

アルミを進化させるSUS



SUS 株式会社 〒422-8067 静岡市駿河区南町14-25 エスパティオ6F TEL054-202-2000(代) FAX054-202-2002 www.sus.co.jp

仙台営業所 TEL022-772-3340 FAX022-772-3341 東京営業所 TEL03-5652-2391 FAX03-5652-2392 長野営業所 TEL0263-85-1211 FAX0263-85-1212
静岡営業所 TEL054-202-0800 FAX054-202-0801 名古屋営業所 TEL052-220-1711 FAX052-220-1152 大阪営業所 TEL06-6325-0077 FAX06-6325-0078
九州営業所 TEL0942-87-5270 FAX0942-87-5010

●この印刷物は、環境保護のため再生紙と大豆油インクを使用しています。

Sing 27

SUS FA MAGAZINE シング
2014 May No.27

特集

航空機産業とアルミニウム

3 特集

「航空機産業とアルミニウム」

5 アルミニウム合金の航空機産業における役割と今後の課題について
————— 一般社団法人 日本航空宇宙工業会

11 航空機産業の発展に見るアルミニウム合金の歴史と変遷
————— 株式会社UACJ

17 新しい素材が技術革新を生み出す航空機製造の現場が語るこれから
————— 新明和工業株式会社 航空機事業部

19 航空機産業でも注目されるアルミバيب構造材GF

23 エアロコンセプトは自分の命職人の知恵と経験そして誇りが心を揺さぶる逸品を生み出す
————— 株式会社エアロコンセプト

SUS TOPICS 27 ますます広がる SUSのグローバルネットワーク

新製品情報
29 IFホッパΦ80
31 アルミ防水制御ボックスPBOX

33 生産現場イノベーション

- ・トヨタ自動車株式会社
- ・株式会社デンソー北海道
- ・三桜工業株式会社 古河事業所

49 バックナンバー/カタログ
WEBサイトのご案内
カタログFAX申込書

オールアルミの推進とハイブリッド化を目指して

SUS株式会社 代表取締役社長 石田保夫

近年、国内における航空機産業の飛躍には目覚ましいものがあると感じています。ボーイング787の機体製造に日本の主要メーカーが参入しているほか、三菱リージョナルジェット(MRJ)の初飛行や、ホンダジェットの今後にも期待が高まります。アルミ材の積極的な活用を考えると、航空機は非常に魅力的な産業です。アルミを用いた車は増えていますが、航空機ほどの必然性はありません。国産航空機の完成はジュラルミンの応用、さらにはアルミ産業全体の発展へとつながっていくものと確信しています。

SUSもジュラルミンを用いたアルミボルト・ナットの開

発・製造に着手し、今夏より本格的な販売を予定しています。これまでアルミ押出材には主に6000番台の合金を使用してきましたが、アルミボルト・ナットには、航空機と同じ7000番台のジュラルミンを使用しました。アルミフレームの締結に新たな展開と可能性を示すことができると感じています。

これまでアルミフレームを締結していた金具類(ブラケット)は、ほとんどが鉄やステンレスといった異素材でした。SUSでは蓄積したノウハウをベースに研究を重ねる中で、フレーム、ボルト、ナット、ブラケットのすべてをアルミで統一することで、線膨張係数やヤング率が同一となり、緩みが生じにくくなることに着目しました。ジュラルミンを用いた製品開発を進め、緩みにくく錆びにくい、しかも腐食や強度にも優れた締結を実現することができたのです。ジュラルミンは長所もあれば、短所もある素材です。これまで以上に扱いが難し

いことは確かですが、短所を補い、長所を伸ばすことで機能的な利用方法を検討できれば、アルミボルト・ナットの汎用性はさらに広がり、市場を構築できるものと考えています。

FA(ファクトリーオートメーション)業界の中ではアルミフレームシステムのオールアルミ化は非常に使いやすく、高需要が見込めると感じています。しかし、すべてをアルミにするのではなく、適材適所で異素材と組み合わせて使うことも必要です。航空機産業ではCFRP(炭素繊維強化プラスチック複合材)が台頭しているように、それぞれの素材が持つ特性をうまく生かし、組み合わせていくハイブリッド化を進めることが今後、必然となってくるのではないのでしょうか。アルミのさらなる活用方法の模索とともに、ハイブリッド化にも積極的に取り組んでいきたいと思います。



特集

航空機産業とアルミニウム

アルミニウムはジュラルミンの発見以降、航空機産業を支える主要構造材として長きにわたり、第一線で活躍してきました。今回は航空機産業とアルミニウムの歴史を振り返るとともに、先端技術の集大成といわれる素材開発の現状、航空機製造特有の産業構造や製造現場の声を取材しました。さらなる軽量化を目指す航空機製造の現場で求められる新素材とは、そして今後アルミニウムが担っていく役割とは何かを一緒に考えてみましょう。

©Boeing

アルミニウム合金の航空機産業における役割と今後の課題について

最先端の技術が結集する航空機産業。近年の航空機開発における機体構造の軽量化は、性能向上はもちろん、運用コスト低減を実現するための大きな課題となっています。アルミニウム合金はその軽さと施工性の高さから、これまで主要構造材として不動の地位を確立してきました。しかし、近年は炭素繊維強化プラスチック複合材(CFRP)の目覚ましい台頭により、大きな転換期を迎えています。アルミニウム合金が航空機産業に果たした功績と今後求められる新たな役割について、一般社団法人 日本航空宇宙工業会 技術部部長 藤貫泰成氏にお話を伺いました。



一般社団法人
日本航空宇宙工業会
技術部部長 藤貫 泰成 氏

航空機産業の発展と共に歩んだ アルミニウム合金の歴史を紐解く

時代の流れとともに、航空機産業も大きな変遷を遂げています。アルミニウム合金の歴史と、航空機産業の発展に果たした功績について教えてください。

アルミニウム合金は、航空機産業の発展の歴史には欠かせない素材です。特に有名なのは1906年、時効硬化現象によりドイツで偶然発見されたジュラルミン(2017)です。その後、第二次世界大戦を機に、より強度を高めた超ジュラルミン(2024)、超々ジュラルミン(7075)が開発されました。アルミニウム合金は機体や翼、エンジンの構造材として、さらには補機(アクチュエータやポンプなど)のハウジング材として幅広く活用され、軽さと高強度を併せ持った特性を生かし、機体の軽量化に大きく貢献しました。アルミニウム合金の存在がなければ、現在の航空機による大量輸送は成立しなかったと言っても過言ではありません。

航空機はエンジンの力で生成される後方への空気流によって機体を推進します。それに伴ってできる空気の流れを翼で揚力(流体中を運動する物体に対して、その運動方向に垂直で上向きに作用する力)に変換し、空へ浮かび上がる乗り物です。その原理から、軽量かつ高出力のエンジン、高い揚力を生む翼、軽い機体が必要とされるのです。

しかし初期の航空機ではエンジン出力が足りず、流体力学での評価も十分ではなかったため、航空機としての最適形状をつくり出せず、必要な揚力を得ることができませんでした。1903年、ライト兄弟が布製の翼と木材によるフレーム構造で軽量化を図り(機体重量340kg、エンジン出力12馬力)、世界で初め

て有人動力飛行を成功させました。その後、1906年に開発されたジュラルミンが木材、布に代わって航空機に積極的に用いられるようになり、エンジンの高出力化に伴い、アルミニウム合金を用いた航空機産業の時代が幕を開けたのです。

本格的なアルミニウム合金の活用は、第二次世界大戦から始まります。軽量かつ高剛性という特性から、主に翼や胴体などの構造材に使われるようになりました。代表的な例としてあげられるのが国産の「ゼロ戦(零式艦上戦闘機)」です。超々ジュラルミンの多用により、高い運動性能を確保できたことは大変有名です。ゼロ戦の活躍以降、航空機に超ジュラルミン、超々ジュラルミンが用いられることは、もはや常識となりました。

新素材CFRPの台頭と 航空機産業のこれから

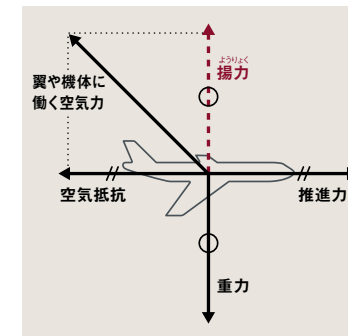
しかし、近年では 炭素繊維強化プラスチック複合材(carbon-fiber-reinforced plastics 以下CFRPで統一)の台頭が目覚ましく、アルミニウム合金の使用が減少しています。

世界の2大航空機メーカーであるボーイング社、エアバス社はともにアルミニウム合金を主体とした航空機をつくってきました。旅客機では「ボーイング747-400(1988年初飛行/ただし初



構造材料の70%をアルミニウム合金が占めるボーイング777。1995年6月の運航以降、全777型機の累計フライト数はなんと220万回以上にのぼる。

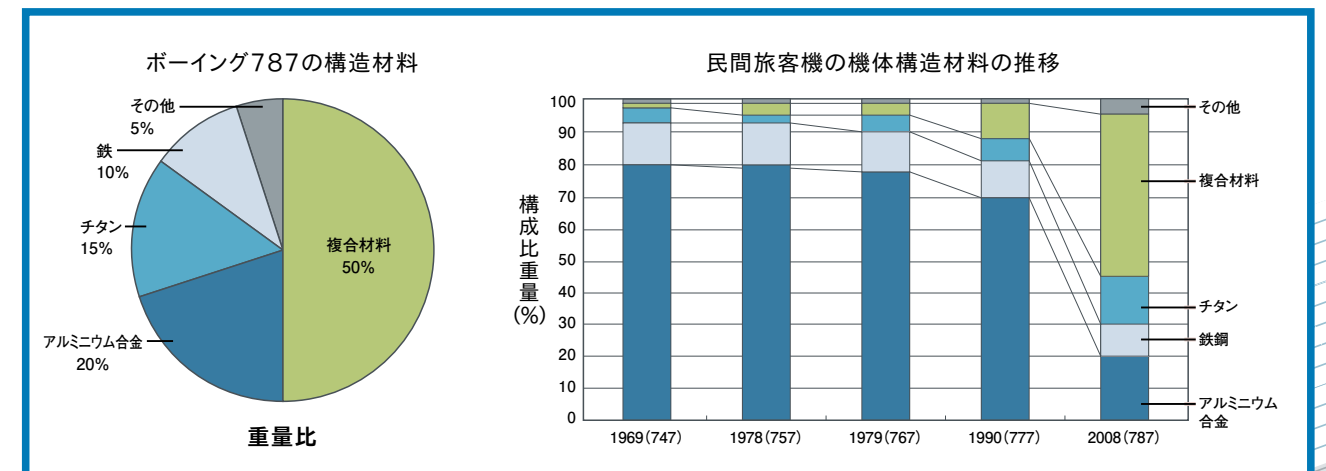
期型のボーイング747-100は1969年初飛行)が、輸送機ではアントノフAn-225(1988年初飛行)がアルミニウム合金を用いた最大サイズの機体です。しかし、以降はCFRPの実用化に伴い、さらなる軽量高強度の実現が可能となり、徐々にアルミニウム合金の使用範囲が減少していきます。ボーイング767(1981年初飛行)からCFRPの利用は始まっており、ボーイング777(1994年初飛行)においては10%、ボーイング787(2009年初飛行)においては胴体、主翼にCFRPが採用され、使用比率は全体の50%に達しています。



水平に一定速度で飛ぶ飛行機に働く力(参照:さっぽろサイエンス観光マップ)



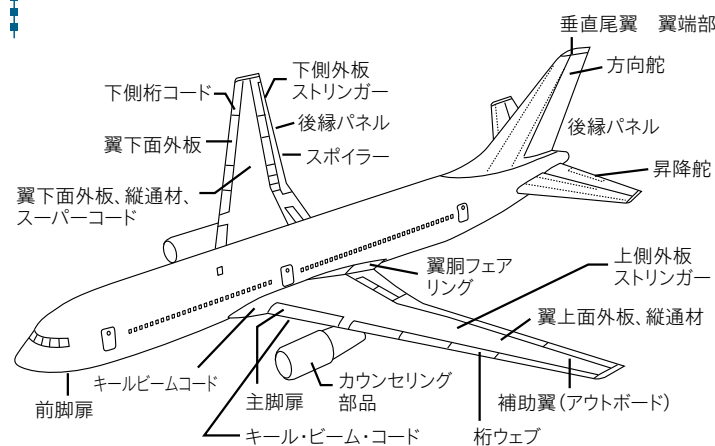
ボーイング787(CFRPが主要構造材)が組み立てられている様子。





アルミニウム合金の航空機産業における役割と今後の課題について

航空機体中使用されている主なアルミニウム合金



出典:「アルミの科学」B&Tブックス日刊工業新聞社

構造材への使用比率が増えているCFRPとは、どんな素材で、どんな特性を持っているのでしょうか。

CFRPは炭素繊維とプラスチック(2013年現在、航空機用には主にエポキシ樹脂という熱硬化性樹脂が用いられている)という、まったく性状の異なる素材を組み合わせることで成り立っています。いわば、素材の段階から組立品のような構造を有しているといえるのです。組立品はそれぞれの部品が要求性能を満たしていても、成型された状態で検査確認を行わなければ正しい性能評価はできません。CFRPの場合も同様で、炭素繊維単体、エポキシ樹脂単体での性能評価のみならず、成型条件を含めたCFRP成型品としての性能評価が必要です。

特に成型時には、繊維の配向、繊維密度、織り方、樹脂の性状、ポイド(空孔)の具合など、さまざまな条件が複雑に存在するため、管理状態が大変重要になります。同じ強度の繊維とエポキシ樹脂を用いても、製造する部位、部品によって性能が異なるため、航空機メーカーは各部位・部品ごとに性能評価を行わなければなりません。またCFRPは運用時の損傷を外部から発見することが難しく、内部に大きな損傷を抱えている場合は、超音波探傷が用いられています。これらを簡素化するため、CFRP内部に神経のような損傷センサーを埋め込み、リアルタイムで検知できる機能の開発が進められています。

ボーイング777(アルミが主要構造材)が組み立てられる様子。この後、塗装が施される。

アルミニウム合金にしか果たせない役割とは

では航空機産業におけるアルミニウム合金とは、どんな素材であると感じていましたか。

総体的に見たアルミニウム合金のメリットとデメリットについて説明しましょう。アルミニウム合金は比強度が高く、軽量でありながら堅牢な飛行機をつくることのできる素材です。加工も容易でメンテナンスがしやすい点も大きなメリットです。

しかし溶接の適用が困難なため、リベット留めや接着を適用するしかなく、こうした接続部材は機体の重量を増やす要因となっていました。また腐食しやすく、最表面だけでなく深く結晶粒界に沿って進行するため、強度の低下につながります。繰り返しの応力に対し、疲労亀裂が進展する性質があるため、適切な設計が必須となるなど、デメリットも多くあげられます。とはいえアルミニウム合

金は高性能で航空機に適した素材であったため、技術者はさまざまな問題を克服し、メリットを最大限に生かす手法を確立することで、今日の航空機をつくり上げてきたといえるでしょう。

