

How to dispose the contaminated water currently stored in the tanks at the destroyed Fukushima Nuclear Plant ?

Here, we propose

“Injection into Reservoirs in Deep Underground”

Do not carry out the plan to release the water into the ocean!



September 2021,

Haruki Kurihara

JCFU(Japan Coastal Fisherman's Union)

This report is based on the Proposal by Dr. Kazuo Nakayama, published in a quarterly magazine “Bungei Shichou” no.80, Summer 2021

The best solution to dispose 1.28 million tons of Tr-contaminated water in the tanks(*) is

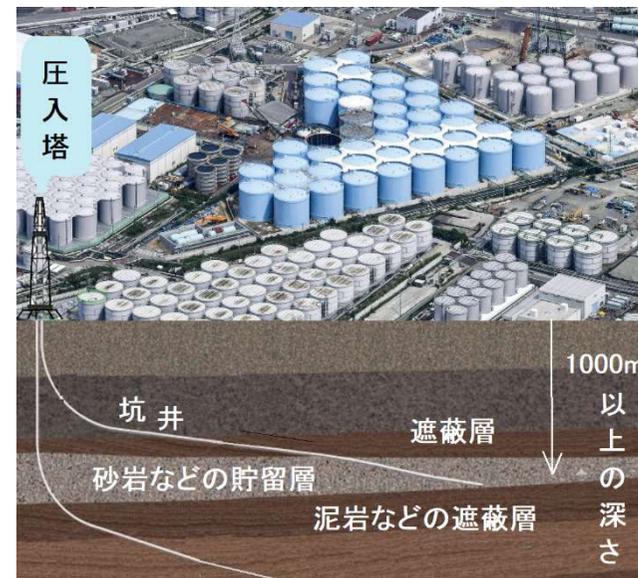
Injection into Reservoirs in Deep Underground

"Fast": Only 3 years to empty all the tanks (20 years if released into the ocean)

"Practical": Already demonstrated with the 300 thousand tons of CO₂ injection under the METI's CCS Project

"Of the least concern to harmful rumor": No leakage into the environment for more than 1000 years

"Low cost": Only 20% of the Frozen Barrier constructed in 2016



(*) <https://www.tepco.co.jp/en/decommission/progress/watertreatment/index-e.html>

What is “Injection into Deep Reservoir”?

“Injection into Deep Reservoir” is a **practical method** used widely in oil industries to return byproduct-water into a porous sedimentary rock layer (=reservoir) in underground deeper than 1000 meters.

