

【類型10 環境計測株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

対象業務 (法令)	鉱山保安法施行規則第18条第17号、第21条第1項第3号、第26条第1号、第29条第1項第16号、第17号及び第19号に係る定期検査
実証の 全体像	<p> 鉱山廃水(坑廃水)の処理施設では、作業員が365日常駐し、河川に放流する水の安全を守るため、鉱山跡地から流出する坑廃水並びに水質処理を行った処理水の水質検査を手作業により実施している。本実証では、以下の①～③の実施することにより、人力でアナログな手法により実施されている現状の水質検査・水質監視をデジタル化し、効率化・省人化が可能が実証を行なった。 </p> <p> ①センサーによる連続監視：使用するセンサーは、入手が容易な簡易センサーとした。センサー類の稼働に必要な電源は、給電が困難な場所でも対応できるようにソーラーパネルを用いた独立電源とした。 </p> <p> ②測定結果の精度確認：センサーにより取得した水質データが現行の手作業による水質検査結果と同等以上の精度であるか確認した。また、必要な点検頻度や点検時の校正結果を検証した。 </p> <p> ③遠隔監視システムの構築：連続監視結果を遠隔地で確認できる遠隔監視システムを構築し、関係者が遠隔地で水質データの確認や異常値の通報を受けられることができる体制を構築した。遠隔監視システムは、通信環境のない地域でも対応できるように衛星通信を用いた。またAI水質管理システムを構築し、水質処理状況の監視、異常値の検出を機械的に行うことで、人手により実施している水質監視の効率化を図った。 </p> <div data-bbox="1911 361 2433 971" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> </div> <p style="text-align: right;">図 技術実証の全体像</p>
実施体制	<p> 環境計測株式会社 : 技術実証の実施主体、センサー連続監視、精度確認、遠隔監視システムの構築を実施 </p> <p style="text-align: center;"> </p> <p> 福知山公立大学 : AI水質監視システムの構築、パラメータの検討、モデルの評価 </p>
実施期間	令和5年11月7日～令和6年2月16日

【類型10 環境計測株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容
	センサーによる連続監視	<p>簡易pH¹⁾/EC²⁾センサー(MM-42DP 東亜DKK社製)及び水位計(CSTS-ATM.1 ST/N-I クリマテック社製)により、水質監視に必要なデータを連続で取得。給電が困難な場所でも対応できるようソーラーパネルを用いた独立電源により、センサー類や通信機器の連続稼働を実現。</p> <p>* 1)pH：水の性質を示す単位の一つで、0～14の数値で表される。pH7を中性とし、7より小さい場合は酸性、大きい場合はアルカリ性となる。河川放流の基準としてpH5.8～8.6が定められている。</p> <p>* 2)EC：物質中の電気の流れやすさを表す指標であり、水質では溶液中に含まれるイオンの量(溶液に溶け込んだ物質の量)に比例して、値は大きくなる。坑廃水では値が大きいほど、鉱山由来の物質が多く溶け込んでいると考えられる。</p>
	測定結果の精度確認	<p>センサーにより取得した水質データが、現行の手作業による水質検査結果と同等以上の精度であるか時系列データ等の比較により確認した。また、適正な点検頻度や校正前後の値の挙動が適正であるかについて検証した。</p>
	遠隔監視システムの構築	<p>連続監視結果を遠隔地で確認できる遠隔監視システムを構築し、関係者が遠隔地で水質データの確認や異常値の通報を受けることができる体制を構築した。遠隔監視システムは、携帯電話通信が利用できない地域でも対応できるように衛星通信を用いた。またAI水質管理システムを構築し、水質処理状況の監視、異常値の検出を機械的に行うことで、人手により実施している水質監視の効率化を行った。</p>

