

第8部 文献集

各種探査法の歴史を探るとともに、どのような過程を経てその探査法が発達してきたかを知るために基本的な文献を収集したつもりである。本書を読まれてより深い知識を得ようとする方の参考になればと考えここに掲載する。

第1部 弾性波探査に関する文献

書籍：

物理探査学会（1989）：図解物理探査，物理探査学会

田治米鏡二（1977）：土木技術者のための弾性波による地盤調査法，槇書店

著者の体験に基づく屈折法を主体とした理論から実践までのノウハウ集。

佐々宏一，芦田譲，菅野強（1993）：建設・防災技術者のための物理探査，森北出版

論文：

物理探査技術協会（1977）：土木弾性波探査法，物理探査技術協会，
土木に用いられる弾性波探査の総集編。

物理探査技術協会（1979）：土木地質調査における屈折法弾性波探査の調査計画に関する要綱，物理探査，Vol.32 No.6，
屈折法弾性波探査の測線配置や起振（発破）点配置等の調査実施計画立案の参考例

物理探査学会（1990）：“土と岩”の弾性波速度—測定と利用—，物理探査学会
土と岩の弾性波速度について，その測定方法，速度地及びその速度値の利用について，既存の文献資料を整理してまとめたデータ収録集。

萩原尊礼（1938）：基盤面の傾斜が一様でない場合の走時曲線解析法，地震，10
基盤面が傾斜している場合の走時曲線の解析法について記述。

服部保正（1962）：屈折法走時曲線の解析法についての研究，地質工学 第2輯，（日本物理探査株式会社）
萩原の方法（表層除去法）の拡張について，各ケースについて解析法を検討した基本文献。

服部保正（1964）：弾性波探査法（屈折波走時曲線の解析法の原理），地質工学 第3輯，
上掲論文の啓蒙書

服部保正，杉本卓司（1975）：岩石のP波伝播速度に関する統計的研究1，2，物理探査，Vol.8，
No.1，No.2，

2000 件を超える屈折波法による弾性波探査結果より、P 波伝播速度を各種岩石と各地域に分類し整理した統計資料。

- 平野昌繁 (1980) : ミラージ現象に基づく花崗岩風化帯の構造解析, 応用地質, Vol.31, No.2, 弾性波走時曲線にみられるミラージ現象を分析し, 花崗岩の風化過程と侵食作用の関係を検討。
- 平野正繁(1991) : ミラージ現象の解析に基づく流紋岩地域の風化と地形, 応用地質, Vol.32, No.4, 弾性波走時曲線のミラージ現象が流紋岩類の場合にも存在することを示し, 風化侵食について花崗岩との比較を議論。
- 每熊輝記 (1988) : 表面波による弾性地盤調査法, 宮城県建設技術協会本庁支部講演資料, レイリー波の基本的性質をまとめ, S 波速度値と物性値の関連を記述。また実際の探査法と標準的な解析法をまとめ, パターン解析の例も図で説明。
- 笠 義博 他 3 名 (1991) : 音波・レイリー波によるシールド機の前方向探査に関する実験的検討, 土木学会論文集, 第 427 号, トンネル工事のパイロットボーリングの代用として, 音波探査とレイリー波探査を実施。障害物の位置確認などを比較検討。両手法とも 6~10 m が探査限界。
- 川原田 宏, 他 5 名 (1988) : 起震機から発生する波動と地盤探査, 物理探査学会, 第 78 回学術講演会論文集, 理論分散曲線と実測値は 10 Hz 以上の周波数ではよく一致する。加速度計で測定した S 波速度は 1/2 波長で仮定した 1 波長領域内での速度に近似。
- 川本 整 (1975) : 徳島県一字地すべり地における弾性波探査, 地すべり, Vol.12, No.3, 結晶片岩地域の地すべりで, 弾性波探査により地下構造を明らかにし, 活動力を算出し, 地すべり機構を考察。
- 小林芳正, 末峯 章, 小西利史(1979) : 徳島県正夫地すべり地における地震探査, 地すべり, Vol.15, No.4, 結晶片岩地域の地すべりで, 弾性波探査を適用して地下構造の詳細検討を実施。
- 増田秀夫 (1992) : 地震探査屈折法による解析手法とその発展, 土木春秋社, 弾性波探査解析法の数値的な取り扱いについて系統的に整理し, 広く紹介。
- 松枝富士雄 (1979) : 屈折波法弾性波探査の問題点 (Blind Layer について), 物理探査, Vol.32, No.5, 中間層が Blind Layer となるケースを水平 3 層構造, 4 層構造について検討。
- 中野・藤井 (1988) : レイリー波探査について, ビック(株)社内研究用資料 (未公表)
- 大場恒彦 (1990) : 第 6 回物理探査基礎講座 講習会テキスト, 物理探査学会,

屈折法弾性波探査の基礎理論、解析及び利用法を解説。

斉藤秀樹 (1993) : 第9回物理探査基礎講座 講習会テキスト, 物理探査学会,
屈折法弾性波探査の基礎理論、解析及び利用法を解説。

佐々木重成 他2名 (1988) : 三国ダム洪水吐け減勢部基礎の対策工, ダム技術, Vol.6, No.2,
花崗岩地帯の岩盤をレイリー波探査の弾性波速度値から岩級区分を行い, ボーリングで検証。
結果良好。花崗岩にはレイリー波探査は適している。

島 坦 (1975) : 長野県鬼無里村地すべり地における常時微動と表層の振動特性, 地すべり, Vol.12,
No.1,
地すべり土塊が流出堆積した地域での常時微動測定結果から, 地盤の弾性的性質の差異と時間経過に伴う測定値変化を検討。

田治米鏡二, 竹内俊昭 (1958) : 屈折法の解析に対する萩原の方法の拡張, 物理探査, Vol.12,

玉城逸夫 (1976) : 地すべり調査と対策講座8 地すべり調査のための物理探査法分冊その1, 全国
地すべりがけ崩れ対策協議会,
弾性波の基本的な性質を極めてわかりやすく解説。

玉城逸夫 (1978) : 地すべり調査と対策講座9 地すべり調査のための物理探査法分冊その2, 全国
地すべりがけ崩れ対策協議会,
弾性波探査の解析手法ならびに測定器材について, 具体的にわかりやすく解説。

玉城逸夫 (1979) : 地すべり調査と対策講座8 地すべり調査のための物理探査法分冊その3, 全国
地すべりがけ崩れ対策協議会,
実施例に基づいて, きめ細かなアドバイスを記載。

玉城逸夫, 藤田 崇, 川本 整, 岡本敬一, 大場康行 (1979) : 弾性波探査による地下構造とボーリ
ングコアの対比, 地すべり, Vol.16, No.2,
徳島県下の地すべり8地区を対象に, 弾性波探査結果による速度層区分とボーリングによる地
質区分の差異を検討。

吉田寿寿 (1967) : 屈折波走時曲線による岩盤速度の検討—鉛直方向の速度分布について—, 物理探
査, Vol.20, No.5,
起振(発破)点からの距離による速度走時曲線(T'曲線)に現れる速度の変化を検討し, 代表
的な岩石について鉛直方向の速度分布例を提示。

吉田寿寿 (1970) : 基盤が山型をなす場合, T'曲線の補正について, 物理探査, Vol.23, No.1,
トンネルの弾性波探査などでよく現れる凸型基盤形状でのT'曲線の性状について検討し, 真の
速度値と深度を求める補正法を提案。

吉田寿寿 (1971) : 凹型基盤における屈折波走時曲線, 地質工学 第7輯,
基盤の形状が凹型を示すものについて, 表層除去法 (萩原の方法) で求めたT'曲線の傾きの変
化と基盤中の低速度帯との関係について検討.

Miller G.F and Pursey H (1954) : "The Field and Radiation Impedance of Mchanical Radia-
tion" on the Free Surface of Semi-Infinite Isotropic Solid" Proc, Royal Society London A
Vol.223, p 521-524,

第2部 電気探査に関する文献

書籍：

物理探査学会 (1989)：図解物理探査，物理探査学会

清野 武 (1955)：電気探査学，京都大学工学部

佐々宏一，芦田譲，菅野強 (1993)：建設・防災技術者のための物理探査，森北出版

論文：

天野敏光，久松義；長瀬雅美(1991)：特集 傾斜地における構造物の基礎 傾斜地における構造物のための地盤調査，基礎工 Vol.19 No.9 pp.7-14，

傾斜地を地質構成・利用形態で分類し，それぞれの土質工学的問題を記述。傾斜地での地盤調査計画の考え方，斜面建築物と斜面地の危険度評価，傾斜地での調査内容の決定のフローと調査方法を概述し，新しい調査方法である比抵抗映像法や孔内直接せん断試験の紹介。

青山千彰，西田一彦，加藤淳(1988)：電気探査法による不飽和浸透測定，土質工学研究発表講演集 Vol.24, No.2-1 pp.321-324，

電気探査装置の一部を改良し，長期間自然地盤中の比抵抗とサクションを測定。地盤が粘性土で降雨の浸透量が少なく，手法の検証には適しなかったが，雨水の浸透に明確な反応が現れ，夏場の晴天には地表付近で乾燥による見掛け比抵抗値の上昇を示す等，この手法を評価できた。

荒川正治(1988)：三遠南信自動車道草木トンネルの調査について，建設省中部地方建設局技術報告会資料 道路編 Vol.37 th pp.9-16，

静岡県水窪町地先草木トンネル調査の報告。同トンネルは大規模な破砕帯を伴う中央構造線を横断。施工時に突発的な湧水等，困難が予想される。調査は水平ボーリングの他に地表地質踏査，弾性波探査，比抵抗映像法も実施し，その事例を報告。

千葉明彦・熊田政弘 (1994)：花崗岩および凝灰岩供試体の比抵抗測定，物理探査，Vol.47, No.3, pp.162-172，

藤崎修，竹内睦雄，川本治，KIM H J (1991)：電気探査ダイポール・ダイポール法における2次元比抵抗インバージョン解析精度について，農業土木学会大会講演会講演要旨集，Vol.1991 pp.498-99，

ダイポール・ダイポール法に着目して，その2次元比抵抗インバージョンの精度について水槽を用いたモデル実験により検討を行った。有限要素法と平滑化制約条件付きのインバージョンにより有効な結果が得られた。

蓮井昭則，世一英俊，北村晴夫，中川浩二 (1993)：弾性波・電磁波・比抵抗トモグラフィによる地盤状況の推定，土木学会論文集 No.462 pp.141-150，

