

株式会社 環境経営総合研究所

グリーンボンドフレームワーク

1. はじめに

1.1 発行体概要

当社は 1998 年 4 月に創業して以来、経済産業省が所管する容器包装リサイクル法に対応した次世代型容器素材の開発を目指し、製紙会社の工場から排出される廃棄紙、損紙を安価で買い取り、微細なパウダーを量産できる技術、設備をつくり、量産化で 51%の紙パウダーと 49%のプラスチック原料を均一に混練して、プラスチック原料使用量を半減させた成形材料、製品を市場に供給しました。

当初はプラスチック原料の販売業者や成形業者さん達は“難しい材料だ”と言っていましたが、エンドユーザーがプラスチック原料使用量の削減を優先してくれたため、一定規模の事業に成長できました。スタートこそ顧客の理解を取りつけることが大変でしたが、時間の経過と共にプラスチックごみ問題がメディアに取り上げられるようになり、世界的な環境汚染を起こしていることから、先進国はもとより、途上国でも避けて通れない状況になったことで、マーケット全体が近年になり動き出しました。

我が国でも毎年 900 万トン近くの廃プラスチックが排出されており、プラ材料リサイクルは 206 万トンと 23%でしかなく、プラスチックのリサイクルの難しさを物語っています。

対策の第一歩は使用量を減らすことにありますが、我々の日常に欠かせないほど普及したプラスチック製品を一度に無くすことは出来ません。欧米及び中国では猛スピードでプラスチック製品の使用禁止や製造禁止措置が取られていますが、我が国は未だ自主規制レベルであり遅れを取っています。

中でも早急に解決しなければならないのが、使い捨ての飲料容器や発泡容器であり、トレー、ドリンクリッド、ストロー等が代表的な製品です。そうした状況の中、当社の微細な紙パウダーが重量比で 51%以上の成形材料はプラスチック使用量が 49%以下になることで、日本国内のみならず、欧米でも plastic reinforced composite（紙で強化されたプラスチック原料）としてメイドインジャパンを謳いながら更なる成長軌道に乗りました。

1.2 MAPKA のコア技術である紙の微細なパウダー化技術と合成樹脂との混練技術

当社技術の最大の特徴は、世界でも類がない、30 ミクロンレベルの微細な紙パウダーが重量比で 51%以上含有されていることです。

これらパウダーは乾式でドライのまま、紙からパウダーに加工されます。粉碎方法は「切る」方法ではなく「擦り潰す」方法です。ラインは全て自動化されており、プラスチック原料との混練のところまで全自動でおこなわれます。この技術の最大のポイントは、極端に軽く、空気

と水分を含んだ紙パウダーを定量で押出機に投入する技術と、押出機の中で水分を取りながら圧縮し、均一に分散させる技術になります。又、プラスチックは200℃～230℃で混練されますが、当社素材の場合、紙が大量に入っているため、150℃～180℃での混練になります。その分、消費エネルギーは少なくなります。このようなプロセスで生産されたペレットは、プラスチック用の成形装置で加工され、容器製品になります。

つまり、紙パウダーの生産及びプラスチックとの混練以外のプロセスは、従来のプラスチック製品と同じで、金型もそのまま使えるため、製品化する成形メーカーは、新たな投資が要らないことになります。当社製品の製造プロセスを図1に示します。

こうした従来のプロセスを大きく変えないで済むことも、当社素材が比較的容易にマーケットに入れた理由です。結果、出来た成形品は、プラスチック製品と同等な機能を持ちながら、実際にはプラスチック原料の使用量は49%以下になります。

