

発生源の同定と物質のライフサイクル を考慮した環境排出量推定

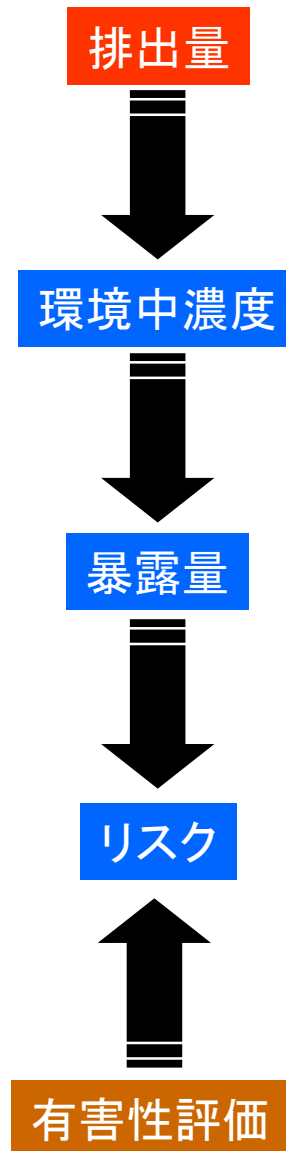
(独)産業技術総合研究所
化学物質リスク管理研究センター
内藤 航



発表内容

- リスク評価における発生源解析の位置づけ
- 金属類の発生源解析における留意点
- 金属類のマテリアルフローと
主要発生源からの排出量推定方法
- 詳細リスク評価において特徴的な排出量推定
 - 採鉱段階(カドミウム)
 - 製品の使用段階(亜鉛)
 - 廃棄・処理段階(鉛)
 - 副産物としての排出(ニッケル)
- まとめ

リスク評価における発生源解析の位置づけ



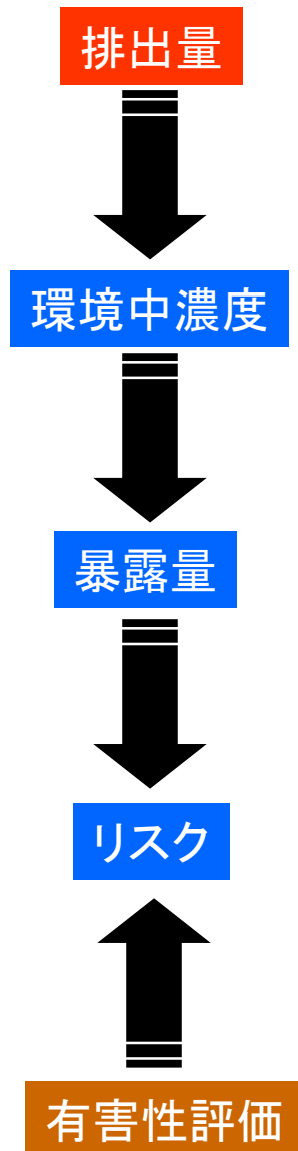
$$\text{リスク} = \text{有害性} \times \text{暴露}$$

化学物質の管理においてリスクの観点からの管理・規制および事業者による自主的な管理の促進という気運の高まり

リスクの観点から化学物質の管理を合理的に行うためには「暴露量」をきちんと把握することが重要

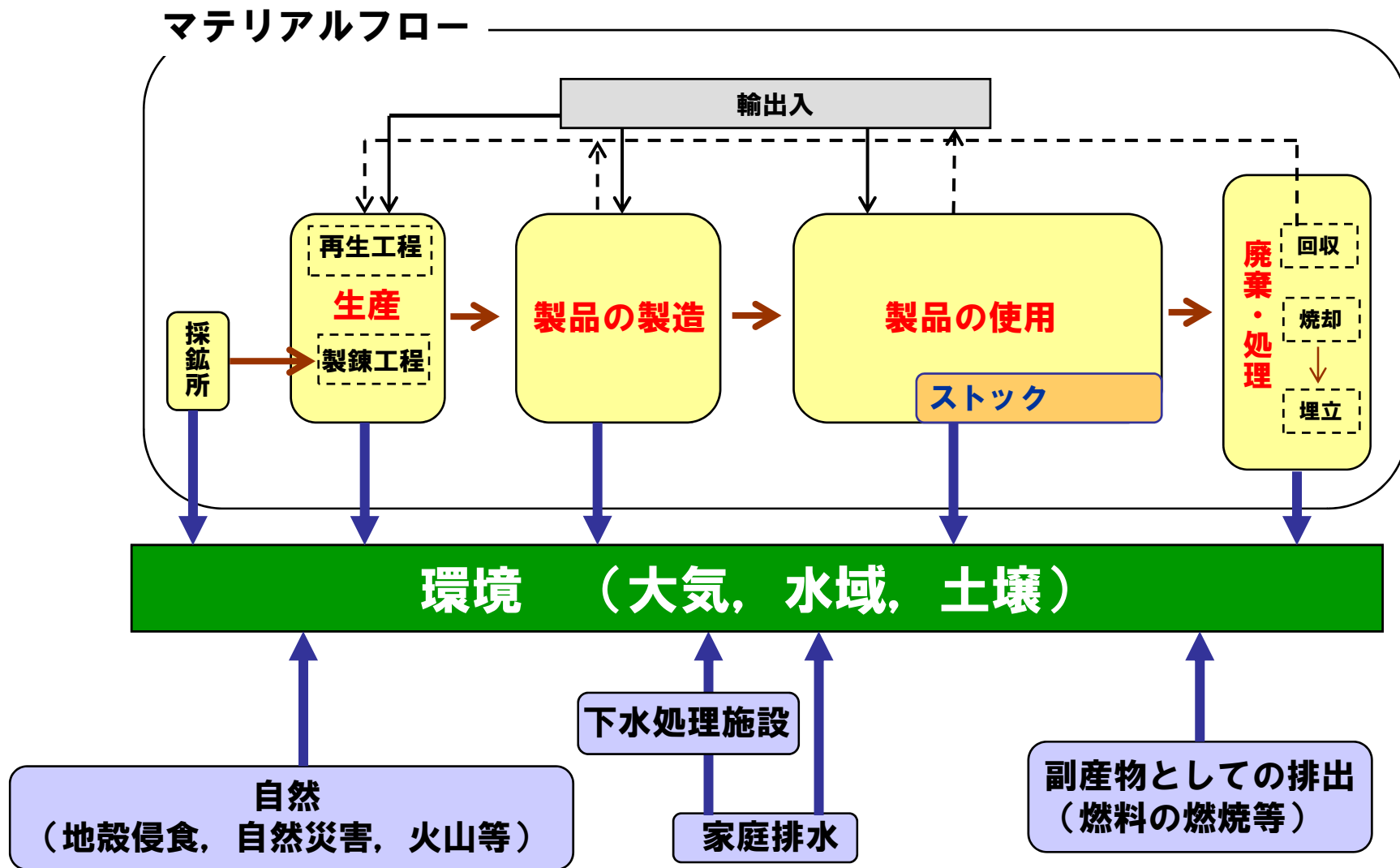
暴露量削減に伴うリスク削減対策を効果的に実施するためには、**主としてどのような発生源から、どのくらいの量が、どういうパターンで発生するのかを把握し、排出量と環境中濃度とを関連付けることが必要**

