

リサイクルと持続可能な社会構築

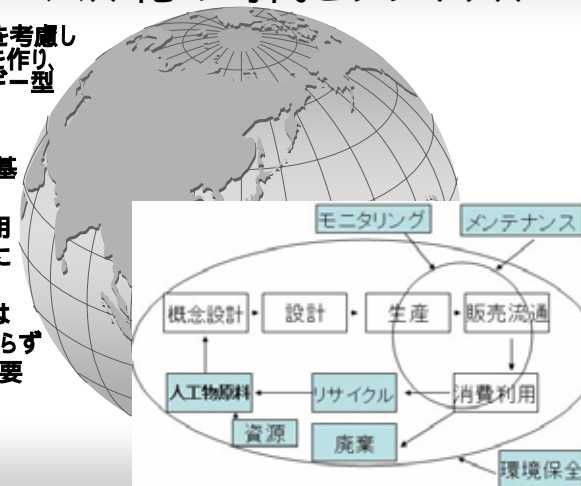
2008年6月27日

東京大学システム創成学科
E & E (環境・エネルギー) コース

東京大学大学院工学系研究科
システム創成学専攻
藤田豊久

グローバル化の時代とリサイクル

資源・素材を考慮して人工物を作り、省エネルギー型で製造する。長時間使用後は数Rに基づき、素材として再利用する。環境に配慮したリサイクルは日本のみならず世界中で必要となる。



リサイクルと持続性社会課題

1. 人工物と資源の重要性
資源の枯渇、寡占化
2. リサイクルを考慮した設計
3. モニタリングとメンテナンス
4. 省エネ型使用と人工物、エネルギー
5. 廃棄物の収集と情報管理と法律
6. リユース、リサイクル、リデュース
物理選別、化学選別、微生物利用
7. 環境保全
8. 新たな材料原材料へ、エネルギー回収
9. 廃棄物のグローバル化の問題
10. リサイクルのLCAによる各種評価
11. 人工物以外のリサイクルと回収(水、エネルギー)

1.人工物と資源の重要性

資源の枯渇、寡占化、環境問題

金属資源について

銅、鉛、亜鉛、金 などの主要金属埋蔵量の減少。
価格の高騰から低品位鉱物の利用の必要性。
レアメタルを含めリサイクルすべき元素の増加。
資源開発をめぐる環境問題

[例: 離島のNi資源開発].

土壌の環境汚染浄化技術の必要性。

寡占化が進む金属メジャー

2007年11月BHPピリトンが買収提案しひとまずリオ・ティントは提案を拒否したが、寡占化は進む可能性

主要金属は軒並みトップシェアに



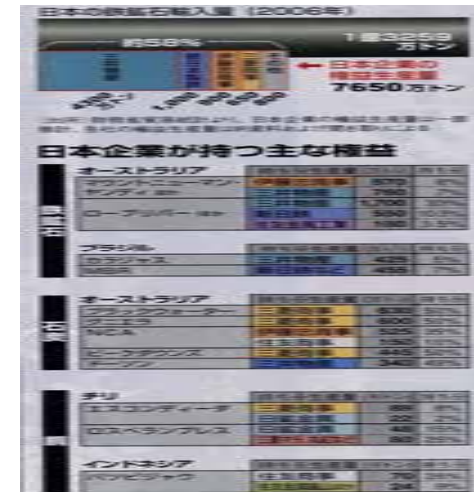
(東洋経済2007.11より)

金属資源権益の大半は日本では商社

海外の寡占化体制で価格交渉で買い手の不利が生じる

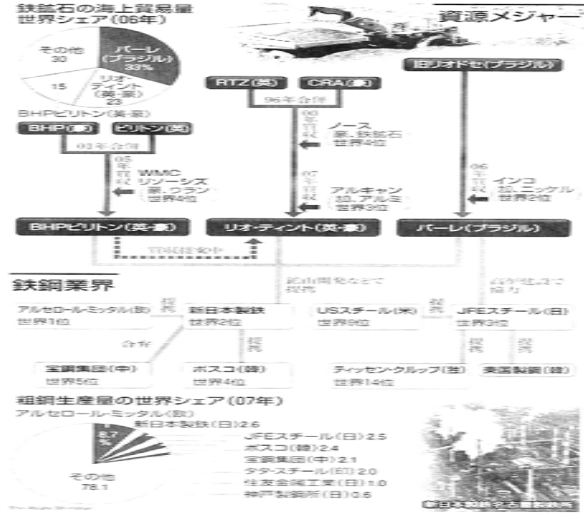
新日本製鉄は鉄鉱石、原料炭の値上がりで製品値上げ

トヨタ自動車との交渉で値上げ



(東洋経済2007.11より)

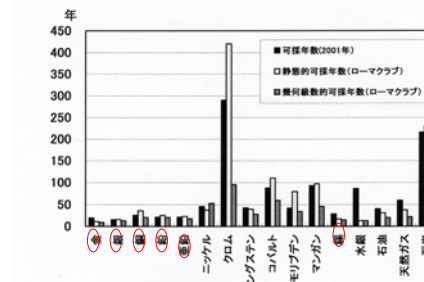
資源メジャーと鉄鋼業界の統合・提携の主な動き



4年前と現在の価格
 ・鉄鉱石:
 4倍
 ・石炭:
 5倍以上
 ・落日の石油
 メジャー
 約10%のみ

朝日新聞6.7

どのような資源が人工物原料としてリサイクルから必要か 鉱物及びエネルギー資源の可採年数



1972年ローマクラブと
 2001年の比較

30年以下
 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn,
 石油, 天然ガス(在来型)

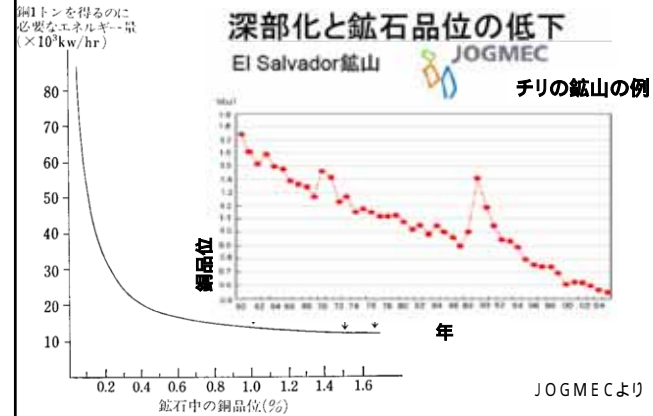
注) 2001年のデータは、金属は米国地質調査所、石油、天然ガス、石炭はBP社による

現在、経済活動の前提ではなく、資源の制約を圧力とした資源
 低消費型の成長・・・デカップリング

金属資源採取とリサイクルに要するエネルギーの増加

- 元素そのものを目的とする金属資源、非金属資源の品位の低下と回収に必要なエネルギーの増大。… 元素資源とエネルギー資源の差異
- 元素資源は不滅であるが、繰り返し使えば劣化し拡散して回収できなくなる
- 資源採取はマネーではなく、エネルギーコスト、ネットエネルギーの評価が重要
金属地下資源採取に必要なエネルギー…低品位
リサイクルに必要なエネルギー…低純度

銅鉱石より1トンの金属銅を得るのに必要なエネルギー量と鉱石品位との関係



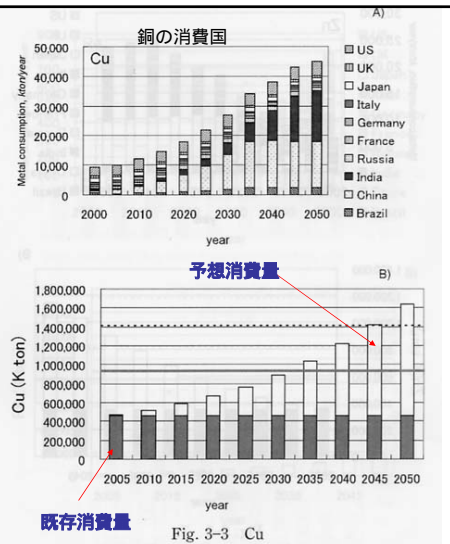
銅消費量の予測

既存累積消費量
+ 埋蔵量ベース

既存累積消費量
+ 現在の埋蔵量

銅は30年で地下から採取できず、リサイクルが重要

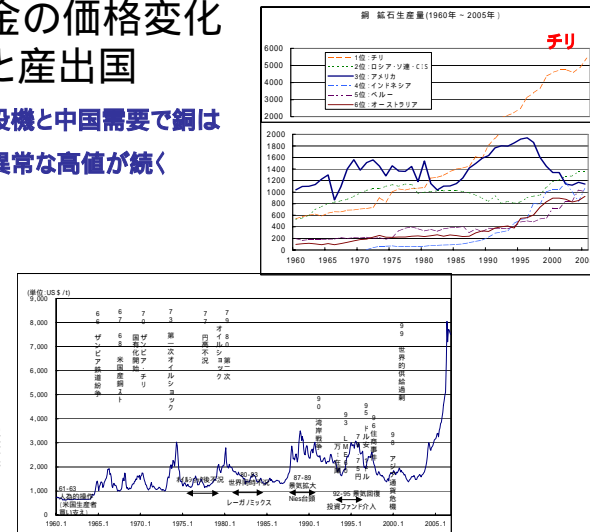
原田幸明: 2050年の金属使用量予測、(2007)より



銅地金の価格変化と産出国

投機と中国需要で銅は異常な高値が続く

ロンドンにある非鉄金属専門の商品取引所 (London Metal Exchange) で取引される「LME価格」, US \$ / t



250年前 産業革命 地下資源を地上に持ち込む
 地下資源の持ち込みをやめることができるか
 循環型社会のためのバランスにとって必要か。

- 例:人工物原料としての鉄を考える
 鉄7割・・・地下からの鉄鉱石資源 圧延鋼板製造などに容易
 鉄3割・・・リサイクル鉄 電炉にて再生
 しかし、天然資源でないリサイクル鉄の使用(不純物トランプ元素の入った鉄) カスケード利用しできない。高級な鋼にすることは可能だが極めてエネルギーを要する。自動車用鋼板にすると長寿命設計ができない。
 リサイクル資源だけでは環境負荷大 バランスが重要
 ...地下資源の重要性 + リサイクル資源

Fe (鉄)

鉄は広く分布し
 かつしばらくは
 地下資源が利用
 できる
 価格は
 2007年10月
 5年で1.7倍

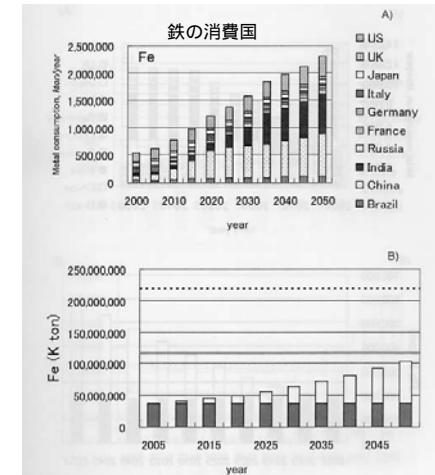


Fig. 3-1 estimated consumption; A) annual, B) accumulated; Fe.

原田幸明: 2050年の金属
 使用量予測、(2007)より

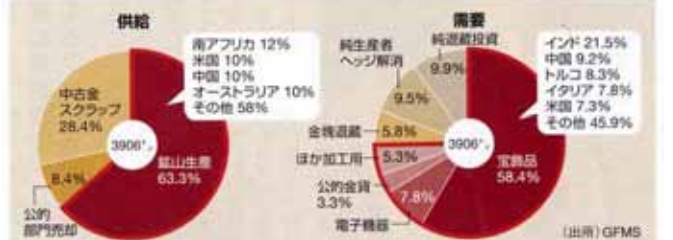
Au (金)

金の鉱山生産は2001年をピークに減少傾向
 5年間で価格は2.5倍

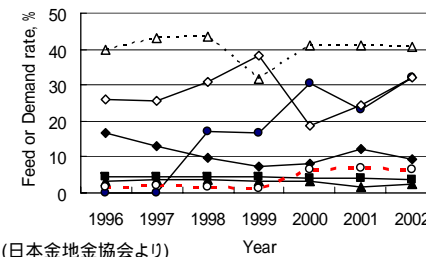
金は史上最高値に接近



金の需要は宝飾品が6割 金の需要と供給



Gold feed and demand rate change per year.



(日本金地金協会より)

リサイクル再生金はこの3年で約6%のみ。

日本の金のリサイクル率約40%。

金の一部は十分にリサイクルされることなく、希薄な状態で廃棄。

また、国外に流出した多くの電子部品、車等に含まれる金は回収できるのか?