ボーリング孔間を利用した弾性波・電磁波・比抵抗トモグラフィから岩盤状況を推定し，その推定結果を検証。弾性波P波速度トモグラフィは岩級区分を，電磁トモグラフィは地層構造を定性的に推定可能。トモグラフィにより相対的，定性的な岩盤状況の推定が可能。

- 平木生山, 科野健三, 佐々木利明, 野崎京三, 吉国孝城(1990): 各種探査法を用いた地盤変状調査例, 土質工学研究発表会講演集 Vol.25, No.2-1 pp.231-234,
岡山県備前中町の水田や畑に直径3~10m, 深さ2~5の陥没穴が6箇所発生。地表面のクラック, 壁のひび割れ等の変状も発生したため, 比抵抗映像法, マイクロ重力探査によって空洞の位置, 規模, 軟弱層の厚さの分布を解明。
- 平間邦興, 桑原徹, 外山聡(1986): トンネル工事における浅層反射法探査, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第3部 Vol.41, pp.673-674,
シングルチャンネル浅層反射法をトンネル工事に適した結果を示した。調査は特に土被りが薄く河川からの集中湧水の危険性がある部分について実施。本調査はトンネル掘削に先だって実施した, 実際の掘削結果から調査結果を今後検証することが可能。
- 池田和彦 (1986): 地下構造物を対象とした探査法の現状, トンネルと地下 Vol.17, No.6 pp.467-477,
標題に関し, ボーリング孔利用の有無に区分し, 実例を紹介。前者は孔内弾性波速度測定, 垂直扇射法, 孔間速度測定, 孔内磁気探査, 孔内テレビ, 写真判定を, 後者ではP波回折波探査, 衝撃弾性波反射法, 地下レーダ反射法, レイリー波法, 比抵抗水平法, 比抵抗垂直法, 磁気探査, 中性子反射測定を概説。
- 今泉真之, 浜田浩正, 藤崎修, 竹内睦雄, 小前隆美(1991): 大規模破碎帯の放射能異常と地質構造の関係について, 農業土木学会大開講演会講演要旨集 Vol.1991, pp.516-517,
大規模構造帯でのラドンガス濃度, γ 線強度の分布を測定し, 放射能異常と地下構造との関係を明らかにするため, 阿寺断層を調査地域にし, 破碎帯を横断する測線で放射能探査と電気探査を実施。破碎帯で探査の指標となる放射能の分布, 放射能異常と地質構造との関係を解明。
- 岩崎智治 (1990): 電気探査による地下水排除工の効果判定, 地すべり学会関西支部シンポジウム”地すべり対策工の効果判定”講演集 pp.88-93,
集水井施工前後で実施した電気探査結果を比較, 集水井の地下水排除効果を判定。
- 菅野 強(1991): 立体電極配列法電気探査の基礎概念支援要素とその研究開発アクティビティ, 物理探査, Vol.44, No.1 pp.27-40,
坑井間や地表-坑井間の地下電極を利用する立体電極配列法電気探査について歴史的展望や現状の課題をふまえて概観をし, 一つの講座。
- 菅野 強 (1992): 差動感度分布法電気探査による地下内部構造の比抵抗画像に関する研究, 材料 Vol.41, No.463 pp.437-443,
新しい研究開発活動について触れ, 新しい差動感度分布法の基礎概念とその意義について詳述。従来の比抵抗トモグラフィ画像化の新しい解決法として, 革新的な方式「差動感度分布法」の応用開発研究とその検証を行った。
- 菅野強, 佐々宏一 (1988): 孔間および地表孔間比抵抗探査モデリング, 物理探査 Vol.41, No.1 pp.1-17,

2次元構造・3次元点電流源方式の有限要素法アルゴリズムの妥当性を検討，孔間と地表孔間比抵抗探査モデリングの基礎的な例を報告。探査対象，ノイズ構造，複合構造，ノイズと応答の正規化処理および順・逆感度の変化等を考察し将来のトモグラフィー手法の1つとして検討。

菅野強，佐々宏一(1990)：計算機による比抵抗断面形成過程における立体電極配列効果の評価，材料，Vol.39, No.439 pp.449-455，
電極を立体配列する新しい測定を概説。探査対象物の応答特性を立体配列疑似断面法と感度分布法で示した。つぎに計算機による断面形成の課程で用いられる立体電極配列の選定法について断面形成課程に現れる配列効果を考察。この基礎的検討が，トモグラフィー処理過程の支援要素を提供。

河合綱昌，中屋賀雄，青木亘：新しい電気探査法（比抵抗映像法）による大阪線新玉手山トンネル地質調査について，近畿日本鉄道技術研究所報 Vol.23, pp.133-142，
近鉄大阪国分～関屋間曲線改良工事で施工する標記トンネルの地質調査に，電気探査法の一つで近年開発された比抵抗映像法を適用し地山評価を試行。その調査結果とトンネル掘削結果を対比し，比抵抗映像法の地質調査への有用性を把握。

木下哲生，小里隆孝，金子誓(1990)：人工電磁波を用いる電磁探査法の断層調査への適用性，土質工学シンポジウム発表論文集 No. Atarashii Chosa, Keisoku, pp.113-118，
人工的に周波数の知れた電磁波を発射させて信号源とし，地下の比抵抗構造を推定するCSAMT法の原理と探査方法の紹介。断層調査の中から2つの事例を選びその適用性を示した。一つは断層位置や地質構造が露頭調査で明白な兵庫県の野田尾近傍断層，他は断層の存在が推定されているが位置や走向が不明な富山県の極楽坂山山麓である。

北原良哉(1989)：電磁波による地盤調査，日本産業技術振興協会技術資料 No.189 pp.7-22，
電磁探査法を理解することを目的として，同法の歴史的展開，各種物理探査法の中での位置づけを明確にした。各種物理探査手法，電磁探査法の概要とその特徴，電磁波反射法による探査実験，地下空間開発で期待し得る電磁波探査の役割等を整理。

黒崎信夫，谷口敬一郎，楠見晴重；中村真(1991)：電気探査の浸透流解析への適用性に関する2，3の考察，土木学会第46回年次学術講演会講演概要集 第3部 pp.864-865，
地下水流動状況の把握に，電気比抵抗探査法の適用が有効性。①垂直探査の比較的浅い部分では，降雨による地下水位の上昇が比抵抗値の減少で把握できる。②水平探査では雨水の浸透で比抵抗値が全体に低下。

楠見晴重，谷口敬一郎，中村 真(1993)：ダイポール・ダイポール電気探査法による岩盤斜面内の地下水挙動計測，土木学会第48回年次学術講演会概要集，pp.1112-1113。

楠見晴重，中村 真，西田一(1997)：連続計測による岩盤斜面の不連続帯部における見かけ比抵抗と降雨との関係，応用地質，Vol.38, No.2 pp.74-82，

Kusumi H., Taniguchi K. & Nakamura M. (1993) : Monitoring of goundwater behaviour in

a rock slope by Dipole-Dipole electric resistivity technique, Proceedings of ISRM Symposium on Safety and Environmental Issues in Rock Engineering, Eurock '93, pp.331~336. ダイポール法で連続計測を行い、降雨に伴う岩盤斜面内の地下水挙動と比抵抗変化との関係について検討。この結果、地層境界、亀裂発達箇所および断層部分では、降雨時に比抵抗が顕著に下がる。このような地点の降雨に伴う比抵抗変化の割合は、1回の総降雨量と密接に関係がある。

前田伊典, 荒瀬義則(1990): 比抵抗映像法の地すべり調査への適用例, 土質工学研究発表会講演集 Vol.25, No.2-1 pp.207-208,

電気探査の比抵抗映像法はその解析方法の特徴から、地すべりの地盤構造を二次元断面として視覚的に把握できる。岩盤地すべりと崩積土地すべりに適用した事例を紹介。

松久房夫, 山際裕信(1988): 推進工事における地盤変化の探査方法 地下レーダー探査および電気探査を用いて, 土木技術 Vol.43, No.9 pp.75-80,

推進工事の施工前・施工後に地下レーダ探査および電気探査を行い、そのデータを比較。顕著なゆるみや空洞等の地盤変化を調査・検討した事例を紹介。

松井保, 河合綱昌, 中屋賀雄, 山本茂章, 吉田耕作(1990): 山岳トンネル地質調査への新しい電気探査法の適用とその有用性, 土質工学会シンポジウム発表論文集 Atarashii Chosa, Keisoku, pp.125-130,

生駒山系南端部の鉄道トンネル調査に従来の調査に加え、新しい電気探査法(比抵抗映像法)を適用。得られた比抵抗分布と従来の調査手法の結果との適合性を検討し、断層・破碎帯の方向性、地下水や風化帯の分布状況の把握を試みた。

松井保, 中川要之助, 橋本正, 上出定幸, 石橋弘道(1992): 高密度電気探査法による破碎帯の分布把握と地下水解析への適用, 土質工学会シンポジウム発表論文集 Hasaitai no Kogakuteki. pp.81-88,

弾性波探査と高密度電気探査を実施し、比抵抗の分布状態によって断層破碎帯の位置や性状を把握。また、ボーリングなどによる詳細調査を実施。その結果、各断層破碎帯を確認し、比抵抗と水理定数の関係を検出。断層破碎帯とその周辺でのトンネル掘削による水位低下、湧水量も推定。

松井保, 中川要之助, 早川克典, 丸岡耕平, 村井行雄, 上出定幸, 前川聡(1990): 新しい電気探査法のトンネル調査への適用性(その2)弾性波探査と比抵抗映像法との比較, 土質工学研究発表講演集, Vol.25, No.2-1 pp.221-224,

トンネル計画上で弾性波と電気探査(比抵抗映像法)を実施して地下の弾性波構造と比抵抗構造を把握。結果を比較検討してトンネル調査への適用性を検討。比抵抗映像法は、地山状況の大局的把握に適し、施工上問題となるカタクラサイト類・変質岩及び断層破碎帯の分布や性状の把握に有効。

松井保, 中川要之助, 村井行雄, 高橋豊, 上出定幸, 中西博次(1990): 新しい電気探査法のトンネル調査への適用性(その1)比抵抗トモグラフィ, 比抵抗映像法, 土質工学研究発表会講

演集 Vol.25, No.2-1 pp.217-210,

比抵抗トモグラフィ、比抵抗映像法で地下の比抵抗構造を詳細に探査して調査地の地下構造の推定、地下水流動層を把握、トンネル調査への適用性を検討。比抵抗断面図は、電気検層および試錐孔芯の比抵抗測定結果と良く一致。試錐結果と対比すれば詳細なゾーニングが可能。

