

超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業
/水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発
/水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発

鈴木 裕晶（千代田化工建設(株)）

JFEコンテナ株式会社， JFEスチール株式会社
千代田化工建設株式会社， 東京電機大学

2022年7月28日

連絡先
JFEコンテナ株式会社 高野
E-mail: toshio-takano@jfecon.jp
TEL: 03-5281-8517

事業概要

1. 期間

開始 : 2018年6月

終了（予定） : 2023年3月

2. 最終目標

本研究は、非破壊検査技術のひとつであるアコースティック・エミッション法（AE法）を適用して、非破壊・非開放で供用中のタイプ2蓄圧器の有害な欠陥の有無を評価する手法を確立する。AE法と渦流探傷などの非破壊検査と金属面観察の併用により、使用寿命の延長と運営コスト削減を可能とし、更に、AE法の保安検査基準、定期自主検査指針などの供用中検査基準への導入に資する事を目的とする。

3. 成果・進捗概要

実施項目の①定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築、②鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出、③鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出、④実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築、⑤基準化(日本非破壊検査協会規格 NDIS2436)の取組のいずれも計画通りに遂行中。

1. 事業の位置付け・必要性

- 炭素繊維強化鋼製圧力容器(タイプ2容器)は保安検査の対象であり、開放検査が課せられている。
 - 保安検査基準 (KHK/JPEC S 0850 9 2018)
 - 定期自主検査指針 (KHK/JPEC S 1850 9 2019)
- 運用コスト低減の観点から営業中の非開放による供用中検査への強い業界要望がある。
- 定期自主検査指針には外部からの「適切な非破壊検査」による開放検査の省略が規定されている。
- 定期自主検査指針の「適切な非破壊検査」の一つとして”NDIS2436”が引用され、タイプ2容器の開放検査を省略し、低炭素社会の実現に向け、水素ステーションの安全性を担保しつつ運営費等のコスト低減に寄与する。

2. 研究開発マネジメントについて

■ 実施体制

委託

研究項目	JFEスチール	JFEコンテイナー	千代田化工建設
(1) 定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築	○	○	○
(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	○		○
(3) 鋼製小型蓄圧器（3%）による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出		○	○
(4) 実機タイプ2蓄圧器容器(200%、82MPa)による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築		○	○
(5) 基準化への取組	○	○	○

再委託（JFEスチール）

研究項目	東京電機大学
・タイプ2蓄圧器の供用中のAE法適用技術の妥当性の検証	○
・定期自主検査へのAE法導入シナリオの妥当性の検証	○
・保安検査・定期自主検査基準策定に資する知見、データの妥当性の検証	○

2. 研究開発マネジメントについて

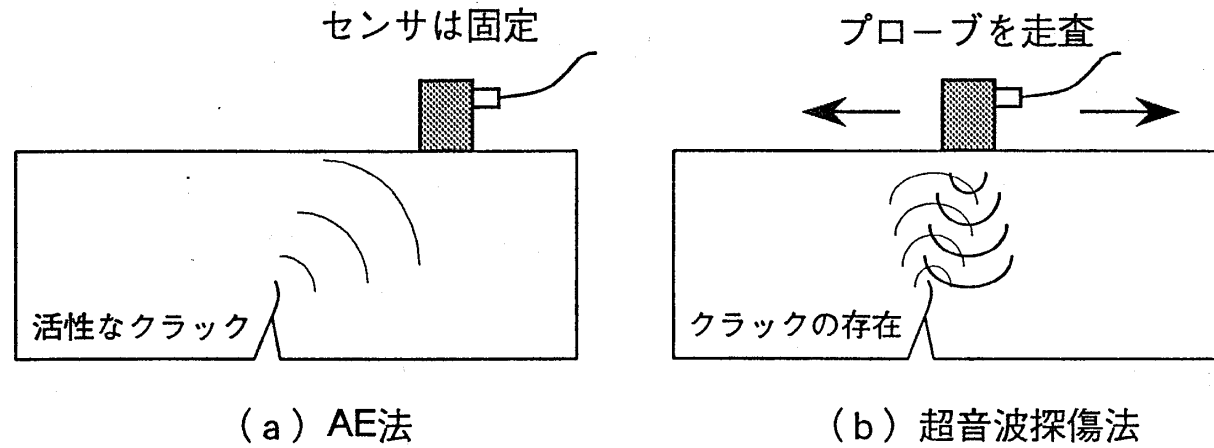
■研究項目とスケジュール

研究項目	FY 2018	FY 2019	FY 2020	FY 2021	FY 2022
(1)定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築	→				
(2)鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	→				
(3)鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	→				
(4)実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築	→				
(5)基準化への取組				→	

