

SUS

アルミを進化させるSUS



GF
Green Frame

●特集

「からくりモジュール」のご提案

Sing
SUS FA MAGAZINE シング
2010 December No.18

SUS 株式会社 〒424-0103 静岡市清水区尾羽122-2 TEL054-361-0200(代) FAX054-361-0202

www.sus.co.jp

福島営業所 TEL0248-89-1242 FAX0248-89-1244 東京営業所 TEL03-5652-2391 FAX03-5652-2392 北関東営業所 TEL048-501-1650 FAX048-522-8222
長野営業所 TEL0263-85-1211 FAX0263-85-1212 静岡営業所 TEL054-361-0200 FAX054-361-0202 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。

アグリオートメーションが求められる時代の到来に向けて

SUS株式会社 代表取締役社長 石田保夫

今年は記録的な猛暑が全国を襲い、10月まで残暑が続きました。加えてゲリラ豪雨や季節外れの台風、いきなり木枯らしの到来・・・と例年になく異常気象に振り回され、野菜を中心とした農作物は軒並み高騰。社会的にも大きな影響を及ぼしています。さらに農林水産省が発表している日本の食糧自給率(カロリーベース)は、わずか40%と先進国の中では最下位の水準です。ところが、食糧不足で困っているという話は一向に聞こえてきません。国内で流通する農作物は、一体どこで生産されているのでしょうか。

これまで日本の農業は、産業と結びつけて話題に上ることがありませんでした。また私たちも、食糧を海外から大量に輸入しているという現実には危機感を持つことなく過ごしていたように思います。しかし、中国でレアアースの輸出規制が掛かったように、食糧が国家戦略的な物質として扱われたとしたら、輸入食糧に頼りきっている日本はどうなってしまうのでしょうか。円高の影響を受け、ものづくりは海外へとシフトし、日本国内の産業構造は大きな転換期を迎えています。空洞化した国内に活性の波を呼び戻すためには、農業を「食糧産業」という概念でとらえ、調達・防衛の手段として産業構造に組み込む必要があると感じています。現在、食糧調達のために海外へと流れている何兆円もの資金を国内で有効活用し、自国内で食糧調達ができる政策を検討する時代がやってきたのです。

これまで農業政策は農林水産省に任せきりでしたが、現在はさまざまな企業が農業にマーケットを見だし、動き始めています。中でも工業的な視点や技術を生かし、農業分野に参入する企業が急激に増加しています。「天候に左右されず、どこでつくっても同じ品質の農作物を安定した価格で供給できる」という条件を満たす「植物工場」は、戦後の日本が世界に向けて培ってきた「ものづくり」の精神をそのまま受け継いだ新しい農業の形です。食糧自給率の低い日本の救世主となる新たな産業の担い手であると感じています。

SUSでは自社工場がある福島県須賀川市東山地区の休耕田を再利用し、昨年より地元農家へ米の栽培を依頼しています。収穫した米は社内で販売し、好評を得ています。FA業界で築き上げた技術力を「AA(アグリオートメーション)」という新たな分野で生かし育てていく時代がやってきたと確信し、独自の製品開発と技術提案に積極的に取り組んでいきます。





01 INTRODUCTION

アグリオートメーションが求められる
時代の到来に向けて
石田保夫(SUS株式会社 代表取締役社長)

【特集】

04 「からくりモジュール」
のご提案

11 SUSネット発注システム WEB SUS

12 からくり改善[®]くふう展2010

13 株式会社デンソー
15 トヨタ車体株式会社
17 マツダ株式会社
19 豊田合成株式会社

進化する植物工場 その2

22 日本を、オランダを超す農業先進国へ
「植物工場」が輸出産業の要になる

千葉大学大学院 園芸学研究科 蔬菜園芸学研究室 准教授 丸尾 達

ものづくり大国ニッポン8

29 世界を揺るがした奇跡のアルミ合金
超々ジュラルミンにみる驚異の開発力

住友軽金属工業株式会社

33 お客さま探訪シリーズVol.14
株式会社ミマキエンジニアリング
株式会社 島根富士通

37 カタログ申込書

【特集】

現場の改善でもう迷わない 「からくりモジュール」 のご提案

製造現場における改善の手段としてすっかり定着した「からくり」とはいえ、いざ取り組もうとすると「どこから着手していいかわからない」といった声が多いのも事実です。そこで、SUSではFAの現場で培った技術とノウハウを組み込んだ「からくりモジュール」の提案を始めました。からくりを標準化するSUSの提案をぜひご覧ください。

からくり機構をカタチにするSUSの取り組み

9月10日にSUS滋賀事業所で「からくりユニット展」を開催、10月7日・8日には「からくり改善[®]くふう展2010」のPRブースに出展し、多くの来場者を引き付けたSUSのからくり。SUSの設計理念と「からくり」に対する取り組みについて改めてご紹介いたします。

■FAをアルミでカタチにする会社

SUSはFA向けアルミ製機器製品および機械装置の設計開発・製造・販売を手がけています。アルミに無限の可能性を見だし、この素材の特性を活用することで事業を展開してきました。構成するユニットごとに標準化し、システマティックに組み込むことで、ローコストかつ短納期で高品質な機械装置を提供できるOAS（Organic Automation System＝標準化されたユニットをブロック&ビルドのように組み上げて機械装置をつくり上げていく）という理論を掲げ、アルミフレームと機械装置の設計・開発、製造・販売に力を注いできました。

■SUSと「からくり」の出会い

SUSが「からくり」に着目し始めたのは、約3年前。お客さまから寄せられた要望によって「からくり」の存在を知り、そのニーズを形にするために取り組み始めたことがきっかけでした。お客さまの工場に何度も足を運び、現場の事情に耳を傾け、試作を繰り返す日々。安価で動力を使わずに作動する「からくり」をFAの1つととらえ、どんな現場にもフレキシブルに対応できる機構や製品をSUSから提案できないか……そんな思いが社内でも高まり、本格的な開発がスタートしました。

■SUSが目指す「からくり」のカタチ

SUSでは、これまでお客さまの要望に合わせてさまざまなからくり機構を提案し、それらを実現させるために以下の取り組みを行ってきました。

①からくりパーツの開発

シユウドウ
摺動・昇降・回転など、からくり動作に必要なとなるフレーム・コネクタ・アクセサリを開発。

②からくりの標準モジュール化

物流・搬送系を中心にからくりの機構を標準化し、ブロック&ビルドで組み上げられるからくり装置システムを開発。

③からくりとオートメーションの融合

からくり装置の始動トリガーの電動化により、低コストなオートメーションを実現。

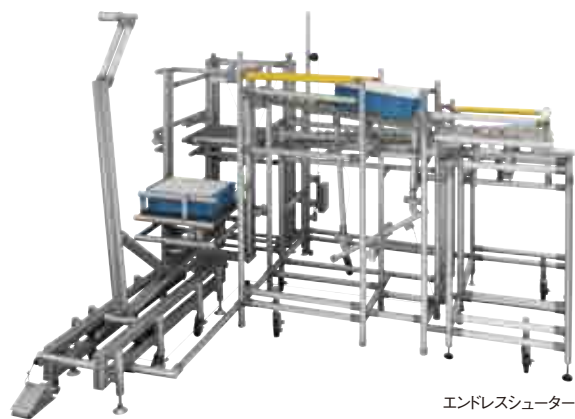
■アルミパイプ構造材GFの活用

SUSのからくり用に用いられている「アルミパイプ構造材GFシリーズ」のフレーム断面は円形ではなく、4つのツメがついた形状となっており、このツメをつかむようにコネクタで締結させていきます。4つのツメをつかむ方式により、直角度・平行度が容易に構成できるので、コネクタ締結用のボルトは1本。中空のアルミフレームなので、軽量で扱いやすいのが特長です。これらの条件により、組み立てやすさにおいては抜群の機能があると言えます。組み立てやすいということは、改造や解体にもスムーズに対応できるため、からくり向きの部材とも言えるでしょう。

またアルマイト加工が施されたシルバー色のフレームは耐食性に優れ、工場内を明るく清潔に見せる効果が高いとお客さまからも好評です。現場オペレーターのアイデアを自由にカタチへ変えていけるGFシリーズは、からくり改善に最適な部材として社内外を問わず認識され始めています。



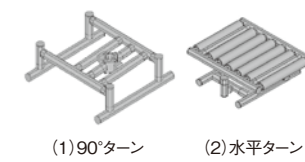
水平ターン



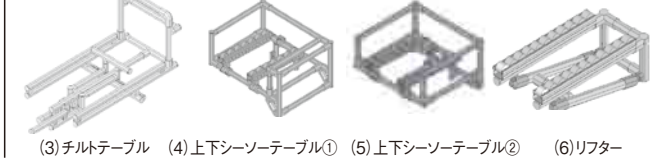
エンドレスシューター

■からくりモジュールの紹介と使用例（「SUSからくり事例集」より抜粋）

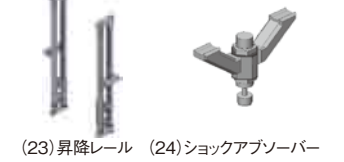
方向転換モジュール



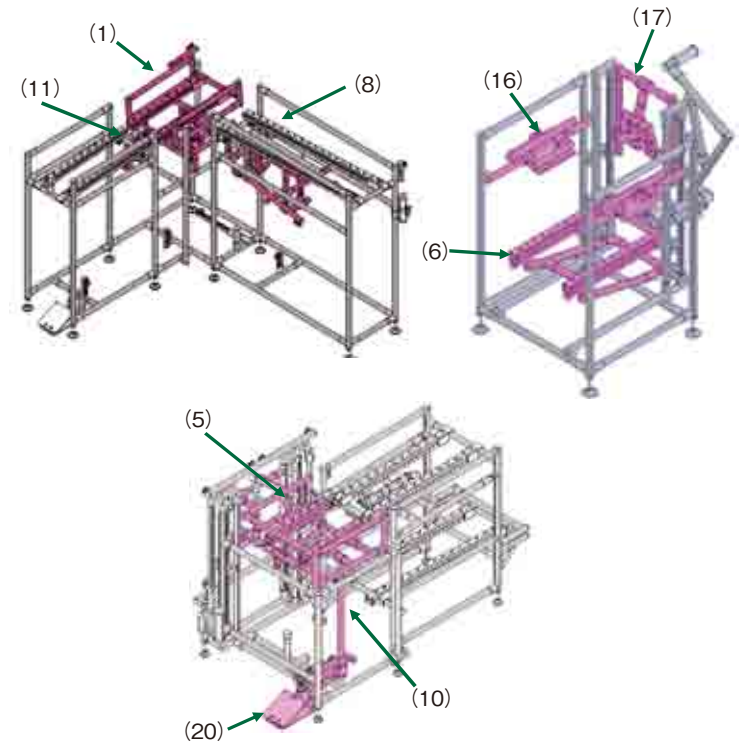
コンテナテーブル



昇降モジュール



コンテナ制御モジュール



操作モジュール



切り出しモジュール

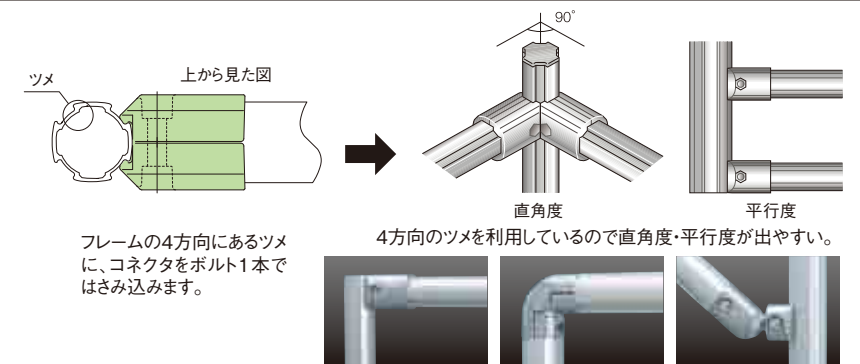


ストッパーモジュール



■GFシリーズの特長

- ・フレーム形状についている4つのツメをコネクタがつかむ方式により、組み立てやすさと組立工数の削減を実現。
- ・材質は環境にやさしいリサイクル可能なアルミ材を採用。軽量化も図れます。
- ・アルマイト表面処理加工で、メンテナンスフリー。



