

発表No.B2-11

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業
大規模水素サプライチェーンの構築に係る技術開発
液化水素タンクの高効率製造工法の開発

青木 篤人
川崎重工業株式会社
2025年7月16日

連絡先：
川崎重工業株式会社
<https://www.khi.co.jp>

事業概要

1. 期間

開始 : 2023年7月
終了（予定） : 2028年3月

2. 最終目標

- 液化水素タンクの溶接・接合工程の能率2倍を達成する。
- これによりタンク製造リードタイム短縮、コスト低減、品質安定化を達成し、国際的な競争力を確固たるものとする。

3. 成果・進捗概要

- 溶接・接合技術および、これの前後に付帯する準備や検査工程を高能率化する技術について施工方法の基本特性を明らかにした2023年度に引き続き、製品への実適用を見通した、施工方法・条件の最適化、装置開発等の技術開発を推進。
- 次のステップの実製品を想定した試験の成果を得るための課題を抽出し、この対策に取り組み中。

1. 事業の位置付け・必要性

背景・目的・本事業の必要性

- 2030年以降に**激増する水素需要に応える**ため、水素設備・機器のタイムリーな供給が必要。この実現のキーコンポーネントの一つが**液化水素タンク**である。
- **液化水素タンク**は極低温を保つため槽が二重化され、板厚増等によりLNGタンクより**溶接量が増加**。将来的には**水素需要の増加**＝タンク需要増加、**タンクの大型化**が予想される。
- 水素サプライチェーン構築の**商用化実証プロジェクト**では、世界に例のない大型の液化水素タンクを建造する。実証段階では**製造方法を確立することも目的の一つ**。
- こうした背景において、**熾烈な海外競合との競争に勝つ**ためにも、今後、**液化水素タンク製造の高能率化**が必要である。
- そこで、**タンク製造主要工程の溶接・接合技術およびその付帯作業技術の高能率化**を図る。これによりタンク製造**リードタイム短縮**、**コスト低減**、**品質安定化**を達成し、**国際的な競争力を確固たるものとする**。

水素サプライチェーン商用化実証の製造方法確立から
その先の**競争力強化**へ

2. 研究開発マネジメントについて

研究開発方針

液化水素タンク 製造期間の短縮技術・工法を開発

【対象】

- ① **ステンレス鋼** 液化水素タンク製造の高効率工法の開発
- ② **アルミニウム** 液化水素タンク製造の高効率工法の開発

【開発方針】

- ・溶接・接合の**施工方法自体の能率向上**
- ・溶接・接合の**前後工程の省略・低減**による能率向上

【効果】納期短縮、コスト削減、品質安定化、ライセンス事業展開



研究開発目標

対象とする工程の作業期間を半減（=能率2倍）

目標設定の考え方

タンク製造の主要工程である溶接・接合工程の作業時間を半減することでタンク製造の**直接的な工程コストの5%削減**を目指す
副次的に、全体建造工期が短縮され間接コスト削減も期待

