

(11-16)「水素利用技術研究開発事業 / 燃料電池自動車及び水素ステーション用低コスト機器システム等に関する研究開発 / 樹脂ライナーの低コスト複合容器蓄圧器の開発」

共同研究先：丸八(株) ㈱巴商会

成果サリ(実施期間：平成25年度～平成27年度)

- ・タイプ4複合容器蓄圧器の設計解析技術、サイクル回数100万回、破裂圧力193.5MPa複合容器蓄圧器の信頼性安全性とその実用化の可能性が確認された。
- ・鋳部と樹脂パイプを溶着する大型尺樹脂ライナー成形技術の確立ができた。
- ・超高压タイプ4複合容器蓄圧器の製造技術の確立ができた。
- ・タイプ4複合容器蓄圧器のKHK特認取得要件の協議、及び複合容器蓄圧器の市場調査を実施した。

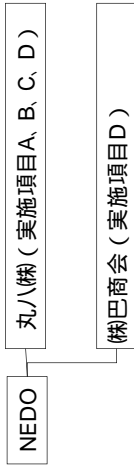
背景/研究内容・目的

燃料電池自動車普及促進に必要な不可欠な水素ステーションの低コスト化及び供給高压水素ガスの低コスト化の為、タイプ4複合容器による蓄圧器、貯蔵輸送システムの構築を目的とする。超高压・大容量のTYPE4容器構築の為の設計・解析等を実施し、それに基づき、現行設備で製作可能な範囲で簡易水素供給設備に提供できるタイプ4容器を試作開発する。あわせKHKの容器特認取得要件及び市場調査を実施する。

研究目標

実施項目	目標
A	タイプ4複合容器蓄圧器の設計解析
B	30L～150L級樹脂ライナーの成型、溶着技術確立
C	30L～150L級タイプ4複合容器蓄圧器試作開発。設計耐圧106MPa以上の複合容器蓄圧器の開発。
D	タイプ4複合容器蓄圧器のKHK特認取得要件及び市場動向調査

実施体制及び分担等



これまでの実施内容 / 研究成果

- A: 充填圧力86MPa x 安全係数2.25倍で、サイクル回数100万回に耐え得るタイプ4複合容器蓄圧器が設計解析シミュレーションで実現可能であることが確認できた。またタイプ4複合容器蓄圧器の設計技術が確立できた。
- B: 50L級樹脂ライナーの試作開発を実施及び大型樹脂長尺ライナー成型技術、溶着技術の基礎技術の確立ができ、大型容器300L級容器開発のめどが確立できた。
- C: 50L級複合容器蓄圧器の試作開発。FW加工技術確立。目標の193.5MPaには達しなかったが、159MPa破裂圧力を実証。設計耐圧106MPaは十分にクリアができた。
- D: 30L級～300L級複合容器蓄圧器のKHK特認要件及び、市場の調査を実施し、実用化への道筋をつけることができた。

研究成果まとめ

実施項目	成果内容	自己評価
A	破裂圧力160MPa達成、サイクル回数100万回のシミュレーション安全性確認	
B	樹脂ライナー成形・溶着技術確立	
C	タイプ4複合容器蓄圧器の製造技術確立	○
D	複合容器蓄圧器のKHK特認取得要件調査、及び市場調査	○

今後の課題

サイクル回数10万回～30万回の長寿命複合容器蓄圧器開発の為の資金の確保。研究開発のスビードアップのための人材確保、及び作業員の拡充。

実用化の見通し

平成31年度中に、150L～300L級タイプ4複合容器蓄圧器のKHK特認取得を目標とし、平成32年度東京オリンピックを目標に、丸八複合容器蓄圧器の実用化を目指している

特許出願	論文発表	外部発表	受賞等
0	3	6	3

課題番号： - 1 6

水素利用技術研究開発事業 / 燃料電池自動車及び水素ステーション用低コスト機器・システム等に関する研究開発 /

樹脂ライナー低コスト複合容器蓄圧器の開発

丸八株式会社
株式会社巴商会

1. 研究開発概要

燃料電池自動車普及促進に必要な水素ステーションの低コスト化及び供給高圧水素ガスの低コスト化の為、タイプ4複合容器による蓄圧器、貯蔵輸送システムの構築を目的とする。

超高圧・大容量のタイプ4複合容器開発の為の設計・解析等を実施し、それに基づき、現行設備で製作可能な範囲で水素ステーション用に供するタイプ4複合容器蓄圧器（設計圧力 106MPa、容積 30L 級～150L 級）を試作開発する。現行法規及び基準整備に対する対処方法の検討後、実証試験を実施し樹脂ライナーの成形溶着技術、ワインディング技術及び貯蔵輸送システム等の要素技術を見極め、大容量化の課題を抽出し解決に取り組むと共に実証試験を実施し実用化を図る。

2. 研究開発目標

設計耐圧 106MPa、サイクル使用回数：10 万回以上の水素ステーション用複合容器蓄圧器ガイドライン（平成 25 年 6 月時点）の規定を満たす 30L～150L 級大型高圧水素用タイプ4複合容器蓄圧器の製造指針を平成 27 年度末までに構築し、平成 29 年度末までに 500L 級大型複合容器蓄圧器の製造指針を確立する。そのため下記の開発項目を定める。

(1) 30L～150L 級水素ステーション用タイプ4・複合容器蓄圧器の設計及び解析

樹脂ライナー製タイプ4複合容器蓄圧器の信頼性安全性を担保した設計解析の実証

(2) 30L～150L 級タイプ4複合容器蓄圧器用樹脂ライナーの試作開発

30L～150L 級（将来 500L 級を視野に）樹脂ライナー製造技術の確立。

(3) 30L～150L 級タイプ4複合容器蓄圧器の試作開発

設計耐圧 106MPa、圧力サイクル回数 10 万回の 30L～150L 級複合容器蓄圧器の製造技術確立

(4) タイプ4複合容器蓄圧器等の KHK 認証取得要件の調査及び複合容器蓄圧器の市場調査

タイプ4複合容器蓄圧器の法的整備がまだである為、容器認可取得の為の KHK の特認要件の調査と複合容器蓄圧器及び輸送システム、水素ステーション等の市場調査

3. 研究開発成果

3.1 研究開発成果、達成度

(1) 容器の設計及び解析

超高圧（設計耐圧 106MPa）、大容量化（500L）を視野に入れ、タイプ4複合容器の設計解析を実施した。現行設備で製作可能な容器（30L～150L 級）の設計及び解析を実施し、現行法規及び基準整備に対する対処方法の検討を実施した。設計圧力 106MPa、サイクル回数 10 万回を達成し、信頼性安全性に対処した複合容器蓄圧器の設計解析に当たり容器形状、口金、FW パターン、CFRP 層の構造等について検討した。蓄圧器設計に当たっては、タイプ4複合容器蓄圧器が、まだ日本では認知されておらず信頼性安全性に対しより厳しい視線が注がれているため、充填圧力 86MPa、安全係数 2.25 倍とした場合のシミュレーション計算を行い、平均応力と応力振幅の

