

第24回試錐研究会

講演資料集



期 日：昭和61年3月13日(木)

会 場：ホテルアカシヤ(2Fにれの間)

(札幌市中央区南12条西1丁目)

1986. 3. 14



第24回 試錐研究会

プログラム

- 主催** 北海道立地下資源調査所
- 協賛** 北海道地質調査業協会
全国さく井協会北海道支部
- 日時** 昭和61年3月13日(木) (10:00~17:00)
- 場所** 札幌市中央区南12条西1丁目
ホテルアカシヤ (TEL 521-5211)
(2F にれの間)

あいさつ

北海道立地下資源調査所長 酒 匂 純 俊

特別講演 (10:00~12:00)

地熱開発にまつわる雑感

株式会社 ユニオンコンサルタント

社長 齋 藤 昌 之

昼 食 (12:00~13:00)

講演 演 (13:00~17:00)

1. 新しい逸泥対策工法について

株式会社 テルナイト 渋谷 裕

2. 最近のマッドロギング

株式会社物理計測コンサルタント 富岡 聡

3. 十勝平野の深層熱水開発の現状

北海道立地下資源調査所 岡 孝雄

4. 最近の温泉揚湯用ポンプとその制御

富士川機械株式会社 川崎 悦男

北海道温泉ポンプ株式会社 堀田 健二

5. 多層仕上げと揚湯試験の一例

北海道立地下資源調査所 高橋 徹哉

6. ボーリング孔における湧水対策の一例

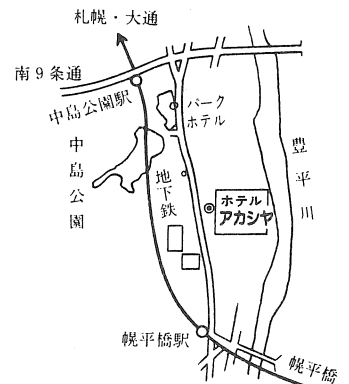
常盤ボーリング株式会社 吉田 耕作

あいさつ

北海道地質調査業協会理事長 斎藤 昌之

懇親会 (17:30~19:30)

会場 ホテル アカシヤ
(2F しゃくなげの間)



特 別 講 演

地熱開発にまつわる雑感

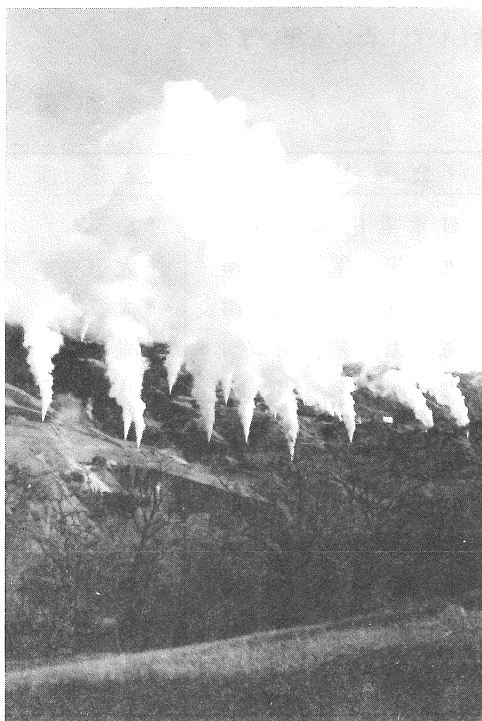
株式会社ユニオンコンサルタント 代表取締役 斉藤 昌之

昭和48年（1973）と54年（1979）の石油危機から、それぞれ13年と7年を経過しようとしており、石油事情もいちおう安定したように見受けられますが、エネルギー資源小国のわが国としては、輸入石油に依存する度合は少しも変わっていません。わが国のエネルギー問題は今後とも深刻であり、地熱開発に対する適切で十分な施策が要望されつくことでありましょ。

わが国で地熱発電所が稼動したのは昭和41年（1966）の松川（日本重化学工業・2.2万Kw）であり、引続き42年（1967）に大岳（九州電力・1.1万Kw）が運転を始めました。世界をみますと、昭和7年（1932）に1.5万Kwの運転実績を誇るイタリアが37万Kw、昭和25年（1950）から調査を開始したニュージーランドが19.5万Kwを発電し、当時としては桁はずれであった他は、アメリカが僅か1.25万Kwの発電を行っていたに過ぎません。わが国の3.3万Kwは世界3位ということになります。その他の諸国では、ソビエトとアイスランドで発電所の計画がもたれ、メキシコ、エル・サルバドル、ケニアなどで開発のための調査が行なわれていた程度で、フィリピンでは、テイウイ地域でようやく探査が始まろうとしていた頃であります。

30年近くを経過した今日、状況はかなり変わっています。アメリカは、ガイザーの驚異的な開発で約130万Kwを増加して144万Kw、発電実績のなかったフィリピンとメキシコが飛躍的に伸びて78万Kwと43万Kwとなっています。イタリアとニュージーランドは、極く僅かの増加で、それぞれ46万Kw、20万Kw、わが国は18.2万Kwを増加して21.5万Kwであります。1位アメリカ、2位フィリピン、3位イタリア、4位メキシコ、5位日本、6位ニュージーランドで、以上の6ヶ国が現在世界における主要地熱発電国といえましょ。これに、エル・サルバドル10万Kw、アイスランド4万Kw、インドネシア3万Kw、ケニア3万Kw、ソビエト1万Kw、その他（中国、アゾレス、トルコ）1万Kwがつぎ、昭和60年（1985）3月現在、発電国14ヶ国、総出力375万Kwとなっています。発電国4ヶ国、総出力61万Kwの昭和42年（1967）当時に比較しますと、発電国は3.5倍、出力は6倍強となっています。

わが国の地熱発電量が、3.3万Kwから21.5万Kwになり、全発電電力量の0.3%を占める迄になったことは、多くの人達の努力の賜物であり、



（ガイザー地熱開発地帯、アメリカ）

それなりに評価されるものでありますが、決して満足できる実績ではありません。サンシャイン計画では、昭和55年（1980）に40万Kw、60年（1985）に215万Kwとし、電源構成に占める比率を0.2%と1%にしようとしていたのであります。また、昭和55年（1980）11月の閣議決定では、昭和65年（1990）度における代替エネルギー供給目標が定められ、地熱発電量は350万Kwとされています。気の遠くなる数字で、サンシャイン計画と現状のずれからみても、夢物語りであります。

エネルギー資源に乏しいわが国にとって、地熱は、豊富で無限に利用できる、しかも全国的に存在する国産エネルギー資源ということで、手厚い政府の施策の下に、調査開発が進められてきました。それにしても、述べた実態であります。しかも、石油事情が安定し、エネルギー需給が緩和する傾向がつづくということで、地熱開発は、一つの節目に達しているといえましょう。

私が地熱開発に関係し始めたのは、昭和41年（1966）の鹿部以来であり、43年（1968）～47年（1972）の層雲峡白水沢には情熱の全てを懸けました。そして、わが国の地熱開発に対して、いくつかの疑問をもちました。地熱流体の賦存形態に対する考え方、環境問題に対する考え方などで、地熱開発の成否にかゝわる問題であります。

