

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「エンブラを用いた高比剛性部材（熱可塑性樹脂ハニカム）の製造技術開発」

研究開発成果等報告書

平成22年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人 岐阜県産業経済振興センター

目 次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-1-1 背景および研究目的	
1-1-2 実施内容	
1-1-3 目標	
1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	3
1-3 成果概要	5
1-4 当該研究開発の連絡窓口	6
第2章 本論-1 「PC シートの物性評価試験」	7
2-1 PC シート素材選定に関する諸課題	7
2-2 PC シートの物性評価試験	7
2-2-1 引張り特性・衝撃特性	
2-2-2 融点・ガラス転移温度・結晶化温度特性	
2-2-3 高温時のシート特性	
2-2-3-1 動的粘弾性・TMA 測定	
2-2-3-2 ドローイング試験	
2-2-4 バイオエンブラシート特性	
2-3 PC 最適シート及びバイオエンブラの採用可能性	11
第3章 本論-2 「PC 製 TECCELL のコアシート真空成形技術の開発」	12
3-1 真空成形機の基本的課題	12
3-2 加熱装置の開発	12
3-2-1 加熱媒体に関する仕様検討	
3-2-2 シート適正成形温度の保持構造に関する仕様検討	
3-3 シート搬送装置の開発	13
3-4 真空成形金型の開発	13
3-4-1 高温対応の真空成形金型及び金型用設置台に関する仕様検討	

3-5	真空成形テスト結果及び考察	14
3-5-1	真空成形機の追加設備について	
3-5-2	加熱ロールのテスト結果及び考察	
3-5-3	シート適正成形温度の保持構造に関するテスト結果及び考察	
3-5-4	ピンチローラーのテスト結果及び考察	
3-5-5	真空成形温調金型による成形テスト結果及び考察	
3-5-6	バイオエンブラの真空成形テスト結果及び考察	
第4章	本論-3 「PC 製 TECCELL のハニカムコア作製技術の開発」	18
4-1	折込み溶着機の基本的課題	18
4-2	折込み機構の開発	18
4-3	溶着機構の開発	19
4-4	折込み溶着テスト結果及び考察	19
4-4-1	折込みテスト結果及び考察	
4-4-2	溶着テスト結果及び考察	
4-4-2-1	加熱について	
4-4-2-2	冷却について	
4-4-3	バイオエンブラの折込み溶着テスト結果及び考察	
4-5	PC 製最適ハニカムコア及びバイオエンブラハニカムコアの可能性	21
第5章	本論-4 「PC 製 TECCELL 成形体の物性評価」	22
5-1	PC 製 TECCELL 成形体の物性評価方法	22
5-1-1	比重測定・製品寸法測定・曲げ試験・圧縮試験方法	
5-1-2	熱変形温度測定・加熱時の寸法変化測定方法	
5-2	TECCELL 成形体の物性評価結果	23
5-2-1	比重測定・製品寸法測定・曲げ試験・圧縮試験結果	
5-2-2	熱変形温度測定・加熱時の寸法変化測定結果	
第6章	全体総括	26

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 背景および研究目的

自動車産業をはじめ広い分野で、「軽量化指向のものづくり技術」が求められ、金属から樹脂への移行、中空一体構造の採用、更にハニカム構造体の開発などが進行している。

本研究開発では、更に軽くて強い製品（高比剛性部材）の高能率加工技術の開発を目指す。具体的には、素材を高強度樹脂にグレードアップし、ハニカム構造を採用した製品の連続成形技術を確立し、事業化を目指す。

① 自動車車体用材料の現状と動向について

自動車の軽量化は、運動性能の向上だけでなく燃費向上による環境問題への対応という社会的な側面から、近年益々その要求が高まっている。更には衝突安全対策の為に装備される部品によって、車体重量が増加傾向にあることも、軽量化に向けた技術開発の重要性を高める一因になっている。

車体の軽量化手段としては、車体構造、部品構造の見直しによる部品点数の削減や、部品そのものの重量削減が主要な方策である。これは、軽量化材料への置換でコスト面の課題は残るものの、軽量化効果の大きさから今後とも期待されているところである（平均的に車体重量が約 100kg 軽量化すると、約 1～1.5km/ℓ 燃費が向上する）。

そうした中、自動車用鋼材のハイテン化、高機能化とともに、より軽い素材（アルミニウムやサンドイッチパネルなど）の適用も期待されている。

② 軽量化について

軽量化は、従来の鋼材からアルミ素材や樹脂素材を使うことで行われている。また、更なる軽量化については、中空体が利用される。その為、樹脂製の中空体が最も軽量化には効率が良いと考えられることから、素材には、透明性・耐熱性・耐衝撃性・自己消火性などを備えている為に、実際に自動車部品として使用されているポリカーボネート（以下「PC」と略す）等のエンジニアリングプラスチック（以下「エンブラ」と略す）を用いることが望ましい。

岐阜プラスチック工業株式会社においては、ポリプロピレン（以下「PP」と略す）製のハニカムサンドイッチパネルの連続生産技術を持つことから、この製造技術を活かし、従来に無い軽量・高機能な PC 製のハニカムサンドイッチパネル製造技術の確立を目指す。

1-1-2 実施内容

- ① PC シートの物性評価
- ② PC 製 TECCELL のコアシート真空成形技術の開発
- ③ PC 製 TECCELL のハニカムコア作製技術の開発
- ④ PC 製 TECCELL 成形体の物性評価
- ⑤ プロジェクトの管理運営

1-1-3 目標

①PC シートの物性評価

PC シートを利用した TECCELL 製造を最終目標とすることから、TECCELL 製造に適した PC シートの物性測定を行い、PC シートの諸物性を把握するとともに既に特性値を把握している、PP シートとの特性の違いを把握する。

- ・ 引張り特性、衝撃特性
- ・ 融点・ガラス転移温度・結晶化温度特性、高温時のシート特性

②PC 製 TECCELL のコアシート真空成形技術の開発

PC 用 TECCELL 製造装置の開発にあたり、成形最適温度を得る為の加熱方式の検討、最適な成形を得る為の搬送機構の仕様決定、真空成形用金型の開発を実施する。

③PC 製 TECCELL のハニカムコア作製技術の開発

TECCELL の主要な構成要素であるハニカムコアを作製する為、折込み機構の仕様決定、溶着機構の仕様決定を行う為の必要条件を把握する。

④PC 製 TECCELL 成形体の物性評価

試作 TECCELL の物性評価を実施し目標とする常温に於ける物性値（比重、製品の厚み及び比剛性）が得られていることを把握するとともに、熱変形温度測定を実施し、温度に起因する寸法変化を把握する。

