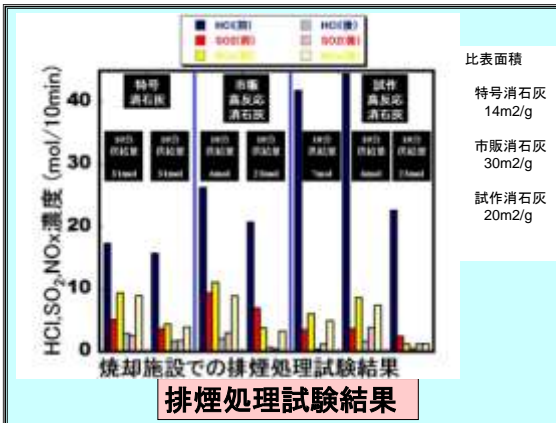


排煙処理試験を行った焼却施設



消石灰吹込みと燃焼排ガス成分の計測



小型家電からの有価金属回収技術

家電製品等からのレアメタル等の回収

家電リサイクル法対象物

テレビ、エアコン、洗濯機、冷蔵庫・冷凍庫、液晶テレビ及びプラズマテレビ、衣類乾燥機



回収ルートが確立している  
 ベースメタルに関してはリサイクルプロセスが確立

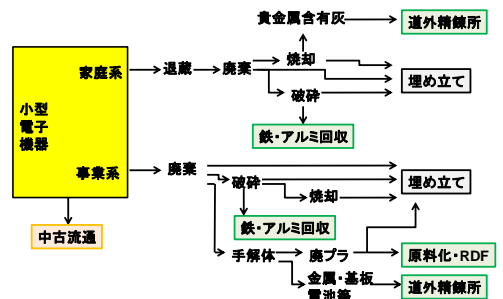
小型家電

・普及率および出荷台数が多い  
 ・概ね30cm以下

- ・アイロン
- ・温湿度計
- ・携帯電話、固定電話、電卓
- ・電気カミソリ、ドライヤー
- ・携帯音楽プレーヤー、ビデオカメラ、デジカメ
- ・カーオーディオ
- ・パソコン関連製品(基板、メモリ、HD、ルータなど)
- ・ゲーム機、時計
- ・リモコン、ケーブル、ACアダプタなど

→レアメタル、貴金属類を比較的高濃度含むものが多い

道内の廃棄小型家電の処理の現状



## 道内における家電からのレアメタル回収可能量

統計および公表分析値  
 ・道内での販売数  
 ・平均使用年数  
 ・製品平均重量  
 ・基板等の製品中の重量比  
 ・基板中の各元素の含有量

推定値を算出



道内で回収される可能性のある  
 レアメタル・貴金属の量(年あたり)

統計がある7品目について推定値を算出

品目	推定廃棄年※	廃棄推定量(トン、道内、年)
携帯電話	2010	54.5
デジカメ	2011	60.9
液晶テレビ	2021	1255
プラズマテレビ	2021	1529
ビデオデッキ	2017	177.7
DVDプレーヤー	2016	255.1
HDD内蔵DVD	2016	511.4

※平均使用年数が異なっているため推定年が異なっている

## 道内におけるレアメタル回収可能性推定量(年間kg)

品名	電子基板からの推定量						
	Ag	Au	Nd	Ni	Pd	Ta	W
携帯電話*	61.9	19.7	0	338.4	1.5	9.6	66.2
デジカメ 46.5	11.9	0	186.0	0.6	100.2	4.2	
液晶テレビ	103.1	14.7	0	353.3	0	0	0
プラズマテレビ	18.7	13.2	2.8	174.2	2.8	4.9	0
ビデオデッキ	5.5	0.3	0	55.0	0.6	0.2	0.1
DVDプレーヤー	42.4	2.7	0	68.3	0.1	0.1	0.1
HDD内蔵DVD	116.8	191	0	460.3	3.6	13.6	0.8

