

汚染水処理対策委員会  
トリチウム水タスクフォース（第5回）

日時 平成26年3月13日（木）16：00～18：05

場所 経済産業省 本館17階 国際会議室

○上田対策官

それでは、定刻になりましたので、第5回のトリチウム水タスクフォースを開催いたします。

傍聴される皆様への注意事項として、席上に資料を配付しておりますので、事前にご一読いただければと思います。

本日は、机の上に同時通訳のシステムを配付しております。この本体の電源を入れていただきまして、チャンネル1が日本語、チャンネル2が英語になっておりますので、設定のご確認をお願いいたします。ご不明な点があれば、事務局にお声がけをください。

まず資料の確認をさせていただきます。お手元に、座席表、配付資料一覧、議事次第、名簿、あと、きょうお越しいただいている有識者の方の一覧、その後に、資料の1から資料の5がありますが、すみません、ちょっと資料番号が振られていなくて申しわけございません。

資料の2が、こちらの英語の、この資料が資料の2でございます。その後に、きょうの有識者の、フランスのほうからの有識者の、この資料が資料の3になります。

最後、こちらの資料のほうは資料の4になります。資料の4のほうは、差しかえがございましたので、机の上に差替版と書いてあるほう、これをご覧いただければと思います。

それでは議事に入る前に、本日お越しいただいている3名の有識者の方々の簡単なご紹介をさせていただきます。有識者の一覧については、お配りしている資料をご確認いただければと思います。

まず、フランスの放射線防護原子力安全研究所（IRSN）のデニス・マロさんです。ご専門は、大気中、あるいは海水中の放射性物質の移行挙動分析ということでございまして、実際に、原子力発電所の過酷事故時における拡散モデルのプロジェクトリーダーをされていたということでございます。

続きまして、イギリスから、スチュアート・ナイプさんでございます。イギリスの原子力公社カラム核融合エネルギーセンター（CCFE）からいらっしゃっております。セラフィールドの再処理工場において、長期間ご勤務をされたということでありまして、大規模なトリチウムプラントの設計でありますとか、運用、メンテナンス等について、約15年ぐらいのご経験を持つというぐ

あいにお聞きしております。

また、同じくカラム核融合センターから、ロバート・スミスさんにお越しいただいております。カラムに建設された核融合の実験施設でありますジョイントヨーロピアントーラスにおける、トリチウムの取り扱いを行うグループのリーダーをやられていたということでございます。イギリスの原子力発電所における勤務経験もございますということでございます。

それでは、議事に入らせていただきます。これより山本主査に議事進行をお願いいたします。よろしくをお願いいたします。

#### ○山本（一）主査

それでは、議事を進めさせていただきます。

これまでのタスクフォースにおきまして、海外の知見の共有についてコメントをいただいておりますので、事務局から説明のあったとおり、本日は海外の有識者をお招きしております。ぜひ活発なご意見の交換、議論ができればと思っております。

初めに、これまでのタスクフォースの検討状況につきまして事務局から説明していただき、その後、お二人の有識者からご説明をいただく。そして最後に意見交換をさせていただきたいと思っております。

では、まず事務局から説明をお願いします。

#### ○上田対策官

それでは資料の1をご覧ください。有識者の方はこちらのほうの英語の資料をご覧ください。

まず、繰り返しになりますけれども、このタスクフォースにおいては、各委員の皆様のお力を借りながら、特に分離貯蔵技術の成立性でありますとか、あるいは、トリチウムの貯蔵や放出のリスク、海外での規制等について専門的に検討し、複数の選択肢について、それぞれの選択肢のメリット、デメリットを含めた総合的な評価を行っていくものであります。

委員の皆様には、最終的にトリチウムの取り扱いはこうすべきだという結論がまずありきという議論ではなくて、特定の選択肢に予断を持たせることなく、一般の皆様にわかりやすい形で、それぞれの選択肢の比較ができる総合的な評価、これについてのご議論をお願いしているところであります。

本タスクフォースにおける活発な議論を進めるために、委員の方に加えて、福島県、水産庁、外務省、東京電力、国際廃炉研究開発機構（IRID）の方にもオブザーバーとして参加をいただいているところでございます。

資料の1について、前回もちょっとご議論をいただいたトリチウムの取り扱いに関する選択肢について、前回のご意見を踏まえて修正を加えましたので、それについてのご説明をさせていた

できます。資料のほうにもありますけれども、前回のタスクフォースにおいて、幾つかのコメントをいただきました。

まずは、トリチウムの取り扱いの最終形に達するまでの期間についてのコメントをいただいています。30年から40年の廃炉作業を考慮して、40年程度までに最終形に達するものとすべきという説明をさせていただきましたけれども、現場ではタンクからの漏えい等のトラブルが発生しているので、長期間かけるのではなくて、なるべく迅速に処分を進めるべきではないかというご意見をいただいております。これについては、最終形に達するまでの期間ということについても、選択肢の評価項目として反映すべきというぐあいに考えております。

あと2点目として、固化でありますとか、ゲル化をして、地下埋設する方法については、これは管理が必要となる手法なので、地中への注入でありますとか、蒸発といった、ほかの選択肢とは異なる扱いをすべきではないかというご指摘をいただいております。

また、分離をした後の高濃度のトリチウム水について、固化して埋設廃棄する方法、これが選択肢の中に書いていないのではないかと、抜けているのではないかとというご指摘をいただきました。

また、「貯蔵」と「廃棄」の違い、これを明確にすべきである。また、水の形で残すことのリスクについても検討する必要があると。

最後に、トリチウムだけが残るという前提で議論してきたので、他の核種の取り扱いについて整理をしてほしいというようなご指摘をいただいております。

それらのご指摘を踏まえて、この最終形を考慮した選択肢と主な課題等ということで、こちらの資料に整理をしております。

まず、固化とか、ゲル化については管理が必要な手法なので、他の選択肢と異なる扱いにすべきではないかというご指摘をいただいておりますので、この右側の欄の選択肢の中に、上から2つ目の四角、真ん中よりちょっと下のところを書いてございますけれども、地下における管理の選択肢として、固化、ゲル化といったことも位置づけております。

また、分離をした場合の高濃度のトリチウム水について、固化して埋設廃棄という方法が抜けているのではないかとというご指摘をいただいておりますので、この前処理のところを書いてございます同位体分離のところ、こちらの濃縮側のところに、選択肢として、高濃度のトリチウム水を廃棄するというものと、貯蔵するというものを明確に分けております。

最後に、トリチウムだけが残るという前提で議論してきたので、他の核種の取り扱いについて整理をしてほしいというところについては、まずはこのタスクフォースの場では、トリチウム以外の核種が除去をされたという前提で議論を行うということで、一番左側のところに、トリチウム以外の核種の除去ということについて明記をして、それを前提に、最終的な、最終形を考慮し

た選択肢の議論をしていくということを明確にしているものでございます。

したがいまして、この表の中で、トリチウム水を前処理しないで、どういう選択肢があるのか。あるいは前処理として希釈、同位体分離をしていくという前提で、どういう選択肢があるのかということについて、前回いただいたコメントも踏まえて、今申し上げたような修正をしたところでございます。

以上でございます。

○山本（一）主査

ありがとうございました。

それでは、まず、デニス・マロ様からご説明をお願いしたいと思います。よろしく申し上げます。

○デニス・マロ説明員

まず、このようにご招待いただいたことに感謝申し上げます。日本の東京、そして経済産業省にご招待いただきありがとうございます。皆さん、こんにちは。

きょうのお話の内容は、核施設から海洋、そして陸上の生態系に放出されたトリチウムの環境の挙動ということですが、最新の取り組み、そして例についてお話をしたいと思います。

私はフランスからまいりました。フランスの原子力安全省から来ております。私は研究所から来ておまして、海洋、そして陸上の生態系での核種の移行ということをとピックとしています。