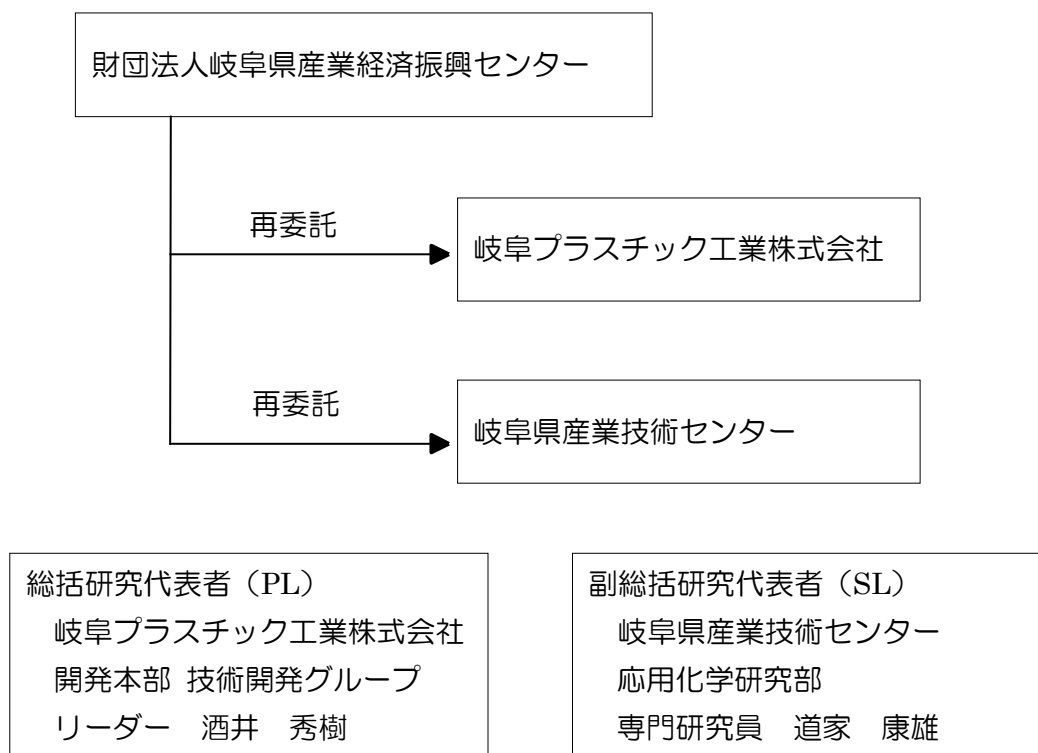
⑤プロジェクトの管理・運営

効率的な研究開発を実施する為に、研究開発委員会をはじめ、事業化に向けた知見を有す

る者への情報収集を行う。

1-2 研究体制（研究組織、管理体制、研究者氏名、協力者）

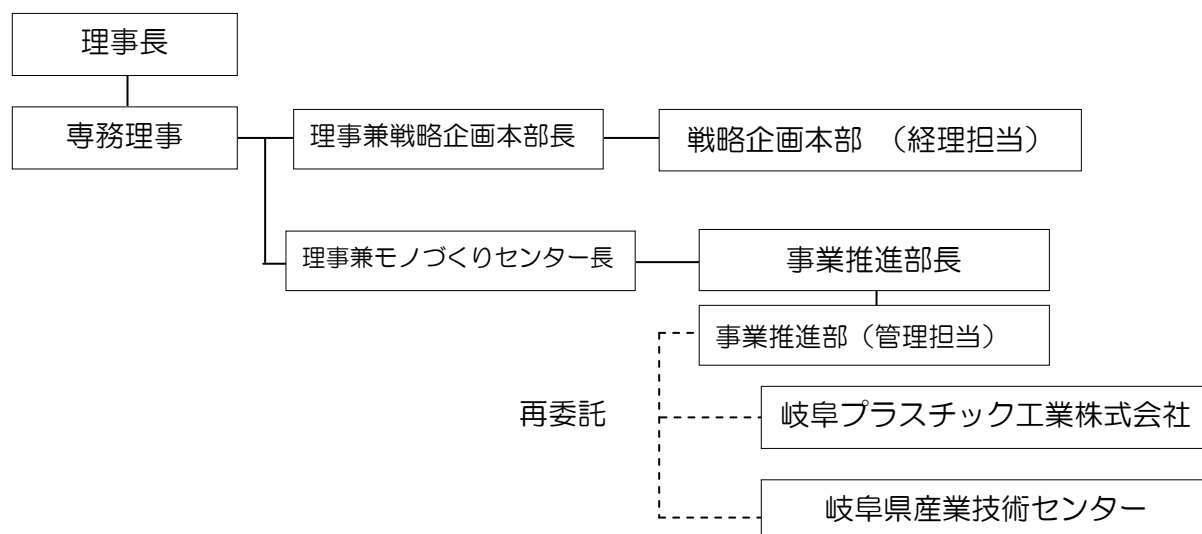
（1）研究組織（全体）



（2）管理体制

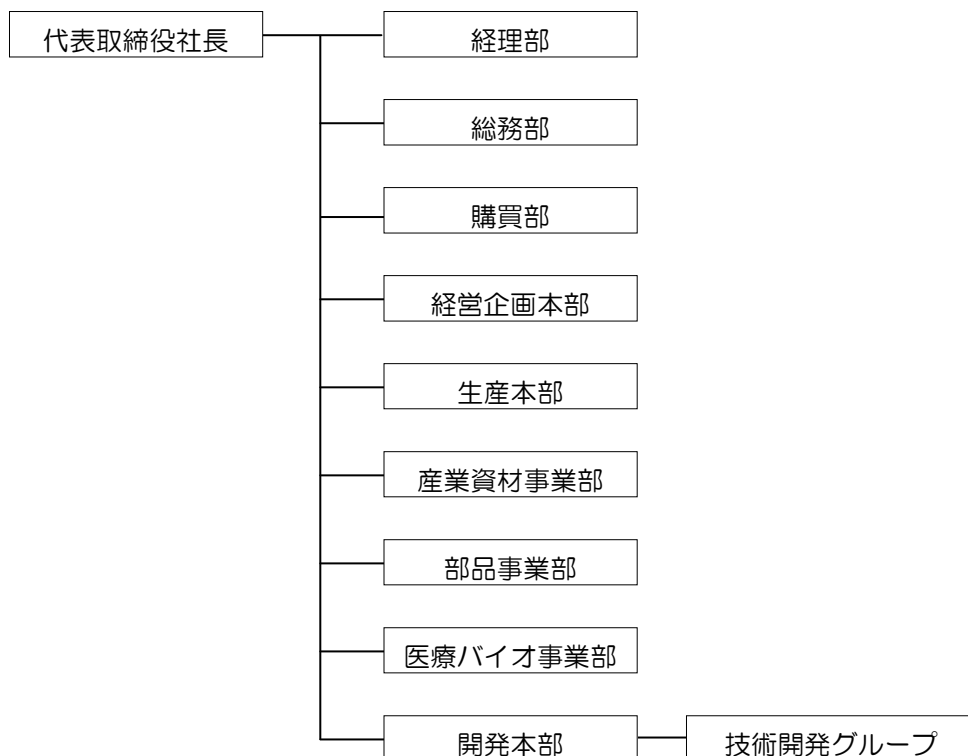
①事業管理者

財団法人岐阜県産業経済振興センター

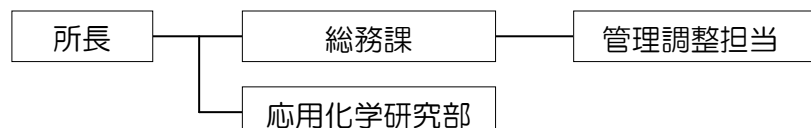


② 再委託先

[岐阜プラスチック工業株式会社]



[岐阜県産業技術センター]



(3) 管理員及び研究員

【事業管理者】 財団法人岐阜県産業経済振興センター

①管理員

氏 名	所属・役職	実施内容（番号）
砂田 博	モノづくりセンター長	⑤
服部 清	事業推進部 部長	⑤
野村 貴徳	事業推進部 主査	⑤
山田 博義	事業推進部 主査	⑤
平田 泰宏	事業推進部 管理員	⑤
大堀 明雄	戦略企画本部 主任	⑤

②研究員

【再委託先】

岐阜プラスチック工業株式会社

氏 名	所属・役職	実施内容（番号）
酒井 秀樹	技術開発グループ リーダー（PL）	①②③④
柴垣 晋吾	技術開発グループ 主任	①②③④
青木 達彦	技術開発グループ 係長	①②③④
青木 規洋	技術開発グループ 担当	①②③④

岐阜県産業技術センター

氏 名	所属・役職	実施内容（番号）
道家 康雄	応用化学研究部 専門研究員（SL）	①④
丹羽 厚至	応用化学研究部 研究員	①④
長屋 喜八	応用化学研究部 産業技術指導員	①④

③協力者（アドバイザー）

株式会社ビー・アイ・テック 代表取締役社長 板東 舜一

三菱化学株式会社 新規事業推進室長 中村 恒善

1-3 成果概要

本研究での研究開発成果は以下の通りである。

①PC シートの物性評価試験

PC シート 0.1～0.3mm 厚とバイオエンブラ 0.1mm 厚について、それぞれのシート特性を測定し、最適真空成形温度がシートのドロウダウン測定で概算出来ることを確認した。②および③を踏まえ、PC シートの最適厚さは 0.3mm であることを確認した。

②PC 製 TECCELL のコアシート真空成形技術の開発

PC 製 TECCELL のコアシート製造技術について、最適シート加熱温度、加熱シート保持構造、シート搬送構造、真空成形温調金型の検証を行い、基本真空成形条件を確立した。今後は真空成形条件の可能範囲を確認し、量産化に向けた装置設計を行う。

またバイオエンブラは、非常に狭い成形条件ではあるが、真空成形出来ることを確認した。

③PC 製 TECCELL のハニカムコア作製技術の開発

②より PC で試作した真空成形品を使用し、折込み基本条件、溶着基本条件を確立した。シート厚が薄い物は条件によって、折込む際にシートが潰れてしまうことがあり、シート厚は 0.3mm の物が最も折込み性・溶着性共に優れていることを確認した。

またバイオエンブラは、非常に狭い成形条件ではあるが、ハニカムコアが作製出来ることを確認した。

④PC 製 TECCELL 成形体の物性評価

③より試作したハニカムコアに対してラミ材を貼り合せた試験片を作製し、物性評価を行った。試作した成形体は、当初予定していた曲げ剛性値より高い剛性を持ち、鉄やアルミニウムといった金属と比較して、非常に高い比剛性となることを確認し、PC 製 TECCELL の優位性を評価出来た。

圧縮強度はコア材の厚さに起因し、ラミ材の厚みに影響しないことを確認した。

熱特性については、簡易的にはあるが、PP 製 TECCELL と比べて大幅に耐熱性が高い製品になることが確認出来た。

今後はラミ材を貼り合わせる装置について検討し、PC 製 TECCELL の製品化を目指す。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

財団法人岐阜県産業経済振興センター事業推進部 山田 博義

所在地：〒500-8505 岐阜県岐阜市藪田南 5 丁目 14 番 53 号

(最寄り駅：東海旅客鉄道株式会社 東海道本線 西岐阜駅)

電話：058-277-1093 FAX 058-273-5961

E-mail：h-yamada@gpc-gifu.or.jp

第2章 本論ー1 「PC シートの物性評価試験」

2ー1 PC シート素材選定に関する諸課題

PC シートの素材を選定するに当たって、最終製品とした場合における物性（曲げ強度、衝撃強度）への影響や、真空成形及び溶着時の加熱工程における成形シート破断性・成形不良・溶着不良への影響を評価する必要がある。

