

平成30年度

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

「航空機用先進熱制御システム用ヒートシンクの製造技術開発」

研究開発成果等報告書

平成31年3月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 公益財団法人長野県テクノ財団

目 次

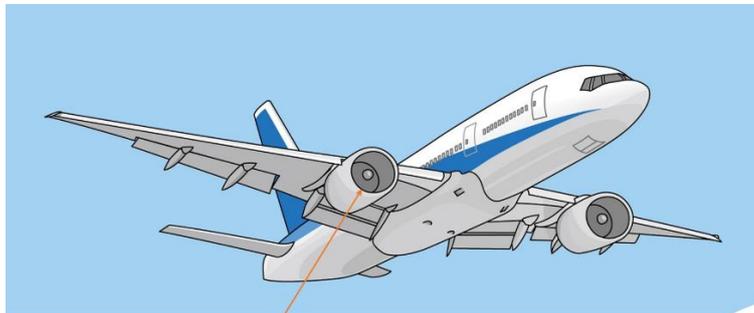
第1章 研究開発の概要	
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1-2 研究体制	6
1-3 成果概要	8
1-4 当該研究開発の連絡窓口	8
第2章 本論	
2-1 長尺製品の加工と精度確保	9
2-2 金型刃物の高耐久化	13
2-3 流路一体加工の技術確立	15
2-4 航空機エンジン用熱交換システムに使用するヒートシンクとしての評価	17
第3章 全体総括	
3-1 研究開発成果	17
3-2 研究開発後の課題・事業化展開	18

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

○研究開発の背景

国の成長戦略の一つである航空機産業において、民間航空機用エンジンは大型化、GTF（Geared Turbo Fan）技術の導入、航空機の電動化による発電容量の大容量化の要求がますます増大されると予想されている。それに伴い、エンジン潤滑油の冷却負荷容量、ならびにエンジン発電機の冷却負荷容量も増大する。このようなエンジン冷却系の熱負荷大容量化に伴い、熱交換器も大型化する傾向にある。また、航空機の高性能化とともに、システム全体の電子制御による電動化が進み、それぞれのシステムの発熱量も増大している。従来の、航空機における熱冷却システムでは、ジェットエンジンの燃料を使用して冷却している部分が多い。しかし、航空機の燃費向上に伴い、冷却に使える燃料も冷媒としては十分な量が確保できなくなりつつある。この問題を解決し、航空機の更なる高性能化に寄与する技術として、飛行に伴い発生する空気の流れを利用する軽量コンパクトで高性能な熱交換システムが求められている。



熱制御システムのヒートシンク取付け部
(ジェットエンジンの吸気口)

図1 航空機エンジン用熱制御システムのヒートシンク

空気による冷却を利用した熱交換システムでは、図2のようにジェットエンジンの吸気口内周、もしくは外周に、エンジン形状に沿って曲げられた R 形状の熱交換器を取り付け、熱交換器の空冷手段として多数のフィンが空気の流れに沿って配置されたヒートシンクが用いられる。熱交換器内部を流れるオイルの熱が筐体全体を伝わり内側（もしくは外側）に配置されたヒートシンク（放熱フィン）を熱する。熱せられたヒートシンクはエンジン内側（もしくは外側）を流れる空気により冷却され、結果としてオイルの温度を下げる。

次世代熱交換器では、エンジンの大型化に対応するための大口径化、航続距離を延ばすため及び環境対応のためのさらなる燃費向上のための軽量化、省スペースのための細尺化が求められている。また、本共同体の一員であり、川下製造業者でもある住友精密工業株式会社では、次世代航空機装備品市場への本格参入と市場拡大を目指した、次世代航空機向けの装備品開発の一端として、NEDO の『次世代エンジン用熱制御システム研究開発』を受託しており、その研究開発の中で「軽量」「コンパクト」化のためにヒートシンクのフィンの薄型化、狭ピッチ化が必要であり、その実現手段として中村製作所株式会社の保有するマジックヒートシンク工法の航空機用大型部品への対応が求められている。

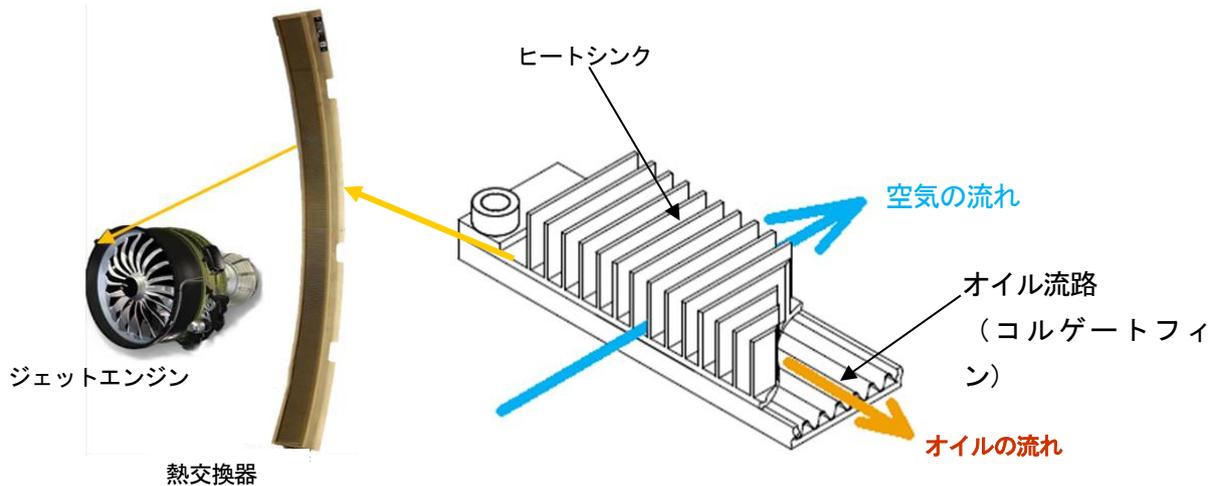


図2 従来の航空機エンジン用空冷熱交換システム

【中小ものづくり高度化指針における課題とニーズ】

（三）精密加工に係る技術に関する事項

1. 精密加工に係る技術において達成すべき高度化目標

（4）川下分野特有の事項

3) 航空宇宙分野に関する事項

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ウ. 軽量化、ネットシェイプ化

○研究目的及び目標

本計画ではこの次世代エンジン用熱制御システムの熱交換器の実用化に貢献するためにマジックヒートシンク工法の高度化を図り、大口径・細尺で高効率かつコンパクトなヒートシンクの製造技術・製造工程を確立することを目的とする。

