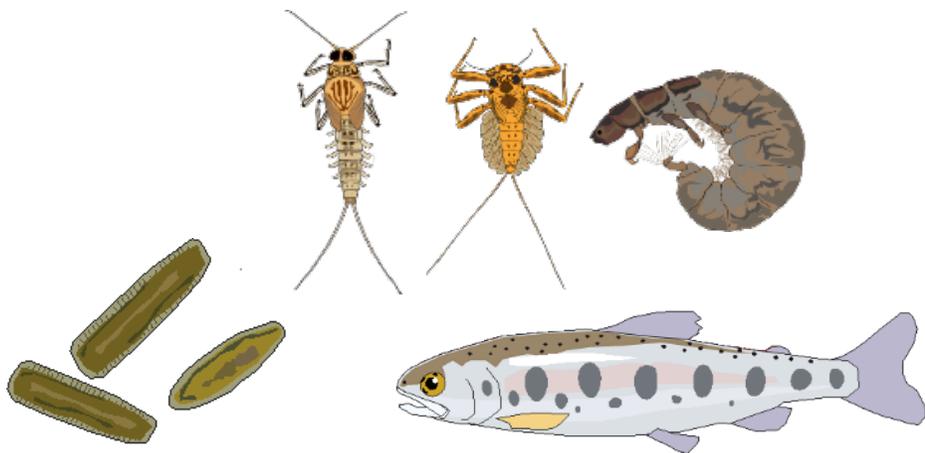


---

# 「休廃止鉱山の坑廃水が流入する河川における 生態影響評価ガイドンス」 概要説明版

(国研)産業技術総合研究所



# 目次

## 1. 背景

- 生態影響評価の必要性

## 2. 生態影響評価ガイダンス(案)の紹介

- フレームワーク, 考え方
- 調査地点の設定
- 生態影響評価方法

## 3. 生態影響評価結果の事例紹介

休廃止鉱山の坑廃水が流入する河川における  
生態影響評価ガイダンス(案)

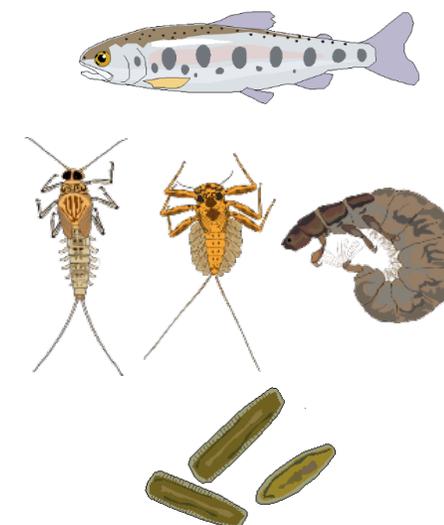
Guidance for Ecological Impact Assessments  
in Rivers Receiving Mine Discharges

経済産業省 産業保安グループ 鉱山・火薬類監理官付

令和3年3月

# 背景: 金属が水生生物に及ぼす影響

- 坑廃水の河川等への流入は河川流量等にも依存して, 下流の水質に影響
  - pHの低下, 金属類の濃度増加
- 国内の一般環境でも, 亜鉛等金属の生態リスクは懸念される(加茂ら 2009)
- 2003年に, 水生生物の保全を目的とした亜鉛の水質環境基準が設定された
  - 河川底生動物の一種であるヒラタカゲロウ類を対象とした長期の毒性試験結果が根拠
  - 銅などの他の金属が, 次の候補に挙げられている



# 背景：生態影響評価の必要性

- 水生生物や生物多様性そのものの保全は重要
- 鉱山下流では、溪流魚の遊漁などが行われている河川も多い
- 柔軟な管理が可能な利水点等管理を，地元の理解を得ながら進める上では、坑廃水(処理水)の水生生物への影響を評価する必要性がでてくる
  - この評価を，生態影響評価と呼ぶ



# 背景: 生態影響をどのように評価するか

- 亜鉛等の水質環境基準は, 室内毒性試験から導かれる安全側の値
  - 環境基準未満 → そのリスク(影響)は懸念されない
  - 環境基準超過 → 「管理上重要な」影響が観測されるかは不明確
- このような評価の考え方や方法を示したガイダンスが国内ではなかった



# 生態影響評価ガイドンス(案)

休廃止鉱山の坑廃水が流入する河川における  
生態影響評価ガイドンス(案)

Guidance for Ecological Impact Assessments  
in Rivers Receiving Mine Discharges

経済産業省 産業保安グループ 鉱山・火薬類監理官付

令和3年3月

- 2021年4月にガイドンス(案)公開

[https://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/sangyo/mine/portal/report/report.html](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/mine/portal/report/report.html)

ガイドンス発行元及び問い合わせ先

- 経済産業省 産業保安グループ  
鉱山・火薬類監理官付

技術的なサポート

- 産業技術総合研究所

# 目次

第1章.	要約 .....	第8章.	生態影響評価方法：水生生物調査 .....
第2章.	背景 .....	8.1.	位置づけ.....
第3章.	本ガイドンスにおける生態影響評価の目的 .....	8.2.	水生生物調査における対象生物グループ.....
第4章.	生態影響評価の適用が推奨されるケース .....	8.3.	調査方法・項目 .....
第5章.	生態影響評価を検討する上での留意点及び重要な考え方...	8.4.	調査頻度・時期.....
5.1.	調査・評価内容を検討する上での留意点.....	8.5.	結果の評価方法.....
5.2.	3つの評価方法の特性と段階的評価の考え方 .....	第9章.	生態影響評価方法：環境水を用いた生物応答試験 .....
5.3.	参照地点と比較するという考え方（水生生物調査） .....	9.1.	位置づけ.....
第6章.	調査地点の設定 .....	9.2.	試験方法.....
6.1.	調査地点（評価地点と参照地点） .....	9.3.	調査頻度・時期.....
6.2.	調査地点設定の具体例.....	9.4.	結果の評価方法.....
第7章.	生態影響評価方法：水質調査 .....	第10章.	総合評価の考え方.....
7.1.	位置づけ.....		
7.2.	測定項目 .....		
7.3.	調査頻度・時期 .....		
7.4.	調査・分析方法 .....		
7.5.	結果の評価方法 .....		