水浜伸也, 渡会幸輔(1990) : シラス大地の地下空洞探査のための、ポールダイポール法の適用について、地質と調査, No.1 pp.75-80,

シラス台地の空洞探査にポールダイポール法を適用。ボーリング結果と比較した結果、空洞探査に有効であった。

茂木 透, 本郷克己, 佐々宏一(1986) : 細粒土の電気的特性, 物理探査, Vol.39, No.2 pp.17-27,

長瀬みち夫 (1990) : 最近の地下水調査法(1)地表面からの地下水探査, 地下水技術 Vol.32, No.4 pp.1-13,

地下構造を画像化する「比抵抗映像法」と調査孔の中で地下水の微小な動きを直接観察できる「フロービジョン」を紹介。「浸透破壊現象とその問題点」をさらに水の存在や湧出そのものにより止水機能が発揮される「新素材による止水材料」を紹介。

中村幾雄, 角谷孝義, 加藤清策 : 境川発電所水圧管路斜坑の MT 探査と全断面切り下がり工法について、電力土木, No.239 pp.35-42,

境川発電所は最大出力 24,000 kW のダム水路式で、水圧管路斜坑 (延長 253.6 m) の地質が悪く、多量の湧水を伴う破碎帯を通過することが電磁探査により判明した。安全性の確保を図るため、斜坑の大部分に全断面切り下がり工法を採用して無事掘削を完了。

中村真, 谷口敬一郎, 楠見晴重(1992) : 電気探査による降雨に伴う地下水挙動の現地計測, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第3部 Vol.47, pp.1158-1159,

降雨に伴う斜面内の地下水挙動についてダイポール法を用いて降雨時から降雨後にかけて適当な間隔で計測を行い、斜面内の比抵抗変化を調べた。計測結果から斜面内の比抵抗変化は地表面からの浸透よりも斜面上部からの浸透水による影響が大きいこと、などを明らかにした。

岡本敬一(1980) : 誘電率探査法(その1) - 地下水調査に対する有効性について, 物理探査, Vol.33, No.6 pp.19-30,

比誘電率探査法は、水分子の比誘電率が乾燥した岩石や空気に比べ数10倍も大きいことに着目。大地の比誘電率 ϵ_r を測定し、地下水の含水状態の多寡を探知する探査法。地下水探査の1手法として有効。

岡本敬一, 玉城逸夫 (1980) : 誘電率探査法 (その2) - 江島地すべり地における現場実験, 物理探査 Vol.33, No.6 pp.52-58,

地すべり地で比誘電率探査法の地下水調査に対する有効性を実地検証。

大友秀夫 (1991) : ジオトモグラフィ、土と基礎, Vol.39, No.1 pp.109-111,

ジオトモグラフィは地盤にボーリング孔や横坑を掘削し、さらに地表なども利用して対象地

盤を取囲み、投影データを得てコンピュータ処理により地盤の断面映像を再構成する手段であり、本報文では、本手法の原理と利用・適用性について概説。

坂下晋, 島裕雅, 吉田暁史 (1990): 電気探査 (比抵抗映像法) の土木調査への適用, 土質シンポジウム発表論文集 No. Atarashi Chosa, Keisoku, pp.223-238,

比抵抗映像法は従来の垂直探査, 水平探査の概念にとらわれず, 効率的に得た多くの測定データを自動解析することで精度良い解が得られる。本手法の測定, 解析法の概要を記述。

佐々木裕 (1981): 比抵抗垂直探査における二次元構造の自動解析 (I), 物理探査, Vol.34. No.5 pp.15-24,

佐々木裕 (1989): 電気・電磁探査を用いたジオトモグラフィ, 資材と素材, pp.5-8,

地表電極配置の中でダイポール・ダイポール配置と2極法配置を比較した。その結果, ダイポール・ダイポール方式による探査が分解能の良い比抵抗イメージが得られた。比抵抗法を用いた場合の平滑化制約と地質の影響やCSAMT法トモグラフィの精度と分解能をも検討した。

佐藤好史, 利岡徹馬, 島裕雅, 斎藤秀樹 (1990): ジオトモグラフィ技術の土木調査への利用, 地下空間利用シンポジウム, Vol.1990, pp.97-102,

3種類のジオトモグラフィ技術を土木調査へ適用。①岩盤掘削によるゆるみ検出 (弾性波トモグラフィ), ②割れ目岩盤中の塩水注入範囲抽出 (比抵抗トモグラフィ), ③成層構造の土質地盤での適用例 (電磁波トモグラフィ), ④弾性波・比抵抗両トモグラフィの併用事例を報告。

芝本真尚, 西野治彦, 湯田友夫, 野口康二 (1991): トンネルにおける比抵抗トモグラフィ原位置試験, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第3部, Vol.46, pp.680-681,

比抵抗トモグラフィの原位置試験の特徴は, 地表部の他にボアホール等を利用して多数のデータを収集, それらの逆解析から比抵抗分布を求める点にある。探査領域と試錐孔位置, 解析フロー及び手順等の試験方法を述べ, 解析の結果ノルマ検層やボアホールテレビによる検証結果とよく一致。

島裕雅 (1989): 比抵抗トモグラフィの基礎と応用, 物理探査, Vol.42, No.6 pp.442-457,

比抵抗トモグラフィの概要を他の同技法と比較解説。投影データとしての電位分布と感度分布から適用の可能性を検討。測定・解析および数値実験によるモデル計算から能力評価, ダムサイトでの地質調査と高温岩体開発での貯留層把握への応用例により他の調査結果と比較評価。

篠原茂, 蛭子清二, 萩森健治, 寺田道直 (1991): トンネル切羽前方予知へのジオトモグラフィの適用性, 岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 Vol.23, pp.6-10,

本手法の適用性を検討するためにトンネル側壁を掘削切羽に想定し, 水平ボーリングを行い, 側壁から奥の約400 m³の岩盤の弾性波速度分布を調査。その結果をふまえて切羽前方の地質予知の考え方を検討。

鈴木浩一, 楠建一郎, 藤光康宏, 大山隆弘, 曾根賢治 (1990): 高密度電気探査法における2次元自動解析法の適用 第四紀層に覆われた断層の探査, 電力中央研究所我孫子研究所研究報告,

No.90032 p.38,

岩手県川舟断層のトレンチ調査予定地で高密度電気探査を実施し、2次元自動解析で比抵抗断面図を求めた。トレンチ掘削後、法面での比抵抗を測定し両者を照合した。礫層を高比抵抗層として明瞭に把握、川舟地点では断層の位置を境に両側の高比抵抗層の上面深度に2mのずれを認めた。

竹内篤雄(1970)：破碎帯型地すべり地における電気探査の有意性について、京都大学防災研究所年報, No.13 A pp.478-498,

高知県長者地および和田すべり地で実施した電気探査比抵抗法の結果を各種調査結果と対比して、破碎帯型地すべり地における電気探査の有効性を説いている。

竹内篤雄(1970)：電気探査より見た高知県下の破碎帯型地すべり地について、地すべり, Vol.7, No.2 pp.19-30,

高知県下で実施した数多くの地すべり地における電気探査結果に基づいて、各種地質状況と比抵抗値とを対比し、それぞれの地質による比抵抗値の違いを述べている。

竹内睦雄, 長江亮二(1990)：電気探査による地下水流動モニター法の研究, 応用地質 Vol.31 No.1 pp.12-18,

比抵抗法の高効率を図り、比抵抗モニター法の開発を行い、基礎および野外実験により現場への適用性を検討。その結果、トレーサーの流動経路、流速およびその広がり の推定に有効で、間接的トレーサー法の一つに位置づけられた。

竹内睦雄, 中山康, 小前隆美, 浜田浩正(1990)：旧河道調査における電気探査法の適用性について、農業土木学会大会講演会講演要旨集, pp.396-397,

詳細な地下構造を解明するのに電気探査ダイポール・ダイポール法をとりあげ、旧河道調査への適用性を検討。その結果、実験地域に存在する旧河道は基盤の比抵抗値と比較して非常に高いために旧河道が明瞭に出現。本法の旧河道調査への有効性を示す。

湊元豪巳, 高田雄次(1988)：電気比抵抗探査による地下構造とボーリングコアの対比と帯水層第三紀層型地すべり, 舞鶴工業高等専門学校紀要, Vol.23, pp.109-113,

試錐調査の位置選定など調査の基本方針を立てる基礎資料として、電気探査の必要性を提言。新潟県内の地すべり地の試錐資料と電気探査による地下構造解析結果を比較検討。地下構造の形状を電気比抵抗探査で十分把握。

上野修昌, 水野佳純, 田中達吉(1992)：比抵抗映像法によるトンネル事前調査と掘削結果について、土木学会年次学術講演会講演概要集 第3部, Vol.47, pp.738-739,

トンネルの掘削前に既往調査の補足のため、比抵抗映像法による地山探査を実施した。この結果、地下水位や小規模断層の有無の推定が可能であることが確認できた。

山口真一・高田雄次・竹内篤雄・中川 鮮(1970)：電気探査による地すべり防止工事の効果判定について、京都大学防災研究所年報, No.13 A pp.463-477,

電気探査比抵抗法を地下水排除を目的とした地すべり防止工事の各施工段階において繰り返し

行い、地下水の排除効果を各施工段階で評価し、次段階における施工にその成果を反映させている。

吉村正義：最近の地盤調査技術 物理探査—地表からの新しい探査技術，基礎工

最近の物理探査技術は、コンピュータの高速化と低価格に伴い種々な改良発展がある。地震探査、電気探査・比抵抗映像法、地下レーダー、表面波による探査、重力探査、について概説。

吉住永三郎, 入江恒爾(1966) : アナログ計算機による I.P.法の標準曲線, 物理探査, Vol.19, No.4, 5 pp.3-15,

吉住永三郎, 石川浩次, 西 隆(1990) : 地盤改良砂杭の形状調査への「 ρ_a - ρ_u 探査法」の適用例, 土質工学研究発表会講演集 Vol.25, No.2-1 pp.187-188,

サンドドレーン工法により打設された砂杭の形状と連続性調査に ρ_a - ρ_u 探査法を適用。事前に砂杭と粘土の比抵抗値を確認し、同種の試料を用いてモデル実験を実施。次に、現地で測定・解析を行い、モデル実験結果を参考として砂杭の形状および連続性を検討した。