こちらがアウトラインとなっております。私どもの研究所での研究内容ですが、トリチウムの海洋、そして陸上の生態系での移行についてですが、それについては、まずトリチウムの化学的な形態、存在形態についての知識が重要であるということをお知らせしたいと思います。環境中におけるトリチウムの形態です。それから海洋生態系、陸上系生態系についてお話をし、それから1枚のスライドで、トリチウムの海洋、そして陸上の生態系間の移行についてお話しし、それから結論をお話しします。

まず、コンテキストという導入部分から行きたいと思います。そもそも、なぜトリチウムの環境における移行を研究することが重要なのかということですが、希ガスを除いて、例えば、キセノン、クリプトンなどを除いては、トリチウムの大量のベクレルのものが環境に放出される。それは、ほかの放射性核種よりもそのベクレルの数が高い。大体10倍から100倍高いということです。もちろん希ガスは除いてということです。

そしてフランスでは、特に、トリチウムの放出がふえていくとみられています。まず原子力発電所からの放出もありますし、また再処理施設からの放出もあります。ラ・アーグの核処理施設、再処理施設について、フランスの西部にあります。その例をこの後、ご紹介いたします。

それからトリチウムは、研究所、そして防衛施設などからも放出されます。そして将来的には、この放出量がふえると見られます。新しい核施設、原子力施設ができます。これはレーザーメガジュール、防衛専用のものです。それから、PWRのヨーロッパ加圧型の原子炉（EPR）、それから、よく知られたITER、国際熱核融合実験炉がフランスにあります。

海洋、そして陸上生態系における移行には、不確実性、不確かさが残っています。例えばそれは、トリチウムの移行の速度の知見が欠けていること。例えば、水から生物への移行についてのスピードについて。またトリチウムのガス、有機結合体トリチウム、そしてトリチウム水、それらのさまざまな生態系における移行のスピードなどについてもわかっていません。

また、一般の人たちからの懸念をきちんと予測するという 것도重要です。

フランスでの一番重要な資料となっているのが、トリチウムについての白書です。これはフランスの原子力安全局（ASN）がコーディネートしたものです。このトピックについて、ジョン・L・ラショームというASNの副局長が行った講演があります。この白書は、さまざまな背景を持った有識者のグループによって書かれたものです。こういったものに関して非常に珍しいことだと思います。政府の専門家、あるいは事業者、そして非政府関係の研究所の専門家などが集まって書いてものです。そしてこの白書は、最新の事、そしてトリチウムの環境的な影響に関しての勧告などが入っています。

それでは、なぜ私どもにとってトリチウムの研究が必要かといいますと、トリチウムの、例えば流速のような定量化の知識をふやしていく必要があります。それは海洋、そして陸上生態系におけるトリチウムの移行についての定量化ということです。

特に、有機結合型トリチウムの蓄積のスピード、そして、その存在形態などについて見ていく必要があります。例えば、水生生物におけるトリチウムの代謝を推定する必要があります。例えば海草であるとか、無脊椎動物、貝殻とか、魚などです。

また、草地での生態系のトリチウムの定量化も必要です。有機結合型トリチウムの速度を定量化する、あるいは人の食物連鎖を通じた整合性、そして、乾燥及び降水による沈着なども見ていく必要があります。

こうしたことによって、トリチウムのさまざまな放出源と、それから生態系のさまざまな種類との関係を示す移行モデルを改善していく必要があります。2つモデルがありますが、MARSというのが海水、そして、TOCATAが大気モデルです。より現実的な、現実に沿った、人への線量の評価を行っていくということが目的です。

それでは、より具体的な議論に行きたいと思います。海洋、陸上、生態系のトリチウムの移行ということですのでけれども、トリチウムの環境における存在形態を明らかにする必要があります。

生物層の中ではいろいろな形態でトリチウムは存在しています。まずは、TFWT、組織自由水トリチウム、これはトリチウム水です。水です。水の交換によって取り込まれます。非常に速い水の交換が環境との間で行われます。大体1時間ぐらいで行われます。

そして、2つ目の化学形態は、有機結合型、OBTです。このトリチウムは、この場合は、生化学プロセスで取り込まれます。例えば草の光合成などです。比較的この環境との水交換に関しては1カ月ぐらいと、ゆったりとしたものになっています。

そしてトリチウムの化学形態で、水中に放出されたもの、あるいは大気中に放出されたものの生物学的利用能ですが、トリチウム水は非常に水交換のスピードが高い。例えば数時間で行われるような植物の種に対しては、生物学利用能があります。有機分子ですが、これは全く違います。生物学的利用能のというのは、その分子によって変わってきます。

また、大気環境においては、トリチウムガスになります。それは、生物学的利用能はありませんけれども、生物、そして、化学的な反応で酸化が起こると生物内に取り込まれることになる、生物学的利用能が出てきます。

こちらは、その化学形態について、アレバのラ・アークで行った例です。これはフランスの西部にありますけれども、実験をしました。その化学的な存在形態を、より知見を得るためです。具体的なサンプリングをし、そして処理をし、測定をして、さまざまな物理化学的な形態についての情報を得ました。

トリチウム水、そして水蒸気、あるいは有機結合型のトリチウム、例えば、さまざまな計器を研究室の中で使って行っています。これ用のデバイスを開発しました。非常に効率的に蒸気のトリチウム、トリチウムガスを取り込むものです。

その結果ですが、6回、2013年に行っています。アレバのラ・アークでの大気プルームですけれども、 $6.0 \times 10^{13} \text{Bq/year}$ となっております。そして、煙突からとったトリチウム、2形態がありますが、2.5Bq/Bqというのがトリチウムガスの量です。トリチウムの80%は、このプラントから出たものは、ガスの形態です。生物学的利用能はないものです。

次に生態系におけるトリチウムですけれども、この環境におけるトリチウムの挙動ですが、主な、アレバのラ・アークの放出の形態というのはトリチウム水です。まずは拡散、これは冷却水による移流です。また風の摩擦の速度、また乱流の影響もあります。そして食物連鎖からの移行もあります。生物化学的なプロセス、光合成、そしてトリチウム水素交換、そしてもちろん魚、食物連鎖を通じての移行もあります。

また、海洋と大気の間にも移行があります。交換もあります。また、蒸発、そして拡散。そして、これ「pray」と書いてありますが「spray」の間違いです。乾燥沈着がある、あるいは雨が降って

いるとき、降水のときには、降水による湿性の沈着があります。

もう一つの例ですが、1年間でのラ・アークでの放出ですが、これは英国海峡のもので、 $1.2 \times 10^{16} \text{Bq/year}$ と非常に安定しています。PWRの原子力発電所の場合は、その量は、ラ・アークの再処理工場に比べて100分の1となります。

もちろんモデルを検証するためにトリチウムを使っています。これはモデルの検証、水力学的な検証です。その現場での測定をしています。さまざまなサンプリングをしています。研究用のフランスの船も使っていますし、測定値を使ってモデルの検証をしました。モデルの検証をした後に、希釈係数を算出しました。希釈係数に関しては、その降下物と近いということが重要です。この測定値から正確な結果を計算することができます。ラ・アークの係数を使っています。 $0.76 \text{Bq/m}^3$ 、これは1テラベクレル年ごとの数字です。

また、出量のモデルの検証を行っています。さまざまなフレームやメッシュのサイズで行っています。右側にはトリチウムの放出の例が出ています。これがプルームです。海洋の環境における放出、この海流によるものです。非常に興味深いと思いますし、このエリアの特徴的なものだと思いますが、モデルの検証の後、個々の測定の不確実性は大体50%でした。このモデルは非常に信頼性が高いと言えます。

