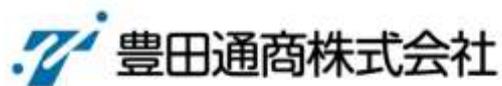


平成27年度低炭素型3R技術・システム実証事業

(ミックスプラスチックの高度選別、
コンパウンドによる工業製品化事業)

報告書

平成28年2月29日



目次

1. 事業の目的・概要・実施体制.....	11
2. 処理対象ミックスプラスチックの組成把握.....	13
2. 1 処理対象ミックスプラスチックの排出状況.....	13
2. 2 ミックスプラスチックのサンプリングと組成把握.....	25
3. 処理対象ミックスプラスチックの高度選別.....	42
3. 1 ASR 由来のミックスプラスチックの効率的な回収方法の検討.....	42
3. 2 比重選別によるミックスプラスチックの高度選別実証.....	42
3. 3 主成分がPPである選別物の物性及び選別純度の検証.....	61
3. 4 高度比重選別技術の評価.....	68
4. ミックスプラスチックの選別樹脂を使用したコンパウンド試験.....	73
4. 1 未利用プラスチックの独自コンパウンド技術開発.....	73
4. 2 自動車、家電メーカーによる物性確認評価.....	78
5. 環境負荷低減効果の検証.....	79
5. 1 バウンダリーの設定.....	79
5. 2 ライフサイクルインベントリー試算結果.....	83
5. 3 資源循環性効果.....	89
6. 事業実現可能性等の検証.....	90
6. 1 事業化の前提条件の検討.....	90
6. 2 概算事業収支の試算結果.....	95
6. 3 課題.....	96
まとめ.....	97

要約

<事業の目的>

昨今、自動車メーカー及び家電メーカーの材料費のコストダウン及び EPEAT などの評価制度への対応等からリサイクル樹脂の利用ニーズが高まってきている。また、プラスチック製造業の海外移転や製造効率化などにより、プレコンシューマー材の確保が非常に困難となり、ポストコンシューマー材を集めざるを得ない状況となっている。ポストコンシューマー材は、ミックスプラスチックの状態で排出されることが多く、ミックスプラスチックから必要な樹脂を回収するためには、効率的に精度よく選別する技術が求められていたが、従来の光学選別技術では黒色の樹脂が選別できない、国内の比重選別では選別される樹脂の品質が十分でないなど課題があった。

本実証事業では、これら背景を踏まえ、ミックスプラスチックで、まとまった排出元がある使用済自動車から発生する ASR 由来ミックスプラスチック、使用済家電 4 品目由来のミックスプラスチック、使用済小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックを対象として、欧州にて商業ベースで黒色を含むミックスプラスチックを原料に選別からコンパウンドまでの樹脂リサイクル事業を行っているフランスの Galloo Plastics が所有する高度比重分離技術による選別実証試験を行い、特に自動車向け、家電向けに需要の多い樹脂である PP に焦点を当て、選別された PP を原料に国内のコンパウンド技術を用いることによって自動車、家電などの工業製品向けに十分な物性を保持したリサイクルコンパウンド PP を開発することが可能かを明らかにすることを目的にしている。

<事業概要>

本実証事業では、事業対象となる ASR 由来ミックスプラスチック、家電 4 品目由来のミックスプラスチック、小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックの排出、リサイクル状況を把握するとともに、組成分析を行い、利用可能な樹脂がどの程度含まれているかについて把握した。

対象ミックスプラスチックの組成を国内にて把握した上で、対象ミックスプラスチックをフランスの Galloo Plastics が所有する高度比重分離技術にて選別実証実験を行い、選別対象樹脂の選別精度などについて把握するとともに、対象ミックスプラスチックから選別した PP の物性試験と純度について分析を行った。

販路については、自動車メーカー、自動車部品メーカー、家電メーカーへのヒアリングを行い、求められる要求物性について把握し、リサイクルコンパウンド PP のターゲット物性を定めた。ターゲット物性を満たすように選別した PP と添加剤等を用いて配合設計を行った。またリサイクルコンパウンド PP のコストダウンのため、増量材としてプラスチック製容器包装由来のリサイクル PP を加えた場合の配合設計も併せて行った。コンパウンド試験を実施し、物性測定を行い、その結果をもって各メーカーを訪問し、開発したリサイクルコンパウンド PP の使用の可能性および問題点についてヒアリングを行った。

これらの試験結果を踏まえ、対象ミックスプラスチックの市場環境を鑑みそれぞれの受け入れ量を決めた事業モデルに対して、環境負荷低減効果と事業実現可能性を検証した。

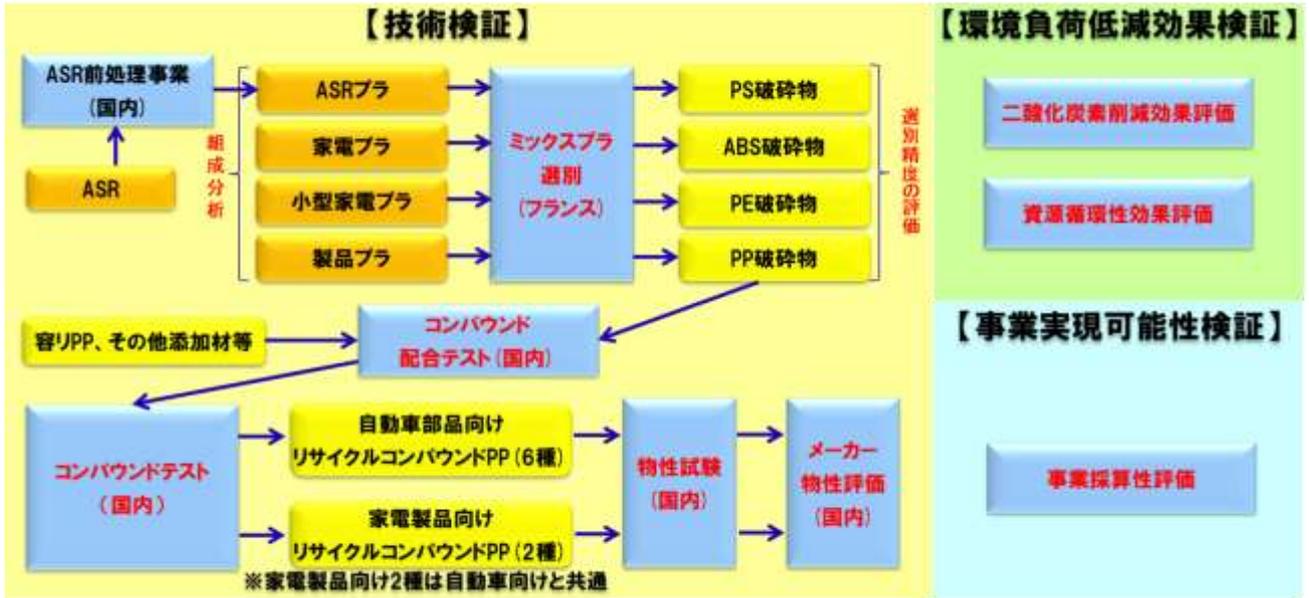


図1 実証事業での実施事項 (赤字部が実施事項)

<実証事業の実施体制>

本実証事業は、豊田通商株式会社为主体となって実施した。ミックスプラスチックの高度比重分離については、Galoo Plasticsの量産用設備を用いて選別実証試験を実施。コンパウンド試作については、株式会社レノバにて行った。



図2 実証事業の実施体制

＜実施方法と結果等＞

(1) 処理対象ミックスプラスチックの排出状況及び組成分析

処理対象ミックスプラスチックである ASR 由来ミックスプラスチック、使用済家電 4 品目由来のミックスプラスチック、使用済小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックのそれぞれの排出量について、公開されている推計データや実績データを元に、排出量を把握した。その結果、ASR 由来ミックスプラスチックは、約 41 千 t 排出されており、うち PP(PP talc 含む)の組成は、約 60%であった。家電 4 品目由来のミックスプラスチックは、約 100 千 t 排出されており、うち PP の組成は、約 27%であった。小型家電由来のミックスプラスチックは、約 16 千 t 排出されており、うち PP の組成は、約 11%であった。製品プラスチックは、約 1,370 千 t 排出されており、うち PP の組成は、約 74%であった。

(2) 処理対象のミックスプラスチックの高度選別

それぞれ 13～15t の 4 種類の対象のミックスプラスチックをフランスの Galloo Plastics に送付し、同社の高度比重分離技術により選別を行った、ミックスプラスチックの投入量に対する主成分が PP および PPtalc である選別物の割合は、ASR 由来ミックスプラスチックで、約 50%、家電 4 品目由来ミックスプラスチックで約 39%、小型家電由来ミックスプラスチックでは約 8%、製品プラスチックでは約 48%となった。ASR 由来ミックスプラスチック、小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックでは、国内で分析した PP 組成比率よりも程度に差はあるものの低い結果となった。主成分が PP である選別物の PP の純度については、ASR 由来が 97～99%、家電 4 品目由来が 97～99%、小型家電由来が 90～93%、製品プラスチック由来が 97～99%となり、小型家電由来の PP の純度が相対的に低かった。PP 回収率を光選別で想定される PP 回収ポテンシャルと比較したところ、黒色樹脂比率の高い ASR 由来および小型家電由来のミックスプラスチックにおいて優位性があった。Galloo Plastics の選別技術で選別された主成分が PP (PP talc 含まない) である選別物の PP 純度について水比重選別と比較したところ、全てのミックスプラスチックで優位性があった。今後、回収率および純度の向上のために、事前破砕、攪拌条件などによる改善が求められる。

これら選別された主成分が PP である選別物の物理物性について、ASR 由来プラスチックは、自動車用プラスチックとしては衝撃強度が高く、曲げ弾性が低い結果となったが、一部ゴムの混入が原因と考えられ今後の課題とした。家電 4 品目由来は、PP 樹脂としての物性が顕著に見られコンパウンド原料としては最適であると判断された。小型家電由来は、MFR が低い結果となったが、PE が混入されているのが原因と考えられ、今後の課題とした。製品プラスチック由来は、ホモポリマー PP としての物性を示し、コンパウンド原料としては利用価値が十分にあると判断された。

(3) ミックスプラスチックの選別樹脂を使用したコンパウンド試験

処理対象ミックスプラスチックから選別された主成分が PP である選別物を主な材料として、自動車、家電メーカーが求めるコンパウンドペレットを配合設計して、ストレート PP、PP+talc、PP+talc+ゴムの三種類にそれぞれ、コストを安くするために、プラスチック製容器包装の PP を増量剤として加えたもの、加えていないものの 2 水準、合計 6 グレードをコンパウンドした。一回のテストでしかカスタマイズしなかったため、未達な物性はあったものの、概ね要求物性を満たすこ

とができた。またコンパウンドペレットを自動車メーカー、自動車部品メーカー、家電メーカーにヒアリングした結果、ストレート PP については多くの企業で使ってみてみたいという声が聞かれた。PP+talcについては、自社では使用しておらず判断できないといったメーカーが半分占めたものの、数社からは使用できそうな部品があるとの回答があった。PP+talc+ゴムについては、適用可能な部品があると答えたメーカーはあったものの、より用途を増やすためには衝撃強度などの物性を改善することが必要との判断となった。

表 1 ユーザーへのヒアリング結果

項目	自動車メーカー				自動車部品メーカー			家電メーカーH社
	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	
ストレート PP	容り無 No.1	○	○	◎	◎	◎	◎	◎
	容り有 No.2	△	○	△	○	◎	△	◎
PP+talc	容り無 No.3	—	—	—	○	○	—	△
	容り有 No.4	—	—	—	○	○	—	△
PP+talc+ゴム	容り無 No.5	×	○	○	△	○	◎	◎
	容り有 No.6	×	△	△	△	○	◎	◎

◎：現物性で使える可能性は十分高い

○：現物性で恐らく使えると思われる

△：特定の物性を改善すれば使える

×：使える見込みがない

—：判断ができない

(4) 環境負荷低減効果の検証

本事業の環境負荷低減効果について、4種類のミックスプラスチックと事業実施した場合の5ケースについてLCAを実施したところ、製品プラスチックのみを再資源化するケースが最も二酸化炭素削減効果大きいことがわかった。要因としては、現状製品プラスチックの大半が単純焼却されているからであった。また最も削減効果が低いのは小型家電由来のミックスプラスチックで、収率が低かったためであったが、今後のカスタマイズにより収率が向上すれば、環境負荷低減効果を他のミックスプラスチック同様に向上させることができる。

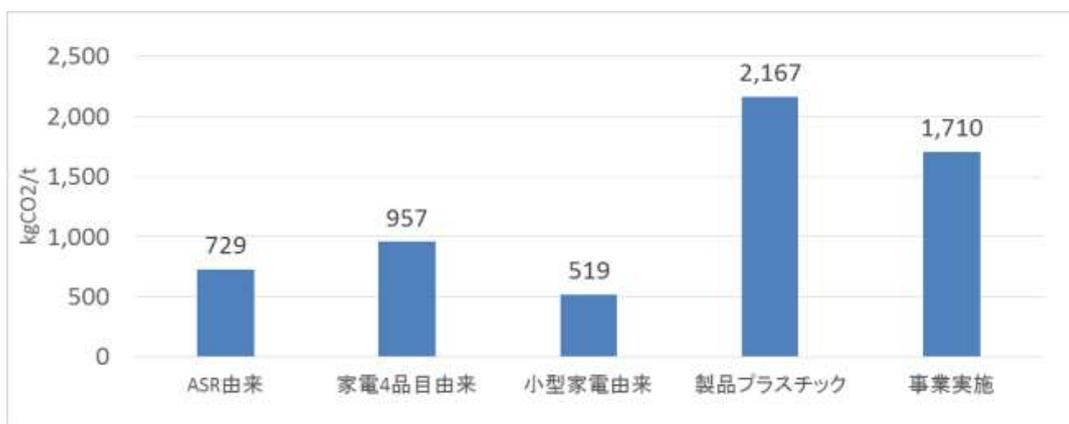


図 3 ミックスプラスチック 1t あたりの二酸化炭素削減効果(kgCO₂/t)

(5) 事業実現可能性等の検討

本事業では、原料確保の観点から、比較的収集が見込まれる首都圏に近くアクセスのよい千葉県袖ヶ浦市を想定した。また、処理対象ミックスプラスチックを処理する処理能力は、33,120tとして、ペレット生産量は、24,840tとし、設備費 23 億円、建設費 7 億円の計 30 億円を事業費として事業採算性評価を実施した。

本事業の事業採算性評価結果については、自動車、家電製品への採用に対しては、設計から織り込まれて生産されるまで数年を要するため、事業開始後 2 年間は、赤字となったが、事業開始後 3 年目からは黒字の見込みとなった。

<今後の課題>

(1) 原材料

リサイクル事業において最重要となるのは原材料の確保である。特に工業製品向けに拡販を狙うのであれば、メーカーへの安定供給は絶対必要事項である。安定的にミックスプラスチックを確保するためには、供給者との長期契約、前処理設備などのインフラ整備などが必要となる。

(2) 選別技術

今回の Galloo Plastics での選別実証試験では、小型家電、製品プラスチックではサンプル品のフレックサイズなどの問題で、FT-IR および Galloo Plastics の試験室での組成分析結果と比較して、選別樹脂の割合で問題があった。今後、比重分離前に破碎しすぎないことや攪拌の調整することにより、選別精度を高められる可能性は十分ある。

(3) コンパウンド

本実証事業で開発を行ったリサイクルコンパウンド PP でも使える可能性があると答えたメーカーはあったものの、グレードによっては、荷重たわみ温度、衝撃値などを改善する必要がある。これらは、talc 成分の増量、ゴム組成の変更、その他配合設計の改善によって解決は可能である。

また、今後、新たに評価する必要があるものとして、耐光試験、耐熱試験、部品評価、環境負荷物質分析などがある。

(4) その他選別プラスチックの活用

今回、PP のコンパウンド原料としての活用の検証を行ったが、Galloo Plastics の選別技術では、PE、PS、ABS も選別が可能である。これらプラスチックにおいても、有効活用を行うための用途開発を行う必要がある。

(5) 事業化

投資金額が大きいこともあり、稼働率が低く、工業製品への採用が少ない当初は採算性が厳しいことが予想される。いかに早急に稼働率を高め、工業製品への採用を増やしていくかが重要である。工業製品採用のためにはメーカーとの一体化した取り組みが欠かせない。

Summary

<Project Objective>

In recent years, the need to use recycled resin has been increasing as a result of automobile and home electronics manufacturers' need for cost reductions with regard to materials, and in response to evaluation systems such as EPEAT. Additionally, as a result of the plastics manufacturing industry's moving overseas, production streamlining, etc., securing pre-consumer materials has become increasingly difficult, and the situation has forced the industry to resort to gathering post-consumer materials. Post-consumer materials are often discharged as mixed plastics, and in order to recover the necessary resin from mixed plastic, there was a demand for technology for sorting them with high precision and efficiency. However, there were issues, such as conventional optical sorting technology's not being able to sort black resin, and the inadequate quality of resin sorted in Japan by gravity concentration.

Taking this background into account, the purpose of this verification project is to clarify the possibility of developing a recycled PP compound with adequate physical properties for industrial products such as automobiles and home appliances, by conducting a sorting verification test on mixed plastics such as mixed plastics originating from ASR generated from end-of-life vehicles, mixed plastics originating from the four specified end-of-life home appliances, mixed plastics originating from end-of-life small home appliances, and product plastics (all of which are discharged in ample quantities) using advanced gravity separation technology owned by Galloo Plastics (a French company which conducts resin recycling, from sorting mixed plastics, which include black, up to compounding, on a commercial basis in Europe), with the focus on PP, a resin which is sought after for vehicle and home appliance use, and by using the sorted PP as a raw material in domestic compounding technology.

<Project Overview>

In this verification project, we assessed the discharge and recycling situation with regard to the plastics which are the targets of this project, namely mixed plastics originating from ASR, mixed plastics originating from the four specified home appliances, mixed plastics originating from small home appliances, and product plastics, and at the same time carried out compositional analysis and established the amount of usable resin contained in them.

After establishing the composition of the target mixed plastics in Japan, a sorting verification test was conducted on the target mixed plastics using advanced gravity separation technology owned by Galloo Plastics, in order to establish the sorting accuracy with regard to the target resins and to analyze the physical properties and purity of the sorted PP.

With regard to marketing channels, we interviewed automobile, automobile parts and home appliance manufacturers, established the physical properties that are required, and determined the target physical properties of the recycled PP compounds. Using PP which had been sorted to meet the target physical properties, additives, etc., we developed blends. We also developed blends using recycled PP originating from packaging plastics as an extender, in order to reduce the cost of the recycled PP compounds. We carried out compound tests and measurements of physical properties, visited each of the manufacturers with the results and conducted interviews with them with regard to the possibility of, and any issues with, using recycled PP compound that we had developed.

On the basis of these test results, we verified the reduction effects with regard to the environmental burden and project feasibility with regard to a project model in which the amount of each type of mixed plastic to be accepted had been determined in the light of the target mixed plastics market environment.

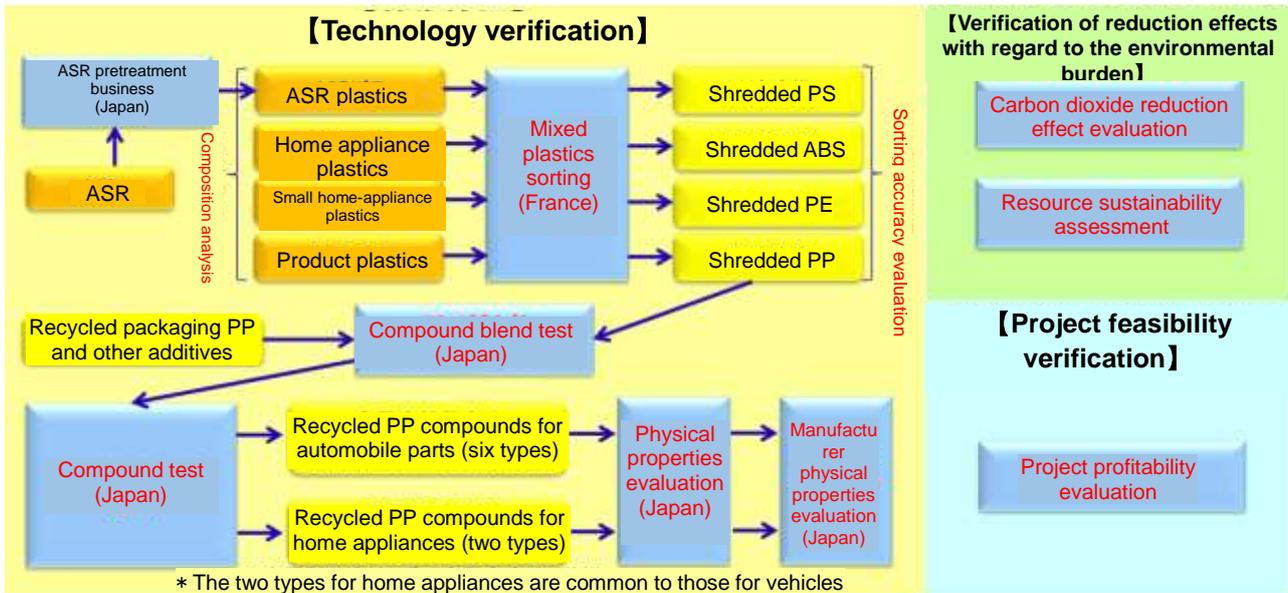


Fig1. Items implemented in the verification project (implemented items are in red)

<Implementation system for the verification project>

Toyota Tsusho Corporation played the central role in the implementation of this verification project. We used Galloo Plastics' mass production facility to conduct sorting verification tests with regard to the advanced gravity separation of mixed plastics. Prototype compounds were produced at Renova, Inc.

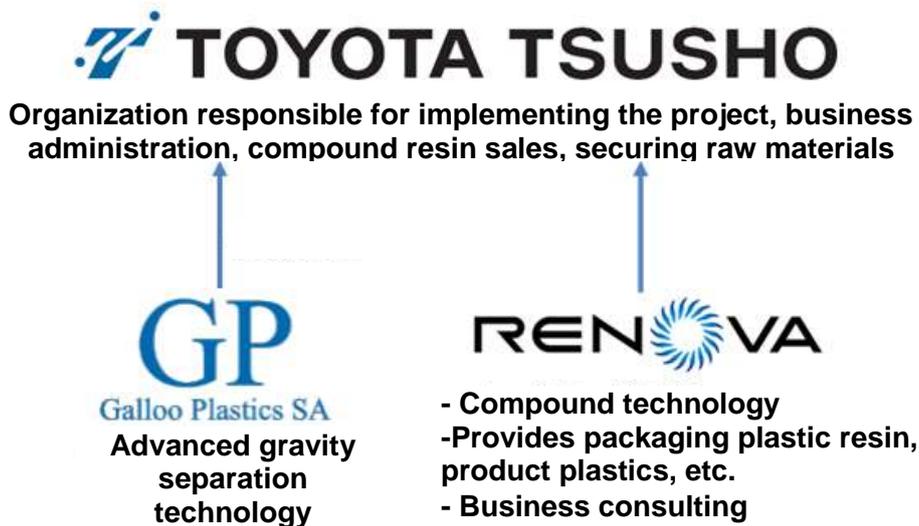


Fig2. Implementation system for the verification project

<Implementation method, results, etc.>

(1) Discharge situation and composition analysis of mixed plastics targeted for processing

On the basis of publicly available estimation and actual data, we assessed the discharge amount of the plastics which were the targets for processing, namely mixed plastics originating from ASR, mixed plastics originating from the four specified end-of-life home appliances, mixed plastics originating from end-of-life small home appliances, and product plastics. The results were that approximately 41,000 tons of mixed plastics originating from ASR were discharged, and PP (included PP talc) was approximately 60% of this. 100,000 tons of mixed plastics originating from the four specified end-of-life home appliances were discharged, and the composition of PP in this was approximately 27%. Approximately 16,000 tons of mixed plastics originating from small home appliances were discharged, and the composition of PP in this was approximately 11%. Approximately 1,370,000 tons of product plastics were discharged, and the composition of PP in this was approximately 74%.

(2) Advanced sorting of mixed plastics targeted for processing

After sending 13 to 15 tons of the four types of targeted mixed plastics to Galloo Plastics in France and having the PP sorted with that company's advanced gravity separation technology, we found that the percentage of PP (including PP talc) that could be sorted from the entire mixed plastic sample was approximately 50% for mixed plastics originating from ASR, approximately 39% for the four specified home appliances, approximately 8% for small home appliances, and approximately 48% for product plastics. With regard to mixed plastics originating from ASR, small home appliances, and product plastics, while there were variations in degree, the results showed a lower PP composition percentage than the results in Japan. The purity of the sorted PP was 97 to 99% for those originating from ASR, 97 to 99% for those originating from the four specified home appliances, 90 to 93% for those originating from small home appliances and 97 to 99% for those originating from product plastics, and showed a relatively low PP purity regarding PP originating from small home appliances. To increase the yield and purity, these will require improvement by means of pre-shredding, the mixing conditions, etc.

With regard to the physical properties of the sorted PP resin, the plastics originating from ASR showed high impact resistance and low elasticity for automobile plastics. This was thought to be caused by some rubber contamination, and was left an issue to be solved in the future. The PP resin originating from the four specified end-of-life home appliances was confirmed to have remarkable physical properties as a PP resin, and was judged to be an optimal compound material. The PP resin originating from small home appliances showed a low MFR. This was thought to be caused by PE contamination, and was left an issue to be solved in the future. The PP resin originating from product plastics showed physical properties as a polypropylene homopolymer and was judged to have sufficient utility value as a raw material for plastic compounding.

(3) Compound test using resin sorted from mixed plastics

Using PP resin sorted from mixed plastics targeted for processing as the main raw material, we blended and designed pelletized compounds which manufacturers of automobiles and home electric appliances want. We compounded a total of six grades, namely pure PP, PP + talc and PP + talc + rubber, each in two quality levels, one to which PP from plastic packaging was added as an extender to reduce the cost, and one to which PP from plastic packaging was not added. There were some unachieved physical properties as we carried out the customization test only once, but we were able to meet most of the required physical properties. Furthermore, interviews with automobile, automobile parts and home appliance manufacturers showed that many companies were interested in trying the pelletized compounds. Half of the manufacturers were unable to make any judgments about the PP + talc because their company did not use it, but several companies replied that they had parts with which it could be used. While some manufacturers replied that they had parts with which PP + talc + rubber could be used, it was concluded that improving physical properties such as shock resistance was needed.

Table1 Results of user interviews

Item		Automobile manufacturer				Automobile parts manufacturer			Company H, a Home electric appliance manufacturer
		Company A	Company B	Company C	Company D	Company E	Company F	Company G	
Pure PP	Without packaging plastic No.1	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	With packaging plastic No.2	△	○	△	○	◎	△	◎	◎
PP + talc	Without packaging plastic No.3	—	—	—	○	○	—	△	—
	With packaging plastic No.4	—	—	—	○	○	—	△	—
PP + talc + Rubber	Without packaging plastic No.5	×	○	○	△	○	◎	◎	—
	With packaging plastic No.6	×	△	△	△	○	◎	◎	—

- ◎: Very likely to be able to use it with the current physical properties
- : Likely to be able to use it with the current physical properties
- △: May be able to use it if specific physical properties are improved
- ×: Unlikely to be able to use it
- : Unable to make a judgment

(4) Verification of reduction effects with regard to the environmental burden

When we conducted an LCA with regard to the project's effects of reducing the environmental burden for five cases of project implementation on four types of mixed plastics, we found that the case in which only the product plastics were recycled had the highest carbon-dioxide reduction. The reason for this was that most product plastics are currently disposed of by simple incineration. Furthermore, the lowest reduction effect was that of mixed plastics originating from small home appliances. However, this was because the yield was low, and if we are able to increase the yield through future customizations, we will be able to improve the reduction effects on the environmental burden so that they are similar to those of other mixed plastics.