プロットは繰り返し回数 100 万回に対する安全域内にあり、設計要求を満たすことが確認できたことを本研究の最大の成果として報告する。また本設計解析により試作開発した複合容器蓄圧器で、最低破裂圧力 159MPa を達成し、設計耐圧 106MPa、水素自社用燃料タンクの最低破裂圧力 157.5MPa(70MPaX2.25 倍)を優にクリアーしていることを併せ報告する。

(1) - 1 複合容器の有限要素解析モデル

昨年度に引き続き、複合容器の有限要素モデルを作成し、内圧が作用した際のフィラメントワインディング層の強度解析を実施した。図 1 に解析モデルの概要を示す。ポリエチレン製ライナー部に CFRP フィラメントワインディング層をフープ巻ならびにヘリカル巻により巻きつけた構造となっている。フィラメントワインディング層は積層構成を[・/-・/・/・]とする一方向繊維強化材としてモデル化している(・は繊維配向角)。

図 1 解析モデルの概要

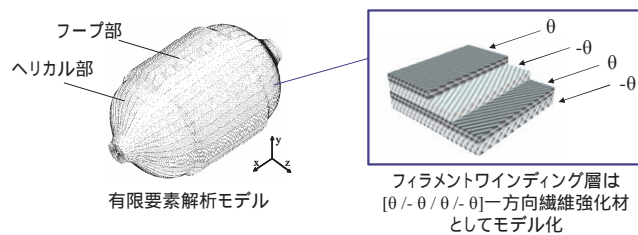


図 2 に解析モデルの一例を示す。対称性を考慮し、容器全体の 1/8 モデルとし対称面を面拘束している。ここで、CFRP 層の繊維配向角は式(1)により設定した。

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{R_0}{R}\right) \quad (1)$$

ここで、 θ は繊維配向角、 R_0 は口金部半径、 R は任意点での半径である。

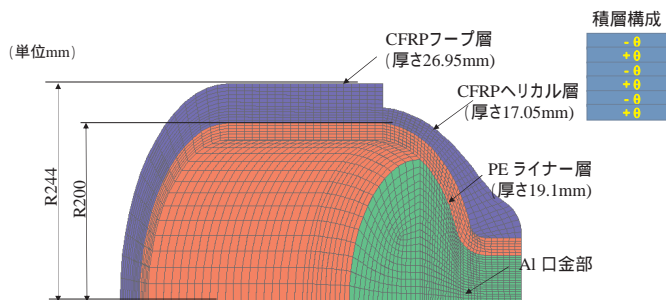


図 2 解析モデル

使用した材料物性値を、下記表 1 に示す。CFRP 層は一方向性材としてモデル化を行い、口金部には Al 6061T6 の物性値を、ライナーはポリエチレン容器の材料物性値を用いた。

CFRP				Al6061T6		Polyethylene	
(MPa)	L	T	Z	(MPa)		(MPa)	
E	134044.0	8039.143	8039.143	E	72000	E	4360
	TZ	ZL	LT	G	27000	G	1620
G	2834.677	4177.779	4177.779	ν	0.33	ν	0.34
ν	0.418	0.014416	0.240375	Ft	290	ft	64.5
	L	T	Z	Fc	580	fc	144.5
Ft	1734.51	95.142	95.142	Fs	290	fs	64.5
Fc	3188.976	106.574	106.574	α	23.9 × 10	α	11 × 10
	TZ	ZL	LT				
Fs	98.835	98.835	98.835				
α	2.0 × 10	2.0 × 10	2.0 × 10				

繊維: Carbon fiber T300
樹脂: Epoxy-F533
繊維含有率: 60%

表 1 材料物性値

(1) - 2 口金の傘部径の影響の評価

(1) - 2 - 1 解析モデル

図 2 に示した解析モデルにおいて、口金の傘部の寸法および形状を変更した解析モデルを作成し、その影響を評価した。口金形状の外形を図 3 に、各パラメータを表 2 に示す。また、口金半径を 35mm とした場合の解析モデルを図 4 に、口金半径を 70mm とした場合の解析モデルを図 5 に示す。下記に、図 3 口金形状の外形 を示す。

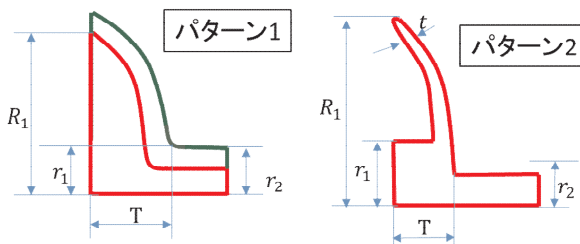


表 2 口金の傘部の寸法および形状

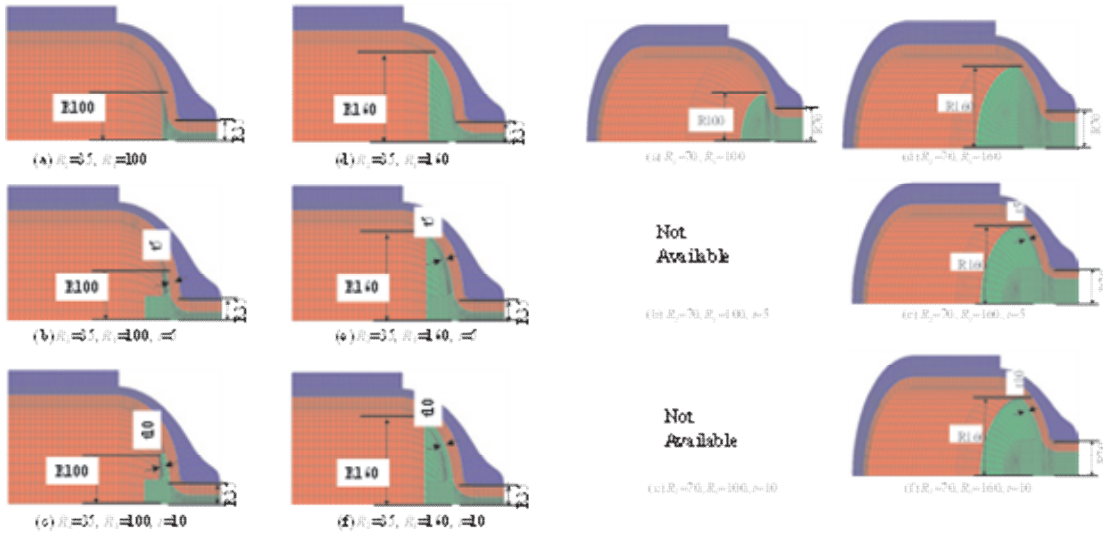
R_1 [mm]	r_2 [mm]	t [mm]	T [mm]	r_1 [mm]
100	35	パターン 1	12	35
		5	51	35
		10	51	35
	70	パターン 1	12	70
		5		
		10		
160	35	パターン 1	12	35
		5	51	35
		10	51	35
	70	パターン 1	51	70
		5	51	70
		10	51	70

