

令和4年度 とくしま政策研究センター「委託調査研究テーマ」

地域循環型プロダクツを生み出す
プラスチック・リサイクル・マイクロプラントの開発による
マテリアル・リサイクルの普及促進に関する実証的研究

成果報告書

阿南工業高等専門学校

川畑 成之(機械コース)

多田 豊(建設コース)

杉山 雄樹(化学コース)

令和5年3月

目 次

1	はじめに	1
1. 1	徳島県のプラスチックゴミ問題解決に向けた施策	1
1. 2	廃プラスチック再生技術の現状と課題	2
1. 3	Precious Plastic プロジェクトの概要	2
1. 3. 1	プロジェクトの概要	2
1. 3. 2	具体的取り組みの分類	2
1. 3. 3	プロジェクトの課題と日本における現状	3
1. 4	本研究の概要と目的	4
1. 4. 1	本研究の取り組み内容	4
1. 4. 2	本研究の目的	4
2	プラスチック再生機の製作と基本動作試験結果	5
2. 1	プラスチック破砕機の開発	5
2. 2	プラスチック押出成形機の開発	7
3	再生プラスチックの評価方法の検討	10
3. 1	物理的特性	11
3. 2	化学的特性	11
4	今後の展開と課題	11
4. 1	ソーシャルデザインの取り組み	11
4. 2	再生プラスチックの活用	11
4. 3	プラスチック再生工房の活用	11
4. 3. 1	校内での活用	11
4. 3. 2	地域の中での活用	12
5	おわりに	12
	謝辞	13
	参考文献	13
	付録	14

1 はじめに

1. 1 徳島県のプラスチックごみ問題解決に向けた施策

近年、海洋プラスチックごみ¹⁴⁾が海洋環境や生物に深刻な影響を与えることの懸念（以下、海洋プラスチックごみ問題とする）が高まっている。海洋プラスチックごみ問題の解決は、SDGsにおけるゴール12「つくる責任つかう責任」（ターゲットでは「12.2 2030年までに天然資源の持続可能な管理及び効率的な利用を達成する」、「12.5 2030年までに、廃棄物の発生防止、削減、再生利用及び再利用により、廃棄物の発生を大幅に削減する」）やゴール14「海の豊かさをまもろう」（ターゲットでは「14.1 2025年までに、海洋堆積物や富栄養化を含む、陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する」）の達成につながる重要な取り組みである。

徳島県は2020年10月にとくしま環境県民会議他と『プラごみゼロ』とくしまスマート宣言⁵⁾を宣言し、海洋プラスチックごみ問題の解決に向けて、様々な主体がプラスチックと賢く付き合うことの重要性をアピールした。2021年3月、徳島県は「第五期徳島県廃棄物処理計画」を定め、循環型社会の構築を目指して3R（リサイクル・リデュース・リユース）の推進が計画された（図1）。主な基本施策として新たに「とくしまプラスチックごみ削減プログラム」が示され、具体的な施策として①県民意識の醸成、②家庭ごみ対策、③産業廃棄物対策、④環境保全活動、⑤環境学習・教育、消費者教育、⑥プラスチック代替製品の開発・普及促進に取り組むとされている。なお、⑥プラスチック代替製品の開発・普及促進については、2019年5月に日本政府が、3R+Renewable（再生可能資源への代替）を基本原則としたプラスチックの資源循環を総合的に推進するため「プラスチック資源循環戦略」を策定しており、その一環であるにとらえることができる。

現在、具体的な取り組みとして、「プラスチックOURアクション」により、飲食店などにおけるワンウェイプラスチック製品の提供中止やプラスチック代替素材等を使用した製品の製造・導入の普及・啓蒙が行われている。

このように徳島県においては、プラスチックについては、3Rのうち2R（リデュース・リユース）について施策が取り組まれており、今後、リサイクルについても取り組みがすすめられる必要がある。

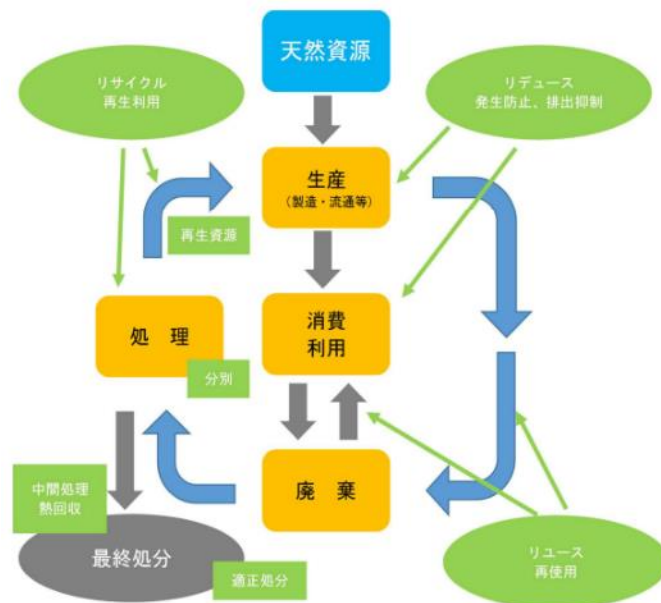


図1：循環型社会構築のイメージ

1. 2 廃プラスチック再生技術の現状と課題

2019年現在、日本全体では850万tの廃プラスチックが排出⁶⁾され、うち79万t(約9%)が輸出されている。2017年に中国は廃プラスチックの輸入禁止策を打ち出し、2018年以降、東南アジア諸国なども廃プラスチックの輸入規制・禁止策を導入している。加えて2021年1月にはバーゼル条約附属書が改正されたため、我が国においてもバーゼル法を改正し、リサイクルに適さない汚れたプラスチックごみを規制対象とする等、廃プラスチックのリサイクルを取り巻く社会状況は大きく変化をしており、国内処理の拡充が必要となる。

現状では、国内処理771万t(約91%)のうち、単純償却や埋め立てといったリサイクル未利用は125万t(約15%)であり、646万t(約76%)がリサイクルされている。廃プラスチックのリサイクル方法は、焼却時にエネルギーを回収するエネルギーリカバリー(以下、ERとする)と2種類の再資源化手法とがある。再資源化手法には、廃棄物を製品原料として再利用するマテリアルリサイクル(以下、MRとする)と、廃棄物を化学的に処理して別の原料として再利用するケミカルリサイクル(以下、CRとする)とがある。日本全体で最も割合が高いのはERであり500万t(約60%)であり、徳島県内市町村の大部分がプラスチックゴミについてはサーマルリサイクルを選択している。日本全体で再資源化手法が146万t(約17%)であり、その割合はCR:MR=4:1程度となっている。徳島県内では一部市町村にて、プラスチックゴミのMRに取り組む事例もある。

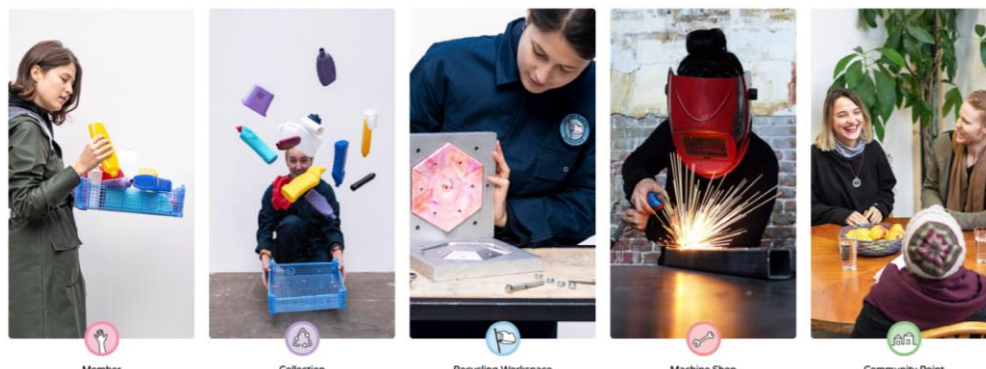
循環型社会を構築するためには、CR、MRの普及が必要不可欠であり、「プラスチック資源循環戦略」では、リユース・リサイクルのマイルストーンとして、2025年までにリユース・リサイクル可能なデザイン、2030年までに容器包装の6割をリユース・リサイクル、2035年までに使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル等により有効利用する計画を立てている。