コネクタはボルト締結のため組立・分解が容易。

■農業分野でも広がるGFの需要

また近年SUSでは、FAで培ったノウハウを生かして農業分野にも積極的に進出しています。7月21日～23日まで東京ビッグサイトで行われたGPEC（施設園芸・植物工場展2010）では、渡辺パイプと共同でGFを用いた「からくり台車」や準閉鎖型植物工場の栽培棚を出展。千葉大学園芸学部ブースでは、トマトの可動式栽培棚にGFを採用していただくなど、農業分野のキーマンともいえる企業や研究機関にもその実力は認められはじめています。

■「からくりモジュール」の提案

SUSではからくりに必要な機構を標準化し、パーツを組み合わせた「からくりモジュール」を提案しています。これは「工場内でからくりを用いた改善を行いたい、どのようにつくったらよいかわからない」といった方でも、要望に合わせてモジュールを組み合わせることで簡単にからくり機構をつくり出すことを狙ったシステムです。

ここに至るまでSUSは数々の経験と実績、試行錯誤を重ねながら、からくりに関する技術を習得してきました。当初は、お客様の要望に沿って一品一様の設計・調整を行っていましたが、工数が膨大でコストも割高になってしまう状況に改善策を模索していまし

た。いくつもの事例を重ねていく中から「搬送」というキーワードと共に、からくりの機構に共通部分があることを見いだします。搬送する箱や重量はお客様によって違いはあるものの、動作の順序が同じであることに気付いたのです。

そこでGFシリーズのパーツを駆使し、共通となる動作に合わせたモジュールを構築しました。この「からくりモジュール」を基本とすれば、サイズが変わってもフレキシブルな対応が可能となり、あらゆる作業現場で、より簡単に・早く・安価にからくりをつくることのできるのです。SUSが掲げるOAS理論に沿ったからくりは、誰もが手軽に使用できることを目的としています。



千葉大学の「可動式栽培棚」。トマトの成長に合わせて棚を移動させることができる。



アルミのシルバー色が野菜の色を美しく反映させると好評だった「準閉鎖型植物工場」。



渡辺パイプと共同出展した「無電源足踏み式作業台車」。ペダルを踏んで前進後退させる。

■からくりパーツの一例



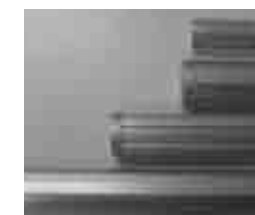
GF（グリーンフレーム）T



ヒンジハード



ヒンジストッパーハード



ウエイトフレーム



アイドラ



スロットローライト



スプリング・ポスト



ワイヤ・加締金具

■からくりモジュール

- ①希望の動作に合わせてモジュールを選定
- ②ワークサイズに合わせてフレームの長さを設定
- ③本体にモジュールやからくりパーツを組み合わせてからくり動作を実現
- ④位置調整・微調整のメンテナンスはGFシリーズを用いた構成により簡便に行える

■SUSの「からくりサポート体制」

「からくり改善[®]くふう展2010」では、SUSのGFシリーズを使用した改善事例を数多く見ることができました(本誌P13～P16参照)。またSUSのPRブースにもたくさんの来場者が訪れ、アルミによる新しいスタイルのからくりを直接ご覧いただくことができました。

SUSでは現在、「からくり」に関心のあるお客さまを当社へお招きして「からくりセミナー」を開催しています。2010年9月にはSUS滋賀事業所にて「からくりユニット展」を開催し、中部・関西地区を中心に大変多くのお客さまにご来場いただきました。からくりのデモンストレーションだけでなく、「アルミフレームができるまで」「GFからくり事例の紹介」「からくりモジュールの説明」など、からくりへの取り組みを余すところなく解説させていただき、参加者の方々より大変ご好評いただきました。

現在、SUSでは、アルミパイプ構造材GFシリーズを用いたからくりの製作を検討されているお客さまに「からくり導入支援サポート」を提案しています。アルミの特性を生かした新しいからくりを、ぜひ製造現場の改善にご活用ください。



ECOシャトル 段積みされたコンテナを1つずつ切り分け、作業後に再度段積みして返します。



エレベーター 上にあるコンテナが、作業後ペダルを踏むことで、下のシューターに排出されます。



コンテナ積み上げユニット レバー操作で流れてきたコンテナを積み上げます。



コンテナ切り出しユニット 積み上げてあるコンテナをバラします。



切り出しユニット 前後のストッパーを順次作動させることによりコンテナを1つずつ切り出します。

■からくり改善[®]くふう展2010



「からくり改善[®]くふう展2010」のPRブースに出展。たくさんのお客さまにご来場いただきました。

■からくりユニット展(SUS滋賀事業所)



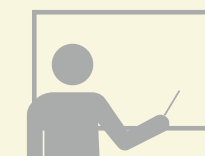
からくりに関する講演会を行いました。



カメラを片手に熱心に撮影する来場者。



からくりを見て触って納得していただきました。



特別企画

からくりセミナーのご案内

現在、「特別企画 GFからくりセミナー」を実施しています。約2時間のスケジュールで「からくりユニットデモ」の他、「からくり新アイテム紹介」「からくりセミナー」など盛りだくさんの内容をご紹介します。

日程

ご予約制です。

(ご希望の日時を担当営業、もしくは最寄のカスタマーセンタへお申し込みください。)

<http://fa.sus.co.jp>

場所

SUS東京事業所ショールーム

東京都中央区日本橋小伝馬町1-7
スクエア日本橋3Fにて受付(ショールームは4Fです)

人数

参加人数を申し込み時にお伝えください。

内容

- ①オープニング(VTR20分)
「アルミフレームができるまで」
- ②セミナー(25分)
「からくりを構成するために」
- ③休憩
- ④デモンストレーション(60分 撮影可能)
「からくりユニットデモンストレーション」
- ⑤Q&A(15分)

日程・アクセス・セミナーの詳細などはお気軽にSUS各事業所へお問い合わせ下さい。

参加費は無料です

※SUS東京事業所までは各自にてご来場いただきますようお願いいたします。

WEB 見積・注文 スタート

WEB掲載商品15,000アイテム

ネット発注システム

WEBSUS

ウェブサス

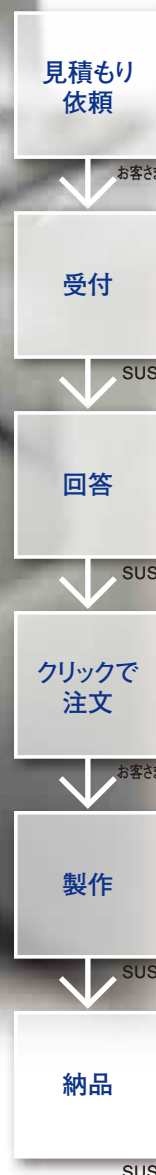
<http://fa.sus.co.jp/websus/>



8月23日より、ネット発注システム「WEBSUS」がスタートしました。WEB掲載商品15,000アイテムをオンラインで見積・注文！ 工数削減と納期短縮をサポートいたします。また、「リピート管理」「エクセル(CSVファイル形式)データ転送」「図面管理」「送り先管理」「ネット限定キャンペーン」など、便利な機能が盛りだくさんです。

- WEBで簡単見積もり・注文
- リピートオーダー管理
- エクセル(CSVファイル)データ転送
- 図面管理
- 送り先管理
- ネット限定 商品キャンペーン

**お得なネット限定キャンペーン商品
も掲載します。**



からくり改善[®] くふう展

2010

2010年10月7日(木)～8日(金)
東京都立産業貿易センター 浜松町館

1993年から開催されている「からくり改善[®]くふう展」。今年は約130作品が出展され、生産現場の「知恵」と「工夫」が大集結した2日間となりました。その中で、SUSが注目したからくり4作品をご紹介します。

社団法人 日本プラントメンテナンス協会
<http://www.jipm.or.jp/>

「からくり改善」は社団法人日本プラントメンテナンス協会の登録商標です。

人に優しい楽々昇降台車 台車の押昇



2010年「ネーミング賞」受賞作品

このからくりには、SUSのアルミパイプ構造材GFが使用されています。

■作品概要

・部品供給時における箱の上げ降ろし動作を台車の昇降により廃止

効果 ・足腰負担軽減 ・作業動作数削減(作業工数低減)

改善前

① 部品投入・取り出しは人が介在(重量物は負担大)



② 定位置での投入・取り出し台車はあるが複数段には対応不可



③ 市販品では、ながら作業ができない(昇降させるためにアクションが必要)

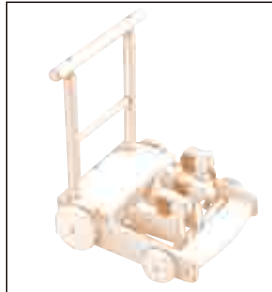


【苦労した点】

- ① 荷台の上昇端までを、台車の移動距離(短距離)で成し遂げること。
- ② 荷台上昇時の振動(荷物の揺り)を防止するカム形状の考案。
- ③ 仕様制約(台車面積・ベースから荷台までの高さなど)の中に上昇機構をコンパクトに収めること。

【工夫した点】

工場に展開しやすいように、汎用性の高い部材を選び、操作性を考慮した機構を導入した(バック走行時のカム駆動切り離し、上昇端でポンプ機能を遮断するからくり機構など)。



台車を押すだけで作業ができないか？
手押し車をヒントにカムを使って上昇させよう！

■SUSのアルミパイプ構造材GFを利用した感想

【メリット】

・組立時は、追加・削除などがレンチ1本で簡単にできる手軽さ、調整時は、パイプとコネクタ接合部のミリ単位での修正ができる精密さなどから大胆な発想でも製作トライすることができ、「製作は難しい」「一度作ると変えられない」「失敗が怖い」といった改善推進の障害を払拭し、誰でも気軽に使える最適な材料料だと思う。

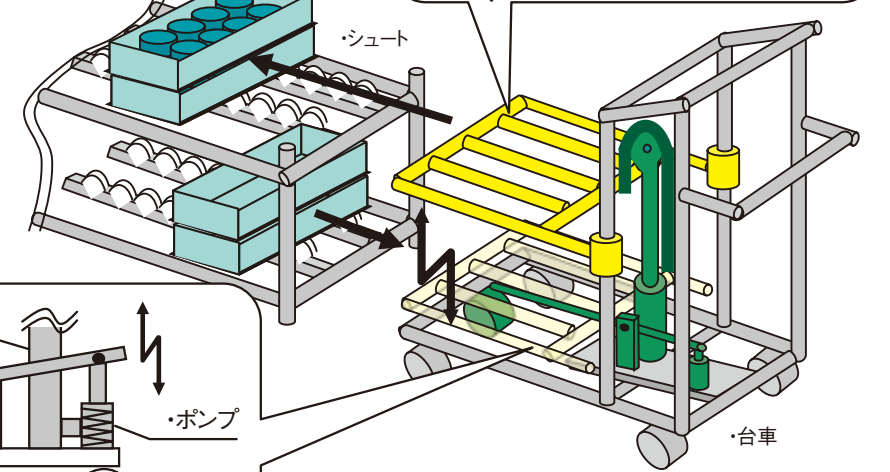
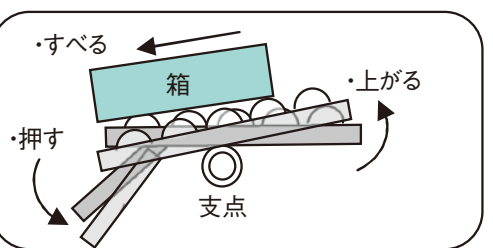
【改善を求める点】

・人や物の動き(上げる・下げる・押す・引くなど)を道具化するために、補助する部材(ローラーのバリエーションや滑車など)をもっと増やして欲しい。
・強度を要する部位は、パイプ、コネクタ増で補完しているが、スマートさやシンプルさが失われてしまう気がする。

改善後



・台車を押すことで箱の投入・取り出しを行う【テコの利用で傾斜させ、出し入れ】



・台車移動中にリフター上昇

【車輪の回転を利用しカム、リンクでポンプを駆動させシリンダが上昇】



同期台車積載装置 ダンベルShow!一郎君

■作品概要

- ねらい** 実空ポリ入れ替え作業の容易化
- からくり** 他動力、ウエイト移動での力
- 効果** 作業時間の短縮、手作業の低減

このからくりには、SUSのアルミパイプ構造材GFが使用されています。



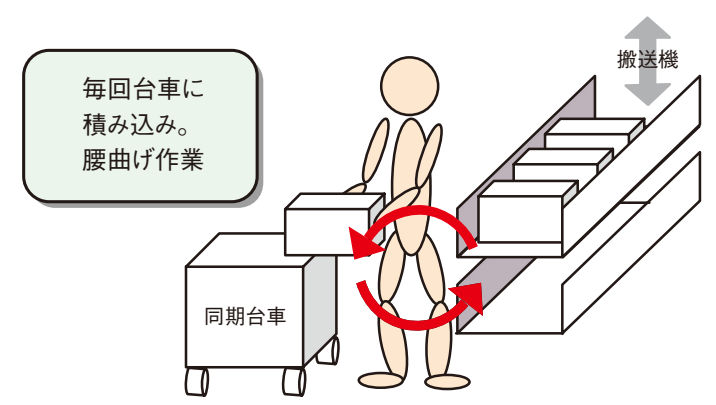
【SUSのアルミパイプ構造材GFを利用した感想】

他社(トヨタ自動車)や当社のいなべ工場で、使用されていたため、からくりグループとしても使ってみました。いろいろなパーツがそろっているの、からくり改善を進めやすいと思います。

