

災害等情報（詳報）

鉱種：金、銀 他	鉱山の所在地：愛媛県					
災害等の種類： 排水基準に適合しない廃水の排出	発生日時： 平成29年3月23日（木） 7時00分頃	罹災者数	死	重	軽	計
			-	-	-	-
罹災者 年齢、職種、直轄・請負の別、勤続年数、担当職経験年数：該当無し						
罹災程度：該当無し						
<p>【概要】</p> <p>当事業所は、銅製錬を行っており、併せて、銅製錬時に発生する排ガス（SO₂）を回収し、2つの系統の硫酸設備により濃硫酸を製造している。また、当該排ガスの冷却用に、海水をポンプにて硫酸設備の熱交換器に供給しており、熱交換後は、他設備の廃水とともに、A、B2つの排水口から海域に排出している。</p> <p>○水門閉止時点の廃水の排出</p> <p>3月23日6時48分頃、同事業所のA排水口のpH監視装置がpHの管理値（pH7～8.5）異常を検知したため、自動でA水門が閉止し、製錬設備等も同時に自動停止した。しかしながら硫酸設備に供給している海水供給用ポンプの停止措置が遅れ、7時21分のポンプ停止まで海水が供給され続けた。このため、A排水路内での廃水量が徐々に増加し、6時51分から7時29分まで、A水門をオーバーフローして廃水を海域に排出させた。</p> <p>また、A排水路の水位が上昇したことで、A排水路とB排水路を分離する水門をオーバーフローしてB排水路に低pH廃水が流入し、B排水口のpH監視装置が6時51分に異常を検知したため、自動でB水門が閉止した。</p> <p>pH監視装置での測定結果を確認したところ、A排水口で7時から7時29分までの29分間、B排水口で6時52分から水門が閉止した40秒間、pHが5未満であった（海域のpHの排水基準5～9）。</p> <p>また、この時の排水基準を超える廃水の排出量は、当該排出口に設置されているpH監視装置、流量計から推計して、A排水口から2,017m³（硫酸量29kg）、B排水口から52m³（硫酸量0.2kg）が排出されたと推定される。</p> <p>○回収作業中での廃水の排出</p> <p>事業者は、直ちにポンプアップ等でA排水路内に滞留している廃水の回収作業を実施したが、水門の密閉性不十分により、滞留水をA水門において7時29分から15時まで、推定で約13m³を更に漏出させた。また、B排水路のB水門においても6時52分から15時30分まで、推定で約10m³を更に漏出させた。</p>						

事業者では、当初（7時から7時29分まで）のA水門からの排出時については、オーバーフロー直後、A排出口の滞留水分析結果において、重金属等は排水基準値未満であったことから、A排水路内に滞留していた廃水は、当初pHのみの超過と考えていたが、その後、事業者が滞留水を分析した結果、A排水路内では、pH超過だけではなく、排水基準を超える重金属が検出された。

また、監督部においてもA排水路の滞留水を採水、分析した結果、排水基準を超えるpH3.4及び鉛（0.36mg/ℓ）、銅（8.7mg/ℓ）、砒素（0.47mg/ℓ）の重金属が検出された。

（参考）排水基準：pH5～9(海域)、鉛0.1mg/ℓ、銅3mg/ℓ、砒素0.1mg/ℓ

これは、濃硫酸が廃水に混入し、強酸性となって排水路内に滞留していたため、A排水路内の付着物等から重金属が溶出したものと思われる。

なお、B排水路内ではpHのみの超過であり、重金属は検出されていない。

また、排出後の海域での影響を把握するため、監督部が、A排水口付近（排水口から約10m）の海水を採水分析した結果、環境基準を超える鉛（0.047 mg/ℓ）が検出された。（参考）環境基準0.01mg/ℓ

同付近における海水の水質は、通常検出限界以下であることから、排出した約13m³の廃水の影響である可能性が高いと考えられる。

なお、現状で、漁協等からの鉍害発生等の報告はない。

○復旧状況

事故の発生原因となった硫酸設備のクーラーについては、破損したチューブ2本を特定し、閉止プラグを打って復旧した。

A排水路の滞留水については、ポンプアップ等により別途貯槽等に全量貯水し、空になったA排水路には海水を入れ、重金属等の有無を確認した上で、3月25日11時01分放流を開始した。

B排水路の滞留水については、炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムを添加し、pH7.5以上となるよう調整した上で、3月23日23時32分放流を開始した。

【原因】

①硫酸設備のクーラーのチューブの破損

廃水のpH値が排水基準を超過した原因は、硫酸設備のクーラーのチューブが破損し、濃硫酸が冷却用海水に混入したことによる。

なお、当該クーラーチューブについては、平成15年に設置後、日常管理としてチューブからの漏洩の原因となる硫酸濃度等の管理、更に、定期点検として2年毎に非破壊検査（過流探傷検査）によるチューブの肉厚評価（30%の抜取検査）を実施しており、チューブの減肉の進展は緩やかであったこと、また、今回

の破損時には、硫酸濃度等の適正值からの逸脱等は認められず、確認された減肉箇所も局所的であったことから、当該チューブが破損した原因は、チューブ製造段階のマイクロレベルの欠陥の存在（気泡や介在物）やチューブ素材製造段階での耐孔食性の低下により孔食が進行したためと推測される。

②海水供給用ポンプの停止措置の遅れ

A排水口水門からオーバーフローした原因は、A排水口水門が閉止したものの、海水供給用ポンプの停止措置が遅れ、海水が供給され続けたことによる。

また、海水供給用ポンプの停止措置が遅れた理由は、クーラー出口海水pH低下の警報に担当者が気付かなかったこと、周囲の点検等により海水ポンプ停止のための安全確認の連絡に時間がかかるとともに、圧力変動による設備破損を防ぐため、送液弁を徐々に閉めてからの海水ポンプ停止を行う必要があったことによる。

