

「1 m深地温探査による地下水調査法」

武 部 幸 勲

1. はじめに

地質調査業に携わって以来20数年になりますが、その間の技術の進歩は著しいものがあります。

ボーリング調査を基本として、種々の地盤計測の技術の向上、計測器の解析能力の向上等が計られました。計測には、地盤のもつ種々の物理特性が利用されており、これらは弾性波探査、電気探査、レイリー波探査、等々です。その中で、地温を利用する探査については未だ十分に活用されていないように思われます。

地温を利用する探査については理論的に確立されておりませんが、私はここ数年において、地表面の温度を利用して浅層地下水脈の探査を実施しております。ここでは一例としてサケ科の魚の卵を孵化させ放流する養殖漁業の中で孵化に際して新鮮な水を必要としますが、その孵化場用水を確保の為、当社で実施している地下水脈の調査について述べたいと思います。

2. 調査法の概要

地下水の存在状態を応用地球物理学的に調査する方法として、土と水の弾性的

な性質を利用した弾性波探査、両者の電氣的な性質を利用した電気探査が主として利用されております。いずれの方法も、相対的に水が多く存在する可能性のある場所については、ある程度の情報が得られますが、しかし水脈上に存在する水、即ち流動する地下水に関しては、この方法ではほとんど情報が得られないと言えます。

汲み立ての井戸水は、夏には冷たく、冬には暖かく感じるものですが、これは周囲の地面や外気が季節によって変化するにもかかわらず井戸水の水温がほぼ一定であるため、この様に感じるわけです。この様に季節により地表温度は大きく変化しますが、地下水脈の温度差は少ないと言う原理を利用して、浅層の地下水脈を探査する事が可能となります。

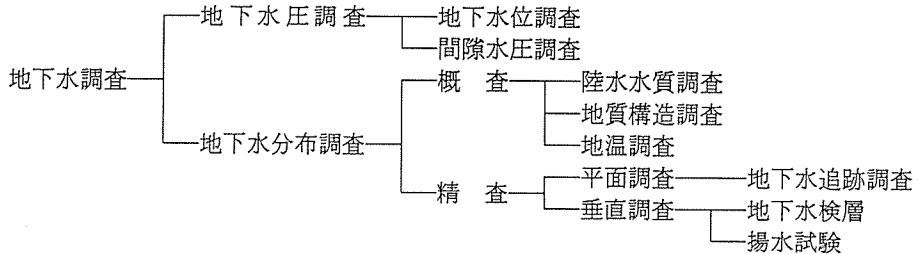
1 m深地温探査法は、主として温泉源の調査法の一つとして調査研究がなされて来ました。最近この調査研究を利用して、流動地下水の経路を推定する方法としても応用され、地すべり地などで利用され、また平地における地下水脈の探査にもその適用が可能であると考えられております。

