

寝耳に水

昨年末の12月28日夜に、旧手稲鉱山（札幌市西区）で発生した坑廃水*の異常出水事故はまだ記憶に新しいところです。流出した水量は10万 m^3 と推定され、札幌自動車道・国道5号線が冠水のため通行止めとなり、国鉄函館本線も一時運行を停止するに至りました。また、11戸の床下浸水を含めて計57戸の民家に被害が及び、29日の明け方まで付近の住民には避難待機命令が出されるなどしました。

旧手稲鉱山は昭和46年9月に閉山、その後昭和53年11月に星置通洞坑坑口より50m奥に厚さ5.8mのコンクリートプラグ（止水壁）を敷設していました。事故後、札幌鉱山保安監督局に設置された「旧手稲鉱山出水事故調査委員会」により、事故原因の把握と対策等についての検討が進められています。詳細は近く出る最終報告書を待たなければなりません。今回の出水は坑道内数カ所で岩盤が崩れ落ち、つまった部分に地下水が大量にたまり、その水圧により崩落部分が決壊し坑廃水が一気に流れ出したものとされています。その水圧は非常に大きく、プラグの一部を破損し、さらに岩盤の弱線部（亀裂・断層や粘土化により周囲に比較して岩盤が弱い部分）を破壊して大量の坑廃水を短時間に流出させました。

新しい型の鉱害

もともと鉱山地域は、有用金属などの特定元素が地中に濃集した場所で、自然状況としても沢水や河川水にその成分が溶け込んでいます。鉱山の開発がおこなわれ人工の手が加わることで坑廃水量や溶出成分が増え、その対策には鉱山の操業中からも苦慮してきました。坑廃水による鉱害は、鉱山の操業時はもとより休止あるいは閉山されたあとでも発生することが、ほかの公害とは異なっています。

*坑道内から排出される廃水。鉱山の操業中は坑内機械の冷却用水や掘削用水なども付加されるが、休廃止後は岩盤中の地下水が坑道内に湧出したもの。採掘対象となった特定の金属や母岩の成分を多量に溶出しており、一般に酸性水であることが多い。

求められる休廃止鉱山への新たな対応

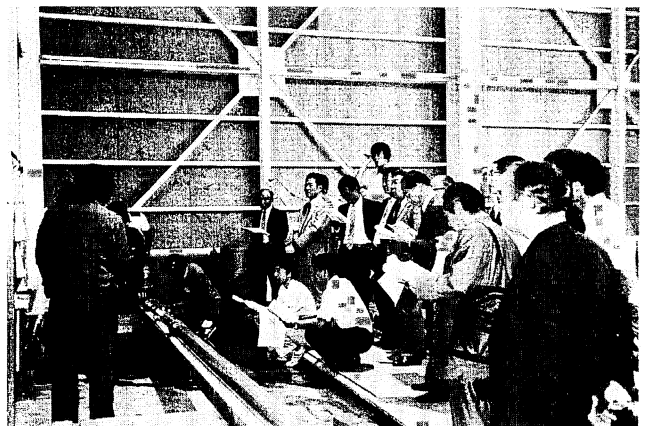
——坑廃水の異常出水——

休廃止鉱山における坑廃水対策の一つとして、プラグにより坑道内に坑廃水を貯留する坑道密閉が実施されています。坑道の岩盤状況により、密閉方法には坑廃水の全量を坑内に貯留する完全密閉型、上部坑道から坑廃水の一部を流出させるオーバーフロー型などがあります。いずれの方法を採用にしても、これまではプラグの設計に際し、貯留する坑廃水の静水圧（静かに貯留した水の圧力）を考慮してきました。しかし、旧手稲鉱山の出水事故は、流れ出る坑廃水の動水圧（動いている水の持つ圧力）も大きく考慮しなければならないことを示唆しています。その意味では、新しい型の鉱害と言うこともできます。

