

平成20年度 戦略的基盤技術高度化支援事業
「デジタルTVチューナー付PC用携帯アンテナの小型
化を実現するためのプラスチック成形加工技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成21年3月

委託者 北海道経済産業局

委託先 財団法人室蘭テクノセンター

目 次

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
1-2	研究体制（研究組織、管理体制、研究者氏名）	2
1-3	成果概要	4
1-4	当該プロジェクト連絡窓口	5

第2章 本論一1：アンテナ及びヒンジに関する研究

2-1	アンテナ基板およびヒンジ構造の研究	6
2-1-1	研究目的	6
2-1-2	実験方法及び実験条件	6
2-1-3	実験結果及び考察	10

第3章 本論一2：金型構造の最適化に関する研究

3-1	ガスアシスト成形金型の研究	12
3-1-1	研究目的	12
3-1-2	実験方法及び実験条件	12
3-1-3	実験結果及び考察	12
3-2	CAE解析と金型へ適応について	14
3-2-1	研究目的	14
3-2-2	実験方法及び実験条件	14
3-2-3	実験結果及び考察	14

第4章 本論一3：成形樹脂選定に関する研究

4-1	成形性について	17
4-1-1	研究目的	17
4-1-2	実験方法及び実験条件	17
4-1-3	実験結果及び考察	18
4-2	選定樹脂の物性について	21
4-2-1	研究目的	21
4-2-2	実験方法及び実験条件	21
4-2-3	実験結果及び考察	22

第5章 本論一4：複合成形に関する研究

5-1	炭酸ガス成形によるインサート成形について	26
5-1-1	研究目的	26
5-1-2	実験方法及び実験条件	26

5-1-3	実験結果及び考察	28
5-2	ホットメルト成形について	29
5-2-1	研究目的	29
5-2-2	実験方法及び実験条件	29
5-2-3	実験結果及び考察	32
第6章 本論—5：アンテナ開発品の総合評価		
6-1	総合評価について	33
6-1-1	研究目的	33
6-1-2	実験方法及び実験条件	33
6-1-3	実験結果及び考察	36

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

2011年のアナログTV放送終了に伴う、地上波デジタル放送への完全移行を前に、PC製造の各メーカーは、地上波デジタルTVチューナー付PCの市場投入を開始することから、地上波デジタルTVチューナー付きノートPCに必須となる。

「地上波デジタル受信アンテナ」には、簡単に携帯できる利便性を追求した商品が求められており、「小さく、薄く、軽く」を目指した開発が急務となっている。しかしながら、現行の製造方法では、アンテナサイズの小型化は困難であり、また、アンテナ単体のみを小型化したとしても、受信機能を有する基板が別途必要な為、携帯としての機能は満たされない。この要求に対応した大手電機メーカーからの強いニーズとして、受信基板とアンテナを一体化させ、かつ小型化を目的とした折りたたみ機構（ヒンジ機構）を有する小型アンテナの開発が喫緊の課題として求められている。

従来技術では小型化への加工上の限界があったが、この研究開発ではこの限界を受信基板とアンテナの一体化と折畳み機構の導入により克服する試みである。すなわち、本研究開発では、薄肉化のためのガスアシスト成形やヒンジ機構部品とアンテナ基板をインサート成形するための炭酸ガス成形・ホットメルト成形を複合的に成形するための技術について研究開発を実施する。

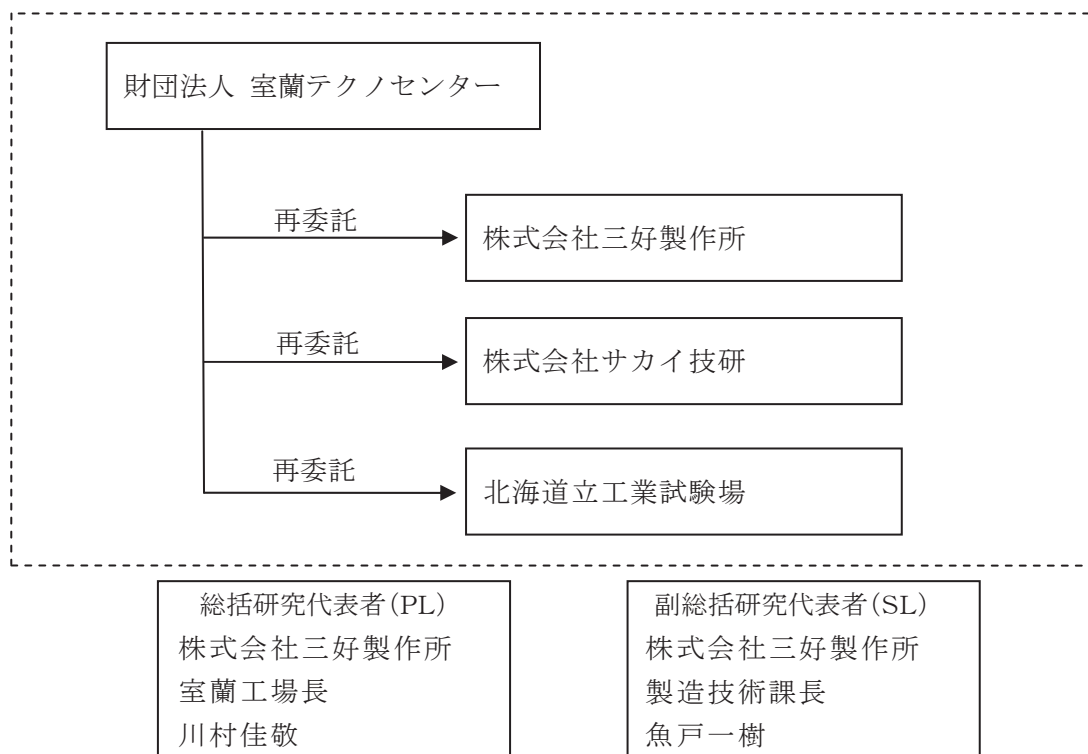
これにより、小型・軽量化、複合化成形に基づく後工程の削減と部品点数の削減、さらにはプラスチックの特色である外観性・デザイン性を生かしたデザイン設計の実現が可能となり、大手メーカーひいては市場が求めているデジタルTVチューナー付PC用小型携帯アンテナの商品化を達成することができる。

1－2 研究体制

2. 研究体制

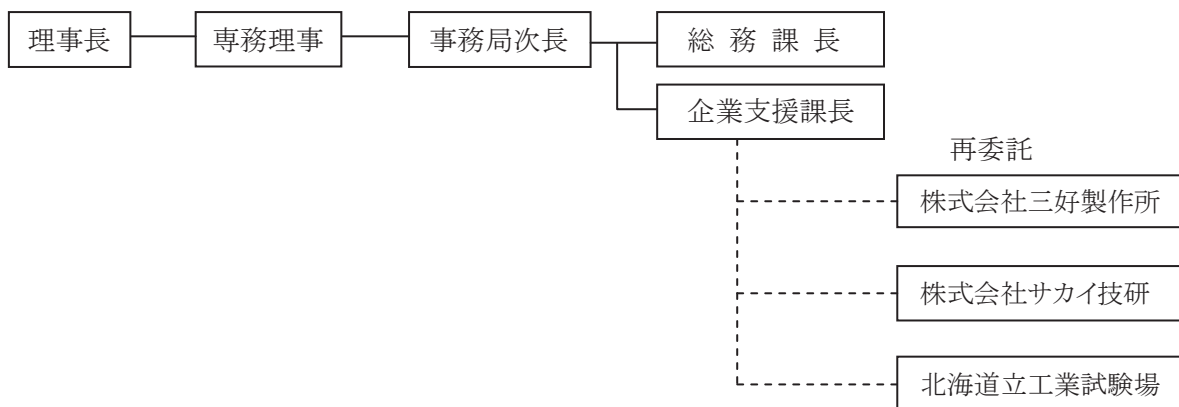
(1) 研究組織及び管理体制

1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

①プロジェクト管理法人（財団法人 室蘭テクノセンター）

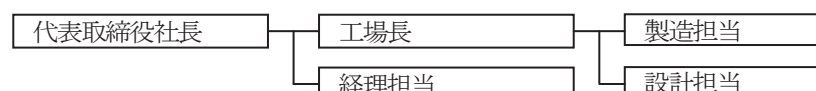


②(再委託先)

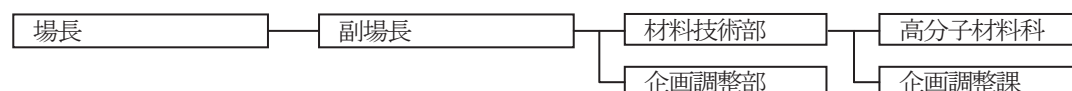
・株式会社三好製作所



・株式会社サカイ技研



・北海道立工業試験場



2. 研究者氏名及びプロジェクト管理員

(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】 財団法人室蘭テクノセンター

①管理員

氏 名	所属・役職
佐藤 隆一 岩田 亨 小笠原 光敏	事務局次長 企業支援課長 企業支援課主幹

【再委託先】

株式会社三好製作所

氏 名	所属・役職
久保洋一 川村佳敬 魚戸一樹 橋本善弘 小川裕久 小泉茂幸 伊藤秀人 古谷明 桃内利春 保坂和弘	代表取締役社長 取締役室蘭工場長 室蘭工場・製造技術課長 室蘭工場・品質保証課長 田京工場・生産管理課長 田京工場・技術主任 室蘭工場・射出班長 室蘭工場・射出班長 室蘭工場・製造技術係長 室蘭工場・品質保証係長

株式会社サカイ技研

氏 名	所属・役職
葛西勝明 中村泰崇 東都志夫 浅石竜弥 菅野朋孝	代表取締役社長 工場長 工場長代理

北海道立工業試験場

氏 名	所属・役職
金野克美 山岸暢 可児浩 大市貴志 吉田昌充	材料技術部・主任研究員 材料技術部・高分子材料科長 材料技術部・高分子材料科研究員 材料技術部・高分子材料科研究員 材料技術部・高分子材料科研究員

1－3 成果概要

TVアンテナの小型化に対応する最適なアンテナ及びヒンジ構造に関する研究開発については2分割構造によるアンテナの更なる小型化と性能に関して研究を実施し、アンテナ基板を試作し性能確認を実施した。結果として出力インピーダンス 75Ω 、また電波利得についてはアンテナレベル 70 程度でほぼ現行の市販品と比較し同程度の数値が得られた。

ヒンジ部品に関しては基本性能及び形状・素材に関する研究を実施し2分割構造のアンテナに適合するような接続方法と形状や素材の研究を行い目標とする形状及び基本性能を達成できた。

ガスアシスト成形等とインサート成形を同時に実現する為の金型構造の最適化に関する研究開発については、ガスアシスト成形によるインサート可能な空間形状を作るための金型構造の研究を実施した。CAE解析による検証も含めガスアシストコア方式による試作金型を製作して射出成形による試作品を製作した。その結果目標とした形状を得ることができた。ただし空間形成のためのガスアシストコアが樹脂の流動により安定しないため金型構造の再検討が必要であるが金型製作のための指針を得ることができた。

薄肉化における外観表面性改善のための流動性に優れた成形樹脂材料の選定に関する研究開発については、ガスアシスト成形により薄肉化が可能で且つ外観表面及び流動性にすぐれたAES樹脂を選定した。また最適な成形条件（温度や圧力等）の研究を行った。

基板保護のための低温・低圧成形（炭酸ガス成形）に関する研究開発については炭酸ガス成形におけるアンテナ基板への影響について、VSWRの確認を行なった。

インサート成形のための複合化成形方法に関する研究開発についてはガスアシスト成形により作成した樹脂中空部へ炭酸ガス成形及びホットメルト成形で複合化成形するための成形条件等の調査研究を行なった。昨年問題となった炭酸ガス成形時の中空ケースの膨れは予めガスアシスト成形で中空ケースを作成する際にガス抜き穴を設ける事で解決した。またホットメルト成形においては炭酸ガス成形樹脂とヒンジの密着性を重視し且つ開閉に支障が無いことを確認した。

アンテナ開発製品の総合評価については今年度開発した複合成形における 2 分割アンテナ最終品に冷熱衝撃試験（ $-20^{\circ}\text{C}1\text{h r} \sim +70^{\circ}\text{C}1\text{h r}$ ・200 サイクル）及び開閉試験 1000 回を実施し外観、開閉動作・アンテナ受信性能について、それぞれ評価した。結果として目標とする性能を満足することができた。