まず、最終製品とした場合における物性（曲げ強度、衝撃強度）への影響を知る為には、PC シートの、引張り特性と衝撃特性を定量的に把握する必要がある。

次に、真空成形及び溶着時の加熱工程における成形シート破断性・成形不良・溶着不良への影響を知る為には、PC シートの、融点・ガラス転移温度・結晶化温度特性、高温時の熱特性、を定量的に把握する必要がある。

以上のことから、汎用 PC シート（厚み：0.1mm、0.2mm、0.3mm）のそれぞれについて、上記 4 項目を把握・評価し、これらの中から最適素材を選定することとする。

なお環境問題への対応として、植物由来のプラスチック（バイオエンブラ）も検討し、前述の 4 項目を測定して TECCELL 用シートとしての採用可能性を検討する。

2ー2 PC シートの物性評価試験

引張り特性、衝撃特性及び融点・ガラス転移温度・結晶化温度特性については、岐阜プラスチック工業株式会社が、同社既設の計測設備をもって測定し、各パラメータを得ることとする。各試験については以下の通り。

2ー2ー1 引張り特性・衝撃特性

引張り特性は、岐阜プラスチック工業株式会社内設備の株式会社島津製作所製 AUTOGRAPH AGS-1kNG にて、試験片を引っ張ることで引張り弾性率を測定した。

測定結果として、PP(量産グレード)は結晶性樹脂であり、シート成形時に延伸が掛かっている為、分子がシートの巻き出し方向に向かって配向している。その為、巻き出し方向（MD）の引張り弾性率が高く、シート幅方向（TD）の引張り弾性率は巻き出し方向に比べて若干低い傾向がある。

ここで、MD とは Machine Direction の略であり、機械でシートを成形する場合の流れ方向を指す。また、TD とは Transverse Direction の略であり、MD に対しての垂直方向を意味している。

PC(三菱ガス化学)は非晶性樹脂であり、結晶性樹脂の PP と異なって、シートの異方性はほとんどない。元々PC は PP に比べて素材の弾性率が約 1.5 倍の樹脂特性を有しており、シートでも PP と比較して約 1.3~1.4 倍の引張り弾性率を有する。

衝撃特性は、岐阜プラスチック工業株式会社内設備の株式会社マイズ試験機製デュポン落錘衝撃試験機にて、耐衝撃性を測定した。

結果は、PC シートの衝撃強度は PP シートに比べて約 2~4 倍。樹脂特性がそのまま表れた結果になっている。単位を 2 種類に分けて書いてあるのは、シートの厚さで割った値を合わせて表記してある為である。引張り弾性率と衝撃強度の結果を合わせて、表 2-1 に記した。

表 2-1 各シートの引張り強度一覧

		単位	シート種類					
			PP(量産グレード)			PC(三菱ガス化学)		
			0.2mm	0.3mm	0.4mm	0.1mm	0.2mm	0.3mm
引張り弾性率	MD	MPa	1810	1780	1730	2180	2190	2080
	TD	MPa	1460	1530	1490	2190	2190	2150
デュポン衝撃強度		J	0.57	0.62	0.53	0.59	1.26	2.45
		J/mm	2.85	2.07	1.33	5.9	6.3	8.17

2-2-2 融点・ガラス転移温度・結晶化温度特性

融点・ガラス転移温度・結晶化温度特性は、岐阜プラスチック工業株式会社内設備の株式会社リガク製の DSC (Thermo Plus8230) を用いて測定した。

なお PP は結晶性樹脂であり融点と結晶化温度の測定、PC は非晶性樹脂でありガラス転移温度の測定を行った。PP シートの融点・結晶化温度はピークが 2 つ存在しているが、これは PP シートに多少 PE (ポリエチレン) 成分を配合しており、真空成形性を高めた物にしている為である。PC シートのガラス転移温度は約 150℃。ガラス転移温度とは、樹脂が急激に軟化し始める温度ではあるが、あくまで軟化し始める温度であり、成形温度は更に高い温度が必要となる。測定したシート特性は表 2-2 に記した。

表 2-2 各シートの融点・ガラス転移温度・結晶化温度一覧

	単位	シート種類					
		PP(量産グレード)			PC(三菱ガス化学)		
		0.2mm	0.3mm	0.4mm	0.1mm	0.2mm	0.3mm
融点 1	℃	110.7	110.8	111.2	-	-	-
融点 2	℃	170.2	170.2	171.0	-	-	-
ガラス転移温度	℃	-	-	-	153.4	152.6	153.3
結晶化温度 1	℃	97.7	97.5	97.1	-	-	-
結晶化温度 2	℃	130.4	130.2	129.8	-	-	-

2-2-4 高温時のシート特性

2-2-4-1 動的粘弾性・TMA 測定

真空成形する成形条件を推定する為に、岐阜県産業技術センター内に既設の計測設備をもって、動的粘弾性測定と TMA を行った。動的粘弾性測定は、株式会社オリエンテック製のレオバイブロン DDV-25FP を用い、TMA はティー・エイ・インスツルメント社製の熱分析装置 Q400 を用いて測定した（表 2-3）。

結果はどれも約 160℃となった。PP シートの最適真空成形温度は 160℃程度であり、PP では実際の真空成形温度と近い値であるが、PC シートを加熱してみても 160℃程度ではまったく熔融しない。当然最適真空成形温度はもっと高温であると思われる。その為、別試験としてドロ잉試験を行った。

表 2-3 各シート種類や厚みにおける粘弾性測定結果

	PP		PC	
	0.2mm	0.3mm	0.2mm	0.3mm
粘弾性測定結果(℃)	159.07	161.00	155.04	154.17
TMA 測定結果 (℃)	154.92	157.55	167.21	151.94

2-2-4-2 ドロ잉試験

ドロ잉試験用治具は岐阜プラスチック工業株式会社にて作製した（図 2-1）。試験は治具にシートを挟み、治具を株式会社アズワン製の乾燥機 ONW-450 中に設置して温度を上昇させ、各温度におけるシートのドロダウン量を定規で測定する方法で行った。

測定条件として、まずは支点間距離 100 mm で行い、試験は PP0.2mm 厚と PC0.2mm 厚の物で評価した。

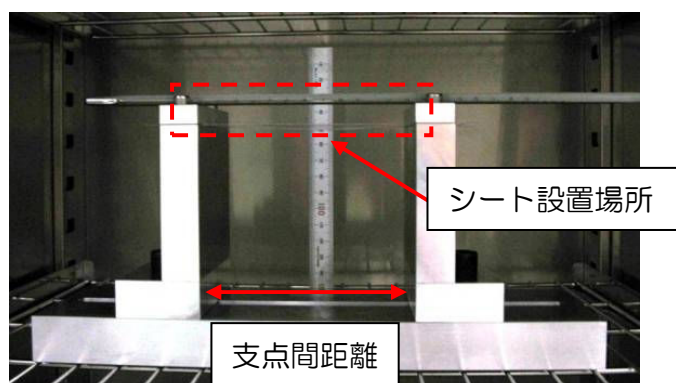


図 2-1 ドロ잉試験状態

結果は、PP がドロダウンする温度は約 160℃となる。これは最適真空成形温度に近い温度である。PC は約 175℃で急激にシートがドロダウンした。ただし前述の通り、この温度では真空成形出来ない。そこで支点間距離が広すぎる場合、試験片自体の自重により、

ドロダウする温度が実際の温度より早まってしまうことがあり、再測定を行った。

支点間距離を 50mm、75mm で再試験した。PP シートの厚み 0.2mm、0.3mm での結果、160℃付近でドロダウし、成形条件と一致する温度を示した。よって 50mm と 75mm のどちらでも評価できると考えられる。支点間距離 50mm の一例を下記した（図 2-2）。

PC シートは、0.1mm、0.2mm、0.3mm を用い、PP 同様に支点間距離を 50mm、75mm で測定した。その結果、ほぼ 220～230℃で一致している（図 2-3）。

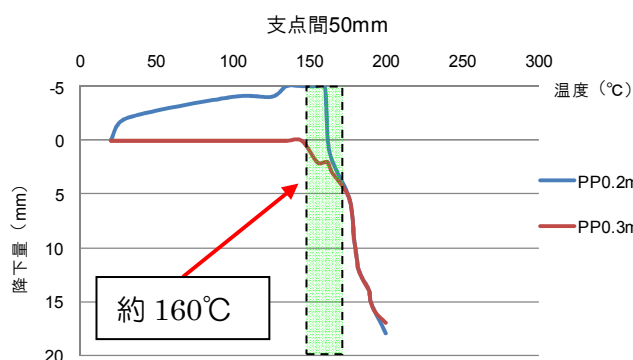


図 2-2 PP シートのドロダウ温度

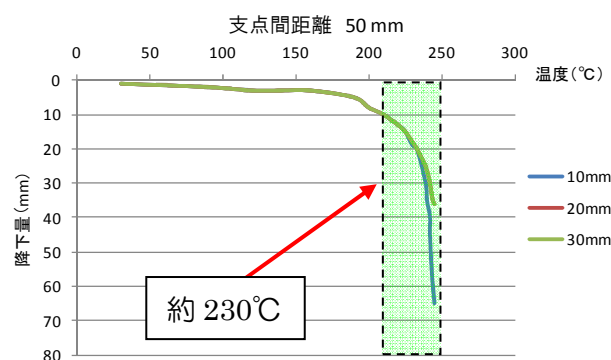


図 2-3 PC シートのドロダウ温度

試験片幅の違いも検討したが、ドロダウ温度に影響しない。シート厚さの違いでは、軟化後の降下量に多少の違いは見られたが、ドロダウ温度の変化は見られなかった。

以上の実験より PC シートの真空成形温度は、220～230℃付近が最適であると思われるが、実際の最適温度は、第3章の PC 製 TECCELL のコアシート真空成形を行う中で判断する。

