

(3) 太陽電池モジュールの運搬

調達した使用済太陽電池モジュールについて、発生場所から中間処理拠点(リサイクルテック・ジャパン株式会社、ハリタ金属株式会社、東芝環境ソリューション株式会社)まで運搬を行い、実際にかかったコストデータを収集した。運搬については、廃棄物収集運搬業者である株式会社浜田が担当した。

運搬は1回あたりの運搬量から最も効率的な運搬方法を選択することとし、4tトラックや20tウィングトレーラー等を使用した。

表 1-60 太陽電池モジュールの運搬結果

番号	必要人員 名	必要機材	荷姿	積み込み時 間	運搬時間 (片道)	積み下ろし 時間	混載	車両種類・重量	輸送距離	運搬費	重量	単価
				min	h	min			km	円	kg	円/kg
1	1	リフト	パレット	10	2.5	10	無	10tウイング車	162	85,000	3,014	28
2	1	リフト	パレット	10	2.5	10	無	10tウイング車	162	85,000	2,805	30
3	1	リフト	パレット	10	2.5	10	無	10tウイング車	162	100,000	4,784	21
4	1	リフト	パレット	10	2.5	10	無	10tウイング車	162	100,000	4,715	21
5	1	リフト	パレット	35	2.5	35	無	10tウイング車	152	70,000	7,121	10
6	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	7,121	10
7	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	6,997	10
8	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	6,475	11
9	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	54,000	1
10	1	リフト	パレット	20	3	20	無	10tウイング車	250	57,000	4,458	13
11	1	リフト	パレット	20	2	20	無	4tウイング車	140	35,000	204	172
12	1	リフト	パレット	13	3	13	無	4tウイング車	250	42,000	1,222	34
13	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	7,363	10
14	1	リフト	パレット	15	2.5	15	無	10tウイング車	152	70,000	5,175	14
15	1	リフト	パレット	15	2.5	15	無	10tウイング車	152	70,000	6,653	11
16	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	19,381	10
17	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	18,462	11
18	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	20,912	10
19	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	19,942	10
20	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	20,405	10
21	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	20,178	10
22	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	19,650	10
23	1	リフト	パレット	30	9.75	30	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	21,908	9
24	1	リフト	パレット	30	5	30	無	20tトレーラー(平シャーシ)	371	200,000	22,498	9
25	1	リフト	パレット	3	2.5	3	有	4tウイング車	152	48,000	550	87
26	1	リフト	パレット	3	4.5	3	有	4tウイング車(集荷便)	333	13,000	1,146	11

平均値	382	112,500	11,813	22
最大値	821	200,000	54,000	172
最小値	140	13,000	204	1
中央値	162	77,500	7,059	10

(4) リサイクル(中間処理)・金属回収等

リサイクル(中間処理)・処分については、異なる技術を保有する3事業者(リサイクルテック・ジャパン、ハリタ金属、東芝環境ソリューション)が使用済太陽電池モジュールの中間処理を実施し、図 1-75 に示す実施方法に基づき必要なデータを収集した。

事業者の中間処理工程から発生する電池粉等は三井金属鉱業に引渡し、有用物質等の含有量を分析するとともに、再資源化、金属回収・無害化処理を行った。また、中間処理後に発生するガラスカレットについては、ガラス再資源化協議会が中間処理後のガラスカレットの組成分析を実施する等の再資源化可能性の評価を行った。なお、リサイクル等にあたっては廃棄物処理法を遵守の上、実施した。

<実施方法及びデータ収集項目>

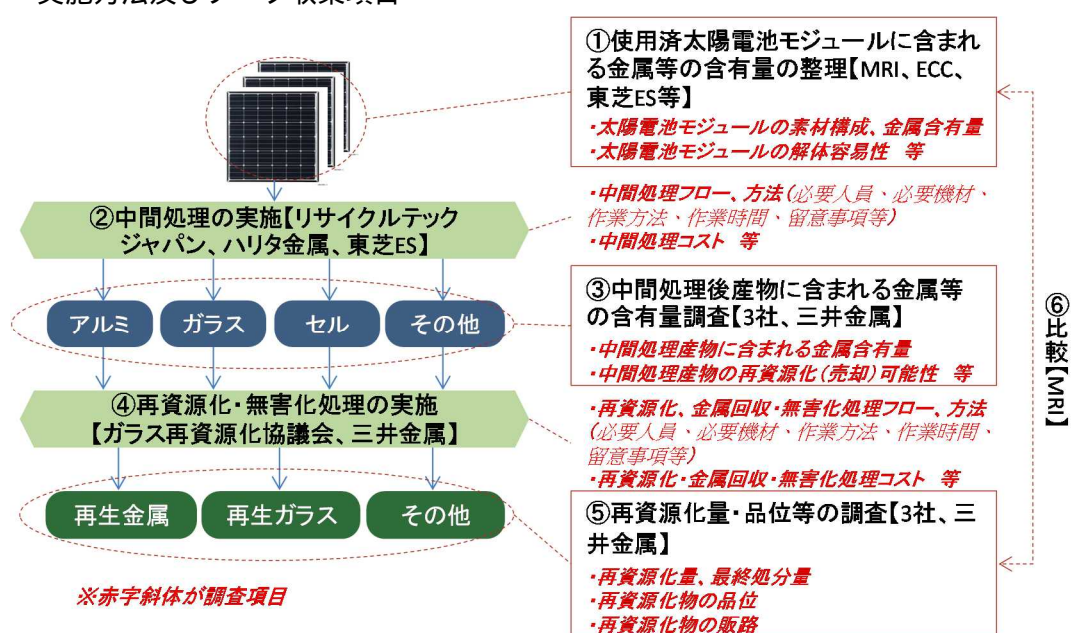


図 1-75 実施方法及びデータ収集項目

<モデル事業実施3事業者の概要>

- 中間処理を行う3社の処理方法、処理能力の概要は以下の通り。
 - リサイクルテック・ジャパン株式会社
 - 処理方法：乾式
 - 容量：100t/月
 - ハリタ金属株式会社
 - 処理方法：湿式
 - 容量：破碎のみの場合 30t/hr、ガラス分離で 5~10t/hr (目切れが起こると想定されるので最低ロットは 20t 程度)
 - 東芝環境ソリューション株式会社
 - 処理方法：乾式
 - 容量：プロセス1で 40t/月、プロセス2で 30t/月

表 1-61 各社での処理結果

種類	メーカー名	単位	リサイクルテック・ジャパン	ハリタ金属	東芝環境ソリューション
単結晶	A社(国内)	kg	4,964	10,155	0
多結晶	A社(国内)	kg	2,841	10,509	475
多結晶	B社(国内)	kg	10,244	11,110	1,144
多結晶	C社(海外)	kg	10,574	10,304	1,030
単結晶・多結晶混合	E社(国内)	kg	10,193	0	0
薄膜	A社(国内)	kg	151,062	40,415	0
CIS	D社(国内)	kg	4,294	31,810	17
合計		kg	194,172	114,303	2,666

(5) 中間処理実施結果




リサイクルテック・ジャパン、ハリタ金属、東芝環境ソリューションの3社における中間処理試験の実施結果は以下のとおりである。

1) リサイクルテック・ジャパン株式会社

中間処理を実施した結果を以下に示す。なお、リサイクルテック・ジャパンは、太陽電池モジュールを破砕機に3回投入しており、各回におけるマテリアルバランスデータを以下にて整理した(破砕1回目のアウトプットであるバックシート分を破砕2回目投入。破砕2回目のアウトプットであるバックシート分を破砕3回目投入)。



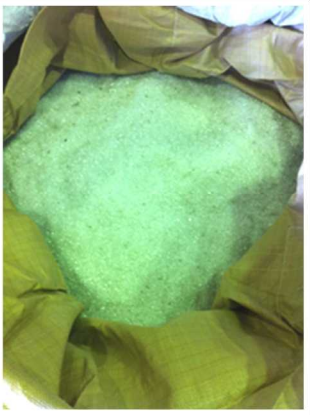
a. 単結晶（国内 A 社製）

500kg			363kg			295kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	59	12%	1.2~2.5	21	4%	1.2~2.5	19	4%
2.5~5	76	15%	2.5~5	44	9%	2.5~5	33	7%
風力選別	1	0%	風力選別	0	0%	風力選別	0	0%
バックシート	363	73%	バックシート	295	59%	バックシート	242	48%
		0%			0%			0%
合計	499	99.8%	合計	360	72%	合計	294	59%
ロス	1kg	0%	ロス	3kg	1%	ロス	1kg	0%

セル屑(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		

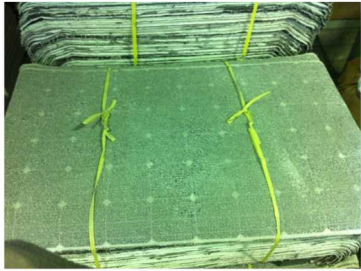


b. 多結晶（国内 A 社製）

500kg			343kg			260kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	74	15%	1.2~2.5	47	9%	1.2~2.5	26	5%
2.5~5	74	15%	2.5~5	35	7%	2.5~5	18	4%
風力選別	0	0%	風力選別	0	0%	風力選別	0	0%
バックシート	343	69%	バックシート	260	52%	バックシート	215	43%
		0%			0%			0%
合計	491	98%	合計	342	68%	合計	259	52%
ロス	9kg	2%	ロス	1kg	0%	ロス	1kg	0%

セル屑(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		




c. 多結晶（国内 B 社製）

9.951kg			7.228kg			5.966kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	1,240	12%	1.2~2.5	620	6%	1.2~2.5	389	4%
2.5~5	1,330	13%	2.5~5	620	6%	2.5~5	353	4%
風力選別	48	0%	風力選別	12	0%	風力選別	5	0%
バックシート	7,228	73%	バックシート	5966	60%	バックシート	5173	52%
		0%			0%			0%
合計	9,846	99%	合計	7128	72%	合計	5920	59%
ロス	105kg	1%	ロス	100kg	1%	ロス	46kg	1%

セル層	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		




d. 多結晶（海外 C 社製）

10.297kg			6.729kg			5.557kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	1,629	16%	1.2~2.5	534	5%	1.2~2.5	305	3%
2.5~5	1,824	18%	2.5~5	601	6%	2.5~5	315	3%
風力選別	64	1%	風力選別	11	0%	風力選別	5	0%
バックシート	6,729	65%	バックシート	5557	54%	バックシート	4927	48%
		0%			0%			0%
合計	10,246	99.5%	合計	6703	65%	合計	5552	53.9%
ロス	51kg	0.5%	ロス	26kg	0.4%	ロス	5kg	0.1%

セル層(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		




e. 単結晶・多結晶混合（国内E社）

9,847kg			8,425kg			7,349kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	615	6%	1.2~2.5	559	6%	1.2~2.5	647	7%
2.5~5	548	6%	2.5~5	488	5%	2.5~5	464	5%
風力選別	6	0%	風力選別	3	0%	風力選別	1	0%
バックシート	8,425	86%	バックシート	7349	75%	バックシート	6216	63%
		0%			0%			0%
合計	9,594	97%	合計	8399	85%	合計	7328	74%
ロス	253kg	3%	ロス	26kg	0%	ロス	21kg	0%

セル屑(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		

f. 薄膜（国内A社）

151,062kg			15,106kg			10,272kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	48,339	32%	1.2~2.5	1510	1%	1.2~2.5	1027	1%
2.5~5	84,594	56%	2.5~5	1510	1%	2.5~5	1027	1%
風力選別	755	0%	風力選別	75	0%	風力選別	51	0%
バックシート	15,106	10%	バックシート	10272	7%	バックシート	6163	4%
集塵	1,510	1%	集塵	1510	1%	集塵	1027	1%
		0%			0%			0%
合計	150,304	99%	合計	14877	10%	合計	9295	6%
ロス	758kg	1%	ロス	229kg	2%	ロス	977kg	10%

セル屑(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		

g. CIS (国内D社)

500kg




破碎1回目	分別重量	割合
1.2~2.5	55	11%
2.5~5	47	9%
風力選別	1	0%
バックシー	393	79%
		0%
合計	496	99%
ロス	4kg	1%

393kg

破碎2回目	分別重量	割合
1.2~2.5	26	5%
2.5~5	24	5%
風力選別	1	0%
バックシー	341	68%
		0%
合計	392	78%
ロス	1kg	0%

341kg













破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	24	5%
2.5~5	15	3%
風力選別	0	0%
バックシー	301	60%
		0%
合計	340	68%
ロス	1kg	0%

セル層(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		


2) ハリタ金属株式会社

中間処理を実施した際のマテリアルバランスデータを以下に示す。

a. 単結晶（国内 A 社）・多結晶（国内 A 社）・多結晶（国内 B 社）

		単結晶 国内 A社		多結晶 国内 A社		多結晶 国内 B社	
INPUT		9,469		10,893		10,167	
O U T P U T	8mmオーバー		2,336		2,636		2,719
	0.5mmアンダー		1,024		1,742		2,143
	オーバーフロー		494		294		2,619
	アンダーテイル		3,816		5,282		1,656

b. 多結晶（海外 C 社）・薄膜（国内・A 社）

		多結晶 海外 C社		薄膜 国内 A社(両面ガラス型)		薄膜 国内 A社(片面ガラス型)	
INPUT		10,158		13,954		23,502	
O U T P U T	8mmオーバー		3,165		2,732		3,770
	0.5mmアンダー		542		1,266		2,947
	オーバーフロー		1,048		1,675		1,272
	アンダーテイル		2,681		5,635		10,423

3) 東芝環境ソリューション株式会社

破砕プロセス（プロセス1）において3種のモジュールを、分離プロセス（プロセス2）において2種のモジュールを中間処理した際のマテリアルバランスデータを以下に示す。

a. 破砕プロセス（プロセス1）の結果

分類		国内・多結晶		国内・多結晶		海外・多結晶	
品名		A社	(弊社記号)	B社	(弊社記号)	C社	(弊社記号)
INPUT(kg)		300.9		1128.1		1014.2	
OUTPUT(kg)	回収物A	アルミフレーム	49.3	—	—	—	—
	回収物B	破砕片	254.9 (TSB-001)	1106.7 (TTB-001)	988.2 (TMB-001)		
回収率(%) (A+B)/IN		101.1		98.1		97.4	

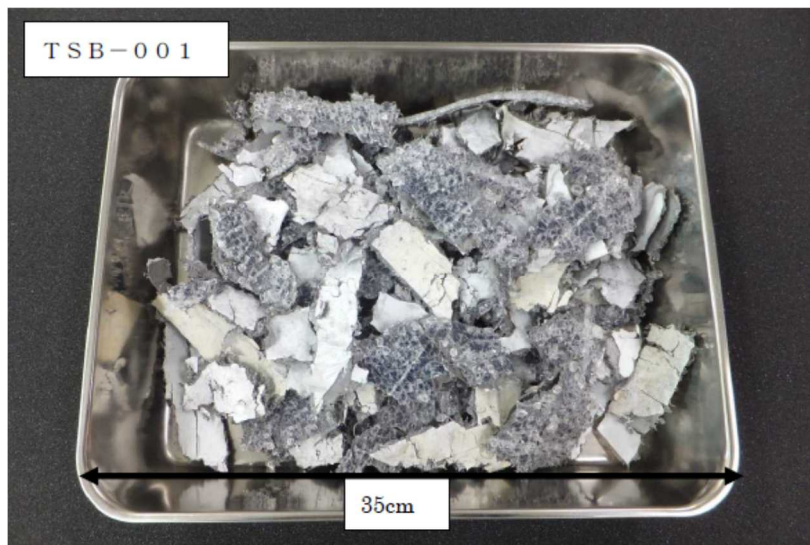


図 1-76 国内・多結晶（A社）：破砕片 B

b. 分離プロセス（プロセス2）の結果

ア) 国内・多結晶（A社）

INPUT(kg)		17.7	17.7	17.7
OUTPUT(kg)	回収物A	アルミフレーム	—	2.90 (TSA-001)
		電流線	—	—
		接続箱	—	—
	回収物C	ガラス	12.65	12.3 (TSC-001)
回収物D	電池粉	1.90	2.25 (TSD-001)	
回収率(%) D/C+D				101.4

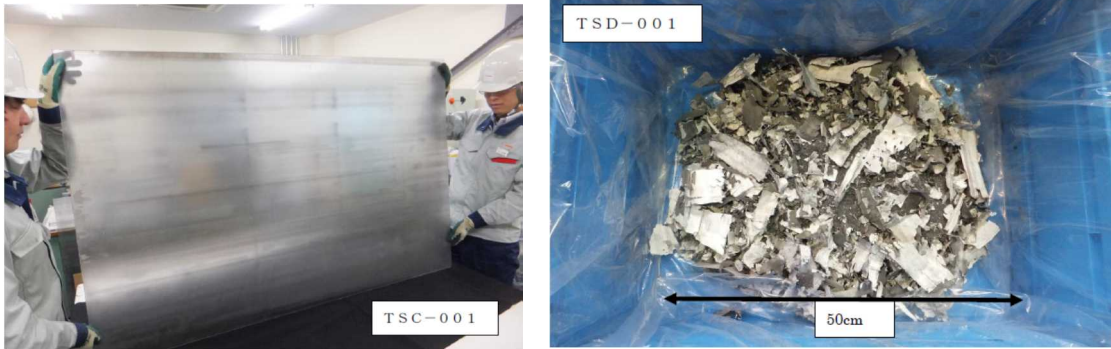


図 1-77 国内・多結晶（A社）：左：回収物C（ガラス）、右：回収物D（電池粉）

イ）国内・多結晶（B社）

INPUT(kg)			19.0	19.0	19.0
OUTPUT (kg)	回収物A	アルミフレーム	2.76	2.78	2.76 (TTA-001)
		電流線	0.2	0.2	0.2 (TTA-002)
		接続箱	0.12	0.12	0.12 (TTA-003)
	回収物C	ガラス	12.7	12.7	12.8 (TTC-001)
	回収物D	電池粉	3.14	3.32	3.30 (TTD-001)
		回収率(%)	99.6	100.6	100.9
		回収物合計/IN			

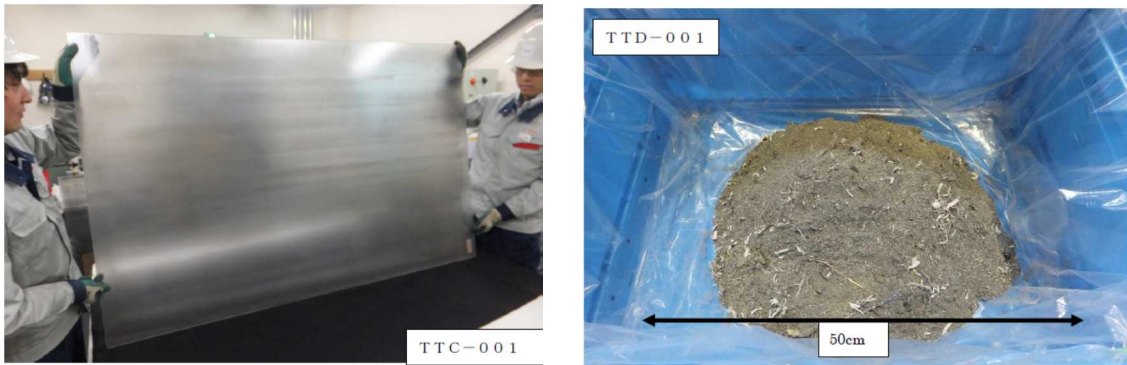


図 1-78 国内・多結晶（B社）：左：回収物C（ガラス）、右：回収物D（電池粉）

参考：パネル重量に占めるガラスの割合について

東芝環境ソリューションの分離プロセス（プロセス2）については、ガラスを板状で分離する技術であることから、分離されたガラス系産物の重量はパネル全体に占めるガラス重量に近い値となっていると考えられる。今回の試験結果に基づくガラスの重量比は以下のとおりであり、パネル全体に対しては7割前後、アルミフレームを除けば8割前後となっている。

表 1-62 パネル重量に占めるガラスの割合

	多結晶 国内A社			多結晶 国内B社		
	インプット	17.7	17.7	17.7	19.0	19.0
アウトプット	ガラス	12.65	12.1	12.3	12.7	12.8
	アルミフレーム	-	-	2.9	2.76	2.78
ガラス重量比	71.5%	68.4%	69.5%	66.8%	66.8%	67.4%
ガラス重量比(アルミフレーム除く)	-	-	83.1%	78.2%	78.3%	78.8%

(6) 中間処理産物の分析結果

1) 分析実施機関と分析方法

モデル事業の産物の分析は、以下の方針に基づき、非鉄製錬事業者（三井金属鉱業）分析会社（環境管理センター、東芝環境ソリューション）の3社で分担の上、実施した。

- 三井金属鉱業において、全ての産物（電池粉系、ガラス系）の含有量試験を実施（ガラス系産物については半定量分析）。
- 一部の産物については、環境管理センター、東芝環境ソリューションにおいて含有量試験、溶出試験を実施。

環境管理センター、東芝環境ソリューションにおいて含有量試験・溶出試験対象としたサンプルは以下のとおりである。

表 1-63 分析会社におけるモデル事業産物の分析対象サンプル（計 13 サンプル）

	種類	メーカー	中間処理	産物	
環境管理センター 実施分	多結晶	国内 B 社	ハリタ	4	ガラス/電池粉/8mm オバー/0.5mm アンダー
	多結晶	海外 C 社	RTJ	2	ガラス/電池粉
	薄膜	国内 A 社	RTJ	2	ガラス/電池粉
	化合物	国内 D 社	RTJ	2	ガラス/電池粉
東芝環境ソリュー ション実施分	単結晶	国内 A 社	TES	1	破砕片 (プロセス1産物：電池粉・ガラス含む)
	多結晶	国内 B 社	TES	1	破砕片
	多結晶	海外 C 社	TES	1	破砕片

モデル事業の各産物の分析方法は以下のとおり。

< ガラス系産物の試験方法 >

分析機関：三井金属鉱業

分析内容：含有量試験

分析項目：

分析項目	分析方法
Ag, Al, As, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, In, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Te, Ti, Tl, Zn	ICP 定性分析

SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, Fe ₂ O ₃ , ZrO ₃ , TiO ₂ , B ₂ O ₃	JIS R 3105
MgO, SnO, CaO, SO ₃ , SrO	JIS R 3105 準拠

分析機関：環境管理センター、東芝環境ソリューション

分析内容：含有量試験、溶出試験

分析項目：

分析項目	分析方法
Pb, Cd, As, Se, Hg, Cr, Be, Sb, Te, Cu, Ag, In, Zn, Sn, Mo, Ga	含有量試験：廃棄物資源循環学会物質フロー研究部会にて検討された標準分析法 溶出試験：環境庁告示 13号

< 金属系産物やその他産物の試験方法 >

分析機関：三井金属鉱業

分析内容：含有量試験

分析項目：

分析項目	分析方法
Pb, Cd, As, Se, Hg, Cr, Be, Sb, Te, Cu, Ag, In, Zn, Sn, Mo, Ga	Cu等はマット融解法を採用するなど、非鉄製錬事業者の評価方法を採用

分析機関：環境管理センター、東芝環境ソリューション

分析内容：含有量試験、溶出試験

分析項目：

分析項目	分析方法
Pb, Cd, As, Se, Hg, Cr, Be, Sb, Te, Cu, Ag, In, Zn, Sn, Mo, Ga	含有量試験：廃棄物資源循環学会物質フロー研究部会にて検討された標準分析法 溶出試験：環境庁告示 13号

2) 分析結果

a. 非鉄製錬事業者実施分

ア) 電池粉系産物の含有量試験結果

非鉄製錬業者（三井金属鉱業）における中間処理産物（電池粉系）の含有量分析結果は以下のとおり。資源価値を決める銀の含有量については、モジュール種類や処理方法・産物種類によってばらつきが見られた。結晶系パネルの産物においては鉛やアンチモンが、化合物系の産物についてはセレンが検出された。

表 1-64 中間処理産物(電池粉系産物)の含有量分析結果(リサイクルテック・ジャパン)

モジュール種類		単結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶	薄膜	薄膜	化合物
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内B社	国内E社	海外C社	国内A社	国内A社	国内D社
中間処理		RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ
産物		電池粉	電池粉	電池粉	電池粉	電池粉	電池粉	電池粉	電池粉	電池粉
鉛 (Pb)	%	0.04	0.34	0.03	0.18	0.73	0.15	<0.01	<0.01	<0.01
カドミウム (Cd)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ヒ素 (As)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン (Se)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
水銀 (Hg)	%	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
クロム (Cr)	%	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ベリリウム (Be)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アンチモン (Sb)	%	<0.01	0.03	<0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.03
テルル (Te)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
銅 (Cu)	%	3.41	1.25	1.08	4.24	1.79	1.81	0.43	1.29	0.54
銀 (Ag)	g/t	7,870	3,400	6,660	2,070	7,750	1,880	1,480	1,730	<1
インジウム (In)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
亜鉛 (Zn)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	0.11	0.08
スズ (Sn)	%	1.24	0.39	0.7	0.21	0.86	0.15	0.21	0.38	0.08
モリブデン (Mo)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
ガリウム (Ga)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01

表 1-65 中間処理産物(電池粉系産物)の含有量分析結果(ハリタ金属)

モジュール種類		単結晶	単結晶	単結晶	単結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内A社	国内B社	国内B社	海外C社	海外C社
中間処理		ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ
産物		>8mm	<0.5mm	>8mm	<0.5mm	>8mm	<0.5mm	>8mm	<0.5mm
鉛	%	0.06	0.06	0.08	0.06	0.18	0.03	0.33	0.02
カドミウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ヒ素	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
水銀	%	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
クロム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ベリリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アンチモン	%	0.06	0.09	<0.01	0.06	0.07	0.16	0.06	0.16
テルル	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
銅	%	0.12	0.01	1.01	0.01	4.59	0.02	4.93	0.02
銀	g/t	1,350	2,340	2,620	2,780	649	821	914	633
インジウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
亜鉛	%	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01	0.02	0.02	0.02
スズ	%	0.07	0.11	0.35	0.15	0.22	0.04	0.39	0.02
モリブデン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ガリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 1-66 中間処理産物（電池粉系産物）の含有量分析結果（ハリタ金属）

モジュール種類		薄膜	薄膜	薄膜	薄膜	化合物	化合物
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内A社	国内D社	国内D社
中間処理		ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ
産物		>8mm	<0.5mm	>8mm	<0.5mm	<0.5mm	>8mm
鉛	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01
カドミウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ヒ素	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04
水銀	%	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
クロム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ベリリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アンチモン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	0.03
テルル	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
銅	%	0.49	0.01	0.19	0.01	0.03	0.86
銀	g/t	858	52	184	267	56	187
インジウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
亜鉛	%	0.13	0.06	0.02	0.04	0.03	0.1
スズ	%	0.27	0.05	0.08	0.08	<0.01	0.12
モリブデン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01
ガリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01

表 1-67 中間処理産物（電池粉系産物）の含有量分析結果（東芝環境ソリューション）

モジュール種類		単結晶	単結晶	多結晶	多結晶	多結晶
メーカー		国内A社	国内A社	国内B社	国内B社	海外C社
中間処理		TES	TES	TES	TES	TES
産物		電池粉	電池粉	電池粉	電池粉	電池粉
鉛	%	0.12	0.48	0.04	0.26	0.09
カドミウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ヒ素	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
水銀	%	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
クロム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
ベリリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アンチモン	%	0.15	<0.01	0.12	<0.01	0.12
テルル	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
銅	%	1.34	4.14	0.74	5.29	1.16
銀	g/t	1,280	5,540	807	2,990	714
インジウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
亜鉛	%	0.01	0.02	<0.01	0.03	0.01
スズ	%	0.17	0.6	0.07	0.29	0.12
モリブデン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ガリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

イ) ガラス系産物の含有量試験結果

三井金属鉱業における中間処理産物（ガラス系）の含有量分析結果は以下のとおり。ガラス系産物については、銅や銀などの検出が見られるものがあるなど中間処理プロセスによってセル部分との分離の程度に差があることが推察される。またガラス消泡剤用途と見られる

アンチモンが複数のサンプルから 0.1%オーダーで検出された。

表 1-68 中間処理産物(ガラス系産物)の含有量分析結果(リサイクルテック・ジャパン)

モジュール種類		単結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶	薄膜	薄膜	化合物
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内B社	国内E社	海外C社	国内A社	国内A社	国内D社
中間処理		RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ	RTJ
産物		1.2mm以下	1.2mm以下	1.2mm以下	1.2mm以下	1.2mm以下	1.2mm以下	1.2mm以下	1.2mm以下	1.2mm以下
鉛	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
カドミウム	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ヒ素	%	-	-	-	±	-	-	-	-	-
セレン	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水銀	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
クロム	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ベリリウム	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アンチモン	%	-	+	-	+	+	+	-	-	+
テルル	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
銅	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
銀	q/t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
インジウム	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
亜鉛	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
スズ	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
モリブデン	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ガリウム	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+++ 10%オーダー ± 0.01%オーダー
 ++ %オーダー - 0.01%未満(検出限界以下)
 + 0.1%オーダー

表 1-69 中間処理産物(ガラス系産物)の含有量分析結果(ハリタ金属)

モジュール種類		単結晶	単結晶	単結晶	単結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内A社	国内B社	国内B社	海外C社	海外C社
中間処理		ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ
産物		オーバ-フロ-	アンダ-テイル	オーバ-フロ-	アンダ-テイル	オーバ-フロ-	アンダ-テイル	オーバ-フロ-	アンダ-テイル
鉛	%	±	+	±	±	±	+	-	+
カドミウム	%	-	-	-	-	-	-	-	-
ヒ素	%	-	-	-	-	±	±	-	-
セレン	%	-	-	-	-	-	-	-	-
水銀	%	-	-	-	-	-	-	-	-
クロム	%	-	-	±	-	-	-	-	-
ベリリウム	%	-	-	-	-	-	-	-	-
アンチモン	%	±	+	±	±	+	+	+	+
テルル	%	-	-	-	-	-	-	-	-
銅	%	-	++	±	+	±	++	±	++
銀	q/t	±	±	±	±	-	±	-	±
インジウム	%	-	-	-	-	-	-	-	-
亜鉛	%	±	±	±	-	±	±	-	±
スズ	%	±	+	±	+	±	+	±	+
モリブデン	%	-	-	-	-	-	-	-	-
ガリウム	%	-	-	-	-	-	-	-	-

+++ 10%オーダー ± 0.01%オーダー
 ++ %オーダー - 0.01%未満(検出限界以下)
 + 0.1%オーダー

表 1-70 中間処理産物（ガラス系産物）の含有量分析結果（ハリタ金属）

モジュール種類		薄膜	薄膜	薄膜	薄膜	化合物	化合物
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内A社	国内D社	国内D社
中間処理		ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ
産物		オーパ-フロ-	アンダ-テイル	オーパ-フロ-	アンダ-テイル	オーパ-フロ-	アンダ-テイル
鉛	%	-	-	-	-	-	-
カドミウム	%	-	-	-	-	-	-
ヒ素	%	-	-	-	-	-	-
セレン	%	-	-	-	-	±	-
水銀	%						
クロム	%	-	-	-	-	±	-
ベリリウム	%						
アンチモン	%	-	-	-	-	±	+
テルル	%	-	-	-	-	-	-
銅	%	-	-	-	-	+	+
銀	g/t	-	-	-	-	-	-
インジウム	%	-	-	-	-	±	-
亜鉛	%	-	-	-	-	+	±
スズ	%	-	-	-	-	±	±
モリブデン	%	-	-	-	-	±	-
ガリウム	%	-	-	-	-	±	++

