定したときに、こういった要件を満たしなさいといった基準を定めてございます。「特定原子力施設から大気、海等の環境中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策を実施することにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること」。なるべく外にご迷惑をおかけしないように敷地周辺、東京電力の場所より外にいつているところに対しては影響しないようにということで、できる限り低減するということを求めております。「特に施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界における実効線量を、平成25年3月まで」となっておりますけれども、現在もそうですけれども「1mSv/年」、いわゆる1年間当たり1mSv以下にしましょうというふうになってございます。

ここで詳しく説明しなければならぬと思うのは、前回、高倉委員のほうから1mSv/年は厳し過ぎるのではないかという話があったけれども、もしかしたらなんですけれども、我々の1mSv/年を求めているというのは、新たに廃炉作業に伴ってできたタンクとか、いわゆる除去設備、そういったものに対して全て足し合わせて、それは1ミリ以下にしましょうと。その中にはバックグラウンド、そもそも事故で出てしまった放射性物質の、もう既に沈着しているものとか、そういったものは含めてございません。

これは我々のいわゆる1F検討会のほうでも、公開をしながら大分議論してきたところでございますけれども、当時もバックグラウンドで年間100mSvとか、そういったところで計算されている中で、今後、廃炉作業に伴って、じゃ、そんな、いわゆる線量が出ている中だったら、いかようにでも何かやっいていいというところが、それはちょっといかんだろうと。出ているからといって、のべつ幕なしにやっいていいわけではなくて、それについても1mSv/年の範疇の中できちんと廃炉作業をするようにと。当時、議論の中、それを1mSv/年に縛り過ぎることによって、かえって廃炉作業が進まないということも懸念されたのですけれども、そこは事業者と、それから有識者含めて、いろいろ確認をして、その1mSv/年の中でも廃炉作業というのはやっいていけそうだと、そういう見込みをとれた中で、我々としては当然、今後、廃炉作業が続いていくときに、何か非常に

大きなリスクをより下げていくためには1mSv/年の範疇の中であれば、そういったものを認めていくといった形での今、基準をとっております。

あわせてバックグラウンドについても、最近ですと、モニタリングポストで大体1.5 μ Sv/時でするので、年間20mSv以下ぐらいですか、そういった形で下がってきておりまして、あわせてこういったものも何か下げていくという努力は東京電力のほうに求めているところでございますけれども、まず我々が考えている1mSv/年というのは、いわゆる廃炉作業に伴って、新たに追加的に出てきたものについては、これは追加的なものは抑制していきましょうといった考えで、我々のほうでは設定させていただいております。

真ん中に人のようなものがありますけれども、いわゆるその敷地の中に人が立って、追加的に福島第一原子力発電所のほうから出てくる気体放射性廃棄物、それから固体放射性廃棄物、例えばタンクとか、いわゆるALPSの除去設備とか、そういったものから、それから液体放射性廃棄物等となつてございますけれども、これはちょっと非現実的かもしれませんが、仮に液体で出したときに、その場でその水を毎日大体2リットルぐらい、これは70年間ずっと飲み続けたときに大体1年当たり（平均）1mSvというのを定めていて、それに対して、例えばトリチウムでしたら6万Bq/Lということなんですけれども、こういった気体の分、それから固体とか、固体というのはいわゆる直接線とかスカイシャイン線ですね。出てくる γ 線、それから液体も含めて、全体合わせて1mSv/年以下にしますといった形での縛りの仕方、いわゆる規制の仕方をとっております。

じゃ、実際にこれが大体どのぐらいの今、数字かというものは、ちょっとめくっていただきますと、1年間当たり今、0.9mSvぐらいだという形になってはいますけれども、現状におきまして、固体放射性廃棄物となっておりますけれども、 γ 線の影響が追加的に出てくるものはもう0.58mSv/年が出てきておりまして、0.29mSv/年のところはサブドレーンで、「サブ」は地下、「ドレーン」というのは排水で、いわゆる地下排水のための今、作業というか、取り組みを行っているところでございますけれども、そういったものについても、これはもともとサブドレーン、地下水については、バックグラウンドだという考え方もあったのですけれども、それは吸った以上は、これは管理していけるものだ。したがって、それについても1mSv/年の中に入れるというところで今は管理させていただいております、それについてはおよそ0.29mSv/年、それから気体については、これはいつも出ているというわけではないのですけれども、いわゆる検出限界値とそれから風の量とかを掛け合わせていって、およそ0.03mSv/年の中におさまっているということの評価を確認しているところでございます。

こういったものを合わせると、今はもう既に0.9mSv/年の中で運用していて、およそこの

0.58mSv/年というのが、すぐに下げていけないものではないと我々考えておりますので、この1mSv/年の中でこういったものが費やされて、その0.29mSv/年の中で液体放射性廃棄物、例えば仮に海洋放出ということになれば、この中できちんとしてこういったもので廃棄していくといった形になろうかなというふうに考えております。

量的な規制、総量規制の話もございましたけれども、現時点においては、福島第一原子力発電所に線量目標値のような規制というものはかかっておりません。というのは、線量目標値というのは、いわゆるその指針の中で年間50 μ Svを守っていきましょうという目標値でございまして、ごらんいただきますように、もう既に50マイクロを超えている中で、その目標値を今、定めるといのは、現在の状況では厳しいものかなと思っております。

だとすると、そういったところをどうやってきちっと確認していくかについては、我々としては事業者のほうから、事業者が廃炉作業に伴って行うものについては実施計画というものを定めておりまして、何か追加的に廃棄物を出すとか、そういったものが出てくるのであれば、必ず我々のほうに申請が必要になっておりまして、その申請に対する審査、その後の認可に当たるプロセスの中で、それが適切であるかどうかというのを確認していくことになろうかと思っております。

仮にこの話ですけれども、例えば再処理施設みたいな形で出す、いわゆる海中放出管と言われるような管を通して、どこかで濃度規制というよりも比較的濃いものを出していくような話になりますと、これは再処理施設と同じような形で総量規制の考え方が入ってくるかもしれませんし、別途、震災前と同じような形で放出するというのであれば、今までの安全評価の範疇になりますので、そういった中での審査になっていくといったことは考えられるかなと思っております。

いずれにしても、こういった形で廃棄していくかというものを、具体的な方法を指し示して、申請していただかないと、現時点においては我々は規制上、こうする、ああするということろをなかなか申し上げにくい状況にありまして、余り事前にこのぐらいの要件さえ満たしていただければオーケーですみたいなことを審査する前から言うと、ちょっと言い方は悪いかもしれないですけれども、東京電力は、あるいは一般的な事業者は、じゃ、そこさえ満たせば認可していただけますねという、そういう感じになってしまいますので、そういうコンサル的な、いわゆる助言的なことは差し控えさせていただくとともに、現在はまだ海洋放出とかそういった話まで至っていない中で、具体的にどういう方法ができるかどうかというものを、我々としても検討できない状況であるかなと思っております。

以前に、すみません、口頭ベースですけれども、東京電力に、じゃ、実際にどうなるか算出してみたらという話を向けたことがございますけれども、その際に東京電力は、海洋放出とか、そ