CFRPが航空機素材の主流となりつつあるとのことですが、アルミニウム合金にしか果たせない役割はあるのでしょうか。

アルミニウム合金では長い製造経験によって蓄積された膨大な量の強度、耐久性に関するデータに基づいた仕様が定められています。強度の保証は基本的にインゴットメーカーで、また鍛造、鋳造を行う際はそれらの工程を受け持つ素材メーカーが行うため、機体メーカーは強度が保証された素材を前提として、設計・使用を進めていくことができます。さまざまなメーカーが集まる航空機産業の中で、長きにわたる実績があるため、設計、製造プロセスはCFRPに比べると、はるかに容易で信頼性が高いのです。

またアルミニウム合金は不具合の前兆となる損傷を発見しやすく、損傷箇所が見つかった場合にも修理がしやすい点が大変優れています。さらに加工がしやすいので薄肉で複雑な形状を製造する場合など、その特性が大いに発揮されるといってよいでしょう。CFRPはプリプレグ[※]をある程度積層しないと

安定した強度が得られにくく、薄くすることが難しいのです。最適形状をつくる場合でも、プリプレグは金型に沿って曲げることでできる曲率などに制限がある上、繊維を連続させて形をつくるのが難しく、CFRP本来の強度発揮が困難になります。損傷を補修する際も、本来の強度と形状を保つためには高度な接着技術が必要とされます。

しかし、アルミニウム合金にも問題はあります。溶接は可能でも溶融により、性状が変わってしまうため、溶接線の強度の保証が困難になるのです。その対策としてリベットや接着を用いた信頼性のある接合手法も確立しています。また溶融を伴わない固相での接合を可能にするFSW(摩擦攪拌接合)も既に実用化が始まりつつあるのです。



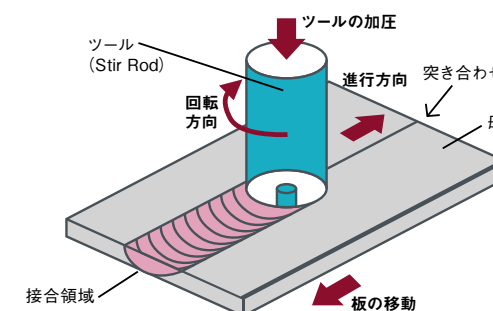
CFRP(炭素繊維強化プラスチック)が構造材の50%以上を占めているボーイング787



画像提供: Mooncraft

※プリプレグとは
炭素繊維などの繊維状補強材に、硬化剤、サイジング剤などの添加物を混合したエポキシなどの熱硬化性樹脂を均等に含浸させ、加熱または乾燥して半硬化状態にした強化プラスチック成形材料。このプリプレグを手加工などで積層して形状をつくる。
(出典: weblio辞典より)

FSW(摩擦攪拌接合)のイメージ



高速で回転するツール(Stir Rod)を被溶接材中に挿入し、移動させることによって接合する方法。摩擦熱により軟化された材料がツールの回転によって混合され、ツールの移動によって後方に押し込まれることにより固相で接合する。(出典: 一般社団法人 日本アルミニウム協会「アルミニウムとは」)



航空機産業と

アルミニウム

アルミニウム合金の航空機産業における役割と今後の課題について



アルミニウム合金が構造材に多用されているボーイング777胴体部 断面。

アルミニウム合金ならではの活用方法や注目すべきポイントなどがありますか。

確かにCFRPの台頭は目覚ましいものがあります。対処すべき課題はあるものの、優れた特性はアルミニウム合金ではなしえなかった、さらなる高強度かつ軽量化を両立した航空機を生み出しています。機体の軽量化は、燃費性能に直結します。低燃費は運行費を抑え、環境にもやさしいため、航空会社にとっては直接的なメリットが大きいのです。

一方、アルミニウム合金は複雑な形状部材や応力の向きが変動する部材など、CFRPでは実現が難しい点を補完する活用方法に注目が集まっています。またCFRPのように性能や安全性を維持するための特殊な設備や技能を必要としないため、開発途上国や中小エアラインなど、新たな技術導入が困難な運用者にとっては魅力的であるといえるでしょう。このようにアルミニウム合金とCFRPはそれぞれの特性を生かすことで、航空機産業における優れた素材としてそれぞれに発展を遂げていくことが予測されています。

さらなる軽量化を目指して最先端技術のこれから

航空機用アルミニウム合金には、ジュラルミン以外にも「アルミリチウム合金」があります。具体的な活用は進んでいるのでしょうか。

水より軽いリチウムをアルミニウム合金に1%添加すると、剛性が約6%向上し、密度は3%低下します。リチウムの特性を取り入れたアルミリチウム合金は、異方性（物質や空間の物理的性質が、方向によって異なること）やコスト面の問題から、これまで航空機には使用されていませんでした。しかし、ボーイング777にはアルミリチウム合金8090-T3が、低密度を生かして音響吸収材として採用され、エアバスA380では主翼などに2050-T84や2196-T8が採用されるなど注目を集めています。

エンジン部品には、高温にも耐えられる素材として、チタン

アルミニウム合金も既に実用が開始されました。ニッケル基合金の約半分の比重でありながら、強度および耐熱性から低圧タービンに使用することができるため、エンジンの軽量化、ひいては航空機の軽量化に寄与しています。

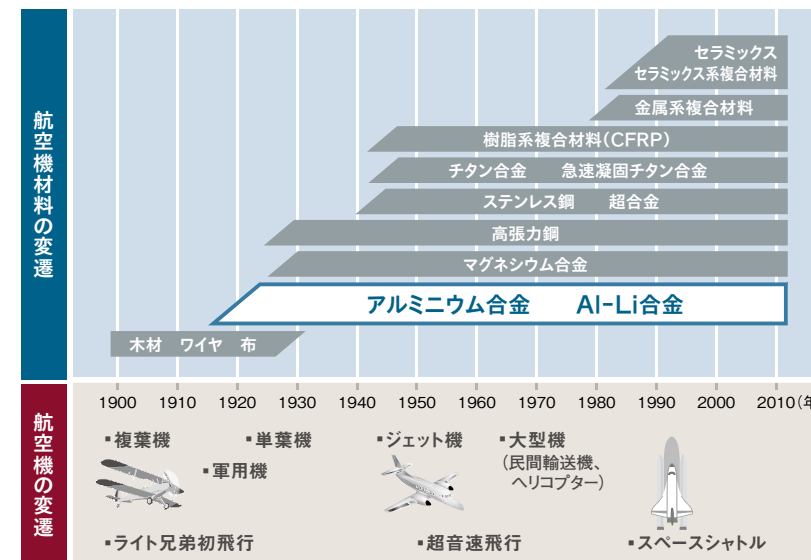
またCFRP同様に、アルミニウムを基材とし、アルミナ繊維、炭素繊維、炭化ケイ素繊維、窒化ケイ素繊維、ナノマテリアルなどを強化材として複合化する研究も進められています。これらは母材との馴染みやすさを向上させるためのコーティングなど、着々と課題を解決できる方法が考案されており、今後の技術の進展に大いに期待が寄せられています。

新素材には、製造技術の商業化、加工、鋳造、接合、修理など各種技術の開発、材料特性の強度における経時変化データの蓄積など、行うべき研究要素はたくさんありますが、実用化に向けた展開が楽しみなテーマといえるでしょう。

今後、アルミニウム合金は航空機産業の中で、どういったポジションで推移していくとお考えでしょう。

エアラインの運航者にとって、低い初期投資、低い運航コストで安全に運用できるものが必要であることは、いうまでもありません。そのひとつの解がCFRPの積極的な採用であるといえるでしょう。その一方でCFRPの欠点を補うための素材の重要性、必然性はさらに高まっています。アルミニウム合金は、今後より

航空機材料の変遷



出典：日本航空宇宙工業会調べ

比強度が高い素材や信頼性のある接合方法、検査方法が発達することで、適材適所としての用途が確立され、その期待に応じた使用占有割合で推移していくことでしょう。

今後とも軽量、高強度、高信頼性、加工、接合、修理のしやすさといったアルミニウム合金ならではの特性を生かし、航空機業界での活躍は続くものとみています。CFRPの積極的採用は、パラダイムチェンジではなく、多様化を許す技術発展があってこそその結果であると感じています。

主に航空機材料に用いられるアルミニウム合金

■ Al-Zn-Mg系合金 (7000系アルミニウム合金)

7000系の合金は、Cuを含まない溶接構造用合金と、Cuを添加したアルミニウム合金のなかで最も高い強度を持つ合金とに分類できます。Al-Zn-Mg-Cu系合金の代表的なものは、日本で開発された超々ジュラルミンの呼称で知られる7075合金で、航空機、スポーツ用品類に使用されています。Cuを含まないAl-Zn-Mg系合金の代表的なものに、7N01 (国際合金登録7204)、7003合金があります。比較的高い強度があり、しかも溶接部の強度は常温に放置するだけで母材に近い強度まで回復するため溶接構造用材料として鉄道車両などに使用されています (Zn=亜鉛、Mg=マグネシウム、Cu=銅)。

■ その他の合金 (8000系アルミニウム合金)

これまでの合金系に属さないその他の材料で、急冷凝固粉末冶金合金や低密度・高剛性材として開発されたAl-Li系合金などがあります。日本では、Feを添加することによって強度と圧延加工性を付与したアルミ箔用合金8021、8079が、電気通信用や包装用として使用されています (Li=リチウム、Fe=鉄)。

□ 参考資料

- 1) 社団法人 日本航空宇宙工業会「航空と宇宙」第627号
- 2) みつびし飛行機物語 / 松岡久光著 ISBN-4-87152-184-2
- 3) The World's Most Significant and Magnificent Aircraft : Evolution of the Modern Airplane / David B. Thurston ISBN-0-7680-0537-X
- 4) 平成13年度 素材専門委員会報告書「航空機用アルミニウム合金・加工技術の動向」 社団法人 日本航空宇宙工業会
- 5) 炭素繊維複合材関係技術開発事業評価報告書 平成21年11月経済産業省製造産業局 炭素繊維複合材関係技術開発事業評価検討委員会



航空機産業の発展に見る アルミニウム合金の歴史と変遷



株式会社UACJ
技術開発研究所
顧問 吉田 英雄氏

UACJは、古河スカイと住友軽金属が2013年10月1日に経営統合して誕生しました。
「UACJ」は「United Aluminum Company of Japan」の頭文字から生まれた社名です。

アルミニウム合金は、航空機産業に多大なる影響を及ぼした素材です。ここでは長年にわたってアルミニウムを研究し、さまざまなプロジェクトでも活躍されてきた業界の第一人者である株式会社UACJ 技術開発研究所顧問 吉田 英雄氏に、ジュラルミンの発見から近年の高強度高剛性アルミニウム合金の開発に至るまでの歴史と変遷についてお話を伺いました。



最先端技術を取り入れた次世代リージョナルジェット機「MRJ」。アルミニウム合金の使用率が80%を占める（画像提供：三菱航空機株式会社）。

ジュラルミンの発見が航空機の歴史を変え、 超々ジュラルミンの開発が航空機産業を発展させた。

今日の航空機産業の発展において、日本で開発された「超々ジュラルミン」が与えた影響と果たした役割は絶大であったと感じられます。

超々ジュラルミン（7075）の特許が出願されたのは1936年6月9日です。翌1937年、開発が成功したばかりの超々ジュラルミンは、当時の戦闘機に使用されていた超ジュラルミン（2024）に比べ、1機あたり30kgも軽量化できると試算されたため、即決で機体に採用されました。当時はグラム単位で軽量化を実現しようと努力をしていたほどだったので、まさに驚くべき進化であったといえるでしょう。こうして日本が世界に誇る「ゼロ戦（零式艦上戦闘機）」が誕生したのです。機体が軽くなったことで、スピード、旋回精度が高まったのはもちろん、長距離を飛べるようになり、戦闘機の主要材料として超々ジュラルミンは、瞬間に普及しました。

しかし1942年、アリューシャン要地攻略作戦で、ゼロ戦はほ

ぼ完全な形のまま不時着してしまいます。墜落機はアメリカ軍によって詳細に調査され、ゼロ戦の弱点が解明されるとともに、超々ジュラルミンについても分析が行われました。当時、アルコアが開発していた類似合金は1943年、75S（7075）として実用化されます。しかし超々ジュラルミンよりZn（亜鉛）が2%ほど少なく、Cr（クロム）の添加のみでMn（マンガン）はほとんど含まれておらず、Cu（銅）、Mg（マグネシウム）の含有量も異なったため、超々ジュラルミンほどの強度はありませんでした。



軽量かつ高剛性の超々ジュラルミンによってその名を世界に轟かせた零式艦上戦闘機。



海水から引き上げられたゼロ戦機の一部（主翼桁）。押出材と板がリベット留めされている。



日本は非常に短期間で、超々ジュラルミンの開発に成功したとのこと。どういった経緯があったのでしょうか。

ジュラルミンは1906年、ドイツのアルフレッド・ウィルムによって偶然発見されました。アルミニウムは単体では軟らかいままなので、他の素材を合わせてもっと硬質な合金をつくれなかと考え、各種金属を混ぜて焼入れをしましたが変化はみられませんでした。9月のある土曜日にCuを4%、Mgを0.5%含むアルミニウム合金を焼入れし、硬さの測定を午後1時までに行い、その続きを翌日の月曜日に行ったところ、著しく硬化が進んでいることに気がきます。これがジュラルミンの「時効硬化※」と呼ばれる現象だったのです。

軽さと強度を兼ね備えたジュラルミンはドイツの飛行船Zeppelinの骨組みにも採用されていました。1916年、ロンドン郊外に墜落したZeppelinの残骸の一部からジュラルミンを入手したロンドン駐在軍監督官が、日本海軍艦政本部に送付。海軍はその材料調査を住友伸銅所（後の住友軽金属、現UACJ）に依頼します。これが日本とジュラルミンとの出会いとなりました。

※ 時効硬化とは…アルミニウム合金の熱処理で起きる現象、焼き入れなどの熱処理後、放置しておくだけで硬化が進む。



現在もUACJに保管されている墜落したZeppelin飛行船骨格の一部。

当時、日本国内で製造されていた戦闘機は外国人の設計や外国機を模倣したものに過ぎなかったため、性能としては劣っていました。海軍は日本独自の技術で欧米に負けない性能を持った航空機製作を決意します。入手したジュラルミンを分析し、徹底した素材開発を進めた結果、1935年に超ジュラルミンの開発に成功します。しかし、新しい合金が完成したのもつかの間、海軍航空本部から50kg/mm²以上の高力合金の開発要請を受け、超ジュラルミンを超える新アルミニウム合金「超々ジュラルミン」の開発がスタート。驚異的なスピードで研究が進められ、ゼロ戦への採用へとつながっていったのです。

■戦前開発された航空機用アルミニウム合金の化学成分と強度

合金	化学成分	亜鉛 (Zn)	銅 (Cu)	マグネシウム (Mg)	マンガン (Mn)	クロム (Cr)	引張り 強さ
ジュラルミン (2017)			約4%	0.50%	0.50%		400N/mm ²
超ジュラルミン (2024)			4.50%	1.50%	0.50%		500N/mm ²
超々ジュラルミン		8.0%	2.0%	1.50%	0.50%	0.25%	600N/mm ²

ジュラルミン、超ジュラルミン、超々ジュラルミンに関する詳細は、Sing18号P29～P32に掲載されています。

戦後における日本の航空機産業を支えた技術力、執念の開発力

航空機の開発力が非常に優れていた日本ですが、今日の航空機産業では欧米にシェアを奪われています。以前は国産旅客機があったのですが、現在はどうなっているのでしょうか。