【中小ものづくり高度化指針における高度化目標】

（三）精密加工に係る技術に関する事項

1. 精密加工に係る技術において達成すべき高度化目標

（4）川下分野特有の事項

3) 航空宇宙分野に関する事項

ア. 一体部品・複雑形状部品加工対応

イ. 薄肉形状・中空形状加工対応

従来技術ではエンジンオイル流路をコルゲートフィンで形成したケースに、切削加工によるフィンをロウ付けするといった複雑な形状で、かつフィンの薄型化、狭ピッチ化ができず、軽量化が困難であった。本研究開発では、押出成形によりオイル流路を形成した材料に、直接フィン形状を形成する技術を開発することにより、ヒートシンクの一体化によるコストダウンを図る。また、薄肉形状に加工可能なマジックヒートシンク技術を応用し、より大型なサイズ（長さ2,500mm）まで加工できる精密な加工技術と設備の制御技術を確立することにより軽量のヒートシンクを実現する。

表1 従来技術と新技術の比較

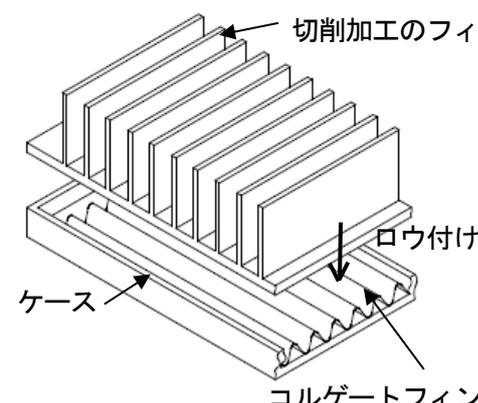
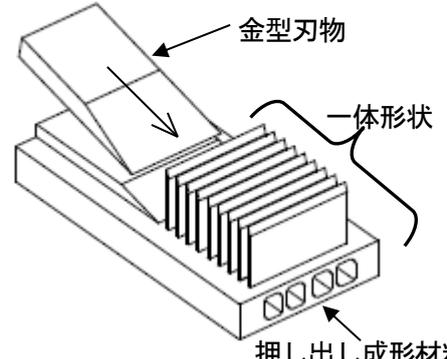
	従来技術	新技術
ヒートシンク構造	<p>エンジンオイルの流路となるケース内にコルゲートフィンを取り、その上に空冷用のフィンを搭載して一体にロウ付けする。</p>  <p>切削加工のフィン ロウ付け ケース コルゲートフィン</p>	<p>あらかじめエンジンオイルの流路が構成されるように設計された押し出し成形材料に直接フィン形状を形成する。</p>  <p>金型刃物 一体形状 押し出し成形材料</p>
仕様例	<p>フィンピッチ=4mm フィン厚=0.8mm フィン重量=2.32kg</p>	<p>フィンピッチ=2.6mm (狭ピッチ化) フィン厚=0.4mm (50%減) フィン重量=1.5kg (35%減)</p>

