神戸製鋼所　THAI KOBELCO WELDING CO.,LTD.（タイ）　研修報告書
塗装工程の作業者負荷の軽減

先進理工系科学研究科　輸送・環境システムプログラム　赤松　勇人

1.　はじめに

日系企業はこれまで，人件費の高騰や少子高齢化による労働力不足を背景に，海外展開を進めてきた．かつては，多くの企業が中国に生産拠点を設け，中国が世界の工場としての役割を担ってきた．一方で，その影響で中国国内の賃金は上昇し，また急速な高齢化に伴う生産年齢の人口不足といった慢性的な問題が生じている．さらに，米国との貿易摩擦などにより経済性や安定供給の面で中国に生産拠点を持つことの優位性が薄れてきている．その結果，タイやベトナムといった東南アジア諸国が新たな世界の工場として注目されている．しかし，近年では中国と同様にタイにおいても人件費の高騰や高齢化が課題となっている．

この度，ECBO プログラムとして，1 か月間の海外インターンシップおよび 1 年間の派遣前後研修に参加させていただいた．私は将来海外で働くことを視野に入れており，本プログラムを通して環境や国柄の違いを考慮した仕事の進め方や，日本人技術者の実際の働き方について理解を深めたいと考え，参加を決意した．

2. 研修先の概要

この度私たちが派遣された THAI KOBELCO WELDING CO.,LTD.(TKW)は，1968 年の設立より 50 余年に渡り，主に鉄骨建築，日曜大工等で使用される溶接棒を製造してきた．ここで製造された製品は，タイ国内のみならず周辺国へも出荷され，東南アジアの製造業を支えている．また，同じ敷地内にソリッドワイヤの生産・販売拠点である KOBELCO MIGWIRE THAILAND CO.,LTD.(KMWT)も所在している．

私たちは溶接棒を製造している TKW の他に，マザー工場である西条工場および溶接事業の研究開発拠点である藤沢事業所の 3 か所で研修を行った．Table1 に研修テーマに直接関連する西条工場と TKW の概要を示す．

Fig. 1 Appearance of TKW

(出典：神戸製鋼所　HP[1])

Table 1 Saijo Plant and TKW Overview

会社名	株式会社　神戸製鋼所　西条工場	THAI KOBELCO WELDING CO., LTD.(TKW)
設立年月日	1970 年 7 月	1968 年
事業内容	被覆アーク溶接棒の製造・販売	被覆アーク溶接棒の製造・販売
銘柄数	50~60	10～15
生産量(t/月)	1500	4000
所在地	広島県東広島市西条町	サムットプラカーン県　バンプ―工業団地
従業員(人)	98	302
敷地面積(m^2)	68, 104	–

3. 研修スケジュール

Table 2 に研修スケージュールを示す.

1 週 目 ：国内にて，西条工場の概要，TKW との違いについて説明を受け，TKW でどのような改善提案ができるかいくつか候補を考えた．また手溶接と半自動溶接も体験し，溶接に対する理解を深めた.

2~3 週目：タイにて，工場見学や現地スタッフの方々と議論を重ね，研修テーマを決定し，改善案を検討した.

4 週 目 ：国内にて，タイでの成果発表を行い，提案内容のブラッシュアップを実施した．また溶接ロボットのオペレーション教育や QC サークルの国際交流会も見学した.

Table 2 Training Schedule Details

7 月 17 日	派遣前事前研修(西条工場)
8 月 19-21 日	工場概要説明，QC 活動紹介(西条工場)
8 月 22 日	手溶接・半自動溶接の体験(藤沢事業所)
8 月 23 日	タイ到着
8 月 24 日	タイでの研修開始(TKW)
9 月 2 日	中間報告会
9 月 4 日	最終報告会
9 月 8 日	帰国
9 月 9 日-10 日	タイでの成果発表，提案内容の修正(西条工場)
9 月 11-12 日	溶接ロボットオペレーション教育(藤沢事業所)
9 月 13 日	QC サークル国際交流会見学，機械事業部門の紹介(藤沢事業所)

4. 研修課題の決定

研修テーマ決定するにあたり，1 週目は TKW のマザー工場である西条工場の概要と，TKW と西条工場の違いについて説明を受けた．様々な違いに着目し，TKW でどのような改善提案ができるか，いくつか候補を考えた.

