

プラズマ式イオン乾燥技術の開発による資源循環型事業の展開

プラズマ式イオン・活性酸素種等発生装置 (MIRA (MixedIonReactiveApproach) システム) の概要とその展開

宮崎 龍司・鈴木 尊

筆者らは、プラズマ式イオン・活性酸素種等発生装置 (MIRA システム-MixedIonReactive ApproachSystem) を活用し、食物残渣等の廃棄物をバイオマスプラスチック等の有価物に変換する資源循環型事業を実現し、SDGs や ESG 経営の実現に貢献することを目的とした新会社を設立した。本稿では、MIRA システムを使用した極低エネルギープラズマ式イオン乾燥機による乾燥技術の概要と、その技術を活用した事業展開について紹介する。

キーワード：脱炭素化, CO₂, 乾燥, バイオマス, 建設材料

1. はじめに

2015年9月の国連サミットで持続可能な開発目標 (SDGs: Sustainable Development Goals) が採択された。これは、2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標として、17のゴール・169のターゲットから構成され、「地球上の誰一人取り残さない (leave no one behind)」ために必要な行動の基準を明らかにしたものである。

この目標のうち、「13 気候変動に具体的な対策を」への対応として、近年異常気象による災害が多発している我が国においても、脱炭素や環境保全を目的とした様々な政策が検討、立案あるいは実施中であり、2021年6月に改訂されたコーポレートガバナンスコードでは、プライム市場上場会社に、TCFD (または同等の枠組み) に基づく開示の質と量の充実 (補充原則 3-1 ③) が求められるなど、社会基盤となる大企業に対しては、これまでより一段高い自然環境の保護や気候変動への具体的な対応が求められる状況となっている。

こうした環境下において、従来の熱源乾燥技術と比べて極めて少ないエネルギーで品質を劣化 (酸化・炭化) させずに乾燥対象物を乾燥する乾燥機を開発し、更にその技術を利用した資源循環型事業を行うことで、SDGs の達成を目的とする新会社を設立した。

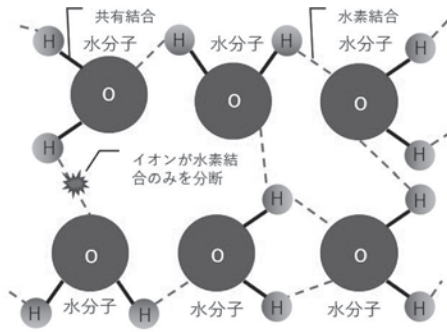
2. MIRA システム及びレドックスマスター乾燥機の概要

本乾燥機は、極低エネルギープラズマ式イオン・活性酸素種等発生装置 (MIRA システム) が発生させる複数種のイオン・活性酸素種により、水どうしの水素結合を分断して低クラスター化することにより乾燥促進を行う乾燥システムである。従来の熱源乾燥機と異なり 20℃～60℃程度の低温で処理するので、乾燥のために必要なエネルギー量が極めて低く、そのため処理コストも大幅に低減可能となる。(写真-1)

乾燥の仕組みは、MIRA システムを搭載したプラズマエンジンにより生成されたイオンを連続照射することにより、乾燥対象物に含まれる水分子に励起状態を惹き起こして、その水分子間の水素結合を分断・低クラスター化し、その結果、乾燥槽内に浮遊した水分子をサクシオンファンで機外に排出するというものである。図-1に、水素結合およびその分断の概念図を、



写真-1 プラズマ式イオン乾燥機全景 (RM22-16000 型×2台, 自動投入排出装置付)



図一 水分子 (H₂O) の水素結合の概念図



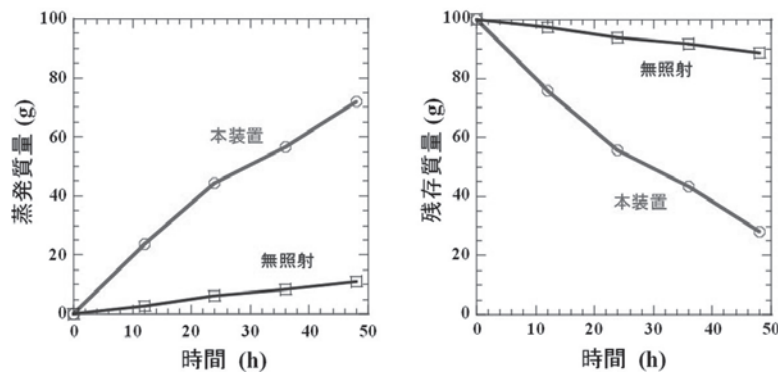
写真一 2 MIRA システムを搭載したプラズマイオンエンジン (輸出用・GLT 社製)