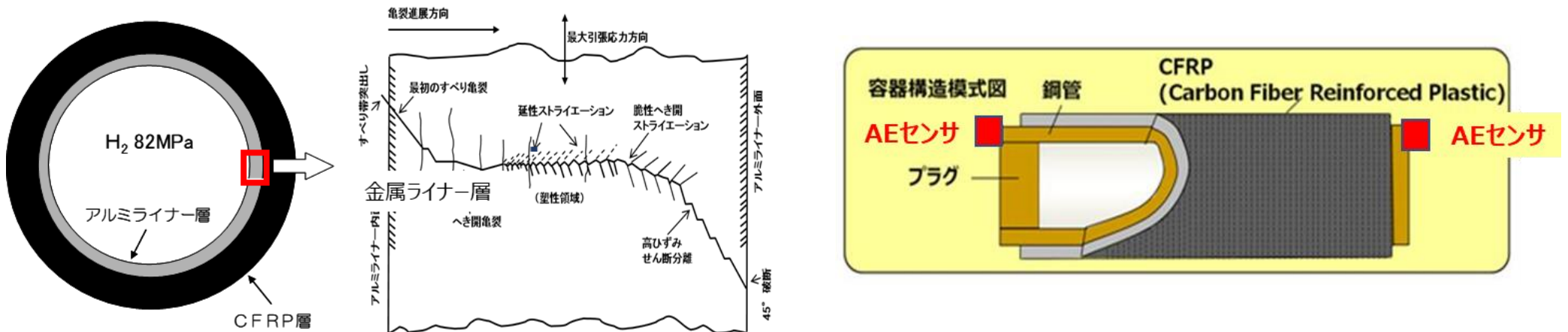
3. 研究開発成果について

■ AE法の概要

センサを対象物に取り付けて、**き裂などの損傷に起因して発生するAE波を検知。**

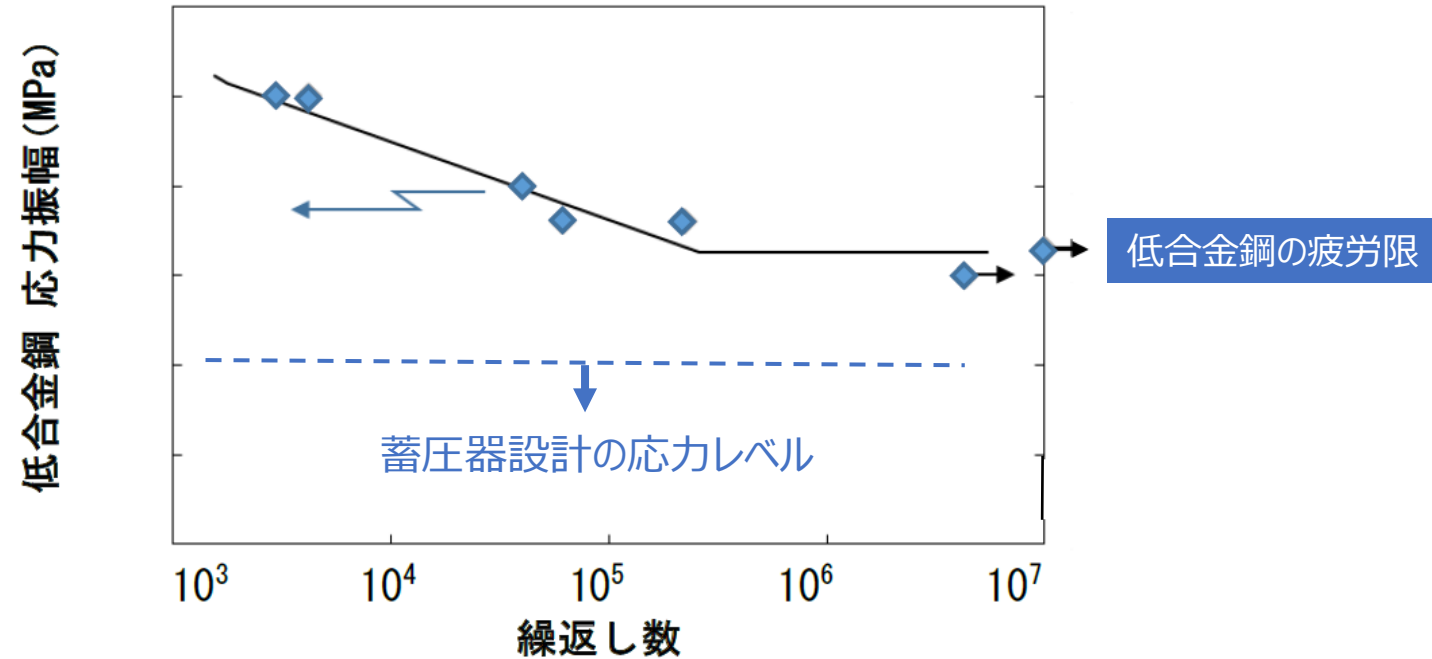


金属ライナー端部にAEセンサを設置し、**金属ライナーの疲労き裂の発生・進展に伴うAEを検知する。**



3. 研究開発成果について

■ 供用中検査へのAE法導入の仮説



タイプ2 蓄圧器ライナー材の低合金鋼は明瞭な疲労限をもつ。

→蓄圧器の使用応力は疲労限よりずっと小さい。

→通常使用時には疲労き裂は発生せずにAEは検知されない。

▶ 定期自主検査でAE検査を実施し、AEが検知されなければ疲労き裂は存在しない。

3. 研究開発成果について

