

平成 17 年度廃棄物学会研究討論会

循環型社会に相応しい都市ごみ処理への変革を考える - 焼却・埋立の立場から -

廃棄物学会研究委員会 < 廃棄物焼却研究部会 埋立処分研究部会 >

日時：平成 17 年 5 月 26 日 (木) 14 :45 ~ 16 :45

場所：川崎市産業振興会館 1 階ホール

趣旨

循環型社会を迎えて都市ごみ処理の方向性がよく見えてこない。この際、大変革を目指して考えるとしたらどのような姿が望ましいか、焼却・埋立の立場から考えたい。

焼却部会と埋立部会は平成 15 年の合同小集会で初めてごみ処理全体の議論を試みた。今回は、最初に焼却部会から、前回の埋立部会からの提起 (早期安定化、有害物質、塩など) も念頭におきつつ、自治体からの諸問題の提起とともに、焼却処理の立場から、種々の処理システムが共存する混沌とした現状の都市ごみ中間処理を整理する。次に埋立処分側から、最新の議論動向を踏まえた埋立地のありかたについて整理・提示を行う。これらの提案等を起点として、循環型社会における都市ごみ処理の発展方向は何か、その課題・可能性について討論を行うものである。

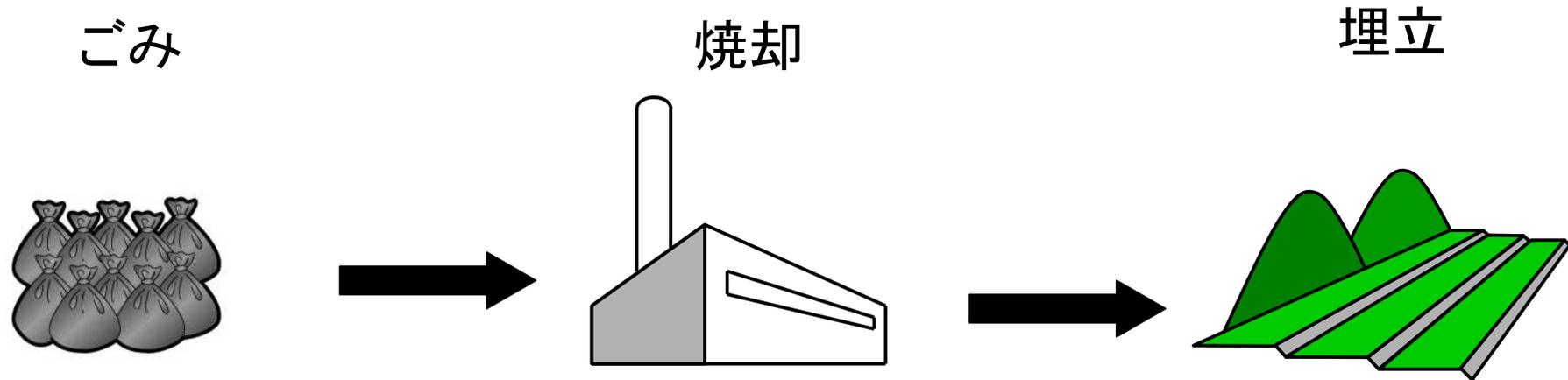
資料

都市ごみ中間処理における現状の混沌を整理する」	株式会社タクマ	手島 肇
論点整理 (埋立部会のコメント)	北海道大学	松藤敏彦
埋立から見た前処理とは」	株式会社エックス都市研究所	山口 直久
廃棄物処理のあり方」	国立環境研究所	井上 雄三
廃棄物の質制御と埋立」	埼玉県環境科学国際センター	小野 雄策

都市ごみ中間処理における 混沌の現状を整理する

廃棄物焼却研究部会

- 1 埋立部会からの問題提起
- 1.1 総論



埋立前処理として捉え、無害化、
早期安定化に取り組んできたか？

■ 1.2 各論 — 重金属、ダイオキシン類

埋立物

(廃棄物処理基準)

DXNs 3ng-TEQ/g
(含有量)

Pb 0.3mg/L
(溶出量)

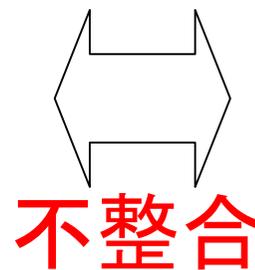
土壌

(土壌汚染対策法)

1ng-TEQ/g
(含有量)

0.01mg/L
(溶出量)

150mg/kg
(含有量)



■ Ca、Cl

- Caスケール、塩による各所への悪影響

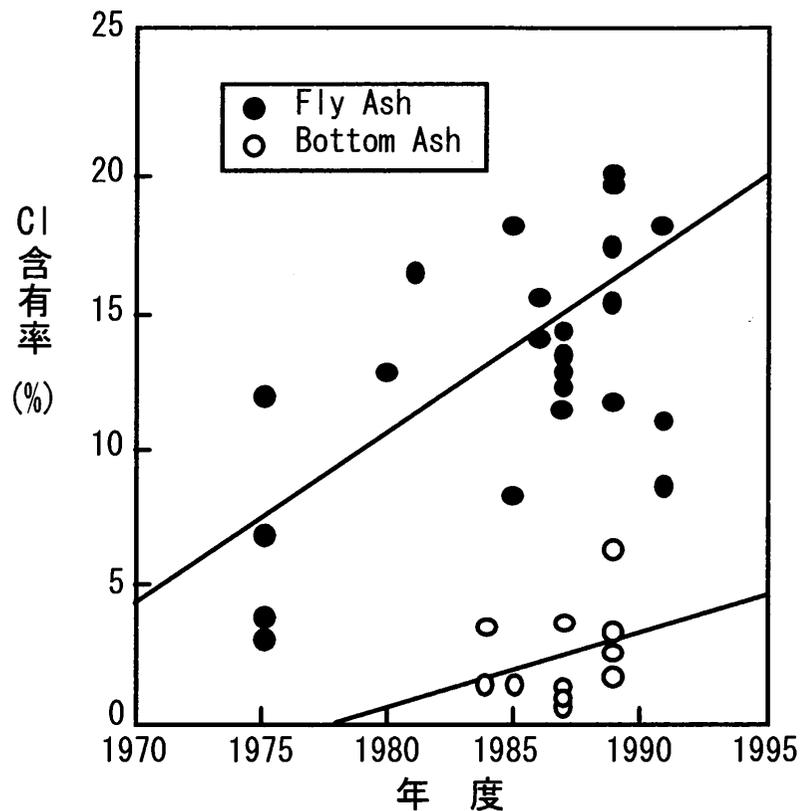


図1.1 Cl含有率の経年変化

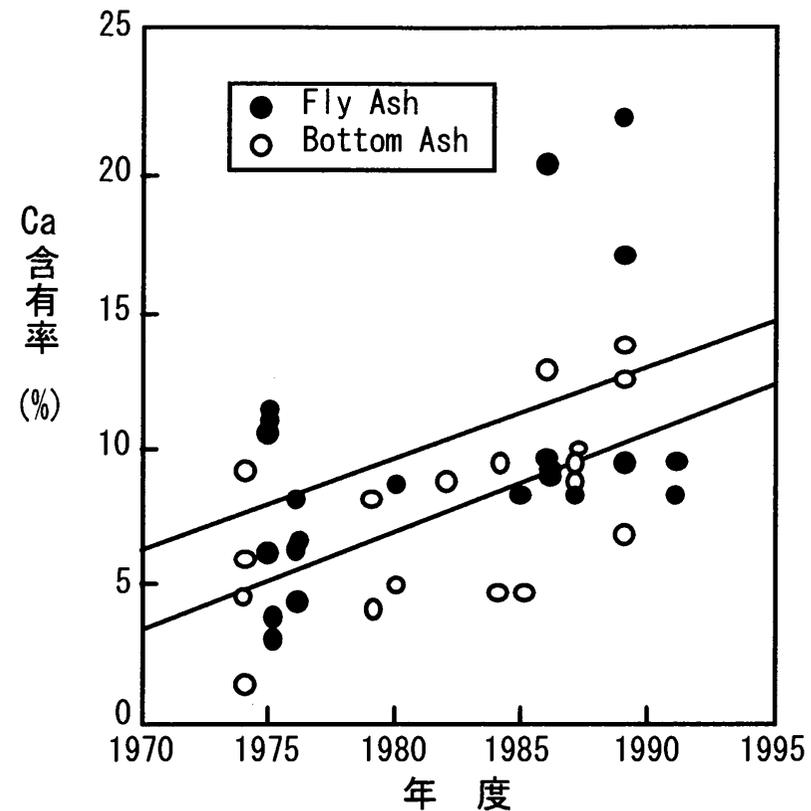


図1.2 Ca含有率の経年変化

■ 有機物

- 有機物の一部が重金属やダイオキシン類を吸着
- フミン酸等の溶解性有機物は有害物質を溶出させる
- 熱しゃく減量が5%程度の状態が最も安定
(コンポスト残渣等の添加により調整可能)

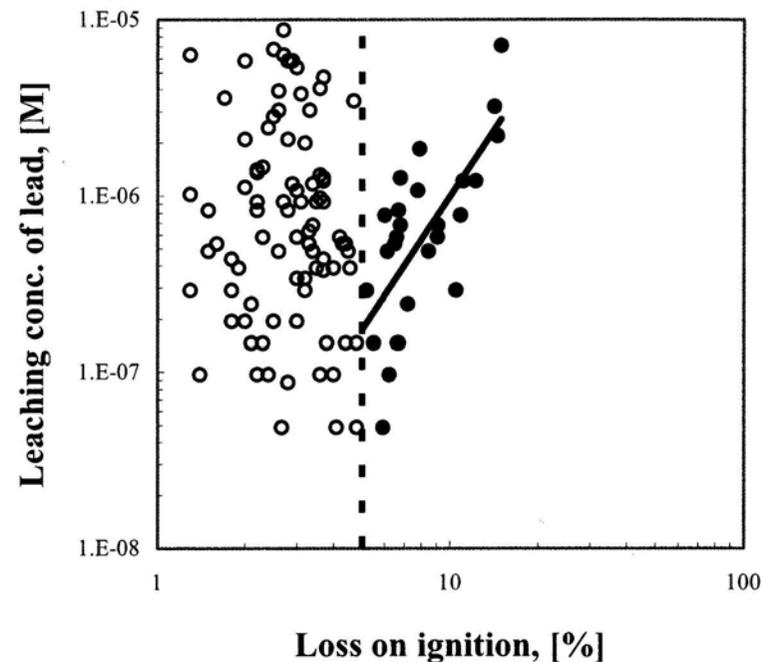


図1.3 主灰の熱しゃく減量と鉛の溶出濃度の関係

■ 2 これまでの取組(中間処理を中心として)

■ 2.1 埋立量の減量化 — ごみ減量化(1)

【容器包装リサイクル法】 平成12年4月完全施行

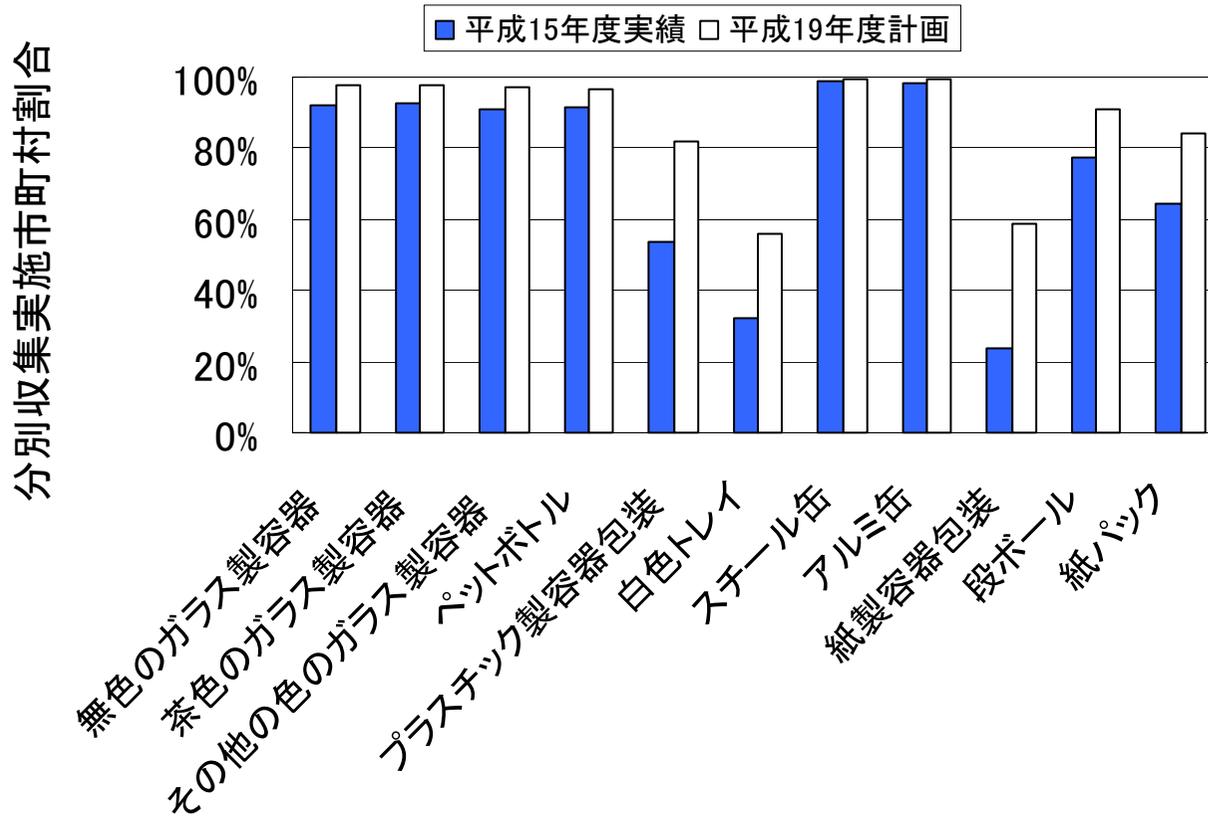


図2.1 容器包装の分別収集(市町村)

参考:環境省「平成15年度容器包装リサイクル法に基づく市町村の分別収集及び再商品化の実績について」

■ ごみ減量化(2)

【家電リサイクル法】 平成13年4月施行

【建設リサイクル法】 平成14年5月施行

【食品リサイクル法】 平成13年5月施行

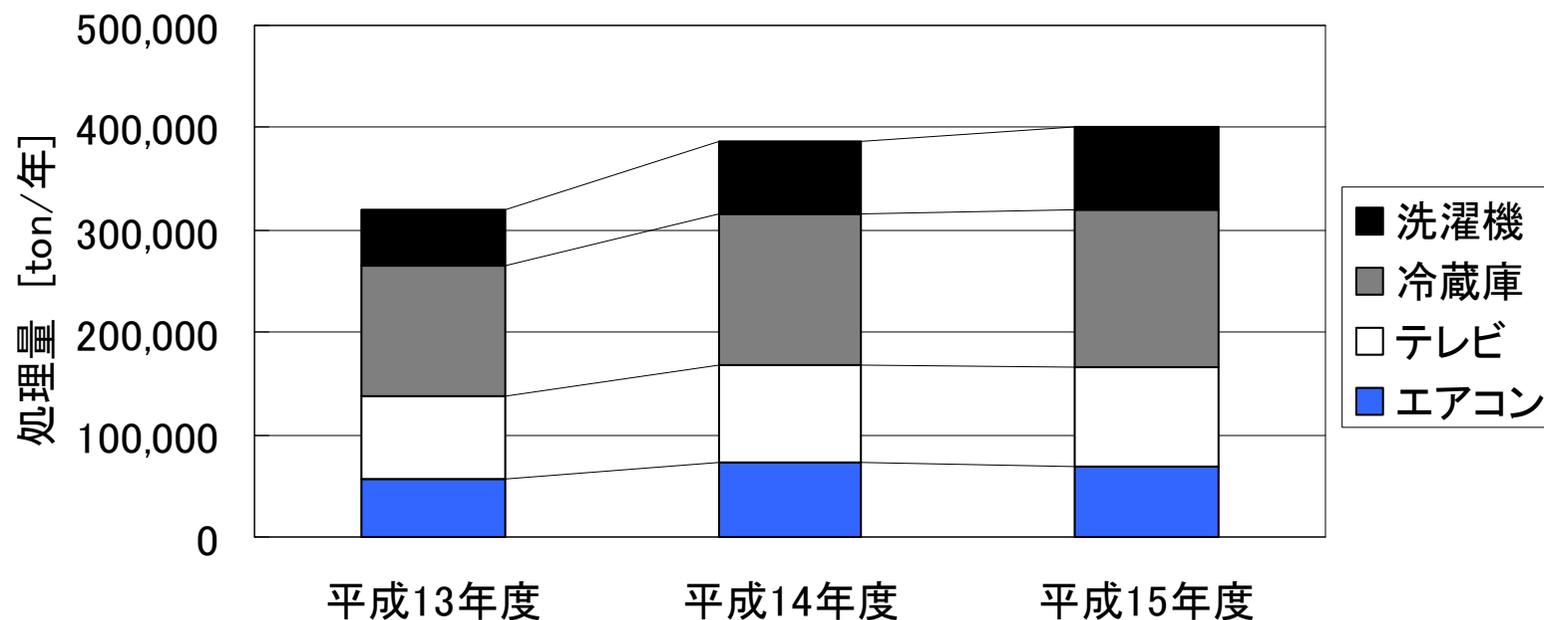


図2.2 家電リサイクル法対象機器の処理量

■ ごみ減量化(3)

【自治体の取組】

家電リサイクル法施行
持込ごみ手数料改定

建設廃材のリサイクル誘導

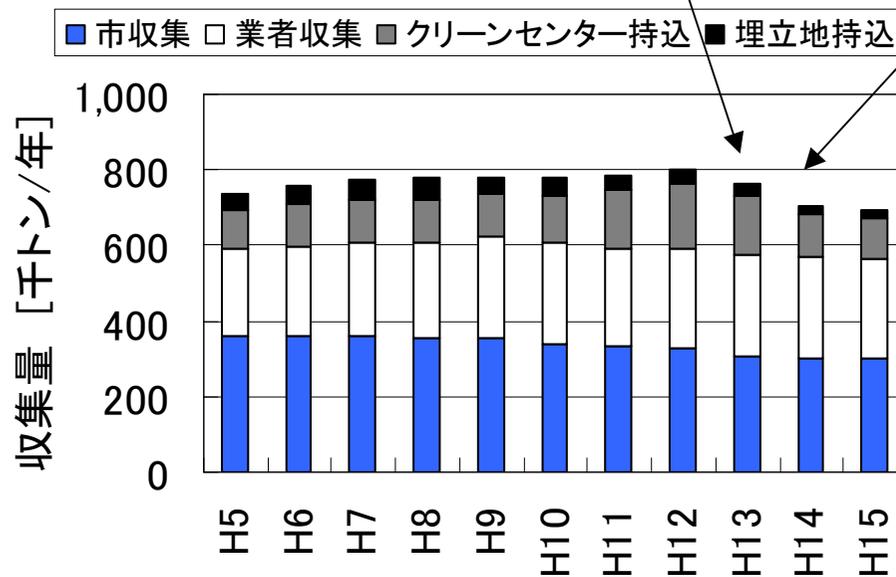


図2.3 ごみ収集量の推移
(京都市)

参考:京都市廃棄物減量等推進審議会
第33回審議会本会 配布資料

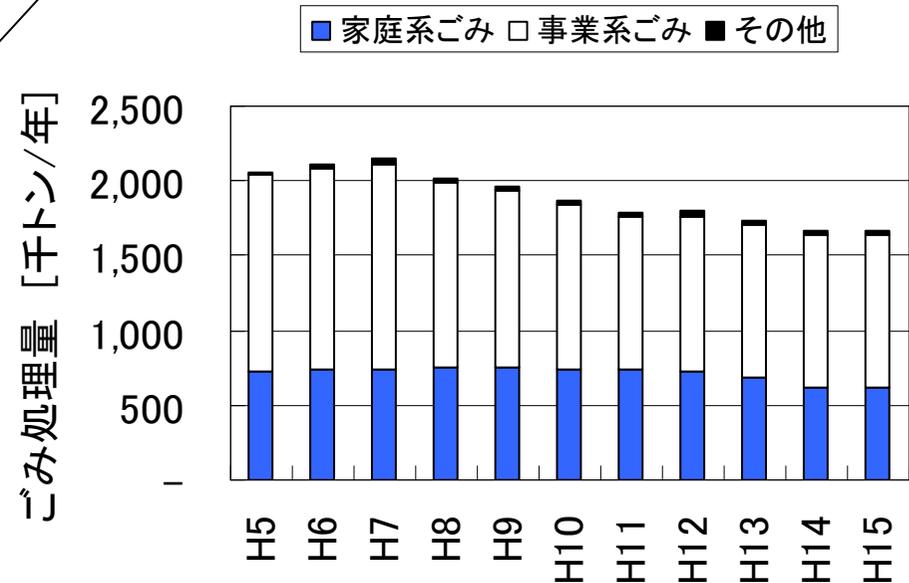


図2.4 ごみ処理量の推移
(大阪市)