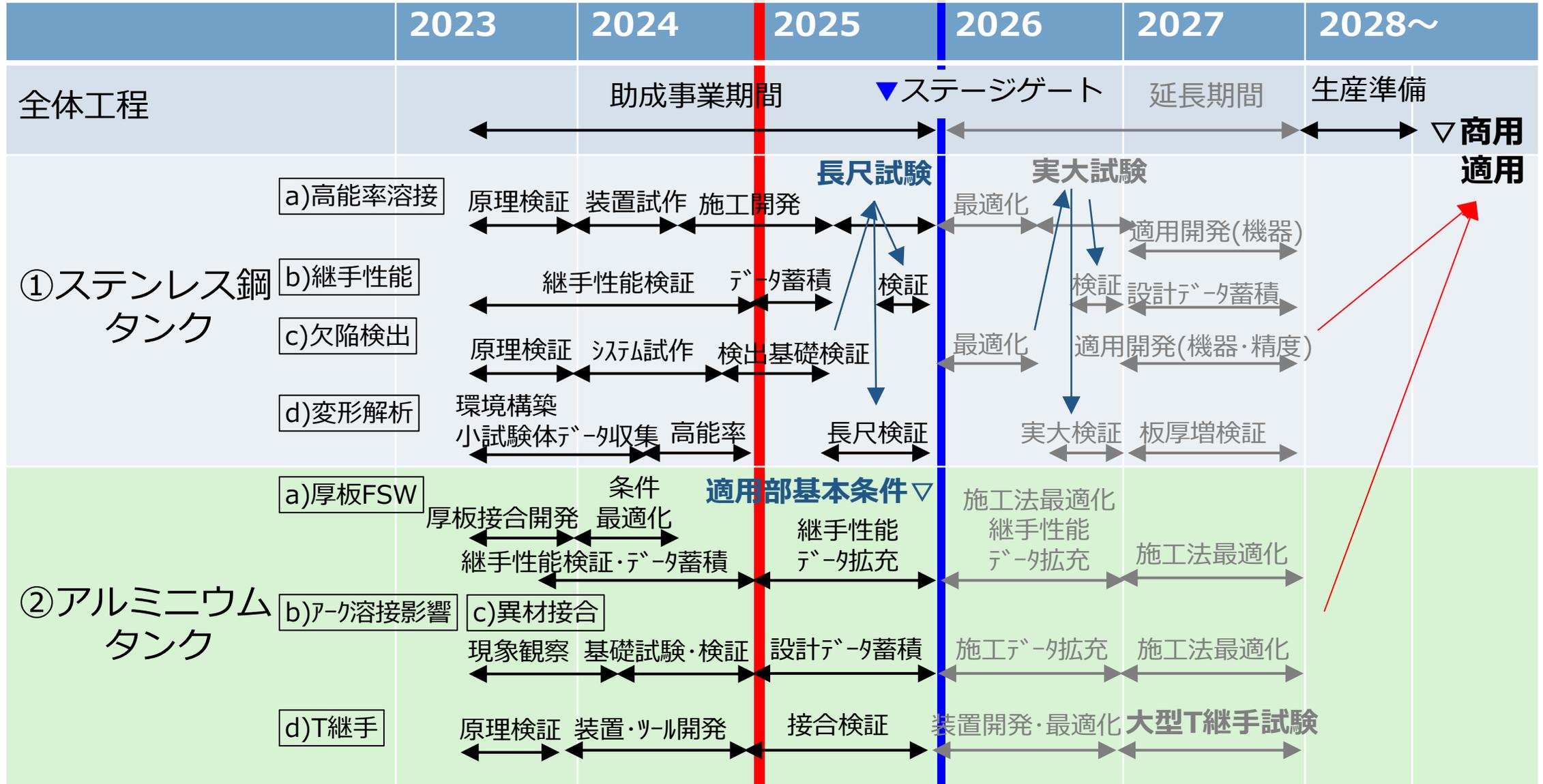


FSW (Friction Stir Welding 摩擦攪拌接合)

2. 研究開発マネジメントについて

【研究開発のスケジュール】

2024年度末時点



2. 研究開発マネジメントについて

研究開発の実施体制

川崎重工業（株） 技術開発本部

下記NEDO事業と情報共有

川崎重工業：液化水素の高効率・海上大量輸送技術の開発

東京大学：大型液化水素貯槽実現に向けた極低温・水素環境下
材料信頼性評価法確立および社会受容のための実大試験

研究開発の独自の取組み

- 溶接・接合技術者のみでなく、検査関係技術者、自動化システム開発技術者のチーム構成
多面的な視点で、工程期間短縮に取り組む
- 将来のライセンス事業を考慮した知財戦略を検討
ライセンサーへの提供技術に関しては知財化、ノウハウ技術については秘匿化の基準検討