2006年で16%に増加

鉱物資源 生産国の環境保全を進める必要
現状では金属元素の8割は地下から採取し、リサイクルは2割程度

・将来鉱山からの供給を少なく、主にリサイクルから供給する元素
Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn
 副産物 **Bi, In, Se**
 ・代替すべき元素
 (毒性 **Hg, Pb, Cr**)
 ・地下資源からの供給が必要な元素
Fe, Si など

● 副産物から

レアメルの可採年数と偏在度 藤田ら 資源と素材より 2002

東大 藤田研で取り扱った
レアメタル 31種

希土類 レアアース

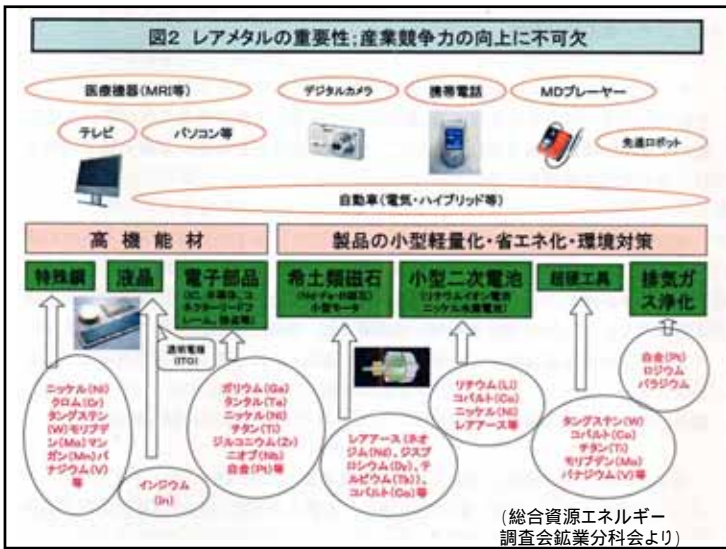


表1 レアメタルの偏在性

	主要なレアメタルの上位産出国			上位三カ国の合計シェア	
レアアース	①中国	93%	②インド 3%	③タイ 2%	[98%]
バナジウム	①南アフリカ	42%	②中国 34%	③ロシア 21%	[98%]
タングステン	①中国	90%	②ロシア 4%	③オーストラリア 2%	[96%]
プラチナ	①南アフリカ	78%	②ロシア 12%	③カナダ 4%	[95%]
インジウム	①中国	55%	②日本 15%	③カナダ 11%	[81%]
クロム	①南アフリカ	43%	②インド 19%	③カザフスタン 19%	[81%]
モリブデン	①米国	34%	②チリ 27%	③中国 17%	[77%]
コバルト	①コンゴ民	31%	②ザンビア 17%	③豪州 13%	[60%]
ニッケル	①ロシア	22%	②カナダ 15%	③豪州 14%	[51%]
マンガン	①南アフリカ	23%	②豪州 14%	③ガボン 13%	[50%]

(出典) Mineral Commodity Summaries 2006, World Metal Statistics Yearbook 2006

レアメタルの安定供給確保はエネルギー資源の安定確保と同様に重要な政策課題

- レアメタル資源の供給源多様化に向けた海外探鉱開発の推進・・・ODAなど経済協力との戦略的連携、自由貿易の促進および投資環境の確保、資源国と総合的友好関係、環境対策など
- 国内に存在するレアメタルの再利用をすすめるリサイクル
- 需要のシフトを通じた需給緩和に資する代替材料開発
- 短期的障害に備えるために、レアメタル備蓄

日本におけるレアメタルの備蓄

日本が国として「レアメタル」とみなしている金属は31種類(希土類17種はまとめて1種類)。中国・四川大地震でレアメタルの価格は上昇。1983年度から国家備蓄開始。民間備蓄との2本立て。
Ni, Cr, W, Co, Mo, Mn, Vの7種。国内消費量の計60日分を貯蔵。JOGMECは国家備蓄を担う



産業に不可欠、日本も備蓄

表5 備蓄7鉱種の供給安定性の評価

鉱種	供給安定性の状況
コバルト	主用途の電池向けでは、マンガン等代替物の利用が可能。ニッケル・銅の副産物として増産の可能性あり。我が国企業の権益保有が進む。一方、電池向け等で、消費量は堅調に拡大。引き続き、備蓄積み増しの優先度は高いものと評価。
タンタム	希少性、中国依存度が極めて高く、中国政府は国内消費が拡大する中、輸出抑制策を採用。引き続き、備蓄積み増しの優先度は高いものと評価。
バナジウム	希少性が高く、南アに最も依存する鉱種であるが、中国依存も高い。引き続き、備蓄積み増しの優先度は高いものと評価。
モリブデン	平成12年の段階では、リスクは低下したと評価したものの、その後の銅鉱山の減産・焙焼設備不足等で、厳しい需給逼迫を経験。供給リスクが高まっており、備蓄積み増しの優先度は高いものと評価。
ニッケル	我が国企業の権益保有が進み、供給源も多角化したことから供給リスクは、他のベースメタル同等と評価。ステンレスとしてのリサイクルも可能。備蓄対象としては、優先度は高くはないものと評価。
クロム及びマンガン	南ア依存度が高いが、日本企業の現地投資も進展。クロムについてはステンレスとしてのリサイクルも可能。マンガンについては、非鉄金属の中で、アルミニウム、銅に次ぐ市場規模を有し、消費量は安定。備蓄対象としての優先度は高くはないものと評価。

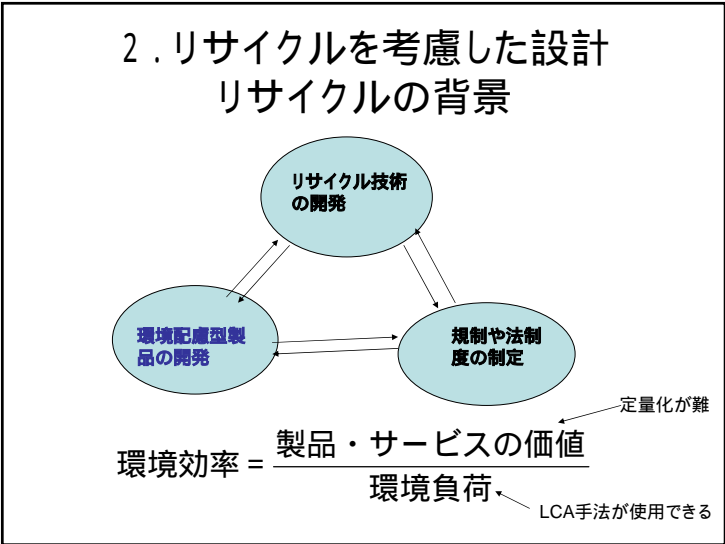
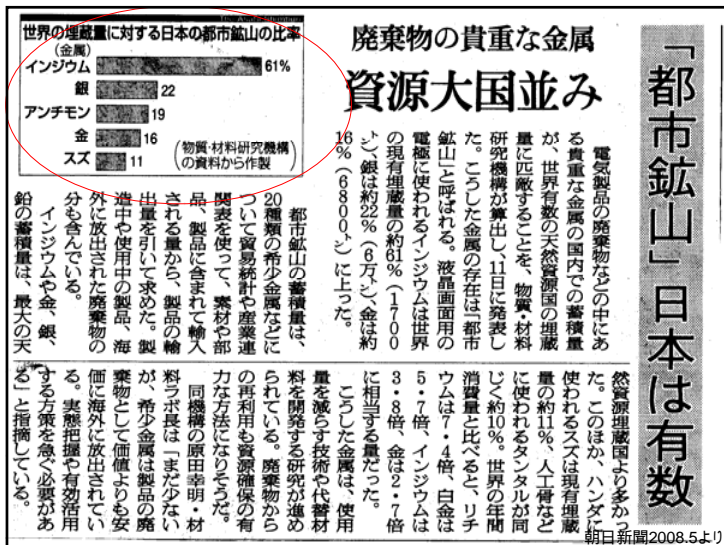
In, Ga, Rare earth, Ta, Nb, Pt, Pd, Sr の備蓄のほうが重要

(AMJ 中村繁夫より)

(AMJ 中村繁夫より)

レアメタルの価格高騰でハイテク産業は分野別にどうなるか？

- ステンレス・特殊鋼原料: 注意。既存の備蓄を強化するべし。
- 磁性材料: 危機。中国からの希土類原料の安定供給次第。
- 蛍光体材料: 注意。住み分けが進むので低級品は空洞化。
- コンデンサ材料: 注意。タンタルの備蓄を急ぐべし。
- 半導体材料: 安全。日本の優位性は持続。
- 化合物半導体: 注意。ガリウムの備蓄を急ぐべし。
- 電池材料: 危機。Li, Co、希土類の供給に抜本策必要。
- 熱電材料: 安全。テルル、ビスマスなど副産金属も備蓄を検討。
- レンズ材料: 安全。優位性は持続可能。
- 超硬工具材料: 危機。中国以外の供給源が必要。
- 超合金材料: 注意。チタン、ニオブ、レニウムなどに注目。
- 触媒材料: 注意。コバルト、モリブデンに注目。優位性持続。
- ファインケミカル材料: 安全。競争力は強化、拡大が可能。

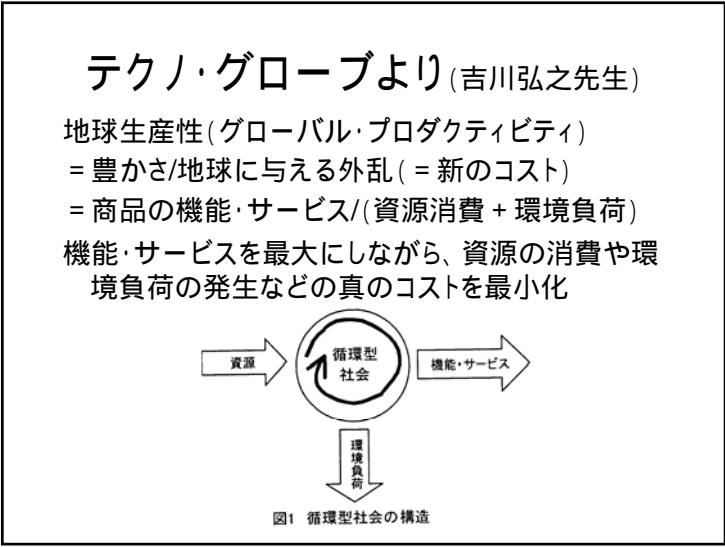


エコマテリアル

(Environment Conscious Materials)

物質・材料設計
物質材料の性能を最大化、コストを最小化

持続可能な社会を形成には上記以外に、
環境負荷を最小にするように物質・材料を設計する



ライフサイクル設計の流れ

1. 製品企画
性能、製品コンセプト、環境課題、企業利益
2. ライフサイクルループの設計
3R、メンテナンスなどの循環の仕組み、寿命、構造、使用期間、使用量などの適切なループ、使用済み製品の回収システム。
3. 製品設計
1、2の製品企画とライフサイクルループ実現のための製品そのものを設計、分解性設計、リサイクル性設計、リユース性設計、多世代設計(後継機種でも使用可)
4. 製品ライフサイクルの評価
LCAなどによる環境負荷削減の評価

リサイクルのための製品設計

自動車

解体性、分離性、材料リサイクル容易性、識別性をよくする。
設計段階で検討

適正処理(バッテリー処理、油剤・液剤除去、エアバック処理)

事前解体(リユース/リビルト)

マテリアルリサイクル(鉄、アルミニウム、銅、樹脂)

市場でのインフラ、回収量・選別の容易、再資源化コスト

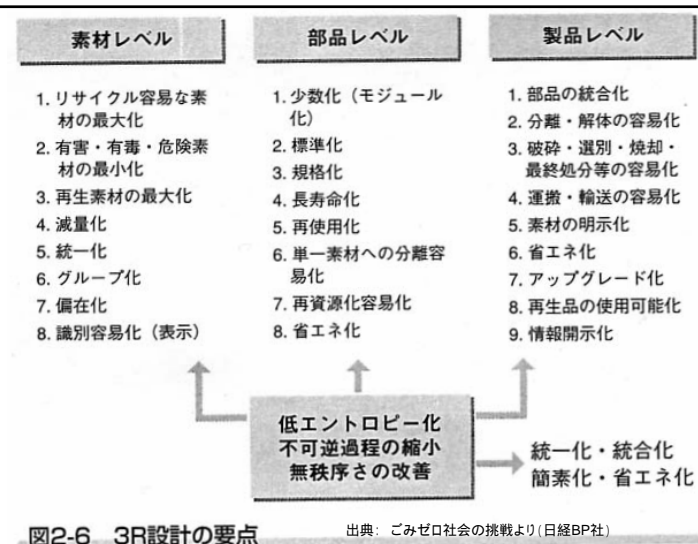
サーマルリサイクル

燃焼で有害物発生しにくい材料、複合材料(FRP)を避ける
廃棄処理

従来の環境調和設計から

ビジネスの変革、脱物質化を伴う製品設計の変更や製品ライフサイクル全体から見た適切なライフサイクル戦略の策定へ

- Brezet5
- 1. 汚染物質や環境配慮の観点からの改善
- 2. 部品の変更、無毒性物質の使用、リサイクル率を高め分解性を改善する、部品の再利用、ライフサイクルでのエネルギー使用量の最小化
- 3. 製品機能の発現のさせ方の変更、紙による情報交換からE-mailへの変更、車の使用からCall a carなどシステムへの変更
- 4. インフラ、組織の変更、情報技術に基づいた組織、輸送、労働における変更など



