

## リサイクルシステムの経済性評価

### 【内容】

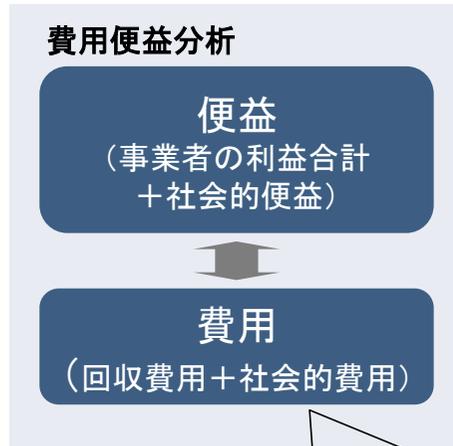
- (1) 経済性評価の進め方
- (2) リサイクルシステムの費用対効果分析
- (3) リサイクルシステムの各段階の採算性評価

※詳細データは、【参考】としてP.14以降に掲載

## (1) 経済性評価の進め方 評価手順

- リサイクルシステムの経済性評価は以下の内容について実施する。
  - ① システム全体の費用対効果分析(費用便益分析含む)
  - ② 段階別の採算性評価
- システム全体の評価及び段階別の評価にあたっては、以下の点に留意する。
  - 費用便益分析については、調達コストの差から計測するアプローチで計測するが、補足的に段階別の利益を合算するアプローチも併用する。
  - 便益として計上できない効果(定量的・定性的)も含めて検討する。
  - 段階別の採算性評価は、システム全体の構造・課題を整理するために必要。

### ① システム全体の費用対効果分析(費用便益分析+定量・定性的効果)



- レアメタルリサイクルシステム全体としての経済性を評価する。施策評価となるため、**社会的費用・便益も含め検討**する。
- 有害物質管理は社会的費用と想定
- 鉱山からの調達とリサイクルとの調達コスト差が便益(それを誰が享受するかは別)。



- システム全体の費用便益分析に**金額換算できない社会的効果も加味**した評価を実施する。
- 社会的効果としては、リサイクルによるレアメタルの供給安定化や環境影響等の改善効果等を想定。

### ② 段階別の採算性評価



- 関係主体別の収益・費用を分析することを念頭に**段階別の採算性を評価**する。
- 例えば、レアメタルの回収費用に中間処理、小型家電回収費用の一部を含めた場合の損益計算等も実施可能。
- 損益から**みた必要回収量の試算**も可能。

## (1) 経済性評価の進め方 評価シナリオ

- これまでの研究会での議論を踏まえ、**技術的・採算的な観点**から、レアメタルだけを回収対象とするのではなく、**ベースメタルや貴金属の回収と併せてレアメタルの回収**を行うことを想定。
- システムの経済性評価については、「**リサイクル対象とする金属**」、「**レアメタルの回収にどれだけ重点を置くか**」によって、結果が大きく変わりうると想定される。
- 評価シナリオの設定の考え方は以下に示すとおりである。精緻な経済性評価のためには、シナリオの具体化、不足データの収集が不可欠となるため、リサイクルシステムWGにおいて関係主体へヒアリングを行う。

	評価シナリオ	リサイクル対象とする金属	回収対象とする小型家電
副産物として レアメタルを回収	①従来型レアメタル 回収シナリオ	ベースメタル・貴金属回収を主体としつつ、既存の製錬施設で回収可能なレアメタルを回収	ベースメタル・貴金属の濃縮度がある程度高く、回収対象とするレアメタルも一定程度含有した小型家電
レアメタル を狙って回収 + 副産物として レアメタルを回収	②レアメタル重点 回収シナリオ	中間処理において徹底した事前選別・濃縮を実施し、資源戦略上の重要性等の観点から可能な限り多くのレアメタルを回収	→潜在的回収可能量、レアメタル含有量、リサイクル対象とする鉱種によって、回収対象とする品目の範囲を決定

(1) 経済性評価の進め方

【参考】潜在的回収可能台数についてはP.16,17

前提条件

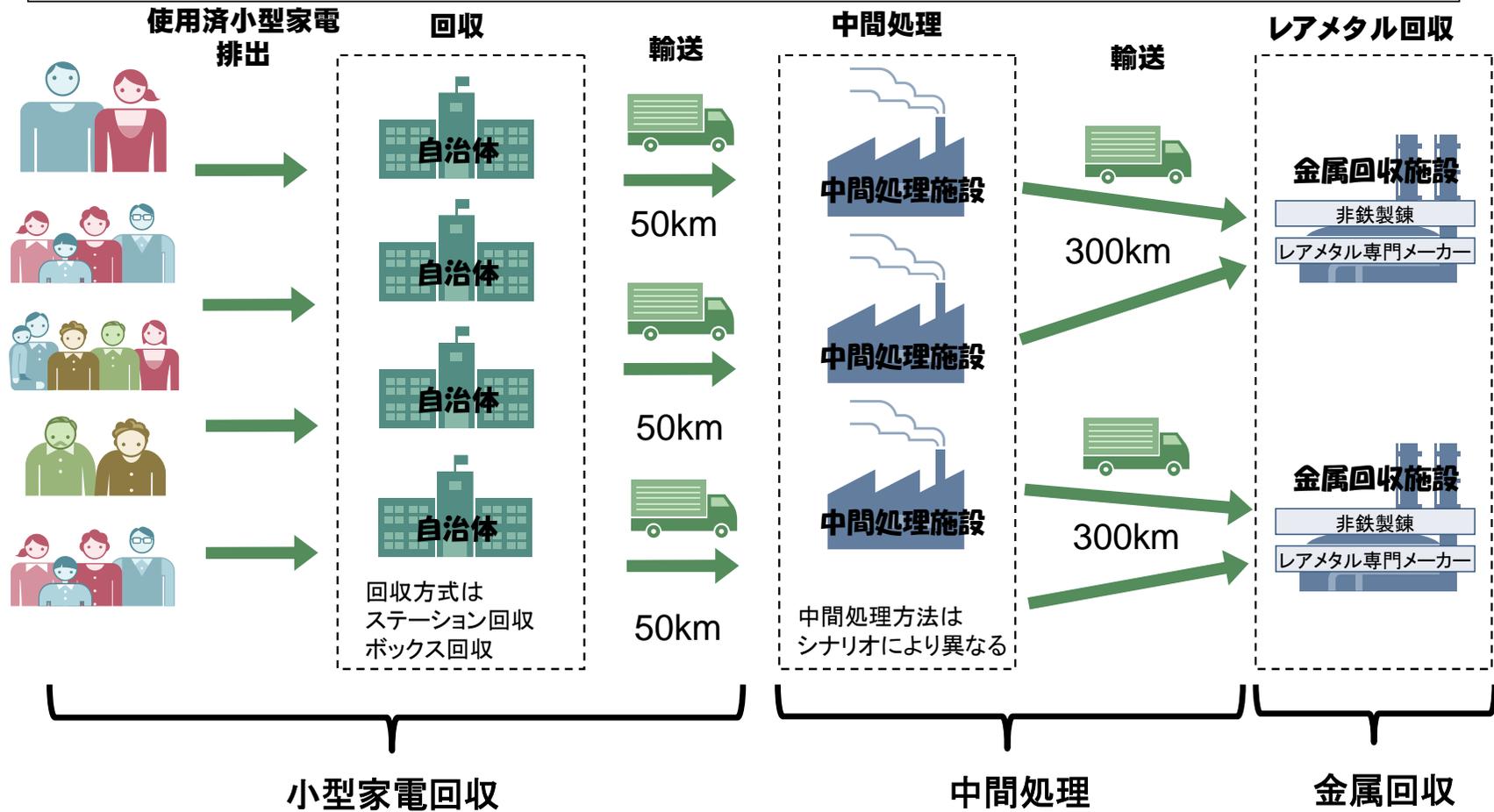
- 各段階における採算性評価は様々な仮定や前提条件を置いて実施。回収率等の条件を変化させることで感度分析も可能。

		①従来型レアメタル回収シナリオ	②レアメタル重点回収シナリオ
小型家電回収	回収品目	携帯電話、ゲーム機(小型以外)、ゲーム機(小型)、ポータブルCD・MDプレーヤー、ポータブルデジタルオーディオプレーヤー、デジタルカメラ、カーナビ、ビデオカメラ、DVDプレーヤー ※比較的金属含有濃度が高く、昨年度排出ポテンシャルを推計した9品目を選定	
	回収対象地域	日本全国を対象	
	回収率	潜在的回収可能台数の5%、10%、20%、30%	
	回収方法	5万人未満の全自治体、5万人以上30万人未満の自治体の半数:ステーション回収(資源ごみ回収と同時実施) 5万人以上30万人未満の自治体の半数、30万人以上の自治体:ボックス回収(小型家電専用回収車にて回収) ※シミュレーションモデルを活用して回収費用を試算	
中間処理	中間処理方法	手解体・手選別により基板・ボディ等を選別し、残りを機械的に破碎・選別	手解体・手選別により基板・特定部品・ボディ等を選別し、残りを機械的に破碎・選別。基板から更にタンタルコンデンサ等を選別。
	生成物	基板、ボディ等、鉄等、アルミ等、プラスチック等、その他	基板、タンタルコンデンサ等、特定部品(モーター、マイクスピーカー、液晶パネル)、ボディ等、鉄等、アルミ等、プラスチック等、その他
	使用データ	モデル事業における選別試験データや製品の素材構成データ等を参考に設定	
金属回収	リサイクル施設・方法 ※()内は重量の分配率	基板 → 銅製錬、鉛・亜鉛製錬(100%)	基板 → 銅製錬、鉛・亜鉛製錬(100%) タンタルコンデンサ等、特定部品 → レアメタル専門メーカー(100%)
	回収対象とする金属と採取率 ※採取率は昨年度検討結果及び既存文献等より事務局にて設定	銅製錬、鉛・亜鉛製錬 → Cu・Pb・Au・Ag:90% → Zn・Pd・Sb・Bi:60%	銅製錬、鉛・亜鉛製錬 → Cu・Pb・Au・Ag:90% → Zn・Pd・Sb・Bi:60% レアメタル専門メーカー → W・Ta・Nd・Dy・In:60%

(1) 経済性評価の進め方

### 各段階の範囲：静脈物流関係

- 全体の流れと評価対象は下図の通り。
- 静脈物流について、中間処理までの輸送は小型家電回収段階に、中間処理から金属回収までの輸送は中間処理段階に含めて計算する。

