2019年12月20日改

テクノブリッジ　谷口

ALPS処理水（トリチウム汚染水）処理のシナリオ

溜まり続ける汚染水

→・一刻も早く処分することが求められる。

・タンクに貯め続けることは反ってリスクが大きい。

→・再び地震・津波が来ればコントロルされないで海洋に放出。

→・全量を検査して、安全な基準で外洋に放出するしかない。

・トリチュムの海洋放出は世界中で行われており、当然稼働している日本国内のすべての原発もトリチュ含有処理水は海洋放出している。

・トリチュムを除去することが技術的・コスト的に難しいのであれば、海洋放出しかない。

放流の基準

①環境省「放射能濃度等測定方法ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ」でセシウム137と134合算して90Bq/kg以下

②国際的に認知されたトリチュム水の海洋放流基準：6万Be/ℓ以下

③福島第1原子力発電所保安規定で示された放出基準：22兆/年以下

・①の計測技術は既に中間貯蔵施設で確立されている。

②の計測技術はバッチシステムとしては確立しているが、連続全量検査システムの技術は従来無かった。

⇒本提案はトリチュムを含む放射能全量検査の技術を示すものである。

原則　・可能な限り減容化する。⇒海水での希釈は減容化に成らない。

⇒減容化若しくは線量低減技術の開発が必要

・高濃度汚染水と、低濃度汚染水と分別する。

⇒高濃度汚染水は当分継続保存

⇒低濃度汚染水（10万Be/ℓ以下）は希釈（5万Be/ℓ以下）して海洋放出

・海洋放出にはトリチュムだけではなくその他の放射能も含めて全量計測を行う。

今後の取り組み

・技術上の取り組み

★減容化若しくは線量低減化技術の開発

☆トリチュムだけではなくその他の放射能も含めた全量計測技術の開発

→予算を計上して、全国からの公募による実証試験の実施を行う。

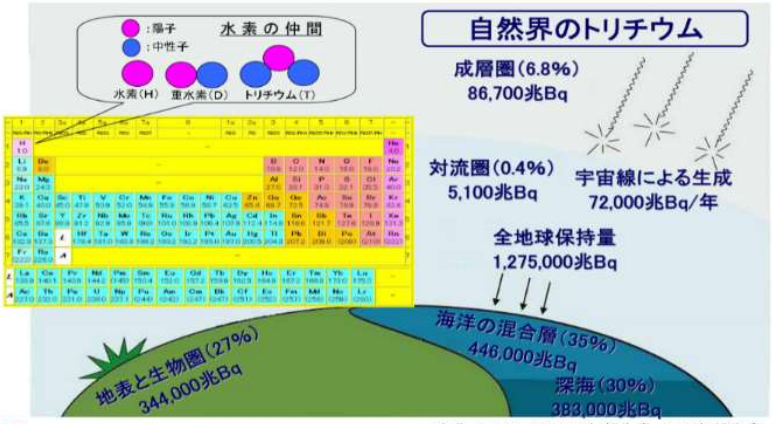
5グループほどの選定：予算規模約2億円

・国民および国際社会の理解を得るための啓蒙および広報活動

☆シンポジュームの開催、報道機関への情報提供、政府広報の活用

→予算規模5億円

１．自然界のトリチウム



出典：UNSCEAR 2000年報告書、1977年報告書

トリチウムは
自然界には一杯有る

２．トリチウムの性質

トリチウムの特性は一般的に以下のとおり
- ○化学上の形態は、主に水として存在し、私たちの飲む水道水にも含まれています
- ○ろ過や脱塩、蒸留を行なっても普通の水素と分離することが難しい
- ○半減期は12.3年、食品用ラップでも防げる極めて弱いエネルギー（0.0186MeV）のベータ線しか出さない
- ○水として存在するので人体にも魚介類にも殆ど留まらず排出される
- ○セシウム-134、137に比べ、単位Bqあたりの被ばく線量（mSv）は約1,000分の1

放射性核種	放射性物質を１Bq飲み込んだ場合（経口摂取）	
	線量係数（mSv/Bq）	カリウム-40（自然界核種）との比較
トリチウム	0.000000018	0.003
セシウム－134	0.000019	3
セシウム－137	0.000013	2
カリウム－40（自然界核種）	0.0000062	1

