循環型社会の創造を目指す

廃プラスチック油化の新しい取り組み

～小規模事業化の可能性～

～未来への道～

環境エネルギー株式会社

〒136-0082　東京都江東区新木場3-6-7
TEL 03-3522-1150
FAX 03-3522-1155

環境エネルギー株式会社

商号	環境エネルギー株式会社（Environment Energy CO.,LTD.）
所在地	【 本　　社 】 〒136-0082　東京都江東区新木場3-6-7 TEL 03-3522-1150　FAX 03-3522-1155 【広 島 工 場】 〒721-0952　広島県福山市曙町6-9-24 【北九州研究所】 〒808-0135　福岡県北九州市若松区ひびきの1-8 北九州学術研究都市事業化支援センター02号室
設立	2013年5月（前身は株式会社野田修護商店、環境エネルギー事業部）
資本金	金8,000万円（資本準備金7,500万円）
事業内容	廃プラスチック油化事業 －廃プラスチック油化装置（HiCOP方式）－ 新バイオディーゼル事業 －バイオディーゼル油化装置（HiBD方式）－ 環境関連プラント事業 RE:OIL活動
共同研究	東大名誉教授・HiCOP研究所所長・HiBD研究所所長　藤元 薫 北九州市立大学教授　朝見 賢二 中部大学教授　行本 正雄 日産自動車株式会社 アイシン精機株式会社
協力	日産興業株式会社 Jtecホールディングス株式会社 榎本特許商標事務所

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

沿革

2009年5月	名古屋にて油化装置の開発に着手
2012年1月	広島工場開設
2012年8月	ODA案件（JICA、JSTのSATREPS事業、**『新バイオディーゼルの合成法の開発』**）を北九州市立大学より受託（前身の株式会社野田修護商店として受託）
2013年1月	タイ、チュラロンコン大学へバイオディーゼルプラントを設置、運用、指導を開始
2013年5月	株式会社野田修護商店、環境エネルギー事業部を分社し、環境エネルギー設立
2013年10月	環境省実証事業　自動車リサイクル連携高化等支援事業に参画 **『光学選別機を利用したASR由来のプラの材料リサイクル及び油化事業』** （前身の株式会社野田修護商店として受託）
2014年1月	1時間200kg処理の廃プラ油化装置の開発に成功 現在も実証機にて試験運転中

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

油化の歴史と教訓

≪廃プラ油化の歴史≫

平成12年、札幌市のエコタウン事業の一環として、東芝、三井物産、札幌市の合弁会社、札幌プラスチックリサイクル株式会社が設立して以降、本格的な廃プラ油化事業の幕開けとなった。東芝の他にも千代田化成、クボタ、前田製作所などが相次いで参入し、新潟市、立川市、三笠市などに油化工場を設置した。
しかし、現在では火災事故や経済採算性の理由から、全ての工場が閉鎖している。

≪事業閉鎖の事例と事故原因≫

※全ての工場は熱分解方式

■火災事故（新潟市・立川市）

新潟市：熱分解槽に冷却水の水量の設定に問題があって、熱分解槽が過熱し溶融プラスチックが逆流して漏出したため火災。

立川市：混入するアルミ蒸着物などのスラッジ分がバルブに挟まり、溶解したプラスチックが流失して火災。操業初日での火災で工場閉鎖。

【原因】 ・プラスチックを溶解する危険性 ⇒ 熱分解方式は溶解するために、どうしても大きな事故になりやすい。

・危険予知の甘さ ⇒ 設計、運用に専門家が不在だった。

■経済採算性の低さ（札幌）

容リの入札に負ける経済採算性の低さ（原価で120円/kg必要だった）

【原因】 ・生成油にワックス分が多かった ⇒ 自社で蒸留し、重質は自家消費
JXへの販売は2、300kL/月程度に留まった。（販売収率20%程度）

・配管の閉塞による運用費の上昇 ⇒ ワックス分、ペットボトルの熱分解生成物であるテレフタル酸や安息香酸が昇華性物質のため。

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

廃プラ油化技術　HiCOP（ハイコップ）方式の特長

環境エネルギー株式会社

ワックス分、残留塩素がほとんどない高品質の炭化水素油が得られる技術

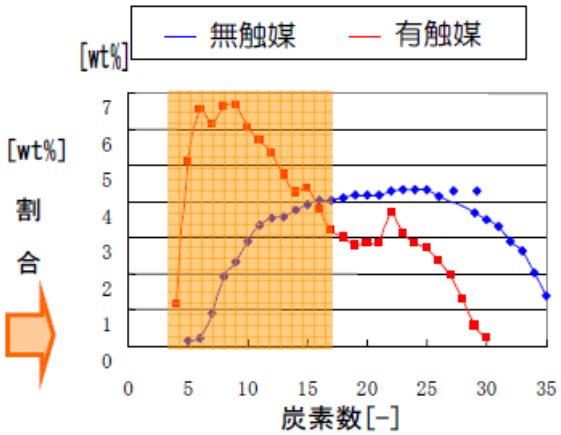
HiCOP式とは、使用済みの触媒を利用し、高効率かつ低コストに廃プラスチックの油化を実現する技術。
従来の触媒を使用しない熱分解に比べ反応時間が短く、収率も従来の50～70%程度に対し、70～80%以上と高く、更にはPVCやPETを含む一般廃棄物系のプラスティックからでも高品質な油を生成できる技術である。

≪特長≫

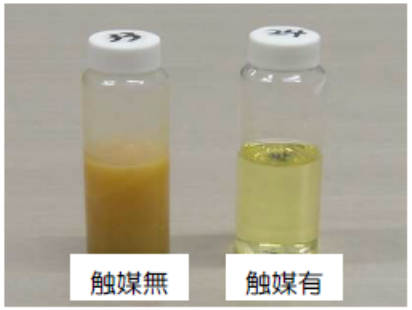
1. 触媒による接触分解のため反応が穏やかで安全性が高い。
2. ワックス分のほとんどない油が高収率(80%)に取れる。
3. 装置がシンプルで設備コストが安価である。
4. 使用済みの安価な触媒を利用するためランニングコストも安い。
5. 油化と脱塩素処理を同時に行うため、若干のPVCが混入しても生成油中残留塩素が極めて少ない（100ppm 以下）