昭和49年（1974）にはアメリカ、メキシコ、ニュージーランド、57年（1982）にはイタリア、59年（1984）にはフィリピン、インドネシア、と海外視察も行なってきました。ガイザー・インペリアルヴァレー（アメリカ）、セロプリエート（メキシコ）、ワイラケイ・ロトルア・ブロードランド（ニュージーランド）、ラルデレロ・ナポリ（イタリア）、テイウイ・アクバン・パリンピノン（フィリピン）、カモジヤン・デイエン（インドネシア）の地熱開発地域であります。

このような私の体験のなかから、地熱開発について日頃感じていることを、雑然としたまゝでお話しいたしたいと思います。

我が国の地熱発電所

（昭和60年3月現在）

会社名	発電所名	所在地	出力(Kw)	運開年月
日本重化学工業(株)	*松川	岩手県松尾村	22,000	41年10月
九州電力(株)	大岳	大分県九重町	12,500	42年10月
三菱金属(株)	*大沼	秋田県鹿角市	10,000	49年6月
電源開発(株)	鬼首	宮城県鳴子町	12,500	50年3月
九州電力(株)	八丁原	大分県九重町	55,000	52年6月
日本重化学工業(株)	葛根田	岩手県雫石町	50,000	53年5月
東北電力(株)	*杉乃井	大分県別府市	3,000	56年8月
(株)杉乃井ホテル	森	北海道森町	50,000	57年11月
道南地熱エネルギー(株)				
北海道電力(株)	*霧島国際ホテル	鹿児島県牧園町	100	59年2月
大和紡観光				
合計	9ヶ所		215,100	

*：自家用発電

諸外国の地熱発電所

(昭和60年3月現在)

国名	地熱発電所(既設)		国名	地熱発電所(既設)	
	地区	出力(万kw)		地区	出力(万kw)
アメリカ	ガイザー	140	ニュージーランド	ワイラケイ	19
	ブローリー	1		カエラウ	1
	イースト・メサ ソルトンシー他	2		計	20
	計	144	エルサルバドル	アウリチャバン	10
フィリピン	テイウイ	33	アイスランド	クラフラ	3
	マツキリン・バナウ	22		スバルセンジ他	1
	トウゴナン他 パリンピノン	11		計	4
	計	78	ケニア		3
イタリア	ラルデレロ	17	インドネシア	カモジャン	3
	カステル・ヌボオ	5		ソ連	
	ゼラツァーノ	5	その他	(中国, アゾレス, トルコ)	1
	ラゴ サソビザーノ他	16		総計	375
	計	46			
日本		22			
メキシコ	セロプリーート	40			
	ロスアスフレス	3			
	計	43			

世界における地熱発電量の推移

(千kw)

昭和42年(1967)	昭和48年(1973)		昭和55年(1980)		昭和60年(1985)		
イタリア	370	アメリカ	412.5	アメリカ	985.43	アメリカ	1440
ニュージーランド	195	イタリア	390.6	イタリア	442.1	フィリピン	780
日本	33	ニュージーランド	202.6	フィリピン	285.2	イタリア	460
アメリカ	12.5	メキシコ	78.5	ニュージーランド	203.23	メキシコ	430
		日本	33	日本	180	日本	220
		アイスランド	17	メキシコ	150	ニュージーランド	200
		ソ連	3	エル・サルバドル	101.1	エル・サルバドル	100
				アイスランド	62	アイスランド	40
				インドネシア	20.25	インドネシア	30
				ソ連	5	ケニア	30
				台湾	2.2	ソ連	10
				中国	1.93	その他	10
				トルコ	0.5	(中国, アゾレス, トルコ)	
				チリ	0.1		
4ヶ国		7ヶ国		14ヶ国		14ヶ国	
610.5		1,137.2		2,439.04		3,750	

個 人 講 演

1. 新しい逸泥対策工法について

㈱テルナイト技術研究所 渋谷 裕

1. 逸泥について

逸泥問題は、坑井を掘削する時に発生する各種の障害のうちで最もその対策が困難な問題であり、掘削工法の基本が同じならば、今後共すべての逸泥に対して決定的に有効な対策は極めて困難と思われる。

この逸泥対策には、何れの掘削担当者も、経験的な各々の技術的レベルアップを計っているが、当社においても、従来の逸泥防止対策や、セメンチングによる逸泥防止工法の他に、化学的な逸泥防止法や、ソフトプラグの考えを更に進めた逸泥対策、更に逸泥が止らない場合に、コアの回収率を向上せしめる方法について研究開発を行ってきたので、逸泥対策の基本的考え方と併せて述べる。

2. 逸泥対策の基本的考え方

逸泥が起る原因は、れき層や砂層、自然の割れ目、断層の他に、掘削過程で地層に割れ目が生じて、逸泥を起す場合がある。この人為的に割れ目が生ずる理由は、坑井内の泥水の圧力が、地層の破壊圧力よりも大きいからである。その原因として考えられるのは、(1) 泥水密度が高過ぎること (2) 坑壁の拡大部 (3) 比較的浅層における過剰な掘進率 (4) 掘砕の坑内中の停滞 (5) 不適切な揚降管作業、等である。

従って特に弱い地層を掘削する際には十分に注意して、自然の逸泥層以外の人為的な割れ目を生じさせない様な作業手順の確立と、泥水の管理が重要である。又、逸泥が起ったならば、その状況の正しい把握と、その対策の速かな実施が必要となる。

逸泥対策としては、その状況により勿論異なるが、(1) 坑内圧力の低下を目的とした作業の実施 (2) 揚管待期 (3) 浅層の場合は粘度、ゲルストレングスを高くする (4) 逸泥防止剤の添加 (5) 油ーベントナイト ソフトプラグ (6) ソリッドスキーズ (7) セメントスキーズ 等の対策があり、この他にエアレーテッド泥水を使用する方法もある。何れにしても、十分に逸泥状況の把握の上立った逸泥対策を必要とする。

3. 逸泥防止剤

現在、逸泥防止剤の使用については、泥水を循環し乍ら全体に均一に加える方法と、形状と大きさの異なる数種の防止剤を多量に加えた泥水を逸泥部分にスポットする方法と、両者がある。何れにしても、逸泥を効果的に止めるには、防止剤が割れ目の中に入り込み、大きな粒子の架橋と、小さな粒子の目詰め効果の両者によって止めるのが良い。又、防止剤の最大有効径と、逸泥層の有効孔隙径の関係についても研究結果が発表されている。

4. 新しい逸泥防止法

当社では、従来の逸泥防止方法以外に、物理的又は化学的に坑内水と反応して、逸泥層を閉塞する方法について研究して来たが、その幾つかについて述べたい。

(1) DOIB 軽油-吸水性樹脂-ベントナイトスラリー

軽油に対し任意の割合で吸水性樹脂と、ベントナイトを混合したスラリーで、混合液は低粘性であり、地表から掘管を通して逸泥層に送り込み、泥水と混合すると、急速に吸水してゲル化し、逸泥層を速かに閉塞する事が可能となる。吸水性樹脂により体積膨張があるので、DOBに比較して有効である。このスラリーのゲル化は極めて速かであるので、実施に当っては地表配管内の水抜きや、先行液の適切な使用が必要である。

