

2015年2月6日、中央合同庁舎第8号館  
化学物質の安全管理に関するシンポジウム

## 国際資源循環と化学物質リスク

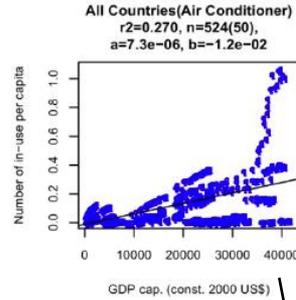
独立行政法人 国立環境研究所  
資源循環・廃棄物研究センター  
寺園 淳



# 循環PGPJ1 国際資源循環に対応した製品中資源性・有害性物質の適正管理 主にE-wasteを対象とした研究概要

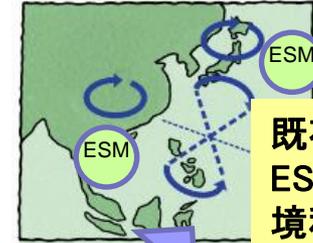
## 環境汚染状況の把握

- ・対象物質の拡張(無機、有機、新規未規制)
- ・生体影響
- ・汚染とプロセスとの関連



**アジア諸国における発生量推計**

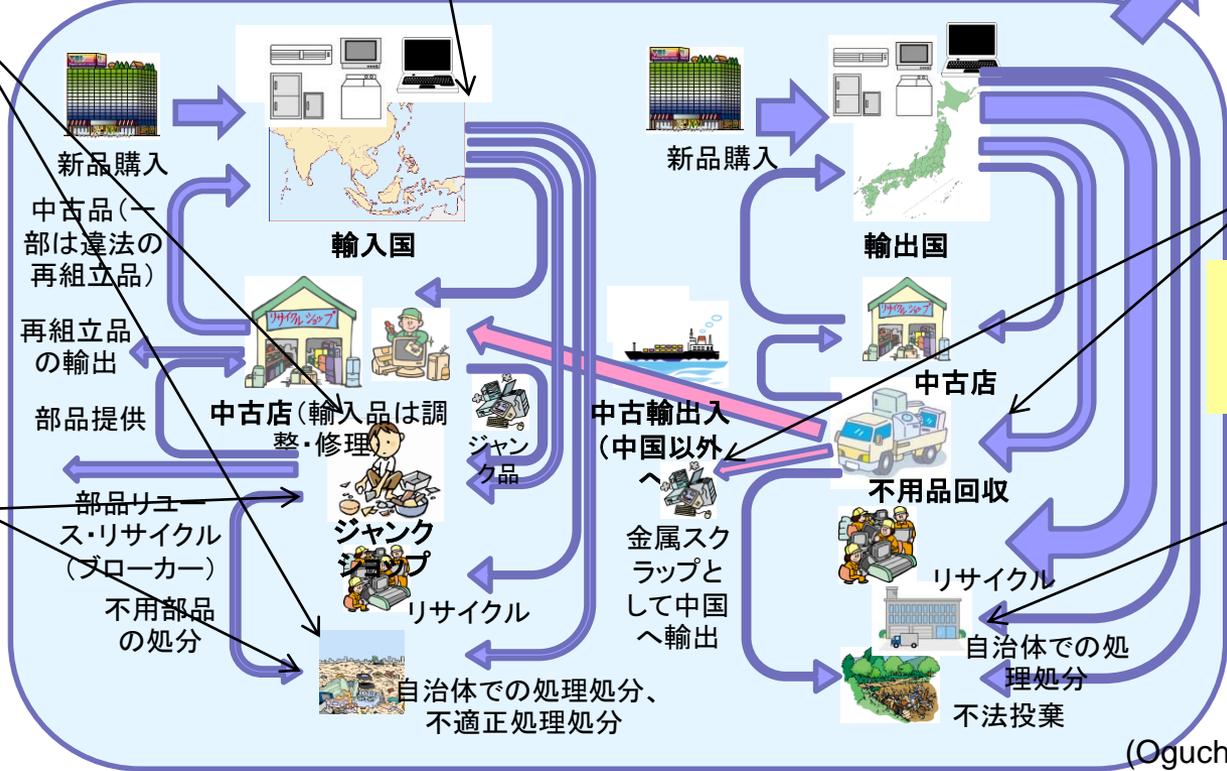
- ・ストック・フローモデル開発
- ・将来推計モデル開発



**既存の国際的なESMの概念と越境移動との関係整理**



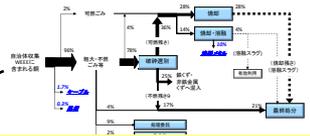
**フィリピン、ベトナムでE-wasteリサイクル施設周辺の現地調査(ダスト・土壌等、生体)**



**金属スクラップ火災などの調査、国内不適正フロー対策検討**



**インフォーマルからフォーマル化への課題検討**



**自治体などでの処理フロー・サブスタンスフローの推計**

(Oguchi et al., STOTEN, 2013)

中古電気電子機器の輸出入を含む、輸出国と輸入国でのフローの概要

(Terazono et al., Waste Manag, in press)

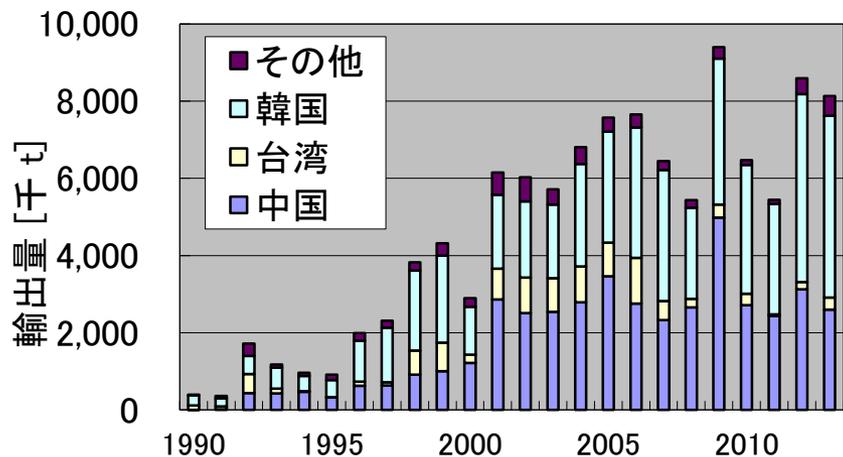
# 概要

- 国内の循環型社会形成に向けた取組みにおいても、循環資源(廃棄物等)の輸出入を無視して考えることはできなくなっている。使用済み電気電子機器の輸出入を例にとっても、多くは資源性と有害性の両方を有しており、その価値や有害特性の見方によって適切な対応が必要となる。
- 有害廃棄物の輸出入を防止するための国際的な枠組みとしてバーゼル条約があるが、先進国から途上国への輸出を禁止するBAN改正の動きがある一方で、どの国においても発生する電気電子機器廃棄物(e-waste)への対応も課題となっている。
- 本発表では使用済み電気電子機器を例に挙げて、国内で流通する段階から、国内リサイクルや輸出に至る状況と、越境移動の状況を紹介する。越境移動として、中古電気電子機器と金属スクラップの課題を示す。
- また、アジアにおける使用済み電気電子機器の不適正なりサイクルによる環境・健康影響として、中国、ベトナム、フィリピンの事例を紹介し、リスク削減に向けた今後の課題を議論する。

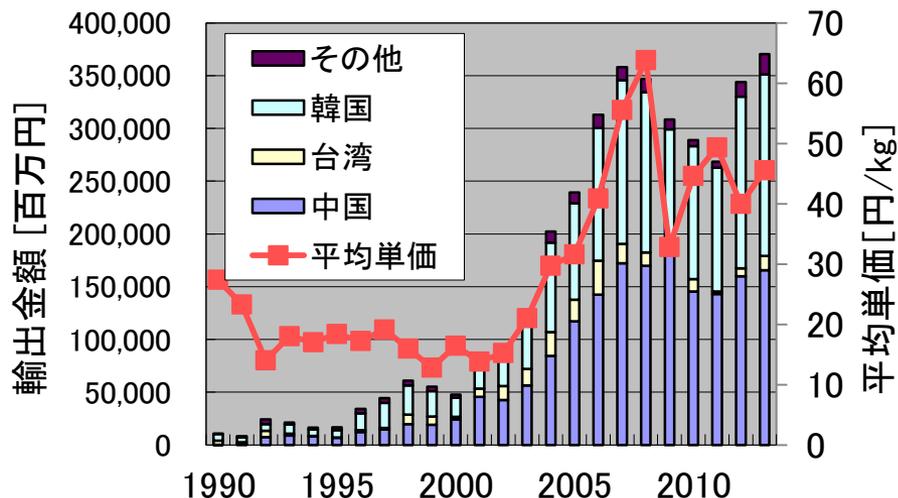
# 内容

- 循環資源の越境移動
- 循環資源の輸出入にかかる管理制度
- 使用済み電気電子機器の発生と中古電気電子機器の輸出
- 金属スクラップの輸出と火災などの諸課題
- アジア地域におけるリサイクルと環境・健康影響