また、過去45年間の操業では、濃硫酸が漏洩してからの排水路内での急激なpHの低下を経験したことが無く、当該リスクを想定していなかったことや、想定外の異常検知時における作業手順が作業者の判断や行動に依存していた（人力に依存している管理体制では限界があった）。

③排水路内の付着物等からの重金属の溶出

低pH水が排水路内に滞留することによって、排水路内の付着・堆積物から重金属が溶出するリスクがあることを気づいていなかったため。

④水門の密閉性不十分

水門の密閉性が不十分であったため。

【対策】

①について

- ・ 事故の発生原因となった硫酸設備のクーラーのチューブ（319本）については、目視、気密試験、海水通水により破損チューブ2本を確認し、当該チューブの両端に閉止プラグを打ち込み溶接し、3月25日に応急復旧した（再掲）。
- ・ 3月31日、当該クーラーにpH異常が認められたため再検査を実施し、1本の不具合箇所を閉止、4月3日に全数渦流探傷検査を実施し、8本の不具合箇所を閉止実施（計11本閉止）。
- ・ 従前からの検査（抜取検査による減肉量の傾向管理等）では、チューブ1本1本の局所的な状況まで把握することはできず、類似の欠陥を発見できない恐れを踏まえ、今後、2年毎の定期点検において、チューブ全数の渦流探傷検査を実施することとした。
- ・ 同種機器のクーラー（5箇所7,642本）についても同様に実施。
また、「硫酸製造設備硫酸クーラー点検保守基準」として新たに手順書を作成し、社員教育を実施することとした。

②について

- ・ 硫酸設備のクーラー出口海水を監視するpH計（排水口より上流にある海水ピット）を増設するとともに、警報レベルを重故障とし、警報音と併せて回転警報機が作動するように変更した。また、環境監視上で重警報に変更すべきものを再抽出し対象を増加させるとともに、今回の災害を受けて再抽出した25項目についてpH監視に特化したモニターを設置することとし、警報レベルの見直しとともに、警報の見落とし防止対策を実施した。
- ・ 従来排水口のpH監視装置により異常を検知し、手動で海水供給用ポンプを停止（最速12分）することとしていたが、海水ピットでのpH計の感知により、早期かつ自動的に海水ポンプを停止（感知後約1分）するシーケンスに改良し、水門からのオーバーフローを回避するとともに、B排水路への流入を防止することとした。

③について

- ・ 低pH海水が排水路内に流入した場合の重金属成分の溶出防止として、排水路内の堆積物除去を、今後、2年に1回実施するとともに、無害な中和剤を内港付近に常備し、排水路内への濃硫酸の流入など、緊急時に投入し、pHの低下を防止する。

④について

- ・ 水門の密閉性については、パッキンの取り替えや改良により密閉性の改善を本年中に実施する。また、改造前まではビニールシートによる漏出防止措置を実施する。

⑤その他

- ・ 今後の教育・訓練として、異常事態を想定した全体訓練で、環境災害に繋がる事象の再抽出と対策の検討の実施、HAZOP手法の導入によるリスク抽出と改善の推進、異常時の手順確認を通して、問題を抽出し改善する訓練を実施することを追加した。

（参考）HAZOP（Hazard and Operability Studies）

1960年代、英国ICI社が、自社開発の新規化学プロセスを対象として、潜在危険性をもれなく洗い出し、それらの影響・結果を評価し、必要な安全対策を講ずることを目的として開発されたプロセス危険性の特定手法。

【参考情報等】

- 災害等に繋がる事象の再抽出と対策の検討などリスクアセスメントを行い、必要な措置を講じましょう。
- 災害等の発生により、排水基準を超過した坑廃水等を排出させたおそれ等がある場合は、排水基準の適合状況を確認するため、速やかに採水し、分析しま

しょう。

- 坑廃水等の排出停止措置を講じた場合、漏えい等がないことを継続的に確認しましょう。
- 作業手順については定期的に再教育を行い、災害等の発生時に確実に対応できるように関係者に周知しましょう。

○ 鉱山保安法令や水質汚濁防止法令における参考規定は次のとおりです。

< 鉱山保安法令 >

- ・ 排水基準に適合すること（鉱山保安法施行規則第19条第2号）
- ・ 施設が鉱害の防止のために満たすべき基準（鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令第5条第九号）

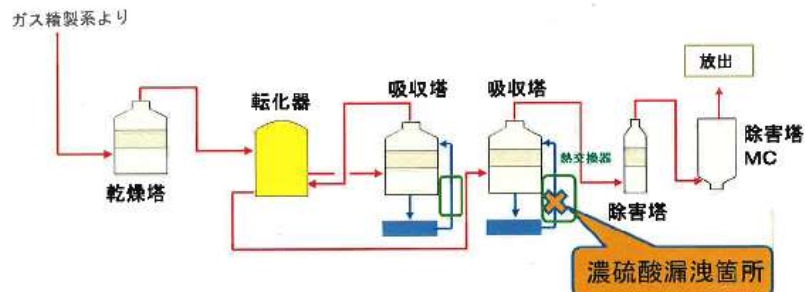
< 水質汚濁防止法令 >

- ・ 排水水の排水の制限（水質汚濁防止法第12条）
- ・ 排水基準（排水基準を定める省令第1条、別表第1、別表第2）

【お問い合わせ先】

中国四国産業保安監督部四国支部 鉱山保安課 岩井、桑原
電話番号 087-811-8591

硫酸設備の系統（略図）



排水系統（略図）