1－4 当該プロジェクト連絡窓口

財団法人 室蘭テクノセンター （担当；小笠原）

連絡先 電話 0143-45-1188

FAX 0143-45-6636

第2章 本論－1：アンテナ及びヒンジに関する研究

2－1 アンテナ基板およびヒンジ構造の研究

2－1－1 研究目的

デジタルTVチューナー付PC用携帯アンテナを実現させるためには、大きさを現行アンテナの31%以下に小型化し、さらに二つにアンテナを折りたたむことが必要である。昨年度の研究開発では2分割にしたアンテナ基板での受信性能とヒンジの開閉トルクや抵抗値を確認することができた。しかしアンテナ基板とヒンジの接続方法や形状等の問題から再度見直す必要が出てきた。そこで今年度は2分割したアンテナ基板をつなぐ導体としてのヒンジの役割について検討し、形状や材質さらにはアンテナ基板との接続方法を調査研究した。

2－1－2 実験方法と実験条件

(1) アンテナ基板について

アンテナ基板においては昨年同様東芝テクノネットワーク㈱から技術提供およびご指導ご協力をいただき2分割形状での設計と試作を行った。この試作基板をヒンジで接続し、ケースに入れて炭酸ガス成形で封止し、さらにホットメルト成形でヒンジ部の保護まで行ない完成したものをネットワークアナライザーおよび地上波デジタルチューナーを使って評価した。

1) ネットワークアナライザー測定試験

ネットワークアナライザーを用いて試作アンテナの受信周波数における電圧定在波比{(VSWR: Voltage Standing Wave Ratio)以降VSWRという}の関係を波形として測定し、基準とするアンテナの波形と比較した。

①測定風景



【図1】

①測定器上部に試作アンテナをセットした。
(非開示)

②良否判定基準波形を予めインプットしておく。
(基本波形は非開示)

③75Ωの同軸ケーブル接栓を接続した。

②基準アンテナと試作アンテナの波形を比較し評価した。



④試作アンテナの測定波形が表示された。
(非開示)

【図 2】

2) アンテナレベル測定試験

地上波デジタルチューナーを用いてC/N値を測定した。C/N値は地上波デジタル放送が正常に受信できるかどうかを判断するためのもので、電波の質を表す数値として用いられる。このC/N値を簡易的に測定する方法としては地上波デジタルチューナーに内蔵されている機能を用いて行い、試作アンテナと基準とするアンテナの受信周波数におけるアンテナレベルを測定し比較した。

① 使用したチューナー



【地上波デジタル放送受信測定記録】

測定日時 : 平成 21 年 2 月 18 日
測定場所 : 三好製作所 室蘭工場
測定者 : 三好製作所 魚戸
測定立会者 : 三好製作所 橋本

【図 3】

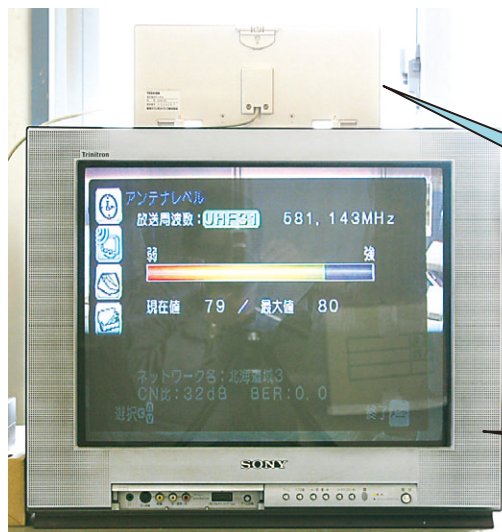
② 使用した基準アンテナ



測定環境としては地上波デジタル放送を測定する為、放送局のある室蘭の測量山を目視確認できる測定室を選択した。測定場所周辺に電波受信に支障をきたす電子機器が無い事を確認した。

【図 4】

③ 基準アンテナでアンテナレベルを測定



市販の基準アンテナと試作アンテナを使用し方向は一定に固定してチャンネル毎にアンテナレベルを測定した。

市販の基準アンテナをデジタルチューナーに接続した。

TV をモニター画面として使用した。

【図 5】

④ 試作アンテナでアンテナレベルを測定



試作アンテナをチューナーに接続した。
(非開示)

受信周波数が表示された。

アンテナレベルが表示された。

【図 6】

(2) ヒンジ構造について

2 分割したアンテナ基板を接続するためのヒンジには先に述べたように開閉するための機構と導体としての役割を持たせている。昨年度の知見やメーカーの実績からヒンジの材質は SUS を第一候補とした。またアンテナ基板との接続方法については以下の 4 つの方法を検討した。

- A. はんだ接続
- B. スポット溶接
- C. ハトメ接続
- D. 端子接続

はんだ接続方法についてはSUSへのはんだ濡れ性がよくないためヒンジの材質等の変更あるいはSUSはんだ付け部の表面処理（メッキ等）を行なう必要があり、コストの面から採用しなかった。スポット溶接方法やハトメ接続方法は受信基板にダメージ等を与える可能性があることから採用しなかった。今回開発した端子を使った新たな接続方法は他の3つの接続方法で懸念されている点がないため、この接続方法を採用することとした。これによりヒンジ材質は実績のあるSUSに決定し、ヒンジを試作した。完成したヒンジはトルク測定器を用いてトルクを測定した。測定方法については昨年の報告書で記述しているので省略する。

開閉トルクの目標値は昨年同様で 78.5Nmm (26.2Nmm/個) とした。



【図 7】

トルクゲージ

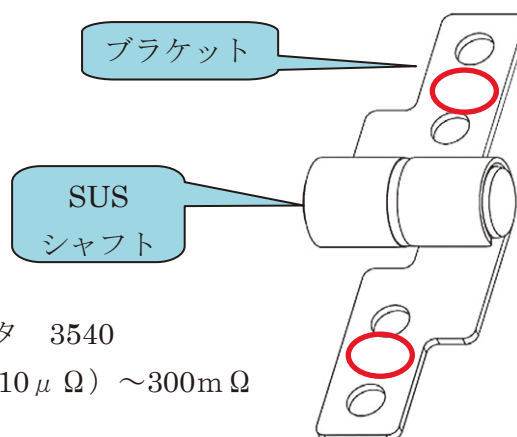
次にトルク値と抵抗値の相関を検証するため、トルク値を測定したヒンジに番号を付けて番号毎に抵抗値を測定した。シャフトにブラケットを2枚挿入した後、10回ほど開閉して慣らし動作を行ったのち180度オープンの状態にしてブラケットの中央部分の抵抗を4端子の抵抗計で測定した。抵抗値の目標は $100\text{m}\Omega$ とした。

【接触抵抗測定】

- 1) ならし運転10回後測定
- 2) 4端子法を適用
- 3) 180度OPEN状態で測定
- 4) 測定箇所は右図赤丸印

【測定器】

HIOKI ミリオームハイテスタ 3540
測定レンジ $30\text{m}\Omega$ （最小分解能 $10\mu\Omega$ ）～ $300\text{m}\Omega$



【図 8】

2-1-3 実験結果及び考察

(1) アンテナ基板について

1) ネットワークアナライザおよび地上波デジタルチューナーによる測定結果

ネットワークアナライザによる測定結果から試作アンテナと基準アンテナの受信周波数における電圧定在波比（VSWR）の波形を比較し大きな差異が無いことを確認した。また地上波デジタルチューナーによる測定結果からアンテナレベルの数値においても試作アンテナと基準アンテナで大きな差異は見られなかった。

CH	局名	周波数	単位	画面表示			
				試作アンテナ		基準アンテナ	
				現在値	最大値	現在値	最大値
1	HBC	509.143	MZ	80	81	80	80
2	NHK 教育	473.143	MZ	77	78	78	78
3	NHK 総合	485.143	MZ	74	75	77	77
5	STV	521.143	MZ	79	80	80	80
6	HTB	533.143	MZ	74	75	74	74
7	TVH	479.143	MZ	74	75	76	76
8	UHB	545.143	MZ	73	73	74	74

アンテナレベルの測定結果【表1】

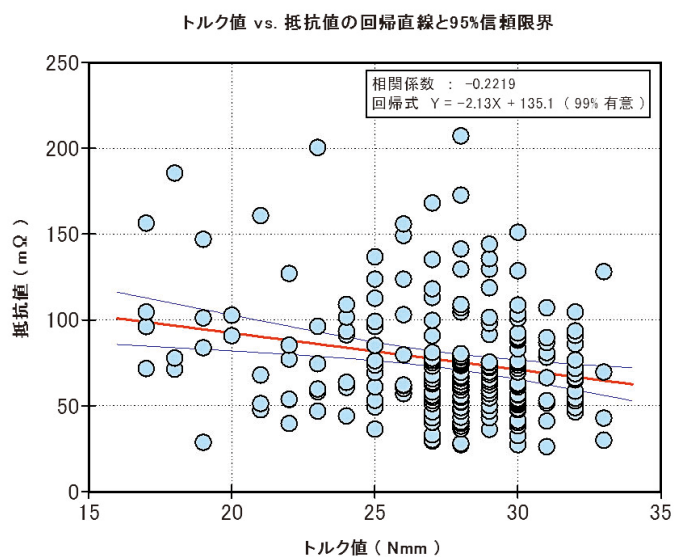
考察

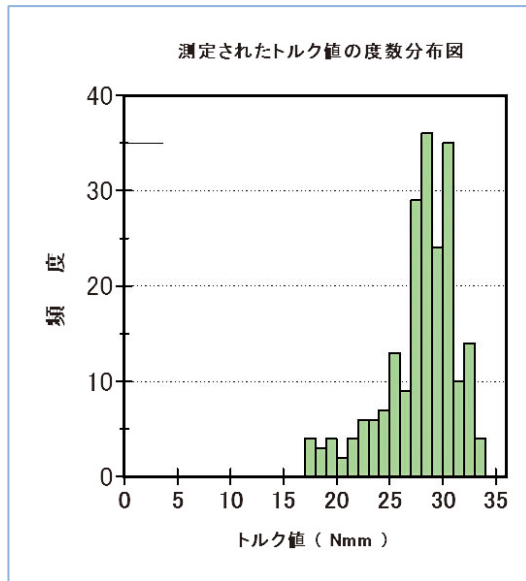
ネットワークアナライザによる測定結果とアンテナレベルの結果から大きな差異が見られないので、試作アンテナは基準アンテナと同等の受信性能であると考えられる。今年度の研究開発した2分割型構造の小型アンテナについては目標とする形状及び性能について現行の31%以下、アンテナレベル40以上を満たしていることを検証した。

(2) ヒンジ構造について

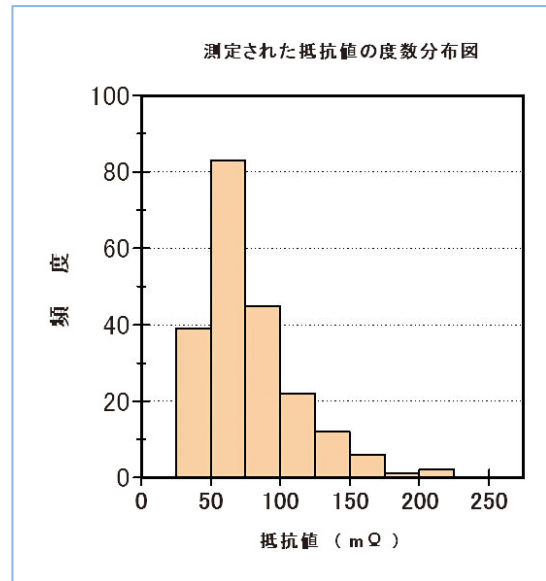
トルクと抵抗の測定結果を横軸にトルク値、縦軸に抵抗値としてグラフにしたものが図9である。また、トルク値及び抵抗値を度数分布に表わしたのが図10、図11である。

【図9】





【図 1 0】



【図 1 1】

考察

今回試作したヒンジは、今年度開発したアンテナ受信基板にマッチングした形状及びサイズで目標値の内装部品肉厚 2.5 mm 以内を達成することができた。また開閉トルクと抵抗に関してはヒンジ 210 個の測定データを分析した結果、トルクと抵抗値に弱い相関が確認できた。開発の目標値である形状開閉トルク 78.5 Nmm (26.2 Nmm/個)・接触抵抗 100 mΩ をほぼ達成することができたが、製品化を進めるには更に検討が必要と考えている。

第3章 本論－2：金型構造の最適化に関する研究

3－1 ガスアシスト成形金型の研究

3－1－1 研究目的

昨年度までの研究では4種類の金型方式を使用しガスアシスト成形の実験を重ねてきた。その中でアンテナ基板を挿入出来る内部空間を得るにはガスアシストコア方式金型が最も適していることが判った。そこで、ガスアシストコア方式金型を使用して次工程の炭酸ガス成形可能な中空成形品を得るための実験をして、金型の問題点の抽出を行い、今後の金型製作における指針を得ることを目的とした。

