

福岡水素エネルギー戦略会議
平成22年度第6回研究分科会

水素ステーション用複合蓄圧器の開発



サムテック 株式会社
技術部第三技術課 東條 千太

大阪府柏原市円明町1000-18
Tel 072-977-8850 Fax 072-977-8881
URL <http://www.samtech.co.jp>

1. 会社概要

2. 水素ステーション用複合蓄圧器開発の背景

3. 開発内容

経営理念

お客様の心を捉える「格調高い品質」の提供を通じて社会に貢献する
人を尊重し 人を育てる豊かな感性をもった企業をめざす

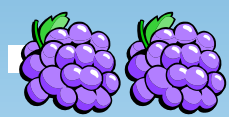
創業設立	1913年創業、1949年設立
資本金	9,500万円
主要製造品目	自動車用ハブユニット、ミッションギヤブランク等鍛造品、 フォーミング製品、高圧容器(燃料電池車、水素インフラ)
生産量	69,600トン/年
従業員数	285名
年商	136億円(2010年度実績)

1.2 製造拠点

 は、高圧容器関連

サムテック(株)

大阪 6工場



柏原本社工場



羽曳野第1工場



羽曳野第2工場



羽曳野第3工場

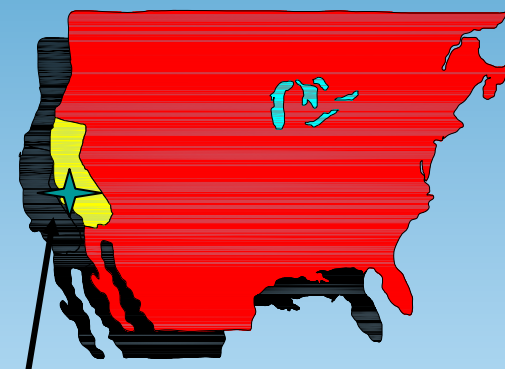


羽曳野第4工場



羽曳野第5工場

SAMTECH International



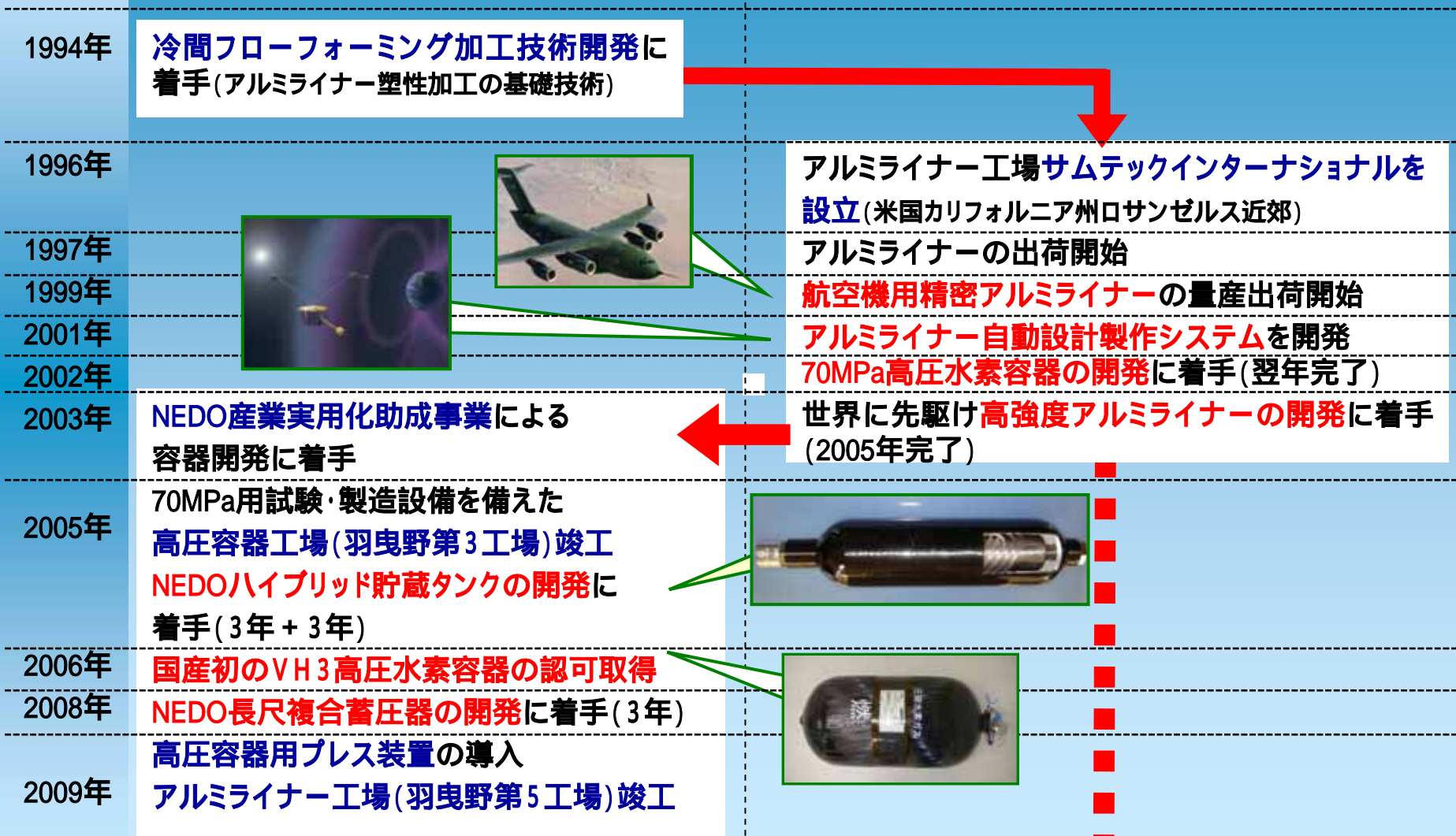
California USA



1.3 高圧容器事業の歴史

サムテック(日本)

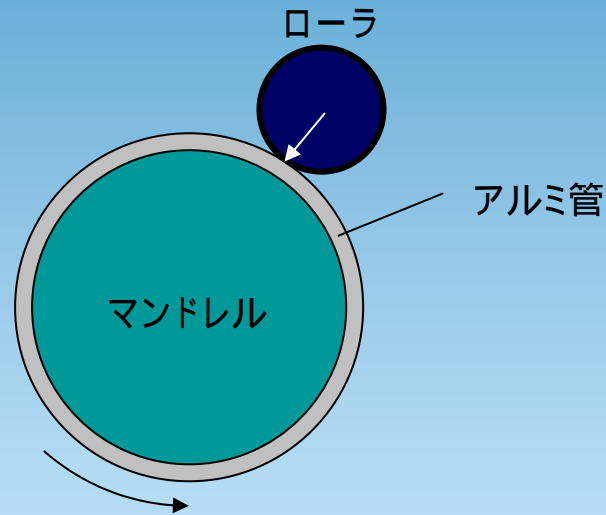
サムテックインターナショナル(米国)



