

[様式 2]

提案書	
技術分野	① 汚染水貯蔵（タンク等）
提案件名	大型タンカーを利用した大量汚染水の安全・安定的長期貯蔵及び汚染処理
提案者	河合敏雄、大山正俊（日本船舶海洋工学会関西支部・海友フォーラム）
<p><b>1. 技術等の概要</b></p> <p><b>1) コンセプト</b></p> <p>本提案は、現在陸上に設置されている汚染水貯蔵タンク及び汚染水処理システムを洋上のタンカー（或いはタンクバージ）に移設する、即ち、タンカーのカーゴタンクを汚染水貯蔵タンクとして利用し、タンカー船上に汚染水処理システムを搭載する事によって、陸上タンクでは困難な、大量汚染水の「安全・安定的長期貯蔵及び汚染処理」を提案するものである。</p> <p><b>2) 陸上貯蔵タンク（円形組立タンク：1,200m<sup>3</sup>）のメリット・デメリット</b></p> <p>現在、福島原発の敷地内には地下貯水槽から大量に移送された汚染水を貯蔵するタンクとして、組立式の大型の鋼製丸型タンクが約 300 基設置されており、2013 年 9 月末までに累計で 45 万 m<sup>3</sup>、2015 年中頃までに累積で 70 万 m<sup>3</sup>の容量を地上タンクにより確保する計画である。昨今、組立式タンクからの汚染水漏えい事故なども起きており、地震・津波・風水害・地盤沈下等によるタンクの損傷の可能性は否定できず、大量のタンク基数となる陸上タンクのもたらす汚染拡大リスクが懸念され、貯蔵の在り方について再検討すべきであると考えられる。以下に陸上タンクのメリットとデメリットを考察する。</p> <p><b>a) メリット</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ タンク調達期間が短い。</li> <li>・ 現地への搬送は部材をトレーラトラックで納入。現場での組み立てが可能である。</li> <li>・ 原発管理敷地内に設置可能である。</li> <li>・ 現行法規内での建設や設置が可能である。</li> </ul> <p><b>b) デメリット</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 組立式のタンクのため、タンクの側板は 16 枚、底板は 5 枚の鋼板をボルト継しており、ここから汚染水が漏えいする可能性がある（現実に漏えいした）。汚染水の漏れは海洋汚染や土壌汚染を引き起こし、被害の範囲が拡大する恐れが大きい。</li> <li>・ 漏えいの原因になる要素が多い。即ち、タンク設計条件不良、構成材料不良、施工不良、運用中の材料劣化などの問題があり、検査、保守点検等の管理項目が多い。タンクの一部については、継目のパッキンの耐用年数が 5 年程度であるとの報道もあり、継目の安全性、信頼性には課題が多い。</li> <li>・ 地震・津波・風水害・地盤沈下等によってタンクが想定外の外力にさらされれば、汚染水漏えいの可能性が高く、大量の汚染水が海洋に流出する可能性も高くなる。</li> </ul>	

- ・ 汚染水の総量に比べれば、個々のタンクは比較的小容量であり、現在設置されている組立式タンクは約 300 基ある。300 基のタンクの継目の総延長距離は少なくとも 7 万 m はあり、これを適切に保守点検し、健全な状態に管理する事は現実的に難しく、漏れてからの対処療法になる恐れが高い。底板は物理的にも検査不可能である。
- ・ 2015 年中頃までに累積 70 万 m<sup>3</sup> の容量を地上タンクにより確保する計画があるが、これは更に 300～400 基のタンクを増設する事を意味し、もしこれを現在と同じ組立式タンクを採用するならば、相当の保守点検体制を整えない限り漏えいのリスクが更に高まる。また、汚染水を大量に貯蔵する事になるので、敷地境界への放射線影響にも配慮する事が求められる。
- ・ 事故原子炉の解体の為には、原発建屋近くに、大型重機、各種機材設備の運搬、保管等余裕を持った配置が可能な万全の環境下で安全に作業を行うことが不可欠であるが、限られた敷地内での配管や 700 基にもなるタンクが交錯した場合、解体作業への大きな障害となる恐れがある。

