

環境省

平成 27 年度地域循環拠点(エコタウン等)高度化モデル事業

「北九州エコタウンにおける、次世代自動車および

家電・小型家電からの高度リサイクルの前処理技術検討」

成果報告書

(ドラフト版)

平成 28 年 3 月 4 日

日本磁力選鉱株式会社

三菱マテリアル株式会社

1、モデル事業の背景、概要

北九州エコタウンは、九州のリサイクル・静脈産業の要であるとともに、九州地区の動脈産業を近隣に有し、また本州との物流の九州地区のハブ的な位置にある。これまでも様々なりサイクル技術の開発を行ってきており、国内のリサイクル技術開発の拠点として注目を集めている。

日本磁力選鉱(株)は、北九州エコタウンにおいて、小型家電のリサイクル事業を実施しているとともに、古くから鉄鋼産業のリサイクル事業の経験と実績を有している。また、先に述べたように、北九州エコタウンには、自動車リサイクル企業、家電リサイクル企業も操業を続けている。これまでも既に家電製品、自動車等のリサイクル事業において横のつながりを持った連携が行われてきたが、リサイクル事業が国際化していく中で、更なる横の連携を強化することが求められており、総合的な環境負荷低減の可能性がまだまだ残っている。横の連携を強化するためのアイテムとその技術的な検討の一つには、非鉄金属の高度利用における省エネ、CO2削減効果がある。銅のリサイクルはすでに製錬所に戻すことによる山元還元が行われているが、これらの高度利用、すなわち、非鉄製錬所を介しないリサイクルの検討は未だ十分に行われているとは言い難い。そのため、銅の高度リサイクル処理技術の開発が望まれている。

また、もう一つのリサイクル技術開発要素の一つに、近年、環境負荷低減という観点からも市場での比率が増加しているリチウムイオン二次電池（以下、LIB）の処理がある。当社は平成25年度から三菱マテリアル(株)と協力し、その回収から、放電・解体・熱分解処理を通して、銅・アルミニウムの回収、適正な処理方法の確立の研究を行っている。しかし、これらも廃自動車、廃小型家電等に共通した課題であり、このスキームを確立する必要がある。

この二つの大きな課題に着目し、今、静脈産業における連携を強化し、地域の物流ハブの特性を生かした技術開発検討を今回の以下のような内容で行った。

- ① 各リサイクル工場から出てくる配線・ハーネスのリサイクル（乾留による銅の高度リサイクル）
- ② LIB処理における未燃カーボンの利用促進技術開発

2、モデル事業の目的

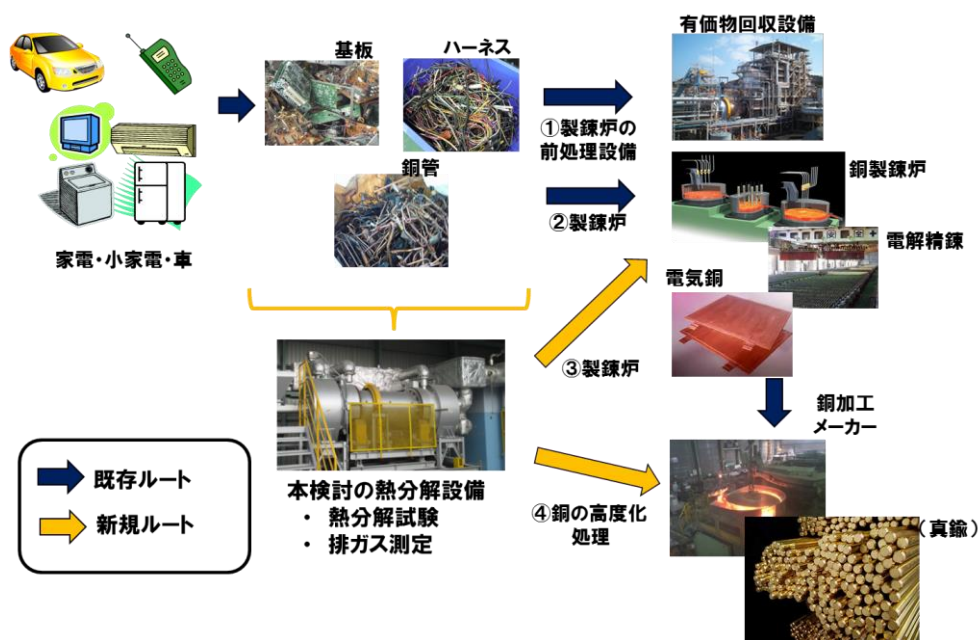
当社と三菱マテリアル(株)は、北九州エコタウンにおいて、過熱水蒸気を熱媒体とする過熱水蒸気炉を移設し、その特性を活かし、LIB、ハーネス、基板他の高度リサイクル促進事業の開始を検討している。事業化に向けた技術的な検討、及び処理物の集荷、処理、その効果の実証を行うことが本事業の目的である。

3、モデル事業の実施概要

3-1、処理フロー

今までは、ハーネスのような部材はそれぞれのリサイクル企業でリサイクルを行っていた。その結果、特にハーネスは海外への輸出や場合によっては野焼きされた後にリサイクルされ、環境への負荷を増加させている可能性もある。これらの部材を集約して処理することにより、処理の効率化を促進し、銅の国内利用を促進することが可能となる。また、これらの部材は集約的に処理する事が必要であり、拠点を集約することにより、輸送コストの削減、ひいては輸送による CO2 排出削減効果がある。これを活かし、九州と九州以東を結ぶ拠点である北九州にエコタウン拠点を設け、処理を検討することにより、その効果が大きいことを確認する。

処理後の銅については、山元還元によるこれまでの銅リサイクル手法を用いると、製品になった銅を鉱石と同様に扱うことになり、銅の溶解から製錬、電解精錬など多くのエネルギーを投入することになる。リサイクル技術の検討により、回収された銅の不純物濃度等の管理が可能となれば、製錬された銅を利用している伸銅メーカーでの利用が可能となる。これを銅の高度利用と呼び、山元還元における燃料・電力の使用量を削減し、トータルとしての CO2 削減効果を有する。



LIB 処理技術においては、今回適用した過熱水蒸気により熱処理において、負極として多く使用されているカーボン、樹脂等を炭化し、これらを回収・分別することにより、製鉄におけるカーボン代替として使用できる可能性がある。また、還元雰囲気での処理なので、銅、アルミニウムを資源としてそのまま利用することが可能であり、それぞれの材料を原料から製錬する方法に対し、大きな CO2 削減効果がある。ただし、LIB は電解質、正極・負極材のバインダーにフッ素を含有する化合物を使ってい

る。これらの挙動も併せて把握する事が LIB 処理における環境負荷を低減させるうえで重要であり、これらの処理における環境測定を実施し、環境への影響を評価した。

3-3、実施項目及び実施スケジュール

今回の提案の具体的内容をまとめると、以下になる(図1)

- ④各リサイクル工場から出てくる配線・ハーネスのリサイクル(熱分解・乾留処理による銅の高度リサイクル)
- ⑥LIB 処理における未燃カーボンの利用促進技術開発

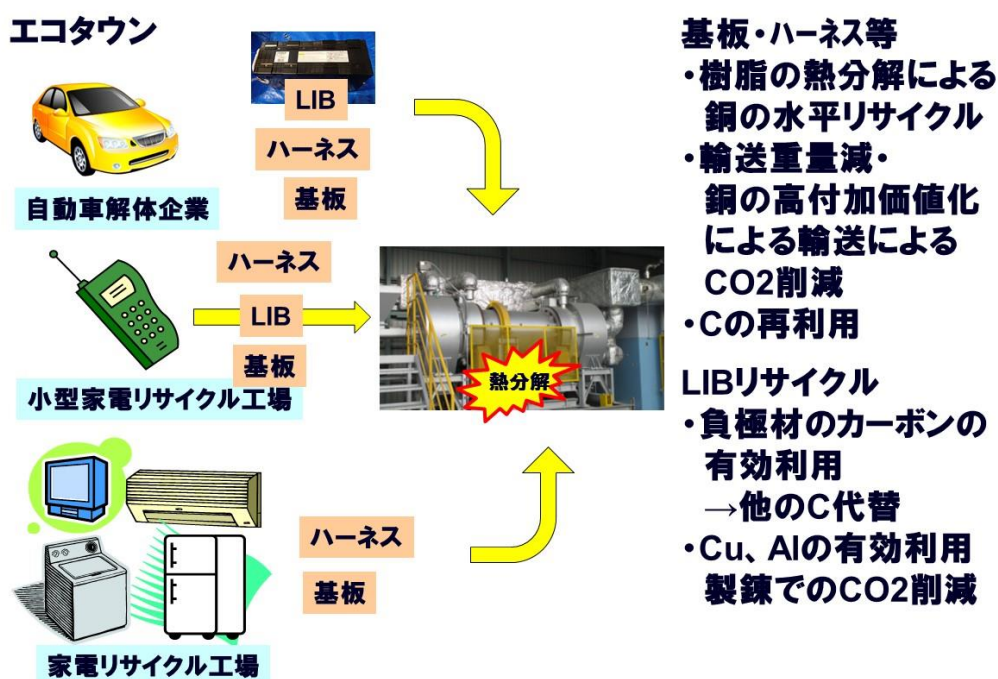


図1 エコタウンにおける高度リサイクル技術開発

本事業における全体の実施内容は、

- ① LIB、ハーネス等の集荷、処理による輸送効率、減量化によるCO2削減効果検討
- ② ハーネス等の処理試験及びその時の排ガス測定、処理物の評価
- ③ LIBの処理試験及びその時の排ガス測定、処理物の評価
- ④ 過熱水蒸気処理における処理物中の未燃カーボンの再利用方法の検討
- ⑤ 銅の高度リサイクルのための不純物、異物の評価、除去方法の検討
- ⑥ LIB処理における銅、アルミニウムのリサイクルによるCO2削減効果検討(製錬との比較)

それぞれの担当は、以下の様となっている。

日本磁力選鉱㈱:②、③、④

三菱マテリアル㈱:①、⑤、⑥

また、実施のスケジュールを表 1 に示す。

表 1、スケジュール

事業内容	27 年						28 年		
	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
1. 集荷検討		→	→	→	→	→			
2. ハーネス・基板処理		→	→	→	→	→			
3. LIB 処理		→	→	→	→	→			
4. カーボン利用検討					→	→	→		
5. 銅の高度利用						→	→	→	
6. CO2 削減効果							→	→	→

したがって、弊社は、以下①～③の内容について、平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 2 月 5 日まで検討を行い、その内容をまとめた。

- ① LIB、ハーネス等の集荷、処理による輸送効率、減量化による CO2 削減効果検討
- ② 銅の高度リサイクルのための不純物、異物の評価、除去方法の検討
- ③ LIB 処理における銅、アルミニウムのリサイクルによる CO2 効果

4、検討結果の内容

4-1、LIB、ハーネス等の集荷、処理による輸送効率、減量化による CO2 削減効果検討

4-1-1、基本フローの策定

今検討では、図 2 の青色矢印①、②で示したこれまでの既存処理ルートに対し、エコタウンに熱分解設備を設置する事により、①を③、④、②を④へ移行させ、より CO2 排出の少ない処理方法への検討を行う。①については、前処理設備において、今回検討の熱処理と同様の熱をかけての処理をおこなっているため、前処理を必要とする基板、ハーネス（ただし、ハーネスについては、実際は、被覆に含まれる塩素から発生する塩素ガスのため、既存の前処理炉で処理する事は行っていない。）については、前処理後、使用するという点では、①と③は同様の処理を別の場所で行っているという事になる。

