

事業名：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
／**複合圧力容器の評価手法確立・技術基準整備に関する技術開発**

発表者名：一般財団法人石油エネルギー技術センター、高圧ガス保安協会、国立大学法人東京大学、
株式会社日本製鋼所（J S W）

○事業概要

本NEDO事業で複合圧力容器の技術基準を整備することで、

- i) 省令改正（特定設備検査規則）により大臣特認を不要とし、事前評価での認可を得られる様にしたい。
⇒**2020年2月 特定設備検査規則が改正され大臣特認が不要に**
- ii) **認可をとるためのイニシャルコストおよび運営のランニングコストを低減したい。**

〔課題と方向性〕

**応力解析及び疲労解析に基づく
複合圧力容器設計手法を確立**

① Design by Analysisの技術基準 作成には、データが不足

課題①複合圧力容器を用いた安全性を確認する試験が必要⇒費用と時間がかかる

➡ **目的①評価方法の簡素化
〔イニシャルコスト低減〕**

② 累積損傷関係式を構築する ためのデータが不足

課題②複合圧力容器ライナーおよびCFRPに関する疲労寿命設計線図が存在しない
⇒容器の使用回数が短い

➡ **目的②容器寿命最大限の使用
〔ランニングコスト低減〕**

〔主な成果〕

(1)ライナー材最適疲労曲線の作成

ライナー材試験片による最適疲労曲線を構築

$$\sigma_a = 2.0 \sigma_u N_f^{-0.10}$$

(2)CFRP材の樹脂最適疲労曲線の作成

**樹脂及びCFRP（繊維方向）の最適疲労曲線
作成**

(3)累積損傷関係式の構築による寿命延長

**実容器試験により累積損傷関係式を構築
⇒圧力変動から蓄圧器の寿命推定が可能**

**Design by Analysisと
累積損傷関係式の構築に
よりコストの低減を図る**

連絡先

一財）石油エネルギー技術センター 東條

<https://www.pecj.or.jp/>

TEL: 03-5402-8513

〔ライナー材最適疲労曲線の作成〕

〔目的〕 ライナー材切り出し試験片の疲労試験により、傾向の定式化を行う

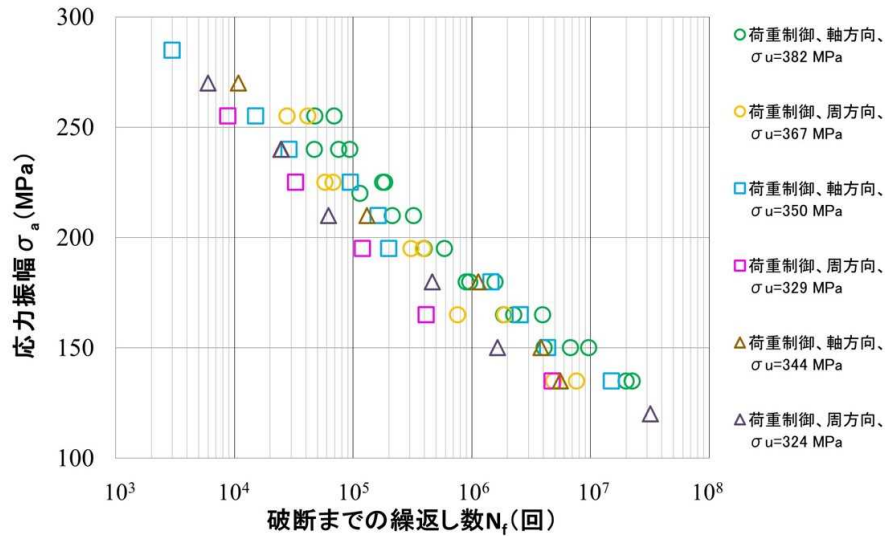


図 S-N線図 ($R = -1$ 、荷重制御)

