

第 IX 章 外部レビュアーの意見書と筆者らの対応

本評価書の公開に先立ち、以下の7名の専門家に評価書原案（バージョン0.5：外部レビュー用）のレビューをお願いし、様々な意見をいただいた（五十音順，敬称省略）。

青島 恵子 萩野病院

小野 信一 （独）農業環境技術研究所 土壌環境研究領域 領域長

古屋 次夫 日本鉱業協会 鉛亜鉛需要開発センター 次長

小山 次朗 鹿児島大学水産学部 教授

杉田 稔 東邦大学医学部 教授

田中 嘉成 （独）国立環境研究所 環境リスク研究センター 生態リスク評価研究室 室長

渡邊 泉 東京農工大学大学院 共生科学技術研究院 助教授

各レビュアーには、評価書全文をお送りして意見をお願いしたが、必ずしも全範囲にわたってコメントをする必要はない旨を伝えてある。

なお、レビュー意見への回答は、第 I 章～第 V 章，第 VII 章，第 VIII 章に関連する部分は小野恭子
が，第 VI 章に関する部分は宮本健一が担当し，文責を持つ。

次ページ以降に示す各レビュアーの意見書中におけるページ数などは、評価書のバージョン
0.5（外部レビュー版）のものであり、本版（以降「公表版」と呼ぶ）のものではないことに注意さ
れたい。【対応】においては「外部レビュー版」「公表版」の区別を明記した。

1 青島恵子レビュアーの意見書と筆者らの対応

2

3 はじめに

4 レビューの機会をいただき、心より御礼を申し上げます。

5 本「詳細リスク評価書 カドミウム」全体の構成と内容を見まして、日本における初めてのカドミ
6 ウムに関する包括的なリスク評価書であると感じました。「第 I 章 序論」に記されているように、
7 本リスク評価書の目的として掲げられている、日本の平均的状況における Cd のヒトへのリスクの
8 程度を明らかにすることに果敢に取り組まれたことに対し、敬意を表したいと思います。

9 以下、「1. 字句上の問題」として気がついた点を最初に列挙し、次に「2. レビュー：第 IV 章
10 ヒト（の）健康に関する有害性評価」を記載します。

11

12 1. 字句上の問題

13 要約-10 ページ 29 行目：Cd 摂取量と尿中 Cd 濃度と関連づけは、 → Cd 摂取量と尿中 Cd 濃度
14 との関連づけは、

15 【対応】ご指摘のとおりです。なお、公表版では、「累積摂取量と尿中 Cd 濃度とを関連づけるため
16 の換算係数を求めた」と変更になっております。

17

18 I-7 ページ 5 行目：山県（1972）。 → 削除？

19 【対応】原典を確認し削除いたしました。

20

21 II-6 ページ 2 行目：公共用水域水質データファイル), → 公共用水域水質データファイル)。 _

22 【対応】修正いたしました。

23

24 II-17 ページ 13 行目：食品からの摂取量に0.6 μg/kg/day → 食品からの摂取量 0.6 μg/kg/day

25 【対応】ご指摘のとおりです。なお、公表版では、「豊田らによる報告値 0.6 μg/kg/day」と変更にな
26 っております。

27

28 II-32 ページ 3 行目：日本人の 1 日当たり魚類消費量は 7 g/day（1995 年）、貝類消費量は 5 g/day
29 （1995 年） → 両数値とも誤記ではないでしょうか？

30 【対応】魚類消費量については誤記でしたので修正いたしました。貝類についても確認し、5 g/day
31 であったので修正は行いませんでした。

32

33 IV-2 ページ 8 行目：WHO(2003)。 → WHO(2004)

34 【対応】修正いたしました。

35

- 1 IV-2 ページ 34 行目：胆嚢や脾臓から腸管へ → 胆嚢や膵臓から腸管へ
2 【対応】 修正いたしました。
3
- 4 IV-3 ページ 14, 15, 17 行目：腎臓 → 近位尿細管細胞
5 【対応】 修正いたしました。
6
- 7 IV-3 ページ 21 行目： α_1 -microglobulin → α_1 -microglobulin
8 【対応】 修正いたしました。
9
- 10 IV-3 ページ 31 行目：腎性糖尿病 → 腎性糖尿
11 【対応】 ご指摘のとおりです。なお、公表版では文章を見直し、この記述を削除いたしました。
12
- 13 IV-3 ページ 34 行目：後天性ファンコーニ症候群 → 後天性ファンコニー症候群
14 【対応】 ご指摘のとおりです。なお、公表版では単に「ファンコニー症候群」と記載しております。
15
- 16 IV-5 ページ 21 行目：胃腸への影響 → 消化管への影響
17 【対応】 修正いたしました。
18
- 19 IV-6 ページ 3. 既存の有害性評価の項全般：低分子タンパク → 低分子量タンパク
20 【対応】 修正いたしました。
21
- 22 IV-9 ページ 9 行目：健康影響の性質や → 健康影響の特徴や
23 【対応】 修正いたしました。
24
- 25 IV-11 ページ 16 行目：Cd の経口摂取と尿中排泄と関連づける → Cd の経口摂取と尿中排泄と
26 を関連づける
27 【対応】 修正いたしました。
28
- 29 IV-12 ページ 30 行目：大きい MOE 値は、 → 大きい MOS 値は、
30 【対応】 修正いたしました。
31
- 32 IV-21 ページ 8 行目：作業環境と → 労働環境と
33 【対応】 修正いたしました。
34
- 35 IV-35 ページ 18 行目：(本章第 2 節参照)，さらに、 → (本章第 2 節参照)。 さらに、

1 【対応】 ご指摘のとおりです。なお、公表版ではこの文章は削除するものとなりました。

2

3 IV-36 ページ 16 行目：排泄測定速度定数 → 排泄速度定数

4 【対応】 修正いたしました。

5

6 IV-37 ページ 13 行目：式 4) により → 式 7) により

7 【対応】 ご指摘のとおり、外部レビュー版では“式 7) または式 8)” とすべきでした。なお、公表
8 版における当該の式は式 (IV.7) です。

9

10 IV-42 ページ 25 行目：参照値は尿細管障害 → 参照値は、尿細管障害

11 【対応】 申し訳ありませんが、公表版ではこの文章は削除するものとなりました。

12

13 IV-46 ページ 3 行目：Kido T, Honda R, → 削除

14 【対応】 修正いたしました。

15

16 2. レビュー：「第 IV 章 ヒト (の) 健康に対する有害性評価」に関して

17 2. 有害性の概要では、既存の有害性評価／リスク評価の記述に基づき概要を記載したとのこと
18 ですが、以下に意見を記載します。

19

20 IV-3 ページ, 30～31 行目：

21 「また、Cd 暴露によって末期腎不全が増加する報告もあるが、これは Cd 暴露によって糸球体腎
22 炎や腎性糖尿病が悪化するということに関連しているようであり、初期の尿細管障害と関連してい
23 るものとは言えない」という要約は検討を要します。また、「Cd 暴露によって糸球体腎炎や腎性糖
24 尿病が悪化する」という記述そのものが誤っているように思います。

25 多発性近位尿細管機能異常症（いわゆるファンコニー症候群）では、原因の如何にかかわらず、
26 腎機能が徐々に低下し、末期には腎不全を呈することが知られています。Cd 暴露による多発性近位
27 尿細管機能異常症においても、富山県神通川流域カドミウム汚染地域住民中の尿細管障害例やイタ
28 イタイ病患者の長期経過観察より、腎機能が徐々に低下し慢性腎不全への進展がみられています。

29 【対応】 ご指摘ありがとうございます。当該部分は、Moreau (2003) よりまとめたものですが、一
30 部、誤訳に基づく記述の誤りがありました。頂いたコメントの内容も併せて考慮した上で、
31 下記のように修正いたしました。「また、Cd 暴露によって末期腎不全が増加する報告もあ
32 るが、Cd 暴露が直接的な原因とは考えられていない。これについては、むしろ Cd 暴露に
33 より非特異的な腎疾患の既往症の進行が加速されるためとする見解がある。」

34

35 IV-4 ページ, 12～16 行目：

1 Cd 暴露により骨軟化症が生じる機序として、1,25-dihydroxy-vitamin D₃の代謝障害による、カル
2 シウム代謝異常による骨石灰化阻害のみが挙げられています。しかし、多発性近位尿細管機能異常
3 症（いわゆるファンコニー症候群）による骨軟化症の機序としては、一般的には尿細管におけるリン
4 再吸収低下に伴う低リン酸血症が主要な機序であり、イタイイタイ病においても低リン酸血症は、
5 初期の臨床報告から指摘されている病態です。

6 【対応】ありがとうございます。外部レビュー版での記述は、参考にした既往の評価文書において、
7 ビタミンD代謝の寄与に関する記述が中心であったため、それを反映した形でまとめまし
8 た。しかし、低レベルのCd暴露による骨への影響の機序については得られている知見が
9 必ずしも確定的でないことをふまえ、ご指摘の内容を反映した記述に改めることが適切と
10 考えました。具体的には、第IV章4.2項の第2段落の記述を次のようにしました。「Cd暴
11 露により骨軟化症が生じる機序としては、Cd暴露による腎障害の二次的な影響として生じ
12 るとする考え方が有力である。腎障害は、カルシウムやリンの消失、また、ビタミンDの
13 代謝の変化をもたらす、これらが重篤になれば骨軟化症に至る。ここでビタミンDの代謝
14 とは、尿細管細胞での25-hydroxy-vitamin D₃から1,25-dihydroxy-vitamin D₃への変換のこ
15 とである。1,25-dihydroxy-vitamin D₃は、活性型のビタミンであり、腸でのカルシウム吸収
16 や骨の石灰化に関与している。」

18 3. 既存の有害性評価

19 「主要な国際機関や主要国の有害性評価／リスク評価のレポートについて、摂取許容量の設定の
20 考え方を」簡潔に整理し、また適切な注釈が加えられており、歴史的な経過も知ることができ、理
21 解しやすく有益な項となっています。

22 【対応】ありがとうございます。

24 IV-12 ページ、14 行目：

25 【 】中の注釈「クレアチニンの尿中濃度が年齢と相関しているため」は、「クレアチニンの尿中
26 排泄量は筋肉量と相関しているため」に要改訂。

27 【対応】ご指摘に従い、記述を修正いたしました。

29 4. リスク判定に用いる参照値

30 本項全体において用いられている「許容摂取量」は、「耐容摂取量」に要改訂。

31 【対応】ご指摘に従い、修正いたしました。

33 日本各地の住民を対象とした多くの疫学研究のメタ解析を行い、尿中Cdの参照値を算出した、
34 初めての検討と思います。方法も妥当であり、極めて説得性に富むものです。ただし、表IV-5の
35 許容できる尿中Cd濃度が年齢とともに値が小さくなったことは、実態とは異なっています。つま

1 り実際には、加齢に伴い尿中 Cd の上昇が起こり、とくに高齢層において異常な高値を示すことが
2 ありますが、これは単にクレアチニン補正による影響のみならず、腎臓の萎縮に伴い蓄積されてい
3 た Cd が排泄されることによると考えられます。

4 本参照値は、今後も実施されるであろう、また実施すべきである疫学研究の諸成績を加えて、さ
5 らに精度の高いものにしていくことが期待されます。

6 【対応】加齢の影響は、Cd 暴露による影響の用量反応関係を考える上で、非常に重要なファクター
7 であると考えています。本評価書で実施したメタ解析において、年齢別に解析を行なった
8 理由はそこにあります。

9 高齢層での尿中 Cd 濃度は、ご指摘のような理由により、若年層から中年層での値と比べ
10 て、Cd 暴露の指標としての意味合いが異なると考えております。本評価書では、許容でき
11 る尿中 Cd 濃度の算出のみならず、修正累積摂取量の算出においても、集団を年齢別（10
12 歳階級）別に扱うことによって、この問題を回避いたしました。つまり、用量反応関係も
13 暴露レベル（尿中 Cd 濃度）も、各年齢で観察されたものをベースとしているため、それ
14 らを用いて推定されるリスクの大きさは、加齢による尿中 Cd 濃度の意味合いの違いによ
15 るバイアスを受けるものではありません。

16 逆にいえば、加齢の影響自体は検討されておらず、公表版表 IV.4 や表 IV.5 で、閾値の幾何
17 平均値や許容できる尿中 Cd 濃度が、年齢とともに低下する結果にはなっているものの、
18 それはあくまで見かけ上にすぎないこととなります。上記のように尿中 Cd 濃度の意味合
19 いが年齢層により異なっていることから、これらの値は年齢間で比較可能ではないと認識
20 しています。

21 以上の議論をふまえ、外部レビュー版の IV-25 ページ L5 の「 $(\bar{C}_T \times \bar{\alpha})$ が年齢につれて小
22 さくなることが、加齢に伴う感受性の上昇を表している」という記述は不適切であり、
23 「 $(\bar{C}_T \times \bar{\alpha})$ は年齢につれて小さくなると推定され、尿中 Cd 濃度を暴露の指標とした時、
24 見かけ上加齢により感受性が上昇する結果となった。」と修正しました。

25 参照値の精度向上については、今後の疫学研究もさることながら、過去に行われた調査に
26 ついて年齢別の形で報告されてないケースについて、生データを掘り起こすなどして解析
27 に加えるということも重要と考えられます。

28 29 5. Cd1 日摂取量と尿中 Cd 濃度との関係

30 Cd1 日摂取量と尿中 Cd 濃度とを関連づけるのに、修正累積摂取量という概念を用いて、換算係
31 数を求めているが、計算の対象とした表 IV-13 において、修正累積摂取量を求める方法が同一であ
32 ることは適切でしょうか？ 表 IV-13 の個々の研究においては、尿中 Cd 濃度の相違は、地域毎に
33 摂取量が異なることの反映であると論じていたように思います。

34 【対応】ご指摘の点は、地域ごとに摂取量が違うはずなのに、計算の過程（式（IV.7））において、
35 共通の摂取量（公表版表 IV.12）を用いることが適切だろうか？ということと受け止め、以

1 下に回答します。
2 ご指摘のとおり、本来であれば、調査集団ごとの暴露レベルの履歴を用いて換算係数 f を
3 推定すべきです。しかしながら、次のような理由で、本評価書で行なったような解析とし
4 ました；(1)調査集団ごとの暴露レベルの履歴に関するデータが得られなかったこと、(2)
5 対象集団は非汚染地域かつ非喫煙者の集団であり、日本全体の平均的な摂取量との乖離は
6 あまり大きくないだろうと考えられること、(3)換算係数 f の算出に際しては、摂取量と
7 して日本全体の平均値（表 IV.12）を、尿中 Cd 濃度として各集団の値を用いているため、
8 それぞれの集団に対して計算される f は過大または過小になりうるが、その f を平均する
9 ことにより、日本全体としての平均的な値に近づくと期待されること。ただし、特に3)
10 の理由が一定程度の妥当性を持つのは調査集団の数が多い女性の解析に限られると認識し
11 ております（第 IV 章 5.2 項）。
12