図3 口金半径を 35mm とした場合の解析モデルを、下記 左に示す。

図4 口金半径を 70mm とした場合の解析モデルを、下記 右に示す。

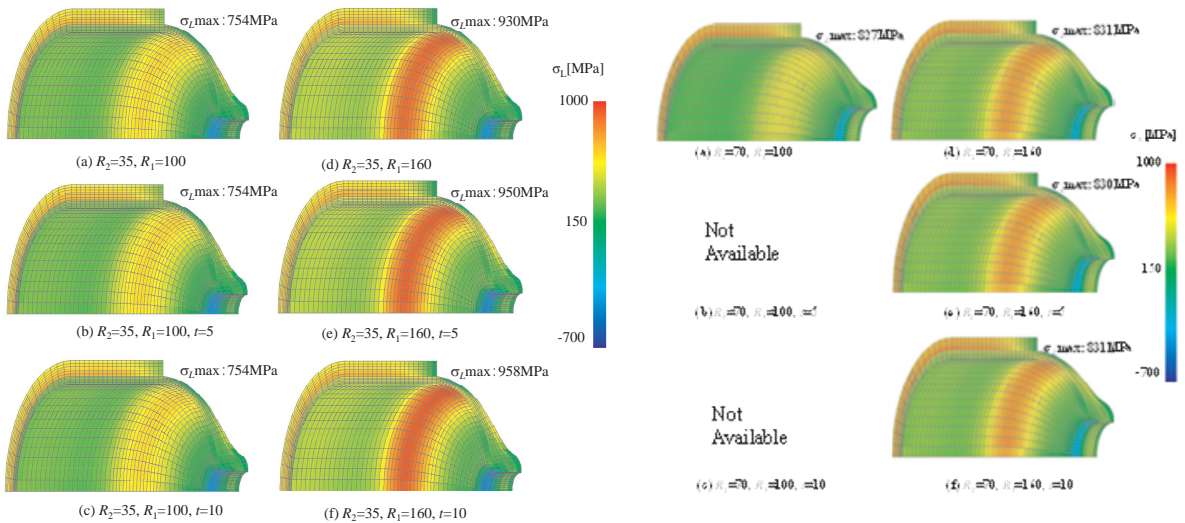
図 3

図 4



(1) 2 - 2 解析結果

図5に口金半径を 35mm とした場合の各モデルにおける繊維方向の応力分布を示す .内圧 106MPa を作用させており ,CFRP 層のみを表示している .図より ,いずれのモデルにおいても傘部周りで応力集中が発生していることが分かる .また ,傘部半径が小さいほど繊維の応力集中は低い .



左図 図5 各モデルにおける繊維方向の応力分布 (口金半径を 35mm とした場合)

右図 図6 各モデルにおける繊維方向の応力分布 (口金半径を 70mm とした場合)

同様に ,図6 口金半径を 70mm とした場合の各モデルにおける繊維方向の応力分布を示す .口金半径を 35mm の場合と同様に傘部周りで応力集中が発生していることが分かる .また ,傘部半径が小さいほど繊維の応力集中は低い .

図5および図6において、いずれも $R_1=100\text{mm}$ 、 $t=0$ とした場合に応力集中が低い結果となった。ここで、図5(a)と図6(a)の比較を図7に示す。最大応力は $R_2=35\text{mm}$ の方が低い、ドーム部における応力は $R_2=70\text{mm}$ の方が低い。複合容器の製造過程において、胴体部の強度を上げるには胴体部のみフィラメントの巻き数を増加させればよいが、ドーム部の強度を上げるにタンク全体を巻かざるを得ないことから、本研究では $R_2=70\text{mm}$ を最適な形状とした。

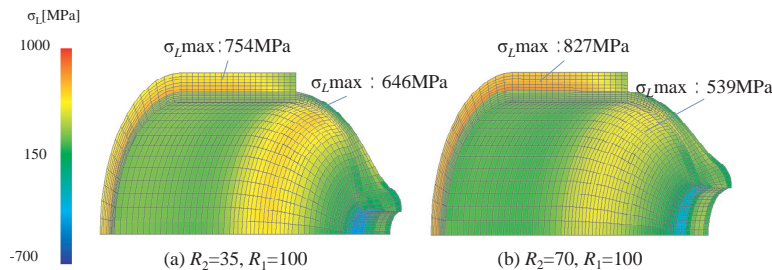


図7 繊維方向の応力分布の比較 ($R_1=100\text{mm}$ 、 $t=0$)

(1) - 3 複合容器の疲労信頼性評価

前節で得られた応力分布と一方向 CFRP の疲労試験結果を用いて、設計目標である 10^6 回の繰り返し負荷に対する信頼性を評価した。疲労試験結果には、「平成 22 年度～平成 24 年度 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 水素インフラ等に係る基準整備に関する研究開発」において取得された同材料の $S-N$ 線図を用いた。なお、試験は軸荷重、片振り（応力比 $R=0.1$ ）で実施されている。一方向 CFRP の $S-N$ 線図を図8に示す。

