

休廃止鉱山における坑廃水の
利水点等管理ガイダンス

Guidance for Mine Drainage Management for Point-of-Use
Risk Reduction

令和 4 年 3 月

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

エネルギー・環境領域 安全科学研究部門

地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

経済産業省 産業保安グループ

まえがき

休廃止鉱山において坑口や集積場などから排出される坑廃水は、一般的に酸性で金属濃度も高いため、鉱害防止を目的として中和処理などによる処理が行われている。坑廃水中の金属濃度や pH が改善傾向にある鉱山もある一方で、鉱山によってはこの坑廃水処理は、100 年以上も必要になるといった学術成果も示されており、処理にかかる人的及び経済的コストの低減化を含め、各鉱山の現状を踏まえ長期的な視点に立った坑廃水の管理方法が必要となってきた。

このような背景を受けた対応策として、中央鉱山保安協議会では金属鉱業等鉱害対策特別措置法に基づき「特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針（平成 25 年）」の中で、義務者不存在休廃止鉱山における水質管理目標の弾力的運用として、「坑廃水処理の終了に向けた地元理解を得るため、下流の利水点等の環境基準等を満足できる鉱山では、下流影響度に関するデータの把握・蓄積を行い、データ解析等の検討を実施する」としている。

一般に、河川等の一般環境に流入した坑廃水中の金属は、懸濁物質への吸着、沈殿、希釈等の物理・化学的な影響により自然にその濃度は低減をする。この機能は、[自然減衰](#)（Natural Attenuation）や科学的自然減衰（Monitored Natural Attenuation）と呼ばれている。すなわち、坑廃水原水が排水基準を超過していても、下流の利水点や環境基準点等で環境基準等を満足できる義務者不存在鉱山では、公共用水域へ排出する地点での排水基準管理ではなく、下流の利水点等での水質や生態系への安全性を確保した上で坑廃水を管理あるいは監視するという、利水点等管理を検討することの重要性が近年各所で指摘されている。

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）の調査研究事業において設置されたグリーンレメディエーション（GR）委員会では、この利水点等管理のあり方についての検討を進めてきた。休廃止鉱山の多くが位置する上流河川では、サケマスなどの遊漁も含む生態系サービスが利用されていることも少なくない。そのため、義務者不存在鉱山では、坑廃水処理において排水基準に適合をすることを求められる法的な根拠はないが、坑廃水管理について地元の理解も得ながら検討するためには、下流河川の利用状況に応じた適切な管理方法を検討し、設計・実施することが肝要である。

日本では、利水点等管理の考え方自体が新しく、類似のガイダンスは存在していない。そのため、休廃止鉱山における利水点等管理を実施する上で、本ガイダンスが有効に活用されることを期待したい。また、本ガイダンスの刊行にあたって御指導を賜った関係各位に対して感謝申し上げる。

令和 4 年 3 月

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）調査研究委員会
および事務局

令和２年度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）調査研究委員会は、以下の委員で構成された（五十音順、敬称略）。

- 荻野 激（北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所）
- 片岡 卓（日本鉱業協会 環境保安部 兼 技術部）
- 佐藤 直樹（石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属環境事業部）
- 所 千晴（早稲田大学 理工学術院）
- 富山 眞吾（北海道大学 大学院工学研究院 環境循環システム部門）
- 宮田 直幸（秋田県立大学 生物資源科学部）
- 松田 裕之（横浜国立大学 環境情報研究院）

目次

第1章.	はじめに（背景）	4
第2章.	利水点等管理の定義と本ガイダンスの目的及び適用範囲	6
2.1.	利水点等管理の定義	6
2.2.	本ガイダンスの目的と適用範囲	6
第3章.	利水点等管理に関する検討状況	8
3.1.	我が国におけるこれまでの検討状況	8
3.1.1.	平成22年 休廃止鉱山鉱害防止事業の新たな方向性	8
3.1.2.	特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針に係る答申	9
3.1.3.	休廃止鉱山における環境影響調査のあり方	10
	オーストラリア・ニュージーランドの水質管理フレームワーク	10
第4章.	利水点等管理の適用フレームワーク	12
4.1.	適用フレームワーク	12
4.2.	サイトアセスメント	13
4.3.	利水点・水質監視点の検討	14
4.4.	管理・モニタリング及び水質目標等の見直し	16
第5章.	利水点等管理に関連する事例及びその考え方の適用が推奨される状況	17
5.1.	利水点等管理に関連する過去の事例	17
5.2.	利水点等管理の考え方の適用が推奨される状況	18

第1章. はじめに（背景）

休廃止鉱山において、鉱物を採掘するため掘採した地下から湧出する水（坑水）と選鉱場・製錬場等において使用後に排出される水及び捨石又は鉱さいの集積場等から流出する水（廃水；坑水と合わせて坑廃水と呼ばれる）の水質は多種多様であり、一部では酸性を示し、また複数の金属を比較的高い濃度で含有していることがある。そのため、このような坑廃水による鉱害を防止するために、坑口の閉塞や集積場の覆土植栽などの鉱害防止工事や坑廃水の中和処理などによる処理が実施されている。そのため、坑廃水による鉱害を防止するために、これまで関係者の尽力で、鉱害防止工事や中和処理などによる対策が実施され、鉱害の未然防止あるいは鉱害復旧、そして再発防止に務めてきた。