3. モニタリングとメンテナンス 要素設計技術の分類

設計戦略: 製品のライフサイクルを考慮した設計

顧客の要求を満たす + 材料再使用、部品再使用
アップグレードにより

故障製品の修理コストの削減、陳腐化製品の減少 旧型製品の修理用
在庫減少

廃棄数減少、新製品購入コスト低減

自販機1台あたりの年間ライフサイクルコスト

= (初期投資コスト + 運用コスト + メンテナンスコスト + 廃棄コスト) / 稼働年数

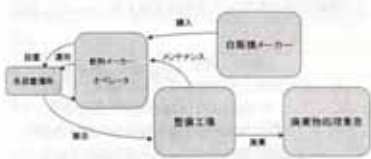


図1 代表的な自販機のビジネスモデル

4. 省エネ型使用と人工物、エネルギー インバースマニュファクチャリング の実現への課題

・顧客と市場

環境調和性を高めると同時に付加価値を付ける。消費者の行動と判断が重要。消費者とメーカーが共創的による循環生産の形成。

・ライフサイクル設計の実践

「ものの販売から機能やサービスの供給へ」と示しても、循環することを前提としたビジネス戦略の策定が鍵。

・経済性の問題

短期的には儲からない可能性をライフサイクル全体でみて経済性に優れた循環生産を実現する広い視野。

・グローバル化と国際標準

製造業の海外進出など、循環生産を日本国内の閉じた系を想定せず、国際的に循環生産を検討。

ピークオイル

- 世界の年間石油生産量がピークを迎える時期
… 現在から40年先まで諸説あり明確でない。
- 可採年数 = Reserves/Production = R/P
現時点の年間生産量Pで生産した場合、あと何年分の確実に回収できる石油があるか。
R: 確認埋蔵量… 地質学的、工学的にほぼ確実に回収される埋蔵量
資源量: 現在の地殻内集積資源の全量
埋蔵量: 現在の技術で経済的に回収できるもの
- 日本 全エネルギーの4割を石油、年40.2億トン消費
- ケロジェン起源説と無機起源説があるが明確でない。
[石油ビジネスのしくみ: 茂木源人著より2006年]

石油代替物質

石油の利用

- ・輸送用燃料… 圧倒的に石油依存(ガソリン、軽油)。
石炭液化は技術確立されているがコスト高。メタノール、DME(ジメチル・エーテル)、天然ガス、GTL(天然ガスから液体燃料合成)。
- ・燃料電池、水素(水素エンジン)… 水素を再生可能なエネルギーから供給する必要あり。
- ・石油化学製品原料… 天然ガス(石油と同じ資源制約)、LPG(4割が原油の精製過程で生産、6割がガス田や油田から生産)、石炭(油化のために水素添加するが水素はメタンと水蒸気に熱を加えて製造)などで代替
- ・発電用燃料… 発電への石油利用は56%1977年から6.4%2001年。原子力、石炭、天然ガスで代替。水力(国内電力の10%2005年)。

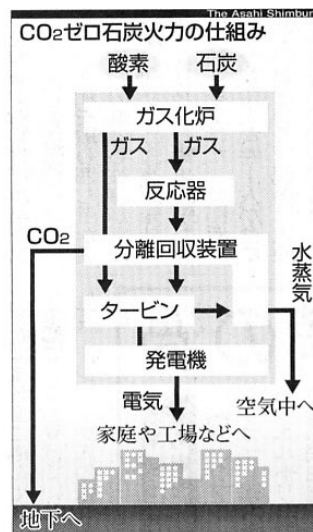
非在来型石油資源

- タールサンド・・・カナダ、アルバータ州で超重質油を含んだ砂から100万バレルの原油が商業生産。1700億バレルのタールサンド原油埋蔵量。
ベネズエラ、オリノコタールという超重質油の膨大な存在。
- オイルシェール・・・米国、ロシア、ブラジル、中国、モロッコ、オーストラリア、石油の根源物質のケロジェンを多量に含む緻密な堆積岩の存在。乾留して液状、ガス状の炭化水素にする。10ガロン/tの石油回収ができる。3兆バレル以上の石油が埋蔵。
- 精製プロセスで大量の水を使用。回収後残渣の大規模な廃砕ダムが必要。得られる原油の1/4は生産に消費。
- 生産効率悪く、将来の生産量が未知数。

新エネルギーには限界

- 1997年「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」・・・技術的に実用段階に達しつつあるが、経済性の面で制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要なもの
- 太陽光発電、風力発電、太陽熱利用、温度差エネルギー、廃棄物発電、廃棄物熱利用、廃棄物燃料製造、バイオマス(化石燃料由来の資源)発電、バイオマス燃料製造、雪氷熱利用など
- エネルギー密度小、原料の供給量に制約。
- 日本の総エネルギーに占める新エネルギーの割合1.53%、2002年。(約0.7%:製紙業から排出される黒液と廃材利用、バイオマス発電0.29%、廃棄物熱利用0.27%、太陽熱利用0.12%、風力発電0.032%、太陽光発電0.026%)
- 現在の選択肢・・・省エネを行う、石炭の生産を増やす、は容易

- Jパワーと中国電力
- 理論上、CO₂の排出量をゼロにできる石炭火力発電所の実証機
- 瀬戸内海の島に建設予定(広島県大崎上島町の長島)
- 15万kw
- 2016年末から実証試験
- 石炭と酸素を高温のガス化炉へCOと水素を主成分のガスに変える技術。
- + COを触媒でCO₂に。
- CO₂を地価に封じ込める技術。



太陽エネルギーの稼働

- バイオよりソーラーのほうが効率は格段に良い。太陽電池のほうが植物の光合成よりエネルギー変換効率が10倍以上高い。ソーラーシステムを20年以上使用すればエネルギーバランスは大きなプラス。
- 太陽エネルギーは総量は膨大だが、変換効率は悪い。エネルギー密度は非常に小さく、1368W/m²。地表では1000W/m²、1時間で1kw/m²。日本では平均の日射エネルギーは3.84kwh/m²。以前は効率は3-4%程度であったが現在は改善され、15-20%。
- 太陽電池は多結晶タイプより単結晶タイプのほうが効率よい。集光システムと多層構造の利用 将来、効率40%の可能性。
- ソーラーハウスは20数年長く使えばよい投資。ハウスの価値はますます上昇。
- 資源小国日本の国産エネルギーは太陽しかない？
海の利用は？

今後注目されるエネルギー資源

- ・未発見量 天然ガス > 石油
- ・非在来型天然ガス
 - メタンハイドレート・・・世界中に広く分布
 - コールベットメタン (CBM)・・・天然ガス確認埋蔵量に匹敵する資源量、個々の井戸からの生産量小
 - タイトサンドガス、シェールガス・・・砂岩や頁岩中、貯留層に亀裂を入れる必要
 - 深層天然ガス・・・地球内部に存在する無機物質？

- ・自然エネルギーの評価はEPR(エネルギー収支 = 出力エネルギー/入力エネルギー)でチェックし、地域分散型で利用
- 海水ウラン45億トン溶存(3.3ppb)・・・鉱石中の千倍、希薄な物質を集めて濃縮するにはエネルギーが必要？
- ・エネルギーは質が重要で、量ではない
- 森林のように蓄積期間が長い資源は、人類の消費速度が早すぎると実質的に非再生的となる。
- タールサンド、オイルシェール、メタンハイドレイドは質が低い・・・環境破壊型
- ・石油限界論と石油発見ピーク
- 生産増強技術EOR(Enhanced Oil Recovery)のEPRは生産とともに低下
- ・バイオエネルギーと車社会・・・食べ物(エタノール)を車に奪われてはならない

石井吉徳名誉教授より

原油 1バレル 140\$ 1年前の2倍
8カ国エネルギー相会合 6月7日青森市で開催

1 14画 2008年06月08日 6月8日 日曜日 青森 青森 青森 青森

ベルギー 連日からの抗議活動が激化。8日、ロイター

インド ガソリン値上げに抗議する人々。8日、AP

フィリピン 政府に抗議するプラカードを掲げる若者。8日、ロイター

石油危機 原油の供給不足と高騰による経済危機。73年の第4次中東戦争をきっかけに中東産油国が生産量を削減し、原油価格を大幅に引き上げ、先進国がマイナス成長を遂げた。79～80年にはイラン革命とイラン・イラク戦争により、再び原油の供給不足が生じた。これを高止まりの原油価格と呼び、73～74年のパニックを第1次石油危機と呼ぶようになった。

東WTI原油先物価格の推移 (1000円/バレル)

2008年 2007年 2006年 2005年 2004年 2003年 2002年 2001年 2000年 1999年 1998年 1997年 1996年 1995年 1994年 1993年 1992年 1991年 1990年 1989年 1988年 1987年 1986年 1985年 1984年 1983年 1982年 1981年 1980年 1979年 1978年 1977年 1976年 1975年 1974年 1973年

デモ暴徒化 ■ マグロ休漁 ■ 航空・車リストラ

第3次石油危機：日本パニックは起きていない

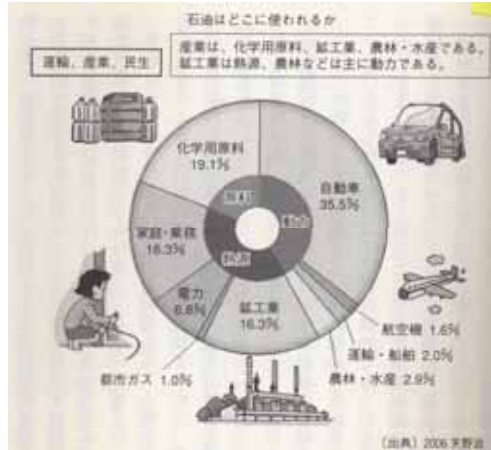
省エネ対応進む、火力発電の燃料の主流はLNG、円高、備蓄量大

■過去の石油危機との比較 77.4% (62%の発電) 50%以下(8%)

	第1次石油危機 (73年10月～74年8月)	第2次石油危機 (78年10月～82年4月)	今回の価格高騰 (03年末?～)
高騰の背景	第4次中東戦争で中東産油国が生産制限、価格引き上げ	OPECの大幅値上げ、イラン革命とイラン・イラク戦争	新興国の経済成長、産油国の政情不安、投機資金の流入など
価格の仕組み	産油国主導の公示価格	産油国政府の公式価格	市場価格
石油価格の動き (1バレル当たりのアラビアンライト価格)	73年10月 3.0% 74年1月 11.7% (3.9倍)	78年12月 12.1% 81年10月 34.0% (2.7倍)	02年7月 25.2% 08年5月 121.1% (4.8倍)
日本の消費者物価上昇率	72年度 5.7% 73年度 15.6% 74年度 20.9%	78年度 3.8% 79年度 4.8% 80年度 7.6%	03年度 -0.2% 04年度 -0.1% 05年度 -0.1%
日本での影響	激しい物価上昇、トイレットペーパー買いだめなど社会が混乱。戦後初めてマイナス成長に	物価上昇、経済成長率減速。社会混乱は生ぜず	燃料価格を除いて物価は安定、戦後最長の景気拡大