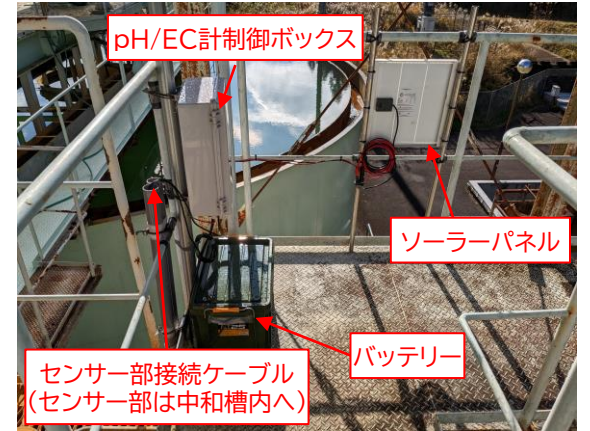


図 センサー及び独立電源装置の設置状況

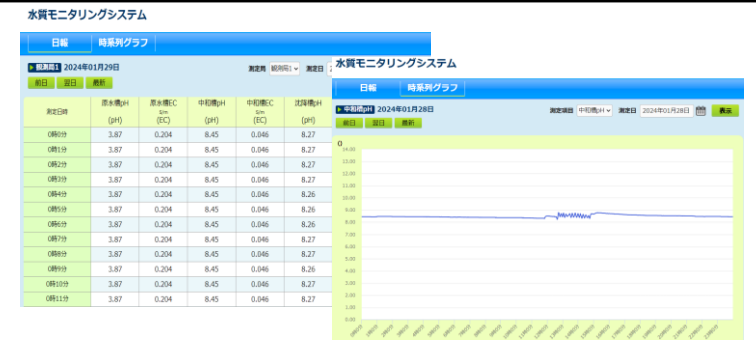


図 遠隔監視システムの監視画面イメージ

【類型10 環境計測株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

実証場所① 福知山坑廃水処理場

本技術実証の実施場所は、管理者である福知山市産業振興課の協力を頂き、実際に稼働している福知山鉱山坑廃水処理場を実証フィールドとして借用した。

福知山坑廃水処理場でのデータ取得期間は、令和5年12月2日～令和6年1月31日までとした。



【類型10 環境計測株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

結果の評価の観点	本技術実証の評価の観点としては、以下の6点を主な観点として実施した。 ①技術導入が容易で汎用性があるか ②給電が困難な場合も対応が可能か ③劣悪な環境課で利用可能か ④従来と同等の精度で計測可能か ⑤遠隔監視が可能か ⑥電波環境を考慮しているか
結果の評価のポイント・方法	センサーによる連続監視【観点①、②、③】 <ul style="list-style-type: none">・他の施設への展開が容易な機種による連続監視は可能であったか・独立電源によりセンサーによる連続監視は可能であったか・屋外で風雨や粉じんさらされる劣悪な環境下で連続監視は可能であったか
	測定結果の精度確認【観点④】 <ul style="list-style-type: none">・一般に入手可能な簡易センサーで精度は確保されたか・既存センサーや手分析結果との差がなく測定できたか・点検や校正前後に異常はなかったか
	遠隔監視システムの構築【観点⑤、⑥】 <ul style="list-style-type: none">・関係者が遠隔地(現地から離れた場所)でデータを確認することができたか・携帯電話通信が利用できない地域でも利用可能な遠隔監視システムの構築ができたか・異常値が発生した場合、関係者に通報できる仕組みが構築できたか・AIを活用した水質監視システムは適正に異常値の検出ができたか


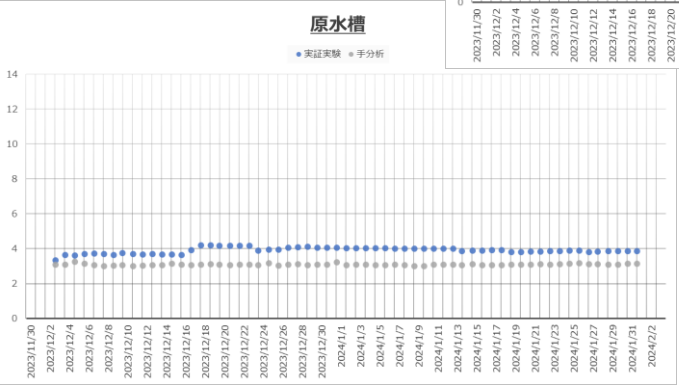
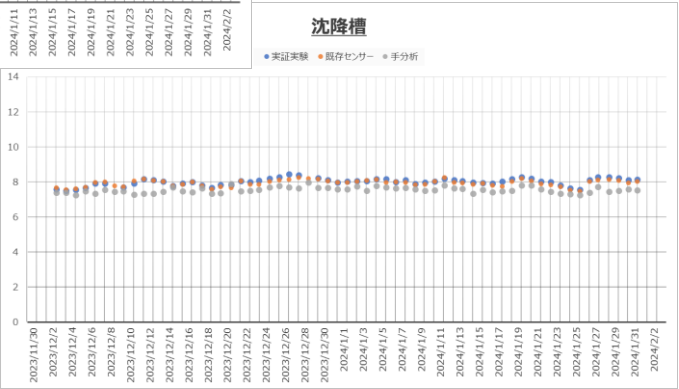
【類型10 環境計測株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】



