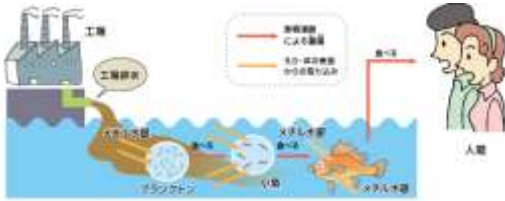
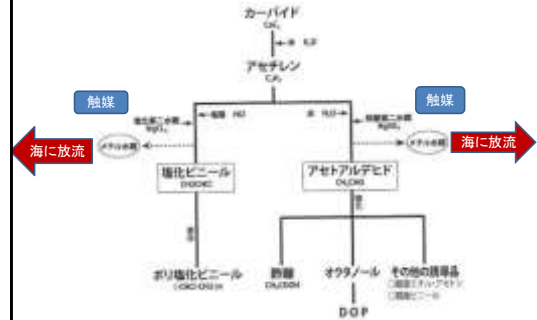


水俣病の発生メカニズム (食物連鎖と生物濃縮)



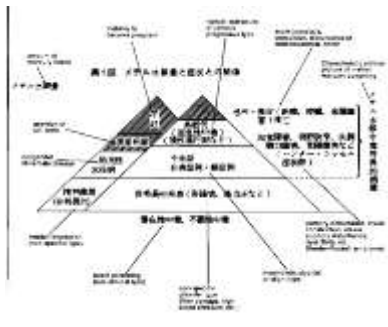
7

メチル水銀発生のメカニズム



8

メチル水銀量と症状との関係 (原田 正純による)



9

水俣病の発症段階(原田による)

- I. 無機水銀の環境への放出、(鉱山、工場排水など)による環境汚染
- II. 微生物などによる環境中での無機水銀の有機化
- III. 食物連鎖による有機水銀の濃縮、環境汚染
- IV. 食物摂取などによる人体への取り組み、人体汚染
- V. 高濃度曝露、蓄積による水俣病発症

10

国際的な水銀管理に関する活動(1)

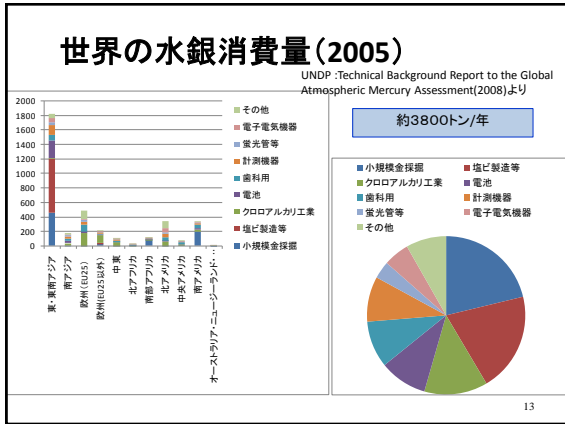
- 2001年: UNEPが地球規模の水銀汚染に関する水銀プログラム開始
- 2002年: 人への影響や汚染実態に関する報告書(世界水銀アセスメント)を公表
- 水銀は様々な形態で環境に排出、分解せず、全世界を循環。メチル水銀は生物に蓄積しやすい
- 人への毒性強く、発達途上(胎児、新生児、小児)の神経系に有害。食物連鎖により野生生物にも蓄積
- 先進国では使用量減少も、途上国では使用継続による健康リスクが高い
- 人為的排出による大気中水銀濃度が増加、削減が必要

11

国際的な水銀管理に関する活動(2)

- 2003年からUNEPで、水銀の拡散防止に向けた国際条約が検討され始めた
- 2007年からアドホック公開作業グループで議論
- ①水銀の1次生産廃止 ②水銀の輸出禁止
- ③2020年までに水銀使用量・排出量の大幅削減
- 条約化にはEU賛成、アメリカの反対姿勢が強く、水俣病経験した日本の動きが焦点になっていたが、2008年のオバマ政権誕生で、アメリカが方針転換
- 2009年2月UNEP管理理事会で、2013年を目途に法的拘束力のある文書(条約化)制定を目指すことを決定、政府間交渉(INC)を開始
- 2010年5月1日水俣病慰霊祭における鳩山首相発言
- 「2013年水銀規制国際条約締結会議の日本での開催招致と「水俣条約」と命名したい」

