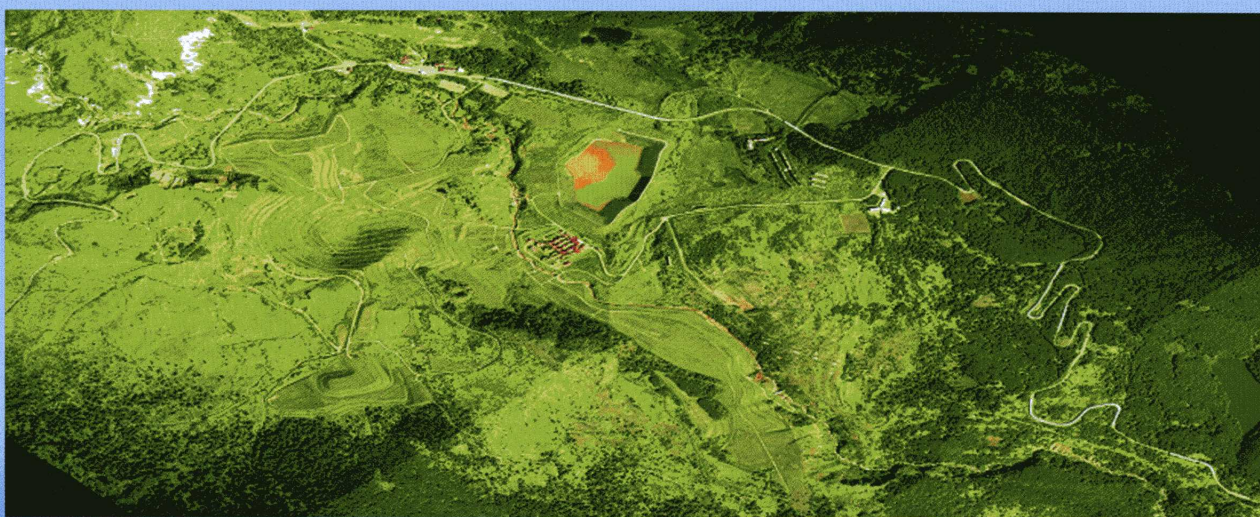


旧松尾鉱山 坑廃水処理事業の概要



岩手県



JOGMEC 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

よみがえった北上川

北上川は、岩手県北部の岩手町御堂に源を発し、北上山地と奥羽山脈との間を南下し、宮城県石巻市で太平洋に注ぐ全長 249km、全国で 5 番目、東北地方第一の大河です。

松尾鉱山は、この北上川の支流の一つである赤川の上流部、八幡平の中腹で、大正 3 年（1914）から硫黄や硫化鉄鉱を生産し、一時は「雲の上の楽園」と呼ばれたほど隆盛を極めていましたが、昭和 40 年代（1960 年代後半～）になって経営が悪化し、昭和 46 年（1971）には採掘が終了され、閉山しました。

この鉱山から大量の強酸性水が赤川に流出して北上川本流を汚染し、大きな社会問題となったため、昭和 47 年から建設省が暫定中和処理を実施するとともに、岩手県は昭和 46 年（1971）7 月に「北上川水質汚濁防止の恒久対策の樹立」を国に請願しました。

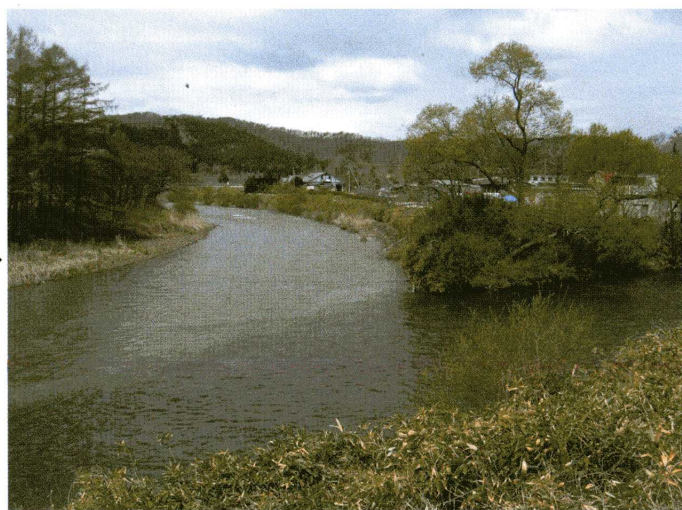
国は、同年 11 月に、当時の林野庁、通商産業省（現、経済産業省）、建設省（現、国土交通省）、自治省（現、総務省）、環境庁（現、環境省）で構成される「北上川水質汚濁対策各省連絡会議」（通称、五省庁会議）を設置し、対策の検討が進められ、昭和 51 年（1976）8 月に、新たな中和処理施設を旧松尾鉱山元山地区に建設することが決定されました。

この新中和処理施設は、岩手県が通商産業省の補助を受けて、昭和 52 年（1977）8 月に建設工事に着手し、中和処理施設に約 62 億円、貯泥ダムに約 31 億円を費やして、昭和 56 年（1981）11 月に完成しました。以後、365 日・24 時間、坑廃水を中和処理することによって、北上川は清らかな流れを取り戻し、「母なる川」としてよみがえったのです。