1. 3 Precious Plastic⁷⁾ プロジェクトの概要

1. 3. 1 プロジェクトの概要

プラスチックのMRに関する住民意識を高める世界的な活動の一つにPrecious Plasticプロジェクトがある。Precious Plasticの活動はオランダの市民団体によって立ち上げられた活動であり、地域コミュニティに根付いた活動として継続されている。また、プラスチック再生技術も自らの手で作り上げることを基本としており、開発されたDIYベースの機械のすべての図面がオープンソースハードウェアとして公開・展開されている。本プロジェクトの趣旨はプラスチックの再生技術の開発に焦点を当てたものではなく、増え続けるゴミ問題に市民レベルの視点から解決に取り組むことを目的としている。日本ではごみの分別やリサイクル技術が発達しているといわれているが、世界ではまだまだその意識が低く、それに起因して生まれたプロジェクトであると考えられる。日本で本プロジェクトを広める意味は、ともすれば専門業者によるプラスチック処理が発達しているからこそ、広い視点でのプラスチック再生について考える機会は少なく、世界的な環境問題と自分がつながっていることを知り、アクションを起こすためのきっかけとして意義深いものとなる。

1. 3. 2 具体的取り組みの分類



環境問題意識を持つ
メンバーを集める

廃プラ収集の
ルーチンを作る

リサイクル技術
を体験してみる

リサイクル技術
を手作りする

環境問題を
語り合う場を作る

Precious Plastic の活動は大きく 5 つの取り組みから構成される。

① 環境問題を共有するメンバーを集める

本取組は企業体などによって実践されるものとは異なり、地域コミュニティから起こるアクションによって実現されるものであることに特徴がある。したがって、地域の実情を知っており、その上で、環境問題への共通意識を持つメンバーが集まることで本プロジェクトへの参画が実現される。本活動は②や③の活動とも深く関連し、それらのイベントに参加した人々の中から①への活動に参加するきっかけになる。

② 廃棄プラスチックを具体的に収集するルーチンを確立する

すでに自治体による再生プラスチックごみの回収や、地域量販店などでのエコ回収ボックス設置など、プラスチックごみの回収手段は確立されている。そのような中、自分たちの手でプラスチックを再生するという活動に賛同するコミュニティを育て、再生のために必要なプラスチックごみを収集するルーチンを確立しなければならない。一部の Precious Plastic の活動ではプラスチックごみを大量に回収している業者から譲り受けるなどの実績もある。様々な活動で、活動当初には海岸に集まるプラごみを回収し、それを再生することを試みるような動きが多くみられたが、海水が浸水したものや、紫外線に長時間さらされたプラスチックが多く、再生には困難が伴うということが明らかにされている。このことから、現在はペットボトルのキャップなど家庭から出る PP、PE ごみを回収する活動が多いようである。

③ 廃棄プラスチックを使ったリサイクル技術を具体的に体験するワークショップを開催する

廃プラ自家再生への興味を喚起し、Precious Plastic 活動そのものの活性化を図るために、多くの団体がワークショップ、体験学習会、視察研修会などを開催し、リサイクル技術の体験を重視した環境問題学習の機会を提供している。2020 年度～2022 年度はコロナ禍の中、対面形式でのワークショップ開催はほとんど実現されていない状況であったが、2023 年になり、徐々に元の状況に戻りつつあるようである。

④ 廃棄プラスチックを再生する機械を手作りで作る

本プロジェクトの中で最も技術と予算を必要とするパートであり、世界の活動状況を見ても、本パートに自らかかわる団体は少数である。機械を製作するための図面はオープンソース資産として本プロジェクト発祥の地であるオランダのグループが公開して、自由に利用することができる。しかしながら主に市民活動をベースとして活動する団体にとっては自ら製作するための障壁は高い。そのような中、日本で活動しているいくつかの団体では自ら装置を製作し、リサイクルワークショップに活用している。一方で学生が主体となって活動する団体においては自ら装置を製作するには至らず、④を除いた活動を中心に行うことも多いようである。

本研究では高専での取り組みという利点を生かし、学生自らが使いやすいように改良を行い、自ら装置の設計、製作に取り組むことを特徴の一つとしている。また、製作した装置を使ったワークショップにおいて、より体験型の活動を実践するため、作業の一部を人力で動作する仕組みに変えるなど、さらに従来のプロジェクトを進化させる取り組みを進めている。

⑤ 環境問題について語り合える場を作る

本プロジェクトを継続的に発展させるために、コアメンバーとして活動する人々のコミュニティ形成と課題解決に向けた議論、アクションが必要であり、そのためのパートとして定義されている。

1. 3. 3 プロジェクトの課題と日本における現状

世界的には欧米圏を中心として非常に多数の団体が活動している。本プロジェクトの特徴は先進国だけでなく、途上国においても活動が広がっている点である。これは再生したプラスチック製品を販売し、現金収入を得るための手段として活用している団体が存在していることによる。一方、日本を含むアジア圏での活動団体数は少ない状況が続いている。これは一部ではすべての解説が英

語で行われることによる言葉の問題があるのではないかという推察もある。しかし少ないながらも日本でも以下のような団体が活動を行っている。

Precious Plastic Japan⁸⁾ (鹿児島)

Precious Plastic KARATSU⁹⁾ (唐津)

Precious Plastic KAMAKURA¹⁰⁾ (鎌倉)

Precious Plastic TANGO (京丹後)

Precious Plastic Tokyo

Precious Plastic Kyoto

これらには自らの手で再生機械を製作している団体もあれば、主として様々なネットワークを作り上げることを主目的として活動している団体もある。また、一部の団体では日本向けに再生機械の改良を行ったり、再生製作品の販売を行ったりしている。

1. 4 本研究の概要と目的

1. 4. 1 本研究の取り組み内容

本研究テーマでは、前節に挙げたパートのうち、④のパートに焦点を当てて取り組みを進める。特に以下の課題を目標として取り組む。

課題① シュレッダー（破碎機）の開発

課題② エクストルーダー（押出成形機）の開発

課題③ 再生プラスチック加工条件の検証

課題④ 再生プラスチックの品質評価方法の検証

課題⑤ 開発した機械を利用したワークショップ設計

本報告においてはプロジェクト開始年度となる本年度に進めてきた課題①と課題②を中心に成果報告を行う。また、課題③～課題⑤については今後の展開について検討することとする。

1. 4. 2 本研究の目的

本研究では特に押出成形機を用いた再生技術の開発に取り組む。製品開発の現場では近年、ラピッドプロトタイピングの手法として3Dプリンタの活用が急速に拡大・発展している。さらに最終製品の製作においても3Dプリンタの活用がみられるようになってきている。本校でも近年校内にファブラボを整備するなど授業や研究での3Dプリンタの利用率が急増している。そのような中、造形ミスや設計ミスによる廃棄部品も急増し、これまでは硬質プラスチックとして廃棄処分を行うしかない状況であった。そこで本研究で開発する押出成形機を活用し、廃棄部品を再生し、再び3Dプリンタの造形に利用できるフィラメントの再生を試みることにした。近年急速に普及している比較的安価な3Dプリンタの多くはFFF方式（フィラメント溶解方式、樹脂溶解積層方式）のものであり、その原料として樹脂を細い糸状に巻き取った、フィラメントリールが用いられる。本年度は再生への取り組みの中核をなす、フィラメント再生機器の開発に取り組む。多くの団体で機器の製作や活用を行っているものの、学生が主体となって機器の製作を行う取り組みはほとんど見られない。また再生対象のプラスチックの多くはPE（ポリエチレン）やPP（ポリプロピレン）であり、3Dプリンタ材料として広く利用されているPLA（ポリ乳酸）やABS（アクリロニトリルブタジエンスチレン）の再生に取り組む例は少ない。本校や家庭でのホビー要素、工業的試作品開発での3Dプリンタ造形で利用されている材料のほとんどはPLAもしくはABSであり、その再生技術の実践に取り組む。最終的には本報告において開発した再生機器を用いてPLAやABSの加工パラメータを見出し、再生されたフィラメントを用いた形状確認用試作程度の実現を目指す。これまでのPrecious plasticに係る活動では、ほとんどすべてにおいて市販品のパッケージに利用されているプラスチックを回収し、再生することに焦点を当て、また再生品として射出成形によるコースターや平板、カラビナなどへの展開が多く、試作現場での自前での材料リサイクルに着目した実践や研究はほとんどなされていない。

