

[様式2 (汚染水処理対策委員会に報告し、一般公開となるものです)]

| 御提案書  |  |
|-------|--|
| 技術分野  | (1)                                    |
| 御提案件名 | 複合材化による、漏れない、錆びない、緩まない貯留用タンク           |
| 御提案者  | Kubota Research Associates, Inc. 久保田雅則 |

### 1. 技術等の概要 (特徴、仕様、性能、保有者など)

溶接やフランジで接合された鋼製の構造体では、酸素と水分それに酸化促進機能を有する塩化物イオンなどが介在すると鋼材製タンク基台、特に鋼材の溶接部やボルトやナットなどが錆び易く、穴開きや嵌合部の緩みが生じることにより貯留物 (液体やガス) が漏洩する事になる。また、嵌合部のパッキンなどに用いられるゴムや樹脂類は、貯留物中の放射性物質による影響や薬品類と化学・物理的反応を起こして著しく劣化、ガス化した成分の透過、膨潤や永久歪みを起こす可能性などを考慮しなくてはならない。例えば、シリコンゴムは疎水性があるが、他のゴムやエラストマーと同様に腐食要因である水蒸気や酸素の透過性が高く、放射線が照射されると弾性率など物性は大きく劣化する。

10月15日付、東京電力発表の「汚染水貯留タンクからの漏えいについて」にあるように、現在発生している汚染水の漏えい箇所は、フランジを中心とした物理的嵌合部付近であるとされ、良く整理されている。個々で特記されるべき事は、ボルトのトルクが締付時の値に対して経時的に低下し、漏水発生箇所のトルク値は顕著に低下しており、それに併せてパッキンの変形などが報告されている事である。このトルク値の低減は、タンク内でも底に近い箇所のボルトのトルクが顕著に低くなっている。



図1

更に、タンクの底に近くなるほど、放射線量も高くなっていると報告されている。ここでボルトのトルクが経時変化した事に対して推測される原因は、パッキン材がタンク内の貯留水中に含まれる物質との適合性が低く、物理・化学反応を起こして機械的物性が劣化したことであり、その結果、パッキンのシール性が失われ、タンク底部から漏水したと考えるのが妥当だと思われる。

汚染水に接する面に、繋ぎ目が無いタンク又はタンクライナーを装着した構造を持ち、併せて使用されるゴムや樹脂類は貯留物の成分に対する耐性が十分に確認された物を使用する事で、漏れない、錆びない、緩まない貯留用タンクが出来上がる。液体ロケットの燃料、高圧の液体酸素や過酸化水素などが漏れないように一体成形による複合材製タンクが用いられているが、コストが非常に高く汚染水貯留タンクには不向きである。しかし汚染水貯留タンクは高圧タンクではないので、薄肉の複合材製一体成形タンクライナーを既存の鋼材製タンクの内側に装着する事で費用の低減が出来る。ただし、放射線被曝の恐れがある現場に於ける 施工では、総ての工程が迅速である必要が有る。

**特徴**：高品位複合材のエンジニアリング会社である Kubota Research Associates, Inc.からの提案は、放射線耐性やガス遮蔽性が高く更に含水率も低い樹脂をマトリクスとした繊維強化樹脂コンポジット (FRP) の成形を、P-Wave™装置と P-Wave/PTIR™ IR Assisted Advanced Out of Autoclave (OOA)

による迅速硬化技術で、作業者の被曝線量を抑えつつ、タンクに対する高性能化で液漏れ防止構造とタンク構造の補強を短時間で付加することである。反応性の高い濃塩水などの液体を貯蔵する鋼製タンクの汚染水漏れ箇所として特定されている、例えば、タンク内部のリブ、フランジ、ボルトやナットなどのファスナーを含む底板部フランジの上部+5mm程度の箇所まで平面状になるように繊維強化複合材を用いて一体成形加工による封止をすることで、貯留タンクからの汚染水漏れを防止する迅速な加工技術で、別途ご提案中のタンク全体からの液漏れを防止するタンクライナーを最適化する物である。