3. 地下水調査法

ような地下水調査法が実施されております。

地下水状況の把握として、表1に示す

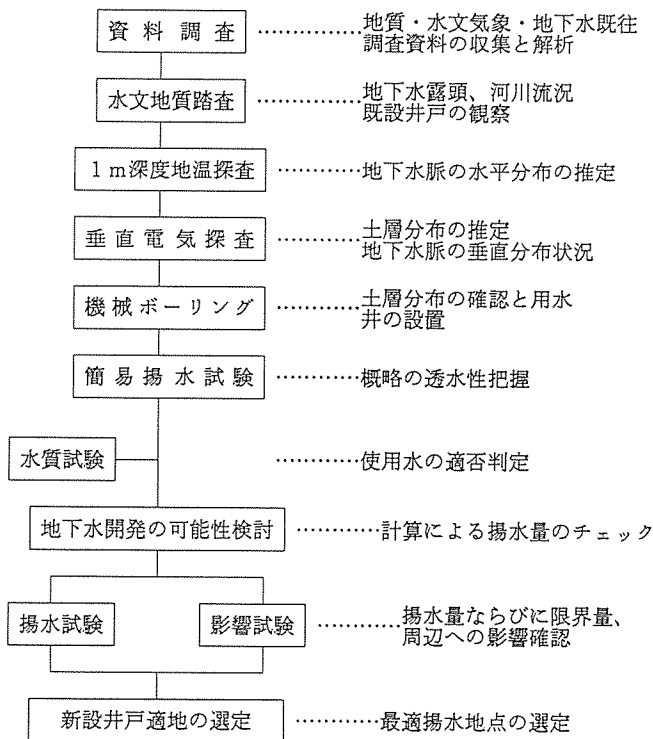
表1 地下水調査の分類



孵化場用水の地下水調査法としては、特に系統だった調査法は確立されておりませんが、当社で実施している地下水調査の例をフローとして示します。

一般的な各調査法については、各種の文献が刊行されておりますので、ここでは各調査における留意点等について述べます。

表2 孵化場用水のための地下水調査フロー



(1) 資料調査

現地踏査に先立って、候補地の地質、水文気象、地形、地下水の利用状況などについて既往調査報告書や資料を収集整理し解析を行ない候補地の地下水系や賦存状態を把握するのが目的です。航空写真があれば地形の概要を把握することも併せて行います。

しかし実際は地下水系などを判断するに足るだけの資料はないのが並通です。

(2) 水文地質踏査

必ず実施しなくてはならない調査で、資料調査によって知り得た情報の確認をします。湧水などの地下水露頭、河川流況はもとより、既設井戸の資料や観察から地下水位、水質、水温等の状況について調査し、候補地付近の地形や水文地質の概要を把握し、地下水調査計画立案の基礎資料とするのが目的です。特に水温、水質（電導度）およびその時期による変化の把握は重要です。地下水は地質と密接な関係があるため、踏査の精度をあげることは、それだけ地下水系の把握につながるものです。現地踏査はできるならば雨天のときも実施するのが望ましく、思わぬ情報が得られるものです。

(3) 1 m深地温探査

1 m深度の地温探査法を用いて、地

下水脈の水平分布を推定するために実施します。詳細については、3項にて述べます。

(4) 垂直電気探査

1 m深地温探査の結果を勘案し、探査地点を選定して垂直方向の土層分布ならびに地下水脈分布を推定します。電気探査には垂直探査と水平探査がありますが通常は前者を使用します。

地盤の比抵抗値は、地層の構成物質や含水状況によって異なることも知られています。電気探査は地盤への比抵抗分布から土層状況を推定するもので、直接土層や地下水の状況と対応するものではありません。探査深度は周辺の地形、地質状況を勘案し決定しますが、浅層と言う事で深度10~20m程度の利用が多い。電気探査の利用に当っては次の注意が必要です。

- ① 電気探査は基本的には平坦地、水平成層構造を前提としており起伏の大きい地形、複雑な地質構造では解析が困難である。
- ② 地層の比抵抗は含水比、水質によって異なる。
- ③ 解析精度は深度の増大とともに粗くなる。
- ④ 薄層の検出は困難である。

(5) 機械ボーリングおよび簡易揚水試験

地下水調査でボーリングを実施する

場合は、①水位観測井を設置する場合、②揚水試験を行なう場合、③地質構造が不明なため地質調査を行なう場合が考えられます。通常は①および②を主体として実施しますが、一般に地質情報が足りない場合が多く③の目的も兼ね、できる限りコア採取を心がけることが望ましいものです。掘削孔径は66～86%が一般的で、簡易揚水井としても利用できます。

(6) 水質試験

ボーリング孔の地下水を採水して、水質分析を実施し、水質や水温などの質的な検討を行なうもので孵化及び養殖に使用する地下水の不可欠な試験です。比較検討のため周辺の井戸や河川水の水質試験を行なうこともあります。