表 1-71 中間処理産物（ガラス系産物）の含有量分析結果（東芝環境ソリューション）

モジュール種類		多結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶
メーカー		国内A社	国内A社	国内B社	国内B社	海外C社
中間処理		TES	TES	TES	TES	TES
産物		ガラス	ガラス	ガラス	ガラス	ガラス
鉛	%		-		-	-
カドミウム	%		-		-	-
ヒ素	%		-		-	-
セレン	%		-		-	-
水銀	%					
クロム	%		-		-	-
ベリリウム	%					
アンチモン	%		+		+	+
テルル	%		-		-	-
銅	%		-		-	-
銀	g/t		-		-	-
インジウム	%		-		-	-
亜鉛	%		-		-	-
スズ	%		-		-	-
モリブデン	%		-		-	-
ガリウム	%		-		-	-

+++ 10% オーダー ± 0.01% オーダー
 ++ % オーダー - 0.01% 未満（検出限界以下）
 + 0.1% オーダー

b. 分析会社実施分

ア) 溶出試験 (環境庁告示第13号)

表 1-72 モデル事業産物の溶出試験結果 (環境管理センター実施分)

No.	種類		メーカー	中間処理	品名	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr ⁶⁺	Be	Sb	Te
	鉛	カドミウム				ヒ素	セレン	水銀	六価クロム	ベリリウム	アンチモン	テルル		
1	多結晶	国内	B社	ハリタ	8mmオーバー	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
2					0.5mmアンダー	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.08	<0.01
3					オーバーフロー	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
4					アンダーテイル	0.14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	多結晶	海外	C社	RTJ	電池粉	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.02	<0.01
6					ガラス	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.06	<0.01
7	薄膜	国内	A社	RTJ	電池粉	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8					ガラス	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
9	化合物	国内	D社	RTJ	電池粉	<0.01	<0.01	<0.01	0.13	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
10					ガラス	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.0005	<0.01	<0.01	0.10	<0.01
燃え殻・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃掃法による特別管理産業廃棄物の判定基準						0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-

本試験のような製品破片についての適応はないが、参考表示する

: 検出された元素 : 基準超過

表 1-73 モデル事業産物の溶出試験結果 (東芝環境ソリューション実施分)

No.	種類		メーカー	中間処理	品名	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr ⁶⁺	Be	Sb	Te
	鉛	カドミウム				ヒ素	セレン	水銀	六価クロム	ベリリウム	アンチモン	テルル		
1	多結晶	国内	A社	TES	回収物D (電池粉)	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.12	<0.01
2					回収物B (破砕物B)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.03	<0.01
3	多結晶	国内	B社	TES	回収物D (電池粉)	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
4					回収物B (破砕物B)	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.11	<0.01
5	多結晶	海外	C社	TES	回収物B (破砕物B)	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
燃え殻・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃掃法による特別管理産業廃棄物の判定基準						0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-

本試験のような製品破片についての適応はないが、参考表示する

: 検出された元素 : 基準超過

イ) 含有量試験

表 1-74 モデル事業産物の含有量試験結果 (環境管理センター実施分)

No.	種類		メーカー	中間処理	品名	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr	Be	Sb	Te	Cu	Zn	Sn	Mo	In	Ga	Ag
	鉛	カドミウム				ヒ素	セレン	水銀	クロム	ベリリウム	アンチモン	テルル	銅	亜鉛	スズ	モリブデン	インジウム	ガリウム	銀		
1	多結晶	国内	B社	ハリタ	8mmオーバー	550	<1	16	<1	<1	270	<1	400	4	25000	57	970	9	<1	1	980
2					0.5mmアンダー	270	1	440	<1	<1	23	<1	1400	7	200	180	710	7	<1	2	1200
3					オーバーフロー	26	2	600	<1	<1	5	<1	860	2	18	56	120	<1	<1	1	87
4					アンダーテイル	45	1	430	<1	<1	6	<1	1100	2	5	20	25	<1	<1	1	37
5	多結晶	海外	C社	RTJ	電池粉	2600	<1	<1	<1	<1	82	<1	460	12	29000	33	4300	10	2	3	2200
6					ガラス	11	<1	5	<1	<1	2	<1	1900	<1	18	10	9	<1	<1	1	35
7	薄膜	国内	A社	RTJ	電池粉	9	<1	<1	<1	<1	15	<1	190	<1	18000	1000	5000	4	3	12	1500
8					ガラス	7	<1	<1	<1	<1	6	<1	13	<1	74	45	160	<1	<1	<1	38
9	化合物	国内	D社	RTJ	電池粉	2	1	<1	21	<1	220	<1	230	<1	190	910	32	390	220	86	2
10					ガラス	2	1	<1	<1	<1	3	<1	1800	<1	25	20	10	10	<1	3	2

1~100mg/kg
 100mg/kg -

表 1-75 モデル事業産物の含有量試験結果（東芝環境ソリューション実施分）

種類	メーカー	中間処理	品名	単位：mg/kg																	
				Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr6+ 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn スズ	Mo モリブデン	In インジウム	Ga ガリウム	Ag 銀		
1	多結晶	国内	A社	T E S	回収物D (電池粉)	4900	<1	<1	4	<1	<0.5	<1	57	<1	78000	260	5300	<1	2	9	6200
2	多結晶	国内	A社	T E S	回収物B (破砕物B)	1300	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1100	<1	16000	35	2700	<1	<1	<1	1200
3	多結晶	国内	B社	T E S	回収物D (電池粉)	2300	<1	<1	3	<1	<0.5	<1	60	<1	59000	170	2700	<1	1	9	3400
4	多結晶	国内	B社	T E S	回収物B (破砕物B)	370	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1400	<1	9500	20	140	<1	<1	<1	670
5	多結晶	海外	C社	T E S	回収物B (破砕物B)	920	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1100	<1	11000	15	2000	<1	<1	<1	800



一部のモデル事業処理産物については、産業廃棄物の溶出基準値のある物質として鉛、セレンの溶出があったが、いずれも基準値内の数値であった。また、溶出基準値のない物質ではアンチモンの溶出が確認された。鉛については0.10~0.14mg/Lと基準内ではあるが高めの数値を示すものも確認された。

(7) マテリアルバランスの確認

1) リサイクルテック・ジャパン株式会社

リサイクルテック・ジャパンにおける中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

a. 単結晶（国内A社）

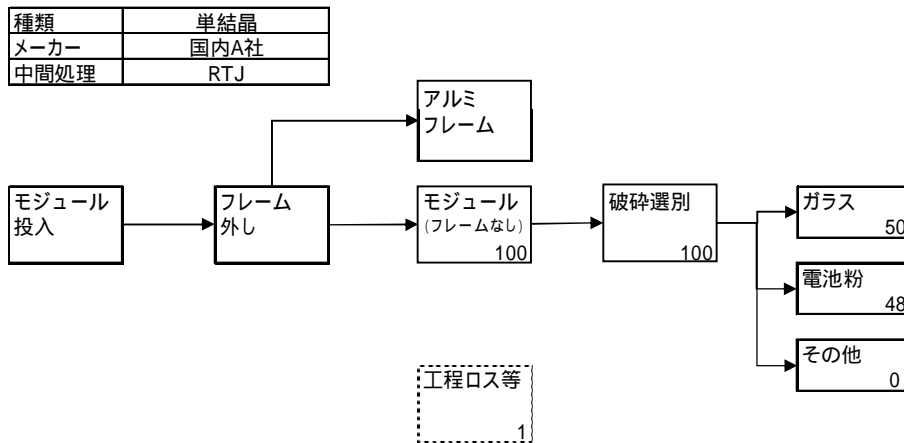


図 1-79 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス(単結晶 国内A社)

b. 多結晶（国内 A 社）

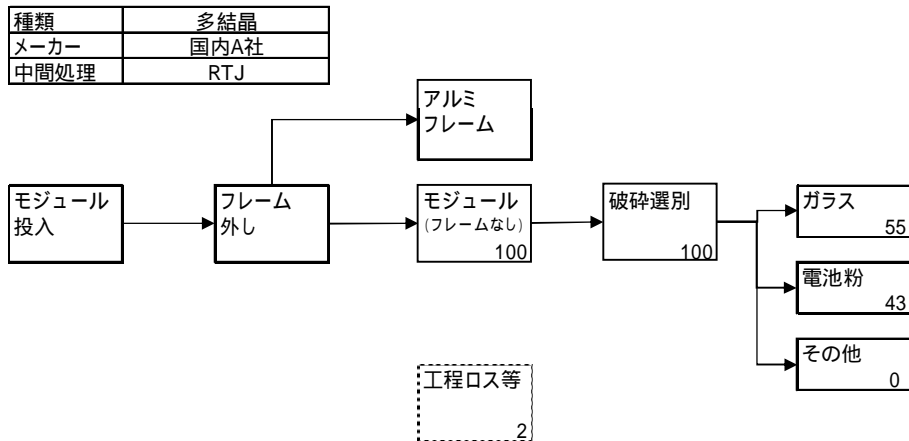


図 1-80 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス(多結晶 国内 A 社)

c. 多結晶（国内 B 社）

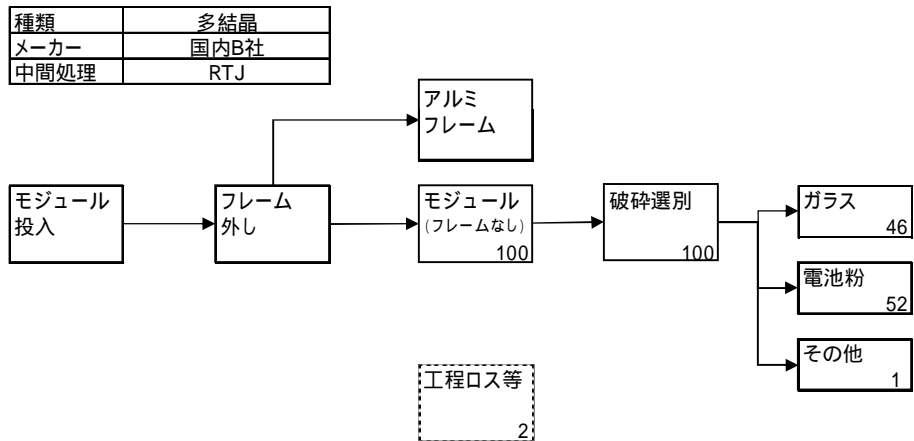


図 1-81 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス(多結晶 国内 B 社)

d. 多結晶（海外 C 社）

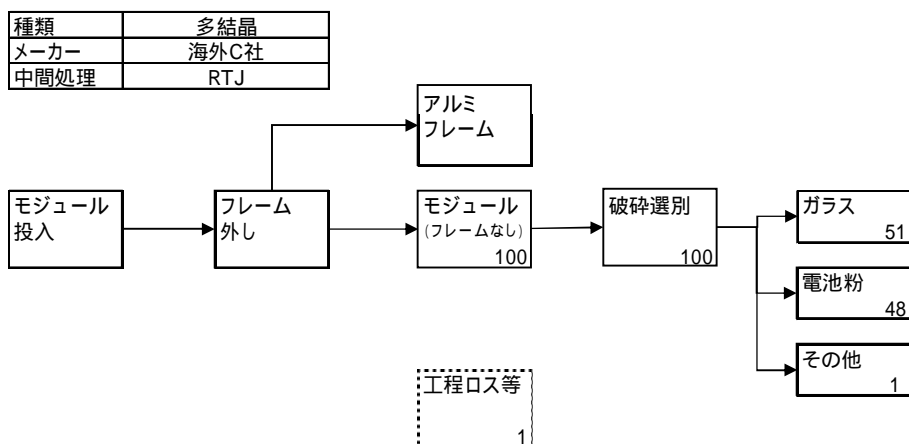


図 1-82 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス(多結晶 海外 C 社)

e. 単結晶多結晶混合（国内 E 社）

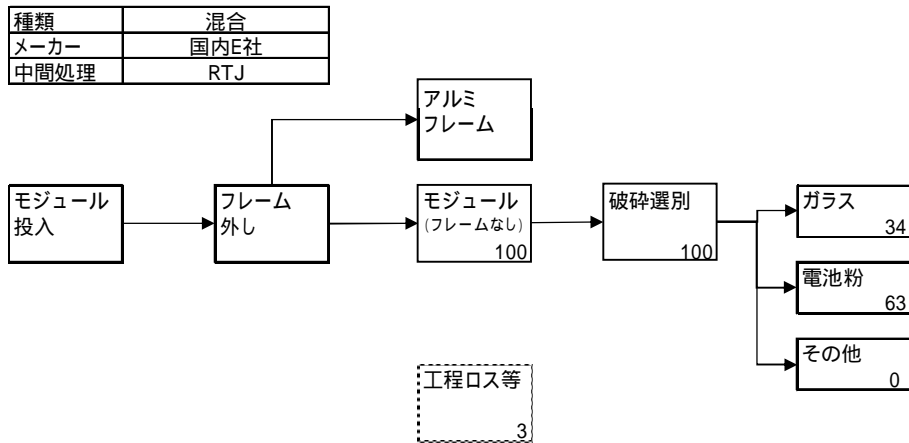


図 1-83 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス（単結晶多結晶混合 国内 E 社）

f. 薄膜（国内 A 社）

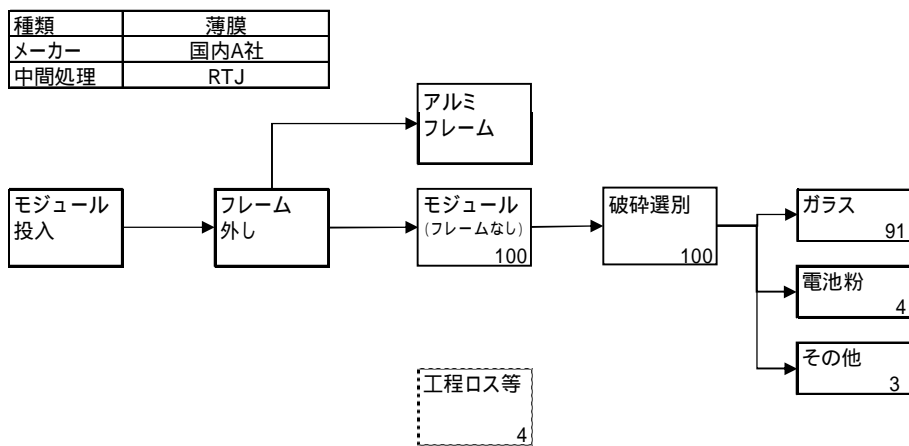


図 1-84 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス（薄膜 国内 A 社）

g. CIS（国内 D 社）

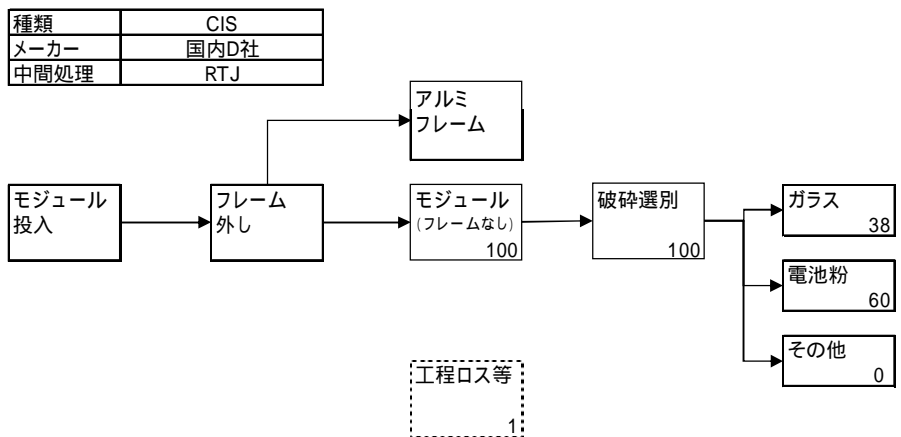


図 1-85 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス（CIS 国内 D 社）

h. 処理単価

● 破碎費用

種類	メーカー名	処理単価 (円/kg)
単結晶	A社 (国内)	13.3
多結晶	A社 (国内)	13.3
多結晶	B社 (国内)	42.1
多結晶	C社 (海外)	37.4
単結晶・多結晶混合	E社 (国内)	16.5
薄膜	A社 (国内)	7.1
CIS	D社 (国内)	30.8-31.7

● アルミフレーム取外費用

93.7 円/枚 (=4.7 円/kg) 1 枚 20kg 換算

2) ハリタ金属株式会社

ハリタ金属における中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

a. 単結晶 (国内 A 社)

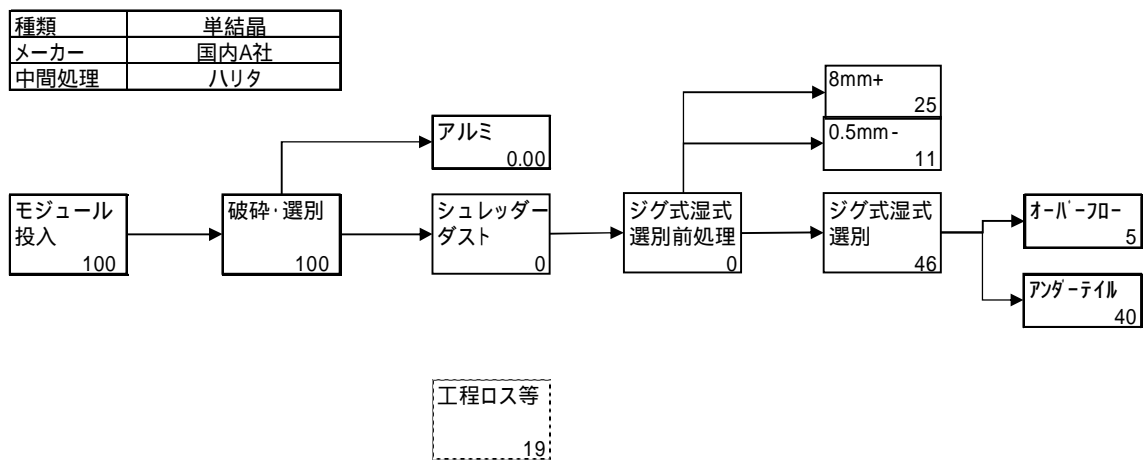


図 1-86 ハリタ金属におけるマテリアルバランス (単結晶 国内 A 社)

b. 多結晶（国内 A 社）

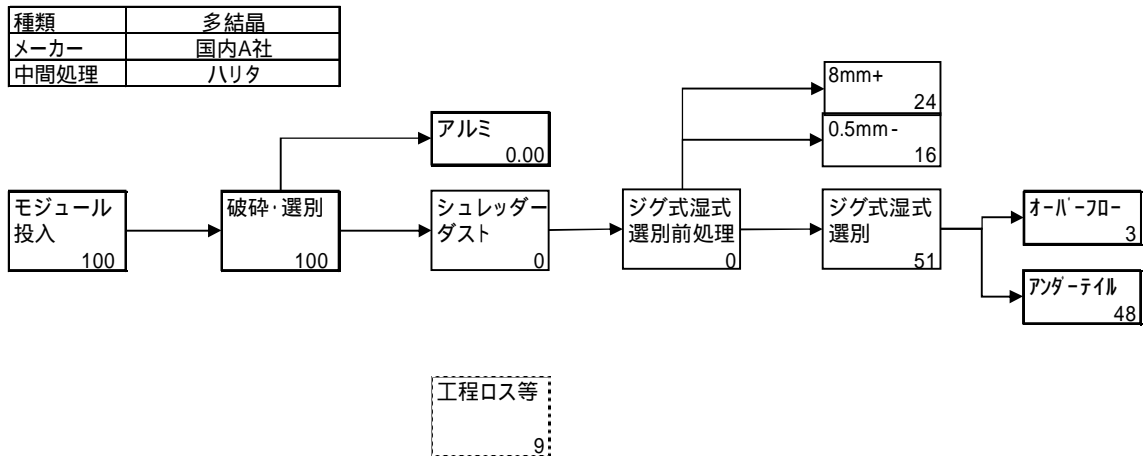


図 1-87 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（多結晶国内 A 社）

c. 多結晶（国内 B 社）

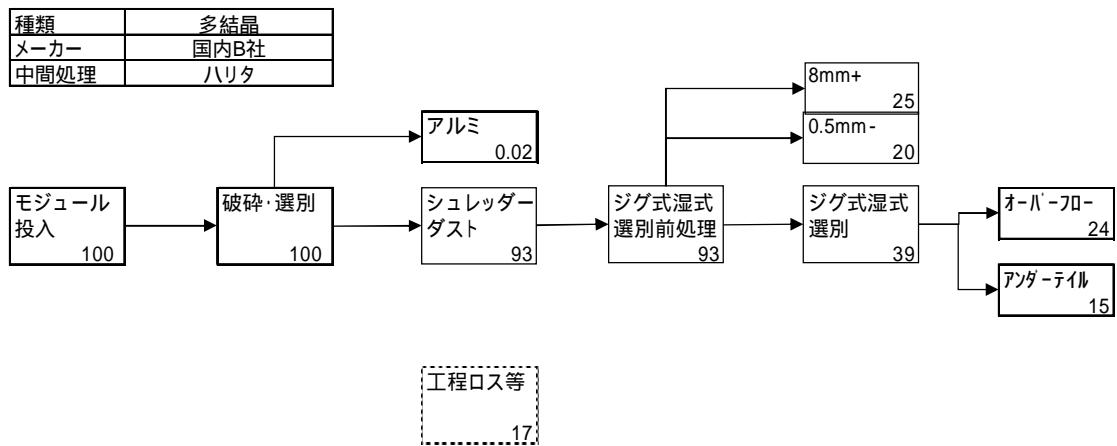


図 1-88 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（多結晶国内 B 社）

d. 多結晶（海外 C 社）

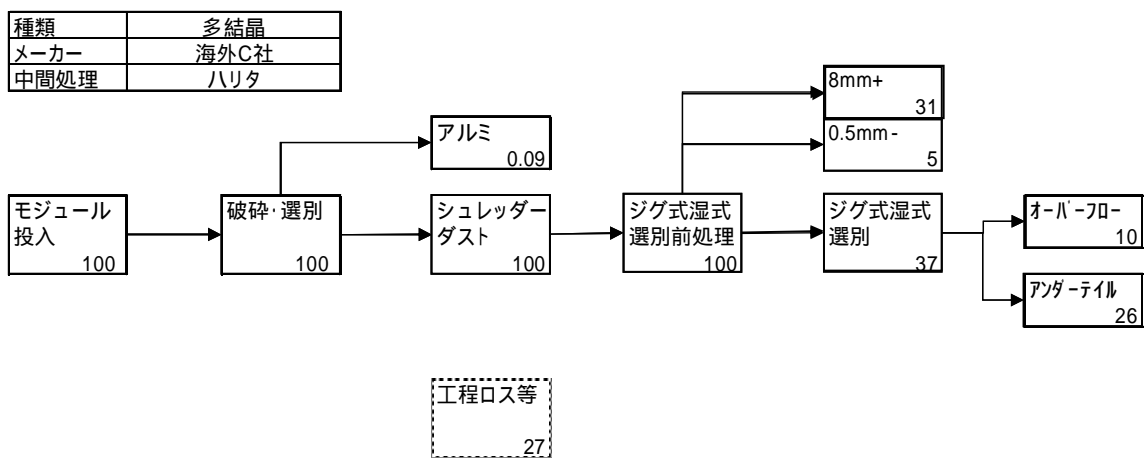


図 1-89 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（多結晶海外 C 社）

e. 薄膜（国内 A 社：両面ガラス）

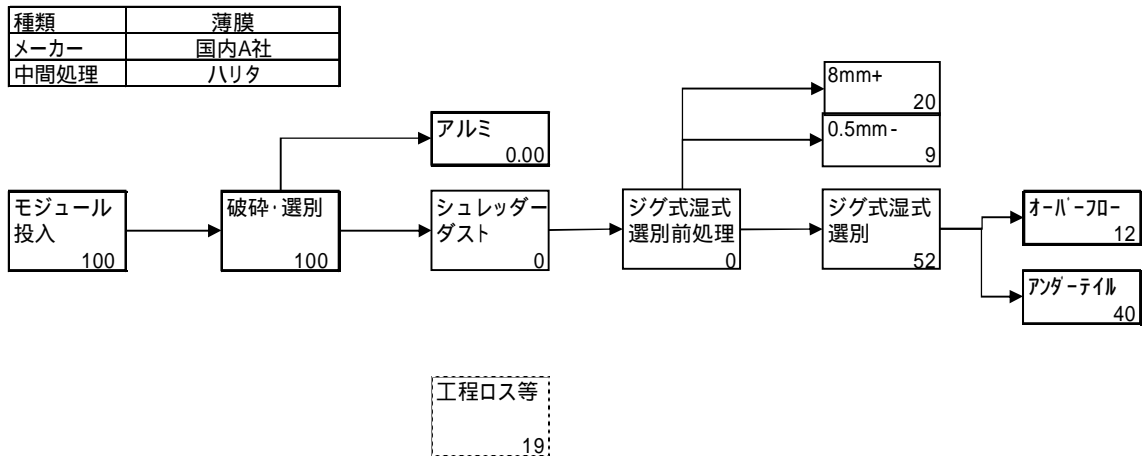


図 1-90 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（薄膜国内 A 社：両面ガラス）

f. 薄膜（国内 A 社：片面ガラス）

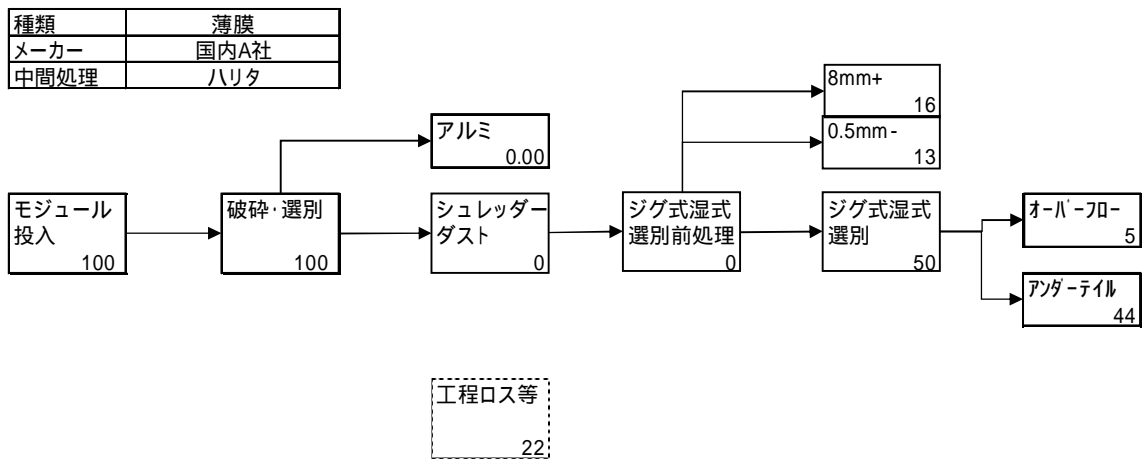


図 1-91 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（薄膜国内 A 社：片面ガラス）

g. 処理単価

破碎：20 円/kg

選別：30 円/kg

3) 東芝環境ソリューション株式会社

東芝環境ソリューションにおける中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

a. 多結晶（国内 A 社）

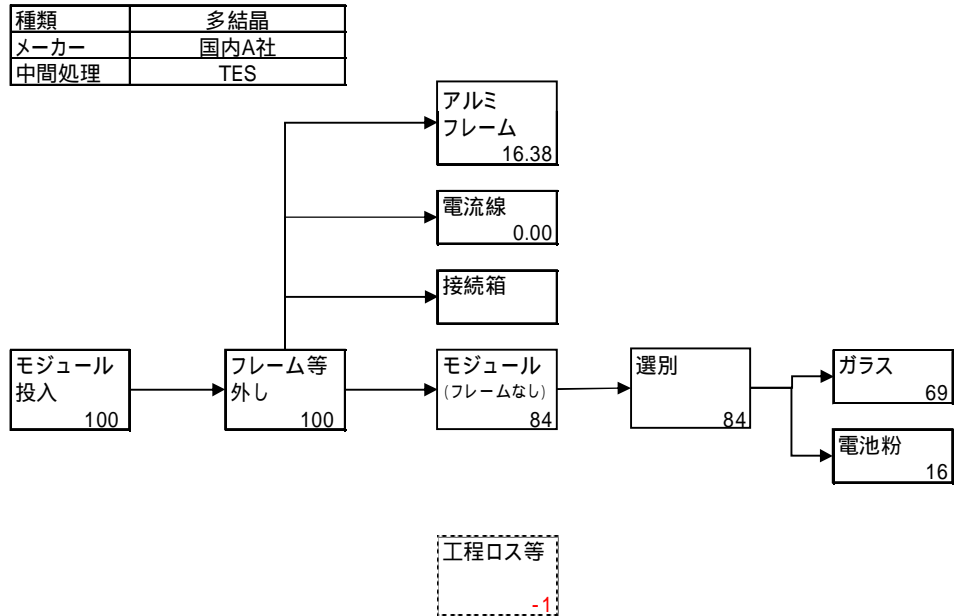


図 1-92 東芝環境ソリューションにおけるマテリアルバランス（単結晶国内 A 社）

b. 多結晶（国内 B 社）

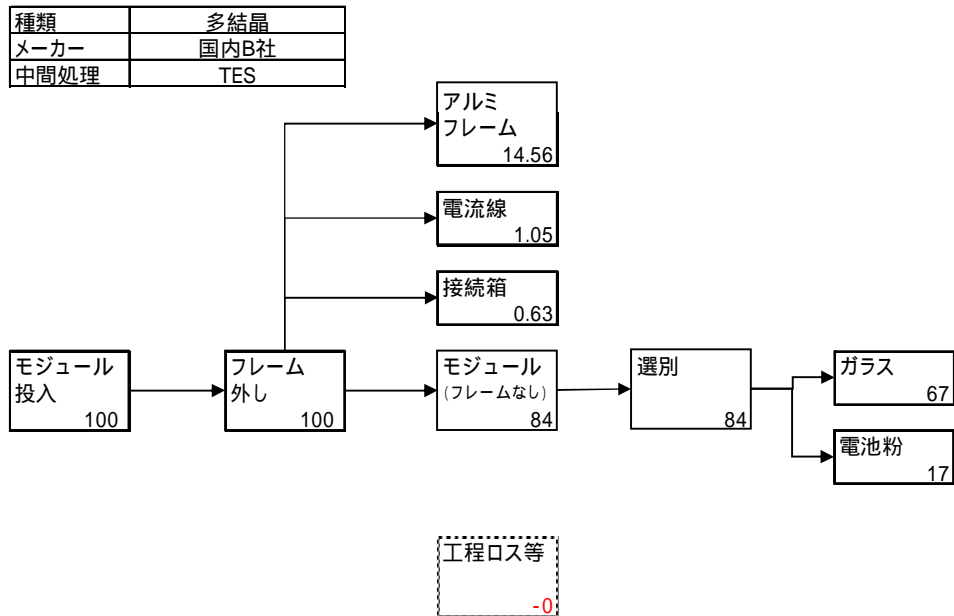


図 1-93 東芝環境ソリューションにおけるマテリアルバランス（多結晶国内 B 社）

(8) リサイクルに伴う環境影響や資源性の検討

1) 検討における視点

本調査では、モデル事業で取得するマテリアルバランスデータや中間処理産物の金属含有量データ等を基にリサイクルに伴う資源性や環境影響について検討した。

【リサイクルに伴う環境影響の検討に関する論点】

有害性の懸念がある元素（Pb、Se 等）の分配傾向（どの中間処理産物に、どの程度分配されるか）

中間処理（リサイクル）段階におけるエミッションの可能性（インプットとアウトプットのバランス確認、エミッションの可能性がある経路の同定）

中間処理産物の引渡先でのエミッションの可能性（非鉄製錬プロセスにおける有害性懸念元素の動きについて基本的な情報を整理） 等

【リサイクルに伴う資源性の検討に関する論点】

資源価値の高い元素（Ag 等）の分配傾向（どの中間処理産物に、どの程度分配・濃縮されるか）

産物の資源価値（金属回収目的の産物の非鉄製錬事業者における評価、ガラス系産物の評価）

また、中間処理後の産物については、三井金属鉱業において金属回収を実施した。

中間処理 3 社における中間処理プロセスの概要は 1.1.2 に示すとおりである。また、三井金属鉱業における処理プロセスを次ページに示す。

2) 有害性・資源性から見たマテリアルバランスの確認

a. リサイクルテック・ジャパン株式会社

リサイクルテック・ジャパンにおける中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

次に、有害性及び資源性の観点から元素（鉛と銀）に着目したマテリアルバランスの確認を行った。結果は以下のとおりであり、鉛及び銀についてはほぼ全量が電池粉に分配する結果となった。