金属類の発生源解析における留意点



- 生産・製品の製造・使用・廃棄という一連のライフサイクルの様々なステージで環境への排出が生じる
⇒PRTR制度では全ての発生源をカバーできない
- 金属類の用途は多岐にわたり耐用年数も長い
⇒社会に蓄積した金属含有製品の使用や廃棄に伴う排出量を推計する必要がある
- 環境中のバックグラウンド(自然由来)が存在する
⇒環境中に存在する物質が自然由来なのか産業由来なのか区別することが困難
- 排出時の存在形態(化学種)は発生源によって異なり、環境条件によっても変化する

金属類のマテリアルフローと潜在的な発生源



重金属類の詳細リスク評価書における主要発生源からの排出量推定： 排出経路・使用データ・定量化方法

	排出経路	使用データ	定量化
点源	個別事業所	PRTR, 排出量総合調査, 取扱量, 排出係数など	報告値をそのまま利用, 取扱量 × 排出係数
	下水処理場	PRTR, 排出量総合調査, 排出水中濃度, 排水量など	報告値をそのまま利用 排出水中濃度 × 排水量
	休廃止鉱山	尾鉱量, 含有率, 溶出率, 廃水中濃度など	尾鉱量 × 含有率 × 溶出率
非点源	製品由来	製品出荷量, 表面積, 耐用年数, 排出係数など	表面積 × 耐用年数 × 排出係数
	家庭排水	家庭排水中濃度, 使用水量, 人口など	家庭排水中濃度 × 使用水量 × 未処理人口
	大気沈着	モニタリングデータ, 沈降速度, 水表面積など	大気沈着速度 × 水表面積
	移動発生源	交通センサス, 排出係数など	交通量 × 排出係数
	土壌侵食	土壌表面濃度, 土壌侵食量など	土壌表面濃度 × 土壌侵食量

非鉄金属の採鉱・製錬に起因する廃棄量・排出量の推定

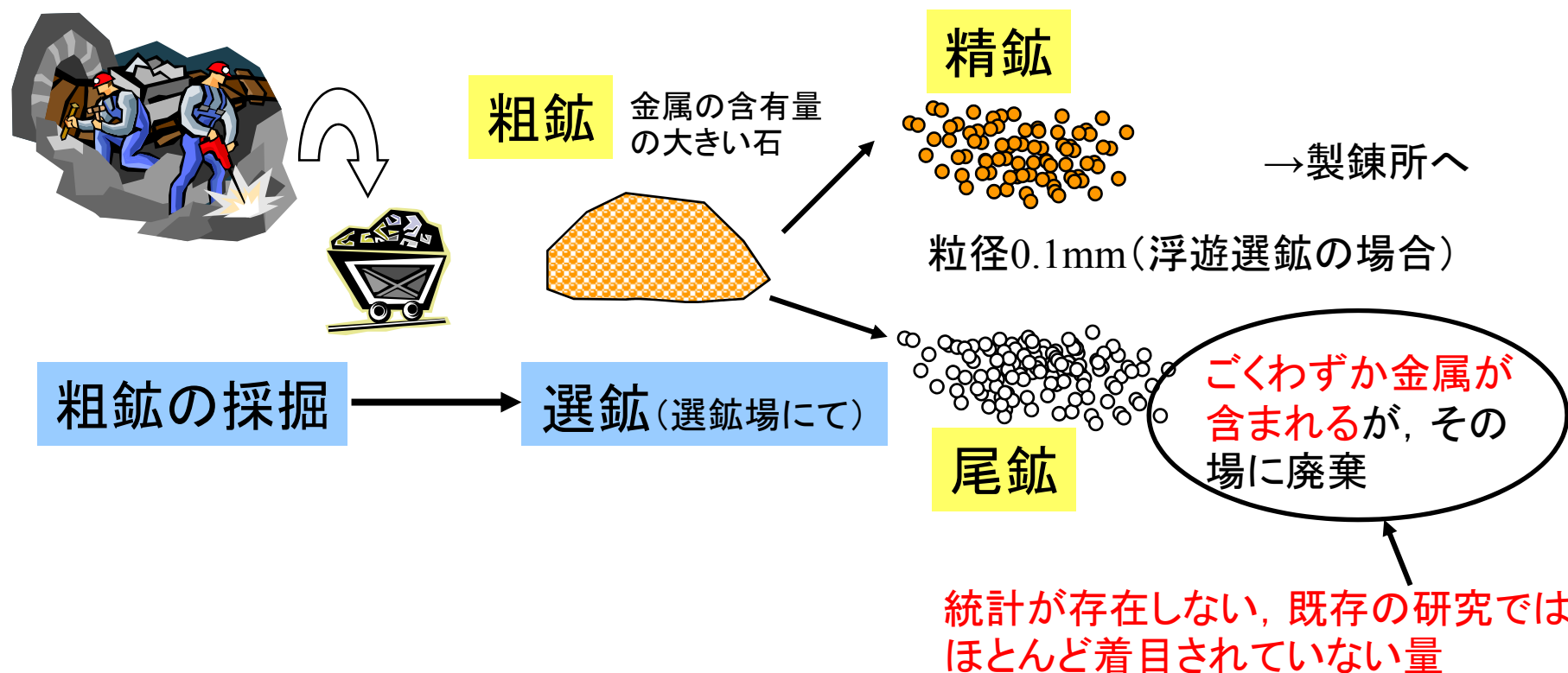
カドミウムの発生源解析における課題

- 産業に由来する環境負荷, 最大の発生源は？
- 現在, 工業用途の95%以上はNi-Cd電池→使用後の廃棄で環境負荷を増やしているのか？
- 過去における鉱山・製錬所からのCdの排出は？(統計は存在しない)
 - ⇒ 鉱山において, ごくわずか金属が含まれるが, その場に廃棄される尾鉱中のCd
 - ⇒ 製錬残渣に含まれるCd

採鉱に起因する廃棄量の推定 [Cd]