暑さ忘れる涼しい実験

坑内の維持管理に手が入らなくなって数10年、坑内が崩れやすくなりその結果発生する坑廃水の異常出水例が、これから増してくることは十分に予想されます。昭和40年代に鉱山の閉山が続いた北海道ではなおのことです。

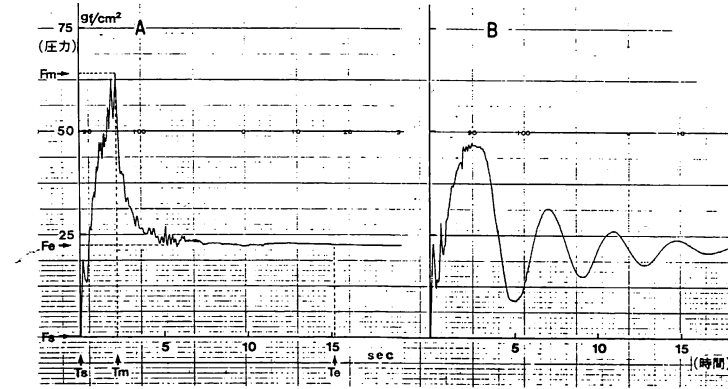
当調査所ではこの異常出水型の鉱害に対処するため、今年度事業の中で動水圧の軽減を図る対策方法の研究・開発を進めています。そのための基礎資料を得る目的で長さ11mの模型坑道を作成し、水を一気に流して模型プラグにかかる動水圧の測定を続けてきました。この実験は北海道大学工学部の石島教授の指導と協力を得て7月から実施され、流れる水量、模型坑道の傾斜角、模型プラグの密閉形態などの条件を様々に変化させながら300回以上におよぶ実験が行われました。



関係者の見るなかで行なわれた公開実験（8月20日）

現在その結果について中間整理をおこなっております。今後は必要に応じて実験を加え、異常出水時の動水圧を軽減し坑廃水を安全に排出する方法の可能性について、62年度末までに検討する予定です。

密閉条件によって異なる動水圧の衝撃波形(A：完全密閉型、B：減圧孔型)



地熱資源活用への熱い期待——上川町の新たなスタート

大町桂月が“富士山に登って山岳の高さを語れ、大雪山に登って山岳の大きさを語れ”と讃えた大雪山は、また大きなエネルギーを秘めた山でもあります。旭岳の噴気帯を始め周辺には多くの噴気帯や温泉が分布します。噴気帯の1つに大雪山北麓の白水沢噴気帯(上川町)があります。白水沢は凌雲岳に源を発し、ほぼ北北東に流れ石狩川に合流する小河川です。合流点から上流4kmの標高1040~1100mに噴気帯があります。当調査所では昭和43~47年に当地域において地熱資源の調査を実施しました。昭和45・47年に掘削された調査井からは約170°Cの過熱蒸気が毎時10~30t噴出することが確認されました。これらの結果から、当地域の地下深部には220°C程度の過熱蒸気が多量に存在することが推定されました。この調査井からの蒸気は、昭和54年頃から135°C前後・毎時数tに減少していますが、現在も連続的に噴出を続けています。

稀な蒸気のみを噴出——蒸気卓越型熱水系——

このように熱水を伴わず蒸気のみを噴出する地熱系は、蒸気卓越型熱水系と呼ばれています。わが国では岩手県松川(2.2万kWの地熱発電が行われています)がこの型の熱水系でほかに例がありません。白水沢地域では、約2000万年以前の花崗岩や頁岩などからなる岩石(基盤岩類)の上を約1000万年前より新しい火砕岩層(凝灰岩・泥岩などから構成)が覆っています。高所には大雪山体を形成する第四紀火山岩類が分布します。蒸気は主として基盤の花崗岩中の亀裂に貯留されています。大雪山の火山活動のエネルギーが、当地域に稀な蒸気卓越型熱水系を形成したといえます。