Archie, G.E. (1942) : The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics, Trans, AIME, Vol.146, pp.54-62,

Bruggeman, A.E. (1935) : Berechnung verschiedener physikalischer konstante von heterogenen substanzen, Ann. Phys, Lpz. Vol.24, pp.636-679,

Hanai, T. (1961) : Dielectric theory on the interfacial polarization for two phase mixtures, Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ., Vol 39, pp.341-367,

Takeuchi A. (1971 a) : Fractured Zone Type Landslide and Electrical Resistivity Survey-1-, Bulletin of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., Vol.21, Part 1, pp.75-98,

変成岩地帯の地すべり地における電気探査の有効性を記述。

Takeuchi A. (1971 b) : Fractured Zone Type Landslide and Electrical Resistivity Survey-2-, Bulletin of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., Vol.21, Part 2, pp.137-152,

変成岩地帯の地すべり地における電気探査結果の解釈の仕方を記述。

(自然電位法)

書籍：

電気学会・電食防止研究委員会編 (1982) : 新版電食・土壤腐蝕ハンドブック, コロナ社
金属と土壤の電位, 電気鉄道と漏れ電流・電位の実例あり, 参考になる。

北原文雄・渡辺昌編 (1972) : 界面電気現象—基礎・測定・応用—, 共立出版

固体と液体との界面の基礎理論と測定例であるが, 式は難しい。

静電気学会 (1981) : 静電気ハンドブック, オーム社

改訂版よりも、この旧版のほうが基礎的で、技術的で参考になる。

論文：

物理探鉱協会 (1959)：物理探鉱 10 周年特別号，自然電位，物理探鉱，Vol.11, No.4 pp.151-193，歴史，基礎的考察，基礎的事項，装置，現場調査法，解釈。

遠藤源助，柴藤喜平，百瀬寛人 (1961)：自然電位と地質鉱床との関係，物理探鉱，Vol.14, pp.19-30，電位は岩質とその状態で変化。岩石の新旧の境界で電位差。珪化作用，粘土化作用，黄鉄鉱の鉱染作用，漂白作用，鉱体の帽岩の透水性の大小等による電位の差。地質と電位とは必ずしも対応せず。

淵田隆門 (1961)：自然電位法特集号に寄せて，物理探鉱，Vol.14, p.1，自然電位の本質の解明の研究会。新しい静的電位分布模型の提唱，その実存の確かめの研究会。

長谷川淳 (1962)：地表電位の時間的変動の研究 (I, II)，物理探鉱，Vol.15, pp.146-159，SP 探査で地電流は無視できず。地表電位の時間的変動は 5 mV/km, 30 mV/km 以上が普通。300 mV/km から 1000 mV/km の場所もあり。この特異な地区では 25 cycle までの地電流が著しい方向性をもつ，17 cycle の孤立波，短周期の部分で群波的地電流が卓越 8 時間，1 時間周期の日本列島の電流線図作成。地表電位について天然，人工の要因の検討。電位の時間的変動の観測，ベクトルダイアグラム，地磁気との関係の検討。

長谷川淳 (1962)：地表電位の時間的変動の研究 (III)，物理探鉱，Vol.15, pp.207-222，地電流のスペクトル，ベクトルダイアグラム，地下浸透から地下構造も検討。

長谷川淳 (1962)：地表電位の時間的変動の研究 (IV, V)，物理探鉱，Vol.16, pp.49-63，日本列島の地電流系作成。地電流系の型，地電流系と局部異常，geology，地磁気短周期との関係。新しい地電流法による探査法の提唱。

賀来秀三 (1960)：SP 現象に対する考察 (I)，物理探鉱，Vol.13, pp.219-228，SP 電流の発生機構，拡散電位，膜電位，流動電位，電極電位酸化還元電位。以上の検討と鉱体の SP 現象の考察。

賀来秀三 (1960)：SP 現象に対する考察 (II)，物理探鉱，Vol.14, pp.55-63，鉱体の SP 現象。それ以外の SP 現象，表土の SP，多孔質珪岩の流動電位，岩石間の SP，鉱化帯の SP，岩石の風化による SP の考察。

伊藤一郎 (1948)：自然分極法の理論的研究 (II)，物理探鉱，Vol.2, pp.34-38，棒状の鉱体の上端に負の点電流源，下端に正の点電流源として，この分極作用による電位が垂直断層によってどのように擾乱されるか計算

伊藤一郎 (1950)：自然分極法に於ける媒質の異方性の影響に就いて，物理探鉱，Vol.3, pp.26-31，分極した棒状鉱体が比抵抗が異なる媒質，単一層の地表の電位曲線の計算

- 伊藤一郎 (1950) : 自然分極法に於ける媒質の異方性の影響に就いて(2), 物理探鉱, Vol.3, pp.13-15,
水平2層の地表の電位曲線の計算
- 伊藤芳朗, 斎藤輝夫, 南雲政博 (1977) : 銭川間欠泉に伴う流動電位 (I), 地熱, Vol.15, No.1 pp.19-27,
初めて, 野外で間欠泉の噴出, 停止の活動による熱水の流動によって発生する流動電位を明瞭に観測, 自然の流動電位の存在を実証.
- 伊藤芳朗, 斎藤輝夫, 関岡 満, 湯原浩三(1983) : 黒部高熱トンネル内における地電流の観測, 地熱誌, Vol.5, pp.39-54,
トンネル内部にも商用電流は透入, トンネル内の高温空気塊の移動により流動電位発生を確認.
- 伊藤芳朗, 斎藤輝夫, 市川 浩, 南雲政博, 川口英雄, 竹内篤雄(1984) : 地下水流速の新しい測定方法の試み—流動電位法—, 地下水学会誌, Vol.26, pp.77-96,
1孔井へ食塩を投入, 周りに電極を配置すれば, 食塩水塊の移動に伴う流動電位の時間的変化の観測から, 地下水の流動方向, 相対的流速, 流量の推定が可能.
- 伊藤芳朗, 柴田 東, 石井栄一, 田中康裕, 武石春生, 渡辺忠美 : 山梨県増富温泉の自然電位法並びに自然放射能探査による温泉流動経路の検出, 温泉科学誌, Vol.41, pp.126-141,
SP法の測定方法, 測定留意点, 異常の成因の考察. 温泉流動経路の検出. 温泉脈と γ 線異常との関係.
- 伊藤芳朗, 柴田 東, 石井栄一, 田中康裕, 斎藤輝夫, 南雲政博, 坂東和郎(1992) : 塩原温泉元湯の自然電位法による温泉流動経路の検出, 温泉科学誌, Vol.42, pp.150-162,
SP法の解析の手順の詳細, 温泉水流脈の相対的規模(幅 \times 流速)の仮算定, 間欠泉の噴出, 停止によるSP分布変化温泉流動経路の検出.
- 伊藤芳朗, 南雲政博 (1992) : 降雨, 地下水変動による土地電位の挙動, 地すべり, Vol.29, No.2 pp.20-27,
降雨により中間流が発生すると, 6 mV/mm(降雨量)程度の電位変化. 地下水上昇で0.7 mV/cm(水位)程度の変動. 降雨後の地下水流動, 水位の上下変動に伴う土地電位の時間的変化により, 地下水の挙動, 流速判定.
- 伊藤芳朗, 南雲政博(1992) : 地すべり地の斜面傾動に伴う土地電位の挙動, 地すべり, Vol.29, No.3 pp.27-34,
地下水流脈の通路の2回の内部陥没を土地電位の急激な変動より判定, それを水脈上の2ヶ所の水位孔での水位変動と斜面傾動の連続観測の結果が支持. また, 地震の前兆としての明瞭な電位変化を検出.
- 神代健夫, 陶山淳治, 長谷川淳 (1961) : 自然電位測定上の問題, 物理探鉱, Vol.14, pp.43-47,
表層の不規則性による寄生電位の進入は不可避. 既知鉱床上の負異常値は(-)20(-)80 mV,

負異常の短径は 40 m 以下が多い。故にこの径の半分程度に測点間隔を設定、移動平均法が有効。接地抵抗の誤差を避けるには、測定器のインピーダンス 3 M Ω 以上を使用。地電流の影響は無視できず。変動の方向は場所で特定の方向をとる。

九里尚一 (1961) : 自然電位理論の変遷, 物理探鉱, Vol.14, pp.2-8,

英人 Fox による 1830 年来の SP 理論の変遷。鉱体と電位の関係の観点での理論。Redox 電位。空気差電池説。水素イオン濃度差。濃淡電池。日変化。地熱と SP。電気化学的二重説。腐蝕電流。空中電位。流動電位。各種電位の説明。参考文献各国多数。

牧野直文 (1961) : 自然電位の立体分布について, 物理探鉱, Vol.14, pp.9-18,

従来の自然電位法の主流の鉱体電池的の動的電位分布と平行して静的等電位分布 (皿型分布) も考慮した測定解釈必要あり。従来の測定では、鉱体を等電位線が取り巻く例が多く、鉱体電池式電位分布の例は非常に少ないといわれ、研究会でも鉱体電池式電位分布は不立証。静的電位分布もその発生機構が不確立。

南葉宗利 (1939) : 火山山腹の上向地電位に就いて, 地球物理, Vol.3, pp.129-141,

円錐丘での上向きの地電流確認, 上部で 140 mV/50 m の電位低下。土壤柱を傾け電位測定。水分少ないと下位が高電位, 水分過多だと下位が低電位 (流動電位説)

大橋収司, 小林 創, 松尾日出男, 室住正義 (1961) : 自然電位分布と表土, 物理探鉱, Vol.14, pp.31-42,

腐植土は電位高い。地形の高所に負電位あり, 主因は流動電位と考えられている。

岡部勝親, 佐藤光之助, 辻村洋太郎, 百瀬寛人 (1961) : 鉱山調査における自然電位法の役割, 物理探鉱, Vol.14, pp.48-53,

1958 年までは、鉱山物探が 50% 以上。SP 法採用当時のように、硫化鉱床に対し完全な適応性を示すとの考えは否定。日本 108 の鉱山で SP 法により鉱体位置の判明 45, 変質帯位置の判明 49, 地質構造・地質分布の判明 34, 不明 20。SP 異常直下の鉱体存在率約 1/3。地表付近の自然電位の発生機構の多様性も明らかにされた。

清野 武, 伊藤一郎 (1948) : 自然分極法の理論的研究 (I), 物理探鉱, Vol.1, pp.22-26, 分極した埋設球による地表電位のモデル計算

柴田 東, 伊藤芳朗, 南雲政博 (1988) : 自然電位法による地下埋設物の検出 (I), 関東学院大工学部研報, Vol.32, pp.127-134,

地下 1 m のヒューム管の地表での 5ヶ月毎 3 回の SP 測定での再現性良好, 土の管状の空洞の 0.5 m 上の地表面での SP は負の電位勾配, 雨水排水用の地中陶管上での SP は正の電位勾配, 埋設物の室内モデル実験。埋設物の SP 法により検出可能。表層がアスファルトの場合には困難。

自然電位法研究会 (1959) : 青森県大揚鉱山における自然電位法の実験, 物理探鉱, Vol.12, pp.107-117,

1949年と1957年に同一場所の測定, 同傾向を示す. 山の地表と坑道との電位立体分布は等電位面が殻を重ねた如き形状をしているとも考えられる.