この拡散の後、生物層での濃度、つまり海洋の海産物の濃度を見る必要があります。幾つかの結果がこちらに出ています。ラ・アークのプラント近隣のもので、トリチウム水、 $10 \text{Bq/L}$ から、 $11 \text{Bq/L}$ がこちらで、それから、 $10 \text{Bq/m}^3$ で、 $1.2 \times 10^{16} \text{Bq/year}$ となっています。

水力学的なモデルですが、左側にはHTO、海水におけるトリチウム水、それから組織自由水、そして右側がOBTです。それから、海水におけるTFWTがあります。

こちらがそのスピードですけれども、ずっと低くなっています。また、この移行の速度、環境での移行の速度を考慮する必要があります。こういった研究をすることにより、トリチウムの半減期を見ることができます。

もう一つの例として、福島原子力発電所での放出があった後、事故の後に行ったものですが、東電の測定値を分析しました。個々の測定値、50から100km以内のもの測定値を見ました。

この測定によりまして、これが濃度です。さまざまなメッシュの濃度を統合したものです。これがセシウム137の時間関数としたときの濃度です。そして、指数関数的な減衰があります。これは海水の入れかわりがあります。またソースタームも推定しました。このシステムは拡散の数値モデルにも使うことができます。

この水の入れかわりに関して、セシウム137の流速の推定を行っています。希釈係数、そして直接の放出から見ることができます。セシウム137の流速に関しては、 $1.06 \times 10^{11} \text{Bq/L}$ の測定値

に掛けることによって推定できます。これは希釈係数です。

逆に、濃度は流速から推定することができます。これが濃度で、こちらが流速です。このような研究から、希釈係数を推定することができます。これが最初のインパクトを計算するステップです。

次は陸上の生態系ですが、これがトリチウムの陸上の環境における移行ですけれども、例えばラ・アークでは核種でHTがあります。そしてHTOもあります。ガスとトリチウム水です。そして風速による移行もあり、また大気の乱流による拡散、そして希釈もあります。

HTは、草の気孔、あるいは生物層の気孔による交換が行われます。そしてTFWTになるわけです。そして、OBTが光合成のプロセスを通じて生成されます。また乾燥沈着もあります。また雨による降水の湿性の沈着もあります。そしてHTに関しては土壌内の拡散があり、バクテリアによる酸化があることによって、HTOもできます。これは生物学的利用能があるということです。

これは大気中での、アレバのラ・アークの再処理施設への放出です。両方の核種に関してですけれども、ガスの放出は2013年低減しましたが、それは大体  $6 \times 10^{13}$  Bq/year となっています。PWRの原子力発電所の放出は、ラ・アークの再処理施設の50分の1です。

トリチウムの移行に関して、風下の距離として、プラントから風下の実験場として設置をしています。インパクトを計算するために、海洋環境と同じようなものを持っています。希釈係数もキシのものがあります。これは希釈係数ではなくて、大気移行係数と呼んでいます。

環境での測定値と放出の総量の比率です。ラ・アークでは  $3 \times 10^{-6}$  s/m<sup>3</sup> となっています。この大気移行係数、距離との関数を見たものです。放出の距離です。そして、この大気の希釈係数を見るときに、クリプトン85、これは希ガスで、これを使ってモデルの検証を行っています。

我々がこのために開発したオートマチックサンプラー、あるいは、キャプティブバルーンなどを使っています。右側の黒い丸が結果、測定値です。ほかの点はモデリングの数字です。非常に大きな食い違い、不一致が、モデルと測定値、実測値などに見られます。

こういった実測を使ってモデルの検証を行います。Gaussianモデルを使うことができます。モデルの検証をして、不確実性は3分の1ということでした。全ての気象条件においてです。

生物層への移行に関して、実際にテクニカルプラットフォームを使って実験をしました。これは、先ほど言いましたように、風下、ラ・アークの再処理施設から風下2キロのところ。トリチウムの移行についての調査をしました。有機結合型トリチウムの蓄積の速度、そして乾燥、また降水の沈着、また微生物によるトリチウムガスの酸化などです。

クリプトン85のモニタリングがここにあります。CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Oのモニタリング、トリチウムモニタリング、これはバブリング、あるいはトラップを使っています。また気象ステーションもありま



す。15日ごとに草と土壌、水、そして土壌の中の水などをサンプリングしています。そしてトリチウムの乾燥沈着のスピードもはかっています。

こちらがその濃度の結果です。ラ・アーグの再処理施設の付近で、インフィールド、現場の実験ですけれども、10Bq/Lというのが大気中の濃度。これは1カ月の平均値となります。

TFWT、これは草の中の濃度です。これは有機結合型のトリチウムです。結論としては、10Bq/L、1年間には $6 \times 10^{13}$ Bqとなります。ラ・アーグで、食品、そして野菜についても濃度を見ましたが、やはり10Bq/Lということで、ほぼ同じでした。

この結果を使って、陸上モデルの検証を行っています。これはTOCATTというモデルですが、これが、そのインターアクションのマトリックスです。さまざまな生態系の部分と、さまざまな部分間の相互作用を示しています。TOCATTは、ほかのプラットフォームにも実装し、核種の計算をしていきます。

海洋、そして陸上生態系間のインターフェイスということですが、ラ・アーグの再処理の大気放出、これは液体の放出、大体4キロ沿岸から行ったところですが、これが風の向きです。そして陸と水の間の特ランセクトをしています。

これは、最大濃度、つまり岸に一番近いところに正規化しています。こちらが、海洋によってエアロゾルの粒子として放出されたもの、コバルト、これは、ラ・アーグの再処理施設から海洋環境に放出されたもの。コバルトの移行がここに出ています。トリチウムとはかなり違います。蒸発、あるいは拡散ということです。そして、この岸に近いところでのトリチウムの濃度、大気中の濃度というのは、海水によるものは5Bq/Lとなっています。

さまざまな結論を導き出すことができますが、まず最初は評価に関してです。どのようにして評価をすることができるか。人の線量の影響を、トリチウムの環境への放出からどう推定するか、その影響を推定するか。

まずは、HTO、HT、そして有機分子という形態を知る必要があります。トリチウムは、トリチウム水として環境に放出されると、それは水のような挙動を示します。そして、生物層への移行というのは非常に速い。組織自由水トリチウムの場合には速い。数時間です。そして有機結合型のトリチウムの場合には時間がかかり、何カ月の単位です。

そして2つ目は、拡散、あるいは希釈ということですが、希釈係数のモデルの検証、これは生物への移行の推定の前提となります。例えば福島の世界では、原子力発電所の近くとなりますが、生物層への移行に関して、環境の中の影響を見るために、全ての環境の種類、さまざまな種類へのコンスタントな比率がトリチウムと水素の間で保たれる。例えば、水と空気、あるいは、TFWTとOBTの比率です。

そして、大気への水ということですが、この経路は、海水に近いところに住む人たちのことを考えるときに、この経路を考えなければなりません。

また、モニタリングをさまざまな環境の生態系について行っていくと。例えば、環境の中のモニタリングシステムは、海水のサンプリング、空気の場合にはコールドトラップを使ってトリチウム水を見る。あるいは、バブリングデバイスを使って、化学的な形態を見ることができます。

また生物層、特に食物連鎖に関しては、乾燥凍結を使って、TFWT、そしてOBTなどに分離することができます。この凍結乾燥した後に、乾燥物質から水を抽出することができます。その測定の後には、シンチレーションカウンターで測定ができます。検出限界は1 Bq/L。そして低レベルの検出に関しては、ヘリウム3のイングローで、★イシュル★ (0:45:11) 分合計を使うことができます。

そして、ラ・アーグの核の再処理施設の近くでは、平均のトリチウムの濃度は、海洋、そして陸上の生態系で10Bq/Lとなっています。

もう一つの結論ですが、これは、ステーキホルダーをフランスでどのように関与させていくということです。これは非常に私も興味を持っているものです。先ほどご紹介した手法は、North-Cotentin Radioecology Groupによって使われました。

