

令和元年度採択

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「蓄電池用カーボン成形体における高性能化と高速製造の研究開発」

研究開発成果等報告書

令和4年5月

（事業実施期間：令和元年度～令和3年度）

担当局 ：北海道経済産業局

補助事業者 ：公益財団法人北海道科学技術総合振興センター
（ノーステック財団）

法認定中小企業者：株式会社 FJ コンポジット

目 次

第1章 研究開発の概要

- 1－1 研究開発の概要及び背景・研究目的及び目標
- 1－2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）
- 1－3 成果概要
- 1－4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

- 2－1 カーボン成形体(双極板)の高性能化
- 2－2 金型成型技術の開発
- 2－3 高速成型技術の開発

最終章 全体総括

- 3－1 研究開発の成果
- 3－2 研究開発後の課題・事業化の展開

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の概要及び背景・研究目的及び目標

(1) 研究開発の概要及び背景

政府は脱炭素化エネルギー社会の実現を推進すべくエネルギーミックスの実現に向け、2030年には再生可能エネルギーの電源構成を22～24%とする目標値を設定している。2016年時点の再エネ比率は15%であり、普及自体は進みつつあるが、今後の課題も生じている。特に大きな課題として系統接続の制限がある。2018年、九州において出力制御が実施されたことからわかるように、太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーは天候などによって発電量が左右されることから、安定供給のために火力等の電源を用いた出力調整（需給バランスの調整）を行わなければならない。こうした課題の解決策として、変動する自然エネルギーを蓄電し、安定的に電力供給を行う蓄電池への開発・設置の期待が高まっているが、安全性や高いコスト面の制約等から普及が進んでいない状況である。

再生可能エネルギー普及に必要となる蓄電池としては、現在下表の3種類が有力視されている。各々のもつ特性を踏まえると、レドックスフロー電池（RFB）が実用化可能性の最も高い蓄電池と考えており、RFBに使用される製品を本開発のテーマとしている。

レドックスフロー電池 (RFB)	活物質(レドックスイオン)を含む溶液を正極・負極で酸化・還元する。蓄電容量や出力を増減させることができる。水溶性の電解液を使用するため、安全性にも優れている。サイクル寿命も非常に長い。
リチウムイオン電池	セル電圧が4Vと圧倒的に大きい、信頼性、寿命が難点。
ナトリウム硫黄（NAS） 電池	高温二次電池。エネルギー密度も高く採用数も多いが、Naの利用から火災が過去に起きたこともあり安全性と信頼性に課題が残る。

本開発は、RFBのカーボン成形体（以下、双極板）を対象としており、RFBに占めるコスト割合が高い双極板の低コスト化・高機能化を図るものである。

双極板を販売することになるRFB製造メーカーの川下企業は、その他の蓄電池との高性能化・価格競争に対応するため、従来より大幅な値下げの要求があり、また物性の面でも高性能化(低電気抵抗、高強度等)が求められている。

(2) 研究目的及び目標

前項の課題に対して、コスト削減が困難であるため、川下企業は双極板製造メーカーである(株)FJコンポジット（法認定企業、以下当社）と共同開発を進め、この課題解決の方向を探っている状況である。当社は急変する研究課題に歩調を合わせ、材料選定及び高圧プレスによる低電気抵抗、高速成形技術による低コスト化の可能性までは解明したものの、製品として販売する段階までは至っていない。本開発ではカーボン成形体の物性の高性能化、高圧プレス機による金型成形技術の高度化、また高速成形技術の確立を目指し、川下企業の協力を得ながら、双極板の開発を行いRFBの普及に向けた技術・製品開発を行っていく。

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

当該研究開発は、公益財団法人北海道科学技術総合振興センターが事業管理機関となり、当社と北海道大学が分担し実施した。アドバイザーとして、川下企業の立場からニーズの提供と試作品の評価をいただき、量産化を見据えた金属加工技術等について指導をいただくため室蘭工業大学に参画いただき、成果に反映させた。

【主たる研究者氏名】

- ・株式会社FJ コンポジット 代表取締役 津島 栄樹
- ・国立大学法人北海道大学 大学院工学研究院機械・宇宙航空工学部門
エネルギー変換システム研究室 教授 田部 豊

【アドバイザー氏名】

- ・国立大学法人室蘭工業大学 もの創造系領域 機械航空創造系学科機械システム工学コース
教授 清水 一道

1-3 成果概要

【1】 カーボン成形体(双極板)の高性能化

名 称	抵抗[mΩcm]	曲げ応力[MPa]	曲げひずみ[%]	価 格
P-1	3.04	34.40	0.29	◎
P-2	2.82	31.95	0.27	○
P-3	3.57	36.06	0.53	△
P-4	3.42	27.64	0.36	○
P-5	3.16	36.55	0.45	○
P-6	3.02	38.45	0.77	◎

表-1 新規開発P-6物性評価データ

研究の1～2年目までは、PP樹脂メーカーとレドックスフロー電池向けセパレータ専用のP-5材を開発し、その物性評価を行ったが、3年目では更なる物性向上、とりわけ電気抵抗値と曲げ強度を求め、樹脂製造メーカーと共同開発を行った。その結果、物性においてP-5を上回るP-6材を開発することができた。

一方、カーボンと樹脂配合の最適化については、粉末系の材料の配合比75:25を軸に、新しく選定したPP材(P-6)の検討を行い、各樹脂の配合比による物性の特徴や推移を明らかにした。RFB双極板の高性能化において当初の目標では、体積抵抗値5mΩ cmの達成を掲げたが、結果として100%の達成進捗となっており、曲げ強度についてはP-6材開発により従来の物性値を大幅に上回る結果となった。

【2】 金型成型技術の開発

上記【1】のカーボン成形体の高性能化研究により、成型時に求められるプレス条件も各々異なることが確認できた。特にメルトフローレートの低い樹脂の場合、既存の成型温度より少し高温にて成型することで、カーボンの間に樹脂がより流れ込むようになり(材料の流動性)、電気抵抗などの物性向上だけでなく、成形性の改善も見られた。また、高圧プレス機導入により、成型時の温度条件や圧力、プレスの解放タイミングなどの相関性を明らかにした。双極板の寸法管理においても、金型への投入量を一定化することで、厚み公差のバラつきを抑えることが確認できた。また、高圧プレス機による各樹脂のプレス解放タイミングを調整し、適切な脱型ができるようになり、外観不良を大幅に抑えることができた。金型の材質選定は流路パターン加工に依存するところが大きく、SL である室蘭工業大学の清水教授の知見を活用し、研究を進めた。