(7) 揚水試験・影響試験

水質試験結果により使用可能と判定された場合には、大口径のボーリングを実施して揚水試験を行ない、水量ならびに限界量の把握と周辺への影響を確認するために実施します。(5)でのボーリング孔は、観測井として利用します。揚水試験の時期は渇水期の実施が望ましいと考えられます。試験方法については通常の試験方法です。

解析方法や結果の判定などは種々の方法や考え方がありますが、揚水試験にはいくつかの制約があるのが普通で

す。

① 帯水層は一般的に有限で、層厚や堆積標高が変化し、さらに構成土層も種々なものが混在する複合帯水層である。

② 地表水層、既設井戸、降雨浸透の影響など複雑な境界条件を有する。

③ 試験条件として帯水層が厚く揚水井を完全井にし得なかったり、水位低下に伴い乱流を生じたりすることもある。

次に地下水の揚水に伴う影響範囲は、水位低下量、揚水量、揚水時間などに定性的に比例しますが、水脈上での影響が大きい事は留意する必要があります。

当社では、三陸沿岸の相当数の候補地において、以上の調査方法で地下水調査を実施し、1 m浄地温探査法の有効性が立証されたものと判断し、揚水井の新設や増設に關っております。

4. 1 m深地温探査

1 m深地温探査の原理を簡単に述べると、次のとおりです。

任意の深さの地温は、特に熱源がない所では地表気温と地下深部からの熱流量によって決定される。地表の地温は気温等により変化するが、ある深度に達すれば気温等の影響を受けず変化の少ない地

温となり、これを恒温層という。これに対し1m深度の地温は地表温度の影響を受け、年間10～30℃程度の変化をすといわれている。一方浸透速度の速い地下水脈の水温は2～5℃程度の変化しかない。

図1の東北地方の実例によると、昭和55年9月～昭和56年4月の気温変化は-3～25℃にまで及ぶが、河川水では0～17℃となり、地下水の場合10～15℃であり、その温度差は0～5℃である。すなわち9月頃は相対的に地表面の温度が高く地下水温が低い、1月は地表面の温度が低く地下水温が高いことになる。また1m深地温と気温の高低ピークはほぼ1カ月程度のずれがあることが知られている。したがって図2のように浅所に地温と明らかに異なる水温（図の場合は低温域であるが、冬の場合は高温域）を有する地下水が存在すると、水脈を中心とした周辺の地温はこの地下水温の影響を受けて平常値よりも低く（高く）なることが予想される。

つまり1m深度の地温を測定することによって水脈直上の地温ほど周辺に比べ低い値が得られ、これによって地下水脈の存在を知ることが可能となる。ただし、1m深度の地温は、地表の植生、構造物、地形、地質等によって影響をうけるため、いくつかの補正を行なう必要がある。