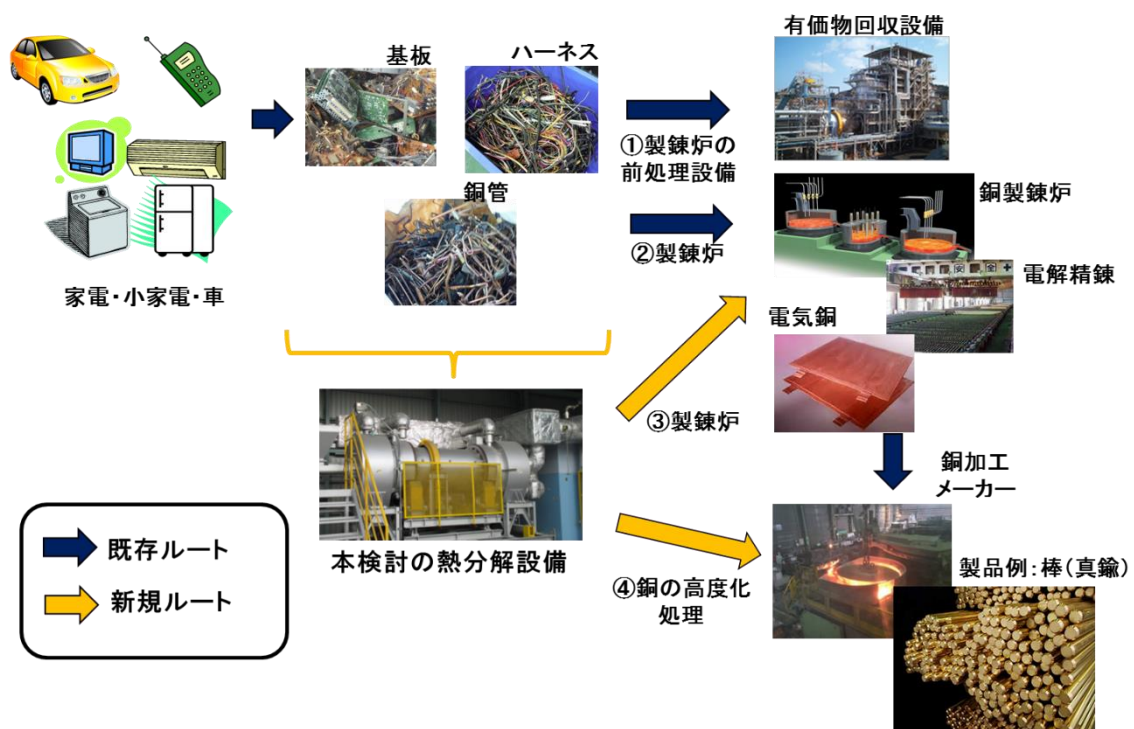


図 2 CO2 削減効果の検証の全体フロー図

4-1-2、熱処理の運転による CO2 排出量

熱分解炉による処理により、家電リサイクル工場、小型家電リサイクル工場等から回収される基板、ハーネス等の樹脂分を取り除き、銅、貴金属輸送においても、全体重量の軽減化という観点から CO2 削減効果を期待できる。

とは言え、熱処理における CO2 使用についても考慮する必要があり、トータルでの削減効果を見たうえで、重量の減少による CO2 削減効果を論じる必要がある。

試験で用いた炉の処理能力は、2 次燃焼所炉の処理能力に依存する。北九州のエコタウンで事業化する場合には、2 次燃焼炉の 2 倍の能力にして実用化する事となる。そこで、本検討でも、能力を 2 倍にしたという前提の下、結果をまとめた。

表 1 に今回用いた炉のユーティリティ使用量をまとめ、これによる CO2 排出量をまとめた。先に述べたように、時間当たりの LPG ガス使用量、電力使用量は、今の炉の処理能力をアップしたところで、計算を行った。

表 1 熱分解炉使用における CO2 排出量

	時間当たりの使用量	CO2 原単位	CO2 排出量
LPG ガス	18 m ³ /h / 21 kg	2.94 kg-CO ₂ /kg	106.4 kg
電力	10 kW/h	0.407 kg-CO ₂ /kWh	4.1 kg
	1 時間処理当たりの CO2 排出総量		110.5 kg/h

(注：LPG ガスの原単位は、環境省/平成 14 年度 温室効果ガス排出量算定方法検討会 平成 14 年 8 月から、電力は電気事業連合会/電気事業における環境行動計画 2003 年 9 月 19 日のデータに基づく)

4-1-3、輸送による CO2 排出量

また、輸送におけるトラックの原単位は、表 2 における国土交通省の「平成 14 年度 国土交通白書」から引用した下記のデータを用いる。

表 2 輸送における CO2 原単位

	Kg-CO ₂ /ton・km
普通トラック	0.178
小型トラック	0.819
軽トラック	1.933
鉄道	0.021
内航船舶	0.040

4-1-4、処理物の発生量の考え方

リサイクル工場から回収された各品目は、前処理による二つの効果により輸送の効率が向上する。

一つは、樹脂分が揮発・処理されることによる銅の濃縮、軽量化効果。もう一つは、見かけの嵩密度が向上する事による輸送効率の向上である。

対象となる品目は、特定家庭用機器再商品化法（以下、家電リサイクル法と記す。）の対象品目である、エアコン、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・乾燥機、ブラウン管テレビ（以下、CRT TV と記す。）、液晶式・プラズマ式テレビ、（以下、薄型 TV と記す。）等、また車、小型家電品とする。

各品目の発生量については、統計資料データ等から集計した。表 3 に示す。

表 3 本調査で対象とする製品の処理実績量と想定される九州地区での発生量

品目	2014 年度全国での処理実績量 (千台)	九州地区での概算発生量 (千台)	福岡県での概算発生量 (千台)
エアコン	2,465	281	98
CRT TV	1,849	211	74
薄型 TV	834	95	33
冷蔵庫・冷凍庫	2,978	339	119
洗濯機・乾燥機	3,349	382	134
車	3,331	380	133
	2014 年度全国での回収実績 (トン)	九州地区での発生量 (千台)	福岡県での発生量 (千台)
小型家電	23,971	2,733	959

(注 1 ; 家電 4 品目の数量は、家電製品協会発表の「家電リサイクル 年次報告書 平成 26 年度版」より引用。自動車の数量は、環境省「自動車リサイクルの実施状況」より引用。小型家電リサイクルの実績は、日本経済新聞 2015 年 7 月 23 日の記事より引用した。

注 2 ; 九州、福岡でのそれぞれの発生量は、それぞれの全国での発生量に対し、2013 年度の統計資料より、九州地区の人口比率 11.4%（含む沖縄）、福岡の人口比率 4.0% を乗じて得たものである。）

表 3 より、LIB を除く、家電品、自動車由来の今回処理した各品目が、年間でどのくらい発生するかを計算した結果を表 4 に記す。各品目の 1 台当たりの回収量から計算を行った。

表 4 家電及び自動車から回収される品目別回収量予測（2014 年度処理量より）

品目	単体重量 (kg)	全国での 発生量 (t)	九州での 発生量 (t)	福岡での 発生量 (t)
洗濯機基板	1.03	3,449	393	138
洗濯機電源コード・ハーネス	0.59	1,976	225	79
エアコン基板	1.39	3,426	391	137
エアコン電源コード・ハーネス	0.32	789	90	32
ブチルゴム付銅管	1.70	4,191	478	168
被覆付銅管	0.34	838	96	34
冷蔵庫基板	0.19	566	65	23
冷蔵庫電源コード・ハーネス	0.13	387	44	15
冷蔵庫銅管	0.27	435	50	17
CRT テレビ基板	2.39	4,419	504	177
CRT 電源コード・ハーネス	0.086	159	18	6
薄型 TV 基板	1.95	1,626	185	65
薄型 TV 電源コード・ハーネス	0.19	158	18	6
車載基板	1.0	3,331	380	133
車載ハーネス	8.0	26,648	3,038	1,066

表 5 種類毎の発生量

品目	全国での 発生量 (t)	九州での 発生量 (t)	福岡での 発生量 (t)
家電基板	13,487	1,538	539
家電電源コード・ハーネス	3,469	396	139
ブチルゴム付銅管	4,626	527	185
被覆付銅管	838	96	34
車載基板	3,331	380	133
車載ハーネス	26,648	3,038	1,066

4-1-5、処理量の設定

今回、試験を実施した熱分解炉の処理能力は、後段の 2 次燃焼炉の能力に依存し、以下の式により計算できる。

$$2 \text{ 次燃焼炉処理能力} = \text{投入重量} \times \text{気化率 (\%)} \leq 60 \text{ kg/h}$$

ただし、あくまでこれは目安であり、個々の処理物によって、可燃性ガスの成分等がことなるため、それに応じた投入量で、試験を行った（日本磁力選鉱殿データより）。

事業性の評価は、現在の 2 次燃焼炉の能力を 2 倍にしたところで設定している。したがって、表 6 にまとめたような処理量（試験での処理量の 2 倍）を設定し、この処理量を用いて、検討を行った。

処理試験の結果については、添付資料-1 を参照。

表 6 試験での処理量と事業評価における処理量

品目	今回の試験 での処理量 Kg/h	事業性評価にお ける処理量 Kg/h
洗濯機基板	20	40
家電基板	15	30
家電ハーネス	40	80
ブチルゴム付銅管	100	200
被覆付銅管	70	140
車載基板	50	100
車載ハーネス	20	40

4-1-6、輸送における CO2 削減効果

次に、今回、熱分解炉で処理を行った、各品目の重量減の割合と、処理前、処理後のみかけの嵩密度の比較をまとめたものを表 6 に示す。

各品目の輸送は、表 2 の普通トラック（15ton 平ボディ、荷台の大きさ、2.35m×9.6m）を使用し、各品目はフレコン詰め、平置き、または 2 段積みにて輸送をすることを想定する。

この場合、1 回の輸送で運ぶフレコンの数は、平置きの場合、11 個×2 列の 22 個、重量に余裕がある場合は、上に 11 個で 33 個まで積載可能とする。ただし、見かけ上の嵩比重が大きい場合は、10ton 以下であることが必要条件となるため、積載数は重量によって規定される。

これらの品目を日本磁力選鉱(株)のひびき工場（北九州市若松区響町 1-79-1）から、弊社の直島製錬所（香川県香川郡直島町 4049-1）までの距離約 400 km の輸送という事でその効果を検証する。

検証は以下の 2 パターン

パターン 1：10 t の平ボディトラックに平積みで輸送する場合（22 個）

パターン 2：10 t のウイングタイプのトラックに 2 段積みまで実施。積載量ぎりぎりまで積載可能（最大 33 個）。

結果を品目毎に表 7 に示す。

表 7 熱分解による物質量的変化

品目	設定の処理量 Kg/h	重量減 (%)	処理前の 嵩密度	処理後の 嵩密度
洗濯機基板	40	63.0	0.28	0.70
家電基板	30	88.3	0.50	0.71
家電ハーネス	80	44.4	0.31	0.72
ブチルゴム付銅管	200	11.6	0.32	1.27
被覆付銅管	140	14.2	0.25	1.37
車載基板	100	44.0	0.36	0.68
車載ハーネス	40	46.4	0.30	0.71

なお、その時の CO2 削減効果の考え方として、基板、ハーネスは、直島製錬所においては、樹脂等の、製錬工程に必要な可燃分、塩ビ等の塩素ガスを発生する物質は除去した後にリサイクルを実施する。

したがって、図 3 に示すような、輸送前に処理するか、輸送して直島で処理するかの違いであり、この場合の CO2 削減効果は、輸送効率分が CO2 削減効果に相当する。