3. 研究開発成果について

目標達成に向けたアプローチ：①ステンレス鋼製タンク

極低温継手性能確保

開発ターゲット

施工法の高効率化

b) 継手性能検証

a) 高能率アーク溶接法開発

- 溶接施工の高効率化
- 裏はつりレス

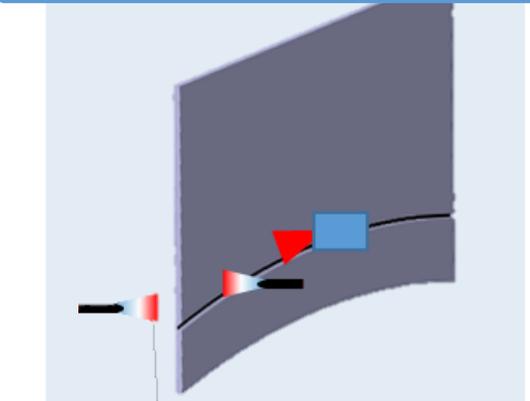
d) 溶接変形解析

- 溶接欠陥・歪修正作業低減

c) インライン検査

- 欠陥早期検出による修正作業低減

付帯作業の削減・省力化



厚板 水平横向溶接
両面X開先 突合継手

小型試験 → 長尺試験 → 実大試験

3. 研究開発成果について

目標と進捗 ①a) 極低温向け高能率アーク溶接工法の開発

目標と進捗 ①b) 高能率溶接の継手性能の検証

施工法による
高能率化・継手性能確保

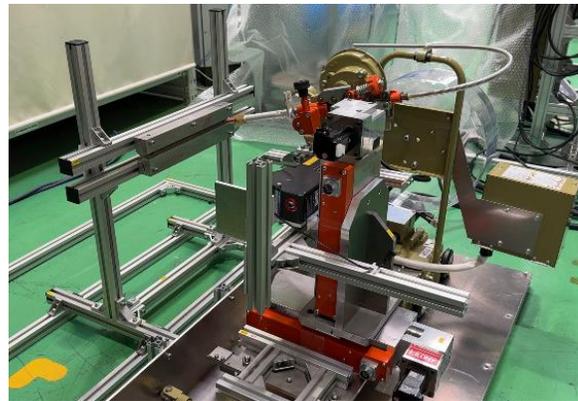
【目標】 確立されたティグ溶接の2倍以上の溶着効率
低温じん性：シャルピー衝撃試験 横膨出量0.53mm以上（ASME規格）

【実施項目】

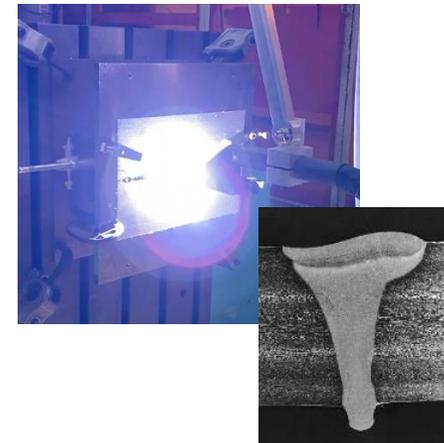
- ① 両面サブマージアーク溶接(SAW)の施工裕度検証 SAW：Submerged Arc Welding
- ② 高性能サブマージアーク溶接装置開発
- ③ プラズマ溶接/ミグ溶接施工法の検証（低温じん性）