実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	センサーによる連続監視	<ul style="list-style-type: none"> • 一般に入手が可能な簡易センサーにより、現地実証の期間中、点検を除く時間で欠測や異常値が出ることなく測定を行うことができた。 • センサー類は、ソーラーパネルを用いた独立電源により稼働することができた。 • 防水、防じん性能(IP65以上) を持つ機器を使用しすることで、風雨や粉じんさらされる野外環境においても問題なく稼働することができた。 <div data-bbox="1166 582 2102 913" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1472 935 1847 963">図 センサーによる連続監視イメージ</p> <div data-bbox="1065 978 2262 1306" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1406 1313 1923 1342">図 センサー類、独立電源装置の現地設置状況</p>

【類型10 環境計測株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実施結果
	測定結果の精度確認	<ul style="list-style-type: none"> 簡易センサーによる測定データは、手分析結果と一定程度の値の差が確認されたが、概ね同様の傾向にて推移しており、期間の始めと終わりでもデータの推移傾向に変わりはなく、同様の精度を有していると考えられた。また、既存センサーとは概ね同様に推移していた。 点検時の校正では、JISに定められた繰り返し性の範囲内であり、JISの基準とも整合できていることを確認できた。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;">    </div> <p style="text-align: center;">図 センサー取得データと従来手法による観測結果の比較</p>

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実施結果
	遠隔監視システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔監視システムにより、関係者が遠隔地で水質データの確認や異常値の通報を受けられる体制を構築できた。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">図 遠隔監視システムの監視画面イメージ</p> <ul style="list-style-type: none"> 遠隔監視システムは、携帯電話通信が利用できない地域でも利用可能なシステムとするため、衛星通信サービス(Starlink) を利用し、構築した。衛星通信サービス(Starlink) の対象エリアはほぼ全国であり、国内に位置する全ての坑廃水処理施設で同様に利用できると考えられた。 異常値が発生した場合の異常メール発報機能に関しては、登録した関係者に適正にメール発報されることを確認した。 本実証で構築したAI水質管理システムは、異常値は検出できたものの、誤検知が含まれるなど、精度に課題を残した。

【類型10 環境計測株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

○：必要な機能要件を満たす △：カスタマイズや運用の工夫をすることで機能要件を満たす ×：必要な機能要件を満たさない

実証の 評価結果①	技術実証項目	評価結果
	センサーによる 連続監視	<p>【他の施設への展開が容易な機種による連続監視は可能であったか 評価：○】 ・一般に入手が可能であり、その操作も専門技術者が不要な簡易センサーを用いた連続監視方法となっていることから、技術導入が容易で汎用性は高いと評価できる。</p> <p>【独立電源によりセンサーによる連続監視は可能であるか 評価：○】 ・設置したセンサー類はソーラーパネルを用いた独立電源装置で稼働しており、給電が困難な状況においてもセンサーによる連続監視体制は構築できるものと評価できる。</p> <p>【屋外で風雨や粉じんさらされる劣悪な環境下で連続監視は可能であるか 評価：○】 ・IP65レベルの防水・防じん性能を持つ機器並びに収納BOXを利用することで、屋外における風雨や粉じんの影響を受けることなく簡易センサーによる連続監視体制は構築できるものと評価できる。</p>
	測定結果の 精度確認	<p>【手分析結果や既存センサーとの差がなく測定できるか 評価：○】 ・簡易センサーでの測定結果と手分析結果や既存センサーとの比較では、手分析結果と一定の差は確認されるものの器差によるものと考えられ、変動傾向は概ね同様であった。また既存センサーとの比較では概ね同様の値であり、従来と同等の精度で測定が実施されたと評価できる。</p> <p>【他の施設への展開が容易な機種で精度は確保されるか 評価：○】 ・上記のとおり、他の施設への展開が容易な機種（一般に入手可能な簡易センサー）においても従来と同等の測定精度は確保できたと評価できる。</p> <p>【点検や校正前後に異常はなかったか 評価：○】 ・1回/週の点検を実施し、その際に行う校正での標準液等との比較において、JISに定められた基準値を満足する繰り返し性を示し、点検頻度や測定精度は妥当であると評価できる。</p>