生成油のマテリアルバランスの例

	PE		RPF
	触媒無(%)	触媒有(%)	触媒有(%)
ドライガス（C1～C2）	1.5	2.9	18
LPG（C3～C4）	2.3	5.2	
ナフサ（C5～C8）	2.7	21.5	36
灯油（C9～C12）	13.1	20.8	28
軽油（C13～C24）	37.8	36.6	
重油（C25～）	29.9	12.1	6
コークス・残留物	12.6	0.9	12



ワックス分のない
綺麗な生成油



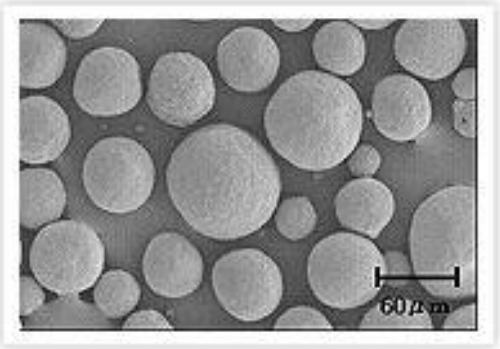
Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

FCC触媒と反応イメージ

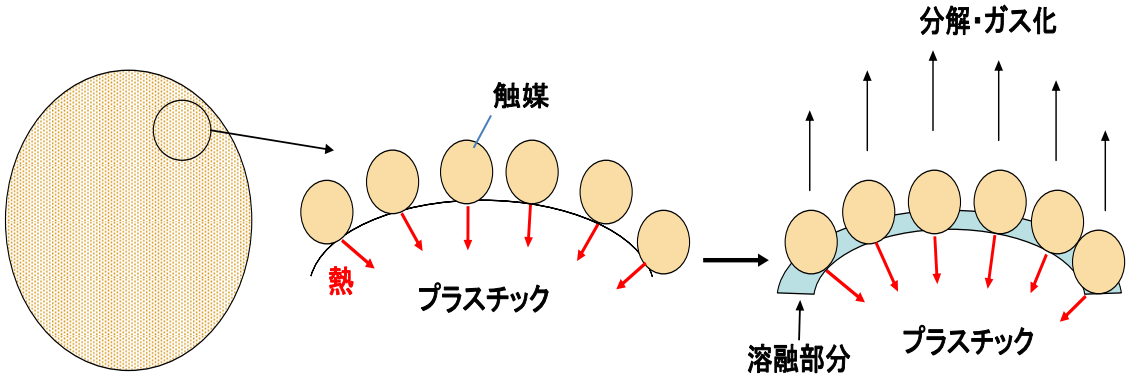
≪FCC触媒とは≫

石油精製の際、流動接触分解（FCC：Fluid Catalytic Craking)と呼ばれ、分子の大きい重質油留分を低分子のガソリンや中間留分に分解する反応の際に使用する触媒。
そのままでは使用することが難しい劣悪な重質油からクリーンなガソリンを製造できるため、石油精製分野では非常に重要な触媒である。

直径約10μメートル（1μメートルは1メートルの10万分の1）～100μ程度の球状の粒子で、ゼオライト（珪酸、酸化アルミニウムを主体とする多孔性の結晶化合物）、シリカ（二酸化珪素：SiO2）、粘土鉱物（天然の粘土の主成分）などの物質から構成されている。