しかしながら、坑廃水の流出が雨水等を起源とする水循環の中にあることを考慮すると、坑廃水はほぼ永久に排出されるといっても過言ではない。また、坑廃水中の金属濃度や pH に目を向けると、改善傾向もしくは基準値に適合する鉱山もある一方で、鉱山によってはこの坑廃水処理は、100 年以上も必要になるといった学術成果も示されていること、また、義務者不存在・存在の休廃止鉱山に対して、国から支給される「休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金」の年間総額が現在約 20 億円に上っていることを踏まえると、各鉱山の現状を踏まえ長期的な視点に立った坑廃水対策や管理を検討・着手することが重要である。

長期的な視点での管理方法の 1 つとして、鉱山や地域の状況に応じて、公共用水域へ排出する地点での排水規制だけでなく、利水点等での環境基準等の監視・管理が経済産業省を中心に検討されている。金属鉱業等鉱害対策特別措置法に基づく「特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針（経済産業省告示第 67 号：平成 25 年 3 月 28 日）」の留意事項においても、「坑水又は廃水の処理の終了に向け、下流の利水点等の環境基準等を満たす鉱山では、下流影響度に関するデータの把握・蓄積を行い、データ解析等の検討を実施すること」と記載されている。

一般に、河川等の一般環境に流入した坑廃水中の金属は、懸濁物質への吸着、沈殿、希釈等の物理・化学的な影響により自然にその濃度は低減をする。この機能は、自然減衰（Natural Attenuation）や科学的自然減衰（Monitored Natural Attenuation）と呼ばれている。すなわち、下流の利水点や環境基準点等で環境基準等を満足できる義務者不存在休廃止鉱山では、公共用水域へ排出する地点での排水基準に基づく管理ではなく、下流の利水点等における水質の安全性を確保した上で坑廃水を管理・監視する、利水点等管理を検討することの重要性が近年各所で指摘されている^{1,2)}。

義務者不存在鉱山においては、坑廃水処理において排水基準に適合をすることを求められる法的な根拠はない。したがって、利水点等管理の導入は、産業保安監督部および関係自治体、さらに関係するステークホルダーの合意があれば実施できる状況である。利水点等管理という言葉は使われていないが、例えば、岩手県の旧松尾鉱山では処理水放流後

の北上川本流での水質が基準を満足することを目的に、放流水の目標を「pH 4 以上」として坑廃水処理が実施されている。また、同県和賀川上流に位置する義務者不存在鉱山でも、下流の水質調査地点で環境基準が満足することを確認した上で、現在年 1 回 5 つの休廃止鉱山において坑廃水の水質モニタリングが行われている。この水質モニタリングでは、排水基準を超過した場合も含めてすべての結果が当該モニタリングを実施する「和賀川の清流を守る会」の会報で報告されている³⁾。これらの事例は、下流の利水点等における水質の安全性を確保した上で坑廃水を管理・監視するという意味で、実質的な利水点等管理が導入されている事例とも捉えることができる。

本ガイドンスは、利水点等管理の導入に関して、定義及び目的と適用範囲（第 2 章）、国内外のこれまでの検討状況（第 3 章）、利水点等管理適用のフレームワーク（第 4 章）、利水点等管理に関連する事例及びその考え方の適用が推奨される状況（第 5 章）について整理し、坑廃水管理に関わる関係者が利水点等管理の導入を検討する際の一助となることを期待する。

第2章. 利水点等管理の定義と本ガイダンスの目的及び適用範囲

2.1. 利水点等管理の定義

利水点等管理とは、下流の利水点や環境基準点等で当該地域が設定した管理目標（環境基準の場合もあれば、地域ごとの設定する場合もある）を満足できる鉱山において、公共用水域へ排出する地点での排水基準の遵守による管理ではなく、下流の利水点等における水質の安全性を確保した上で、坑廃水を管理・監視する管理方法である。利水点等管理を検討・実施する上では、坑廃水が流入する河川において、それを利用する人及び下流に生息する水生生物等に悪影響を及ぼさないようにすることが重要となる。一般に、河川等の一般環境に流入した坑廃水中の金属は、懸濁物質への吸着、沈殿、希釈等の物理・化学的な影響による自然減衰により、異なる負荷源がなければ、下流ではその濃度は低下する。

ここで、「利水点 (point-of-use)」とは人間が河川水を利用する場所を指し、人が直接利用する河川水には、飲用水等の一般家庭あるいはゴルフ場の散水やプールや公衆浴場などの施設で用いる上水、工場で用いる中水、発電のための用水、水田や畑の灌漑等や畜産業に用いる農業用水、養殖場等における養殖生物の飼育等に用いる水産用水、工業用水などが挙げられる¹⁾。義務者不存鉱山では、坑廃水処理において排水基準に適合することを求められる法的な根拠はないが、地元の理解に基づき利水点等管理を進める上で、これらの用水で求められる基準を下流の利水点で満足することが求められる（例えば、農業（水稻）用水基準で亜鉛の場合、0.5 mg/L）（表 2-1）。