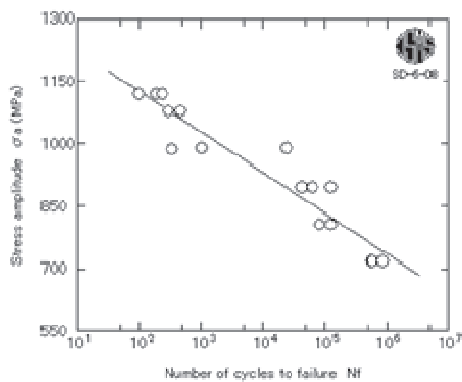


図8 一方向 CFRP の $S-N$ 線図

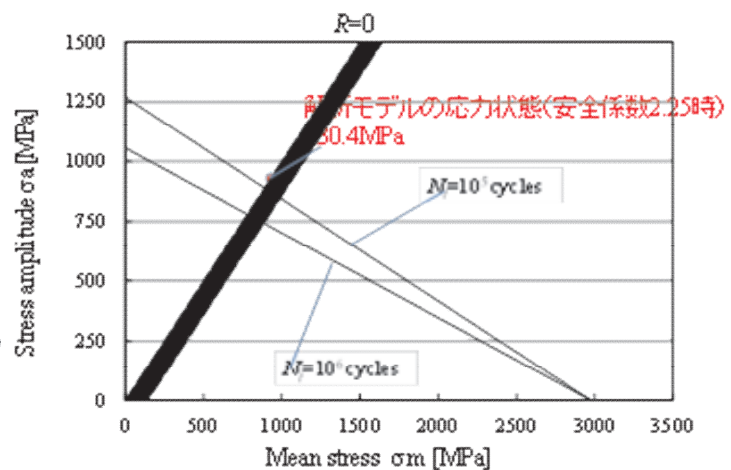


図9 Goodman 線図による疲労信頼性評価

複合容器に作用する応力履歴と、疲労試験における応力履歴は応力比が異なることから、Goodman 線図によりその影響を考慮する。図9に Goodman 線図および本解析で得られた平均応力と応力振幅のプロットを示す。プロット点は繰り返し数 10^5 回に対する安全域の外側になり、このままでは設計寿命を満たすことはできない。

これらの結果に基づき、次節では CFRP 層の構造を再検討する。

(1) 4 CFRP層の構造の再検討

前節の Goodman 線図による評価では、平均応力と応力振幅のプロットが繰り返し数 10^5 回に対する安全域の外側になり、そのままでは設計寿命を満たすことはできない。そこで、図 10 に示すように CFRP 層の構造の設計を変更した。図 10 において赤字部分が設計変更点である。また、複合容器の製造過程ではフープ層の厚みが大きくなるほど繊維のシートが前にずれることから、後方にシートをずらすように巻く必要がある。新規モデルではこれを考慮し、フープの形状も一部変更した。

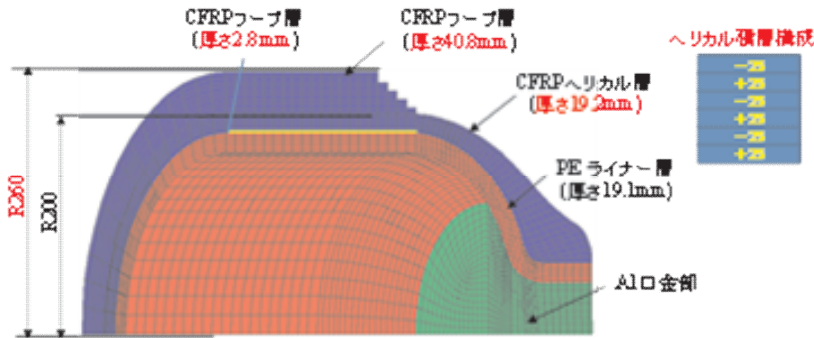


図 10 CFRP 層の構造を変更した新規解析モデル

図 11 および図 12 に CFRP 構造変更後の繊維方向の応力分布および Goodman 線図による疲労信頼性評価結果を示す。図 12 において、安全係数を 2.25 とした場合においても平均応力と応力振幅のプロットは繰り返し数 10^6 回（100 万回）に対する安全域内にあり、設計要求を満たすことが確認できた。

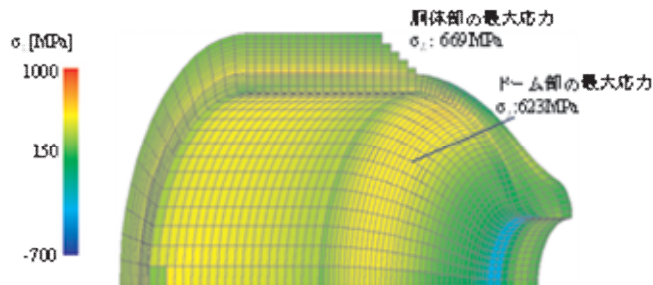


図 11 繊維方向の応力分布（CFRP 構造変更後）

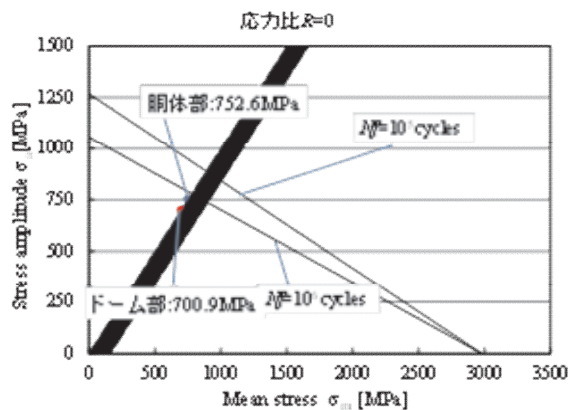


図 12 Goodman 線図による疲労信頼性評価（CFRP 構造変更後）

(1) - 5 タンク直径の変更に対する検討

製造上の観点から、図 13 に示すようにタンクの直径を 310mm へ変更した。図 13 において赤字部分が設計変更点である。前節の図 10 に示したタンクをそのまま相似的に縮小している。図 14 および図 15 に CFRP 構造変更後の繊維方向の応力分布および Goodman 線図による疲労信頼性評価結果を示す。図 15 において、安全係数を 2.25 とした場合においても平均応力と応力振幅のプロットは繰り返し数 10^6 回 (100 万回) に対する安全域内にあり、設計要求を満たすことが確認できた。

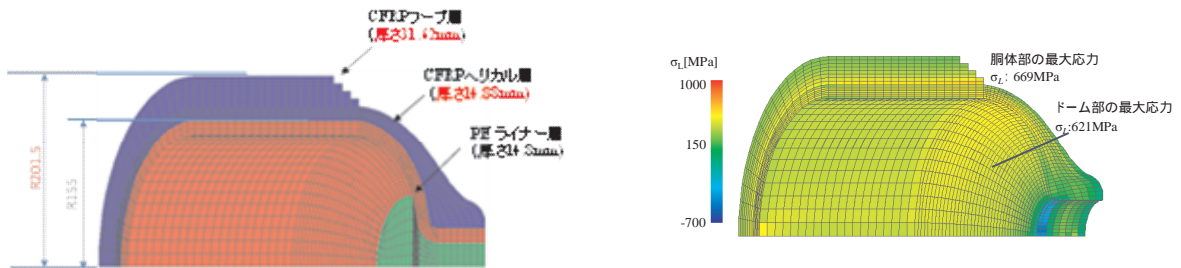


図 13 タンク直径を変更した新規解析モデル 図 14 繊維方向の応力分布(タンク直径変更後)