地熱資源の活用に向かって

昭和50年、地元上川町ではこの資源を天与の恵みとしての活用を目指しました。まず隣接市町村との広域事業として地熱多目的利用計画を検討した結果、助成制度や採算面から発電主体の利用計画にしぼられ、昭和53年道が発電用地熱開発計画を策定してその推進をはかることとなりました。しかし、白水沢一帯は国立公園内に含まれるため、地熱発電計画

については、関係機関で慎重な検討がなされています。

上川町は管内に大きな地熱資源をかかえる町です。層雲峡・愛山溪・高原温泉などでは主に浴用に利用され、観光面で大きな貢献をしています。しかし、浴用以外の利用はほとんどなされておらず、資源活用の面からはむしろ他の市町村に比べ遅れた状態にあるといえます。町役場正面に掲げられた“地熱で夢開く上川町”の看板には、町の地熱資源の活用にたいする大きな期待がこめられています。

活用への新たなスタート

このような状況から、町では昭和61・62年の2か年にわたって、自然環境との調和を図りながら地熱資源を有効活用する道を改めて検討することとなりました。この検討は民間コンサルタントに業務を委託する一方、当調査所も参加した検討委員会やワーキンググループが実施しています。61年度は多目的利用計画素案を検討し、62年度は通産省の補助を得て開発利用事業化の可能性について調査を実施しています。町の計画は、白水沢でえられた蒸気と河川水から熱水を造り、約10km離れた石狩川沿いの清川・リクマン地区において、施設園芸・増養殖施設・木材乾燥・福祉施設暖房などに活用しようというものです。公園内の開発には、自然環境に対する充分



白水沢噴気帯(上川町)

な配慮が必要であり、環境への影響を最小限にとどめるよう計画されています。これらの調査結果は、今後さらに各種の機関において検討されますが、町では地熱資源の活用に関

ての新たなスタートとして大きな期待がもたれています。

当調査所では専門の見地からこれらの計画を地域開発推進の一環として積極的に応援しています。



省エネルギーをめざした北海道リハビリの試み

——地下空間を利用した蓄熱システム——

小端 武治（北海道リハビリ）

北海道リハビリ（広島町字西の里）は社会福祉法人の身障者用施設（昭和39年設立）として、身障者約260名・健常者約200名の約460名の人達が働いています。事業の主体はクリーニング作業と印刷作業ですが、クリーニングのために1日約250トンの多量の湯を消費します。さらに身障者用の寮を含む約11,500m²の建物の暖房および身障者用歩道約310mの融雪を行うために、年間の重油消費量は約176万ℓに達していました。このため石油に替わるエネルギーの利用を考え、その実用化を試みることにしました。したがって、当施設における省エネルギーは主に石油代替エネルギー源の掘り起こしとその活用にあります。

長年にわたる手探ぐりの試行錯誤を繰り返しながら、当施設と地域に相応した代替エネルギー利用装置を取り入れて今日に至っています。主な装置を導入年度順に記すと以下ようになります。

- ・昭和56年：廃タイヤボイラーの設置・ドレーンおよびドライ機の冷却水熱回収配管の設置・ソーラコレクターの設置（194m²）
- ・昭和57年：地下帯水層を利用した蓄熱装置の建設・クリーニング排水の熱回収コイルの設置
- ・昭和59年：クリーニング排水の熱回収コイルの増設・ソーラコレクターの増設（70m²）

現在、当施設ではこれらの装置からなるシステムにより給湯・融雪関係については、石油は全く使用されていません。特に地下帯水層への温水注入による季節間の蓄熱システムの実用化は、わが国で初めての試みとなりました。