高圧プレス機による成形技術の開発について予定通り高速加工部品が整ったため、FJC 社内で金型製造ができた。また、従来より大きい評価用金型を製作し、物性評価を行うこともできた。多様な材質及び形状の金型をより素早く低コストにて製作することができた。

全自動製造システム条件でも従来通りの製造ができるように金型成型技術の開発を行った。自動装置におけるセパレータの外観と寸法への影響がないか確認を行い、金型の追加加工などで従来の製造法と同レベルでセパレータを製作することができた。

【3】 高速成型技術の開発



写真-1 全自動成型ライン(S-MARC)

当初目標としていた製造速度達成のため、セパレータ全自動製造システム(S-MARC)を導入した。双極板製造は、「プリフォーム材料充填」→「金型材料加熱」→「金型材料冷却」→「圧縮成型」→「脱型」→「双極板張り処理」→「寸法検査・外観検査」→「重量検査」→「合否判定」→「ストック後反り矯正」の工程がある。S-MARCシステムはこれらの工程を全自動化した自動ラインである。

全自動成型ラインは主に、①ロボットスタンド、⑤センサースタンド、⑥ツール置台、⑦ワーク取出しステージ、⑧冷却定盤、⑨オモリユニット、⑩バリ取りユニット、⑫ワーク反転ステーション、⑬NC検査装置、⑭質量測定ステージ、⑮プリフォーム位置決め、⑯搬入出台車、⑰上型仮置き反転ステーション、⑱型搬送で構成されている。

これらの工程を全自動化することで、製造速度 5 分/枚の達成ができ、また品質の安定や製造員 1 名だけで管理ができるため大幅なコスト削減の効果も得られた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

【事業管理機関】

公益財団法人 北海道科学技術総合振興センター（ノーステック財団）

北海道札幌市北区北21条西12丁目コラボほっかいどう

ビジネスソリューション支援部 部長 吉田 克己（E-mail：k-yoshida@noastec.jp）

ビジネスソリューション支援部 部部長 黒澤 辰憲（E-mail：t-kurosawa@noastec.jp）

Tel：011-792-6119

【研究等実施機関（法認定事業者）】

株式会社 FJ コンポジット

北海道千歳市柏台南 2-2-3

代表取締役 津島 栄樹（E-mail：tsushima@fj-composite.com）

Tel：0123-29-7034

第2章 本論

2-1 カーボン成形体(双極板)の高性能化

① 樹脂の特性研究及び選定

耐食性のあるPE、PP、PPSなどの熱可塑性樹脂を選定し成型実験を行った。数十種類の炭素粉・樹脂を組み合わせ、混合比率・成型条件を変えたカーボン成形体を作製した。上記材料で作製したカーボン成形体をテストピース片に加工し、曲げ応力(MPa)、曲げひずみ(%)、体積抵抗($m\Omega cm$)のパラメータで評価した。各種樹脂材料の特性を観察した主な結果を表-2に示す。

		組成①	組成②	組成③	組成④	組成⑤	組成⑥
原料	カーボンA	○	○	○			
	カーボンB				○	○	○
	PE	○			○		
	PP		○			○	
	PPS			○			○
物性	曲げ応力[MPa]	10	22	38	19	33	48
	曲げひずみ[%]	0.67	0.24	0.37	0.73	0.75	0.34
	体積抵抗 [$m\Omega cm$]	10.12	3.44	3.22	6.63	2.57	3.28
	耐熱性[°C]	80	120	250	80	120	250
	成型性※	◎	◎	△	◎	◎	○

表-2 カーボン成形体の物性評価結果

※成型性の評価基準：110mm×110mm×3mmの平板を作製し、下記基準で評価を行った。

◎最も良い：金型表面に材料付着がなく、成型体に疎がない

○良い：金型表面に材料付着はないが、成型体に疎がある

△成型可能：金型表面に材料が少し付着し、成型体に疎がある

双極板として最重要である体積抵抗（数値が低い方が高性能）が優れており、成型性が良いPP材においては安定した品質で低コストな双極板が量産できると考える。本研究のPP材料（組成⑤）は外部メーカーと協力し、双極板に最適な物性値となるよう独自開発した材料である。耐熱性・成型性・コスト・炭素粉との相性など様々な観点からPP材料の開発を進め、3年の開発期間を経て完成した材料である。独自開発した材料を写真-2に示す。

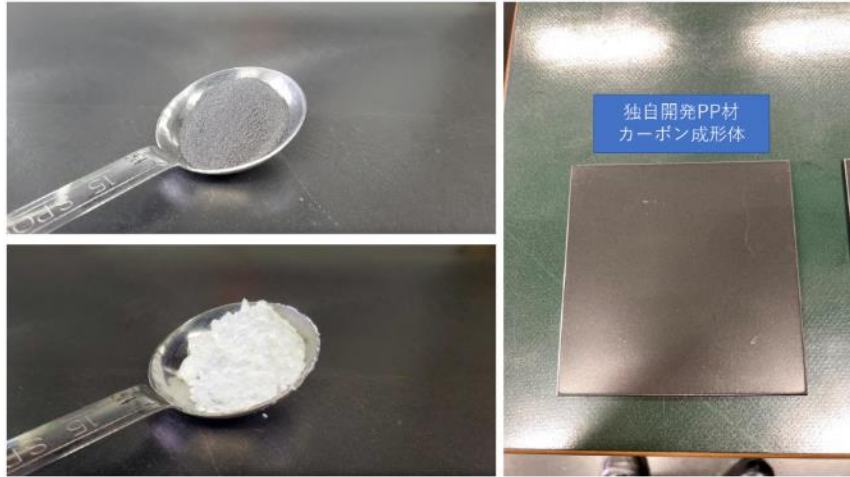


写真-2 炭素粉 独自開発 PP 材

また、同じ樹脂でも各メーカーの製造方法によって樹脂の粒径・メルトフローレート（樹脂の流動性）などの樹脂物性が異なる。特にメルトフローレートは双極板の曲げ強度にも影響を及ぼすため、その特性を把握する必要がある。同社の樹脂材料をメルトフローレート別で用意し、横並び評価した結果を表-3 に示す。