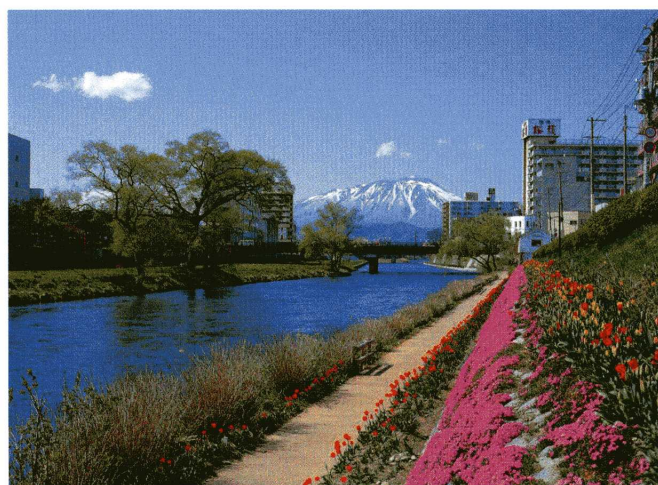
施設の維持管理は、岩手県の委託を受けて、昭和 57 年（1982）4 月から独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（元・金属鉱業事業団）が実施しています。



汚染された松川（北上川との合流点）（昭和 49 年（1974）当時）



現在の松川と北上川との合流点



現在の北上川（盛岡市）

松尾鉬山



最盛期の松尾鉬山

松尾鉬山は、八幡平の中腹、標高 870 ~ 1,048m の高所に位置しており、明治 15 年 (1882) に硫黄の大露頭が発見された後、明治 34 年 (1901) から開発が進められ、大正 3 年 (1914) に松尾鉬業株式会社が設立されてから本格的に操業が開始されました。鉬床の大きさは、東西約 1,500m、南北約 1,500m、厚さ 25 ~ 150m に達し、埋蔵量約 2 億 3 千万 t と東洋一の規模を誇ったといわれています。

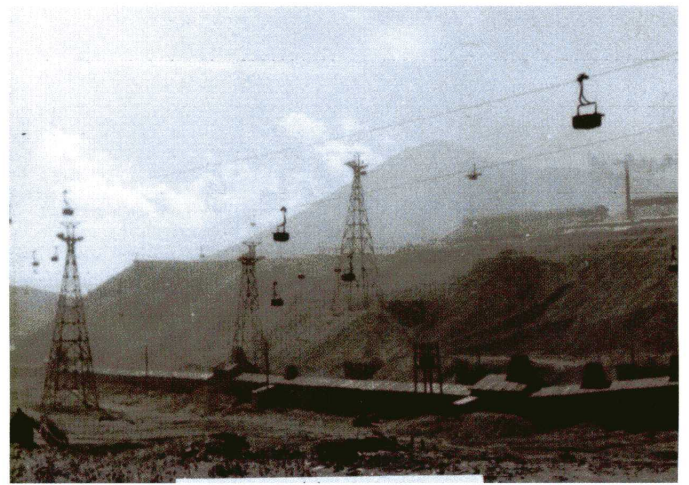
昭和 27 年 (1952) の最盛期には、約 5 千人の人々が鉬山で働き、家族を含めておおよそ 1 万 5 千人の人々が鉬山周辺に生活をしました。当時は、年間 100 万 t の鉬石を採掘し、8 万 t に及ぶ硫黄を生産し、我が国の硫黄生産量の 3 分の 1 を占めていました。硫黄は火薬、合成繊維、医薬品、農薬、抜染剤など様々な産業分野で利用されていました。

しかし、昭和 33 年 (1958) 頃から、主要な取引先である化学繊維業界の不振を発端として鉬山の経営状態は悪化し、昭和 40 年代 (1960 年代後半 ~) に入ると、公害規制の強化に伴い、石油の精製過程で得られる回収硫黄が市場に出回るようになって決定的な打撃を受けました。同社は昭和 43 年 (1968) に会社更生法の適用を申請し、昭和 47 年 (1972) には鉬業権を放棄するに至りました。

松尾鉬山は、大正 3 年 (1914) から昭和 46 年 (1971) まで 58 年間にわたり、おおよそ 2,900 万 t の硫黄・硫化鉄鉬の鉬石を採掘し、1,000 万 t の硫酸原料と 210 万 t の硫黄を生産した後、その長い生産の歴史に幕を閉じました。