2-2-5 バイオエンブラシート特性

バイオエンブラシートは、三菱化学株式会社製の植物由来の製品であるが、現在まだ開発品である為に上市されておらず、TECCELL 試作用に少量提供を受けた物で試験的に評価した。

引張り特性は、バイオエンブラも PC と同じく非晶性樹脂であり、シートの異方性は殆どない。シートの引張り弾性率は約 3000MPa であり、非常に硬い材料となっている。衝撃強度に関しても、PC シートより高い強度を示している。

バイオエンブラは PC より低温度で軟化するシートであり、ガラス転移温度は約 130℃。PC シートに比べて約 20℃低い温度となっている。詳細は表 2-4 に記した。

表 2-4 バイオエンブラシートの物性値一覧

	引張り弾性率		デュボン衝撃強度		ガラス転移温度
	MD	TD			
	MPa	MPa	J	J/mm	℃
バイオエンブラ 0.1mm 厚	3190	3180	0.71	7.1	129.1

また岐阜県産業技術センターにて、PC 同様にドロ잉実験を行った。その結果、ドロアダウン温度は 160℃付近であることが分かった。支点間距離 50mm の一例を図 2-4 に記した。

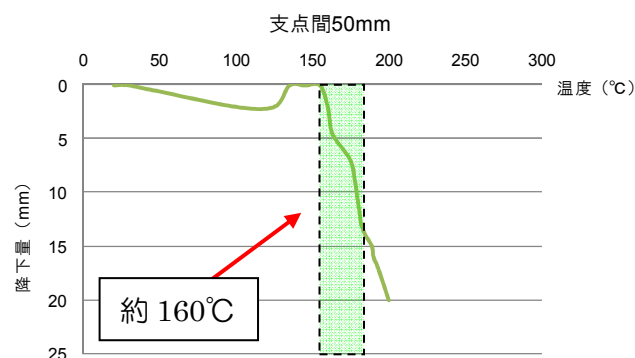


図 2-4 バイオエンブラのドロアダウン温度

2-3 PC 最適シート及びバイオエンブラの採用可能性

前項までの試験結果から、PC 最適シート厚さ及び、バイオエンブラの採用可能性について検討した。

PC 最適シート厚さについては、シート厚さの違いによる衝撃強度の差は確認出来たが、どのシート厚でも真空成形性や折込み溶着性に問題があるとは思われず、ハニカムコア成形可能であると判断する。最終評価はハニカムコアを作製して最適な物を判断する。

バイオエンブラは PC シートより若干剛性・衝撃強度が高く、ガラス転移温度が低い素材だが、PC シートと大きく特性の違いは無く、同様にハニカムコアを作製して判断する。

第3章 本論－2 「PC 製 TECCELL のコアシート真空成形技術の諸課題」

3－1 真空成形機の基本的課題

PC 用 TECCELL 製造装置については、岐阜プラスチック工業株式会社に既設の PP シート仕様テスト機を設計変更することで対応・開発を行う。ただし一般的に、PC シートは PP シートと比較して、i) 成形最適温度が高温、ii) シートの熱量放出が多く温度低下が早い、iii) 真空成形温度付近でシート粘度が低い、iv) 細密な冷却温度管理が必要、v) シート剛性が高く大きな真空ポンプ容量が必要、の特徴があることが知られている。

したがって、第2章の測定結果より得たパラメータを踏まえて、岐阜プラスチック工業株式会社が、上記 5 点の特徴を定量的に分析し、以下の通り PC 製 TECCELL のコアシート真空成形装置の仕様を検討する。

3－2 加熱装置の開発

PC シートは PP シートと比較して、成形最適温度が高温となることが確認出来た。その結果から、PC 用 TECCELL 製造装置の加熱ロールの必要数を検討した。

また一般的に PC シートは PP シートと比較して、熱量放出が多く温度低下が早いとされており、シート温度が低下すると不良品となる可能性が高い。その為シートを成形する間で、適正温度を保つ為に必要な機構（ブロー・赤外線ヒーター）の仕様を検討した。

3－2－1 加熱媒体に関する仕様検討

加熱媒体の必要数及び熱容量は、岐阜プラスチック工業株式会社の知見を基に、数式を参考にして計算した。計算は、温度拡散率やロール接触時間などから、実際に加熱ロールをある設定温度まで上げた場合に、PC シート温度が何度まで上昇するかを評価した（表 3-1）。

表 3-1 PC 成形における加熱ロールの想定熱量

	第 1 加熱ロール温度		第 2 加熱ロール温度		第 3 加熱ロール温度	
	設定 (°C)	シート温度 (°C)	設定 (°C)	シート温度 (°C)	設定 (°C)	シート温度 (°C)
1	180	145.2	240	221.2	-	-
2	180	145.2	240	221.2	240	236.3

現行設備保有の加熱ロール

新設加熱ロール

PC シート成形温度は 220～230℃が最適成形温度であると思われ、計算結果からは現状の加熱ロール 2 本では最適成形温度と思われる下限である（第 1 加熱ロールは 180℃が加熱

ロール負荷率の限界、第 2 加熱ロールの最大加熱温度は 240℃)。

またこの計算は、大気中に放出される熱量の計算はしていない。新たに第 3 加熱ロールを設置した場合、計算上は必要熱量を確保出来ると思われるが、大気中に放出される熱量がある為、加熱ロールの最大設定温度を 250℃とした。

3-2-2 シート適正成形温度の保持構造に関する仕様検討

第 2 章にて測定した PC シートの温度特性を基に、シートを最適成形温度まで上げたあとに真空成形する時点までの間（第 3 加熱ロールと真空成形温調金型の間）で、適正温度を保つ為に必要な機構について検討し、ブローを使用することにした。

3-3 シート搬送装置の開発

PC シートは、最適真空成形温度付近でのシート粘度が極端に低下する為、ロール荷重によるシート破断が考えられる。よって、破断を回避する為に必要なシート搬送機構（シート供給用ピンチローラー）の仕様を検討した。

3-4 真空成形金型の開発

シート温度が高くても、金型温度が低いと急激に熱量が奪われて成形不良になる可能性がある。これは、金型温度を高温で維持し、真空吸引量を増やして真空度を上げる方法で対応出来る。そこで、高温時に所定の真空度を維持することが可能な金型構造を検討する。

ただしこれにより、PP 用真空成形金型と比較して複雑な金型構造となり、金型重量も上がることから、その重量に耐え得る金型設置台の導入も併せて検討する。

3-4-1 高温対応の真空成形金型及び金型用設置台に関する仕様検討

まずは、金型の温調機能として何度まで加熱出来る機能があれば良いのか確認した。方法として、平板真空成形用の金型をアルミニウムで作製し、温調可能な構造とした。

試験した結果、金型温度 80℃未満では真空成形出来ず、100℃まで上げるとほぼ金型形状が転写され、120℃で金型形状が完全に転写される。よって、最適成形温度を 120℃と定め、真空成形温調金型の設計から製作を行った。

新規金型は真空度を上げる構造とする為に、今までの真空成形冷却金型の 1 箇所真空引きから 2 箇所真空引きの構造にした。これにより今までの金型構造より真空度も安定する。更

に今までより高い真空度が期待でき、PC シートの成形も可能であると判断した。

金型保持構造として既存品より重量が増したこともあって、今までの片軸受けから両軸受けの構造へと変更した。これらの検討を踏まえ岐阜プラスチック工業株式会社にて新作した。

3-5 真空成形テスト結果及び考察

3-5-1 真空成形機の追加設備について

前項までに述べてきた改良部を設置した真空成形機を図 3-1 に示す。改良部は、加熱ロール、ブロー、シート供給用ピンチローラー、金型設置台、の計 4 点。

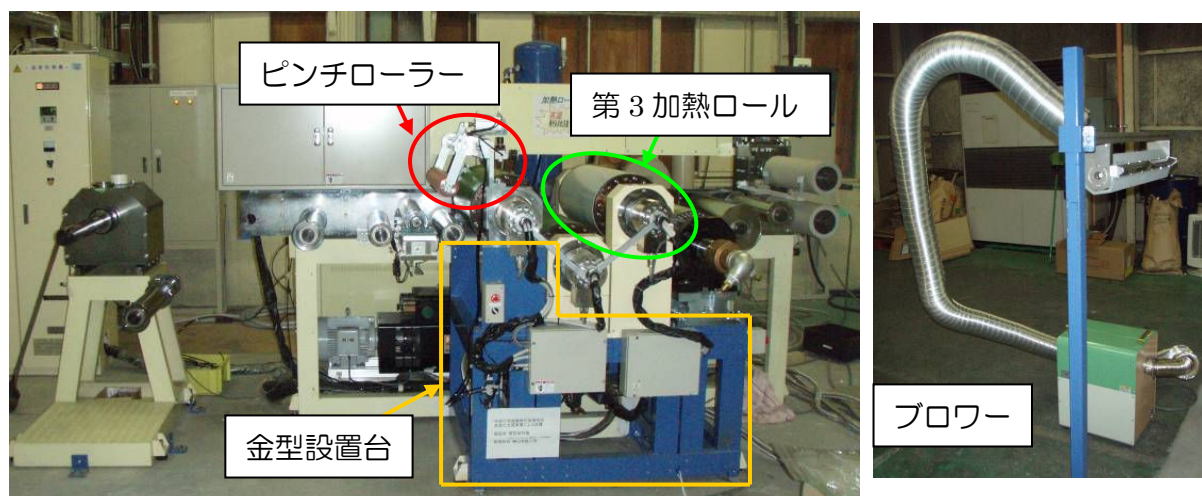


図 3-1 真空成形機外観図

3-5-2 加熱ロールのテスト結果及び考察

加熱ロールを 2 本から 3 本へ変更し、真空成形テストを行った。成形速度は 15m/min を基準とした。真空成形を行い、基本成形条件を下記のように定めた（表 3-2）。