米国の航空宇宙産業で培った高圧容器技術を逆輸入し、水素ビジネスに参入

フローフォーミング加工

回転している円板素材またはパイプ素材の内側にマンドレルを配し外側からローラなどを押し当て肉厚を制御する加工法。



サムテックではアルミライナーのシリンダ部の薄肉成形等に活用しています

- (1) サムテックは、大阪府柏原市に本社を置く
設立63年の鍛造を主とする塑性加工会社。
- (2) サムテックは、中小企業が得意とする意思決定の早さで
15年前にサムテックインターナショナルを設立し、
米国で高圧容器ビジネスに参入。
- (3) 現在、米国の航空宇宙産業で培った高圧容器技術を
逆輸入し、水素ビジネス(燃料電池車、水素インフラ)に
参入中。

1. 会社概要

2. 水素ステーション用複合蓄圧器開発の背景

3. 開発内容

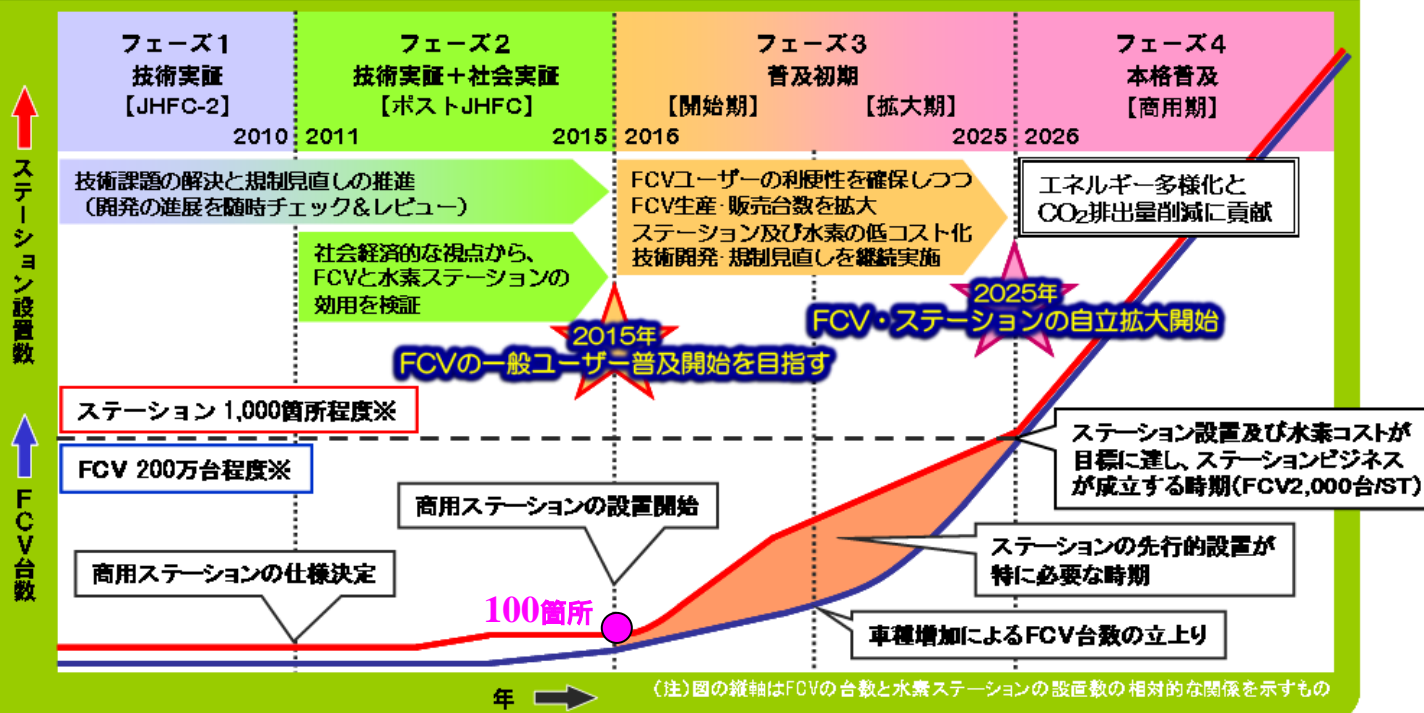
2.1 背景

大手自動車メーカーとエネルギー供給会社との間で合意された2015年からの燃料電池自動車 (FCV) の普及に向け、2013年度末までに水素供給インフラ整備の目処を立てる必要がある。 13社*の共同声明 (2011年1月13日): 2015年までに100箇所

狙い: 低コスト型の複合蓄圧器の開発により、インフラ整備の加速を図る。

2010年3月2日燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ) 発表

FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ



- * 共同声明13社
- トヨタ自動車株式会社
 - 日産自動車株式会社
 - 本田技研工業株式会社
 - JX日鉱日石エネルギー株式会社
 - 出光興産株式会社
 - 岩谷産業株式会社
 - 大阪ガス株式会社
 - コスモ石油株式会社
 - 西部ガス株式会社
 - 昭和シェル石油株式会社
 - 大陽日酸株式会社
 - 東京ガス株式会社
 - 東邦ガス株式会社

※前提条件: FCVユーザーのメリット(価格・利便性等)が確保されて、順調に普及が進んだ場合

燃料電池車用高圧ガス容器 (35,70MPa) (20年度分科会にてご報告)

➡ **高信頼性・軽量化**



水素ステーション用複合蓄圧器 (80MPa) (本日ご報告)

➡ **大型容器 (300L) の開発・製造**
〔インフラ整備〕

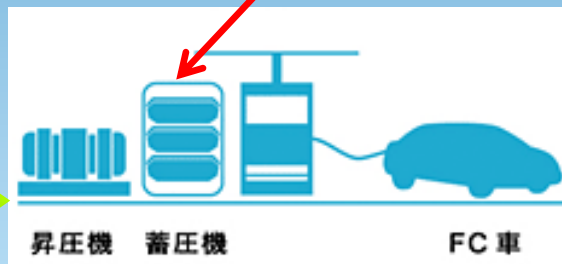
小型から大型まで、社会のニーズに合った
高品質の高圧ガス容器を設計・製造し、提供する。

2.3 複合蓄圧器の仕様

現在のFCV用水素容器：70MPaが主流

FCVに水素を供給する水素ステーション用蓄圧器：常用最高圧力80MPa以上

水素ステーション



80MPa水素ステーション用
複合蓄圧器(タイプ3容器)

〔従来〕
タイプ1容器
(鋼製)



NEDO事業で九州大学様、JX日鉱日石エネルギー株式会社様 と共同開発

80MPa水素ステーション用複合蓄圧器

炭素繊維強化複合材料(CFRP)を使用

体積・重量効率の向上および低コスト化を図る。

- (1) 2015年からの燃料電池自動車 (FCV) の普及に向け、大手13社が100箇所の水素ステーション設置目標を宣言。
- (2) サムテックは、80MPa対応の水素ステーション用複合蓄圧器を開発*し水素ステーションビジネスに参入。