3－1－2 実験方法及び実験条件

中空成形品を得るための実験を下記設備や条件で行い、成形具合を調査した。

【成形設備】 ㈱東芝機械製 射出成形機 ECM220N

【ガスアシスト設備】 旭化成エンジニアリング㈱製 AGI装置（窒素ガス使用）

【成形材料】 テクノポリマー製 テクノAES W200

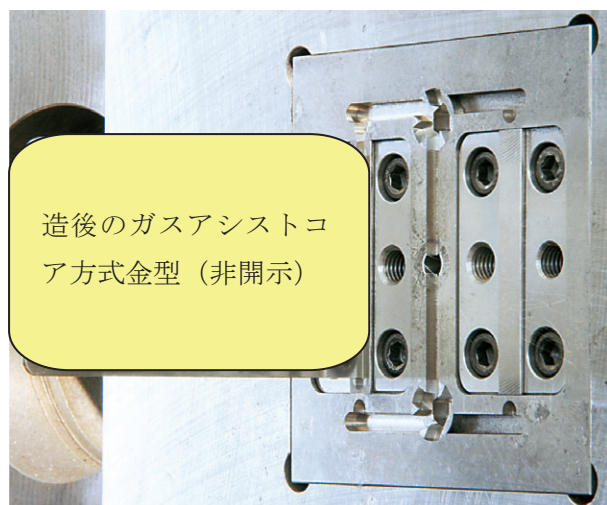
【成形条件】	金型温度	: 80℃	樹脂温度	: 295℃
	射出圧力	: 41Mpa	射出速度	: 10mm/sec
	射出時間	: 6sec	冷却時間	: 70sec

3－1－3 実験結果及び考察

【問題点と解決方法】

1) 固定側金型の凸部分の縦方向にアンテナ基板挿入時のガタツキ防止用のリブを取り付けた。しかし射出成形の樹脂圧力により金型リブ部にクラックが入る不具合が生じた。そこで対策として、アンテナ基板挿入時のガタツキ防止用リブを“線”から、“面”で受けるタイプへ変更し金型破損を防止した。

2) 固定側金型の凸部分の先端が射出成形の樹脂圧力により左右に曲がる不具合が生じた。結果として成形品の先端に樹脂の充填不足と同様な状態が発生した。そこで対策として、移動側金



【図1】

型の凹側に固定側金型の凸部分に対しインロウ方式でブレ止めを取り付ける改造を実施した。

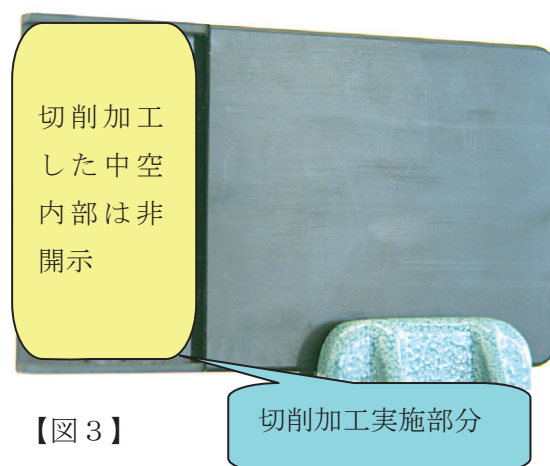
3) 固定側金型の凸部分の曲がりを修正するために金型を成形機から取り外して行っており適正な成形条件を調整する際に不具合が生じていた。そこで対策として、凸側金型の曲がりを微調整可能な方式にし、成形機に搭載したままで調整可能とした。これらの金型改善を実施する事により使用目的に合致した成形品を得ることが出来た。

4) 今年度開発したアンテナ基板のフェライトコアが突起形状になっており、これを複合成形するためには、樹脂の流動部分の確保が必要のため、金型で成形品の形状を作製する必要がある。しかし今回の研究開発期限では着手することが難しいと判断したため成形品を切削加工して対応した。これによりアンテナ基板及びヒンジ部品をインサートし次工程の炭酸ガス成形へ移行することが出来た。

考察

ガスアシストコア方式金型を改善することで、求めていた空間を有する成形品を得る事が出来た。しかし、量産へ移行する際は成形サイクルや、作業性、成形安定性を踏まえて、ガスアシストコア方式金型をステップアップさせる事が必要でそのための設計指針を得ることができたと考える。

【図2】



【図3】

3-2 CAE解析と金型へ適応について

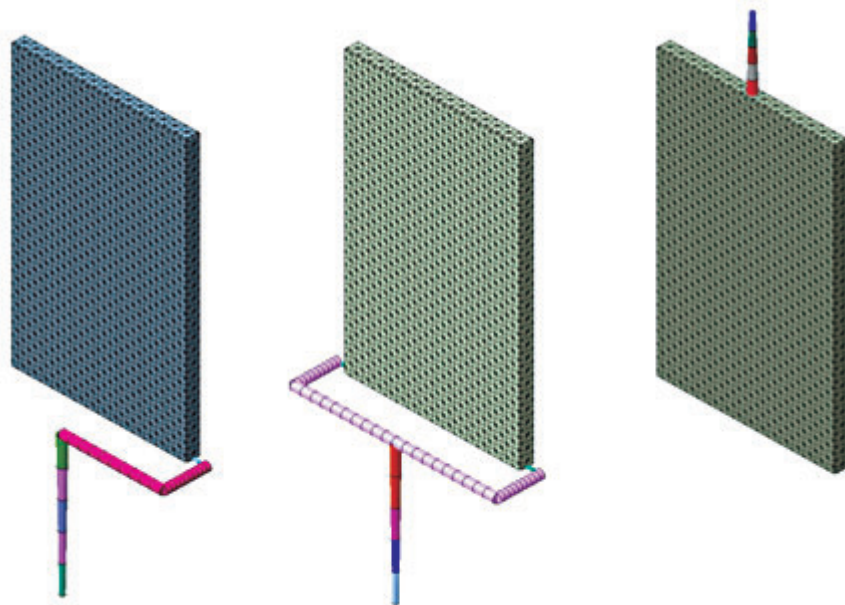
3-2-1 研究目的

アンテナ基盤のハウジング部は厚さ 1mm と薄いため射出成形時の樹脂の流れにより製品の厚さムラや充てん不足が生じる可能性がある。ここでは射出成形 CAE 解析により樹脂の金型内流れをシミュレーションし、あわせて樹脂流入時のゲートの位置によりどう流れが変化するかを検証した。

3-2-2 実験方法及び実験条件

解析ソフトは射出成形 CAE システム PLANETS "MoldStudio3D"を用いた。

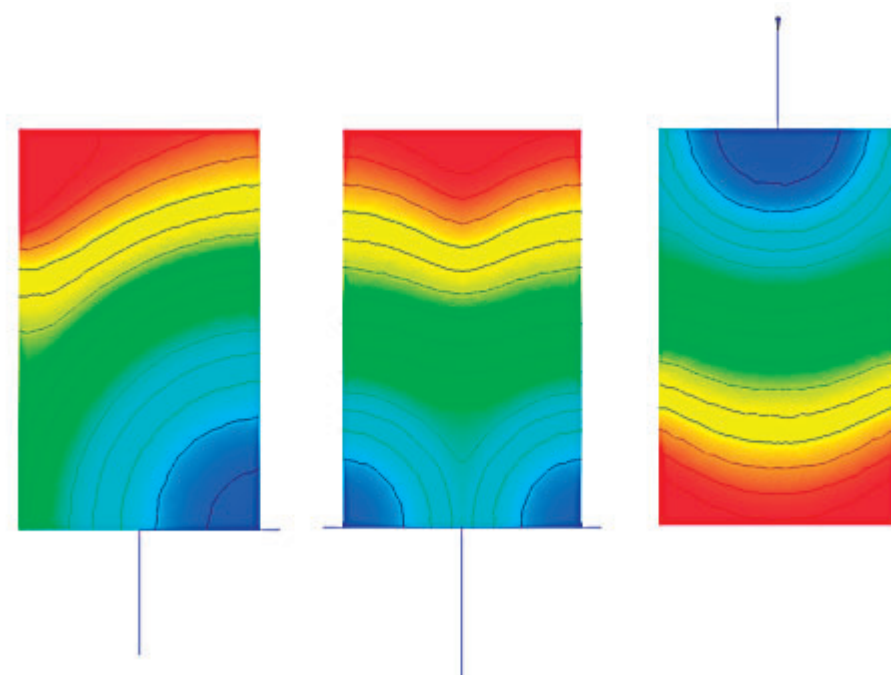
解析に用いた製品形状（メッシュ形状）および各ゲート位置を図4に示す。今回の解析に用いた AES 樹脂の諸物性(PVT、比熱など)については当場にて測定した。一部、昨年山形大学にて測定した値を用いた。物性の測定方法、測定結果等は第4章にて記載する。



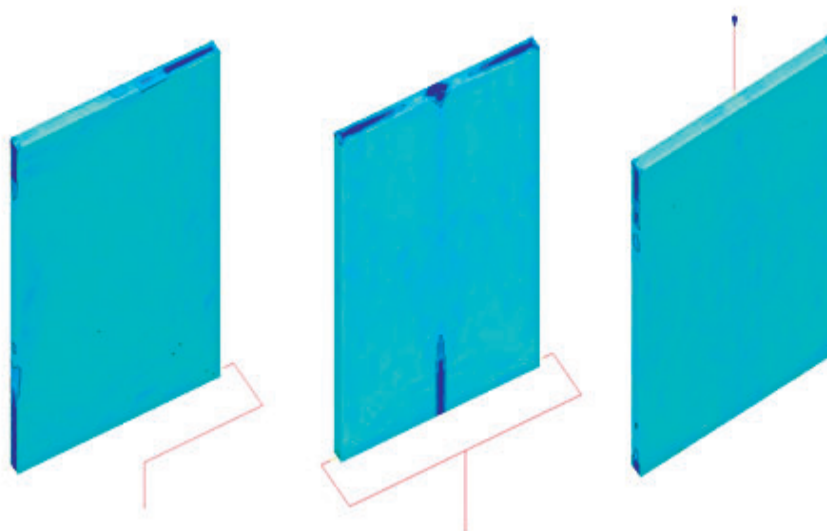
【図4】 アンテナケースの各ゲート位置と流動解析メッシュ状況
右；開口部片側、中；開口部両側、右；閉口部中央

3-2-3 実験結果及び考察

ゲート位置を下部（開口部）片側1カ所（左）、両側2カ所（中央）、上部中央1カ所（右）に変化させたときの樹脂流れを図5に示す。またその時のウェルドラインの発生位置を図6に示す。



【図 5】 流動解析による金型内樹脂流れ図（樹脂流れは青→赤）
右；開口部片側、中；開口部両側、右；閉口部中央



【図 6】 流動解析による製品のウェルドライン発生状態図
右；開口部片側、中；開口部両側、右；閉口部中央

樹脂の流れはゲート位置から始まり、それと反対方向へ進んでいる。ウェルドラインの発生を見ると 2 カ所にゲートを設けたとき、中央部にウェルドラインが顕著に現れ上部の左右中央部にも現れている。これは双方からの樹脂の流れが中央部で衝突する際に生じたものと思われる。また、縁の部分に現れるのは面積の大きな両面を先に流れ、縁の部分で交わるためと思われる。次いでゲートを片側 1 カ所に設けたときに多く見られ、上部中央部にゲートを設けたときが少ない結果となった。今回の金型ではゲート位置を下部両側としたが今後の製品化に向けてはゲート位置を上部 1 カ所にすることも検討していく必要があると思われる。

第4章 本論－3：成形樹脂選定に関する研究

4－1 成形性について

4－1－1 研究目的

目標とするアンテナを製作するにはガスアシスト成形で薄肉の中空ケースが成形でき、且つ外観表面などの要求品質を満足しなければならない。そこで外観表面性及び流動性にすぐれた成形樹脂材料を選定し、最適な成形条件についての研究を実施した。

具体的には樹脂肉厚1mm以内のアンテナ基板がインサートできる中空ケースを、選定した5種類の成形樹脂材料を使用しガスアシスト成形して外観表面にフローマーク・ウェルド・ヒケ・バリ・表面の荒れ等の発生の有無を確認した。

4－1－2 実験方法及び実験条件

下記の設備を使用し5種類の樹脂で成形条件を変えて中空ケースを成形し外観の観察を行なった。

【成形設備】(株)東芝機械製 射出成形機 ECM220N

【ガスアシスト設備】旭化成エンジニアリング(株)製 AGI装置(窒素ガス使用)