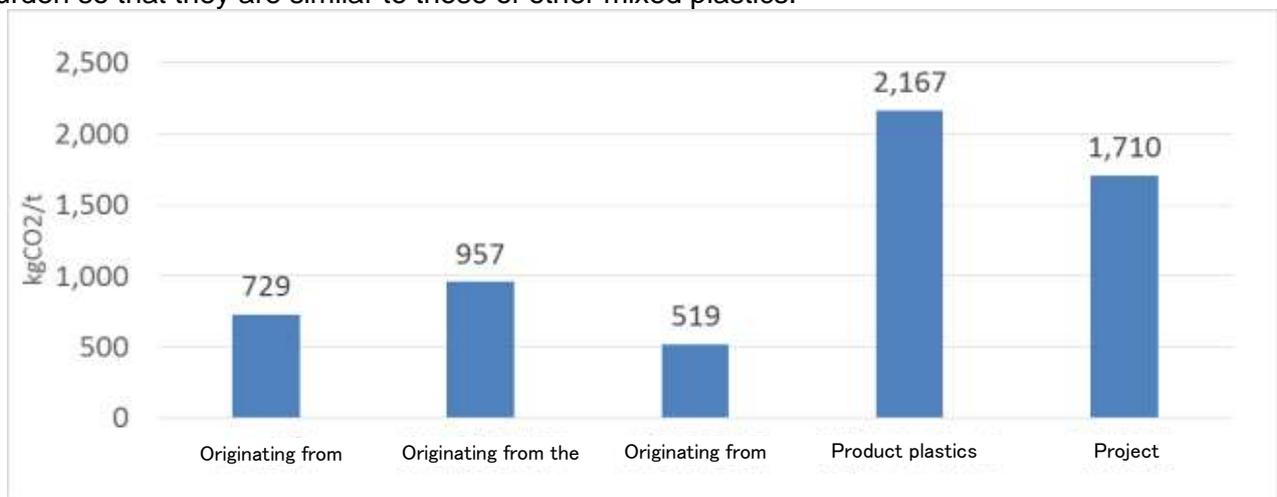


Fig3. Carbon dioxide reduction effect per ton of mixed plastics (kgCO2/t)

(5) Examining project feasibility, etc.

From the stand point of securing raw materials, we envisaged a location for our project in Sodegaura-shi, Chiba-ken, which is near Tokyo, has good access, and is a location where the prospects for collection are comparatively good. We also conducted a project profitability evaluation using a supposition that the processing capability for the target mixed plastics would be 33,120 tons, pellet production would be 22,080 tons, facilities costs would be 2.2 billion yen, construction costs would be 0.7 billion yen and the total cost of the project would be 2.9 billion yen.

From the results of the project profitability assessment for this project, with respect to adoption for automobiles and home appliances, it was predicted that, since getting from design to incorporation and production would take a few years, the project would be in the red for two years after launch, but would move into the black in the third year after launch.

<Future challenges>

(1) Raw materials

The most important point for a recycling project is securing raw materials. In particular, if the aim is to expand sales into industrial products, stable supply to manufacturers is an absolute necessity. In order to secure a stable supply of mixed plastics, long-term agreements with suppliers and the development of infrastructure such as pretreatment facilities are necessary.

(2) Sorting technology

In the present sorting verification test at Galloo Plastics, for small home appliance and product plastics, there were some problems for example with the proportion of sorted PP and other resins compared with the results of the composition analysis carried out in the FT-IR and Galloo Plastics laboratories, as a result of problems such as the flake size of the samples. By avoiding excessive shredding before gravity separation and adjusting the mixing procedure, it is very likely that we will be able to improve the sorting accuracy.

(3) Compound

Although some manufacturers replied that they may be able to use the recycled PP compounds developed in the project, depending on the grade, deflection temperature under load, impact value, etc. will require improvement. It is possible that these issues can be solved by increasing the talc component, altering the rubber composition, improving the blend design, etc.

Also, matters that will need to be assessed again include light-resistance tests, heat-resistance tests, parts evaluations and analysis of environmentally hazardous substances.

(4) Other uses for sorted plastics

While we verified uses of sorted PP as a compound raw material in this project, with the sorting technology at Galloo Plastics, sorting of PE, PS and ABS are also possible. We need to develop uses for utilizing these plastics effectively, too.

(5) Commercialization

The investment is large, and at first, when the rate of operation is low and there are few adoptions for industrial products, we expect profitability will be hard to achieve. How rapidly the operation rate is increased and whether the number of adoptions for industrial products increases will both be important. Combined efforts with manufacturers will be essential to adoption for industrial products.

1. 事業の目的・概要・実施体制

<事業の目的>

昨今、自動車メーカー及び家電メーカーの材料費のコストダウン及び EPEAT などの評価制度への対応等からリサイクル樹脂の利用ニーズが高まってきている。また、プラスチック製造業の海外移転や製造効率化などにより、プレコンシューマー材の確保が非常に困難となり、ポストコンシューマー材を集めざるを得ない状況となっている。ポストコンシューマー材は、ミックスプラスチックの状態で排出されることが多く、ミックスプラスチックから必要な樹脂を回収するためには、効率的に精度よく選別する技術が求められていたが、従来の光学選別技術では黒色の樹脂が選別できない、国内の比重選別では選別される樹脂の品質が十分でないなど課題があった。

本実証事業では、これら背景を踏まえ、ミックスプラスチックで、まとまった排出元がある使用済自動車から発生する ASR 由来ミックスプラスチック、使用済家電 4 品目由来のミックスプラスチック、使用済小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックを対象として、欧州にて商業ベースで黒色を含むミックスプラスチックを原料に選別からコンパウンドまでの樹脂リサイクル事業を行っているフランスの Galloo Plastics が所有する高度比重分離技術による選別実証試験を行い、特に自動車向け、家電向けに需要の多い樹脂である PP に焦点を当て、選別された PP を原料に国内のコンパウンド技術を用いることによって自動車、家電などの工業製品向けに十分な物性を保持したリサイクルコンパウンド PP を開発することが可能かを明らかにすることを目的にしている。

<事業概要>

本実証事業では、事業対象となる ASR 由来ミックスプラスチック、家電 4 品目由来のミックスプラスチック、小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックの排出、リサイクル状況を把握するとともに、組成分析を行い、利用可能な樹脂がどの程度含まれているかについて把握した。

対象ミックスプラスチックの組成を国内にて把握した上で、対象ミックスプラスチックをフランスの Galloo Plastics が所有する高度比重分離技術にて選別実証実験を行い、選別対象樹脂の選別精度などについて把握するとともに、対象ミックスプラスチックから選別した PP の物性試験と純度について分析を行った。

販路については、自動車メーカー、自動車部品メーカー、家電メーカーへのヒアリングを行い、求められる要求物性について把握し、リサイクルコンパウンド PP のターゲット物性を定めた。ターゲット物性を満たすように選別した PP と添加剤等を用いて配合設計を行った。またリサイクルコンパウンド PP のコストダウンのため、増量材としてプラスチック製容器包装由来のリサイクル PP を加えた場合の配合設計も併せて行った。コンパウンド試験を実施し、物性測定を行い、その結果をもって各メーカーを訪問し、開発したリサイクルコンパウンド PP の使用の可能性および問題点についてヒアリングを行った。

これらの試験結果を踏まえ、対象ミックスプラスチックの市場環境を鑑みそれぞれの受け入れ量を決めた事業モデルに対して、環境負荷低減効果と事業実現可能性を検証した。

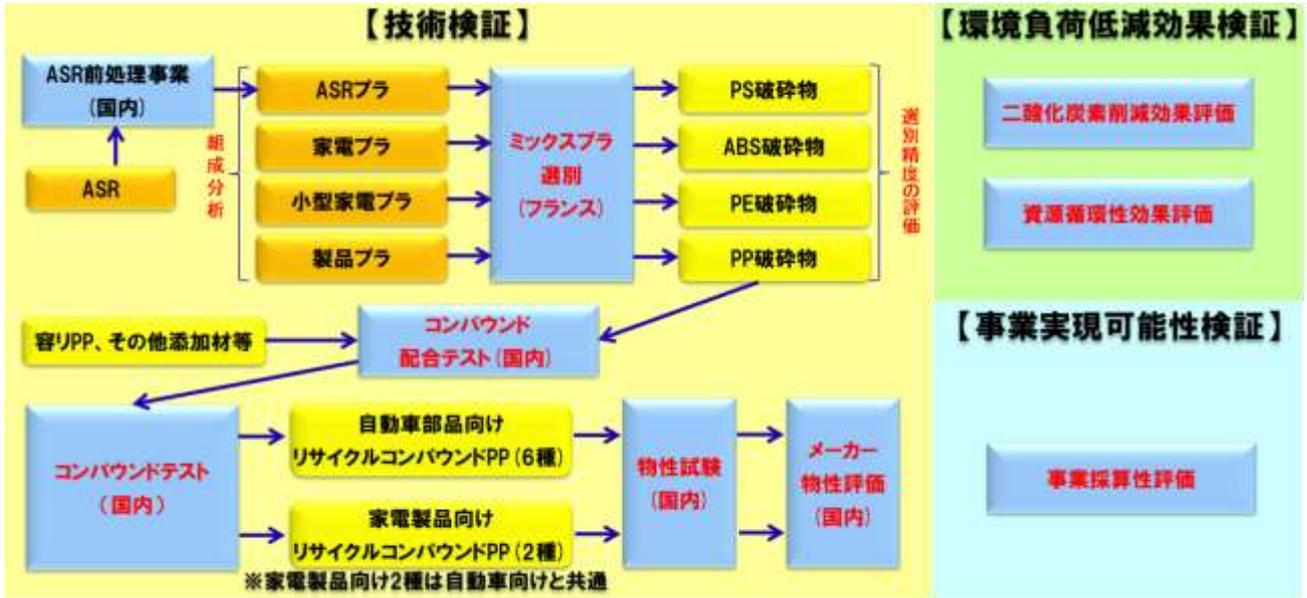


図 1-1 実証事業での実施事項 (赤字部が実施事項)

<実証事業の実施体制>

本実証事業は、豊田通商株式会社为主体となって実施した。ミックスプラスチックの高度比重分離については、Galloo Plastics の量産用設備を用いて選別実証試験を実施。コンパウンド試作については、株式会社レノバにて行った。



図 1-2 実証事業の実施体制

2. 処理対象ミックスプラスチックの組成把握

2. 1 処理対象ミックスプラスチックの排出状況

本実証事業では、ASR 由来のミックスプラスチック、小型家電由来のミックスプラスチック、家電 4 品目由来のミックスプラスチック、製品プラスチックを処理対象として、高度選別、コンパウンド事業を実施するため、処理対象廃棄物についての排出状況について以下に整理する。

2.1.1.ASR 由来のミックスプラスチックの排出状況

自動車リサイクル法により、シュレッダー事業者（破砕業者）が廃車ガラ（解体済自動車）を破砕後発生する ASR(Automobile Shredder Residue)は、消費者が新車購入時等に支払う自動車リサイクル料金を用いて処理される。平成 17 年度の法施行時から、ASR の最終処分量を抑制することの必要性が指摘されており、平成 26 年度では、57 万 5000t の ASR が 96.8～98.1%リサイクルされている。一方で、ASR 内に約 30%含まれる廃プラスチック等については、約 30%のうち 0.5%しか材料リサイクルされておらず、リサイクルを進める余地がある。

現在、ASR からのプラスチック回収において特別なインセンティブがないこともあり、競合である既存の ASR 再資源化施設は 54 施設（表 2-2 参照）（注 1 参照）と多く、排出量も減少傾向であることから、ASR を直接回収することは困難と判断せざるを得ない。

一方、ASR 再資源化施設においてミックスプラスチックを回収している施設は、13 施設あり、これら施設からミックスプラスチックを入手する方法を検討することが望ましいと判断できる。ただし、ASR から金属物などを除去して、燃料となっているものには繊維、ウレタン、ゴム、紙なども含まれているため、それらを選別することが必要となる。ASR をそのまま熱回収するのではなく、軽量物と重量物に選別し、軽量物をさらに選別し、燃料代替材や素材を回収している 13 の ASR 再資源化施設が今後のミックスプラスチックの回収先候補として有望であることがわかった。

プラスチックのみを選別している 13 の ASR 再資源化施設の受け入れ ASR 量は、約 138 千 t であり、ASR からのミックスプラスチックの排出量は、組成データから約 30%であると仮定すると、約 41 千 t が日本全体の排出量ということになる。

表 2-1 引取 ASR 重量等の推移

	平成17年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
引取ASR重量(t)	427,508	643,579	498,124	598,533	590,624	575,046
引取台数(台)	2,417,342	3,490,099	2,689,445	3,194,936	3,174,446	3,101,651
1台あたりASR重量(kg/台)	176.9	184.4	185.2	187.3	186.1	185.4

（出典：自動車リサイクル法の施行状況、環境省リサイクル推進室、平成 27 年 9 月）

表 2-2 平成 27 年度リサイクル施設の ASR 投入施設活用率一覧表^(注 1)

	指定引取場所【会社名】	【事業所名】	活用率
北海道	㈱マテック	ASR資源化工場	1.00
	㈱SRテクノ		0.85
	太平洋セメント㈱	上磯工場	0.97
東北	青森リニューアブル・エナジー・リサイクリング㈱		0.54
	東京製鋼㈱	八戸工場(再資源化施設)	0.66
	東京製鋼㈱	八戸工場(炭化炉)	0.44
	八戸セメント㈱		0.97
	エコシステム小坂㈱		0.68
	太平洋セメント㈱	大船渡工場	0.94
	小名浜製鉄㈱	小名浜製鉄所	1.00
関東	住友大阪セメント㈱	栃木工場	0.92
	JX金属環境㈱		0.71
	日鉄住金リサイクル㈱		0.78
	群馬エコロ㈱	群馬ハイブリッドクリーンセンター	0.47
	太平洋セメント㈱	熊谷工場	0.93
	オリックス資源循環㈱	寄居本社工場	0.74
	太平洋セメント㈱	埼玉工場	0.93
	ジャパン・リサイクル㈱	千葉リサイクルセンター	0.86
	有明興業㈱	リサイクルポート	0.80
	㈱日産クリエイティブサービス		1.00
北陸・東海	㈱エコネコル		0.94
	明星セメント㈱	糸魚川工場	0.97
	電気化学工業㈱	青海工場	1.00
	㈱富山環境整備	破砕選別・ペール施設	1.00
	敦賀セメント㈱		0.92
	JX金属三日市リサイクル㈱		0.48
	明海リサイクルセンター㈱		0.78
	豊田メタル㈱		0.86
	新日鐵住金㈱	名古屋製鉄所	0.86
	㈱アビツ		0.82
	住友大阪セメント㈱	岐阜工場	0.92
	太平洋セメント㈱	藤原工場	0.95
近畿	奈良総合リサイクルセンター㈱		0.79
	カンボリサイクルプラザ㈱	破砕選別施設	0.70
	㈱GE		0.45
	㈱クリーンステージ		0.54
	住友大阪セメント㈱	赤穂工場	0.91
中・四国	エコシステム岡山㈱		0.90
	水島エコワークス㈱		0.76
	㈱トクヤマ	徳山製造所南陽工場	0.96
	東ソー㈱	南陽事業所	0.95
	共栄製鋼㈱	山口事業所	0.62
	三菱マテリアル㈱	直島製鉄所	0.80
	住友大阪セメント㈱	高知工場	0.90
九州	九州メタル産業㈱	本社工場(ASR再資源化)	0.98
	光和精鉱㈱		0.66
	三菱マテリアル㈱	九州工場	0.97
	宇部興産㈱	苅田セメント工場	0.92
	三池製鉄㈱	燐鉄工場	0.61
	太平洋セメント㈱	大分工場	0.94
	大阪製鉄㈱	西日本熊本工場	0.52
	九州北清㈱		0.42
	(公財)宮崎県環境整備公社	焼却溶融施設	0.44
拓南商事㈱		0.98	

(出典：産業構造審議会産業技術分科会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルWG中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会 第43回合同会議、参考資料5より抜粋)

表 2-3 ASR からプラスチック等を選別している ASR 再資源化事業者

都道府県	会社名	回収プラスチック等の状態	利用状況
北海道	株式会社マテック	乾式選別後のプラスチックは、利用可能性あり。湿式ジグ選別後の選別品は、ウレタンかすが相当混ざった状態	ボイラー燃料として利用
北海道	株式会社 SR テクノ	平林金属と岡山大学が開発した、流動層選別装置を活用し、利用可能なプラスチックを回収	燃料代替材として利用
青森県	東北東京鉄鋼・ASR 再資源化施設	青森エコタウン事業として、静電選別装置により、回収されたプラスチックは、隣の設備ですべて炭化され、カーボン燃料にしている。	電炉燃料として利用
東京都	有明工業株式会社 リサイクルポート	若洲工場にて選別されたプラスチック等は、ウレタンかすが相当混ざった状態	RDF として燃料販売
静岡県	株式会社エコネコル	磁力、トロンメルなどを利用して選別し、利用可能なプラスチックを回収	RPF 燃料などとして販売
富山県	株式会社富山環境整備	ウレタンかすが相当混ざった状態	燃料代替材
愛知県	株式会社明海リサイクルセンター	プラスチック等は、軽ダストに含有しており、混合した状態	燃料代替材
愛知県	豊田メタル株式会社	磁力選別、風力選別などを通じて、利用可能なプラスチックを回収	燃料代替材
愛知県	株式会社アビツ	重液選別などを経て、利用可能なプラスチックと混合プラスチックは、鉄粉と混ぜてフォーミング抑制剤として利用	燃料代替材、フォーミング抑制剤
奈良県	奈良総合リサイクル株式会社	バリオセパレーターにて、軽量物、重量物、砂等に分離し、軽量物のプラスチックを回収し、光学選別機により選別可能な樹脂のみリサイクルしている。	燃料代替材、材料リサイクル
京都府	カンポリサイクルプラザ株式会社	ウレタンかすが相当混ざった状態	燃料代替材
福岡県	九州メタル産業株式会社	高度選別により燃料向けプラスチックと材料リサイクル向けプラスチックに選別している	燃料代替材、材料リサイクル
沖縄県	拓南商事株式会社	軽量ダストを繊維系ダストとプラスチック系ダストに選別している	燃料代替材、材料リサイクル

注：RDF とは Refuse Derived Fuel の略であり、RPF とは Refuse Paper and Plastic Fuel の略

表 2-4 ASR の再資源化の状況

熱回収	72.4%
マテリアルリサイクル	24.3%
スラグ	10.6%
鉄	3.7%
セメント	2.8%
ミックスメタル	2.0%
銅	1.5%
スラグ・溶融メタル	0.9%
転炉・電炉原材料	0.8%
土砂・ガラス	0.7%
セメント原材料	0.6%
プラスチック	0.5%
その他	0.1%
最終処分	3.3%

(出典：自動車リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書、平成27年9月、産業構造審議会産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクルワーキンググループ、中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会、合同会議)

(注 1)ASR 施設活用率

ASR リサイクル施設には、ASR 以外にも様々な廃棄物や資材が投入され、また、多様なエネルギーや物質が回収（利用）される。ASR 投入施設活用率とは、これらの投入量と回収（利用）量をそれぞれ集計し、その比率を指標として求める。回収エネルギー、投入エネルギーは ASR 可燃分等 1t あたりの低位発熱量を用いて重量換算する。

$$\text{施設活用率} = \frac{\text{回収（利用）エネルギー} + \text{回収（利用）マテリアル}}{\text{投入エネルギー} + \text{投入マテリアル}}$$

2.1.2.家電 4 品目由来のミックスプラスチックの排出状況

家電 4 品目は、家電リサイクル法により、家電リサイクル工場にて再資源化され、ミックスプラスチックとして回収される。平成 26 年度の家電 4 品目由来のプラスチック等は、環境省が発表している再商品化実施状況から試算すると 119,578t であった。使用済家電製品の再商品化総重量に占める「その他有価物」の割合を見ると、平成 13 年度の構成比率は 3.5%であったが、平成 26 年度には 29.3%まで伸びており、リサイクル資源としてのプラスチックの活用が進んできていることがわかる。

家電リサイクル工場から回収される冷蔵庫の引き出しなど、容易にプラスチックのみを回収できる手分解プラスチックは、メーカーが引き取ってリサイクルしており、家電リサイクル工場へのヒアリング結果から、全体に占める構成比として 15%前後であることから、これらを差し引いた約 10 万 t 程度がミックスプラスチックであると想定される。

家電4品目由来のプラスチックは、A、Bグループとも、手分解プラスチックは、メーカーが引き取り、ミックスプラスチックは、各工場が独自に有価物として販売している。

		エアコン	テレビ		冷蔵庫・冷凍庫	洗濯機・衣類乾燥機
			ブラウン管式	液晶・プラズマ式		
指定引取場所での引取台数	[千台]	2,225	1,872	847	2,775	3,142
再商品化等処理台数	[千台]	2,465	1,849	834	2,978	3,349
再商品化等処理重量	[トン]	102,155	49,352	16,629	187,654	124,195
再商品化重量	[トン]	94,213	37,446	14,806	150,913	110,294
再商品化率	[%]	92%	75%	89%	80%	88%

図 2-1 平成 26 年度廃家電 4 品目の再商品化実施状況

(出典：家電リサイクル法の施行状況、環境省、2015 年 6 月)

		エアコン	テレビ		冷蔵庫・冷凍庫	洗濯機・衣類乾燥機
			ブラウン管式	液晶・プラズマ式		
鉄	[トン]	28,279	5,147	6,524	76,131	54,674
銅	[トン]	7,435	1,791	160	3,392	2,151
アルミニウム	[トン]	10,451	34	598	1,280	1,943
非鉄・鉄など混合物	[トン]	31,415	398	224	22,547	14,755
ブラウン管ガラス	[トン]	—	18,765	—	—	—
その他の有価物	[トン]	16,633	11,311	7,300	47,563	36,771
総重量	[トン]	94,213	37,446	14,806	150,913	110,294

* 値は全て小数点以下を切捨て

* 「その他の有価物」とは、プラスチック等である。

図 2-2 平成 26 年度部品及び材料等の再商品化実施状況

(出典：家電リサイクル法の施行状況、環境省、2015 年 6 月)

Aグループ	: 28施設
Bグループ	: 16施設
A・B共同	: 2施設
全国46施設	



近畿

サニーメタル(株): 大阪府大阪市
パナソニックエコテクノロジーセンター(株): 兵庫県加東市
関西リサイクルシステムズ(株): 大阪府枚方市
(株)アール・ピー・エヌ: 兵庫県姫路市

中国・四国

早林金属(株)御津工場: 岡山県岡山市
早林金属(株)港工場: 岡山県岡山市

九州・沖縄

九州メタル産業(株): 福岡県北九州市
九州メタル産業(株)鳥栖営業所リサイクルセンター: 佐賀県鳥栖市
熊本新明産業(株): 熊本県熊本市
太信鉄道(株): 宮崎県宮崎市
(株)荒川商店: 鹿児島県鹿児島市
(株)荒川商店商業工場: 鹿児島県鹿児島市
拓南商事(株): 沖縄県うるま市
アクトビーリサイクリング(株): 熊本県水俣市
(株)拓境金属: 沖縄県浦添市
(株)拓境リサイクル研究センター: 沖縄県沖縄市
西日本家電リサイクル(株): 福岡県北九州市

北海道

(株)鈴木商会石狩工場: 石狩市
(株)鈴木商会帯広リサイクル工場: 札幌市
北海道エコリサイクルシステムズ(株): 苫小牧市

東北

東之東京鐵鋼(株): 青森県八戸市
(株)釜屋リサイクルセンター: 福島県鎌石町
(株)エコリサイクル: 秋田県大館市
東日本リサイクルシステムズ(株): 宮城県栗原市

関東

中田屋(株)伊勢崎工場: 群馬県伊勢崎市
NNY(株)郡須事業所: 栃木県大田原市
中田屋(株)加須工場: 埼玉県加須市
パナソニックエコテクノロジー関東(株): 茨城県稲敷市
フェニックスメタル(株)市原事業所: 千葉県市原市
東芝環境ソリューション(株): 神奈川県横浜市
(株)関東エコリサイクル: 栃木県栃木市
(株)ハイパーリサイクルシステムズ: 千葉県市川市
(株)ハイパーリサイクルシステムズ千葉工場: 千葉県千葉市
東京エコリサイクル(株): 東京都江東区
JFEアーバンリサイクル(株): 神奈川県川崎市
(株)フューチャー・エコロジー: 東京都大田区

北陸・甲信越

(株)豊和商事三美支店: 新潟県三安市
(株)豊和商事本社: 新潟県長岡市
ハリタ金属(株): 富山県富山市
ハリタ金属(株)射水リサイクルセンター: 富山県射水市

東海

トーエイ(株): 愛知県常滑市
豊田メタル(株): 愛知県半田市
中部エコテクノロジー(株): 三重県四日市市
(株)富士エコサイクル: 静岡県浜松市
グリーンサイクル(株): 愛知県名古屋
関西リサイクルシステムズ(株)第二工場: 三重県伊賀市

図 2-3 全国の家電リサイクル工場の一覧

(出典:平成 26 年度家電リサイクル年次報告書、一般財団法人家電製品協会、平成 27 年 7 月)



図 2-4 その他有価物の再商品化重量の推移

(出典：平成 26 年度家電リサイクル年次報告書、一般財団法人家電製品協会、平成 27 年 7 月)

2.1.3.小型家電由来のミックスプラスチックの排出状況

使用済小型家電の全国の排出量は、環境省が推計した 65 万 t となっており、そのうち金属系素材が、約 28 万 t となっているため、プラスチック等その他素材は、約 37 万 t の潜在排出量がある。(平成 24 年 1 月の中央環境審議会の答申より)

しかしながら、現時点ではリサイクルできる認定事業者数は、46 事業者(平成 27 年 8 月現在)であり、回収実績は、平成 26 年度が、40,659t、うちリサイクルしたプラスチック量は、1,863t であった。

平成 27 年度の国の回収目標は、約 14 万 t (回収率 20%) となっているため、ミックスプラスチックの回収量は、37,520t ということになるが、このままの推移では目標は大幅未達となる見込みである。平成 27 年度に、仮に 6 万 t 回収されたとしても、約 16,000t となり、回収ポテンシャルは低いことがわかった。

表 2-5 小型家電リサイクル法に基づき回収された再資源化量

	平成 25 年度	平成 26 年度
小型家電回収量(t/年)	13,236	40,659
再生利用されたプラ量(t/年)	504	1,863
熱回収されたプラ量(t/年)	3,017	7,781
製錬燃料となった可燃物(t/年)	—	1,252

(出典：小型家電リサイクル制度の施行状況について、環境省、2015 年 9 月)

認定事業者の分布状況（全国46者）



図 2-5 小型家電リサイクル認定事業者

(出典：小型家電リサイクル制度の施行状況について、経済産業省、2015年8月)

2.1.4.製品プラスチック等のミックスプラスチックの排出状況

製品プラスチックのリサイクルについては、「容器包装リサイクル法を見直し、発生抑制と再使用を促進するための仕組みの検討を求めることに関する請願（第177回通常国会（平成23年）」で衆議院・参議院において採択の中に、「製品プラスチックのリサイクルを進める仕組みの在り方について検討すること。」となっているため、今後は、容器包装リサイクル法の中で位置づけられる見込みである。そうすると容器包装リサイクルの材料リサイクルの再生処理事業者46社が排出事業者となる。

製品プラスチックは、現状では、1370千t排出されており、いくつかの自治体を除いては、すべて焼却処理されている。従って、製品プラスチックの分別収集やプラスチック製容器包装との一括回収に興味がある自治体に個別にコンタクトを取り確保することが重要となる。