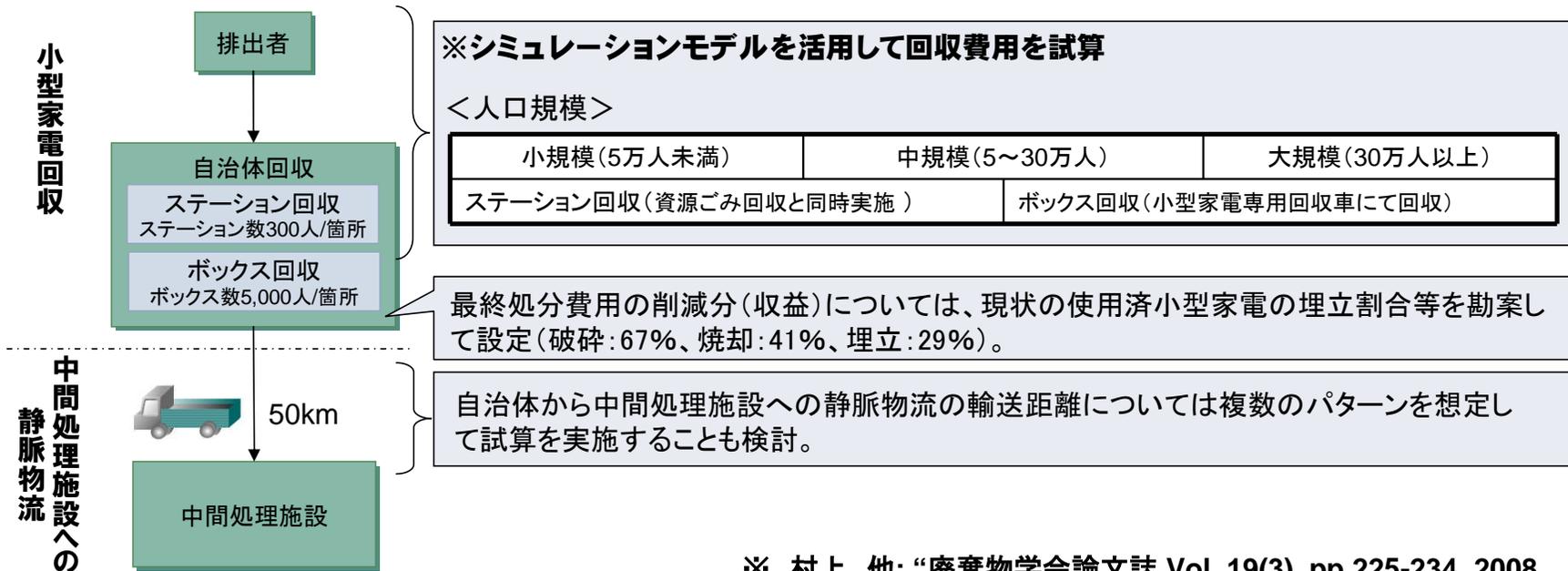


(1) 経済性評価の進め方

## 使用済小型家電回収コスト

- 排出者からの使用済小型家電の回収方式は、人口規模を勘案し、以下のとおりステーション回収(資源ごみ回収と同時実施)、ボックス回収(小型家電専用回収車にて回収)を併用することとし、既存シミュレーションモデルから算出。人口規模別の回収コスト原単位から日本全国での使用済小型家電回収費用を拡大推計。
- 自治体から中間処理施設への静脈物流の輸送距離は一律50kmと設定し、輸送費用も計上。
- 収益として、最終処分等費用の削減分を計上。削減分については、現状の使用済小型家電の埋立割合等を勘案して設定。

ステーション回収  
(資源ごみ回収と同時実施)



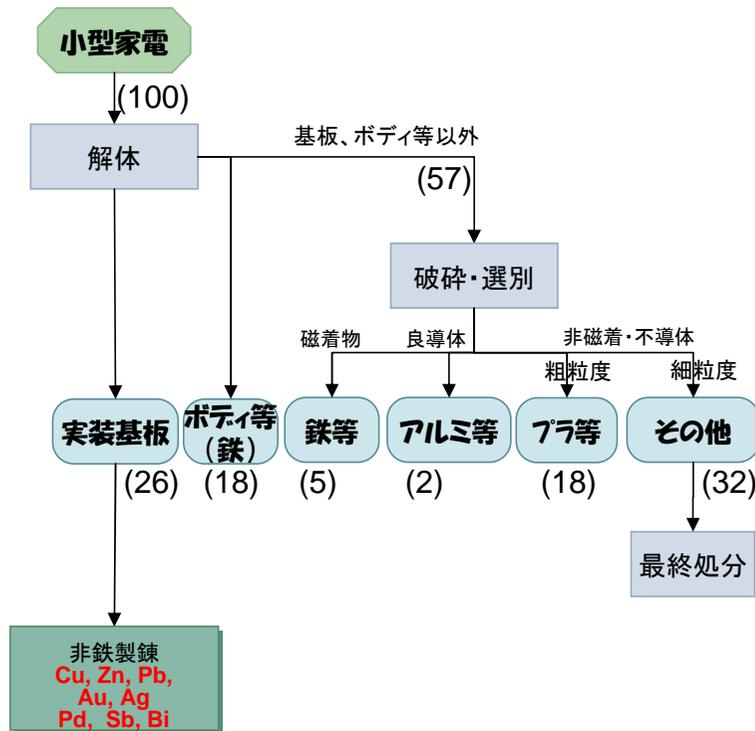
※ 村上 他: “廃棄物学会論文誌 Vol. 19(3), pp.225-234, 2008

(1) 経済性評価の進め方

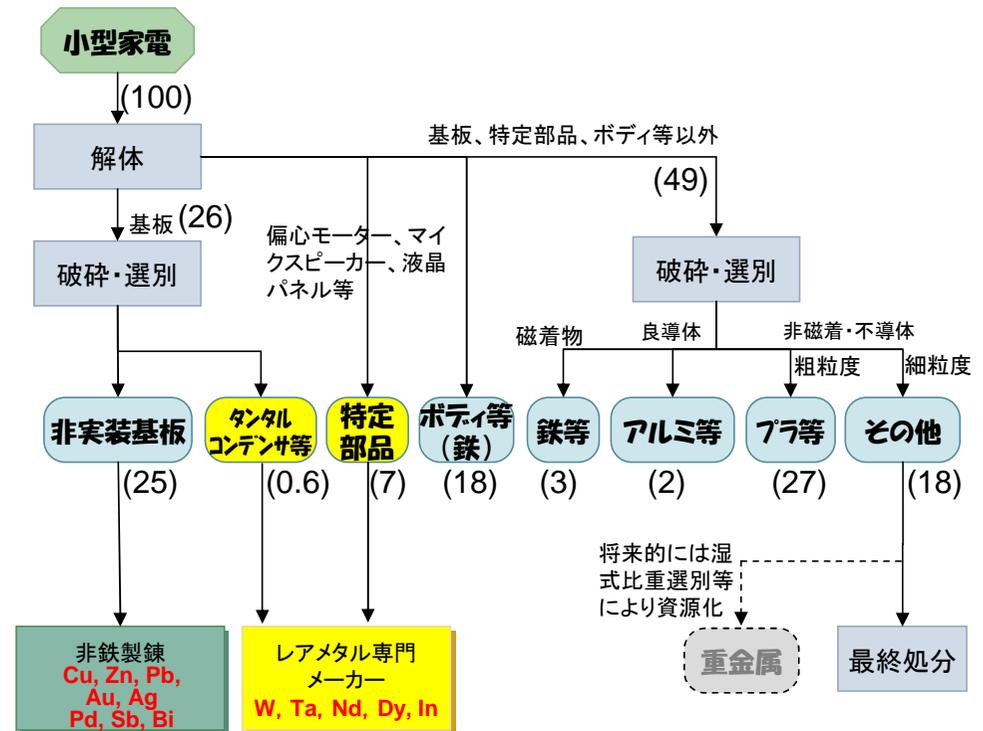
## 二つのシナリオの違い：中間処理

- 各シナリオのマテリアルフローを簡易に示すと以下の通り。どのシナリオでも小型家電回収までは同じ。
- ②では解体により特定部品(モーター、マイクスピーカー、液晶パネル等)の選別を行うとともに、基板から tantalum コンデンサ等の選別も行うシナリオとしている。

### ①従来型レアメタル回収シナリオ



### ②レアメタル重点回収シナリオ



※ 実装基板とは、ガラス・エポキシ基板上に素子が実装したもの。非実装基板とは破碎等により素子を剥離して特定素子(タンタルコンデンサ等)を選別したもの。なお、シナリオ②のフロー上は、タンタルコンデンサ等以外の素子は非実装基板に含めている。

