

원전오염수 「처분하기위해서는 대심도 지중저류」제안

바다로 방출하지 않는 다른 방법을 검토!

2021년9월JCFU
전국연안어민연락협의회사무국원
크리하라 하루키

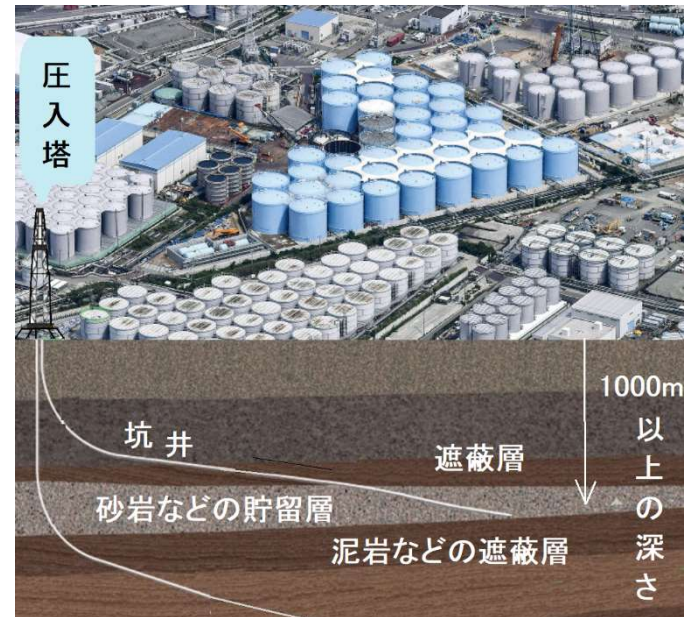
(이 자료는 나카야마 카쯔오 씨(문예사조 제80호2021년)의 제안을 바탕으로 작성하였다.)



(脚注)

A L P S 처리오염수 1 2 5 만톤 (주)의 처분하기위해서는 대심도 지중저류가 최적

- * 빠르다: 3년 후에 전 탱크를 비울 수 있다
(해양방출이면 20년 걸린다)
- * 확실하다: 30만통 저류 실적이 있다
(경제산업성 주도CCS프로젝트)
- * 풍평 피해 개념이 적다
(1000년 이상 누출하지 않아서 안전)
- * 동토벽코스트의 약1/5의 코스트



(注)2021年4月1日現在のタンク貯蔵量は約125万ト、約780兆ベクレルです。この値は2021年4月27日TEPCO報告「多核種除去設備等処理水の定義見直し…」に拠ります。

本スライドの内容は、「文芸思潮」第80号に掲載された中山一夫氏の報告「大深度地中貯留」を栗原春樹(JCFU事務局)が要約したものです。

「처분하기위해서는 대심도 지중저류」방법이란

「처분에는대심도 지중저」방법은 ,즉 석유 굴착 기술을 사용해서 오염수를 지중 깊이 저장하는 방법 석유업계에서는 알려져 있는 기술.석유생산 때 대량 발생하는 수반수등 환경유해물 처리에도 쓰인다.