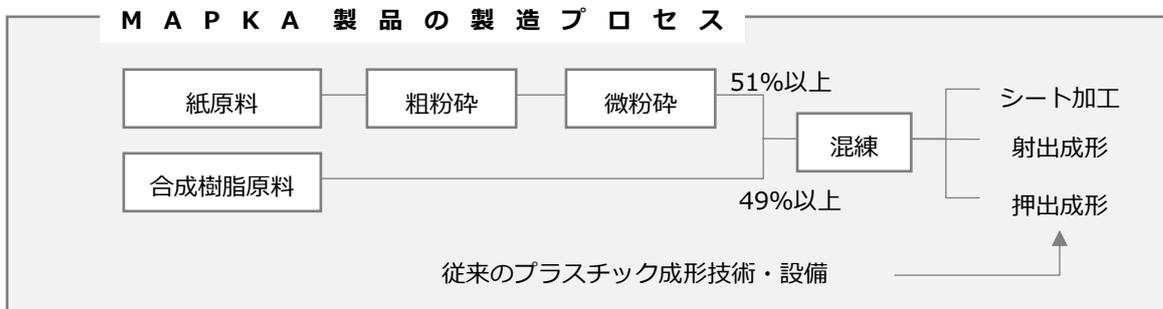


図1 当社製品の製造プロセス

1.3 現状の当社素材（紙パウダー+ポリプロピレン）の特性

① 当社素材成形品の特長（射出成形の場合）

- 成形後の収縮率が低く ABS樹脂とほぼ同等のため、精密部品等にも適しています。
- セルロース繊維のファイバー補強効果があるため、剛性（弾性率）が上がります。
- 紙の繊維を入れることにより、熱伝導率が下がるため、耐熱性が上がります。
- 振動減衰性が上がります。 モーター音や振動音がプラスチック製品より早く減衰します。ファンケーシングなどはこの性質を利用しています。
- 静電気が起きにくくなります。 プラスチック製品と比べ帯電量が極めて微量なため、静電気が発生しにくくなります。

② 当社素材の環境性能

当社素材は主原料である紙パウダーを51%含有したエコ素材で、枯渇が懸念されている石化資源を製品として半減（削減）できるだけではなく、非プラスチックの容器包装成形品扱いとなるため、【燃えるごみ・燃やせるゴミ※】として廃棄が可能となります。

また、燃焼カロリーが汎用の樹脂に比べ低くなることから燃焼炉をいためにくく、地球にやさしい製品となっています。

図2の通り、当社素材を使用することにより、一般汎用プラスチック（ポリプロピレン等）と比べ温室効果ガスの排出量を約35%削減することが可能です。

LCA（ライフサイクルアセスメント）値で圧倒的な環境性能を誇ります。

※廃棄方法は地方自治体のルールが基準となります。

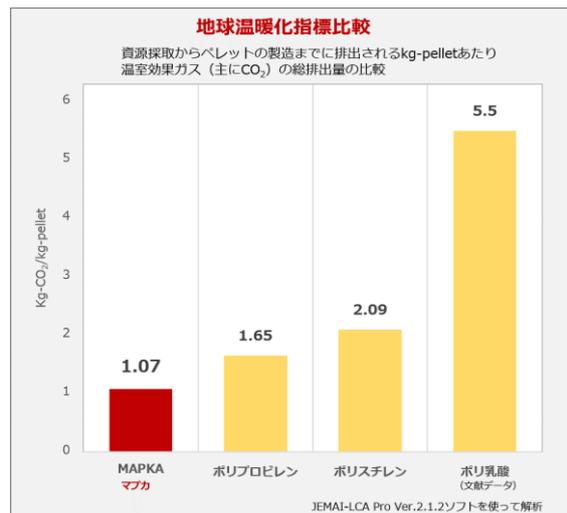


図2

1.4 当社素材の「生分解性への挑戦」

2019年から環境省資源循環局と当社素材の生分解性製品を開発することを打合せ、FSとして、紙パウダー自体の生分解性を検証してきました。環境省資源循環局は「プラスチック資源循環戦略」を策定するため、具体的対応策として、日本独自の生分解素材を開発し、使い捨てプラスチック製品の代替を進めることが方針であり、その中の一つとして、当社素材に注目してくれました。結果以下のような、結論を得られました。

図3 （社内報告書からの抜粋）

1. 試験方法：

- ・試験先：（地独）大阪産業技術研究所・森之宮センター
環境技術研究部 環境微生物研究室
- ・試験内容： JIS6950 活性汚泥法（好氣的生物分解）
- ・装置： 閉鎖系酸素消費量測定装置（クーロメータ OM3100A 大倉電気（株）製）
- ・植種源： 大阪市の下水处理場の返送汚泥・濃度 30mg/L
- ・標準試験培養液： 300ml
- ・検体添加量： 30mg
- ・温度： 25±1°C
- ・試験期間： 28日間
- ・検体： (a) PLA（ネイチャーワークス製 2003D）
(b) PBS（三菱ケミカル製 FZ91PM）
(c) 当社素材： PLA/PBS/微粉紙（S-1090、微粉紙：約30%配合）
(d) 当社主原