* NEDO事業で九州大学様、JX日鉱日石エネルギー株式会社様 と共同開発

1. 会社概要

2. 水素ステーション用複合蓄圧器開発の背景

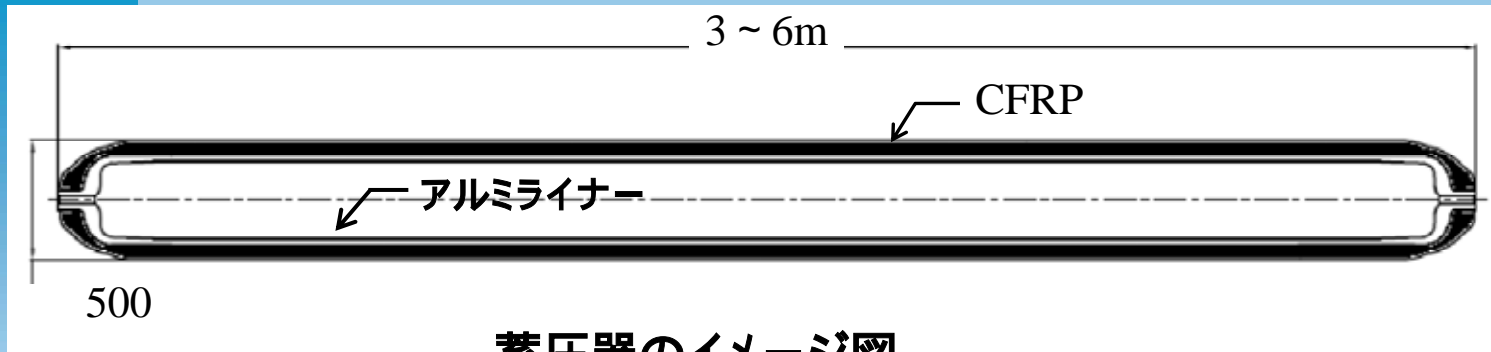
3. 開発内容

3.1 開発目標

複合蓄圧器と鋼製蓄圧器の仕様目標値(2015年)

	複合蓄圧器	鋼製蓄圧器
常用圧力	80MPa	80MPa
蓄圧器容量	300L	300L
コスト	1,000万円以下	1,600万円
重量	1,000kg以下	3,000kg

NEDO燃料電池・水素技術開発平成21年度要旨集



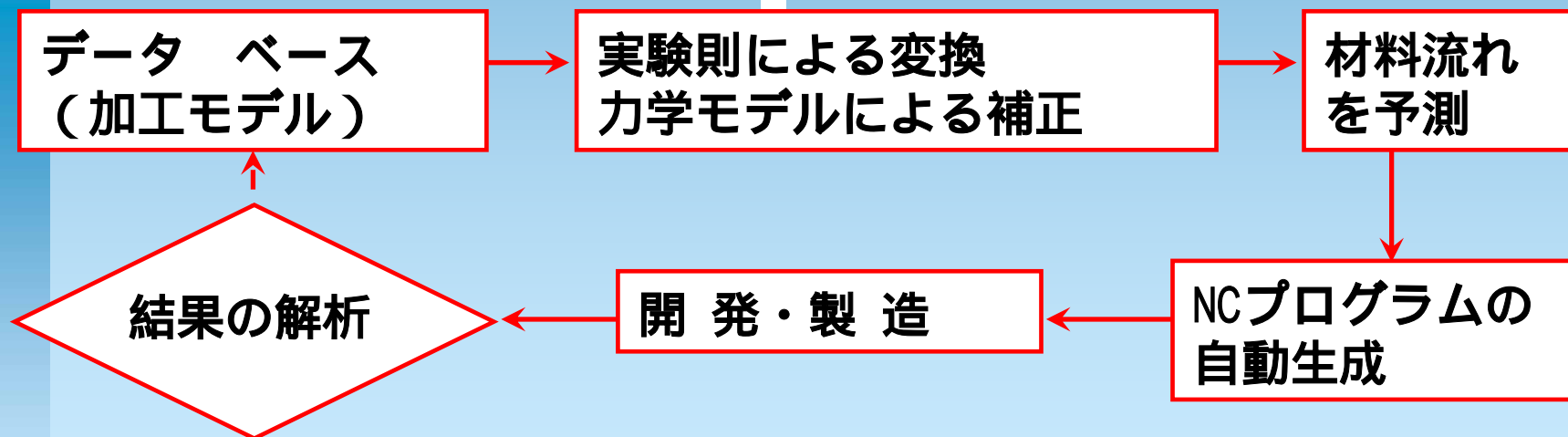
蓄圧器のイメージ図



大幅な軽量化の実現によりステーション設計の自由度が増す
例) 都市型(省スペース)ステーションのキャノピー*上にも設置可

3.2 サムテックの強み ~ 品質安全 ~

アルミライナー自動設計製作システム

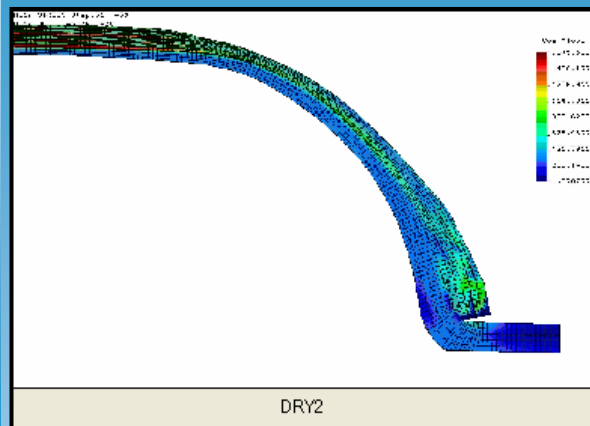


航空宇宙産業で要求される高精度なスピニング技術を標準化
ドーム形状を任意にコントロール

3.3 サムテックの強み ~ 品質安全 ~

設計から品質評価まで

設計



ライナー
製造 (SII)



品質
評価



容器
製造



設計 ~ 製造 ~ 品質評価 (バースト試験、サイクル試験、落下試験) までを自社内で実施

3.4 複合蓄圧器の開発を可能にする設備群

長尺ワインディング機



自緊処理*機



* アルミライナーに残留圧縮応力を与え
疲労性能を向上させる処理

3.5 複合蓄圧器の開発を可能にする設備群

探傷試験機*



バースト試験機



バースト前



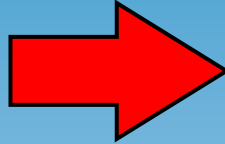
バースト後

* 2011.3にS II(米国)から日本に移設予定

3.6 開発課題

【水素ステーション蓄圧器】

高圧化・大型化
の変化点



FCV車載用と比較

- ◆CFRP層の増大 : 厚み50mm以上
- ◆容器全長の長尺化 : 3 ~ 6m
- ◆製造時間の増大 : CFRP積層に数日

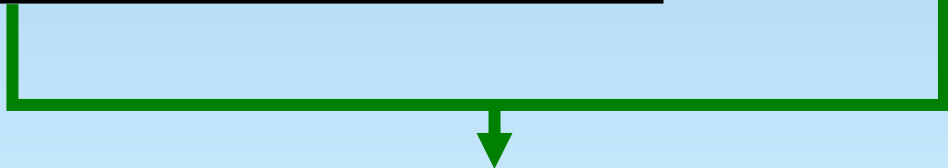
【課題】

容器設計(高耐圧 厚巻)