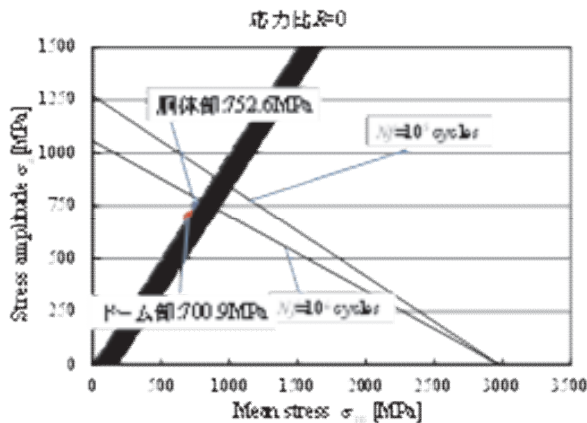


図 15 Goodman 線図による疲労信頼性評価 (タンク直径変更後)

(1) - 6 気密性を考慮した口金の設計

複合容器の設計においては、前章で示した強度評価に加え、内容物である水素の気密性を確保することが重要となる。そこで、口金部における水素の漏えいを防ぐ目的から、樹脂ライナーに口金を埋没した埋没型口金の設計を実施した。使用した材料物性値を表 3 に示す。表 1 との相違点として、Carbon fiber に T700S を用いている。また、口金部には Al 6061T6 の物性値を、ライナーはポリエチレン容器の材料物性値を用いた。解析モデルを図 16 に示す。図 16 において傘部長さ(図では 136mm)を設計変数とした。傘部長さを変更して作成した解析モデルを図 17 に示す。

表 3 材料物性値

CFRP				Al6061T6			Polyethylene		
(MPa)	E	T	Z	(MPa)		(MPa)			
E	136100	7270	7270	E	72000	E		4300	
	TZ	ZL	LT	G	27000	G		1630	
G	3000	3250	3250	ν	0.33	ν		0.34	
ν	0.214	0.014	0.200	E ₁	290	E ₂		64.5	
	E	T	Z	E ₃	590	E _c		144.5	
E ₁	2940	85.6	85.6	E _s	290	E _s		64.5	
E ₂	2621	205	205	α	23.9 × 10 ⁻⁶	α		14 × 10 ⁻⁶	
E ₃	103	103	103						

繊維 Carbon fiber T700
 樹脂 Epoxy-Resin
 繊維含有率 60%

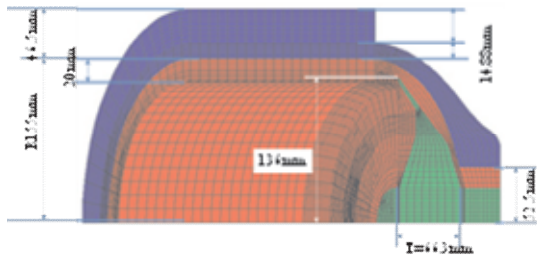


図 16 埋没型モデル (傘部 136mm)

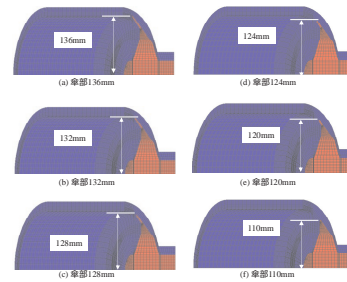


図 17 傘部長さを変更した埋没型モデル

図 18 に口金部のミーゼス応力分布を示す．なお，内圧は 106MPa を作用させている．図より，いずれのモデルにおいても傘部周りで応力集中が発生しており，傘部長さが大きいほど最大応力も大きい．図 19 に CFRP 層の繊維方向応力分布を示す．CFRP 層の応力分布においては傘部長さの影響はわずかではあるが，傘部長さが大きいほど最大応力も大きいことが確認できる．

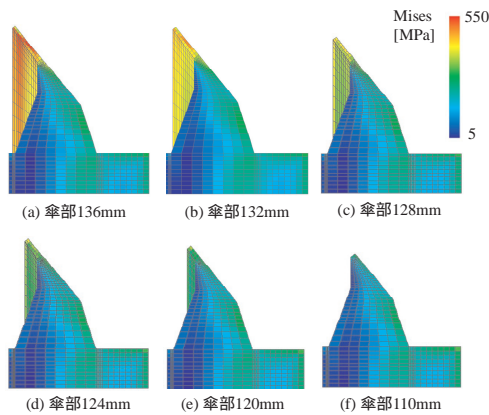


図 18 口金部のミーゼス応力分布

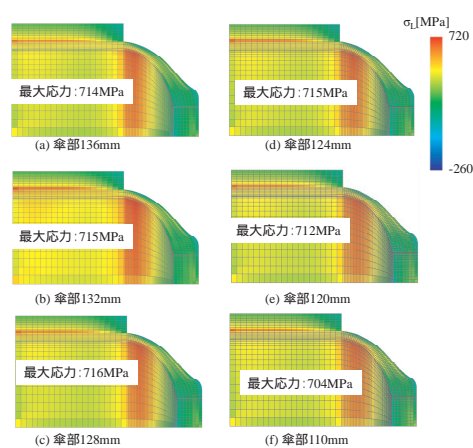


図 19 各モデルにおける繊維方向の応力分布 (傘部長さを変更した場合)

以上の解析モデルにおいて，傘部の裏側のライナー厚さが不均一である部分に応力が集中する傾向がみられた．そこで，裏側のライナーの形状を均一にし，口金の形状と一致する形状にすれば，繊維部応力及び口金の応力は低減すると考え，図 20 に示すモデルを提案する．また，図 21 および図 22 に埋没型口金モデルの繊維方向の応力分布および Goodman 線図による疲労信頼性評価結果を示す．図 22

において、安全係数を2.25とした場合においても平均応力と応力振幅のプロットは繰り返し数 10^6 回(100万回)に対する安全域内にあり、設計要求を満たすことが確認できた。

図 20 埋没型口金モデル

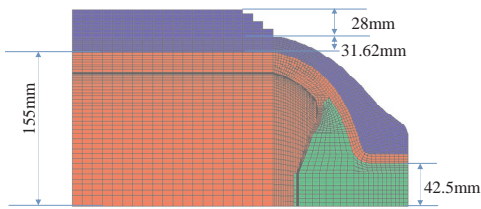


図 21 埋没型口金モデルの繊維方向の応力分布

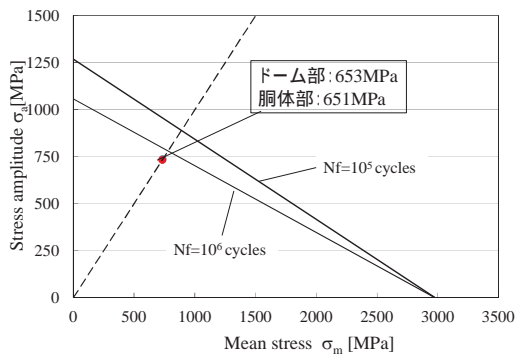
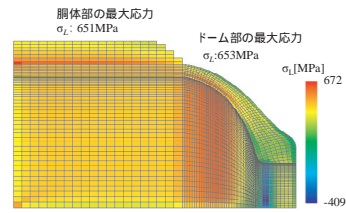