表 2-1 利水点の例

利水目的	利水点
農業	農業用水取水ポイント
上水（水道水）	水道用取水ポイント
漁業や遊漁	漁業や遊漁が行われる範囲

2.2. 本ガイダンスの目的と適用範囲

利水点等管理の定義からも明らかであるように、「下流の利水点等における水質の安全性を確保」することができれば、柔軟な対応が可能である。そのため、対象鉱山やその流域特性（河川流量、鉱山下流河川の利用状況等）によって、具体的な管理目標や管理方法は可変である。一方、その進め方について指針がないのが現状の課題である。当該利水点等管理ガイダンスは、利水点等管理の導入を検討する鉱山において、その管理者に導入方法についての一定の指針を示すことを目的とする。利水点等管理を検討する上で、2021 年 1 月現在で前提となる条件を以下に示す。

- 義務者不存在鉱山においては、坑廃水処理において排水基準に適合をすることを求められる法的な根拠はない。
- 当該鉱山に関係する利害関係者が、新たな水質管理方法に合意をした場合には、当該管理方法での柔軟な対応が可能である。ここで、利害関係者とは、地元自治体、管理者、利水者、周辺住民、産業保安監督部等が挙げられる。

また、坑廃水（原水）の排水基準の適合状況と下流の利水点等における環境基準等の達成状況から、利水点等管理の適用が優先的に検討されるべき鉱山としては、排出口において排水基準を超過しているが、下流の利水点・環境基準点等においては環境基準に適合している鉱山が挙げられる（表 2-2）。

表 2-2 利水点等管理が適用可能な鉱山

坑廃水（原水）	下流の利水点等	利水点等管理の可能性
排水基準超過	環境基準超過	要検討
排水基準超過	環境基準適合	可能性高い
排水基準適合	環境基準超過	排水基準適合のため、必要なし
排水基準適合	環境基準適合	排水基準適合のため、必要なし

第3章. 利水点等管理に関する検討状況

3.1. 我が国におけるこれまでの検討状況

3.1.1. 平成 22 年 休廃止鉱山鉱害防止事業の新たな方向性

山富二郎委員（現：東京大学名誉教授）を座長とした休廃止鉱山鉱害防止対策研究会が取りまとめた休廃止鉱山鉱害防止事業の新たな方向性⁴⁾においては、当時の第 4 次基本方針が終期を 3 年後に控えていることを踏まえて、現状の鉱害防止事業についての評価及び、今後の鉱害防止事業の在り方について検討をしている。その中で、「最終目標達成へ向けた目指すべき方向性 3 類型 5 タイプ」として、以下の 5 つのタイプの鉱山を提示している（表 3-1 参照）。

- (i) 発生源対策の実施によって坑廃水の無処理放流を目指すべき鉱山
- (ii) 水質管理目標の弾力的運用によって坑廃水の無処理放流を目指すべき鉱山
- (iii) 新技術の導入によって坑廃水の無処理放流を目指すべき鉱山
- (iv) 設備更新、新技術の導入等によって坑廃水処理費の低減を目指すべき鉱山
- (v) リサイクル・再生可能エネルギー導入等によって、自立化を目指すべき鉱山

このうち (ii) が利水点等管理に該当する鉱山タイプといえる。当該タイプについて記載された事項について以下に引用する（以下の「」内は引用）。

「坑廃水の中和処理を行っている鉱山については、休止鉱山/廃止鉱山、義務者存在/不存在の区別なく一律に水質汚濁防止法の排水基準を水質管理目標とすることを原則として、処理が行われている。しかし、これらの鉱山の中には、処理原水の水質が良化傾向にあり、管理目標を弾力的に設定することで、水処理が不要な鉱山も存在する。例えば、一部の廃止鉱山（義務者不存在）で行われているように管理目標を緩和することや、地方公共団体によって設定されている上乗せ基準を例外的に適用除外とすることである。

また、義務者が存在する場合においても排出口の水質が自然由来の環境レベル（バックグラウンド濃度）まで良化している際には、必ずしも水質管理目標を排水基準と同等に設定する必要はないとも考えられる。

リスクコミュニケーション等によって周辺住民の理解を得ることが前提になるが、「原水水質が良化傾向にあり、排水基準を超過する頻度が格段に減少している」、「周辺水域で確認される自然由来の環境レベルを下回っている」、「公共用水域へ放流後の自然浄化機能が十分に期待され利水点の水質が環境基準を満足している」等、一定の条件を満足する場合には水質管理目標を緩和して運用することにより、坑廃水処理事業そのものを終結させることも検討する。」

表 3-1. 鉱山の 3 類型 5 タイプ

類型	タイプ	基本的考え方
I. 発生源対策 ⇒自然回帰	① 発生源対策の実施によって坑廃水の無処理放流を目指すべき鉱山	予算や工期の制約から工事が長期に及ぶことが多いが、関係者間で合意した目標（仕上がりイメージ）を常に意識し、費用対効果を検証しつつ工事を完工（状況によっては事業の中止／中断を適時に決断）。
II. 坑廃水処理 ⇒自然回帰	② 水質管理目標の弾力的運用によって坑廃水の無処理放流を目指すべき鉱山	原水水質が周辺水域の環境レベルを下回る程に良好しており、住民の理解が得られる場合は、坑廃水処理の終結について検討。
	③ 新技術の導入によって坑廃水の無処理放流を目指すべき鉱山	パッシブトリートメントなどの導入によって②と同様の効果が得られた場合は、機械設備や薬剤等を使用した人為的処理の終結について検討。
III. 坑廃水処理 ⇒継続	④ 設備更新、新技術の導入等によって坑廃水処理費の低減を目指すべき鉱山	原水の量や水質から永続的に処理が必要な鉱山については老朽施設の更新等の時期を失することなく行い、処理コストの極小化を完了。
	⑤ リサイクル・再生可能エネルギー導入等によって自立化を目指すべき鉱山	中和殿物の再資源化、小水力や太陽光発電等の再生可能エネルギー導入による坑廃水処理の経済的自立化についても将来的には指向。
	※その他坑廃水処理費の低減を目指すべき鉱山	追加の発生源対策や鉱山の特性を活かしたコスト低減策の採否について、費用対効果の観点から許容される範囲内で再検討。