(1) 定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築

A. 複合容器ステアリング委員会での進捗審議

B. 高圧ガス製造施設の保安の維持・向上には事業者における自主検査の充実が不可欠であり、高圧ガス保安法ではその詳細が規定されていない定期自主検査の方法について、事業者の参考のために高圧ガス保安協会は定期自主検査指針（圧縮水素スタンド）KHK/JPEC S 1850-9を制定した。

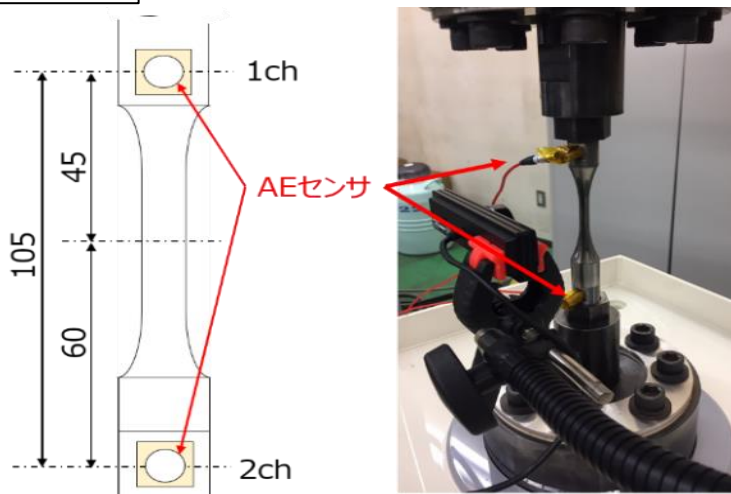
定期自主検査指針（圧縮水素スタンド）KHK/JPEC S 1850-9には、肉厚測定以外の非破壊検査について、先進的な検査技術の検討等を行い、検査方法を採択するよう努めることの明記などを追加しており、NDIS2436（本AE法による供用中検査手法）は先進的な検査技術に該当する。