【成形樹脂】①PC/ABS エクセロイCKF テクノポリマー製 耐熱性樹脂

②AES W200 テクノポリマー製 耐光性樹脂

③ABS テクノF5430 テクノポリマー製 難燃性樹脂

④ABS テクノ150 テクノポリマー製 耐衝撃性樹脂

⑤ABS スタイラック185 旭化成ケミカルズ製 耐熱性樹脂

【成形条件】選定した樹脂を下記の条件のみ一定にし、樹脂温度や射出速度を樹脂毎に変えて実験をした。

金型設定温度 : 80℃

射出時間／圧力 : 8.0秒／100Mpa

冷却時間 : 40.0秒

ガスアシスト設定 : 圧力時間 35.0秒

保持時間 0.5秒

大気放出 0.5秒

Hi設定 8.0Mpa

Lo設定 7.0Mpa

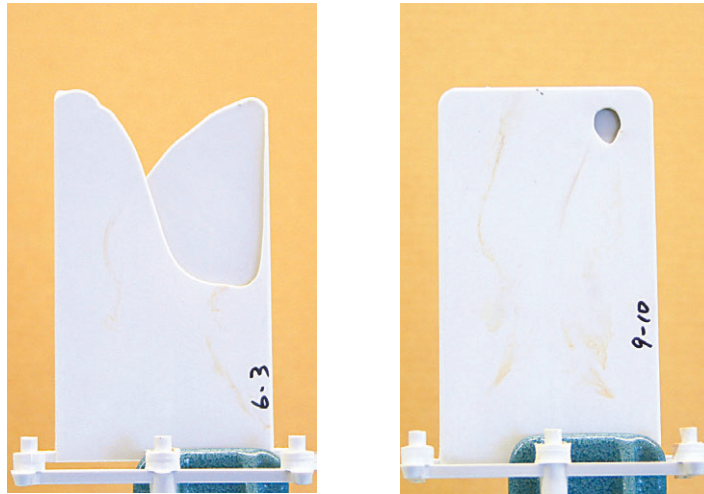
4-1-3 実験結果及び考察

1) エクセロイCKF50

樹脂温度250℃～285℃、射出スピードを徐々にUPさせて、研究を実施した。樹脂温度250℃～270℃までは、充填不足が発生する。(図-1)

(樹脂温度270℃/射出スピード115～130mm/secとスピードが速いと成形可能だが、樹脂劣化による変色が発生する。)樹脂温度285℃まで上げると遅い射出スピードで充填不足は解消されるが、(射出スピード55～70mm/sec)成形品表面に樹脂劣化による変色が発生する。

【図-1】



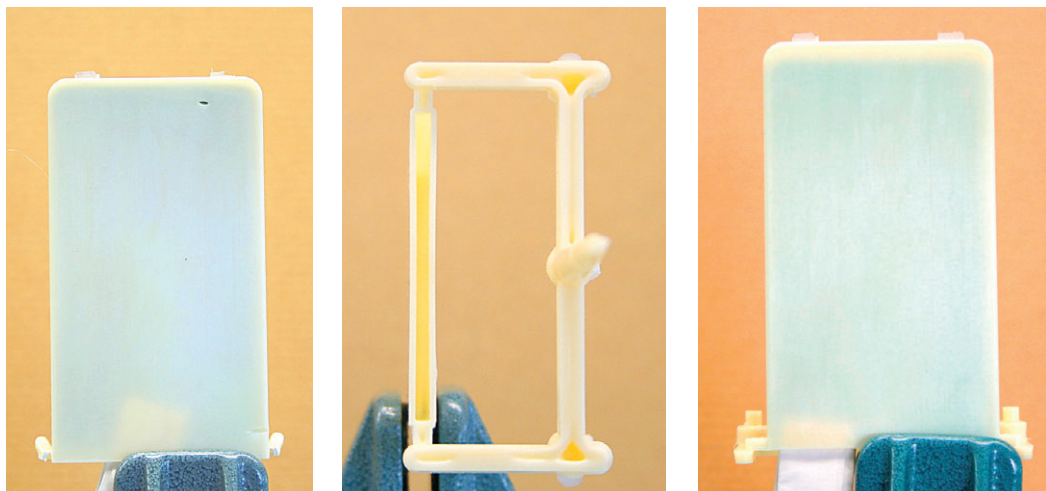
2) AES W200

樹脂温度250℃～270℃、射出スピードを変化させて研究を実施した。樹脂温度260℃以下では、射出スピードを変化させても微量だが充填不足が発生した。(図-2)樹脂温度270℃/射出スピード80～95mm/secと、若干速めに設定すると充填不足が解消され樹脂劣化の発生も無い。またガスアシストが効きアンテナ基板挿入口にヒケの無い成形品を得る事が出来た。(図-3、図-4)

【図-2】

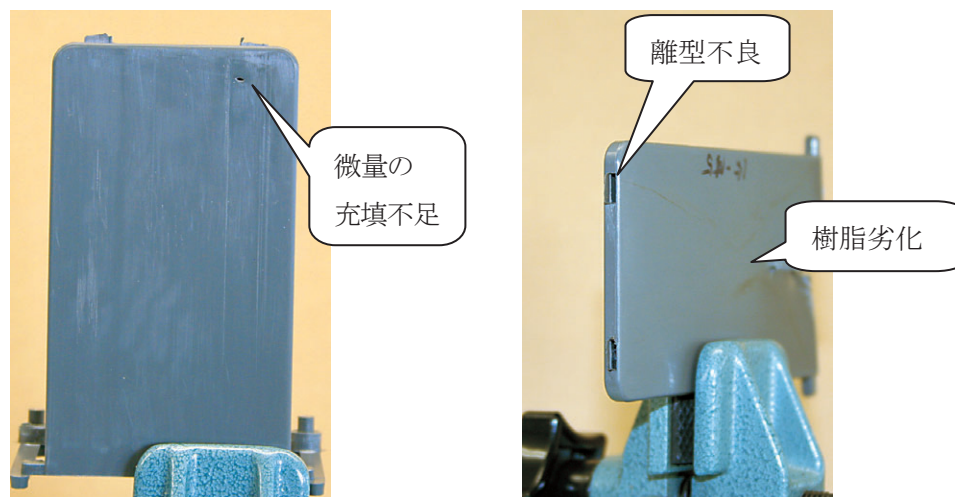
【図-3】

【図-4】



3) テクノ F5430

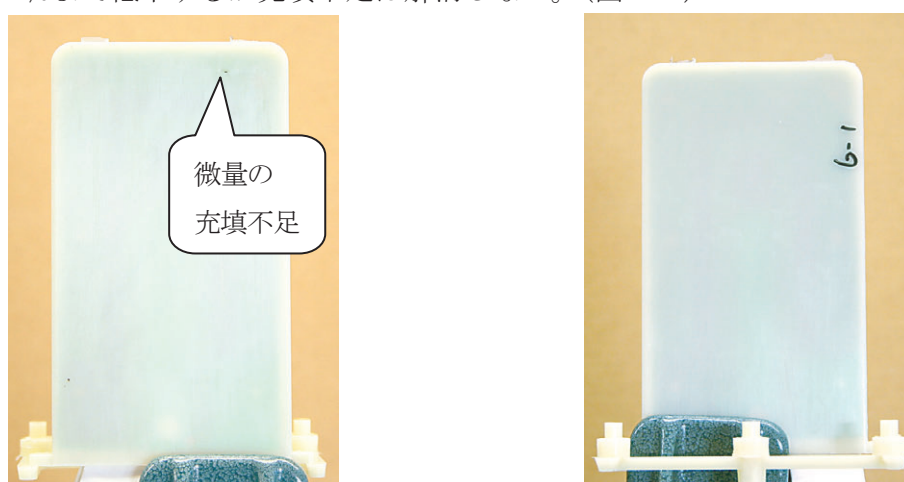
樹脂温度200℃～270℃、射出スピードを変化させて研究を実施した。樹脂温度を低く（260℃以下）設定し、射出スピードを変化させても、充填不足が発生した。樹脂温度270℃に設定すると充填不足は解消するが、成形品表面に樹脂劣化による変色が発生した。また、固定側金型から離型しない不具合が発生した。（図－5）



【図－5】

4) テクノ 115

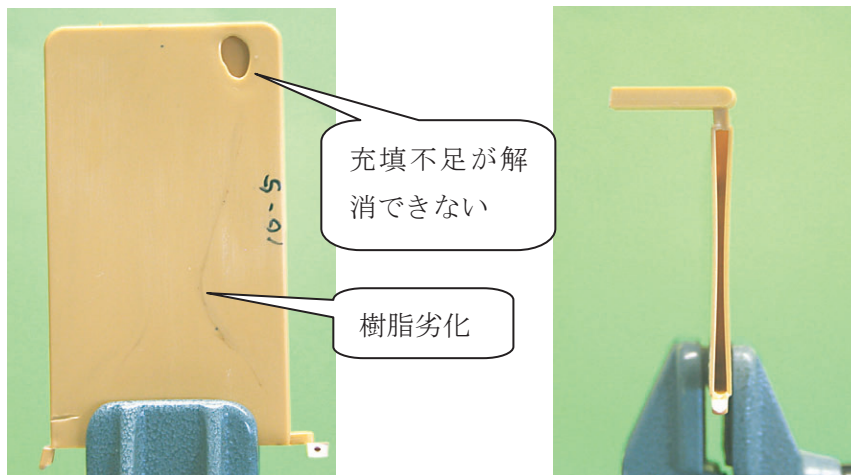
樹脂温度が低いと充填不足が発生するため、285℃で固定、射出スピードを変化させて研究を実施した。射出スピードを速くするに従って、少量の充填不足の発生が少なくなる。スピード45～60mm/secでは充填不足発生率は約25%だったがスピード90～105mm/secまで上げると充填不足発生率は約10%まで低下するが充填不足は解消しない。（図－6）



【図－6】

5) スタイラック 185

樹脂温度250℃～310℃、射出スピードを変化させて研究を実施した。高温高スピードでも充填不足は解消しない。また、樹脂温度が270℃を超えると成形表面に樹脂劣化による変色が発生した。(図-7) アンテナ基板挿入口の形状もガスアシスト成形の影響が現れず、ヒケが発生した。(図-8)



【図-7】

【図-8】

考 察

選定した5種類の成形樹脂材料でアンテナ基板を入れる中空ケースをガスアシスト成形したときの成形性について、下記の表にまとめた。結果、AES W200が最も使用目的に合った成形材料であると判断した。

グレード	特徴	樹脂充填	離型性	樹脂劣化	反り	総 合
エクセロイCKF50	耐熱性	×	○	×	○	×
W200	耐候性	○	○	○	○	○
テクノ F5430	難燃性	▲	▲	▲	○	▲
テクノ 150	衝撃性	▲	○	○	○	○～▲
スタイラック 185	耐熱性	×	×	×	×	×

【表1】

また、AES W200を使用し製作した中空ケースの目視検査を実施した結果、ケース表面にフローマーク・ウエルド・ヒケ・バリ・表面の荒れ等がないことを確認した。従って今年度開発するアンテナ基板ケースに、この成形樹脂材料は適合すると判断した。

4-2 選定樹脂の物性について

4-2-1 研究目的

本試験にて開発される小型アンテナは室内で使用されることが多く、電波の取得しやすい窓際に置かれることが多いと思われる。その際に窓ガラス越しではあるが太陽光を受けると考えられ、樹脂の太陽光や熱による劣化が懸念される。ここでは太陽光による樹脂の耐光性について促進耐候性試験機により実施した。また、電子部品の耐久性試験である冷熱衝撃試験により冷熱繰り返しや急熱、急冷で樹脂がどう変化するかを検討した。さらに射出成形 CAE 解析に必要とする樹脂熔融時の特性についても測定したので報告する。

4-2-2 実験方法及び実験条件

昨年度選定した樹脂のなかで AES 樹脂が耐候性等に優れておりアンテナハウジングとして適していることを検証した。今年度は最終的に選考した AES 樹脂を用いて性能評価を行った。

(1) 試験試料および機械的特性試験方法

試料は昨年度選定した AES 樹脂(テクノ AES W200、テクノポリマー(株))とし、ナチュラル色(薄黄色)およびアンテナ試作品に用いた黒色の2種類を用いた。

引張試験および曲げ試験は万能材料試験機(島津製作所 AG-250kND)を用いて行った。試験片は JIS K 7139 に定める「多目的試験片 A 形」を用いた。試験速度 10mm/min で行い、引張弾性率、引張強度および伸び率を求めた。曲げ試験は試験片として引張試験片を用い、試験速度 2mm/min、支点間距離 20mm で行い、曲げ弾性率、曲げ最大強度を求めた。