【メリット】

- ①ボルトを締め付けだけで組み立てているので、短時間でからくり改善の組み付けを進めることができる点。
- ②いろいろなパーツが、そろっているので自分の思った形につくり上げる事ができること。

改善前

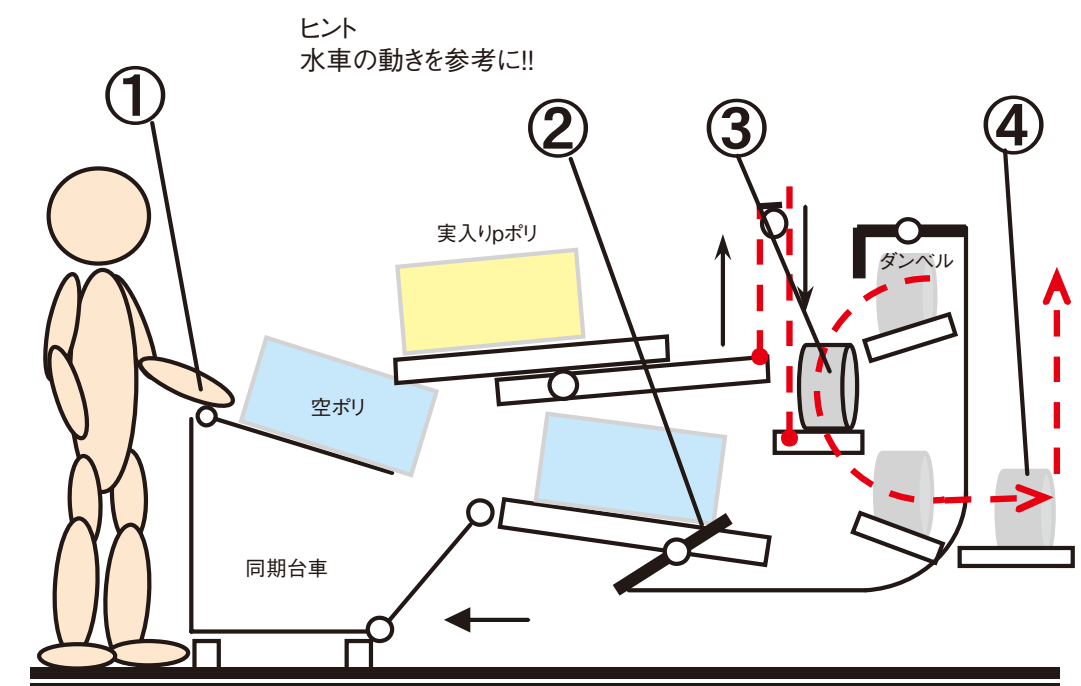


問題点

- ・仕立て部品のため、1サイクルごとに実空ポリの入れ替えを行っていた。
- ・空ポリ返却時は腰曲げ作業になっていた。

改善後

- ・同期台車のレバーを引くことにより、実空ポリの入れ替えが容易に行えるようになった。



装置の動き

- ①同期台車のレバーを引いて空ポリを排出
- ②空ポリがレバーを叩いてダンベルのストッパーを解除
- ③ダンベルがリフター部に乗り移り実入りポリを排出
- ④搬送機の力をもらってダンベルが元の位置へ

効果…手掛けレス
腰曲げ排除

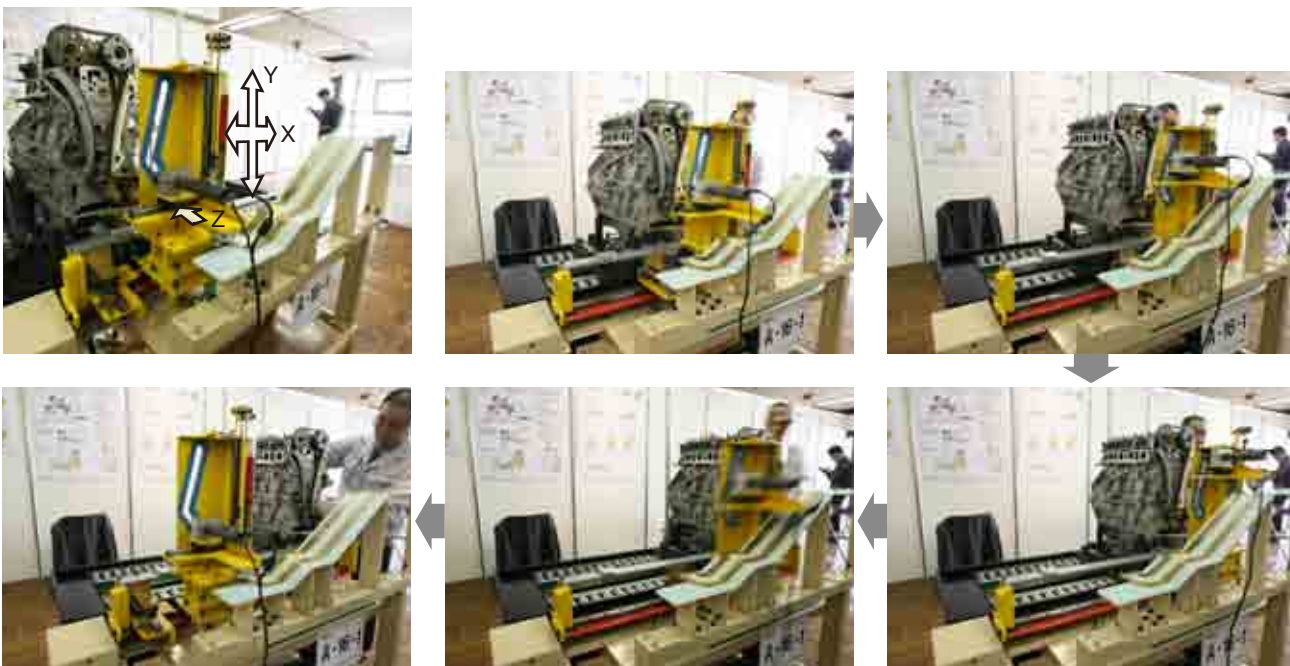
■工場内で実際に使用されている様子(展示会時に上映されたビデオより抜粋)



どこまでもひとり締め (からくり改善による3軸制御自動締め機)

■作品概要

ライン名	New I4エンジン組立 ELショートライン	テーマ	エンジンフロント側部品仮締め作業の簡便自動化
ねらい	ロス作業の排除(締め付ける瞬間・組み付ける瞬間以外はロス!)	からくり	動力源/エンジンの重量・コンベアの牽引力・バネ
効果	計算式 0.15分/台×1000回/直×44直/月×12カ月÷60×3750円/チャージ=4950千円/年		



改善前

ボルトを3本締める作業で
0.15分(9秒)/台のロスが発生…。



困っていること

第4エンジン課では、部品を「締め付ける瞬間」「組み付ける瞬間」だけが「価値のある作業」ととらえて改善活動を進めている。しかし、「フロント側部品の組み付け工程」の作業には、価値のない作業である「部品の仮締め作業」が非常に多い…。

改善の着眼点

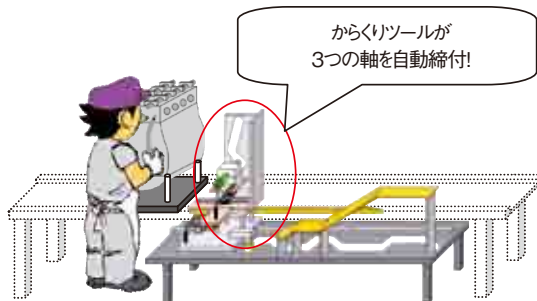
- ①エンジン機種が違ってても「締める場所」が変わらない軸が3カ所ある点に注目。
- ②新たな動力を一切使用せず、エンジンが進む動きを動力にして自動締め付けをしたい。

改善後

作業者は「ボルトのネジを2〜3山、仮留めするだけ!」
「ツール取り出し」「仮締め」「ツール戻し」作業を排除!

【作業内容】

ボルトをチョン付けする



改善内容

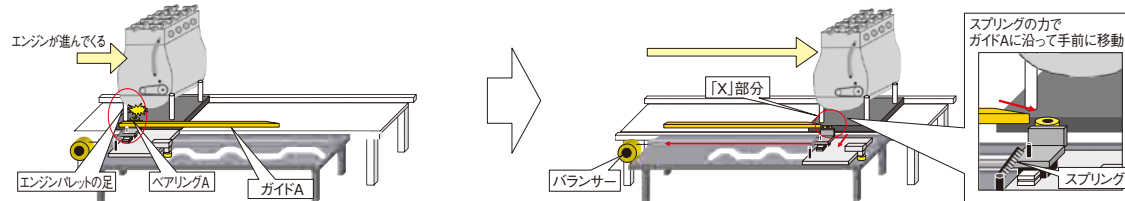
エンジンが進む力を利用して「ツールの前後・左右上下の移動」を自動化!!
4カ所の「ベアリング」が「ガイド」に沿って動くことでツールがひとりで動く!!
※締め付けツールは、先端が押されると回転するタイプを使用。

■からくりの説明

①“ベアリングA”と“ガイドA”の役目⇒「エンジン」と“からくりツールユニット”の位置決めと「位置決め解除」

I: エンジンが該当工程まで進んでくると、「ガイドA」が「エンジンバレットの足」に接触し、「からくりツール」を押すための位置決めになる。
※この時、「エンジン」と「からくりツールユニット」の位置関係を固定する。

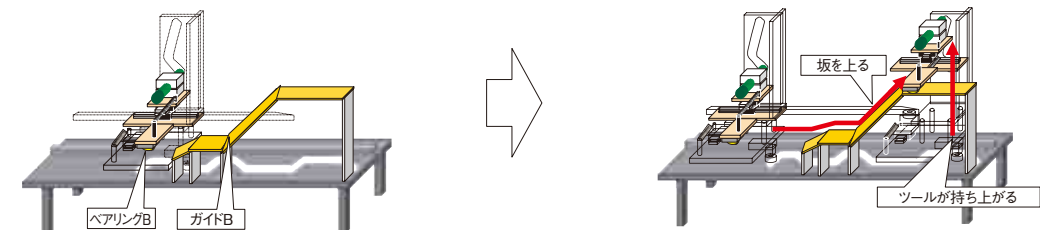
II: エンジンが「からくりツールユニット」を押しながらすべてのボルトを締め付け終わると、下図「X」の場所で、ベアリングAが「ガイドA」の形状に沿って手前側に移動する(ベアリングAはスプリングで常に手前に引っ張られている)。この動きで、「ベアリングA」と「エンジンバレット」の位置決めが解除される。
※「からくりツールユニット」は、バランサーの力で左側に戻される。



②“ベアリングB”と“ガイドB”の役目⇒“からくりツール”を上下に動かす

I: 「ベアリングB」が「ガイドB」に接触していない時は、「からくりツール」は低い位置にある。

II: エンジンが進む力で「ベアリングB」が「ガイドB」の坂を上り、「からくりツール」の高さを変更する。

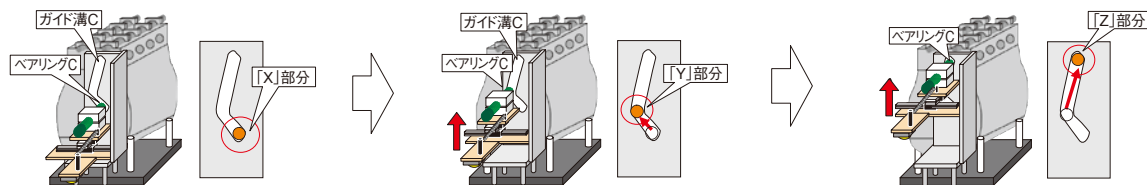


③“ベアリングC”と“ガイド溝C”の役目⇒“からくりツール”と“ボルト”の上下・左右の位置を決める

I: 一番下のボルトを締める時は、「ベアリングC」が「ガイドC」の「X」部にある。この時、1番下のボルトと「からくりツール」の位置がピッタリ合うように設計されている。