4.1 西条工場と TKW の違い

Table 3 に西条工場と TKW の違いをいくつか示す．私たちは生産方法の違いに着目した．西条工場ではほとんどの工程が機械で行われているのに対し，TKW では作業者による手作業の工程がいくつかあり，作業者の負荷軽減が長年の課題となっている.

Table 3 Differences between Saijo and TKW

	西条工場	TKW
生産方法	**機械中心**	**機械+手作業**
生産ラインの導線	直線	直線ではない
倉庫	工場内部	外部倉庫
配送計画	月毎	日毎
日報	システム上で紙出力	タブレット
安全対策	明確なルール 安全柵の徹底	ルール設定あり 一部柵がない部分がある

4.2　製造工程の違い

Fig. 2 に両工場の製造工程を示す．大きな違いとして，フラックスを自工場内で調合するかどうかが挙げられる．

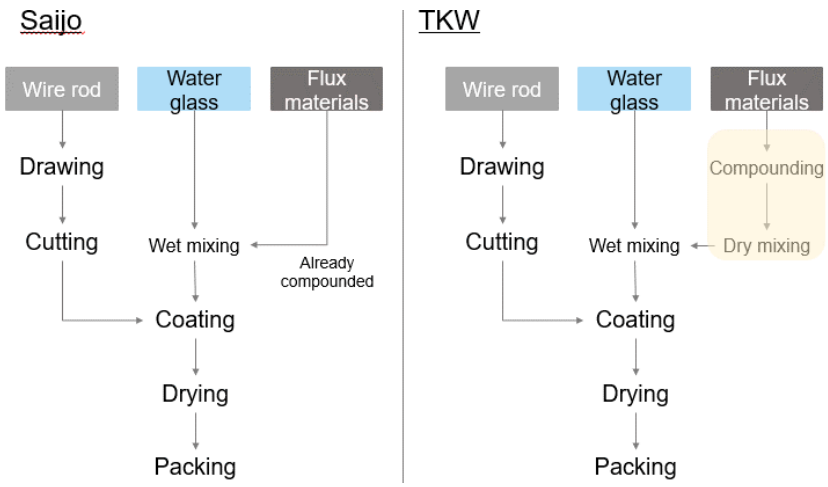

Fig. 2　Difference in manufacturing process

4.3　作業負荷の観点で見た違い

Fig. 3 に，作業負荷の観点から見た製造工程の違いを示す．西条工場と比べ，TKW では塗装と包装の 2 つの工程が機械だけでなく手作業でも行われており，これらの工程が TKW の作業者にとって大きな負担となっている．包装工程については現在，生産ラインの一部に半自動システムが導入されており，将来的に完全自動化も予定されている．そのため，塗装工程に着目し，作業者の負担軽減を図りたいと考えた．