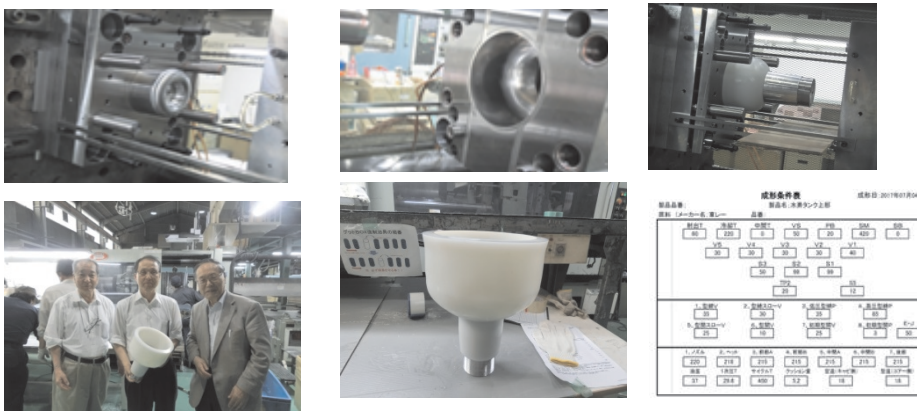
図 22 Goodman 線図による疲労信頼性評価 (埋没型口金モデル)

(2) 長尺大型樹脂ライナーの試作及び製造技術の開発

(2) - 1 樹脂ライナー成形技術の開発

設計解析に基づき、外径 250mm x 内径 205mm x 長さ 1700mm x 厚み 22.5mm (内容積 50L 級) の樹脂ライナーを試作開発した。厚肉であるため、成型条件、金型、樹脂注入路の検討、成型温度、成型圧等種々試作条件を替え試作開発を行い、均一な厚みの厚肉試作品の開発に成功した。下記に、成形金型、射出成形の鏡部成型、成型条件表票を提示する。下記に、成形金型、射出成形の鏡部成型、成型条件表票を提示する。

写真 1 表 4 に、成形金型、射出成形の鏡部成型、成型条件表票を提示する。



また長尺大型樹脂ライナーを開発する為、鏡部(お椀部)と厚肉ポリエチレン管(以下、PE 管)を溶着することで大容量の容器を開発することができる。下記にその原理を図示する。また長尺大型樹脂ライナーを開発する為、鏡部(お椀部)と厚肉ポリエチレン管(以下、PE 管)を溶着することで大容量の容器を開発することができる。下記にその原理を図示する。



図 23 長尺樹脂ライナー製方法の原理図

(2) - 2 溶着技術の研究開発及び樹脂ライナーの試作開発

その為下記図 24 のような鏡部と PE 管の溶着試験を実施し、溶着部の引張強度試験、X 線 CT スキャンにて物性調査等を大阪大学にて実施し、設計解析の所で詳細を説明している。



溶着容器のレベル合せ等樹脂ライナー溶着技術、組立て技術の確立を図った。下記図 25



試作開発した樹脂ライナー (図 26)



溶着に係る溶着温度、加圧等の成形条件表を提示。(図 27 加工条件票 抜粋)

溶着温度、圧着に係る圧力条件、加工時の気温条件、風速等の影響を検証

加圧溶融	気温(℃)→	-5	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	23
	秒数→	63	62	61	59	58	57	55	54	53	52	50	49	47
		1.03	1.02	1.01	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87
加熱保持	気温(℃)→	-5	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	23
	秒数→	300	270	256	245	233	221	209	197	185	173	160	148	130
		5:00	4:30	4:18	4:05	3:53	3:41	3:29	3:17	3:05	2:53	2:40	2:28	2:10

(2) - 3 ライナー層溶着部の信頼性評価

複合容器の製造工程において、射出成型したポリエチレンライナー部を融着する。ここで、融着部の信頼性は、複合容器の気密性を確保する上で重要な設計因子である。本章では、試験的に溶着したポリエチレンライナーパイプから試験片を切り出し、(1) 硬さ試験による熱影響部の評価、(2) 引張り試験による融着強度評価、(3) X線断面観察による融着欠陥の検査を実施した。以下に詳細を記述する。

(2) - 4 硬さ試験による熱影響部の評価

図 28 に硬さ試験に用いた試験片の切り出し方法の模式図を示す。測定部は融着部および母材部とし、図 29 に示すようにパイプの厚み方向を 4 分割した線上の硬さ分布を測定した。試験機には島津製作所製ダイナミック超微小硬度計を用い、負荷試験力は 1000mN、保持時間は 10 秒とした。また、測定間隔は 2mm とし、隣接する圧痕の影響を受けない測定間隔であることを確認した。

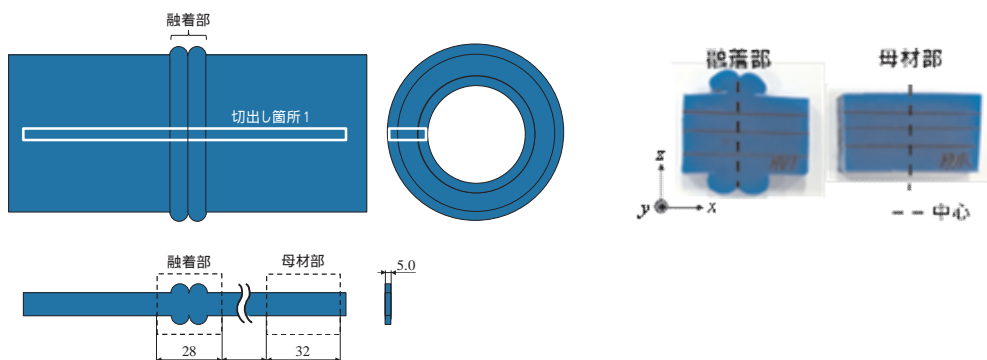


図 28 硬さ試験における試験片の切り出し方法 図 29 硬さ分布の測定位置

図 30 に 融着部および母材部の硬さ分布を示す。母材部結果は 3 線上の全測定点から求めた平均値、最大値、最小値である。融着部およびその周辺において硬さの低下を確認した。ここで、融着部における硬さは融着時に発生したばり部分とほぼ同等であり、融着時の熱影響により硬さはわずかに低下するものと考えられる。一方で、その低下量は母材部における硬さのバラツキ内に入っている。