2 プラスティック再生機の製作と基本動作試験結果

本章では学内でのプラスチック再生工場の設置に向けて、第1の導入装置となるプラスチック破砕機、およびプラスチック押出成形機の開発結果について述べる。特に各装置のオープンソースからの改良点や、特徴的な要素について述べ、開発した装置を用いた基本動作試験結果について検証する。また試験結果の検証に基づいて、今後の改善点について示す。

2.1 プラスティック破砕機の開発

・Precious Plastic 中での位置づけ

プラスチック再生の過程において、すべての廃プラ製品を均質化し、再生工程をスムーズに進めるために、ペレット状に破砕する必要がある。様々な再生プラ加工方法を実現するために、まず初めに完成させる必要がある装置である。

・オープンソースからの改良点

オープンソースハードウェアにおいては、破砕機はベーシックバージョン（破砕ミル1段）とプロバージョン（破砕ミル2段（図2.1.1））が公開されている。日本で製作されているものも含めて、ほぼすべてが交流モータを用いた電動式である。本研究においてはワークショップにおける体験を重視し、手動で破砕ミルを回転される機構に改良することを試みた。子供を対象とした体験をスムーズに、かつ安全に行うために、減速比の最適設計および安全ロック機構を備えるように改良を行った。



図 2.1.1 2 段式破砕ミル

・製作過程

製作した破砕機の組立図を図2.1.2に、完成品を図2.1.3に示す。完成品寸法は縦380mm、横266mm、高さ350mm（ハンドル部除く）、全質量は24kgであった。また、いくつかの特徴的な要素について、設計上の意図や目的を示す。

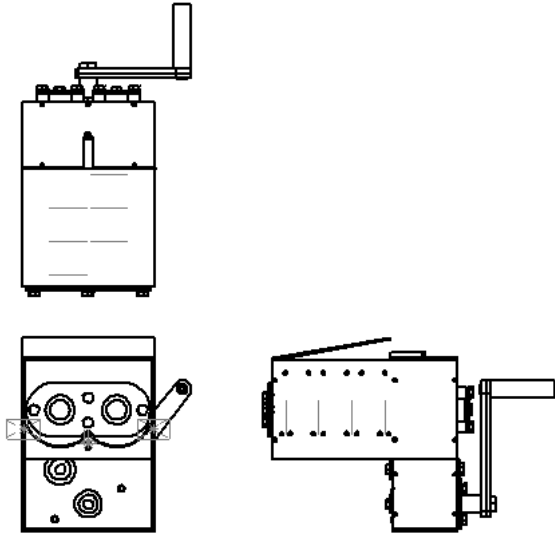


図 2.1.2 破砕機組立図



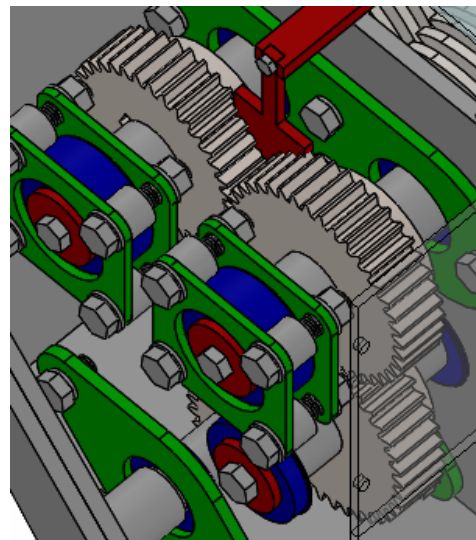
図 2.1.3 破砕機完成品

S-1：ハンドル式回転機構

本機構は、オープンソースにおいてモータによる駆動方式であった破砕ミルを手動回転式にするために製作した要素である。ハンドル部を図 2.1.4(a)に示す。モータによる駆動の方がトルクは大きく、スムーズな動作が可能であるが、操作を体験することでプラスチック再生に関する学びを深めるワークショップを設計するため本機構を採用した。小学校低学年程度の子供でも動かすことが可能となるように、また、安全に操作できることを考慮して図 2.1.4(b)に示す(内部構造が確認できるようモデル図を示す)ように十分な減速比を有するギヤの組み合わせを採用した。



(a) ハンドル部



(b) 減速機構

図 2.1.4 ハンドル式回転機構

S-2：ミルstopper

手回し作業による体験的学習の実践を想定して、安全装置を付加することとした。図 2.1.5 に示すように、破砕部上面に取り付ける蓋を閉めた状態で、stopperをスライドさせることでハンドルにつながる歯車のロックが解除され、操作できるようになる。蓋とstopperの2重の安全機構により、使用時の安全性を向上させることに成功した。製作したstopperを図 2.1.6 に示す。

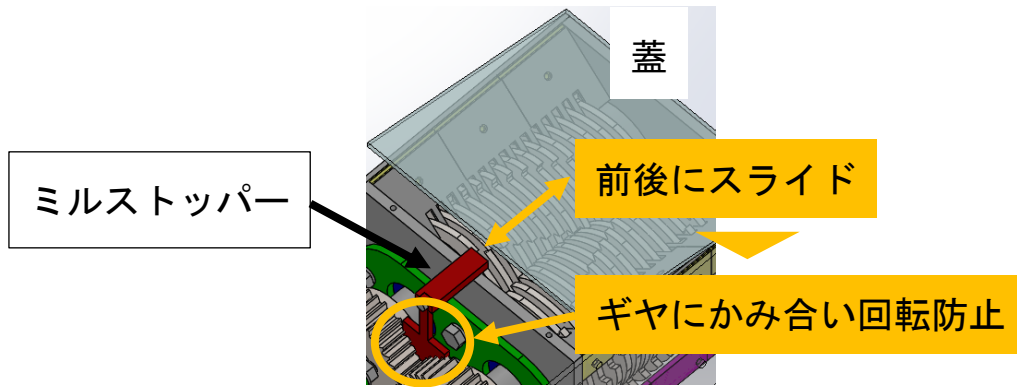


図 2.1.5 ミルstopperの仕組み



図 2.1.6 ミルstopper

2. 2 プラスティック押出成形機の開発

・Precious Plastic 中での位置づけ

プラスチック再生装置には、射出成型、押出成型、プレス成型などがあり、Precious Plasticにおいてもそれらの装置が開発されている。本研究ではそのうち押出成型に着目して開発を進めた。押出成型機は図 2.2.1 に示すバレル内のスクリューを通して融解したプラスチックを図 2.2.2 に示すような先端ノズルから押し出して、連続的に同一断面を有する要素を製作できる装置である。阿南高専では多くの授業や研究で 3D プリンタが活用されており、特に近年では校内にファブラボを設置し、学生が自由に利用できる環境を整えている。そこで排出される廃棄部品を利用し、再び 3D プリンタで利用できるフィラメント状に加工することを目標に、押出成型機を開発対象とした。