第二次世界大戦後、GHQ(連合国軍最高司令官総司令部)によって日本は航空機の研究、製造、運航をすべて禁止されました。しかし1957年に全面解除、1959年には官民共同の特殊法人「日本航空機製造株式会社(NAMC)」が設立され、初めて自国で開発を行った総ジュラルミンの双発プロペラ旅客機「YS-11」が誕生します。設計にはゼロ戦開発に携わった堀越二郎氏をはじめとする戦前に活躍した多くの技術者が参加。生産は機体メーカー6社(新三菱重工業[現:三菱重工業]、



現在は、航空自衛隊、海上自衛隊で活躍しているYS-11(画像提供:航空自衛隊美保基地)。

川崎航空機、富士重工業、新明和工業、日本飛行機、昭和飛行機)が分担し、最終組立は新三菱重工業が行う、まさに日本の軍用機開発技術を注ぎ込んだ「名機」でした。

量産に着手し、順調に生産が続いていましたが、後発かつ日本製旅客機という未知の存在であったYS-11は海外でのセールスに苦戦。競争力の高い既存マーケットに参入できず、360億円にもおよぶ累積赤字を出し、182機の販売を最後に製造が中止されました(その後、日本航空機製造は1982年に解散し、残務は三菱重工業に引き継がれた)。販売された100機以上の旅客機は日本国内ならびにアジア諸国で長く使用され、2006年に引退。現在は航空自衛隊、海上自衛隊で活用されています。

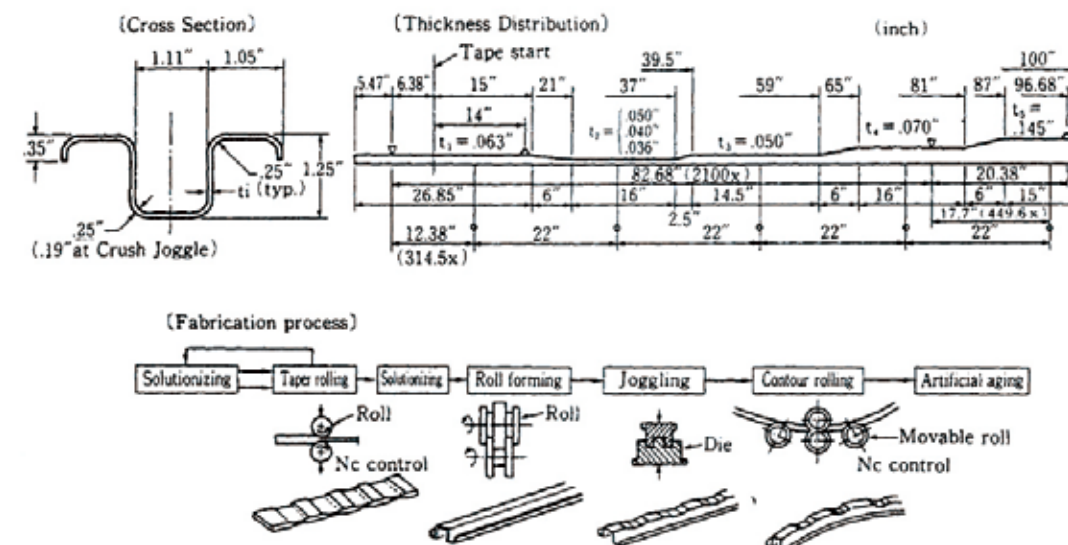
航空機用アルミ材の研究開発には国内メーカーもさまざまな形で尽力していたそうですね。

ボーイング767の製造には、従来7075押出型材を用いたストリンガー(縦通し材)の重量を軽減するために、板材を圧延により長手方向で肉厚変動させ、継手部分のみを厚くしたテーパーストリンガーを全面的に用いようとしていました。しかし海外製の7075板材では、テーパ圧延[※]で弱加工された部分に溶体化処理による結晶粒粗大化が生じ、その後のハット加工で割れが発生。金属疲労により強度が低下するという問題が生じていました。これらを解決するために住友軽金属(現:UACJ)の研究者らは適正な析出処理で軟化させ、テーパ圧延の弱加工・溶体化処理で結晶粒粗大化が生じない加工熱処理方法を開発、国産化に成功します。こうして三菱重工業は加工熱処理を施した板材をハット型に成型し、ボーイング767、777のストリンガーに用いることができたのです。また、その後はストリンガーのコストダウンや応力腐食割れを改善するための成分や調質の検討、復元処理利用による加工工程の簡略化を三菱重工業と共同開発しました。

一方、神戸製鋼や古河スカイはポリッシュドスキン[※]の国産化に取り組みました。航空機は耐食性向上や疵防止のために表面が塗装されているため、4〜5年で塗り替えが行われます。塗装は有機溶剤で剥離し、環境に負荷を与えるほか、重量も相当なものであったため、手間と燃費節約に寄与できることから、ボーイング社はポリッシュドスキンを採用。これに対しボーイング社とMPC(Metal Polishing Co.)が共同でポリッシュドスキンを開発し、アルコアのみが供給できるようになりました。神戸製鋼と古河スカイは表面疵や色むらがなく、光沢に優れた表面の評価技術と研磨方法を確立し、外板用広幅クラッド材の国産化に成功します。

※テーパ圧延
長手方向で板厚を変えて圧延する方法。
※ポリッシュドスキン
透明なコーティングのみで金属の地肌がむき出しになった特徴的な機体。アルミクラッド材を研磨剤で磨いて、光沢を出し、表面に形成される自然酸化被膜で腐食防止を図る。

テーパーストリンガー材の開発



超々ジュラルミンを超えるアルミニウム合金開発を目指して

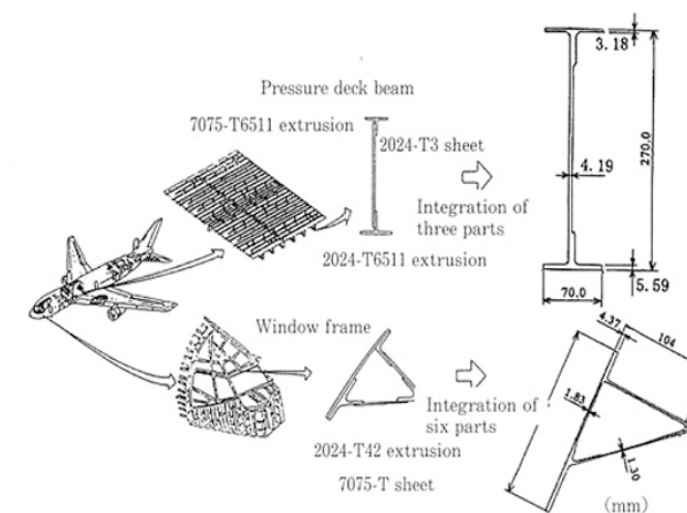
超々ジュラルミン以降、新たなアルミニウム合金の開発は、どのように進められたのでしょうか。

これまで述べてきたように、航空機の開発における課題の1つに機体の軽量化が挙げられます。航空機材料開発の流れは、超々ジュラルミンを超える高強度高靱性材料の開発と、航空機製造のコスト低減に寄与できる材料、ならびに技術開発に分けられます。後者における技術開発では、耐食性に優れている6000系合金が注目され、米国では6013合金が開発されました。日本では、川崎重工業と住友軽金属(現:UACJ)が、日本航空宇宙工業会の委託研究として6013合金より高強度の6000系板材を開発。この板材を用いると従来2024-O材で成形し焼入れしていた工法が、T4で成形した後に人工時効ができるようになります。そのため、成形加工後の焼入れによるひずみ矯正が不要となり、製造コストの低減につながります。

この合金を押し出すと、従来の2000系合金ではできなかった中空薄肉ホロー型材の押出が可能で、複雑な形状の航空機部品の一体化成形ができるようになります。従来のリベット接合が不要となるため、重量軽減を図れる上、低コスト

での製造が可能となります。この高強度高成形6000系合金は2013合金として米国のAluminum Associationに国産で初めて国際登録され、米国の航空機規格MMPDSを取得しています。

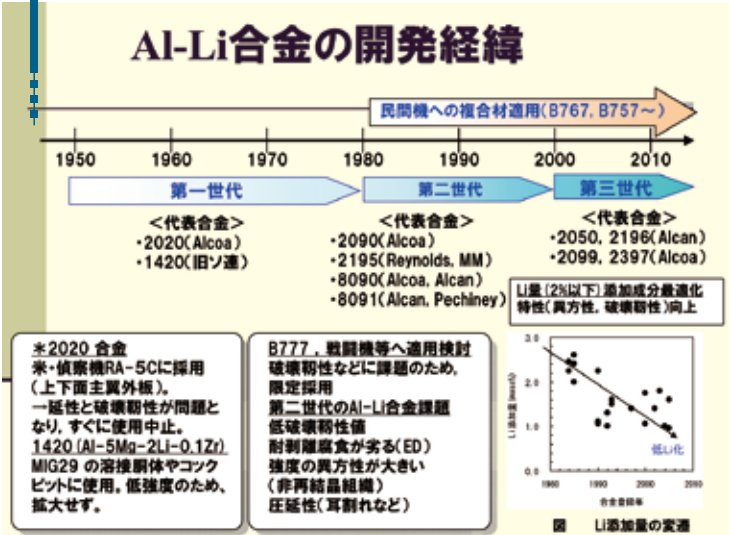
航空機材料の研究開発



高成形板材、薄肉ホロー形状押出型材の適用(1993~1996)
2013合金の開発(2004~2008) UACJと川崎重工との共同研究



航空機産業の発展に見るアルミニウム合金の歴史と変遷



航空機用Al-Li合金開発状況

Al-Li合金の利点と短所

①低密度: 1%Li添加毎に密度が3%低下
②高弾性: 1%Li添加毎に弾性率が6%向上

金属	原子量	比重 (Mg/m³)	ヤング率 (kN/mm²)
Al	27.0	2.7	70
Li	6.9	0.53	4.9

③危険性: Li: 極めて活性
溶解: 耐火物の侵食
鑄造: 溶湯と水との接触→“爆発”
熱処理: Liの表面酸化(脱リチウム)
リサイクル(Al-Liの機械加工チップ)

水分や酸アルカリと反応し、水素ガス発生と発熱
→既存の二次地金メーカーで再溶解は困難

また1980年代には低密度、高強度、高剛性材料としてアルミリチウム合金(以下、Al-Li合金)が注目されました。金属の中で最も軽量なリチウム(比重 0.53g/cm³)をアルミニウム合金に添加すると、添加量の増加にともない密度が低下し、弾性係数が向上することにより軽量化が見込めるのです。超々ジュラルミンにかわる航空機材料として積極的に開発が進められました。しかし靱性(材料の粘り強さ、外力に対して破壊されにくい性質)に問題があり、価格も高いことから実用化には至りませんでした。最近では8090、2090といった第二世代よりリチウム添加量を2%以下に抑え、密度を犠牲にする分、靱性を高めた第三世代のAl-Li合金が開発されています。

近年の航空機材料はCFRPが主体となっていますが、アルミニウム合金を多用した国産航空機「三菱リージョナルジェット®(MRJ)」にも注目が集まっています。

YS-11に続く国産旅客機として、三菱リージョナルジェット®(MRJ)の開発が進められています。2002年に経済産業省が発表した「環境適応型高性能小型航空機計画」に基づき、2008年に三菱重工業が機体の開発・製造・販売を目的とした三菱航空機を設立。2010年に製造を開始し、2011年から組み立てがスタートしました。MRJは他の航空機と違い、機体材料の80%以上をアルミニウム合金が占めています。胴体には設計当初からアルミニウム合金が採用されていましたが、主翼部分には軽量化を目指してCFRPの使用が予定されていました。しかし、MRJのような小型ジェット



2015年第2四半期の初飛行に向け、準備が進められている三菱リージョナルジェット(MRJ) (画像提供:三菱航空機株式会社)。

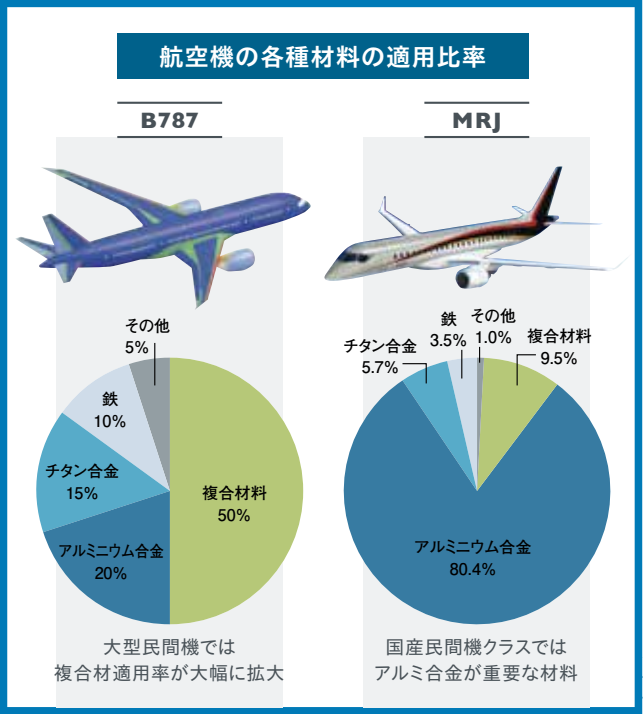
機ではCFRPを使用しても軽量化に大きな効果が期待できないため、開発・製造スピードへの影響やコスト面などを考慮した結果、アルミニウム合金への使用に変更されました。アルミニウムの切削が水平尾翼の骨格を構成しています。

最近の航空機にはCFRPの採用が多く見られますが、小型航空機にはまだまだアルミニウム合金が利用されると考えられます。日本の自動車産業で培われた低コスト・高性能なもののづくりの技術を航空機産業に活用し、世界に販路を開拓していくことが重要であると感じています。

今後の航空機用アルミニウム合金開発には、どんな課題があるとお考えでしょうか。

航空機材料はアルミニウム合金の中で最も厳しい品質が要求される材料です。この品質要求に応えられる材料であれば、どこでも通用するといっても過言ではありません。高強度高靱性のアルミニウム合金を開発することは、究極の特性を探索することであり、超々ジュラルミンがまさにその極みであったといえます。超々ジュラルミンの発見から既に80年近い年月が経過しています。しかし、この間に製造技術は大きく進歩、発展しているにもかかわらず、合金の成分を見る限り、クロムがジルコニウムに置き換わっただけで大きな進捗は見られません。強度を上げようとすると、延性や靱性が低下してしまうからです。これは既存のプロセスだけでは、限界があることを意味しています。

要因として鑄造時に生成される晶出物が粗大化し、結晶粒界に残存することが挙げられますが、これを抑制または微細化し、加工熱処理で晶出物を粒内に取り込むことができれば粒界割れを防ぎ、延性、靱性を向上させることができるのです。日本の英知を結集した超々ジュラルミンを超える、世界に通用するアルミニウム合金の開発は、国家プロジェクトとして総合的に取り組む必要があると感じています。



※リージョナルジェット
乗客数が100席以下の地域間旅客機。

三菱リージョナルジェット(MRJ)の最終組み立ては三菱重工業名古屋航空宇宙システム製作所小牧南工場で行われている(画像提供:三菱航空機株式会社)。



新しい素材が技術革新を生みだす 航空機製造の現場が語るこれから

新明和工業株式会社 航空機事業部

航空機産業とアルミニウムのかかわりについて、見識者にお話を伺ってきましたが、ここでは実際に航空機を製造している現場の声をご紹介します。主要構造材が既存のアルミニウム合金からCFRPへと切り替わることによって新たに取り組んだチャレンジ、現場の改善活動、航空機製造における独特な産業構造とその形態など、現場ならではの興味深いお話が伺えました。