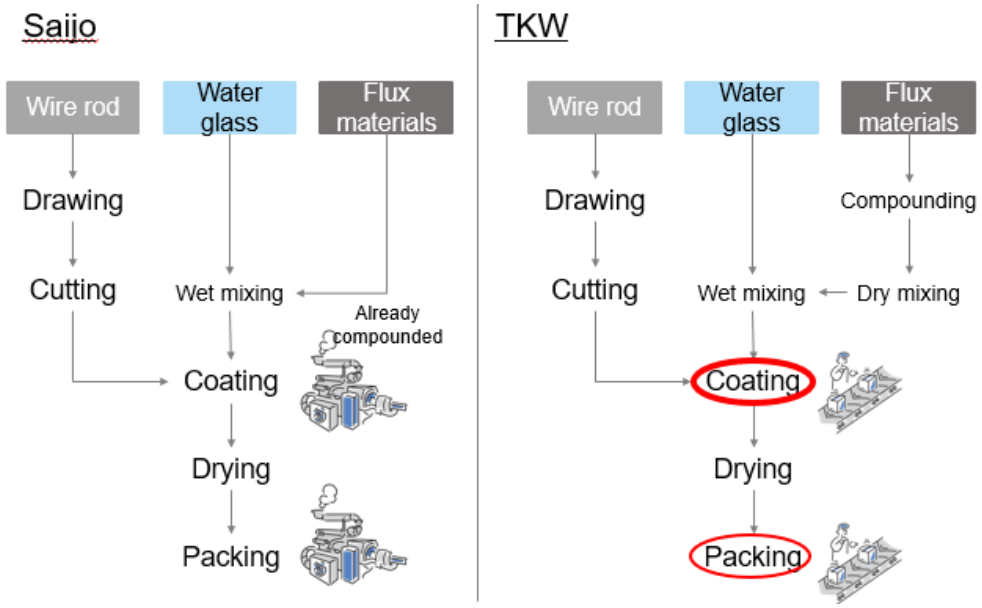

Fig. 3 Differences in manufacturing processes in terms of burden

4.4　その他の検討

Fig. 4 に，私たちが当初検討した 8 つの改善案を示す．これらは，西条工場と TKW の違いや TKW スタッフの意見を基に，改善が必要だと感じた項目である．各案について，①ニーズ，②コスト，③実現可能性，④緊急度，⑤効果の 5 項目をそれぞれ 5 点満点で評価した．その結果，塗装工程における作業者負担の軽減が最も重要な課題であると判断した．

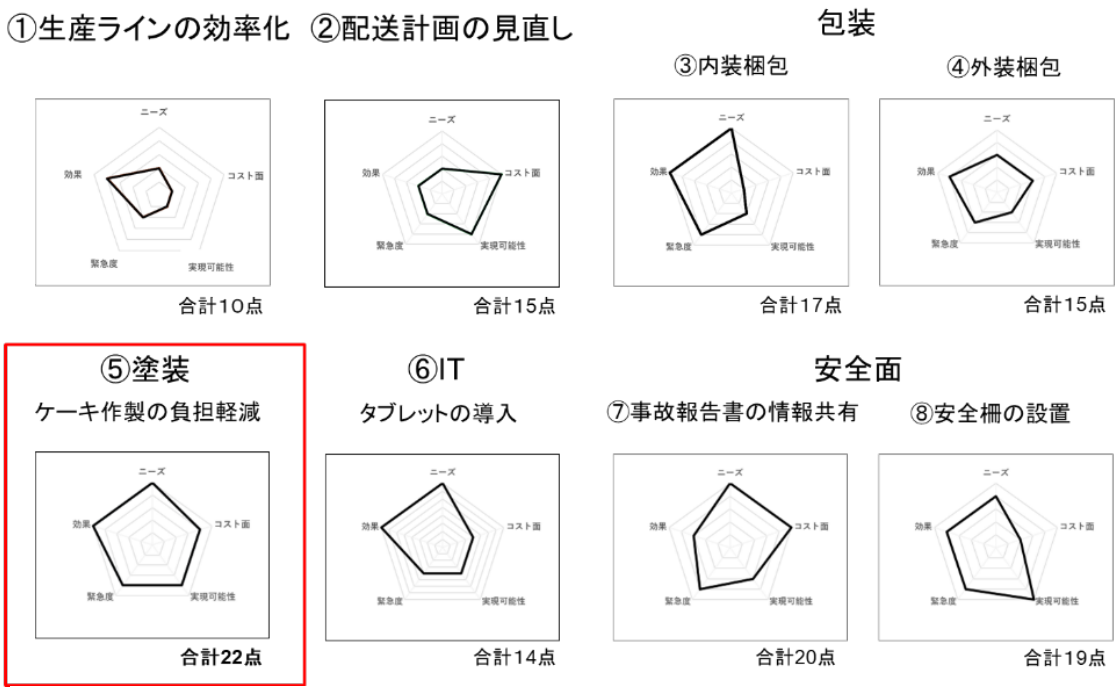

Fig. 4 Other ideas

5. 研修の内容

5.1　背景

塗装工程とは，機械を使って線材にフラックスを塗布する工程を指す．塗装工程の概要を Fig. 5 に示す．フラックスを機械に投入する際には，フラックスの粉末を円筒形に成形する必要があり，この形状を「ケーキ」と呼ぶ．特に，赤枠で示した部分が作業者にとって大きな負担となっている．