2-4) 下記 Fig-1 は、今回の生分解性実験結果をグラフ化したもので、MAPKA™と微粉紙は、実験スタートから分解が進んだため PLA 単独・PBS 単独と比べ、酸素消費が早く発生している。

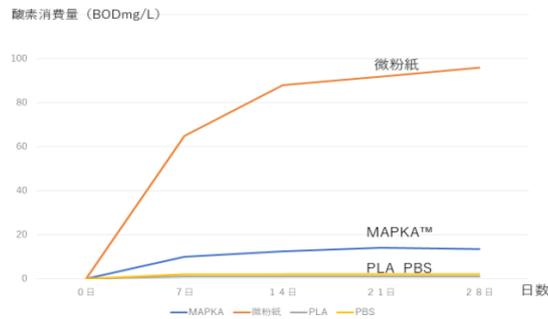


Fig-1 酸素消費量 (=BOD) の推移

* BOD : Biochemical Oxygen Demand 生物化学的酸素要求量

* BOD = (検体の BOD 実測値) - (空試験の BOD 実測値)

—以上—

「※微粉紙 (パウダー) は 28 日間で 81%が分解。」

図 4 (社内報告書からの抜粋※「」内は追記)

まだ生分解性の入口での試験のため、これだけでは断言できませんが、図 3、図 4 に示す実験結果により、紙パウダー自体の分解性が早いことだけは確認できました。

したがって仮説として、紙パウダーと生分解プラスチックによる生分解性当社素材の分解性は、生分解プラスチック 100%の製品より早く分解できる可能性がある、もしくは紙パウダー料の調整により分解スピードを調整出来る可能性があると考えられます。

1.5 生分解性当社素材の生分解プラ 100%製品との環境影響評価 (LCA) 比較

これまで世界的にも類がなかった紙の微細なパウダーを合成樹脂と混成し工業材料として市場に投入することに成功した技術を利用して、紙パウダーと生分解プラスチックと混成するという新たな技術開発に取り組むに当たり、LCA (ライフサイクルアセスメント) による評価を行ないました。その結果、想定される**スチレン系同等品モデル、及び PLA (ポリ乳酸) 単独の同等品モデルに対して CO2 排出量を著しく低減できる可能性を示唆する結果を得ました**。排出される CO2 量の殆どがエネルギー起源であり、非エネルギー起源の CO2 は製品のライフサイクルの最終処理として選んだインシネレーションの段階でスチレン系製品から発生する極わずかな量だけであり、PLA 及び紙微粉/PLA 系の材料はカーボンニュートラルでありインシネレーションでの排出 CO2 はカウントされないものとなりました。

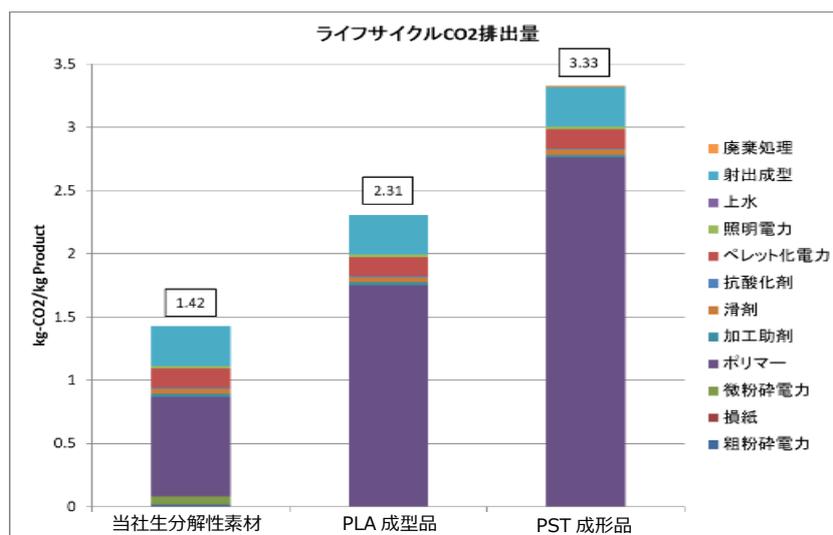


図5 PLA-MAPKA55等成型品のライフサイクルCO2排出量の製品間比較

図5の通り、生分解性当社製品とPLA100%製品、PSプラスチック100%製品の比較で**最もライフサイクルCO2が少なかったのが生分解性当社素材であることが確認**でき、紙パウダーと生分解プラスチックの混成品は製品化する価値があると判断しています。更にそこから、紙パウダーとPLA、PBS及びPBATを混成した生分解性当社素材の成型品(図6)を作成し、当社素材の生分解製品化を半年程テスト実施しました。紙パウダーは30%~最大50%まで入れ、生分解性樹脂はPLA、PBS、PBATを使用し、それぞれの配合レシピを作成、製品試作を行いました。ここまでの結果として、プラスチックストローと同等の物ができており、製品化は充分可能と判断しています。