出典) 06年度エネルギー白書から。03年末から中東原油の指標油種アラビアンライトが上がり始めた

常温、大気圧で流体エネルギーの石油

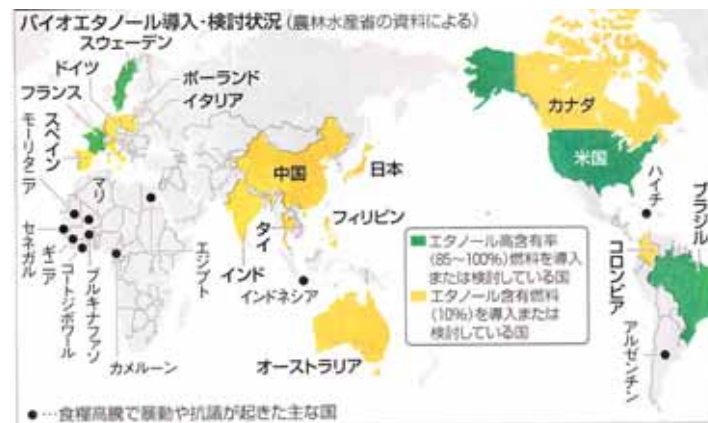


バイオ燃料

国連食糧農業機関(FAO)「食糧サミット」 2008年6月3 5日
ローマ

- ローマで開かれていた国連食糧農業機関(FAO)の食糧サミットは最終日の5日、2015年までに飢餓や栄養失調に苦しむ世界の人口を半減することを誓った宣言を採択し閉幕した。
 - バイオ燃料の多くがサトウキビやトウモロコシから作られ、ブラジルや米国の生産量は増え続けている。サミットでは、食料と競合しない原料の開発を求める食料輸入国と、価格高騰への影響は少ないと主張するバイオ燃料生産国が激しく対立した
 - 食料価格高騰の要因の一つとされる焦点のバイオ燃料をめぐる、宣言は「徹底的な調査研究」と「国際的対話」を促したが、生産国の米国やブラジルの主張に配慮して無難な表現に落ち着いた。一部の生産国が発動している食料輸出規制などの貿易制限措置については「最小限にする」必要性を指摘した。
- 東京新聞2008.6.6

2大生産国の米・ブラジル:脱原油は譲れない 食糧高騰による紛糾



穀物価格の高騰

5月の穀物価格と1年前の比較

トウモロコシ 1.6倍

米 2.9倍

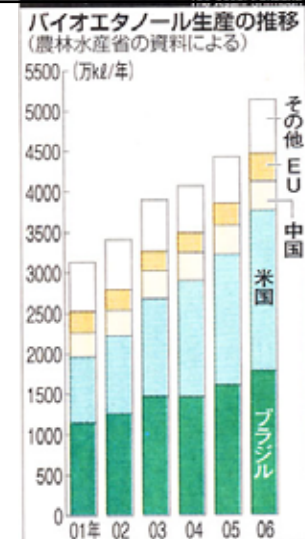
小麦 1.7倍

ブラジル サトウキビ耕作地

農地の1%、アマゾン熱帯雨林の0.3%

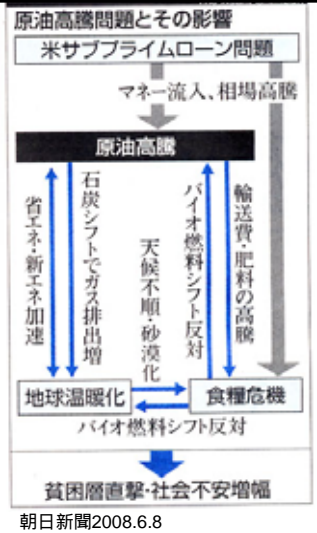
仏大統領、福田首相

食糧と競合しない、木片などを原料にした第2世代のバイオ燃料の開発を最優先にすべき



日米中印加の5カ国 エネルギー相会合

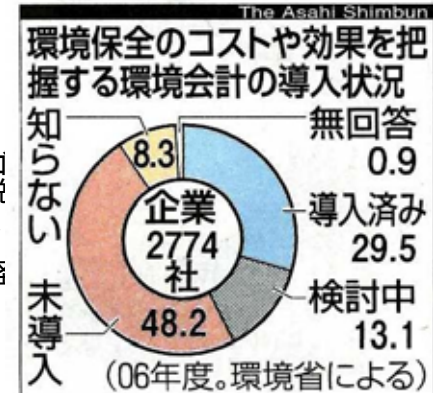
- 食糧サミット: 日本の思惑外れる
- 5カ国で世界のエネルギー需要の5割
- 以上な高騰は途上国にとっても不利、価格に非常に大きな懸念
- 中長期対策
省エネ、太陽光発電など再生可能エネルギーの推進
- 産油国の増産に向けた投資促進
- 短期対策
途上国の石油補助金の扱いなどあいま



5. 廃棄物の収集と情報管理と法律 廃棄物抑制、環境と法律の関係

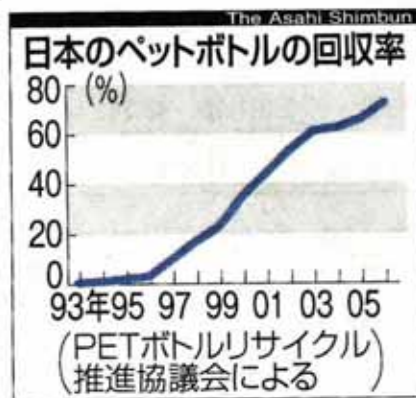
環境に負荷がかかる経済活動の例...外部不経済

- CO2削減のために燃料に課税したり、ゴミ発生を減らすためにゴミを有料化する環境税の考え。税によって損害を市場内部に取り込む方法...外部不経済の内部化(古典的基本)



拡大生産者責任 Extended Producer Responsibility (EPR)

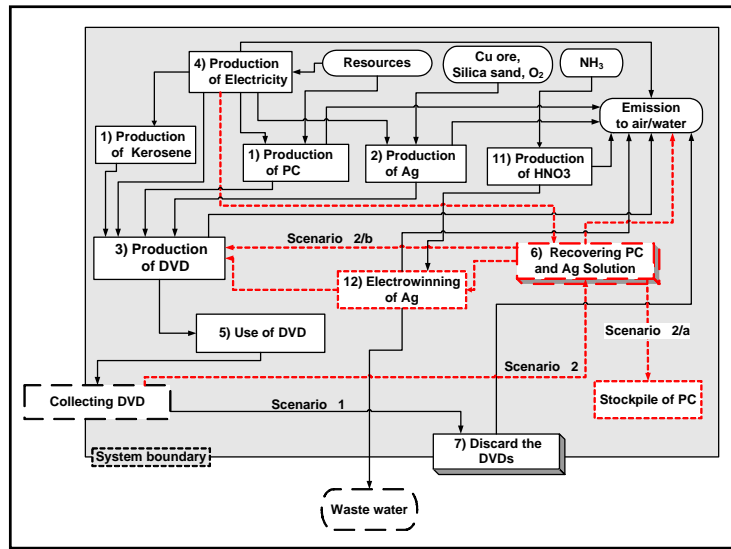
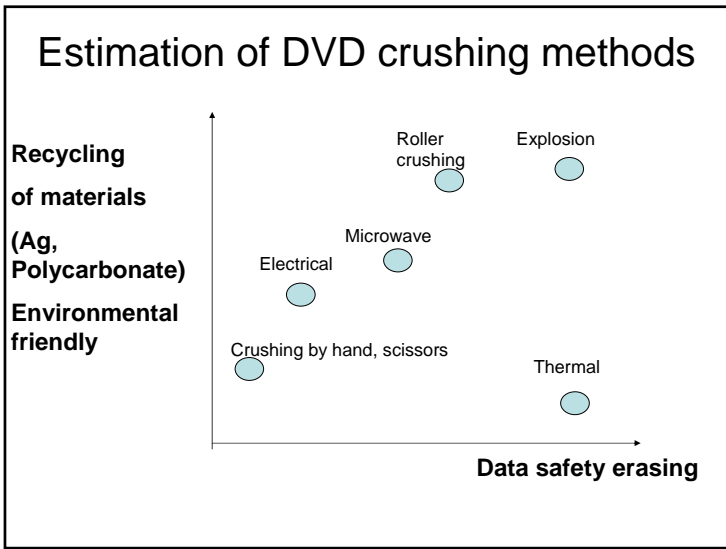
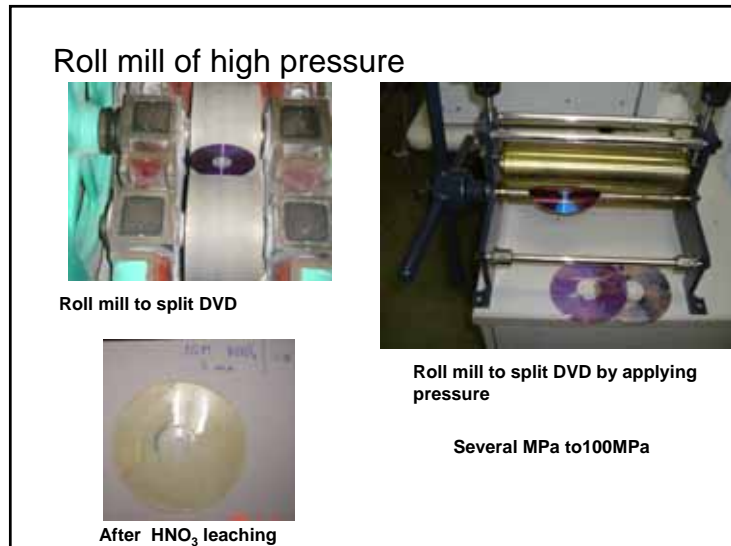
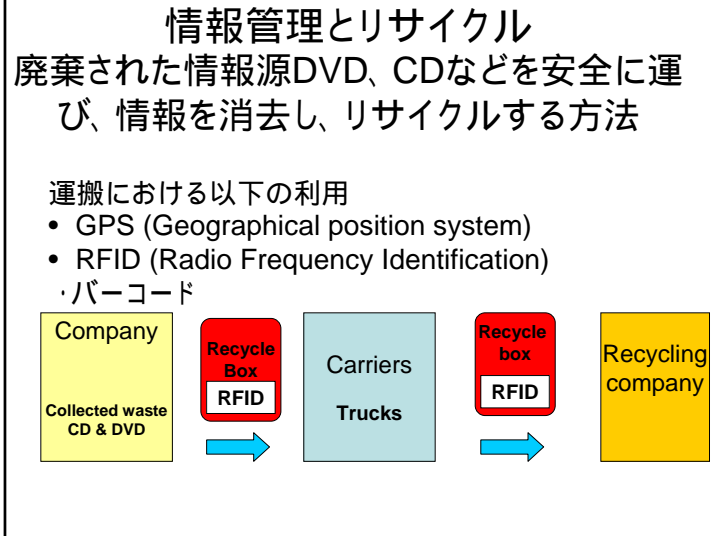
製品の生産、消費から、使用済みになったときの回収、リサイクル、廃棄に至る責任や費用を生産者に追わせる考え。こうして生産者はゴミが少なく再利用しやすい製品を作るという理論で90年代に独が容器リサイクル法のリサイクルを初めた。日本:生産者より自治体の支出が多いのが難点。



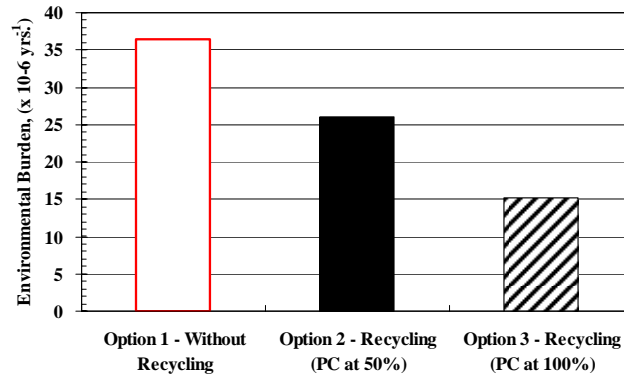
カーボンフットプリント

経産省2008.6
ジュースや菓子、洗剤などを作る過程で出たCO2の量をラベル表示する指針作りに着手

(朝日新聞2008.6より)



Estimation of PC recycling from DVD by LCA



6. リユース、リサイクル、リデュース 物理選別、化学選別、微生物利用 リサイクルの注目の歴史

- Recycleの研究が加速 1970年代以降 オイルショックから
- 例 当研究室: 旧東北大学下飯坂研
- プラスチックの重液と浮選によるリサイクル、ビール瓶のリサイクル、磁性流体による比重選別: 1970年代からの研究
- ローマクラブ: 1968年発足
- 『成長の限界』(1972)の発表によりその名が世界中に知られる。
- 他に『転機に立つ人間社会』(1974)、『国際秩序の再編成』(1976)、『浪費の時代を超えて』(1976)
- オイルショック: 第1次1973年、第2次1979年
- 資源・素材学会(旧 日本鉱業会) 東アジアリサイクルシンポジウム発足(日、韓、中、台) 1991年

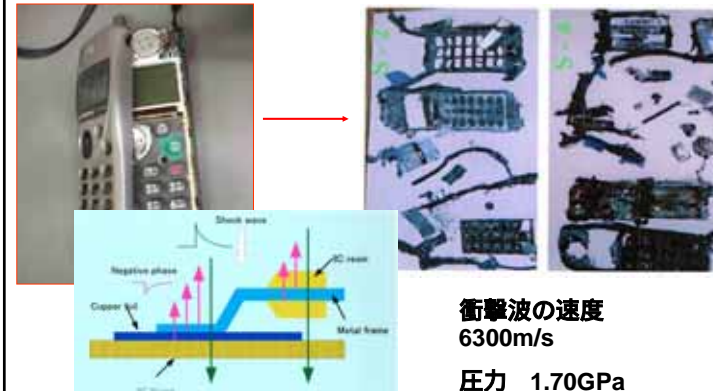
リサイクルのための大量な機械的分解 (破碎、剥離技術)