ういったものを前提の議論というのではありませんので、一切そういったものはお答えできません。したがって、現時点において、具体的にどういった形での放出というものが行われるかどうかというのは、もう少しその検討が進んでからでないと、規制側からこういった細かい話、今ある規制の内容についてはご説明できますけれども、よりさらに具体的にということになりますと、我々の審査のプロセスの中、あるいは我々の検討の中で議論させていただいて、最終的には委員会のほうでご決定になることになると思っておりますので、そういったところでより細かいお話ができるようになっていくかなというふうに考えてございます。

あとは、ちょっと参考資料をつけさせていただいておりますけれども、一番最後はいわゆる（トリチウムの濃度限度の）6万Bq/Lと、こういうものに対して、1日当たり大体2Lぐらい飲むときに、いわゆるBqに対する線量の評価、係数を掛けると、こういった形での計算をしておりますというものを示しておりますけれども、これはちょっと技術的な話になりますので、割愛させていただきたいと思っております。

では、私のほうから説明は以上でございます。

○山本（一）委員長

今井室長、どうもありがとうございました。

それでは、次に事務局から説明をお願いいたします。

○奥田対策官

事務局から資料3-3をお出しをさせていただいております。きょうの議論で、これを見ていただいていたことではございませんし、ちょっと時間も押していますので、簡単に中身だけご紹介させていただきます。1ページ目だけごらんいただければと思います。

先ほど田内委員のほうからご報告をいただいた際にも、このUNSCEARの2016年の報告書については触れていただいておりますけれども、それ以外にも国際的な機関ですとか各国の政府からトリチウムについて、ある程度まとまった記載があるものとして、このような文書があるのではないかなというふうに考えておまして、そういったもののご紹介を少しさせていただいております。

それぞれ時系列に並べてございますけれども、やはり一番新しく一番まとまっているというのがこのUNSCEARの2016年の報告書ということでございますが、それ以外にもカナダの原子力規制庁に当たるところですとか、フランスの原子力安全局に当たるところが出しているような文書があったりとか、ICRPの文書、それから、イギリスの行政機関というのは、イギリスのヘルス・プロテクション・エージェンシーですので、厚生労働省的な機関が出しているような文書があるということで、こういったことが記載されたものかということをご紹介させていただいているの

と、あと、その6. のところで用語集、これはATOMICAさんのところから、今回の議論の中で参考になりそうなものをピックアップをさせていただいて、そこにまとめさせていただいておりますが、そういった用語集、それから7番のところは、実際にUNSCEARの2016年の報告書につきましては、関係部分につきましては、基本的には、原文は英語でございますけれども、事務局のほうで簡単に翻訳をさせていただいたものを掲載させていただいておりますので、またお時間のあるときにごらんいただければというふうに考えてございます。

以上でございます。

○山本（一）委員長

ありがとうございました。

以上の説明に対しまして、ご質問等ありましたらご発言お願いいたします。

森田委員。

○森田委員

田内先生、ありがとうございました。今回、趣旨が公聴会でいただいたいろいろな疑問に答えていくということで、田内先生にも説明していただいたということですが、トリチウムの公聴会でいただいた意見の中に、放射線の影響ではなくて、トリチウムがヘリウムに変わることによって、DNAなどの構造が変化して、人体に問題が出るのではないかという意見があったと思うのですが、今、事務局から説明のあったICRPの16ページにも核変換効果というのはほとんどないということが書いてあるのですが、そのあたりのことを少し田内先生に説明していただければと思うのですが。

○山本（一）委員長

田内委員、お願いします。

○田内委員

核変換効果というのは、当然それは起こり得ると思うのですが、ただそれが本当に生体の影響にあらわれるかということ、要はDNAの中の水素の大半がトリチウムに置きかわっているとか、そういう状況でもない限りは、生体への影響というのは考えられないというのが我々科学者のコンセンサスです。

というのは、先ほどもDNAの損傷というのはたくさん入っているんですよと、普段から入っているんですよというお話をさせていただきましたが、DNAというのは常に変化をしております。自然にも塩基が脱落したりということは起こっておりますので、たとえトリチウム分子がDNAに取り込まれて数個がヘリウムに変わって、その部分が壊れたとしても、DNAは普通は修復をされております。ですから、影響が出るというようなレベルであれば、恐らく被曝量ものすごい被

曝量になりますので、基本的に被曝量の中に十分含められるというふうに考えていただければと思っておりますが、それで答えになっていますでしょうか。

○森田委員

ありがとうございました。

もう一つ違う質問ですが、11ページにある田内委員の説明でよくわかったのですが、一般の方は、有機結合型トリチウムを含む食品を食べると、人間の体内に有機結合型トリチウムのものがどんどんふえていくというふうに誤解をされている方が多いのですが、そういうわけではないという説明でよろしいですか、田内委員。

○田内委員

はい。それは、今回出さなかったのですが、先ほどの12ページにありますとおり、これは水の例ですけれども、要は有機物に入っても、代謝をされて常に移っていくわけです。ですので、決してたまるということはありません。環境中の魚などで、水より、海水中よりも高いというようなデータがございますけれども、実はそういうものは、年々追跡すれば減っていくんですね。何かといいますと、例えばイギリスのセラフィールド湾のデータで、ある時点ではかったときに、海水中の濃度よりも魚の中の有機結合型トリチウムの濃度のほうが高いというのがあります。ただ、それは、実はそれ以前に非常に濃いトリチウム水が海洋に放出されているんですね。それが取り込まれたときのOBTが、当然、水より半減期が長いので残っているんです。そのデータは、年を追っていきますと、海水中の濃度がほとんど検出されない状況下では、どんどん有機結合型も減っていくということですので、これは決して生物濃縮とは申し上げるべきものではないということです。生物濃縮というのは環境中の物質が、生体にどんどん蓄積して濃くなるということですから、トリチウムでそういうことは起こらないということで、ご理解いただければと思います。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

そのほかご質問とかご意見とか。

高倉委員。

○高倉委員

2つほどあるのですが、1つは、これは田内先生のほうから、今までにトリチウムが濃縮されるという例はあるものなんですか、自然界にですね。

○田内委員

私が知る限りございません。もしそれがあれば、タンクの中のトリチウム水は生物で濃縮して

除けるということにもなるかと思いますが、そういうことはございません。

○高倉委員

それからもう一つなんですけれども、先ほど大変興味があるといえますか。動物実験なんですけれども、動物を人間にトランスファーするのは非常に難しいとは思いますが、それにしても、あの実験、例えばネズミですと、せいぜい10gから20gぐらいの体重だと思えますね。それに物すごい放射線を当てているわけですね。我々が規制値、成人がリッター当たり6万Bqのトリチウム水を飲んだということに比べて、余りにもネズミの負荷が大き過ぎているような感じを受けるのですけれども。

○田内委員

その点に関しましては、やっぱり人で実験はできませんので、それをなるべく外挿するために動物実験というのが行われているということになります。ただ、動物の実験は大きな問題がございまして、実験に使われている動物というのは遺伝的なバックグラウンド、これまた専門用語になっちゃいますが、それが均一なんです。要は全部双子みたいな状態で実験をしている。しかも同じ環境で実験をしています。