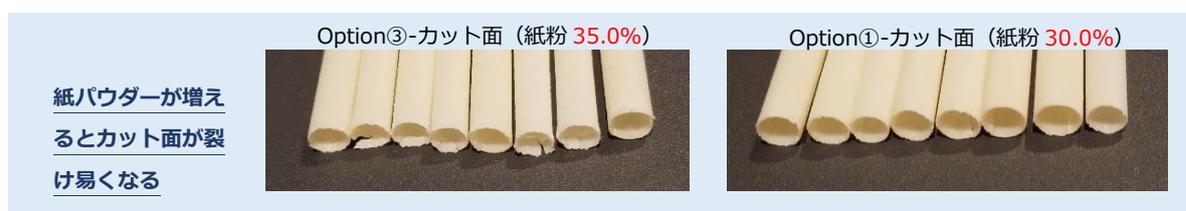


図6

以上のFSの結果を踏まえて、また、2019年初頭から急増しているマーケットからの多くのオファーに応えるため、設備投資を実施し、国内の供給体制を構築することが緊迫の課題になりました。

2. グリーンボンド発行の意義

当社の場合、大企業のように組織の一部で環境事業に取り組むのではなく、当社の事業そのものが 100%環境事業であり、CO2 排出量の削減に直結させるものであるため、既に環境省外郭団体の「日本バイオマス製品推進協議会」が発行する「バイオマスマーク」を当社製品に付けて販売し、毎年の出荷量とそれに伴う CO2 排出削減量を報告し、右のような「**二酸化炭素排出控除量実績書**」をいただいています。

2018 年度では、当社素材により 9,824 トン CO2 が控除されたこととなります。今後更に供給量を上げることで、確実に「脱プラ」と「CO2 排出量の削減」が実現可能です。

本件のグリーンボンドで得られる資金については、**当社の各工場で増産可能な上限まで設備の追加投資と、コストダウンのため自動化を行ない、アメリカのマスプロダクション型の少人数で大量の生産ができる生産システムの構築を行ないます。**

これにより、生産量は大幅に増え、プラスチック製品と代替えることにより、**プラスチック使用量の大幅削減と CO2 排出量の大幅削減**を可能にすることができます。



プラスチック製品分解	マーケットサイズ	設備による代替量	M シェア	プラスチック削減量
食品トレー、生活用品、工業用部品	154,000 t/年	26,000 t/年	16.9%	12,740 t/年
断熱材、緩衝材、保冷材	120,000 t/年	24,000 t/年	20.0%	11,760 t/年
計	274,000 t/年	50,000 t/年	18.2%	24,500 t/年

また、当社の発行するグリーンボンドは国際資本市場協会 (ICMA) の定めるグリーンボンド原則 2018 及び環境省グリーンボンドガイドライン (2017 年版) の要件を満たすよう、以下にてクレームワークを策定します。

3. 調達資金の使途

グリーンボンドで調達された資金は、当社国内 3 工場の生産設備の追加設備装置及び遠隔操作を含めた自動化システムの導入に充当させます。追加設備によって、MAPKA、Earth Republic (ER) 及び生分解性樹脂を用いた MAPKA、ER を製造します。

(指定期間) 2020 年 3 月～2020 年 12 月末

- (対象設備) ・紙パウダー量産装置・紙パウダー+プラスチック原料混練装置
 ・紙パウダー+プラスチック混練原料シート成形装置
 ・生分解性樹脂専用混練装置及び成形装置
 ・上記装置を集中コントロールする自動化装置

2020 年 7 月には東京オリンピックが開催され、**当社素材が東京都産業技術研究センターとの共同事業で記念品として販売予定**であり、世界中から集まった人たちに当社素材が手に取られることになるため、間違いなく需要が大きく増え、生産量もこれを機に、更に拡大することが予想されるため、**2020 年中に設備増強を完了**したいと考えます。