参考:大阪市環境事業局パンフレット
「わたしのまち きれいな大阪」より作成

■ ごみ減量化(4)

- 一般ごみ排出量は減少傾向

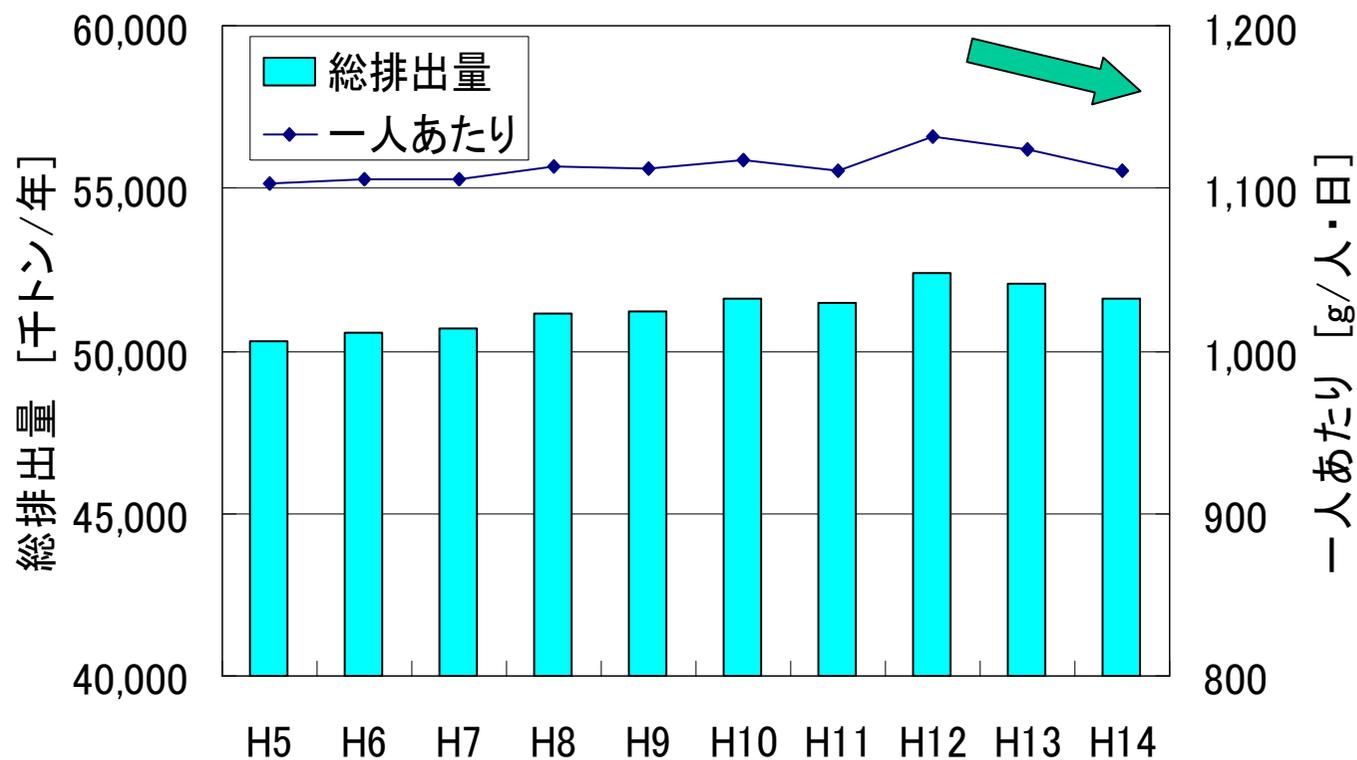


図2.5 全国のごみ排出量

■ 埋立物減量化(1)

- 「循環型社会推進基本計画」では、最終処分量を平成22年度において平成12年度から半減を目標。

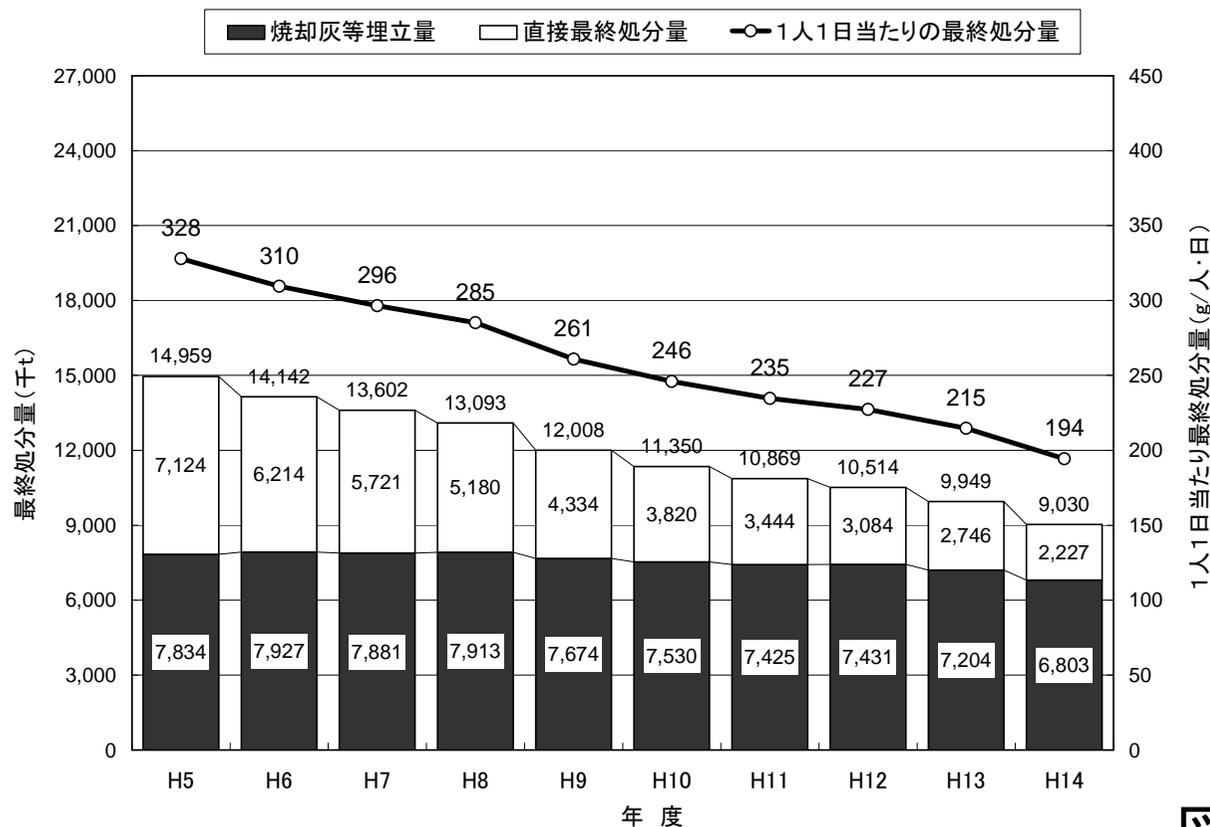


図2.6 一般廃棄物最終処分量の推移

出典：環境省「日本の廃棄物処理」平成14年度版

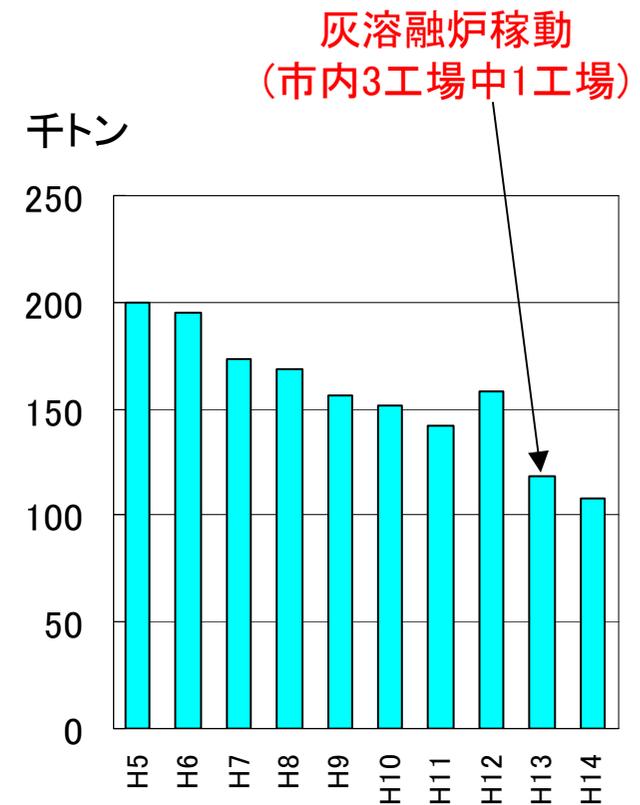


図2.7 溶融炉導入の効果
～岡山市の最終処分量～

出典：岡山市「環境白書」平成16年度版

■ 埋立物減量化(2)

- 灰溶融、ガス化溶融施設の整備
- 一部にセメント原料化の動き・・・エコセメント施設等

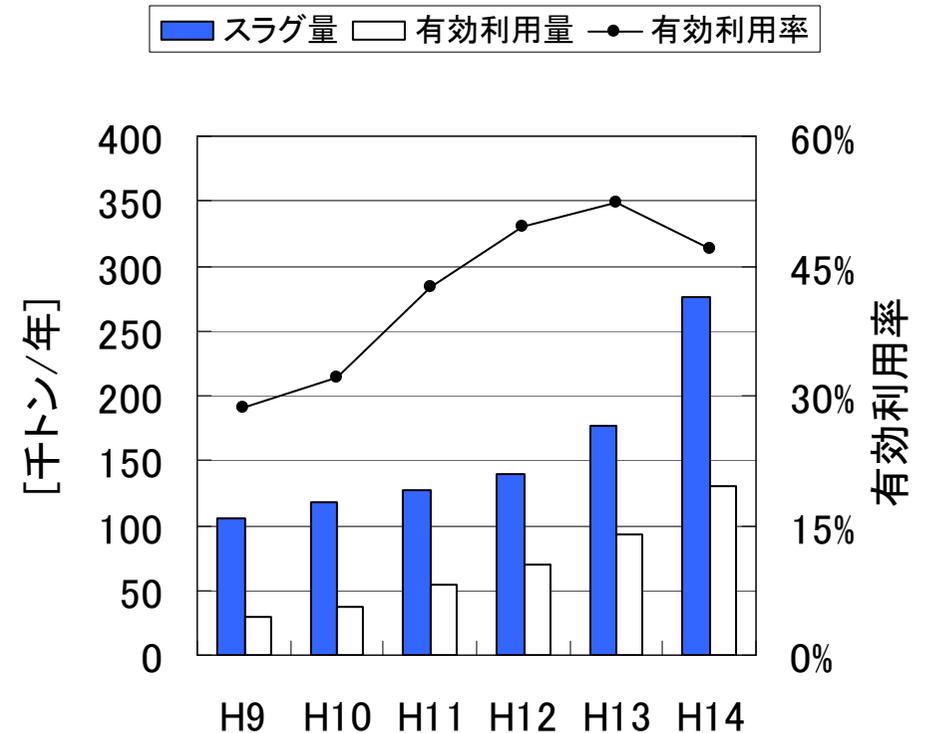
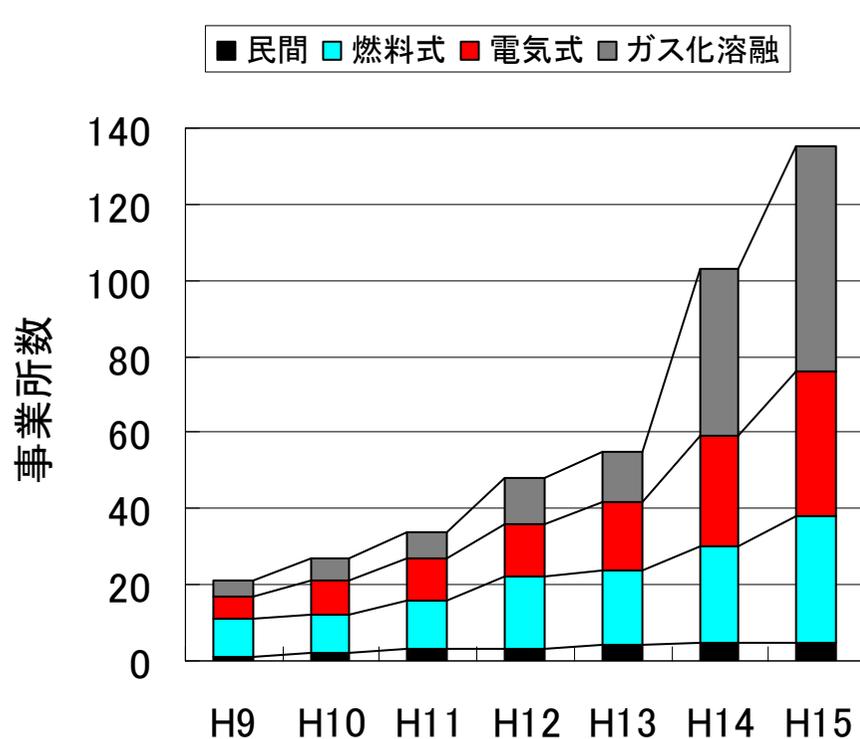


図2.8 溶融施設の累計稼働事業所数 図2.9 スラグの有効利用状況

■ 2.2 埋立物の質の向上 — 有機物

- 廃棄物処理法改正(H9)・・・熱しゃく減量10%以下
- 実際にはさらに低い値となっていると思われる(3%前後?)
- 溶融施設ではスラグ化により熱しゃく減量はほぼゼロ

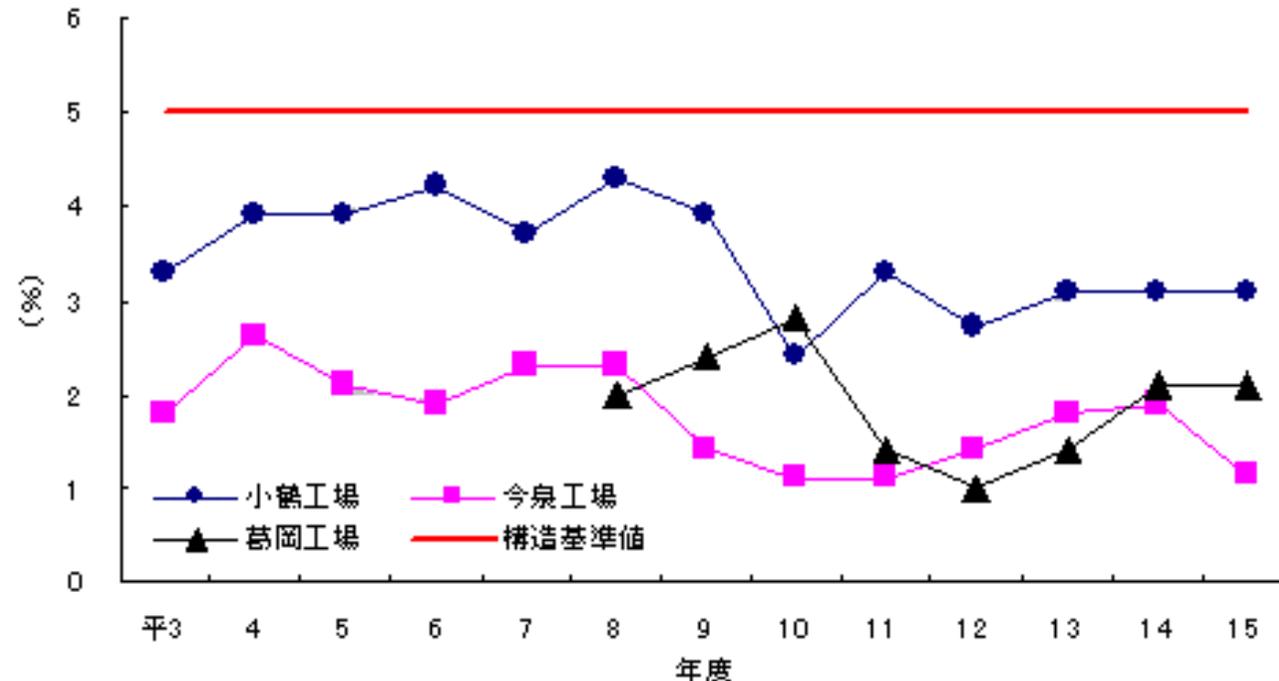
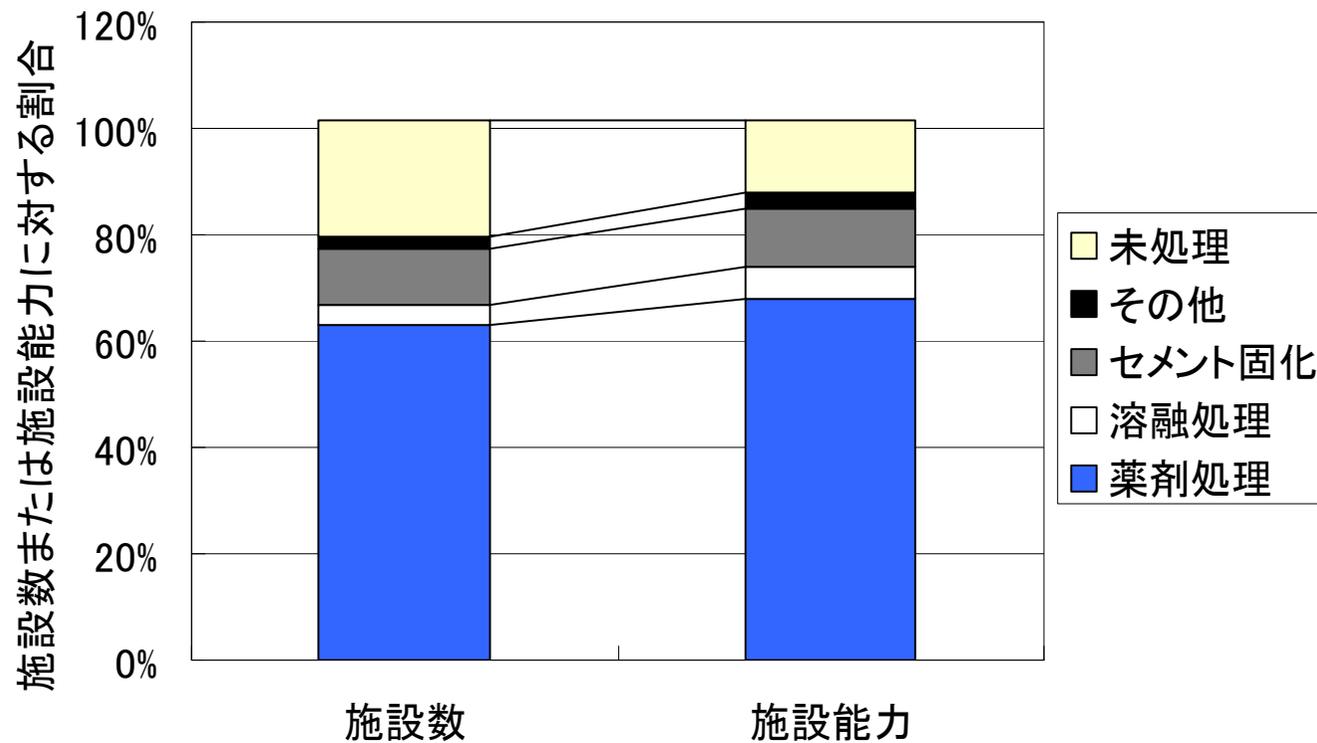


図2.10 焼却灰熱灼減量推移
(仙台市)

■ 重金属(1)

- 飛灰処理4方式の普及により重金属溶出対策が進んでいる



※一部重複あり

図2.11 全国ごみ処理施設の飛灰処理方式別の割合

■ 重金属(2)

- 社会的要因による減少(水銀)