残念ながら、人はそんなことは決してございませんので、そうするとやっぱり放射線に弱い方も含まれている可能性があるということです。ですから、そういうことも含めれば、動物のデータをそのままというわけではなく、やはり人の何かの事例とうまく組み合わせて安全を考える、安心を考えるということが重要になります。先ほど3.6mGy/日、15ページのところにありますが、1億3,900万Bq/Lで飲んでも大丈夫ですかといったら、いや、それはやっぱりまずいですよねということです。決して保証はできませんので、当然ながら低いほどよろしいということに変わりないということです。

○山本（一）委員長

柿内委員、お願いします。

○柿内委員

先ほどの高倉委員の1つ目の質問ですけれども、私も知る限り、いわゆる室内実験で微生物をトリチウム水の中で培養して、水から生物への濃縮が観測された例は私の知る限りありません。あと生物に含まれるトリチウム濃度が環境中で見かけ上、高く見えることがあるというのは、田内委員がお話しされたとおりであり、やはりそのバックグラウンドとしてその背景、その有機物が過去に工場から事後的に排出された影響が観測されて見かけ上高く見るとか、魚ですと回遊しますので、トリチウム濃度が低いところに育ったものが濃度の高いところに行くと逆の現象が観察されますし、高いところで育ったものが低いところに行くと見かけ上濃縮したように見える

という事象が観測されているというのが、今のところの実情です。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

そのほかいかがでしょう。

森田委員。

○森田委員

規制庁の方の説明で、少し私はわからなかったところがあって、教えてほしいのですが、公聴会でも総量規制をしないのかという意見が出されていまして。公聴会の資料の中に放出管理目標値というのが書いてあり、福島第一原発の場合、年間22兆Bqということですが、それを総量規制と勘違いされての意見だったと思います。私の理解だとそれは東京電力等々の事業者の自主的な基準であるということというふうに理解をしていたのですが、先ほどのその説明だと、どうも年間何mSvとか何 μ Svとかいう、その根拠というものがあつたということによろしいんですか。

○山本（一）委員長

お願いします。

○今井オブザーバー（規制庁）

規制庁の今井でございます。

実用炉の軽水炉のほうは、いわゆる線量目標値という、その指針の中で目標値として50 μ Sv/年というものがございます。これは液体の保管も含めて全体なんですけれども、必ずしもその規制という意味では保安規定に、保安規定というのはそれぞれの事業者が定めているルールみたいなものでございますけれども、そういった中に入る際に、まず指針上は、これは実用炉、軽水炉のものでございますというふうにきちっと書いてございます。

それが全てほかの原子力施設に適用されるものかということ、そうではないと。ただし、そういったものをきちっと定めて、なるべく下げていくという観点で50 μ Sv/年というものを一つ目標にしましょうというのがありまして、それをそのまま液体放射性廃棄物とか、ほかの原子力発電所もそうですけれども、それを達成するためには、そのときの限度がこのぐらいだというのが22兆Bq/年、福島第一原子力発電所の場合は1基当たり3.7兆Bq/年ですか、それが6基分で22兆Bq/年というものが定まっております。

今、福島第一原子力発電所の実実施計画の中では、液体放射性廃棄物については関係者の了解なくしては放出しないということになっているので、放出しないので、1から4号機については、いわゆる上限というものは定める必要は、そのときの考え方ではない。一方で5、6号機のほうについては、これも同じように放出できないというか、しないということになっているので、値は必

要ないとは思ったのですけれども、当時、再起動するとか廃炉になるとか、そういったものの議論がまだはっきりしていなかったときには、そのままの記載がそのまま残っちゃっていて、いわゆる3,7兆Bq/年の倍、7.4兆Bq/年ですか、そういったものは記載はございますけれども、一方で1から4については事故で、これは間違いなく再稼動なんてあり得ないところの話でしたので、かつ液体については出さないといっていたところ、改めてそういった値を設定することはなかったというのが当時の経緯かなというふうに考えております。

なので、質問に端的にお答えしますと、いわゆる50 μ Sv/年をきちんと反映しようとする、そういった値が定まっていくということになります。

○森田委員

それで現在はその放出管理目標値というのは定まっていないということですね。

○山本（一）委員長

ほかいかがでしょうか。

崎田委員、お願いします。

○崎田委員

ありがとうございます。

田内先生にちょっとお伺いしたいのですけれども、先ほど事務局のほうからご説明いただいた参考資料3のところに、以前の公聴会のいろんなご発言で、ご心配された項目がかなり出ています。これを今、私も改めて見ているんですが、やはりトリチウムの性状に関してかなりご心配をされているご意見が多いわけです。

今、福島に戻っておられる方、あるいは戻ろうか帰還しようか考えておられる方というのは、こういう心配なご意見というのに非常に心が揺さぶられるわけですが、そういう意味で、先ほどのご発表いただいた田内先生のような、こういうお考えというか、多くの科学的な研究を基にしたデータとかこういう評価に関して、普通の方がどうやってアクセスするのか、どうやってそれを聞かせていただく機会があるのか。どんなところでこういう情報を得てもらえるのか、難しいかもしれないんですが、先生にちょっと教えていただければありがたいなと思います。

○山本（一）委員長

田内委員。

○田内委員

私、実は福島県の郡山市を中心に草の根の活動もやっております。小さなところで十数人の方を相手にお話をする。リピーターの方もたくさんいらっしゃったりします。それから学校でもお話をさせていただいておりますが、やっぱり住民の方の意識が非常に重要で、いや、もうそんな

の面倒くさいという方もいらっしゃるんですね。もう聞きたくないとか、別にもう時間たつたし、今さらいいやという方です。でも、やっぱり自分たちのために勉強したいという方も多くいらっしゃいます。

場はつくっているんですけども、私は一方的な講演会というのは嫌いでございます、やっぱり相互にキャッチボールしないと本当の理解にはつながらないと考えておりますので、今、私たちがやっているのは基本的にはそういう活動が中心になっております。それを大規模に展開できますかという、多分それは無理というのが正直なところですが、一人でも多くの方に科学的に考えていただく道筋を知っていただければとは思いますが、解決というか、お答えになりませんが、これがいいやり方というのはなかなか難しいということです。

○崎田委員

ありがとうございます。

きっとその辺のほうは、私もいろいろ仕組みづくりとか運営にかかわらせて、意見を申し上げる立場としてかかわらせていただいておりますので、やはりできるだけこういう情報がしっかりと、できるだけ多くの方に伝わるように、今そのために動いているいろんな組織とか相談される方たち、大変大勢いらっしゃいますので、そういう方にきちんとこういう情報が届くというのが大事なというふうに思っております。私自身も努力しますが、やはり政府としても努力いただければ大変ありがたいというふうに思います。よろしく願いいたします。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

辰巳委員。

○辰巳委員

田内先生、それから、ありがとうございました、お役所のほうと。

なかなか理解、難しいんですけども、こういう濃度というのか、線量というのか、例えば福島の中の第一原子力発電所の中だけでも面積、結構ありますよね。また、水だと海、とても広いですよね。そういう場所での滞りとかいう、何といたらいいのでしょうか、濃度差があり得ないのかというのがよくわからなくて、出てきている年間の管理数値とかと言っても、どういう場所をはかっているか、ある場所をはかっているか、こちらではかかったら違うとかというふうなことが起こり得ないのかとか、そのあたりがよくわからないんですよ。