# 定義とフローチャート(第1章)

## 生態影響評価の定義

- 生態影響評価とは、坑廃水が流入する河川における地点または一定の範囲で、管理上許容できない水生生物への生態影響が予測・観測されるか評価する

- 水質調査
- 水生生物調査
- 環境水を用いた生物応答試験(毒性試験)

利水点等管理を検討する際に、関係者との合意形成や管理者の意思決定における資料となることを想定

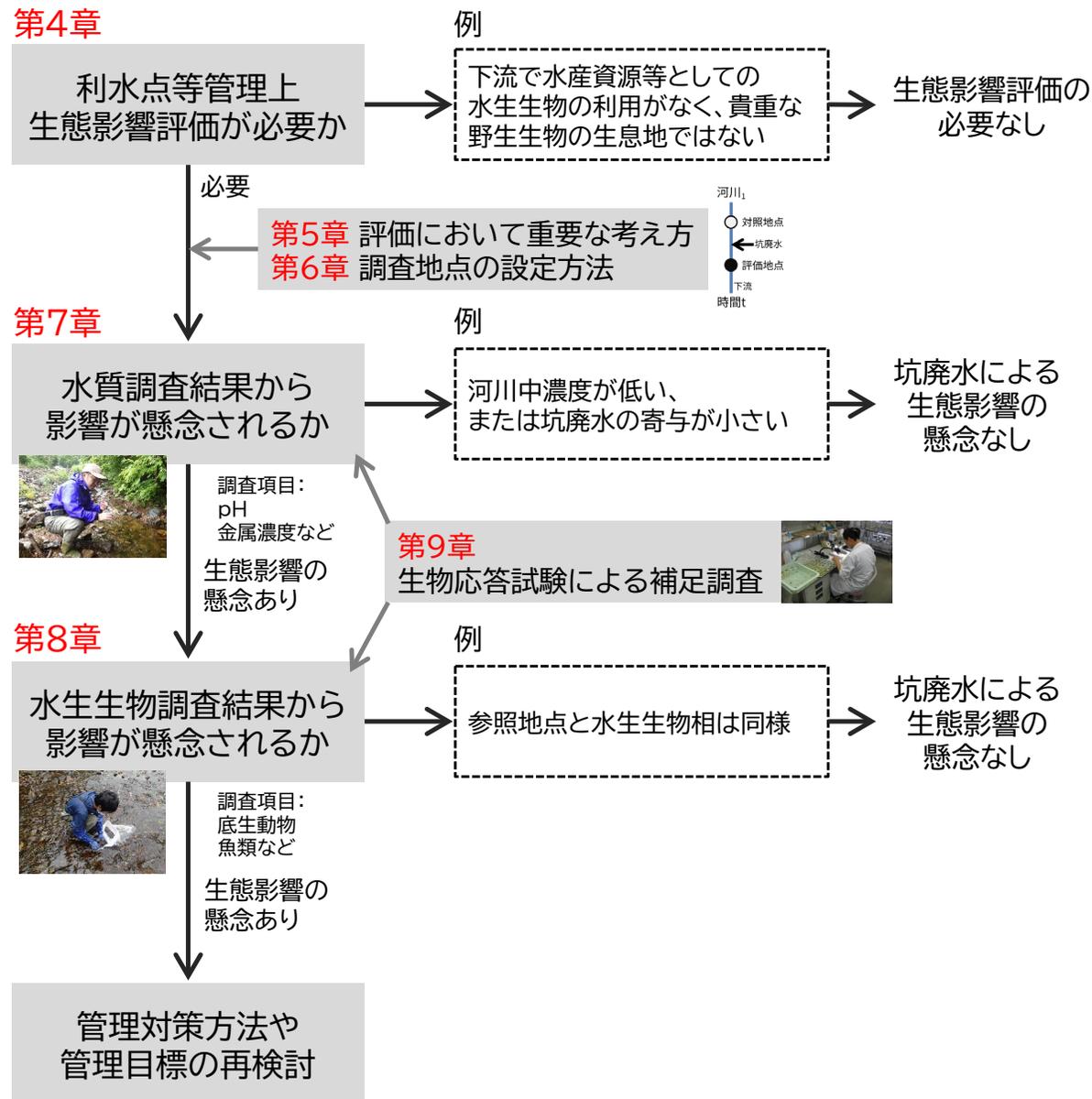


図1-1. 生態影響評価のフローチャート(段階的評価)