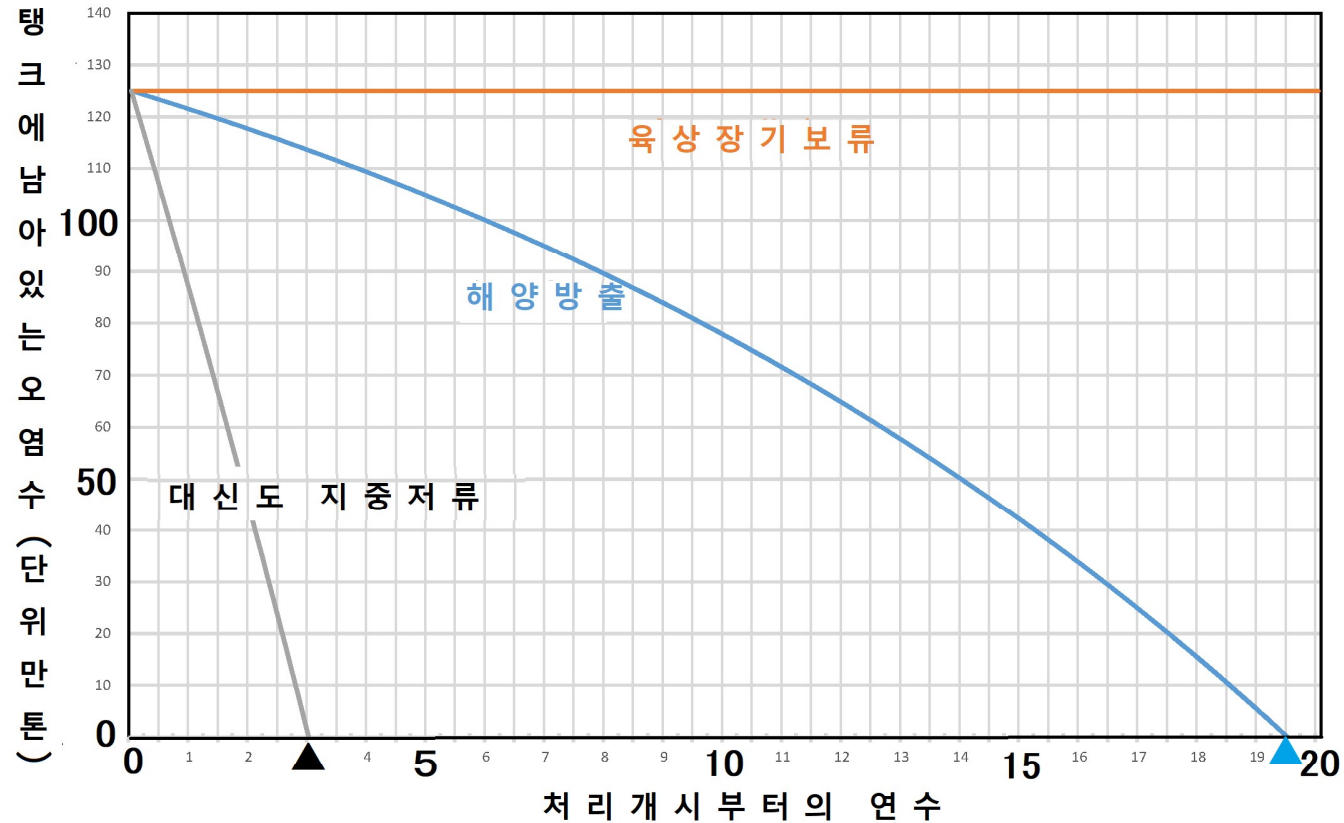
실현성도 실증 필

개발 법인 신에너지 · 산업기술종합개발기구(NEDO), 日本CCS조사회사 (JCCS) 가 중심이 되어 해저 지하 지중 깊이 이산화탄소 (CO₂) 를 압입하여 저류해서, 2019년11월에 누계 30만톤 달성.(주).

(注) 資源エネルギー庁のホームページ
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ccs_tomakomai.html
より抜粋引用

처분하기 위해서는 대심도 지중저류면

지금 고고 있는 125만톤 오염수를 3년 이내에 처분할 수 있다



(注) 処理開始から t 年後の全残留放射能量は $R(t) = (R_0 + c\tau)\exp(-t/\tau) - c\tau$ である。
 ここで、 R_0 は処理開始時点での全残留放射能量780兆Bq、 τ はトリチウムの減衰定数17.745年、 c は1年あたりの処理量であり、
 海洋放出の場合は $c = 22$ 兆Bq/年、大深度地中貯留の場合は $c = 6 \times 60000\text{Bq/L} \times 1825000\text{L/日} \times 365\text{日} = 240$ 兆Bq/年である。
 全残留放射能量 $R_0(t)$ を放射能濃度 $C(t) = C_0 \exp(-t/\tau)$ で除すと残留汚染水量 $V(t)$ を得る。ここで C_0 は処理開始時点でのトリチウム濃度62万Bq/L、そして $V(t) = V_0 + (c\tau/C_0)(1 - \exp(t/\tau))$ 、ここで $V_0 = R_0/C_0 = 125$ 万 m^3 である。

