2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No.H1-16

超高圧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

JFEスチール株式会社
JFEコンテイナー株式会社
千代田化工建設株式会社
東京電機大学

7月18日（木）

連絡先
JFEスチール株式会社
E-mail:a-Nagao@jfe-steel.co.jp
TEL:044-322-6131

事業概要

1. 期間

開始　　：2018年 6月
終了（予定）：2020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

本年度実施の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、いずれの研究項目も計画のマイルストーンをクリアした。詳細は後述する。

１．研究開発の概要

（１）タイプ2蓄圧器の供用中検査方法の必要性
（２）実施体制
（３）アコースティック・エミッション（ＡＥ）法の概要
（４）容器管理へのAE法適用の考え方

２．研究開発の内容と成果

（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

１．（１）タイプ2蓄圧器の供用中検査方法の必要性

＜現状＞
目視検査および非破壊検査（肉厚測定）を実施することになっており、2～3年に1度は開放し目視検査を実施している。

＜タイプ２蓄圧器に適用する場合の課題＞
①開放検査は水素ｽﾃｰｼｮﾝを連続10日程度の休業させる必要があり、運営の負担となる。
②タイプ２蓄圧器は、表面がCFRP層で覆われている事から、供用中にUT法等の非破壊検査技術を用いた検査が困難。

⇩

アコースティックエミッション法（AE法）を用いた供用中検査法が適用される事により、開放検査の代替となりえる。結果、保安検査に関わる水素ｽﾃｰｼｮﾝの運営ｺｽﾄを削減できる。

1．（2）実施体制

NEDO

↓ 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ﾘｯﾄﾙ）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ﾘｯﾄﾙ、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）

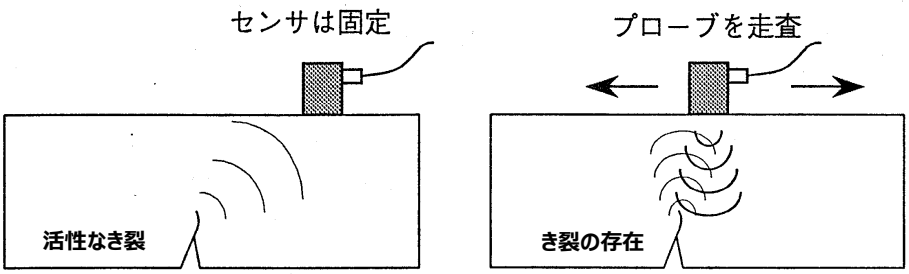
研究項目	東京電機大学
・タイプ２蓄圧器の供用中のAE法適用技術の妥当性の検証	○
・定期自主検査へのAE法導入シナリオの妥当性の検証	○
・保安検査・定期自主検査基準策定に資する知見、データの妥当性の検証	○

1．（3）アコースティック・エミッション（ＡＥ）法の概要

AEは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波を検知する。

超音波探傷のように超音波を入射しないで、き裂の発生・進展を待つだけ。

AE法は受動的な検査であり、超音波探傷は能動的な検査。

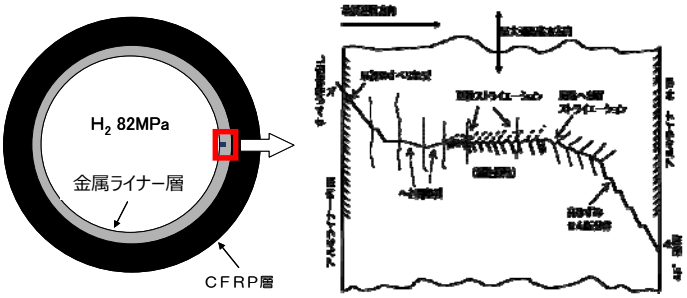


（ａ）AE法　　（ｂ）超音波探傷法

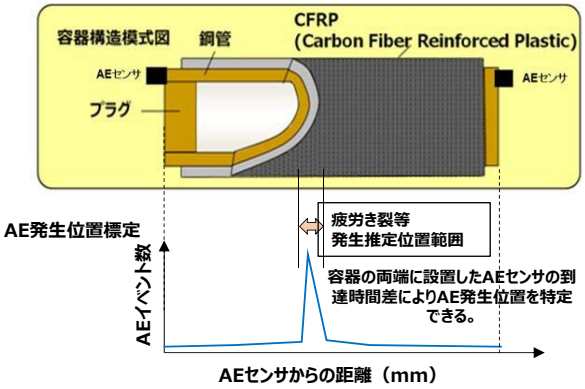
＊金属材料においてき裂が発生する際に発生するAEの周波数帯：200～300kHz