(2) 耐光性試験

試験機は JIS K 7350-2 「プラスチック実験室光源による暴露試験方法第2部：キセノンアーク光源」に準拠し、促進耐候性試験機(スガ試験機 SX-75)を用いて実施した。なお、本製品は室内での利用を目的とするためスプレーの噴霧は行わず光だけの照射とした。300、600、1000 時間で試験片を取り出し、引張及び曲げ試験を行い、暴露前の値と比較し耐光性について検討した。

(3) 冷熱衝撃試験

冷熱衝撃試験にて樹脂の耐久性を試験した。本試験方法の詳細については第6章にて記載するが、冷熱サイクルとしては-20℃にて1時間、70℃にて1時間を1サイクルとする試験で100サイクルと200サイクルで試験片を取り出し、耐光性試験と同様に引張特性を測定した。

(4) 樹脂溶融特性

PVT (圧力-体積-温度) 測定は島津製作所製 PVT-200 を用いて測定した。比熱測定は JIS K7123 に準拠し、示差走査熱量計 (SII ナノテクノロジー製 DSC6200) を用いて測定した。また、流動特性については JIS K7210 [付属書 C] に記載する装置 (島津製作所製高化式フローテスター) にて測定した。

4-2-3 実験結果及び考察

樹脂の引張及び曲げ特性を表 1 に示す。

【表 2】 AES 樹脂の機械的特性

項 目	ナチュラル色	黒色
引張弾性率 (GPa)	1.41	1.37
引張最大強さ (MPa)	57.8	52.3
引張破断伸び率 (%)	4.2	5.0
曲げ弾性率 (GPa)	3.70	3.59
曲げ最大強さ (MPa)	117	109

(1) 耐光性試験

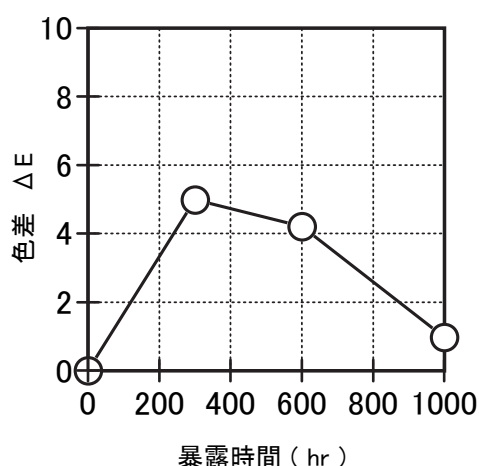
1000 時間まで暴露したときの色差変化及び引張特性を図 9 と図 10 に示す。

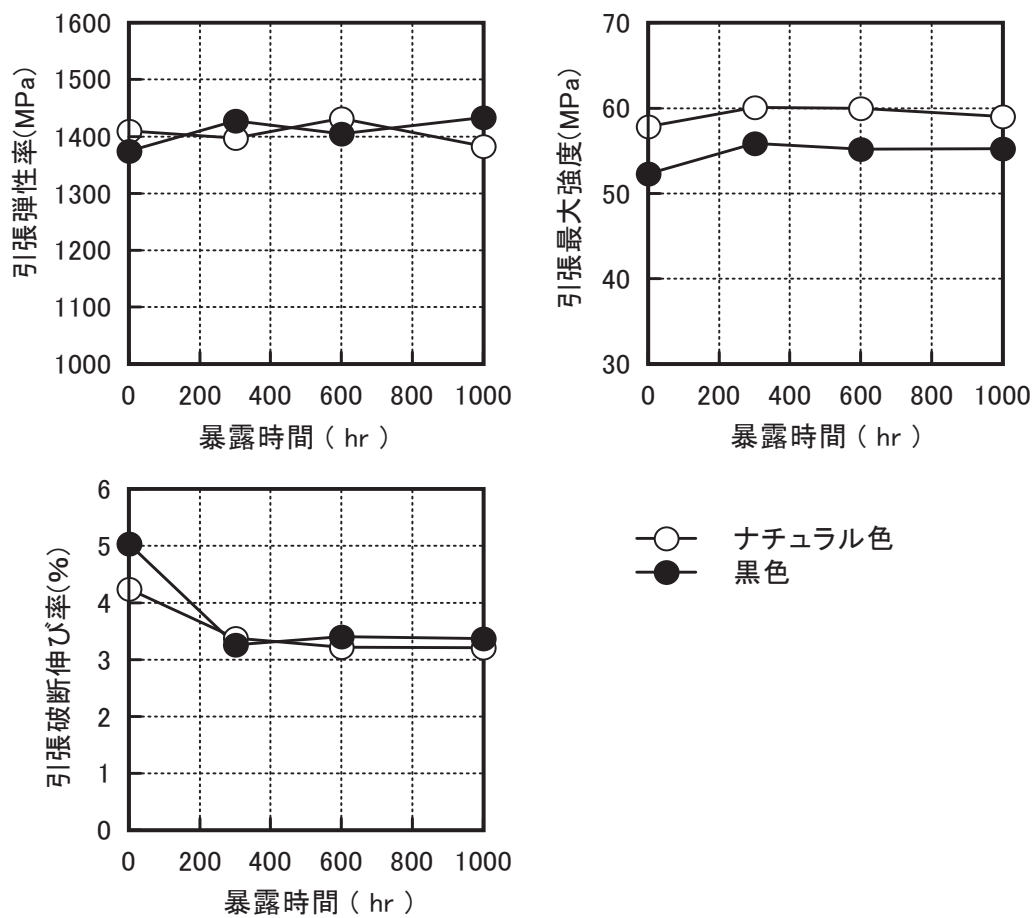
外観の写真 (図 11) を見ると分かるが、ナチュラル色で色の変化が見られた。

600 時間までは薄黄色が紫外線により漂白されたと思われる変化が見られたが、その後、黄変しているのが見られた。黒色はほとんど変化が見られなかった。

引張特性はどちらの色の樹脂も 1000 時間経過してもほとんど変化が見られなかったが、若干ではあるが弾性率、強度の上昇、および伸び率の認められることから暴露により樹脂がやや硬くなっていると思われる。照射エネルギー量から見ると 1000 時間は屋外での 3~4 年に相当するが、本結果より AES 樹脂は屋内で太陽光に長期間暴露されても実用上問題ないと思われる。

【図 9】 促進暴露による色差の変化





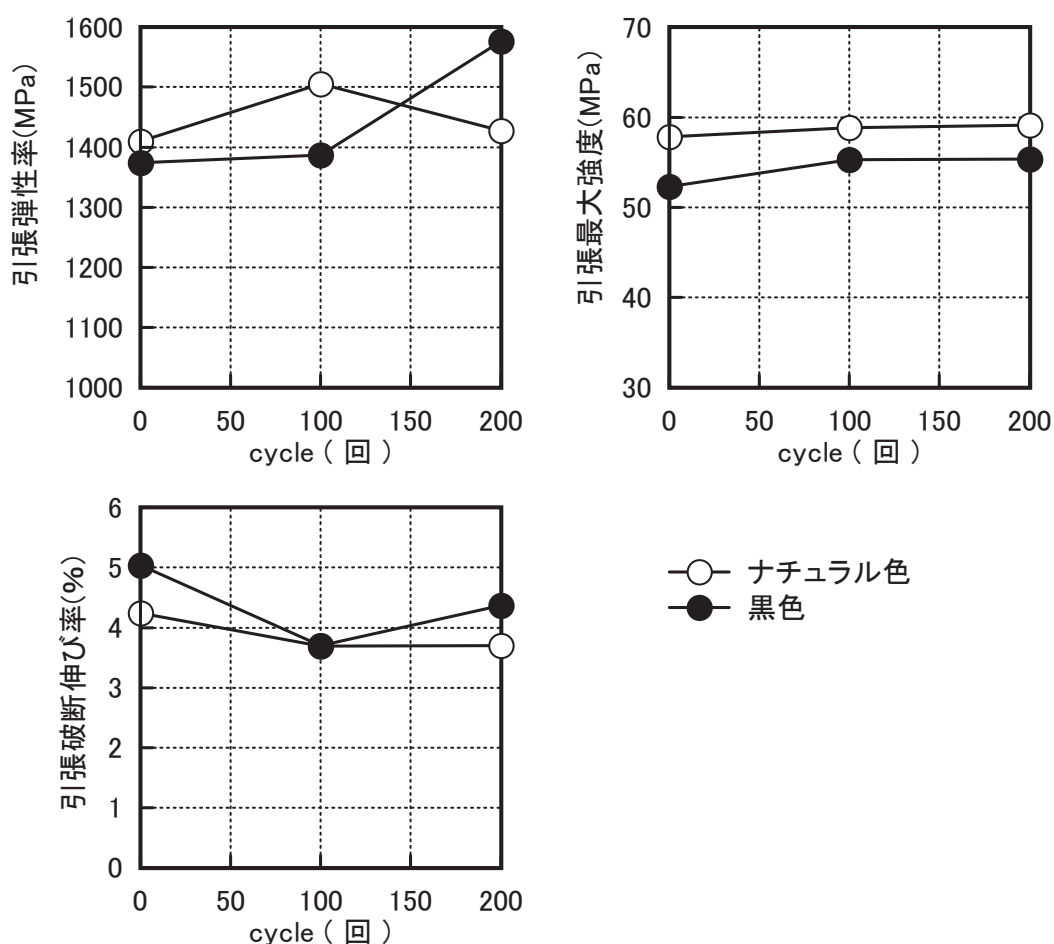
【図 1 0】 促進暴露試験による引張特性の変化



【図 1 1】 暴露試験片の外観

(2) 冷熱衝撃試験

200 サイクルまでの引張特性を図 1 2 に示す。目立った外観の変化はなく、引張特性においても $-20^{\circ}\text{C} \rightarrow 70^{\circ}\text{C} \rightarrow -20^{\circ}\text{C}$ の急激な変化に対して耐光性試験と同様にわずかなはあるが弾性率、強度の上昇と伸び率の低下が見られたことにより、こちらの樹脂もやや硬化して来ていると思われる。しかし、この程度の変化は実用上問題ないと思われる。



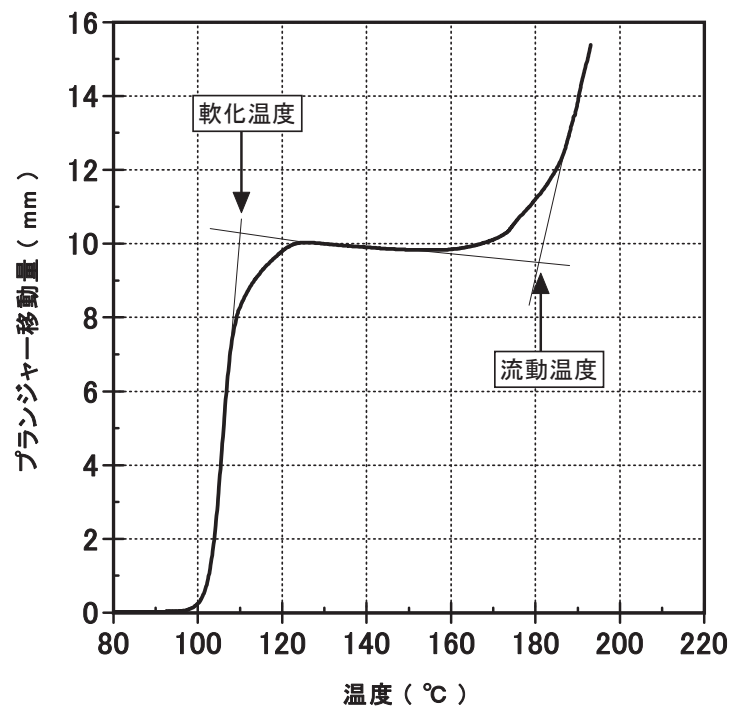
【図 1 2】 冷熱衝撃試験による引張特性の変化

(3) 樹脂溶融特性

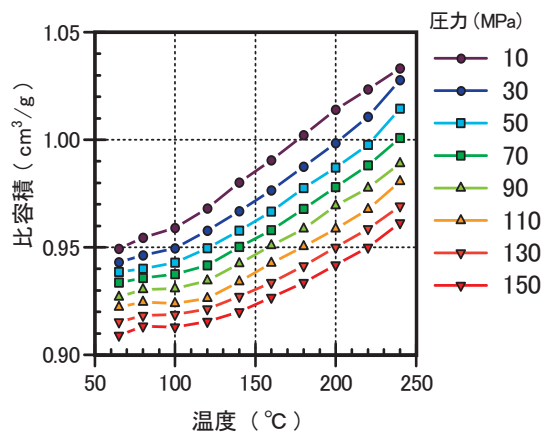
AES 樹脂（黒色）の流動曲線を図 1 3 に示す。この図より軟化温度は 110°C 、流動温度 182°C であることが分かった。