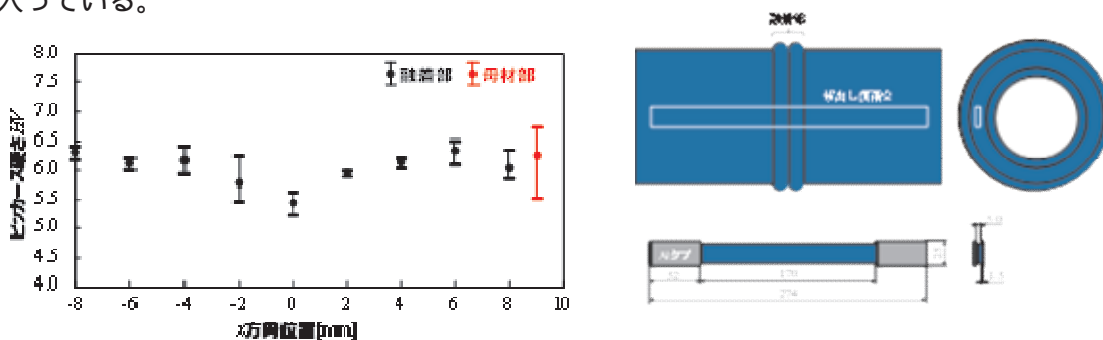


図 30 融着部および母材部の硬さ分布 図 31 引張り試験における試験片の切り出し方法

図 32 に得られた公称応力-ひずみ曲線を示す。なお、本試験では試験片の伸びが試験機の許容値を超えたため、破断に至る前に試験を中止した。図 33 に除荷後の試験片の観察結果を示す。図 28 に示すように融着部以外から大きくネッキングが発生しており、破断には至らなかったものの、融着強度は母材と同程度であることが確認できた。

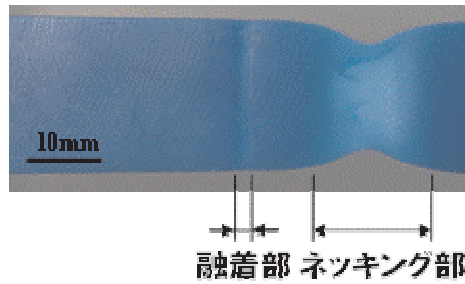
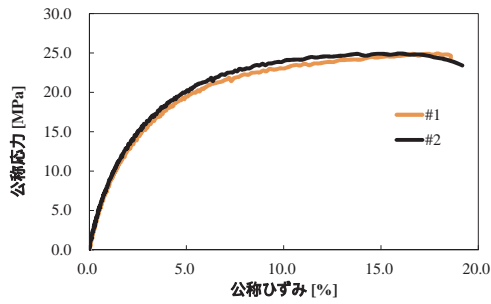


図 32 融着試験片の公称応力-ひずみ曲線 図 33 除荷後の試験片の観察結果

(2)-5 X線断面観察による融着欠陥の検査

前節において溶着部の強度は母材と同等以上であり，複合容器の強度信頼性には影響を及ぼさないことが確認できた．しかしながら，溶着部に欠陥や未溶融部が存在すると複合容器の気密性に影響を及ぼすと考えられる．そこで，X線CTを用いて溶着部近傍の断面観察を実施し，欠陥の存在の有無を調査した．試験機は島津製作所製マイクロフォーカス X線CTシステム (SMX-100CT-SV3)を用い，X線の管電圧は25kV，管電流は52 μ Aとした．図34に試験機および試験片の外観を示す．

図35に融着部近傍の観察結果の一例を示す．また，図36に図33におけるネッキング発生部近傍の観察結果の一例を示す．いずれの試験片においても，明確な欠陥は観察されなかった．



図 34 X線CT試験機および試験片の外観

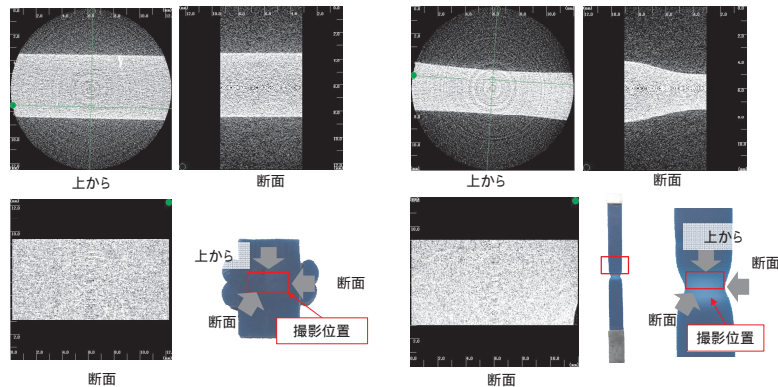


図 35 融着部近傍の観察結果の一例

図 36 ネッキング発生部近傍の観察結果の一例

(3) タイプ4 複合容器蓄圧器の開発

(3) - 1 試作品 250 mm複合容器蓄圧器の設計、試作開発

設計した複合容器の安全性を評価するために，試作品 250 mmタンクの試作品を製作し，破裂試験を実施した．複合容器の設計においては，前章で示した強度評価に加え，内容物である水素の気密性を確保することが重要となる．そこで口金部における水素の漏えいを防ぐ目的から，新たな埋没型口金モデル2を設計し，FWパターンの最適化を図り試作開発し，破裂試験を実施した．樹脂ライナーの水漏れ等もあったが何回かの試作開発を繰り返し，最低破裂圧力159MPaを具現した．この数字は，蓄圧器の設計耐圧106MPa，燃料電池自動車用充填圧力70MPaタンクの最低破裂圧力157.5MPaと比べ，遜色のない数字である．ただし，時間的、予算的にサイクル試験は，研究開発期間中に間に合わず実施ができなかったが，FCV用タンクでは，11,500回の圧力細工試験は

3.2 成果の意義

(1) 設計解析

設計解析は、大阪大学の支援を受け、安全率 2.25 倍で仮定したタイプ 4 複合容器蓄圧器の圧力サイクル試験 100 万回に耐えうる複合容器蓄圧器の信頼性安全性がシミュレーションではあるが可能と立証されたことは大きな成果であった。また、試作開発品も 159MPa の破裂圧力を具現し、設計解析及び製造技術が実証された。

(2) 長尺大型樹脂ライナー成形技術

鏡部と樹脂パイプによる溶着型樹脂ライナー成形技術が確立され、今後水素ステーション用、輸送用とに供する長尺大型樹脂ライナーの製造、供給にめどが立った。

(3) タイプ 4 複合容器蓄圧器の製造技術確立 ○

設計解析に基づく複合容器蓄圧器の製造技術は、圧力サイクル試験が積み残されたが、最低破裂圧力 159MPa が具現するなど道半ばであるがほぼ確立された。今後破裂圧力 200MPa 以上、圧力サイクル試験 10 万回を目標に更なる研究開発を続行予定。