航空機事業部 生産本部
副本部長
兼 宝塚分工場長
杉本 裕一 氏



航空機事業部 生産本部
宝塚分工場 組立2課
課長
嶋田 正 氏



航空機事業部 生産本部
宝塚分工場 組立3課
課長
高田 博之 氏



航空機事業部 総務部
総務課
担当課長
内田 昭 氏



航空機製造における産業構造と 高難度なCFRP加工の現状

航空機事業部は「飛行艇の開発・製造」と「民間航空機向けコンポーネント*製造」の2つの柱があるそうですね。

防衛省向け救難飛行艇の製造・整備、コンポーネント製造が3割、7割が民間航空機のコンポーネント製造を行っています。飛行艇とは飛行機と船の両方の特徴を持ち、陸上だけでなく海面にも着水できる飛行機です。当社で開発から製造まで手がけるUS-2型救難飛行艇は世界最高性能を誇り、海上自衛隊では洋上救難や離島の患者搬送など、900回以上も出動しています。

また民間航空機向けコンポーネント製造については、当社の持つ技術力を海外の飛行機づくりに提供していくことが目的です。ボーイング767の製造には1980年代から日本企業も加わっており、当社は777の製造から参入しています。

*コンポーネント…構成部品

航空機製造というのは、どのような形で進められていくのでしょうか。

航空機製造は非常にスケールが大きく、設計・製造ともに莫大な手間と時間がかかるため、到底1社だけでは対応しきれません。そのため技術を持ったパートナー企業が集められ、設計協力と引き換えに製造に携わらせてもらうという関係性が結ばれています。航空機は部位が大きいので、各企業で分担しあっ

ても開発作業量は膨大です。航空機をつくりあげるという同じ目標に向かっていて、企業間という垣根を越えた情報交換が盛んで、一致団結しているのが特長です。

当社が現在、製造を担っているのはボーイング787の主翼桁（スパー：翼の構造として翼幅方向に組み込まれた主要部材）です。翼は全長30m以上あるため、10m単位で前後3本ずつを組み合わせ、合計で4本の桁をつくっています。これを納入先である三菱重工業で組み立て、主翼の形にしていきます。骨組みの構造材はCFRPがメインですが、リブ（主翼や尾翼の中に桁とほぼ直角に取り付けられた骨組み）にはアルミが多用されています。ボーイング787はCFRPの使用が50%以上ですが、リブやヒンジ金具などにはアルミが多用されています。



主翼桁（スパー）を取り付ける作業台ラック。
アルミ構造材SFを用いて社内内で内製化している。

COMPANY DATA

新明和工業株式会社 航空機事業部 宝塚分工場

〒665-0052 兵庫県宝塚市新明和町1番1号

前進である川西航空機株式会社は、中島飛行機（現在の富士重工業株式会社）と共同で1918年に日本初の飛行機会社「日本飛行機製作所」を設立。約100年の歳月を経た現在も飛行機製造をものづくりの基盤とし、時代が求める製品を積極的に世の中に提供しています。http://www.shinmaywa.co.jp/

CFRPの加工は非常に難しいと言われていますが、アルミの加工とはどういった点に違いがあるのでしょうか。

アルミ自体、加工がしやすい素材であることはもちろんですが、長年にわたるノウハウの蓄積があるため、どんな部品でも機械加工でつくることが可能です。プロセスも固まっているので、無駄な工程がなく、低コストで仕上げられる点も魅力です。

しかしCFRPは違います。とにかく加工が難しい上に、手間がかかるのです。素材のコスト自体高いのですが、加工に手間がかかるため人件費もかさみ、最終的にはアルミの6～7倍の製造費用になってしまいます。これだけ高くてもCFRPを使う理由ですか？アルミ以上の軽量化を実現できる点が最大の目的です。これまでと同等の強度を保ちつつ軽量化が図れば、同じ燃料で長距離を飛ぶことが可能になるからです。航空会社は燃費の向上を第一に考えるので、機体を供給するメーカーでは軽量化が何よりも優先されるのです。

CFRPの組み立てで最も苦勞するのが穴開け加工です。ベニア板に穴を開けると無数の木の繊維が飛び出してくるように、CFRPも穴を開けると繊維が外に出てきてしまいます。また大変硬質な素材なので、アルミなら1本で数百個の穴が開けられたドリルの刃も、CFRPではたった数個開けただけで交換しなければならないなど、とにかく手間がかかります。こうした状況から考えると、アルミは本当に加工しやすく、製造サイドにとっては良い素材だったと思います。

航空機製造の 現場で活躍するアルミ 求められる重量物に 対応できる剛性

製造現場ではSUSのアルミ構造材をご活用いただいているとのこと。具体的にはどんな形で使われていますか。

もともと他社の鉄パイプを使って台車や作業台をつくっていたのですが、改善が高じてつくりたいものが増え始めた時期に、商社を通じてSUSのアルミ構造材のことを知りました。パーツの種類が豊富で使いやすく、自分たちがイメージした改善をすぐ



に形にできるので、現場で普及しはじめています。いろいろな形に組めるので、気がつく構造を複雑にしていまいがちですね。シンプルかつ改善効果の高いアイテムに仕上げられるよう心掛けています。

主翼桁（スパー）は重量があるため、土台に固定して作業を行います。以前は鉄の溶接で土台をつくっていましたが、アルミ構造材SFを使って内製化するようになりました。ボーイング787のスパーは日程要求上、2日後に次のポジションへと移動させなければならないため、土台が鉄の時は5人掛かりで移動していました。土台を押して動かすという作業は付加価値を生みださないため、できるだけ作業人数を減らしたいと以前から考えていました。土台をアルミに変更した結果、移動作業は3人で対応できるようになりました。

今後も重量物ワークの移動や搬送時の負荷を軽減できるような取り組みを行っていきたく考えています。通常、からくりで移動させる重量物はおそらく10～20kg程度を想定されているのではないかと思います。航空機の主翼に取り付ける金具は、チタン製なら100kgくらいあります。現状はクレーンで吊るして取り付けていますが、このような超重量物を軽々と持ち上げられるような仕組みをアルミで考えられたらいいですね。

航空機産業の製造現場では、どういったところに重点をおいて品質管理体制を整えていらっしゃるのでしょうか。

旅客機は大勢のお客さまの命をお預かりして運航する乗り物です。高品質は当然のことであり、品質基準は大変厳しいものとなっています。航空機産業は最先端技術の集合体といわれますが、部品製造は自動化されていても、穴開けや組み立ては人の手で行われています。教育を受け、経験を積み、会社から認められた者にしか与えられない「品質認定証」を持ったメンバーが日々研鑽に努めています。CFRPなど新しい素材にチャレンジすることで製品への意識が変わり、新たな工具や加工方法の開発へとつながります。これまでにない視点を持ち、発想を転換させることが、技術革新においてももっとも重要であると感じています。





航空機産業でも注目される アルミパイプ構造材GF

航空機産業とアルミニウムは長い歴史とともに、深いかわり合いがあったことをご理解いただけたと思います。ここからはSUSのアルミパイプ構造材GFを用いた、飛行場や製造現場から航空機を支える「ステップ」という活用法をご紹介します。高剛性でありながら軽量で移動がしやすく、屋外で使用しても錆びにくいアルミ製ステップ。優れたメンテナンス性と充実の安全設計、コストパフォーマンスの高さで、お客さまのニーズにお応えしていきます。



アルミ製 ステップ

特長
メリット

自由度の高い締結で 最適な航空機用ステップを構築

アルミパイプ構造材GFは独自の断面形状を持った拡張性の高いフレームシステムです。締結はフレームの突起部分にコネクタを合わせて、ボルト1本で締めるだけ。高強度タイプのフレームから、角度調整もでき可動性に優れたコネクタ類まで、多数のパーツを取り揃えています。SUSでは、軽量で拡張性の高いアルミパイプ構造材GFを用いて、最適な航空機向けアルミ製ステップをご提案いたします。

1 軽量で良好なハンドリング

軽量のアルミパイプ構造材GFは、取り扱いも簡単。大型のステップでも簡単に移動でき、運用・メンテナンスも手軽です。

2 安全設計

特殊な断面形状を施したアルミパイプ構造材GFを用いて強度を確保しています。また、キャスターのストッパーに加えて、特別設計したストッパーを備えています。

3 腐食に強く、美観を保つ

フレーム表面には9ミクロンのアルマイト処理が施されているため、耐食性・耐候性に優れています。屋外で使用しても錆びにくく、メンテナンス性も良好で、美観を保ちます。

4 経済設計

各種コネクタ強度データも整備され、必要最小限の仕様で強度も確保。経済設計が可能です。

5 拡張アイテムの取り付けも簡単

アルミパイプ構造材GFの締結システムは、フレームにある突起をコネクタでつかみ、レンチ1本で締めるだけ。付属品も自由に取り付けられ、拡張性に優れています。



ヒンジコネクタなど、各種標準コネクタを用いて、踊り場の柵を開閉させる仕様も可能です。



キャスターのストッパーに加えて、力の掛かる階段部分は独自開発の専用ストッパーをつけました。



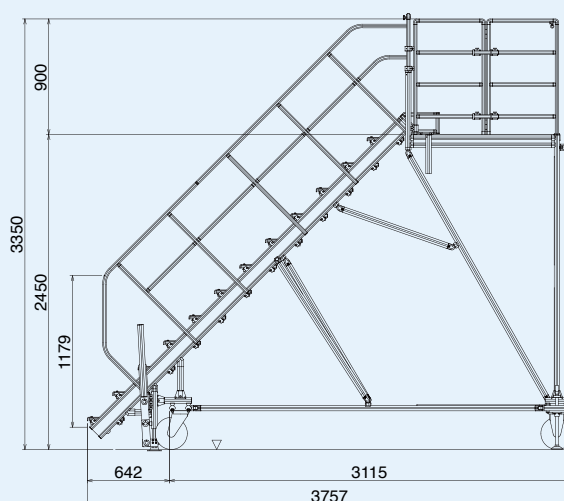
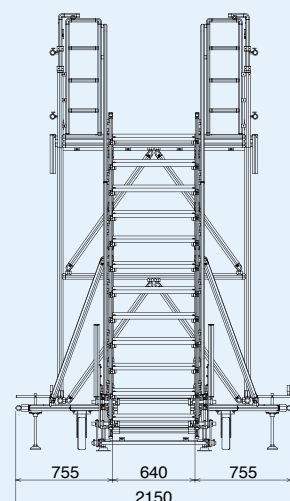
安全性を考慮して後方にもストッパーを追加。個別仕様に合わせた拡張も容易です。

航空機産業でも注目されるアルミパイプ構造材GF

製品
仕様

飛行機のタラップとして設計。
キャスターのストッパーに加えて、独自の固定機構を装備。
安全に配慮した仕様となっています。

飛行機
向け
ステップ

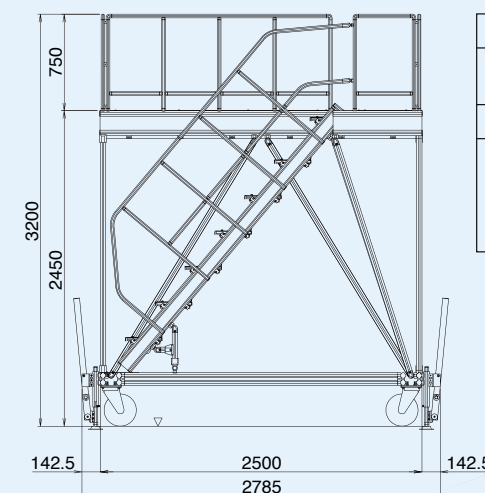
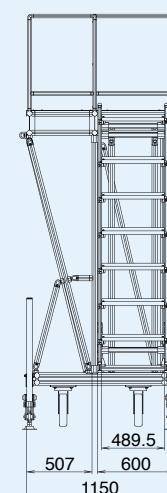


寸法	W2,150 × H3,350 × D3,757mm
耐荷重	ステップ……150kg 上部踏み場……300kg
参考価格	980,000 円 (税別) ~
対応飛行機	各機種に対応可能

製品
仕様

ヘリコプター向けメンテナンスステップとして設計。
作業性を考慮して、踊り場スペースを構築。

ヘリコプター
向け
ステップ



寸法	W2,785 × H3,200 × D1,150mm
耐荷重	ステップ……150kg 上部踏み場……300kg
参考価格	600,000 円 (税別) ~
対応 ヘリコプター	各機種に対応 ベル式206,412,B430,206B, /川崎BK117, ユーロコプターAS365, AS350B3,AS315, EC315,AS315



エアロコンセプトは自分の命 職人の知恵と経験、そして誇りが 心を揺さぶる逸品を生みだす

カバン、名刺入れ、ペンケース、キーホルダーからギターケースに至るまで、世界が注目するフルハンドメイドのアルミプロダクト「エアロコンセプト」をご存知でしょうか。航空機部品の精密板金技術を持った町工場の職人が生み出す珠玉の逸品。「ものづくりとは」「技術の進歩とは何か」を一緒に考えてみませんか。

株式会社エアロコンセプト代表
精密板金職人 菅野 敬一 氏

アルミプロダクトが放つ強烈な個性 世界が注目する町工場のものづくり

埼玉県川口市にある町工場の一角。菅野敬一は、この日も普段と変わらないいでたちでアルミと向き合っていた。

「この机は祖父さんの代から使っているんだよ。これがないと落ち着いて仕事ができないんだ。どっしりしていていいだろ。アルミはね、こうやって磨いてやると、金属とは思えないほど温かい輝きを放つんだ。これはカバンの持ち手部分。アルミと革を職人がひとつひとつ手で縫い合わせていくから、1日に2～3個しかできないんですよ」。

屈託のない笑顔で語りかける菅野は、世界的に注目を集めるアルミプロダクト「エアロコンセプト」の生みの親だ。自らを精密板金職人と名乗っている。細部にわたって妥協を許さないものづくりと、どんな環境においてもポリシーを貫き通す独自の生き様に製品同様、各界から熱い視線が注がれている。小さな町工場から生まれたエアロコンセプトは、国内はもとより海外で高い評価を受け、モナコ国王やアブダビ王族といった要人から、ロバート・デニロ、ジョージ・クルーニー、ユマ・サーマン、フェンダーの副社長など名だたるセレブが愛用していることで、その



カバンの取っ手部分。よく磨き込んだ後にアルミと革を1針ずつ手で縫い合わせていく。



創業時から3代にわたって使われてきた机や道具の数々。長い歴史と経験が染み込んでいる。

名が世界に知れ渡った。しかし、安易に購入することはできない。取り扱いを認められた店舗は国内外を合わせても一握り。エアロコンセプトを通じて菅野のものづくりスピリットに共感し、同じ価値観を共有できると確信できた店舗にしか販売を許可していないからだ。人気のカバンは納品されるまで、なんと数カ月から半年待ちなのだという。エアロコンセプトとは一体何なのか、そして菅野敬一とは、どういう人物なのか……。