冬場の外気温度でも含浸加工が短時間で行える特殊変性エポキシと強化繊維を用いて、特にフランジやボルト類が多用されているタンク底部の防水性と構造強度を高め、汚染水漏れを抑制する事を第一の特徴とする。

このコンポジット製の底板加工は、現存するフランジ型タンクの底板に取り付けられているフランジやボルト類による突起部を無くし、別途提案した複合材ライナーによる液漏れ及び錆び防止機能を更に高度化する事を第二の特徴とする。

現在汚染水漏れを起こしているボルト締め型フランジタンクの液漏れ防止に対する高信頼性化技術は、溶接型タンクに対しても応用ができる技術であって、既存のボルト締め型フランジタンクを用いれば撤去の必要性が無くなることから、限りある敷地の有効活用が可能となり、汚染水漏れ対策費用も低く抑えられる事を第三の特徴としている。

最後に、タンクの移設や廃棄の際には、コンポジット製部位は鋼製底板から分離が可能で有る事を第四の特徴とする。

**仕様：**当該プロジェクトで使用する予定の鋼・複合材ハイブリッドタンク底板の構造は、図2に有る通り構造材の一部として既存の鋼製タンクを用い、タンク内面底板部にはシームレスで耐薬品性の高い変性エポキシ樹脂繊維強化複合材タンクライナーを設ける。

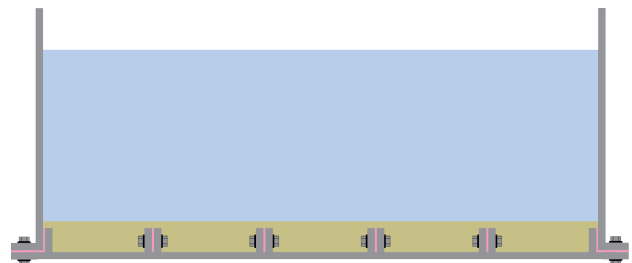


図2

タンク内有人作業時間：1時間未満

樹脂硬化時間：6時間未満

複合材ライナーの肉厚：フランジの高さ+ $\geq 5\text{mm}$

複合材ライナーの最薄部の肉厚： $\geq 5\text{mm}$

フランジ部よりの防水機能を有する

フランジ部のボルト／ナットの緩み防止機能を有する

底板の平滑機能を有する

サービス温度： $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ の間で使用可

耐久年数：10年以上

**性能**：耐薬品性変性エポキシ樹脂繊維強化複合材ライナーの性能は、複合材部の強度は、引張り強度：200 MPa、引張り弾性率：9800 MPa、曲げ強度：190 MPa、曲げ弾性率：7900 MPa、酸素透過性 $< 1 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{日}/\text{気圧}/25^\circ\text{C}$ 、水蒸気透過性 $< 1 \text{ g}/\text{m}^2/\text{日}/\text{気圧}/40^\circ\text{C}$ 湿度 90% 塩害地に於いて、無補修で錆止め耐性 25 年の実績が有る。

**保有者**：当該プロジェクト向けに提案する技術の保有者は Kubota Research Associates, Inc. で、複合材研究に於いて全米トップとされている University of Delaware Center for Composite Materials と共に、新素材と革新的な加工技術を航空・宇宙、軍需産業向けに開発しているエンジニアリング会社である。施工技術や複合材などの素材に関する知財は、米国 Kubota Research Associates, Inc. が保有しており、仔細は安全保障貿易の観点から米国政府による許可無しでは一般公開は行えない。当該技術は米国内で開発された物であり、米国 Export Administration Regulations (EAR) の対象である。