黒色 AES 樹脂の PVT 特性を図 1 4 に示す。PVT とは樹脂が溶融時に射出などの圧力を受けた際に温度により比容積が変化する状態を測定したデータである。また、各温度における比熱を図 1 5 に示す。比熱において 110°C 付近で変化の度合いが大きいのはこれは樹脂流動曲線での軟化温度付近であることから、溶融したことで比熱が大きく変化したものと思われる。

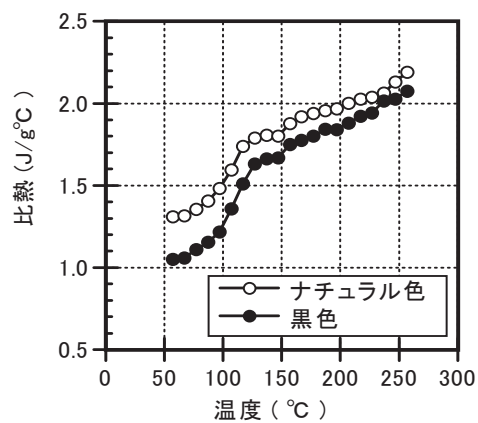
なお、これらの値は射出成形 CAE による流動解析時に用いる樹脂データとした。



【図 1 3】 AES 樹脂の流動曲線



【図 1 4】 AES 樹脂の PVT 特性図



【図 1 5】 AES 樹脂の温度－比熱曲線

第5章 本論－4：複合成形に関する研究

5－1 炭酸ガス成形によるインサート成形について

5－1－1 研究目的

アンテナ基板には各種の部品がマウントされており、それらの部品に不具合を生じさせない為にも出来る限り低温、低圧での成形が望ましい。昨年度までの知見から炭酸ガス成形が低温、低圧成形を可能にすることから今回、インサート成形においてアンテナ基板への影響及び成形品に及ぼす問題点と対策について研究を実施した。

5－1－2 実験方法及び実験条件

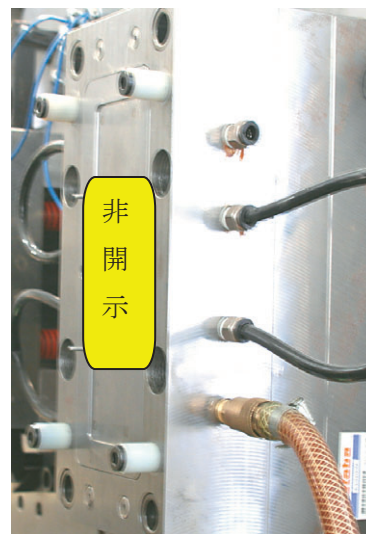
(1) 新規炭酸ガス成形用金型の作製

昨年度は、試験期間の問題からガスアシスト成形用金型を使用して炭酸ガス成形の調査研究を実施した。今年度はインサート可能な構造も含めて新規に炭酸ガス成形用金型を製作し成形品の膨れやソリの問題を解決するための研究を実施した。



【図1】

炭酸ガス成形金型固定側



【図2】

炭酸ガス成形金型移動側

(2) 炭酸ガス成形金型の改造

ガスアシスト成形でできた中空ケースに、アンテナ基板のみを炭酸ガス成形でインサートすると充填不足の発生は無いが、そこにヒンジを加えるとヒンジの根元に充填不足が発生した。その為、従来2本だったゲートに更に2本追加し、合計4本で成形した。

(3) 炭酸ガス成形時の膨れ対策

中空ケースに炭酸ガス成形樹脂を流すとケース内の空気の逃げ場が無くなり、樹脂圧によりケース自体に変形(膨れ)が発生した。

その不具合を解決する方法として、予めケースの先端部分に空気の逃げ道を作る金型構造が求められ、これはガスアシスト成形金型固定側凸部先端の曲がり対策と合わせた形で検討した。最終的にインロウ構造の穴をそのまま、空気抜き穴に使用することで、ガスアシスト成形の金型改造を実施し空気の逃げの穴を付けた。



【図3】

(4) 炭酸ガス成形と受信性能

炭酸ガス成形が受信性能に及ぼす影響についてネットワークアナライザーを用いて炭酸ガス成形前後での波形を計測し二つの波形を合わせて比較した。まずアンテナ基板とヒンジを接続した物を基準とし、そのアンテナ基板とヒンジを炭酸ガス成形で中空ケースに封止した後、再びネットワークアナライザーで波形を測定した。炭酸ガス成形による封止は下記の設備・手順で実施し、受信性能については Agilent Technologies 製 ネットワークアナライザー E5062Aを用いて行った。測定方法については第6章 アンテナ開発品の総合評価で述べているので、本章での説明は省略する。

1) 炭酸ガス成形設備と成形手順

【成形設備】(株)東芝機械製 射出成形機 ECM220N

【炭酸ガス設備】旭化成エンジニアリング(株)製 MAC-100 (炭酸ガス使用)

【成形材料】テクノポリマー製 W200

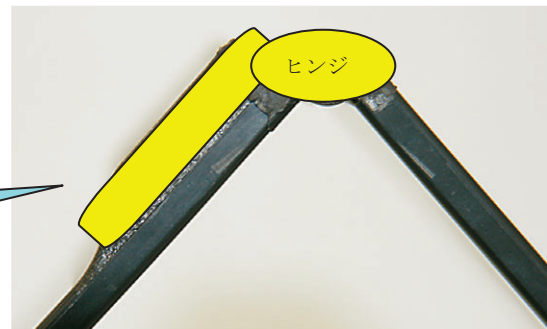
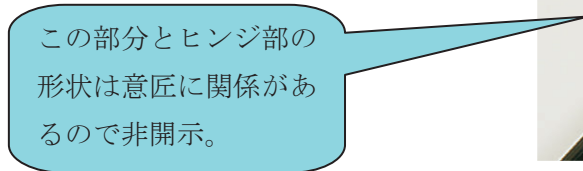
【炭酸ガス成形条件】

金型温度	: 30℃	樹脂温度	: 190℃～230℃
射出圧力	: 20～90Mpa	射出スピード	: 7～15mm/sec
炭酸ガス圧力	: 4.0Mpa	冷却時間	: 70sec

【成形手順】ガスアシスト成形で得た中空のケースにアンテナ基板とヒンジを接続した状態で炭酸ガス成形用金型へインサートし成形を実施した。

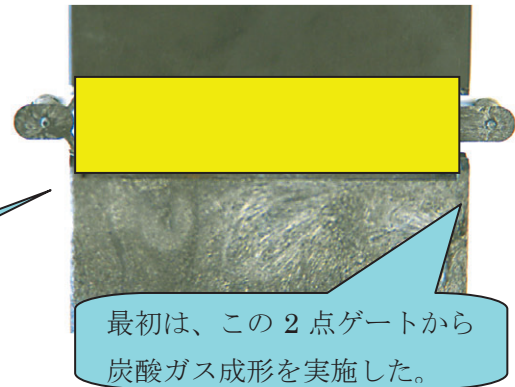
5-1-3 実験結果及び考察

(1) インサート可能な構造の新規金型を使用した炭酸ガス成形品を目視確認した結果、昨年問題となったソリの発生はなかった。



【図4】

(2) ガスアシスト成形で得たケースにアンテナ基板とヒンジを入れてゲートを追加改造した金型で炭酸ガス成形を実施した成形品を目視確認した結果、ヒンジの根元に発生する充填不足は解消された。(ヒンジ部分非開示)



【図5】

(3) ガスアシスト成形の金型改造を実施し空気の逃げの穴を付けたケースに炭酸ガス成形を実施し目視確認した結果、昨年発生していた膨れ現象はなかった。

(4) 炭酸ガス成形がアンテナに及ぼす影響についてVSWRの波形を比較した結果、極端な差異は無かった。比較波形については第6章の総合評価 アンテナ開発品の総合評価で述べているので、本章での説明は省略する。

考 察

新規の炭酸ガス成形用金型を用い、成形条件を調整する事により、ガスアシスト成形で得た中空ケースにアンテナ基板、ヒンジを封止成形することが出来た。封止成形後の成形品の封止部分に充填不足・隙間・剥離等の問題は無く、また外観にも膨れ・ソリ等の変形も無く良好だった。封止成形前後のアンテナ性能測定結果でのVSWRの波形の変化は微小で、問題の無い物と判断する。

5-2 ホットメルト成形について

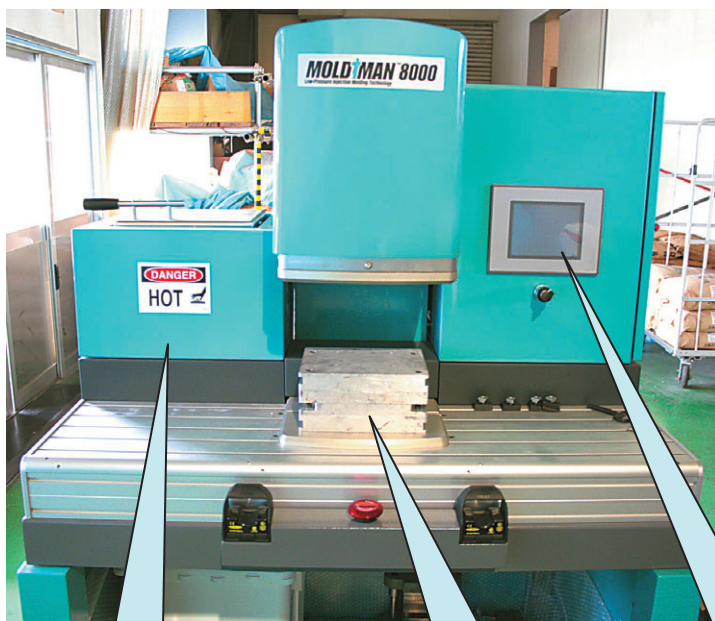
5-2-1 研究目的

今年度開発のアンテナはビス等の部品を一切使用せずアンテナ基板とヒンジのみを使用し複合成形により製品化することにある。その中でホットメルト成形は複合成形の最終工程として炭酸ガス成形で封止したアンテナの露出しているヒンジ部分を保護するための成形である。それには、今年度設置された専用の設備と樹脂を使用する必要があり、それらを使用してヒンジを保護するための超低压成形を実施し、ヒンジ機構に対する影響及び外観性についての問題と対策について研究を実施した。

5-2-2 実験方法及び実験条件

(1) ホットメルト成形設備

ホットメルト成形を実施するためには専用の成形機が必要なために今年度の研究は、この成形機を使用して実施した。成形条件も含めて殆ど公表されていないことから、成形の特徴を把握するのに、時間を要した。設備の特徴としては樹脂の射出がギアポンプにより行われる機構となっており超低压成形が可能である。従って、ページは金型を外した状態で行なった。また、成形機は大きく三つに分かれていて、樹脂を溶かす溶融ポット部・金型を取り付け成形する射出成形部・成形条件等をインプットする操作パネル部であり、一般の射出成形機よりもコンパクトにまとまっており、実験での障害は無かった。



【図6】

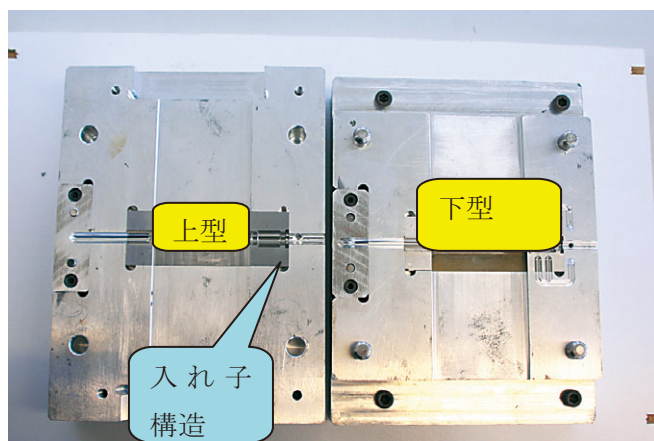
樹脂を入れて溶かす
溶融ポット部

金型取付部および
射出成形部

条件を設定留する
タッチパネル式・
操作パネル部

(2) ホットメルト金型

ホットメルト成形するためには専用の金型を使用する必要があり、そのための金型を製作して研究を実施した。構造的には上下の二つ割り構造とし、成形品の突き出し



【図 7】

機構はヒンジの変形及びトルク性能に悪影響がでる恐れがあるため省略した。また、超低压成形のため、ヒンジの全体に樹脂が回らない可能性があるため反射出側に樹脂だまりと、エアーベントを設けて少しでも樹脂が回りやすい構造とした。また、実験結果により金型改造がし易いように取り外せる入れ子方式構造にした。最初の試作ではヒンジ部分全体をホットメルト樹脂で保護す