自然電位法研究会 (1967): 宮城県細倉鉦山鹿の子地区における自然電位法の研究, 物理探鉦, Vol.10, pp.191-205,
鉦脈の上では著しい電位降下. 硫酸銅電極液と鉦体との化学作用による電位変化は短時間では影響少ない.

自然電位特集号 (1961): 物探・自然電位特集号, 物理探鉦, Vol.14, pp.1-53,
1950年代がSP法の研究の頂点. これより後は鉦山開発の衰退で, SP法の鉦脈探査の効用の限界の認識とともに研究は衰弱. 後1980年代にSP法は地すべり地の地下温泉, 地熱への適用に復活.

陶山淳治 (1956): 静岡県宇久須珪石鉦床における自然電位法についての実験, 物理探鉦, Vol.9, pp.158-168,
坑道での電位の再測での変動は, 時間的要因より位置的要素が大. 新鮮な岩は風化岩より電位低い. 坑道内電位と地表電位との相関は不明確. 地表面と切土内部の電位の比較での結論は出ず. 注水実験も実施.

(討論記事) (1958): 細倉鉦山に於ける自然電位法研究会現地研究の結果について, 物理探鉦, Vol.11, pp.48-57,
経時・日変化, 気象や表土の含水の変化の考慮. 短い電極間隔の測定テストの要. 比抵抗・電位関係不明確. 試錐孔内の電位測定から地下電位の型の解明. 鉦脈を拭いただけで200 mVも違う. 電極にBufferを挟んでも影響なし. 再現性は測定器による. レールの影響は床より高い点では影響なし.

Bogoslovsky V.A. and Ogilvy A.A. (1972): The Study of Streaming Potentials on Fissured Media Models, Geophys. Prosp., Vol.20, pp.109-117,
室内実験, 割れ目の間隔2~6 mmと広がると負電位はゼロに近づく, 圧力増加により負電位増大. 割れ目に砂を多く詰めると負電位減少, 粘土が多く詰まると負電位減少, いずれもゼロに向かう.

Bogoslovsky V.A. and Ogilvy A.A. (1973): Deformations of Natural Electric Fields near Drainage Structures, Geophys. Prosp., Vol.21, pp.716-723,
アースダムの水漏れをSP分布. 草原での揚水, 井戸付近は正電位, 溝は負電位. 水平の溝の排出口へ向かって電位は高くなる. 地すべり地の排水孔の出口は負電位.

Bogoslovsky V.A. and Ogilvy A.A. (1977): Geophysical Methods for the Investigation of Landslides, Geophysics, Vol.42, pp.562-571,
地すべり地のSPの等電位線分布 (2 mV 毎). 滑り土塊は負異常, 境界は等電位線で囲まれ, その最小勾配方向が地下水の流動方向. 地温と比抵抗の推定による解釈.

- Corwin R.F. (1975) : Offshore Use of the Self-Potential Method, *Geophys. Prosp.*, Vol.24, pp.79-90,
沖合水底の鉱床の探査に、銀-塩化銀電極(KCL 溶液)をボートで引き、電極間隔 36 m で測定。
ノイズは多いが、anomaly の理論的解析を行う。
- Corwin R.F. (1976) : Self-Potential Exploration for Geothermal Reservoirs, *Proc. 2 nd Symp. San Francisco*, pp 937-945,
地熱地帯。地電流 1040 sec. 100 m, 500 m, 1000 m などの間隔での SP。再現性測定。断層、
温泉は大きな負電位。等電位線分布の正電位の目玉異常は温泉の上昇を現す。
- Corwin R.F. and Hoover D.B. (1979) : The Self-Potential Method in Geothermal Exploration, *Geophysics*, Vol.44, pp.226-245,
thermoelectric による, electorokinetic による電位発生モデルの検討。炭鉱火災による地表
SP の測定。海拔高度とともに電位は低下。温泉地帯の SP。湖岸の温泉の沖をボートで水面を
電極を引いて測定, mV 以下の異常あり。断層測定での異常。
- Cull J.P. (1985) : Self Potential and Current Channelling, *Geophys. Prosp.* Vol. 33, pp.460-467,
SP の異常は地化学的な要因のみでなく、比抵抗の対照によって流脈から二次的電位差が生じ
るとして、4 ケースのモデル (Network Models) を検討。
- Dahlberg R.S (1945) : An investigation of natural earth currents, *Geophysics*, Vol.10, pp.494-506,
パイプラインをまたいで、地電位の位相が逆転。
- Ernstson K. and Scherer H.U. (1986) : Self-potential variations with time and their relation to hydrogeologic and meteorological parameter, *Geophysics*, Vol.51, pp.1967-1977.
SP 測定値から地形的成分、ノイズを差し引いた残 (SP) が地層の電位。地形効果もノイズも残
SP も時間変化あり。垂直 (孔) 電位も時間変化あり。植生根によるノイズ、地層の透水、不透
水による水の動きによる長波長の残 SP、宙水の漏れの地形的 SP 成分、地下水の浸透、蒸発の
垂直 SP 勾配の発生が、流動電位成因に寄与。
- Ito Y., Shibata A., Nagumo M., Takano H., Kumagai S., Asaka K., Yamabe Y., Igarashi T. and Takeuchi A. (1989) : Ground Electric Current and Landslide, *Proc. The Japan-China Symposium on Landslides and Debris Flows*, pp.35-38,
溪流、暗渠、地下水、構造物のクラック、鋼鉄製埋設物、擁壁、岩盤の割れ目、地下空洞など
の SP 法により検出可能。
- Modi H.J. and Furestenau D.W. : Streaming Potential Studies on Corundum in Aqueous Solution of Inorganic Electrolytes, *J. Phys. Chem.*, Vol.61, pp.640-643,
酸性の溶液は濃度を増すほどゼータ電位は正からゼロに近づく。アルカリ溶液は濃度を増すほど負の電位は次第にゼロに近づく。溶液は pH の値が増し 7 に近づくにつれてゼータ電位は低

下, pH 7 付近より正から負となり, その電位の絶対値は増す。このゼロとなる電位の点を等電位点という。

Murakami H., Mizutani H. and Nabetani S. : Self-Potential Anomalies Associated with an Active Fault, J. Geomaga. Geoelectr., Vol.36, pp.351-376,

秋田県の活断層を 20 m 50 m 電極間隔で測定。累積電位, 電位勾配での結果は不明瞭。一部ベクトル表示, モデル計算あり。

Ogilvy A.A., Ayed M.A., and Bogoslovsky V.A. (1969) : Geophysical Studies of Water Leakages from Reservoirs, Geophys. Prospect., Vol.17, pp.36-62,

室内実験, 流動電位は透水率に関係, 中砂, 60 darcy 程度で最大。NaCl の溶液は薄いほど $|V/\Delta P|$ が大, 濃度を増すと急激にゼロに。割れ目の流動電位は不明確。割れ目に砂, 粘土, 溶液等が介在した場合の検討。貯水池の水底の漏水の地点を水底の固定電極と移動電極間の電位で測定, その水の流速測定をサーミスタとヒータで測定。流速と水温と流動電位との profile は良く一致。ダムの水底でも測定, 有効。

Poldini E. (1938) : Geophysical Exploration by Spontaneous Polarization Methods, The Mining Magazine, Vol.59, 347-352,

ある深さに正負の 2 電荷による地表電位, 垂直に分極した埋設球の電位分布理論

Schiavone D. and Quar R. (1984) : Self-Potential prospecting in the Study of Water Movements, Geoexploration, Vol.22, pp.47-58,

50 m 電極間隔で 1 km 四方の地域を測定, 10 mV 間隔のコンターマップ作成。6 本の断面図作成。SP の異常モデルを水の垂直上昇, 井戸からの揚水, 水平の地層を流れる水平流の 3 種を考慮。

witte L.DE (1948) : A New Method of Interpretation of Self-Potential Field Data, Geophys, Vol.13, pp.600-608,

正負帯電分極球のモデルから, 野外の SP 異常の解釈とその手続き

第3部 1m深地温探査法に関する文献

書籍：

地下水ハンドブック編集委員会（1979 9）：地下水ハンドブック，建設産業調査会 pp.119-130，369-376，

地下水・地温の一般的な概要とそれを利用した地下水調査法について述べてある。

竹内篤雄（1983）：地すべり 地温測定による地下水調査法，吉井書店

地すべり活動に悪影響を及ぼす地下水の存在状態から説き起こして，水脈状に存在する地下水を把握する方法として温度を利用した流動地下水調査法を提起し，地すべり地での多くの実施例を掲載。

竹内篤雄（1996）：温度測定による流動地下水調査法，古今書院

山地地盤災害，地下水汚染，など地下水に関わる災害に悪影響を及ぼす地下水の存在状態を明らかにし，水脈状に存在する地下水を三次元的に把握する方法として，温度を利用した1m深地温測定調査法，温度検層法，流向流速計を提案し，これらを体系的に書いている。多くの分野の実施例を掲載。

山本荘毅（1983）：新版地下水調査法，古今書院 pp.340-367，

地温・地下水温について概括的な話が書かれている。

論文：

荒川 淳・東 晃（1951）：日本列島における地温分布について，科学，Vol.21，No.3 p.144.

地下1m深地温を各気象台で観測されている年平均気温とその場所の緯度とを用いて算出する式を提案。

上井兼文（1932）：地中温度に関する1，2の問題，気象集誌，第2輯 Vol.10，No.12 pp.703-713.