疫学的な調査が1997年に行われました。それによって、白血病の症例がフランスのラ・アーグの周辺、ノルドコンテンタンで多いということがわかりました。そして、この白血病のリスクは、生活様式のある側面に関連があるということが示唆されました。つまり、放射性核種が核施設から放出されているということです。

そして、この一般の人の懸念に対応するために、フランスの環境省が、補完的な疫学調査を行って、詳細な放射性生態系の分析をすることを委託しました。これは専門家で、さまざまな背景の人たちからなっている人たちです。例えば検査官、政府の専門家、事業者、そして非政府系の研究室の専門家、そして外国人の専門家ということで、North-Cotentin Radioecology Groupと呼ばれています。

原則的な目的は、このノルドコンテンタンの人たちにとっては、白血病の関連のリスク、そして電離放射線の被ばくレベルを推定するということです。さまざまな側面から見るができます。例えば科学者ですから、もちろん科学的な側面からも見ていきますが、ほかの、科学者でない人たちとの議論、例えば、政府あるいは非政府の研究する人たちとも話することができます。これは非常に有益で、誰にとっても成果の上がるものでした。

再処理施設の放出の分析に関してですが、アレバがこのような手法を使っています。これは気体、液体の放出が2010年に公衆の被ばくにどのぐらい寄与したかということを示したものです。

このNorth-Cotentin Radioecology Groupで、2種類の住民を見ました。まず風下2キロ、ラ・アグから2キロ風下に行ったところにいる農家の人たち。そしてあとは漁業関係者、ゴヤバというところですが、これは海洋の環境での放出点から4キロ行ったところにあります。

この2種類の人たちですけれども、9マイクロシーベルトというのが年間の値、これが農家の人たちで、5マイクロシーベルトパーイヤーというのが漁業関係者でした。

トリチウムの寄与分というのは非常に低くなっています。もちろん寄与分はありますけれども、非常に低くなっており、1%ぐらいです。気体の放出、57テラベクレルという年間の値に対して1%。液体の放出も同様の結果でした。トリチウムの寄与分というのは1万テラベクレルパーイヤーという値の1%でした。

主な、こういった被ばくというのはクリプトン85です。大気の放出に関してはクリプトン85。そして炭素14、そしてヨウ素129が海洋環境での主な寄与分でした。

全般的な結論ですが、フランスのトリチウムの放出は、新しい原子力施設が建設されることによって将来ふえていくということが予想されます。

原子力安全庁は、トリチウムに関して白書を出しています。そしてトリチウムの生態系の中での移行についての知見を改善するよう求めています。この原子力安全庁の副局長であるラショームが、これについてレクチャーをしています。

テクニカルサポートを私たちは提供し、そしてトリチウムの挙動を研究して、人、あるいは生物層に対するより現実的な線量の評価を行おうとしています。もちろん不確実性ありますけれども、それほど大きな不確実性ではありません。でも不確実性は残っています。海洋、陸上生態系における不確実性、例えば、有機結合体のトリチウムの形成のスピード、あるいは湿性の沈着などについてです。

これについては特定のプログラムを行っていきます。先ほど言ったようなVAT0プロジェクトもその一つです。

IRSNとしては、どのようにしたらトリチウムの管理された放出の線量の影響、再出の助けとなるか。まずは海洋、そして陸上生態系のトリチウムの移行のパラメーター化したモデルを開発しています。それによって、さまざまなシナリオテストをすることができます。人の線量の影響についてです。これは感受性、また不確実性の分析も含めて行うことができます。

また、環境モニタリング、さまざまな生態系におけるトリチウムの環境モニタリングの手法、サンプリング手法も開発しています。そして、これについては特許を3つ獲得しています。

また、環境モニタリングに適応した低レベルのトリチウムの計量法も測定しています。例えばヘリウム3のイングローなどです。

トリチウムのモダリア・ミーティング、これはIAEAのグループですけれども、そういったミーティングをこのときに行うことになっています。

ありがとうございました。

○山本（一） 主査

どうもありがとうございました。

では、引き続きまして、スチュアート・ナイプさんからご説明をお願いしたいと思います。よろしくをお願いします。

○スチュアート・ナイプ説明員

お招きくださった経産省に感謝申し上げます。スチュアート・ナイプです。

英国のカラム核融合エネルギーセンターから来ました。オックスフォードにあります。そして、処分、バキュームの部門の責任者を、トリチウムとバキュームのユニットの長をしております。

それではまず、このカラムの施設を紹介し、そしてトリチウム水の処理に関しての選択肢をどう検討したかという話をしたいと思います。

我々の基本的な役割ですが、核融合の実験を行っております。職員1,000名ほど。そして融合施設が2つあります。まずは、JET、欧州トーラス共同研究施設です。これは欧州委員会から委託されて運転しております。

それから、MAST、大型球状トカマク、これは英国のプログラムとして行っております。理論、モデリングの研究を行っております。

それから、技術、材料の研究プログラムも行っております。新しい材料センター、これは核融合分裂施設の物質を扱うためのものをつくっております。

それから、ITER、これは南フランスで建設されておりますけれども、そこから4kg出るということで、その契約もあります。

それから、その先、欧州のコンソーシアム、次の段階、このDEMO炉、実証炉にもかかわっております。現在、概念設計の段階です。

なぜここに来ているかというと、我々トリチウムの化学工学研究を行っているからです。

JETという融合炉を運転しております。JETというのは、この融合施設の中でもトリチウムを燃料として使える唯一の施設であります。この融合炉でトリチウムを燃料として使っています。そこからさまざまな知見が、経験が得られています。

20名以上の科学者、技術者がかかわっております。トリチウム化学工学グループに所属しています。そして、トリチウムシステムへの運転研究開発に関して20年以上の経験があります。それから廃棄物の管理もやっております。

それから、英国のトリチウムユーザーズグループのメンバーでもあります。12年ほど前につくられたグループで、トリチウムの利用者で構成されています。大学、研究所、産業界、それから我々などが参加しています。これはユーザー間で情報交換して、英国全体でベストプラクティスを実践するために設置されたグループです。

トリチウム源と、その利用者に関して、まずトリチウムというのは宇宙線により大気中で生成されます。それから過去の核実験、過去100年間の核実験で生じたトリチウムもまだ存在しております。それから原子力発電所からの放出もあります。核兵器の生産、実験からもあります。

それから放射性核種標識、これは医薬品の臨床試験などで使われております。体内で標識をするために使われていますが、その結果、DEMOが出ます。それから発光装置などからも出ます。

JETでは大型のトリチウム取り扱い施設があります。これは活性ガス取り扱いシステムといわれるもので、右側にその工程全体が写っています。トリチウムシステムの工程全体の写真です。なぜこれがあるかという、JETはトリチウム閉サイクルで行っております。トカマクにそれを供給して、それを回収して、そして再処理して再利用しています。このプラントの設計、この燃料サイクルの閉ループを実証するためにつくられました。90グラムのトリチウムを処理できます。それがこの在庫量の限度です。

トリチウム除去システムを今、建設中です。オンサイトのトリチウム水を処理しようということで、2015年には本格運転開始という予定です。

こちらが、その工程の概要です。4段階あります。まずは水の前処理をして、化学的な汚染物質、炭化水素などを取り除きます。そのきれいな水を電気分解に送ります。水を電気分解して、酸素と水素に分けます。酸素は煙突から排出します。水素のほうは、水素精製プロセスに送ります。パラジウムの膜を使って、その次に、水素の深冷分離を行います。トリチウムが濃縮され、そしてプロセスにまた戻されます。ほかの同位体は環境に放出されます。