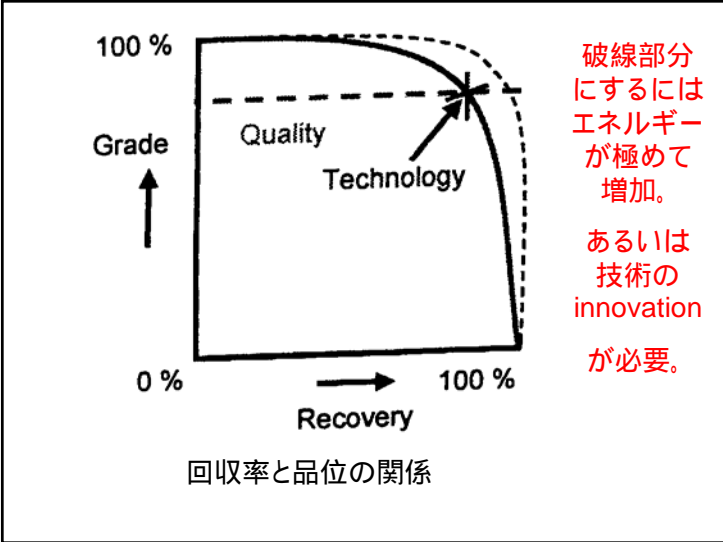
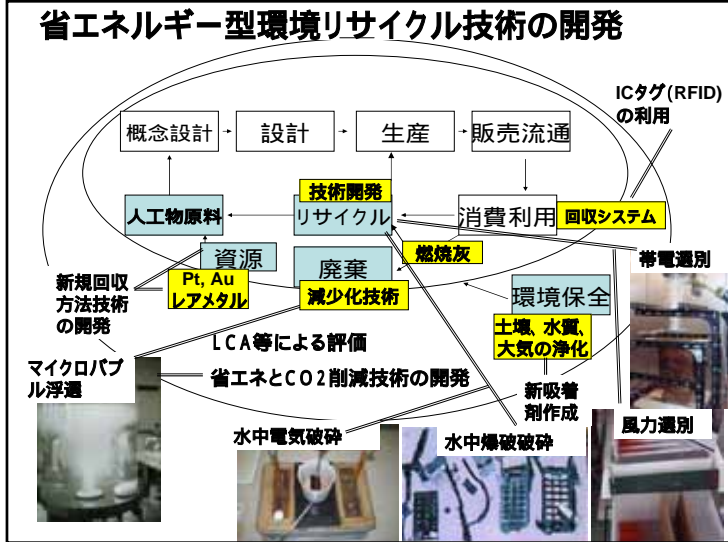
異なる材質を剥離して、それぞれ異なる材質に分離する手法としてはできるだけ少ないエネルギーで細かくせずに、同じ材料ごとに単体分離することが望ましい。

- 従来の衝撃式破碎機によるシュレッダー化による分離
例: 自動車、自動販売機の破碎
- 水中爆破による衝撃波の利用を用いた金属とプラスチックの剥離 例: 携帯電話の分解
- 水中電気破碎を用いた導体と絶縁体の剥離
例: 液晶パネル、木材と釘
- 液体窒素などの冷媒による冷凍破碎による分離
例: 廃タイヤ、プラスチック原料

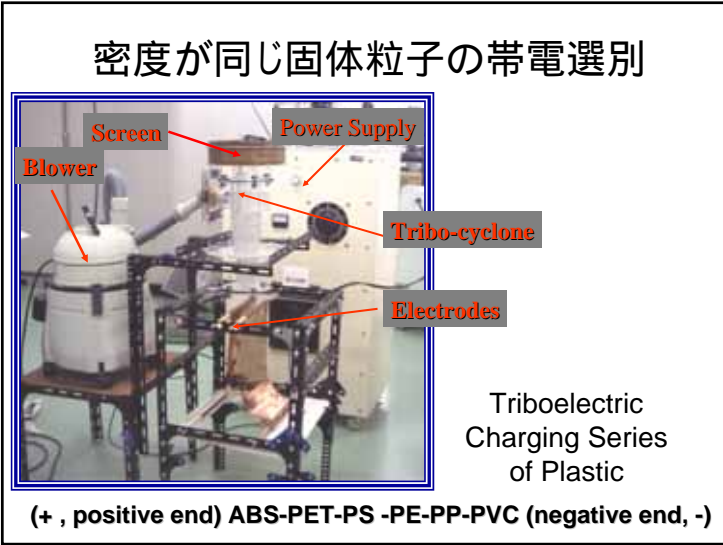
例1. 水中爆破破碎による省エネ型分離技術

金属とプラスチックなど異なる密度の物質を相互に剥離できる水中爆破破碎を用いて、水中で少量の火薬を爆発させ、生ずる衝撃波と気泡で廃棄携帯電話を分離した例





- ### 乾式選別
- 手選別 (ロボットによる選別)
 - 風力選別 例: ジグザグ型、空気テーブル
 - 篩い分け 例: 微細汚染土壌除去
 - 形状選別 例: 振動の利用
 - 色彩選別 例: ガラス瓶、カレット
 - 磁力選別 例: 鉄板、鉄塊、鉄棒
 - 静電選別 例: 銅線、金属破片
 - 帯電選別 例: 各種プラスチック
 - 渦電流選別 例: アルミ缶、
 - IR, 蛍光x線、放射能選別 例: プラスチック、放射元素



湿式選別

75 μm以下の異なる固体微粒子混合物の分離、比重差を利用した分離には以下の湿式選別が有効である。

- 比重選別
- 重液選別 例: プラスチック、ガラスとアルミ
- 磁性流体選別 例: 鉛、銅、亜鉛、ダイヤモンド
- 湿式磁力選別 例: 粘土からの不純物除去
- 浮遊選別 例: あらゆる異なる粉体
- 液液選別 例: 蛍光粉

湿式分離した後は濃縮、ろ過、脱水、乾燥、造粒の手段を必要とする。

数 μm ~ 数十 μmの粒子の相互分離 研削粉と研磨剤 (SiC) の浮選回収方法の開発

タンタル酸リチウム単結晶粉を浮遊させSiC粉を沈降させて分離

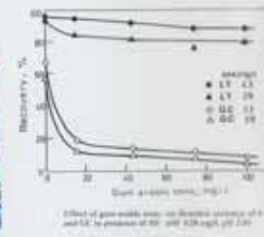
一ボランダムとタンタル酸リチウム粉を浮遊で分離し回収した。



粗粒子: SiC粉
微粒子: タンタル酸リチウム



浮選機での分離状況

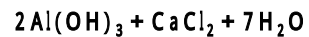
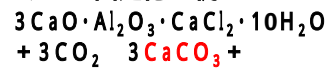


選別結果

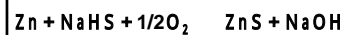
例2. CO₂マイクロバブル吹込みによる焼却主灰の脱塩と炭酸カルシウムとしてCO₂の一部固定化と金属回収

水中の塩素含有焼却主灰

難溶性塩類へのCO₂吹込みによる脱塩と炭酸カルシウムとして固定化: 例



金属回収の例



ZnSをザンセートで気泡につけて浮遊して回収



焼却で発生したCO₂を含むマイクロバブルを吹き込む

ナノオーダー ~ 数 μmの粒子の相互分離 コンデンサからのパラジウムの液液分離によるリサイクル

チップコンデンサはチタン酸バリウムセラミックスを多数の内部電極 (IE) ではさんでいる積層構造をしている。このコンデンサ中の IE を回収するために異相凝縮、疎水性の IE は n-ブタノールの相に移動し、親水性のチタン酸バリウムは水相に残り IE 金属を分離回収することができた。



チップコンデンサ

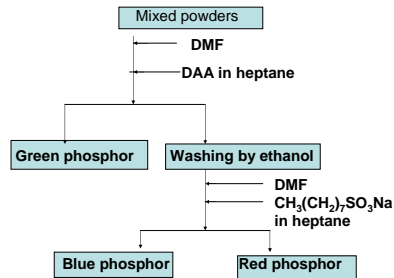


液液分離の状態
ブタノール相: Pd
水相: BaTiO₃



選別産物
BaTiO₃, Pd, Feed

蛍光粉の液液分離



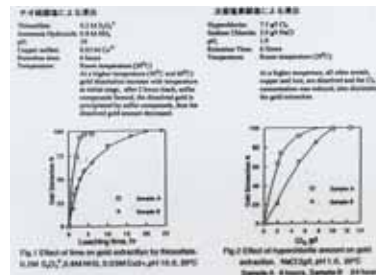
- 現在、蛍光管の水銀を除去した後の赤、緑、青の蛍光粉を液液選別方法により90%以上で分離できる。
- 発光物質に使用されるレアメタル金属を容易にリサイクル。従来は、蛍光粉を粉体のままで回収ができなかったのでリサイクルが経済的ではなかったが、**新技術の開発はリサイクル手法を変えることも可能。**

選別した固体の処理 (分子、原子の状態)

選別された固体や粉体は減量化、高純度化のために燃焼あるいは素材製造のための化学処理、湿式処理、微生物処理が行われる。

- **乾式処理**
焙焼、焼成、熱分解、熔融、揮発、乾留、蒸留
- **湿式処理**
浸出、溶解、析出、沈殿、溶媒抽出、電解、超臨界水熱分解、ガス還元、
- **微生物処理**
バクテリア利用(メタン発酵、好気性分解、鉄酸化細菌、硫黄酸化細菌など)

環境を考慮した非青化法のチオ硫酸塩、次亜塩素酸塩を用いた金の浸出方法

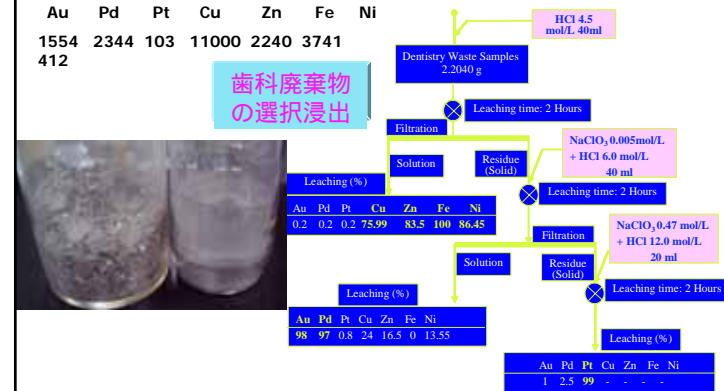


チオ硫酸塩による金の完全溶解。pH 10
次亜塩素酸塩による金の完全溶解。pH 1

リサイクルに関する研究成果 貴金属のリサイクル → 次亜塩素酸Naや塩素酸Naによる浸出処理 金、白金やパラジウムの選択的な浸出が可能

Primary components of dentistry waste samples (ppm)

Au	Pd	Pt	Cu	Zn	Fe	Ni
1554	2344	103	11000	2240	3741	412



7. 環境保全

環境問題に関する廃棄物とエネルギー

- ・ グリーンケミストリー
Eファクター ……何kgの廃棄物/1kgの製品(人工物)
 - ・ エコリユクサック……何tの廃棄物/1tの精鉱(人工物原料)
- Bi, Inなど他の金属の採掘の副産物として回収されるものは 現状では地球からの**資源採掘も必須**

人工物原料の廃棄物対策 **環境浄化技術の開発の重要性**

Cu,Pb,Zn ますます、品位の低い鉱石を採掘し処理しなければ
ならない。 処理のためのエネルギー増大

再生可能エネルギーをたくさん導入することは可能か？

省エネルギー型処理およびリサイクル技術の開発

LCAの利用で技術を評価

各種ある技術手法の評価

(谷口正次著:入門資源危機、及び機械COE東京大学講演より)

資源採取と環境問題の1例

Goro nickel project 概要

- 1、ニッケル鉱石 (Limonite, Saprolite) のスラリー輸送: 500万トン/年
- 2、HPAL (High Pressure Acid Leaching)
- 3、SX (Solvent Extraction)
NiO:60,000t/y, CoCo3: 4,600t/y
- 4、テーリング・ダム: 500万トン/年
- 5、廃水; 海底放流

It is located on the South Pacific island of New Caledonia, an overseas territorial community of France.