二つの土壌層が重なる場合あるいは測定値の一方が平面ではなく崖や丘の場合の地中温度の相違を理論的に解答。

東 修三（1952）：地中温度の観測から土壌の熱拡散率を算定する方法に対する2，3の注意，西京大学学術報告，No.12 pp.29-39，

浅層地温の周期変化を利用して，土壌の熱拡散率を求める方法を記述。

平田徳太郎（1931）：南北両傾斜面における比較観測成績，森林治水気象彙報，No.13 pp.209-240.

異なる方向に面する斜面における地中浅部の温度の相違を記述。

福富孝治（1951）：1m深の地中温度分布より温泉探査の可能性について（第1報），

北大地球物理学研究報告，No.1 pp.21-34，

1m深地温分布による温泉探査の可能性について実例を示しながら検討。

- 福富孝治(1961)：1 m 深地温についての2, 3の問題, 北大地球物理学研究報告, No.8 pp.45-53,
1 m 深地温の理論的な問題点を検討。
- 伊藤芳朗, 斉藤輝夫, 市川 浩, 南雲政博, 川口英雄, 竹内篤雄(1984)：地下水流速の新しい測定
方法の試みー流動電位法ー, 日本地下水学会誌, Vol.26, No.3 pp.77-96,
食塩水添加によって生じる流動電位の変化状況を経時的に測定し, 地下水の流動速度と流動方
向に関する情報を得るための新しい試み。
- 岸本良次郎 (1969)：松代地震により発生した地すべりと湧水, 地すべり, Vol.6, No.2 pp.1-9,
松代群発地震による地下水流の流れの変化が地すべりを発生させた。
- 岸本良次郎 (1972)：地すべり地の地下の水の動態(1), 日本地下水学会誌, Vol.14, No.1 pp.1-8,
地すべり地の地下水の動態を観測結果に基づいて記述。
- 松林正義, 望月巧一(1967)：茶臼山地すべり地上部の地下水調査について, 地すべり研究, 第11集,
pp.66-77,
茶臼山地すべり地で地下水の動態を水位観測を行うことによって解明。
- 野平悌二(1938)：地表面の熱抵抗を考慮した埋設管による地中温度の分布につて, 日本機械学会会
誌, Vol.41, pp.11-13,
埋設管の地中温度に及ぼす影響を地表面上の気体も考慮に入れて理論的に考察。
- 野満隆治, 山下馨 (1938)：別府市市内の地中温度分布と温泉脈, 地球物理, Vol.2, No.3
pp.233-259,
多数の試錐孔を利用して温度検層を実施し, 温泉脈の存在場所を推定。
- 野村四一, 牧野直文(1958)：地温探鉱の予備的実験結果について, 日本鉱業会誌, Vol.74, No.839
pp.271-276,
浅層地温測定による炭鉱のための予備調査で地況, サーミスタの精度等を検討。
- 大平成人, 岸本良次郎, 菅野勇新 (1966)：長野県地すべり対策調査報告 (-2-) 湯の入地区・郷露
地区ー, 農業土木試験場技報C, No.3,
降雨に伴う各試錐孔間の水位変化状況の突然変異について記述。
- 佐倉保夫(1977)：水温分布から地下水流速を推定する方法, 水温の研究, Vol.21, No.2 pp.2-14,
平野部・盆地部の試錐孔を利用した温度検層結果から深度別温度分布図を作成し, 地下水流速
推定法について記述。
- 須川 明 (1961)：各種熱源による1 m 深の地温分布 (その1), 北大地球物理学研究報告, No.8
pp.37-44,
簡単な温泉脈の湧出モデルを考え, その地下1 m 深地温に及ぼす影響を理論的に検討。

- 須川 明 (1962) : 各種熱源による 1 m 深の地温分布 (その 2), 北大地球物理学研究報告, No.9, pp.22-32,
温泉湧出管付近の 1 m 深地温に及ぼす影響について理論的に検討。
- 竹内篤雄 (1972) : 地すべり地における地温測定調査について(2), 地すべり, Vol.8, No.4 pp.29-37,
兵庫県御殿山地すべり地で 1 m 深地温測定を実施し, その再現性を示すと共に電気探査結果と対比して浅層高見掛け比抵抗分布域と低温部との一致性を検出。
- 竹内篤雄 (1973 a) : 地すべり地における地温測定調査について(4), 地すべり, Vol.9, No.3 pp.18-22,
1 m 深地温測定の測定値に関する各種の因子を検討。測温体挿入後読み取りまでの時間, 日変化のおよぶ深度, 地況の影響など。
- 竹内篤雄 (1973 b) : 地すべり地における地温測定調査について(5), 地すべり, Vol.9, No.4 pp.11-15,
1 m 深地温測定地への微地形の影響を検討。湧水点とその近傍での 1 m 深地温測定の長期間測定に基づいて水脈規模の変化について検討。
- 竹内篤雄 (1973 c) : 松之山地すべり地兎口上部地区における地下水調査に関する研究, 防災研究協会,
小さな試験地において, 同一季節に 1 m 深地温測定を実施し, その温度分布状況から同調査法の再現性を検討。
- 竹内篤雄 (1978) : 皆月地すべり地における 1 m 深地温測定による地下水流脈調査法について, 日本地下水学会会誌, Vol.20, No.2 pp.1-14,
石川県のと半島の西端にある地すべり地において, 1 m 深地温測定によって検出された水脈の実在性を地下水追跡調査によって検証。
- 竹内篤雄, 秋林 智 (1977) : 地下水流速の浅層地温に与える影響について, 応用地質, Vol.18, No.3 pp.43-49,
地下水流脈存在による浅層地温への影響の仕方をシミュレーション・モデルに基づいて理論的に検討し, 現地測定結果と対比。
- 竹内篤雄, 門川泰人, 窪田開拓 (1990) : ため池漏水箇所検出に対する地温測定調査の有効性について, 応用地質, Vol.31, No.2 pp.20-27,
ため池漏水調査で, 1 m 深地温測定と多点温度検層を組み合わせ実施した結果を地下水追跡調査などで検証して, その有効性を記述。
- 竹内篤雄, 河西 晃 (1994) : 1 m 深地温測定結果の新しい解析手法の試み, 第 33 回地すべり学会研究発表講演集, pp.157-160,
従来, 1 m 深地温測定の解析結果の表現法は 1 m 深地温測定分布図で行われていた。ここでは $\theta_{z=1} - y$ 図から水脈の頂部を計算し, その深度分布図を作成して水脈存在場所を定量的に表現。

竹内篤雄, 河西 晃, 加藤靖郎(1995): 1 m 深地温測定結果の新しい解析手法による地下水排除工の効果判定の有効性について, 第34回地すべり学会研究発表講演集, pp.287-290,
 $\theta_{z=1} - \gamma$ 図から地下水流脈の天頂存在深度を求め, その分布状況から過去に実施された地下水排除工の効果を判定.

竹内篤雄, 永野正展, 中村和弘(1981): 冬期における破碎帯型地すべり地での1 m 深地温測定調査結果について, 地すべり, Vol.18, No.1 pp.33-41,
冬期に変成岩地帯の地すべり地で1 m 深地温測定を実施し, その結果を電気探査の結果と対比. 既存の地下水排除工の施工位置と温度異常部との関係を記述.

竹内篤雄, 内藤光雄(1992): 地すべり(II)地下水排除工の効果判定の方法とその実例, 地下水学会誌, Vol.34, No.1 pp.13-30,
地すべり地における地下水排除工の施工効果判定法について, 電気探査比抵抗法, 地温測定調査法などを実施して, その方法について述べている.

竹内篤雄, 二宮寿男, 中村和弘, 上野郁夫(1984): 地温測定による地下水排除工の効果判定の可能性について, 地すべり, Vol.20 No.4 pp.22-27,
変成岩地帯の地すべり地で, 1 m 深地温測定結果に基づいて地下水排除工を施工し, 翌年同一季節に再度1 m 深地温測定を実施し, 両者の地温分布の変化状況から工事の効果判定を行なう.

竹内篤雄, 島 通保(1974): 宮神地すべり地について (I), 京都大学防災研究所年報, No.17 B pp.265-277,
宮神地すべり地で電気探査比抵抗法と1 m 深地温測定を実施し, 両者の組み合わせによって基岩の谷部と水脈が一致性を検出. そこに地下水排除工を実施.

竹内篤雄, 島 通保(1976): 地況の地表面日射量および地温に与える影響について, 京都大学防災研究所年報, No.19 B-1 pp.351-370,
地表面の植生が1 m 深地温測定にどのような形で影響を与えているのかを実測した結果について検討. その結果, 地表面に到達する太陽日射量の多寡と地下浅層の土壌構造の相違が大きな影響を及ぼすことが解明.

竹内篤雄, 島 通保(1976): 1 m 深地温分布の再現性と地下水流脈探査結果の検証例, 物理探査, Vol.29, No.6 pp.11-18,
小面積の試験地で1 m 深地温測定調査を実施し, その結果検出された水脈の実在性を地下水追跡, 地下水検層および温度検層によって検証.

竹内篤雄, 島 通保(1978): 宮神地すべり地における1 m 深地温測定調査結果に基づく排水工事とその効果について, 地すべり, Vol.15, No.1 pp.17-22,
電気探査比抵抗法と1 m 深地温測定の調査結果に基づいて実施された地下水排除工の効果を多数の水位観測結果に基づいて記述.