なぜこのシステムを構築しているかという、数年前までこのトリチウム水をほかのところに運んでいました。トリチウム水が発生すると、カナダに送って、CANDU炉で再処理してもらってました。このルートが現在は使えなくなりました。というのも、水の中の化学汚染物がカナダで受け入れられなくなったからです。なので、ほかの選択肢を検討することになりました。このトリチウム水を処理することになったわけです。そのプロセスについては、次のスライドで説明します。

我々はシンプルなシステムを目指しました。我々の目的に適ったシステムです。開発したシステムは、必ずしも最新技術を使ったものではありません。最も最先端の技術ではありません。しかし、運転コスト、資本コストを考慮して決定したものです。

設置コストは150万ポンド程度です。このシステムは1日135キログラムのトリチウム水を処理できます。かなりの活性度が高いものです。0.18TBq/Lというかなりの放射能を持ちます。ということは、年間6,000テラベクレルのトリチウムを処理できるということです。

水は排出しません。水は完全に分解されて、水素分子に変換されます。ですので、水が出ることはありません。電力は130キロワットほど消費します。

このトリチウム水処理システムを建設するに当たって、幾つかの選択肢を検討しました。4つの候補がありました。欧州、カナダでの5カ所での立地を検討しました。

この4つの選択肢ですが、精製、水の濃縮、トリチウム除去、そして4つ目が外部の組織を通じての放出です。カラムでは直接放出ができないということで、外部での放出です。

この立地の組み合わせで30の選択肢が出て、そして事前審査をして、そのうち20の選択肢を排除しました。技術的な要件、水を処分すると。そして現在の在庫量、将来の在庫量を処理するというニーズを満たせないということで、20の選択肢を排除しました。

残りの10の選択肢、16の評価基準で審査をしました。これは5つの大項目の中の16の基準です。そして感度分析を行って、5つの項目に加重ケースを与えて、そして結果にバイアスがないかという確認を行いました。一貫性のあるアプローチで評価を行ったわけです。

では、この基準と、スコアリング方法を説明します。まず、可能性、実現性というのが大項目ですが、その中で3つの基準がありました。まずは導入期間。今もう既に導入できるのであるならば5点、1年、3年かかるならば3、それ以上かかるならば1というスコアを与えました。

ほかのサイトも検討しました。そのルートがどれぐらいの期間使えるかということも見ました。短期間しか使えなければ低いスコアを、長く使えるのであれば高いスコアを与えました。

それから、このプロセスの技術的な実証度を見ました。もう既に実証されているのであれば高いスコア、まだ理論的なところにとどまっているのであれば低いスコアということになりました。

それから金銭的な側面も見ました。まずは初期コスト。どれだけの設備投資が必要なのか。初期の契約に幾ら必要なのかということを見ました。もちろんコストが低ければスコアが高いということになります。

それから、次に運転コストです。このプロセスの操業コストです。電力、原材料費、どれぐらいかかるかということを見ました。

それから廃止のコストも検討しました。JETが終了するときには、この廃止の責任が英国政府にあります。ですので、そのコストということも計算しました。

それから、商業的な展開が可能かということも見ました。このシステムを開発して、それを用いてほかの組織の水を処理できるか、あるいは、ほかの組織に技術を売れるかということを見ま

した。

次に環境という大項目ですが、4つの基準があります。

輸送があるならば、その輸送にかかわるこの炭素排出を見ました。カナダまで運ぶということになれば、そのコストが高いということになります。

それから工程内でのエネルギー消費量をはかりました。我々が選んだものは、かなり電気分解などをするということで、電力を使うプロセスになりました。

それからトリチウムの回収。かなり高濃度のトリチウム水が残るというものもありました。

それから廃棄物の減容も見ました。それから二次廃棄物に関しても、その中で検討しました。

それから衛生・安全という大項目もあります。近接性ということで、サイトにどれぐらい近いかということも見ました。

それから手作業がどれぐらいあるか。運転にどれぐらいのリスク、暴露のリスクがあるかということを見ました。それから工程数、工程の中のステージ数も見ました。低いほうが魅力的というスコアです。

それから規制、広報側面も見ました。英国の環境庁の規制を受けますが、そこで廃棄物の投棄の認可を受けるわけですが、既存の許可の中でできるのか、あるいは、その許可を再取得する必要があるのかによってスコアが変わります。

それから現実的にできるかと。そして、現在、将来の法律がどれぐらい影響を与えるかということも見ました。

それから市民の受けとめ方ということも検討しました。水を処理して、トリチウムを回収できるということになれば、これは受け入れやすくなります。廃棄をしなければならないということになりますと、魅力度が下がると。クリーンエネルギーと言えなくなるということになります。

我々、この地元のステークホルダーとの会話があります。これは地元連絡委員会を通じてであります。我々のCOも参加します。政治家、テナント、住民、それから規制当局もこの連絡委員会に参加します。それから地元の地方自治体、英国の議会の議員、欧州議会の議員などとも密接なつながりを持っています。多くがこの委員会に参加します。

それから開放日、あるいは開放のタベというのを設けて、月に一度、地元の方々を招待して、この核融合の説明をします。そしてオープンに、我々がやっている作業内容について議論を行います。

もう一つ我々が行った検討、3年ほど前にやりましたが、利用可能な最善の技術、BATの調査研究を行ったわけです。これは第三者に委託しました。廃棄物に関しての最善の技術を検討し、そして総合的な廃棄物の戦略を立てるという作業でした。放射性のものだけに限らず、あらゆる

廃棄物に関してであります。

そして、地元のステークホルダーや規制当局もこの研究に参加しました。それから中立の技術的な専門家も招聘されました。廃棄物に関してのあらゆる側面を検討し、戦略をまとめました。交通、騒音、排出、こういったものを見ました。

ということで、まとめますと、カラムの背景ということになりますが、我々は核融合の専門の研究所で、15年ほど活動しております。オックスフォードの近く、イングランドの中央部にあります。非常に小さな設備で始めて、今では、これはJETですけれども、かなりの大型の施設を運用しております。トリチウムをここで扱っています。

この英国の原子力公社のもとで行われております。これは核融合、その他の可燃技術を推進するというのが目的であります。

ご清聴ありがとうございました。

○山本（一）主査

どうもありがとうございました。

それでは、ただいまのお二人のご説明につきまして、ご意見とかご質問等ございましたら、ご発言をお願いします。

○柿内委員

まず初めにマロさんに質問なんですけれども、11ページの資料中のもので、一般的にというか、サバンナリバーの再処理施設であるとか、日本の再処理施設では、HTとHTOの比率で見ると、HTOが70%から80%という報告があるんですけれども、ここでHTの比率が80%と高い理由はどうか、ということが考えられるのでしょうか。

○デニス・マロ説明員

まず、ステークホルダーグループの、North-Cotentin Radioecology Groupというステークホルダーグループ、科学者たちが、トリチウムガスとトリチウム水の比率を評価しました。煙突から出たもの、そして計算で見たわけなんですけれども。昨年ですが、手法を開発して、それぞれのトリチウムの形態、濃度を、環境内、そしてプルーム内で測定する手法を開発しました。これは比較的簡単に環境中でプルームを見つけることができます。というのは、リアルタイムの検出器、クリプトン85の検出器があるためです。ですから簡単にプルームを環境内で見つけることができます。

プルームを見つけて、あとすぐに具体的な手法を使って、さまざまな化学形態のトリチウムを収集します。そして、それを分析し、これがその結果です。これはプルーム内の結果です。6回の実験を行って、このプラントから放出されたものの80%がトリチウムガスとなっています。



○柿内委員

どうもありがとうございます。あと36ページの資料について質問があります。

ここで農家と漁業で、トリチウム、ほかの放射性核種あるんですけども、この差、線量としての結果が違うのは、どういったパラメーターが効いて、この差が生じているのでしょうか。