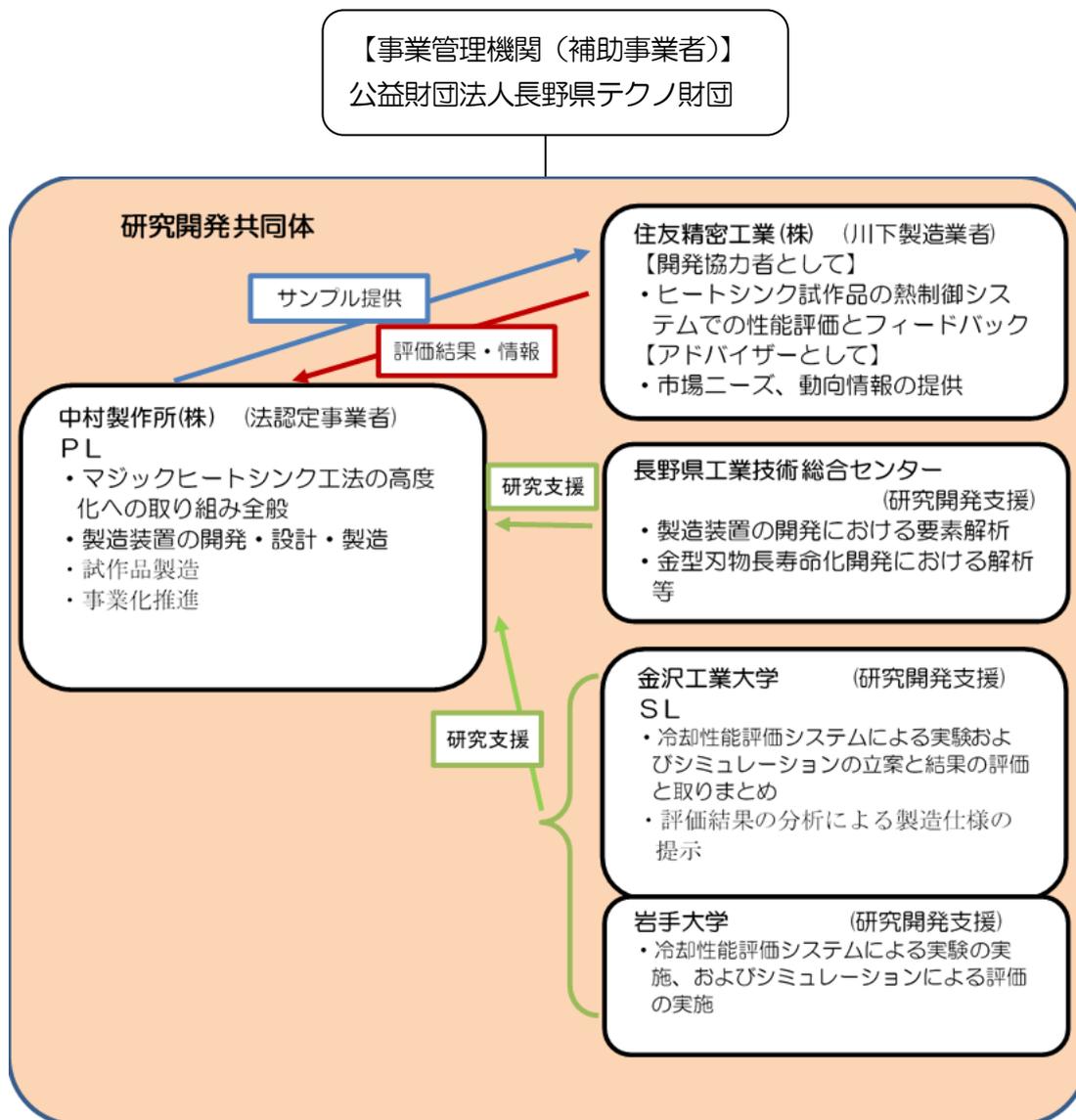
表2 研究開発項目と目標値

研究開発項目	技術的目標値
1. 長尺製品の加工と精度確保	<p>フィン高さ 20~25mm ±1mm フィンピッチ 2.6mm ±0.2mm フィン厚さ 0.4mm ±0.1mm フィン加工範囲長 2500mm 加工範囲の累積ピッチ誤差 ±0.8mm</p>
1-1 製品保持機構の開発・設計・製作	加工範囲2500mmで上記寸法精度を実現する製品保持機構を実現し、装置化する。
1-2 送り機構の開発・設計・製作	加工範囲2500mmで上記寸法精度を実現する送り機構を実現し、装置化する。
1-3 試作・評価サンプル作成	上記寸法のサンプルを試作し、川下製造業者の評価試験に供する。
1-4 製造誤差が性能に及ぼす影響の研究	冷却性能の評価システムを構築し、実評価とシミュレーションの両面で寸法精度の影響度を数値化する。
1-5 ヒートシンクの性能評価	実際の熱交換器の評価システムにて性能評価を行い、ヒートシンク開発にフィードバックする。
2. 金型刃物の高耐久化	現状の寿命80,000ショットに対し6倍強の500,000ショットを目指す。
2-1 耐久性の高い高精度な刃物の開発・製作	高耐久性の金型刃物を開発する。
3. 流路一体加工の技術確立	流路が押出成形加工されたアルミ合金(6063T)にフィン加工を可能とする。
3-1 刃物移動機構の開発・設計・製作	加工範囲2500mmで所定寸法精度を実現する刃物送り機構を実現し、装置化する。
3-2 加工条件の試行・研究	加工範囲2500mmで所定寸法精度を実現する加工条件を確立する。
3-3 製造誤差が性能に及ぼす影響の研究	1-4のシステムにて押出成形されたアルミ合金の評価・解析が可能となるようにする。

3-4 流路一体加工品の性能評価	実際の熱交換器の評価システムにて性能評価を行い、ヒートシンク開発にフィードバックする。
4. 航空機エンジン用熱交換器システムに使用するヒートシンクとしての評価	航空機に求められる耐圧試験・破壊圧力試験・疲労試験等の基準を満たす。
4-1 試作品評価	試作品の評価試験を行い、ヒートシンク開発にフィードバックする。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織・管理体制



1-2-2 研究者等氏名

【研究実施機関】 中村製作所株式会社

氏名	所属・役職	実施項目 (サブテーマ)	備考
宮原 友保	代表取締役会長兼社長	総括研究代表者	PL
錦織 眞佐雄	取締役	1-1、1-2、1-3、2-1、3-1	
高橋 敬一	生産技術課 技師長	1-1、1-2、1-3、2-1、3-2	
草深 重門	生産技術課 研究員	1-1、1-2、3-1	

下村 貴浩	生産技術課	1-1、1-2、3-1	
平澤 賢一	生産技術課	1-1、1-2、3-1	
横山 宣昭	生産技術課	1-1、1-2、1-3、2-1、3-2	
中村 賢治	生産技術課	1-3、3-2	
荒井 和人	金型開発課 課長	2-1	
尾名高 大蔵	金型開発課 研究員	2-1	
矢野 征人	金型開発課	2-1	

【研究実施機関】 住友精密工業株式会社

氏名	所属・役職	実施項目 (サブテーマ)	備考
家村 栄一	航空宇宙熱制御システム部 製造課	1-5、3-4、4-1	
小南 賢市	航空宇宙機器技術部 試験課	1-5、3-4、4-1	
柳田 将志	航空宇宙機器技術部 試験課	1-5、3-4、4-1	

【研究実施機関】 国立大学法人岩手大学

氏名	所属・役職	実施項目 (サブテーマ)	備考
廣瀬 宏一	理工学部 教授	1-4、3-3	
菊池 護	技術部 技術専門職員	1-4、3-3	

【研究実施機関】 学校法人金沢工業大学

氏名	所属・役職	実施項目 (サブテーマ)	備考
福江高志	工学部 講師	1-4、3-3	SL

【研究実施機関】 長野県工業技術総合センター

氏名	所属・役職	実施項目 (サブテーマ)	備考
新井亮一	主任研究員	1-2、2-1、3-2	
安澤真一	主任研究員	3-2	
長洲慶典	研究員	2-1	
新村 諭	研究員	3-2	
翁 拓也	技師	1-2	

【アドバイザー】 住友精密工業株式会社

氏名	所属・役職	実施項目	備考
富田 進	航空宇宙熱制御システム部 技術主幹	川下企業の立場から仕様提案、システム評価および改善アドバイス	

1-3 成果概要

長さ2,500mmの長尺品の加工が可能な大型フィン加工機を開発し、狭ピッチ・薄型フィンによる熱交換効率の高い軽量ヒートシンクを実現できた。

これにより、当初の目標である航空機の次世代熱交換システムにおけるフィン部分の35%軽量化、及びヒートシンクの加工コストダウンに貢献できる。

研究開発項目	当初目標値	実績値
1. 長尺製品の加工と精度確保	フィン高さ 20~25 mm±1 mm フィンピッチ 2.6 mm±0.2 mm フィン厚 0.4 mm±0.1 mm フィン加工範囲 2,500 mm 累積ピッチ誤差 ±0.8 mm	フィン高さ 最大 37.5 mm±0.7 mm フィンピッチ 2.1 mm±0.05 mm フィン厚 0.5 mm±0.05 mm フィン加工範囲 2,500 mm 累積ピッチ誤差 ±0.02 mm *フィン高さ、フィン厚は川下企業の要求仕様により変更
2. 金型刃物の高耐久化	現状の寿命80,000ショットに対し6倍強の500,000ショットを目指す。	加速寿命試験にて刃こぼれ・摩耗について改善を確認した。実寿命は今後継続確認する。
3. 流路一体加工の技術確立	流路が押出成形加工されたアルミ合金(6063T)にフィン加工を可能とする。	加工条件を確立し所定の仕様を実現した。
4. 航空機エンジン用熱交換器システムに使用するヒートシンクとしての評価	航空機に求められる耐圧試験・破壊強度試験・疲労試験等の基準を満たす。	初期性能評価については所定の結果が得られた。信頼性評価等については、川下ユーザーにて約1年かけて御評価いただく。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

(1) 事業管理機関

公益財団法人長野県テクノ財団 伊那テクノバレー地域センター

禰宜田 六己

電話：0265-76-5668 メール：ina-tec@tech.or.jp

(2) 法認定企業

中村製作所株式会社 総務課

保苅 善一郎

電話：0265-79-3880 メール：z_hokari@nakamuramfg.co.jp

第2章 本論

2-1 長尺製品の加工と精度確保

2-1-1 製品保持機構の開発・設計・製作(中村製作所担当)