# 生態影響評価の適用が推奨されるケース(第4章)

## 1. 放流口及び利水点等での基準超過状況から適用が推奨されるケース

- 水生生物保全を目的とした水質環境基準及び排水基準が設定されている金属は亜鉛のみ

### ケース1a:放流口超過、利水点等達成

- 亜鉛が放流口で排水基準を超過している(またはその可能性がある)が、下流の利水点または環境基準点等では当該項目が水質環境基準を達成している場合。

### ケース1b:放流口超過、利水点等超過

- 亜鉛が放流口で排水基準を超過しており(またはその可能性があり)、下流の利水点等でも当該項目が水質環境基準を超過している場合。水質環境基準の性質を鑑みると、水質環境基準を多少超過していても、生物相は大きな影響を受けていない可能性がある。

## 2. 対象流域の生態系の状況によって適用が検討されるべきケース

### ケース2a:水産資源や生態系サービスへの影響

- 漁業または遊漁に利用される魚類等の生息等があり、水産資源への影響が危惧される場合(後略)。

### ケース2b:生物多様性への影響

- 下流の特徴的な野生生物相への影響が特に危惧される場合。

# 生態影響評価を検討する上での留意点等(第5章)

---

- ① 生態影響評価を実施する前に、関係者や専門家等が懸念する生態影響を整理・議論した上で、調査や評価内容を検討することが望ましい
- ② 坑廃水が流入する河川における生態影響の有無を判断する上で、坑廃水の影響を受けていない金属濃度の低い参照地点や河川との比較が基本となる
  - 調査地点の設定は, 第6章

# 生態影響評価を検討する上での留意点等(第5章)

- ③ 生態影響評価に用いる水質調査、水生生物調査、生物応答試験のそれぞれの位置づけや段階的な評価を理解し、評価目的に応じて実施を検討する必要がある。

方法	生態影響評価方法の概要	利点	欠点
水質調査	評価地点の金属濃度を測定し、水質環境基準等と比較する	他の方法に比べて簡便である	水質環境基準等を超過した場合に、実際の河川で生物相への影響があるかどうか必ずしも明らかでない
水生生物調査	評価地点と参照地点において魚類等の水生生物相を比較する	実際の河川で観測される生物相への影響を直接観察できる	適切な参照地点を設定する必要があり、坑廃水以外の影響要因がある場合、結果の解釈に注意が必要である
生物応答試験	評価地点の河川水についてミジンコ類への毒性を評価する	河川水に含まれる物質の総合的な毒性を直接評価でき、金属類の影響かどうかを評価できる。	生物応答試験で観測される毒性影響と実際の河川における生物相への影響の関係が明らかではない

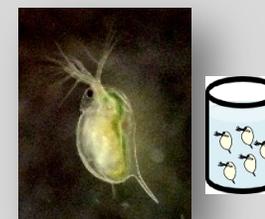
水質調査(7章)



水生生物調査(8章)



環境水を用いた生物応答試験(9章)



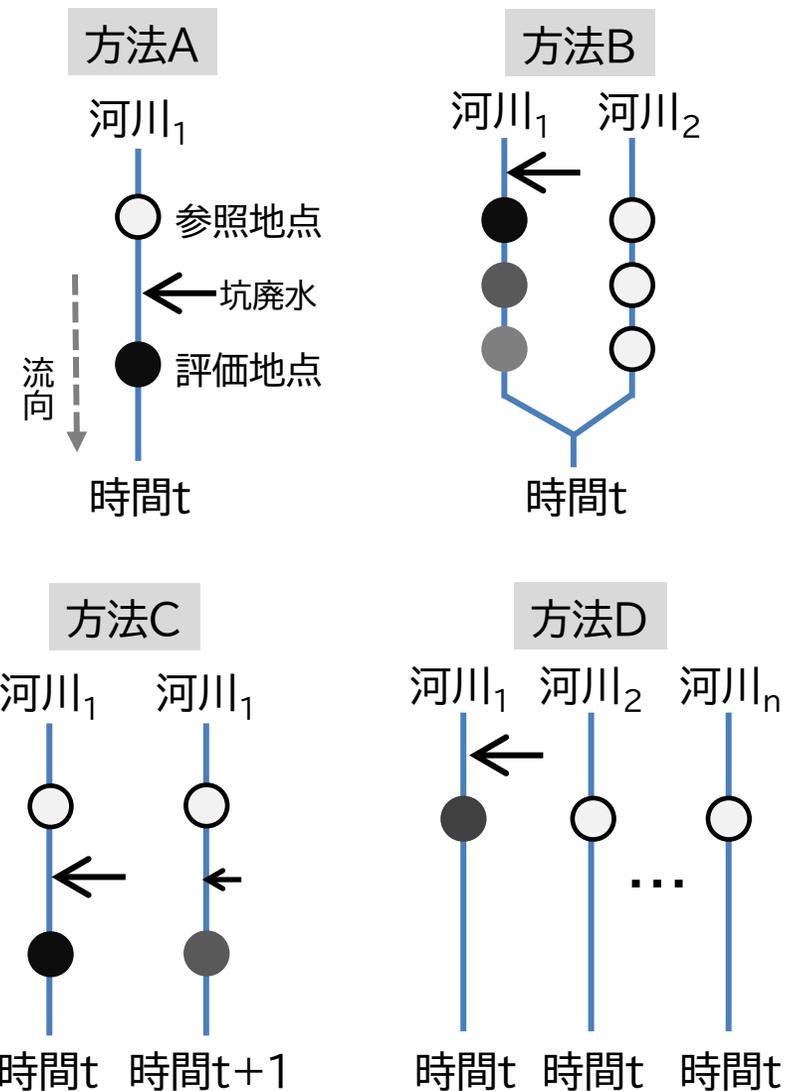
# 生態影響評価を検討する上での留意点等(第5章)