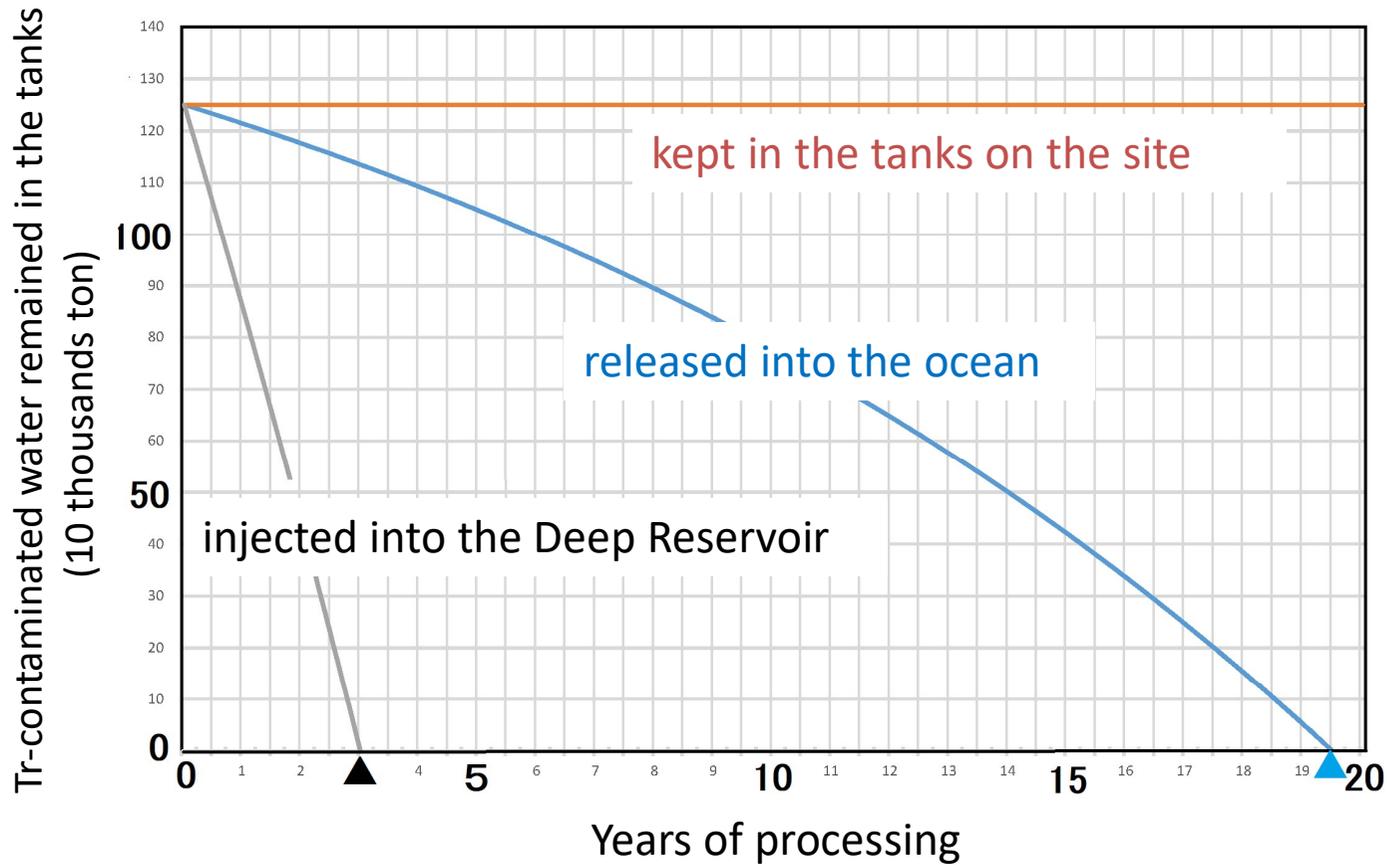
We propose to apply this method on the Tritium-contaminated water stored at Fukushima Nuclear Power Plant, and store it in **the reservoirs deep under the plant site.**

METI, the Japanese Ministry, supervising the decommissioning operations of the damaged nuclear power plants, had also supervised the Carbon Capture and Storage Project, which had injected and stored 300 thousand tons of CO₂ in November, 2019^(*).

Through this project, **MITI has well known on what “injection into deep reservoir” method is.**

(*) https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ccs_tomakomai.html

Within 3 years, 1.28 million tons of the water can be disposed by injecting it into the deep reservoir



Perfect Isolation may **minimize the harmful rumor**

- **“Storage in deep reservoir is designed to seal waters for more than 1000 years.**

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) says **“(Using this method,) CO₂ can be sealed within the reservoir for more than 1000 years”**. (*)