1 小野信一レビュアーの意見書と筆者らの対応

3 要約

4 a) 要約-6 ページ, 8 行

5 の原因は→その原因は

6 **【対応】** “この原因は” と修正いたしました。

8 b) 要約-6 ページ, 14~15 行

9 将来的には Ni-Cd 電池回収率は上昇してゆくものと予想される。

10 [コメント] この根拠が明確ではない。それと、一般家庭に現在「退蔵」として隠れている電池
11 の回収にはまったく目処が立っていない。日本では回収システムが機能していないので、その点も明記
12 する必要がある（別添資料のように EU は整備されつつある）。（筆者注：小野レビュアーより資料

13 を添付していただきました資料は、<http://unit.aist.go.jp/crm/mainmenu/1-17.html> よりダウンロード可）

14 **【対応】** ご指摘ありがとうございます。まず、再計算の結果、回収拠点数の増加に対して回収量の
15 伸びが見られていないことから、外部レビュー版にありました「将来的には Ni-Cd 電池回
16 収率は上昇してゆくものと予想される。」という記述が不適切であると判断し、削除いたし
17 ました。また、ご指摘をふまえて、回収拠点数は増加しているものの、回収率は上昇して
18 いないことを記述いたしました。本評価書で定義いたしました回収率の計算方法ですと
19 2005 年においても 10%程度（公表版第 II 章 5.2.4 項、図 II.14 および表 II.22 より計算）で
20 あり、回収システムが十分には機能していないと筆者らも考えております。

21 「退蔵」については以下でもご指摘いただいておりますので、そちらで併せて回答いたし
22 ます。

24 c) 要約-20 ページ, 18~19 行

25 費用と……効率が悪いといえる。

26 [コメント] Ni-Cd 電池の不法投棄と今後の環境汚染、暴露リスクについては、もっと慎重に評
27 価する必要がある。今後の Cd 汚染の危険性に対して、国民に誤解を与えてしまう恐れがある。

28 **【対応】** Ni-Cd 電池の不法投棄に伴う環境汚染を考慮する場合、着目する範囲によって結果が異な
29 ってくると考えられます。ここでは①着目する範囲が局所的な場合（具体的な広さは特に
30 限定しませんが、不法投棄の影響が問題にされる範囲というイメージです）と、②日本全
31 体に着目する場合、とに区分して回答します。

32 まず、①の局所的な汚染が生じる場合についてですが、Cd の負荷（排出量）は小さくても
33 狭い範囲ですから濃度としては高くなる場合があり、ご指摘の通り、影響が出る場合もあ
34 ると考えます。これらの地域においては個別の評価や対策が必要であり、本評価書では推
35 定の対象外としています。

次に、②日本全体に着目する場合がありますが、ここでは、Ni-Cd 電池を含む電気製品の不法投棄量は少ない（主要な流れではない）と推察されましたので、不法投棄が平均的に環境中濃度を顕著に上昇させる要因ではないと判断しました。このことは「①の局所的な汚染」は日本全体ではどの程度の頻度で起こりうるのか、ということ判断する材料にもなりません。以上をまとめ、Ni-Cd 電池を含む電気製品の不法投棄量は少ないこと、およびこのように推察した理由を含め、公表版第 II 章 5.3.2 項を以下のように加筆修正しました。

「なお、いわゆる不法投棄された Cd を含む工業製品からの Cd 溶出については、個々の地域で見ると影響が無視できない地域が存在する可能性があるものの、日本全体としてはその量は少ないと判断した。この理由は、Ni-Cd 電池を含む電気製品の不法投棄量そのものが少ないと推察できることによる。このように推察した根拠としてはまず、5.2 項で見たように「回収されない Cd（退蔵分も含む）は主として一般廃棄物の処理経路において焼却、埋立されている」と仮定した場合に、「焼却される一般廃棄物には Cd が 200 t 程度含まれる（1999 年の値）」という現状をよく説明できることである。また不法投棄の台数は家電 4 品目（エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機）とパソコンについて把握されている（環境省 HP 2005c）。家電 4 品目については不法投棄の台数が無視できないと考えられるものの、それらに充電式電池（Ni-Cd 電池）はほとんど使用されていないためである。一方、ノートパソコンについては不法投棄台数が千台以下（2004 年度、環境省 2005c）とそもそも少なく、さらに 1990 年代前半までこの用途に主流であった Ni-Cd 電池は現在ほぼ代替されており、不法投棄されているものにおける割合は高くないと考えられるためである。」

なお、不法投棄に関しては公表版第 II 章 5.3.2 項に次の記述を加えました。

「ちなみに、不法投棄された Cd を含む工業製品等の影響を評価するにあたっては当該地域における地形、地質などの固有の情報が必要であり、本評価書では推定の対象外とした。」

I. 序論

とくになし

II. 環境中濃度と暴露レベル

とくになし

III. Cd の発生源と排出量

1) III-2 ページ

〔コメント〕表 III-2 について、1999 年のみが示されているのはなぜか？ 日本が最も多くの Cd を使用したのは 1995 年で、生産量 2,693 t、輸入量 6,006 t で、合計 8,699 t である（世界の 43%）。少なくとも、1988 年から 2000 年くらいまでの使用量数値を表に示すべきである。

1 【対応】 外部レビュー版表 III-2 は計算例として示したのですが、最終的に本文中に記述する方
2 が適切と考え、公表版からは削除しました。ご指摘をふまえて経年変化を示すグラフを用
3 いた議論とするよう、記述を修正いたしました。

4 5 2) III-45 ページ

6 [コメント] Cd を含む産業廃棄物についての記述があるが、推測が多くて、実態の把握がなされ
7 てない。リサイクル業者がどれくらいの量の Cd を回収してその Cd を何にリサイクルしているのか、
8 もっと正確に調べる必要がある。一般家庭に「退蔵」として隠れている電池については、回収シス
9 テムができているとは考えられない。

10 【対応】 ご指摘は、①Cd を含む産業廃棄物の処理ルートが把握されていないことに対するものと、
11 ②一般家庭に「退蔵」されている電池に対するものの2点ですが、両者を分けて回答いた
12 します。

13 まず、①に関して回答いたします。本項（公表版第 II 章 4.1 項）の目的は、産業廃棄物の
14 処理ルートを明らかにすることではなく、産業廃棄物処理業による Cd の環境中排出量の
15 把握ですので、ここで産業廃棄物処理業による PRTR 届出排出量を整理しております。ご
16 指摘の通り、産業廃棄物処理業がどれくらいの量の Cd を回収してその Cd を何にリサイク
17 ルしているのかについては正確には把握できておりませんが、Cd の回収は「リサイクル業
18 者」のみならず非鉄金属製造業も関与しておりますので、Cd 回収量やリサイクル後の用途
19 が本項で把握できるとは考えておりません。ちなみに、最終的な Cd の回収量およびリサ
20 イクル量は公表版第 II 章 図 II.27 に、非鉄金属製造業その他の業種からの流れも合算した
21 形で示されております。

22 次に②に関して回答いたします。一般家庭に「退蔵」として隠れている電池については、
23 回収システムができていないかどうかは、現時点では情報がないため判断できません。と
24 はいうものの、退蔵されていなかったとしても Ni-Cd 電池の回収率は 10%と低いため、退
25 蔵されているか退蔵されていないかで処理経路を区別しなくとも大きな誤差はもたらさな
26 いと考えました。したがって、「退蔵」された Ni-Cd 電池も「退蔵」されなかったものと
27 同様、電池処理フローモデル（公表版図 II.18）に従うと仮定しました。ちなみに、外部レ
28 ビュー版では退蔵による排出の遅れを考慮しておりませんでしたので、公表版においては
29 修正しました（公表版表 II.21）。外部レビュー版では Ni-Cd 電池は平均 8 年で廃棄される
30 と仮定しておりましたが、公表版においては 8 年で廃棄されるものが 50%、残り 50%はさ
31 らに 10 年程度家庭などにおいて退蔵されたあと廃棄される、という設定にいたしました。

32 33 3) III-50 ページ

34 [コメント] 表 III-18 について、1999 年のみが示されているのはなぜか？ （社）電池工業会の
35 資料によると、Ni-Cd 電池の生産量が最も多かったのは、1994 年と 1995 年の約 9 億個/年である。

1 これらの年を加えた前後 10 年くらいのデータ揭示が必要である。

2 **【対応】** 本表は計算方法の例として示したものです。最終的に本文中で記述する方が適切と考え、
3 公表版からは削除しました。ご指摘をふまえて経年変化を示すグラフを用いた議論とする
4 よう、記述を修正いたしました。

6 4) III-52～53 ページ

7 [コメント] かつての Ni-Cd 電池の製造量からみて、「退蔵分」や「退蔵率」はかなり高いと思
8 われる。また最近、一般市民の不法投棄が急増し（例えば、NHK テレビ 3 月 20 日『ご近所の底力
9 「なくせ不法投棄」』）、あらゆるゴミを耕作放棄地や里山に捨てている（別添のつくば市内写真(略)）
10 ので、Ni-Cd 電池もかなり捨てられている可能性がある。これらが将来大きな Cd 汚染源になると
11 考えられる。したがって、III-52 ページの 25～33 行の記述、および III-53 ページの表 III-19 など
12 においては、この点についてのリスク予測や評価が必要である。

13 **【対応】** ご指摘ありがとうございます。ご指摘は以下の 3 点かと思えます。

14 まず 1 点目の「退蔵分」や「退蔵率」はかなり高いと思われる。」というコメントには同
15 意いたします。

16 次に、「Ni-Cd 電池もかなり捨てられている可能性がある。」というコメントに関しまして
17 は、コメント要約 c) への回答に記しましたが、Ni-Cd 電池を含む電気製品の不法投棄量
18 は少ない（日本全体としてみれば主要な流れではない）ことが推定されておりますので、
19 特に対応はいたしておりません。

20 最後に、「これらが将来大きな Cd 汚染源になる」可能性、および「この点についてのリス
21 ク予測や評価が必要である。」というコメントに関して回答します。まず、コメント要約 c)
22 への回答に記しましたとおり、不法投棄された Cd に由来する環境への影響は、個々の地
23 域で見ると無視できない地域が存在する可能性があるものの、日本全体としては少ないと
24 判断しました。したがって、不法投棄などの影響が懸念される地域に該当する場合は、
25 個別に評価する必要があると考えます。ただし、このような事例は本評価書の取り扱いの
26 範囲を超えているため、取り上げておりません。

28 5) III-57～58 ページ

29 [コメント] Ni-Cd 電池の回収率やリサイクルについては、上記 3) と同じである。図 III-17 の
30 中の「拠点回収」は、その実態があるのか。あれば、もっと具体的な記述が必要である。

31 **【対応】** 公表版表 II.18 に回収拠点数も併せて示すよう修正しました。また、「回収拠点数の伸びに
32 対して Ni-Cd 電池回収量の伸びは大きくない。」と記述を追加いたしました。

34 6) III-67 ページ, 32～35 行

35 [コメント] 家電 4 品目もあるが、最近では雑誌、衣類、その他の生活用品などありとあらゆる

物が一般市民により不法投棄されている。したがって、**退蔵 Ni-Cd 電池**や**電気かみそり (Ni-Cd 電池が多く使われた)**などが不法投棄されていないという証拠はない。むしろかなり捨てられているとみる方が妥当であろう。

【対応】「退蔵 Ni-Cd 電池や電気かみそり (Ni-Cd 電池が多く使われた) などが不法投棄されていないという証拠はない」ことには同意いたします。「かなり捨てられている」というコメントにつきましては、コメント要約 c) への回答に記しましたが、「回収されない Cd (退蔵分も含む) は主として一般廃棄物の処理経路において焼却、埋立されている」と仮定すると、「焼却される一般廃棄物には Cd が 200 t 程度含まれる (1999 年の値)」という現状をよく説明できること、などを根拠として、Ni-Cd 電池を含む電気製品の不法投棄量は少ない (日本全体としてみれば主要な流れではない) と考え、対応は行っておりません。

IV. ヒト健康に関する有害性評価

とくになし

V. ヒト健康に関するリスク判定

とくになし

VI. 生態リスク評価

とくになし

VII. リスク削減対策

1) VII-2 ページ, 17~23 行および VII-7 ページ, 16~19 行

〔コメント〕Ni-Cd 電池のリスク評価が小さすぎる。もっと実態を調査した上で、将来のリスク予測と評価を記述し、市民の不法投棄防止を啓発する必要がある。

【対応】公表版第 VII 章 (リスク削減対策) では、全国一律の対策を行った場合の費用と効果の見積もりを行っております。Ni-Cd 電池に関する全国一律の対策としては回収率の向上であり、効果としてはそれに伴う Ni-Cd 電池の焼却量削減による大気中濃度の低減と仮定しました。不法投棄などによる影響 (土壌汚染など) は全国一律の対策というわけにはまいりませんので、本評価書では解析の対象外としています。したがって、ご指摘の点をふまえた修正は行っておりません。

「市民の不法投棄防止を啓発する必要がある。」というコメントに関しては、不法投棄は当該地区の住民や自然環境などにとっては悪影響が無視できない場合があるため厳しく規制すべき行為ということは認識しております。本評価書においては Cd に関する限り不法投棄の量が日本全体としてみれば多くはないと判断し、個別の事例は取り上げず、また、不法投棄防止の啓発なども別の場で議論すべきと考え、本文の修正は行っておりません。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

2) VII-18~21 ページ

〔コメント〕Cd 吸収抑制技術については、最近かなり研究が進んできたので、関連の資料を別便で郵送する。参考にされたい。

【対応】ありがとうございます。公表版第 VII 章 2.2.3 項に「化学資材（酸化第二鉄）による汚染土壌の浄化（高野&牧野 2006）、電気泳動技術を用いた汚染土壌の浄化（川地 2006）、などが研究開発段階である。」と記述を追加いたしました。

VIII. まとめと結論

とくになし

1 古屋次夫レビューアーの意見書と筆者らの対応

2

3 カドミウムのリスク評価書全文を拝見しました。発生源から環境中濃度、暴露レベルと全貌をま
4 とめられており、そのご努力に感服します。その上でヒト健康、生態リスクに関しても今後の対策
5 に関して適切な結論を出されていると思います。第 III 章（筆者注：外部レビュー版。公表版では
6 第 II 章）が専門分野に近いので、レビューはこれが中心となりました。

7

8 要約-1, 26行目 “Cdの暴露レベルから一般の生活の中で現状の暴露レベルのCdを摂取すると,”
9 の文の最初の“Cdの暴露レベル”の部分は若干不明で、続く“現状の暴露レベルのCd”と重複し
10 ていると考える。最初のこの部分を削除しても意味は通じるのではないかと。

11 【対応】ご指摘をふまえて、文章の見直しを行いました。

12

13 要約-6, 8行目 の原因は→その原因は

14 【対応】“この原因は”と修正いたしました。

15

16 要約-6, 19行目 生産金額に対するの輸出→生産金額に対する輸出

17 【対応】修正いたしました。

18

19 要約-19, 1行目 非鉄金属製造業（非鉄金属精錬所を含む）、と5行目 非鉄金属製造業（非鉄金
20 属精錬所）の2箇所について非鉄金属精錬所の文字は削除した方が良く思う。III-8~10の表に含
21 まれる非鉄金属製造業を指していると思われるがここでは製錬所および精錬所それぞれの会社が含
22 まれているためである。“同様にVI-86, 10行目の非鉄金属製造業（非鉄金属精錬所）”の括弧内の
23 表現も不明瞭と思われる。