### 3) 大型油槽船（タンカー）を利用した汚染水貯蔵、処理システムとそのメリット・デメリット・課題

載貨重量 20～30 万トンクラスの大型ダブルハルタンカーを汚染水貯蔵タンク船として想定する。ここでは現在就航している船舶（中古船）を対象に考える。（汚染水貯蔵、汚染水処理に特化した新造のタンクバージも考えられる）

大型タンカーによる貯蔵と陸上タンクとの最大の相違点は、タンクが将来遭遇する可能性のある厳しい環境（地震、津波、風水害、地盤沈下等）下においても、タンカーの場合はその影響をほとんど受けず、タンクから汚染水が漏れいするリスクがほぼ皆無であるという点にある。以下、提案するシステムの概要を説明し、そのシステムのメリット、デメリット・課題について考察する。

#### a) 汚染水貯蔵、処理システムの概要

- ・ 載貨重量 20～30 万トンクラスの大型ダブルハルタンカーを調達（リースや買取）し、警戒区域内の洋上に係留する。（通常時、原発沖合東西 5 km、南北 4.4 km 以内は一般商船、漁船、レジャーボートなど一切進入禁止の 2 管通達がある。（北緯 37 度 27 分 58.9 秒、北緯 37 度 25 分 36.8 秒、東経 141 度 5 分 20 秒の各線及び陸岸で囲まれた海域。）この区域に、投錨、一点係留される。しかもこの海域には監視船もあり、極めて安全な一点係留場所である。）
- ・ 代表的な載貨重量 30 万トンクラスのタンカーの主要要目は以下のとおりである。  
 全長：約 330m  
 全幅：約 60m  
 深さ：約 29m  
 満載時喫水：約 21m  
 貨物タンク容積：約 35 万 m<sup>3</sup>（容量一杯までは積めない。30 万 m<sup>3</sup>弱まで利用可。）  
 載貨重量：約 30 万トン（約 30 万トン弱の汚染水の貯蔵が可能）

貨物タンク数：約 16

タンクの保護構造：二重船殻構造

- ・タンカーの油槽をクリーニングし、汚染水貯蔵タンクとして使用する。タンクに汚染水を貯蔵する事を前提にした船体改装工事を行う。
- ・陸上タンクからタンカーへの汚染水輸送の方法として、以下の方法が考えられる。
  - ① 移送用陸上ポンプに依り、陸上タンクから汚染水搬送用小型タンカー、或いはバージ（移送船）が着岸出来る岸壁まで配管送水し、移送船に順次積み込む。そして沖合繋船中のタンカーまでシャトル輸送し、タンカーに汚染水を安全にローディングする。
  - ② 陸上に移送ポンプを置き、洋上に設置したフローティングパイプでタンカーまで移送する。或いは、移送パイプを海上に浮かべた浮体上、もしくは海上に固定して設けた架台上に配置して沖合のタンカーまでつなぐ。移送パイプ距離を短くするため、移送中は水深の許す範囲でタンカーを陸に近付ける。
- ・洋上での汚染水処理については、多核種除去設備「ALPS」をタンカー甲板上に装備して、船をプラント船として汚染水貯蔵と除染を一体管理する。又は ALPS を搭載したバージをタンカーに横着けして、ホース接続で除染を行っても良い。
- ・汚染除去が終わり、排出基準を満たした浄化水は海洋に放出する。
- ・汚染水の貯蔵タンクを有する船としての定期検査に関する法令はないが、入渠して検査が必要な場合は代替貯蔵船を手配し、汚染水を移送した後、入渠可能な状態まで船体を除染して検査を受ける。汚染水の代替貯蔵船との間の注排水は双方のタンカーに装備されている大容量の貨物ポンプ・海水ポンプを使用する事が出来る。