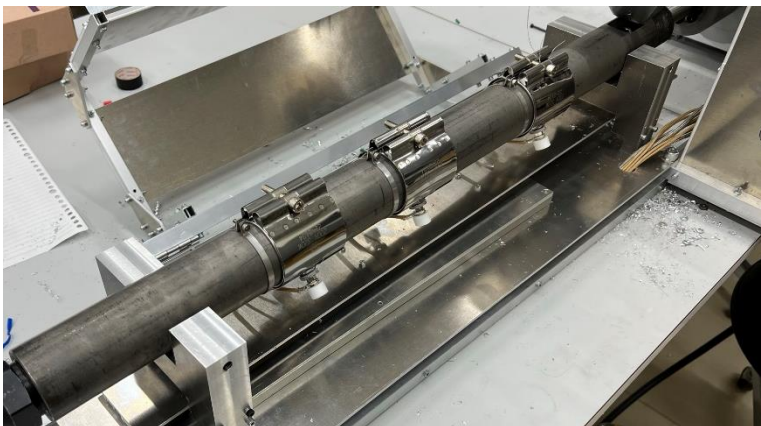


図 2.2.1 バレル全体

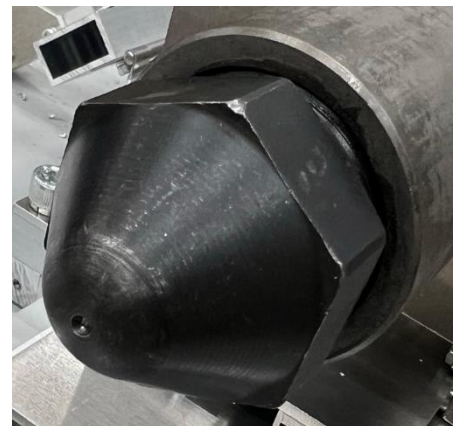


図 2.2.2 先端ノズル

- ・オープンソースからの改良点

押出成形用スクリューは自作が困難であり、オープンソースデータに沿って製作された既製品を入手して利用している。一方でコントロール部は機械的、電気的観点からより安全性を向上させる設計に変更した。また、加熱されるスクリュー部は稼働時に相当高温になることから安全カバーを設計し、取り付けることとした。加えて、フィラメント製作を目的としていることから、リールへの巻き取りを容易にするように、自動リール巻き取り装置を備えるようにした。本装置の設置には収納時にコンパクトになるよう、テレスコピック機構を利用した伸縮機構を採用した。一部の制御部品については昨今の半導体不足の影響により入手困難なものがあり、パラメータの見直しにより代替品を採用した。

- ・製作過程

製作した成型機の全体図を図 2.2.3 に、完成品を図 2.2.4 に示す。完成品寸法は全長 1470mm(収納時)、横 300mm、高さ 400mm、全質量は 30kg (モータ含む) であった。また、いくつかの特徴的な要素について、設計上の意図や目的を示す。

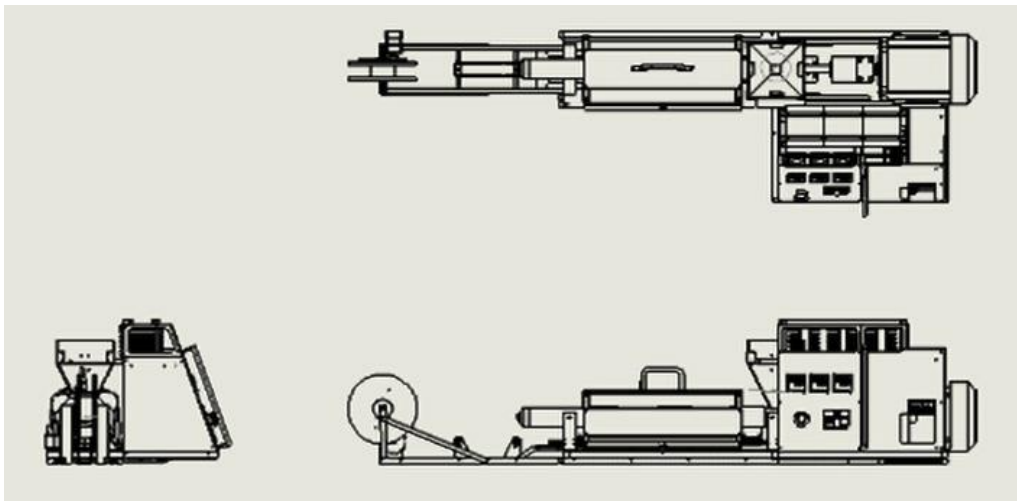


図 2.2.3 押出成形機全体図

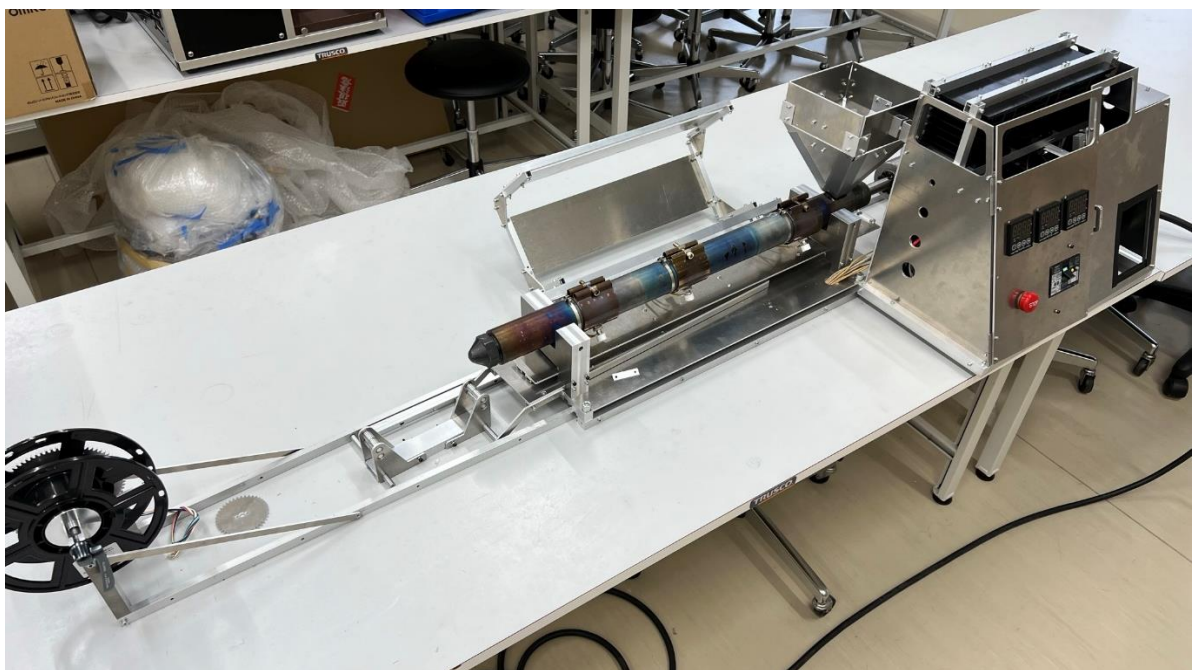


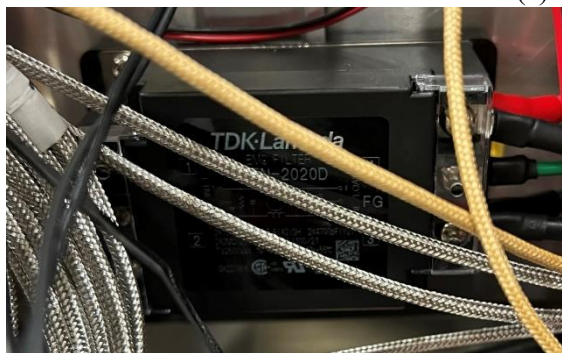
図 2.2.4 押出成形機完成品

E-1 : コントローラ

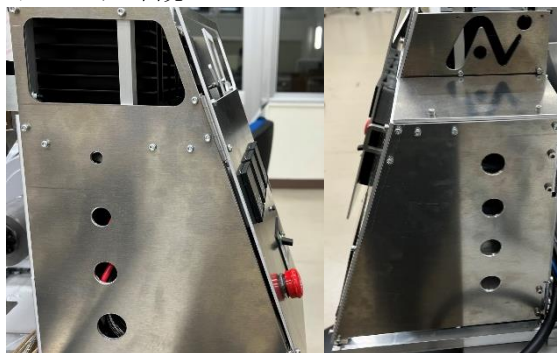
図 2.2.5(a)にコントローラ外観図を示す。本要素は、スクリー回転速度制御、ヒーター温度制御などを担うシステムである。オープンソースでは考慮されていなかった、インバータへのノイズ混入対策 (図 2.2.5(b)), システム全体の放熱対策 (図 2.2.5(c)) などに工夫し、より高度で安全性の高いシステムを実現している。