ア) 単結晶（国内 A 社）

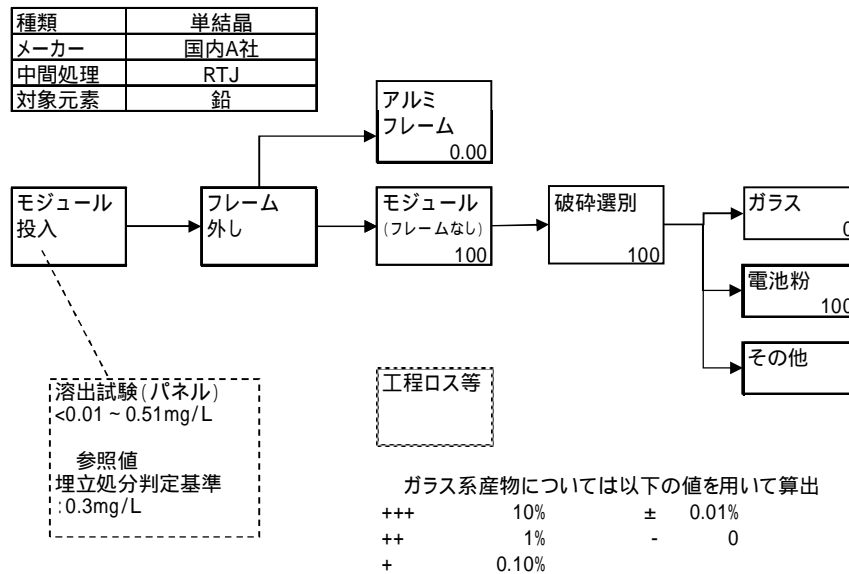


図 1-94 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛のマテリアルバランス(単結晶国内 A 社)

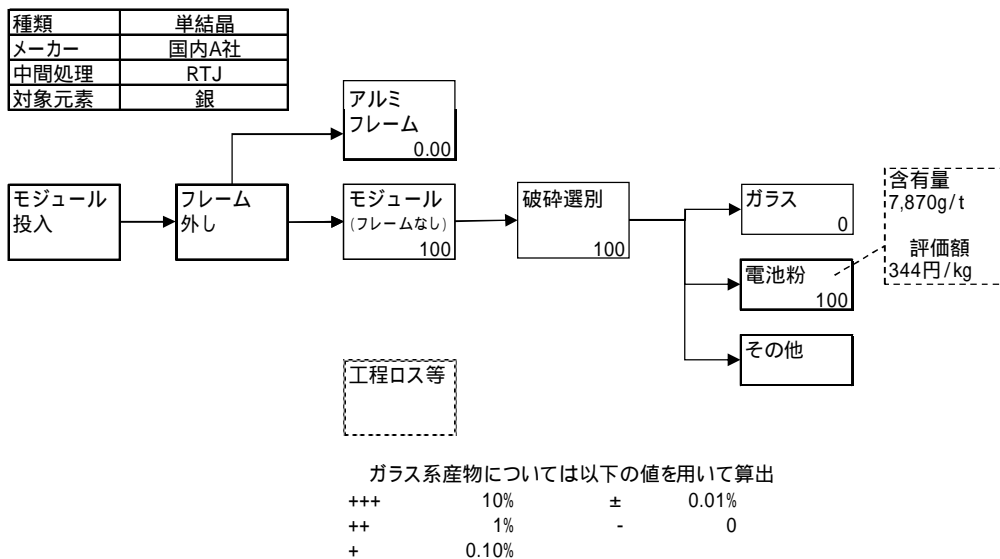


図 1-95 リサイクルテック・ジャパンにおける銀のマテリアルバランス(単結晶国内 A 社)

イ) 多結晶 (国内 A 社)

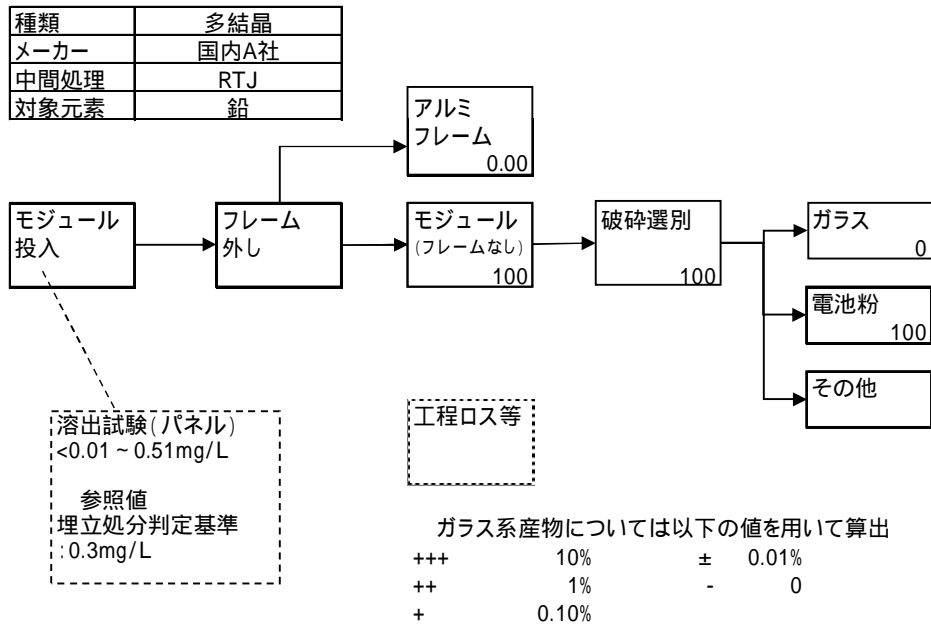


図 1-96 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス(多結晶国内 A 社)

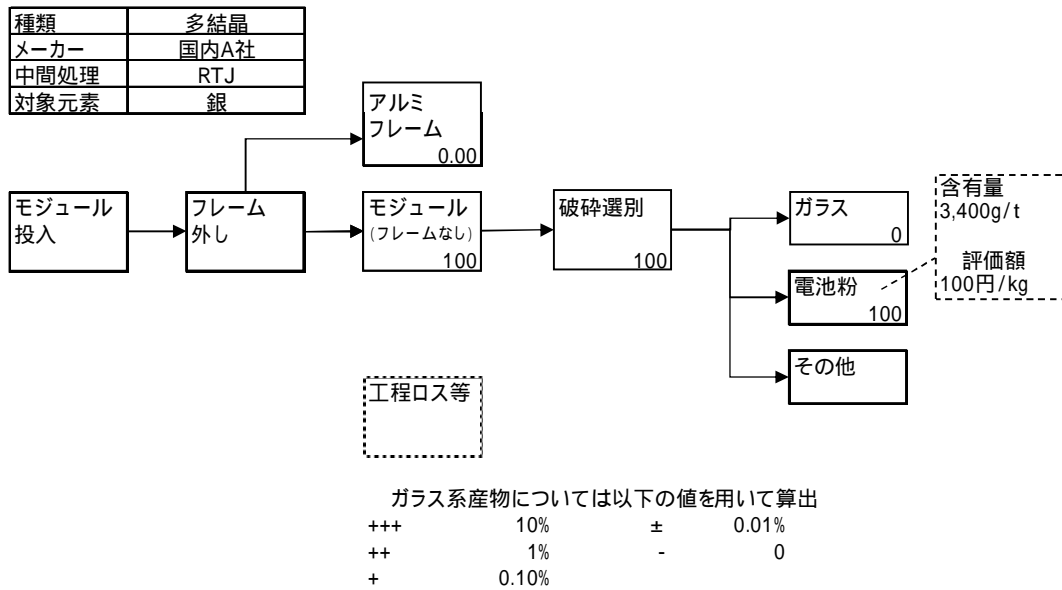


図 1-97 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス(多結晶国内 A 社)

ウ) 多結晶 (国内 B 社)

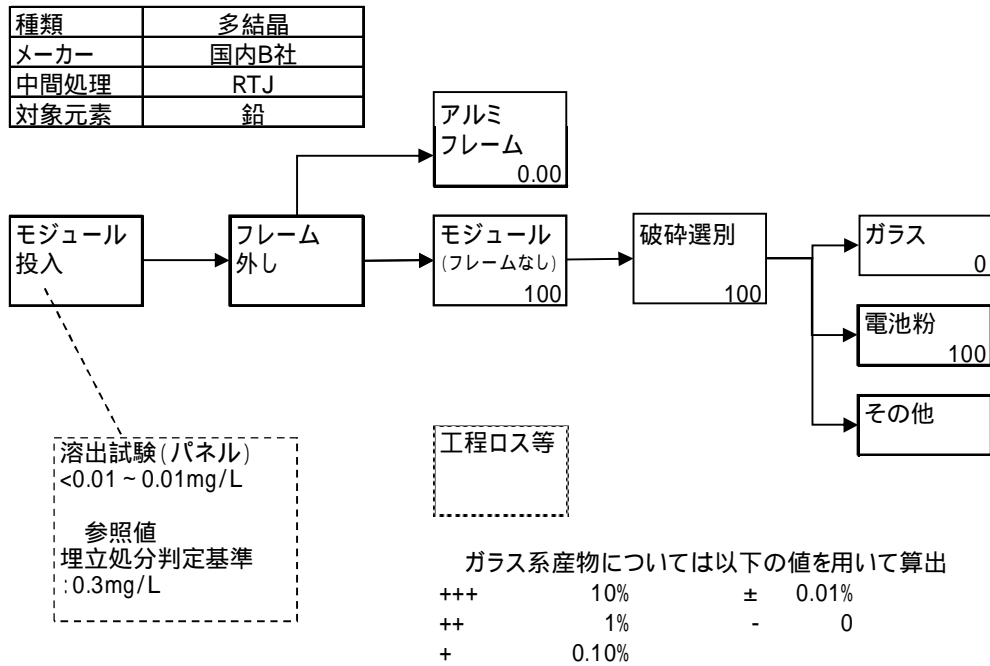


図 1-98 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス(多結晶国内 B 社)

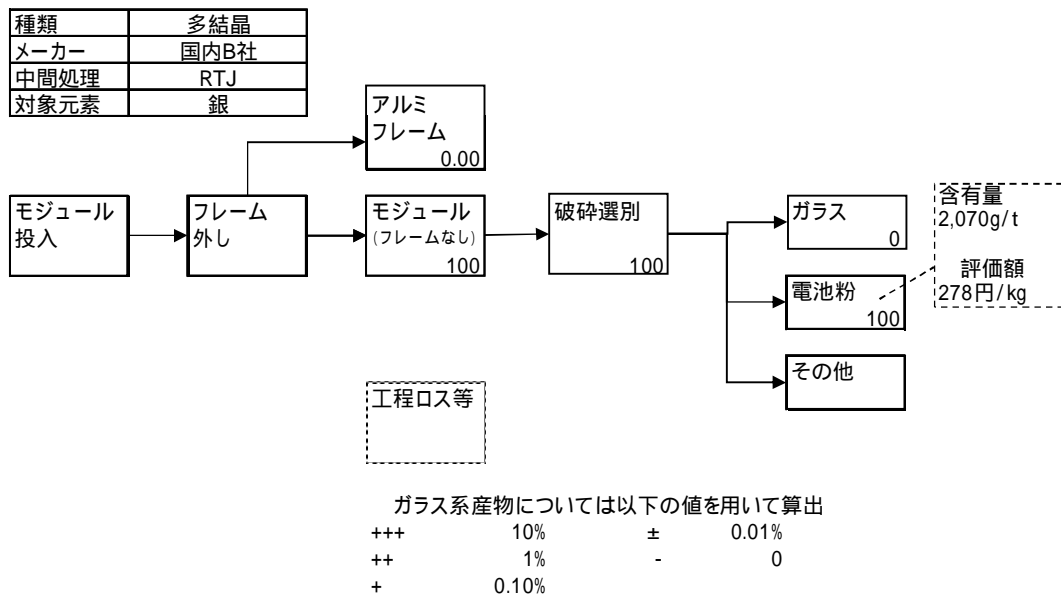


図 1-99 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス(多結晶国内 B 社)

エ) 多結晶 (海外C社)

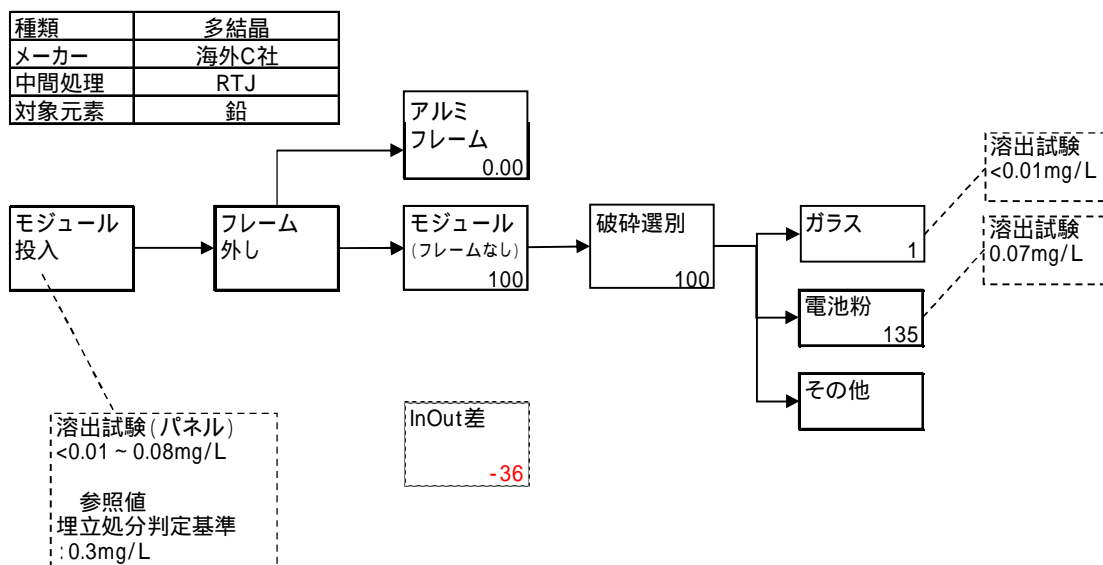


図 1-100 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス (多結晶海外C社)

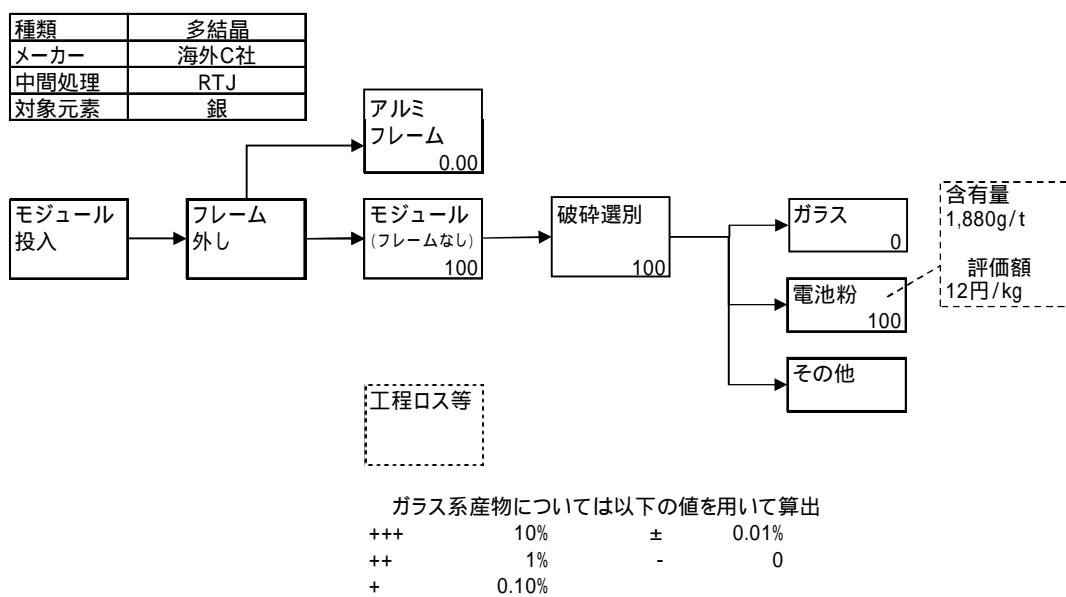


図 1-101 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス (多結晶海外C社)

オ) 単結晶多結晶混合 (国内 E 社)

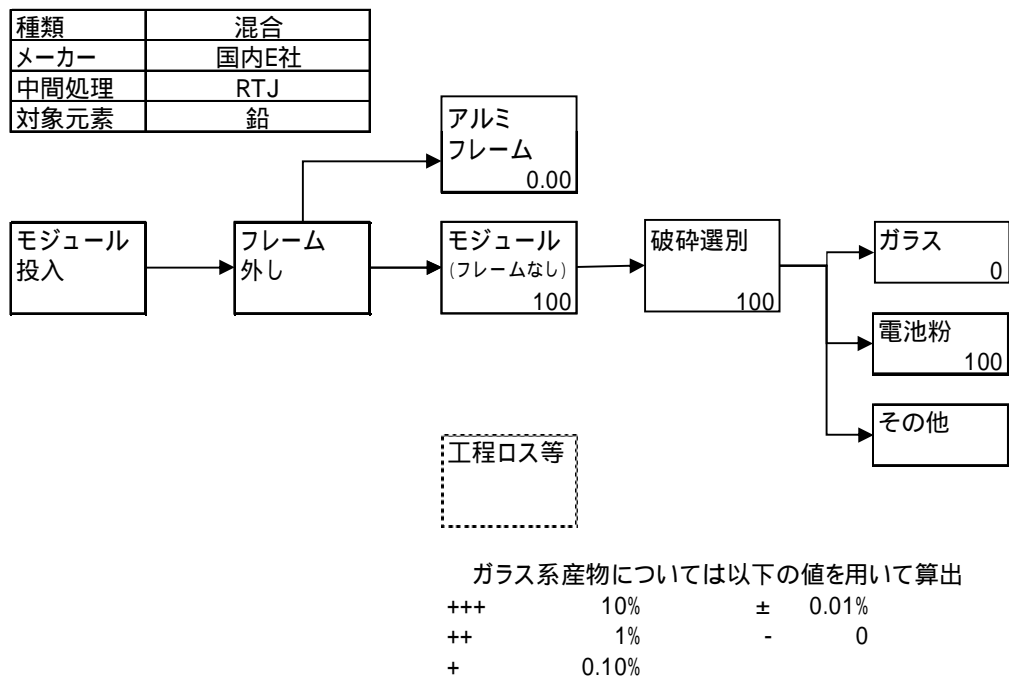


図 1-102 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス
(単結晶多結晶混合国内 E 社)

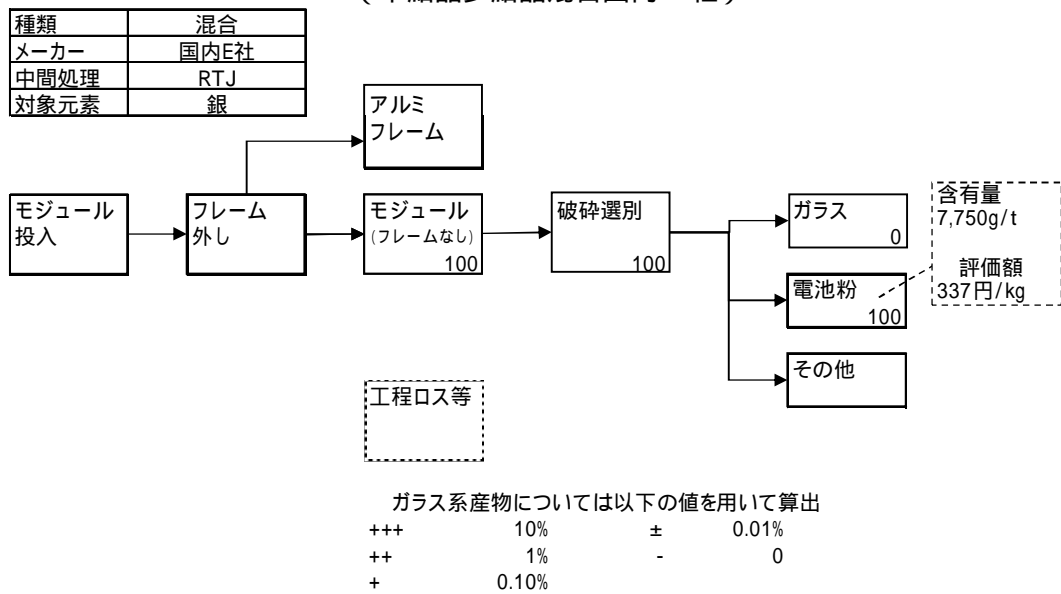


図 1-103 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス
(単結晶多結晶混合国内 E 社)

カ) 薄膜 (国内 A 社)

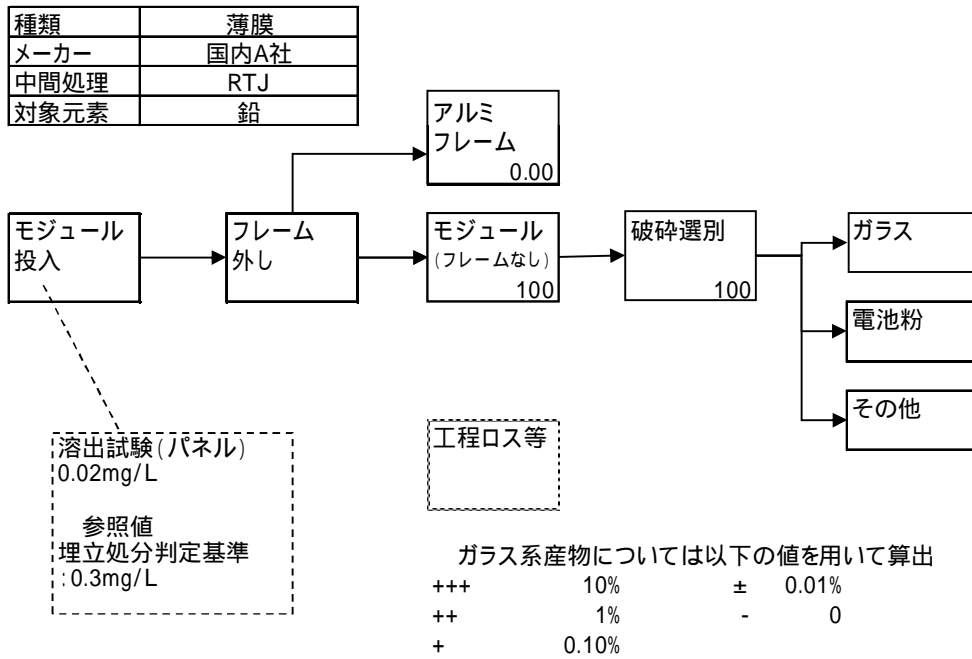


図 1-104 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス (薄膜国内 A 社)

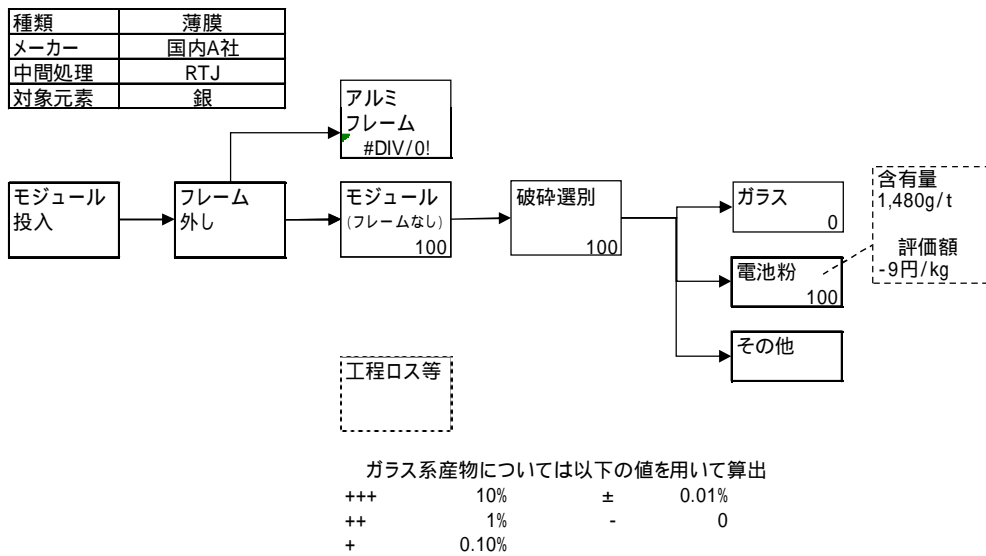


図 1-105 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス (薄膜国内 A 社)

b. ハリタ金属株式会社

ハリタ金属における中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

次に、有害性の観点から元素に着目したマテリアルバランスの確認を行った。結果は以下のとおりであり、鉛については8mm オーバー、アンダーテイルに多く分配する傾向が見られた。

ア) 単結晶 (国内 A 社)

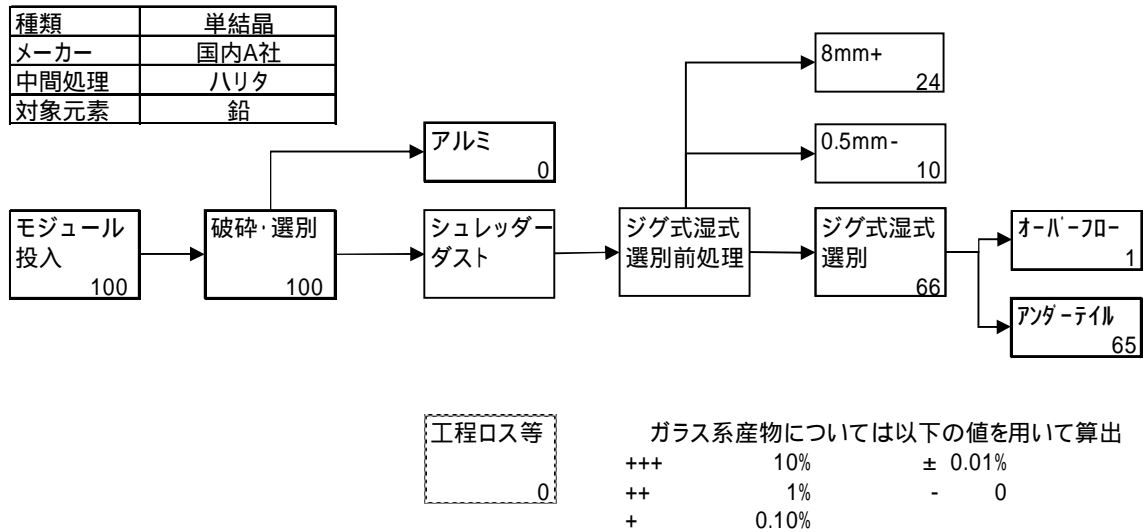


図 1-106 ハリタ金属における鉛のマテリアルバランス (単結晶国内 A 社)

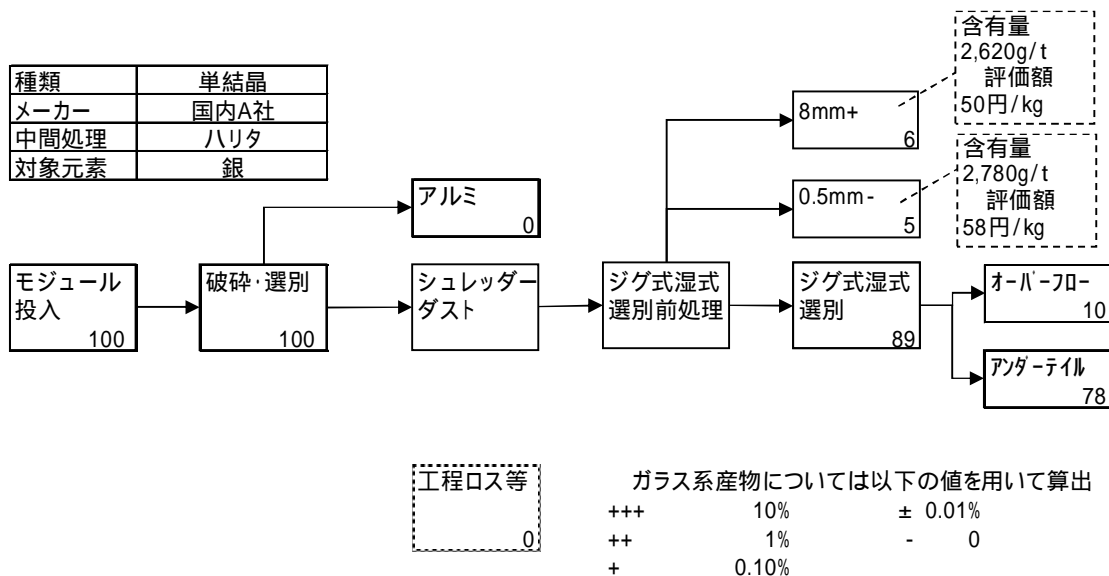


図 1-107 ハリタ金属における銀のマテリアルバランス (単結晶国内 A 社)

イ) 多結晶 (国内 A 社)