△ 電池材料 ○ 電池以外 ● 計

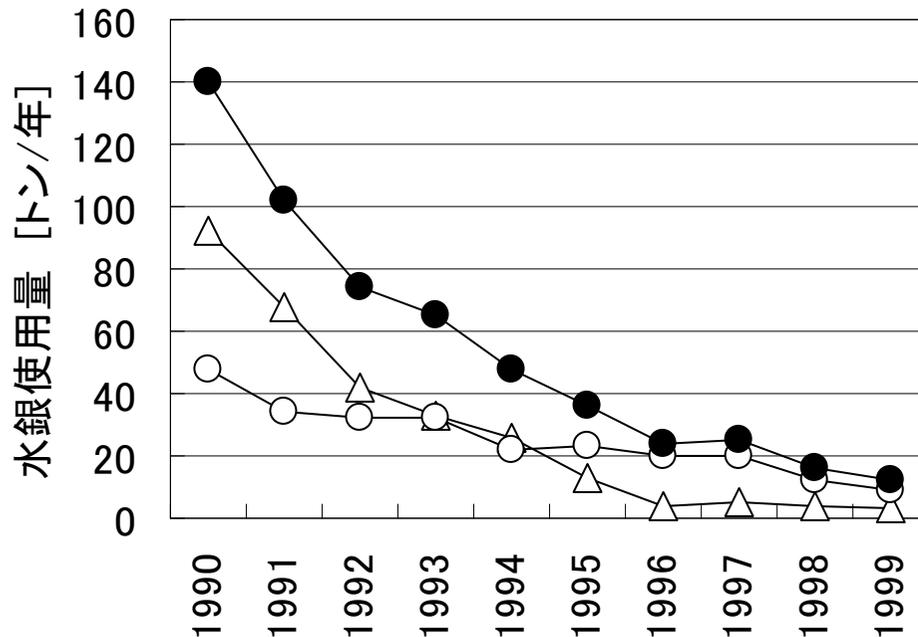


図2.12 国内水銀使用量推移

出典: (財)廃棄物研究財団「化学物質の循環・廃棄過程における制御方策に関する研究 総括研究報告書」平成12年度

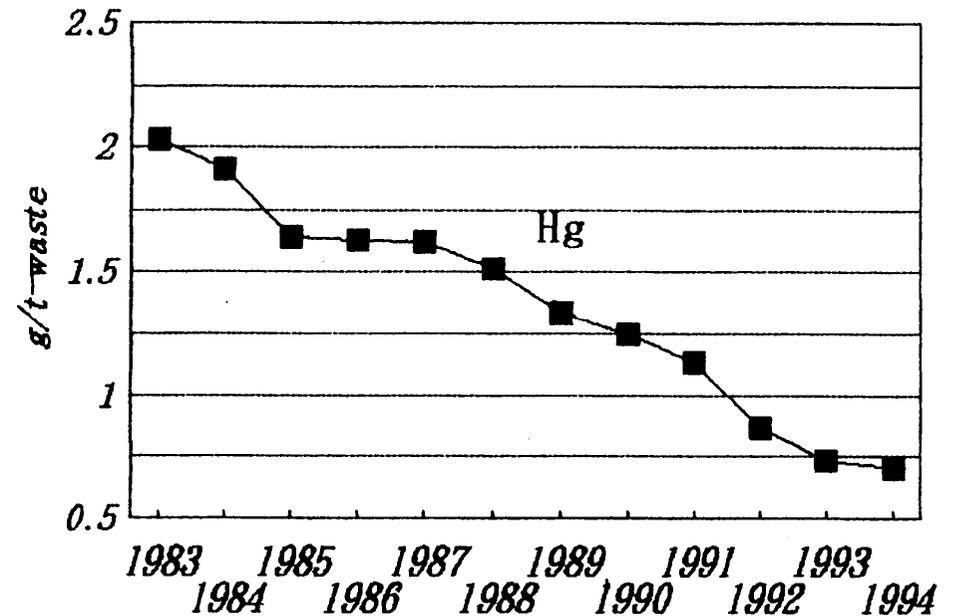


図2.13 家庭ごみ中の水銀量の推移

出典: Nakamura, K., Kinoshita S., Takatsuki H.: THE ORIGIN AND BEHAVIOR OF LEAD, CADMIUM AND ANTIMONY IN MSW INCINERATOR, Waste Management Vol.16 pp509-517, 1996

■ ダイオキシン類

- ダイオキシン類対策特別措置法(平成12年1月施行)
 - 焼却灰、ばいじんの基準値 3ng-TEQ/g
- 燃焼技術の高度化によるDXN発生抑制
- 溶融推進、飛灰の加熱脱塩素化装置によるDXN低減

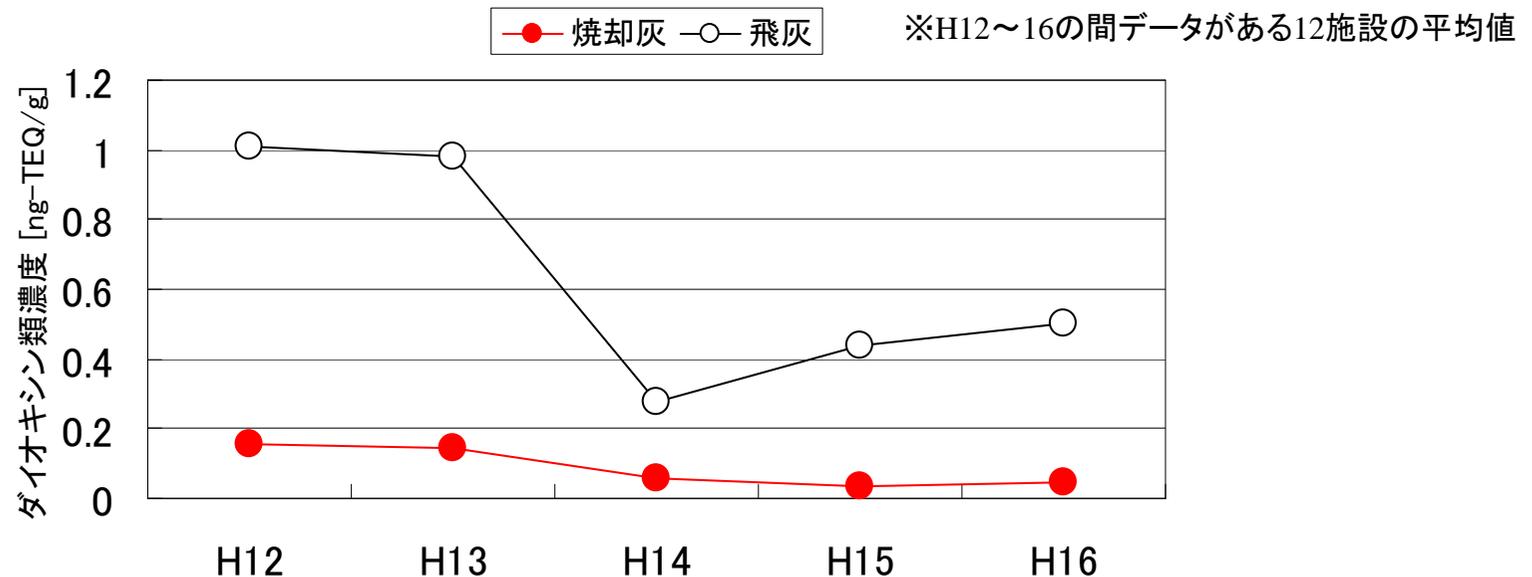


図2.14 焼却残渣ダイオキシン類濃度
(東京二十三区)

参考:東京二十三区清掃一部事務組合ホームページより

■ Ca、Cl

- **ごみ中の塩素量低減** → **工業製品等の塩素使用量低減**
- **排ガス規制値の要求高度化により消石灰使用量増大**
→ **消石灰に変わる薬剤の開発、湿式排ガス処理の採用（排水は適正処理後放流）等が必要**

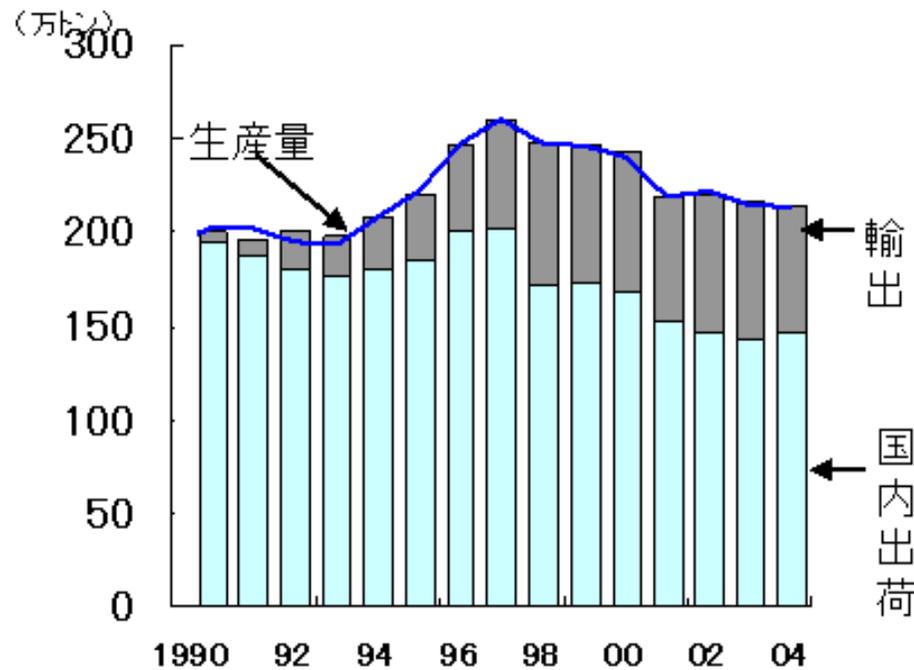


図2.15 塩ビ樹脂生産・出荷実績

出典：塩ビ工業・環境協会

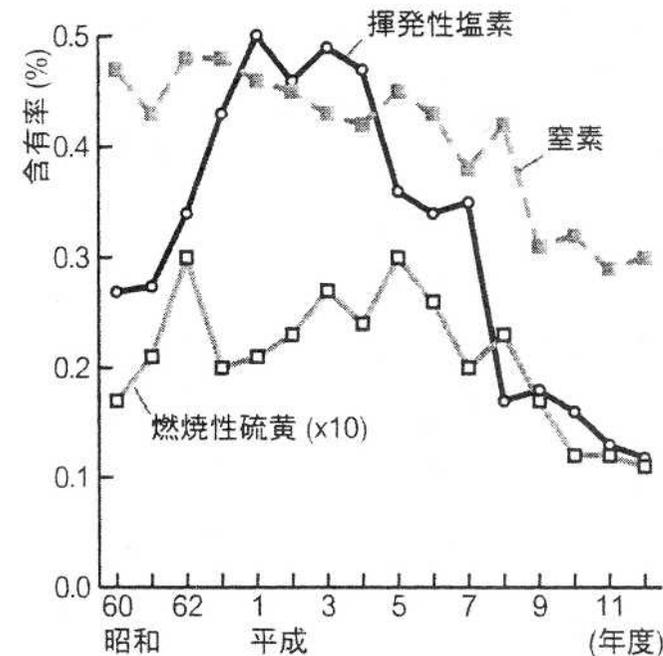
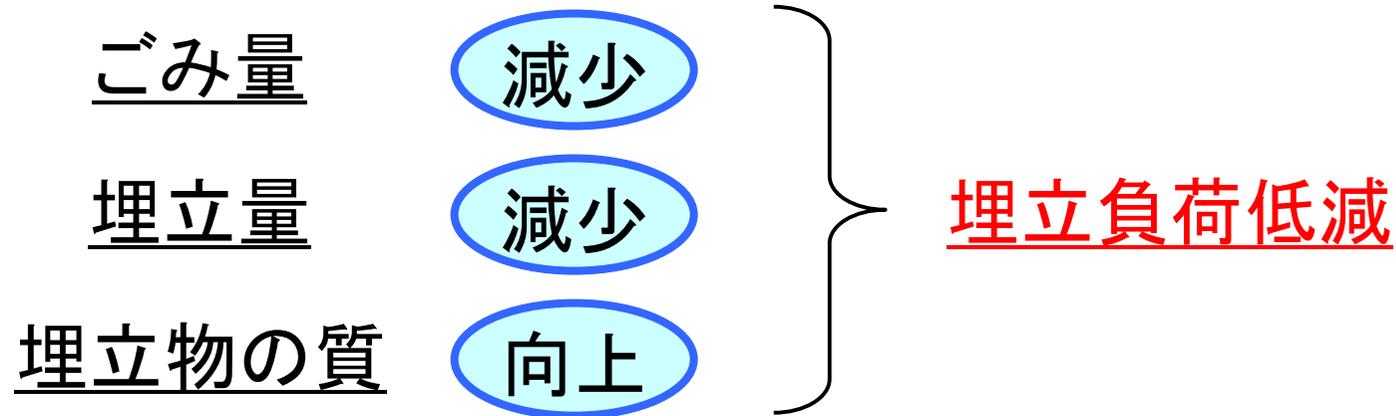


図2.16 可燃ごみの元素組成

出典：及川ら、「ごみ中の揮発性塩素の経年変化とその由来の検討」第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集p33

■ 2.3 まとめ(これまでの取組)

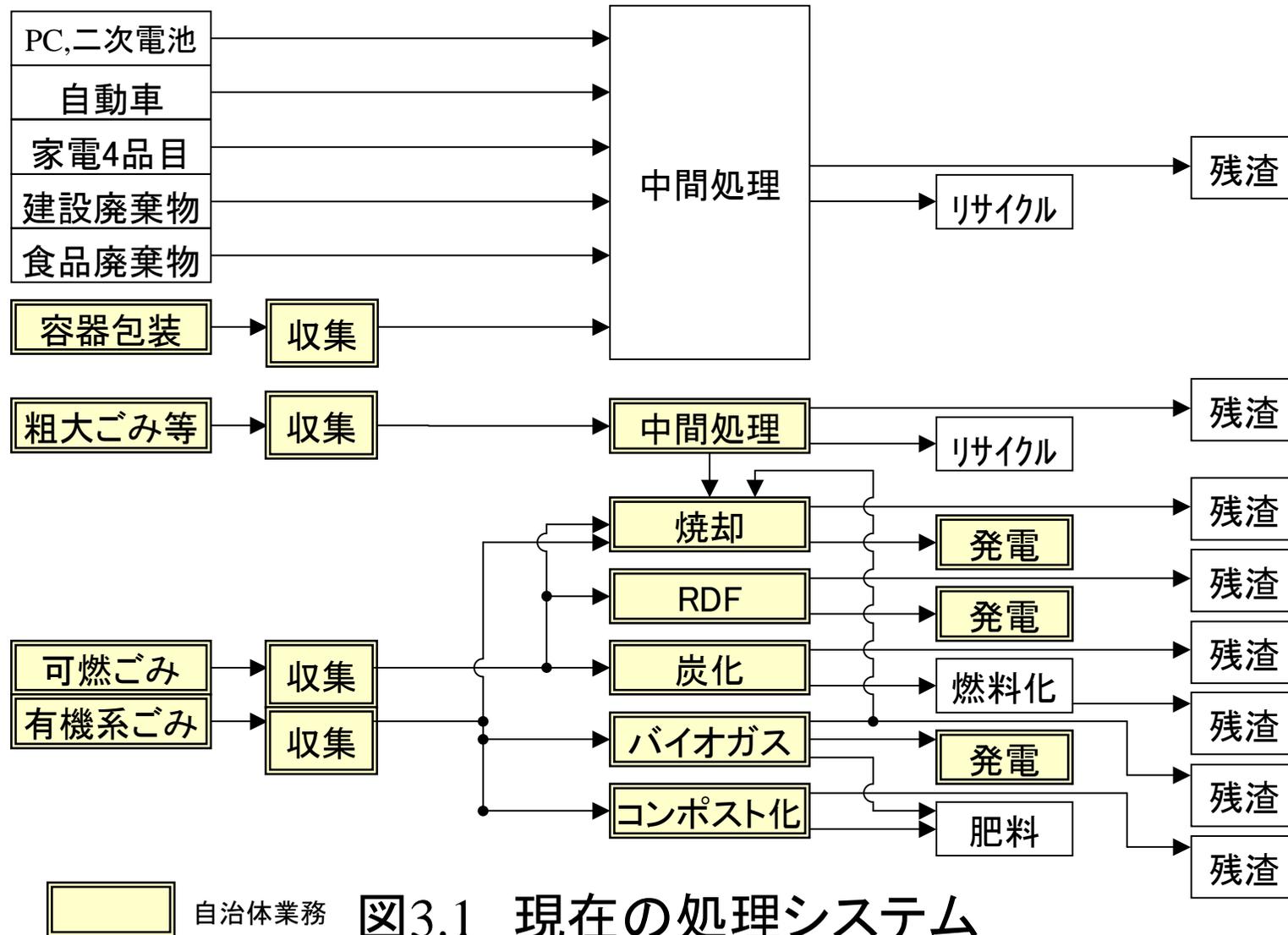


さらなる改善のために...

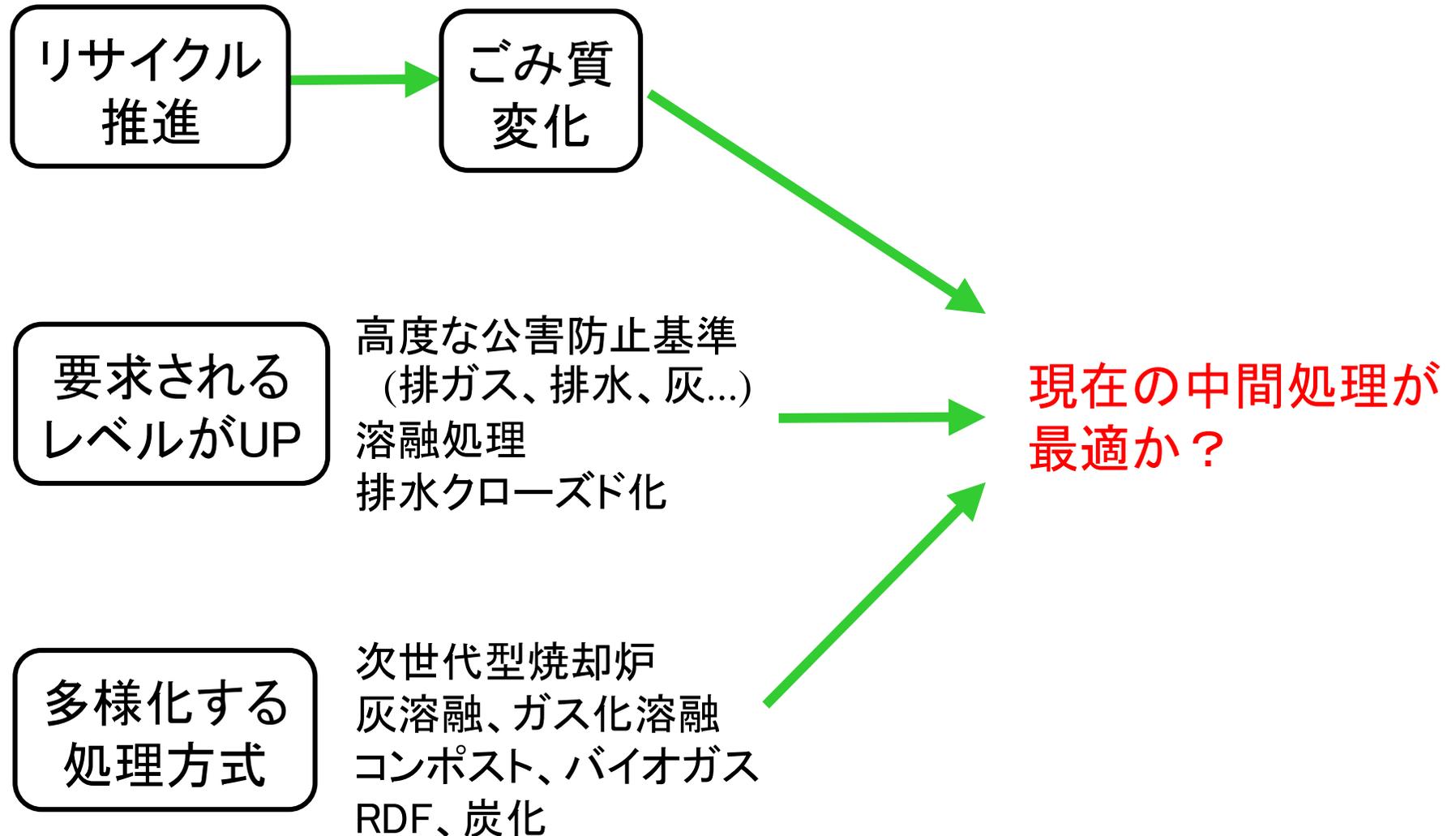
「焼却」も「埋立」も同じ「End of Pipe」の立場であることを認識し、廃棄物処理処分の適正化のために、ともに上流側(排出側)への提言を行っていくことが必要

3. 都市ごみ中間処理の現状(問題)

3.1 現在の処理システム(自治体の業務範囲)