写真一 2 に、本システムを搭載したプラズマイオンエンジンの外観を示す。

図一 2 は、本技術開発時のプラズマイオン照射の有無に関する実験結果である。実験の概要は、2つの容器に水を 100 g ずつ入れ、イオン射出口と水面の距離を 5 cm、10 cm 及び 20 cm としてテスト用小型 MIRA モジュール (消費電力 0.1 Wh 以下) をセットした。発熱・加熱なし、送風なし、室温約 25℃ の条件下で、本装置において生成された各種イオンを、水 100 g に照射し、12 時間ごとに 48 時間経過時まで残存質量を計測することにより、水の蒸発量を求め、乾燥促進能力を評価した。本装置の乾燥促進能力の高さが示されている (特許第 6703671 号他、関連特許取得済)。

3. プラズマ式イオン乾燥機的主要性能

本乾燥機では、MIRA システムを搭載したプラズマエンジンを複数設置し、これにより生成されたイオンの乾燥促進効果を最大限発揮させるため、16,000 L の大型乾燥槽 (RM-16000 型汎用機の場合) に乾燥



図一 2 技術開発時のベンチテスト結果

表一 本乾燥機 基本スペック (RM-16000A 型)

型式	RM16000A 型(野菜・果物・炭水化物・たんぱく質対応 バドル式)
標準処理能力	2000kg~7000kg/日 <推奨>
電源・消費電力	3相 200V・50/60Hz 15kw/時(定格)・約8kw~12kw/時(実測)
減質量率	約60~約99%
機器サイズ・乾燥重量	幅6058×奥行2438×高さ2591(mm)・槽容量16000ℓ・乾燥重量約7トン
ランニングコスト	電気代:1日5トン処理の場合で概ね1日2000円~4000円(地域等による)
(1日5トン処理)	保温コスト:廃熱利用を推奨。ボイラー利用の場合、1日2000円~8000円程度
使用可能温度範囲・設置場所	-10度~50度(室温)/30℃~80℃(品温)/屋内設置推奨/ 排気ダクトに接続 / 自動投入&排出可(オプション)
臭気	処理物の成分臭(脱臭能力有)
ユーザーメンテナンス	1日~半年毎に処理済み資源取り出し(残留量最大 10000Kg) フィルター掃除(毎日~週一度程度)・1年毎の機械メンテナンス

対象物を投入して密閉し、槽内で攪拌をしながら乾燥を行う装置である。その基本性能は表—1のとおり。

また、2021年6月に稼働を開始した群馬県の実機での乾燥実績数値の一例を示せば図—3のとおりである。

【乾燥条件および結果】

処理日時	2021年6月15日～16日	
乾燥対象物	コーヒー豆粕（飲料製造残渣）	
総処理時間	17.5時間	
対象重量	投入時 4.162 t	完了時 1.568 t
含水率	投入時 68.0%	完了時 15.0%
消費電力	時間当たり 11.3 kWh	
	総消費量 194.9 kW	