※ 線量係数は「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示（経済産業省告示）」の別表第2（第3欄）に定められた値
※ 残留期間は「ICRP Publication 30」より引用

トリチウムの影響は
セシウムに比べて 1/1000

３．トリチウムの分離技術

- トリチウム分離に係る主なプラント実績

カナダ：重水炉(ダーリントン)におけるトリチウム分離、韓国：重水炉(ウォルソン)におけるトリチウム分離

日本：ふげん重水精製装置※、EU：ITERトリチウム水処理装置(設計段階) ※重水精製過程において、トリチウムも分離される。

- **いずれの技術についても、福島第一原発に貯蔵されている処理水と量・濃度※の点で桁が数オーダー異なる。** ※貯蔵量：約112万m3、濃度：100万Bq/L、必要となる処理量500m3/日程度

プラント実績	分離技術	運転開始	入口濃度	分離係数	処理量
Darlinton Tritium Removal Facility（カナダ）	同位体交換＋水素蒸留	1988年	0.4～1.3兆Bq/L	10～100程度	8.6m³/日
Wolsong Tritiumu Removal Fcility（韓国）	同位体交換＋水素蒸留	2007年	0.04～2兆Bq/L	35程度	2.1m³/日
ふげん重水精製装置(Ⅱ)（日本）	同位体交換	1987年	0.1兆Bq/L	2万5千	0.03m³/日
ITERトリチウム水処理装置(設計段階)(EU)	同位体交換※＋水素蒸留	2027年(予定)	0.4兆Bq/L※	10万※	0.48m³/日※

※ 同位体交換部分についてのデータ

→ 結果的にはトリチウムを分離する技術は無い

４．トリチウム水タスクフォースの検討―処分方法の技術的評価

・設定条件　①処 分 量：80 万㎥（検討当時）　→　現在 116 万㎥

②処分速度：400 ㎥/日（検討当時）　→　現在 1000 ㎥/日

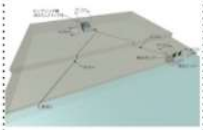
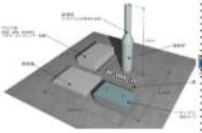
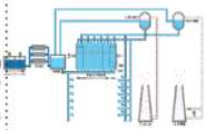
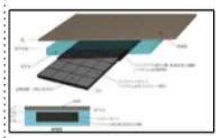
・実績のある技術　→☆海洋放出（全世界）