(2) ケミプラグ 自硬性ポリマー型

この防止剤は、ポリアクリル酸の金属塩を主剤とする水溶性型の材料で、主剤の他に、硬化剤、硬化促進剤の三種から成り、三種の材料を混合する事によって重合反応が起り、水に不溶な含水弾性固化体を生じ、逸泥層を充填、閉塞する。又、高温の地層に対しては硬化遅延剤を添加する事により、硬化の時間を任意に調節できるので、地層温度は、20℃～150℃位迄の間で用いる事が可能である。

このケミプラグの施工方法は色々考えられるが、逸泥個所の深度、温度条件に合わせ地上に於て技術資料に基づき、主剤、硬化剤、硬化促進剤、又は場合によっては硬化遅延剤を配合して、硬化時間を調節して逸泥層に送入する工法が取られる。硬化時間は数十分から数時間の範囲で調節できる。

この反応によって出来る固化物は、岩石、コンクリートに対する接着性が優れており、又、耐熱性があり、更に変形性があるので、被着体の変形に対しても対応できる特徴を持っている。

(3) TACMUD 坑内発泡型

この工法は、水分と反応してゲル化するイソシアネート系統の薬液を用いて坑内の水分を利用し乍ら固化物を形成せしめ、逸泥層を閉塞する一液性の固化法である。この薬液法は、水と反応してゲル化するが、薬液自身は水に全く溶けないので、水によって稀釈される為に凝固時間が変る事なく、注入された物は必ず固化する。

又、このTACMUDの反応は、薬液が水と接触すると、直ちにゲル化するのでなく先ず炭酸ガスを発生後、所定のゲルタイムが来ると先行した薬液部から、次第に固化するので、炭酸ガスによる膨張力が大きく逸泥層の細部に至るまで閉塞が可能である。。

(4) TK-60B 潤滑兼コア採取率向上剤

小口径掘削における全量逸泥時において使用する水溶性合成ポリマーである。この薬材の水溶液は粘性が高く、大量逸泥時に於て使用した場合でも掘削トルクを減少せしめると共に、コアの採取を可能とし、而もその採取率は、飛躍的に向上する。本品の使用によって、逸泥時以外の一般の小口径掘削においても、勿論、コアの採取率を極めて向上させる事が示されている。

2. 最近のマッドロギング

株式会社 物理計測コンサルタント 札幌支店 富岡 聡

1. マッドロギング（泥水検層）の起源

コア掘り経費の削減を主目的として1937年より開始されたが、当時の測定項目は「油・ガス徴」と「掘進率」のみであった。

この後「掘りくずによる岩質調査」が調査項目に加えられ、1960年代からはガスクロマトグラフィーが導入され、より詳細な貯留岩の情報を入手出来るようになり、マッドロギングの基本的なスタイルが形成された。

2. 現 状

異常高圧層の安全かつ経済的な掘削作業の為、1960年代後半より「掘進率」による地層圧力検知の試みが始まり、掘進データの収集が必須のサービス項目となって来た。

しかし、手計算による解析では掘削作業に追従出来ない為、1970年代よりコンピュータが導入され種々の情報収集・処理を行なうようになり、本日御紹介するような姿となっている。

現在のサービス内容は以下3種に大別出来る（測定項目は別表参照のこと）。

A. 地層特性に関するもの

コア、掘りくず等による地質学及び地化学的な分析と、掘削データの処理によって得られる岩石の物性的な情報により、地層特性を推定する。

B. 掘削作業の安全確保に関するもの

溢逸泥等の兆候を速やかに把握し、対応処置を取り易くするモニター・サービス

C. 現場監督に対する参考資料の提供

コンピュータを使用して、ビットの選択、最適ビット荷重・回転、ハイドロリクス等のシミュレーション・データを提供しリコメンデーションを行う。

3. 将 来

MWDが導入され、ビット付近での情報収集が行なわれ、より直接的な坑内情報が得られるようになると思われる。

地質情報の取得についてはこの40年間に大きな技術革新は無かったが、近年のハイテク分野の技術が導入され、機械化及び自動化されてゆくと思われる。

マッドロギングの測定項目

マッドガス	泥水比重(送り)
硫化水素	泥水比重(戻り)
深 度	泥水温度(送り)
掘 進 率	泥水温度(戻り)
テーブル回転	泥水導電率(送り)
テーブルトルク	泥水導電率(戻り)
フックロード	泥水の蛍光反応
ビット荷重	掘屑の蛍光反応
ポンプストローク	岩質調査
送り流量	炭酸塩岩の同定
戻り流量	頁岩密度
ポンプ圧力	産出流体分析
ケーシング圧力	
泥水量	コア試験
ラグタイム	油母岩分析

3. 十勝平野の深層熱水開発の現状

北海道立地下資源調査所 岡 孝 雄

1. 深層熱水とは

十勝平野においてボーリングにより得られる温泉は、「深層熱水(非火山性深部地熱資源)」と称し、平野・盆地(堆積盆地)の地下深部に層状に含まれているものである。一般に、非火山地帯でも2～6℃/100m程度の地温勾配が定常的に存在し、地下に透水性の地層があればその深度の温度条件に見合っただけの熱水が存在しているはずである。十勝平野の場合、地温勾配は一般に3℃前後/100mであり、深さ1,000mで40℃前後、深さ1,500mでは55℃前後の地温に達し、このような深さの所には鮮新世(500万～200万年前)に堆積した糠内層および池田層群下部が存在する。とくに十勝平野の西半部(帯広市街・幕別町西部・芽室町北東部・音更一土幌町中～西部)は、これらの地層が厚く堆積し、深く沈み込んで存在しているため開発有望地域である。

深層熱水は、泉質的にみると深層地下水タイプ(単純泉)から化石海水タイプ(食塩泉)のものまで様々なものがあるが、十勝平野では主に溶存化学成分の少ない単純泉から弱食塩泉タイプのもので開発・利用されている。十勝平野と似たような深層熱水賦存地帯としては、濃尾平野や青森県小川原湖周辺、道内では斜里平野・根釧原野北部・石狩低地帯などが挙げられる。

2. 深層熱水開発の経過と現状

昭和51年8月に、帯広市内のボーリング(深さ935m)で36℃・毎分800ℓという大量の温泉湧出(自噴)をみたことをきっかけにして、帯広市街およびその周辺地域での温泉(深層熱水)開発が活発化し、現在、1,000m以上の深さの泉源は37を数えるに至っている(図参照)。特に、昭和57年以降、泉源数が急増し、57年・60年にはそれぞれ7泉源が完成している。また、本年2月初旬には緑ヶ丘公園内に道の助成による帯広市泉源(総合福祉センター)が完成し、45℃(毎分550ℓの湧出の際)の熱水の湧出をみている。