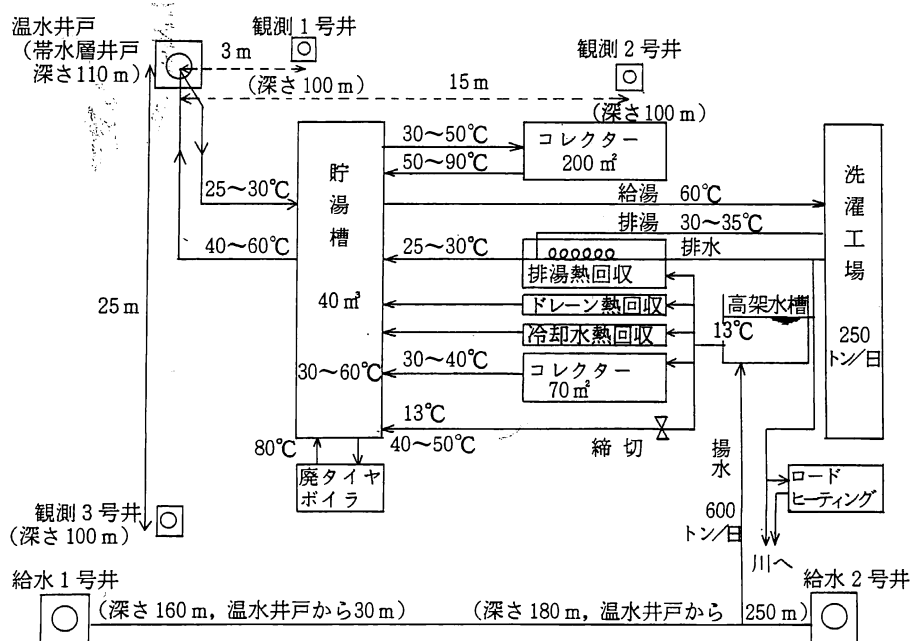
システムの概要について

クリーニング用給湯の石油代替エネルギー利用システムの概要は図に示したように、1) 廃タイヤボイラー・2) ソーラコレクター・3) クリーニング排水からの熱回収コイル・4) 帯水層による地下蓄熱システム・5) その他（ドレーン

ンおよび冷却水熱回収）の5つの装置から構成されています。これらの装置は40m³の貯湯槽を介して連結されています。図中には、各部の温水のおおよその温度をしめしてあります。

地下水は給水1号井戸・2号井戸（採水深度125～180m）から高架水槽に揚水され、一部はボイラー室屋根に設置したソーラコレクターに送られ、好天の昼間は30～40℃に加温されます。一部はクリーニング排水からの熱回収コイルへ送水され25～30℃に加温されます。その他にドレーンおよびドライ機の熱回収配管に送られます。

貯湯槽内の水は2つの方法によって加温されます。1つは廃タイヤボイラーであり約80℃まで加温されます。他は寮の屋上に設置したソーラコレクターです。貯湯槽の所要温度は60℃です。廃タイヤボイラーにおいて人為的に温度制御しているとはいえ、太陽熱の変動・クリーニングの使用湯量の変動などによって貯湯槽の水位は常に変動し、たびたびオーバーフロー水が生ずることになります。このオーバーフロー水は温水井戸（ストレートナ深度83～105m）によって地下帯水層に注入されるようになっています。注入は自然流下式であり、注入量が多い時には水位が約10m上昇します。



装置概要、井戸の配置および温度の概略値

サイクル	期 間	月数	目的	注入量 (ton)	汲上量 (ton)	汲上量 注入量	注入温度 (°C)	汲上温度 (°C)
第 1	S 57, 5-57, 11	7	注入 汲上	5300	300	0.735	60.0	41.2→24.5
	S 57, 12-58, 5	6		852	4220			
第 2	S 58, 6-58, 10	5	注入 汲上	3873	1605	0.848	63.0	44.4→30.4
	S 58, 11-59, 1	3		780	2340			
第 3	S 59, 2-59, 10	9	注入 汲上	15459	1550	0.706	38.7	32.8→26.9
	S 59, 11-60, 4	6		1492	10421			
第 4	S 60, 5-60, 11	7	注入 汲上	10538	1236	0.897	43.2	32.5→30.0
	S 60, 12-61, 3	4		693	8835			
計		47		38987	30507	0.782		