S-N線図より「疲労強度 \propto 引張強さ」の傾向を確認

↓ 定式化

$$\sigma_a = 2.0 \sigma_u N_f^{-0.10}$$

〔最適疲労曲線の比較〕

〔目的〕 CFRP及び同一のエポキシ樹脂材の疲労試験と、ライナー材の疲労試験により、支配的な材料の特定を行う

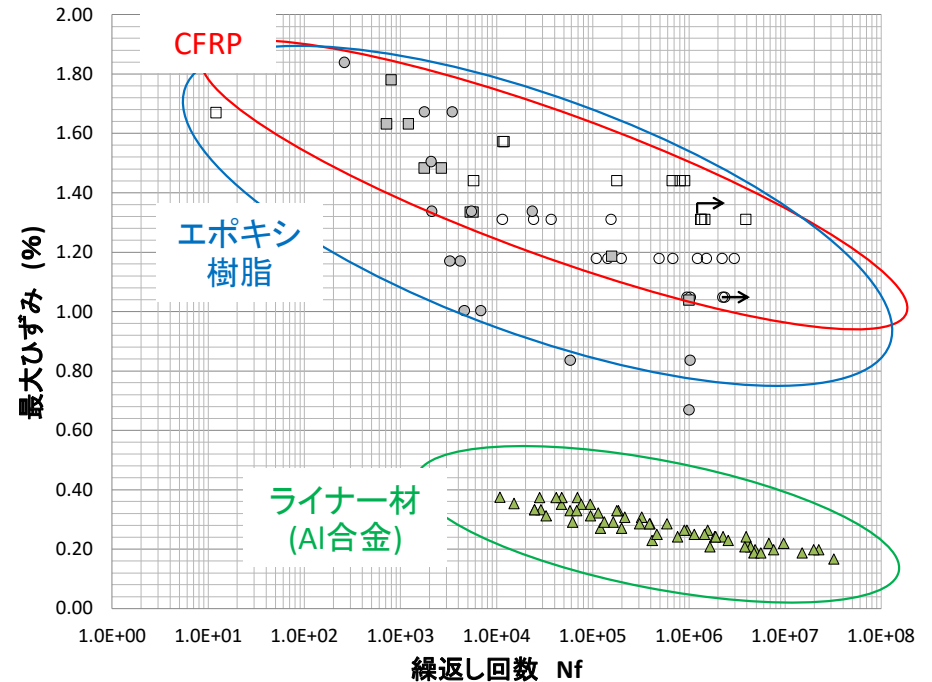


図 最大公称ひずみで整理したS-N線図
(CFRP・樹脂： $R = 0.1$ 、荷重制御、
Al合金ライナー： $R = -1$ 、荷重制御)