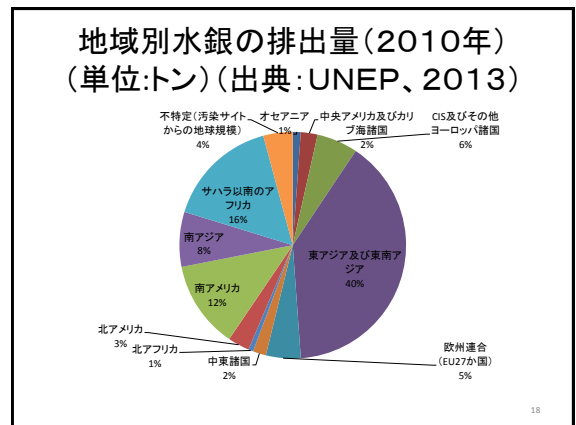
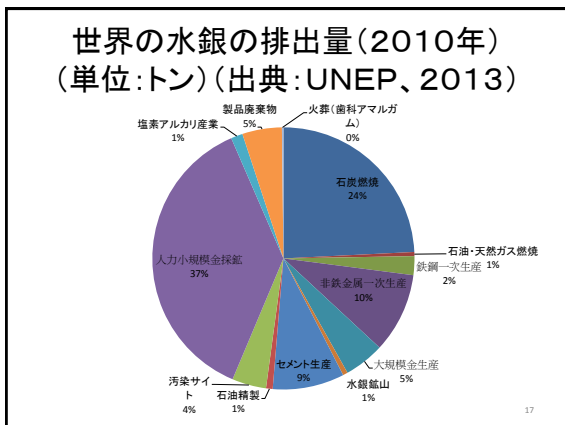
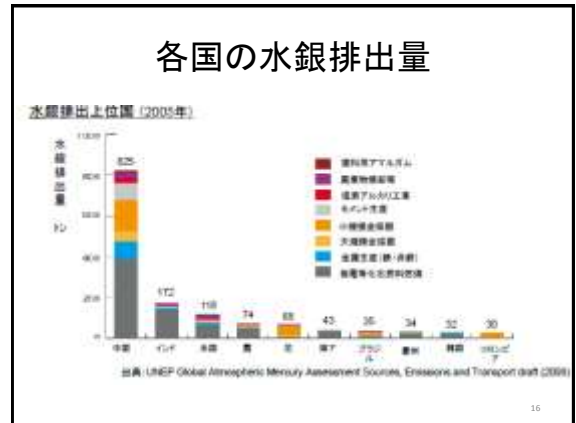
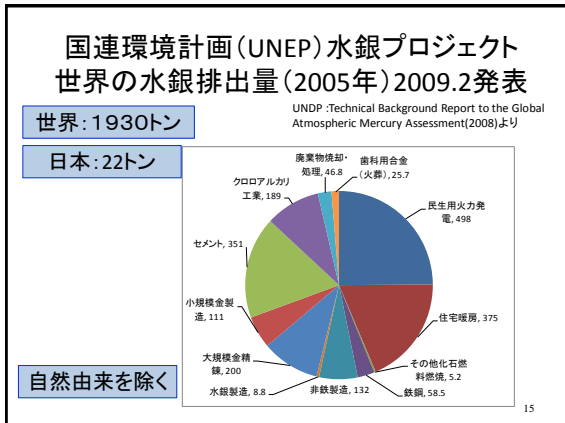
12



世界の分野別の水銀需要(2005年)

分野	需要量(トン(t))
小規模金採掘(ASGM)	650~1,000
塩化ビニル製造	600~800
塩素-アルカリ製造	450~550
電池	300~600
歯科用材料	240~300
工業計測器	150~350
電子部品	100~150
照明器具	150~350
その他	30~60
合計	3,000~3,900

出典: UNEP 11.2006 Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury



ビクトリア湖周辺金鉱山での採掘作業工程(3)