- **No leakage had been observed even after hit by big earthquake.**

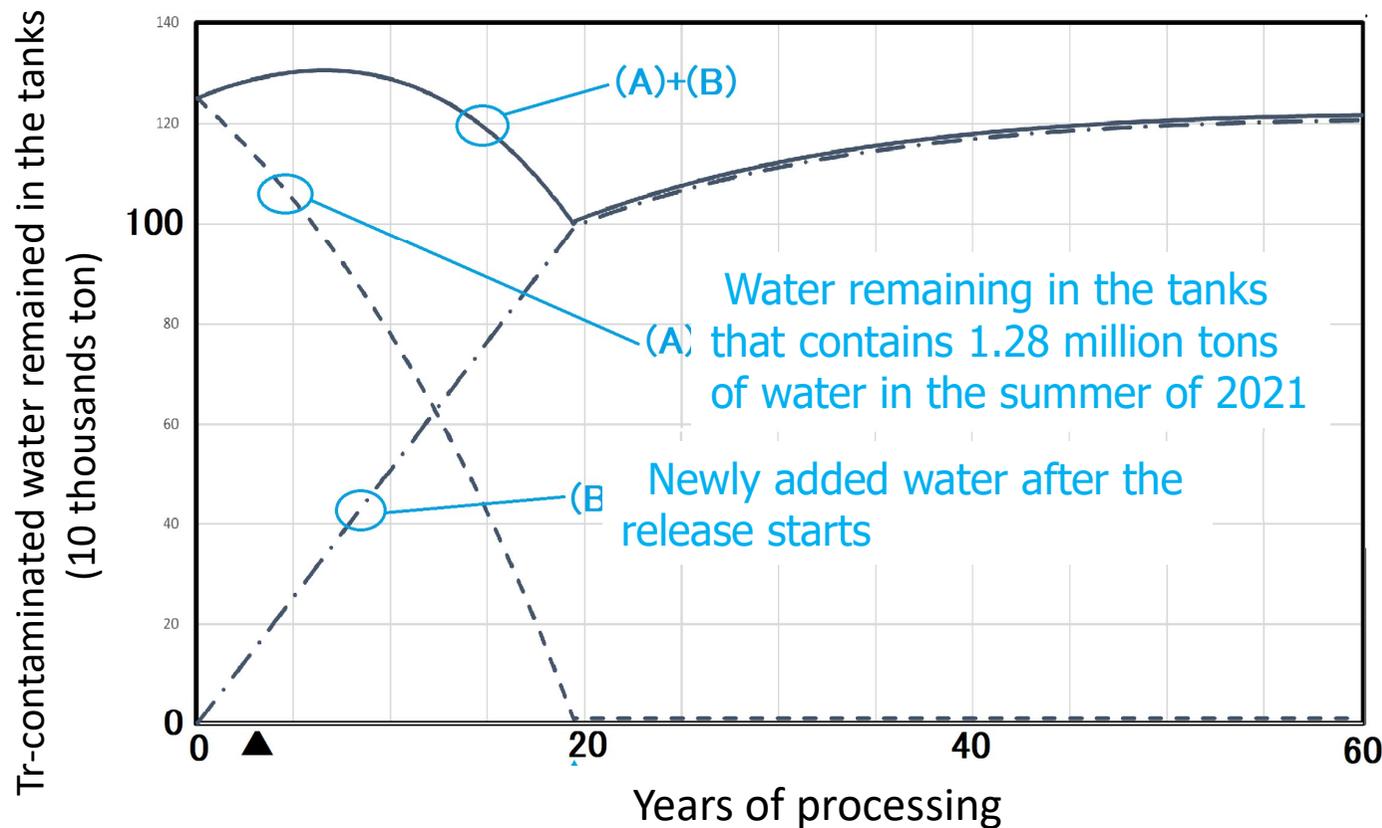
There was an earthquake with an intensity of 5 and its epicenter was as close as 20 km to the CCS site. (*)

(*)https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ccs_tomakomai.html

“Releasing the contaminated water into the Ocean” may not decrease the tanks.

About 140 tons/day of Tr-contaminated water, springing out still now, is so larger than the planned releasing amount of the water that the stored water is expected to increase.

If so, the amount of the contaminated water to be released may have to be increased sooner or later.



We recommend Injecting the water into Reservoir in deep underground .