II: ②のからくりで「からくりツール」が持ち上げられ、2番目のボルトを締める時は、「ベアリングC」が「ガイド溝C」の「Y」部に位置決めされる。
⇒ツールは左上方向に移動する

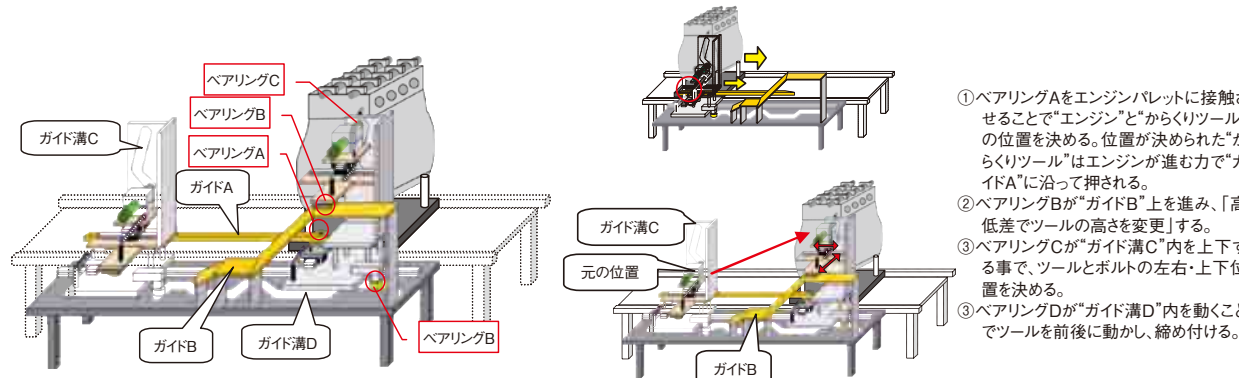
III: ②のからくりで「からくりツール」がさらに持ち上げられ、3番目のボルトを締める時は、「ベアリングC」が「ガイド溝C」の「Z」部に位置決めされる。
⇒ツールは右上方向に移動する



④“ベアリングD”と“ガイド溝D”の役目⇒“からくりツール”を前進・後退させ、ボルトを締める

エンジンが進む力で「からくりツール」が押されると、「ベアリングD」が「ガイド溝D」の中に進む。
「ガイド溝D」は「ボルトを締めるタイミング」で「前進方向」に動き、「次にボルトに移動するタイミング」で「後退方向」に動くよう設計されている。

■からくりのメカニズム



- ①ベアリングAをエンジンバレットに接触させることで「エンジン」と「からくりツール」の位置を決める。位置が決められた「からくりツール」はエンジンが進む力で「ガイドA」に沿って押される。
- ②ベアリングBが「ガイドB」の上を進み、「高低差でツールの高さを変更」する。
- ③ベアリングCが「ガイド溝C」内を上下する事で、ツールとボルトの左右・上下位置を決める。
- ④ベアリングDが「ガイド溝D」内を動くことでツールを前後に動かし、締め付ける。



TOYODA GOSEI

豊田合成株式会社

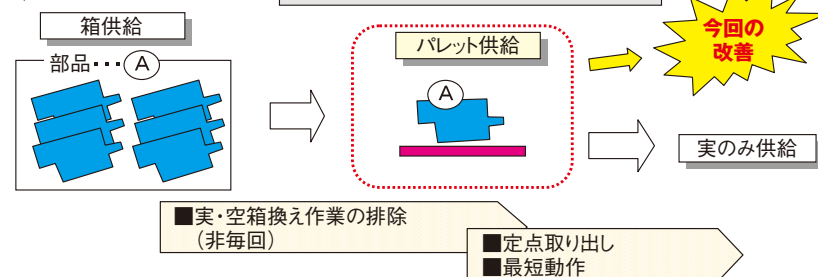
かつてに帰るシンプルパレット&かつてに帰るハシロックパレット



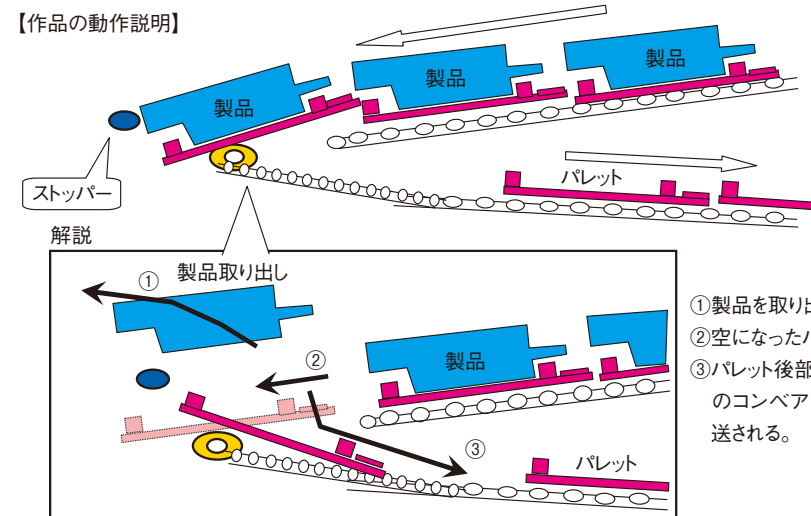
シンプルパレットの応用・発展系「かつてに帰るハシロックパレット」。

かつてに帰るシンプルパレット

より完成度の高い標準作業の追求



【作品の動作説明】



【苦労した点】

- a. 次のパレットが来る前に、いかに早く空パレットを下段コンベアに流すか。
- b. 作業者の手元まで、いかにワークを送り込むか。

【工夫した点】

- a. パレットを下段に落とすスペースを最短にするため、タイヤを活用し、パレットのバランスを素早く崩す工夫。



パレット本体に工夫を施し、サイドにガイドをつけなくても落ちないように設計されている。



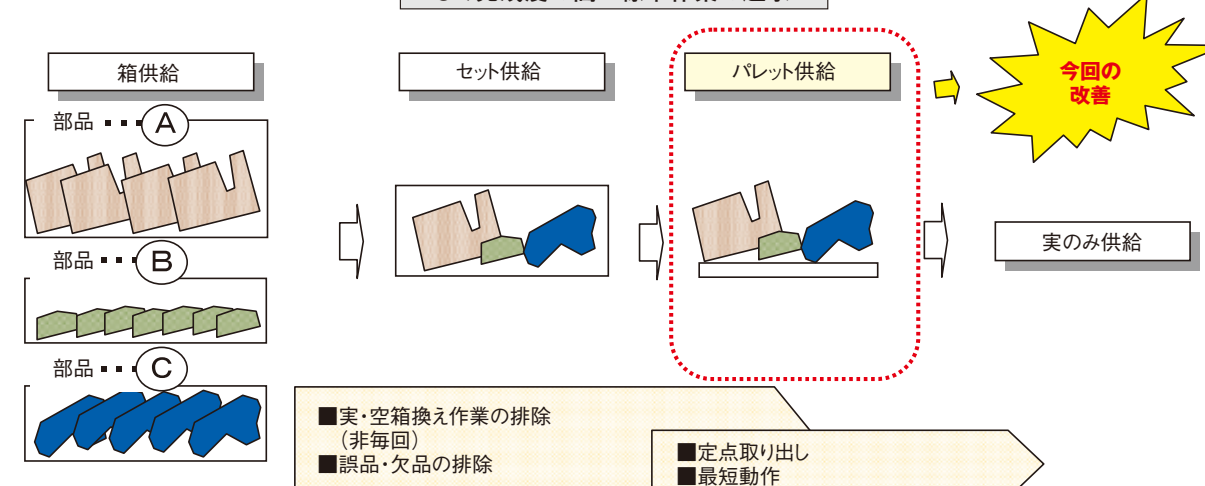
パレット表面



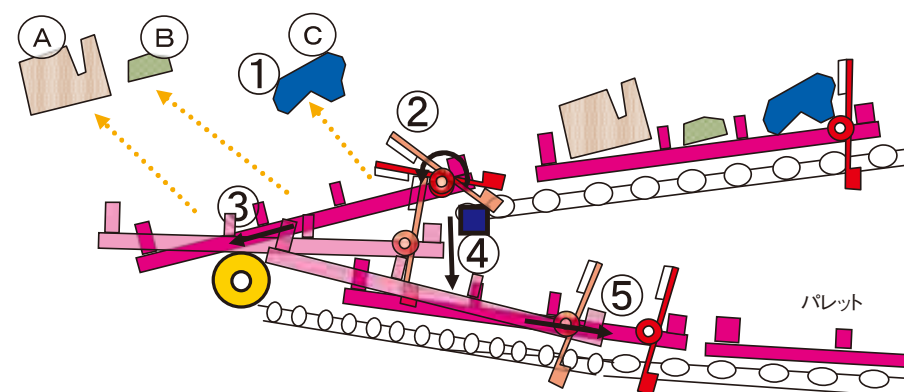
パレット裏面

かつてに帰るハシロックパレット (シンプルパレットで対応できないワークに対して考え出されました)

より完成度の高い標準作業の追求



【作品の動作説明】



- ① ②最後の部品Cを取出すとストッパーのロックが外れる。
- ③空になったパレットが移動を始める。
- ④パレット後部がコンベアから外れると下のコンベアに落下。
- ⑤下のコンベアにより、回収位置まで搬送される。



特長1
リーズナブル
コスト
**COST
DOWN**
↓

クリーンファン・LED照明を含んで
リーズナブルなコストでご提供します。

特長2
簡易施工

あらかじめ工場で組み立てられた
「面ユニット」を現場で
繋ぎ合わせるだけの簡単施工。

特長3
クリーン
クラス
1000
1ft 1ft 1ft

クラス1000に対応
業界トップクラス100回/h以上の
換気が可能です。

特長4
美観

アルミ押出し材のブースですので、錆や塗装
はがれの心配がありません。
また溝の浅いアルミフレームの採用により、
溝にホコリが溜まりにくい構造になっています。

軽量、簡単組立 アルミクリーン ブースユニット

組み立てやすく、移設も簡単にできる
軽量アルミクリーンブースユニット登場。

どんな現場にもフレキシブルに対応できる、お求めやすい価
格のクリーンブースユニットが登場しました。専用フレームは
差し込み式で、組み立ても簡単。ユニット同士をワンタッチで
連結するだけです。見た目も美しく環境にもやさしいアルミ
は、衛生面での配慮が求められる現場で大いに活躍します。

日本を、オランダを超す農業先進国へ
「植物工場」が輸出産業の要になる

◎千葉大学大学院 園芸学研究科 蔬菜園芸学研究室 准教授 丸尾 達氏

連載2回目は「植物工場」の基礎知
識と研究機関が考える今後の取り
組み方法についてご紹介します。
専門家が考える現代の食糧問題
や農業への取り組み方など、興味
深いお話を伺うことができました。

日本を、オランダを超す農業先進国へ 「植物工場」が、明日の日本を支える輸出産業の要になる

千葉大学大学院 園芸学研究科

第2回目は、「植物工場の変遷と基礎知識」、「日本が直面している農業危機の実態」、そして「未来に向けた輸出産業としての農業」の3テーマを中心に、日本の植物工場を牽引する千葉大学大学院園芸学研究科 蔬菜(そさい)園芸学研究室准教授で、農学博士の丸尾 達氏に詳しくお話をお伺いしました。

実は30年前から存在した植物工場 現代技術の進歩が普及を後押し

そもそも「蔬菜(そさい)」とは何ですか。

農業関連の専門用語なので聞き慣れない言葉かもしれませんが、基本は「野菜」と同じ意味です。自生する山菜と異なり、栽培する野菜のことを蔬菜と呼んでいます。蔬菜園芸では、種の採取から収穫、利用方法まで多岐に渡って研究しており、植物工場だけを専門に扱っているわけではありません。

「植物工場」という考え方は実は随分前からあったといい、大変驚きました。

1980年代から植物工場という考え方は広まり始め、1985年の「つくば万博(国際



蛍光灯は汎用品の白がメイン。実験用に赤や青が使われている。



植物工場では、おなじみとなった蛍光灯を使った多段棚での栽培風景。

科学技術博覧会)」で、日立グループによって初めて一般公開されました。私も30年前から植物工場に携っており、当時は某企業の依頼を受け、研究を行っていました。旧ソ連の石油プラントを受注する条件として、「厳しい気象環境の中でも、新鮮な野菜を生産できるシステムを開発して欲しい」といった依頼を受けたとのことでした。当時は新技術開発事業団からの援助を受け、植物工場の開発に取り組んでいました。