（平成 24 年 11 月 15 日中央鉱山保安協議会資料より作成）

3.1.2. 特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針に係る答申

中央鉱山保安協議会が作成した特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針に係る答申⁵⁾では、第 5 次基本方針策定に向けた方向性が整理されており、その中で、義務者不存鉱山における水質管理目標の弾力的運用として、以下の判断基準が例として示されている。これらの判断基準は利水点等管理にも援用可能である。

「坑廃水処理の終了に向けた地元理解を得るため、下流の利水点等の環境基準等を満足できる鉱山では、下流影響度に関するデータの把握・蓄積を行い、データ解析等の検討を実施する。また、バックグラウンドの自然汚染を踏まえた坑廃水処理の処理レベルのあり方についても検討が必要である。なお、義務者不存鉱山における坑廃水処理実施の判断基準の目安の一例は下記の通りである（以下は、中央鉱山保安協議会（2012）⁵⁾より引用）。

＜坑廃水処理実施の判断基準例＞

- (i) 下流の利水点等で、環境基準を超過する場合は坑廃水処理が必要。
- (ii) 環境基準を満足するが、原水中に水質管理目標を超える有害物質を含む場合は、原則処理が必要。
- (iii) 環境基準を満足し、原水中に水質管理目標を超える有害物質を含まない場合は、無処理放流を検討。

- (iv) 上記 (iii) のうち、農業用水基準を満足していない時期がある場合は、農閑期の無処理放流を検討。

3.1.3. 休廃止鉱山における環境影響調査のあり方

松田・岩崎（2019）¹⁾では、休廃止鉱山における利水点等管理の適用について環境影響調査の観点から検討する中で、必要となる環境影響調査について利水点や懸念事項等の整理から以下のように整理している。

- (i) 利水点等を列挙し、それらにおける水の利用方法等を踏まえ、懸念事項（リスク学という評価エンドポイント）を抽出する。懸念事項には公衆衛生学的、生態学的、社会学的な懸念がある。
- (ii) 水質調査を行い、通年の重金属濃度等を調査する。利水点等が河川以外（例えば当該河川の影響を受ける地下水）の場合にも、その利水先等においてその有害性を評価するために必要な水質調査を行う。
- (iii) それらに基づき、懸念事項が実際に発生するリスクを予測する。
- (iv) 現在実施している坑廃水処理を続けた場合、別の処理方法に変えた場合、無処理の場合にリスクがどう変化するかを予測する。さらに、その際の経済的負担、能力開発的注意点を検討する。
- (v) これらを住民等の関係者と議論するために、例えば、環境省の環境影響評価法に基づく手続きに沿った合意形成を進めることが考えられる。具体的には、水質等の調査を始める前に、調査の内容や実施場所、期間、実施主体を「方法書」として提案し、意見を募る。その意見を踏まえて方法を改良し、その方法に沿って調査・予測、評価、影響分析を進める。その結果及び処理方法の選択について、関係者に「準備書」として提示し、無処理を含む処理方法の選択を関係者と議論する。合意のため、必要な場合は追加の調査や予測を行う。
- (vi) 議論を踏まえて最終的な処理方法と予測を「評価書」として提示し、新たな処理方法を決める。
- (vii) 評価書確定後から新たな処理を開始後にも当面の間は水質等の事後調査を行い、予測との整合性を検証する。大きな齟齬が生じた場合は善後策を検討し、齟齬が重大な場合には処理方法の再検討を行う。齟齬が生じた場合には、善後策や再検討を行う必要性を評価書段階である程度決めておく。本項での齟齬は、リスクが予測より大きい場合も小さい場合も含まれる。

3.2. オーストラリア・ニュージーランドの水質管理フレームワーク

オーストラリア及びニュージーランドでは、淡水と海水の水質のためのガイドライン（Guidelines for Fresh and Marine Water Quality： <https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines>）を作成しており、その中で下表に示すような 10 ステップの水質管理フレームワーク（Water

Quality Management Framework ; <https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/framework>) が提示されている (表 3-2)。この 10 のステップの中でキーとなるコンセプトは、ステークホルダーの関与、地域状況を考慮した水質目標値の設定、環境以外に文化的、社会的、経済的な要素の考慮等が挙げられる。また、当該水質管理ガイドラインでは、排水口での管理ではなく、下流地点における水質等の目標値での管理であり、利水点等管理に近い概念である。