※ ( )は重量の分配率を示す。分配率は、有識者ヒアリング等を基にモデル化した中間処理フローと中間処理対象製品の素材構成比より推計

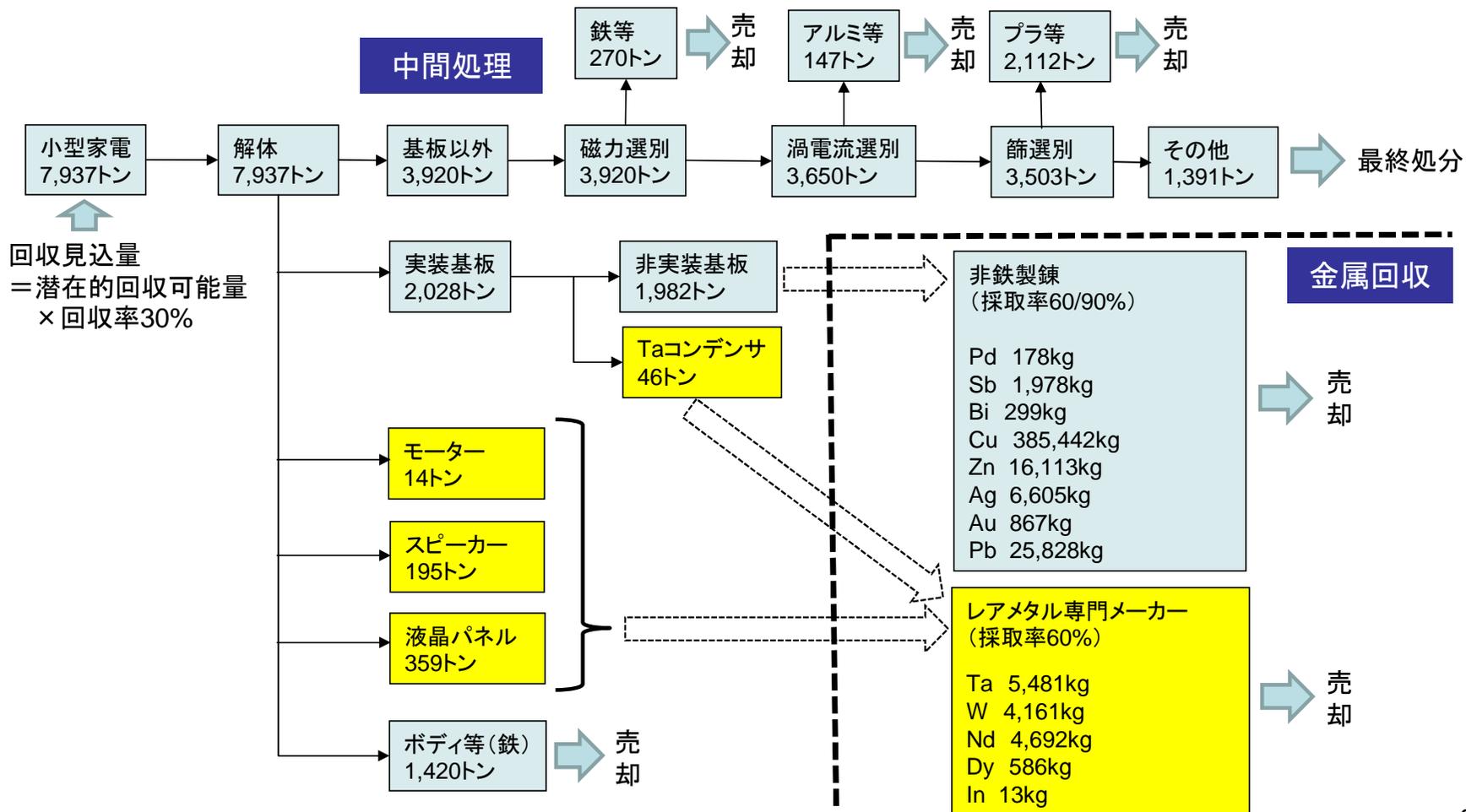
(1) 経済性評価の進め方

【参考】中間処理の詳細はP.22~26

# 中間処理から金属回収の流れ

【参考】金属回収の詳細はP.27,28

- 以下の図の通り配分され、売却あるいは最終処分がなされるものと想定。
- 黄色い部分がシナリオ②で追加される部分。



## (2)システム全体の費用対効果

### 費用対効果分析の考え方

- 費用対効果分析の考え方は下表のとおり。
- 費用便益分析として、経済効率性を評価する。また、便益として計上することができない効果については、定量的に計測するもの、定性的に評価するものに分けて検討する。

	費用便益分析	定量的評価	定性的評価
経済効率性	○		
資源の安定供給効果		○	○
最終処分場延命効果		○	
有害物質環境影響改善効果			○
有害物質健康影響改善効果			○
地球環境改善効果			○

## (2)システム全体の費用対効果 費用便益分析の考え方

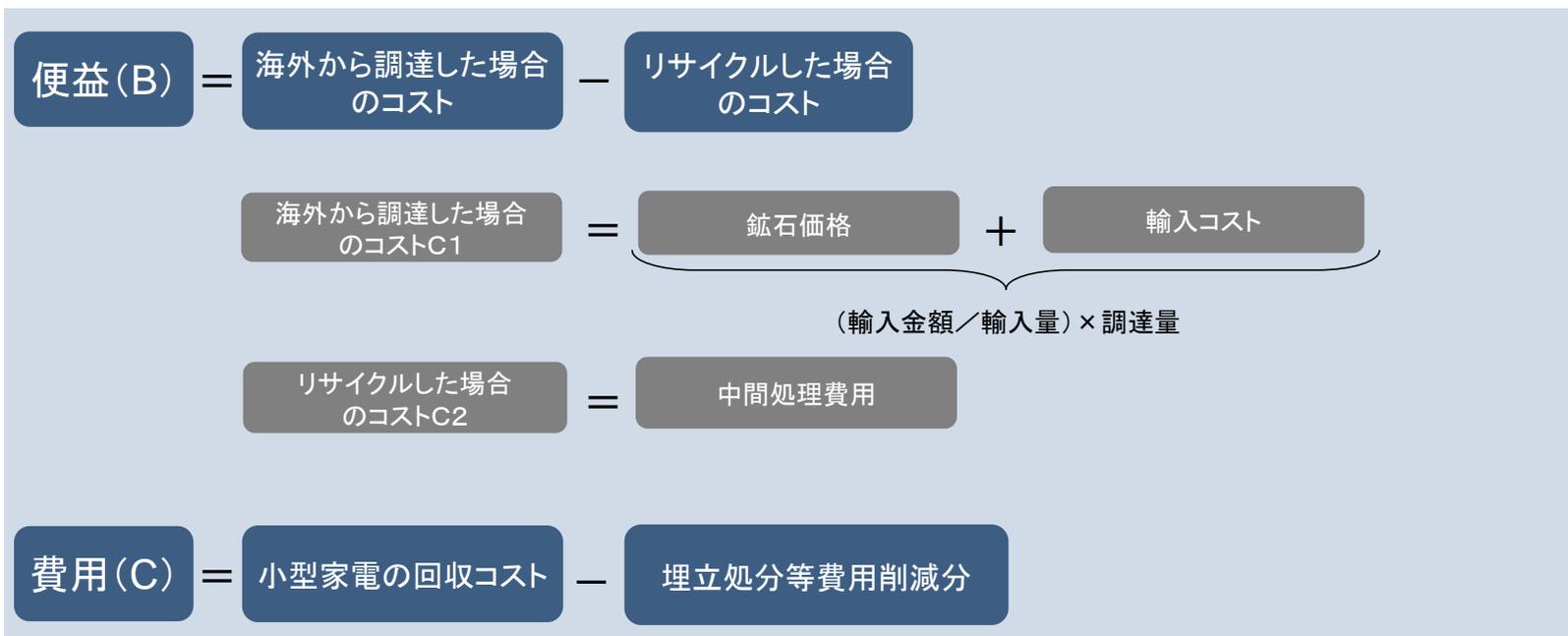
【参考】便益の詳細はP.18

【参考】埋立処分費用の詳細はP.21

【参考】中間処理の詳細はP.22～26

- システム全体の費用対効果分析として、まず、費用便益分析を実施した。費用便益分析の方法として、以下に示す「システム構築による便益と費用からのアプローチの考え方」をとることとする。
- なお、別のアプローチとして、各段階(または、各関係主体)における費用・収益や社会的費用・便益を積み上げるアプローチもあるが、関係主体が多岐にわたるため、採用していない。

### <システム構築による便益と費用からのアプローチの考え方>



※ 輸入金額及び輸入量は財務省貿易統計より。貿易統計の輸入金額には輸入コスト(運賃)が含まれている。

## (2)システム全体の費用対効果 費用便益分析結果

- 費用便益分析結果については以下に示す通り。
- 上表は単年度の便益と費用を比較したもの、下表は初期投資(ステーション設置費用、広報費用)を考慮し、計算期間20年、社会的割引率4%として分析したもの。

### 【費用便益分析結果(単年度)】

	シナリオ①	シナリオ②
回収率 5%	B/C=0.39	B/C=0.37
回収率 10%	B/C=0.83	B/C=0.79
回収率 20%	B/C=2.08	B/C=1.98
回収率 30%	B/C=5.10	B/C=4.84

### 【費用便益分析結果(初期投資込み、計算期間20年間)】

	シナリオ①	シナリオ②
回収率 10%	B/C=0.44	B/C=0.42
回収率 30%	B/C=1.81	B/C=1.72

※後述するとおり段階別の損益を合計するとプラスになっており(ただし、この合計値は便益の一部)、他のアプローチからでも上記の結果を裏付ける結果が出ている。

## (2)システム全体の費用対効果

## 定量的又は定性的効果

- 便益として計上できない定量的又は定性的な効果については以下の通り。

	定量的評価	定性的評価
資源の安定供給効果	使用済小型家電の潜在的回収可能量に含まれるレアメタルは350トン(輸入量に占める割合は0.2%)あり、このうちの何割かが安定供給可能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉱山からの供給を代替する機能となり、国際的な需給の逼迫や供給障害等が発生した場合、安定供給確保に対する補完的貢献となる。</li> <li>・技術を有することが生産国の貿易政策や供給調整に対する牽制となる。</li> <li>・使用済小型家電からレアメタルを回収し一定量を安定的に確保することで、価格安定に寄与することが期待される。</li> </ul>
最終処分場延命効果	以下の最終処分場延命効果あり <ul style="list-style-type: none"> <li>・679m<sup>3</sup>/年 (回収率10%)</li> <li>・2,037m<sup>3</sup>/年(回収率30%)</li> </ul>	
有害物質環境影響改善効果		使用済小型家電中の有害物質の適正処理の一層の推進による環境影響の改善効果(大気・水域・土壌等を通じた生態系への有害物質の曝露量の減少等)が期待される。
有害物質健康影響改善効果		使用済小型家電中の有害物質の適正処理の一層の推進による健康影響の改善効果(作業環境における人体への有害物質の曝露量の減少等)が期待される。
地球環境改善効果		使用済小型家電のリサイクルにより天然資源使用量を削減することで、TMR(物質総需要量)の削減や温室効果ガス排出量の削減等の効果が期待される。

TMR(Total Material Requirement、物質総需要量): 一国の経済活動に投入する資源を得るために、国内外の環境から取り出される物質ないし環境に加えられる改変の大きさを表す量。具体的には、国内から採掘される資源量+輸入される物質+国内外の隠れたフロー量(例えば金属資源を採掘する際に、実際に使う資源と一緒に掘削される表土・岩石等の量)より算出。