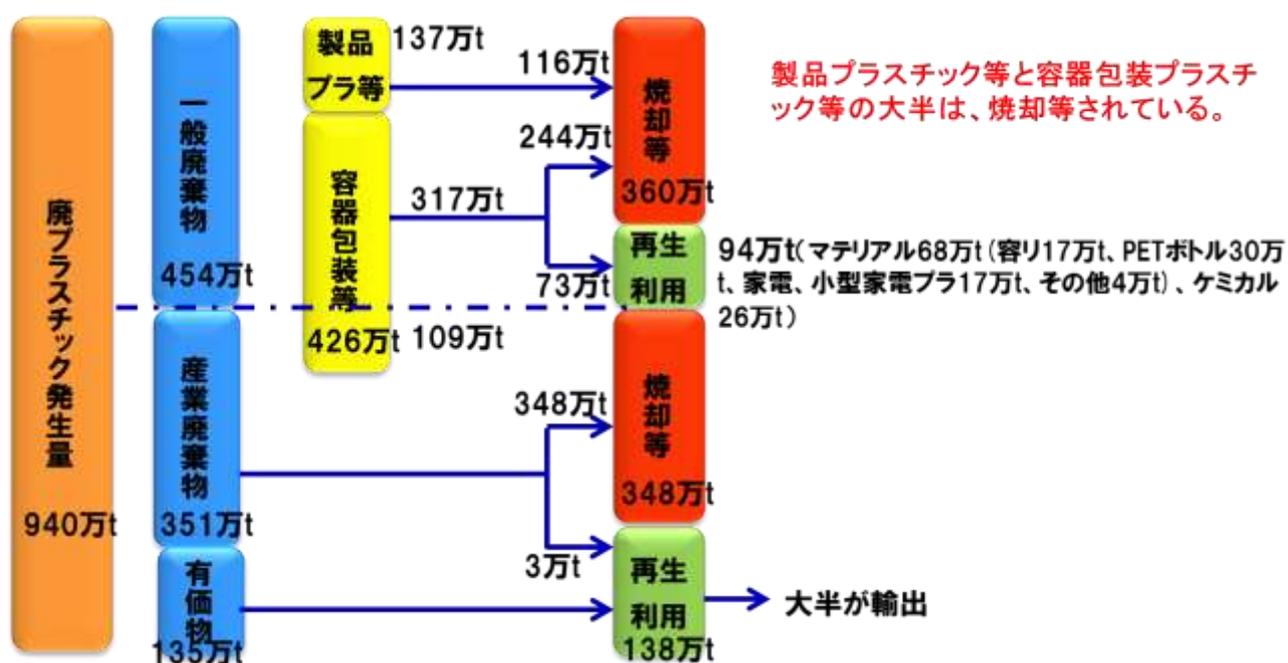


図 2-6 我が国の廃プラスチックのリサイクルフロー

(出典：2013年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況、一般社団法人プラスチック循環利用協会、2014年12月より作成、産廃の材料リサイクル分は、有価物としている)

表 2-6 全国の製品プラスチック等を分別回収している自治体

都道府県	市町村	収集対象	中間処理	リサイクル方法	備考
秋田県	能代市	製品プラスチック	ボックス回収	マテリアルリサイクル(秋田エコプラッシュ)	事業者が無償で回収、リサイクル(モデル事業のため)
福島県	いわき市	製品プラスチック	市が回収し、製品プラスチックを民間に売却	マテリアルリサイクル(有トラスト企画)	6週に1回収、年間300t排出、2011年1月から開始
千葉県	四街道市	容リプラ+製品プラスチック	四街道市クリーンセンター	マテリアルリサイクル(エムエムプラスチック)	約2,000t/年排出され、選別し、製品プラスチックは、民間にて焼却されている。
	松戸市	製品プラスチック	資源化されるものは日暮クリーンセンターで粉碎・選別・圧縮梱包	和名ヶ谷クリーンセンターで焼却(5,183t/年) 千葉県千葉市にて資源化(資源化量:500t/年)	週1回収 年間7883t/年 収集対象:ゴム製品、容リプラのうち汚れが付着しているものを含む
埼玉県	ふじみ野市	製品プラスチック	ふじみ野市上福岡清掃センターにて破砕	新日鐵住金株式会社にてコークス炉化学原料化(容リプラと資源化先が同じ)	2週1回収 落札トン数1446t/年(平成27年度) 製品プラ資源化量:361t/年(2010年) ^{注1}
	小川町	容リプラ+製品プラスチック	民間処理(圧縮梱包)	民間処理(RPF化の事業者)	製品プラスチック資源化量982t/年(2010年) ^{注1} RPF化-825t/年 ^{注1}
東京都	港区	容リプラ+製品プラスチック	民間に委託し、選別、圧縮	昭和電工にてケミカルリサイクル	一括回収後、自治体負担にて選別、製品プラのリサイクル費用を負担、H20年10月から回収、約2000t/年
	多摩市	容リプラ+製品プラスチック	市資源化施設にて手選別・圧縮・梱包後、多摩市リサイクル協同組合を通じて、中間処理問屋へ売却	マテリアルリサイクル	多摩リサイクルプラザの受託業者が売却(売却額95%が市の歳入へ)
	羽村市	製品プラスチック	直営リサイクルセンターにて、破	マテリアルリサイクル(大誠産業)	

都道府県	市町村	収集対象	中間処理	リサイクル方法	備考
			袋・手選別、保管後、リサイクル事業者へ引渡し		
	立川市	製品プラスチック+容器包装プラスチック	収集・運搬は委託	総合リサイクルセンターにて資源化处理	収集対象：バケツ、かご、プランター、植木鉢、洗面器、ハンガー、ポリタンク、じょうろ、発泡スチール製トロ箱の9品目のみ ・容リプラとともにその他の製品プラ(CD ケース・弁当箱など)を回収している。 ・その他プラ資源物：173t/年(H25年)
	昭島市	容リプラ+製品プラスチック	収集は直営および民営、昭島市清掃センターに委託(破碎処理)	新日鐵住金株式会社にてコークス炉化学原料化	月2回回収 落札トン数1400t/年(平成27年度) ^{注1}
神奈川県	鎌倉市	製品プラスチック	なし	マテリアルリサイクル	指定された品目のみ回収、民間事業者に引き渡し、H27年1月から開始、280t/年の見込み
	海老名市	製品プラスチック	海老名市資源化センター	(株)タズミにてRPF化	週1回回収 製品プラスチック資源化量349t/年(2010年) ^{注1}
静岡県	長泉市	製品プラスチック	収集・運搬は直営および委託	民間再資源化	週1回回収 製品プラ資源化量：290t/年(2010年) ^{注1}
愛知県	江南市	製品プラスチック(革製品を含む)	粗大ごみ処理施設で、粉碎・分別・圧縮を行っている	民間に委託	月2回回収 年間814t/年排出(H25年)
滋賀県	湖南市	容リプラ+製品プラスチック	湖南市 リサイクルプラザにて処理。 収集は委託。	民営処理(※2 になるので、RPF化ではないかと考えられる)	およそ週1回回収 製品プラスチック資源化量444t/年(2010年) ^{注1} MR-42t/年、RPF-331t/年 ^{注1}
京都府	南丹市	容リプラ+製品プラスチック	・収集は船井郡衛生管理組合	カンポリサイクルプラザ(株)(RPF化)	月2回回収

都道府県	市町村	収集対象	中間処理	リサイクル方法	備考
山口県	下松市	製品プラスチック	周南東部環境施設 組合 リサイクル センター「えこば ーく」 (選別・ 破碎・圧縮・梱 包)	周南市リサイクル プラザ「ペガサス」 にて再商品化(お そらく市営)	月1回収 製品プラスチック資源化量 342t/年(2010年) ^{注1} MR-29t/年、TR-259t/年 ^{注1}
	周南市	製品プラスチック(クッション・まくらを含む)	周南市リサイクル プラザ・ペガサス で選別・圧縮・成 型	東ソーセメント工 場でセメント原燃 料化	月1回収 製品プラスチック資源化量 537t/年(2010年) ^{注1}
高知県	いの町	製品プラスチック(革製品・陶器・金属混入物を含む)	委託 吾北塵芥処理場に て選別・圧縮	田中石灰工業株式 会社にてマテリア ルリサイクル ^{*1}	週1回収 製品プラスチック資源化量 262t/年(2010年) ^{注1} MR-220t/年(2010年) ^{注1}

(出典：廃プラスチック処理に関する自治体調査報告書，一般社団法人プラスチック循環利用協会，2013)(注1)

2. 2 ミックスプラスチックのサンプリングと組成把握

2.2.1. ミックスプラスチックのサンプリング方法

(1) ASR 由来のミックスプラスチックのサンプリング

ASR 由来のミックスプラスチックは、愛知県半田市にある豊田メタル㈱から提供を受けた。同社では、通常は代替燃料として利用されている。同社での ASR からのミックスプラスチックの回収プロセスは、図 2-7 のとおりである。

これらプロセスにより回収されたミックスプラスチック（図 2-7 の燃料代替材）から更に銅などの細線を取り除くプロセスを経た（注 2）13,214kg を、フランスでの選別実証試験用にフランスに輸出した。

（注 2）「3.1 ASR 由来ミックスプラスチックの効率的な回収方法の検討」参照。

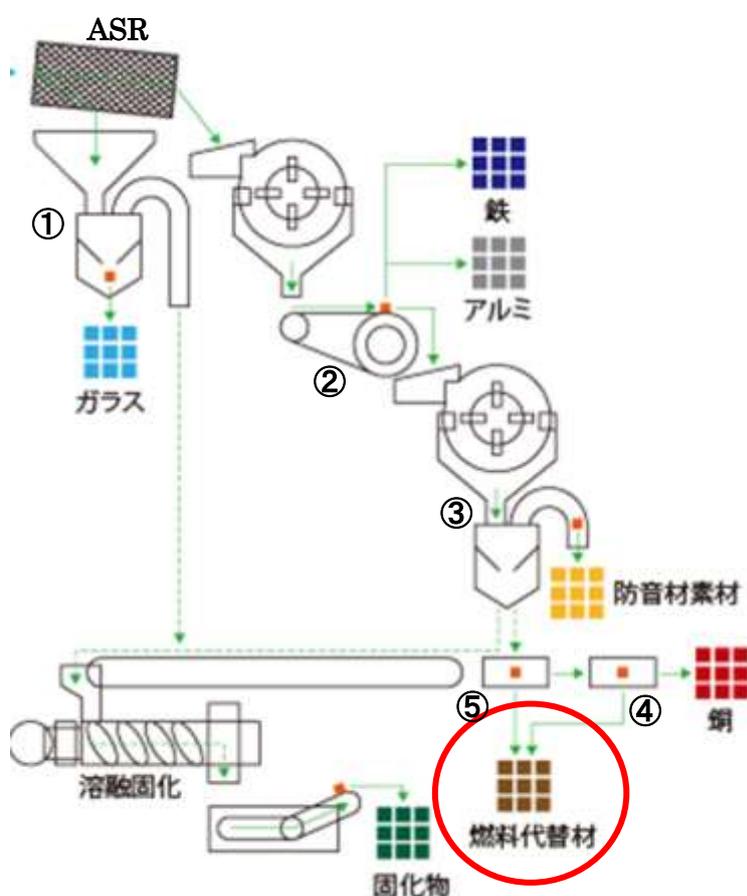


図 2-7 豊田メタル㈱におけるミックスプラスチックの回収プロセス

（出典：<http://www.toyotametal.com/ASR-recycling/index.html>）

《豊田メタル㈱での ASR からのミックスプラスチック回収プロセス》

- ① トロンメル ： ガラス土砂類を分類
- ② 磁力選別機/非鉄選別機 ： 鉄/アルミ類を選別
- ③ 風力選別機 ： 防音材素材（ウレタン・繊維類）を選別
- ④ 振動篩 ： 銅選別
- ⑤ エアータブル ： 燃料代替材（ミックスプラスチック）を選別



図 2-8 サンプリングされた ASR 由来のミックスプラスチック
(注：ASR から鉄、非鉄、ウレタン等を除去したミックスプラスチック)

(2)家電 4 品目由来のミックスプラスチックのサンプリング

家電 4 品目由来のミックスプラスチックは、神奈川県川崎市にある JFE アーバンリサイクル(株)から提供を受けた。同社では、通常は国内のミックスプラスチック選別施設への売却等を行っている。同社での家電 4 品目からのミックスプラスチックの回収プロセスは、下図のとおりである。

下記図ではミックスプラスチックは 1 つにまとまっているものの、実際のミックスプラスチックは選別工程でふるい上品とふるい下品に分かれる。これらプロセスにより回収された家電 4 品目由来のミックスプラスチックのふるい上品およびふるい下品を合計 15,426kg、フランスでの選別実証試験用にフランスに輸出した。15,426kg の内訳として、ふるい上品、ふるい下品の比率は、プロセスからの発生比率と同様にした。



図 2-9 JFE アーバンリサイクル(株)におけるミックスプラスチックの回収プロセス

(出典 : <http://www.urrec.co.jp/system/system.html>)



図 2-10 サンプリングされた家電 4 品目由来のミックスプラスチック

(注：家電 4 品目由来のミックスプラスチックを篩で篩った上と下のものを混合したサンプル)

(3) 小型家電由来のミックスプラスチックのサンプリング

小型家電由来のミックスプラスチックは、埼玉県児玉郡神川町にある(株)鈴徳児玉工場から提供を受けた。同社では、通常は製錬燃料等に利用として利用されている。同社での小型家電からのミックスプラスチックの回収プロセスは、下図のとおりである。

ミックスプラスチックは工程により、10mm アンダー品、mix(After MS)品、重ダスト(After MS)品の 3 種類が発生する。これらプロセスにより回収された小型家電由来の 10mm アンダー品、mix(After MS)品、重ダスト(After MS)品のミックスプラスチック合計 15,260kg をフランスでの選別実証試験用にフランスに輸出した。15,260kg の内訳として、10mm アンダー品、mix(After MS)品、重ダスト(After MS)品の比率は、プロセスからの発生比率と同様にした。

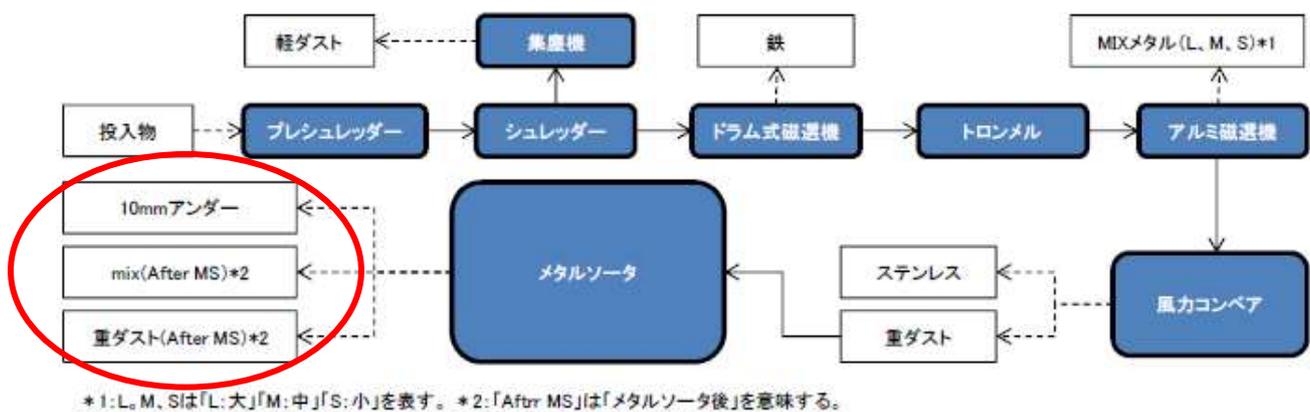


図 2-11 (株)鈴徳 児玉工場におけるミックスプラスチックの回収プロセス

(出典：既存インフラを活用した使用済み小型家電等からの資源回収システムの設計・評価に関する研究、早稲田大学、平成 24 年 3 月)

注：MS は METAL SORTER の略。

注：mix(After MS)はメタルソータ時に風力選別で飛ばされたプラスチック。

注：重ダスト(After MS)はメタルソータ時に風力選別で飛ばされなかったプラスチック。



図 2-12 10 mmアンダー品



図 2-13 mix(After MS)品
※10~30 mmアンダー



図 2-14 重ダスト(After MS)品
※10 mm~55 mmアンダー



図 2-15 サンプルングされた小型家電由来のミックスプラスチック

(注：10mm アンダー品、mix(After MS)品、重ダスト(After MS)を混合したミックスプラスチック)

(4)製品プラスチック等のミックスプラスチックのサンプルング

製品プラスチック等は、秋田県能代市にある秋田エコプラッシュ(株)から提供を受けた。同社では、通常は自社にて材料リサイクルしている。サンプルの製品プラスチック等は、同社が市中から回収したものを同社が破碎したものである。

これら製品プラスチック等をフランスでの選別実証試験用に 12,819kg をフランスに輸出した。

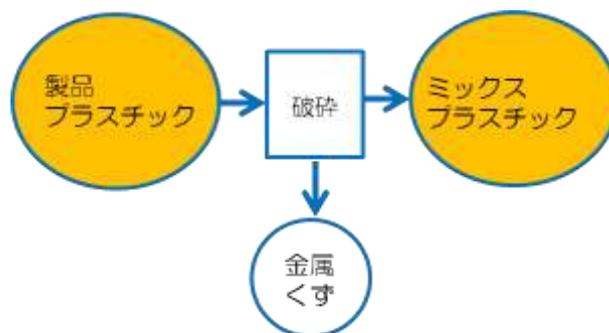


図 2-16 製品プラスチックの金属除去機能付き破碎フロー



図 2-17 回収した製品プラスチック等



図 2-18 サンプリングされた製品プラスチック等の破砕物
(注：製品プラスチックを破砕したミックスプラスチック)

2.2.2.処理対象ミックスプラスチックの組成分析方法

(1)フーリエ変換赤外分光分析装置（FT-IR）による組成分析

本事業でサンプリングしたミックスプラスチックについては、表面に付着している油や塵の影響を避けるため、樹脂の表面を削り、フーリエ変換赤外分光分析装置（FT-IR）を使用し、樹脂の種類について分析した。樹脂の種類は、自動的に波形などから表示されるため、樹脂の種類を断定した。また、併せて目視により黒色樹脂の比率も確認した。

装置名称：フーリエ変換赤外分光分析装置（FT-IR）、ユニバーサル ATR

メーカー：(株)パーキンエルマー・ジャパン

型番：Spectrum100

波長範囲：8300～350cm⁻¹

分解能：0.4cm⁻¹

その他：マイケルソン干渉計、乾燥密閉型



図 2-19 フーリエ変換赤外分光分析装置の仕様



図 2-20 樹脂判別結果画面

(注：スペクトルの測定結果（上・グラフ）、測定結果と近似する既知のプラスチック材料スペクトルリストと照合（下・リスト）から近似率からこのプラスチックは「PS」と判定できる)