2. 備考（以下の点など、可能な範囲で御記入いただけますようお願いいたします）

・ **開発・実用化の状況**（国内外の現場や他産業での実績例、実用化見込み時期を含む）

**実績例**：複合材タンクは、高圧水素などの燃料タンクとして NASA などでも採用されている他、世界中の化学プラントで使用されている。複合材による構造補強は、日本でも橋梁補強やトンネルの補強で実績が有る。対象となる特殊フッ素樹脂による防錆加工は、多くの化学プラントの高圧高温反応釜や攪拌装置などの防錆焼付け加工用として 25 年以上の実績を持っている。当該プロジェクトのように、作業者に対する被曝線量を低く抑えるには、現場に於ける迅速な加工処理や施工が必要不可欠である。米国 Kubota Research Associates, Inc. の P-Wave™ 装置と P-Wave/PTIR™ IR Assisted Advanced Out of Autoclave (OOA) 複合材成形技術は、航空機体の高速製造や機体に対する小部品の敏速接着用として米海軍よりの委託研究で軍需・民需用に開発した物で、通常 7 日間以上要していた構造用熱硬化性樹脂をわずか 10 分以内で硬化した実績が有る。他、日本の経済産業省が中小企業向けに行っている補助事業「戦略的基盤技術高度化支援事業」の採択企業によって、自動車用複合材の高速成形や繊維強化複合材によるトンネル内高速補強を実証している。

**実用化見込み時期**：

当該技術は既に実証・実用化されているので、即対応が可能な技術である。

ただし、福島第一原子力発電所に於ける使用環境や要求仕様を満たすためには、以下の機材部品の製造又は調達期間が必要である。

この為に現場に於ける施工開始には、受注契約後約 3 ヶ月前後を要する。ただし、新型の高エネルギー密度 P-Wave™ 製造期間中に、基材となるタンクの表面処理を含む前加工は可能で有るので、全体の工期に対する影響は少なく抑える事が可能で有る。

当該プロジェクトで使用する予定の機器・資材のうち、

- 1) 複合材タンクライナー製造用 P-Wave™ 照射加熱装置（受注後約 3 ヶ月）
- 2) 強化繊維布（受注後約 3 ヶ月）
- 3) 特殊変性エポキシ樹脂（受注後約 3 ヶ月）

### ・開発・実用化に向けた課題・留意点

- 1) 使用中のタンクを、当該技術を用いて高度化する場合、可能な範囲でロボットによる自動化や遠隔操作で対応するにしても短時間の手作業が必要になる事から、被曝を抑えるためにはタンク及び作業地区の放射線物質の除去（除染）が不可欠である。劣化したパッキンは新たな物に交換する事が好ましい。
  - 2) 当該コンポジット（複合材）成形技術は、Kubota Research Associates, Inc.の監修の下でコンポジット成形の熟練者による施工が必要で有る。
  - 3) 一部の資材及び機材は国内調達が出来ず、主として米国からの調達となる。
  - 4) Kubota Research Associates, Inc.は米国法人であり、監修を予定している久保田雅則は日本国籍を保有する在外邦人である。
- **その他**（特許等を保有している場合の参照情報等）  
施工技術や複合材などの素材に関する知財は、米国 Kubota Research Associates, Inc.が保有しており、安全保障貿易の観点からも一般公開は行わない。
  - P-Wave™ Through Transmission Infrared (TTIR) Welding 技術は、Frost & Sullivan より 2005 Technology Innovation of the Year Award が授与された。
  - P-Wave/PTIR™ IR Assisted Advanced Out of Autoclave (OOA) 複合材成形技術は、米海軍により 2012年6月に Recognition Award が授与された他、2013年8月に先端材料技術協会 SAMPE Japan より先端材料技術賞が授与された。

### （備考）技術提案募集の内容（6分野）

- 汚染水貯蔵(タンク等)
- 汚染水処理(トリチウム処理等)
- 港湾内の海水の浄化(海水中の放射性物質の除去等)
- 建屋内の汚染水管理(建屋内止水、地盤改良等)
- 地下水流入抑制の敷地管理(遮水壁、フェーシング等)
- 地下水等の挙動把握(地下水に係るデータ収集の手法、水質の分析技術等)