表 3-2 各 PC シート厚における真空成形条件一覧

		第 1 加熱ロール	第 2 加熱ロール	第 3 加熱ロール	金型	引取 ロール
0.1mm 厚 シート	速度(m/min)	15.0	15.7	16.5	17.0	17.5
	温度(℃)	195	198	250	120	-
0.2mm 厚 シート	速度(m/min)	15.0	15.7	16.5	17.0	17.5
	温度(℃)	225	225	250	120	-
0.3mm 厚 シート	速度(m/min)	15.0	15.8	16.5	17.3	18.2
	温度(℃)	230	230	250	120	-

成形速度差は、シート厚によらず大きな違いは無い。加熱温度は、シート厚が厚くなれば溶融させる熱量が増す為、設定温度を高くする必要がある。

真空成形条件として第 1 加熱ロールや第 2 加熱ロールから必要以上に温度を上げると、シートを加熱する際にシワが入る要因になる。シワが発生すると、真空成形品の製品外観不

良だけでなく、折込み溶着工程の製品不良に繋がる為、シワの発生を抑える必要がある。

また当然加熱温度が低い場合は、シートが溶融していないので、加熱ロールで問題がなさそうに見えても、金型で製品形状が綺麗に転写されずに成形不良になる。

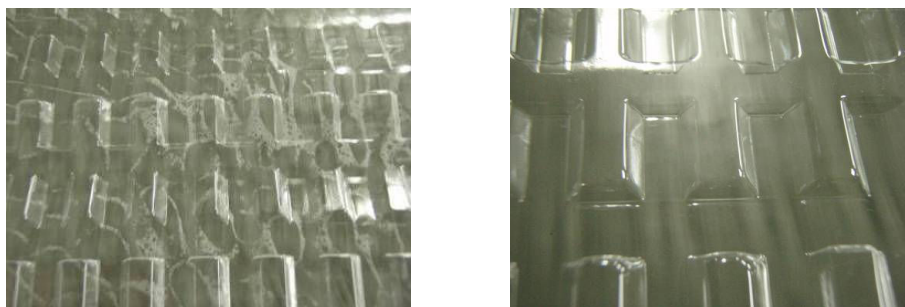


図 3-2 不良製品例

上記結果の通り、加熱温度は高すぎても低すぎても成形出来ない。成形可能な温度範囲は、基本条件に対して $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 程度。非常に狭い温度範囲の中で成形条件を選定する必要がある。

最適な真空成形温度範囲については、後日更に詳細に評価予定である。

3-5-3 シート適正成形温度の保持構造に関するテスト結果及び考察

保温機構の必要性について検討した。まずは第 3 ロールと金型の間に何も設置せずに成形を行ったが、条件を変化させても製品形状が良品になることはなかった。

前述の結果を基に、PC シートが真空成形前に適正温度以下に低下することを防止する目的で保温機構を検討した。設置場所は、真空成形品に一番影響すると思われる、真空成形直前の第 3 加熱ロールと真空成形温調金型の間に設置した。

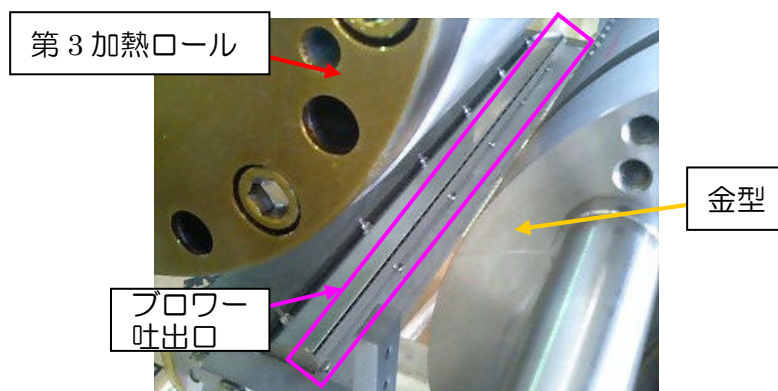


図 3-3 ブLOWER設置図

図 3-3 のようにブローを使用した場合、ブローから出た熱風が第 3 加熱ロールと PC シート間に入り込み、逆にシート温度が低下する現象が発生した。ただし吐出量を下げるとシート温度も低下して不良品になる。

そこでシートの保温機能として赤外線ヒーターを検討した。設置場所はブローと同じ。

赤外線ヒーターはシートを直接暖めることができ、風の流れも起こらない。その結果、加熱したシートが成形可能な温度で金型に到達することが出来るようになり、シートにシワが入り難くなった。図 3-4 に成形した良品を示した。

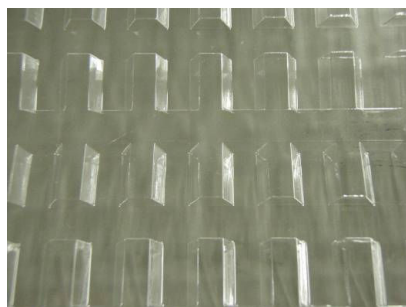


図 3-4 良品

3-5-4 ピンチローラーのテスト結果及び考察

PC シートが最適成形温度まで達すると、極端に粘度が低下して急激に柔らかくなる。柔らかくなると少しの荷重でシートが破断する為、ロール送り出し機構が必要である。そこで、今回検討していた前述の追加設備であるピンチローラーを使用すると、問題なくシートを搬送出来る。下にピンチローラーを使用した場合（図 3-5）と未使用の場合（図 3-6）について記した。

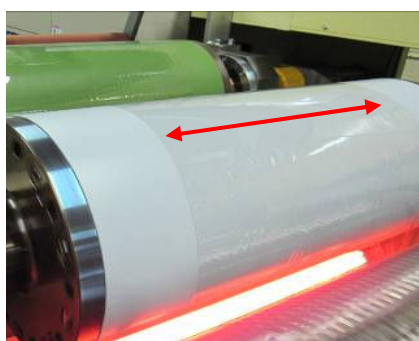


図 3-5 ピンチローラー使用

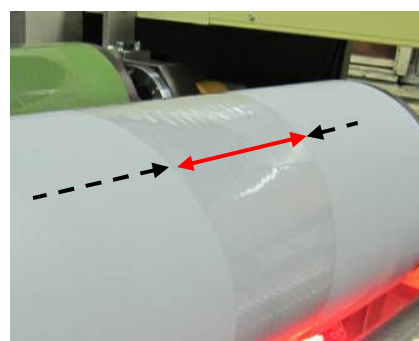


図 3-6 ピンチローラー未使用

またピンチローラーの圧力による違いについても検討した。表 3-3 に記す。

表 3-3 ピンチローラー各条件による影響

素材	圧力				
	未使用	0.1MPa	0.2MPa	0.3MPa	0.4MPa
シリコン製	破断もしくは 細かい気泡発生	問題なし	問題なし	シワが発生する 場合あり	シワ発生

結果は、圧力の違いによって製品状態に違いが発生した。0.3MPa 以上の圧力を掛けるとシートにシワが発生する（図 3-7）。そもそもシワの発生原因として、シート上下面の加熱温度差による片側収縮の影響が考えられる。よって、圧力が高いとシート上下面に掛かる熱量差が広がり、更なるシワの発生に繋がると推察する。

これらの問題を解決する為に、第 1 加熱ロール前でシートを予熱してから搬送することで、シート上下面の温度差を少なくし、真空成形性を高める方法について今後検討予定である。

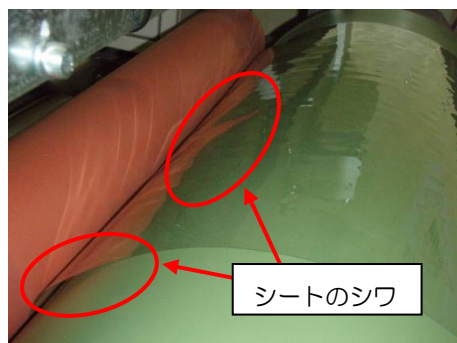


図 3-7 圧力 0.4MPa での真空成形

3-5-5 真空成形温調金型による成形テスト結果及び考察

平板真空成形機でのテスト結果の通り、金型温度が 80℃の場合には製品のエッジが丸く成形不良となる。100℃で製品が良品となり、120℃まで上げてても成形上問題ない。120℃以上は温調機の性能限界であり今回の試験ではテスト出来ていない。

