

平成20～22年度循環型社会形成推進科学研究費補助金

総合研究報告書

有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの
金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策
(K2015, K2179, K22049)

平成23年3月

国立環境研究所	寺園 淳
	中島 謙一
	吉田 綾
東京大学大学院	村上 進亮
消防研究センター	古積 博
	佐宗 祐子
	岩田 雄策
海上保安試験研究センター	山崎ゆきみ
産業技術総合研究所	若倉 正英
	和田 有司
海上保安大学校	鶴田 順

平成20～22年度循環型社会形成推進科学研究費補助金

総合研究報告書

有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの
金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策

(K2015, K2179, K22049)

平成23年3月

国立環境研究所	寺園 淳
	中島 謙一
	吉田 綾
東京大学大学院	村上 進亮
消防研究センター	古積 博
	佐宗 祐子
	岩田 雄策
海上保安試験研究センター	山崎ゆきみ
産業技術総合研究所	若倉 正英
	和田 有司
海上保安大学校	鶴田 順

循環型社会形成推進科学研究費補助金 総合研究報告書

- ・研究課題名＝有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策
- ・研究課題番号＝K2015, K2179, K22049

- ・国庫補助金精算所要額（円）＝59,929,740

- ・代表研究者名＝寺園淳（国立環境研究所）

- ・共同研究者名＝中島謙一、吉田綾（以上、国立環境研究所）、村上進亮（東京大学大学院）、古積博、佐宗祐子、岩田雄策（以上、消防研究センター）、山崎ゆきみ（海上保安試験研究センター）、若倉正英、和田有司（以上、産業技術総合研究所）、鶴田順（海上保安大学校）

- ・研究協力者名＝飯塚真樹、小口正弘、梶原夏子、高畑恒志、滝上英孝、横内陽子（以上、国立環境研究所）、中島農夫男、和田祐典（以上、産業技術総合研究所）

- ・委託業者名＝(株)鉄リサイクリング・リサーチ、(株)リーテム、金城産業株式会社、特定非営利活動法人 災害情報センター、日本カーリット株式会社、(株)住化分析センター、北京中色再生金属研究有限公司、(財)日本環境衛生センター、株式会社環境科学コーポレーション

<目 次>

第1章 研究課題の概要	1
第2章 金属スクラップの発生、輸出と品目・組成等	
2.1 鉄スクラップの発生	11
2.1.1 鉄スクラップの種類	11
2.1.2 鉄スクラップの需給	14
2.2 金属スクラップの発生	15
2.2.1 金属スクラップ（雑品）	15
2.2.2 金属スクラップの発生	16
2.2.3 金属スクラップの流通	18
2.3 解体業者由来の金属スクラップの発生と流通	21
2.3.1 調査の概要	21
2.3.2 解体の実績	21
2.3.3 個別の解体データに関する集計	22
2.3.4 業務用エアコンのフロン回収について	25
2.4 回収業者・中間取扱業者における金属スクラップの流通	27
2.4.1 調査の概要	27
2.4.2 調査結果	29
2.4.3 調査結果の分析	35
2.5 金属スクラップの輸出	38
2.5.1 鉄スクラップなどの輸出	38
2.5.2 金属スクラップの輸出量の推定	39
2.5.3 船積みに至るまでの検収の流れ	40
2.6 国内における品目調査、組成調査	42
2.6.1 調査方法	42
2.6.2 調査結果	43
2.6.3 調査結果の分析	51
2.7 ダイオキシン類	54
2.8 中国における金属スクラップの輸入と利用動向	57
2.8.1 2009年度の金属スクラップの輸入政策	57
2.8.2 寧波鎮海再生金属資源加工団地における金属スクラップの利用	58
2.8.3 団地内 A 社の金属スクラップの利用状況	59
2.8.4 代表的な廃金属の利用方法	60
2.9 まとめ	62
第3章 金属スクラップの火災	
3.1 火災発生状況	65
3.1.1 火災発生事例	65

3.1.2	陸上における金属スクラップの保管状況	73
3.1.3	火災原因の事例解析	75
3.1.4	試料の調査	81
3.2	火災原因の推定、確認実験、調査	90
3.2.1	火災原因の推定	90
3.2.2	電池類の危険性	92
3.2.3	各種金属等の落下衝撃発火実験	102
3.2.4	テルミット反応発生の可能性	105
3.2.5	トナーカートリッジ粉の火災爆発危険性	108
3.2.6	まとめ	112
3.3	過去の事件事例調査	113
3.3.1	電池の事件事例	113
3.3.2	プラスチックの事件事例	114
3.3.3	金属の事件事例	114
3.4	消火実験と消火方法の検討	116
3.4.1	消火実験	116
3.4.2	消火方法の検討	117
3.5	火災防止と発生時の対応策	120
3.6	安全管理情報提供システムの構築	123
3.6.1	安全管理情報提供システムの概要	123
3.6.2	安全管理情報提供システムの内容	124
第4章 金属スクラップの管理方策		
4.1	バーゼル条約とバーゼル法	131
4.1.1	バーゼル条約の国内実施のための法整備等の義務	131
4.1.2	バーゼル条約の国内実施のためのバーゼル法の制定	131
4.1.3	バーゼル法における特定有害廃棄物等	132
4.1.4	検討課題の設定	134
4.2	バーゼル法における規制対象の設定のあり方とその課題	135
4.2.1	バーゼル条約の規制対象とバーゼル法の規制対象の関係	135
4.2.2	条約の国内実施のための国内法整備の意義	135
4.2.3	バーゼル法における規制対象の設定の課題 – 被覆電線の輸出入の規制に即して –	136
4.3	有害廃棄物等の不適正な国際移動への対応 – バーゼル法の輸出規制の課題とその改善策 –	139
4.3.1	バーゼル法による特定有害廃棄物等の輸出規制	139
4.3.2	外為法における「輸出」の解釈	139
4.3.3	バーゼル法における輸出の未遂罪および予備罪の不採用	140
4.3.4	シップ・バックされた特定有害廃棄物等への司法的な対応	140
4.3.5	いわゆる「本船扱い」の貨物への司法的な対応	141

4.3.6	外為法における「輸出の未遂」の解釈	142
4.3.7	外為法に基づく行政的な対応	143
4.3.8	関税法における他法令手続きと虚偽申告罪の成立の関係	144
4.3.9	廃棄物処理法における無確認輸出の未遂罪と予備罪の創設	145
4.3.10	まとめ	147
4.4	個別の輸出品目に対する管理方策	148
4.4.1	品目調査結果に対する法的検討	148
4.4.2	有害物質による輸出管理	150
4.4.3	鉛蓄電池とブラウン管	151
4.4.4	その他	151
4.5	関係業者に対する管理方策	153
4.6	情報共有、その他の管理方策	154
4.6.1	情報共有	154
4.6.2	その他の管理方策	156
4.7	適正管理方策の課題と方向性	156
	謝辞	162
	研究発表一覧	163
	知的所有権の取得状況	166

主な執筆者（敬称略）

第1章 寺園

第2章

- 2.1 村上、林^{*1}、中島
- 2.2 村上、林^{*1}、寺園、中島
- 2.3 村上、林^{*1}
- 2.4 寺園、吉田、中島
- 2.5 寺園、吉田、村上、林^{*1}
- 2.6 寺園、林^{*1}、吉田、村上
- 2.7 寺園
- 2.8 寺園、吉田
- 2.9 寺園

第3章

- 3.1 山崎、古積、寺園
- 3.2 古積、岩田、佐宗、山崎
- 3.3 若倉、和田
- 3.4 佐宗、古積
- 3.5 寺園、古積、山崎、若倉
- 3.6 和田、若倉

第4章

- 4.1 鶴田
- 4.2 鶴田
- 4.3 鶴田
- 4.4 寺園、吉田
- 4.5 寺園
- 4.6 寺園
- 4.7 寺園

*1 (株)鉄リサイクリング・リサーチ

第1章 研究課題の概要

・研究目的＝

近年大量に中国などへ輸出されてきた金属スクラップのうち、「雑品」と称される一部のスクラップについて、有害物質や使用済み家電などの混入により相手国から貨物が返送された事例が発生している。近年の経済情勢の変化によって輸出量の増減が著しい上、貨物船や船積み現場で火災事故も生じており、環境と災害上の問題が懸念されている。このような金属スクラップについて、有害物質および混合物の内容や、火災の発生・拡大の原因などの知見が不足し、適切な安全管理、行政指導を行えていない。このため、回収業者や解体業者などに対する調査、火災現場調査や火災実験などを通じて、有害物質管理・防災・資源回収の観点から、金属スクラップの発生・輸出実態の実態を解明し、適正管理方策を提示することを目的とする。あわせて、輸出入両国での法的規制の課題や、輸出の現状と国内リサイクル制度との関連性を検証し、改善策を提案する。

・研究方法＝

1 金属スクラップの組成調査・物質フロー分析

金属スクラップとして主に「その他の鉄スクラップ」に着目し、統計調査とヒアリング調査によって発生源と品目を分類する。輸出が予定されている金属スクラップのサンプリングを行い、品目調査・組成調査を実施して、混入品目の概要とともに、廃電気電子機器類（E-waste）、有害物質や火災と関係の深そうな品目の混入状況を調査する。また、E-waste やフロン類などの混入原因把握のための回収業者・中間取扱業者や解体業者に対するアンケート調査、中国での選別状況調査、金属スクラップ燃焼物の有害性を検証するためのダイオキシン類分析などを実施する。

2 火災発生原因の解明と対策

全国の船舶や陸上施設における金属スクラップ火災の発生現場を可能な範囲で調査し、火災発生の状況と原因を調査する。また、火災発生原因解明のための実験として、電池類などの火災危険性についての熱量計を用いた分析、金属スクラップを想定した各種物質の高さ 16m からの落下試験、トナーカートリッジの危険性確認などの試験を行って火災危険性を分析する。また、大規模な火災・消火実験を行い、燃焼拡大メカニズムの解明や消火手法の開発・提案を試みる。同時に、類似の事故事例解析データベースや関連情報を含む安全管理情報提供システムの構築を図る。

3 管理制度と施行状況に関する法的検討

循環資源の輸出入規制や国内のリサイクル制度などの観点から、金属スクラップに有害物質などが混入したり、国内リサイクルに回りにくい現状を分析する。まず、輸出規制としてバーゼル法を中心とした検討を行い、これらが金属スクラップに対する有害物質混入防止などについてどの程度実効性を有しているか検証し、その課題をまとめる。また、国内の廃棄物処理・リサイクル制度が金属スクラップの輸出、さらに有害物質や使用済み家電などの混入に与えている影響を考察する。以上の検討から、可能な管理方策を提言する。

以上の研究成果の発表を兼ねて関係行政機関を対象とした意見交換会を開催し、今後の対応を討議する。

・結果と考察＝

金属スクラップが含まれる「その他の鉄スクラップ (HS:720449900)」輸出量は、年間 360 万 t ～570 万 t 程度で推移した (図 1)。品目調査の結果、金属スクラップには概して産業系が多い一方、家電を含む家庭系が多いものもあった (図 2～5)。有害物質として E-waste の鉛がバーゼル法規制基準を超過する場合があったほか、エアコン内に CFC12 が残留していた例を確認した (表 1、図 6)。プラスチック系家電の機械選別ではダストが多く発生し、資源回収が課題であった (図 7)。回収業者などへのアンケート調査からは、収集運搬業の許可なく処理費を受けている回収業者があること、発生源として建築解体物が大きいことなどがわかった (図 8、表 2)。ケーブルなどの燃焼物のダイオキシン類濃度は非燃焼物に比べて高くなっていた。

2008 年 1 月～2010 年 12 月では陸上・船上で計 21 件の金属スクラップ火災が確認されている (表 3～4、図 9)。出火原因の特定は困難であるが、鉛バッテリーの短絡がみられたほか、多数の可燃物の混在を確認した。危険性評価試験では、リチウム電池の危険性が高いことを示した (表 5、図 10)。落下試験ではラジエーターで火花が発生、トナー粉の粉じん爆発の危険性などがわかった。消火実験の結果、泡による消火手法が有効であることが示唆された (図 11、表 6)。事故事例分析結果を含む安全管理情報提供システムを構築した。

バーゼル法の輸出規制の実効性を高めるためには、輸出の未遂罪や予備罪を創設すべきであることを議論した (表 7)。金属スクラップは国内の発生段階から各種規制を総合的に適用・執行することによって、輸出品目や関係業者の適正化を図る必要がある (表 8～9)。以上の研究成果を関係行政機関と共有し、省庁横断的な会議の継続開催を提起した。

・結論＝

品目調査の結果、輸出される金属スクラップには、家電を含む家庭系が多く混入されるものがあることがわかった。発生から輸出に至る取引を調査して、廃棄物処理法、フロン回収・破壊法が徹底されていない状況を明らかにした。鉛などの有害物質やフロン類の回収に課題があったほか、プラスチック系家電などの資源回収も課題であった。ケーブルなどが燃焼してダイオキシン類が発生している可能性を示唆した。

2008 年 1 月～2011 年 3 月では陸上・船上で計 21 件の金属スクラップ火災が確認された。現場での出火原因の特定は一般に困難であるが、鉛バッテリー、リチウム電池、トナー粉などの危険性や金属スクラップ積込み時の衝撃が着火源になる可能性を指摘した。泡による消火手法が有効であることが示唆された。また、安全管理情報提供システムを構築した。

国内の発生から輸出段階までバーゼル法、廃棄物処理法などの規制を総合的に適用・執行することによって、輸出品目や関係業者の適正化を図る必要性を議論した。以上の研究成果を関係行政機関と共有し、省庁横断的な会議の継続開催を提起した。

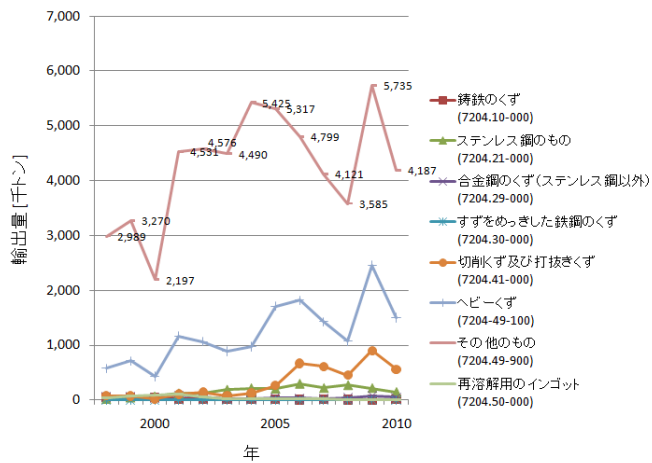


図1 鉄スクラップの種類別輸出品



第1回



第2回



第3回 (A スクラップ)



第3回 (B スクラップ)

図2 品目調査を行った金属スクラップ

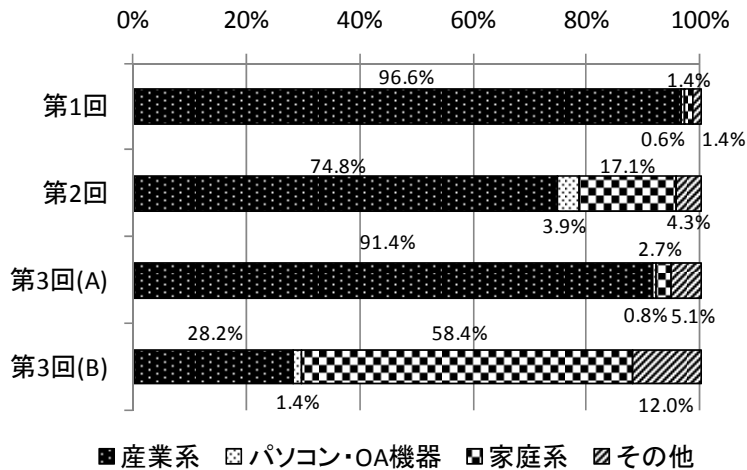


図3 品目調査の結果（大分類）

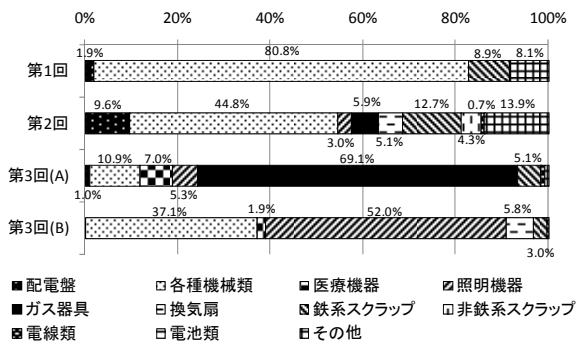


図4 品目調査の結果（中分類、産業系）

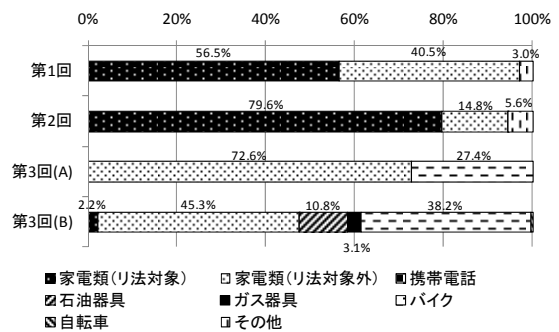


図5 品目調査の結果（中分類、家庭系）

表1 対象部品などに対する含有量試験結果

		単位：mg/kg（乾物換算値）								
対象部品等	含有されていた品目	Hg	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	Se	Sb	Cu	Zn
基板	デスクトップパソコン	0.03	0.1未満	7,600	1未満	16	0.5未満	4,100	220,000	39,000
	ビデオデッキ	0.01未満	0.1未満	10,000	1未満	13	0.5未満	1,800	140,000	16,000
	ストーブ	0.01未満	0.1未満	8,500	1未満	9.8	0.5未満	880	170,000	7,900
	電話機	0.01未満	0.1未満	12,000	1未満	7.7	0.5未満	2,800	130,000	3,800
電線被覆	ガス湯沸かし器	0.01	150	9,000	1未満	3.9	1.0	390	1,100	650
	シンセサイザー	0.02	38	10,000	1未満	0.5未満	0.5未満	170	260	27
	照明機器（蛍光灯）	0.07	0.6	18,000	1未満	1.8	0.5未満	38	110	19
	電飾	0.03	0.5	10,000	1未満	1.5	0.5未満	86	140	10
熱交換器（鉛メッキ）	ガス湯沸かし器	0.03	0.1未満	160,000	1未満	4.8	0.5未満	620	780,000	8,400
コネクタ	照明機器（蛍光灯）	0.09	2.0	440,000	1未満	16	0.5未満	190	130,000	22,000
バックライト	ワープロ	250	-	-	-	-	-	-	-	-
液晶ガラス	同上	0.01未満	0.1未満	7	1未満	0.5未満	0.5未満	19	39	2
一次ダスト	ガス調理器具・部材	5.0	19	3,100	8	11	0.5未満	1,500	17,000	34,000
	プラスチック系家電	1.3	13	1,500	1未満	3.5	0.5未満	1,200	14,000	4,500
	AV機器・ラジカセ	0.60	13	730	1未満	0.9	0.5未満	82	1,900	2,200
二次ダスト	ガス調理器具・部材	0.14	240	1,900	1未満	6.3	0.5未満	3,300	64,000	11,000
	プラスチック系家電	0.18	2.0	1,800	1未満	3.0	0.5未満	950	20,000	610
	AV機器・ラジカセ	0.12	1.3	1,300	1未満	1.9	0.5未満	430	13,000	1,400
含有量基準値	mg/kg	1,000未満	1,000未満	1,000未満	1,000未満	1,000未満	1,000未満	10,000未満	-	-
	%	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	1未満	-	-

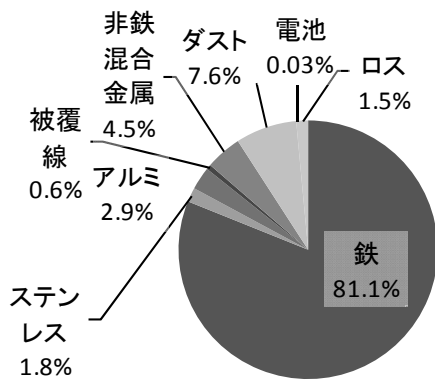


(1) エアコン



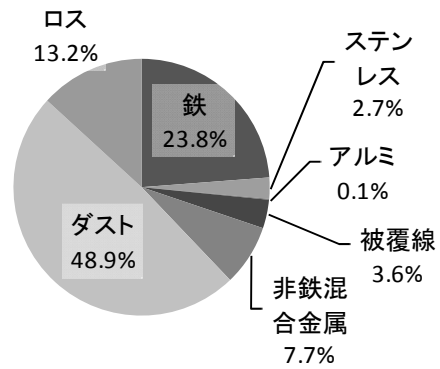
(2) コンプレッサー内の残留ガスのサンプリング

図6 フロン類を検出した旧式のエアコン



(1) ガス調理器具・部材

(総重量 1,440kg、426 個、A)



(2) プラスチック系家電

(総重量 324kg = 電気ポット 9.4%・炊飯器 63.4%・掃除機 27.1%、電気ポット 16 個・炊飯器 64 個・掃除機は個数計数不可、B)

図7 第3回品目調査で選別された2品目に対する組成調査結果

(A、BはそれぞれAスクラップ、Bスクラップ)

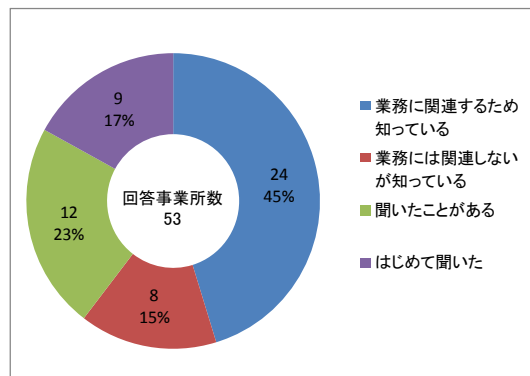


図8 回収業者に対するアンケート調査による「廃棄物の収集運搬に自治体の許可が必要」の認知度

表2 解体業者に対するアンケート結果による、鉄・非鉄系スクラップの発生原単位

		非鉄系				鉄骨・鉄筋等の鉄スクラップ
		銅線	アルミ	ステンレス	その他	
①戸建住宅	撤去重量kg	13,741	190,285	54,713	209,514	806,854
	m ² 当たりkg	0.2	2.4	0.7	2.6	10.1
②共同住宅	撤去重量	16,696	112,144	9,145	454,266	4,521,632
	m ² 当たりkg	0.2	1.4	0.1	5.6	55.5
③事務所ビル	撤去重量	51,990	155,999	31,995	10,352	5,723,778
	m ² 当たりkg	0.6	1.8	0.4	0.1	65.8
④公舎・学校	撤去重量	8,552	91,089	34,326	13,155	5,041,068
	m ² 当たりkg	0.1	0.9	0.3	0.1	48.7
⑤病院	撤去重量	54,820	25,300	12,120	0	2,553,120
	m ² 当たりkg	2.8	1.3	0.6	0.0	128.2
⑥ホテル	撤去重量	10,500	11,200	5,250	0	1,384,094
	m ² 当たりkg	5.0	5.3	2.5	0.0	150.3
⑦工場	撤去重量	19,840	55,841	17,260	17,300	3,597,420
	m ² 当たりkg	0.4	1.2	0.4	0.4	79.9
⑧倉庫	撤去重量	2,647	13,863	7,985	22,870	1,409,060
	m ² 当たりkg	0.1	0.5	0.3	0.9	55.6
⑨その他	撤去重量	62,793	58,410	23,205	1,791,770	10,016,120
	m ² 当たりkg	0.9	0.8	0.3	24.5	137.1
店舗	撤去重量	56,397	2,002	655	2,540	5,716,660
	m ² 当たりkg	2.0	0.1	0.0	0.1	206.4
店舗併用住宅	撤去重量	247	6,160	3,400	0	61,060
	m ² 当たりkg	0.1	2.7	1.5	0.0	26.5
スポーツクラブ	撤去重量	0	1,600	0	0	344,900
	m ² 当たりkg	0	0.3	0	0	74.7
合計	撤去重量	241,580	714,311	196,229	2,519,227	34,678,652
	m ² 当たりkg	0.5	1.3	0.4	4.7	65.3

表3 船舶火災発生件数及び金属スクラップ積載船舶火災発生件数の推移

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 (～3月)
船舶火災発生件数	102	122	138	118	88	97	86	90	77	—
(貨物船の火災件数)	(4)	(11)	(12)	(16)	(13)	(13)	(14)	(8)	(9)	—
金属スクラップ積載船舶火災件数	1	1	5	3	7	5	3	1	6	2

表4 陸上施設等における金属スクラップ火災の発生確認件数

年	2006	2007	2008	2009	2010	計
陸上施設等の金属スクラップ火災確認件数	3	1	2	3	4	13



火災の状況



高発泡タイプ泡消火の状況



こぼれたトナー



鉛バッテリー (UPS)

図9 金属スクラップ火災発生現場と見つかった混在物 (2010年4月、東京港での火災)

表5 CHETAH7.2によるリチウム電池、リチウムイオン電池の危険性評価結果

Electrolyte	Maximum heat of decomposition (kcal/g)	Fuel value - Heat of decomposition (kcal/g)	Oxygen balance (%)	Y
1 (Li-battery)	-0.438 (Medium)	-3.199 (Medium)	-106.81 (High)	15.949 (Low)
2 (Li-battery)	-0.467 (Medium)	-4.319 (Medium)	-144.51 (Medium)	16.624 (Low)
3 (Li-ion battery)	-0.412 (Medium)	-0.267 (Medium)	-90.841 (High)	14.984 (Low)

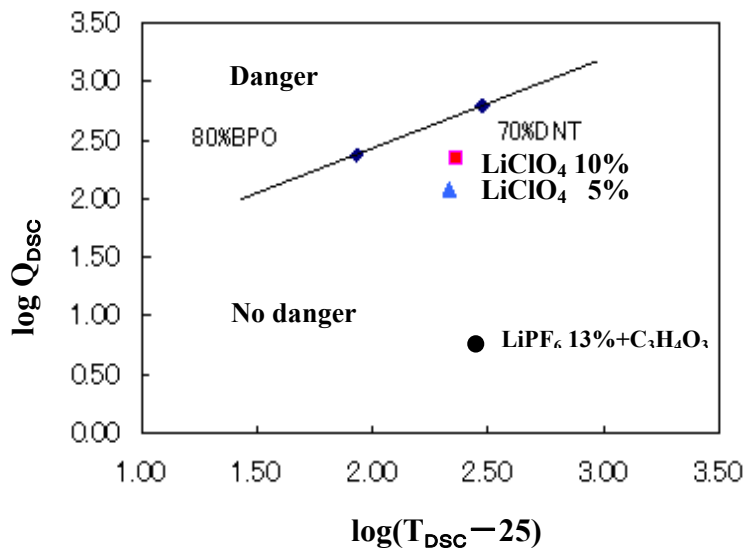


図10 リチウム電池、リチウムイオン電池電解液の危険性評価 (TDSC-Onset temperature, QDSC - heat of reaction)

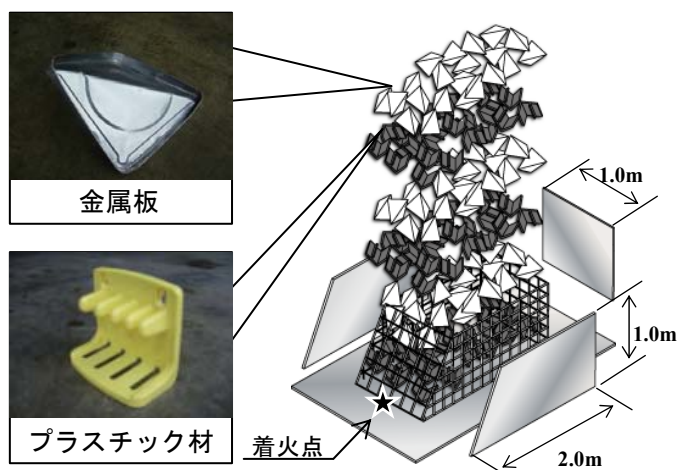


図 11 火災模型

表 6 消火実験結果

消火剤	消火結果	放射時間	使用水量	水流量
水	×	300sec	562L	112L/min
泡水溶液	×	300sec	505L	101L/min
Dry泡	○	71sec	130L	110L/min

表 7 現行の輸出規制関係法の解釈の整理

	「輸出」の解釈	「輸出の未遂」の解釈	「輸出の予備」の解釈
パーゼル法 輸出等の際して 経産大臣の承認 環境大臣の確認	外国向け貨物を 船舶等に積み込んだ時点	「輸出の未遂罪」 不採用	「輸出の予備罪」 不採用
外為法 輸出等の際して 経産大臣の承認	同上	外国向け貨物を 保税地域に搬入した時点	同上
関税法 輸出等の際して 税関長の許可	同上	通関手続きが行われる場合は同上 通関手続きが行われない場合は、 外国向け船舶等に 外国向け貨物の積み込みを 開始した時点	---
廃棄物処理法 環境大臣の確認	船舶等に廃棄物を 積み込んだ時点	通関手続のために 輸出申告を行った時点	無確認輸出をする目的で 搬入予定地域に廃棄物を 搬入する等した時点

表 8 個別品目に対する適正管理方策の検討例

	現在	短期的対応案	中長期的対応案	課題
ブラウン管テレビ・モニター	混入は少ない。中古テレビは輸出規制	中古モニターも追加		
鉛バッテリー	混入は少ない。中古鉛バッテリーは輸出規制			
フロン含有製品	回収・処理の義務あり。含有のままのエアコン、及び放出済みとみられるエアコンなどが多い	フロン処理の確認追加	家庭用エアコンを含め、フロン回収・破壊法の広範な適用	排出側の管理必要
家電 4 品目	エアコン、洗濯機が多い。黒モーターも多数	トレーサビリティ強化		
家電 4 品目以外	混入多数		回収システム整備	
家庭系スクラップ（家電含む）	混入多数		バーゼル法適用検討	抑止効果期待
有害物質確認	ほぼ鉛のみで判断			変更困難
電池	混入が見られる。製品からの取り外しが困難なりチウム電池も多い。	二次電池の回収促進	回収・取り外しの促進、設計変更	EUで取り外し規定
トナーカートリッジ	混入が見られる	自主回収の促進	回収義務	

表 9 関係業者に対する適正管理方策の検討例

	現在	短期的対応案	中長期的対応案	課題
発生元（家庭・事業者）		フロン含有製品ほか有害物質について、周知徹底	フロン回収・破壊法の適用検討	
回収業者	古物商（または金属くず商*）のみが多い	料金引き取りの場合の廃棄物処理法違反の周知、告発	古物商と収集運搬業の協動的運用	「専ら物」としての回収業者は少ないもよう
中間処理	たまに不適切破砕	見回り徹底		
輸出業者（荷主・ヤード）	中国への登録の名義貸しが多い	消火設備設置、保管方法改善、ほか防火管理計画の締結		
通関業者		HSコード確認徹底		

* 金属くず商の営業許可が必要な都道府県：北海道、茨城県、福井県、静岡県、長野県、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、滋賀県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県

英語概要

- ・ 研究課題名 =

“Development of appropriate management measures for mixed metal scrap export from the perspective of hazardous materials control, fire prevention and material recovery”

- ・ 研究代表者名及び所属 =

Atsushi Terazono (National Institute for Environmental Studies)

- ・ 共同研究者名及び所属 =

Aya Yoshida, Kenichi Nakajima (National Institute for Environmental Studies), Shinsuke Murakami (University of Tokyo), Hiroshi Koseki, Yuko Saso, Yusaku Iwata (National Research Institute of Fire and Disaster), Yukimi Yamazaki (Coast Guard Research Center), Masahide Wakakura, Yuji Wada (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), Jun Tsuruta (Coast Guard Academy)

- ・ 要旨 =

Based on our items examination, we clarified that mixed metal scrap for export might contain home appliances and other household scrap. According to our survey on the transaction from generation to export stage, Waste Management Law and Fluorocarbon Recovery and Destruction Law are not well enforced regarding mixed metal scrap. Challenges include hazardous substances control such as lead, appropriate collection of CFCs, and material recovery from plastic-rich home appliances. It is considered that burning of cables may cause PCDD/DFs.

During the period from 2008 to 2010, approximately 20 cases of the fire accident of mixed metal scrap confirmed on the ground and vessel. Identification of on-site fire cause is generally hard, but we could indicate various possible dangerous materials including the lead acid batteries, lithium batteries and toner powders, and possible dangerous process such as physical impacts when loading scrap into the vessel. We also showed the effectiveness of Dry foam fire extinguishing. The Safety Management Information System for Mixed Metal Scrap has been developed.

From the legal perspectives, we discussed the need for proper control of mixed metal scrap, applying and enforcing comprehensively various laws and regulations such as Basel Law, Waste Management Law and Customs Law from the stage of its generation to exportation. We shared our research outcomes at the inter-ministerial meeting and proposed future communication in the government side.

- ・ キーワード (5 語以内) =

Mixed metal scrap, items examination, fire, battery, Basel Law

第2章 金属スクラップの発生、輸出と品目・組成等

2.1 鉄スクラップの発生

2.1.1 鉄スクラップの種類

金属スクラップ（雑品）について論じる前に、まず、国内統計がより整備されている鉄スクラップに着目して、発生量を把握した。鉄スクラップは発生源別に、自家発生スクラップ、加工スクラップ、老廃スクラップに分類される。自家発生スクラップは、回収後ほとんどは自社内で再利用される。このため、加工スクラップと老廃スクラップが市中スクラップと呼ばれている。

(1) 自家発生スクラップ

自家発生スクラップは鉄鋼生産過程時に発生する。例えばホットコイルの先端（舌と呼ばれる）と両端（耳と呼ばれる）、鉄筋棒鋼の先端など最終製品になれない部位である。そのほかミスロールや半製品などがある。生産メーカーが毎月経済産業省に報告している生産動態統計のなかの「原材料・生産又は発生」が該当し、集計結果は同省「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計月報」で公表される。

業態別に分けると、表 2.1.1 に示すように高炉メーカーは 970 万 t（全体の 61%）、電炉メーカーは 316 万 t（同 20%）、鋳物メーカー 294 万 t（同 19%）であり、高炉材が 6 割以上を占める。回収後多くは自社内の溶解炉に製鋼原料として戻される。このためリターンスクラップとも呼ばれる。この他、路盤材や補修などの使用もある。

表 2.1.1 2007 年度の自家発生くず発生量
（出典：鉄源年報）

	発生量 (1,000t)	構成比 (%)
高炉メーカー	9,686	61.4
電炉メーカー	3,158	20.0
鋳物メーカー	2,938	18.6
計	15,782	100.0

(2) 加工スクラップ

加工スクラップは、製造業で自動車や家電等製品を製造する時に発生するスクラップを言い、工場発生くずとも言われる。切り板くず、打ち抜きくず、切削くず、切り粉などであり、流通時は、新断（＝切板くず、打ち抜きくず）、銑屑（＝鋳物生産時のスクラップ）、鋼ダライ（＝ねじ生産時の切削くず、切り粉）と名称がつく。

行政統計では報告義務がないため把握されていないので、発生推計は、(社)日本鉄源協会が 5 年に 1 度、各製造業に対して実施している「加工屑発生実態調査」によって得られ

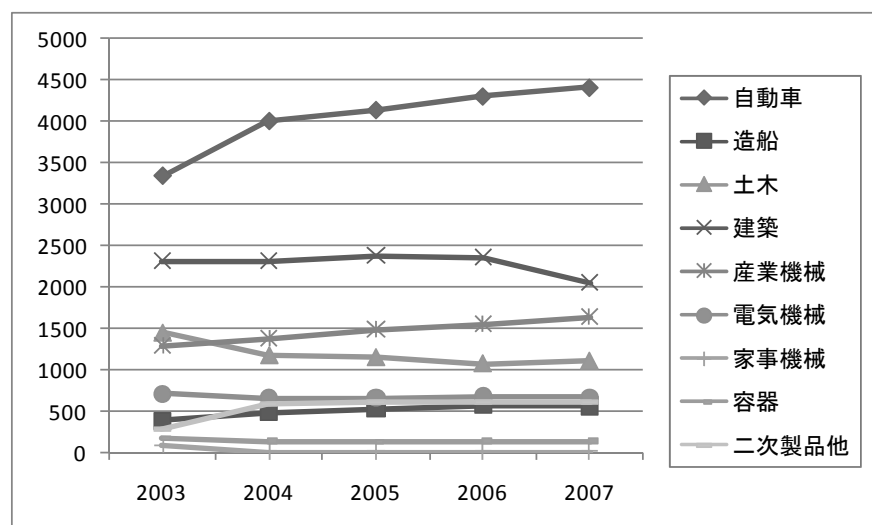


図 2.1.1 部門別加工スクラップ出荷量の推移(1000 t)
（出典：鉄源年報）

る部門別発生率及び出荷率を用いている。日本鉄鋼連盟が推定する部門別鋼材消費量に乗じて求めており、データの制約から年次のみである。また、同協会が毎四半期に実施している「鉄源流通量調査」では、流通品目別に購入ベースのデータが把握できる。

2003 年実態調査による部門別出荷率を用いた 2007 年度の推定加工スクラップ出荷量は 1,124 万 t である。部門別では自動車部門が 440 万 t (全体の 39%) で一番多く、次いで建築 205 万 t、産業機械 164 万 t、土木 111 万 t、電気機械 68 万 t 等となっている (図 2.1.1)。

素性の判明しているスクラップであることから、主体を占める「新断」は自家発生くずに次いで使い勝手のよいスクラップに位置し、高品位くずに類する。鋼材の品質管理が厳しい特殊鋼電炉メーカーや鋳物メーカーの主原料となっており、通常発生工場とこれら使用メーカーとは量や価格についてひも付き関係 (固定的な契約関係) にある。高炉メーカーの市中スクラップ購入の主体は、この加工スクラップ (= 新断) となっている。輸出量は未だ少ない (「切削くず・打抜きくず」として 2007 年 61 万 t) が、韓国を主とする海外の引き合いも「新断」が主となっていることから、鉄スクラップ価格上昇の震源となっている。

(3) 老廃スクラップ

老廃スクラップはさまざまな鋼構造物や製品が老朽化してくず化したものである。多様な形状や多種の非鉄が付着したまま老朽化したものが多いため、製鋼原料として使用するには、選別や加工が必要となっている。加工後は、形状によりヘビースクラップ、シュレッタースクラップ、プレススクラップの名称で流通され、今や市中スクラップの 70% を占める。

発生量を表す統計的データは存在しないため、日本鉄源協会などでは現在行政統計で把握されている国内市中スクラップ購入量から前述の加工スクラップを差し引いた残りを老廃スクラップとみなしている。

2007 年度の国内市中スクラップ購入量は 3,824 万 t であった。これには高炉メーカーから系列電炉メーカーに分譲されたりターンくずを含む (電炉メーカーは有償購入のため、国内購入量の範疇に入ってしまう) ため、需給差分 61 万 t を差し引いている。修正購入量 3,763 万 t から前述の加工スクラップ 1,124 万 t を差し引いた残り 2,640 万 t が老廃スクラップ購入量となる。すなわち国内メーカーの老廃スクラップ使用量は 70.2% である。

しかし、国内購入量は国内鉄鋼メーカーの購入量であり輸出分は含まないため、この値に輸出される老廃スクラップを加えたものがマクロ的に求めた老廃スクラップ全量となる。輸出老廃スクラップは、HS コード「その他のスクラップ」

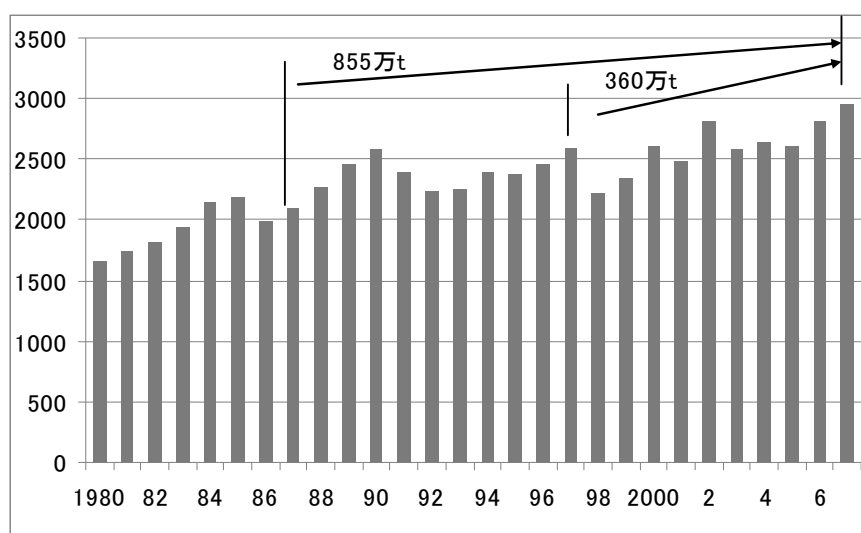


図 2.1.2 推定老廃スクラップ推移 (1000 t)

(出典：鉄源年報)

(HS7204-49-900)内に含まれているとみられるが、現在の HS コードからスクラップ品種は判別できない。概ねその他スクラップ輸出量の1/2とみて320万tを加え2,960万tと推察される。

マクロ的に推定した老廃スクラップ総量の推移をみると、図 2.1.2 のように、景気変動の影響を受けて山谷を描きながらも、過去10年で360万t、20年前とは855万tと着実に増加してきている。しかし、2003年以降顕著となってきている「雑品」がこの数量把握を不透明とさせているのが実態である

(HS7204-49-900 は汎用品名コードとなっており、加工処理された老廃スクラップ以外のものが混在していて区別できない状態となっている)。

さらに、老廃スクラップの発生源別推計について、土木・容器・産業機械・電気機械・家庭用事務用機械・二次製品に対しては耐用年数方式を、建築・自動車に対してはストック方式を用いた推計によって、把握する試みがなされている。その結果、建設部門41%（建築24.7%、土木16.2%）、産業機械13.1%、自動車12.6%、二次製品11.1%、電気機械7.9%、家庭用事務用機械6.6%、容器5.3%等であり、建設部門からくず化されたスクラップが40%を占める（図 2.1.3）。

老廃スクラップは市中くずの70%を占め、鉄スクラップの主体となっている。しかしさまざまな製品がくず化したものであり、素材構成は複合的であることから、使用にあたっては選別、切断、破砕などの加工処理が必要なスクラップとなっている。

(4) 鉄スクラップの加工処理・流通

発生から消費までの流れをみると、中間に位置する加工処理の役割が重要であることが明白である。主な加工処理設備には、長いものをサイジングするギロチンシャー、鋼板製品を破砕するシュレッダー、缶などの減容化を行うプレス機、そして大型構造物を切断するガス切断があり、全国に分布している。

鉄スクラップの流通フローは図 2.1.4 のように示される。

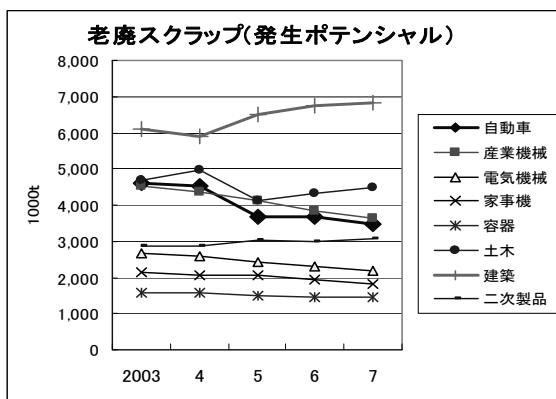


図 2.1.3 部門別の老廃スクラップ推定発生量
(出典：鉄源年報)

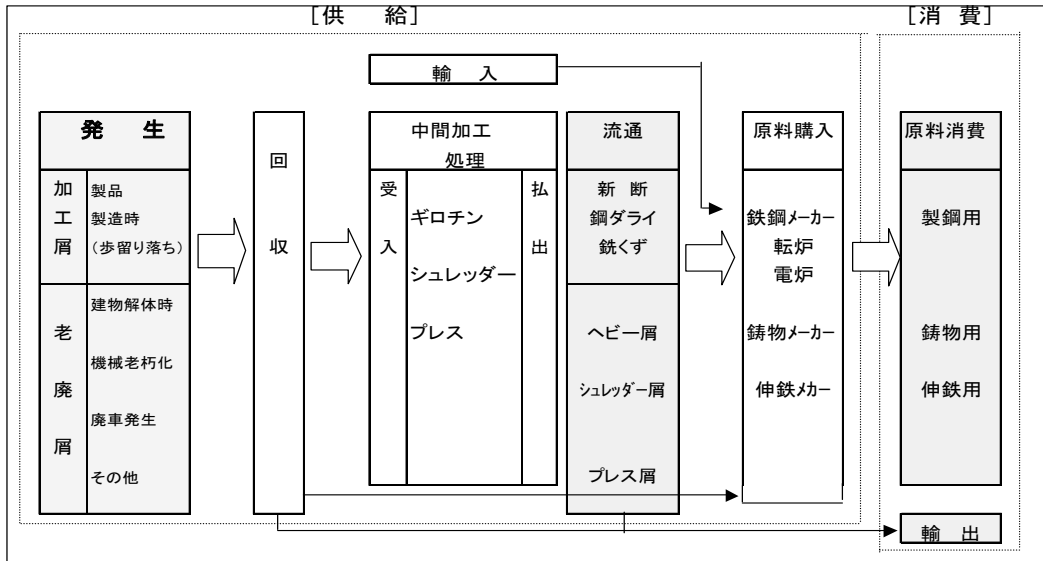


図 2.1.4 鉄スクラップの流通フロー

2.1.2 鉄スクラップの需給

鉄スクラップ輸出について、2009年の年間輸出量は約940万トンで過去最大を記録した背景を整理する。二次資源は発生しなければ使用できないという点に欲しい量を採掘しようとする天然資源の場合と大きな違いがあるが、鉄スクラップに関しては、量的に見た大きな発生源が老廃くず、それも解体くずであるため、2008年秋以降の景気低迷を受け発生量は大幅に減少したことは予想に難くない。そのため、内需に変化がなければ輸出量は減少するが、その内需が発生量以上に減少したために、結果として差分が輸出へ回ったと考えることが自然であるが、内需を押さえてまで外需へ回ったと考えることもできる。ただし、鉄スクラップの国内主要ユーザーである電炉鋼の生産は、2009年1～3四半期で、前年比4割減となり、結果的には内需は減ったことになる。また、図2.1.5に示すように、国内の粗鋼生産高とスクラップの国内購入量の変化は相関が高いことがわかる一方、スクラップはこれとは無関係に動いている。こうしたことから国内での過剰供給分の増加がスクラップ輸出の増加へとつながったと考えられよう。

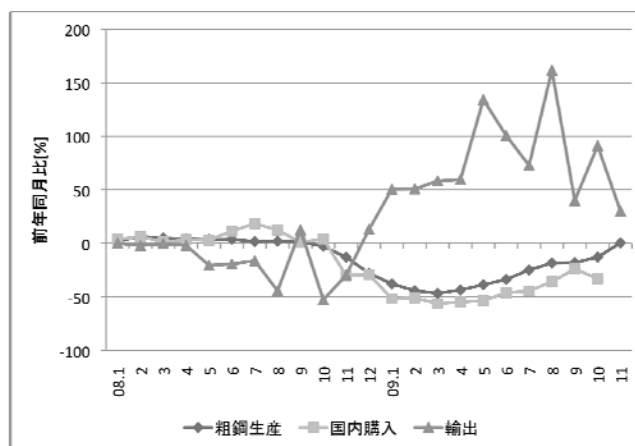


図 2.1.5 粗鋼生産とスクラップ需給の推移

その他にも、鉄源に対する需要が、高炉メーカーの生産容量を超えた場合に国内市中くずを購入し、転炉へ投入する動きが起こった事例がある。我々の調査によれば、これは2006年頃に顕在化したようであり、先にも述べた、2006年の過去最大の鉄スクラップ輸出量から、2008年に至るまで輸出量が減少してきた背景には、こうした高炉メーカーによるスクラップ消費が影響を与えたことは事実である。そして、その必要がなくなったことがスクラップの国内需要の減少に一役買ったことも事実であろう。さらに、高炉メーカーでは自社発生したリターンくずすら消費できずに輸出している事実がある。リターンくずはその品位が高いことから輸出は容易である。

HSコード別に代表的な鉄スクラップの輸出量の推移を図2.1.6に示した。2009年の輸出量の増加の中でも4～5月にピークがあったことがわかる。なかでも、ヘビーくずは前年比2.4倍と非常に大きな値になっているが、これは先に述べたリターンくず輸出の結果である。

また主要輸出相手国の推移を見ると、中国の伸びが著しいが、これは2008年末以降、鉄スクラップ市況が下がった際に他に先駆けて輸入を開始したことの結果のようである。

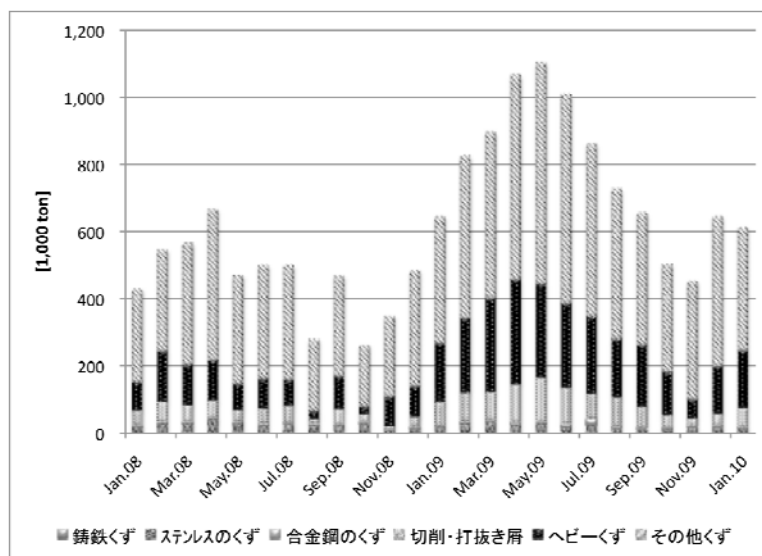


図 2.1.6 品種別鉄スクラップ輸出量の推移

2.2 金属スクラップの発生

2.2.1 金属スクラップ（雑品）

本研究の対象は、スクラップ業界や輸出入関係書類で「雑品」「ミックスメタル」などと称されるものである。「雑品」の正確な定義はないが、鉄を主重量としつつも未解体の銅などの非鉄金属、さらにはプラスチックなども含む金属スクラップである。各種機械類や家電製品などが未解体のまま含まれていることが多く、「銅付き未解体鉄スクラップ」「鉄付き非鉄スクラップ」と呼ばれることもある。

スクラップ業界誌の日刊市況通信社（日刊市況通信社, 2005）によれば、国内リサイクル市場において採算的に合わない、未解体の複合素材物件（あるいは国内処理困難物）が「雑品」と総称されている。従来、人件費の高い日本では廃モーターや廃配電盤、その他の老廃スクラップは「処理困難物」として処理料金が請求されていたが、人件費の安い中国への輸出が拡大するにつれ、有価での取引が一般となったものと説明されている（富隆ら, 2006）。なお、財務省の輸出統計品目表で定義されている「雑品」（第 96 類、彫刻用の材料など）とは異なる。

ここで、「廃棄物」「スクラップ」という用語についても特記する。自家発生スクラップと加工スクラップはいうまでもなく、老廃スクラップや雑品を含めて、特殊な場合を除いて通常は有償で取引されている。その意味では、廃棄物処理法上の廃棄物とは言えない。

ただし、様々な鋼構造物や製品が老朽化して屑化したものである老廃スクラップは、一般には使用済みの廃棄物とみなされよう。さらに、雑品は雑多な製品が混合されているスクラップであり、見かけ上は廃棄物と認識されることが多いであろう。

それでも、「廃棄物の輸出」と称した場合、逆有償のスクラップの輸出と誤解されてしまう恐れもある。実際には、雑品であっても輸出される場合は有償であるため、廃棄物処理法（の国内処理原則）に基づいて環境大臣の確認を得て輸出されているものではない。したがって、本研究では誤解を避けるために「廃棄物」の用語は控え、できるだけ金属「スクラップ」などの用語を用いている。

2.2.2 金属スクラップの発生

国内で発生しているスクラップは、過去に社会に投入された製品がくず化したものであり、雑品も例外ではない。当然輸入製品のくず化もありうるが、昨年度の本研究課題による品目調査では、そのほとんどが国産製品であった。そこで発生源を調査するにあたり、国内鉄鋼業がどのような用途で鋼材を受注したかを表す「鉄鋼用途別受注統計」を利用し考察を行う。歩留まりを考慮する必要があるが、ここでの受注量はすなわち社会への投入量とみなすことができる。ただし、製品として輸出される間接輸出分を差し引く必要がある。

鉄鋼用途別受注統計は、鉄鋼の最終用途調査を目的に、鉄鋼の市場調査や需要予測に使用する基礎データとして昭和 33 年より日本鉄鋼連盟の自主統計として行われている。鋼材品種別に用途をまず内需と輸出に分け、内需は大分類 13、中分類 95 に分けられる。大分類建設用については中分類内で建築用、土木用、その他建設用の 3 つの括りがあり、建築用は 8、土木用は 19、その他建設用は 5 の区分がある。概略を以下の表 2.2.1 に示す。

このうち「雑品」として輸出されている分野を昨年度の品目調査より類推すると、建設用のうち土木用の一部およびその他建設用、産業用機械・器具用、電気機械器具用、家庭用および業務用機械・器具用、容器用の一部、その他諸製品、次工程用の 8 分野があげられる。調査した 10 t

でもそうであったように、建築用（＝建築解体くず）は鉄スクラップとして流通されている。自動車用（＝使用済み自動車）はシュレッダーかプレスされて流通するので「雑品」には混入してこない。また、鉄道車両、自転車などのその他輸送用機械等も同様である。船舶はバングラディシュなど海外で解体されくず化されるので対象外となる。

用途別受注統計のうち8分野がデータ上の主な発生源としてあげられることから、分野内細目の耐用年数に遡った時点の社会への投入量を有力な根拠とした。そこで耐用年数に遡ったデータを整備した。実際にはより詳細な使用期間のモデル化を伴うMSA（マテリアルストック分析）を行うべきであるが、今回は簡易推計として、総務省自治税務局による各機器別耐用年数を基に、耐用年数が過ぎた時点でスクラップとして一度に発生するものと考え簡易推計を行った。より正確には、発生原資の簡易推計であり、この中で埋め殺しされるもの、退蔵されるものなどが存在する。

表 2.2.1 用途分類の概略（内需）

建設	建築用 土木用 その他建設	基礎杭を含む住宅、鉱工業、商業、公務文教建築 橋梁、タンク、鉄塔、その他土木 建築金物、仮設材など
産業用機械・器具用		一般機械、ボイラ、農業用機械、食料品加工機械など
電気機械・器具用		回転電機、静止電機、家庭用電機など
家庭用業務用		精密機械、家具、厨房器具、ガス・石油器具など
船舶用		貨物船、タンカー、バルクなど
自動車用		トラック、乗用車、自動二輪車など。部品含む
鉄道車両		貨車、車両、部品など。レールは土木用に区分
その他輸送機械		自転車、リアカー、航空機など
容器用		食缶、18リットル缶、ドラム缶など
その他諸製品		武器、装飾品、玩具、運動用具、楽器など
次工程用		ボルトナット、鍛工品、切削工具など

備考:「雑品」関連を緑色パターン。出所:日本鉄鋼連盟

社会への投入量は用途別受注統計における各部門の受注量とした。間接輸出量については日本鉄鋼連盟が鉄鋼統計要覧で公表している「普通鋼鋼材最終需要別消費推計」のうち普通鋼全体の各年次間接輸出比率を使用した。詳細な部門別間接輸出量の推計は今後の課題だが、概略推計として表 2.2.2 に示す。

関連分野合計受注量は 1,353 万 t となり、うち推定間接輸出を除いた国内発生原資は 1,160 万 t となった。この場合、間接輸出推計では、土木、その他建設、その他輸送、容器類については内需主体とみて対象外とした。この 1,160 万 t を原資にして 2008 年では次節に述べるように推定 170 万 t～200 万 t の「雑品」が輸出されたと推察される。残りは回収後、鉄スクラップ事業者にてギロチン、シュレッダー、プレスなどの加工処理が行われ鉄スクラップとして流通されたとと思われる。

1,160 万 t の主な品種構成をみると自動車部品類、線材二次製品、建築付属品、他公益、家電、一般機械、食缶、一般缶、その他電気、建築金物などがあげられるが、うち自動車部品類は殆ど自動車リサイクル法によって対処されるため「雑品」には入ってこない。他公益は形鋼、棒鋼、鋼管などの土木廃品なので、大勢はギロチンシャーにて鉄スクラップとなっていると見られる。

なお、あくまで鉄の側からみた量に関する推計であり、実際の製品は非鉄や卑金属あるいは塗装が行われ、かつ配線や電池が付帯される。ひとつの目処として示した。

表 2.2.2 「雑品」発生原資概略推計（2008 年度）

2008年時点基準 単位1000t、%			総務省	選り時点		間接	推定	推定	原資
大分類	中分類	製品例	耐用年数	年次	受注量	輸出比率	間接輸出	国内くず化原資	構成比
土木用	タンク		17	1991	294	0	0	294	2.5
	電力・通信		17	1991	218	0	0	218	1.9
	ガス業		17	1991	118	0	0	118	1.0
	水道業		18	1990	90	0	0	90	0.8
	他公益	塵芥焼却設備、土地造成	12	1996	829	0	0	829	7.1
その他建設	建築金物	ドアロック、引手	10	1998	344	0	0	344	3.0
	建築付属資材	サッシ、ブラインド、シャッター、ドア	10	1998	1,105	0	0	1,105	9.5
産業用機械・器具	一般機械	コンベア、ポンプ、油圧機器	12	1996	778	19	145	633	5.4
	ホイラ・原動機		12	1996	164	19	31	133	1.1
	金属加工機械	旋盤、プレス、ロール、	9	1999	51	21	11	40	0.3
	農業用機械	ハンドトラクター、刈り取り機	12	1996	60	19	11	49	0.4
	化学機械	ろ過機、熱交換機、乾燥機	8	2000	15	0	0	15	0.1
	繊維機械	織機、紡機、染色機	7	2001	1	22	0	1	0.0
	パルプ製紙機	製紙機械	12	1996	2	19	0	2	0.0
	食料品加工機械	牛乳加工機械、肉類加工機械	10	1998	4	22	1	3	0.0
	その他産業機械	包装機械、印刷機械	10	1998	46	22	10	36	0.3
電気機械・器具	回転電機	発電機	15	1993	277	19	53	224	1.9
	静止電機	配電盤、抵抗器	7	2001	162	22	35	127	1.1
	家庭用電気機器	電気釜、テレビ等の家電	7	2001	903	22	198	705	6.1
	通信機	電話、ファクシミリ	8	2000	18	21	4	14	0.1
	その他電気	蛍光灯、計算機、投光機、	7	2001	480	22	105	375	3.2
家庭用業務用機械・器具	精密機械	測定器、測量機器	7	2001	17	22	4	13	0.1
	家具	キャビネット、ロッカー、棚、ベット	10	1998	152	22	33	119	1.0
	厨房器具(業務)	流し台、洗浄機、炊飯釜	8	2000	9	21	2	7	0.1
	厨房器具(家庭)	流し台、ガス台、調理台	8	2000	38	21	8	30	0.3
	台所、食卓用品	皿、ナイフ、ホーク、コーヒーポット	10	1998	6	22	1	5	0.0
	ガス器具、石油器具	ガスコンロ、石油コンロ、湯沸かし器	10	1998	99	22	22	77	0.7
	刃物	はさみ、包丁、鎌	10	1998	5	22	1	4	0.0
	その他	計算機、複写機、自動販売機	7	2001	189	22	41	148	1.3
自動車	部品ほか	エンジン、ラジエーター、タンク	9	1999	3,239	21	690	2,549	22.0
その他輸送		自転車、リヤカー	9	1999	29	0	0	29	0.2
容器	食缶	ビール、ジュース缶	1	2007	513	0	0	513	4.4
	18リットル缶		10	1998	238	0	0	238	2.1
	一般缶	菓子缶、塗料缶、スプレー	10	1998	370	0	0	370	3.2
	ドラム缶		10	1998	208	0	0	208	1.8
	高压容器	プロパン容器、酸素ボンベ	10	1998	56	0	0	56	0.5
	その他容器	コンテナ、魚函、酒ダル	10	1998	17	0	0	17	0.1
その他諸成品		玩具、装飾品、運動用具	9	1999	159	21	34	125	1.1
次工程用	線材二次製品	金網、針金、ワイヤ	10	1998	1,918	22	420	1,498	12.9
	ホルト、ナット、		10	1998	282	22	62	220	1.9
	ばね用		10	1998	2	22	0	2	0.0
	歯車用		10	1998	0	22	0	0	0.0
	鍛工品		10	1998	18	22	4	14	0.1
	切削工具		12	1996	0	19	0	0	0.0
	金型		12	1996	12	19	2	10	0.1
合計					13,535		1,929	11,606	100.0