問診、診察、毛髪の採取など調査状況



ビクトリア湖周辺調査結果のまとめ

- 金鉱山では小規模の人力による金採掘作業が行われていた
- 水銀アマルガム法による精製作業は小規模であるが、環境への汚染の可能性が確認された
- 金鉱山労働者の中には毛髪中水銀濃度の高い者がいた
- 原田医師による問診の結果、軽度の無機水銀中毒の症状を呈する者がいた
- 漁師(漁村在住者)の毛髪中水銀濃度は低かった
- 環境試料(魚、水質、底質)中の水銀濃度は低く、環境汚染の進行は確認されなかった

27

表1 ビクトリア湖周辺の環境水銀値

試料	調査年	調査地	水銀濃度(μg/g)		採取年月
			平均	範囲	
魚					
オムニ	19	17	3	25-111	7.0 0.32-85.0 (1996.6/2004.8/20)
キバ	17	17	0	22-88	1.3 0.33-7.5 (1996.6)
ニギル	7	6	1	20-83	1.0 0.29-1.8 (1996.6)
カマ	22	18	0	21-86	0.8 0.61-51.3 (1996.6)
魚					
アム	14	14	0	27-43	2.6 0.83-20.0 (1996.6)
イカ	15	7	8	18-70	5.0 0.73-19.8 (1997.7)
コウ	18	14	4	23	7-47 0.0 0.27-84.0 (1997.7)
ドク	18	18	0	21-43	1.6 0.31-5.1 (1996.6)
魚					
カマ	8	7	3	30-39	1.4 0.67-3.0 (1996.6)
魚					
カマ	11	10	0	14-18	0.2 0.43-71.0 (1996.6)
カマ	18	12	7	29	4-18 0.0 0.34-66.0 (1997.7/12/2)
カマ	22	10	3	24-70	2.0 0.42-18.0 (1997.7)
カマ	28	11	8	19-59	1.0 0.30-2.7 (1997.7)
カマ	22	20	0	12-49	1.0 0.39-5.1 (1997.7)
カマ	11	8	4	40	7-64 2.1 0.72-16.0 (1996.6)
カマ	11	8	1	19	19-40 2.3 0.61-11.0 (1996.6/11.8)
カマ	18	10	8	40	19-67 1.2 0.27-6.2 (1996.6/1997)
カマ	18	10	8	29	4-95 0.2 0.69-30.0 (1997.7/11/15/2004.20/1)
カマ	12	9	12	26	14-38 1.0 1.1-10.0 (1996.6)

ビクトリア湖の魚の水銀濃度

表2 ビクトリア湖の魚の水銀値

魚種	水銀濃度(μg/kg)
キバ(陸水魚イサナ)	0.010
カマ	0.010
カマ	0.000
カマ(ナマズの仲間)	0.000



よう化水銀石けんによる人体被害の確認

- 96年、97年タンザニアのムアンザに滞在
- ホテルでよう化水銀入りの石けんを入手
- ホテルの主人家族の毛髪中水銀濃度が高いことを確認する
- ブラックマーケットで販売
- 肌が白くなると信じて、シャワー後肌に塗ったまま過ごす



表3 ホテルの女主人一家の毛髪水銀値

年齢	性別	水銀濃度(μg/g)
47才	女	470
25才	女	80
1ヶ月	男	230

30

**タンザニア、ケニアで入手したよう化水銀入り石けんの商品名と水銀含有量
田坂氏が2008年ウガンダで販売を確認した**

商品名	製造者名と住所	総水銀濃度 (μg/g)	25℃での揮発性 (ppm)
TOP*	Fabrique en Espagne	7.4	1.7
JAMBO*	JAMBO UK	6.6	1.5
JARIHU*	ANGLO FABRICS(BOLTON)LTD ENGLAND	5.8	1.3
MERAKO*	同上	6.3	1.4
RICO*	RICO SKIN CARE LTD.BGHAM.U.K.	5.7	1.3
MIK	C&C INTERNATIONAL LTD.U.K.	5.7	1.3
MOVATE	MELZO(MILAN)ITALY	7.3	1.7
SHABA	PARAMOUNT MANUFACTURING CO.ENGLAND	2.1	0.47