3. 湧出および利用状況

帯広市街地付近での温泉(深層熱水)は溶存成分が少ないため利用しやすく、都市地域の直下に存在していることから、爆発的に開発・利用が進み今日に至っている。地盤高の低い所では自噴をし、自噴量は最高毎分750ℓであるが、大概毎分400ℓ以下で漸次、減少傾向にある。高台地域では、自噴量が少ないか、自噴せず、水中モーターポンプにより揚水が行なわれている。全体としては、フルタイムで平均すると、現在1泉源あたり毎分約300ℓの湧出量となっており、帯広市街および近郊での熱水(40℃弱～50℃強)の年間総湧出量(59年11月～60年10月)は、550万㎥という莫大な量に達している。

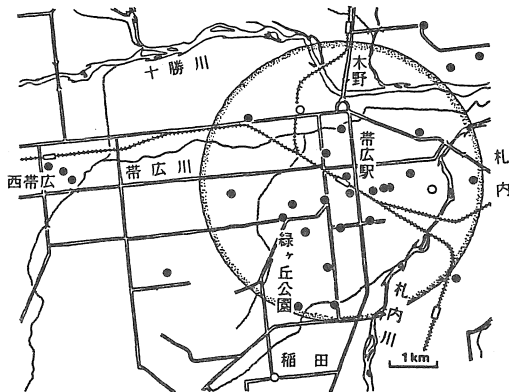
利用については、市街では、公衆浴場、ホテル・マンションでの浴用・暖房用および地域給湯(自由ヶ丘団地)に向けられ、近郊ではレジャー施設・ホテルでの浴用・暖房用、ハウス栽培の暖

房用（木野農協）および養魚（テラピア）用などに使われている。

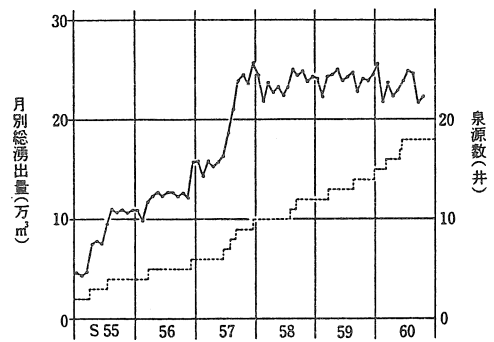
4. 資源管理・有効利用に向けて

このように温泉は今のところ、かなりの泉源で自噴状態で湧出している。そして、泉温低下など湧出状況が変化すると理由で使用・非使用時の区別なく泉源元をほぼ全開状態で湧出させているケースが多く、全体として未使用量は2%以上に達していると想定される。寒冷地において温泉の効用は熱利用の点で重要であり、その点では、かなりの熱量がむだに捨てられており、今後、市街地での暖房・地域給湯・十勝の基幹産業である農業用などの面での有効利用が強く望まれるところである。

昭和57年以降、帯広市街を中心にして泉源数が急増し、自噴量の減少・水位（自噴井では密閉圧力）の低下があらわれてきており、地下資源調査所では関係方面との連携・協力の下にこの問題について調査を進めている。帯広駅を中心とした半径3km圏の深さ1,100～1,400mの泉源群よりの月別総湧出量は、泉源数の増加にもかかわらず57年秋以降、ほぼ一定となっている（図参照）。半径3km圏の中心部では57年の泉源の急増以降、年あたり5mの水位低下を示したが、現在は3m程度と漸次減少の傾向にある。一方、水位低下の範囲は効外へ次第に拡がりつつある。これは、23～24万 m^3 /月という一定の湧出量のもとに水位の落ち着きをめざしてバランスのとれて行くプロセスと思われる。今後、帯広市街では、泉源密度などを考慮しつつ、利用方法の改善（自噴・くみ上げ量の適正化、貯湯タンクの設置、泉温低下を抑えるような井戸構造など）をはかることにより効率的利用拡大を進めるべきである。



帯広市街地付近の泉源（深さ1,000m以上）分布
—大円は帯広駅を中心とした半径3km圏、白丸は掘削中の泉源を示す。—



帯広半径3km圏における泉源数の増加(破線)と月別総湧出量の変遷(実線)、ボーリング深度1,000～1,400m。

4. 最近の温泉揚湯用ポンプとその制御

富士川機械㈱ 川崎悦男
北海道温泉ポンプ㈱ 堀田健二

はじめに

最近数年の掘削機及び鑿井技術の進歩はめざましく、その技術向上にともない温泉源泉井戸の深度を増すことが出来、従来温泉の無かった所からも温泉を出すことが出来るようになり、従来形の井戸とは特性も特質も違った井戸が出現するようになったと思われる。

このことにより、揚湯に使用する水中モータポンプ及び付属品にも、それら新形井戸に適応するための製品と技術が、従来品の取扱い限度を超えた条件で要望されるようになって来ている。

主として150mmと限られた内径の中で、ポンプの据付位置も次第に深くなり、自噴井の場合にかかる耐水圧、井戸の湯出特性とポンプ汲み上げ特性、さらに水位の変化とガスや温度上昇のからみなど、先ず第1段階で解決しなければならない問題である。

第2段階として考えられることは、深層掘りの井戸程、従来形の温泉井戸には無かったようなモータポンプへの微妙で複雑な現象の働きかけがあり、まさに「温泉は生きている」と云う言葉がぴったりするように思えるので、この微妙で複雑な現象の解明と同時に悪影響への対応策が今後の製品と取扱い技術のテーマとなると思われる。

良い井戸と良い揚湯装置とその適切な運用技術により、限りある貴重な温泉資源を有効利用するためにどうすべきか、揚湯装置としての立場から、新形井戸に対応するための技術として制御関係も含めて研鑽していることにつき、こゝではその代表的事項について述べる。

1. 全揚程150m以上のポンプについて

水井戸用水中モータポンプは、JIS-B8324により技術基準があり、全揚程120m程度までのものであるが、温泉用の新形井戸では、150mを超え300m程度まで据付けを行ない揚湯することが必要になって来ている。

このことから井戸径100mmおよび150mmともに、ポンプの段数は多く必要となり、必然的に細長いものとなり、製作上と機械的強度を増す上で中間軸受と下部軸受を装備し、高圧用ケーシングにより特殊製作を行なっている。

一方、揚湯管についても、フランジ式とソケット式があるが共に強度的に強力形のものとする必要がある。なお、ポンプ本体と揚湯管および水中ケーブル等を吊り下げる地上ベースも、その吊り下げ強度に耐える強力ベースとしている。

2. 自噴井戸のポンプ揚湯について

新形井戸で自噴するものの多くは、例えば自噴量が4~50ℓ/minあり、湧出量が50ℓ/min増すごとに50m前後の水位低下を生ずるような特質を持っている。一方、ポンプは水位の浅い時、つまり全揚

程の少ない時にはポンプ全開特性に近い量（仕様点より6～8割多量）を汲み上げる。

自噴井は、ポンプ始動時に湯面が井戸上部まで来ており、運転の当初は井戸上部の浅い水位から溜り湯をポンプ性能を一杯で汲み上げ、水位が徐々に下がるにともないポンプの汲み上げ量も次第に仕様点の量に近づいて行く。