当時の植物工場は現在のものと比べ、どのような点に違いがあるのでしょうか。

大きな違いはなんと言っても光源でしょう。当時は高圧ナトリウムランプといって、街路灯や体育館、イカ釣り漁船などで使われている大きなランプを使用していました。光源の温度が高くなるため、作物から1mくらい離さないと焼けてしまい、現在のような多段栽培

は困難でした。その結果コスト面での限界があり、なかなか採算の合うものではありませんでした。また、現在主流となっている蛍光灯も当時のものは性能が劣り、発光効率が悪いため、近接照射する光源としては利用できませんでした。近年、蛍光灯や空調設備が改良され、効率面、採算面から導入できると考え、参入する民間企業が増えたことが、植物工場の知名度向上に貢献しているのだと思います。

農業ブームの陰で減り続ける専業農家 食料不足に先手を打つ外食産業の思惑

企業の農業参入とは逆に、農業人口の減少が社会問題となっています。

農業人口は衰退の一途をたどっています。国内における農業従事者の平均年齢は65歳、その7割が60歳以上で、4割は70



千葉大学大学院園芸学研究科
蔬菜園芸学研究室 准教授 丸尾 達氏

歳以上です。10年後には7割が70歳以上になってしまうのですから、農業人口は1/3にまで減少すると考えられています。最近では、若者や団塊の世代と呼ばれる人たちが農業に参入する姿が話題となっていますが、産業という視点で考える農業の中では残念ながら統計上、何の影響も及ぼしていません。

なぜ、農業人口が増えないのか。原因はいくつか考えられますが、やはり一番の問題は、十分な利益が得られないにもかかわらず、リスクが大きい点だと思います。寒い、暑い、汚い、危険…自然が相手ではどうにもならないことばかりです。こうした状況を変えていかなければ、積極的に農業をやっているという人は増えていかないと思います。イメージだけで安易に取り組めるほど、農業は簡単なものではないのです。

日本の農業に危機感を抱いた外食産業が、独自に調達ルートの確保に動いているといった話題は本当なのでしょうか。

オリエンタルランドの事例を紹介しましょう。ディズニーランド・ディズニーシー、関連ホテル、合わせて平均で1日に7万人が訪れ、1人当たり平均2.5食を園内で食すと言われています。ですからレタスだけでも1日最低1tは必要です。「来場者に安心して食べてい



水耕栽培で育つトマト。必要な養液を自動的にトマトへ流し込む。

ただける安全な野菜を、必要最低限量だけでも安定した価格で常に確保したい」という意向から、千葉県内に専用の植物工場を建設しようと計画しました。近い将来、同様の需要がレストランやファーストフード業界でも必ず起きてくると考えられています。

ここで重要なことは、スーパーマーケットで売られているレタスと、コンビニエンスストアでカップサラダになっているレタスの違いです。スーパーマーケットのレタスは消費者が家に持ち帰り、表面の汚れた葉は捨て、水洗いしてから食卓に出します。ですから少しの虫や泥がついていても大きな問題にはなりません。では、コンビニエンスストアのカップサラダはどうでしょう…。100万個に数個というレベルでしか不良は許されないほど高い安全性が求められているため、虫や泥が混入していたら大問題です。ですから、現状のレタスは葉の半分が捨てられてしまうのです。こうした状況の中で、衛生管理の行き届いた植物工場で栽培した虫も泥もついていない新鮮な野菜が導入されたら、どうなると思いますか? 洗う手間もほとんど必要ないレタスであれば、たとえ現状の2倍の価格がついても需要が見込まれるのです。植物工場の本格導入には、こうしたニーズを狙っていく必要があると考えています。



室内に二酸化炭素を送り込み、光合成を促すことで栽培スピードを高めている。

スピードの追求とコスト削減が鍵 効率化に欠かせない汎用品の有効利用

しかし、採算という面ではまだ難しい点が多いように感じます。実際はどうなのでしょう。

採算面では、まだ検討すべき点が多いように感じます。採算が合わないのは、イニシャルコストが高すぎるからです。特殊なものではなく、汎用品を上手に生かせば、コストはかなり抑えられます。深夜電力の利用なども有効です。しかし通常の工場と同じで、24時間稼働させることで生育速度が2倍になるのであれば、そちらのほうが有利になります。電気代を下げることで、1kg当たりの単価を下げるというのが重要なのです。

使用する蛍光灯に「白」が多いのは、汎用品で安価だからです。しかも家庭で利用さ



アルミパイプ構造材GFを用いたトマトの栽培棚。植物の成長に合わせてスライドできる可動式。

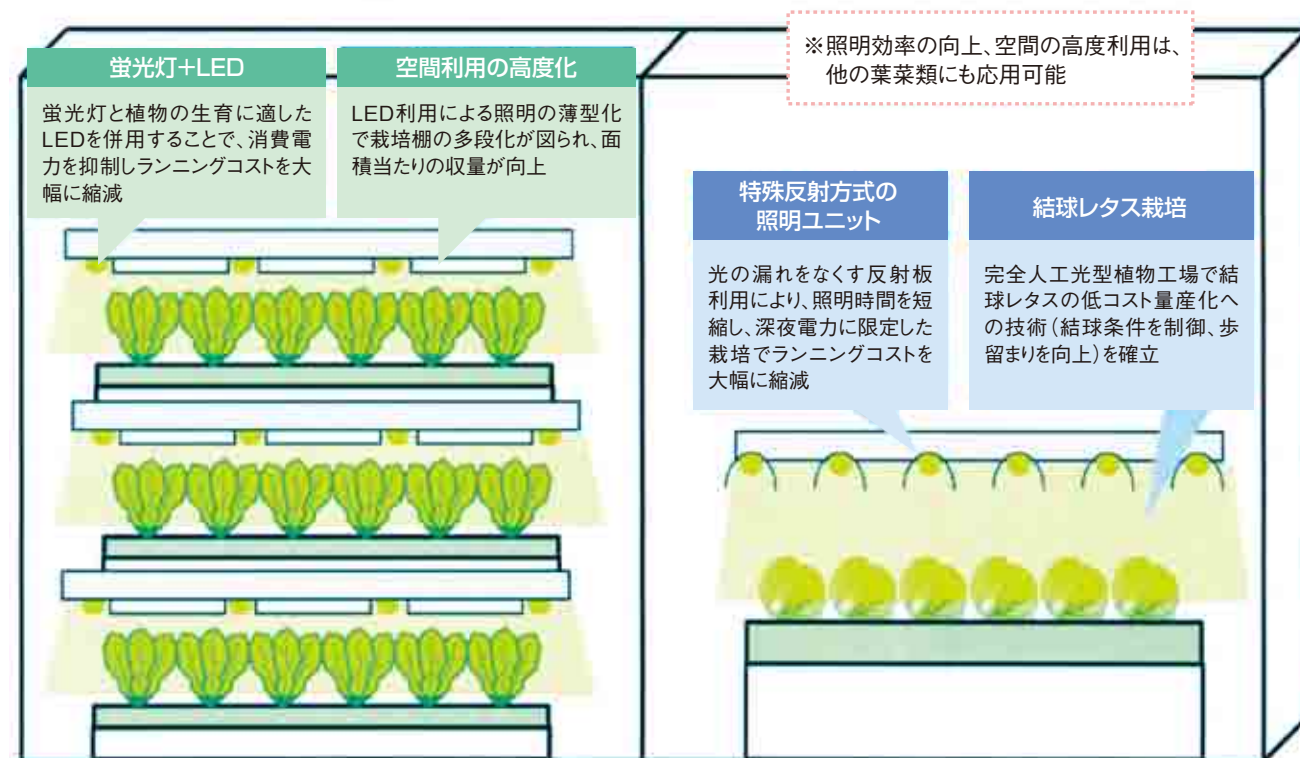
■レタスの完全人工光型低コスト生産システム

～課題～

- ・完全人工光型においては、照明・水道などのランニングコストが多
- ・完全人工光型における経済栽培品目は非結球レタスなどの葉菜類が中心

～実証モデル(目標)～

- ・低コスト生産技術を確認
- ・特殊反射や蛍光灯・LED(発光ダイオードランプ)のハイブリッド化などによりランニングコストを削減
- ・収量最大35%増加、生産コスト30%削減



南極越冬隊のために、昭和基地内に植物工場が設置された。



植物工場の野菜はシェフが管理し、隊員の食卓に並べている。

れているものは、品質も安定していて長寿命。「白」には光合成に必要な「赤」も「青」も含まれているため、実験など特殊な場合を除けば、ほとんど「白」が使用されています。長寿命が売りのLEDですが、大量に使用するとコスト面への影響が大きいため、当面はまだ蛍光灯の時代が続くと考えられています。

太陽光を利用し、人工光を補光として用いる「併用型植物工場」もありますが、人工光と比べてどちらの方がより効率的なのでしょう。

太陽光はタダで使えます。ですから、「なぜお金を払ってまで、わざわざ人工光を使うのか…」と思われる方もいるでしょう。しかし雨が降れば利用できませんし、夏の太陽光は強すぎて使えないのです。太陽光にはさまざまな波長があります。可視光線や赤外線など植物の成長に影響を及ぼすものも含まれており、これらの光線を取り除く作業にも費用が掛かるのです。

植物工場の場合、ハウスの換気は必要最低限にとどめるのが原則です。しかし日本の気象条件ではハウス内を一定温度に保つことが難しいため、日中換気を余儀なくされます。光合成には光が必要ですから、CO₂が一番必要な時間帯にハウスを開放しなければなりません。開放すれば、光合成をしやすいように送り込んだCO₂が外気に放たれ

てしまい、成長促進効果が発揮できません。また虫の侵入も効率化を妨げる要因となります。虫が病原菌を持ち込む可能性が高まるため、農薬を散布せざるを得ません。太陽光が悪いわけではありませんが、気象条件、手間、農薬散布といったマイナス要因を考慮しながらの栽培となるのが実情なのです。

太陽光と人工光で育った野菜に、味や成分で違いはないのでしょうか。

まったくありません。有機野菜、オーガニックと聞くと健康によさそう、味が濃いのでは…といったイメージを抱かれる方が多いようですが、それは違います。むしろ害虫の被害もなく、無農薬で育てられた植物工場の野菜の方が安心して食べられるのではないのでしょうか。園芸先進国のオランダでは多くの施設で人工光による補光が行われています。

「人工光だけで育った野菜を食べ続けて健康面で害はないのですか?」といった質問をされることがありますが、この点においてもまったく問題はありません。野菜の存在が、食べるだけでなく極地環境で生活する人たちの活力になった事例をご紹介します。私たちは、南極の昭和基地に植物工場をつくって野菜を栽培する研究開発も行っています。最高気温でも氷点下10℃という世界には、生鮮食品は2カ月分程度しか持ってい

くことができません。そこに植物工場を設置したことで、新鮮な野菜が食べられる。きちんとした管理のできる植物工場があれば野菜はどんな環境でも育つのです。氷の壁に覆われた自然の中で過ごす人たちにとって、新鮮な野菜が育っていく様子は心の癒しにもなり、大きな活力源になったという話も聞かれています。



ものづくりの技術を農業へシフト 今後のマーケットはアジア圏内にある

メリットが多い植物工場が今後、普及していくためにクリアしなければならない課題は何だとお考えですか。

スピードと効率化、そしてコスト削減でしょう。栽培された野菜は、すべて1kgいくらという単位で売買されます。植物工場産だから高値で取り引きされるというわけではないでしょう。先ほどご紹介したオリエントランドでは、レタスを1,200円/1kg以上の価格で調達していると聞きましたが、通常の相場は800円～900円/1kgです。この価格帯で利益を出すためには、600円～700円/1kgで栽培し、さらに生産効率を高めなければなりません。一定の品質を保ちつつ、年間を通して安定供給できる環境をつくるのが重要なのです。植物の生育スピードを上げるためには、ストレス除去という方法があります。しかし一日に生育するスピードを上げすぎると、カルシウム欠乏を起こし、壊死や生理障害を引き起こしてしまいます。これらをコントロールしながら、いかに生育スピードを上げていくのが最も難しい問題です。汎用品の活用などで設備投資を抑え、生育スピードをコントロールしながら収穫回数を増やす。それがコ