データ：日本鉄鋼連盟「普通鋼用途別受注統計」各年版、同「鉄鋼統計要覧」各年版

2.2.3 金属スクラップの流通

金属スクラップ（雑品）の流通フローは複雑であり、鉄スクラップの専門業者・商社（図 2.2.1 の金属スクラップ問屋と一部重複）を中心とする日本鉄スクラップ工業会を除いて、流通を網羅する組織は存在していない。このような流通フローについて、日刊市況通信社（日刊市況通信社，2009）では図 2.2.1 のようなフローを示している。すなわち、解体現場や工場から発生する配電盤やモーターなどからなる「解体・産業系」の金属スクラップが金属スクラップ問屋や産廃業者を通じて輸出されるフローと、事務所や一般家庭などから発生する家電・OA 機器などの「家庭・

事務所系」の金属スクラップが回収業者を通じて輸出されるフローである。最近では、輸出業者 A と B の垣根はなくなりつつあるとともに、個人の回収業者の「流し」営業が下火になっているともいわれている（日刊市況通信社, 2009）。また、回収業者としては「寄せ屋」などと称されて従来からくず・スクラップの回収を行っている業者のほかに、主に古物商の営業許可を有して中古品の回収・引渡しを行う業者がある。

なお、有害物質管理に関して問題となる使用済み電気電子機器（E-waste）についても、前述の「解体・産業系」と「家庭・事務所系」の両方に注意する必要がある。すなわち、建築解体時に構造物とともにそのまま残ることによる鉄スクラップへの混入、ならびに市中回収業者等からの使用済み製品回収の鉄スクラップへの混入、これらがともに考えられることは明らかである。

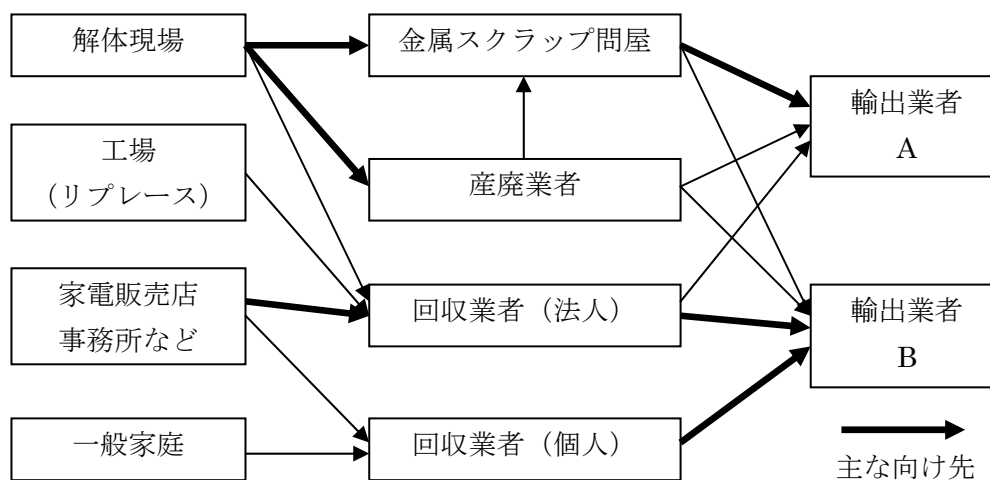


図 2.2.1 金属スクラップの流通フロー（日刊市況通信社, 2009）

ここで、発生から輸出に至るフローをもう少し詳細に考察する。雑品のかなりの部分を占めると考えられる「解体・産業系」の金属スクラップについては、図 2.2.2 のようなフローをたどると考えられる。（ここで述べる解体発生くずには、解体時に処理されることの多い、例えば工場や店舗に設置されていた機器などを含む）我々の調査によれば、この種の雑品については比較的大手で経歴のある雑品取扱業者の手を経て輸出されるようであり、新規参入は容易ではない。

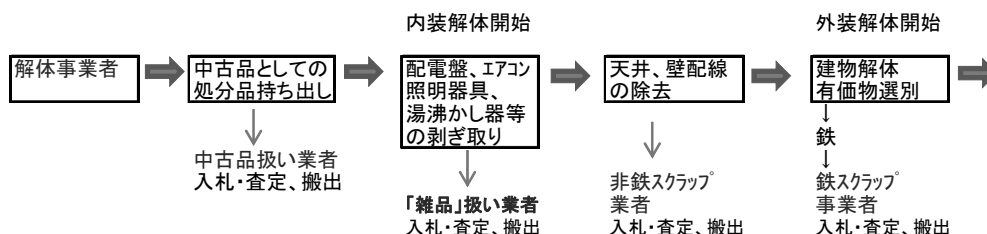


図 2.2.2 「解体・産業系」の金属スクラップに関するフロー

また、家電や OA 機器が混入した「家庭・事務所系」の金属スクラップについては、市中回収業者、いわゆる「寄せや」からのフローと考えられる。そのフローの一例を図 2.2.3 に示す。これらは家電・OA 機器を専門に扱う業者ヤードに集積され、その後、岸壁ヤードに移動して産業

系雑品と合流し、船積み単位になるまで堆積されたあと輸出される。この時、輸出認証登録のない業者であれば、認証業者へ販売することになる。この際、中国側の輸入規制が厳しくなっているため、クリアーするために原形を分からないように破壊する「クラッシャー」化が関西地区主体に行われており、専門に扱う事業者が出現している。

この「寄せや」については、先ほどの雑品取扱業者の場合と異なり、転廃業は容易に行われるようである。よってこれらの量の増減も大きいと考えられるが、残念ながら定量的な情報は得られなかった。この種の雑品類の中には、フロン回収・破壊法によって処理が義務づけられるはずの業務用エアコン、業務用冷凍・冷蔵機器などが見られる場合があることに注意が必要である。また、業者への調査の際には使用済み電池等の混入（例えば無停電電源など）なども見られた。しかしヒアリング調査では、極力排除するように試みているとの声が多く、またこれらの混入（特に後者について）がメリットをもたらすとは考えにくいと、意図的な混入が多いとは考えがたいが、他方で、輸出スクラップ量の確保のために混入してしまっても出してしまうのでは、との声も聞かれた。また、前者の解体を主たる発生源とする雑品についても、発生量の減少を背景に、質の低下を懸念する声が多く聞かれた。

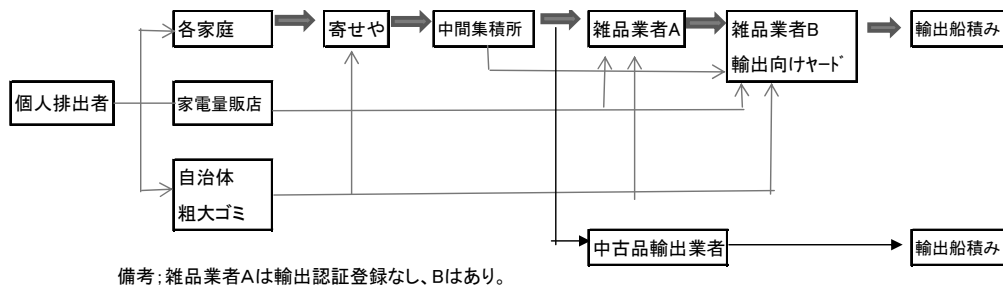


図 2.2.3 家電・OA 機器に関するフロー

2.3 解体業者由来の金属スクラップの発生と流通

2.3 では「解体・産業系」に着目し、建築解体業者に対するアンケート調査を実施して、実際にどのような使用済み品、金属スクラップなどが発生するのかを調査した。具体的には (社)全国解体工事業団体連合会のご支援の元に、傘下の全国解体事業者ならびに関連の事業者に対してアンケート調査を行って実態把握を行い、撤去内容や処分方法について建物属性的特徴の把握を含め、基礎データを整備することを目的とした。

2.3.1 調査の概要

全国における建物解体事業者 1,554 社を対象とした。このうち 1,534 社は (社) 全国解体工事業団体連合会加盟社であり、20 社は同連合会未加盟 7 地域県を主体に事務局に推薦いただいた別途の会社である。調査法としては、調査表郵送配布による記入方式とし、過去 1 年間の解体工事および設問の処置物件につき記入をお願いした。調査表発送は 2010 年 9 月であり、同 12 月までに回収・分析等を行った。

1,554 件のうち、宛先不明等の 25 件を除く 1,529 が有効送付数であり、回答数は 278、すなわち回答率は 18.2%である。うち解体実績があるものは 156、無いものは 122 であった。これらの地域的な偏りを図 2.3.1 に示す。

東北地方の日本海側（秋田県 11、山形県 14 件など）と鹿児島（18 件）の回答数が非常に多く、中四国地方の回答数が若干少ない結果となった。

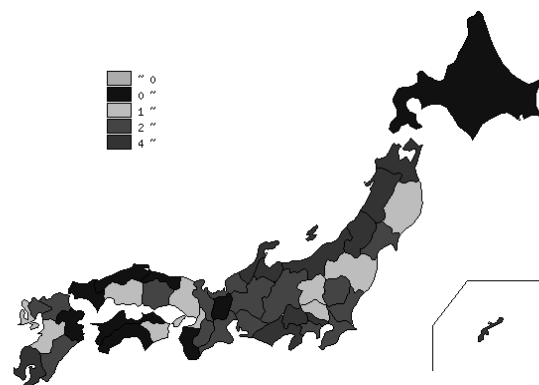


図 2.3.1 都道府県別回答数

2.3.2 解体の実績

本調査においては、一年間の解体件数に関する質問項目と、その中で詳細なデータが残っているものに関する個別の質問項目という 2 つの大きな項目がある。

まずここでは、事業者別の解体件数のヒストグラムを図 2.3.2 に示す。木造・非木造の別に特に分けていないが、傾向としてはほぼ変わらない。唯一違うとすれば、木造の方が件数の非常に多い事業者の占める割合が若干高まるようではある。ただし、いずれにせよ一年間で 5～10 件の解体工事を行う事業者が非常に多く、50 件を超える事業者は稀である一方、非常に件数の多い事業者がそれなりに存在することがわかる。平均件数は 38 件、中央値は 6 件であることから大規模な事業者がかなりの割合を占めていることがわかる。また、全体の件数としては、木造が 3,611、非木造が 1,884 であった。

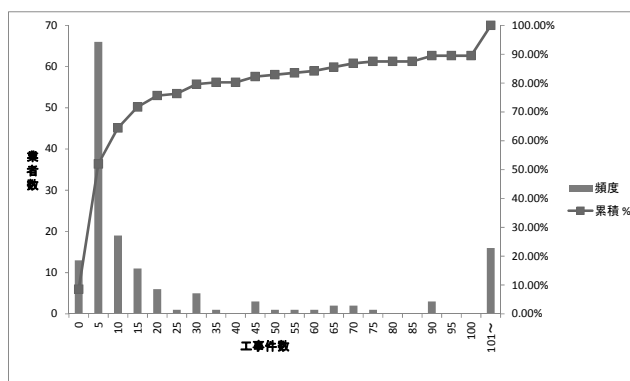


図 2.3.2 各事業者における解体工事件数の分布

2.3.3 個別の解体データに関する集計

本節では、個別の解体工事に関する情報から得られたデータを集計する。まず、個別の解体工事に関するデータの集計結果を表 2.3.1 に示す。表からわかるように、得られたデータは件数で見れば戸建て住宅が非常に多い。ただし、解体面積で見れば必ずしもそうではない。解体面積でいえばそうではなく、戸建て住宅、共同住宅、事務所ビル、校舎・学校などが同程度となっていることがわかる。

次に、ここから得られた金属スクラップの発生原単位を表 2.3.2 に示す。表 2.3.1 にある「その他」については、代表的と考えられるもの 3 つのみを示す。

ここから得られる 1m^2 あたりの鉄スクラップ発生量から、この結果の妥当性の検証をしておく。本調査の結果は 1m^2 あたり 65.3kg の鉄スクラップが発生するとの結果を得た。比較のために投入側の数字を検証したところ、1981 年に新耐震設計基準が導入されて以降、なだらかな増加傾向にあることがわかった。1980 年代頃の投入原単位は 1m^2 あたり 80kg 程度であり、現在では 120kg 程度になる。ただし、1973 年、第一次オイルショック以降、1976 年頃までこの投入原単位は加工を続けていた。その時期の投入原単位がちょうど 60kg 台であった。この個別の解体工事に関する調査では、個々の築年数についても聞いており、その平均は 36 年程度である。これを考えると、投入原単位が 1m^2 あたり $60\sim 70\text{kg}$ であった時期のものが発生していると考えられ、この結果の妥当性はそれなりにあると考えられる。

そこで非鉄スクラップに目を向けると、同じく 1m^2 あたりで銅線、アルミ、ステンレス、その他の順に $0.5, 1.3, 0.4, 4.7\text{kg}$ のスクラップが発生していることがわかる。また、恐らく構造が頑健で一件あたりの床面積も大きい病院、ホテルなどからの鉄スクラップの発生量が非常に多いことがわかる。いずれにせよ、ここにある鉄スクラップおよびその他の金属スクラップ、といったものが雑品の大半を占める鉄スクラップ等の部分にあたるものと考えられる。

金属スクラップだけではなく、使用済み製品がそのまま排出される場合についても質問を行った。その結果を表 2.3.3 に示す。

表 2.3.1 個別データの構成

	解体面積 m^2	構成比%	件数	1件当たり m^2
①戸建住宅	79,819	15.0	549	145.4
②共同住宅	81,523	15.4	77	1,058.7
③事務所ビル	86,999	16.4	67	1,298.5
④公舎・学校	103,612	19.5	58	1,786.4
⑤病院	19,909	3.7	10	1,990.9
⑥ホテル	9,209	1.7	6	1,534.8
⑦工場	45,030	8.5	40	1,125.7
⑧倉庫	25,363	4.8	70	362.3
⑨その他	79,620	15.0	106	751.1
店舗	27,699	5.2	18	1,538.8
店舗併用住宅	2,305	0.4	9	256.1
スポーツクラブ	4,620	0.9	1	4,620.0
カソルス	4,588	0.9	15	305.9
現場詰め所	3,077	0.6	1	3,077.0
体育館	3,603	0.7	3	1,201.0
銀行/保庫	2,542	0.5	2	1,271.0
その他	31,186	5.9	53	588.4
合計	531,083	100.0	983	540.3

表 2.3.2 金属スクラップの発生原単位

		非鉄系				鉄骨・鉄筋等の鉄スクラップ
		銅線	アルミ	ステンレス	その他	
①戸建住宅	撤去重量 kg	13,741	190,285	54,713	209,514	806,854
	m^2 当たり kg	0.2	2.4	0.7	2.6	10.1
②共同住宅	撤去重量	16,696	112,144	9,145	454,266	4,521,632
	m^2 当たり kg	0.2	1.4	0.1	5.6	55.5
③事務所ビル	撤去重量	51,990	155,999	31,995	10,352	5,723,778
	m^2 当たり kg	0.6	1.8	0.4	0.1	65.8
④公舎・学校	撤去重量	8,552	91,089	34,326	13,155	5,041,068
	m^2 当たり kg	0.1	0.9	0.3	0.1	48.7
⑤病院	撤去重量	54,820	25,300	12,120	0	2,553,120
	m^2 当たり kg	2.8	1.3	0.6	0.0	128.2
⑥ホテル	撤去重量	10,500	11,200	5,250	0	1,384,094
	m^2 当たり kg	5.0	5.3	2.5	0.0	150.3
⑦工場	撤去重量	19,840	55,841	17,260	17,300	3,597,420
	m^2 当たり kg	0.4	1.2	0.4	0.4	79.9
⑧倉庫	撤去重量	2,647	13,863	7,985	22,870	1,409,060
	m^2 当たり kg	0.1	0.5	0.3	0.9	55.6
⑨その他	撤去重量	62,793	58,410	23,205	1,791,770	10,016,120
	m^2 当たり kg	0.9	0.8	0.3	24.5	137.1
店舗	撤去重量	56,397	2,002	655	2,540	5,716,660
	m^2 当たり kg	2.0	0.1	0.0	0.1	206.4
店舗併用住宅	撤去重量	247	6,160	3,400	0	61,060
	m^2 当たり kg	0.1	2.7	1.5	0.0	26.5
スポーツクラブ	撤去重量	0	1,600	0	0	344,900
	m^2 当たり kg	0	0.3	0	0	74.7
合計	撤去重量	241,580	714,311	196,229	2,519,227	34,678,652
	m^2 当たり kg	0.5	1.3	0.4	4.7	65.3

表 2.3.3 使用済み製品の発生量

		机椅子	書棚ロッカー	工芸品類	配電盤	湯沸かし器	照明器具	エアコン	冷蔵庫	テレビ	OA機器	その他
①戸建住宅	個数	565	284	267	449	304	3,118	565	271	391	31	30
	件数	143	103	85	327	231	362	226	177	156	48	15
	1件当たり個数	4	3	3	1	1	9	3	2	3	1	2
②共同住宅	個数	495	371	109	370	560	2,224	395	120	76	29	40
	件数	19	16	4	52	33	45	39	22	19	8	2
	1件当たり個数	26	23	27	7	17	49	10	5	4	4	20
③事務所ビル	個数	1,221	884	65	195	105	2,526	541	95	81	146	11
	件数	35	36	6	45	29	47	44	21	15	17	2
	1件当たり個数	35	25	11	4	4	54	12	5	5	9	6
④公舎・学校	個数	2,492	704	193	373	229	3,306	338	48	86	41	17
	件数	26	27	16	39	23	39	30	20	24	13	6
	1件当たり個数	96	26	12	10	10	85	11	2	4	3	3
⑤病院	個数	586	388	33	47	35	1,715	258	31	90	230	17
	件数	8	8	3	10	7	8	8	4	5	5	1
	1件当たり個数	73	49	11	5	5	214	32	8	18	46	17
⑥ホテル	個数	125	190	40	31	3	466	160	128	135	17	0
	件数	5	6	3	4	2	5	6	6	5	5	0
	1件当たり個数	25	32	13	8	2	93	27	21	27	3	
⑦工場	個数	1,437	437	13	122	24	1,495	163	19	27	78	0
	件数	19	19	3	32	14	25	21	8	9	7	0
	1件当たり個数	76	23	4	4	2	60	8	2	3	11	
⑧倉庫	個数	115	122	20	73	31	680	48	16	22	53	0
	件数	16	17	9	35	18	45	16	11	13	10	0
	1件当たり個数	7	7	2	2	2	15	3	1	2	5	
⑨その他	個数	593	261	37	115	53	777	270	43	64	17	27
	件数	30	24	9	48	35	52	34	20	19	10	4
	1件当たり個数	20	11	4	2	2	15	8	2	3	2	7
店舗	個数	106	65	10	38	21	239	143	16	12	1	2
	件数	9	4	1	12	10	12	10	6	5	1	1
	1件当たり個数	12	16	10	3	2	20	14	3	2	1	2
店舗併用住宅	個数	8	8	5	2	7	24	6	3	11	1	2
	件数	1	1	1	3	5	5	2	2	2	1	0
	1件当たり個数	8	8	5	1	1	5	3	2	6	0	
スポーツクラブ	個数	350	130		4	2	100	30	4	10		0
	件数	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
	1件当たり個数	350	130		4	2	100	30	4	10		
カソリスタント	個数	10	9	0	28	6	98	10	2	2	1	8
	件数	6	5	1	11	7	9	7	3	3	2	2
	1件当たり個数	2	2	0	3	1	11	1	1	1	1	4
合計	個数	7,629	3,641	777	1,775	1,344	16,307	2,738	771	972	642	142
	件数	301	256	138	592	392	628	424	289	265	123	30
	1件当たり個数	25	14	6	3	3	26	6	3	4	5	5

ここでは使用済み製品について、左から順に①什器類、②家電以外の E-waste、③家電リサイクル法対象物ならびに OA 機器、という順に並べている。什器類 3 製品については今回の調査の主目的である雑品には必ずしも該当しない。次の 3 製品については発生することが当然の製品であり、これらがどのようなルートで処理されていくかを検討する必要がある。最後の 4 製品についてはこれまでの 6 製品とは若干議論が異なる。つまり、家電リサイクル法対象の製品については、発生していること自体に問題がある場合がある。特に一件あたりの発生個数の多いエアコンについて、業務用は別にして、家庭用エアコンは家電リサイクル法対象であり、ここで発生していることが望ましいとは思えない。実際、戸建て住宅や共同住宅から発生しているものの多くは家庭用エアコンであると考えられる。また業務用エアコンであるとしても、エアコンが室内機、室外機ともに非鉄金属含有量の多い金属スクラップとして比較的高価な製品であり、雑品に含まれた場合にその価値の源泉として大きく機能することは間違いない。建物の種類で見ると、おそらく病室、客室ごとに設置されるためであろうが、病院・ホテルからの発生量は大きい。またテレビについても同様の傾向がある。エアコンについては、業務用であったとしてもフロン処理の間

題もあるが、これについては後に追加の質問項目があるためにそこでまとめて分析を行う。いずれにせよ、雑品への混入が懸念されるような使用済み製品が少なからず発生していることが確認された。

ここまでに、解体工事においてどのようなものが発生するのかについて整理を行い、組み合わせによって雑品となるであろうことを確認した。しかしながら、これらも十分に分別区分がなされそれぞれ個別に処理がなされれば雑品にはならない。そこで、こうした発生物がどのルートに渡るのかについての調査も行った。その結果を表 2.3.4 に示す。

表 2.3.4 発生物の引渡先

雑品系①								
	机椅子		書棚・ロッカー		工芸品類		①類の計	
1. 発注者が事前に処理	○	15.0%	○	21.5%	◎	20.3%	○	17.6%
2. 内装解体専門業者が処理		0.9%		3.4%		3.0%		1.9%
3. 中古品扱い業者に引き渡し	○	13.1%		4.1%	○	7.4%		9.7%
4. スクラップ業者に引き渡し	◎	25.8%	◎	24.3%		0.4%	◎	22.6%
5. 中間処理施設にまとめて搬入	●	43.3%	●	45.6%	●	67.3%	●	46.6%
6. 最終処分場にまとめて搬入		2.0%		1.2%		1.6%		1.7%
7. その他		0.0%		0.0%		0.0%		0.0%
計		100.0%		100.0%		100.0%		100.0%

雑品系②								
処理方法	配電盤		湯沸かし器		照明器具		②類の計	
1. 発注者が事前に処理		4.4%		2.8%	○	7.6%	○	7.0%
2. 内装解体専門業者が処理	○	8.2%	○	5.3%		5.5%		5.7%
3. 中古品扱い業者に引き渡し		1.7%		1.4%		0.6%		0.8%
4. スクラップ業者に引き渡し	◎	38.0%	●	51.4%	◎	30.0%	◎	32.2%
5. 中間処理施設にまとめて搬入	●	41.5%	◎	33.7%	●	49.9%	●	48.0%
6. 最終処分場にまとめて搬入		5.8%		5.4%		6.2%		6.1%
7. その他		0.0%		0.0%		0.3%		0.3%
計		100.0%		100.0%		100.0%		100.0%

雑品系③								
処理方法	エアコン		冷蔵庫		テレビ	OA機器	③類の計	
1. 発注者が事前に処理	◎	19.3%	●	32.7%	●	40.2%	◎	26.3%
2. 内装解体専門業者が処理		9.1%		4.0%		4.8%		7.1%
3. 中古品扱い業者に引き渡し		4.9%		3.6%		5.1%		4.8%
4. スクラップ業者に引き渡し	●	42.5%	○	17.4%	○	12.5%	○	31.5%
5. 中間処理施設にまとめて搬入	○	18.0%	○	19.2%	○	17.0%	●	18.8%
6. 最終処分場にまとめて搬入		1.1%		3.0%		0.2%		1.2%
7. その他		5.0%	◎	20.2%	◎	20.1%		10.4%
計		100.0%		100.0%		100.0%		100.0%

非鉄系スクラップ								
処理方法	銅線		アルミニウム		ステンレス	その他	非鉄系の計	
1. 発注者が事前に処理	○	7.3%		0.4%		0.7%	0.0%	0.2%
2. 内装解体専門業者が処理		2.2%	○	0.7%	○	1.1%	0.0%	0.2%
3. 中古品扱い業者に引き渡し		0.7%		0.1%		0.0%	0.0%	0.0%
4. スクラップ業者に引き渡し	●	81.5%	●	91.7%	●	89.2%	◎	37.0%
5. 中間処理施設にまとめて搬入	◎	8.3%	◎	6.7%	◎	9.0%	●	51.5%
6. 最終処分場にまとめて搬入		0.0%		0.4%		0.0%	○	11.1%
7. その他		0.0%		0.0%		0.0%		0.0%
計		100.0%		100.0%		100.0%		100.0%

鉄系スクラップ		
処理方法	鉄系スクラップ	
1. 発注者が事前に処理	0.1%	
2. 内装解体専門業者が処理	0.2%	
3. 中古品扱い業者に引き渡し	○	3.6%
4. スクラップ業者に引き渡し	●	80.6%
5. 中間処理施設にまとめて搬入	◎	14.2%
6. 最終処分場にまとめて搬入		1.3%
7. その他		0.0%
計	100.0%	

量の多い順に●、◎、○とした。

まず金属スクラップについて、鉄スクラップは圧倒的にスクラップ業者に引き渡すとの回答が多いのに比べ、非鉄系スクラップは中間処理施設への引渡しが多いことがわかる。そこでその内訳を見ると、銅線、アルミニウム、ステンレスについてはスクラップ事業者へ引き渡しているのに対し、「その他」は圧倒的に中間処理施設へ回ることがわかる。これを踏まえて使用済み製品（表中の雑品）についてみてみると、雑品系①（机椅子等）は比較的発注者の事前処理の割合が高く、また中古品扱い業者などへ渡ることも多いことがわかる。ここで我々の懸念は雑品系②（配電盤等）ならびに雑品系③（エアコン等）であるが、これらについては、スクラップ業者へ渡る場合と中間処理施設へ搬入されることが多いことが見て取れる。ここで恐らく製品として個別に処理ルートへ流れている可能性が余り高くないことはわかる。雑品系③の個別製品を見ると、特にエアコンについてスクラップ業者に渡る可能性が他の製品に比べて突出していることがわかる。他方で、冷蔵庫やテレビについては事前に処理されている場合が多く、また「その他」との回答が多いことからエアコンとは異なる処理がなされていることがわかる。こうした回答状況から見るに、エアコンについては金属スクラップ類とまとめてスクラップ業者、もしくは中間処理施設へと引き渡される事例が多いことが明らかになったといえよう。

2.3.4 業務用エアコンのフロン回収について

エアコンが雑品に混入するような場合、発生時点でのフロン回収が適切になされていない恐れがある。そこで、以下のような4項目の質問をエアコンについて特に実施した。

- ① 業務用エアコンに関する事前調査・説明書作成の実施者について→元請受注者、下請け施工者から選択
- ② フロン回収・破壊の費用の負担者について→発注者、元請受注者、下請施工者から選択
- ③ 業務用エアコンに貼付されたフロン回収・未回収シールの確認の有無
- ④ フロン回収行程管理票を使用経験の有無

質問①についてはフロン回収・破壊法の第19条の2（特定解体工事元請け業者の確認および説明）よりたとえ下請けが工事を施工する場合でも、発注者から直接業務を請け負った「元請受注者」が本来この事前調査を行い、説明書を作成しなければいけないとの理解が前提にある。

質問②については同法の第37条（第一種特定製品廃棄者の費用負担）より「第一種フロン類回収業者は、第一種特定製品廃棄者に対し、フロン類の回収等に必要な適正な料金を請求することができ、第一種特定製品廃棄者は当該費用を負担する」とあり、基本的にはそのエアコンの所有者である発注者が費用を負担しなければいけない。しかし、依然として業務用エアコンの処理

表 2.3.5 業務用エアコン関連の回答

業務用エアコン質問に関する(延べ業者数)					フロン回収・未回収シールの確認		割合%
実施者	事前調査・説明書作成		フロン回収・破壊費用負担		確認している	95	77.9
	延べ業者数	割合	延べ業者数	割合			
発注者	0		57	43.2%	回答数	122	100.0
元請	88	68.8%	48	36.4%	無回答	155	
下請	40	31.3%	26	19.7%	計	277	
その他				0.0%			
(その都度)			1	0.8%			
回答数	128		132	100.0%			
無回答	152		151				
計	280		283				

フロン回収工程管理票の使用経験		割合%
ある	67	53.2
ない	59	46.8
回答数	126	100.0
無回答	151	
計	277	

が解体工事においてサービス化、または全体の解体工事費用に含められて独立してその処理費用を計上していないケースもあると考えられるためにその確認を行うことを目的とし

ている。

質問③については、前述した（特定解体工事元請業者の確認および説明）において業務用エアコンなどにフロン回収または未回収シールが貼付され、実際に施工する業者がそれを確認して処理することになっている。

④については、マニフェストの使用経験そのものを問いかけるものである。

結果は表 2.3.5 に示した。設問①については、元請業者の作成の割合が多いが下請けが行っている事例も少なくはない。費用負担については基本的には発注者である場合が最も多いものの、全体の半分以下であり、やはりこれらの費用については実質解体工事の中に内部化されてしまっていることがわかる。③のシールの確認については、確認する事業者は多く、他方でマニフェストの使用経験は半分程度であった。

費用負担については、どのような場合に発注者の負担でなくなるのかについてより詳細な分析が必要である。そこで、それぞれ以下のデータを用い主成分分析を実施、主成分特典をもとにクラスター分析を行うことで解体工事業者を4つに分類した

- 解体工事一件当たりの建物の種類の割合（9分類）
- 解体工事一件当たり平均解体床面積
- 解体工事件数（木造）
- 解体工事件数（非木造）
- 解体工事施工技士数

その結果を図 2.3.3 に示す。図中の Class1～4 の順に、

1. 解体工事件数が非常に多い
2. 規模大、件数少
3. 規模小、件数多
4. 規模は小、件数も中程度

のような特徴がある。

その上で、それぞれのクラスに属する解体工事業者についてどのような費用負担の傾向があるかをクロス集計したところ、はっきりと違いがあることがわかった。結果を図 2.3.4 に示す。つまり、クラス1および2に属する事業者について発注者が支払いを行うケースは少ないようである。逆にクラス3ならびに4に属するよう事業者については発注者負担である場合が多く、下請けである場合は非常に少ない。この他の結果についても同種の分析を試みたが、費用負担ほど明確な違いを見せるものはなかった。

こうした分析からもわかるように、フロン回収・破壊法のスキームが必ずしも正確に運用されているとはいえない。ただし、発注者がエアコンを置き去りにしてしまった場合、そのフロン回収義務の所在がどう定義されるかについては、厳密な定義はなされていないことを付記する。

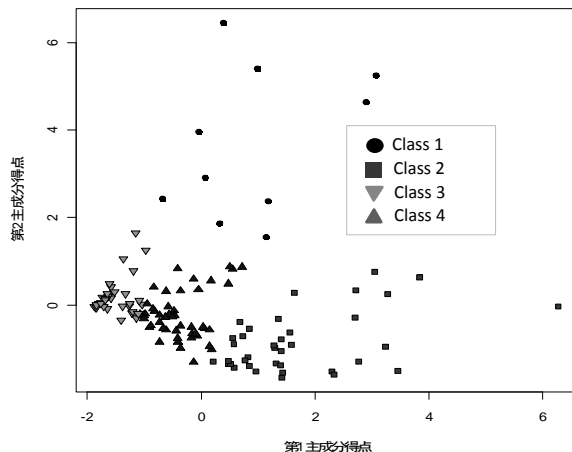


図 2.3.3 解体工事業者の分類

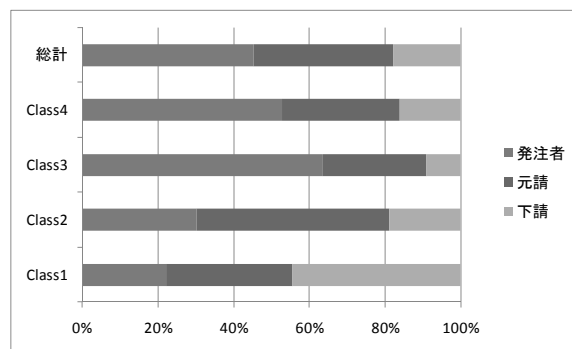


図 2.3.4 タイプ別の費用負担傾向

2.4 回収業者・中間取扱業者における金属スクラップの流通

続いて 2.4 では主に「家庭・事務所系」に着目し、輸出向けの金属スクラップ（解体くずは除く）に含まれる家電、パソコン、OA 機器、ガス器具、照明器具などの各種品目について、国内の一般家庭・事業所での排出から輸出に至る取引の現状を把握し、現行の法規制上の課題を明らかにすることを目的とした。このために、金属スクラップの回収業者や中間取扱業者等がどのような事業形態や資格を有して対象品目を取り扱っているか把握するとともに、関係法令（バーゼル法、古物営業法、家電リサイクル法、フロン回収・破壊法など）における課題を明らかにするために金属スクラップの取扱回収業者へのアンケート調査やヒアリング調査を行った。

ただし、中間取扱業者については、発生源の特定が難しく「解体・産業系」も一定程度含まれることが予想されたため、2.3 の調査対象と重複する部分は多分にあると考えられる。

2.4.1 調査の概要

(1) 調査方法

調査対象事業所は、インターネット（廃品回収業者ナビ <http://www.hleplastics.com/>）や関係団体名簿（日本鉄リサイクル工業会会員名簿、各都道府県の産業廃棄物処理業者名簿）などを用いて、重複を整理し、計 1,092 の事業所を抽出した（以下、「不用品の回収・取扱業者」と略す）。これらの事業所には、郵送によるアンケート調査票を実施した。

このほか、大手中古品輸出業者の協力を得て、品物を直接持ち込んでくる小規模不用品回収業者についてもアンケートの配布を行った（以下、「小規模不用品回収業者」と略す）。小規模不用品回収業者は、持ち込みが不規則であることや、1 回の持ち込みだけといった形態の特殊性から、品物を持ち込んできたときに手渡ししてその場でアンケートに記入してもらうことである程度の回収率が得られるような方法を用いた。また、品物の持ち込み時の短時間での記入という状況から、アンケート内容を簡略化し、質問項目を絞ったアンケート用紙を用いた。

ヒアリング調査は、アンケート調査から得られた回答を元に、回答が多かった関東圏と関西圏を代表地域と考え、フロンに関係する品物を扱っている業者、また、比較的多種の品物を扱っている業者から十数社抽出した。それらの業者に電話による問い合わせを行い、関東圏と関西圏から各 2 社をヒアリング対象事業者として選定した。

不用品の回収・取扱業者、及び小規模不用品回収業者へのアンケートは 2010 年 12 月に実施した。ただし、不用品の回収・取扱業者について、近畿圏の回答事業所数が少なかつたため、追加で郵便によるアンケート調査を 2011 年 1 月に実施した。追加調査は、日本鉄リサイクル工業会会員名簿から近畿圏の事業所を全数抽出し（106 事業所）、各都道府県の産業廃棄物処理業者名簿から金属くずの中間処理を行っている事業所を無作為に 74 事業所抽出し、合わせて 180 事業所を調査対象とした。

(2) 調査項目

アンケート調査の項目は、表 2.4.1 に示すとおりである。

表 2.4.1 回収業者・取扱業者に対する調査項目

	不用品の回収・取扱業者 (郵便調査)	小規模不用品回収業者 (大手中古品輸出業者配布)
事業所の状況	設立年月、従業者数、業態、取得許可・資格、加盟団体	
調査対象とした不用品	①家庭用冷蔵庫 ②家庭用エアコン ③業務用エアコン ④ブラウン管テレビ ⑤ブラウン管モニター ⑥PC 及びその他 OA 機器 ⑦石油ストーブ ⑧その他の家電製品 ⑨鉛バッテリー ⑩ミックスメタル	①家庭用冷蔵庫 ②家庭用エアコン ③業務用エアコン ④ブラウン管テレビ ⑤PC 及びその他 OA 機器 ⑥その他の家電製品 ⑦鉛バッテリー
不用品の取扱い状況	入荷元、代金のやり取り、取扱量、確認内容(中古利用、材料リサイクル)、出荷先(中古利用、材料リサイクル)	入荷元、代金のやり取り、取扱量、確認内容(中古利用、材料リサイクル) ※入荷元や代金については、鉛バッテリーとそれ以外の2区分で調査
保管の状況	保管の高さ、場所	—
防火対策	対策の有無、方法	—
関係法令等の認知度	廃棄物の輸出入、廃棄物の収集運搬、フロン類の回収など	

(3) 回答数

不用品の回収・取扱業者は 1,092 事業所を対象にアンケート調査を行い、有効回答率は 16.7%であった。小規模不用品回収業者は 105 事業所を対象にアンケート調査を行い、有効回答率は 48.6%であった。表 2.4.2 に詳細を示す。

表 2.4.2 回収業者・取扱業者の回答数

	調査対象 事業所数	回答数 [□]	有効回答数	有効回答率
不用品の回収・取扱業者	1,092	286	182	16.7%
小規模不用品回収業者	105	53	51	48.6%
計(参考)	1,197	339	233	19.5%

2.4.2 調査結果

(1) 事業所の設立時期・従業員規模

事業所の設立時期は、回収業者は 2005 年以降に設立された事業所が多い一方、中間取扱業は 1989 年以前に設置された事業所が多くなっている。

事業所の従業員規模は、回収業者は 1～9 人の規模の事業所が多い（特に、1 人または 2 人が多い）が、中間取扱業者は 10～29 人の規模の事業所が多くなっている。

(2) 事業所で取得している許可・資格

事業所で取得している許可・資格は、回収業は「古物商」と回答した事業所が多いが、中間取扱業は、「廃棄物収集運搬業・処分業」や「古物商」「金属くず商」と回答した事業所が多くなっている。（図 2.4.1）

許可申請した主な古物の区分は、「機械工具類」「自動車」「金属くず」が多くなっている。

廃棄物収集運搬業・処分業の許可を取得している事業所についてその内訳をみると、回収業、中間取扱業ともに「産業廃棄物運搬業」が多いが、中間取扱業は「産業廃棄物処分業」の許可を取得している割合も高くなっている。

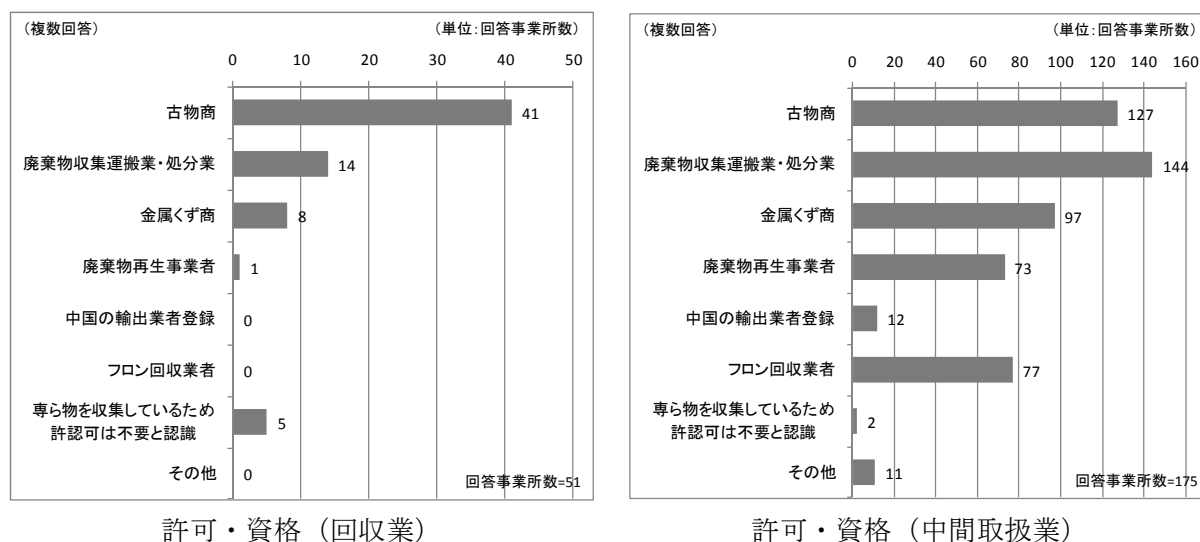
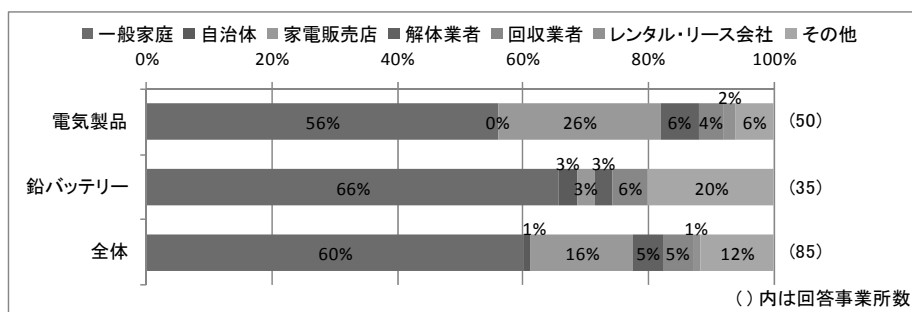


図 2.4.1 事業所で取得している許可・資格

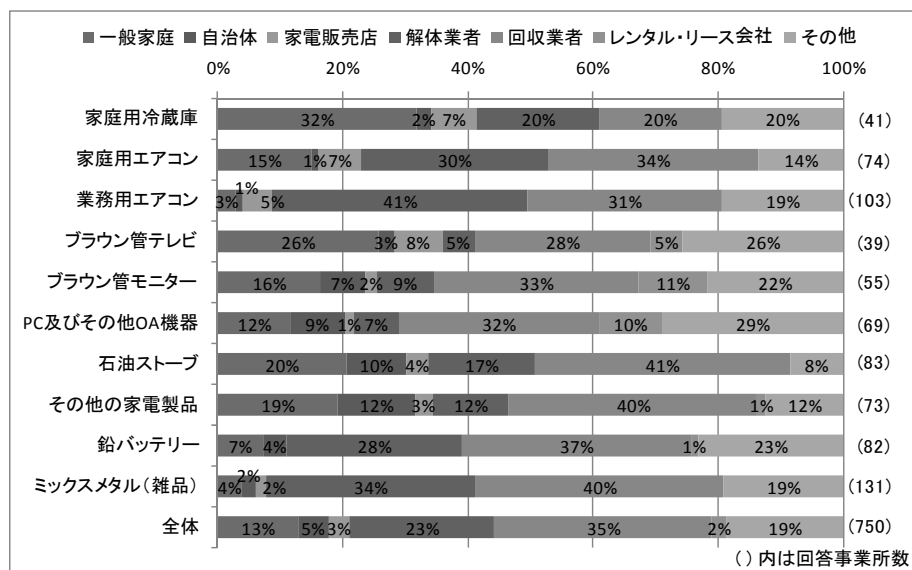
(3) 不用品の入荷元

不用品の入荷元は、回収業は「一般家庭」の回答数が多いが、中間取扱業は「回収業者」や「解体業者」の回答数が多くなっている。（図 2.4.2）

なお、回収業の電気製品とは、家庭用冷蔵庫、家庭用エアコン、業務用エアコン、ブラウン管テレビ、PC 及びその他機器、その他の家電製品を示す。以下同じ。



(1) 不用品の入荷元（最多ケース）（回収業）



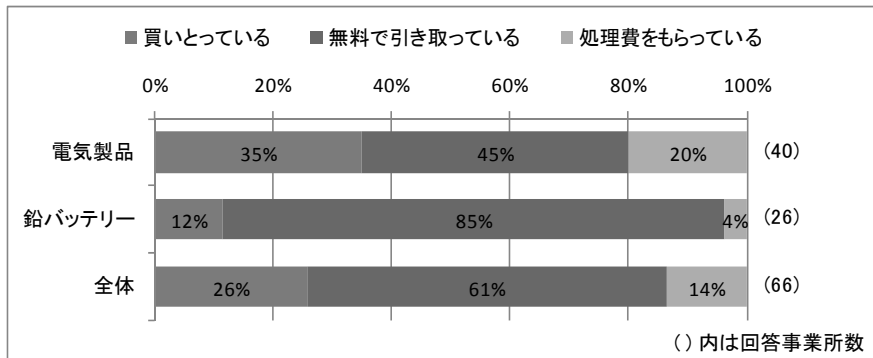
(2) 不用品の入荷元（最多ケース）（中間取扱業）

図 2.4.2 不用品の入荷元

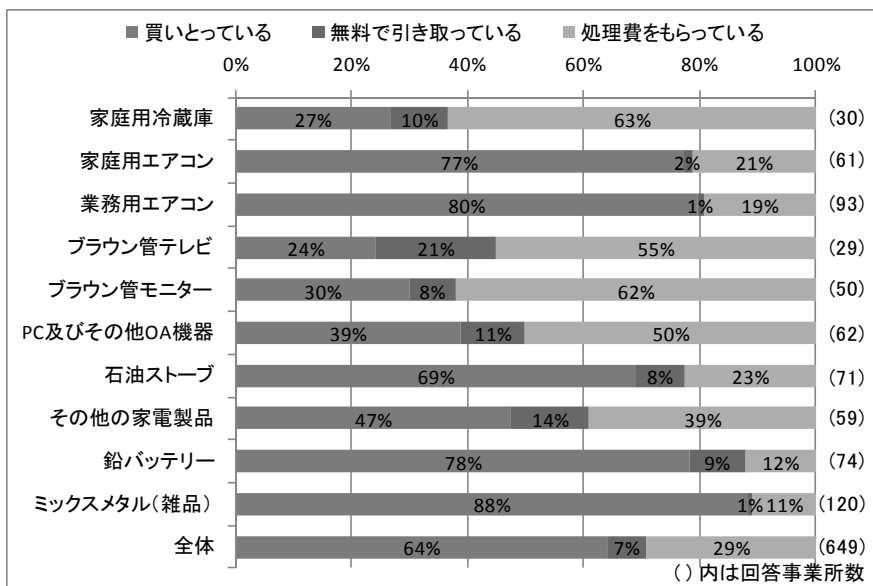
(4) 代金のやり取りと運送費

代金のやり取りは、回収業は「無料で引き取っている」の回答数が多いが、中間取扱業では、家庭用冷蔵庫やブラウン管テレビでは「処理費をもらっている」の回答数が多くなっており、エアコンや鉛バッテリー、ミックスメタル（雑品）では「買いとっている」の回答数が多くなっており。（図 2.4.3）

中間取扱業について、廃棄物の運搬・処分の許可の有無別にみると、許可の無い事業所は「買いとっている」という回答がほぼ全てを占めている。運送費は、回収業は「もらっていない」の回答数が多いが、中間取扱業では、家庭用冷蔵庫やブラウン管テレビ・モニター、PC 及びその他 OA 機器では「もらっている」の回答数が多くなっており、それ以外では「もらっていない」の回答数が多くなっている。



(1) 回収業



(2) 中間取扱業

図 2.4.3 代金のやり取り

(5) 取扱量と利用目的

年間の取扱量を品目別にみると、回収業はどの種類も中間項平均で 10 トン程度の取扱量であるが、中間取扱業はミックスメタル（雑品）の量が多く、他の種類も中間項平均で 10～60 トン程度の取扱量となっている。

利用目的は、回収業は「中古利用」の回答数が多く、中間取扱業は「材料リサイクル」の回答数が多くなっている。

(6) 中古利用の状況

中古利用のための確認内容は、回収業（冷蔵庫、ブラウン管テレビ、鉛バッテリーのみ調査）、中間取扱業ともに「中古利用が可能なものを収集・選別」が多くなっている。ただし、回収業においては、通電検査や、製造年月等の具体的な確認をしているという回答はわずかであった。

また、中古利用の出荷先は、輸出業者や他の回収・卸売業者が多くなっており、輸出先は、フィリピンや中国が多くなっている。（表 2.4.3）

表 2.4.3 中古利用の出荷先・輸出先

(1) 中古利用の出荷先（中間取扱業）

(単位: 回答事業所数)

(複数回答)	輸出業者	自ら輸出	国内リユース ショップ	他の回収・卸 売業者	その他	計
家庭用冷蔵庫	3 (50%)	1 (17%)	3 (50%)	1 (17%)	0 (0%)	6 (100%)
家庭用エアコン	4 (50%)	1 (13%)	1 (13%)	5 (63%)	0 (0%)	8 (100%)
業務用エアコン	4 (50%)	1 (13%)	1 (13%)	5 (63%)	0 (0%)	8 (100%)
ブラウン管テレビ	4 (57%)	2 (29%)	1 (14%)	3 (43%)	0 (0%)	7 (100%)
ブラウン管モニター	4 (50%)	3 (38%)	2 (25%)	2 (25%)	0 (0%)	8 (100%)
PC及びその他OA機器	4 (36%)	3 (27%)	5 (45%)	3 (27%)	0 (0%)	11 (100%)
石油ストーブ	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (86%)	1 (14%)	7 (100%)
その他の家電製品	4 (57%)	1 (14%)	2 (29%)	4 (57%)	0 (0%)	7 (100%)
鉛バッテリー	1 (7%)	0 (0%)	4 (29%)	10 (71%)	1 (7%)	14 (100%)
計	28 (37%)	12 (16%)	19 (25%)	39 (51%)	2 (3%)	76 (100%)

(2) 中古利用の輸出先（中間取扱業）

(単位: 回答事業所数)

(複数回答)	フィリピン	中国			ベトナム	ドバイ	ガーナ	タイ	その他	計
		中国	香港	マカオ						
家庭用冷蔵庫	3 (100%)	(0%)			(0%)	1 (33%)	1 (33%)	(0%)	(0%)	3 (100%)
家庭用エアコン	3 (100%)	(0%)			(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	1 (33%)	3 (100%)
業務用エアコン	3 (100%)	(0%)			(0%)	1 (33%)	1 (33%)	(0%)	(0%)	3 (100%)
ブラウン管テレビ	3 (75%)	1 (25%)		1	2 (50%)	(0%)	(0%)	1 (25%)	4 (100%)	4 (100%)
ブラウン管モニター	2 (29%)	3 (43%)	1	2	3 (43%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	7 (100%)
PC及びその他OA機器	2 (29%)	3 (43%)		3	2 (29%)	(0%)	(0%)	1 (14%)	1 (14%)	7 (100%)
石油ストーブ	--	--			--	--	--	--	--	--
その他の家電製品	1 (33%)	1 (33%)		1	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	1 (33%)	3 (100%)
鉛バッテリー	1 (100%)	(0%)			(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	1 (100%)
計	18 (58%)	8 (26%)	1	6	7 (23%)	2 (6%)	2 (6%)	2 (6%)	7 (23%)	31 (100%)

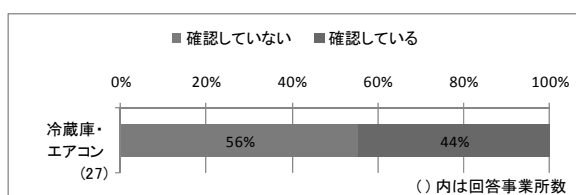
※その他: 家庭用エアコン(アフガニスタン)、ブラウン管テレビ(ミャンマー、マレーシア、シンガポール、インド)、PC及びその他OA機器(ナイジェリア)、その他の家電製品(ウガンダ)

※中国は、都市名が把握できたものは香港、マカオで集計し、把握できなかったものは中国として集計した。

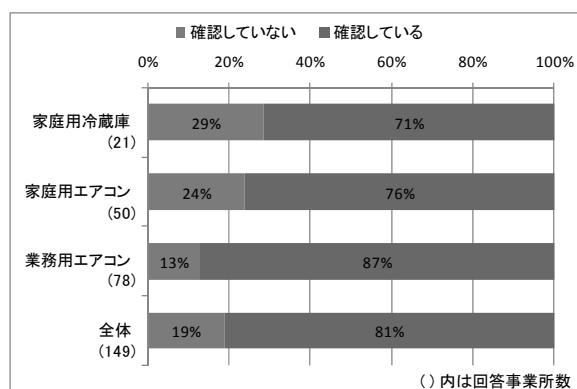
※輸出先については、現地ヒアリング調査や電話確認により、アンケート調査の回答を一部修正した。

(7) 材料リサイクルの状況

材料リサイクルの場合のフロン有無の確認については、回収業は確認していない事業所が多いが、中間取扱業は確認している事業所が多くなっている。(図 2.4.4)



※冷蔵庫・エアコンの取扱実績があり、フロンの確認について無回答だったのは 18 事業所



※取扱実績があり、フロンの確認について無回答だったのは、家庭用冷蔵庫が 20 事業所、家庭用エアコンが 26 事業所、業務用エアコンが 31 事業所

(1) 回収業

(2) 中間取扱業

図 2.4.5 材料リサイクルの場合のフロンの確認

フロンの確認方法については、シールで確認している事業所が多くなっている。「その他」については、引き取り時に業者に確認などの回答が多くなっている。また、フロンの回収方法については、「回収業者に引渡」以外に、「その他」として自社回収が多くなっている。

PC 及びその他 OA 機器、その他の家電製品の分別・選別の状況については、回収業者では何もしていない事業所が多いが、中間取扱業者では電池類の取り外しをしている事業所が多くなっている。

石油ストーブの分別・選別の状況については、残存燃料があれば受入拒否をしている事業所が多くなっている。

材料リサイクルのための前処理（破碎(せん断)・選別・プレス等）については、家庭用冷蔵庫と家庭用エアコンは前処理をしている割合が低くなっているが、それ以外の種類は、前処理の割合が高くなっている。（図 2.4.5）

材料の出荷先については、「国内中間処理業者」や「他のスクラップ取扱業者」が多くなっているが、エアコンやミックスメタルは輸出される割合も高くなっている（表 2.4.4）。材料の輸出先については、前処理の有無によらず、ほとんどが中国となっている。

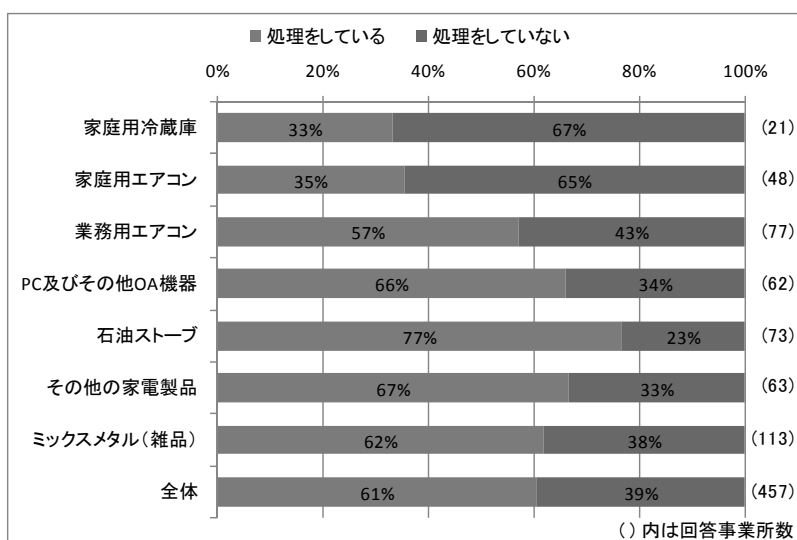


図 2.4.5 事業所での前処理（中間取扱業）

表 2.4.4 材料の出荷先（中間取扱業）

（単位：回答事業所数）

(複数回答)	輸出業者	自ら輸出	国内中間処理業者	他のスクラップ取扱業者	その他	計
家庭用冷蔵庫	5 (22%)	0 (0%)	17 (74%)	5 (22%)	1 (4%)	23 (100%)
家庭用エアコン	26 (46%)	4 (7%)	17 (30%)	20 (36%)	1 (2%)	56 (100%)
業務用エアコン	40 (44%)	5 (5%)	19 (21%)	47 (52%)	2 (2%)	91 (100%)
ブラウン管テレビ	4 (17%)	0 (0%)	15 (65%)	6 (26%)	0 (0%)	23 (100%)
ブラウン管モニター	9 (23%)	0 (0%)	21 (54%)	20 (51%)	0 (0%)	39 (100%)
PC及びその他OA機器	15 (24%)	3 (5%)	29 (46%)	29 (46%)	2 (3%)	63 (100%)
石油ストーブ	9 (12%)	1 (1%)	40 (54%)	36 (49%)	1 (1%)	74 (100%)
その他の家電製品	18 (27%)	0 (0%)	24 (36%)	37 (55%)	2 (3%)	67 (100%)
鉛バッテリー	4 (6%)	0 (0%)	38 (53%)	34 (47%)	1 (1%)	72 (100%)
ミックスメタル(雑品)	55 (43%)	9 (7%)	25 (20%)	64 (50%)	3 (2%)	128 (100%)
計	185 (29%)	22 (3%)	245 (39%)	298 (47%)	13 (2%)	636 (100%)

(8) 保管の状況、防火対策

保管の高さは、2～4mの事業所が多く、保管場所は屋内の事業所が多くなっている。また、防火対策をしている事業所が多く、消火器・防火壁・散水設備の設置、乾電池・スプレー缶の抜き取りなどの回答が多くなっている。

(9) 関係法令等の認知度

●バゼル法及び廃棄物処理法に関する廃棄物等の輸出入についての事前相談サービス

廃棄物等の輸出入についての事前相談サービスについては、「はじめて聞いた」と回答した事業所が回収業で47%、中間取扱業で9%となっている。

中間取扱業で、出荷先を「輸出業者」又は「自ら輸出」と回答した事業所についてみると、「業務に関連するため知っている」と回答した事業所が60%となっているが、「はじめて聞いた」と回答した事業所も9%あった。(図2.4.6)

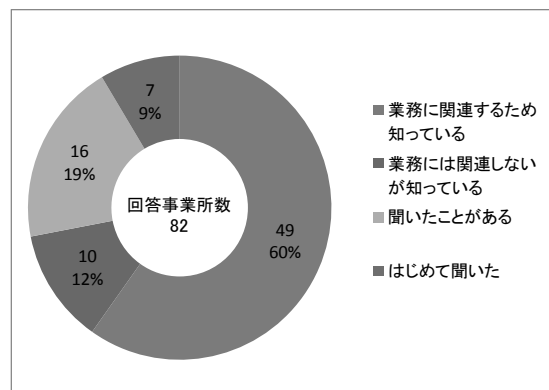
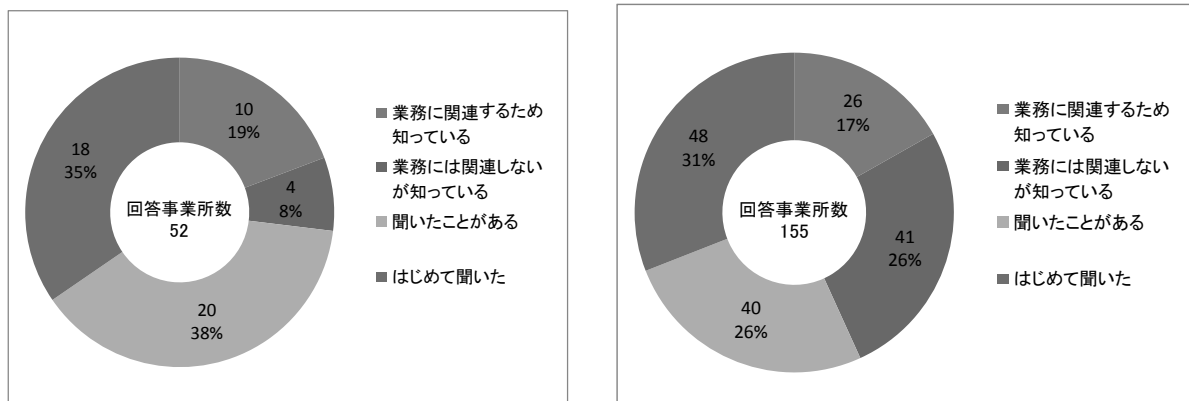