小野、蒲生、中西(2005).
環境科学会誌, 18-6, 573-582

・ 鉱山における金属の流れ



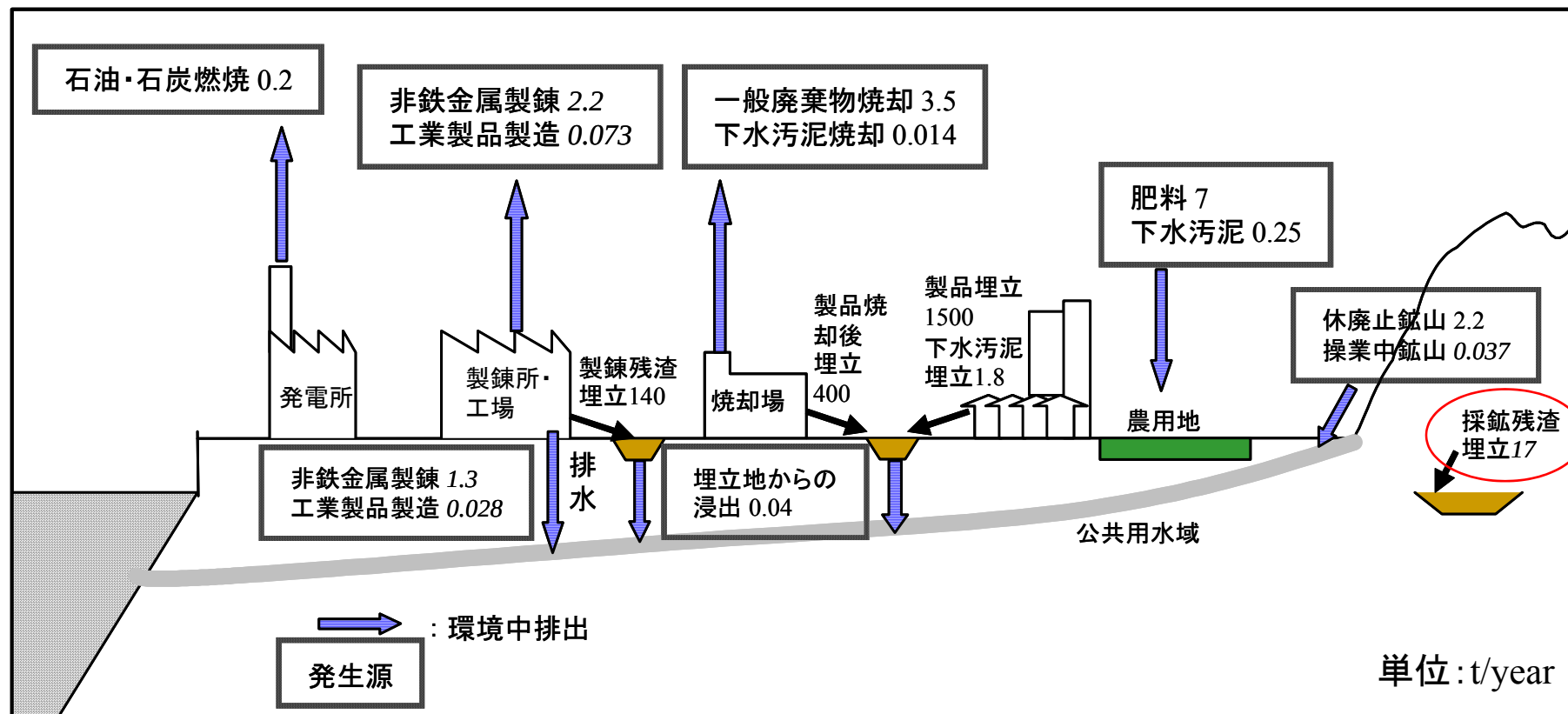
$$[Cd\text{廃棄量}] = [尾鉱量] \times [尾鉱中Zn含有率] \times [鉱石中Cd/Zn比]$$

鉱量の物質収支, 亜鉛の物質収支, 亜鉛生産量から推定

約50年前からの技術資料より

日本で採れた鉱石の平均値. 1960年ごろの値

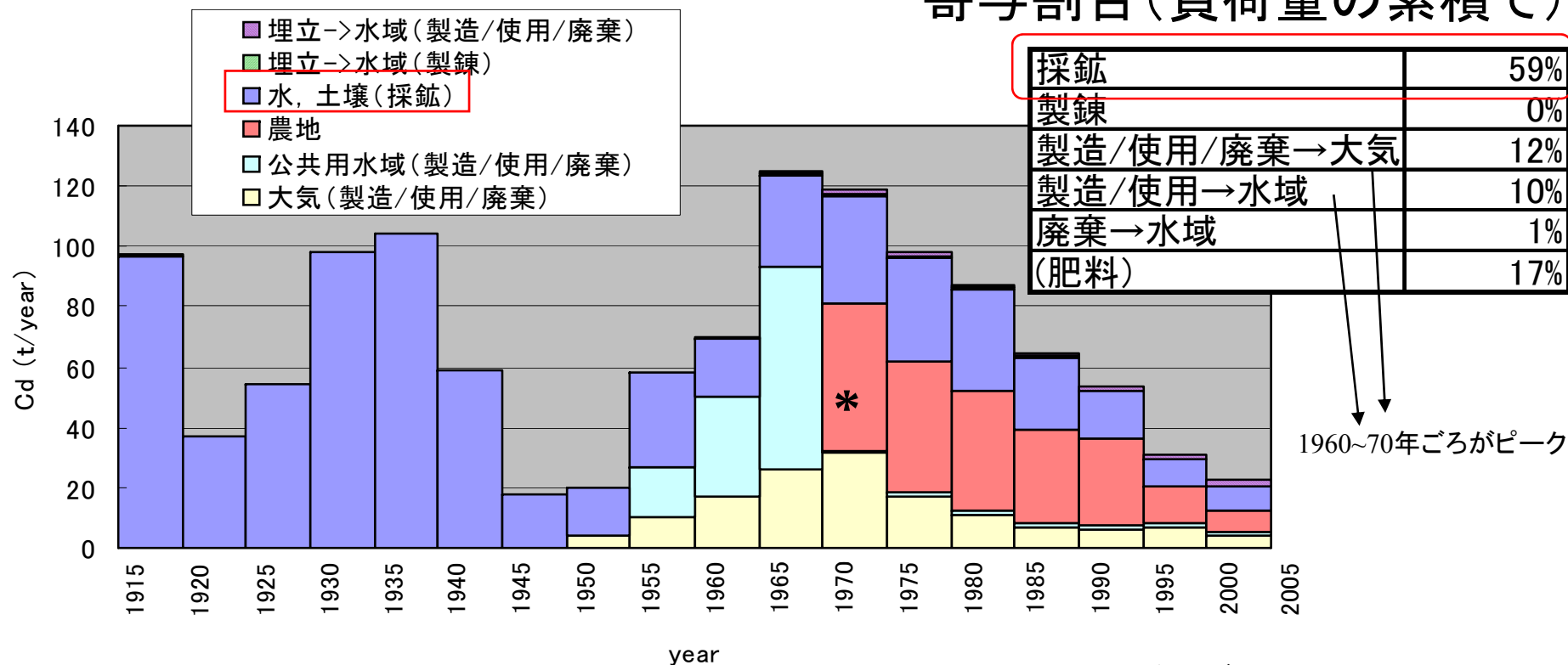
2000年におけるカドミウムの環境排出量



・2,500tが使用されるが、環境中への排出は10t程度
→ カドミウム排出はきわめて少量→過去の排出は？

カドミウムの環境排出量の経年変化

寄与割合(負荷量の累積で)



*1970年以前のデータなし

カドミウムの環境排出量は1970年ごろがピーク, その後漸減.

製品の使用だけでなく, 統計には表れない非鉄金属の採掘・製錬段階における排出量も推定し, 寄与を比較可能にした.