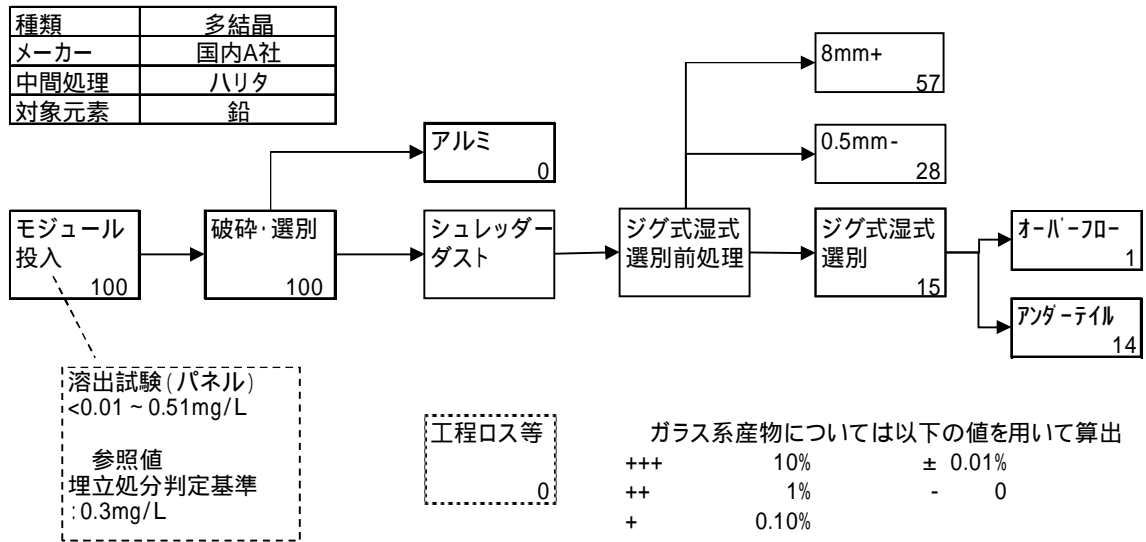


図 1-108 ハリタ金属における鉛の材料バランス (多結晶国内 A 社)

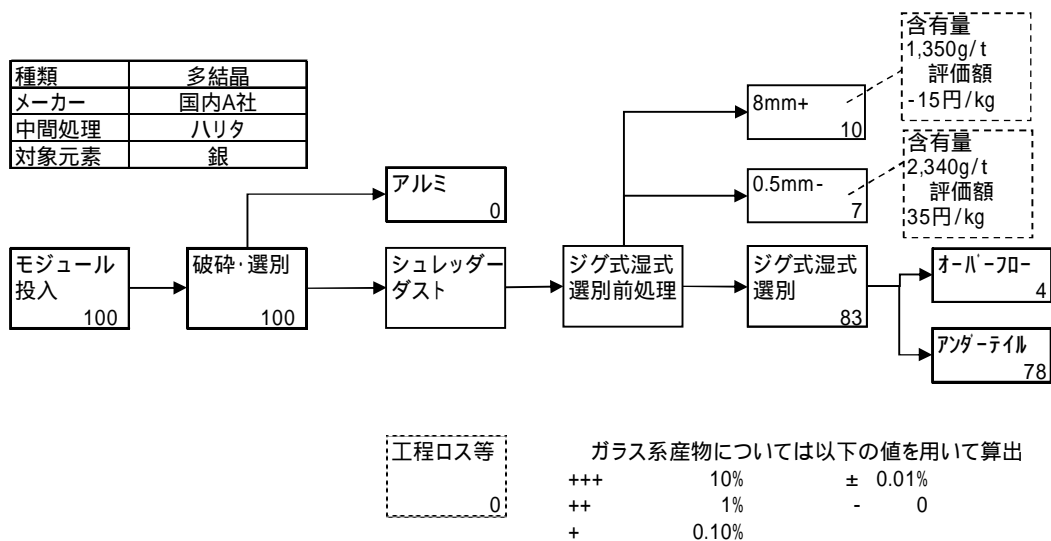


図 1-109 ハリタ金属における銀の材料バランス (多結晶国内 A 社)

ウ) 多結晶 (国内 B 社)

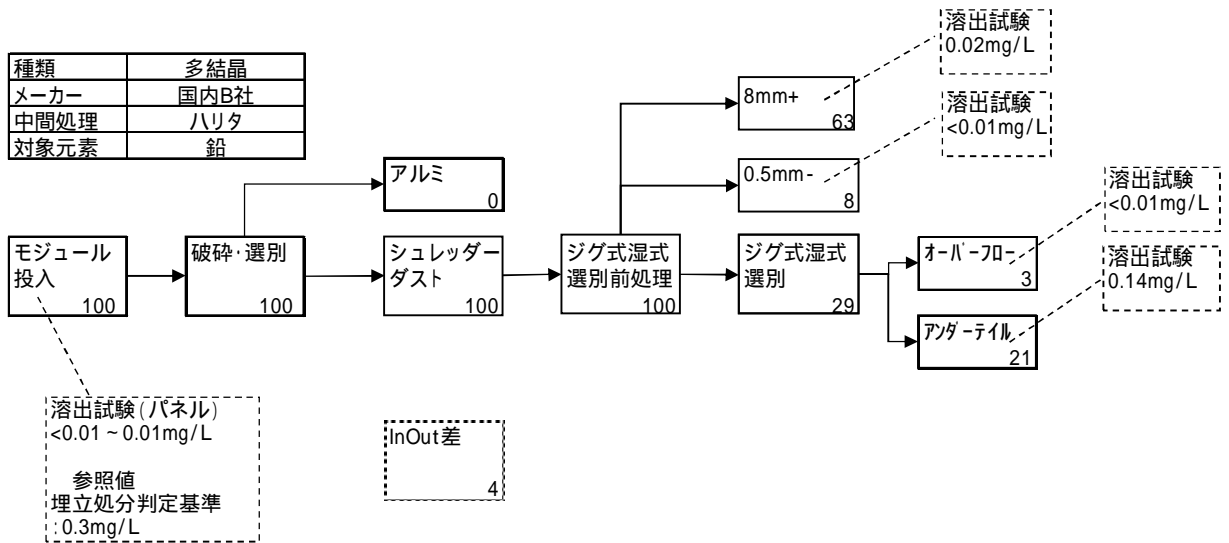


図 1-110 ハリタ金属における鉛の材料バランス (多結晶国内 B 社)

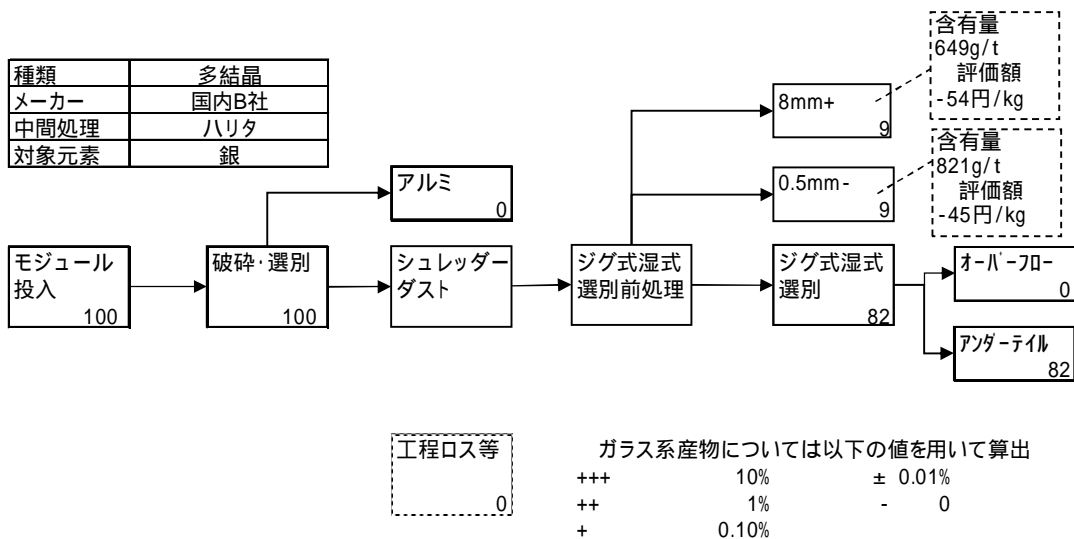


図 1-111 ハリタ金属における銀の材料バランス (多結晶国内 B 社)

次に、有害性の観点から元素に着目した材料バランスの確認を行った。結果は以下のとおりであり、鉛については先述した多結晶国内 B 社と同様に、8mm オーバー、アンダーテイルに多く分配する傾向が見られた。

工) 多結晶 (海外C社)

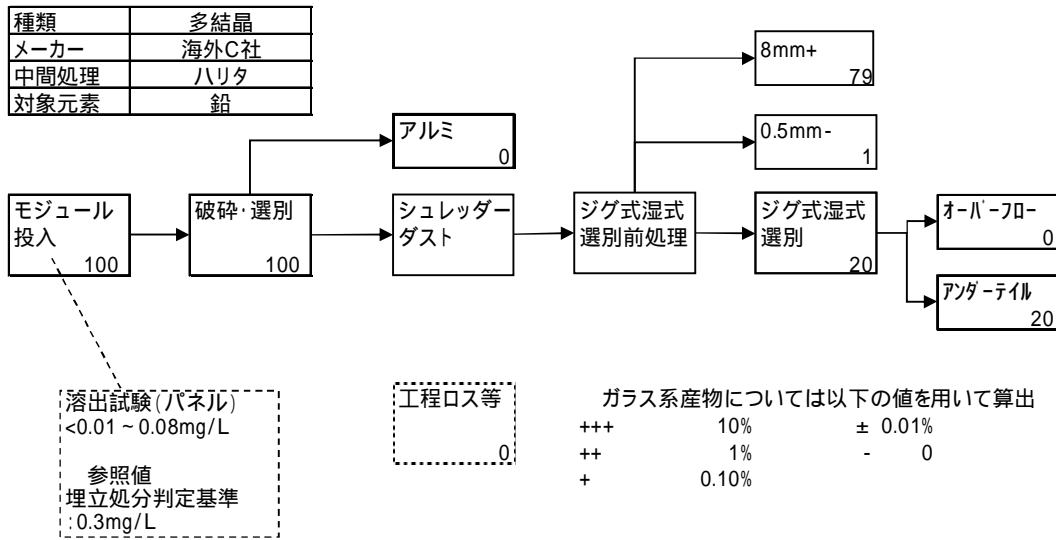


図 1-112 ハリタ金属における鉛の材料バランス (多結晶海外C社)

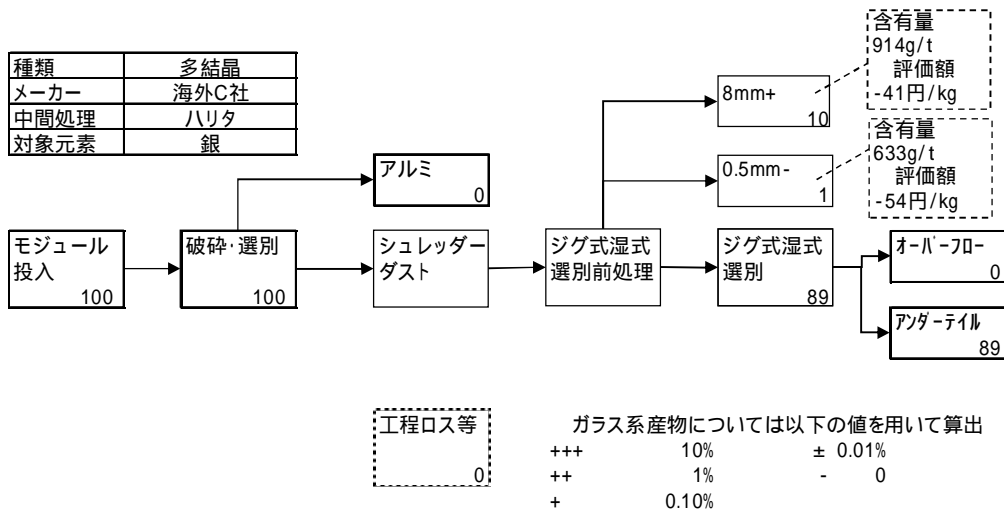


図 1-113 ハリタ金属における銀の材料バランス (多結晶海外C社)

オ) 薄膜 (国内 A 社 : 両面ガラス)

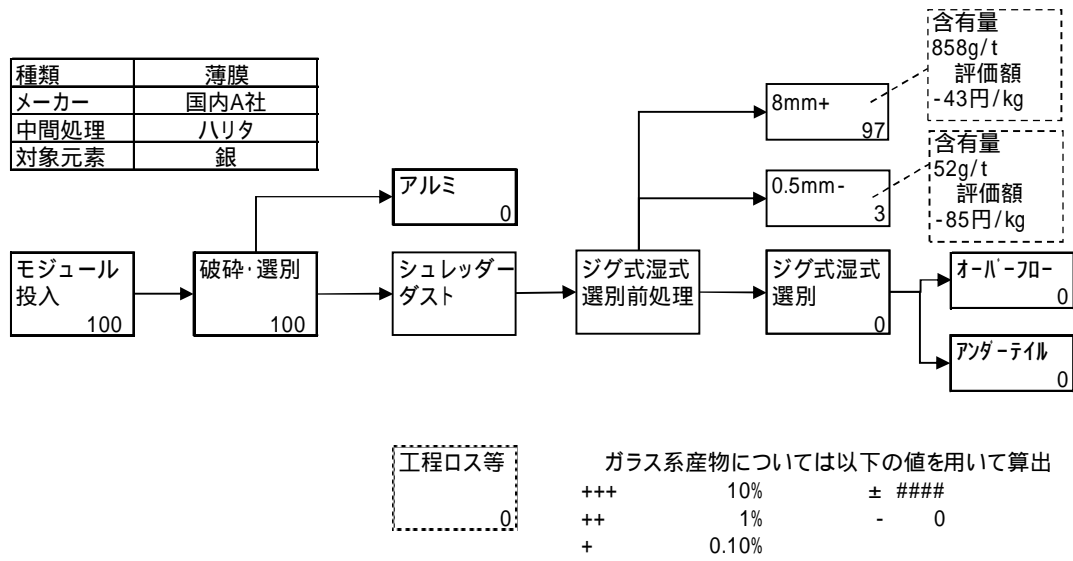


図 1-114 ハリタ金属における銀のマテリアルバランス (薄膜国内 A 社 : 両面ガラス)

c. 東芝環境ソリューション株式会社

東芝環境ソリューションにおける中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

次に、有害性の観点から元素に着目したマテリアルバランスの確認を行った。結果は以下のとおりであり、鉛についてはほぼ全量が電池粉に分配する結果となった。

ア) 多結晶 (国内 A 社)

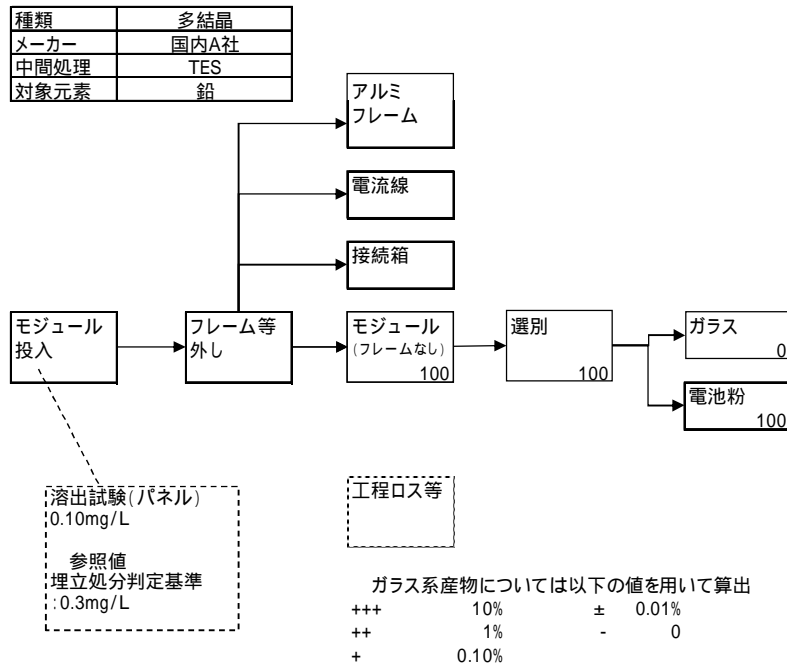


図 1-115 東芝環境ソリューションにおける鉛のマテリアルバランス (多結晶国内 A 社)

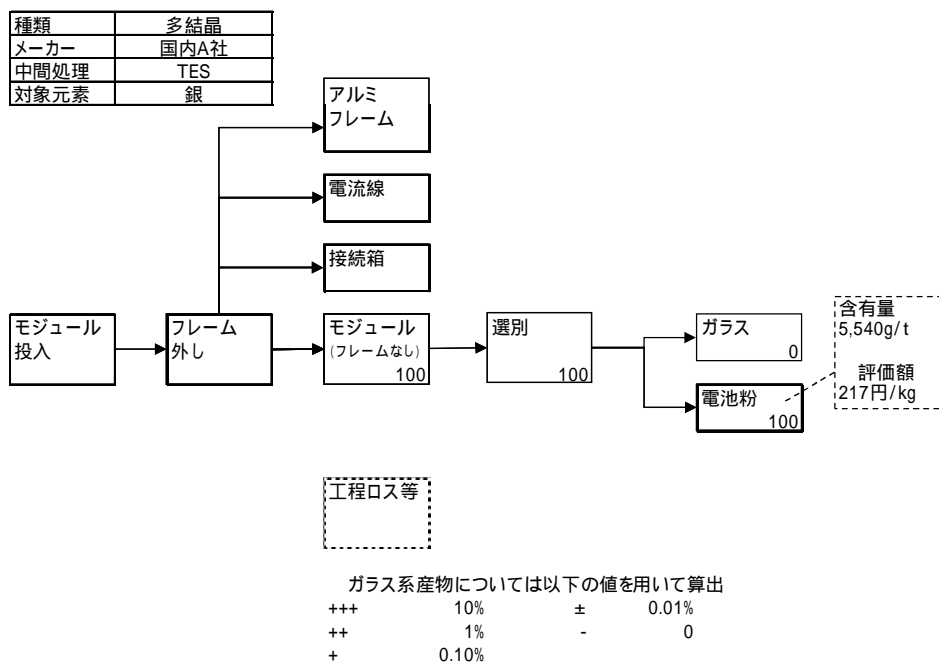


図 1-116 東芝環境ソリューションにおける銀のマテリアルバランス (多結晶国内 A 社)

イ) 多結晶 (国内 B 社)

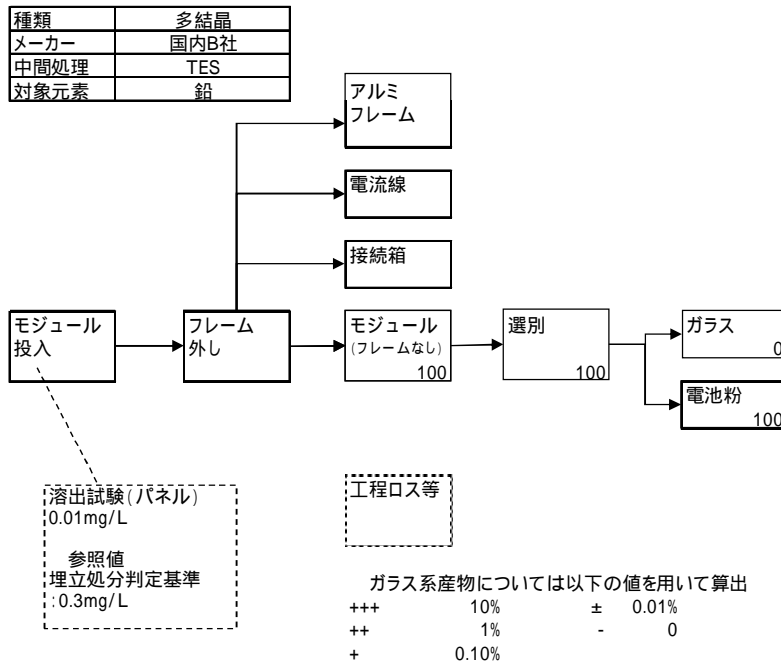


図 1-117 東芝環境ソリューションにおける鉛の材料バランス (多結晶国内 B 社)

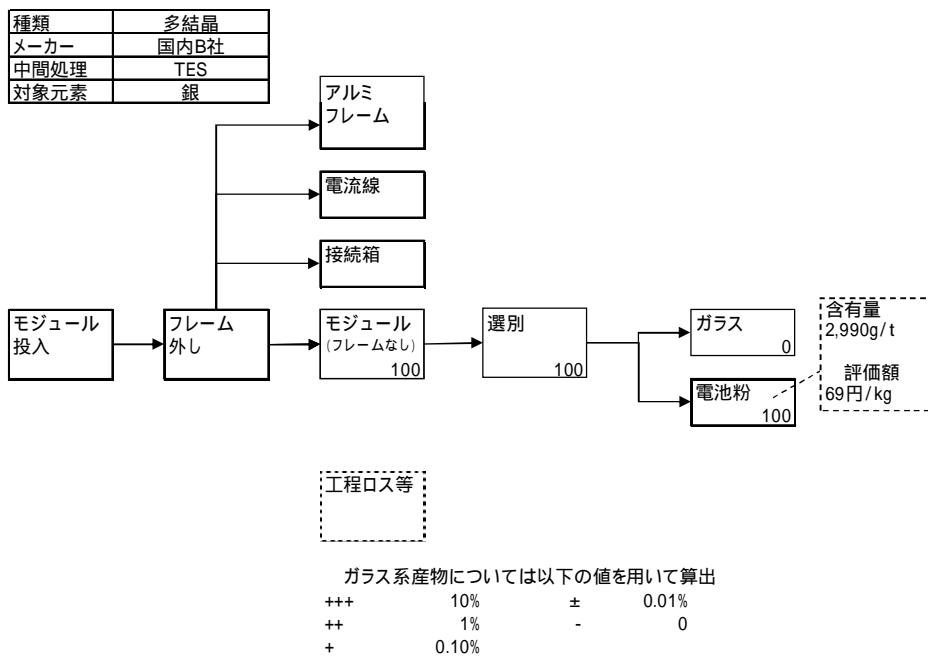


図 1-118 東芝環境ソリューションにおける銀の材料バランス (多結晶国内 B 社)

3) リサイクルプロセスにおける環境影響・資源性に関する考察

材料バランスの確認結果、中間処理 3 社・三井金属の技術調査結果を踏まえ、リサイクルプロセスにおける環境影響について考察した結果は以下のとおりである。

- 中間処理工程におけるインプットとアウトプットのバランスを見ると概ねバランスしているが、一部のバッチではインプットとアウトプットの差が一定程度生じている

ケースもあり、工程内での取扱いについて確認が必要である。

- 中間処理工程において、鉛は電池粉等の金属回収を目的とした産物に分配される傾向が見られた。ただし、各社における中間処理プロセスは開発途上のものであり、産物への分配にもばらつきが見られる。
- 本モデル事業では、電池粉等の金属回収目的の産物については、非鉄製錬プロセスを用いた金属回収工程に投入することを検討した。具体的には、鉛製錬を中心とした非鉄製錬プロセスへ投入され、鉛は溶鉱炉 鉛電解工程を経て電気鉛として回収される。また、セレンについては、溶融キルンで産出されるメタルから銅を回収するプロセス（銅製錬プロセス）で生成する脱銅スライムから、セレンウム工程で回収される。このように有害性の懸念のある元素については非鉄製錬プロセスで回収・適正処理される。

1.3.2 費用対効果分析

(1) 前提条件

1) 把握する費用・効果

費用対効果分析では、「関係者の利潤」と「最終処分場の延命」を対象に実施することとする。

表 1-76 把握する費用・効果

項目	内容
関係者の利潤 (売却益 - 費用)	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済太陽光発電設備に含まれる有用金属の売却益からリサイクルにかかる費用(太陽電池モジュールの撤去・運搬・処理をバウンダリ)を引いたもの。 ・撤去・運搬・処理に関する関係者の利潤の合計。 ・マイナスになる場合もある。
最終処分場の延命	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済太陽光発電設備がリサイクルされることにより、最終処分量が減少し、最終処分場が延命化される。

2) 試算ケースの設定

様々なケースを想定して費用対効果分析を行うことにより、太陽光発電設備の適正な処理方法・体制について検討を進めることが可能となる。検討のポイントは、効率的な静脈物流の構築（現行の枠内では自区内処理が原則）、回収量の確保、有用資源の回収可能性等が想定される。これらのポイントを意識しながら以下の通り試算におけるケース分けの設定を行った。なお、2030年頃の状況を想定して試算を実施することとする。

<ケース分けの項目>

排出見込量	10,000 t(寿命 30 年と考えた場合の 2030 年頃の排出見込み量を想定して設定) 50,000 t(寿命 25 年と考えた場合の 2030 年頃の排出見込み量を想定して設定 推計結果は約 30,000t であるが安全側を考慮し過大に設定) 100,000 t (寿命 20 年と考えた場合の 2030 年頃の排出見込み量を想定して設定 推計結果は約 60,000t であるが安全側を考慮し過大に設定)
回収 中間処理	近隣の産廃業者に持ち込み、破碎後、埋立処分 一次集積所 (SY) に持ち込み、まとめてから専用の中間処理施設へ。 専用の中間処理施設では有用金属・ガラスのリサイクルを実施 (回収システム及び技術開発をイメージ)

上記の組み合わせにより、以下の 5 ケースを設定した。

- ・ケース 1：破碎後、全量埋め立てを仮定し、少量の排出量の場合を試算
- ・ケース 2：破碎後、全量埋め立てを仮定し、多量の排出量の場合を試算
- ・ケース 3：技術開発の進展・リサイクルシステムの整備を想定し、少量の排出量の場合を試算
- ・ケース 4：技術開発の進展・リサイクルシステムの整備を想定し、中間的な排出量の場合を試算
- ・ケース 5：技術開発の進展・リサイクルシステムの整備を想定し、多量の排出量の場合を試算

表 1-77 試算対象としたケース

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
排出見込量	10,000 t	100,000 t	10,000 t	50,000 t	100,000 t
回収 中間処理	埋立	埋立	SY・技術開発	SY・技術開発	SY・技術開発

3) 対象品目・素材構成

検討を単純化するために対象品目は太陽電池モジュールのみとした。また、太陽電池モジュールの素材構成は、昨年度調査結果を踏まえ、太陽電池モジュールの種類ごとに代表的なデータを採用し、表 1-78 の通り設定した。今回は全て多結晶と仮定して分析を実施した。

表 1-78 太陽電池モジュールの素材構成設定値 (kg / 枚)

	元素	単結晶	割合	多結晶	割合
フレーム	Al	2.10E+00	14%	2.60E+00	15%
フロントカバーガラス	Pb	8.22E-04	0.006%	1.26E-02	0.075%
電極	Cd	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
EVA	As	6.62E-05	0.000%	3.03E-05	0.000%
Si結晶	Se	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
バックシート	T-Hg	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Cr6+	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Be	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Sb	1.20E-02	0.082%	2.02E-02	0.120%
	Te	1.14E-05	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Cu	4.22E-01	2.890%	1.66E-01	0.989%
	Zn	2.47E-04	0.002%	2.23E-03	0.013%
	Sn	5.77E-03	0.040%	1.79E-02	0.107%
	Mo	3.80E-06	0.000%	7.20E-06	0.000%
	In	1.71E-05	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Ga	7.60E-06	0.000%	7.20E-06	0.000%
	Ag	3.79E-04	0.003%	7.18E-03	0.043%
	ガラス等	1.18E+01	81%	1.36E+01	81%
端子ボックス	Cu等	3.00E-01	2%	4.00E-01	2%
合計		1.46E+01	100%	1.68E+01	100%

	元素	薄膜系	割合
フレーム	Al	0.00E+00	0%
ガラス	Pb	6.17E-05	0.000%
EVA	Cd	0.00E+00	0.000%
Si結晶	As	0.00E+00	0.000%
バックシート	Se	0.00E+00	0.000%
	T-Hg	0.00E+00	0.000%
	Cr6+	0.00E+00	0.000%
	Be	0.00E+00	0.000%
	Sb	0.00E+00	0.000%
	Te	0.00E+00	0.000%
	Cu	6.78E-04	0.002%
	Zn	2.10E-02	0.068%
	Sn	8.02E-03	0.026%
	Mo	9.25E-05	0.000%
	In	0.00E+00	0.000%
	Ga	3.08E-05	0.000%
	Ag	1.45E-03	0.005%
	ガラス等	3.09E+01	100%
端子ボックス	Cu等	1.13E-01	0.365%
合計		3.09E+01	100%

	元素	化合物系	割合
フレーム	Al	2.20E+00	11%
電極	Pb	1.70E-04	0.001%
フロントカバーガラス	Cd	8.48E-05	0.000%
EVA	As	3.39E-05	0.000%
CIS/CIGS化合物	Se	5.60E-03	0.029%
基板ガラス	T-Hg	0.00E+00	0.000%
バックシート	Cr6+	0.00E+00	0.000%
	Be	0.00E+00	0.000%
	Sb	1.87E-02	0.096%
	Te	0.00E+00	0.000%
	Cu	8.43E-02	0.433%
	Zn	7.80E-03	0.040%
	Sn	1.88E-03	0.010%
	Mo	2.71E-03	0.014%
	In	1.65E-03	0.008%
	Ga	6.61E-04	0.003%
	Ag	3.40E-05	0.000%
	ガラス等	1.71E+01	88%
端子ボックス	Cu等	5.50E-02	0%
合計		1.95E+01	100%

(2) 費用対効果分析の実施

1) 関係者の利潤の算定

関係者の利潤の算定にあたっては、図 1-119 に示すように、「撤去」、「静脈物流」、「中間処理」、「金属等回収」に分けて、段階別に利潤を計算する。「静脈物流」では、静脈物流費用（物流企業の利潤込み）に加え、全体管理が必要となる場合も想定して全体管理費用を計上する。

「広域回収」とは自区内処理を原則とする現行の廃棄物処理法の規制が緩和され、市町村の枠を超えて回収する場合を想定する。

中間処理へは無償で引き渡すと仮定する（有償引取であれば撤去の利潤が増・中間処理の利潤が減、逆有償引取であれば撤去の利潤が減・中間処理の利潤が増となる）。

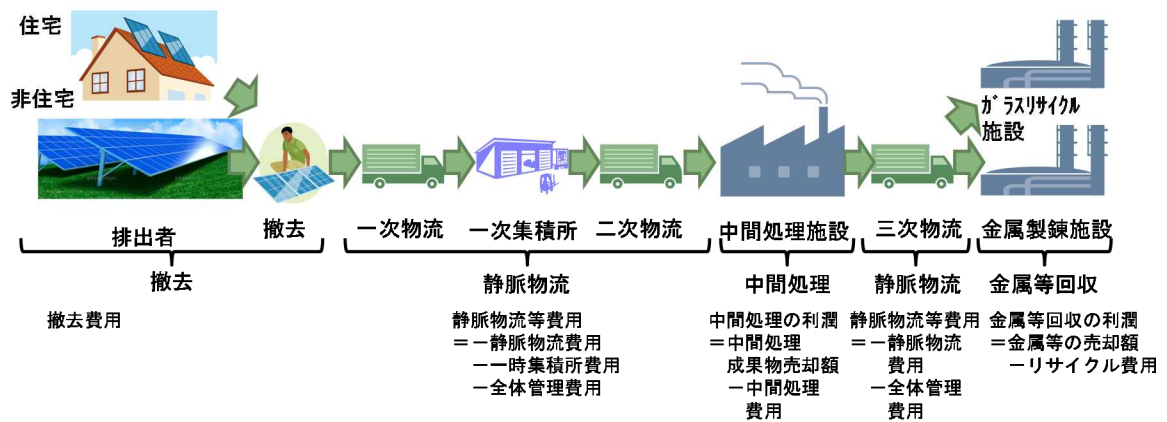


図 1-119 関係者の利潤の算定範囲

a. 撤去段階



ア) 撤去コスト

撤去コストは、太陽電池モジュールの設置形態によって変わることが想定されるため、推計にあたっては、表 1-79 に示す 2 パターンに分けて計算を行う。

これらのパターンの他に建物一体型の太陽電池モジュールが存在するが、今後導入が進む種別であること、具体的な廃棄実績が非常に少ないこと等から今回の試算の対象外とした。