この過程では、図-1に示すように井戸上部の溜り湯と井戸底から新しく湧出して来る湯とを混合してポンプアップしていることになり、揚湯試験結果の井戸特性曲線とは合致しない。

一般に井戸湧出量は水位により違いがあることは当然であるが、もう一つポンプ揚湯の立場から見て、井戸によっては24時間以上の長時間試験の湧出量と数時間内の短時間運転の湧出量とに大分の違いを生ずるものがあると思われる。

このことから今後は、井戸とポンプと貯湯槽との三者の関連付けを、揚湯技術の上で時間的要素を折り込んで、いま一步研究する必要があると思える。

3. キャンド式水中モーターの耐水圧について

温泉用水中モーターの標準品は、周囲温度80℃以下、耐水圧15kg/cm²以下、PH値6～8.5、運転頻度4回/Hr以内が標準仕様となっているキャンド式水中モーターである。

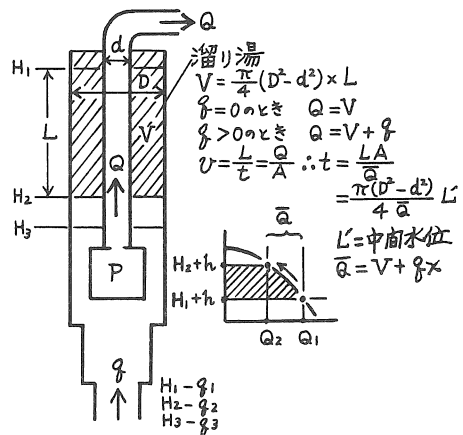
自噴井でない場合には、例え300mに据付けても自然水位が150m以深であれば、モーターにかかる水圧は15kg/cm²以下となり問題はないが、自噴井の場合には据付深度が即モーターへの水圧値となり、運転しなくとも耐水圧上の問題が起こるので、15kg/cm²を超える場合には、耐水圧20kg/cm²、25kg/cm²と仕様指定し対策品として特殊製作している。

4. 周囲温度とケーブルサイズについて

水中ケーブルは、周囲温度が5℃違うごとにケーブル自身の持つ許容電流値と絶縁抵抗値に大きな違いを生ずる。

今までの温泉設備では、このことにあまりこだわってはいなかったが、65℃を超える高温泉になると温泉の化学成分からの影響も考えられ、ケーブルをお湯で煮しめているようになり、ケーブルサイズの適否が水中モーターの寿命に大きく影響する一面があると思われる。

図-1 自噴井のポンプ揚湯関係図



ケーブルサイズの選定資料

① 温度条件よりの限界サイズの決定

$$1. D \text{ 起動 (50Amp以下)} \quad I_c > \frac{1.25 \times I_M}{K_c}$$

$$2. SD \text{ 起動 (50Amp以下)} \quad I_c > \frac{0.725 \times I_M}{K_c}$$

$$3. SD \text{ 起動 (50Amp超え)} \quad I_c > \frac{0.638 \times I_M}{K_c}$$

表-1.

2PNCケーブルの許容電流値		周囲温度補正係数		温泉用水中モータの定格電流と効率		
mm ²	I _c	°C	K _c	型-KW	I _M	cosφ
2	23	30	1.0	4-1.5	9.5	0.7
3.5	36	45	0.87	4-2.2	15	0.68
5.5	47	50	0.82	4-3.7	2.0	0.82
8	58	55	0.76	4-5.5	18	0.73
14	83	60	0.71	6-3.7	18.6	0.79
22	110	65	0.65	6-5.5	26.5	0.81
30	135	70	0.58	6-7.5	3.7	0.78
38	155	75	0.5	6-11	52.5	0.8
50	180	80	0.4	6-15	6.8	0.83

② 長さ条件よりの必要サイズの決定

$$1. D \text{ 起動} \quad A > \frac{3.464}{V \times \sqrt{V_H}} \times I_M \times \cos\phi \times L$$

$$2. SD \text{ 起動} \quad A > \frac{2.3094}{V \times \sqrt{V_H}} \times I_M \times \cos\phi \times L$$

表-2. 計算用に温度補正を施した電圧降下率

°C	45	50	55	60	65	70	75	80
V _H	4.2	4.0	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8

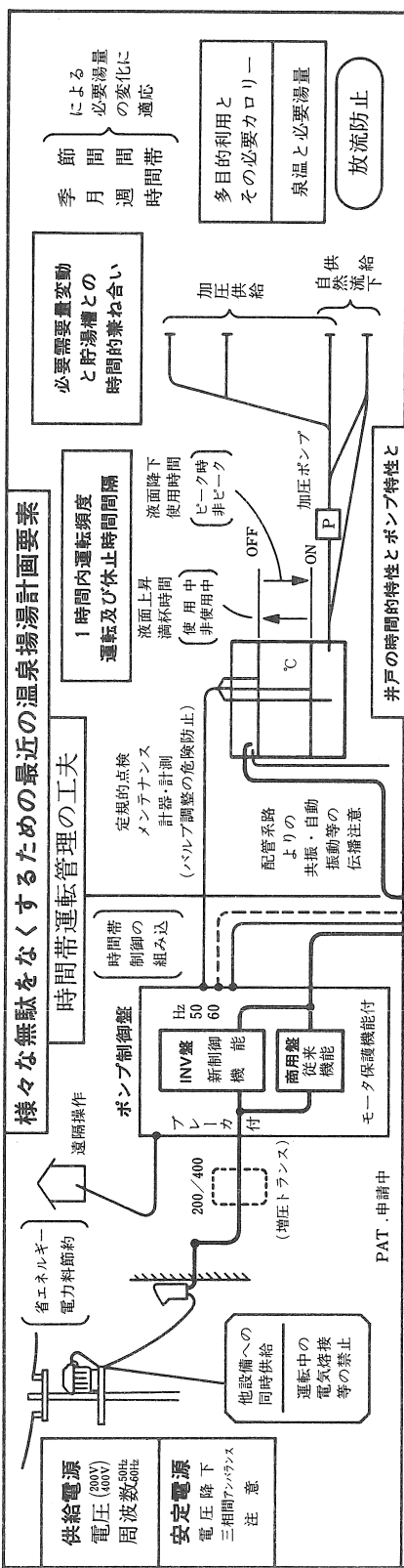
5. インバータによるポンプの制御について

インバータによりポンプの運転制御を行なうことで、ポンプ特性の現地条件への対応を線から面へ自在にし、省エネルギーに役立ち年間電力料金を大幅に節減出来るばかりでなく、温泉の枯渇防止、源泉の保護につながる一方、次のような利点も考えられる。