### (3)リサイクルシステムの各段階における採算性評価

【参考】金属回収コストの詳細はP.29

## 評価結果

- 小型家電回収段階は損失、中間処理段階及び金属回収段階では利益。
- 中間処理に関しては、シナリオ①の方が効率的。ただし、場合によっては金属回収で同様の結果の可能性あり。

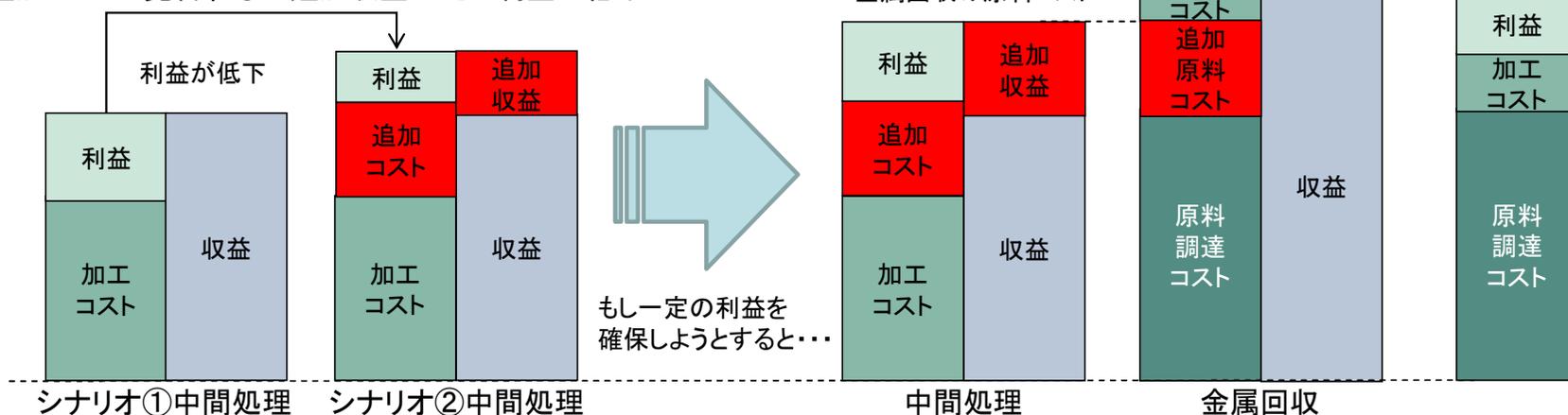
<試算結果：小型家電の潜在的回収可能台数の30%を回収した場合>

単位：百万円

●単年度の採算性		費用	収益	収益－費用	収益／便益
小型家電回収	シミュレーションモデルを活用して回収費用を試算 (ステーション回収、ボックス回収を併用)	528	313	-214	0.59
中間処理	①従来型レアメタル回収	3,093	3,903	810	1.26
	②レアメタル重点回収	3,738	4,065	327	1.09
金属回収	①従来型レアメタル回収	3,732	3,949	217	1.06
	②レアメタル重点回収	4,755	5,032	277	1.06

#### 【中間処理のシナリオ①と②の関係】

追加コストに見合わない追加収益のため利益が低下



**【参考】**

詳細データ等

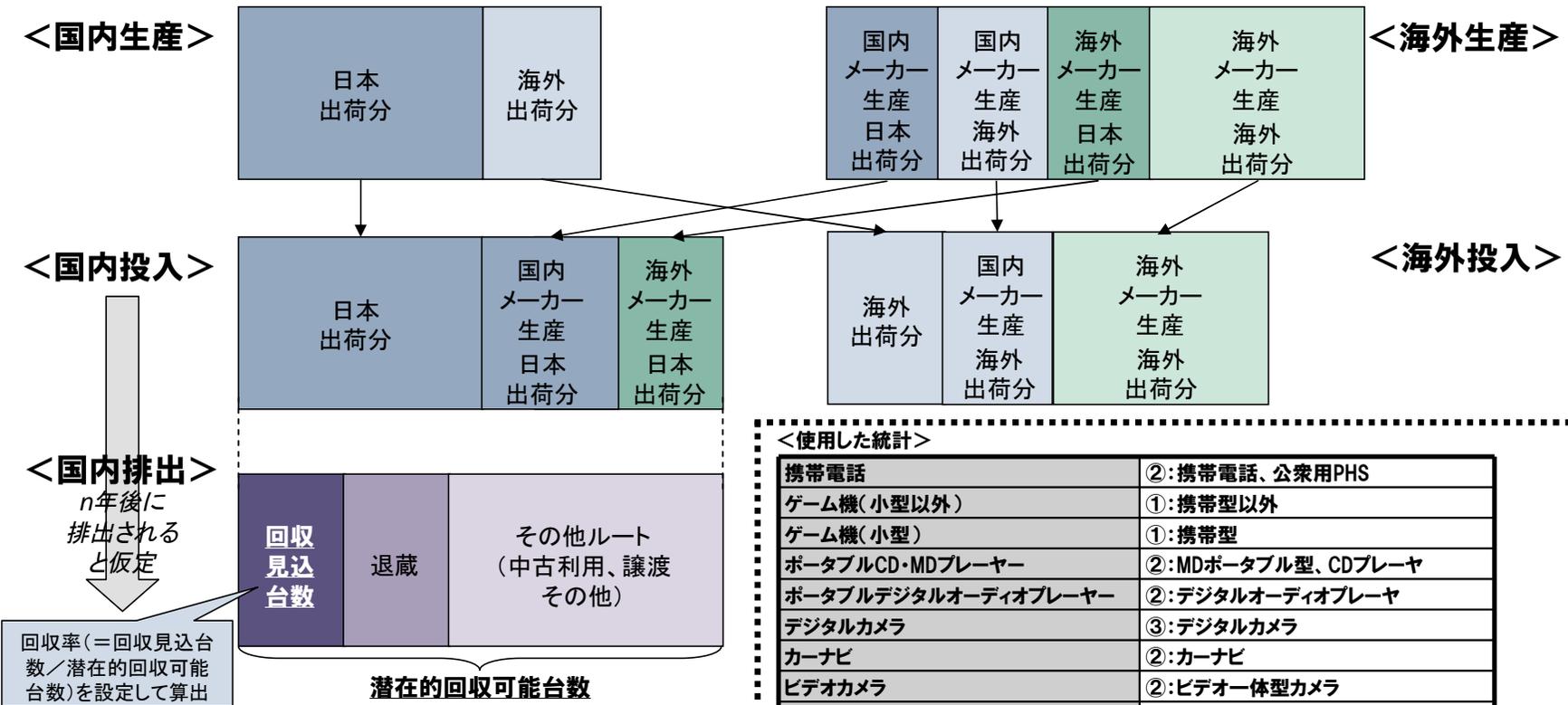
# 費用・便益等の一覧

	費用 (イニシャルコスト) (ランニングコスト)	社会的費用	収益	社会的便益	
小型家電回収	<ul style="list-style-type: none"> <li>○準備人件費</li> <li>○資材(ボックス等)購入費</li> <li>○資材運搬費</li> <li>○周知費用</li> <li>※回収方式毎に整理する</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、実操業ベースにおける費用、耐用年数等を把握</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○管理人件費</li> <li>○維持・補修費</li> <li>○収集運搬費</li> <li>※回収方式毎に整理する</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、実操業ベースにおける費用を把握するとともに、固定費・変動費に区分</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●有害物質管理費用</li> <li>※回収方式毎に整理する</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、実操業ベースにおける費用を把握し、有害物質管理の必要性に伴う社会的費用とする</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○最終処分量の減少による最終処分費用の削減</li> </ul> <p>⇒ヒアリングに基づき、破碎・最終処分単価を把握して算定</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●最終処分量の減少による埋立処分場の延命</li> </ul> <p>⇒ヒアリングに基づく最終処分場の造成費用・埋立容量から単位ごみ量当たりの処分場造成費用を算定し、処分場延命による便益とする</p>
中間処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>○準備人件費</li> <li>○設備費(新規・追加)</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、各シナリオで想定する中間処理の実操業ベースにおける費用、設備の耐用年数等を把握</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○選別・解体作業人件費</li> <li>○保管ヤード費</li> <li>○破碎費</li> <li>○残渣・廃棄物処理費</li> <li>●製錬施設への運搬費</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、各シナリオで想定する中間処理の実操業ベースにおける費用を把握するとともに、費用を固定費・変動費に区分</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●有害物質管理費用</li> <li>※回収方式毎に整理する</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、実操業ベースにおける費用を把握し、有害物質管理の必要性に伴う社会的費用とする</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○有価物(ベースメタル等)の売却収入</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、各シナリオで想定する中間処理生成物のスペックに対する製錬事業者の受入価格を把握して算定</p>	<p><b>効果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●レアメタルリサイクルによる資源の安定供給</li> <li>●有害物質の適正処理の推進による環境影響・健康影響の改善等</li> </ul> <p>⇒レアメタルの安定供給については、鉱種別の輸入量・需要量のデータと、小型家電に含まれているレアメタルの量を比較して、その効果を評価する。</p> <p>有害物質については、金額換算は困難であることから定量的な評価は実施せず、リサイクルシステムの構築に向けた課題事項とする</p>
金属回収	<ul style="list-style-type: none"> <li>●準備人件費</li> <li>●設備費(新規・追加)</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、各シナリオで想定するレアメタル回収の実操業ベースにおける費用、追加設備の耐用年数等を把握</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●作業人件費</li> <li>●製錬費</li> <li>●残渣・廃棄物処理費</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、各シナリオで想定する製錬の実操業ベースにおける費用を把握するとともに、費用を固定費・変動費に区分</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●有害物質管理費用</li> <li>※回収方式毎に整理する</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、実操業ベースにおける費用を把握し、有害物質管理の必要性に伴う社会的費用とする</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●有価物(レアメタル・貴金属等)の売却収入</li> </ul> <p>⇒ヒアリングを実施し、回収したメタルの品位・歩留まりを把握し、メタルの価格データに基づき算定</p>	
<p>費用把握が困難な場合は、製錬における受入価格をもって製錬段階の評価に替える</p>					

注)○: 昨年度データを収集した項目、●昨年度データを収集できなかった項目

# 潜在的回収可能台数・回収見込量の考え方

- 国内生産、海外生産をパターン分けし、国内に投入される小型家電を特定。
- 国内投入量＝業界統計における国内出荷量と考え、国内投入量を推定。
- 小型家電がn年後に排出される(例えば、平均使用年数が3年の製品については、2009年の潜在的回収可能台数は2006年の国内投入量となる)と仮定し、潜在的回収可能台数を推定。