1．（3）アコースティック・エミッション（ＡＥ）法の概要

繰返し使われるType2容器の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。



鋼管端部にAEセンサを設置することによりき裂を検知できる。AEセンサに到達した信号の到達時間差から発生位置も評価する事ができる。



2．（１）定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築

FY 2018	FY 2019	FY 2020
・法的観点、技術的観点から障壁を明確にし、対応方法の検討を行い、本事業の妥当性の検証を行う。	・技術的観点から、障壁に対応するデータの採取	・法的観点から、具体的な対応策を構築する

A. 複合容器ステアリング委員会での進捗審議を開始

複合容器ステアリング委員会において、本研究開発の進捗を審議する体制を構築した。平成30年度から年数回のステアリング委員会で進捗報告を実施し、技術専門家から構成される委員による審議を受ける事によって本事業を円滑に推進する。

B. 日本非破壊検査協会での規格委員会の設置

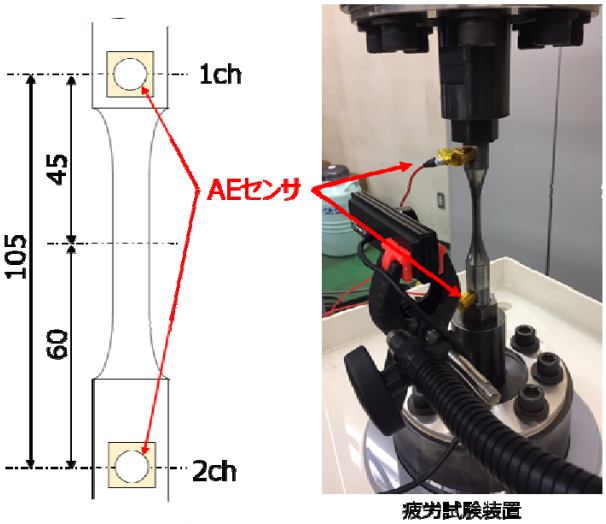
日本非破壊検査協会（JSNDI）おいて、開発したAEを用いた供用中検査手法の規格化の為の委員会を設置し、日本非破壊検査協会規格（NDIS）の制定を試みる。

C. 定期自主検査指針 （圧縮水素スタンド）KHK/JPEC S 1850 (2018) （案）の説明会(2018/11/6)に出席し、AE法の定期自主検査指針への追加についてヒアリング。
⇒技術的質問（現状の基準の規定の改定、新しい規定の追加）で対応可能

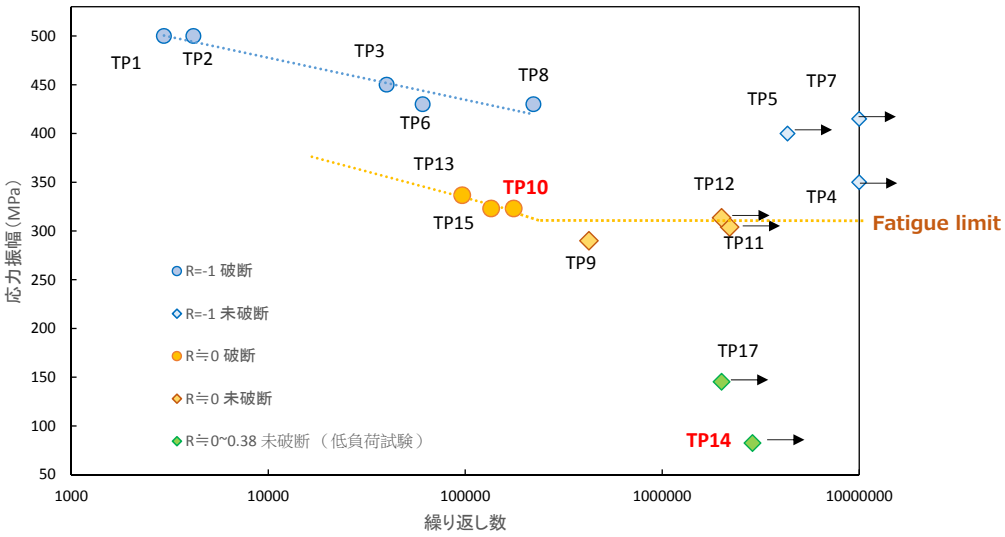
2. （2）鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出