海がきれいだったオセアニアのニューカレドニア島



谷口正次著:入門資源危機、及び機械COE東京大学講演より)

ニューカレドニアのニッケル採掘のために森林が破壊され表土が出現

ラテライト中のニッケルは表面近くの土壌に存在し、多くの森林が伐採され表土が採取されている



谷口正次著:入門資源危機、及び機械COE東京大学講演より)

ニッケルを採取した後の泥は海に廃棄され環境破壊が起こる



© Muron & Rolland

谷口正次著:入門資源危機、及び機械COE東京大学講演より

• 各種の土壌浄化技術が必要



(東大 藤田ら)

セメント製造の特徴 (廃棄物利用面)** (以下**は太平洋セメントより)

- 原料の組み合わせ方に一定の幅、すなわち弾力性がある。
- 1,450 という高温で焼成するため、多種の廃棄物を無害化処理できる。
- 連続して、大量に処理することが可能。



30年ほど前から廃棄物利用に取り組み、現在はさまざまな産業から廃棄物・副産物を受入れ、**総量は2,730万t/年(2002年度)**に達する

北九州の洞海湾(八幡製鉄所)の水、大気汚染公害の克服

(北九州市の環境局パンフレットより)



環境浄化

人工物原料採取のための環境浄化

人工物原料製造工程および人工物廃棄後、
焼却、排出される汚染物質で汚染された環境を修
復する省エネ型環境浄化技術システムの開発

水質浄化

- ・ 重金属含有酸性廃水処理
- ・ 各種レアメタル含有廃水の吸着剤を用いた浄化
- ・ バイオソープション(湿地処理)

重金属含有酸性廃水処理

重金属等の省コスト型有害物質処理技術の開発

酸性廃水の中和剤として、 MgO は廃物生成量が少量であることを明らかにし、 $0.2ppm$ の Cd^{2+} イオンを含む廃水を MgO で中和後、微細なペントナイト、界面活性剤、高分子凝集剤の順に添加し、スラム生成量 $0.04wt\%$ 、回収率 99.6% でカドミウムを回収することができた。



図 廃水を各種アルカリで中和した場合の廃物



図 Cd^{2+} イオンの浮選による回収

$CaCO_3$ 、 MgO が中和副物量が小

浮選で酸性廃水からCd, Cuの回収

自然界による浄化の利用

重金属類を吸着可能な藻類や湿地による硫化物としての固定化

金属吸着量
(kg/kg 微生物量)

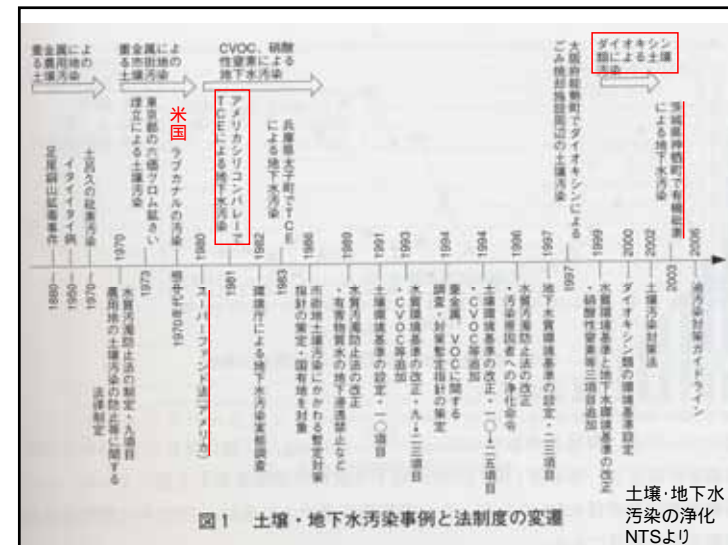
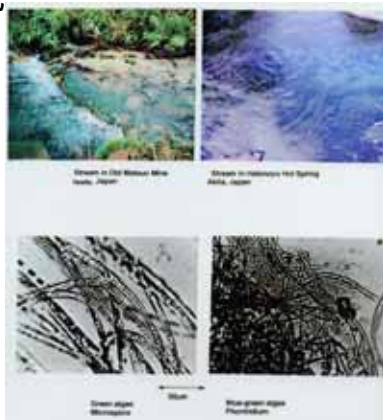
例

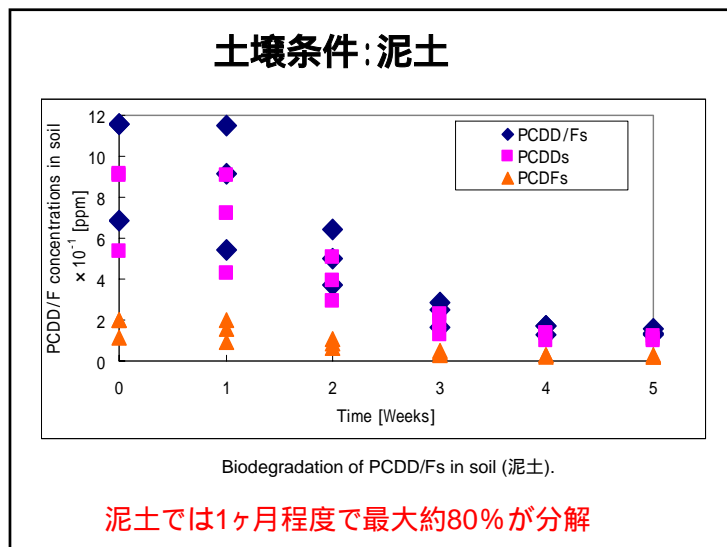
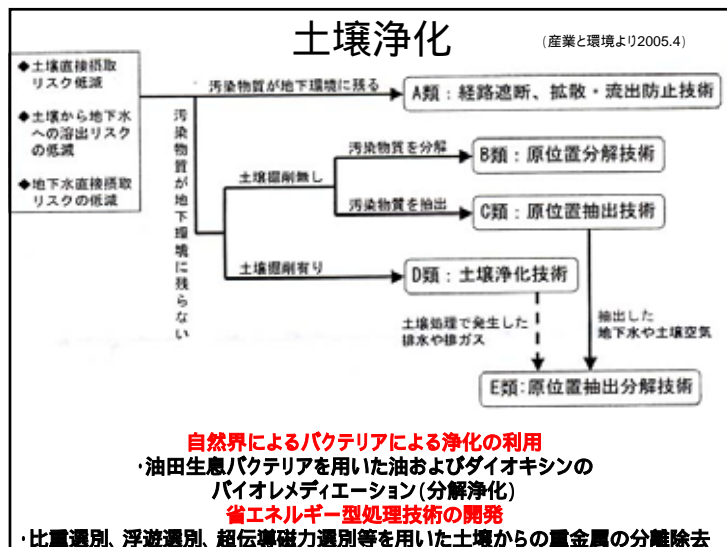
Co 0.04

Cd 0.72

Pd 0.05

Au 0.42





ブラウン・ヘイズ(国連環境計画UNEPが名づけた)オゾン濃度汚染

6~8月の北半球の大気汚染物質の流れと、オゾン濃度の高い地域(==)

← 地表から3千mを超える流れ
 ← 地表から3千m以下の流れ (国連資料から作製)

中国では80年以降NOxの排出量が4倍に、2020年にはさらに倍増が予想。
 長江にかかる橋。霧とスモッグで対岸は見えない。中国・重慶で、気象撮影。

オゾンにさらされ呼吸器疾患などで死期を早める人の数 (OECD環境概況から)
 欧州、北米、日本と韓国、ロシア、中国、南アジア (100万人あたり人)

地域	2000年	2030年
欧州	~25	~25
北米	~25	~25
日本と韓国	~25	~25
ロシア	~25	~25
中国	~25	~80
南アジア	~25	~80

茶褐色の雲(NOx, SOx, COなどが原因)、NOxと炭化水素が光化学反応で生じるオゾン(朝日新聞2008.4より)

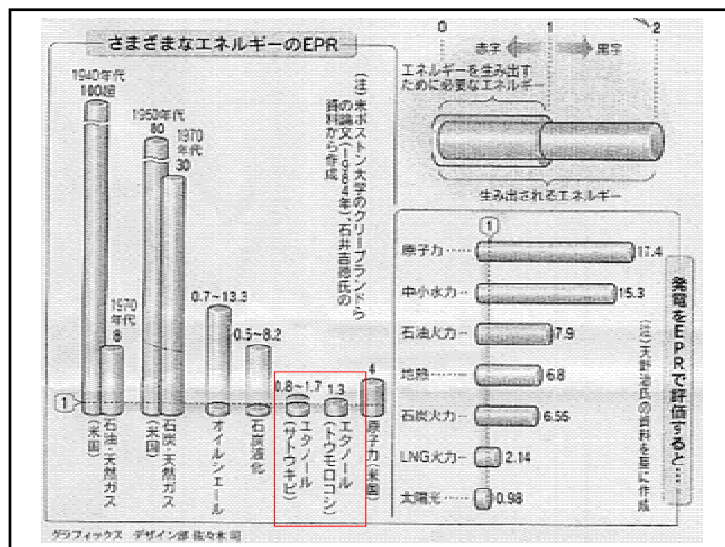
環境問題

東大:村沢特任教授 地球温暖化がわかる本より

バイオ・エネルギーについて

- 森林は成長しているときはCO₂を吸収するが、成長が止まると吸収しない。CO₂吸収源というより貯蔵庫。
- 森林の効果的管理は植林 成長 伐採のサイクルが必要。伐採樹木を燃料として燃やせばCO₂削減。
- バイオ燃料は温暖化防止に役立つが食糧問題を起こす。トウモロコシからのエタノールも薪も炭もバイオ燃料
- 光が当たり光合成が盛んになり、CO₂の吸収量、炭水化物の合成量、酸素の放出量が多くなる。
化石燃料も太陽エネルギーを蓄えたもの(数億年)だが、時間的スケールがバイオエタノール(循環1年)とは異なる。

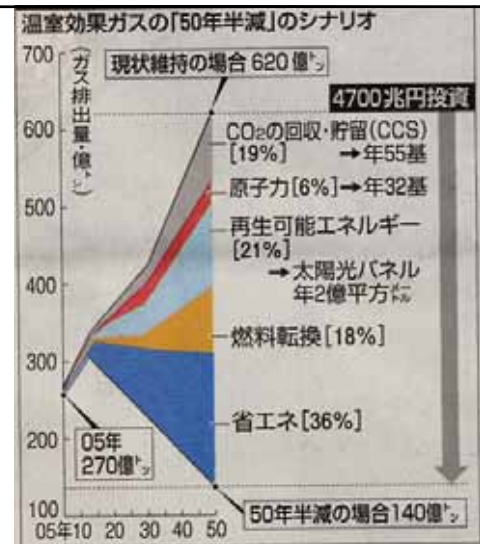
- バイオ・エタノールの車の燃料化。エタノールのガソリンとの混合比率によりE10と記される。E10はエタノールを10%含む混合燃料。
- エタノールのエネルギー密度はガソリンの2/3。
アメリカではトウモロコシ原料のエタノールの生産が2006年では19百万kl。
全国トウモロコシ生産者協会(National corn growers association :NCGA)は2015年にはトウモロコシの全生産量は3億5千万tに達し、約40%がエタノール生産に使用される予測。
- バイオ・エタノールの生産で、得られるエネルギー量よりも生産のために消費するエネルギーが30%も大きい場合は無駄。トウモロコシは肥料を多量に必要とし、最後の蒸留でエネルギーがかかる。
他のものからエタノールを作る可能性



IEA 試算 6月6日
(International Energy Agency: 国際エネルギー機関)
2050年までに温室効果ガス排出量を半減させるには
4700兆円の追加投資が必要

さらに風力発電施設 17500基、電気自動車や水素燃料電池車も10億台の普及が必要

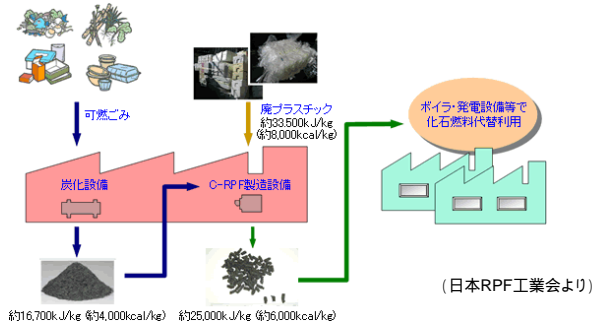
日本 60-80% 削減目標
排出量取引: 13年以降



8. 新たな材料原材料へ、エネルギー回収

CRP-Fの製造概念

課題：一般廃棄物からのCRP-Fと現状の焼却処理をLCAから比較し、よい方を提案



・ 特長

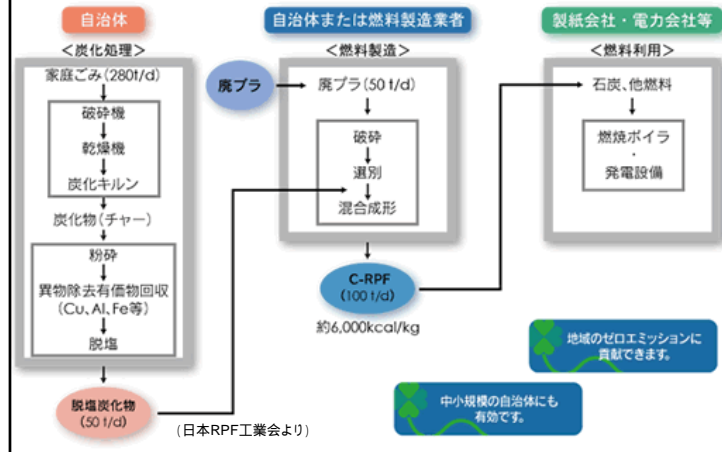
炭化炉はキルン方式で、ごみ質変動に強い安定した炭化が行え、均質な炭化物が得られる。従って、C-RPFは品質の安定した燃料。