**<使用した統計>**

携帯電話	②:携帯電話、公衆用PHS
ゲーム機(小型以外)	①:携帯型以外
ゲーム機(小型)	①:携帯型
ポータブルCD・MDプレーヤー	②:MDポータブル型、CDプレーヤー
ポータブルデジタルオーディオプレーヤー	②:デジタルオーディオプレーヤー
デジタルカメラ	③:デジタルカメラ
カーナビ	②:カーナビ
ビデオカメラ	②:ビデオ一体型カメラ
DVDプレーヤー	②:DVD

**【統計出典】**

- ①(社)コンピュータエンターテインメント協会:ゲーム白書
- ②(社)電子情報技術産業協会:民生用電子機器国内出荷データ集
- ③一般社団法人カメラ映像機器工業会:統計(総出荷(日本向け))

# 潜在的回収可能台数・回収見込量

- 比較的金属含有濃度が高く、昨年度排出ポテンシャルを推計した以下の9製品を対象に2009年の潜在的回収可能台数を推計。特定部品として、携帯電話の偏心モーター、マイクスピーカーを選定。
- 中間処理過程に投入する各部位の金属含有量は下表の通り。

製品	携帯電話			ゲーム機 (小型以外)	ゲーム機 (小型)	ポータブル CD・MD プレーヤー	ポータブル デジタル オーディオ プレーヤー	デジタル カメラ	カーナビ	ビデオカメラ	DVD プレーヤー	合計	輸入量		
	基板	偏心モーター	マイクスピーカー	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板				
潜在的 回収 可能 台数	製品台数 (千台)	49,397			3,057	4,776	1,404	6,376	8,443	2,223	1,676	7,240	84,592	—	
	製品重量 (kg・台)	5,822,410			3,218,411	1,604,585	263,950	1,198,678	2,991,314	1,032,200	2,377,128	7,946,762	<b>26,455,437</b>	—	
	部品重量 (kg・台)	1,472,031	51,373	723,666	1,450,363	403,572	35,247	51,858	350,685	709,137	253,244	2,635,360	8,136,536	—	
回収見 込量	製品台数 (千台)	14,819			917	1,433	421	1,913	2,533	667	503	2,172	25,378	—	
	製品重量 (kg・台)	1,746,723			965,523	481,375	79,185	359,603	897,394	309,660	713,138	2,384,029	<b>7,936,631</b>	—	
	部品重量 (kg・台)	441,609	15,412	217,100	435,109	121,072	10,574	15,557	105,205	212,741	75,973	790,608	2,440,961	—	
	金属含有 量 (kg)	Pd	166	0	2	14	9	2	2	20	27	63	28	334	157,000
		In	29	0	30	14	5	1	3	14	21	9	42	167	368,000
		Sb	335	0	54	1,415	310	13	7	189	136	144	1,118	3,722	13,915,000
		Nd	1,180	307	5,427	218	36	2	0	35	85	62	133	7,485	14,486,000
		Dy	25	0	326	7	2	1	2	6	21	5	33	427	14,486,000
		Ta	1,237	0	7	281	73	54	17	856	298	656	754	4,233	695,000
		W	1,033	7,814	1,520	38	41	1	3	73	43	44	141	10,750	8,317,000
		Bi	182	0	50	167	7	8	3	20	43	25	102	607	—
		Al	6,642	18	9,118	18,711	3,647	504	215	2,872	12,998	2,370	43,574	100,669	—
		Fe	15,587	4,516	132,431	38,317	6,417	478	1,517	6,647	21,625	5,931	33,883	267,350	—
Cu		145,728	1,174	26,052	79,551	19,953	2,554	4,608	26,086	32,826	14,612	151,977	505,122	1,756,000	
Zn		2,878	2	12,158	4,523	874	160	86	984	2,808	1,054	16,512	42,039	623,800	
Ag	3,649	83	347	386	635	41	53	733	406	673	1,629	8,637	1,545,000		
Au	643	0	37	118	31	7	15	83	25	42	116	1,116	35,000		
Pb	5,671	0	630	6,009	3,034	115	6	1,697	1,649	2,028	11,757	32,596	124,000		

※この潜在的回収可能台数は、2009年における潜在的回収可能台数であり、毎年、この台数が排出されることを示すものではない。

※回収量＝潜在的回収可能台数×回収率(30%と仮定)→昨年度の回収ポテンシャル

※輸入量:2008年のデータ(元素純分換算の合計値) 出所:JOGMEC 鉱物資源 マテリアルフロー)Nd、Dyは、レアアース(ランタン、セリウム以外)としての情報

## 費用便益分析の算出根拠

- 便益の考え方は、「海外から原料を調達する場合と同等の製錬原料を、国内では廃棄物に中間処理を施すことで入手できる」という想定。そして、その廃棄物を収集するためのコストを費用として想定。
- 貿易統計の金属輸入価格から海外調達単価を計算。当該単価については、貿易統計の輸入金額には輸入コスト(運賃)が含まれているため、単位当たりの鉱石価格と輸入コストに相当すると想定。

$$\text{便益(B)} = \text{海外から調達した場合のコストC1} - \text{リサイクルした場合のコストC2}$$

$$\text{海外から調達した場合のコストC1} = \text{鉱石価格} + \text{輸入コスト}$$

$$= \sum \left\{ \left( \frac{\text{金属輸入金額} \times 1}{\text{金属輸入量} \times 1} \right) \times \text{調達量} \times 2 \right\}$$

$$\text{リサイクルした場合のコストC2} = \text{中間処理費用 (22~26ページ)}$$

$$\text{費用(C)} = \text{小型家電の回収コスト (20ページ)} - \text{埋立処分等費用削減分 (21ページ)}$$

注: 計算期間20年間の場合は、初期投資を考慮。使用したデータは以下の通り。

※1 貿易統計(2009年度累計値)より

※2 貴金属、レアメタルは金属として、ベースメタルは鉱石として調達されたものと仮定。鉱石として調達されるものとしたベースメタルについては、鉱石の純分換算比率を用いて調達量を算出。

【便益の算出に使用したデータ】

金属	金属輸入金額/金属輸入量 円/kg	純分換算比率
Pd	917,718	100
In	37,920	100
Sb	555	100
Nd	1,546	100
Dy	1,546	100
Ta	21,164	100
W	12,644	100
Bi	1,536	100
Al	7	35
Fe	7	63
Cu	179	28
Zn	58	51
Ag	23,426	100
Au	2,876,030	100
Pb	206	58

# 定量的効果の算出根拠

● 定量的効果は以下の考え方にに基づき算出。

## 【資源の安定供給効果】

- 小型家電の潜在的回収可能台数に各製品の金属含有量を乗じて回収可能レアメタル量を算定。

$$\text{資源の安定供給効果} = \text{小型家電の潜在的回収可能台数 (84百万台)} \times \text{各製品の金属含有量}$$

## 【最終処分場の延命効果】

- 21ページで算出した使用済小型家電の埋立処分量を容積換算して設定。

$$\text{最終処分場の延命効果} = \text{埋立処分量 (小型家電の29\%)} \div \text{容積換算係数※ (金属くずの比重)}$$

※ 容積換算係数:産業廃棄物管理票に関する報告書及び電子マニフェストの普及について(通知)に示されている金属くずの比重 (1.13t/m<sup>3</sup>)を用いて換算

# 使用済小型家電回収・静脈物流コスト

- 使用済小型家電回収コストはシミュレーションモデルを活用して試算。
- 自治体から中間処理施設の静脈物流は、以下の前提条件に基づき試算。

$$\begin{aligned}
 \text{使用済小型家電回収コスト} &= \left( \text{小規模自治体における回収見込量} + \text{中規模自治体における回収見込量} \times 1/2 \right) \times \text{ステーション回収コスト原単位} \\
 &+ \left( \text{中規模自治体における回収見込量} \times 1/2 + \text{大規模自治体における回収見込量} \right) \times \text{ボックス回収コスト原単位}
 \end{aligned}$$

## <自治体の人口>

	小規模(人口5万人未満)	中規模(人口5~30万人)	大規模(人口30万人以上)
人口 人	26,126,048	48,510,710	53,131,236

※ 平成17年度国勢調査より

## <回収見込量>

回収率	5	10	20	30
回収見込量 kg/年・人	0.010	0.021	0.041	0.062

## <小型家電回収コスト原単位(シミュレーションモデルより算出)>

		小規模(人口5万人未満)				中規模(人口5~30万人)				大規模(人口30万人以上)			
回収率 %		5	10	20	30	5	10	20	30	5	10	20	30
ステーション回収※1	燃料費 円/kg	0.13	0.12	0.12	0.11	0.61	0.54	0.96	0.81	—	—	—	—
	人件費 円/kg	—	—	—	—	605	354	177	118	462	231	132	88
ボックス回収※2	燃料費 円/kg	—	—	—	—	21.55	10.95	5.54	3.73	19.56	9.82	5.04	3.39
	人件費 円/kg	—	—	—	—	605	354	177	118	462	231	132	88

※1 ステーション回収は、資源ごみ回収と同時に回収するため、燃料費のみを考慮(混載対象となるごみと比較すると使用済小型家電の重量は小さいため、燃料費の占める割合は非常に小さくなる。)

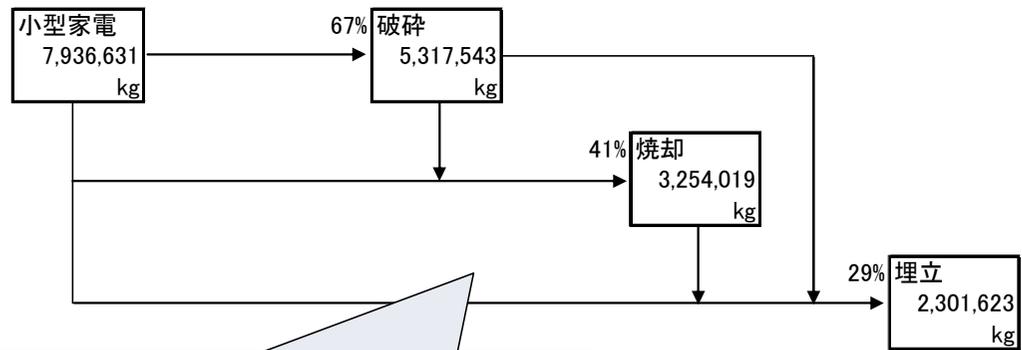
※2 ボックス回収は、小型家電専用回収車にて回収するため、燃料費、人件費を考慮

## <静脈物流(自治体→中間処理施設)算出根拠>

輸送距離 km	50	自治体から中間処理施設までの距離を仮定
原材料運搬費 円/t・km	104	2005年全国貨物純流動調査(物流センサス)廃家電トラック輸送の単価に基づき設定