図 2.4.6 中間取扱業（「輸出業者」「自ら輸出」と回答）による事前相談サービスの認知度

●使用済みブラウン管テレビの輸出時における中古品判断基準について

使用済みブラウン管テレビの輸出時における中古品判断基準については、「はじめて聞いた」と回答した事業所が回収業で35%、中間取扱業で31%となっている。中間取扱業で、使用済みブラウン管テレビの出荷先を中古利用目的で「輸出業者」又は「自ら輸出」と回答した事業所についてみると、「業務に関連するため知っている」と回答した事業所が80%（5社中4社）となっている。(図2.4.7)



(1) 回収業

(2) 中間取扱業

図 2.4.7 使用済みブラウン管テレビの輸出時における中古品判断基準の認知度

●廃棄物を収集運搬するには、自治体の許可が必要であること

廃棄物を収集運搬するために必要となる自治体の許可については、「はじめて聞いた」と回答した事業所が回収業で 17%、中間取扱業で 2%となっており、回収業で認知度がやや低くなっている。(図 2.4.8)

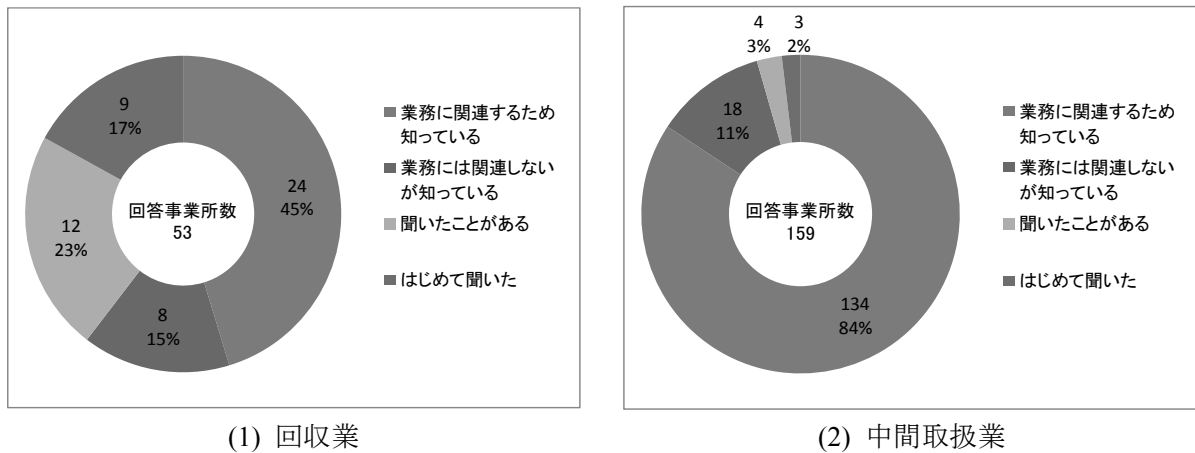


図 2.4.8 収集運搬業の許可の必要性に関する認知度

●業務用のエアコンや冷蔵庫のリサイクルの場合にフロン類の回収が必要であること

業務用のエアコンや冷蔵庫を再使用するのではなく、部品等としてリサイクルする場合には、フロン類の回収が必要であることについては、「はじめて聞いた」と回答した事業所が回収業で 17%と高く、中間取扱業で 1%となっている。(図 2.4.9)

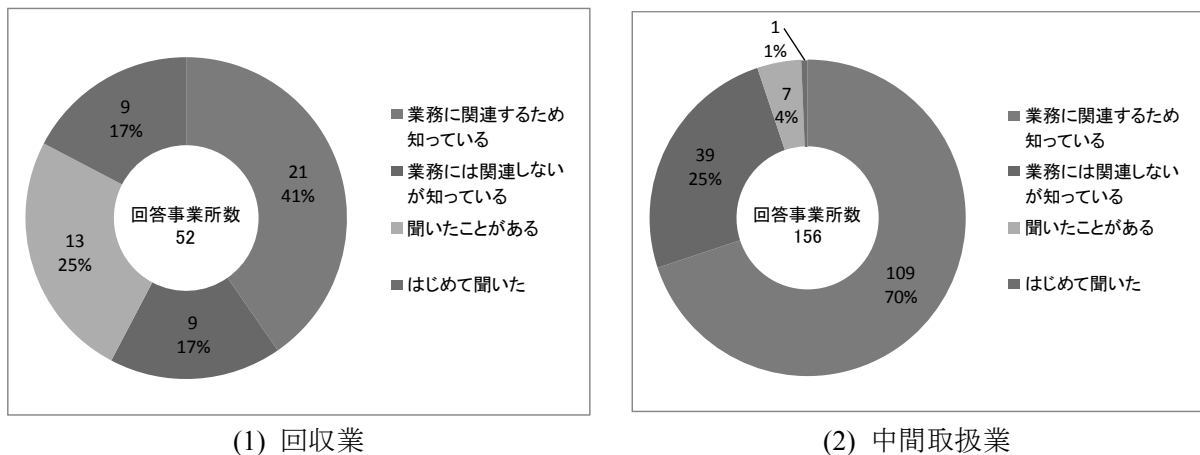


図 2.4.9 収集運搬業の許可の必要性に関する認知度

2.4.3 調査結果の分析

金属スクラップを扱っていると思われる 1,000 社以上の事業所に対してアンケート調査を行った結果、全体では 20%程度の回収となった。今回の調査で回答のあった中間取扱業者は、廃棄物処理業の許可を取得している事業所、日本鉄リサイクル工業会の会員企業など、比較的規模が大きくしっかりとした企業が多くなっていた。しかしながら、不用品の流通は、これらの企業以外が担っている部分もあると思われること、またアンケート調査の回収率も高くないことから、調査結果の解釈にはそれらの点を考慮する必要があると思われる。

設置時期をみると、中間取扱業は 10 年以上も前から設置されている業者が多い一方、回収業は

2005 年以降に増加したことから、不用品回収といった業種は比較的近年の業態といえる。また、中間取扱業が従業員は 10 人以上を有する回答が多かったのに対して、回収業については 1 人もしくは 2 人という個人規模での商売が主であることが明らかとなった。市内を軽トラックで回り品物を集めたり、場合によってはポストにチラシを投函して回収日時を指定する方法を少人数で行っていることがうかがえる。今回の回答数は少なかったが、郊外では業者が空き地を短期間で借り、そこに不用品を一般家庭の方に持ってきてもらい収集するといった方法も行われている。

事業所で取得している許可・資格については、回収業においては専ら物という考え方であれば許認可は不要となる。また、51 の回答事業者のうち、80%以上にあたる 41 の事業者は警察署への申請のみで許可証が交付される古物商の許可を受けていると回答している。専ら物とは、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について」（昭和 46 年 10 月 16 日厚生省通知、環整 43 号）の中で、「産業廃棄物の処理業者であっても、もっぱら再生利用の目的となる産業廃棄物、すなわち、古紙、くず鉄(古銅等を含む)、あきびん類、古繊維を専門に取り扱っている既存の回収業者等は許可の対象とならないものであること。」と記載されている。専ら物を収集していると認識して収集運搬業の許可を取得していない回収業者の割合が注目されたが、実際にはさほど多くなかった。廃棄物収集運搬業・処分業の許可を取得している事業所においては、回収業・中間取扱業ともに、産業廃棄物運搬業の許可を所得している割合が多かった。

不用品の入荷は、回収業は一般家庭からが最も多く、予想どおりであった。また、家電販売店からの入荷も 20%以上の回答であった。中間取扱業は回収業者からの入荷に次いで、解体業者や一般家庭からの入手が多かった。また、家電販売店や自治体からの入荷もみられ、契約までいかないものの決まった相手から入荷できる関係があることが伺える。廃棄物の運搬・処分業の許可がない事業者は処理費はもらえないが、代金による設問では買い取りがほぼ 100%を占めるという回答結果となった。廃棄物の運搬・処理の許可を取得している事業所では、プラスチックが大部分を占める冷蔵庫や、ブラウン管テレビ、ブラウン管モニター等は処理費をもらっていると回答した事業所が多かった。金属が多いエアコン、石油ストーブ、ミックスメタルや日本国内の精錬所への売却が可能な鉛バッテリーは買い取りが多かった。

回収業者では回収品が明確のようであり、各対象物品での回答が大部分を占めていた。一方、中間取扱業者の段階では多様な不用品をミックスメタル（雑品）として取り扱っている量が大幅に増加していた。中間取扱業に品物が入荷する時点において混在している場合と、中間取扱業者で雑品化する場合があるとみられる。取扱量が多い中間取扱業者で品物を一つ一つ検査することは不可能であることから、その前段階において分別等の規制が必要かもしれない。

集められた品物の利用については、回収業者では中古利用との回答が多かったが、中間取扱業では材料リサイクルが大部分を占めていた。ただし、回収業者による中古利用のための確認は「中古利用が可能なものを収集・選別」としているだけで、例えば冷蔵庫やテレビが実際に稼働するかといった確認は取っていないものとみられる。

最終的には、輸出業者へ引き取られており、材料リサイクルとしての品物は中国が大半を占めている。材料としての需要は中国がいまだに多いこと、よって、金額も高く買い取ることが引き取り先の決定に大きく影響している。中国に対して問題なく輸出するためには中国系の取扱業者でなければ困難とのヒアリング時の回答もあった。中国においては、材料に分別されていない家電製品などの輸入は禁止されており、それらの輸入規制が強化されたり、価格が大幅に低下した場合は、日本国内で廃棄物となって滞留するおそれがあると考えられる。

フロンの確認については、シールで確認するとの回答もあるが、ヒアリングではシールの確認よりも、口頭確認が多いのが実態のようであった。2.3 の解体業者由来の調査結果やフロン回収行程管理票（マニフェスト）の活用も含めて、フロン回収の徹底のための方策を検討する必要があると考える。

PC等のOA機器の扱いでは、回収業では何もしていないとの回答が多く、中間取扱業では電池を取り外しているとの回答が比較的多くなっている。火災の原因に電池が挙げられていたり、最近では無停電電源装置（UPS）の取り外し（鉛バッテリー扱い）もあるが、電池として発火の注意も必要である。このような事項についても、中間取扱業者は比較的認識しているが、回収業者は認識度が低い。このような業者から品物が入荷されると、全品チェックは行っていないのが現実のようであるため（口頭確認程度）、火災を引き起こす部品が混入されるおそれがある。

中間取扱業においては、廃棄物の運搬・処分業の許可を持っていないとも、破碎（せん断）、選別・プレスといった前処理を行っている業者が50%強あった。ただちに違法といえるかどうかは不明であるが、処理の内容と許可の有無との関係をさらに確認する必要がある。

バーゼル法及び廃棄物処理法に関する廃棄物の事前相談サービスについて、回収業では「はじめて聞いた」が50%程度と認知度は低くなっていた。廃棄物処理の業の許可などとも合わせて、関係する法令や行政サービスについて、認知度を高める必要がある。

金属スクラップの流通の中での上流と思われる回収業においても、取り扱っている品物が最終的に輸出されるものであれば、事前相談や中古品判断基準などを含めて、輸出の際に必要な手続きや条件についても十分な理解を得ておくことが望ましい。それによって、最終的に輸出される中古品や金属スクラップについて、有害物や火災を引き起こす物が混入される可能性を小さくすることが望まれる。

2.5 金属スクラップの輸出

2.5.1 鉄スクラップなどの輸出

本論文の対象とする金属スクラップの輸出に関する統計は存在しないが、前述のヒアリング調査などの結果から、そのほとんどがバラ積み船を用いて中国へ鉄スクラップとして輸出されていることがわかっている。財務省の貿易統計による鉄スクラップ（正式名称は「鉄鋼のくず及び鉄鋼の再溶解用のインゴット」、後述の統計品目番号は7204）の輸出量・金額と仕向け先を図2.5.1に示すように、1990年代後半以降、中国・韓国向けを主とする輸出量は概して増加している。リーマン・ショックの影響で2008年以降、増減が激しくなっているが、2010年の輸出量は647万トンとなっている。輸出金額の伸びはさらに明確であり、2009年に平均単価が32.8千円/トンまで急落した影響はあるが、堅調に伸びた中国向けを含めて2010年には全体で2,889億円に達している。

ここで、財務省の輸出統計品目表はHS条約（商品の名称及び分類についての統一システムに関する国際条約）に基づき国際的に統一された6桁目までと、その後続く国内用に作成された3桁の、計9桁の統計品目番号で構成されている。2010年の鉄スクラップ輸出量647万トンの中では、図2.5.2に示すように、「その他のもの（7204.49-900）」419万トン（65%）と「ヘビーくず（7204.49-100）」150万トン（23%）が大半を占めている。このうち、ヘビーくずは一般には解体現場などから発生した大型の鋼材（鋼板、形鋼などを切断・解体したもの）が中心である。「その他のもの」は、種類が特定されていないために雑多な鉄スクラップが含まれる。本研究の対象とする金属スクラップも、これ以外に該当する統計品目がないことから、ほとんどが鉄スクラップの中でも「その他のもの」として、中国へ輸出されていると考えられる。

非鉄スクラップの輸出量についても、2010年には銅スクラップ、アルミスクラップでそれぞれ28.6万トン、9.8万トンとなっている。このうち、中国向けの割合は高く、それぞれ92%、75%を占めている。銅スクラップの輸出量・金額の推移は図2.5.3に示すが、同様に1990年代後半より増加して2005～2007年にかけてピークを迎えた後、2008年の金融危機の影響もあり、近年はやや減少傾向にある。

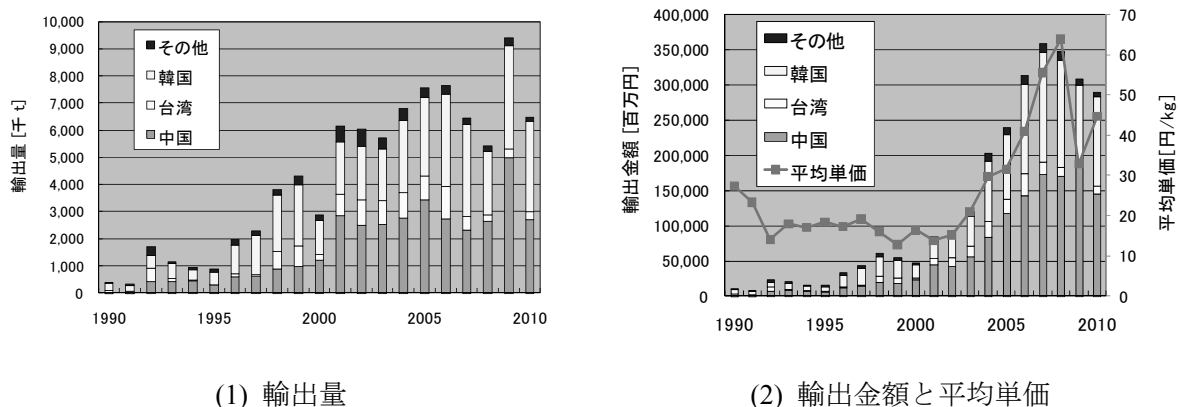


図 2.5.1 鉄スクラップの輸出量・金額
出所 財務省貿易統計

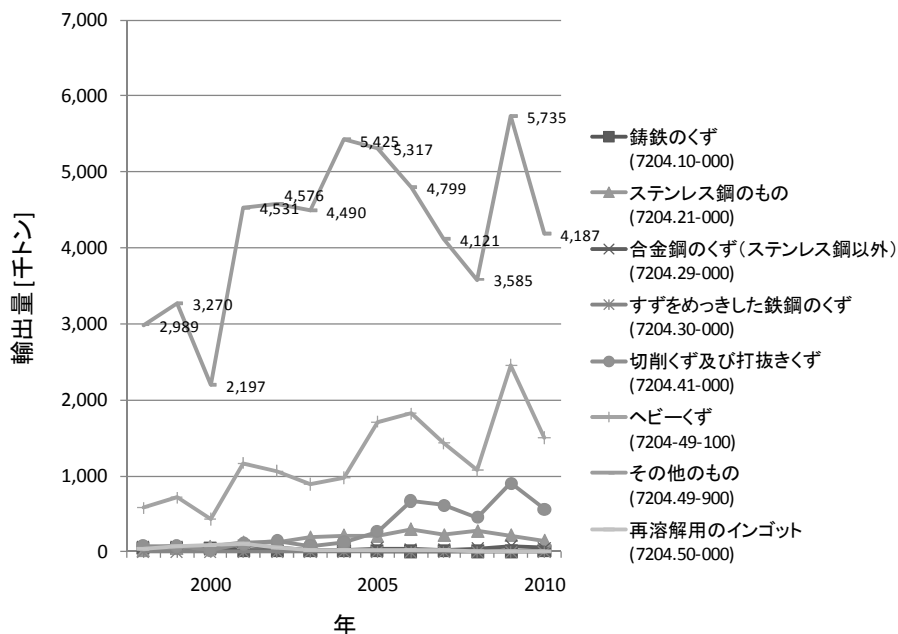
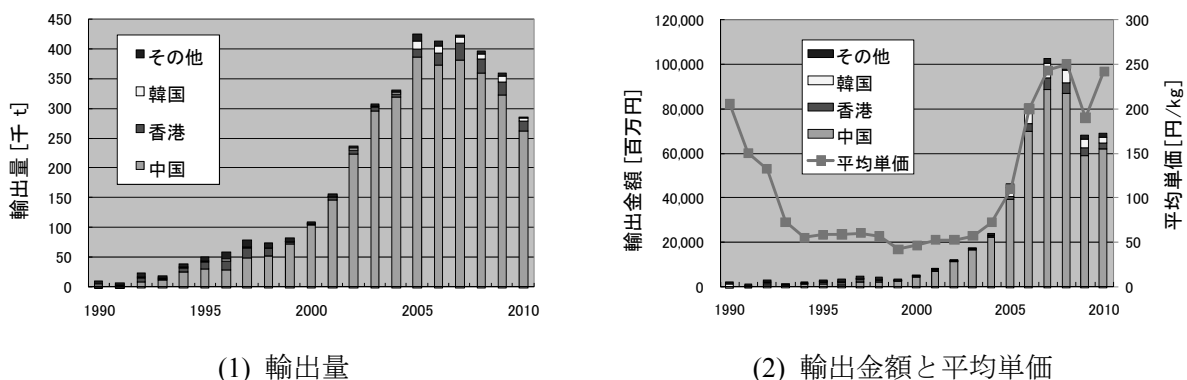


図 2.5.2 鉄スクラップの種類別輸出量



(1) 輸出量

(2) 輸出金額と平均単価

図 2.5.3 銅スクラップの輸出量・金額

出所 財務省貿易統計

2.5.2 金属スクラップの輸出量の推定

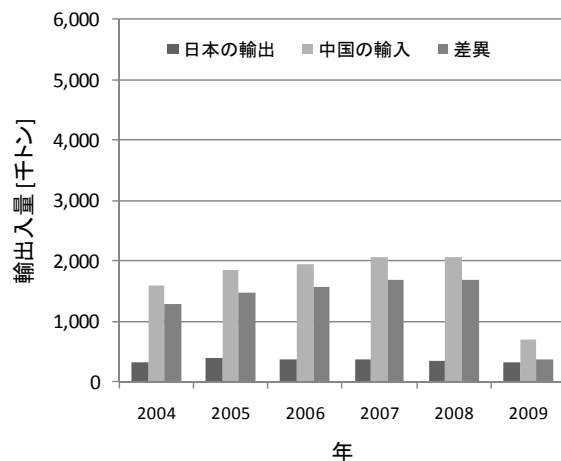
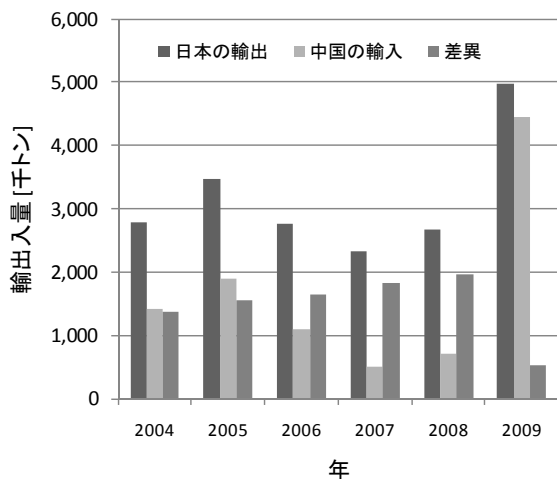
鉄スクラップのうち、前述の「その他のもの」に含まれる金属スクラップの割合は不明である。これに関して、日本と中国の貿易統計のギャップを利用した推定が行われることがある。

すなわち、日本から中国への輸出入の流れに関して、鉄スクラップの場合は図 2.5.4(1)に示すように、日本の中国向け輸出量が中国における日本からの輸入量より 2004 年から 2008 年にかけて毎年 136~195 万トンだけ過剰になっている。一方、銅スクラップの場合は反対に図 2.5.4(2)のように、日本の中国向け輸出量が中国における日本からの輸入量より、毎年 128~170 万トンだけ過少となっている。

この理由として、鉄・非鉄混合のスクラップに関して、日本では二種以上の卑金属を含む卑金属の物品は重量が最大の卑金属の物品として取り扱う（財務省）ため、鉄スクラップとして輸出時に通関されることが多い。一方、同じスクラップに対しても、中国では銅が回収目的であれば

銅スクラップとして輸入通関がなされることが多いためと考えられる。

このため、2004年から2008年にかけては、日本で鉄スクラップとして輸出されながら、中国では銅スクラップとして輸入される130～200万トン程度を金属スクラップと推定できると考えられる。ただし、2009年の2月から両国間の統計の差異がほとんどなくなり、本方法での推定ができなくなった。この原因については不明であるが、中国での輸入時にも鉄スクラップとして通関されている事例が増えていると考えられる。



(1) 鉄スクラップ

(2) 銅スクラップ

図 2.5.4 日本から中国への輸出入に関する、日本の輸出量と中国の輸入量

出所 日本：財務省貿易統計、中国：海関統計

2.5.3 船積みに至るまでの検収の流れ

スクラップ事業所で加工処理された後、船積みまでの検収の流れを図 2.5.5 に示す。商社が重要な役割を担っており、扱い商社は鋼材の輸出や鉄鉱石などの鉄鋼原料輸入を扱う総合商社がメインである。

- ・スクラップ事業者が複数の場合；
商社のヤード②へ保管。商社で受入れ検収 a。検収 a は日本鉄源協会統一検収規格。その後、配船が決まった段階で日本海事検定協会の検収 b を受けるため岸壁へ搬送。
- ・スクラップ事業者単独で 1 船立てられる場合；
直接海事検定協会の検収を受ける。(現状は複数のケースが多い。)
- ・日本海事協会の検定；
検収 b は関東地区の場合、1997 年 2 月関東鉄源協議会との協議に基づく。
- ・仕向け先が中国以外の場合；海事検定終了後船積み。
- ・中国向けの場合；
日中商品検査が船積み前検査を実施 (多くは海事検定が代行)。
- ・「雑品」の場合；
専門商社が集荷、輸出手続きを行い、岸壁へ搬送。④の海事検定、⑥の日中商品検査を経て船積み。
- ・船積みと通関

荷役業者（ステバ）、通関業者（乙仲）が行い終了後、税関により検査され、この時点で HS 通関コードが付与される(検収 C)。税関による検査は場所のない東京湾では積み込み後の「本船通関」、場所のある名古屋では積み込み前に岸壁でおこなう「土場通関」であり地区によって異なる（概ね「本船通関」）。

従って HS コードの付与は通関時であって、それまでは国内の流通品目名（日本鉄源協会統一検収規格）で行われている。

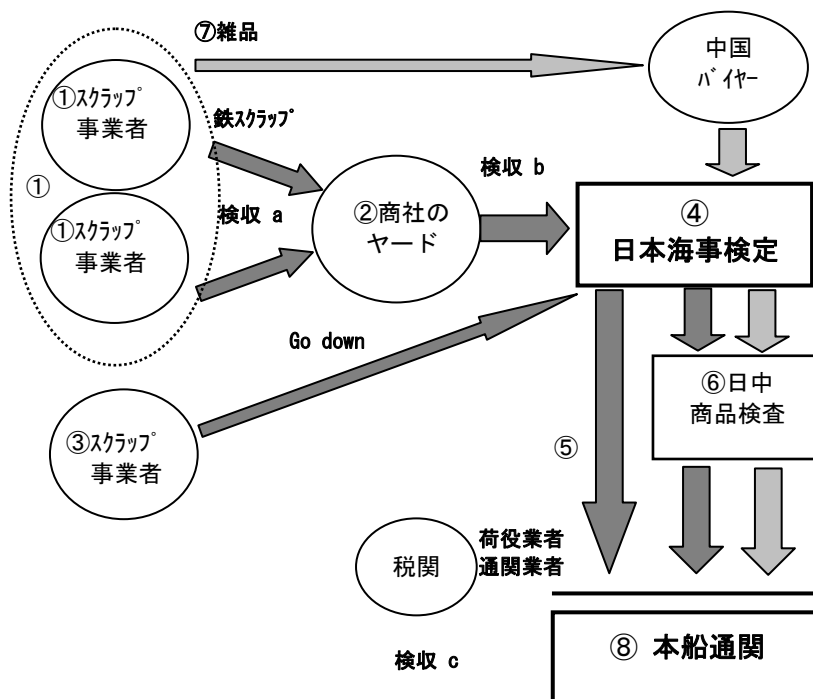


図 2.5.5 船積みまでの検収の流れ

2.6 国内における品目調査、組成調査

金属スクラップに含まれる品目や有害物質などの混入状況をより明らかにして、バーゼル法などに照らした有害物質管理や資源回収の課題を論ずるために、2008年度と2009年度に品目調査、組成調査などを実施した。ここでは、それらについてまとめて示す。

2.6.1 調査方法

(1) 品目調査

日本から中国への輸出が予定されていた金属スクラップについて、実際に約10トンのサンプルを計3回調達し、重機や手作業によって品目別に選別した。まず細かく数十種類の個別品目に分類し、個数(点数)と重量を測定した。これらを①産業系スクラップ、②家庭系スクラップ、③パソコン・OA機器、④その他の大分類や、各種機械類、ガス器具などの中分類に分類して整理した。

サンプリングを実施した時期と場所は、第1回：2008年10月・関東、第2回：2009年1月・四国、第3回：2010年1月・四国である。なお、第1回と第2回はスクラップ業者各1社から、第3回については2社から調達しており、これらの4社はいずれも異なる。第3回は、集荷元の違いから産業系を主とするAスクラップ6.5tと家庭系を主とするBスクラップ4.1tの2種類に分けた。

金属スクラップに含まれる品目は、調達先・方法とともに、調達時期によっても影響を受ける。固定的な品目割合を求めることは困難であるが、今回の品目調査では、計4つのサンプルで供給業者を変えたことと、できるだけ一般的な金属スクラップの提供を毎回求めたこと、さらに実際のサンプルを見て典型的な金属スクラップの1つであることを確認できたことで、代表性の確保に努めた。

参考までに、金属スクラップの相場の変動を図2.6.1に示す。2008年後半には金属スクラップ価格の大幅な低下がみられたが、このような際には輸出量の低下とともに銅分が多く品質がよいものしか輸出されず、2009年から2010年初頭にかけての上昇局面では一般に品質は悪くなる傾向があるとされる。さらに実際の取引では、エアコン(特にラジエター)、被覆電線、モーターなどは回収される銅などの量に応じて高めに相場が決まって取引されている。

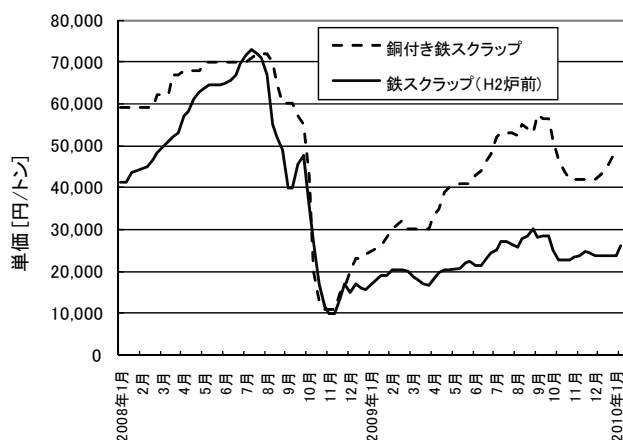


図2.6.1 金属スクラップと鉄スクラップの価格の推移

出所

銅付き鉄スクラップ：日刊市況通信社による岸壁ヤード持込み価格。本論文での金属スクラップ(雑品)がほぼ相当する。

鉄スクラップ(H2炉前)：日本鉄源協会による大阪地区の取引価格。H2炉前価格は、日本の鉄スクラップの基準品種であるH2等級の電炉前価格。

(2) 組成調査

次いで、国内での機械破碎・選別による金属などの回収可能性を検討するために、第3回の品目調査で量が多く機械破碎が可能な品目を選定して、機械破碎・選別を実施してその組成を把握した。すなわち、機械破碎に続き、高度な磁力選別、渦電流による非鉄選別やステンレス選別を適用することによって、鉄や各種非鉄金属の回収量向上と、ダスト発生量の削減を試みた。

(3) 有害物質の分析

金属スクラップに含まれる有害物質については、バーゼル法上の該非判断が難しい場合が多い。この状況を把握するために、同法告示別表第三に示されている判断基準を参考にしながら、第3回の品目調査で選別された品目のうち有害物質が検出される恐れのある部材を選択して、含有量試験および溶出試験を実施した。各種試料を振動ミル、ハサミなどを用いて、環境庁告示13号に準拠して、5mm以下程度にまで粉碎し、目開き4.76mmの篩処理を行った。ついで、種類ごとの重量比に応じて混合し、更に目開き0.5mm篩処理を行い、0.5～5mmに調製された溶出試験用の混合試料を調製した。検液の調製は、試料量1に対して10倍量の純水で6時間の振とうを行い、ろ過したものを溶出試験検液とした。溶出試験用に調製した試料をさらに凍結粉碎して微粉にしたものを含有量試験用の試料とした。なお、ワープロ液晶モニタ内のバックライト中の水銀分析は、粉末状にした後に硝酸及び過マンガン酸カリウムによる酸分解を行い、還元気化原子吸光法により測定を行った。

(4) フロン類の調査

フロン類については、フロン回収・破壊法や家電リサイクル法によって業務用または家庭用エアコンなどがそれぞれ、適切な回収・破壊を求められている。フロン類の適切な回収・破壊が行われているかを確認するために、第3回の品目調査で選別されたエアコンを対象として、コンプレッサー内に冷媒が充てんされたままであることを確認し、残留状況の調査を行った。すなわち、銅管を破断して冷媒をキャニスターでサンプリングした後、捕集した気体25mlを6,000倍希釈した上でGC/MSを用いて成分を分析した。

2.6.2 調査結果

(1) 品目調査の結果

第1回、第2回、第3回(Aスクラップ)、同(Bスクラップ)の順に、選別前の金属スクラップの写真を図2.6.2(1)～(4)にそれぞれ示す。また、大分類としての「産業系」「パソコン・OA機器」「家庭系」「その他」に選別した品目調査の結果(重量比)を図2.6.3に示す。ここで、選別時の重機使用によって由来がわからなくなったものも多く、大分類の区分については必ずしも絶対的なものではない。例えば、エアコンについては仮に「家庭系」としているが、家庭用と業務用の識別が十分できていない。基板類や電池類は、一部明確なものを除き「その他」とした。

図2.6.3より、全体的に産業系の割合が多く、第3回(B)を除いて、74.8%～96.6%を占めている。一方、第3回(B)については、産業系が28.2%にとどまり、家庭系が半数以上の58.4%となっている。このスクラップの供給業者は、回収業者の集積所から多く回収されたものであり、家庭から多く回収されたものであることを表している。



(1) 第1回



(2) 第2回



(3) 第3回 (A スクラップ)



(4) 第3回 (B スクラップ)

図 2.6.2 品目調査を実施した選別前の金属スクラップ

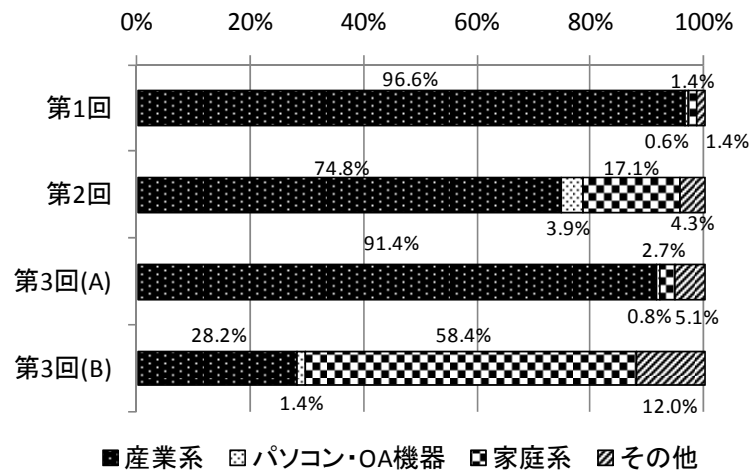


図 2.6.3 品目調査の結果 (大分類、重量比)

産業系について図 2.6.4 をみると、第 3 回(A)を除いて、中分類としての各種機械類が多く 37.1 ~80.8%を占めていた。この中には、モーター・モーター付き産業機械、鉄系大型産業機械、厨房機器、農業機械などのように様々な各種機械類がみられた。また、第 3 回(A)ではガス事業所からと思われるガス器具が多数確認された。配電盤は第 2 回の 9.6%が最大であり、PCB 混入が疑わ

れるトランスなどは確認されなかった。

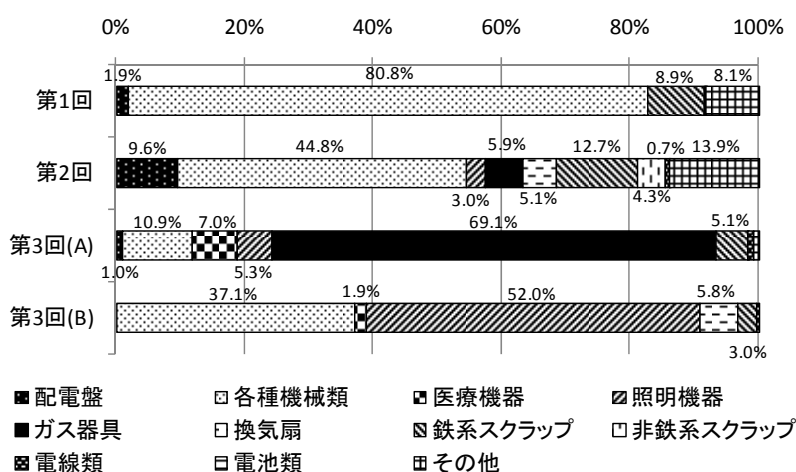


図 2.6.4 品目調査の結果（「産業系」に対する中分類の重量比）

注：主な個別品目は以下のとおり。％は「産業系」に対する各品目の重量比

第 1 回＝モーター32.5%、鉄系大型産業機械 20.7%、厨房機器 11.6%、鉄非鉄混合大型産業機械 10.1%（以上、各種機械類）

第 2 回＝モーター8.1%、モーター付き産業機械 7.9%（以上、各種機械類）、タンクなどの密閉物 8.6%（その他）

第 3 回(A)＝ガス調理器具・部材 51.3%、ガス湯沸かし器 12.3%（以上、各種機械類）

第 3 回(B)＝農業機械 22.7%（各種機械類）、照明機器（安定器・ターンテーブルを除く）43.4%、ターンテーブル 8.4%（以上、照明機器）

次に、家庭系について、図 2.6.5 で比較的割合が多かった第 2 回と第 3 回(B)を中心にみる。第 2 回ではエアコンの室外機・室内機がそれぞれ 25 個（家庭系の 41.9%）、22 台（同 36.2%）、液晶テレビが 1 台確認された。第 1 回と第 3 回(B)では、かなり旧式を含めたブラウン管テレビ、洗濯機、エアコンの室外機・室内機が各 1～2 個程度見ついている。エアコンは業務用も含まれているために全てが家電リサイクル法の対象とは限らないが、家電リサイクル法対象の家電類の比率を計算すると、第 1 回、第 2 回、第 3 回(A)、同(B)の順に 0.8%、13.6%、0%、1.3%であり、同法の対象と思われる品目が一定程度混入していることがわかった。（ただし、第 2 回のサンプリングを行った 2009 年 1 月時点は、液晶テレビは同法対象外であった。）なお、家電リサイクル券はどの品目からも確認されていない。

また、家電リサイクル法対象外の家電類は、第 2 回と第 3 回(B)を中心に多数見ついている。特に、ビデオデッキ（第 2 回 21 個）、炊飯器（第 2 回 9 個、第 3 回(A)64 個）、電気ストーブ（第 3 回(B)24 個）、ポット（第 3 回(B)16 個）、電話・FAX（第 3 回(B)10 個）、扇風機（第 2 回 6 個、第 3 回(A)23 個）など多様な家電類の個数が多く、破碎された部材も含めて重量比では一定割合を占めている。ほかに、携帯電話、リモコンなどのいわゆる小型電気電子機器も確認されたが、概して重量・個数ともに少ない。タイヤなどが外されたバイクが多数（第 3 回(B)14 台）見つかることもあった。

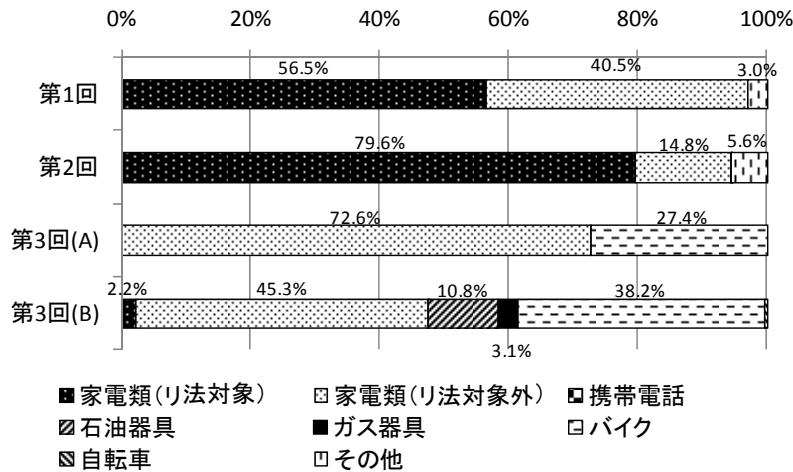


図 2.6.5 品目調査の結果（「家庭系」に対する中分類の重量比）

注：主な個別品目は以下のとおり。％は「家庭系」に対する各品目の重量比

第1回＝エアコン・室外機 25.6%、洗濯機関連部材 20.9%、エアコン・室内機 6.7%（以上、家電類（リ法対象））、AV 機器 16.0%、ビデオデッキ 11.1%、電子レンジ 9.2%（以上、家電類（リ法対象外））

第2回＝エアコン・室外機 41.9%、エアコン・室内機 36.2%（以上、家電類（リ法対象））、ビデオデッキ 4.8%（家電類（リ法対象外））

第3回(A)＝炊飯器 52.0%、扇風機 20.6%（以上、家電類（リ法対象外））、バイク 27.4%（中分類も同じ）

第3回(B)＝AV 機器・ラジカセ 11.1%、炊飯器 9.1%、電気ストーブ 4.5%、扇風機 4.5%、掃除機 3.9%、電子レンジ 3.3%（以上、家電類（リ法対象外））、バイク 38.2%（中分類も同じ）

パソコン・OA 機器に関しては、金属スクラップ全体における重量比は多くない。しかしながら、図 2.6.6 に示すように、デスクトップパソコン（第1回3台、第2回20台）、ノートパソコン（第2回12台）のほかに、プリンタ・複合機などが見受けられ、運搬または選別の際に破碎されてトナー粉が周囲に散らばることもあった。

その他（大分類）に関しては図 2.6.7 に示しており、破碎された製品由来を含むプラスチック類や分類困難な雑物が主であり、多くは無価値物と考えられる。電池類の中では、第1回から自動車用鉛バッテリー4個のほかに、小型鉛バッテリー（第1回2個）、ニッカド電池（第2回1個、第3回(B)4個）などが有害物質の観点から問題視された。ほかに、乾電池（第3回(B)では46個）やリチウム電池などもみられたが、製品の中に残されている電池類も多いと思われる。基板類については、調達前または選別の際に破碎されて由来が不明となったものが多いが、全体の重量比でみると、第1回から順に0.1%、0.3%、0.1%、3.1%となっている。第3回(B)を除いて0.1%程度と小さいが、まだ各製品の中に含まれている基板類や第3回(B)の結果も考慮すると、全体の1～3%程度に至る可能性もあると考えられた。これらのほか、第3回では農薬やモーターオイルなども、農業機械やバイクなどとともに見つかった。

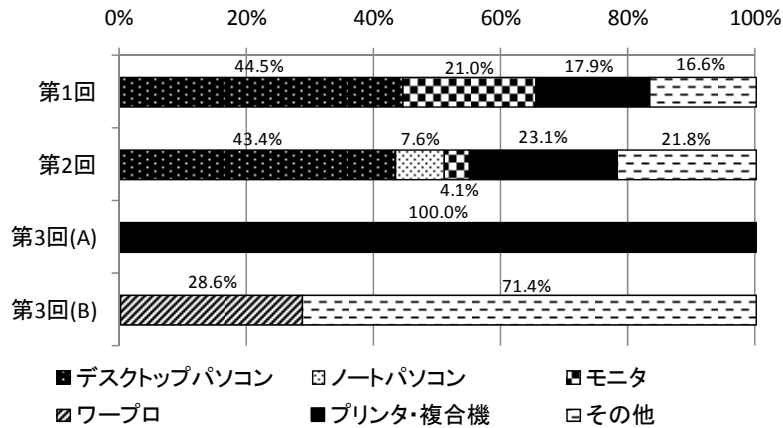


図 2.6.6 品目調査の結果（「パソコン・OA 機器」に対する中分類の重量比）

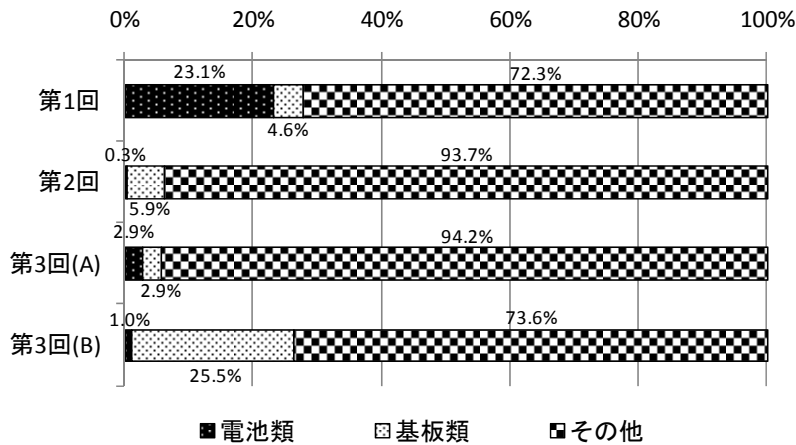


図 2.6.7 品目調査の結果（大分類の「その他」に対する中分類の重量比）

注：主な個別品目は以下のとおり。％は「その他」に対する各品目の重量比

第 1 回＝自動車用鉛バッテリー22.0%（電池類）、プラスチック類 35.5%、分類困難な雑物 28.6%（以上、各種機械類）

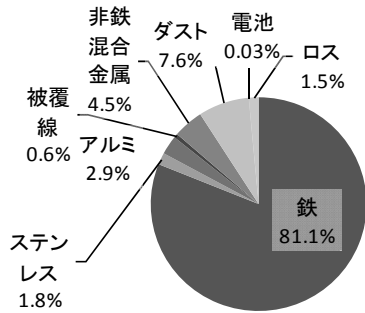
第 2 回＝プラスチック類 16.4%、分類困難な雑物 62.3%、断熱材 8.8%（以上、中分類の「その他」）

第 3 回(A)＝分類困難な雑物 88.4%、プラスチック類 5.8%（以上、中分類の「その他」）

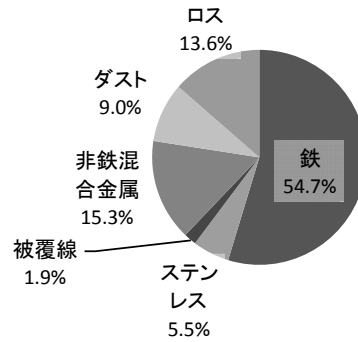
第 3 回(B)＝基板類 25.5%(中分類も同じ)、分類困難な雑物 43.2%、プラスチック類 17.8%、ドア部品 12.3%（以上、中分類の「その他」）

(2) 組成調査の結果

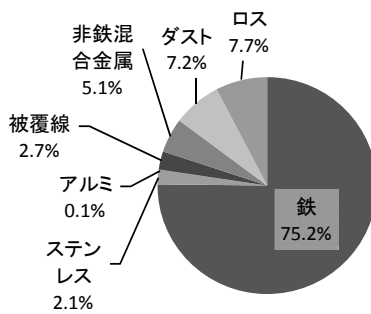
第 3 回品目調査で量が多く機械破碎が可能な品目として、A スクラップからガス調理器具・部材、ガス湯沸かし器、ガスヒータの 3 品目、同じく B スクラップから石油ストーブ、プラスチック系家電（炊飯器、電気ポット、掃除機）、AV 機器・ラジカセの 3 品目の計 6 品目を選定した。その結果を図 2.6.8 に示す。ここでは投入量と回収量の重量の差分を計量し、磁力選別装置を含むラインの途中で生じるロス分も表示した。



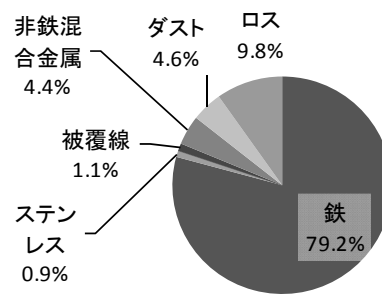
(1) ガス調理器具・部材
(総重量 1,440kg、426 個、A)



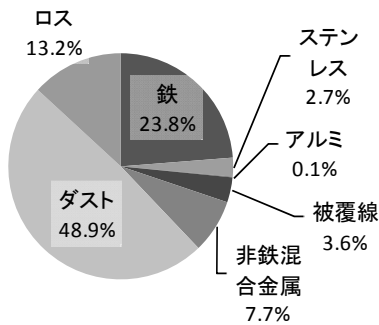
(2) ガス湯沸かし器
(総重量 727kg、74 個、A)



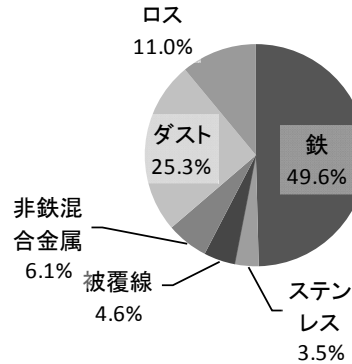
(3) ガスヒーター
(総重量 320kg、55 個、A)



(4) 石油ストーブ
(総重量 226kg、23 個、B)



(5) プラスチック系家電
(総重量 324kg=電気ポット 9.4%・炊飯器 63.4%・掃除機 27.1%、電気ポット 16 個・炊飯器 64 個・掃除機は個数計数不可、B)



(6) AV 機器・ラジカセ
(総重量 116kg、個数計数不可、B)

図 2.6.8 第 3 回品目調査で選別された 6 品目に対する組成調査結果
(A、B はそれぞれ A スクラップ、B スクラップ)

鉄の比率に注目して大別すると、ガス調理器具、ガスヒーター、石油ストーブのように鉄を主とするグループと、鉄が半数近くであって非鉄混合金属やダストが続くガス湯沸かし器や AV 機器・ラジカセ、そしてダストが半数近くを占めるプラスチック系家電、に分かれる。

ガス調理器具などの鉄を主とするグループは、投入重量に対して鉄が 80%程度を占め、非鉄・

被覆線などを合わせると9割以上であり、ダストは10%以下程度となっていた。このため、これらの品目からは機械破碎・選別によってもほとんどが鉄または非鉄として回収可能され、ダストの発生量も抑えられると考えられた。

一方、プラスチック系家電は鉄が23.8%に過ぎない上、ダストが約半数の48.9%を占めていた。選別装置に残されたと考えられるロス分も考慮して、プラスチック分が多い家電については機械破碎・選別では資源回収が十分にできない可能性が示唆され、プラスチックの利用が課題となっている。

これらの中間的なガス湯沸かし器については、熱交換器の部分が非鉄混合金属として選別されているとみられた。この熱交換器の鉛メッキについては、(3)で後述する。また、AV機器・ラジカセについては、今回の調査では25%がダストとして発生しているが、サンプルによる差異も大きく、ラジカセなどが多い場合はさらにプラスチック系家電と同様にダストの比率が増加することが考えられる。

(3) バーゼル法規制の判断基準に基づく有害物質の状況

第3回の品目調査で見つかった各品目に対して、ポータブルX線分析装置を用いて鉛などの重金属濃度の高い部材を探した。その結果、基板以外に重金属はほとんど確認されなかったが、ガス湯沸かし器の熱交換器の表面から高濃度の鉛が検出され、旧式のガス湯沸かし器には鉛メッキが使用されていることが判明した。

次に、湯沸かし器の熱交換器を含めて、有害物質が検出される恐れのある部材として、基板、電線被覆、熱交換器、コネクタ（ハンダ付き）、バックライト（ワープロの液晶パネル）、および液晶ガラス（同）のサンプリングを行い、溶出試験と含有量試験を行った。さらに、(2)で述べた組成調査で発生したダストについても、高度な選別を行う前のダスト（一次ダストと称す）と、最終的に発生した二次ダストの二つに分けて、含有量試験の対象とした。

溶出試験結果と含有量試験結果を表2.6.1、表2.6.2にそれぞれ示す。なお、基板、電線被覆などの対象部位における測定結果として示している。この結果を溶出基準や含有量基準を比較すると、溶出では熱交換器の37mg/L、含有量ではコネクタの440,000mg/kg（44%）を最高として、ほとんどの分析対象において、鉛のみが基準を超過していた。鉛以外としては、バーゼル法規制基準には達しないものの、バックライトから水銀が250mg/kg検出された。

表 2.6.1 対象部品に対する溶出試験結果

単位：mg/L

対象部品	含有されていた品目	Hg	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	Se
基板	デスクトップパソコン	0.0005未満	0.01未満	0.56	0.05未満	0.01未満	0.01未満
	ビデオデッキ	0.0005未満	0.01未満	0.36	0.05未満	0.01未満	0.01未満
	ストーブ	0.0005未満	0.01未満	0.01未満	0.05未満	0.01未満	0.01未満
	電話機	0.0005未満	0.01未満	0.05	0.05未満	0.01未満	0.01未満
電線被覆	ガス湯沸かし器	0.0005未満	0.01未満	0.04	0.05未満	0.01未満	0.01未満
	シンセサイザー	0.0005未満	0.01未満	0.13	0.05未満	0.01未満	0.01未満
	照明機器（蛍光灯）	0.0005未満	0.01未満	0.25	0.05未満	0.01未満	0.01未満
	電飾	0.0005未満	0.01未満	0.09	0.05未満	0.01未満	0.01未満
熱交換器（鉛メッキ）	ガス湯沸かし器	0.0005未満	0.01未満	37	0.05未満	0.01未満	0.01未満
コネクタ	照明機器（蛍光灯）	0.0005未満	0.01未満	4.4	0.05未満	0.01未満	0.01未満
バックライト	ワープロ	-	-	-	-	-	-
液晶ガラス	同上	0.0005未満	0.01未満	0.02	0.05未満	0.01未満	0.01未満
	溶出基準値	0.0005未満	0.01未満	0.01未満	0.05未満	0.01未満	0.01未満

以上のように、金属スクラップに含まれる電気電子機器から、ハンダ・メッキや電子部品に含有されている鉛が検出され、バーゼル法規制の判断基準を超過する場合があることがわかった。ただし、本分析でサンプリングした部位の試料量はわずかであり、輸出前における事前相談で輸出業者らからこれらが分析・報告されることはほとんどないと考えられる。

表 2.6.2 対象部品などに対する含有量試験結果

		単位：mg/kg（乾物換算値）								
対象部品等	含有されていた品目	Hg	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	Se	Sb	Cu	Zn
基板	デスクトップパソコン	0.03	0.1未満	7,600	1未満	16	0.5未満	4,100	220,000	39,000
	ビデオデッキ	0.01未満	0.1未満	10,000	1未満	13	0.5未満	1,800	140,000	16,000
	ストーブ	0.01未満	0.1未満	8,500	1未満	9.8	0.5未満	880	170,000	7,900
	電話機	0.01未満	0.1未満	12,000	1未満	7.7	0.5未満	2,800	130,000	3,800
電線被覆	ガス湯沸かし器	0.01	150	9,000	1未満	3.9	1.0	390	1,100	650
	シンセサイザー	0.02	38	10,000	1未満	0.5未満	0.5未満	170	260	27
	照明機器（蛍光灯）	0.07	0.6	18,000	1未満	1.8	0.5未満	38	110	19
	電飾	0.03	0.5	10,000	1未満	1.5	0.5未満	86	140	10
熱交換器（鉛メッキ）	ガス湯沸かし器	0.03	0.1未満	160,000	1未満	4.8	0.5未満	620	780,000	8,400
	コネクタ	0.09	2.0	440,000	1未満	16	0.5未満	190	130,000	22,000
バックライト	ワープロ	250	-	-	-	-	-	-	-	-
液晶ガラス	同上	0.01未満	0.1未満	7	1未満	0.5未満	0.5未満	19	39	2
一次ダスト	ガス調理器具・部材	5.0	19	3,100	8	11	0.5未満	1,500	17,000	34,000
	プラスチック系家電	1.3	13	1,500	1未満	3.5	0.5未満	1,200	14,000	4,500
	AV機器・ラジカセ	0.60	13	730	1未満	0.9	0.5未満	82	1,900	2,200
二次ダスト	ガス調理器具・部材	0.14	240	1,900	1未満	6.3	0.5未満	3,300	64,000	11,000
	プラスチック系家電	0.18	2.0	1,800	1未満	3.0	0.5未満	950	20,000	610
	AV機器・ラジカセ	0.12	1.3	1,300	1未満	1.9	0.5未満	430	13,000	1,400
含有量基準値	mg/kg	1,000未満	1,000未満	1,000未満	1,000未満	1,000未満	1,000未満	10,000未満	-	-
	%	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	1未満	-	-

(4) フロン類の残留

第3回の品目調査結果ではエアコンの量が少なかったが、旧式で室内据え置き型の冷房専用エアコン（Bスクラップから採取、図2.6.9）について、コンプレッサー内に冷媒が完全に充てんされたままであった。この冷媒の成分を分析した結果、CFC12（フロン）が約3.3%検出された。サンプリング時には外気を同時に多量に吸引しているため、事実上、コンプレッサー内にはCFC12が充てんされていたとみられる。



(1) エアコン



(2) コンプレッサー内の残留ガスのサンプリング

図 2.6.9 フロン類を検出した旧式のエアコン

2.6.3 調査結果の分析

(1) 金属スクラップの流通と含まれる品目

金属スクラップは、産業系と家電・OA 機器系が別の形態で流通しており、ほとんどが鉄スクラップのうち「その他のもの（7204.49-900）」として輸出され、年間輸出量は130～200万トン程度と推定できると考えられた。

合計3回の品目調査で確認した結果も、概して産業系が70%以上と多い一方、「寄せ屋」からの集荷が多い場合は家庭系が半分以上と多くなることもあった。これらは、実際の火災現場やヒアリング先でも目視で確認されるものとはほぼ同様であった。

個別品目をみると、産業系では各種機械類が多く、家庭系では家電リサイクル法対象または対象外の家電類が多数を占めていることがわかった。ただし、集荷元によっては産業系の場合はガス器具や照明機器、家庭系の場合は石油器具やバイクなどが増える場合もあった。石油器具のように油類容器を有する家庭用品やバイクなどに対しては、火災の発生・延焼を防ぐための安全な回収方法の構築が必要である。

家電リサイクル法対象の家電類としてはエアコンと洗濯機が多い場合があり、ブラウン管や液晶のテレビはわずかで、冷蔵庫は一度も確認されなかった。実際の輸出現場でもエアコンと洗濯機が多く見られることがあり、傾向は概ね一致する。これらの家電類は、家電リサイクル法に則って国内でリサイクルされるか中古利用されるのが望ましいが、リサイクル費用の負担を避けるために排出者が無償または有償で市中の回収業者へ引渡し、一部は輸出される金属スクラップに混入されているとみられる。

家電リサイクル法対象外の家電類としては、炊飯器、扇風機、AV 機器・ラジカセ、ビデオデッキ、電子レンジをはじめ、多様な品目が確認された。これらは、自治体での処理費がかかることの多い粗大ごみとしての排出を敬遠され、回収業者を通じて集荷されていると考えられる。ただし、プラスチック分の多い家電類ほど金属回収の意義が小さくなるため、安易な輸出に頼らずに国内での資源回収を検討すべきであろう。

2.6.1(1)で記したように、金属スクラップに含まれる品目は調達時期によっても影響を受ける。すなわち、価格低下局面では銅分が多く品質がよいものが輸出され、上昇局面では一般に品質は悪くなる傾向があるとされるが、第1回（調達は2008年10月）はモーターをはじめとする産業系が多く、第2回（2009年1月）と第3回（2010年1月）には多様な品目が確認されたことは、相場に影響されている可能性もあると思われる。

(2) 金属スクラップの輸出における有害物質などの管理

金属スクラップに関連して、品目調査で確認されたものを中心として、有害物質などの管理の観点から問題が大きいと思われるものを順に論じる。第一に、バーゼル条約やバーゼル法で規制対象リスト（同法告示別表第一）に挙げられている代表的な品目としては、鉛バッテリーとブラウン管テレビがある。経済産業省と環境省（2006, 2009）はこれらの輸出に際してバーゼル法の規制を守るよう明示しているとともに、ブラウン管テレビについては2009年に中古品として輸出する場合の判断基準も策定された。鉛バッテリーとブラウン管テレビについては、合計3回の品目調査でもわずかに確認されたが、調達先によっては実際の輸出に際してさらに確認が徹底できた可能性もある。

第二に、同様に個数・重量ともに少ないものの、ニッカド電池・リチウム電池・乾電池（アル

カリ・アルカリマンガンが多い)なども確認されている。これらのうち、バーゼル法としては水銀・カドミウム・鉛を含まない電池が規制対象外リストに挙げられているため、ニッカド電池は規制対象、リチウム電池と乾電池は規制対象外と理解される。これに対して、いずれの電池も中国では輸入禁止リストに挙げられており、輸出国と輸入国での規制の違いも認められる。

第三として、規制対象リストにはないものの、別表第三に基づいて分析を行い規制対象か否かの判断を求められる品目例として、基板や電線などがある。これは、基板のハンダ部分や電線の被覆材に含まれる鉛が念頭に置かれている。ほとんどの家電類やOA機器なども基板とハンダ部分を有しているため同様の注意が必要であり、電気部品や電子部品（バーゼル条約の規制対象外リスト B1110）は金属のみからなる場合（規制対象）や水銀スイッチ・ブラウン管などを含む場合（規制対象外）を除いて、別表第三による判断がなされることとされている。2.6.2(3)で述べた今回の分析では、基板と電線被覆を含めてハンダやメッキを有する部品から、鉛のみ判断基準を超過する結果が得られた。これは、パチンコ遊戯機や回胴式遊技機の基板などに対して同様の分析を行って、(液晶の小さな蛍光管からの水銀を除いて)鉛しか基準を超過しなかったとする既往の結果（日本環境衛生センター, 2007）や、液晶のヒ素を除いて、ノートパソコンのコード類、基板、携帯電話本体から鉛が検出されたとする結果（経済産業省, 2003）と概ね一致する。

