
カイ ベトナム有限責任会社（ベトナム） 研修報告書

カミソリヘッドの射出成型機における分離作業の自動化に関する取り組み

先進理工系科学研究科 先進理工系科学専攻 輸送・環境システムプログラム 平井 秀太

1. はじめに

近年、日本企業は安価な人件費や国外への市場拡大を求めて海外に製造拠点を置くことによる技術移転に力を入れている。海外への技術移転を行うためには、移転先の文化や環境が異なることからその国土それぞれに対して適切に順応する必要がある。そこで私は、ベトナムをはじめとする海外諸国に製造拠点を置いて生産活動を行っている貝印にて研修を行うことによって技術移転を行うために必要なことを学ぶだけでなく、海外で働く経験を学生である今積んでおきたいと考え、本プログラムに参加した。

2. 研修テーマの決定

研修初週に工場内を社員の方に案内していただいた。カイ ベトナム有限責任会社には 2 つの工場があり、第 1 工場ではカミソリヘッド、キャップ、ホルダーの成型、カミソリの組み立て、包装が行われており、第 2 工場では包丁、ツメキリの加工、組み立てが行われていた。ここでの各工程で行われている作業の詳細や改善すべき問題点を教えていただいた後、研修テーマについての検討を行った。まず研修の目的として、「製品の製造ラインにおいて、製品の付加価値を生まない付帯作業の作業効率改善」を挙げた。というのも、工場内ではツメキリの切削後の除屑作業やカミソリヘッドとランナーの分離作業などといった付帯作業に多くの人員が必要となっていたからである。特にカミソリヘッドの射出成型機における分離作業に多くの人員を要していた。そのため、今回は研修対象としてカミソリヘッドの射出成型機を選択し、作業効率改善を目的とした研修を行うことにした。

3. 研修スケジュール

7 月 3 日～4 日 国内工場見学(岐阜県関市)
9 月 2 日 ベトナム入国
9 月 4 日 研修開始
9 月 13 日 中間報告会
9 月 26 日 送別会
9 月 27 日 最終報告会
9 月 28 日 帰国



図 1 カイ ベトナム有限責任会社外観

4. 研修先概要

会社名：カイ ベトナム有限責任会社
設立年：2005 年
事業内容：カミソリ、ツメキリ、包丁等の加工、組み立て、包装
所在地：Thang Long 工業団地
従業員：約 600 人(日本人 6 名)

5. 研修内容

<研修テーマについて>

カミソリの射出成型機では、カミソリヘッドやキャップ、ホルダー等の製品本体と周囲のランナーが同時に射出され、成型機下部の収集ボックスへと流れる仕組みになっている。ここでのカミソリヘッドとは、カミソリの刃が取り付けられた部分のことである。この際製品本体とランナーが収集ボックス内にて混在しているためその分離作業は人の手によって行われており、多くの人員、時

間を要していた。そこで、工場内の一部の成型機ではすでにアルミパイプ 2 段式のふるいと可動式ワイパー、エア噴射装置を用いた分離装置を導入し、製品とランナーの分離の自動化が進められていた。Fig. 1, Fig. 2 にその詳細を示す。ランナーは製品本体に比べて寸法が大きいことから、アルミパイプのふるい上に落下した際にランナーはふるい上に残り、製品のみが収集ボックスへと落下するといった仕組みである。また、可動式ワイパーやエア噴射によってランナーを成型機外へ掻き出すようになっている。しかしながら、ふるいを 2 段にすることは使用するパイプの本数の増加につながるため、導入コストの面からも効率的な改善策とはいえない。したがって、本研修では導入コストを削減するためにふるいを 1 段式に変更し、製品とランナーの分離効率を改善するための方策についての検討を行った。