航空機の座席シート肘掛部分はジュラルミン製。片手で楽に持てるほど軽量だ。

精密板金の加工技術でつくり出す 大量生産、コスト競争とは無縁の世界

エアロコンセプトは菅野の祖父の代から続く精密板金加工の町工場だ。高い技術力を買われ、長らく航空機部品や新幹線車両の部品製造に携わってきた。

「これはANAのスーパーシート。国際線のファーストクラスやビジネスクラスの座席横にある肘掛の内側部分になるアルミ構造体をつくっています。飛行機は燃費向上のために、軽量化が最重要視される。だから、こうやって穴を開けることで軽量化を図るんですよ。うちではジュラルミン（2017）、超ジュラルミン（2024）を使っているの。飛行機は金属疲労を嫌がるので溶接は用いない。すべてリベットで接合します」。

もうお気づきの方も多いだろう。

エアロコンセプトは、航空機部品の精密板金技術を持った町工場から生まれたプロダクトなのだ。穴の開いた独特な形状は航空機部品という特性から生みだされた必然的な機能美だったのだ。

「精度に非常に厳しい製品づくりに長年携わってきた自分たちは、機械では計測不可能な領域を自在に操ることができる知識と経験があるんですよ。今はどんな業種でも“最先端技術”を売りに、難加工ができることをうたっているけれ

スーパーランスポーター。フタを開けるときに「カチッ」と響く音はライカのシャッター音を意識してつけられている。

撮影：大塚光一郎

撮影：坪 邦信

菅野が考案したロゴデザイン。AとCを組みわせると飛行機の翼のようにも見える。



写真提供：エアロコンセプト

ど、それは旋盤や加工機に搭載された最新機能のこと。これまで職人が汗を流してやってきた細かい段取りや調整を機械メーカーがコンピュータに組み込んで自動化したものを、単に最先端技術とっているに過ぎないんじゃないかな。製造現場は便利さと引き換えに、職人という大きな技術力を失ったと感じているんです。加工のノウハウはあっても、機械が持つスペックを外れた規格外のものづくりになると、やったことがないからできないという人が多いんだよ。機械任せのものづくりに慣れてしまうと、自分で考えたり、工夫する感覚が鈍くなってしまふ。もちろん機械が進歩していいこともたくさんあったと思うよ。加工がしやすくなれば時間が短縮できる上に、大量生産が可能になる。人件費も削減できる。じゃあ、その先に待っていたものは何だった？そう、価格競争だ。みんな他社に負けまいとするあまり、もっとコストを落とせる海外へと生産設備ごと持って行ってしまった。その結果、国内製造業の空洞化を招き、かつてあんなに輝いていた日本の某メーカーなどはこぞって凋落。技術力はもちろん、開発力さえも衰えてしまった。これが職人という貴重な財産を失った今の日本の姿なんだと思いますよ」。



エアロコンセプトは自分の命 職人の知恵と経験、そして誇りが心を揺さぶる逸品を生みだす



角管を組み立てた状態。これだけでも絵になるほど、エアロコンセプトの製品は個性が際立つ。

自分が欲しいものを自分のために 納得のいく最高の技術でつくりたい

菅野には苦い経験がある。祖父の代から続く菅野製作所の3代目に就任してから2年後、会社が倒産するという事態に見舞われた。それはバブルがはじけたころ、突如襲ってきた。売上上の8割を占めていた大口取引先のトップが銀行出身者に代わった途端、製造部門を海外へ移転させることになったと告げられる。いきなり仕事が激減し、資金繰りが急速に悪化した。大手企業の下請けの立場であった小さな町工場は、この激震を乗り切ることができなかった。

「あの時は、死ぬことばかり考えていたね。家族や従業員の顔が浮かんで、どうにか踏みとどまる。そんな日々を送っていた俺を救ってくれたのが、祖父さんや親父が残してくれた職人の技術力だった。お宅の先代にお世話になったから今度は力になりたい、いい製品をつくってくれる会社だから辞められたら困る。そうやって声を掛けられた周りの人たちの力でやり直すことができたんだ」。

再起してから菅野は、これまで以上に「ものづくりとは何か」を深く考えるようになったという。その中でたどり着いた1つの解が「自分が本当に欲しいと思える逸品を、職人である自らが納得できる最高の技術でつくること」だった。

「うちの会社は航空機部品を扱う認定工場なので、高精度の製品をつくり出す設備は整っている。だけど、エアロコンセプトは別格なの。生え抜きの職人たちが知識と経験、そしてプライドを懸けて機械が持つスペックを超越した加工部品を手づくりする

んだよ。エアロコンセプトの製造は、ジュラルミン板の両端を曲げるところから始まっている。グニャグニャだった板に穴をあけて、曲げ加工を施すと驚くほど強度が増す。それを角管[※]に仕上げてリベットで留めていく。金型を押し当てて“直角”に曲げるというのは本当に難しい。これを90.00度に限りなく近い測定不能な精度レベルで仕上げられるのが、職人のなせる技なんだ。この曲げ精度で、組み合わせた時の角管の強度が違ってくる。目をつぶって触ってごらんよ、継ぎ目がどこかわからないくらい一体化しているだろう？これこそがエアロコンセプトの真骨頂なんだ」。

ジュラルミンケースという、ゼロハリバートンを思い浮かべる人も多いだろう。頑丈なカバンであることに変わりはないが、同じ素材を用いても、1つの型から抜き出すゼロハリバートンとパーツを1点ずつ組み立てていくエアロコンセプトでは、概念からしてまったく違うのだ。

「このカバンは長く使い続けて欲しいので、ぶつけたり、落としたりして金属や革の部分がへこんだら、そこだけ取り替えられるように設計してあるんです。だから部品点数がものすごく多い。それらすべてを寸分の狂いもなく組み合わせるための精度がどんなものか……もう説明しなくてもわかってもらえるよね」。



両端を折り曲げ、組み合わせる。寸分の狂いもないほど見事にぴたりと納まる。

※角管 正方形または長方形の断面形状を持つ管。



こんなに細い角管も手作業で組み立てる。目をつぶって触ると継ぎ目がわからない。

同じアイデンティティーを持った人に 長く使ってもらえるものを提供したい

職人とは「自ら身につけた熟練した技術により、手作業でものをつくり出すことを職業とする人のこと」である。この取材中、菅野は「職人」という言葉を何度も繰り返し使っていた。

「うちは精密板金の町工場でカバン屋じゃないし、もちろんファッションにも詳しくない。俺の肩書きはずっと職人だ。売るためのマーケティング？そんなものは最初からないんだよ。だって売るつもりがなかったんだから(笑)。俺自身が欲しいと思うものを形にして自分のためにつくったものが、たまたま人目に触れて思いがけず大きな反響を得た。それをきっかけに製品はひとり歩きを始めたけど、それだけのこと。俺のポリシーは変わらない。欲しいって連絡をくれたお客さんには現物を見てほしいから、ここに来てもらうこともあるんだよ。だって、エアロコンセプトは俺の分身だからさ。アイデンティティーをきちんと説明して、理解し共感してもらえる人のところで、末永く使ってほしいって思うじゃない。それがつくり手の思いってもんだよ」。



株式会社エアロコンセプト代表
精密板金職人 菅野敬一(すがの けいいち) 氏

うちの店舗で扱いたい、ぜひコラボレーションさせてほしい……誰もが知っている百貨店や人気店舗、有名企業から驚くような好条件のオファーを受けても菅野は見向きもしない。しかも、惜しげもなく断ってしまう。一時の流行ものとして扱われたり、相手のネームバリューに飲み込まれるようなコラボレーションには決して首を縦には振らないのだ。

「エアロコンセプトが有名になってよかったこと？それはつくり手として、こうやって本音でものが言えるようになったことかな。以前は製品の良し悪しより、まずは価格交渉からだった。町工場は3Kなんていわれて、随分敬遠もされていたしね。今じゃ値引きもしない上に半年待ってもらっても“感動した”って感謝されるようになった。俺うちの職人も、みんな心からやりがいを感じて取り組んでいるよ。手づくり、手仕事……職人の仕事を語る上で“手”の存在は欠かせない。このゴツゴツして、いろんな経験が刻み込まれた手が好きなんだ。ここから生まれたプロダクトのひとつひとつが、きっと何かを語りかけているんじゃないかな。それが人に伝わるから、こんなに注目してもらえるようになったんだって思っているの。エアロコンセプトは俺の命そのもの。縁あって手にしてくれた人の人生に、長く付き合っていけるものをつくり続けていきたいんだ」。



使い込まれた道具のような菅野の大きな手。ここから数々の名品が生まれる。

取材時に偶然訪れた購入者。
3カ月待ちでこの日、エアロコンセプトを手に入れた。

AERO CONCEPT 公式サイト
www.aeroconcept.co.jp



INDIA -インド-

2014年5月
本格営業開始予定

Standard Units Supply (India) Private Limited

場所：タミル・ナドゥ州チェンナイ市近郊

世界第2位の人口を誇る巨大市場インド 将来の成長を見据えた体制を構築

近年、金融やITビジネスに代表されるサービス産業を中心に成長を遂げてきたインド。一方で増え続ける人口による需要の拡大に対し、国内供給が追いつかず、製造業の強化が課題となっています。こうした背景の下、インド政府は2011年に国家製造業政策(NMP)を発表し、2020年までにGDPに占める製造業の割合を現状の15～16%から最低25%まで引き上げる目標を掲げました。

SUS(India)が拠点を開設するタミル・ナドゥ州チェンナイ市近郊は自動車やIT産業が盛んで、日系企業の進出も多い地域。加えて隣のカルナータカ州にあるバンガロール市も世界有数のIT産業集積地です。アルミ構造材SF、アルミパイプ構造材GFをはじめとするアルミプロファイル製品の切断・加工設備を備えた営業拠点として、代理店販売と並行し、今後拡大していくと予想されるインドの製造業をサポートしていきます。



SUS(India)の工場兼オフィス



PHILIPPINES -フィリピン-

2014年5月
本格営業開始予定

Standard Units Supply Philippines Corporation

場所：First Philippine Industrial Park(首都マニラ近郊)

高い経済成長率とともに注目のフィリピン アジアにおける新たな生産拠点をサポート

フィリピンは近年、アジアで生産拠点を新たに構築、もしくはリスク分散のために増設をする企業から、注目を集めています。英語を公用語とする点や、近隣諸国と比べて賃金上昇が緩やかで、労働争議の件数が少ないのも魅力。現在は首都マニラ近郊で日系プリンターメーカーなど、エレクトロニクス分野の新規進出が続いており、これまでタイの営業拠点から対応していたSUSにもお客さまから現地拠点設立の要望が寄せられていました。

SUS Philippinesを設置する場所は、マニラ近郊の工業団地であるFirst Philippine Industrial Park(以下FPIP)。広さ1,000

㎡の倉庫兼オフィスにSUS(India)と同様、アルミプロファイルの切断・加工設備を備えます。日本人スタッフも駐在し、現地に進出した日系メーカーへの提案体制を整えていきます。

■FPIPとは

フィリピンの大手財閥ロベスグループの持ち株会社、First Philippine Holdings Corporation(FPHC)と住友商事株式会社の合弁会社によって開発・運営されている工業団地。マニラの中心部から車で45分ほどの距離にあり、精密機器・自動車・電気電子関連メーカーなど日系企業が多数入居している。



上：広大な敷地を持つFPIP
下：FPIPのレンタルオフィス



USA -アメリカ-

2014年9月
本格営業開始予定

SUS America, Inc.

場所：イリノイ州シカゴ

製造業回帰の流れも期待されるアメリカ イリノイ州シカゴに現地拠点を設立

新興国でのコスト高などを背景に、国内への製造業回帰を掲げているアメリカ。製造業による雇用者数は2010年に底を打って以来、増加の傾向を示しています。

SUSは2013年9月にシカゴにて開催された『ATX Midwest 2013』(中西部オートメーション技術展)に初出展。アルミパイプ構造材GFを使った設備を中心に展示し、来場者から高い関心を得たほか、現地メディアにも取り上げられました。こうした準備段階を経てシカゴに設立するSUS Americaは切断・加工機能を備えた営業拠点。倉庫・切断加工工場を兼ねたオフィスは1,000㎡ありGF製品を在庫する計画です。2014年9月ごろからの本格営業開始を目指し、準備を進めています。



上：ATX Midwest 2013の様子
下：SUS Americaが入居予定のレンタルオフィス



ネジパーツフィーダIFに連動

いつでも勝手に適量。

IFホッパφ80 **IF-H80**

水平振動方式を採用しワークに優しく安定した動作を行うネジパーツフィーダ「IF」。
「IFホッパ」はIFの運転状況に連動し、
ボウル内のワークが不足した時に、自動的に投入する製品です。
適切なタイミングで適量のワークを投入するため、
投入量が多すぎて排出量が減ってしまうということがありません。
また、ボウルに比べ容量は約2倍ですので、補充を行う回数を削減できます。



写真はパーツフィーダ
とIFホッパをセットした
ものです。

- 特長
1

ワーク投入量はIF200のボウルと比べ約2倍!
補充回数を削減し、作業の効率化に貢献します。
- 特長
2

適切なタイミングで自動排出
2つのセンサーがIFの運転とボウル内のワーク量を検出。
投入過多を防ぎ、スムーズな供給をサポートします。
- 特長
3

IFへの取り付けが簡単!
付属の取付板によって、誰でも簡単に
位置出し、設置が可能です。
- 特長
4

ワークの残量を一目で把握
ワーク投入部に透明アクリルを採用。
ワーク排出口のサイズは3種類をラインアップいたしました。
最適なものをお選びいただけます。
- 特長
5

選べる3つの動作モード
使用状況に合わせて、動作を設定できます。

- 積算モード

動作時間が設定値以上になり、
IFのボウル内にワークがないと判
定すると排出動作を行います。
- センサーモード

IFのボウル内にワークがないと判
定すると排出動作を行います。
- 間欠モード

タイマーで一定時間排出・
休止を繰り返します。



対応可能なワーク



ワーク種: ナット・ブッシュ・リング・ヒューズ・ピン・ワッシャーなど

価 格

アイテムNo.	IFK-H01	IFK-H02	IFK-H03
排出口サイズ	9mm	14mm	19mm
価格	¥36,500	¥36,500	¥36,500

アイテムNo. **IFK-H01** 数量 ☐☐☐台
※IF本体は含まれません。

付属品 ・ACアダプタ(1.8m)
・取付板
・IF運転検出センサー

仕 様

項目	仕様
IF対応機種	IF135、IF200
適応ワークサイズ	M2～M6 φ2mm以上 長さ15mm以下
ワーク投入量	520cc (2kg以下)
駆動源	ステッピングモータ
電源	ACアダプタ(付属) AC100V(DC24V) 1A
重量	約1.2kg