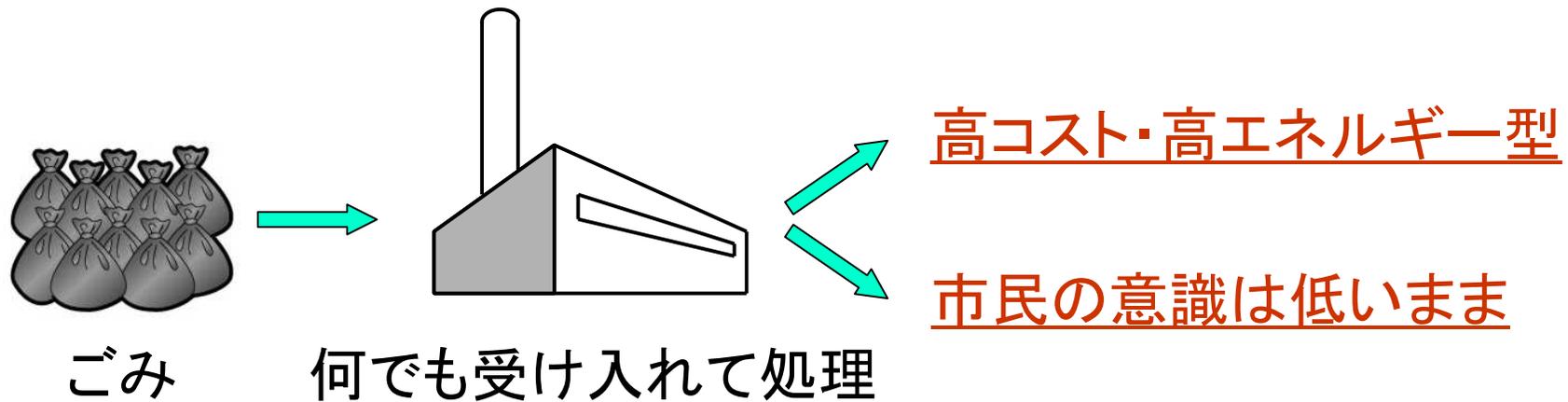
■ 3.3 問題(技術の立場から)



■ 4. これからの都市ごみ中間処理

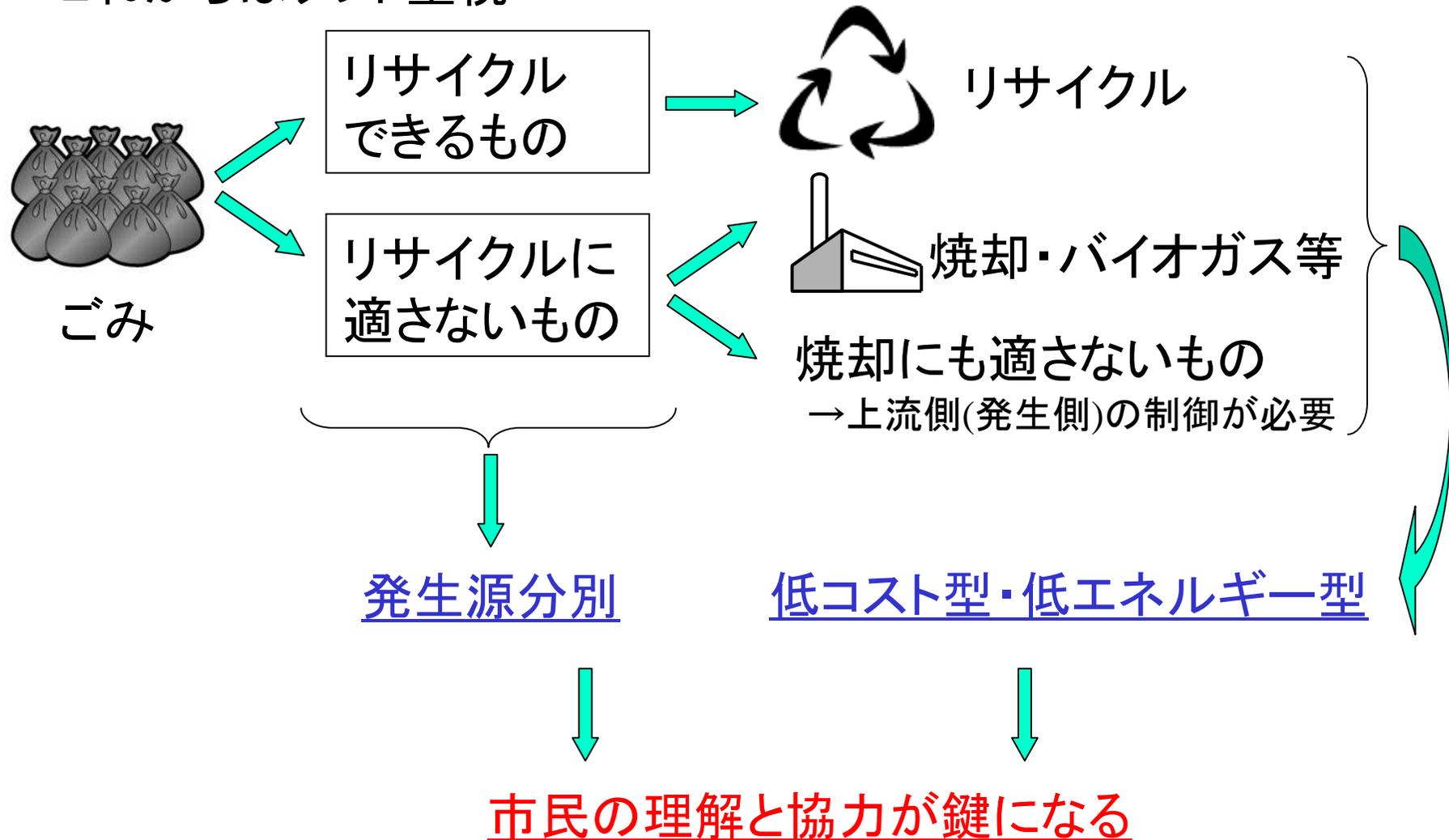
■ 4.1 循環型社会への過渡期(1)

- これまではハード偏重の傾向

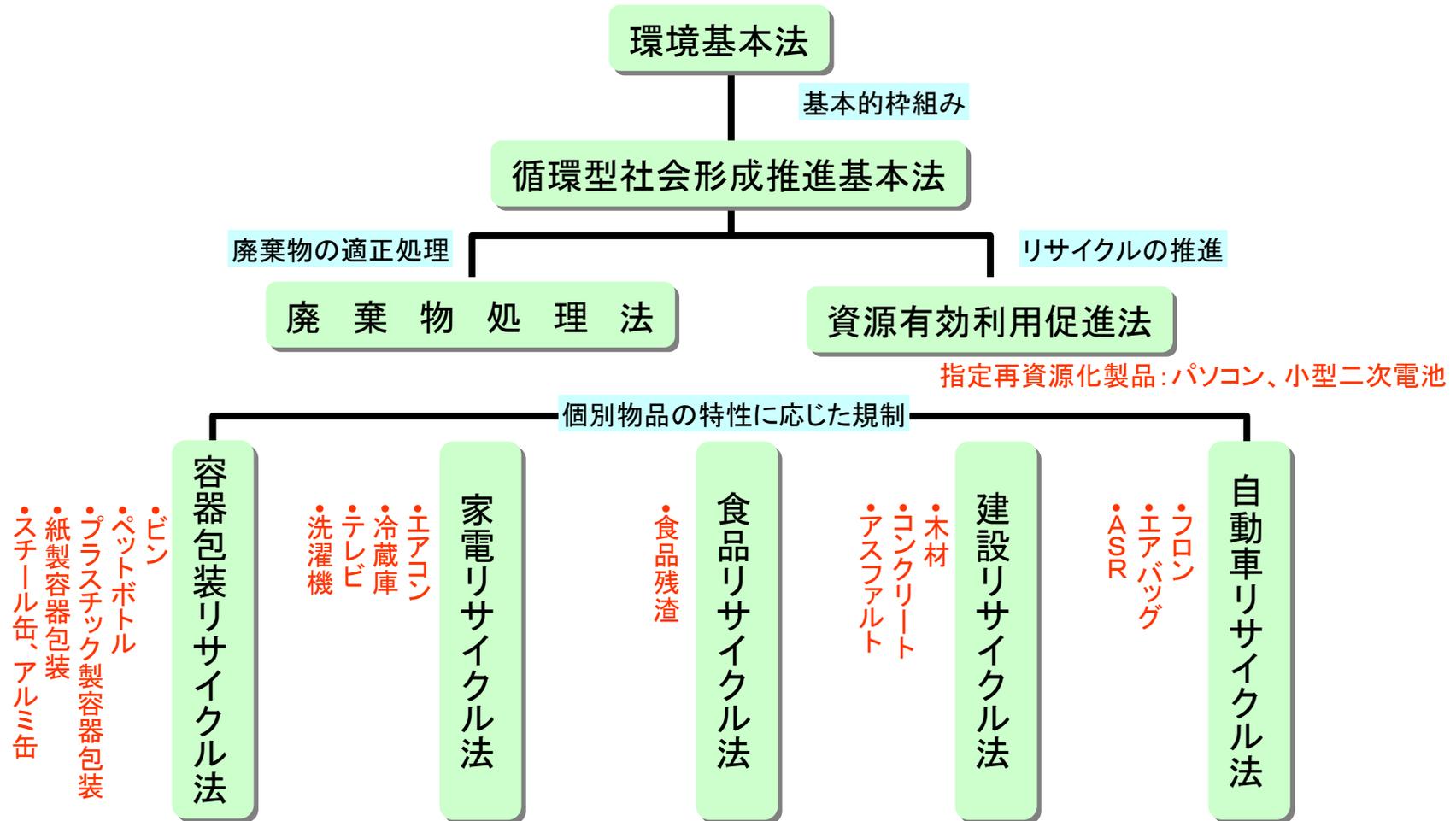


■ 循環型社会への過渡期(2)

- これからはソフト重視



■ 4.2 社会の動向 — 法体系



- 地球温暖化対策
京都議定書の発行、新エネルギー法 等

■ 廃棄物適正処理、リサイクル推進政策の動向

特別管理廃棄物の処理

PCBの広域処理化

家電リサイクル法対象品目の追加

冷凍庫(平成16年4月)

次は電子レンジ、衣類乾燥機？

資源有効利用促進法

特定再資源化商品への追加指定の動向

(現在はPCと小型二次電池が指定)

■ 分別回収協力率

現状では分別回収協力率6～7割程度の自治体が多い
市民の協力によりどこまで伸びるか
(有料化によるインセンティブ効果、環境教育の効果)

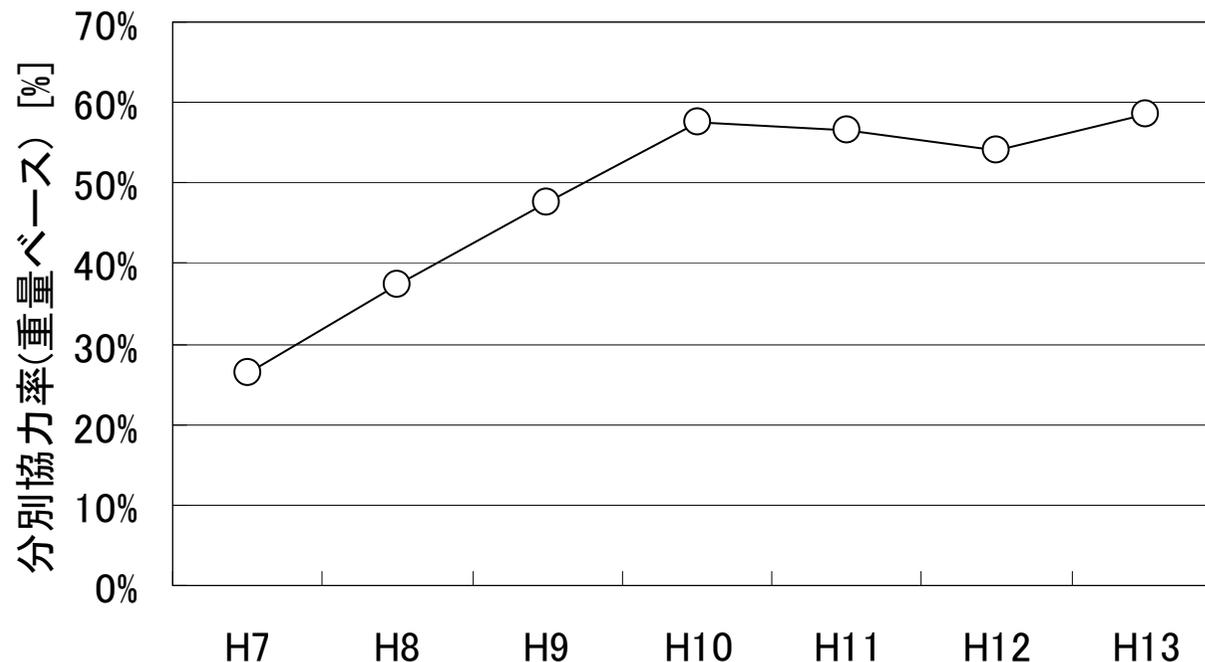


図4.1 缶・びん・ペットボトルの分別回収協力率
(京都市)

■ 4.3 中間処理のあるべき姿

1. 循環型社会の将来像を念頭に置き、将来のごみ質を予測
2. 予測したごみの中間処理方法をFSにより検討
 - 北海道大学大学院工学研究科松藤敏彦助教授らが開発したLCA試算ツールをベースに、一部独自の手法で計算
3. 評価
 - コスト
 - エネルギー
 - CO₂
 - 埋立量
 - 有害物質

■ 検討対象範囲

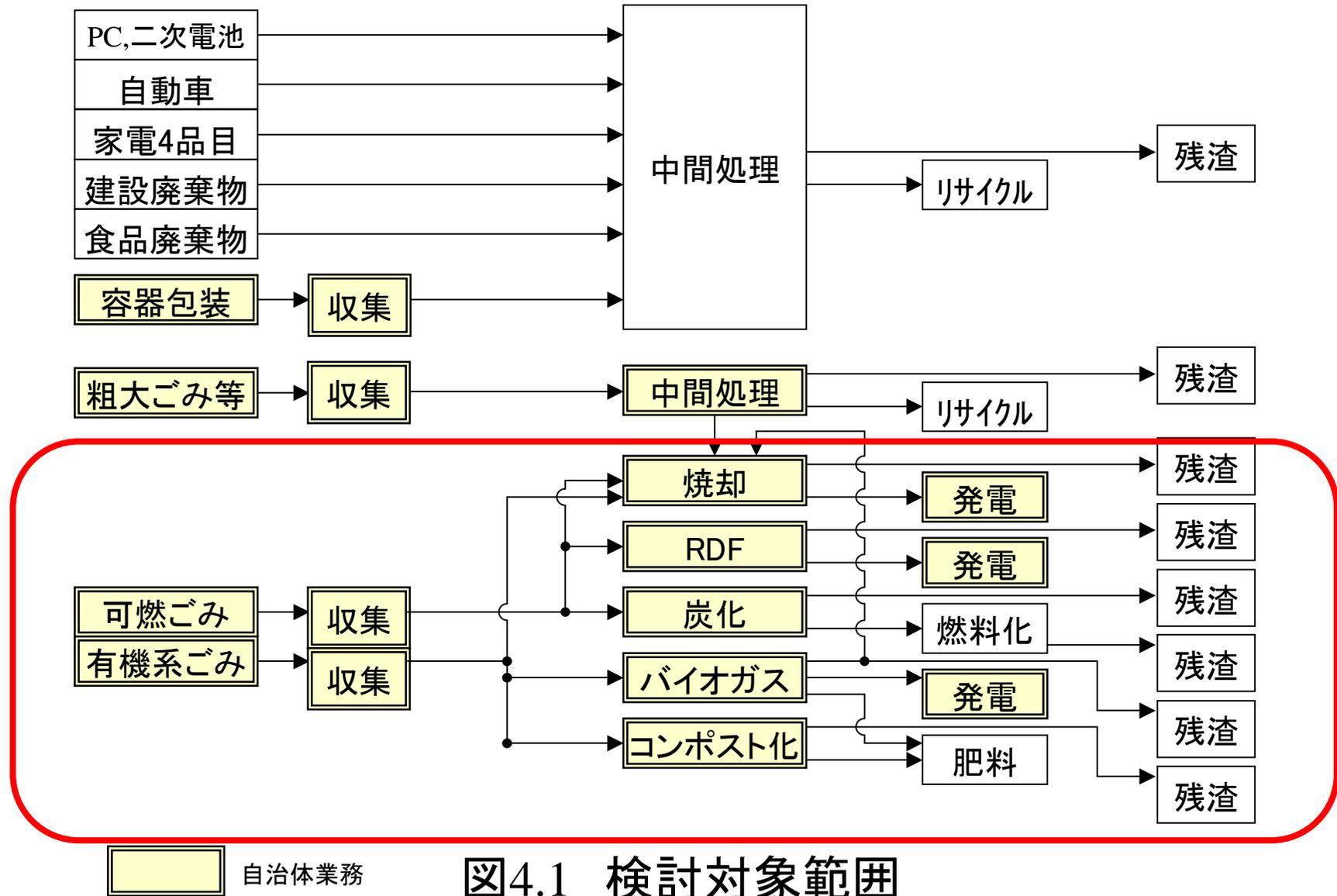
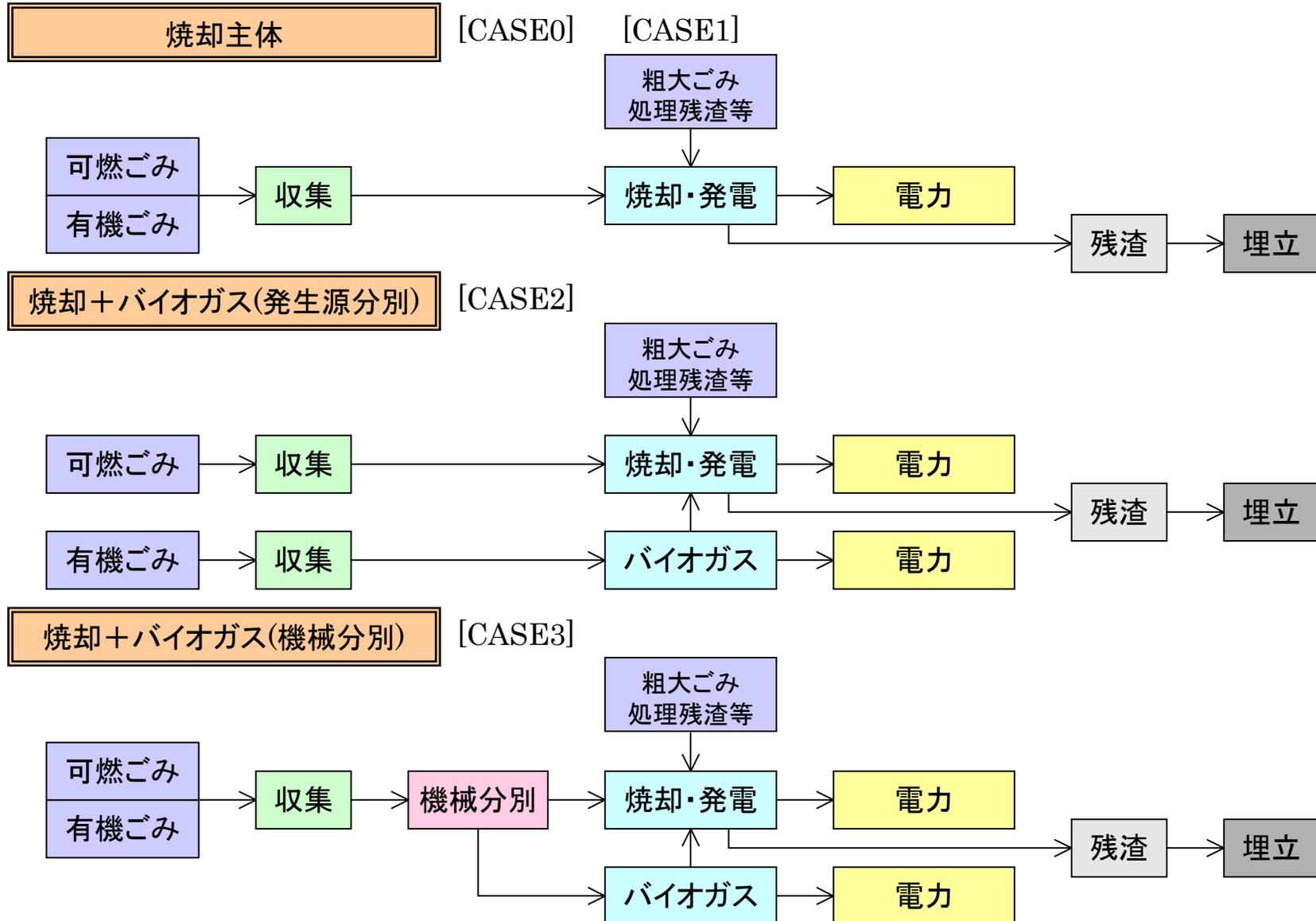
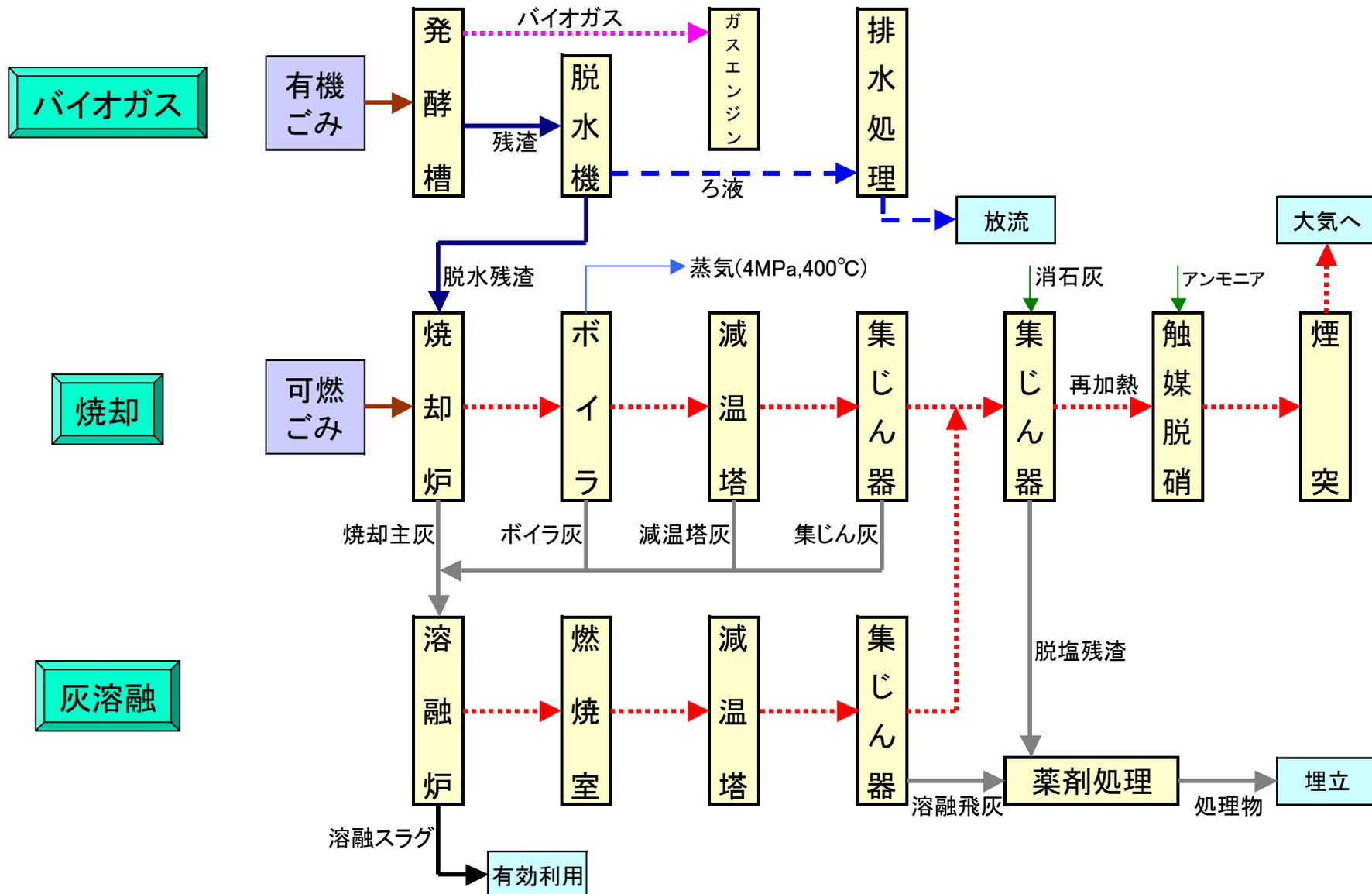