注) *ヨロシク・セーター手

**キスム(ケニア)の美容室での調査結果
毛髪中の水銀濃度と健康状態(1998)**

年齢	性別	毛髪中の水銀濃度 (μg/g)	健康状態	よう化水銀使用量	居住国と職業
25	女性	900	頭え、胸の痛み、感覚障害	3年	タンザニア 洗濯
20	女性	43	浮腫、疲労	3年	タンザニア 洗濯
30	女性	1.1	肌いしめ	6ヶ月	キスム 主婦
25	女性	54	異常なし	6ヶ月	キスム 美容室
24	女性	1.60	皮膚炎、頭痛	1年	キスム 美容室
30	女性	600	肌いしめと白い斑点	1年	キスム 美容室
28	女性	320	異常なし	1年	キスム 美容室
26	女性	530	肌いしめと白い斑点、皮膚の痛み、頭痛、神経衰弱症、動悸、異常時音	3年	キスム 美容室
36	女性	2.6	肌いしめ、動悸	8年	キスム ウェイトレス
20	女性	38	動悸、肌いしめ	7ヶ月	キスム ウェイトレス
39	女性	6.4	めまい	1年	キスム ウェイトレス

**キスムの美容室と
日本、北欧に輸出されるナイルパーチ**



33

毛髪中水銀濃度のレベル



「ppm」は数値の単位で、百分の1をいいます。1 ppmは、毛髪1キログラムに1ミリグラム(μg)の水銀を含むことに相当します。
 「WHO勧告」とはWHOが健康性を考慮して定められた値です。これを超えると、健康被害が認められる場合があります。
 * WHO勧告が認められる濃度の平均値 (11 ppm) 参考値として、WHO勧告を考慮して算出された値 (WHO勧告 2005年)
 * 国立水銀検出センターの全国調査 (2000-2004年)

水銀に関する国際条約化の検討経過

- 2013年1月までにINC(政府間交渉会議)は計5回開催された
- 第1回 2010年6月ストックホルム
- 第2回 2011年1月幕張(千葉)
- 第3回 2011年10月ナイロビ(ケニア)
- 第4回 2012年6月ブタペスト(ハンガリー)
- 第5回 2013年1月ジュネーブ(スイス)
- 2013年2月 第27回UNEP管理理事会において、INCの交渉結果が了承された
- 2013年10月9日水俣、10、11日熊本で、「水銀に関する水俣条約外交会議」を開催し、締結された
- 未決定の内容についてのINCが、2014年11月3日からバンコクで開催される

35

水銀条約の主な内容

- ①新たな水銀鉱山の開発禁止
- ②塩素アルカリ工程での使用を期限内に廃止
- ③輸出入は締約国間の同意を条件に許可された用途以外は認めない
- ④9分野の水銀含有製品を期限内に廃止
- ⑤小規模金採掘に伴う水銀の使用、排出削減に努力
- ⑥大気・水・土壌への排出削減
- ⑦汚染サイトの特定と評価、リスク削減
- ⑧条約規制の推進と順守を管理する国際委員会(条約事務局と遵守委員会)の設置
- ⑨締約国は国内法を整備、国内実施計画を作成し、規制強化に努める

36

使用が禁止される水銀添加製品

- 電池
- スイッチ・リレー
- 電球型蛍光灯
- 蛍光灯
- 水銀灯
- せっけん・化粧品
- 殺虫剤・殺生物剤
- 血圧計
- 体温計(温度計)
- 期限(2020年)を決め、段階的に廃止、輸出入を禁止

37

水銀規制国際条約化に関する諸外国の対応

- **UNEP**: 2013年10月水銀に関する水俣条約締結
- 50か国以上の批准で、条約は発効する
- 未決の内容は5年後以降、COP(締約国会議)で議論
- **EU**: 08年9月水銀輸出禁止、余剰水銀の安全保管のEU規則制定、11年発効、岩塩層で保管
- **アメリカ**: 08年8月水銀輸出禁止法案(オバマ上院議員提案)の採択、09年2月国際条約化に同意
- 13年輸出禁止、10年陸軍による長期保管決定
- **日本**: 使用削減は進んだが、輸出禁止、永久保管は目的が立たないので、消極的だが、条約締結時のホスト国としての道義的責任がある
- **NGO**: 水俣病が解決していないことに抗議し、水銀条約と呼ぶ、3年以内の発効(50か国の批准)を呼びかけ