工場名	マーケット分野	追加の投資内容	自動化
札幌工場	断熱材、緩衝材、保冷材	・紙パウダー量産設備 ・紙パウダー+プラスチック混練装置	
千葉工場	断熱材、緩衝材、保冷材	・紙パウダー量産設備 ・紙パウダー+プラスチック混練装置	○
茨城工場	食品トレー、生活用品、工業用部品、家具、家電	・紙パウダー量産設備 ・紙パウダー+プラスチック混練装置 ・シート成形装置 ・生分解樹脂専用成形装置	○

● 本件の追加設備装置の特徴

(粉砕機)

- ・ 全て量産設備であり、新たに開発した大型機、当社既存の設備の 1.8 倍の能力をもつ

(混練機)

- ・ 現行設備の最上位機種であり、当社既存装置の 2.0 倍の能力をもつ

(シート成形装置)

- ・ 当社既存装置の改善点を全てクリアした新規装置で自動品質管理のシステムを導入

(生分解樹脂専用混練、成形装置)

- ・ プラスチック原料とは全く違う扱いが必要なため、温度管理を強化した専用装置

(自動化装置)

- ・ HMI 装置の導入により遠隔でも設備の稼働運転状況がデータで管理が可能となるシステム、アメリカのマスプロ工場を参考に作られたもの

紙パウダーを用いた ER と MAPKA は、産業廃棄物である損紙や利用済み紙による汚染や汚れ等によりリサイクルが困難なプラスチックによる汚染などの環境課題の解決に資する高環境効率商品と考えています。

4. プロジェクトの評価と選定

当社は環境課題の解決に資する製品を環境製品と定義し、「環境製品のマーケットにおいて、常にトップメーカーとして業界全体を牽引し続ける。」ことを会社の理念として事業を行っています。環境課題の大きなテーマとして未利用資源の再資源化を掲げこれに合致するプロジェクトを実施しています。

対象事業の選定基準は、ライフサイクルアセスメント（LCA）の観点で CO2 削減に貢献するプロジェクトを選定するものとなりました。

プロジェクトの評価と選定及びその考え方と基準は、取締役会の審議を経て決定しました。環境に関する専門性は環境の専門知識を有する当社社長が担い、技術に関する専門性は技術を担当する取締役が担っています。第三者評価機能は、LCA の実施者である認定工エキスパートが担い、アドバイザースタッフとして参加しています。

以上の体制により、対象事業の評価と選定を実施しました。

5. 調達資金の管理

グリーンボンドにより調達した資金は、前記 3 のとおり、当社国内工場の追加設備投資に充当されますが、他の一般資金とは別に通帳を作り、専用口座で当社経理部が管理します。管理は帳簿及び証憑の保管によって行います。

半期ごとに、これにより増えた資産の残高と現金残高の合計を調達金額と照合し、適格に使用されていることを第三者である会計の専門家（公認会計士等）に担保させます。

全額が設備に充当されるので、極めて明確に用途が確認できます。

未充当資金は、専用口座において普通預金として運用します。

6. レポーティング

当社は対象資産の資金充当状況及びこれらの設備資産の導入による環境改善効果を数値にして、半期に一度レポーティングし、当社ウェブサイトにて公表します。

6.1 発行体による、レポーティング

・ 資金充当状況レポーティング

① グリーンボンド発行時

フレームワークの概要とグリーンボンドで調達された資金の充当計画

②ER 発泡製品

↓ CO2 排出量係数*

ER	4,349 t	0.68	2935.6 t (1)	控除額 (2) - (1) = 5681.5 t
発泡 PS	*3,512.90 t	2.453	8617.1 t (2)	
ER の CO2 排出量原単位 t 当たり				
0.068				
kg 当たり				
0.000068				
※：比重差により ER×0.80774≒3512.90				

※本件は CO2 排出量を算出することを目的に LCA エキスパートが計算

8. 投資内容

	投資内容	投資額 (千円)	時期	生産量割合 (増設分)		
				2020	2021	2022
千葉	粉碎ライン×4 押出ライン×2	996,000	2020.3	11.1%	21.4%	22.5%
茨城	粉碎ライン×4 押出ライン×2	1,008,000	2020.9	12.03	35.9%	48.03%
札幌	粉碎ライン×4 押出ライン×2	996,000	2021.3	—	8.37%	9.83%