	Remarks given by “ Subcommittee on Handling of the ALPS Treated Water, MITI ”	Our Counterremarks
Period	104 + 20×N months to evacuate all the tanks, where N is the number of searches necessary to find appropriate rock-layers in deep underground	36 months = 3 years
	Monitoring period : 912 months	300 months (= the time span necessary for the radio activity spontaneously decays from 600,000 Bq/L to 1500 Bq/L)
Cost	¥(18 + 0.65×N) billion + Monitoring cost	¥100 billion
	The survey time and cost might increase if no rock-layers suitable for the injection are found immediately.	There is not such a worry as the suitable rock-layers have been already found at the depth of 1200m under F1 nuclear power plant site (Reported by the geological screening survey done in the CCS project).
Technical precedents	No practical method to monitor possible leakages	Simulation and monitoring technologies have been much developed for the injection into deep underground rather than for releasing into the ocean.
Compliance with regulations	Its compliance may depend on the new regulations laid down if necessary	METI, who currently approves the method of releasing the diluted tritium-contaminated water into the open sea, should change the concept toward approving the method of injecting the same water into the closed Deep Reservoirs without any new regulations.
Harmful rumor		Harmful rumor must be minimized as the contaminated water is perfectly isolated in space and time from the life environment on the earth.

Q & A

Q1. 農林業への風評被害の懸念は？

海への汚染水の放出が海産物への風評被害を引き起こすように、深い地下と言っても陸での「注入」ですから農業・林業への風評被害が生じるのではないですか。

また住人は「汚染水の上にある地域全体の土地の価値がさがる」「井戸水に汚染水が混入する可能性がある」と不満・不安を抱くのではないですか。

A1. 福島原発から圧入する汚染水の真上には農地も住宅地もないから風評被害の起こりようがありません。

このように言えるのは、汚染水を貯えるのに適切な地層が福島原発の敷地の真下にあることが判っているからです。

さらに、地下に圧入された汚染水は、地表近くを循環する地下水とは半永久的に隔離される(注1を参照)ことから、質問の懸念はないと言えます。

それでも心配ならば、原発敷地内から海底に向かって坑井(注2を参照)を掘ればよい。

いずれにせよ、人々の生活圏に流してしまう海洋放出とは異なり、風評被害を容易に抑えこめます。

A1の注

注1. 地下水とは半永久的に隔離される。

地下1000^{メートル}以深にある「貯留層」は、砂岩や凝灰岩のようにミクロな空孔の多い堆積岩から成る地層です。地層が堆積したころの海水がこの空孔を満たしています。多くの水を蓄えることができる貯留層は、多孔質のスポンジに例えることができます。

このように貯留層が原始の海水を何万年も溜めることができたのは、水を通さない泥岩層などでサンドイッチされているからです。貯留層の水と地下数百^{メートル}で循環している地下水との出入りは全くありません。

結論として、1000^{メートル}より深い地下にある貯留層は空間も時間も「地下水」とは隔絶した自然タンクと言えます。この自然タンクの中に汚染水を圧入すれば、汚染水もまた、人の生活圏から半永久的に隔絶されます。

注2. 「坑井」とは

油井において掘削される「坑」の直径は高々50cmです。人が入れる「坑道」のイメージがないので、「坑井」と呼ばれています。

Q & A

Q2. 大地震があっても大丈夫？

炭酸ガスを注入貯蔵したCCSプロジェクトでは、震度5に実際に耐えたとのことですが、東北大震災では震度8の揺れで発電装置は止まり原発事故がおきました。

地層に生じた亀裂、活断層のズレ、注入用の坑井の破損、などを通じて汚染水が漏れたり噴出したりしませんか。

A2. 噴出の懸念も「漏れ」の懸念も極めて小さい。

A2-1. まず噴出はない。

水風船に穴が開けば水が噴出しますが、水を含んだスポンジからは噴出しません。噴出するに必要な水圧がないからです。貯留層に蓄えられた水もスポンジの水と同様です。すなわち、100気圧の高圧で圧入されても、10日も経てば周囲に拡散して圧力は周囲の水とさほど変わらなくなっているからです。