(a) コントローラ外観



(b) ノイズフィルタ



(c) 放熱口

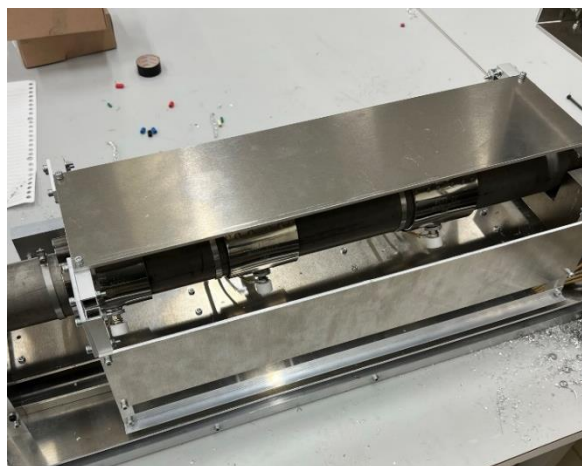
図 2.2.5 コントローラ

E-2 : ヒーターガード

作業時の安全性を向上させるため、図 2.2.6 に示すような開閉式のヒーターガードを取り付けた。原則ガードを閉じた状態で運用し、特に子供たちが利用する際、不意に接触することを防止する。



(a) 開状態

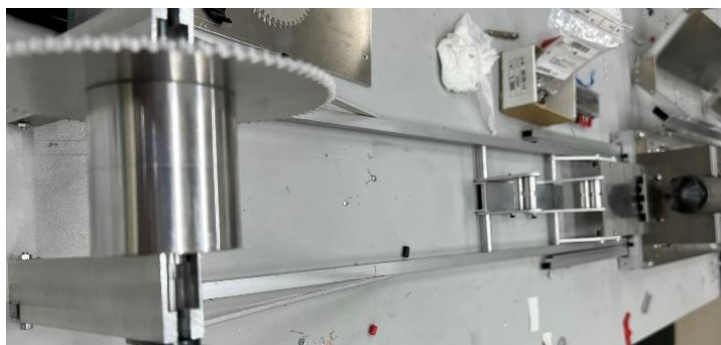


(b) 閉状態

図 2.2.6 ヒーターガード

E-3：フィラメント巻き取り機構

ノズル先端から押し出されたフィラメントを適度に冷却しながら，利用しやすいようにボビンに巻き取るための機構を備えている．本機構は図 2.2.7(a)に示すように，テレスコピック機構による伸縮機能を有しており，利用しない場合や，運搬の際には収納することで全体サイズをコンパクトにするとともに，伸縮機構部の剛性を高める必要がなく，軽量化に成功している．また，図 2.2.7(b)に示すボビン固定部はステッピングモータにより押出速度と同期をとることによって，巻き取り動作の安定化を図っている．



(a) 伸縮機構



(b) ボビン固定部

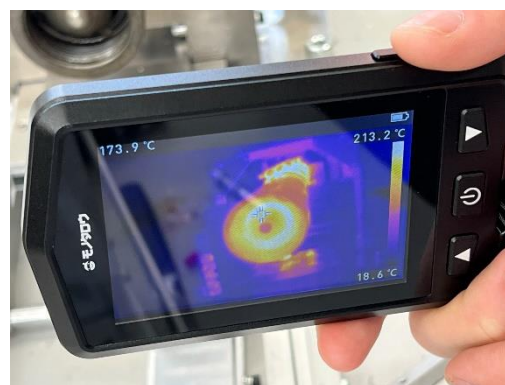
図 2.2.7 フィラメント巻き取り機構

・製品評価

基本的な動作試験として，ペレットを投入しない空転試験を行った．空転試験はシステム全体の健全性を検証するために実施する．試験結果より，すべてのシステムが安定して動作し，スクリー回転制御，ヒーター温度制御ともに正常な動作を確認した．バレル加熱試験の様子を図 2.2.8 に示す．今後は押出機構の基礎動作検証のため，市販されている PLA ペレットを用いた押出試験を実施する予定である．



(a) コントローラ



(b) 加熱状況

図 2.2.8 バレル加熱試験

3 再生プラスチックの評価方法の検討

前章で完成させた各装置を用いて，今後，より詳細なプラスチック再生実験を行い，高品質な再生を実現するための加工条件や加工手順を導くこととしている．本章ではそのために必要な検証項目についてあらかじめ議論し，今後の実験の円滑化を図ることとする．以下に示す試験項目はいずれも再生フィラメントと市販フィラメントを用いた数値比較によって品質を評価する．

3. 1 物理的特性

- ・フィラメント圧縮強度
- ・フィラメント引張強度
- ・フィラメントせん断強度
- ・造形物の層間結合力
- ・造形物の圧縮強度
- ・造形精度

以上の項目は基本的に万能試験機を用いた荷重印可試験により評価する。造形精度は層間段差を測定し、表面の滑らかさによって評価する。

3. 2 化学的特性

- ・フィラメントの吸湿性
- ・フィラメントの均質性（気泡含有率等で評価）
- ・有毒成分含む構成成分の変化
- ・ガラス転移点の変化

以上の項目は、十分に乾燥させたフィラメントを定温湿度空間に一定時間放置したのちの重量変化や顕微鏡による観察を通して評価する。

4 今後の展開と課題

本章では今後の活動に関するソーシャルデザインの現状報告ならびに、本報告で開発したプラスチック再生機器の活用として、再生プラスチックそのものの利用方法の検討、プラスチックを自分たちで再生するという工程を活用した環境問題の啓発活動や教育方法について構想内容を示す。

4. 1 ソーシャルデザインの取り組み

2022年7月に、ソーシャルデザインを専門とするNOSIGNER代表太刀川英輔氏にヒアリングを行い、我が国におけるPrecious Plasticプロジェクトの現状、廃プラスチック再生製品によるデザインの可能性を把握した。詳細は、プラスチック再生機の開発を行い、特許等の出願可能性があるため、省略する。

同月には、阿南市内にて環境美化運動を行う団体にヒアリングを行い、プラスチック再生機の開発における協力体制について検討を行った。詳細は当該団体との間に守秘があるため省略する。

4. 2 再生プラスチックの活用

本研究で製作した装置により再生されたプラスチックの利用方法として、第1には本文にて述べた再生フィラメントとしての活用がある。特にPLAは造形ミスが少なく、気軽に試作できる材料として利用が多いが、設計ミスなどにより廃棄される部品が多くあった。そこで本報告で製作した再生装置を用いて、新規フィラメント消費量を減らし、環境問題の解決に寄与するものとした。同時にABSの再生にも取り組む計画であるが、加熱時に有毒ガスが放出されることから、対策を十分に検討してから実施する必要がある。第2には多くのPrecious plasticにて採用されている射出成型機を製作し、ある程度の大きさを持ったプラスチック製品の開発に生かしていく。特に地域の需要と適合した製品の開発に取り組む。

4. 3 プラスチック再生工房の活用

4. 3. 1 校内での活用

製作した再生機器は本校フューチャーテックセンター内、起業家工房ラピッドプロトタイピング

エリアに設置し、自由に利用できる環境を整備する予定としている。材料リサイクルに興味ある学生が体験的に学習するとともに、正課科目の中に学習項目として取り入れ、多くの学生が学ぶ機会を提供する。

4. 3. 2 地域の中での活用

地域の小学生、中学生、一般の方を対象とした STEAM 教育の一環として、ワークショップや体験学習会を企画し、まずはプラスチック再生を自らの手でも行うことができることを知っていただく機会を設け、MR などの再資源化手法に関する関心を高める。また、体験した人たちの中からより主体的に活動を希望するメンバーを募り、地域コミュニティの中から始める具体的な活動を伴ったグループを立ち上げることを目標とする。