		電流		
		低	中	高
速度	高			
	中			
	低			

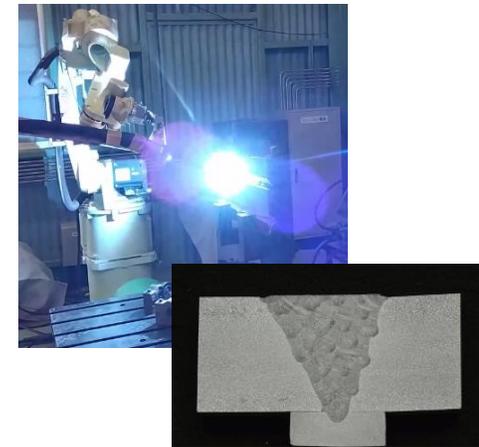
①施工裕度結果（適正＝着色部）



②SAW自動溶接装置
溶接線あい・溶接データ取得



③プラズマ溶接施工状況



③ミグ溶接施工状況

【成果と意義】 溶接金属の低温じん性ASME基準をクリア。試験体レベルで高能率溶接に目途。

3. 研究開発成果について

目標と進捗 ①c) インライン溶接欠陥検出技術の開発

付帯工程による
高能率化

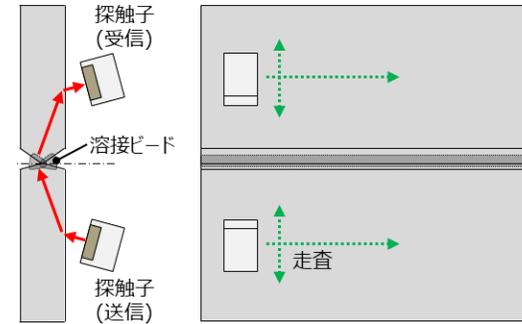
【目標】 インライン・非接触での溶接の想定きず検出方法の確立

【実施項目】

- 空中超音波法を選定
- 初層割れを対象に割れ検出性能を検証

【成果と意義】

- 割れ検出の可能性を確認
- 溶接欠陥の早期検出により、手直し時間の削減



空中超音波法施工要領

目標と進捗 ①d) 溶接変形・応力解析の高精度化開発

【目標と狙い】

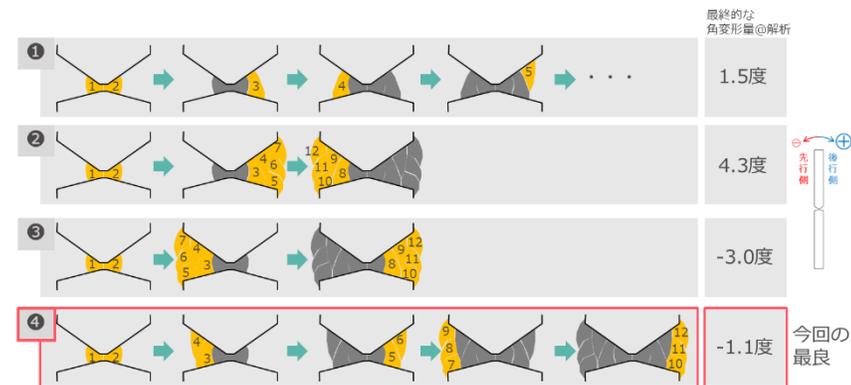
溶接変形量ずれ予測25%以内

【実施項目】

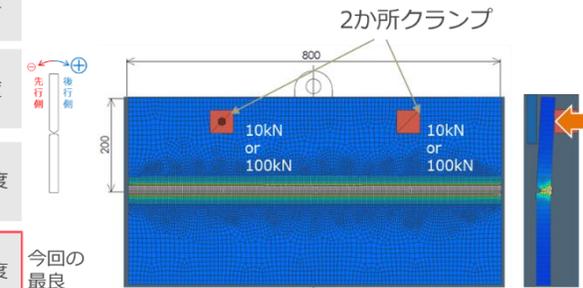
- ① 両面SAWでの溶接順序の最適化の効果を解析
- ② 溶接部の拘束状態による変形量の把握