➢CFRP層増大 V_f (ファイバー含有率)の安定
厚巻きFW(フィラメントワインディング)技術の確立
硬化時の過昇温防止

低コスト化

➢製造時間の増大 FW加工費の低減
➢CFRP層増大 CF価格の低減



CFコスト低減は
繊維メーカーで取り組み

高速FW技術の確立 & 工程数削減
トウプリプレグ(DRY法)を用いた()
加熱ワインディングによる製造()が必須

3.7 複合蓄圧器製造方法

～ DRY法～

[フィラメント・ワインディングの製造手法]

WET法 : カーボンファイバー(CF)をエポキシ槽に通して、樹脂を含浸するワインディング方法
(一般的な従来法)



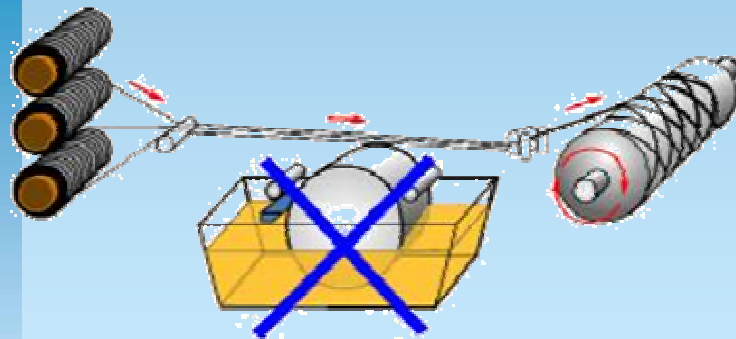
デメリット

- ・ Vf(ファイバー含有率)が不安定 ($\pm 2\%$)
- ・ 高速ワインディングに対し毛羽が発生する
- ・ 樹脂調合の工程が必要

メリット

- ・ 樹脂が積層のCF隙間に浸み込み易い

DRY法 : 予め炭素繊維に樹脂を染み込ませたトウプリプレグ(TPP)を用いたワインディング方法



メリット

- ・ Vf(ファイバー含有率)が安定 ($\pm 1\%$)
- ・ 高速ワインディングが可能(毛羽が発生しにくい為)
- ・ 樹脂調合工程が不要

デメリット

- ・ 樹脂がCF積層の隙間に浸み込み難い

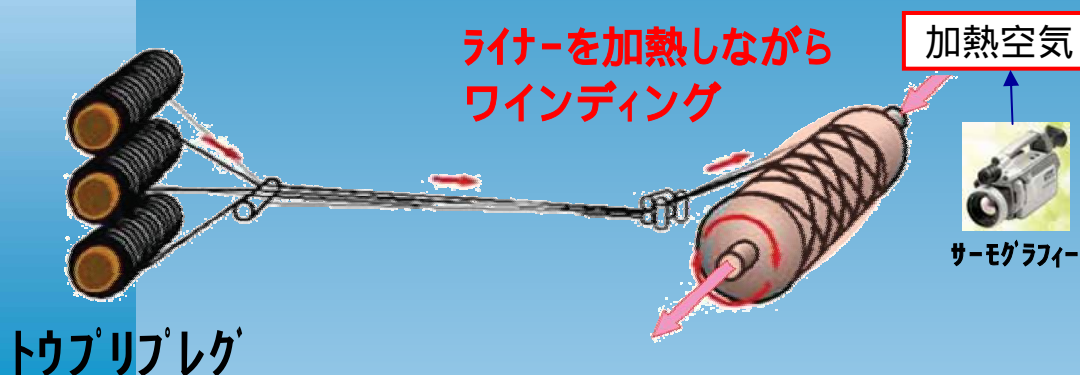
DRY法によって工程改善・短縮による低コスト化が可能

3.8 複合蓄圧器製造方法

～加熱ワインディング法～

～DRY法 + 内部加熱法*1:新規開発製造方法～

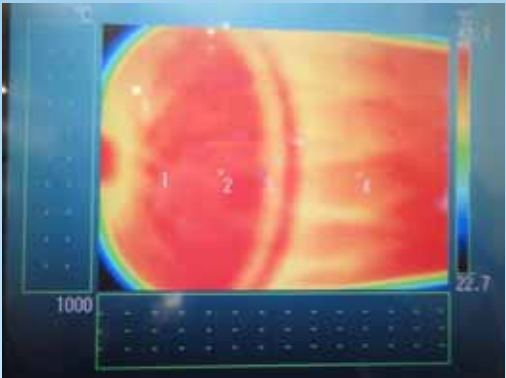
*1:九州大学様と実施



内部加熱装置の仕様
サーモグラフィーにより表面温度を監視
加熱空気の流量を制御
CF表面温度を一定に調整
ライナーの過昇温防止

加温により樹脂粘性の低下
・CF積層間に樹脂が浸透 → 品質向上

FW中に樹脂硬化
・厚巻CFRPの内面層の巻緩み防止 → 品質向上
・硬化工程の短縮 → 生産速度向上



【表面温度観察と記録が可能】



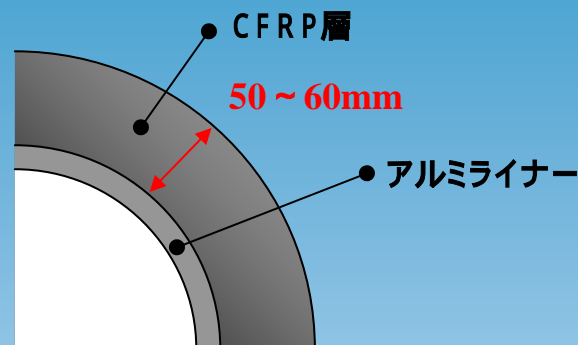
DRY法 + 内部加熱法によって、工程短縮による低コスト化と品質安定化を図る

TPPではCFRP層50～60mmの厚巻データが乏しい

Step 1) 小型容器による課題抽出

Step 2) 対策の検討(効果の確認)

Step 3) 大型容器での性能確認

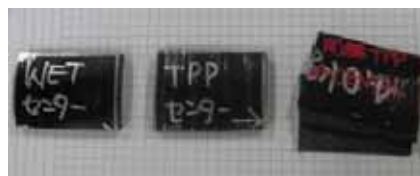


課題抽出(小型容器)



破裂試験

対策の検討(効果の確認)