☆大気放出（スリーマイル、韓国）

・方針:上記 2 案を骨子に検討　→海洋放出が最善との結論を得る方向で調整

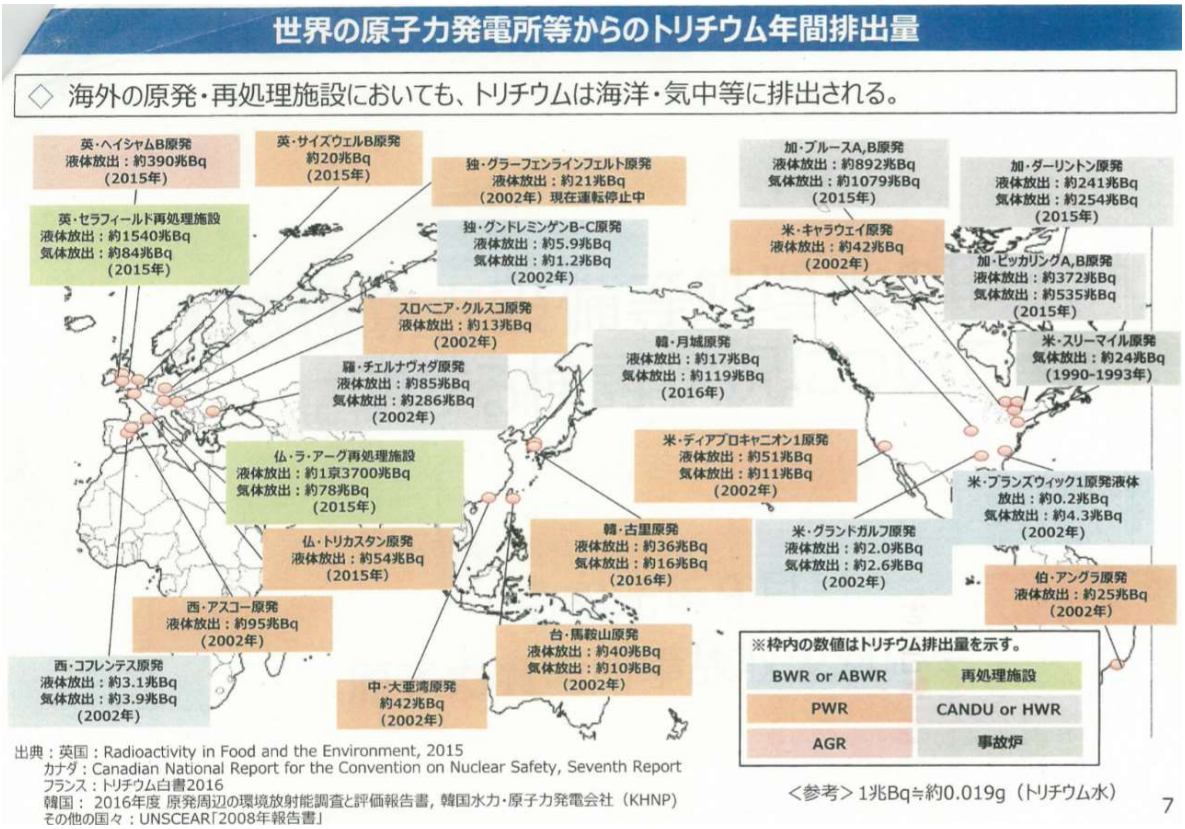
◇ 制約となりうる条件（期間、コスト、規模、2次廃棄物、作業員被ばく等）

表　トリチウム水タスクフォースの基本要件の制約条件の評価について（ケース⑤の場合）

処分方法	① 地層注入の例	② 海洋放出の例	③ 水蒸気放出の例	④ 水素放出の例	⑤ 地下埋設の例
イメージ図	※希釈なし	 ※希釈あり	 ※希釈なし	 ※希釈なし	 ※地下水位より深い位置
期間	104＋20n ヶ月 912 ヶ月（監視）	91ヶ月	120ヶ月	106ヶ月	98ヶ月 912ヶ月（監視）
コスト	180＋6.5 n 億円＋監視	34億円	349億円	1,000億円	2,431億円
規模	380m³	400m³	2000m³	2,000m³	285,000m³
2次廃棄物	特になし	特になし	処理水の成分によっては、焼却灰が発生する可能性あり。	2次廃棄物として残渣が発生する可能性あり。	特になし
作業員被ばく	特段の留意事項なし	特段の留意事項なし	排気塔高さを十分にとるため、特段の留意事項はない。	排気塔高さを十分にとるため、特段の留意事項はない。	埋設時にカバー等の設置による作業員の被ばく抑制が必要。
その他	適切な土地が見つからない場合、調査機関・費用が増加。	取水ピットと放流口の間を岸壁等で間仕切る場合には費用が増加。	降水条件によっては放出の停止の可能性があり、多少期間が伸びる可能性あり。	降水条件によっては放出の停止の可能性があり、多少期間が伸びる可能性あり。	多くのコンクリート、ベントナイトが必要。残土が発生する。