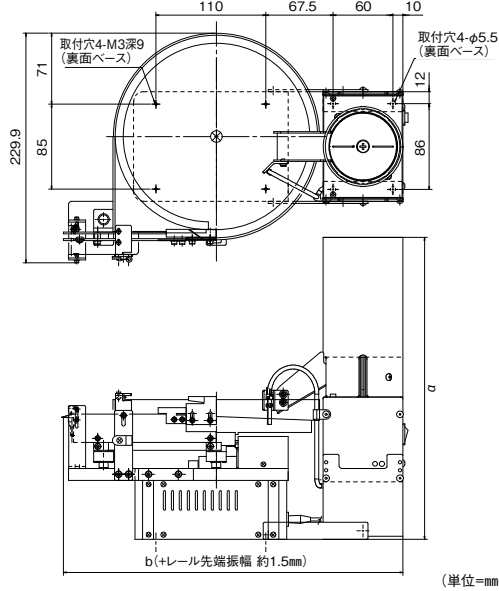
取り付け

付属の取付板で簡単に位置出しが行えます。



設置寸法

IF-200の場合



IF	自動機	手動機
a	302.5	310.5
b	340.2	335.2

PBOX

Standard Control Unit

アルミ防水制御ボックス

- 重量は鉄箱の40%
- スピード作業
- 省スペース
- IP65相当



水や塵を防御する。

アルミ押出材と2mmのアルミ板で構成した防錆、防水・防塵構造のアルミ制御ボックスが登場しました。
水切り／密閉構造でIP65相当の高い保護性能を確保。軽量かつ大幅なプライスダウンも実現しました。
内部機器の取り付けは、中板不要の高強度DINレールを使い作業性もアップ。
アルミならではの美しさ・軽さ・清潔さをお届けします。

安心保護 **IP65相当の防水・防塵機能**
アルマイト表面処理により錆びに強いアルミ製と防水・防塵構造により、高い保護性能を確保しました。

使い易さ **高強度DINレールによる高い作業性**
中板不要、ワンタッチ取り付けで作業性アップ
※DINレールは別売となります。

リーズナブル **従来製品よりお求めやすい価格**
構造を見直し、当社従来製品と比べて約50%のコストダウンを実現しました。W400×H500×D200=¥12,000

軽い **鉄製と比べ約60%の軽量化**
W400×H500×D200=6.5kg



IP65相当の保護構造



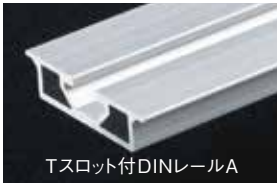
外周Tスロットで穴開けせずに固定



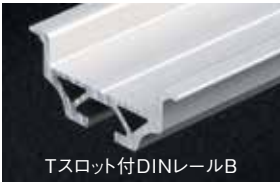
高強度DINレールで中板不要を実現

※DINレール、取付用ナットなどのアクセサリは付属しておりません。

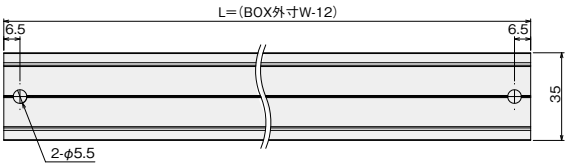
アルミ材ならではのTスロット活用でスピーディに、シンプルに機器を取り付け



Tスロット付DINレールA



Tスロット付DINレールB

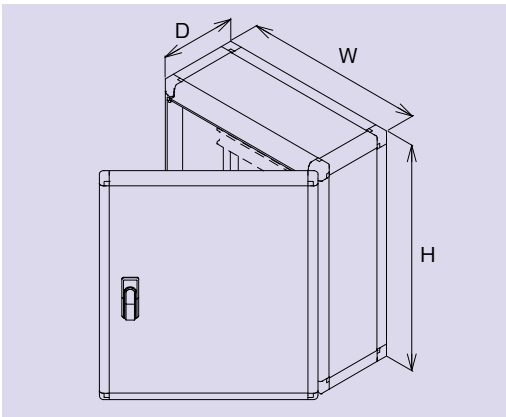


BOX内のサイドにあるT溝を使って、SUS独自開発の高強度DINレールを簡単に取り付けられる構造です。これにより重量のかさむ鉄製中板が不要になり大幅な軽量化とコストダウンが図れます。

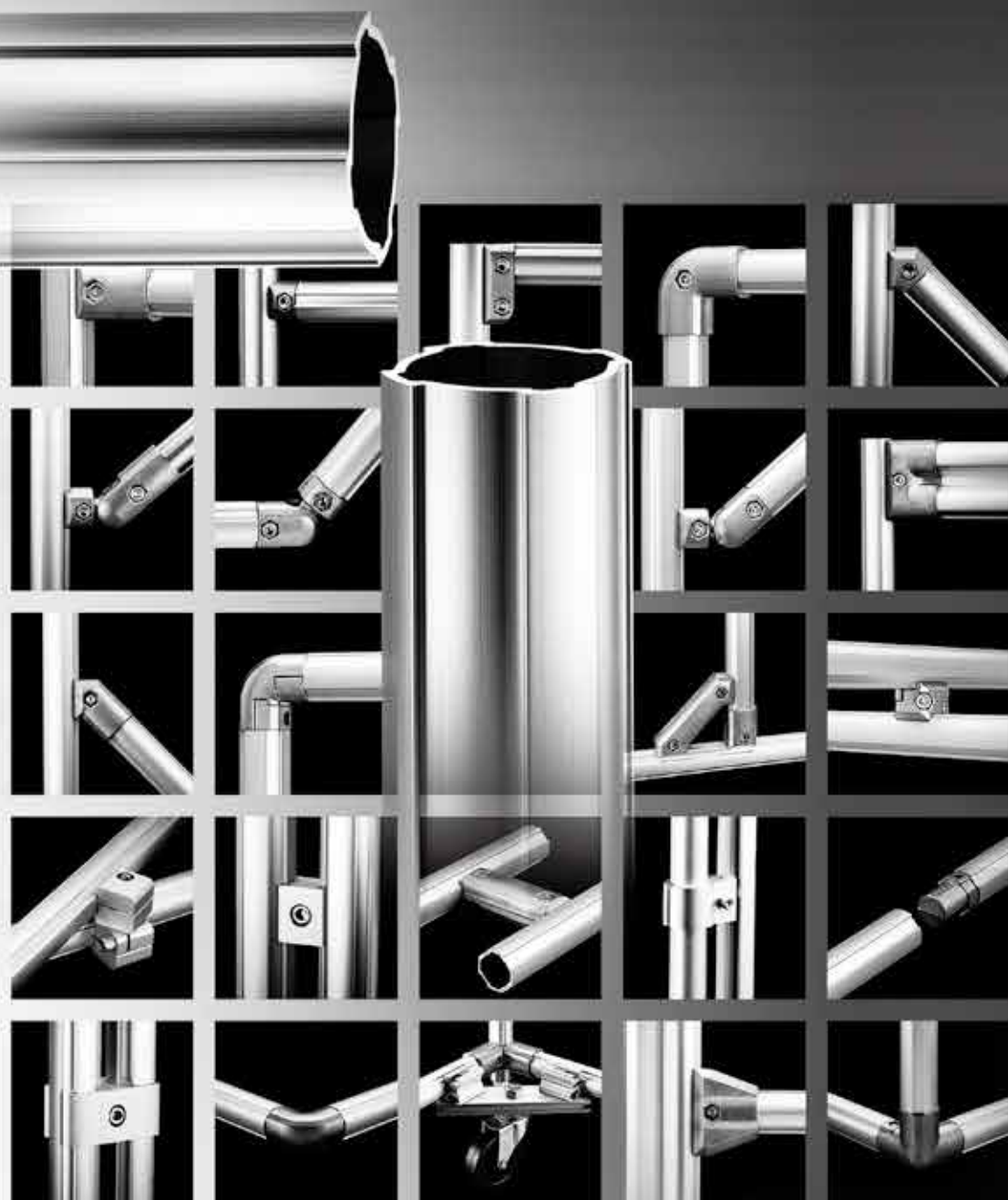
製品仕様

型式	外寸 (mm)			価格 (¥)
	幅 (W)	高 (H)	厚 (D)	
CP6-332N	300	300	200	11,500
CP6-342N		400		11,500
CP6-352N		500		12,000
CP6-432N	400	300		11,500
CP6-442N		400		12,000
CP6-452N		500		12,000
CP6-462N	500	600		15,000
CP6-542N		400		14,000
CP6-552N		500		15,000
CP6-562N		600		16,000

外形寸法図



IP表記に関する詳細は、「制御システムシリーズカタログ SCU」No.5 P215をご覧ください。



生産現場イノベーション INNOVATION

生産現場の改善活動は、企業の考え方を顕著に表す行動指針のひとつであるといえるでしょう。こうした改善活動の最前線において「アルミパイプ構造材GF」をはじめとする軽量かつ高剛性の各種アルミ構造材が、その特性を生かし、私たちの想像をはるかに超える進化を遂げて活躍しています。今回は、製造業における改善の雄「トヨタ自動車」を筆頭に、柔軟な発想とアイデアでバラエティに富んだ改善を繰り広げる「デンソー北海道」、手づくりという伝統にGFを活用する「三桜工業」の事例をご紹介します。新たな観点が改善のヒントを生み出します。

日本最大のものづくり企業であり、常に製造業のトップを走り続けるトヨタ自動車。今回は生産ラインすべてに携わる組立生技部の皆さんに、トヨタ流「改善の流儀」についてお話を伺いました。改善から導き出されるさまざまなキーワード。皆さんよくご存知の「TPS(トヨタ生産方式)」に秘められた別の意味を知ると、トヨタ自動車の強さがよくわかるのではないのでしょうか。現場改善のヒントが導きだせると思います。

誰かのために役立つものを 自らが考え、作りだした経験が ものづくりの本当の楽しさを教えてくれる

組立生技部部长 新里 勝弘 氏

改善に必要なのはコミュニケーション能力、若手の人材育成に積極活用

トヨタといえば“改善”といわれるほど、あらゆる製造業の手本となっている御社の“改善力”について教えてください。

トヨタのDNAは改善力。改善こそが企業の競争力であると考えています。トヨタには「創意くふう制度」というものがあります。これは従業員の誰もが自身の職場環境を今より少しでもよくするために考え努力し、それを実践することで改善を促す制度です。仕事とは上から下へ流れていく形が多いかと思いますが、改善は違います。現場で「いま」起きている問題を上まで吸い上げ、迅速に解決していくことが大切です。今日起きた問題はできるだけ早く手を打つ。そのためには、誰かに頼むより自分たちで対応するほうが断然早い。特殊な技術がなくても、必要なツールを自分たちで作り出せるアルミ構造材は、私たちの企業方針を具現化できる大変優れたアイテムだと感じています。

からくりは改善の手法のひとつであり、「人の役に立つものづくり」を学ぶあらゆる基本が凝縮されたツールだと思います。ものづくりを学ぶためには、人との対話が必要です。誰が何に困ってどうしたいのか、そのためにはどうすべきか……それを把握し、形にしていくなために、現場でのコミュニケーションを最も重要視しています。円滑な対話からあらゆる知恵が生まれ、蓄積された技術力は会社の貴重な財産へとつながります。

「TPS」は「トヨタ生産方式(トヨタプロダクションシステム)」以外に、もうひとつ意味があります。「T(ためらわず) P(プラスと思ったら) S(すぐやる)」です。この「すぐやる」ことが生産ラインの競争力を高め、技術革新や効率化を促す効果を発揮します。

若手の人材育成に、からくりを用いた改善活動が役立っていると伺いました。どんな効果が現れていますか。

世の中のIT化が急速に進んだせいか、若手社員は最新の技術力に多大なる興味と期待を寄せて入社してきます。しかし、だからこそ「自分の手でものをつくる喜び」「誰かのために役立つものづくり」

を体感させたいと思うのです。この会社に入っても設計や組立など、直接的な車づくりに携わることができる部署は限られています。そうすると、「ものづくりを通じて人に喜びを与えていることを実感しづらい」と感じる人もいます。

しかし、自分がつくったからくりで、「現場で困っていたAさんの作業が改善され、大変喜ばれた」という経験をしたらどうでしょう。人の役に立つものづくりとはどんなことなのか、その意義と喜びを自らの体に染み込ませることで、先々に大きなテーマを与えられても、目的を見失うことなく仕事に取り組むことができる人材へと育ていけると考えています。改善に必要なのは、コミュニケーション能力です。人との会話を通じて対話力を学び、問題に気付く目と考察力、そして具現化していく実行力を養っていくのです。



アルミ構造材SFとアルミパイプ構造材GFを用いてつくられたフレーム専用切断機。



生産ラインをイメージしてつくられたモックアップ。ワークの自重を巧みに利用し、さまざまな機構が取り入れられている。

改善の雄である御社が考える理想的な生産設備とはどんなものでしょうか。

理想的な生産設備など存在しません。設備はあくまでも道具に過ぎず、製品が変われば道具も順応してすぐに切り替えていくものだからです。生技部のメンバーには、日ごろから「からくり(ローテク)で原理を理解し、目的をはっきりさせる。そしてローテクとハイテクを融合させ、シンプルかつ価値の高い設備をつくろう」と話しています。設備の世界はいまだに「重厚長大」に価値があるといわれがちです。ですから、軽量でシンプル、コンパクトな形状の設備をつくることで技術のイノベーションが起きると感じています。

からくりで原理がわかったものを自動化するのは簡単です。ものが動く仕組みを熟知した者が、ハイテクを駆使してつくり上げる設備が理想なのではないでしょうか。我々、生技が今やっている仕事がなくなるって位の技術革新が起きることが理想的だね(笑)。そうすれば新たな仕事生まれ、さらなる改善とものづくり改革が進むはずですから……。



アルミパイプ構造材GFを用いたキャスター付収納棚。ここではGFの端材を分類して収納。作業のムダを省いている。

社内のアイデアオリンピック 「TESフェスティバル2013」に 組立生技部が出場!!

アルミパイプ構造材GFが車両に変身!?