これより、基板や電線などについては鉛のみを分析することはほぼ妥当と考えられるが、試料調整を行う箇所による影響を受けるためにできるだけ該当部分を全量破碎し試料の均一性を保つことや、鉛メッキを有する部品などにも注意することが重要である。また、実際にはこのような分析や判断が困難なことを考慮して、基準超過の可能性の高い品目を予め特定することを含めて、家電類やOA機器などの輸出管理方策はさらに検討を要する。

第四に、元々家庭由来のスクラップは、バーゼル物として規制対象である。個々の品目の由来の特定が困難としても、少なからず家電類が金属スクラップに混入されて輸出されている状況は、バーゼル法や中国の輸入規制に抵触するものであり、好ましくない。また、中国の輸入規制に対応して原形を不明にする「破壊」作業は国内の一般廃棄物処理の業や施設の許可を得て行っているものとは考えられず、環境や安全上の問題があるといえる。家電リサイクル法の対象か否かによらず、家電類をはじめとする家庭系のスクラップは国内でリサイクル・処理することを基本として、家庭の発生段階から不適切な回収業者に引き取られないような方策を検討するべきであろう。

最後に、フロン類については、2.6.2(4)で確認されたエアコンはあくまで一例であり、業務用か家庭用かの判断もできなかった。しかしながら、報道された国内作業事例（読売新聞, 2006）にもあるように、輸出業者までにコンプレッサー内にフロンが残留している機器の場合は、船積み中や海外においてフロンが放出されていた可能性が高い。業務用エアコンであればフロン回収・破壊法によって適切な回収と処理が義務付けられているが、廃棄された業務用エアコンなどを取り扱う業者に対して、フロン回収済みシールなどの確認を徹底し、確認できない場合は取引ができないような対策を講ずる必要がある。家庭用の場合も、家電リサイクル法に基づくリサイクルに回らなかったエアコンを含めて、業務用エアコンと同様のフロン回収の確認を行うなど、フロンの放出をしない廃棄が求められる。

(3) 金属スクラップからの資源回収の課題

2.6.2(2)で示した組成調査の結果によれば、国内の機械破碎・選別を用いることで、品目によっ

て鉄と非鉄金属（被覆線を含む）をあわせて80%から90%程度の原料を資源として回収できることがわかった。これは、手選別で回収している中国に及ばないものの、国内でも機械によって効率的な資源回収ができる可能性を示している。

ただし、非鉄金属の回収量を向上させるためには、渦電流のような非鉄選別装置や、手選別による被覆線の回収などが必要となる。また、機械破碎・選別で発生するダストは手選別で発生する残渣より多くなり、その削減と最終処分先の確保も必要である。特に、家電リサイクル法対象外のプラスチックの比率の高い家電類については、機械破碎・選別による場合はダストの発生比率が高いことから、プラスチックの適切な回収が可能なりサイクル方法を検討するのが望ましい。

家電リサイクル法対象の家電4品目については、2009年5月に開始されたエコポイント制度による買替えの影響で2009年度は引取台数が大幅に増加（環境省, 2010）しており単純な比較はできないものの、それ以前はメーカーによる引取台数は排出家電（2005年度は約1,162万台）の約51%とみられていた（産構審, 中環審, 2008）。品目調査結果で家電リサイクル法対象の家電類の比率を計算すると、第1回、第2回、第3回(A)、同(B)の順に0.8%、13.6%、0%、1.3%であった（ただし、エアコンは業務用も含む）ため、仮に金属スクラップの輸出量を130~200万トン、家電リサイクル法対象の家電類の混入比率を1~10%と仮定すると、1.3~20万トンとなる。これは、2005年度の家電4品目の全排出重量を88万トン（=再商品化等処理重量44.9万トン/0.51）と考えると、その1.5%~23%程度に相当する計算となる。仮定の不確実性が多いものの、無視できない量である可能性が示唆される。

最後に、基板を通じた金属の輸出量を推定する。基板の混入比率について、2010年1月に実施した中国の寧波市における輸入・リサイクル業者へのヒアリング調査結果では0.2%であったことと2.6.2で示した結果から、0.2%~3%と仮定する。これに金属スクラップの輸出量を上と同様として計算すると、基板の輸出量は2,600トン~6万トンとなる。ここで、白波瀬ら（2009）によるデスクトップパソコンの基板における含有率（銅18.7%、金0.014%）を用いると、銅、金の輸出量はそれぞれ486トン~11,200トン、364kg~8,400kgと推定できる。経済産業省と環境省（環境省, 2009）によれば、平成21年度に家電リサイクル法に基づいて再商品化された銅の重量は19,272kgであり、この半分程度に相当する可能性がある。金属スクラップからは中国における手選別で全体の4%程度の銅（雑銅3.06%、黄銅0.8%）の回収がなされるとする報告（リーテム, 2007）があるが、さらに基板の処理による銅や貴金属の回収が行われていると考えられ、国外への資源流出としても考慮すべきである。

以上より、国内のリサイクル制度の有無にかかわらず、様々な品目や材料が金属スクラップに混入して輸出されている状況を明らかにした。これはマテリアルフロー分析の実施に際して非常に難しい点である、国内で発生した循環資源フローの定量化に対して貴重な情報を提供するとともに、資源回収の観点から国内のリサイクル制度の見直しや設計にも有益であるといえる。

2.7 ダイオキシン類

2009年度に国内の1箇所の港湾で、2010年度には3箇所の港湾で貨物積載作業中に発生した金属スクラップの火災事故現場において、燃焼したスクラップについて、バーゼル法に基づく含有基準を超過していないかどうかを確認するために、ダイオキシン類分析を実施する機会を得た。

まず、2009年度においては、塩素濃度の高いケーブル類や、臭素濃度の高い基板類を中心として、14試料(燃焼物10、非燃焼物4)の塩素化ダイオキシン類の分析を行った。その結果を表2.7.1に示す。なお、表中の()の数値は、試料由来の妨害成分により一部の異性体が参考値であるが、以下では参考値を含めて議論する。

コプラナ PCB を含まない塩素化ダイオキシン濃度(2,3,7,8-TCDD換算の毒性等価量、以下、TEQ)で燃焼物0.83~14ng-TEQ/g、非燃焼物0.42~2.0ng-TEQ/gであった。コプラナ PCB を含む塩素化ダイオキシン類の濃度は燃焼物0.87~18ng-TEQ/g、非燃焼物0.50~2.1ng-TEQ/gであった。ダイオキシン濃度に比べてフラン濃度が高かったことも考慮すると、限られた分析結果ではあるが、燃焼によってダイオキシン類が生成した可能性が示唆された。

表 2.7.1 2009年度における金属スクラップの燃焼部分に関するダイオキシン類の分析結果
(単位：ng-TEQ/g)

試料	品目・部材	燃焼	PCDF	PCDD	PCDD/DF	DL-PCB	合計
1	洗濯機・ケーブル	○	(5.2)	(0.5)	(5.6)	(0.1)	(5.7)
2	同上	×	1.9	0.14	2.0	0.11	2.1
6	不明・ケーブル	○	1.5	0.24	1.8	0.14	1.9
8	同上	×	1.5	0.12	1.6	0.099	1.7
9	不明・ケーブル	○	0.74	0.16	0.90	(0.10)	(1.0)
10	同上	×	1.2	0.28	1.5	0.21	1.7
15	エアコン室外機(?)・ホース	○	(12.3)	(1.7)	(13.9)	(3.9)	(18)
16	マウス	○	0.93	0.11	1.0	0.039	1.1
18	不明	△	(4.6)	(0.82)	(5.5)	(0.15)	(5.6)
21	エアコン・ケーブル(基板に接続)	○	0.67	0.15	0.83	0.041	0.87
27	不明・断熱材	×	(0.33)	(0.092)	(0.42)	(0.078)	(0.50)
30	自転車・タイヤ	○	(0.69)	(0.088)	(0.78)	(0.014)	(0.79)
32	不明・ゴム	○	(0.92)	(0.16)	(1.1)	(0.047)	(1.1)
35	ビデオデッキ・ケーブル	○	(1.1)	(0.14)	(1.3)	(0.038)	(1.3)
バーゼル法			-	-	10	-	-
特別管理産業廃棄物(燃えがらなど)			-	-	-	-	3
土壌環境基準			-	-	-	-	1

注：

1. 毒性等価係数は、ダイオキシン類対策特別措置法施行規則(総理府令第67号)別表第3に定める係数(WHO-2006の係数)を用いた。
2. 毒性等量は、定量下限値未満の異性体は0(ゼロ)として算出したものである。
3. 分析結果は、乾燥試料1gあたりに換算した濃度を示す。
4. 表中の()印は、試料由来の妨害成分により一部の異性体が参考値であることを示す。

次に、2010年度は18試料(燃焼物15、非燃焼物3)の塩素化ダイオキシン類の分析を行った。その結果を表2.7.2に示す。表より、コプラナ PCB を含まない塩素化ダイオキシン濃度(2,3,7,8-TCDD換算の毒性等価量、以下、TEQ)で燃焼物0.010~9.4ng-TEQ/g、非燃焼物0.00059~0.022ng-TEQ/gであった。また、コプラナ PCB を含む塩素化ダイオキシン類の濃度は、燃焼物

0.011~9.5ng-TEQ/g、非燃焼物 0.024~0.025ng-TEQ/g である。この数値は 2009 年度（燃焼物 0.87~18ng-TEQ/g、非燃焼物 0.50~2.1ng-TEQ/g）と比較すると、燃焼物でほぼ同等かやや低く、非燃焼物で低い結果となった。2009 年度は非燃焼物においてもやや高い濃度であったのは、火災時やその後の堆積時に燃焼物と非燃焼物の混合があった可能性があるが、2010 年度の A,B 2 つの港湾火災ではサンプリングの際にも燃焼物の影響を抑えられたためかもしれない。

表 2.7.1 2010 年度における金属スクラップの燃焼部分に関するダイオキシン類の分析結果
(単位: ng-TEQ/g)

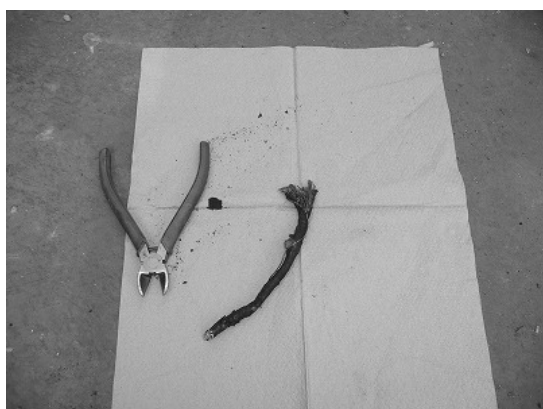
試料	港湾	品目	燃焼	PCDF	PCDD	PCDD/DF	DL-PCB	合計
1	A	電話機・基板	×	0.022	0.0000039	0.022	0.00017	0.022
2	A	プリンタ・ケーブル	×	0.0089	0.0000060	0.0089	0.016	0.025
3	A	プリンタ・基板	○	1.5	0.18	1.6	0.025	1.7
4	A	エアコン・ケーブル	○	(0.73)	(0.33)	(1.1)	0.11	(1.2)
5	A	プリンタ・ケーブル	○	1.2	0.050	1.3	0.0059	1.3
6	A	基板	○	0.038	0.0082	0.046	0.0018	0.048
7	A	パーティクルボード	○	0.042	0.012	0.054	0.0013	0.056
8	A	ケーブル	○	(8.7)	(0.73)	(9.4)	0.10	(9.5)
9	B	樹脂状不明物	○	(0.10)	(0.016)	(0.12)	0.0092	(0.13)
10	B	自動車・ケーブル	○	(0.010)	(0.0000036)	(0.010)	0.0012	(0.011)
11	B	自動車・ケーブル	○	0.19	0.013	0.21	0.0100	0.22
12	B	自動車・ケーブル	×	0.000070	0.00052	0.00059	0.0018	0.0024
13	C	ダスト	○	0.025	0.0093	0.034	0.010	0.044
14	C	ダスト	○	0.15	0.066	0.21	0.044	0.26
15	C	ダスト	○	0.022	0.010	0.032	0.086	0.12
16	C	燃えがら	○	0.27	0.13	0.41	0.044	0.45
17	C	バッテリーパック	○	0.43	0.093	0.52	0.030	0.55
18	C	ケーブル	○	5.6	1.2	6.8	1.0	7.8
バーゼル法				-	-	10	-	-
特別管理産業廃棄物（燃えがらなど）				-	-	-	-	3
土壌環境基準				-	-	-	-	1

注：

1. 毒性等価係数は、ダイオキシン類対策特別措置法施行規則（総理府令第 67 号）別表第 3 に定める係数（WHO-2006 の係数）を用いた。
2. 毒性等量は、定量下限値未満の異性体は 0（ゼロ）として算出したものである。
3. 分析結果は、乾燥試料 1g あたりに換算した濃度を示す。
4. 表中の()印は、試料由来の妨害成分により一部の異性体が参考値であることを示す。

2010年度の調査で高濃度であったのはケーブルの燃焼物であり、上位2つの試料8（コプラナ PCB を含む 9.5 ng-TEQ/g）、試料 18（同 7.8 ng-TEQ/g）の写真を図 2.7.1(1)、(2)にそれぞれ示す。また、同じ図の(3)、(4)には、元がほぼ同じとみられる自動車のケーブルの試料 11、試料 12 の写真をそれぞれ示している。非燃焼物である試料 12 の 0.0024ng-TEQ/g（コプラナ PCB を含む）に対して燃焼物の試料 11 は 0.22ng-TEQ/g（同）であり、燃焼によって 2 桁高濃度のダイオキシン類濃度が示されていた。さらに、多くの燃焼物において、ダイオキシン濃度に比べてフラン濃度が高くなっていた。これは、燃焼によってダイオキシン類が生成した可能性が示唆された 2009 年度の結果と同じといえる。

バーゼル法の含有基準（コプラナ PCB を含まないダイオキシン濃度で 10ng-TEQ/g）に照らすと、2009年度は1試料のみ 14ng-TEQ/g と超過し、2010年度は超過している試料はなかった。2009年度においても、他の試料では含有基準以下である上、多量のスクラップからダイオキシン類の発生が疑われる部分の採取したことを鑑みると、燃焼した金属スクラップ全体についてバーゼル法の規制対象に該当するとみなすことは困難と考えられる。ただし、特別管理産業廃棄物の燃えがらなど（3ng-TEQ/g）や土壤環境基準（1ng-TEQ/g）と比較すると、燃焼物 15 試料のうち 5 試料については土壤環境基準を超過している。また、バーゼル法の含有基準がコプラナ PCB を含まない濃度としていることや、現在の含有基準が妥当であるかどうかなどについて、今後検討が必要と考えられる。



(1) ケーブル（試料 8）



(2) ケーブル（試料 18）



(2) ケーブル（試料 11）



(2) ケーブル（試料 12）

図 2.7.1 2010 年度にダイオキシン類分析を行った試料の写真

2.8 中国における金属スクラップの輸入と利用動向

日本からの金属スクラップを多く輸入しているのは中国であるが、なかでもともに浙江省の寧波市と台州市が輸入量が多いことが知られている。そこで、2009年度に中国における金属スクラップ等の輸入状況を調べるとともに、寧波市の寧波鎮海再生金属資源加工団地（リサイクル団地）を訪問し、金属スクラップの利用動向を調査した。

2.8.1 2009年度の金属スクラップの輸入政策

中国環境保護部、商務部、国家發展改革委員会、税関総署、国家質量監督檢驗檢疫総局は2009年第36号公告を發表し、輸入廃棄物管理目録について調整した。この公告の主な内容として、「中華人民共和国固体廃棄物汚染環境防治法」、「危険廃棄物越境転移及びその処置のバーゼル条約」と関連法律法規に基づき、中国環境保護部、商務部、国家發展改革委員会、税関総署、国家質量監督檢驗檢疫総局は2008年發表した「輸入禁止固体廃棄物目録」、「原料として利用可能な輸入制限固体廃棄物目録」と「原料として利用可能な自動許可輸入固体廃棄物目録」の増補訂正を行った。この第36号公告は2009年8月1日より実施することになり、同時にそれまでの国家環境保護総局、商務部、国家發展改革委員会、海関総署、税関総署、国家質量監督檢驗檢疫総局により發表されていた2008年第11号公告の付属目録は実施を中止することになった。

第36号公告の中に、輸入廃金属にあたるもとの第七類スクラップに関する変更は表2.8.1のとおりである。

表 2.8.1 第36号公告で変更された金属スクラップ

税関商品番号	スクラップ名称 (税関商品名称)	輸入許可書名称	適用した環境 保護規制基準	その他の 要求または注釈
7204490010	廃自動車プレス	廃自動車プレス	GB 16483.13	
7204490020	鋼鉄回収を主として いる廃金属、電器	鋼鉄回収を主として いる廃金属、電 器	GB 16487.10	
7404000010	銅回収を主としてい る廃モーターなど（廃 電線、ケーブル、雑品 電器も含め）	銅回収を主として いる廃モーターな ど	GB 16487.8 GB 16487.9 GB 16487.10	
7602000010	アルミ回収を主とし ている廃電線など（廃 電線、ケーブル、雑品 電器も含め）	アルミ回収を主と している廃電線な ど	GB 16487.9 GB 16487.10	
8908000000	分解用の船舶及びそ の他の浮動構造物	廃船、ただし空母 を含まない	GB 16487.11	空母を含 まない

2.8.2 寧波鎮海再生金属資源加工団地における金属スクラップの利用

(1) 団地の概要

鎮海金属加工団地は寧波市鎮海区人民政府により作られた湾岸型輸入廃金属団地である。団地の管理委員会は地方政府、税関、商品検査局、環境保護局、港の管理部門、公安局、税務局、工商局などによりできたものである。団地の全体の計画では、総面積は 200ha であり、その中に緑化した面積は 66 ha で、33%を占めている。境界河川及び道路は 32 ha を使っているため、実際に使っている土地面積は 102 ha である。2008 年 8 月末まで、団地として総額 15.6 億人民元を投資し、開発した土地面積は 130 ha である。

現在 87 社が鎮海金属加工団地に入居し、その中、国家より直接輸入許可を受けた企業は 73 社であり、年間輸入、分解加工能力は 200 万トンだろうと推察されるが、現在（2010 年初頭）までの輸入、加工実績は 80～130 万トンである。なお、さらに 10 社あまりの購入企業も団地に入居し、主に団地内で分解・分別した廃金属を購入し、団地の外の自社へ運び、原料として利用している。例えば、上海宝山鋼鉄公司是団地の中で支店を作って、もっぱら、廃鋼鉄を購入している。

(2) 団地内の輸入金属スクラップの概況

団地に輸入される廃金属（金属スクラップ）は主に金属の雑品類と称されるものであり、これには、主にアルミを回収する廃電線等（廃電線、ケーブル、雑品電器を含む）と主に銅を回収する廃モーター等（廃モーター、廃電線、ケーブル、雑品電器を含む）の 2 つに大きく分類される。雑品の主な成分は廃鋼鉄であり、約 70%以上を占めている。そのあとは銅スクラップ、アルミスクラップ、ステンレススクラップであるが、少量ですが、廃電器や電子基板も混合されている。

鎮海金属加工団地は、2008 年度廃金属 107 万トン、2009 年度 100 万トンを輸入した。輸入した廃金属は 40%コンテナ積みで、60%はばら積み船であったが、日本から輸入した廃金属は全てばら積み船である。

輸入した廃金属のうち、日本から輸入した廃金属は約 60%、欧米から輸入したのは約 40%を占めている。その他に中近東や韓国からもばら積み船で輸入しているが、量は非常に少ないために、統計上では省略されている。

日本から輸入した廃金属は雑品を主としているが、その大部分は廃鋼鉄であり、アルミスクラップ、銅スクラップ、ステンレススクラップ、また廃モーター、廃電線・ケーブルなども混合されている。欧米から輸入した廃金属の多くはモーター、電線・ケーブルである。

(3) 団地内の金属スクラップの管理

団地は、輸入廃金属について、クローズド型管理の方法を取っている。スクラップは輸入後、まず団地敷地内にある税関が検査を行い、要求に適合しないスクラップについては輸入を許可しない。団地での廃金属交易は自由貿易であるが、団地外へ販売される廃金属は、運び出す際、検査を受けなければならない。（団地側の要求として）単一種類の金属まで解体・分別した廃金属でなければならない、つまり完全な機器部品、機器本体や設備の状態で団地から運び出してはならない。また、廃電子基板も勝手に販売してはならないこととなっている。寧波市環境局より許可（資格）をもらった下記企業に処理してもらうことになっている

- ・杭州大洲物資再生有限公司
- ・台州新源物資利用有限公司

・寧波紳立宏電子發展有限公司

また、団地では消防活動を重視し、関連規定制度を作成するだけでなく、専門的な消防チームを設立し、24時間団地の中を巡回している。企業のオフィスビルや生産作業場も団地が統一的に設計、建設したものであり、いずれの建物も消防設備を備えており、各作業場にも消火栓が設置されている。団地管理委員会の調査によると、2004年の団地開設以来、火災は一度も発生したことはなく、寧波港でも火災が発生した記録は一度もないということである。

雑品の解体・分別過程において、少量のごみが発生する。一般的に、総量の1%以下であり、有機物と無機物に分けられる。そのうち有機可燃物は、団地でまとめて近くのごみ発電所に運び、処理している。トンあたり有機物の処理費用は約100円である。無機物のごみは団地により、統一的に近くのごみ埋立処分場で処理している。団地の管理委員会の説明では、毎年発生する有機可燃ごみの発生量は2000～3000トンである。

団地の中の企業は主に輸入廃金属を解体・分別しているが、二次加工は行っていない。つまり、最終製品は分別された状態の廃鋼鉄、廃銅、廃アルミ、廃プラなどで団地の外の企業に売却される。一部の企業はナゲット設備で廃電線を処理している。団地内には、電子基板を二次加工する方法がなく、廃プラも同様に二次加工する手段がない。

2.8.3 団地内 A 社の金属スクラップの利用状況

団地内では大規模の企業のうちの一つであり、輸入量で見ると上位三位に入る A 社の協力を得て、A 社の金属スクラップの利用状況を記す。A 社の作業場はすべてコンクリートで舗装され、かつ倉庫は天井（屋根）でカバーされている。廃金属は入荷後、すべて倉庫に一時保存され、解体・分別、加工が行われる。A 社の1年間の解体加工能力は約5万トンであるが、2009年度の解体加工実績は約3万トンであり、すべて雑品であった。

A 社の輸入廃金属の供給先は30社ほどあり、そのうち日本の供給先は8社あり、その供給量は総輸入量の70%以上を占めている。供給先は主に東京、大阪、広島、九州、新潟および仙台などである。また、A 社が日本から輸入した廃金属は全部ばら積みであり、一隻の積載量は1,000～1,200トンである。

A 社が輸入した廃金属の大部分は日本からであり、設備名称で分類すると、廃五金、廃モーター、廃ラジエター、廃電線・ケーブル、混合している廃電子基板、家電の部品などがある。これらのうち、例えば乾電池が非常に少ないために無視でき、携帯電話はないとされている。成分で分類すると、廃鋼鉄が主であるが、銅は3～5%、アルミは3～4%、ステンレスは3～4%、廃プラ約3%で、残りは廃鋼鉄である。解体前後の比率について調査した結果を、それぞれ表 2.8.2、2.8.3 に示す。

表 2.8.2 A 社のばら積み船一隻分（1,000t）輸入における
 廃金属・設備の解体前の比率

	比率 (%)
廃産業機械	5
廃配電盤	4
廃デスクトップ PC	0.2
廃 OA 機器	3
廃エアコン（またはラジエタ）	5
廃金属の中の電池	微小
廃プリント基板	0.2
廃電線・ケーブル	6
廃鋼鉄	73.6
その他	3
合計	100

注：「その他」には、亜鉛合金スクラップ、メーター類、
 廃プラなど有機物、泥土及び計算上の誤差などを含む

表 2.8.3 A 社のばら積み船一隻分（1,000t）輸入における
 廃金属の解体後の比率

	比率 (%)
廃鋼鉄	81
廃銅	3
廃アルミ	4
廃ステンレス	3
廃プリント基板	0.2
廃プラ	5
中古部品として利用できるもの	0.02
その他	3.78
合計	100

注：「廃銅」には、廃配電盤、廃電線などから分解した銅
 を含むが、電子基板に含有している銅は含まない。
 「その他」には、亜鉛合金スクラップ、メーター類、
 廃プラなど有機物、泥土及び計算上の誤差などを含む

2.8.4 代表的な廃金属の利用方法

ここでは、A 社に限らない代表的な廃金属の利用方法を示す。

産業機械類の廃棄物輸入量はとても少ないとされている。A 社の調査によると輸入総量の 5% のみであり、団地管理委員会の調査結果もそれとほぼ同じであった。産業機械類の処理方法は手解体であり、機械を部品まで分解する。その成分の 97% 以上は廃鋼鉄であり、鋼の原料として製

鉄会社に売却される。

配電盤の輸入量は輸入総量の 4%を占めている。配電盤中に含まれる廃鋼鉄は約 50%、廃銅約 30%、廃絶縁材料は約 20%である。加工方法は手解体・分別であり、廃鋼鉄と廃銅はそれぞれ原料として、製鉄会社と製銅会社に売却される。

デスクトップパソコンや OA 機器も手解体であり、廃鋼鉄、廃銅、廃プラに分別し、それぞれ原料として販売する。分解により、出てきた電子基板は寧波市環境保護局から資格を得た会社において処理される。

廃エアコンは約輸入総量の約 5%を占めており、全部手解体で廃プラ、廃鋼鉄、廃銅、廃アルミなどに分別した後、それぞれ原料として販売する。

輸入した廃金属中の廃電池は極めて少ないため無視できる。廃電池は主にパソコンやリモコンなどから発生するが、分解後、危険廃棄物として、団地管理委員会指定した寧波市環境保護局より資格を得た企業において処理される。

電子基板は主にバラ積みで輸入したスクラップに混合されており、また、一部は廃パソコンなどを分解し、発生したものもある。団地に入った企業は電子基板に関し、二次加工処理を行わずに倉庫に保存し、一定の量に達したら、団地管理委員会の指定した寧波市環境保護局より資格を得た回収処理企業に売却し、処理される。中国国内電子基板の処理に関しては、主に粉碎選別と精錬処理の 2 種類で処理されているとされている。

本節 2.8 は、北京中色再生金属研究有限公司の協力を得て、寧波市を中心とした金属スクラップの利用動向などについてまとめたものである。2.8.3 など得た金属スクラップと 2.6 で実施した国内における品目・組成調査結果との比較は容易でないが、解体前の品目比率は必ずしも一致しない。これは、特に国内データについて昨年度調査ともあわせてサンプリングによる差が大きいことや、日本・中国の双方で品目等の名称の定義に差があることも理由と考えられる。ただし、解体後の組成調査については、当然ながら、鉄分が多いことではほぼ一致している。今後、両国の作業方法の違いを分析しながら、金属等の回収・利用の効率、環境配慮や経済性などもさらに検討する余地があると思われる。

2.9 まとめ

有害物質管理・資源回収の観点から、金属スクラップの発生・輸出の実態を解明し、適正管理方策に資する知見を提示することを目的として、発生・流通状況を調査し、品目・組成調査と有害物質などの調査分析を行った。得られた結果は以下のとおりである。

- 1) 解体業者や回収業者などへのアンケート調査を通して、収集運搬業の許可なく処理費を受けている回収業者があること、発生源として建築解体物が大きいこと、フロン回収の確認が不十分であること、処分業の許可なく前処理を行っている業者があることなどがわかった。関係する法令や行政サービスについて、認知度を高める必要がある。
- 2) 金属スクラップが含まれる「その他の鉄スクラップ」輸出量は前年から減少し、2010年は419万tであった。金属スクラップの年間輸出量は130～200万トン程度と推定できると考えられた。
- 3) 約10トンを合計3回実施した品目調査の結果、概して産業系が70%以上と多い一方、回収業者からの集荷が多い場合は家庭系が半分以上と多いこともあった。産業系では各種機械類が多く、家庭系では家電リサイクル法対象または対象外の家電類が多数を占めていた。家電類はリサイクル費用や粗大ごみ処理費の支出を敬遠され、回収業者を通じて集荷されていると考えられる。石油器具・バイクやプラスチック分の多い家電類などについては、安全で効果的な資源回収を国内で検討すべきであろう。
- 4) 金属スクラップに含まれる電気電子機器から、ハンダ・メッキや電子部品に含有されている鉛が検出され、バーゼル法で規制されている基準を超過する場合があった。家電類やOA機器などの輸出管理にはさらに検討を要する。フロン類については、エアコン内にCFC12が残留していた例を確認したが、フロン回収・破壊法や家電リサイクル法に基づくフロン回収の徹底が求められる。
- 5) 組成調査の結果によれば、国内の機械破碎・選別を用いることで、品目によって80%から90%程度の原料を回収できることがわかった。手選別で回収している中国に及ばないものの、国内でも機械によって効率的な資源回収ができる可能性を示すとともに、ダスト発生量の削減が課題と考えられる。家電4品目は全排出重量に対して1.5%～23%程度に相当し、資源回収の点からも無視できない可能性が示唆された。
- 6) 2009年度と2010年度に国内の港湾で貨物積載作業中に発生した金属スクラップの火災事故現場において、燃焼したスクラップについてダイオキシン類分析を実施した。高濃度であったのはケーブルの燃焼物であり、燃焼によってダイオキシン類が生成した可能性が示唆された。
- 7) 中国における金属スクラップの輸入と利用動向については、寧波鎮海再生金属資源加工団地の状況を中心に調査した。金属スクラップの解体後の組成は大半が鉄であることなどを明らかにした。

第2章 文献

環境省: 平成 21 年度における家電リサイクル実績について (お知らせ) (平成 22 年 6 月 1 日)

<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=12563>

経済産業省: 使用済電子機器等を再生資源として輸出される方へ (2003)

http://www.meti.go.jp/policy/closed_loop/index.html

経済産業省, 環境省: 使用済鉛バッテリー輸出に係る事前相談について (お知らせ) (平成 18 年 4 月 28 日) (2006), http://www.env.go.jp/recycle/yugai/law/battery_h180428.html

経済産業省, 環境省: 使用済みブラウン管テレビの輸出時における中古品判断基準について (平成 21 年 6 月 1 日) (2009)

財務省: 関税率表解説 (平成 18 年 12 月 1 日財関第 1475 号、最終改正: 平成 22 年 2 月 18 日財関第 168 号) 第 15 部, <http://www.customs.go.jp/tariff/kaisetu/data/15b.pdf>

産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会電気・電子機器リサイクルワーキンググループ, 中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会家電リサイクル制度評価検討小委員会合同会合: 家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書 (2008)

白波瀬朋子, 貴田晶子: 詳細解体による廃パソコン中の金属含有量の推定, 廃棄物資源循環学会論文誌, Vol.20, No.4, pp.217~230 (2009)

富隆幸雄, 三上慎史, 土田圭一: 鉄スクラップ関連資料集 (2006 年版) 日刊市況通信社, p63 (2006)

日刊市況通信社: スクラップマンスリー, 第 410 号 (2005 年 2 月 25 日), pp.60-62 (2005)

日刊市況通信社: 日刊市況通信 2009 年夏季特集 第 13638 号 (2009 年 8 月 14 日) p55

(財)日本環境衛生センター: バーゼル法規制判断基準調査/分析サンプリング調査報告書, 平成 18 年度経済産業省委託業務成果報告書 (2007)

読売新聞: 『雑品』エアコン、中国へ, 2006 年 11 月 17 日

(株)リーテム: トレーサビリティを確保した資源循環ネットワークの構築に関する調査報告書, 平成 18 年度経済産業省委託事業 (2007)

第3章 金属スクラップの火災

3.1 火災発生状況

3.1.1 火災発生事例

2008年1月～2011年3月に発生した船舶火災は12件、発生を確認した陸上火災は9件であった（表3.1.1、3.1.2、3.1.4）。2009年の船舶火災が1件と少なかったものの、2010年には6件と大幅に増加し、火災の発生が終息に向かっているとは言いがたい。船舶火災では、船舶火災全体の発生件数が減少傾向にあるなか、2010年の貨物船火災9件のうちの6件が金属スクラップ積載船舶火災であった。

著者らは、2008年～2011年3月に発生を確認した21件すべての金属スクラップ火災について、現地関係者からの聞き取り調査を行い、うち13件については現地での調査を行った。また、7件では火災により焼損した金属スクラップの状況を調査した。

表 3.1.1 船舶火災発生件数及び金属スクラップ積載船舶火災発生件数の推移¹

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 (~3月)	計 (2008~)
船舶火災発生件数	122	138	118	88	97	86	90	77	—	
(貨物船の火災件数)	(11)	(12)	(16)	(13)	(13)	(14)	(8)	(9)	—	
金属スクラップ 積載船舶火災件数	1	5	3	7	5	3	1	6	2	12

表 3.1.2 陸上施設における金属スクラップ火災の発生確認件数

年	2006	2007	2008	2009	2010	計 (2008~)
陸上施設の金属スクラップ 火災確認件数	3	1	2	3	4	9

表 3.1.3 2005年～2007年（研究開始前）に発生を確認した
金属スクラップ火災の状況（*は爆発）²

	年月	場所	仕向地	天候	状態	確認された主な混在物
船舶 火災	2005.1	横浜港内	海門（中国）		荷役中	
	2005.3	福岡沖	海門（中国）	晴	航行中	
	2005.8	唐津沖	寧波（中国）	晴	航行中	
	2006.1	横浜港内	海門（中国）	晴	荷役中	
	2006.4	三河港内	海門（中国）	晴	荷役中	モーター、家電製品
	2006.6	尼崎港内	海門（中国）	曇	荷役中	スポンジ、ビニールテープ
	2006.6	横浜港内	寧波（中国）	小雨	荷役中	バッテリー

¹ 海上保安庁 2011（船舶火災発生件数及び貨物船火災件数の2011年は未集計）

² 調査により確認できなかった事項は空欄とした。

	2006.7	東京港内	海門（中国）	曇	荷役中	
	2006.11	大阪港内	海門（中国）	晴	荷役中	モーター、バッテリー、エアコン、スポンジ、布、紙
	2006.12	伊豆大島沖	海門（中国）	曇	航行中	(図 3.1.1) ³
	2007.1	伊良湖沖	海門（中国）	晴	航行中	
	2007.3	木更津港内	上海（中国）	曇	荷役中	バッテリー、灯油缶、布、紙、タイヤ、プラスチック
	2007.4	塩釜港内	海門（中国）	雨	荷役中	家電、モーター、電線、バッテリー (図 3.1.2) ²
	2007.11	若松港内	海門（中国）	晴	荷役中	石油ストーブ、燃料タンク、ノートパソコン
	2007.12	姫路港内	海門（中国）	曇	荷役中	モーター、発電機、電線、プラスチック、バッテリー
陸上 火災	2005.10*	横浜市	中国	曇	保管中 (コンテナ)	
	2006.4	船橋市		曇	荷役中	バッテリー
	2006.5*	横浜市	中国	曇	保管中 (コンテナ)	高濃度の亜鉛が存在 (図 3.1.3~3.1.6) ⁴
	2006.6	松山市		雨	保管中	バッテリー (図 3.1.7、3.1.8) ⁵
	2006.12	川崎市		曇	保管中	バッテリー、灯油タンク、発電機、ポリ容器、タイヤ

表 3.1.4 2008 年～2011 年 3 月に発生を確認した金属スクラップ火災の状況

	年月	場所	仕向地	天候	状態	確認された主な混在物 ⁶
船舶 火災	2008.3	門司沖	中国（海門）	曇	航行中	バッテリー、エアコン、パソコン、灯油タンク、家電製品、プラスチック類
	2008.10	大阪港内	中国（寧波）	晴	荷役中	バッテリー、コード、樹脂
	2008.11	東京港内	中国(海門)	晴	荷役中	
	2009.6	阪南港内 (図 3.1.9) ³	中国(寧波)	曇	保管中	灯油タンク、プラスチック類、電線、電池類
	2010.2	千葉港内	中国（海門）	曇	荷役中	プラスチック類、電線
	2010.2	福岡港内	中国（海門）	晴	荷役中	家電製品

³ 写真提供：海上保安庁（第 3 章の中で脚注番号は共通）

⁴ 写真提供：横浜市

⁵ 写真提供：松山市

⁶ 現場調査及び聞き取り調査結果による（空欄は聞き取り調査で混在物が不明であったもの）

		(図 3.1.11) ³				
	2010.4	新潟港内	中国 (海門)	晴	荷役中	電線、家電製品、灯油タンク、バッテリー
	2010.4	東京港内	中国 (海門)	雨	荷役中	プラスチック類、プリンタトナー、基板、電池類
	2010.6	横浜港内	中国 (寧波)	曇	保管中	プラスチック類、電池類
	2010.9	名古屋港内	中国 (海門)	晴	荷役中	
	2011.1	川崎港内	中国 (海門)	晴	荷役中	家電製品、プラスチック
	2011.2	東京港内	中国 (海門)	晴	荷役中	
陸 上 火 災	2008.4	貝塚市	中国	曇	荷役中	モーター、家電製品、プラスチック類、バッテリー
	2008.6	泉大津市		雨	不明	
	2009.9	泉大津市 (図 3.1.10) ⁷		晴	荷役中	家電製品、エアコン、パソコン、電線
	2009.5	名古屋港内		晴	荷役中	灯油タンク、バッテリー
	2009.10	広島港内		曇	保管中	
	2010.5	八尾市		晴	荷役中	家電製品、合成樹脂、ケーブル、バイク
	2010.7	直江津港内		曇	荷役中	
	2010.8	大阪府 (トラック内)		晴	搬送中	バッテリー
	2010.9	広島港内 (図 3.1.12) ⁸		晴	荷役中	家電製品、合成樹脂、電線



図 3.1.1 伊豆大島沖火災 (2006.12)



図 3.1.2 塩釜港内火災 (2007.4)

⁷ 写真提供：泉大津市

⁸ 写真提供：広島市



図 3.1.3 爆発を起こしたコンテナ
(横浜市 2006.5)



図 3.1.4 コンテナ内部



図 3.1.5 コンテナ内部



図 3.1.6 コンテナ内部



図 3.1.7 松山市での火災 (2006.6)



図 3.1.8 火災が発生した集積場



図 3.1.9 阪南港内火災 (2009.6)



図 3.1.10 泉大津市港湾施設火災 (2009.9)



図 3.1.11 福岡港内船舶火災 (2010.2)



図 3.1.12 広島港内陸上施設火災 (2010.9)

2008年～2011年3月に火災発生を確認した21件の調査結果をとりまとめると、以下のとおりである。

(1) 出火時の天候

晴が12件、曇が7件、雨が2件であった。湿度の高いときに火災が生じやすいとする作業者の意見も一部で聞かれたが、全体のデータからは火災発生と天候との関連性は低いと考えられる。

(2) 貨物の品名

インボイスなどに記載されている貨物の品名がわかったケースは12件あった。最も多かったのはミックスメタル (Mixed Metal Scrap など英語名を含む)、または雑品という用語を用いているものでそれぞれ7件、5件ずつ (重複を含む) であった。

また、「モータ、・・・などの金属類を主とするスクラップ」のように例示を含む表記もみられた。具体的な品目がわかった例としては、モータ、配電盤がともに8件、ラジエターが5件、電線・ケーブル・被覆銅線類がともに4件、給湯器・湯沸かし器が2件などであった。これらは実際に現場でもよく見られるのに加えて、産業系 (解体系) スクラップの典型的な品目となってい

るといえる。しかし、第2章でも検討したように、様々な家電製品などの家庭系スクラップも多く見られる場合もある。

HSコードについては、輸出業者や荷主が認識していないことが多く、容易に判明しないことが多い。判明した6件の中では、5件で7204.49900（鉄スクラップのうち、「その他の鉄スクラップ」）、1件は7404.00000（銅スクラップ）であった。火災発生事例以外のヒアリング調査状況と合わせて考えると、ほとんどの金属スクラップは第2章でも検討したように、通関上は7204.49900として取引されているものとみられる。

(3) 金属スクラップ中の混在物

出火した金属スクラップ中の混在物が確認できた事例は15件であり、そのすべての事例でプラスチック類、家電類、灯油タンク、電線など多数の可燃物の混在を確認した。また、焼損した金属スクラップを調査した7件の事例のうち、6件で鉛バッテリーや電池類（リチウム電池、リチウムイオン電池、乾電池）を確認した。

(4) 船舶・積載量

船籍が判明した船舶火災12件のうち、カンボジア8件、ベリーズ2件、中国・シエラレオネが各1件である。乗組員はほとんどが中国人であるが、中国船籍の事例は極めて少ない。

総トン数は、船舶火災の12件で平均1,430トン（最小1,097、最大2,327トン）である。これに陸上火災で積載予定量が判明した3件を加えた15件について、平均1,101トン（最小753トン、最大1,650トン）と1,100トン程度の金属スクラップが積載または予定されていたものである。

船舶の種類は、判明した16件（船舶火災12件、陸上火災4件）すべてでバラ積み船であった。ただし、まれにコンテナ船の場合もあり、2007年以前には金属スクラップを積載したコンテナが爆発事故を発生した事例もあった。

(5) 仕向地

仕向け先が判明した16件（船舶火災12件、陸上火災4件）ではいずれも中国であり、このうち10件が海門（台州）、5件が寧波となっている。浙江省の台州、寧波で金属スクラップのリサイクルが盛んであることを反映したものであると考えられる。

(6) 中国での利用

中国での利用方法は7件についてわかったが、いずれも解体を経た後に金属回収されるものとみられた。解体の大半は手解体であるが、機械も明記されているケースが2件あった。

なお、中国の環境保護部・検験総局・海関など輸入品検査に関係する政府当局、金属スクラップ輸入・リサイクル業者、リサイクルにかかる大学・研究者など、研究期間中に様々な関係者に対して、研究期間中に金属スクラップ火災についてヒアリング調査を行ってきた。しかしながら、日本で金属スクラップ火災が発生している状況については認知されていなかった。また、中国の輸入後においても火災を発生するケースがあるかどうかは不明であり、少なくとも前述の関係者から認識されているという話を聞くことはできなかった。

(7) 出火時の作業状況

火災発生時の状態が判明したのは20件であり、荷役中（クレーンなどの重機を使用してスクラップを移動、または船倉に積込み中）が15件、保管中が3件、輸送中（トラック搬送中、船舶の航行中）が2件であった。保管中の事例にあっても出火前12時間以内に何らかの作業が行われていたことから、火災発生は金属スクラップの長期間集積よりも荷役等の作業が要因となっている可能性がある。

(8) 消火活動の状況

① 鎮火までに要した時間

火災覚知から鎮火までに要した時間は、最短が消防機関到着前に自力消火した事例であり、最長は鎮火までに約40時間を要した航行中の船舶火災事例であった。陸上施設火災では最長で鎮火までに約12時間を要した。14件の事例で鎮火までに3時間以上を要していた。

② 消火方法

消火方法が判明した事例20件のうち、泡消火剤を使用（放水と併用）した事例が7件であり、それ以外は放水により消火していた。船舶火災の4件では冷却目的で船体外側への放水（船体冷却）を併用していた。

泡消火剤の使用については各事例で評価が異なった。船舶の船倉内に高発泡タイプを使用した事例と陸上施設でスクラップをベニヤ板で囲い高発泡タイプを使用した事例では、消火時間の短縮に一定の効果が認められたと考えられる。

航行中を除くほとんどの事例で、重機等によりスクラップを移動しながら消火していた。スペースが制限されて移動できなかった事例1件では、鎮火までに約12時間を要したことから、重機等によるスクラップの移動は消火時間短縮に効果があると考えられた。

ヘリコプターを利用して放水を行った事例が1件あったが、顕著な効果は認められなかった。

(9) 出火原因

出火原因が特定された事例は2件のみであり、いずれも鉛バッテリーの短絡が原因とされた。また、現場関係者により推定された出火原因としては、バッテリーの短絡が5件、金属と雨水による発熱が2件、金属接触による火花が2件であり、10件は原因が不明であった。

(10) 火災防止に係る状況

本研究を開始した2008年度以降は、金属スクラップ火災による人的被害は報告されておらず、焼損後の金属スクラップの商品価値もほとんど変わらないといわれている。これまでのところ、煙や煤などによる周辺への影響も甚大なものとはなっていない。そのため、金属スクラップ輸出にかかる当事者の被害意識がそれほど大きくない一方で、消火活動にかかる経費や労力が多大となっている状況が見受けられた。

このようななか、関係者に対する聞き取りを行ったところ、金属スクラップ火災の防止方策として、以下の例があった。

- ① 過去に火災が発生した後、集積場でのスクラップの山を一定の高さ以下にしたり分割するようになったところ、その後発生した火災では延焼が少なかった。
- ② スクラップを高いところから落とさないように注意する。

③ スクラップに水を散布しながら積み込んでいる。

ただし、上記③については金属と水の反応による発熱の可能性があることと、2011年1月に改正された特殊貨物船舶運送規則に定めるその他の固体ばら積み物質（金属くず）の積載方法との関係に注意しなければならない。これについては、3.3で後述する。

3.1.2 陸上における金属スクラップの保管状況

金属スクラップは船舶や陸上施設で火災を発生した場合には、消防当局による現場検証を含めて、火災原因に関する一定の調査が行われる。また、輸出にあたっては主に船積み前の港湾施設において、バーゼル法の規制対象となる特定有害廃棄物等に当たらないかなどを確認するための税関による貨物検査や、中国当局の規定に基づく船積み前検査が行われる。

しかしながら、輸出手続きに至る前の陸上施設における保管段階においては、火災発生に至ったり、許可業者以外が廃棄物を取り扱っている疑いがあるなどの特別な事情がない限り、取扱い業者に対する行政機関による立入りなどは行われない。一方で、保管場所は高い塀が築かれていて、金属スクラップの保管状況が周囲からはわからないことが多い。

このため、大阪府貝塚市消防本部と大阪市消防本部の協力を受け、2010年10月に上空からヘリコプターによって、大阪府内の金属スクラップの保管状況を調査することができた。特に大阪府の八尾市付近から泉南地域南部にかけて調査を行った結果、八尾市と周辺市の外環状線沿線と、泉南のやや山側の地域には多数の保管場所があり、二大集積地点となっている可能性がある。

表 3.1.5 には、廃棄物処理法違反で廃業となった1箇所を含め、9箇所の確認された保管場所の例を示す。図 3.1.13 には保管場所の写真の例を示す。内部の詳細まで把握できなかったが、次のような特徴がみられた。これらは概ね第2章の検討内容からも補強される。

- ・集積対象は、家庭系と産業系（解体系）スクラップに大まかに分かれているもようである。
- ・冷蔵庫・洗濯機をはじめとする家庭系スクラップが確認された。一部は破砕を行っていると思われる。
- ・ユンボによって解体・選別を行っている集積業者が半数程度見られた。廃棄物処分業許可の有無と合わせて検討する必要がある。



(1) 冷蔵庫



(2) バッテリー、自転車など

図 3.1.13 泉南地域の金属スクラップ保管場所の例

表 3.1.5 上空からの調査で確認された大阪府内の金属スクラップ保管場所の例

	所在地	視察の状況	備考
1	八尾市	家庭系スクラップ全般とみられる	2010年5月に火災（バイク破砕時の鉛バッテリー破損によるものとみられる）。
2	八尾市	敷地狭く、屋根あるため詳細不明	
3	八尾市	産業・解体系スクラップやエアコンが大半か。場内で解体・選別を行っているもよう。	
4	八尾市	更地	2010年3月に廃棄物処理法違反で逮捕、8月に有罪判決
5	羽曳野市	場内で解体・選別を行っているもよう。バッテリーらしきものあり。	
6	藤井寺市	自転車が多数。 その他家庭系スクラップ、バッテリーやモニタと疑われるものもあるとみられる。	
7	和泉市	規模大。 冷蔵庫の破砕を行っているとみられる。	
8	岸和田市	産業・解体系スクラップやエアコンが大半か。場内で解体・選別を行っているもよう。	
9	貝塚市	規模大。 冷蔵庫・洗濯機とみられる家電（中古かスクラップ用途か不明）、バッテリーや多数のスクラップを保管。	

3.1.3 火災原因の事例解析

著者らは、2008～2010年に発生した火災事例のうち11件の現地調査等を実施し、そのうちの7例は以下のとおりであった。

① 2008.3.発生事例（門司沖）（図3.1.14、3.1.15）²

カンボジア船籍の貨物船S号（1,195トン）が、尼崎港にて金属スクラップ753トンを積載、出港後約30時間経過した時点（門司沖航行中）で、船倉内前方から白煙を生じ出火したもので、船倉への海水注入及び船体冷却により消火した事例である。

消火後、船倉内前方に積載された金属スクラップをクレーン車等により除去したところ、船倉前面に変色が認められ（図3.1.16）²、比較的深い位置からの出火と推測されたが、発火源と思われる物件は確認できなかった。積荷の金属スクラップ中には、バッテリー、パソコン類、家電類、電線類、灯油タンク、プラスチック類が含まれていた（図3.1.17～3.1.19）。



図 3.1.14 S号火災の状況
（赤外線写真）



図 3.1.15 消火作業



図 3.1.16 船倉の変色状況



図 3.1.17 灯油タンク



図 3.1.18 バッテリー



図 3.1.19 パソコン類

船倉前面変色部に付着した樹脂様のもの（試料1）、焼損の激しい物件（試料2）及び積荷に混在していた樹脂製ホース（試料3）を参考試料として採取した（図3.1.20～3.1.22）。

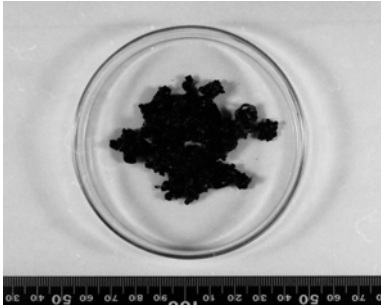


図 3.1.20 樹脂様のもの
(試料 1)



図 3.1.21 焼損物件
(試料 2)



図 3.1.22 ホース
(試料 3)

② 2008.10.発生事例（大阪港内）（図 3.1.23、3.1.24）²

カンボジア船籍の貨物船 S.X 号（1,215 トン）が、大阪港内の岸壁に着岸し、金属スクラップ約 100 トンを積み込んだ時点で出火したもので、クレーンによりスクラップを岸壁上に陸揚げして消火した事例である。

消火後にヤードに保管されていた金属スクラップを調査したが、発火源と思われる物件は確認できなかった。積荷の金属スクラップには、バッテリー、コード類、樹脂類が含まれていた（図 3.1.25）。



図 3.1.23 S.X 号



図 3.1.24 消火後の状況



図 3.1.25 バッテリー

焼損の激しかったコンデンサー様のもの（試料 4）、樹脂様のもの（試料 5）、電線被覆（試料 6）を参考試料として採取した（図 3.1.26～3.1.28）。



図 3.1.26 コンデンサー様のもの
(試料 4)

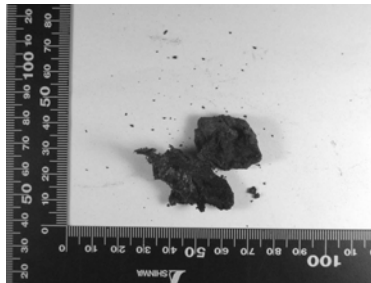


図 3.1.27 樹脂様のもの
(試料 5)

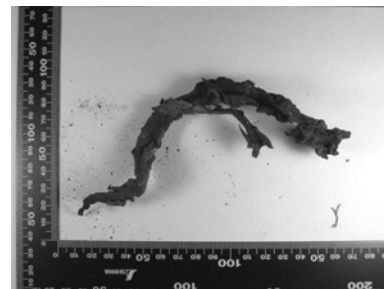


図 3.1.28 電線被覆
(試料 6)

③ 2009.6 発生事例（阪南港内）

カンボジア船籍の貨物船 S.Y 号（1,483 トン）が、阪南港内の岸壁に着岸中に出火した事例である。S.Y 号は、火災発生の前日に金属スクラップ約 800 トンを積み込み、翌日積み込みを再開する予定として一旦荷役を中断し、ハッチを開放したままにしていたところ、深夜になって船倉内から出火したもので、クレーンにより一部スクラップを岸壁上に陸揚げしながら消防、海保により消火した。

消火後に、焼損した船倉内の金属スクラップを調査したが、発火源と思われる物件は確認できなかった。積荷の金属スクラップには、プラスチック類、エアコン室外機（アルミラジエータ）、灯油タンク、電池が含まれていた（図 3.1.29～3.1.34）。



図 3.1.29 調査状況



図 3.1.30 プラスチック類



図 3.1.31 アルミラジエータ



図 3.1.32 基板類



図 3.1.33 灯油タンク



図 3.1.34 電池、リモコン類

④ 2010.2.発生事例（千葉港内）

カンボジア船籍の貨物船 T.X 号（1,496 トン）が、千葉港内の岸壁に着岸中に出火した事例である。T.X 号は、金属スクラップ約 700 トンを積み込んだ時点で、船倉中央部に山積みにしたスクラップを重機で均した部分から発煙を認めたことから、発煙部を岸壁上に陸揚げして消火した。

この火災は、乗組員の消火作業により短時間で鎮火された（消防、海保職員の現場到着時にはすでに鎮火済みであった）ことから、ほとんど延焼がなく、発煙は廃ゴルフカート（屋根、シート、エンジン、燃料タンクを取り外した車体下部）からであったことがほぼ特定された。（図 3.1.35、3.1.36）¹

消火後、荷主のヤードに保管されていたゴルフカートを調査したところ、バッテリー架台付近のケーブル類の焼損が最も強く、それ以外の場所はほとんど燃えていなかった。このため、火災の原因はバッテリー架台付近のケーブルに何らかの要因で瞬間的に着火したことによると考えられる。また、バッテリー架台の近くにはオイルタンクがあり、蓋が開いて油が漏出していたこと

から、ケーブルには漏出した油が付着していた可能性もある（図 3.1.37～3.1.39）。なお、この油を採取して分析したところ潤滑油であった。



図 3.1.35 T.X 号
(鎮火直後)



図 3.1.36 廃ゴルフカート
(鎮火直後)



図 3.1.37 荷主保管の
廃ゴルフカート



図 3.1.38 バッテリー架台
付近 (焼けが強い)



図 3.1.39 オイルタンク

この事例について、火源としては次の可能性が考えられた。

- ・金属どうしの接触による火花

発煙の直前に廃ゴルフカートを重機で移動する作業をしており、この衝撃で火花が発生した可能性が考えられる。潤滑油の引火点は一般的に高く、ケーブルは難燃性であることから、火花では容易に引火しないが、可能性は否定できない。

- ・バッテリーの短絡

現場調査時には、廃ゴルフカートのバッテリー架台にバッテリーはなかったが、架台の状態や各端子の残存状況から出火時にはバッテリーがあったことが推測され、消火作業などに伴って重機で移動した際に脱落した可能性が考えられた。廃ゴルフカートにバッテリーが設置された状態だったと仮定すると、発煙直前の重機作業でバッテリー電極端子付近に金属が接触して短絡がおこり、スパークが連続的に発生し、ケーブルに着火するだけのエネルギーを発生した可能性が考えられる。

⑤ 2010.4 発生事例（新潟港内）

中国船籍の貨物船（1,590 トン）が、港内の岸壁に着岸中に出火した事例である。火災発生の前日に船倉に積み込んだ金属スクラップ約 600 トンの上に重機を乗せ、スクラップを均す作業をしていたところ、重機が通ったところから発煙したもので、重機等により一部スクラップを岸壁上に陸揚げしながら放水消火した（図 3.1.40）³。

消火後に、焼損したスクラップを調査したところ、配電盤や電線類が多く含まれ、家電製品、樹脂類、灯油タンクも混在していた（図 3.1.41～3.1.43）。関係者から聞き取りの結果、出火元は重機の下にあった無停電電源装置（UPS）であるとして、焼損の激しい UPS と思われるものが示された（図 3.1.44）。この UPS 付近には鉛バッテリーを確認できなかったが、スクラップの中には他にも UPS の混在が確認され、鉛バッテリーが付属していた（図 3.1.45）。また、消火の際に燃えているスクラップを重機で移動していることから、示された UPS は消火中に鉛バッテリーが外れたものである可能性が高く、この火災の原因は重機によりスクラップを圧したために混在していた UPS の鉛バッテリーが短絡して火花を発生し、周囲の可燃物に引火したものと考えられる。



図 3.1.40 消火状況



図 3.1.41 スクラップの状況



図 3.1.42 エアコン用
ラジエータ



図 3.1.43 灯油タンク



図 3.1.44 出火元と
された UPS



図 3.1.45 混在していた UPS
(バッテリー有)

⑥ 2010.4.発生事例（東京港内）

カンボジア船籍の貨物船（1,494 トン）が、港内の岸壁に着岸中に出火した事例である。トラックから重機で直接船倉に積み込む方法で金属スクラップ約 700 トンを積み込んだ時点で船倉内のスクラップから発煙を認めたものである。重機により一部スクラップを岸壁に陸揚げしながら消防、海保により消火した。この火災では、放水消火のほか、高発泡タイプの泡消火を行った（図 3.1.46、3.1.47）³。

消火後に、陸揚げされた焼損の激しい部分を調査したところ、スクラップ中にはモータ、ラジエータなどが多く含まれ、トナーを含むプリンタや UPS と思われるもの（バッテリー付属）が混在していた（図 3.1.48～3.1.51）が、出火元は特定できなかった。



図 3.1.46 火災の状況



図 3.1.47 高発泡タイプ
泡消火の状況



図 3.1.48 陸揚げされた
スクラップ



図 3.1.49 モーター、
アルミ放熱板



図 3.1.50 こぼれたトナー



図 3.1.51 UPS(?)
(バッテリー付属)

⑦ 2010.6.発生事例（横浜港内）

カンボジア船籍の貨物船（1,193 トン）が、港内の岸壁に着岸中に出火した事例である。船倉に金属スクラップ約 700 トンを積み込んだ時点で夕刻となり、明朝再開する予定で一旦作業を中断しハッチを開放したままにしていたところ、深夜になって異臭がし、スクラップからの発煙を認めたものである。重機により一部スクラップを陸揚げしながら消防、海保により消火した（図 3.1.52）³。

消火後に、陸揚げされた焼損の激しい部分を調査したところ、スクラップ中には、モーター、ラジエータなどが多く含まれ、焼け焦げた電池類が混在していた（図 3.1.53～3.1.55）が、出火元は特定できなかった。



図 3.1.52 火災の状況



図 3.1.53 アルミ放熱板



図 3.1.54 焼け焦げた電池



図 3.1.55 電池パック
(電極に溶融アルミ付着)



図 3.1.56 調査時の
船倉の状況

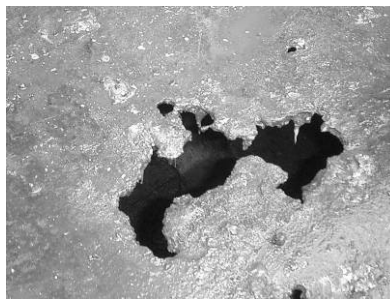


図 3.1.57 船倉の穴

この事例の調査時には、船倉の金属スクラップがすべて岸壁上に陸揚げされた状態であったことから（図 3.1.56）、船倉内を調査したところ、出火場所と推測される位置の船倉底部に小さな穴がいくつかあいていた（図 3.1.57）。関係者によると、これらの穴は出火前にはなかったもので、重機が傷つけたものでもないとのことであった。穴の辺縁は溶けてつららのように垂れ下がっており、また、周囲に溶けた金属片が落ちていたので、これらを参考試料として採取した。