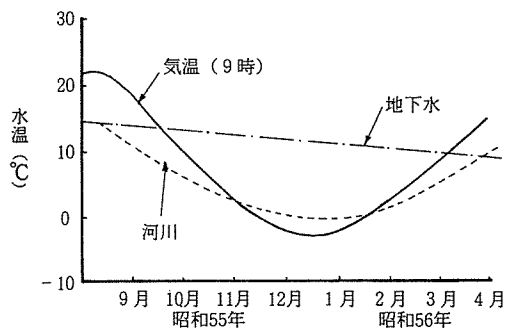


図1 水温の年変化図

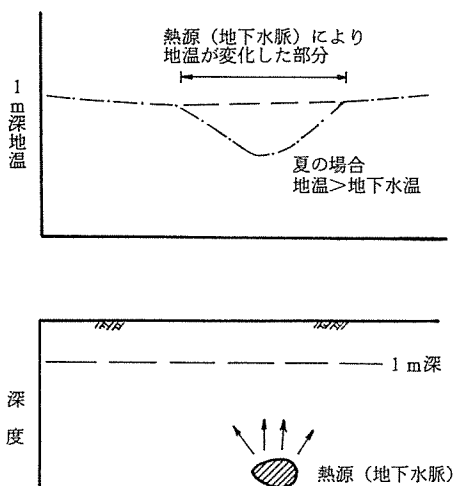


図2 地温分布の概念図

図3に東北地方のある孵化場にて実施した1m深地温探査による解析地温図を、その結果より推定した地下水流動想定図を図4に一例として示します。

調査に必要な通常1m深地温と流動地下水温との差は2～3℃程度は必要と考えられます。複雑な地すべり地の地温探査では5℃以上の温度差が望ましく、地形、地況の単純な堤防や切盛土斜面では

1℃程度の温度差でも良好な成果を得ております。

測定間隔としては、通常深度10～20mに存在する半径5～10mの規模の地下水脈を探索するには約5～10mの測点間隔が必要とされます。測点間隔を30～50mと大きく設定すれば、小さな地下水脈の影響は消えて、大河川の伏流水や旧河道を探索するのに適したものとなります。

次に調査時期としては、地温探査は前述した様に1m深地温と流動地下水温の差を利用したものであるため温度差の極大となる時期が最適といえます。地表面の最高、最低温度が1m深地温として現

れるにはある程度の時間差があるため、東北地方では一般に次の時期に調査を実施するのが好ましい。

夏季 …………… 9～10月頃

冬季 …………… 2～3月頃

地温探査は地下水脈の分布について面的に把握でき、電気探査の測点や調査ボーリングの実施箇所を選定するのに大いに役立つ調査法といえます。

本調査法は温度測定器と10本程度の測温棒を用いるもので、大がかりな装置が不要で3～4名の人員構成ですみ、地形によって異なるが通常は1日数10点の測定が可能である。