38

水銀条約の批准の現状 (2014. 10.10現在)

- **水銀条約に署名した国**: 128の国と地域
- 未署名の国、タイ、ミャンマー、ウクライナ、カザフスタン、キルギスタン、エジプト、コンゴなど
- **水銀条約を批准した国**: 6か国
- アメリカ合衆国、ジブチ、ガボン、モナコ、ウルグアイ、ガイアナ
- 50以上の国が批准してから、6か月後に発効するが、3年以内の発効は難しそう
- 参考: 京都議定書は1997年12月締結、2005年2月から発効

39

水銀条約発効に向けて

- 条約の発効条件は50か国以上が批准後、6か月後から発効
- 13年11月にアメリカが調印と批准を済ませ、批准第1号国となる一化学物質関連の国際条約では異例のこと
- 国際NGOは3年後以内の批准をめざしてキャンペーン
- 日本政府は次期通常国会(15年1月召集)での上程をめざして、中央環境審議会等で準備中である
- 批准するためには、条約の順守のために、関連する国内法の改正が必要
- たとえば、①貿易の制限のために法律を新設、②水銀の長期保管のために廃棄物処理法の改正、③水銀含有製品の製造禁止のための労働安全衛生法の改正など

40

批准に向けた国内法の整備

- 今年5月から国は中央環境審議会等で、国内法の整備に向けて準備を開始した
- 中央環境審議会に3つの小委員会を設置
- 環境保健部会 **水銀に関する水俣条約対応検討小委員会**(産業構造審議会との合同): 水銀規制全般、輸出制限
- 大気騒音部会 **水銀大気排出対策小委員会**: 大気への排出規制
- 循環型社会部会 **水銀廃棄物適正処理検討専門委員会**: 廃棄物対策、長期保管
- 昨年6月の中央環境審議会の体制見直しによる委員数減、臨時委員4割削減により市民参加が困難に

41

日本の課題①水銀含有製品の製造禁止で、さらなる工業的利用の削減

- 水俣病を引き起こした日本は、クロロアルカリ工程や塩化ビニール工業による水銀不使用は70年代から開始
- 電池、体温計などの水銀フリー化(水銀不使用)を世界に先駆けて実施し、水銀の使用量を削減してきた努力は評価できる
- そうした努力下、日本での国内需要は10トン以下となったが、今回の条約で、さらなる工業的利用の削減、水銀含有製品の製造禁止が必要となった

42

日本の課題④水銀回収努力の維持、長期保管の費用負担

- 水銀の長期保管を実施するために、誰が費用を負担するのか
- 現在、非鉄精錬や廃棄物などからの水銀を回収し、余剰水銀を輸出することで、回収努力の費用を賄っている現状から、長期間の保管費用をねん出することは、経済原理から難しい
- 事業者に管理費用を押しつければ、回収努力を放棄し、環境中への排出量が増大するという逆効果をもたらす可能性もある
- 事業者の水銀回収努力をどのように維持するのか、制度化が急がれる

49

家庭製品からの水銀回収体制の整備

- 将来的に、製造禁止される水銀含有製品の廃棄、回収が必要となる
- たとえば、蛍光灯の廃棄、回収に関しては自治体で対応が異なる。有害廃棄物、資源ごみとして回収、燃やせるごみとして回収など
- 体温計や血圧計を回収している自治体(京都市など)は少ない
- 民間の取組みとしては、東京都保険医協会が体温計の自主回収を行った
- 水銀含有量は、体温計に約1g、血圧計には約50g、蛍光灯には約10mg含まれている
- 環境へのリスクの観点では、血圧計1本の回収は蛍光灯5000本に相当するので、優先順位を決めて回収処理する必要あり

50

野村興産における蛍光灯と電池の回収



水銀廃棄物の処理方法(野村興産資料より)