また別の課題として、成形を長く続けると金型表面温度が上昇し、シート温度も上昇する為、シートが充分固化せず形状が潰れる場合がある。ただし、この問題対策として今後成形後のシートを冷却する機構について検討する予定である。

3-5-6 バイオエンブラの真空成形テスト結果及び考察

バイオエンブラの真空成形温度は、PC に比べて約 50℃低い温度で成形可能であった。金型温度が高すぎるとシートが固化しないので、100℃設定とした。

またシートの弾性率が非常に高い材料であり、成形速度差を通常の PC より少なくしないとシートにシワが入る。条件を整えれば問題無く成形可能。成形条件は表 3-4 に下記した。

表 3-4 バイオエンブラの真空成形条件

		第 1 加熱ロール	第 2 加熱ロール	第 3 加熱ロール	金型	引取 ロール
バイオエンブラ	速度(m/min)	18.0	18.2	18.5	18.8	19.5
	温度(℃)	145	148	185	100	-

第4章 本論－3 「PC 製 TECCELL のハニカムコア作製技術の開発」

4－1 折込み溶着機の基本的課題

ハニカムコアを作製する為には、樹脂シートを折り込んで溶着する必要があるが、一般的に PC シートは PP シートと比較して、i) シート剛性が高い、ii) 高温帯での溶着が必要である、といった特徴が知られている。

したがって、第2章の測定実験により得たパラメータを踏まえて、岐阜プラスチック工業株式会社が、上記の特徴を定量的に分析し、以下の通り PC 製 TECCELL のハニカムコア作製装置の仕様を検討する。

4－2 折込み機構の開発

第2章の結果から、PC シートは PP シートに比較して、シートの引張り弾性率が 1.3～1.4 倍である。よって、折込み力も今まで以上の強度が必要になることが予想される。これらのことを踏まえ、必要な折込み機構の仕様を検討した。

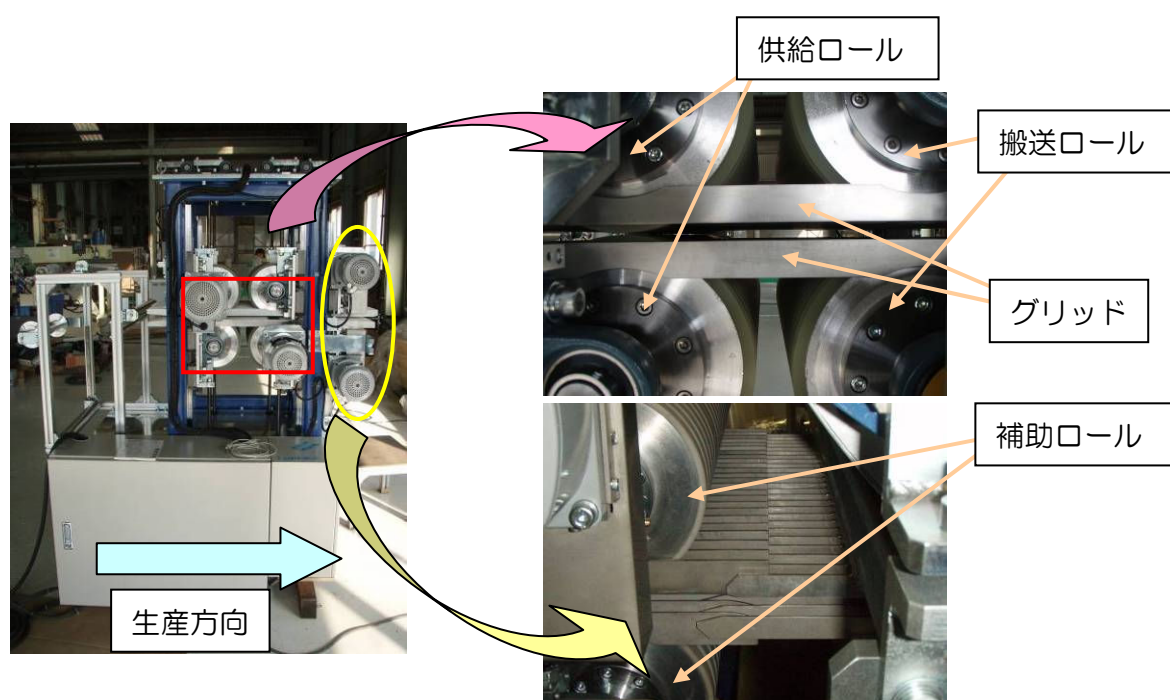


図 4-1 折込み溶着機の折込み部

折込み機構は、上下グリッドの隙間に真空成形したシートを送り込み、供給ロールと搬送ロールの速度差を利用して折り込むことで、折込みを行う。

4-3 溶着機構の開発

第2章の結果から、PC シートの溶融温度として 220～230℃が必要であり、今までの溶着機構ではハニカムコア作製は出来ない。その為今までのテフロンベルトから、まったく新しいステンレスベルトへの構造変更を検討した。

ただしステンレスベルトだと加熱上は問題なくても、大気に放出する時間当たりの熱量が多くなる為、溶着部の入口を温調仕様の加熱ロールにした。

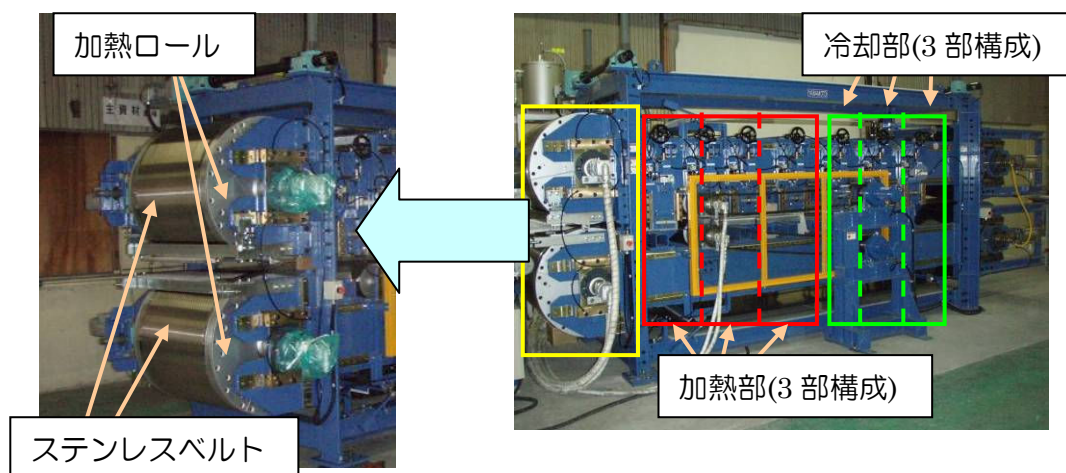


図 4-2 折込み溶着機の溶着部

4-4 折込み溶着テスト結果及び考察

4-4-1 折込みテスト結果及び考察

折込み条件としては、シートを送り込み過ぎたり、グリッドの間隔が狭い場合にはコアが潰れてしまうが、逆に送り込みが足らなかったりグリッドが広すぎる場合にはセルが開いてしまう。潰れたりセルが開いてしまうと、折込み工程でシートがグリッド間で進まなくなって止まってしまったり、溶着工程でしっかり製品表面を溶着出来ずに不良品になる。各条件の折込みを図 4-3 に記す。



図 4-3 各条件による折込み状態

各シート厚の基本折込み条件を表 4-1 に記す。

表 4-1 各シート厚における折込み基本条件一覧

		グリッド (前)	供給ロール		搬送ロール		グリッド (後)
			上	下	上	下	
0.1mm	速度(m/min)	-	20.8	20.8	4.3	4.45	-
	クリアランス(mm)	17	4.0		14.8		17.6
0.2mm	速度(m/min)	-	15.7	15.7	3.3	3.4	-
	クリアランス(mm)	17.2	3.9		14.8		17.8
0.3mm	速度(m/min)	-	15.4	15.4	3.05	3.2	-
	クリアランス(mm)	17.5	4.2		15.1		17.6

※1 0.1mm シートは 3m/min では溶着不可の為、4m/min での条件(詳細は4-4-2)。

シート厚が厚くなると、各部分のクリアランスを広げる必要がある。シート厚が増すと製品自体の厚みが増す為である。広げないと製品が潰れてグリッド間でセルが潰れてしまう。

折込み速度は、シート厚が厚くなると各折込みロールがしっかりグリップ出来るようになり、溶着速度に近い速度に下げないとコアが潰れてしまう。

なお、折込み条件はシート厚が薄い物の方が難しい。シートの剛性が無い為、少しでも送り込み量を増やすとコアが潰れて、足らないとコアが開く。条件幅が非常に狭い。グリッドのクリアランスも狭いとシートが詰まってしまい、広すぎるとコアの開きが起こる。