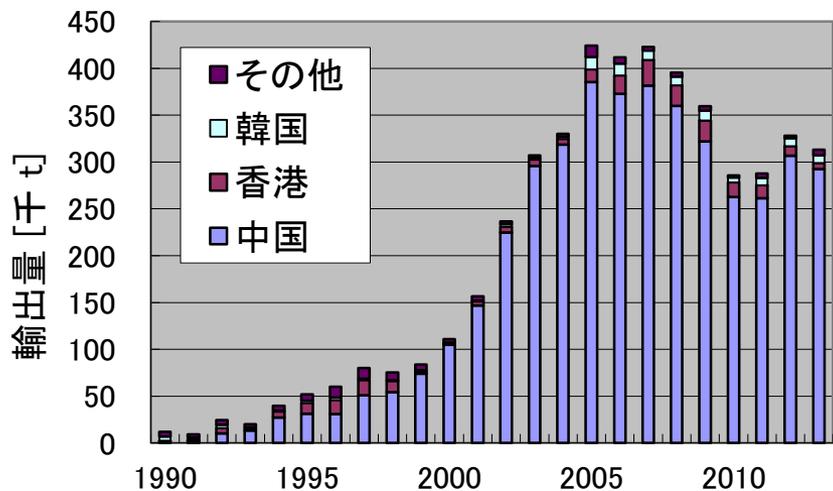
# 日本の循環資源輸出



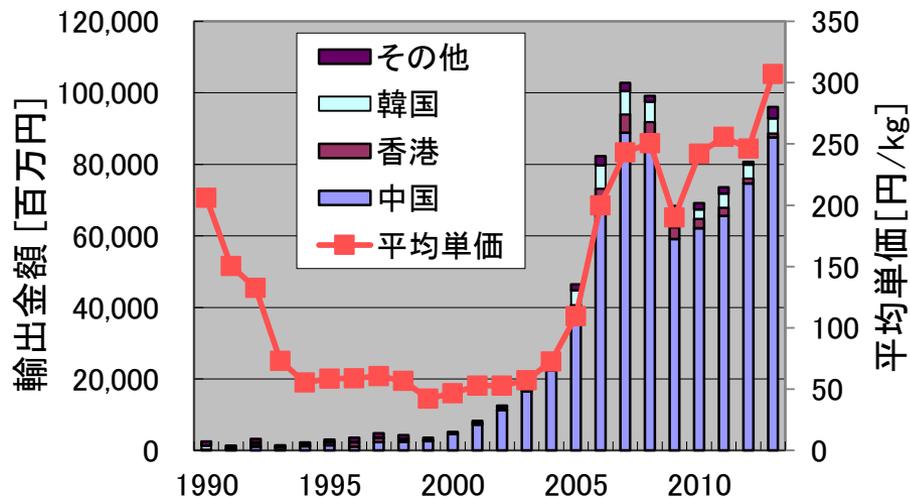
鉄スクラップ(輸出量)



鉄スクラップ(輸出金額)



銅スクラップ(輸出量)



銅スクラップ(輸出金額)

# A changing e-waste equation

Yu et al. (2010) indicated the first estimate of the worldwide volume of obsolete PCs.

## Forecasting Global Generation of Obsolete Personal Computers

JINGLEI YU,<sup>†</sup> ERIC WILLIAMS,<sup>\*,‡</sup>  
MEITING JU,<sup>†</sup> AND YAN YANG<sup>‡</sup>

*Department of Environmental Science and Engineering,  
Nankai University, Tianjin, 300071, P.R. China, and School of  
Sustainable Engineering and the Built Environment and the  
School of Sustainability, Arizona State University, Tempe,  
Arizona 85287*

**Developing countries:**  
North America, W Eu, Jpn/Au/NZ

**Developed countries:**  
Latin America, E Eu, AP, Middle East

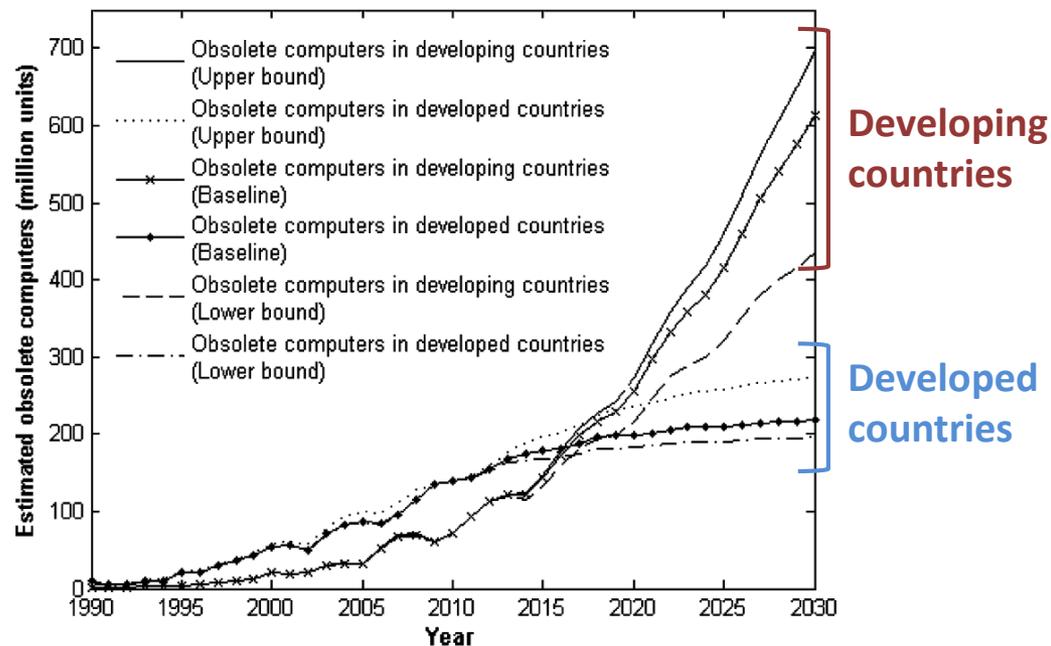


FIGURE 5. Forecasting of generation of obsolete computers in developed and developing world.

**“Developing countries will be disposing of more old computers than developed countries by 2018.”**

Every country uses and discard EEE.

We should pay attention to not only **imported EEE** but also **locally discarded EEE** in the developing countries that have limited capacity of recycling.

# 内容

- 循環資源の越境移動
- 循環資源の輸出入にかかる管理制度
- 使用済み電気電子機器の発生と中古電気電子機器の輸出
- 金属スクラップの輸出と火災などの諸課題
- アジア地域におけるリサイクルと環境・健康影響

# 廃棄物処理法とバーゼル法

## <廃棄物処理法違反の事例>

2010年に廃棄物処理法違反で初めて、大阪のS社が逮捕・有罪判決

- 環境大臣の**確認なし**の**廃棄物輸出**
- 廃棄物収集運搬業の**許可無し**の**収集運搬**

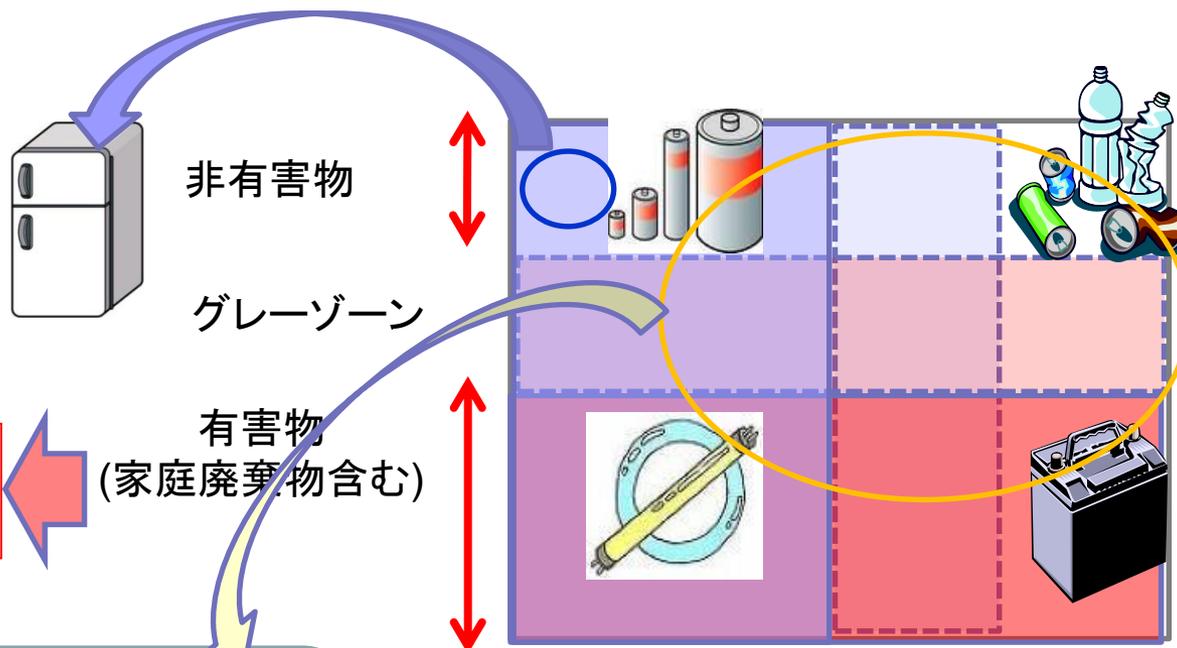
バーゼル法の対象

有害物  
(家庭廃棄物含む)