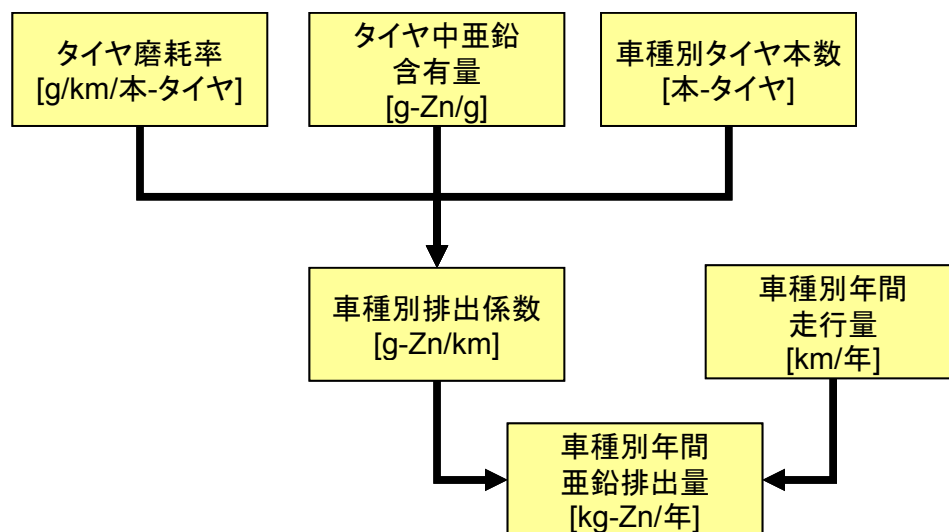
製品の使用に伴う排出

亜鉛の発生源解析における課題

- 移動発生源(タイヤ)由来の環境排出量
- 亜鉛めっき製品由来の環境排出量
- 自然由来(バックグラウンド)の寄与
- 家庭由来の排出量

自動車等のタイヤの磨耗に伴う環境排出量 [Zn]

- 自動車等のタイヤには加硫促進剤として酸化亜鉛が使われている
(e.g., 平均 1 wt%, Councell et al. 2004)
- 走行に伴うタイヤも磨耗により亜鉛が環境中に排出される
(e.g., タイヤ1本あたり 0.05 g/km, Councell et al. 2004)
- 雨天時における路面排水に伴いタイヤ由来の亜鉛が水域に流入する
(e.g., 三島ら 2005, Blok 2005)



タイヤ由来の亜鉛の環境排出量

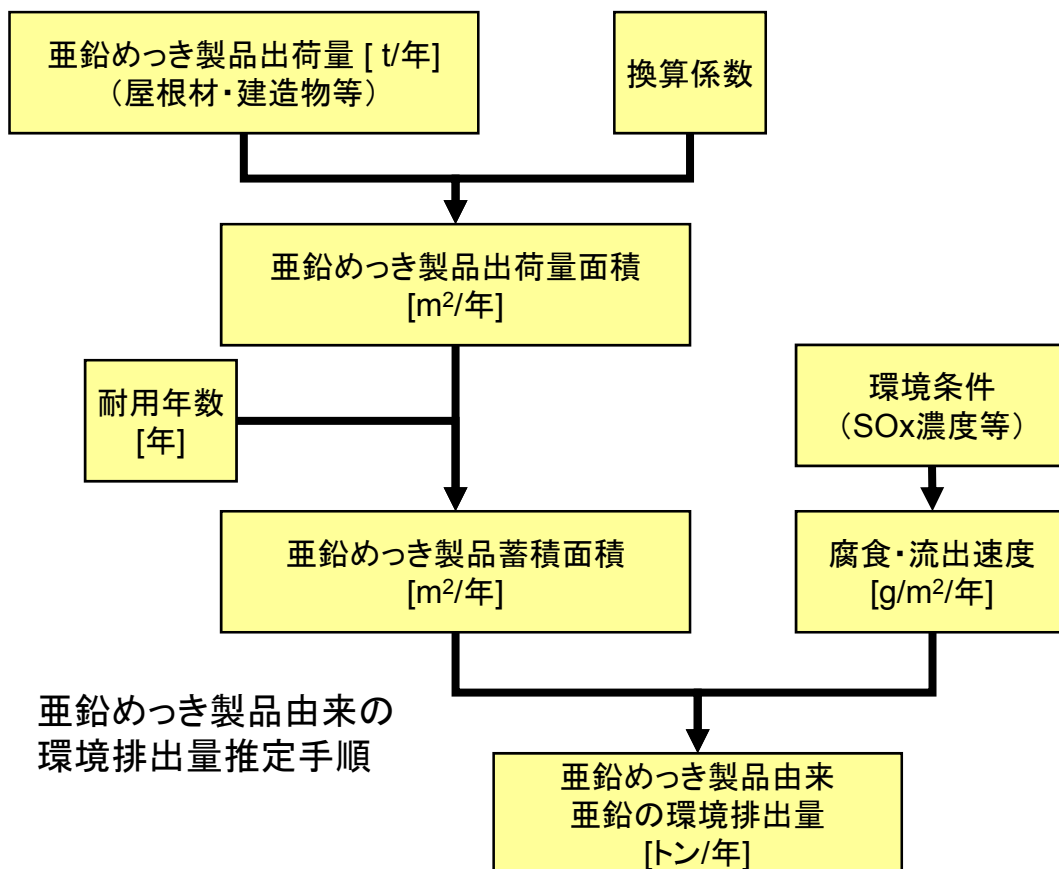
⇒ **1934** (232-5569) トン/年 (暫定結果)

cf.
オランダ: 140 トン/年 (Blok 2005)
米国 10,000-11,000 トン/年 (Councell et al. 2004)

自動車のタイヤ由来の環境排出量推定手順

亜鉛めっき製品(屋根, 建造物等)の腐食・流出に伴う環境排出量の推定 [Zn]

- 亜鉛めっきは環境中で耐食性に優れていることから鉄鋼の防食手段として広く利用されている。
- 亜鉛めっきの腐食速度は使用条件によって異なる。都市環境の場合, 腐食速度は平均 $15\text{g/m}^2/\text{年}$ (<http://www.kn-galva.co.jp>)。腐食により発生した亜鉛は雨水等によって流出する。
- 欧州の主要都市(e.g., パリ, アムステルダム)では表層水への亜鉛の負荷の約50%は建造物の屋根材や樋に由来していると推定されている(e.g., Gouman 2004)