(4) KHK の容器認可取得の要件協議及び市場調査

KHK との協議は、法的整備がまだ得有るために、最終の破裂圧力、サイクル回数がまだ定まっていないう事と、規制等が改訂目まぐるしく研究期間内では定まらなかった。

市場調査については、丸八(株)、(株)巴商会在共同して実施し、海外市場踏まえ今後市場への参入についての道筋ができた。

3.3 開発項目別残課題

(1) 設計解析

圧力サイクル試験が未実施であったので、これをクリアする事。ただしその圧力サイクル回数の定義が定まらず、圧力条件等と兼ね合わせた協議が必要。長寿命蓄圧器の要望が高く、当面サイクル回数 10 万回を目標に研究開発中。

(2) 樹脂ライナー成形技術

樹脂ライナー成形技術は、ほぼ確立できたが、要求の強い軽量化、低コスト化、長寿命のための開発が重要となってきた。よって長寿命を最優先に研究開発中。また、高圧下での水素リーク試験がまだ未完であるので、H31 年度までに実施予定。

(3) タイプ 4 複合容器蓄圧器の開発

圧力サイクル試験の回数、そのサイクル条件等が未整備であるので、まずは 10 万回を目標に取り組む。そのため KHK 及び最終ユーザー候補等と協議して、H31 年度 KHK の認可取得を目指す。更なる軽量化、低コスト化に加え、長寿命が強要望され散るので、その対応を検討する。

(4) KHK の特認取得及び市場調査

引き続き実施予定。

4. まとめ及び課題、事業化までのシナリオ

丸八(株)は、タイプ 4 複合容器蓄圧器の KHK 特認を、H31 年度中に取得予定。そのための研究開発実証票を実施する。

(1) H31 年度中に、充填圧力 86MPa、破裂圧力 195MPa、100L ~ 300L 級複合容器蓄圧器の KHK 特

認を取得予定。特徴：サイクル回数 10 万回（サイクル条件協議中）の長寿命、軽量、低価格複合容器蓄圧器を開発する。

(2) 45MPa、20MPa 級 複合容器蓄圧器を開発、KHK の認可取得予定。

(3) H32 年（2020 年オリンピック）目標に、小型低価格水素ステーション、水素フォーク用水素ステーション、45MPa 高圧水素輸送用カードル等を開発予定。

(4) 販売パートナー

(株)巴商会、住友商事(株)、(株)加地テック、富山県水素エネルギー推進協議会、福井県等

5 . 研究発表・特許等

- 研究発表・講演、文献等、その他 -

No.	年月	発表先	題目	発表者
1	平成 25 年 7 月	関西 FRP フォーラム	高圧容器 急がれる水素インフラ整備	菅原将高
2	平成 26 年 5 月	ほくりく先端複合材料研究会	JEC 受賞とタイプ 4 複合容器蓄圧器の開発について	菅原将高
3	平成 26 年 9 月	富山工業高等専門学校	CFRP 複合容器とそして急がれる水素インフラ整備	菅原正隆
4	平成 26 年 9 月	ほくりく先端複合材料研究会	丸八の挑戦はどこまでか、これからどこまで	菅原将高
5	平成 26 年 10 月	素形材センタ	クイック成形可能な熱可塑複合材とタイプ 4 複合容器蓄圧器の研究開発	菅原将高
6	平成 26 年 12 月	JEC magazine #93	Innovative large composite tank for hydrogen gas fuelling stations	菅原将高
7	平成 27 年 7 月	強化プラスチック	ファイラメントワインディング成型法について・・・超高圧水素貯蔵複合容器	菅原将高
8	平成 27 年 8 月	NEDO フォーラム中部	タイプ 4 106MPa 複合容器蓄圧器の研究開発と nedo 採択までの道筋	菅原将高

- 特許等 -

なし

知的財産権の確保に向けた取り組み

戦略に沿った具体的取り組み

特許戦略としては、特許＝技術・ノウハウの公開という事になるため、非公開で通してきたが、海外市場開拓等での関係から、H29年度から戦略を変更、口金構造、樹脂ライナー成形技術等での特許申請を準備中。

特許戦略としては、タイプ4複合容器蓄圧器用長尺大型樹脂ライナー製造技術が可能性が有るとのお話を戴き、これまで講演・学会誌で発表してきた経緯があり、標準化で囲い込みをとのお話を戴き、経済産業省、日本規格協会（JSA）と協議を開始するところである。

経済産業省の指導で、知財(特許、ノウハウ)は秘し、製品の性能基準、評価・試験方法等を標準化し他と差別化する方法を取り組む予定。

丸八鋼は、出願番号2002-018730、出願日2002年01月28日に高圧容器（多層構造樹脂ライナー複合容器）が公開されている。

平成29年度9月25日現在

15 / 19

- 研究発表・講演、文献等、その他 -

成果の普及（表彰 受賞 講演発表等）（H28年月まで）



発表先	年月日	掲載月・号	タイトル
JEC magazine #93	2014/12	# 93	Innovative large composite tank for hydrogen gas fuelling stations
強化プラスチック	2015/07	7月号	ファイラメントワインディング成型法について・・・超高圧水素貯蔵複合容器
授賞	年月日	授賞 内容	
JEC(パリ)	2014/03		世界最大の先端複合材料展にて、AWAROD賞を受賞(High pressure tank 部門)
福井県	2014/04		福井県繊維功労賞
SAMPE	2015/07		製品技術賞(タイプ4水素タンク) 先端材料技術協会(SAMPE JAPAN)
近畿経済産業局	2015/12		関西ものづくり新撰2015
講演	年月日		
関西FRPフォーラム	2013/07/13		高圧容器 そして急がれる水素インフラ整備
ほくりく先端複合材研究会	2014/05/30		JEC受賞とタイプ4水素高圧容器蓄圧器の開発について
富山工業高等専門学校	2014/09/02		CFRP複合材開発とそして急がれる水素社会インフラ整備について
ほくりく先端複合材研究会	2014/09/25		丸八の挑戦はどこまでか、これからどこまで
素形材センター (TEC BIZ EXPO 名古屋国際本委員会)	2014/10/23		クイック成型可能な熱可塑性複合材とタイプ4複合容器蓄圧器の研究開発
NEDOフォーラム中部	2015.08/05		タイプ4 106MPa複合容器蓄圧器の研究開発とnedo採択までの道筋
展示会			
JEC展	2013・2014・2015年3月		2014年丸八鋼、2015/3丸八、経産省/NEDO/JETRO・ジャパンブース、2015丸八

14 / 19