52

日本の課題⑤水俣病被害者への補償、水俣病問題の解決

- 水俣病公式確認から50数年を経ても、水俣病の全ての被害者への補償、救済が終わっていない
- 汚染者負担の原則にのっとり補償すべきである
- また、水俣湾に埋め立てた水銀ヘドロを未来永劫封じ込めるには、現在の埋め立て工法では、水銀の再流出防止、汚染回避のために、これから20年以内に大規模な対策を講じる必要がある
- 旧八幡残渣プールなど水銀含有廃棄物の最終処分場の永久管理も課題である

53

チツソが排出した水銀の推定量は不明

- 環境への影響を評価するためには、前提条件として、チツソが排出した水銀量の推定が必要だが、実施者によるバラつきが大きい
- たとえば、熊本県が水俣湾の浚渫、埋立て費用の負担の計算に使ったチツソの水銀排出量は、81.574トン
- 藤木らでは、70~150トン
- 有馬らでは、450トン
- 汚染サイトの評価のためには、水銀排出量の推計は不可欠

54

日本の課題⑥水銀の健康リスクの低減

- 水銀の低濃度曝露による健康影響、特に胎児に対する影響は明らかになっている
- 魚食による健康リスクの低減をどのように進めるのかは、日本の課題である
- 日本の有害物質の摂取規制はEU党と比較して甘いーダイオキシン類、農薬、放射能など
- 摂取制限のためには選択肢は二つー①魚種を特定して、捕獲制限を実施するか、②水銀濃度の測定で、出荷制限を実施するか
- 残留放射能は測定器の普及で、漁港ごとにセシウム測定が行われているが、水銀も同様な測定を実施することは可能だが、そこまでのメリットがあると言えるかは不明

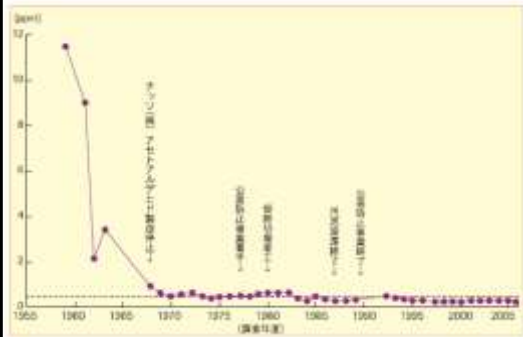
55

食品中の水銀摂取とリスク 胎児を保護する暫定的耐容量 (PTWI) 1.6μg/kg



56

水俣湾の魚介類の総水銀濃度は高い (水俣病の教訓2007)



57

日本の課題⑦汚染サイトの修復

- 環境保全事業として実施された水俣湾の埋立ては耐用年数50年を目処に設計されている
- 護岸の健全性は定期的に点検、検討する必要がある
- 埋立地内部の水銀の存在形態は確認されていない、硫化水銀として安定化している保証はない
- 水銀条約の趣旨にのっとれば、エコパークは汚染サイトとして、リスクを評価し、管理しなければならない
- 将来的には、土壌から水銀を回収し、健全な土地に戻すべきである
- そのため、大規模な工事が必要となるが、水俣湾に戻すかどうかは、意見をまとめる必要がある

58

百間排水溝から水俣湾に堆積したヘドロ



59

汚染サイトについて、水銀条約第12条で求めていること

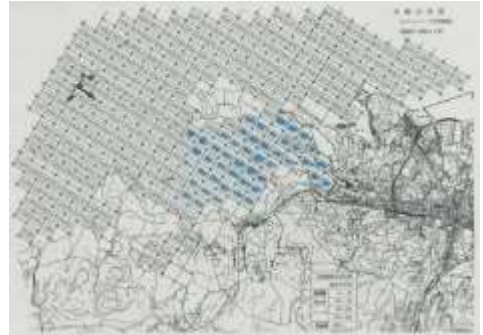
- 汚染された場所を特定し、評価し、優先順位を決定し、管理し、適当な場所では修復する
- そのための**戦略の策定及び活動の実施**
- 手引(ガイドライン)を、締約国会議で作成していく
- 締約国間の協力体制の構築、途上国への国際的支援