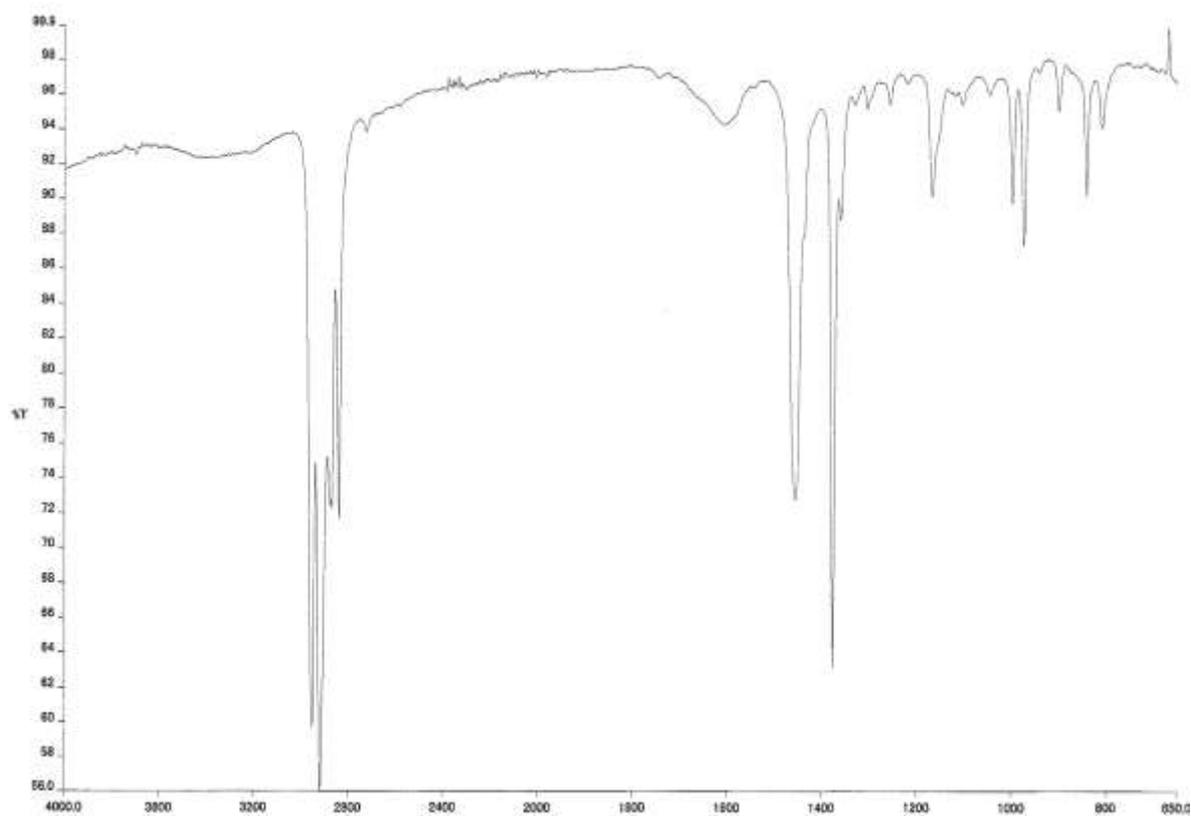


図 2-21 FT-IR による PP 波形

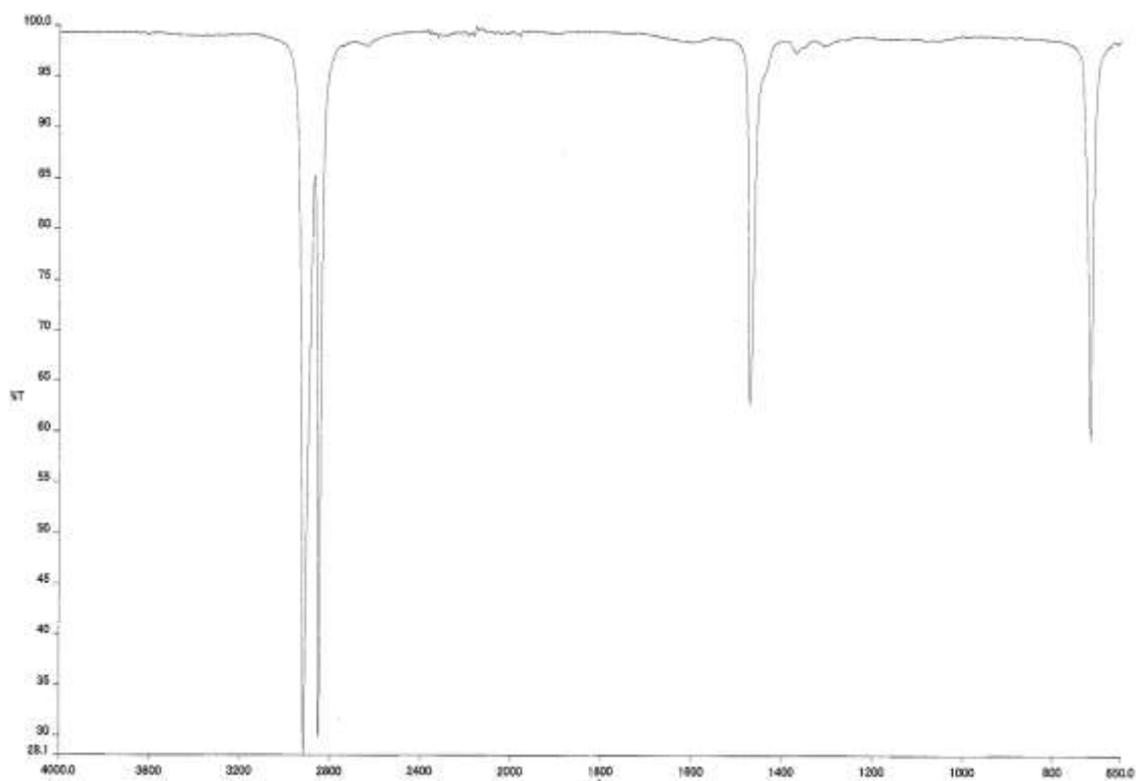


図 2-22 FT-IR による PE 波形

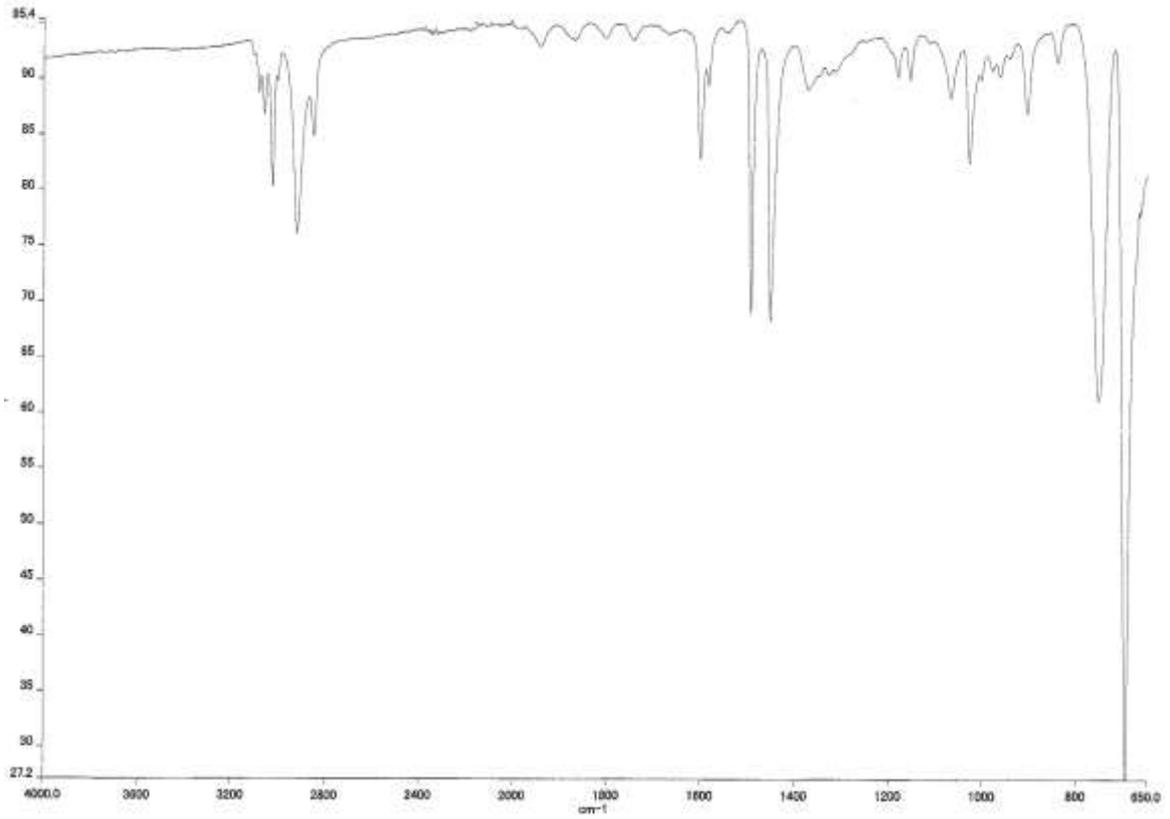


図 2-23 FT-IR による PS 波形

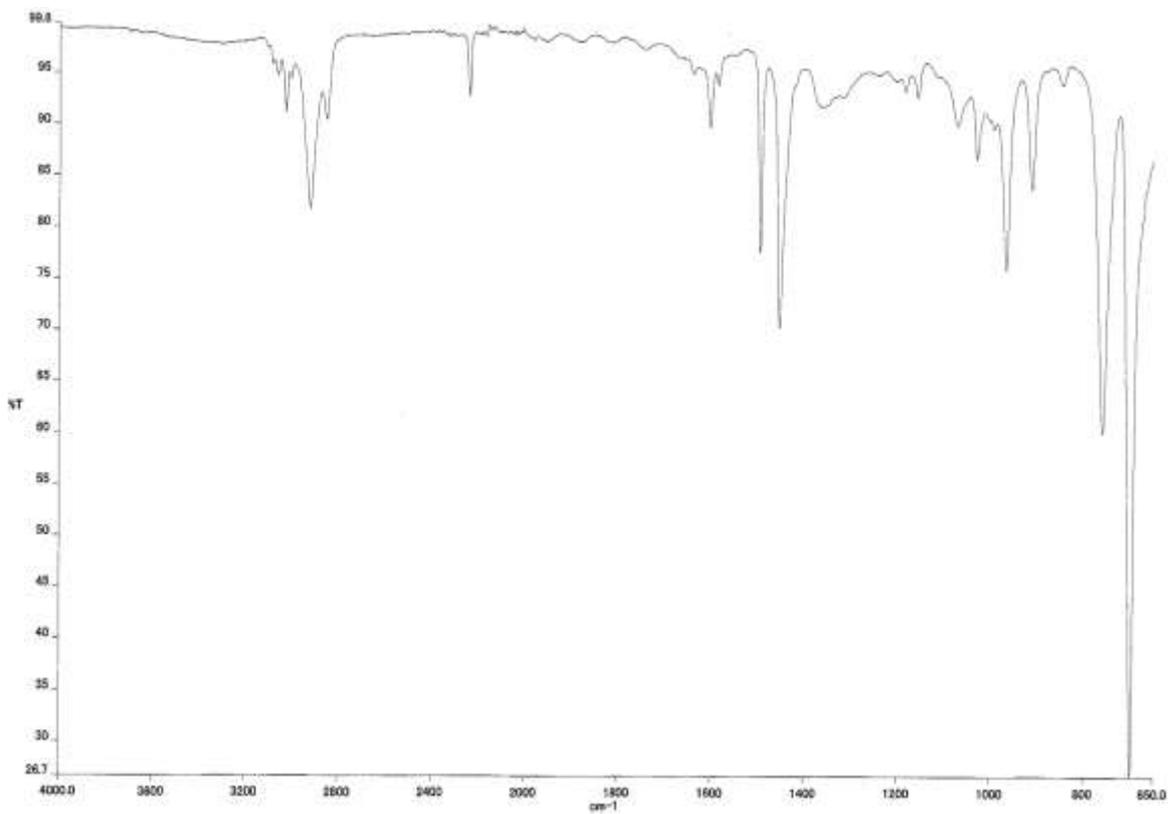


図 2-24 FT-IR による ABS 波形

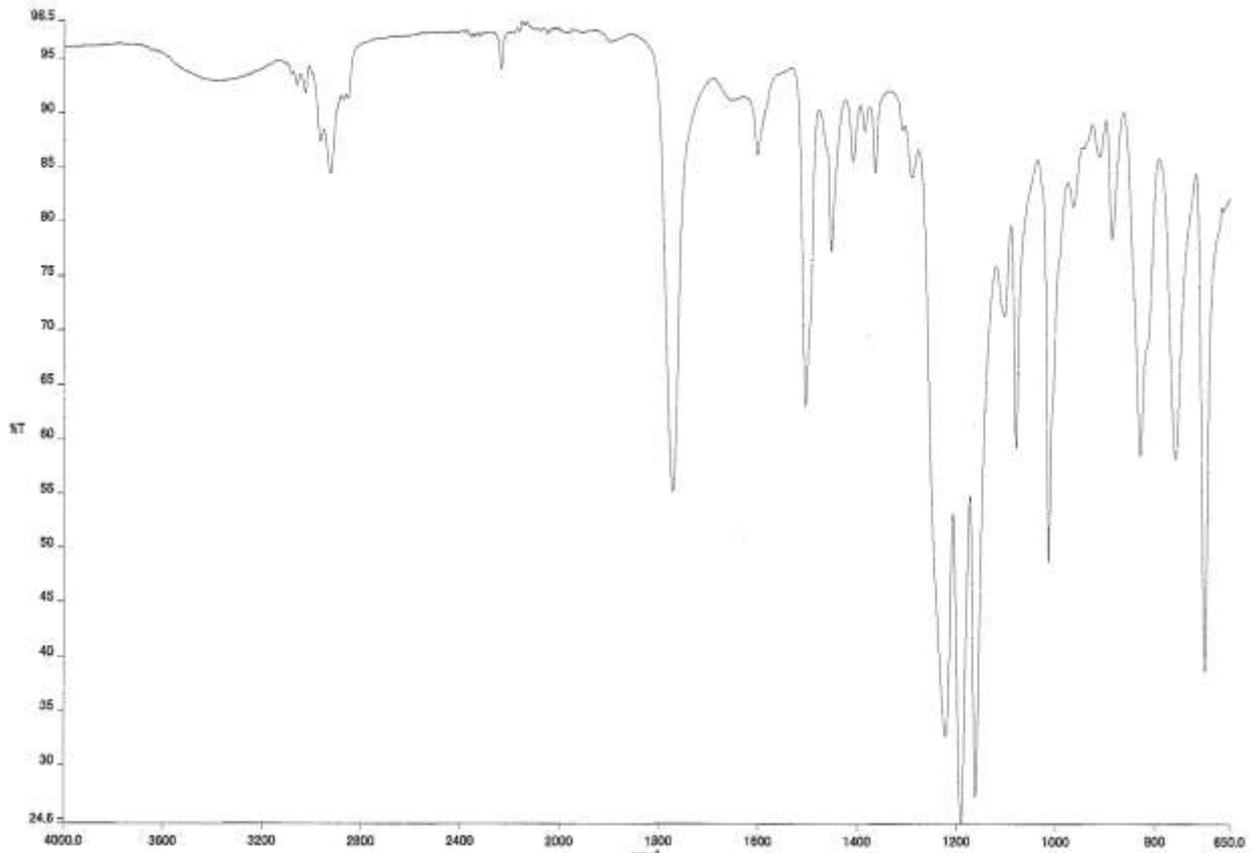


図 2-25 FT-IR による PC 波形

(2) Galloo Plastics での簡易比重選別による組成分析

(1)と同様のサンプリングしたミックスプラスチックを、Galoo Plastics の試験室にて簡易の比重選別による組成分析を行った。簡易比重選別では、比重 1.0 以下の液体である軽液および比重が 1.0 以上である重液を用いて手作業で行った。手作業では実機で再現できない工程があるため、実機ほど細かく選別はできない。そのため、主に PP、PE、talc の入った PP(以下、PPtalc と呼ぶ)、PS、ABS の混ざったミックスプラスチック、その他といった分類での組成分析となった。

2.2.3. ミックスプラスチックの組成分析結果

(1) ASR 由来のミックスプラスチックの組成分析結果

図 2-7 の燃料代替材から、更に銅などの細線を取り除くプロセスを経たミックスプラスチック（注 3）をサンプリングし、国内で FT-IR により組成の把握を行い、Galoo Plastics でもフランスに送付した ASR ミックスプラスチックの一部を試験室で簡易の比重による分析を行い、組成分析を行った。Galoo Plastics では ASR ミックスプラスチックのみ 2 回のサンプル評価を行ったため、2 つの結果およびそれらの平均値を記載する。

Galoo Plastics での分析では、PP talc、PS、ABS の合計値となっているが、ASR には PS は通常含まれず、ABS の含有量が低いことを考えると大部分が PP talc と想定される。PP および PP talc の合計値は FT-IR での分析結果、Galoo Plastics での分析結果で、おおよそ 50 から 60% となり、PP のリサイクルという観点で有望な原料と考えられる。なお、黒色の樹脂比率は 94% であった。

また、豊田メタル㈱で事前選別を行っているため、FT-IR の分析結果では、金属や木くずなどの異物は、1.2% 程度でほとんどなかったが、ゴムやウレタン等の異物は、13.1% と多かった。

（注 3）「3.1 ASR 由来ミックスプラスチックの効率的な回収方法の検討」参照。

表 2-7 ASR 由来のミックスプラスチックの組成分析結果

選別項目	FT-IR での分析	Galoo での分析		
		1 st sample	2 nd sample	Ave.
PP	39.2%	40.8%	21.6%	31.2%
PE	13.1%	10.9%	17.0%	14.0%
PP talc	21.4%	14.4%	24.1%	19.3%
PS	—			
ABS	5.4%			
PVC	1.4%	33.9%	37.3%	35.6%
その他プラ等	5.4%			
ゴム・ウレタン等	13.1%			
金属くず	0.6%			
木くず	0.6%			
計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%



図 2-26 FT-IR 等で選別されたミックスプラスチックの一例

(2)家電 4 品目由来のミックスプラスチックの組成分析

JFE アーバンリサイクル(株)から排出される家電 4 品目由来のミックスプラスチックは、10mm ふるいにより選別されたふるい上品とふるい下品が発生したものを混合したものである。商業ベースで樹脂選別事業・コンパウンド事業を行った場合、同一発生元のそれぞれミックスプラスチックは分けて選別するよりも混合を行った方が効率および生産性が良いため、組成分析でもふるい上品、ふるい下品を発生比率で混合を行いサンプルとした。

サンプリングされた家電 4 品目由来のミックスプラスチックは、国内で FT-IR により組成について把握し、フランスに送った家電 4 品目由来のミックスプラスチックの一部を Galloo Plastics の試験室で簡易の比重による分析を行い、組成分析を行った。

FT-IR および Galloo Plastics での分析の結果は、PP が 30%前後、PP 以外のプラスチックが 40%以上であった。PP のリサイクルだけでなく、他プラスチックのリサイクルとしても有効な原料であることが分かった。なお、樹脂の黒色比率は、27%であった。

表 2-8 家電 4 品目由来のミックスプラスチックの組成分析結果

選別項目	FT-IR での分析	Galoo での分析
PP	27.2%	36.0%
PE	—	3.1%
PS	28.3%	42.4%
ABS	19.7%	
PC-ABS	1.4%	
10mm アンダープラ	11.4%	—
ゴム・紙等	1.7%	18.5%
金属くず	2.8%	
砂、塵等	7.6%	
計	100.0%	100.0%



図 2-27 アーバンリサイクルから排出された家電 4 品目由来のミックスプラスチック



図 2-28 FT-IR 等で選別されたミックスプラスチックの一例

(3)小型家電由来のミックスプラスチックの組成分析

（株）鈴徳 児玉工場から排出される小型家電由来のミックスプラスチックは、プロセスから 10mm アンダー品、mix(After MS)品、重ダスト(After MS)品の 3 種類のミックスプラスチックが排出される。商業ベースで樹脂選別事業・コンパウンド事業を行った場合、同一発生元のそれぞれミックスプラスチックは分けて選別するよりも混合を行った方が効率および生産性が良いため、組成分析でも 3 種類のミックスプラスチックを発生比率で混合を行いサンプルとした。

サンプリングされた小型家電由来のミックスプラスチックは、国内で FT-IR により組成について把握し、フランスに送った小型家電由来のミックスプラスチックの一部を Galloo Plastics の試験室で簡易の比重による分析を行い、組成分析を行った。

いずれの分析結果でも PP の比率が 10%程度と低く、PP 以外のプラスチックは約 45~60%であった。小型家電由来のミックスプラスチックでは、含有率の低い PP だけをリサイクルする場合は有効な原料と考えられない。そのため、PP 以外のプラスチックをいかにリサイクルするかが重要となる。なお、樹脂の黒色比率は、78%であった。

表 2-9 小型家電由来のミックスプラスチックの組成分析結果

選別項目	FT-IR での分析	Galloo での分析
PP	10.5%	7.6%
PE	5.2%	4.3%
PS	18.3%	42.5%
ABS	40.6%	
PVC	0.2%	45.6%
ゴム・ウレタン	3.2%	
金属くず	8.4%	
木くず	0.8%	
砂、塵等	12.9%	
計	100.0%	100.0%



図 2-29 小型家電由来のミックスプラスチックのサンプル



図 2-30 FT-IR 等で選別されたミックスプラスチックの一例

(4)製品プラスチックの組成分析

秋田エコプラッシュ(株)が市中から回収した製品プラスチックを、破砕し、ミックスプラスチックとしてサンプリングした。

サンプリングされた製品プラスチック等は、国内で FT-IR により組成について把握し、フランスに送った製品プラスチック等の一部を Galloo Plastics の試験室で簡易の比重による分析を行い、組成分析を行った。いずれも 70～80%程度が PP であり、プラスチックの資源価値が高いと判断できた。なお、樹脂の黒色比率は、2%であった。

表 2-10 製品プラスチック等の組成分析結果

選別項目	FT-IR での分析	Galoo での分析
PP	73.6%	80.7%
PE	13.6%	13.0%
PS	6.4%	5.3%
ABS	5.5%	
その他	0.9%	1.0%
計	100.0%	100.0%



図 2-31 製品プラスチック等のサンプル



図 2-32 FT-IR 等で選別されたミックスプラスチックの一例

3. 処理対象ミックスプラスチックの高度選別

3. 1 ASR 由来のミックスプラスチックの効率的な回収方法の検討

ASR からのミックスプラスチック回収を実施している豊田メタル(株)では、回収されたプラスチックを、廃棄物として熱回収していたが、今回の実証においては、ミックスプラスチックに混入していた銅線などの細線を新たに導入した装置にて回収することにより、ミックスプラスチックの品質を向上させ、材料リサイクル可能なミックスプラスチックを作り、実証実験用の ASR 由来のミックスプラスチックとした。新たに追加したプロセスは図 3-1 の通りである。

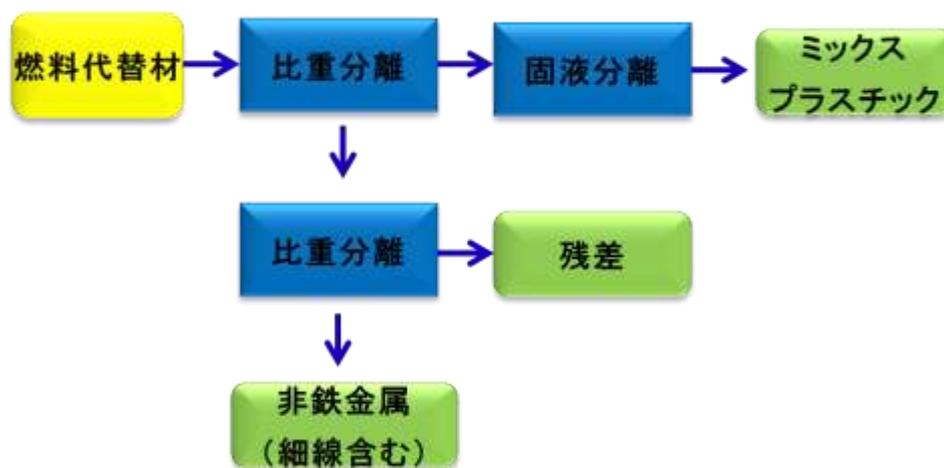


図 3-1 豊田メタル(株)における新たなミックスプラスチック回収促進フロー

3. 2 比重選別によるミックスプラスチックの高度選別実証

3.2.1.比重選別によるミックスプラスチックの高度選別技術の概要

比重選別等を繰り返すことにより、ミックスプラスチックを高度に選別することができる Galloo Plastics の技術を活用し、実証実験を行った。Galoo Plastics の技術を活用する主な理由は、欧州にて既に商業ベースの事業が実現できている上、Galoo Plastics のリサイクルコンパウンド PP は欧州内で幅広く自動車向けに採用がされているためである。欧州では欧州系自動車メーカーだけでなく、欧州で自動車生産を行っている日系メーカーにも採用実績がある。特に自動車業界で採用を目指す場合、自動車での実績が非常に重要視される。仮に新たに選別技術を開発する場合、開発だけでなく、自動車に実績がないために初採用に向けて評価等にも多大な時間をかける必要がある。そのため、Galoo Plastics の欧州での自動車メーカーへの採用実績は、国内での展開において自動車向けの商品化を短縮できるといった強みになる。

一方、Galoo Plastics の選別技術は、黒色の選別も可能であるため、黒色の選別が困難な光選別と比較しても優位性がある。国内でも比重選別が行われているが、主に水および重液が用いられるため比重は 1 以上で選別が行われるのが実態である。Galoo Plastics は比重 1 以下でも選別が可能のため、比重 1 以下の PP、PE、ゴムなどの選別も行える。そのため、PP が純度高く選別が可能であり、国内比重選別と比較しても優位性があると判断した。

実証実験におけるプロセスフローは図 3-2 の通りである。まずは特定の比重で選別等を行うことで重質ダストとダストを取り除く。その後、特定の比重選別等で低比重の PP/PP talc10%/PE 等と重比重の PS/ABS/PP talc15~20%等を選別。PP/PP talc10%/PE 等は更に軽液を用いた比重分離等でそれぞれの選別を行い、PS/ABS/PP talc15~20%等は重液を用いた比重分離等でそれぞれの選別を行う。

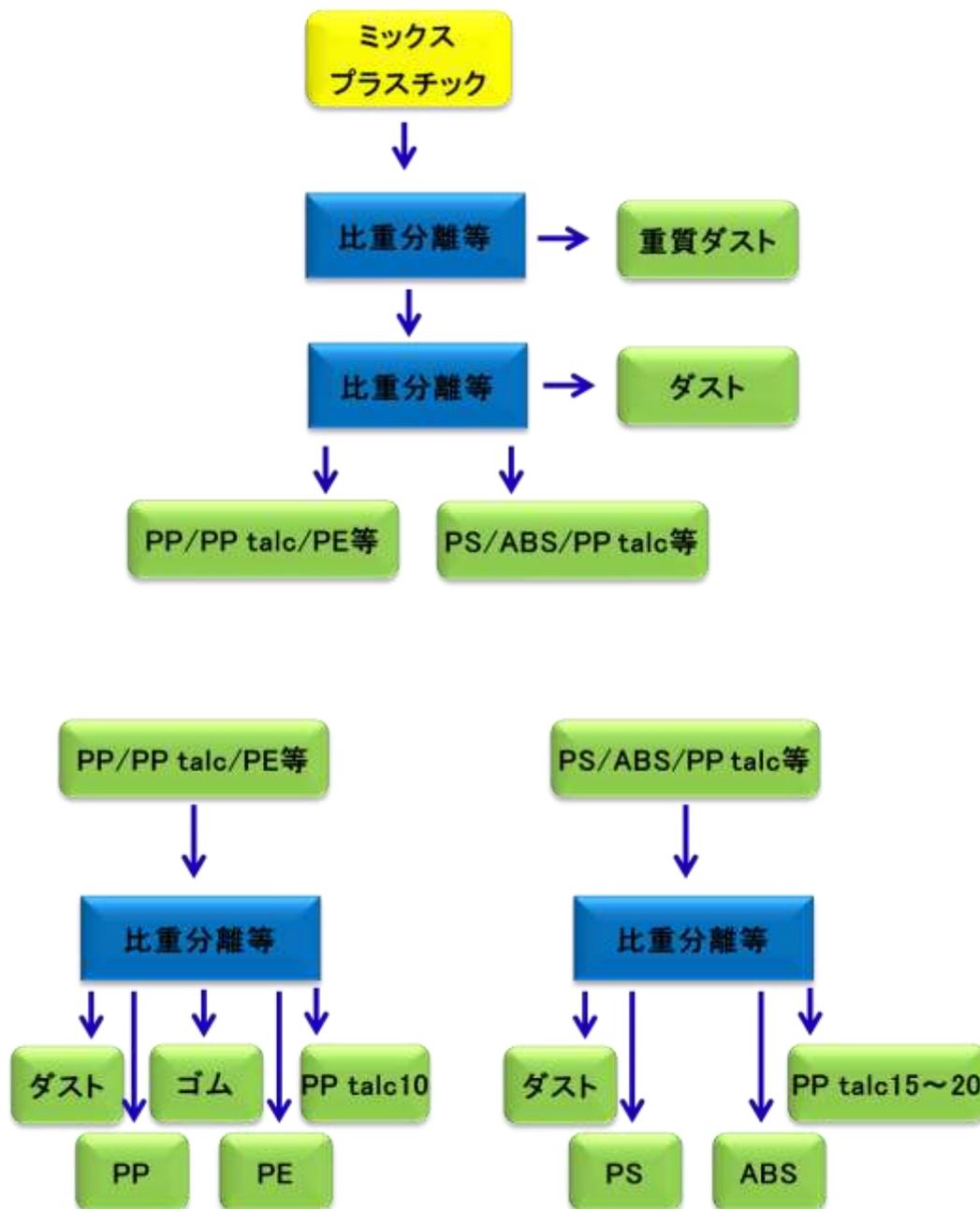


図 3-2 ミックスプラスチックの実証実験プロセスフロー

3.2.2.高度選別の実証実験の概要

ASR 由来のミックスプラスチック、家電4品目由来のミックスプラスチック、小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックについて、それぞれ13～15t程度サンプリングを行い、フランスの Galloo Plastics に送付し、量産で使用している実機を用いて、PP、PE、PS、ABSなどに選別を行う実証試験を行った。選別されたプラスチック等の重量を計測し、それらの割合を算出した。ただし、日本から届いたミックスプラスチックにはサンプルによっては、当初から水分やその他液体を多く含んだり、選別後の樹脂も重液、軽液などが多く含まれていたりといった要因があるため、投入量と選別物の総重量は一致しない。その割合を「2.2.3.ミックスプラスチックの組成分析結果」で行った FT-IR および Galloo Plastics の試験室での簡易比重分離の組成分析結果と比較した。

(1)ASR 由来プラスチックの選別実証試験の結果

ASR 由来プラスチック 13,214kg を Galloo Plastics が商業ベースで量産のために使用している実機を用いて選別実証試験を実施した。ASR 由来のミックスプラスチックが最初の選別実験だったということもあり、1,400kg を設備の運転確認のため使用した。残りの 11,814kg を選別実証試験で選別し、それぞれの樹脂の重量を測定し、それぞれの割合を算出した。選別物の総重量が投入量より重くなっているのは、比重分離槽において液体が付着しているからである。

その割合を「2.2.3.ミックスプラスチックの組成分析結果」で行った FT-IR および Galloo Plastics の試験室での簡易比重分離の組成分析結果と比較した。FT-IR での分析および Galloo Plastics の簡易比重分離では PP および PP talc の含有量が約 50～60% (表 2-7 参照) の割合だったのに対して、選別実証試験では主成分が PP である選別物 (NO.1) が投入量に対して 30%、主成分が PP talc である選別物 (NO.3) が投入量に対して 20%選別できた。この主成分が PP である選別物(NO.1)の PP 純度は、後述する表 3-5 の測定結果より、97～99%であった。比重 1.09 以上の重質ダスト (NO.6) が 33%と多い結果となったが、重質ダスト (NO.6) には、金属などはほとんどなかったため、豊田メタル(株)の事前選別の精度が高いことがわかった。



図 3-3 搬入された豊田メタル(株)の ASR プラ



図 3-4 粉砕機への投入の様子



図 3-5 重質ダスト除去後



図 3-6 PP と PE の分離



図 3-7 重質ダスト (比重 1.09 以上)



図 3-8 樹脂ダスト



図 3-9 ゴム系残渣



図 3-10 選別された PE



図 3-11 選別された PPtalc10%



図 3-12 選別された PPtalc20%

表 3-1 ASR 由来のミックスプラスチック（投入量：11,814kg）の選別結果

選別物	主成分	Galoo での実機による 選別実証試験結果	
		選別物の重量	選別物の全投入量 に対する割合
NO.1	PP	3,580kg	30%
NO.2	PE	720kg	6%
NO.3	PP talc	2,340kg	20%
NO.4	PS	—	—
NO.5	ABS	160kg	1%
NO.6	PVC、金属くずなど (比重 1.09 以上のもの)	3,930kg	33%
NO.7	塵、ゴム、ウレタンなど	1,250kg	10%

注：NO.1 における PP の純度は、

後述する表 3-5 に示す国内での FT-IR による測定結果より 97～99%である。

注：投入量（11,814kg）に対して選別後の主成分の総重量（11,980kg）が

多いのは比重分離槽において液体が付着したためである。

(2)家電 4 品目由来のミックスプラスチックの選別実証試験の結果

家電 4 品目由来のミックスプラスチック 15,426kg を Galoo Plastics が商業ベースで量産のために使用している実機を用いて選別実証試験を実施した。商業ベースで樹脂選別事業・コンパウンド事業を行った場合、同一発生元のそれぞれミックスプラスチックは分けて選別するよりも混合を行った方が効率および生産性が良いため、選別実証試験でもふるい上品、ふるい下品を発生比率に合わせて混合を行い、総量 15,426kg を投入した。選別物の総重量が投入量より若干重くなっているのは、比重分離槽において液体が付着しているからである。

FT-IR での分析および Galoo での試験室での簡易比重分離では PP は約 27～36%（表 2-8 参照）の割合だったのに対して、選別実証試験では主成分が PP である選別物（NO.1）が投入量に対して 36.9%、主成分が PP talc である選別物（NO.5）が投入量に対して 2.3%選別できた。この主成分が PP である選別物の PP 純度は、後述する表 3-6 の測定結果より、97～99%であった。塵、ゴムなど（NO.8）が 17%と多かったのは、サンプルが、10mm ふるいの下と上を混合したものを投入しているが、ふるい下のサンプルが更に Galoo Plastics のプロセスで破碎されるため、軽ダストとして再資源化不能なものとなってしまったのが原因である。今後投入プロセスを見直すことで改善が可能であると見込まれる。



図 3-13 搬入された JFE アーバンリサイクル(株)の家電 4 品目由来のミックスプラスチック



図 3-14 重質ダスト除去後



図 3-15 除去された重質ダスト



図 3-16 PP、PE の分離



図 3-17 PS、ABS の分離



図 3-18 重質ダスト (比重 1.09 以上)



図 3-19 樹脂ダスト



図 3-20 ゴム系残渣



図 3-21 選別された PE



図 3-22 選別された PS



図 3-23 選別された PPtalc10%



図 3-24 選別された PPtalc20%

表 3-2 家電 4 品目由来のミックスプラスチック(投入量：15,426kg)の選別結果

選別物	主成分	Galoo での実機による 選別実証試験結果	
		選別物の重量	選別物の全投入量 に対する割合
NO.1	PP	5,800kg	36.9%
NO.2	PE	400kg	2.5%
NO.3	PS	3,600kg	22.9%
NO.4	ABS	160kg	1.0%
NO.5	PP talc	360kg	2.3%
NO.6	PC-ABS	—	—
NO.7	PVC、金属くず、砂など (比重 1.09 以上のもの)	2,740kg	17.4%
NO.8	塵、ゴムなど	2,670kg	17.0%