5 おわりに

本研究では阿南高専校内における 3D プリンタ造形に伴う廃棄物の再利用を目指すことをきっかけとして、廃棄プラスチックの再生による地球環境問題への喚起、および地域コミュニティにおける SDGs 推進を目的に、Precious Plastic プロジェクトに基づくプラスチック再生技術の開発に取り組んだ。特に、再生機器の学生による製作と改良を目指し、破砕機と押出成形機の製作を実施した。また製作した機器によるプラスチック再生活動を加速することを目指し、再生プラスチックの品質の検証方法に関する検討や、地域の小中学校や地域住民を対象とするワークショップの設計を行った。本活動で開発する機器によりすべての環境問題が解決することは無いが、本活動で計画する体験的学習を経験する人が増加することで環境問題をより解決する方向に導ける可能性が高まることを目的に、引き続き Precious Plastic の徳島県における推進を目指した活動を継続していく。

謝辞

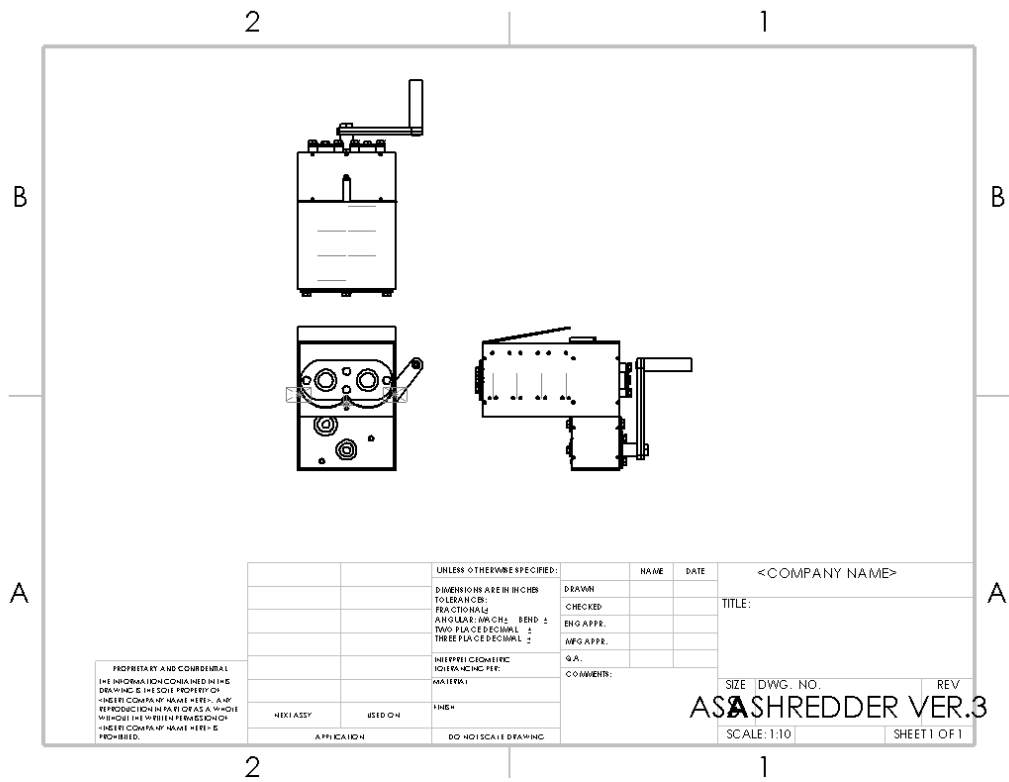
本研究の実施にあたり、阿南工業高等専門学校創造技術工学科 5 年曾我井天信氏、窪田和海氏に多大なる技術的貢献をいただきました。また、阿南工業高等専門学校技術部立石清氏には専門的見地から多岐にわたるご支援をいただきました。ここに深甚なる感謝を申し上げます。

参考文献

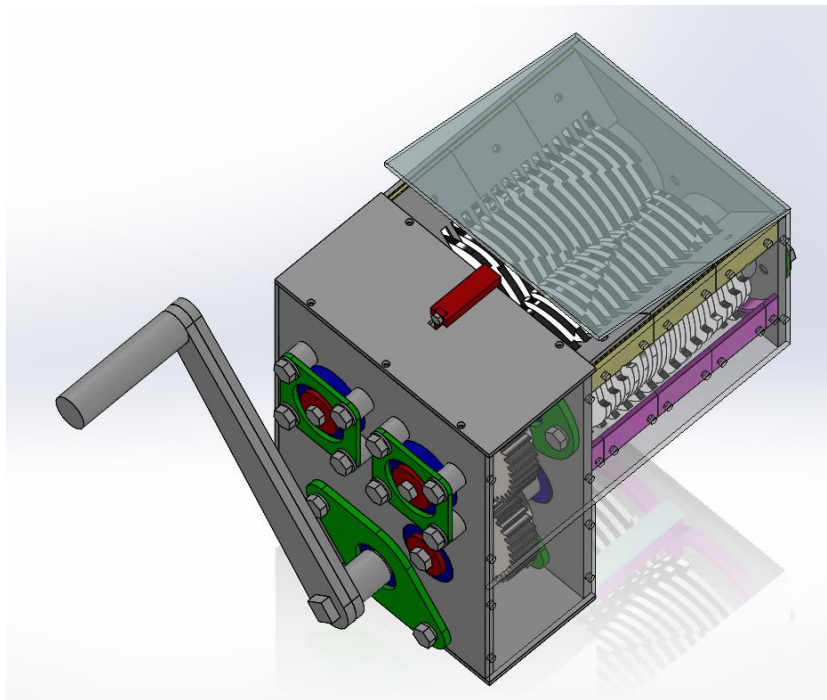
- 1) 北橋倫, 仲村康秀, 海洋生物研究と海洋ゴミ問題-特にマイクロプラスチック研究にどう取り組んでいくか, 日本ベントス学会誌, Vol. 74, No. 2, pp. 129-135, 2020
- 2) 中谷隼, プラスチック資源循環と海洋プラスチック問題, 環境経済・政策研究, Vol. 12, No. 2, pp. 81-84, 2019
- 3) 高田秀重, マイクロプラスチック汚染の現状, 国際動向および対策, 廃棄物資源循環学会誌, Vol. 29, No. 4, pp. 261-269, 2018
- 4) 渡辺真司, 海洋プラスチックごみ問題に対する企業アライアンスの挑戦, オレオサイエンス, Vol. 23, No. 1, 2023
- 5) 「プラごみゼロ」とくしまスマート宣言
<https://tokushima-plagomi-zero.com/> (2023/2/28 アクセス確認)
- 6) 環境省, 令和 3 年度国内の廃プラスチック類の処理に関する状況について
<https://www.env.go.jp/press/110923.html> (2023/2/28 アクセス確認)
- 7) Precious Plastic
<https://preciousplastic.com/> (2023/2/28 アクセス確認)
- 8) Precious Plastic Japan
<https://sonohen.life/precious-plastic-japan/> (2023/2/28 アクセス確認)
- 9) Precious Plastic KARATSU
<https://karatsusdgs.com/> (2023/2/28 アクセス確認)
- 10) Precious Plastic KAMAKURA
<https://preciousplastickamakura.com/> (2023/2/28 アクセス確認)