# 小型家電回収段階の設定(最終処分等費用の削減)

- 収益として、従来自治体において処理・処分されてきた小型家電の処理・処分費用の削減分を計上。
- 平成21年度モデル事業で得られたデータに基づき、現状の使用済小型家電の破碎、焼却、埋立の割合を以下のとおり設定。
- 下記の処理・処分量に処理・処分単価を乗じて最終処分等の削減費用を算出。



平成21年度モデル事業で得られたデータ※に基づき設定

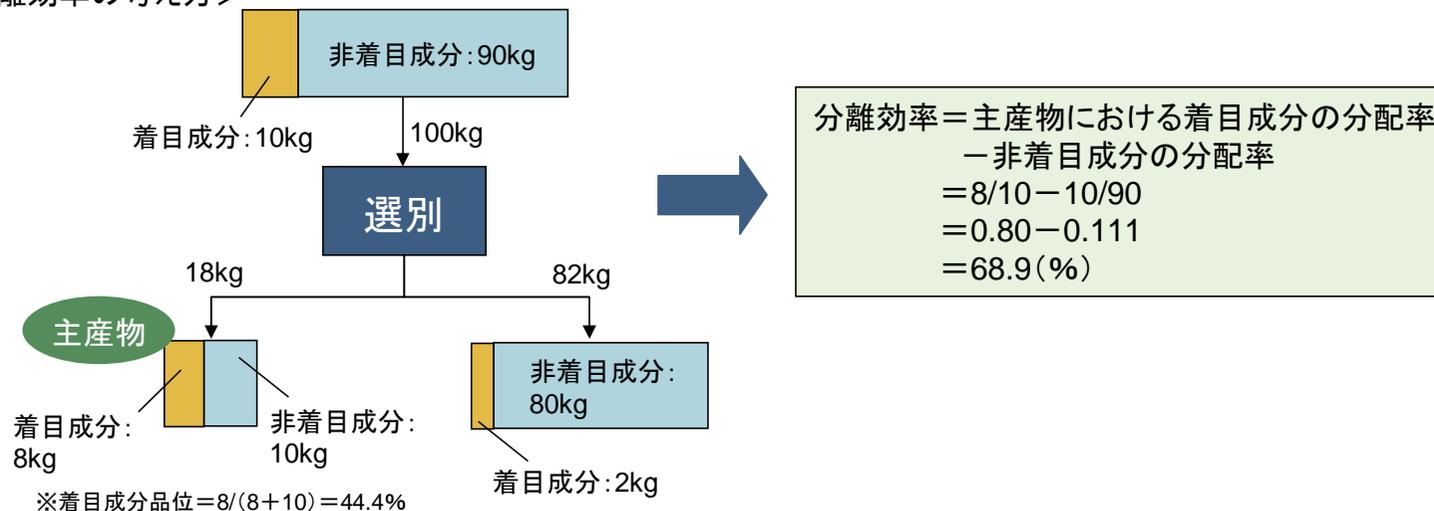
※ 平成21年度使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会  
とりまとめ:P. 3-17

<処理・処分単価>  
 ・破碎: 36円/kg  
 ・焼却: 23円/kg  
 ・埋立: 22円/kg  
 出典: 処理・処分単価を公表しているモデル事業自治体の平均値を採用

## 中間処理段階の設定(中間処理における金属の分配濃縮状況)

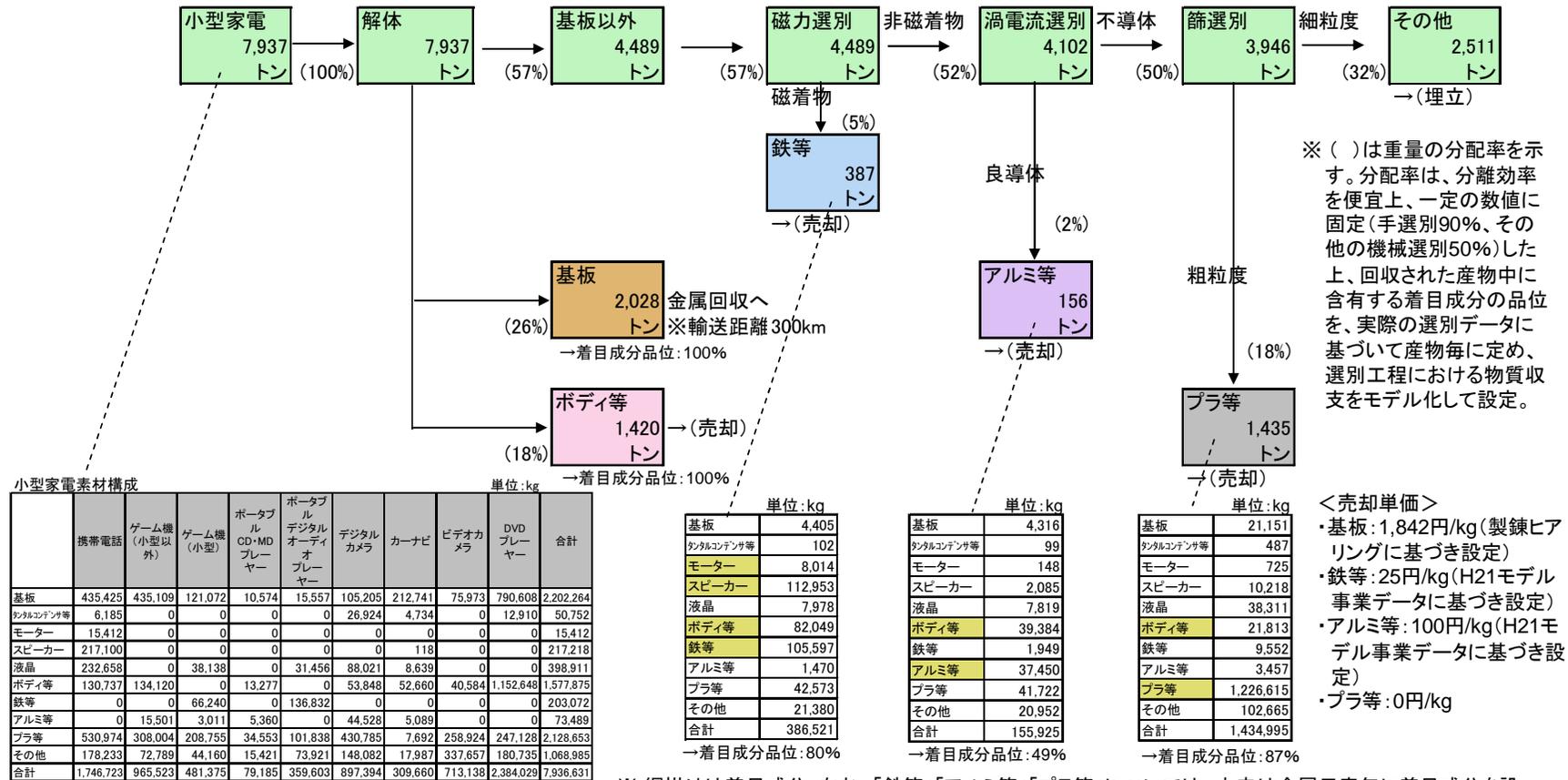
- 中間処理における金属の分配濃縮状況については、有識者へのヒアリング等に基づき中間処理フローをモデル化した上で、中間処理を構成する各プロセスの「分離効率」を仮定し、算定を行った。
- 選別工程における「分離効率」とは、以下の式で表すことができる。  
主産物における着目成分の分配率－非着目成分の分配率
- 分離効率については、対象物の内容、粒度、着目成分、装置の種類、分離条件等により大きく変わりうるものである。その設定にあたっては、モデル事業における中間処理の実績に基づき標準的な分離効率を設定することが想定されるが、①各自治体で装置の種類や各種条件が非常に多岐に亘っており、標準的なプロセスの設定が困難であること、②モデル事業において採用された中間処理は技術開発の途上にあり、モデル事業での実績データをもって評価することで中間処理の分離効率を過少に評価する可能性が高いことから、モデル事業実績に基づく分離効率の設定は困難であると考えられる。
- 上記のような理由から、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90%、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した。