【成果と意義】

- 変形抑制による修正作業低減
- 大型構造物の変形予測のためのデータ獲得



①溶接順序による変形抑制



②溶接部拘束解析

3. 研究開発成果について

目標達成に向けたアプローチ：②アルミニウム製タンク

施工法の高効率化
極低温継手性能確保

b) アーク溶接影響検証



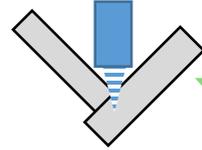
金属組織肥大化

a) 厚板FSW

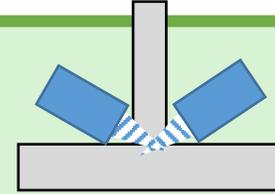


- 基礎施工法確立
- 極低温継手性能

d) 厚板T継手FSW

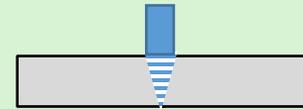


開発ターゲット

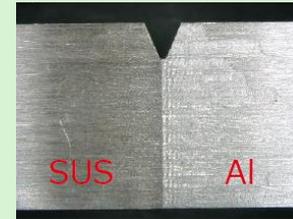


① T継手FSW

開発ターゲット



突合せFSW施工バリエーション
(板厚、姿勢、装置)



異材継手

c) 異材接合

- 継手強度
- 極低温継手性能

突合せFSW → T継手
適用 & 設計データ蓄積

3. 研究開発成果について

目標と進捗 ②a) 厚板アルミニウムFSW法開発および継手性能評価

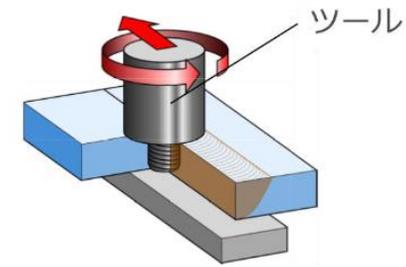
【目標】 アルミニウム厚板FSW継手の施工法確立と継手性能把握

【実施項目】

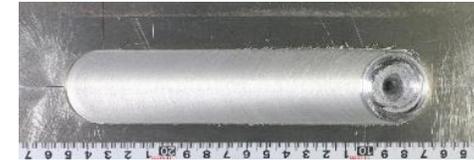
- 施工条件(速度)による継手性能(低温じん性：シャルピー衝撃試験)検証

【成果と意義】

- 2023年度施工条件の高・低速度においても、母材を上回る低温じん性を得られた
- FSWのタンク適用可能性を示せた

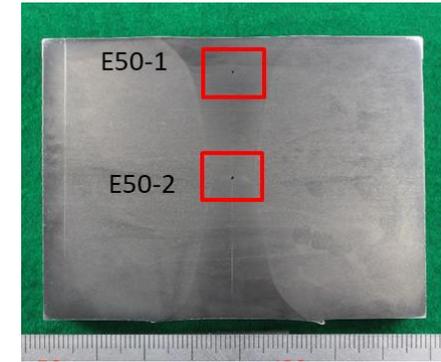


FSW：摩擦攪拌接合



FSW継手外観

施工法開発 継手性能検証



FSW継手断面と評価位置

目標と進捗 ②b) 固相接合後アーク溶接影響検証

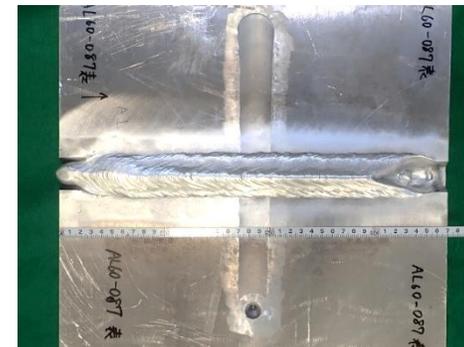
【目標】 FSW接合後のアーク溶接部の継手性能検証

【実施項目】

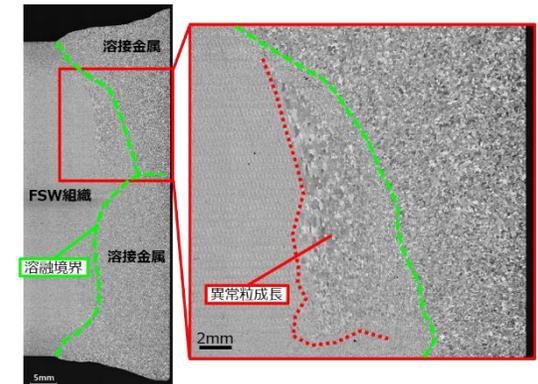
- アーク溶接後の異常粒成長(組織粗大化) 部の継手性能(低温じん性：シャルピー衝撃試験)検証