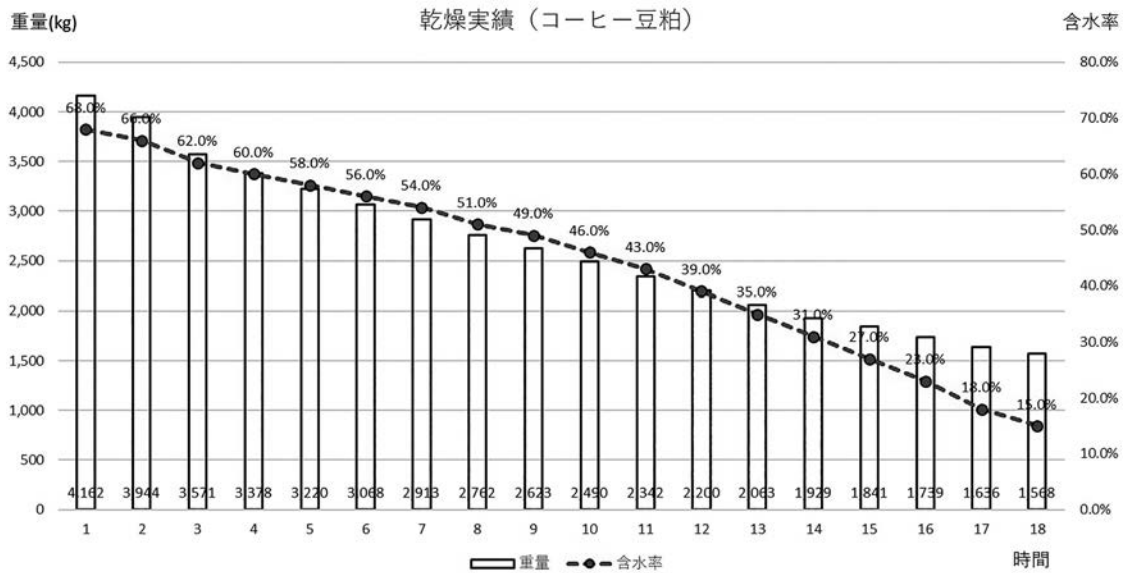
必要蒸気圧 0.05 Mpa（気化熱による温度低下を避けるため既存蒸気を供給）

平均槽内温度 58.1℃

（図—3）

4. プラズマ式イオン乾燥機による資源循環型事業の創出

本乾燥機は低温で乾燥を行うため、重油やガスなどを燃焼させて高温で乾燥を行う従来の熱源式の乾燥機と比較して、有機系乾燥対象物の多くは酸化・炭化をせずにその品質を保持することができる。酸化・炭化をしていない有機系乾燥対象物（食品残渣等）は、バ



図—3 実機による乾燥状態の推移

1. バイナップル&リンゴ（約3：1）

項目	内容
試験日	2021.2.10
投入数量	151.8kg
投入時含水率	83.0%
乾燥後数量	26.9kg
乾燥後含水率	8.0%
乾燥時間	25時間30分
減容量	124.9kg
減容量率	82.3%

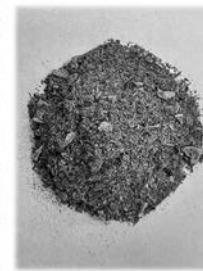
成分	TDN	水分	粗繊維	粗灰分	粗脂肪	粗タンパク	可溶性無窒素物
バイオナップル&リンゴ	6.09	5.48	2.90	2.05	16.45	67.03	
日本標準飼料成分表 (2009年版) バイナップル (乾)	62.0	12.3	4.7	3.6	1.2	18.4	59.9



2. コボウ&人参（約1：1）

項目	内容
試験日	2021.2.11
投入数量	150.1kg
投入時含水率	82.0%
乾燥後数量	29.3kg
乾燥後含水率	9.8%
乾燥時間	20時間30分
減容量	120.8 kg
減容量率	80.5%

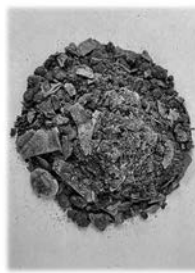
成分	TDN	水分	粗繊維	粗灰分	粗脂肪	粗タンパク	可溶性無窒素物
コボウ&人参	9.76	13.74	5.83	3.12	16.19	51.36	
日本標準飼料成分表 (2009年版) コボウ (乾)							未登録



3. カボチャ&人参（約7：3）

項目	内容
試験日	2021.2.8
投入数量	200.3kg
投入時含水率	83.0%
乾燥後数量	39.4kg
乾燥後含水率	13.3%
乾燥時間	19時間10分
減容量	160.9kg
減容量率	80.3%

成分	TDN	水分	粗繊維	粗灰分	粗脂肪	粗タンパク	可溶性無窒素物
カボチャ&人参	9.50	14.68	6.37	5.99	13.93	49.53	
日本標準飼料成分表 (2009年版)							未登録



4. ポテト皮（ジャガイモの皮）

項目	内容
試験日	2021.2.12
投入数量	103.7kg
投入時含水率	85.0%
乾燥後数量	18.1kg
乾燥後含水率	24.3%
乾燥時間	23時間30分?
減容量	85.6kg
減容量率	82.5%

成分	TDN	水分	粗繊維	粗灰分	粗脂肪	粗タンパク	可溶性無窒素物
ポテト皮	21.22	9.11	5.51	0.76	3.9	59.50	
日本標準飼料成分表 (2009年版) ポテト (乾)	60.1	13.4	5.5	2.0	0.4	13.8	64.9



図—4 家畜用飼料乾燥試験結果

バイオプラスチック原料や図-4に示すように家畜用飼料として利用可能である。

また、開発した技術の市場展開にあたり、単純に乾燥機としてのみ上市してもその特性の理解や市場浸透には相応の時間を要するものと思われ、有効な用途開発がなされるかどうか心配された。よって、この特性を利用し、従来から社会問題化しているフードロス、プラスチック汚染、GHG排出量の削減、資源循環型社会の構築等の諸問題を解決する一策として、本乾燥機を単純に上市するのではなく、バイオプラスチック原料や家畜用飼料の製造・販売を行い、有効な用途開発を進めつつ市場の理解を深めたい。よって本乾燥機の販売を行う事業会社を設立し、その事業価値を最大化する施策をとることとした。