≪反応イメージ≫



380℃～450℃でFCC触媒とプラスチックが接触するとプラスチックが分解し、炭化水素ガスとなる。

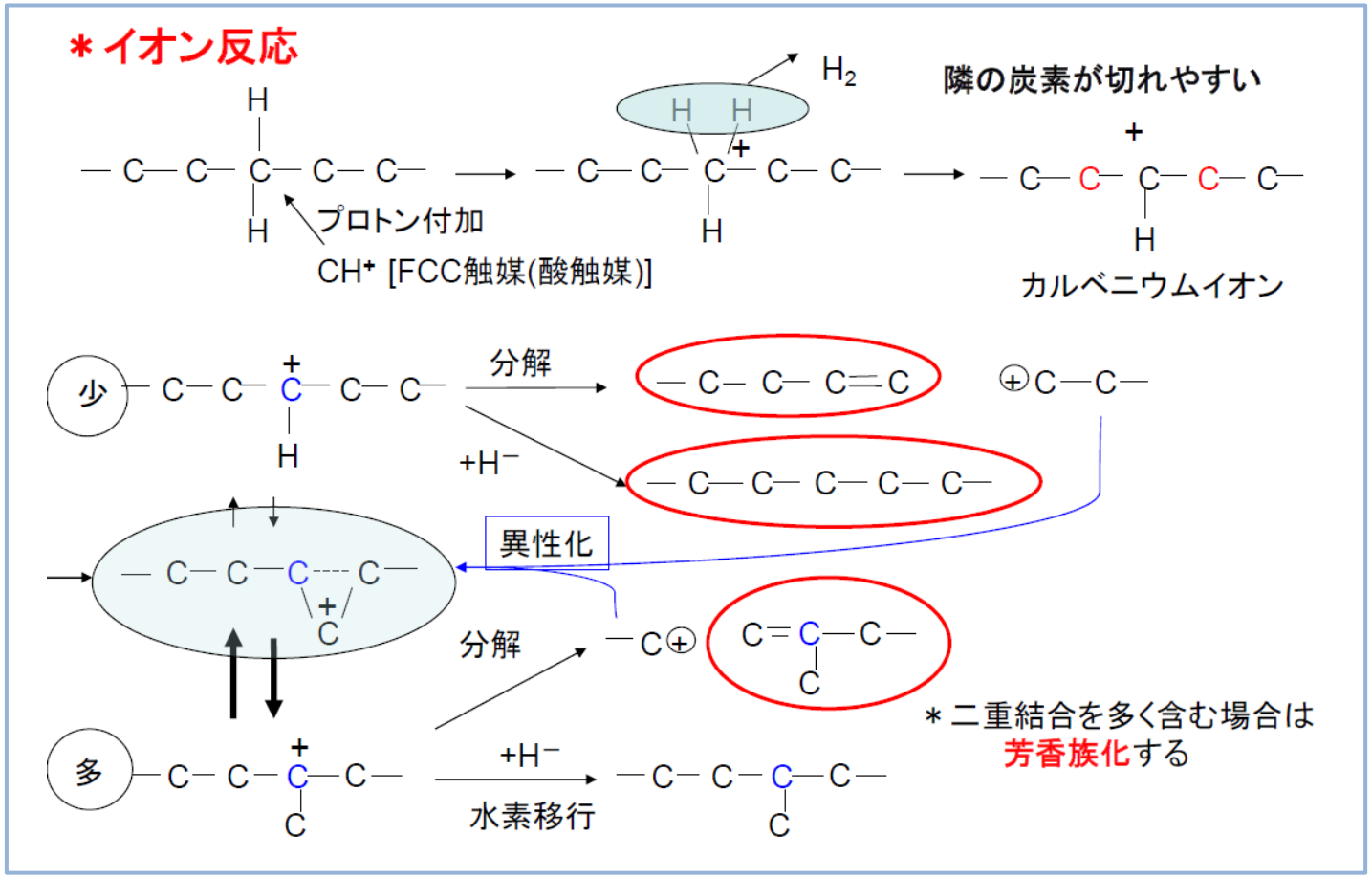
このガスを凝縮させると良質な生成油となる。

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

FCC触媒による反応の仕組み

環境エネルギー株式会社

FCC触媒は合成ゼオライトと呼ばれ、主に中性のシリカ（酸化ケイ素SiO_2）と酸性のアルミナ（酸化アルミニウムAl_2O_3）から構成されている。この特長は、アルミナの酸がイオン反応することで炭素同士の結合を単純な熱エネルギーをよりも低い温度（低いエネルギー）でプラスチックの分子構造を切ることができ、効率的なプラスチックの分解が可能となる。しかも分解したものが芳香族化、異性化し、構造式が変わることで重合することを防ぐと共に芳香族化、異性化したものは流動点の高いため、高品質な生成油となる。

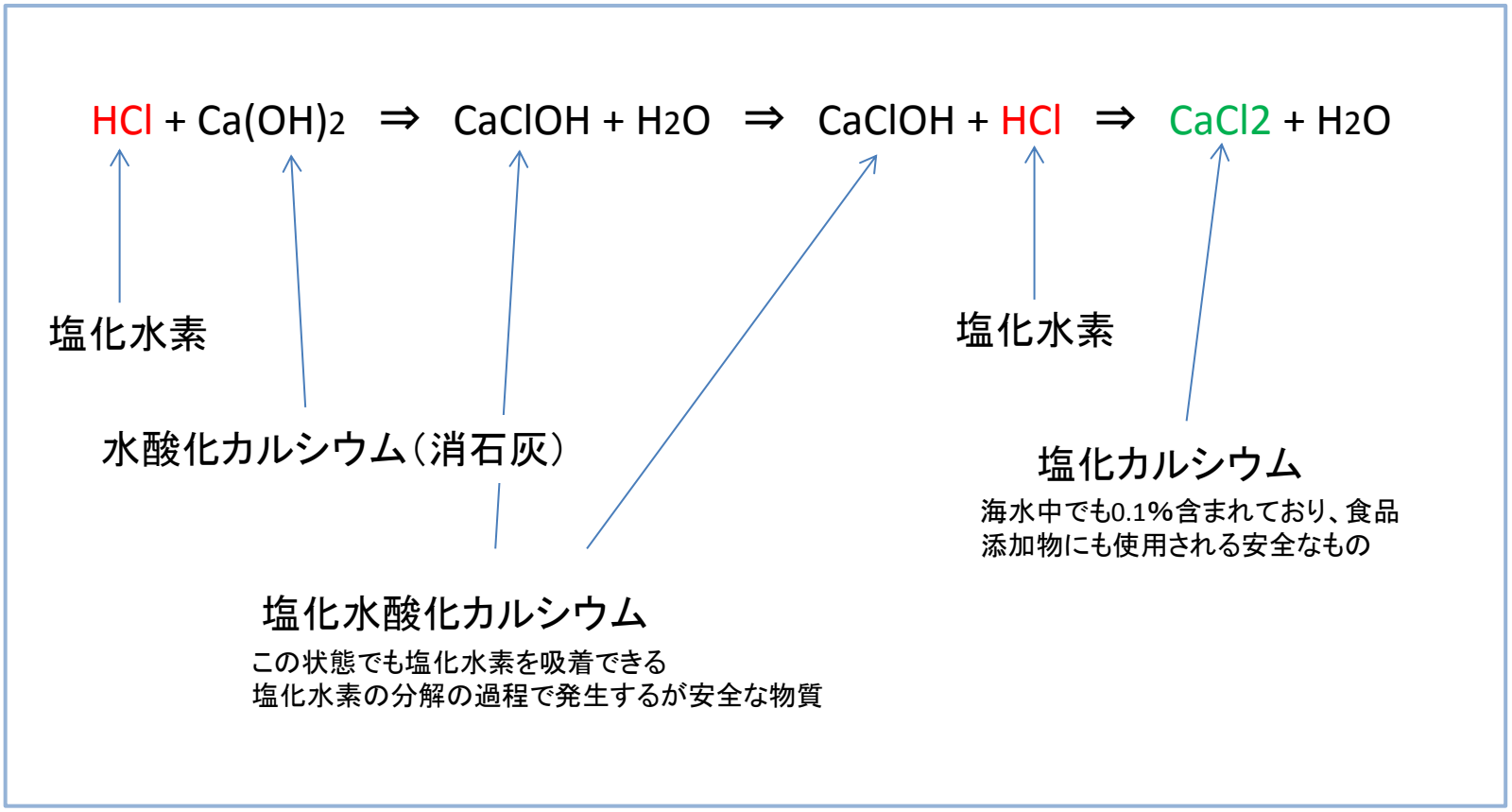


Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

塩素（PVC）のトラップの仕組み

ラップ類などに含まれる塩化ビニールや食品残渣の中にある塩分類は、有害な塩素ガスの発生源になると共に
生成油に混入する原因となる為、取り除く必要がある。特に生成油に混入してしまうと、それを使用した際に
同様に塩化水素ガスの発生源となると共に、塩酸によりプラントやエンジン類に大きなダメージを与えてしまう。