炭化温度の設定により炭化物の燃料比が変更されます。従って、C-RPFは石炭とよく似た燃焼特性が得られる。

炭化物は粉碎・選別され異物を除去した後、脱塩処理を施します。従って、C-RPFは低塩素で、従来のRPFと同等の品質が得られます。

キルンの加熱源には熱分解ガスを利用し、経済的。炭化処理方式は環境特性に優れ、ガス化溶解等と比較して、設備費及び維持管理費の低減が可能。C-RPFはRPFと同様に、他燃料と比較して経済性に優れ、地域の環境負荷も低減。また、化石燃料の削減を通しCO2削減など地球温暖化防止に寄与。

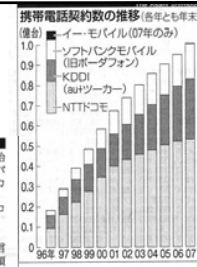
C-RPFの製造と理念



携帯電話

携帯電話の進化の歴史

- 96年2月 ドコモ、「1モード」開始
- 00年11月 J-フォン(現ソフトバンクモバイル)、初のカメラ付き携帯を発売
- 02年12月 KDDI、音楽ダウンロードサービス「着た」を開始
- 03年11月 KDDI、メール送受信などパケット通信に定額制導入
- 08年4月 携帯端末向けの地上デジタル放送「ワンセグ」開始
- 07年1月 ソフトバンク、基本料月980円でピーク時間帯を除く自社間通話が無料の「ホワイトプラン」導入



契約数 1 億台
市場の伸びは鈍化

小型家電の増大と
その中からの
レアメタルの回収の
重要性



ネット

業界4位イ・モバイルが10日、07年11、12月末時点の契約数を発表。11月末に4社合計で1億1,700万台となったことが分かった。12月末は1億3,274,700台で、前年同月比5.9%

携帯1人1台時代

国内の携帯電話は、ほぼ「1人1台」の時代に入った。契約数が07年11月末時点で1億を突破。90年代後半以降、カメラ、ネット接続、音楽ダウンロードなど新機能が続々と加わり、96年との比較で一気に5・5倍に。ただ、市場は伸び悩みのため、携帯電話各社は「法人向け」「第二の需要」を掘り起こすを目標としている。(木村和雄)

(朝日新聞2008.6)

京都伏見区: バイオガス化技術実証プラント... 生ごみを利用した発電試験 9年前から。5年後、60t/日処理する施設が予定。メタン発酵。

古紙、廃プラを分別 燃えにくいので再度混ぜる東京の例がある。

プラスチック... 発展途上国でも焼却処理を進めるべきかは一概にはいえない。

金属... 薄く広く埋まる現状では都市鉱山とは呼べないので対策が必要。
(朝日新聞2008.3より)

国	2008年	2015年(推定)	2025年(推定)
中国	0.79kg	1.00kg	1.20kg
インド	0.37kg	0.50kg	0.60kg
インドネシア	0.16kg	0.20kg	0.25kg
日本	0.81kg	0.81kg	0.81kg
ロシア	0.21kg	0.25kg	0.30kg
フィリピン	0.22kg	0.28kg	0.35kg
インドネシア	0.19kg	0.25kg	0.30kg
タイ	0.15kg	0.20kg	0.25kg
マラシア	0.27kg	0.35kg	0.45kg

レアメタル含有廃棄物

OA機器リサイクル事業
使用済みのOA機器(コピー機、ファクシミリ、プリンター、パソコン)を分解し、貴金属を回収することにより、再利用部品や再生材料を生産。

自動車リサイクル事業
「自動車リサイクル法」に基づく自動車リサイクル。自動車メーカーから精緻な解体委託。解体後は廃自動車を生産材料として輸入するなど高付加価値のリサイクルを行う。工場設備投資は「法第31条(認定工場)」。

家電リサイクル事業
「家電リサイクル法」に基づき、洗濯機、冷蔵庫(エアコン)、テレビ、洗濯機を高度に分別・選別することにより、高付加価値のリサイクルを行う。

蛍光管リサイクル事業
家庭や事業所から排出される使用済みの蛍光管(ガス、蛍光灯等)を回収・リサイクルする。また、リサイクル蛍光灯の製造(OEM)にも取り組む。

医療用器具リサイクル事業
医療用器具を徹底・高精度処理・分別し、資源価値を高める。また、資源材料や燃焼原料としてリサイクル。

レアメタルと微生物 東大・藤田

- レアメタルのリサイクルに微生物の使用は可能だが、**希薄なレアメタルを回収する吸着剤としての使用には有用**。微生物を利用した微粒子合成はたくさんあったが、実用化には化学的合成の方が安価と思われる。エネルギー的に安価にする場合は培養にエネルギーをかけなければよいが難しいかもしれない。日数をかけてほっておけばインプレスやヒープリングのように有効。レアメタルと微生物の相互関係は生態や医学的応用のほうがよいのではないかと。ただ、新しい研究から何か見つかるかもしれないので研究を継続することは必要。
- 現在、あるもの、廃棄物を利用して有用なものを作ること望ましい。

3R分野のロードマップについて

環境と経済が統合された循環型経済社会システムの構築を目指す。

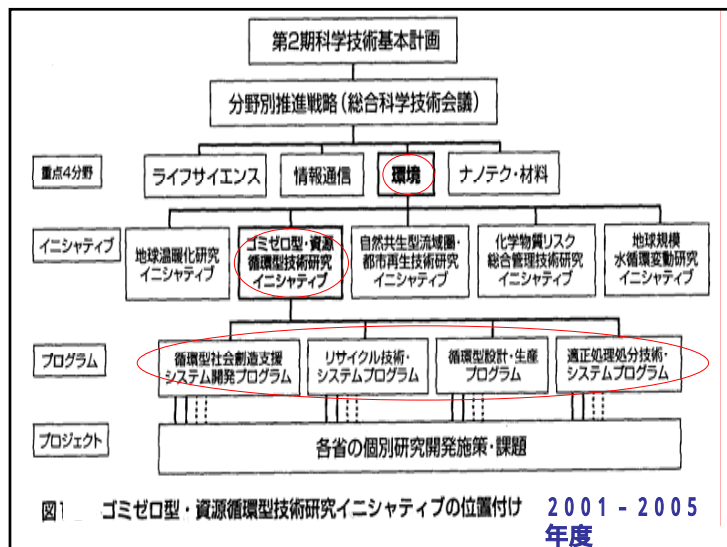
様々な分野で3R (Reduce, Reuse, Recycle)技術の開発が進む。

5R(+ Refuse止める(買い物袋使用など), Repair)

10R(+ Return, Recleaning, Refine, Recovery, Regeneration?)

3Rの技術は、廃棄された製品の再生利用(リサイクル)中心の技術から、設計・製造段階から3Rを意識したものづくりの技術へ移行。経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、産業技術総合研究所

3R技術がほぼ10年単位で世代交代すると想定、2010年、2020年、2030年の各年代に必要な技術を明示。また、政策目標に関しては、2010年ごろの目標を設定するとともに、現時点では設定されていない2020年ごろと2030年ごろの政策目標についても2010年ごろの政策目標のトレンドを延長させた形で想定し、各時点における政策ニーズとしてまとめた。



短期:2010年度は最終処分量を1997年度比で半減

2010年度までに産業廃棄物と一般廃棄物の最終処分量をいずれも1997年度比で半減させ、産業廃棄物の再生利用率を47%、一般廃棄物の再生利用率を24%にする。

上流対策がなされていない製品が廃棄物になることが多いことから、発生量と最終処分量の多い品目を中心にした最終処分削減技術や再生利用技術、素材開発や長寿命化(発生抑制)に関する技術を重要技術と指摘。

例:

廃プラスチックの原料化技術では、**単一プラスチックとして分別回収されたものを対象としたマテリアル・リサイクル技術(高度分離・分別技術)を使って再生利用率向上を図る。**

汚泥の減溶化処理技術では、**汚泥系バイオマス(下水汚泥など)を対象とした混焼技術を使って最終処分量の減容化を目標としている。**

建設構造物の長寿命化・メンテナンス技術では、戦後から高度経済成長期にかけて建設された建造物のメンテナンス技術によって、**ひび割れや腐食などを早期診断・補修して長寿命化させ、リデュースに寄与していく。**

中期:2020年ごろには循環型のものづくりが本格化

最終処分量を2010年度比で25%削減し、再生利用率を向上(各廃棄物、使用済み製品ごとに考慮)させることを目標。

循環型のものづくりが本格化し、3Rの優先順位を考慮した取り組みを促進するとともに、自主的な取り組みによる資源循環の仕組み(循環ビジネス)を整備する時期。再生利用の高付加価値化を目指す技術、リユースや設計に関わる技術などの上流技術が重要

例・再生プラスチックの高品質化技術の開発、

生成プラスチックの性能を維持する技術やプラスチックの劣化した部分を補修する技術により、プラスチックの使用期間を長期化させることを目指す

・産業系汚泥のリデュース技術

無機汚泥の発生量を低減する上流プロセス技術

長期:2030年ごろは環境配慮型製品が市場で競争力を持つ

最終処分量を2020年度比で25%削減し、再生利用率を向上(各廃棄物、使用済み製品ごとに考慮)させることを目標。

環境配慮型製品が市場で競争力を持ち、環境配慮型製品が3R的に循環し、そのためのインフラを構築していくシナリオを描く。

目標の実現には、2020年に引き続き、再生利用の高付加価値化を目指す技術や新たな発想に基づく技術が重要。

例: **レアメタルの回収技術。**

レアメタルの回収効率を向上させる技術を確立することは、循環資源を扱う産業の競争力強化に寄与。**焼却灰や無機汚泥などの多元素混合物に低濃度で分散するレアメタルを、新たな発想に基づいて低コストで回収できる技術**などを、重要技術として期待。なお、3R技術が10年単位で世代交代するということを前提としているため、2030年ごろの重要技術は次々世代の重要技術と位置付けている

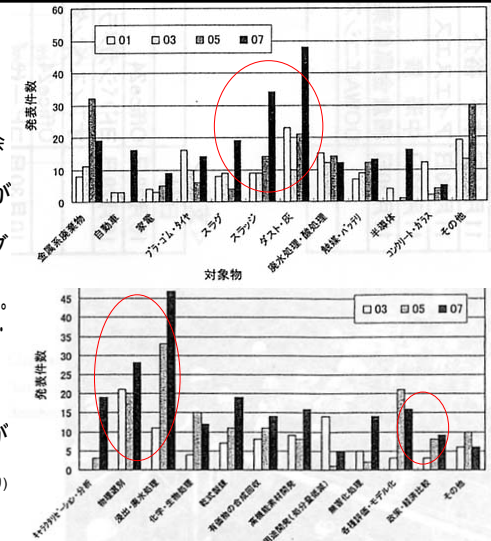
9. 廃棄物のグローバル化の問題

- 国外のマテリアルフロー調査の重要性
- 海外におけるレアメタルなどマテリアルフロー調査が重要
- 特に東南アジア 日本から中国、韓国、台湾、ロシア、ベトナム、フィリピン、マレーシア、インドネシアなど

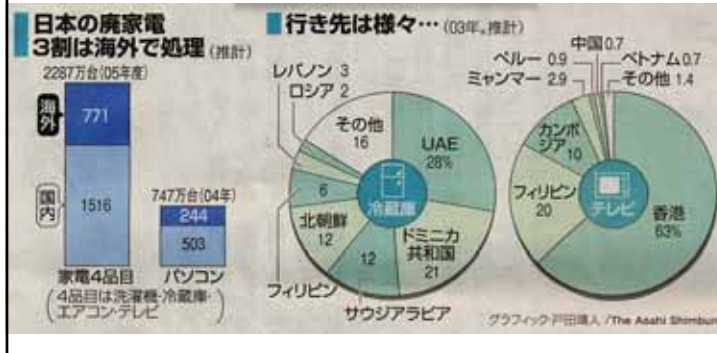
東アジアのリサイクル

日、韓、中、台の国際会議の内容より、近年、ごみの焼却が進み、対象物は金属の他、スラグ、スラッジ、ダスト、灰の研究が増加。研究手段では浸出・廃水処理、物理選別、分析の他に、環境影響評価、経済評価、が増加

