



Title	物理探査と地質・地下水調査による高塩濃度地下水分布の可視化に関する研究：岩石試料に基づく地下水塩分と比抵抗の関係 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	西山, 成哲
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	乙第7140号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/83112
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	NISHIYAMA_Nariaki_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 西山 成哲

学 位 論 文 題 名

物理探査と地質・地下水調査による高塩濃度地下水分布の可視化に関する研究 - 岩石試料に基づく
地下水塩分と比抵抗の関係 -

(Study on visualizing distribution of high salinity groundwater by the geophysical exploration and the
geological and groundwater surveys - Relationship between salinity of groundwater and resistivity
based on rock samples -)

高塩濃度地下水の分布、流動特性は、地層処分や CO₂ の地下貯留などの地下利用や、温泉資源などの様々な分野において重要な情報である。高塩濃度地下水の分布を広域に得る方法として比抵抗分布を地表面から非破壊的に可視化することが可能な電気探査法や電磁探査法がある。しかし、高塩濃度地下水の流動特性を把握するうえで、流動場である地質の情報、および地下水自体の情報を収集したハイブリッドな検討はほとんどなされていない。本論文では、以下に記す 3 地点において、地下水の調査に加え、電磁探査、地質構造調査を含めた検討により、高塩濃度地下水の分布、流動特性について論じた。

第 2 章では、3 地点において実施した高塩濃度地下水の空間分布を把握するための比抵抗データの取得方法について述べた。探査により得られた比抵抗データは、地下水の水質の情報とその場の地質の情報を含んでおり、地下水の水質分布の把握には、地質が比抵抗に与える影響も考慮する必要がある。本研究では、比抵抗探査の実施に加え、それぞれの地質における地下水の水質が岩石比抵抗へ及ぼす影響の推定を室内試験により行った。

第 3 章では、深部流体と呼ばれる地下深部から上昇する高塩濃度地下水を対象とし、地下における深部流体の流動経路について論じた。高塩濃度の深部流体は、地下構造物の健全性・耐久性に影響を及ぼすことが想定される。そのため、深部流体の湧出域では、その地下での分布や流動特性の解明が必要となる。山口県北東部から島根県南西部の地域においては、スラブ起源とされる有馬型熱水に対比される地下水の湧出が報告されている。山口県徳佐盆地において地質・地下水調査、CSAMT 法による電磁探査を実施したところ、深部流体は、基盤岩中を断層に沿って地表付近まで上昇し、表層部において未固結堆積物中に浸透し、未固結堆積物中を流出域となる河川に向かい流動していることが明らかとなった。深部流体は、調査地域では地表部へ自然湧出することなく、ボーリング掘削された箇所でのみ確認されている。従って、地表で深部流体が確認されていない地域においても、地下深部においては地質構造に規制された深部流体が存在する可能性があることが示された。地下構造物の立地選定や健全性・耐久性評価においては、深部流体の存在の有無について十分な検討が必要であることを論じた。

第 4 章では、地すべり多発地帯として知られる東頸城丘陵において、そこで確認される高塩濃度地下水の広域的な分布を把握し、地すべりとの関係について論じた。この地域の地すべりには高塩濃度の地下水を伴うものがあることから、高塩濃度地下水自体あるいはそれが伴うかもしれない高圧に地すべりの原因が求められることもある。本章の研究では、日本海東縁地域の丘陵地において、地形調査、地質調査、地下水調査、および電磁探査を行い、高塩濃度地下水の分布と地質構造を明ら

かにし、それらと地すべりおよび重力斜面変形との関係を検討した。その結果、調査地域には多数の地すべりが認められ、高標高部には線状凹地や小崖などの重力変形地形が認められた。そして、比抵抗断面から、一般的に深度 50~100 m 以深に海水と同程度の濃度の高塩濃度地下水が存在し、浅部には EC が 100 mS/m 以下の高比抵抗の地下水が賦存することがわかり、また、線状凹地の認められる山稜直下では高比抵抗領域が深さ 600 m にまで及ぶことが明らかになった。この浅部の地下水は、高塩濃度地下水が天水起源の水に置換されたものと考えられ、結果的にこの部分では岩盤の強度が劣化し、そのために地すべりや重力斜面変形が発生したと考えられる。日本海東縁地域で得られた石油井データは、この塩水の置換が広域的に生じていること、また、この置換がそこで多発してきた地すべりの素因の一つである可能性が高いことを示した。

第 5 章では、周囲の地下水よりも比較的高塩濃度の温泉水が湧出する山口県の湯田温泉を対象に、その温泉水の流動経路について論じた。温泉水は、重要な地下水資源となり、その持続的な利用や、温泉の開発計画の立案のための基礎情報として、その流動特性に関する地下の地質、地下水の情報は重要である。湯田温泉は、平野部に湧出するアルカリ性単純温泉であり、1 日 2,000 t の豊富な湯量であるが、その温泉水の流動経路は明らかにされていない。本章の研究では、温泉水の水質分析とともに、湯田温泉周辺の地質試料の比抵抗測定、電磁探査法による比抵抗構造の把握、泉源ボーリングのコア観察、および数値シミュレーションを実施し、温泉水の流動経路を検討した。電磁探査の結果、基盤岩とそれを覆う堆積層との比抵抗のコントラストが確認でき、湯田温泉地域を横断する複数の断層に挟まれた領域において基盤岩上面が陥没している様子が認められた。しかし、温泉水の流動経路を示す比抵抗構造を得ることはできなかった。温泉水の電気伝導度 (EC) を測定したところ、100 mS/m 程度と周囲の岩盤地下水と比較して一桁程度高い値を示した。岩石試料の比抵抗測定試験より、温泉水と岩盤地下水が、それぞれ基盤岩を構成する岩石の間隙水として存在した場合、温泉水を間隙水とした岩石試料の比抵抗が岩盤地下水を間隙水とした岩石試料の比抵抗と比較して 1/2 程度になることが分かった。泉源ボーリングのコア観察の結果、コアの大部分を硬質な砂質片岩および泥質片岩が占めており、割れ目の頻度は 1.25 本/m と極めて低い。一方、幅約 0.6 m の石英斑岩が高角度で貫入する部分では割れ目が発達していることから、石英斑岩などの貫入岩中の割れ目が温泉水の流動経路として機能している可能性がある。これらの結果を踏まえ、湯田温泉の地質モデルを構築し数値シミュレーションを行ったところ、流動経路と考えられる貫入岩の割れ目卓越部の幅が 100 m 以下の場合、比抵抗探査による検出は困難と考えられた。以上より、湯田温泉の温泉水の流動経路の幅は 100 m 以下であると想定される。

以上の研究において実施してきた地質調査は流動する地下水の流動場の理解、地下水調査は流動する地下水自体の水質特性や起源の解明、電磁探査および現場試料を用いた室内試験は、地域全体の比抵抗構造の理解とその解釈を補助する役割を果たした。これらの手法を用いた 3 地点での高塩濃度地下水の分布、流動に関する研究成果は、地域全体を俯瞰した地下水流動モデルの構築に寄与し、地下利用等における重要な基礎情報の提供につながることが期待される。