○デニス・マロ説明員

さまざまなパラメーターがありますが、生物層への移行ということがあると思います。例えば大気の放出を考えたら同じパラメーターですけども、海洋放出でも同じだと思いますが、煙突の高さも同じですし、また、拡散係数も同じです。そういったものは同じ、パラメーターは同じです。

しかし、クリプトン、ヨウ素129、炭素14など、そしてトリチウムに関して移行効率は違います。また、クリプトン85は希ガスということですので、インパクトは体に対する照射ということです。人体、そして生物層とのインターアクションというのはありません。

ヨウ素129に関しては、沈着を考える必要があります。乾燥時の沈着、それから雨のときの沈着を考えて、生物層への移行を計算する必要があります。炭素14の移行係数、そしてトリチウムの移行係数を計算するときも同じです。その後、さまざまな食料のキログラムがあります。その線量を計算するための係数があります。主な違いは人体に到達するまでの経路です。そして線量計数です。そこが大きな違いだと思います。

○柿内委員

すなわち内部被ばくを考えるときに、呼吸、吸入による摂取と、食べ物、食品による摂取を評価してこの結果が生じているという理解でよろしいのでしょうか。

○デニス・マロ説明員

すみません、もう一度繰り返していただけますでしょうか。

○柿内委員

被ばくの評価をするときに、内部被ばくとして、呼吸による取り込みと、あと食べ物を食べることによるインテーク、食べ物を食べることによる被ばくのことです……

○デニス・マロ説明員

はい。それが主な理由です。もちろん食品の摂取、そして呼吸を考えていますが、直接照射ということも考えています。これももう一つの違いだと思います。移行係数、それから線量計数、それから人体に到達するまでの経路です。ですから、おっしゃるとおりだと思います。

○山西委員

JETの現在の施設にあるトリチウム量と、年間放出許可量みたいなものはあるのでしょうか。

○スチュアート・ナイブ説明員

イギリスの環境省からそういった規制があります。月当たり10テラベクレル、あるいは年間で50テラベクレルという数値が放出の許可量ということです。

○山西委員

今のトリチウムインベントリーは幾らぐらいなのでしょう。

○スチュアート・ナイブ説明員

インベントリーは、今はかなり低いです。90グラムというリミットにはなっておりません。

○山西委員

水処理システムの電解セルの耐久性はどれぐらいと考えていますか。

○スチュアート・ナイブ説明員

予想としては7年です。これで十分、私たちが今たまっている水、それからJETの運転期間まで予想される水の量を処理するには十分な長さです。このオペレーションの長さというのは、水のクリーニング、全ての汚染物質をクリーニング、洗浄するということが非常に重要です。それと、その寿命とが密接な関係があります。

○山西委員

ありがとうございました。

○立崎委員

2つ質問があります、デニスさんに。それからナイブさんに一つ質問があります。

まずデニスさんへの質問ですが、プレゼンテーションありがとうございます。デニスさんのプレゼンテーションの35ページ、2点目で、この疫学的な調査、それから放射線環境分析ということをおっしゃっています。それから3つ目のところで、この放射線環境調査とおっしゃっていますが、この補完的な、疫学的な調査について少しご説明いただけますか。

○デニス・マロ説明員

はい。私の説明は放射線環境調査に絞ってお話ししましたが、このグループの中でこの疫学的な調査も行っていました。私は、この放射線環境分析のほうにかかわっていました。

その調査を行っている間、私の記憶では4つか5つのグループがあって、1つ目は、環境内での存在量を見ていました。2つ目のグループは、海洋、あるいは大気への放出の分析を見ておりました。これは原子力発電所からの、あるいは再処理施設の放出を見ていたわけでありました。3つ目のグループは、さまざまなこのモデルの活用、モデル評価などを行っていました。それが3つ目のグループです。そして4つ目、線量の計算を行うグループがありました。あともう一つグループがあって、疫学的な調査を行っていたわけです。

○立崎委員

もう少しその疫学的な調査について、詳しく説明してもらえますか。

○デニス・マロ説明員

その結果ということでしょうか。

○立崎委員

はい。

○デニス・マロ説明員

この疫学的調査の全般的な結果、結論ということでしょうか。

○立崎委員

あるいはこの補完的な調査についての今後の計画でも結構です。

○デニス・マロ説明員

この調査というのは、線量計算と白血病の発症増加の関係を見ております。90年代のその増加を見ております。結論としては、そのつながりはないと、因果関係はないと。つまり放射性核種の放出、海洋、陸上での放出と白血病の増加という関連は見られないという結果でした。

○立崎委員

ありがとうございました。2つ目の質問ですが、17ページです。この海洋生物層の濃度の表ですが、この平均の比率、OBTとHTOの比率の平均は1.0ですが、しかしそれぞれのデータを見ると、かなりのばらつきがあります。1.9というのもあります。OBTが非常に高い種もあるようです。モラスクというのは貝のような軟体動物だと思いますが、これは統計的な誤差の結果でしょうか。それとも何か具体的な理由があるのでしょうか。場所、あるいは種によって違うということなんでしょうか。

○デニス・マロ説明員

この比率の進展ということに関しては、時には1以下になるときもありましたし、1より大きくなるときもありました。その理由は、この移行の速度の違いによるものです。トリチウム水と、自由水トリチウムと、この有機結合型のトリチウムの速度の違いです。その2つの間では速度がかなり違います。

例えば、TFWTのほうでは1日ということになりますが、OBTのほうでは1カ月、有機結合の場合には1カ月ということになります。ですので、これは移行の速度の違いによるものです。

それがあらわれているのが、18ページのグラフです。左側、こちらの濃度は海水でのHTOトリチウム水を示しております。それから海草でのTFWTを示しています。組織自由水であります。この2つが非常に近い水準であります。なぜ近いかというと、非常に速い動きをするからです。

しかし右のほうではかなり違います。OBT、有機結合型のトリチウムですが、海草での数値はほぼ一定しています。ということで、余り変化がないということです。こういった水準の違い、あるいは比率の違いというのは、一般的には大体1になりますが、1以上、以下になる場合もあるということです。

○立崎委員

私の理解が正しければ、この比率は一時的にはかなり変動するということですね。

○デニス・マロ説明員

そのとおりです。海草をいつ採取するかによって変わってきます。陸上環境でもほぼ同じことが言えます。その比率は大体1なんです。OBTとTFWTの間では、この草においても1なんです。その時期によって変わってきます。そのプルームが、草、あるいは、その場所に漂った場合、あるいは採取の前に雨が降った場合、異なってきます。その移行の速度が異なるからです。

○立崎委員

ありがとうございました。

もう一つ、ナイプさんに質問です。ページ番号がありませんが、この基準、それから、スコアリングの表の5番で、お伺いします。ここで、パブリックイメージ、国民の受けとめ方ということについては、スコアリングの説明がありませんが、それはどうスコアリングするのでしょうか。それが1つ目の質問。それから、この国民の受けとめ方というのは誰に聞くのでしょうか。

○スチュアート・ナイプ説明員

この項目に関しては、数字を設定するというのが非常に難しかったわけです。そして、これはプラスマイナスということで、ポジティブなときには4、ネガティブなイメージというときには、それなりの数値を与えるということをしました。

○立崎委員

対象者、あるいは、どのようにして情報を収集しているんですか。

○スチュアート・ナイプ説明員

これは私ども独自の解釈です。一般の人がどんなふうに、我々がやったことを感じているかです。

○立崎委員

つまり、そちらでどう感じているだろうというふうに考えた、解釈したということですね。

○スチュアート・ナイプ説明員

そうです。

○山本（一）主査

そのほかご質問とか、ご意見とか。

はい。

○柿内委員

デニスさんに質問なんですけれども、陸域でトリチウムの影響が、濃度上昇が見える距離というのは、どのぐらい離れてまで、例えば、このラ・アークですと認められているのか。ひいてはモニタリングをするには、どのぐらいの範囲でモニタリングすれば十分だとお考えでしょうか。