C. 日本非破壊検査協会でのNDIS2436原案作成委員会の設置手続き完了

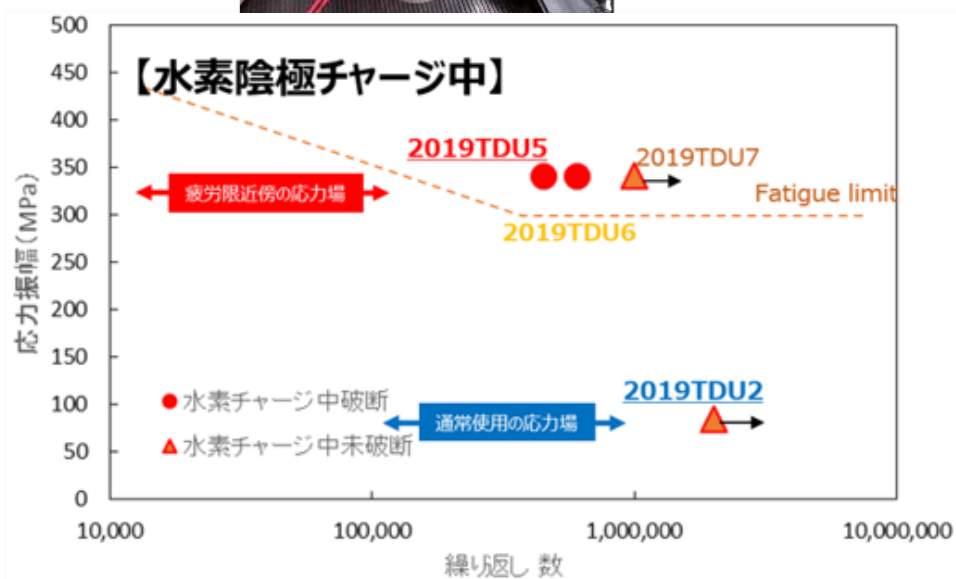
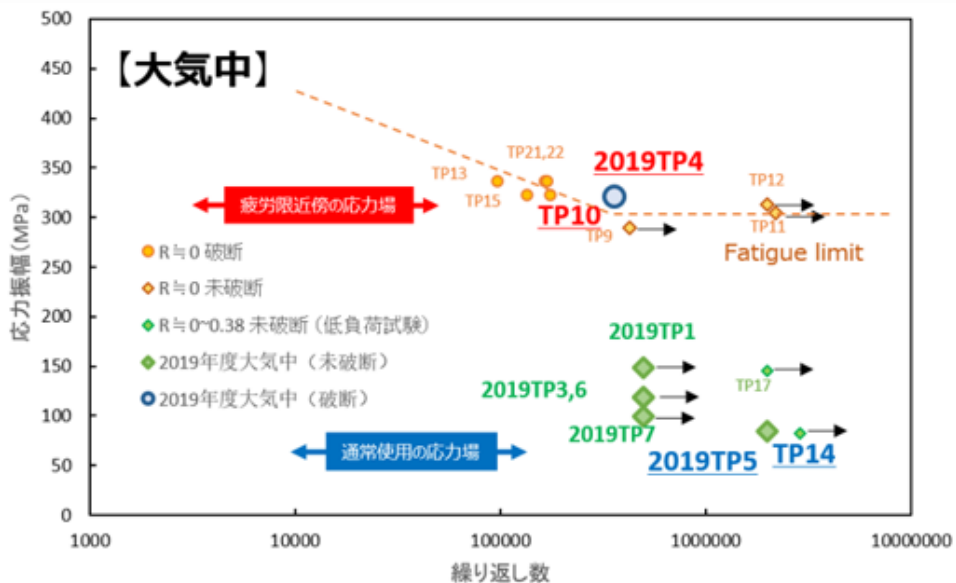
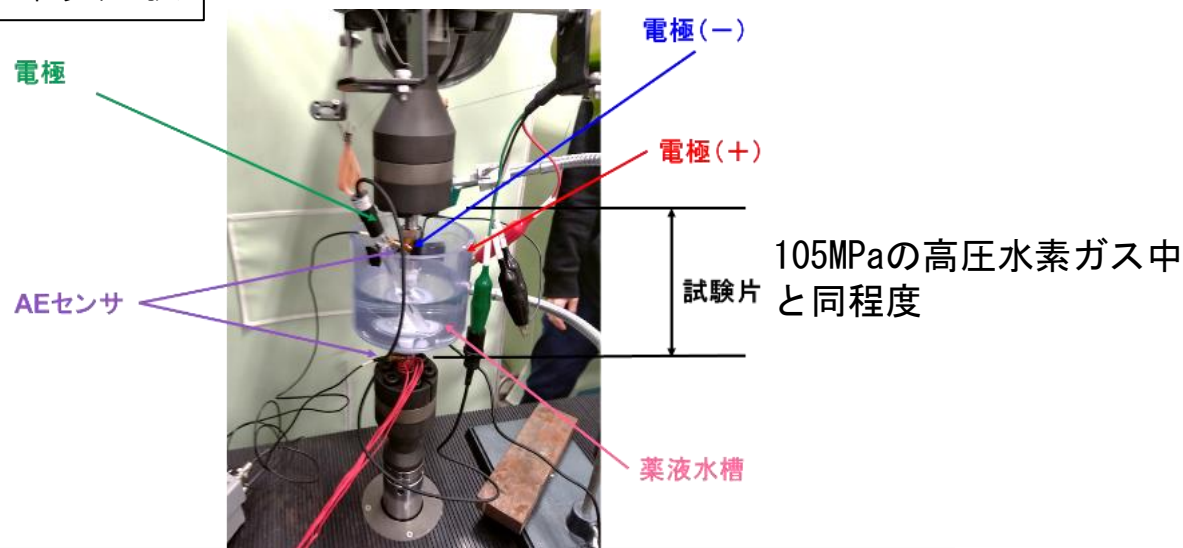
3. 研究開発成果について

(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出[1/2]