注：NO.1 における PP の純度は、

後述する表 3-6 に示す国内での FT-IR による測定結果より 97～99%である。

注：投入量 (15,426kg) に対して選別後の主成分の総重量 (15,730kg) が

多いのは比重分離槽において液体が付着したためである。

(3) 小型家電由来のミックスプラスチックの選別実証試験の結果

小型家電由来のミックスプラスチック 15,260kg を Galoo Plastics が商業ベースで量産のために使用している実機を用いて、選別実証試験を実施した。商業ベースで樹脂選別事業・コンパウンド事業を行った場合、同一発生元のそれぞれミックスプラスチックは分けて選別するよりも混合を行った方が効率および生産性が良いため、選別実証試験でも 10mm アンダー品、mix(After MS)品、重ダスト(After MS)品を発生比率に合わせて混合を行い、総量 15,260kg を投入した。選別物の総重量が投入量より重くなっているのは、比重分離槽において液体が付着しているからである。

FT-IR での分析および Galoo Plastics での試験室での簡易比重分離では PP の含有量が 7.6～10.5% (表 2-9 参照) の割合だったのに対して、選別実証試験では主成分が PP である選別物 (NO.1) が投入量に対して 7.0%、主成分が PP talc である選別物 (NO.5) が投入量に対して 0.8%選別できた。この主成分が PP である選別物 (NO.1) の PP 純度は、後述する表 3-7 の測定結果より、90～93%であった。攪拌洗浄等が十分でなかったのが原因と想定されるが、重質ダスト (NO.6) が 56.6%と多く、ABS などが重質ダスト (NO.6) に混入しているものと想定される。今後プロセスを見直すことで改善は可能と思われる。



図 3-25 搬入された(株)鈴徳の小型家電由来のミックスプラスチック

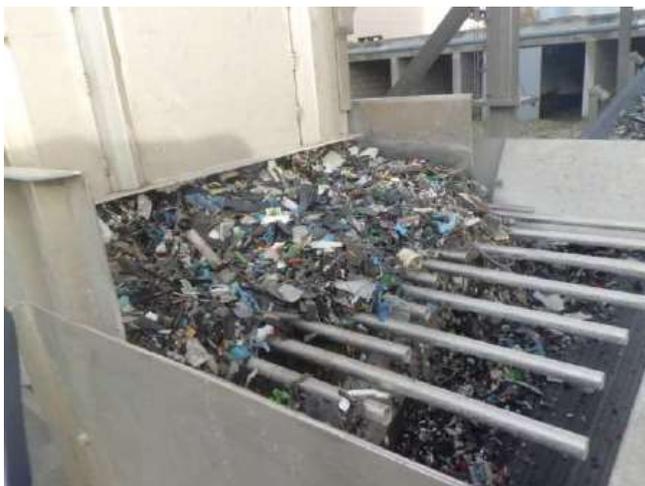


図 3-26 ホッパーでの投入の様子



図 3-27 粉砕機への投入の様子



図 3-28 重質ダストの分離後



図 3-29 除去された重質ダストの様子



図 3-30 PP、PE の分離



図 3-31 PS、ABS の分離



図 3-32 重質ダスト (比重 1.09 以上)



図 3-33 樹脂ダスト



図 3-34 軽質ダスト



図 3-35 選別された PE



図 3-36 選別された PPtalc10%



図 3-37 選別された PPtalc20%

表 3-3 小型家電由来のミックスプラスチック（投入量：15,260kg）の選別結果

選別物	選別項目	Galloo での実機による 選別実証試験結果	
		選別物の重量	選別物の全投入量 に対する割合
NO.1	PP	1,200kg	7.0%
NO.2	PE	200kg	1.2%
NO.3	PS	3,800kg	22.2%
NO.4	ABS	320kg	1.9%
NO.5	PP talc	130kg	0.8%
NO.6	PVC、金属くず、砂など (比重 1.09 以上のもの)	9,690kg	56.6%
NO.7	塵、ゴム、木くずなど	1,780kg	10.3%

注：NO.1 における PP の純度は、

後述する表 3-7 に示す国内での FT-IR による測定結果より 90~93% である。

注：投入量（15,260kg）に対して選別後の主成分の総重量（17,120kg）が

多いのは比重分離槽において液体が付着したためである。

(4) 製品プラスチックの選別実証試験の結果

製品プラスチック 12,819kg を Galloo Plastics が商業ベースで量産のために使用している実機を用いて選別実証試験を実施した。選別物の総重量が投入量の 12,819kg より重くなっているのは、比重分離槽において液体が付着しているからである。

Galloo Plastics の量産で使用している実機を用いて選別実証試験を実施した。FT-IR および Galloo での試験室での簡易比重分離では PP が 73.6~80.7%（表 2-10 参照）であったのに対して、選別実証試験結果では主成分が PP である選別物（NO.1）の割合は 46.4%と低い結果となった。この主成分が PP である選別物（NO.1）の PP 純度は、後述する表 3-8 の測定結果より、97~99%であった。比重 1.09 以上のものの重質ダストと塵、ゴム等が組成調査結果では、あわせて 1.0%以下（表 2-10 参照）であったにも関わらず、選別実証試験結果では重質ダスト（NO.6）が 12.1%、塵、ゴム、木くずなど（NO.7）が 15.3%となっていることから、PP が残渣となっていることがわかった。原因としては、PP に付着したダストが攪拌洗浄により取りきれず重質ダストとになり、Galloo Plastics による二回目の破碎により粒径が細くなりすぎて軽質ダストになったものと想定される。

今後は、破碎プロセスを見直すことにより、PP の収率を 80%近くにすることが求められる。



図 3-38 搬入された秋田エコプラッシュ(株)の製品プラスチックの破砕物 (フレコン)



図 3-39 搬入された秋田エコプラッシュ(株)の製品プラスチックの破砕物 (ストックヤード)



図 3-40 ホッパーでの投入の様子



図 3-41 粉碎機への投入の様子



図 3-42 PP/PE、ABS/PS の分離



図 3-43 重質ダスト(比重 1.09 以上)



図 3-44 樹脂ダスト



図 3-45 軽質ダスト



図 3-46 ゴム系ダスト



図 3-47 選別された PE



図 3-48 選別された PS

表 3-4 製品プラスチックの（投入量 12,819kg）の選別結果

選別物	主成分	Galoo での実機による比重分離による選別実証試験結果	
		選別物の重量	選別物の全投入量に対する割合
NO.1	PP	6,960kg	46.4%
NO.2	PE	2,400kg	16.0%
NO.3	PS	1,260kg	8.4%
NO.4	ABS	80kg	0.5%
NO.5	PP talc	190kg	1.3%
NO.6	樹脂、金属など （比重 1.09 以上のもの）	1,810kg	12.1%
NO.7	塵、ゴムなど	2,300kg	15.3%

注：NO.1 における PP の純度は、

後述する表 3-8 に示す国内での FT-IR による測定結果より 97~99%である。

注：投入量（12,819kg）に対して選別後の主成分の総重量（15,000kg）が

多いのは比重分離槽において液体が付着したためである。

3. 3 主成分がPPである選別物の物性及び選別純度の検証

フランスの Galloo Plastics で選別した主成分がPPである選別物（主成分がPP talcである選別物は含まない）を Galloo Plastics、(株)日泉、(株)神戸工業試験場の3か所で物性測定を行った。Galloo Plastics では、均一化せずにロットごとにサンプリングし、ペレット化したもので物性測定を行った。(株)日泉では Galloo Plastics で選別されたPP480kgをタンブラーにて均一にして、ペレット化したもので物性試験を行った。(株)神戸工業試験場では(株)日泉でペレット化したもので物性測定を行った。それぞれの場所で複数のサンプルで物性測定を行ったが、表3-5には平均値を記載している。

それぞれのミックスプラスチックからの主成分がPPである選別物のPP純度測定については、Galloo Plastics と国内で行った。Galloo Plastics では、GSCを用いて算出。国内ではサンプルの粒径が細かすぎることももあり、サンプル量を少なくして、FT-IR と比重分離により把握した。Galloo Plastics、国内ともに選別物はペレット化していないフレーク状態のままで純度測定を行った。

3.3.1. ASR 由来プラスチックからの主成分がPPである選別物の物性及び選別純度の検証

Galloo Plastics にて選別した主成分がPPである選別物を Galloo Plastics、(株)日泉、(株)神戸工業試験場にて物性試験を行った。MFRは20~25ほどあるものの、通常の自動車で使われるストレートPPの物性と比較すると、シャルピー・アイゾットの両方の衝撃強度は高く、引張弾性率および曲げ弾性率は低い結果となった。これは、Galloo Plastics の選別工程において、ストレートPPと同比重のゴムの混入があったためだと想定される。工業製品向けリサイクルコンパウンドPPの原料として使う場合、いかに弾性率を高める処方を行っていくかが重要となる。



図3-49 ASR 由来プラスチックからの主成分がPPである選別物

表 3-5 ASR 由来ミックスプラスチックからの主成分が PP である選別物の物理物性試験結果

項目		基準		単位	測定場所		
		ISO	JIS		Galoo	日泉	神戸
talc 含有量		内部管理項目		%	2.7		
比重		1183	K7112			0.91	
引張り	強さ	527	K7162	MPa	14.7	18.1	17.9
	降伏強さ保持率			%			9.7
	破断ひずみ			%	24	20.9	29.7
	弾性率			MPa		791.3	787
シャルピー 衝撃強度	23℃ノッチ付	179	K7111	kJ/m2			11.9
	-20℃ノッチ付			kJ/m2			5
アイゾット 衝撃強度	23℃ノッチ付	180	K7110	kJ/m2	25.1	25.1	
荷重たわみ温度	1.8MPa	75	K7191	℃			54.9
	0.45MPa			℃			76.6
ロックウエル	R Scale	2039	K7202				25.6
MFR		1133	K7210	g/10 min	20.1	25.4	
曲げ強さ		178	K7113	MPa		23.4	
曲げ弾性率				MPa	706	774	
純度		内部管理項目		%	97	97~99	

3.3.2. 家電 4 品目由来のミックスプラスチックからの主成分が PP である選別物の物性及び選別純度の検証

Galloo Plastics にて選別した主成分が PP である選別物を Galloo Plastics、(株)日泉、(株)神戸工業試験場にて物性試験を行った。MFR が 30 程度と流動性が良好な上、その他物性についても良い結果が出た。この結果からリサイクルコンパウンド PP の原料として有望であることがわかった。



図 3-50 家電 4 品目由来ミックスプラスチックからの主成分が PP である選別物

表 3-6 家電 4 品目由来ミックスプラスチックからの主成分が PP である選別物の物理物性試験結果

項目		基準		単位	測定場所		
		ISO	JIS		Galloo	日泉	神戸
talc 含有量		内部管理項目		%	1.4		
比重		1183	K7112			0.92	
引張り	強さ	527	K7162	MPa	22.7	23.91	23.2
	降伏強さ保持率			%			6.7
	破断ひずみ			%	17.9	20.3	34.9
	弾性率			MPa		1134.3	1135
シャルピー 衝撃強度	23℃ノッチ付	179	K7111	kJ/m2			5.4
	-20℃ノッチ付			kJ/m2			2.1
アイゾット衝撃強度	23℃ノッチ付	180	K7110	kJ/m2	11.6	8.34	
荷重たわみ温度	1.8MPa	75	K7191	℃			58.3
	0.45MPa			℃			85.1
ロックウエル	R Scale	2039	K7202				54.3
MFR		1133	K7210	g/10 min	29.2	33.6	
曲げ強さ		178	K7113	MPa		34	
曲げ弾性率				MPa	1144	1194	
純度		内部管理項目		%	98.5	97~99	

3.3.3. 小型家電由来のミックスプラスチックからの主成分が PP である選別物の物性及び選別純度の検証

Galloo Plastics にて選別した PP が主成分である選別物を Galloo Plastics、(株)日泉、(株)神戸工業試験場にて物性試験を行った。Galloo Plastics での選別実証試験では、小型由来のプラスチック内に PP の含有量が少なく、比重選別の条件出しが完了する前に選別が完了したため、他のサンプル品に比べて純度が低い結果となった。条件を調整すれば、95%以上に純度は向上するものと考えられる。現状のサンプルには、PE が一部 PP 混入していたため、MFR も低くなったものと想定される。純度が向上されれば、家電 4 品目に近い物性のものが回収できるものと想定される。



図 3-51 小型家電由来ミックスプラスチックからの主成分が PP である選別物

表 3-7 小型家電由来ミックスプラスチックからの主成分が PP である選別物の物理物性試験結果

項目		基準		単位	測定場所		
		ISO	JIS		Galoo	日泉	神戸
talc 含有量		内部管理項目		%	1.25		
比重		1183	K7112			0.93	
引張り	強さ	527	K7162	MPa	19.87	22.91	22.5
	降伏強さ保持率			%			7.7
	破断ひずみ			%	12.69	15.8	21
	弾性率			MPa		1074.8	1126
シャルピー 衝撃強度	23℃ノッチ付	179	K7111	kJ/m2			5.4
	-20℃ノッチ付			kJ/m2			2
アイゾット 衝撃強度	23℃ノッチ付	180	K7110	kJ/m2	5.5	8.2	
荷重たわみ温度	1.8MPa	75	K7191	℃			58.2
	0.45MPa			℃			84.7
ロックウエル	R Scale	2039	K7202				50.8
MFR		1133	K7210	g/10 min	4.8	16.2	
曲げ強さ		178	K7113	MPa		31.8	
曲げ弾性率				MPa	869	1109	
純度		内部管理項目		%	85.5	90~93	

3.3.4. 製品プラスチックからの主成分が PP である選別物の物性及び選別純度の検証

Galloo Plastics にて選別した PP が主成分である選別物を Galloo Plastics、(株)日泉、(株)神戸工業試験場にて物性試験を行った。MFR は 20 弱ではあるが、引張・曲げ弾性率も 1000 前後と良好な値であった。製品プラスチックでは主にホモポリマーの PP が使われるため、コポリマーの PP が使用される他のミックスプラスチック由来の PP に比較してシャルピー・アイゾット衝撃強度の低い値がでることを予想していた。しかしながら、若干他 PP よりも衝撃値が低いながらも良好な結果であった。リサイクルコンパウンド PP の原料として十分利用価値が高いものである。



図 3-52 製品プラスチックからの主成分が PP である選別物

表 3-8 製品プラスチックからの主成分が PP である選別物の物理物性試験結果

項目		基準		単位	測定場所		
		ISO	JIS		Galoo	日泉	神戸
talc 含有量		内部管理項目		%	0.5		
比重		1183	K7112			0.91	
引張り	強さ	527	K7162	MPa	23.2	25.25	24.6
	降伏強さ保持率			%			9.4
	破断ひずみ			%	44.3	97.6	205.7
	弾性率			MPa		1040.5	1106
シャルピー 衝撃強度	23℃ノッチ付	179	K7111	kJ/m2			4.6
	-20℃ノッチ付			kJ/m2			1.9
アイゾット 衝撃強度	23℃ノッチ付	180	K7110	kJ/m2	8.5	7.4	
荷重たわみ温度	1.8MPa	75	K7191	℃			57.4
	0.45MPa			℃			83.9
ロックウエル	R Scale	2039	K7202				57.4
MFR		1133	K7210	g/10 min	19.5	18.6	
曲げ強さ		178	K7113	MPa		32.5	
曲げ弾性率				MPa	892	1073	
純度		内部管理項目		%	96.8	97~99	

3. 4 高度比重選別技術の評価

3.4.1. Galloo Plastics の高度比重選別技術の評価方法

ここでは、本実証事業で用いた Galloo Plastics の高度比重選別技術を、2.2.3 のミックスプラスチックの組成分析の結果、3.2.2 の Galloo Plastics の比重選別実証試験の結果、3.3 の PP 純度分析の結果を用いることによって、光選別技術および国内で主な比重選別方法である水比重選別技術と比較し評価した。光選別は近赤外線が主流で、材質により反射する波長が異なることを利用し、特定材質の選別を行う。ただし、黒色の材質の場合、光が完全に吸収されるため選別ができない。水比重選別技術は水（比重 1.0）を用いて、浮くもの（比重 1.0 以下の材質）、沈むもの（比重 1.0 以上の材質）を選別する技術である。水比重選別技術は、主に、水に浮く比重 1.0 以下である、PP、talc 含有量（約 10%以下）、PE の混合物を抽出するために用いられる。

光選別技術においては、選別される主成分が PP である選別物の PP の純度は同様のレベルと想定されるため、比重選別実証試験の結果から導き出される Galloo Plastics の高度比重選別技術の PP の回収率と想定される光選別の PP の回収ポテンシャルを比較した。水比重選別技術においては、Galloo Plastics の高度比重選別が水を含む多様な液体で比重選別を行うことから PP の回収率の比較は意味がない。そのため PP の純度にて比較を行った。いずれも PPtalc は含まず、PP について比較した。

3.4.2.それぞれ指標の算出方法

(1) Galloo Plastics の高度比重選別技術により回収された PP 重量の比率

表 3-9 に、Galloo Plastics の高度比重選別技術により回収された PP 重量の比率（回収率）を算出した結果を示す。Galloo Plastics の高度比重選別技術での PP 回収率の算出については、まず Galloo Plastics での選別実証試験での ASR 由来、家電 4 品目由来、小型家電由来、製品プラスチック由来のそれぞれのミックスプラスチック投入量（表 3-9 の①）に対して、3.2.2 の主成分が PP である選別物の割合（表 3-9 の②）および 3.3 の国内で FT-IR を用いて測定した選別物の PP 純度（表 3-9 の③）を乗じることで選別物中の PP 重量（表 3-9 の④）を算出。また、2.2.3 のそれぞれのミックスプラスチックのサンプルを国内で FT-IR で組成分析した結果である PP 比率（表 3-9 の⑤）が投入量したミックスプラスチックにも同様の比率で PP が含まれていると想定することで、投入されたミックスプラスチックに含有する PP の重量の理論値（表 3-9 の⑥）を算出した。そして、Galloo Plastics での選別実証事業で主成分が PP である選別物中の PP 重量（表 3-9 の④）を投入されたミックスプラスチックに含有する PP 重量の理論値（表 3-9 の⑥）で割ることで Galloo Plastics の高度比重選別技術での PP 回収率（表 3-9 の⑦）を算出した。

(2) Galloo Plastics の比重選別技術と光選別技術による PP の回収ポテンシャルの比較

表 3-10 に、光選別技術の PP の回収ポテンシャルを算出した結果を示す。光選別技術の回収ポテンシャルの算出については、まず光選別は黒色を選別できないこと、黒以外は完全に選別できること、PP 純度は 97~99%となることを前提とした。Galloo Plastics の選別実証試験で投入したものと全く同様のミックスプラスチックをそれぞれ光選別技術で選別を行うことを想定した場合、投入ミックスプラスチックの黒色樹脂の比率（表 3-10 の①）および PP の比率（表 3-10 の②）はそれ

ぞれ 2.2.3 で分析した結果となると想定される。黒色樹脂の比率から算出される黒色樹脂以外の比率（1-黒色樹脂比率）、PP の比率、PP の純度（97～99%）を乗じることで、光選別での PP の回収ポテンシャル（表 3-10 の④）を算出した。

(3) Galloo Plastics の比重選別技術と水比重選別で選別する PP 主成分の PP 純度の比較

表 3-11 に、水での比重選別における PP 純度を算出した結果を示す。水比重選別における PP 純度の算出については、選別される主成分が PP である選別物とみなされるものは比重 1 以下の物質が全て混ざった状態であることを前提とする。Galoo Plastics の選別実証試験で投入したものと全く同様のミックスプラスチックをそれぞれ水による比重選別で選別した場合、主成分が PP である選別物とみなされるものの比率は 2.2.3 の FT-IR での組成分析の結果の PP 比率、PE 比率、その他（軽質ダスト）の合計値（表 3-11 の①）と想定される。PP 比率をこの合計値で割ることで PP 純度を算出する。Galoo Plastics の高度比重選別技術で選別する PP の純度については、比重選別実証事業の結果である 3.3 の結果を用いる。

3.4.3. Galloo Plastics の高度比重選別技術の評価

(1) 光選別技術による PP の回収ポテンシャルの比較

Galoo Plastics の高度比重選別技術の PP 回収率と光選別で想定される PP の回収のポテンシャルについては ASR 由来ミックスプラスチックは黒色の比率が 94%と高いこともあり、回収率では光選別と比べて大きな優位性があった。家電 4 品目由来ミックスプラスチックについては、FT-IR での組成分析において、篩いの下樹脂が細かすぎて 10mm アンダープラとなり、分析不能となったため、PP の比率が実態より低くなっている。そのため、Galoo Plastics の比重選別実証試験結果の投入量に占める主成分が PP である選別物の割合は国内で行った FT-IR での組成分析の PP 比率を上回る結果となった。PP の回収率においては 100%を超える結果となったため、NG とした。小型家電由来ミックスプラスチックについては、黒色比率が 78%と高いこともあり、Galoo Plastics の比重選別実証試験での回収率は光選別よりも優位性があった。製品プラスチック由来のミックスプラスチックについては、黒色が 2%と低い比率であること、Galoo Plastics での比重選別実証試験では条件出しが十分でなかったために PP の回収率が低いこともあり、光選別が優位性のある結果となった。

(2) 水比重選別技術で選別する主成分が PP である選別物の PP 純度の比較

Galoo Plastics の比重選別実証試験での PP の純度は水比重選別と比較して、全てのミックスプラスチックで優位性があった。

(3) 国内での活用の可能性

今回の Galoo Plastics における比重選別実証試験は、限られた時間の中で、プラントの選別条件出しが十分でない中で実施したため、必ずしも回収率が十分な結果になったとは言えない。しかしながら、回収率は条件出しにより改善の余地がある上、純度については良い結果を得ることができたため、今後の本技術の国内での活用は十分期待ができる。

表 3-9 Galloo Plastics の高度比重選別技術により回収された PP 重量の比率

投入ミックスプラスチック (投入物)	Galloo での 比重選別実証試験の結果				投入ミックスプラス チックに存在する PP の比率と含有量		⑦ PP 重量 (理論値) に対する 選別後 PP 重量の比 率 (回収率)
	① 投入量	② 投入量に 占める PP が主成分 である選 別物の割 合	③ 選別物の PP の純度	④ 選別物中 の PP 重量	⑤ 国内での FT-IR に より測定 した PP の比率	⑥ FT-IR の結 果から想 定される PP 重量 (理論値)	
ASR 由来	11,814kg	30.00%	97~99%	3,438~ 3,509kg	39.20%	4,631kg	74.2~ 75.77%
家電 4 品目 由来	15,426kg	36.90%	97~99%	5,521~ 5,635kg	27.20%	4,196kg	131.16~ 134.31% (NG)
小型家電 由来	15,260kg	7.00%	90~93%	961~ 993kg	10.50%	1,602kg	60.00~ 62.00%
製品プラスチ ック由来	12,819kg	46.40%	97~99%	5,770~ 5,889kg	73.60%	9,435kg	61.15~ 62.41%

注：家電 4 品目由来ミックスプラスチックについては、サンプルの樹脂のサイズが細かすぎて分析不能となったため、⑤の PP 比率は実態より低くなっている。その影響で⑦の PP の回収率においては 100%を超える結果となったため、NG とした。

- ① 投入量：Galloo での比重選別実証試験にて投入ミックスプラスチックの重量(3.2.2 参照)
- ② 投入量に占める PP が主成分である選別物の割合：Galloo での比重選別実証試験における選別後の主成分総重量に占める PP 主成分の割合(3.2.2 参照)
- ③ 選別物の PP の純度：Galloo での比重選別実証試験で選別した PP 主成分を国内で FT-IR を用いて分析した結果(3.3 参照)
- ④ 選別物中の PP の重量：Galloo の比重選別により回収できた PP の重量 (①×②×③)
- ⑤ 国内での FT-IR により測定した PP の比率：投入ミックスプラスチックを国内の FT-IR で組成分析をした結果 (2.2.3 参照)
- ⑥ FT-IR の結果から想定される PP 重量 (理論値)：投入ミックスプラスチック中に存在する PP の重量 (理論値) (①×⑤)
- ⑦ PP 重量(理論値) に対する選別後 PP 重量の比率：投入ミックスプラスチック中に存在する PP 重量(理論値)に対し、Galloo 比重選別により回収できた PP 重量の割合 (④/⑥)

表 3-10 Galloo Plastics の比重選別技術と光選別技術による PP の回収ポテンシャルの比較

投入ミックスプラスチック (投入物)	光選別で想定される PP の回収ポテンシャル				⑤ Galloo 比重選別 技術による PP の 回収率
	① 投入物における黒色樹脂の比率	② 投入物における、国内での FT-IR による PP の比率	③ 光選別で実現可能な PP の純度 (設定値)	④ PP の回収ポテンシャル	
ASR 由来	94%	39.20%	97~99%	5.82~ 5.94%	74.2~75.77%
家電 4 品目由来	27%	27.20%	97~99%	70.81~ 72.27%	131.16~134.31% (NG)
小型家電由来	78%	10.50%	97~99%	21.34~ 21.78%	60.00~62.00%
製品プラスチック由来	2%	73.60%	97~99%	95.06.~ 97.02%	61.15~62.41%

注：光選別は、黒色樹脂が選別出来ない、選別で実現可能な PP の純度を 97~99%と仮で設定した。

- ① 投入物における黒色樹脂の比率：国内で測定したミックスプラスチック中の黒色樹脂の重量比率（目視により選別し重量を測定後、比率を算出。2.2.3.参照）
- ② 投入物における、国内での FT-IR による PP の比率：ミックスプラスチックを国内の FT-IR で組成分析をした結果（2.2.3 参照）
- ③ 光選別で実現可能な PP の純度（設定値）：投入プラスチックを光選別により選別された主成分が PP である選別物の PP の純度（97~99%と仮定して設定）
- ④ PP の回収ポテンシャル：光選別によって投入ミックスプラスチックから回収可能な PP の割合 $((1-①) \times ② \times ③)$
- ⑤ Galloo 比重選別技術による PP の回収率：表 3-9 の⑦の値。具体的には投入ミックスプラスチック中に存在する PP 重量(理論値)に対し、Galloo 比重選別により回収できた PP 重量の割合。

表 3-11 Galloo Plastics の比重選別技術と水比重選別で選別する PP 主成分の PP 純度の比較

投入ミックスプラスチック (投入物)	① 投入ミックスプラスチック中の 比重 1.0 以下の成分比率 (国内における FT-IR による組成分析)				② 水比重選別により測定した 主成分が PP である選別物の PP の純度	③ Galloo の比重選別により測定した 主成分が PP である選別物の PP の純度
	PP 比率	PE 比率	その他の 比率 (ゴム・ウレタン・木くずなど)	計		
ASR 由来	39.2%	13.1%	13.7%	66.0%	59.4%	97～99%
家電 4 品目由来	27.2%	0.0%	13.1%	40.3%	67.5%	97～99%
小型家電由来	10.5%	5.2%	4.0%	19.7%	53.3%	90～93%
製品プラスチック由来	73.6%	13.6%	0.9%	88.1%	83.5%	97～99%

注：水比重選別では水（比重 1.0）に浮く比重 1.0 以下である PP、PE、その他（ゴム、ウレタン、木くずなど）が混合物として抽出される。その混合物を主成分が PP である選別物としてみなすことにする。

- ① 投入ミックスプラスチック中の比重 1.0 以下の成分比率：国内における FT-IR の組成分析（2.2.3 参照）において比重 1.0 以下とみなされる成分の比率
- ② 水比重選別により測定した主成分が PP である選別物の PP の純度：国内における FT-IR の組成分析から試算される比重 1.0 以下の成分に占める PP の割合（①の PP 比率／①の比重 1.0 以下の成分比率計）
- ③ Galloo の比重選別により測定した主成分が PP である選別物の PP の純度：Galloo での比重選別実証試験で選別した主成分が PP である選別物を国内で FT-IR を用いて分析した結果（3.3 参照）