○デニス・マロ説明員

このご質問に対するお答えですが、まず第一に申し上げたいのは、かなりの実測測定を行ったということです。クリプトン85に関して。ラ・アーク再処理施設の周囲です。先ほど言いましたように、非常に興味深い、有益なプルームのトレーサーとなっています。

そして、さまざまな気象条件に関して、プルームが見つかったのは、煙突、スタックに近いところでした。比較的近い場所です。すなわち大体700メートルぐらいのところ。大半の放射性核種は、煙突、スタックから放出されています。それは100メートルのところ。です。

それぞれの固有の地形の条件があり、ラ・アークは丘の上にあります。180メートルぐらいのところ。ラ・アークの周囲には水面があります。風が吹いているときには、大体それは海から吹いてくるんですが、海水と、その丘との違いで、下向きの風が吹きます。煙突から出たすぐ後にです。

また、かなりたくさんの建物があります。高い建物があつて、それによって、風、乱流が起きます。つまりプルームが非常に煙突に近いところに来ます。垂直方向の風が吹くためです。

その後、ラ・アークの再処理施設の事業者がこの結果を考慮して、クリプトンをモニターすることにしましたが、トリチウム、そして炭素14もモニタリングをすることにしました。5つのエリアに関してです。5つのモニタリングステーションです。5カ所でのモニタリングということです。その場所は、1,500メートルから数キロといったところだと思います。トリチウムのモニタリングに関して。

トリチウムのモニタリングということに関しては、アレバが、バブリングシステムを使っています。その化学形態を評価するためです。その化学形態の濃度です。つまり、トリチウム水とトリチウムガスのそれぞれの濃度を評価するためです。

○山本（一）主査

そのほかありますか。

○上田対策官

すみません、ちょっと事務局から申しわけございませんが、非常にシンプルな質問をさせてく

ださい。

イギリスのほうのクライテリア、スコアリングについては、これは、つくられたのが誰なのかということと、評価は誰が行ったのかということと、あと、つくられるのにどれぐらいの期間を要したのかということをお聞きできればということと、あと、デニスさんのほうには、イギリスと同じような、こういった評価をやった経験があるのかどうか。フランスの中でのトリチウムの取り扱いの選択肢でありますとか、評価についての実績についてお聞きできればというふうに思います。

○スチュアート・ナイブ説明員

私どもが使った手法は、行動規範、あるいはガイダンスノートというのが環境省から出てきています。つまり、こういった調査をどのようにするかというガイダンスが出ておりますので、それに従いました。規制当局からのアドバイスに従ったということです。

この調査を行ったチームは、これは比較的小規模な調査で低インパクトのものでしたので、内部の人だけでやりました。内部の規制、そして保安規制の担当、そして環境、また保健に関する部署がありますので。廃棄物管理、そして運転の人たちなどもかかわりました。

それから期間に関しては、大体2日間ぐらい人が集まってやりました。もちろんその前に準備というのがありました。

○上田対策官

評価の結果とかというのは、一般の人はアクセスできるのでしょうか。

○スチュアート・ナイブ説明員

この結果は、ローカルのリエゾン委員会に我々の将来の計画の一環として出されました。そして規制当局にも提出しています。こういったプロセスを踏んだのか、こういった基準を選んだのかについての詳細も報告しています。

○デニス・マロ説明員

私の主な経験は、フランスにおきましては、一般的には事業者、フランスは、CA、アレバ、EDF、フランスの海軍になりますが、こういった手法を使っています。施設のインパクトを評価しています。

かなりの議論をほかの人たちといたしました。例えば、カナダの方々とも、トリチウムの移行、そしてインパクトの評価についてです。カナダの原子力安全委員会とも協力をしています。この手法を改善し、このベストトレイスメントの手法を改善しようとしています。つまり、この手法、そしてモニタリング、そしてモデル化を、カナダとフランスの間で比較もしています。非常に興味深い、そして成果の高い協力となっています。

特にトリチウムに関してはそうです。というのは、カナダはトリチウムを放出しています。少量ですけれども。ベクレル濃度が非常に重要ですが。カナダのCANDU炉、原子炉からのものになります。この発電所は運転に重水素を使っています。重水素との相互作用でトリチウムがつけられます。PWRよりもそれは高い値となっています。

もう一つは、北米ではトリチウムを使って光をつくり出すことができます。例えば、緊急用の光、兵士のための照明ということです。ある特定の赤外線などで、あるところでは見えないようにするような照明です。この光を生成するためにトリチウムの使用が比較的高い。そのために、強力な協力をカナダの原子力安全委員会とも、トリチウムに関して持っています。

#### ○豊口企画官

また事務局からですみません。きょうは貴重なご意見、有益なプレゼンテーション、ありがとうございました。一つ、ナイプさんに質問と、あとお二方に共通の質問をさせていただきたいと思えます。

最初、ナイプさんですけれども、クライテリアのスコアリングの表がございましたが、これ、全てのクライテリアごとに、重みづけというか、クライテリアごとの優先順位とか、どちらにウェイトを重く置くというような違いがあるのかというのが一つ質問です。

それから、お二人に共通の質問は、きょう事務局のほうから資料の2というものを、議論の途中のものですけれども、お示しをさせていただきましたが、ちょっとわかりにくかったかもしれませんが、これについての感想なり、コメントなりがあればいただきたいなというふうに思いますが、よろしくお願ひします。

#### ○スチュアート・ナイプ説明員

まず1つ目の質問に対する答えですが、等荷重です。全ての基準を同じ重みづけをしています。しかし感度分析を行っています。それは、その重みづけの係数をそれぞれの大項目に適用して、その結果、何らかのバイアスが生まれるかと、ひずみが、偏りがあるかということを検討しています。

そして、この重みづけを加えても、最終的に選んだものが一番よかったと。このトリチウムの除去のシステムというのが一番よかった。ほかのところは評価が変わったけれども、これは常に一番いい評価が出たということです。

それから、先ほどの選択肢を示したチャートですけれども、まだこれを細かく見る時間がありませんでしたけれども、しかし十分な選択肢がそろっていると思えます。まず第1段階で、これをかなり絞り込まれたと。で、このような選択肢が示されていると。合理的な選択肢のリストとなっていると思えます。今後、最終的に皆さんが評価をされて、どういう結果になるか、関心を

持って見ていきたいと思えます。

先ほど、30年間、40年間かという議論がありましたけれども、実はその期間というのは、我々のほうでも重要な要素となりました。規制の要件として、我々の問題に関して3年以内に解決策をとることを求められました。ということで、我々としても、まだ試されていない新しい技術は考慮できないという、そういう制約があったわけです。

○デニス・マロ説明員

まだこれは詳細に読む時間はありませんでしたけれども、一言コメントさせていただきますと、前にもフランスでありましたが、トリチウムの影響ということについて、もちろん厳密に定量化するということが必要ですが、しかし、ほかの核種と比べると非常に低いわけです。

例えば、海洋、あるいは大気への放出という選択肢もあります。この選択肢ですが、私としては、これはしかし、厳密に定量化することが難しいというふうに考えております。我々が、今、持っているツールで、その影響を定量化することは難しいと考えております。その影響というのは、トリチウム水のさまざまな濃度でどうなるのか。そして、それを基準と比較してどうなるかということですが、フランスでは、アレバのラ・アークの施設の周りで、この大気トリチウムの基準があります。その濃度の評価を行っています。そしてその後、定量化の後、もちろんこの線量の影響、人口に対する線量の影響を評価していかなければなりません。

具体的には、この海洋に関して、漁業従事者にどういう影響があるのかということを見ていかなければなりません。大気に放出するというのであれば、当然、農家などへの影響を計算していかなければなりません。それぞれの特定の集団に対しての影響を見ていく必要があるわけです。