また、新たな油井の掘削が石油・ガス層を掘り当てた際には噴出がありますが、これは水より軽い石油・ガスが受ける浮力に因ります。トリチウム汚染水は水と同じ比重ですから、たとえ汚染水を貯留する貯留層を「掘り当てた」としても噴出は起こりません。

A2-2. 次に「漏れ」も起こりにくい。

「漏れ」の経路となりえる ①地層の亀裂、②活断層のズレ、③坑井の破損、それぞれの場合について、「漏れ」の可能性を考えてみます。

① 地層の亀裂

一般に堆積岩(特に泥岩)は、花崗岩などの火成岩と比べて流動性が高く、地震などにもちぎれにくい性質があります。したがって貯留層の上記サンドイッチ構造には容易に亀裂が入らないと考えられます。

② 活断層のズレ

福島原発の地下にある基盤層には北東-南西に走る断層がありますが、上位の地層には繋がっていません。つまり堆積岩が数千メートル積もった期間に一度も動かなかった断層ですから、活断層ではありません。

さらに今回の提案では、この断層を避けて汚染水を圧入します。

また万が一に断層がずれたとしても、付近の細粒の泥岩は流れ込んで断層面をふさぐ作用が顕著ですから、汚染水が断層を伝って地表へは漏れることは起こりにくいと考えられます。

③ 坑井の破損

「地震の際は地上よりも地下が安全」と言われるように地下の構造物は地震では壊れにくいのですが、もし壊れたとしても貯留層の汚染水の圧力はさほど高くないので、坑井を伝っての漏れは大きくない。

Q & A

Q3. 汚染水の圧入が地震を誘発するのが怖い。

大量の水を圧入したアメリカの油田では大きな地震が多発したそうです。

A3. 指摘の地震誘発は活断層が原因と考えられています。 福島原発の下の基盤層には活断層はありません。

米国オクラホマ州にあるシェール(頁岩)ガス田では、発生した大量の排水をアーバックル層と呼ばれる貯留層に圧入したことが原因で、基盤の活断層が動いたと考えられる地震が多発しました。

しかし福島第一原発敷地からの汚染水圧入では、付近に活断層はなく、活断層でない断層も避けて圧入します。

また上記オクラホマ州の例ではシェール(頁岩)を数百気圧の高圧水で破碎しながら採掘しますが、福島原発での汚染水圧入電対応では貯留層(砂岩)を破碎しない低圧で圧入する「おとなしい」方法です。この点でも、地震は誘発されにくいと考えられます。

世界の油田で行われている随伴水等の地層圧入、あるいは炭酸ガスの地層内貯留(CCS)実証試験、これらはみな「おとなしい」圧入ですが、地震誘発の報告はいまのところ皆無です。

Q & A

Q4. 十分に大きな貯留層がある？

苫小牧のCCSプロジェクトで実績を積んだといっても、圧入した炭酸ガス30万トンの過ぎません。いっぽう、今溜まっている125万トンの汚染水は放出の際に希釈すると、およそ1,300万トンとなります。こんなに大量の水を圧入できる適当な貯留層はあるのでしょうか？

A4. 一般に貯留層は大容量。福島原発付近の貯留層も十分に大きい。

世界を見渡すと、もっと大きな規模のCCSプロジェクトが行われています。

また、世界の油田では採掘に伴って発生する水(これを随伴水という)など、もっと大量に圧入している例があります。

一般に貯留層は広範に分布していて、その容積は巨大な石油タンクも比較にならないくらい大きいのです。

次のページからは、「文芸思潮」第80号(アジア文化社)に記載の
中山一夫 著「放射能汚染水根本解決の新方法 大深度地中貯留」
のコピーを転載してあります。

放射能汚染水根本解決の新方法 大深度地中貯留

内閣総理大臣 菅義偉 様

二〇二二年三月一六日付にてホームページから「福島第一原発のトリチウム水の廃棄方法について」提言を送信した中山一夫と申します。ホームページの意見書では添付できなかった資料を追加するものです。以下に意見書を再掲・送付し、本郵送資料と併せて総理のご判断を仰ぐ次第です。