★

FY 2018	FY 2019	FY 2020
・疲労き裂発生・き裂進展に伴うAEが検知できる ・疲労限以下の負荷条件において、AEが発生しないか、或いは疲労に伴うAEとは明確に判別ができる。	・疲労き裂発生・き裂進展の金属組織学的手法で観察される挙動とAE信号との整合性が確認される。 ・小型蓄圧器におけるAE発生挙動について、試験片での結果と整合する事を確認する。	・疲労き裂進展に及ぼす水素劣化の影響が、AE法によっても確認される。 ・AE法の定期自主検査への導入、保安検査基準策定に資するデータの取得



2. （2）鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出



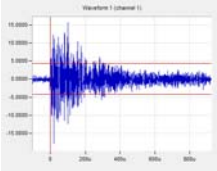
■大気中疲労試験のSN線図

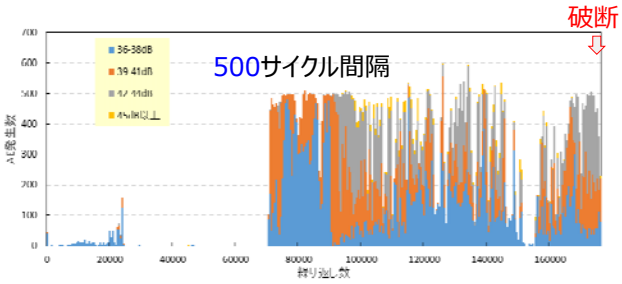
2. （2）鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出

■破断試験片と未破断試験片のAE発生挙動の相違

①**TP10**： **176,205サイクル破断**

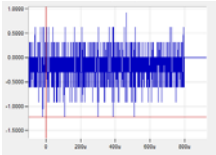
最大負荷：680MPa
（34～680MPa、応力振幅323MPa）
R=0.05　2Hz