3.1.4 試料の調査

(1) 焼損物件付着物の分析

前項①②の現地調査で採取した参考試料 6 点について、各試料の適量に硝酸を加えて加熱し、付着物を溶出後、濃縮、ろ過、さらに過塩素酸、硝酸を加えて加熱し有機物を分解後、ろ過した。これを硝酸で 50 ml 定量としたものを分析試料として、誘導結合プラズマ (ICP) 発光分析を行い、試料表面に付着している金属成分の存在量を測定した（表 3.1.6）⁹。

表 3.1.6 各試料の表面に付着した主な元素の存在量 (mg)

No.	事例	試料	試料の 大きさ	Na	Al	Cu	Fe	Pb	Li
1		樹脂様のもの	約 3g	50	850	26	5.5	0.4	0.1
2	①	焼損物件	約 5cm 角	16	435	18	4.4	1.5	0.1
3		ホース	約 10cm 長	35	135	20	5	0.3	0.1
4		コンデンサー	約 10cm 角	8.5	26.5	1.9	0.4	0.6	0.02
5	②	樹脂様のもの	約 5cm 角	4.8	3.25	0.2	0.5	0.01	0.01
6		電線被覆	約 3cm 長	7	75	10	3.9	0.4	0.04
参考：海水 50ml 中の存在量				525	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01

測定条件等は以下のとおりであり、定量には装置内蔵の検量線による簡易定量法を使用した。

使用機器：島津製作所社製シーケンシャル形プラズマ発光分析装置 ICPS-7500 型

測定条件：測定波長 160～458 nm

⁹ 比較的多量に検出した元素 4 種、及び参考として鉛、リチウムについて、試料表面の存在量を記載した。海水中の元素存在量は、化学大辞典による。

この結果、試料5を除き、アルミニウムが顕著に検出されたが、火災発生との関連性は不明である。また、鉛、リチウムはほとんど検出されなかったが、鉛蓄電池、リチウム電池と火災の関連性を否定するものではないと考える。

(2) スクラップに混在する物件の分析

第2章の品目調査において、金属スクラップ中に混在していた物件のうち、外観から可燃物と推測される物件9点（試料A～I）（図3.1.58～3.1.66）を採取し、それぞれの成分を分析した（表3.1.7）。



図 3.1.58 褐色布状のもの
（試料 A）



図 3.1.59 白色布状のもの
（試料 B）

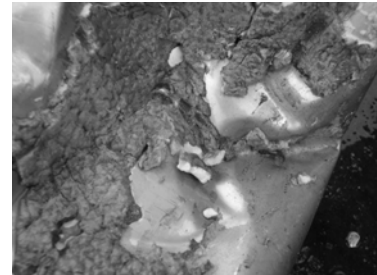


図 3.1.60 黄色樹脂様
のもの（試料 C）



図 3.1.61 黄色樹脂様
のもの（試料 D）



図 3.1.62 黒色樹脂様
のもの（試料 E）

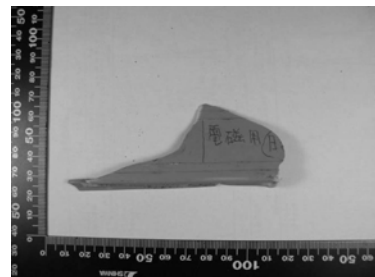


図 3.1.63 灰色樹脂様
のもの（試料 F）



図 3.1.64 電線被覆
（試料 G）



図 3.1.65 発電機給油口
フィルター（試料 H）



図 3.1.66 発電機オイル
フィルター（試料 I）

表 3.1.7 確認された各物件の成分

No.	物件の状態	推定される成分
A	褐色布状のもの	ポリプロピレン系合成樹脂
B	白色布状のもの	ポリエチレン系合成樹脂
C	黄色樹脂様のもの	ポリウレタン系合成樹脂
D	黄色樹脂様のもの	ロックウール
E	黒色樹脂様のもの	ポリアクリルアミド系合成樹脂
F	灰色樹脂様のもの	塩化ビニル系合成樹脂
G	電線被覆（緑色のもの）	塩化ビニル系合成樹脂
H	発電機給油口フィルター付着物	ガソリン
I	発電機オイルフィルター付着物	軽油

試料 A～G については、樹脂様の外観であることから、赤外分光分析（IR）及び熱分解ガスクロマトグラフィー（Py-GC）により物件の成分を確認し、試料 H、I は油分と思われることから、n-ヘキサン可溶分を抽出し、IR 及びガスクロマトグラフィー（GC）を行い、その油種を確認した。使用した装置、測定条件は以下のとおりである。

- IR 装置：SENSIR Technology 社製フーリエ変換赤外分光光度計 TravellIR 型
 条件：測定方法：全反射法
 測定範囲：4000～640cm⁻¹
- Py-GC 装置：島津製作所製ガスクロマトグラフ GC2010 型
 フロンティア・ラボ社製熱分解装置 PY-2020D 型
 条件：ガスクロマトグラフ
 検出器：FID
 カラム：DB5-ms（長さ 30m、内径 0.25mm、膜厚 0.25 μm）
 カラム槽温度：40℃（10min.） - （10℃/min） - 300℃（20min.）
 キャリアガス：He 1ml/min（スプリット比 50:1）
 熱分解装置
 加熱炉温度：600℃
 インターフェース温度：300℃
- GC 装置：島津製作所製ガスクロマトグラフ GC-17A 型
 条件：検出器：FID
 カラム：CBP1-W25-100（長さ 25m、内径 0.53mm、膜厚 0.25 μm）
 カラム槽温度：80℃（2min.） - （6℃/min） - 310℃（20min.）
 キャリアガス：He 9ml/min（スプリットレス）

この結果、試料 D（ロックウール）を除き、いずれも高分子有機化合物であり、金属スクラップ中には多種にわたる可燃性物質が混在していることが確認された。

図 3.1.67、3.1.68 に試料 A の赤外吸収スペクトル、パイログラム、図 3.1.69、3.1.70 に試料 I の赤外吸収スペクトル、ガスクロマトグラフを例示する。

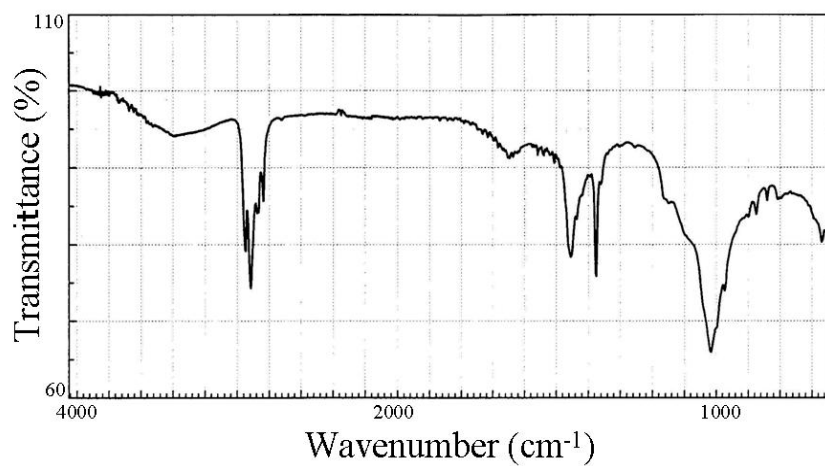


図 3.1.67 試料 A の赤外吸収スペクトル

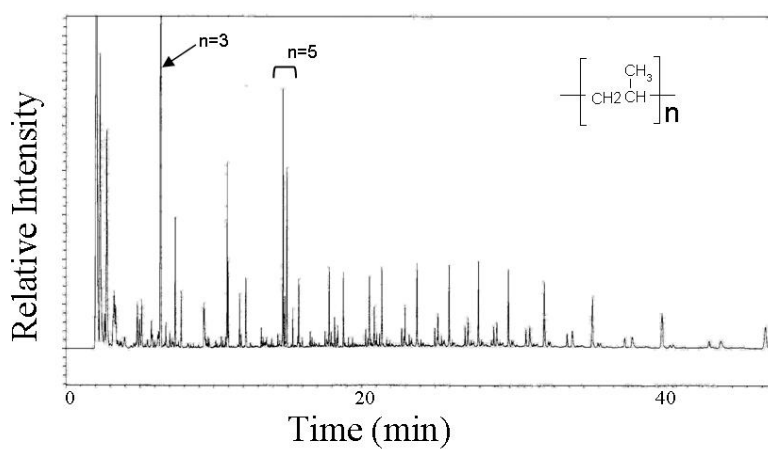


図 3.1.68 試料 A のパイログラム

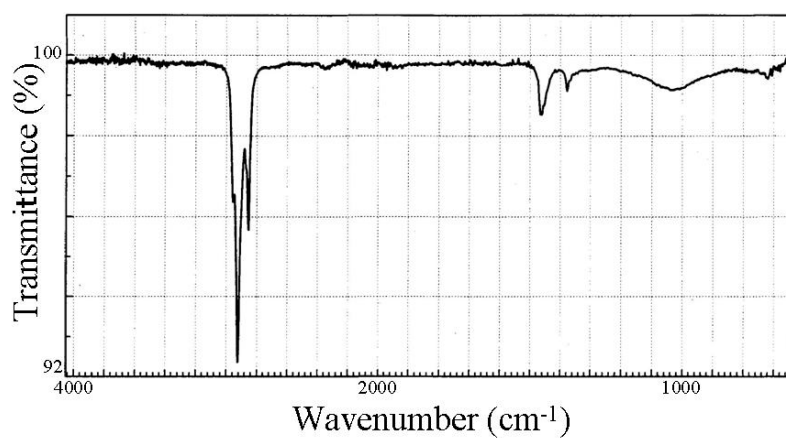


図 3.1.69 試料 I の赤外吸収スペクトル

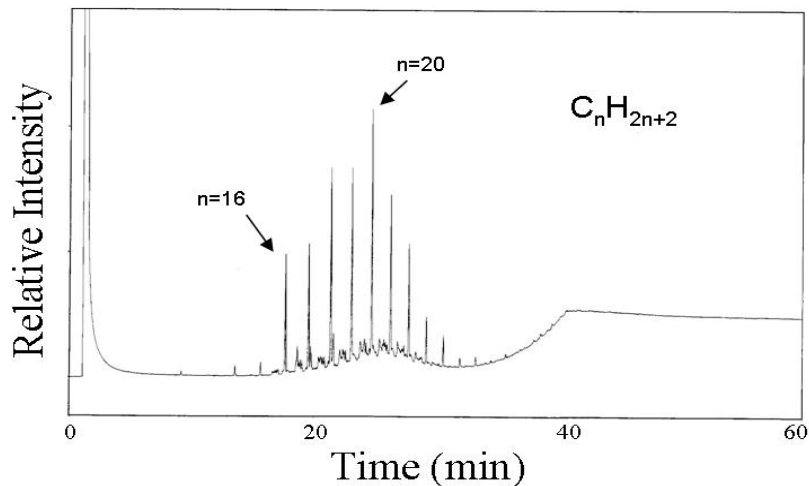


図 3.1.70 試料 I のガスクロマトグラム

(3) 金属スクラップに混在する電池の残電圧測定

第 2 章の品目調査において、金属スクラップ中に多数混在していた電池類について、残っている電圧を測定した（表 3.1.8）。

表 3.1.8 主な混在電池類の種類と最大電圧

電池の種類		最大電圧
乾電池	マンガン(単一～単四)	1.5
	アルカリ(単一～単四)	1.5
	アルカリ9V	9
ニカド電池		12
リチウムイオン電池		2.9
リチウムボタン電池		3

電池類のほぼ 9 割に電圧が残っており、12V の電圧を残していたニカド電池もあった。

この結果から、金属スクラップ中に混在する電池類には高い確率で電圧が残されており、荷役作業などで金属スクラップが圧縮、破碎された場合には金属の接触による外部短絡や金属の貫通による内部短絡によるスパーク発生や発熱の危険性がある。

(4) 金属スクラップ荷役時に発生する粉塵の分析

第 2 章の品目調査において、金属スクラップ中に混在していた古い FAX にはトナーと思われる黒い粉が付着していた。また、プリンタ用のトナーカートリッジも混在していたことから、これらの粉を採取し、電子顕微鏡により外観観察を行った（図 3.1.71～3.1.75）。

また、3.2.3 で行った落下実験において、エアコン用ラジエータを落下させた時に生じた塵（2 回分）を採取し、電子顕微鏡観察を行った（図 3.1.76～3.1.80）。



図 3.1.71 古い FAX

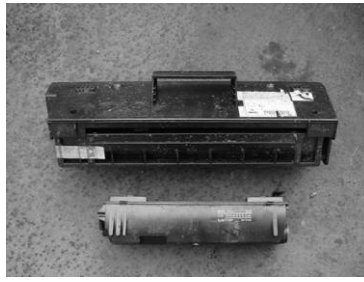


図 3.1.72 トナーカートリッジ

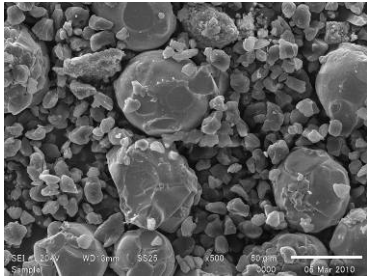


図 3.1.73 電子顕微鏡写真
(古い FAX に付着のトナー)
(倍率：500 倍)

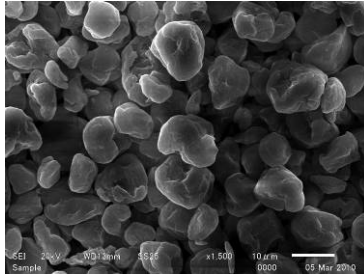


図 3.1.74 電子顕微鏡写真
(エプソン製のトナー)
(倍率：1500 倍)

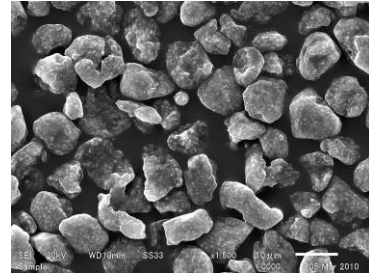


図 3.1.75 電子顕微鏡写真
(中国製のトナー)
(倍率：1500 倍)



図 3.1.76 ラジエータ落下
による塵の発生状況

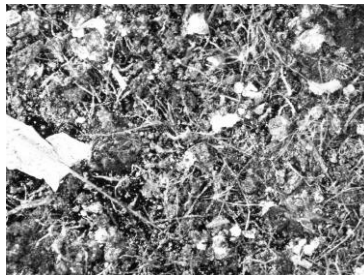


図 3.1.77 塵の拡大写真 1
(倍率：20 倍)

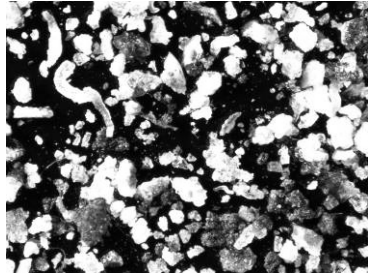


図 3.1.78 塵の拡大写真 2
(倍率：20 倍)

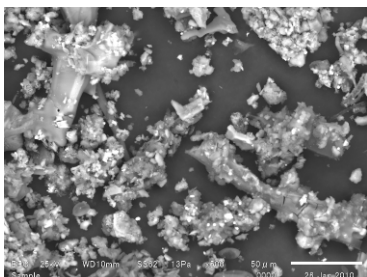


図 3.1.79 電子顕微鏡写真
(塵 1、倍率：500 倍)

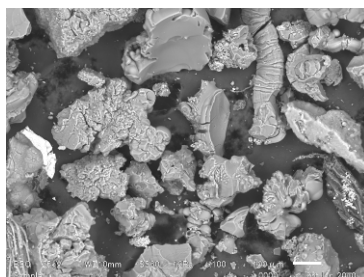


図 3.1.80 電子顕微鏡写真
(塵 2、倍率：100 倍)

さらに、ラジエータ落下時に発生した塵について元素分析を行った。
使用した装置及び元素分析の測定条件は以下のとおりである。

測定機器 日本電子社製分析走査顕微鏡 JSM-6610LA 型

測定条件 加速電圧：25kV

測定時間：15 秒

図 3.1.81、3.1.82 に塵 1、塵 2 の一部から得られた特性 X 線スペクトルを例示する。

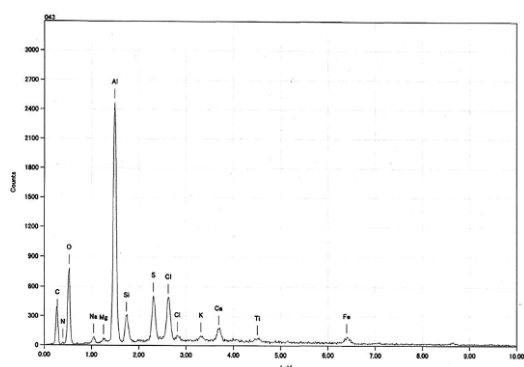


図 3.1.81 塵 1 の特性 X 線スペクトル

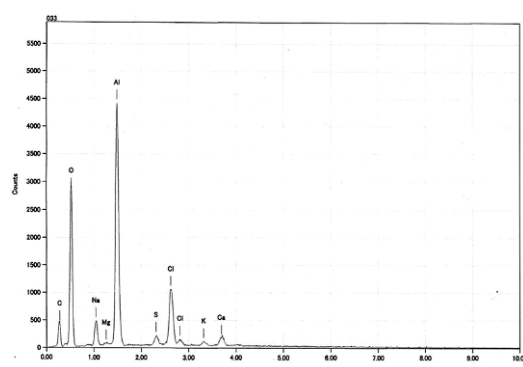


図 3.1.82 塵 2 の特性 X 線スペクトル

塵 1、塵 2 の特性 X 線スペクトルでは、いずれも酸素(O)とアルミニウム(Al)の検出強度が高いことから、ラジエータの素材であるアルミニウムが主に酸化アルミニウムの形となってラジエータ表面に付着していたことが推測される。また、これ以外にも多種の元素が検出されており、拡大写真からも雑多な塵状のものが観察されたことから、金属スクラップの荷役現場では様々な成分の粉塵が発生していると考えられる。

(5) 現場採取サンプルの分析

前項の現地調査事例⑦において採取した、つらら状の部分（参考試料 A（図 3.1.83、3.1.85））及び溶けた金属片（参考試料 B（図 3.1.85））の表面を研磨したところ、いずれも光沢のある金属であったので、これらについて電子顕微鏡観察及び元素分析を行った。



図 3.1.83 船底穴の辺縁部
つらら状の部分 (A)



図 3.1.84 溶けた金属片(B)



図 3.1.85 A の研磨状況
(×8)

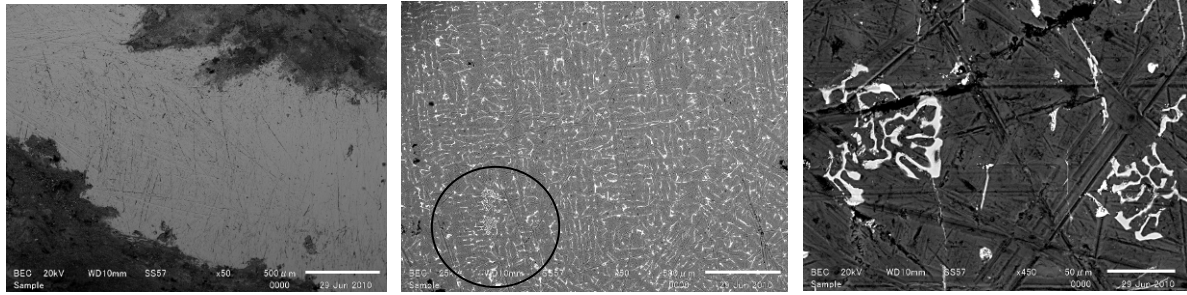
使用した装置及び元素分析の測定条件は以下のとおりである。

測定機器 日本電子社製分析走査顕微鏡 JSM-6610LA 型

測定条件 加速電圧：25kV

測定時間：15 秒

電子顕微鏡により反射電子像（原子番号が大きいほど明るい像が観察される：組成像）を観察した結果、参考試料 A は比較的均一なコントラストであり（図 3.1.86(a)）、参考試料 B は明るい部分と暗い部分が格子柄のようになっていた（図 3.1.86(b)）。また、B の一部には複雑な文様のようにになっている部分もあった（図 3.1.86(b)円内、3.1.86(c)）。



(a) 参考試料 A (×50) (b) 参考試料 B (×50) (c) 参考試料 B (×450)
 (A の暗い部分は研磨していない部分である) (文様部の拡大)

図 3.1.86 参考試料 A、B の電子顕微鏡写真 (組成像)

元素分析の結果、参考試料 A は鉄を主体としており、船倉底の鉄板が溶解したものと推測された。参考試料 B は、格子柄の部分のうち暗い部分はアルミニウムを主体とし、明るい部分は銅を主体としていた。また、文様のような部分は、暗い部分はアルミニウムを主体とし、明るい部分は鉄及びクロムを主体としていた。このことから、参考試料 B はアルミニウムが鉄や銅と溶け合った後に固まったものと推測された。

(6) 金属スクラップ荷役時に発生する粉塵の分析

火災発生事例の現場調査において、激しく焼損したエアコン用ラジエータが頻繁に見受けられることから、ラジエータ付着の塵について熱分析を行った。

H21 年度に行った落下実験において、エアコン用ラジエータを落下させた時に生じた塵について、示差熱/熱重量同時測定 (TG-DTA) を行った結果の例を図 3.1.87 に示す。

使用した装置及び測定条件は以下のとおりである。

測定機器 エスアイアイ・ナノテクノロジー社製 TG/DTA6200N 型

測定条件 昇温速度 : 10 °C/min

試料量 : 約 10 mg

雰囲気 : 空気中

TG/DTA 曲線から、急激な吸熱、発熱は見られないものの、昇温に従って 40%以上の重量減少が見られたことから、エアコン用ラジエータに付着した塵は金属だけではなく有機物を含んでいることがわかった。このため、火災が発生した場合、ラジエータに付着した塵が燃焼することによってラジエータ自体が高温になり延焼の要因となりうると考えられる。

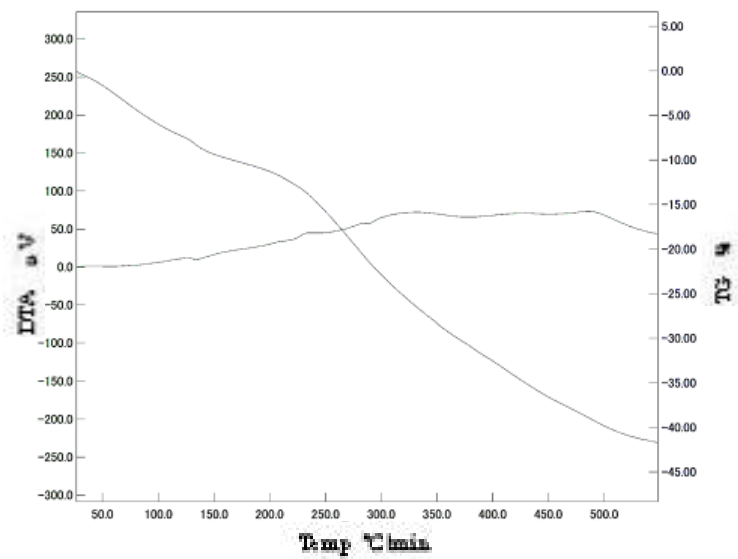


図 3.1.87 塵の TG/DTA の一例

3.2 火災原因の推定、確認実験、調査

3.2.1 火災原因の推定

これまでに発生した火災の状況及び現地調査の結果から、いずれの火災事案も黒煙と異臭を発生しながらの燃焼であること、また、消火後の残渣には有機物が溶融したような状況や油のような付着物を認めたことから、金属スクラップ火災は、金属自体が燃焼しているのではなく、金属スクラップに混在している可燃物の燃焼が主体の火災であると考えられた。

これを踏まえ、火災原因について以下の考察を行った。

(1) 出火の態様

出火の態様としては、以下の3点が考えられる。

- ①何らかの要因で火源が生じ、可燃物に着火、直ちに延焼。
- ②何らかの要因で火源が生じ、これが可燃物に着火後、周囲の状況等により無炎燃焼状態となり、時間経過後に有炎燃焼に移行。
- ③何らかの要因で発熱箇所が生じ、時間経過とともに蓄熱により発火又は可燃物に着火。

過去の事例において最も多い「荷役中」の出火は、②、③の態様によるとは考えがたく、①の態様であると推測され、「集積場に保管中」の火災事例については、②または③の態様である可能性が高いと考えられる。「船舶の航行中」については、集積場の保管と類似した状況ではあるが、船体の揺れや振動によって積荷が移動する可能性がある点が異なっており、これを考慮すると、①、②、③のいずれの態様も可能性があると思われる。

(2) 火源について

金属スクラップの積み込み作業の状況、確認された混在物から考察すると、火源としては以下の可能性が考えられる。なお、放火の可能性については考慮する必要はないと考える。

①金属どうしの接触

金属スクラップの船倉への積み込みや保管場所の移動時には、金属製品のスクラップをクレーン等で掴み、高所から落下させたり、積み重なったスクラップをパワーショベルで押し下したりする。このため、落下や圧縮時に金属どうしが強く接触して、その衝撃で火花が発生する可能性があり、現地調査においても、荷役等作業時には日常的に火花が発生しているという言を関係者から得ている。

ただし、通常の金属接触による火花では常温の高分子物質に引火するほどの着火エネルギーを有していないと推測されるので、周囲に可燃性ガスが存在する等の一定の要件を満たした場合には火源となり得ると考える。

②バッテリー、電池類による電氣的要因

複数の事例で、金属スクラップ中にバッテリーや電池類が確認されており、現地調査時にこれらの残電圧を測定したところ、電圧が残っているものが見受けられた。このことから、バッテリー類の電極端子への金属の接触や塩水等の付着によって、短絡やトラッキングがおり、スパークの発生や発熱の可能性が考えられる。また、コンデンサーについても、電圧を保った状態で混在していれば、接触等で同様の作用を起こす可能性が考えられる。

なお、スパークについては、金属どうしの接触による火花と同様に、一定の要件を満たした場合に火源となり得ると考える。

③金属と酸の反応

現地調査で確認したバッテリー類の中には、破損した鉛蓄電池も見受けられた。鉛蓄電池には電解液として希硫酸が入れられており、破損によって希硫酸が外部に漏出する可能性が考えられる。この際に、金属スクラップ中の金属類と接触することで、反応熱が発生し、これが蓄熱されて火源となる可能性が考えられる。また、金属スクラップの保管場所は屋外（無蓋）の場合がほとんどであることから、雨水と金属類との反応も可能性として否定できない。

④その他

スクラップ中に不飽和油が混在していた場合、酸化熱が発生し、これが蓄熱されて高温となり、火源となる可能性も考えられる。

(3) 燃焼物について

組成調査において、多種類の可燃性物質の混在が確認された。火源が一定のエネルギーを有した時に着火の可能性がある物、及び延焼の過程で引火する可能性のある物として、以下のものが考えられる。

①可燃性液体

スクラップ中には、灯油ストーブや小型発電機が認められたことから、これらに残留していたガソリン等の可燃性液体が蒸発して狭い範囲に充満すれば、着火の可能性が考えられる。また、延焼時には引火する可能性が考えられる。

②可燃性ガス

スクラップ中には圧縮済みの可燃性ガスのボンベが認められたが、仮にガスが入ったままのボンベが存在し、荷役作業等の衝撃によってガスが噴出すれば、着火、引火の可能性が考えられる。

また、鉛蓄電池から漏出した希硫酸と金属類が接触した場合、水素ガスが発生する可能性があり、これが狭い範囲に充満すれば着火の可能性が考えられる。この反応は、水と金属類との接触でも同様の可能性があると考えられ、過去の事例のうち、コンテナの爆発事案（2006.5）では、コンテナ内で金属屑と結露した水分が反応して水素を発生した可能性が指摘されている。

③プラスチック片、紙片、布片、タイヤ、電線

スクラップ中に混在するプラスチック片や紙片、布片、タイヤ、電線の被覆等の高分子物質は、火災が発生すれば、引火して延焼の要因となる可能性が考えられる。

(4) まとめ

以上のことから、金属スクラップ火災は様々な要因が複合して発生しており、すべての火災事例がひとつの原因によるものではないことが推測される。しかしながら、火災が発生するためには燃焼物の存在が不可欠であり、金属スクラップ中に多種の可燃性物質が混在することが火災発生に共通する要因であるのは明らかである。また、鉛蓄電池は電氣的要因として火源となる可能性があるとともに、化学的的要因として着火物となり得る水素ガスの発生に関与する可能性もあることから、鉛蓄電池の混在と火災発生との関連をさらに検討すべきものとする。

3.2.2 電池類の危険性

過去の廃棄物施設等での事故事例やミックスメタル事故調査の結果、火災・事故原因としてリチウム電池や鉛蓄電池が原因となる可能性が高いことが判った。リチウム電池に限らず、電池類は、短絡等や内部破壊があった場合には、火災発生の危険性を有している (Lim et al., 2007)。

電池類には多くの種類があるが、その組成等 (表 3.2.1) から判断して、リチウム電池が、最も危険性が高いことが予想される。そこで、特に、リチウム電池に注目してその発火火災危険性を検討した。

表 3.2.1 主な電池の構成 (一例、インターネット情報から)

電池	陽極	負極	電解液	エネルギー密度	電圧
リチウム電池	二酸化マンガ	リチウム	過塩素酸リチウム+プロピレンカーボネート	280Wh/kg	3V
酸化銀電池	酸化銀	亜鉛	水酸化カリウム	130Wh/kg	1.8V
アルカリ電池	二酸化マンガ	亜鉛	塩化亜鉛	NA	1.5V
リチウムイオン電池	コバルト酸リチウム	グラファイト	6 フッ化リン酸リチウム+炭酸エチレン	160Wh/kg	3.6V
鉛蓄電池	二酸化鉛	鉛	希硫酸	30-40Wh/kg	2.1V

(1) CHETAH による危険性評価 (リチウム電池)

様々な電池類のうち、リチウム電池について検討した。リチウム電池は電解液に酸化剤+可燃性液体の構成をしており、元々、高い危険性を有しており、CHETAH による計算でも一定の混合危険性を有していることが示された (表 3.2.2)。また、電極にもリチウム金属が使われている (リチウム自体、消防法・危険物として高い危険性を有している)。

CHETAH (Chemical Thermodynamic and Energy Release Evaluation Program, Ver. 7.2) とは 米国 ASTM が開発した混合危険性評価プログラムで、以下の 4 つの危険性パラメーターから推定することができる。

- 1) 最大分解熱の大きさ
- 2) 燃焼熱と最大分解熱の差
- 3) 酸素バランス
- 4) Y 値

表 3.2.2 CHETAH7.2 による危険性評価の結果

電解液	最大分解熱 (kcal/g)	燃焼熱-分解熱 (kcal/g)	酸素バランス (%)	Y 値 (kcal ² /molg)
1	-0.438 (medium)	-3.199 (medium)	-106.81 (high)	15.949 (low)
2	-0.467 (medium)	-4.319 (medium)	-144.51 (medium)	16.624 (low)

(2) CHETAH による危険性評価 (リチウムイオン電池)

CHETAH7.2 による危険性評価手法を、リチウムイオン電池電解液に対しても適用した。表 3.2.3 に結果を示す。ここで、Electrolyte(電解液) 1, 2 はリチウム電池、Electrolyte 3 は、リチウムイオン電池である。電解液構成は、インターネット情報を基に典型的な例(LiPF_6 13%+ $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$)を選択した。計算結果は、リチウムイオン電池の電解液はリチウム電池の電解液に比べて、危険性はやや低いことが明らかになった。

CHETAH (Chemical Thermodynamic and Energy Release Evaluation Program)は、米国 ASTM (American Society for Testing and Materials) で開発された化学物質の混合危険性を評価するプログラムで、その化学組成を基に、その最大分解熱、燃焼熱と最大分解熱との差、酸素バランス及び y 限界($y=10 \times (\text{分解熱})^2 \times (\text{物質の分子量})$)から危険性を判定することができる。

表 3.2.3 CHETAH7.2 によるリチウム電池、リチウムイオン電池の危険性評価結果

Electrolyte	Maximum heat of decomposition (kcal/g)	Fuel value - Heat of decomposition (kcal/g)	Oxygen balance (%)	Y
1	-0.438 (Medium)	-3.199 (Medium)	-106.81 (High)	15.949 (Low)
2	-0.467 (Medium)	-4.319 (Medium)	-144.51 (Medium)	16.624 (Low)
3	-0.412 (Medium)	-0.267 (Medium)	-90.841 (High)	14.984 (Low)

(3) 熱分析、熱量測定

電池類の爆発危険性評価のため、MCPVT (小型圧力容器試験) を使って評価試験を行った。同装置は、消防法で採用されている圧力容器試験を改良したもので試料の温度を上げてその時の圧力を測定することで評価を行うものである (Knorr et al., 2007, 図 3.2.1)。実験の結果、他の電池に比べて著しく危険性が高いこと、特に、水が存在した場合や破損している場合に危険性が増加した (図 3.2.2, 3.2.3)。

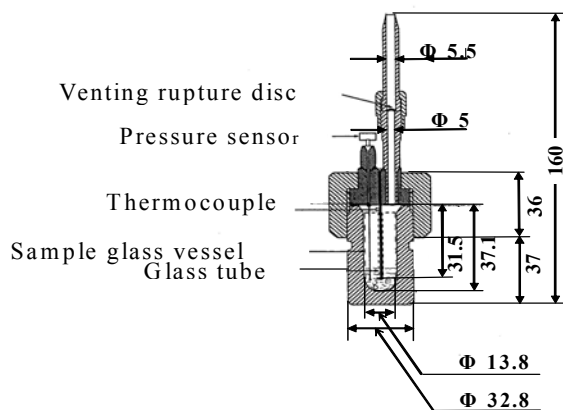


図 3.2.1 MCPVT (小型圧力容器試験装置, Unit:mm) の概要

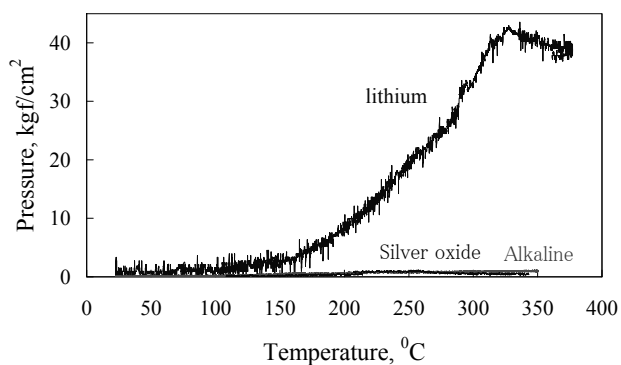


図 3.2.2 リチウム電池、酸化銀電池及びアルカリ電池(いずれも新品)の MCPVT 結果

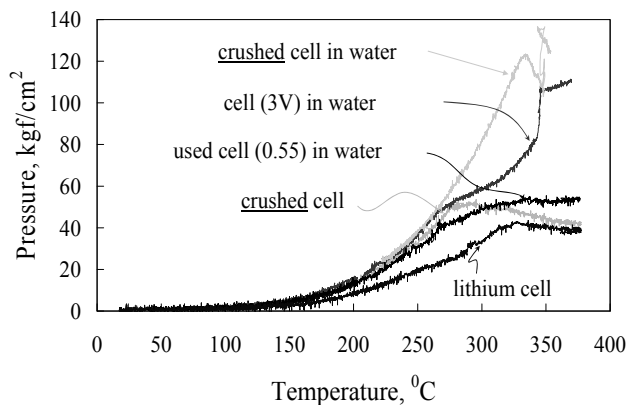


図 3.2.3 リチウム電池の MCPVT 結果(水等の存在の影響、電池破損時の危険性の確認)

金属スクラップと水及び電池の電解液との反応危険性を調べるために、Super CRC を使って実験を行った。Super CRC は米国 Omnicel 社製の反応熱量計であり、図 3.2.4 に示すとおり、試験管サイズの反応容器を用いて攪拌、混合及び反応中の試料添加などで発生する熱流束を測定することができる。

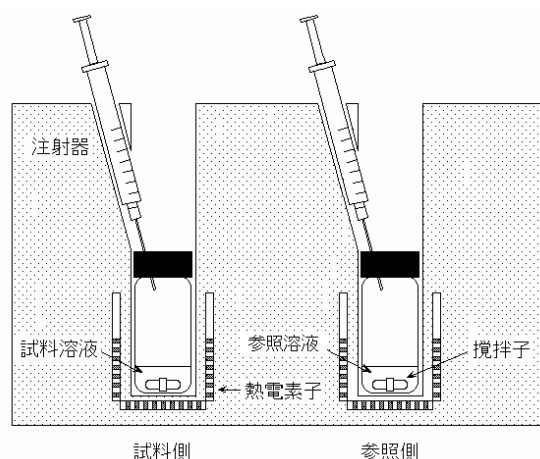


図 3.2.4 Super CRC の概要

この装置では加熱槽中に静置した反応容器中に他の化学物質や反応開始剤などを測定途中で注入することができ、内蔵された磁気攪拌器で攪拌が可能であるから、実際の装置と同様な手順で反応による熱発生挙動を計測することができる。RC-1 と同様な目的で開発された装置であるが、試料量が最大 16ml と少ないことから、より簡易に試験を行うことができ、その分、危険性も少ないことが利点である。標準のガラス製容器の他に、高圧用容器を用いることも可能である。この場合、発熱速度、発熱量、温度の他に圧力のデータが得られる。反応に伴って発生する熱流束はヒートシンク中に試料容器を囲むように埋められているセンサーによって検出される。また、較正用ヒーターによって試料容器の伝熱速度による測定遅れを補正することができる。

Super CRC（高感度熱量計、混合試験用）を使って、横浜市から提供された試料を実験したところ、高い発熱特性を確認した（図 3.2.5）。同試料中には高濃度の亜鉛の存在が確認されている。従って、コンテナ内の金属スクラップ中の亜鉛が水と反応して発熱、また、実験的にも水素を発生することを確認した。したがって、横浜市での爆発事故は、発生した水素の爆発によって起こった可能性が高いことを確認した（消防研究所回答, 2006）。

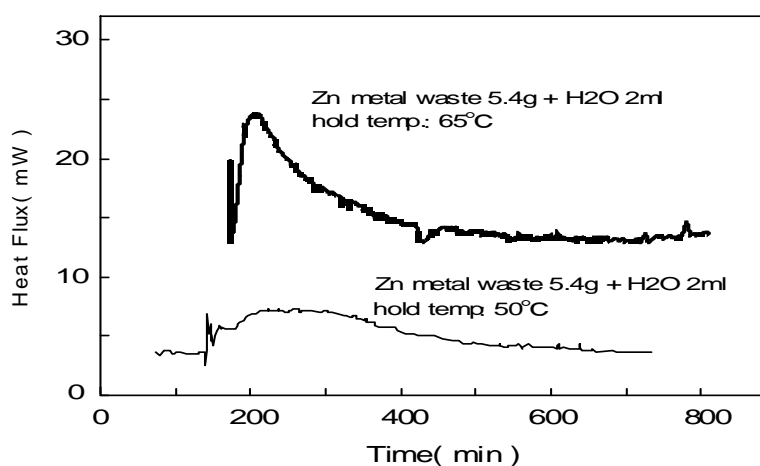


図 3.2.5 Super CRC による結果（スクラップ金属+水）

また、電解液に対して、走査示差熱分析 DSC を適用した。消防法危険物判定方法に基づき、その危険性を評価した。リチウムイオン電池は、消防法・第 5 類危険物の判定線及びリチウム電池の結果より下にあり、危険性は低いことがわかる (図 3.2.6)。

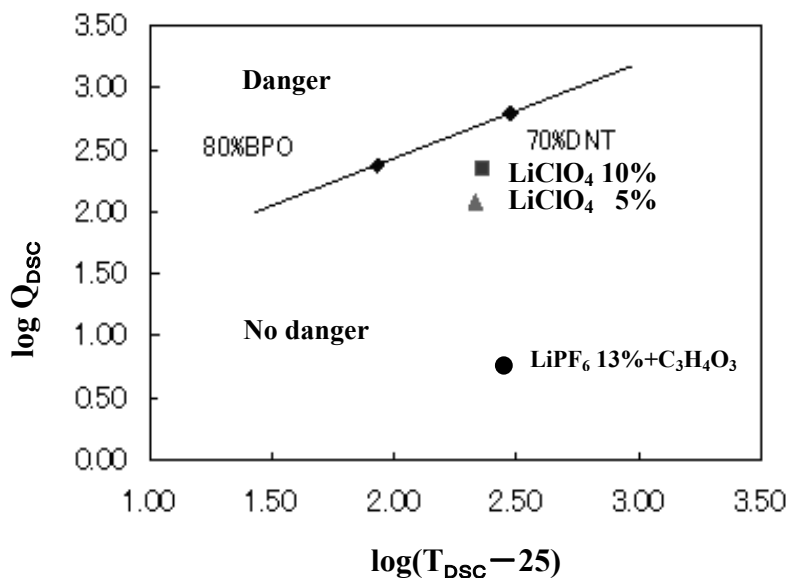
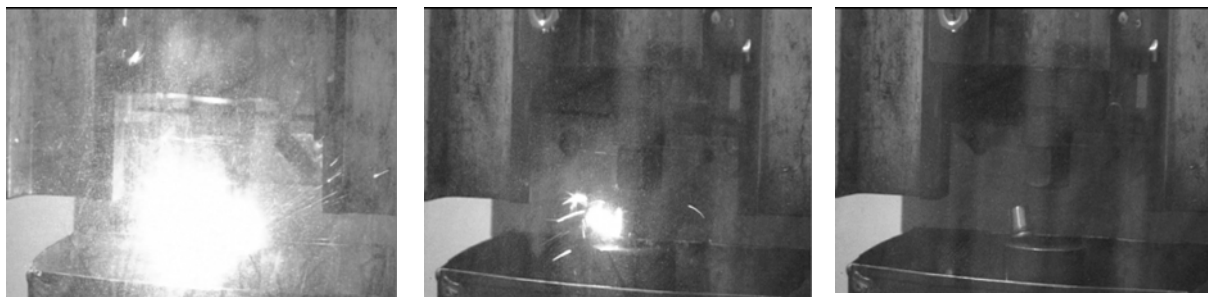


図 3.2.6 リチウム電池、リチウムイオン電池電解液の危険性評価
(T_{DSC} -Onset temperature, Q_{DSC} - heat of reaction)

(4) 落つい感度試験 (リチウム電池)

リチウム電池が船舶等への積載時の爆発危険性を調べるため、落つい感度試験及び弾動臼砲試験を行った。これらの試験は火薬類の爆発危険性を評価するためのものである。詳細は JIS (JIS K4810-1979, 火薬類性能試験方法) 等に記載されている。

図 3.2.7 は落つい感度試験の様子である。リチウム電池 (使用済みも含めて) では、高さ 60~80cm で爆発的な状況になることがわかった。同様の試験を酸化銀電池、アルカリ電池でも行ったが、このような爆発は見られなかった (表 3.2.4)。



(a) リチウム電池 (新品) (b) リチウム電池 (使用済み) (c) アルカリ電池、酸化銀電池
(いずれも新品)

図 3.2.7 リチウム電池の落つい感度試験の様子 (高さ=80cm)

表 3.2.4 落つい感度試験の結果

	高さ (cm)	結果	備考
リチウム電池 (新品) CR 1220 (new)	100	Yes	激しい爆発
	60-80	Yes	比較的穏やかな爆発
	50-55	1/4 *	比較的穏やかな爆発 (1/4)
リチウム電池 (使用済み)、CR 1220	100	Yes	比較的穏やかな爆発
	70-80	Yes	比較的穏やかな爆発
	60	1/3 *	比較的穏やかな爆発 (1/3)
アルカリ電池 LR 1130 (new)	100	No	不爆
	60	No	不爆
酸化銀電池 SR 1120 (new)	100	No	不爆
	60	No	不爆

*: m/n は、同一条件で n 回試験を行って、m 回爆発が起こったもの

(5) 落つい感度試験 (リチウムイオン電池)

2009 年度は、市販のリチウムイオン電池に対して、同様の方法で落つい感度試験 (落つい高さ ; 1m、(財) 総合安全工学研究所・川越実験室) を行った。リチウム電池とは異なり、爆発的な状態にはならなかったが、電池自体が高温になった。そこで、電池表面に示熱テープを貼って温度上昇の様子を調べた (図 3.2.8)。カシオ NP-20 (3.7V, 中国製) を試料とした。試験後数分して最高 90℃ 程度にまで達した。このことから、条件によっては火災に至るような温度になる場合もあり得ることがわかった。



図 3.2.8 示熱テープを貼ったリチウムイオン電池の落つい感度試験結果

引き続き 2010 年度も、リチウムイオン電池の落つい感度試験を行った。使用した電池は、カシオ NP-20 (新品、充電率は 50% 程度) で、条件は 2009 年度と同じである。ただし、表面温度は K 型熱電対で測定した。落つい (重量 : 5kg) の衝突の衝撃で電池内で内部短絡が起こる。落ついの高さは 1m とし、再現性確認のため実験は 2 回繰り返した。

実験の結果、リチウム電池で見られたような爆発は起こらなかった。しかし、徐々に温度が上がった。表面温度は、実験後約 2 分で最高約 120℃ に達した (図 3.2.9、昨年度行った示温温度紙での測定では最高 90℃ であった)。

なお、新品のリチウムイオン電池の充電率は 30% であるが、電池の充電率が高い場合には、低い場合に比べて火災発生危険は大きく増加することが、消防研究センターで別途行われたリチウムイオン電池の大規模な加熱実験から明らかになっており、充電率の影響についても今後検討する必要がある。

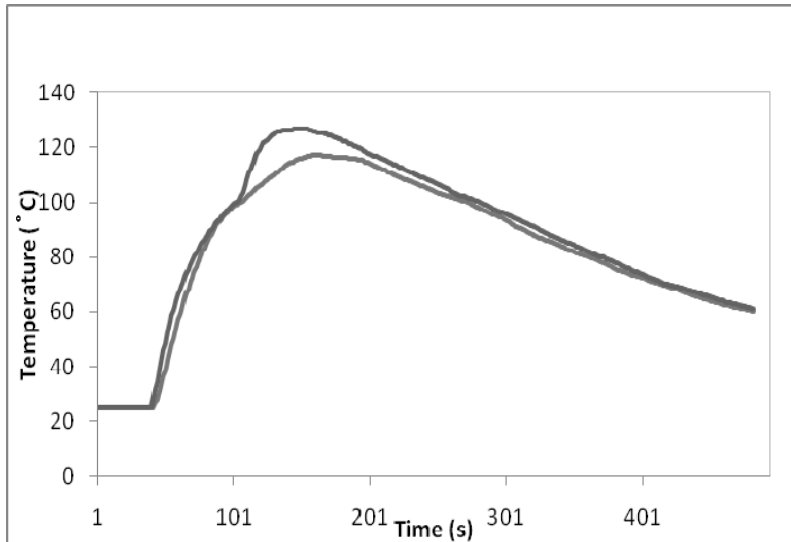


図 3.2.9 リチウムイオン電池の表面温度の変化

(6) 弾動臼砲試験

弾動臼砲試験とは、試験物品約 5g に大きな爆発衝撃を与え、臼砲（重量：110kg）による爆発性と激しさをトリニトロトルエン（TNT）の爆発力と相対比較するものである（図 3.2.10）。弾動臼砲値 B' でもって評価する。 d は、臼砲の揺れ幅である。

$$B' = 100 \times (d_1 - d_0) / (d_2 - d_0)$$

d_0 : ホウ酸 5g の揺れ幅

d_1 : 試験物品 5g の揺れ幅

d_2 : TNT5g の揺れ幅

試験結果（弾動臼砲値：試料の臼砲の揺れ幅と TNT のそれとの比から得られる）を表 3.2.5 に示す。これより、リチウム電池（CR2025、CR1216）の爆発威力は中と判断された。一方、CR1220、アルカリ電池(LR44)、模擬電解液の爆発威力は小と判断された。この結果から、リチウム電池は、自己反応性物質と比較して同程度以上の危険性を有していると判断される。



図 3.2.10 弾動臼砲試験の様子

表 3.2.5 弾動臼砲試験結果

		試料量	振れ幅	B'
リチウム電池	CR 1216 (new)	2.6 g, 5.1 g	26 mm, 26 mm	7.8 %
	CR 1220 (new)	3.5 g	21 mm	3.9 %
	CR 2025 (new)	4.6 g	37.5 mm	16.7 %
アルカリ電池 LR 1130 (new)		3.9 g	21 mm	3.9 %
リチウム電池模擬電解液1		5.0 g	19 mm	2.3 %
リチウム電池模擬電解液2		5.0 g	18 mm	1.6 %

(7) 水との反応性

リチウム電池、リチウムイオン電池が金属スクラップに混在していた場合等に（海）水と接触することで短絡（ショート）、発熱発火する可能性について、以下のとおり検討した。

- 1) 実験場所：海上保安庁海上保安試験研究センター
- 2) 実験方法：ビーカーに水約 200mL を入れ、電池を入れて温度上昇、ガス発生の有無を調べた。温度は、K 型シース熱電対で測定した。

使用した電池

- ・カシオ NP-20（リチウムイオン電池）
- ・マクセル CR1216, パナソニック CR2025（リチウム電池、ボタン電池）
- ・パナソニック CR-2W（リチウム電池）

また、水としては、蒸留水及び海水（熟成海水、三浦・荒崎で採取）を使用した。

実験の結果、リチウム電池では、ほとんど発熱が見られなかった。リチウムイオン電池では、水ではほとんど変化がなかったが、海水では温度が約 1℃ 上昇し、ガスの発生が見られた。また、水の色は最初、白濁し、その後、茶色に変色した（図 3.2.11）。

結果を要約すると、リチウム電池、リチウムイオン電池と（海）水との反応は穏やかで、急激な発熱は見られなかった。したがって、水が大量にある場合にはリチウム電池、リチウムイオン電池が水と触れても火災の原因にはなりにくい。なお、実験ではわずかにガスが発生していた。これは水素である可能性が高く、コンテナ等の密閉容器で運搬する場合には、発生したガスが蓄積し、爆発する可能性はある。



図 3.2.11 実験の様子

（カシオ NP-20 を水中に放置後約 5 分、左：蒸留水、右：海水（わずかに海水が白濁している））

(8) リチウムポリマー電池の危険性

最近、リチウムポリマー電池からの火災例がいくつか報告されているので、その検証実験を行った名古屋市消防局を訪問し、同局が行った実験内容（松本, 2011）と問題について調査した。リチウムポリマー電池とは、リチウムイオン電池の電解液を何らかの方法でゲル化したものである（図 3.2.12, 定格電圧：3.7V）。軽量、高エネルギー密度であることからラジコン、携帯電話等に使用されてきているが、さらに韓国では、ハイブリッド自動車への搭載が進んでおり、今後、急速に普及することが予想される（表 3.2.6）。

しかし、韓国企業が有力なメーカーであることがあり、また、リチウムイオン電池が持つ安全装置を有していないといったこと、高エネルギー密度を有することから、誤った方法で充電した場合や何らかの原因で短絡した場合に容易に火災、爆発を起こす可能性がある。金属スクラップに紛れ込んだ場合、電池の破壊、水による短絡（内部、外部）等によって火災を引き起こす危険性は高い。

表 3.2.6 リチウムイオン電池とリチウムポリマー電池の比較（インターネット情報）

	リチウムイオン電池	リチウムポリマー電池
正極	リチウム金属酸化物	リチウム金属酸化物（コバルト酸リチウム）
負極	グラファイト	グラファイト
電解液	有機溶媒	ゲル化物
電圧	3.6V/3.7V	3.7V
重量エネルギー密度	100～250 Wh/kg	130～200 Wh/kg
容積エネルギー密度	250～360 Wh/L	300 Wh/L

1) 火災事例 1

年月日：2009 年 1 月

場所：愛知県名古屋市

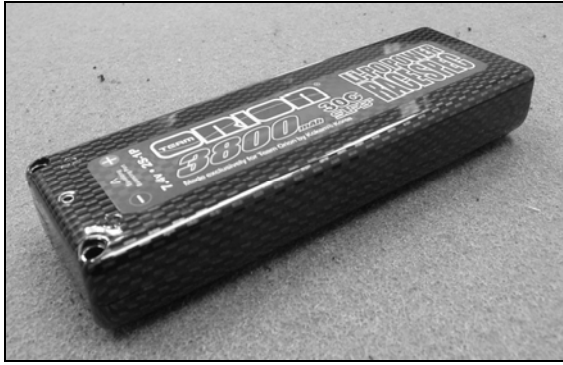
概要及び出火原因：ラジコン用のリチウムポリマー電池をマルチ型充電器（リチウムポリマー電池、ニッカド電池、ニッケル水素電池及び鉛蓄電池の充電が可能）で充電する際、充電条件を間違えた。その結果、充電開始後数分して、同充電器から出火したもの。電池は、韓国製。名古屋市消防局では、火災の再現実験が行われ、容易に発熱・発火することを確認した（図 3.2.13、松本, 2011）

2) 火災事例 2

年月日：2007 年 8 月

場所：兵庫県神戸市

概要及び出火原因：ラジコン用のリチウムポリマー電池を充電器で充電中、充電開始後約 1 時間で火災となったもの。充電器と電池の間にバランスを入れるべきところを入れなかったこと、誤充電した可能性があることから火災になったもの（山本ら, 2010）。



容量 : 3800mAh
出力電圧 : 7.4V
充電電流値 : 3.8A 以下
セル配列 : 2直列1並列
筐体寸法 : 138 mm×47.5 mm×23.5 mm



容量 : 5000mAh
出力電圧 : 7.4V
充電電流値 : 5.0A 以下
セル配列 : 2直列2並列
筐体寸法 : 138 mm×45 mm×23.5 mm

図 3.2.12 リチウムポリマー電池の例



図 3.2.13 名古屋市消防局での実験（誤充電開始約 1 時間後、出火し、激しい火炎を生じた、松本, 2011）

(9) 実験結果のまとめ

リチウム電池は、その構成から判断して高い発火危険性を有している。また、高温、衝撃等で容易に爆発することが確認できた。従って、電池が破壊されていたりした場合や周囲に水があった場合、高い発火危険性船舶への積み込み時等の落下衝撃の際等には容易に発火し火災に至る可能性がある。

また、リチウムイオン電池はリチウム電池に比べて危険性はやや小さいと言える。しかしながら、一般にリチウムイオン電池は大容量のものが多く、また、新しく開発されつつ電池は高性能のものも多く、危険性が増している場合もある。

その他の電池類として、マンガン電池、アルカリ電池、鉛蓄電池等の電池類も高いエネルギーを内蔵しており、リチウム電池ほどではないが、一定の火災危険性を有しており、必要に応じて対応を取る必要がある。

3.2.3 各種金属等の落下衝撃発火実験

(1) 落下衝撃発火試験（2009年度）

金属スクラップの船舶への出荷火作業中に時々火災が発生していることから、着火源として、高さ10～20 mから落下する金属スクラップどうしの衝撃火花が考えられる。高さ16mから試料を鉄板の床に落下させた場合、時速約64kmでの衝突に相当する（表3.2.7）。そこで、火災現場において金属スクラップに多く入っている物品を落下させてその時の様子をみた。実験は消防研究センター・大規模火災実験場（24m×24m×20m）において、火災に関係ありそうな物品を地上に敷いた鉄板上（厚さ;3mm）に落下させて火花を形成するか否か等、落下時の様子を調べた。

① 落下実験に供した主な試料

- エアコン・ラジエーター（重さ：7.0 kg～10.0 kg）
- アルミ塊（10×10×2 cm）、鉄管
- パソコン、携帯電話（リチウムイオン電池内蔵）
- 電池類（アルカリ電池、リチウムイオン電池（パソコン用、携帯電話用））

表 3.2.7 落下高さと推定衝突速度

落下場所	高さ	推定速度*
2F 回廊	4.05m	32.1 km/h
3F 回廊	7.05m	43.8 km/h
4F 回廊	11.03m	52.9 km/h
5F 回廊	16.04m	63.8 km/h

*：空気抵抗は無いものとして計算した。

② 落下試験の結果

表 3.2.8 に落下試験の結果を示す。火花の形成の有無はビデオ撮影して確認した。エアコン・ラジエーターを約11mの高さから落下させたところ、火花を生じた（図3.2.14）。エアコン・ラジエーターは、アルミニウムが多く使われていることから、アルミニウムと鉄（又は、鉄さび）の衝突で火花が出る可能性が高いことがわかった。この火花は、可燃性ガスや粉じんが存在した場合には、着火源になる可能性を有する。

表 3.2.8 落下試験結果

物品	高さ	結果
鉄塊	16.04 m	火花確認できず
アルミニウム塊	16.04 m	火花確認できず
電池類	16.04 m	火花確認できず
エアコン・ラジエーター (重量;7.0 kg)	11.03m	火花確認

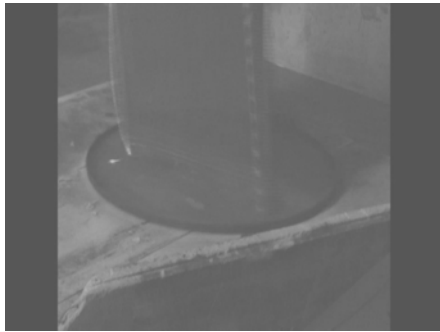


図 3.2.14 落下時に生じた火花（中央左に火花が見える）

(2) 落下衝撃発火試験（2010 年度）

引き続き、荷積み作業時、重機によって船倉への投入時の金属の落下衝撃による火花形成の有無について以下の実験を行い、可能性について検討した（表 3.2.9、3.2.10、図 3.2.15）。

- ・ 場所：消防研究センター総合消火実験棟主実験場
- ・ 実験の内容：2009 年度と同様
- ・ 落下物：表 3.2.2 の物質を鉄板（厚さ；3.0mm、表面にわずかにさびが見られた。）上に自由落下させた。

火花の形成は、衝突時の様子を目視、ビデオカメラ（30 コマ/秒）及び高速ビデオ（NAC 製 HSV-500、250 コマ/秒）によって撮影を行い、火花の発生を確認した。

表 3.2.11 に実験条件、結果のまとめを示す。

表 3.2.9 落下実験に供した試料

物質	重量
銅	4.48 kg
ステンレス	4.42 kg
亜鉛棒	3.46 kg
アルミニウム	3.45 kg
鉄	4.41 kg
放射板（エアコン用）	8.57 kg

表 3.2.10 落下高さ（次の 3 つの高さから自由落下させた。）

落下場所	高さ	推定速度*	推定速度*	衝撃エネルギー** (鉄の場合)
2F 回廊	5.20 m	10.1 m/s	36.4 km/hr	22.9 kgm
3F 回廊	9.20	13.4	48.2	40.7
4F 回廊	13.1	16.0	57.6	57.8

*：空気抵抗は無しとして計算した。

**：重量×高さ、単位；kgm（内田ら, 1992）



図 3.2.15 2F の高さからの落下試験

表 3.2.11 実験結果のまとめ

位置	試料	火花の確認		
		目視	ビデオ	高速ビデオ
2F	銅	×	×	×
	ステンレス	×	×	×
	亜鉛	×	×	×
	亜鉛	×	×	×
	アルミニウム	×	×	×
	鉄	×	×	×
	放射板	×	×	×
3F	銅	×	×	×
	ステンレス	×	×	×
	亜鉛	×	×	×
	亜鉛	×	×	×
	アルミニウム	×	×	×
	鉄	×	映像なし	×
	放射板	失敗		×
4F	銅	×	×	×
	ステンレス	×	×	×
	亜鉛	×	×	×
	亜鉛	×	×	×
	アルミニウム	×	×	×
	鉄	○	○?	×
	放射板	×	×	×
4F、2回目	銅	×	×	×
	ステンレス	×	×	×

	亜鉛	×	×	×
	亜鉛	×	×	×
	アルミニウム	×	×	×
	鉄	○	○?	×
4F、3回目	銅	×	×	×
	鉄	○	○?	○

○：火花が形成、×：火花非形成、?：火花が明確ではない

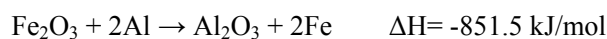
消防研究センター総合消火実験棟主実験場 4F の高さ (13.1m) からの落下試験 (衝突時の速度 ; 16.0 m/s) では、鉄どうしでは、衝突時の火花を観測した(3/3)。その他の金属、落下条件では、火花を観察できなかった。