- 竹内篤雄, 島 通保(1979): 兵庫県丸味地すべり地における1m深地温測定結果について, 地すべり, Vol.16, No.1 pp.39-46,
表題の地すべり地で1m深地温測定を実施し, その結果検出された水脈の規模を推定すると共に, 試錐孔を利用した温度検層によってその実在性を検証。
- 竹内篤雄, 遠山茂行, 霜田 勤(1988): 地下水集水量からみた水脈の実存性, 第27回地すべり学会研究発表講演要旨集, pp.96-99.
横穴排水試錐孔の排水量から, 地下水流脈を形成する地層の透水係数を推定し, 水脈外の透水係数と比較。前者の透水性が後者よりも1~2桁大きいことを提示。
- 竹内篤雄, 遠山茂行(1990): 地すべり土塊内の「水ミチ」の透水性について, 第28回地すべり学会研究発表講演集, pp.148-151,
水脈内の透水係数を推定する場合, 横穴排水試錐孔のストレーナーの有効長が推定値に大きな影響を及ぼす。そこで, 孔内で温度検層を行ない地下水流入区間を推定し, その値に基づいて透水係数を算定して水脈外のそれを比較検討した。
- 玉手三稜寿(1925): 林内外ニ於ケル地中温度ノ比較, 森林治水気象彙報, No.7 pp.120-146,
林地内外における浅層地温の違いについて観測結果に基づいて記述。
- 上原勝樹(1958): 傾斜の角度と地中温度に関する研究, 鳥農学報, Vol.11, No.4 pp.262-269,
北斜面で種々の傾斜角を持つ耕地で浅層地温が傾斜角の違いでどのような影響を受けるか実験的に検討。
- 上原勝樹(1961): 傾斜地開発利用に関する物理気象的研究, 香川大学農学部紀要, No.7 pp.1-113,
傾斜地で種々の微気象的な研究を行っている。斜面の傾斜方向および傾斜角度と日射量の関係およびその地温に及ぼす影響など。
- 浦上晃一(1968): 1m深地温分布から地中の温度分布を推定する一方法について, 北大地球物理学研究報告, No.20 pp.1-13,
北海道の川湯温泉における調査に基づき, 1m深地温分布から任意の深度の温度分布を推定する方法を提示。
- 浦上晃一(1970 a): 定常な地中の温度分布, 北大地球物理学研究報告, No.23 pp.1-8,
地表面が単純でない形をしている場合の地温分布を等角写像を用いて解いている。
- 浦上晃一(1970 b): 定常な地中の温度分布(その2), 北大地球物理学研究報告, No.24 pp.1-4,
地表面の放熱係数を部分的に変化させて, 地中温度分布に及ぼす効果を検討。
- 八楯利助(1930): 三種の土壤の地表及び地中温度に就いて, 海と空, Vol.10, No.4 pp.59-77,
地表面を白, 黒, 標準色の三色に分類, 浅層地温の相違を実験的に検討。

- 八鍬利助 (1937) : 土壤の水分含量と地中温度, 農業及園芸, Vol.12, No.12 pp.69-75,
土壤水分の多寡が浅層地温に大きな影響を及ぼすことを記述.
- 八鍬利助 (1943) : 地温に関する研究, 北海道気象要報, Vol.2, No.2 pp.42-106,
地況および日射量が浅層地温に大きな影響を及ぼすことを記述.
- 山口真一, 高田雄次, 竹内篤雄(1969) : 串林地すべり地について, 京都大学防災研究所年報, 第12号B pp.25-45,
地すべり地形の上部に盛土を行ったことにより発生した地すべり地で1 m 深地温測定を実施し, 効果的に地下水排除工を施工した例を記述.
- 山口真一, 高田雄次, 竹内篤雄, 那倉明通(1966) : 神影地すべりの特性, 京都大学防災研究所年報, No. 9 pp.359-374,
兵庫県神影地すべり地における地下水調査の一手法として1 m 深地温測定調査および地下水追跡調査を実施して例を記述.
- 山口真一, 高田雄次, 竹内篤雄(1969) : 清水谷地区破碎帯の平面的分布について, 亀の瀬地すべり調査報告書(その3), pp.151-159,
亀の瀬地すべり地清水谷地区で, 1 m 深地温測定, 弾性波探査, および電気探査を実施した結果, 両探査によって検出された破碎帯の山側に沿った形で水脈が存在することを1 m 深地温測定で解明.
- 山下孔二, 小柳正弥, 内藤ふみ, 朝倉啓爾(1978) : 山地斜面に於ける地温日変化につて, 地理学評論, Vol.51, No.3 pp.245-254,
傾斜地における浅層地温の日変化の仕方を記述.
- 和田温之 (1988) : 農業用溜池の維持管理, 地質と調査, Vol.1 pp.1-2,
農業用ため池の維持管理および漏水原因調査法を記述.
- 湯原浩三 (1955) : 地下1 m 深の地温分布から地下熱源を理論的に推定する一方法, 物理探査, Vol.8, No.1 pp.27-33,
1 m 深地温測定調査により得られた $\theta_{z=1} - y$ 図から地下の熱源の規模と存在深度を理論的に推定する方法を記述.
- 湯原浩三, 竹内篤雄, 北岡豪一, 牛島恵輔, 山本敏雄(1983) : 防府平野浅層地下水の流動システム, 日本地下水学会誌, Vol.25, No.1 pp.44-51,
山口県防府市の水道源である佐波川の伏流水調査について1 m 深地温測定, それに基づくシュミレーションモデルによる計算, その結果の実測値との対比などを行い, 佐波川を起源として防府平野の浅層地下水のシステムを解明.
- 依田和四郎 (1937) : 由布院温泉地帯の地温分布, 地球物理, Vol.1, No.1 pp.285-304,
大分県北由布村由布院温泉における1 m 深地温測定調査結果を記述.

- Angstrom (1925) : The Albedo of various surfaces of ground, Geogr. Annaler, Vol.7, pp.321, 各種地表面の状況における日射量の反射率を記述。
- Awbery J. H. (1929) : Heat Flow when the Boundary Condition is Newton's Law, Philosophical Magazine and Journal of Science, Vol.7, pp.1143-1153. 境界部で Newton の冷却の法則が働いている場合の熱の移流の仕方について理論的に記述。
- Cartwright K. (1974) : Tracing Shallow Groundwater Systems by Soil Temperatures, Water Resource Research, Vol.10, No.4 pp.847-855, 浅層地温測定による地下水流脈探査の可能性を記述。
- Kappelmeyer O. (1957) : The Use of Near Surface Temperature Measurements for Discovering Anomalies Due to Causes at Depth, Geophysical Prospecting, Vol.5, No.3 pp.239-258, 浅層地温測定による地下水の上昇個所の調査, 堤体漏水調査などを現地測定に基づき記述。
- Kimiagalam D. (1976) : Contribution a l'etude Geothermique de L'hydrogeologie des Glissements de terrain, These presente'e a l'universite Scientifique et Medicale de Grenoble. 1 m 深地温測定による地下水流脈調査法の可能性を示し, 電気的手法を用いたモデル実験による検証と現地測定例を掲載。
- Kodaira Y. (1932) : Underground Temperature on a Hill Top, Geophysical Magazine, Vol.5, pp.89-96, 小さな丘の頂部における地温の変化状況を理論的に解明。
- Kuhl W. (1907) : Der jährliche Gang der Bodentemperatur in verschiedenen Klimaten, Gerlands Beitrage zur Geophysik, pp.499-564, 世界各地の代表的な各種気候条件下における浅層地温の経年変動の仕方を, 地温年変化の資料を周波数分析して記述。
- Mackinney A.L. (1929) : Effects of forest litter on soil temperature and soil freezing in autumn and winter, Ecology, Vol.X, No.3 pp.312-321, 秋と冬における凍上に対する林の影響を記述。
- Moscicki W.J. (1987) : Temperature Anomalies over Underground Cavities, Geophysical Prosp. Vol.35, pp.393-423, 地下線部に存在する空洞の地温に及ぼす影響を理論的に計算し, モデルで実験。
- Oishi W. (1904) : Observations of the Earth temperature at Tokio, Bull. of Central Met. Obs. of Japan, No.1 pp.1 - 17, 0.05~7.0 m 深の地温測定結果を利用して, 温度拡散率を求めている。

- Okada T. and Takeda T. (1909) : On the Earth Temperature at Osaka, Bull. of Central Met. Obs. of Japan, No.2 pp.1-30,
大阪气象台における地温測定結果に基づいて、温度拡散率を求めている。
- Takada Y. (1965) : The geophysical Prospecting for Landslides-on the Kebiok a Landslide Mainly, Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., Vol.14, Part 2, pp.15-28,
地すべり調査における地球物理学的手法の有効性について検討。
- Takeuchi A. (1980) : Method of Investigating Groundwater-vein Streams by Measuring One-meter, Depth in Landslide Areas Part 1 日本地下水学会誌 Vol.22, No.2 pp.11-39,
1 m 深地温測定調査法の原理および理論、測定資料の解析方法を記述。
- Takeuchi A. (1981) : Method of Investigating Groundwater-vein Streams by Measuring One-meter, Depth in Landslide Areas Part 2 日本地下水学会誌, Vol.23, No.1 pp.1-27,
1 m 深地温測定調査の各種実施例を記述。
- Uhrich R. aus Burghausen a.d. Salzach (1894) : Untersuchungen uber die Warmekapazitat der Bodenkonstituenten, Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik, Vol.17, pp.1-31,
土壌構成鉱物の混合比の変化による熱容量の変化を詳細に計算。
- Wolly E. (1881) : Untersuchungen uber dem Einfluss der Farbe des Bodens auf dessen Erwärmung. Forschungen auf dem Gebiete der Agilkultun-Physik, Vol.4, pp.327-365,
各種地層・岩石（ローム、石灰岩、石英）における地温変化の相違を記述。
- Wolly E. (1881) : Untersuchungen uber den Einfluss des Wassers auf die Bonden temperature. Forschungen auf dem Gebiete der Agilkultun-Physik, Vol.4, pp.147-188,
異なった土壌（ローム、泥炭、砂）における浅層地温の差と水分の違いによる浅層地温の差を記述。
- Yakuwa R. (1932) : Uber die Boden temperature in den verschiden Bode narten, Geophysical Magazine, Vol.6, pp.179-187,
土壌の相違による温度拡散率の相違を温度変化の周波数分析に基づき記述。

第4部 自然放射能探査に関する文献

書籍：

落合敏郎 (1965)：放射能式地下水探査法，昭晃堂

1960年代の代表的テキスト。γ線から断層，割れ目を検出し，地下水脈の考察当時の計測方法解説。大部分はアイソトープの利用法と地下水の年代測定。

落合敏郎 (1992)：地下水温泉調査のための放射能探査法，リーベル出版

γ線検出器，γ線波高分析器と測定，カーボン，ヘリボンによる探査，解法，事例がある。山地，斜面，地すべり地帯の探査に対して大規模過ぎる。

論文：

物理探査技術協会 (1958)：放射能探査，物理探査十周年特別号，Vol.11, No.4 pp.289-318，
自然放射能の基礎的事項と1950年代の測定法の解説。入門によい。

相沢利之，堀内公子，中原廣弘道，村上悠紀雄 (1978)：αトラック法による土壤中（東京）のラドンの年間変動について，第15回理工学に於ける同位元素研究発表会，29 a-II-3。
東京都内の3地点における1年間のラドンの変化，夏季に最高16.0 Pit/= \cdot h

秋田藤夫，松波武雄，若濱洋，早川福利(1995)：北海道幌加温泉におけるγ線スペクトル調査，温泉科学，Vol.45, 277-289，
γ線トータル法を概査，スペクトル法を精査として使用。野外測定でのシンチレーションサーベイメータ(mR/h)とスペクトルにおけるトータルカウントと良い直線性あり。石灰華分布地域，温泉湧出域でγ線カウントは増大。