## <金属スクラップの位置づけ>

**金属スクラップ**は多様な品目を含む不均一な組成。

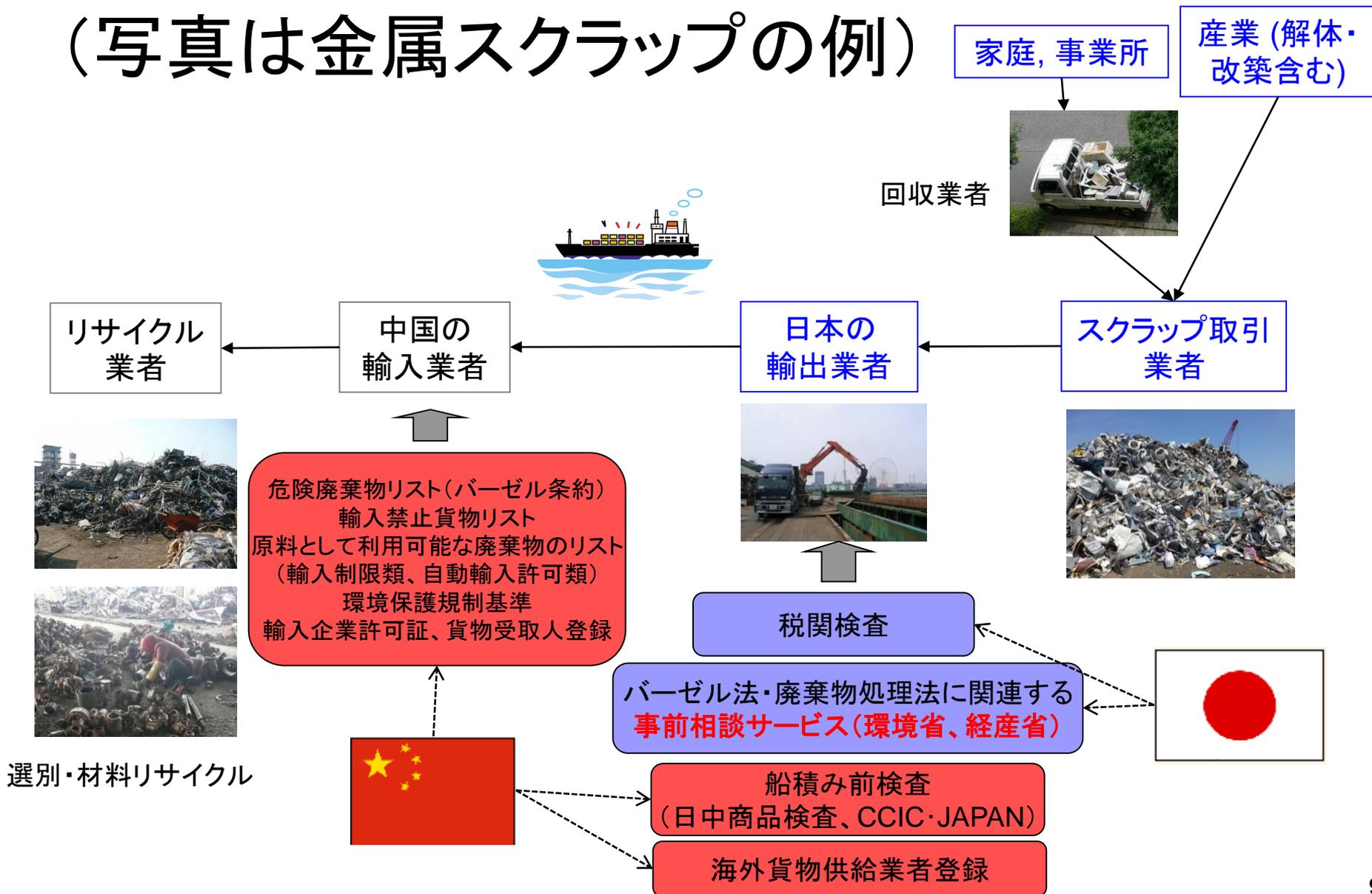
全体としては非有害で非廃棄物と認識されているが、中には有害物・廃棄物を含むものがある。



← 廃棄物      グレーゾーン      非廃棄物 →

廃棄物処理法の対象

# 輸出入の基本的な流れ (写真は金属スクラップの例)



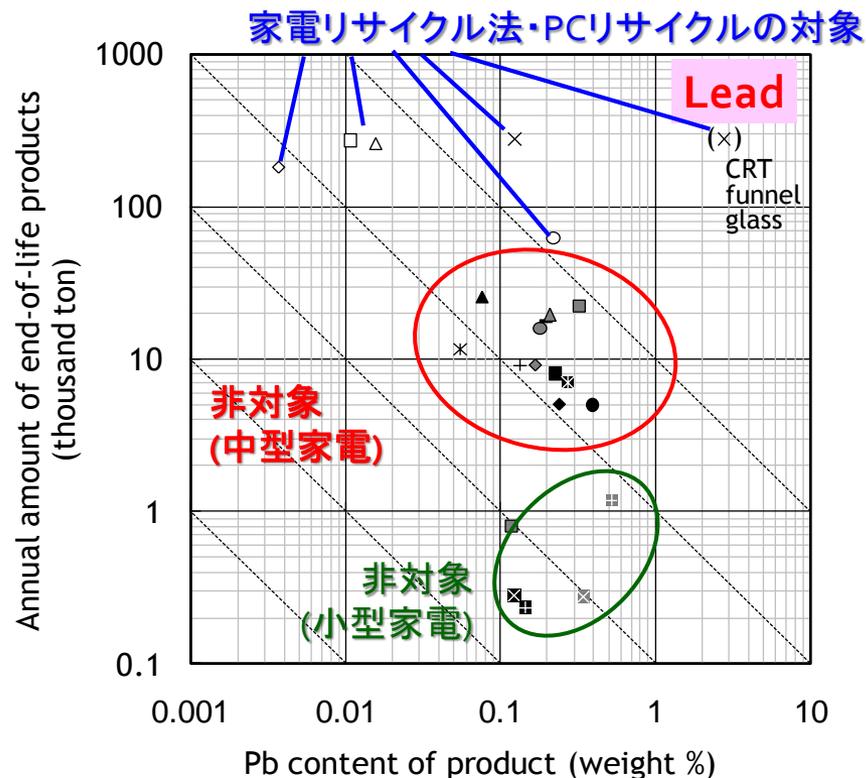
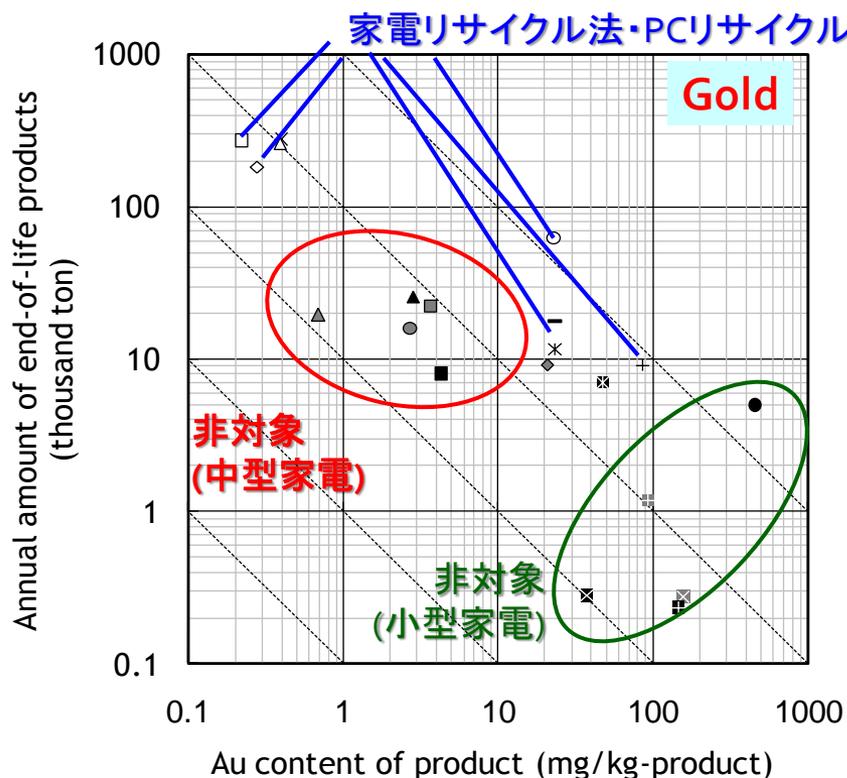
# 内容

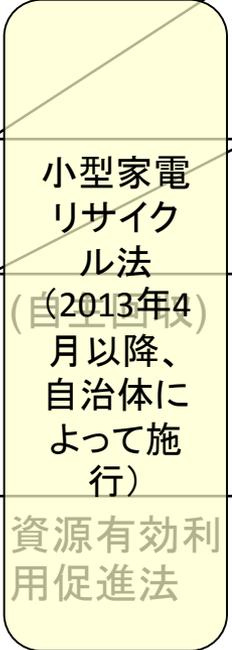
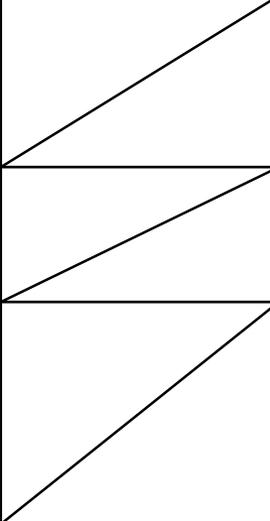
- 循環資源の越境移動
- 循環資源の輸出入にかかる管理制度
- 使用済み電気電子機器の発生と中古電気電子機器の輸出
- 金属スクラップの輸出と火災などの諸課題
- アジア地域におけるリサイクルと環境・健康影響

電気電子機器は資源性物質(貴金属、レアメタルなど)と有害性物質(重金属など)をともに有するため、資源性物質は効率よく回収し、有害性物質は環境への排出がないように制御することが求められる。

## 家電リサイクル法・PCリサイクルの対象物品の年間排出量(縦軸)と金属の含有量(横軸)

□ Refrigerator	× CRT TV	○ Desktop PC	◆ DVD	■ Facsimile	● Mobile phone	⊠ Portable CD
◇ Washing machine	✕ PDP TV	+ Notebook PC	▲ Stereo system	◆ Telephone	⊠ Digital camera	⊠ Portable MD
△ Air Conditioner	- LCD TV	■ VCR	● Radio cassette recorder	▲ Printer	⊠ Camcorder	⊠ Video game