航空機用のヒートシンクとして、長尺のフィンを加工する必要があり、加工範囲2,500mmを精度よく加工する装置を開発する必要がある。この課題を解決するために専用加工装置を新たに独自設計・開発し、初年度においては装置の基礎となる架台及び保持機構を製作し、それらを制御する電子制御回路を設計・製作した。その後、完成している製品保持機構を、長納期化していた部品への対応として二年目に調達したボールねじ及びリニアガイドにより、組立完成した送り機構に取り付け、大型フィン加工機として完成させた。

これにより2-1-3の狙いとする大型のヒートシンクのサンプルを作成した。
図3は完成した製品保持機構とテーブル送り機構を示す。



図3 完成した装置の製品保持と送り機構のユニット

2-1-2 送り機構の開発・設計・製作(中村製作所、長野県工業技術総合センター担当)

マジックヒートシンク工法においては、材料を斜めに彫り起こし、一枚のフィンを加工したのち、フィンピッチ分だけ材料を送り、次のフィンを加工する。移動距離を考慮するとテーブル長さは材料長さ2,600mmの倍である5,200mm以上となり、この範囲で高精度に位置決めできる機構を設計し、フィン加工範囲全長にわたっての送り誤差を±0.8mm以下に抑える目標に対し、精度開発した装置の送り位置精度をレーザ測長機で評価した結果、下図に示すようにばらつきの小さい良好な送り位置制御を実現できていることがわかった。実測値は20μm以内であり、フィンの設計要求に十分対応できる。

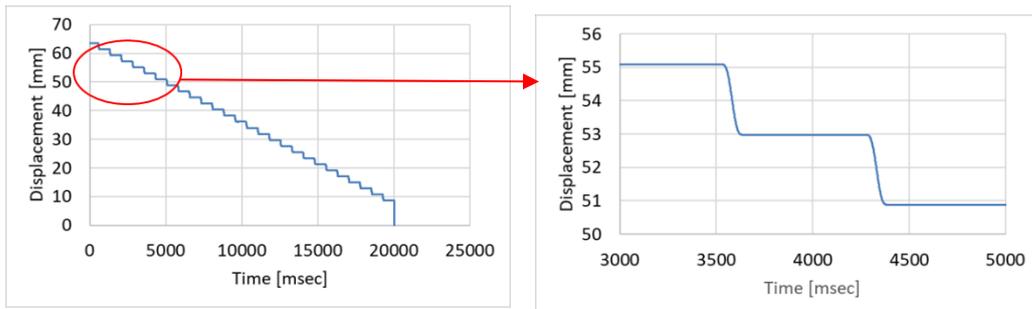


図4 送り位置精度

また、ソフトウェアの改良により、フィン外観品質の向上とタクトタイムの短縮を可能とした。これによりタクトタイムが10%短縮可能となった。

2-1-3 試作・評価用サンプル作成(中村製作所担当)

2-1-1、2-1-2、2-3-1により大型フィン加工機が完成し、これを使用して長さ2,000mmの長尺サンプルを作成した。

作成した長尺サンプルの精度を測定した結果フィンピッチ精度 $\pm 0.8\text{mm}$ の目標に対して $\pm 0.05\text{mm}$ 以内に入る高精度加工を実現した。

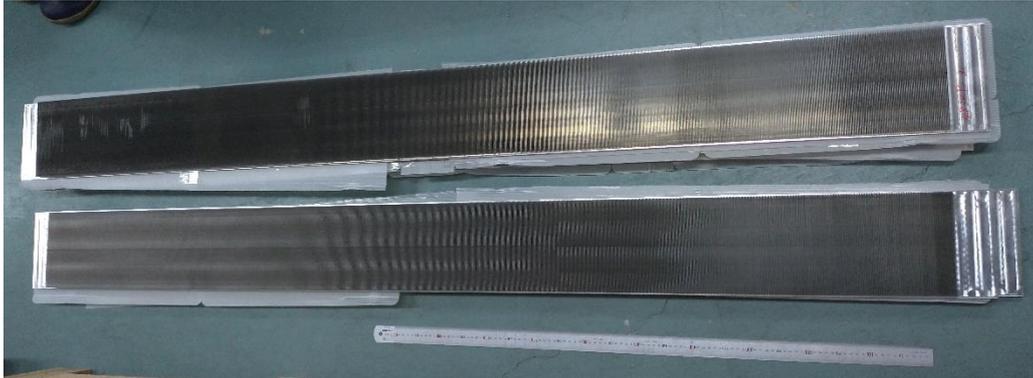


図5 作成した2mのヒートシンク



図6 フィン部分拡大

ヒートシンク寸法精度確認結果

項目	目標値	最小値	最大値	平均値
フィン厚	$0.5 \pm 0.1\text{mm}$	0.459mm	0.531mm	0.501mm
フィンピッチ	$2.1 \pm 0.2\text{mm}$	2.066mm	2.138mm	2.1mm

2-1-4 製造誤差が性能に及ぼす影響の研究（岩手大学・金沢工業大学担当）

実験システムとデータ処理システムが連携してフィン性能を評価できるフィン性能公差の評価システムを導入し、評価を進めた。

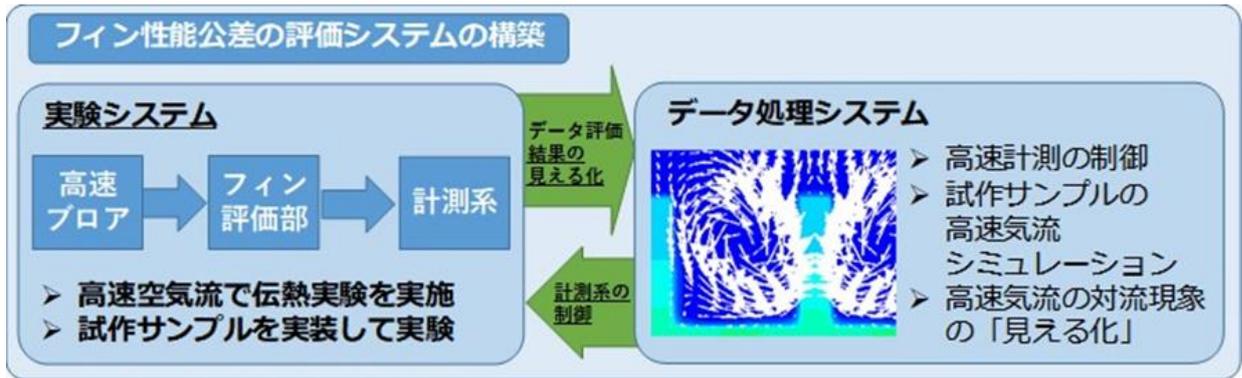


図7 フィン性能公差の評価システムの概念図

実験システムは、ヒートシンクを構成するフィンの一部を切り出して実装し、加熱しながら高速空気流を供給することでフィンの冷却性能を評価できる一連の実験系である。

また、フィンの実験をシミュレーションすること、また計測結果のデータ処理を行うためのデータ処理システムを構築した。データ処理システムは主に2台のワークステーションにより構成され、相互に連携してデータ処理を行う。内部に研究室で運用実績のある数値流体解析用のソフトウェアを実装し、解析やデータ処理を並行し実施できる構成とした。