24 【対応】ご指摘のとおり、括弧内を削除いたしました。

25

26 I-3, 6行目 “亜鉛冶金の副産物として得られる。亜鉛より低沸点であることを利用して亜鉛と分
27 離するか、亜鉛電解によって生ずるCdを含んだ沈殿物を原料として再び電解によりCdを取り出す。
28 普通、工業的に得られるものは純度99.98%（長倉ら1998）である。”この箇所は長倉らの引用から
29 と思われるが、Cd製錬法としては、次のような表現が良いと思う。“Zn製錬の副産物として得られ
30 る。ZnとCdの蒸気圧の差により、Cdを煙灰中に濃縮したものを原料とするか、湿式製錬の浄液工
31 程で生ずるCdを含んだ沈殿物を原料として乾式法あるいは湿式法によってCdを取り出す。普通、
32 工業的に得られるものは純度99.98%である。”

33 【対応】ご指摘ありがとうございます。この記述は第I章には詳細すぎると判断いたしましたので、

34 公表版では削除し、第II章3.2項にてやや詳しく記述するものとしました。

35

1 米，精米，玄米の表現が，評価書全体に混在している．次は一例であるが，どれかを主体的に記
2 載したほうが分かりやすいのではないかと思う．

3 II-41, 15行目 米中濃度について，玄米での濃度として報告されている場合には，玄米での1.0 mg/kg
4 が，精米での0.9 mg/kgに相当する（長谷川ら1996）として，精米中濃度に換算した．

5 V-11, 13行目 Cd濃度が0.4 mg/kgである米（精米）を食べ続けると，

6 VIII-1, 16行目 0.26 mg/kg以上のCd濃度である精米（玄米中濃度では0.29 mg/kg以上）

7 【対応】ありがとうございます．米中Cd濃度の報告値（外部レビュー版第II章：環境中濃度と暴
8 露レベル）に関しては，単位表記は原典のままでも混乱が少ないと判断し，そのままとし
9 ました．第V章に関してはご指摘のとおり精米中濃度を主体とした書き方に統一しました．

10

11 III-2 注 「鉛とカドミウムの存在比が，」→「亜鉛とカドミウムの存在比が，」

12 【対応】ご指摘のとおり修正いたしました．

13

14 III-4, 23～28行目 “たとえば，……乾式製錬を続けて行うなど）こともある．”の箇所で，コー
15 クスは一般的には還元剤であるが，焙焼は酸化反応であり，この場合コークスは熱源としての利用
16 である．また（水）溶液という記述も紛らわしい．次のような表現が良いのではないかと思う．

17 “たとえば，硫化物の形態で存在している金属の場合は，製錬最初の工程である焙焼で硫化物金属
18 に空気を加えて高温で燃焼させ，酸化物の形に変化させる．又，取り出した金属によって，乾式製
19 錬では焙焼，焼結（焼き固める焙焼を同時に行う）後，溶鉱炉あるいは蒸留炉により製錬すること
20 もある．湿式製錬は精鉱を焙焼後，不純物を含む金属を酸浸出により酸溶液に溶解して電気分解に
21 より製錬する工程である．通常は乾式製錬と湿式製錬を組み合わせで行う．”

22 【対応】ありがとうございます．ご指摘を受けまして公表版第II章3.2項において「たとえば，硫
23 化物の形態で存在している金属の場合は，製錬最初の工程である焙焼で硫化物に空気を加
24 えて高温で燃焼させ，酸化物の形に変化させる．また，取り出したい金属によって，乾式
25 製錬では焙焼，焼結（焼き固める焙焼を同時に行う）後，溶鉱炉あるいは蒸留炉により製
26 錬することもある．湿式製錬は精鉱を焙焼後，不純物を含む金属を酸浸出により酸溶液に
27 溶解して電気分解により製錬する工程である．通常は乾式製錬と湿式製錬を組み合わせ
28 行う．」と記述を修正いたしました．

29

30 III-4, 31行目 “平板”は“塊”のほうが適切ではないか．

31 【対応】修正いたしました．

32

33 III-4, 33行目 “図III-2に，一般的な亜鉛の一次製錬プロセスを示す．”の表現について，現在国
34 内では図III-2中の乾式製錬の部分は行われていない．Znの乾式製錬はISP（溶鉱炉製錬法）が主
35 体のプロセスとなっており，概要は次のとおりである（筆者注：古屋レビュアーよりプロセスのフ

1 ロー図を示していただきましたが、編集の都合上省略いたしました).

2 【対応】ご指摘をふまえて、現在、亜鉛の乾式製錬は ISP 主体で行われていると記述を修正し、
3 ご示唆いただきました図に修正いたしました (公表版図 II.2). なお、本評価では過去にお
4 ける製錬過程からの排出も考察の対象としているため、現在用いられていない工程につい
5 ても言及する必要があると考え、本文中には古典的な亜鉛の乾式製錬方法に関する記述、
6 および図を補足しました (公表版第 II 章 3.4.1 項, 図 II.6).

7
8 III-5, 1 行目 “様々な金属が気化して大気中に放出される可能性があるが,” および 同 14 行目 “☆
9 印は Cd の大気への排出減となりうる工程.” とあるが、この 2 箇所の表現は不適切に思える. 現実
10 には次のような工程が続くためである. たとえば焙焼炉の排ガスは硫酸製造工程に導かれる. その
11 中でボイラー、電気集塵機、硫酸への転化器・吸収塔、脱硫装置等の設備で Cd を初めとする煙灰、
12 ミストは冷却、捕集される.

13 【対応】ご指摘ありがとうございます. 上記と同様、US EPA (1994) は古典的なプロセスの場合に
14 ついて述べられておりますので、図を ISP のものに修正いたしました (公表版図 II.2). 古
15 典的なプロセスにおける排出の可能性については本文中に記述しました (公表版第 II 章
16 3.4.1 項, 図 II.5).

17
18 III-17, 25 行目 稼業→稼働

19 【対応】修正いたしました.

20
21 III-18, 5 行目 「図中では「抗水」と記述」→「図中では「坑水」と記述」

22 【対応】ご指摘のとおりです. なお、公表版では用語の見直しを行い、“坑排水”といたしました.

23
24 III-21, 12 行目 暴露する考えられるが → 暴露すると考えられるが

25 【対応】修正いたしました.

26
27 III-33, 17 行目 精留法→蒸留法

28 【対応】ご指摘のとおり、「蒸留法」が正確な記述です. なお、公表版では当該の文章は削除するも
29 のとしました.

30
31 III-88, 2 行目 “加鉛された” は回収されたの意味か.

32 【対応】原典は “leaded steels” であり、「鉛快削鋼」と訳を修正いたしました. なお、この記述は
33 公表版では第 II 章 3.4.1 項に移動いたしました.

34
35 また第 III 章の中で、非鉄金属製錬に伴う Cd 廃棄量の推計方法では Zn 精鉱、Zn メッキ中の Cd の

1 次の箇所の記述に不備な点があると思われる。

2 【対応】 ご指摘のとおり、推計方法の記述が不適切な箇所がありました。いただきました個別のご
3 指摘事項をふまえて記述を修正いたしました。

4

5 III-20, 24 行目～ “なお、1990 年代初めごろまで、亜鉛の乾式製錬を経て得られた亜鉛（蒸留亜
6 鉛といわれる）を不純物としての Cd を除去しないままメッキに用いられることがあり、” の箇所は
7 現在でも蒸留 Zn はメッキに使用されているので不適切と思う。

8 【対応】 ヒアリングにより、Cd を除去していない蒸留亜鉛メッキは、現在では 1990 年以前より減
9 少したことを確認しております。しかしながら、レビュアーのご指摘どおり蒸留亜鉛その
10 ものは現在も行われておりますので、「なお、1990 年代初めより、環境への配慮から蒸留
11 亜鉛めっき中の Cd を低減化する動きもある（島田 2004）。」と両論併記する形で記述を修
12 正いたしました。

13

14 III-25, 1 行目

15 $[Cd \text{ 廃棄量}] = [Zn \text{ 生産量}] \times [精鉱中 Cd/Zn \text{ 比}] - [Cd \text{ 生産量}]$ (IX.1)

16 は簡略しすぎると思われる。

17 III-24, 22 行目 “Zn 地金や Zn メッキ液中に不純物として含まれる Cd についても、廃棄物に含ま
18 れる。” としているが、例えば Zn 地金生産量の 2～3 割を現在占めている蒸留 Zn 地金中の Cd は JIS
19 規格では 0.1%以下となっており、Cd の量としては全体として無視できない。仮に蒸留 Zn 地の年
20 間生産量を 150,000 トンとするとその 0.1%は 150 トンの Cd 量である。これらは Zn メッキ製品と
21 してしっかりと社会資本になっており、非鉄金属製錬に伴う廃棄物のイメージとは程遠いと思われ
22 る。この分を⑥式に反映しても良いのではないかと思う。

23 【対応】 ご指摘のとおり、式 (IX.1) (外部レビュー版⑥式) は蒸留亜鉛メッキに関連して移動する
24 Cd 量を考慮した項がないため、製錬残渣などに含まれて廃棄される量を表す式としては簡
25 略化しすぎです。

26 ⑥式の右辺には、明示的ではありませんが、蒸留亜鉛メッキに関連して移動する Cd が含
27 まれています。外部レビュー版では Zn 地金や Zn メッキ液中に不純物として含まれる Cd
28 についても、廃棄物に含まれる。」と記述しておりましたが、古屋レビュアーのご指摘をふ
29 まえて、このような Cd の名称としては「Cd 廃棄量」ではなく「未精製 Cd 量」と表記す
30 るのがわかりやすいと考えました。したがって、外部レビュー版の「Cd 廃棄量」という
31 表記を「未精製 Cd 量」に修正しました（公表版式 (II.6)）。

32 蒸留亜鉛めっきに関連して移動する Cd に関しては、ご指摘をふまえ、フローをマテリア
33 ルフローの図（公表版図 II.27）に追加し、定量的な考察を加えることにしました（公表版
34 第 II 章 3.4.4 項）。

35

1 III-27, 5 行目 “与える Cd/Zn 比によっては Cd 生産量が ([Zn 生産量]×[精鉱中 Cd/Zn 比]) を
2 上回る場合もあることがわかる (たとえば, Cd/Zn 比が 0.004 のとき).” という箇所は製錬工程で
3 は仕掛製品の増減が絶えずあり, 単年度で見た Cd の生産量は ([Zn 生産量]×[精鉱中 Cd/Zn 比])
4 と単純に比較し難いと思う. Cd 生産量がこれを上回らないように[精鉱中 Cd/Zn 比]を別の値と見
5 るのは, III-25 18~29 行目でこの Cd/Zn 比を設定したことの意味が薄れると思う. 即ちこの箇
6 所は次のような表現を補足する方が好ましいのではないかと考える. “与える Cd/Zn 比によっては
7 Cd 生産量が ([Zn 生産量]×[精鉱中 Cd/Zn 比]) を上回る場合もあることがわかる (たとえば, Cd
8 /Zn 比が 0.004 のとき). これは製錬工程での仕掛製品の増減が影響しているものと考えられる.”

9 【対応】まず, 論旨を明確にするため, 外部レビュー版図 III-7 (公表版図 II.8) について, 「Cd/
10 Zn 比が 0.004 のとき」「Cd/Zn 比が 0.005 のとき」における結果は不要と考え削除しまし
11 た.

12 ご指摘の通り, 統計データは期末在庫等の増減をも反映したものです. したがって, 単年
13 度で[Zn 生産量]×[精鉱中 Cd/Zn 比]と Cd 生産量との差を議論することには意味がないと
14 認識しています. ご指摘をふまえて公表版 3.4.2 項に「なお, 単年度でみれば Cd 生産量が
15 [Zn 生産量]×[精鉱中 Cd/Zn 比]を上回る場合がある理由としては, 製錬工程の仕掛製品の
16 増減が統計に反映した結果と考えられる.」と記述を追加いたしました.

17 また, 公表版図 II.8 は[Zn 生産量]×[精鉱中 Cd/Zn 比]と Cd 生産量のそれぞれの絶対量を
18 示すものです. 未精製 Cd 量の推定結果 (公表版図 II.9) では期末在庫等の増減などの影響
19 を除き, 図を見やすくするために 5 年ごとの平均値を示しています.

21 III-27, 図 III-7 実線の凡例の意味が不明である.

22 III-27, 8 行目 “図 III-8 に製錬に伴う Cd 廃棄量の計算結果を示す.” とあるのは⑥式 (筆者注:
23 公表版では式 (II.6) に相当) からの結果と思われるが, ⑥式の Cd/Zn 比はいくらの値を使ったと
24 明記したほうが判り易いと思う. 文脈から, この比は III-25, 27 行目の 0.00405 を用いたと思われ
25 るが, 図 III-7 から見ると, この図中の比 0.004 の破線と Cd 生産量との差は図 III-8 に比べかなり小
26 さいように見える. 図 III-7 と図 III-8 の関連性がもう少し明解な方が良いのではないかと
27 思う.

28 【対応】ご指摘に従い, 「III-27, 5 行目」のコメントの回答に記しましたように, 論旨が明確にな
29 るように [Zn 生産量] × [精鉱中 Cd/Zn 比] を 1 つに統一し, 図の表記を変更しました.