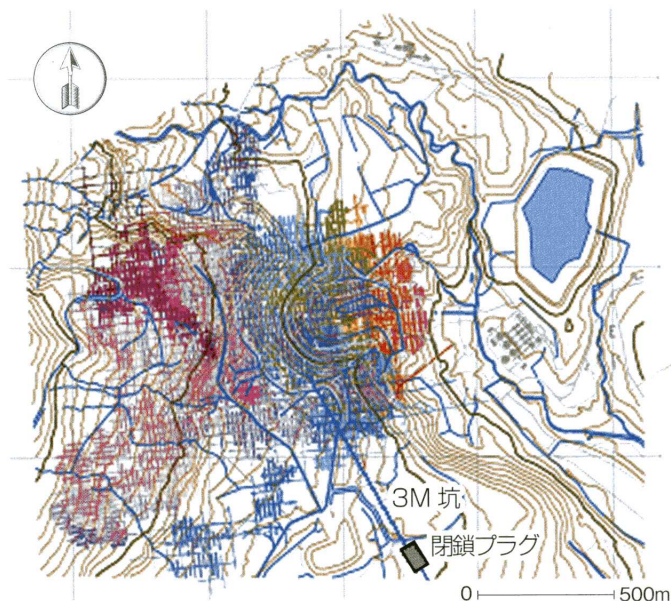
製錬場の硫黄出荷



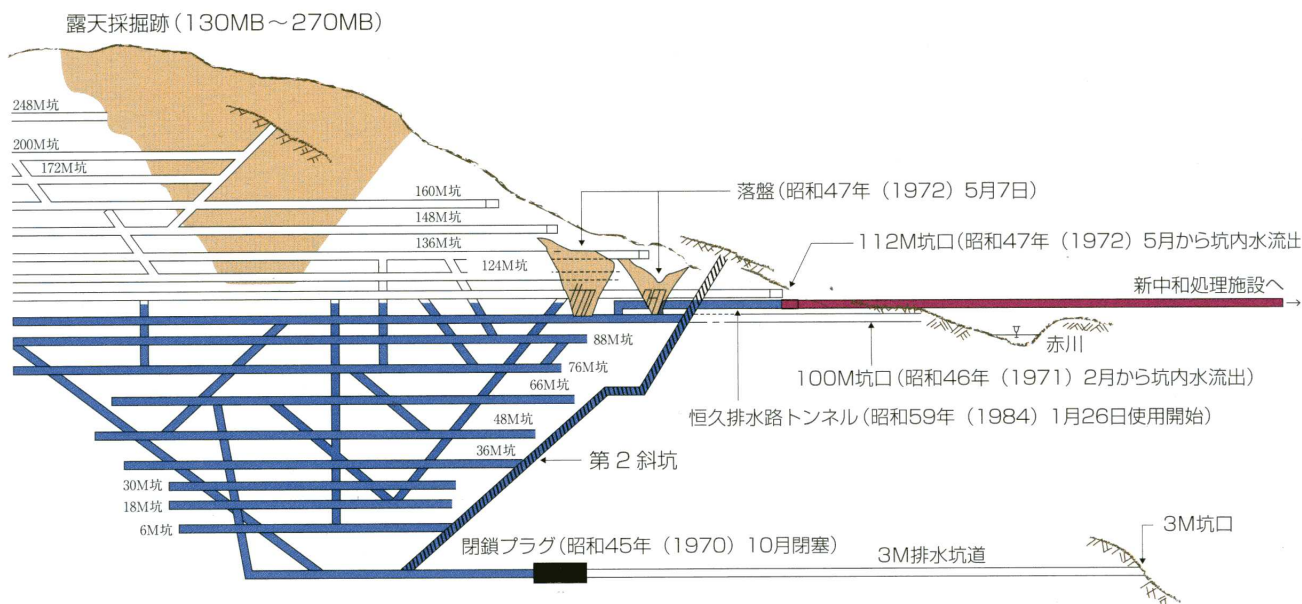
索道による製品・物資の運搬

旧松尾鉱山の坑道

旧松尾鉱山には、最下底 3M 坑レベルから 248M 坑レベルまで標高差 245m にわたって総延長 255km の坑道があったと松尾鉱業（株）の記録に残っています。坑内水は、鉱山操業時には 3M 坑口から流出していましたが、昭和 45 年（1970）に閉鎖プラグが設置され、100M 坑口から流出するようになりました。その後、昭和 47 年（1972）の落盤により 112M 坑口から流出するようになり、昭和 59（1984）年 1 月以降は恒久排水路から処理施設へ導水しています。

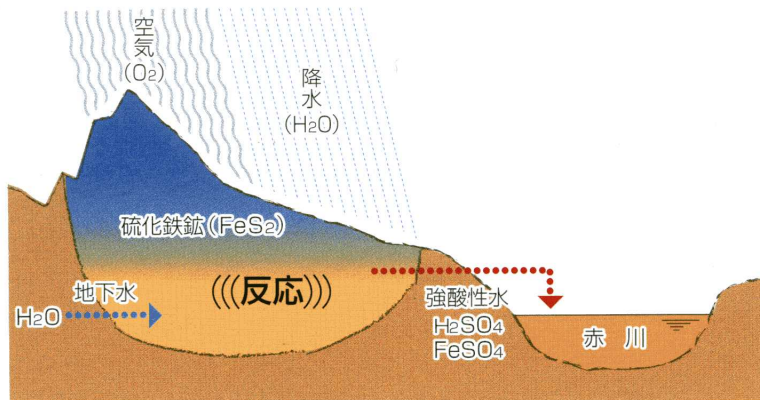


坑道水平投影図



坑道断面図

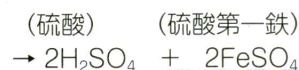
強酸性の坑廃水が発生するメカニズム



酸性水のできるしくみ

旧松尾鉱山には、膨大な量の硫化鉄鉱などの鉱石が膨大に残っており、縦横無尽に採掘された坑道に地下水や雨水が流れ込み、水と酸素と硫化鉄鉱が反応して、鉄を多く含む強酸性水が生成されます。また、有害物質のヒ素も流出しています。

<反応式>



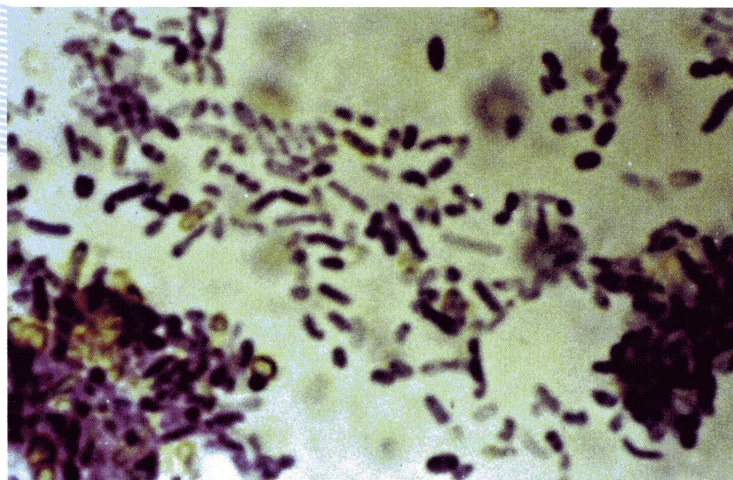
新中和処理施設の特徴

1. バクテリア酸化・炭酸カルシウム中和方式

新中和処理施設では、鉄酸化バクテリアを利用した中和処理を実施しています。酸性の坑廃水処理には一般に、中和剤として消石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) が使用されますが、松尾鉱山のように大量の坑廃水を処理する場合、消石灰は価格が高いため、処理コストが上がり、経済的に不利となります。一方、消石灰に比べ価格が安い炭酸カルシウム (CaCO_3) は、2 価の鉄イオンとは反応しにくい特徴があり、炭酸カルシウムで中和するためには、坑廃水中の 2 価の鉄イオンを 3 価の鉄イオンに酸化することが必要となります。この酸化を促進するために鉄酸化バクテリアを利用しています。