この評価システムを用いて、加工誤差が想定される3要素（フィン厚さ、フィン高さ、フィンピッチ）を取り上げ、それぞれ懸念される加工誤差の範囲における、寸法変化と熱伝達率の関係を評価した。

その結果、それぞれのパラメータについて、加工誤差による熱伝達率の影響範囲の定量化に一定のめどが立った。また、一体成形フィンの性能についても確認できた。マジックヒートシンクを構成するおのおののフィンについては、平板上の層流熱伝達率の理論式と類似の傾向を示すこと、平板上の層流熱伝達の経験式以上の冷却能力を得られることが担保されることがわかった。

数値シミュレーションにより、フィンピッチの変化による熱伝達率の変化を定性的に見積もることも成功した。

このことは、川下企業からのニーズに上流側でいち早く設計寸法値を定めるための評価指標として期待が持てるものである。

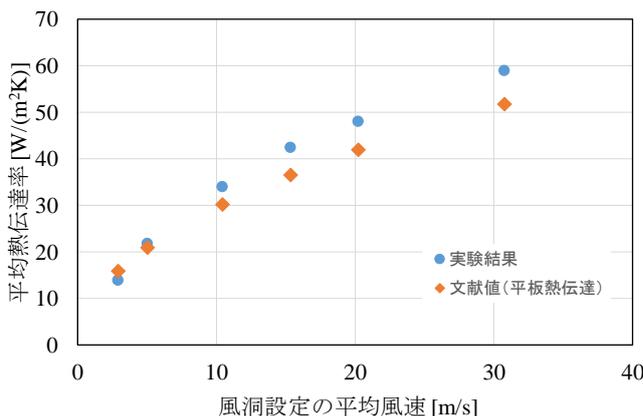


図8 熱伝導率の理論と実験値の比較

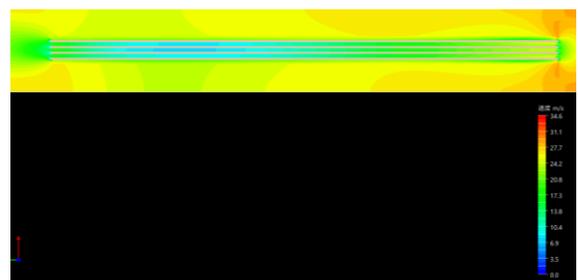


図9 熱流体解析結果一例（フィンピッチ 2.1 mm, 風速 35 m/s）

2-1-5 ヒートシンクの性能評価（住友精密工業担当）

風洞試験設備を構築し、限定サイズサンプル（スケールモデル）での性能評価を実施した。ヒートシンクの主要パラメータ（フィン高さ、フィン板厚（厚み）、フィンピッチ）のばらつきによる熱交換器の（放熱、空気抵抗）性能への影響を確認した。

調査したヒートシンクの主要パラメータのベースライン

- ✓ フィン高さ : 21 mm
- ✓ フィン板厚（厚み） : 0.5 mm
- ✓ フィンピッチ : 2.1 mm

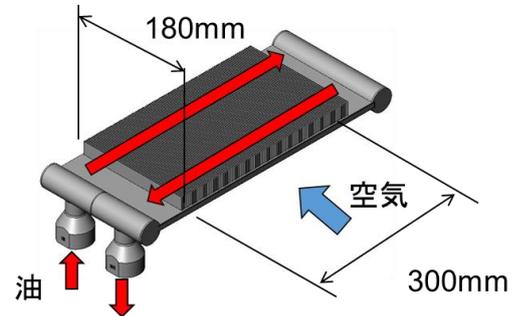


図10 試作品（スケールモデル）

調査結果

性能試験の結果からヒートシンクの主要パラメータが熱交換器の性能に与える影響をまとめた結果を下図に示す。実用化に向けた量産品の設計開発に有効なデータを取得することができた。

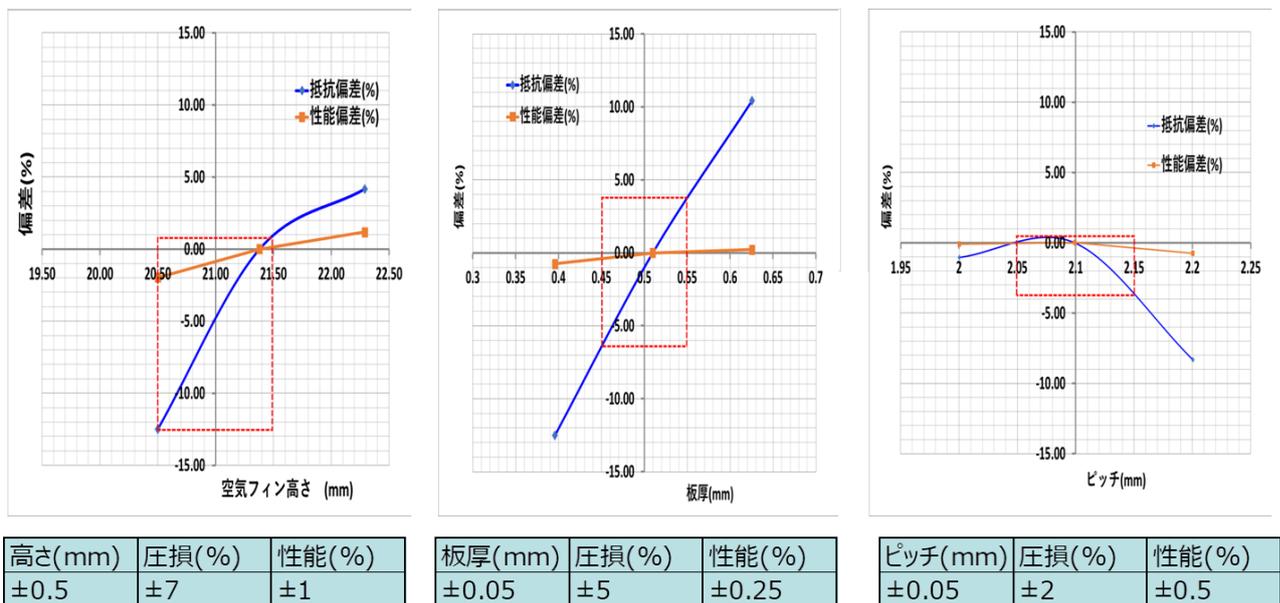


図11 ヒートシンク寸法の熱交換器性能への影響

2-2 金型刃物の高耐久化

2-2-1 耐久性の高い高精度な刃物の開発・製作

(中村製作所、長野県工業技術総合センター担当)