30 III-33, 19~20 行目 “しかしながら, Zn メッキ全量に対するこの割合の経年変化などの情報がな
31 いため” の箇所も上記と同様に不適切と思う.

32 【対応】ご指摘のとおりです. 蒸留亜鉛の生産量に関しては日本鉱業協会 (「鉱山」) により取りま
33 とめられており, 蒸留亜鉛めっきに付随して移動する Cd 量を推定することができます.
34 したがって, 外部レビュー版の上記の記述は削除しました. 具体的な計算結果は公表
35 版第 II 章 3.4.4 項に追記しました. また, 公表版図 II.27 に蒸留亜鉛めっきにかかわる Cd

1 (最終的には電炉ダストとして回収される) をマテリアルフローの中に追記しました。

2

3 III-33, 25 行目 “製錬所付近に埋められる” は実際に製錬各社にヒアリングした結果ではあろう
4 が、埋められるの表現は産業廃棄物のような取扱いを連想させる。現在、精鉱中に含まれる Cd は
5 Cd 地金や蒸留 Zn 中に含まれ製品として回収され、製品として回収されない部分は金属が容易には
6 酸化・溶出しないスラグ中に入り、このスラグは管理型堆積場に堆積される。

7 【対応】 ご指摘のとおり表現が不適切でした。当該部分につきましては「金属が容易には酸化・溶
8 出しない形態にして（スラグ化して）処分される」と記述を変更いたしました。

9

10 III-85, 図 III-29 中、メッキ中の Cd 量をゼロにしているのは不適切と思う。

11 【対応】 この図では「メッキ」は Cd メッキのことを意味し、統計上ゼロと報告されております。
12 ちなみに、使用用途の内訳を示した本図は公表版からは削除し、公表版図 II.27 に再編集い
13 たしました。

14

15 III-87, 17 行目からの文中で 2001 年のアメリカにおいて電炉ダスト 600,000 t 排出とある。日本で
16 も現在 500,000~600,000 t の電炉ダストが発生しており、この中の Cd 量は無視できない。現在メッ
17 キ鋼のスクラップから回収される電炉ダストより Cd はリサイクル再利用されている。

18 【対応】 ご指摘のとおり、量としては無視できないと考えます。対応は、上記 III-33, 19~20 行目
19 についていただいたご指摘への回答に記しましたのでご参照ください。

20

21 V-11, 18 行目 “さらに、現行の管理方法とヒト健康リスク削減の関係についても考察し、” の箇
22 所で“現行の管理方法”とはここだけでは何かがよく分からないので主要な管理方法を記載して修
23 飾するようにはいかがか？ 例えば“現行の～を主体とする管理方法と”のように。

24 【対応】 ご指摘に従い、「現行の管理方法では、精米中濃度として 0.36 mg/kg 以上の Cd を含む米の
25 流通は制限されているが、（略）」と現行の管理方法を具体的に記述いたしました。

26

1 小山次朗レビューアーの意見書と筆者らの対応

3 要約

4 要約-4 表1：表中の底質，土壤中 Cd 濃度は湿重量，乾重量あたりのいずれか。

5 【対応】いずれも乾燥重量当たりです。ご指摘をふまえて、要約の表1および公表版第III章表
6 III-1の表中の単位を修正いたしました。

8 要約-21 L21：Cdの起源が異なったとしても，そこにリスクが存在する場合，何らかの対策が必
9 要となるのではないか。

10 【対応】生物もCdも人為的な影響を受けておらずに自然状態で存在している環境において，人為
11 的に介入して特定の生物を保全することは，むしろ自然を攪乱することになると考えます。
12 ただし，特別な事情，たとえば，希少生物の生息地が減少してCd汚染地にしか生息しな
13 くなり，さらにCdが絶滅リスクの要因となっているなどの事情があれば，別途考慮する
14 ことはありうると思います。

16 第II章

17 II-2 L6-8：大気中Cd濃度減少が，排出量の減少によるためと考えられるが，減少の理由がどこに
18 説明してある（例えばIII-62～64）かを，ここに示すべきではないか。

19 【対応】ありがとうございます。まず，ヒトの暴露レベルの情報と有害性評価が連続しているほう
20 が構成として自然であると判断いたしまして，公表版では第II章を「発生源と排出量」，
21 第III章を「環境中濃度と暴露レベル」と構成を変更いたしました。さらに，ご指摘をふま
22 えて，公表版では「このような経年変化が見られた理由として，第II章で示したよう
23 に排出量の経年的な減少が挙げられる。」と記述を追加しました。

25 II-17 表II-7：II-35によれば，喫煙によるCd吸収は男性で2 mg/日とされている。吸収量として
26 は比較的大きな割合を占めるものと考えられるが，この表では喫煙による吸収量を考慮しているの
27 か。もしそうであれば，どの経路に入っているのかを明記すべきではないか。

28 【対応】外部レビュー版表II-7には，喫煙による暴露量は含まれておりません。ご指摘をふま
29 えて，公表版では，喫煙に関する記述の記載位置を変更し，全暴露量と喫煙による暴露量
30 が比較しやすいようにしました。

32 II-19 表II-9：精白米中Cd濃度は，乾重量，湿重量あたりのいずれで表示されているのか。以下
33 の表でも，同様のことが不明確である。

34 【対応】ご指摘ありがとうございます。米に関しては，精白米，玄米共に全て乾燥重量当たりです。
35 公表版第III章2.2項の表中および図中の単位を「mg/kg-dry」と修正いたしました。

1
2 II-32 L3：厚生労働省の「国民栄養の現状」によれば，日本人の魚介類摂取量はおよそ 100 g/人/
3 日であり，ここでいっている魚類消費量 7 g/人/日，貝類消費量 5 g/人/日は非常に少ないのではない
4 か。

5 【対応】 青島レビュアーへの回答にも記しましたが，ご指摘の通り，魚類については誤記でしたの
6 で修正いたしました。

7

8 第 III 章

9 III-15 L32：鉱山からの排出による環境影響が現在まで問題になっていないと考える根拠を示して
10 ほしい。

11 【対応】 ご指摘ありがとうございます。休廃止鉱山のうち外部レビュー版図 III-4（公表版図 II.4）
12 の⑤に分類されている鉱山については，Cd 排出量に関する情報を入手することができませ
13 んでした。これらの鉱山は環境影響が現在まで問題になっていないのは事実です（それゆ
14 え，（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構の管理下にないと考えられます）。以上のことか
15 ら本文は修正をしておりません。公表版表 II.8 で Cd 排出量をゼロとしているのは，あく
16 まで暫定的なもので不確実性の大きい部分といえます。この点に関しては，今後新たなデ
17 ータが入手できた場合，修正される可能性があります。

18

19 第 VI 章

20 全体にわたる意見：本生態評価では，暴露経路がすべて水経由となっている。一方，有害な影響（特
21 に長期暴露）は体内蓄積量と関連していると考えられる。水生生物に対する Cd 暴露が水経由のみ
22 であるという根拠は存在せず，底生動物から Cd が検出されていることを考えると，それらを捕食
23 する魚類あるいは大型の底生動物などは水経由のみならず餌経由でも Cd を体内に取りこんでい
24 るものと考えられる。しかし，本生態評価では餌からの暴露を考慮に入れた説明が全く行われていな
25 い。本来であれば，餌経由での暴露も考慮したリスク評価を行うべきと考えるが，もしそれを実施
26 しないとすると，その理由を明記しておく必要があるのではないか。

27 【対応】 多くの水生生物について，餌からも Cd を摂取していると考えられますが，水経由の Cd 摂
28 取量と餌経由の Cd 摂取量を分けて定量的に推算することは，現在得られる情報からでは
29 不確実性が大きすぎると考えております。一方，雑食魚のカダヤシについては，水中 Cd
30 は体内に蓄積されたものの，餌中 Cd はコントロールと比較して体内に有意には蓄積され
31 なかったという報告があります（ただし，実験的な検証がない推察として，ある程度の暴
32 露により腎臓からの Cd 排泄が障害を受けると餌中 Cd も体内に蓄積される可能性が示唆さ
33 れています）。また，食物連鎖を介した生物蓄積が起こっているという証拠はないという指
34 摘もあります。このことは，水経由の Cd 摂取量に比較して餌経由の Cd 摂取量の割合が相
35 対的に低いことを示唆しています。これらのことを考え合わせて，公表版第 VI 章 6.8 項に

1 以下の文章を加筆いたしました。

2 「本評価では、Cdの暴露経路として水経由しか考慮していない。既往知見として雑食魚の
3 カダヤンについては、水中Cdは体内に蓄積されたものの、餌中Cdはコントロールと比較
4 して体内に有意には蓄積されなかったという報告がある(Williams & Giesy 1978)。(ただし、
5 その報告では、実験的な検証がない推察として、ある程度の暴露により腎臓からのCd排
6 泄が障害を受けると餌中Cdも体内に蓄積される可能性が示唆されている。)また、食物連
7 鎖を介した生物蓄積が起こっているという証拠はないという指摘もあり(WHO 1992a)、
8 このことは、水経由のCd摂取量に比較して餌経由のCd摂取量の割合が相対的に低いこと
9 を示唆している。ただし、対象とした全ての生物に関して餌経由のCd摂取量が無視でき
10 るかどうかは未知である(タイプBの不確実性)。餌経由のCd摂取量が無視できない場合
11 には、リスクを過小評価していることになる。」

12
13 VI-19 L2-3 : VI-17 L29-30 と同様に、現状では的確な判断ができないとしているが、95%の種
14 に対して影響の評価ができるようになるには相当数のデータが揃わなければならない。生態リスク
15 評価ではほとんどの場合、十分なデータの揃わないことが多く、それらが揃うのを待ってからリス
16 ク評価を行うのでは、時期を逸してしまう危険性がある。現実的に考えて安全係数などを用いて見
17 積もられたPNECを用いてリスク評価を行うこともあり得るのではないか。

18 【対応】ご指摘の部分において、筆者は安全係数などを用いて見積もられたPNECによるリスク評
19 価(以下では、ハザード比法と呼びます)の使用を否定している訳ではありません。筆者
20 の意図は、ハザード比法は個体群の存続を直接評価している訳ではないことを指摘するこ
21 とにあります。それを認識しながら用いれば、ハザード比法は、比較的少ないデータから
22 一定の判断を下せるので、有益な評価方法の一つであると考えております。

23 ハザード比法を用いた評価でリスクが懸念レベルではないと判定された場合には問題はない
24 のですが、リスクが問題になりうると判定された場合には、①個体群の存続への影響など
25 をさらに詳細に評価するか、②リスク削減対策をとるかの選択に迫られます。一般論と
26 して、時間的に余裕がある場合や、対策が必要な範囲が広く、対策コストが高い場合には
27 前者①、緊急を要する場合や、対策が必要な範囲が狭く、対策コストが安い場合には後者
28 ②の選択をすべきであると筆者は考えております。

29
30 VI-19 L23 : 魚類には水産物として重要な種が多いことから評価の対象となると考える。一方、底
31 生動物については水産業上重要な魚類などの餌生物となりその生産を支えているため、魚類同様に
32 評価の対象とする、と考えることを示すべきではないか。また、河川に生息する付着藻類などに対
33 するリスク評価が示されなかったが、その理由も明記すべではないか。

34 【対応】ご指摘の箇所に、「魚類を評価対象とする理由は上述したが、底生動物については、その魚
35 類などの餌生物となり、それらの生産を支えていることなどから、魚類同様に評価対象と

1 する。」と加筆いたしました。また、付着藻類に対する毒性データは得られませんでした、
2 浮遊藻類に対しては評価エンドポイント①において評価しております。付着藻類の毒性デ
3 ータが得られない現時点では、評価エンドポイント①の評価が付着藻類に対する評価の代
4 用になると考えております。

5
6 VI-34 L22：以前、私も関係したスクイッドウォッチ研究プロジェクトで、同様の傾向を認めた。
7 なぜイカの Cd 濃度が高くなるのかを示した報告はないのか。なお、小山はアオリイカを用いた飼
8 育実験で餌由来の Cd が、アオリイカ Cd 生物濃縮に大きく貢献していることを報告している。
9 (J.Koyama, N.Nanamori and S.Segawa : Bioaccumulation of waterborne and dietary cadmium by oval
10 squid, *Sepioteuthis lessoniana*, and its distribution among organs. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 961-967
11 (2000))

12 【対応】次の文章を加筆いたしました。「なお、イカ類の Cd 濃度が高くなる要因として、共食いに
13 よる濃縮効果 (Dorneles et al. 2007), 餌からの摂取 (Koyama et al. 2000) が示唆されている。」

14
15 VI-41 L25-27：急性毒性の場合、多くは鰓上皮細胞の傷害に伴うガス交換能阻害がその毒性に大
16 きく貢献するのではないか。

17 【対応】筆者自身は確認することができませんでしたが、古い文献では、ガス交換機能阻害が毒性
18 に貢献していると論じているものがあると聞いたことがあります。最近では、筆者が引用
19 した文献も含めて非常に多くの文献で、水中カルシウムイオンの取り込み阻害によって血
20 液中のカルシウム濃度が致死レベルにまで低下するメカニズムを支持しています。

21
22 VI-51 表 VI-21：海産魚に対する Cd 毒性データは少ない。小山のデータも参考にしてはどうか。
23 (小山次朗・黒島良介・石松 惇：汚染物質毒性評価のための指標海産魚選定, 水環境学会誌, 15,
24 804-813 (1992))

25 【対応】小山先生の論文のデータを引用させていただきました。

26
27 VI-58 5.1.3：毒性の強さに影響を与える因子として、水温も考えるべきである。多くの場合、低
28 水温で Cd の見かけの毒性は低くなり、高水温ではその逆になる。

29 【対応】次の文章を加筆いたしました。「さらに、水温も毒性の強さに影響することが知られている。
30 多くの試験結果で、水温が上昇すると毒性が増大することが示されている。これは、水温
31 の上昇に伴い、代謝機能が上がるためと考えられている (若林 2000).」

32
33 VI-67 L3-5：感受性の低い生物について MOE を計算する意義はあるのか。

34 【対応】最も感受性の高い生物種の毒性データを用いた場合には、Cd が検出された全ての地点にお
35 いて、MOE の大きさは不十分でした。そこで、参考として、最も感受性の低い生物種の毒

1 性データを用いて MOE を計算しました。その結果、最も感受性の低い種を考慮した場合
2 でも、MOE の大きさが不十分である地点が存在することが分かりました。

3
4 VI-80 L18-19:産卵数と Cd 濃度の間には明確な濃度-反応関係が認められないと判断しているが、
5 39 $\mu\text{g/L}$ より低い濃度では産卵が行われ、39 $\mu\text{g/L}$ 以上の濃度では産卵が全く行われなかったことを
6 考えると、39 $\mu\text{g/L}$ 以上の濃度の Cd が明らかに産卵に影響したと判断すべきではないか。

7 【対応】ご指摘の箇所については、暴露濃度が 1.6, 4.6, 13, 39, 125 $\mu\text{g/L}$ の時に、ファットヘッ
8 ドミノーの産卵数はコントロールと比較して 1.9 倍, 2.4 倍, 1.2 倍, 0 倍, 0 倍となってい
9 るため、明確な濃度-反応関係がないと判断しました。ご指摘のとおり、39 $\mu\text{g/L}$ 以上の濃
10 度では産卵が全く行われなかったため、Cd が影響している可能性は高いと思いますが、
11 Cd 以外にも実験操作上の要因（たとえば、産卵数の個体差がもともと大きいなど）も重な
12 っている可能性があり、その両者を区別することはできないと考えております。そのよう
13 な判断から、筆者はファットヘッドミノーに対するデータは採用せずに、アメリカン・フ
14 ラッグフィッシュに対するデータを採用しました。ただし、アメリカン・フラッグフィッ
15 シュでは 34 $\mu\text{g/L}$ 以上の暴露濃度では産卵が全く行われていませんので、ご指摘をそのま
16 ま受け入れてもリスクの推算結果には全く影響がないことを申し添えておきます。

17
18 VI-82 L19: VI-80 L18-19 の意見を参照。この意見が受け入れられたとするなら、ファットヘッ
19 ドミノーとアメリカン・フラッグフィッシュの感受性は近似していると考えられ、VI-82 L19 の表
20 現の仕方が変わるのではないか。

21 【対応】次の文章を加筆いたしました。「なお、ファットヘッドミノーでは、濃度-反応関係が一般
22 的なシグモイド型とはならなかったが、39 $\mu\text{g/L}$ 以上の暴露濃度では産卵が全く行われてい
23 ない。仮に、この影響が Cd によるものであったとしても、アメリカン・フラッグフィッ
24 シュの濃度-反応関係を採用することでカバーされている（アメリカン・フラッグフィッ
25 シュでは、34 $\mu\text{g/L}$ 以上の暴露濃度で産卵が全く行われていない。）」