			組成①	組成②	組成③
原料		カーボン A	○	○	○
		PP①	○		
		PP②		○	
		PP③			○
物性		曲げ応力 [MPa]	25	33	28
		曲げひずみ[%]	0.23	0.75	0.36
		体積抵抗 [mΩcm]	2.57	2.57	3.42
		耐熱性	120	120	120
		成型性	◎	◎	○

表-3 メルトフローレート（樹脂流動性）別カーボン成形体の物性評価結果

前述した独自開発 PP 材をメルトフローレート別に 3 種用意し、横並び評価を行った。組成②において最も高強度で低抵抗な物性を確認した。他の 2 種に関しては、強度低下・抵抗悪化・成型性悪化などの現象が見られ、カーボン成形体として最適なメルトフローレートが存在することを発見した。

② 炭素粉の特性把握

炭素粉末は人造黒鉛と天然黒鉛の２種類に大別される。双極板用途としては、不純物が少なく、粒径が安定していることが望ましい。量産時には相当な使用量となるため、安定供給可能かつ高性能な炭素粉末を選別し採用した。当社のこれまでの知見より、人造黒鉛での成型がコスト・物性・成型性のバランスがよく、双極板材料として適切であると考える。一般的に原料粒径が小さい方が成型性が優れており、テストサンプルとしてよく使用されるが、粒径別で物性値にどのような変化が起きるのか比較評価を行った。バインダー材として独自開発 PP 材を選択し、炭素粉末の粒径別物性評価結果を表-4 に示す。

		組成①	組成②	組成③
原料	カーボン A	○		
	カーボン B		○	
	カーボン C			○
	PP	○	○	○
物性	曲げ応力[MPa]	33	19	18
	曲げひずみ[%]	0.75	0.69	0.87
	体積抵抗 [mΩcm]	2.57	6.63	6.84
	耐熱性	120	120	120
	成型性	◎	◎	◎

表-4 炭素粉末の粒径別評価結果

当社の成型方法ではどの粒径を選択しても成型性がよく、炭素粉末の粒径を自由に選択することができた。各種炭素粉末の外観写真を写真-2 に示す。

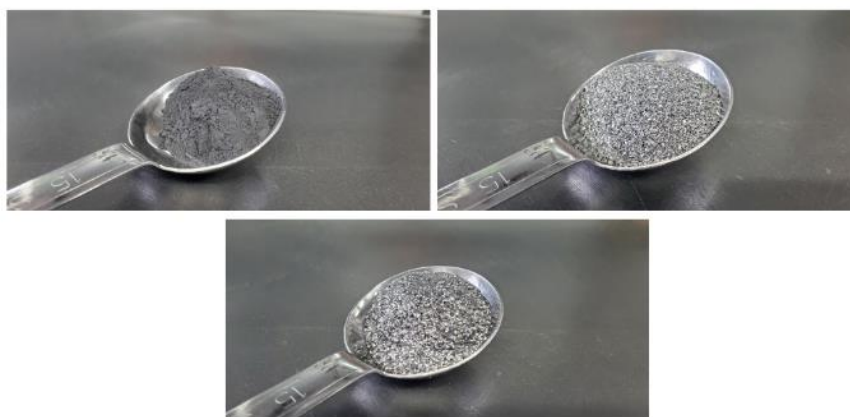


写真-2 各種炭素粉末

これまでの研究から樹脂材料がカーボン成形体の基本物性値を決定する因子だと考えていたが、炭素粉末の粒径も物性値に大きく関係することを発見した。組成①においては、曲げ強度・体積抵抗のバランスがよく RFB 双極板材料として適切であると判断した。

③ 炭素粉と樹脂配合の最適化

本開発で行う圧縮成形法では、炭素粉末と樹脂粉末を任意の割合で混合できるため、配合比率の最適化が可能である。1-1、1-2の結果を踏まえ、独自開発 PP 材と最適化した炭素粉末を使用して配合比率を変えた成型を試みた。各サンプルの評価は SL の北海道大学工学部田部豊教授と共同で行い、表-5 にデータ一覧として示す。

		組成①	組成②	組成③	組成④	組成⑤	組成⑥	組成⑦
原料	カーボン A	○	○	○	○	○	○	○
	PP20%	○						
	PP22.5%		○					
	PP25%			○				
	PP27.5%				○			
	PP30%					○		
	PP32.5%						○	
	PP35%							○
物性	曲げ応力 [MPa]	29	30	33	32	35	33	35
	曲げひずみ [%]	0.66	0.69	0.77	0.76	0.80	0.85	1.02
	体積抵抗 [$m\Omega cm$]	3.51	2.88	2.57	2.98	3.27	3.86	4.82
	耐熱性	120	120	120	120	120	120	120
	成型性	△	△	◎	◎	◎	◎	◎
	気密性	△	○	◎	◎	◎	◎	◎

表-5 PE 樹脂量別の物性評価結果

気密性評価基準：理論密度と成型品の密度差を評価（アルキメデス法にて測定）

◎最も良い：成型品は理論密度に到達

○よい：外観上は綺麗だが、理論密度に未達

△成型可能：外観上に疎があり、理論密度に未達

一般的に粉末系（球状）の最適配合比は 75：25 とされているが、これは均一粒径の球体が細密充填された場合の体積と空間の割合から、この前後が最適配合だと「推測」されているにすぎない。本実験では実際に配合比別のテストピースを作製し、各種物性評価を行った。写真-3 に配合比別テストピースの外観写真を示す。