- 水質調査及び水生生物調査による段階的な生態影響評価(図5-1)



# 調査地点の設定(第6章)

- 評価地点と参照地点の比較が原則
  - 評価地点...  
坑廃水流入河川において影響評価を実施すべき地点
  - 参照地点...  
近傍の河川において、物理化学的環境が同様に、他の人為的な影響をほとんど受けていない比較対象地点
- 調査地点の設定は、生態影響評価の目的や対象流域の特性等によって可変



# 方法:水質調査(第7章)

- 坑廃水流入河川における金属濃度やその負荷量を明らかにし、実測濃度と水質環境基準等の比較による簡易な評価などが実施可能
- 水質測定項目
  - 金属類:亜鉛、カドミウム、鉛、銅など → ハザード比の和を用いた評価
  - 現地測定項目:水温、pH、電気伝導度(EC)
  - その他の項目:硬度(カルシウム及びマグネシウム濃度)など

$$\text{ハザード比の和} = \sum \frac{\text{各金属の測定濃度}}{\text{各金属の水質環境基準}}$$

ハザード比が1を超えていなければ、  
生態影響が懸念されることはないと判断できる



# 方法：水質調査(第7章)

- 水生生物の保全を目的とした日本、米国、英国、豪州の水質環境基準(淡水域)(表7-1)

国	条件など	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Mn	Fe	Al	As
		$\mu\text{g/L}$								
日本		30	—	—	—	—	—	—	—	—
米国 <sup>2</sup>	硬度 = 20 mg/L-CaCO <sub>3</sub> 記載がない濃度は溶存態	30.2	0.08	0.4	2.3	13	—	1000	87 (全量)	150
	硬度 = 30 mg/L-CaCO <sub>3</sub> 記載がない濃度は溶存態	42.6	0.11	0.7	3.2	19	—	1000	87 (全量)	150
	硬度 = 40 mg/L-CaCO <sub>3</sub> 記載がない濃度は溶存態	54.4	0.13	0.9	4.1	24	—	1000	87 (全量)	150
	硬度 = 50 mg/L-CaCO <sub>3</sub> 記載がない濃度は溶存態	65.7	0.15	1.2	5.0	29	—	1000	87 (全量)	150
	英国 <sup>3</sup>	Zn, Cu, Ni, Mnは 生物利用可能量で設定	10.9	—	—	1.0	4	123	1000	—
豪州 <sup>4</sup>	95%保護レベルの デフォルトガイドライン値	8.0	0.20	3.4	1.4	11	1900	—	55 (pH > 6.5)	24

# 方法：水質調査(第7章) ハザード比の和の計算例

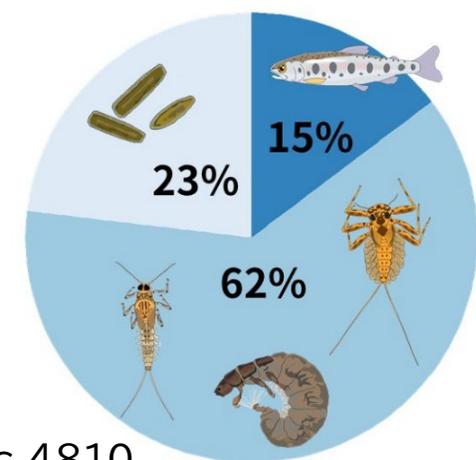
- 硬度20mg/Lの河川で, 亜鉛と銅のみが検出された場合を想定

\* 簡単のため, 水質環境基準も含め数値は四捨五入しています

元素	実測濃度 (mg/L)	水質環境基準 (米国:mg/L)	ハザード比	ハザード比の和
亜鉛	0.010	0.030	$0.01/0.03 \div 0.3$	
銅	0.006	0.002	$0.006/0.002 = 3$	$0.3 + 3 = 3.3$

# 方法：水生生物調査(第8章)

- 水生生物調査の利点は、**実際の河川で生態影響を直接観測できること**
- **付着藻類、底生動物、魚類**が河川での水生生物調査の代表的な調査生物
  - 応答の時空間スケール、保全対象との関係性、定量的な調査の難しさ等の特性が異なる
- **どの生物グループを調査すべきか？**
  - 保全すべき水産資源(例:魚類)等が存在する場合は、それを調査対象生物とすること
  - 優先して調査対象とすべき生物種やグループを選ぶことができない場合は金属汚染に対する応答性が高い底生動物を指標とすることを推奨
- 各生物グループについて、調査方法、項目、頻度、時期を記述