断面観察

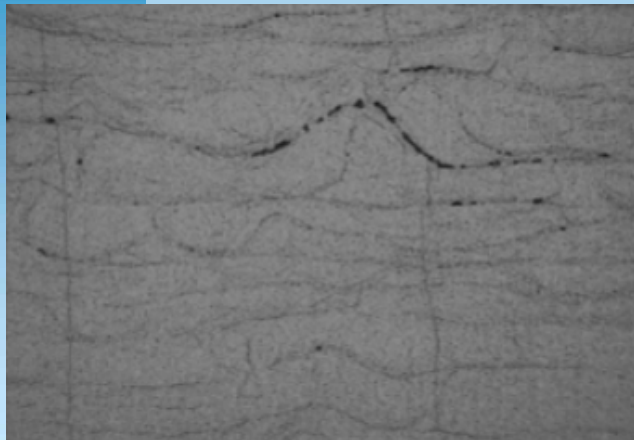
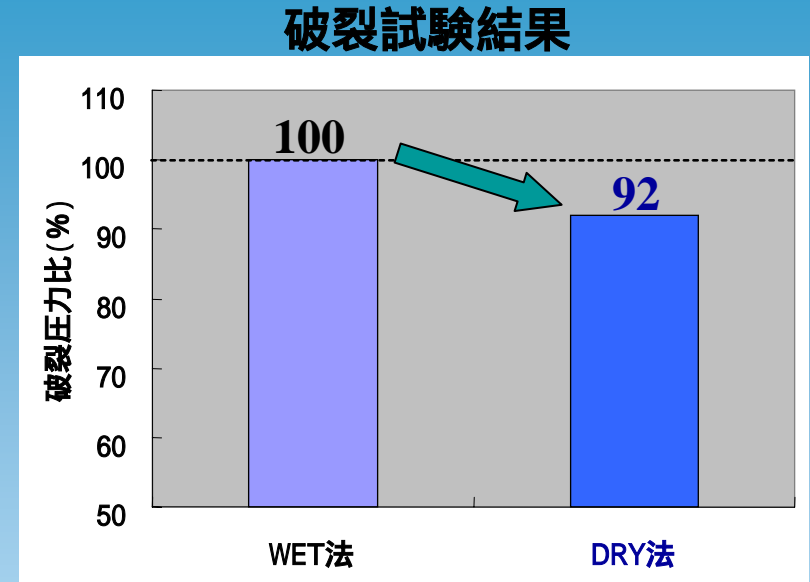
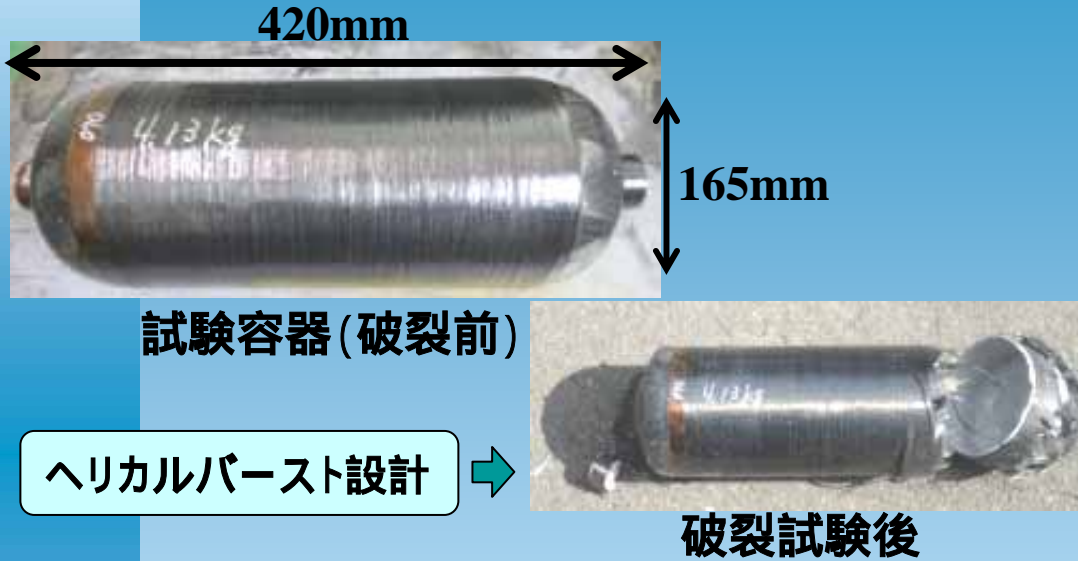
大型容器での性能確認



破裂試験

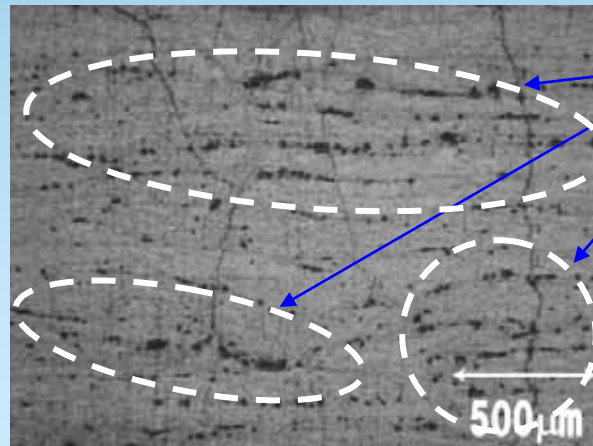
3.10 課題抽出

【7.5L小型容器での破裂試験】



WET法

光学顕微鏡によるCFRP層断面観察



DRY法

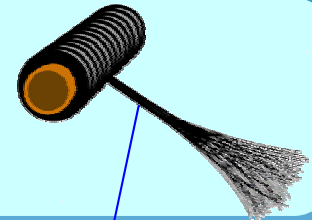
空隙 多

破裂強度低下の原因

3.11 課題抽出

【CFRP層の空隙の原因】

*トウとは直径数 μm のフィラメント
数千～数万本の束 \Rightarrow



本試験では5本のトウを使用



DRY法

空隙が発生しやすい

➢使用樹脂 : やや高粘度の樹脂(TPP製造時にCFに塗付)



- ・ FWの際にトウ*が広がりやすく、トウ間に隙間が発生しやすい
- ・ トウ間の隙間を樹脂で満たすことができない

WET法

空隙が発生しにくい

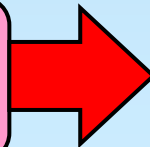
➢使用樹脂 : 樹脂が低粘度(FW直前にCFに塗布)