だから、あるところだけに滞るとか、そういうふうなことというのはないのでしょうか。だから、薄いところをはかっちゃうとか濃いところをはかっちゃうとか、それはだからお水なんかだと、処理水だとわかるんです。出口とか入り口とかという、そのあるポイントをはかるからね。

だけど今おっしゃっていたのは、特に国のほうは、広い面積の中での管理の数値をおっしゃっているような気がしたもので、そういうのって本当に可能なのかなという疑問があるということです。

○山本（一）委員長

柿内委員がお答えくださるということです。

○柿内委員

トリチウム、先ほども申し上げたように、環境中で濃縮するということがないということで、トリチウムが広がっていくときというのは水の拡散によって、その濃度の高いところから低いところへ移動し、海洋であれば海流の下流側が濃度高くなって、上流側は余りいかないとか、そういう濃度むらというのは当然存在します。モニタリングで定期的に観測するところというのは、そういう意味で全方位とはいかないまでも、上流下流と沖のほうというようなサンプリング計画を立てられたりとか、陸上でも同様にそういう風の動きとかを考慮して、そこで水試料を採取したり、そこに生育している植物や土をとったりして評価するというふうになっているので、そういう広がりとか不均一性を考慮したサンプリングがモニタリングでは計画されて、その計画に基づいて実施されて評価されるというふうなことが一般的です。

○辰巳委員

当然そうだと思うのですが、現実それでちゃんと、何かお水なのでよどむとか、川だったら瀬があったり、そのたまるどころがあったりとかいろいろあるんですけども、ふちですかね。そういうのも全部、だから均一化されると考えていいわけなんです。

○柿内委員

均一化というのは何を想定するかによります。そのモニタリングの結果を出すだけで終わりじゃなくてそれをずっと連続的に評価し、それがその気象条件を考え併せて合理的かどうか判断する必要があります。高い値が出たりとか低い値が出た場合は、こういうことが考えられてというのがセットになっていますので、そういうむらに関しても、出しっ放しにせず諸条件と一緒に考える必要があると私は考えています。

○辰巳委員

次のまたモニタリングの話と関係すると思うので、すみません。

○山本（一）委員長

今井室長、お願いします。

○今井オブザーバー（規制庁）

ご懸念はおっしゃるとおりだと思っていまして、濃度むらというのは、やっぱりあると思うの

で、まずその規制の考え方は、例えばいわゆる直接線を浴びるときには、この敷地の中でこういう境界があるので、その境界の中でどこが一番高いかというところの、その数字を持ってきます。

そして、液体放射性廃棄物で出すときには、出したその瞬間が一番濃度が高いわけですね。そうすると、その後は基本的には拡散していくので、まずはその一番厳しいところをとって、最大のポイントの線量、それから出すところの一番濃いところの（線量）、そういったものを掛け合わせて、それ以外のところは、例えばγ線については低くなったりする場所もありますし、あるいは拡散していくことによって濃度が薄まっていくので、おおよそその評価ポイントの中で、そうになっています。それが本当にそうかどうかというのは、やはり確認しなければならない。それでモニタリングを行うという、そういった手法になっております。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

議事不手際もございまして、今、終了予定時間になってしまいました。まだいろいろあるかもしれませんが、今ご説明いただいたようなトリチウムの最大影響とか規制に関する科学的情報につきましては非常に重要でございますので、これからも積極的な発信を行うように、特に事務局には努めていただきたいと思います。

○松永対策監

はい、かしこまりました。事務局といたしましても積極的な情報発信に努めてまいりたいと思います。崎田委員からのご指摘、ありがとうございます。現在もその一環といたしまして、前回の小委員会の後に資源エネルギー庁のホームページ内に、「安全・安心を第一に取り組む、福島の“汚染水”対策」ということで、ホームページの中にシリーズを立ち上げさせていただいております。本日のご議論についても、その中でできるだけわかりやすくご紹介していきたいと思っております。皆様方におかれましても、お時間のある際にぜひごらんいただければと思います。

○山本（一）委員長

よろしく願いいたします。

それでは、次に議題4、環境放出する際の放射性物質の管理（モニタリング等）の考え方についてに移ります。

まず初めに事務局から、環境放出する際の放射性物質の管理（モニタリング等）の考え方についてご説明いただいて、その後、柿内委員から環境中のトリチウム測定についてご説明いただき、そしてその後に質疑応答とさせていただきます。

それでは事務局から。

○奥田対策官

すみません、事務局の不手際で時間が押して申しわけございません。

簡単にご説明させていただければと思います。資料4-1でございます。

少しモニタリングと、先ほどの参考資料3のほうでは、モニタリング等のあり方ということで少しまとめさせていただいておりますけれども、きょうの資料のタイトルは、「環境放出する際の放射性物質の管理（モニタリング等）の考え方について」ということでございます。

きょうのご議論にありましたように、モニタリングだけではなくて、やはりどういう処分方法にしていくのかという、これから議論していった中で処分方法の中で管理されていく部分と、それをモニタリングをもってどういうふうにそのチェックしていくのかというところもございまして、そこもあわせてご議論させていただければと思います。

一方で、資料3にありますモニタリング等のあり方につきましては、少しモニタリング以外のことも広く書いてございまして、きょうの回で全て議論し尽くすということではなかなか難しいところもございまして、処分方法とあわせて議論するべきところもあると思っておりますけれども、きょうはモニタリングのところについて少しご議論いただければと考えてございます。

それで1ページ目でございますけれども、これまで小委員会の中、この委員会の中でもモニタリングについて、いろいろとご意見をいただいているところでございます。

簡単に振り返らせていただきますと、やっぱり風評被害対策としてモニタリングというのは非常に重要で、これまでもその効果を発揮してきているということでございます。そのために信頼性、納得性を上げるために地元の方々の参画ですとか客観的な情報の発信の仕方とか、こういったことが大事だということ。それからトリチウムということに限って言いますと、やはりセシウムなんかと同じように測定するというのは難しいというところもある中で、こういった形のモニタリングシステムを検討していくのかというような検討の準備が必要なのではないかというようなことですか、あと、その情報の出し方のところについても懸念点があるということで、これまでご意見をいただいているところでございます。

それから2ページ目のところでございます。

今現状、モニタリングはどうなっているか。これも前回、これまでの小委員会でも幾つかご紹介させていただいているところでございますけれども、総合モニタリング計画というところの中で計画を立てて、その①から⑦にありますような項目についてモニタリングを実施してございます。

その中で幾つかトリチウムについての測定というものがされているところがございまして、その下に例がございまして、1つは大気環境でございまして、大気の中の粉じんですとか大気中の水分の測定の中で、幾つかトリチウムの測定もされているところがあるということのご紹介