注入期間と汲上げ期間の実測値

夏期に注入された温水は冬期に汲み揚げて給湯に使用することになります。温水井戸におけるこれまでの注入量と汲上げ量、注入温度と汲上げ温度を表にしめました。サイクル（年度）によって量・温度が異なるのはこのシステムが研究用ではなく、実際に使用されているためです。このように、1本の温水井戸によって夏期の太陽熱・工場廃熱を地下帯水層に蓄熱し、冬期

に利用する季節間の蓄熱システムを設けているのが大きな特徴となっています。

なお、道立地下資源調査所には温水井戸の水位変化の調査を、北海道大学工学部落藤研究室には各部の温度測定調査を行っていただき、基礎資料の整備を行ってきています。



Q. 道内でみられる氷河期の痕跡をしめす地形には、どのようなものがあるのですか？

(札幌市一高校生)

A. 日高山脈の山頂部付近には、**圏谷**と呼ばれる半円形の急崖とその下の平坦な谷底からなる地形が分布します。この地形は山稜の主として東側の標高1600m前後に発達しています。圏谷はかつての氷河の消失した跡です。山岳地での氷河は雪線（1年間に積もる雪の量と解ける雪の量が等しい点を結んだ線）以上の高度に発達するため、発達高度には、一定の規則性が見られます。また、山稜の東側に主として発達するのは、高山に吹き付ける西風の影響によって、山稜の東側は西側に比べ積雪量が多いことによると考えられています。

返されることによって地中の礫は次第に浮上してきます。このことが山の斜面で起こると、礫は重力によって斜面をずり落ちる（侵食）こととなります。凍結と融解は広い範囲に同時に働きますから、この侵食は面的な侵食となります。このため、高所の全ての部分が一樣に削られ、反対にそれまであった谷底の部分は斜面から流れ下ってきた礫によって埋められます（岩塊斜面・岩塊流）。寒冷のため川は存在しませんから、谷底の礫は外へ運び出されることもありません。こうして皿状地と呼ばれる盆状の地形が形成されます。このほかにも、氷河期に形成されたと考えられる微地形が各所で認められています。

北海道で氷河が存在したのは高山の山頂付近ですが、氷河はなくても氷河期の寒気が直接大地に接することによって特有の地形（**周氷河地形**）が形成されています。宗谷丘陵に代表される極めて緩やかな波状の地形（**周氷河性波状地**）が、北海道の多くの地域で見られます。これは凍結と融解の繰り返しによる侵食作用によって形成されたものです。凍結と融解が繰り返

現在、北海道では河川による線的な侵食が進行しています。しかし、全体からみれば河川によって侵食された部分はまだほんのわずかで、多くの部分が氷河期に形成された地形によって占められているといえます。



情報コーナー

★所出版物のあんない

●北海道立地下資源調査所年報
—昭和61年度—当該年度に実施

草原地区地下水調査報告、初山別村豊岬地区地下水調査報告。

●5万分の1地質図幅・同説明書「原歌・狩場山」（札幌第35・46号）

した事業と成果の概要報告

●地下資源調査所報告 第59号

報文：伊達一室蘭沈降帯北西延長部の地質構造、知床半島基部の地熱系、芦別市北部の地すべり。

Studies on the Neogene Subaqueous Lavas and hyaloclastites in southwest Hokkaido.

短報：阿寒湖畔における地熱ポーリング（AK-1）、広島町広島地区地下水調査報告、七飯町上藤城地区地下水調査報告、静内町田原地区地下水調査報告、小清水町砥

『地下資源調査所ニュース』1987年10月20日発行（季刊）



Vol.3 No.4 発行：北海道立地下資源調査所

（通巻12号）編集：広報紙編集委員会

〒060 札幌市北区北19条西12丁目 TEL (011)747-2211

広報紙に関するお問合せは、企画広報課（内線 412）へ