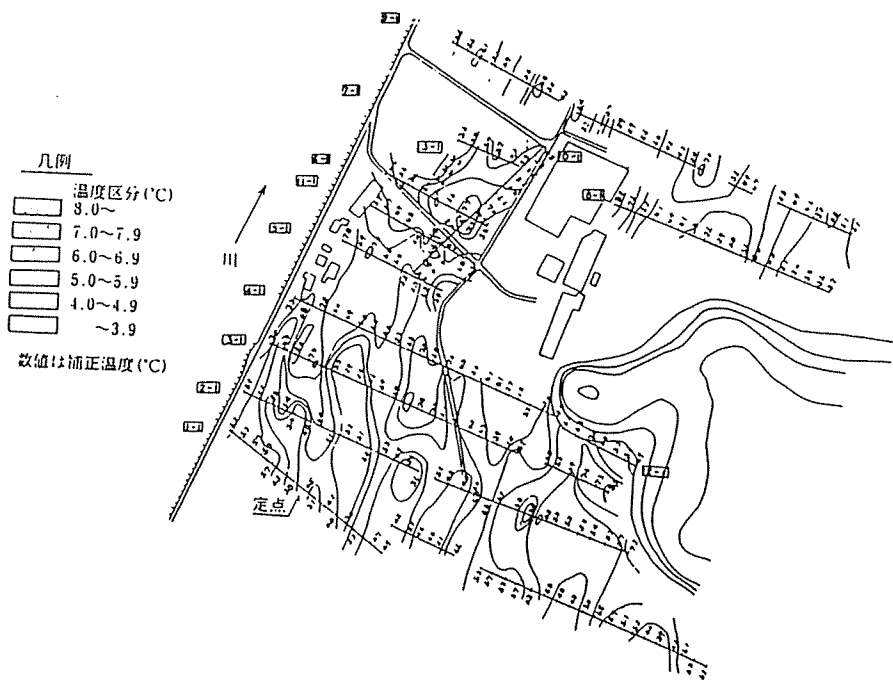


図3 1m深度地温分布図

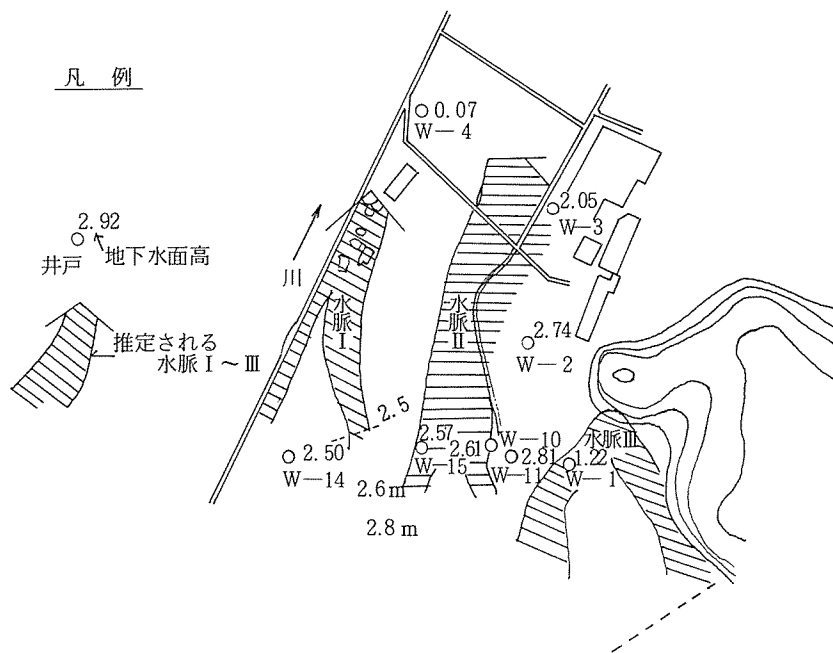


図4 地下水流動推定図

5. あとがき

現在、三陸沿岸において行なわれているサケ科魚類の孵化放流による養殖漁業への期待と依存は、今後も継続され高くなると考えられます。したがって養殖用水の確保を周辺地下水に頼らざるを得ず、既設の孵化場周辺において未利用地下水を調査し適切な揚水井を設定して取水し又、既設揚水井を増掘し並びに拡大することが必要となっております。

三陸沿岸において、当社で実施してきました1m深地温探査による地下水調査は、簡便な作業で短期間に実施できるうえ、広範囲な調査地において実際に地下水に触れることなく経済的に且つ能率良

く地下水脈を推定できました、ボーリング孔の適切な位置決定ができるなど調査条件に適応した有効な調査方法であると思われまます。又、成果についても一応の評価を得ております。

これまで述べましたように原理と理論並びに過去に調査した、いろいろな実施例から今後は、堤防漏水調査、道路法面の防災対策、土地造成に伴う排水防災対策、山間部の施設用水、畑地・果樹栽培等の農業用水などの調査においても、1m深地温探査と電気探査を併用した地下水調査の利用は期待できるものと考えまます。

以上、具体的な調査場所やデータを示すことが出来ないため、地下水調査法の一例を述べたに過ぎませんが、同様の調査に臨まれたときの参考となれば幸いです。

参 考 文 献

- ◎竹内篤雄：地温測定による地下水流脈探査法、水温の研究vol.18、No.2 P 2～27、水温調査会 1974
- ◎渡辺亮：地すべり地の地下水とその調査、地すべり調査と対策講座I、全国地すべりがけ崩れ対策協議会 P 1～37、1976
- ◎山本荘毅：揚水試験と井戸管理、昭晃

堂 P 56～106、1976

- ◎山本荘毅：新版地下水調査法 古今書店 1983
- ◎建設省河川局：地下水調査及び観測指針（案）、1978
- ◎志村馨：電気探査法 第6版 昭晃堂 1979
- ◎サンコーコンサルタント(株)：地温探査による堤防漏水調査解析手法（マニュアル編） 1988
- ◎増田重憲：サケ・ますふ化場の地下水調査、地質と調査 1988
(サンコーコンサルタント(株))