4-4-2 溶着テスト結果及び考察

PC シート 0.1mm 厚と 0.2mm 厚の溶着の基本条件を記した。溶着条件はシート厚によって変える必要がある。各項目についての詳細な結果は以下に記す。

表 4-2 0.1mm 厚シートの基本条件

		加熱部 1			加熱部 2			加熱部 3			冷却板
		操作	中央	反操作	操作	中央	反操作	操作	中央	反操作	
温度 (°C)	上	162	152	162	172	162	172	242	232	242	10
	下	172	162	172	187	177	187	257	247	247	10
クリアランス (mm)		12.5			12.5			12.5			12.3
圧力 (MPa)		0.1			0.1			0.1			0.1

表 4-3 0.2mm 厚シートの基本条件

		加熱部 1			加熱部 2			加熱部 3			冷却板
		操作	中央	反操作	操作	中央	反操作	操作	中央	反操作	
温度 (°C)	上	176	176	176	186	186	186	221	221	221	10
	下	183	183	183	200	200	200	248	248	248	10
クリアランス (mm)		12			12			12			11.7
圧力 (MPa)		0.15			0.1			0.1			0.1

4-4-2-1 加熱について

加熱ロールは、温度を上げすぎると折りたたまれたシート表面が熔融し、折込み及び溶着不良に繋がる。ただし低すぎても不良に繋がり、適度に加熱した状態が望ましい。

溶着部の加熱部は 3 部で構成されている。加熱部の温度設定は、真空成形と同じように冷却前で溶着温度まで一気に上げて、所定の製品厚みになるように設定する必要がある。温度を上げ過ぎると製品が溶け過ぎ、低すぎると熱量不足で製品が潰れる（図 4-4、図 4-5）。

シート厚が 0.1mm では溶着速度が 4m/min 以上でないとハニカムコア内部まで熱が掛かって不良となる。0.2mm 以上であれば、3m/min でも問題なく溶着出来る。また連続して溶着すると、中央部に熱がこもる。0.1mm は中央部の温度設定を低く設定する必要がある。

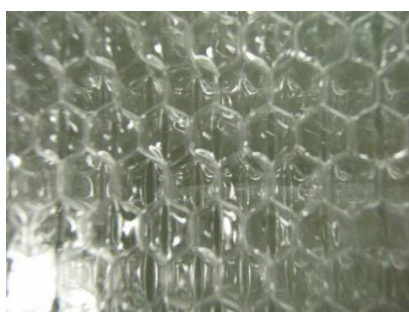


図 4-4 良品表面図

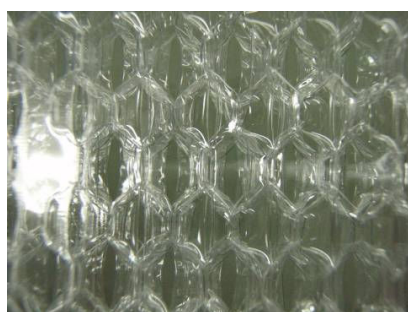


図 4-5 表面潰れ図

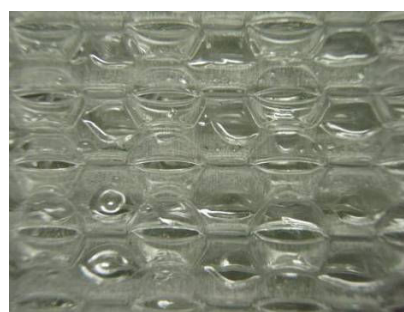


図 4-6 温調 80℃の場合

4-4-2-2 冷却について

溶着したハニカムコア材について、冷却温度の違いによる製品外観の違いを検討した。条件は温調 80℃の場合（図 4-6）とチラー10℃の場合について評価した。温調した場合は表面が多少白化する。ベルト表面の模様を転写している為であると思われる。製品外観を綺麗にするには、必要以上に熱を掛けずに最低温度で溶着し、製品をしっかり冷却する必要がある。

4-4-3 バイオエンブラの折込み溶着テスト結果及び考察

真空成形と同じく溶着温度も PC ほど上げる必要はなく、PC シート 0.1mm 厚の物より約 30℃ほど低い温度で溶着した。入手したシートは少量なので手作業で試験片を作製した。

4-5 PC 製最適ハニカムコア及びバイオエンブラハニカムコアの可能性

PC 製ハニカムコアについて、最も安定して折込み溶着出来た物は 0.3mm のシートであった。よって最適シートと判断し、このハニカムコアを使用して成形体を作製した。

バイオエンブラは試作品であるが、試験的に溶着し両表面にラミ材を貼り合わせることが出来たので、PC 製の物と合わせて成形体の物性を評価することにする。

第5章 本論－4 「PC 製 TECCELL 成形体の物性評価」

5－1 PC 製 TECCELL 成形体の物性評価方法

岐阜プラスチック工業株式会社は、上記第3章と第4章より開発した、PC 用 TECCELL 製造装置をもって、実際に PC 製 TECCELL のハニカムコアを試作した。

ただし、本研究開発がラミシートとの貼り合せ技術確立前の段階までをテーマとしていることから、試験的に接着剤を使用してハニカムコアとラミシートを貼り合せて評価用試験片を作製し、各物性評価に対応することにした。ハニカムコアは、テスト結果より最適と思われる 0.3mm 厚で作製し、貼り合せたラミシートは 0.7mm と 0.8mm の物を使用した。

バイオエンブラはシート厚が 0.1mm と薄いこともあり、接着剤を使用せず熱によって溶着した試験片を作製した。

比較対象として鉄板とアルミニウム板を用意し、同様に試験を行った。

5－1－1 比重測定・製品寸法測定・曲げ試験方法・圧縮試験方法

試作した試験片について、比重測定・製品寸法測定・曲げ試験・圧縮試験を行った。比重は、製品寸法測定及び重量測定を行い、それらの結果から算出した。

曲げ試験、圧縮試験ともに AUTOGRAPH AG-IS 20kN を使用して行った。

5－1－2 熱変形温度測定・加熱時の寸法変化測定方法

岐阜県産業技術センターに既設の計測設備を用いて、同センターが熱変形温度測定及び温度に起因する寸法変化測定を行い、試作品の熱特性を評価することとする。測定は荷重たわみ温度で計測した。試験片は PP 製 TECCELL と今回試作した PC 製 TECCELL で行った。装置は株式会社東洋精機製作所製の HDT 試験装置 3M-2 型を用いた。試験片は、株式会社マルトー製の冷却機能付き切断機 MC-120 により切断して作製した（図 5-1）。

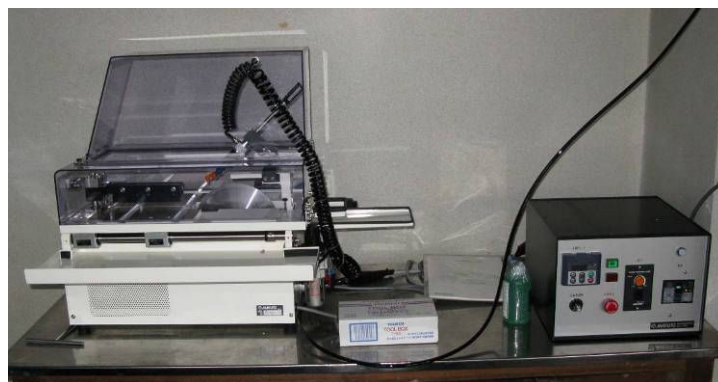


図 5-1 冷却機能付き切断機

寸法安定性測定は、100mm² に切り出した TECCELL を三洋電機株式会社製の乾燥機 MOV-212F(U)に静置し、加熱前と 50℃、80℃で 2 時間加熱したときの縦、横、厚みの変化を測定し、熱膨張率を算出した。

5-2 TECCELL 成形体の物性評価結果

5-2-1 比重測定・製品寸法測定・曲げ試験・圧縮試験結果

まずは、比重測定と製品寸法測定を行った。測定結果を表 5-1 に記す。

今回はテスト的に接着剤で貼り合せた為、0.7mm 製品と 0.8mm 製品は、製品重量に接着剤重量が入っている。実際の製品を溶着で造る場合、接着剤の重量は無視出来る。

したがって、ハニカムコア重量+シート重量×2 が実際の製品重量であることから、実際には 0.7mm ラミ製品は重量 88.3g で比重 0.26、0.8mm ラミ製品は重量 94.5g で比重 0.28 となる。

0.8mm ラミ製品の TD で、一部試験中にラミ材の剥離が見られた。ラミシートが 0.7mm までであれば、今回使用した接着剤で曲げ強度の測定は可能であるが、ラミシートが厚くなると接着強度が足りない。したがって 0.8mm ラミ製品の曲げ強度は参考程度とする。

バイオエンブラは非常に硬いシートであり、ハニカムコアとしてはある程度の強度を持っていると思われるが、試作した試験片のラミシートの厚みも 0.1mm と非常に薄いことから、荷重を掛けるとすぐにラミが破断して強度が低下する。