品目		国内の法制度	制度の下での回収率	その他の典型的なフロー	金属スクラップへの混入可能性	備考	
家電4品目  (エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機)		家電リサイクル法	約50% (-2008) 約70~80% (2009-2011)	リユース目的の輸出	高い (エアコン、洗濯機)		
中小型電気電子機器	中型 			一般廃棄物	高い (扇風機、ビデオデッキ、他)		
	小型 			小型家電リサイクル法 (2013年4月以降、自治体によって施行)	一般廃棄物	?	
	携帯電話 			家庭内の退蔵	?	情報漏えいへの配慮が必要	
パソコン 	資源有効利用促進法	<10%	リユース・リサイクル目的の輸出	中程度	同上		

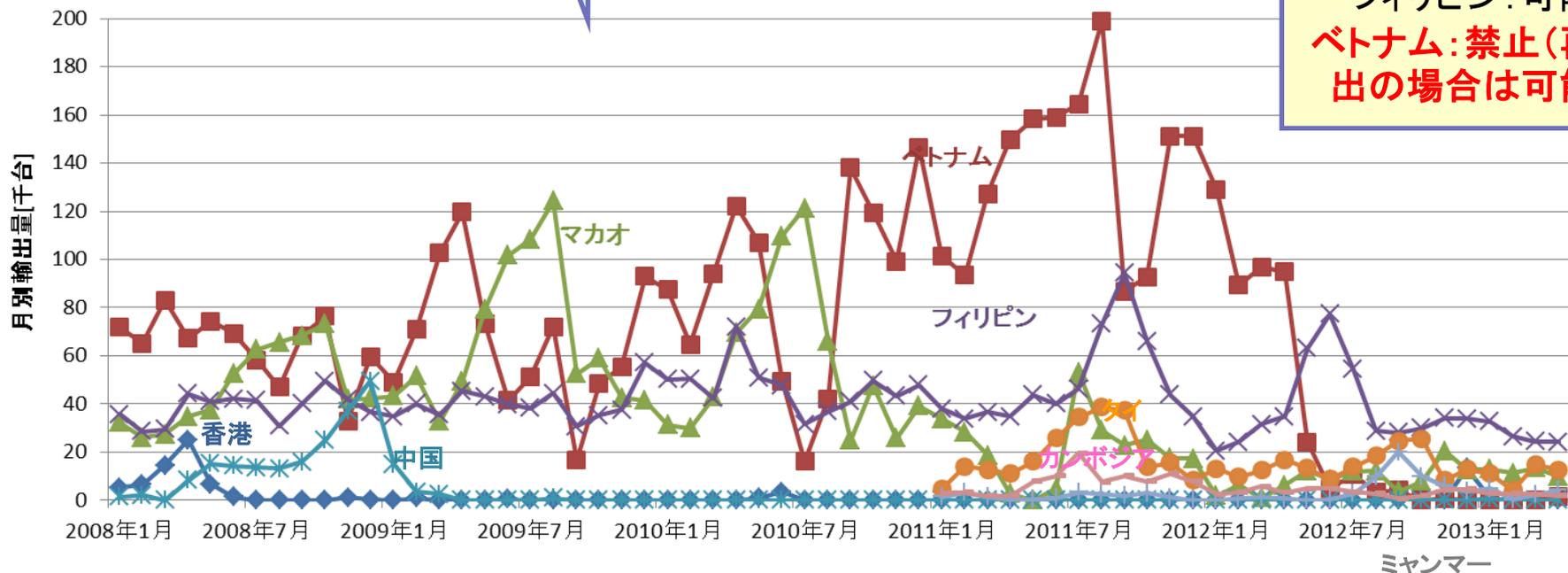
# 中古CRT TVの輸出先の推移

輸出台数は2011年の283万台から2012年の132万台に**激減**。国内での**排出台数減少**の影響。輸出先も2012年5月頃以降、**ベトナム**はほぼなくなり、**フィリピン、タイ、ミャンマー**などとなった。

経産省・環境省の**CRT TV中古品判断基準**  
(2009年9月)

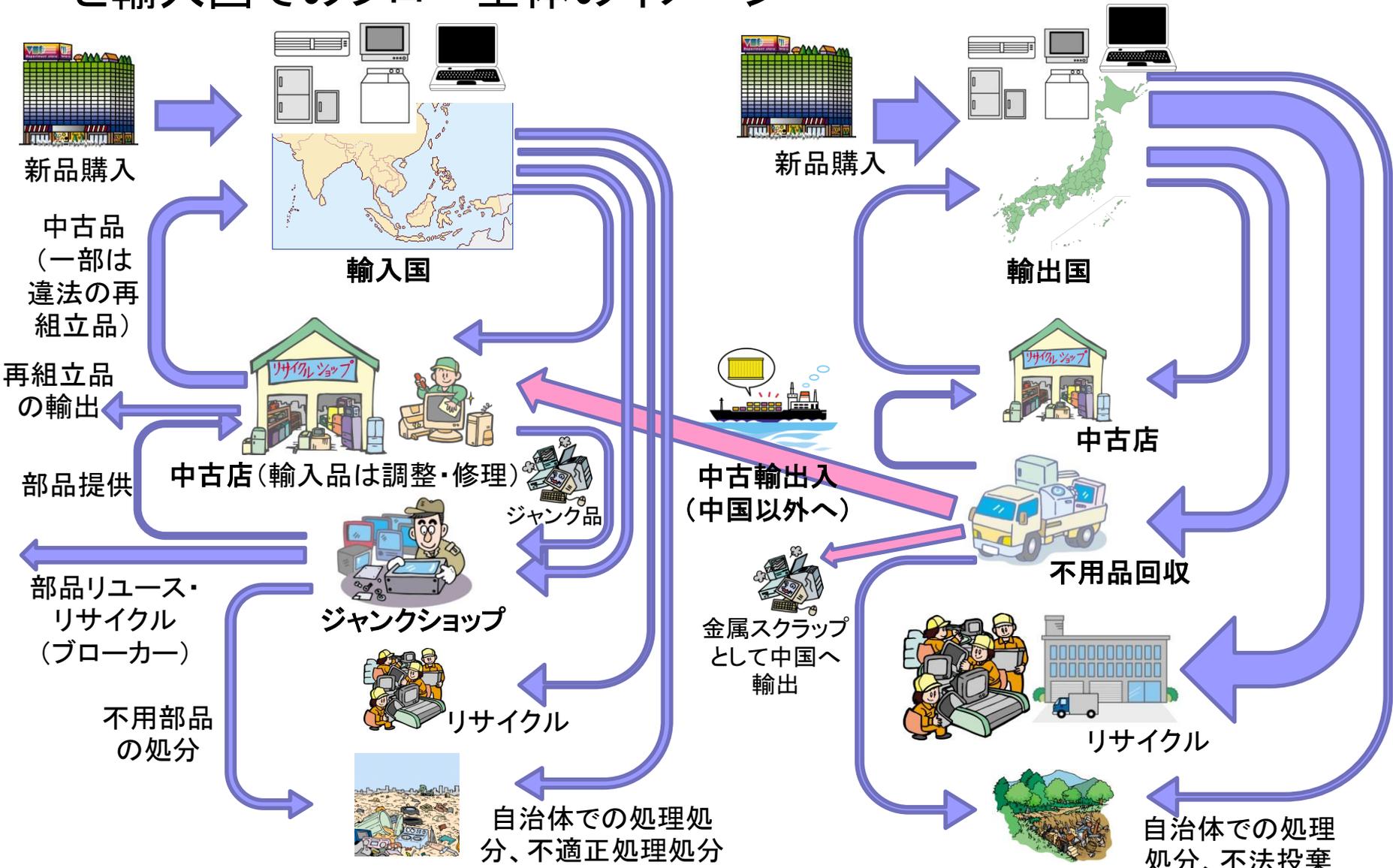
地上デジタル放送の終了  
(2011年7月)

中古CRTTVの輸入規制  
**香港**: 厳しい基準  
**中国**: 事実上禁止  
 マカオ: 不明  
 フィリピン: 可能  
**ベトナム**: 禁止(再輸出の場合は可能)