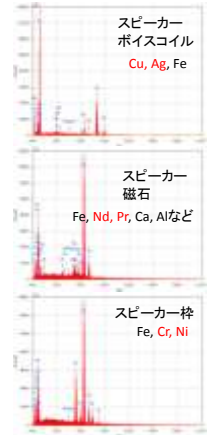
\*各種家電には基板以外にモーター、スピーカー等の磁石が使用されており、Ndが含まれる

### 回収における問題点

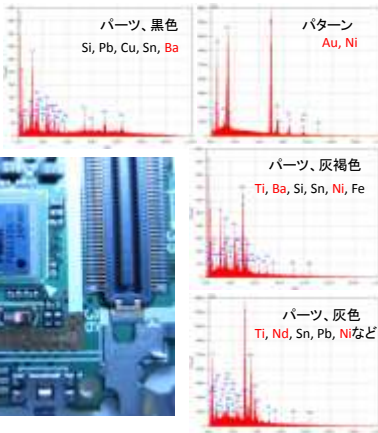
- ・大量に集めるための法整備(現状では一般廃棄物のため市町村ごとの回収)
- ・解体にかかる費用が高い



### 携帯電話 通話用スピーカー



### 携帯電話 電子基板



ボイルしたホタテガイ中腸腺  
(水産加工廃棄物)



家庭用ミキサーで  
ホモジナイズ



ホモジナイズ後



エタノール脱脂  
(遠心分離後)



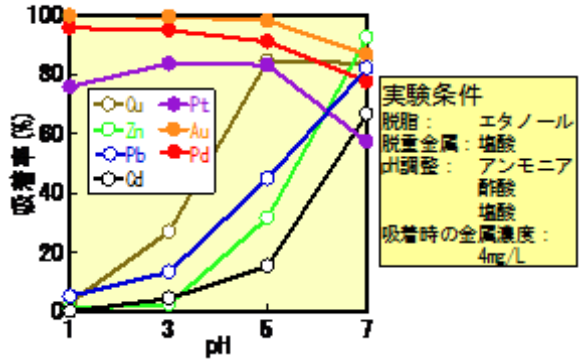
試作吸着剤  
(塩酸処理、遠心分離後)

## ホタテウロからの吸着剤の製造フロー

## 金属吸着工程のイメージ

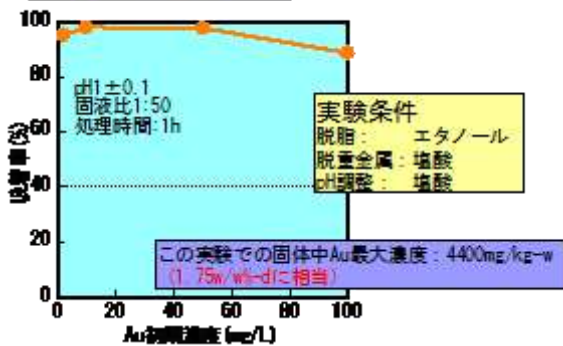


## pHの影響の結果



**実験条件**  
 脱脂: エタノール  
 脱重金属: 塩酸  
 pH調整: アンモニア 酢酸  
 塩酸  
 吸着時の金属濃度: 4mg/L

## 溶液濃度の影響 (全)



**実験条件**  
 脱脂: エタノール  
 脱重金属: 塩酸  
 pH調整: 塩酸

この実験での固体中Au最大濃度: 4400mg/kg-w  
 (1.75w/w-dに相当)

## 廃電子基板からの金回収

電子基板(リモコン)からの各種レアメタル分析及び金回収

リモコン(5個313.6g)  
 ↓  
 基板(50.1g)  
 ↓  
 焙焼(850°C, 9h)21.6g  
 ↓  
 王水浸漬(200mL, 9h)  
 ↓  
 500mL定容  
 ↓  
 分析

・接点が多いことから金が多く使われている可能性がある  
 ・筐体以外はほとんどが電子基板であることから回収が容易  
 ・基板を手解体して回収するのは容易である  
 ・樹脂にモールドされている部品が多いので有機物を除去してから酸処理した