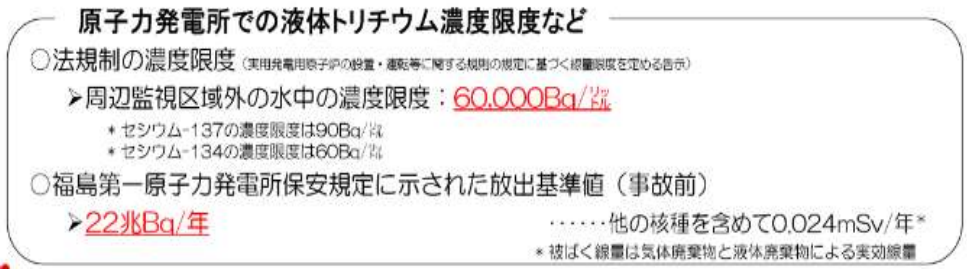
最も安全で、最もコストが安い手法
ただし、正しい濃度計測が必須

５．世界中の原子力発電はトリチュウムを海洋放出している



・当然日本の稼働している原発もトリチウム水は今も海洋放出している。

・これだけのトリチウム水が海洋放流されていても 50 年間健康被害も報告されていない。



６．トリチウムの濃度限界

忘れられている原子力規制庁と東電との合意に基づく放出基準（事故前）

＝22 兆Bq/年　→このレベルは当時の規制庁も安全と認識

海洋放流には両方（濃度基準と放出基準）を満足させなければならない。

試算：・1 日の処理量：1500 ㎥

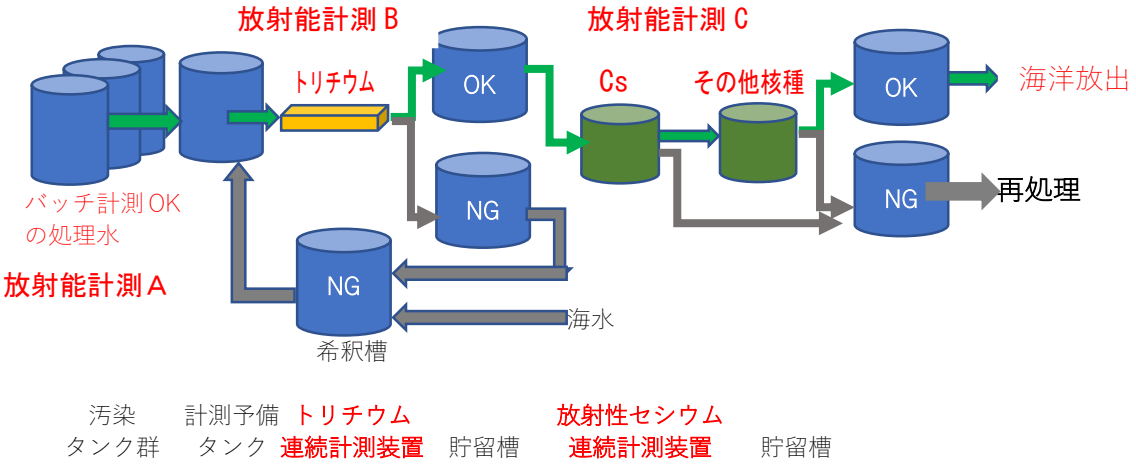
・1 年の処理量：42 万㎥（280 日稼働）

・平均濃度（5 万 Bq/ℓ）として、

トリチウムの年間の放出量＝$5\times10^{7}\times4.2\times10^{4}$＝21 兆 Bq/年<22 兆 Bq/ℓ

・～5 年間で大方のアルプス処理水は海洋放出で処分できる。

７．取り組む実施プラン例



従来のバッチ計測→トリチウムの全量検査→セシウムの全量検査→海洋放出

① 従来の放射能計測によるバッチ計測（放射能計測 A）で ALPS 処理水タンクごとに残留放射能濃度（当然トリチウムも含む）を計測し、海洋放出の基準を満たしている ALPS 処理水タンクを海洋放出の候補とする。

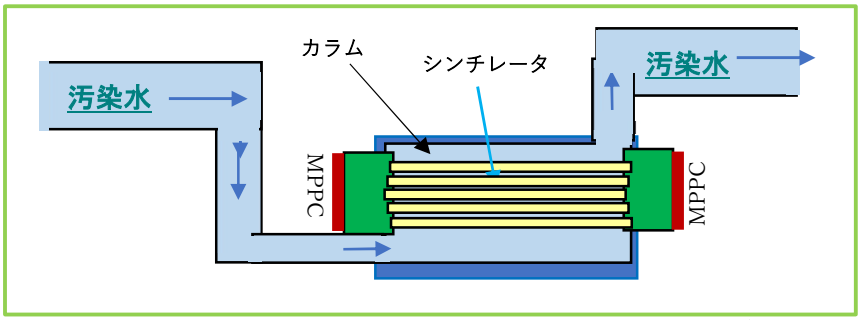
② 海洋放出する ALPS 処理水タンク内の汚染水は 400ℓ/分/システムで全量を連続計測（放射能計測 B）する。
処理能力：500 ㎥/日/システム、3 システム並列で 42 万㎥/年以上、現在の 115 万㎥は～5 年で海洋放出完了できる。