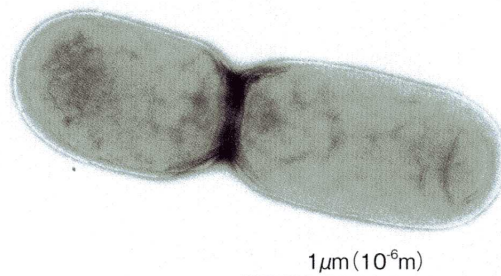
鉄酸化バクテリアは、鉄を酸化する際に生じるエネルギーを利用して生育する細菌で、坑内水中に 1ml 当たり約 25 万個生息すると言われており、新中和処理施設では、酸化槽で鉄バクテリアを増殖させつつ、バクテリア回収槽から回収したバクテリア着床殿物を酸化槽に繰返し戻すことにより、1ml 当たり約 1 億個 (400 倍) の高濃度に維持することにより連続的に鉄を酸化しています。

バクテリア酸化・炭酸カルシウム中和方式は、大量の坑廃水を比較的安価な経費で中和処理することが可能であり、かつ、有害なヒ素を鉄とともに除去することができる効率の良い方式です。



フクシン染色 (顕微鏡写真)

鉄酸化バクテリア (*Acidithiobacillus ferrooxidans*)



(電子顕微鏡写真)

2. 放流水の水質基準

処理施設の処理水は中性の pH7 ではなく pH4 程度で赤川に放流しています。この放流水質は、以下の理由から昭和 51 年 (1976) 8 月に開催された五省庁会議の了解事項として決められたものです。

- (1) 水質改善の目標を北上川本流において環境基準 A 類型 (pH6.5~8.5) を達成することとしたこと。
- (2) 赤川は鉱山開発前から酸性河川であり、pH4 程度で放流すれば以前の北上川本流の水質を確保できると考えられたこと。
- (3) バクテリア酸化・炭酸カルシウム中和方式により、pH4 でも坑廃水中の鉄及びヒ素を除去できること。

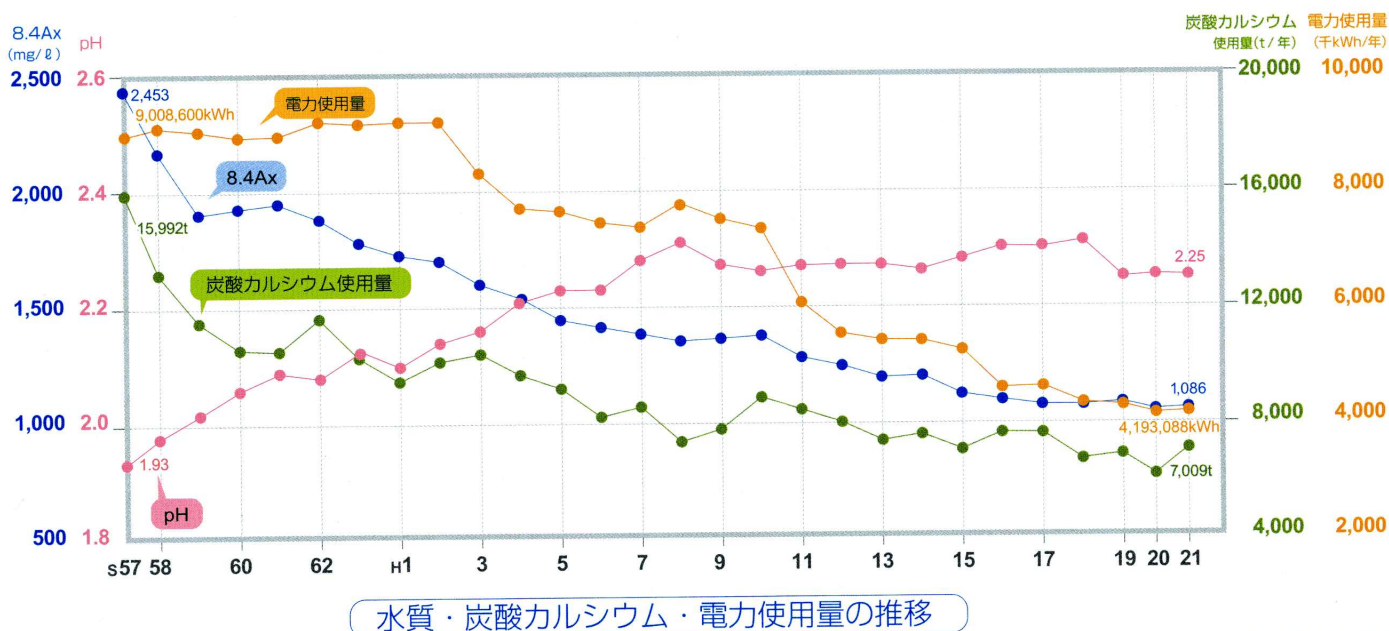
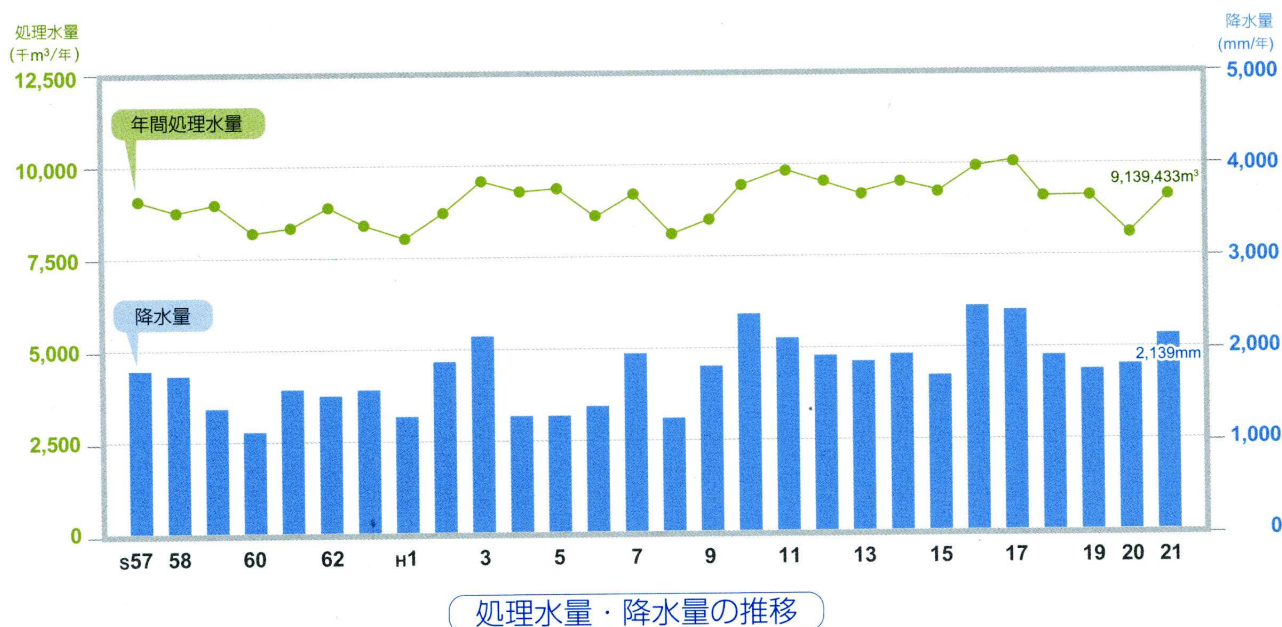
新中和処理施設の本格稼動を開始した昭和 57 年度 (1982 年度) 以降、北上川本流の水質は、環境基準 A 類型 pH6.5~8.5、ヒ素 0.01mg/ℓ以下に保たれています。