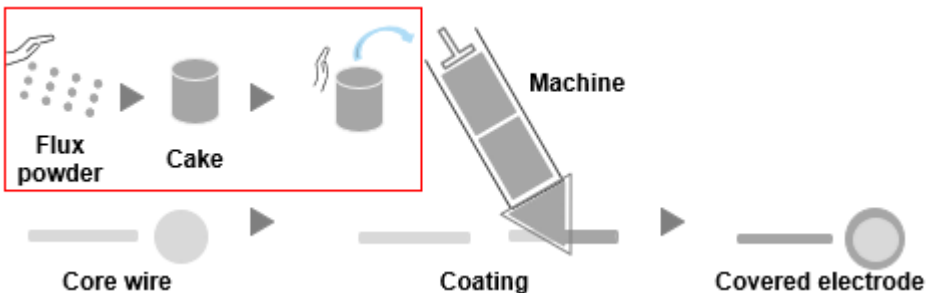

Fig. 5 Outline of Coating Process

Fig. 6 に，このケーキを機械に入れる前の 3 つの作業の詳細を示す．

① フラックスの粉を集め，手で穴に入れる．
② パウダーをプレスし，機械でケーキを成形する．
③ 手でケーキを回転させ，コンベヤーに移動させる．

作業のうち①と③は人の手によって行われており，1 日に 1 人が扱うケーキの総重量は 5～10 トンとなり，作業者の負担は非常に大きい．TKW では，5 年以上前から塗装工程の負担軽減を検討していたが，全自動機械の導入にはコストをはじめとした課題への改善が進んでいなかった．

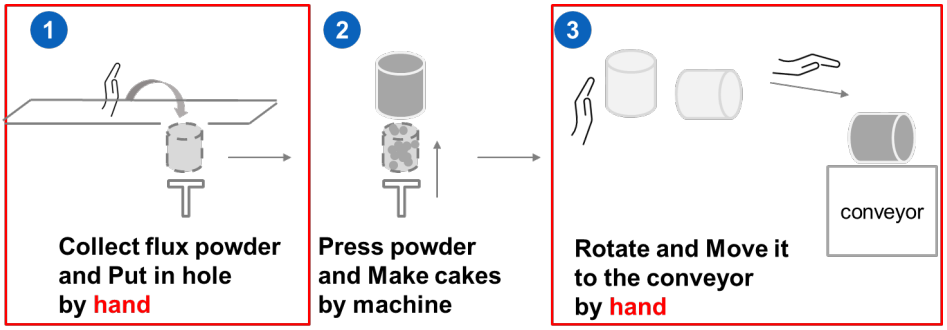

Fig. 6 Details of the process before the cake is placed in the machine

Fig. 7 に改善前の作業環境を示す．作業者の負担以外にも，以下の改善すべきポイントがあり，作業者にとって大変な環境であると言える．

- 長時間の立ち作業である点
- 乾燥炉が近く，暑い点
- 移動が多い点
- 服が汚れやすい点

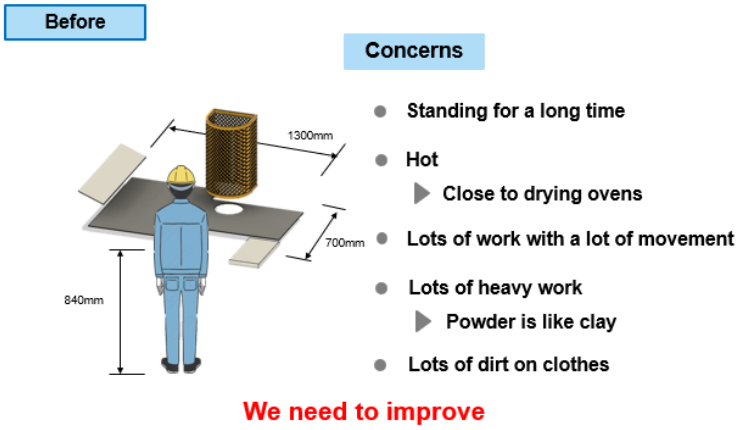

Fig. 7 Work environment before improvement

5.2　目的

そこで私たちは，動力を使わずに「ケーキの移動と回転」を容易に行える機構を考案し，コストをできるだけ抑えて塗装工程における作業者の負荷を軽減することを目的とした．

5.3　改善提案

5.3.1　コンセプト

Fig.　8 に私たちの提案のコンセプトを示す．塗装工程の作業負荷を軽減する方法は大きく 2 つある．1 つ目は，フラックスの回収において傾斜をつけることでフラックスを回収しやすくすることだ．2 つ目は，ケーキの回転である．脚力は手力の 4～5 倍あるため，Fig.　9 のようにペダル式ゴミ箱を参考にし，この原理を利用して脚の力でケーキを回転させる．