<分離効率の考え方>



# 中間処理段階の設定(①従来型レアメタル回収シナリオ)

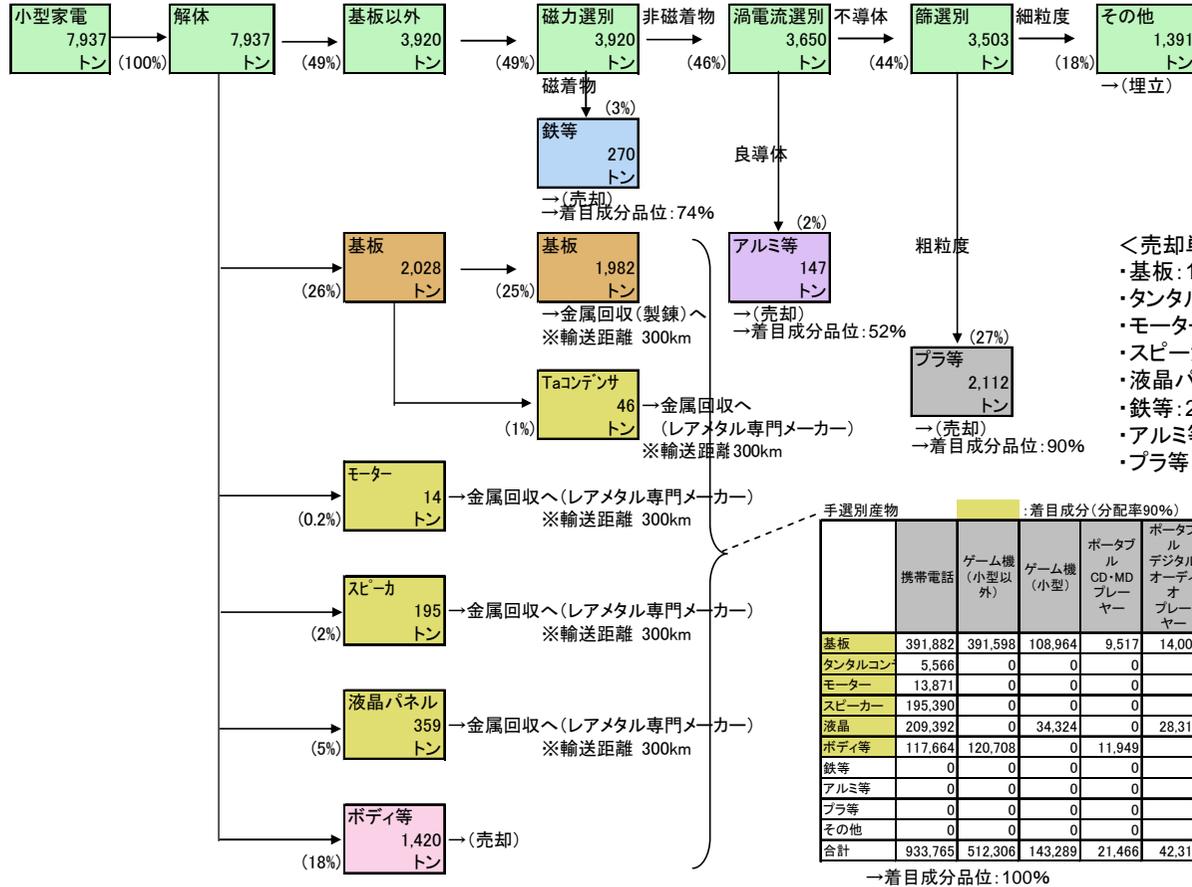
- 手解体・手選別で基板、ボディ等(金属)を選別し売却。
- 残りのものについて、磁力選別、渦電流選別、篩選別を行い、鉄等、アルミ等、プラスチック等を選別し、残りは埋立処分すると想定。



※ 網掛けは着目成分。なお、「鉄等」「アルミ等」「プラ等」については、本来は金属元素毎に着目成分を設定すべきであるが、入手したデータの制約等から部材単位で着目成分を設定している点に留意。

# 中間処理段階の設定( ②レアメタル重点回収シナリオ)

- 手解体・手選別で基板、特定部品、ボディ等(金属)を選別し売却。
- 残りのものについて、磁力選別、渦電流選別、篩選別を行い、鉄等、アルミ等、プラスチック等を選別し、残りは埋立処分すると想定。



※ ( )は重量の分配率を示す。分配率は、分離効率を便宜上、一定の数値に固定(手選別90%、その他の機械選別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して設定。

- <売却単価>
- ・基板: 1,842円/kg (製錬ヒアリングに基づき設定)
  - ・タンタルコンデンサ: 1,521円/kg (品位 × 金属相場価格 × 0.5)
  - ・モーター: 15600円/kg (品位 × 金属相場価格 × 0.5)
  - ・スピーカー: 79円/kg (品位 × 金属相場価格 × 0.5)
  - ・液晶パネル: 2円/kg (品位 × 金属相場価格 × 0.5)
  - ・鉄等: 25円/kg (H21モデル事業データに基づき設定)
  - ・アルミ等: 100円/kg (H21モデル事業データに基づき設定)
  - ・プラ等: 0円/kg

手選別産物 : 着目成分(分配率90%)

	携帯電話	ゲーム機(小型以外)	ゲーム機(小型)	ポータブルCD・MDプレーヤー	ポータブルデジタルオーディオプレーヤー	デジタルカメラ	カーナビ	ビデオカメラ	DVDプレーヤー	合計
基板	391,882	391,598	108,964	9,517	14,002	94,685	191,467	68,376	711,547	1,982,038
タンタルコン	5,566	0	0	0	0	24,232	4,260	0	11,619	45,677
モーター	13,871	0	0	0	0	0	0	0	0	13,871
スピーカー	195,390	0	0	0	0	0	107	0	0	195,496
液晶	209,392	0	34,324	0	28,310	79,219	7,775	0	0	359,020
ボディ等	117,664	120,708	0	11,949	0	48,463	47,394	36,525	1,037,383	1,420,087
鉄等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アルミ等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
プラ等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	933,765	512,306	143,289	21,466	42,312	246,599	251,003	104,901	1,760,549	4,016,189

→着目成分品位: 100%

# 中間処理段階の設定(基板等単価算定の考え方)

- 基板については、製錬事業者における評価対象金属をAu、Ag、Cu、Pdとし、これらの金属価格、採取率から得られる金額から、精製費、処理費を控除した金額とした。
- 特定部品のうち、タンタルコンデンサについては製錬事業者へのヒアリング結果に基づき設定した。その他の特定部品については、各部品中の品位と金属価格に0.5を乗じた値を単価とした。

## <基板の単価設定の考え方>

	携帯電話	ゲーム機 (小型以外)	ゲーム機 (小型)	ポータブル CD・MD プレーヤー	ポータブル デジタル オーディオ プレーヤー	デジタル カメラ	カーナビ	ビデオカメラ	DVD プレーヤー	合計
基板回収重量	391,882	391,598	108,964	9,517	14,002	94,685	191,467	68,376	711,547	1,982,038
含有量										
:評価対象 金属	Pd	147	12	8	2	1	18	25	57	296
	In	25	12	4	0	3	12	19	8	122
	Sb	298	1,274	279	12	6	170	123	129	3,297
	Nd	1,047	196	33	1	0	32	77	56	1,561
	Dy	22	6	2	1	1	5	19	4	91
	Ta	1,098	253	66	49	15	771	268	590	3,788
	W	917	34	37	1	2	66	38	40	1,262
	Bi	162	151	6	7	3	18	38	23	499
	Al	5,894	16,840	3,282	453	194	2,584	11,699	2,133	39,216
	Fe	13,832	34,486	5,775	431	1,366	5,982	19,463	5,338	30,495
	Cu	129,319	71,596	17,957	2,299	4,147	23,478	29,543	13,151	136,780
	Zn	2,554	4,071	787	144	77	886	2,527	948	14,861
	Ag	3,238	348	571	37	48	660	366	606	1,466
Au	570	106	28	7	14	75	22	38	104	
Pb	5,032	5,408	2,731	104	5	1,527	1,484	1,825	10,582	

評価対象  
金属の含  
有量 ×

金属価格		
Pd	1440.28 円/g	2010年5月 時点
Cu	626947 円/t	
Ag	54300 円/kg	
Au	3551.86 円/g	
採取率		
Pd	60%	H21レアメ タルWG検討 結果に基づ き設定
Cu	90%	
Ag	90%	
Au	90%	
精製費(R/C)		
Pd	200 円/g	製錬事業者 へのヒアリング 結果に基づ き設定
Cu	100 円/kg	
Ag	4500 円/kg	
Au	80 円/g	

Pd	208 百万円
Cu	203 百万円
Ag	329 百万円
Au	3,011 百万円
合計	3,750 百万円

— 処理費50円/kg × 基板重量1,982,038kg = 原料評価額3,651百万円

※製錬事業者へのヒアリング結果に基づき設定

→1,842円/基板kg

## <特定部品の単価設定の考え方>

	ターゲット金属含有率	売却単価(円/kg)	売却単価設定の考え方
タンタルコンデンサ	Ta 20%	1,221	製錬事業者ヒアリングに基づく
モーター	W 50%	13,000	
スピーカ	Nd 4%	34	金属品位 × 金属価格 × 0.5に基づき設定
	Dy 0.5%	34	
液晶パネル	In 0.006%	2	

※スピーカ、液晶パネルについては、レアメタル専門メーカーの受入品位を下回ると考えられるが、ここでは品位を考慮せず全て受け入れられるものとした。

## 中間処理段階の設定(手分解コストの設定)

- 手分解コストは以下のとおり使用済小型家電の解体時間、中間処理業者賃金単価に基づき設定した。

$$\text{使用済小型家電手分解コスト} = \sum \left( \text{使用済小型家電の解体時間} \times \text{中間処理業者賃金単価} \times \text{回収見込台数} \right)$$

- 「①従来型レアメタル回収シナリオ」では、正社員が手分解を担当。
- 「②レアメタル重点的回収シナリオ」では、解体時間増加分をパートタイム社員にて補うことと仮定。

<各使用済小型家電の解体時間>

品目	解体レベル	解体時間※ <sup>1</sup> 分
携帯電話	基板まで	3.3
	特定部品まで	4.9
ゲーム機(小型以外)	基板まで	8.5
ゲーム機(小型)	基板まで	1.3
	特定部品まで	1.9
ポータブルCD・MDプレーヤー	基板まで	1.5
ポータブルデジタルオーディオプレーヤー	基板まで	1.5
	特定部品まで	2.3
デジタルカメラ	基板まで	4.3
	特定部品まで	6.5
カーナビ	基板まで	3.5
	特定部品まで	5.3
ビデオカメラ	基板まで	3.5
DVDプレーヤー	基板まで	3.5
	特定部品まで	5.3

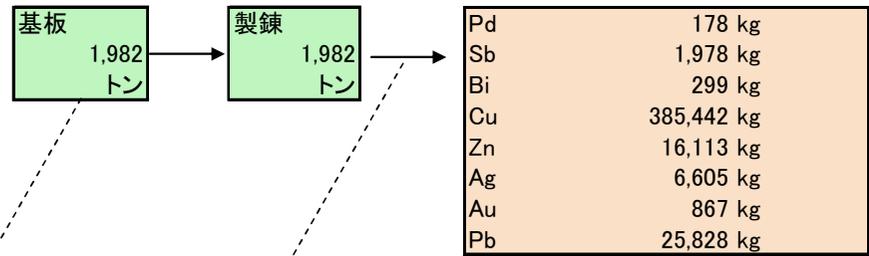
<中間処理業者賃金単価>

作業者	賃金単価 円/h
正社員※ <sup>2</sup>	1,825
パートタイム社員※ <sup>3</sup>	1,007

- ※<sup>1</sup> モデル事業における各使用済小型家電の平均解体時間の半分と設定(熟練した作業者が手分解するものと仮定)。特定部品までの解体は基板までの解体時間の1.5倍かかるものと設定。
- ※<sup>2</sup> 平成21年賃金構造基本統計調査(R88廃棄物処理業)に基づき設定
- ※<sup>3</sup> 平成21年賃金構造基本統計調査(短時間労働者の年齢階級別1時間当たり所定内給与額及び年間賞与その他特別給与額(Rサービス業(他に分類されないもの)))に基づき設定