基板については、今回、樹脂が最も多い洗濯機の基板での熱分解試験を実施し、その効果を確認した。

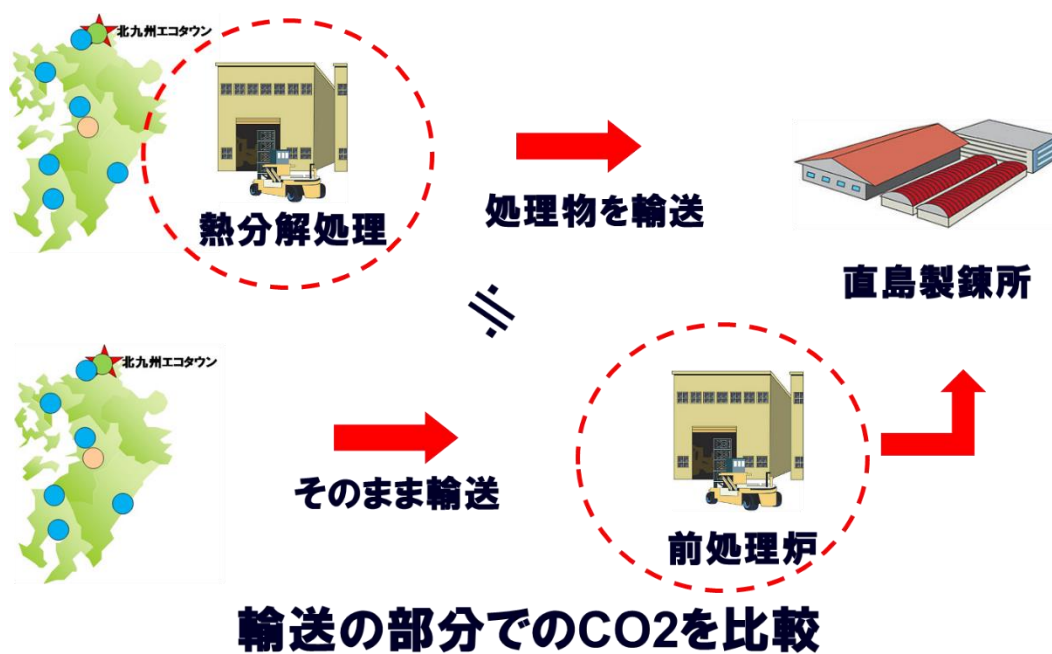


図3 輸送でのCO2排出の考え方（模式図）

a) 洗濯機基板

洗濯機の基板は、九州地区での発生量が 393t と見込まれる。処理前の嵩密度が 0.28。パターン 1 の 22 個の場合、6.16t。パターン 2 の 33 個の場合、9.24t となる。

処理後の嵩密度は 0.70 となるため、14 個が最大積載量となり、9.8t となる。

検討の結果をまとめたものを表 8 に記す。

パターン 1、2 いずれの場合においても、18t/年の CO2 排出量削減効果がある。つまり、処理前の物は、パターン 1 と 2 の差は無いことになる。つまり、運ぶ回数ではなく、嵩比重と距離で CO2 発生量が決まる。したがって、以下、最大積載量で運ぶ場合（パターン 2）のみで比較を行う。

表 8 洗濯機基板の処理による CO2 削減効果

パターン 1

品目	九州での発生量 (t)	10t トラックでの輸送回数	輸送における CO2 (t)	CO2 削減量 (t)
洗濯機基板	393	64	28.1	-
処理後の洗濯機基板	88.8	15	10.1	18.0

パターン 2

品目	九州での発生量 (t)	10t トラックでの輸送回数	輸送における CO2 (t)	CO2 削減量 (t)
洗濯機基板	393	43	28.3	-
処理後の洗濯機基板	88.8	15	10.1	18.2

b) 家電基板

家電基板は、日本磁力選鉱(株)殿がひびき工場で基板を処理した際に、処理量の処理前の 35%の割合で発生する。表 5 の九州地区での家電基板の発生量が、1,538t であることから、処理すべき基板の量をこの 35%、538t と設定した。嵩密度が 0.50。平置き 20 個で 10t となるため、パターン 1 のみで考える。

処理後の嵩密度は 0.71 となるため、14 個が最大積載量となり、9.94t となる。

検討の結果をまとめたものを表 9 に記す。

処理による CO2 削減効果は、約 89t/年となる。

表 9 基板滓の処理による CO2 削減効果

品目	九州での 発生量 (t)	10t トラ ックでの 輸送回数	輸送における CO2 (t)	CO2 削減 量 (t)
家電基板	1538	154	101.3	-
処理後の基板	185	19	12.5	88.8

c) 家電ハーネス

家電の電源コード・ハーネスは、九州地区での発生量が 396t と見込まれる。処理前の嵩密度が 0.31。パターン 1 の 22 個の場合、6.82t。パターン 2 の 32 個の場合、9.92t となる。

処理後の嵩密度は 0.72 となるため、13 個が最大積載量となり、9.36t となる。

検討の結果をまとめたものを表 10 に記す。

処理による CO2 削減効果は、12.3t/年となる。

表 10 家電ハーネスの処理による CO2 削減効果

品目	九州での 発生量 (t)	10t トラ ックでの 輸送回数	輸送における CO2 (t)	CO2 削減 量 (t)
家電ハーネス	396	40	28.3	-
処理後の家電 ハーネス	220	24	16.0	12.3

d) ブチルゴム付銅管（参考）

ブチル付銅管は、九州地区での発生量が 527t と見込まれる。処理前の嵩密度が 0.32。最大で積載した場合、31 個、9.92t となる。

銅管については、現在、直島製錬所においても前処理炉を用いて処理している訳ではなく、直接、製錬炉への投入がなされている。よって、本検討による処理による CO2 発生が無視できず、カウントすべきであるが、一応、他の品目と同様に、輸送部分のみの CO2 削減量を計算してみた。

処理後の嵩密度は 1.27 となるため、7 個が最大積載量となり、8.89t となる。

検討の結果をまとめたものを表 11 に記す。

処理による CO2 削減効果は、18t/年となる。

表 11 ブチル付銅管の処理による CO2 削減効果

品目	九州での 発生量 (t)	10t トラ ックでの 輸送回数	輸送における CO2 (t)	CO2 削減 量 (t)
ブチル付銅管	527	54	38.1	-
処理後のブチ ル付銅管	466	53	33.5	4.6

e) 被覆付銅管（参考）

被覆付銅管は、九州地区での発生量が 96t と見込まれる。処理前の嵩密度が 0.25。最大で積載した場合、33 個、8.25t となる。

被覆付銅管についても、ブチルゴム付銅管と同様、現在、直島製錬所においても前処理炉を用いて処理している訳ではなく、直接、製錬炉への投入がなされている。よって、本検討による処理による CO2 発生が無視できず、カウントすべきであるが、一応、他の品目と同様に、輸送部分のみの CO2 削減量を計算してみた。

処理後の嵩密度は 1.37 となるため、7 個が最大積載量となり、9.59t となる。

検討の結果をまとめたものを表 12 に記す。

処理による CO2 削減効果は、1t/年となり、この 2 つの品目についての効果は小さい事が分かる。

表 12 被覆付銅管の処理による CO2 削減効果

品目	九州での 発生量 (t)	10t トラ ックでの 輸送回数	輸送における CO2 (t)	CO2 削減 量 (t)
被覆銅管	96	12	7.0	-
処理後の被覆 銅管	82	9	6.1	0.9

f) 車載基板

車載基板は、九州地区での発生量が 380t と見込まれる。処理前の嵩密度が 0.36。最大で積載した場合、27 個、9.72t となる。

処理後の嵩密度は 0.68 となるため、14 個が最大積載量となり、9.52t となる。

検討の結果をまとめたものを表 13 に記す。

処理による CO2 削減効果は、12t/年となる。

表 13 車載基板の処理による CO2 削減効果

品目	九州での発生量 (t)	10t トラックでの輸送回数	輸送における CO2 (t)	CO2 削減量 (t)
車載基板	380	40	27.7	-
処理後の車載基板	213	23	15.6	12.1

g) 車載ハーネス

車載ハーネスは、九州地区での発生量が 3,038t と見込まれる。処理前の嵩密度が 0.30。最大で積載した場合、33 個、9.9t となる。

処理後の嵩密度は 0.71 となるため、14 個が最大積載量となり、9.94t となる。

検討の結果をまとめたものを表 14 に記す。

処理による CO2 削減効果は、1t/年となる。

表 14 車載ハーネスの処理による CO2 削減効果

品目	九州での発生量 (t)	10t トラックでの輸送回数	輸送における CO2 (t)	CO2 削減量 (t)
車載ハーネス	3,038	307	216.4	-
処理後の車載ハーネス	1,628	164	116.1	100.3

h) まとめ

本処理によって、効果のある処理物としては、直島製錬所において、そのままの状態では処理できず、何らかの前処理が必要な物、基板、ハーネスについて、特にその輸送における CO2 削減効果を検討した。銅管については、参考という事で計算したが、ここでは除外する。

今回は九州地区で発生したものを、ひびきの北九州エコタウンに設置した熱分解炉によって分解し、重量と、嵩密度を減少させ、輸送する事による CO2 削減効果という事を検討した。

結果を表 15 にまとめる。

ただし、ハーネス類については、現状、熱分解において被覆を除去している訳ではなく、家電のハーネス類は、日本磁力選鉱殿のナゲット処理設備等、機械的な処理により処理後、伸銅メーカーへの展開が図られており、車載用ハーネスについては、その多くが海外へ輸出され、中国で処理後、高純度の銅として再利用されているのが現状である。

熱分解と機械的処理を比較すると、機械的な処理については、使用する機器の電気使用量に対応する。

表 15 輸送による CO2 削減効果まとめ

品目	処理量 (t/年)	CO2 削減効果 (t/年)	全国での発生 量 (t/年)	簡易的な全国 での波及効果 (t/年)
洗濯機基板	393	18.2	3,449	159.7
家電基板	1,538	88.8	13,487	778.7
家電ハーネス	396	12..3	3,469	107.7
車載基板	380	12..1	3,331	106.1
車載ハーネス	3,038	100.3	26,648	879.8

4-1-7、銅の高度化処理における CO2 削減効果

家電リサイクル工場、自動車リサイクル工場等から出てくるハーネス、銅管等は、樹脂分等の不純物を除き、銅の純度を上げ、JIS H 2109 銅及び銅合金リサイクル原料分類基準に分類されている 32 種類の銅リサイクル原料を、主な伸銅品需要用途 6 グループに分類し、製錬所行き（山行き）を加えた 7 グループにまとめた（日本伸銅協会、「銅及び銅合金リサイクル原料調査報告書」の分類による）。

表 16 リサイクル原料の品種グループ分類

7 グループ		主な JIS 分類の種類	特徴
①	銅線	1 号銅線	ピカ線とも呼ばれ、最も銅の純分の高い銅線
②	銅ナゲット	1 号ナゲット銅（太・細）	被覆銅線をナゲット処理したもの
③	銅リサイクル原料（①、②を除く）	2 号銅線・2 号ナゲット銅・上銅・並銅・下銅・その他	1 号銅線と銅ナゲット材を除く銅系リサイクル原料としての総称
④	黄銅削り粉・新黄銅棒コロ	黄銅削り粉・新黄銅棒コロ	主として黄銅棒の原料として消費される。
⑤	黄銅リサイクル原料（除く④）	2 号新黄銅・並黄銅	黄銅削り粉・新黄銅棒コロを除く黄銅系リサイクル原料の総称
⑥	その他の銅合金リサイクル原料	リン青銅新切・洋白新切・その他	銅系・黄銅系・りん青銅系・青銅铸件系用原料
⑦	銅製錬所行き	雑銅・雑黄銅・雑りん青銅・雑青銅	

今回の検討内容を模式的に、図 3 に示す。

この図から分かるように、今回の熱分解炉を活用する事により、電解製錬を中心とした製錬所での製錬行程を介さないことにより、大きな CO2 削減効果が期待される。

当社の検討により、各原単位をまとめたものを表 17 に示す。

この数値を用いて、評価を行った。



図3 銅の高度化処理におけるCO₂発生量の考え方

表17 銅製造におけるCO₂原単位

項目名	CO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /kg) *
粗銅	0.804
電気銅	0.937
伸銅品	1.745
銅線	1.612

*:社団法人 未踏科学技術協会、環境負担性評価調査委員会/「環境負担評価システム構築のための基礎調査研究」調査報告書 平成7年3月(1995..3)により引用

a) ブチルゴム付銅管

ブチルゴム付銅管について、処理後の状態で、表 16 の③に相当する品位が得られると仮定し、その時に、伸銅メーカーの原料として使用する場合の CO2 削減効果について評価を行った。

結果を表 18 にまとめる。

ブチルゴム付銅管の熱分解炉における処理量は、表 7 より 200 kg/h となる。96t のブチルゴム付銅管を処理するのに要する時間は、480 時間 (20 日間)。処理に用いた熱分解炉の運転に係る CO2 排出量は、110.5 kg-CO2/h なので、53t の CO2 排出量となる。これに対し、電気銅 466t を作るのに排出される CO2 は、811t。この差、520t が、今回の検討で削減できる可能性がある。