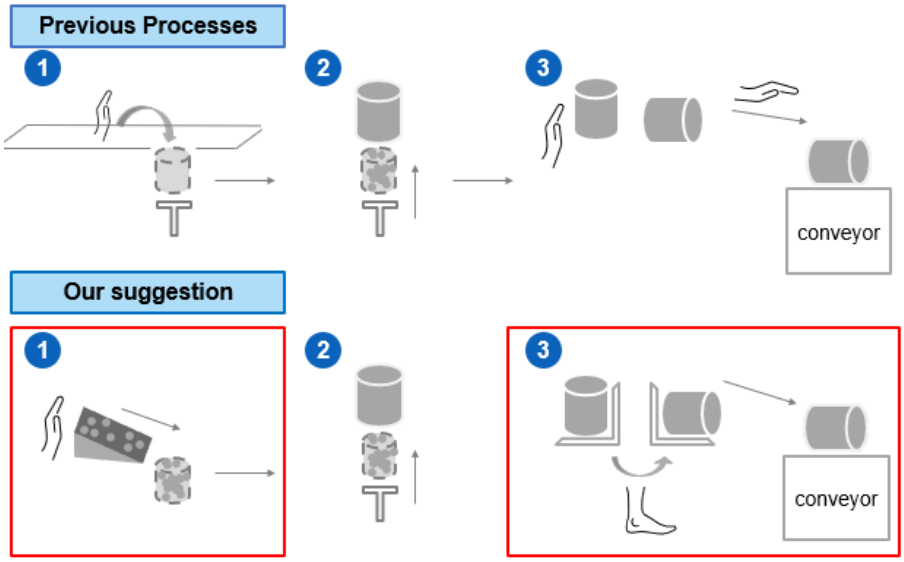

Fig. 8 Concept

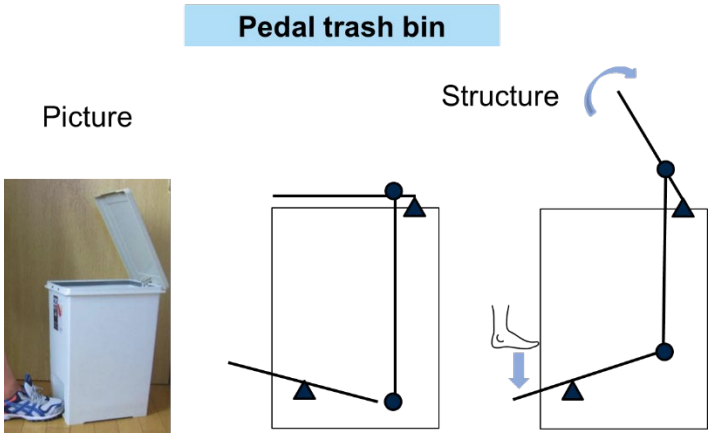

Fig. 9 Mechanism of rotation

5.3.2　初期案

Fig. 10 に初期案を示す．フラックスは半自動的にこの斜面を下り，穴に入る．ケーキは機械によって作られ，作業者によって回転部分に置かれ，脚の力を使ってこの部分を回転させる．回転部分の右接地面は傾斜しており，ケーキは自動的にコンベヤーに移動する．回転部分はおもりと紐で繋がれており，ケーキがコンベヤーに移動した後，紐の張力によって自動的に元の位置に戻る．CAD では紐を再現することができなかったため，このモデルには紐が見えない．