図4.1 検討対象範囲

■ 検討フロー



■ 中間処理フロー



■ ケース分け

	対象ごみ	収集形態	前処理	処理方式	施設規模	
					焼却	バイオガス
CASE0	現在のごみ	混合収集	—	焼却(灰溶融)	100	—
CASE1	将来のごみ (容器包装分別が進展)	混合収集	—	焼却(灰溶融)	86	—
CASE2	将来のごみ (容器包装分別が進展)	有機ごみを 分別収集	—	焼却(灰溶融) + バイオガス化	58	28
CASE3	将来のごみ (容器包装分別が進展)	混合収集	有機ごみを 機械分別	焼却(灰溶融) + バイオガス化	58	28

※ CASE1～3において、容器包装は全自治体が分別収集を実施し、かつ分別回収協力率は80%と仮定

※ CASE2において、有機ごみの分別収集協力率は90%と仮定。

※ CASE3において、機械分別による有機ごみ回収率は90%と仮定。

■ 焼却対象ごみの変化(焼却量、発熱量)

- 容器包装分別収集によるごみ減量効果大、一方発熱量は低下(CASE1)
- 有機ごみのバイオガス処理により発熱量回復(CASE2,3)
- 焼却対象ごみ量は、現在(CASE0)の6割程度まで低減可能

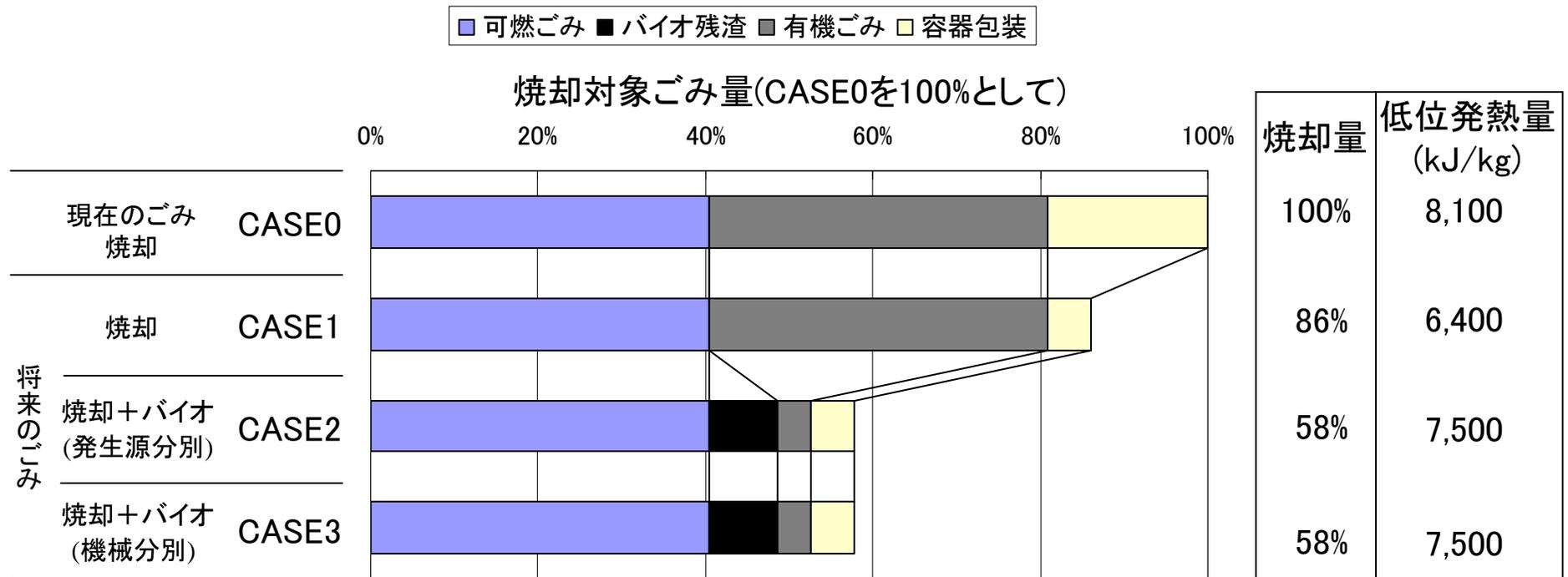


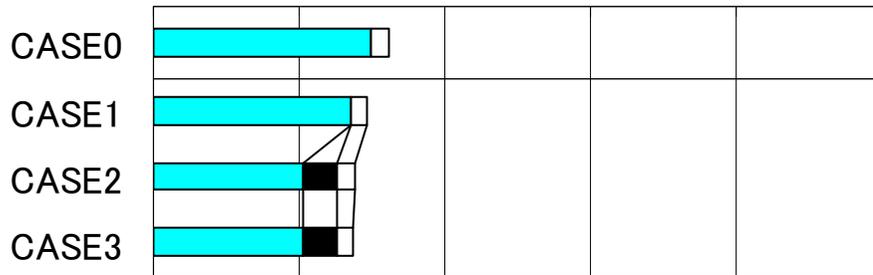
図4.2 焼却対象ごみ質の予測

■ 試算結果 — コスト

■ 焼却施設 ■ バイオ施設 □ 収集運搬

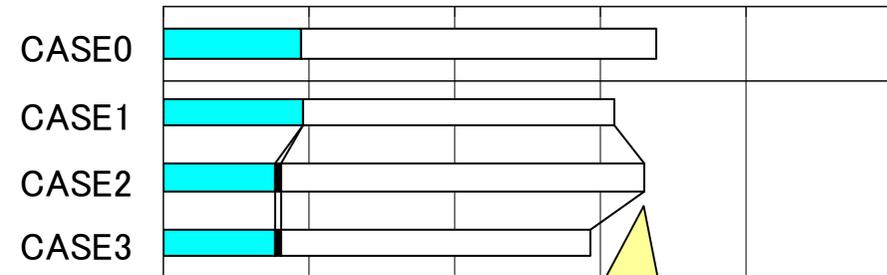
イニシャルコスト

0% 20% 40% 60% 80% 100%



ランニングコスト

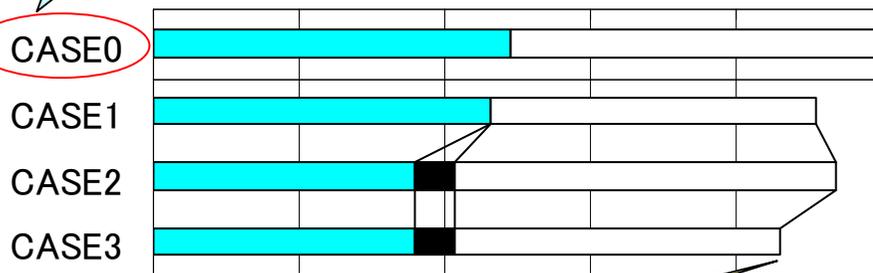
0% 20% 40% 60% 80% 100%



これを100%として表示

イニシャル+ランニングコスト

0% 20% 40% 60% 80% 100%



CASE0

有機ごみ分別収集により収集コストアップ

ごみトン単価 円/ton
24,257
25,655
26,437
24,275

最も低コスト

図4.3 各ケースのコスト

■ エネルギー

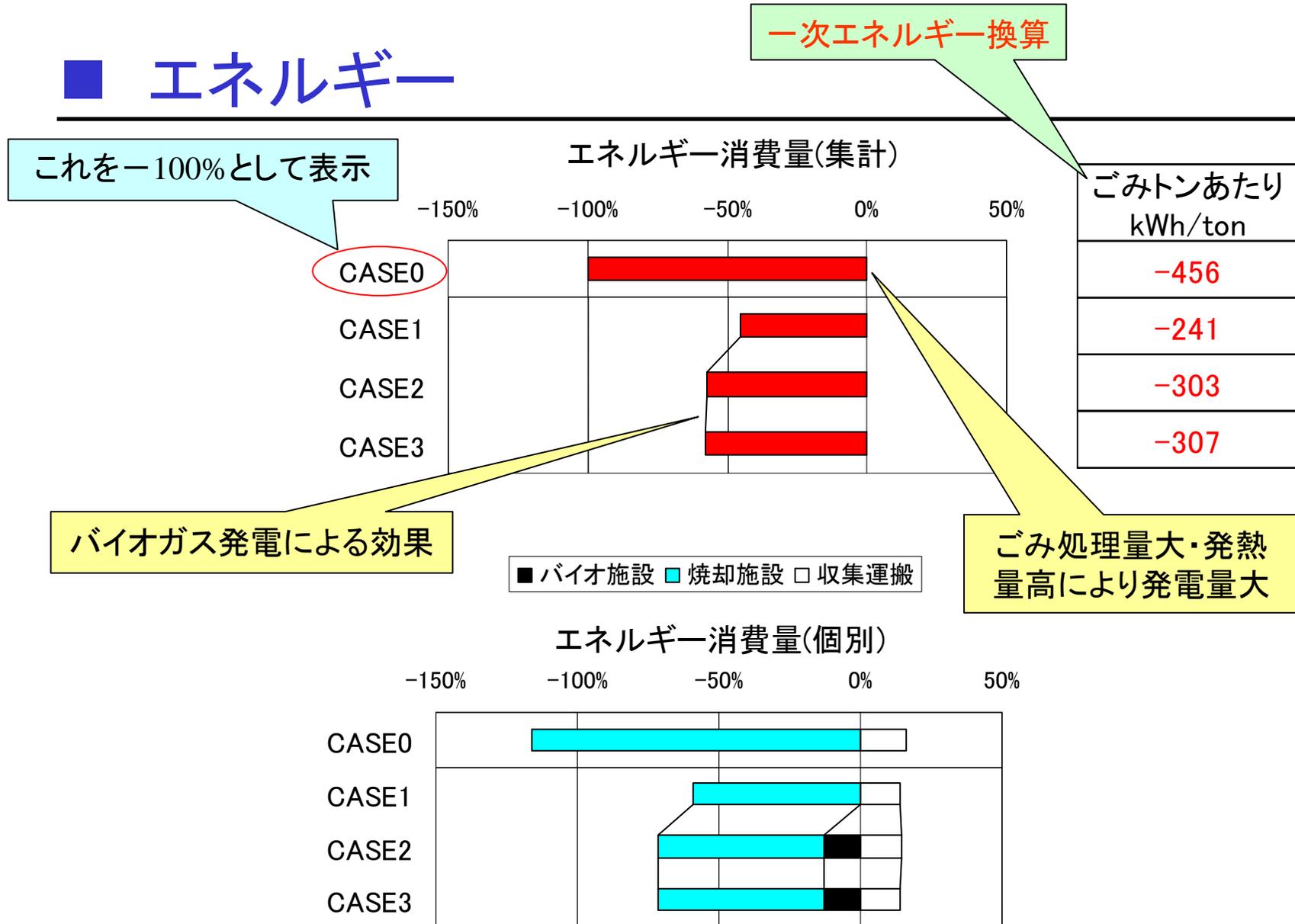
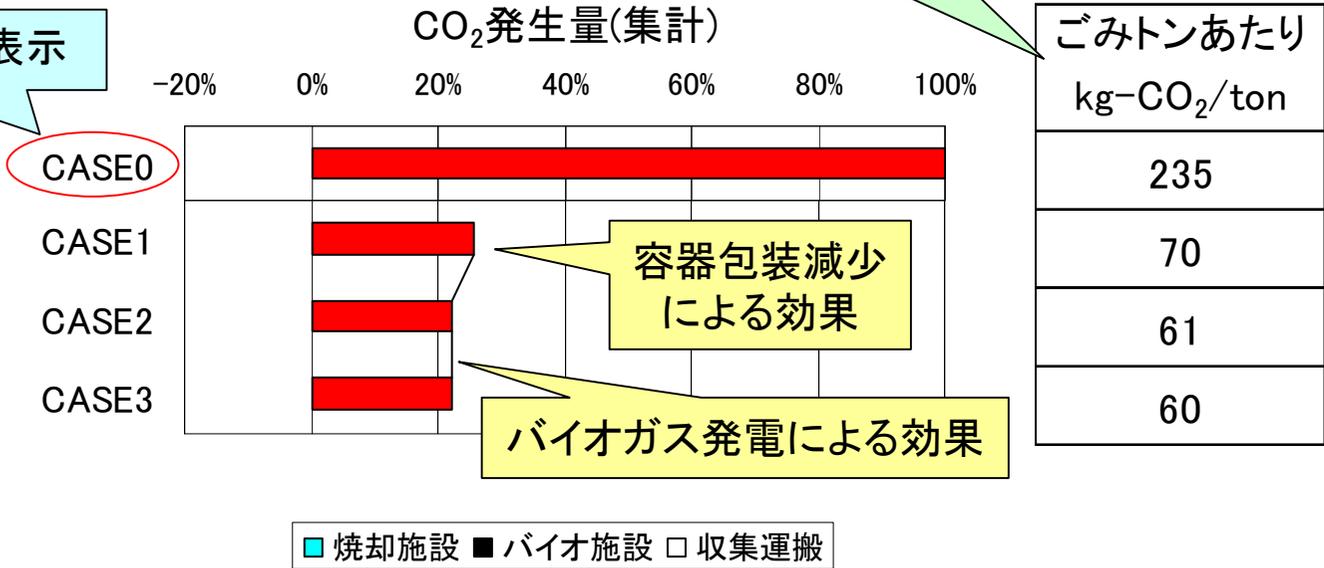