大気環境試験



水素環境試験

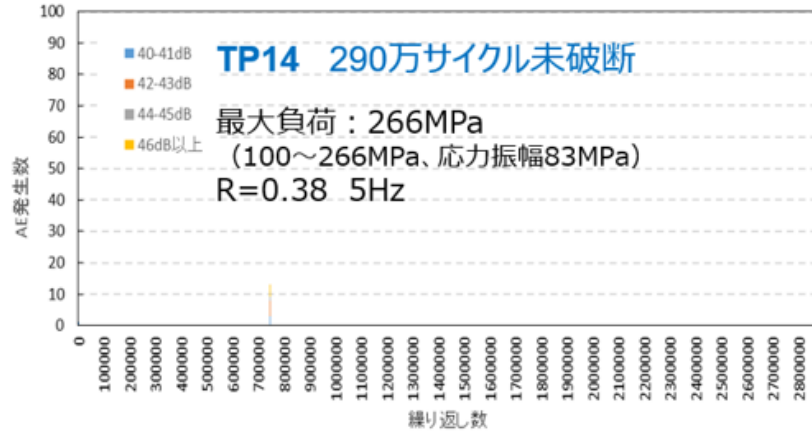


3. 研究開発成果について

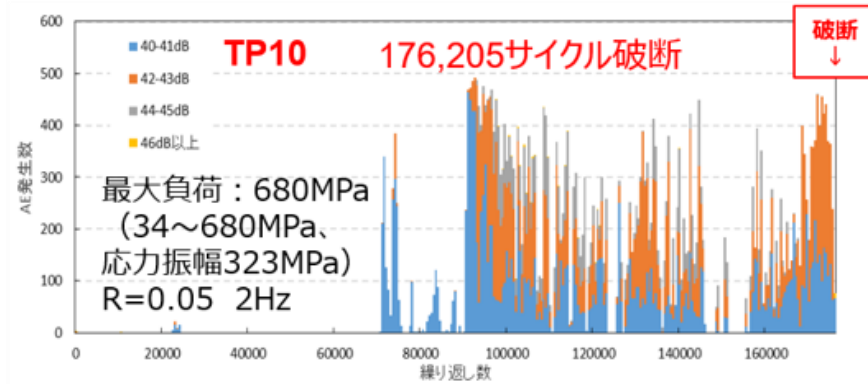
(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出[2/2]

【大気中】

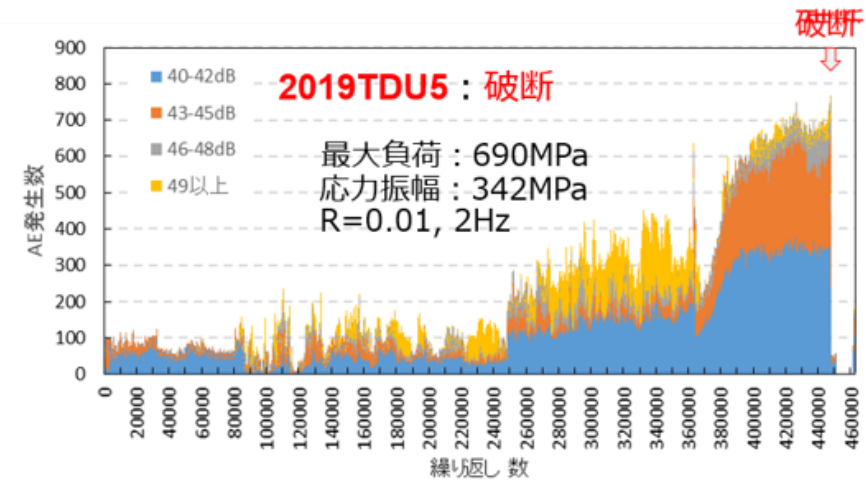
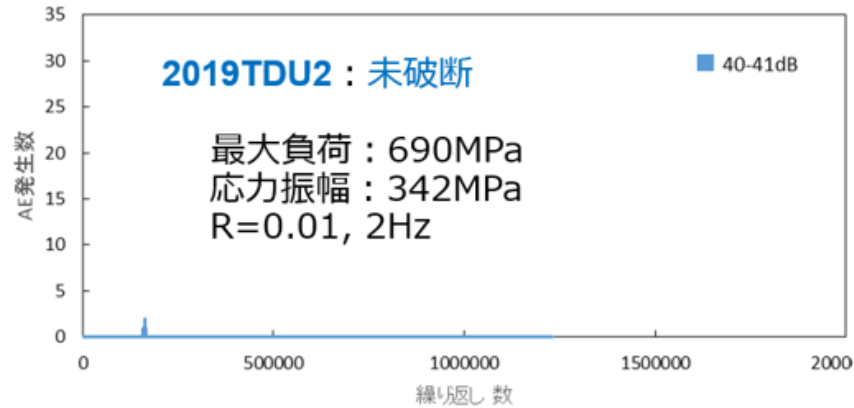
通常使用の応力場