まとめると、これについて特に意見を言うということは難しいんですが、しかし、この手法については一つ言えることがあると思えます。影響を評価し、計算をしていくという中で、さまざまな選択肢を比較するということだと思いますが、影響ということに関しては、パラメーターもいろいろあると思えますが、私、必ずしもその専門ではありません。

○豊口企画官

どうもありがとうございました。

○吉田事務局長補佐

ナイプさん、またはスミスさんにお伺いしますが、CCFEのWDS、water detritiation systemについて、出てくるものについて、ネグリジブルな量のトリチウムが水素と一緒に出てくるということですが、その分離係数、DFで申し上げますと、何分の1ぐらいまで、このトリチウムが落ちると、落ちるもの、落ちるシステムなのでしょうか。

○ロバート・スミス説明員



トータルのDF係数は、その投入する水の種類によっても変わってきます。最大1日放出量は、この許認可された10ギガベクレルの10%ということになります。そして放射能が低ければ、その放出量も小さくなるということになります。

このシステムの構成ですが、最終的には深冷分離を使っています。ですので、何をインプットするかによって変わってきます。我々の設計では2つの上流のカラムがあります。放射能の低い水であれば、並行して処理して、スループットを上げます。放射能が高くなると、そうすると、この2つのカラムを直列でやります。そこでさらに除去するわけですが、そういった形で柔軟に対応ができます。最悪でも10%、4ギガベクレルパーデーの10%ということになります。

○吉田事務局長補佐

ありがとうございました。

○山本（一）主査

そのほかにご質問がございますか。

○立崎委員

ここの最初の上田様の課題等への質問でもよろしいですか。それともそれは後にしたほうがよろしいですか。

○―― 後にしましょう。

○山本（一）主査

森田委員、野中委員、何かございますか。

ないですか。はい。

○森田委員

事務局から一度情報提供をしていただきたかったんですが、今のナイプさんの説明にあったように、処理量がここに示されていたんですが、我々が処理しなければいけない量というのは一体、もう一度再確認したいんですが。ナイプさんの資料ですと、34m<sup>3</sup>が1年なので、これの掛ける7年ぐらいで処理をするという資料だったと思うんですが。我々が、日本として、日本が処理しなければいけない量というのは一体どのぐらいあるのか。

○上田対策官

これについては第2回目のときに東京電力のほうからご説明があったと思いますけれども、今、あるいは今後、福島第1発電所から出てくるだろうその汚染水、トリチウムの量、これが当面の対象になるということだと思います。

○森田委員

その量を再確認したかったというだけの話なんです。

○松本オブザーバー

すみません、少し席を外しておりました。トリチウムの全体の量といたしましては、現状、計算をしたものとしては、1、2、3号機あわせて全体で、事故当時に炉内にあったものということで、 $3.4 \times 10^{15}$ という数字がございます。ベクレルでございます。これは全量として評価をしたものでございまして、このうちの何割かが、今、水の中に溶け込んでいるということでございまして、概略で申し上げますと、 $10^6$ Bq/Lというレベルの、 $10^5$ から $10^6$ Bq/Lという水が約30万トンということでございます。

○森田委員

その量に対して、その量を聞いて、ナイプさんとかに質問したいわけなんですけど、処理できる量なんだろうかとということが、ちょっと私もよくわからないんですが、どうお考えですか。

○スチュアート・ナイプ説明員

私どもの技術を使ってという質問でしょうか。それとも、このシステムを使ってそれだけのトリチウム水を処理できるかということをお聞きになっているのでしょうか。

○森田委員

この技術をベースにして、また新しくシステムをつくり直すとしても、技術的に我々が処理できるような量のスケールなのかということです。

○スチュアート・ナイプ説明員

もちろん可能だとは思いますが。このシステム、もちろんスケールアップすることもできます。ただ、それだけの水量を処理するということになりますと、かなりの資本、資質も必要である、そしてエネルギーの消費量もかなり莫大なものになると思います。トリチウムのその量というのは、我々が処理しているものと似たような量ですけれども、もっと既に濃縮されたものを我々はやっているわけです。

○立崎委員

デニスさんに質問なんですけれども、トリチウムを放出されているんですけれども、その総量に年間当たりの規制というのがフランスでは存在しているのかということと、もし存在するのであれば、その量、もしくは濃度の基準というのは、線量を評価した上で決まっているのか、そうではないのか。その点について教えていただきたいんですけれども。

○デニス・マロ説明員

そのご質問にお答えしたいと思いますが、ジョニー・クラロシウムがこのトピックについての講義をすることになっています。その放出の制限値はあります。それから、環境中の濃度についての規制もあります。私はそれについては専門家ではないので、ただ、あるとは思いますが。例え

ば濃度の制限値ですが、大気中のトリチウムの濃度に関しては、ラ・アークの再処理プラントの周囲であると思います。もう一つ、線量の計算も行っています。でも、私ちょっと。5つの測定地点があって、その線量と濃度をはかっていると思いますが、申しわけありません、ちょっと専門ではないので。

○山本（一） 主査

大体予定の時間になりましたが、全体を通じてのコメントとか、複数の選択肢、評価項目に関するコメント等なにかありましたら、質問等ありましたらご発言願いたいと思いますが。急にこう言われても困るかな。

特にないようであれば……、はい、じゃ、どうぞ。

○立崎委員

最初にご説明いただいた資料1に関してなんですが、ご説明で、分離後の高濃度トリチウム水について、固化して埋設廃棄するところを加えたということなんですが、図を見ると、この濃縮側のトリチウムの緑の点線が、直接、固化、ゲル化、地下埋設には入っていないですね。

この矢印の見方として、例えば、上半分で緑の点線は各カラムに行っているんだけど、赤い直接処理のほうは1つおきに行っているというのは、これは例えば、直接、海洋放出というのは考えていないという意味なんですか。

○上田対策官

この点につきましてもご意見をいただきたいところではあるんですけども、今現状あるものをそのまま、例えば海洋放出をするということについては、告示基準との関係とかでも、選択肢にならないのかなということで、事務局としてはこれで提示をしているところでございます。

○立崎委員

わかりました。そうすると矢印は全体ではなくて、それぞれの行に行っているということですよ。それであると、きょうご説明になった高濃度トリチウム水を固化、埋設廃棄する方法は、検討したけれども、ないというご判断だったということなんですか。

○上田対策官

前のご指摘のときには、分離をした場合の高濃度トリチウム水について、固化して埋設廃棄するほうが抜けているのではないかということで、その廃棄のほうに印をつけておったんですが、地下に埋設廃棄、固化・ゲル化をして地下に埋設廃棄というところについて、何か検討して抜いているというわけではございませんので、可能性としてあるということであれば、ここは することもあると思います。

○山本（一） 主査

そのほか何かございましたら。

それでは、デニス・マロさん、それから、スチュアート・ナイプさん、どうもありがとうございました。

本日は、総合評価に向けまして、フランスとイギリスの取り組みをお聞きしました。日本は、結論ありきではなく、特定の選択肢に予断を持たせることなく議論をしているプロセスの今、最中でございます。いただきましたコメント並びに指摘事項を踏まえまして、今後の進め方に生かしていきたいと考えております。

次回、トリチウムを海に放出する方法以外の選択肢、方法、具体的には蒸発、濃縮法を選択したアメリカの例を紹介できるように、有識者の招聘を現在調整中であります。

その他の連絡事項もあわせまして、事務局からご説明をお願いします。

#### ○上田対策官

長時間ありがとうございました。次回につきましては、改めてまたご連絡させていただきますが、3月下旬ごろを予定しております。日程調整が済み次第、またご連絡をさせていただきます。また引き続き、個別にご協力お願いすることもあると思いますので、よろしく願いいたします。

#### ○山本（一）主査

それでは、これもちまして、第5回目のトリチウム水タスクフォースを閉会いたします。

ありがとうございました。

—了—