でございます。原子力規制委員会ですとか原子力災害対策本部、福島県がモニタリングを実施を
していただいているところでございます。

地点とか細々と書いてございますけれども、実際に測定結果につきましても、その下にまとめ
させていただいておりますけれども、現在の放射線の濃度がどの程度になっているのか、周辺地
域の濃度でございますけれども、事故直後のものと比較したものを掲載をさせていただいてござ
います。

それから、その次に、3ページ目でございますけれども海洋環境、これにつきましても、近傍
海域、沿岸海域、沖合海域、それから外洋海域、それから東京湾について濃度の測定というの
がなされているということでございます。近傍海域の測定についてご紹介をさせていただいてござ
います。ここでデータを挙げさせていただいたのは東京電力による測定のデータでございますけ
れども、そこでもその下にありますように、先ほどと同じように、現在の濃度と事故以降測定し
てきたもののデータを掲載をさせていただいているというようなところでございます。

それから、ちょっとこれは総合モニタリング計画に入っていないのですけれども、下のとこ
ろに書いてございます海洋生物につきましては、東京電力が沿岸海域の魚介類について測定をし
ているということがございますので、これもあわせてご紹介をさせていただければということで
書かせていただいております。

先ほどから濃縮という話がございますが、このデータを見ていただきますと、ヒラメの放射
能濃度とその同地点の海水の放射能濃度というのが書かれてございますけれども、見ていただき
ますとわかりますように、同じぐらいの濃度推移をしているということがこういったデータから
も確認できるのではないかなというふうに考えてございます。

次、4ページ目でございますけれども、これから少し時間が許す限りモニタリングについても
皆様からまたご意見をいただけたらというふうに考えてございますけれども、そこに書いてござ
いますように、1つはさっき申し上げましたように、環境放出する際の管理の仕組みはどうして
いくのかということと、それに合わせてモニタリングということをどういう意義で行っていくの
か、またその方法ですとか信頼性の担保、またその結果をどういうふうに活用していくのかと。
こういったことについて、この委員会でもご議論いただきながら取りまとめをしていければとい
うふうに考えているということで、事務局からの資料でございます。

以上でございます。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

それでは、柿内委員からお願いします。

○柿内委員

じゃ、資料4-2を用いて、私から環境中に存在するトリチウムの採取とか分析について話をさせていただきたいと思います。先ほどからトリチウムのお話が出ていますのでけれども、いろんな化学形が存在するというので、まずどういうふうな環境中で存在、どんな形で存在しているのかということと、あとはそれぞれについて前処理をして分析していくということについて紹介していきたいと思います。

続きまして、2ページ目なんですけれども、これも先ほど来、田内委員からもあるように、トリチウムはβ線を出すということで、β線を出す放射性核種というのはそれだけを単離とって、きれいにして分析する必要があります。そういうふうな手間暇かけて分析しなければいけない放射性核種であるということと、あと、トリチウムはその存在形態、どんな形で存在するかで放射線の影響、生物への影響、人への影響というのが変わってくるということと、あとは動き方、環境中でどういうふうに動いていくのかということも変わってくるので、どういう状態で存在するのかということを実験的に明らかにすることが大事になってきます。

続きまして、3ページ目なんですけれども、トリチウムというのは、いわゆる水素の同位体ですので、水素を含むものには必ずトリチウムが含まれます。ここにあるように、水の形で存在するもの、水蒸気として存在するもの、あとは分子状水素とか炭化水素、いわゆる空気中に存在するものはこのようなものがあります。あとは有機物として、先ほど来OBTとして出てくるもの、こういったものを分けて分析するわけです。

続きまして、5ページ目は時間も押していますので、簡単に説明します。こういうふうな水1L当たりで例えば表現すると、こういう1Bq/Lという表現になったり、水素原子当たりでどれだけ存在するかという、これは地下水とかでよく使用される表現なんです。こういう表現があつたりとか、有機物に関しても水と比較したりとか線量を評価するときに、目的に応じてこの単位が変わってきますけれども、このようにいろいろな表現の仕方があります。大気に関しても、体積当たりの存在量であつたりとか、水蒸気の場合ですと水1L当たりのというふうな表現の仕方もございます。

実際、環境中のトリチウムの測定というのは、5ページ目を見ていただきますと、トリチウムは半減期約12年で壊変、いわゆる壊れてβ線を出して ${}^3\text{He}$ に変わります。 ${}^3\text{He}$ を質量分析によってはかるという方法もあるのでありますが、この方法は行っているところが世界的にも少ないので今回は詳細な説明はいたしませんけれども、通常はβ線を蛍光物質に当たったときに光を検出してはかります。こういう環境中のものをはかるためには超低バックグラウンドの液体シンチレーションカウンターを使用します。写真で右下2つにあるような装置を使って測定することが

行われております。

このような液体シンチレーションカウンターで測定するときなんですけれども、6ページを見ていただきたいのですけれども、こちらの図は測定したときの横軸に測定時間、縦軸が検出下限値を表し、どのくらい低い濃度まではかることができるかということを示しています。ここで、点線で示しておりますけれども、仮に約1,000分、約17時間ほどはかったときに、水10mLではかったときの関係を青い線であらわしてあり、水50mL相当ではかったときの関係を赤い線で示してあります。試料量が多ければその分多く、その中に1つの容器当たりトリチウムが存在していることとなりますので、より低い濃度まで定量することができるんですね。

また、測定時間が長くなればなるほど検出下限値、はかれる濃度というのは低くなるんですけれども、やっぱり時間がかかるということは、複数の試料を限られた時間の中ではかろうとするときには、いたずらに時間をかけるわけにはいかないということで、ある程度分析時間を短くすることによって試料をたくさんはかる必要があります、その結果、検出下限値というのはどうしても高くならざるを得ないということが、この関係からもわかります。

続きまして、7ページなんですけれども、環境試料中のトリチウムの分析というのは、先ほど来申し上げているように液体シンチレーションカウンター、ここではLSCと称していますけれども、その分析をするためには精製が必要になってきます。そこで水にした形のものというのは、蒸留といって、余計なものを取って精製して分析することになるんですけれども、有機物由来のものであったりとか大気試料というのは試料量がどうしても限られているので、濃縮してはかるということができない。水試料の場合ですと、比較的試料を採取することが容易ですので、濃縮してはかることはできるのですけれども、そういうふうにより低い濃度を定量するというのは、なかなか制限があるということになります。

続きまして、8ページなんですけれども、こちらは雨に含まれるトリチウムを測定する場合を説明します。降水中トリチウムの測定するには、1カ月の間に降る雨を集めてはかります。このとき水は、ここで左の図にその試料採取の装置を示していますけれども、そういう容器を、断面積といって、採取面積を大きくとることによって、濃縮してはかるぐらいの水を集めることができます。

こうやって1960年以降はかられた例というのが続いて9ページ目にあって、こちらは過去のトリチウム汚染タスクフォースでも紹介したことがある図なんですけれども、現状のトリチウムというのは、先ほどの液体シンチレーションカウンターですと検出下限と言われるところ、いわゆるここまでしかはかれませんよというところのレベルに推移してしまっていて、これは濃縮しないとはかれないレベルになっていますので、今現状のレベルで把握するためには濃縮というのはどう