付録

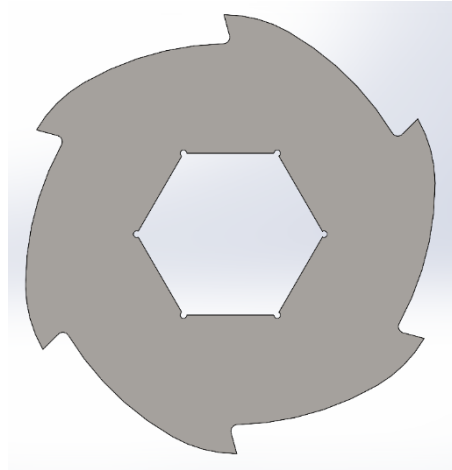
・ 破砕機図面



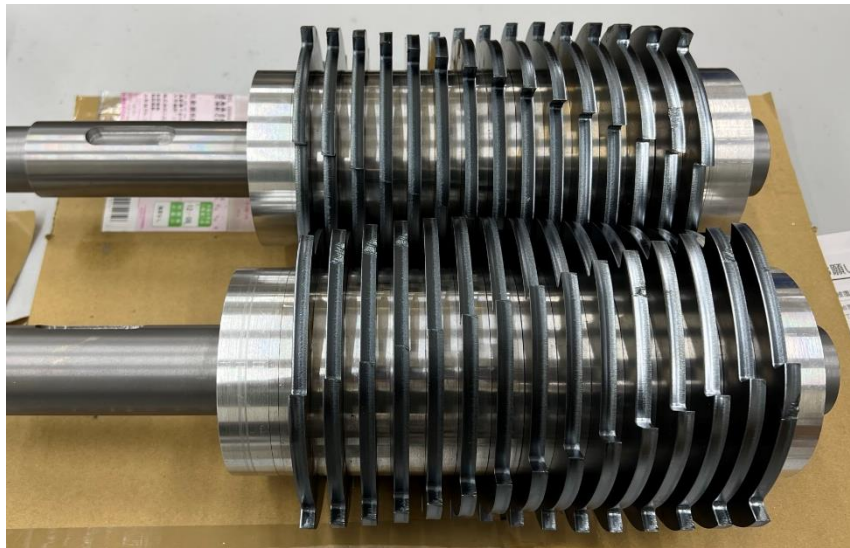
3 面図



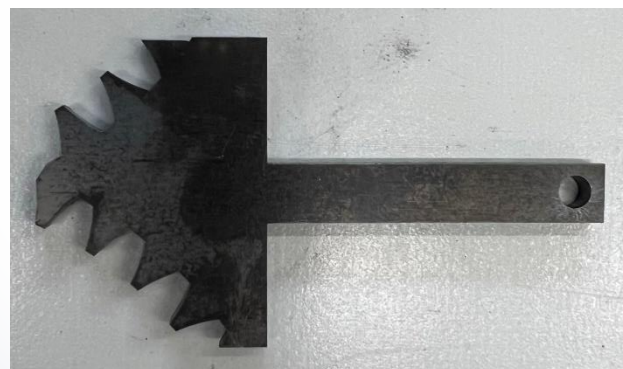
3 次元モデル等角投影図



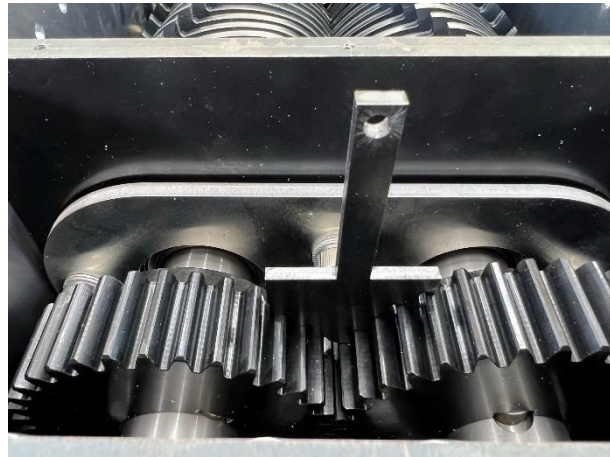
破碎ミルブレード形状



破碎ミル外観



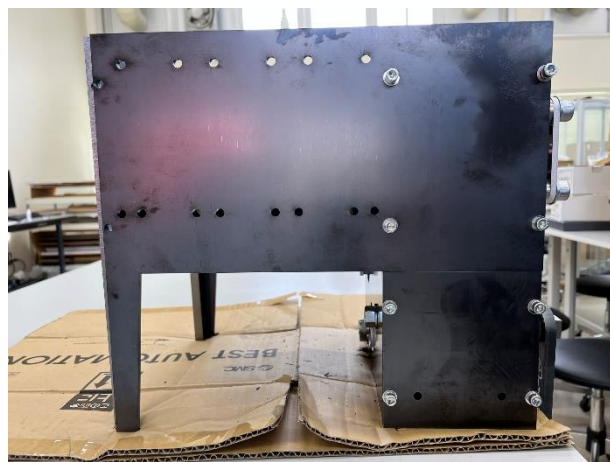
ミルストッパー形状



ミルstopperかみ合わせ

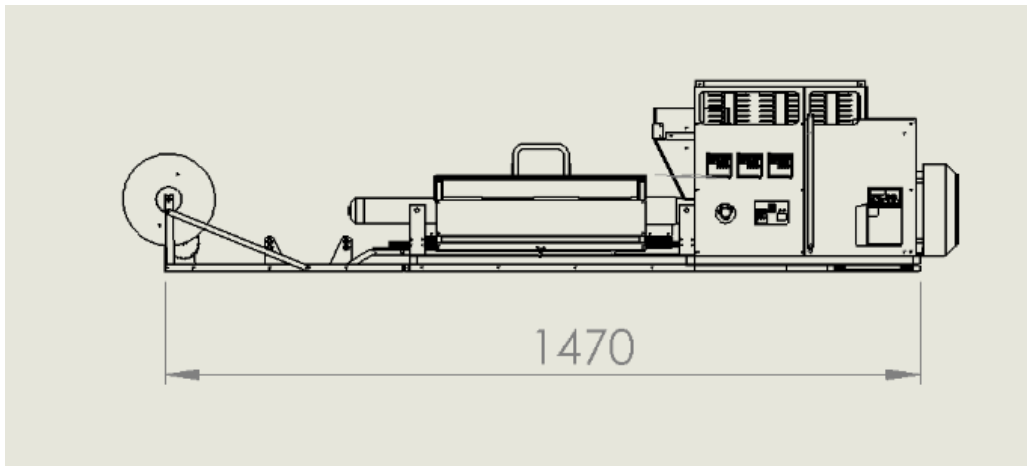


製作品上面

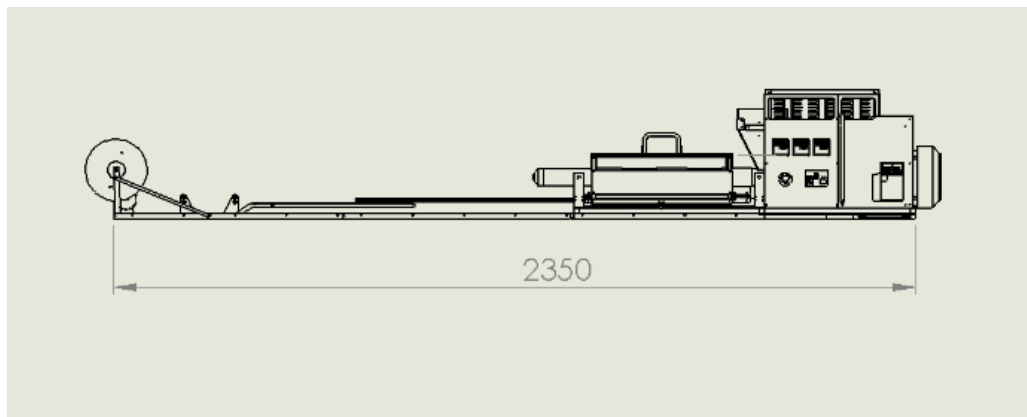


製作品側面

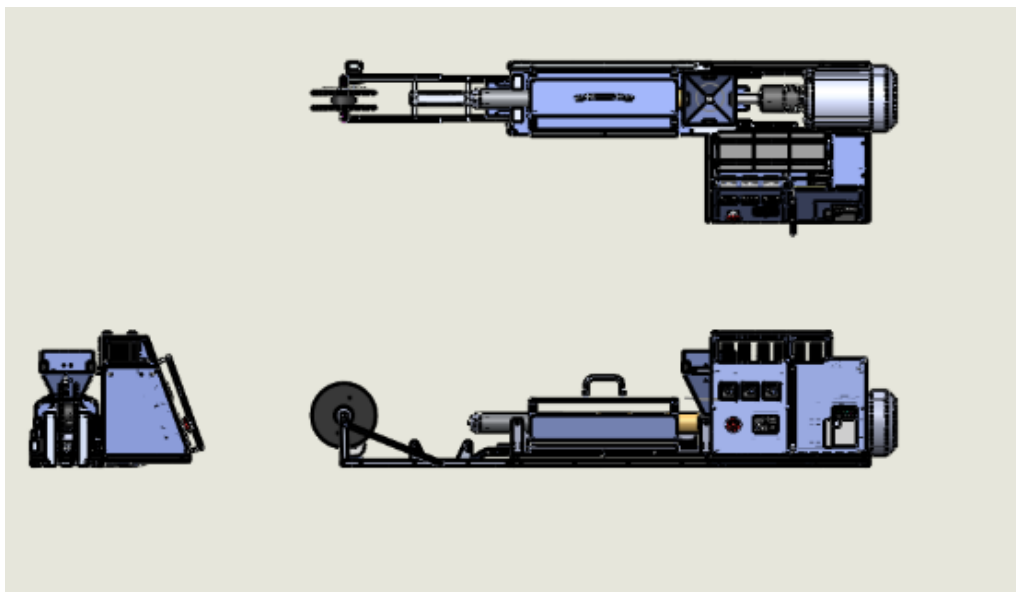
・ 押出成形機図面



フィラメント巻き取り機構収納時

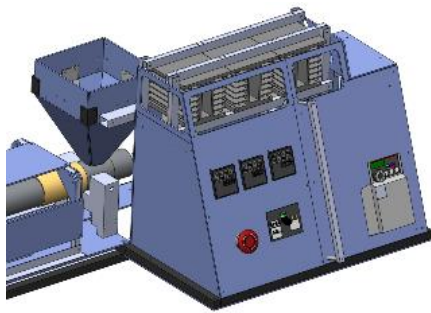


フィラメント巻き取り機構展開時

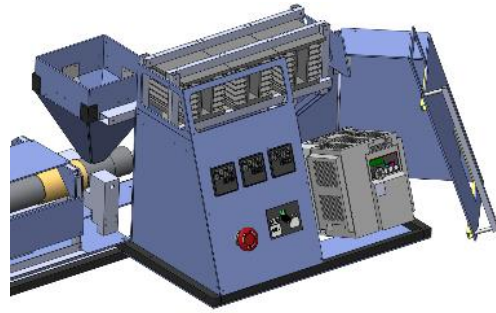


3 面図

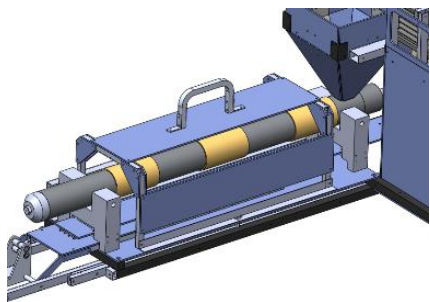
・押出成形機詳細モデル



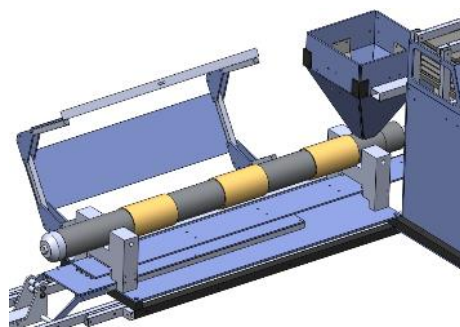
コントローラ閉



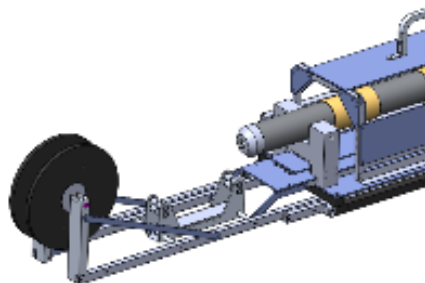
コントローラ開