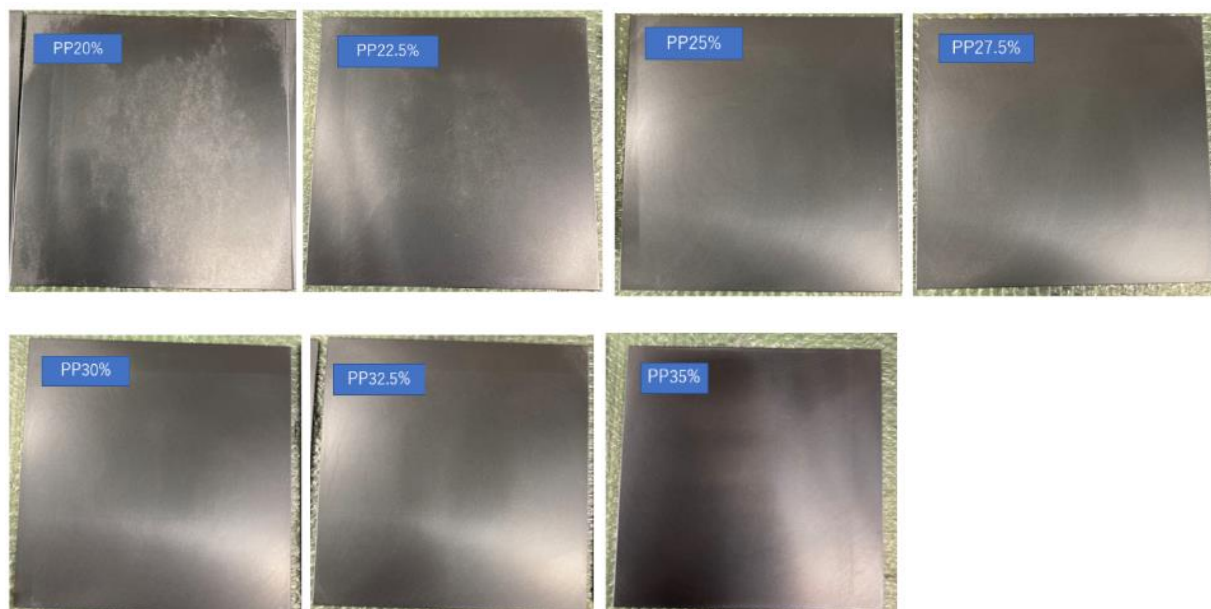


写真-3 テストピース外観

樹脂量 25%以下においては、成型体に「疎」が発生した。樹脂量が少ないほど体積抵抗は低くなっていくと予想したが、25%を境に悪化した。組成①②の密度を測定すると理論密度よりも大幅に低下していたことから、内部に空隙が発生したと考えられる。その結果、抵抗増加・強度低下したものと推測される。樹脂量 25%以上においては、曲げ強度は向上するものの、体積抵抗値が悪化していく傾向が見られる。以上の結果より、緻密な成型体かつ各種物性が最も良い配合比は 25%であった。これは前述した最適配合比と一致する。これまで推測の域で止まっていた配合比が、万能試験機・熱サイクル試験装置・元素分析装置を導入したことにより、正確かつ迅速に確認でき、データからも明らかとなった。試験装置を写真-4 に示す。



3点曲げ試験	
試験片寸法	100×10×2mmt
試験速度	5mm/min
支点間距離L	L=80mm
圧子の半径R1	R1=5mm
支持台の半径R2	R2=2mm



写真-4 物性試験装置

2-2 金型成型技術の開発

① 高圧プレス機による成型技術の開発

川下企業からは従来比半分以下の体積抵抗やさらなる曲げ強度が要求されている。前述した独自開発 PP 材 25%品を 300TON プレスを用いて大判サイズ成型をしたところ、テストピースサイズでは出現しなかった「疎」が発生した。緻密成型かつ、高い物性値を実現させるには、配合比だけではなく、高圧力も必要であることが分かった。大判サイズの双極板を成型する場合、面圧計算から 1000TON 程度のプレス圧力が必要となり、今回導入する運びとなった。写真-5 に 1000TON プレス機の外観写真を示す。



写真-5 1000TON プレス外観

高圧プレス成型の利点としては、今まで使用できなかった材料を選択できることにある。双極板の強度を上げるには、樹脂材料の粘度が高いものを採用するのが一般的である。しかし、黒鉛粉と樹脂の複合材料では粘度が高いと黒鉛粒径の間に「疎」が発生する。原理としては、黒鉛粉に対する樹脂の濡れ性が悪く、黒鉛粉と樹脂の成す接触角は鈍角（ 90° 以上）となり接触部に完全に回り込めないことにある。よって、「疎」を極限まで微小とするには黒鉛粉と樹脂の間に存在する表面張力以上の圧力を加えることが重要である。濡れ性の状況を図-1 に示す。



濡れ性が悪い状況 ($\theta_1 > 90\text{deg}$)



濡れ性が良い状況 ($\theta_1 < 90\text{deg}$)

図-1 黒鉛粉末と樹脂の濡れ性による例（灰色＝炭素粉 黄色＝樹脂）

高圧プレス成型の課題としては、双極板の脱型不良による成型不良である。必要十分な圧力で緻密成型を行った場合、金型内のカーボン成形体流路部でスプリングバック及び、異種間の熱膨張差が発生し、流路部抜け不良が発生した。図-2 は金型材（SUS）と樹脂材（PP）の熱膨張係数グラフ降温時の挙動を重ね合わせた結果である。