4. ミックスプラスチックの選別樹脂を使用したコンパウンド試験

4. 1 未利用プラスチックの独自コンパウンド技術開発

4.1.1.国内自動車、家電メーカーが求める物性要件

国内自動車メーカーすべてと主要な自動車部品メーカー7社、家電メーカー3社にヒアリングを行い、リサイクル材に求める要件について把握した。具体的なリサイクル材の利用目標を掲げているのは、トヨタ自動車は2015年までに特定車種で20%(植物由来等のエコプラスチック含む)、日産自動車が2016年までに25%という目標であり、他社は、目標を具体化していない、または社内で目標値を設定しているものの、公表を行ってなかった。現状のリサイクルの取り組みは、バンパーリサイクルが主流であり、他の部品への展開については、あまり積極的に公開されておらず、取り組みを進めているメーカーとリサイクル材活用の拡大を断念したメーカーに分かれる。多くのメーカーはリサイクル材に対する懸念点として、価格、品質、供給の安定性を挙げた。現在のリサイクル材は多くが工程内廃材を再利用したものであり、供給量が限られる。リサイクル材の活用拡大を断念した全てのメーカーは、主な理由として原料が確保できないことを理由に挙げた。本実証事業で進める有効活用されていないミックスプラスチックを原料としたリサイクル材については、ほぼ全てのメーカーが強い興味を示した。

本実証事業のリサイクル材の最大の欠点は様々な色のPPを原料とするため、黒色のリサイクル材しか作れないことである。しかしながら、自動車メーカー及び自動車部品メーカーが本実証事業のリサイクル材の適用を検討したい箇所は、エンジンアンダーカバー、シートアンダートレー、インパネアンダーカバー、バッテリートレイ、ボディアンダーカバー、フェンダーライナー、燃料タンクカバー、フロアカバー、疑似マフラーカバー、ウォータースプラッシュ、ハッチバックトレイ、配線カバー、燃料タンクカバーと多岐に渡った。これら部品は主に目に付かない部品であるため、黒色リサイクル材でも問題がない。

家電メーカーが今後適用したい部品及びリサイクル材を利用している箇所は、冷蔵庫のアンダーカバー、野菜室の仕切り板、洗濯機のホースを支える部材などであった。

メーカーヒアリングにより、自動車向けにはPPのみを用いたもの(以下、ストレートPPと呼ぶ)、PPに後添加でtalcを加えたもの(以下、PP+talcと呼ぶ)、PPに後添加でtalcおよびゴムを加えたもの(以下、PP+talc+ゴムと呼ぶ)を開発することにした。ストレートPPは主に内装部品、PP+talcは内装の一部および耐熱性または剛性が必要な部品、PP+talc+ゴムは主に外装部品に使われる。家電向けには主にストレートPP、PP+talcが使われるとのことであったが、ストレートPP使用量がPP+talcに比べて圧倒的に多いということから、ストレートPPのみを開発することにした。ただし、自動車向けおよび家電向けストレートPPの要求物性はほぼ同等であったため、グレードを統合することにした。リサイクル材の取引価格については、いずれのメーカーもバージン樹脂よりコストを安くすることが求めている。そのため廉価グレードとして安いプラスチック製容器包装由来のリサイクルPP(容リ)も増量剤として活用したコンパウンドも行うこととした。よって、ストレートPP、PP+talc、PP+talc+ゴムの3グレードに、各ミックスプラスチック由来の選別PPだけを用いたもの、加えて容リを増量剤として用いたものの2水準の合計6グレードを開発することにした。

要求物性については、バージン材より要求物性の低いリサイクル材の物性規格を持っているメー

カーもあるものの、現行の使用しているバージン材の物性を満たしていることを条件としているメーカーもある。ハードルは上がるものの、本実証事業ではバージン材を想定した目標物性値を設定した。また日系メーカーは成形のサイクルタイムを向上および軽量化対応による薄肉化のために、MFRを25~30以上を要求しているメーカーや部品メーカーが多かった。そのため、MFRは25以上をターゲットとした。

下記に開発グレードの種類と、今回開発グレードの目標として定めた物性値を示す。

表 4-1 開発グレードの開発種類

材料	容り無	容り有	ターゲット市場
ストレート PP	No.1	No.2	自動車、家電
PP+talc	No.3	No.4	自動車
PP+talc+ゴム	No.5	No.6	自動車

表 4-2 開発グレードの目標物性値

		基準		単位	自動車向け 家電向け	自動車向け	自動車向け
		ISO	JIS		ストレート PP	PP+talc	PP+talc+ゴム
比重		1183	K7112		0.91 以下	1.02 以下	1.03 以下
引張り	強さ	527	K7162	MPa	20 以上	23 以上	18 以上
	破断ひずみ			%	15 以上	5 以上	20 以上
	弾性率			MPa	950 以上	1800 以上	1400 以上
シャルピー 衝撃強度	23℃ノッチ付	179	K7111	kJ/m2	5 以上	3 以上	30 以上
	-20℃ノッチ付			kJ/m2	2 以上	1 以上	-
	-30℃ノッチ付			kJ/m2	-	-	3 以上
荷重たわみ温度	1.8MPa	75	K7191	℃	45 以上	-	55 以上
	0.45MPa			℃	80 以上	100 以上	95 以上
ロックウエル	R Scale	2039	K7202		確認のみ	確認のみ	確認のみ
MFR		1133	K7210	g/10 min	25~45	30~65	25~45
曲げ強さ		178	K7113	MPa	25 以上	25 以上	25 以上
曲げ弾性率				MPa	1000 以上	2000 以上	1500 以上

*talc は、15~17%含有

4.1.2.主成分がPPである選別物を活用したコンパウンド配合設計

Galloo Plasticsにて、ASRプラスチック由来、家電4品目由来、小型家電由来、製品プラスチックそれぞれからの主成分がPPである選別物を主要原料として、自動車メーカー、家電メーカーのターゲット物性に合うように、配合設計を実施した。

配合設計にあたっては、低コスト化のため、プラスチック製容器包装から選別したPPペレット（容り）も増量剤として加えたものと、加えていないケースとをそれぞれコンパウンドを行った。また小型家電由来の主成分がPPである選別物については、相対的に物性が低い上、ミックスプラスチック内のPPの含有率が低く現在は原料として期待はできないため、本実証事業ではリサイクルコンパウンドの原料としての使用は見送った。

表 4-3 ターゲット物性に向けた配合表（単位%）

基材名	ストレートPP		PP+talc		PP+talc+ゴム	
	容りなし No.1	容りあり No.2	容りなし No.3	容りあり No.4	容りなし No.5	容りあり No.6
自動車PP	12	12	10	10	13	13
家電PP	60	54	70	54	58	51
小型家電PP						
製品プラPP	25	12				
容りプラPP		18.8		15.8		6,7
talc			17	17	17	17
添加剤A	3	3	3	3	3	3
添加剤B		0.2		0.2		0.3
添加剤C					9	9
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

4.1.3.主成分がPPである選別物を活用したコンパウンド試作

Galloo Plasticsにて選別された主成分がPPである選別物を主体として、コンパウンド配合設計したものに基いてコンパウンドを行った。

コンパウンドは、実機の二軸のペレタイザーで40メッシュを通した後、ベビー機にて60メッシュを通してコンパウンドペレットを試作し、試験片を成形し、物性試験を行った。

物性試験の結果、ストレートPPについては、No.1、No.2ともに比重が若干目標値を未達、No.2については荷重たわみ温度も未達であったが、その他物性については、No.1、No.2とも要求物性を達成することができた。

ストレートPP+talcについては、No.3、No.4ともに比重が若干未達に加え、引張り・曲げ弾性率および荷重たわみ温度など未達となってしまった。talcなどの配合を若干増やすなどの調整が必要であるが、比重が更なることになってしまう。そのため、高結晶のPPが使われる部品などのリサイクルPPを配合することが必要になる。

ストレートPP+talc+ゴムについては、目標物性値が自動車で使われるPPのうち、最も高品質で

あるバンパーなどでも使われる PP に近い物性値であったこともあり、No.5、No.6 の多くの物性が目標値に未達となってしまった。目標値に近づけるためには、ゴム成分の変更や添加剤をさらに多く使用しなければならなくなるため、コストアップとなってしまふ。コストとバランスのとれた改良および目標物性値以下で問題ない部品をターゲットとする必要がある。



図 4-1 二軸の押出機を活用したコンパウンドコンパウンド試験の様子

表 4-4 ストレート PP のコンパウンド試験結果

		基準		単位	ストレート PP		
		ISO	JIS		ターゲット	容り無 No.1	容り有 No.2
比重		1183	K7112		0.91 以下	0.92	0.92
引張り	強さ	527	K7162	MPa	20 以上	22.1	19.6
	破断ひずみ			%	15 以上	31.8	20.3
	弾性率			MPa	950 以上	1073	950
シャルピー 衝撃強度	23℃ノッチ付	179	K7111	kJ/m2	5 以上	5.9	6.1
	-20℃ノッチ付			kJ/m2	2 以上	2.3	2.1
荷重たわみ温度	1.8MPa	75	K7191	℃	45 以上	56.9	55.3
	0.45MPa			℃	80 以上	84.6	76.8
ロックウエル	R Scale	2039	K7202		確認のみ	49.8	36.2
MFR		1133	K7210	g/10 min	25~45	30.4	33
曲げ強さ		178	K7113	MPa	25 以上	33.7	32.7
曲げ弾性率				MPa	1000 以上	1166	1134

表 4-5 talc 入り PP のコンパウンド試験結果

		基準		単位	PP+talc		
		ISO	JIS		ターゲット	容り無 No.3	容り有 No.4
比重		1183	K7112		1.02 以下	1.03	1.06
引張り	強さ	527	K7162	MPa	23 以上	20.6	18.8
	破断ひずみ			%	5 以上	16.5	9.4
	弾性率			MPa	1800 以上	1619.3	1633.9
シャルピー 衝撃強度	23℃ノッチ付	179	K7111	kJ/m2	3 以上	4.4	3.9
	-20℃ノッチ付			kJ/m2	1 以上	2.2	1.3
荷重たわみ温度	0.45MPa	75	K7191	℃	100 以上	96.5	91.2
ロックウエル	R Scale	2039	K7202		確認のみ		
MFR		1133	K7210	g/10 min	25	30.4	28.2
曲げ強さ		178	K7113	MPa	35 以上	36.2	34.6
曲げ弾性率				MPa	2000 以上	1806	1816

表 4-6 talc、ゴム入り PP のコンパウンド試験結果

		基準		単位	PP+talc+ゴム		
		ISO	JIS		ターゲット	容り無 No. 5	容り有 No. 6
比重		1183	K7112		1.03 以下	1.04	1.05
引張り	強さ	527	K7162	MPa	18 以上	18.3	16.7
	破断ひずみ			%	20 以上	26.4	21.9
	弾性率			MPa	1400 以上	1277	1198
シャルピー 衝撃強度	23℃ノッチ付	179	K7111	kJ/m2	30 以上	8.1	6.1
	-30℃ノッチ付			kJ/m2	3 以上	2.3	1.4
荷重たわみ温 度	1.8MPa	75	K7191	℃	55 以上	58.2	56.6
	0.45MPa			℃	95 以上	87.2	85.7
ロックウエル	R Scale	2039	K7202		確認のみ	12.2	3
MFR		1133	K7210	g/10 min	25~45	22	29.4
曲げ強さ		178	K7113	MPa	25 以上	30.6	30.7
曲げ弾性率				MPa	1500 以上	1496	1549

4. 2 自動車、家電メーカーによる物性確認評価

自動車、家電メーカーの要求物性にに基づき国内にてコンパウンドしたりサイクルコンパウンドPPの物性試験結果を提示し、物性面において要求物性上課題がないかについて、自動車メーカー4社、自動車部品メーカー3社、家電メーカー1社に対して、ヒアリングを行った。

ストレート PP 容り無品 (No.1) については、使用できる部品がある可能性があると全ての自動車メーカー、自動車部品メーカー、家電メーカーが答えた。ただし、硬さを表すロックウエルについては部品によっては改善が必要であるというメーカーもあった。ストレート PP 容り有品(No.2)については、自動車メーカーは2社、自動車部品メーカーでは2社、家電メーカーが部品に適用できる可能性があると答えた。改善が必要な物性値は荷重たわみ温度が挙げられた。

PP+talc については、自社内に規格や自社で成形実績がないため、判断ができないというメーカーが約半分を占めた。しかしながら、容り無品 (No.3) が使用できる部品がある可能性があると答えた自動車メーカー、部品メーカーはそれぞれ1社あった。容り無品も同様の結果であった。荷重たわみ温度が改善できれば適用できる可能性があると答えた部品メーカーは1社あった。

PP+talc+ゴム容り無品 (No.5) については、使用できる部品がある可能性があると自動車メーカーでは2社、自動車部品メーカーでは3社あった。No.5はバンパー材には劣るものの、バンパー材ほど物性が必要でなく、ストレート PP 以上に剛性、衝撃性、耐熱性などが求められる部品に適用できる可能性がある。衝撃値、MFRを改善すれば、使用できる可能性があると答えた自動車メーカーは1社あった。PP+talc+ゴム容り有品 (No.6) については、部品メーカー3社が適用可能な部品があるかもしれないと答えた。

上記は今回測定を行った物性値のみを見て判断を行ってもらった結果である。多くのメーカーが部品に使用するための判断として、コストだけでなく、今後、耐侯試験、耐熱試験、におい、部品評価、環境負荷物質の確認、ロット間のぶれ確認などが必要であると答えた。

今回の実証試験は、期間が限られており、配合設計して1回の試作しかしていないため、ターゲット物性に未達の物性項目もあるが、配合変更により、物性を改善することが可能である。そのため、本実証事業で使用した原料、選別技術、コンパウンド技術は工業製品向けに十分適用が可能であることが分かった。また、増量剤として容りも十分利用できる可能性があることが分かった。

表 4-7 ユーザーへのヒアリング結果

項目	自動車メーカー				自動車部品メーカー			家電メーカーH社	
	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社		
ストレート PP	容り無 No.1	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	容り有 No.2	△	○	△	○	◎	△	◎	◎
PP+talc	容り無 No.3	—	—	—	○	○	—	△	—
	容り有 No.4	—	—	—	○	○	—	△	—
PP+talc+ゴム	容り無 No.5	×	○	○	△	○	◎	◎	—
	容り有 No.6	×	△	△	△	○	◎	◎	—

◎：現物性で使える可能性は十分高い

○：現物性で恐らく使えると思われる

△：特定の物性を改善すれば使える

×：使える見込みがない

—：判断ができない

5. 環境負荷低減効果の検証

5. 1 バウンダリーの設定

ASR、家電4品目、小型家電、製品プラスチック等のミックスプラスチック等を高度な比重選別により、PP、PPtalc、PE、PS、ABSを選別し、それぞれ破砕物を生産し、コンパウンドする事業を実施するため、ミックスプラスチックの引き受けからコンパウンドまでをバウンダリーとして設定した。なお、本実証試験における環境負荷低減効果については、環境省リサイクル推進室のエコタウン委員会にて決められたリサイクルプロセスのLCAの試算方法に基づいて試算した。

ASR由来、家電4品目由来、小型家電由来のミックスプラスチックの従来の処理方法は、燃料として利用されているため、オリジナルシステムとして、プラスチック燃料として試算し、製品プラスチックの従来の処理方法は、自治体の焼却施設にて焼却されているため、オリジナルシステムとして単純焼却として試算した。

その他リサイクル効果として、副産物である鉄スクラップ、非鉄金属スクラップ、残渣を代替燃料として試算した。

また、本実証試験を踏まえた結果と調達可能性などを踏まえ、事業実施する場合は、ASRプラと製品プラスチックを40%ずつ、家電4品目と小型家電由来のミックスプラスチックをそれぞれ10%ずつ回収する前提で試算した。