- ・ FWの際にトウが広がり易くトウ間に隙間ができにくい
- ・ 低粘度である樹脂が隙間を満たす

加熱ワインディング+ の工夫でTPPの粘度対策を行う必要あり

課題



FW時のトウ間の隙間対策

TPP樹脂の低粘度化

【FW技術の改善】

課題:FW時にトウ幅が狭くなり、トウ間に隙間が発生(CFRP層に空隙)
FW時のトウ間隙間を低減する工夫が必要

FW治具の改良

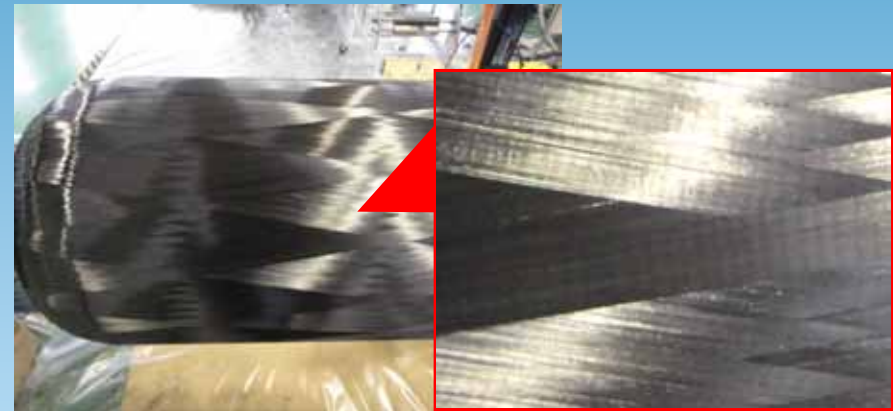


【従来FW技術による容器表面】

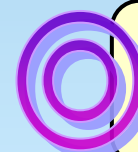


トウ1本1本の幅がまばら
隙間が多い

治具改良



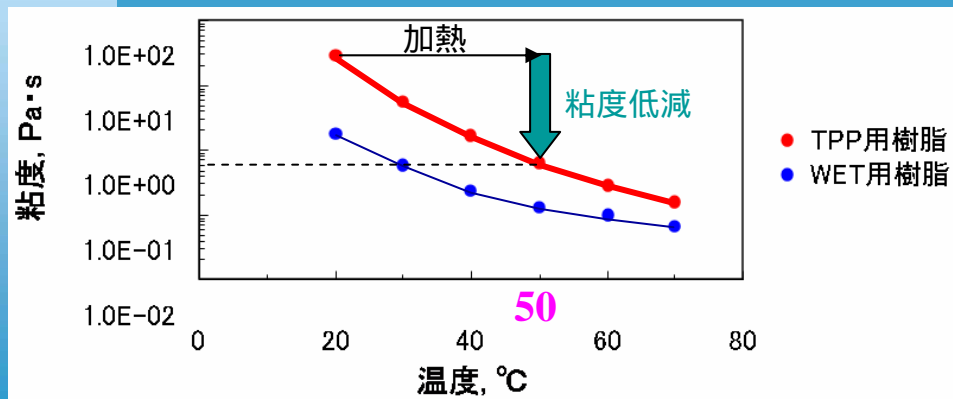
【改良後FW技術による容器表面】



トウの幅が安定
隙間が減少

FW治具の改良により、トウ間の隙間を小さくすることができた

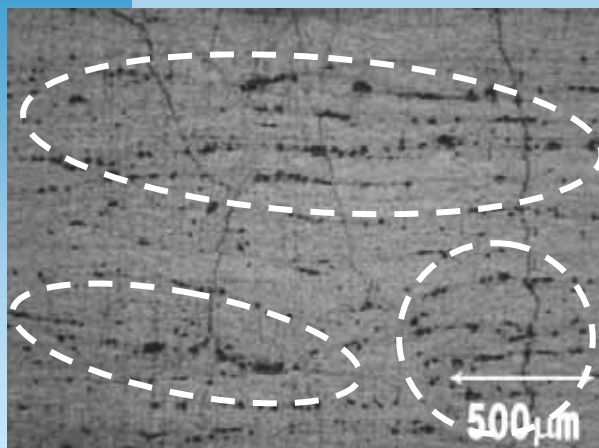
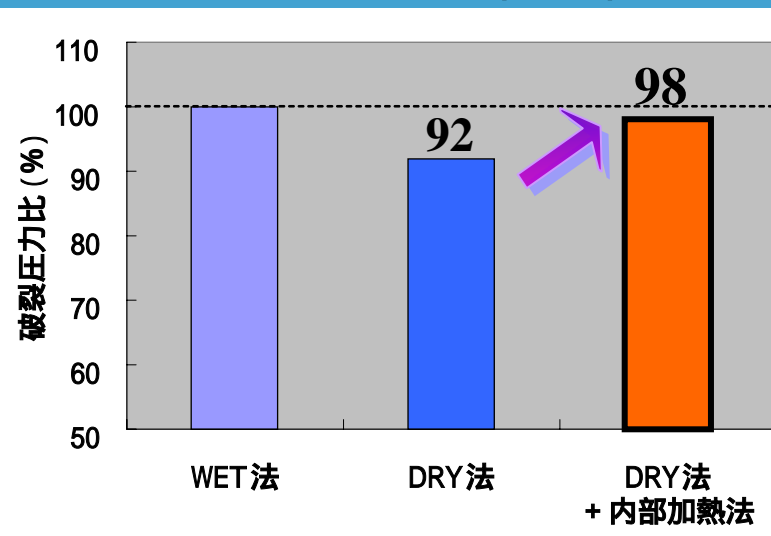
【内部加熱法の利用】



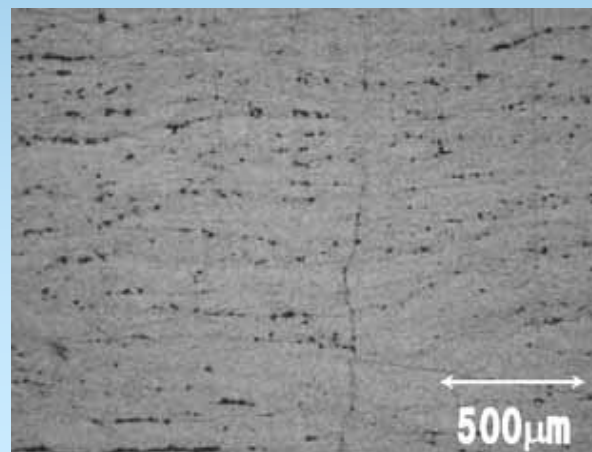
内部加熱で50℃まで昇温
樹脂の粘度を
WETレベルまで低減

トウ間の隙間を
樹脂で満たす

破裂試験結果 (7.5L)



空隙 減少



WETと同等の
破裂性能

DRY法

光学顕微鏡によるCFRP層断面観察

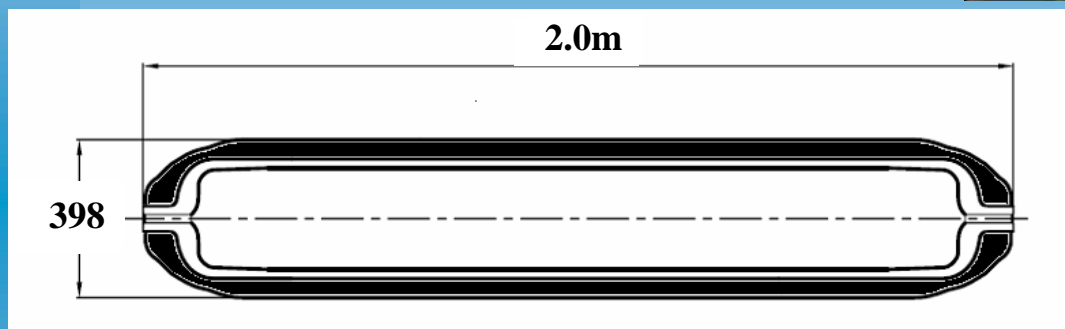
DRY法+内部加熱法

3.14 大型容器での性能確認

【110L容器での破裂試験】

設計仕様

- ・最高充てん圧力:80MPa
- ・最小破裂圧力320MPa (安全率4.0倍)