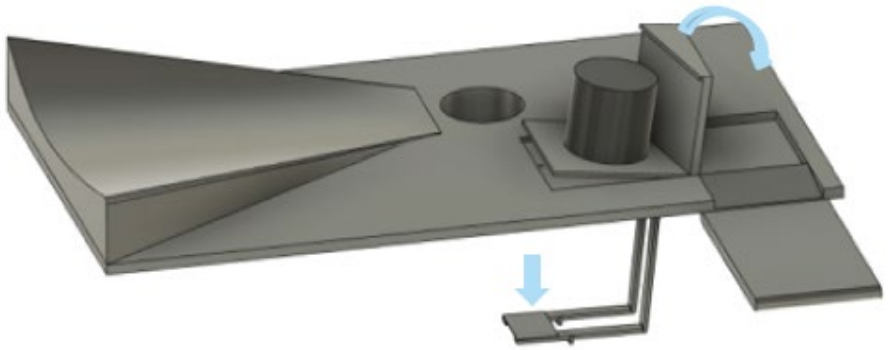

Fig. 10 First model

5.3.2　修正案

改善が必要な生産ラインは 4 つあり，ラインごとに設備の形状が異なる．実測値を考慮すると，私たちのアイデアは一つのラインにしか適用できないため，実際の形状や寸法に合うように再設計したモデルを Fig. 11 に示す．傾斜部分の形状や机の高さ，机の面積などを考慮した．

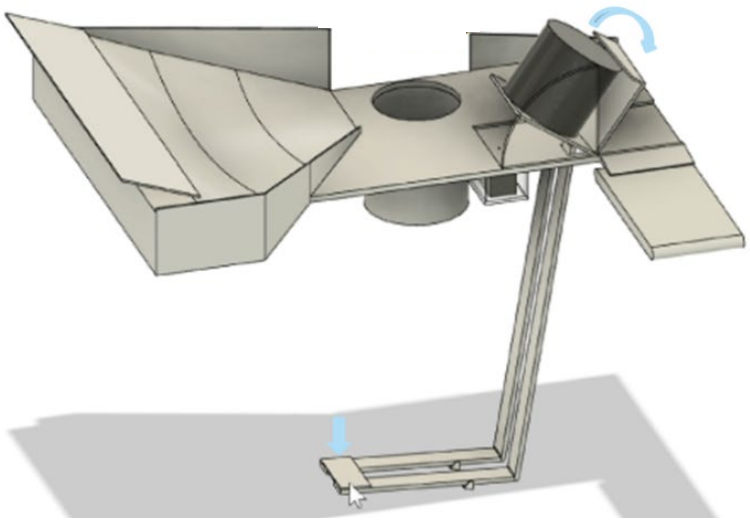

Fig. 11 Second model

フラックスは粘土に似た材質であり，①重くて滑りにくい，②成形したケーキは壊れやすいという特徴がある．その対策を Fig. 12 に示す．①に対しては，傾斜部分の材質を耐久性と滑り性に優れた UHMW（超高分子量ポリエチレン）にする．②に対しては，回転部分に油圧緩衝器を取り付ける．この 2 つの対策は CAD では再現できていない．

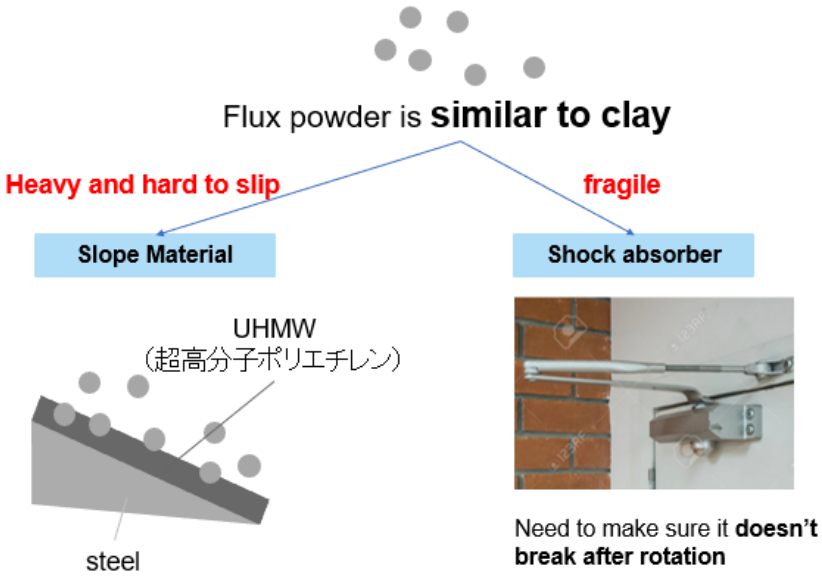

Fig. 72 Measures against clay character of flux

Fig. 13 に Fig. 11 の回転部分を拡大したものを示す．安全性，作業性，清掃性，異物混入の観点から，赤枠で囲った 2 か所の部分に蛇腹機構を導入する．この部分も CAD では再現できていない．