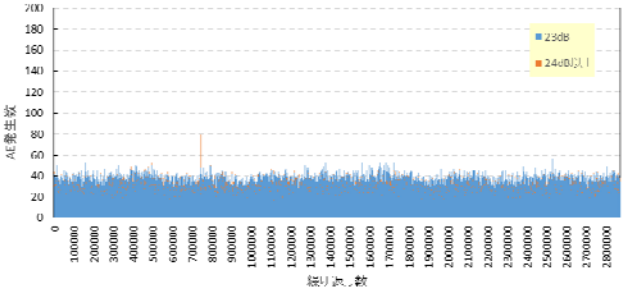




②**TP14**：290万サイクル未破断

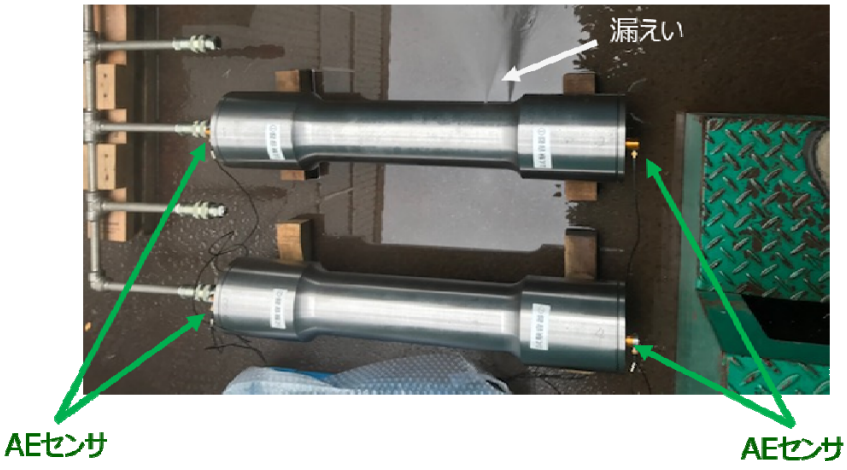
最大負荷：266MPa
（100～266MPa、応力振幅83MPa）
R=0.38　5Hz



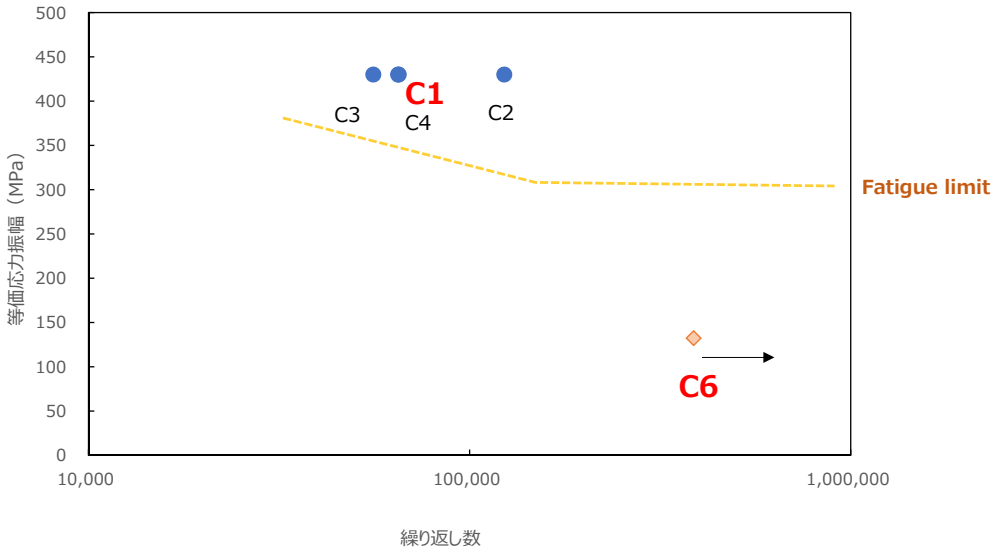


2. （3）鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出

FY 2018	FY 2019	FY 2020
・AE信号と疲労き裂の発生・き裂進展挙動の関連性の立証の可能性を確認する。 ・疲労き裂発生・き裂進展に伴うAEが検知できる ・疲労限以下の負荷条件において、AEが発生しないか、或いは疲労に伴うAEとは明確に判別ができる。	・各種の応力水準におけるAE信号の相違点を検証する。 ・小型蓄圧器におけるAE発生挙動について、試験片での結果と整合する事を確認する。	・AE法の定期自主検査への導入、保安検査基準策定に資するデータの取得



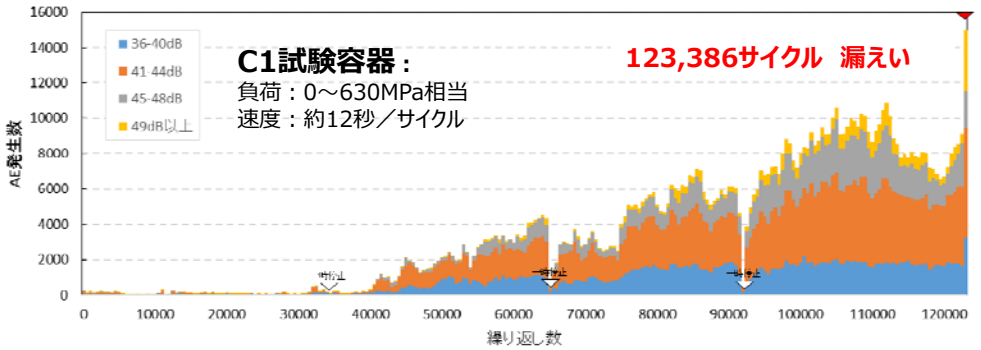
2. （3）鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出