しても必要になってきます。

また、有機物中のトリチウム、いわゆるOBTというのは先ほど来、出てくるのですけれども、環境試料として分析するときには、どうしても水が含まれていますので、水、ここで含まれる水は、通常、自由水中トリチウムとしてFWTとして表現していますけれども、それを凍結乾燥によって水の部分と乾燥部分、乾燥試料として分ける必要があります。この凍結乾燥もこちら、右の図にありますように、試料をポンプで真空排気し、試料に含まれている水蒸気を飛ばすんですけども、飛んできた水蒸気をコールドトラップで捕集する形になります。

この操作自体には、1試料当たりやはり1週間ぐらいは時間のかかります。このOBTを通常分析するときには、この乾燥試料を燃やして測定することになるのではすけれども、この燃やすという作業も非常に熟練を要する部分であり、なかなか難しいということが国際的にも認知されており、それを担保するために国際間比較というプロジェクトが近年催されています。

また、このOBTは後述するのですけれども、交換型OBTと非交換型OBTに分けられ、周辺に水が存在すると同位体交換といって水の影響を受ける部分が存在しています。その分析はさらににまた一手間かかるということで、OBTをちゃんと分析するというのは非常に大変な話になっております。

また、このOBTを評価するというのは、田内委員の話にもありましたように、体内挙動が水の場合と違ってきますので、そういう意味でもトリチウムとして取り込んだ場合には、水の部分と有機物の部分というのは分けて考える必要があるために、こういう前処理作業を行って分析する必要があります。

ここまでする意味で、11ページ、こちら模式的に環境試料をとってきたときの流れというのをブロックで分けて表現しています。まず有機物を採取したときに、どうしても先ほどの凍結乾燥という作業が必要になってくるのですけれども、一度に作業できる量というのは限られていますので、冷凍保存をする、何かしら保存しておく必要があります。ただ、こういう冷凍庫なり、そういう保管をするにはやっぱりそのスペースも限られているので、こういうところがまた制限要因になって分析できる量というのが、限られた時間の中で分析できる量というのは、こういうところにもかかわって効いてきます。

なので、こうやっていろいろな処理を行いつつ、試料を最終的には液体シンチレーションではかるわけなんですけれども、各工程が非常に多く存在するという点でも分析に時間とか手間、人手がかかるということが見ていただけたと思います。

さらに具体的なイメージとして見ていただくのに次の資料があります。環境試料中のOBT濃度を定量するときの評価手法として、まず測定法として燃焼法と、燃焼を何回も繰り返して試料

を多く回収して濃縮したときの方法と、あとは質量分析法があります。トリチウムを濃縮して、いわゆる現在のレベルを液体シンチレーションカウンターで評価するようにすると、1試料当たり1カ月を超える時間が必要になってきます。

このように環境レベルをちゃんと定量するというのは、なかなか難しいということがここで見てとれます。

13ページ目は、一般的な環境中のトリチウム濃度の分布を先ほどの測定手法のものと一緒に表現したものです。あくまでこれはトリチウム濃度レベル、緑色と青で示しているものも、あくまでもこれは目安です。したがって、必ずしもここに分布しているというわけではないんですけども、イメージとして、このレベルだというふうに理解していただければと思います。

このように環境中の濃度レベルをちゃんと表現しようとする、現状、なかなか簡単にはかかれるものではないということがわかります。

ちなみになんですけども、この軸で示した数字というのは10倍ずつ飛んでいるんですけども、1963年、大気中核実験の影響を強く受けた降水とかでは水1L当たり100Bqを超えた濃度になっておりまして、あとはEU、ヨーロッパにおける飲料水の摂取基準の100Bqに相当する濃度であります。

あと、次に14ページ目なんですけども、こちらは有機物の例として示しています。ちょっと細かい話になりますので詳細は省きますけれども、有機物の構造、化学式の中で周辺に水が存在すると、その水とトリチウム、その影響を受ける部分があるというふうに理解していただければと思います。したがって、そういう部位があることによって、OBTを分析するときにもさらに分けて分析が必要になってくるということを説明するためのこの図になります。

その実例として、15ページ目の図を見ていただきたいのですが、これはアメリカの五大湖の中のスペリオール湖とミシガン湖でとれた魚を、本来は有機塩素化合物とかの塩素を定量するための標準試料なんですけども、これを実際にトリチウム濃度として値がついていない標準試料について、トリチウム、水の部分、FWTとあとOBT、あと非交換型OBTとして定量した例をここでお示しします。

それでFWT濃度、試料の名前の次ですね。右側、FWT濃度が8.6と12.2という数字、いわゆる一般環境からすると、ちょっと高い濃度レベルで存在するのですけれども、その右隣のOBT濃度、さらに右隣のNx-OBT、いわゆる非交換型OBTとして書かれているところを見ていただきますと、それぞれ違いがあるのがわかると思います。このように、周辺に水が存在すると、OBT濃度は影響を受けてしまうということで、本来であれば、ちゃんと定量しようとする、こういうことも分けて分析しないと、水の影響を受けて有機物、見かけ上OBTを高く見積もってしまうというこ

とが生じてしまいます。

実際、この非交換型OBTを分析するためには、16ページにありますように、黄色い部分で示したものが、先ほど来、凍結乾燥といってFWTとOBTを分けて分析するところの部分になるのですが、これが通常、乾燥するのに約1週間ぐらいかかります。それに対して非交換型OBTまで分析しようとする、さらに3週間、合計すると1カ月ぐらいは処理に時間がかかるということで、ちゃんと定量しようとする、ここまで時間をかけて分析しないと正しく評価することはできないということになります。

また、続きまして、17ページですね。モニタリングの報告、先ほど資料4-1でもございましたけれども、大気中のトリチウムというのは、大気中に、ここにあるように水蒸気と分子状水素と炭化水素、主にメタンとして存在するものがありまして、これをポンプで吸引して、逐次、まずコールドトラップとモレキュラーシーブという乾燥剤の一種なんですけれども、そういったものでつかまえた後、また水素とメタンというのを段階的に酸化して水として回収して測定して分析を行う手法がございます。

18ページのところは、その代表的な結果を過去に、論文としてまとめている結果を示しますけれども、熊本と、土岐というのは岐阜県ですね、中部日本。あと六ヶ所村、青森ですね。2000年代に採取された例を示しています。先ほどモニタリングの報告とかで大気中水蒸気の濃度レベルがありましたけれども、近傍だと60mBq/m³ぐらだったのですけれども、現状だと数mBqがバックグラウンドであり、その差の部分が施設から出たものとして評価することができます。そのほかにも大気中にはHT、いわゆる分子状水素とかメタンというものが、それと同程度の濃度で存在していることになります。

19ページ目を見ていただきたいのですが、それでこういった環境中を評価する手法があるのですけれども、実際モニタリングによって、施設から放出されるトリチウムというのが評価できるので、ここで模式図に示していますように、大気中核実験を含めた、もともと存在するトリチウムに対して施設から出たものがそこに上乗せされたイメージとして捉えられます。