加工中の刃物動作と材料の加工変化を高速カメラにより見える化し、同時に、各種センサによる加工荷重の計測により加工状態を見る化し、刃物寿命に影響する要因について評価実験を行った。



図12 実験評価用刃物

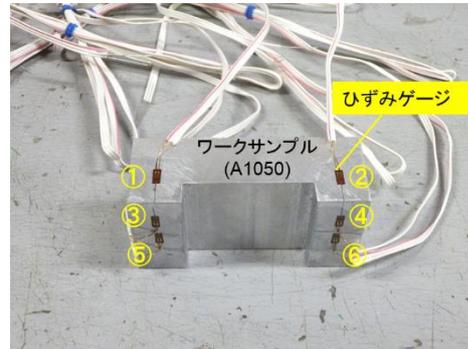


図13 実験サンプル

表面処理についてノンコートとTiAlN系コーティングの2種類を比較した。なお、刃物先端部はすくい角を大きくした2段形状としている。まず、コーティングの有無による荷重とひずみへの影響を調べるため、材料強度試験機を用いて荷重-ひずみ試験を行った。その結果、平均的な荷重値に大きな差はないが、ノンコート刃物はストロークの増加に伴い荷重値も増加する傾向を示すことが分かった。

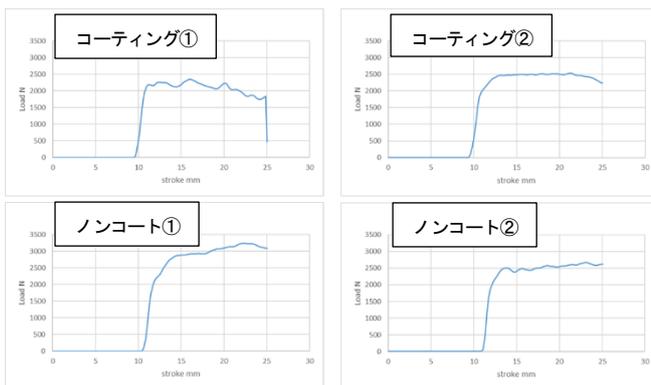


図14 荷重-ストローク線図

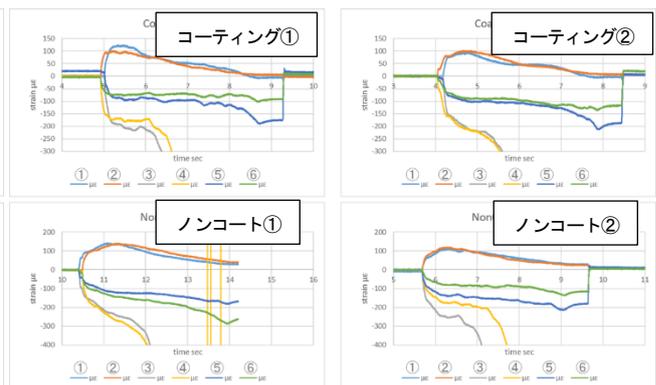


図15 ひずみ線図

ひずみ量についても大きな差はないが、図15に示したひずみゲージ貼付位置を示す⑤と⑥の位置において、コーティング刃物の方が若干小さい。これについては、上述のノンコート刃物の荷重が増加していることも影響していると考えられる。

次に、加工量の蓄積による影響を評価するため、荷重試験と刃先の損耗およびコーティングの状態の観察を行い刃先の耐久性を評価した。マシンバイスに固定したワークサンプルについて50回加工した後、切削動力計上のワークサンプルを加工することで加工荷重を測定する。その後、再度マシンバイスのサンプルを200回加工し、100回目、150回目、200回目に測定した。