# 中古電気電子機器の輸出入を含む、輸出国と輸入国でのフロー全体のイメージ

中古輸出入の主な流れは問題ないが、付随する流れを無視できない

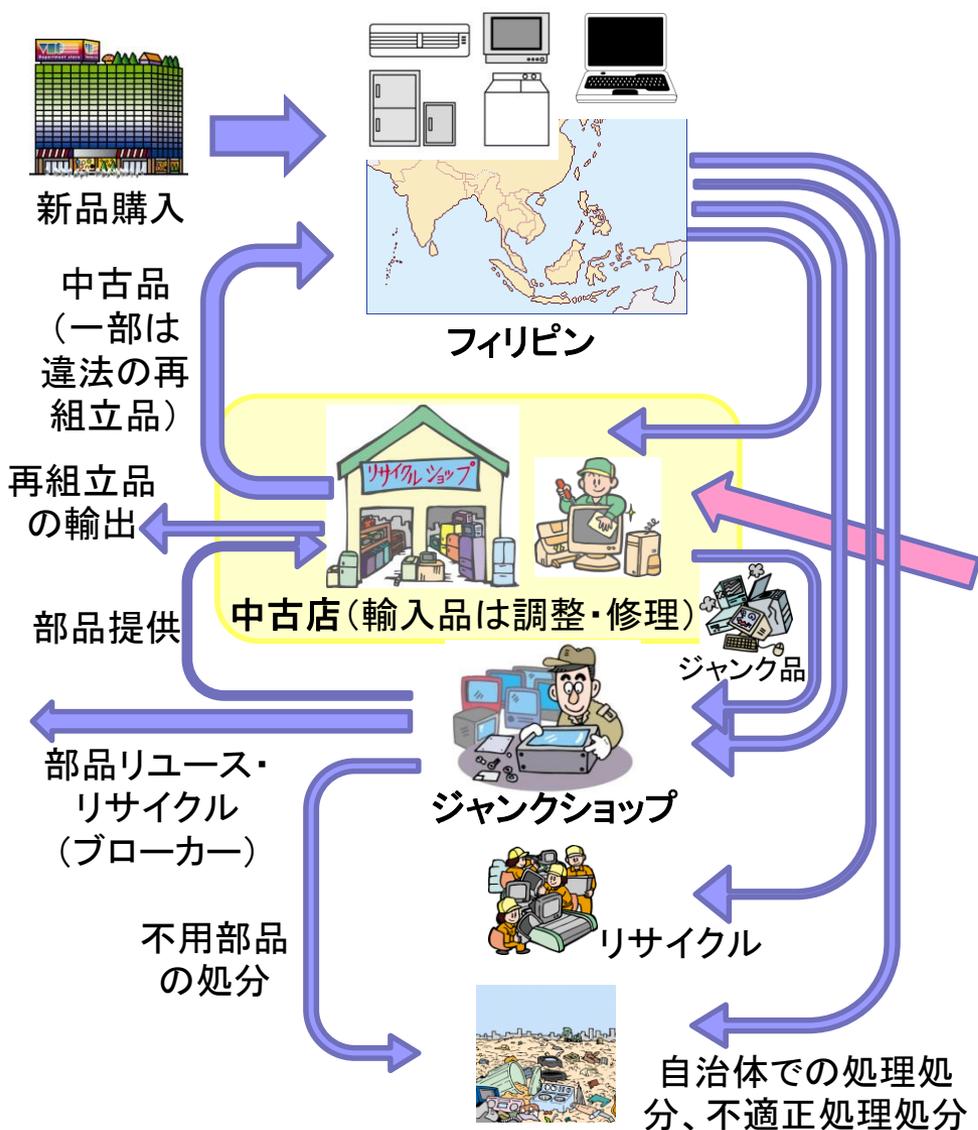


注: 輸入国はフィリピンをイメージしているが、太さは概略であり品目によっても異なる。寺園(2013) 生活と環境, 58 (4), 42-48

# 輸出先での調査事例(フィリピン)

- 2012年11月、環境省などと合同で、輸入業者、中古店、ジャンクショップ、フィリピン政府(環境天然資源省DENR)などにヒアリング調査。2014年1月も追加調査。
- 日本からの中古電気電子機器(テレビなど)は、現地では未だに需要が大きい。
  - 一定の破損はある。しかし、返送されることはほとんどない。
  - 15年以上前の古いものも見られ、売れ残っている。
- 現時点の情報からは、日本からの中古電気電子機器が、現地のジャンクショップや不適正処分に直接行くことはほとんどないとみられる。
  - しかし、中古店・輸入業者・修理業者・再組立業者・ジャンクショップには密接なネットワークもあり、現地のリユース・リサイクルマーケットの中で無関係ではない。
- 現地の問題として、不適正処分による健康・環境への影響は依然として懸念される。

# フィリピン(輸入業者・中古店)



- 日本由来の人気は総じて高い
- 品目は、テレビ、洗濯機、冷蔵庫、ミシン、自転車、その他
  - テレビはCRTが多く、現時点では需要は未だに多い。1990年台後半～2000年台半ば製造が多いが、15年以上前の古いものもみられ、売れ残っている。
  - 一方で、CRTテレビの輸入は減少
- 一定の破損はあり、調整・修理はほとんど実施
  - 輸入業者は通電検査などあまり行わない。修理後は動作確認して店で販売。
  - 破損率は10～15%など様々
- 一部はジャンクショップへ販売
  - 輸入時または修理後、**使えない状態の中古品や部品をジャンクショップへ販売**
  - 一部は違法の再組立品として輸出など
- 輸出先への返送はほとんどない
  - **問題があっても、返送をする体制にない輸入業者がほとんど**
  - 輸入業者と中古店とのネットワーク複雑



輸入業者の倉庫  
(テレビ、冷蔵庫などが多数)



輸入後の修理・調整

日本からの輸入テレビは、電圧調整、リチャンネルが必要のため、**原則として調整は必要**(放送方式はNTSCで同一)。

**破損率**については、様々な情報があるが、**一定程度はある**。

(「故障は1%程度」「販売店では80%程度が問題ない」「10~15%程度が破損」)

修理・調整は一般に行われるが、地方へ販売など実施しない場合もあるもよう(再度リチャンネルが必要になるため)。



「Japan Surplus」と名乗り、日本からの中古輸入販売であることを強調している中古店がマニラ首都圏内に多い。最近では韓国製の中古品もあるが、**日本の人気が高**

# 内容

- 循環資源の越境移動
- 循環資源の輸出入にかかる管理制度
- 使用済み電気電子機器の発生と中古電気電子機器の輸出
- 金属スクラップの輸出と火災などの諸課題
- アジア地域におけるリサイクルと環境・健康影響

# 中国における金属スクラップの取扱いと、GuiyuでのE-waste



GreenpeaceのHPより「E-wasteの流れ」。浙江省は書かれていない。

寧波での金属スクラップ手解体作業(2010年寺園撮影)。少なくとも、輸入企業が野焼きなどの不適正処理をすることは考えにくいですが、**作業環境保全や残さ(プラを含む)の処理には注意が必要。**

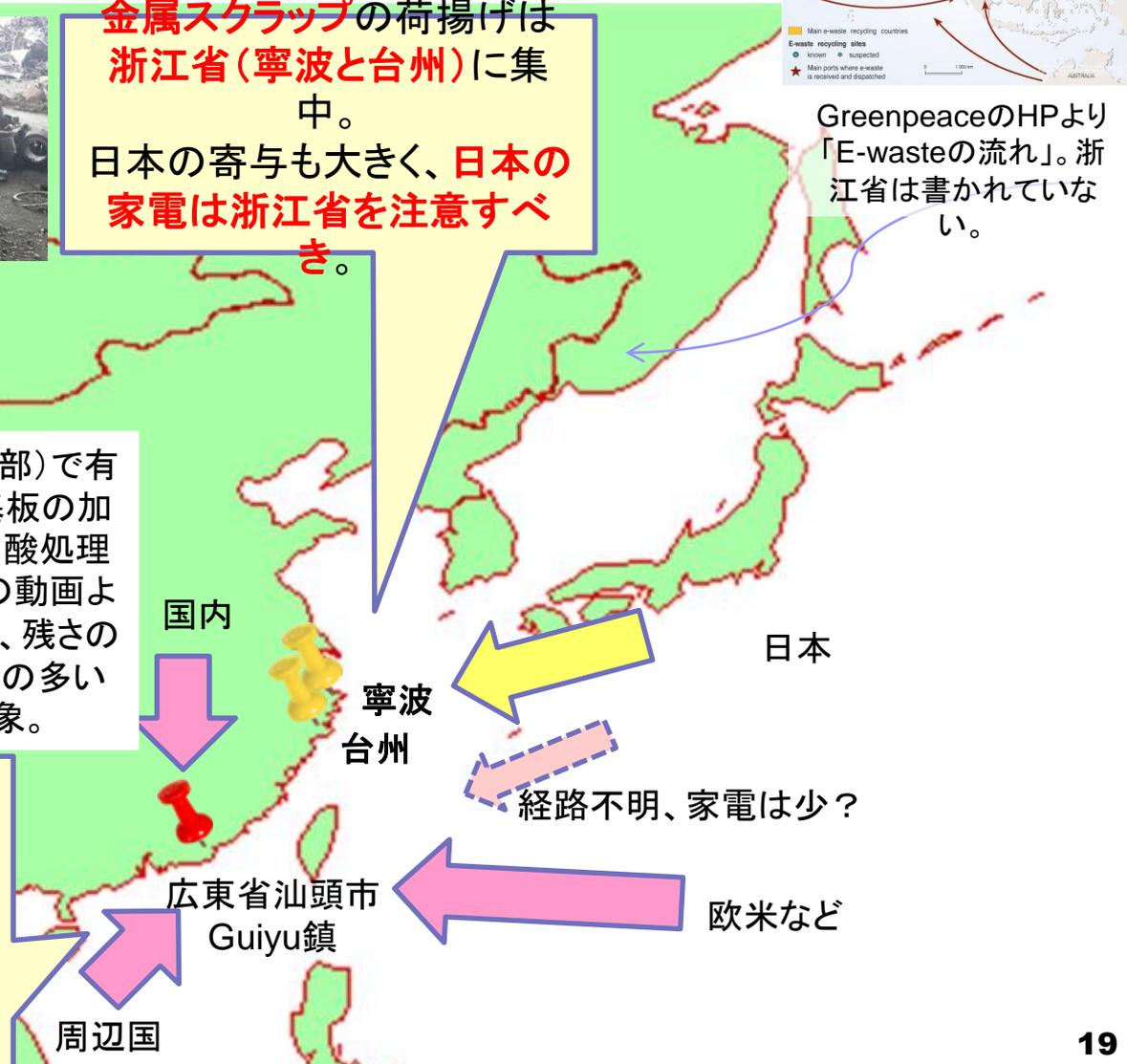


**金属スクラップ**の荷揚げは**浙江省(寧波と台州)**に集中。  
日本の寄与も大きく、**日本の家電は浙江省を注意すべき。**

広東省(や浙江省の一部)で有名な不適正処理は、基板の加熱・部品取り、チップの酸処理(左写真=環境省HPの動画より)、ケーブルの野焼き、残さの投棄。家電より貴金属の多いPCや携帯が主対象。