- ① バルブを閉めて容量調整した運転をしないですみ、バルブから来るポンプ本体への悪影響を取り除ける。
- ② ポンプが井戸の特性や需要量に対し、容量的、揚程的に大きい場合に、周波数を下げることで安全に最適なポンプ特性を得られ、同時に使用動力も低下出来る。
- ③ 超少容量過ぎて適合するポンプ機種のない場合でも、周波数を下げてスムーズな適応が可能となる。
- ④ 井戸の揚湯試験などへ応用すると、ポンプ特性を任意に操れ、試験範囲を拡大出来る。
- ⑤ ポンプを低速運転することにより、キャビテーションの発生を防止し、高温時の吸込性能をアップすることが出来る。
- ⑥ 周波数50Hz地区の電源で、60Hzまたは72Hzなどとモータ出力許容内で周波数アップも出来、ポンプ段数を少なくすることが出来、部品数の減少、ポンプ長さの短縮が可能となり機械的安全性も増せる。
- ⑦ ポンプを停止させないで、連続低速、少量揚湯運転をすることで、温泉温度を低下させないですむ。
- ⑧ ガスがらみ井戸や水位急激低下井戸のコントロールなどにも使用出来る。

その他インバータを使つての応用制御をすると、思わぬ副産物が見つかるわけで、その利用の仕方に今後色々な工夫が出来ると思われる。しかし、65℃以上の温泉井戸の場合には、ポンプ機種に対するモーターおよびインバータ容量選定に注意を要する。

様々な無駄をなくするための最近の温泉揚湯計画要素



新テーマ

井戸の時間的特性変化のデータ取りとその分析方法の工夫

水位 H
 温度 T

井戸からの適正採取量の見きわめ

地域層熱地
 地層熱地
 地下水脈

枯渇防止
 温泉資源
 埋蔵量の
 保護・強化
 育成

井戸の特質の経年変化
 季節的・時間的湧出量
 の変化特性の実験研究

深層掘り井戸の井戸特性の特殊化!!

井戸の水位回復速度の変化

ON OFF

低下速度
 通正澄澄
 本体長さ

付付位置
 運転範囲
 始動範囲

ON OFF

低下速度
 通正澄澄
 本体長さ

付付位置
 運転範囲
 始動範囲

規則方法の工夫

動力規制・量規制
 温泉資源の汲み上げ
 量と時間の換算考慮
 最大毎分量と1日当り
 又は月間当りの量の考

★モーターポンプはバルブでしぼらず、通正流量域で連続運転するのが最良!!

5. 多層仕上げと揚湯試験の一例

北海道立地下資源調査所 高橋 徹 哉

はじめに

地下水や温泉をより低コストで長期的に安定供給する上からも、地質構造を正確に把握した上で坑井の仕上げを行ない、揚湯試験を実施することは重要なことである。

現在、物理検層法や掘さく技術等の進歩により、帯水層も詳細に区分されるようになったのに並行して、坑井の仕上げも多層にわたるようになってきている。しかし、特に深井戸に於いては、各帯水層別の揚湯試験はさほど実施されていない。

今回の発表では、当地下資源調査所で実施している『都市型地熱水利用技術研究調査』の中で行なわれた多層仕上げとその揚湯試験の概要について発表する。

1. 多層仕上げと揚湯試験の概要

調査井の仕上げは地質状況、物理検層、逸泥状況などの結果から次のように3層仕上げにした。

I. 上部帯水層（深度 287.86 ～ 309.94）

II. 中部帯水層（深度 354.10 ～ 376.18）

III. 下部帯水層（深度 538.57 ～ 593.77）

調査井の掘さくは2カ年に渡って実施されたため、揚湯試験も、I + II, I, II, III と4回行った。この帯水層別の揚湯試験には、エキスパンションパッカー（ゴムリングパッカー）を使用した。

生産井の仕上げは、調査井の揚湯試験の結果から有効利用実証化試験にも充分利用可能なIV. 下部帯水層（深度 537.54 ～ 549.54, 560.58 ～ 578.58）を仕上げた。仕上げには調査井の揚湯試験結果から、スパイラルスクリーンを使用した。

なお、調査井および生産井の仕上げに使用したストレーナーの形状・配列、口径、孔明率等については第1表に、揚湯試験方法の概略は第1図に示した。

2. 揚湯試験の結果

調査井および生産井の揚湯試験の総合結果を第2図に示す。

- ① 湧出量は、3つの帯水層でI. 上部帯水層が最も良く、II. 中部帯水層が最も悪い。
- ② 温度は、生産井に於けるIV. 下部帯水層が最も高い。
- ③ 調査井および生産井の下部帯水層（III, IV）において、ストレーナーの口径・孔明率に大きな違いがあるにもかかわらず、湧出量に大きな違いはみられなかった。
- ④ 揚湯試験と並行した水質分析の結果からは、各帯水層それぞれに組成の違いがみられ、その傾向は下部にいくに従い、NaClが多くなり、T. S. M. の値も大きくなる。
- ⑤ 今回の揚湯試験に使用したエキスパンションパッカーは、多少問題点もあるが今後利用可能で

ある。

ま と め

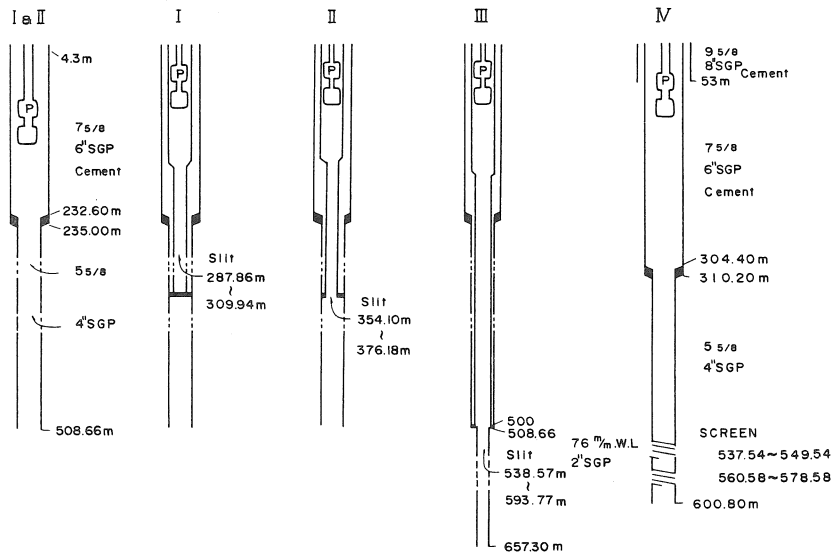
現在までの調査で深度 657 m までの間に 3 つの帯水層を確認し、3 層仕上げを行ない各帯水層別の揚湯試験を実施してきたが、それらから得られた基礎データは多種目に渡った。これらのデータを基に、現在生産井より湧出する温水を利用してロードヒーティングによる消雪実証化試験、倉庫内のフローヒーティングの暖房試験などを進めている。また、現在還元井を掘さく中であり、今後実施される還元試験のデータからも帯水層の評価を行ない、将来地下蓄熱、採熱技術の研究への足掛かりとなることが期待される。