60

水俣湾汚泥処理計画の経過

- 1956年 水俣病の公式確認
- 1968年 国がチツソの廃水による公害と認定
- 1970年 公害国会、公害関連法整備
- 同年 県が熊大にヘドロ処理計画の検討を依頼
- 1972年 熊大が拡散防止工法が見つからず、有効な対策がないと報告
- 1973年 一次訴訟の勝訴判決
- 1974年 環境庁長官、運輸大臣、熊本県知事による汚染処理基本計画の合意
- 同年 計画委員会、技術検討委員会の設置 熊本県公害対策審議会で総水銀25ppm以上の浚渫決定
- 25ppmの根拠はあいまい、安全面からの再検討が必要

水銀で汚染された不知火海の底質 (水銀分布図1973年調査)



汚泥処理計画量と処理費用

	全体	埋立区域	浚渫区域
処理面積	約2,092,000㎡	約582,000㎡	約1,510,000㎡
汚泥量	約1,510,000㎡	約726,000㎡	約784,000㎡

	当初計画額	最終負担額
公害防止事業費	19,334,820千円	48,482,700千円
チツソ負担額	12,568,131千円	30,688,424千円

エコパーク(水銀ヘドロ浚渫埋立て地)の永久管理の必要性



水俣湾公害防止事業と港湾整備

- 1977(昭和52)年10月熊本県が事業主体となって水俣湾に堆積した高濃度の水銀を含む汚泥を処理する公害防止事業(水俣湾内の浚渫と埋立て地造成)を開始
- 1977年12月～1980年6月仮処分申請による中断
- 暫定基準値25ppmを超える底質の除去
- 1990(平成2)年3月 14年間の歳月と485億円をかけた土木工事が終了
- 同時期に県が事業主体となった丸島漁港公害防止事業と水俣市が事業主体となった丸島・百間水路公害防止事業が行われた
- エコパークの造成と公園化

水俣湾の汚染魚対策の経過

- 1956(昭和31)年11月熊本県が魚介類の摂食及び漁獲自粛の行政指導
- 1968(昭和43)年から水俣湾の水銀環境汚染調査
- 1974(昭和49)年1月水俣湾外へ汚染魚の流出を防止するために、23年間、仕切り網を設置
- 湾内に棲息する汚染魚(0.4ppm以上)の一斉捕獲と廃棄
- 1997(平成9)年10月魚介類の安全性を確認したとして、設置網撤去
- 2001(平成13)年3月以降環境調査(水質、底質、周辺地下水、魚類)を継続

仕切り網の設置(1977年10月) 環境省資料



67

水俣湾埋め立て工事開始



航空写真で見る埋立て前後の水俣湾

埋立て工事中

埋立て完成後



70



2007年11月撮影

水俣湾公害防止事業の今日的課題

- 水銀条約により、汚染サイトとして、埋立地中の水銀の存在形態等ボーリング調査を実施、リスク評価、対策を検討する必要がある
- 現在の埋立工法 鋼矢板セル式、鋼矢板式、重力式(場所打ちコンクリート)の耐用年数(寿命)は50~100年なので、近い将来安全性を評価、対策工が必要
- 地震による液状化、水銀の溶出の可能性など、災害時のリスク評価が必要
- 対策工事を定期的に行うのか、抜本的な処理対策(水銀の回収)を行うのか、いつ行うか
- 浚渫対象外の底質の水銀をそのまま放置してよいのか、魚類への影響などリスク評価し、底質環境基準の設定が必要

72

2014年10月17日熊日の記事



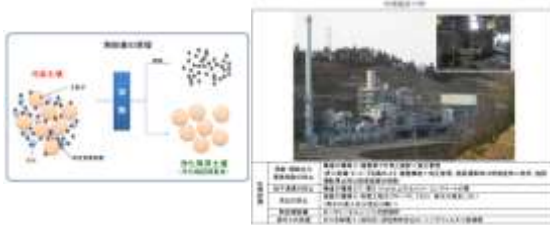
73

実現可能性のある私案(1)