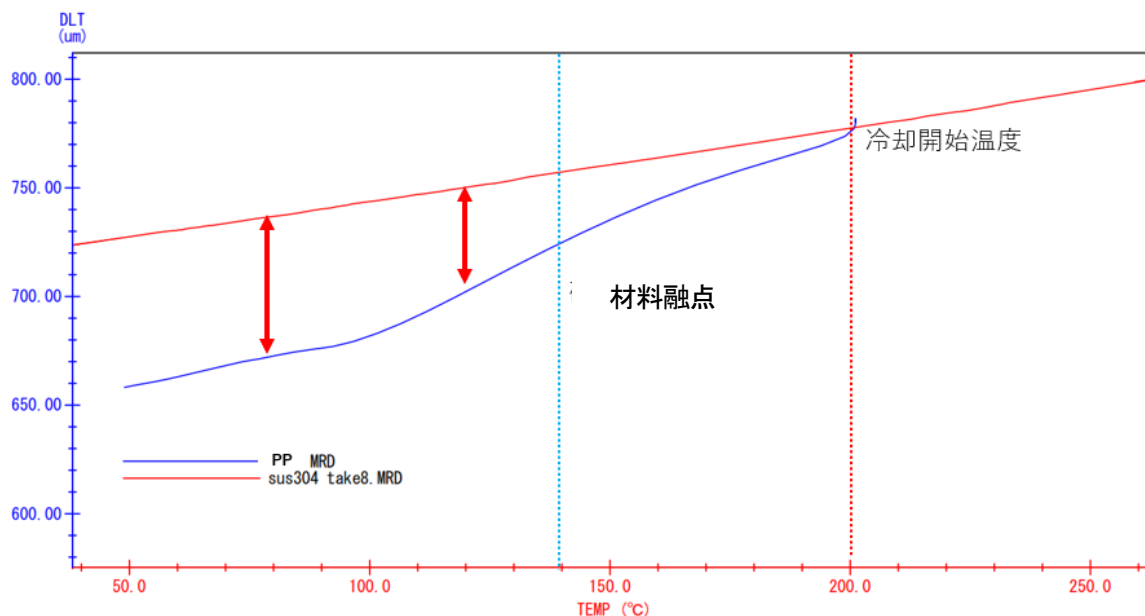
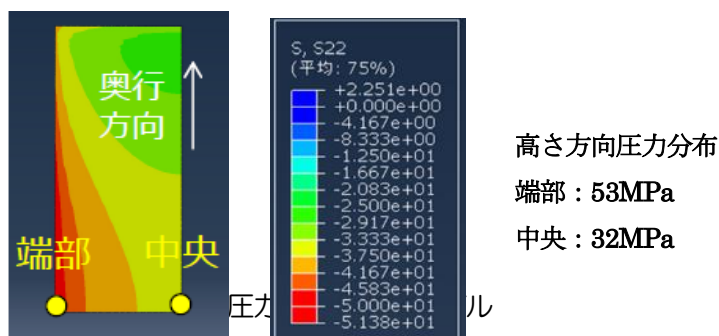


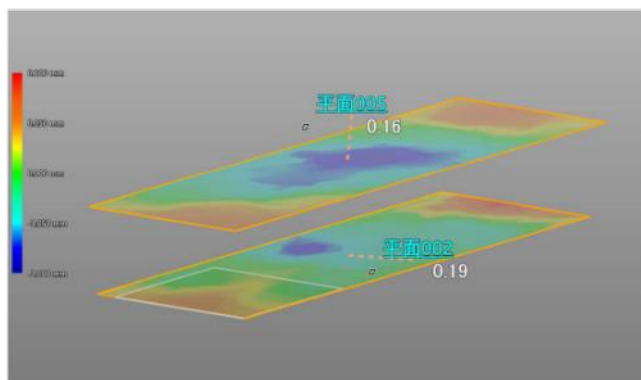
図-2 金型材料とカーボン成形体の熱膨張差

このグラフより、冷却開始温度から両者の熱膨張率が広がりはじめ、冷却するほど樹脂材料の収縮で流路部を挟み込んでしまうことが推測できる。改善策として脱型時の金型温度を最適化し、プレス機の温調機能により脱型温度をコントロールした。熱可塑性樹脂の場合、材料硬化温度以下での取り出しが絶対であり、硬化温度以上で取り出すと成型不良が発生する。独自開発 PP 材の硬化温度は 100℃付近であるため、脱型温度 90～70℃、70～50℃、50～30℃の 3 パターンにて実験を行った。70℃以下での取り出しでは金型流路部に材料が噛みこんでしまい、上下の金型を開いた際に半分に双極板が割れてしまった。

さらに研究アドバイザーの室蘭工業大学、清水一孝教授の知見を活用し、圧力分布の改善に取り組んだ。圧縮成形法ではプレス盤面の圧力分布および、盤面平面度が製品厚み分布に直接関係する。大判サイズ成型の解析モデルを作製し、荷重時の金型圧力分布を解析した。図-3 に改善前の 1/4 対称モデルを示す。



解析結果より、長辺端部と中央部で圧力差が発生していることが確認できた。さらに当社の盤面を平面計測器で測定した結果、中央部で上面 0.16mm、下面 0.19mm の凹みを検知した。盤面サイズよりも小さな金型で成型を行っているため、中央付近に凹みが発生したと推測する。図-4 に平面計測器で測定した 1000 TON プレス盤面データを示す。



1000TON プレス
上面中央部 0.16mm 凹み
下面中央部 0.19mm 凹み

図-4 1000TON 盤面平面度

盤面中央部に凹みがあるプレス機を均一な圧力分布にするため、金型形状の改良を行った。上下の金型厚みを基本設計から厚くしていき、圧力分布がどのように変化するか解析を行った。図-5 に解析データを示す。