# 金属回収段階の設定(①従来型レアメタル回収シナリオ)

- 中間処理で得られた基板は製錬において金属回収。
- 製錬ではCu、Zn等と併せて貴金属、一部のレアメタルを回収すると想定。



採取率  
Cu・Pb・Au・Ag : 90%  
Zn・Pd・Sb・Bi : 60%

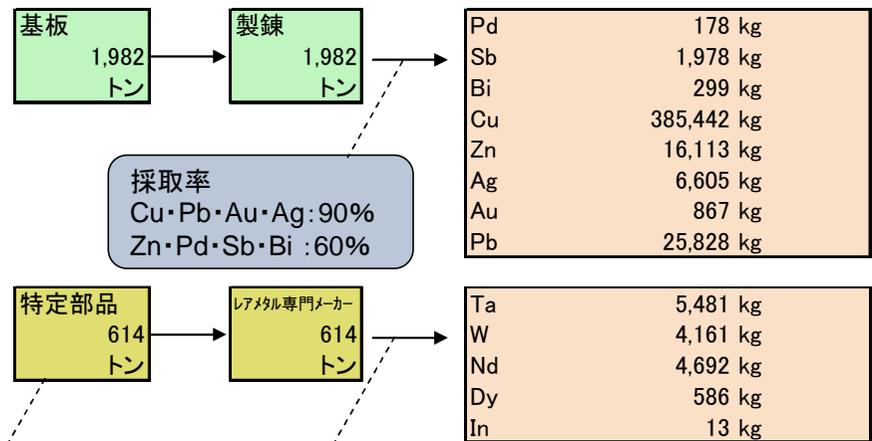
- <売却単価>
- ・Cu: 627円/kg (2010年5月相場)
  - ・Zn: 249円/kg (レアメタルニュース、亜鉛、2009年3月末)
  - ・Ag: 54,300円/kg (2010年5月相場)
  - ・Au: 3,551,860円/kg (2010年5月相場)
  - ・Pb: 253円/kg (レアメタルニュース、鉛、2010年3月末)
  - ・Pd: 1,440,280円/kg (2010年5月相場)
  - ・Bi: 1,800円/kg (レアメタルニュース、ビスマス99.99%、2010年3月末)

基板中の金属含有量 (kg)

	携帯電話	ゲーム機 (小型以外)	ゲーム機 (小型)	ポータブル CD・MD プレーヤー	ポータブル デジタル オーディオ プレーヤー	デジタル カメラ	カーナビ	ビデオカメラ	DVD プレーヤー	合計
Pd	147	12	8	2	1	18	25	57	25	296
In	25	12	4	0	3	12	19	8	37	122
Sb	298	1,274	279	12	6	170	123	129	1,006	3,297
Nd	1,047	196	33	1	0	32	77	56	120	1,561
Dy	22	6	2	1	1	5	19	4	30	91
Ta	1,098	253	66	49	15	771	268	590	679	3,788
W	917	34	37	1	2	66	38	40	127	1,262
Bi	162	151	6	7	3	18	38	23	92	499
Al	5,894	16,840	3,282	453	194	2,584	11,699	2,133	39,216	82,295
Fe	13,832	34,486	5,775	431	1,366	5,982	19,463	5,338	30,495	117,166
Cu	129,319	71,596	17,957	2,299	4,147	23,478	29,543	13,151	136,780	428,269
Zn	2,554	4,071	787	144	77	886	2,527	948	14,861	26,856
Ag	3,238	348	571	37	48	660	366	606	1,466	7,339
Au	570	106	28	7	14	75	22	38	104	964
Pb	5,032	5,408	2,731	104	5	1,527	1,484	1,825	10,582	28,698

# 金属回収段階の設定(②レアメタル重点回収シナリオ)

- 中間処理で得られた基板は製錬において金属回収。
- 製錬ではCu、Zn等と併せて貴金属、一部のレアメタルを回収すると想定。
- 特定部品はレアメタル専門メーカーに渡されて、レアメタルが回収されると想定。



特定部品中の着目金属含有量 (kg)

	回収量 (kg)	ターゲット金属含有率	ターゲット金属含有量 (kg)
タンタルコンデンサ	45,677	Ta 20%	9,135
モーター	13,871	W 50%	6,935
スピーカ	195,496	Nd 4%	7,820
		Dy 0.5%	977
液晶パネル	359,020	In 0.006%	22

<売却単価>

- ・Cu: 627円/kg (2010年5月相場)
- ・Zn: 249円/kg (レアメタルニュース、亜鉛、2009年3月末)
- ・Ag: 54,300円/kg (2010年5月相場)
- ・Au: 3,551,860円/kg (2010年5月相場)
- ・Pb: 253円/kg (レアメタルニュース、鉛、2010年3月末)
- ・Pd: 1,440,280円/kg (2010年5月相場)
- ・Bi: 1,800円/kg (レアメタルニュース、ビスマス99.99%、2010年3月末)
- ・Ta: 155,000円/kg (レアメタルニュース、タンタルキャパシター・グレード、2010年3月末)
- ・W: 52,000円/kg (レアメタルニュース、タンゲステン、2010年3月末)
- ・Nd: 1,716円/kg (レアメタルニュース、金属ネオジウム、2010年3月末)
- ・Dy: 13,684円/kg (レアメタルニュース、金属ジスプロシウム、2010年3月末)

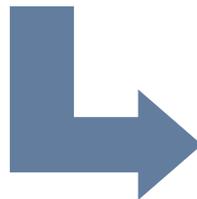
## 金属回収段階の設定(非鉄製錬業者の利益率の設定)

- 金属回収のコストは把握できなかったため、収益×(1-利益率)で費用を逆算。
- 非鉄製錬業者の利益率は以下の非鉄製錬4社のH18~H19の平均利益率に基づき設定。
- (4社の営業利益合計/4社の売上高合計)で利益率を算定。

単位:百万円

		H18.4~H19.3	H19.4~H20.3
A社	売上高	680,438	799,695
	営業利益	33,395	46,053
B社	売上高	113,564	142,120
	営業利益	10,998	12,582
C社	売上高	887,036	999,515
	営業利益	45,139	33,914
D社	売上高	276,601	272,226
	営業利益	25,122	22,487

出典: 非鉄製錬4社の有価証券報告書



非鉄製錬業者の利益率:5.5%

# 費用便益分析(計算期間20年の計算方法)

- 計算期間20年として費用便益分析を実施。具体的には、初期投資(ステーション設置費用、ボックス設置費用、広報費用)を考慮し、社会的割引率4%として分析。
- 小型家電の回収見込量は、毎年一定(2009年の潜在的回収可能台数に回収率を乗じることで設定)として計算。
- コンテナは5年に一度、ボックスは10年に一度の頻度で更新するものと設定。広報費用は1年目に計上(これらの初期投資はこれまでのモデル事業の実績に基づき設定)。

【初期投資関連データ※1】

		単価 円/個	設置密度 人/個	設置割合 %
ステーション設置費用	コンテナ	5,915	300	50
ボックス設置費用	ボックス	88,000	5,000	100

	単価 円/個
広報費用	1,676

※1 モデル事業実績から設定。コンテナ設置割合については半数の自治体がコンテナを用いるものと仮定。

※2 広報費用はステーション・ボックスあたり

【計算期間20年の計算結果のイメージ】

年	年数	便益		費用					現在価値		
		金属調達 コスト 削減効果	合計	小型家電 回収コスト	埋立処分 コスト削減	コンテナ 準備費用	ボックス 準備費用	広報費用	合計	便益の 現在価値	費用の 現在価値
2009	0										
2010	1	853	853	486	-319	497	1,417	391	2,472	820	2,377
2011	2	853	853	486	-319				167	789	155
2012	3	853	853	486	-319				167	758	149
2013	4	853	853	486	-319				167	729	143
2014	5	853	853	486	-319				167	701	138
2015	6	853	853	486	-319	497			664	674	525
2016	7	853	853	486	-319				167	648	127
2017	8	853	853	486	-319				167	623	122
2018	9	853	853	486	-319				167	599	118
2019	10	853	853	486	-319				167	576	113
2020	11	853	853	486	-319	497	1,417		2,082	554	1,352
2021	12	853	853	486	-319				167	533	105
2022	13	853	853	486	-319				167	512	100
2023	14	853	853	486	-319				167	493	97
2024	15	853	853	486	-319				167	474	93
2025	16	853	853	486	-319	497			664	456	355
2026	17	853	853	486	-319				167	438	86
2027	18	853	853	486	-319				167	421	83
2028	19	853	853	486	-319				167	405	79
2029	20	853	853	486	-319				167	389	76
合計	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,595	6,391

$$B = \sum_t \left( \frac{B_t}{(1+i)^t} \right)$$

$$C = \sum_t \left( \frac{C_t}{(1+i)^t} \right)$$

B: 便益の現在価値  
 B<sub>t</sub>: t年目の便益  
 C: 費用の現在価値  
 C<sub>t</sub>: t年目の費用  
 i: 割引率(4%)  
 t: 年数

$$B/C = 1.81$$

## リサイクルシステムの経済性評価にて用いた用語の定義

用語	定義
潜在的回収可能台数	平成21年度研究会とりまとめにおける「排出ポテンシャル」と同意。既存統計の出荷量を用いて平均使用年数に基づき小型家電が排出されると仮定することで求めた台数。
回収見込量	平成21年度研究会とりまとめにおける「回収ポテンシャル」と同意。レアメタルリサイクルシステムを構築した場合に同システムにおいて回収が見込まれる台数(潜在的回収可能台数から退蔵やその他ルートへの流れを除いた台数)。
分離効率	選別工程の主産物における着目成分の分配率－非着目成分の分配率により表されるもの。選別結果の善し悪しの判断に使用される。
分配率	選別対象物に含まれる成分が、選別工程の各産物に移行する割合。
品位	中間処理産物における着目成分の含有割合。
採取率	製錬等の金属回収工程での、投入金属量に対する回収金属量の比率。