このトラップの方法も特許であり、下記のように消石灰を投入するという非常にシンプルで安全性も高く、また経済性も
高いのが特長となる。



Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

熱分解方式（従来技術）とHiCOP（ハイコップ）方式（新技術）との比較表

環境エネルギー株式会社

従来の油化技術であり、事業化が難しかった熱分解方式とHiCOP方式の比較表。
熱分解方式が抱えてきた問題点の多くを解決できるHiCOP方式は、廃プラ油化事業の可能性を大きく広げている。

	従来技術	HiCOP方式
方式	熱分解	接触分解
触媒	なし	あり
対象プラスティック	主にPPとPS PVC,PETは不適	3Pミックス（PP,PS,PE） 若干のPVC,PET混入可
処理方法	主としてバッチ式	連続式
生成油収率	～70%	～80%
生成油主成分	重質油（軽油、重油）	ナフサ、灯油、軽油
生成油品質	低（WAX分多い、流動性低い）	高（WAX分なし、流動性高い）
残留塩素	数100ppm	100ppm以下
安全性	ガス噴出、火災の懸念	連続投入の為、急激なガス発生がなく ガス圧が安定
設備の安定性 （メンテナンス性）	コーキングによる処理能力低下や、 配管の閉塞が起こりやすい、 塩素による腐食トラブル等により、 頻繁にメンテナンスが必要	コーキング発生や配管の閉塞なし 脱塩素材により、配管等の腐食なし
処理コスト	80円～160/kg	50円/kg以下

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

特許と発明者 『藤元 薫(フジモト カオル)』

環境エネルギー株式会社

【発明の名称】 廃プラスチックの接触分解方法及び廃プラスチックの接触分解装置
使用済み固体酸触媒の脱塩素処理方法

【出願・特許番号】 特願 2007-555927／特願 2008-318475

【発明者】 **藤元 薫**

東京大学名誉教授
北九州市立大学 特認教授
日本エネルギー学会 元会長、名誉会員
日本DMEフォーラム 会長
プラスチックリサイクル化学研究会 前会長
(社)石油学会 評議員
(社)HiCOP研究所 所長、(社)HiBD研究所 所長

受賞暦

2010年9月 IDA (The International DME Association) 功績賞
2008年6月 プラスチックリサイクル化学研究会 技術進歩賞
「廃FCC触媒を用いる廃プラスチックスの連続分解油化プロセスの開発」
2008年 プラスチック化学リサイクル研究会技術進歩賞
2007年 平成18年度日本エネルギー学会功績賞(本会部門)
2001年 中国清華大学客員教授
1999年 触媒学会賞
1998年 ロシア科学アカデミー名誉会員
1998年 石油学会賞
1998年 日本エネルギー学会学会賞

東大名誉教授でエネルギー学、プロセス工学、触媒・資源化学プロセスのスペシャリスト。
その研究成果は、国内外と問わず高く評価され、委員依頼や受賞も数多く、現在は京都市が推進している『「バイオ軽油」実用化プロジェクト』のメンバーでもある。

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

HiCOP方式油化装置 “HiCOP-2000” 概要

福山市曙町にある弊社広島工場内にて実証機を運用し、足掛け5年以上に及ぶ研究にてその有効性を実証した。

処理能力 ： 最大 4．8t／日（廃プラ投入可能量 200kg/h）
最大 120t／月（25日間、月600時間稼働換算）
・3P単体、3P混合（廃棄プラスチック3PとはPE、PP、PS）
・処理量の5%程度のPVC混入はOK