CFRP厚み:58.7mm
CFRP重量:184.4kg
ライナー厚み:7.4mm
ライナー重量:34.8kg
内容量:110L

破裂試験 - 結果



破裂圧力

334MPa > 320MPa達成

1. 高速FWに有用なTPPはCFRP層の空隙によって破裂強度が低下。
2. CFRP層の空隙対策 としてFW工程の中継治具の改良を行い、トウ間の隙間を低減。
3. CFRP層の空隙対策 として内部加熱法により樹脂粘度を低下させ、空隙を低減。
4. 大型容器での性能評価を行い、破裂圧力 $334\text{MPa} > \text{目標}320\text{MPa}$ を達成。

今後

- ・ FWの高速化によるコスト低減
- ・ 水素ステーションでの実証試験



大型(200L)複合高压容器

- ・軽量
- ・新規製造法により製造コスト削減



水素輸送トレーラー用容器



水素ステーション用蓄圧器

水素社会インフラ構築のツールとして展開

本研究開発は
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
(NEDO)様より委託を受けたものであり、
九州大学様・JX日鉱日石エネルギー株式会社様と共同で
推進しております。

■
本発表の準備にご協力いただきました九州大学様・
JX日鉱日石エネルギー株式会社様に感謝いたします。

ご清聴ありがとうございました。

サムテック株式会社



認可取得済 35MPa 高压水素容器

外径[mm]	全長[mm]	内容量[ℓ]
271.6	710	27
276.2	802	31
412.5	838	70
412.5	950	77
392.5	950	85

サムテックインターナショナル



高压容器用アルミライナー

航空・宇宙産業用

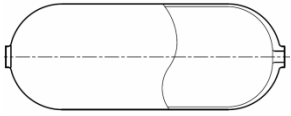


医療用酸素ポンプ用

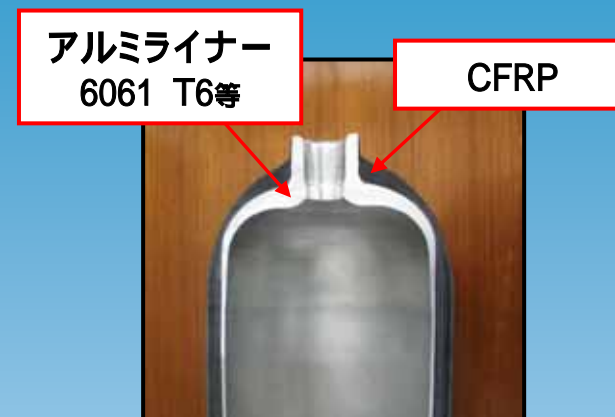
空気呼吸器用

天然ガス自動車用

< 製作可能範囲 >

直径560mm以下、全長2000mm以下

タイプ1	タイプ3	タイプ4
金属容器	金属ライナー	樹脂ライナー
		
FRP層なし	FRPフープ層 FRPヘリカル層	FRPフープ層 FRPヘリカル層



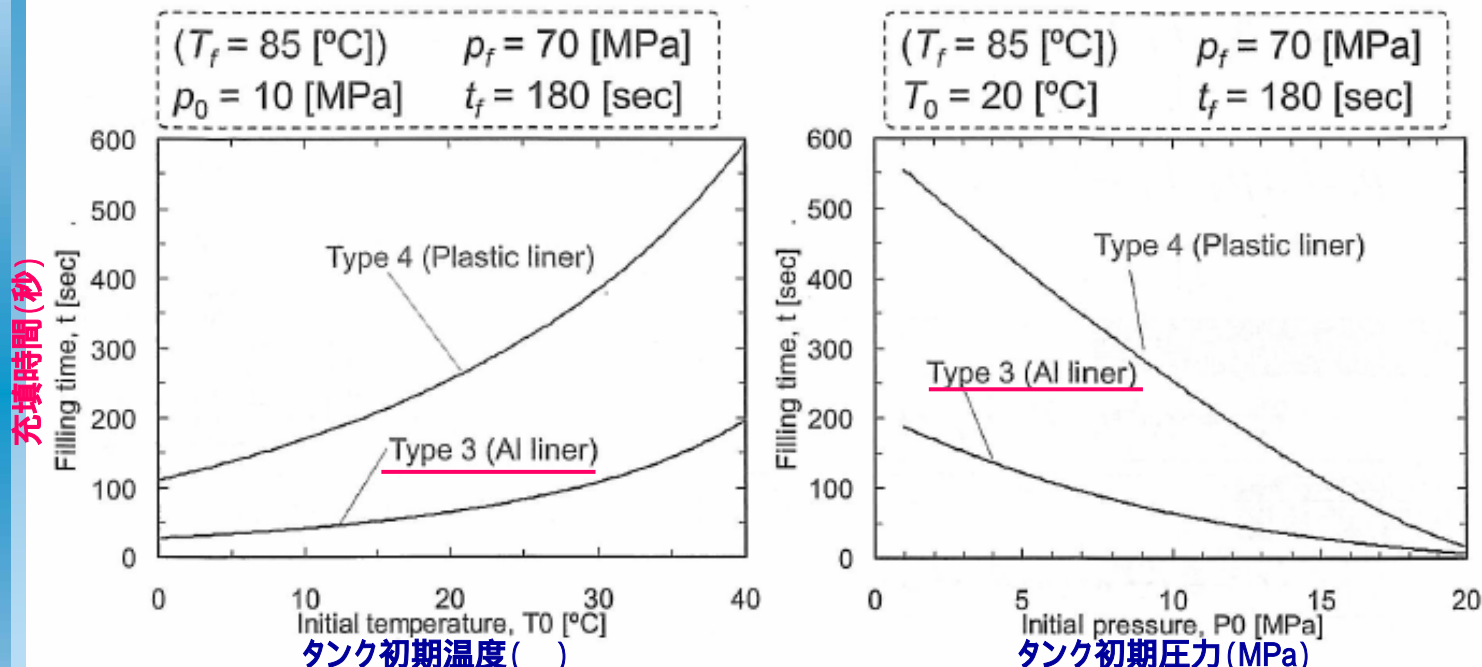
サムテックタイプ3高压容器の構成

タイプ3容器の特長

長所	短所
<ul style="list-style-type: none"> 容器が破裂する前にガスをリークさせるLBB設計が可能(安全) 水素充填時間が短い(顧客満足) 質量貯蔵密度が高い(軽量) ガスバリア性高い(安全) 過去10年においてリコールや破裂事故がほとんど報告されていない(安全) 	<p>タイプ4容器と比較すると、疲労性能を確保するために質量が重くなりがち^{*2}</p> <hr/> <p>^{*2} 疲労性能は、アルミニウム材料を高強度化することにより、コストアップ無しに解消することができる(5.1.3参照)。サムテックは、部位毎のライナー厚とFRP厚の最適化により、さらなる軽量化</p>