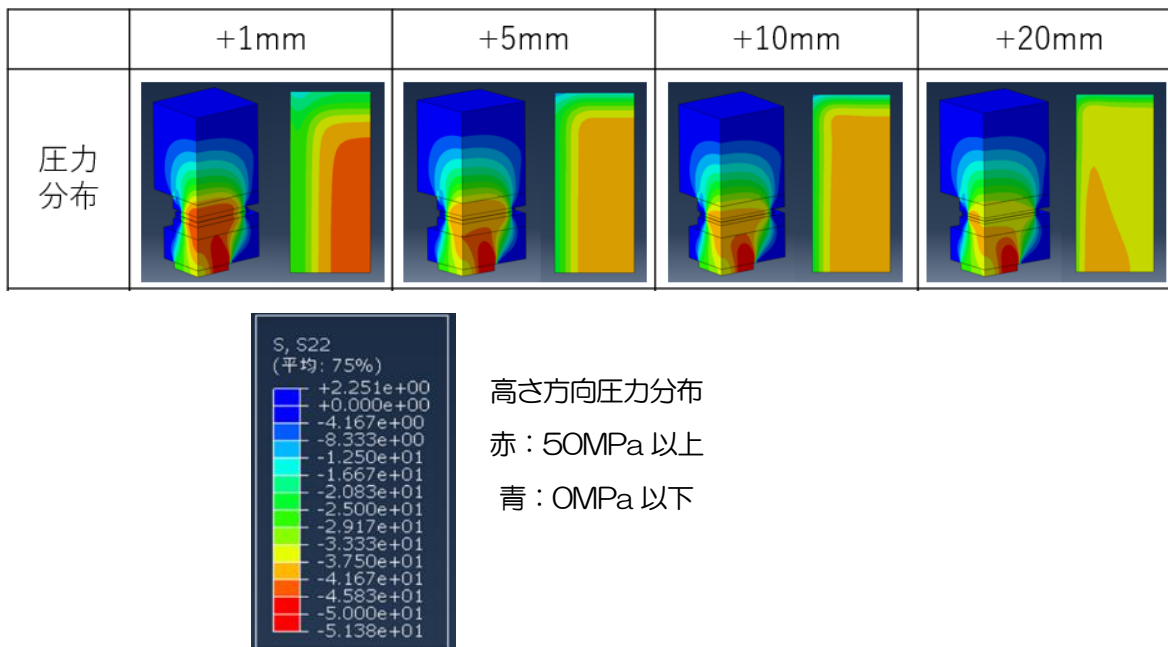


図-5 金型厚み変更に伴う圧力分布

解析結果より、金型厚みを基準値よりも厚くするほど、厚み分布が改善できる可能性が高いことがわかる。+20mm 以上はハンドリング・プレス盤面開口寸法の制限から調査を見送った。+1mm データでは端部

と中央部で圧力差が 25MPa 程度発生しているのに対し、+20mm データでは 10MPa 程度まで減少している。この データを踏まえ、実際の成型に反映して得られたデータが図-6 である。

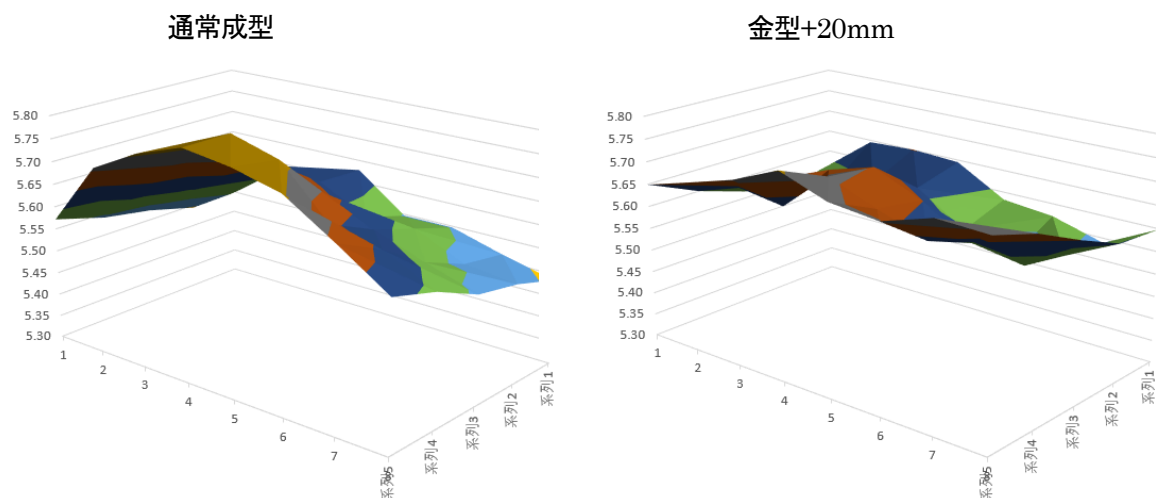
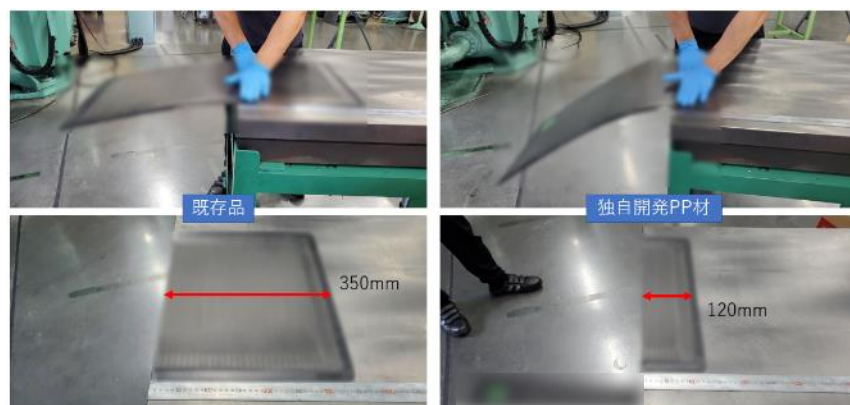


図-6 大判サイズ成型品の厚み分布

通常成型では、金型寸法に対し 0.4mm 程中央が厚くなっていたが、金型+20mm 成型では 0.1mm 以下の平面度となり、高精度化成型に成功した。本研究で開発した独自開発 PP 材を用いて、高圧プレス成型機で最適条件にて作製した双極板の結果は良好で、低抵抗であり、高強度な PP 材を綺麗に成型することができ、脱型不良・寸法不良も発生しなかった。既存品との比較として強度の違いを可視化した測定例を写真-6 に示す。

写真-6 既存品（左）と独自開発 PP 材（右）の強度確認テスト

強度確認用サンプル 900mm×450mm 重量 3.5kg を定盤の上に置き、端から徐々に定盤外へとスライドさせていく。この時双極板は自重でたわみ、支点距離が長くなるにつれ自重で割れる。既存品は支点から 550mm の位置で割れ、独自開発 PP 材は 780mm の位置で割れた。独自開発 PP 材は手で割ることが困難であるくらいの強度をもち、低抵抗であるため量産材料として十分な可能性がある。図-7 に両者の曲げ試験データを示す。