廃電子基板焙焼物の王水抽出残渣

## レアメタル回収試験例

ホタテガイ中腸腺による基板焼却灰王水浸出液からの金の回収

元素	溶液濃度 mg/L	吸着前 mg/kg-w	吸着後 mg/kg-w
S	0.6	1800	1160
P	22	1980	760
Au	0.34	-	130
Al	36	360	270
Fe	480	590	250
Ag	3.5	-	130
Ca	-	49	59
Mg	5.7	105	57
Sn	6.1	-	24
Pd	-	-	15
Cu	190	3	13
Ti	3.8	20	12
Nb	2.2	-	5
Pb	48	-	-
Ni	3.3	-	-
Mn	2.0	-	-
Zn	2.3	-	-



ホタテガイ中腸腺を用いた貴金属回収試験(カラム法)

・Ag, Auが回収された  
 ・電子基板王水浸出水中に多く含まれる Fe:480ppm, Cu:190ppm, Pb:480ppmなどはほとんど吸着されていない

・貴金属に対する強い選択性を確認  
 ・王水浸出液中では検出されなかった Pdも濃縮されて検出された

## 廃棄物をリサイクルする際の重要な視点

1. 対象物の特性を把握し、その性状を最大限発揮できる用途開発に努める
2. 最終加工品が安定的に活用されるよう、用途を十分に検討する
3. 建築土木用途など大量リサイクルに関しては、十分な供給量を確保する
4. 処理コストが経済的であること  
 (処理費用が高いと処理物のコストが高くなり、使用されない)
5. 処理・加工工程で環境負荷を与えない、  
 また、再生産物の使用においても環境負荷を与えない

廃基板類焼却灰及び王水浸出液に含まれる各種元素の分析結果

元素	焼却灰中の濃度 (mg/kg)	王水浸出液中の濃度 (mg/L)
Fe	620000	4800
Si	170000	10
Sn	98000	61
Cu	87000	1900
Pb	44000	480
Al	39000	360
Mg	14000	57
P	9900	220
Ti	5600	38
Ni	3900	33
Zr	2700	<1
Ag	2400	35
Mn	1800	20
Zn	1300	23
Nb	1200	22
Sb	1100	6
Na	520	5
Cr	450	2
S	370	6
K	210	3
Co	170	1
Au	130	3

・Cu, Pb, Sn, Niは基板の回路パターンとはんだ由来と思われる  
 ・Au, Agはある程度の濃度含まれる  
 ・電子部品由来と思われるNbが含まれている  
 ・LED成分のIn, Gaや回路パターンに含まれるPdは検出されなかった  
 ・Fe, Cu, Pbなどが多量に含まれる

残渣にAuは検出されなかった→十分な抽出が行われている。

基板焼却灰王水浸出液からの金の回収(バッチ法)

300mL三角フラスコ  
 ↓← 試作吸着剤1.0g  
 ↓← 浸出液1/10希釈液40mL(Au:3.4mg/L)  
 攪拌300rpm、30min  
 ↓  
 遠心分離3000rpm、5min  
 ↓ (液相分析:0mg/L)  
 固相  
 ↓  
 分解  
 ↓  
 100mLに定容

試作吸着剤  
 →ホタテウロを脱脂、酸処理した物



試作吸着剤

17mg/kg (理論値14mg/kg)

金は完全に吸着剤に回収されている

基礎試験のまとめ

1. 脱脂はエタノールO、エーテル×
2. Cdの除去にはあまり有効でない
3. Au, Pd, Ptを強酸下で選択的に吸着
4. 吸着速度は20min以内
5. Au分配比は2000程度で定量的
6. Au100mg/L溶液からでは1.7%(dry)まで濃縮可能
7. Au1μg/Lからでも吸着率は約90%
8. 数ヶ月安定
9. Cd, ZnとAu, Pdなどは吸着サイトが異なることが示唆された



金を吸着させた後焙焼した吸着剤