図4.4 各ケースのエネルギー消費量

CO₂

これを100%として表示

ごみ中の炭素(C)のうち
プラスチック由来分燃焼
によるCO₂排出分を含む



ごみトンあたり kg-CO ₂ /ton
235
70
61
60

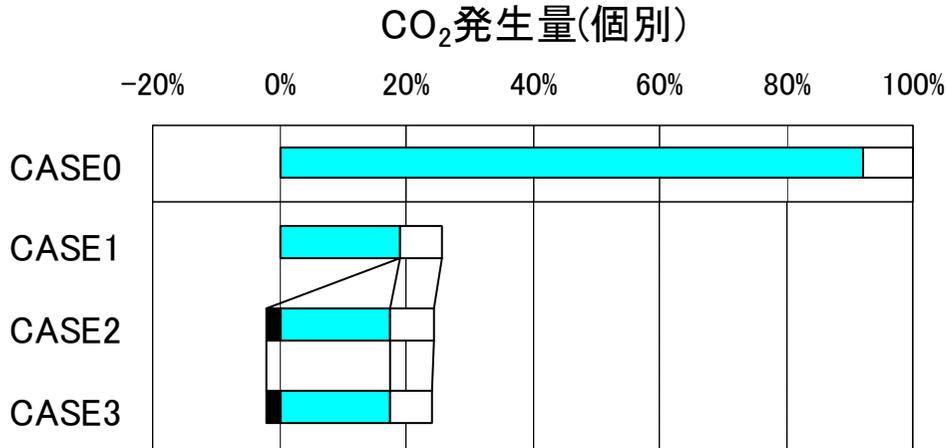


図4.5 各ケースのCO₂排出量

■ 埋立量

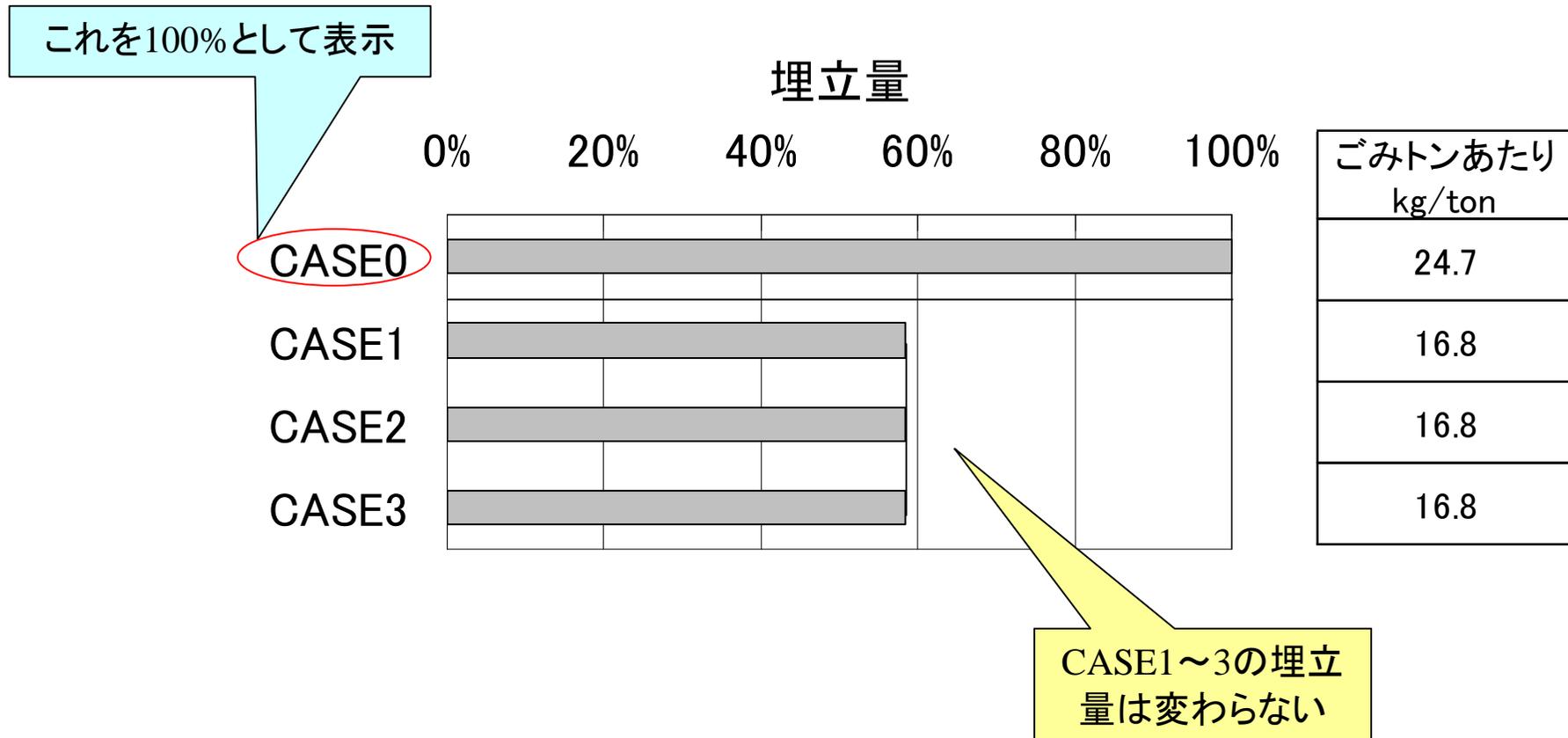


図4.8 各ケースの埋立量

■ 有害物質 —鉛—

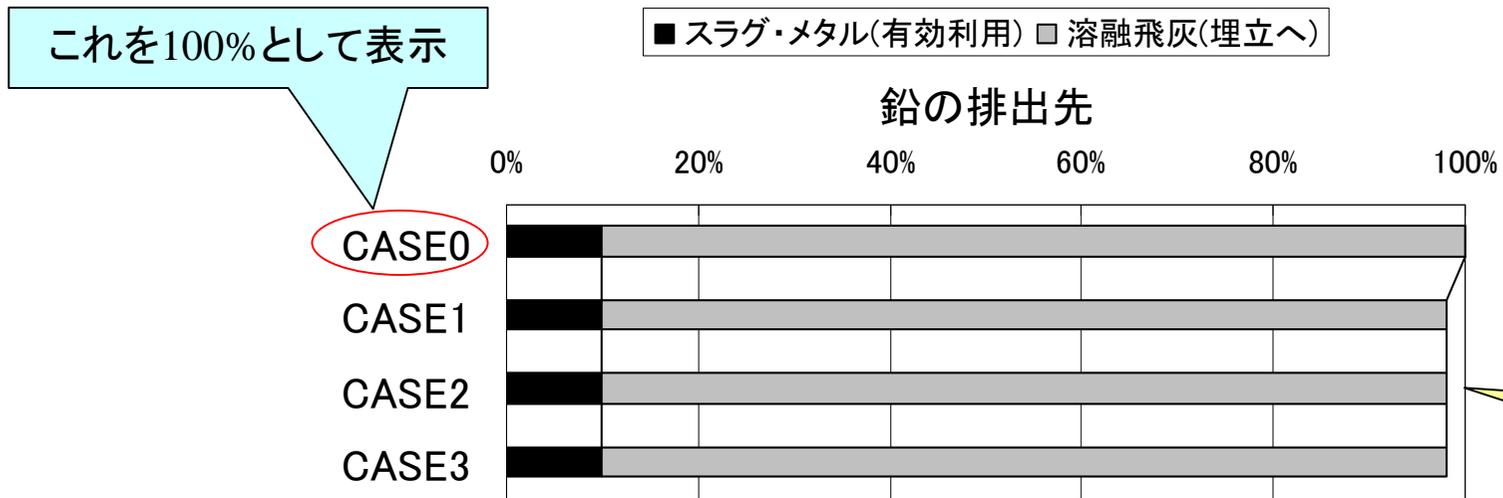
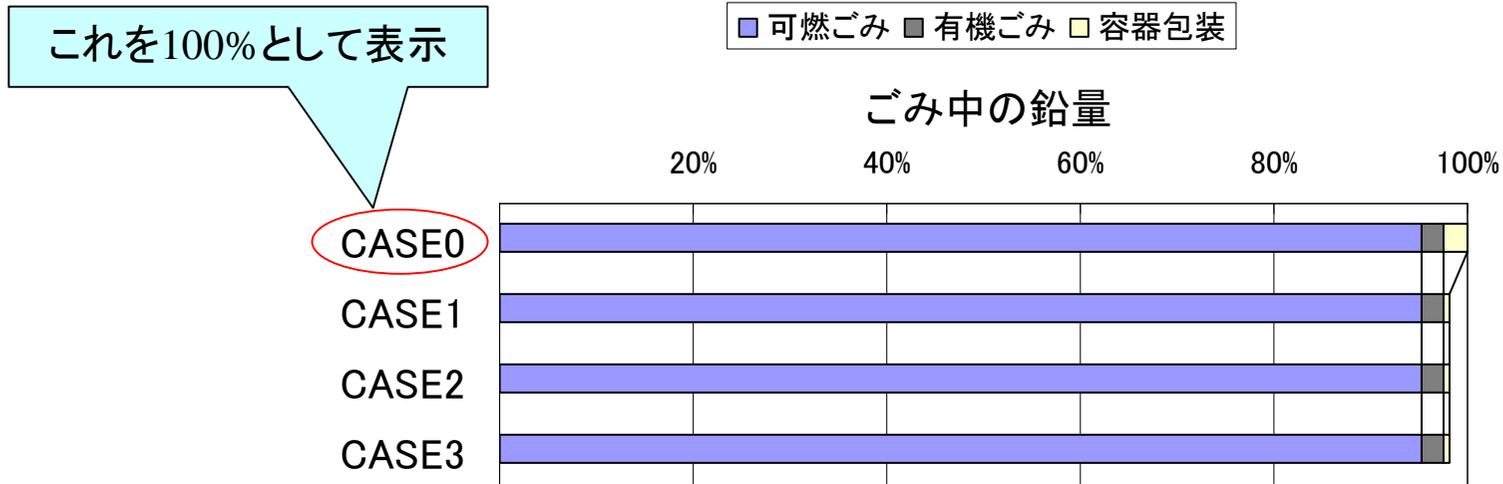


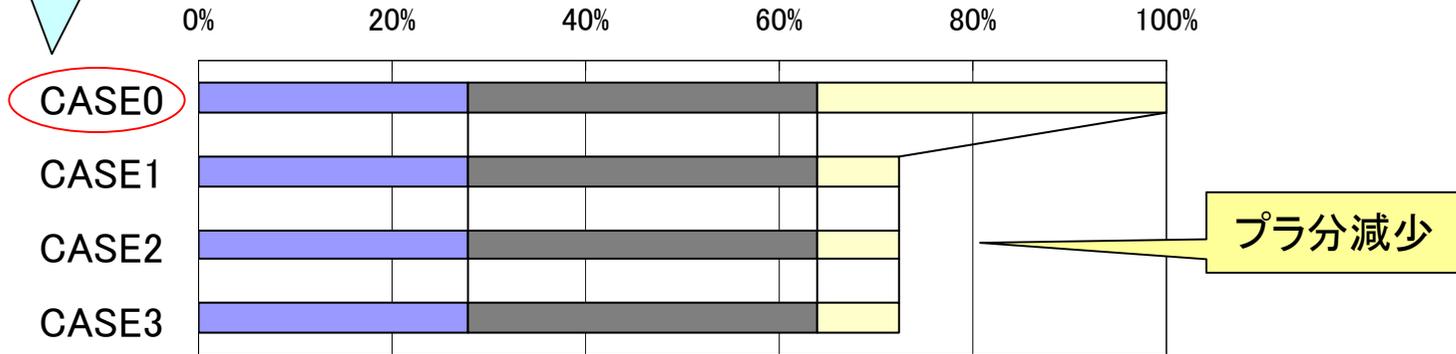
図4.6 鉛の挙動

■ 有害物質 — 塩素 —

これを100%として表示

■ 可燃ごみ ■ 有機ごみ □ 容器包装

ごみ中の塩素量



これを100%として表示

■ スラグ・メタル(有効利用) ■ 飛灰処理物(埋立へ) □ 排水

塩素の挙動

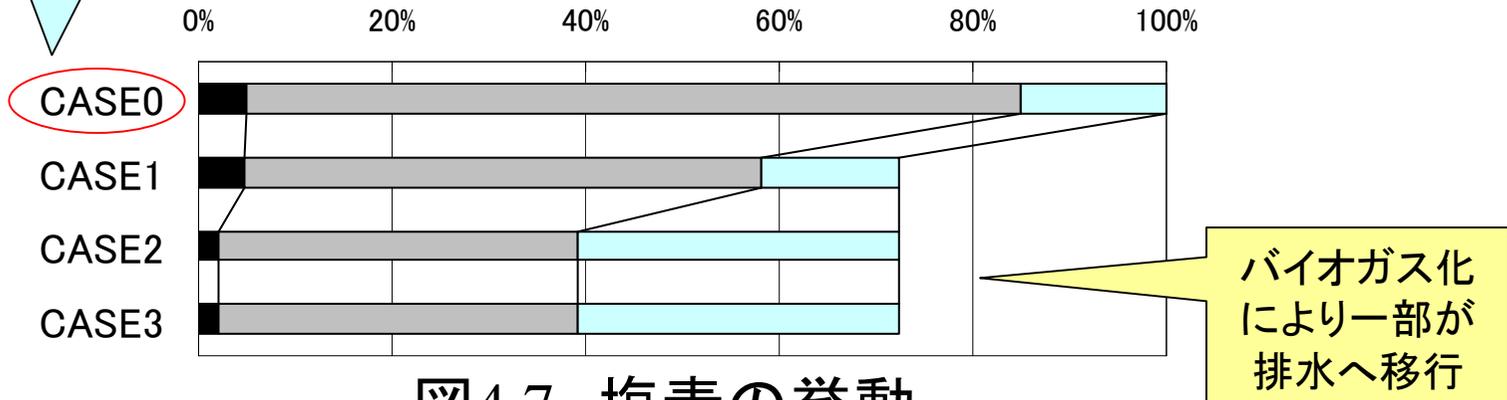
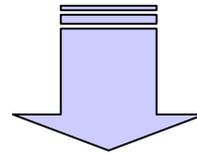


図4.7 塩素の挙動

■ 検討結果

- コスト・エネルギー・CO₂の各項目で焼却(溶融)とバイオガスの組み合わせが有利。
- 埋立量はCASE1~3で差がない。
- 鉛の挙動は各ケースで差が出ないが、塩素はバイオガス化により埋立負荷が減少。



焼却(溶融) + バイオガスに優位性

- 今回の検討結果に加え、容器包装分別収集による影響を考慮する等により検討精度がアップする

■ 4.4 課題(1) — 費用負担

● 容器包装リサイクル法

市町村の費用負担大(資源化貧乏)

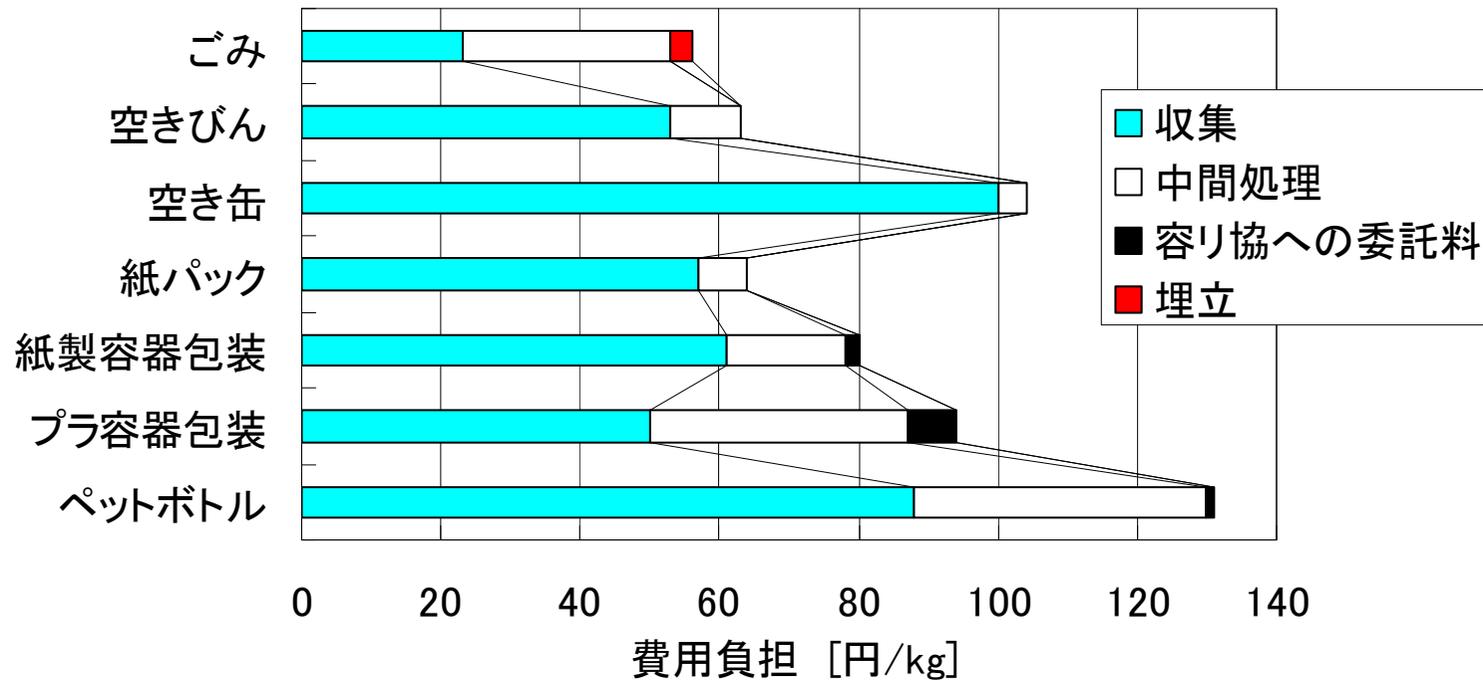


図4.8 ごみ処理費用負担
(名古屋市、平成15年度)

■ 課題(2) — 残渣

• 溶融飛灰の山元還元

溶融飛灰から金属を回収し再利用することにより、資源の有効利用と埋立負荷の低減を図ることができる
コストや流通経路の確保等の課題あり

• リサイクル残渣の発生

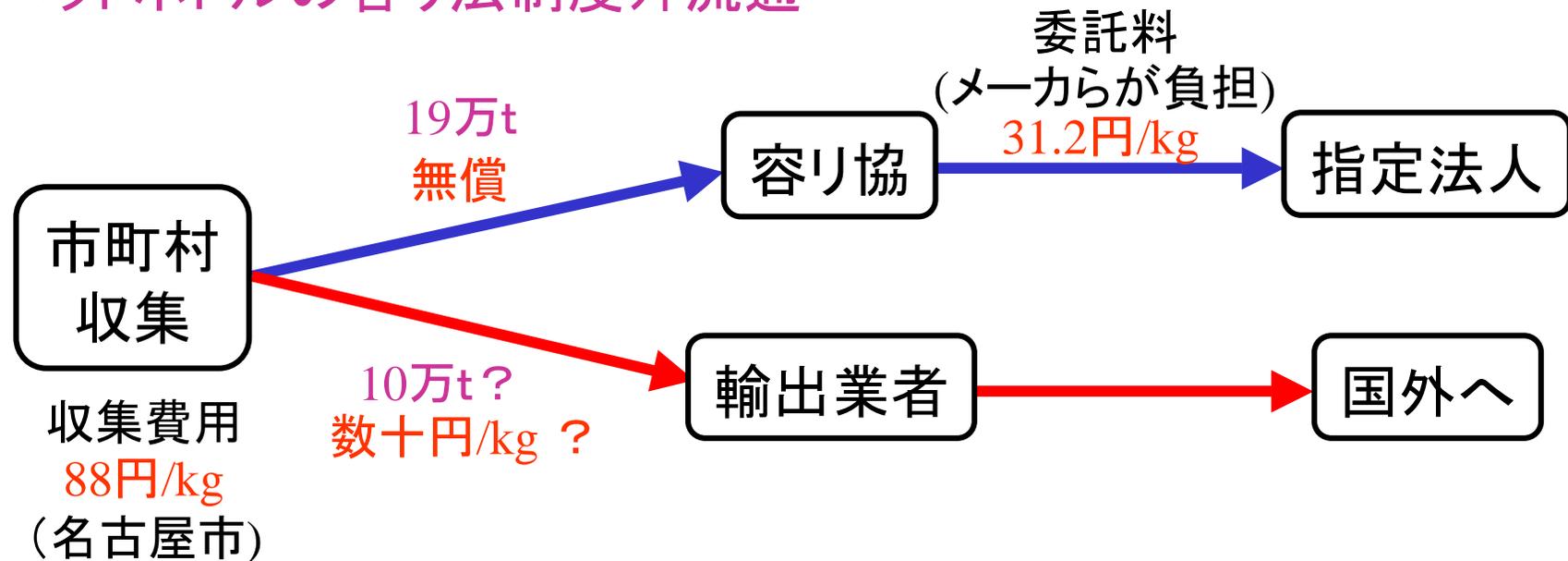
収集方法により残渣発生率が異なる→最適な収集方法の検討
中間処理における残渣低減技術の開発

■ 課題(3) — 制度面

•各リサイクル法の対象範囲

容リ法では事業系が対象外、食リ法では家庭系が対象外

•ペットボトルの容リ法制度外流通



•業者による古紙回収等の不安定性

古紙の需要が高まれば、回収され「資源」となる
古紙の需要が低下すると回収されず「ごみ」になる

■ 課題(4) — その他

- **収集システムの効率化**
ルート、車両の効率化により収集費用削減
- **有害物質**
家庭から排出される蛍光灯、乾電池、スプレー缶、農薬、殺虫剤、塗料等の処理処分
- **ブラウン管リサイクル問題**
国内にブラウン管の工場が無く、回収しても需要が無い
- **食品リサイクル法**
リサイクル目標は20%と低い

「循環型社会に相応しい都市ごみ処理への変革を考える —焼却・埋立の立場から—

焼却部会・手島氏講演に対する埋立部会のコメント

手島氏の PPT は、

- ①1-4 前回の埋立部会からの問題提起
- ②5-16 ごみの減量、有機物(11)、重金属(12-13)、ダイオキシン(14)、塩類(15)に対する対応状況 (かなり改善されているとの認識)
- ③17-19 現在のごみ処理の問題 (種々の問題、オプションの多様化、高度処理の要求)
- ④20-24 ソフト重視、上流側対応重視 の必要性
- ⑤25-37 中間処理のあるべき姿 (LCA 評価とその結果)
- ⑥38-41 費用分担、残渣処理、制度・収集システムの問題、有害物、再生品用途開発などが述べられている。②④⑥が焼却側の現状認識と考えられるが、埋立部会は以下の視点からコメントをまとめた。

焼却部会の発表に対して

- I 埋立側から見て、②は十分なのか。問題解決したのか。
- II ④の考えは、埋立側から見ても同じになるか。
- III ⑥で挙げられているもののうち、特にクリティカルなのは何か。

廃棄物処理全般に関して

- IV 中間処理の代表としての焼却のありかた
上記 I に含まれるが、特に焼却は将来も中心的な処理として残る。焼却側が十分といっているが、実際にはどうなのか。(安定化の遅れ、塩類の問題など)。また、灰溶融、ガス化溶融は望ましい処理なのか、溶融飛灰処理をどう考えているのか(10)、飛灰の重金属溶出は本当に止められているのか(12)、埋立地の塩類対策の実情はどうか(15)、など。
- V 廃棄物処理のあり方
埋立側でも、前回の討論会以降に上流側対策を含めた「あるべき姿」が議論されている。それは、どのようなものか。焼却部会の相違点は何か。(これによって、焼却、埋立双方の考えをすり合わせできる)
- VI 産業廃棄物
焼却部会のコメントは、一般廃棄物を念頭においている。埋立地は、むしろ産業廃棄物の問題が深刻である。産業廃棄物埋立処分場は、何が問題か。中間処理側に求められる対応は何か。一般廃棄物と同じなのか。

以下、IV→山口直久 (エックス都市研究所)

V→井上雄三 (国立環境研究所)

VI→小野雄策 (埼玉県環境科学国際センター)

のコメントをまとめる。



埋立から見た前処理とは (焼却は中間処理の代表)