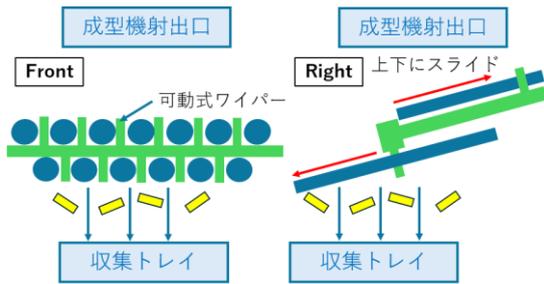


Fig. 1 ふるい 2 段式+可動式ワイパー

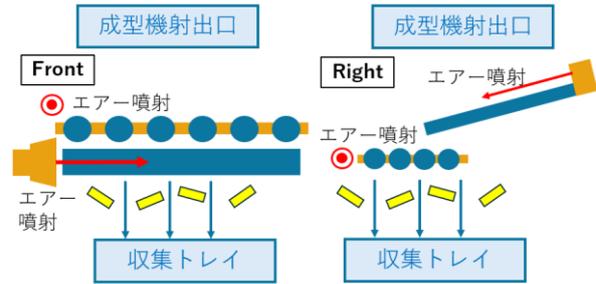


Fig. 2 ふるい 2 段式+エア噴射装置

<評価指標>

本研修において、射出成型機における製品とランナーの分離作業の効率を評価する指標として、「分離率」を設定した。これは製品とランナーがどの程度分離されているのかを示す値であり、「ふるいをすり抜けて収集ボックスに落下した製品の本数」を「製品とランナーの総数」で除算することで求まる。工場内ですでに導入済みの 2 段式ふるい型の分離装置の分離率は 95[%]とのことだった。そこで研修を行う前に、目標とする分離率の設定を行った。

<目標分離率の設定>

目標分離率を設定するにあたって、人工の削減に着目した。まず、現在 1 人あたり 3 台の射出成型機における製品とランナーの分離作業を担当していた。工場内で稼働中の成型機は全部で 10 台だったため、製品とランナーの分離作業だけでも 3 人が必要となっている。今回は分離作業に必要な人員を 3 人から 2 人へ削減することを目標とし、それを達成することのできる成型機の実分離率を目標分離率とすることとした。2 人で 10 台の射出成型機における分離作業を担当するには、1 人あたり 5 台の射出成型機における分離作業をこれまでの 3 台分の所要時間内に済ませる必要がある。以下では具体的な目標分離率の算出方法を述べる。はじめにアルミパイプの分離装置が導入されていない射出成型機における分離率を 0[%]とする。ここでの収集ボックス 1 つにおける製品とランナーの分離作業の所要時間を計測したところ、87.26[s]だった。一方で先ほど挙げたアルミパイプの分離装置が導入されている射出成型機における分離率を 95[%]とする。ここでの収集ボックス 1 つにおける製品とランナーの分離作業の所要時間を計測したところ、35.64[s]だった。双方の比較結果より分離率が 95[%]向上することによって分離作業の所要時間を 51.62[s]短縮することができる。ここから分離率が 1[%]向上することで短縮可能な所要時間を算出し、そこから 3 台の射出成型機における分離作業の所要時間内に 5 台分担当できる分離率を計算すると、目標分離率は 96.35[%]となった。

<目標分離率達成に向けたアプローチ>

まず目標達成に向けて、製品とランナーの分離効率を向上させるためには「製品をふるいの下にいか落下しやすくするか」が重要ではないか、と考えた。そこで製品とふるい間の接触面積が小さくなるようにパイプの形状を円柱から三角柱へ変更して検証を行うことにした、

いきなりアルミパイプを用いるのではなく、コピー用紙にて作成した簡易装置を使ってその特性を確認した。Fig. 3～5 に示すのが今回用意した簡易装置である。左から円柱型、三角柱型 1、三角柱型 2 となっている。三角柱型 1 と三角柱型 2 で異なる点は柱の本数並びに柱間の空隙の大きさである。この 3 種を比較することによって、柱の形状や本数、空隙の大きさの変化によって分離率にどのような変化があるのかを検証した。



Fig. 3 円柱型(10本)