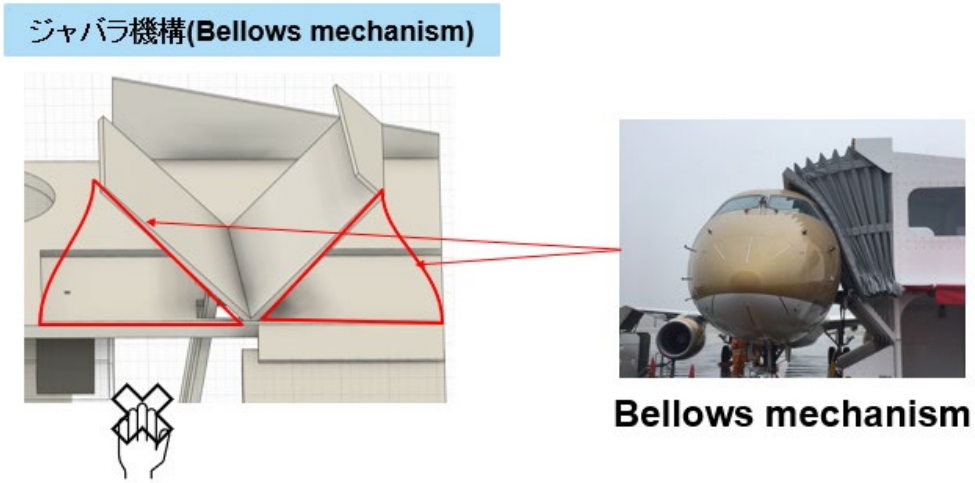

Fig. 13 Bellows mechanism

5.4　効果

Table 4 に私たちの提案の効果を，全自動機械を導入する場合と比較して示す．全自動機械を導入する場合，人による作業はなくなるため，人件費を削減できるが，導入費用が高額であること，また機械の設置には広いスペースと時間が必要で，生産ラインを止めなければならない．一方で，私たちの提案は人による作業は残るものの，従来よりも負荷が軽減される．また，従来のスペースだけを利用し，導入により生産ラインを止める必要はない．導入費用も安価であり，全自動機械を導入する場合と比較して数十倍単位でコストを削減できる．現地スタッフの方々からは，塗装工程の作業者負担は長年の課題であり，これほど安価に導入できるなら，ぜひ導入したいとの前向きな意見をいただいた．

Table 4 Effectiveness of our suggestion

	Cost	Construction period	Burden on worker	Space
Fully automated machine	✖	△	○	✖
Our suggestion	◎	○	△	○

5.5　追加の提案

帰国後，フラックスの粉を集める部分と，ケーキを回転させる部分について西条工場の方と議論し，他に良い機構はないか検討した．Fig. 14 にフラックスの粉を集める部分の 3 つの案を示す．①丸みを帯びた傾斜，②可変式傾斜，③手動ベルトコンベアであり，各機構の評価を Table 5 に示す．コストや作業者負荷，清掃性の 3 つの観点で評価し，一概にどの機構が最適であるとは言い難い．そのため，現地スタッフの方に提案し，選択してもらうことにした．

Fig. 14 Other mechanism for collecting

Table 5 Effectiveness of our additional suggestions

	Cost	Burden	Cleanability
1. Rounded slope	○	△	○
2. Adjustable Slope	△	○	○
3. Manual conveyor belt	△	◎	△