「지상에 누출하지 않는다」그래서 풍평 피해는 극소

*** 1000년 이상 가두는 설계**

*** 진도5 지진에도 누출하지 않았다는 실적**

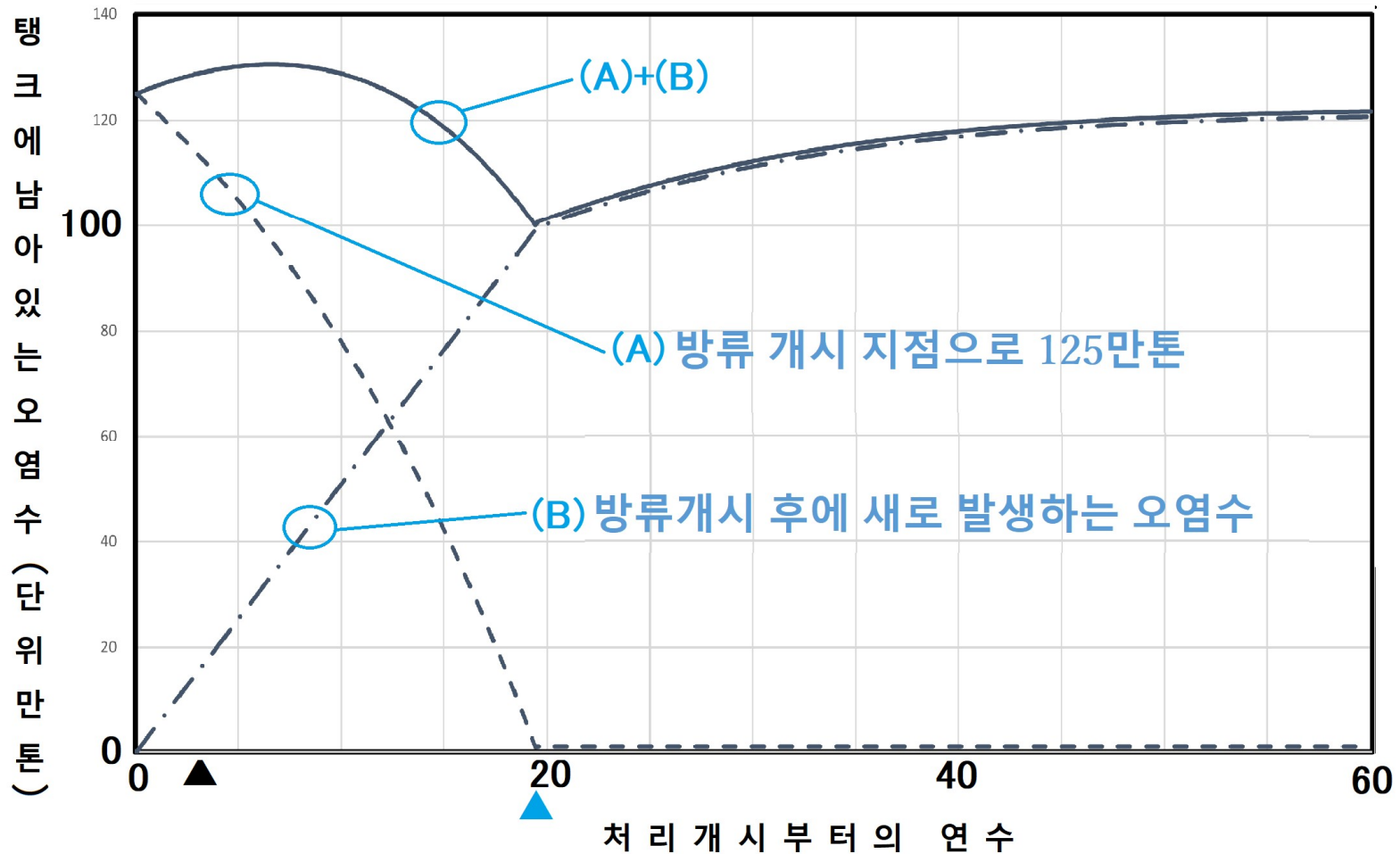
* 「 (처분하기위해서는 대심도 지중저류 방법으로) 적절한 지층과 적절한 관리를 하면 CO2를 1000년에 걸쳐 저류층에 가두는 것이 가능」이라고 IPCC(유엔 기후변동에 관한 정부간 패널)보고서가 말한다. (주)

* 2018년9월에 발생한 북해도 이푸리 동부지진에서는 진도5정도를 관측했지만 지상설비에는 이상이 없고 CO2 누설을 보인 데이터도 확인할 수 없었다

(주) 자원에너지청 홈 페이지에서 인용

해양방출방법이면 저류탱크가 계속 증가한다.