スト削減につながるという点は、製造業と何ら変わりはないと思います。

汎用品の利用という点で、アルミフレームの存在は農業に新しい風を吹き込んでいると思います。軽量で腐食に強い、リユース・リサイクルができるという点は、環境的な側面からも今後有利に働くのではないのでしょうか。あとは価格の問題です。現状では断然、鉄の方が安価です。単純に鉄と比較するだけではなく、長期間に渡って使用できるメリットを明確に提案していければ、アルミの利用に勝算があるように感じます。

植物工場に関する研究の第一人者として、現代の食糧事情について、どのような考えをお持ちですか。

農業先進国といえばオランダが有名ですが、日本の農業技術も戦後の早い段階から、かなり進んだものが取り入れられていました。昭和21年、調布に『ハイドロポニックスファーム』というものがつくられました。これは、GHQ(駐留米軍)の軍人たちが、「日本の栽培方法では生野菜のサラダが食べられない」という理由で養液による水耕栽培の技術を持ち込んだものです。戦争直後の日本では肥料に人糞も多く使われていたため、それらを媒介して繁殖する寄生虫が大きな問題となっ



農業の現場で活躍するアルミパイプ構造材GF

ていました。アメリカ側の強い指導で20haの農地と2haの温室がつくられ、ここで軍関係者が食べる野菜が栽培されていました。総じてアジア地域は似たような環境下で農業を行っていたため、朝鮮戦争の際にもアメリカ軍は、大量のレタスを空輸で戦場に調達していたと言われています。

終戦後の動乱、もしくは戦争が勃発する厳しい環境のさなか、その一角では新鮮な野菜を調達するために最新の技術が駆使されているという矛盾した光景……。これは、自国では賄いきれず、農作物の多くを海外から



調達する傍らで、最先端の技術を駆使した植物工場の研究が進められている現在の日本の食糧事情に通じるものがあるように感じてなりません。

これからの日本はどんな農業を行っていくべきなのでしょうか。

早い段階でアジア型の農業を確立させ、輸出産業の柱に育てていくことだと思います。農業先進国といわれるオランダは北緯50度に位置しており、北緯30度のアジアとは気候も日照条件も大きく違います。日本で栽培される野菜は、ほぼ100%が国内消費向けですが、日本より小さいオランダでは、なんと7割が国外に向けて輸出されています。そのため日本では、つくりすぎれば価格が暴

落してしまうため、農家は積極的に生産性を上げようとしません。しかしマーケットは、確実に私たちの周辺に存在しているのです。

中国のスーパーマーケットでは「日式野菜」という日本式の生産スタイルでつくられた野菜が高値で売られています。これらは日本式農業を用いて東南アジアやマレーシアで栽培された野菜です。「日本式の野菜は安全」という高い評価を得て、ブランド化しているのです。中国で、ニラがなんと呼ばれているかご存知ですか?「毒菜」と呼ばれているんですよ。中国産のニラは根に寄生する虫がいるため、非常に強い殺虫剤を使っており、この農薬のために年間何人かの人

が亡くなると聞いています。

今、中国は異常なスピードで農業人口が

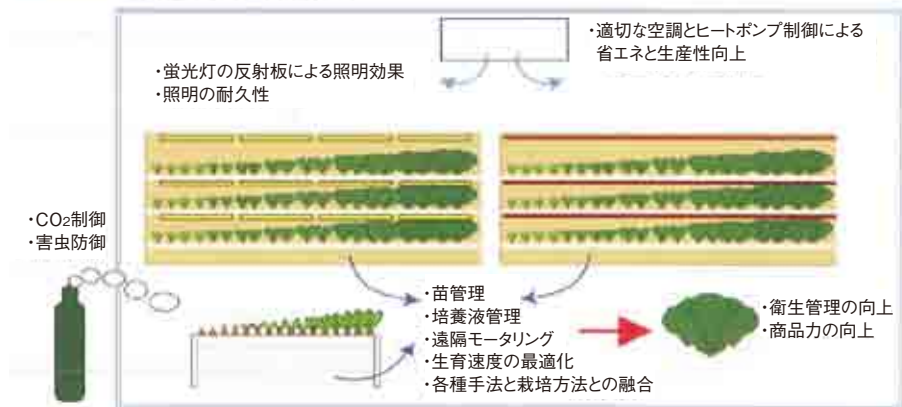
減り、高齢化が進んでいます。これは日本の比ではありません。1人っ子政策、都市部への人口集中も高まり、今後はとても他国へ食糧を輸出できる状況ではなくなっていくでしょう。また所得が上がれば、「食の安心・安全」への関心も高まります。ですから日本は今後、中国やインド、アジア各国へ野菜を輸出していく国策を検討していくべきだと思います。品質の高い安全な野菜を、安定的に量産できるシステム。それこそが植物工場の真髄であり、日本の将来を担う大事な産業のひとつになると感じています。これまで日本の成長を支えてきたものづくりの技術を生かし、さまざまな知恵が植物工場に盛り込まれ、今後さらに進化し、発展していくことを期待しています。

「低コスト未来型人工光利用植物工場」コンソーシアム

(施設区分)人工光型
(対象品目)レタス

- 光源に蛍光灯(育苗、生育)とLED(生育)を用いて、生産物を実際に加工・販売し、商品性を実証する。
- 空調効率改善、LED(発光ダイオード)、照明反射板による省エネルギー効果を実証する。
- 実際に栽培を行う中で、作業動線の簡素化や作業労働の短縮を検証する。

目標 700円/kgのコストでレタスを栽培(最大生産量1920株/日)。病虫害防除の徹底による生産の安定。カット野菜なみの衛生管理。



調布農場全体 右に2haのガラス温室がある。温室の奥、および通路の左側は露地のハイドロポニックスファーム 画像提供:日本養液栽培研究会(JHS)



ハイドロポニックスファームに設置された温室。煙突は暖房用ボイラーのもの。画像提供:日本養液栽培研究会(JHS)



世界を揺るがした奇跡のアルミ合金 超々ジュラルミンにみる驚異の開発力

住友軽金属工業株式会社

アルミ合金のひとつであるジュラルミン。高強度を誇る「超々ジュラルミン」は第二次世界大戦中、零戦に使用されたことはあまりに有名ですが、これは戦時中にもかかわらず当時の住友金属工業株式会社がわずか2年で開発したものでした。日本のものづくりの底力を世界に見せつけた圧倒的な研究力と開発秘話、そしてアルミ合金のこれからについて、住友軽金属工業株式会社 研究開発センター 常務研究員 吉田英雄氏にお話を伺いました。

Q.ジュラルミン、超ジュラルミン、超々ジュラルミン、それぞれどういった構成になっているのでしょうか。

・Al-Cu-Mg系合金(2000系アルミニウム合金)
ジュラルミン、超ジュラルミンの名称で知られる2017、2024合金が代表的なもので、鋼材に匹敵する強度があり、構造用材や鍛造材として使用されています。しかし、比較的多くのCuを添加しているため耐食性に劣り、厳しい腐食環境にさらされる場合には十分な防食処理を必要とします。航空機用材料として表面に耐食性のよい純アルミニウムの板を重ね合わせて圧延加工した合わせ板として使用されることもあります。

・Al-Zn-Mg-Cu系合金(7000系アルミニウム合金)
この合金系は、Cuを添加することでアルミニウム合金の中で最も高い強度を持つ合金となります。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を元に米国で開発された7075合金で、航空機、スポーツ用品類に使用されています。

Q.ジュラルミンはいつ頃、どこで誰によって発明されたものなのでしょうか。

アルミニウムは発見されてから、まだ200年ほどの若い金属です。1807年にイギリスのH・デーヴィーが電気法により金属ベースの酸化物を発見し、ミョウバン(明礬)の「alum」に「ium」をつけて「Alumium(アルミアム)」と命名しました。1885年にはパリ万国博に出展され、「粘土から得た銀(アルミニウム)」と紹介され、金・銀に勝る貴重な

金属として世界デビューしています。

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。この商品化をデュレン(Düren)にあるDürener Metallwerke A.Gで行ったため、デュレンとアルミニウムの合成語から「ジュラルミン(duralumin)」と名づけられたといわれています。またウィルムによってジュラルミンの※時効硬化も発見されています。当時、薬筈(鉄砲の発射薬を詰める容器)には銅と亜鉛の合金である黄銅が用いられていましたが、「アルミと銅を混ぜれば、もっと軽いものができるのではないか」という発想から、Cuを4%、Mgを0.5%含むAl合金を9月のある土曜日に焼入れしました。硬さの測定を午後1時までに行い、その続きを翌々日の月曜日に行ったところ、著しく硬化していることに気付きます。これがジュラルミンの時効硬化現象だったのです。

※時効硬化
アルミ合金の熱処理で起きる現象。焼入れなどの熱処理後、放置しておくだけで硬化が進む。

Q.日本でのジュラルミン生産は、いつ頃から始まったのでしょうか。

1916年、ロンドン郊外にドイツの飛行船Zeppelinが墜落。骨組みに用いられていたジュラルミンの一部を残骸から入手したロンドン駐在海軍監督官が海軍艦政本部に送付し、海軍はその材料調査を住友伸銅所に

■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	(A2017)		約4%	0.50%	0.50%		450N/mm ²
超ジュラルミン	(A2024)		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



住友軽金属工業株式会社 研究開発センター 常務研究員 工学博士 吉田英雄氏

依頼しました。これがジュラルミンとの最初の出会いでした。

早速、成分、金属組織、機械的性質などに関する分析が行われ、1919年には工場で作が成功しました。その後、1921年には横須賀海軍工廠で飛行船の国産化を進めるために、ジュラルミンの工業生産を開始します。

1922年には第一次世界大戦の結果、ドイツから得る賠償のひとつとして、陸海軍と共にジュラルミンを製造しているDM(Dürener Metallwerke A.G)社に技術習得団を派遣します。海軍の技術将校と共に、住友から4名の精鋭技術者が派遣され、7カ月に渡って設備設計や、生産技術の研修を受け、製造技術の習得に努めました。

Q.ジュラルミンを上回る強度を持つ「超ジュラルミン」「超々ジュラルミン」へと、さらなる開発が進められた経緯を教えてください。

1931年の満州事変、翌年の上海事変で、外国人の設計や外国機を模倣した日本の飛行機では性能に劣りが判明したため、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。従

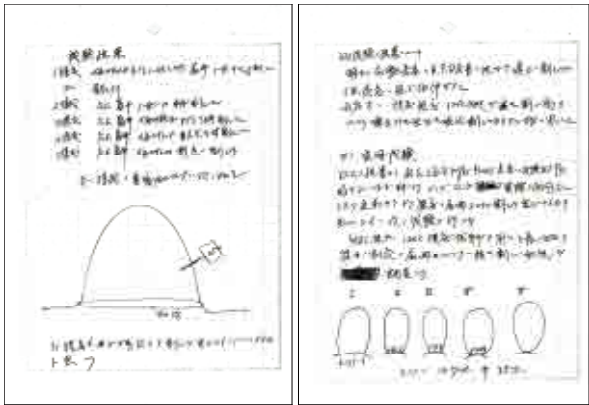


住友軽金属に保管されているZeppelin 飛行船骨格材の一部。ここから超々ジュラルミンの開発が進められた。

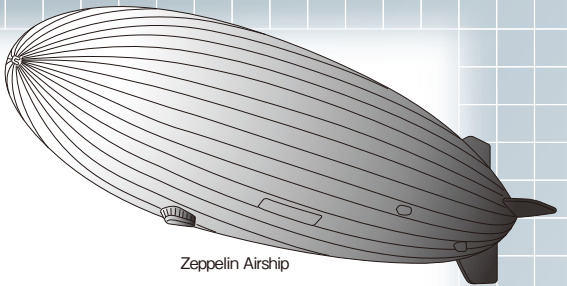
来の木製の胴体はジュラルミンの板に替わり、翼も羽布張りからジュラルミンへと移行していきました。海軍当局はアルミニウム合金による機体の軽量化と高性能化を図ろうとしており、高強度アルミニウム材料の開発に期待を寄せていました。

さらに強固な航空機をつくるために素材開発が進められ、1935年には欧米から導

入した製造技術をベースにアルコアの24S(Al-4.2Cu-1.5Mg-0.5Mn)を改良した超ジュラルミン(SD:Super Duralumin)が開発されました。そして1935年10月、海軍航空本部から50kg/mm²以上の高力合金開発の要請を受け、超ジュラルミンを越える新合金の開発がスタートしました。