疲労限近傍の応力場



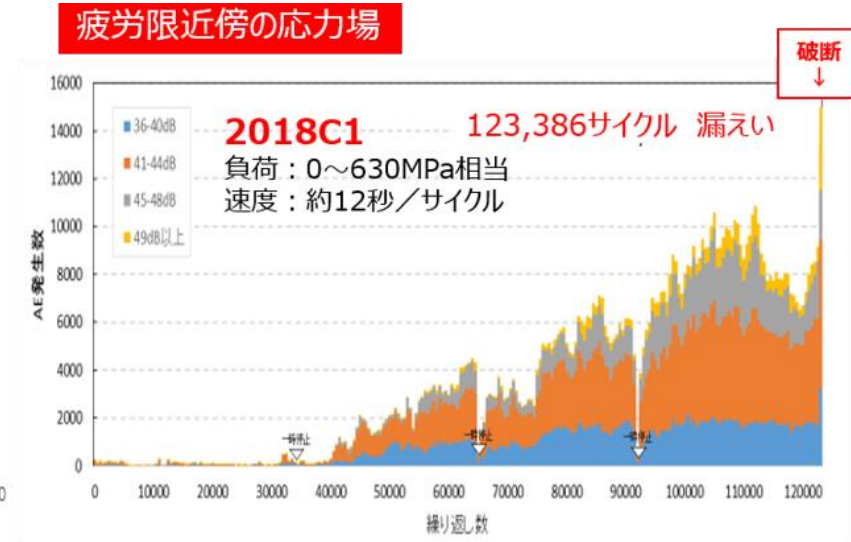
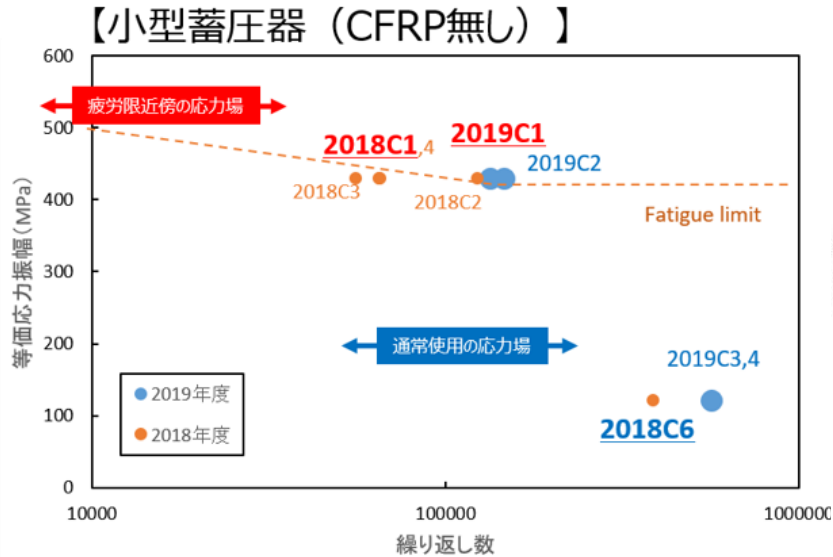
【水素陰極チャージ中】



- ・蓄圧器使用応力場では AEが検出されない事を確認した。
 - ・疲労限近傍の応力場において、損傷が発生すればAEは検知された。
- 大気中および水素陰極チャージ中でAEの有効性が確認された。

3. 研究開発成果について

(3) 鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出



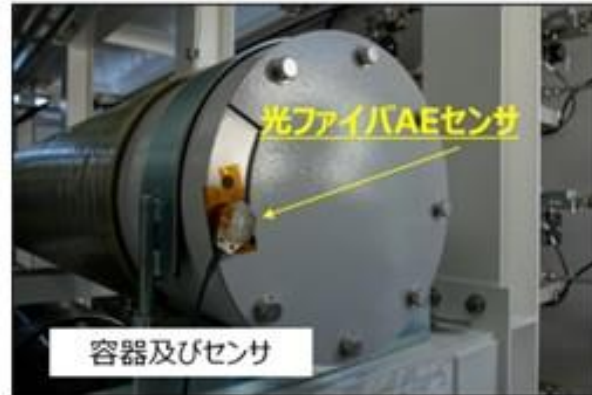
- 蓄圧器使用応力場ではAEが検出されない事を確認した。
- 疲労限近傍の応力場において、損傷が発生すればAEは検知された。
- 鋼製試験片を用いた実験と類似のAE特徴