방출량보다도 매일 140톤 발생하는 오염수량이 많아서 탱크저류량은 줄지 않는다. 이 문제를 해결하기 위해서는 현재정부안이면 방출량이 증가된다는 괴념이 많다



처분하기 위해서는 대심도 지중저류 vs 해양방출

블루 글씨는 정부측 평가이고 빨강색 글씨는 그에의 반론이다.
 (정부측 평가에는 지하심부에 관한 석유관계 기술 · 과학 전문가들가 안 계신 것 같아서
 그래서그런지 오해나 예견이 있다고 봅니다.)

	처분에는대심도 지중저	해양방출
A. 기간	104+20n개월 → 약36개월 (3년) 912개월(감시) → 약300개월(6만Bq이1500Bq로 감소하는 기간)	91개월 → 약230개월(19년). 단 새로 발생하는 오염수량을 줄이지 않는 한 탱크저류량은 계속 늘어간다. 어개류 등의 농축 감시는 더욱 장기
B. 코스트	①180+6.5n 억엔+감시 → 약100억엔 ②적절한 토지를 못 찾아내는 경우 조사기간 · 비용이 증가 → 둘 다 불필요. 왜냐하면 부지의 1200m 지하에 적절한 지층이 있기 때문에. (상기 CCS의 후보지 선택 시 「거의 확실」이라고 판명필).	34억엔 → 방류 경로 1Km 패허터널공사 공비는 100억엔을 더 넘을 가능성이 있을 것 같다. 그리고 풍평피해대책 코스트가 더 필요하다.
C 기술적성립성	• 적절한 모니터링 기법이 확립되어 있지 않다. → 해양방출에 비하면 트리튬수 이동의 시뮬레이션도 모니터링도 훨씬 쉬움	• 원자력시설에서의 트리튬을 함유한 방사성액체폐기물 해양방출 사례가 있다. → 많이 나오는 La Hague 핵처리시설은 세계 유수의 간만의 사와 빠른 조류가 있는 지역이지만 후쿠시마 원전연안은 이것과는 다르게 확산이 복잡해서 예상이 어렵다. 모니터링도 시뮬레이션도 아직 연구 과제가 많다. 그리고 해양방출된 트리튬의 분석과 측정은 시간이 걸리고 어렵다.
D 규제성립성	• 처분농도에 따라 새로운 규제 · 기준의 책정이 필요함 → 해양방출이 환경에 미치는 영향이 문제가 없다면 지중주입은 문제 있을 리가 없다. 법적으로도 인정해야 한다	• 현상에는 규제 · 기준이 있다. → 기준치가 나라마다 다르다는 등 엄병하다. 예를 들면 음료수규제치(Bq/L)는 WHO 10,000, 캐나다 7,000, 미국 740, EU 100, 일본은 규제 없음.
E 풍평 피해	지상에서 1000년 이상 격리하는 것이 목적인 기법이어서 풍평피해가 별로 일어나지 않는다. 실증실험으로 진도5의 지진에도 누출하지 않는 것도 실증필.	어장이고 항로인 바다에 방출하려고 함으로 풍평피해를 피하기가 어렵다.

(주) 2019년12월23일에 다핵종 제거설비등 처리수 취급에 관한 소위원회 사무국 발행한 참고자료 「처분반법에 대한 지금까지의 논의 소개」 1 및3페이지 도표로 작성함. 단 항목E는 크리하라가 추가함.

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す。

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、地元への反対にもかかわらず、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も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お説明しています。

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、海洋投棄が可能ならび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かと確信します。

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/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、現実に行う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)

THE BUNGEISHICHOO

文芸思潮

第15回まほろば賞
同人雑誌優秀作

第二回文芸思潮短歌賞発表

大深度地中貯留

福島原発 放射能汚染水の何が問題か

放射能汚染水根本解決の新方法

小出裕章
中山一夫

2021夏号

百期百会
秋山駿 / 中上健次 / 藤原新也 / 下川裕治
岳真也

負け犬
しずり雪
瀬崎峰永
夢の岸
小網春美
渡辺光昭
破れ蓮
飯田 勇
鴨居 諒
労 諒

第80号