亜鉛めっき製品(建造物)由来の亜鉛の環境排出量

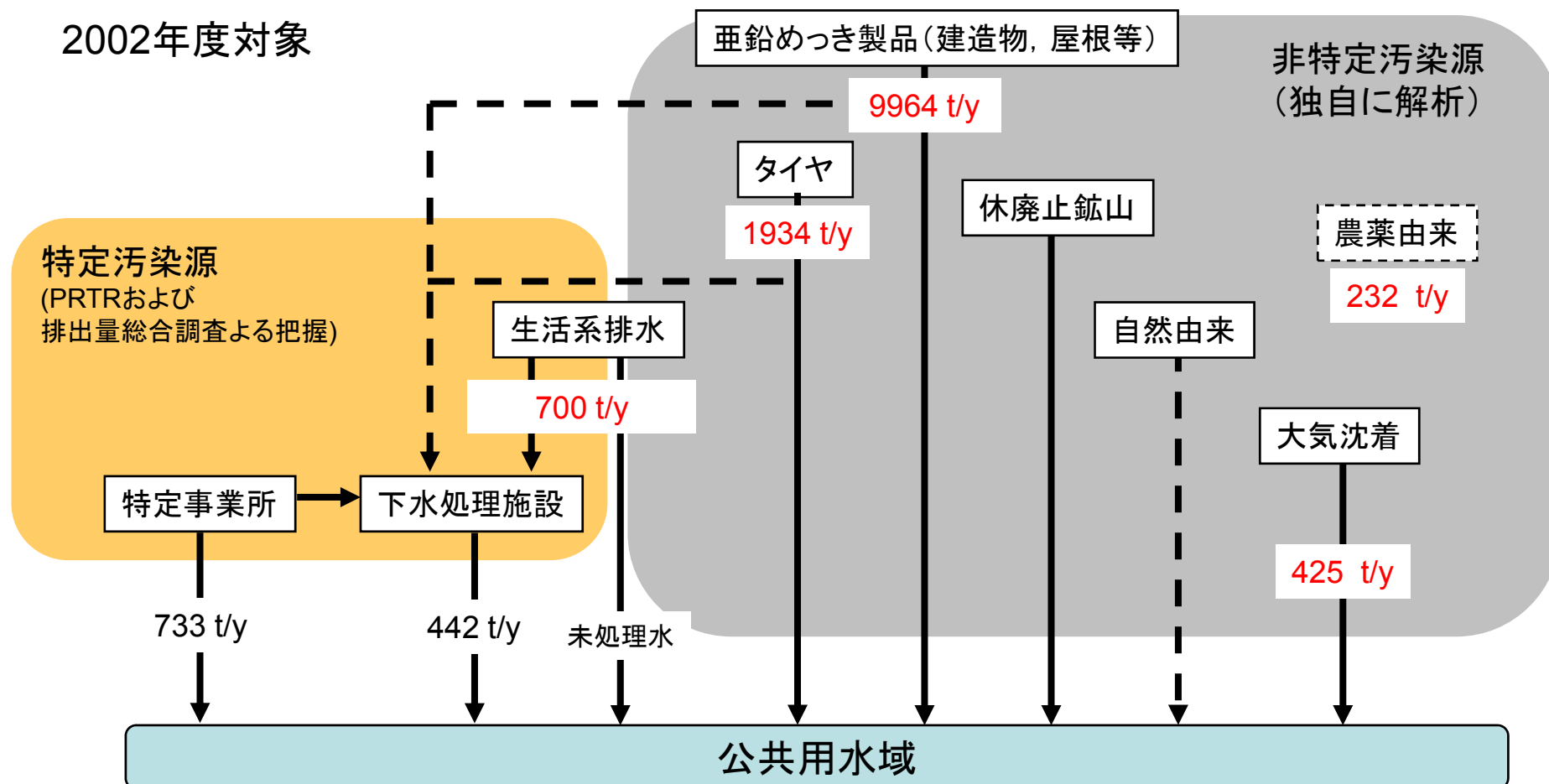
⇒ **9964** トン/年 (暫定結果)

cf.

- ・パリ(屋根のみ): 34ー64 トン/年 (Gromaire et al. 2002)
- ・オランダ(建造物): 約180トン/年 (Korenromp and Hollander 1999)
- ・米国:住宅地: 0.423 kg/ha-yr(建造物), 0.163 kg/ha-yr (タイヤ) (Davis et al.2001)

日本における亜鉛の水環境への排出量推定結果(暫定版)

2002年度対象



- ・タイヤや屋根等由来は雨水に伴い流出
- ・2002年度の亜鉛めっき鋼板とその他のめっき(建材等)としての亜鉛地金の国内消費量はおよそ316千トン

亜鉛の環境(主に水域への)排出量は非点源に由来する割合が高い 14

廃棄・処理段階からの排出

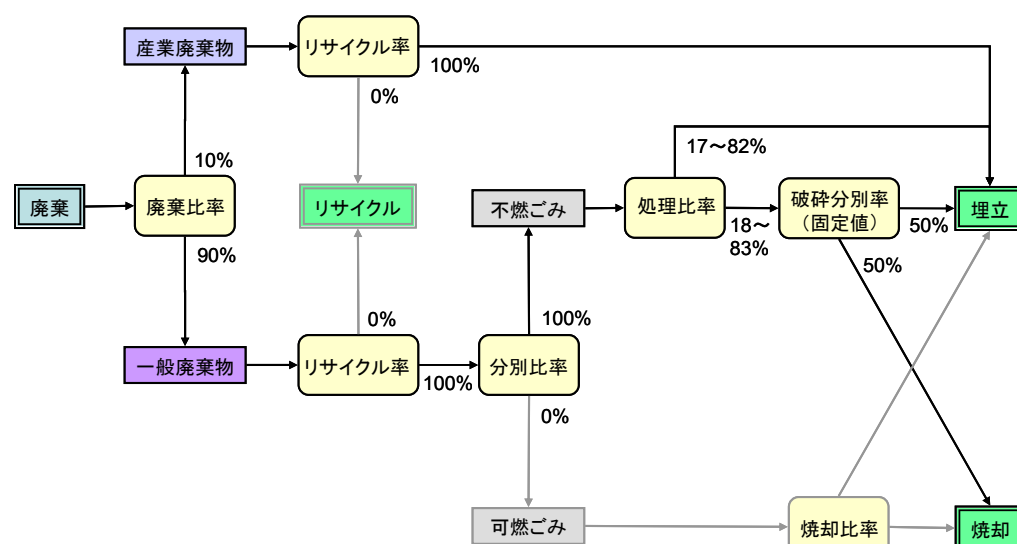
鉛の発生源解析における課題

- 製品の廃棄時における環境排出量は？

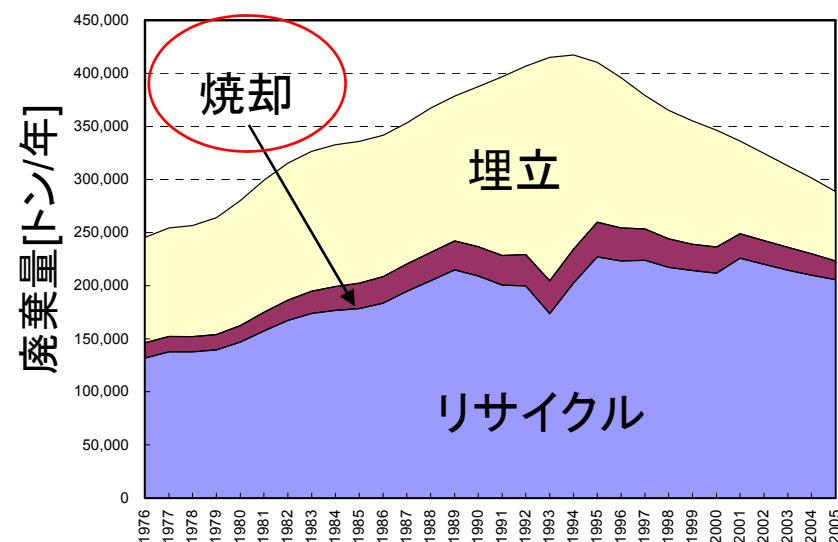
鉛含有製品の廃棄・処理段階からの環境排出量の推定

鉛製品の製造から廃棄に至るマテリアルフローについて解析を行うことで、鉛の廃棄段階における鉛の環境排出量を推定

- 鉛の用途別供給量の経年データを利用して鉛のストック量および廃棄量を推定
- 廃棄された鉛含有製品の各用途の処理フローを作成し(左下図), 廃棄量の経年変化を処理方法別に求めた(右下図)
- 廃棄された鉛は一部が焼却により揮散し大気へ, 一部は埋立地から溶出によって水域へ排出される