なお、固定価格買取制度では、非住宅用について、システム価格の 5% に相当する廃棄費用を事業者が負担するものとして買取価格を計算している。

表 1-79 撤去コストの試算パターン

パターン		内容
屋根 置き		<ul style="list-style-type: none"> 一般家庭やオフィス等の屋根に太陽光発電を設置している場合。 平置きに比べ、太陽電池モジュールを屋根から降ろす費用が追加的に必要。 昨年度、建物解体業者に対してアンケートを行い把握した撤去コスト(住宅からの太陽光発電設備の撤去費用の平均：8.9万円)及び施工業者に対してアンケート調査を行い把握した撤去コスト(住宅からの太陽光発電設備の撤去費用の平均：18.9万円)から15万円と設定。
平置 き		<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電を平置き設置している場合。メガソーラー等が典型例。 屋根置きに比べ、太陽電池モジュールを屋根から降ろす費用がかからないためコストは安価と想定。 太陽光発電設備のシステム価格を40万円/kW、その5%が撤去費用であると仮定して推計。

< 計算方法 >

- 2030年時点の排出見込量を想定して屋根置き、平置きを7対3と仮定し、屋根置き、平置きそれぞれ設備あたりの重量を設定し、排出見込設備数を算出。
- 屋根置きは排出見込設備数に撤去費用を、平置きは排出見込設備容量に撤去費用を乗じることで推計。
 - 撤去コスト =
排出見込屋根置き設備数 × 屋根置き撤去費用 + 排出見込平置き設備容量 × 平置き撤去費用

屋根置き・平置き割合

屋根置き	70
平置き	30
合計	100

屋根置き・平置きコスト

屋根置き	15万円/件
平置き	2万円/kW

4 kW/件 3.75 万円/kW
システム価格を40万円/kW、その5%が撤去費用であると仮定

重量データ

1 MW	1000 kW	1 kW
100 t	100 t	0.1 t

回収量	t	10,000	50,000	100,000
	kW	100,000	500,000	1,000,000
屋根置き	kW	70,000	350,000	700,000
平置き	kW	30,000	150,000	300,000
屋根置き	件	17,500	87,500	175,000
平置き	件	-	-	-
屋根置き	万円	262,500	1,312,500	2,625,000
平置き	万円	60,000	300,000	600,000

b. 撤去段階の収益

撤去段階の収益は特に計上しない。

2) 静脈物流段階

a. 静脈物流コスト

ア) 埋立

図 1-120 に示す通り、回収した太陽電池モジュールを近隣の産廃業者に持ち込み、処理することを想定して静脈物流段階のコストを試算する。

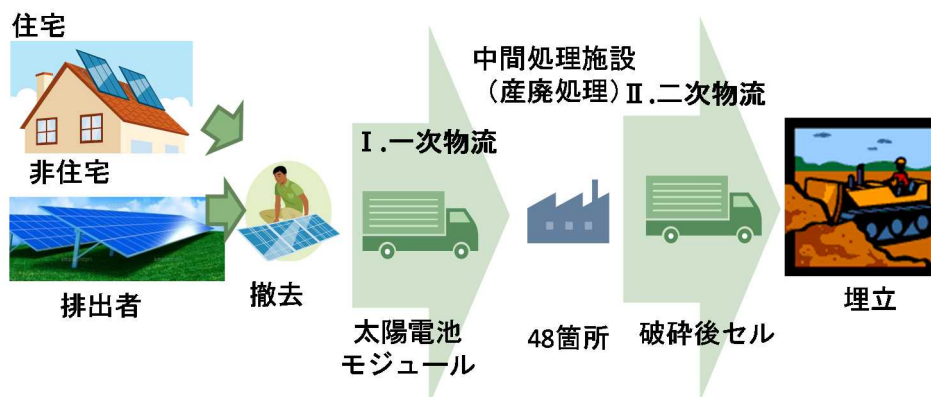


図 1-120 静脈物流における太陽電池モジュールの輸送の流れ (産廃)

< 計算方法 >

- ・ 屋根置き、平置きごとに排出見込設備重量を設定し、モデル事業及び過去の類似調査から設定した単価（一次物流単価：10 円/kg、二次物流単価：6.7 円/kg）を乗じる。
 - 静脈物流コスト = 一次物流コスト + 二次物流コスト

【一次物流】

単価	円/kg	10	モデル事業の運搬費用から設定	
----	------	----	----------------	--

回収量	t	10,000	50,000	100,000
一次物流費用	万円	10,000	50,000	100,000

【二次物流】

単価	円/kg	6.7	小型家電リサイクル法検討時の単価から設定	
----	------	-----	----------------------	--

回収量	t	10,000	50,000	100,000
二次物流費用	万円	6,700	33,500	67,000

【合計】

回収量	t	10,000	50,000	100,000
合計	万円	16,700	83,500	167,000

イ) SY・技術開発

図 1-121 に示すとおり、全国から回収した太陽電池モジュールを 8 つの地域ブロック毎に 1 箇所の中間処理施設で処理することを想定して静脈物流段階のコストを試算する。なお、一次集積所（SY）の数は排出量を考慮しながら今後検討を行うこととする。

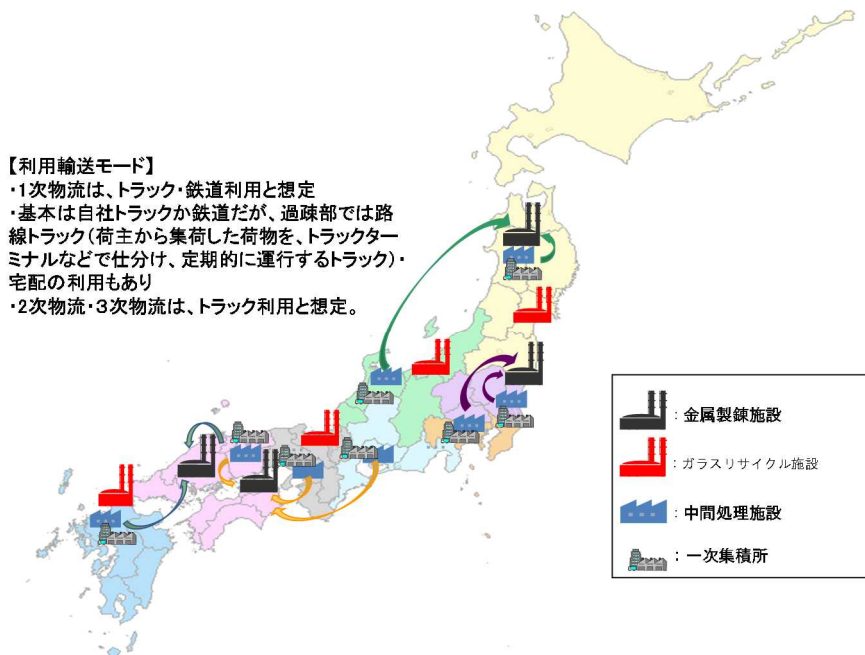


図 1-121 静脈物流におけるコスト試算の考え方（SY・技術開発）

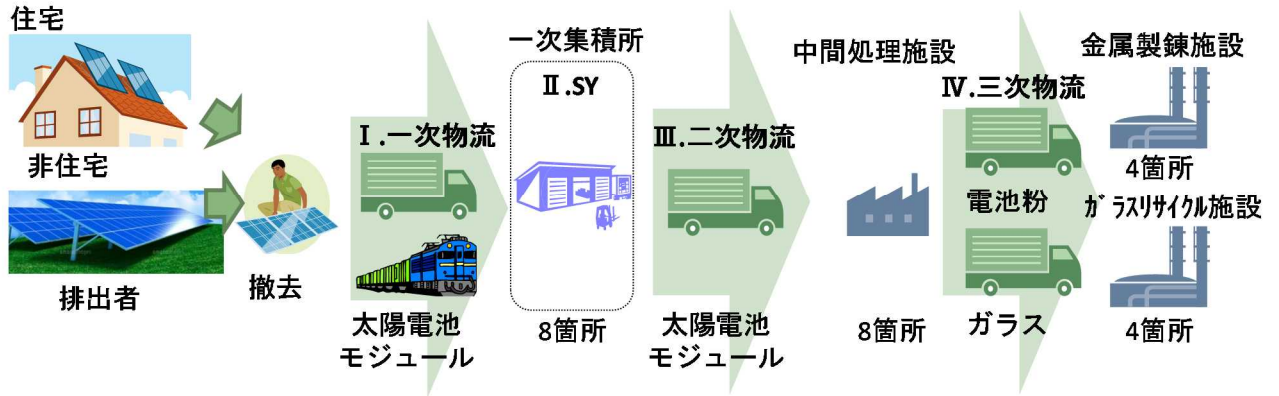


図 1-122 静脈物流における太陽電池モジュールの輸送の流れ（SY・技術開発）

< 計算方法 >

- ・ 屋根置き、平置きごとに排出見込設備重量を設定し、モデル事業及び過去の類似調査から設定した単価（一次物流 + SY 単価：10 円/kg、二次物流単価：6.7 円/kg、三次物流単価：5.6 円/kg）を乗じる。
 - 静脈物流コスト = 一次物流コスト + SY コスト + 二次物流コスト + 三次物流コスト

【一次物流～保管】

単価	円/kg	10	モデル事業の運搬費用から設定
----	------	----	----------------

回収量	t	10,000	50,000	100,000
一次物流費用	万円	10,000	50,000	100,000

【二次物流】

単価	円/kg	6.7	小型家電リサイクル法検討時の単価から設定
----	------	-----	----------------------

回収量	t	10,000	50,000	100,000
二次物流費用	万円	6,700	33,500	67,000

【三次物流】

単価	円/kg	5.6	小型家電リサイクル法検討時の単価から設定
----	------	-----	----------------------

回収量	t	10,000	50,000	100,000
三次物流費用	万円	5,600	28,000	56,000

【合計】

回収量	t	10,000	50,000	100,000
合計	万円	22,300	111,500	223,000

3) 全体管理コスト（SY・技術開発のみ）

マニフェストに代表される現行の産業廃棄物の処理の流れに加えて、太陽電池モジュール

のリサイクルシステム全体の管理が必要となる場合があると想定して、その費用について、家電リサイクル法における管理コストを参考に試算する。試算の考え方及び試算結果は表 1-80 の通り。

表 1-80 リサイクルシステム全体の管理費用試算の考え方

		家電リサイクル 管理会社コスト	太陽電池モジュール 管理コスト	
管理件数		428	24	ヶ所
	指定引取場所／二次集積所	379	8	ヶ所
	リサイクルプラント／中間処理＋製錬	49	16	ヶ所

イニシャル	事務所・設備関連費	1,145,160	64,215	千円
	会社設立諸経費	292,880	16,423	千円
	合計	1,438,040	80,638	千円
ランニング	事務所・設備関連費	726,787	40,754	千円/年
	会社設立諸経費の減価償却費	58,576	3,285	千円/年
	管理業務・ユーティリティ関連	534,763	29,987	千円/年
	人件費	555,251	31,136	千円/年
	合計	1,875,377	105,161	千円/年

↑
※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(第7回) 資料4-1、4-2

↑
※家電リサイクル管理会社コストを
参考に、管理件数で比例配分し
て推計

4) 中間処理段階

ア) 埋立

昨年度実施した廃棄物処理業者に対するアンケート調査結果(全国産業廃棄物連合会ホームページの「処理業者情報公開システム」に登録されている事業者のうち、「金属くず」「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」「がれき類」を取り扱う事業者を抽出(ただし、収集運搬のみを行う事業者は除く): 951 件に送付)によれば、全体の 5% (18 件) の事業者に太陽光発電システムの中間処理実績があり、うち 13 件は収集運搬の実績もある事業者であった。

そのうち太陽電池モジュールおよび架台に関しては半数の事業者が扱った実績があった。排出事業者としてはゼネコン・建設事業者、解体事業者がやや多かった。処理したシステムのうち、ガラスに関しては再資源化処理業者またはガラス再生業者に引き渡されるケース(6 件)と最終処分(埋め立て)されるケース(1 件)がある。また、金属に関しては、再資源化処理業者等に有価物として引き渡される等の再利用のケースがほとんどであった(9 件)。

以上より、太陽電池モジュールの処理方法として、アルミフレームについては取り外すことを想定した。なお、ガラスの処理については昨年度調査結果からは約 7 割が再利用で約 3 割が埋立であったが、環境負荷として厳しいケースを想定することとし、破碎後に埋め立てることを想定した。

イ) SY・技術開発

中間処理における金属の分配濃縮状況については、以下の2パターンにて推計する。

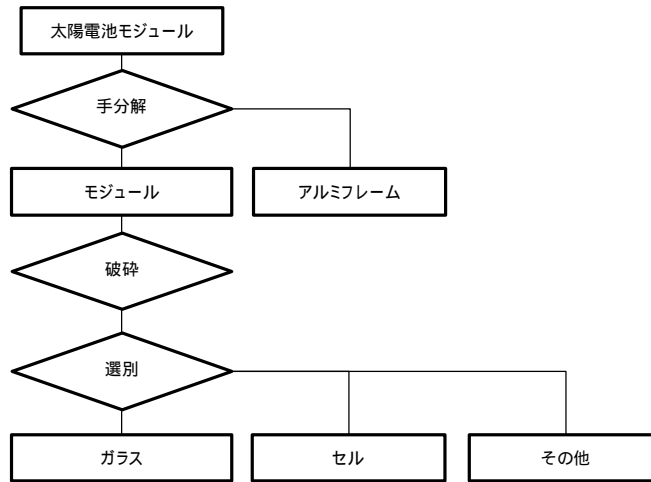
パターン1：モデル事業の実績値を用いて試算

パターン2：中間処理フローをモデル化して試算

パターン1：モデル事業の実績値を用いて試算

モデル事業から得られた図 1-123 のデータに基づき、中間処理における金属の分配濃縮状況を推計する。モデル事業は3事業者にて実施するため、3事業者から得られるデータを確認しながら複数パターンの分配の濃縮状況を設定する。

処理フロー(以下、例)



マテリアルバランス(kg)

		国内・単結晶	国内・多結晶	...
INPUT				
OUTPUT	アルミフレーム			
	ガラス			
	セル			
	その他			

写真
写真
写真
写真

売却単価(円/kg)

		国内・単結晶	国内・多結晶	...
INPUT				
OUTPUT	アルミフレーム			
	ガラス			
	セル			
	その他			

作業コスト

作業	合計	処理量	処理単価
	円	kg	円/kg
仕分け			
手分解			
破碎			
選別			

図 1-123 モデル事業にて収集するデータ

パターン2：中間処理フローをモデル化して試算

有識者へのヒアリング等に基づき中間処理フローをモデル化した上で、中間処理を構成する各プロセスの「分離効率」を仮定し、算定を行った。選別工程における「分離効率」とは、以下の式で表すことができる。

主産物における着目成分の分配率 - 非着目成分の分配率

分離効率については、対象物の内容、粒度、着目成分、装置の種類、分離条件等により大きく変わりうるものであるため、ここでは、有識者へのヒアリング等に基づき、本来、装置や対象物、選別条件によって変わる分離効率を、便宜上、一定の数値に固定（手選別の分離効率 100%、セルの機械選別の分離効率 70%、その他の機械選別の分離効率 50%）した上、回収された産物中に含有する着目成分の品位を、実際の選別データに基づいて産物毎に定め、選別工程における物質収支をモデル化する。

手分解コスト等の中間処理コストは、モデル事業から得られるコストデータに基づき設定する。

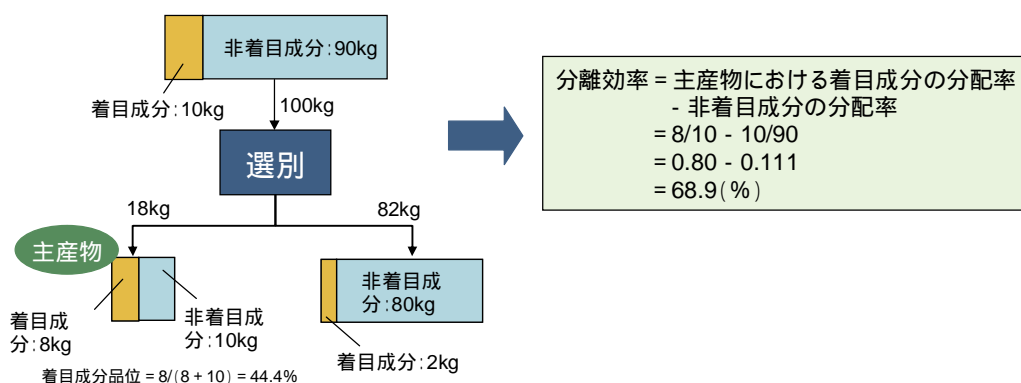
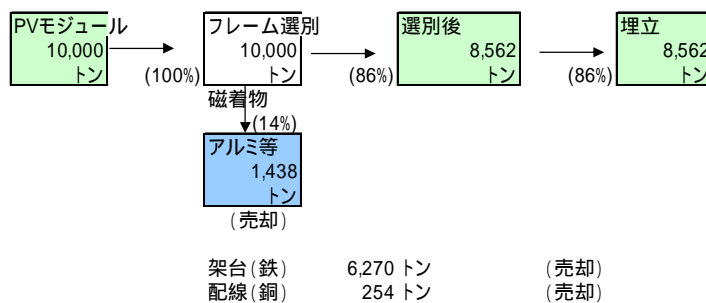


図 1-124 分離効率の考え方

【埋立】

- ・手選別でアルミフレームを分離（架台（鉄）、配線（銅）も売却）
- ・破碎後埋立

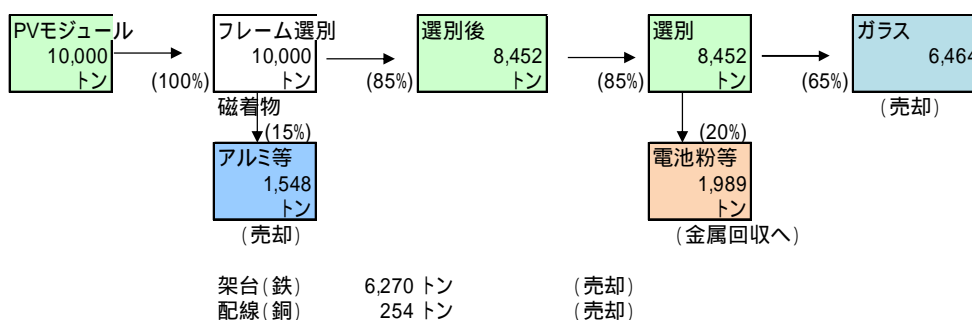


単位: 万円

		コスト			
		最小	最大		
費用	イニシャル	準備人件費	0	0	新規設備投資なし
		中間処理設備費	0	0	
		合計	0	0	
	ランニング	仕分け作業費			
		保管ヤード費用	6,787	71,271	
	フレーム選別作業費	6,000	8,000		
	合計	12,787	79,271		
収益		アルミ等売却収入	9,589	9,589	
		ガラス売却収入	0	0	
		架台(鉄)売却収入	12,541	12,541	
		配線(銅)売却収入	15,625	15,625	
		合計	9,589	9,589	

【SY・技術開発】

- ・手選別でアルミフレームを分離（架台（鉄） 配線（銅）も売却）
- ・選別でガラスを分離（ガラスは 80%、その他は 0%）



単位: 万円

		コスト			
		最小	最大		
費用	イニシャル	準備人件費	0	0	新規設備投資なし
		中間処理設備費	0	0	
		合計	0	0	
	ランニング	仕分け作業費			
		保管ヤード費用	7,000	72,929	
		フレーム選別作業費	7,000	8,000	
		破碎・選別費	16,905	176,122	
合計	30,905	257,051			
収益	アルミ等売却収入	10,317	10,317		
	ガラス売却収入	646	646		
	電池粉売却収入	13,789	13,789		
	架台(鉄)売却収入	12,541	12,541		
	配線(銅)売却収入	15,625	15,625		
	合計	52,918	52,918		

5) 金属等回収段階（SY・技術開発のみ）

SY・技術開発では、中間処理で得られた電池粉は製錬において金属回収することと設定した。製錬では銀のみを回収すると想定した。

非鉄製錬業者へのヒアリング調査等により、中間処理業者から非鉄製錬業者への電池子の売却収入を設定し、金属等回収段階の費用を設定した。なお、金属等回収のコストは把握できないため、費用に利益率（5.5%）を考慮して算定した。ガラスのリサイクルコストについても同様の設定をした。

(3) 最終処分場の延命効果算定

最終処分場の延命効果については、最終処分容量の削減量及び最終処分場残余容量に占める割合を試算することとした。

$$\text{最終処分容量の削減} = \text{太陽電池モジュール埋立回避量} \times \text{ガラスくず比重}$$

(4) 費用対効果分析結果

費用対効果分析結果は下表の通り、関係者の利潤について段階別の採算性評価を行うとともに、最終処分場の延命効果を整理した。撤去費用を除く運搬・処理に関しても全てのケースで費用が便益を上回る形となった。また、同一の排出見込量を処理するケースでは、リサイクルする方が、費用対効果が大きい結果となった。

また、アルミフレームの取り外し費用・売却収入を除いた費用対効果分析結果も併せて示す。アルミは有価で取引されるため、これを除くとアルミフレームを含むケースよりも採算性は低くなる。

表 1-81 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する費用対効果分析結果

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000
回収 中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル
便益(百万円)	段階別収益	103	1,032	675	3,373	6,747
	撤去	0	0	0	0	0
	一次物流～保管	0	0	0	0	0
	二次物流	0	0	0	0	0
	中間処理	103	1,032	529	2,646	5,292
	三次物流	0	0	0	0	0
	金属等回収	0	0	145	727	1,455
	管理・運営	0	0	0	0	0
費用(百万円)	段階別費用	3,532	35,320	4,000	19,580	39,055
	撤去	3,225	32,250	3,225	16,125	32,250
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000
	二次物流	67	670	67	335	670
	中間処理	140	1,400	309	1,545	3,090
	三次物流	-	-	56	280	560
	金属等回収	-	-	138	689	1,379
	管理・運営	-	-	105	105	105
B-C	合計	-3,429	-34,288	-3,325	-16,207	-32,308
	撤去	-3,225	-32,250	-3,225	-16,125	-32,250
	一次物流～保管	-100	-1,000	-100	-500	-1,000
	二次物流	-67	-670	-67	-335	-670
	中間処理	-37	-368	220	1,101	2,201
	三次物流	-	-	-56	-280	-560
	金属等回収	-	-	8	38	76
	管理・運営	-	-	-105	-105	-105
B/C	合計	0.029	0.029	0.169	0.172	0.173
	撤去	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	二次物流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中間処理	0.74	0.74	1.71	1.71	1.71
	三次物流	-	-	0.00	0.00	0.00
	金属等回収	-	-	1.06	1.06	1.06
	管理・運営	-	-	0.00	0.00	0.00
最終処分場の延命効果(m3)		1,896	18,959	12,250	61,252	122,504

注)量が多くなる場合のコスト単価低減は織り込んでない(以下同様)。

表 1-82 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する費用対効果分析結果(撤去を除く)

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000	
回収 中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル	
便益(百万円)	段階別収益	103	1,032	675	3,373	6,747	
	撤去	0	0	0	0	0	
	一次物流～保管	0	0	0	0	0	
	二次物流	0	0	0	0	0	
	中間処理	103	1,032	529	2,646	5,292	
	三次物流	0	0	0	0	0	
	金属等回収	0	0	145	727	1,455	
	管理・運営	0	0	0	0	0	
費用(百万円)	段階別費用	307	3,070	775	3,455	6,805	
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000	
	二次物流	67	670	67	335	670	
	中間処理	140	1,400	309	1,545	3,090	
	三次物流	-	-	56	280	560	
	金属等回収	-	-	138	689	1,379	
	管理・運営	-	-	105	105	105	
	合計	-204	-2,038	-100	-82	-58	
B-C	一次物流～保管	-100	-1,000	-100	-500	-1,000	
	二次物流	-67	-670	-67	-335	-670	
	中間処理	-37	-368	220	1,101	2,201	
	三次物流	-	-	-56	-280	-560	
	金属等回収	-	-	8	38	76	
	管理・運営	-	-	-105	-105	-105	
	B/C	合計	0.336	0.336	0.870	0.976	0.991
		一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二次物流		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
中間処理		0.74	0.74	1.71	1.71	1.71	
三次物流		-	-	0.00	0.00	0.00	
金属等回収		-	-	1.06	1.06	1.06	
管理・運営		-	-	0.00	0.00	0.00	
最終処分場の延命効果(m3)		0	0	12,250	61,252	122,504	

表 1-83 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する費用対効果分析結果
(アルミフレームの取り外し費用・売却収入除く)

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000
回収 中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル
便益(百万円)	段階別収益	0	0	571	2,857	5,715
	撤去	0	0	0	0	0
	一次物流～保管	0	0	0	0	0
	二次物流	0	0	0	0	0
	中間処理	0	0	426	2,130	4,260
	三次物流	0	0	0	0	0
	金属等回収	0	0	145	727	1,455
	管理・運営	0	0	0	0	0
費用(百万円)	段階別費用	3,462	34,620	3,930	19,230	38,355
	撤去	3,225	32,250	3,225	16,125	32,250
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000
	二次物流	67	670	67	335	670
	中間処理	70	700	239	1,195	2,390
	三次物流	-	-	56	280	560
	金属等回収	-	-	138	689	1,379
	管理・運営	-	-	105	105	105
B-C	撤去	-3,462	-34,620	-3,359	-16,372	-32,640
	一次物流～保管	-3,225	-32,250	-3,225	-16,125	-32,250
	二次物流	-100	-1,000	-100	-500	-1,000
	二次物流	-67	-670	-67	-335	-670
	中間処理	-70	-700	187	935	1,870
	三次物流	-	-	-56	-280	-560
	金属等回収	-	-	8	38	76
	管理・運営	-	-	-105	-105	-105
B/C	撤去	0.000	0.000	0.145	0.149	0.149
	一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	二次物流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中間処理	0.00	0.00	1.78	1.78	1.78
	三次物流	-	-	0.00	0.00	0.00
	金属等回収	-	-	1.06	1.06	1.06
	管理・運営	-	-	0.00	0.00	0.00
	最終処分場の延命効果(m3)	1,896	18,959	12,250	61,252	122,504

表 1-84 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する費用対効果分析結果
(アルミフレームの取り外し費用・売却収入除く：撤去を除く)

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000
回収 中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル
便益(百万円)	段階別収益	0	0	571	2,857	5,715
	撤去	0	0	0	0	0
	一次物流～保管	0	0	0	0	0
	二次物流	0	0	0	0	0
	中間処理	0	0	426	2,130	4,260
	三次物流	0	0	0	0	0
	金属等回収	0	0	145	727	1,455
	管理・運営	0	0	0	0	0
費用(百万円)	段階別費用	237	2,370	705	3,105	6,105
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000
	二次物流	67	670	67	335	670
	中間処理	70	700	239	1,195	2,390
	三次物流	-	-	56	280	560
	金属等回収	-	-	138	689	1,379
	管理・運営	-	-	105	105	105
	B-C	合計	-237	-2,370	-134	-247
一次物流～保管		-100	-1,000	-100	-500	-1,000
二次物流		-67	-670	-67	-335	-670
中間処理		-70	-700	187	935	1,870
三次物流		-	-	-56	-280	-560
金属等回収		-	-	8	38	76
管理・運営		-	-	-105	-105	-105
B/C		合計	0.000	0.000	0.810	0.920
	一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	二次物流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中間処理	0.00	0.00	1.78	1.78	1.78
	三次物流	-	-	0.00	0.00	0.00
	金属等回収	-	-	1.06	1.06	1.06
	管理・運営	-	-	0.00	0.00	0.00
	最終処分場の延命効果(m3)	0	0	12,250	61,252	122,504

1.4 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する制度面からの検討

1.4.1 現行制度における課題の整理

(1) 日本の関連法制度

リサイクルをはじめとする適正処理を推進するに当たって、現状における我が国の制度面（廃棄物処理法や建設リサイクル法等）の課題について抽出・整理した。

1) 廃棄物処理法

日本では、使用済太陽光モジュールの適正処理・リサイクルに関する法律として、廃棄物の処理及び清掃に関する法律と建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律が挙げられる。

使用済太陽光モジュールは、不良品・ロス品の発生状況や取外し主体によって、一般廃棄物か産業廃棄物かのどちらかに分類される。ただし、下記の整理は現在の取扱実態について聞き取った結果を取りまとめたものであり、実際の太陽光発電設備の取扱いについては、自治体等に確認を行い、廃棄物処理法を順守して進めることが重要である。

表 1-85 廃棄物処理法における使用済太陽光モジュールの取扱い

取扱者	発生状況	取扱実態
太陽光発電設備メーカー	生産工程で発生する不良品・ロス品	発生した時点で、太陽光発電設備メーカーの産業廃棄物となる。
	施工時又は施工後に製品不良等でメーカーに返送される不良品	返送された時点で、太陽光発電設備メーカーの産業廃棄物となる(ユーザー・施工業者からメーカーに返送される過程ではまだ廃棄物ではない)
(建物の)解体業者(解体工事が数次の請負によって行われる場合にあつては、元請業者)	住宅及びメガソーラー等の非住宅用設備解体時に取り外した使用済み品	建物解体時に解体業者の産業廃棄物となる。
太陽光発電設備施工業者	施工時又は施工後に製品不良等でメーカーに返送する不良品	返送された時点で、太陽光発電設備メーカーの産業廃棄物となる(ユーザー・施工業者からメーカーに返送される過程ではまだ廃棄物ではない)
	施工不良等で発生する不良品や修理交換品を施工業者が処分する場合	施工業者が取り外した時点で、施工業者の産業廃棄物となる。
	新製品への交換に伴う設備撤去	
	新製品への交換を伴わない設備撤去時の取外し	
住宅用太陽光発電設備ユーザー	ユーザーが自ら取外し	一般廃棄物となる。

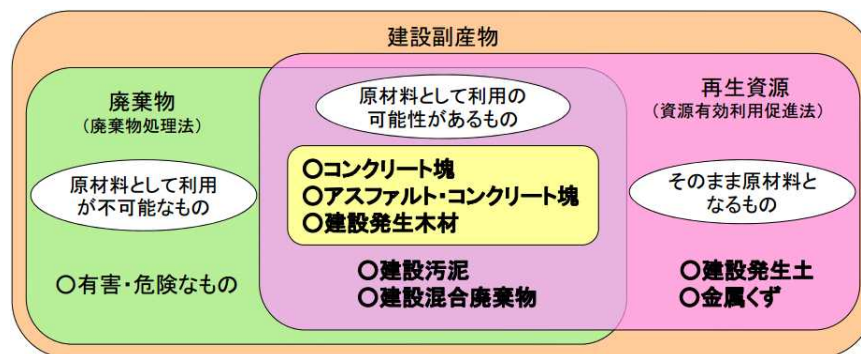
2) 建設リサイクル法

建設リサイクル法は、特定の建築資材について、再生資源としての十分な利用及び廃棄物の減量等を通じて、資源の有効な利用の確保及び廃棄物の適正な処理を図り、生活環境の保全等に寄与することを目的としている。同法では床面積の合計が 80m² 以上の建築物の解体工事や、500m² 以上の建築物の新築・増築工事等の一定規模以上の建設工事を対象とし、建築物その他の工作物に使用されている建設資材に係る分別解体等及び建設資材廃棄物の再資源化等を義務付けている。