るようにし、且つ開閉方向に伸縮ための溝を付けた方式で行なったが材料の伸縮が思うように機能せず、完全に閉じないという不具合が発生した。この不具合を解決するためホットメルト樹脂に適応する開閉機構を調査研究し金型改造を実施したが当初、樹脂が回りきらない不具合が発生したので、樹脂の流路について調査研究し再度金型を改造した。

(3) ホットメルト樹脂

成形材料として使用されるホットメルト樹脂は熱可塑性のポリアミド系の成形樹脂で、天然脂肪酸のダイマー酸をベースとし、各種プラスチックへの優れた接着性、耐熱性、絶縁特性を持つっている。今回アンテナのヒンジ部の保護に適応するか実際に成形して、アンテナ製品として使用可能かどうかを調査した。内容としては開閉試験・冷熱

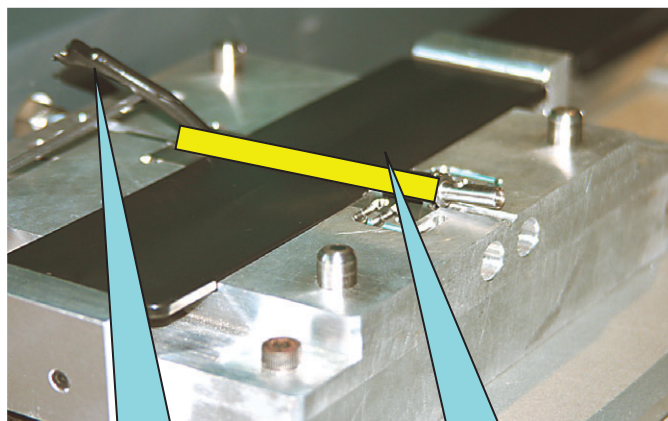


衝撃試験を実施し、ヒンジ保護部の外観に変化及び炭酸ガス成形樹脂との剥離等がないか目視検査を実施し評価した。

【図 8】

(4) ホットメルト成形

炭酸ガス成形で封止した成形品をホットメルト用金型へインサートし、成形を実施した。ホットメルト成形でヒンジを保護する部分はアンテナ形状が決定していることからヒンジ保護部の成形肉厚が1mm以内であるため充填不良が発生した。この問題を解決するため成形金型の改造と共に適応するホットメルトの成形条件の研究を実施した。基本的に4つの成形条件を設定することで成形がスタートすることから最初に樹脂の流動性を上げるため溶融温度を上限に調整し決定した。



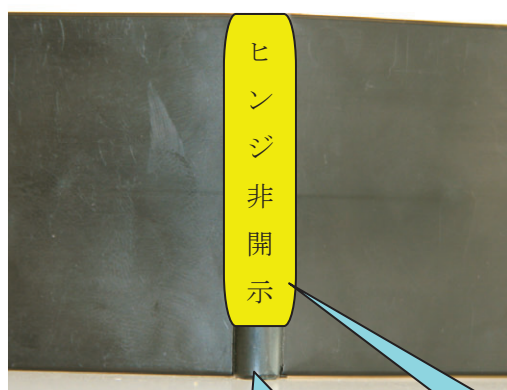
【図9】

ホットメルト成形
ランナー・ゲート

ヒンジ保護の
ためのホット
メルト成形を
実施した

次に射出圧力を調整したが、低圧成形（0.3～3.4MPa）のため極めて低く、狭い範囲の条件調整となり、その中の上限値で成形した。しかし、圧力が強すぎると逆に内部のエアーが障害となることが判明した。従って射出時間と射出圧力のバランスを見ながら内部エアーがうまく抜けるようなベスト条件を成形しながら調査して決定した。

【図10】



ヒンジ
非
開
示

ホットメルト樹脂部・反ゲート側・樹脂だまり切断

ホットメルト樹脂流路

【成形条件】

射出時間 : 15 sec

射出圧力 : 11 bar

冷却時間 : 50 sec

溶融温度 : 200℃

*1 bar は 0.1MPa

5-2-3 実験結果及び考察

2分割形状でヒンジ機構による折りたたみ式アンテナの複合成形で最終工程におけるホットメルト成形を実施した結果、露出していたヒンジはホットメルト樹脂で保護する事が出来た。また、この成形による開閉機能への影響はなく、外観的にも不具合が確認されなかった。更に、ガスアシスト成形部分、炭酸ガス成形部分、ヒンジ部分に剥離や膨れ等の異常も無く複合成形で成形品を製作することができた。

このホットメルト成形品に対して開閉試験・冷熱衝撃試験を実施し、ヒンジ保護部の外観及び炭酸ガス成形樹脂との剥離に関して目視検査した結果、問題の発生は確認されなかった。このことから今回使用したホットメルト樹脂のSUS材やAES樹脂への密着性の高いことが判った。

第6章 本論－5：アンテナ開発品の総合評価

6－1 総合評価について

6－1－1 研究目的

異なる三つの成形方法で異なる線膨張の部材を組み合わせて形成されたアンテナにおいて接合部の信頼性はとても重要である。これらの接合部の信頼性をみる上で冷熱衝撃試験や開閉繰り返し試験は有用である。そこでこれらの試験を行い試験前後でのVSWRを測定し、基準となるアンテナのVSWRと比較し信頼性を確認することを目的に実施した。

6－1－2 実験方法及び実験条件

(1) 冷熱衝撃試験（ヒートショック試験）

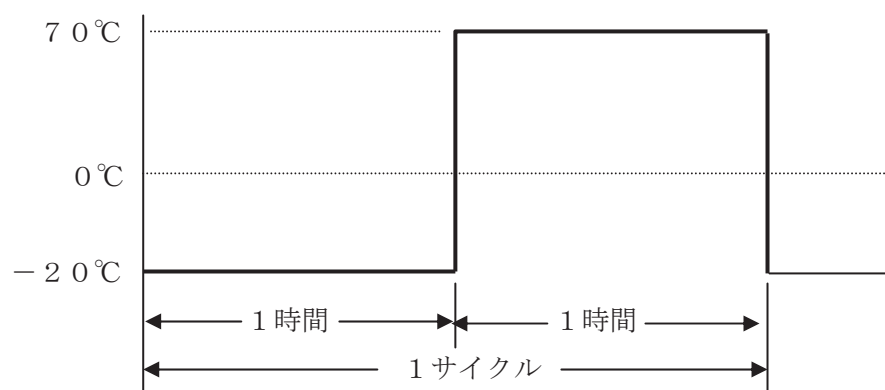
ホットメルト成形まで行なったアンテナに図1のような温度サイクルを冷熱衝撃試験で与え所定回数毎にVSWR測定及び外観目視を行った。

① 試験装置：エスペック(株)製 小型冷熱衝撃試験機 TSE－11

② 試験条件：下記の冷熱衝撃を200サイクル実施した。

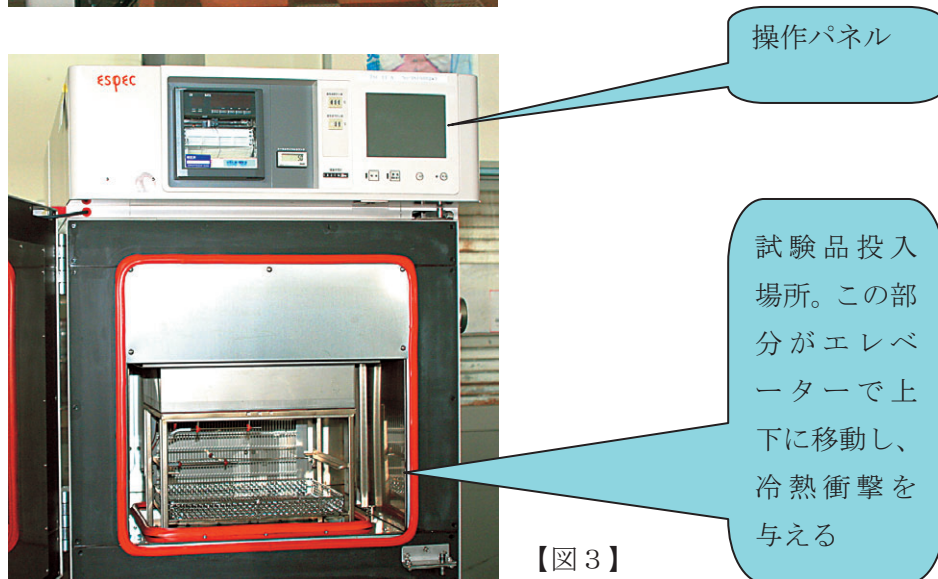
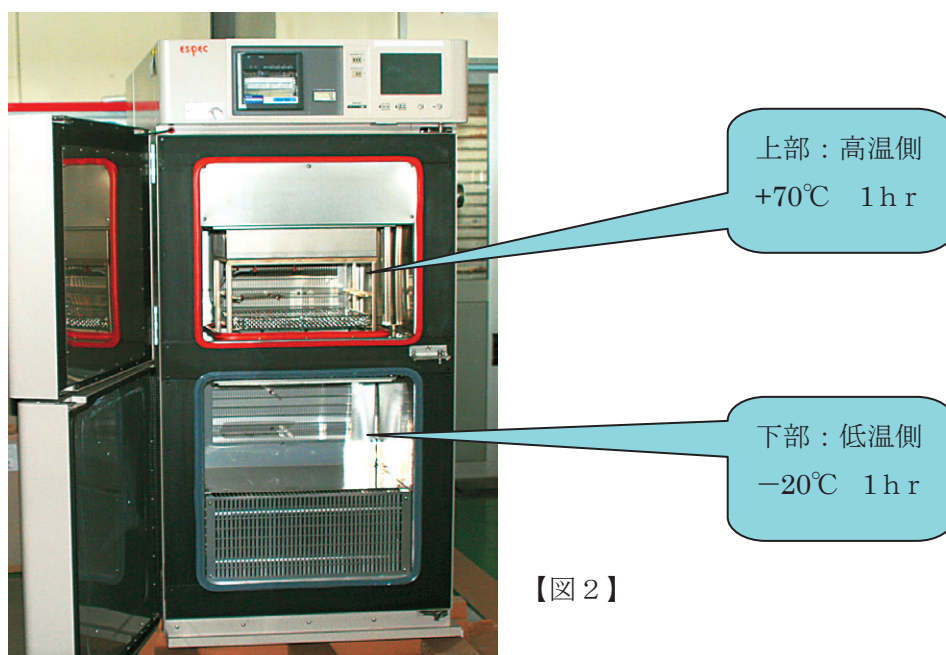
50サイクル毎に試験層から取り出して、VSWR測定及び外観目視確認を実施し、未試験品と比較した。

③ 試験サンプル数：完成品 $n = 5$



【図1】

④ 試験層概観と内部



(2) 開閉繰り返し試験

ホットメルト成形まで行なったアンテナに開閉を繰り返し行い所定回数毎にVSWR測定及び外観目視を行った。

① 試験条件：開閉を1000サイクル実施した。

100サイクル毎にVSWR測定、外観を目視観察し、未試験品と比較した。

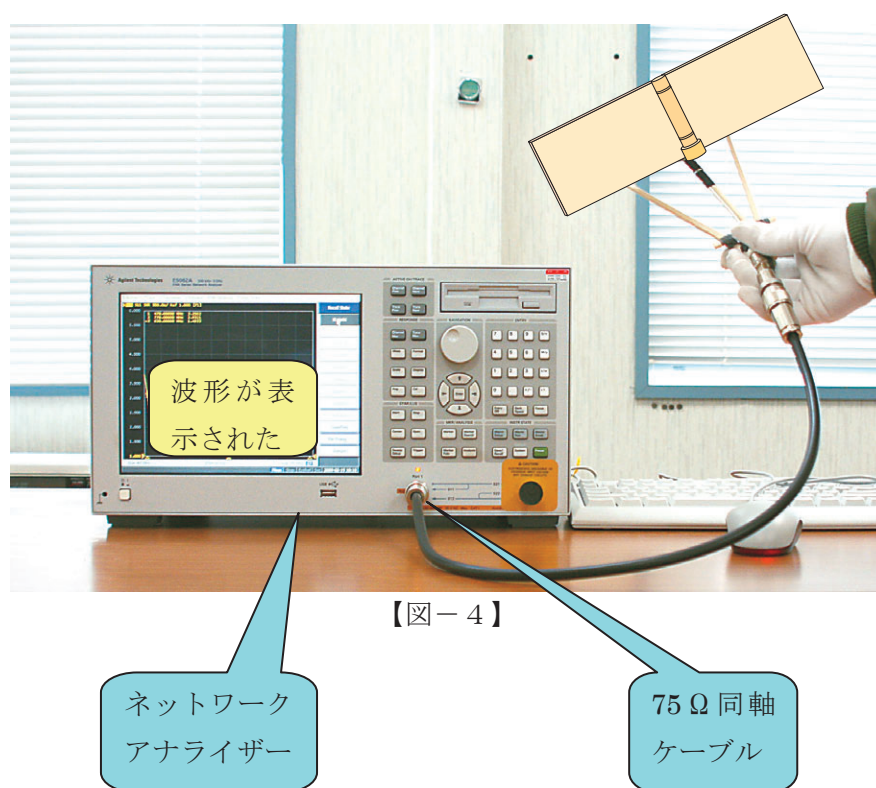
② 試験サンプル数：完成品 n 2

③ 試験方法：手動により、“閉じる－開く” 1 回を 1 サイクルとして試験した。

（３） V SWR測定

試験前と冷熱衝撃試験品及び開閉試験品について既定の回数毎、ネットワークアナライザーを使用し V SWR を計測した。

【測定器】 Agilent Technologies 製 ネットワークアナライザー E 5 0 6 2 A



（４）機械的特性評価

ガスアシスト成形により得られた中空ケース（ハウジング）から JIS K7162 に定める試験片 1BA 形を打ち抜きにより作成し、引張速度 10mm/min にて試験を行い、強度および伸び率を求めた。