名前 パラメータ 単位	最大点_応力 全エリアで計算 MPa	最大点_ストローク(ひずみ) 全エリアで計算 %	破断点_応力 感度 1 MPa	破断点_ストローク(ひずみ) 感度 1 %
既存品-1	23.8442	0.71815	20.9373	0.74128
既存品-2	24.4166	0.75753	23.7662	0.76972
既存品-3	24.6697	0.75003	23.6503	0.76441
平均値	24.3102	0.74190	22.7846	0.75847
独自開発PP材-1	32.8517	0.74362	28.6770	0.77440
独自開発PP材-2	33.1283	0.75768	23.4294	0.79800
独自開発PP材-3	33.4406	0.77503	31.2471	0.79909
平均値	33.1402	0.75878	27.7845	0.79050
全平均値	28.7252	0.75034	25.2846	0.77448

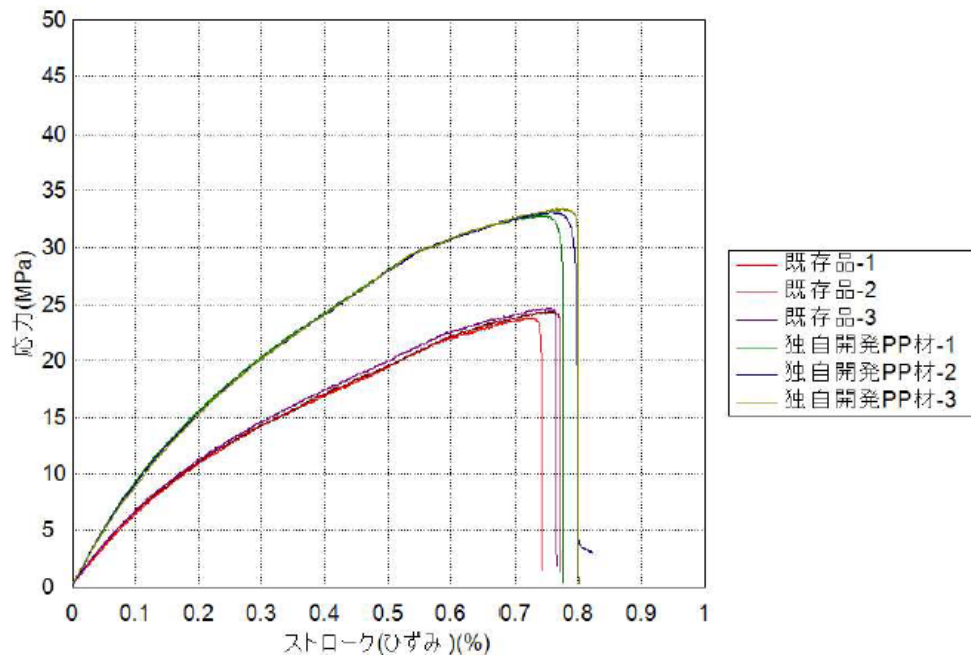
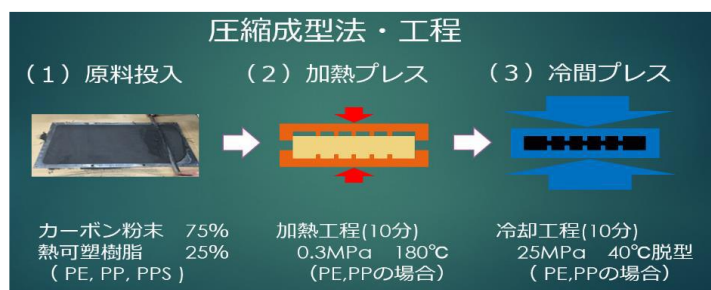


図-7 既存品と独自開発 PP 材の曲げ試験結果

2-3 高速成型技術の開発

① 高圧プレスによる高速プレス成型技術の開発

本開発で行う圧縮成形法は、加熱・冷却工程を別々のプレスで行うことにより、高速プレス成型を実現し



ている。金型に粉末材料を充填し、加熱工程を経て冷却プレスで形を作るシンプルな構造だ。図-8 に圧縮成形法の工程を示す。

図-8 圧縮成形法・工程

量産時に求められる数量が年間数万枚であれば、製造能力として5分/枚のサイクルタイムが必須である。当初計画していた冷却・加熱工程時間の短縮だけでは、最終的なサイクルタイムの短縮には不十分であり、金型のハンドリング・脱型・バリ処理・検査など成型工程以外の時間を短縮することが「カギ」であった。現状、全工程を含めたサイクルタイムは50分/枚程度であり、作業人数としては10名程度必要である。製造能力・コスト（人員）・品質の課題を解決するには人手を使用しない全自動化ロボット生産が必要であった。

本開発では加熱・冷却プレス機にロボット装置を組み合わせ全自動高速プレス成型を立ち上げ、製造能力・コスト・品質の課題を解決することを目標とした。目標値を図-9に示す。

項目	現状	目標
製造能力（サイクルタイム）	50分/枚	5分/枚
コスト（人員）	10人	3人
品質（検査）	目視	機械化

図-9 高速プレス成型技術の目標値

装置全体をS-MARCシステムと命名し、①材料充填 ②金型加熱 ③金型冷却 ④金型脱型 ⑤バリ処理 ⑥寸法検査 ⑦外観検査 ⑧重量検査 ⑨保管 の工程を全自動で行うよう設計した。RFB双極板製造の全工程は図-10の通りである。また、写真-7にS-MARCシステムの各ユニット写真を示す。