26
27 VI-90 6.5: 種数、個体数などと同様に、これらのデータから計算される多様性指数に対する影響
28 を評価してはどうか。

29 【対応】有益なご指摘有難うございます。多様性指標にはいくつかの計算方式がありますが、どの
30 指標が最適であるか、また、それぞれの指標においてどの程度下がったらリスクを問題と
31 すべきか、などに関して、筆者は現時点では明確な考えを持っておりません。したがって、
32 本評価では多様性指標に関して評価を行いませんでした。ただし、群集レベルの生態リス
33 クを定量的に評価するためには、多様性指標を検討することは避けて通れないため、今後
34 の課題の一つであると認識しております。

1 VI-91 (2) : Zn の植物プランクトンに対する毒性の強いことが多く報告されている。底生動物の個
2 体数減少は、Zn の毒性によって付着珪藻などの底生動物の餌生物が減少したことによって、二次的
3 に起こったことと考えられないか。この調査地点が Cd のみで汚染されているなら Cd の影響評価を
4 実施しやすいが、Zn 汚染も存在することから、この地点での Cd リスクを評価するのは難しいと考
5 える。

6 【対応】 ご指摘のように、底生動物の個体数減少は、餌生物の減少による間接影響である可能性も
7 十分にあると思います。しかし、それを検証するためのデータは不十分であり、Cd や他の
8 重金属による直接影響である可能性も十分にあると判断しております。したがって、本評
9 価では、その影響が Cd による影響であるとは断定はしておりませんが、Cd による影響が
10 否定できないと判断しております。

11

12 VI-94 L13 : カゲロウ目が優先していたと報告されているが、どのような種が多かったのか、情報
13 はないのか。重金属汚染の強い地点では、コカゲロウの優先することが知られている。

14 【対応】 以下の文章を加筆いたしました。「カゲロウ目の中の優先種は、シロハラコカゲロウ、カゲ
15 ロウ属 (Baetis) の一種、キブネタニガワカゲロウ、エルモンヒラタカゲロウなどであり、
16 調査時期や調査地点によって異なった。」

17

18 VI-97 L15 : 同上

19 【対応】 以下の文章を加筆いたしました。「なお、カゲロウ目の中での優先種はシロハラコカゲロウ
20 であった。」

21

1 杉田 稔レビューアーの意見書と筆者らの対応

2

3 A. 総論

4 1. 全般

5 一般的に大きな問題はありません。

6 【対応】ありがとうございます。

7

8 2. 略号の説明

9 略号の説明をどこかに、しっかりとする必要があります。

10 【対応】外部レビュー版では略語表を掲載しておらず、お手数をおかけしたことをお詫び申し上げ
11 ます。公表版においては巻頭に略語表を掲載しました。

12

13 3. 式番号

14 一般論として、式番号の記載方法を統一すべきです。つまり、式-n と式 n)等の統一です。

15 【対応】公表版においては統一をはかりました。

16

17 4. 図表

18 図表は、それだけを観ても解るように、記載すべきものです。つまり、十分過ぎる程度の記載で
19 しょう。

20 【対応】具体的には下記にご指摘をいただいている箇所と推察いたします。これらについては読者
21 の理解をできる限り助けるよう、凡例、書式などを修正いたしました。

22

23 B. 各論

24 1. Cd 摂取量の経年変化(要約-4 の図 3, II-44 の図 II-15)

25 Cd 摂取量の経年変化において、新保論文を表現する記号が「一」で、他の論文より価値が低く見
26 える。「◎」、「▽」、「▼」あたりが良いのではないのでしょうか。

27 【対応】ご指摘をふまえて修正いたしました。

28

29 2. 大気降下量(II-12, 13)

30 大気降下量に関し、一度降下した Cd が何回も地上から吹上られた場合、何回もその値に算入さ
31 れそうです。実質的降下量は得られているのですか。

32 【対応】引用しております Sakata & Marumoto (2004) は、東京都下における乾性沈着速度を実測し
33 た結果を報告したものです。この論文の記述を見る限り、0.5 cm/sec という数値が巻き上
34 げなどの影響を完全に排した結果得られたものであるかは判断できません。しかしながら、
35 屋上(地上 12 m)において測定されていることから判断して、巻き上げの影響を強く受け

1 ているわけではないことはいえると考えます。なお、Sakata & Marumoto (2004) の報告値
2 が都市部における乾性沈着速度の最も信頼のおける値と判断し、本文の修正は行っており
3 ません。この値が仮に巻き上げの影響を無視できない範囲で含んでいるとすれば、公表版
4 表 III.5 に示した日本全体の乾性沈着量は過大見積もりであるといえますが、同様の理由に
5 よりこちらも修正を行っていません。

6 7 3. 水田の Cd バランス(II-15 の図 II-3)

8 水田の Cd バランスに関し、灌漑用水から流入して、そのまま流出する素通り分もあるはずで
9 ず。これは、溶脱とは別ものではないでしょうか。

10 【対応】ありがとうございます。ご指摘どおり、記載がありませんでしたので、公表版では図 III.4
11 に灌漑用水流出によるアウトプットも記入いたしました。ただし現時点では、その量に関
12 する知見を得ることができていないため定量的な記述は行わないものとししました。新たな
13 知見が得られた場合、修正が望まれることは認識しております。

14 15 4. 喫煙による Cd 曝露表(II-17 の表 II-7)

16 日本人の Cd 曝露経路の内訳の表 II-7 そのものか、その近傍に、喫煙による Cd 曝露量の記載があ
17 る方が、その比較から良いでしょう。

18 【対応】ありがとうございました。小山レビュアーへの回答にも記しましたように、ご指摘をふま
19 えて、喫煙に関する記述の記載位置を変更し構成が明確になるようにしました。

20 21 5. 喫煙による摂取(II-35)

22 小生の論文として、正式なものは下記です。

23 Sugita M, Izuno T, Tatemichi M, Otahara Y. Cadmium absorption from smoking cigarettes: Calculation using
24 recent findings from Japan. *Environ Health Prev Med* 6: 154-159, 2001

25 【対応】ありがとうございます。上記の文献を引用させていただきました。

26 27 6. 肝中 Cd 濃度(II-53, 54)

28 肝中 Cd 濃度の最近の低下は、肝の Cd 生物学的半減期(BHT)が腎皮質の Cd の BHT より短いせい
29 かも知れません。ちなみに、小生の下記の文献では、肝では 13 年、腎皮質では 19 年です。なお、
30 この論文には、1970 年代の性・年齢階層・臓器別 Cd 濃度が載っています。

31 Sugita M. The biological half-time of heavy metals: the existence of a third, "slowest" component. *Int Arch*
32 *Occup Environ Health* 41: 25-40, 1978

33 【対応】コメントありがとうございました。ご指摘の可能性について検討してみました。半減期の
34 長さの違いによって臓器中濃度に大きな差が生じるとすれば、それは、集団における暴露
35 レベルが急激に低下した後しばらくであろうと考えられます。たとえば、高い Cd 暴露を

1 受けていた作業環境において、プロセスの変更などにより暴露が止んだケースなどです。
2 しかし、ここでの対象は、特段の Cd 汚染が認められない地域です。経年的に暴露レベル
3 が低下傾向であるとしても、半減期の臓器間の違いだけでは説明できないものと考え、特
4 に記述は変更しませんでした。ただし、関連した部分で、外部レビュー版 II-54 L11「この
5 点からも」から始まる文は、論理に若干の飛躍があると考え削除しました。

7. 対数正規分布の分散の和(II-60 の式 II-15)

8 この式の記載は間違っています。

$$9 \quad \log GSD_u^2 = \log GSD_i^2 + \log GSD_m^2 \quad (\text{IX.2})$$

10 は

$$11 \quad (\log GSD_u)^2 = (\log GSD_i)^2 + (\log GSD_m)^2 \quad (\text{IX.3})$$

12 となります。

13 【対応】 ご指摘のとおり、カッコが抜けておりましたので修正いたしました。本文中の計算は式
14 (IX.3) により行っておりますので値に変更はありません。

16 8. * (III-55 の式-1)

17 III-55 の式-1 の式中の*は何ですか。多分、不必要でしょう。また、この式はワイブル分布の累
18 積密度関数ですので、「累積密度関数」を III-55 の L.4 に追加すべきでしょう。

19 【対応】 式中の*は乗算の意味です。記号を「×」と変更しました。また、ご指摘のとおりこの式
20 はワイブル分布の累積密度関数ですので記述を修正いたしました。

22 9. 尿中 Cd 濃度(IV-21, L.17)

23 「約 10~12 μg/g cr.」の前に「尿中 Cd 濃度」を追加する方が読者に理解し易くなります。

24 【対応】 ありがとうございます。追加いたしました。

26 10. 尿中 Cd 濃度(IV-28 の表 IV-6b)

27 この表のタイトルにも、「尿中 Cd 濃度」を追加する方が読者に理解し易くなります。

28 【対応】 修正いたしました。

30 11. 式の番号(IV-37 の L.13)

31 式 4)は式 8)でしょう。また、一般論として、式番号の記載方法を統一すべきです。つまり、式-n
32 と式 n)の統一です。

33 【対応】 ご指摘のとおり、外部レビュー版当該個所の式 4)は式 7)もしくは式 8)とすべきでした。
34 式の番号の記載方法については、公表版においては統一をはかりました。

1 12. 精白米と玄米中 Cd 濃度 (V-8, 9, 10)

2 この辺りの内容では、精白米中 Cd 濃度と玄米中 Cd 濃度が入り乱れるので、その厳密な区別が必要
3 である。そうでないと、読者には、理解し難いものです。

4 【対応】 古屋レビュアーからも同様のご指摘をいただいております。ご指摘をふまえて、精米中濃
5 度を主体とした書き方に統一しました。

6

7 13. 超過確率 (VI-23 の図 VI-3)

8 この図の縦軸の超過確率の説明がその近傍にありません。

9 【対応】 図のタイトルの下に次の文章を加筆いたしました。「濃度 a [$\mu\text{g/L}$]の時の超過確率が b であ
10 れば、Cd 濃度が a [$\mu\text{g/L}$]以上となる確率が b であることを意味する。すなわち、1 年間の
11 うち Cd 濃度が a [$\mu\text{g/L}$]以上となるのは $365 \times b$ 日となる。」

12

13 14. VII-22, L.7

14 「Cd の工業使用もありうると考える。」は何に関してですか。

15 【対応】 上記の記述は誤解を招く表現でしたので、公表版第 VII 章では削除しました。今後想定さ
16 れる Cd の新たな用途として、公表版第 II 章 4.2 項に「今後使用量が增大する可能性があ
17 る用途としてはテルル化カドミウム (CdTe)、セレン化カドミウム (CdSe) のような化合
18 物半導体がある。」と記載しております。

19

20 15. 牡蛎(カキ)などからの Cd 摂取

21 II-33 にカキなど貝類や烏賊(イカ)にはかなり高濃度の Cd が含有されます。これらの食品の多食
22 により高濃度の Cd が摂取されます。ちなみに、カキを 1 kg 食べれば、300 μg の Cd が摂取されま
23 す。しかし、これによる健康障害の報告はありません。また、このこと(ニュージーランドのカキ漁
24 民のカキ多食による健康被害なし)を記載した論文もあります。この辺りも一言記載すべきでしょう。
25 つまり、貝類などの Cd は毒性が低いようです。

26 【対応】 ありがとうございます。ご指摘をふまえて、ニュージーランドのカキ漁民のカキ多食に関
27 する影響を調査した論文について内容を検討し、「McKenzie-Parnell et al.(1988) において
28 は1週間にカキを70個以上食べるニュージーランドの集団に関して健康影響がみられてい
29 ないことが報告されている。」と第 III 章 2.5 項に追記いたしました。

30

1 田中嘉成レビューアーの意見書と筆者らの対応

3 レビューアーの専門性と興味から、第 VI 章 生態リスク評価 に関するレビューをお返ししたい
4 と思います。レビューの全体的な構成は、(1) 全体的なコメント、(2) 評価結果に関する意見、
5 (3) 個別事項に関するコメントの三部から成ります。

7 (1) 全体的なコメント

8 本詳細評価書第 VI 章は、カドミウムの生態系への影響を個体群以上のレベルで評価しようと試
9 みたものであり、生態系影響の生態学的な解析手法に対する理解に関して他の OECD 諸国に大きな
10 遅れをとっている日本の現状を鑑みると、その先進性はわが国のレベルをはるかに超えると言って
11 よいでしょう。このようなリスク評価書が、公的な文書として公表されることは、化学物質管理の
12 1 つの方向性を示すだけでなく、生態リスク評価法の学術的な研究をも刺激しうるものであり、高
13 く評価したいと思います。

14 本詳細評価書は、生態リスク評価の方法論として、①水生生物の NOEC に基づくハザード指数
15 (MOE 後述) による相対リスク評価法、②水生生物の種の感受性分布に基づく 5 パーセントイル影
16 響濃度、③魚類個体群を対象とした数理生態学モデルによる個体群増加率減少、④汚染地域におけ
17 る魚類の生息データ分析、⑤汚染地域における底生生物の生息データ分析、⑥鳥類の組織レジデュ
18 ー解析 (tissue residue based analysis)、⑦陸上哺乳類の組織レジデュアー解析など、生態系への影響を
19 評価するための多様な解析手法を採用しており、既存データのみに基づく解析としては、ほぼ網羅
20 したものと言ってよいでしょう。

21 **【対応】**「このようなリスク評価書が、公的な文書として公表されることは、化学物質管理の 1 つの
22 方向性を示すだけでなく、生態リスク評価法の学術的な研究をも刺激しうるものであり、
23 高く評価したいと思います。」というコメントを頂戴し、有り難く存じます。また、2 段落
24 目では、本評価書の内容を的確にまとめていただいたと思っております。

26 ただし、解析方法のレベルに関しては、各評価エンドポイントでの不釣り合いな偏りがあるように
27 思われます。個体群レベルの解析は、主に③の魚類を対象に行っていますが、淡水魚の野外個体群
28 に関する生態学的データは、生態毒性データとともに非常に不足しており、かなり無理な仮定や種
29 間外挿に基づかざるをえませんでした。一方、より生態毒性データや生態学的データが豊富なうえ、
30 化学物質の個体群レベル効果に対する解析的研究も内外で多く行われてきた動植物プランクトンに
31 関しては、底生生物と同レベルの、無影響濃度に基づくハザード指数 (もしくはその改良である暴
32 露マージン MOE) によるリスク評価に留まっています。これらの簡易な生態リスク評価法の実際
33 的な有用性は否定しませんが、個体群レベルの解析へ敷衍させることは、生態リスク推定の高精度化
34 を促進し、本詳細評価書の学術的な価値を高めることになったでしょう。