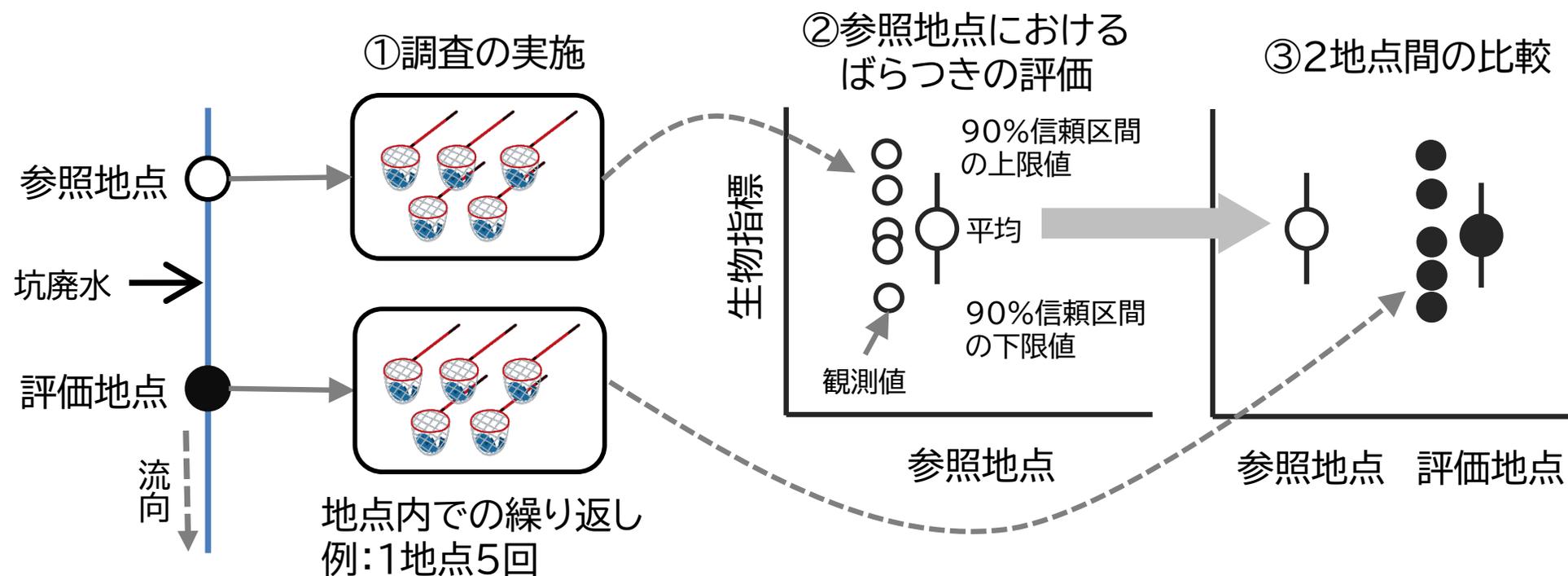


Nambaら(2020)  
<https://doi.org/10.1002/etc.4810>

# 方法:水生生物調査(第8章 図8-1)

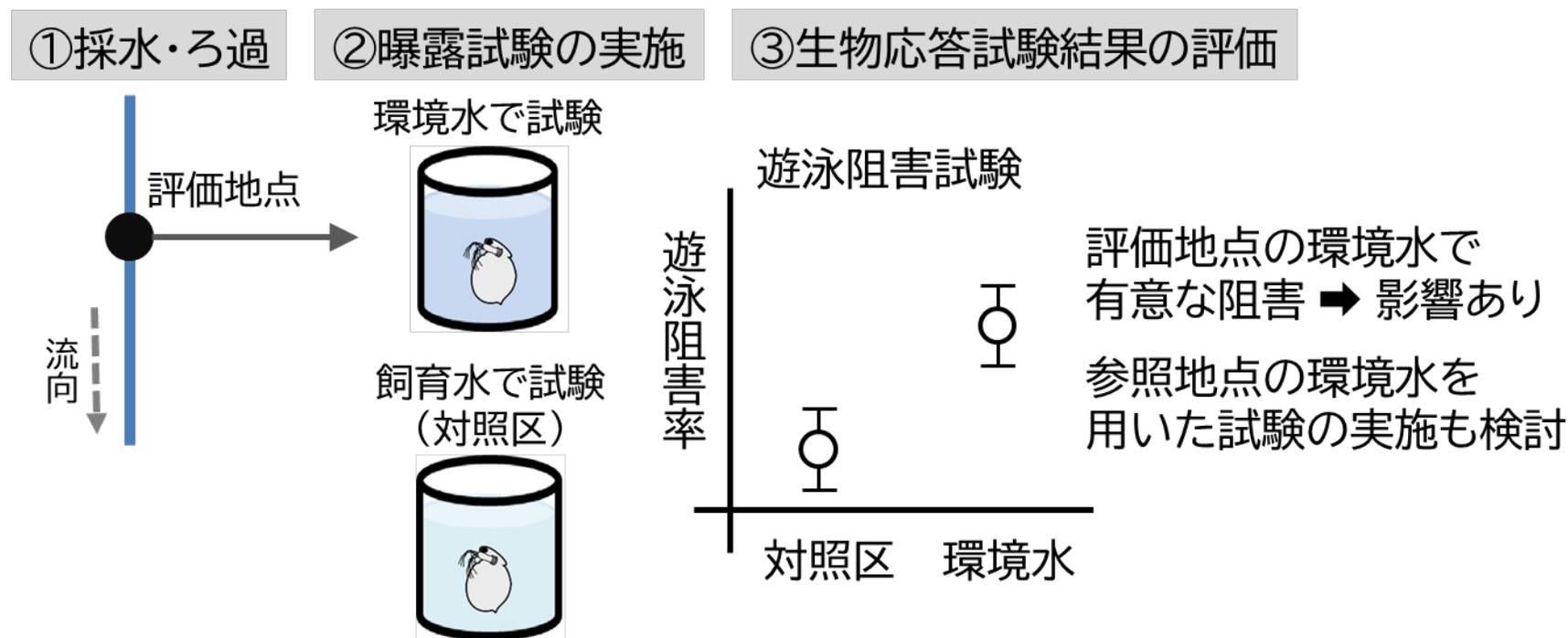
## • 水生生物調査結果の評価方法(概念図)