火花の温度は、金属の沸点を超えているものと推定するが、微小のため、ガソリン等に着火するかどうかはわからない。これらの物質の最小着火エネルギーとの比較が必要である。

3.2.4 テルミット反応発生の可能性

(1) テルミット反応とは

金属スクラップを船舶に積載する作業中に、テルミット反応 (Thermite process) が起こる可能性が指摘された。テルミット反応とはアルミニウム等で金属酸化物を還元する冶金に使われる化学反応の総称である。金属酸化物と金属アルミニウムとの粉末混合物に着火すると、アルミニウムは金属酸化物を還元しながら高温を発生する。この還元性と高熱により目的の金属融塊は下部に沈降し、純粋な金属が得られる。アルミニウムと金属酸化物の金属のイオン化傾向の差が大きいほど、多量の熱を発生する。たとえば、3 価の酸化鉄とアルミニウムの反応では、



発生する熱量は 851.5kJ/mol である。アルミニウム以外の金属でもマグネシウム、銅でもテルミット反応が起こることが知られている。金属スクラップ中で本反応が起きた場合、大量の熱によって金属スクラップ中に存在する可燃物 (例えば、紙、プラスチック類、ガソリン、灯油、トナーカートリッジ (粉) 等が存在することがある) が着火し、火災に至る可能性がある。

他方、火災中、アルミニウムが存在した場合、火災による高温雰囲気形成によって、存在する鉄材 (表面にさびが存在した場合) との間でテルミット反応が起こる可能性はある。2010 年 5 月、横浜市であった船舶火災では積み荷のアルミニウムと船底の鉄との間でテルミット反応が起こった可能性があることが 3.1 で報告されている。

(2) テルミット反応の実験

消防研究センター、海上保安庁海上保安試験研究センター及び横浜市消防局が共同で実験を消防研究センターにおいて以下のとおり行った。

場所：消防研究センター大規模実験場

実験内容：以下の混合物を大略化学量論比の割合で混合し、試料 100g 程度を鉄板に載せ、ガスバーナー、ガソリン (ヘプタン) によって加熱し、反応が起こるかどうか調べた(図 3.2.16、3.2.17)。

- 1) アルミニウム／酸化第二鉄
- 2) マグネシウム／酸化第二鉄
- 3) マグネシウムリボンに着火後、アルミニウム／酸化第二鉄を加熱
- 4) 熔融したアルミニウム（融点：660℃）を鉄板上に滴下して反応が起こるかの確認

実験の結果、1)の条件では、反応は起こらなかった。ガスバーナー、ガソリンでの加熱では、熱画像装置を使った試料表面温度の測定、アルミニウムの融点(660℃)から推定して前者は700℃以上、後者は500℃程度であったと考えられる。マグネシウムリボンで高温を発生させた上で加熱した場合には、反応が起こる場合があった。

2)では、条件によっては、反応が起こった。3)では、マグネシウムリボンは容易に着火し、その熱でアルミニウム／酸化第二鉄のテルミット反応が起こる場合があった。

また、酸化した鉄板（下から加熱した場合でも）への熔融アルミニウムの滴下でも化学反応は起こらなかった。

今回の実験結果を要約すると、テルミット反応は、マグネシウム以外は、積み込み作業程度の温度雰囲気では起こりにくく、アルミニウムと酸化鉄ではテルミット反応を起こすためには1,000℃を超える高温雰囲気であることが必要である。

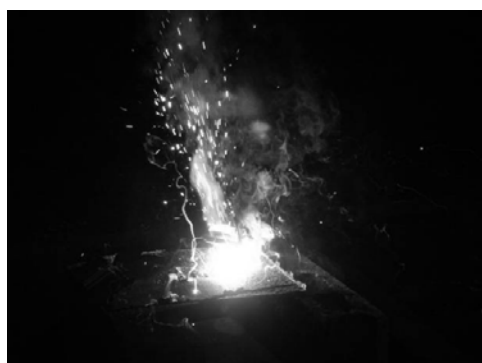


図 3.2.16 マグネシウムリボンに着火後のアルミニウム／酸化第二鉄のテルミット反応



図 3.2.17 マグネシウム／酸化第二鉄のテルミット反応

(3) 熱分析 (TG-DTA) 実験

混合実験の結果、室温～約 600℃の範囲では、テルミット反応は極めて起こりにくいことが確認されたので、温度を更上げて反応が起こるかどうか、財団法人総合安全研究所川越実験室において行った熱分析の結果から検討を行った（消防研究センターが有するリガク製 TG-DTA は

600°Cまでしか測定が出来ないため)。試料としては、テルミット反応を起こしやすいとされているアルミニウム、マグネシウムのほか、発火危険が高く火災例の多いチタンを対象とした。

- 1) 実験装置：セイコー電子製 TG-DTA 6300、試料容器：酸化アルミニウム製
- 2) 試料：試料として、可能性のありそうな以下の系で行った。
 - ・アルミニウム／酸化第二鉄(混合割合；8：2.7)
 - ・マグネシウム／酸化第二鉄(混合割合；7：3.2)
 - ・チタン／酸化第二鉄(混合割合；8：3.6)
- 3) 実験条件：試料数 mg を TG-DTA を使って、室温～1,100°Cの間で 20°C/分で昇温させてみた。

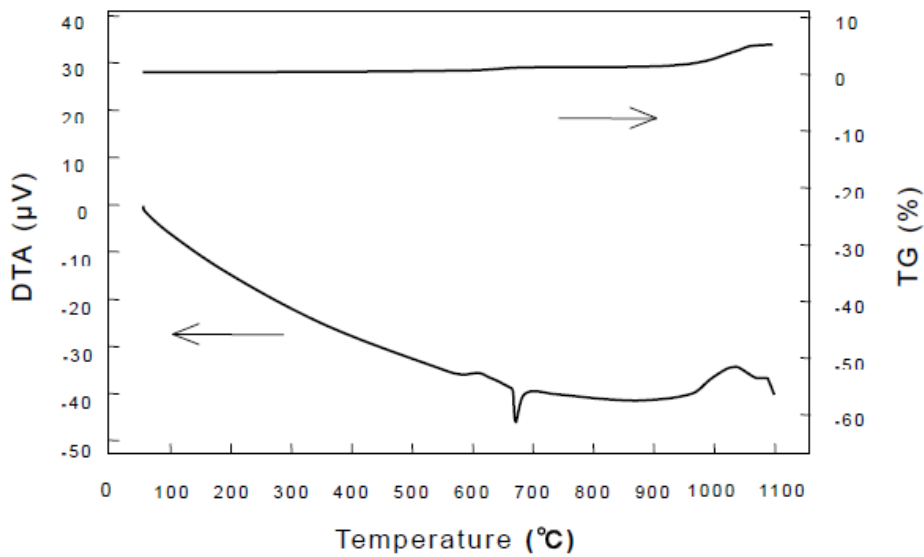
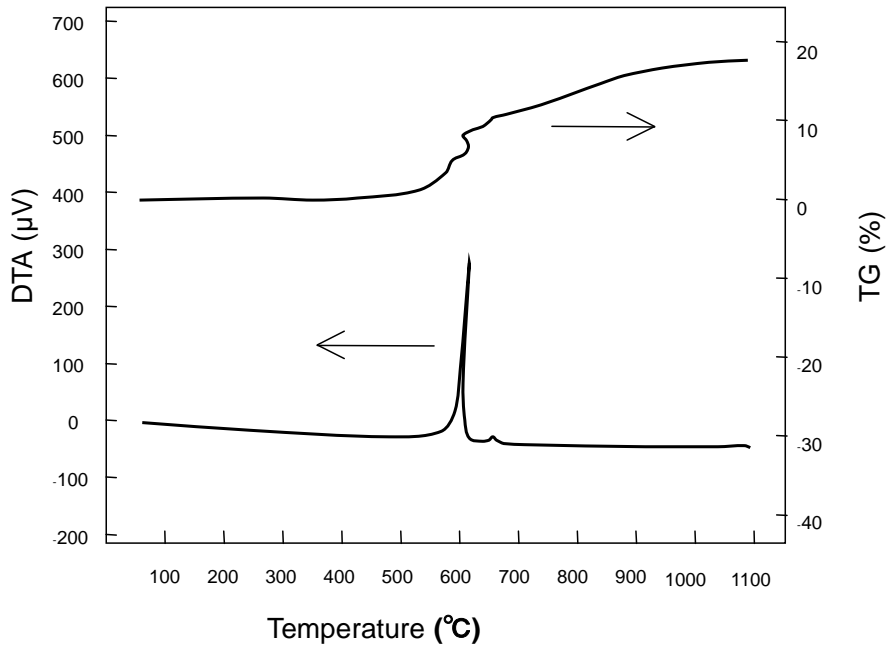


図 3.2.18 マグネシウム／酸化第二鉄及びアルミニウム／酸化第二鉄の TG-DTA 結果

TG-DTA の結果の例を図 3.2.18 に示す。マグネシウム／酸化第二鉄の場合には、ピーク温度約 600℃のシャープな発熱が見られた。これは、テルミット反応に伴う発熱である可能性がある。この時、穏やかな重量増加が見られた。これは、マグネシウムと空気中の酸素との化合によるものと考えられる。

アルミニウム／酸化第二鉄の場合、1,000℃付近で発熱が見られた。チタン／酸化第二鉄の場合、700℃付近から徐々に発熱が見られた。これらの発熱はアルミニウムの空気酸化による穏やかな発熱で、重量増加が見られ、テルミット反応とは関係しない可能性が高い。従って、マグネシウムを除けば、単に雰囲気温度を 1,000℃程度まで上げるだけでは、テルミット反応には至らないことがわかった。

横浜市での船舶火災でテルミット反応が起きた可能性があるが、上記結果から判断すれば、1,000℃を超える温度雰囲気が長く続いたのではないかと推定される。

3.2.5 トナーカートリッジ粉の火災爆発危険性

最近、廃棄物処理施設でプリンター等のトナー粉の粉じん爆発事故が起きていること (Koseki, et al., 2010; (財)総合安全工学研究所, 2008)、組成調査でもトナーカートリッジが見つかることから、トナー粉の粉じん爆発の可能性と金属スクラップの火災の関係について調べた。トナー粉は、印刷技術の向上と共に最近、その大きさがより細くなり、特に、再生品は粒度分布が広く、微小粉も多く存在し、粉じん爆発性は大きい。トナー粉のメーカーが作成した MSDS によれば、消防法・指定可燃物 (合成樹脂) に該当するものもある。

実験の結果は、トナー粉は容易に粉じん爆発を起こし、かつ、その爆発威力も大きいことを確認した。従って、可燃性ガス、ガソリン等の危険物が存在した場合、爆発によって火災が引き起こされる可能性もある。

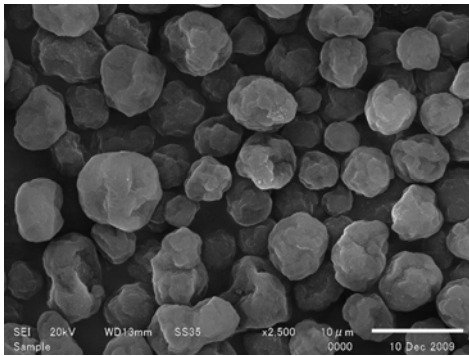
(1) トナーカートリッジ粉の形状

トナー粉を購入して実験に供した。純正品 1 種類 (トナーR という)、再生品 2 種類 (トナーE 及びトナーC と呼ぶ) 電子顕微鏡でトナー粉の形状を調べた (図 3.2.19)。また、粒径分布等を求めた (表 3.2.12)。純正品に比べて、再生品は粒度のばらつきが大きく、また、形状も様々であることがわかる。

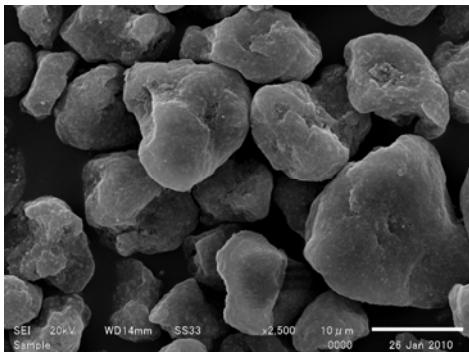
表 3.2.12 トナー粉の粒度分布

	粒径分布 (μm)	L/W (平均値)	平均粒径* (μm)
トナーC	9.57 \pm 4.00	1.31	10.35 \pm 3.41
トナーE	10.34 \pm 2.70	1.43	10.49 \pm 3.72
トナーR	7.13 \pm 1.63	1.10	—

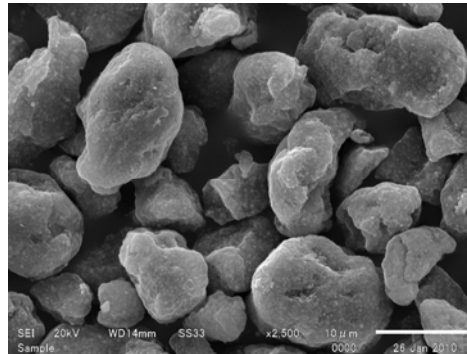
* ; レーザー回折・散乱法



(a) 純正品 (トナーR)



(b) 再生品 (トナーE)



(c) 再生品 (トナーC)

図 3.2.19 トナー粉の電子顕微鏡写真 (撮影 ; 海上保安庁海上保安試験研究センター)

(2) トナー粉の爆発危険性

トナーC、E に対して、以下の粉じん爆発に関係ある試験を行った結果、一定の粉じん爆発危険性を有していることがわかった。

1) 爆発下限界濃度

爆発下限界濃度 (g/m^3) は爆発に関する最も基本的な特性で、爆発の起こりやすさを示す。粉じん爆発危険性の評価を行う場合、まず、最初に測定が行われる。

結果は、トナーC,E は、それぞれ、 $65 \text{ g}/\text{m}^3$ 、 $75 \text{ g}/\text{m}^3$ となった。これらの値は、粉じん爆発性が高いとされる石炭、一般のプラスチックと同程度の危険性を有していると考えられる。

2) 爆発圧力特性

30L 球状容器を用いて粉じん爆発圧力と圧力上昇速度を測定し、最大爆発圧力 P_{max} 、及び K_{st} を求めた。 K_{st} とは、測定した圧力上昇速度 (dp/dt) を 1 m^3 円筒容器の値に相当するよう次式で修正した値で、爆発の威力を表すパラメーターである。

$$K_{\text{st}} = (dp/dt) \cdot V^{1/3}$$

ここで、 V は容器の容積である。結果は、表 3.2.13 に示す (粉じん濃度は、最大で $1500 \text{ g}/\text{m}^3$ まで測定)。

表 3.2.13 爆発圧力特性の測定結果

	トナーC	トナーE
Pmax, kPa	7.8×10^2	7.8×10^2
(dp/dt)max, kPa	546×10^2	615×10^2
Kst, kPa・m/s	170×10^2	191×10^2

表 3.2.13 の結果から、トナーEの方が爆発の威力はやや大きいですが、いずれも、爆発の激しさは「弱」（爆発クラス St=1、爆発クラスとは、0～3の段階に分かれている（(財)総合安全工学研究所, 2008)）に相当する。この値は、石炭、大部分の食品類、木粉、プラスチック等の有機物系粉末に比べるとやや大きく、爆発威力は激しいと言える。他方、アルミニウム粉等の金属粉よりは危険性は小さい。

3) 最小着火エネルギー

トナーC、Eの最小着火エネルギーは、それぞれ、1.9 mJ及び1.4 mJであった。この値は、非常に小さな値で微小なエネルギーで着火することを示し、また、多くの有機物系粉じんよりも小さな値である。従って、石炭、有機物系粉じんよりも容易に粉じん爆発が起こる可能性が高いことがわかる。

4) 爆発限界酸素濃度

トナーC、E、それぞれ 11.2%(粉じん濃度は 520g/m^3 、爆発圧力は 180 kPa)、11.7%(粉じん濃度は 520g/m^3 、爆発圧力は 180 kPa)となった（表 3.2.14）。多くの物質で 13～16%であることから、トナー粉は粉じん爆発を起こしやすい物質と考えられる。

表 3.2.14 爆発限界酸素濃度の測定結果

	トナーC	トナーE
爆発限界酸素濃度, %	11.2	11.7
粉じん濃度, g/m^3	520	520
爆発圧力, kPa	180	180

(3) トナー粉の火災危険性

火災危険性に関する可能性のある以下の項目の測定を行ったが、トナー粉の火災危険性は相対的には低いものと判断される。

1) 浮遊粉塵の発火温度

トナーC、E、それぞれ、500℃（トナーCの測定値は 520℃、発火遅れ時間は 1.67 秒）、510℃（トナーEは、530℃、発火遅れ時間は 2.26 秒）を得た。一般の可燃性物質（固体、液体）と比べて発火温度は高く、通常の取り扱いの範囲では自然発火する可能性は小さいと言える。

2) 小ガス炎着火試験（消防法に基づく危険物第2類の試験）

消防法に基づく危険物第2類の小ガス炎着火試験トナーC、Eそれぞれ 10 回行ったが、いずれも 10 秒間の接炎で着火せず（トナー粉の表面のみが溶融）、消防法第2類危険物（可燃性固体）としての性状は有していない。

3) 燃焼熱量

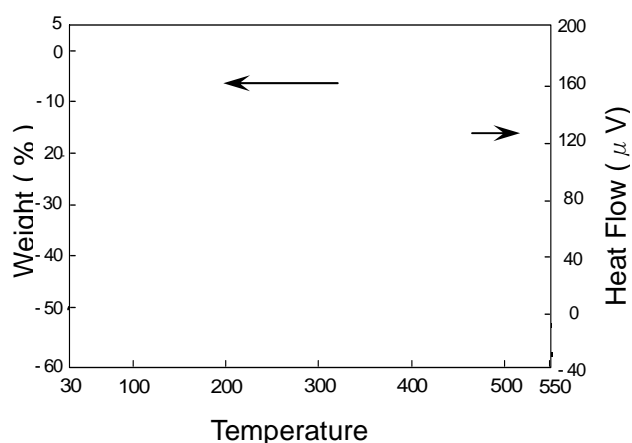
ボンベ熱量計を使って、トナー粉の燃焼熱量の測定を行った。結果を表 3.2.15 に示す。一般の可燃性液体、固体に比べて小さく、火災危険性は大きくはない。

表 3.2.15 トナー粉の燃焼熱量の測定結果

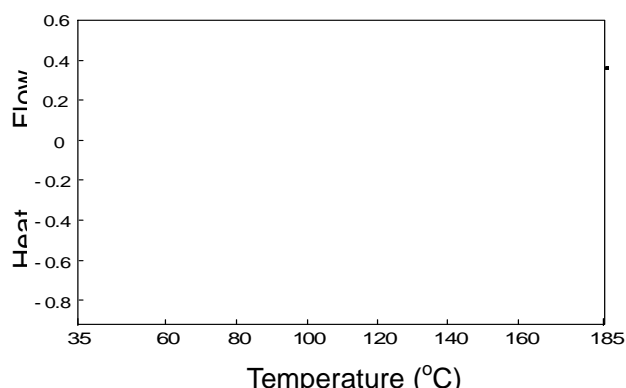
	トナーC	トナーE
燃焼熱量	22.23	22.15
	kJ/g	kJ/g

4) 熱分析

図 3.2.20 (a), (b)にトナーCの TG-DTA, DSC の結果の一例を示す。使用したのは、(株)リガク製 DSC 8230 及び TG-DTA 8120 である。昇温速度は、10 K/min とした。69°C付近にトナー粉表面に塗布されたワックスの融解に伴う、吸熱が見られ、また、185°Cまででほとんど発熱は見られない。この間、酸化による重量増加は見られない。350°C付近から発火に伴う急激な発熱と重量減少が見られた。また、発火後も約 40%の重量が残っており、トナー粉には、金属分、無機物質が多く含まれていることがわかる。従って、室温で一般的な貯蔵を行っている場合には、蓄熱発火は起こりにくいと考えられる。また、ワックスで表面が覆われており、水が存在した場合でも発熱発火の可能性は小さいと考えられる。



(a) TG-DTA の一例 (トナーC)



(b) DSC の一例 (トナーC)

図 3.2.20 トナーの熱分析結果

3.2.6 まとめ

金属スクラップの貯蔵取り扱い中に火災原因となる可能性のある物質について、その火災危険性を実験的に調べた。火災の原因には、様々な可能性が考えられるが、リチウム電池や鉛蓄電池等の電池類が火災現場で見つかったケースもあり、火災を引き起こす可能性があることがわかった。そこで、CHETAH による計算及び実験から電池類の危険性を明らかにした。リチウム電池、リチウムイオン電池は火災源となり得ることがわかった。リチウムポリマー電池も高い火災危険性を有することが明らかであるが、今後、実験的に調べる必要がある。電池類は金属スクラップに混入しないよう、その回収・リサイクルが重要である。また、電池類以外にも多くの危険性物質が混入しており、できるだけこれらの除去をする必要がある。

テルミット反応は、マグネシウム以外は 1,000℃以上の高温雰囲気でのみ起こる可能性があり、通常の作業条件では容易には起こらない。

3.3 過去の事故事例調査

雑品またはミックスメタルと称される金属スクラップには様々な金属、樹脂類、油分、そして乾電池などの複合化学物質が含有されている。

2008年度の調査では電池、プラスチック、金属について以下の情報源を中心に事故事例を収集した。

- ・災害情報センター事故事例
- ・消防法危険物に関する事故事例
- ・(独)製品評価技術基盤機構事故情報収集制度における事故事例
- ・その他国外事例

3.3.1 電池の事故事例

大きな事例以外は1996年以降のものを収集した。電池事故の総件数は493件であったが、約半数は液漏れで、火災や発熱の事例は211件であった。発熱、発火はリチウム電池、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池、アルカリ乾電池、鉛蓄電池などで発生していた。電池別の事故の発生比率を図3.3.1に示す。また、事故の発生した機器は電池を使用する様々な製品であった。

なお、図3.3.1で電池と記載されているものは電池の種類が不明な事例が大部分であったが、2件の鉛蓄電池による火災も含まれる。この2件の火災は劣化による液漏れ、が引き金となっていた。

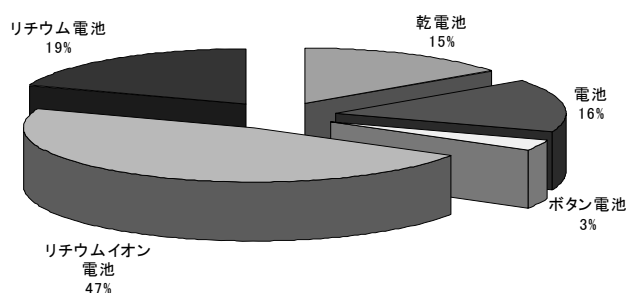


図 3.3.1 電池による発火、発熱事故：166 件（1997－2008 年 1 月）

事故原因の比率を図3.3.2に示すが、事故は充電中の過充電が最も多く、電池の設置ミス（短絡）による過電流、破碎工程での発熱・発火、液漏れにともなう発火も発生していた。

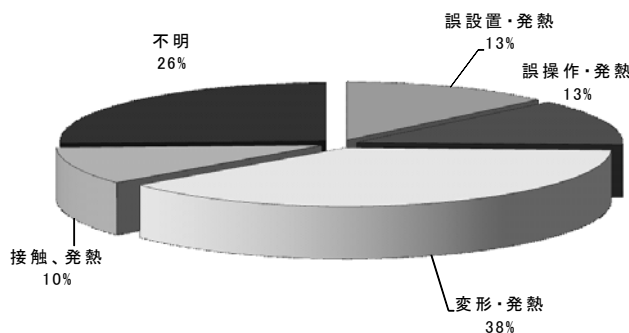


図 3.3.2 電池事故の発生原因

典型的な電池の発火事故事例を以下に紹介する。

[事例1 電池の誤設置による発熱]

当該製品のリモコン部に付属の乾電池を入れ5分間程遊んでいたところ、リモコンがかなり熱くなり、乾電池は熱くて持てないほどになっていた。逆装てんした1個の乾電池が充電状態になり発熱したものであった。

[事例2 電池の変形による発熱]

携帯電話機の電池パックが外れ、放置していたらじゅうたんが焦げた。犬がバッテリーを噛む等により、リチウムイオン電池に外部応力が加えられたため、バッテリーが内部短絡を生じて熱暴走となり、異常発熱し破裂したものと推定される。他の応力による変形でも同様の発熱事例が報告されている。

[事例3 電池の誤接触による発熱]

製造工程で発生した正極体の切断屑等が正極板に付着し、充電後の膨潤で切断屑等がセパレーターを突き破り内部短絡し、発熱した。

3.3.2 プラスチックの事故事例

廃プラスチック・ゴム類による火災事例は多数報告されている(Wakakura et al. 2004)。廃棄物は多様な物質の混合物として取り扱われることが多く、事故の起因となった物質が特定される例は多くない。そのため、廃プラスチックが事故原因と特定された事例は24件にとどまったが、廃棄物火災の多くはプラスチックや廃タイヤなどのゴム、廃木材によるものと推定されている。今回収集した事故の90%以上は産業廃棄物で発生していた。火災は破碎工程、溶融工程、保管中に発生していた。

廃プラスチックはリサイクルが増加しつつあるが、依然として焼却の比率が高い。リサイクルならびに焼却においては前工程で破碎される。破碎工程では金属の火花や摩擦熱によりプラスチックが加熱されたり、火種が発生する可能性がある。廃プラスチックを含む可燃性の廃棄物を移送するベルトコンベアでは火災の発生が数多く報告されている。プラスチックを主成分とする破碎物をコンベア移送する場合、破碎時の金属の衝撃火花または破碎による剪断熱などに由来する高温部分が存在し、火災が発生するとみられる例も少なくない。

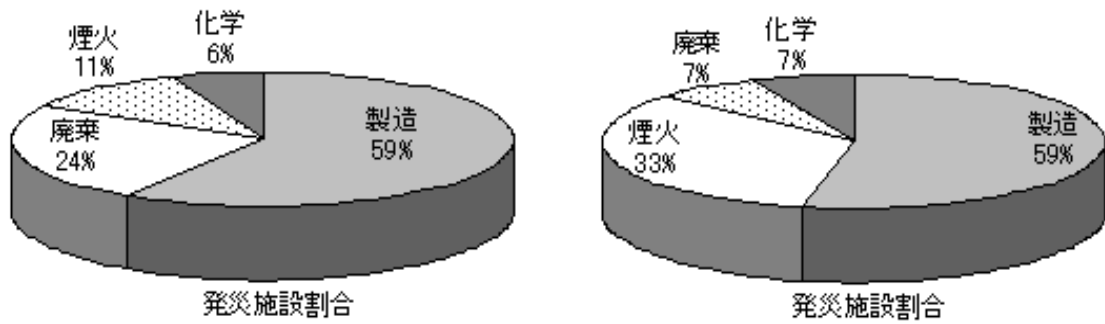
また、プラスチックの減容化は輸送、リサイクルで必要な工程であり、加熱を伴うため火災が起きやすい。廃タイヤなどのゴム製品は屋外で長時間堆積保管すると、紫外線によって架橋が切断され、酸化劣化が進行しやすくなる。そのため、屋外保管では酸化熱が蓄積して自然発火する危険性が增大する。発熱量が大きいプラスチックやゴムは火災時の消火が困難な例が多い。大量の廃プラスチック・ゴム類の保管・取扱いには火気管理および温度管理が重要である。

3.3.3 金属の事故事例

金属による爆発・火災事故は増加傾向にあり、その発災した金属の種類も多様化の傾向にある。事故事例については別に示すが、アルミニウムやマグネシウムによる火災が増加している。廃棄物として排出されたものでは、破碎により粉化したこれらの金属が水と接触して発災する例が多

い。アルミニウムや鉄の破砕粉を含有するシュレッダーダストでは、飛散防止の散水や降雨のあと蓄熱する事例が多いことが知られている（図 3.3.3）。

最も事故の多い金属であるアルミニウムの発災工程を比較すると、廃棄工程での火災、爆発が増加傾向であることが明らかになった。



1990～2002年

1970～1979年

図 3.3.3 アルミニウムの発災工程の変化

3.4 消火実験と消火方法の検討

3.4.1 消火実験

消火に長時間を要している火災事例の多くは、可燃物表面への直接放水に必要な、堆積物を掘り起こすためのバックホウの利用が、何らかの要因により困難な状況にあった。このような状況下にある火災を、多大な泡消火剤の費用負担や環境負荷、長時間の煙害等を伴うことなく、効率的に消火できる技術の開発を目的として、①水、②泡水溶液、③CAFS（圧縮空気泡消火システム）による気水比 20 倍の泡（以下 Dry 泡）を用いて、金属スクラップ堆積物模型火災（図 3.4.1）の消火実験を行った（図 3.4.2）。

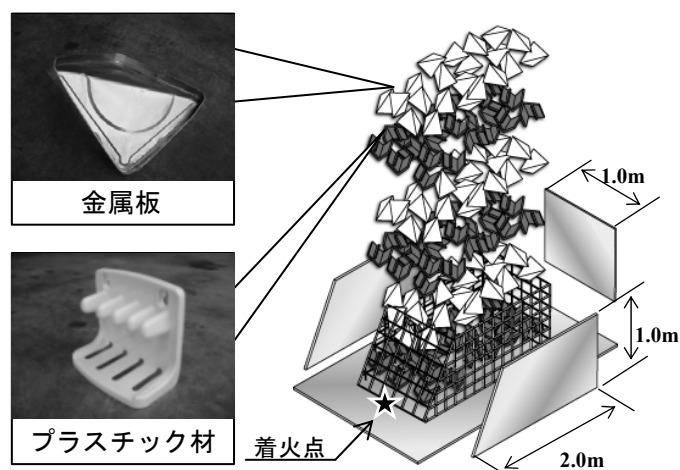


図 3.4.1 火災模型

表 3.4.1 消火実験結果

消火剤	消火結果	放射時間	使用水量	水流量
水	×	300sec	562L	112L/min
泡水溶液	×	300sec	505L	101L/min
Dry泡	○	71sec	130L	110L/min

表 3.4.1 に、実験結果の概要を示す。また、図 3.4.3 と図 3.4.4 に、火災模型内部の温度計測位置と各実験における温度変化を示す。消火剤として水または泡水溶液を用いた場合、堆積物内部の火災を完全に消火することができず、放水の勢いで空気が供給され燃焼が促進される様子も確認された。一方 Dry 泡は、堆積物全体を泡が覆うことにより空気の供給を遮断し、短時間で消火に至った。散水障害のため放水による表面冷却効率が低い火災形態にあつては、消火剤が火源に到達しなくても効果を発揮する泡の封鎖効果による消火手法が有効であることが示唆された。気水比の大きい泡を生成できる合成界面活性剤泡はコンビナート火災用の泡消火剤に比べ安価であることも、利点の一つと考えられる。

ただし、金属スクラップが大規模に堆積されているような現場では、堆積物全体を泡が覆うことが困難な場合もある。Dry 泡を用いた消火技術の実用化にあたっては、今後さらに、大規模堆積物への有効な泡供給法の検討が必要である。



図 3.3.2 水放射による消火

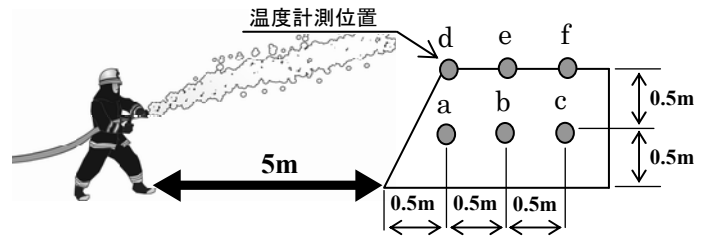


図 3.4.3 模型内部温度計測位置と放射距離

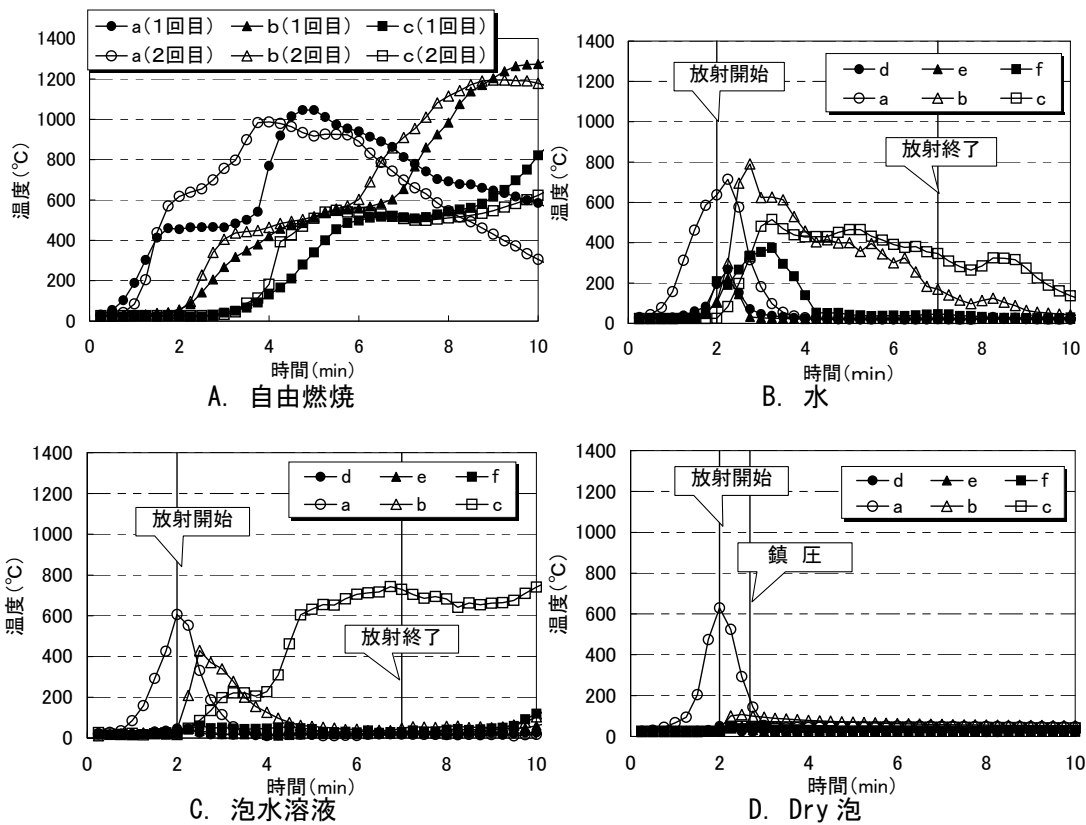


図 3.4.4 火災模型内部の温度変化

3.4.2 消火方法の検討

消火方法の検討にあたっては、アルカリ金属、マグネシウム、アルミニウム、亜鉛等のように水と激しく反応する金属を多く含む金属スクラップの火災と、金属スクラップに混在している一般可燃物の燃焼が主である火災を、区別して考える必要がある。水と激しく反応する金属の火災に注水すると、水素を発生して爆発することがあるため、大変危険である。金属火災用の粉末消火剤か、乾燥砂などを用いる。一方、一般可燃物の燃焼が主である金属スクラップ火災に対する消火戦術は、全国各地で発生している堆積廃棄物火災等（尾川，2003）と同様の、堆積可燃物火災に対する消火戦術として検討するのが適当である。

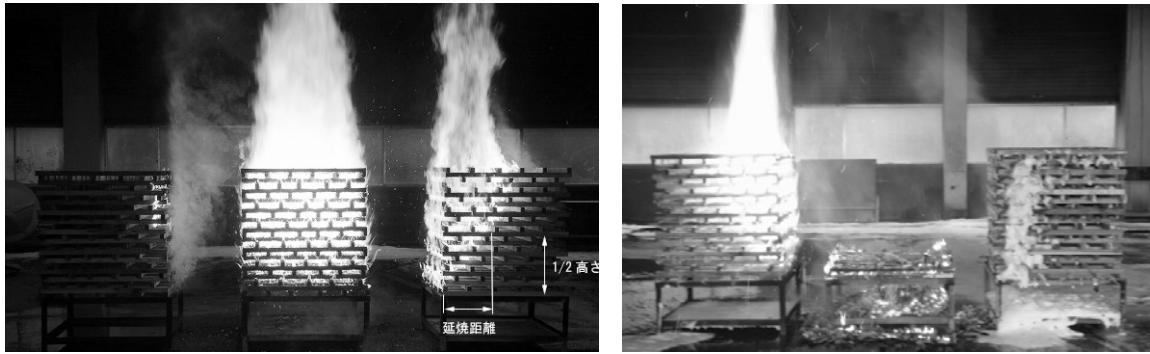
堆積可燃物火災の消火困難性は、堆積物層の深部にある火源を有効に冷却する手段がないこと

による。消火剤は一般に、水や泡などの水系消火剤と、不活性ガスやハロゲン化物などのガス系消火剤に大別される。水系の消火剤は、主に、可燃物表面を冷却したり覆うことにより、可燃物表面における可燃性ガスや可燃性蒸気の発生を抑え、火災を消火する。したがって、消火剤が可燃物の表面に直接届かないと有効に消火できない。また、サイロやコンテナ等の閉鎖空間内の火災に注水すると、冷却により内部の圧力が一時的に低下し外部から新鮮な空気が流入し、内部の可燃性気体と混合して爆発することがあるので大変危険である。一方、ガス系の消火剤は、主に、気相の燃焼反応速度を低下させることにより火災を消火する。ガスは堆積物層内への浸透性に優れているため、サイロやコンテナ等の閉鎖空間内では、有効に有炎燃焼を停止させることができる。たとえ完全消火させるのに十分な量のガス系消火剤を確保できない場合であっても、内部の可燃性ガスや蒸気を希釈し爆発危険を軽減する働きを有する。しかし、野積みされた廃棄物のような開放空間における火災の場合、ガスは散逸しやすいため消火効果を発揮するのが難しい。但し開放空間であっても、ごみピットのように上面だけが開放された区画内であれば、空気より重いガスを利用することにより、堆積物層内にガス系消火剤を浸透させることが可能である(佐宗、2008)。本研究においては、金属スクラップ積載船の船倉にこの技術を適用できる可能性がある。このように、堆積可燃物火災に対する有効な消火戦術の選択は、火災環境の開放度に依存する。

ガス系消火剤による有炎燃焼停止後に注意しなければならない点として、無炎燃焼の継続が挙げられる。無炎燃焼が継続すると、閉鎖空間内に可燃性ガスが蓄積し、開放時に新鮮な空気が流入し再出火する場合があるため、別途手段により可燃物を十分に冷却する必要がある。有炎燃焼停止後の可燃物の冷却に莫大な時間と費用を費やした事例があることに、留意すべきである。

以上をまとめると、火災環境の開放度により、閉鎖性を高めることが可能であればガス系消火剤を適用し有炎燃焼を抑制しながら水系消火剤により可燃物の冷却を図ること、閉鎖性を高めることが難しい場合はクレーンやバックホウにより未燃の堆積物を除去し防火線を形成するとともに、燃焼中の堆積物をバックホウ等で掘り起こしながら放水し可燃物表面の隅々まで水系消火剤を到達させることが、消火戦術の基本となる。

特に消火が困難な開放空間における堆積物火災の効率的な消火方法の確立を目的として、泡の延焼阻止効果を実験的に調べた(廖ら、2008)。図 3.4.5 に示すように、中央の火源クリブ(木材を井桁状に組んだ火災模型)の両側にあらかじめ水または泡をかけた延焼試験用クリブを設置し、延焼試験用クリブ内の火炎面位置の時間変化を観測した。結果を図 3.4.6 に示す。延焼速度は、何もかけないクリブ、水、泡水溶液、wet 泡、dry 泡の順に低下した。特に dry 泡をかけたクリブは、火源クリブの火勢の衰えとともに自然に鎮火し、側面の一部が焼けるのみに留まった。木材表面における泡の滞留量測定を含む一連の実験から、泡の延焼阻止効果の有効性を確認した。



(左) 水

(右) ブランク

(左) 泡水溶液

(右) dry 泡

図 3.4.5 延焼阻止実験の様子

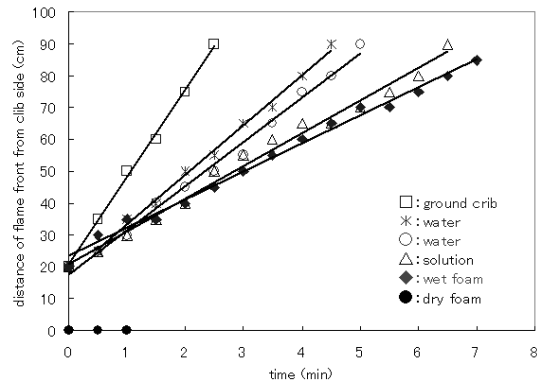


図 3.4.6 クリブ 1/2 高さにおける火炎面の進行速度 (延焼速度)

港湾地域では海水の汚染が懸念されるため、泡消火剤の使用が難しいという声が消防機関から聞かれる。環境に配慮した泡消火剤を効率良く利用することにより、火災を速やかに鎮圧し有害な燃焼排出物の拡散を最小限に抑える技術の開発が望まれる。

3.5 火災防止と発生時の対応策

火災や爆発の防止に関する国内法規には消防法（及び火災予防条例）、高圧ガス保安法、労働安全衛生法、火薬類取締法があり、基本的に物質の危険特性に基づいて保管や取り扱いなどを定めている。そのため、火災や爆発の物性が一様でなく、混合物でもある廃棄物や、金属スクラップは安全法規の規制対象外となることも少なくない。これらの法規の対象とならなくても、火災や爆発の危険がある物質の取り扱いでは、自主的な安全への取り組みが必要である。

例えば、廃棄物の場合は消防法で規定された判定試験によって「危険物」と判定されれば、取り扱い、輸送、貯蔵等に関して規制を受けることになる。また、市町村ごとに制定されている火災予防条例で定められた数量以上の「指定可燃物」に対しては、貯蔵取扱所の位置、構造及び設備の基準など各種技術上の基準が定められている。東京都などの火災予防条例では、1,000kg 以上の再生資源燃料が 2005 年より指定可燃物に追加されている。

しかしながら、金属スクラップがこれらの消防法上の危険物や指定可燃物にあたるとはみられておらず、加えて有価物として取引されているために廃棄物処理施設としての規制も受けていないのが現状である。

本研究を開始した 2008 年度以降は、金属スクラップ火災による人的被害は報告されておらず、輸出業者における経済的損失も少ないとされている。これまでのところ、煙や煤などによる周辺への影響も甚大なものとはなっていない。そのため、全国規模での認識や取り組みが十分になされてこなかったが、より大きな被害を招く前に対策を検討する必要がある。

本研究では昨年度に続き、ここまで検討してきた火災発生事例やその原因の調査結果から、発火や延焼を抑制し、火災防止や消火などに資するための具体的な対応策を挙げることにした。

(1) 異物の除去、電池類・トナー粉などの回収

火災防止のための最も基本的な対策として挙げられるのは、火災発生の原因となる物質が異物として金属スクラップに混入することを避けることである。

電池類は高いエネルギー密度を有し、火災爆発危険性を有している。このうち、鉛バッテリーは 2010 年 4 月の新潟港内火災をはじめいくつかの火災発生事例でも原因と考えられており、優先度が高い。港湾施設における取扱い業者数社のヒアリングによっても、搬入段階などで分別して金属スクラップに混入しないよう取り組まれていることが多いが、その徹底が難しい場合があるとみられる。

リチウム電池等使い捨て電池については、金属スクラップから除去して回収することはなかなか難しいと考えられる。とりわけ、機器に内蔵されている電池類の除去も行うべきであるが、使用者、排出者が機器を分解することは元々、困難となっており、設計・製造段階からの配慮を求める必要がある。トナー粉も製造、使用、再生処理中に時々粉じん爆発を起こしており、金属スクラップに紛れ込まない方が望ましい。その他、ガソリン、灯油等のタンク、塗料等の缶についても、油分が延焼を促進しているため、油分を十分取り除いた上で排出することが望まれる。

大阪府港湾局所管のある港湾施設においては、火災発生事例があった後、火災防止のための対応策が検討されてきた。その結果、施設を主に利用する事業者から港湾局などへ防火管理計画が提出されており、その中では発火源と考えられる異物を徹底的に排除し、鉄のみからなるスクラップしか施設内に搬入しない旨の取扱いが示されている。

(2) 保管段階での安全基準の作成

前述のように金属スクラップや大部分の電池類は、消防法ではほとんど規制がかからない。しかしながら、消防法の指定可燃物の貯蔵、取り扱いに関する基準等を参考に火災防止のための対応策を事業者に指導することも検討する必要がある。

例えば、保管の際の高さについて、火災予防条例（例）では再生資源燃料に対して 5m 以下の適切な高さとするのが示されており、発火や延焼を防止するためにこれを目安とするのが妥当と考えられる。このほか、山の 3 方向以上にスペースを確保するなど、火災予防と消火対策を考慮する必要がある。また、消火器、消火栓など一定の消防設備を備える必要がある。

(3) 積載方法

3.2.6 で行った落下衝撃発火実験では、鉄どうしの衝突で火花が確認された。実際の作業では、バラ積み船への金属スクラップの積載時に落下させたり、重機で敷均ししたりする作業が行われている。鉛バッテリーが残っていた場合には短絡を生じる可能性もある。これらによる発火を避けるために、できるだけ衝撃を緩和する方法が望ましい。

また、事例は多くないとみられるが、火災防止のために水を散布しながら積載されている場合があった。（陸上施設においては、保管や破砕時において、粉じん発生防止のために散水などの湿潤化を行っている場合もある。）ただし、金属と水の反応による発熱の可能性のあることから、火災防止の観点からは積載時の散水は望ましくないと考えられる。

関連して、2011 年 1 月に改正された特殊貨物船舶運送規則に定める「その他の固体ばら積み物質（金属くず）」の積載方法として、「可能な限り、貨物を乾燥した状態に保つこと」「雨中において船積みをしなすこと」と規定されたことから、現在は雨天での積載は行われていないとみられる。なお、本規則は海上人命安全条約（SOLAS 条約）に基づく固体バラ積み貨物の運送に関する IMSBC（International Maritime Solid Bulk Cargoes）コードが全てのバラ積み貨物に対して国際的に強制化されたことに伴うものであり、上記規則の内容は IMSBC コードで示された運送用件などをそのまま取り入れられたものである。この中で、同規則における「金属くず（英語名：Scrap Metal）」が本研究の対象となっている金属スクラップ（雑品）と一致するものではないが、前述の内容が求められているものである。

(4) 消火方法

堆積物を掘り起こすためのバックホウの利用が可能な状況にある火災では、堆積物を掘り起こしながら可燃物表面へ直接放水するのが、最も確実な消火方法である。船倉等のように、泡による封鎖効率が比較的高い状況下では、気水比の大きい泡による封鎖が、火勢の抑制に有効である。泡による封鎖が困難な大規模堆積物の火災で、バックホウが利用できない場合、現時点では大量放水を優先する。将来的には、泡供給方法の改善も踏まえた上で、泡消火の本格適用も検討する。

(5) 事故時の通報、連絡体制

夜間など日本語の話せない外国人船員のみが当直で、着岸中の船舶から火災が発生した場合に消防への通報に言葉の問題が生じた事例は報告されたことがある。最近では、看板や緊急連絡体制の整備を日本語・英語・中国語で整備されつつある港湾地区もある。ただし、船員や陸上施設の事業者が、火災を過小にみなして自分たちだけで消火活動を行い、消防への通報が遅れたこと

で火災の拡大を招いた事例もある。緊急連絡体制の確立によって、迅速な連絡が可能となることが望まれる。

なお、航行中の火災の場合は、海上保安庁に対する緊急の通報手段は外国船舶からであっても確立されている。

(6) 事後対応、関係当局間の情報共有など

事後対応として、出火した運搬船を直ちに出港させることなく、消防及び海上保安当局の火災原因の調査に協力させることが重要である。港湾施設内に十分なスペースがない場合は容易ではないが、できるだけ金属スクラップの焼損部分を広げた上で、原因となる物質を調査することが望ましい。

また、火災発生時に消火や原因調査にあたる消防、海上保安庁などと、輸出にあたり貨物検査にあたる税関、パーゼル法等にかかる事前相談を行う経済産業省、環境省などの関係当局が、事故原因解明や再発防止のために情報共有を行うことが期待される。

なお、泡消火剤を用いた場合の費用について、高価なために自治体では補てんが困難な場合もある。全国的な特殊火災の消火費用に対する基金などの創設を求める自治体もあり、火災防止の対策を強化するとともに、関係事業者からの拠出についても検討を要する可能性がある。

3.6 安全管理情報提供システムの構築

3.6.1 安全管理情報提供システムの概要

安全管理情報提供システムは、金属スクラップ火災の現状、発生・拡大の原因を明らかにし、金属スクラップなどの廃棄物を取り扱う事業者に加えて、行政や一般市民などに金属スクラップ火災の再発防止に役立つ情報を提供することを目的として構築した。そのために、金属スクラップの火災やその他の関連する廃棄物火災の事故事例の収集、分析を行い、事故の原因を明らかにし、教訓を導出することにより、事故の再発防止に資することを目指した。さらに、より広く利用されるために、安全に関する法規制、物質や化学プロセスの危険性情報、消火方法を含む安全管理手法など、事故事例に関連して収録した方がよいと考えられる情報の内容や、それらの情報を提供する仕組みの検討を行った。具体的なコンテンツとして、一般市民向けの Q&A コーナーの設置、事業者向けの法規制関連情報の提供、事業者や防災に関連する行政機関向けの事故情報、危険性情報の提供を考え、安全管理情報提供システムを構築した。

その結果、安全管理情報提供システムのサイトマップを以下のように定めた。

<http://staff.aist.go.jp/yuji.wada/mixmetal/>

トップページ：金属スクラップの安全管理情報提供システム

└─金属スクラップの安全管理情報提供システムについて

└─金属スクラップの基礎知識・火災事例

├─└─金属スクラップ火災 Q&A

├─└─金属スクラップ火災事例

└─廃棄物、循環資源およびリサイクルに関する事故情報・物質危険性情報 DB

├─└─リレーショナル化学災害データベース (RISCAD^{*1})

├─└─廃棄物および循環資源における安全情報システム

├─└─高エネルギー物質の爆発危険性 DB

└─関連法規

├─└─国内法 バーゼル法、廃棄物処理法、消防法

├─└─国際法など バーゼル条約、GHS^{*2}

├─└─関連情報

├─└─└─特定有害廃棄物等の輸出入関連情報 (環境省 HP)

├─└─└─バーゼル法関連簡易該当判断システム (経済産業省 HP)

└─プロジェクト関連情報 H20-22 年度報告書

└─お問い合わせ

└─著作権

*1：RISCAD：Relational Information System for Chemical Accidents Database、リレーショナル化学災害データベース

*2：GHS：Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals、化学品の分類および表示に関する世界調和システム

3.6.2 安全管理情報提供システムの内容

(1) 安全管理情報提供システムの目的

金属スクラップの安全管理情報提供システムの目的について、対象者などを明確にするために、以下の通り安全管理情報提供システムに記載した。

・本サイトの目的

本サイトは、上記の課題のうち、金属スクラップ火災の現状、発生・拡大の原因を明らかにし、再発防止に役立つ情報を提供することを目的に上記プロジェクトの中で(独)産業技術総合研究所が構築しました。

「事故情報 DB」では、金属スクラップおよびその他の廃棄物などを扱う方々を対象に、近年の金属スクラップ火災事例の一覧を示しました。また、金属スクラップ火災の原因分析やその防止に役立つと思われる、さまざまな廃棄物火災の事例について、リレーショナル化学災害データベース (RISCAD) などのデータベースにリンクを張りました。「金属スクラップ関連事故一覧」では、いくつかの金属スクラップ火災の原因と推定される「金属と酸との反応」による事例、ならびに、金属スクラップ火災と共通点がみられる、その他の「廃棄物」による事故事例に着目して、事故事例分析を行った結果を示しました。

「関連法規 DB」では、金属スクラップを取扱い、また、輸出を考えておられる方が、金属スクラップ火災に関連した消防法や GHS の他、上記課題全般に関連したバーゼル法、廃棄物処理法、バーゼル条約をすぐに参照できるようにリンクを張りました。

(2) 金属スクラップの基礎知識・火災事例

・金属スクラップ火災 Q&A

一般市民、あるいは、金属スクラップ火災に関する情報を必要とする取扱い事業者を対象に設問を設定し、回答する形で解説を記載した。

・金属スクラップ火災事例

本事業において調査された 2005 年以降の金属スクラップ火災事例の一覧をまとめた。金属スクラップ積載船舶火災と陸上施設、コンテナ内での火災が起きている。記載項目は、発災地（港湾名など）、火災の種類（特に記載のない場合は船舶火災）、仕向地、天候、状態（保管中、荷役中、航行中など）、および、主な混在物、である。

(3) 廃棄物、循環資源およびリサイクルに関する事故情報・物質危険性情報 DB

・リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)

金属スクラップ火災の原因分析やその防止に役立つと思われるさまざまな廃棄物火災の事例を収録している RISCAD にリンクを張った。また、利用者の利便性を考えて、あらかじめ RISCAD を「廃棄・資源化」工程で検索した結果（該当事例 301 件）の一覧表へのリンクを張った。

また、金属スクラップ火災の原因の一つとして考えられる「金属と酸との反応」やその他の廃棄物の火災、爆発事例を、(独)産業技術総合研究所が運用する RISCAD 構築の中で事故事例の分析、活用のために開発された「事故進展フロー図を用いた事故分析手法 PFA (Progress Flow Analysis)」を用いて分析した結果を一覧で掲載し、各事故進展フロー図にリンクを張った。

2000 年に神奈川県で起きた金属スクラップの廃棄時の事故事例について、PFA を実施した例を図 3.6.1 に示す。

・廃棄物および循環資源における安全情報システム

京都大学で運用している上記のシステムにリンクを張った。システムは、「事故事例データベース」、「危険物性データベース」、「危険性評価手法データベース」からなる。「事故事例データベース」では、上記 PFA でも取り上げた「清掃工場での水素ガス爆発事故」や、「三重ごみ固形燃料発電所爆発事故」などの廃棄物処理・リサイクルに関する事故事例が収録されている。

・高エネルギー物質の爆発危険性 DB

(独)産業技術総合研究所安全科学研究部門で運用している上記の DB にリンクを張った。廃棄物などに混入し、事故の原因となる高エネルギー物質（過酸化剤など）の熱分析データ、各種感度試験データなどが収録されている。

(4) 廃棄物処理施設における関連事故事例の分析

本事業において調査された 2005 年以降の金属スクラップ火災事例に関しては、事故分析手法 PFA を適用するために必要な時系列の事故の経過に関する情報が十分に得られなかったため、関連する廃棄物や金属と酸との反応などの事故事例に事故分析手法 PFA を適用して、原因分析と教訓や再発防止策の抽出を行った。金属スクラップ火災そのものではなくても、関連する事故事例の経過から抽出される原因、対応策や教訓は、金属スクラップ火災の防止や安全対策に十分役立つものと考えられる。

特定非営利活動法人災害情報センター（ADIC）からは、「廃棄物」および「硫酸」、「硝酸」に関連する事故事例（廃棄物：58 件、硫酸、硝酸：136 件）の各種情報（廃棄物：1307 件、硫酸、硝酸：289 件）を入手し、これらの情報を精査して、事故事例分析に耐える詳細な情報のある事故事例（廃棄物：7 件、硫酸、硝酸：2 件）を選択して分析を行った。硫酸は鉛蓄電池の電解液であり、廃棄物中の金属と硫酸との反応による水素の発生、着火、火災の類似事故事例を、硝酸はさらに範囲を広げて、金属と酸との反応による水素の発生が関連する事故事例を想定した。英国環境省（Environment Agency; EA）、米国化学事故調査委員会（US. Chemical Safety and Hazard Investigation Board; CSB）からは、廃棄物処理施設の事故事例（EA：1 件、CSB：4 件）を選択し、分析を行った。分析対象とした事例の一覧を表 3.6.1 に示す。また、2000 年に神奈川県で起きた金属スクラップの廃棄時の事故事例について、PFA を実施した例を図 3.6.1 に示す。

各事例を分析し、得られた教訓を整理し、次のような知見を得た。

各事例から最も多く導出された教訓は、排出者と受入者（処理事業者）との情報共有に関する問題で、これは金属スクラップに対する着火源や燃料となる物質、あるいは、各種の規制対象物質の混入にも通じる問題である。次に多いのは、事業者による安全管理の問題で、貯蔵時の安全ばかりに気を取られていると荷役作業時に事故が起こる、といったことに通じる問題である。化学物質の危険性に関しては、「金属は水素の発生源」や、「燃えにくいものでも燃える」といった教訓は、金属スクラップにも当てはまる。

表 3.6.1 廃棄物処理施設における関連事故の分析対象事例一覧

番号	年	月	日	時刻	事例タイトル	出典
金属スクラップ事例						
1	2000	8	30	13:55	神奈川県横須賀市 鉄くず裁断機で砲弾が爆発	ADIC
金属と酸との反応の事例						
2	1989	9	12	03:56	東京都墨田区 化粧品容器製造工場でアルミニウム粉廃液から水素発生	ADIC
その他の事例						
3	1987	7	10		滋賀県甲賀郡石部町 産業廃棄物焼却処理工場の油泥回収ピットで火災	ADIC
4	1995	7	6	09:59	神奈川県伊勢原市 一般廃棄物処理施設の焼却炉でアルミニウムと水が反応して爆発	ADIC
5	1996	6	11	14:58	神奈川県川崎市 廃アルカリ受入槽でアルミニウムが反応して廃液が流出	ADIC
6	1998	11	9	21:59	福岡県築上郡吉富町 廃液タンクで過酸化合物による爆発	ADIC
7	1999	1	2	18:30頃	栃木県佐野市 野積みタイヤの火災	ADIC
8	2001	7	17	13:30	USA・デラウェア州 廃酸タンクで可燃性ガスによる爆発	CSB
9	2002	5	7	16:15	東京都大田区 廃棄物処理場火災の異常燃焼で消防士死亡	ADIC
10	2003	11	5	05:10	神奈川県大和市 スーパーの生ごみ処理施設で爆発	ADIC
11	2004	3	3		UK・クリーブランド 廃棄物処理施設でリチウム・銅製品のドラム缶火災	EA
12	2003	1	13	16:30	USA・テキサス州 廃棄物処理施設で荷下ろし中に可燃性蒸気が爆発	CSB
13	2003	2	7	09:30	USA・ロードアイランド州 排気ダクト内で反応性物質が生成し清掃中に爆発	CSB
14	2006	10	5	21:00	USA・ノースカロライナ州 廃棄物処理施設で酸素発生器による火災	CSB

事故概要	発生日時(曜日) 発生場所
2000年8月30日(水)13:55頃, 神奈川県横須賀市	
工業団地内にあるスクラップ業者の鉄くず処理工場で、鉄くずの切断中に裁断機付近で爆発が起き、火災が起きた。工場は爆風で鉄骨の骨組みだけを残して全壊し、火災により約700平方mが全焼した。工場の屋根や鉄くずが半径約700mに飛散し、家屋や車両への被害は221件に及んだ。裁断工程を担当していた作業員1名が腕などに重傷を負った。原因は、旧日本海軍の爆薬を含んだ鉄くずを切断したためと推定された。	
背景	
<ul style="list-style-type: none"> ・事故後の調査で草むらや当該工場のスクラップ置き場の鉄くずの山から見つかった長さ約70cm、直径約40cm、重さ約100kgの円筒形の金属塊は、海上自衛隊の調べにより、旧日本海軍の対潜水艦兵器の爆雷であることが確認された。爆雷：潜水艦攻撃用の爆弾。水中に投下または発射され、一定深度に達すると爆発する。 ・爆雷の搬出元とされた県立老人ホーム建て替え予定地は、戦争中には旧日本海軍の対潜学校実習所があり、1955年に市に売却され、1971年に県に転売された。 ・同工業団地内の発災現場から約100メートル離れた場所で、原子力発電所用の二酸化ウランを原料とする核燃料加工工場が稼働中であったが、事務所棟の窓ガラスが約30枚割れた程度で工場に被害はなかった。 ・当該工場は、5年前にも大砲の砲身を裁断中に爆発事故を起こしている。 	