表 3-2. 水質管理フレームワークのための 10 のステップ

ステップ	キーとなるコンセプト
ステップ 1 -現状の理解	● 概念モデル ● モニタリング-プログラムの目標を設定する ● ステークホルダーの関与
ステップ 2 -地域社会の価値と管理目標の定義	● 地域社会の価値 ● 保護レベル ● 管理目標 ● ステークホルダーの関与
ステップ 3 -関連する指標の定義	● 指標の選択 ● モニタリング—研究デザイン ● モニタリング—フィールドサンプリング ● モニタリング—実験室分析 ● 証拠の重み (Weight of evidence の日本語訳)
ステップ 4 -水質/底質ガイドライン値の決定	● ガイドライン値 ● モニタリング—ストレス要因のデータ分析 ● モニタリング—生態系レセプターのデータ分析
ステップ 5 -水質/底質の目標値の定義する	● 水質目標値
ステップ 6 -水質/底質の目標が満たされているかどうかの評価	● モニタリング-導出及び評価 ● モニタリング—生態系レセプターに関する考慮事項 ● モニタリング-変化の評価 ● 証拠の重み
ステップ 7 -追加指標の検討、水質/底質の目標値の修正	● モニタリング ● 証拠の重み付け
ステップ 8 -代替管理戦略の検討	● モニタリング ● 予測モデル ● 文化、経済、社会、環境的側面考慮 ● ステークホルダーの関与
ステップ 9 -水質/底質の目標値が達成可能かの評価	● ステークホルダーの関与
ステップ 10 -合意された管理戦略の実施	● 順応的管理 ● モニタリング-報告 ● モニタリング ● ステークホルダーの関与

<https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/framework> より作成

第4章. 利水点等管理の適用フレームワーク

4.1. 適用フレームワーク

利水点等管理の適用フレームワークを図 4-1 に示す。フレームワークは①サイトアセスメント、②利水点・水質監視点の検討、③管理・モニタリング、④管理基準等の見直しの検討、から構成される。

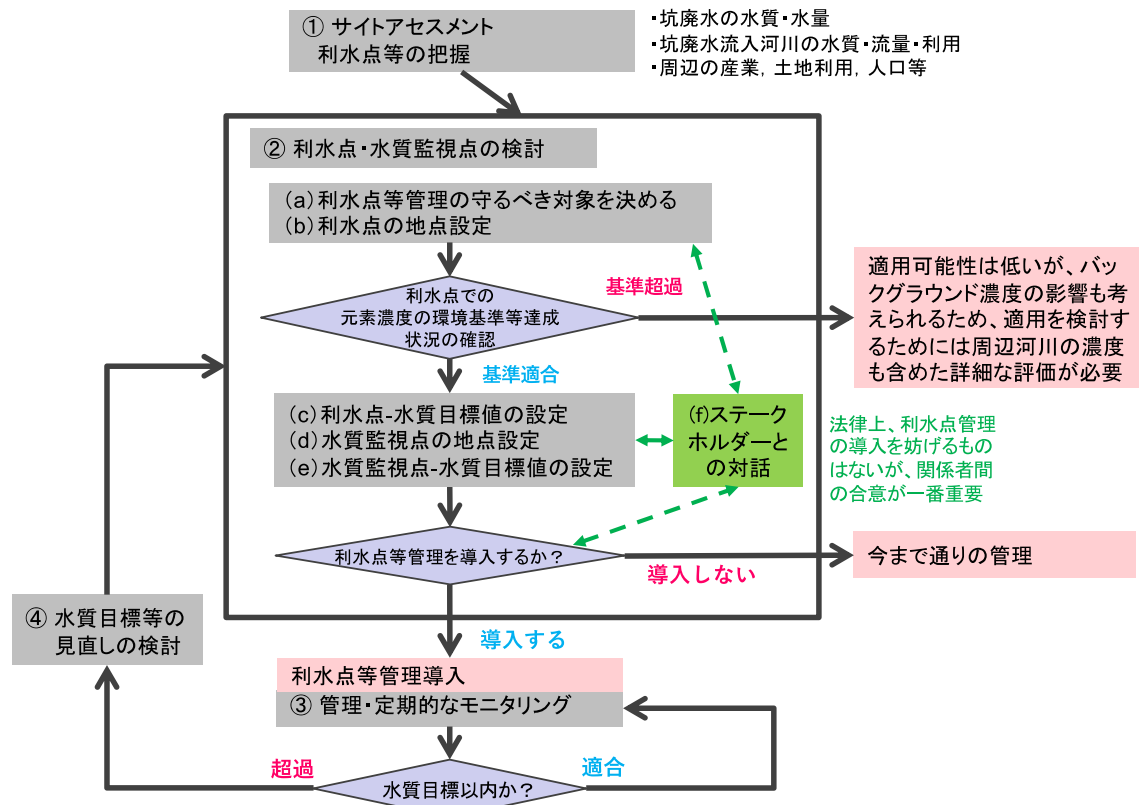


図 4-1. 利水点等管理適用可能フレームワーク

4.2. サイトアセスメント

サイトアセスメントでは、利水点等管理の検討を進める上で必要となる基本的な情報を収集する。具体的には、坑廃水の水質や水量、坑廃水が流入する河川の水質や水量、利水状況、また周辺の産業や土地利用等の情報を整理して（詳しくは、表 4-1 参照）、当該鉱山の情報整理を行う。