- 水生生物調査を実施し(①)、地点内の繰り返しから参照地点における生物指標観測値のばらつきを90%信頼区間で表現し(②)、その範囲に評価地点の生物指標の平均値や観測値が含まれるかを調査する(③)。



# 方法：環境水を用いた生物応答試験(第9章)

- 生物応答試験の利点は、河川水等に含まれる複数の化学物質の  
**総体としての毒性を直接把握することができる**
  - 水質調査の評価結果の検証や水生生物調査の予備的検討、および生態影響の原因となる要因を特定するための知見を提供する**補足的な調査手法**と位置付けられる



# 総合評価の考え方(第10章 表10-1)

- 水質調査及び水生生物調査の結果から、調査対象河川における生態影響をどのように総合的に評価するかの評価方法の例

例	水質調査（金属濃度）		水生生物調査	判断の例
	評価地点（河川）の濃度と環境基準等の比較	評価地点（河川）における坑廃水の負荷		
1	基準超過なし HQの和 < 1	十分に小さい～大きい	-	坑廃水による生態影響の懸念なし
2	基準超過あり（またはなし） HQの和 ≥ 1	十分に小さい	-	坑廃水による生態影響の懸念なし （坑廃水の寄与が十分に小さい場合）
3	基準超過あり（またはなし） HQの和 ≥ 1	一定の寄与～大きい	影響なし	坑廃水による調査対象生物への生態影響の懸念なし ただし、定期的なモニタリングを要検討
4	基準超過あり（またはなし） HQの和 ≥ 1	一定の寄与～大きい	影響あり	坑廃水による調査対象生物等への生態影響の懸念あり 水生生物調査で観測された生態影響は管理上重要な影響か？

# 生態影響評価：QA

コメント	回答
<p>特に河川の流路形状によって溜まりやすい場所に重金属が沈降して蓄積されるといった可能性はないのでしょうか。</p>	<p>重金属を含む懸濁物が、例えば流れの緩やかな箇所に沈降しやすいということはあります。生態影響評価ガイダンス(案)の水質調査による評価では、水質環境基準が主な対象としている河川水中に溶存している金属を想定していますが、例えば、そのような生息場を利用する水生生物を調査することによって、生態影響評価は可能かと考えます。また、現状を把握した上で、利水点等管理ではどのような状態が望ましいかを考えることも重要かと思えます(例えば、そのような場所の底質の金属濃度が増加しないことを一つの管理目標にするなど)。</p>
<p>採水については、処理を止めて採水するのでしょうか？そんなことはないと思われませんが処理をし続けていると正確な汚染水はわからないのでしょうか。</p>	<p>坑廃水(原水)を放流した場合に、下流の河川の水質がどう変化するかを調べるための採水については、ご指摘の通りで、処理を止めて採水することは、現実的に不可能です。代替としては、坑廃水(原水)を放流した場合に、下流の水質がどう変化するかについては、単純希釈により簡易的に予測することは可能です。より詳細な検討については、ご相談頂ければと思います。また、パッシブトリートメント等の導入時や豪雨等の緊急事態時の対応として、利水点等管理の考え方を取り入れるということも考えられます。その場合は、パッシブトリートメント等の導入後や豪雨等の後に、下流の水質や水生生物相が変化していないかを確認することで、坑廃水の影響を評価することができます。</p>

# 付録もあります！

---

- 付録1(よくある質問(FAQ)と回答)
  - 亜鉛の水質環境基準を超えても水生生物相に影響は観察されないのか。
  - 水生生物調査で影響が観測されなければ、水質環境基準は守らなくてもよいのか。
  - ハザードの比の和がわからない。
  - 生態影響評価は段階的に実施すべきか、同時に実施すべきか。
  - 水質調査だけで「生態影響の懸念なし」となることはないのか。
- 付録2(休廃止鉱山の坑廃水が流入する河川における生態影響調査の事例)
- ガイダンス本文と同様に、経産省ウェブサイト上に付録も公開されています
  - [https://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/sangyo/mine/portal/report/report.html](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/mine/portal/report/report.html)