また、加工油剤供給について、それぞれの刃について油剤塗布およびミスト供給を行い、潤滑による刃先ダメージの検証を行った。

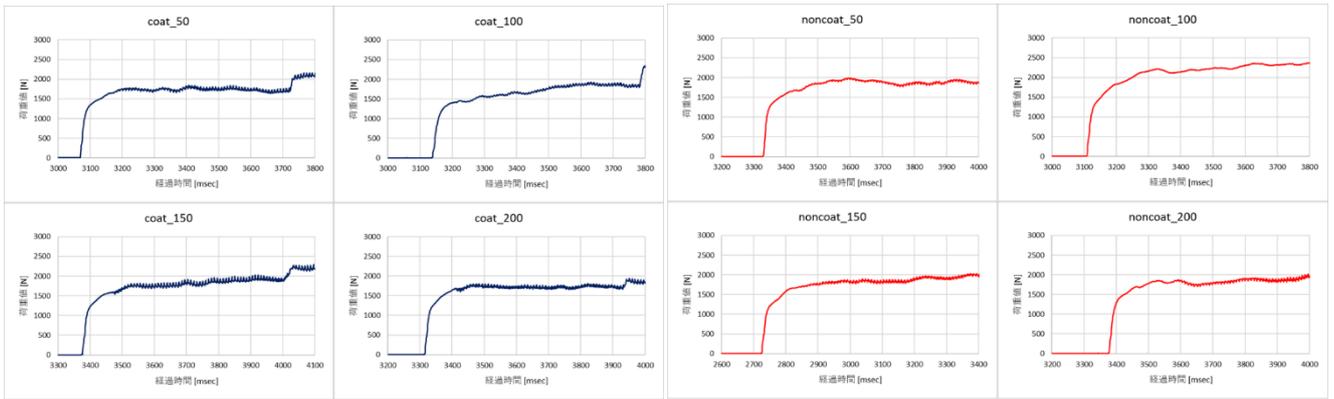


図16 コーティング工具での荷重値推移

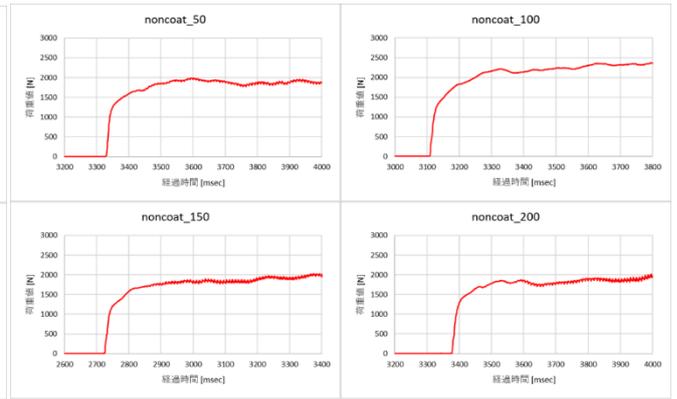


図17 ノンコート工具での荷重値推移

実験の結果、コーティング工具のフィン形成時荷重値は2000N以下で推移しているが、ノンコート工具は若干高い傾向を示すことがわかった。両工具ともに、200回までの加工回数に伴う荷重増加は見られないが、ノンコート工具の方が極わずかであるが上昇傾向を示しているといえる。なお、コーティング工具の後半で荷重値が上がっているのは、荷重測定用サンプルの形状によるものである。荷重値に大きな差はないが、相当数の加工回数が累積することで変化していくものと考えられる。

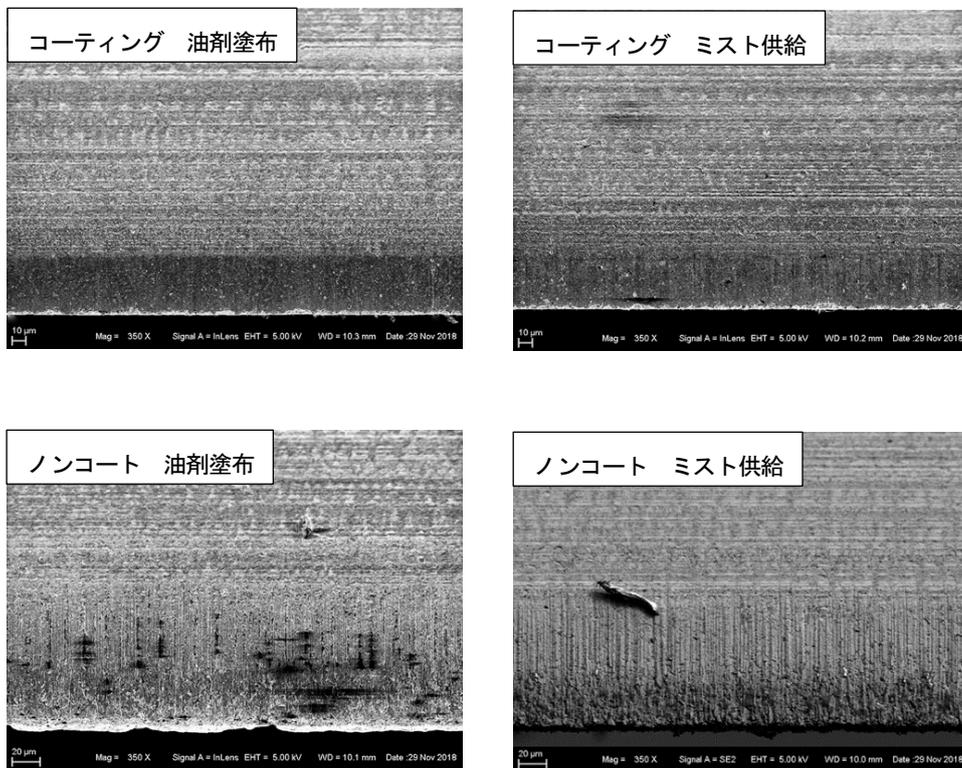


図18 加工後の刃先状態

2-3 流路一体加工の技術確立

2-3-1 加工条件の試行・研究（中村製作所、長野県工業技術総合センター担当）

押出成形時の材料流れを改善する押出金型構造や押出成形後の材料の後処理を材料メーカーと共に検討・研究し、完成した大型フィン加工機による流路一体加工サンプルの試作・加工を実施し、フィン加工条件の面からの最適条件を確立した。

当初加工熱処理を施したO材への加工を試したところ、形成したフィンに変形が発生した。原因究明の結果、押し出し用金型ブリッジ部分に起因する押し出された材料における結晶構造の肥大が原因と判明した。この対策として2つの案を検討した。

1. 押出成形の金型構造を変更（チャンバーの角度変更）し押し出し時の材料流れを改善する。
2. 押し出し時の材料温度を上げて製造する。

上記の2つの案により製作した材料でフィン加工を試行した。

次の図は変形したフィンの写真であり、加工条件により変形パターンが2種類に分かれる。



図19 フィン加工方向への変形

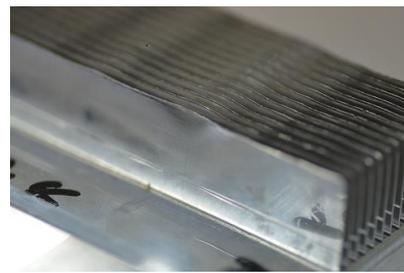


図20 フィン高さ方向への変形

対策品加工・検討結果

- フィン高さ方向への変形は改善され、実用範囲の変形に収まることが確認できた。
- フィン加工方向への変形は、対策品すべてにおいて未対策品と同様の変形が発生。
- また、押出成形後の熱処理の有無で比較した結果、熱処理することにより結晶構造の粗大化が進行し、より変形を助長することが分かった。
- フィン加工方向の変形は、フィン加工条件管理で改善できることが分かった。