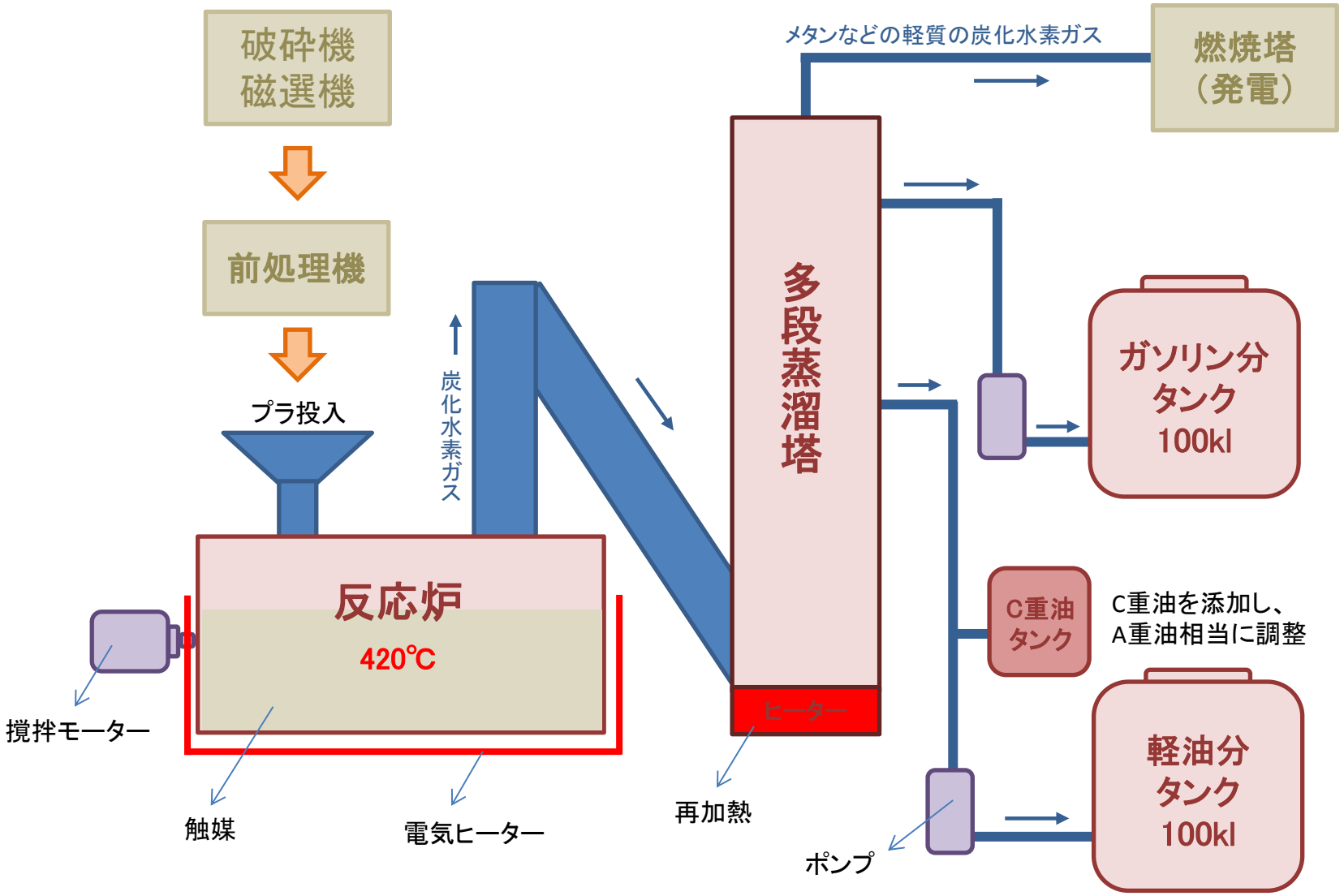
生成油量 ： 最大 4，800ℓ／日　120kℓ／月
（生成油はガソリンと軽油の混合油、混合比は概ね6：4）

油化事業
特許
北九州市立大学
実施許諾

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

廃プラ油化プラント（HiCOP（ハイコップ）方式） フロー図

環境エネルギー株式会社



Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

生成物と蒸留温度について

蒸留温度と炭素数	原油精製での蒸留温度分布	弊社のプラントでの重量収率
原油精製時の蒸溜塔温度		
35℃（C_1～C_4）	石油ガス留分（LPガス等）	ガス 10%～20%
35℃～180℃（C_5～C_{10}）	ガソリン・ナフサ留分（自動車燃料・化学製品原料）	ガソリン分 45%～50%
170℃～300℃（C_{10}～C_{15}）	灯油留分（灯油・ジェット燃料）	灯軽油分 30%～45%
200℃～350℃（C_{15}～C_{20}）	軽油留分（軽油）	
350℃以上（C_{20}～）	残油留分（重油・アスファルト）	重油分 ほぼ0%
ヒーター		