80m² 以上の住宅を解体する場合、分別解体を行い、木材、コンクリート等の建設資材を再資源化する必要があるが、太陽光パネルについては同法で定める建設資材(土木建築に関する工事に使用する資材)に該当しないことから、他の住宅設備と同様に取り扱われることとなる。

そのため、建設資材以外の廃棄物については、建設リサイクル法において、特段の義務は設けられていないが、建設リサイクル法の基本方針においては、再資源化等が可能なものについてはできる限り分別解体等を実施すること、分別解体過程において有害物質等の発生抑制を行うこと、大気中への拡散又は飛散を防止するよう努めることが求められている。

建築物を解体する際に発生する板ガラスは、異物の混入が避けられないため、最終的にほとんどが混合廃棄物として処分されている。



出所) 国土交通省 ウェブサイト

図 1-125 建築副産物

「木造建築物の分別解体の手引き（建設副産物リサイクル広報推進会議、2008年）」では、分別解体作業の実施に関する一般的な作業の流れが示されている。この中で、屋上設置物撤去に関して、以下のとおり記載されている。

屋上設置物の撤去・搬出

屋上設置物等は、解体工法にかかわらず手作業で撤去しなければなりません。

- ・ 屋根面に、太陽熱や太陽光を利用した機器類やアンテナ等が設置されている場合は、屋根ふき材の撤去に先立ち撤去します。
- ・ このような機器類には、鉛等の重金属を使用している場合もあるので、撤去や搬出には十分な注意を要します。

また、同手引きでは、解体工事の事前調査における実施事項として残存物品の有無の確認を実施することとされている（太陽光発電設備やソーラーシステム等についての言及はな

い) 主な残余物品には、特定家電、その他の家電製品、家具等が含まれる。

(6) 残存物品の有無の確認

対象建築物に残存する、家電リサイクル法で定められた特定家電製品であるエアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機や家具、その他の家電品等の有無を確認します。

なお、これらの残存物品は、発注者（所有者）により処分されなければなりません。

(2) 欧州関連制度の最新動向

課題の整理にあたっては、欧州 WEEE 指令の制定過程における検討に着目し、制度化に際してどのような検討・評価が行われたのかについて、我が国におけるリサイクルの在り方を考える上での参考情報として、把握した。また、欧州 WEEE 指令を受けた各国における関連制度・リサイクルスキームへの対応状況について、最新動向に関する調査を行った。

以下は、欧州調査の概要である。

< 日程・訪問国 >

- 日程：2014年11月19日（月）～11月25日（火）
- 訪問国：ベルギー（ブリュッセル）、英国（ロンドン）、フランス（パリ）

< 訪問先 >

訪問先	組織概要/訪問主旨
欧州委員会環境総局	改正 WEEE 指令の施行に伴い、各国の国内法化動向、及び顕在化している課題等について聴取。
PV CYCLE	各国で太陽光発電設備のリサイクル事業を手掛けている PV CYCLE が、各国の国内法化動向に合わせてどのような取組みを現在しているか聴取。その他、昨年調査を踏まえつつ、PV CYCLE の事業について詳細確認。
英国ビジネス・イノベーション・職業技能省（BIS）	英国の WEEE 国内法の内容、施行状況について聴取。
英国 Solar Century 社	英国で太陽光発電設備の EPC のコントラクター、及びパネル製造を行っている企業であり、PV CYCLE の回収ポイントにもなっている。英国のリサイクル状況や、回収ポイントとしての取組みについて聴取。
ベルギー-Recupel	ベルギーの WEEE の回収・リサイクルを担う共同スキームであり、今後太陽光発電設備を取り扱う可能性について聴取。
フランス BioIntelligence 社	改正 WEEE 指令で太陽光発電設備が追加される前に行われた影響評価を遂行したコンサルティング会社。影響評価を行った際の詳細事項について聴取。

1) 欧州 WEEE 指令改正及び国内法化動向

a. 欧州 WEEE 指令制定の概要

欧州 WEEE 指令は、2002 年に制定された。2012 年には改正 WEEE 指令が制定され、加

盟国は、2014年2月14日までに国内法を整備することが義務付けられている。欧州 WEEE 指令では、生産者責任原則に基づき、加盟国および生産者に、主に表 1-86 に記載されている事項について要求している。

表 1-86 各国及び生産者への要求事項

項目	内容
製品設計	✓ WEEE の再利用、解体、リカバリーを考慮した製品設計・製造の促進
分別回収	✓ WEEE の分別回収率の向上 ✓ WEEE の無料回収システムの構築 ✓ 回収率目標の達成
処理	✓ 分別回収された全ての WEEE の適切な処理 ✓ 最善の技術を用いた WEEE のリカバリー ✓ リカバリー・リサイクル率目標の達成
資金調達	✓ 生産者の WEEE の回収・処理・廃棄に関する費用負担と資金調達 ✓ 資金調達に関する保証（共同スキームへの加盟、保険への加入、封鎖銀行口座への積み立て等）
消費者への情報提供	✓ WEEE の分別、再利用、リサイクル等に関する消費者への情報提供
登録、情報提供、報告	✓ 生産者の登録制度の確立、製品の上市に係る関連情報の収集・管理

b. 改正 WEEE 指令の国内法化動向

2014年11月時点で、7ヶ国を除いて国内法化が完了している。改正 WEEE 指令では、EU 加盟国は、2014年2月14日までに国内法化を行うことが義務付けられているが、一部の国において国内法化が遅延している。国内法化遅延の理由は、国によって異なるが、例えば、時間が足りない、予想以上に検討時間を要している、選挙、WEEE 国内制度の大幅な改正（WEEE の回収プロセスの変更）が必要等の理由が挙げられる。

国内法化が遅延している国に対しては、EC の法務部局（Legal Unit）より通知を行っており、今後国内法化を再度勧告し、違反と判断した場合は、罰則（penalty）を課す予定である。

現在、改正 WEEE 指令の問題や課題点のほとんどは、各国内で解決されている。しかし、今後各国からの報告のタイミング（法が施行されてある一定の期間が経過したタイミング）で課題が顕在化する可能性がある。

表 1-87 改正 WEEE 指令の国内法化の状況

国	施行年	国	施行年
英国	2014年1月	デンマーク	2014年2月
フランス	2014年8月	ハンガリー	2015年1月予定
イタリア	2014年3月	アイルランド	2014年3月
ブルガリア	2014年1月	ポルトガル	2014年5月

チェコ	2014年10月	オランダ	2014年2月
オーストリア	2014年7月	ドイツ	草案公開済
ベルギー	2013年	スペイン	草案公開済
クロアチア	2014年4月		

出所) EC ヒアリング (2014年11月25日)、<http://www.solarwaste.eu/in-your-country/>

2) 改正欧州 WEEE 指令の変更点

改正欧州 WEEE 指令における主な変更点は、対象品目の追加 (対象品目に太陽電池モジュールを追加)、分類の変更、回収及びリカバリーに係る目標の変更、検査及び監視に関する最小要件の設定 (中古品輸出の要件) の4点である。

分類の変更について

欧州 WEEE 指令では、加盟各国に、対象品目毎に目標の達成状況 (上市量、回収量) 等に関するレポートの提出が義務付けられている。以前、各国がレポートを作成するにあたり、レポートに記載する製品の分類に際して判断に迷う例が多く発生したことから、改正 WEEE 指令では、対象品目の分類を変更した。2018年までは10の分類で、2018年以降は6の分類で整理する形に変更する。2018年以降の製品分類では、判断しやすいように、またリサイクルを進めやすいように、より広い定義の製品分類が設定されている。太陽光発電設備は、それぞれの分類4に含まれる。

表 1-88 改正欧州 WEEE 指令の対象品目
(2012年8月13日～2018年8月14日)

カテゴリー1.	大型家電製品
カテゴリー2.	小型家電製品
カテゴリー3.	IT 及び遠隔通信機器
カテゴリー4.	民生用機器及び太陽電池モジュール
カテゴリー5.	照明器具
カテゴリー6.	電動工具 (据付型の大型産業用工具を除く)
カテゴリー7.	玩具、レジャー機器、スポーツ機器
カテゴリー8.	医療機器 (全ての移植製品及び感染した製品を除く)
カテゴリー9.	監視・制御機器
カテゴリー10.	自動販売機・自動現金引き出し機

適用対象外：軍事目的の機器、白熱電球、指令対象外機器の一部として特別に設定された機器で、その機器の一部としてのみ機能するもの

出所) EU ウェブサイト、日本機械輸出組合資料等

表 1-89 改正欧州 WEEE 指令の対象品目
(2018年8月15日以降)

カテゴリー1.	温度変換機器
カテゴリー2.	スクリーン及びモニター、表面が 100cm ² より大きいスクリーンを含む機器
カテゴリー3.	照明器具

カテゴリー4.	大型機器(いずれかの外形寸法が 50cm 超え)
カテゴリー5.	小型機器 (50cm を超える外形寸法がない)
カテゴリー6.	小型 IT・遠隔通信機器 (50cm を超える外形寸法がない)

適用対象外

- 軍事的目的の機器
- 指令対象外機器の一部として特別に設定された機器で、その機器の一部としてのみ機能するもの
- 白熱電球 - 宇宙用機器 - 据付型大型産業用工具
- 大型固定装置 (装置の一部として特別に設計・取付されていない機器を除く)
- 人または物の輸送手段 (型式承認されていない電動二輪車を除く)
- 専門家用のみを目的とした非公道用移動機械
- B to B ベースでのみ利用可能な専ら研究・開発の目的で特別に設計された機器
- 医療用機器及び体外診断用医療用機器 (廃棄前感染が予想される場合)、能動型体内植込型医療用機器 (出所) EU ウェブサイト、日本機械輸出組合資料等

回収及びリカバリーに係る目標の変更について

欧州 WEEE 指令で定められた、「一人あたり 4kg」という回収量目標の達成のためには、WEEE を輸入する必要のある国が出るなど、重量ベースの目標の不適切性が露呈した。このような実態に対する各種議論及び実態調査を踏まえ、改正 WEEE 指令では、目標値はより市場の現状に則した合理的な形で設定されるべきであるとされ、回収目標は、一人あたり重量ではなく、回収率 (%) に変更した。

なお、回収率・リカバリー率等の目標値は、図 1-126 のように、段階的に厳しくなるように設定されている。

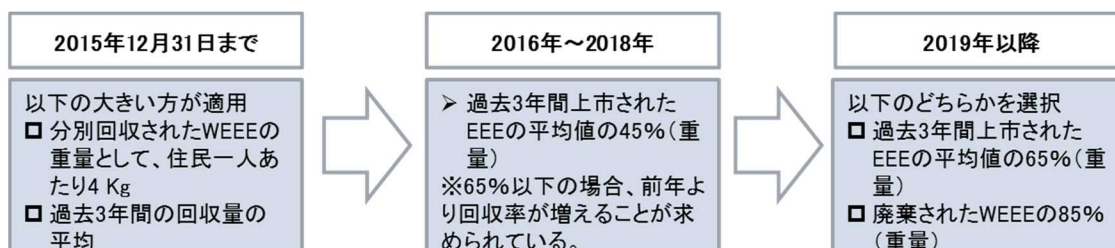


図 1-126 WEEE の回収目標の推移

EEE の販売量及び WEEE 処理に必要なインフラ未整備を理由に、東ヨーロッパ諸国 (ブルガリア、チェコ共和国、リトアニア、ハンガリー等) では、他の EU 諸国とは異なる回収率目標及び目標回収率達成期限が設定されている。

2019 年以降、EU 加盟国は、「WEEE の発生量」もしくは「EEE の上市量」のどちらかを対象に回収率を計算するか選択でき、当面はどちらかに統一される予定はない。また、上市された EEE と廃棄された WEEE 間の換算について、各国で混乱が生じないように、欧州委員会が共通計算ツールを作成するよう、改正 WEEE 指令 Article7-5 で定められている。なお、これらは、ほぼ同等のインパクトがあるとされている (改正 WEEE 指令前文(16))。

回収率の算定にあたっては、法定 WEEE 制度を通らない回収・リサイクル (経済理念に基づいて、製造者が負担せずともリサイクルされるもの) も数値に含めることとしており、加盟国は、回収目標率 65% という高い目標を達成するためには、報告されていないリサイ

クールの把握も重要な要素と考えている。加盟国は、算定根拠を記した回収量報告レポートを Eurostat に提出し、各国の算定手法は適切性を評価された上で統計情報として公開される。

現時点で、太陽電池モジュールはあまり廃棄されていないため、太陽光発電設備の回収目標率はなく、カテゴリ 4 としての目標のみが設定されている。

a. 回収率計算ツールの開発

改正 WEEE 指令の Article7-5 では、欧州委員会が各国共通の回収率計算ツールを作成するよう定めている。これに基づき、EC は、国連大学、Bio-Intelligence、Statistics Netherlands に対し、品目毎の販売量・税関情報や回収量等の情報を入力し、回収率が自動算出されるツールの共同開発を委託した。EC は本ツールの利用方法等を定める施行規則（Implementing Act）及びマニュアルを 2015 年 8 月までに制定する予定（2019 年から運用開始）である。EC によるヒアリングによると、将来的には、本ツールの利用を義務付けたいと考えているとのことである。但し、EU 加盟国が仮に同様なツールを使用している場合、それを代替として使用することを認める。

本計算ツールでは、EEE の上市量を WEEE の廃棄量へ変換するために、複数のパラメータを設定している。また、品目毎に、購入されてから廃棄に至る時間が国によって違うため、国毎に変換方法を調整している。計算では、製品特性やリサイクル手法、製品寿命等が似ている品目を紐づけて計算しており、WEEE 指令のカテゴリとは異なる、「UNU Keys」と呼ばれる 58 のカテゴリを設定している。ツールの利用にあたっては、改正 WEEE 指令 ANNEX I の 10 カテゴリ、ANNEX III の 6 カテゴリ、及び本 UNU Keys のカテゴリ（表参照）が紐づいている状態となり、どのカテゴリを利用するかは加盟国が選択することができると同時に、横断的に比較することができるようになる。

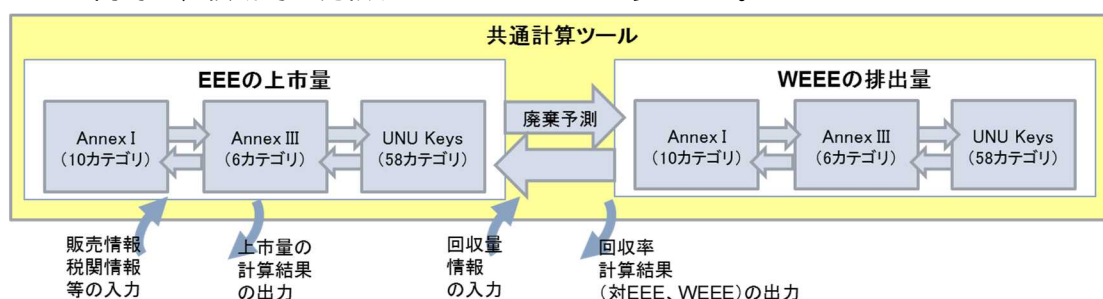


図 1-127 回収率の計算ツールの仕組み

表 1-90 UNU 58 カテゴリに基づいた WEEE 分類例（一部抜粋）

UNU Key	製品	略語	収集カテゴリー
1-02	食器洗浄機	1A2 Dishes	A LHA
1-03	炉・オーブン	1A3 Kitchen	A LHA
1-04	洗濯機	1A4 Wash	A LHA
1-05	乾燥機・遠心脱水機	1A5 Dry	A LHA
1-08	冷蔵庫（1ドア）	1B1 Fridge	B C&F
1-09	冷凍庫	1B2 Freezer	B C&F
1-10	冷蔵庫（2ドア）	1B3 Combi	B C&F
1-14	電子レンジ	1C1 Micro	C SHA
2-01	換気扇、アイロンなど	2.1 Small HH	C SHA
2-04	電気掃除機	2.4 Vacuum	C SHA

3-02	デスクトップ PC	3A2 Desktops	D IT
3-03	ラップトップ PC (タブレットやネットブック含む)	3A2 Laptops	D IT
3-04	プリンター、スキャナー、その他多機能周辺機器	3A4 Printers	C SHA
3-06	携帯電話	3A6 Mobiles	D IT
3-08	ブラウン管モニター	3B CRT	E1 CRT
3-09	液晶型モニター (LCD、LED)	3C FDP	E2 FDP
4-02	MP3 プレイヤー、電子書籍端末、カーナビなど	4A2 Portable	C SHA
4-03	音響機器	4A3 Hifi	C SHA
4-04	VCR、DVD(R)	4A4 VDVD	C SHA
4-07	ブラウン管テレビ	4B CRT	E1 CRT
4-08	液晶型テレビ (LCD、LED、プラズマ)	4C FDP	E2 FDP
5-02	電球、LED 電球	5A2 CFL	F Lamps
5-04	蛍光灯	5A4 TL B2B	F Lamps
5-07	電飾	5B1 LUM	C SHA
6-01	小型道具 (ガーデニング用工具・電動機械)	6.1 Small tools	C SHA
1-14	電子レンジ	1C1 Micro	C SHA
2-01	換気扇、アイロンなど	2.1 Small HH	C SHA
2-04	電気掃除機	2.4 Vacuum	C SHA
3-02	デスクトップ PC	3A2 Desktops	D IT

出所) http://isp.unu.edu/publications/scycle/files/Dutch_WEEE_Flows.pdf

b. 改正 WEEE 指令における太陽電池モジュール追加の影響評価

改正欧州 WEEE 指令に、太陽光発電設備が追加されるにあたっては、EC と EPIA (欧州太陽光発電協会) 等の機関が双方向に議論し、調整が進められた。また、EC が主導して太陽電池モジュールの追加に係る影響評価 (Impact Assessment) を実施し、太陽電池モジュールの追加による費用対効果 (環境影響及び経済効果) について分析した結果、欧州 WEEE 指令への追加により、不適切な処理・廃棄により発生する環境影響を低減し、結果として経済的利益が生まれる、という結論が出された。

EC が作成したレポート「欧州 WEEE 指令の対象品目への太陽電池モジュールの追加に係る影響評価 (Study on Photovoltaic Panels Supplementing the Impact Assessment for a Recast of the WEEE Directive)」では、4 つの政策オプションシナリオを設定し、欧州 WEEE 指令の対象品目に太陽電池モジュールが追加されることによる費用対効果について分析が行われた。当初は、政策的措置が講じられない場合の Baseline A ケースと、EU 指令の対象品目となった場合の Policy Option B ケースを比較することを目的としていたが、EC により、その中間的な措置としての検討も加えたほうが良いという意見が出されたことにより、Baseline B と Policy Option A が追加された。本調査は、2050 年までの太陽電池モジュールの回収・リサイクルに係る費用対効果を分析している。Policy Option A が住宅用太陽電池モジュールのみを対象としている理由は、EC からの要請による。

表 1-91 4 つの政策オプション

Baseline A (no policy action)	政策的措置が講じられず、不適切な廃棄ケースが含まれるシナリオ (全量埋立のケース)
Baseline B (Photovoltaic panels are	太陽電池モジュールを欧州 WEEE 指令の対象品目とせず、

outside the scope of the WEEE Directive)	現在のボランティアな回収・リサイクルの取組みが実施されるシナリオ
Policy Option A (policy action)	住宅用太陽電池モジュールのみ欧州 WEEE 指令の対象品目に加えるシナリオ
Policy Option B (inclusion of photovoltaic panels in the scope of the WEEE Directive)	全ての太陽電池モジュールを欧州 WEEE 指令の対象品目に加えるシナリオ

影響評価に係る分析の前提条件として、以下の項目が定められた。

1. 太陽電池モジュールの種類：シリコン系（単結晶、多結晶）、CdTe 系
2. 太陽電池モジュールの量：排出量は各シナリオで一定。Policy Option A/B は、Baseline B よりも回収率が高く設定。
3. 有害物質の溶出量：モジュール廃棄の際に想定される鉛の浸出、カドミウムの浸出について分析。
4. 資源損失額・売却益：Baseline B、Policy Option A/B では、ガラスのリサイクル率を 95% と設定、Policy Option A/B では、アルミニウム、レアメタルのリサイクル率を 100%、30% と設定。
5. 回収・リサイクルコスト：回収・輸送コストは全てのシナリオで同じ設定値。リサイクルコストは、Baseline B と比較して、Policy Option A/B の設定値が高い（高度なマテリアルリサイクルが実施されるため）。

本影響評価は、欧州 WEEE 指令の改訂にあたり、対象品目の見直しに係る議論が行われており、既に太陽電池モジュールを改正 WEEE 指令の対象品目とすることはほぼ EC 内で決定されている状況下で行われた。分析の結果は、太陽電池モジュールを入れることの有用性について定量的に示すための証拠資料として活用された。

本調査は、3~4 か月間という短期間で作成されたため、使用したデータは全て既存の研究のものである。使用データは PV CYCLE やドイツソーラー等から提供されており、また、PV CYCLE や現場のリサイクラーと話し合いを重ねながら検討された。

影響評価における基本的なパラメーター設定にあたっての考え方は、以下の通りである。

表 1-92 影響評価分析にあたっての各種パラメーター

太陽電池モジュールの回収	<ul style="list-style-type: none"> ✓ PV CYCLE より提供されたロジスティクス単価(Logistics Unit Cost)を使用。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 基本的には、撤去、回収、貯蔵、輸送の全ての費用が含まれている。 ・ 他の WEEE の処理に係るロジスティクス単価と比較し、妥当な数値である。 ✓ 回収費用は住宅で検討し、非住宅においても同じ値を採用。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 但し、PV CYCLE のシステムでは、大規模な発電施設の場合は PV CYCLE が直接現場に行き、太陽電池モジュールを回収するが、住宅用等の小規模な場合、近場の施工
--------------	---

	<p>業者が太陽電池モジュールを撤去し、回収する。特に新規の太陽電池モジュールに入れ替えする場合には、撤去費用は新規据付費用に含まれているため、含まない形とされた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 回収コストには、回収のために使用するコンテナの価格もイニシャルコストとして含まれている。 ✓ ロジスティックス単価は、2011年時点のEU12か国の平均値を採用し、2050年まで同じ数値を採用。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 回収ポイントの数は、2011年時点は12か国で91箇所設置されており、現在は増加したため、コスト割高な算定になっていると言える。 ・ 将来はロジスティック費用が減少すると想定されたが、最も悲観的な算定を行うため、このような方法を採用。2050年までに回収ポイントが増加するというシミュレーションは調査の費用・時間的制限により、実施せず。
<p>太陽電池モジュールのリサイクル</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 太陽電池モジュールの構成物質に関する数値は、先行研究のデータを利用し、平均値として採用。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽電池モジュールの品質改良による構成の変動は考慮されていない。 ・ 但し、太陽電池モジュールの種類の販売シェアの変動については考慮されている。主に現在の販売シェアを踏まえて、2030年以降の廃棄に反映されている。 ✓ 排出量予測では、導入の25年後に100%廃棄されると想定。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 年次毎に廃棄される量を考慮する計算モデルが理想的ではあるが、グラフ曲線がなだらかになるだけで、結果的に廃棄量の差はあまりない。地域毎の差も考慮していない。 ✓ 新技術の開発も検討要素には含まれていない。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽電池モジュールの技術革新により長寿命化や能力拡大が達成された場合、新規製品への入れ替えが早期に生じると想定されるが、予測は難しい。 ✓ リサイクル費用は、現状の数値を将来にも使用。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 将来的にコストが下がると予測されたが、悲観的（最低ライン）なシナリオを採用・評価。 ✓ リサイクル費用に関するデータは、回収業者から提供を受けたものを利用し、イニシャルコストが減価償却費として単価に含まれている。 <ul style="list-style-type: none"> ・ Baseline Bにおいて、アルミニウムやレアメタルのリサイクル率が0%となっているが、通常、このような物質はリサイクルされるため、より高めの設定が適切か。

本分析結果として、太陽電池モジュールを欧州 WEEE 指令に追加することにより、不適正処理・廃棄により発生する環境影響を低減し、大きな経済的利益を得られるという結論が出されている。不適切に処理・廃棄される太陽電池モジュールの量を制限することにより、カドミウム溶出等による環境への悪影響を避けられることに加え、従来の有価資源やレアメタル等の回収による、潜在的な希少資源の喪失防止に寄与することが主な理由となっている。

具体的には、Policy Option A と Baseline A との比較では環境への悪影響が4分の1に、Policy Option B と Baseline A との比較では環境への悪影響が6分の1に低減される結果が得られた。また、Baseline B における現在のボランティアな回収・リサイクルの取組みでは、材料リサイクルから得られる収益がコストを相殺する結果にまでは至らなかったが、Policy Option A と Policy Option B では、高い回収率により、リサイクルに関するロジスティクスや前処理にかかるコストを相殺する以上の収益が得られる結果となった。

上記に例示した分析結果により、Policy Option B (全ての太陽電池モジュールを欧州 WEEE 指令の対象品目に加えるシナリオ)が推薦される政策オプションであることが確認され、その年間純利益は、2050年時点において151.1億ユーロという試算結果となった。他のシナリオとの比較では、Baseline A を165.8億ユーロ、Baseline B を164.9億ユーロ、Policy Option A を16.7億ユーロ上回る結果となった。

表 1-93 影響評価の分析結果

2050 (annually)	Baseline Scenario A "Worst Case"	Baseline Scenario B "Voluntary Action"	Policy Option A "Residential PV in WEEE"	Policy Option B "All PV in WEEE"
Quantities				
Amount of PV waste generated (in million tonnes)	9,16	9,16	9,16	9,16
Amount of PV modules collected, properly treated and sent to recycling (in million tonnes)	0,00	2,18	7,00	7,79
Amount of PV waste improperly disposed of (in million tonnes)	9,16	6,98	2,16	1,37
Environmental benefits of policy action				
Soil and air pollution (in tonnes)				
Lead leaching from c-Si PV modules	316-2181	221-1527	72-495	47-327
Cadmium leaching from CdTe PV modules	40-228	28-159	9-52	6-34
Soil and air pollution (average external cost, in billion Euros)				
Lead leaching from c-Si PV modules	-1,47	-1,03	-0,33	-0,22
Cadmium leaching from CdTe PV modules	-0,01	-0,004	-0,001	-0,001
Total external cost (in billion Euros)	-1,47	-1,03	-0,33	-0,22
Gain of resources (recycling input, in million tonnes)				
Glass in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	1,82	6,00	6,68
Aluminium in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,13	0,34	0,38
Rare metals in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,02	0,07	0,08
Gain of resources (recycling output, in million tonnes)				
Glass in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	1,73	5,70	6,35
Aluminium in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,00	0,34	0,38
Rare metals in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,00	0,022	0,025
Gain of resources (recycling output, in billion Euros)				
Glass in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,03	0,29	0,32
Aluminium in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,00	0,41	0,45
Rare metals in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,00	14,96	16,65
Total gain of resources (in billion Euros)	0,00	0,03	15,66	17,42
Economic cost of policy action				
Costs				
Logistics cost (in billion Euros)	0,00	-0,33	-1,05	-1,17
Proper treatment and recycling cost (in billion Euros)	0,00	-0,05	-0,83	-0,92
Total costs (in billion Euros)	0,00	-0,38	-1,88	-2,09
Social impacts				
Impact on employment (number of jobs created)				
Job creation	0	400	13 000	20 000
Net benefits				
Net benefits stand-alone (in billion Euros)	-1,47	-1,39	13,44	15,11
Net benefits vs. Baseline A (in billion Euros)	N/A	0,09	14,91	16,58
Net benefits vs. Baseline B (in billion Euros)	N/A	N/A	14,83	16,49

出所)“Study on Photovoltaic Panels Supplementing the Impact Assessment for a Recast of the WEEE Directive” Bio Intelligence Service 2011

3) 英国国内法の内容と太陽光発電設備のリサイクルに関する制度・議論

a. 英国国内法の概要

英国では、2014年1月から、改正 WEEE 指令の国内法である、“The Waste Electrical and Electronic Equipment Regulations 2013”が施行されている。同国は、EU加盟国内で最も早く改正 WEEE 指令の国内法化を行った。

本法の主管轄省は、英国国内のビジネス規制、コーポレートガバナンス、イノベーション、職業教育、知財を管轄している、ビジネス・イノベーション・職業技能省（Department for Business, Innovation and Skills (BIS)）である。WEEE 規制は環境省が所管している国が多いが、イギリスでは産業振興への影響が大きく、BIS が適切と判断した。EEE の上市データの管理等は、地方の環境庁が実施している。例えば、業者所在地がイングランドの場合は、Environment Agency、ウェールズの場合は Natural Resources Wales、北アイルランドの場合は Northern Ireland Environment Agency、スコットランドの場合は Scottish Environmental Protection Agency である。

英国の WEEE 法は、改正にあたり、太陽光パネルを家電廃棄物とは別カテゴリーに追加し（他にディスプレイ機器、冷媒を含む製品、ガス放出ランプ、LED ライトが別カテゴリー）LED ランプの分類カテゴリーを変更し、ビジネス業界に対する規制負担を軽減し（target and compliance fee の導入）既存制度の外で発生している WEEE 及びリサイクル量の予測を推進した。

英国では、複数の製造者コンプライアンススキーム（PCS）により制度を運営している。PCS とは、行政の認可を受けたものであり、加盟している製造業者の費用負担の下、リサイクル管理を行っている⁶。WEEE のリサイクル費用は、PCS に加盟しているメーカーが上市量に応じて負担している。PCS は現在英国において 40 団体程度存在し、一部品目のみ取り扱う PCS も存在するものの、WEEE 法該当製品全てを取扱範囲としている PCS がほとんどである。しかし、実際製造業者が加盟し、機能している PCS は、約 4 団体程度である。

PCS が複数ある制度であれば、本来は PCS 間の競争に基づき低コストな制度が成り立つはずであるが、旧 WEEE 法では、割り当てられた目標を達成できなかった PCS は、回収不足分を他の PCS から購入する仕組みがあり（“Evidence Notes” と呼ばれる）、実際には PCS 間取引により非常にコストが高くなっていた。

新 WEEE 法では、上記状況を踏まえ、Evidence Notes 制度を廃止し、目標を達成できなかった PCS は Compliance Fee を払う仕組みとなった。但し、事前契約による外注は可能である。WEEE の回収拠点提供の義務は小売り業者に課せられている。