また、これを全国に添加した場合を表 19 にまとめた。

表 18 九州地区で発生するブチルゴム付銅管の処理における CO2 削減効果

品目	九州での 発生量 (t)	処理時の CO2 排出量 (t)	銅製錬所におけ る CO2 排出量 (t)	CO2 削減 量 (t)
処理対象量	527	291	—	—
処理後のブチ ルゴム付銅管	466	—	811	520

表 19 全国で発生するブチルゴム付銅管の処理における CO2 削減効果

品目	全国での 発生量 (t)	処理時の CO2 排出量 (t)	銅製錬所におけ る CO2 排出量 (t)	CO2 削減 量 (t)
処理対象量	4,191	2,316	—	—
処理後のブチ ルゴム付銅管	3,705	—	6,450	4,134

b) 家電ハーネス

家電ハーネスについて、処理後の状態で、表 16 の③に相当する品位が得られると仮定し、その時に、伸銅メーカーの原料として使用する場合の CO2 削減効果について評価を行った。

結果を表 20 にまとめる。

家電ハーネスの熱分解炉における処理量は、表 7 より 80 kg/h となる。396t のブチル

付銅管を処理するのに要する時間は、4,950 時間（207 日間）。処理に用いた熱分解炉の運転に係る CO2 排出量は、110.5 kg-CO2/h なので、547t の CO2 排出量となる。これに対し、電気銅 220t を作るのに排出される CO2 は、383t。従って、処理による CO2 排出量の方が多いため、164t の CO2 排出量の増加となってしまう。これはハーネスの被覆を除去するのに必要な熱量が多く、全体として CO2 の排出量が増えてしまったためである。熱による被覆の除去ではなく、物理的な除去方法を検討する必要がある。

表 20 九州地区で発生する家電ハーネスの処理における CO2 削減効果

品目	九州での発生量 (t)	処理時の CO2 排出量 (t)	銅製錬所における CO2 排出量 (t)	CO2 削減量 (t)
処理対象量	396	547.0	—	—
処理後の家電ハーネス	220	—	383.0	－164.0

c) 車載ハーネス

車載ハーネスについて、処理後の状態で、表 16 の③に相当する品位が得られると仮定し、その時に、伸銅メーカーの原料として使用する場合の CO2 削減効果について評価を行った。

結果を表 21 にまとめる。

家電ハーネスの熱分解炉における処理量は、表 7 より 40 kg/h となる。3,083t のブチル付銅管を処理するのに要する時間は、77,075 時間（3,211 日間）。時間あたりの処理量が少ないため処理に用いた熱分解炉の運転に係る CO2 排出量が、8,392t の CO2 排出量となる。これに対し、電気銅 1,628t を作るのに排出される CO2 は、2,834t。この結果、車載ハーネスを熱分解炉で処理した場合は、かえって CO2 の排出が増える可能性があることが分かった。これは、車載ハーネスに、付属する樹脂等の部分が多いため、被覆銅線部分のみを回収、処理できれば、家電ハーネスと同等の効果があると思われるが、現在、車の解体現場で出てくる車載ハーネスそのものは、さらに前処理が必要と思われる。

表 21 九州地区で発生する車載ハーネスの処理における CO2 削減効果

品目	九州での発生量 (t)	処理時の CO2 排出量 (t)	銅製錬所における CO2 排出量 (t)	CO2 削減量 (t)
処理対象量	3,038	8,392	—	—
処理後の車載ハーネス	1,628	—	2,834	－5,558

表 21 銅の高度化試験 CO2 まとめ

品目	処理量 (t/年)	CO2 削減効果 (t/年)	全国での発生 量 (t/年)	簡易的な全国 での波及効果 (t/年)
ブチルゴム付銅管	527	520	4,191	4,133
家電ハーネス	396	－164	－	－
車載ハーネス	3,038	－5,558	－	－

4-2、処理した銅の不純物評価

4-1-7で示したように、伸銅業界において、リサイクル銅として利用される銅部材に求められる品質は限られている。JIS H 2109「銅及び銅合金リサイクル原料分類基準」によると、32の品種に分類される。

そのうち、純銅系のものを抜粋したものを表 21 にまとめる。

この様な銅の分類を基に、今回、処理したものの不純物成分について評価した結果を以下にまとめる。

表 21 原料の分類番号、種類並びに品質及び形状

分類 番号	種類	品質及び形状
1	1 号銅線	径又は厚さが 1.3 mm以上の銅線、及び素線の径が 1.3 mm以上の銅より線の純良なもので、はんだ、めっきなどを除去したものを混入しないもの。 a) JIS C 3101～3104 により規定された銅線 b) JIS C 3105 に規定された硬銅より線 c) JIS H 3260 に規定された合金番号 C1100 又はこれと同成分が同等以上の銅線
2	2 号銅線	1 号銅線に規定したものと同等 a) 径又は厚さが 0.35 mm以上 1.3 mm未満の銅線（以下略）
3	1 号ナゲット銅 （太）	1 号銅線に規定したものと同等 導体径又は厚さが 1.3 mm以上の銅線及び素線の径が 1.3 mm以上の銅より線をナゲット加工した（短切線）純良なもので、同成分が 99.90%以上のもの
4	1 号ナゲット銅 （細）	1 号銅線に規定したものと同等 導体径又は厚さが 0.35 mm以上 1.3 mm未満の銅線及び素線の径が 0.35 mm以上 1.3 mm未満の銅より線をナゲット加工した（短切線）純良なもので、同成分が 99.90%以上のもの
5	2 号ナゲット銅	銅線、すずめっき銅線、銅より線又はすずめっき銅より線をナゲット加工したもので、銅成分が 99%以上のものであり、更に不純物の成分量が次に適合しているもの。 すず 0.3%以下 アルミニウム 0.01%以下 ニッケル 0.05%以下 鉄 0.03%以下 アンチモン 0.01%以下

		その他の金属及び絶縁被覆物 0.2%以下 備考 1.ここでいう銅線および銅より線は、1 号銅線の備考に規定したものと同等 備考 2.ここでいうすずめっき銅線は次のものをいう。 a) JIS C 3151 に規定されたすずめっき硬銅線 b) JIS C 3152 に規定されたすずめっき軟銅線
6	3 号ナゲット銅	銅線、すずめっき銅線、銅より線又はすずめっき銅より線をナゲット加工したもので、銅成分が 97%以上のものであり、更に不純物の成分量が次に適合しているもの。 アルミニウム 0.50%以下 その他の金属及び絶縁被覆物 1%以下 備考) ここでいう銅線、すずめっき銅線、銅より線およびすずめっきより線は、2 号ナゲット銅の備考 1、備考 2 に規定したものと同一。
7	被覆銅線	ポリエチレン・ビニルなどの被覆付銅線
8	上銅	厚さ 0.3 mm以上の JIS H 3100、JIS H 3250、JIS H 3300 の合金番号 C1020・C1100・C1201・C1220、JIS H 3320 の合金番号 C1220、JIS H 3140 の合金番号 C1020、C1100 及び JIS H 3510 の合金番号 C1011 の板、条、管及び棒並びに化学成分がこれらと同等のものの原料で、純良なもの。ただし、小片をいれてはならない。 備考) 銅合金などの異材を混入してはならない。
9	並銅	径又は厚さが 0.35 mm以上のめっきを除去した銅原料、分類番号 8 に該当しない JIS H 3100、JIS H 3250、JIS H 3300 の合金番号 C1020・C1100・C1201・C1220、JIS H 3320 の合金番号 C1220、JIS H 3140 の合金番号 C1020、C1100、JIS H 3510 の合金番号 C1011、並びに、径又は厚さが 0.35 mm以上の JIS H3260 の合金番号 C1201・C1220 及び JIS H 3510 の合金番号 C1011 並びに化学成分がこれらと同等の銅原料。 備考) 銅合金などの異材を混入してはならない。
1 0	下銅	分類番号 1、2、8 及び 9 に該当しない銅線、銅板、銅条、銅棒、銅管及び銅鑄物の原料で、高銅合金、黄銅、青銅などの異材の混入がなく、はんだ、タール、湯あかなどの少ないもの。
1 1	雑銅	分類番号 1～10 に該当しない銅の原料で、銅成分が 94%以上あるもの。

以下、略

a) 銅管

b) 家電ハーネス及び車載ハーネス

家電ハーネスと車載ハーネスについては、熱分解処理後のサンプルについて、以下の処理を行った後、それぞれの成分の分析を行った。

分析前の処理後のサンプルの写真を図 4、5 にそれぞれ示す。家電ハーネスは、処理後、微粉状のものが付着していたので、篩分けを行った。その後、それぞれのハーネスを均等にサンプルリングするため、破碎し、小ロットを切り出し、化学分析を行った。分析フローを図 6 に示す。



図 4 家電ハーネス処理品（分析前サンプル）



図 5 車載ハーネス処理品（分析前サンプル）

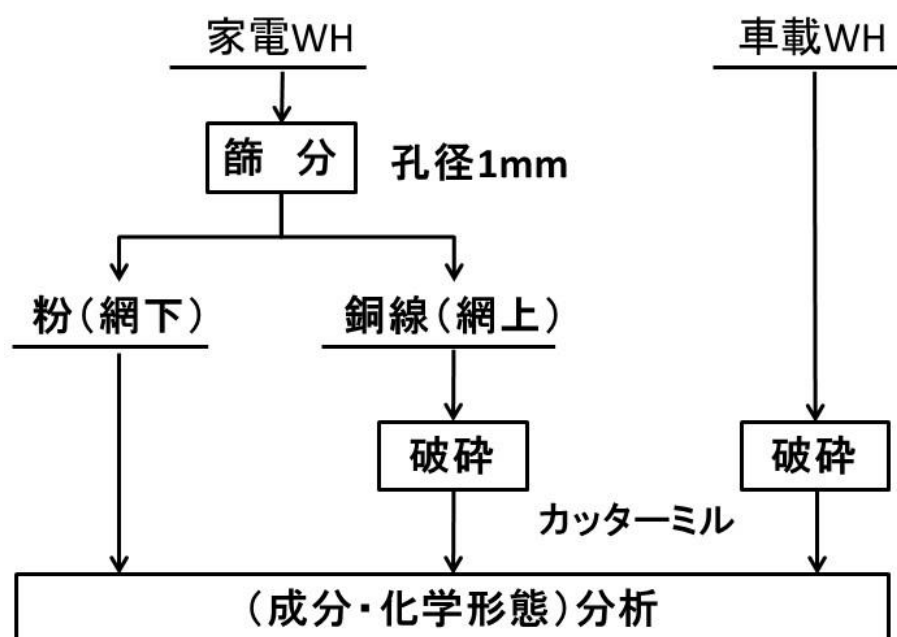


図6 ワイヤハーネスの分析フロー

分析結果をまとめたものを表 22、23 に示す。また、家電のワイヤーハーネスに付着していた粉の XRD による分析結果を図 7 に示す。

表 22 の結果から、蛍光 X 線分析装置（以下、XRF）での定性分析結果では、2 号ナゲット銅の基準により近いのは、車載のワイヤーハーネスであり、Al 成分を除く、ほとんどの不純物濃度で基準を満たしている事が分かる。これに対し、家電のワイヤーハーネスはアルミ、鉄において、基準値より多くの不純物を含んでいる事が分かる。しかし、これは家電ワイヤーハーネスに付着していた、粉成分に、この Al、Fe の濃度が高い事から、これらの粉を十分に除去できれば、十分にこの基準に合った、2 号ナゲット銅同等の基準のものが回収できると考えられる。

表 23 のより詳細な化学分析結果（ICP 分析）を示す。

この結果から、被覆樹脂の成分である塩素、カルシウムが残存している事が分かった。塩素は、熱分解処理においてもダイオキシンの発生源となるため、ハーネスを熱分解する事際は、ダイオキシンの発生挙動も十分に把握する必要がある。