③ 本提案によるトリチウム全量連続計測装置を用いて海洋放出の国際基準（6 万 Bq/ℓ）の以下の濃度の ALPS 処理水を海洋放出の候補とする。

④ 海洋放出の ALPS 処理水は放出前に最終的に全量を再度放射能濃度の連続計測を行い、放流基準（放射性 Cs の濃度 90Bq/ℓ以下，その他核種についても基準以下）を満たしたものを海洋放流する。この連続計測システムはすでに中間貯蔵施設で確立され、実用化されている

８．提案技術

トリチウム水が発するβ線を測定する連続計測型シンチレーションカウンターである。トリチウム水の流れる配管に設置し、高感度での連続測定を目的とする。汚染水処理に際しトリチウム水濃度の連続測定を可能とする。そのイメージを示す。



．オンライン用トリチウム連続計測装置のイメージ

ALPS 処理水はシンチレータと検出器で構成されるカラム内に導かれる。カラムは数千本の放射能シンチレータと光増幅検出器で構成される。処理水にトリチウムが含をまれているとトリチウムのベター線がカラム内のシンチレータを励起し、蛍光は発する、この蛍光を光り増幅器 MPPC で検出されて、その強度よりトリチウムの濃度が求まる。

試作に成功した細管シンチレータの外観を図 3 に示す。シンチレータは最近の技術で製作された、GaGG シンチレータで、大きさは 1 ㎜□×150 ㎜である。

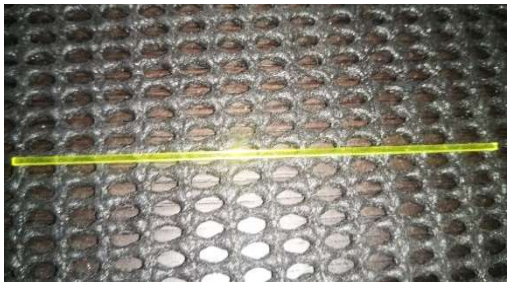


図５．GaGG シンチレータで、大きさは 1 ㎜□×150 ㎜

９．これからの政府のアクション

①トリチウムの健康被害の風評の払拭のための行動

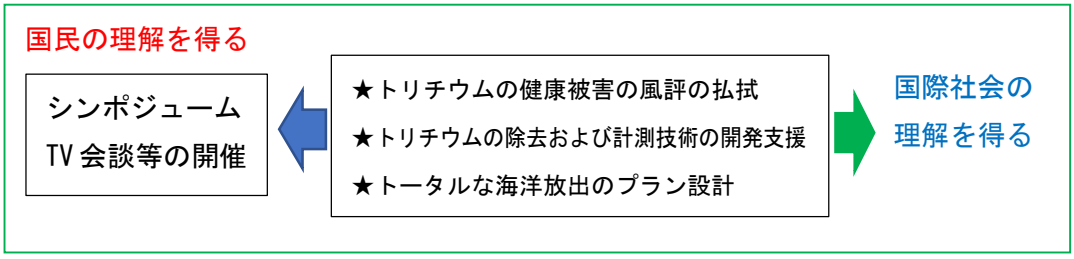
安全であることの広報活動の展開。

TV シンポジュームなどをとして、海洋放出の安全性の情宣活動の展開。

②トリチウムの除去および計測技術の開発支援

大学などで検討と研究が進められている。これらの内有力な技術については開発予算を設けて開発を加速させる。

③トータルな海洋放出のプラン設計

現在の提案を基軸に海洋放出のプラン設計に着手する。

併せて、実現を加速するために、TV シンポジューム等を通して、国民、国際社会の理解を得る作業を推進させる。