35 **【対応】** 解析方法のレベルに関して評価エンドポイント間に不釣り合いがあることは事実です。それ

1 ぞれの生物の生態および毒性に関する情報量に不釣り合いがあるため、仕方が無いと考えて
2 おります。また、動植物プランクトンに対する個体群レベルの解析をご提案いただきました。
3 この分野においては、田中先生のご研究をはじめ、優れた研究成果が公表されている
4 ことは存じております。ただし、河川での動植物プランクトンは、上流から流れてくる分
5 があり、これを現実の環境においてどのように見積もるかという点で考えがまとまりませ
6 んでした。評価対象となる水域や汚染物質によっては、動植物プランクトンの個体群レベ
7 ルでの評価が重要な意味を持つ場合もあり得ると思いますが、本評価では、前述の理由か
8 ら実施しませんでした。

9 「かなり無理な仮定」とご指摘された部分がどの仮定を指しているのかは分かりません
10 でしたが、本生態リスク評価では、仮定を用いる場合には、①全て明示すること、②その仮
11 定を用いることの根拠を明確にすること、③その仮定が安全側の推算につながるのか危険
12 側の推算につながるのかを説明することを基本スタンスとしています。用いた仮定に関し
13 て、読者がより妥当な仮定が存在すると考える場合には、読者自身の手でその仮定を置き
14 換えてリスクを計算できるように配慮して記述したつもりです。

15
16 また全体的に、個々の生態リスク評価法の相対的な位置づけや相互関連性の認識が明確でない印
17 象を受けます。おそらくこのことが一因となって、個々の解析から得られた知見を比較検討、総
18 合化し、カドミウムの生態リスクの全体像を把握する方向性が見えませんでした。特に評価エンド
19 ポイント①から⑤は、水域生態系を対象にしたもので、相互に関連しうるものです。各評価法には
20 それぞれ利点と欠点があり、そのことを認識し整理した上で結果を比較検討すれば、特定の評価法
21 だけからでは引き出せない結論に至ることも可能ではないでしょうか。この点は、カドミウムの生
22 態リスクに対する評価結果そのものとも関係するので、後に述べることにします。

23 【対応】個々の生態リスク評価法の相対的な位置づけや相互関連性については、第VI章3.2項（評
24 価エンドポイント）で説明しておりますが、それが明確でないという印象を与えるのは、
25 同章第7節（結論）との対応が分かりにくいという意味に理解しました。結論については、
26 後のご指摘にも関連がありますので、そちらで回答させていただきます。

27
28 各評価エンドポイントの特性がうまく整理できていないことは、例えば、種の感受性分布法（評
29 価エンドポイント②）の導入部分からも伺えます。本文67ページからは、スクリーニング的な機能
30 のある暴露マージン法で、淡水域の生態リスクが疑われたので、より詳細な評価として種の感受性
31 分布法が採用されたように受け取れます。しかし、種の感受性分布のパーセンタイルに基づく環境
32 基準策定は、群集レベルの許容濃度をサイト特異的に推定するもので、個体群レベルの効果を詳細
33 に評価するものではありません。つまり、群集に生息する種の5パーセント未満に影響があっても、
34 生物群集全体の生態系機能には影響がないという考え方から、群集レベルの環境基準値を推定する
35 もので、異なるリスク要因あるいは異なるサイト間のリスクレベルを定量的に比較評価するもので

1 はありません。

2 **【対応】** ご指摘の「スクリーニング的な機能のある暴露マージン法で、淡水域の生態リスクが疑わ
3 れたので、より詳細な評価として種の感受性分布法が採用されたように受け取れる」とい
4 う部分は、田中先生のご認識の通りです。種の感受性分布法をこのように位置付けること
5 は、OECDのHPVプログラムでのリスク評価(OECD 2004)、EUのリスク評価(European
6 Commission 2003)、カナダのリスク評価(Environment Canada 1997)でも行われています。
7 本評価でもそのような慣例に倣いました。ただし、種の感受性分布法が個体群レベルの効
8 果を詳細に評価するものではないというご意見には全面的に同意いたします。本評価では、
9 評価エンドポイント③～⑤を個体群レベルの評価に位置付けております。

10

11 むしろ、ハザード指数もしくは暴露マージンを計算するのであれば、特定水域だけにサイト特異
12 的に適用するのではなく、(カドミウムが検出された)全サイト間の生態リスクの分布推定や、主要
13 河川における他の化学物質のリスクレベルとの比較評価を加えることによって、カドミウムの生態
14 リスクレベルに関する概要の把握がより容易になったのではないのでしょうか。

15 **【対応】** 暴露マージンは判断基準値を上回っているか、あるいは、下回っているかだけに意味があ
16 る指標であり、異なる地点間のリスクを定量的に比較するには適さない指標であると考え
17 ております。それは、暴露マージンは、個体の生存、繁殖、成長、発生に対する影響が起
18 こり得るか否かを見ている指標であり、それらにどの位の大きさの影響が起こるかを定量的
19 的に見ている訳ではないことなどが理由です。また、他の物質と比較においても、同様の
20 理由で適さない指標であると考えております。

21

22 総じて、各評価エンドポイントが何を評価しようとしたものなのか(つまり生態系影響のどの側
23 面を評価したものなのか)、どんな利点がありどんな欠点があるかを整理し、その上で、各評価エン
24 ドポイントから得られた結果を総合的に解釈の方がより有効ではなかったかと思われま

25 **【対応】** 各評価エンドポイントの長所、短所については、第VI章3.2項で述べておりますが、ご指
26 摘は結論との関連がわかりにくいという意味であると理解いたしました。これについては、
27 次の関連するご指摘がありますので、そこで回答させていただきます。

28

29 (2) 評価結果に対するコメント

30 生態リスク評価結果に対する総合的な解釈の点で、レビュアーは異なる見解を持ちます。本評価
31 書で提示された生態リスクの解析結果を総合的に判断すると、日本の淡水水域(河川)の少なから
32 ぬ地点において、カドミウムの生態リスクが河川生態系を攪乱するレベルに達していることが明確
33 ですが、本評価書の結論はその科学的な知見が十分に反映されていないと思います。

34 本詳細評価書によって推算されたカドミウムの生態リスクに関する主な結果は、現行の環境基準
35 値(0.01 mg/L)を超えるいくつかの河川では、主要栄養段階(植物プランクトン、動物プランクト

1 ン、魚類、大型底生生物) すべての高感受性種の無影響濃度を超えるか同程度の暴露レベルである
2 こと、種の感受性分布に基づく限界許容濃度は現行環境基準値の数十分の1であること、カドミウ
3 ムが検出されているほとんどの地点でこの許容濃度を上回ってしまうこと、代表的な淡水魚類4種
4 に対する内的自然増加率の低減として推定した個体群レベル効果は、0.001 から 0.01 mg/L のオーダ
5 ーで顕著なレベルとして現れること、休廃止鉱山を水域に持ついくつかの河川で行われた底生生物
6 および魚類相の野外調査は、カドミウム濃度が 0.01 mg/L 程度に達するほぼすべての地点で底生生
7 物の総個体数や種構成に顕著な影響があったこと等を示しています。野外調査の行われた水域の硬
8 度が高く、生物的に有効な暴露濃度としては例外的に高いレベルでないこと、魚類の個体群レベル
9 効果の計算には淡水魚の主な餌資源である底生生物の減衰による間接効果が組み込まれていないこ
10 となどを考慮すると、本書で採用された淡水域に対するすべての生態リスク評価は、生態系を守る
11 ことを保障する環境基準値が、現行の基準値 0.01 mg/L より最低でも1桁低いことを示す点で一致
12 しています。このことは、日本以外の OECD 諸国の環境基準値が日本の現行環境基準値より1桁以
13 上低いこととも符合します。一研究者として、私は、実験室で得られた生態毒性試験データや数理
14 生態学に基づく生態リスクの推定結果と、野外調査データとが、暴露水準に対する生態リスクレベ
15 ルの点で定量的にも矛盾が無いことに深く印象づけられました。これらの結果は、日本の多くの淡
16 水域におけるカドミウム汚染が、生態影響の危惧されるレベルであることを示しています。

17 【対応】本評価の結論を、①リスクレベルの解釈と②対策の必要性の2つに分けて議論したいと思
18 います。リスクレベルの解釈については、ほとんどの点で筆者は田中先生と一致した意見
19 です。意見が微妙に異なる点は、田中先生が「少なからぬ地点において、カドミウムの生
20 態リスクが河川生態系を攪乱するレベルに達していることが明確」としていることに対し、
21 筆者は、「少なからぬ地点において、カドミウムの生態リスクが河川生態系を攪乱するレベ
22 ルに達していることを否定できない」と考えていることです（本文中では、「Cd が悪影響
23 を及ぼしている可能性を否定できない水域が存在した」と表現していますが、同じ意味で
24 す）。それは、本評価におけるほとんどの評価エンドポイントの判断基準が、多くの安全側
25 の仮定に基づいているためです。ただし、「否定できない」ということは問題が残っていると
26 考えております。また、「否定できない」と考える根拠は、田中先生がコメントの2段落
27 目でご指摘されている事項とほぼ同じです。つまり、これらの点では、ほぼ意見が一致し
28 ていると考えております。これらは、第VII章第7節の“各評価エンドポイントに対する
29 評価結果の要約”と“最初に掲げた設問に対する回答”の部分で明確に述べております。
30 見解が異なるのは、対策の必要性に関してであると思います。田中先生は、本評価の結果
31 から、「生態系を守ることを保障する環境基準値が、現行の基準値 0.01 mg/L より最低でも
32 1桁低いことを示す点で一致しています」と主張されております。そのご指摘が、「カドミ
33 ウム汚染地域では浄化目標を 0.01 mg/L よりも最低でも1桁低い値に定めて対策を実施し
34 なければならない」、あるいは、「カドミウムの水生生物保全環境基準を 0.01 mg/L より最
35 低でも1桁低い値に定めて、それを全国どこでも遵守しなければならない」ということを

1 意味するのであれば、筆者とは見解が異なります。

2 筆者は、実際にリスク削減対策を実施する場合には、どのような生物がどの程度回復する
3 ことが期待されるのかをあらかじめ考慮する必要があると考えております。実際に汚染現場
4 場を一つ一つ見て回ったところ、大規模な砂防ダムや堰堤によって魚類の移動が分断され
5 ている汚染河川も存在することが確認されました。そのような場所では単に Cd 濃度を減
6 らしても魚類の回復は見込めません。また、それ以外にも、護岸や河床などの物理的環境
7 や岸辺の植生などの生物的環境が魚類などの生息に好ましいとは言えない汚染河川も存在
8 します。言い換えると、生物の回復を図るためには、Cd 削減対策だけでなく、物理的ある
9 いは植生などの生物的な環境の改善も同時に検討しなければならない箇所がかなり存在し
10 ます。すなわち、生物の回復を図るために行わなければならないことが汚染水域ごとに異
11 なるため、全国一律に Cd だけの削減対策を行っても、費用、エネルギー、資源を浪費す
12 るだけで、生物の回復が見込めない水域があります。以上のことより、本評価では、リス
13 ク削減対策については、「日本全体で一律のリスク削減対策をとることはむしろ資源やエネ
14 ルギー消費の観点からマイナス面があると考えるが、個別の汚染地域ごとにみると、対策
15 をとることが有効なケースもあるかもしれない。」とし、さらに「リスク削減対策の実施の
16 是非も含めて、個別地域毎に検討すべきと考える」と結論づけております。

17 18 (3) 個別事項に関するコメント

19 1) 暴露マージン (MOE) について： 本書で採用されている生態リスク指標の1つである「暴露
20 マージン」の有用性が理解できません。従来のハザード指数 (HQ) から安全係数を除外し、分母と
21 分子を逆にしたものに過ぎないのではないのでしょうか。ハザード指数はすでに普及しており、数値
22 のリスクに対する関係が逆になってしまうのでかえって混乱をきたすと思います。

23 【対応】 暴露マージン (MOE) とハザード指数 (ハザード比 : HQ) の数式上の関係は、ご指摘の
24 とおりです。慣例としてハザード比は、全ての栄養段階の生物の中で最も感受性が高い種
25 の毒性データだけを使うことに対し、暴露マージンは、栄養段階毎の最小毒性値や任意の
26 種に対する毒性データを用いることができます。本評価では、栄養段階毎に評価を行う方
27 が有益な情報が得られると考えたので、暴露マージンを用いました。

28 ヒト健康リスク評価では、ハザード比よりも暴露マージンの方が多用されておりますが、
29 生態リスク評価では、暴露マージンよりもハザード比の方が多用されていることは事実で
30 す。ただし、生態リスク評価でも、暴露マージンを用いた評価が行われている例は、他で
31 も見られます。

32
33 2) 個体群増加率に基づく生態リスクの解釈について： 野外個体群の個体群増加率 (population
34 growth rate) は、個体数が長期的にあるレベルを維持しているとすれば、平均値が 0 の近傍にある
35 と考えられます。したがって、個体群増加率の減少は、いかなる程度であるにせよ、何らかのメカ

1 ニズムによって代償されない限り、個体群の存続可能性を低下させます。野外の自然変動における
2 最大繁殖率 F_{\max} に基づく内的自然増加率は、おそらく個体群増加率の変動幅の上限値の近くにある
3 ので、これを 0 にまで低下させることの個体群へのダメージは大きすぎ（個体群存続可能性の低減
4 が大きすぎ）るものであり、ベンチマークとして採用するには不適當であると思われます。実際、
5 r_{\max} が年率 0.093 としても、年当たり増殖率の 10 パーセント近くが汚染の効果によって低減するこ
6 と意味し、明らかに自然個体群への影響としては許容できないレベルです。個体群増加率の減少分
7 に対する許容限界をどう定義するべきか、生態学的な観点から再検討すべきだと思います。

8 【対応】 ご指摘のとおり、野外個体群の個体群増加率（本評価書では記号 r_i で表しています）は、
9 個体数が長期的にあるレベルを維持しているとすれば、平均値が 0 の近傍にあると考えら
10 れます。平均値が 0 の近傍にある理由は、主に密度効果によるものと考えられます。したが
11 がつて、計算上、毒性影響によって r_i が 0.093 year^{-1} から 0 year^{-1} に下がると推定された
12 としても、内的自然増加率（本評価書では記号 r_m で表しています）は 0 year^{-1} までには下
13 がないと考えております。

14 また、最大年間繁殖率 F_{\max} に基づいて r_m を求める際には、評価対象魚種の F_{\max} が既往知
15 見の中での最も小さい値と同じであるという安全側の仮定を置いています。したがって、
16 汚染物質の影響が無い時の r_m は、実際には本評価で求めた値よりも高い値である可能性が
17 大きいと考えられます。

18 以上のことから、計算上、 r_i や r_m が 0 year^{-1} に下がると推定されたとしても、実際の野外
19 では r_m は 0 year^{-1} までには下がらない可能性が高いと考えております。ただし、ご指摘のよ
20 うに、実際の野外環境において、 r_m がわずかでも低下すれば、個体群の存続可能性も必ず
21 それに見合った分だけ低下すること（絶滅確率が増加すること）、また、 r_m が 0 以下とな
22 っている状態が続くことは許容できない深刻な影響であることには間違いありません。し
23 たがつて、 r_i や r_m が 0 になる濃度を判断基準にする場合、それが許容濃度であるというよ
24 りは、個体群が比較的短時間で絶滅も含めた深刻な影響を被っているかどうかの判断基
25 準になると考えられます。すなわち、リスクが許容できるかどうかは、 r_i や r_m が 0 になる
26 濃度と暴露濃度を比較することだけから判断することは困難であり、他の証拠と合わせて
27 判断するしかないと考えております。これらのことが明確に分かるように、本文中の多く
28 の箇所の表現を修正いたしました。

29 個体群増加率の減少分に対する許容限界については、純粋な自然科学的観点のみから定義
30 することは不可能だと考えております（ヒトの発がんリスクの許容限界として多用されて
31 いる 10^{-5} が、学術的な観点のみから決められた訳ではないことと同様です）。ただし、個
32 体群レベルの生態リスク評価の指標に、個体群増加率を用いるにせよ、絶滅確率あるいは
33 他の指標を用いるにせよ、それらの許容限界を定義することは非常に重要な課題であると
34 認識しております。本評価ではそこまで検討することはできませんでしたが、個体群レ
35 ベルの生態リスク評価の事例がさらに集まった時点で、ある程度の説得力を持って許容限界

1 の定義について案を示せると考えております.