3. 処理施設の処理能力

年間約 900 万 m^3 (東京ドーム 7.3 杯分) にも及ぶ大量の坑廃水を安定かつ確実に処理するために、1 系列の処理能力が最大 12 m^3 /分の設備を 3 系列有することから、処理施設全体の最大処理能力は 36 m^3 /分です。1 年中休むことなく、365 日 24 時間体制で中和処理を実施しています。

坑廃水（原水）及び放流水の水量・水質実績表

処理原水		水量 (m ³ /分)	pH 水素イオン 濃度	8.4Ax (mg/l) 8.4酸度	T-Fe (mg/l) 全鉄	Al (mg/l) アルミニウム	As (mg/l) ヒ素	放流水		水量 (m ³ /分)	pH 水素イオン 濃度	8.4Ax (mg/l) 8.4酸度	T-Fe (mg/l) 全鉄	Al (mg/l) アルミニウム	As (mg/l) ヒ素	SS (mg/l) 浮遊物質
設計諸元		20	1.60	4,240	795	189	5.77	目標水質			4.0	786	13	130	0.02	30
年度	S 57	17.2	1.93	2,453	504	114	2.84	年度	S 57	17.2	4.20	509	2.3	81	0.02	5.5
	62	16.8	2.08	1,881	377	85	1.86		62	16.8	4.14	456	2.5	64	0.01	5.4
	H 4	17.6	2.21	1,532	304	72	1.70		H 4	17.6	4.14	399	2.0	57	0.01	4.4
	9	16.2	2.27	1,361	267	69	1.66		9	16.2	4.11	351	2.1	58	0.01	5.4
	14	18.1	2.26	1,201	237	70	1.29		14	18.1	4.14	323	2.2	58	0.01	4.4
	19	17.2	2.25	1,080	222	70	1.07		19	17.2	4.31	290	1.8	58	0.01	3.3
	20	15.6	2.26	1,058	217	70	1.03		20	15.6	4.31	276	1.8	58	0.01	3.5
	21	17.4	2.25	1,086	220	71	0.98		21	17.4	4.30	278	2.0	58	0.01	3.3



新中和処理施設の概要



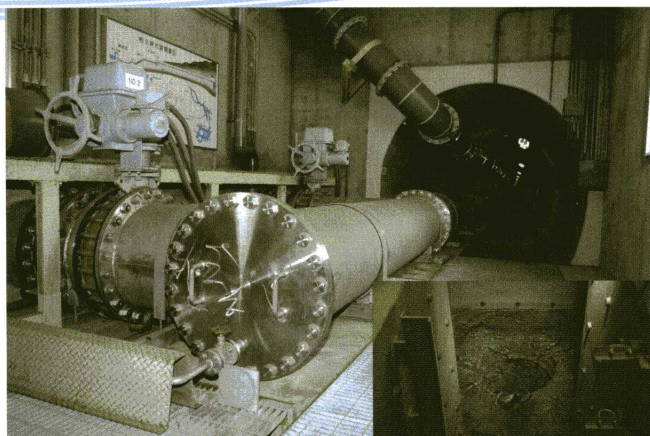
厳冬期の新中和処理施設

1. 恒久排水路トンネル

恒久排水路トンネルは、坑内から流出する坑廃水を安定的に新中和処理施設へ導水するためのものです。

坑廃水は、当初 112m 坑レベルにある第 2 斜坑横坑から導水していましたが、坑内崩落によって坑廃水を安定的に処理施設へ導水できなくなる恐れがあったために、半永久的な原水導水路として、昭和 57 年～ 58 年度（1982～1983 年度）におよそ 1 年半の工期と約 6 億円を費やし、100m 抗の坑内水を安定的に導入するための恒久排水路トンネルが建設されました。