# A鉱山での水生生物調査事例

Namba & Iwasaki et al. 2021 PeerJ

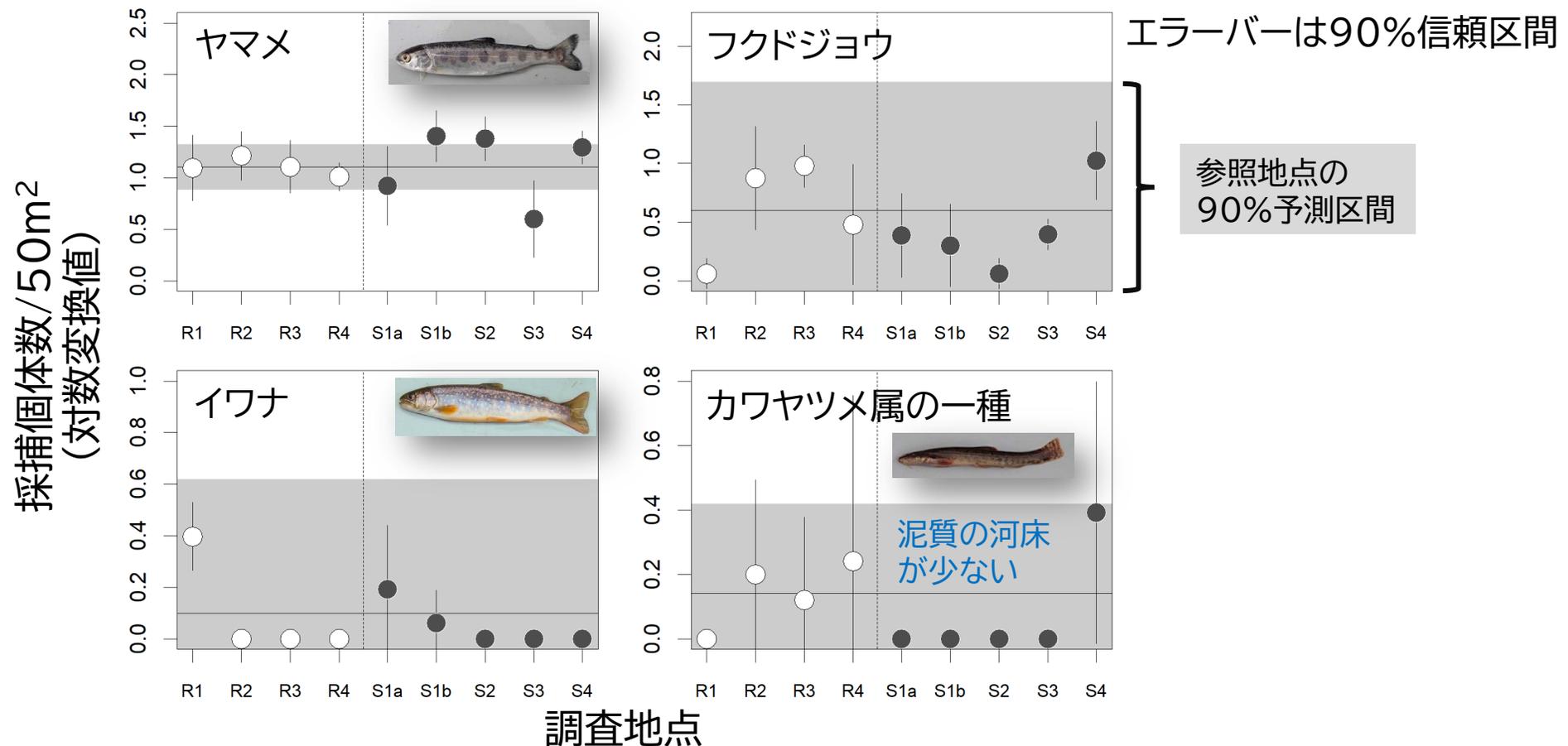
- 坑廃水処理水が流入する河川と同流域の参照河川に調査地点を設定(9箇所)
  - 金属濃度を除き, 両河川に設定した地点の物理化学的条件が同様になるように設定
- 調査項目
  - 金属濃度を含む水質
  - 魚類
  - 底生動物



# 魚類個体数：調査結果

Namba &amp; Iwasaki et al. 2021 PeerJ

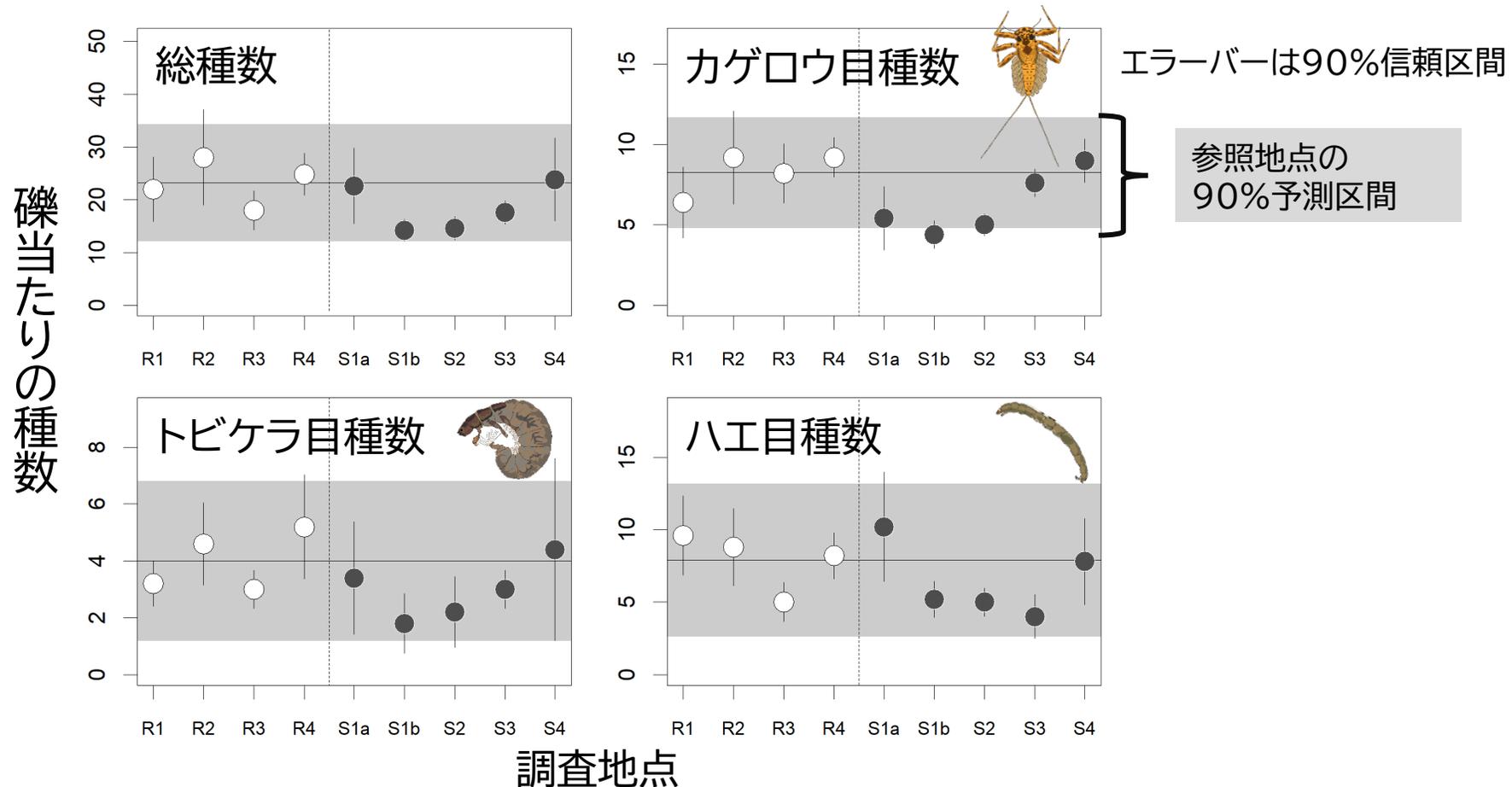
- 処理水流入河川●の金属濃度は高く、主にCd及びPb濃度が米国の基準を超過
- ばらつきはあるものの、ヤマメ等の魚類の個体数は参照河川と同程度