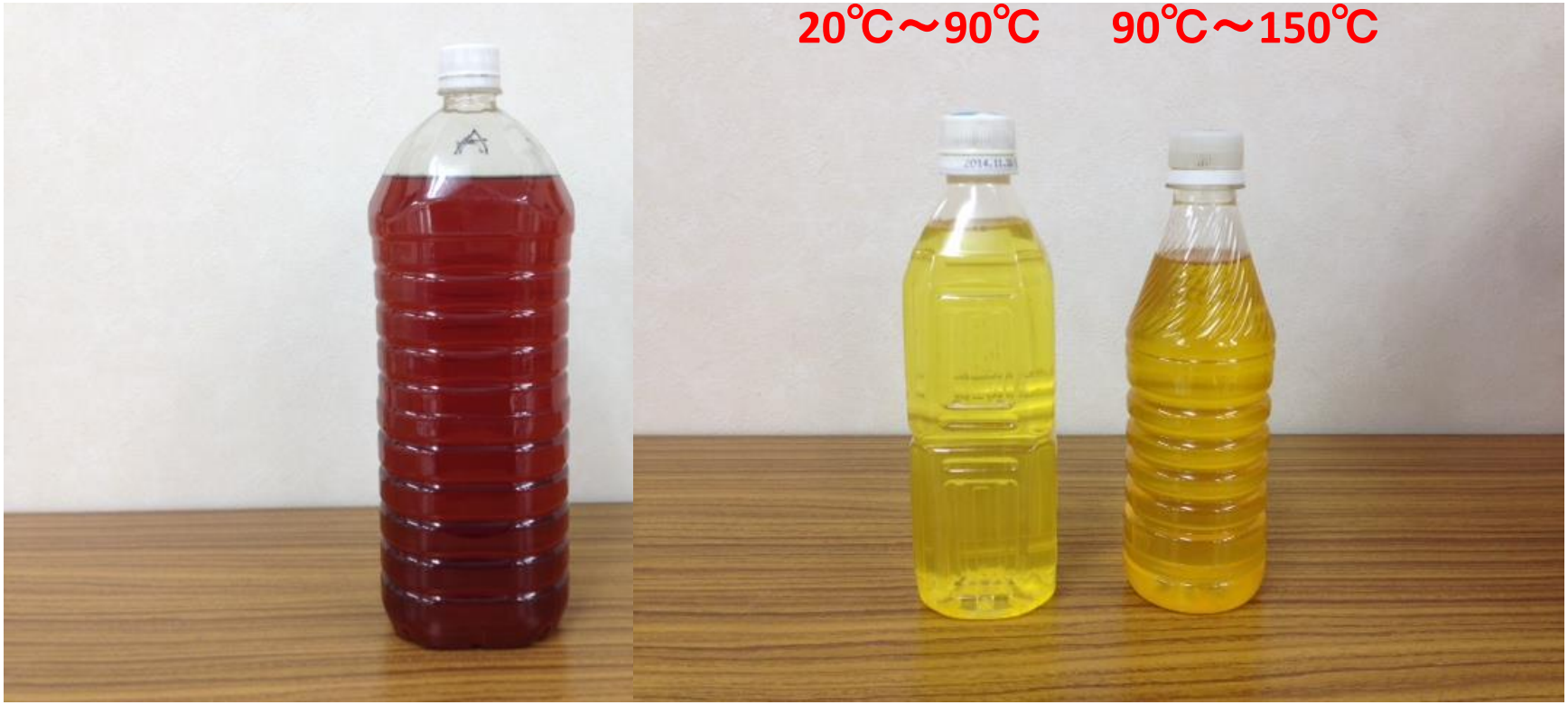
※重質分、ワックス分は還流させ再度反応させる為、生成油には入らない。

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

廃プラからの生成油

環境省の予算によるプロジェクトにて生成した油。
多段蒸留塔により凝縮温度によりガソリン分、灯油分、軽油分を分留するとこができ、
凝縮温度により見た目はもちろん生成油に混入している物質も変化する。

<u>生成油はそのままA重油として販売できるほど、高品質となっている。</u>



Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

生成油分析一覧表

環境エネルギー株式会社

	項目	単位	軽油規格	軽油 引取税	A重油 規格	A重油 実測値	一廃プラ	
							軽油分	ガソリン分
共通	密度(15℃)	g/立方cm	0.86以下	0.8～0.87		0.8720	0.8568	0.7799
	引火点	℃	50以上	130以下	60以上	68	53	<2
	蒸留点	℃						
	初留	℃					154	56
	10%	℃					175.5	100.5
	50%	℃					215.5	134.5
	95%	℃					317.5	198
	終点	℃					335	233
	硫黄分	質量%	0.0010以下		2以下	0.66	0.0074	0.0015
	総発熱量	KJ/Kg				44,970	45.42	46.55
	真発熱量	KJ/Kg				42,260	42.64	43.53
軽油・重油	セタン指数		50以上			42	33.4	27.6
	流動点	℃	1号(-2.5以下)		5以下	-30	<-52.5	<-52.5
	目詰まり点	℃	1号(-1以下)			-21	<-31	<-31
	10%残留炭素	質量%	0.1以下			0.5	2.07	0.03
	動粘度(軽油30℃)	㎟平方/S	1号(2.7以上)		20以下	2.1	1.795	0.678
	窒素分	質量%				0.02	0.26	0.07
	脂肪酸メチルエステル	質量%	0.1以下					
	トリグリセリド	質量%	0.01以下					
軽油品確法	蒸留性状(90%留出温度)		350以下	267～400			287.5	173.5
	メタノール							
	酸価	mgKOH/g以下					0.86	<0.01
	ぎ酸							
	酸化安定度							
灯油	セーボルト色							
	煙点							
	銅板腐食						1a	1a
重油	塩素	質量%					0.0045	0.009
	水分	VOL%			0.3以下	0.05以下	<0.03	<0.03
	灰分	質量%			0.05以下	0.001以下	0.06	<0.001
	残留炭素	質量%		0.2以下	4以下	0.05	0.25	0.01

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

油化事業の可能性

≪廃プラスチックのリサイクルの現状≫

廃プラスチックの年間排出量は約912万t。(2009年プラスチック循環利用協会資料)

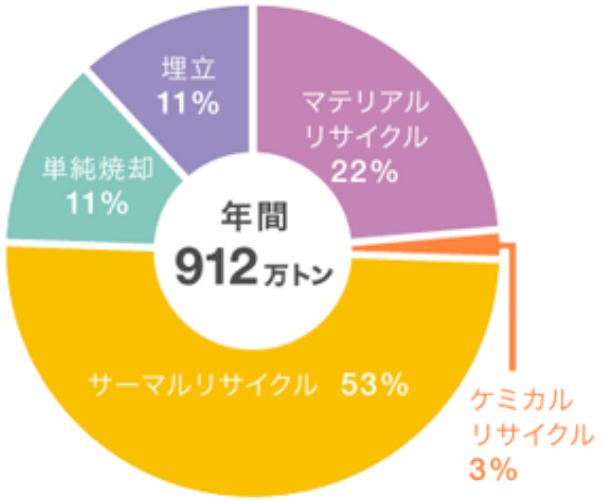
そのリサイクル率は78%で、下記の3つの方法でリサイクルされている。

- ■マテリアルリサイクル　22%
- ■ケミカルリサイクル　3%
- ■サーマルリサイクル　53%
- ■未利用　22%(約20万t)

ご存知の通り、大半を占める「サーマルリサイクル」(53%)は焼却時の熱源利用が目的のもので、廃棄物発電、熱利用焼却、固形燃料に加工されそのまま焼却される一度だけの利用。
リサイクルの定義を資源の再循環、再資源化と仮定すると、本来の意味でリサイクルされている廃プラスチックはマテリアルとケミカルの合計である25%ほどにしか過ぎないと言える。

またサーマルリサイクルもされず、単純焼却や埋立される廃プラも22%もあることを考えると、全体の75%もの廃プラスチックが有効的なリサイクルをされていないという現状が見えてくる。
全く利用されていない22%だけを考えても、約1,000億円近い価値がある。

廃プラスチックの処理処分方法(2009年)



参照:プラスチック循環利用協会資料

異なる種類の様々なプラスチックが混じった一般家庭から出るプラスチックゴミのリサイクルは難しく、技術的、事業採算性の観点からこれまでずっと敬遠されてきたが、触媒方式(HiCOP式)油化技術は従来の熱分解方式とは一線を画す。
熱分解方式で課題となっていた部分を改善でき、プロセスの安全性も高く、生まれる油の品質も飛躍的に向上、生成油の収率も70%以上もある。