E-wasteの環境汚染で**世界的に有名なGuiyu**。広東省には、欧米だけでなく、中国国内や周辺国からもE-wasteが集まる(中古輸入は「禁止」)。ただし、PCや携帯が多く、日本の家電は多いとは言えないと考えられる。



# 「金属スクラップ(雑品)」 について



- 国内の取扱業者・輸出業者の間では、「ミックスメタル」「雑品」などとも呼ばれている。
- 鉄を主重量としつつも非鉄金属・プラスチックなどを含む「未解体」「未選別」の金属スクラップを指す。
- 解体業者・工場や、一般家庭・事務所など様々な場所から、使用済みになって排出されるもの。
- 家電4品目の中ではエアコン、洗濯機が多い。冷蔵庫もあるが、テレビは少ない。他に、中小型家電(炊飯器、電気ポット、扇風機、ビデオデッキなど)が多数。
- 有価物として取引されているために、廃棄物処理法上の廃棄物を担当する環境省や自治体の監督が及びにくくなっている。
- 以前は不用品回収業者は、リユース目的で中古家電輸出業者に売却すると考えられたが、最近では(ステーションの抜き取りも含めて)金属スクラップ輸出業者に売却される事例も報道されている。
- 中国へ多量に輸出され、手作業で分別された後に金属原料として再生利用されている。

# 金属スクラップ火災の典型的な特徴



- 人災なし
- ほとんどは、**直接的な経済影響もなし**
  - 燃えたスクラップすら、中国側バイヤーに購入される  
->輸出業者などに、防火のインセンティブ働かない
- しかし、**既に多数の影響・リスクが顕在化しつつある!!**
  - **交通障害**(昨年は阪神高速、福岡都市高速で一時通行止め、航路・港湾施設も停止)
  - 燃えたまま**引取られない船**(2012年9月27日～2013年4月頃、泉大津)
  - 石油化学タンクへの引火の恐れ(2012年1月、尼崎)
  - 陸上火災で約1,000世帯**停電**(2012年5月、岡山)
  - 周辺住民・企業から**煙害等の苦情**
  - 消火のコストとリスク(泡消火の場合、数百万円以上で自治体に重い負担)
- 火災原因
  - 通常は**不明**で終わる。**金属の衝撃やバッテリーのショート**などが指摘される場合もある。最近是非作業者中(夜間や航行中)の**自然発火**も増加。
  - 一度発火・発煙すると、油分・プラスチック等の有機物の存在のために**延焼は容易**。
  - **消火は容易ではない**。(2012年は最大43時間)
- 火災発生の場合ですら、取締り(事前相談の内容との照合も含む)は容易でない。
- 発生件数
  - 船上(港湾、沖合)については近年は**年間平均5～6件程度**(2012年は16件程度)
  - 陸上は集計なし(消防庁)
  - 輸出量100数十万トンに対し、16件(×一隻1,000トン)であれば**火災発生確率1%近い!**

Cl含有率の高いケーブルなど



# 国内火災現場(2009年9月)からの サンプルのダイオキシン類分析結果

試料	品目等	燃焼	PCDF	PCDD	PCDD/DF	DL-PCB	Total
1	洗濯機・ケーブル	○	5.2	0.45	5.6	0.13	5.7
2	同上	×	1.9	0.14	2.0	0.11	2.1
6	不明・ケーブル	○	1.5	0.24	1.8	0.14	1.9
8	同上	×	1.5	0.12	1.6	0.099	1.7
9	不明・ケーブル	○	0.74	0.16	0.90	0.10	1.0
10	同上	×	1.2	0.28	1.5	0.21	1.7
<b>15</b>	<b>エアコン室外機?・ホース</b>	<b>○</b>	<b>12.3</b>	<b>1.7</b>	<b>13.9</b>	<b>3.9</b>	<b>18</b>
16	マウス	○	0.93	0.11	1.0	0.039	1.1
18	(未確認)	△	4.6	0.82	5.5	0.15	5.6
21	エアコン・ケーブル(基板に接続)	○	0.67	0.15	0.83	0.041	0.87
27	不明・断熱材	×	0.33	0.092	0.42	0.078	0.50
30	自転車・タイヤ	○	0.69	0.088	0.78	0.014	0.79
32	不明・ゴム	○	0.92	0.16	1.1	0.047	1.1
35	ビデオデッキ・ケーブル	○	1.1	0.14	1.3	0.038	1.3
<b>バーゼル法</b>					<b>10</b>		
<b>特管一廃</b>							<b>3</b>
<b>土壤環境基準</b>							<b>1</b>

単位: ng-TEQ/g

# 金属スクラップの課題と当面の対策

## ■ 有害物質管理

- 鉛などを含めばバーゼル法で輸出を厳しく規制
- **実際は、不均一な組成のため混入があっても規制困難**



## ■ 災害防止

- 金属スクラップは消防法上の危険物・指定可燃物ではない
- **港湾・船舶のみで年間5回以上程度火災発生**



## ■ 資源回収

- 有価物として取引され、中国で材料リサイクル
- **国外への資源流出を抑える手段はない。国内では廃棄物の恐れも**



## ■ 問題の複雑さと当面の対策

- 陸上火災件数の未把握→消防庁データを「集積所」などで集計
- 大規模火災では原因調査不可能→**小規模火災の時こそ逃がさず、調査を**
- 複数省庁に渡る課題→関係省庁の連携
- 単純な解決策がない→現在の規制を弾力的に運用しつつ、必要に応じて新たな通知(環境省3.19通知など)や法改正の議論も

# 内容

- 循環資源の越境移動
- 循環資源の輸出入にかかる管理制度
- 使用済み電気電子機器の発生と中古電気電子機器の輸出
- 金属スクラップの輸出と火災などの諸課題
- アジア地域におけるリサイクルと環境・健康影響

# 中国Guiyuにおける環境と健康への影響 (汕頭医科大学Huo教授、2010年)

- Guiyuについて、レビュー含め、環境と健康への多様な影響を報告。
  - 労働者
    - 2003に、肌、頭痛などの報告
    - 血漿中PBDE濃度
  - 子供
    - 血中Pb濃度
    - 胎児のへその緒のCr,Pb,Cd濃度
  - 重金属
    - BANの試験で、河川水の鉛濃度高い。底質中Crも
    - 大気中重金属濃度
    - 河川:酸処理水が流入
  - POPs
    - 大気・土壌中PBDEs
    - 大気・土壌中PAH
    - 魚のPBDEs
    - 大気中PCDD/DFs
- 有害物質の優先順位に関するHuo教授私見「Pbだと思ふ。PBDEs、PAH、POFSも高いが、さほどでない。」