⁶ EEE の上市量が 5 トン以上の企業は必ず PCS に加盟する。

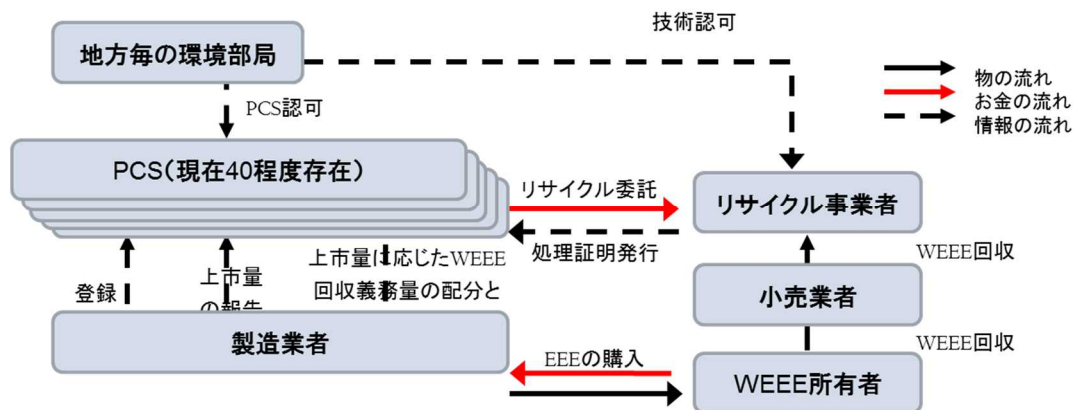


図 1-128 英国における PCS スキーム概要

英国における関係主体の制度上の役割は以下の通りである。

表 1-94 関係主体の制度上の役割

関係主体	制度上の役割
小規模製造者 (5 トン以下/1 年)	・ 関連環境部局への登録と取引データ提出が必要
製造者(5 トン以上/1 年) (輸入・再販業者含む)	・ 製造者コンプライアンススキーム (PCS) への登録、回収と適切な処理のための費用負担、非家庭用 WEEE の回収システム構築、3 か月に一度所属 PCS への上市データ提出、WEEE マークの製品添付等が義務づけられる。また、負担分の WEEE 処理証明を処理業者から受け取る必要がある。
小売り業者	・ 収集システムの執行機関である VCA(英国車両型式認可機関) の下、回収への協力義務がある。消費者へ集配所の情報提供を行うほか、回収方法は以下の 3 つから選択して実行： 1 . Distributor Take-back Scheme (DTS) - Valpak Ltd や PV Cycle が運営するスキームに加入 2 . 店内引き取り (In-store take back) 3 . その他の代替回収手段 また、400 平米以上の床面積を持つ EEE 小売りは、小型 WEEE を回収する必要がある。
消費者	・ 法的義務はないが廃棄物の返却が推奨される。集配所で無料返却が可能。
処理業者(AATF、AE)	・ 処理業者は環境省の技術許可を受けなくてはならない。技術認可を受けた処理業者は、製造者に対して WEEE 処理の証明書を発行できる。
地方自治体	・ 地方自治体に WEEE 回収・処理の義務はない。収集所を提供することは可能。
連邦機関	
地方毎の環境省庁	・ PCS の認可、PCS のデータ管理、上市量に基づくコスト負担配分、許認可。
ビジネスイノベーション・職業技能省 (BIS)	・ WEEE に関する規制等を所管、ガイドラインの発出など。

出所) 英国政府 WEEE ガイドライン

英国では、PCS が政府の認定を受け、加盟企業を代表して WEEE の収集と処理の調整を行う。そして、認可済処理業者から処理証明を受け取り、上市量に応じて適切な処理が行わ

れたことを証明する。

小売業者は、消費者が EEE 購入（買替え）する際に、古い EEE を持ち込まれた場合に受理し、PCS に引き渡しを行わなくてはならない。また、一定販売面積を有す小売業者は、小型 WEEE の店頭回収をしなくてはならない。小売業者は、小売業者引取制度（DTS）に加入し、共同スキームを通して責任を果たすことも可能である⁷。指定回収施設（DCF）まで持ち込まれた製品は、PCS 制度で回収・リサイクルされる。

地方自治体は、回収義務ないが、収集拠点の提供や運営を行う事ができる。

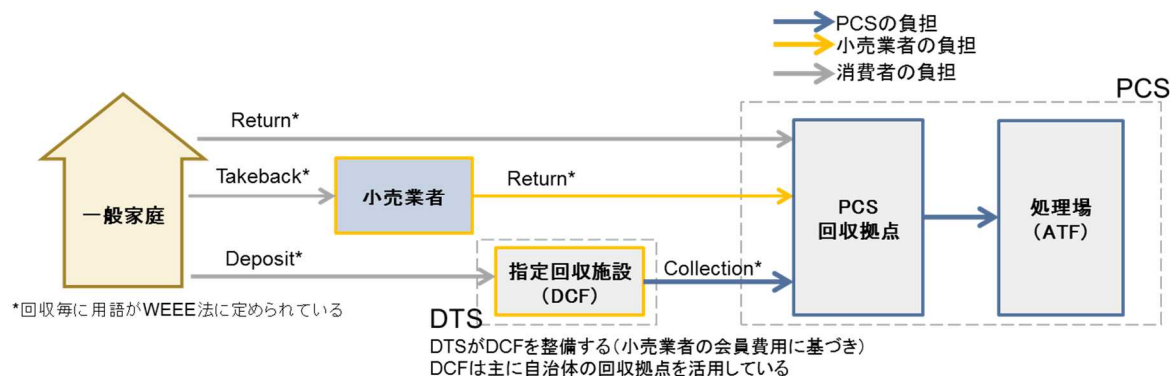


図 1-129 英国における WEEE の回収・処理の流れ

b. 英国における太陽光発電設備の回収・リサイクルスキーム

改正 WEEE 指令が英国において国内法化されたことにより、太陽光発電設備は、新たに国内法の対象品目へと追加された。これは、PV 業界のロビー活動によるものである。また、太陽光発電パネルは最も重量のある家電であり、新製品の重量ベースによるコスト負担計算が適用された場合、多大な回収コストがかかる事が予想された（上市した PV の重量が市場シェアで 10% なら、WEEE の回収コストの 10% を負担する）。

英国において、太陽光発電設備は、PCS の回収拠点、小売業者の回収拠点、もしくは指定回収拠点（(Dedicated Collection Facility (DCF) ）において回収される。現在 PV CYCLE もイギリスの PCS として登録されており、太陽光発電設備とともに、WEEE 全般の取り扱いが可能となっている。ただし、太陽光発電設備以外は外注による処理を行っている。なお、現在の太陽光発電設備の廃棄量はまだまだ少なく、2013 年には約 27 トンしか廃棄されなかった。

PV CYCLE の会員企業である、英国太陽光モジュールメーカーの SolarCentury は、PV CYCLE の回収拠点としての活動も行っている。SolarCentury（本社ロンドン）は、ロンドン東南部の自社倉庫（テーブル 3 台程度の面積）を、無償で使用済み太陽電池モジュールの回収施設として提供している。SolarCentury が PV CYCLE の回収ポイントになった理由は、将来回収が義務付けられる可能性があることと、社としての環境意識に基づき、太陽電池モジュールの適正処理に貢献するためである。しかし、現在太陽電池モジュールの廃棄は非常に少なく、過去 10～20 枚の太陽電池モジュールしか回収ポイントに回収されていない。回収ポイントに回収された太陽電池モジュールは、PV CYCLE が回収する。

英国において、PV CYCLE は、モジュールを処理できる、WEEE のリサイクラーと契約しているが、コストが高く、処理レベルも高くないので、他の欧州諸国に輸送して処理をし

⁷ DTS については Valpak 社が運営を行っており、回収拠点の情報管理などを行っている。

ている場合が多い。

4) ドイツ国内法の改正状況と太陽光発電設備のリサイクルに関する議論・動向

a. ドイツ国内法制定の背景、国内法の改正方針等

ドイツでは、欧州 WEEE 指令を、2007 年に「廃電気・電子機器法 (Electrical and Electronic Equipment Act 通称 ElektroG)」として国内において全面施行している。現在、改正 WEEE 指令の国内法化期限が過ぎているのにも関わらず、ドイツではまだ国内法が制定されていない。この主な理由は、2013 年 9 月に行われた選挙である。ドイツは、既に欧州委員会より、早期の国内法化を完了しなければ欧州司法裁判所での違反手続を開始すると警告を受けている。

ドイツでは、2013 年 12 月によろやく新政府が動き出し、2014 年 2 月に法案が初めて提出され、Public Consultation (パブコメ) が開始された。そして、2014 年 11 月、改正 WEEE 指令のドイツ国内法化に伴う ElektroG の改正案が欧州委員会に通知された。内容に関する審議は、2015 年 2 月 23 日以降開始される。ドイツでは、改正 WEEE 指令の国内法化はまだできておらず、最も早くても 2015 年の 10 月であると予測されている⁸。

新しい ElektroG では、以下の点を改正する予定である。

1. 全ての WEEE を対象製品とする (太陽電池モジュールも追加)
2. 回収率目標の引き上げ: 改正欧州 WEEE 指令の回収率目標を達成するために、国内では販売店にも消費者からの WEEE の無償引取義務 (買替時の下取りに限らない) を課す。
3. 中古利用目的以外の WEEE の不正輸出の防止: 輸出される使用済み電気電子機器について、これまでは税関が中古利用目的の輸出であることを確認していたが、今後は全輸出業者に中古利用目的の輸出であることの証明を提出させる。太陽光発電設備についても他の機器と同様に扱う。

ドイツにおける関係主体の制度上の役割、及び WEEE の回収・処理スキームは以下の通りである。

表 1-95 関係主体の制度上の役割

関係主体	制度上の役割
生産者	・ 廃電子機器登録財団 (EAR) へ登録 ・ 登録機関への登録、販売量等の報告 ・ WEEE 回収・処理に関する実施・費用負担 ・ 独自の WEEE リカバリーも可能
廃電子機器登録財団 (EAR)	・ 電気・電子機器の流通シェアに基づき、回収・リカバリーを実施する生産者を決定
小売業者	・ 自主的に消費者が持参する WEEE の引取 ・ 引き取った WEEE の製造者あるいは廃棄物管理当局への引渡 (引渡が可能でない場合は、独自にリカバリーを実施)

⁸ PV CYCLE ヒアリング (2014 年 11 月) より

地方自治体	<ul style="list-style-type: none"> ・回収拠点の設置及び回収拠点における分別・回収 ・回収拠点におけるコンテナが一定量を超えた時点で、EAR に引取要請 ・EAR へ回収拠点のリストを報告 ・独自の WEEE リカバリーも可能
処理業者	<ul style="list-style-type: none"> ・許認可を受けた処理業者が、製造者からの委託を受けて、引取、処理等を実施
消費者	<ul style="list-style-type: none"> ・自治体や小売店舗まで WEEE を運搬

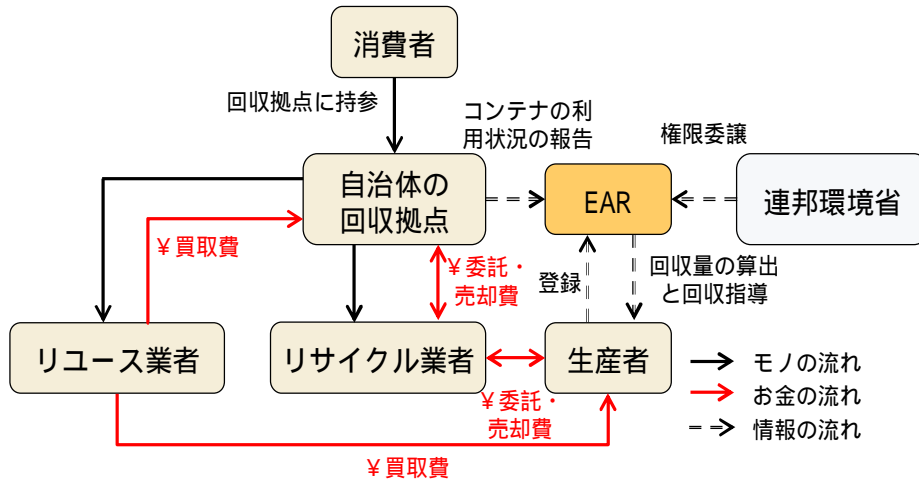


図 1-130 ドイツの WEEE 回収・処理スキーム

5) PV CYCLE の最新動向

a. PV CYCLE の運営概要

PV CYCLE とは、太陽電池モジュールの回収・リサイクルスキームの構築を目的とした世界初の産業団体である。主要業務は、メンバー企業の廃棄太陽電池モジュールのリサイクルシステム（回収・輸送・リサイクルの一連の流れ）の運営であり、メンバー企業と関連業界（回収、輸送、リサイクルに係る事業者）とのネットワークを活用したシステム運用が図られている。会員として、欧州市場に太陽電池モジュールを供給する太陽電池メーカー、輸入業者および関連機関等が参画している。会員企業が販売している太陽光発電設備は、欧州市場に販売されているものの約 90% である。

表 1-96 PV CYCLE の概要

組織形態	非営利組織 (NPO)
設立年	2007 年
所在地	ベルギー ブリュッセル
主要業務	欧州域内 (EU 加盟国および EFTA 加盟国) で廃棄される太陽電池モジュールのリサイクルシステム (回収・輸送・リサイクル) の運営
メンバー企業・機関	欧州域内に太陽電池モジュールを供給する太陽電池メーカー、輸入業者および関連企業・機関。2013 年 2 月時点の加盟メンバー数は、Full member (PV CYCLE のサービスを利用する契約企業) は 307 社、Associated member (その他関連機関) は 25 社 (欧州市

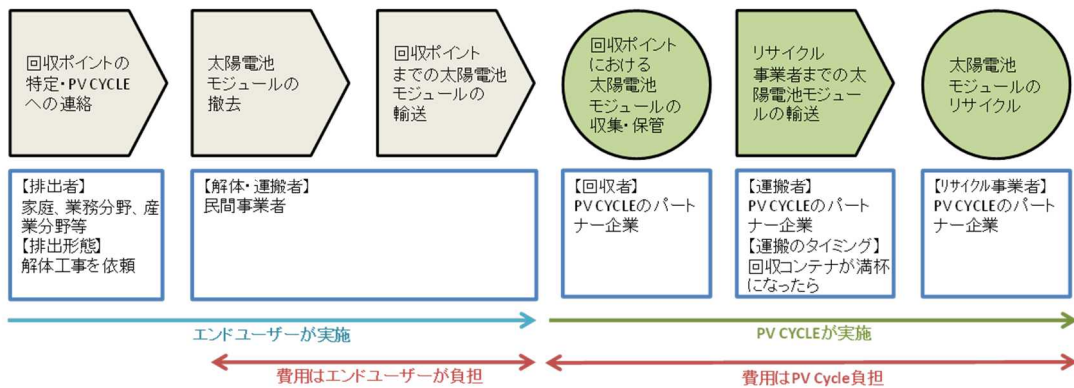
	場における太陽光発電関連企業・機関の約 90%をカバー)。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: left;"> <p>Full member</p> <ul style="list-style-type: none"> •メーカー •輸入業者、小売業者、卸売業者 •ディベロッパー •システムインテグレーター •電気設備業者等 </div> <div style="text-align: left;"> <p>Associated member</p> <ul style="list-style-type: none"> •研究開発機関 •産業団体等 </div> </div>
活動原資	メンバー企業の年会費のみ

PV CYCLE が実施している太陽光発電設備のリサイクルスキームは、太陽電池モジュールの枚数が 40 枚未満か以上かによって異なる。太陽電池モジュールの枚数が 40 未満(住宅用太陽光発電システム約 1 件分に相当)の場合には、下図の回収ポイントへの輸送まではエンドユーザーが、それ以降のプロセスは PV CYCLE が実施する。

エンドユーザーは、太陽電池モジュールの設置場所から最も近い回収ポイントを PV CYCLE のウェブ情報をもとに特定し、PV CYCLE に必要書類を提出した上で、太陽電池モジュールを撤去し、回収ポイントまで輸送する。太陽電池モジュールの撤去・運送に係る費用はエンドユーザーが負担する。

PV CYCLE は、回収ポイントに運び込まれた太陽電池モジュールを保管し、一定量を超えた時点でリサイクル事業者を選定し、リサイクル事業者のプラントまで太陽電池モジュールを輸送する。回収ポイントにおける太陽電池モジュールの収集・保管、リサイクルプラントまでの輸送、およびリサイクルにかかる費用は PV CYCLE が負担する。

《モジュール枚数 40 未満の場合》



出所) PV CYCLE ホームページ, PV CYCLE へのヒアリング調査

図 1-131 PV CYCLE のリサイクルスキーム (モジュール枚数 40 未満)

一方、太陽電池モジュールの枚数が 40 以上の場合には、下図の太陽電池モジュールの撤去まではエンドユーザーが、リサイクル事業者までの太陽電池モジュールの輸送以降のプロセスは PV CYCLE が実施する(回収ポイントまでの輸送及び保管のプロセスは省略される)。

エンドユーザーは、回収依頼に係る必要書類を PV CYCLE に提出した上で、太陽電池モジュールを撤去する。太陽電池モジュールの撤去に係る費用はエンドユーザーが負担する。PV CYCLE は、エンドユーザーからの連絡を受けてリサイクル事業者を選定し、太陽電池

モジュールの撤去場所からリサイクル事業者の元まで直接輸送する。太陽電池モジュールの輸送、リサイクルにかかる費用はPV CYCLE が負担する。

《モジュール枚数 40以上の場合》

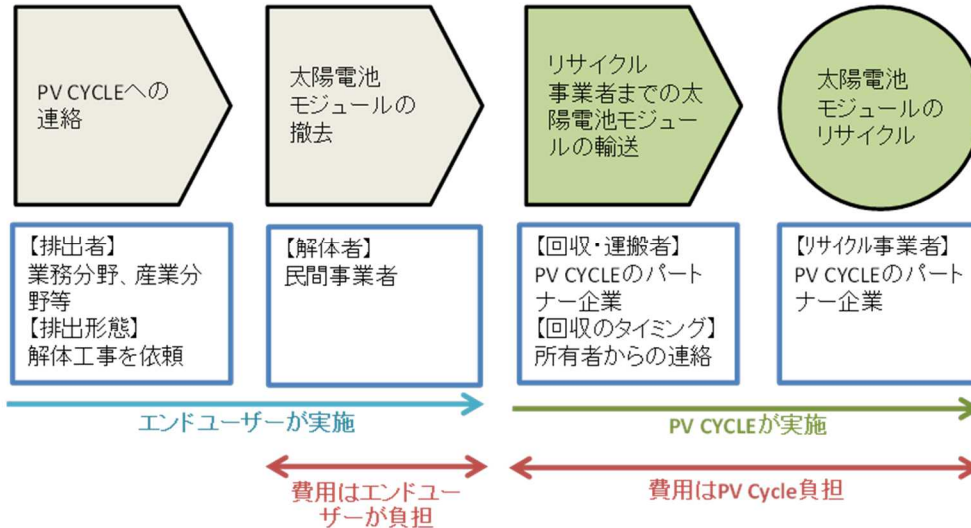


図 1-132 PV CYCLE のリサイクルスキーム (モジュール枚数 40 以上)
出所) PV CYCLE ホームページ, PV CYCLE へのヒアリング調査

b. PV CYCLE の運営費用

PV CYCLE は、会員企業（製造業者等）から、Contribution fee を徴収し、太陽光発電設備の回収から処理までを担っている。各製造業者の Contribution Fee は、回収・処理コストと、各製造業者の前年販売シェア（％）と、各国の太陽光発電設備の廃棄量（予測値）を掛け合わせて算出する。廃棄量の予測値は、過去の導入量に対して、経過年数ごとの廃棄率（PV CYCLE が算出）をかけて算定する。また、解体にかかる費用は、太陽光発電設備のユーザーが負担するものとしており、Contribution fee には含まれていない⁹。現時点で廃棄量は非常に少ないため、処理費用の Contribution Fee への影響は意外と小さく、製造業者の販売シェアの方が大きく影響する。

太陽電池モジュールの処理施設がない国では、他国に輸送し処理を行うため、輸送費が高くなる。国によって、回収・輸送・処理費用が異なるため、製造業者の Contribution Fee は国によって異なる。また、複数国にまたがって太陽電池モジュールを販売している製造業者は、それぞれの国で PV CYCLE と契約する仕組みとしており、PV CYCLE からの請求書や取引口座も国ごとに分かれている。

メーカーの倒産時及び歴史的製品に対する費用負担について、改正 WEEE 指令では、メーカーが製品販売時にギャランティ（Recycle insurance または Blocked bank account）を提供することにより、倒産時の金銭的補償を行うが、歴史的 WEEE については、現存する全てのメーカーが金銭的負担を行うこととなっている。一方、PV CYCLE によるヒアリングによると、太陽電池モジュールについては、倒産したメーカーが製造した太陽電池モジュール

⁹ 改正 WEEE 指令でも解体は製造業者の責任に含まれていない。

の回収・処理コストについては、スキームに加盟している他の企業（倒産していない企業）が負担することとなっている。

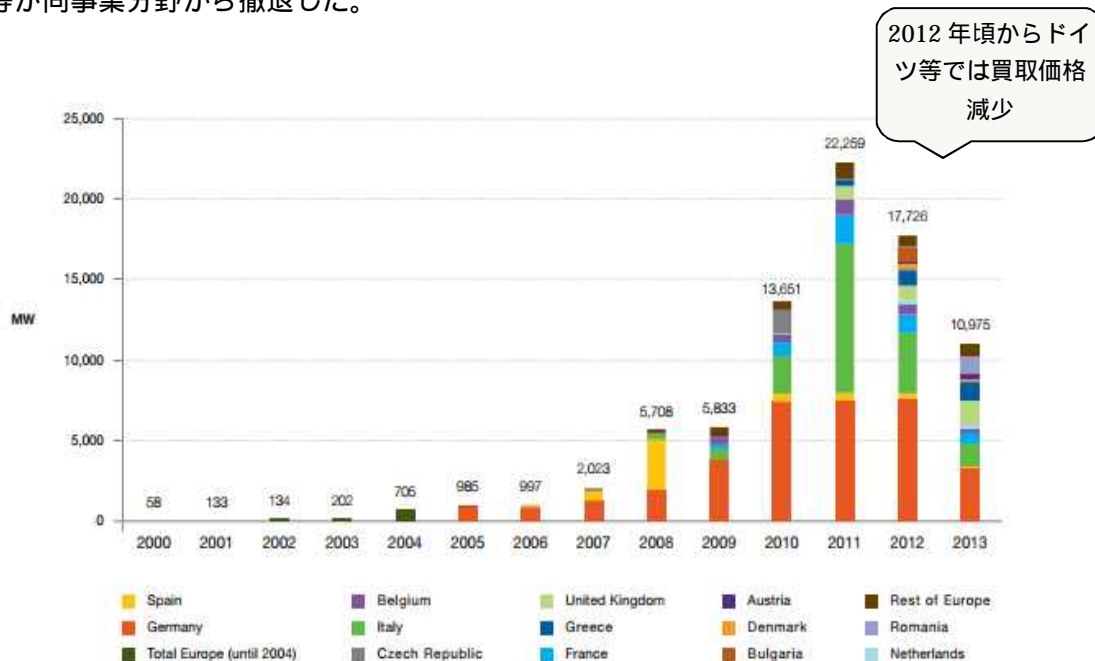
改正 WEEE 指令の施行により各国の PV リサイクル制度は変遷途上にあるが、各国の制度、特に歴史的 PV 分のリサイクル費用を何年間かけて徴収するかが費用に大きく影響を及ぼす。歴史的 PV (Historical PV) の回収・処理コストに対する考え方は、国によって異なり、PV CYCLE では、基本的には事業破綻をしても 1 年間団体運営ができる費用を留保しているが、国によっては、歴史的 PV のリサイクル費用を 5 年以内に確保し、留保するという無理な要求をしてくるケースもあり、その場合 Contribution Fee は膨大な金額になってしまうので、PV CYCLE は行政側と交渉をする。

c. 欧州における太陽光発電設備導入動向・回収状況

近年、EU における太陽光発電設備の導入量は、減少傾向にある。太陽光発電設備の導入は、FIT 制度の影響を受けやすく、近年、欧州各国では FIT 価格が減少している。

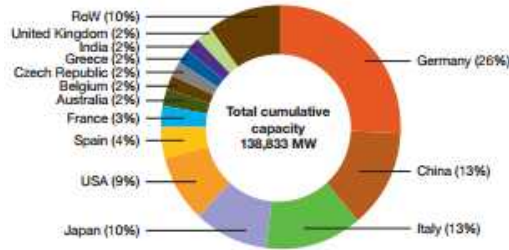
現在、世界規模でみると、新たな市場（インド、中国、日本等）において太陽光発電設備の導入が進んでいる。日本の導入総量を EU 内で比較すると第 3 位となる。今後、中国や日本等が世界の太陽電池モジュール市場を牽引していく見込みである。

過去の傾向を見ても、太陽光発電業界は安定しておらず企業が倒産、ないしは太陽光発電設備製造・販売事業から撤退している。例えば、以前太陽光発電設備を販売していた BP Solar 社等が同事業分野から撤退した。



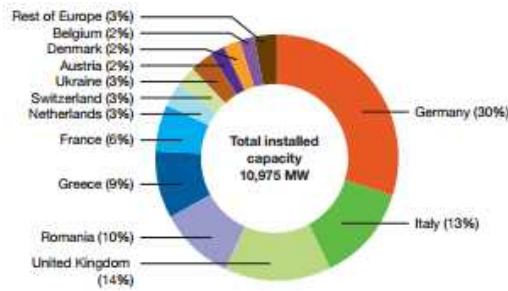
出所) EPIA “Global Market Outlook”

図 1-133 EU 諸国における太陽電池モジュール導入状況 (2000-2013 年)



出所) EPIA “Global Market Outlook”

図 1-134 世界における太陽光発電設備導入量（累積）ランキング（2013年）



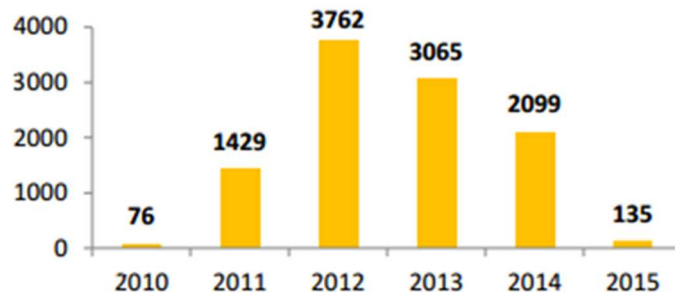
出所) EPIA “Global Market Outlook”

図 1-135 EUにおける太陽光発電設備導入量ランキング（2013年）

PV CYCLE が太陽電池モジュールの回収を 2010 年に開始してから、2014 年までに回収した総量は 10,431 トンである。概ね 2,500 トン/年だとすると、各年に 25 トントラック 100 台分である。このうち、回収ポイントから（概ね住宅から）回収された量は全体の約 10% である。

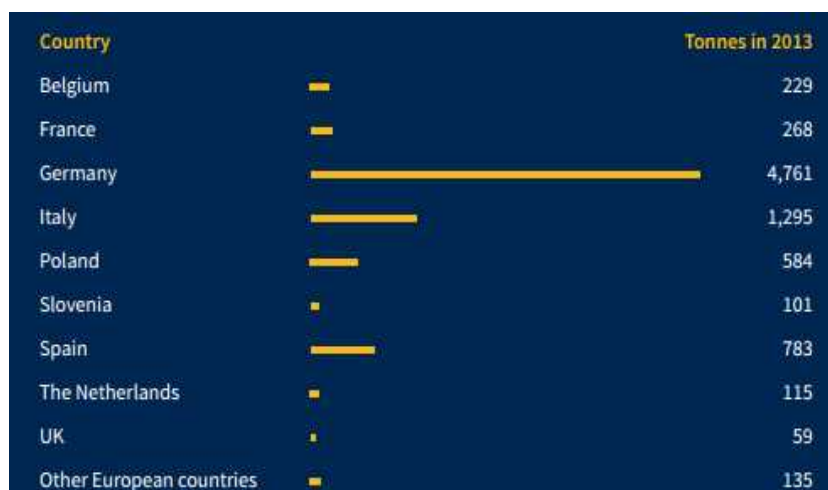
2013 年時点で EU で導入された太陽電池モジュールは累計 800 万トンである。PV CYCLE によると、最も早い排出は、2030 年頃であると予測される。現時点での回収量は、EU 内でドイツが最も多い。なお、現在回収されている太陽電池モジュールのほとんどは、初期不良・破損品である。

2013 年に太陽電池モジュールを回収した国は、18 か国である。各年の回収量は、2012 年の 3,762 トンが最も多く、その後は下降気味である。



出所) PV CYCLE Status Report(Jan. 2015), PV CYCLE ホームページ

図 1-136 各年の回収量（2015 年 1 月時点）



出所) PV CYCLE Status Report(Jan. 2015) , PV CYCLE ホームページ

図 1-137 2013 年の国別回収量 (累積)

欧州における PV CYCLE の回収ポイントは、計 347 ポイントである(2014 年 11 月時点)。しかし、この中で実際に活動しているのは、約 35 箇所である。回収ポイントの約 7 割は、ドイツ、イタリア、フランスに位置している。殆どの場合、回収ポイントは、太陽電池モジュールの施工業者が運営している。

施工業者が大量に太陽電池モジュールを回収する場合、PV CYCLE の回収ポイントに輸送しなくても良いよう、自身が回収ポイントになることが可能である。また、ドイツでは、WEEE の回収は自治体が行っており、現在約 400 の回収ポイントが自治体により運営されている。ドイツに関しては、今後改正 WEEE 指令が国内法化された際に、PV の回収も自治体経由で行うのかについてはまだ議論を行っている段階である。

PV CYCLE では、太陽電池モジュールが 40 枚以上の場合、PV CYCLE が回収を行っているが、40 枚以下の場合には利用者が回収ポイントへ持ち込む。PV CYCLE へのヒアリングによれば、40 枚を分岐点している大きな理由は、回収用のコンテナ(木製パレット)に 40 枚以上は入らないためである。40 枚以下であれば、手動による荷卸しも可能である。また、40 枚以下のモジュールを各家庭等から回収することは採算が合わず、回収ポイントにおいて 160 枚ぐらい集まった段階で連絡をもらうのがベストと考えている。



出所) PV CYCLE ホームページ

図 1-138 国別の回収ポイント数 (2013 年)

表 1-97 国別の回収ポイント数 (2013 年)

国	回収ポイント数	国	回収ポイント数
ドイツ	108	ギリシャ	8
イタリア	79	オーストリア	5
フランス	42	スイス	4
ベルギー	30	デンマーク	4
オランダ	16	ポルトガル	3
イギリス	11	スロベニア	3
スペイン	9	チェコ共和国	2

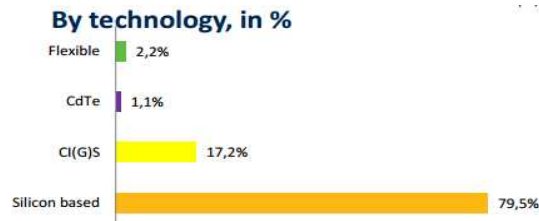
出所) PV CYCLE ホームページ

d. PV CYCLE の処理状況

PV CYCLE と契約を締結しているリサイクラーは、欧州内で約 10 社存在する。太陽電池モジュールのリサイクラーは、ガラスのリサイクラーが主である。WEEE のリサイクラーは、主にプラスチックと金属のリサイクル技術に長けているため、使用する技術が異なる。