2

1 渡邊 泉レビューアーの意見書と筆者らの対応

3 第I章

4 ・「生物へのリスク」：水生生物と陸上生物を対象としているが、海洋生態系は無視すべきではない
5 のでは？ 後述するが、陸上生物のサンプル・サイズが小さすぎ、偏っている。

6 【対応】海洋生態系の一部については評価エンドポイント①で考慮しています。陸上生物について
7 は、後にもご指摘いただきましたので、そちらで併せて回答いたします。

9 第II章

10 ・「食品経由の曝露」：難しいところと思うが、食生活の多様化、とくに年代・世代による変化は注
11 目すべきでは？

12 【対応】ご指摘ありがとうございます。食生活の多様化という点に関しては、米類摂取量の経年的
13 な減少については考察を加えております（公表版第III章4.4項）。リスク評価に用いた修
14 正累積摂取量の算出の際には、年齢区分別カロリー摂取量を反映させております（公表版
15 第IV章5.1項）。

17 第III章

18 ・「リサイクル」業務用など限定的な用途は回収・リサイクルが「比較的確立しやすい」とあるが、
19 予断では？ この分野に重要な示唆(回収不徹底の場合のシミュレーションなどを行う必要がある
20 のは?)

21 【対応】まず、外部レビュー版における「業務用など限定的な用途は回収・リサイクルが比較的確
22 立しやすい」との記述は、ご指摘のとおり断定しすぎていると判断し、公表版第II章5.2.2
23 項において「業務用用途の電池は特定の業者が取り扱うなどの理由から回収・リサイクル
24 のルートは比較的確立しやすいと予想される。」と記述を変更いたしました。

25 また、小野レビューアーの回答にも記しましたが、回収不徹底の場合につきましては、Ni-Cd
26 電池は電池処理フローモデル(公表版図II.18)に従って処理されるのが一般的と考えられ、
27 そのシミュレーションを行っております。この場合、回収されなかったものは一般廃棄物
28 (可燃ごみ、不燃ごみ)の処理ルートにより処理されると仮定しております。

29
30 ・「海洋への排出→ヒトへの曝露に直接つながらない」は疑問。海産魚介類の歴史的な追跡調査など
31 が必要では？

32 【対応】「ヒトへの曝露に直接つながらない」という表現は飲料水としての摂取は極めて小さいとい
33 う意味で記述しましたが、誤解を招く表現でしたので公表版においては削除いたしました。

34 「海産魚介類の歴史的な追跡調査などが必要」というご指摘に関しては、そのような調査
35 もありうるとは考えますが、その結果を排出・暴露経路の観点から考察するためには、近

1 隣諸外国の発生源における経年的な排出量などの情報も必要となります。これは、本評価
2 書の解析範囲を超えておりますので、取り扱わないものとししました。なお、海産魚介類で
3 はありませんが、底質中の Cd 濃度の経年変化をまとめることは有益と考え、公表版第 III
4 章 1.2.3 項に掲載しております。外部レビュー版には記載されていなかった下記の情報を公
5 表版に追加いたしました。「また、環境省地球環境局環境保全対策課（2005）は、大阪湾湾
6 奥については 2000 年の濃度は 1975～1994 年の平均濃度の 1/2 程度に低下したことを報告
7 している。」

8
9 ・「埋め立て→ほとんど移動しないと推察」は正しくないのでは？ カドミウムの土壌からの移動は、
10 比較的起きやすいのでは？

11 【対応】 ご指摘のとおり、不正確な表現でしたので、公表版第 II 章 9.1 項では以下のように修正し
12 た表現としております。「廃棄物処分場に埋め立てられる製品に含まれる Cd（焼却灰の形
13 で埋立地に移動する Cd も含む）は、そのほとんどが環境中へ溶出ししないと推察された。」
14 ご指摘のとおり、一般環境においては Cd は他の重金属と比較して移動しやすいという知
15 見は既存研究により得られております（第 I 章 2.2.1 項）。しかしながら、公表版第 II 章 5.3.2
16 項(1)に記しましたように、Cd の含まれる廃棄物が埋め立てられる可能性があるのは遮断
17 型（産業廃棄物）と管理型（産業廃棄物・一般廃棄物）です。Cd を含む廃棄物は中間処理
18 され、Cd が溶出されにくくなっております。また、集められた浸出水に含まれる Cd は設
19 置されている排水処理場において除去されますが同項(2)に示すように、除去率が高いこと
20 が報告されています。以上のことから、上記において「そのほとんどが環境中へ溶出しな
21 いと推察された。」と記述しております。

22 23 第 IV 章

24 ・複合汚染が考慮できていない。近年、注目されている日本人の亜鉛欠乏などは考慮する意味があ
25 るのでは？

26 【対応】 Cd と亜鉛欠乏の関係に限らず、複合汚染の問題は、重要ではありますが困難な問題です。
27 本評価書で扱う範囲を超えていると考え、特段の言及をしておりません。ご指摘の点につ
28 いて言えば、本評価書の解析の中で、暗黙に考慮されているものと考えています。という
29 のも、本評価書で用いた用量-反応関係は一般人の集団での観察をベースとしており、一般
30 的な亜鉛摂取状況が Cd の有害性にもたらす影響を反映したものだからです。

31
32 ・毒性に関しては新しく報告される知見に関して、つねに注視して更新する姿勢が望まれよう。

33 【対応】 ご指摘のとおりと考えます。有害性に関する点に限らず、新しい知見が得られれば、リス
34 ク評価を見直していくことが大事と考えております。

1 第 VI 章

2 ・「生態リスクを評価する」意味付けは？ 上位目的は、「生態系を保全すること」なのか、ヒトの
3 生息環境を維持するためか？ 明示する必要があるように思われる。

4 【対応】生態リスクを評価する一般的な目的は、生態リスクの管理に関わる意思決定を支援するこ
5 とです。生態リスクを管理する目的については、生態系自体の価値を重要視する立場から
6 のものや人の生活環境を維持する観点からのものなど、様々な意見があると認識していま
7 す。本リスク評価では、水生生物、鳥類、陸上哺乳類の地域個体群に対するリスクを評価
8 することを目的としました。これは、生態系自体の価値を重要視する場合でも、人の生活
9 環境の維持を重要視する場合でも、有益な視点であると考えております。

10

11 ・「生物個体の保護」から「個体群レベルでの影響の防止」を「我が国においてコンセンサスを得つ
12 つある」とあるが、疑問。まだ十分な議論がなされたとは認識していない。

13 【対応】本文でも述べているように、生物保全の目標を「特に感受性の高い生物個体の保護」では
14 なく、「個体群レベルでの存続への影響の防止」に置くことは、中央環境審議会水環境部会
15 水生生物保全環境基準専門委員会で議論の上、その専門委員会の報告書に明記されていま
16 す。さらに、その報告書は、パブリックコメントにもかけられています。筆者は、それら
17 の事実に基づき、「我が国においてもコンセンサスを得つつある」と判断しました。渡邊先
18 生が異なる認識であることは理解いたしました。

19

20 ・植物が扱われていない。地下水、陸上環境が不足しているのでは？

21 【対応】筆者は、現状の日本においては植物、地下水に対する Cd の生態リスクが問題となってい
22 る、あるいは潜在的に影響が懸念されるケースはほとんどないと判断しています。したが
23 って、評価の優先度は低いと考えております。陸上環境についても、本評価書で対象とし
24 た陸上哺乳類や鳥類以外については同様です。

25

26 ・農地生態系も扱うべきでは？(図 VI-1 など) 土壌におけるミミズへの影響とか、低次生物の影
27 響も含めた方が良いのでは？

28 【対応】農地では、耕作や農薬散布など的人為的な影響があることは当然であると言えます。一般
29 の自然環境とは異なると考えておりますので、農地内の生態リスクは評価対象としており
30 ません。

31

32 ・対象種が限定されている。「必要な範囲で、可能な限り多様な観点」としては、不足しているの
33 は？(表 IV.22 など) そのため、「5.1.2」などで「最も～」という表現は注意して用いる必要がある。

34 「検討した種の中で最も」など。

35 【対応】「可能な限り」というのは、定量的あるいは定性的な評価に必要な最低限のデータが得られ

1 るという意味を含んでおります。表 IV.22 は、これまでに調べられている慢性毒性値を網
2 羅的に掲載しております。「最も～」というのは、表 IV.22 に示した種の中でのことです。
3 毒性影響が調べられていない種までも含めて「最も～」であると断定できないことは自明
4 です。

5
6 ・「生存・繁殖……に僅かな影響→必ず個体群レベルでの影響につながるとは限らない」これは、予
7 断であろう。たとえば、成長遅延、繁殖能力獲得の僅かな時間的ズレ（障害）が、野生個体群の場
8 合、繁殖率を低下させる可能性が否定できない。

9 【対応】ご指摘のような表現は使っておりません。おそらく、「生物個体の生存、繁殖、成長、発生
10 のいずれかに影響がある場合には、それが直ちに個体群の存続に悪影響を及ぼすとは限ら
11 ず、ある程度までの影響であれば、個体数は増加を続けることができる。」(3.2 項) という
12 箇所を指していると思われます。成長遅延が繁殖率を低下させる可能性があることは、す
13 でに本文でも述べていることであり同意しますが、その影響が僅かである場合に直ちに個
14 体数の減少につながるとは限らないと筆者は指摘しています。汚染の影響がない場合でも、
15 繁殖率は年変動によって変化します。このことは、繁殖率がある範囲までは減少しても個
16 体数が維持できることを示しています。生存、繁殖、成長、発生にどの程度の影響があれ
17 ば、個体数の減少につながるのかは、数理生態学に基づく個体群レベルの評価を行って調
18 べる必要があります。

19
20 ・「既存の評価文書の概要」それぞれで示される値は、それ自体が総論的であることを留意する必要
21 がある。それぞれの生態系は、それぞれが特異的と考えられ、それぞれの感受性種・蓄積種（最低
22 値・最高値など）を個別に精査する必要がある。

23 【対応】第2節「既存の評価文書の概要」では、既存の評価文書の要約にとどめ、筆者の判断で「感
24 受性種・蓄積種（最低値・最高値など）を個別に精査する」ことはいたしませんでしたが、
25 既存の評価文書の多くが総論的であるというご指摘には同意いたします。

26
27 ・「評価エンドポイント④」：中・長期的な経時変化を考慮する必要があるのでは？ 対照区の設定
28 （周辺の非汚染地域）を厳密に行う必要があるのでは？（同緯度の他水系など）つまり、50～100
29 年という鉱山運営の歴史があれば、初期にダメージを受け、すでに多様性・バイオマスが低下した
30 生態系が、現在の状況と考えられないか。

31 【対応】評価エンドポイント④で取り上げた汚染区では鉱山活動に伴う排水の流入がありましたが、
32 対照区ではありませんでした。したがって、ご指摘のような中・長期的な影響も調べられ
33 るはずですが、ご指摘のとおり、対照区の選定は非常に重要です。魚類の生息に影響
34 を与える要因としては、水量（水深、川幅）、流速、水温、河床の状態、護岸の状態、周
35 囲の植生、水質などが挙げられます。対照区と汚染区は、緯度が同じであれば良いという

1 訳ではなく、前述の条件が同じで、汚染物質濃度だけが異なる地点が望ましいと言えます。
2 しかし、現実的には、汚染物質濃度以外の条件が全く同じである対照区を見つけることは
3 不可能です。したがって、このエンドポイントでは、重金属の影響を検出できる感度は低
4 いと考えております。ただし、より現実的な条件下での汚染の影響を判断する上では、有
5 益な視点の一つであると考えております。

6
7 ・魚種に偏りがある。たとえば、絶滅危惧種などは、すでにいない環境だったのか？ 感受性種・
8 蓄積種の不在を、なんらかの形で評価に補うべき。

9 **【対応】** Cd 汚染水域の一つ一つについて、絶滅危惧種が現在生息しているかどうか、あるいは過去
10 に生息していたかどうかについては、把握できる資料は存在していません。現在の状況に
11 ついては現地調査によって調べることはできると思いますが、費用は莫大になると思
12 います。リスク評価についても、無制限にコストをかけられる訳ではありません。本リスク
13 評価の結論では、「Cd が魚類の個体群存続に悪影響を及ぼしている地域が存在している可
14 能性も十分にある」と判断しました。絶滅危惧種について評価を行っても、その判断は変
15 わらないと思います。

16
17 ・低次生物はむしろ「無影響（耐性種の存在）」の方が、問題になる可能性もある。生体中の濃度も
18 併せて評価する方が包括的であろう。（耐性種の存在は、その後の高い栄養段階の生物に影響を与
19 える可能性がある）

20 **【対応】** ご指摘は、「高次栄養段階の生物の評価では、餌となる低次栄養段階の生物中の濃度も併
21 て評価する方が包括的な評価である」と言い換えられると理解いたしました。そのご意見
22 に同意いたします。ただし、その場合には、高次栄養段階の生物について、全ての餌の採
23 取場所、採取場所ごとの餌中 Cd 濃度や餌摂取量などの情報が必要になります。本評価で
24 は、そのような情報が不十分であると判断しましたので、高次栄養段階の生物である鳥類
25 と陸上哺乳類については体内濃度（腎臓中濃度）から評価する方法を採用しました。

26
27 ・「6.1 水生生物の生存…」多様性を考慮した評価が不十分では？（図 VI.19 で調査された水生昆虫
28 を用いた評価が必要であろう）

29 **【対応】** ご指摘の箇所である評価エンドポイント①は、生態リスク評価において伝統的に評価され
30 てきた項目です。多様性の考慮ということが具体的に何を意味しているのかは理解できま
31 せんでしたが、評価エンドポイント①は、毒性への感受性に種差（多様性）がある中で、
32 最も感受性の高い生物と最も感受性の低い生物に着目しております。