△提言書▽

今争点になっている福島第一原発トリチウム水の廃棄方法についての提言です。私は、経産省管轄下の石油資源開発株式会社に四五年間奉職し、四年前に専務取締役を退任した中山一夫と申します。専門は、地質で、会社では主として探鉱部門で油ガス田を探す仕事に従事しておりました。

これまでALPS多核種除去設備等処理水意見聴取を視聴してきて、地元の方にもかわらず、やむにやまれず海洋放出という断を下さねばならない経産省の立場を理解しているつもりです。しかしながら、長く石油地質を専門としてきた一技術者から見て、良策

があることをお伝えたく、このメールに一縷の望みを託しています。

詳細は、添付の資料を省内の専門家で検討していただきたいのですが、これまでの石油業界の常識として、「大深度地中注入」が、これらを抜本的に解決する策になりうるということを説明しています。

地中注入には、これまでかなり厳しい規制がありました。近年CCS（二酸化炭素地中貯留）に対応して、規制が緩和されましたし、無害な処理水は二酸化炭素と全く同等に取り扱うことが可能です。地中貯留の安全性については、苦小牧にてCCS実験作業中の一昨年、わずか20kmしか離れていない胆振東部地震でも影響を受けなかった実績があります。

海洋放出は、他の原子力施設において事例があると技術的・法的にも可能と謳われていますが、放出する総量を考慮した場合、風評が立つのもあながち地元民や消費者の無知の問題とも言い切れない側面があります。

放射能汚染水は、今なお毎日140トンの地下水が原子炉建屋内に流入し、その量を増やしている状況にあり、あと三年で地上貯蔵に限界が来ることが予想されています。

時間制限が迫る中、今「大深度地中貯留」の可能性を御検討いただきたいと、切にお願いする次第です。

「大深度地中貯留」法とは、要するに石油掘削の技術

を使って、汚染水を地中深く貯蔵する方法です。地下1000メートル以上の深さに大量に貯蔵することが可能です。今ある貯蔵タンクの汚染水はすべてそのまま地下深くに収まります。しかも、地下深くの滞留水は流れていかず、そのまま動かずに長い場合には千年という単位で長期間滞留します。

もしこの方法への御決断を頂ければ、二年後には注入を開始でき、タンク増設は不要であるばかりか、五年後には既存タンクも不要になります。

私が今回提案したいのは、敷地内の陸上で掘削する案です。

①貯蔵対象層が現地の地下に存在することはこれまでの調査・経験で判明している。

②地下圧入時の放射能基準値については、海洋投棄が可能などに安全基準を満たしているならば、地下圧入も認められて然るべきである。

これまで検討されたシミュレーション結果でも、処理水が地下に滞留し貯蔵される事が確認されています。かつ、陸上掘削ですので費用も十分に現実的で、100億円程度という試算も出ています。また、地元の住人達には、汚染水を地中に圧入しても、流れて行かず滞留する事を説明すれば、納得していただけると確信します。

これまで、こうした案が採用されなかったのは、ひとえに委員会の中に地下大深度部（1000メートル以深）に強い石油関係者がいなかったことが関係しているのではないのでしょうか。上記の地下圧入した流体が滞留することは、石油業界でも、石油地質学会でも広く知られております。

これまで石油業界に身を置いた者として、昨年来の意見表明会で明らかにされた、海洋投棄に対しての地元から悲鳴とも聞こえる反対声明を聞いて、海洋投棄以外にも解決策があるのだという別案を提示しなければという使命感に追い立てられて、ご提案申し上げる次第です。

ぜひ添付資料をお読みいただき、すでに政府決定された事項ではありますが、漁業従事者の方々にとっても、政府にとっても、世界にとっても、人類にとっても、自然界にとっても、最良の方法をとっていただけますよう、切に再考をお願い申し上げます。