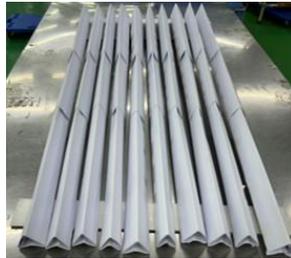


Fig. 4 三角柱型 1(11本)

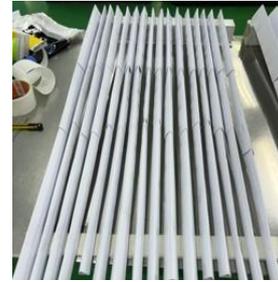


Fig. 5 三角柱型 2(16本)

Table 1 収集結果比較

形状	収集製品本数	分離率(収集本数/総成型本数)
①円柱型	130	77.4(%)
②三角柱型1	142	84.5(%)
③三角柱型2	135	80.4(%)

上の Table 1 に 3 種の簡易装置の収集結果比較を示す。本検証では 6 ショット分の分離結果を示している。ここでは射出成型機から製品とランナーが 1 度射出されるごとに 1 ショットとしている。1 ショットにつき製品は 28 本射出されるため、6 ショットでは合計 168 本射出されることになる。そこで、収集ボックスより回収した製品の本数を 6 ショット計 168 本で除算することで各簡易装置の分離率を算出した。表から読み取れるように、三角柱型 1 の分離率が最も高く、また形状を円柱型から三角柱型に変更することで分離率は向上することが分かった。これは検証前に検討した、製品とふるいの接触面積が関係しているのではないかと考えられる。仮検証にて最も分離率の高かった三角柱型 1 について、金属板を用いた実機風の装置を作成し、さらなる検証を行った。

<実機を模した装置の作成(三角柱型 1)>

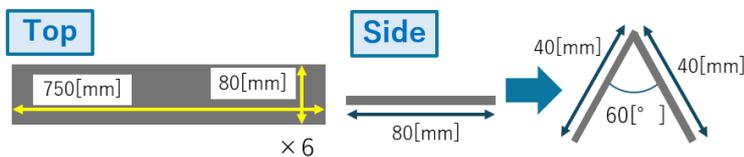


Fig. 6 金属板の加工方法



Fig. 7 実機風装置(三角柱型 1)

Fig. 6 に三角柱型 1 について、実機を模した装置の作成方法を示す。今回は上記寸法の金属平板に曲げ加工を施すことによって間接的に三角柱型 1 の形状を再現した。曲げ加工を施した金属板 6 枚の端部をエアースプレー装置に溶接し、実機風の三角柱型 1 の装置を用意した。その概略図を Fig. 7 に示す。この装置を用いて仮試験時と同様の要領にて検証を行った。

Table 2 収集結果

製品の種類	収集製品本数	分離率
カミソリヘッド	426/570	74.7(%)

Table. 2に収集結果を示す. 本検証では1ショットにつき19本の製品が射出される成型機にて行い, 計30ショット分の分離率を算出した. 結果として目標分離率を大きく下回る値だったため, その原因を考察した.

まず, 柱間の空隙の大小が関係していると考えられる. 先ほども述べたように, 三角柱型は円柱型に比べて製品との接触面積こそ小さくなるものの, 柱間の空隙が大きくなりそこにランナーや製品が詰まりやすくなっていることが分かった. これはショット数の少ない仮試験時では見つけることのできなかつた問題点であった. しかしながら三角柱型は円柱型に比べて製品との接触面積を小さくすることができるという利点を持っている. そのため, 空隙の大きさが円柱型と同等になればランナーの詰まりを解消できるのではないかと考え, その条件を満たす三角柱型の寸法を求めることにした.

以下のFig. 8に円柱型, 三角柱型それぞれの柱間の空隙の計算式並びに計算結果を示す.