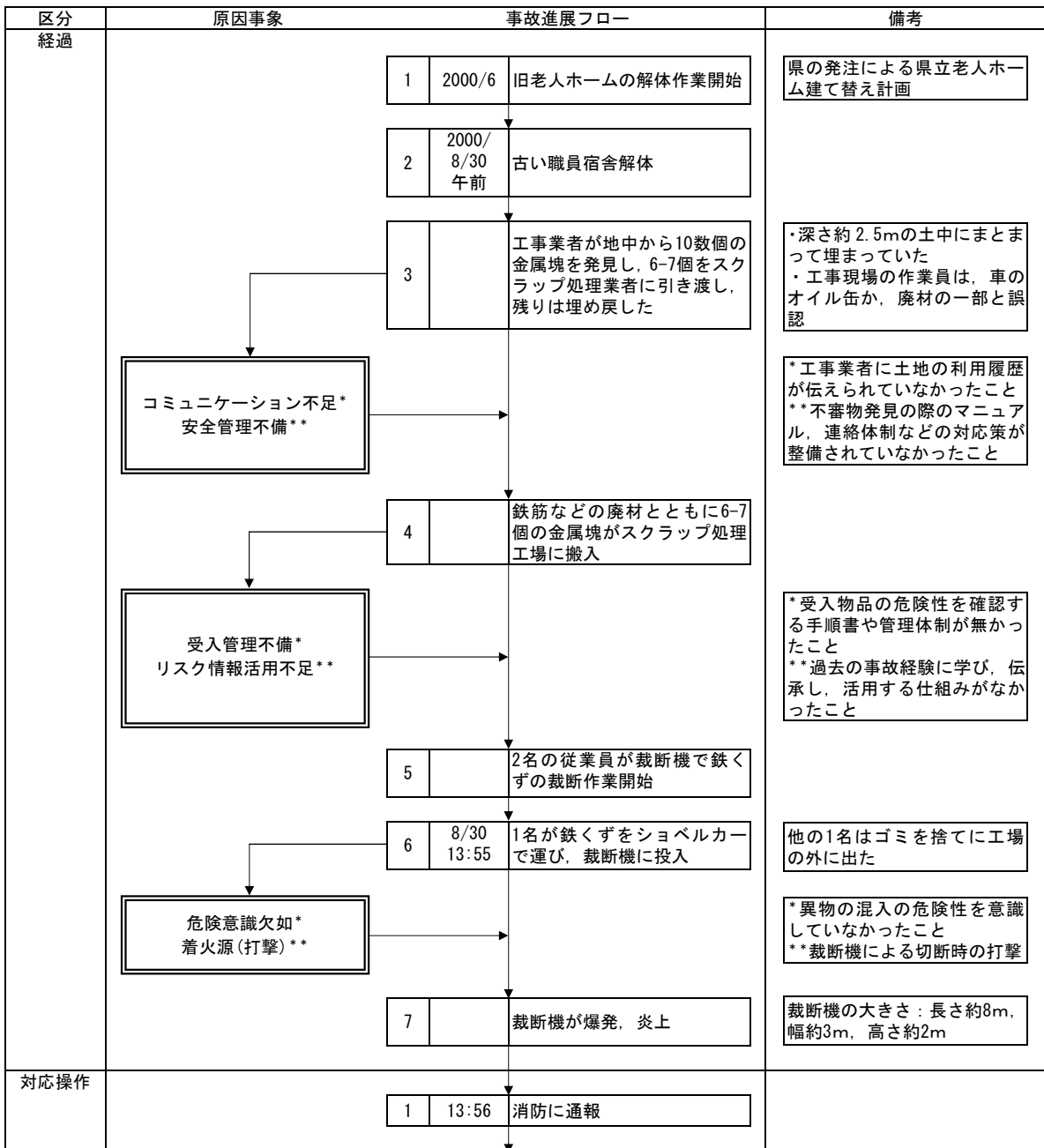


図 3.6.1-1 事故進展フロー図 (例)

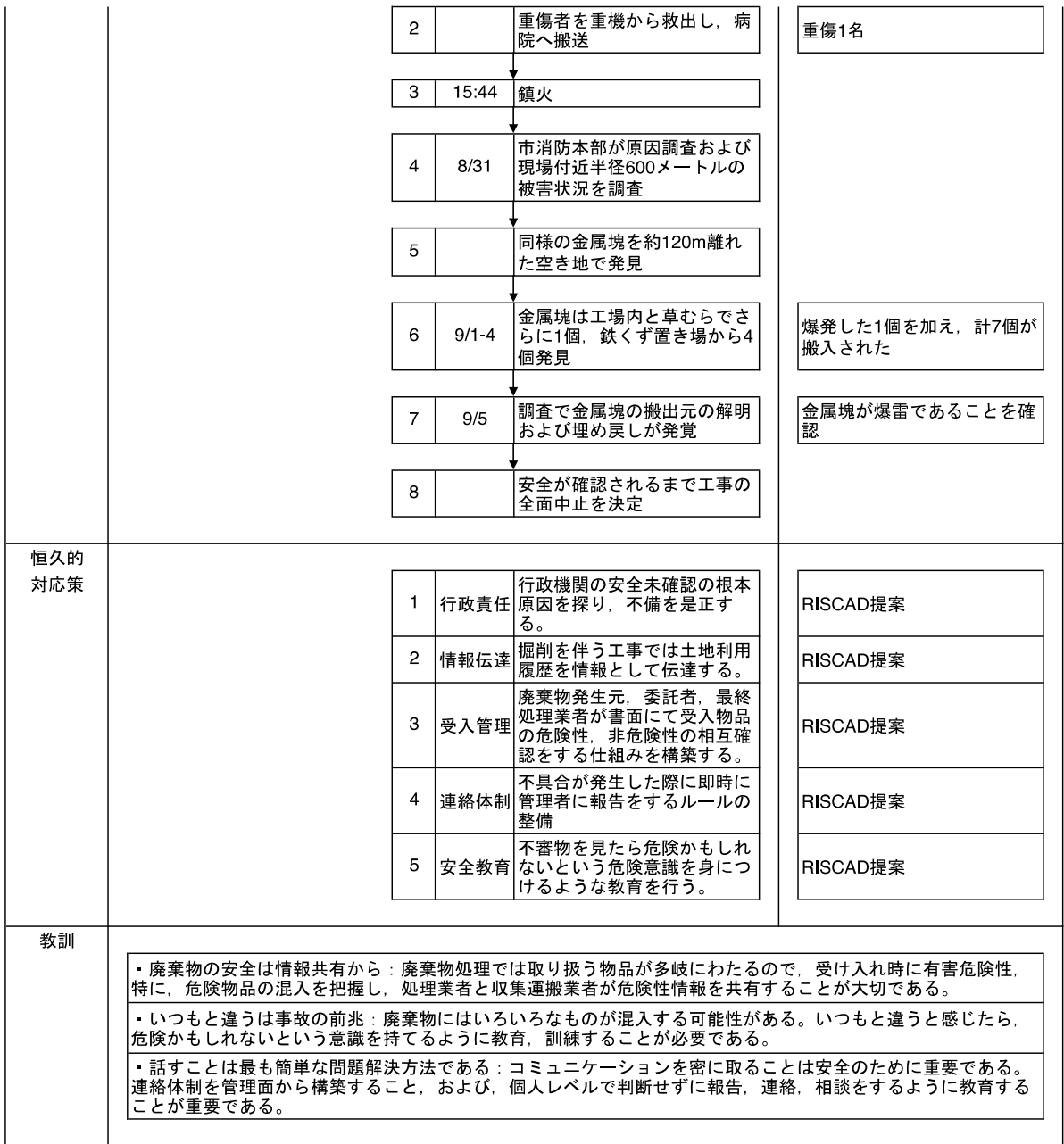


図 3.6.1-2 事故進展フロー図（例：続き）

第3章 文献

- 内田早月, 田中誠, 駒田則光, 駒井武: アルミ合金の摩擦火花によるメタンガス着火性、表面処理による着火抑制効果. 資源・素材学会誌, 108 (9), 650-652 (1992)
- 尾川義雄: 廃棄物処理施設等における火災に関する文献紹介. 消防研究所報告 第 96 号, 109-113 (2003)
- 海上保安庁: 平成 20 年海難の現況と対策について (2009)
- 化学大辞典 (1977)
- 佐宗祐子: 廃棄物施設の防火・消火技術の開発. 環境技術会誌 第 132 号, 62-66 (2008)
- 消防研究所長: 横浜市安全管理局長あて回答 (2006)
- (財)総合安全工学研究所, 事故原因調査報告書, 平成 20 年 5 月, 2008
- 橋本治, 山寺昭夫, 阿部薫, 古積博: 廃棄物処理施設の安全管理と防災計画、一廃棄リチウム電池とエアゾール缶の安全対策一. 都市清掃 61 巻 283 号, 227-234 (2008)
- 松本学: ラジコン用バッテリー (リチウムポリマー電池) の出火危険について, 愛知県火災原因調査報告会 (2011)
- 山本忠昭, 柏原隆志: リチウムポリマー電池から出火した火災の調査活動. 消研輯報, 63, 168-173 (2010)
- 廖赤虹, 平岡理弘, 松下修, 坂本直久, 佐宗祐子, 内藤浩由: 泡による火災の延焼阻止効果に関する検討. 平成 20 年度日本火災学会研究発表会 (2008.5, 神戸) 同概要集, 150-151
- Alan Brown: Transport of scrap metal, IGUS-EOS meeting, Stockholm, Sweden (May 2008)
- A. Knorr, H. Koseki, X.R. Li, M. Tamura, K. D. Wehrstedt, M. W. Whitmore: A closed pressure vessel test (CPVT) screen for explosive properties of energetic compounds. J. of Loss Prevention in the Process Industries, 20, 1-6 (2007)
- Koseki H., Iwata Y., Nishimura K.: Recent toner cartridge incidents at recycling facilities in Japan and its hazard of dust explosion. Loss Prevention Bulletin, 213, 12-14 (2010)
- Woo-sub Lim, Xin-Rui Li, Xin-Long Wang, Hiroshi Koseki, Osamu Hashimoto: Thermal reactivity of primary lithium coin-cell batteries. J. of Science Technology Energetic Materials, 68, 120-123 (2007)
- M. Wakakura, T. Uchida, Y. Shimizu, H. Koseki: Hazard evaluation of fires and explosions occurred at waste treatment area in Japan. 3rd NRIFD Symposium, 291-299 (March 2004)
- JIS K 4810-1979, 火薬類性能試験方法
- http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/h18fy/180901-3_src/180901-3_4.pdf

第4章 金属スクラップの管理方策

輸出される金属スクラップに含まれる各種の品目については、有害物質混入や火災などの問題を潜在的に有しながらも、その発生・回収・(中間処理)・保管・輸出の各段階では既存の法令による規制が明確には適用しにくいという特徴があるといえる。まず、輸出の水際で取りうる方策としてバーゼル法の改善策を検討する。次いで、さらに上流の発生段階からの適用も含めて、個別の輸出品目や関係業者に対する管理方策を議論する。そして、情報共有、その他の管理方策を検討した後、課題と方向性をまとめる。

4.1 バーゼル条約とバーゼル法

4.1.1 バーゼル条約の国内実施のための法整備等の義務

1989年3月、「有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約」(以下「バーゼル条約」とする)が採択された。バーゼル条約は1992年5月に発効し、日本については、1992年12月にバーゼル条約の締結が国会で承認され、1993年9月に発効した。

バーゼル条約は、その規制対象である「有害廃棄物」(同第1条第1項)や「他の廃棄物」(同第1条第2項)(以下「有害廃棄物」と「他の廃棄物」を合わせて「有害廃棄物等」とする)の国際移動を禁止するのではなく、人の健康や環境を害することがないようになかたちでの国際移動を確保することを目的としている。そのような国際移動を確保する方策として、バーゼル条約は「事前通告と同意」という手続きを採用した(同第4条第1項(c)、第6条第1項と同第2項)。すなわち、輸出(予定)国から輸入(予定)国に対して有害廃棄物等の輸出計画に関する通告が事前に書面でなされ、輸入(予定)国からの書面による同意を得たうえで、輸出(予定)国において輸出の許可がなされ、輸出が開始されるという手続きである。輸出(予定)国は、輸入(予定)国から書面による同意を得られない場合には、輸出を許可せず、または、輸出を禁止する義務を負う(同第4条第1項(c))。そして、このような手続きをふまえることなくなされた有害廃棄物等の国際移動は「不法取引」(illegal traffic)と定義され(同第9条第1項)、締約国は、このような不法取引を防止し処罰するために、適当な国内法令を制定する義務を負う(同第9条第5項)。

また、より一般的に、バーゼル条約は、「締約国は、この条約の規定を実施するため、この条約の規定に違反する行為を防止し及び処罰するための措置を含む適当な法律上の措置、行政上の措置その他の措置をとる。」(同第4条第4項)と規定し、締約国に対して国内法整備等の措置を講じる義務を課している。

4.1.2 バーゼル条約の国内実施のためのバーゼル法の制定

日本政府は、1991年秋以降、バーゼル条約の早期加入に向けて、関係省庁間でバーゼル条約を国内的に実施するための措置の検討に着手し、1992年6月にバーゼル条約の国内実施のための法案を閣議決定し、第123回通常国会に提出した。同法案は継続審議扱いとなり、第125回臨時国会において審議され、1992年12月に「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律」(平成4年12月16日法律第108号)(以下「バーゼル法」とする)が可決・成立し、公布され、1993年12月に施行された¹⁰。

¹⁰ バーゼル法の制定過程における関係省庁間の調整等についての詳細は、cf. 北村喜宣, 1994, 「国際環境条約の国内的措置 ―バーゼル条約とバーゼル法―」『横浜国際経済法学(横浜国立大学)』第2巻第2号, pp. 89-122.

バーゼル法は、バーゼル条約等の的確かつ円滑な実施を確保するため、その規制対象である「特定有害廃棄物等」の輸出入規制等の措置を講じることにより、人の健康および生活環境の保全に資することを目的としている（同第1条）。バーゼル法は特定有害廃棄物等の輸出入の規制を、バーゼル法に「外国為替及び外国貿易法」（昭和24年12月1日法律第228号）（以下「外為法」とする）の輸出入規制手続きを組み込み、それを準用することで行っている。

バーゼル法における特定有害廃棄物等の輸出手続きは、次のような流れである。まず、①特定有害廃棄物等を輸出しようとする者は、経済産業大臣（以下「経産大臣」とする）に外為法第48条第3項に基づく輸出承認の申請を行う（バーゼル法第4条第1項）。②経産大臣は環境汚染を防止するため特に必要のある一定の地域が輸出先である申請については、その申請の写しを環境大臣に送付する（同第4条第2項）。③環境大臣は当該申請を輸入（予定）国に通告し、申請書に記載する特定有害廃棄物等の処分につき、汚染防止に必要な措置がとられているか否かを確認し、④その結果を経産大臣に通知する（同第4条第3項）。さらに、⑤輸入予定国からの同意が環境大臣から経産大臣に送付され、⑥経産大臣は外為法第48条第3項に基づく輸出を承認する（同第4条第4項）。そして、バーゼル法では、バーゼル条約が締約国に講じることが義務付けた条約に違反する行為の防止と処罰のための国内法整備等の措置として（同第4条第4項および第9条第5項）、①の手続きに関連して、輸出承認申請の虚偽記載や無承認輸出等について罰則が科せられることとなった。

バーゼル条約とバーゼル法はそれぞれの規制対象物の国内処理を原則とし、その国際移動を抑制することを企図している（バーゼル条約第4条第2項および同条第9項、バーゼル法第3条¹¹）。それに対して、外為法は、対外取引について、市場原理に基づいた自由を基本としつつも、私企業の行き過ぎた利潤追求主義により日本が各国から非難される等の対外取引の正常な発展に支障を生じさせるような事態が生じた場合等は「管理又は調整」を行うこととし、しかしこれについても「必要最小限」のものにとどめることにしている。バーゼル条約、バーゼル法と外為法では、国際取引の捉え方が異なる点については注意する必要がある¹²。

4.1.3 バーゼル法による特定有害廃棄物等の輸出規制の問題点

日本はバーゼル法の制定等によってバーゼル条約によって義務付けられた国内実施のための措置を講じたが、1999年12月に日本からフィリピンに輸出された貨物のなかに、特定有害廃棄物等の一つである「医療系廃棄物」が混入しているとされて、日本とフィリピンの間で外交問題となる事件（いわゆる「ニッソー事件」）が発生した¹³。この事件では、医療系廃棄物が混入してい

¹¹ また、バーゼル法第3条を受けて策定された告示「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律第3条の規定に基づく同条第1号から第4号までに掲げる事項」（平成5年10月7日環境庁・厚生省・通商産業省告示第1号）では、「輸出及び輸入の最小化」、「国内処分の推進」と「輸出の最小化等に係る定期的な検討」について規定されている。

¹² Cf. 兼原敦子, 1994, 「国際環境保護と国内法制の整備」『法学教室』第161号, pp. 45-46., 関根孝道, 2005, 「有害廃棄物の越境移動と国際環境正義」『総合政策研究（関西学院大学）』第18号, pp. 115-117.

¹³ この事件では、日本政府はフィリピン政府によるバーゼル条約違反との指摘を容れて、バーゼル法を共同主管する環境庁（事件当時）、厚生省（事件当時）と通商産業省（事件当時）の三者が輸出した業者に対してバーゼル法に基づく回収と適正処理に係る措置命令を発出したが、これらの命令が履行されなかったため、日本政府が「行政代執行法」（昭和23年5月15日法律第43号）に基づき懸案の貨物を日本に回収して処理した。本件についての詳細は、cf. 鶴田順, 2005, 「国際環境枠組条約に

るとされた貨物を、輸出業者が「有価物 古紙（雑多な紙） 混入物（プラスチック）」と偽って申請したため、環境庁（当時）が関与する手続き（上記②から⑤の手続き）が完全に抜け落ちるかたちで輸出されてしまった。バーゼル法は、上述の通り、その輸出手続きに外為法の輸出承認手続きを準用しているため（上記①と⑥の手続き）、本件のような虚偽の輸出申請がなされた場合に経産大臣が疑いをもたなければ、外為法に基づく通常の輸出手続きがなされるのみで、それと並行して、環境省が独自にバーゼル法に基づく手続きを開始するという事は無い。本件を通じて、バーゼル法の輸出規制は、バーゼル条約が設定した「事前通告と同意」をふまえずになされた有害廃棄物等の不法取引の防止のための措置として、極めて脆弱であることが具体的に明らかとなった。

1999年のニッソー事件発生後、バーゼル法を共同主管する環境省と経済産業省（以下「経産省」とする）、さらに、バーゼル法を水際で執行する税関等は、①輸出入しようとする貨物がバーゼル法の規制対象物である特定有害廃棄物等に該当するか否かを判断する基準（該非判断基準）の明確化¹⁴や、②輸出入業者による「事前相談制度」（後述する）の利用促進とそこで得られた情報の関係省庁による共有を進め、また、③日本各地でバーゼル法説明会を開催し、再生可能資源の輸出入業者等にバーゼル法等の周知徹底を図る等の措置を講じ、日本におけるバーゼル条約の実効的な実施を模索してきたといえるが、その後も、日本から「再生可能資源」や「中古品」と称して輸出された貨物が、輸出先国の税関で通関できず、日本にシップ・バックされる事例がいくつも発生している¹⁵。具体的には、バーゼル条約およびバーゼル法の規制対象物に該当する使用済み鉛バッテリー、異物混入などで品質が悪くてリサイクルできないと判断された廃プラスチックや、輸出先国の税関の検査で通電しなかったため中古品とは認められなかったテレビやモニター等が、日本に戻されている。虚偽の輸出承認申請がなされた場合に、「税関で見抜く」ということがない限り、バーゼル法の輸出規制手続きが完全に迂回されたまま輸出されてしまうという問題状況が依然として存在する¹⁶。

における条約実践の動態過程 —1999年産業廃棄物輸出事件を素材にして」城山英明・山本隆司編『融ける境 超える法 第5巻 環境と生命』（東京大学出版会），pp. 215-219.

¹⁴ 具体的には、環境省および経産省は、使用済み鉛バッテリー、ポリエチレンテレフタレート製の容器等（廃PETボトル等）、使用済みブラウン管テレビについての該非判断基準を提示している。Cf. 環境省のホームページ上の情報「輸出入をお考えの皆様へ」（Available at <http://www.env.go.jp/recycle/yugai/index1.html>（4 January, 2010））

¹⁵ Cf. 環境省のホームページ上の情報「我が国から輸出した貨物の返送に関する情報」（Available at <http://www.env.go.jp/recycle/yugai/shipback/index.html>（4 January, 2010）），鶴田 2005, pp. 207-232., 鶴田順, 2007, 「国際資源循環の現状と課題 —日本から中国への廃プラスチックの輸出に焦点をあてて—」『法学教室』第326号, pp. 6-12.

日本から輸出された貨物が相手国で輸入を認められず、日本に返送（シップ・バック）された事例には、例えば、2006年3月に日本から香港に向けて輸出された貨物に多くの使用済み鉛バッテリーが積載され、環境省および経産省が当該貨物に特定有害廃棄物等が含まれていることを認定し、輸出業者に対して厳重注意を行った事例がある。また、2008年5月に関税法にもとづく輸出申告がなされた貨物について、環境省が輸出申告された貨物に廃棄物処理法における「廃棄物に該当するものが含まれている」と認定し（洗浄等が不十分な廃PETボトルであると思われる）、当該貨物を輸出しようとした業者は「過去に2度も同様の貨物について税関から注意を受けて」いることを指摘しつつも、輸出業者に対して厳重注意を行った事例もある。

¹⁶ バーゼル法の執行の体制が税関における検査に大きく依存するものであることについては、cf. 島村健・久保はるか・鶴田順・桑原勇進・孫海萍・王天華, 2007, 「国際資源循環の法動態学」榎村志郎編『法動態学叢書 水平的秩序 第3巻 規整と自律』（法律文化社），pp. 97-99, 122-123.

4.1.4 検討課題の設定

バーゼル法の規制対象物である「特定有害廃棄物等」の不適正な国際移動を未然に防止するためにとりうる措置としては、①輸出入しようとする貨物が特定有害廃棄物等に該当するか否かを判断する基準（該非判断基準）の明確化、②当該該非判断に関連しての輸出入業者等による「事前相談制度」の利用促進とそこで得られた情報の関係省庁による共有、③輸出入業者等へのバーゼル法の周知徹底、④バーゼル法に基づく輸出承認申請のあった貨物が「環境の汚染を防止するために必要な措置が講じられているかどうか」についての環境大臣によるバーゼル法第4条第1項に基づく「確認」の権限行使¹⁷、⑤特定有害廃棄物等を輸出しようとした業者等への行政的・司法的な対応等がある。

また、有害廃棄物等の不適正な国際移動が発生した場合の事後的な対応としては、「不法取引」（バーゼル条約第9条第1項）を防止し処罰するための措置を講じる義務（バーゼル条約第4条第4項）の履行としての、⑥特定有害廃棄物等を輸出した業者等への行政的・司法的な対応がある。これまでのところ、日本政府は、上記①から③については積極的に措置を講じているが、⑤と⑥については必ずしも十分な対応をとっているとは言い難い。

そこで、以下では、日本におけるバーゼル条約の実施に関する現状とその課題について、バーゼル条約の国内実施を担保するバーゼル法のあり方とその執行に着目して、次の二つの論点について検討する。第一に、上記①に関連して、バーゼル条約が設定した規制対象物をふまえたバーゼル法の規制対象の設定のあり方とその問題点を検討する。第二に、上記⑤と⑥に関連して、税関の貨物検査でバーゼル法の規制対象物の混入が発覚した場合や日本から輸出された貨物がシップ・バックされた場合等における、現行法に基づく対応の可能性を見極め、現行法が有する課題を明らかにし、その上で、バーゼル法の輸出規制の実効性を高めるためにとるべき改善策を提示する。

¹⁷ 環境大臣によるバーゼル法に基づく「確認」権限の行使については、cf. 鶴田 2005, p. 224.

4.2 バーゼル法における規制対象の設定のあり方とその課題

4.2.1 バーゼル条約の規制対象とバーゼル法の規制対象の関係

バーゼル法の規制対象物である「特定有害廃棄物等」は、「特定有害廃棄物」（バーゼル法第2条第1項イの「条約附属書Ⅰに掲げる物であつて、条約附属書Ⅲに掲げる有害な特性のいずれかを有するもの」と「家庭系廃棄物」（第2条第1項ロの「条約附属書Ⅱに掲げるもの」）等であり、日本政府がバーゼル条約の規制対象物であると解釈した物と直接に重なるという特徴を有する。この点について、日本政府は、バーゼル法の規制対象物について、「規制の対象となる特定有害廃棄物等を条約附属書を引用することにより定義していることから、条約附属書Ⅰ……が改正された場合には、それに対応して本法に基づいて規制の対象となる特定有害廃棄物等の内容も自動的に変更されることになる」（環境庁水質保全局廃棄物問題研究会, 1993, 『バーゼル新法Q&A』, 第一法規, p.126. 傍点は筆者による挿入）と述べて、バーゼル条約の規制対象物とバーゼル法の規制対象の連続性を強調している。このようなバーゼル法の規制対象の設定のあり方は、どのように理解したら良いのであろうか。

4.2.2 条約の国内実施のための国内法整備の意義

一般的に、条約を国内的に実施するための国内措置について、日本では、日本国憲法第98条第2項で「日本国が締結した条約及び確立された国際法規は、これを誠実に遵守することを必要とする」と規定することで条約の最高法規性を認め、条約を国内法制に一般的に編入していると解されていることから（いわゆる「編入（一般的受容）方式」の採用）、仮に条約上の権利や義務を国内的に実施するための国内法令の整備（既存法で対応、既存法の改廃、新規立法やこれらの組み合わせ等）がなされなくても、条約はそのまま国内的に国内法としての効力をもつ¹⁸。そのため、条約を国内的に実施するための国内法整備は、行政機関や司法機関が条約の規定を直接に適用・執行できないときに、それらを確保するための一つ的手段にすぎない。しかし、条約を国内的に実施するための国内法整備は、その効果において、いくつかの点できわめて重要な手段といえる¹⁹。

まず、日本国憲法は第31条で罪刑法定主義を一般的に保障していることから、条約によって締約国に義務付けられた一定の行為を犯罪であるとして処罰することは、国民の代表で構成される国会の議決によって成立した形式的意味での法律の定めによることなく日本の管轄下にいる私人に強制することはできない。罪刑法定主義は、いかなる行為が犯罪となり、それがいかに処罰されるかをあらかじめ国民に示すことによって、国家の管轄下にいる私人の予測可能性と行動の自由を保障すること等を要請するものであることから、刑罰法規は当該予測可能性を担保する程度の明確性を有する必要がある。ただし、当該予測可能性の保障の観点からは、法律自体によって処罰範囲の明確性が確保されている必要は必ずしもなく、法律の委任を受けた政省令や行政機関の通達等を含めた全体として明確性が担保されていれば、予測可能性の保障の要請は充足されると解される²⁰。

¹⁸ ここでの「効力」がいかなるものであるかについては精査する必要があるが、ここでは立ち入らない。

¹⁹ Cf. 小森光夫, 1998, 「条約の国内的効力と国内立法」村瀬信也・奥脇直也編『国家管轄権 一国際法と国内法一』（勁草書房）, pp. 554-555.

²⁰ Cf. 佐伯仁志, 2004, 「罪刑法定主義」『法学教室』第284号, p. 52.

また、行政法には、憲法における「法治主義」の帰結として「法律による行政の原理」があり、この原理の結果として、行政活動は「法律の留保の原則」、すなわち、行政機関が権限を行使するに際して法律の根拠を必要とするという原則の拘束を受ける。その適用範囲については、侵害留保説、社会留保説、全部留保説などの学説上の対立があるが、これらの説のうち、法律の留保の範囲を狭く解する古典的侵害留保説によるとしても、行政機関が国民の権利自由を侵害し、国民に新たな義務や負担を課す場合には、法律の根拠を必要とする²¹。また、法律の留保の原則の目的の一つが行政活動について国民に予測可能性を与えることにある以上、行政活動の根拠規範は、そのような目的を達成するのに必要な程度の詳細さ（規律密度）を有する規範である必要がある²²。

バーゼル法の規制対象物は日本政府がバーゼル条約の規制対象物であると「解釈」した物であるが、バーゼル条約の規制対象物は追加されることがあることをふまえると（後述する）、罪刑法定主義が要請する程度の処罰範囲の明確性や「法律の留保」原則が要請する程度の規律密度を有するような国内法令の整備であるといえるかについては精査する必要がある。

4.2.3 バーゼル法における規制対象の設定の課題 —被覆電線の輸出入の規制に即して—

バーゼル条約の規制対象物とバーゼル法の規制対象物の関係については、国際レベルの条約関係規範の動態（条約の締約国会議等における規制対象の具体化・詳細化等）を国内レベルのバーゼル法が必ずしも受け止めきれていないという問題（問題点①）や、条約では規制対象リスト（附属書Ⅷ）と規制対象外リスト（附属書Ⅸ）を並置しているのに対して、バーゼル法の規制対象物をリスト化し明確化を図った告示（「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律第2条第1項第1号イに規定する物」（平成10年11月6日・環境庁・厚生省・通商産業省告示第1号））（以下「バーゼル法告示」）²³では、規制対象外リスト（別表第一）を規制対象リスト（別表第二）よりも優先しているために（図4.2.1参照）、現状ではバーゼル条約の規制対象物とバーゼル法の規制対象物に齟齬が生じる可能性があるという問題（問題点②）もある。これら二つの問題点は相互に関連しているが、以下、具体的に、バーゼル条約及びバーゼル法による被覆電線の輸出入規制に即して検討してみたい。

バーゼル条約による被覆電線の輸出入の規制については、インド政府の提案を受けて、2004年10月に開催されたバーゼル条約第7回締約国会議において、規制対象物に追加するか否かが議論され、附属書改正決議（VII/19）により²⁴、野焼きの対象にしないこと等を条件に、規制対象外のリストである附属書ⅨのB1115に「プラスチックで被覆され又は絶縁された金属ケーブル廃棄物」

²¹ Cf. 成田頼明, 1990, 「国際化と行政法の課題」成田頼明・園部逸男・金子宏・塩野宏・小早川光郎編『行政法の諸問題（下）』（有斐閣）, p.87.

²² 法律の留保の原則が求める「規律密度」については、cf. 宇賀克也, 2006, 『行政法概説 I 行政法総論〔第2版〕』（有斐閣）, p. 33-35.

²³ バーゼル法との関連におけるバーゼル法告示の法的意味については、cf. 島村健「国際環境条約の国内実施」『新世代法政策研究（北海道大学）』第9号, pp/144-146.

²⁴ この改正決議については、cf. “Review or Adjustment of the lists of wastes contained in Annexes VIII and IX to the Basel Convention” (UNEP/CHW.7/15, dated at 23 July 2004), pp.1-5., “Report of the Conference of Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal” (UNEP/CHW.7/53, dated at 25 January 2005), p.11 and pp.46-47., 寺園淳, 2009, 「廃棄物 —ごみの行方を追う」窪田順平編『モノの越境移動と地球環境問題』（昭和堂）, p. 111.

が追加された。ただし、B1115 の但し書きには、「A 表 A1190 に含まれるもの……を除く。」とある。この A 表とは規制対象リストである附属書Ⅷであり、その A1190 も同じ附属書改正決議により追加され、「附属書Ⅲの特性を示す程度に、コールタール、PCB、鉛、カドミウムその他の有機ハロゲン化合物又は附属書Ⅰのその他の成分を含み又はこれらにより汚染されたプラスチックで被覆され又は絶縁された金属ケーブル廃棄物」とある。条約附属書Ⅷへの A1190 追加および条約附属書Ⅸへの B1115 追加について、日本政府は、同追加に対応した外務省告示第 559 号（平成 17 年 6 月 30 日）を官報に掲載しているが、2010 年 11 月末日現在、同追加に対応したバーゼル法告示の改正はなされていない（上記問題点①）。

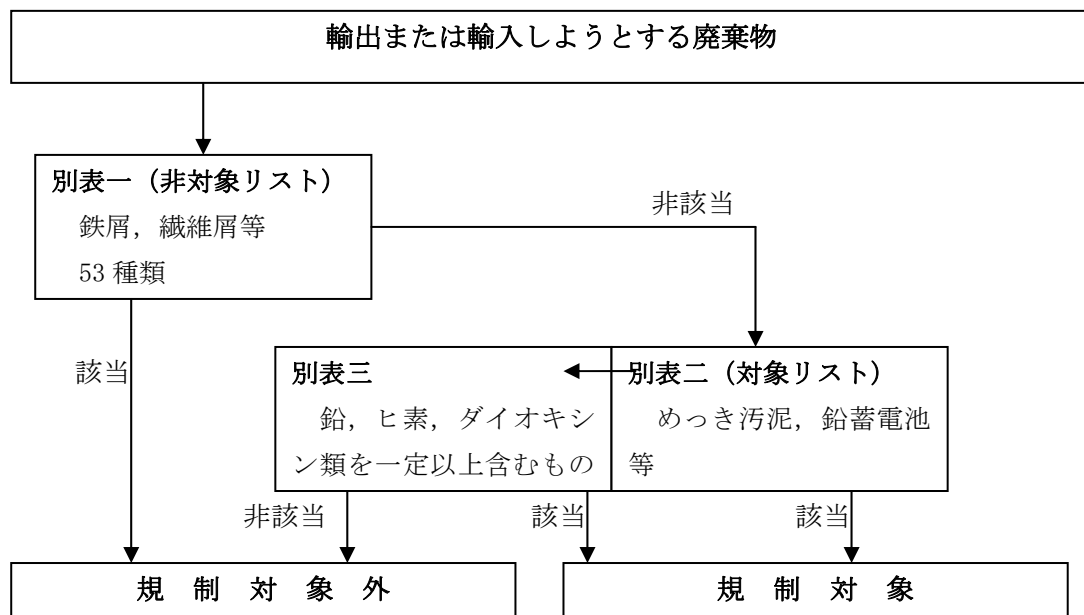


図 4.2.1 バーゼル法告示における「有害廃棄物等」の同定の流れ

そのため、電線の輸出入規制は、現行のバーゼル法告示の範囲内でなされることとなるが、結論を先取りすれば、バーゼル条約が要求するよりも限定的な規制にとどまるものと解される。電線に関する現行のバーゼル法告示の規制は、規制対象外リストである別表第一第 1 項第 11 号ハに「……電線その他の電気部品又は電子部品のくずであって、直接再使用することが予定されたもの」とあり、これに該当するとの判断がなされれば、規制対象リストである別表第二および別表第三に該当するか否かを確認する必要はなく、規制対象外であるとして処理されることとなる。

しかしながら、このような規制対象物の同定方法は、条約附属書の考え方とも、また、バーゼル法告示の上位規範にあたるバーゼル法の考え方とも異なる。たしかに、バーゼル法告示別表第一第 1 項第 11 号ハに対応する条約附属書Ⅸの B1110 には、「直接再利用を目的として再生利用又は最終処分を目的としない電気部品及び電子部品（……電線を含む。）」とあるが、これに関連する規制対象リストもあり、条約附属書Ⅷの A1180 には「電気部品及び電子部品の廃棄物又はそのくずで、……附属書Ⅲに掲げる特性のいずれかを有する程度に附属書Ⅰの成分（例えば、カドミウム、水銀、鉛、ポリ塩化ビフェニル）により汚染されているもの」とあり、さらに、電線の規制に適用される改正後の条約附属書Ⅷの A1190 には「附属書Ⅲの特性を示す程度に、コールター

ル、PCB、鉛、カドミウムその他の成分を含む又はこれらにより汚染されたプラスチックで被覆され又は絶縁された金属ケーブル廃棄物」とある。附属書Ⅷの A1180 と A1190 の関係は、前者が電気部品等一般の廃棄物を対象にする一般規定であるのに対し、後者が電線廃棄物に特化した特別規定であることから、両者の間に抵触がみられる場合は、後者が適用されることとなると解される。

バーゼル法の規制対象物は同法第 2 条第 1 項に規定された特定有害廃棄物等であり、上述のように、バーゼル条約の規制対象物と直接に重なるものである。また、バーゼル法の規制対象物が、その下位規範にあたるバーゼル法告示により広狭するということはない。そのため、電線の輸出入の規制については、規制対象リストであるバーゼル条約附属書Ⅷの A1190（含有率基準）、規制対象外リストである条約附属書Ⅸの B1110（成分が金属のみであるか否かという基準、鉛等の含有率基準と直接再利用の有無という基準を提示している）と B1115（含有率基準および処理方法基準を提示している）の三者により同定されることとなる。現在のバーゼル法告示は、電線の輸出入規制の規制について、本来適用されるべき B1115 が適用されず、また、条約附属書Ⅸの B1110 を受け止めたバーゼル法告示別表第一第 1 項第 11 号は 3 つの基準を掲げ（成分が金属のみであるか否かという基準（同号イ）、鉛等の含有率基準（同号ロ）と直接再利用の有無という基準（同号ハ））、それらを並置しているため、これらのいずれかの基準を充足すれば規制対象外となる。例えば、輸出入される電線が「直接再使用することが……予定されたもの」（バーゼル法告示別表第一第 1 項第 11 号ハ）であれば、同号の他の基準（バーゼル法告示別表第一第 1 項第 11 号イおよびロ）の充足を確認することなく、直接再使用されることのみをもって規制対象外となる可能性がある。しかしながら、バーゼル条約の附属書Ⅷと附属書Ⅸはいずれかを優先させるという関係にはないため、仮に輸出入される電線が附属書Ⅸの B1110 が掲げた基準を充足したとしても、附属書Ⅷの A1180 および A1190 に該当するか否かの確認は別途必要となる。

以上をまとめると、電線の輸出入規制については、バーゼル条約では附属書Ⅷと附属書Ⅸの双方に掲げられた諸基準（成分が金属のみであるか否かという基準、鉛等の含有率基準、直接再利用の有無という基準、処理方法基準）が並行的に適用されることで、規制対象の該非判断がなされるのに対して、バーゼル法では告示別表第一に掲げられた諸基準（成分が金属のみであるか否かという基準、鉛等の含有率基準、直接再利用の有無という基準）のうち一つでも充足すれば規制対象外となり、それゆえ、バーゼル条約とバーゼル法では規制対象物の同定に適用される基準が異なり、両者の規制対象に齟齬が生じる可能性があるといえる（上記の問題点②）。

4.3 有害廃棄物等の不適正な国際移動への対応 —バーゼル法の輸出規制の課題とその改善策—

4.3.1 バーゼル法による特定有害廃棄物等の輸出規制

バーゼル法は、バーゼル条約等の的確かつ円滑な実施を確保するため、その規制対象である「特定有害廃棄物等」の輸出入規制等の措置を講じることにより、人の健康および生活環境の保全に資することを目的としている（同第1条）。バーゼル法は特定有害廃棄物等の輸出入の規制を、外為法の輸出入規制手続きを準用することで行っている。それゆえ、バーゼル法における「輸出」は外為法上の「輸出」と同義である。

バーゼル法における輸出規制に違反した場合の罰則について、バーゼル法では、バーゼル条約が締約国に講じることが義務付けた「不法取引」の防止と処罰のための国内法整備等の措置として（同第4条第4項および第9条第5項）、外為法第48条第3項に基づく輸出承認の申請に虚偽の記載等を行い、それにより経産大臣の輸出承認を受けた者については、外為法第70条第1項第三十三号の罰則（三年以下の懲役若しくは百万円以下の罰金）が科せられ、また、外為法第48条第3項に基づく経産大臣の輸出承認を受けずに輸出した者については、外為法第69条の7第1項第四号の罰則（五年以下の懲役若しくは五百万円以下の罰金）が科せられる。ただし、外為法第48条第3項に違反し、経産大臣の承認を受けずに特定有害廃棄物等を輸出しようとした場合については、同項に違反した場合の罰則に「輸出の未遂罪」および「輸出の予備罪」はないため、特定有害廃棄物等を輸出しようとした業者等に対して司法的な対応をとることはできない。

4.3.2 外為法における「輸出」の解釈

外為法における貨物の「輸出」の成立時期は、経産省の通達「輸出貿易管理令の運用について」（昭和62年11月6日付け輸出注意事項62第11号）によると、「貨物を外国へ向けて送付するために船舶又は航空機に積み込んだ時」とであると解されている。外為法における「輸出」の解釈は、実務上、基本的には、関税法における「輸出」と同様に解釈されているとのことである²⁵。

関税法は、同法における「輸出」について、「内国貨物を外国に向けて送り出すことをいう。」（関税法第2条第1項第二号）と定義している。この定義は、あらゆる形態の輸出にあてはまるように、最大公約数的な表現がとられている。関税法における「輸出」の既遂時期の解釈については、外国仕向船出港説、領海時説、目的地到着時説、目的地陸揚説等も主張されているが、一般的には、関税法は通関によって貨物の輸出入を管理するものであることから、輸出の既遂時期も、通関線を突破して税関の輸出規制から離脱する段階、すなわち、貨物を保税地域等に搬入し、税関の検査を受け、税関より輸出の許可を受け、外国に仕向けられた船舶に外国に向けられた貨物を積み込むことをもって既遂時期と解されている（最判昭35年12月22日刑集第14巻第14号2183頁）。

それゆえ、船舶が日本の領海外に出るか否かにかかわらず、関税法に基づく輸出許可を受けることなく外国仕向船に貨物を積み込みことによって無許可輸出の罪の既遂となる（福岡高裁判昭25年12月25日高刑特第15号185頁）。また、バーゼル法の規制対象物である特定有害廃棄物等のシップ・バック（返送）事例のように、貨物を外国で陸揚げしないで、あるいは通関できず、そのまま日本へ持ち帰ってきたとしても、関税法における無許可輸出に係る罪の既遂に影響を及

²⁵ Cf. 大蔵省関税研究会編, 1992, 『関税法精解（上巻）』（日本関税協会）, p. 856., 外国為替貿易研究グループ編, 1998, 『逐条解説 改正外為法』（通商産業調査会出版部）, p. 835.

ばすものではないと解されている（東京高裁判昭26年6月9日高刑集第4巻第6号657頁）。

4.3.3 バーゼル法における輸出の未遂罪および予備罪の不採用

バーゼル法には輸出罪はあるものの、輸出の未遂罪や輸出の予備罪はないため、現状では、外国仕向船に輸出しようとする貨物の積載前の税関における検査によって、バーゼル法の規制対象物である有害廃棄物等の混入が発覚したとしても、バーゼル法の観点からはそれを犯罪とみなして司法的な対応をとることはできない。このような控えめな規制のあり方は、バーゼル法が輸出入規制に係る手続きで準用している外為法の目的に由来するものと考えられる。外為法第1条は、「外国為替、外国貿易その他の対外取引が自由に行われることを基本とし、対外取引に対し必要最小限の管理又は調整を行うことにより、対外取引の正常な発展並びに我が国又は国際社会の平和及び安全の維持を期し、もつて国際収支の均衡及び通貨の安定を図るとともに我が国経済の健全な発展に寄与することを目的とする」（傍点は筆者による挿入）と規定し、これらの目的を実現するための手段についても、「対外取引に対し必要最小限の管理又は調整を行うことにより」（傍点は筆者による挿入）担保するものとしている。本条は対外取引については、市場原理に基づいた自由を基本としつつも、私企業の行き過ぎた利潤追求主義により日本が各国から非難される等の対外取引の正常な発展に支障を生じさせるような事態が生じた場合等は、「管理又は調整」を行うことになるが、これについても「必要最小限」のものにとどめることを明らかにしたものである。それゆえ、外為法に基づく輸出入の「管理又は調整」は「必要最小限」でなければならない。

4.3.4 シップ・バックされた特定有害廃棄物等への司法的な対応

しかしながら、日本から「再生可能資源」や「中古品」と称して輸出された貨物の中に、バーゼル条約の規制対象物である使用済み鉛バッテリー等の混入が発覚し、輸出先国の税関で通関できず、日本にシップ・バックされ、日本政府としてもバーゼル条約およびバーゼル法の規制対象物の混入を認定できたという場合には、バーゼル法（同法における輸出入規制で準用されている外為法）および関税法における「輸出」の既遂にあたることから、嚴重注意等の行政的対応をとるのみならず、バーゼル法の観点からは、同法第4条の「輸出の承認を受ける義務」を履行していないことから、外為法の不承認輸出罪（外為法第69条の7第1項第四号）の容疑で、また、関税法の観点からは、虚偽申告罪（関税法第111条第1項第二号）や無許可輸出罪（関税法第111条第1項第一号）等の容疑で、輸出業者等の捜査、逮捕および処罰等の司法的な対応をとることが可能である。

ただし、外為法の不承認輸出罪や関税法の無許可輸出罪が成立するためには、輸出された貨物について輸出承認や輸出許可が得られていないことを認識しながら、不正にこれを輸出しようとした意思（犯意）が必要である。例えば、シップ・バックされてきた貨物をあらためて税関で検査したところ、当該貨物へのバーゼル法の規制対象物の混入が発覚し、当該混入について悪質な偽装や隠匿等の作為行為が認められたような場合は犯意を認めることができ、関税法の無許可輸出罪が成立すると解することに何ら問題はない²⁶。他方で、当該貨物を輸出するにあたって、輸出業者が、当該貨物がバーゼル法の規制対象物に該当するか否かの判断に迷い、環境省と経産省による「事前相談制度」を利用した結果、「本輸出予定貨物はバーゼル法の規制対象ではない」と

²⁶ Cf. 大蔵省関税研究会編 1992, pp. 851-854.

の「助言」を口頭で与えられ、そのため外為法の輸出承認を得ることなく輸出したという場合の犯意の有無については、次のように考えることができる。バーゼル法を共同主管する環境省と経産省は、輸出入業者が輸出入しようと考えている貨物が、バーゼル法の規制対象である特定有害廃棄物等に該当するか否か等についての助言を与える相談を受け付けている。仮に、輸出業者が輸出手続きを開始する前に環境省あるいは経産省に相談し、担当官から「本輸出予定貨物はバーゼル法の規制対象とならない事を確認した。」等の公式の回答を与えられたのであれば、輸出業者に犯意を認めることは困難となる。しかしながら、この事前相談制度はバーゼル法に規定された公式の手続きではなく、また、事前相談における該非判断は、貨物の現物を調査するのではなく、輸出入業者から提出された輸出入関係書類や貨物の写真をもとになされるものであり、そこで示される判断は「法的判断」ではなく、あくまでも「行政サービス」であると位置づけられている²⁷。それゆえ、輸出業者が環境省と経産省による事前相談制度を利用し、「本輸出予定貨物はバーゼル法の規制対象ではない」等の助言が与えられたとしても、輸出業者が自分の行為が法律上許されたものと信じ、違法性の意識を欠いたことについて「相当の理由」があるといえる「所管官庁の公式の見解又は刑罰法規の解釈運用の職責にあたる公務員の公の言明などに従って行動した場合ないしこれに準じる場合」（最決昭 62 年 7 月 16 日刑集 41 卷 5 号 237 頁）にはあらず、輸出業者の犯意の認定に影響を及ぼすことはないと解される。

4.3.5 いわゆる「本船扱い」の貨物への司法的対応

関税法において、輸出申告は、原則として、輸出される貨物を保税地域等に搬入した後に行うこととなっているが、例外的に、関税法第 67 条の 2 第 1 項第一号および「関税法施行令」（昭和 29 年 6 月 19 日政令第 150 号）第 59 条の 4 に基づき、税関長の承認を受けた場合には、貨物を保税地域等に入れずに、貨物を外国貿易船に積み込んだままの状態で行い、当該船上で貨物の検査を受け、輸出の許可を受けるという方法がとられることがある。いわゆる「本船扱い」とよばれる方法であり、日本から諸外国への金属スクラップ（雑品）の輸出の通関においてもこのような方法が採られることがある。本船扱いによる検査がなされる時点の状況は、未だ関税法に基づく輸出許可は発出されていないものの、貨物の積み込みはなされているという状況であり、このような状況は輸出の既遂に達していると解して良いのかという問題がある。

関税法における「輸入」は「外国から本邦に到着した貨物（外国の船舶により公海で採捕された水産物を含む。）又は輸出の許可を受けた貨物を本邦に（保税地域を経由するものについては、保税地域を経て本邦に）引き取ること」（関税法第 2 条第 1 項第一号）であり、保税地域等を経由する場合と経由しない場合を分けて捉えることが明定されているのに対し、「輸出」にはそのような区別がない。この点を強く解すれば、あらゆる輸出について、前述のとおり、外国仕向船への外国向け貨物の積載をもって既遂時期と解することが妥当ということになり、本船扱いで検査を受ける貨物の輸出については、輸出の既遂に達していると解することができることから、上記の

²⁷ 環境省のホームページの「事前相談のご案内」では、事前相談の留意点として、次のように記載されている。「この事前相談は、送付された書類に記載されている内容について、バーゼル法の規制対象に該当するか否か、及び廃棄物処理法の規制対象に該当するか否かについての助言を行うものでありますが、輸出入を行う際の関連法規遵守の義務を緩和するものでもありません。また、現実に輸出入される貨物そのものについて、廃棄物処理法、バーゼル法等関係法規の適合を証明するものではありません。」 Cf. 環境省のホームページ上の情報「事前相談のご案内」（Available at <http://www.env.go.jp/recycle/yugai/jizen.html> (19 May, 2011)).

ような司法的な対応をとることが可能であると解することもできる。しかしながら、実務上は、本船扱いの場合については、例外的に、「輸出しようとする貨物を本船に積み込んで輸出の許可を受けた時」をもって、輸出の既遂に達するという解釈がなされているとのことである²⁸。

それゆえ、本船扱いの場合は、実務上は、外国仕向船への貨物の積載をもって輸出が既遂に達しているとの解釈・運用はなされていないものの、少なくとも輸出という実行行為への着手は肯定できることから²⁹、関税法の無許可輸出の未遂罪（関税法第 111 条第 3 項）の容疑で司法的な対応をとることは可能であると解される。

4.3.6 外為法における「輸出の未遂」の解釈

外為法第 48 条第 1 項の規制対象である「国際的な平和及び安全の維持を妨げることとなると認められる」貨物については、例外的に、輸出の未遂も処罰される（外為法第 69 条の 6 第 3 項）。外為法第 48 条第 1 項とその罰則（69 条の 6 第 3 項）は、東芝機器による旧ソ連向けの高度なプロペラ加工用工作機械の不正輸出事件を受けた昭和 62 年（1987 年）の法改正によって設けられた規定である。輸出の未遂罪の成立時期については、未遂犯に関する刑法の一般理論をふまえると「実行行為である輸出に着手したとき」であり、具体的には、実務上は、輸出するために外国向け貨物を保税地域に搬入した時点で成立すると解されている³⁰。

なお、関税法においても、実行行為である「輸出」（内国貨物を外国に向けて送り出す行為）への着手をもって輸出の未遂罪の成立時期と捉えることについては、外為法と同じである。ただし、関税法の無許可輸出は通関手続きを経ない密輸出の場合が多いため、判例では、外国向け船舶に貨物を積載しようとした行為をもって関税法における輸出の実行行為への着手と捉え、当該貨物が関税法に基づく輸出許可を受けていなければ、無許可輸出の未遂罪が成立することを肯定している（大判昭 8 年 4 月 25 日刑集 12 卷 6 号 488 頁、福岡高判昭 29 年 2 月 12 日高刑集 7 卷 2 号 116 頁）。関税法に基づく許可を受けていない貨物を他の貨物に混入させ、他の貨物について通関手続きをとるといような、通関手続きを経ている場合については、外為法における輸出の未遂罪と同様に、輸出するために外国向け貨物を保税地域に搬入した時点で成立すると解されている³¹。

予備は未遂に至らないものであるが、関税法における無許可輸出の予備罪が成立する時期に関する判例は皆無に等しい。予備は未遂と比べると危険の程度は未遂ほど具体的に切迫したものでなくても足りるため、その成立の範囲は相当広範であるが、輸出しようとする貨物を積載するという実行行為には達しなくても、輸出のための単なる準備行為の範囲を超えて、貨物の積載行為に接着近接する行為に入ったときに、当該貨物が関税法に基づく輸出許可を受けていなければ、無許可輸出の予備罪を問うことが可能となると解される。

なお、外為法はかつて「特定の種類の貨物の設計、製造又は使用に係る技術」³²の提供について輸出の未遂罪を規定していなかったが（現在は外為法第 69 条の 7 第 2 項等で輸出の未遂罪が規定されている）、その理由は、国会答弁等によると、貨物の輸出とは異なり、技術については、保

²⁸ Cf. 大蔵省関税研究会編 1992, p. 50.

²⁹ Cf. 植村立朗, 1996, 「関税法」『注解特別刑法 補巻(3)』（青林書院）, p. 56.

³⁰ Cf. 外国為替貿易研究グループ編 1998, pp. 835-837.

³¹ Cf. 外国為替貿易研究グループ編 1998, p. 837.

³² 外為法は、大量破壊兵器の開発等に転用されるおそれのある機器や細菌製剤の原料となり得るウイルス等の「貨物」に加えて、これらの機器を製造するための設計図、機器を動かすためのプログラムや機器の据付や操作方法等の「技術」についても規制対象としている。

税地域への搬入や船積みといった手順が必ずしも存在しないことから、犯罪の実行の着手をどの時点で認めるかが見極めにくく、刑罰の対象範囲が不明確となるおそれがあったからであるとされていた³³。このような規制対象の認識困難性（あるいは不可能性）は、「技術」については肯定できるとしても、バーゼル法の規制対象物である特定有害廃棄物等について肯定できるものではなく、輸出の未遂罪の創設を否定する理由とはなるものではない。

4.3.7 外為法に基づく行政的な対応

外為法は、無許可による貨物の輸出や特定技術の提供についての過失犯については、過失犯に対する処罰規定がないため、刑事罰の対象とはなっていない。無許可による貨物の輸出についての罰則は、刑事罰のほかに輸出等を禁止する行政制裁があり、さらに、無許可輸出を行った者に対して再発防止等を強く要請する経産省貿易経済協力局長名による警告等の行政指導を実施する場合がある。

(1) 行政制裁

無許可輸出を行った者に対しては、3年以内の貨物の輸出の禁止または非居住者との間での役務の提供が禁止されることがある（外為法第25条の2および第53条）。これは、輸出または輸入に関する法令違反が国民経済を混乱させることが大きいこと、貿易業者に対する予防的効果や矯正的效果の観点から制裁措置を行うことが、実際的で効果が大きい場合があること等によるものである。

また、行政処分は、行政刑罰とはその法的性格を異にし、刑法および刑事訴訟法の適用がないため、刑事訴訟法に定める公訴時効を経過した後には外為法違反が発覚した場合に、行政処分を科すことも可能である。

過去の違法輸出に対して、行政刑罰（刑事罰）と行政制裁（外為法の場合は3年以内の輸出禁止等）を併せて課すことは、憲法第39条（「同一の犯罪について、重ねて刑事上の責任は問われない」と規定する）が禁止する二重処罰にあたるのではないかとの論点がある。しかし、行政制裁は、過去のある違法輸出に対する制裁である行政刑罰とは理由を異にし、違法輸出者に対して輸出を認め続けることにより将来公共の福祉（我が国および国際的な平和および安全の維持）が害されるおそれがあることを懸念して課されるものであることから、二重処罰にはあたらないと解される。

なお、外為法上の処分である輸出等の禁止や許可の取消は、行政手続法（平成5年11月12日法律第88号）における「不利益処分」にあたり、一般論として行政手続法第13条第1項は、「行政庁は、不利益処分をしようとする場合には……当該不利益処分の名あて人となるべき者について、意見陳述のための手続を執らなければならない」とこととされている。しかし、外為法における不利益処分（許可の取消）については、行政手続法の例外となっている（外為法第55条の12）。これは、緊急に不利益処分を行う必要があるため、聴聞又は弁明の手続をとることができない事態を想定したものである。

³³ Cf. 外国為替貿易研究グループ編 1998, p. 836.

(2) 行政指導

行政指導とは、「行政機関がその任務又は所掌事務の範囲内において一定の行政目的を実現するため特定の者に一定の作為又は不作為を求める指導、勧告、助言その他の行為であつて処分に該当しないもの」（行政手続法第2条第6号）であり、バーゼル法規制対象物のシップ・バック事案等で行われている経産省産業技術環境局環境指導室長による「嚴重注意」はこれにあたる。行政指導を行うにあたっては、行政手続法第35条第1項および第2項に基づき、行政指導の趣旨、内容と責任者を明示しなければならない。なお、行政制裁（輸出等禁止）とは異なり、行政指導（警告）については、不服申し立てのための法的根拠は存在しない。

(3) 処分等の公表

外為法に基づく行政制裁（輸出等禁止）および行政指導については、違法輸出事案の概要を経産省のホームページ等において公表している。これは、違法輸出等により「我が国及び国際的な平和及び安全の維持」という法益が侵された結果、国民が同様の違法輸出等を犯さないよう注意喚起をする意味も含まれている。行政庁がその行った処分等について公表するか否かの判断は行政庁の裁量に委ねられているが、処分等の公表は、公益上の観点から重要であり適切な措置といえる。こうした行政庁による公表により、当該企業等が経済的損失を被る可能性は否定できないが、違法輸出等が当該企業の故意や重大な過失により引き起こされた場合や、「我が国及び国際的な平和及び安全の維持」に否定的な影響を与える可能性がある場合には、法人の正当な利益を害するものとはいえない。行政は、当該無許可輸出による法益侵害の程度と公表による不利益を比較衡量して、公表するか否かを決定する必要がある。

4.3.8 関税法における他法令手続きと虚偽申告罪の成立の関係

関税法の輸出手続きでは、いわゆる「他法令」により輸出の許可や承認等を必要されている貨物である場合には、輸出しようとする者は、関税法に基づく輸出申告を行う際に、他法令により輸出の許可や承認等を受けている旨を税関に証明しなければならず、税関は、他法令による輸出の許可や承認等を受けていることが証明されない限り、輸出許可を行うことはない（関税法第70条第3項）。通常は、輸出しようとする者が、税関に関税法に基づく輸出申告を行う前に、輸出しようとする貨物がバーゼル法や廃棄物処理法の規制対象物であるか否かの該非判断がなされ、規制対象物であるとの判断がなされれば、他法令による許可や承認等を受けることとなっている。そのため、税関の貨物検査でバーゼル法や廃棄物処理法の規制対象物である可能性のあるものの混入等が発覚したが、他法令による許可や承認等を受けていないという場合には、当該貨物を輸出しようとする業者に対して、バーゼル法や廃棄物処理法の所管省庁に当該貨物がこれらの規制対象物であるか否かを照会するように指導し、さらに、規制対象物に該当するとなればバーゼル法や廃棄物処理法の輸出手続きをとるように指導することとなる。それゆえ、バーゼル法や廃棄物処理法における輸出手続きを故意³⁴に迂回しようとして偽りの申告等を行ったことが明らかな事案でない限り、税関が関税法の虚偽申告罪（関税法第111条第1項第2号）の容疑で対応する

³⁴ 関税法の虚偽申告罪の成立のために必要となる犯意は、「申告等をする際に、その申告等をする事項が虚偽であることの認識があれば足りる」（植村1996, pp. 73-74.）と解されている。Cf. 大蔵省関税研究会編 1992, p. 875.