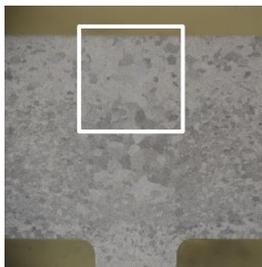
対策した金型での押出材へのフィン加工結果



図21 フィン加工方向への変形が発生する加工条件での加工



図22 フィン高さ方向への変形が発生する加工条件での加工



表面部分の粗大化結晶が分断されている様子がうかがえる

図23 押出T5材断面

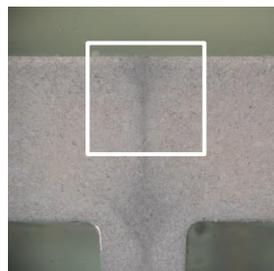


図24 押出O材断面

2-3-2 流路一体加工品の性能評価（住友精密工業担当）

大型フィン加工機で試作加工する長尺品の設計を行い、そのフルサイズサンプル(フルモデル)での性能評価を実施した。



図25 試作品（フルモデル）試験セットアップ

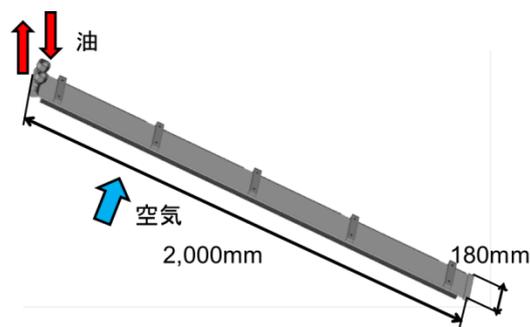


図26 試作品（フルモデル）設計

性能試験結果

性能試験と性能計算結果の比較検証結果を下図に示す。実用化に向けた量産品の設計開発に有効なデータを取得することができた。

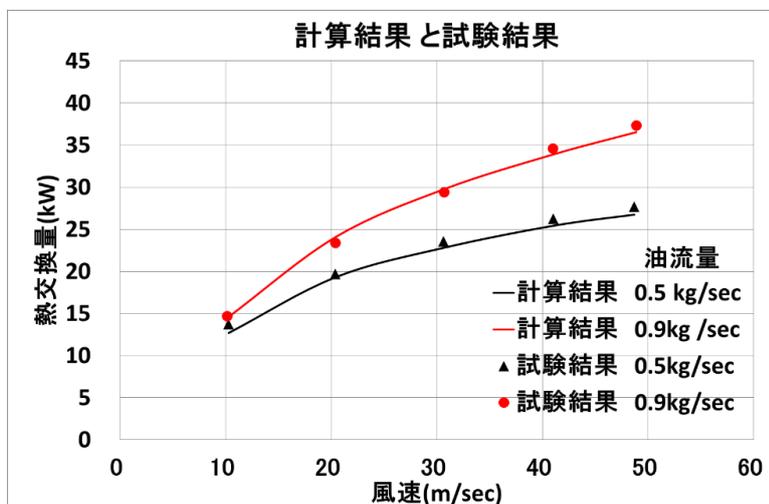


図27 計算結果と試験結果の比較

2-4 航空機エンジン用熱交換システムに使用するヒートシンクとしての評価

2-4-1 試作品評価（住友精密工業担当）

流路一体の押出成形材に空気フィンを加工したヒートシンク（上記2-3参照）を用いて航空機エンジンに搭載させるデザインに近い類似した長さ2mの長尺熱交換器の製造に成功し、製造の実現性を確認した。実機搭載を考慮した製品の製造プロセスにおける知見を得ることができ、実用化に向けた量産設計のための有用なデータを取得できた。

次図は製造した長さ2mの長尺熱交換器の写真である。



図28 2m長尺熱交換器

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果

初年度は既存設備を使用し、限定サイズの試作サンプルの製作を通じて、加工条件を研究し、製作したサンプルにより、フィン性能の評価を実施した。また、2.5mのフルスケールを製作可能な大型フィン加工機の開発・設計を完了し、年度内に入手可能な部品を手配しユニット組み立てを実施し、2年目に長納期部品を調達・入手し、それにより初年度に組み上げておいたユニットを組み上げ、大型フィン加工機を完成させた。この大型フィン加工機の加工精度の確認とフルサイズサンプルの製作及びその寸法測定を実施することにより、当初の目標である加工精度の目標達成を確認した。

また、完成したフルサイズヒートシンクを使用し川下ユーザーである住友精密工業殿にて長尺細幅の熱交換器の製造に成功した。

ヒートシンク単体及び熱交換器での性能評価においても良好な結果を得られ、開発した製造技術（大型フィン加工機）によるヒートシンクの寸法誤差が性能に及ぼす影響が実用上問題のない範囲に収まることが実証された。

これにより当初の目的は達成できたものとする。

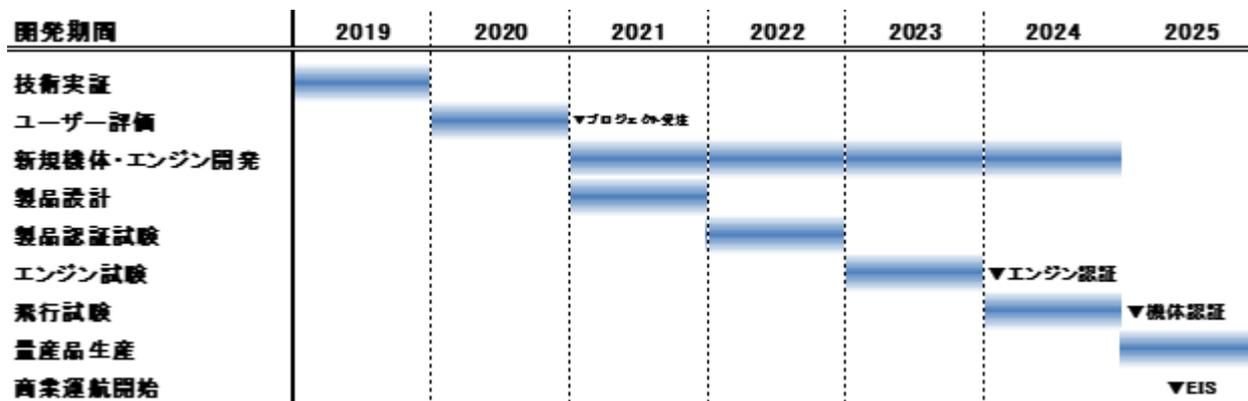
効果としては、本研究開発による製品：航空機用先進熱制御システム用ヒートシンク長さ2000mmの長尺と、狭ピッチ・薄型フィンによる熱交換効率の高い軽量化ヒートシンクを実現したことにより、航空機の次世代熱交換システムの軽量化、高性能化さらにはコストダウンに貢献できる。

- ① 航空機エンジン用熱交換システムの10%軽量化目標に対して、フィン重量を35%軽量化できる事により貢献できる。
- ② 次世代熱交換システムのコスト35%削減目標に対して、オイル流路一体化も含めた本技術開発とその実用化により、ヒートシンク部分のコスト削減が可能となる。

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

事業化に向けた取り組み

- ① 4大航空機エンジンメーカー（英国 RR 社、仏国 Snecma 社、米国 GE 社、米国 PW 社）に今回開発した技術を継続的に紹介し、将来航空機エンジンへの搭載を提案する。
- ② 2025年頃に商業就航（EIS）が予想される B797 用エンジン、2030年代に商業就航（EIS）が予想される A320X、B737X 用エンジン等が当面の目標となるが、A320NEO、B737MAX、A350、B787 などの既存の航空機についても、2nd ソースとしての受注やマイナーチェンジ時の載せ替え等のチャンスがあるので、市場の動向把握に努める。



また、本研究開発により従来より大型のヒートシンクを製作することが可能となり、従来からの特徴である微細・軽量・高性能といった特徴と合わせて、自動車用 PCU などで大型ニーズの市場での事業展開が可能となる。