事業化にあたっては、原料の供給から製品の利用・

消費が可能な企業が出資を行い、それらの連携により、一定の取引量が確保できることを実現した。有効活用モデルの例を図-5に示す。

また、本プロジェクトによる製品事例を写真-3に示す。

5. 今後の技術開発と事業展開の方向性

MIRA システムを利用した極低エネルギー・低温乾燥技術は、前述の食品残渣のみならず様々なものを乾燥させることができるため、国内外の幅広い業種・業態における様々な分野での活用が期待される、今後は建設分野も含め、更なる技術開発・用途開発を行い、新たな資源循環社会の構築に貢献していきたい。以下に、検討中の技術・製品開発分野、事業開発分野を示す。

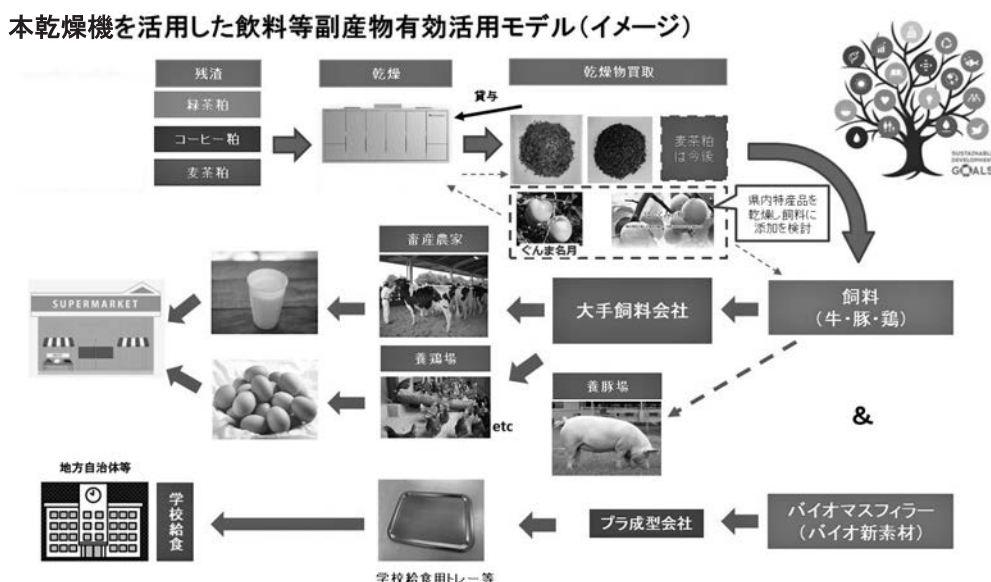


図-5 有効活用モデル

本プロジェクトの技術を活用して作られた成形製品の代表例

2021年8月上市予定のバイオ100%、95%、50%の緑茶殻ベースのマスターバッチ。バイオ100%で単体利用も可能なプラスチック用原材料。



2021年4月上市のレンタルパレット。当社製バイオマス原料10%配合。石油由来パレット比で、CO2約39%削減。再リサイクルも行う。



大手DIY店舗で販売中のプランター
JAアオレンで製造されたリングジュースの絞り粕を利用して製造された各種ケース、トレー

写真-3 バイオプラスチック原料（マスターバッチ）と成形製品の事例

- ・建設資材のバイオマスプラスチック化
- ・循環型バイオマス由来建材の開発
- ・メタン発酵消化液の減容化と乾燥残渣の有効活用
- ・バイオマスガス化発電燃料の製造
- ・食品残渣の効率的収集とメタン発酵バイオマスガス発電の効率化
- ・浚渫汚泥の脱臭・乾燥処理
- ・穀物など食材・食品の乾燥処理
- ・化粧品素材・医薬品素材の乾燥処理
- ・高分子吸収体の乾燥リサイクル
- ・プラスチック原料の予備乾燥効率化
- ・自動車ボディ等の塗装乾燥の効率化
- ・食品飲料等のエイジングへの応用
- ・低クラスター化冷凍技術への応用－体外受精卵保存
- ・プラズマ医療科学（がん治療）への応用

JCM A

《参考文献》

グレンカル・シナリー(株) ウェブページ
[\(https://www.glencalsenary.com/\)](https://www.glencalsenary.com/)

【筆者紹介】



宮崎 龍司（みやさき りゅうじ）
 鉄建建設(株) 経営企画本部 新事業推進室長、
 グレンカル・シナリー(株) 取締役



鈴木 尊（すずき たける）
 鉄建建設(株) 経営企画本部 広報部長、
 元グレンカル・シナリー(株) 執行役員