樹脂およびCFRPの疲労強度はライナー材のそれよりも十分長寿命側

↓

複合圧力容器（タイプ3）の疲労寿命はライナー材の疲労強度で決まる

〔有限要素解析〕

〔目的〕 蓄圧器漏洩部の応力強さ振幅を有限要素解析により評価し、ASMEの設計疲労曲線との照合を行う

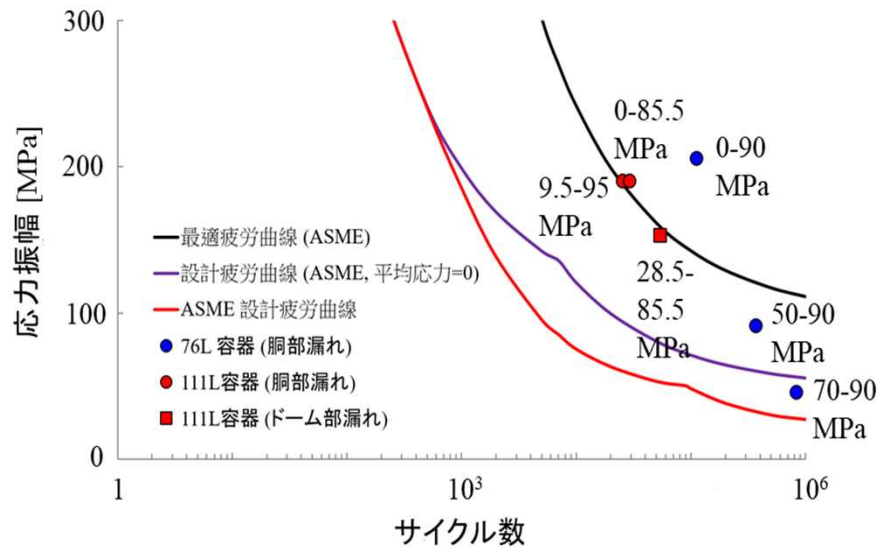


図 有限要素解析で評価された応力強さ振幅と圧力サイクル寿命の関係

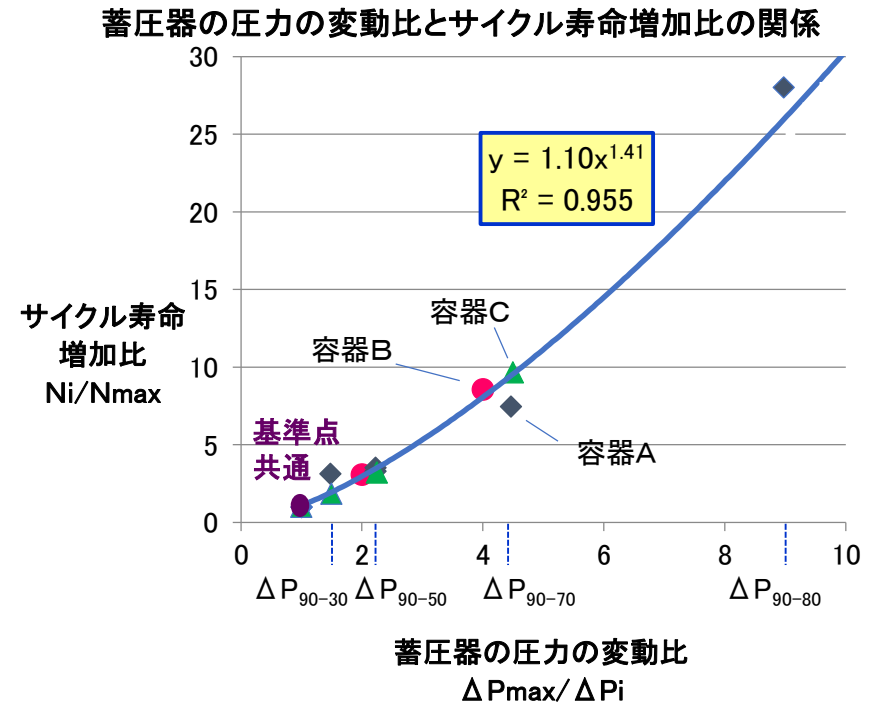
蓄圧器は平均応力が圧縮となるため、ASMEの設計疲労曲線との乖離が大きい



ライナー材最適疲労曲線に基づく疲労寿命設計線図の構築が必要

〔累積損傷関係式〕

〔目的〕 蓄圧器の圧力の変動比から蓄圧器の余寿命を推定する方法を構築する



国内、PCT特許を各2件(基本特許、水素ステーション運用特許)を出願済み

$\Delta P_{max}/\Delta P_i$ (無次元化) と N_i/N_{max} (無次元化) の相関は高い



累積損傷則のサイクルカウント手法の確立に適用可能

〔関係式適用時のFCV充填台数〕

〔目的〕 高圧、中圧、低圧バンクを、1,000台
充填毎にローテーションするケースで
関係式適用時のFCV充填台数の増加量
を予測する

〔前提条件〕 ・ 認可取得サイクル回数100,000回
・ 1,000台充填毎のバンク切り替えによる
蓄圧器の負荷（累積損傷度）を平準化

カウント方法	カウント数/ 1台	可能な充填台 数
従来法	1.0	100,000
累積損傷 関係式	0.045	2,240,000

- ① 累積損傷関係式の適用により、蓄圧器の
容器寿命仕様を低減可能
⇒ **イニシャルコストの低減**
- ② 一定台数毎のバンクローテーションに
より、20年間蓄圧器の入れ替えは不要
⇒ **ランニングコストの低減**

〔累積損傷関係式およびKHKS 0225大改正に よる効果予測〕

〔現状〕

蓄圧器認可：22,000回（フル充填）または30,000回（90-40MPa充填）

〔普及期*〕  **イニシャルコストUP**

蓄圧器認可：**100,000回**（フル充填） * 100台/日 × 365日 × 15年 = 545,500台のFCVに充填

ステーションでの
蓄圧器交換：**5回**
ランニングコスト大

蓄圧器設計仕様		サイクル試験回数		トータル試験回数
疲労試験数	安全係数	Min.	Max.	(Max.回数 × 試験数)
n=2	4.0	400,000	800,000	1,600,000
~	~	~	~	~
n=5	2.6	260,000	520,000	2,600,000

**累積損傷関係式
の導入**

イニシャルコスト大

蓄圧器認可：**25,000回**（フル充填） **イニシャルコスト同等**

ステーションでの
蓄圧器交換：**0回**
(100%減)

**ランニングコスト
低減**

蓄圧器設計仕様		サイクル試験回数		トータル試験回数
疲労試験数	安全係数	Min.	Max.	(Max.回数 × 試験数)
n=2	4.0	100,000	200,000	400,000
~	~	~	~	~
n=5	2.6	65,000	130,000	650,000

KHKS 0225大改正

イニシャルコスト低減

Design by Analysis

n=1以下	2.0?	50,000?	50,000?
-------	------	---------	----------------

大幅なイニシャルコスト低減