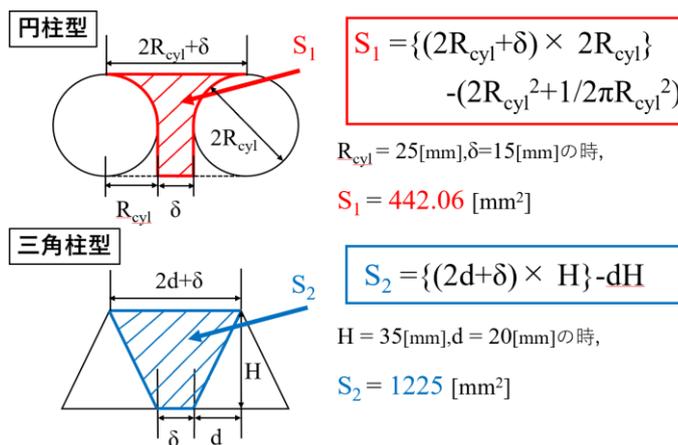


Fig. 8 柱間の空隙の算出

Table 3 d, H の組み合わせ

$d+15$	H	d	H
1	442	-14	442
2	221	-13	221
13	34	-2	34
17	26	2	26
26	17	11	17
34	13	19	13
221	2	206	2
442	1	427	1

図から読み取れるように, 三角柱型間の空隙は円柱型の空隙の3倍ほど大きくなっている. そこで三角柱型の寸法に直結する変数 d, H に着目し, 円柱型の空隙と同等の大きさになる三角柱型の寸法になるような d, H の組み合わせを求めた.

Fig. 8より $\delta = 15[\text{mm}]$ とすると, 三角柱型の空隙は以下の(1)式で求まる.

$$S_2 = (d + 15) \times H \quad (1)$$

ここで,

$$S_2 = (d + 15) \times H = S_1 \cong 442 \quad (2)$$

を満たす d, H の組み合わせを決定する.

(2)式より, $d + 15$ と H それぞれが442の約数であればよいことになる. したがって, その組み合わせをすべて挙げた後, 制約条件を満たす組み合わせのみに絞った. ここでの制約条件は以下の通

りである。

[制約条件]

- $d > 0, H > 0$
- $d < 71.25$ (柱を最低 2 本設置した際の横幅より計算)

その結果, Table 3 に示す 3 通りの d, H の組み合わせの三角柱の寸法であれば柱間の空隙の大きさが円柱型と同等になることが分かった. 上記 3 通りの組み合わせについて, 以下の Fig. 9 にその詳細を示す.

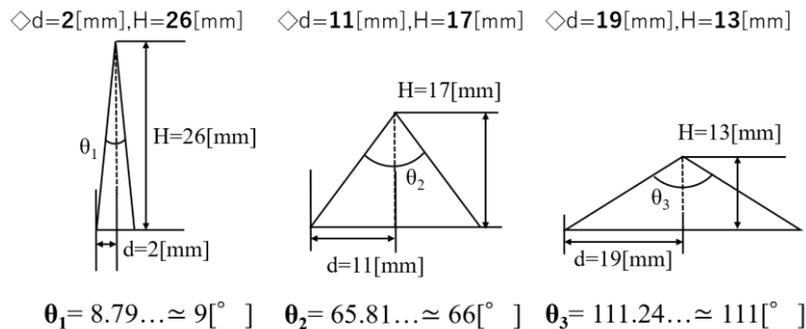


Fig. 9 3 種の組み合わせ

上記 3 種の三角柱の寸法について成型機下部の横幅から設置に必要な本数を算出したところ, 左から 15 本, 8 本, 6 本となった. 比較対象として, 円柱型では設置に必要な本数は 6 本である. そのため左 2 種の寸法では設置本数が円柱型よりも多くなることから導入コストが増大すること, また本数の増加に伴って柱間の間隔が狭くなり, エアー噴射の勢いが弱まる可能性もあることから効果的な改善とはいえない. また, 一番右の寸法では設置本数こそ円柱型と同等であるものの, 斜面がなだらかなため製品自体もふるいの下へ落下しない可能性がある.