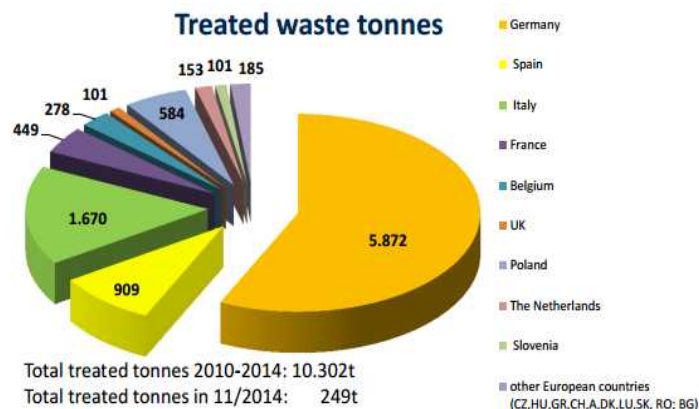
リサイクラーを採用検討する際に、PV CYCLE は試験を行うが、安価で適正な処理を行うことができるリサイクラーは限られており、リサイクラーから契約に対する要望を受ける場合もあるが契約に結び付かない場合が多い。現在、太陽電池モジュールの廃棄量が少ないため、リサイクラーは太陽電池モジュールのリサイクルをするのが難しい。

2010 年 - 2014 年に処理された太陽電池モジュールの重量は、累計 10,302 トンである。そのうち、シリコン系モジュールは約 80% を占める。



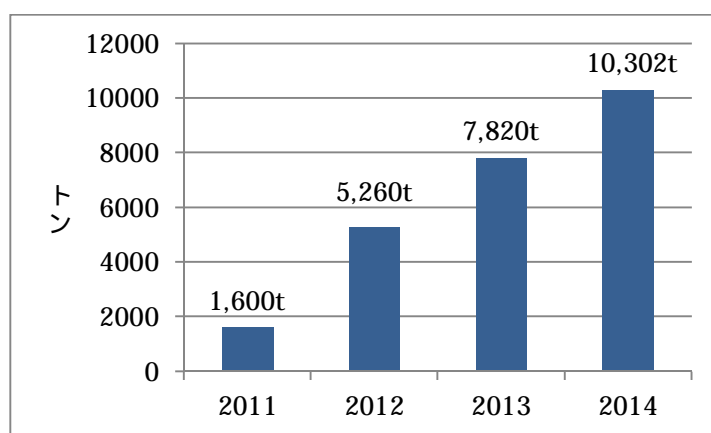
出所) PV CYCLE 提供資料等より作成

図 1-139 2010-2014 年に処理された太陽電池モジュールの種類



出所) PV CYCLE 提供資料等より作成

図 1-140 2010-2014 年に処理した太陽電池モジュール重量 (累積)



出所) PV CYCLE 提供資料等より作成

図 1-141 PV CYCLE 処理量推移 (累積)

6) 太陽光発電設備リサイクルの標準化動向

a. 標準化に向けたスケジュール

欧州委員会は、2013年1月に、CENELEC に対し、太陽光発電設備を含む WEEE の処理に係る EN 規格 (EN; European Norm) を策定させることを求めた。CENELEC は欧州規格を策定している公的機関である。

CENELEC 内には、太陽光発電設備の回収・運搬・処理に係る規格 (Collection, Logistics & Treatment Requirements for WEEE- Part 6: Specific Requirements for the treatment of PV panels) 内容を考案する技術部会 (TC111X) が設立されており、15~20名程度 (業界団体、リサイクラー、政府の規格制定機関等が参加) で規格の内容を検討している。本部会には、First Solar 社や PV CYCLE が EPIA の代表として参加している。規格は、シリコン及び薄膜系の太陽電池モジュールについて議論されている。規格の詳細については現在議論中であり、現時点で6ページしか完成していない。最終版の規格は、2015年の終盤に公開される予定である。

EN 規格をどう利用するかは国毎の判断による。国内の法律において、EN 規格への準拠の義務化するケースや、推奨するケース、または全く引用しないケースがある。

スペインでは、WEEE 指令の国内法案において、上記 EN 規格のドラフトの内容を、国内

法のアネックスの「処理条件」に記載している（本内容は未確定の内容であることから、PV CYCLE より異議申し立て中）。

PV CYCLE は、廃棄物処理手法は、日頃の経験から身に着くものであり、太陽電池モジュールが品質改良されると処理方法も変化するため、太陽光発電設備の処理等に関する CENELEC 規格の内容策定は非常に難しいと感じている。現時点で、最終的に本規格を支持するかどうかは不明である。

7) その他

a. 太陽光発電設備のリユース状況

欧州では、製造業者による太陽光発電設備の B グレード品の輸出がされている。イギリスの太陽電池モジュールメーカーの Solarcentury は、基本的には A グレード品を販売しているが、傷等の部分的不良があった場合は、B グレード品として認定され、中国等に販売している。

B グレード品は、off-grid 用途として、中国の信号機等に使用されている。なお、国内の OffGrid 用途で使用されたり、アフリカ等に寄付される場合もある。A グレード品と B グレード品は、傷の有無等約 40 項目の検査審査項目によって区別されている。

また、ベルギーでは、自治体で回収した WEEE が、リユース可能と判別できたら、リユース団体（Used Goods Center）に受け渡し、販売している。リユースの判別については、判定項目が作成されており、錆がない、古い技術を使用していない、エネルギー消費量も設定範囲内という項目が含まれる。回収された WEEE のうち、約 5% がリユース品として Used Goods Center で販売される。リユース品は、輸入品でない限り、Visible fee は含まれない。

PV CYCLE は、太陽光発電設備の大部分はガラスで構成されるため、リユースのため輸送するのは危険であると、リユースについて懸念を示している。また、使用済の太陽電池モジュールを解体し、再度接続する電気工事する際の安全性の確保も課題である。さらに、太陽電池モジュールは常に技術や価格面での進歩があるため、20 年前のリユース品を使用したいと思う人は少ないと考えている。PV CYCLE は、リユースに対しては、完全に反対する立場にはいないが、リユースする場合は、安全面における管理を徹底することが必要であると考えている。

なお、欧州では、“Repowering Business” と呼ばれるビジネスが存在する。例えば、ベルギー等で 3 年程度使用された大型の太陽光発電プラントをそのままブルガリア等の東ヨーロッパに輸送し使用するというインフラ輸出ビジネスである。

b. 建材一体型太陽電池モジュール・BOS の処理状況

建材一体型の太陽電池モジュールは、フランス¹⁰以外の国での導入量は非常に少なく、処理に係る検討は実施されていない。

PV CYCLE に加盟しているリサイクラーの施設において、太陽電池モジュールに付随する電池等と一緒に回収された場合は、基本的に受け取る方針であるが、電池の処理業者に処

¹⁰ フランスでは、建材一体型の方が売電価格が高いため、導入比率が高い。

理を委託する可能性があるとのことである。PV CYCLE によるヒアリングによると、電池は新しい型の太陽電池モジュールに導入されており、これまで電池を回収した事例はないとのことである。なお、変換器や電池には、有価なものが多いため、PV CYCLE の回収拠点に持ち込まれる前に、違う処理業者に販売される可能性が高い。

コネクターは、太陽電池モジュールのガラスに付着しているため、ガラスリサイクラーに引き渡し、処理を委託する。これは、リサイクラーとの契約内容に含まれている。

1.4.2 製品特性や排出実態を踏まえた対策メニューの検討

(1) 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿

- 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿について、物質的側面、経済的側面から整理した。
 - 物質的側面からは、「最終処分負荷と有害物質負荷の削減」「不法投棄の極小化」「リサイクルの推進」「長期使用やリユースによる排出の先延ばし（FIT 制度との連携）」の4点が実現されることが望ましいと考えられる。
 - 経済的側面からは、「撤去・運搬・処理コストの適切な負担」「経済的・効率的なリユース・リサイクルビジネスの展開」の2点を実現されることが望ましいと考えられる。

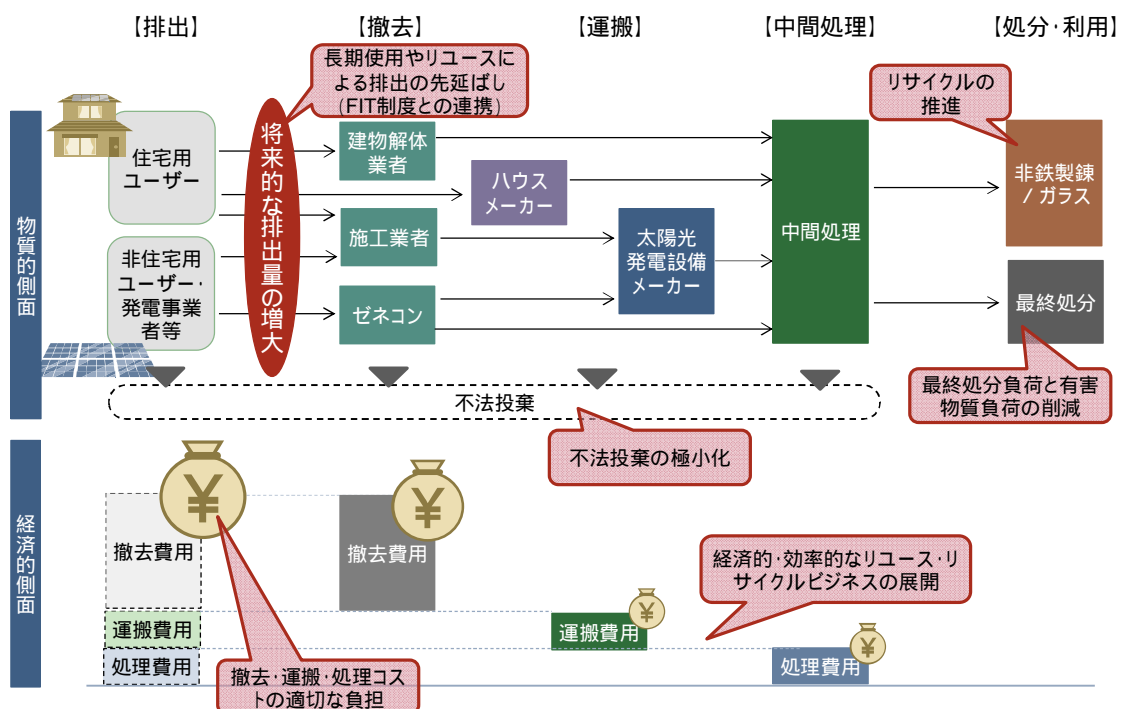


図 1-142 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿

(2) 現状分析を踏まえた課題の整理

次に、あるべき姿に示した6つのポイントに基づき、現状分析を踏まえた課題を整理した。整理にあたっては、住宅用、非住宅用（主にビル・工場設置）、非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）といった太陽光発電設備の設置形態別の区分と、課題が顕在化する時期に留意した。

1) 最終処分負荷と有害物質負荷の削減

- 住宅用については、FIT 買取期間終了（2022 年以降）が排出の契機となる可能性があ

る（排出見込量推計によれば、2025年で数万トン規模）。一方、非住宅用（主にビル・工場設置）、非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）については、FIT 買取期間が最短でも2032年まで続くため、買取期間終了に伴う排出の到来時期は早くともそれ以降と見込まれる。ただし、太陽電池モジュールはFITにより導入が促進されたため、FIT 買取期間終了後の取扱いなど排出メカニズムが不明であり、製品寿命も不確実性が高い点には留意が必要である。また、例えば、地震や台風、大雪等の災害時に故障品が大量排出される可能性についても留意が必要である。

- 将来的に、仮に短期間に大量の排出があり、リサイクル等が実施されない場合には、相当量が最終処分されることとなり、最終処分場の逼迫が懸念される。
 - 地域別に埋立処分場の容量と排出見込量を比較した結果より、一定の地域偏在性が存在することが示唆された。地域偏在性の分布は、（人口密集地域で大量に排出される）家電や自動車等と異なる点についても留意が必要である。
- 太陽電池モジュールを対象に実施した溶出試験では大部分は埋立基準値以下であるが鉛等の検出が確認されている。将来的な排出量の増加も鑑みれば、最終処分場への重金属負荷削減の観点からもリサイクルが望ましい。

2) 不法投棄の極小化

- 排出量については、1)に示したとおり、今後増加が見込まれる。大部分は産業廃棄物としての排出が見込まれ、この場合、排出者責任に基づく適正処分の義務が排出事業者（施工業者、建物解体業者、建設工事業者、メーカー等）に発生する。
- リサイクルの経済性は高くないため、将来的に排出量が増加（数万トン規模）した場合に、費用が適切に転嫁されなければ、施工業者や解体業者等により不法投棄される懸念がある。また、例えば、地震や台風、大雪等の災害時に故障品が短期間に大量排出される可能性についても留意が必要である。
- 住宅用については、撤去は施工業者等の専門技術を有した事業者が担うのが一般的であり、住宅用ユーザーが自ら撤去するケースは少ないと想定される。
 - 量は少ないが一般廃棄物としての排出可能性にも留意が必要。

3) リサイクルの推進

- 重量比で7~8割を占めるガラスのリサイクルが課題である。少量であれば非鉄製錬プロセスで受入可能（銀の回収が主目的）であるが、大量排出となった場合にはガラス、有機物の受入に制限があるため、事前の選別が必要となる。また、将来的にはモジュールにおける銀の含有量が低下傾向を辿ると見込まれる点についても留意が必要である。
- NEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の技術開発プロジェクトが進行中（平成26-30年度）であり、低コスト分解処理技術、低コスト撤去・分別・回収技術開発調査に取り組んでいるところである。その他にも複数のリサイクル事業者が技術開発に取り組中である。
- 太陽光発電設備メーカーにおいて化学物質削減、易解体設計等の環境配慮設計に取り組中であるが、長期使用に耐えるために解体が容易でないモジュールも排出されている。

- 非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）については、同一種類のモジュールが大量に排出されるため、回収・リサイクルの経済性を高める余地が大きい。

4) 長期使用やリユースによる排出の先延ばし

- 太陽光発電設備メーカーにおいて太陽光発電設備の長寿命化設計に取り組中である。
- リユースについて、現状は海外への輸出によるリユース事例が見られる程度である。ただし、今後の事業環境の変化により、新たな事業形態が出てくる可能性はある。
 - リユースに適さない設備がリユースを名目に輸出され、処分されることが起こらないよう、環境省が2012年に「使用済み電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準」を策定している。太陽光発電設備は明示的に対象とされていないものの、海外リユース目的での輸出時には本判断基準に基づき確認を行うことが望ましいと考えられる。
- 非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）については、1箇所にも大量のモジュールが導入されるため、総導入コスト（その他周辺機器（BOS）の費用や工事費用を含む）に占めるモジュール費用の割合が高い。相対的に中古モジュールの価格メリットを享受しやすいと考えられる。ただし、耐用年数の短い中古モジュールを受け入れるユーザーがいるかどうかによって左右される。
- 撤去に費用がかかることから、使用されないまま放置（退蔵）されるモジュールが発生する可能性についても留意が必要である。

5) 撤去・運搬・処理コストの適切な負担

- 産業廃棄物となった場合、一義的な費用負担・処理責任は排出事業者（施工業者、建物解体業者、メーカー等）にある。多くの場合、費用についてはユーザーに転嫁される。仮に適切に転嫁されない場合は、廃棄物処理の過程で不法投棄等の違法行為が行われる懸念があるので、ユーザーによる費用の適切な負担が重要である。
 - 非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）の場合は、発電事業者、ゼネコン・建設事業者、メーカー、保険会社、リース会社等の多くの関係主体が存在することに留意が必要である。
- 費用便益分析から、特に撤去費用の占める割合が高い結果となったことから、この費用についてはユーザー（施主）の負担が必要と考えられる。
 - 欧州の制度や自主的スキームでも、撤去費用はユーザー負担となっている。
- メーカーが処理・リサイクルする場合は、将来におけるメーカー倒産等によるメーカー不存時の処理・リサイクルの実施者が問題となる。欧州のWEEE制度ではメーカーが製品販売時にギャランティ（Recycle insurance または Blocked bank account）を提供することにより、倒産時の金銭的補償を行うことでこれに対処している。
 - 特に、非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）において、安価な海外メーカー品の導入が進んでいる点に留意が必要である。

6) 経済的・効率的なリユース・リサイクルビジネスの展開

- 費用便益分析結果より、埋立よりもリサイクルするケースの方が、費用便益比が大きく、リサイクルの有効性を確認することができた。一方、今回検討したいずれの試算ケースでも費用が便益を上回ったことから、太陽電池モジュールのリサイクルの事業性は高くないと推察される。
- 費用便益分析結果では、撤去費用の占める割合が高く、この部分については施工・撤去や建物解体段階におけるユーザー(施主)による適正なコスト負担が必要と考えられる。
- 撤去費用を除いたとしても、リサイクルシステムの経済性は高くない(費用が便益を上回る)。しかしながら、回収・リサイクル費用については、リサイクル技術の低コスト化や効率的な回収システムの構築により低減できる可能性がある。また、メガソーラーなど、同一種類のモジュールが大量に排出されるケースでは、経済性を高められる余地が大きいと考えられる。一方、将来的にはモジュールにおける銀の含有量が低下傾向を辿ると見込まれる点についても留意が必要である。

(3) リサイクルシステムの経済性・効率性を高める上では、家電や自動車などの他製品のリサイクルシステム・施設の活用可能性や、リユースと併せたシステム構築についても考慮する必要がある。目指すべき方向性

- (2) で整理した課題を踏まえ、あるべき姿の実現のために目指すべき方向性を以下のとおり整理した。

最終処分負荷削減・不法投棄の未然防止対策の観点からリサイクルの受け皿(セーフティネット)を整備していく。リサイクルの経済性が高くないこと並びに埋立処分時に重金属等の溶出の懸念があることから、環境配慮設計等を通じて関連メーカーがリサイクルに関して一定の役割を果たすことが望ましい。

その上で、リサイクルの受け皿に使用済太陽電池モジュールを流すためのフローの適正化を図る(そのためには、適正な費用負担、撤去・運搬の適切性担保が必要)。

国は関連事業者(関連メーカー、産廃処理・リサイクル業者等)による自主的な回収・適正処理・リサイクルシステムが円滑に運用されるよう必要な制度的措置を検討する。

リサイクルシステムの構築・運営に関する社会的コスト削減のために技術開発や環境配慮設計を推進する。その際、欧州 WEEE 指令におけるリサイクルシステムや技術と協調させる等、国際的な取組との整合にも配慮することが望ましい。

加えて、モジュールの発生時期を遅らせるための方策として、FIT 期間終了後の発電事業継続の可能性(機器の長寿命化やリユースを含む)も併せて検討する。

(4) 対策メニューの検討

- 目指すべき方向性を踏まえ、太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿を実現するための課題と対策メニュー案との関係を整理した。
- 対策メニューとしては、以下の6点を挙げた。これらの詳細については、次節におけるロードマップの中で整理した。
 - 回収・適正処理・リサイクルシステムの強化・構築
 - 技術開発支援
 - 環境配慮設計の推進
 - 撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成
 - 住宅用ユーザー・発電事業者等への周知
 - FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討（リユース含む）

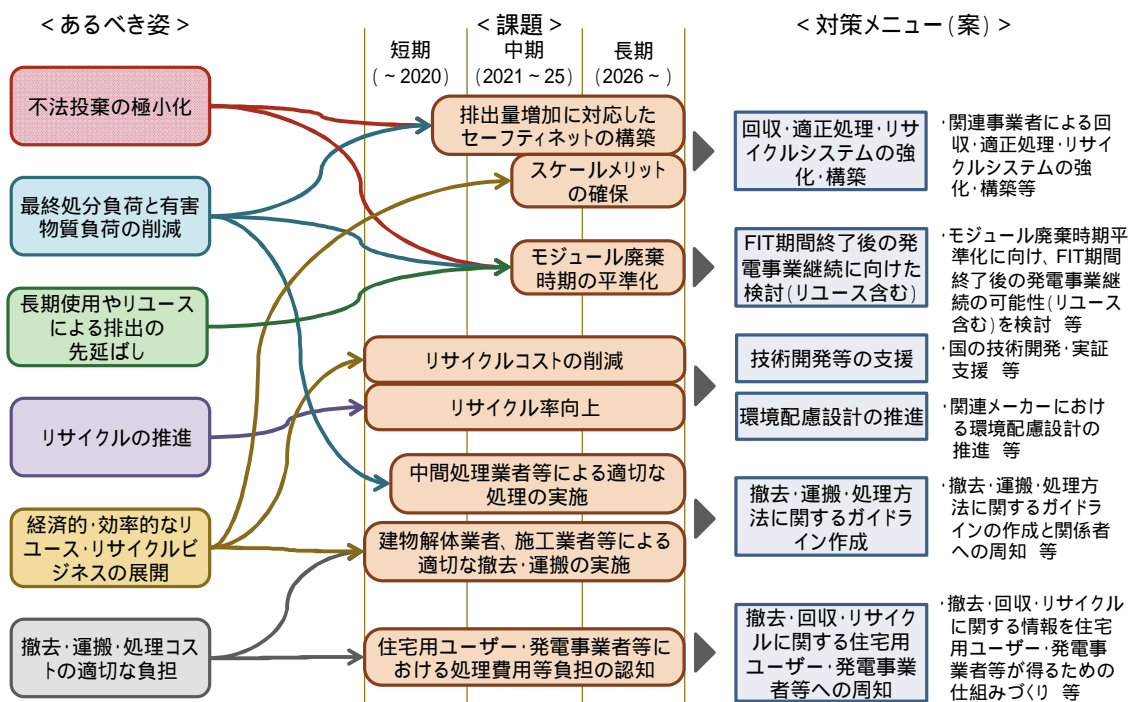


図 1-143 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿を実現するための課題と対策メニューとの関係

1.4.3 リサイクルを含む適正処理の推進に向けたロードマップ

- リサイクルを含む適正処理の推進に向けた対策メニューと段階的な取組スケジュール等を整理した検討ロードマップは図 1-144 に示すとおりである。また、各対策メニューについて、関係者間の役割や取りうるオプション、検討課題等について表 1-98 に整理する。
- 取組の進捗状況について本検討会の場で定期的（原則 1～2 年毎）にフォローアップし、政策が有効に機能していないようであれば適宜必要な見直しを行う。
- また、フォローアップに際しては、適宜、排出見込量やリサイクル技術の動向、海外の政策動向等について、最新動向をフォローアップし、検討の参考とする。

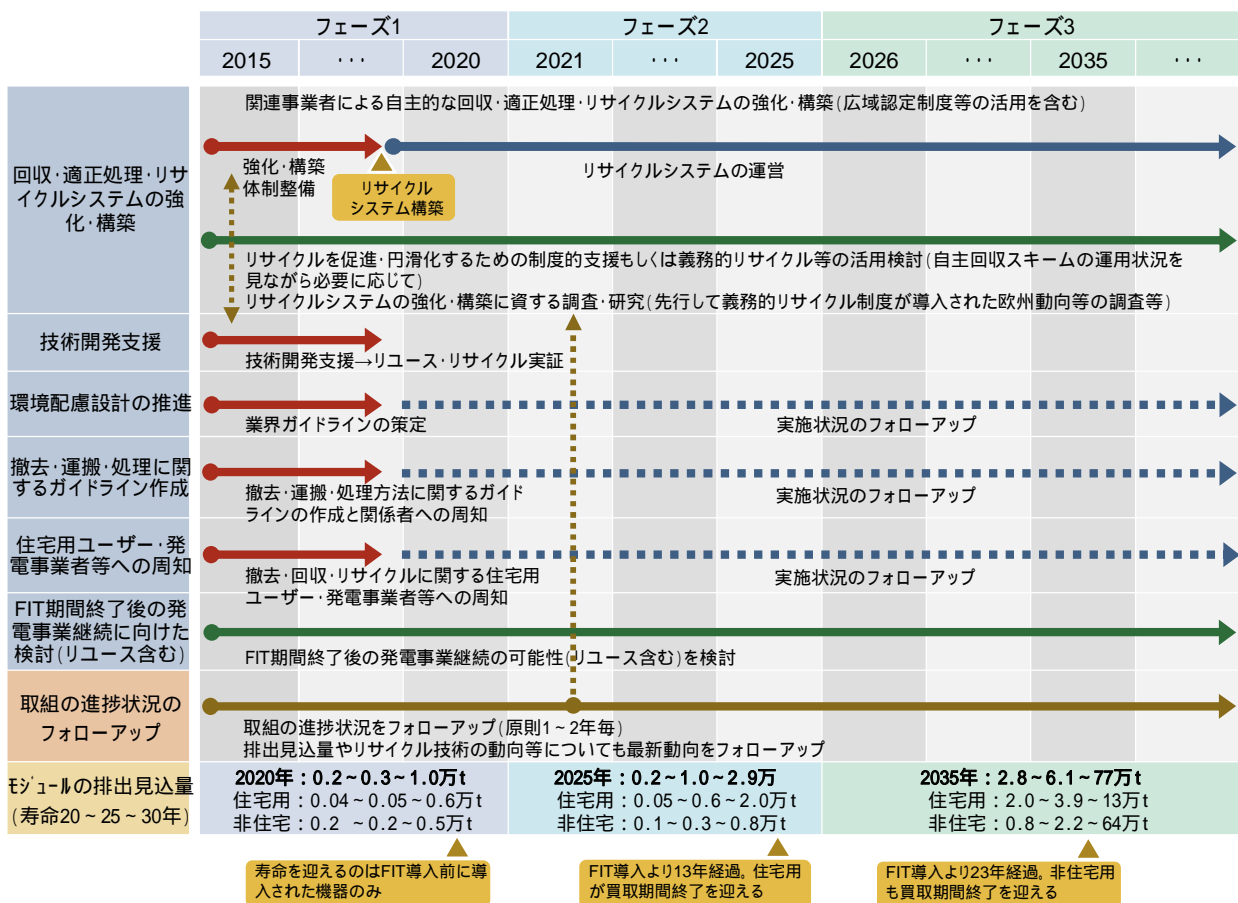


図 1-144 使用済太陽光発電設備のリサイクルを含む適正処理の推進に向けたロードマップ

表 1-98 ロードマップに示した対策メニューとオプションの詳細

対策メニュー	検討主体	検討時期	オプション	関係主体	検討期間	実施内容	検討課題
回収・適正処理・リサイクルシステムの強化・構築	関連メーカー 産廃処理・リサイクル業者 国 研究機関	FY2015～	廃掃法広域認定制度の活用	関連メーカー 産廃処理・リサイクル業者	システム構築の準備期間として3年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ 廃掃法の広域認定制度に基づき各関連メーカーもしくは業界団体が回収～再資源化までのリサイクルシステムを構築。 ■ 回収ポイントまでは施工業者等が運搬（費用は住宅用ユーザー・発電事業者等が負担）。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自主的なスキームであるため、排出量の段階的な増加にも柔軟な対応が可能。 ■ 関連メーカー個社で実施する場合は、メーカー不存在（倒産等）への対応が必要。加えて、短期間での大量排出にも対応できるよう ■ 関連メーカーがリサイクルに関与することで環境配慮設計へのインセンティブも働く。 ■ 資源有効利用促進法（指定再資源化製品）へ位置づけることもあり得る。
			義務的リサイクルの実施	関連メーカー 施工業者 建物解体業者等	自主的なリサイクルシステムの運用状況も見ながら継続的に検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ 例えば、住宅用ユーザー・発電事業者等が施工業者等に撤去・引取を依頼（撤去・引取費用を負担）。施工業者等がSYに持ち込み。関連メーカーはSY～再資源化までのリサイクルシステムを構築。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 費用が適切に転嫁されない場合は、施工業者等が適正処理費用の負担忌避による不法投棄の可能性が存在。関連メーカーが市場から撤退した場合、あるいは倒産した場合に、撤退・倒産した関連メーカーが製造した製品（Orphan Products）の廃棄費用をどのように担保するのか検討が必要。
			リサイクルシステムの強化・構築に資する調査・研究	国 研究機関等	海外制度の動向等も見ながら継続的に検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクルシステムの強化・構築に資するよう継続的に調査・研究を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 主な検討課題としては、先行して義務的リサイクル制度が導入された欧州動向等の調査や、排出量・フロー把握、環境影響評価、経済性評価などが想定。
技術開発支援	国	FY2014～	技術開発支援	産廃処理・リサイクル業者 国	5年程度	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル技術開発（処理技術、利用技術）への財政支援 	<ul style="list-style-type: none"> ■ NEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）にて技術開発プロジェクト遂行中

対策メニュー	検討主体	検討時期	オプション	関係主体	検討期間	実施内容	検討課題
							<p>(FY2014-2018)。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 撤去、回収費用が大きいことから、社会システムの検討と連動した検討が必要(開発目標の見直し等)。 ■ リサイクル方法について国際整合性にも配慮が必要。
			リユース・リサイクル実証	関連メーカー 産廃処理・リサイクル業者 国	5年程度	<ul style="list-style-type: none"> ■ リユース・リサイクルの実証事業の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル技術開発の次のステップとしての位置づけ。社会システムの実証も含む。 ■ 欧州におけるリサイクルシステムや技術と協調させる等、国際的な取組との整合にも配慮することが望ましい。 ■ リユースとリサイクルを併せて事業化する形態も想定(リユース品規格の策定などのリユース市場環境整備のための検討も含む)
			設備導入補助	産廃処理・リサイクル業者 国	排出量の増加状況を見ながら随時	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル設備導入への財政支援 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設備導入の規模については要検討。
環境配慮設計の推進	関連メーカー 国	FY2015～	環境配慮設計ガイドラインの策定とフォローアップの実施	関連メーカー	検討期間として3年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ 関連メーカーにおける環境配慮設計の推進 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 業界ガイドラインの策定と実施状況のフォローアップ等。
撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成	国	FY2015～	撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成	施工業者 建物解体業者 建設工事業者 産廃処理・リサイクル業者 国	検討期間として3年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ 撤去・運搬・処理方法に関するガイドラインの作成と関係者への周知 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 推奨される撤去・運搬・処理方法を関係者に広く周知。施工業者の資格制度・認定制度との連携も一案。 ■ リサイクルシステムの構築状況や技術開発状況を踏まえてリバイズ。
撤去・回収・リ	国	FY2015～	撤去・回収・リサイ	施工業者	周知方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ 撤去・回収・リサイクルに関す 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 住宅用ユーザー・発電事業者等との

対策メニュー	検討主体	検討時期	オプション	関係主体	検討期間	実施内容	検討課題
サイクルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知			クルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知	建物解体業者 建設工事業者 国	期間として3年程度を想定	る情報を住宅用ユーザー・発電事業者等が得るための仕組みづくり	接点となりうる施工業者や小売店、関連メーカー等を通じた撤去・回収・リサイクルに関する情報提供。 ■ 固定価格買取制度と連携しながら周知することも検討。
FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討（リユース含む）	国	FY2018～	FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討（リユース含む）	国	検討期間として5年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ モジュール廃棄時期の先延ばしのため、FIT 期間終了後の発電事業継続の可能性（リユース含む）を検討。 ■ 具体的には、以下の対策を総合的に推進。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 確実なメンテナンスの実施 ✓ 適切な更新投資・リパワリングの推進 ✓ 買取期間終了後の事業継続に向けた環境整備（買取制度枠外での事業者の供給責任や接続・買取条件の整備等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ モジュールは FIT 期間終了後も発電可能との見解あり。 ■ 有望なリユースビジネスモデルがあれば推進。