表 22 蛍光 X 線分析 (XRF) による定性分析結果

成分%	2 号ゲット銅	家電 WH	車載 WH	参考) 家電 WH (粉)
Cu		93	97	34
Cl		4.1	0.51	13
Mg		0.12	0.05	0.22
Al	<0.01	0.43	0.29	1.4
Si		0.16	0.24	0.94
Ca		1.9	0.08	8.5
C		—	—	9.0
H		—	—	—
O		—	—	25
Mn		0.08	0.01	2.4
Fe	<0.03	0.10	0.03	1.4
Zn		-	1.3	0.23
Sb		0.08	-	0.80
Pb		0.09	-	0.61
Ni	<0.05	0.02	0.05	0.51
F		-	-	0.47
Sn	<0.3	0.04	0.02	0.39
Ti		0.03	-	0.28
Br		0.04	-	0.25
Co		0.00	0.01	0.15
Ba		-	-	0.14

表 23 化学分析 (ICP) による各処理物の分析結果

成分%	家電 WH	車載 WH	参考) 家電 WH 粉
Cu	93.6	90.8	36.0
Cl	0.10	0.07	—
Mg	<0.005	<0.005	0.20
Al	<0.005	0.016	0.98
Si	<0.005	0.010	0.20
Ca	0.079	0.022	6.4

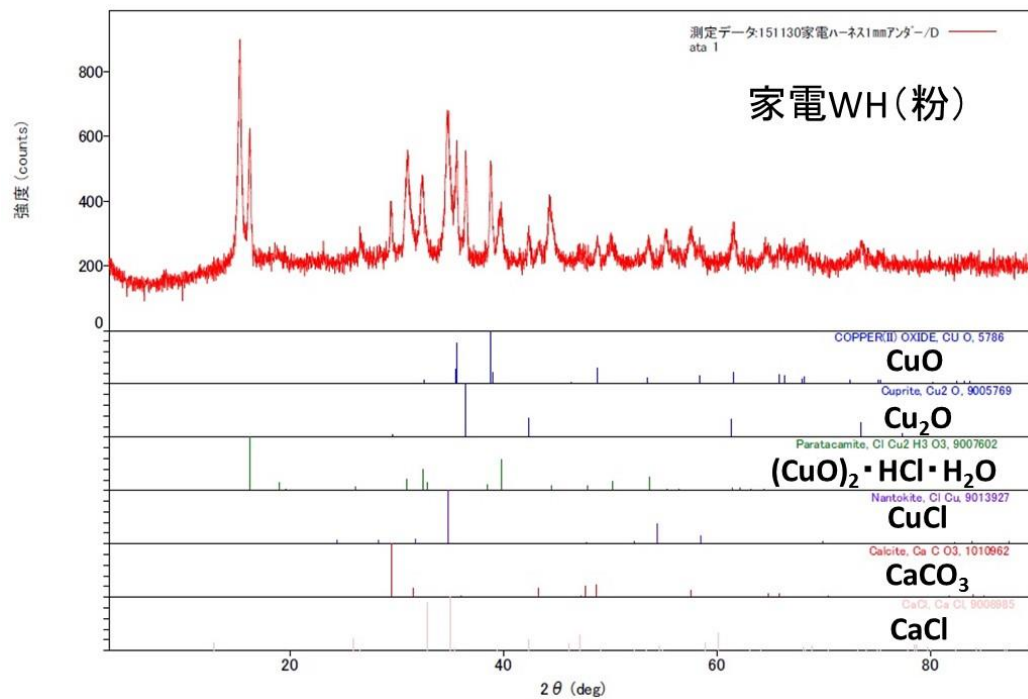


図 7 XRD による家電ワイヤーハーネスの粉の分析結果

4－3、LIB 処理における CO2 削減効果

現在、我々の身近な小型家電に 2 次電池（充電が可能な電池）として使われているリチウムイオン電池（以下、LIB）と、現在、次世代自動車への搭載が進んでいる車載用 LIB には電極のシート材として、銅、アルミニウムのシートが使われている。また負極材にはカーボンを使っているものもあり、これらの材料をリサイクルする事によって、CO2 削減効果が期待できる。

特に車載用の LIB は今後、多くの発生量が予想されるため、まずは、発生量の予測を行い、全体量を把握するとともに、それらの詳細な分析、マテリアルバランスを作成し、今回の熱分解試験によって、どのような材料がどのくらい回収できるのかを検討した。

以下、その結果をまとめる。

4-3-1、LIB の発生量予測

2015 年 9 月 14 日に産業構造審議会で自動車工業会から提出された、次世代自動車の販売・排出予測の図 8 を示す。また、P31～33 に 2011 年以降 2014 年度までの次世代自動車の販売台数（自販連データ、HP にて確認）から LIB 搭載車のみを抜粋したものをまとめた。ただし、軽自動車は含まれていない。

この販売量と図 8 の排出予想量に基づき、資料 2011～2014 年までの過去の販売実績から数字をまとめて販売台数とし、また 2015 以降は、図 8 の ELV 発生予測台数（Min）に従い、さらに 2020 年以降は、次世代自動車全てが LIB となると仮定した（現状では、ニッケル水素電池車も含まれるため）。以上のデータから各 LIB を現在試験を行って、正常を把握している 4 種 LIB 別として、それぞれの販売台数予測を表 24 にまとめた。（本田の販売しているハイブリッド車は、ほぼ同じ電池メーカーの LIB を仕様を変えて搭載している、ためハイブリッド車は 1 種類でまとめた。もちろん、これ以外のものもあるが、概略、この 4 種にまとめたと考えて頂きたい。）

次に、表 25 に、販売された LIB がどの程度の使用年数で排出されるかという点で、仮定をおいた。使用年数は最長でも 11 年。それぞれの年数における排出比率に応じて、交換等に伴う廃棄がなされ、11 年目で全て廃棄されるというものである。これも LIB 電池の本来の寿命というよりは、車の車検に伴う、部品交換等に伴い、劣化した LIB もある年月、ある比率に応じて廃棄されるという予想に基づいている。LIB の排出サイクルについては、加速側に見積もっている可能性はあるが、現状では、排出比率はまだ未知数であるため、このような仮定をおいた。

表 24 の販売台数と、表 25 の排出予想比率から、2017 年から 10 年間の 4 種類の LIB の排出予測を行った。結果を表 26 に示す。この結果から、国内で販売量の多いハイブリッド車からの廃棄 LIB が急速に立ち上がるのは、2021 年頃からであり、これは業界の予想とほぼ一致する。

表 26 に示した、各車種別排出予測量を基に、表 27 に示した各車種別の素材の回収量を示す。この値は、車から LIB のユニット（車に装着されている状態を示す）を取りだしたままの状態、分解を開始した際に回収できる素材の量となる。廃 LIB をリサイクル処理する場合、輸送上の安全性を考慮すると、モジュール、セル単位まで分解するよりも、電氣的な制御がされているユニットの状態の方が安全と考えられ、これを素材回収の出発原料と考えた。

表 28～32 で、各素材ごとの車種別、回収量、またその合計を計算した結果を示す。表 27 では基板の量も示したが、基板は分析の評価が難しいため、このまとめの表からは除外した。

表 33 に各材料の鉱石から製造する際の原因単位をまとめた。この原因単位を用いて、表 34 に各素材別の CO2 削減効果を示した。また今回の、検討が北九州地区エコタウンでの事業ということで、九州地区のみ、福岡県のみで LIB を回収した際の効果についても、人

口比率で割った値で、示した。

この結果、LIB をひとつの有効資源ととらえ、そこから銅、アルミニウムなどの材料を回収する事によって、LIB 発生が増える 2021 年以降は、年間 1,000～2,000 トンの CO₂ が削減可能であることが分かった。

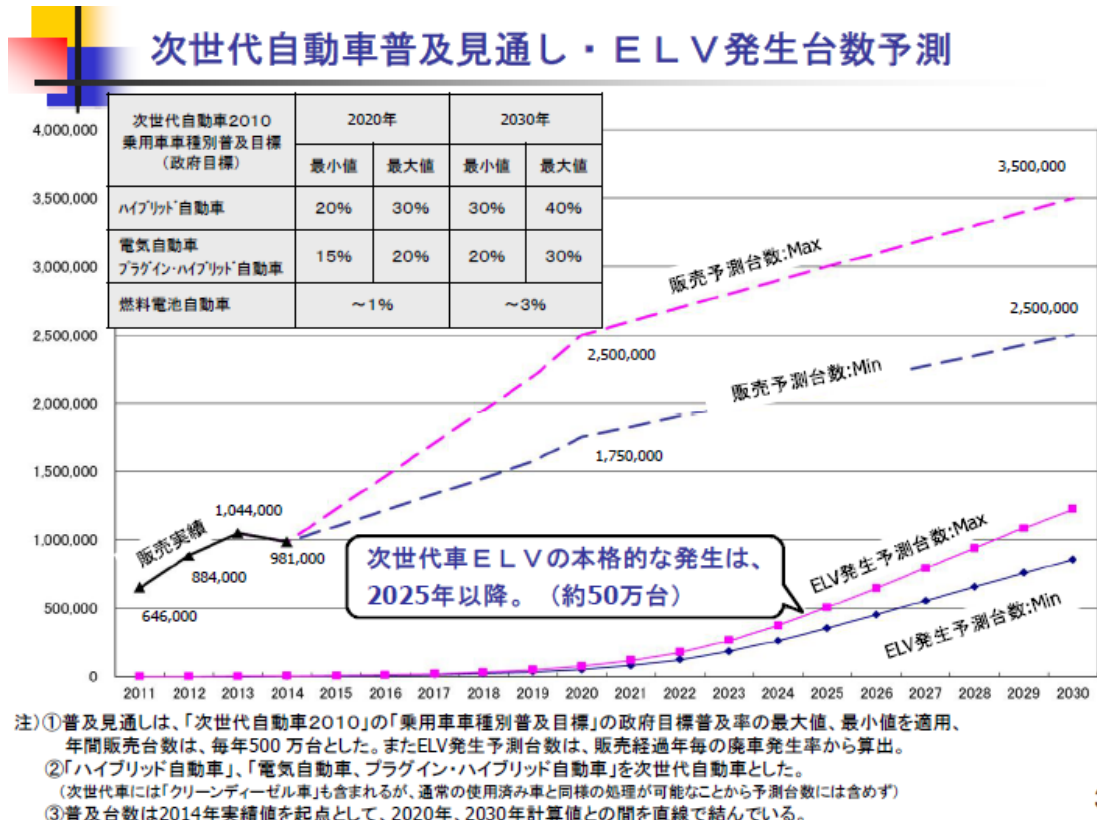


図8 次世代自動車普及見通し及びELV発生予測 (産構審資料より引用)

2011 年販売実績

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
日産・リーフ	962	2,593	846	177	472	407	463	529	807	832	992	1,230	10,310
フーカ [®]	219	321	102	37	34	40	61	207	340	244	326	359	2,290
三菱・アイミーブ [®]	460	291	267	38	294	502	313	167	272	122	309	258	3,293
EV	1,181	2,914	948	214	506	447	524	736	1,147	1,076	1,318	1,589	12,600
HIV	460	291	267	38	294	502	313	167	272	122	309	258	3,293

2012 年販売実績

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
日産・リーフ	987	1,079	699	936	1,401	1,013	815	451	890	662	1,312	870	11,115
フーカ [®]	166	218	529	103	88	72	324	260	138	105	126	102	2,231
シーマ					366	573	472	183	134	108	87	54	1,977
三菱・アイミーブ [®]	341	446	117	39	142	288	157	86	212	141	189	137	2,295
ホンダ [®] ・フィット EV								7	5	6	5	6	29
CR-Z									181	456	334	380	1,351
トヨタ [®] ・プリウス PHV					1,004	1,070	945	621	600	483	737	713	6,173
EV	1,328	1,525	816	975	1,543	1,301	972	537	1,102	803	1,501	1,007	13,439
PHEV	0	0	0	0	1,004	1,070	945	621	600	483	737	713	6,173
HIV	166	218	529	103	454	645	796	443	453	669	547	536	5,559