25%と低迷しているリサイクル率を向上させる新しい廃プラスチックのリサイクルシステムとして、触媒方式(HiCOP式)油化技術は、より良い循環型社会の創造に貢献できる可能性が非常に高い。

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

実用化へ向けた法的規制について

廃プラ油化施設に関しては様々な法規制がある。

■廃棄物処理法（熱分解に係る廃棄物処理基準の明確化）

・熱分解室内の廃棄物を燃焼させない構造
・熱分解室内の温度等の保持及びその測定
・排出された炭化物等の冷却
・処理に伴って生じた不要なガスの適正処理（生成油40w%以上、排ガスが25w%以下）
・生成する炭化水素油は標準仕様書(TSZ〇〇二五)に適合し、売却できること
・熱分解処理に伴って生じたガスの排出口以外からの漏洩防止
・排出口からの残さの飛散防止及び黒煙の排出防止
・熱分解処理に伴って生じたガスや残さが不適正に排出されないこと
※平成17年4月1日施行『廃棄物の処理及び清掃に関する法律』

■消防法

・油化施設は危険物製造所に該当
・貯蔵制限（準工業地域だと指定数量の50倍まで）
・危険物保安監督者（甲種乙種危険物取得者、実務6ヶ月以上）
・その他（予防規定、定期検査、保安距離、保有空地、消化設備等）
※指定数量（ガソリン200L、軽油1,000L）

■環境アセスメント法

・廃プラスチック破砕施設（1日5t以上＋設置許可）

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

熱分解に係る廃棄物処理基準の明確化

第一　熱分解に係る廃棄物処理基準の明確化
廃棄物を熱分解(焼却を伴わずに加熱により分解することをいう。以下同じ。)する処理による生活環境保全上の支障の発生を防止するため、廃棄物を熱分解し、炭化水素油又は炭化物を生成する場合等において用いる熱分解設備の構造及び熱分解の方法を定めたものであること。

一　熱分解設備の構造

(一)　炭化水素油又は炭化物を生成する場合(改正省令による改正後の廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則(昭和四六年厚生省令第三五号。以下「規則」という。)第一条の七の二第一号関係)

ア　熱分解室内の廃棄物を燃焼させない構造
原則として酸素が外部から熱分解室内に供給されることなく、可燃物が燃焼を継続するために必要な酸素濃度である限界酸素濃度をおおむね上回らない程度の状態で廃棄物が加熱され、廃棄物中の有機物が熱分解される構造であることとしたこと。

イ　熱分解室内の温度等の保持及びその測定
熱分解室内を処理の対象となる廃棄物の種類等に応じ、炭化水素油や炭化物を生成するために必要な温度及び圧力に設定し、それを適正に保つ構造である必要があり、熱分解室内の温度及び圧力が適正に保たれていることを確認するため、これらを定期的に測定することができる構造であることとしたこと。ただし、熱分解室に一定の圧力を加えない場合にあっては、圧力を適正に保持し、それを測定できる構造であることは必要とされないこと。

ウ　排出された炭化物等の冷却
熱分解処理に伴い生じたガス以外の炭化物等は、高温状態のまま排出され、外気に触れると発火するおそれがあることから、排出後直ちに炭化物等が発火に至らない温度まで冷却できる構造であることとしたこと。
なお、熱分解の終了後、熱分解室内の炭化物等が外気に接することなく一定時間放置され、発火に至らない温度にまで低下した後に熱分解室から排出される場合にあっては、排出後に冷却する必要はないこと。なお、処理に伴って生じた不要な炭化物は、燃え殻に該当するものであること。

エ　処理に伴って生じた不要なガスの適正処理
処理に伴って生じた塩化水素、炭化水素等の不要なガスの排出に伴う生活環境保全上の支障を防止する観点から、薬液洗浄や活性炭吸着等によりガスを燃焼させることなく適正に処理できる装置を有する構造であることとしたこと。
なお、当該ガスを当該設備で燃焼させる場合は、従前どおり、焼却に該当し、焼却に係る諸基準が適用されることとなること。ただし、再生利用を目的として炭化水素油を生成する場合であって、生成される炭化水素油の重量が処理した廃棄物の重量の四〇%以上で、かつ、処理に伴って生じたガスのうち炭化水素油として回収されないガスの重量が、処理した廃棄物の重量の二五%以下の場合(以下「油化」という。)において、処理に伴って生じた不要なガスを燃焼する場合は、焼却に該当しないこととしたこと。
この場合において、「処理した廃棄物の重量」とは、熱分解室に投入された廃棄物の重量とし、「処理に伴って生じたガスのうち炭化水素油として回収されないガスの重量」とは、熱分解室に投入された廃棄物の重量から、生成された炭化水素油の重量、熱分解室から排出された残さの重量、油水分離後の水分の重量(油水分離工程がある場合に限る。)及び塩化水素の重量(塩酸を回収する場合に限る。)を除いた重量とし、いずれも、通常の操業状態における平均的な重量とすること。
また、再生利用を目的として生成される炭化水素油は、廃プラスチック熱分解油に係る標準仕様書(TSZ〇〇二五)に適合する等他に有償売却できる性状を有し、他の施設で燃料又は原料として利用されることが可能なものであること。

(二)　上記一(一)以外の場合(規則第一条の七の二第二号関係)
廃棄物中の有機物を燃焼させることなく高温状態で熱分解し、酸化鉄などの金属酸化物と反応させる場合等がこれに該当し、この場合熱分解に必要な高温状態に設定し、それを適正に保持できる構造であること等生活環境保全上の支障の発生を防止する措置を講ずることが必要であることとしたこと。

二　熱分解の方法
熱分解の方法については、「環境大臣が定める熱分解の方法」(平成一七年一月環境省告示第一号。以下単に「告示」という。)で定め、平成一七年四月一日から適用することとしたところであり、その運用については、以下のとおりであること。

(一)　炭化水素油又は炭化物を生成する場合(告示第一号関係)