→ 鋼製小型蓄圧器でAEの有効性が確認された。

3. 研究開発成果について

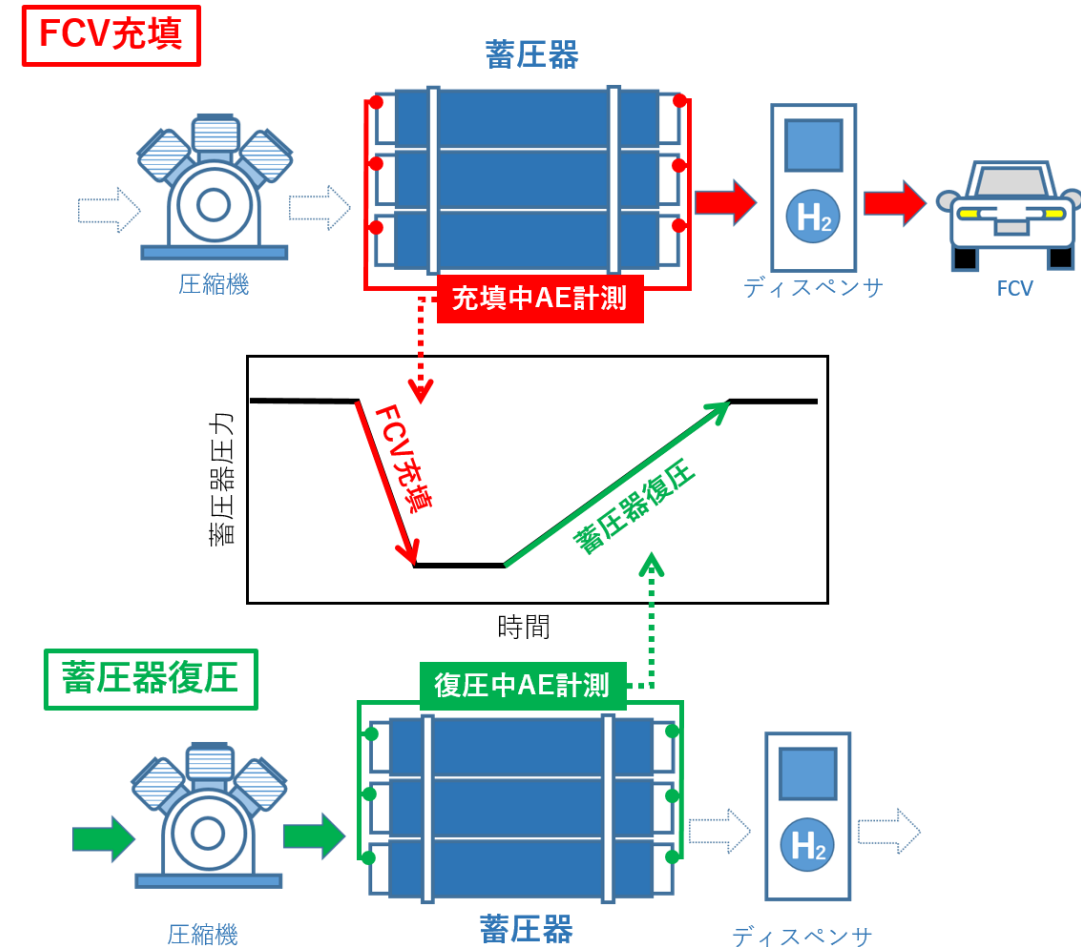
(4)実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築

HySUT甲府殿および東邦ガス殿の実水素ステーションにて複数回のAE計測実験を実施。



- AE計測は水素SS営業中に実施
- AE計測期間は約半日
- 防爆型AEセンサを使用
- 複数台のFCV充填のAE計測
- 充填時（蓄圧器の減圧）と復圧時（蓄圧器の昇圧中）のAE分析
- 複数バンク方式の場合、各バンクにAE計測/分析を実施

▶ 水素ステーション計測でのノイズ除去方法の提案



3. 研究開発成果について

(5) 基準化への取組

- ・ 2021年度に日本非破壊検査協会 **NDIS2436原案作成準備WG** を4回開催し、規格素案を作成した。

原案名称：「圧縮水素スタンド用炭素繊維強化鋼製圧力容器のアコースティック・エミッション試験方法」
主査（東京工業大学），副主査（関西大学，明治大学），委員（中立者1名，製造者2名，使用者2名）：計8名

- ・ 2022年度に日本非破壊検査協会 **NDIS2436原案作成委員会** を4回開催し、規格原案を作成予定。

原案名称：「圧縮水素スタンド用鋼製圧力容器のアコースティック・エミッション試験方法」
委員長（東京工業大学），幹事（製造者，使用者），委員（中立者5名，製造者1名，使用者5名）：計14名
オブザーバ（NEDO，KHK，JPEC他）