# PJ1 国際資源循環に対応した製品中資源性・有害性物質の適正管理 ベトナム・E-wasteリサイクル村におけるフィールド調査



E-wasteリサイクル施設近傍



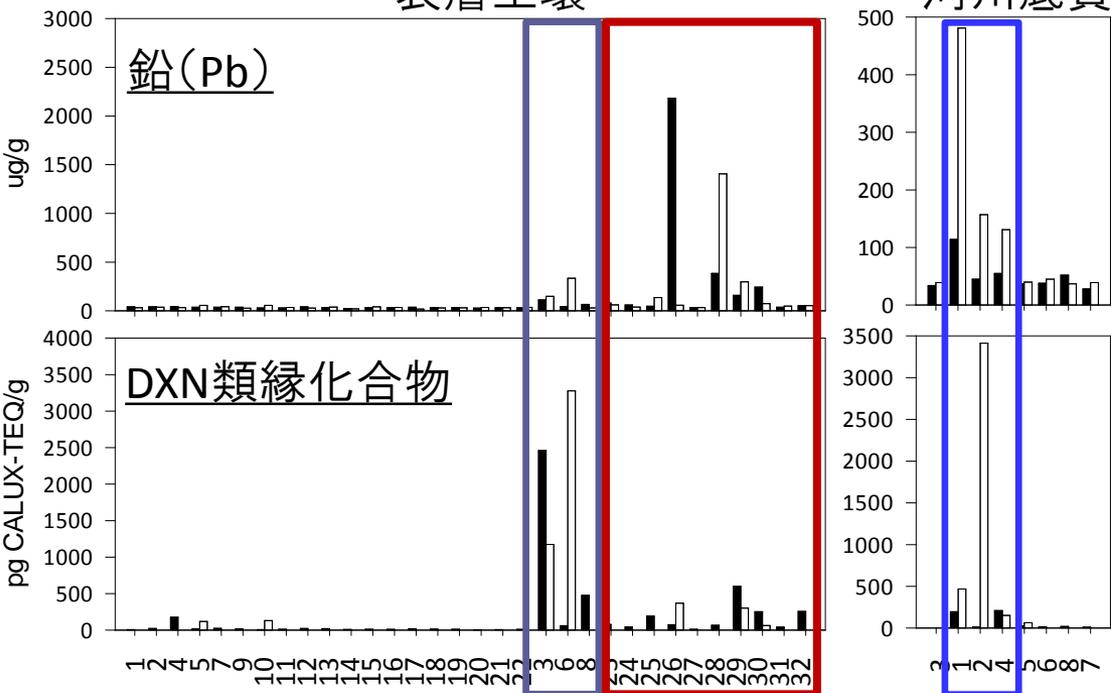
電源ケーブルの野焼き



野焼き後の残渣洗浄

表層土壌

河川底質



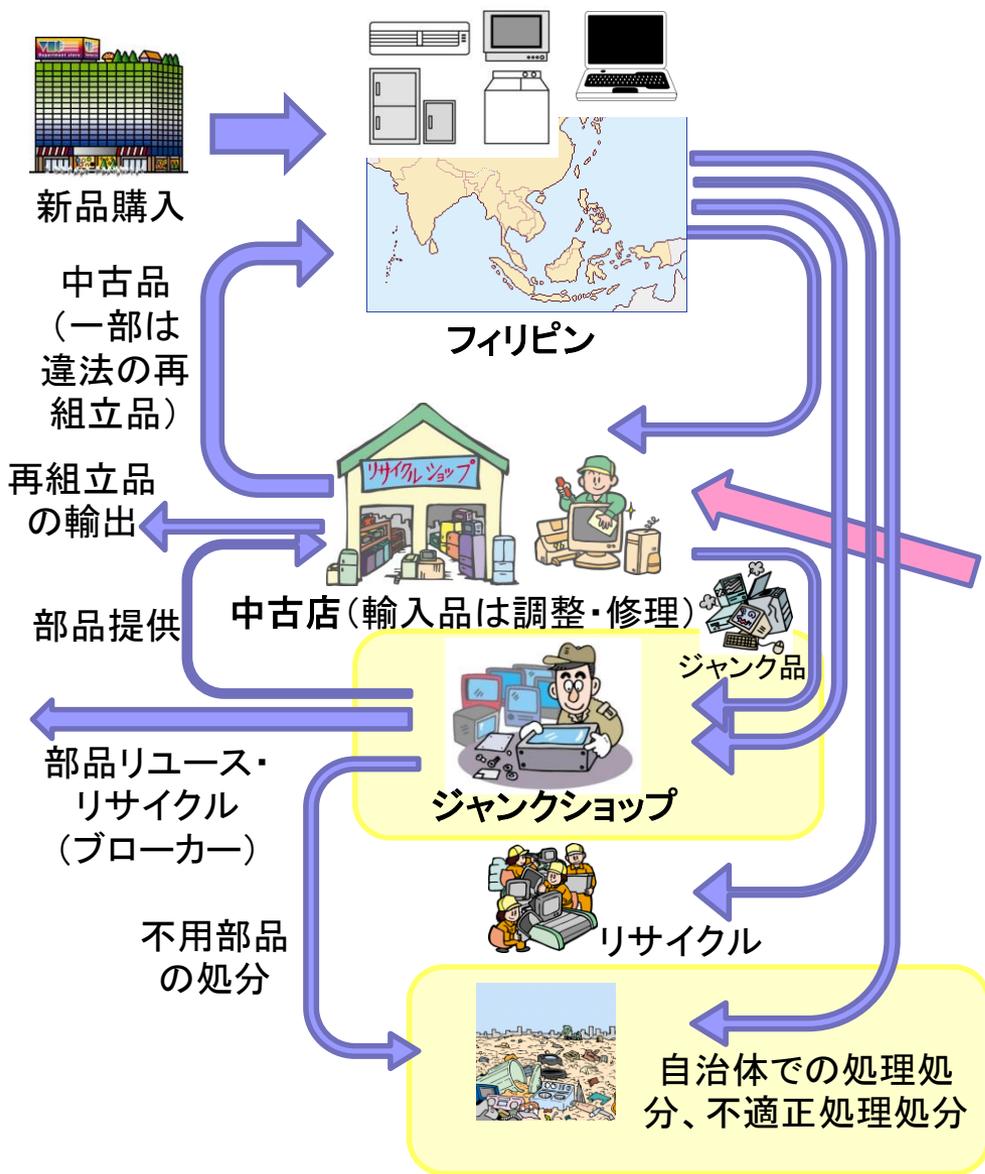
■ 2012年1月採取試料

□ 2013年1月採取試料

- **リサイクル施設**及び**電源ケーブル野焼き現場**近傍では、E-waste由来と想定されるPb等重金属類やダイオキシン類が高濃度で検出(ベトナム農用地基準越え試料多数)
- それ以外では検出濃度が低めであり、当該地域でのリサイクル由来の拡散性は低い
- 河川底質の2013年採取試料での濃度上昇は、**野焼き後の残渣洗浄**による影響が大きい

(Suzuki et al., Organohalogen Compounds, 2013; Suzuki et al., Organohalogen Compounds, 2014)

# フィリピン(ジャンクショップ、不適正処理処分)



- マニラ首都圏の貧しい地区に多い
  - 路上で大人だけでなく、子供も作業
- テレビやパソコンなどを国内で集荷
  - 見かけ上は国内の使用済み品を集荷
  - 日本のテレビは少なく見える
- **解体・分別して、有価物を販売**
  - 基板、プラスチック、ケーブル、銅、鉄などに分別
  - テレビの基板は日本由来と思われるものも一定の割合を占める
- 部品はリユース・リサイクル
  - 製造・輸出業者に近いジャンクショップは、**再組立品製造のための部品提供**
  - **修理部品提供のための、一定のバッファ機能**があると考えられる
  - プラスチックは中国系の専門リサイクル業者がある
- CRTなどの不用部品は不適正処分
  - **CRTを破砕後、ジャンクショップ裏庭に放置**、または処分場で処分
  - **ケーブルの野焼き**も散見
  - 生活空間に近い場所で作業や投棄。特に**子供への安全や健康に懸念**。

# ジャンクショップ

## ジャンクショップなどでの不適正処理処分



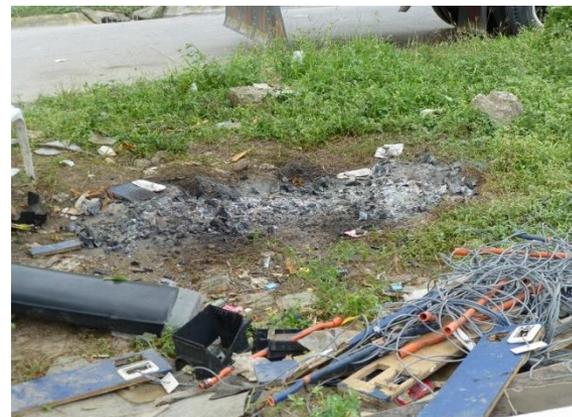
路上や裏庭での**手解体**の作業



子供が**素手とサンダルでCRTの破壊作業**。シャドウマスクと電子銃を回収して、親に渡していた。

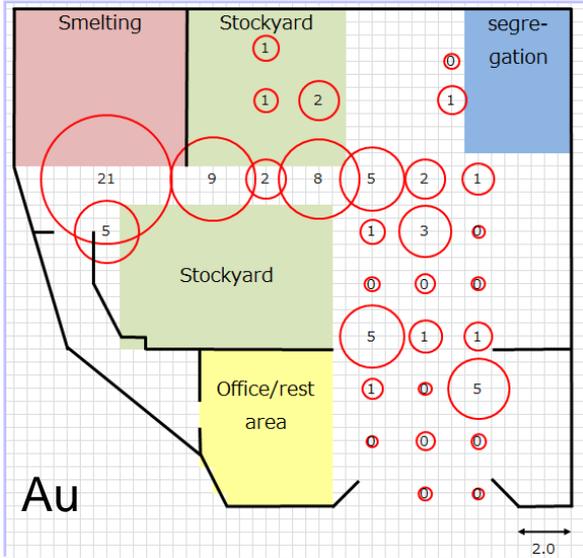
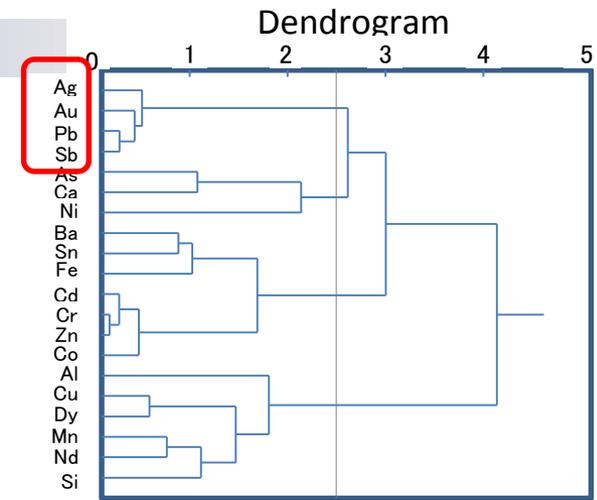


基板、ケーブルなどをグレードごとに分別（左はPC由来、右はテレビ由来で、テレビの基板は日本語の記載も一定程度あり）



銅回収のための**ケーブルの野焼き**跡が散見された。

フィリピンのインフォーマル  
 サイト(金製錬を含むE-  
 wasteリサイクル施設)  
 における施設内土壌中金属  
 濃度の分布調査 (2012年,  
 63元素, 31地点)