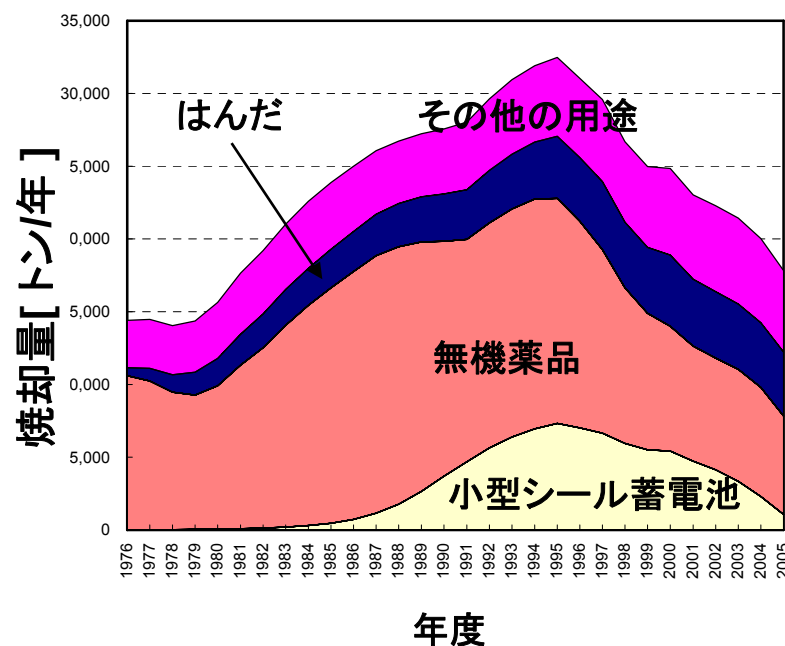
はんだ用途の廃棄物の処理フロー



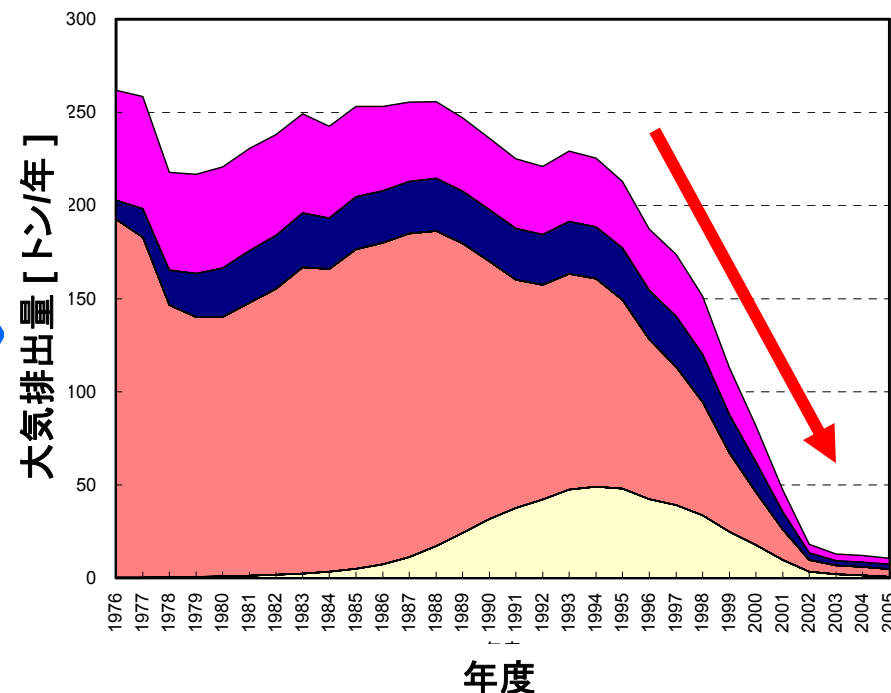
処理方法別の廃棄量の推定結果

廃棄物の焼却に伴う鉛の大気排出量の推定

用途別の焼却量の推定結果



焼却による鉛の大気排出量推定結果



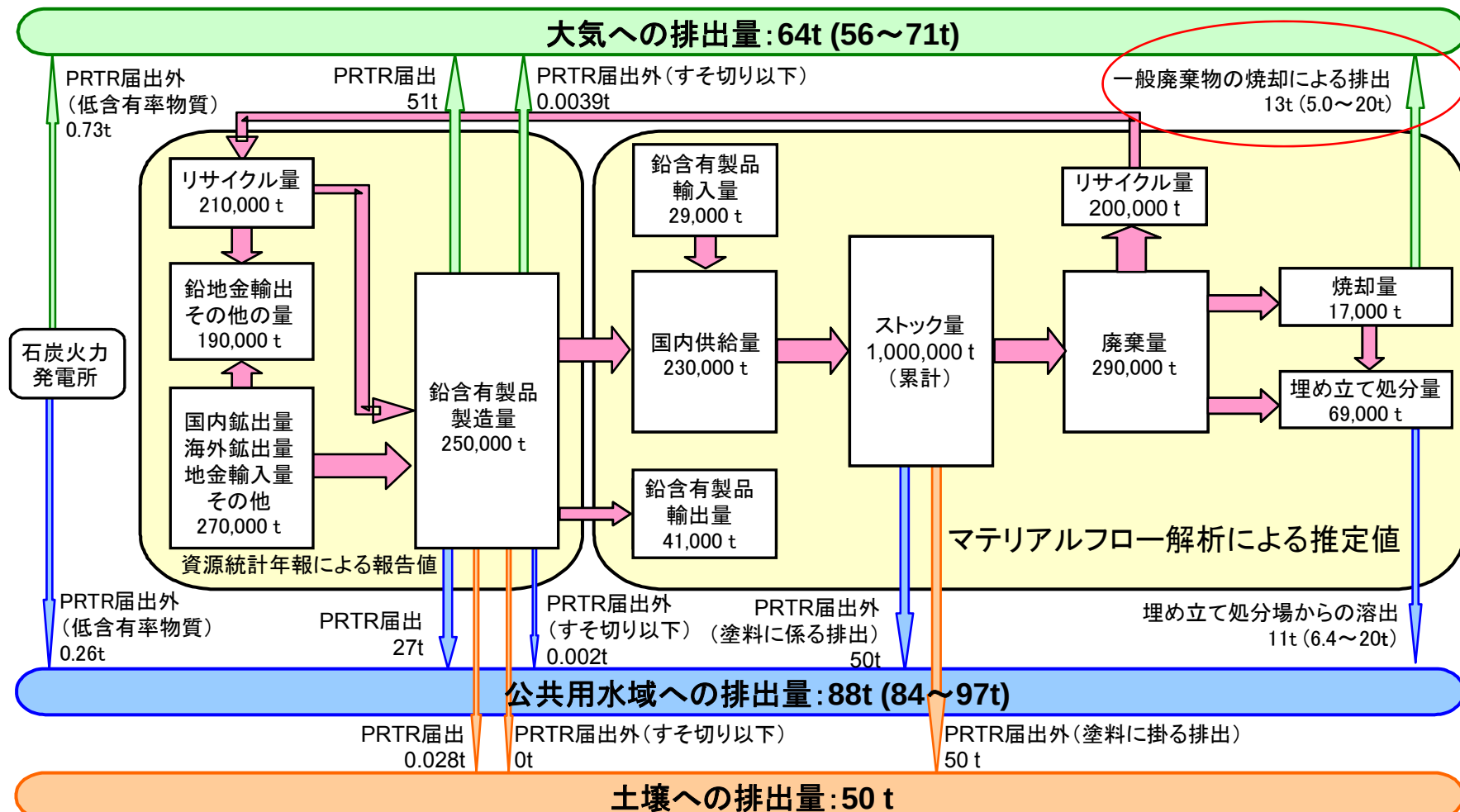
焼却量の減少

高性能の排ガス処理装置への移行

排出量の顕著な減少

発生源と環境排出量の推定

- 報告値（製造段階から排出）と合わせて、鉛の環境排出の全体像を把握.