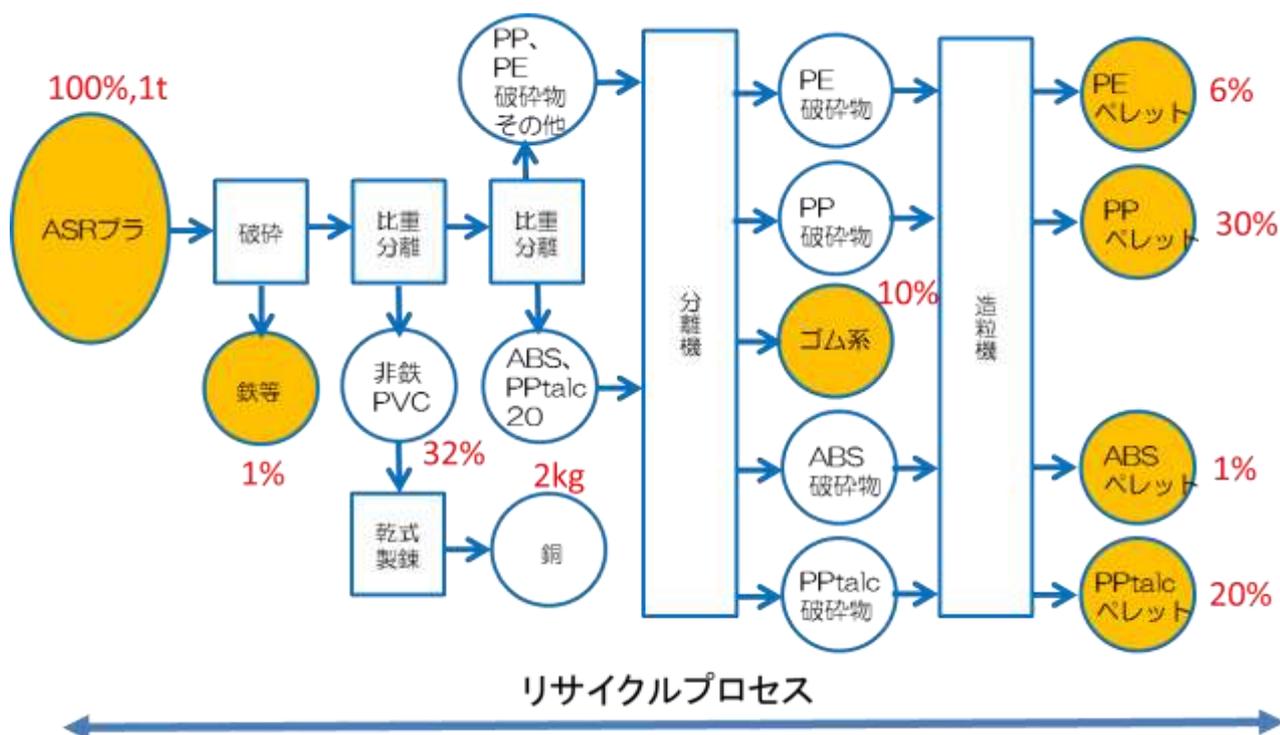


図 5-1 ASR 由来のミックスプラスチックのリサイクルプロセスのバウンダリー

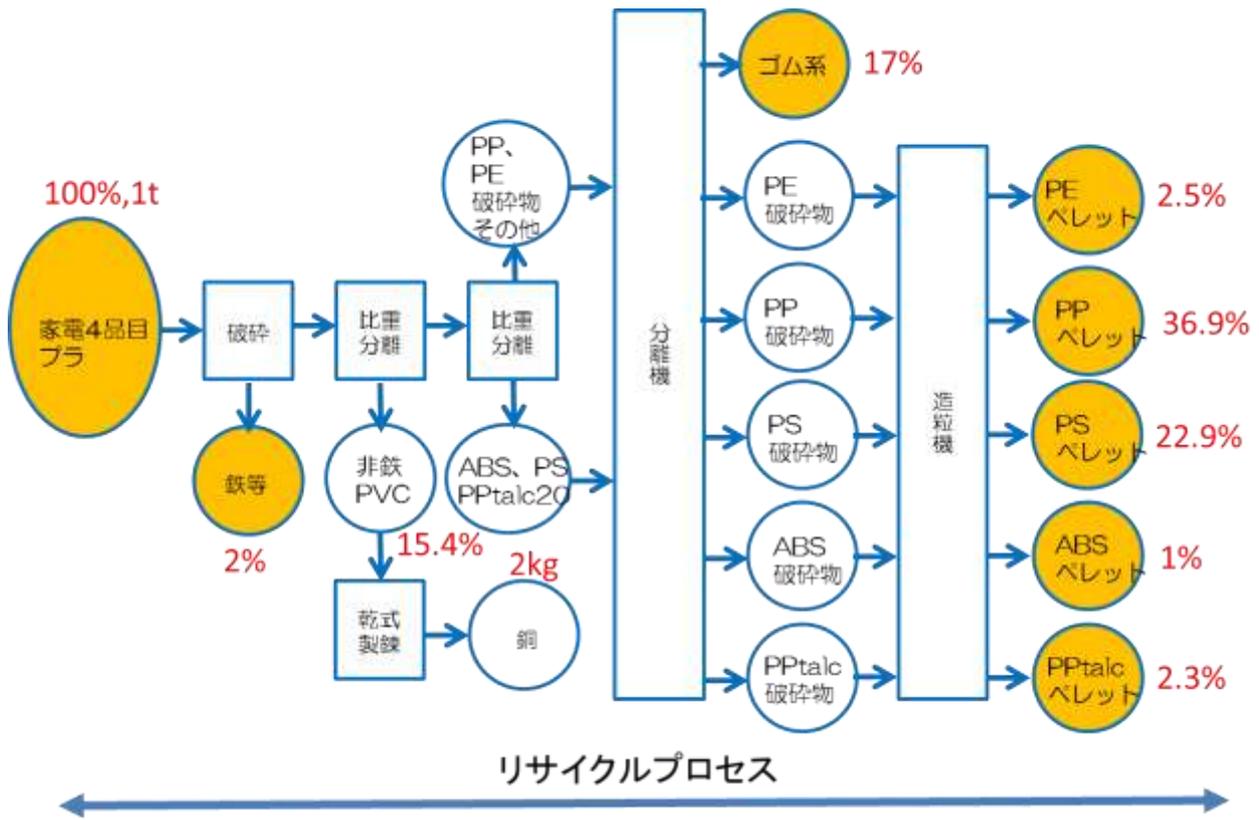


図 5-2 家電 4 品目由来のミックスプラスチックのリサイクルプロセスのバウンダリー

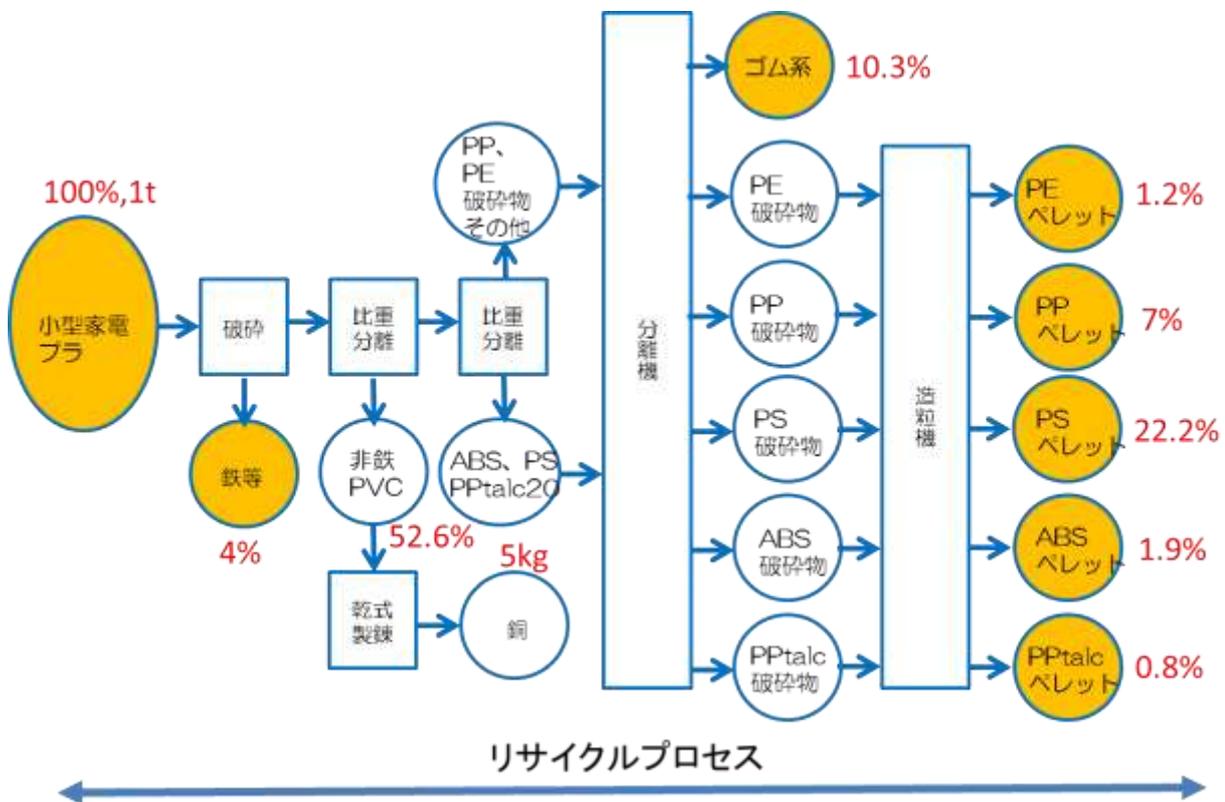


図 5-3 小型家電由来のミックスプラスチックのリサイクルプロセスのバウンダリー

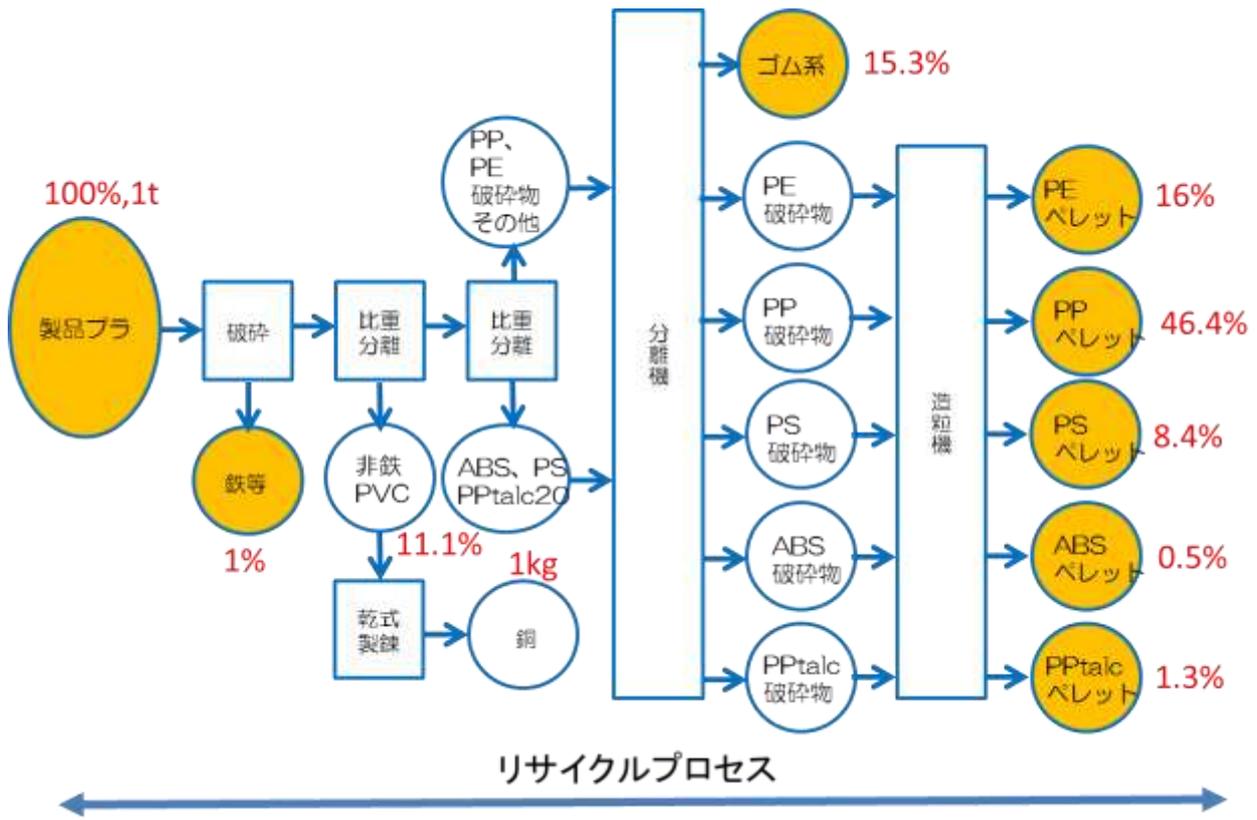


図 5-4 製品プラスチックのミックスプラスチックのリサイクルプロセスのバウンダリー

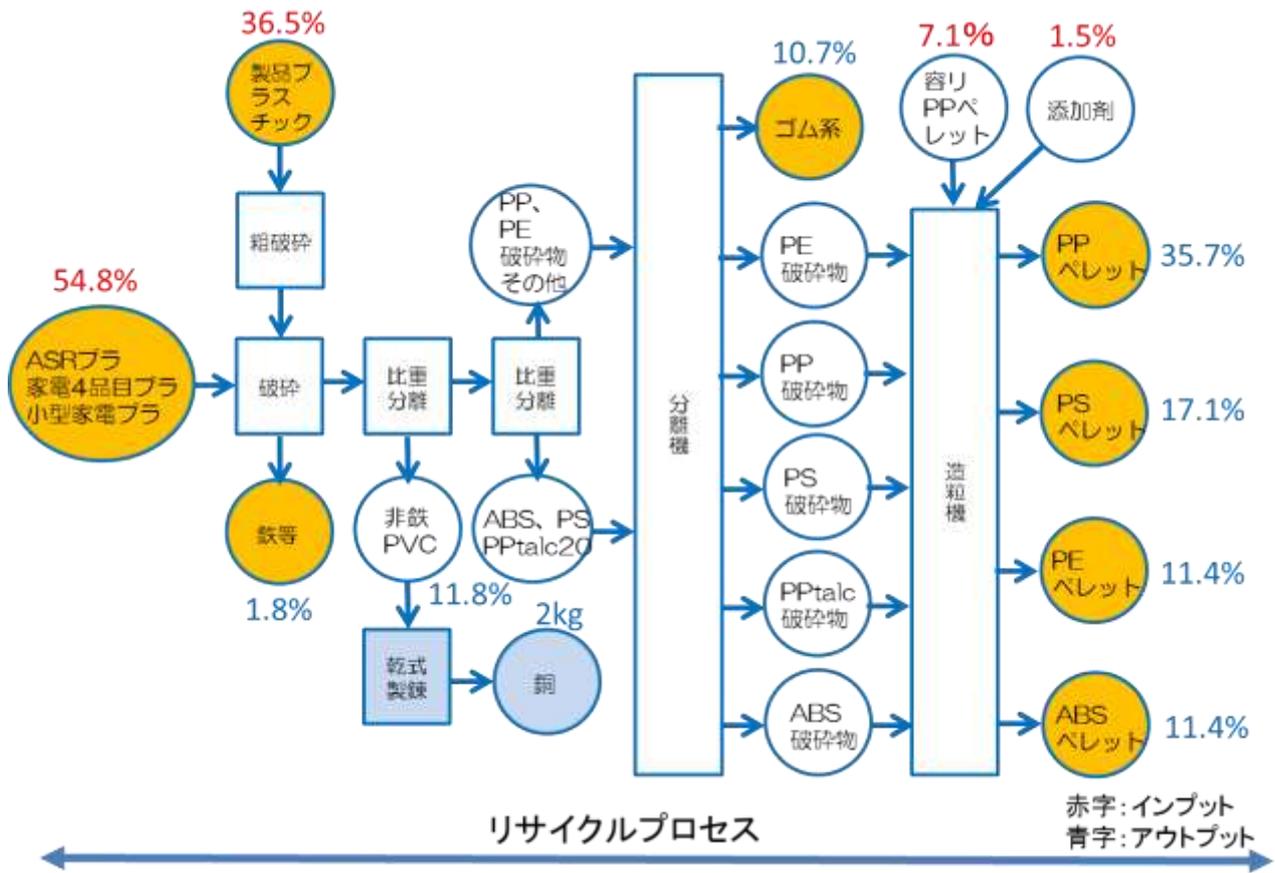


図 5-5 事業実施した場合のバウンダリー

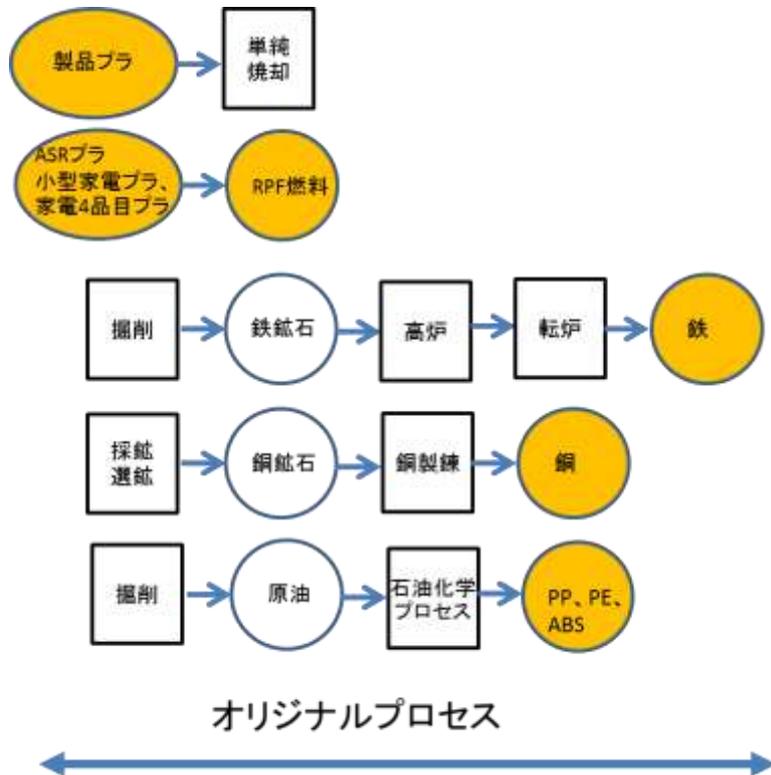


図 5-6 オリジナルプロセスとリサイクル効果

5. 2 ライフサイクルインベントリー試算結果

5.2.1.ASR 由来ミックスプラスチックを選別リサイクルした場合の二酸化炭素削減効果

ASR 由来ミックスプラスチックを高度比重分離技術によりリサイクルした場合の二酸化炭素削減効果について算定した。ASR 由来ミックスプラスチック 1t 処理あたりの二酸化炭素削減量は、表 5-1 から、(A+B)-(C+D)で計算され、729CO₂kg となった。

表 5-1 ASR由来のミックスプラスチックの高度比重分離によるリサイクルした場合の二酸化炭素削減効果

①ベースライン(現状)

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
A	1	ASRプラ燃料化		廃プラスチックの燃焼に伴う排出	1,000	kg	文献1	RPF燃料化	1.57	kgCO ₂ /kg	1,570
	合計										1,570

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
B	1	電気銅		ASRプラ1tあたり、2kg	2	kg	文献2	銅製造原単位(採鉱、選鉱、製錬まで)	3.67	kgCO ₂ /kg	7
	2	製鉄		鉄生産量	10	kg	文献5	鉄鉱石の掘削から鉄生産まで	1.18	kgCO ₂ /kg	12
	3	PP製造		PP生産量	500	kg	文献6	原油掘削から精製、PP生産まで	1.483	kgCO ₂ /kg	742
	4	PE製造		PE生産量	60	kg	文献6	原油掘削から精製、PE生産まで	1.326	kgCO ₂ /kg	80
	5	ABS製造		ABS生産量	10	kg	文献7	原油掘削から精製、ABS生産まで	3.98	kgCO ₂ /kg	40
	合計										880

②事業実施後

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
C	1	破砕	Gallooデータ	破砕機定格250kw、 負荷率0.7	175	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	101
	2	磁力選	Gallooデータ	定格2kw、10kg	2.00	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	1
	3	比重分離	Gallooデータ	定格835kw、負荷率 0.8、990kg	661	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	383
	4	比重分離	Gallooデータ	定格640kw、負荷率 0.8、670kg	343	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	199
	5	銅製錬	文献4	銅製錬2200kwh/t、 320kg	704	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	408
	6	残渣焼却	文献1	ゴム系焼却 1.72tCO ₂ /t、100kg	0.172	tCO ₂ /t					172
	7	分離機	Gallooデータ	定格330kw、負荷率 0.8、670kg	177	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	102
	8	その他付帯設備	Gallooデータ	定格143kw、負荷率 0.8	114	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	66.2
	9	ペレタイザー	日泉データ	定格250kw×5、負荷 率0.7、570kg	499	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	289
	合計										1,721

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
D											0
	合計										0

- 文献1 環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」(RPF燃料化)
 文献2 経済産業省「カーボンフットプリント制度試行事業CO₂換算量共通原単位データベースver.4.01(国内データ)」
 文献3 環境省 温室効果ガス算定・報告・公表制度 電気事業者別排出係数一覧の平成28年提出用
 文献4 日本鉱業協会 非鉄製錬業界における地球温暖化対策の取り組み、2015年12月
 文献5 3R原単位の算出方法、環境省 企画課循環型社会推進室
 文献6 石油化学製品のLCIデータ報告書、2009年3月
 文献7 カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム 基本データベースver. 1.01(国内データ)

注) A:オリジナルプロセス、B:リサイクルプロセスのリサイクル効果、C:リサイクルプロセス、D:オリジナルプロセスのリサイクル効果(該当なし)

5.2.2.家電 4 品目由来のミックスプラスチックを選別リサイクルした場合の二酸化炭素削減効果

家電 4 品目由来のミックスプラスチックを高度比重分離技術によりリサイクルした場合の二酸化炭素削減について算定した。家電 4 品目由来のミックスプラスチック 1t 処理あたりの二酸化炭素削減量は、表 5-2 から、(A+B)-(C+D)で計算され、957CO₂kg となった。

表 5-2 家電 4 品目由来のミックスプラスチックの高度比重分離によるリサイクルした場合の二酸化炭素削減効果

①ベースライン(現状)

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
A	1	家電4品目由来プラスチック		廃プラスチックの燃焼に伴う排出	1,000	kg	文献1	RPF燃料化	1.57	kgCO ₂ /kg	1,570
合計											1,570

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
B	1	電気鋼		家電プラ1tあたり、2kg	2	kg	文献2	銅製造原単位(採鉱、選鉱、製錬まで)	3.67	kgCO ₂ /kg	7
	2	製鉄		鉄生産量	20	kg	文献5	鉄鉱石の掘削から鉄生産まで	1.18	kgCO ₂ /kg	24
	3	PP製造		PP生産量	392	kg	文献6	原油掘削から精製、PP生産まで	1.483	kgCO ₂ /kg	581
	4	PE製造		PE生産量	25	kg	文献6	原油掘削から精製、PE生産まで	1.326	kgCO ₂ /kg	33
	5	PS製造		PS生産量	229	kg	文献6	原油掘削から精製、PS生産まで	1.92	kgCO ₂ /kg	440
	6	ABS製造		ABS生産量	10	kg	文献7	原油掘削から精製、ABS生産まで	3.98	kgCO ₂ /kg	40
合計											1,125

②事業実施後

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
C	1	破碎	Gallooデータ	破碎機定格250kw、負荷率0.7	175	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	101
	2	磁力選	Gallooデータ	定格2kw、20kg	2.00	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	1
	3	比重分離	Gallooデータ	定格835kw、負荷率0.8、980kg	655	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	379
	4	比重分離	Gallooデータ	定格640kw、負荷率0.8、826kg	423	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	245
	5	銅製錬	文献4	銅製錬2200kwh/t、154kg	339	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	196
	6	残渣焼却	文献1	ゴム系焼却1.72tCO ₂ /t、170kg	0.292	tCO ₂ /t					292
	7	分離機	Gallooデータ	定格330kw、負荷率0.8、826kg	218	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	126
	8	その他付帯設備	Gallooデータ	定格143kw、負荷率0.8	114	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	66.2
	9	ペレタイザー	日泉データ	定格250kw×5台、負荷率0.7、656kg	571	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	330
合計											1,738

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
D											0
合計											0

- 文献1 環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」(RPF燃料化)
 文献2 経済産業省「カーボンフットプリント制度試行事業CO₂換算量共通原単位データベースver.4.01(国内データ)」
 文献3 環境省 温室効果ガス算定・報告・公表制度 電気事業者別排出係数一覧の平成28年提出用
 文献4 日本鋳業協会 非鉄製錬業界における地球温暖化対策の取り組み、2015年12月
 文献5 3R原単位の算出方法、環境省 企画課循環型社会推進室
 文献6 石油化学製品のLCIデータ報告書、2009年3月
 文献7 カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム 基本データベースver. 1.01(国内データ)

注) A:オリジナルプロセス、B:リサイクルプロセスのリサイクル効果、C:リサイクルプロセス、D:オリジナルプロセスのリサイクル効果(該当なし)

5.2.3. 小型家電由来のミックスプラスチックを選別リサイクルした場合の二酸化炭素削減効果

小型家電由来のミックスプラスチックを高度比重分離技術によりリサイクルした場合の二酸化炭素削減について算定した。小型家電由来のミックスプラスチック 1t 処理あたりの二酸化炭素削減量は、表 5-3 から、(A+B)-(C+D)で計算され、520CO₂kg となった。

表 5-3 小型家電由来のミックスプラスチックの高度比重分離によるリサイクルした場合の二酸化炭素削減効果

①ベースライン(現状)

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
A	1	小型家電由来 プラ燃料化		廃プラスチックの燃焼 に伴う排出	1,000	kg	文献1	RPF燃料化	1.57	kgCO ₂ /kg	1,570
合計											1,570

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
B	1	電気鋼		小型家電プラ1tあたり、 5kg	5	kg	文献2	銅製造原単位(採鉱、 選鉱、製錬まで)	3.67	kgCO ₂ /kg	18
	2	製鉄		鉄生産量	40	kg	文献5	鉄鉱石の掘削から鉄 生産まで	1.18	kgCO ₂ /kg	47
	3	PP製造		PP生産量	78	kg	文献6	原油掘削から精製、 PP生産まで	1.483	kgCO ₂ /kg	116
	4	PE製造		PE生産量	12	kg	文献6	原油掘削から精製、 PE生産まで	1.326	kgCO ₂ /kg	16
	5	PS製造		PS生産量	222	kg	文献6	原油掘削から精製、 PS生産まで	1.92	kgCO ₂ /kg	426
	6	ABS製造		ABS生産量	19	kg	文献7	原油掘削から精製、 ABS生産まで	3.98	kgCO ₂ /kg	76
合計											699

②事業実施後

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
C	1	破碎	Gallooデータ	破碎機定格250kw、 負荷率0.7	175	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	101
	2	磁力選	Gallooデータ	定格2kw、40kg	2.00	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	1
	3	比重分離	Gallooデータ	定格835kw、負荷率 0.8、960kg	641	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	371
	4	比重分離	Gallooデータ	定格640kw、負荷率 0.8、434kg	222	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	129
	5	銅製錬	文献4	銅製錬2200kwh/t、 526kg	1,157	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	670
	6	残渣焼却	文献1	ゴム系焼却 1.72tCO ₂ /t、103kg	0.177	tCO ₂ /t					177
	7	分離機	Gallooデータ	定格330kw、負荷率 0.8、434kg	115	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	66
	8	その他付帯設 備	Gallooデータ	定格143kw、負荷率 0.8	114	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	66.2
	9	ペレタイザー	日泉データ	定格250kw×5台、負 荷率0.7、331kg	290	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	168
合計											1,750

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
D											0
合計											0

- 文献1 環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」(RPF燃料化)
 文献2 経済産業省「カーボンフットプリント制度試行事業CO₂換算量共通原単位データベースver.4.01(国内データ)」
 文献3 環境省 温室効果ガス算定・報告・公表制度 電気事業者別排出係数一覧の平成28年提出用
 文献4 日本鋳業協会 非鉄製錬業界における地球温暖化対策の取り組み、2015年12月
 文献5 3R原単位の算出方法、環境省 企画課循環型社会推進室
 文献6 石油化学製品のLCIデータ報告書、2009年3月
 文献7 カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム 基本データベースver. 1.01(国内データ)

注) A:オリジナルプロセス、B:リサイクルプロセスのリサイクル効果、C:リサイクルプロセス、D:オリジナルプロセスのリサイクル効果(該当なし)

5.2.4.製品プラスチックを選別リサイクルした場合の二酸化炭素削減効果

製品プラスチックを高度比重分離技術によりリサイクルした場合の二酸化炭素削減について算定した。製品プラスチック 1t 処理あたりの二酸化炭素削減量は、表 5-4 から、(A+B)-(C+D)で計算され、2,167CO₂kg となった。

表 5-4 製品プラスチックの高度比重分離によるリサイクルした場合の二酸化炭素削減効果

①ベースライン(現状)

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
A	1	単純焼却		廃プラスチックの燃焼に伴う排出	1,000	kg	文献1	単純焼却	2.77	kgCO ₂ /kg	2,770
合計											2,770

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
B	1	電気銅		製品プラ1tあたり、1kg	1	kg	文献2	銅製造原単位(採鉱、選鉱、製錬まで)	3.67	kgCO ₂ /kg	4
	2	製鉄		鉄生産量	10	kg	文献5	鉄鉱石の掘削から鉄生産まで	1.18	kgCO ₂ /kg	12
	3	PP製造		PP生産量	477	kg	文献6	原油掘削から精製、PP生産まで	1.483	kgCO ₂ /kg	707
	4	PE製造		PE生産量	160	kg	文献6	原油掘削から精製、PE生産まで	1.326	kgCO ₂ /kg	212
	5	PS製造		PS生産量	84	kg	文献6	原油掘削から精製、PS生産まで	1.92	kgCO ₂ /kg	161
	6	ABS製造		ABS生産量	5	kg	文献7	原油掘削から精製、ABS生産まで	3.98	kgCO ₂ /kg	20
合計											1,116

②事業実施後

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
C	1	破碎	Gallooデータ	破碎機定格250kw、負荷率0.7	175	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	101
	2	磁力選	Gallooデータ	定格2kw、10kg	2.00	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	1
	3	比重分離	Gallooデータ	定格835kw、負荷率0.8、990kg	661	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	383
	4	比重分離	Gallooデータ	定格640kw、負荷率0.8、879kg	450	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	261
	5	銅製錬	文献4	銅製錬2200kwh/t、111kg	244	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	141
	6	残渣焼却	文献1	ゴム系焼却1.72tCO ₂ /t、153kg	0.263	tCO ₂ /t					263
	7	分離機	Gallooデータ	定格330kw、負荷率0.8、879kg	232	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	134
	8	その他付帯設備	Gallooデータ	定格143kw、負荷率0.8	114	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	66.2
	9	ペレタイザー	日泉データ	定格250kw×5台、負荷率0.7、726kg	635	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	368
合計											1,719

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
D											0
合計											0

- 文献1 環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」(RPF燃料化)
- 文献2 経済産業省「カーボンフットプリント制度試行事業CO₂換算量共通原単位データベースver.4.01(国内データ)」
- 文献3 環境省 温室効果ガス算定・報告・公表制度 電気事業者別排出係数一覧の平成28年提出用
- 文献4 日本鉱業協会 非鉄製錬業界における地球温暖化対策の取り組み、2015年12月
- 文献5 3R原単位の算出方法、環境省 企画課循環型社会推進室
- 文献6 石油化学製品のLCIデータ報告書、2009年3月
- 文献7 カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム 基本データベースver. 1.01(国内データ)

注) A:オリジナルプロセス、B:リサイクルプロセスのリサイクル効果、C:リサイクルプロセス、D:オリジナルプロセスのリサイクル効果(該当なし)

5.2.5.事業実施した場合の二酸化炭素削減効果

事業実施時の投入量を 100%とした場合に、回収可能性から考慮して、ASR 由来のミックスプラスチックを 36.5%、家電 4 品目由来のミックスプラスチック 9.2%、小型家電由来のミックスプラスチック 9.2%、製品プラスチック 36.5%、プラスチック製容器包装の選別 PP7.1%、添加剤 1.5%の割合で投入し、これらを高度比重分離技術によりリサイクルした場合の二酸化炭素削減について算定した。ミックスプラスチック 1t 処理あたりの二酸化炭素削減量は、表 5-5 から、 $(A+B)-(C+D)$ で計算され、1,710kgCO₂/t となった。

二酸化炭素削減効果の分析の結果、収率の低い、小型家電由来のミックスプラスチックが最も二酸化炭素排出量削減効果が低く、オリジナルプロセスが燃料ではなく、単純焼却となっている製品プラスチックが最も二酸化炭素排出量削減効果が高い結果となった。

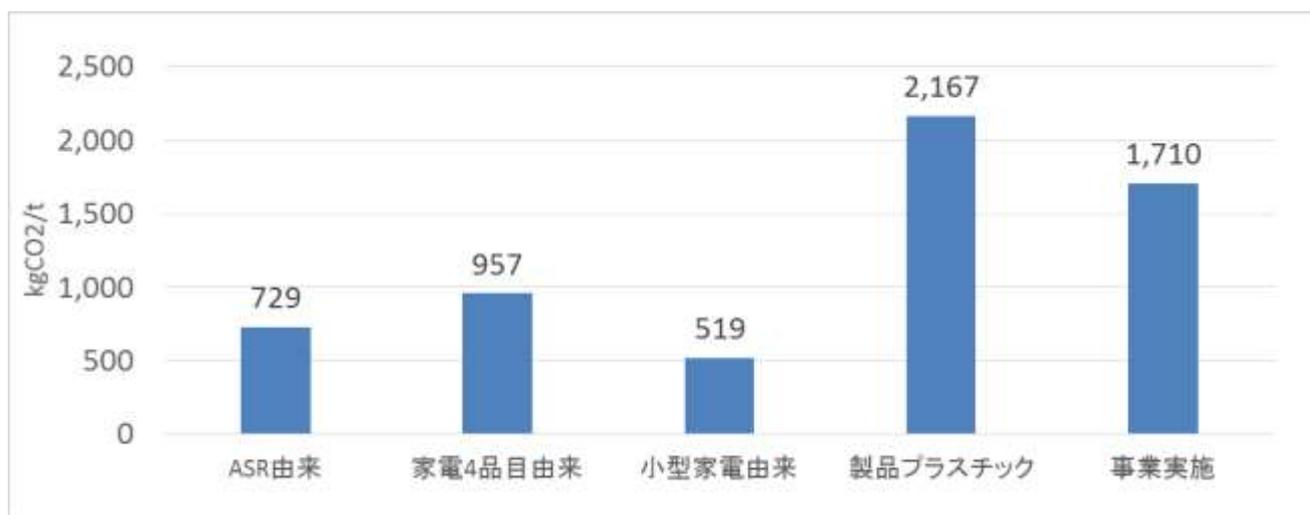


図 5-7 ミックスプラスチック 1t あたりの二酸化炭素削減効果(kgCO₂/t)

表 5-5 事業実施した場合の二酸化炭素削減効果

①ベースライン(現状)

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
A	1	単純焼却		廃プラスチックの燃焼に伴う排出	365	kg	文献1	単純焼却	2.77	kgCO ₂ /kg	1,011
	2	プラ燃料化		廃プラスチックの燃焼に伴う排出	548	kg	文献1	RPF燃料化	1.57	kgCO ₂ /kg	860
	合計										1,871

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
B	1	電気銅		製品プラ1tあたり、2kg	2	kg	文献2	銅製造原単位(採鉱、選鉱、製錬まで)	3.67	kgCO ₂ /kg	7
	2	製鉄		鉄生産量	18	kg	文献5	鉄鉱石の掘削から鉄生産まで	1.18	kgCO ₂ /kg	21
	3	PP製造		PP生産量、容リPP相当86kgを除く	271	kg	文献6	原油掘削から精製、PP生産まで	1.483	kgCO ₂ /kg	402
	4	PE製造		PE生産量	114	kg	文献6	原油掘削から精製、PE生産まで	1.326	kgCO ₂ /kg	151
	5	PS製造		PS生産量	171	kg	文献6	原油掘削から精製、PS生産まで	1.92	kgCO ₂ /kg	328
	6	ABS製造		ABS生産量	114	kg	文献7	原油掘削から精製、ABS生産まで	3.98	kgCO ₂ /kg	454
	合計										1,364

②事業実施後

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
C	1	粗破碎	ヒアリング	破碎機定格200kw、負荷率0.7、913kg	128	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	74
	2	破碎	Gallooデータ	破碎機定格250kw、負荷率0.7、913kg	160	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	93
	3	磁力選	Gallooデータ	定格2kw、18kg	2	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	1
	4	比重分離	Gallooデータ	定格835kw、負荷率0.8、(895-86)kg	540	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	313
	5	比重分離	Gallooデータ	定格640kw、負荷率0.8、(777-86)kg	354	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	205
	6	銅製錬	文献4	銅製錬2200kwh/t、118kg	260	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	150
	7	残渣焼却	文献1	ゴム系焼却1.72tCO ₂ /t、107kg	0.184	tCO ₂ /t					184
	8	分離機	Gallooデータ	定格330kw、負荷率0.8、(777-86)kg	182	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	106
	9	その他付帯設備	Gallooデータ	定格143kw、負荷率0.8、913kg	104	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	60
	10	ペレタイザー	日泉データ	定格250kw×5台、負荷率0.7、670kg	586	kwh	文献3	電力排出原単位	0.579	kgCO ₂ /kw	339
	合計										1,525

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位				排出量 (CO ₂ e-kg/t)
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値	単位	
D											0
	合計										0

- 文献1 環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」(RPF燃料化)
- 文献2 経済産業省「カーボンフットプリント制度試行事業CO₂換算量共通原単位データベースver.4.01(国内データ)」
- 文献3 環境省 温室効果ガス算定・報告・公表制度 電気事業者別排出係数一覧の平成28年提出用
- 文献4 日本鋳業協会 非鉄製錬業界における地球温暖化対策の取り組み、2015年12月
- 文献5 3R原単位の算出方法、環境省 企画課循環型社会推進室
- 文献6 石油化学製品のLCIデータ報告書、2009年3月
- 文献7 カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム 基本データベースver.1.01(国内データ)
- 文献8 プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討Ⅱ 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会、平成24年6月

注) A:オリジナルプロセス、B:リサイクルプロセスのリサイクル効果、C:リサイクルプロセス、D:オリジナルプロセスのリサイクル効果(該当なし)

5. 3 資源循環性効果

本実証試験の Galloo での比重分離による選別実証試験後の選別項目の重量・割合データ（表 3-1～表 3-4）を元に、資源化できた資源の収率について試算した。製品プラスチックが最も高い 73.7% であり、小型家電由来のミックスプラスチックが最も低く 37.6%であったが、しかしながら、本実証試験は、比重選別条件の条件設定などをせずに実施しているため、精度が低い状況ではあったが、今後は、破碎および比重選別条件を調整することにより、さらに収率を向上させることができる。

表 5-6 ミックスプラスチックの資源別の資源循環効果（単位 kg/t）

	PP	PE	PS	ABS	鉄	銅	計
ASR由来	500	60	0	10	10	2	582
家電4品目由来	392	25	229	10	20	2	678
小型家電由来	78	12	222	19	40	5	376
製品プラスチック	477	160	84	5	10	1	737
事業実施	357	114	171	114	18	2	776