ことは困難である。また、税関が関税法の虚偽申告罪で対応するとしても³⁵、税関長により事件の情状が懲役に処するべきであると判断されたような場合等の直ちに検察官に告発しなければならない場合（第138条但し書き及び同条第2項）を除いては、税関長による行政処分である「通告処分」³⁶を行うこととなり、犯則者がこの通告の旨を履行した場合には、税関長等による検察官への関税法に基づく告発がなされ司法的対応に移行するということはない。

4.3.9 廃棄物処理法における無確認輸出の未遂罪と予備罪の創設

廃棄物処理法は、2004年の日本から中華人民共和国の山東省青島への廃プラスチックの不適正な輸出事例³⁷の発生等をうけて、2005年の改正で、環境大臣の確認を受けずに廃棄物を輸出した者は「五年以下の懲役若しくは千万円以下の罰金」（同第25条第1項第12号）に処せられることとし、罰則を引き上げ、また、廃棄物の無確認輸出の「未遂罪」（同第25条第2項、罰則は同第25条第1項と同じく「五年以下の懲役若しくは千万円以下の罰金」である）と「予備罪」（同第27条、罰則は「二年以下の懲役若しくは二百万円以下の罰金」である）を新設した³⁸。なお、環境大臣の確認を受けずに廃棄物の輸出等を行った者が代表者等を務める法人についても、輸出罪と輸出の未遂罪については「三億円以下の罰金刑」、輸出の予備罪については三百万円以下の罰金刑が科せられることとなった（同第32条）。

³⁵ 関税法の虚偽申告罪の既遂時期は、偽りの申告もしくは証明をし、または偽りの書類を提出した時であると解される。偽りの事実を記載した申告書を提出した事実があれば、たとえそれについて税関職員が欺罔され、誤った決定をしなかった場合であっても、当該書類の提出の時をもって既遂となり、虚偽申告に係る罪を問うことができる。Cf. 伊藤寧, 1981, 『関税処罰法』(中央法規出版), p. 222, 大蔵省関税研究会編 1992, p. 876., 植村 1996, p. 74.

³⁶ 通告処分とは、関税法の犯則事件の調査によって税務行政庁が犯則の心証を得た場合に、その理由を明示したうえで、罰金または料料に相当する金額、没収に該当する物品等を指定の場所に納付すべきことを税務行政庁が犯則者に書面をもって通告し、犯則者が原則二十日以内に履行したときは、当該犯則について告発を行わないとする行政処分である。通告処分は、刑事手続により裁判が行われる場合にはその裁判において、罰金刑に処せられると認められる情状がある場合においてのみ許されるべき行政処分であり、懲役に処する情状があると思われる場合は、告発をしなければならない。Cf. 伊藤 1981, pp. 56-66, 大蔵省関税研究会編 1992, p. 967., 財務省関税局監修, 2007, 『関税制度の新たな展開』(日本関税協会), p. 6.

³⁷ 2004年4月、山東省青島の税関と出入検閲検疫局は、日本から輸出された貨物に家庭系廃棄物が多数混入していることを発見し、同年5月8日、国家質量監督検閲検疫総局（以下「国家質検総局」とする）は、日本から輸出される廃プラスチックに係る船積み前検査の申請の受け付けを一時停止した。日本から中国に再生可能資源を輸出する場合には、輸出貨物が中国政府によって世界各地に設立されている船積み前検査機関による検査に合格し、その旨の記載のある証明書を検査機関から取得することが義務付けられているため、検査の申請の受け付けの一時停止は、事実上、中国政府による日本からの廃プラスチックの輸入禁止措置となった。中国政府は、本件貨物をバーゼル条約と中国の環境保護規制基準に違反するものとして、日本政府に厳正な対処を求め、輸入再開の条件として、懸案の貨物の日本への返送、廃プラスチック購入者への懸案の貨物の輸出業者からの補償、日本政府による再発防止措置の三点を求め、これらの条件が一部充たされて、2005年9月20日より、日本からの廃プラスチックの輸入が再開された。

³⁸ 廃棄物処理法の2005年の改正については、cf. 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部, 2005, 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律等の一部を改正する法律」『ジュリスト』第1299号, pp. 96-101., 嘉屋朋信, 2005, 「大規模不法投棄、無確認輸出等廃棄物の不適正処理に対する対応を強化」『時の法令』第1746号, pp. 34-35., 中村和博, 2005, 「「廃棄物の処理及び清掃に関する法律の一部を改正する法律」の概要等」『捜査研究』第651号, pp. 30-37., 瀧口博明, 2006, 「3Rイニシアティブの進展」『廃棄物学会誌』第17号第2号, p. 67.

廃棄物処理法では、「無確認輸出罪」の成立を「実際に船舶等に廃棄物を積み込み終え」た時点で、「無確認輸出の未遂罪」の成立を「通関手続のための輸出申告の時点（通関手続を経ない場合には船積みの開始等の時点）」で、また、「無確認輸出の予備罪」の成立を「無確認輸出をする目的で搬入予定地域に廃棄物を搬入する」等した時点で捉えるとの解釈がなされている³⁹。

廃棄物処理法に無確認輸出の未遂罪と予備罪が新設される以前においては、船舶への積み込み以前の税関による積荷検査等の輸出通関手続きの段階で同法における廃棄物を発見したとしても、その段階で輸出申告を撤回すれば輸出しようとしたことの罪を問われることはなく、無確認輸出行為に対する十分な抑止的効果が働いていないという問題があった⁴⁰。廃棄物処理法における未遂罪と予備罪の新設はこのような問題点の克服を企図したものである。

2009年1月14日、環境省は、大阪府の業者が2008年4月に関税法に基づく輸出申告を行った中国向けの貨物（金属スクラップ）に、廃棄物処理法における廃棄物にあたるタイヤ屑や木屑などの多量の異物が含まれていたことを認定したうえで、「廃棄物に該当するものの輸出に当たっては、廃棄物処理法に基づく手続きが必要であり、その手続きを経ずして輸出しようとした場合は、法令違反となる。」（傍点は筆者による挿入）と指摘し、輸出の未遂罪を適用したが、同業者の代表者に対しては厳重注意を行うにとどめ、輸出申告を行った貨物の適正な処分と再発防止策の策定等を求めた⁴¹。

その後、2010年3月2日、環境省は、大阪府八尾警察署に対して、使用済み冷蔵庫45台を廃品回収業者等から処理費用を受領（逆有償）して引き取った後、野外に保管し、特段の処理を行うことなく、2009年10月にミャンマーに中古利用名目で輸出しようとして関税法に基づき輸出申告を行った法人（S社）とその代表者について、当該冷蔵庫は物の性状、排出の状況、通常の取扱い形態、取引価値の有無および占有者の意思等を総合的に勘案した結果、廃棄物処理法における廃棄物と判断されることから、廃棄物処理法の無確認輸出の未遂罪で告発を行った⁴²。その後、S社とその代表者は、2010年6月4日、大阪地方検察庁により起訴され、公判を経て、同年7月27日、大阪地方裁判所により有罪判決を言い渡され、同年8月11日、有罪が確定した。本件は、2005年の改正で廃棄物処理法に輸出の未遂罪が新設されて以降、同罪に基づく初めての告発事例である。

³⁹ Cf. 嘉屋 2005, pp. 34-35. また、廃棄物処理法に無確認輸出の未遂罪と予備罪を新設するための改正案を審議した参議院環境委員会における、南川秀樹・環境大臣官房廃棄物・リサイクル対策部長（当時）の答弁も参照（『第162回国会参議院環境委員会議録第12号』, pp. 10-11.）。

⁴⁰ Cf. 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 2005, p. 99., 嘉屋 2005, pp. 34-35.

⁴¹ Cf. 本件に関する環境省のホームページ上の報道発表資料「廃棄物を含むメタルスクラップの無確認輸出申告について（厳重注意）」(Available at http://www.env.go.jp/recycle/yugai/law/metal_h210114_an.html (18 May, 2011)).

⁴² Cf. 本件に関する環境省のホームページ上の報道発表資料「祝氏貿易株式会社の廃棄物処理法違反容疑に係る告発について（お知らせ）」(Available at <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=12213> (14 September, 2010)), および環境省近畿地方環境事務所ホームページ上の情報「【お知らせ】廃棄物処理法違反に問われていた祝氏貿易株式会社の有罪が確定」(Available at http://kinki.env.go.jp/to_2010/0820a.html (14 September, 2010)).

4.3.10 まとめ

以上の検討をふまえ、有害廃棄物等の不適正な国際移動の未然防止と不適正な移動が発生した場合の事後的な対応のそれぞれについて改善策を提案したい。

まず、有害廃棄物等の不適正な国際移動の未然防止については、輸出前の税関における貨物検査の段階でバーゼル法の規制対象物を輸出しようとしていたことが発覚したという場合、輸出業者が輸出申告を撤回すればその罪を問われることは無い。現在は、バーゼル法には輸出の未遂罪や予備罪がないために、輸出しようとしたことの罪を問うことはできない。廃棄物処理法については、2005年の改正で、廃棄物の不適正輸出の抑止的効果を高めることなどを目的として輸出の未遂罪と予備罪が創設された。今後、バーゼル法の輸出規制の実効性を高めるためには、外為法の改正は容易ではないことを承知しつつも、輸出の未遂罪や予備罪の創設について積極的に検討していくべきである。

次に、有害廃棄物等の不適正な国際移動が発生した場合の事後的な対応としては、1999年のニッソー事件以降、不適正な国際移動が発生してしまった場合の日本政府の対応は、輸出業者に対する厳重注意などの行政的な対応にとどまっている。シップ・バック事案のように、日本から輸出相手国に向かい、輸出相手国の税関で輸入が許可されずに返送されてきたという場合は、次の表に整理したとおり、バーゼル法、関税法、廃棄物処理法のいずれの現行法においても、日本からの「輸出」にあたる解釈をすることができる。それゆえ、返送された貨物が規制対象物であり、混入量や混入率などから悪質性が認められる事案については、より積極的な対応を、具体的には刑事罰や輸出等を禁止する行政制裁による対応をとるべきである。

表 4.3.1 現行の輸出規制関係法の解釈の整理

	「輸出」の解釈	「輸出の未遂」の解釈	「輸出の予備」の解釈
バーゼル法 輸出等に際して 経産大臣の承認 環境大臣の確認	外国向け貨物を 船舶等に積み込んだ時点	「輸出の未遂罪」 不採用	「輸出の予備罪」 不採用
外為法 輸出等に際して 経産大臣の承認	同上	外国向け貨物を 保税地域に搬入した時点	同上
関税法 輸出等に際して 税関長の許可	同上	通関手続きが行われる場合は同上 通関手続きが行われない場合は、 外国向け船舶等に 外国向け貨物の積み込みを 開始した時点	—
廃棄物処理法 環境大臣の確認	船舶等に廃棄物を 積み込んだ時点	通関手続のために 輸出申告を行った時点	無確認輸出をする目的で 搬入予定地域に廃棄物を 搬入する等した時点

4.4 個別の輸出品目に対する管理方策

4.4.1 品目調査結果に対する法的検討

ここでは、2.6 で実施した品目調査で確認された主要な品目に対する法的検討を行う。すなわち、バーゼル法、フロン回収・破壊法、さらには中国での輸入規制の規制対象となるか否かについて、解釈を試みたものが表 4.4.1 である。ここで、○は該当する可能性が高いものを、△は場合によって該当すると考えられるものをそれぞれ指す。ただし、解釈が困難なものも多いので、あくまで参考程度に参照されたい。

(1) バーゼル法の該非判断

表 4.4.1 では、(タイヤや家庭ごみなどのような廃棄物処理法対象を除き) バーゼル法の対象、すなわち特定有害廃棄物等に該当するか否かに注目している。このとき、4.2.3 でも示したバーゼル法対象の該否判断に用いられるバーゼル法告示別表に照らして、有害性を有するか否かを参照するようにしている。

まず、鉛バッテリーとニッカド電池、ブラウン管のモニターやテレビについては、中古利用目的でない限り、別表第二(規制対象リスト)に該当し、規制対象となる。また、パソコンなどの電気電子機器、多数の家電製品、ならびに配電盤を含む各種の産業機械類については、基板のハンダや被覆電線の被覆材などに鉛などの有害物質を含む場合があることから、含有量・溶出量の分析結果次第で別表第三によって規制対象となる可能性がある。液晶のテレビやモニタの場合は、バックライトに含まれる水銀が含有・溶出基準を超過する可能性を考慮して、規制対象となる可能性がある。これらの該非判断は概して困難であり、全体重量から見た基板などの比率を考えれば、実際に分析が要求されることは少ないと思われる。

次に、コンプレッサーや発電機などについては、含有されるオイルなどによって発火性が認められる場合がある。農業機械やバイクでは、ガソリンの抜き取りが不十分な事例もあり得る。このとき、厳密には別表第三と第四によって、発火性などの試験が必要となり、バーゼル法対象となることも考えられる。

(2) フロン回収・破壊法

フロン回収・破壊法では、フロン類(CFC、HCFC、HFC)を含む業務用の冷蔵冷凍機器やエアコンなどを整備・廃棄するときは、フロン類の回収を行わなければならない。品目調査で確認された冷蔵ショーケースや業務用冷蔵庫などはそれに該当し、有償引取でリサイクルする場合であってもフロン類の回収が義務付けられているが、雑品として回収されている状況を鑑みればフロン回収がなされているとは考えにくい。多数確認されているラジエターの由来は不明であるが、業務用エアコンなどに由来するのであれば、フロン類の漏出が疑われる場合もあるかもしれない。以上について、フロン類漏出の調査とともに、フロン回収・破壊法に基づく適切な回収・破壊を行う必要がある。

また、家庭用エアコンについては、家電リサイクル法に基づくフロン類の回収が期待されている。しかし、同法で回収・リサイクルされない使用済み家電が全体の半数程度存在することから、フロン類の回収徹底のための家電リサイクル法の強化や、フロン回収・破壊法の一体的適用などが将来的には必要とみられる。

(3) 中国の輸入規制

表 4.4.1 における中国の輸入規制は、2009 年時点の輸入禁止貨物リストや各種公告などによって規制対象と考えられたものである。日本からの輸出時には、中国の輸入規制に基づく船積み前検査が実施される。

日本のバーゼル法とは対象の範囲がやや異なり、密閉物なども輸入禁止となっていることに加え、鉄系産業機械でも中古機械とみなされたものについては禁止対象となっている場合がある。また、パソコンなどの電気電子機器や、電池類全般（鉛バッテリー・ニッカド電池に限らない）についても、広く対象に挙げられていることにも注意を要する。これについて、日本として直接可能な対策は少ないが、明らかに輸入国の規制に反する品目の輸出がなされるような場合は、輸出業者に対して十分な確認を行うことが望ましい。

表 4.4.1 品目調査で確認された主要な品目に対する規制・制度の対象（解釈例）

大分類	品目	バーゼル法	フロン回収・破壊法対象	国内法による回収・リサイクル制度の有無	中国での輸入規制	備考
産業系	鉛バッテリー	○			○	
	その他の電池類	△			○	
	冷蔵ショーケース 自動販売機 業務用冷蔵庫部品	△	○		○(廃機電製品として対象)	
	コンプレッサー	△	△		△(オイル含有の場合は対象)	
	ラジエター	△	△			
	農業機械 発電機 エンジン類	△			△(オイルやタイヤ含有の場合は対象)	
	医療機器(X線検査機器) 照明機器 安定器	△			○	
	トランス	△(PCB含有の場合は対象)			△(PCB含有の場合は対象)	
	配電盤 電線類 モーター(モーター付き産業機械含む) ガス調理器具 給湯器 計測機器 溶接機 動力機械	△				
	密閉物(タンク等)				○	
	鉄系産業機械 非鉄系産業機械				△(中古機械とみなされれば対象)	
	鉄、非鉄または鉄非鉄混合スクラップ					
	パソコン・OA 機器類	ブラウン管モニタ	○		○	○
液晶モニタ		△		○	○	
デスクトップパソコン						

	ノートパソコン						
	パソコン・OA 機器部品 プリンタ・複合機 コピー機	△			○		
家庭系	ブラウン管テレビ	○		○	○		
	液晶テレビ エアコン(室内機・室外機)	△		○	○		
	冷蔵庫の部品等 洗濯機関連部材	△		△	△(有害物質 の除去や選 別ができて いない場合 は対象)		
	ニッカド電池	○			○		
	リチウム電池・リチウム イオン電池・乾電池	△(不良品の 場合は対象)			○		
	スプレー缶	△			○(密閉物と して)		
	ビデオデッキ オーディオ機器・ラジカ セ 電気ポット 電子レンジ 電話機/ファックス機 炊飯器 餅つき機 扇風機 掃除機 デジタルチューナー ミシン (電気式) リモコン 携帯電話	△			○		
	タイヤ	△			○	無価値の場合 は廃棄物処理 法対象	
	バイク	△			△(オイルや タイヤ含有 の場合は対 象)		
	家庭ごみ(玩具・ガス点火 器・ライター・その他民 生品)	○			○	無価値のため 廃棄物処理法 対象	
	空き缶				○		
	その他	基板類	○			○	
		断熱材(主にウレタン)		△		△	無価値のため 廃棄物処理法 対象
		プラスチック片 難分類雑物				○	無価値のため 廃棄物処理法 対象

注：○は該当する可能性が高いもの、△は場合によって該当すると考えられるものを指す。(国内法による回収・リサイクル制度については、存在している場合に○を付している。)

なお、規制対象は品目の状態や解釈などによっても異なる。

中国の輸入規制は2009年時点のものであるが、規制内容の更新も著しいことに注意を要する。また、印がなくても、夾雑物が2%以上の場合は規制対象となる可能性がある。

4.4.2 有害物質による輸出管理

輸出品目がバーゼル法の規制対象に該当するか否かについては、同法告示の別表が示されてい

る。環境省・経産省の行政サービスとして実施されている事前相談でも、必要に応じて有害物質の成分分析表の提出が求められているが、事実上は鉛など一部の有害物質の含有量と溶出量が参考にされているとみられる。

金属スクラップに含まれる有害物質については、基板、電線被覆、コネクタ廻り、液晶モニター関係部品などを中心として、有害物質の含有の恐れのある部分を分析すれば、2.6.3 に示したようにバーゼル法で定めた基準を超過する可能性がある。しかしながら、輸出業者が自らあえてそのような部位を選定して分析することは考えにくい上、事前相談で提出される成分分析表においてバーゼル法の基準を超過する例をないとみられる（超過していれば、バーゼル法に定める特定有害廃棄物とみなされる）。

現時点では、鉛バッテリーとブラウン管以外には、サンプリングの方法を検討したとしても、別表第三の基準を超過する明確な品目を見分けるのは困難であることが考えられる。ただし、基準超過の恐れのある部位に関する情報が蓄積されれば、金属スクラップへの混入に関して注意を与える品目を追加して該非判断を簡略化することは、なお検討の余地があると思われる。

4.4.3 鉛バッテリーとブラウン管

鉛バッテリーとブラウン管（テレビ・モニタ）に関しては、一般の金属スクラップ取扱業者においてもその混入防止のために一定程度の努力がなされていることがわかってきた。使用済みの鉛バッテリーについては、リサイクルまたは最終処分目的の輸出を行う場合はバーゼル法に基づく輸出の承認が必要であり、中古利用目的の場合も事前相談を受けることが2006年4月に経産省・環境省から事実上推奨されている。使用済みのブラウン管についても同様にリサイクルまたは最終処分目的の場合の輸出承認が必要であるが、加えて2.4で述べたようにブラウン管テレビを中古品として輸出する場合の判断基準も2009年9月から経産省・環境省によって適用された。

さらに、家電リサイクル法の対象ではなく、国内法で回収・リサイクル制度を有しないビデオデッキ、炊飯器、掃除機、扇風機などの家電製品の混入は多い。これらも粗大ごみの手数料徴収が多く自治体で導入されていることを考えれば、排出者にとって費用負担の少ない回収システムの整備が中長期的には必要と考えられる。加えて、明らかに家庭由来の廃棄物であって、適切な中間処理を経っていないものについては、バーゼル法第2条第1項第1号ロ（バーゼル条約附属書II Y46「家庭から収集される廃棄物」）の適用を検討すべきと考えられる。

4.4.4 その他

バーゼル法で規定された有害物質ではないが、地球環境保護の観点からフロン回収・破壊法で対象としているフロン類の排出についても検討を行った。業務用のエアコン、冷蔵庫などは同法の対象であり、廃棄等を行う場合には登録されている第一種フロン類回収業者にフロン類を引き渡し、フロン類は再利用または破壊をされるとともに、引渡しの委託等が書面で管理されていなければならない。しかしながら、業務用のエアコンや冷蔵ショーケースなどが無造作に金属スクラップに含まれていて、フロン類の適正な回収・破壊が疑わしい場合があり、排出者や解体業者においてフロン回収・破壊法の徹底を行う必要がある。あわせて、同法の趣旨からは、法対象ではない家庭用エアコンや冷蔵庫に対して、家庭の排出段階から適切なフロン回収・破壊がなされる業者への引渡しを促進する必要がある。

これらのほか、電池類については、資源有効利用促進法で規定されている二次電池のみでなく、

一次電池も含めて、回収の促進が求められる。中長期的には、製品からの取り外し設計の徹底が望ましいであろう。また、トナーカートリッジについては爆発の危険性も指摘されている。これらの自主回収の促進や、製品としてのプリンタの回収も推奨される。

以上、個別品目に対する適正管理方策の検討例を表 4.4.2 にまとめる。

表 4.4.2 個別品目に対する適正管理方策の検討例

	現在	短期的対応案	中長期的対応案	課題
ブラウン管テレビ・モニタ	混入は少ない。中古テレビは輸出規制	中古モニタも追加		
鉛バッテリー	混入は少ない。中古鉛バッテリーは輸出規制			
フロン含有製品	回収・処理の義務あり。含有のままのエアコン、及び放出済みとみられるエアコンなどが多い	フロン処理の確認追加	家庭用エアコンを含め、フロン回収・破壊法の広範な適用	排出側の管理必要
家電4品目	エアコン、洗濯機が多い。黒モーターも多数	トレーサビリティ強化		
家電4品目以外	混入多数		回収システム整備	
家庭系スクラップ（家電含む）	混入多数		バーゼル法適用検討	抑止効果期待
有害物質確認	ほぼ鉛のみで判断			変更困難
電池	混入が見られる。製品からの取り外しが困難なリチウム電池も多い。	二次電池の回収促進	回収・取り外しの促進、設計変更	EU で取り外し規定
トナーカートリッジ	混入が見られる	自主回収の促進	回収義務	

4.5 関係業者に対する管理方策

バーゼル法などによる輸出段階の水際対策が重要であることは言うまでもないが、これに限界があることも踏まえて、4.4.1 で述べた各品目の特性を考慮した、上流側の対応が求められている。まず、発生段階から廃棄物とみなされる場合には、廃棄物処理法上の一般廃棄物または産業廃棄物の処理業（収集・運搬、または処分）の許可が必要になる。許可を有しない回収業者が処理手数料を徴収して回収しないよう、排出者への周知も含めて、十分に指導を行う必要がある。また、手数料を徴収して回収された廃棄物が輸出される場合には環境大臣の確認が必要になる。

中間処理について、従来は何もなされず、金属スクラップを構成する家電等の各品目は原形のまま保管・輸出されることがほとんどであった。しかしながら、原形での輸入を認めず、材料別に選別されることを必要とする中国での輸入規制に適合させるために、破碎などの処理を行う業者が現れていることが判明している（2.4 参照）。このとき、一般廃棄物または産業廃棄物の処理業の許可や、処理基準を満たしていることが必要であるが、実際にはそれらが不十分である場合が多いと思われた。

次に、専ら物として回収される場合を検討する。「くず鉄（古銅等を含む）」は古紙、空き瓶類、古繊維とともに「専ら再生利用の目的となる廃棄物」として、既存の回収業者等は廃棄物処理業の許可が不要であることが、旧厚生省通知（1971年10月16日、環整43号）で示されている。しかしながら、専ら物であることをもって、収集運搬業の許可が不要であることを主張し、金属スクラップの輸出につながる回収を行っている業者がどの程度いるかについては、2.2 で述べた調査の限りでは多くないとみられた。

表 4.5.1 関係業者に対する適正管理方策の検討例

	現在	短期的対応案	中長期的対応案	課題
発生元（家庭・事業者）		フロン含有製品ほか有害物質について、周知徹底	フロン回収・破壊法の適用検討	
回収業者	古物商（または金属くず商*）の多い	料金引き取りの場合の廃棄物処理法違反の周知、告発	古物商と収集運搬業の協調的運用	「専ら物」としての回収業者の把握と対応
中間処理	たまに不適切破碎	見回り徹底		
輸出業者（荷主・ヤード）	中国への登録の名義貸しが多い	中国当局と情報共有。消火設備設置、保管方法改善、ほか防火管理計画の締結		
通関業者		HSコード確認徹底		

* 金属くず商の営業許可が必要な都道府県：北海道、茨城県、福井県、静岡県、長野県、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、滋賀県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県

むしろ、廃棄物でなく有価物であることをもって、古物商免許（および、都道府県によっては金属くず商の営業許可）を有して有価物の回収を行っている回収業者が多いとする結果が 2.4 か

らも示されている。このような回収業者に対しては、廃棄物の収集運搬を行わないこと、有価物としての適正な売買が行われることなどの十分な指導ができるよう、古物商を担当している公安委員会と廃棄物処理業の担当をしている部署が、各地域で連携して指導や情報共有を行うことが望ましい。

以上のような廃棄物であれ有価物であれ、家庭や事業所などの国内の発生段階では、適切な回収業者への引渡しを徹底する必要がある。前述のフロン類を含むエアコンなどの製品に対しては、事業者の場合はフロン回収・破壊法に基づき都道府県知事に登録されたフロン回収業者へ引渡さなければならない。家庭の場合は、家電リサイクル法に基づいて小売業者が引き取る際には、ポンプダウンによって冷媒フロンの漏出防止が求められている一方、家電リサイクル法に基づかずに無料回収業者などによって回収される際にフロン類が適切に回収されるか注意が必要である。以上、関係業者に対する適正管理方策の検討例を表 4.5.1 にまとめる。

4.6 情報共有、その他の管理方策

4.6.1 情報共有

(1) 事前相談と、事故情報の共有

経済産業省と環境省では、輸出業者などに対する行政サービスとして、貨物がバーゼル法や廃棄物処理法の規制対象に該当するか否かの「事前相談」を実施している。金属スクラップはメタルスクラップの名称で具体的に例示されており、メタルスクラップの場合の事前相談先は通常、経済産業省（日本環境衛生センターに業務移管）になっている。このとき、輸出業者などは品目内容、取引量、仕向け先、相手国における輸入者や処理方法などの情報とともに、必要に応じて成分分析表や、貨物全体および分析サンプルの写真が収集されている。そして、この事前相談情報はバーゼル法及び廃棄物処理法事前相談管理システムの中で、経済産業省、環境省、財務省（税関）の中で共有され、税関による貨物検査などにも活かされている。

一方、港湾・船舶での火災が生じた場合、火災後に消防当局、海上保安庁や運輸安全委員会などが原因調査をされるのに際して、船名・船籍、仕向け先、出火状況などに関して情報収集される一方、輸出業者から品目内容やその発生元などに関しては必ずしも十分な情報提供がされないことが多いようである。これらの情報の関係について、図 4.6.1 に示す。

また、火災を発生した場合に、消防当局や海上保安庁などからその記録が経済産業省や環境省などへ送られる仕組みがないため、事故情報の共有が十分にできているとはいえないのが現状である。このため、一度火災を発生した輸出業者が後日再度事前相談を行われる際にも事故情報が活かされない可能性がある。結果として、輸出業者の注意が不足したまま、事前相談や輸出行為が継続される懸念が生じるものである。

これに対して、関係当局が事故情報を共有して、火災防止を含む適切な輸出管理を行うために、いくつかの対策が指摘できる。まず、事前相談の際に用いられたような情報について、消防当局や海上保安庁などを含む関係当局が必要な際に利用しやすいように、その取扱いを改善するものである。特に、品目内容や発生元などは、火災事故原因調査にあたって重要な情報となる可能性がある。消防当局や海上保安庁においても、インボイスなどの情報を取得することが事前相談の貨物と一致をさせるために有用である。

次いで、事故情報については事前相談管理システムの記録に残し、関係者が共有することが必要と思われる。このため、通関前後の火災を把握しやすいとみられる税関が、事故情報を確実に

記録することが望ましいであろう。あわせて、経済産業省や環境省などが必要と判断した場合に原因調査を行えるようにするためにも、海上保安庁や消防当局などからの事故発生時の通報体制を確立するのが望ましい。

加えて、金属スクラップなどの貨物がどのような輸出統計品目分類（HSコード）で輸出通関されたかについて、輸出業者は関心が薄く、通関業者に委ねられている場合が多い。税関において疑義のある貨物の検査を容易にしたり、貿易統計に計上されている輸出量との関係を将来把握したりするためにも、事前相談の段階から輸出統計品目分類に関する情報を収集することも提案したい。

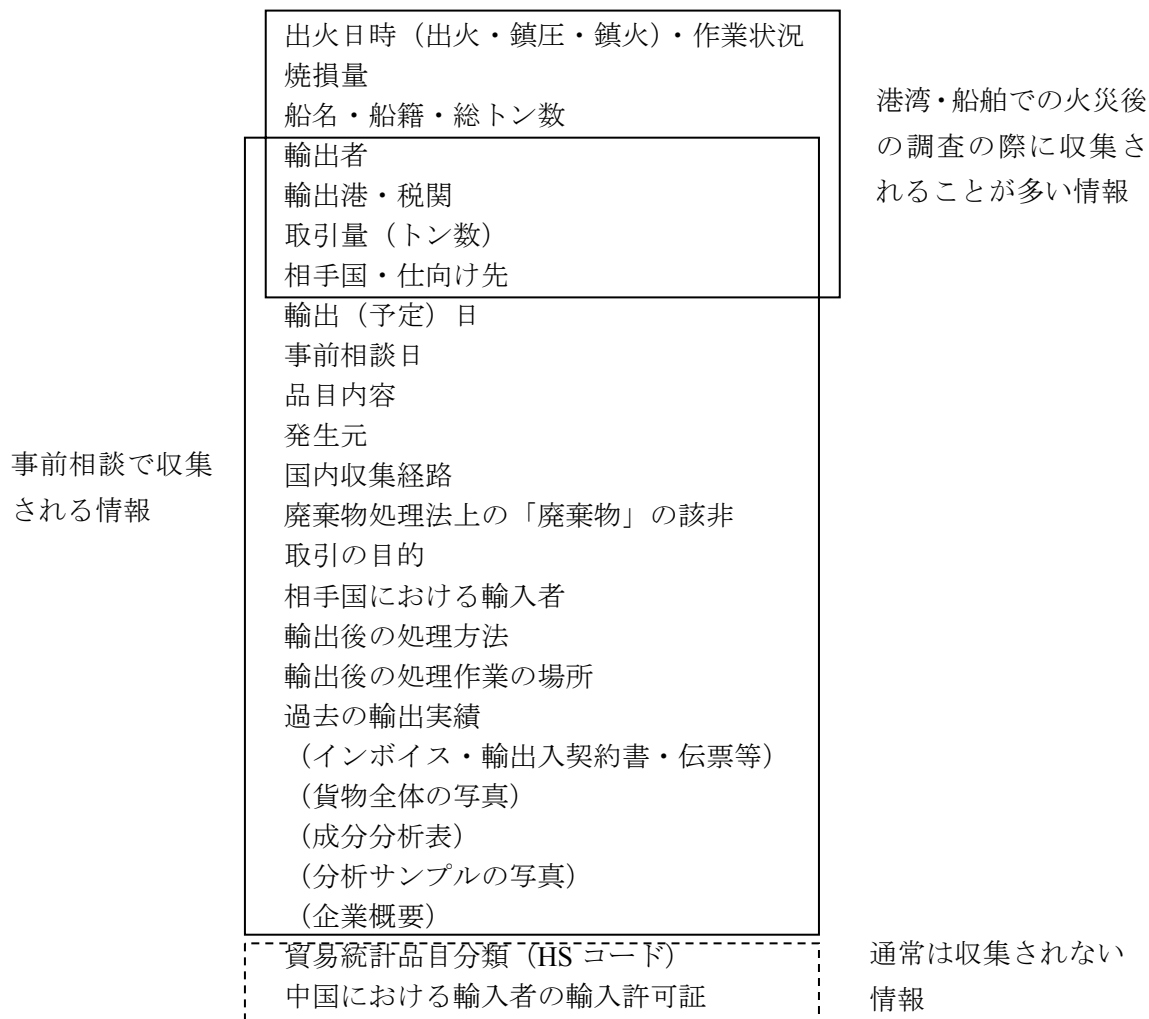


図 4.6.1 事前相談（輸出時）で収集される情報と火災後の調査で収集される情報

(2) 関係行政機関との意見交換会

金属スクラップの輸出と火災にかかる現状に関して、本研究の成果発表などを通じて、関係機関で認識や課題を共有し、今後の輸出管理と火災防止に必要な対策を自由に議論するために、2009年度（大阪）と2010年度（東京）の末に関係行政機関との意見交換会を開催した。参加者は、環境省、海上保安庁、消防庁、各地消防本部、経済産業省、財務省関税局、東京税関、横浜税関、

国土交通省、運輸安全委員会事務局、警察庁、大阪府、川崎市、ならびに日本環境衛生センターである。参考までに案内文を章末に掲載している。

会議では、本研究成果のみでなく、各地消防本部から火災事故の経験や火災防止の取組み状況や、国土交通省から2011年1月改正の特殊貨物船舶運用規則（3.5を参照）の説明があった。意見交換では、消防法、廃棄物処理法、バーゼル法などの対象となりにくい金属スクラップの特徴のために行政機関による規制が困難である現状がある一方、有害物質管理や火災発生に対して潜在的なリスクが大きく放置できない問題であるという認識が共有された。また、多くの省庁や行政機関にまたがる問題であるため、情報共有が非常に有益であることが確認されたとともに、必要に応じて省庁横断的な会議を今後も継続的に開催されることを提起した。

4.6.2 その他の管理方策

通関の方法について、現在、東京港など一部ではスペースの問題を理由として、本船通関が行われている。これは、バラ積み船の船底に積まれた貨物を十分に検査することが難しい、船積み後に検査結果を適切に出せない可能性がある、などの理由から、できるだけ避けるのが望ましいと考えられる。

以上のような輸出品目や関係業者に対する直接的な管理強化とあわせて、現在の輸出統計品目分類の見直しも有効である可能性がある。すなわち、金属スクラップの多くが「鉄スクラップ（7204）」の輸出統計品目分類のうち、「その他のもの（7204.49-900）」に含まれていると考えられるが、この中で、例えば「加工処理したもの」を新設・分離させることで、税関における輸出検査にあたって、疑わしい輸出品目の対象を限定することで作業の軽減に寄与させるというものである。輸出統計品目分類の見直しは困難な作業であり、本研究課題の期間中は実現できなかったが、関係機関の努力に今後とも期待したい。

4.7 適正管理方策の課題と方向性

金属スクラップに関しては、無許可の廃棄物処分手数料徴収や環境大臣の無確認廃棄物輸出などの例外を除き、回収・中間取引（保管を含む）、輸出などの各段階のみに注目すると、明確な違法性が認められないことが多い。このため、廃棄物あるいは有価物として適用可能な法規制の限界も多いことが理解できる。しかしながら、回収から輸出に至る流れの全体について責任を持った主体が存在していないため、取引のいずれの段階で疑義が生じることが多いのも事実である。

例えば、中国向けに輸出される金属スクラップの中に多くみられるエアコンは、原形のまま輸出すれば中国での輸入規制に抵触するが、それを通過しようとする（多くは廃棄物処分業許可のないまま）破碎処理して材料としての輸出を行うことになる。この回収や処理の過程でフロン類が漏出することが多いが、フロン抜き取りの証明がなくとも輸出に至る取引が一般に行われている。

また、3.3でも述べたように、火災防止の観点でも、金属スクラップが消防法上の危険物または指定可燃物でないために、消防法による保管方法の規定や防火設備の設置などが適用できない。輸出業者においても燃えた金属スクラップがなお有価物として売却できるために、十分な消防のインセンティブが働いていない。このため、鉛バッテリーやオイルの除去などが不十分で火災が発生しやすくなっている、防火設備がないために延焼を防げない、高さを10メートル以上まで積み上げて保管し消火活動を困難にする、といった状況が発生している。実際に火災が発生した場

合は、とりわけ泡消火剤を用いた場合には多額の消火費用が発生し、地元消防や海上保安庁による消火の負担、煙害や住民の不安といったツケが周囲に押し付けられる形となる。

これに対して、国内の発生段階から廃棄物処理法、バーゼル法、フロン回収・破壊法、関税法、消防法を含む各種規制を総合的に適用・執行するとともに、場合によっては関係法の改正も含めて、輸出品目や関係業者の適正化を図る必要性があると考えられる。

第4章 文献、資料（意見交換会案内）

環境省：事前相談のご案内

<http://www.env.go.jp/recycle/yugai/jizen.html>

経済産業省、環境省：香港向け使用済ブラウン管TV及びCRTモニターの輸出について（お知らせ）、2007（http://www.env.go.jp/recycle/yugai/law/info_070607.pdf）

経済産業省、環境省：使用済みブラウン管テレビの輸出時における中古品判断基準について、2009（http://www.env.go.jp/recycle/yugai/law/crt_h210601.pdf）

経済産業省：バーゼル法関連簡易該非判断システム（バーゼル法規制対象物の具体例）

http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/law/10/bsimple_judgmentsys/

日中商品検査株式会社：輸入禁止廃棄物リスト

<http://www.spvjic.com/work/inspection/info02.pdf>

2010年3月8日

各位

独立行政法人 国立環境研究所
循環型社会・廃棄物研究センター
寺園 淳

金属スクラップの輸出管理と火災防止に関する意見交換会のお知らせ

時下ますますご清祥の段、お慶び申し上げます。

近年大量に中国などへ輸出されてきた金属スクラップについて、有害物質混入などによる相手国からの貨物返送や、船積み現場での火災事故が生じるなど、環境と災害上の問題が懸念されてきました。このため、H20年度から環境省の循環型社会科学形成推進科学研究費（H20年度は廃棄物処理等科学研究費）補助金によって「有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策」（代表＝国立環境研究所・寺園淳）と題する研究プロジェクトを立ち上げ、この問題に取り組んできました。

この度、本研究プロジェクトのこれまでの調査研究の成果発表などを通じて、金属スクラップの輸出管理と火災防止に関する課題や必要な対策を自由に議論する意見交換会を下記のように開催したく存じます。ご関係の皆様のご出席と活発なご議論を賜りますようお願い申し上げます。

記

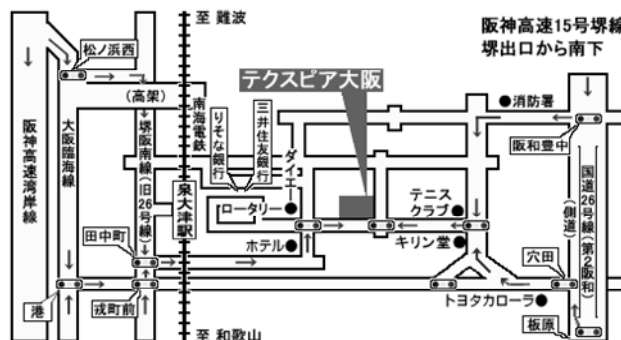
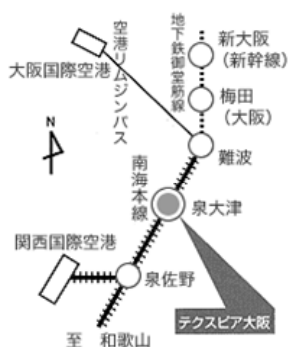
日時：2010年3月10日（水）10時～17時（10分くらい前にお集まりください。）

場所：大阪府泉大津市旭町22-45 テクスピア大阪 3階西研修室

最寄り駅 南海本線「泉大津」駅 徒歩約5分 TEL:0725-31-4402 FAX:0725-31-4414

<http://rc-osa.com/hall/train.html>

* 現地見学は、泉大津市助松埠頭（泉大津市小津島町）に向かいます。



名称：金属スクラップの輸出管理と火災防止に関する意見交換会

目的：金属スクラップの輸出と火災にかかる現状に関して、これまでの調査研究の成果発表などを通じて、関係行政当局間で認識を共有し、今後の可能な輸出管理と火災防止に関する課題や必要な対策を自由に議論する。

主催：独立行政法人 国立環境研究所

議事：

- 10:00 開催挨拶、参加者紹介、趣旨・スケジュールの説明（国立環境研）
- 10:20 パーゼル法での金属スクラップなどの輸出管理（環境省）
- 10:40 日本の金属スクラップ発生・輸出と中国での輸入・利用（国立環境研）
- 11:00 これまでの金属スクラップ火災（海上保安試験研究センター）
- 11:20 金属スクラップの火災原因の検討と消火実験結果など（消防研究センター）
- 11:40 大阪での金属スクラップ火災対応の事例（地元消防など）
- 12:00 <昼食>
- 13:00 金属スクラップ火災にかかるダイオキシン類分析事例（国立環境研）
- 13:20 今後の輸出管理のあり方（国立環境研、海上保安大学校）
- 14:20 今後の火災防止のあり方（産総研、消防研究センター、国立環境研）
- 15:00 自由意見交換（全員）
- 16:00 現地見学（希望者）
- 17:00 終了

参加予定者：K2179 メンバー（国立環境研究所、消防研究センター、海上保安試験研究センター、産業技術総合研究所、海上保安大学校、他）

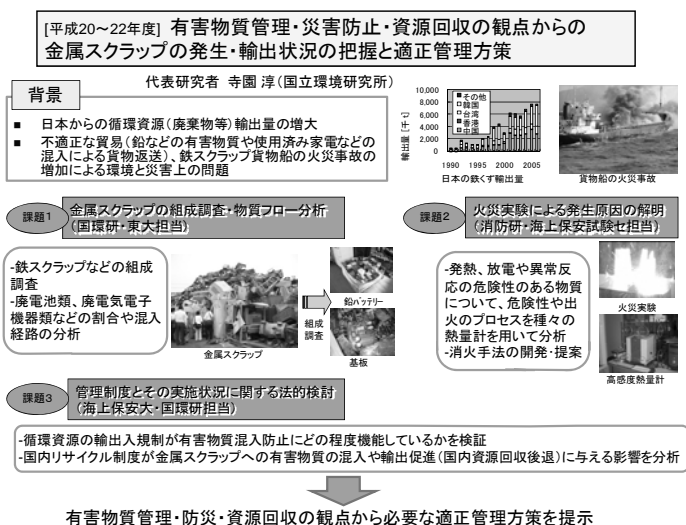
環境省、環境省近畿地方環境事務所
大阪府都市整備部港湾局
大阪府循環型社会推進室産業廃棄物指導課
泉大津市・貝塚市・堺市消防本部
海上保安庁、海上保安庁第五管区海上保安本部
国土交通省運輸安全委員会事務局 神戸事務所
（その他関係機関とも交渉中）

備考：非公開での開催とします。恐縮ですが、交通費は各機関にてご負担願います。昼食は、階下または周辺の食堂で各自お取り頂く予定です。

参考：環境省 循環型社会科学形成推進科学研究費補助金

「有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策」
(K2179、代表＝国立環境研究所・寺園淳)

<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2008/20081226/20081226.html>



2011年3月2日

各位

独立行政法人 国立環境研究所
循環型社会・廃棄物研究センター
寺園 淳

金属スクラップの輸出管理と火災防止に関する意見交換会のお知らせ

時下ますますご清祥の段、お慶び申し上げます。

近年大量に中国などへ輸出されてきた金属スクラップについて、有害物質混入などによる相手国からの貨物返送や、船積み現場での火災事故が生じるなど、環境と災害上の問題が懸念されてきました。このため、H20年度からH22年度まで環境省の循環型社会科学形成推進科学研究費補助金によって「有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策」（代表＝国立環境研究所・寺園淳）と題する研究プロジェクトを立ち上げ、この問題に取り組んできました。

この度、本研究プロジェクトの終了時を迎えるにあたり、関係する行政機関などの方々に対してこれまでの調査研究の成果発表を行います。これによって金属スクラップに関する認識や課題を共有し、今後の輸出管理と火災防止に必要な対策を自由に議論する意見交換会を、下記のように開催したく存じます。ご関係の皆様のご出席と活発なご議論を賜りますようお願い申し上げます。

記

名称：金属スクラップの輸出管理と火災防止に関する意見交換会

日時：2011年3月7日（月）13時30分～17時50分

場所：東京都港区新橋1丁目18番1号 航空会館703会議室

最寄り駅 地下鉄内幸町、JR・地下鉄新橋駅 TEL:03-3501-1272 FAX:03-3591-7789

<http://www.kokukaikan.com/tizu.htm>



目的：金属スクラップの輸出と火災にかかる現状に関して、これまでの調査研究の成果発表などを通じて、関係機関で認識や課題を共有し、今後の輸出管理と火災防止に必要な対策を自由に議論する。

主催：独立行政法人 国立環境研究所

議事（予定）：

- 13:15 受付
- 13:30 開催挨拶、参加者紹介、趣旨説明（国立環境研）
- 13:50 日本の金属スクラップ発生・輸出と中国での輸入・利用（国立環境研）
- 14:10 金属スクラップにかかる回収・中間取扱業者、解体業者調査結果（国立環境研、東京大学）
- 14:30 これまでの金属スクラップ火災（海上保安試験研究センター）
- 14:45 金属スクラップの火災原因の検討と消火実験結果（消防研究センター）
- 15:00 金属スクラップ火災対応の事例（各地消防本部など）
- 15:30 （休憩）
- 15:45 今後の輸出管理のあり方（国立環境研、海上保安大学校）
- 16:10 今後の火災防止のあり方（消防研究センター、国立環境研、産総研）
- 16:30 参加者から関連活動紹介、自由意見交換（全員）
- 17:45 閉会挨拶
- 17:50 終了

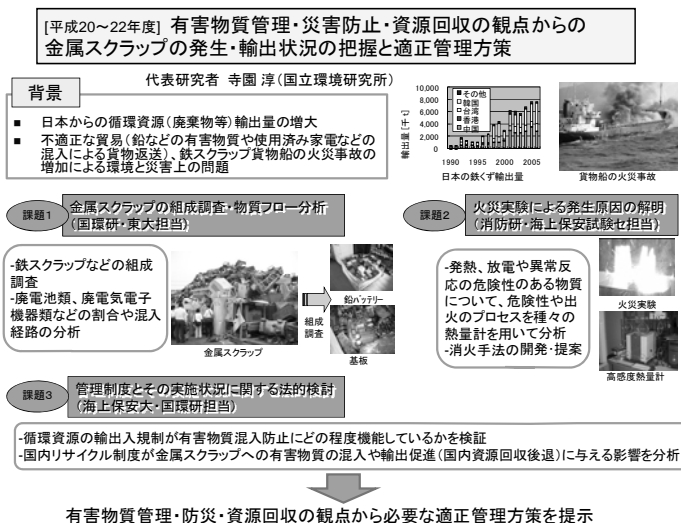
参加予定者：

- 環境省（適正処理・不法投棄対策室、リサイクル推進室、廃棄物対策課）
- 海上保安庁
- 消防庁、各地消防本部（大阪府貝塚市、千葉県船橋市）
- 経済産業省（環境指導室）
- 財務省（関税局）、東京税関、横浜税関
- 国土交通省（港湾局、海事局）、運輸安全委員会
- 警察庁
- 川崎市（港湾局）
- 日本環境衛生センター
- 循環科研費「金属スクラップ研究（K22049）」共同研究者（国立環境研究所、消防研究センター、海上保安試験研究センター、東京大学大学院、産業技術総合研究所、海上保安大学校）

備考：非公開での開催とします。恐縮ですが、原則として交通費は各機関にてご負担願います。

参考：環境省 循環型社会科学形成推進科学研究費補助金

「有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策」
 （代表＝国立環境研究所・寺園淳） <http://www.nies.go.jp/whatsnew/2008/20081226/20081226.html>



謝辞

本研究を遂行するにあたり、海上保安庁、ならびに大阪府貝塚市、泉大津市、八尾市、岸和田市、忠岡町、千葉県船橋市、愛媛県松山市、広島県広島市、神奈川県横浜市、川崎市、愛知県海部南部、名古屋市、新潟県新潟市、および福岡県福岡市の各消防本部の方々には、金属スクラップ火災の状況調査などに関して、貴重な経験やご示唆を賜りました。また、環境省 廃棄物・リサイクル対策部（適正処理・不法投棄対策室、リサイクル推進室、廃棄物対策課）、同近畿・中部・関東地方環境事務所、経済産業省 産業技術環境局 環境指導室、財務省関税局、東京税関、横浜税関、国土交通省 港湾局、同海事局、運輸安全委員会事務局、警察庁、大阪府 都市整備部港湾局、同循環型社会推進室産業廃棄物指導課、川崎市港湾局、ならびに大阪市、および大阪府堺市の消防本部におかれては、東京と大阪での意見交換会へのご出席をはじめ、大変有益なご助言やご協力を頂きました。さらに、金属スクラップの取扱い状況に関しては、国内における事業者、業界団体および多くのご関係の皆様方から、アンケートやヒアリングを含む各種調査を通じて、貴重な情報や温かいご協力を頂きました。京都大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻の高岡教授と大下助教からは、安全管理情報提供システムの構築にあたって、多大なご協力を頂きました。中国における輸入・リサイクルや規制などの状況については、中国環境保護部、国家質量監督檢驗檢疫総局をはじめとする行政当局や、事業者を含む多くの皆様方から、貴重なご指摘を頂きました。

「有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策」という広範なテーマを対象にした本研究において、このような研究成果を得られましたのは、多数の省庁や分野の皆様、および研究協力者の皆様のご指導とご支援があったためであります。ここに記して、感謝の意を申し上げます。

研究発表一覧

誌上発表

- 寺園淳, 林誠一, 吉田綾, 村上進亮: 有害物質管理と資源回収の観点からの金属スクラップ (雑品) 発生・輸出の実態解明. 廃棄物資源循環学会論文誌, 22 (2), 127-140 (2011)
- 寺園淳: 循環資源の越境移動の実態と中古家電・金属スクラップの事例にみる適正管理方策. 新世代法政策学研究, 9, 77-104 (2010)
- 寺園淳: 第 4 章 廃棄物 –ごみの行方を追う. In: モノの越境がもたらす環境問題, 地球研叢書, 昭和堂, 95-143, 2009
- Yoshida A., Kojima M.: Transboundary Movement of Recyclable Resources: Current Management System and Practices in Japan. “Promoting 3Rs in developing countries —Lessons from the Japanese Experience—” (IDE spot survey No. 30), Institute of Developing Economies, 146-171 (2008)
<http://www.ide.go.jp/English/Publish/Download/Spot/30.html>
- 吉田綾: 国際資源循環の観点から見た日本からの循環資源輸出の現状と課題. 新世代法政策学研究, 9 (28), 165-176 (2010)
- Koseki H., Iwata Y., Nishimura K.: Recent toner cartridge incidents at recycling facilities in Japan and its hazard of dust explosion. Loss Prevention Bulletin, 213, 12-14 (2010)
- Koseki H., Yamazaki Y., Wakakura M., Terazono A.: Lessons learned from scrap metal fires and accidents during transportation. Loss Prevention Bulletin, 205, 15-18 (2009)
- 古積博: トナーカートリッジ粉の爆発事故事例とその危険性. Safety & Tomorrow, 132, 9-14 (2010)
- 古積博, 岩田雄策, 西村浩次郎: トナーカートリッジ粉の火災爆発危険性について. 消防研究所報告, 108, 23-28 (2010)
- Xin-Rui Li, H. Koseki: Thermal Analysis on Lithium Primary Batteries. International Review of Chemical Engineering 1(1), 117-120 (2009)
- Li X-R, Lim W-S, Iwata Y., Koseki H.: Thermal characteristics and their relevance to spontaneous ignition of RPF. J. Loss Prevention in the Process Industries, 22(1), 1-6 (2009)
- 佐宗祐子: 金属スクラップの火災事例と CAFS 消火研究の概要, Safety & Tomorrow, 133, 21-28 (2010)
- 佐宗祐子: 圧縮空気泡による金属スクラップ火災の消火, 検定協会だより, 第 362 号, 26-36 (2011)
- 若倉正英: 事故事例に見る爆発、火災の原因と対策 (金属による爆発、火災), 安全と健康, 16108, 31-35 (2009)
- Tsuruta J.: Japanese Measures against Marine Pollution under UNCLOS and the IMO Treaties, Journal of East Asia and International Law, 2(2), 381-389 (2009)
- 鶴田順: 第 8 章 バゼル条約 95 年改正をめぐる法的課題, In: 国際リサイクルをめぐる制度変容: アジアを中心に, アジア経済研究所, 213-236 (2010)
- 鶴田順: 日本におけるバゼル条約の実施とその課題, 新世代法政策学研究, 9, 105-128 (2010)

口頭発表

- Terazono A., Yoshida A.: Examination and export control of scrap mixed metal in Japan. 5th Int.Conf.Waste Manage.Technol. (2010.12, Beijing), Proceedings, B150-B154
- Terazono A., Yoshida A.: International flows of secondhand electrical and electronic equipment in Asia. ISIE Asia-Pac.Meet./ISIE MFA-ConAccount Meet. (2010.11, Tokyo), Abstracts
- Terazono A., Yoshida A.: Mixed metal scrap in Japan and its export control. EcoBalance2010 (2010.11, Tokyo), Proceedings
- Terazono A.: Management of E-waste and mixed metal scrap: Current issues and future tasks. E-waste 2010 Workshop (2010.7, Brisbane), Proceedings, 29
- Terazono A.: Current E-waste issues and future tasks in Asia. 2010 Gordon Res.Conf.Ind.Ecol. (2010.7, New London, NH), Program
- Terazono A., Yoshida A.: Mixed metal scrap in Japan and export control from the perspective of hazardous substances control, material recovery and fire prevention. 4th International Conference on Waste Management and Technology (2009.11, Beijing), Proceeding, 101-105
- Terazono A.: Prevention of Illegal Trade of Waste – Issues and Challenges. Inaugural Meeting of the Regional 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Forum in Asia (2009.11, Tokyo)
- Terazono A., Yoshida A.: Possible collaborative research for traded recyclable wastes --example of scrap metal. 2nd China-Japan Inter-ministerial Working Group (2009.11, Beijing)
- Terazono A.: E-waste management system. Asian Electrical and Electronic Green Society -International Conference- (2009.10, Bangkok)
- Terazono A.: International e-waste inventory and material flow. Cleanup09 (2009.9, Adelaide)
- Terazono A., Yoshida A.: Transboundary Movement of End-of-Life Electrical and Electronic Equipment for Reuse and Recycling. 2009 ISIE Conference (2009.6, Lisboa), Book of Abstracts, 486
- 寺園淳: 循環資源の越境移動の実態と課題 –中古電気電子機器・金属スクラップ・PET ボトルの事例を中心として–. 九州と東アジアの都市をつなぐ資源循環の学際的検討フォーラム 第2回資源循環に関する研究交流会 (2011.2, 福岡)
- 寺園淳, 林誠一, 吉田綾: 有害物質管理・資源回収の観点からの金属スクラップの品目・組成調査. 第21回廃棄物資源循環学会研究発表会 (2010.11, 金沢), 同予稿集, 143-144
- 寺園淳, 吉田綾, 鶴田順: 金属スクラップの輸出に関する適正管理方策. 環境経済・政策学会 2010年大会 (2010.9, 名古屋), 同報告要旨集, 220-221
- 寺園淳: E-Scrap のアジアでの移動. 資源・素材 2010 (2010.9, 福岡), 同講演資料, 139-142
- 寺園淳: 金属スクラップの輸出管理と資源回収の課題. 安全工学シンポジウム 2010 (2010.7, 東京), 同講演予稿集, 294-297
- 寺園淳, 林誠一, 吉田綾, 中島謙一: 輸出予定の金属スクラップの品目調査結果と適正管理の課題. 第20回廃棄物学会研究発表会 (2009.9, 名古屋), 同講演論文集, 137-138
- 寺園淳: 循環資源の越境移動の実態とバーゼル法や各種リサイクル法からみた課題. 北海道大学グローバル COE プログラム「多元分散型統御を目指す新世代法政策学」北海道大学シンポジウム「有害廃棄物の越境移動およびその処分に関するバーゼル条約の国内実施」 (2009.12, 札幌)
- 寺園淳: 廃電気電子機器と金属スクラップの越境移動の現状と課題. (独)日本学術振興会 素材プ

- ロセシング第69委員会第3分科会(環境関連技術)第6回研究会 (2009.12, 東京), 同資料, 19-23
- 寺園淳: E-wasteと金属スクラップの越境移動と最近の状況. 平成20年度廃棄物資源循環学会シンポジウム「資源確保競争下での国際資源循環のあり方を考える」 (2009.3, 東京)
- 吉田綾, 寺園淳, 鶴田順: 金属スクラップ火災の発生状況と輸出に関わる法的課題の検討. 環境経済政策学会2009年大会 (2009.9, 千葉), 同報告要旨集, 144-145
- 吉田綾, 鶴田順, 寺園淳: 金属スクラップの混入物に対する規制状況と課題. 第20回廃棄物資源循環学会研究発表会 (2009.9, 名古屋), 同講演論文集, 549-550
- Koseki H., Yamazaki Y., Wakakura M., Terazono A.: Cause investigation of scrap metal fires during transport and storage. 2009 IASPEP (2009.9, Kumming), Proceedings, 576-579
- Koseki H., Yamazaki Y., Wakakura M., Terazono A.: Lessons learned from scrap metal fires and accidents during transportation. IGUS-EOS (2008.5, Stockholm)
- Koseki H., Yamazaki Y., Wakakura M., Terazono A.: Lessons learned from scrap metal fires and accidents during transportation, Progress in Safety Science and Technology. The 2008 International Symposium on Safety Science and Technology (2008.9, Beijing), Proceedings, 1964-1967
- 古積博, 岩田雄策: 各種金属の火災危険性と消防法令による規制. 安全工学シンポジウム 2010 (2010.7, 東京), 同講演予稿集, 282-285
- 古積博, 水田亮, 李新蕊, 鈴木康弘, 山崎ゆきみ, 橋本治: コイン型リチウム電池の爆発危険性, 火薬学会秋季研究発表会 (2008.10, 福岡), 75-76
- 古積博: スクラップ金属火災について. 海上災害防止センター・専門家意見交換会 (2008.10)
- 山崎ゆきみ, 古積博, 佐宗祐子, 寺園淳, 若倉正英: 金属スクラップ堆積物火災の消火技術に関する研究(その1) - 金属スクラップの火災事例 -. 平成22年度日本火災学会研究発表会 (2010. 札幌), 同概要集, 194-195
- 佐宗祐子, 古積博, 内藤浩由, 山崎ゆきみ, 佐藤敦, 廖赤虹, 松島至俊: 金属スクラップ堆積物火災の消火技術に関する研究(その2) - 消火困難性に関する検討 -, 平成22年度日本火災学会研究発表会 (2010. 札幌), 同概要集, 196-197
- 松島至俊, 廖赤虹, 佐宗祐子, 古積博, 内藤浩由, 山崎ゆきみ, 佐藤敦: 金属スクラップ堆積物火災の消火技術に関する研究(その3) - CAFSの消火効果 -, 平成22年度日本火災学会研究発表会 (2010. 札幌), 同概要集, 198-199
- 廖赤虹, 平岡理弘, 松下修, 坂本直久, 佐宗祐子, 内藤浩由: 泡による火災の延焼阻止効果に関する検討. 平成20年度日本火災学会研究発表会 (2008.5, 神戸), 同概要集, 150-151
- 和田有司, 和田祐典, 中島農夫男, 阿部祥子, 内村紗希, 尾和ハイジック香吏, 若倉正英: 廃棄・資源化における事故事例と分析. 安全工学シンポジウム 2010 (2010.7, 東京), 290-293
- 鶴田順: 廃棄物等に係る国際条約とその日本における実施について. 循環型社会形成推進基本法制定10周年記念シンポジウム「循環型社会形成推進基本法の成果と展望」 (2011.1, 東京)
- 鶴田順: バーゼル条約の国内実施に関する現状と課題. 北海道大学グローバル COE プログラム「多元分散型統御を目指す新世代法政策学」シンポジウム「有害廃棄物の越境移動およびその処分に関するバーゼル条約の国内実施」 (2009.12, 札幌)
- 鶴田順: バーゼル条約の国内実施に関する現状と課題. 国公立大コンソーシアム福岡「共同研究プロジェクト グローバル化する環境・エネルギー問題の解決を目指した国際レジーム論の構築」に関する研究会 (2010.3, 東京)

知的所有権の取得状況

なし