総延長 322m 厚さ 30cm のコンクリート製のトンネル中には、直径 600mm の硬質塩化ビニル管が敷設しており、坑内から湧出する坑廃水を原水受槽まで自然流下で導水しています。原水受槽からは、原水分配槽までポンプで送水しています。



恒久排水路トンネル



原水分配槽

2. 原水分配槽

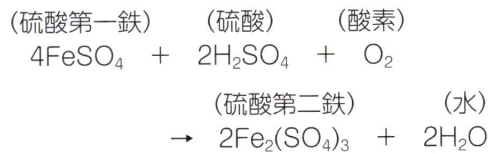
原水分配槽は、坑廃水を各系列に均等分配するための設備です。

原水分配槽から 1 系列最大 $12\text{m}^3/\text{分}$ の処理能力を有する第 1 系列～第 3 系列のほか、非常用の第 4 系列に坑廃水を分配することができます。

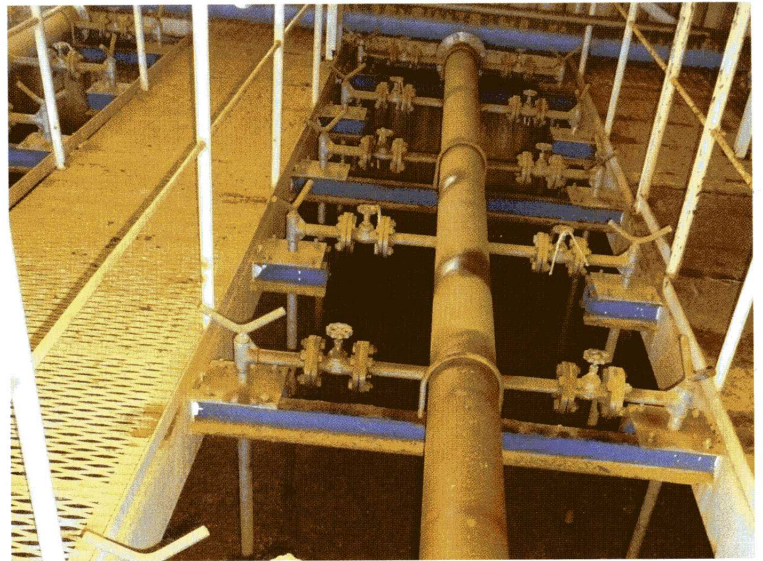
3.酸化槽

坑廃水に含まれる2価の鉄イオン (Fe^{2+}) を3価の鉄イオン (Fe^{3+}) に酸化するための設備です。高濃度に維持された鉄酸化バクテリアの作用により、以下の反応が行われます。

<反応式>



バクテリアは、中和反応によって発生した殿物に着床させています。



酸化槽



バクテリア回収槽

4.バクテリア回収槽

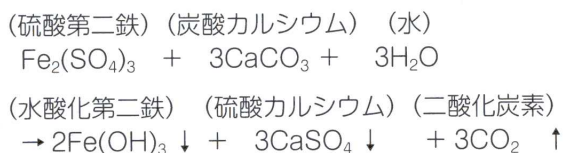
バクテリアのキャリア（着床担体）である殿物を凝集、沈殿させて、酸化槽へ戻すための設備です。

バクテリア回収槽の底から殿物が酸化槽へ送られ、上澄水は自然流下で中和槽へと送られます。

5.中和槽

炭酸カルシウムによって、酸化した坑廃水を中和するための設備です。ミルク状の炭酸カルシウムを添加し、空気を吹き込んでかくはんしながら中和します。中和反応により鉄を含んだ多量の殿物が発生します。

<反応式>



中和槽



固液分離槽

6. 固液分離槽

中和槽から自然流下してくる中和処理水を殿物と上澄水に分離するための設備です。中和殿物の沈降を促進するため、中和処理水に高分子凝集剤を添加しています。凝集剤は中和槽と固液分離層の中心部までの導水部に設置されている凝集反応槽に投入されます。

凝集、沈殿した中和殿物は、貯泥ダムへ送り、上澄水を赤川へ放流します。

7. 貯泥ダム

中和反応によって発生した中和殿物を堆積するためのダムです。

処理施設に隣接した旧日蔭沼を浚渫・掘削し、東西の堤体は自然の地形を利用して、南北の堤体は西側の地山の土石を利用した傾斜コア型フィルタイプダムとして築造されました。また、堤体の波浪による浸食を防止するために、堤体の内部は表面に石を貼り付ける工法、いわゆるリップラップ工法で造られています。ダムの容量は200万 m^3 あり、年間およそ2万 m^3 の殿物（湿泥量）を堆積しています。



貯泥ダム

8. 操作室

処理施設は、常時24時間運転を行っています。管理棟にある操作室では、DCS（Distributed Control System：分散制御システム）によって、各種の機器、設備を監視・制御しています。