ア　熱分解処理に伴って生じたガスの排出口以外からの漏洩防止
熱分解室及び熱分解室からガスの排出口に至る配管等に隙間や破損部分がない熱分解設備を用いる等により熱分解処理に伴って生じたガスが外部に漏洩しないように熱分解を行うことが必要であることとしたこと。

イ　排出口からの残さの飛散防止及び黒煙の排出防止
処理量を適正に保ち処理に伴って生じた残さが飛散しないようにするとともに、油化において炭化水素油として回収されないガスを燃焼する場合は、燃焼室に十分な量の空気を供給させるほか、必要に応じ集じん器を設ける等により熱分解を行うことが必要であることとしたこと。

ウ　熱分解処理に伴って生じたガスの処理
処理に伴って生じた塩化水素、炭化水素等の不要なガスについて、油化以外の場合は、薬液洗浄、活性炭吸着等によりガスを燃焼させることなく適正に処理することが必要であることとしたこと。

(二)　上記一(一)以外の場合(告示第二号関係)
廃棄物中の有機物を燃焼させることなく高温状態で熱分解し、酸化鉄などの金属酸化物と反応させる場合等がこれに該当し、この場合生活環境保全上の支障の発生を防止する措置として、熱分解処理に伴って生じたガスや残さが不適正に排出されないことが必要であることとしたこと。

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

排ガス検査

油化する際に発生するオフガスをバナーにて燃焼させ、その排気ガスを焼却施設基準にて測定。
指定有害物質とダイオキシンともに検出されず、燃焼後の排ガス放出が可能となる。

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

残渣の最終処分適合検査

残渣として排出される廃触媒の最終処分ねの受入可能テスト結果。
指定有害物質とダイオキシンともに検出されず、埋立最終処分が可能となる。

試験結果報告書

日本総合科学

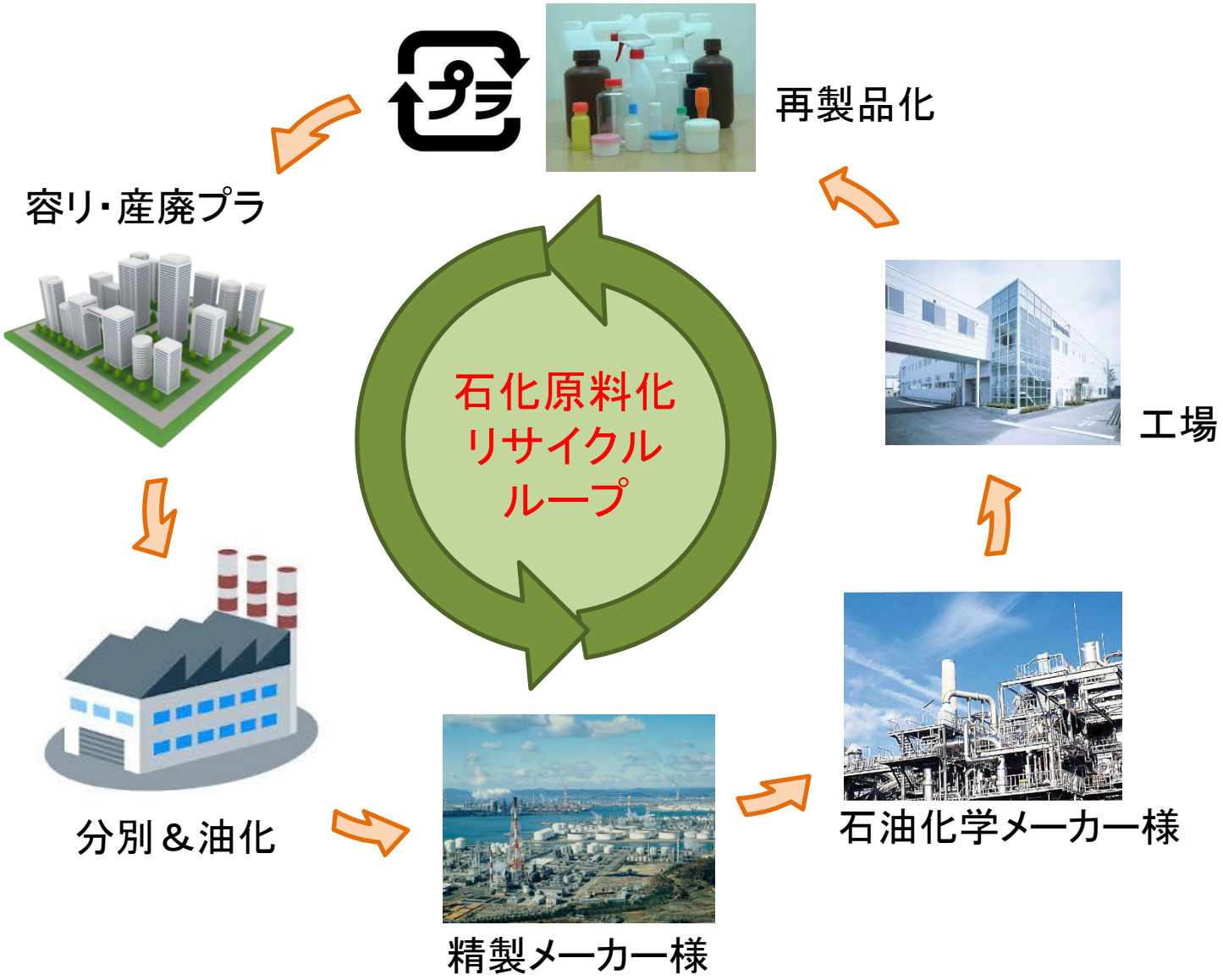
検査報告書

日本総合科学

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

油化の可能性 『石化原料化による廃プラの資源循環』

環境エネルギー株式会社



Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.

環境、エネルギーの分野通じて、

人々の幸せに貢献すること

Copyrights©2015 Environment Energy Co.,Ltd.