以上を踏まえて, 分離率の面, そして導入コストの面からも柱の形状を円柱から三角柱へ変更するという方策は分離率改善に効果的ではないと判断した.

<形状変更の結果を踏まえた新たなアプローチの検討>

先ほども述べたように, ふるいの柱形状を三角柱へ変更する方法では分離率改善に効果が得られなかった. この結果よりわかることは, 分離率改善に関して重要なのは製品とふるいの接触面積ではない, ということである. 実験中射出工程を観察していると, ショット数が増加するにつれて柱間にランナーが詰まり, 詰まっている箇所に製品が絡まっていた. いくら製品との接触面積を小さくしたところで, 製品がランナーに絡まってしまうと分離率は低下する. そのため, ランナーと製品がふるいの上で絡まることを防止する方策を検討することが目標分離率達成に向けて必要だと考えた.

ではなぜランナーと製品の絡まりが生じるのかについてであるが, これはランナーの上に製品が乗ってしまうことが原因だと考えられる. ランナーの上に製品が乗る原因としては, ふるいにおいて隣り合うパイプが水平に配置されていることで, ランナーがふるいの上で安定したまま滑りやすくなっていることが原因だと考えられる. したがって, 隣り合うパイプを水平ではなく斜めに配置することによって製品とランナーの絡まりを解消できるのではないかと考えた. そこで, ふるいを固定する向きを水平から斜めに変更して検証を行うことにした. ここで新たに提案した分離装置の概要を Fig. 10 に示す.

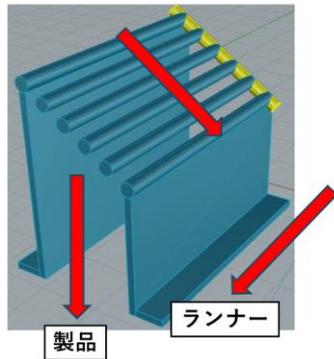


Fig.10 分離装置概要

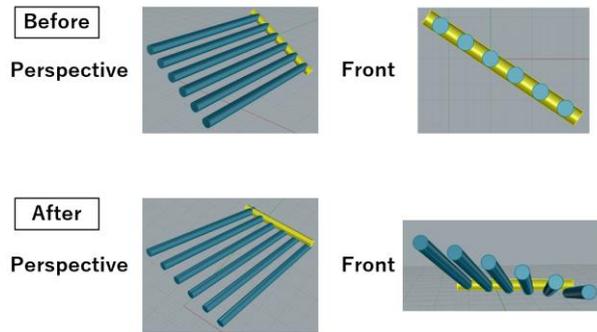


Fig.11 固定方法の変更点

上記の分離装置を提案した意図は、製品とランナーの絡まりを解消することにある。まず、成型機射出口から射出された製品・ランナーは斜めに配置されたふるい上に落下し、製品はふるいの下へと落下する。さらには、斜めに配置したパイプによって斜面滑降中にランナーがふるいの上で安定しにくくなり、製品がランナーの上に乗ることを防ぐ目的で考案した。また、ふるいの右端に仕切り板を設けることで、製品とランナーの分離回収も可能ではないかと考えた。しかしながら、この構造を提案したところ、1つ問題点があった。それはパイプを斜めに配置した状態で成型機下部に取り付けることが、寸法の都合上不可能であるということである。

そこで、Fig. 11 に示すような変更を行った。何を変更したかについては当初は水平に配置された分離装置ごと固定角を変えて斜めに取り付ける予定だった。ただ寸法に制限があったため、分離装置の基本軸は水平のまま固定し、ふるいを構成する各パイプを基本軸に対して角度をつけることによって、間接的に斜めに配置した状態を再現した。このような変更を施した分離装置を使って、検証を行った。