表 4-1. 利水点等管理の検討において必要な情報

情報	具体的な内容	活用方法
坑廃水の水質・水量	・坑廃水（原水及び処理水）の水質・水量について 10～20 年分のデータ	・坑廃水の経年変化状況 ・利水点や水質監視点における対象物質の選出や濃度推計
坑廃水が流入する河川の水質や水量	・坑廃水が流入する河川の上流側、下流側の流量や濃度 ・当該河川に環境基準点があれば、当該地点における対象物質濃度	・利水点管理が想定される河川の状況把握。
利水状況	・水道水源の有無 ・工業用水の有無 ・農業用水の有無 ・水産用水の有無 ・発電用水の有無 ・漁業者の有無 ・遊漁の有無	・利水点の位置の検討 ・利水点等管理におけるステークホルダーの検討
周辺の産業・土地利用等の情報	・主要産業の情報の整理	・利水点等管理におけるステークホルダーの検討
周辺自治体・住民との対話状況	・これまでの自治体・住民との対話状況の整理 ・過去の鉱害の有無	・これまでのステークホルダーとの対話状況の把握
その他	・下流河川での生態影響調査結果 ・長期的な坑廃水濃度予測	

4.3. 利水点・水質監視点の検討

②利水点・水質監視点の検討やその導入の判断においては、ステークホルダーとの対話、合意形成が必要である。本節では、本フレームワークで最も重要となる②利水点・水質監視点の検討の手順案を紹介する。

利水点・水質監視点の検討は以下の（a）～（d）の手順で行う。なお、以下、利水点及び利水点等を区別せずに、利水点と呼ぶ。

（a）利水点等管理の守るべき対象を決める

管理目的の設定は、利水点等管理を進める上で最も重要なステップの1つである。サイトアセスメントで収集した情報をもとに、当該鉱山周辺の状況を鑑みて、利水点等管理で守るべき対象（例：人、生態系、農作物、魚等）を決定する。以下の項目も同様ではあるが、目適を決める際に必要となる利水点等管理における懸念材料の抽出という意味でもステークホルダーとの対話や当該議論への参画が重要である。

（b）利水点の地点設定

「（a）利水点等管理の目標設定」で設定した管理目標をもとに、守るべき対象への影響が把握できる場所を設定し、利水点とする。利水点が一定の範囲となる場合も（すなわち、水生生物の生息地を含む利水点等の場合も）、坑廃水の影響が把握できる代表地点を選出する（例えば、該当する範囲の最上流地点など）。

（c）利水点-水質目標値の設定

以下の条件に合致する利水点における水質目標値の設定を行う。

- ・ 利水がある場合は、利水目的に対する基準の適用を検討する（たとえば亜鉛の場合には、水道水質基準や農業用水基準がある；表 4-2）。
- ・ 利水目的が明確でない場合でも、何らかの指標を設ける。
- ・ 対象河川流域の地質等の影響でバックグラウンド濃度が高く（あるいは坑廃水以外の寄与が大きく）、利水点で環境基準を上回る場合には、そのような影響を考慮した上で坑廃水の影響を評価するためにバックグラウンド等を考慮した独自の「利水点-水質目標値」を設定することも考えられる。また、『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』（以下「生態影響評価ガイダンス」）に詳述したとおり、必ずしも水質環境基準を満たしていなくても、生態系への影響が軽微であることも考えられる。逆に、個々の金属について環境濃度が満たされていても、それらの複合影響が無視できない場合も考えられる。

表 4-2. 水質目標値として参照する基準の例（亜鉛の場合）

基準	基準値
水道水質基準	1 mg/L 以下
農業（水稻）用水基準	0.5 mg/L 以下
水質環境基準（淡水域）	0.03 mg/L 以下

(d) 水質監視点の地点設定

「(b) 利水点の地点設定」で設定した利水点よりも上流側に位置し、坑廃水の影響が把握可能であり、利水点への影響も把握可能な地点を選定する。例えば、坑廃水放流地点と利水点の間に工場や下水処理場等の人為的排出源が存在する場合は、その影響がない利水点の上流地点や坑廃水処理施設の放流水が河川等に合流した直後の地点を水質監視点とすること、さらには公共用水域へ排出する地点そのものを水質監視点（すなわち放流水の水質を監視すること）として、排水基準ではなく水質管理目標値で管理することも考えられる。また、水質等のモニタリングを実施する上で、できるだけ年間を通して採水等が安全に実施できる場所を選出することが望ましい。

大雨等の異常気象や冬季の積雪等により最も適切な水質監視点が一時的にアクセス困難になる場合等に備えて、アクセスが良い水質監視点を別にもう 1 地点設定することも考えられる。

(e) 水質監視点-水質目標値の設定

利水点における水質目標値を達成するために、必要となる水質監視点における水質目標値を設定する。この水質監視点における水質目標値は、水質監視点と利水点の金属濃度の関係や両地点の流量及び金属濃度があれば、簡易的に算定することが可能である。計算式を以下に示す。

$$\text{利水点等での元素濃度} = \frac{a \times b}{c}$$

- | |
|---|
| <p>a. 坑廃水(原水)の元素濃度(mg/L)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鉱山データから取得 <p>b. 坑廃水(原水)の水量(m³/min)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鉱山データから取得 <p>c. 利水点等における流量(m³/min)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ モデルによる推定(例えば、AIST-SHANELによる低水流量推定値(産総研から提供が可能)) ・ 集水面積から湧水流量を推定可能($Q=0.008 \times A^{0.941}$ *1) |
|---|