3. 研究開発成果について

■ 研究発表・講演・文献・特許等の状況

(口頭発表)				
No.	年月	発表先	題目	発表者
1	2019/8/9	日本非破壊検査協会 AE部門講演会	AE法による水素ステーション用蓄圧器の供用中検査手法の開発	前田守彦(千代田化工建設)
2	2019/8/9	日本非破壊検査協会 AE部門講演会	水素蓄圧器の保安検査へのAE適用の期待	高野俊夫 (JFEコンテナ)
3	2020/3/24	日本高圧力技術協会 高圧水素技術専門研究委員会	水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発	鈴木裕晶(千代田化工建設)
4	2020/6/4	日本非破壊検査協会 非破壊検査総合シンポジウム	水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発	鈴木裕晶(千代田化工建設)
5	2020/11/27	日本非破壊検査協会 保守検査ミニシンポジウム	水素蓄圧器用低合金鋼の疲労損傷中のAE計測	岡野拓史/高木周作(JFEスチール),高野俊夫(JFEコンテナ), 前田守彦/鈴木裕晶(千代田化工建設)
6	2020/11/27	日本非破壊検査協会 保守検査ミニシンポジウム	タイプ2蓄圧器のAE法による定期自主検査	高野俊夫(JFEコンテナ), 岡野拓史/高木周作(JFEスチール),前田守彦/鈴木裕晶(千代田化工建設)
7	2021/11/18	日本高圧力技術協会 HPI技術セミナー「エネルギー貯槽技術の最新動向」	水素ステーション用タイプ2蓄圧器の自主保安検査としてのAE試験	水谷義弘(東工大)
8	2022/3/18	日本非破壊検査協会 AE部門講演会	水素ステーション用蓄圧器の保全管理におけるAE活用	前田守彦/甲斐大介/日置輝夫/鈴木裕晶(千代田化工建設), 北川敏/高野俊夫(JFEコンテナ), 岡野拓史/石田智治(JFEスチール), 辻裕一(東京電機大)
9	2022/5/18	米国AEWG 第63回年次大会	R&D Trends of Non-Destructive Testing of CFRP High-Pressure Hydrogen Tanks in Japan	Y. Mizutani(Tokyo Tech.), T. Matsuo(Meiji Univ.), K. Ito(NIMS), H. Suzuki (Chiyoda corp.) and M. Takuma(Kansai Univ.)
(新聞・雑誌等への掲載)				
No.	年月	発表先	題目	発表者
1	2020/06	日本非破壊検査協会 機関誌「非破壊検査」第69巻6号	AEによる水素ステーション用複合蓄圧器の供用中検査	前田守彦/鈴木裕晶(千代田化工建設)
2	2021/1/15	AEWG News Letter	Japanese Society for Non-Destructive Inspection is developing the standard for AE testing of Type 2 composite cylinders for hydrogen refueling stations	Y. Mizutani(Tokyo Tech.)
3	2021/6	工業ガス専門誌ガスレビュー 水素・燃料電池マーケティング・ブック「ハイドリズム」vol.11	水素ステーション用蓄圧器の定期自主検査へのAE法の適用を目指す	JFEコンテナへの取材記事
4	2021/10	日本非破壊検査協会 機関誌「非破壊検査」第70巻10号	水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発	前田守彦/鈴木裕晶(千代田化工建設),北川敏/高野俊夫(JFEコンテナ), 岡野拓史(JFEスチール),辻裕一(東京電機大)

4. 今後の見通しについて

- 本事業で開発した水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法を日本非破壊検査協会規格NDIS2436「圧縮水素スタンド用鋼製圧力容器のアコースティック・エミッション試験方法」として制定し、定期自主検査指針（圧縮水素スタンド）KHK/JPEC S 1850-9の“適切な非破壊検査”の一つとして承認されるよう試みる。
- NDIS2436がKHK/JPEC S 1850-9の“適切な非破壊検査”の一つとして引用されれば、タイプ2容器の開放検査を省略し、低炭素社会の実現に向け、水素ステーションの安全性を担保しつつ運営費の大幅なコスト低減に寄与することができる。
- 営業中の水素ステーションで、NDIS2436による蓄圧器の定期AE検査(非開放、年1回程度)によって蓄圧器の健全性が確認できれば、10日程度の営業休止が必要だった開放点検が不要となる。また、毎年健全性の確認ができれば、使用回数の積算開始の時期が延長され、開放検査時期の延伸の可能性が期待される。