TES(トヨタ技術会)はトヨタの従業員で技術の研鑽に関心を持つメンバーから構成されたインフォーマル団体です。TESが主催する新しい技術や“ものづくり”の楽しさが体験できるイベント「TESフェスティバル2013」のアイデアコンテストに、組立生技部が出場。「25年後に乗りたいクルマは!?」をテーマにアルミパイプ構造材GFを用いた月面走行も可能なアイデア車両を製作しました。



アルミパイプ構造材GFの特性を知り抜いた組立生技部のエンジニアによって製作された「25年後に乗りたいクルマ」。月面走行も可能という斬新かつ自由な発想が夢を膨らませてくれます。

技術者たちの斬新な発想と卓越した技術が披露されたイベントの様子は、以下サイトからご覧いただけます。

<http://www.toyota.co.jp/jpn/events/tes/>

組立生技部
技術管理室グループ長
遠山 伸治 氏組立生技部
技術管理室
山本 尚樹 氏

付随作業をなくし、 付加価値の高い仕事を 生み出す それがトヨタの改善力

組立生技部の皆さんは、全世界で使用されている生産ラインすべてに携わっていらっしゃるそうですね。

会社には作業に合わせてさまざまな生産技術（以下、生技）が存在します。板金生技、プレス生技、ボデー生技、塗装生技などいろいろありますが、もっとも人と部品が集まる労働集約型の生産現場こそ、私たちが所属する組立生技部なのです。時代の流れに合わせて新しい車種が次々と生まれるので、部品も人も技術もその都度、新たな環境に適應していかなければなりません。

SUSのアルミ構造材は、遠山さんが主導で導入を進めてくださったとのこと。何かきっかけがあったのでしょうか。

実はリーマンショックが大きな転機でした。それまでは効率化という目的のもと、何でも自動化していく風潮にあり、労働集約型であるだけに、自動化での省人化という焦りがあったように思います。自動化することが目的になってしまい、ライン設備に膨大なコストを掛けていた時期もありました。しかし「重厚長大」な設備は切り替えも大変で、故障しても自分たちでは修理すらできません。生技メンバー自らが設備を外注していたので、現場の道具をきちんと把握しておらず、「こうすればもっとコストを落として加工やすくなる…」といったアドバイスもできなくなっていました。そこで、「自分たちで道具をつくり、技術力の底上げを図るために設備の内製化を進めよう」という動きが始まりました。

当初は鉄パイプを使っていたのですが、からくりのような動きのある設備にうまく活用できませんでした。そのころ、弊社の高岡工場で作られた「必殺!木の葉落とし」(Sing16号P16～P17掲載)というからくりが社内でも大きな注目を集めていました。ここで使われていたのがSUSのアルミパイプ構造材GFだったのです。噂を聞きつけて見学に行き、「これならイメージしたからくりがつかれる!」そう確信して使い始めたのが2009年でした。1～2年が経過する

ころには、自分たちでいろいろつくれるようになったため、社内や全社のDR[®]に出品したところ、他拠点から来た改善担当者がアルミパイプ構造材GFを目にして気に入り、各工場に戻ってから導入するという形で社内に広まっていきました。

※DR=デザインレビュー
開発における成果物を複数の人にチェックしてもらう設計審査

からくりを用いた改善活動の一例をご紹介します。

車両の組立は、人が中心となって作業を行う工程です。とはいえ、中には重い部品もあり、体への大きな負荷や事故につながりかねない危険な作業もあります。ここで紹介している『ヘビーWOローテーション』は、重量物の移載作業を1モーター（伸縮スイングアーム）のみでスムーズに自動化することを実現しました。これまでは作業者がホイスと呼ばれる設備を使って重量物を持ち上げ、次の加工ポイントまで移動させ、付加価値を与えて車両まで運ぶという工程でした。この「持ち上げて動かす」という動作は、なくすことはできませんが、付加価値を生み出すものではありません。私たちはこれを「付随作業」と呼んでいるのですが、この作業をなくすことができれば、現場はもっと付加価値の高い仕事に従事することができると考えたのです。

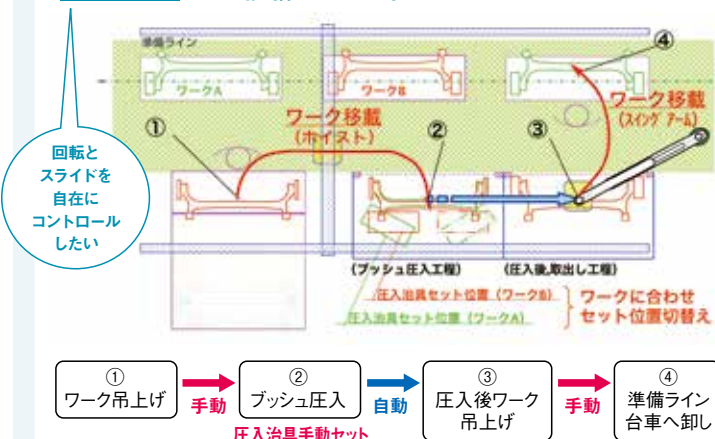
重量物の移載には必要最低限の動力（1モーター）を使うのみとし、からくりの原理を明らかにして設備をつくるように指示しました。重量物をモーターの力で動かすことは簡単ですが、自重と最低限の動力のみで動かす仕組みを考えるのは容易なことではありません

伸縮スイングアームを用いて
1モーターによる自働移載を実現

『ヘビーWOローテーション』



改善前 重量物を重量補助機を使って、作業者の操作により移載している。



せん。しかし、それをやり遂げたことで得られた技術力、コミュニケーション能力、そして自らが苦勞して学んだ知識は、大きな財産になったと感じています。まだラインに導入できる状態ではありませんが、製作者（改善事例の担当者は山本 尚樹氏）はもちろん、現場で働く多くの人たちに、1モーターでここまでできるのだと理解してもらえたことは、大変意義のある取り組みであったと思います。

高度なからくり製作にチャレンジされていると、アルミ構造材に対してさまざまな要望が出てくるのではないのでしょうか。

耐荷重が気になるので、強度が欲しいところには鉄を使いがちです。『ヘビーWOローテーション』もすべてアルミでつくることができれば、もっとスピーディーに組み立てられたのですが、鉄の溶接に時間がかかり過ぎてしまいました。からくりに対しては、作業者が「自分たちで考え、現場で簡単につくれるもの」というイメージを常に持ってもらいたいです。そのためにも、今後は鉄と同等の強度を持ったアルミフレームが数多く開発されることを望んでいます。

誰でも気軽に使えるがゆえに、少し困った問題が発生したケースもありました。とある新工場のライン設備にGFを大量導入した際、フレームがちぎれるように割れてしまったのです。私たちのように普段からGFを頻繁に活用し、強度の限界がわかっている者が見れば、「こんな使い方をしたら壊れるだろう」という状況ではあったのですが、初めて使う人にはその見極めが難しいように感じます。「こんな使い方をすると強度がもたない」という限界状態が目で見えるような解説資料や工夫が施されているとありがたい

です。使いながら日々勉強ではありますが、強度が高く価格がリーズナブルなアルミフレームがあれば、鉄からどんどん置き換えていきたいと思っています。アルミ構造材のさらなる開発に私たちも大いに期待しています。

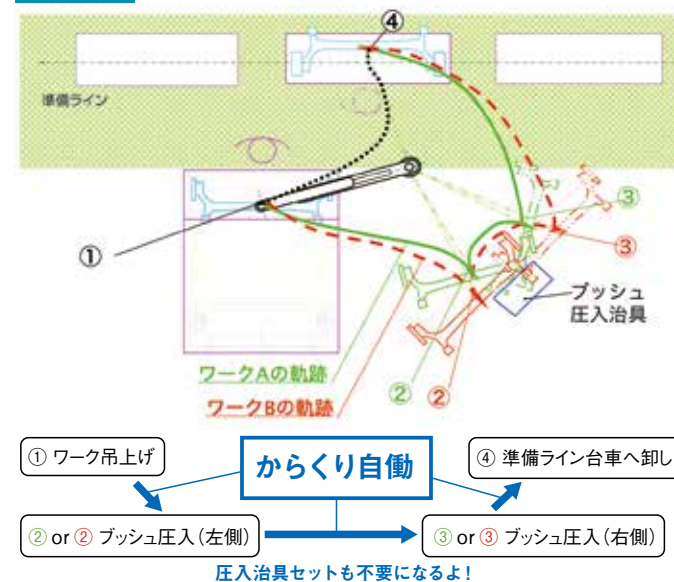


「誰かのために役立つものづくりとは何か」は、
“からくり”を通じて学んだ

組立生技部 技術管理室 山本尚樹氏

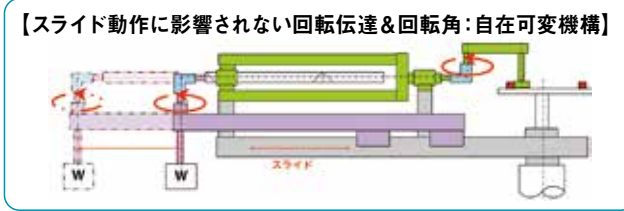
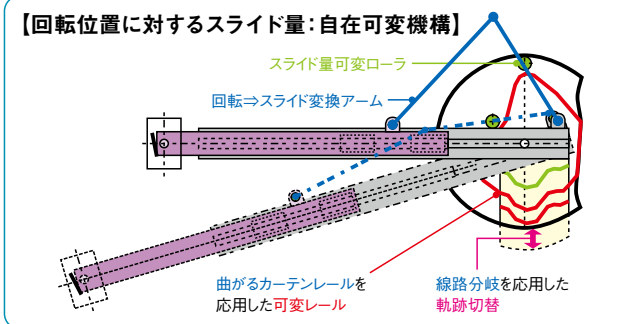
実はこのからくり製作に携わるまで、「付加価値」や「付随作業」という概念が自分の中にまったくありませんでした。製作を担当したことで、現場とのコミュニケーションが増え、「何に困っているのか」「どこを改善するのがよいのか」というニーズの掘り下げに積極的に取り組むようになり、考え方が変わりました。失敗や苦勞も多くありましたが、それ以上に「誰かのためになるものづくりとは何か」を学べたことが本当によかったと思っています。

改善後 重量補助機に1モーターを追加し、からくり自働移載（移載経路可変）を実現。



効果

- ・作業工数低減（移載作業、プッシュ圧入治具セット作業セットの廃止）および気遣い作業廃止。
- ・“現場でつくれる、直せる、変えられる”見て分かりやすい自動化⇒現場改変がしやすい。



清潔で整理整頓が行き届いた工場内には、これまでにない新しい魅力を放つアルミフレームを用いた改善アイテムが盛りだくさん。簡単に効果バツグン。発想の豊かさとこれまでにない目の付け所が、あらゆる現場で大いに参考になるのではないのでしょうか。今回は若手改善マンが活躍するデンソー北海道をご紹介します。



製造部担当次長 兼 保全課課長
東川(あずかわ) 昌信 氏



製造部保全課保全1係 係長
蟹江 正寿 氏



製造部保全課保全1係 改善班 班長
杉本 肇二 氏



頼もしい改善班の若きメンバーたち
(左端は班長の杉本肇二氏)

改善・改良だけでなく、健康管理まで柔軟な発想がアルミの可能性を広げる

「これは便利!」秀逸なアイデアの源は、若手改善マンのやわらか頭脳

4月1日より「株式会社デンソーエレクトロニクス」から社名を変更した「株式会社デンソー北海道」は2007年、車載用半導体製品の生産工場として北海道千歳市に設立されました。車両の角速度・傾きを検出し、姿勢を制御する車両安定制御システムのキーデバイス「イナーシャセンサ」をはじめとするさまざまなセンサ(加速度・温度・圧力などの物理量や物の有無を検出する検出器)の製品設計から製造までを一貫して行っています。

「半導体製品を扱う工場ですので、クリーンな現場で生産ができるよう環境づくりに気を配っています。GFをはじめとするアルミ製品は、現場が明るくすっきりと清潔に見える点が大変好評です。GFは愛知県のデンソー本体で使われていることで、その存在を知りました。改善活動の研修やライン移管などを通じて本体メンバーとの技術交流も盛んで、積極的に情報交換を行っています」(製造部保全課保全1係 改善班 班長 杉本 肇二 氏)。

今回の取材で驚いたのは、改善アイテムの多さと柔軟な発想力。からくりはもちろん、作業負担を軽減するストレッチ器具や埃をとる「コロコロ®」の使用状態が誰でも均一になるようにつくられた装置など、思わず「これは便利!」とうなってしまうほど秀逸なものばかり。こうした発想は、若手の改善マンを中心に他部署のメンバーとディスカッションを重ねる中から生み出されています。

「みんな頭がやわらかいんですよ。同じ方向からだけでなく、少し違う角度から物事を考える。発想の転換でこんなにも改善できるのかと驚きです」(製造部担当次長 兼 保全課課長 東川 昌信 氏)。

「どこか改善できるところはないか」「何か参考にできるものはないか」という視点で物事を見つめ考えることが「やわらか頭脳」を鍛え、良質なアイデアを生み出す原動力となっているそうです。

「コロコロ®」はニトムの商標登録です。

これは便利、そしてスゴイ!

デンソー北海道 改善アイテム大特集

これまでにない新たな視点とアイデアが満載。この感性、見習いたいものです。

最高傑作!!

誰でもすっきり「コロコロ®アーム」



クリーンルーム内でも、より高いクリーン度が求められるゾーンでは、作業に入る前にコロコロで衣類に付着した埃を取り除きます。かつては、人によって動作にバラつきが出ていましたが、これなら腕を通すだけで3方向から均一に埃を取ることができ、誰でも同じ状態に。ありそうでなかったこのアイデアに社内から「最高傑作」との声があがるほど絶賛されています。

工数低減を実現

丸ごとラクラク「先入れ先出し台車」



ワークの先入れ先出しのために、台車への載せ替え作業を行うのはとても面倒。それならば台車ごと保管レーンに組み込めないか…と考案されたのがこちら。ハンマーロックを持ち上げれば、後はレーンの傾斜に従って台車とワークが自重で流れる仕組み。載せ替え作業や台車の押し引きをする動作が必要なくなり、工数も低減。ストッパーを解除すれば台車が自動的に流れてくる優れたものです。

展示形式で美しく

見える化実践「コンビニラック」

アルミ構造材SFと安全柵AZのネットにつくったパーティションラック。フックは自社にて購入。予備品をコンビニの店頭のように展示させたことで、在庫の見える化を実現。ネットを用いたことで見通しがよくなり、圧迫感を感じさせません。



視界良好

見通しクリアな「スケルトンボード」

生産現場に欠かせない掲示板。当初はホワイトボードの導入が検討されていましたが、工場の中心に置くと視界をふさいでしまうのではとの声が…。そんな不安はクリアパネルで解消。マジックテープで何度でも取り外し可能。圧迫感がないと大好評で、現在は全ラインに展開中です。



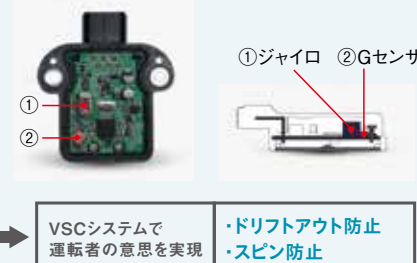
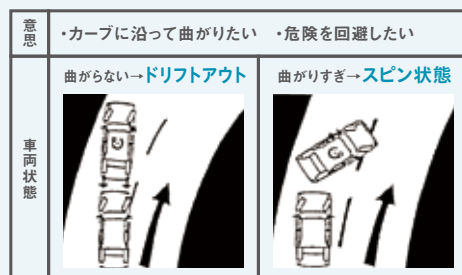
製品紹介

世界トップクラスの技術力を発揮し、北海道から高い品質の製品を全世界に発信

自動車用半導体センサとして、その技術レベルは性能・品質共に世界トップレベルにあり、その強みは【3Sコンセプト:Simple(簡素)、Small(小型)、Strong(高性能高信頼性)】と言えます。簡素化し、部品点数を減らすことで、小型軽量化できるとともに、接続点数が減ることで、信頼性も向上します。

注目! イナーシャセンサとは…

車両安定制御システムのキーデバイスとして、車両のスピン・ドリフトを検出し、安定な姿勢を保ちます。



VSCシステムで運転者の意思を実現
・ドリフトアウト防止
・スピン防止

ちょっと一息

伸びして快調「ぶら下がり健康器」

検査作業を行う人は、ずっと同じ姿勢で仕事を続けなければならないため、体への負担が大きいもの。作業の合間のわずかな時間にここにぶら下がることで、背筋が伸びて気分もリフレッシュ。作業効率も上がると大変好評です。



他にもこんなアイデアが!