#### b) メリット

- ・タンカーの油槽はダブルハル構造と言う二重船殻構造になっているため、汚染水貯蔵タンクが船側や船底の鋼板を介して海洋と直接接触せず、万一、汚染水貯蔵タンクから漏えいが生じたとしても、漏れは二重構造内の空所に留まり、海洋に漏れ出す恐れは皆無である。
- ・タンカーの構造安全性、海洋汚染防止、係留に関する信頼性が高い。利用するタンカーは、海上の安全、能率的な船舶の運航、海洋汚染の防止に関し最も有効な措置勧告等を行い、安全性を認証している国際海事機構 IMO 関連機関が認定したルールや船級協会規則に基づいて建造され、運用された実績のある国際航路用 1 級船舶である。従って、貯蔵、移送、係留に関して技術的課題はほとんど無い。
- ・洋上の係留施設については、陸上タンクでは大きなリスクとなる地震、津波、風水害、地盤沈下に対してほぼ影響を受けない事が多くの事例で明らかである。浮遊式海洋構造物を使った石油の洋上備蓄（上五島や白島の石油備蓄設備等）は長年の実績がある。又台風来襲時港内で岸壁荷役中の船舶は、港の沖合に避難し一点係留で台風をやり過ごすことが一般的である。）タンカーを利用する場合は、移動可能であるため、係留では対応できない厳しい海気象を回避する事も可能である。

## c) デメリット・課題

- ・タンカーを放射能汚染水の貯蔵に利用した前例がないため、関連法規の整備に時間が掛かることが予想され、実現時期が明確でない。
- ・係留海域を何処にするかという問題を解決するのに課題が多い。(石油備蓄基地では、万一の油流出に対応するためタンクのダブルハル化は勿論のこと、防波堤による平穏な泊地に係留されている。) 係留海域と漁業関係者との調整が必要である。
- ・船舶として汚染水貯蔵、運航可能な状態に維持するため保守点検は欠かせない。また、船級協会の定める期間内に検査を受ける必要があるため、この期間(1ヶ月未満であろう)代替貯蔵船が必要になる。(陸上タンクなら時間はかかるが少ないスペースタンクで済む)
- ・現在開発されている ALSP はそのまま船上には搭載できない恐れがある。船舶搭載用の ALPS は船舶特有の環境(船体動揺や海気象等)を考慮する必要がある。
- ・汚染水を貯蔵したタンクは、入渠検査のためにタンクの除染が必要で、タンクに装備されているタンククリーニングマシンで洗浄する事になるが、タンクの放射能汚染はどの程度残るのか、タンクや配管をどのように除染すれば人が入って点検できるレベルになるのか、現時点では明確でない。
- ・船舶としての機能を維持し、汚染水の注排水や管理をするためにはタンカーに常時乗組員や作業員が滞在する事になる。汚染タンクの近傍に常駐するので、居住区画の放射能からの隔離について検討する必要がある。
- ・中古船の調達価格次第で貯蔵コストは陸上タンクよりも高くなる可能性がある。中古船マーケット価格次第で陸上タンクより安くなる場合もある。

(貯蔵コストの試算)

陸上タンクの場合：

1,200m<sup>3</sup>タンクの重量は約 74 t (メーカーカタログによる)であり、鋼材、加工、組立の費用を約 20 万円～30 万円/t とすれば、1 タンク当たりの価格は 1,500 万円～2,100 万円になる。(東京電力の調達額は公表されていないので精度は不明) 700 基では 105 億円～147 億円。12,500 円/m<sup>3</sup>～17,500 円/m<sup>3</sup>となる。

タンカー利用の場合：

30 万トン(載貨重量)タンカーのタンク総容量は約 35 万m<sup>3</sup>。新造船の船価を約 100 億円とすれば、28,600 円/m<sup>3</sup>となる。中古船の価格は船齢次第だが、仮に 30 億円と仮定すれば、8,600 円/m<sup>3</sup>となり、陸上タンクより格安となる。