応力腐食割れ試験法の検討を記した資料。



Q.短期間で超々ジュラルミンを開発するために、どんな研究が進められたのでしょうか。

住友の研究開発責任者であった五十嵐勇博士は、研究報告所のファイルに「耐力上昇、加工性は解決するであろうが、皮の問題に相当重大性がある」と記述しています。「皮の問題」とは表面での「応力腐食割れ※(置き割れ)」による合金の割れであると推測されます。これは欧米各社がどうしても解決できなかった大きな問題点でした。

当時の欧米の研究で超強力合金として知られていたにもかかわらず「応力腐食割れ」のために実用化が断念されていたAl-Zn-Mg系の合金には、ドイツで開発された「Sander合金(S合金:Al-8Zn-1.5Mg)」と、英国で開発された「E合金(Al-20Zn-2.5Cu-1.5Mg)」がありました。これらの合金とジュラルミン(D)をベースに新合金を開発したため、超々ジュラルミンはペットネームである「ESD(Extra Super Duralumin)」と呼ばれました。そして、Al-Zn-Mg系三元合金にさらに強度を出すために、ジュラルミンのCuを添加したAl-Zn-Mg-Cu系四元合金を登場させたのです。当時の研究報告書の中で、「Al-Zn-Mg-Cu系四元合金には相当優秀なものが有りはしないかと云う仮想の基に本研究を行いたる訳である」と記しています。

2つの高力系合金であるAl-Zn-Mg系とAl-Cu-Mg系を組み合わせるという発想は、五十嵐博士独自のものでした。当時はたくさんの合金系にトライしていたため、その中のひとつとして「とにかくやってみよう」という程度の位置づけであったのかもしれませんが。しかし現在に至るまで、この四元合金を上回る高力アルミニウム合金は実用化されていませんので、五十嵐博士の見通しは間違っていなかったといえるでしょう。

※応力腐食割れ(置き割れ・時期割れ)
全面的な腐食が生じない条件下でも、応力と腐食の共同作用で金属材料に割れが生じる現象。

Q.困難とされていた「応力腐食割れ」は、どのように解決されたのでしょうか。

当時の海外の研究や実験によると「応力腐食割れ」は、製造後数カ月から2年程度経過してから発生していたようです。長時間を要するため、実験室での再現や解明が難しく、材料開発をあきらめていたようでした。五十嵐博士は、「割れない合金をつくるためには、まず割れやすい合金をつくり、そこから割れる理由を探し、その後に割れないものをつくる」という発想に基づき、実験を進めました。

「応力腐食割れ」に関する要因は「応力」「環境」「合金元素」になりますが、製造して保管する間に割れることから「残留応力」による現象に焦点を当て、この観点から「早く割る」ことを思いつき、実験を行いました。早く割るために外部応力の利用を考え、さまざまな応力付加の方法を試み、その結果「板を曲げる方法が最適である」という結論に達しました。板を曲げた状態で試料を大気中に置いておくと、これまで1年前後も要した割れが、わずか数時間から数日で発生したのです。この実験により数百倍から数千倍も現象が加速され、あっという間に膨大な実験結果が得られたのです。

その後、光学顕微鏡で割れた部分を観察し、自然に割れたものと故意に割ったものの、共に割れが粒界に沿って進行していることを見いだします。顕微鏡で観察すると腐食は試料全域に渡って生じ、粒界部も粒内部と同じ程度しか腐食を受けていなかったため、全面腐食を生じさせることが「応力腐食割れ」対策につながるとひらめきました。また「水分」が「応力腐食割れ」の原因であることも突き止め、問題解決へと導いたのです。

Q.超々ジュラルミンといえば、零式艦上戦闘機（零戦）への採用が大変有名です。採用となった経緯について教えてください。

1936年6月9日、超々ジュラルミンは、ついに特許出願されます。翌1937年、三菱重工の主任設計者であった堀越二郎氏は、大阪の住友櫻島工場を見学した際、五十嵐博士から開発に成功したばかりの超々ジュラルミンの説明を受けました。「この新合金を採用すれば、超ジュラルミン押出形材と比べ一機あたり約30kgも重量を軽減できる」と試算した堀越氏が、海軍へ超々ジュラルミン

の採用を申し出たところ、即決で許可が出たといわれています。その後、1938年には「十二試艦戦」の主翼桁（前・後桁）の縁材（フランジ、コード）に超々ジュラルミンの押出形材、桁の壁材（ウェブ）に超々ジュラルミンの合わせ板が使用され、1940年には「十二試艦戦」が「零式艦上戦闘機」の制式機として採用されました。

しかし1942年、アリューシャン要地攻略作戦で、零戦はほぼ完全なかたちのまま不時着してしまいます。アメリカ軍は墜落機を詳細に調査した結果、日本の航空技術の水準に驚くと共に、零戦の弱点を徹底分析し、零戦しのご新型戦闘機の設計を進めました。もちろん超々ジュラルミンも分析されました。当時アルコアが開発中であった合金と類似していたため、アルコアはこの類似合金を75S（7075）として1943年に実用化しました。アルコアの7075は、超々ジュラルミンよりZnが2%ほど少なく、Crの添加だけでMnも添加されておらず、Cu、Mg量も若干異なるため、超々ジュラルミンほどの強度はありませんでした。

Q.戦後、ジュラルミンはどのような使われ方をしたのですか。

第二次世界大戦後、航空技術の禁止で余剰となったジュラルミン部材は、川崎航空機と縁の深い川崎車輦が製造を担当した国鉄向け新製鉄道車両の一部（国鉄63系電車や国鉄オロ40系客車）などに使われま



五十嵐勇博士（1892-1986）

京都大学理学部物理学科卒業後、住友伸銅管(株)に入社。昭和12年伸銅所研究部研究課長。昭和18年金属研究所長兼伸銅所研究部長。昭和19年技師長。昭和21年退社。

した。特に63系電車の場合は「ジュラ電」と呼ばれ注目を集めました。耐食性が低い材料である上に塗装を施さなかったため、電装品の絶縁が不十分で急速に腐食が進行しました。このため製造後、わずか7～8年程度で鋼製車体に置き換えられ、短命に終わっています。

Q.日本の航空機分野でジュラルミンはどのように使われていったのでしょうか。

日本では戦後一旦、航空機の生産・研究が禁止されましたが、その後はYS-11機の



超々ジュラルミンを語る上で忘れてならないのが零式艦上戦闘機（零戦）の存在。（写真提供：靖国神社）



海水から引き上げた零戦の機体の一部（主翼桁）。押出形材と板がリベット留めされている。



国産化、ボーイング機の機体生産を通して復活していきました。YS-11機は第二次世界大戦後、初めて自国で開発を行った双発プロペラ旅客機で、総ジュラルミン製です。設計には前出の零戦開発に携わった堀越二郎氏をはじめ、戦前に航空機開発を行った技術者が多数参加したと言われています。総生産機数は182機で、国内エアラインのみならず、自衛隊や海上保安庁、海外のエアラインでも採用された名機でした。

現在も機体構造用材料の主体はアルミニウム合金で占められています。しかしジェット排気の当たる部分やアフターバーナーの周辺には、チタニウム合金やステンレス鋼などが使われています。マッハ2以上の高速になると空力加熱によって、従来のアルミニウム合金では強度が低下してしまうからです。

最近の航空機開発の流れは、従来からの高強度高靱性材料の開発と、コスト削減に寄与できる材料や技術に関する開発の2つに分かれています。材料開発では耐食性に

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。日本においても川崎重工と住友軽金属は日本航空宇宙工業会の委託研究として6000系合金と2000系合金の特性を合わせ持った超ジュラルミンに匹敵する高強度2013合金を開発し、航空機に適用する検討を行いました。接合技術の分野では、従来リベット接合しかできなかった超ジュラルミン、超々ジュラルミンが摩擦攪拌接合（FSW）でき、三菱重工と共同で押出型材をFSWで接合して幅の広い主翼が製造できることが明らかになりました。従来の厚板から大半切削加工として製造していた翼の材料歩留まりを上げ、航空機製造の低コスト化に寄与できることが明らかになりました。

※三菱リージョナルジェット（MRJ）
「最先端の幹線機技術を活用し、次世代リージョナルジェット機のスタンダードを創造する。環境、乗客、エアラインへ従来にない新しい価値を提供する」というビジョンのもと、三菱重工がこれまで培ってきた世界最先端の航空機開発・製造技術力をベースに三菱航空機が開発を行っている。

Q.航空分野ではアルミのさらなる活躍が見込まれているようですが、今後の展望についてお聞かせください。

経済産業省が平成22年4月に発表した「勝てる製造業の創生に向けて」の中で航空機産業の今後について以下のように謳っています。
①「部品・モジュールの分担」から脱皮し、「次世代環境航空機の世界的拠点」として、わが国航空機産業を高付加価値化。
②2020年には航空機産業の売上高2兆円を実現し、2030年には売上高3兆円達成を確実にする。

現在は世界に向けた国産航空機として、三菱リージョナルジェット（MRJ）プロジェクトを推進しており、さらにMRJに続く国産航空機を実現するとしています。この機体材料の80%以上をアルミが占めており、アルミ材の切削が水平尾翼の骨格を構成します。

MRJは世界最高レベルの運航経済性と客室快適性を兼ね備えた70～90席クラスの次世代リージョナルジェットです。リージョナルジェット機に対する今後20年間の需要予測は、約5,000機以上とも言われています。これまでの材料開発とその実績が、軽量かつ高剛性、低コストを求める世の中のあらゆるニーズに今後ますますマッチし、進化していくものであると感じています。

時期割れ（応力腐食割れ）評価法

時期割れ試験法

①刻印によるテスト（2-3時間）
②エリクセン試験機による押出（10数時間）
③屈曲曲げ試験（30分～）
④ジュラルミン鋸による鋸接

Fig. 1. Showing Season Cracking by the Punching.
Fig. 2. Showing Season Cracking by the Cupping.
Fig. 3.

五十嵐勇、北原五郎
日本金属学会誌
第3巻（昭和14年）
P.66-76

→時期割れ防止に **Mn**、**Cr**、**Mo**、**Ti** 等が有効であることを見出した

多品種少量生産にもすばやく対応
既成概念にとらわれないものづくりの精神

●このお客さま探訪シリーズ——株式会社ミマキエンジニアリング

株式会社ミマキエンジニアリング
〒389-0512
長野県東御市滋野乙2182-3
TEL 0268-64-2281(代)
http://www.mimaki.co.jp



大型のサインボードや変形したパッケージなどへの印刷はもちろん、シャツやネクタイなどのテキスタイル類まで、高いクオリティーで世界市場を切り開くミマキエンジニアリングの柔軟な発想と独創的な開発力に迫ります。



生産本部 生産技術部
部長 小池 浩洋氏



技術本部
技術本部技術顧問 大西 勝氏

ムダを排除したアイデア満載の製造現場
思わず真似したくなるGFの活用方法

「速さ」と「美しさ」に加えて、デジタルプリントの技術革新を追求し続けるミマキエンジニアリング。現在は「サイングラフィックス」「インダストリアルプロダクト」「テキスタイル&アパレル」の三分野に渡って、独自の技術開発にあらゆる力を注いでいます。

「以前は他社のパイプ構造材を使用していました、現場から軽量で加工性が高く、短納期に対応できる製品を発注してほしい」といった声が挙がり、情報誌とWEBサイトからGFを見つけて注文させていただきました。わが社では、定尺(4m)で購入したものを各現場の要望にあわせて社内加工しており、チップソーを使った専用の切断機を自社で製作するほどGFを大量に使用しています。以前はGF専用のハンディーカッターを使用していたのですが、グルグル回しているうちにエッジが丸くなってしまい、コネクターが入らなくなることがあったので、改良してほしいですね」(生産技術部部長 小池氏)。

現場では相当量のGFを使用していると伺い、工場内を見学させていただくと、これまでに見たことのないような形状で、独自のア

イデアが盛り込まれた架台や台車が数多く使用されており、驚かされました。

「大型プリンタは、それらを構築する部材やパネルのひとつひとつが大きいので、組立を行う際にはスペースを有効に使わなければなりません。部材の大きさを採寸し、状況に見合った架台や治具を適所に配置することで、導線が確保された作業効率の高い作業現場が作りだされます。現場のニーズを的確に捉え、必要なものをすぐに形にできるのがGFの優れた点だと感じています」(小池氏)。

インクカートリッジもエコ仕様が主流
地球にもユーザーにも優しい製品開発

GFは工場内の生産設備だけでなく、優れたコストパフォーマンスで高画質な連続プリントを実現する『ローコスト昇華インクジェットプリンタ』のオプション架台としても採用されています。このシステム開発に携った同社の技術本部技術顧問の大西勝氏にもお話を伺いました。