注) 鉄、銅の含有量については、図 5-1～図 5-5 から試算した。

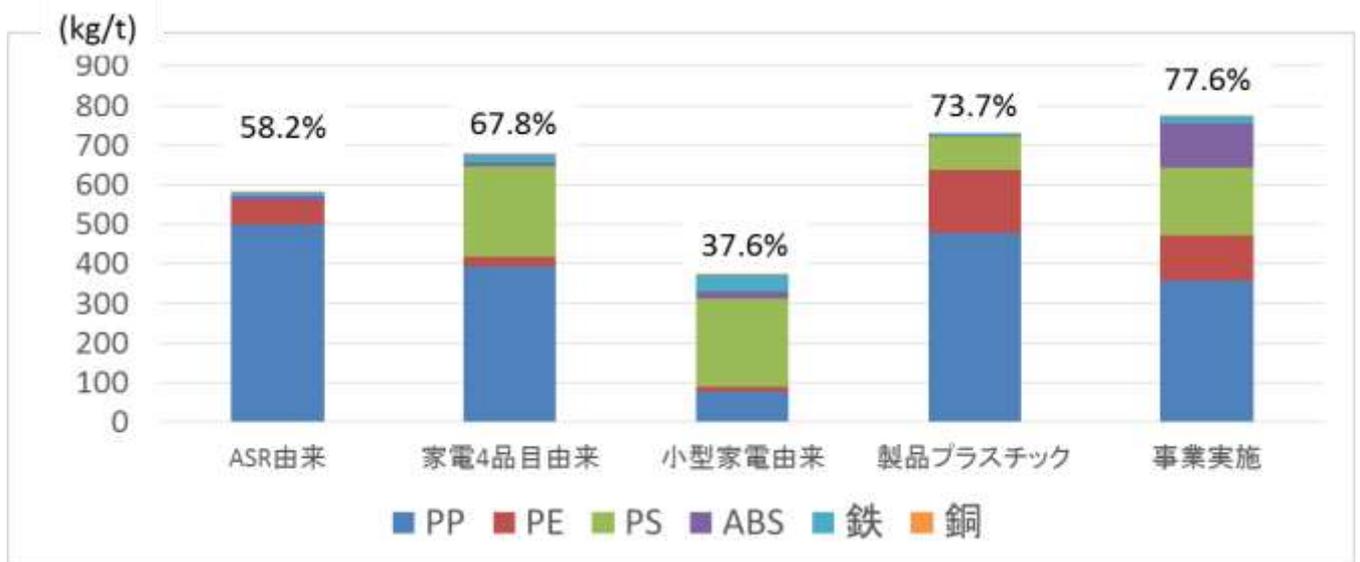


図 5-8 ミックスプラスチックの資源循環率

6. 事業実現可能性等の検証

6. 1 事業化の前提条件の検討

6.1.1.立地場所の検討

本事業においては、自動車由来のプラスチック、家電 4 品目由来のプラスチック、小型家電由来のプラスチック、製品プラスチック等を事業対象としているが、小型家電由来のプラスチックは、全国の排出量見込みが 16000t 程度であるため、積極的な事業対象とはならないと判断した。

自動車由来のプラスチックと製品プラスチック等は、関東地区において排出量に比して処理施設がほとんどないため、首都圏での事業化が有望であると判断した。

しかしながら、首都圏は、リサイクル事業を事業化する上で、土地の価格が高く採算が取りにくい状況にあるため、首都圏へのアクセスがよく、土地の値段が安く、土地がいくつか確保できそうな千葉県袖ヶ浦市を事業の立地場所として事業実現可能性の検討を行うこととした。

ミックスプラスチックの収集については、一般的には、輸送費を考えると 100km 圏内から収集することが効率的であるため、千葉県袖ヶ浦市から 100km 圏内の収集可能性について検討した。

50km 圏内に、東京 23 区、川崎市、横浜市、千葉市など大都市が含まれ、100km 圏内に、東京都、千葉県、神奈川県、埼玉県、茨城県の大半が範囲に含まれる。

自動車由来プラスチックで、該当するエリアに入っている再資源化施設でプラスチックを分別している事業者は、1 社であるがトヨタグループが運営している事業者からは搬入することが想定される。家電製品由来のプラスチックで、該当するエリアに入っている再資源化施設は、9 社ある。小型家電由来のプラスチックで、該当するエリアに入っている再資源化施設は、7 社ある。製品プラスチック等については、未回収の自治体における排出量予測から回収ポテンシャルについて推計したところ、100km 圏内では 59 千 t のポテンシャルがあることがわかった。

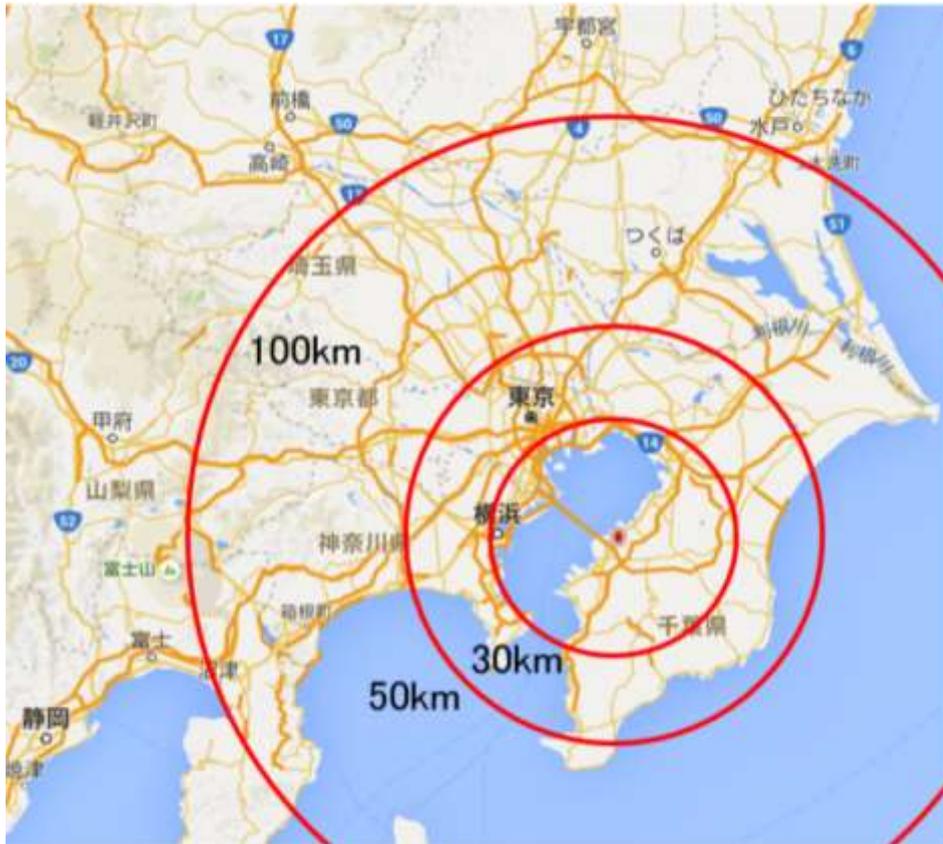


図 6-1 袖ヶ浦市から 100km 圏内の範囲イメージ

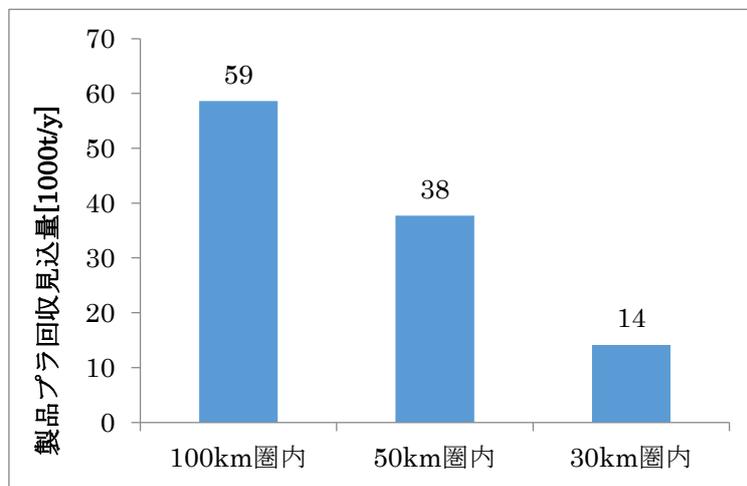


図 6-2 袖ヶ浦市から 100km 圏内の製品プラスチック等の収集ポテンシャル

6.1.2.事業のマテリアルフローの検討

本事業は、フランスの Galloo Plastics が所有する高度比重分離技術を採用し、コンパウンド技術は国内技術を活用し、事業化を行う。また実証実験と原料確保の市場調査結果から、豊田メタル(株)をはじめとして ASR プラを約 12 千 t、製品プラスチックを約 12 千 t、家電 4 品目と小型家電由来のミックスプラスチックを約 3 千 t、プラスチック製容器包装の選別 PP ペレットを約 2 千 t ずつ調達することとした。

またプロセスから発生するゴム系残渣は、代替燃料として、比重 1.09 以上の残渣は、非鉄金属スクラップとして、磁選された金属くずは、鉄スクラップとしてそれぞれ有価物として販売することとした。選別された PE、PS、ABS については具体的な用途は決まっていないものの、ペレット化して、コンパウンダー等に販売することとした。

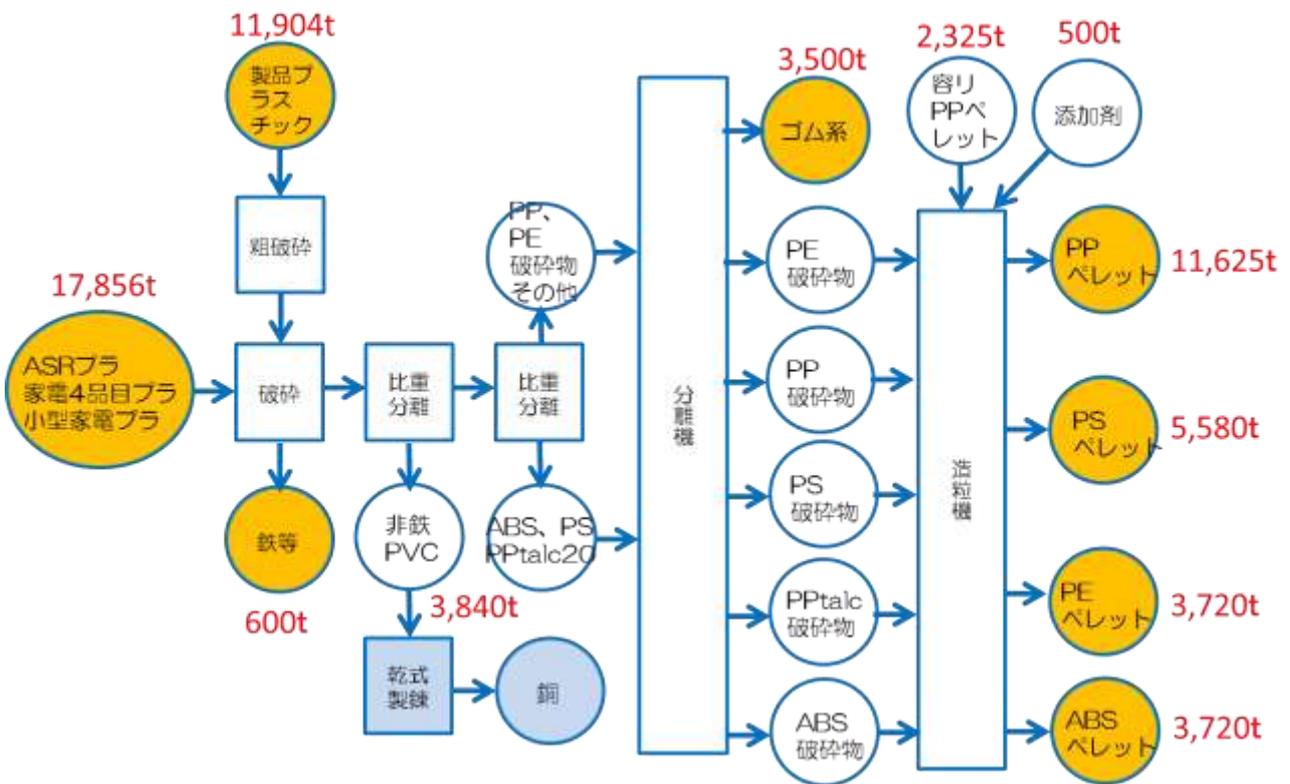


図 6-3 事業のマテリアルフロー

6.1.3.事業の前提条件の検討

事業化の規模については、Galoo Plastics が現在運営している規模である設備規模 6t/h の設備を想定している。

表 6-1 基本条件の設定

	大項目	項目	費用 (千円)	備考
基本情報	処理能力	実処理能力(t/年)	33,120t	実処理量 6t/h×24h×230 日
	ペレット生産量	生産可能量(t/年)	24,840t	900kg/h×5 台×24h×230 日
	資本金		300,000	
	調達資金		3,400,000	元金均等返済、金利 1.2%想定
売上	ペレット販売	PP コンパウンドペレット		100～130 円/kg (2026 年以降平均単価 120 円/kg) 11,625t (2021 年以降)
		PS ペレット		70 円/kg、5,580t (2021 年以降)
		PE ペレット		80 円/kg、3,720t (2021 年以降)
		ABS ペレット		50 円/kg、3,720t (2021 年以降)
	その他販売	金属くず		10 円/kg、600t (2021 年以降)
		ゴム系代替燃料		10 円/kg、3,500t (2021 年以降)
		非鉄スクラップ		5 円/kg、3,840t (2021 年以降)

表 6-2 イニシャルコストの概算リスト

大項目	項目	費用 (千円)	備考
設備費	高度比重選別設備	1,500,000	Galoo の設備費から推定。6t/h の設備能力 128 円/€ (2016 年 1 月 22 日現在)
	造粒機	500,000	900kg/h×5 台
	金属除去付破碎機	150,000	製品プラスチック用、2t/h
	定量供給機	100,000	5 台分
	品質管理装置	50,000	品質管理のための必要な設備
	計		2,300,000
建設費	工場建屋	700,000	2000 坪、坪 35 万円で想定
土地		500,000	千葉県内を想定、2ha、坪 8 万円で想定、購入で想定
合計		3,400,000	

表 6-3 ランニングコストの概算リスト

大項目	項目	費用 (千円)	備考
人件費	選別ラインオペレーター	60,000	4人×3シフト、月 50 万円/人 (福利厚生費、賞与含む)
	コンパウンドオペレーター	45,000	3人×3シフト、月 50 万円/人 (福利厚生費、賞与含む)
	軽作業従事者	28,800	2人×3シフト、月 40 万円/人 (福利厚生費、賞与含む)
	保守、品質管理担当	36,000	6人、月 60 万円/人 (福利厚生費、賞与含む)
	物流担当	24,000	2人×3シフト、月 40 万円/人 (福利厚生費、賞与含む)
	管理者	49,200	営業部長、製造部長、管理部長(月 90 万円/人)、社長 (月 140 万円)
	販売管理担当	19,200	営業担当月 60 万円、経理・総務担当 50 万円×2人
	計	262,200	
維持管理費		51,360	設備投資額の 3%
製造経費		100,000	水道料金、消耗品費等
電力費		208,320	Galoo、造粒機の定格容量より推定
原材料	合計	616,505	ミックスプラスチック、容リ、添加剤等
経営管理費用		102,288	売上の 5%
一般管理費用		50,000	営業経費、営業車両等
合計		1,390,673	

6. 2 概算事業収支の試算結果

設備設計を実施する前であるため、詳細な事業収支を策定することはできないが、イニシャルコスト、ランニングコスト、基本計画の前提条件を基に、概略の事業収支について試算した。

本実証実験では、PP コンパウンドペレットに占める容器包装比率を20%として試算しているが、40%の実績もあり、今後のポテンシャルは期待されるが、本試算では、安全を見てすべて20%として試算した。今後、製品プラスチック等の法制度化などもできた場合には、既存の容器包装リサイクル事業者と連携により、更なる材料の安定確保が見込まれる。

各年の稼働率は2018年：46%、2019年：58%、2020年：72%、2021年以降：90%とした。また、2018年、2019年は自動車向け以外で販売、2020年以降から自動車向け採用が始まり自動車向け比率が年毎に高まることを想定した。当初の2年間は採算性が厳しく、3年目以降には収益は大幅に改善される。いかに稼働率を高めると共に、付加価値の高い工業製品向け（特に自動車）採用を、早期に増やしていくことが課題である。

表 6-4 概算事業収支の試算結果

	大項目	項目	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
売上			1,005,222	1,256,528	1,676,360	2,108,150	2,108,150	2,166,275	2,166,275	2,166,275	2,224,400	2,224,400
	製品売上	製品売上額(千円)	1,042,790	1,303,488	1,722,360	2,152,950	2,152,950	2,211,075	2,211,075	2,211,075	2,269,200	2,269,200
		PP販売額(千円)	595,200	744,000	1,023,000	1,278,750	1,278,750	1,336,875	1,336,875	1,336,875	1,395,000	1,395,000
		PP単価(円/kg)	100	100	110	110	110	115	115	115	120	120
		PP販売量(t/年)	5,952	7,440	9,300	11,625	11,625	11,625	11,625	11,625	11,625	11,625
		PS販売額(千円)	199,987	249,984	312,480	390,600	390,600	390,600	390,600	390,600	390,600	390,600
		PS単価(円/kg)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
		PS販売量(t/年)	2,857	3,571	4,464	5,580	5,580	5,580	5,580	5,580	5,580	5,580
		PE販売額(千円)	152,371	190,464	238,080	297,600	297,600	297,600	297,600	297,600	297,600	297,600
		PE単価(円/kg)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
		PE販売量(t/年)	1,905	2,381	2,976	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720
		ABS販売額(千円)	95,232	119,040	148,800	186,000	186,000	186,000	186,000	186,000	186,000	186,000
		ABS単価(円/kg)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		ABS販売量(t/年)	1,905	2,381	2,976	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720	3,720
	資源売上	資源売上額(千円)	-37,568	-46,960	-46,000	-44,800	-44,800	-44,800	-44,800	-44,800	-44,800	-44,800
		鉄スクラップ販売額(千円)	3,072	3,840	4,800	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
		鉄スクラップ単価(円/kg)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		鉄スクラップ販売量(t/年)	307	384	480	600	600	600	600	600	600	600
		非鉄スクラップ販売額(千円)	15,360	19,200	19,200	19,200	19,200	19,200	19,200	19,200	19,200	19,200
		非鉄スクラップ単価(円/kg)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		非鉄スクラップ販売量(t/年)	3,072	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840	3,840
		代替燃料販売額(千円)	-56,000	-70,000	-70,000	-70,000	-70,000	-70,000	-70,000	-70,000	-70,000	-70,000
		代替燃料単価(円/kg)	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
		代替燃料販売量(t/年)	2,800	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
製造原価			1,286,844	1,300,655	1,353,794	1,474,123	1,413,479	1,367,995	1,333,883	1,308,298	1,231,545	1,231,545
	製造人件費	40人(福利厚生費含む)	175,800	204,600	204,600	204,600	204,600	204,600	204,600	204,600	204,600	204,600
	維持管理費		26,296	32,870	41,088	51,360	51,360	51,360	51,360	51,360	51,360	51,360
	製造経費		51,200	64,000	80,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
	電力費		106,660	133,325	166,656	208,320	208,320	208,320	208,320	208,320	208,320	208,320
	原材料費		330,888	413,610	517,012	646,265	646,265	646,265	646,265	646,265	646,265	646,265
	減価償却費		596,000	452,250	344,438	263,578	202,934	157,450	123,338	97,753	21,000	21,000
		設備費2,300百万円、8年、定率法	575,000	431,250	323,438	242,578	181,934	136,450	102,338	76,753	0	0
		建屋費700百万円、30年、定額法	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000
販売管理費			147,061	159,626	180,618	202,208	202,208	205,114	205,114	205,114	208,020	208,020
	販売人件費	5人	46,800	46,800	46,800	46,800	46,800	46,800	46,800	46,800	46,800	46,800
	一般管理費	営業経費等	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
	経営管理費	売上の5%	50,261	62,826	83,818	105,408	105,408	108,314	108,314	108,314	111,220	111,220
営業利益			-428,683	-203,753	141,949	431,819	492,464	593,166	627,279	652,863	784,835	784,835
	支払利息		36,720	32,640	28,560	24,480	20,400	16,320	12,240	8,160	4,080	0
経常利益			-465,403	-236,393	113,389	407,339	472,064	576,846	615,039	644,703	780,755	784,835
	法人税等	減税後の実効税率29.74	0	0	33,722	121,143	140,392	171,554	182,912	191,735	232,197	233,410
	配当	税引き後利益の40%	0	0	31,867	114,479	132,669	162,117	172,850	181,187	219,423	220,570
純利益			-465,403	-236,393	47,800	171,718	199,003	243,175	259,276	271,781	329,135	330,855

6. 3 課題

今後、事業化を進める上で、下記課題を解決する必要がある。

(1)原材料

リサイクル事業において最重要となるのは原材料の確保である。特にリサイクルプラスチックを工業製品向けに使用していくにあたり拡販を狙うのであれば、工業製品メーカーへの安定供給は絶対必要事項である。今回の事業実現可能性の検証では ASR 由来ミックスプラスチック、製品プラスチックをそれぞれ約 12 千 t、家電 4 品目、小型家電由来ミックスプラスチックをそれぞれ約 3 千 t ずつ調達することを前提としたため、これらの数量を安定的に確保するためには、供給者との長期契約、前処理設備などのインフラ整備などが必要となる。

(2)選別技術

今回の Galloo Plastics での選別実証試験では、小型家電、製品プラスチックではサンプル品のフレックサイズなどの問題で、FT-IR および Galloo Plastics の試験室での組成分析結果と比較して、選別樹脂の割合で問題があった。今後、比重分離前に破碎しすぎないことや攪拌の調整することにより、選別精度を高められる可能性は十分ある。

(3)コンパウンド

本実証事業で開発を行ったリサイクルコンパウンド PP でも使える可能性があると答えたメーカーはあったものの、グレードによっては、荷重たわみ温度、衝撃値などを改善する必要がある。これらは、talc 成分の増量、ゴム組成の変更、その他配合設計の改善によって解決は可能である。

また、今後、新たに評価する必要があるものとして、耐光試験、耐熱試験、部品評価、環境負荷物質分析などがある。

(4)その他選別プラスチックの活用

今回、PP のコンパウンド原料としての活用の検証を行ったが、Galloo Plastics の選別技術では、PE、PS、ABS も選別が可能である。これらプラスチックにおいても、有効活用を行うための用途開発を行う必要がある。

(5)事業化

投資金額が大きいこともあり、稼働率が低く、工業製品への採用が少ない当初は採算性が厳しいことが予想される。いかに早急に稼働率を高め、工業製品への採用を増やしていくかが重要である。工業製品採用のためにはメーカーとの一体化した取り組みが欠かせない。工業製品への採用がされるまでは、需要の大きい、物流用パレットや雨水貯留槽などの製品向けに製造・販売することで事業の基盤を作る必要がある。

まとめ

本実証事業では、ASR を前処理した ASR 由来ミックスプラスチックと、家電 4 品目由来のミックスプラスチック、小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックを事業対象ミックスプラスチックとして、それぞれの排出状況と組成について明らかにした。ASR 由来ミックスプラスチックは、約 41 千 t 排出されており、うち PP (PPtalc 含む) の組成は、約 60%であった。家電 4 品目由来のミックスプラスチックは、約 100 千 t 排出されており、うち PP の組成は、約 27%であった。小型家電由来のミックスプラスチックは、約 16 千 t 排出されており、うち PP の組成は、約 11%であった。製品プラスチックは、約 1,370 千 t 排出されており、うち PP の組成は、約 74%であった。

一方、これらミックスプラスチックをフランスの Galloo Plastics に送付し、同社の高度比重分離技術により選別を行った、ミックスプラスチックの投入量に対する主成分が PP および PPtalc である選別物の割合は、ASR 由来ミックスプラスチックで、約 50%、家電 4 品目由来ミックスプラスチックで約 39%、小型家電由来ミックスプラスチックでは約 8%、製品プラスチックでは約 48%となった。ASR 由来ミックスプラスチック、小型家電由来のミックスプラスチック、製品プラスチックでは、国内で分析した PP 組成比率よりも程度に差はあるものの低い結果となった。主成分が PP である選別物の PP の純度については、ASR 由来が 97~99%、家電 4 品目由来が 97~99%、小型家電由来が 90~93%、製品プラスチック由来が 97~99%となり、小型家電由来の PP の純度が相対的に低かった。PP 回収率を光選別で想定される PP 回収ポテンシャルと比較したところ、黒色樹脂比率の高い ASR 由来および小型家電由来のミックスプラスチックにおいて優位性があった。Galloo Plastics の選別技術で選別された主成分が PP (PP talc 含まない) である選別物の PP 純度について水比重選別と比較したところ、全てのミックスプラスチックで優位性があった。今後、回収率および純度の向上のために、事前破砕、攪拌条件などによる改善が求められる。

これら選別された主成分が主成分である選別物の物理物性について、ASR 由来プラスチックは、自動車用プラスチックとしては衝撃強度が高く、曲げ弾性が低い結果となったが、一部ゴムの混入が原因と考えられ今後の課題とした。家電 4 品目由来は、PP 樹脂としての物性が顕著に見られコンパウンド原料としては最適であると判断された。小型家電由来は、MFR が低い結果となったが、PE が混入されているのが原因と考えられ、今後の課題とした。製品プラスチック由来は、ホモポリマー PP としての物性を示し、コンパウンド原料としては利用価値が十分にあると判断された。

これら選別された主成分が PP である選別物を主な材料として、自動車、家電メーカーが求めるコンパウンドペレットを配合設計して、PP ストレート、PP+talc、PP+talc+ゴムの三種類にそれぞれ、コストを安くするために、プラスチック製容器包装の PP を増量剤として加えたもの、加えていないものの 2 水準、合計 6 グレードをコンパウンドした。一回のテストでしかカスタマイズしなかったため、未達な物性はあったものの、概ね要求物性を満たすことができた。またコンパウンドペレットを自動車メーカー、自動車部品メーカー、家電メーカーにヒアリングした結果、PP ストレートについては多くの企業で使ってみてほしいという声が聞かれた。PP+talc については、自社では使用しておらず判断できないといったメーカーが半分占めたものの、数社からは使用できそうな部品

があるとの回答があった。PP+talca+ゴムについては、適用可能な部品があると答えたメーカーはあったものの、より用途を増やすためには衝撃強度などの物性を改善することが必要との判断となった。

本事業の環境負荷低減効果について、4種類のミックスプラスチックと事業実施した場合の5ケースについてLCAを実施したところ、製品プラスチックのみを再資源化するケースが最も二酸化炭素削減効果が大きいことがわかった。要因としては、現状製品プラスチックの大半が単純焼却されているからであった。また最も削減効果が低いのは小型家電由来のミックスプラスチックで、収率が低かったためであったが、今後のカスタマイズにより収率が向上すれば、環境負荷低減効果を他のミックスプラスチック同様に向上させることができる。

本事業の事業採算性評価結果については、自動車、家電製品への採用に対しては、設計から織り込まれて生産されるまで数年を要するため、事業開始後2年間は、赤字となったが、事業開始後3年目からは黒字の見込みとなった。

リサイクル適性 

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。



平成 27 年度低炭素型 3 R 技術・システム実証事業

ミックスプラスチックの高度選別、
コンパウンドによる工業製品化事業
報告書

豊田通商株式会社

〒450-8575 名古屋市中村区名駅 4-9-8

TEL : 052-584-5000

<http://www.toyota-tsusho.com/>

(連絡先 : 自動車材料第一部 山下)

連携法人

株式会社レノバ

〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-7-2 東京サンケイビル 18F

TEL : 03-3516-6260、FAX : 03-3516-6261

<http://www.renovainc.jp>

(連絡先 : 取締役 本田)