*1 国土交通省 2017 『正常流量検討の手引き(案)』

この簡易式は、自然減衰のうち希積分を考慮しているが、懸濁物質への吸着や沈殿、バックグラウンド濃度等を考慮していない。そのため、これらの簡易算定の結果から適用可能性があると判断された場合、より詳細な検討として現地の利水状況の確認や年に複数回水質及び流量調査等を実施して、詳細な評価を実施することになる。水質や流量調査の詳細については、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構が作成している『坑廃水の調査の解説書（水系調査編）』⁶⁾や『生態影響評価ガイダンス』の水質調査の章も参照されたい。

また、坑廃水の公共用水域へ排出する地点を水質監視点とする場合においても、坑廃水の流量及び金属濃度から先の簡易計算式を用いて、利水点における水質目標値を達成するために達成が必要となる坑廃水-水質目標値も算定することも可能である。

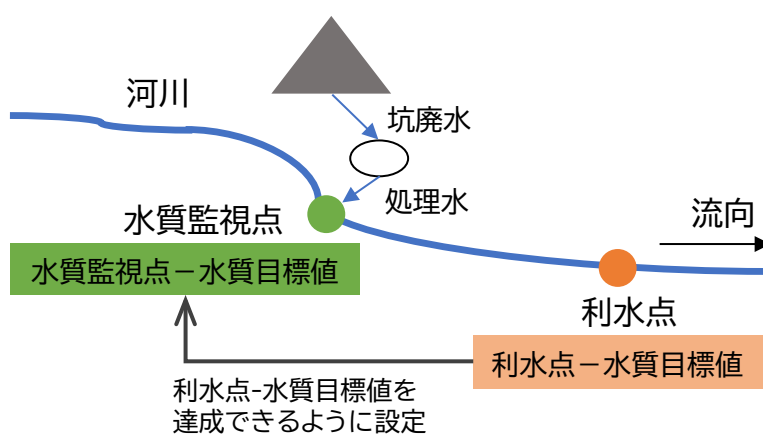


図 4-2. 利水点及び水質監視点と水質監視点における水質目標値の設定

(f) ステークホルダーとの対話

(a)～(e)の意思決定のプロセスにおいては、関係する自治体、利水者や住民、経済産業省産業保安監督部等の利害関係者への説明および対話を実施して、必要に応じて追加の調査や管理基準の変更等の対応を取ることにする。特に休廃止鉱山の坑廃水処理については、長い歴史があることから、科学的な根拠だけでなく、地域の要望、不安をしっかりと把握し、合意形成を図っていく必要がある。

4.4. 管理・モニタリング及び水質目標等の見直し

②の「利水点・水質監視点の検討」で設定した水質監視点において、金属濃度等の水質のモニタリングを実施する。水質監視点での水質モニタリングは、少なくとも開始後の1～2年は1ヶ月～2ヶ月に1回以上実施し、季節変動を把握することを推奨する（本ケースは、利水点等管理の導入前後において坑廃水処理の方法等に変化がある場合も含む）。その後、

水質監視点における水質の変動が十分に把握でき、水質監視点-水質目標値を問題なく達成する場合は、年に 3～4 回程度の頻度で良い。

また、利水点等管理の導入前後において坑廃水処理の方法等に変化がない場合でかつ利水点等管理の開始前に上記と同等の頻度で水質監視点における水質モニタリングが実施されている場合には、水質監視点-水質目標値の達成状況を確認し、問題ない場合には利水点等管理開始時点から年に 3～4 回程度の頻度でよい。

利水点においても、水質モニタリングを年に 3～4 回程度は実施し、利水点-水質目標値を達成できているかを確認する。これらの結果から、達成が難しい場合は、管理方法や水質目標値の見直す必要がある。

また、坑廃水（原水または処理水）が流入する河川において、水産資源への影響が危惧されるなどの理由により、サイトアセスメント時に生態影響評価が実施された鉱山またはその必要性が求められた鉱山においては、水質監視点における水質のモニタリングだけでなく、生態影響評価ガイダンスに基づく水質調査や水生生物調査を定期的にも実施することも考えられる。例えば、サイトアセスメント時に実施した調査結果から、坑廃水（原水または処理水）による生態影響が懸念されないことが確認されていれば、3～5 年に 1 度程度、水質調査による評価を実施し、さらに必要があれば水生生物調査を実施することが考えられる。この際、水質監視点等における水質のモニタリング結果を用いて、生態影響評価を実施することも可能である。

第5章. 利水点等管理に関連する事例及びその考え方の適用が推奨される状況

5.1. 利水点等管理に関連する過去の事例

(1) A 鉱山

無処理放流までの経緯として、産業保安監督部が地元の都道府県及び市に無処理放流試験について提案し、モニタリング試験を実施した。モニタリング試験方法としては、中和処理と無処理放流を繰り返し実施し、排水直下の地点及び利水地点での水質分析を 3 年間実施した。その結果、排水直下の地点では pH は基準値超過であるが、利水地点では環境基準値内であったため、無処理放流の実施となった。また、無処理放流実施に伴い、事業者は排水排出状況の管理を継続し、鉱害防止対策が必要となった場合には必要な措置を行うといった内容の協定を産業保安監督部と取り交わしている。なお、本事例は義務者存在の鉱山である。