「従来のインクジェットプリンタは、消耗頻度の高い小さなカートリッジを売ることによって利益を上げていく構造でした。しかし環境対策などの諸問題を受け、地球に優しく廃棄物



塗装済み大型プリンタカバー専用台A。



長尺の大型プリンタ部材専用台。

の少ないローコストなシステムを打ち出すべき時期が来たとの考えに至り、開発に取り組みました。SUSの架台を採用しているブリントは、2リットルの大容量カートリッジをセットできます。当初は自社で設計した鉄製フレームを内製化する予定でしたが、プリンタの大きさに比例して架台そのものがかなり大型になるため、軽量でちゃんと構造計算がさ

側からSUS製品を推奨する方法をとっていきたい」といったご要望をいただきましたので、積極的に対応させていただく方針です。

市場志向の開発型企業を目指し、常にイノベーションであり続けることを掲げているミマキエンジニアリングの独創的な開発力は、製品本体だけでなく、それらを生み出す現場にも深く浸透していると感じた取材でした。



実箱を収納する専用スライド棚。



小型プリンタカバーの専用台。



自社で製作したGF専用の切断機。



プレートのスライドさせて収納する台車。

れているものがよいとの判断で、SUSのアルミフレームを採用することになりました。大型プリンタは業務用ですので、1日20時間ほどの連続運転で使用されています。予備のインクカートリッジが装着できるため、交換作業で中断することなく、印刷が続けられる点が好評です。私たちの製品は欧州をはじめとする世界各国で販売されているため、SUS製品もこの国でも入手できるように、海外向けの販路を拡大していただけたらいいですね」(大西氏)。

大型プリンタにあわせた架台はかなり高さがあるため、下部にできた空間に棚板を渡して物を置けるスペースとして有効活用したいのご提案もいただきました。「棚板を標準仕様として組み込むとコストアップしてしまい、ユーザーに不利になってしまう。棚板を必要とする方には、ミマキエンジニアリングメ



塗装済み大型プリンタカバー専用台B。



大型プリンタの部材専用台。



高速高画質昇華転写インクジェットプリンタのオプション架台としてGFが採用されている。



確かな技術で世界のものづくりをリード 「Made in Japan」は高品質の証

株式会社 島根富士通
〒699-0504
島根県簸川郡斐川町大字三緒1180-6
TEL 0853-72-2333(代)
<http://jp.fujitsu.com/group/sfj>



富士通におけるすべてのノートパソコンを、プリント板から一貫製造し、全世界に向けて出荷する島根富士通の確かな技術とグローバル時代に向けた挑戦についてご紹介いたします。

アルミの利用で製造現場を明るく美しく これからは見せる工場を意識していきたい

日本国内における世帯あたりのパソコン普及率はなんと73%。オフィスだけでなく、一家に1台の割合で普及が進み、私たちの生活に欠かせないアイテムとなったパソコン。富士通ノートパソコンの製造拠点として年間250万台もの「Made in Japan」が、ここ島根から全世界に向けて出荷されています。

「私たちは、富士通グループにおけるノートパソコンの生産拠点として平成2年10月に操業しました。設計、部品調達、製造のすべてを国内ネットワークでつないでいるため、市場の需要に柔軟に対応できることが大きな強みです。またご購入後のサポート面も充実しており、パソコンのライフサイクルそのものを国内で支援できるため、お客さまに安心してご利用いただけるという品質重視型の製品提供をモットーとしています」(製造統括部装置製造部長 神門 明氏)。

工場内における組立ラインの構築には、主に導電加工が施された他社製品がメインで使用されています。SUS製品をご利用いただいてからまだ日が浅いとのことでしたが、鉄フレームと比較したアルミフレームの使い心地についてお話をお伺いしました。

「トヨタ生産方式を導入してから、他社を見学させていただく機会が増え、製造現場の



パソコンのラベル貼付けを行う装置の架台(アルミ構造材SF)。



はんだ付けロボットのカバーとしての利用。

方々が自分たちで積極的に改善に取り組む姿を目の当たりにし、大きな刺激を受けました。社内でも改善に対する機運が高まり、まずは組立ラインで使用する検査用の筐体などから始めてみようという流れになったのですが、これまでどおり鉄の溶接でいいのか、コスト面や納期などを見直すべきではないか、という考えに至り、今年に入ってから本格的にアルミフレームの採用を始めました。現在、組立ラインでは鉄製の導電タイプの黒いパイプフレームを使用していますが、やはり工場内が暗くなりがちです。アルミフレームはシルバー色が美しく、周辺が明るくなりますね。これからは“見せる工場”を意識していきたいと考えているため、アルミフレームの活用は積極的に検討していきたいと思っています。また軽量でありながら、イメージしていたよりもずっと強度がある点も、今回使ってみて実感できました」。

見た目や軽さだけでなく、加工面でもアルミパイプ構造材GFの利用でお気づきになった点があったとのこと。作業性や利便性、さらには主に筐体でご利用いただいているアルミ構造材SFについてもお話を伺いました。

「これまでのパイプフレームは、ジョイント部分をすべて咬ませなければ締結できなかったもので不便な点も多いと感じていました。その点、GFは溝に咬ませるだけで取り付けられ、しかもフラットな面があるので、シューターのよ

うに物を滑らせるときには最適です。ホルダーなどの小物類を後付けする時も便利ですね。その反面、角フレーム(アルミ構造材SF)は正直申し上げて、組みにくさを感じました。設備の筐体には強度の高い角フレームを使いたいので、もっと簡単に組み立てできるものがあるとうれしいです」。

【SUS製品ご紹介】

組み立て簡単!
ボルト1本締結で作業時間を大幅に短縮
新型アルミ構造材「XF」をおすすめします。
ナットを先入れする手間を省いた新結合システムで組立工数を削減。基本はボルト1本の締結なので、従来に比べて作業効率もアップします。

不良ゼロ フィールドクレームゼロが目標 顧客満足の追求が品質を向上させる

エンドユーザーが使用するシーンをイメージした設計、安さだけを追求せずサプライヤーのプロセスを見極めた部品購入、設計者と製造現場の一体化など、富士通グループには他社や海外生産にはない独自の理念が行き渡っています。多くの企業がものづくりの拠点を海外に移行する中で、国内生産にこだわり続ける理由は何なのでしょう。

「コスト削減は重要なファクターですが、どんなに自動化を進めても価格面では海外生産品に対抗できません。またすべてを自動化



1分間に1台の間隔でパソコンが組み上がっていく。



「後工程に不良を流さない」をモットーに与えられた時間内で確実な仕事が進められる。



製造統括部 装置製造部長 神門 明氏



製造統括部 製造技術担当 狩野 勝徳氏

してしまうと、改善や工夫を施し、品質を向上させる気持ちが生まれなくなってしまう。むしろ私たちは品質を高め、不良やフィールドクレームをゼロにすることがコスト削減につながっているのです。品質をつくり込み、不良品を出さないシステムを構築することは、無駄な作業を省き、生産性の向上につながります。世界最高水準の品質を目指すためには、日本人の細やかな仕事ぶりやチームワークのよさ、改善や品質向上に対する真摯で勤勉な姿勢が必要なのです」。

改善といえば、最近では「からくり」を用いた改善が製造現場で大きな注目を集めています。島根富士通の取り組みはどうでしょう。



組立ラインの一部。ネジ締めロボットのフレームにSFを利用。

「からくりは以前から注目しており、現場でも取り入れていきたいと考えています。これまででは部品供給の空箱返却にモーターやシリンダーを使用してきましたが、ここからくりを取り入れたいと考え、現在試作中です。SUSは設計支援サービスがあるので助かりますね。試作段階から大いに活用しています」(製造統括部 製造技術担当 狩野 勝徳氏)。

技術の進歩が早い今日において、人材育成は企業の未来をも左右します。「ものづくりはひとづくり」と考え、5年後、10年後のものづくりを支える人材の育成に力を注いでいる島根富士通の挑戦は、まだまだ続きます。



キーボードの打鍵検査が行われている架台。脚部にGFが使用されている。



出荷前のランニング試験を行う工程。この筐体にアルミ構造材SFが使用されている。

アルミを進化させるSUS



SUSオリジナル卓上式カレンダーを50名の方にプレゼント

毎年ご好評をいただいておりますSUSのオリジナルカレンダー。今年は、日頃ご愛顧いただいておりますSUS製品をいつもとは違った角度から撮影した卓上式カレンダーです。こちらを抽選で50名さまにプレゼントいたします。ご希望の方は、下記FAX送信用紙でお申し込み下さい。ご応募お待ちしております。



<http://fa.sus.co.jp>

SUS 製品

アルミ構造材/汎用材



SF Standard Frame

「剛性はそのままに、より軽量化されたSF2フレーム」がさらにLineupを増やし、登場。汎用材フレームもあわせて充実。

ボックスフレーム



BF Box Frame

4面フラットフレーム。フレーム・パーツ共に、アイテム大幅Lineup。

電動アクチュエータ



XA Exactly Actuator

高精度位置決めアクチュエータのローコスト化を実現。製造現場にフィットする自由な軸の組み合せも低価格にてご提案させていただきます。

新型アルミ構造材 クリーンブースユニット



XF Xiphoid Frame

T溝を用いない新結合システムのアルミ構造材。このシステムを使ったクリーンブースユニットも新ラインナップ。クラス1000対応、簡単施工。

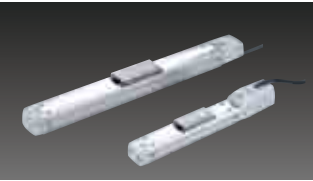
FA用プレート



BP Base Plate/SP Standard Panel

FA用ベースプレート。素材、加工、表面処理まで一貫製作。樹脂、板金、ボードも各種。

サーボアクチュエータ



SA Servo Actuator

ACサーボモータとボールネジの駆動により、多点位置決め・加減速制御が可能。

アルミパイプ構造材



GF Green Frame

環境に貢献する高いリサイクル性と、工場クリーン化につながるアルミパイプ構造材。

LED照明



SL Standard Lighting

省電力・長寿命で地球に優しい次世代照明。更にお求めやすい製品Lineupを追加。

ネジ・パーツフィーダ



IF Intelligent Parts-Feeder

画期的な振動方式を採用したインテリジェントパーツフィーダ。

安全柵/エリアガード



AZ SafetyFence/AreaGuard

美観に優れたアルミ製「安全柵」に加え、もっと簡易的にご使用いただける「エリアガード」を新たにLineup。

アルミ製制御BOX

NEW



SC Standard Control Unit

スイッチボックスを標準化し設計の手間とコストを大幅にカット。

アルミ配線ダクト



左右、上下、前後、自在にレイアウト可能なアルミ配線ダクト、新登場。アルミ製なので、クリーン環境にも最適です。

カタログFAX申込書

ご希望のものに ☑印を お願いします。	☐ C BOXスケルトンタイプ NEW ☐ アルミ配線ダクトカタログ ☐ 2011年卓上式カレンダー (申込締切:2011年1月31日)				
	☐ 機械ユニットカタログNo.10('10-'11) ☐ 制御システムカタログVer.3(2009~11) 掲載製品 ☐ アルミ構造材 ☐ アルミパイプ構造材 ☐ ボックスフレーム ☐ 安全柵/エリアガード ☐ FA用プレート ☐ LED照明 ☐ 電動アクチュエータ ☐ ネジ・パーツフィーダ 掲載製品 ☐ アルミ製制御BOX				
会社名	(フリガナ)		TEL.		
			FAX.		
ご住所	〒 - (フリガナ)				
お名前	(フリガナ)	所属 部署		役職	
E-mail					
ご意見・ ご要望					

FAX ●北海道・東北エリア 0248-89-1244 ●東京・神奈川・茨城・千葉エリア 03-5652-2392 ●埼玉・群馬・栃木・新潟エリア 048-522-8222
●長野・山梨エリア 0263-85-1212 ●静岡・北陸エリア 054-361-0202 ●愛知・岐阜・三重エリア 052-220-1152
●関西・岡山・鳥取エリア 06-6325-0078 ●中国(岡山・鳥取を除く)・四国・九州エリア 0942-87-5010

■個人情報の取扱いについて
ご記入いただいた情報は、「製品およびサービス並びにそれに関する情報の提供及びご提案」「統計資料の作成」「製品・サービスおよび利用に関する調査、アンケートのお願いおよびその後のご連絡」に使用させていただく場合がございます。