したがって、施設由来のトリチウムを評価するためには、もともとの存在した部分を差し引いて評価する必要があります。施設由来として、どこまで環境中の濃度レベルを定量するかで天然由来の部分というのが相対的に小さくなるかもしれません。現在のトリチウム濃度レベルを定量するには、今まで説明したように、分析に前処理、測定を含めて時間がかかるため、実際、限られた時間でどこまでの濃度レベルを定量しようとするかという、目標を設定することが必要になってくると思います。

以上をまとめますと、このように、施設からの環境中への放出が管理された状態で行われているということの評価がモニタリングによってなされるということが大事だということと、あとは環境中のトリチウムを分析するためには、それぞれの化学形態、どういうふうな形で存在するかということ、それぞれについて採取して分析することが必要だということです。

このような分析に関しても複数の工程から成っておりまして、かつ、こういう熟練を要する部分が多数存在してしまっていて、こういった処理工程が必要になってきます。

実際、モニタリングをするためには、複数の機関でこうやって分析体制を持っておく必要があります。またトリチウムデータは、このように前処理工程がたくさんあって、精度管理、いわゆるちゃんと分析した値が正しく出ているということの評価する必要があります。

そうやって分析体制が構築できた後、分析目標レベルが、ある程度目安として示されて、それに対して分析に対して適切な前処理であったり時間であったり、そういったものの目標が設定されるものだと思います。

以上です。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

ただいまのご説明に対しまして、何かご質問等ございますでしょうか。

高倉委員。

○高倉委員

2点ほどお聞きしたいのですけれども、1つは液シンを使う場合に、どうしてもバックグラウンド水との相対比になるので、バックグラウンド水は何を使っているかお聞きしたいのですが。

○柿内委員

バックグラウンド水というのは、ここでそのままだとわからない方もいらっしゃると思うので、ここで説明致します。トリチウムはもともと自然界に存在するもので、大気中、昔の核実験も含めて多数存在してしまっていて、トリチウムが全く入っていない水を入手するには、トリチウムの半減期は先ほど12年と申し上げましたけれども、十分に長い期間を経た古い水を入手する必要があります。我々のところでは地下1,000メートルよりも深いところの水を入手して、それを分析に用いております。

○高倉委員

先ほど1つ問題点としてレベルをそろえると言いましたけれども、やっぱりそういうバックグラウンド水もそろえる必要はあるわけですね、当然。

○柿内委員

そういう意味でバックグラウンド水も、例えばフランスの事例ですと、いわゆるミネラルウォーターとか、深いところの水を、この水を買えばいいよという、その精度管理に使う例があります。基本的にはバックグラウンドウォーターというのは、やはり研究機関なりの近くで入手しやすいものを、その中にトリチウムが入っていないことを確認して使う事例が多いです。あと、データがばらつくというのは前処理する工程で不純物の分離が不十分であったり、精製が不十分とかで本来の値よりも高く出る場合とか低く出るというのが研究機関や、そのこの従事者によって変わってくるということが国際的にもいろいろ問題視されております。そういった意味で複数研究機関が同じ試料をはかって、データのばらつきがどうだとか、そういったものを定期的に確認とか、そういったことで集まって、精度管理に関する検討を行っているということが実情です。

○高倉委員

あともう1点。OBTの分析は非常に難しいといいますが、時間がかかるということなんですけれども、普通、難しい場合には、トレーサーを使って回収率を比較するわけですよね。安定元素とかいろいろ使うのでしょうけれども、トリチウムの場合どういうふうにして回収率をはかるのですか。

○柿内委員

そういう意味では回収率をはかるというのはトリチウムでは一般的に行われていないのですけれども、1つの方法論としては、元素分析によって、試料の中に含まれている水素の量がわかりますので、水素の量から燃やしてできる水の量というのが評価できます。

なので、そういった意味では回収率という評価もできるんですけれども、基本的には水当たりの濃度で表現しますので、回収率が悪くても水当たりの濃度というのは評価できます。そういう意味ではOBT濃度に関しては、水として、燃焼して得られた水当たりの濃度として評価するときには、余りこれまで回収率は重要視されてこなかったということになります。ただし線量として評価するときには、水当たりの濃度で出すと少し過小評価をしてしまう可能性もあるので、これから回収率という観点での評価ということも大事になってくると考えております。

○山本（一）委員長

森田委員。

○森田委員

柿内委員、ありがとうございました。

質問ではなくて、事務局へのコメントなんです、柿内委員が説明されたように、環境中のト

リチウムをはかることは非常に難しい、時間もすごくかかる。ただし、ちょっと、断っておきますが、特に私は環境中にトリチウムを出すということを前提としてしゃべっているわけではないということはまず言うておきますけれども、その測定はともかく非常に難しいわけですが、仮にそうなった場合の風評被害対策ということにおいては、やはりその出したトリチウムがどのぐらいかと評価することは非常に重要です。放射性セシウムの場合は、食品中のその濃度のデータを大量に取りましたが、トリチウムの場合もデータを取得する必要があると思います。しかし、何が問題かという、食品中のトリチウムに対する基準値が存在していないということです。本日、最初に東京電力の方に質問した検出下限値、柿内委員の資料では分析の目標レベルとなっていますが、その検出下限値をどこに設定するかということが非常に重要で、これによって処理できるサンプル数や処理時間が決まってきます。

その分析目標レベルの設定は、基準値をどこに設定するかで決まりますから、まずそれを決めてもらわないといけないと思います。ここでは、食品の話を議論していませんが、先ほど事務局から説明のあったモニタリングの論点でも、目標レベルを決めないと、どういう分析をどのぐらいの頻度で行うかということが決まってしまうので、その目標レベルを検討してほしいと思います。

○山本（一）委員長

柿内委員。

○柿内委員

私のほうからも補足的にコメントなんですけれども、私がきょう紹介したものは、測定器のパフォーマンス、性能としてここまでするためには前処理が長くなるというお話をしたのですけれども、今、森田委員からの指摘もあったように、どこまではかるかで、その前処理の負荷というのは減ってきます。

なので、例えば検出下限値を今の10倍にしていい、100倍にしていいということであれば、試料量としては、単純計算ではないんですけれども10分の1、100分の1になる可能性も当然存在するわけです。

そうなってくると、それだけ前処理、分析にかかる時間が短くなれば、いろんな試料について評価することができます。ただしそこでは分析の目標レベルが、それが適切かどうかということをお納得していただけるかどうかというのが、まず一つ基準を定めるときに必要なようになってきて、それで今、国際基準というわけではないんですけれども、ICRPの基準をほぼそのまま援用した、オーストラリア年間1mSvを超えないようにと、単純に機械的に7万6,000Bq/L、水1L当たりで7万6,000Bqを基準にしている、飲料水基準として基準設定している国もあれば、WHOと同じ数値の1

万Bqというのを基準にしている国もあつたりとか、あとは、アメリカとかカナダとかも、それぞれの独自基準を持たれています。

EUに関して言うと、そのWHOの基準の100分の1、水1L当たり100Bqというのを飲料水の基準としています。その100Bq/Lを環境モニタリングの基準にするとという意味で、大体100Bq/L以下、10～20Bq/Lぐらいのものを分析できるようにモニタリングされている例がございます。そういったところで実際、どこを基準にすればいいかというのは、どこが主体になって策定するかということころは、事務局とかその辺、いろいろ調整していただいて、今後そういうところも考えつつ、モニタリングはいろいろ、それでいろいろ本当に風配とか海流とかの気象条件を考慮して、どういふふうな点でどのぐらいの頻度で分析できるかということも、変わってくると思いますので、その辺、検討のほどよろしくをお願いします。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。なかなか難しい。