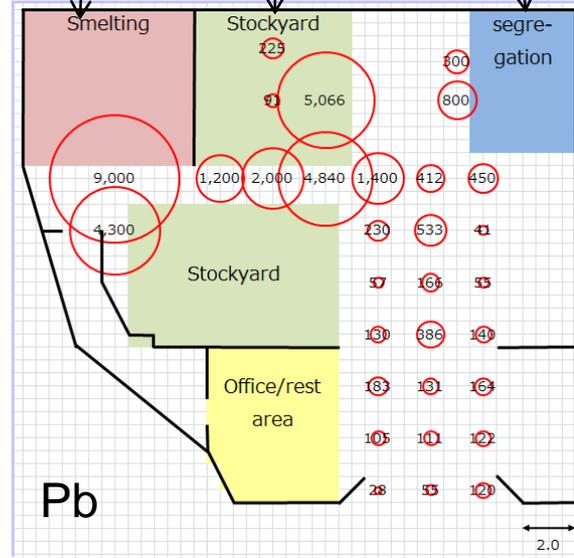


<0.1 – 21

Ref. 2010年調査の他のサ  
 イトでは190

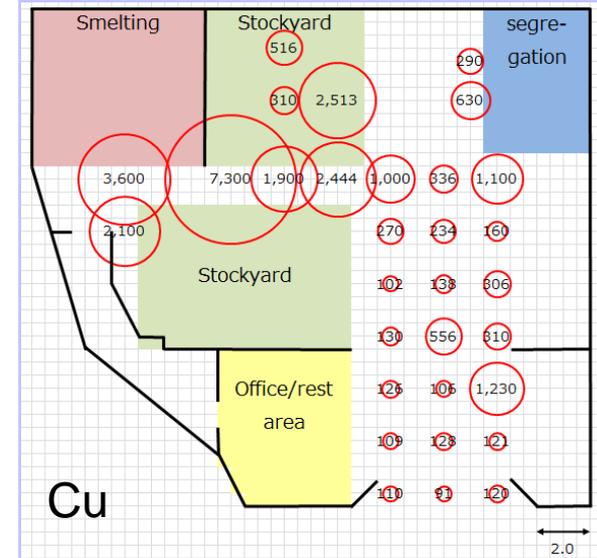
Ref. 金鉱山の金鉱石 4 - 5

円内の数値は、土壌中の各金属元素濃度(mg/kg-dry)を示す。



28 – 9,000

Ref. 2010年調査の他の  
 サイトでは160,000

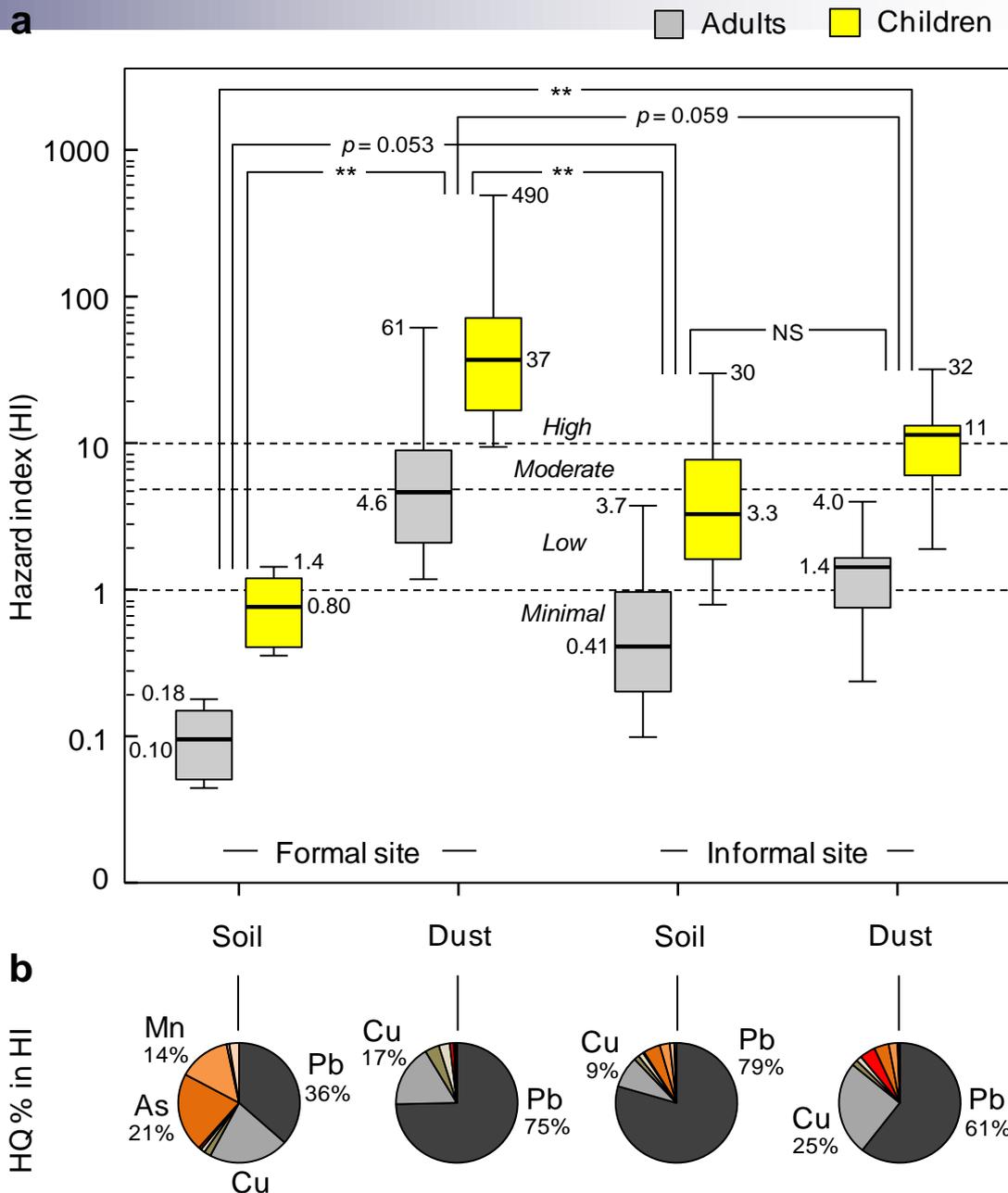


102 – 7,300

- ・施設内のマイクロ環境で、プロセスと汚染の関連把握を目指す
- ・Au, Pbは製錬作業周辺で高濃度。Ag, Sbとともに同一由来からの排出と推定

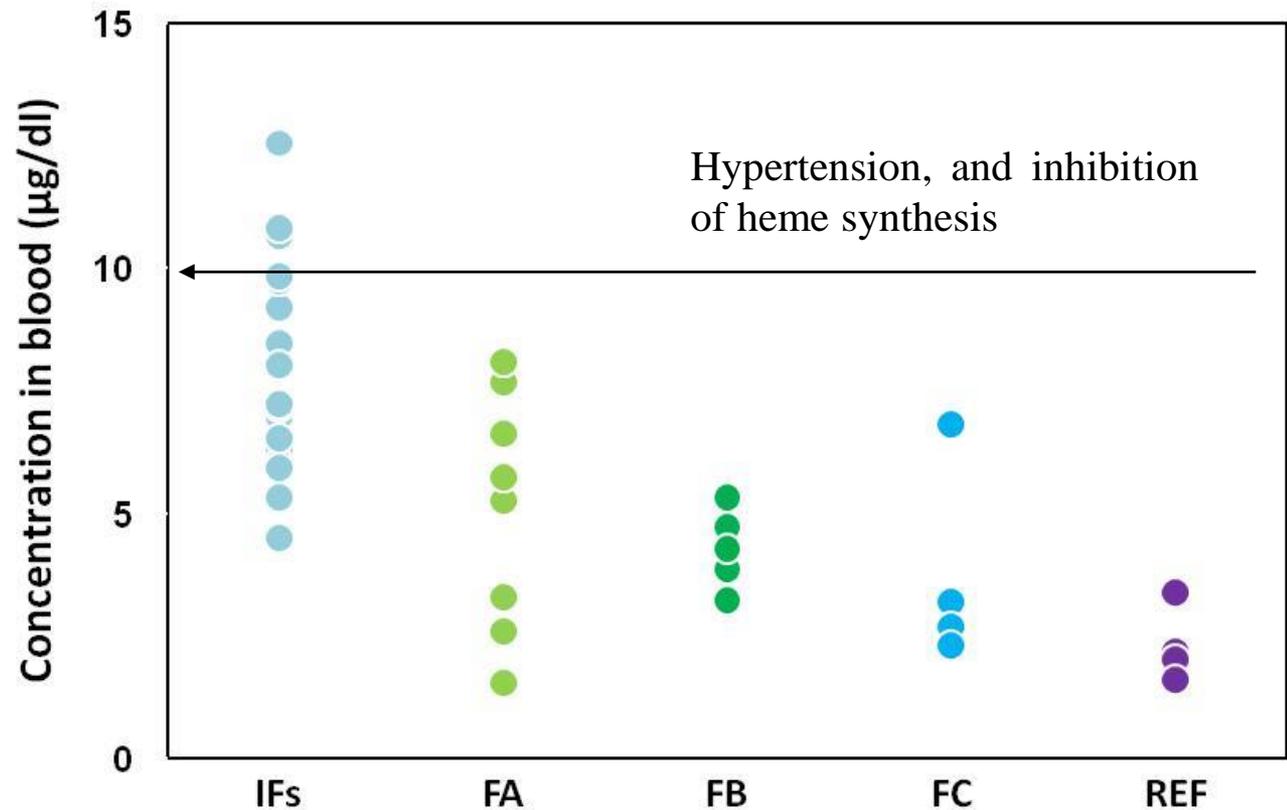
# Results from our sampling campaign in 2010 (Hazard indicators)

- We calculated hazard indicators (HQ and HI) of metals to assess noncancer toxic risk from ingestion scenarios of surface matrices.
- **Formal dust had significantly higher hazardous risk** than the other matrices ( $p < 0.005$ ), excluding informal.
- **Workers at formal sites and Children at informal sites** should be protected for their health.



## Results from our sampling campaign in 2010 (Blood Pb level)

- Concentrations of many trace elements (TE) in **blood** (and hair) of **workers in informal and formal e-waste recycling sites** were **significantly higher than** those from the **reference site**.
- It suggests that the recycling workers are exposed to TEs through the recycling process.



**Figure. Comparison of blood Pb level with threshold levels for adverse effects**  
(IFs: Informal recyclers, FA, FB and FC: Formal recyclers, REF: Reference site)

ご清聴ありがとうございました。

## 謝辞

小口正弘氏、吉田綾氏、鈴木剛氏（国立環境研究所）、古積博氏（消防研究センター）、藤森崇氏（京都大学）、阿草哲郎氏（愛媛大学）、環境省、その他ご協力頂いた関係各位に心より謝意を表します。