多層仕上げされた坑井に於いて、各帯水層を正しく評価するには各帯水層毎の揚水試験を実施することが不可欠である。今後、その際に生じる種々の技術的な問題を解決し、より深い深度の坑井に於いて、これら帯水層別の揚湯試験が実施され、帯水層の正しい評価をしていく必要がある。

第 1 表 調査井・生産井の坑井仕上げ概要

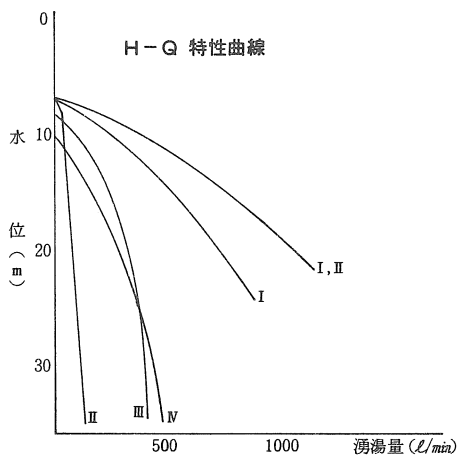
帯 水 層	調 査 井			生 産 井
	I. 上部帯水層	II. 中部帯水層	III. 下部帯水層	IV. 下部帯水層
ケーシング プログラム	掘さく坑径 9 5/8" 7 5/8" 76% W.L. - 5 5/8" 76% W.L.	ケーシング径 200 A SGP 150 A SGP 100 A SGP 50 A SGP	挿入深度 4.3 m 235 m 508.66 m 657.30 m	ケーシング径 深度 53 m 200 A 310.20 m 150 A 600.80 m 100 A
ストレーナー深度	287.86 m 309.94 m	354.10 m 376.18 m	538.57 m 593.77 m	537.54 ~ 549.54 m 560.58 ~ 578.58 m
ストレーナー 長	22.08	22.08	55.20	30.00
ストレーナー 形状・配列	3 % × 150 % 1 周 8 本 25 段 スリット 千鳥配列	3 % × 150 % 1 周 8 本 25 段 スリット 千鳥配列	3 % × 100 % 1 周 3 本 32 段 スリット 千鳥配列	スパイラル スクリーン スロート 2 % ワイヤ 3 % ロッド ∅ 4 %
ストレーナー径	4" (100 A) SGP	4" (100 A) SGP	2" (50 A) SGP	4 1/2" NAGAOKA WELL SCREEN
孔 明 率 (%)	4.56	4.56	3.15	40.0

第1図 揚湯試験概略図



第2図 揚湯試験結果

	調 査 井				生 産 井
	I, II. 上・中部帯水層	I. 上部帯水層	II. 中部帯水層	III. 下部帯水層	IV. 下部帯水層
透水量係数 T (m ² /sec)	1.48 × 10 ⁻² (at 534 l/min)	1.02 × 10 ⁻² (at 235 l/min)	2.12 × 10 ⁻⁴ (at 107 l/min)	—	6.36 × 10 ⁻⁴ (at 417 l/min)
透水係数 K (cm/sec)	3.35 × 10 ⁻² (at 365 l/min)	4.62 × 10 ⁻² (at 235 l/min)	9.60 × 10 ⁻⁴ (at 107 l/min)	—	2.12 × 10 ⁻³ (at 417 l/min)
比湧出量 C (m ³ /day/m)	113	73	6.4	29.6	30.2
確認した湧出量 Q (l/min)	1030	558	107	360	431
温 度 °C	23.8	23.5	24.7	32.5	35.5



6. ボーリング坑における湧水対策の一例

常盤ボーリング株式会社 吉田耕作

はじめに

今回の報告は、昨年10月～12月道南で実施した調査ボーリング掘削中に発生した度重なる湧水に対して行なった止水対策についてまとめたものである。湧水対策については既に先輩諸兄の方々が長年の経験に基づきノウハウを持たれていることと思うが、今回の場合、比較的短時間に頻発する湧水を止水できたため報告する次第である。

1. 概 要

1-1 掘削現場の立地条件

掘削現場は国道から約1.3 kmほぼ沢沿いに下がった所で、機材運搬のために新設運搬道路を施工した。搬入はブルドーザーに頼るしかなく途中に約25度の急勾配の箇所もあった。

1-2 地質(岩質)の概要

詳細は割愛するが、0～100 m ルーズな凝灰角礫岩、100～135 m 安山岩質熔岩、135 m からは珪化した石英安山岩である。

1-3 坑内状況

ケーシング 6" SGP 32.50 m	} フルホールセメンチング
4" SGP 114.70 m	

深度 98.00 m で最初の湧水があり、その後深度 114.70 m までの掘削中に湧水抑制ができなかったため 4" SGP ケーシングを設置した。

1-4 施工条件

深度 32.50 m まで $\varnothing 180$ mm コアチューブ+メタルクラウン使用

深度 114.70 m まで 5 5/8" トリコンビット使用

深度 114.70 m 以深 101 mm HQ-WL ダイヤモンドビット及び 4" トリコンビット使用

2. 湧水状況

表-1 に示すとおり深度 98.00 m 45 l/min を最初として深度 274.70 m 20 l/min まで連続的に 28ヶ所で生じた。最大湧水量は深度 173.00 m における 1200 l/min である。尚、表中の湧水圧は坑口圧力である。

3. 湧水対策

湧水が生じた初期においては、ペントナイトベースの泥水にバライトを投入 (SG 1.20～1.30) して湧水を抑制した。しかし数 10 l の湧水層に対しては効果があったものの本井ではアニュラスが小さいこと、比重を上げ過ぎると逆に逸泥し泥水のコントロールが難しいこと、更に現場立地条件が悪く泥材運搬が困難であることから、やむなく深度 114.70 m まで 4" SGP ケーシングを設置した。ケーシング設置後も表-1 に示す通り湧水が頻発した。このため 4" SGP ケーシング下部にパッカ

ーをセットしたセメンチング，またいわゆるロッド注入によるセメンチングを試みたが，いずれも効率が悪く期待した効果は得られなかった。そして最終的に坑口にフランジ，バルブを取付けてセメント注入を実施したわけであるが，この方法は効果的であった。（深度 140.60m から実施）以下にその詳細について述べる。

3-1 ケーシング直接注入法（仮称）について

坑口にフランジ，バルブを取付けてセメントスラリーを直接注入する方法について以下に述べるが，この方法には次のような利点があった。

- a セメントスラリーを対象箇所に必要な量簡便に注入できる。
- b セメントスラリー注入後の後押し泥水を計量することによりセメントヘッドの決定が比較的容易である。
- c 後押しの最終段階で加圧スクイズを行なえるため坑内残置セメント量を極力少なくでき，しかも硬化時間を短縮できる。
- d 設備がシンプルのため作業能率が向上する。