操作室

災害訓練



災害訓練

災害や事故が発生した場合の迅速かつ的確な対応を図るため、「旧松尾鉦山新中和処理施設に係る災害・事故等対応マニュアル」を作成しています。

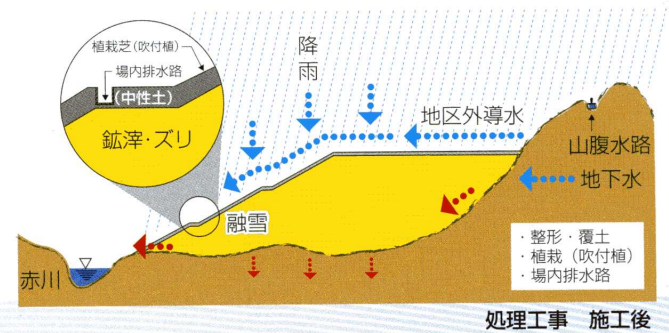
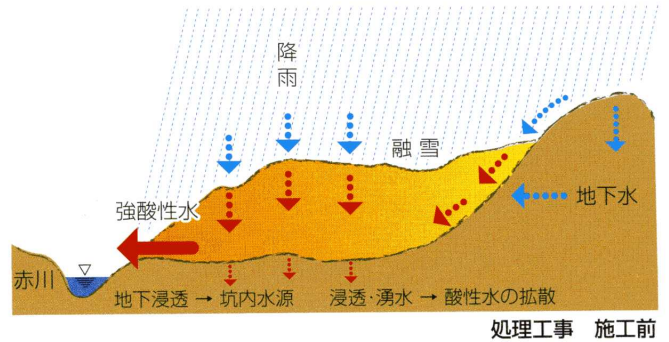
また、災害時の対応及び連絡体制を点検・整備することを目的に、毎年、関係機関が連携して、地震などによる災害を想定した訓練を実施し、災害時の対応に万全を期しています。

発生源対策工事

北上川の清流化事業の一環として、坑廃水の中和処理と並行して、発生源対策工事が行われました。発生源対策工事は、堆積物の崩壊・流出を防止するとともに、坑内あるいは堆積場への地表水の浸透・流入を防止して、坑内水や浸透水を減少させることを目的とし、

- ①露天掘跡埋戻し及び被覆工事
 - ②元山堆積場、A堆積場、B堆積場及び柏台地区堆積場等の整備工事
 - ③山腹水路工事
 - ④赤川保全水路工事
- などが実施されました。

主な工事は、通商産業省（現、経済産業省）の補助を受けて、岩手県が実施し、赤川保全水路工事は、建設省（現、国土交通省）により、直轄河川工事として実施されました。



堆積場等整備工事概況図



(施工前)

1. 露天掘跡埋戻し及び被覆工事

〔昭和 47 ～平成 14 年度 (1972 ～ 2002 年度)〕

露天掘跡は、巨大な馬蹄形の凹地であり、硫黄の自然発火がしばしば起こっていました。また、地表水が集水され坑内に流入しやすい状態となっていました。

これを防止するために、露出していた鉱体全体を被覆する、整形、覆土、植栽などの工事を行いました。



(現在)

2. 堆積場整備工事〔昭和 55 ～ 62 年度（1980 ～ 1987 年度）〕

堆積物の安定化を図り、崩壊、流出、飛散及び地表水等の浸透を防止するために整形、覆土、植栽工事を行いました。



(施工前)



(現在)



(現在)

3. 山腹水路工事〔昭和 49 ～ 52 年度（1974 ～ 1977 年度）〕

場外の雨水が露天掘跡や堆積場へ流入するのを防止するため、地表水排水路を設置しました。

4. 赤川保全水路工〔建設省（現、国土交通省）工事、昭和 48 ～ 56 年度（1973 ～ 1981 年度）〕

赤川上流の河川水が地下に浸透して、坑内へ流入することを防止するため、河道の三面張工事が区間延長 2,064m に渡り実施されました。



(現在)

地域への貢献

北上川は、かつて「死んだ川」と呼ばれていました。しかし現在では、多くの魚が戻り、そこに生活する人々のため、農業、工業、生活などに有効に利用されています。

新中和処理施設の維持管理には、年間およそ5億円の経費を要します。しかし、この中和処理が停止すると、下表に示すように年間約500億円の被害が生じると予測されています。

処理を停止した場合に予想される被害

(2002年試算)

利水許可	件数	年間被害額	備考
農業用水	131件	89億円	水稻粗生産額
工業用水	4件	381億円	工業製品出荷額
生活用水	8件	23億円	水道料金
合計	143件	493億円	
その他の損失	<ul style="list-style-type: none">● 橋げた、護岸等コンクリート構造物の浸食劣化● 魚類の死滅等、生態系への影響● 赤茶けた川など、景観の悪化		

(出典：平成13年度北上川清流化調査事業業務委託報告書)

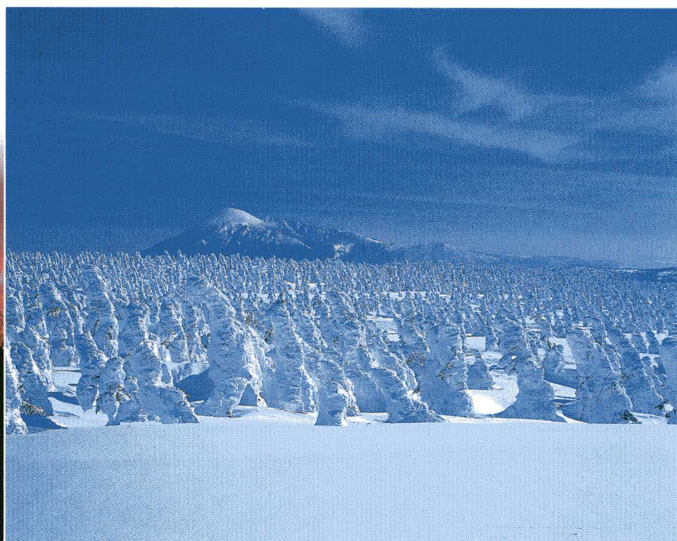
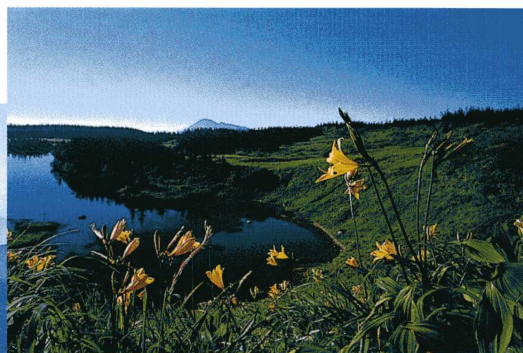