(MMJ, vol.124,2008, p.213より)



日本の廃棄テレビや冷蔵庫がアジアで中古品としてよみがえり**金属資源**に。
一方、ずさんな処理が現地の環境と健康を破壊。



海を越える廃家電



アジアへ行く廃家電(フィリピン)

廃パソコンから取りだされたCPUをカスパーナーであり、金属類を溶かしている「ワイリピン・カヒテ州で、下地炭す

100kg CPU から18gの金、320gの鉛
マニラの南港
中古テレビを修理し、販売もしている



(朝日新聞2008)

日本:リサイクル体制進まず

- テレビ、洗濯機、エアコン、冷蔵庫の家電4品目
2005年 2300万台廃棄
1200万台 は国内でリサイクル
残りの大部分はアジアに
- 1992年に発効したバーゼル条約・・・有害廃棄物の国境を越えての移動を規制
輸入国の同意、再利用される中古品 輸出が認められる。
- パソコン、携帯電話、オーディオ製品など
2011年のデジタル化・・・6500万台の廃棄テレビ

10. リサイクルのLCAによる各種評価

リサイクルから供給すべき人工物原料はどの程度リサイクルできるか: LCA評価

- 特定の元素について完全に高純度化して**繰り返しすべてを材料として使用する**(材料のゼロエミッション)場合と、**一部を廃棄する**場合との比較
- 人工物として近年リサイクルの重要性が増加している電子部品や各種触媒が上げられるが、ここではNiチップコンデンサについて取り上げる。

固体の選別には、粉碎、磁力選別を使用した。選別した固体の処理には、Niの廃棄物を出す場合Aは化学処理として乾式製錬を、Niの廃棄物を出さない場合Bは湿式製錬を用いてすべてのNiを循環することとした。

ソレノイドコイル型磁力選別によるコンデンサからのNiの回収

チップコンデンサの積層電極にはPdの他に、近年、Niが多く使用されている。コンデンサを粉碎後、Ni粉をBaTiO₃粉から磁力選別で回収。磁力選別には巻き込みを防ぐために開放型ソレノイドコイルを使用。

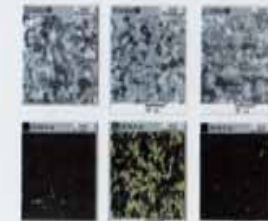
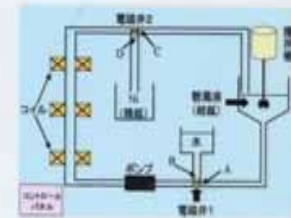


図 実験装置

写真 EDX によるマッピング

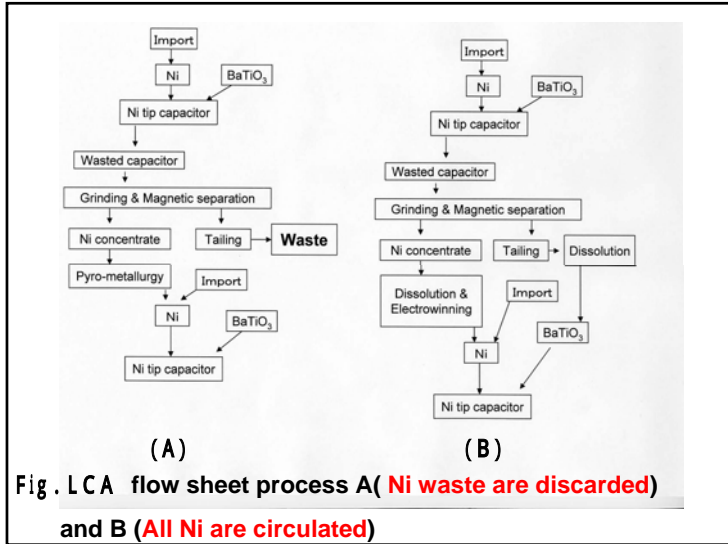


Table LCA result for recovering process of Ni tip capacitor

	A Wastes	B Circulation
Energy consumption	3903	5136
Consumption of minerals ores	10727	11209
Greenhouse effect	510320	510334
Acid precipitate	4303	4302
Water pollution	397	398
Air pollution	39776	39774
Total amount	569429	571150

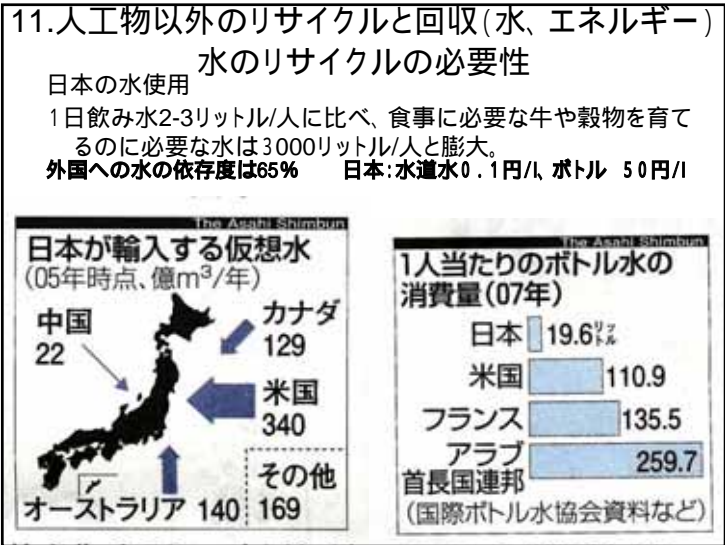
機械的分解後の固体の選別が重要であり、稀薄となったNi資源を、すべて化学処理で回収することは環境負荷が多く、効率が悪い

リサイクル方法のLCA評価: 特定の元素について完全に高純度化して繰り返しすべてをリサイクル材料として使用する(材料のゼロエミッション)場合と、分離・選別・濃縮後一部を廃棄する場合との比較

機械的分解後の固体の選別、化学的処理が重要であり、稀薄となった資源を、すべて回収することは環境負荷が多く、効率が悪い

100%リサイクルは不可能か!

しかし、資源の枯渇を考えるとできるだけゼロエミッションに近づけたい。



世界の水使用

人が生きるのに1日最低2.5リットルは必要。この50年で生活に使用する水量は全世界で4.5倍、国同士の水争いは21件。Rivalの語源はRiver。

大陸	人口	利用可能な水
アジア	60%	36%
欧州	13%	8%
アフリカ	13%	11%
北中米	8%	15%
南米	6%	26%
オーストラリア	1%以下	5%以下

(国連世界水発展報告書による)

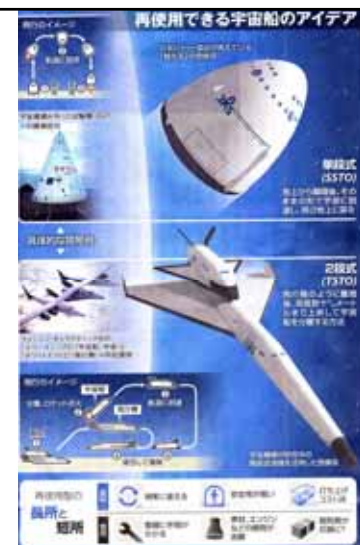
トルコ vs. シリア (ユーフラテス川)
イスラエル vs. パレスチナ (ヨルダン川)
マレーシア vs. シンガポール (水道供給)
米国 vs. メキシコ (リオグランデ川)

宇宙の旅もリサイクルで

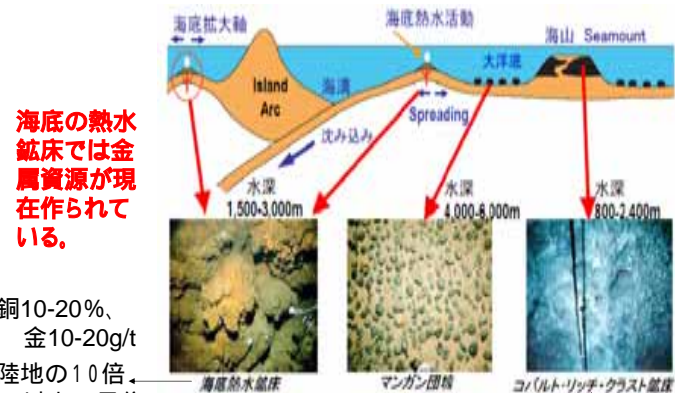
(朝日新聞2008.3より)

2010年に引退するスペースシャトルは使い捨て型。しかし、欧米の複数のベンチャー起業は完全再利用型での宇宙観光をめざす。再利用ロケット…高性能のロケットエンジン開発、大気圏突入の際の安全性などの技術の壁がある。

宇宙ゴミからレアメタルを回収する



海底資源開発の重要性 (JOGMECより)



水深1000m程度の海山の頂上・側面上部に厚さ100mm程度で存在するマンガン鉱物で白金を1ppm程度含む。

資源処理とリサイクルに関する

国際会議

- IMPC: 国際選鉱会議 (世界中)
1952年開始、2008年(北京)で第24回
- EARTH: 東アジア資源リサイクルシンポジウム (日本、韓国、中国、台湾が中心)
1991年開始、2009年第10回(中国)
- REWAS: リサイクル、廃棄物処理、環境浄化に関する国際シンポジウム(米国、ヨーロッパ、アジアが中心)
1999年開始、2008年メキシコで第3回
- World Congress on 3R (recovery, recycling, Re-integration) 2005年(中国)で第7回

リサイクルと資源の重要性 (藤田研究室)

1. 廃棄物 例: 蛍光管内の粉体のリサイクル、携帯電話のリサイクル、日本の廃棄資源の有効利用(ドロマイトの利用)
2. 廃棄製鋼スラグの有効利用(燐の回収ほか)
3. 低品位鉱石からのレアメタルの選鉱、浸出回収(Pt,Cr,Ni,In)
4. 焼却灰からの重金属の選別による有効利用
(チタン、クロム、亜鉛、銅などの磁力、静電、浮選、比重選別)
5. 各種プラスチックの選別等におけるリサイクル手法の差異による環境評価とRPFおよび炭化法の検討
6. タグの利用による新しいリサイクル方法の提案
7. 粒子を用いたリサイクルの社会現象の解析、
8. 光ディスク等記録媒体からの情報漏れ防止とリサイクル
9. 水質浄化技術の検討
10. 土壌浄化技術の検討
11. 微粒子分離および分級
12. 原子力廃棄物の処理
13. 機能性流体を用いた省エネ技術の開発(磁性、ER,MR流体)
14. 各種リサイクル技術のLCAによる評価

リサイクルシステムにおける多くの複雑な問題 や矛盾の存在

- ゼロエミッションの概念は良いが、これを行おうとすると多くのエネルギーを必要とし、環境に負荷がかかる。
- 廃棄物処理は対象物により複雑な問題が生じる。例えばプラスチックをマテリアルとしてリサイクルする場合、焼却処理して減量化し燃料にする場合、輸出する場合、埋め立てる場合など、コストと環境への負荷が状況で変化する。
- 鉛やクロムなど物質の再使用が法律によって難しくなる。
- 個人はそれぞれの価値観があり、すべての人が必ずしも分別をして廃棄しない。
- ロングライフを考慮すれば中古車の使用は地球の資源、エネルギーの効率的利用であるが、輸出された車などの機械電気製品はリサイクルが難しい。
- 容器包装リサイクル法 が事業者より自治体に費用負担を強いる など

おわりに: 資源処理の立場からみたリサイクル

- 資源処理から、ライフサイクルとリサイクルを考えると、社会システム、物質分離システム、物質のデータ、分離の技術革新との組み合わせが重要と考えられ、**各種分野との連携**がますます必要。
- 持続可能な社会形成のために、限られた資源を希薄な状態で捨てることなく繰り返し使用する必要がある。**ライフサイクルを考慮した設計**において、最終廃棄しやすい状態とは何か、最終廃棄あるいはリサイクル技術には何が適しているか、種類と適正も考慮する必要がある。
- 新たな**処理方法の技術革新**は、ライフサイクルシステムを変革することができ、ハードな面からの研究も今後、ますます重要である。
「リースを利用したサービスを購入するという
脱物質、省エネルギー型の新しい価値観の世界」

レポート課題

6月27日 藤田

リサイクルと資源、エネルギー、環境浄化のそれぞれの関係を記述し、持続可能な社会構築にむけて考察せよ。

A4版2ページ以上になるようにし、参考にした文献やホームページを明示すること。