# 底生動物種数：調査結果

Namba & Iwasaki et al. 2021 PeerJ

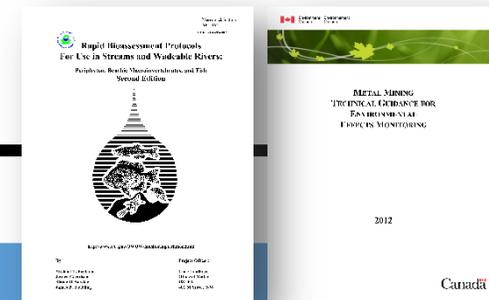
- 底生動物の種数や個体数も参照河川と同程度
  - 魚類の調査結果と同様に、坑廃水処理水による生態影響は懸念されない



---

# 付録

# 類似のガイダンス(海外)



ガイダンス	米国 Rapid bioassessment protocols	カナダ Metal mining technical guidance for environmental effects monitoring
目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川における生物学的評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉱山における環境影響モニタリング</li> </ul>
調査生物グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>付着藻類</li> <li>大型無脊椎動物(底生動物)</li> <li>魚類</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>魚類(繁殖や成長の指標)</li> <li>大型無脊椎動物(底生動物)</li> </ul>
その他項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質(温度、溶存酸素等)</li> <li>物理環境(河川幅、水深、河床材料等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質(金属濃度、pH、硬度、EC等)</li> <li>放流水の生物応答試験(毒性試験)</li> <li>(一定条件で)魚類中の水銀濃度</li> </ul>

令和元年度産業保安等技術基準策定研究開発等(休廃止鉱山におけるグリーン・レメディエーション(元山回帰)の調査研究事業)報告書も参照して作成

# ガイダンス：第2章 背景

## • 第2章の要点

- 休廃止鉱山の坑廃水管理には少なくない人的・経済的コストが必要となる。
- 長期的な坑廃水管理のあり方として、鉱山の性状や地域の状況に応じて、放流口での排水基準管理ではなく、下流の利水点等における水質の安全性を確保した上での坑廃水の管理（利水点等管理）が経済産業省を中心に検討されている。
- 地元の理解を得ながら利水点等管理を検討する上で、下流の利用状況等により、鉱山下流において坑廃水が水生生物に及ぼす影響の評価（生態影響評価）と把握が必要となる場合がある。
- 本ガイダンスにより、鉱山管理者等を対象に、このような生態影響評価をどのように実施すべきかの情報を得ることができる。

## • 利水点と利水点等の定義

- 「利水点」とは河川水を人間が利用する場所を指し、この利水点を広義に捉えると、水生生物等の生息地（すなわち、点ではなく範囲）も含まれるため、このような生息地を含めて「利水点等」と呼ぶ。

# 生態影響評価の適用が推奨されるケース(第4章)

## ・留意点

1. 放流口及び利水点等での基準超過状況から適用が推奨されるケース(1a及び1b)に当てはまる場合でも、下流の生態系の状況や利害関係者との対話によって、生態影響評価の実施が必要でないと判断される場合も考えられる。
2. 対象流域の生態系の状況によって適用が検討されるべきケース(2a及び2b)の場合、保全対象は水生生物を含む生態系であるが、この保全目標の達成自体を水質環境基準等との比較によって判断することもできる。
  - ・ 水質環境基準は水生生物個体群の保護を目的として維持することが望ましい水準
3. 自然起源を含めたバックグラウンドの河川中金属負荷量(濃度と流量の積)と放流水中金属負荷量を比較し、下流の金属濃度に対する放流水の寄与に基づいて生態影響評価の必要性を判断できる場合もあると考えられる。
  - ・ 自然起源を含めたバックグラウンドの金属濃度が高く(負荷量が大きく)、放流水が流入しても河川中の金属濃度はほとんど変化しないケースも少なからず見受けられる。そのような場合に、放流水流入後の下流で観測される影響をどのような目的で調べるか、すなわち環境基準値以下に下げるという前提を置くわけではないということを含めて、関係者等との議論が必要である