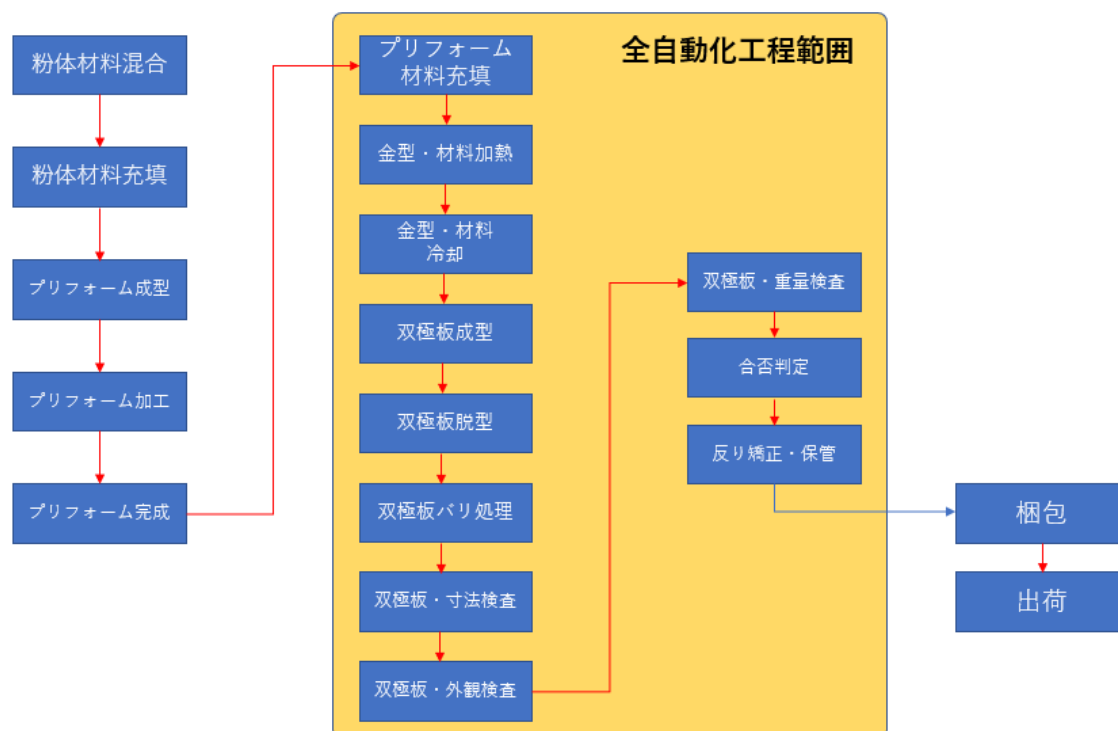


図-10 RFB双極板製造の全工程



写真-7 S-MARC システム 各ユニット

本装置を使い、成型サイクル及びバリ取り・各種検査のタクトタイム短縮の検討を行った。結果として、サイクルタイム5分/枚の制御手法を確立した。各種工程を人手による作業とした場合、50分/枚ほどの時間を有していたが、自動ロボット・レーザー変位計・スキャンカメラ各種ユニットを採用することにより、全工程を5分/枚で終えるよう設計した。

また、人員削減にも成功し導入前は10名ほどの作業員を必要としていたのに対し、管理者1名のみの作業で完結する。年間の最大生産能力は900mm×500mmの双極板が約6万枚であり、これよりも小さなサイズであれば1成型で多数個取れる可能性を秘めている。

最終章 全体総括

3-1 研究開発の成果

FJ コンポジットでは北海道大学の田部豊教授と共同で3年間に渡り、レドックスフロー電池に使用される双極板の開発を行いました。アドバイザーとしては、室蘭工業大学の清水一孝教授のご意見を頂き、ノーステック財団（公益財団法人 北海道科学技術総合振興センター）様の事業管理のもとで、円滑に研究を進めることが出来ました。その結果、当初予定の高性能双極板の低コスト製造技術を開発する事に成功致しました。関係する各位に感謝申し上げますと共に、その成果の概要を下記に要約を纏めました。

出力変動の大きい自然エネルギー由来の電力供給量を増やすためには、レドックスフロー電池（RFB）などの大型蓄電池を用いて安定な電力に変換して電力供給網に繋ぐ方法は有効である。本開発では、RFBの主要部材である双極板に要求される高い耐食性と通電性に対応するため、炭素粉末と耐食性の高い熱可塑樹脂を用い圧縮成形する製造技術を開発する。熱可塑樹脂は炭素粉末と濡れ性が悪いことからボイドの無い高密度の成形体を製造することは困難であったが、高圧プレスを使用する事でボイドの問題を解決し、同時に高速成形による製造コストの低減を両立させ、RFBの普及に貢献することを目標とした。

双極板を使用する製造メーカー（川下企業）は、他の蓄電池との価格競争に対応するため、双極板に対しても従来より大幅なコストダウンの希望があり、また物性の面でも高性能化（低電気抵抗、高強度等）が求められている。

そのため、本開発では「カーボン成形体の物性の高性能化」、「高圧プレス機による金型成形技術の高度化」、また「高速成形技術の確立」を目指し、3年間研究開発を行った結果、ほとんどの課題について達成することが出来た。

特に、最終年度に導入した全自動製造システムにより、製造工程を全自動化することで、製造速度5分/枚の達成ができ、また品質の安定や製造員1名だけで管理ができるため大幅なコスト削減の効果も得られた。

また、SLである北海道大学の田部教授や室蘭工業大学の清水教授の知見を活用し、カーボン成形体の物性向上及び全自動化における金型の選定や製造が可能となったことは大きな成果である。

3-2 研究開発後の課題・事業化の展開

双極板に求められる物性は昨年度までのP-6開発により達成できていたが、更に今年度は製造コストを低減すると同時に高速成型技術開発のため全自動化ラインを構築することができた。今後は、全自動化ラインの製造能力などを確認すべく、量産試作の双極板として評価用サンプルの依頼へと進む予定である。22年度に、これらの量産試作で良い結果が得られれば、次年度以降は量産化が近づく事が見込まれる。

RFBは他の二次電池に比較して安全性が高く、寿命も長い優位性を示しているが、コスト的にも優位性を示すことが重要である。そのためRFBの製造コストを下げるためには、その製造コストの多くを占める双極板の低コスト化が強く求められるようになっている。この問題についても全自動化ライン導入により、人件費を大幅に削減できたため、川下企業の低コスト化要求についても十分対応できる見込みである。

本事業を通じて開発された技術は、その構造が似ている燃料電池セパレータへの応用展開が可能である。

昨年より国内外から燃料電池セパレータに関する問い合わせが急増している。既存の双極板は金属（チタ

ン) の薄板のプレス加工後に金メッキなどのコーティングをおこなっているか、製造コストが高く、産性も悪いという課題があるが、本事業の成果により開発された双極板製造技術を適用することで、高性能化と低コスト化を実現し、2030 年度には市場規模が 49,275 億円/年とも言われている莫大なマーケットに参入できることを期待している。