崎田委員。

○崎田委員

今、伺いながら難しいというのがよくわかったということなんですけれども、やはり今まではタンクにある処理水自身がどういうトリチウムなどの状況かという話がずっと出てきましたけれども、今後やはり処分とかそういうことを考えれば、そのタンクの中だけではなくて、やはりば周辺環境、今どういう処分にするか決まっていなわけですけども、周辺環境が今どういう状況か、事故の前までさかのぼるのは無理ですけども、今どういう状況かを確認しておきながら、処理の後どうなるかという経過を見なければ地域の方にとっては納得できないし、例えばその方法が大気なのか水なのかということによっても、検査対象が農作物になるのか、魚になるのかという、そういうことも違ってきますので、やはりいろんなことをきちんと想定をして、その検査体制を整えるという、その辺はすごく大事なことだというふうに思います。

今ご説明いただいた柿内委員の資料の中にも、検査体制を整えるという言葉が、最後のほうに出てきましたけれども、やはりそういう意味では社会が、検査結果の数字を出していただくだけではなくて、それを社会がきちんと受けとめて納得するまで対話を、対話をさせていただくなり、そういう、信頼を得る過程が大事なんだと思いますので、まずはしっかりと、関係するところのモニタリングができるような体制をとっていただくというのはすごく大事なことだというふうに思っています。

なお、もう一つ気になっているのは、こういうモニタリング体制を整えていただくにあたり大事なことは、実際にモニタリングするときに、どの段階で県の方なり地域の方なり、そういう地

域代表のような方にどういう段階できちんと情報をまず伝えて、きちんとして説明し対話するか。あるいはモニタリング自体を含め、やはりできるだけ早い段階でそこに参加していただいて、信頼感を得ていくというのが、やはりこういうモニタリングのときには大事だというふうに思っています。

なぜ申し上げるかという、最初に事故の直後に除染が始まったときに、除染廃棄物をどこに仮置きをまずするかという、仮置き場を決めるときにやはり住んでいる方の不安感で場所が決まらなかった。そのときに徐々に決まっていっていったきっかけは何かというと、その地域のモニタリングに町会の方にかかわっていただいたりとか、そういうことで地域の方に納得していただきながらその事業を進めていくことで、その地域は非常に信頼感が増したという、そういうようなことが結果的にありますので、やはりどういうふうにモニタリングをしていくかという、その過程をちゃんと考えながら信頼感を醸成するという、そこがすごく大事なのではないかなというふうに思っています。よろしくお願いたします。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

すみません、相当オーバーしているので、ちょっと短目に。

○辰巳委員

柿内さんのお話を聞いていて、もちろん大変なことはとてもよくわかったんですけども、モニタリングを誰がするのかということところがとても重要で、もちろん公的なところがやっていただく、これは大事ですけども、自主的に気になる人たちがやろうとしたときに、可能なんですかというのを聞きたいんです。時間はかかる、機械は決まっている、それから技術も難しいとか、いろいろ無理な話はいっぱいなさったんですけども、本来ならば自分で確認できれば一番いいわけなのだけれども、そういうことができるような仕組みにならないといけないというふうに思っているんですけども、そこら辺ができるようにぜひご検討いただけるといいなというふうに、機械を貸すとか、使わせるとか、もっとふやすとか、何かそんなふうな検討も必要かというふうに思うんですけども、よろしくお願いたします。すみません。

○山本（一）委員長

私も測っていましたが、そんな簡単じゃないですね。

○柿内委員

私もいろんな方にその分析にかかわっていただくというのはすごく大事だと思うんですけども、やはり今日紹介したような測定装置というのは価格が数百万から1,000万を超えるような装置になって、そういう意味でいろんなところに簡単に入れられるものじゃないと。逆に、安いも

のでも、そういう測定装置を入れると、今度は低い濃度がはかれないということで、こんなものではかれないじゃないかと言われてもそれは不本意なものでありますので、あとはなるべくそういう分析できる機関が複数あって、そこに参加していただくとか、こういう過程で検査行われているんだ、分析結果が出ているんだということを見ていただくとか、そういうところで納得していただくとか、こういうところでもサンプリングしているよとか、そういうところを見ていただきながら納得していただくというのが一つの例ではないかと思えます。

実際、田内委員から話があったように、納得していただくためには、いろいろ機会を捉えて、いろいろ説明していくことが必要だと思います。しかし、この委員会が始まった初期のころに辰巳委員から住民の方を交えたコミュニティの話をするときに、トリチウムとは何だというところから話が始まって、実際、生物とか環境分野のトリチウムの研究には、田内委員とか私が携わっているのですが、直接そういう研究をされている方がどんどん減っているのが現状です。その状況の下で、機会を捉えて説明する機会というのも相対的に減っていくという中で、そういうコミュニケーターとして、トリチウムのことがわかる人もどんどんふえていくように何か対策をとっていただけたらというふうにも思えます。

以上です。

○山本（一）委員長

ありがとうございます。

本日の議事につきましては、ここまでとさせていただきます。

次回以降につきましては、説明・公聴会でいただいたその他の論点、それから、きょうまた宿題みたいに出てきたところも含めまして、引き続き議論させていただければと思っております。

その後、いつになるかわかりませんが、取りまとめに向けて、さらに議論を深めていきたいと考えております。

それでは、事務局から連絡等ございましたらお願いいたします。

○奥田対策官

参考資料4というのをきょう、お配りをしておりまして、特にご説明はしませんが、今月の5日から13日にかけて、国際原子力機関の専門家によります福島第一原子力発電所のレビューが行われております。

資料、またお時間あるときにさっと見ていただければと思いますけれども、6ページ目、7ページ目のところに概要がございまして、基本的には、福島第一の緊急的な状況から安定的な状況への移行において重要な進捗が達成されたと認識するというような全体的な評価をいただいておりますが、その中で7ページ目のところに記載がございまして、このALPS小委員会での検討

の内容ですとか、やっぱりこの処理水の処分法、喫緊に処分方法を決定すべきであるというような助言をIAEA、国際機関のほうからもいただいております、ご紹介させていただきます。我々事務局としましても、こういった国際機関からの評価も重く受けとめながら今後も進めていきたいと思っておりますので、よろしく願いをいたします。

それから次回の日程でございますけれども、委員の皆様には少しご相談させていただいておりますけれども、年末12月28日で調整させていただいております。年末差し迫ったところで申しわけございませんけれども、よろしく願いしたいと思っております。時間、場所等につきましては、また後ほど事務局のほうからご連絡をさせていただきます。

以上でございます。

○山本（一）委員長

それでは、これもちまして、第11回多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会を閉会いたします。

大幅に時間超過して、まことに申しわけございません。

どうもありがとうございました。

—了—