補.3 充填時間～タイプ3vsタイプ4～

初期状態に対する最適な充填時間, $t = g_2(p_o, T_o, p_f, T_{in})$

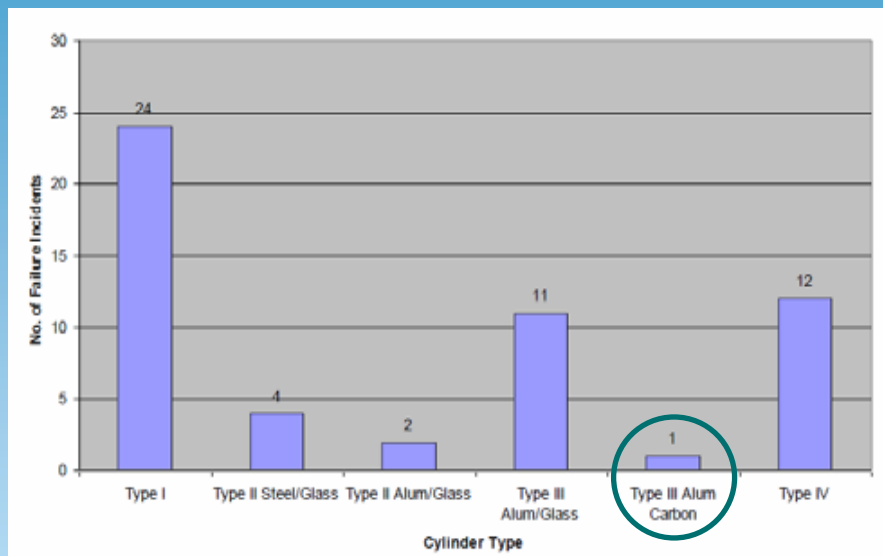


- 高い初期温度・低い初期圧力の場合に、より長い充填時間が必要.
- Type4容器の場合は、比較的長い充填時間が必要.

容器タイプ別事故数

出展: Powertechデータベースより(2000~2008年)

タイプ1	24	件
タイプ2 (Steel/glass)	4	件
タイプ2 (Al/glass)	2	件
タイプ3 (Al/glass)	11	件
タイプ3 (Al/carbon)	1	件
タイプ4 (HDPE/carbon)	12	件



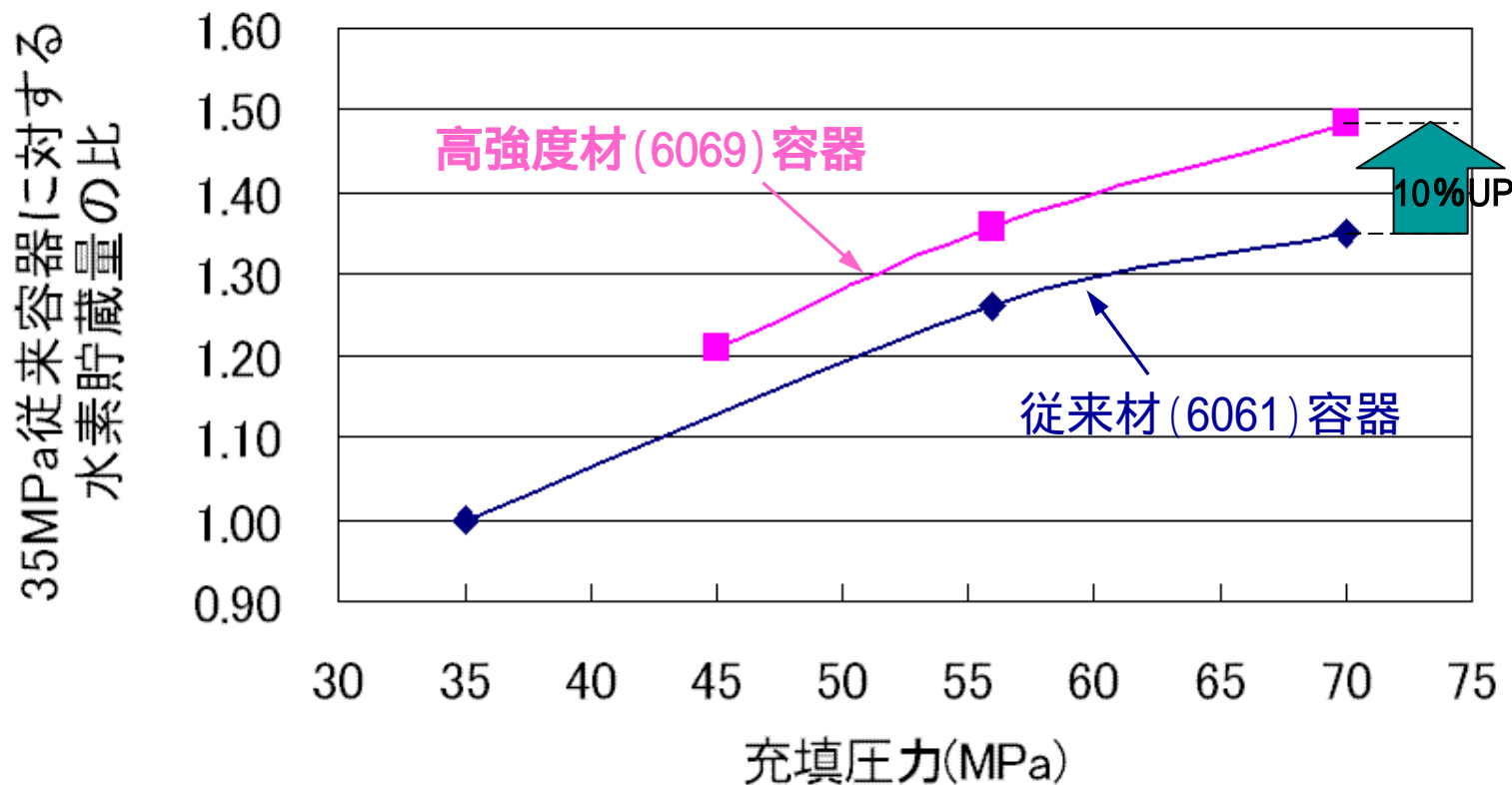
注)タイプ4では、プラスチックライナーからのガス漏れのトラブルが上記以外に数百件ある。

タイプ3 (Al/carbon)容器は、統計的にも事故が少ない

補.5 今後の取り組み～更なる軽量化～

充填圧力と水素貯蔵量(材料別)

設計条件: 最外径 & 炭素繊維量同一
壁厚のみ変更



高強度材容器は従来材容器より10%水素貯蔵量 大
高強度材料による軽量化が図れるよう認可取得に取り組む