大気中へのニッケルの排出量推定

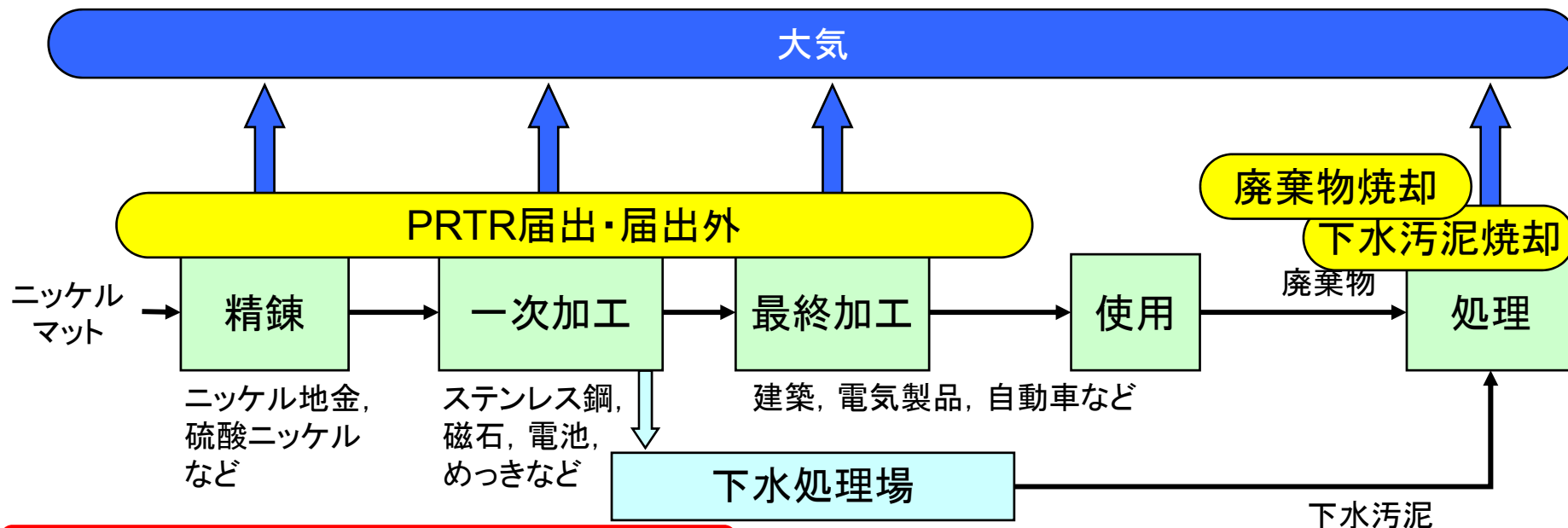
ニッケルの発生源解析における課題

- 自主削減を行っている事業所については、ニッケル化合物の製造・使用業者のみが対象であり、ニッケル金属の製造・使用業者は対象でない
- PRTRではニッケルなど重金属を含む石油・石炭の燃焼を考慮していない
- 大気拡散モデルの金属類への適用

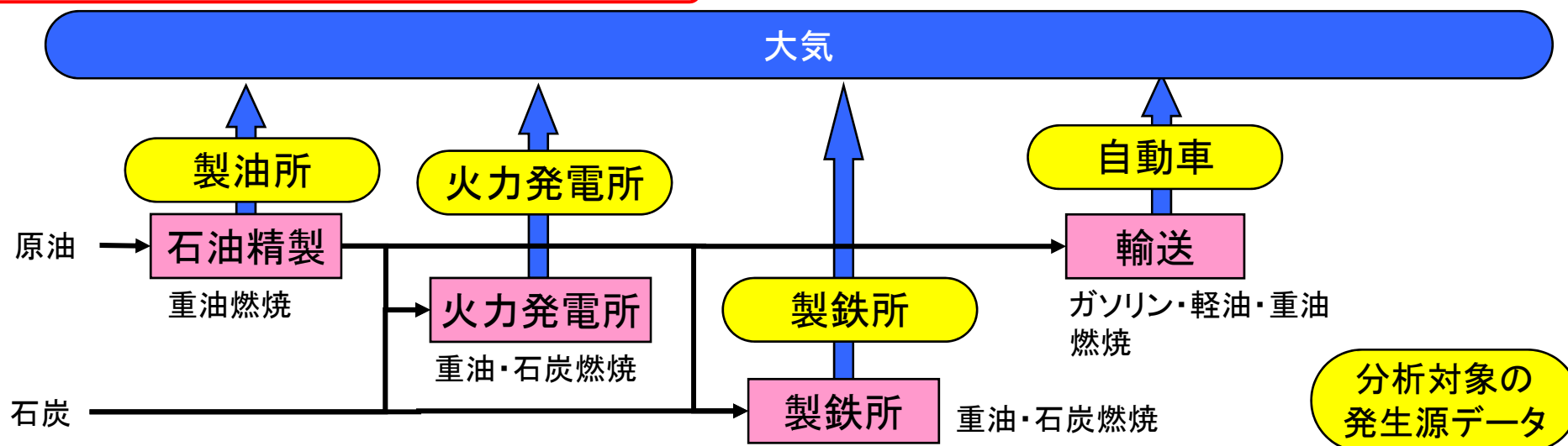
大気中へのニッケルの排出量推定

ニッケルのマテリアルフロー

出典: 詳細リスク評価書: ニッケル (作成中)