【成果と意義】

- 異常粒成長組織継手性能の母材以上を確認
- FSWとアーク溶接の併用が可能であることを確認。現実的な製品適用性を示せた。



FSWとアーク溶接の交差継手外観



異常粒成長部

3. 研究開発成果について

目標と進捗 ②d) 厚板T継手接合への応用開発

施工法開発

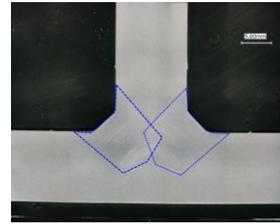
【目標】 厚板T継手FSW接合法の確立

【実施項目】

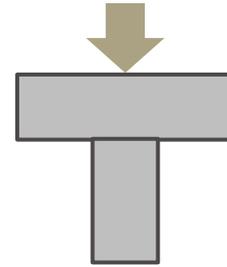
- 厚板T継手 2種の接合法を検証
- 裏側工法のツール開発・厚さ試験

【成果と意義】

- 裏側工法向けFSWツールを開発
- 裏側工法による板厚50mmの施工可能性を確認



すみ肉FSWイメージ



裏側工法



T継手FSW外観



T継手FSW断面

目標と進捗 ②c) 異材固相接合技術開発

施工法開発

【目標】 アルミニウム合金とステンレス鋼の接合方法の確立

【実施項目】

- 8種類の施工法の摩擦圧接継手を検証

【成果と意義】

- アルミニウム合金とステンレス鋼の間に中間材挿入が有効であることを確認
- 中間材有りの継手性能について、中間材により引張強度や低温じん性など特徴があることを確認、データ取得



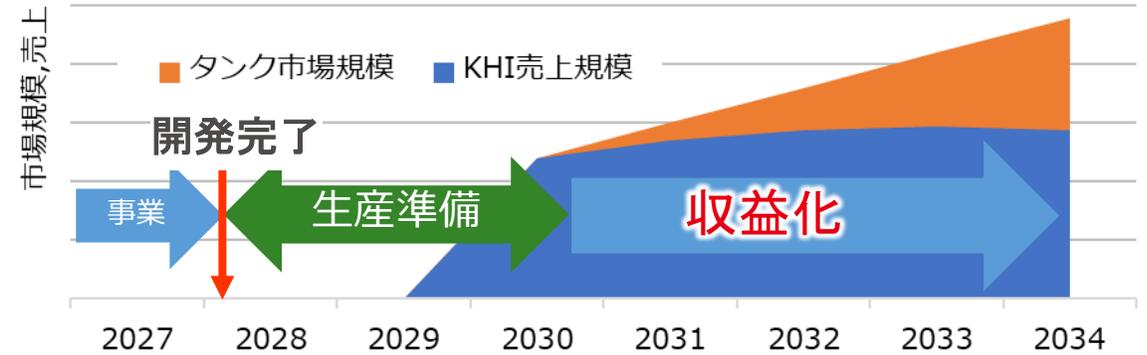
摩擦回転圧接継手

アルミニウム合金とステンレス鋼との間に中間材 (A1000系、Ti、Ni) 挿入を検証

4. 今後の見通しについて

実用化のイメージ

- 実用化は2030年以降の商用事業を想定
- 本事業終了後、2028年度から商用事業への適用準備を実施し適用を目指す



実用化に対する課題と対応方針・具体的な取組み

- NEDO事業による生産要素技術の開発と並行して工場における自動化設備導入や人材の育成の計画を進める
- 新規開発技術（溶接工法）の適用規格承認

その他の取組み

（一社）高圧力技術協会における国内液化水素タンクに関する議論 および NEDO事業「大型液化水素貯槽実現に向けた極低温・水素環境下材料信頼性評価法確立および社会受容のための実大試験」東京大学の成果を参考にして、溶接・接合部の要求品質の達成に取り組む。