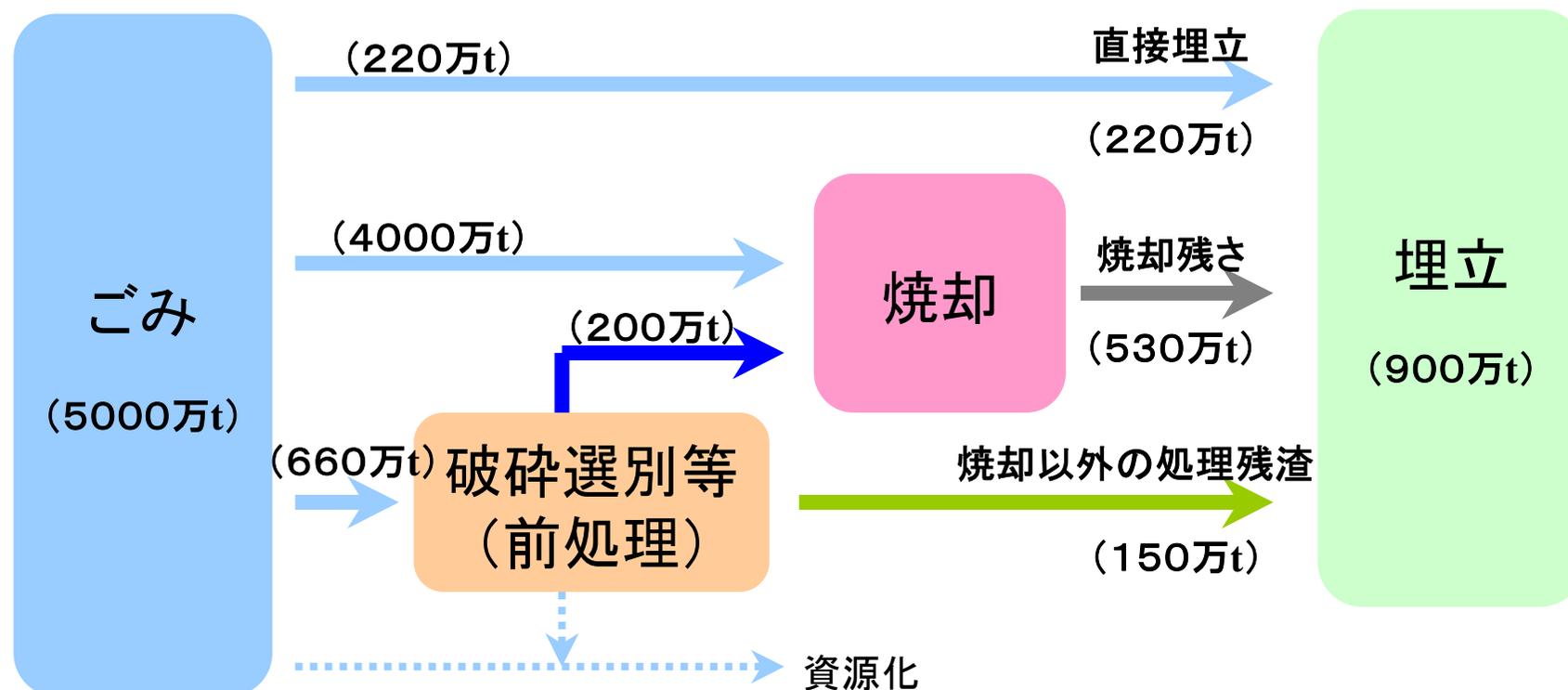
株式会社エックス都市研究所
山口直久





1. 埋立から見た「上流」

※一般廃棄物(H14全国実績)

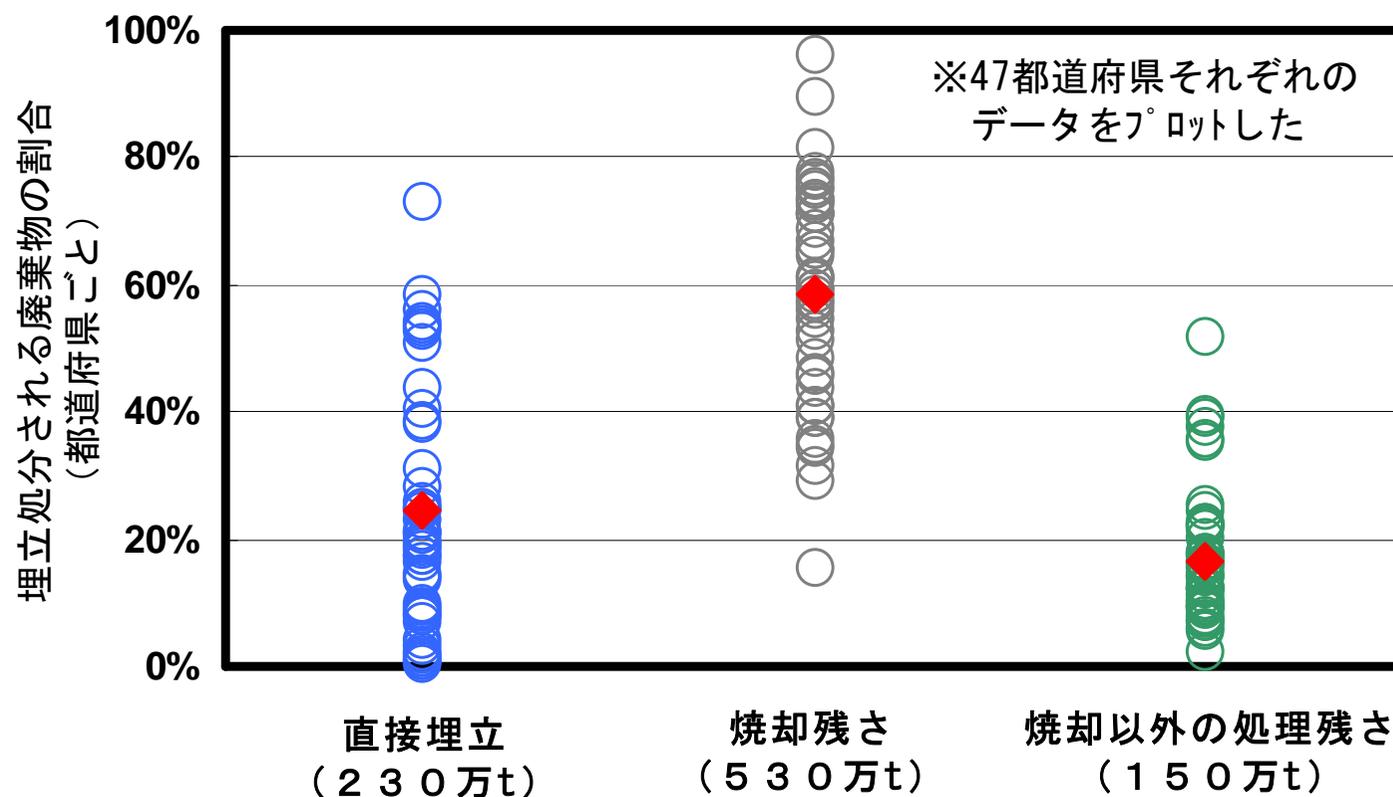


- 「直接埋立」と「焼却以外の処理残渣」は以外と多い。
- 焼却は埋立の「上流」の1つだが、焼却にも「上流」がある。





2. 埋立処分される廃棄物のばらつき

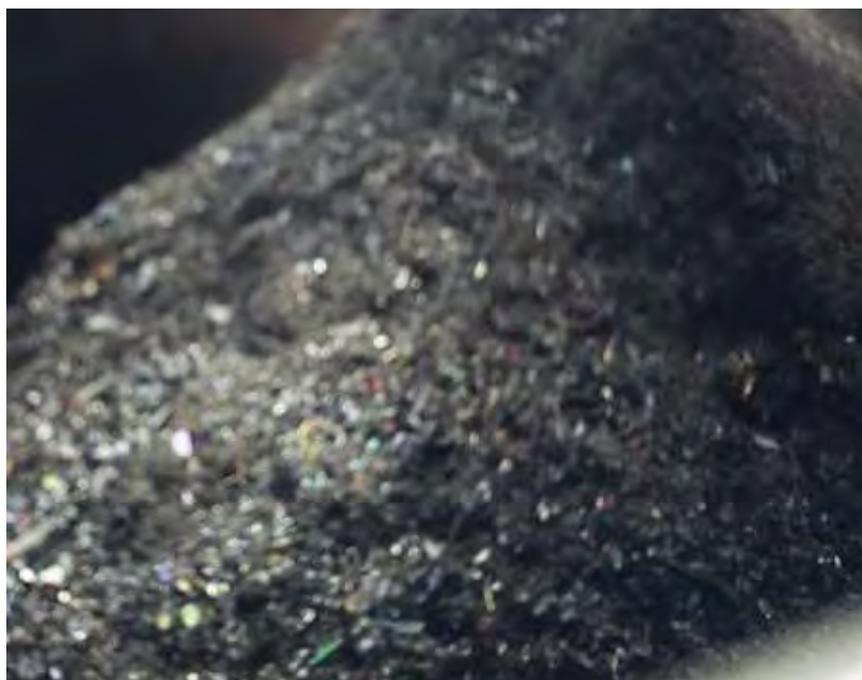


- 埋立処分される廃棄物は自治体(サイト)により千差万別。
- 焼却主体だが、必ずしも焼却残さ主体の埋立ではない。



3. 「焼却以外の処理残渣」の性状の違い

＜高度な選別＞



＜焼却対象物だけを選別＞

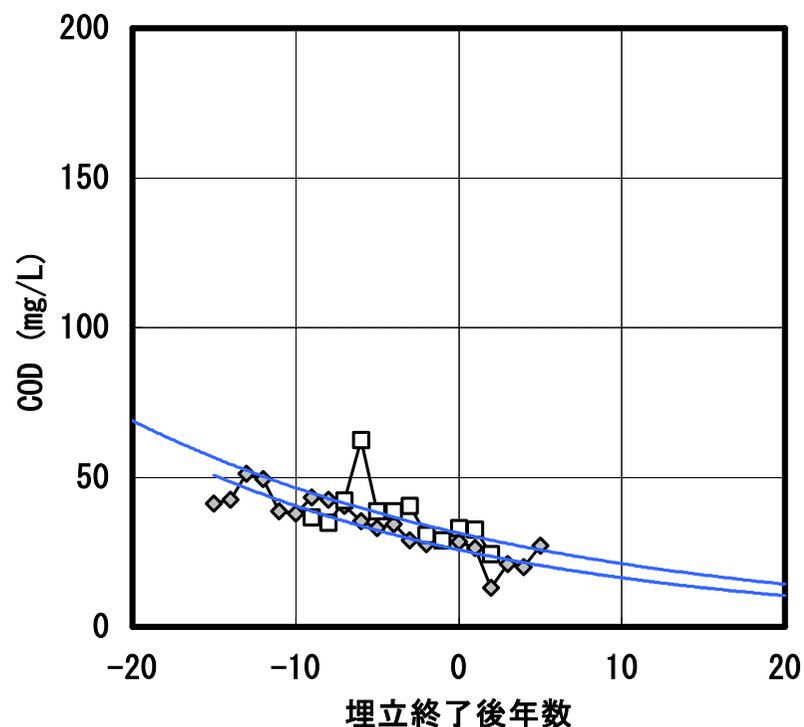


- 「焼却以外の中間処理」に対する思想の差が大きい。
- 「焼却以外の処理残渣」は埋立ごみ質への影響大。

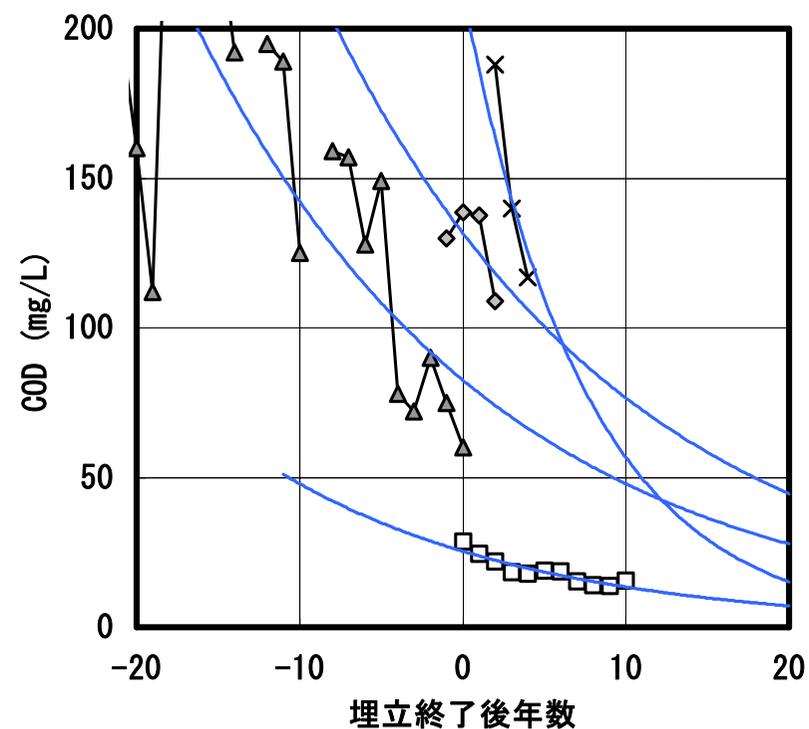


3. 埋立ごみの違いによる安定化への影響

< 焼却灰主体 >



< 焼却灰 + 不燃物 >



Source: 廃棄物研究財団(平成14年3月)



平成17年度廃棄物学会研究討論会

廃棄物学会研究委員会
＜廃棄物焼却研究部会・埋立処分研究部会＞

循環型社会に相応しい都市ごみ処理への変革を考える
－焼却・埋立の立場から－

V 廃棄物処理のあり方

(独立行政法人) 国立環境研究所

井上 雄三

2005/5/26

焼却部会の考え方(1)

EOP(End of Pipe)技術としての中間処理の
あるべき姿

LCA(コスト・エネルギー・CO2・埋立量・有害物質)



焼却部会の考え方(2)

埋立物の質の考え方

- 焼却残渣(底灰)の熱灼減量→少ない方が高品質
- 飛灰の薬剤処理による、溶出ベースの質評価
- ダイオキシン類の低減
- Ca, Clの低減

上流側への提言

- ごみ排出量の削減→埋立量の減少、埋立物の質の向上によって埋立負荷量の削減
- (土壌環境基準 150mg/kg以下にするために
どうするのか?)
- 搬入規制を具体的にどうするのか?)

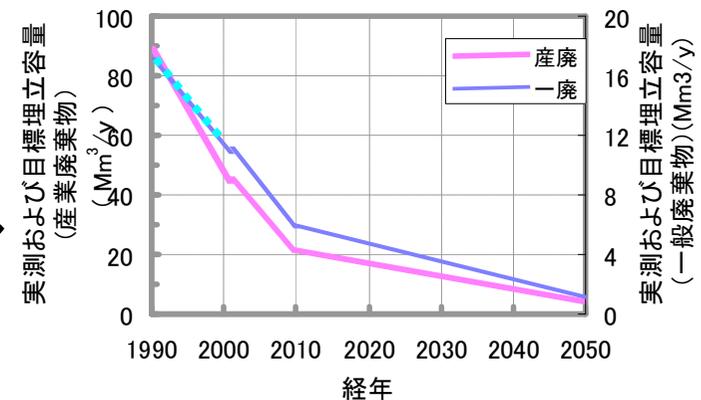
埋立部会の考え方(1)

1. 持続可能な埋立処分の考え方
 - **埋立処分システムのコンセプト**:「**後世代**に**負の遺産**を残さず且つ**現世代**に対しても**過度のコスト負担**をせず、(処分場確保の)**持続性**があること」。
評価軸: **環境(リスク)**、**社会**、**コスト**。
2. 中間処理と埋立のあり方(廃棄物処理システムのあり方)
 - 総合的に判断して最も適正なシステムを選定(→単に**埋立量ゼロ**を目指すのではない)
3. 埋立処分に対し、中間処理は適正か？
 - 貯留物自体、また貯留量が大きな**環境インパクト**(溶融飛灰はFSQを満たすか?) → **資源化すればするほど、残渣の品質が劣悪化**

埋立部会の考え方(2)

4. 廃棄物処理の問題はガス化溶融・バイオガス化でかいけつできるか？

- 埋立処分に対する中間処理の対応は？ → 数値目標を達成できるか？
- 埋立物の質はどうであろうか？ → 有機物含量からの質だけでなく、結晶・組成・強度・有害物。後世代に負の遺産を残さないという観点から、含有量かor溶出ベースか見極め。
- 塩類 溶出も不安定性のパラメータ。→但し、海面では、塩類溶出は別。



最終処分量(実績と数値目標)

埋立側の課題

1. 埋立ごみの将来予測

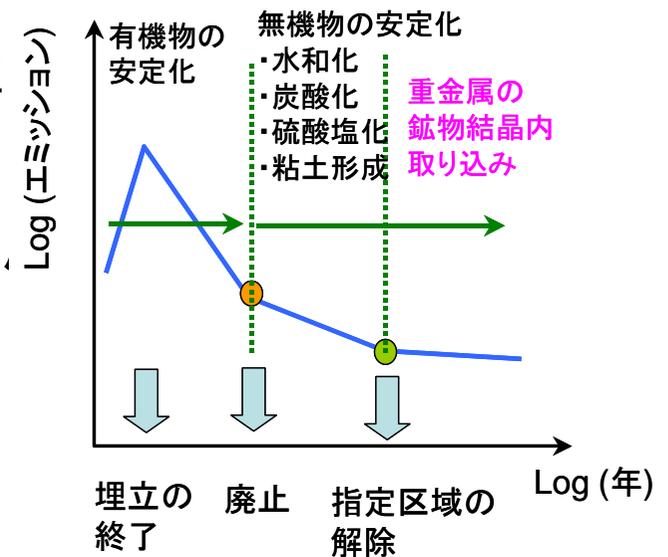
循環型社会における埋立ごみ質の変化に対する情報不足

2. 埋設ごみの長期挙動の解明

FSQとの関係から把握することが重要

無機化以降の過程:

水和化→炭酸化→硫酸塩化→粘土形



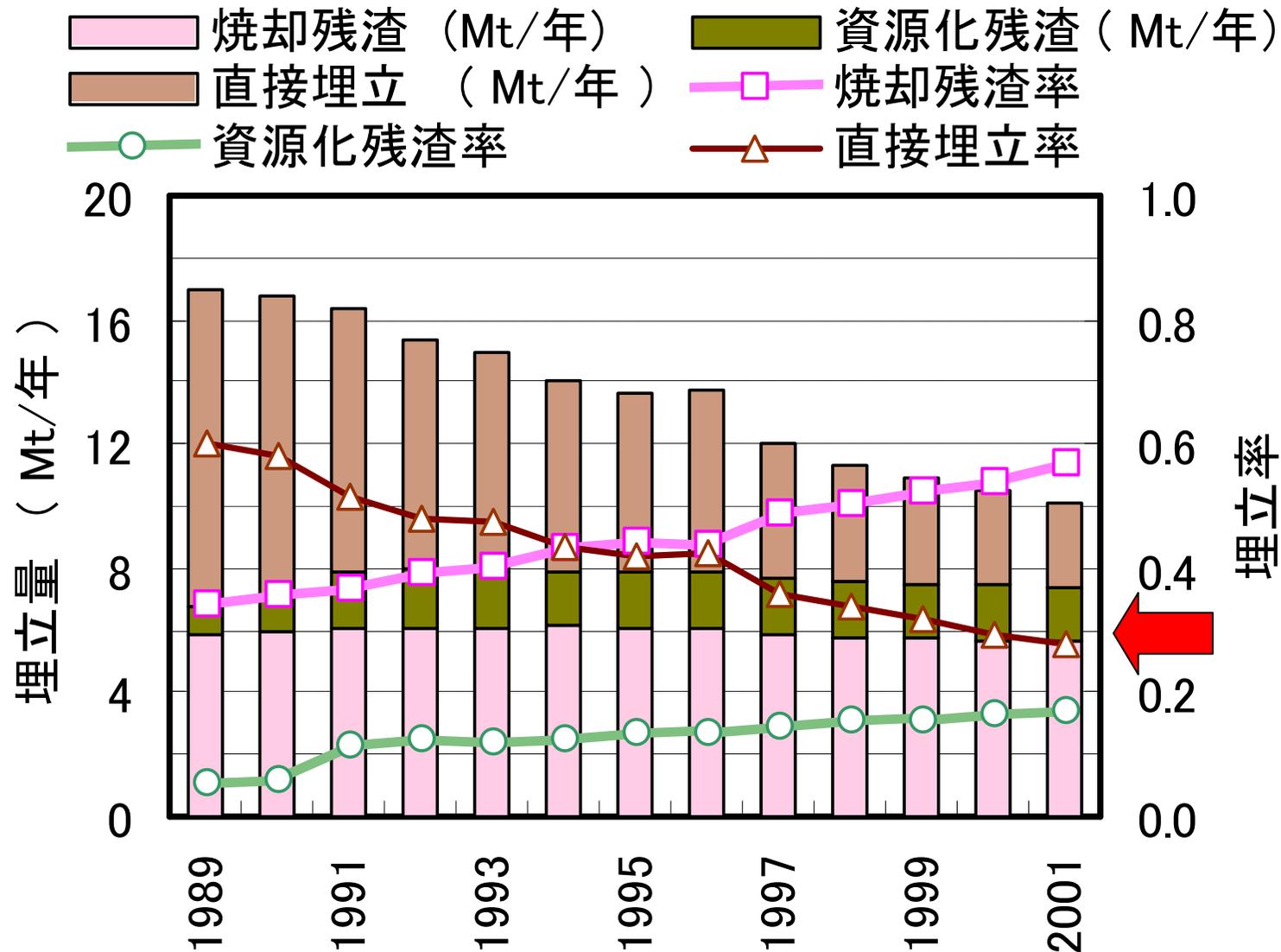
3. 海面処分場(広域処分場)