(2) B 鉱山

無処理放流までの経緯として、義務者不存在鉱山へは鉱山保安法の規制が適用されないことを踏まえ、都道府県は産業保安監督部に相談の上、平成 13 年から平成 15 年までの 3 年間の水質モニタリングを実施し、利水点での環境基準値を満たしていたため、無処理放流を決定した。また、鉱害防止対策工事による環境への影響確認のためではあったが、平成 14 年

から平成 30 年まで年 2 回のモニタリングを実施していた。現在は土地改良区や水利組合が独自で管理している状況である。

(3) 和賀川の清流を守る会の休廃止鉱山での水質調査

北上川の支川である和賀川上流には、多くの休廃止鉱山が存在し、それらの休廃止鉱山の水質監視を主要な活動の 1 つとして、和賀川の清流を守る会は 1972 年に多様な利害関係者によって結成された。和賀川の清流を守る会発足時から河川での水質調査を実施し、1976 年からは鉱山での水質調査を開始し、それらの測定結果を会報「清流」の中で報告している。下流河川の水質調査地点における環境基準の達成を確認した上で、排水基準を超過した場合も含むすべての測定結果が、会報で公開されている（詳しくは、柴田ら（2020）³⁾を参照）。これらの活動は、水質監視点を公共用水域へ排出する地点として、利水点等管理を実質的に実践している例とも解釈できる。

5.2. 利水点等管理の考え方の適用が推奨される状況

2.2 節で説明した条件以外でも、以下のような条件で、利水点等管理の適用が推奨される状況が考えられる。

A) 排水基準強化時における対応

将来、任意の金属元素等に対して水質環境基準が設定された場合に、新たに排水基準が設定されたり、強化されたりされる可能性がある。例えば、亜鉛の場合は、水生生物の保全に係る水質環境基準が全亜鉛に対して 2003 年に設定され、その維持達成を図るために、一律排水基準が 5 mg/L から 2 mg/L に強化された（金属鉱業については、2021 年 1 月現在、暫定基準 5 mg/L が適用されている）。この亜鉛を例にすると、利水点等において、亜鉛の水質環境基準が満たされている場合や、生態影響評価における水生生物調査等から生態影響の懸念がないことが確認されている場合は、坑廃水処理方法の変更等を行って排水基準を満たす必要は必ずしもないと考えられる。したがって、このような場合に利水点等管理の考え方を適用すれば、より実態に即した合理的な管理が実施できる。

B) 冬季や豪雨時のモニタリングポイントの変更

積雪時や豪雨等で坑廃水処理施設付近への移動に困難が伴う場合に、利水点等管理において設定される水質監視点のような地点を設定し、その地点の水質をモニタリングすることで、坑廃水の影響を評価することも可能である。実際に、冬季に坑廃水処理施設への移動が困難な場合や積雪によって放流水が採取できない場合において、坑廃水処理水が流入する下流に地点を設定し、水質監視を行っている事例もある。

C) 坑廃水処理施設の更新やパッシブトリートメント導入検討時

坑廃水処理施設の更新時やパッシブトリートメントの導入検討時において、利水点管理の概念と合わせることで、より柔軟な坑廃水管理の導入が可能となる。例えば、パッシブトリートメント導入時においては、処理能力は流量や気温等も含めて様々な条件に左右される。常時、坑廃水処理において排水基準適合を目指した場合、設計においては安全側の設計とした場合、膨大な面積が必要になり、結果として導入できないケースも考えられる。このような場合、利水点管理の概念と組合せることで、坑廃水出口における排水基準管理ではなく、利水点-水質目標値の管理の導入により、より柔軟な施設/設備設計が可能となる。

引用文献

- 1) 松田裕之, 岩崎雄一, 2019. 休廃止鉱山における環境影響調査のあり方. 環境資源工学 66, 66-69.
- 2) 保高徹生, 岩崎雄一, 2019. 休廃止鉱山におけるグリーンレメディエーション. 環境資源工学 66, 62-65.
- 3) 柴田由紀枝, 岩崎雄一, 竹村紫苑, 保高徹生, 高橋徹, 松田裕之, 2020. 「和賀川の清流を守る会」会報のテキスト分析: 休廃止鉱山での水質モニタリングと会報における関連話題の長期的な変遷. 水環境学会誌 43, 183-188.
- 4) 休廃止鉱山鉱害防止対策研究会, 2010. 休廃止鉱山鉱害防止事業の新たな方向性－国民経済的負担の軽減を目指して－（中間報告）,
<http://www.meti.go.jp/shingikai/hoankyogikai/pdf/g100614e05j.pdf>.
- 5) 中央鉱山保安協議会, 2012. 特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針に係る答申, https://www.meti.go.jp/shingikai/hoankyogikai/pdf/020_03_03.pdf.
- 6) JOGMEC, 2017. 坑廃水の調査の解説書 水系調査編.
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/mine/portal/kaisetsu/kaisetu-2.pdf.

本ガイダンスに関する問い合わせ先

経済産業省 産業保安グループ 鉱山・火薬類監理官付
〒100-8912 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号
TEL：03-3501-1870

本ガイダンスに関する技術的な事項に関する問い合わせ先

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
環境調和型産業技術研究ラボ 社会実装チーム
担当：保高徹生・岩崎雄一
連絡先：M-ToiawaseMineAist-ml@aist.go.jp