2013 販売実績（プリウスαの販売台数のうち半分が LIB 搭載の 7 人乗りとして計上）

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
日産・リーフ	1,137	1,455	676	665	708	1,045	1,034	938	1,565	1,257	1,306	1,235	13,021
フーガ [※]	98	121	210	89	84	58	113	109	157	128	126	89	1,382
シーマ	83	61	127	59	45	68	70	63	79	42	67	43	807
三菱・アイミーブ [※]	80	377	358	100	62	70	68	54	95	79	66	82	1,491
ミニキャブ [※]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	59
アウトランダー	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ホンダ・フィット EV	3	9	5	9	9	2	14	6	3	10	6	3	79
CR-Z	336	330	510	245	245	313	276	229	130	81	180	132	3,007
フィット	0	0	0	0	0	0	0	0	10,231	12,103	14,235	13,536	50,105
ジェイト [※]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
フリード [※]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ヴェゼル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,146	2,146
アコード [※]	0	0	0	0	0	0	0	0	1,547	2,142	2,090	1,604	7,383
アコード [※] PHV	0	0	0	0	1	3	4	4	1	10	8	31	62
トヨタ・プリウス PH	517	784	332	312	191	253	402	239	187	324	522	389	4,452
プリウスα	3,917	4,820	6,513	3,805	3,752	4,305	4,462	3,419	5,124	4,245	4,126	3,520	52,005
EV	1,220	1,841	1,039	774	779	1,117	1,116	998	1,663	1,346	1,378	1,379	14,650
PHEV	517	784	332	312	192	256	406	243	188	334	530	420	4,514
HIV	4,434	5,332	7,360	4,198	4,126	4,744	4,921	3,820	17,268	18,741	20,824	21,070	116,835

2014 年販売実績（プリウスαの販売台数のうち半分が LIB 搭載の 7 人乗りとして計上）

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
日産・リーフ	1,241	1,903	1,201	508	743	1,205	1,408	912	1,756	1,098	943	1,259	14,177
フーガ [※]	92	121	128	28	48	51	60	47	54	51	35	29	744
シーマ	45	51	96	18	23	38	34	22	40	25	21	20	433
三菱・アイミーブ [※]	55	238	130	18	25	41	102	51	97	102	92	70	1,021
ミニキャブ [※]	42	98	154	33	22	31	128	97	116	111	98	79	1,009
アウトランダー													
ホンダ・フィット EV	4	7	2	3	2	0	0	0	0	1	0	0	19
CR-Z	100	234	313	68	85	83	39	52	84	86	71	100	1,315
フィット	16,837	8,859	20,861	11,624	7,961	9,828	9,973	7,603	10,458	8,087	5,962	4,389	122,442
ジェイト [※]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
フリード [※]	0	0	0	977	1,691	2,477	2,309	1,806	2,856	2,031	1,568	1,654	17,369
グレイス											4	5,138	5,142
ヴェゼル	4,716	2,406	6,975	6,784	6,802	10,010	9,444	6,076	8,544	5,934	4,832	4,078	76,601
アコード [※]	1,433	1,182	975	584	535	438	504	319	401	400	430	277	7,478
アコード PHV	24	26	10	8	3	7	4	2	7	7	3	0	101
トヨタ・プリウス P	4,682	5,353	6,155	1,796	2,095	2,593	3,064	2,056	2,793	2,623	2,595	2,456	38,257
プリウスα [*]	337	470	216	69	153	352	667	470	944	583	676	250	5,187
EV	1,342	2,246	1,487	562	792	1,277	1,638	1,060	1,969	1,312	1,133	1,408	16,226
PHEV	361	496	226	77	156	359	671	472	951	590	679	250	5,288
HIV	27,905	18,206	35,503	20,902	17,549	23,041	23,118	16,175	22,374	17,206	15,518	18,141	269,781

表 24 販売台数実績及び予測

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
EV リーフ	800	2,500	11,000	11,500	13,500	14,500	15,000	15,500	16,000	16,000	16,000
EV アイミーブ [※]	200	500	2,500	2,500	1,600	2,100	2,000	2,500	3,000	3,000	3,000
HV、PHEV	1,000	2,000	4,000	13,000	130,000	300,000	350,000	400,000	450,000	500,000	550,000
エネチャージ [※]	0	0	0	0	300,000	400,000	600,000	700,000	800,000	850,000	900,000

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
EV リーフ	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000
EV アイミーブ [※]	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
HV、PHEV	600,000	650,000	700,000	750,000	800,000	850,000	900,000	950,000	1,000,000	1,050,000	1,100,000
エネチャージ [※]	940,000	980,000	1,020,000	1,060,000	1,100,000	1,140,000	1,180,000	1,220,000	1,260,000	1,300,000	1,340,000

表 25 LIB の使用年数と排出割合（想定）

使用年数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
排出率（％）	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	1	10	20	30	30	8.834
排出率累計（％）	0.001	0.006	0.016	0.066	0.166	1.166	11.166	31.166	61.166	91.166	100.0

表 26 次世代自動車（LIB 関係）排出予測（台数）

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EV リーフ	541	1,978	4,500	7,941	11,297	13,053	14,152	14,929	15,417	15,762
EV アイミーブ	119	438	980	1,602	2,099	2,101	2,016	2,206	2,470	2,762
HV、PHEV	570	1,570	4,843	21,114	65,485	143,045	245,523	337,442	398,043	448,043
エネチャージ	227	603	3,819	35,082	107,239	238,372	409,453	556,532	680,932	774,066

4－3－2、LIB の組成分析

各種の LIB の組成分析の結果をまとめた。

a) リーフ

リーフのユニットを図 9 に示す。

また、素材の経済性評価上の構成比をまとめたものを表 35 に示す。経済性評価という意味合いは、例えば、熱分解処理後のシート材として使用されていた Al 材は、現状、銅 - アルミの分離を検討していないため、故銅として評価しているため、構成比率からシート分のアルミ重量はカウントしていない。Co、C については、篩下に回収される正・負極材を有効活用した場合の量として、注目し、この 2 元素について検討する。



図 9 リーフのユニット（上部の蓋を取り外した状態）291.0 kg

表 リーフの概略材料構成（全体重量 291.0 kg）

素材	1 台当たりの重量 (kg)	重量比 (%)
鉄	98.9	34.0
銅	26.2	9.0
Al	10.8	3.7
Co	2.9	1.0
C	1.2	0.4

b) アイミーブ

アイミーブのユニットの写真を図 10 に示す。

また、素材の経済性評価上の構成比をまとめたものを表 35 に示す。アイミーブの場合、正・負極のシート材がいずれもアルミシートであるため、アルミニウムの比率が高い。また、負極材もチタン酸リチウムであり、C を使用していないのが特徴である。篩下に回収される正・負極材を有効活用した場合の量として、Co のみを現段階では評価することとした。参考に Ti の比率についても記した。



図 10 アイミーブのユニット（上部の蓋を取り外した状態） 291 kg

表 アイミーブの概略材料構成（全体重量 291.0 kg）

素材	1 台当たりの重量 (kg)	重量比 (%)
鉄	53.6	25.4
銅	8.0	3.8
Al	37.9	18.0
Co	0.0	0.0
Ti (参考)	7.0	3.3

c) フィット

フィットのユニットの写真を図 11 に示す。

また、素材の経済性評価上の構成比をまとめたものを表 35 に示す。アイミーブの場合、正・負極のシート材がいずれもアルミシートであるため、アルミニウムの比率が高い。また、負極材もチタン酸リチウムであり、C を使用してないのが特徴である。篩下に回収される正・負極材を有効活用した場合の量として、Co のみを現段階では評価することとした。参考に Ti の比率についても記した。



図 11 フィットのユニット 28.4 kg

表 フィットの概略材料構成（全体重量 28.4 kg）

素材	1 台当たりの重量 (kg)	重量比 (%)
鉄	4.3	15.1
銅	2.8	9.8
Al	0.0	0.0
Co	1.7	6.0
C	0.4	1.6

d) エネチャージ・S エネチャージ

エネチャージ・S エネチャージのユニットを図 12 に示す。

また、素材の経済性評価上の構成比をまとめたものを表 35 に示す。今回は、エネチャージ、S エネチャージの概略平均値をもって、構成比とした。エネチャージ・S エネチャージの電池はアイミーブと同じ、東芝製なので、正・負極のシート材がいずれもアルミシートであるため、アルミニウムの比率が高い。また、負極材もチタン酸リチウムであり、C を使用していないのが特徴である。



図 12 エネチャージ・S エネチャージの外観写真

表 エネチャージ・S エネチャージの概略材料構成（全体重量 2.48 kg）

素材	1 台当たりの重量 (kg)	重量比 (%)
鉄	0.27	10.9
銅	0.00	0.0
Al	0.64	25.8
Co	0.00	0.0
Ti (参考)	0.05	1.8

表 27 各種別、1 台あたりの LIB ユニットに含まれる金属の回収予想量 (kg/台)

	鉄	銅	アルミ	基板	Co	C
EV リーフ	98.9	26.2	10.8	2.9	1.2	7.6
EV アイミーブ ^①	53.6	8	37.9	0	7	0
HV、PHEV	4.3	2.8	0	1.7	0.4	0.4
エネチャージ ^② *	0.27	0	0.64	0	0.046	0

注) エネチャージは、エネチャージ、S エネチャージの 2 種類が現行としてはあり、ここでは平均的な値で概略を示す。

表 28 各年度別、各種別、Fe 回収量 (kg) (全国)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EV リーフ	53,466	195,642	445,002	785,363	1,117,264	1,290,971	1,399,679	1,476,493	1,524,790	1,558,828
EV アイミーブ ^①	6,359	23,477	52,503	85,889	112,488	112,604	108,048	118,259	132,418	148,025
HV、PHEV	2,449	6,749	20,823	90,790	281,586	615,093	1,055,749	1,450,999	1,711,583	1,926,583
エネチャージ ^②	61	163	1,031	9,472	28,955	64,360	110,552	150,264	183,852	208,998
合計 (kg)	62,335	226,031	519,358	971,513	1,540,293	2,083,029	2,674,029	3,196,015	3,552,643	3,842,434

表 29 各年度別、各種類別、Cu 回収量 (kg) (全国)

Cu	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EV リーフ	14,164	51,828	117,887	208,054	295,979	341,996	370,795	391,144	403,938	412,955
EV アイミーブ [®]	949	3,504	7,836	12,819	16,789	16,807	16,127	17,651	19,764	22,093
HV、PHEV	1,595	4,395	13,559	59,119	183,359	400,526	687,464	944,837	1,114,519	1,254,519
エネチャーシ [®]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計 (kg)	16,708	59,727	139,282	279,992	496,127	759,329	1,074,386	1,353,631	1,538,221	1,689,568

表 30 各年度別、各種類別、Al 回収量 (kg) (全国)

Al	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EV リーフ	5,839	21,364	48,595	85,763	122,007	140,976	152,847	161,235	166,509	170,226
EV アイミーブ [®]	4,496	16,600	37,124	60,731	79,539	79,621	76,400	83,620	93,632	104,667
HV、PHEV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エネチャーシ [®]	145	386	2,444	22,452	68,633	152,558	262,050	356,180	435,796	495,402
合計 (kg)	10,480	38,351	88,163	168,946	270,179	373,155	491,297	601,035	695,937	770,295

表 31 各年度別、各種類別、Co 回収量 (kg) (全国)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EV リーフ	649	2,374	5,399	9,529	13,556	15,664	16,983	17,915	18,501	18,914
EV アイミーブ	830	3,066	6,857	11,217	14,691	14,706	14,111	15,444	17,293	19,332
HV、PHEV	228	628	1,937	8,446	26,194	57,218	98,209	134,977	159,217	179,217
エネチャージ	10	28	176	1,614	4,933	10,965	18,835	25,600	31,323	35,607
合計 (kg)	1,717	6,095	14,369	30,805	59,374	98,553	148,138	193,936	226,334	253,070

表 32 各年度別、各種類別、C 回収量 (kg) (全国)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
EV リーフ	4,109	15,034	34,196	60,351	85,857	99,205	107,559	113,462	117,173	119,789
HV、PHEV	228	628	1,937	8,446	26,194	57,218	98,209	134,977	159,217	179,217
合計 (kg)	4,336	15,662	36,133	68,797	112,051	156,423	205,768	248,438	276,390	299,006