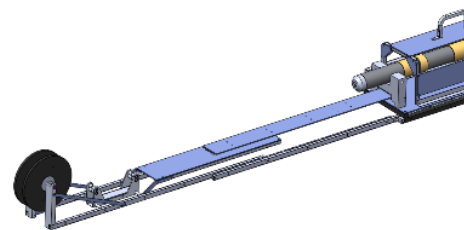
ヒーターカバー閉



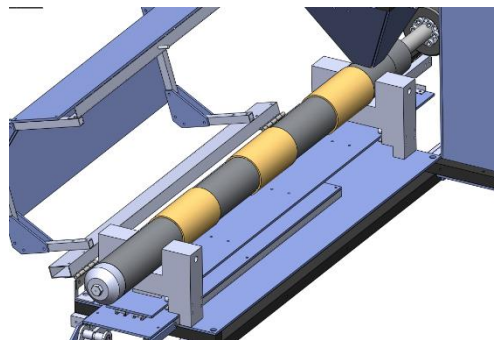
ヒーターカバー開



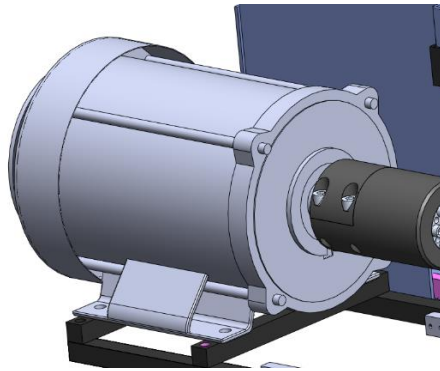
フィラメント巻き取り機構収納時



フィラメント巻き取り機構展開時



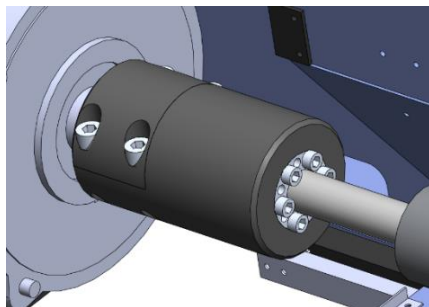
バレル外観（黄色部はヒーター）



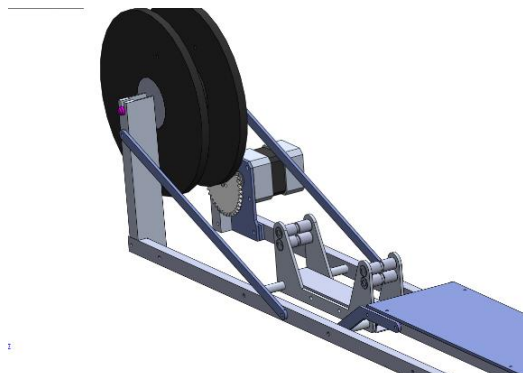
交流モータ（出力 1.5kW）



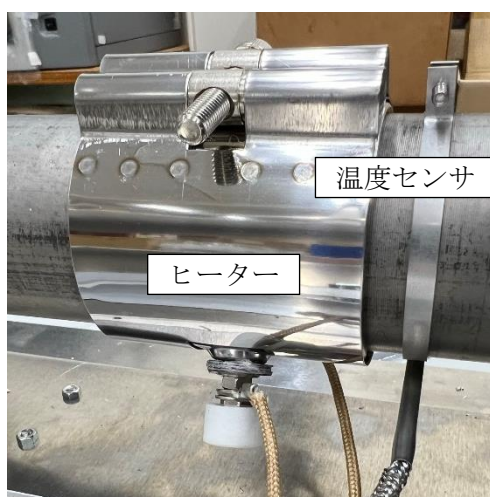
モータ制御用インバータ



モータ軸—スクリューカップリング



ポビン固定部とフィラメント巻き取り機構



ヒーターと温度センサ



ヒーターコントローラ

押出成型機使用機器一覧（金属等加工材除く）

品名	メーカー	型番
交流モータ	三菱電機	SF-PR-4P-1.5kW-200V
インバータ	三菱電機	FR-E720S-2.2k
ステッピングモータ	オリエンタルモータ	0.4PK243-02A
バンドヒーター	東洋電熱	BO-605
温度センサ	八光電機	HTK1233
温度コントローラ	オムロン	E5CB-Q1TC AC100-240
漏電ブレーカー	テンパール工業	GB-53EC-40A 30MA
電磁接触器	三菱電機	S-T21SA AC200V
ソリッドステートリレー	FOTEK	SSR-40DA
EMC フィルタ	TDK ラムダ	RSEN-2020D