二〇二二年三月一六日

元石油資源開発株式会社専務取締役

ジオリサーチナカヤマ代表 中山一夫

Wakamiya 3-58-7, #301

Nakano-ku, Tokyo 165-0033, Japan

Tel: +81-080-3930-7367,

E-mail: geonakayama18@gmail.com

放射能汚染水処理への提言

地中貯留に対する国側評価への反論

これまで廃炉・汚染水対策チームにおいて検討された「地層注入」のコメント（◆）に対し、以下のごとく反論できる。諮問を受けた委員会に地下深部が専門の石油関係者がいなかったことが悔やまれる。

◆「適切な地層を見つけ出すことができない場合には処分開始できない」

▶かつて CCS（二酸化炭素地中圧入）の候補地探しの段階で、この地域の深度約 1200m に適切な地層（貯留層と呼ばれる孔隙率の高い砂層）が存在することを確認済み（要追加調査）。

◆「適切なモニタリング手法が確立されていない」

▶地中での流体移動は、海水などに比べ非常に制限されており、シミュレーションにてある程度予想可能で、それに応じた浅部でのモニタリングは可能である。

◆「処分濃度によっては新たな規制・基準の策定が必要」

▶充分希釈して海洋放出できるのであれば地中注入でも問題ないはずで、法律的にも CCS と同様に認められるはずである。

また、一昨年起きた北海道胆振東部地震においても 20km という近距離にも関わらず、CCS 作業には影響がなく、漏洩も起きなかった。

かつて地表水の地下圧入には厳しい条件が付けられていたが、近年、環境問題の解決策として CCS（二酸化炭素地中圧入）が必要となり、法律上も許容されている。世界的基準で考慮しても無害なトリチウム水の注入は可能である。また、この廃炉・汚染水対策チームの報告では、期間（104+20n ヶ月）、コスト（180+6.5n 億円）（n はモニタリング月数）と算出されているが、我々の上記試算によれば、期間 60 ヶ月、コスト 100 億円であり、今決断すれば十分に間に合うし、経済性も補償される。

まとめ

現時点で、委員会からの答申を受けて海洋投棄がほぼ確定しているようであるが、地元福島に限らず、世界中からの日本に対する風評問題が懸念されている。技術的にどちらが上かという問題ではなく、社会現象も踏まえた上での最適解として、「大深度地中貯留」の存在を今一度アピールしたい。少なくとも本年中に現地調査を開始すれば、2年後には圧入開始可能であり、将来的にもタンクが不必要となるのでデブリ用敷地確保にも貢献し、かつ風評問題も解決できる唯一の方法であると思料する。

【参考追記】

地震探査による地下構造調査や大深度掘削（6,000m も可能）などの石油開発関連技術は、レベルが高い仕様で比較的高コストであるので、通常の土木関連工事には用いられることは少ない。しかし、今回のような非常時においては、むしろ廉価でより確実な方法であることを強調したい。

本件に関し、さらに資料の開示を求める方は、前ページの連絡先まで。

添付資料

福島多核種除去処理水の対策として

「大深度地中貯留」の可能性について

ジオリサーチ N ナカヤマ 中山一夫

（元石油資源開発(株)専務取締役、技術士応用理学地質部門）

発想の転換（地上タンクの代わりに地中貯留する）

現在、東京電力福島第一原子力発電所のトリチウム水の貯留が限界に達し、海に放出という選択肢がほぼ唯一の解決策として公表されたが、地元では強い反対が出ている。

この放射能汚染水処理に対して、合理的な解決策として「大深度地中貯留」という方法がある。石油開発技術を応用して、1,200m 程度の大深度坑井を掘削し、トリチウム水を圧入することによってある一定期間閉じ込めておくという方法である。国、東電、地元三者がすべて同意できる内容であることを確信する。ここで云う「大深度」とは地下 1000m 以深を指し、砂岩、凝灰岩など自然に存在する貯留層に圧入する施工である。自然界における貯留層の規模は大きく、現在保有中の 125 万トン余のトリチウム水すべてを短期間で圧入することが可能である。発電所敷地内に数坑の井戸を掘削することで、現在タンク内に貯留されているトリチウム水すべてを数年で処理することが可能であり、費用も 100 億円余と比較的安価である。