6-1-3 実験結果及び考察

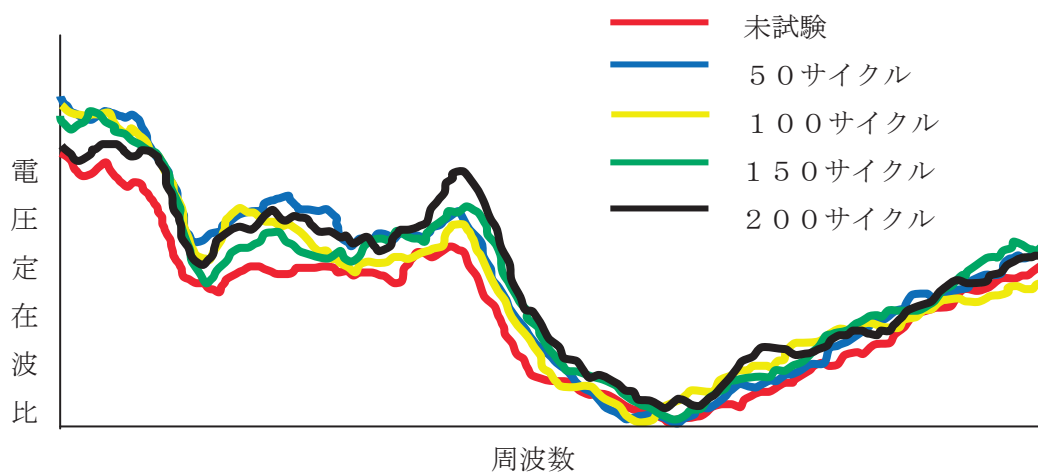
(1) 冷熱衝撃試験結果

- ① 外観：表-1に示す通り200サイクル完了後の試験片の変色、退色、変形、ガスアシスト成形部分+炭酸ガス成形部分+ホットメルト成形部分の“複合成形部分”の剥離、変形を含めて、変化は無かった。

	50サイクル	100サイクル	150サイクル	200サイクル
アンテナ-1	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し
アンテナ-2	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し
アンテナ-3	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し
アンテナ-4	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し
アンテナ-5	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し

【表-1】

- ② VSWR特性：50サイクル毎に試験層から取り出し、ネットワークアナライザーでVSWRを計測した。計測の結果、未試験品と試験品に大きな差異は無く、冷熱衝撃試験による極端なVSWRの低下は見られなかった。試験はn=5で実施したが、アンテナ毎の偏りの発生が見られないため、試験片No5のVSWRをピックアップして表示した。(図-2)



【図5】

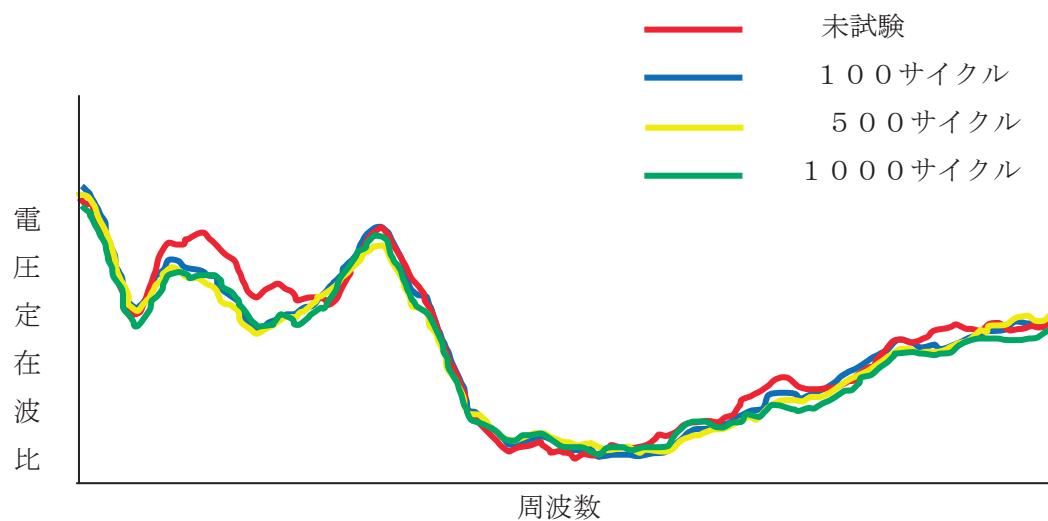
(2) 開閉繰り返し試験結果

- ① 外観 : 表 2 に示す通り、1000サイクル完了後のヒンジ部分の異常、ガスアシスト成形部分+炭酸ガス成形部分+ホットメルト成形部分の“複合成形部分”の剥離、変形を含めて変化は無かった。

	100回	200回	300回	400回	500回	600回	700回	800回	900回	1000回
アンテナ-1	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し
アンテナ-2	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し	変化 無し

【表 2】

- ② VSWR特性 : 100サイクル毎にネットワークアナライザーにてVSWRを計測した。計測の結果、未試験品と試験品に大きな差異は無く、開閉繰り返し試験でのVSWRの低下は見られなかった。試験はn=2で実施したが、アンテナNo.2の未試験、100回、500回、1000回のVSWRをピックアップし表示した。(図6)



【図 6】

(4) 機械特性評価試験結果

樹脂性能試験にて求めた値より若干低いですが、樹脂の流れ方向や成形時に樹脂にかかる圧力などの違いによるものと思われるので使用上は問題ない値と考える。

引張最大強度 47.8 MPa

引張破断伸び率 2.6 %

(中空ケース打ち抜き試験片 1BA 形)

考察

ガスアシスト成形＋炭酸ガス成形＋ホットメルト成形の三つの異なる成形方法による“複合成形”で得られた二分割構造アンテナの完成品に対する冷熱衝撃試験及び開閉試験の結果、外観（剥離・変形・膨れ・ソリ等）及びVSWRに変化は見られなかった。

また各試験実施後のアンテナを地上波デジタルチューナーに接続して地上波デジタル放送を受信しモニターに受信レベルを表示させ、基準となるアンテナと比較した結果も大きな差異はなく、全てのチャンネルを受信して視聴することができた。

このことから樹脂接合部及びアンテナ基板とヒンジの接合部の信頼性については検証できた。しかし製品化を目指すにはこれらの試験以外にも落下、振動、低温・高温での開閉や高温高湿放置などの評価を行う必要があると考えており今回、時間的な面や設備的な面からこれらの試験は実施することができなかった。

商品化において信頼性はとても重要なことなので今後これらの評価試験を実施していく予定である。

第7章 全体総括

7-1 研究開発成果

7-1-1 TVアンテナの小型化とこれに対応するヒンジに係る研究開発

TVアンテナの小型化に対応する最適なアンテナ及びヒンジ構造に係る研究開発に関しては2分割構造によるアンテナの小型化とヒンジ構造に関して研究を実施した。ヒンジ構造についてはヒンジのアンテナ回路導体としての利用から接続形状及び強度や耐久性を考慮し、目標とする形状（内装部品厚 2.5 mm）及び基本性能（開閉トルク 78.5 Nmm）を達成できた。また、電波利得についてはC/N値と相関関係があり、簡便的に測定できるC/N値で確認を行なった結果、モニターレベル 70 程度で、ほぼ現行の市販品と比較し同程度の数値となっており目標を達成している。

7-1-2 複合化成形における金型構造の最適化に係る研究開発

1) ガスアシスト成形金型

CAE解析結果と成形試作結果を検証し、最終的に、ガスアシストコア構造による射出成形金型を製作し試作品をガスアシスト成形した。その結果、目標としたアンテナ基板のインサート可能な空間形状が得られた。ただし、空間形成のためのガスアシストコアが樹脂の流動により安定しないため金型構造の再検討が必要であるが、金型制作のための指針を得ることができた。

2) 炭酸ガス成形金型

ガスアシスト成形で出来た中空ケースにアンテナ基板・ヒンジ接続部品をインサート成形する構造による射出成形金型を製作し試作品を炭酸ガス成形した。その結果、目標としたインサート成形における炭酸ガス成形可能な金型ができた。

3) ホットメルト成形金型

炭酸ガス成形で出来たアンテナ基板・ヒンジ接続部品のインサート成形品のヒンジ部分を被服成形する構造によるホットメルト成形金型を製作し試作品を成形した。その結果、目標とした被服成形におけるホットメルト成形可能な金型ができた。

7-1-3 薄肉化における成形樹脂材料の選定に係る研究開発

薄肉化（0.8～1 mm）におけるアンテナ基板ケースのガスアシスト成形による外観表面及び流動性に優れた、AES樹脂を選定して、成形条件の調査研究を行い、フローマーク・ウェルド・ヒケ等、外観表面性と流動性の評価によりアンテナ基板ケースを成形し完成させた。

7-1-4 基板保護のための低温・低圧成形（炭酸ガス成形）に係る研究開発

炭酸ガス成形によるインサート成形における電子基板へ与える影響について、受信性能の確認を行なった。結果として成形樹脂が基板上の部品に直接接触しないように炭酸ガス成形で封止した。

7-1-5 複合化成形方法に係る研究開発

ガスアシスト成形により作成した樹脂中空部へ炭酸ガス成形及びホットメルト成形で複合化成形するための成形条件等の調査研究を行なった。問題となった炭酸ガス成形時の中空ケースの膨れは予めガスアシスト成形で中空ケースを作成する際にガス抜き穴を設けることで解決した。また、ホットメルト成形においては炭酸ガス成形樹脂と金属ヒンジに対しての密着性を重視し、開閉に支障がないことで対応した。

7-1-6 アンテナ開発製品の総合評価

複合化成形により作成した試作アンテナを評価した。評価項目は環境試験として冷熱衝撃試験機を用いて $-20^{\circ}\text{C}1\text{h r} / +70^{\circ}\text{C}1\text{h r}$ を200サイクル実施、また、耐久試験として開閉動作を1000回実施した後、それぞれの試験品についてネットワークアナライザを用いて受信周波数における電圧定在波比（VSWR）を波形として測定し、基準とするアンテナの波形と比較した結果、大きな差異は生じなかった。また、外観・開閉動作に変化は見られなかった。

7-2 研究開発後の課題・事業化展開

課題としては、川下企業が要求する“品質”と“コスト”に対応できる製品の製作が必須条件となる。品質については、研究開発期間中にできなかった落下、振動、低温、高温での開閉や高温高湿放置などの試験を行い評価検証することが求められ、結果によっては新たな研究課題が発生する可能性も考えられる。また、製造コストに関しては、市場価格に適応できる価格が求められることから、それぞれの成形設備に使用する金型設備等などのイニシャルコスト及び、これら設備の維持管理費用及びアンテナ基板・ヒンジ・成形材料等の購入部材費用、さらには、窒素ガス・炭酸ガスの消耗品費用などのランニングコストの低減が事業化のための大きなテーマとなっている。

これらの課題が解消されることで、川下企業に採用されると当該製品の委託製造が可能となり市場規模に対応した受注が見込まれる。また研究開発で得られた技術やノウハウを他の製品にも展開すべく情報収集を行ない、早い時期での事業化を目指していく。