但し、上記の試算には、タンカーへの汚染水の移送に関わるコスト、港湾や移送設備のコスト、運用維持管理に掛る費用、一時的な定期検査中の代替貯蔵船の調達コスト等を含んでいないので、経済性評価が必要なステージでは精査を要する。併せて陸上タンクから大量に漏えいした場合の損害リスクとそれによる損失額についても試算した上で、これを考慮した貯蔵コストの総合評価とすべきであろう。

## 2. 備考

### 1) 開発・実用化の現状

- ・ 放射能汚染水をタンカーのタンクに貯蔵した事例は無い。
- ・ 駆動装置として原子炉を採用した原子力船「むつ」では多くの関連規則が制定されており、放射能対策に関する多くの知見やデータが得られている。(汚染水貯蔵タンクに関するものがあるか否か未調査。)
- ・ 油や海水をタンクに積載、タンクに注排水する事はタンカーの基本的機能であり、構造強度や液体輸送には全く問題のない確立した技術の範囲内である。
- ・ 海水や油をフローティングパイプで陸から船へ、或いは船から陸へ移送する事例はある。但し、汚染水を同様に扱えるか否かの検証はされていないと思われる。
- ・ 甲板上に種々のプラントを搭載した船舶は数多く存在している。水処理関連では、バラスト水の排出の為にバラスト水を浄化するシステムを船舶に搭載した事例があるが規模は小さい。
- ・ 洋上係留に関する技術は、長年の実績があり、ほぼ確立している。

### 2) 開発・実用化に向けた課題・留意点

- ・ 技術的な課題については前述のデメリット・課題を参照願いたい。
- ・ タンカーの調達、汚染水貯蔵タンク船としての改造、陸上タンクからタンカーへの汚染水の移送・荷役、タンカーでの貯蔵管理・保守、タンカーの係留、除染など一連の業務には多くの関係者が介在する。タンカーを利用する場合、これに関わる関連業界の役割と責任を明確にして、改めてクリアすべき課題を抽出しておく必要がある。
- ・ 最大の問題は、汚染水をタンカーに貯蔵する事に関する関連法規が整備されていない事にあるが、陸上に比べて汚染水の漏えいに関するリスクが極めて小さい事を評価して、現行規制の規制緩和や便宜的措置で早期実現性の道を開く事が必要である。陸上タンクの汚染水の放射能レベルなどの知見はタンカー貯蔵にも活かされるものと思われる。
- ・ 2015年までに更なる陸上タンクの増設が予定されているが、関連する規則の整備が早急に出来れば、タンカーを汚染水の貯蔵タンクに利用する事は技術的な問題は少なく、増設陸上タンクの一部を代替する事は時期的にも可能であろう。

### 3) その他

- ・ 今回の提案は、「貯蔵タンクとしてタンカーを使用すれば、少なくとも陸上タンクで懸念される多くの漏えいリスクは相当に回避されるはずである」という考えに基づくもので、細部まで種々の課題を詰めた上での提案ではない。
- ・ 実現できるか否かは、「タンカーによる貯蔵が陸上タンクに比べて格段に安全であり、安定しており、長期的な貯蔵に適している」と理解されるならば、これを実現するために何をすべきかを考えることに尽きると考える。

現行の規則を持ち出して出来ない理由を羅列する事は簡単であるが、規則を作った時には想定していなかった事態に直面している訳で、より安全で確実な方法が判っていて、非現実的な規則を持ち出して否定すること自体がおかしなことになる。日本の真剣な事態対応力が世界から注目を浴びている今日、これ以上放射能汚染を拡大しないベストな解決策は何か、それを実現するための環境整備や技術の開発に関係者が智恵や工夫を出しあって、実現に向けての努力をすべきであると考えます。タンカーを利用した汚染水貯蔵システムにはまだまだ検討すべき課題が多々ありますが、今回の提案を契機として専門家の方々の真摯な議論、検討をお願いする次第である。