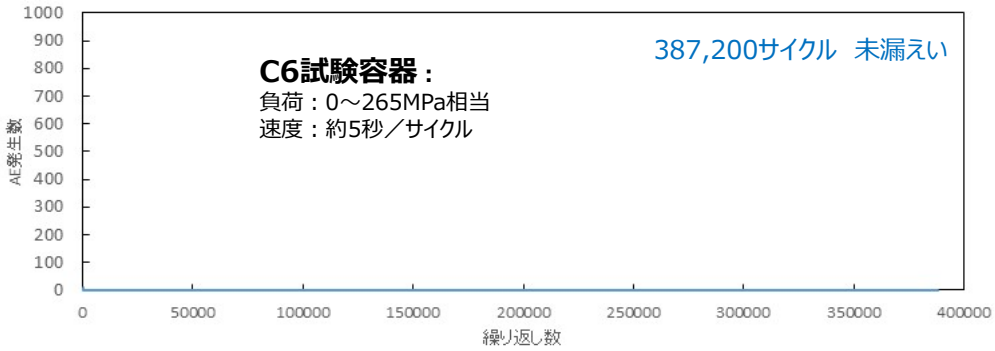


■水圧疲労試験のSN線図

2. （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

■漏えい容器と未漏えい容器のAE発生挙動の相違

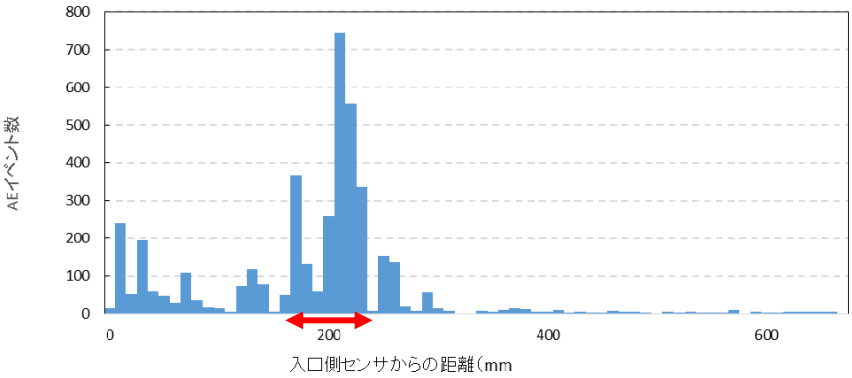




2. （3）鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出

鋼製小型蓄圧器の水圧疲労試験　AE位置標定結果

試験停止後　漏えい確認時



位置標定結果

2. （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

FY 2018	FY 2019	FY 2020
・市場での高圧水素充てん作業等を想定した試験を行い、市場でのAE監視の実運用システムの構築	・外部環境（振動等）、実操業条件での昇圧・減圧条件下でのAE監視の妥当性が確認される。	・保安検査へのAE法導入障壁への対応策（安全立証に資する知見）の構築

■特定案件事前評価取得容器の概要

商品名		フープラップ炭素繊維強化鋼製複合圧力容器
種類		タイプ２
設計圧力	MPa	99
常用圧力	MPa	35~93
設計温度	℃	-30~+85
許容ｻｲｸﾙ数		35~93: 120,000, 0~93:　100
容量	ﾘｯﾄﾙ	200