【類型10 環境計測株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

○：必要な機能要件を満たす △：カスタマイズや運用の工夫をすることで機能要件を満たす ×：必要な機能要件を満たさない

実証の 評価結果②	技術実証項目	評価結果
	遠隔監視 システム の構築	<p>【関係者が遠隔地(現地から離れた場所)でデータを確認することができたか 評価：○】 ・衛星通信とクラウドサーバを活用することで、福知山市や維持管理業者が任意の場所で水質データを 確認できるシステムを構築することができたことから遠隔監視は可能であると評価できる。</p> <p>【携帯電話通信が利用できない地域でも利用可能な遠隔監視システムの構築ができたか 評価：△】 ・遠隔監視システムは、携帯電話通信が利用できない場所でも利用可能なシステムとするため、衛星 通信サービス(Starlink)を利用し、構築した。衛星通信サービス(Starlink)の対象エリアはほぼ 全国であり、国内に位置する全ての坑廃水処理施設で同様に利用することが可能であると考えられた。 ただし、衛星通信を利用するための電力量を独立電源で賄うためには、ソーラーパネルの敷設に広い 面積が必要となることから、ソーラーパネルの敷設面積の確保が難しい場合は、施設からの給電で賄 う必要があるなど、衛星通信の利用には一定の条件が必要であることが確認された。</p> <p>【異常値が発生した場合、関係者に通報できる仕組みが構築できたか 評価：○】 ・異常値が発生した場合の異常メール発報機能に関しては、異常値テストデータを入力した際、登録 した関係者に適正にメール発報されることを確認できた。このため、異常値が発生した場合、関係者 に通報できる仕組みは構築できたものと評価できる。</p> <p>【AIを活用した水質監視システムは適正に異常値の検出ができたか 評価：△】 ・本実証で構築したAI水質管理システムは、その仕組みは構築できたものの、社内テストの段階で異 常値と認められないデータを異常値として検出するなど、精度に課題を残した。</p>

【技術実証の結果】

実証の 結果分析

【アナログ規制の見直しに資するか】

・本実証により検証を行った「センサーによる連続監視」、「測定結果の精度確認」、「遠隔監視システムの構築」により、坑廃水処理場における水質監視へのセンサー等のデジタル技術の活用可能性が確認された。この導入により、従来の方法と同等以上の精度を担保した連続での水質監視が可能であると考えられ、かつ、水質管理のための現地作業は1回/週程度となり、従来の方法と比べ時間と費用が縮減できると考えられた。このため、簡易センサーによる測定で従来の人手による水質検査の代替が可能であり、遠隔監視の活用により日々の水質監視や緊急時の対応なども合理化できると考えられた。なお、現状ではAI水質管理システムによる異常値の自動検知では教師データの不足により精度に課題が残ったが、今後、教師データを蓄積することにより、異常値の自動検知の精度の向上が図れるとともに、データの変動傾向を把握することで異常値の出現予測が可能となると考えられる。

【現場での技術等の活用・導入に当たってのポイント】

・本実証では福知山坑廃水処理場の処理フローをもとにセンサー類の設置場所を検討し、連続監視を実施した。その他の処理場では、水質や処理方法が異なることから、各施設の状況に応じて検討し、設定する必要がある。

・本実証では連続監視項目として、金属成分の含有量を把握する目的でECの測定を行った。その結果、水質処理前である原水槽と処理後である中和槽、沈降槽の値では有意な差が確認された。手分析や既存センサーではECの測定を行っていないため、その精度について、詳細な確認はできないが、水質処理工程の前後で測定することで、処理が適正に実施されていることを確認する指標として使用できると考えられた。

【実証を通じて明らかになった課題や改善の方向性】

・本実証を実施した冬季は、降水量が少なく、水質も安定していた。異常値を適切に感知するAI水質管理システム構築にあたっては、降水量や気温など環境条件の変化に伴う水質の変化を年間通じて確認する必要があり、少なくとも1年間のデータ取得とそのデータを用いたAI水質管理システム構築が必要であると考えられた。

・Starlinkを用いた衛星通信を独立電源で行うためには、ソーラーパネルの敷設に広い面積(10m²以上)が必要であり、山間部の谷間に位置することが多い坑廃水処理場においては、施設が保有する商用電源の利用が望ましいと考えられた。