Fig. 15 にケーキを回転させる部分の他の機構を示す．シリンダーを使った機構の評価を Table 6 に示す．私たちは，コスト削減のために動力を使わない機構で作業者の負担を減らせないか考えていた．しかし，シリンダーは数万円で導入でき，ランニングコストもそれほどかからないことを教えていただいた．また，シリンダーは空気の力を調節しやすく，ケーキが壊れないように容易に制御できる．以上の理由から，シリンダーを用いて回転させる機構もかなり有効だと言える．こちらも 2 通り提案し，導入の際に選択してもらうことにした．

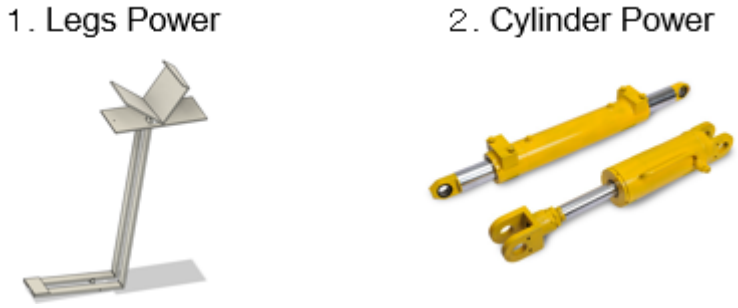

Fig. 15 Other mechanism of rotation

Table 6 Effectiveness of our additional suggestion

	Cost	Burden	Cleanability
1. Legs Power	◎	○	△
2. Cylinder Power	○	◎	○

6. まとめ

4 週間のインターンシップを通じて，大きく 3 つの学びがあった．

1 つ目は，技術者として海外拠点で働く際に求められる素質についてである．技術者として駐在拠点での役割は，拠点に最適仕様の技術を展開すること，及び管理者としての責任感や製造に関する深い理解が非常に重要であることを学んだ．また，日本と比べてタイの人々はプライベートを重視する傾向があり，残業が多いとすぐに転職することや，迅速な意思決定が求められる点など，仕事に対する考え方の違いも理解できた．こうした環境や国柄の違いを考慮して業務を割り振り，製品の質など妥協できない部分は徹底し，合わせられる部分は現地に合わせる柔軟な仕事の進め方が必要であると実感した．

2 つ目は，現地スタッフとのコミュニケーション方法である．タイの公用語はタイ語であり，英語が通じない場面も多くあった．そうした状況では，簡単なタイ語を覚えて話しかけることで，現地の人々が言語や文化を温かく教えてくれ，すぐに打ち解けることができた．言葉が完全に通じ合わなくとも，笑顔や相手を知ろうとする姿勢が信頼関係を構築するうえで最も大切であると実感した．

3 つ目は，溶接技術についてである．手溶接，半自動溶接，ロボット溶接のすべてを体験し，溶接技術への理解を深めることができた．同時に，溶接がさまざまな場面で社会を支えていることを知り，溶接をより身近に感じるようになった．

7. 謝辞

本研修を行うにあたり，長谷川様，松井様，木山様をはじめとする西条工場の方々，柳本様，渡邊様，川邉様，森様をはじめとするTKWの日本人スタッフの方々，ニパパン様，ピティー様，スティサック様をはじめとするタイ人スタッフの方々，日野様，高橋様をはじめとする藤沢事業所の方々には大変お世話になりました．皆様の助けがあったからこそ今回の研修を無事終えることが出来ました．心より感謝申し上げます．

加えて，長谷川様，松井様，木山様，柳本様，渡邊様，川邉様，森様，高橋様には研修中だけでなく，生活面でも多大なるサポートをしていただきました．皆様が就業後や休日に観光や食事に連れて行って下さったおかげで，タイ・西条・藤沢での充実した生活を送ることができました．

また，本研修を行うに当たり運営並びに研修の支援をして下さった山本先生，高品先生をはじめとするECBO実行委員の先生方，プログラム全般をご支援くださいました工学研究科事務スタッフの皆様にもこの場をお借りして厚くお礼申し上げます．また共に研修を行った沖川君とは，何度も議論を重ね，より良い提案内容にするために日々協力しました．不安なこともありましたが，毎日支えられていました．本当にありがとうございました．

最後になりましたが，全体の研修を通して私たちを大きく成長させてくれたECBOプログラムが，来年度以降も益々発展していきますことを願いまして謝辞とさせて頂きます．

8. 引用

1) https://www.kobelco.co.jp/releases/1200127_15541.html