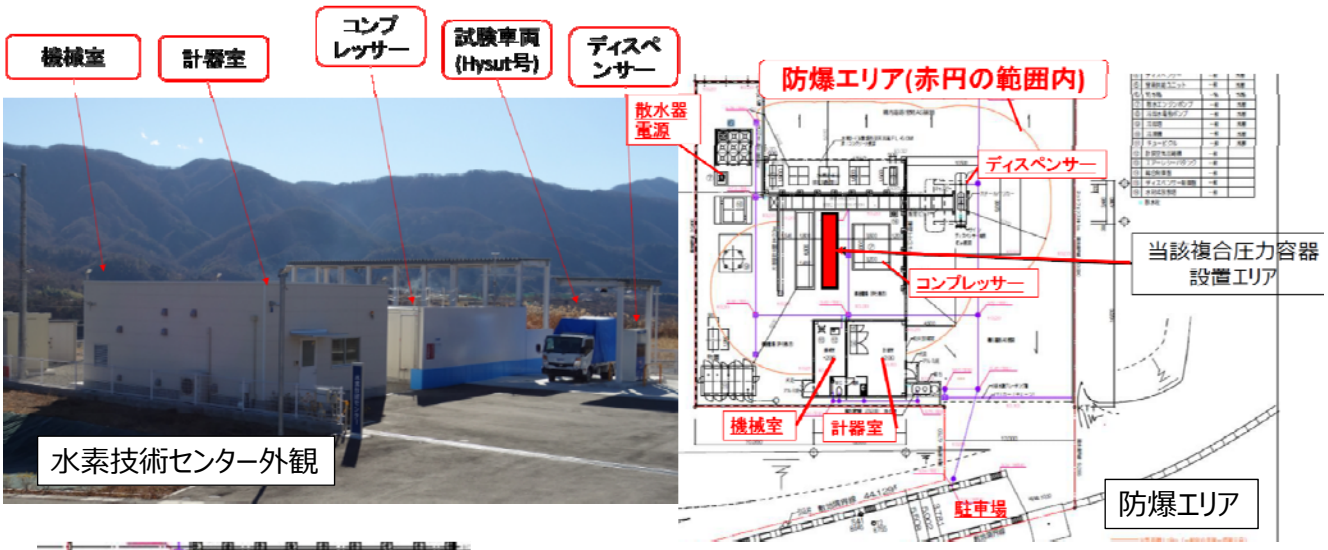
■実用タイプ２蓄圧器

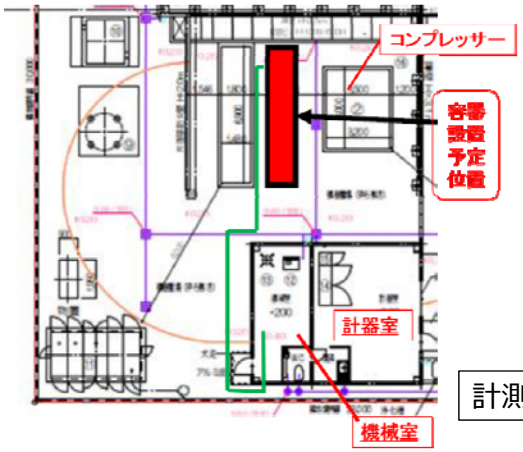
■実機タイプ２蓄圧器の設置予定場所の概要

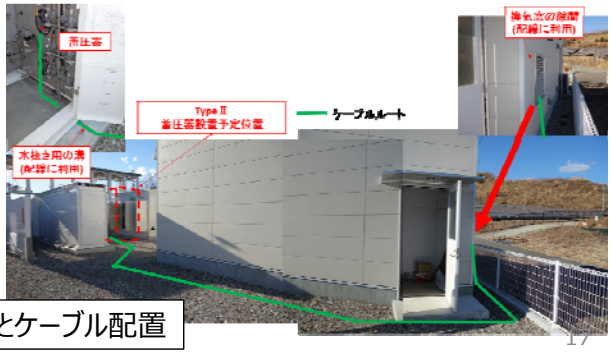
■設置目的：
HySUTが建設するオフサイト型の商用ステーションの標準的な仕様を備えた「水素技術センター」で蓄圧器として設置される。

■設置場所の概要：
HySUT 「水素技術センター」山梨県甲府市下向山町3157番地

■防爆型光ファイバーAEセンサ







計測位置とケーブル配置