塩類は陸上処分場の問題。

ごみフローを逆にする(過疎地域から人口密集地域へ)

最終処分場の現状

～一般廃棄物埋立の経年変化～



廃棄物の質制御と埋立

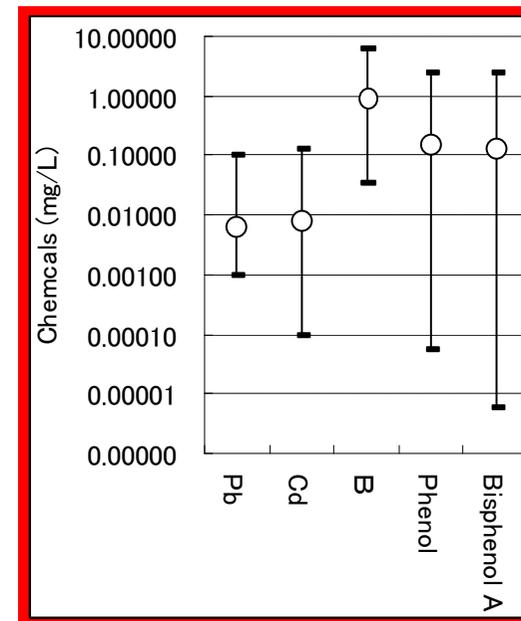
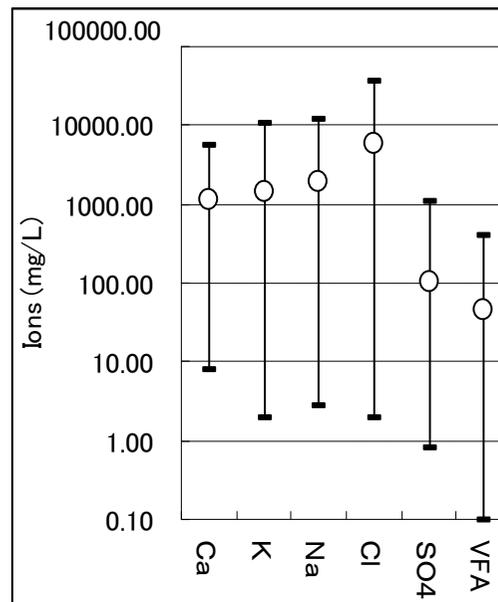
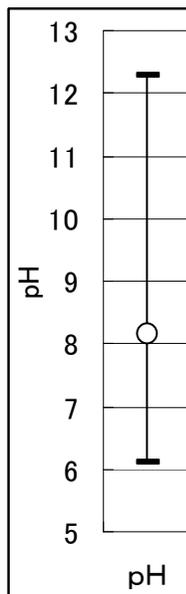
埼玉県環境科学国際センター
小野 雄策

埼玉県における

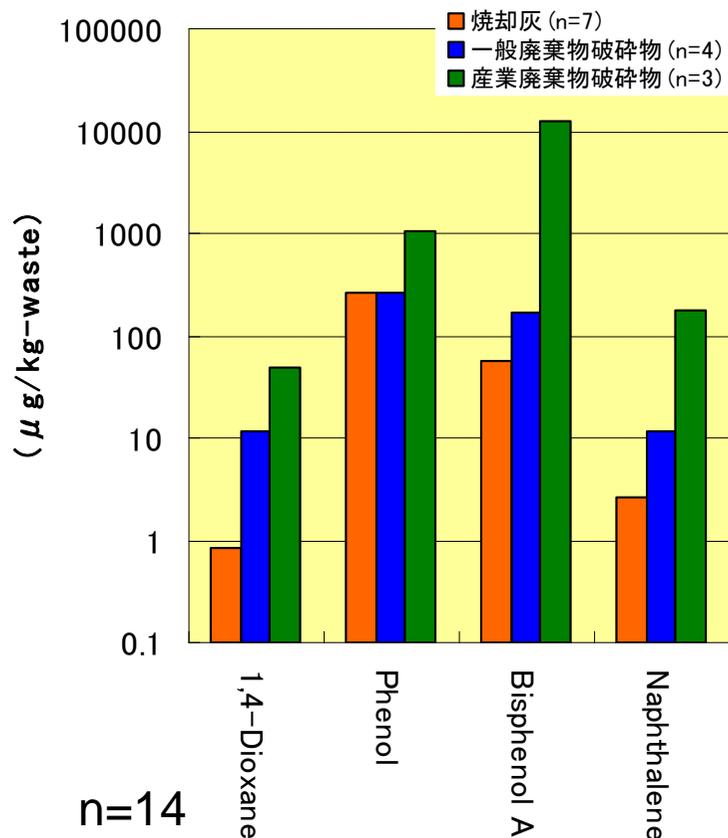
一般廃棄物最終処分場浸出水の質

- 埋立廃棄物は、焼却灰と破碎ごみがほとんどである。
- 浸出水がアルカリ化している
- 有機物の投入が少ないとはいえ、有機酸が生成している。
- アルカリ抽出物質が流出する。フェノール類、Pbなど

n=36



化学物質の管理(1):混合廃棄物



Ca(OH)₂飽和溶液による溶出試験
(S/L=1/10)

1%Ca(OH)₂溶液上澄み[0.170g/100g-水(25°C)]

○焼却灰とシュレッダーとの混合埋立を想定

- ・焼却灰のアルカリによって、phenol類が抽出される。
- ・産業廃棄物でオーダーが異なる
- ・廃棄物の配合の仕方によっては、公定法による溶出試験では予想できない。

Bisphenol Aの比較

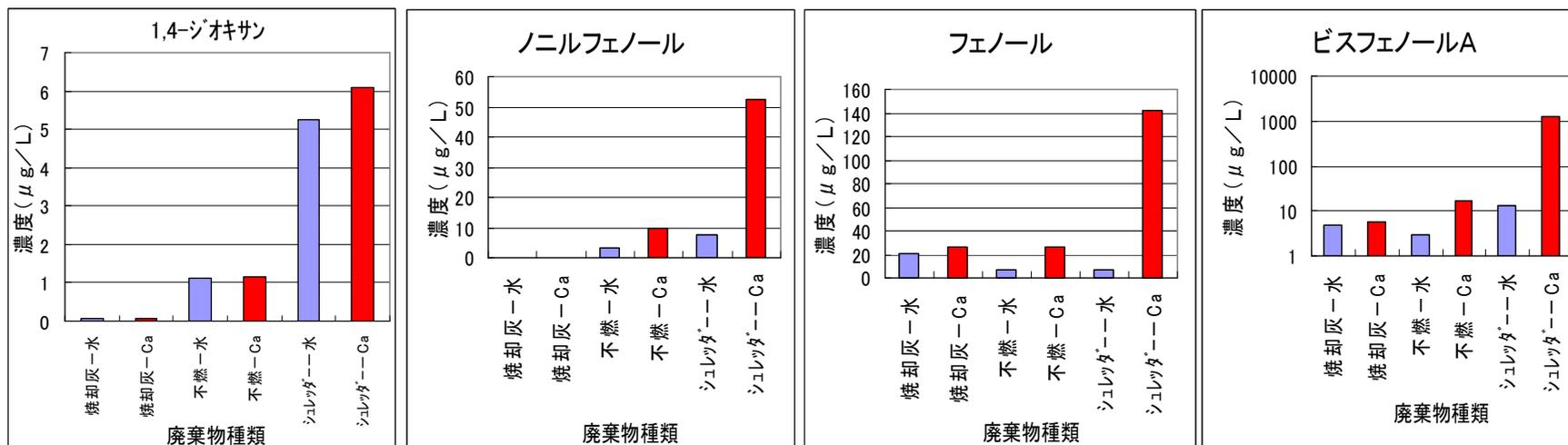
一般廃棄物最終処分場浸出水: 0.14ug/L
(2400ug~0.01ug/L)

Ca(OH)₂溶出試験

焼却灰 : 57ug/kg-waste
一廃シュレッダー : 171ug/kg-waste
産廃シュレッダー : 12300ug/kg-waste

化学物質の管理(2):混合廃棄物

○焼却灰とシュレッダーとの混合埋立を想定



Ca(OH)₂飽和溶液(-Ca)と純水(-水)による溶出試験(S/L=1/10)

1%Ca(OH)₂溶液上澄み[溶解度:0.170g/100g-水(25°C)]

➤ 溶出溶媒と溶出濃度

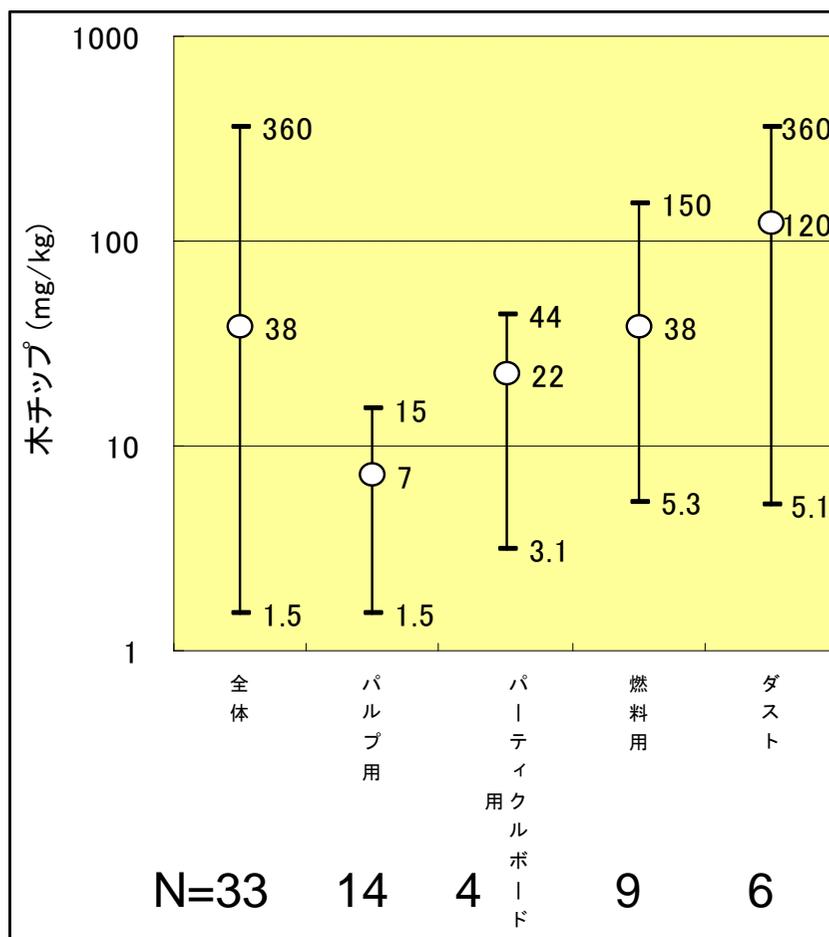
水酸化カルシウム溶液では、純水による溶出試験液に比べて著しく高濃度であった。

○文科省振興調整費「最終処分場の有害物質の安心・安全保障」による研究から

化学物質の管理(3): 焼却とは？

建設廃棄物

木くずチップ中のPbの含有量(乾物値)



○木くずの焼却

灰分: 0.3-1.8% (1%と仮定)

木くずの焼却によりすべて焼却灰に残ると仮定(100倍濃縮されると仮定)

木くず焼却灰(仮定)

全体: 3800mg/kg

パルプ用: 700mg/kg

パーティクルボード用: 2200mg/kg

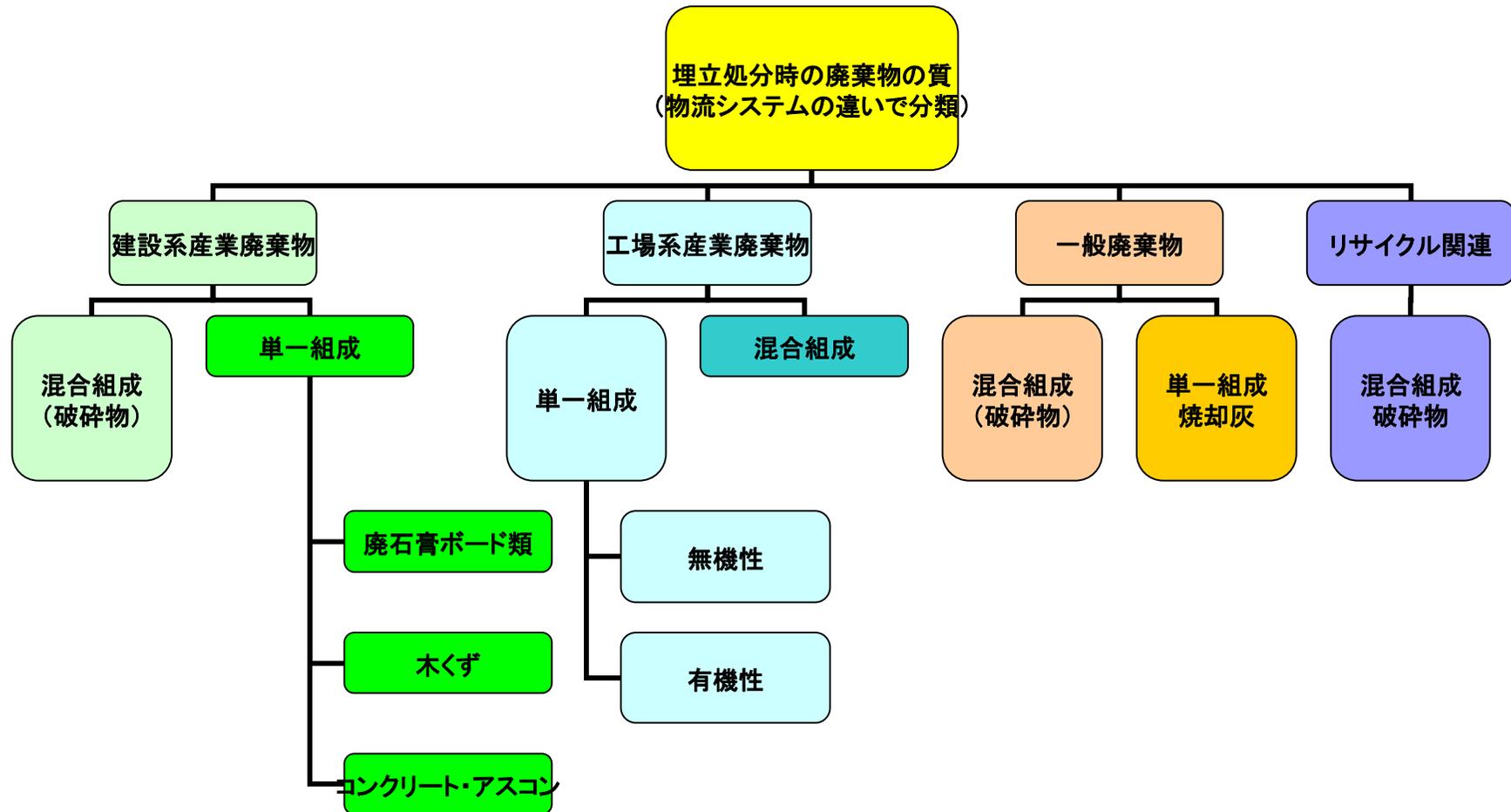
燃料用: 3800mg/kg

ダスト用: 12000mg/kg

どのように管理すべきか？

廃棄物の質の管理：物流システム

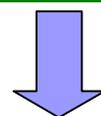
収集システムなどの違いにより、中間処理システムが異なる場合が多い



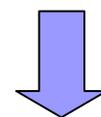
中間処理施設→埋立処分 化学物質の制御システムの構築

中間処理での「化学物質の課題と問題点」

- ・焼却処理：金属等の濃縮・アルカリ化
- ・混合組成の破碎選別：現在コントロール不能・アルカリ化？
- ・単一組成の破碎選別：付着物の選別→(例)木くず
- ・加熱圧縮(廃フラ)：可塑剤の溶出？



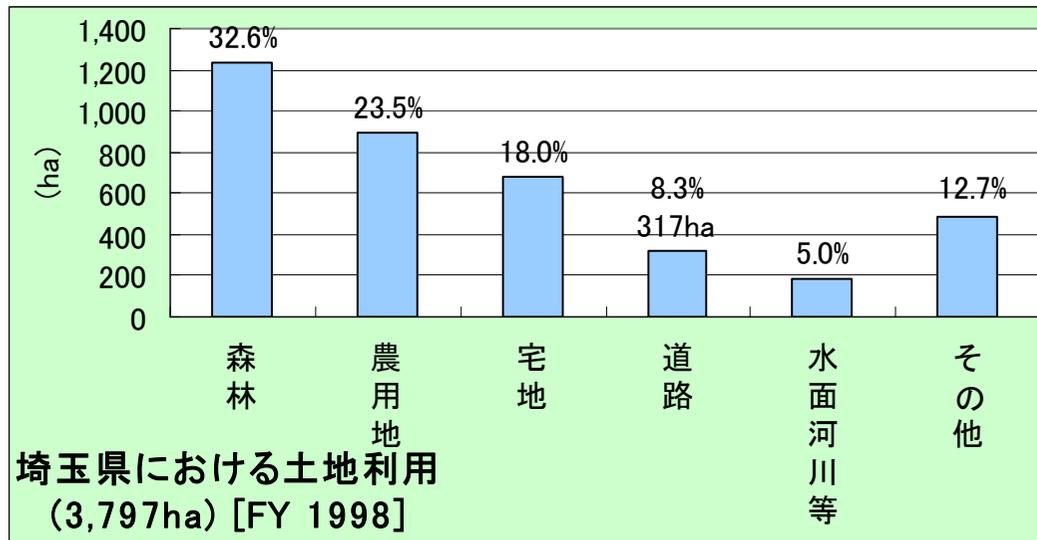
廃棄物の質の制御：中間処理施設



埋立容器(最終処分場)

廃棄物の質に対応した処分場設計

新しい処分場の場所と埋立技術

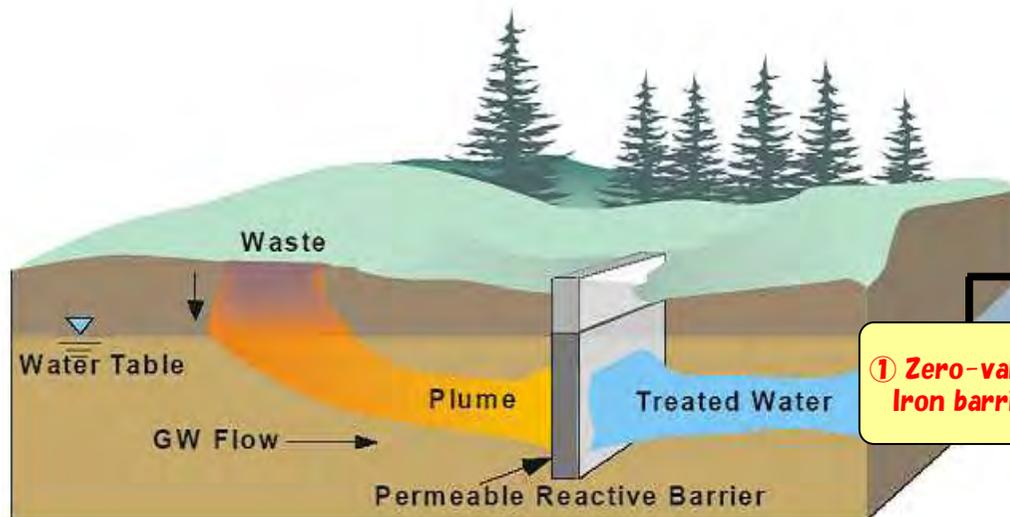


○処分場として利用できる土地

- ・廃棄物の質を選択し、地下水位の浅いところ等避けて、道路面下への区画埋立

○固相浄化システムの導入

- ・中間覆土層の改良
- ・地下水汚染の防止



Permeable Reactive Barrier

Using natural soil

① Zero-valent Iron barrier

② Precipitation barrier

③ Biological barrier

④ Sorption barrier