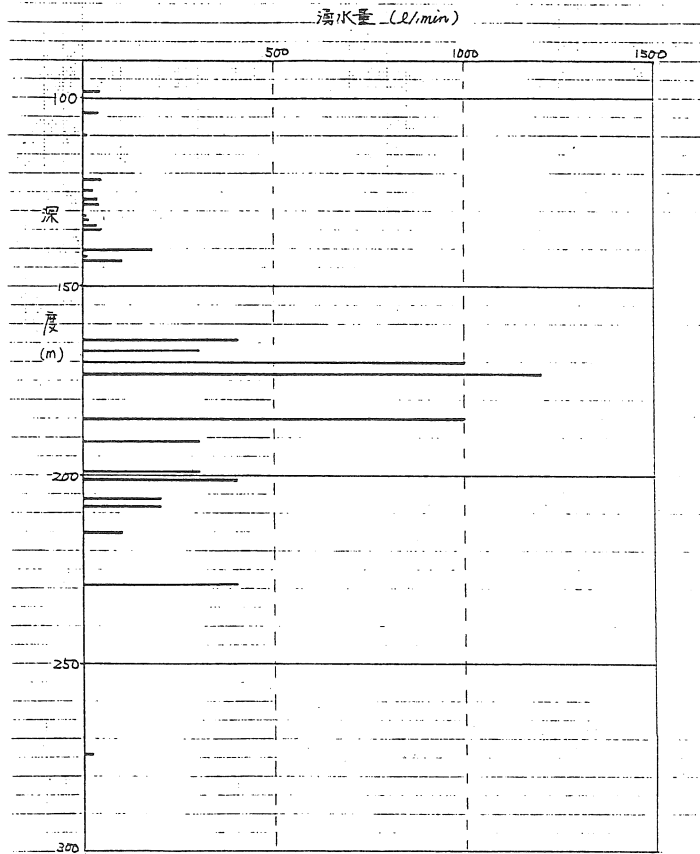
3-2 セメンチングの具体的方法

- ① 湧水箇所での掘り込みは最水限とし，坑内よりドリルツールズ，ロッドを揚管。
- ② 坑口にフランジ及びバルブ，注入用高圧ホースを取付ける。
- ③ ミキサーでセメントスラリーを準備（塩カル3%，SG 1.81～1.83）
- ④ ポンプでセメントスラリーを注入。
- ⑤ 後押し泥水で加圧スクイズ。（最終圧 20～40kg/cm²）
- ⑥ 圧入終了後バルブを閉じセメント硬化待ち。

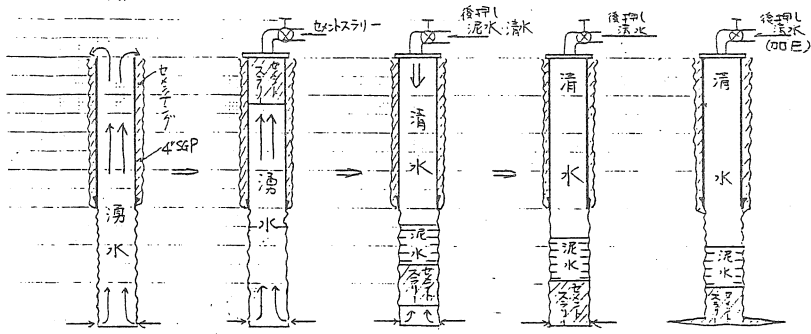
①～②の作業は深度による差異もあるが，本井ではほぼ2時間以内に終了する。③～⑤の作業は概ね1時間で終了する。⑤の後押しについては，最初の200ℓのみ泥水を送りその後は清水で押す方法で行なった。そうすることによりセメンチング終了後の降管時，ゲル化した濃泥部区間が下部に限られるため，作業能率が向上する。尚，後押しの際，いわゆる栓の類は使用しなかった。最終圧に幅があるのは，セメントスラリー量，湧水量，岩質状況，想定セメントヘッドの条件によるものと思われる。硬化待ち時間は平均して2時間程度であった。従ってセメンチング作業時間は5時間程度で，比較的短時間に完了できた。

表 - 1

湧水番号	深 度 (m)	湧 水 量 (ℓ/min)	湧 水 圧 (kg/cm ²)
1	98.00	45	—
2	104.00	40	—
3	110.00	5～8	—
4	122.10	47	—
5	124.70	23	—
6	127.00	36	—
7	127.60	40	—
8	128.00	40	—
9	131.40	6.5	—
10	132.00	12	—
11	133.60	34.5	—
12	134.50	45	—
13	140.60	180	—
14	142.00	13	4.0
15	143.10	100	—
16	164.50	400	4.0
17	167.60	300	4.0
18	170.00	1,000	4.0
19	173.00	1,200	4.0
20	185.00	1,000	4.0
21	192.10	300	4.0
22	198.00	300	4.0
23	202.00	400	4.0
24	206.10	200	4.0
25	208.00	200	4.0
26	215.00	100	4.0
27	229.00	300	4.0
28	274.70	20	3.5



(セメンテング概念図)



(セメンテング具体例)

湧水量深度	湧水量 (L/min)	湧水圧 (kg/cm ²)	セメンテング区間 (m)	セメントスラリー 量(L)	比重	後押し 泥水(L)	坑内容積 (L)	最終圧 (kg/cm ²)
128.00	40	-	80.00-128.40	800	1.18	800	1040	30
167.60	300	4.0	148.00-167.60	800	1.82	1300	1358	30
173.00	1200	4.0	171.27-177.37	1000	1.82	1500	1437	20
202.00	400	4.0	183.20-202.90	1200	1.82	1600	1644	42

ま と め

掘削中のセメンチングは時間的ロスを伴い掘進率を低下させるものであるが、本井のような立地条件における頻発する湧水に対しては、一ヶ所づつセメンチングして止水することが結果的には能率向上に結びついたと思われる。

本井の湧水については

イ 湧水量が数 ℓ/min ~ 1200 ℓ/min と多様であるが数 100 ℓ/min のものが多いこと。

ロ 湧水圧が坑口で $4\text{kg}/\text{cm}^2$ と比較的高圧であること。

ハ 発生間隔がほぼ 2 ~ 6 m と高い（但し、毎回新規ではなく止水したものが再発した場合もあると思われる）。

ニ 岩質状況が悪く清水掘り続行が不可能

という状況にあったため、今回報告したセメンチング方法で止水を行なったわけであるが、必ずしも加圧スクイズするセメンチングが最良とは言い難く、むしろ岩盤内で破碎、亀裂等を発生させ、引いては湧水を助長することにもなりかねない。本井の場合は、たまたまセメンチング方法と岩質状況が適合した偶然性及び、上部ケーシングパイプの固定が完全であったこと、更に、湧水深度が浅かったことに助けられたことも大であったように思う。また、セメント硬化剤の種類と混合比率について、さらに加圧条件の妥当性の検討など、まだまだ残されている問題も多いと思われる。

なお、今回のセメンチングではおおまかにではあるが、湧水量と注入セメントスラリー量とに次のような関係があった。

湧水量 (ℓ/min)	必要セメントスラリー量 (ℓ)
500 以下	600 ~ 800
500 ~ 1000	1000 ~ 1200
1000 以上	1200 ~ 1600

この条件をもとに、後押し泥水量を計量しセメント頭を想定した。

以上報告した他にも種々のセメンチング方法があると思うが、今回の報告が何らかの参考になれば幸いである。