岩手山を望む田園風景

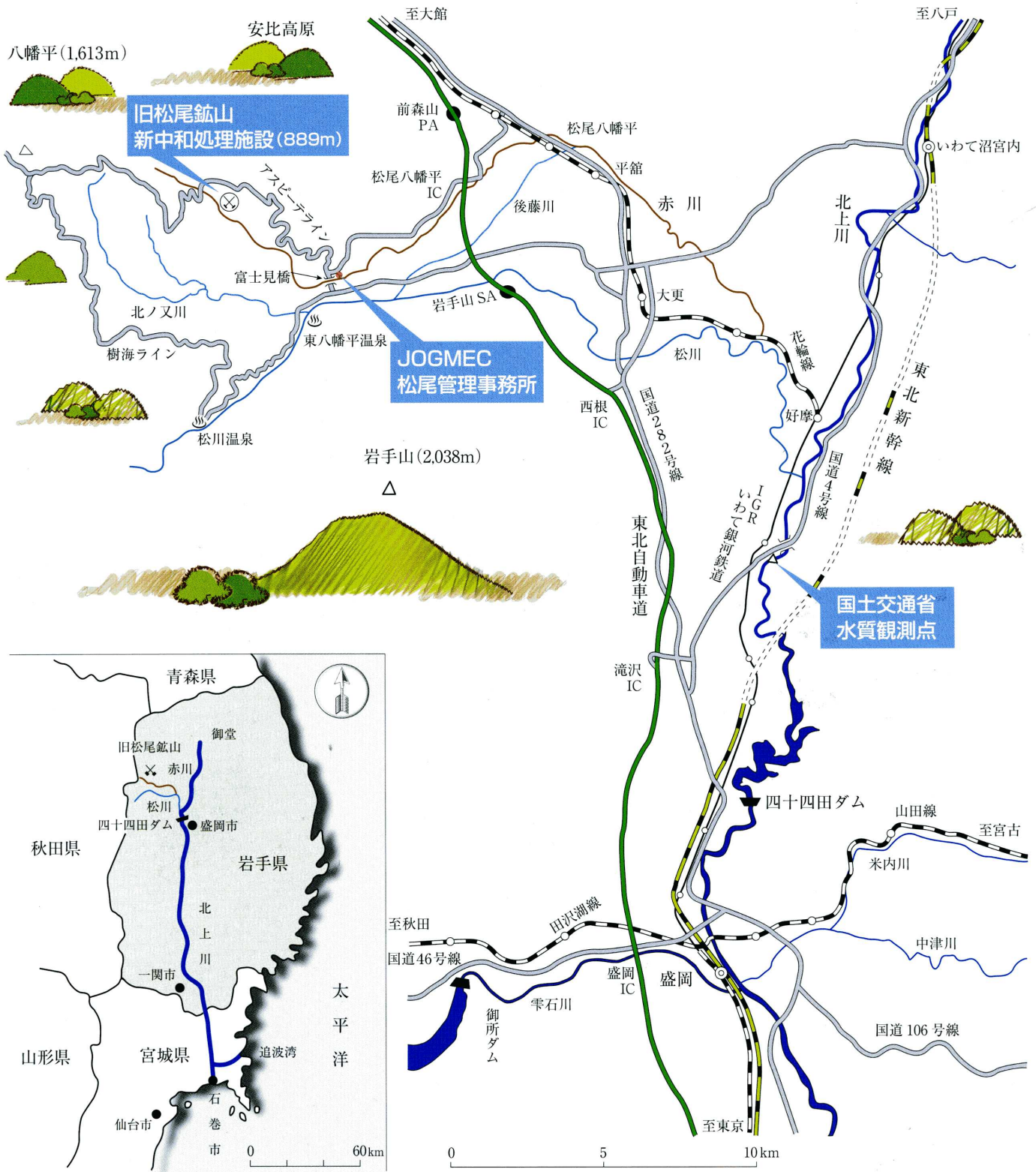
はちまんたい 八幡平の自然

旧松尾鉾山に隣接して、国内屈指の豊かな自然と景観を有する八幡平が広がっています。八幡平は、十和田八幡平国立公園に属し、標高 1,613 m の八幡平山頂を中心に諸檜岳、大深岳、茶臼岳などの山々が連なる広大な高原大地です。かつて松尾鉾山の硫黄製錬ガスによって鉾山周辺の植物が枯れ、緑を失った時代もありました。しかし、鉾山閉山後の復旧工事によって、緑が戻ってきています。一般の方々の植樹活動によって、樹木も少しずつ育ち始めています。

八幡平には、高山植物の群生する湿原や火口湖が点在し、多くの動物が生息しています。また、春から夏には花々が咲き誇り、秋は紅葉に染まり、冬は樹氷原が造形を見せ、四季を通じて、観光客が訪れる憩いの場となっています。



旧松尾鉱山新中和処理施設及び周辺河川位置図



岩手県環境生活部環境保全課

〒020-8570 岩手県盛岡市内丸10-1 Tel 019-629-5358 Fax 019-629-5364
<http://www.pref.iwate.jp/>

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 松尾管理事務所

〒028-7303 岩手県八幡平市柏台1-3-1 Tel 0195-78-3156 Fax 0195-78-3076
<http://www.jogmec.go.jp/>