- 水俣湾の埋立地内土壌、または、近傍海域の底質から水銀を回収し、水銀による環境リスク低減をめざす(既存技術で可能)
- 第1段階: 埋立地の土壌から水銀を分離し、清浄化する
- 第2段階: イトムカの野村興産で、金属水銀として回収、永久保管
- 第3段階: 清浄土の処理先の検討 そのまま残置、他所への移設による水俣湾の再生

74

土壌の加熱脱着処理 (水銀の場合600~650°Cで可能) (環境省ホームページより)

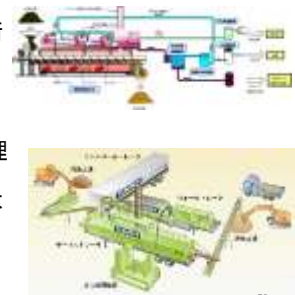


75

間接加熱法による水銀の分離工法

(図は鴻池組のホームページより)

- 土壌汚染対策として水銀の分離抽出技術はすでに確立している
- 土壌量が多いので、オンサイト(現場での)処理かオフサイト処理かは要検討
- 清浄土の利用方法は埋め戻すのか、否かは要検討



76

TPSによるダイオキシン汚染土壌の無害化処理



77

土壌の水洗浄処理の原理

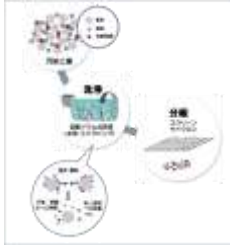
- 水中で土壌を粒径ごとに分級、洗浄することで、微細粒子成分に重金属等が高濃度になり、他の粒径成分は環境基準を満たすようになる
- 高濃度の微細粒径を分離して無害化処理を実施する
- 硫化水銀などの不溶性の水銀であれば、細粒子に捕捉できるはずなので、処理できる。

2012/08/23

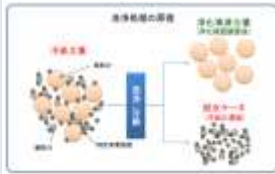
78

水洗浄処理の概念図

(DWAエコシステムのホームページより)



環境省ホームページより

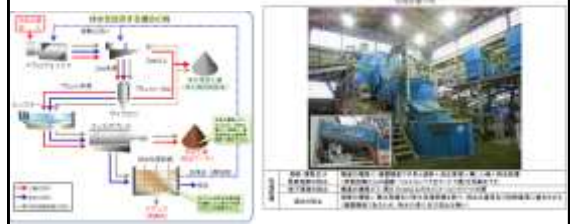


30/12/03/25

79

処理フローと処理設備の例

(環境省ホームページより)



80

実現可能性のある私案(2)

- 対策費用の見積もり
- (1)現地での水銀回収費用
 - 土壌水洗浄 150万トン×2万円=300億円
 - または間接加熱 150万トン×3万円=450億円
- (2)野村興産での水銀回収費用
 - 現地で水銀回収土壌を10%に濃縮したとして
 - 15万トン×10万円=150億円
- (3)その他 移送費、モニタリング費用、清浄土の処理費用、水俣湾回復費用など
- 合計750億円程度でできるのでは、誰が費用負担するのか
- 埋立地をどうするのか、議論を始める時期にきている

81

水銀条約に関する日本の課題

- 前提として:水俣病問題の解決を優先すべき
- 被害者全員の救済の実現とチツソ分社化による汚染者責任のあいまい化は許されない
- 国内問題として:さらなる水銀使用削減の政策化
 - 水銀の輸出禁止
 - 余剰水銀の国内永久保管の具体的検討
 - 輸出禁止による水銀回収の低下を防止し、長期保管できる仕組み作り
 - 汚染サイト(エコパーク、旧八幡残さプール等)の浄化、維持管理の継続
- 国際課題として:条約の実質化のために、途上国への経済的、技術的支援、小規模金探掘への対応が必要

82

関心のある方は、ご一読ください
(書店、水俣学研究センターで販売中)



83

2014年度 第13期 水俣学講義

第6回 11月6日

水俣病とともに語るときに私の語ること

下地 明友

熊本学園大学社会福祉学部 教授