検証を進める中でもう1点問題点が出てきた。隣り合うパイプを斜めに配置したことによってランナーがふるいの上で安定することを防ぐことにつながると考えたが、射出口からの射出の勢いが強く、ランナーだけでなく製品自体もふるいの右側へ落下してしまい、分離ができなかった。そこで、射出口からの製品とランナーの落下パターンを制御するために Fig. 12 に示す改善を試みた。

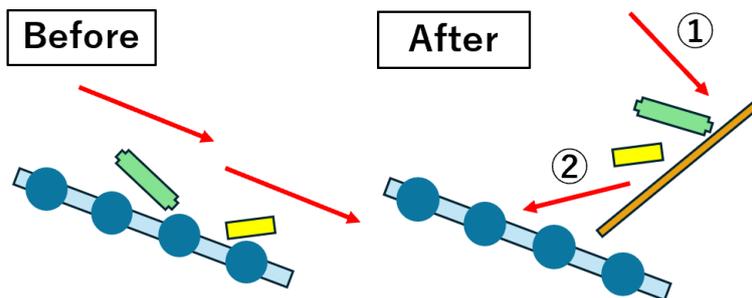


Fig.12 射出口からの落下パターンの制御方法

図に示すように、製品とランナーを直接ふるいの上に落下させるのではなく、射出口とふるいの上に間に斜めに配置した板を設けることによって製品とランナーの落下方向を制御することを目的としている。上記の変更を施して検証を行ったが、製品とランナーの分離率改善には繋がらなかった。具体的な原因には以下の2点が挙げられる。

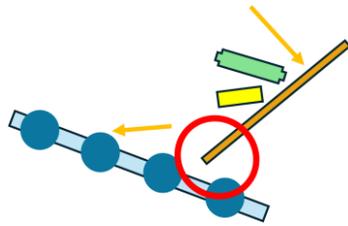


Fig. 13(a) 仕切り板とふるい間の詰まり

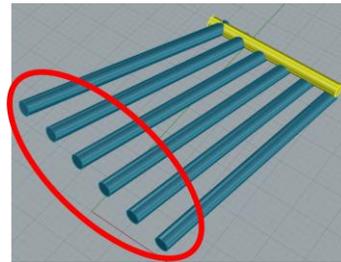


Fig. 13(b) ふるい先端での広がり

まず Fig. 13(a)に示すように、射出口とふるい間に設置した仕切り板とふるいの中でランナーが詰まってしまったことが挙げられる。仕切り板を設けることで製品とランナーの落下方向を制御することはできたものの、別の箇所では製品とランナーの絡まりが生じてしまった。さらには、Fig. 11のような変更のもと斜めに配置した分離装置についてふるいの根元から先端に行くにつれて柱間の間隔が広くなり、Fig. 13(b)にて赤丸で示す部分から製品だけでなくランナーも落下してしまった。

このように柱の形状変更や配置方法、また製品とランナーの落下パターンに着目して改善を試みたものの、どれも分離率改善には繋がらなかった。ここからわかることとしては、パイプに対する改善策では分離率を向上させることは困難である、ということである。そこで最後に、製品とランナーの絡まりを解消するための改善策をパイプそのものに対してではなく、パイプに対して何かしらの外力を加える方法で検討した。

以下の Fig. 14 に示すのが改善策の一例である。既に工場内で導入が進められているエアースプレー装置を用いることは、実現性の面からも適当であると考えた。具体的な変更点としては、エアースプレーの噴射方向をパイプに対して水平方向だけでなく、垂直方向にも噴射する、という点である。従来はパイプに対して水平方向にのみエアースプレーを噴射していたが、ショット数の増加に伴って複雑に絡み合ったランナーは重量も大きく、水平方向のみだとエアースプレーがランナーに当たる面積が小さくその効果が出ていないのではないかと感じた。その反面エアースプレーをパイプに対して垂直方向にも噴射することで、エアースプレーがランナーに接触する面積を増加させることができ、製品とランナーの絡まりを解消できると考えた。しかしながら導入コストの面で考えると、パイプこそ使わないもののエアースプレーのためのコンプレッサー稼働させる電気代が倍以上かかるため、適切な改善策であるとはいえない。こちらの案は研修期間内で検証することができなかったため、今後工場の方に実施していただく予定である。