4－3－3、LIB の処理と CO2 削減効果

車載の LIB を処理した際に、削減できる CO2 の効果についてまとめた。

表 33 各材料の鉱石から製造する際の原因単位 (kg-CO2/kg)

	粗鋼*	粗銅*	電気銅*	アルミ*	Co**	C
CO2 排出 (kg-CO2/kg)	1,30	0.80	1.74	9.11	1.86	3.67

*：社団法人 未踏科学技術協会、環境負担性評価調査委員会/「環境負担評価システム構築のための基礎調査研究」
調査報告書 平成 7 年 3 月 (1995..3) により引用

**：「金属元素の製錬・精製段階における環境負荷算定に関する調査 調査報告書」(独)物質・材料研究機構
エコマテリアル研究センター (2001) より引用

表 34 CO2 削減効果（各素材を回収することによる CO2 削減量（トン））

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Fe	81	294	675	1,263	2,002	2,708	3,476	4,155	4,618	4,995
Cu	13	48	111	224	397	607	860	1,083	1,231	1,352
Al	95	349	803	1,539	2,461	3,399	4,476	5,475	6,340	7,017
Co	3	11	27	57	110	183	276	361	421	471
C	16	57	132	252	411	574	754	911	1,013	1,096
合計（全国）	209	760	1,749	3,336	5,382	7,472	9,842	11,985	13,624	14,931
九州地区	24	87	199	380	614	852	1,122	1,366	1,553	1,702
福岡地区	8	30	70	133	215	299	394	479	545	597

4－3－4、LIB 処理の今後の検討

今回の検討により、熱分解処理における LIB の処理は、資源の有効活用と CO2 削減効果という点から、環境負荷の小さい手法である事が分かった。

しかし、今回の試験では、十分に分離ができなかった、銅・アルミのシート材の分離、さらには、Co、Ni についても更なる有効活用の道を見出し、材料としての有効活用の方法を検討する必要がある。

これらの課題とともに、事業化に向けた検討を継続する必要があると思われる。

5、事業性の評価

5－1、コスト評価

5－1－1、評価対象項目

事業試算の対象となる原料の絞り込みを行った
絞り込みを行う際の選定基準は以下の2点とした。

① 時間当たりの処理量

② 原料確保量

ただし、車載 LIB は今後発生量が大幅に増加する見込みがあるため、現時点での原料確保可能量による選定は行わないこととする。

さらに、ハーネスに関しては以下の点も選定基準とした。

③ 高度化処理時の不純物濃度

a) ブチルゴム付銅管

熱分解炉で消費される LPG、電力、水等のランニングコストは、処理量に関わらず一定であるため、処理量が多いほど経済性に優れる。本事業開始以前の試験において処理量が 100kg/h を下回ると経済性が低下することが確認されていたため、100kg/h を超えるものを事業性評価の対象とした。ブチルゴム付銅管は試験での処理量が 100kg/h であり基準を満たした。事業性評価時の処理量を2倍の 200kg/h とした。

熱分解炉における処理量を 200kg/h とした場合、年間の処理量は最大で 259t/年(1シフト時)となる、これを必要な原料量とする。後述する LIB を主として処理し、余剰時間でブチルゴム付銅管を処理する場合においても、ブチルゴム付銅管は 191t/年必要となる。ブチルゴム付銅管の九州地区における発生量は、527t/年が見込まれているため必要量が確保できる。

①、②の選定基準を満たすため、ブチルゴム付銅管は事業性の評価対象とした。

b) 被覆付銅管

被覆付銅管の試験時の処理量は 70kg/h であった。また、九州地区における発生量見込みは 96t/年であり、①、②の選定基準を満たさないため事業性評価対象外とした。

c) 家電ハーネス

家電ハーネスの試験時の処理量は 40kg/h であった。また、九州地区における発生量見込みは 396t/年である。

その他に高度化処理において、Al、Fe が 2 号ナゲット銅の成分規格から外れることが判った。①、③の選定基準を満たさないため事業性評価対象外とした。

d) 車載ハーネス

車載ハーネスの試験時の処理量は 20kg/h であった。また、九州地区における発生量見込みは 3,038t/年である。

その他に高度化処理において、Al が 2 号ナゲット銅の成分規格から外れることが判

った。①、③の選定基準を満たさないため事業性評価対象外とした。

e) 洗濯機基板

洗濯機基板の試験時の処理量は 20kg/h であった。また、九州地区における発生量見込みは 393t/年であり、①の選定基準を満たさないため事業性評価対象外とした。

f) 家電基板

家電基板の試験時の処理量は 15kg/h であった。また、九州地区における発生量見込みは 538t/年であり、①の選定基準を満たさないため事業性評価対象外とした。

g) 車載基板

車載基板の試験時の処理量は 50kg/h であった。また、九州地区における発生量見込みは 380t/年であり、①の選定基準を満たさないため事業性評価対象外とした。

h) 小型家電 LIB

小型家電 LIB の試験時の処理量は 100kg/h であった。すでに一部で回収ルートが確立されており、回収量見込みが少ないため事業性評価対象外とした。

但し、当社ひびき工場の発生物は車載 LIB 処理時に混合する。

i) 車載 LIB

車載 LIB(A 社、B 社品)の試験時の処理量は 100kg/h であった。また、九州地区における発生量見込みは 107t/年である。

5-1-2、コストデータ

前提条件

- ① 既存試験設備を増強した上で、日本磁力選鉱(株)ひびき工場へ移設する。
 - ・ 熱分解の後工程(破碎・篩分け設備の設置)
 - ・ 二次燃焼炉増強(容量を 2 倍に)
 - ・ 移設時は建屋、原料製品ピットの新設、1 次電源工事を行う
- ② 車載 LIB 処理を主として行い、余剰時間を使いブチルゴム付銅管を処理する。

a) 設備投資額

【設備】	既存設備(移設)+破碎設備新設	45,000 千円
	2次燃焼炉改造(能力2倍)	25,000 千円
【建屋】	建屋と基礎工事(300㎡×100千円/㎡)	30,000 千円
	原料・製品ピット(100㎡×100千円/㎡)	10,000 千円
	1次電源受電設備	20,000 千円
合計		130,000 千円

b) 要員

	1シフト	2シフト	3シフト
【直接】①作業員	2名	4名	6名
②操業リーダー(設・技含む)	1名	2名	3名
【間接】①工場長(管理)	1名	1名	1名
②事務	1名	1名	1名

	人件費(1人当たり)
【直接】①作業員(解体・放電・操業)	250 千円/月
②操業リーダー(設備・技術含む)	600 千円/月
【間接】①工場長(管理)	600 千円/月
②事務	250 千円/月

c) 熱分解炉の最大処理能力

シフト数	稼働時間(月当たり)	炉処理能力(kg/h)	最大処理能力(月)	最大処理能力(年)
1シフト	108 h/月	200 kg/h	22 t/月	259 t/月
2シフト	252 h/月	200 kg/h	50 t/月	605 t/月
3シフト	432 h/月	200 kg/h	86 t/月	1,037 t/月

d) シフト数とLIB集荷量

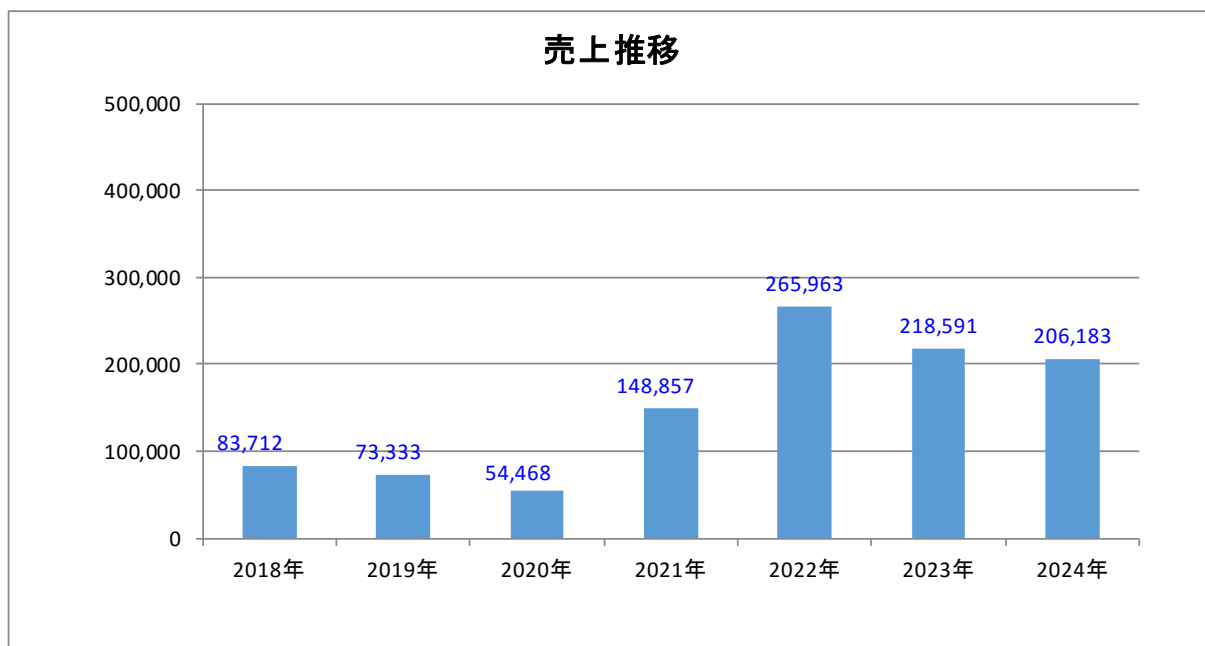
			2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
シフト数 (シフト)			1			2	3		
最大処理能力 (t/年)			259			605	1,037		
LIB 集荷量 (ユニット)	(t/年)	H社 G	30	42	95	239	493	826	828
		S社 ①	0.5	1.0	5.5	16.5	36.0	61.5	83.5
		S社 ②	0.5	1.0	5.5	16.5	36.0	61.5	83.5
		N社 L	66	149	263	375	433	469	495
		M社 I	10	23	38	50	50	48	53
		計	107	216	407	697	1,048	1,466	1,543
	(台/年)	H社 G	1,053	1,474	3,333	8,386	17,298	28,982	29,053
		S社 ①	200	400	2,200	6,600	14,400	24,600	33,400
		S社 ②	179	357	1,964	5,893	12,857	21,964	29,821
		N社 L	227	512	904	1,289	1,488	1,612	1,701
		M社 I	48	110	181	238	238	229	252
		計	1,707	2,853	8,582	22,406	46,281	77,387	94,227
熱分解量 (モジュール)	(t/年)	H社 G	19	27	60	152	314	525	527
		S社 ①	0.5	1.0	5.5	16.5	36.0	61.5	83.5
		S社 ②	0.5	1.0	5.5	16.5	36.0	61.5	83.5
		N社 L	41	92	163	233	269	291	307
		M社 I	7	16	26	34	34	33	36
		計	68	137	260	452	688	972	1,037
※残存能力 (ブチル付銅管処理量)		(t/年)	191	122	-1	153	349	65	0
		(t/月)	15.9	10.2	-0.1	12.8	29.0	5.4	0.0

※ 車載LIBの処理を主として行い、炉の残存時間を活用し、ブチルゴム付銅管を処理する。

5-1-3、コスト評価結果

e) 種別売上げ

		2018年 (千円)	2019年 (千円)	2020年 (千円)	2021年 (千円)	2022年 (千円)	2023年 (千円)	2024年 (千円)
加工費収入(100円/kg)	小計 -①	10,703	21,586	40,575	69,316	103,942	145,154	152,306
発生産物	小計 -②	3,578	7,315	13,893	23,794	35,714	49,920	53,877
ブチルゴム付銅管 売り上げ		69,431	44,432	-0	55,747	126,306	23,517	0
売上合計 (①+②) -③		83,712	73,333	54,468	148,857	265,962	218,591	206,183



f) 発生産物の有効活用方法

発生産物		有効活用方法
ユニット解体での 発生産物	鉄	鉄鋼メーカーでの鉄源
	銅	銅製錬メーカー原料
	アルミ	アルミニウム合金メーカー原料
	樹脂	セメントキルン熱源
熱処理での 発生産物	+0.15	銅
		銅製錬メーカー原料
		アルミ
	-0.15	アルミニウム合金メーカー原料
		金銀滓
		貴金属製錬原料
		Ni、Co含有粉
		NMD電炉工場 特殊鋼原料
		金銀滓
		貴金属製錬原料