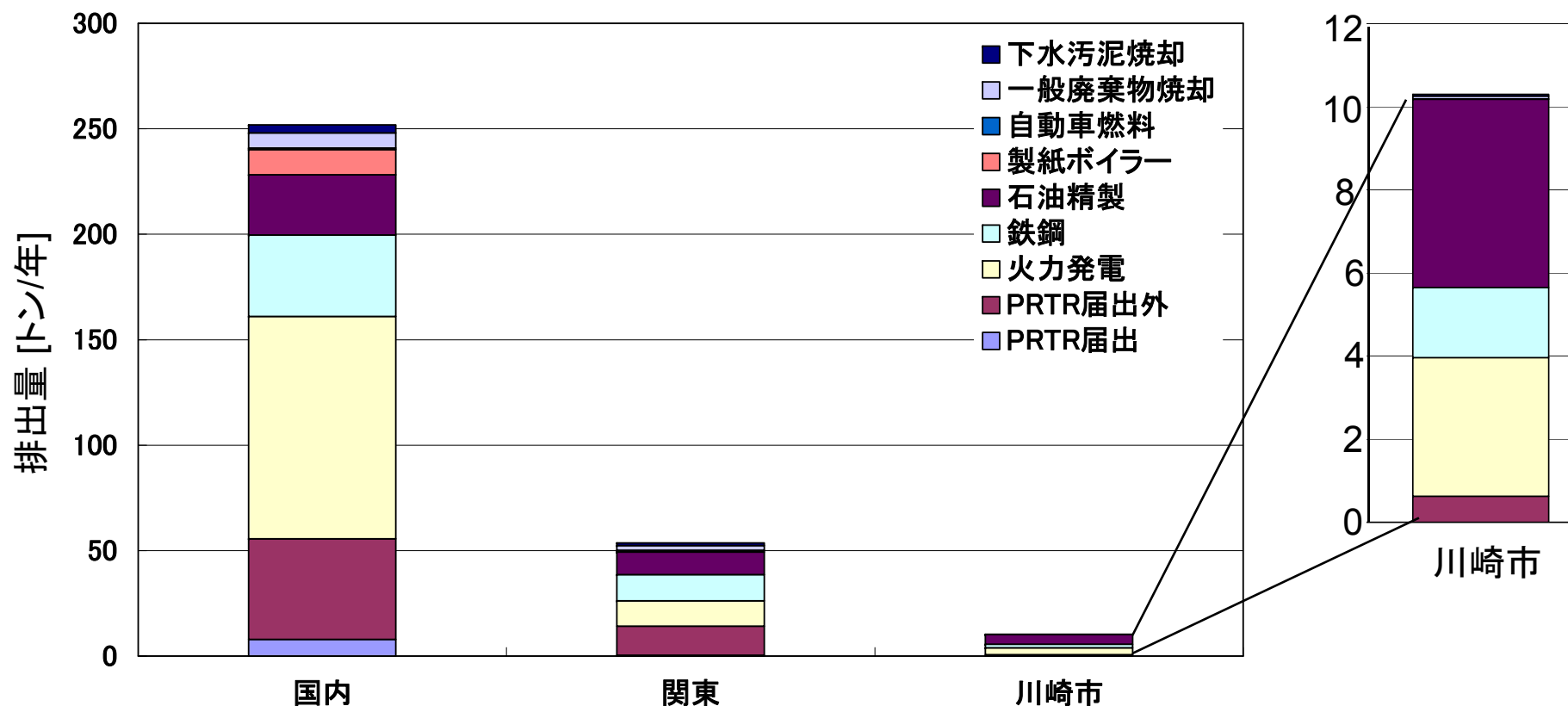


石油・石炭のマテリアルフロー



分析対象の
発生源データ

大気中へのニッケルの排出量推定結果



PRTR届出外

石油・石炭燃烧

地域分散型の発生源

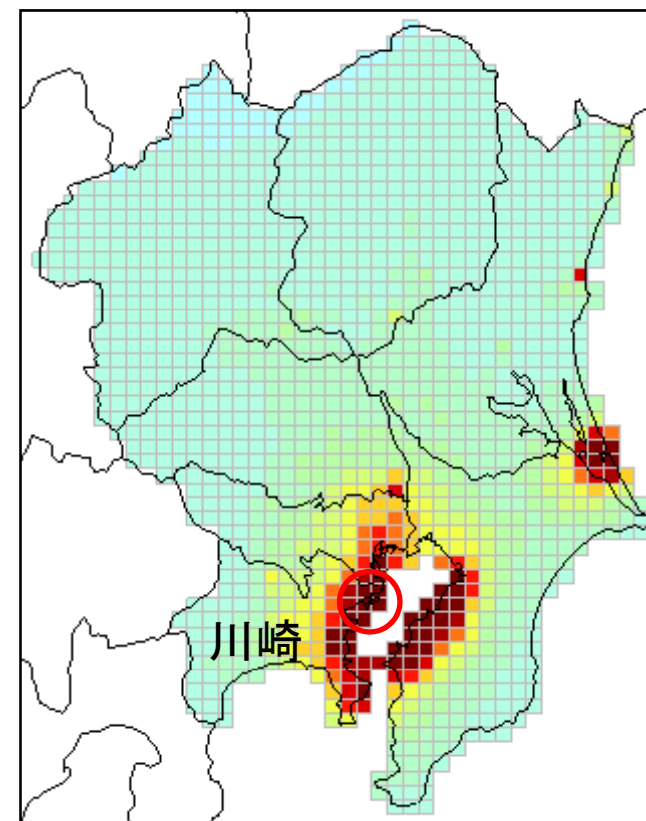
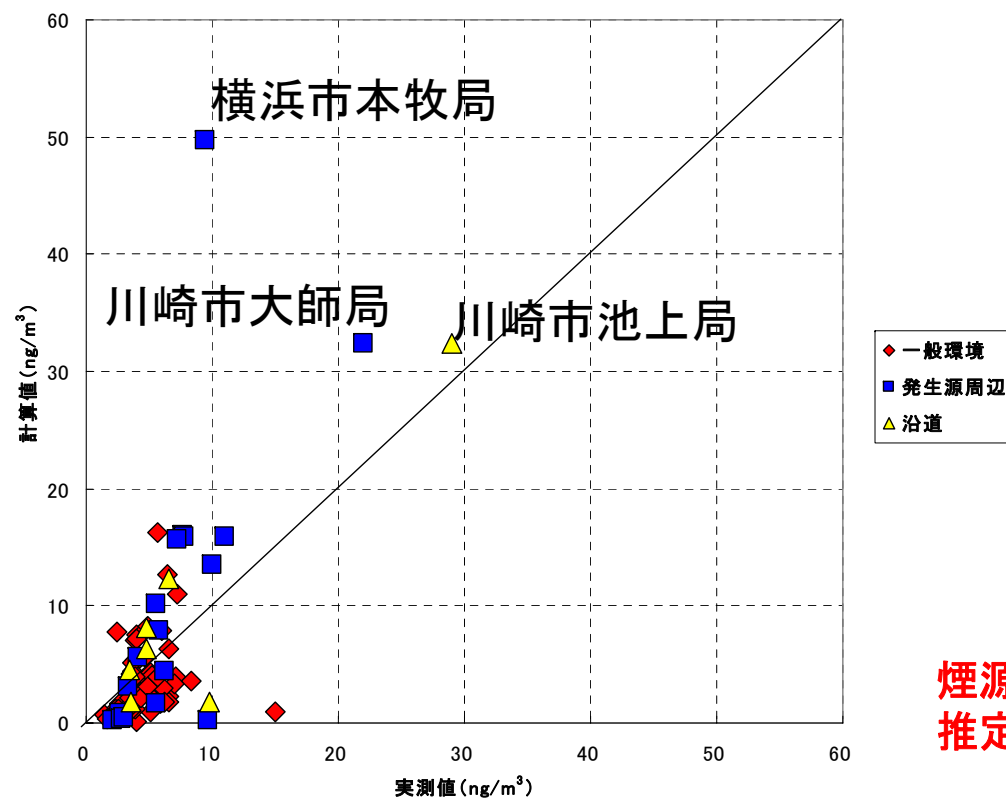
⇒局所での排出量にはあまり寄与しない

大規模事業所

⇒局所での排出量が大きく、環境中濃度への影響大の可能性

大気中濃度推定(ADMER)の結果(関東): 排出量推定の検証

➤ 注目した測定局: 川崎市池上局(沿道)
川崎市大師局(発生源周辺)



煙源高さが100m以上と高いために、実際よりも
推定濃度が高くなる

22

まとめ

- 効率的・効果的なリスク(暴露量)削減対策を実施するためには定量的な発生源解析が不可欠
- 金属類のマテリアルフローを考慮して, PRTRの対象ではない様々な発生源からの排出量推定方法を検討し, 推定を行った
 - 副産物・不純物として存在する金属類の廃棄・排出(例えばCd, Ni)
 - 製品の使用に伴う排出(例えばZn)
 - 製品の廃棄段階からの排出(例えばPb)

ご清聴ありがとうございました