33
34 ・「6.3」知見の引用が外来種のデータであることを注意すべき。

35 **【対応】** おそらく、評価に用いた毒性試験結果に外来種に対するものも含まれていることをご指摘

1 されているのだと思います。評価エンドポイント③で対象としたイワナ、オイカワ、ウグ
2 イ、ニゴイに対する生存、繁殖、成長に対する毒性影響のデータは得られませんでしたの
3 で、魚類の中で最も感受性が高い種と同等の反応をすると仮定しています。魚類の中で最
4 も感受性が高いデータを選ぶ際に、外来種であっても除外せずに考慮に入れて検討するこ
5 とは、得られるデータが限られている中での安全側の措置であり、妥当であると考えてお
6 ります。

7
8 ・「鳥類の無毒性量：腎臓の 54 ppm 湿重」とくに鳥類は多様な種差がある。

9 【対応】毒性試験が行われた中で最も感受性が高い種に対する無毒性量が、腎臓中濃度で 54
10 mg/kg-wet です。さらに、種差として 1~10 を考慮して評価を行っておりますが、その値
11 はリスク評価において一般的に用いられている値です。

12
13 ・「陸上哺乳類の暫定的無毒性量：腎臓の 30 ppm 湿重」は、実験動物の値。とくに野生動物の評価
14 において、感受性の種差に関しては、慎重に取り扱うべきだと考える。とくに、本評価書では、扱
15 っている種数があまりにも少なく、結論めいた記述は妥当ではないのでは？

16 【対応】6.7 項では、評価エンドポイント⑦に対する結論を、「暴露濃度の実測値の最大値を用いる
17 と、MOE は、ホンシュウジカで 3.8、ツキノワグマで 1.5 であった。これらに対しては、
18 リスクは懸念レベルにはないと判断できるが、検体数が少ないことから、暴露量の代表性
19 に関して不確実性が残る。したがって、調査数を増やした上で最終的な判断を下すことが
20 望ましい。」と記述しています。この記述は、十分に慎重であると考えております。

21
22 ・とくに高次生物に関しては、「有効な毒性指標の開発」が求められよう(5.3 など)

23 【対応】「有効な毒性指標」というのが、生存、繁殖、成長、発生のパラメータに連動しているバイ
24 オマーカーのことであれば、それを発見することは有意義であると思います。しかし、そ
25 れを検討する場合には、一度は生存、繁殖、成長、発生について調べる必要があります。
26 個体群の存続に対する評価に必要な情報は、生存、繁殖、成長、発生に対する濃度-反応関
27 係です。

28
29 ・生態系の評価には「種差の扱い」が、極めて重要になると考えられる(カドミウムの濃度でも 100
30 倍程度の差はグループ間で見られる)

31 【対応】種差については、多くの箇所でも考慮しています。ただし、日本に生息する全ての種につい
32 て毒性影響が調べられている訳ではないので、知識の不完全性に基づく不確実性は残りま
33 す。不確実性に関しては、6.8 項に詳しく記述しております。

34
35 ・陸上哺乳類に関しては、少なくともニホンザルなど雑食性の種を考慮すべき。

1 【対応】ニホンザルのデータが見つかりましたので評価に加えました。他の陸上哺乳類については、
2 JDream II ((独) 科学技術振興機構) および MEDLINE のデータベースで再検索しました
3 が、新たなデータは見つかりませんでした。
4

5 ・「個体群動態に直接関係しているエンドポイント……情報は得られなかった」にも関わらず
6 「MOE>1 でリスクは懸念レベルにないと判断」は、妥当性を欠くのでは？

7 【対応】陸上哺乳類に対する無毒性量は、5.3 項で述べているように、暫定的に腎臓中濃度で 30
8 mg/kg-wet と判断しました。ただし、これは腎臓に対する組織病理学的な影響に基づいた
9 値です。個体群動態に直接関係しているエンドポイント（生存、繁殖、成長、発生）につ
10 いては、30 mg/kg-wet よりも高い濃度で影響が現れると考えられますが、情報は得られま
11 せんでした。通常、生存、繁殖、成長、発生のエンドポイントを用いた場合には、MOE
12 が 10 を超えていればリスクは懸念レベルにないと判断されます。本評価ではそれらよりも
13 個体群動態への直接的な関連性が低い軽微なエンドポイント（腎臓に対する組織病理学的
14 な影響）を採用せざるを得ませんでしたので、MOE が 1 を超えていればリスクは懸念レ
15 ベルにはないと判断しました。
16

17 ・「Cd の起源：自然起源によるものか、人為起源によるものか判断する情報は得られなかった」第
18 III 章で、ほぼ人為起源という結論ではないのか？ つまり、野生生物にとっては、間接的曝露かも
19 しれないが、もともとのソースはヒト由来。ここで問題となるのは曝露経路の把握であろう。重複
20 になるが、海洋環境・海洋生態系の評価は、この観点からも重要となる。

21 【対応】読者の誤解を避けるために、渡邊先生がご指摘の箇所を一文そっくり抜粋すると次のよう
22 になります。「また、鳥類の暴露が自然起源の Cd によるものか、人為起源の Cd によるも
23 のかを判断するための情報は得られなかった。」（第 VI 章第 7 節より）
24 第 III 章では、人為起源に限定して Cd の排出量を推計しており、自然起源の Cd について
25 は扱っておりません。また、鳥類の Cd 摂取は餌経由と考えられますが、分析された鳥個
26 体がどの場所で餌を採取していたのかについては情報が得られませんでした。したがって、
27 その餌中の Cd が自然起源か人為起源かは判断できなかつたため、上記のように記述いた
28 しました。
29

30 ・「休廃止鉱山→自然起源の汚染」は、誤認であろう。休廃止鉱山は、その後の管理が責任をもって
31 行われるべき。「自然由来にカテゴライズされるから、無処置で OK」という結果を導くことは、ト
32 ータルの保全観点からしても、穴となろう。

33 【対応】ページ番号および行番号の記載がありませんでしたので、どの部分をご覧になって「休廃
34 止鉱山→自然起源の汚染」と解釈されたのかが理解できませんでしたが、そのような主張
35 は本文のいずれの箇所でも行っておりません。さらに、「自然由来にカテゴライズされるか

1 ら、無処置で OK」という主張も行っておりません。読者の誤解を避けるために、ご指摘
2 に関連すると思われる本文を抜粋しておきます。「休廃止鉱山周辺の河川などでは、汚染源
3 が人為起源か自然由来かは適切に判断する必要があると考えられた。」(第 VI 章第 7 節よ
4 り)

5
6 ・「事業所ごとのばらつき」は非常に重要なファクターであろう。この点は、究明・追跡調査が比較
7 的可能と考えられるので、ぜひ、詳細に調査すべき。これら事業所間におけるばらつき、処置の差
8 を明らかにし、それを全体的に改善していくことが、実効的な対処に繋がるのでは？

9 【対応】本評価書ではそこまでは調査できませんでしたが、ご意見には同意いたします。

10
11 ・以下、結論部に関して、6.8 で不確実性を検討しているのに、断言型の文章が多用されているので
12 は？

13 【対応】不確実性があることが、何も判断ができないということに直結はしません。結論部の表現
14 は適切であると考えております。

15
16 ・「日本全体で一律のリスク削減対策→資源やエネルギーの観点からマイナス面がある」考え方の差
17 異であろうが、本評価書の前提とされてはいないか？ 基本的な見解として賛成しかねる(「個別の
18 地域ごとの対策が有効」は賛成)。対策コストを優先させるコンセプト自体に問題を感じる。リスク
19 があれば、その為に超過気味のコストをかけることが重要ではないか、と考える。

20 【対応】ご指摘の箇所について、本文を正確に抜粋したものは次のとおりです。「汚染地域に限られ
21 ており、それぞれの地域に生息している生物の種類、護岸、河床、構造物の有無などの物
22 理的な環境も異なるので、日本全体で一律のリスク削減対策をとることは資源やエネルギー
23 消費の観点からマイナス面がある(資源やエネルギーを消費したにも関わらず生物が回
24 復しない地域を生む可能性がある)と考えるが、個別の汚染地域ごとにみると、対策をと
25 ることが有効なケースもあるかもしれない。(下線部は、外部レビューの後に加筆した部
26 分です。)

27 筆者は、上記の箇所においても他の箇所においても、対策コストを優先させるべきである
28 とは主張しておりません。筆者が指摘している点は、全国一律のリスク削減対策をとるこ
29 とは資源やエネルギー消費の観点からマイナス面があることで、そのマイナス面とは、資
30 源やエネルギーを消費したにも関わらず生物の回復が起こらない地域を生む可能性がある
31 ことです。そのような無駄な資源・エネルギーの消費は、地球温暖化などの別のリスクを
32 無用に増大させるだけであり有害です。無駄な対策コストをかけることは、無駄な資源・
33 エネルギーを消費することにつながるので反対しております。

34
35 第 VII 章

1 ・「環境濃度は→大幅に高くなることはない。リスクレベルも上昇することはないという前提」に関
2 して：「低レベルの蓄積による生体影響が、今後明らかにならない限り」など、前提が必要ではない
3 か？ また、カドミウムなどすでに規制が始まっている物質で問題になるのは蓄積(残留)と自然作
4 用を含めた動態・循環だと思う。そのため、「新規のレベル上昇は小さい」ことと併せ、現在の環境
5 における蓄積量(物質循環にのってくる可能性がある存在量)の移動を考慮する必要もあるのでは？

6 【対応】前半のコメントに関してですが、「低レベルの蓄積による生体影響」が今後明らかになった
7 場合は、再評価の必要があると考えております。

8 後半のコメントに関してですが、ご指摘は「現在は環境中を移動していないが、(何らかの
9 変化が生じた場合)将来的に移動する可能性のある量」が正しく把握されているのか」と
10 いう点かと思います。この量に関しては、公表版第 II 章において、産業活動にかかわる
11 Cd については、「廃棄量」や「埋立量」という環境中濃度には直接現れてこない量を含め
12 て経年的に推定しており、この累積量をご指摘の「現在の環境における蓄積量」におおむ
13 ね相当するものと考えております。これらの量は環境中濃度モニタリングの結果から推定
14 することは困難で、このような量をマテリアルフロー解析により把握できたことが第 II 章
15 の解析の意義と考えます。「現在の環境における蓄積量」が推定できているとすれば、(現
16 在は物質循環にのっていないが、今後何らかの変化があれば)物質循環にのってくる量を
17 計算することは、妥当な仮定をおけば可能と考えます。ただし、今後起こりうる変化につ
18 いて取り上げることは本評価書の解析の対象外と考え、ご指摘の点に関する修正は行って
19 おりません。

20
21 ・「用途において、工業使用もありうる」という結論に関して：その条件や 3R を徹底させる方策が
22 不可欠であろう。

23 【対応】上記の記述は誤解を招く表現でしたので、公表版第 VII 章では上記の記述を削除しました。

24 ちなみに新たな用途としては、公表版第 II 章 4.2 項に「今後使用量が増大する可能性があ
25 る用途としてはテルル化カドミウム (CdTe)、セレン化カドミウム (CdSe) のような化合
26 物半導体がある。」と記載しております。

27 「その条件や 3R を徹底させる方策」については、公表版第 VII 章第 1 節に以下の記述を
28 追記いたしました。「ちなみに、第 II 章 4.2 項で述べたように、今後、新規の製品に Cd が
29 使用される可能性があると考えますが、その場合、従来より厳しい管理方法を別途採用する
30 ことは有益だろう。たとえば、テルル化カドミウムなどが半導体に使用された場合につい
31 て考えると、「その製品(太陽電池など)は販売者とのリース契約においてのみ使用でき、
32 使用後は販売者による確実な回収が義務付けられる」など、サプライチェーンの中で確実
33 に Cd を管理できる方法を確立した上で販売する、という工夫がありうる。」

34
35 ・「Ni-Cd 電池回収率向上は、米の生産や流通管理より効率が悪い」という結論：基本的姿勢として、

1 コストをベースにした取捨に異議がある(上述第六章後半)。リスクがあるのなら、対策の費用に制
2 限を加えるべきではないという考え方。また、電池回収率(放出源)とコメに関するファクター(曝露
3 経路)は、独立して別々の対応が望ましいと考える。両者を比較することに疑問(とくに米の買い上
4 げは「出口に蓋」型対策。根本的対策とは差別化が必要であろう)。

5 **【対応】** 対策費用という金銭価値を用いて両者を比較することに異論があるというご意見と受け止
6 めました。なお、発生源を絶つ対策と「出口に蓋」型対策が異なる位置づけであるという
7 ご意見があることも理解しております。しかしながら筆者らは、対策の費用と効果とを相
8 互に比較し、これらのような質の異なる対策を区別することなく、有利と判断できる対策
9 を優先的に進めることが、一つの合理的な方法と考えております。したがって、そのよう
10 な議論の基礎となる情報を読者に与えることも意義があると考えております。この場合は、
11 (費用の面のみならず) 暴露レベルの削減幅に関しても発生源を絶つ対策 (Ni-Cd 電池回
12 収率向上) よりも、「出口に蓋」型対策 (米の生産や流通管理) のほうが日本全体としてみ
13 た場合においても有利です (公表版表 VII.7)。「出口に蓋」型対策でも非常に効率が良い場
14 合は、一つの解決手段として有用性がありうる、と考えます。

15 第 VIII 章

16
17 ・「Cd 用途…増加なども考えにくい」多様化に関しては、「考えにくい」は言えないのでは？ とく
18 に、本評価書の第 VII 章では「用途において工業使用もありうる」としている。これを採用すれば、
19 必ず多様な素材の材料となり、多様な用途が模索される。この点と矛盾するが、全体として(以下の
20 項目も)「増加・上昇→考えにくい」「増加要因はない」と希望的な結論ではないか？

21 **【対応】** ご指摘のとおり、矛盾がある表現でしたので、外部レビュー版要約の第 VIII 章(結論)に
22 おけるご指摘の記述(「増加・上昇→考えにくい」)は削除し、修正いたしました。

23 「多様な素材の材料となり、多様な用途が模索される」というご意見に関してですが、Cd
24 のようにこれだけ規制が進んでいる物質ですと、今後においても使用はかなり限定的であ
25 り、「多様な」素材や用途への使用は起こりにくいと考えます。技術革新の動向について予
26 測はできませんが、Cd の使用が大きな優位性を持ち、他の物質では代替しがたい用途であ
27 れば、その用途に限り Cd が使用されることもあると考えます(公表版第 II 章 4.2 項に「今
28 後使用量が増大する可能性がある用途としてはテルル化カドミウム (CdTe)、セレン化カ
29 ドミウム (CdSe) のような化合物半導体がある。」と記載しています)。そのような用途に
30 関しては、使用に際しては管理体制を確立した上で使用することを前提条件に考えるなら、
31 有害性がこれだけ知られている Cd といえども、その使用による社会への便益のほうが大
32 きい可能性が少なくないでしょう。なお、管理体制の例としては、上記第 VII 章でいただ
33 きました 2 番目のコメントに対する対応で記述しましたので、そちらをご参照いただけれ
34 ば幸いです。