大深度地中貯留の具体的方法

①発電所敷地内で掘削基地を設け、大型掘削機により深度 1200m、水平部分 1000m 程度の水平井を掘削する（右図）。

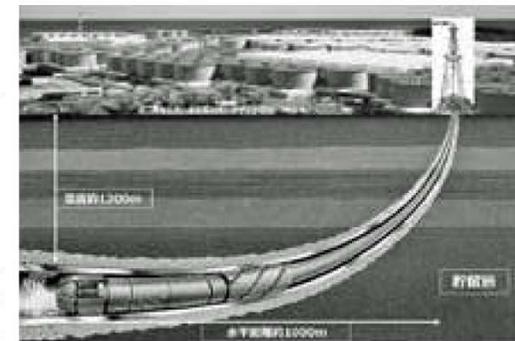
②この坑井を使って、希釈したトリチウム水（6万 Bq/L）を 1825 トン/日のレートで地下に圧入する（現在時点で希釈した水総量は約 2000 万トンなので、同様の井戸を 6 本掘れば約 5 年で圧入が完了する）。

③シミュレーション結果によれば、圧入水は区域内に滞留し、圧力上昇（最大で 1MPa=8%増程度）も数か月で解消する。圧入水の濃度もトリチウムの半減期 12.3 年を考慮すると、30 年後には無視できるほどに解消される。

④右記圧入にかかる費用は、総額 108 億円程度（凍土壁の初期費用が 700 億円、海洋投棄した場合の風評被害の補償料を考えるとはるかに安価である）。

地下 1000m 以深では、水の動きはほとんど存在せず（石油業界では常識）、漏洩の可能性については別途掘削する複数の浅い観測井でモニタリングすることができる。

*水平井概念図上部写真は東京電力ホールディング公開写真による。下部図は企業パンフレットによる。



水平井概念図/石油鉱業では確立された掘削方法である

<追記>

4月13日に経産省から出された「多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」には、決定した海洋放出の具体的な方法と風評対策について記述されています。

その「3. ALPS処理水の海洋放出の具体的な方法」という項目の中で、

(2) 風評影響を最大限抑制するための放出方法

④ また、放出するトリチウムの年間の総量は、事故前の福島第一原発の放出管理値（年間22兆ベクレル）を下回る水準になるよう放出を実施し、定期的に見直すこととする。なお、この量は、国内外の他の原子力発電所から放出されている量の実績値の幅の範囲内である。

すなわち、放出量は年間22兆ベクレル以下とされ、脚注には、

*8 タンクに保管している水のトリチウムの濃度は約15万～約250万ベクレル/リットル（加重平均73万ベクレル/リットル）であり、（後略）

という記述があります。これから現在保管中の総トリチウム量を計算すると次のようになります。

トリチウム水1トン中には、73万/L x 1000 = 7.3億ベクレル存在することになり、

7.3億 x 1,260,000 = 9,198,000億 = 約920兆ベクレル（保管中の総ベクレル）

となり、すべてを放出するには920/22 = 約42年かかることとなります。

さらに、現在でも100-140トン/日の汚染水が増え続けていることを考慮すれば、年間22兆ベクレル以下での放出が、陸上タンクを減らすという目的としては現実的でないことが明らかです。

一方、上記基本方針の最後に「5. 将来に向けた検討課題」として、

④ こうした点を踏まえ、ALPS処理水については、希釈して放出していくこととするが、引き続き、新たな技術動向を注視し、現実的に実用化可能な技術があれば、積極的に取り入れていく。

と述べられています。

ここで提案した「大深度地中貯留」案は、単に海洋放出に反対ということだけでなく、現実に実行可能なタンクを減らす具体的な方法です。経産省に対して再度考慮の対象として提案したいのですが、何か方法があったらご教示ください。

(中山)