6、モデル事業まとめ

6-1、モデル事業の成果

・銅の高度化処理による CO2 削減

- ① 処理物の高密度増加に伴う輸送効率の向上による CO2 削減
- ② 製錬工程を介さないことによる CO2 削減

・車載用 LIB 処理の新規ルート開拓

銅・アルミニウムとカーボンを分離回収することで省資源化、環境負荷の小さい処

理

ルートを開拓

・車載用 LIB 処理における CO2 削減

銅やアルミニウムの有効利用による CO2 削減

6-2、モデル事業の課題、今後の展開

・事業性を評価した結果、LIB 処理を中心に考えた場合、やはり 2018～2020 年の LIB 発生量が少ない場合、九州地区のみを想定して回収していたのでは回収量が少なく、ブチルゴム付銅管を付加してもやはり効果が少ない。

・2018～2020 年においては、広く全国から回収を行うと仮定し、その場合もっとも効率的かつ CO2 削減効果の大きな輸送手段、輸送方法を検討し、事業を立ち上げる必要がある。LIB の集約→輸送→解体実証→長時間処理検証試験を行い、九州地区以外からの持込についても検討を行い、再度トータルの CO2 削減効果、事業性を評価する必要がある。

・また次世代自動車という観点からは CFRP の処理という事も検討を行い、次世代自動車の先端拠点をエコタウンに構築する検討を行いたい。

6-3、事業化にあたってのスケジュール

	2016年 平成28年			2017年 平成29年				2018年 平成30年			
	4月～	7月～	10月～	1月～	4月～	7月～	10月～	1月～	4月～	7月～	10月～
①新規処理原料特定 ・LIB、その他含む	→										
②設備設置 ・許認可対応 ・処理フロー設計 ・ひびき設置	→			→				→			
③事業化計画 ・事業試算 ・新社設立準備			→	→				▲2017/10新社設立			
④事業開始									▲操業開始2018/4	→	

添付資料－ 1

1、熱分解試験結果

1－ 1、処理フローと回収物成分

1－ 1－ 1、家電・小型家電の処理フローと回収物

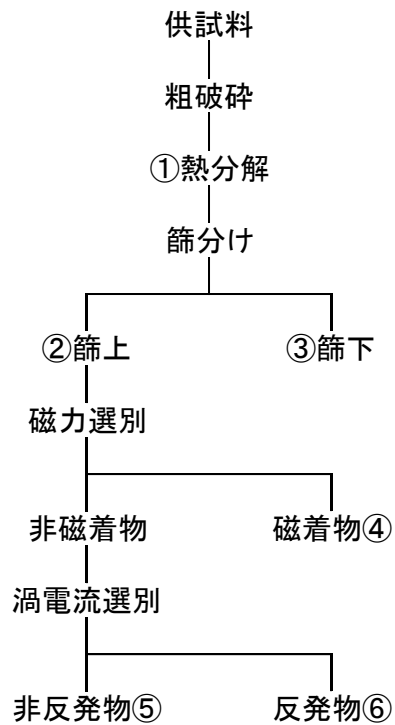


図1 家電・小型家電処理フロー

表1 熱分解時の重量減と嵩密度変化

①熱分解

品目	重量減 (%)	嵩密度	
		処理前(kg/ℓ)	処理後(kg/ℓ)
ブチルゴム付銅管	11.6	0.32	1.27
被覆付銅管	14.2	0.25	1.37
家電ハーネス	44.4	0.31	0.72
車載ハーネス	46.4	0.30	0.71
洗濯機基板	63.0	0.28	0.70
家電基板	88.3	0.50	0.71
車載基板	44.0	0.36	0.68
小型家電LIB	24.3	1.00	0.80

表2 篩上産物の分析値

②篩上

	分布	含有率			
	wt%	Cu (%)	Au ppm	Ag ppm	Pd ppm
ブチルゴム付銅管	77.9	96.5	—	—	—
被覆付銅管	84.7	96.1	—	—	—
家電ハーネス	40.5	79.7	—	—	—
車載ハーネス	27.6	82.9	—	—	—
洗濯機基板	—	—	—	—	—
家電基板	5.1	—	57	554	4
車載基板	—	—	—	—	—

表3 篩下産物の分析値

③篩下

	分布	含有率			
	wt%	Cu (%)	Au ppm	Ag ppm	Pd ppm
ブチルゴム付銅管	10.6	2.45	—	—	—
被覆付銅管	1.1	15.1	—	—	—
家電ハーネス	15.1	30.8	—	—	—
車載ハーネス	26.0	70.5	—	—	—
洗濯機基板	6.0	—	17	936	3
家電基板	6.6	—	57	1600	38
車載基板	12.8	—	73	953	114

表4 磁着物の分析値

④磁着物

	分布	含有率			
	wt%	Cu (%)	Au ppm	Ag ppm	Pd ppm
ブチルゴム付銅管	磁力選別未実施				
被覆付銅管	同上				
家電ハーネス	同上				
車載ハーネス	同上				
洗濯機基板	6.2	—	6	83	<1
家電基板	磁力選別未実施				
車載基板	28.7	—	2	139	<1

表5 非反発物の分析値

⑤非反発物

	分布	含有率			
	wt%	Cu (%)	Au ppm	Ag ppm	Pd ppm
ブチルゴム付銅管	渦電流選別未実施				
被覆付銅管	同上				
家電ハーネス	同上				
車載ハーネス	同上				
洗濯機基板	14.8	—	30	2970	<1
家電基板	同上				
車載基板	12	—	56	843	24

表6 反発物の分析値

⑥反発物

	分布	含有率			
	wt%	Cu (%)	Au ppm	Ag ppm	Pd ppm
ブチルゴム付銅管	渦電流選別未実施				
被覆付銅管	同上				
家電ハーネス	同上				
車載ハーネス	同上				
洗濯機基板	10.1	—	3	38	<1
家電基板	同上				
車載基板	2.3	—	6	292	7

1-1-2、LIB の処理フローと回収物

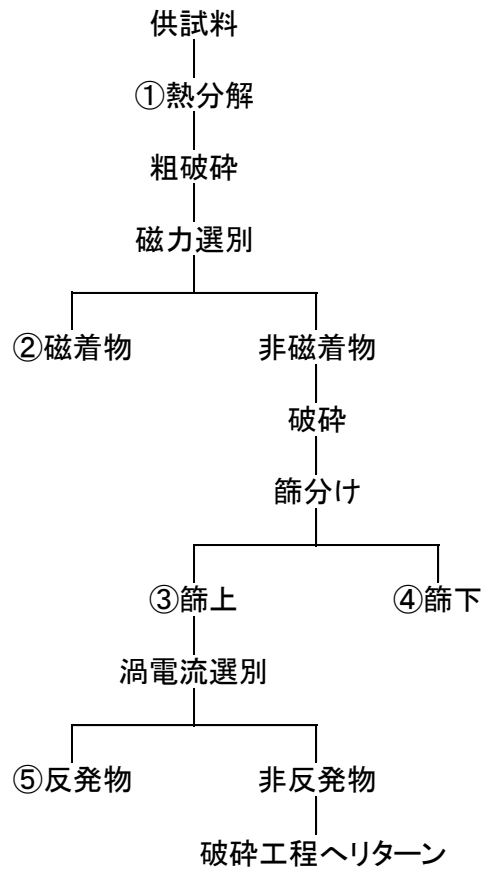


図2 LIB 処理フロー

表7 熱分解時の重量減と嵩密度変化

①熱分解

品目	重量減 (%)	嵩密度	
		処理前(kg/ℓ)	処理後(kg/ℓ)
小型家電LIB	24.3	1.00	0.80
車載LIB(A社)	37.7	0.80	0.81
車載LIB(B社)	32.1	1.04	0.85
車載LIB(C社①)	16.2	1.07	1.10
車載LIB(C社②)	25.3	1.41	1.20

表8 篩上産物の分析値

③篩上

	分布	含有率				
		Co	Ni	Mn	Cu	Al
	wt%	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
小型家電LIB	31.6	1.25	2.53	0.78	18.1	66.4
車載LIB(A社)	14.2	2.27	2.72	2.07		68.6
車載LIB(B社)	36.3	0.29	1.12	0.45	32.4	10.9
車載LIB(C社①)	19.9	0.13	0.16	0.76	12.3	65.2
車載LIB(C社②)	18.1	0.17	0.54	0.87	3.09	83.5

表10 磁着物の分析値

②磁着物

	分布	含有率				
		Co	Ni	Mn	Cu	Al
	wt%	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
小型家電LIB	磁力選別未実施					
車載LIB(A社)	同上					
車載LIB(B社)	22.0	0.14	0.96	0.34	16.1	0.21
車載LIB(C社①)	11.1	0.01	0.22	0.34	4.74	8.42
車載LIB(C社②)	10.7	<0.01	0.03	0.43	1.23	5.88

表9 篩下産物の分析値

④篩下

	分布	含有率				
		Co	Ni	Mn	Cu	Al
	wt%	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
小型家電LIB	44.1	35.9	0.48	0.82	0.44	0.81
車載LIB(A社)	17.0	8.98	9.44	5.6		0.96
車載LIB(B社)	14.9	11.1	13.6	11.6	1.86	0.96
車載LIB(C社①)	8.7	5.48	8.00	12.4	1.22	2.94
車載LIB(C社②)	8.1	7.11	23.4	10	1.95	2.06

表11 反発物の分析値

⑤反発物

	分布	含有率				
		Co	Ni	Mn	Cu	Al
	wt%	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
小型家電LIB	渦電流選別未実施					
車載LIB(A社)	同上					
車載LIB(B社)	同上					
車載LIB(C社①)	25.9	0.01	0.06	0.23	2.42	84.4
車載LIB(C社②)	18.9	0.02	0.08	0.33	2.30	83.8

1－2、排ガス測定結果

表12 排ガス測定結果

C社分は供給量が少なかったため測定未実施

		大気汚染防止法	北九州市	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9-1	No.9-2
		ダイオキシン類	公害防止条例	ブチルゴム付	被覆付	家電	車載	洗濯機	家電基板	車載基板	小型家電LIB	A社LIB	B社LIB
		対策特別措置法		銅管	銅管	ハーネス	ハーネス	基板			(Fのみ)	モジュール	モジュール
ばいじん	実測濃度(g/m³N)	0.04～0.7 (0.03～0.2)	0.15～0.8	0.058	0.083	0.028	0.19	0.22	0.95	0.91	—	0.047	0.38
硫酸酸化物	実測濃度(volppm)			3.0>	3.0>	3.0>	3.0>	3.5	3.0>	3.0>	—	3.0>	3.0>
	(m³N/h)	0.35※1	0.35※1	0.0009>	0.0007>	0.0010>	0.0013>	0.001	0.0010>	0.0015>	—	0.0010>	0.0012>
窒素酸化物	実測濃度(volppm)	60～400	—	71	123	76	66	200※2	150	79	—	39	72
塩化水素	実測濃度(mg/m³N)	80	—	0.3>	0.3>	53	0.3>	0.3>	0.3>	0.3>	—	0.3>	0.3>
臭化水素	実測濃度(mg/m³N)	—	—	1.0	11	52	30	230	100	680	—	55	190
鉛	実測濃度(mg/m³N)	10～30	—	0.48	4.2	1.8	31	2.9	9.8	40	—	0.3	4.0
フッ素化合物(粒子)	実測濃度(mg/m³N)	1.0～20	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6	0.5>	0.5>
フッ素化合物(ガス)	実測濃度(mg/m³N)			—	—	—	—	—	—	—	55	29.0	8.0
ダイオキシン	毒性当量(ng-TEQ/m³N)	0.1～5	—	1.7	4.7	6.2	1.1	0.9	0.46	0.72	—	3.7	1.0

※1 有効煙突高さを10mと仮定、K=3.5とする

※2 失火を繰り返したため、不完全燃焼ガスが採取された