1500mmに統一された生産現場
生産現場の什器はすべて1500mmの高さに統一されており、清潔感あふれる工場内を誰もがどこからでも見渡すことができます。



現場の掲示板はクルクル回転式
必要な指示や目標数値をボードに差し込んでクルッと回転。立体化したことで4面が自由に使えて空間のムダがありません。

回転して下がる「へりさがーる」

作品概要

重い12段金属パレットを、次工程に適した高さと向きに同時に変えられるように
移し替え作業の廃止を図った改善。

改善前の問題点

①重量物

12段積み金属パレット(15kg)を3回に分けて一時置き台に移動する



②高い作業

最上段が1.5mと高く低身長者負担が大きい



③回転(向き)

次工程の外観検査時にパレット向きの180°反転が必要



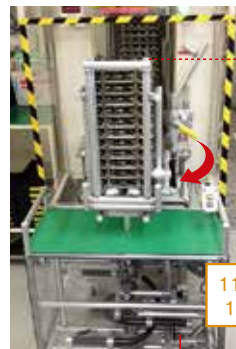
30S/回

改善後の手順

①引き込み



1つのフットレバーで、螺旋下降・上昇を繰り返し行える。



②旋回&下降

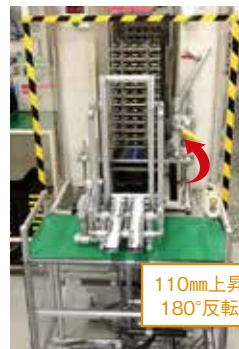
110mm下降
180°回転



機構説明

ガイドローラー
U字曲げたガイドレール
下降時にバネにエネルギーを蓄積。

③取り出し



110mm上昇
180°反転

14S/回

改善効果

パレットの移し替えがなくなり、作業性と安全性が向上 ▲18.8H/M 低減



改善班と他部署メンバーでディスカッション。まずは試作品をつくり、使い心地を検証。その後SUSの3D作図ソフト「Units Design」を用いて図面化し、社内に展開していきます。

人工削減と効率化を実現

クルッと回転「カニりんぱ」



今まで1個ずつ移し替えていたワーク。



ワークに通い箱をかぶせる。

改善前

クリーンルーム内に出荷梱包用のダンボールをそのまま入れるわけにはいかないため、通い箱に移し替える必要が…。付加価値を生まないこの作業の手間と人手を何とか削減したい。



ワークと通い箱を上下で固定(カニの手のように上からワークを挟み込む)。



手前に反転させてワークを移し替える。



一度で通い箱への移し替えが完了。

改善後

「カニりんぱ」の導入で移し替え作業が劇的に短縮され、17.6H/Mの削減に成功。

COMPANY DATA

株式会社 デンソー北海道

〒066-0051 北海道千歳市泉沢1007-195
http://www.denso-hokkaido.co.jp

自転車けん引台車

内容

物流管理では、電動アシスト自転車+けん引台車(自分達で開発・製作)を3台連結して部品を運搬しているが、フロアに黒いタイヤ痕が付着するため、ウレタンキャスターに変更した。タイヤ痕のフロアへの付着はなくなったが、ウレタンキャスターは非常に滑りやすく、3台目(1番後ろ)の台車が横滑り(ドリフト)するようになった。横滑りのメカニズムを分析し、ドリフト防止台車を新開発した。



1. 対象の説明

代表製品

イナーシャセンサ

完成品

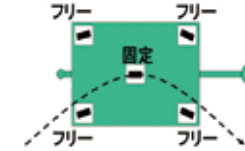
部品



電動自転車 + けん引台車(3台) ⇒ 多回運搬(20分毎)

会社コンセプト

「クリーン工場実現」→タイヤ痕の付きにくいウレタンキャスターを採用し、更に内輪差の出ないけん引台車(中央を1輪+4輪)を考案。



2. 改善前の問題点

現状

ウレタンキャスターは滑りやすく、横滑り(ドリフト)が発生

問題点

①コーナーの度に通常以上のスピードダウンが必要となり直接工数が悪化。
②運搬時の安全・品質の低下。



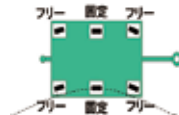
要因

1軸キャスターではコーナーの横Gに耐えられない。

3. 着眼点

ポイント

通常横滑りを防止するには、下図のように固定キャスターを、中央左右に配置すればよいのだが若干の内輪差が発生してしまう。



横滑りのメカニズムを分析し、内輪差とスベリ防止を両立させる

4. 改善後

改善内容

中央のキャスターを2軸化



ダブル接地面積効果による、横滑り(ドリフト)防止

5. 効果

安全・品質

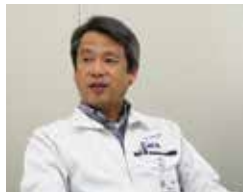
高額かつ、繊細(ジャイロセンサ・Gセンサを実装)な部品運搬の安全・品質の向上が図れた。

直接工数

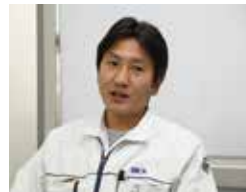
コーナーでのロス時間を▲1秒/1コーナー低減
32コーナー/1サイクル(20分)×50サイクル/日×▲1秒×24D

多回運搬での直接工数 1ルートあたり▲10.6H/M
現在21ルート運行中

航空機の部品製造からスタートし、今年で創業75年となる三桜工業。現在では、自動車用の各種配管を製造、大手自動車メーカー各社と取引を行っています。国内トップシェアを誇るほか、世界中に生産拠点をもち、積極的な海外展開を進める企業です。今回、取材させていただいたのは樹脂事業部。企業理念と会社の伝統が深く根付いている生産現場の様子をご紹介します。



樹脂事業部 副部長
笠島 美則 氏



樹脂事業部 生産課 課長
近藤 靖之 氏



樹脂事業部 生産課 SV
戸時 貴史 氏



樹脂事業部 生産課 FC
田村 幸雄 氏



樹脂事業部 生産課 FC
坂本 宗治 氏

培ってきた技術力と企業理念に基づく取り組みが時代の流れに対応する力

企業理念がよりよい現場と製品をつくる

主力製品は自動車用の金属配管とのこと。樹脂事業部ではどのような製品を製造されているのでしょうか。

主に配管部品を製造しています。樹脂事業部は、20年ほど前に燃料配管のゴム部分を樹脂化しようとしたことが始まりです。昨今では、自動車の軽量化・環境への配慮・燃費の向上といった



パソコンの取り付け角度や端材活用した工具入れなど、作業台には作業者ひとりひとりが使いやすいように工夫が施されている。



チューブを搬送するための台車。鉄製から切り換えることで、軽く動かしやすくなり作業効率が向上した。

ハイブリッド化によって、自動車部品の樹脂化が進んでいます。以前は隣の事業部でつくっていた金属製品を、自分たちが樹脂製品として製造することもあります。三桜工業としては時代に合わせて、1つ1つの製品にとって最適な材質をその都度検討しながら、つくり続けているといえるでしょう。金属配管の製造で培ってきた緻密な技術や豊富な設備を活かし、お客さまの要望に自社で対応できることが樹脂事業部の強みです。最近では樹脂製品が三桜工業の主力となりつつあります。

「ミッション/ビジョン」「モットー」「三桜ウェイ」と3つの企業理念をお持ちですが、特に重視されていることは为什么呢。また、企業理念に基づく取り組みはありますか。

生産現場ですので、一番は「ミッション/ビジョン」の中にある「安全と安心」と「環境保全」です。樹脂を扱っていますので「環境保全」には特に気を配っています。樹脂事業部是三桜工業の中で唯一、原材料の仕入れから製品の製造まで行っている部署です。そのため、なるべくロスを出さないように、購入した1kgの原材料からは1kgの製品をつくれるような取り組みを行っています。例えば、樹脂製品を成型する際に、ランナーやスプールといったものが出てしまいます。プラモデルをつくったことがある方は分かると思いますが、部品を固定している、切り取って捨ててしまう部分のことです。それを金型設計の段階からできるだけ出さないようにしています。また、出てしまったものは粉碎して再利用しています。



タッチパネルボックスにもSUS製品が採用されている。アルミボディは軽さや美観だけでなく、熱伝導率が高く、放熱性に優れるため、機器への負担を軽減する。

企業理念の「三桜ウェイ」の中に「手づくり」という言葉がありますが、必要なものは自らの手でつくるという「Made in 三桜」という伝統があるそうですね。

製造では、なるべく手づくりを心掛けており、自分たちで使うものは、思いついたら自らつくってみようとしています。現場で手づくりするのに適した部材として組立性に優れたアルミパイプ構造材GFを使っています。この手づくりという伝統から生まれた製品もあります。「クイックコネクター」という配管を接続する部品です。樹脂事業部のアイデアと成型技術、そして生産技術部の協力によって製品化を実現しました。ワンタッチで確実な接続を可能にしたこの製品は、作業性を向上させました。また、配管固定に必要なコネクタを、自社生産することで生産のサイクルが速くなりました。さらに、「クイックコネクター」は汎用性の高い製品のため、単品で配管メーカーへの販売も行っています。現在では約150種類、月に250～500万個を販売しています。

企業理念

三桜工業は、「ミッション/ビジョン」「モットー」「三桜ウェイ」の3つを企業理念として制定しています。これは、グローバル三桜グループが、企業としての永続性を保つと同時に社会的責任を果たすためのもっとも基本的な理念、信条です。

ミッション/ビジョン

私たちのMission(使命)は、ものづくり企業として、製品の提供とグローバルな事業活動を通じて、ステークホルダーの「安全と安心」、「環境保全」のために力を尽くすことです。Missionを果たしていくために、「人を育て、システムを育て、技術を育て」、創意あるエキスパート集団になることを目指します。

モットー

経営全領域にわたる絶えざる改革

三桜ウェイ

1. 新しい価値を生み出す

- ・Futurity: 未来を志向し、あるべき姿を構想する
- ・Flexibility: 既存概念に捉われず、柔軟に考える
- ・Humanity: 誠意があり、暖かく思いやりのある行動をする

2. 組織で力を出す

- ・責任感: 役割責任を認識し、キチンと最後までやり遂げる
- ・三桜マーケットイン: 相手を知り、相手の気持ちに応じたやり方で、目的を達成する
- ・自発・自律・迅速: 業務の本質を掴んで自発的・自律的に判断し、迅速に行動する

3. 高い志を持つ

- ・知識×意欲: 常に新しい知識を吸収して意欲的に業務に活かす
- ・手づくり: 自ら手を動かし体験することで学ぶ
- ・チャレンジ: 常に今より高い目標を設定し、達成への行動を通じて成長する



つくることは考えること 手づくりという伝統「Made in 三桜」

組立性に優れたGFと伝統が生み出す相乗効果

手づくりという伝統にGFが適しているとのことですが、GFを導入されたのは、いつ、どういうことがきっかけだったのでしょうか。

7年ほど前、新工場の設立に伴い、もともと使用していた鉄パイプからGFに切り換えました。実は、導入のきっかけは組立性ではなく美観が決めた手だったのです。

当時、トヨタ生産方式を学んでいたため、新工場の設立は実践する良い機会でした。機械の設置方法を見直したことで、シューターが必要になったのですが、せっかく新しい工場に移るのだからきれいなものを使いたいということで見つけたのがGFです。1台つくったところ、美観だけでなくその組み立てやすさによってどんどん広まり、今では棚やテレビ台、つい立など何でもGFでつくっています。

GFを現場の至るところにご活用いただいています、使い心地はいかがですか。

やはり、組立性に優れている、簡単に組み立てられるところに魅力を感じます。組み合わせが自在にできるので、また次のものがつくりたくなる、意欲がわいてくる面白い製品ですね。現場では図面を描かずに、頭で考えながらものをつくっています。人によって組み方が違うため、つくっている人同士で勉強しあうことで刺激になっているようです。組立性だけでなく、台車や作業台などをGF製にしたことでさまざまな効果が出ています。鉄製からGFに置き換え



リモコンスタンドを付け、省スペース化と作業性を考慮しキーボードを斜めに設置するなど、アイデアと工夫が随所につまったディスプレイ台。

た台車は、軽く動かしやすくなり作業効率が向上しました。他にも、水を使用する工程の作業台をGF製にしたことで、今まで定期的に必要な作業台のメンテナンスが不要となりました。腐食に強いというアルミのメリットを実感しています。アルミは価格が高いというイメージがありましたが、GFは組立性に優れているのでトータル的には安いと感じています。軽量で簡単に組み立てられるGFは、製品が軽い樹脂事業部に合った製品だと思います。



生産した製品が組立作業に使用されるまで保管しておく棚。上部に付いたコネクタが箱に引っかかるため、箱を取り出すことなくスムーズに製品の出し入れが行える。

軽量で環境性能も高い樹脂部品が世界中で活躍

御社は海外拠点多く、とてもグローバルな企業という印象があります。その点についてはいかがでしょうか。

三桜グループは、現在22カ国68カ所の製造拠点があります。近年では、年に1つに近いペースで新しい拠点を展開しています。ベトナムではSUSと同じタンロン工業団地に拠点があり、組み立てた製品を納めていただいたこともあります。最近では、ロシアに進出しました。日系企業だけでなく、現地の自動車メーカーとの取引も行っています。三桜工業は、どこの系列にも属さない独立系企業です。国内外で幅広く取引を行うためには、多種多様な規定や要望に対応する必要があります。三桜工業の高い技術力はこのような環境によって培われたものといえるでしょう。樹脂事業部は、この古河事業所がマザー工場となっており、ここから全世界に供給を行っています。

最後にSUS製品についてご意見・ご要望などありましたらお聞かせください。

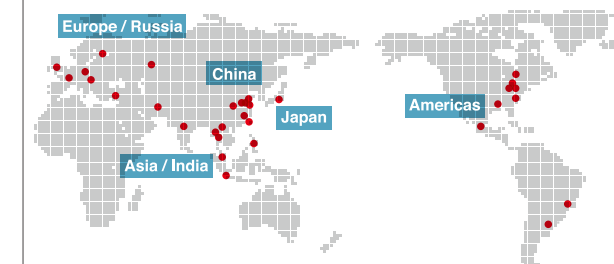
GFに関する製品要望として、既存のコネクタを機能アップしたようなラインアップが増えることを希望します。例えば、フリーコネクタは180°まで回り、必ず片側はフレームの端につなぐ製品ですが、360°回るものや、両側ともフレームをつかむグリップのものが

あるとより便利になると思います。ほかにも、レンチを使わなくともワンタッチで締結できるような製品があるとより簡単に組み立てることができるのでうれしいですね。カラーバリエーションが増えると活用場面が広がるのではないのでしょうか。今後は、角フレーム（アルミ構造材SFシリーズ）を使用しているロボットの安全カバーなどに積極的にGFを採用していきたいと思っています。



コネクタとチューブを圧入し接合部を確認する工程。水を使用するため、腐食に強いアルミフレームは最適とのこと。

グローバルネットワーク



COMPANY DATA

三桜工業株式会社

本社：〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿1-23-23
古河事業所：〒306-0041 茨城県古河市鴻巣758
<http://www.sanoh.com>



アルミにはアルミを。
アルミボルトが締結の概念を変える。



アルミボルト&ナット オールアルミが強い締結力を生み出す。

2014年夏 発売予定

SUSではこれまで培ってきたアルミ押出材の締結ノウハウをベースに、アルミフレーム専用のアルミボルト・ナットを販売開始いたします。これによりフレーム、ボルト、ナット、ブラケットをアルミで統一。異素材締結で生じていた振動や温度変化による緩みが解消され、完全な結合を実現することができました。また異種金属の接触による電位差がなくなるので、錆びにくいというメリットもたります。A7050合金をさらに進化させ高強度を実現。究極のアルミボルト・ナットが誕生しました。



オールアルミ製のボルト・ナットとブラケット

SUS 株式会社

www.sus.co.jp

SUS SCU

検索

SCU営業(SUS静岡事業所内) 〒439-0037 静岡県菊川市西方53 TEL 0537-28-8700 FAX 0537-28-8714