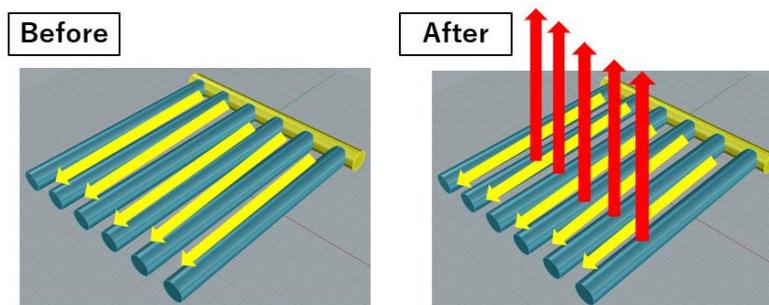


Fig.14 エアースプレー方向の変更
(矢印：エアースプレー方向)

6. まとめ

<研修面について>

本研修では、カミソリヘッドの射出成型機における分離作業の作業効率改善を目的とした検証を行った。中でも工場内ですでに導入済みのふるい型分離装置についての改善策を試みた。製品とふるいの接触面積を小さくするためにパイプの形状を変更したり、製品とランナーの落下パターンを制御したりと改善策を検討したものの、目標分離率達成には繋がらなかった。したがって、パイプに対しての改善では分離率を向上させることは困難であるということが分かり、最後に新たな改善策としてエアを噴射する方向を追加するという改善策を提案した。

<生活面について>

私自身この ECBO プログラムへの参加を通して、初めて海外に身を置いて生活するという経験をする事ができた。日本とは異なる文化や生活様式に対して身体を適応させることの難しさを学ぶ事ができたのも貴重な経験になった。特に使用言語はベトナム語が中心となっていたため、工場内でのコミュニケーションに苦勞するかと思っただが、社員の方がサポートしてくださったおかげで円滑に研修を進める事ができた。また、ホテル内に日本のチャンネルが視聴可能なテレビがあったり、ホテル近辺には日本食レストランも数多くあったりと比較的生活しやすかった。

7. 謝辞

今年度の ECBO プログラムにて、研修活動を受け入れてくださったカイ ベトナム有限責任会社の皆様に深く感謝申し上げます。カイ ベトナム有限責任会社での研修を通じて、これまで体験したことのない貴重な経験を数多く得ることができました。

研修期間中、伊藤工場長、マイさんには終始お世話になりました。入国日にホテル近辺のレストランやお店を紹介していただいたり、生活の流れについて教えていただいたおかげでスムーズに研修に取り組むことができました。また途中体調を崩して病院に診察に伺った際にも送迎を手配していただいたこともあり、研修外の面でも本当にありがとうございました。そして工場内での研修活動に関しては、越智さん、タムさん、ホアンさん、後藤さん、チャンさんに大変お世話になりました。射出成型機に関する研修ということで、途中成型機の製造ラインを止めていただきながら実験をさせていただくことも多くありましたが、その都度快く引き受けてくださったこと深く感謝申し上げます。なかなか思うような成果が得られないこともありましたが、数多くのアドバイスや装置の製作を手伝っていただいたからこそ、有意義な研修にできたと考えております。

ベトナム工場での研修に先立って国内工場見学にお伺いした際には、成瀬さんに大変お世話になりました。大変お忙しい中現地での最終報告会にも参加していただき、ありがとうございました。

そして派遣前の事前指導をしていただいた田中先生、山本先生をはじめとする ECBO 実行委員の方、工学研究科の方々にも深く感謝申し上げます。

最後になりますが、私自身に大変貴重な経験をする機会を与えてくれた ECBO プログラムのさらなる発展を心よりお祈り申し上げまして謝辞とさせていただきます。