アルミニウム板や鉄板の曲げ試験は、大きな問題無く測定可能。

表 5-1 各試験片の比重及び製品寸法

		高さ (mm)	幅 (mm)	長さ (mm)	重量 (g)	比重	曲げ弾性率 (MPa)
ハニカムコア	MD	11.5	74.4	350	44.4	0.15	-
	TD	11.5	73.3	350	43.7	0.15	-
0.7mm ラミ製品	MD	13.1	74.6	350	160.0	0.47	727
	TD	13.0	74.4	350	144.9	0.43	908
0.8mm ラミ製品	MD	13.4	74.2	350	161.5	0.46	755
	TD	13.3	74.2	350	180.9	0.52	950
バイオエンブラ	TD	8.9	71.2	350	20.8	0.10	353
0.7mm シート		0.7	75.0	350	22.1	1.2	-
0.8mm シート		0.8	75.0	350	25.2	1.2	-
鉄		1.8	75.0	350	373	7.89	252849
		2.1	75.0	350	435	7.89	249839
アルミニウム		2.95	75.0	350	210	2.71	83780
		3.96	75.0	350	283	2.72	86346

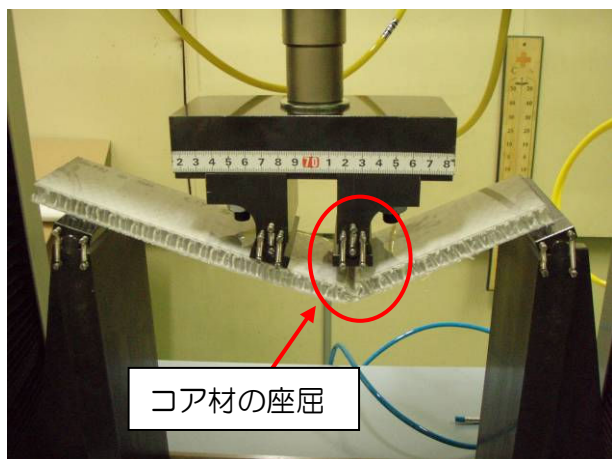


図 5-2 0.7mm ラミ製品曲げ試験



図 5-3 0.7mm ラミ製品曲げ試験後

前述の表 5-1 の曲げ試験結果を基に、曲げ剛性の換算を行った。算出した曲げ剛性値を、各製品の比重で除した値を比剛性として算出した。詳細は表 5-2 を参照。

表 5-2 曲げ剛性と比剛性換算

		曲げ剛性 (Nmm ² /75mm)	比重	製品厚み (mm)	比剛性 (Nmm ² /75mm)
0.7mm ラミ製品	MD	10.0×10 ⁶	0.26	13.0	38.5×10 ⁶
	TD	12.5×10 ⁶		13.0	48.1×10 ⁶
0.8mm ラミ製品	MD	11.1×10 ⁶	0.28	13.3	39.6×10 ⁶
	TD	14.0×10 ⁶		13.3	50.0×10 ⁶
バイオエンブラ	TD	1.6×10 ⁶	0.10	8.9	16.0×10 ⁶
鉄	1.8mm	9.2×10 ⁶	7.89	1.8	1.2×10 ⁶
アルミニウム	2.7mm 想定	10.5×10 ⁶	2.72	2.7	3.9×10 ⁶

各試験片に合わせて曲げ剛性を換算すると、曲げ剛性値はバイオエンブラを除けばほぼ近くなっており、当初想定していた 8.1×10⁶(Nmm²/75mm)に非常に近い値となった。

比剛性は、アルミニウムは鉄の約 3 倍、PC 製 TECCELL は鉄に比べて約 40 倍程度の値になる。PC 製 TECCELL の高比剛性部材としての特性が確認出来た。

次に各試験片の圧縮強度を表 5-3 に記した。基本的に圧縮強度はハニカムコア自体の強度になり、ラミ材を貼り合せても変化はない。コア材が厚くなるとそれに伴って強度が上がる。若干 0.8mm ラミ製品の値が高いのは、接着剤が製品の隙間に入っている影響だと思われる。

表 5-3 各製品における圧縮強度一覧

	製品高さ(mm)	比重	圧縮強度(N)	応力(MPa)
0.7mm ラミ製品	13.0	0.45	3700	1.54
0.8mm ラミ製品	13.4	0.50	4401	1.86
0.1mm ハニカムコア	11.4	0.05	291	0.12
0.2mm ハニカムコア	11.4	0.10	1615	0.65
0.3mm ハニカムコア	11.7	0.15	3239	1.28
バイオエンブラ	8.6	0.10	430	0.17

5-2-2 熱変形温度測定・加熱時の寸法変化測定結果

PP 製 TECCELL と PC 製 TECCELL の荷重たわみ温度を測定したところ、PP は 58.8℃を示し、PC 製 TECCELL は 65℃で接着剤が剥離し規定たわみに達しなかった。ただし 65℃でもまったく規定たわみ量に達する様子はなく、貼り合せ方法次第で PC の耐熱性を活かした TECCELL が出来ると思われる。

PC 製 TECCELL と PP 製 TECCELL の寸法測定を行った。なお厚みに関しては、PC の物は接着剤で貼り合せてある為、今回は参考程度とする。

結果は、23℃の寸法に対する 50℃、80℃の膨張率を比較すると、高温ほど熱膨張率が大きくなる。PP は MD に比べて TD の熱膨張がかなり大きくなる傾向がある。元々の TECCELL の構造によるものであると思われる。MD は製品が分かれた構造であり、TD はシートが連なった構造である為、TD の方が膨張し易いと思われる。

今回 PC で MD と TD の熱膨張率の方向性が無かったのは、接着剤で貼り合せている為、製品が縦横に均一に膨張したのではないかとと思われる。実際に製品化した場合に、どのように変化するかは別途測定する。詳細は表 5-4 に記した。

表 5-4 PC 製 TECCELL と PP 製 TECCELL の温度による寸法変化

試験片	環境温度	MD(%)	TD(%)	厚さ(%)
PC 製 0.7mm ラミ製品	50℃	7.2×10^{-3}	6.3×10^{-3}	14.9×10^{-3}
	80℃	4.5×10^{-3}	7.4×10^{-3}	8.0×10^{-3}
PC 製 0.8mm ラミ製品	50℃	3.3×10^{-3}	3.7×10^{-3}	-5.9×10^{-3}
	80℃	5.7×10^{-3}	5.2×10^{-3}	22.6×10^{-3}
PP 製 0.6mm ラミ製品	50℃	0.48×10^{-3}	8.1×10^{-3}	0.92×10^{-3}
	80℃	5.9×10^{-3}	12.6×10^{-3}	-5.7×10^{-3}

第6章 全体総括

本研究での研究開発成果は以下の通りである。

①PC シートの物性評価試験

PC シート 0.1～0.3mm 厚とバイオエンブラ 0.1mm 厚について、それぞれの、曲げ弾性率、衝撃強度を測定した。PP に比べて、素材そのものの強度が高い PC の各物性値が、シートになった場合でも高い値を示すことを確認した。

PC シートの熱特性はガラス転移温度を測定し、シートが軟化し始める温度が 150℃程度であることを確認した。

最適真空成形温度がシートのドロウダウン測定で概算出来ることを確認し、その温度が 220℃～230℃であることを確認した。下記②および③を踏まえ、PC シートの最適厚さは 0.3mm であることを確認した。

②PC 製 TECCELL のコアシート真空成形技術の開発

PC 製 TECCELL のコアシート製造技術について、最適シート加熱温度、加熱シート保持構造、シート搬送構造、真空成形温調金型の検証を行い、基本真空成形条件を確立した。その中で、シート厚の違いによる真空成形最適温度の評価、シート保温機能として赤外線ヒーターの必要性、加熱シートの破断防止機能としてシート供給ピンチローラーの必要性、真空成形品の形状を良品とする為の真空成形温調金型の必要性、を導き出した。

今後は真空成形条件の可能範囲を確認し、量産化に向けた装置設計を行う。

またバイオエンブラは、非常に狭い成形条件ではあるが、真空成形出来ることを確認した。

③PC 製 TECCELL のハニカムコア作製技術の開発

②より PC で試作した真空成形品を使用し、折込み基本条件、溶着基本条件を確立した。各シート厚によって折込み溶着可能であったが、シート厚が薄い物は条件によって、折込む際にシートが潰れてしまうことがあり、シート厚は 0.3mm の物が最も折込み性・溶着性共に優れていることを確認した。

またバイオエンブラは、非常に狭い成形条件ではあるが、ハニカムコアが作製出来ることを確認した。

④PC 製 TECCELL 成形体の物性評価

③より試作したハニカムコアに対してラミ材を貼り合せた試験片を作製し、物性評価を行った。試作した成形体は、当初予定していた曲げ剛性値より若干高い剛性を持ち、鉄やアルミニウムといった金属と比較して、非常に高い比剛性となることを確認し、PC 製 TECCELL の優位性を評価出来た。

圧縮強度の測定を行い、コアの厚さに比例して強度が高くなることを確認した。

熱特性については、簡易的にはあるが、PP 製 TECCELL と比べて大幅に耐熱性が高い製品になることが確認出来た。

ただし今回は、試験的に接着剤で貼り合せたサンプルで試験を行っており、今後はラミ材を貼り合わせる装置について検討し、PC 製 TECCELL の製品化を目指す。

「この報告書には、委託業務の成果として、産業財産権等の対象となる技術情報（未出願又は未公開の産業財産権等又は未公開論文）、ノウハウ等の秘匿情報が含まれているので、通例の取扱いにおいて非公開とする。ただし、行政機関の保有する情報の公開に関する法律（平成１１年法律第４２号）に基づく情報開示請求の対象の文書となります。」