荒木春視(1987)：AERMSガンマ線調査—超低空からのリモートセンシング技術—，写真測量とリモートセンシング，Vol.26, No.3 pp.31-42，
空中からのγ線，岩質，断層の測定，火山，温泉，地すべり，崩壊の測定例，地表測定ほど明瞭ではない。

荒木春視，杉浦邦朗 (1993)：自然環境におけるラドンの起源と移動，物理探査，Vol.36, pp.196-206，
解説である。それに対して中井順二は問題点（物理探査，Vol.47, pp.145-146）を指摘。

初田甚一郎 (1949)：放射能探査に於けるラドン源の深さと強さの決定法，物理探査，Vol.2, No.1 pp.51-54，
地表のラドンの濃度と距離の曲線の，ピークの両翼における変曲点間の距離が近似的にラドン源の深さを与える。

初田甚一郎 (1949)：放射能探査について，物理探査，Vol.2, No.3 pp.1-5，
初期のラドン計の図解，ラドンにより六甲の断層検出，国内初。ラドンの水と空気との温度に

よる分配係数

- 飯島南海夫, 堀内公子, 村上悠紀雄 (1981): 松代温泉地域のラドンと断層について—オープン・バイアル法と CN トラック法の適用性について—, 温泉科学, Vol.32, pp.2-51,
液体シンチレーションカウンタとフィルム・トラック法の同時測定.
- 今泉真之, 小前隆美, 浜田浩正 (1992): γ 線スペクトロメトリーによる断層調査—長野県山口村の阿寺断層を例として—, 応用地質, Vol.33, pp.91-103,
スペクトル法の測定で, 断層に異常が見られる場合, 見られない場合, 断層の地下水のせき止め作用, 断層粘土の問題, ウランの移動堆積の機構の問題提起.
- 今泉真之, 竹内睦雄, 小前隆美 (1993): 長野県山口村の阿寺断層の土壤ガス中のラドン濃度と γ 線スペクトロメトリーの違いについて, 応用地質, Vol.34, pp.1-13,
ラドンガスの活性炭吸着法(ピコラッド検出器), γ 線スペクトル法による断層判定. 電探では地質的断層 2 本の他 3 本推定, ラドン濃度の最大ピークは推定断層上にみられた. ラドン濃度とスペクトルメトリーの Bi 214 の強度変化は一致しない.
- 伊藤芳朗, 柴田東, 石井栄一, 田中康裕, 武石春生, 渡辺忠美 (1991): 山梨県増富温泉の自然電位法並びに自然放射能探査による温泉流動経路の検出, 温泉科学誌, Vol.41, pp.126-141,
SP 法との併用探査, 放射能泉で自然計数の 60 倍の地点もあり, SP 法から決めた水みちの幅の両端で γ 線強度の極大 (2 山) を検出. 放射能物質の移動, 堆積の機構の考察.
- 伊藤芳朗, 山崎一也, 石井栄一, 柴田東, 田中康裕 (1989): 三浦半島の自然放射能分布, 関東学院大学工総研所報, No.12 pp.1-9,
簡易 GM カウンタの指向性, 測定時間, 地表面の影響, 経日変化, 三浦半島の主要道路に沿った計測から放射能強度分布の作成. 断層, 地質との関連.
- 加藤完, 永田松三, 伊藤吉助 (1980): α トラック法による活断層周辺のラドン濃度の変動測定, 地震, Vol.33, pp.289-301,
1 年以上の経時観測, 気圧, 降雨, 地震の同時観測. 再現性のテスト.
- 加藤完, 池田喜代治, 高橋誠, 永田松三, 柳原親孝, 伊藤吉助 (1981): α トラック法による伊豆半島の活断層調査, 地質調査所月報, Vol.32, pp.199-212,
10 の活断層, トラック数のピークは, 断層面が傾斜する場合はその上盤側に現れる傾向. 同一断層では, 表層堆積物の薄い所のほうが高い値を示す.
- 桂郁雄, 西村進, 貞広太郎, 見野和夫, 茂木透, 西田潤一 (1986): 宇治市黄檗断層の γ 線強度測定, 地震, Vol.39, pp.267-275,
 γ 線スペクトル法と γ 線トータル法との比較検討, Bi と K の果たす役割を検討.
- 木村重彦, 高野 彬, 五十嵐生男 (1990): 携帯用自然ガンマ線測定装置による割れ目の解析, 応用地質, Vol.31, pp.185-194,

装置はスペクトロメータで、 ^{214}Bi 、 ^{208}Tl 、 ^{40}K の比(三核比法)の解析原理の提示と野外の割れ目測定での解析例を提示。

木村重彦, 大平成人, 小前隆 (1975): 自然環境中のラドンによる水流動の研究 (I) - 原理・方法と新潟県中条町の天然ガス噴出機構の解析 -, 農土試報告, No.13 p.134.

流動地下水のラドン濃度と噴出天然ガスの高濃度のラドン分布, 経時変化の測定

古賀昭人 (1983): 地熱系ラドンの起源と行動, 大分県温泉研究会報告, No.34 pp.1-9,
ラドン計 (RD-200), 土壤空気中の $\text{Rn}+\text{Tn}$ と Rn/Tn と N.Z. の断層

小池克明, 大見美智人, 吉永徹 (1993): ラドン濃度特性と温泉の分布との関係に関する一考察, 物理探査, Vol.46, pp.36-48,
ラドン計 (RD-200), 温泉地区のトータルカウントの分布, リニアメントとトータルカウントと ^{222}Rn の壊変数.

見野和夫, 西村進 (1979): ラドン観測(1) - 予備観測 -, 京大防災研究所年報, No.22 B-1 pp.29-33,
電離箱, ラドン濃度は気圧と逆相関. ラドンの変化は 12 時, 24 時, 3, 4 日にピークをもつ.
原因は人為的でもなく, 季節的なものでもない.

日本分析センター: $\text{NaI}(\text{Tl})$ シンチレーションスペクトロメーター機器分析法, 日本分析センター,
校正方法, 補正法などを含めた解説.

貞広太郎, 見野和夫 (1980): 活断層における γ 線測定 (I), 地震, Vol.33, pp.51-70,
基礎的な考察. また発破による γ 線強度の減少, 回復の測定もあり.

下 道国, 山内常生, 松田秀晴, 宮島力雄 (1990): GM サーベイメーターによる地殻変動観測坑内
空気中のラドン濃度の測定, 地震, Vol.43, pp.111-120,
6 台の GM メータの長期比較測定, パソコンによる 1 年間以上の安定した連続測定, 通気式電
離箱によるラドン濃度との比較で, よい比例関係を得ている.

杉山隆二 (1985): 地質学的に温泉はどこにあるか? 特に, 奥津温泉について
温泉科学, Vol.35, pp.41-55,
断層, 割れ目があっても伏流水がある場合には, γ 線強度は小さい. 貯溜・停滞水では γ 線は
蓄積されて大きい.

玉城逸夫 (1990): 地すべり地での放探はなにを表わしているか, らんどすらいど No. 6 pp 1-8,
地すべり地で地下水探査を対象とした自然放射能探査の特徴を考察. 測定される γ 線強度は
BGN が大きく影響, 地下深部の状況より表層 (深度 1 m 程度) の空多寡によることなどが判
明.

遠山忠昭, 壇原毅, 里村幹夫 (1984): 活断層調査のための γ 線測定方法の再検討, 地震, Vol.37,
pp.539-547,

プローブの接地, 孔の深さ, 形, 日変化の検討.

山内常生, 下道国, 宮島力雄(1988): 横坑内におけるラドン濃度の変化—豊橋および菊川における観測—, 地震, Vol.41, pp.335-342,
ラドン濃度の年周変化, 降雨・気圧の短周期変化

Hatuda Z. (1953): Radon Content and its Change in Soil Air near the Ground Surface, Mem. Sci. Kyoto Univ., B, 20, pp.285-305,
ラドンの長期観測から地温, 気圧, 台風, 地震との関係. ラドンと地中の深さ. ラドンについての時間的変動の本格的な初めての測定.

Hatuda Z. and Nishimura S. (1956): Variation in Radioactivity across Igneous Contacts, Mem. Sci. Kyoto Univ., B, 23, pp.285-295,
異種岩石の接触面における放射能強度の差異の測定と岩石生成の考察

Hatuda Z. and Nishimura S. (1958): Variation in Radioactivity across Igneous Contacts, 2nd report, Mem. Sci. Kyoto Univ., B, 25, pp.115-123,
異種岩石の接触面における放射能強度の差異の測定と岩石生成の考察

Hatuda Z. and Nishimura S. (1961): Variation in Radioactivity across Igneous Contacts, 3rd report, Mem. Sci. Kyoto Univ., B, 28, pp.255-264,
異種岩石の接触面における放射能強度の差異の測定と岩石生成の考察

第6部 検層関係に関する文献

書籍：

竹内篤雄 (1983)：地すべり地温測定による地下水調査法，吉井書店

温度検層の原理および理論について述べ，通常の温度検層と横穴排水試験錐孔における温度検層ならびに示差温度検層の有効性を記述。

竹内篤雄 (1996)：温度測定による流動地下水調査法，古今書院

温度検層の原理，理論，実施方法について述べ，通常の温度検層，横穴試験錐孔における温度検層，示差温度検層ならびに多点温度検層について詳述。また温度を利用した単孔加熱型流向流速計についても記述。

物理探鉱技術協会 (1975)：試験錐孔を利用する物理探査法講習会テキスト

関東地質協会 (1996)：ボーリング孔を利用する原位試験についての「技術マニュアル」，pp.287-301，

論文：

井之上 章，竹内篤雄，内藤光雄，松浦健二(1979)：八木地すべり地の地下水調査について，第14回土質工学研究発表会講演要旨，pp.1057-1060，

地すべり地内に掘削された多数の試験錐孔で温度検層を実施し，その温度勾配から流動地下水が存在する場所としない場所の検討を実施。その結果に基づいて，横穴排水試験錐孔の設置場所を選定し，その有効性を検証。

片山宗法，上野将司，石田真一，福富幹男 (1977)：第三紀層砂岩分布域における地すべりの一例，第16回地すべり学会研究発表会

松本 司，藤山知之，竹内篤雄，谷垣和伸 (1986)：横ボーリングにおけるパッカー設置，第25回地すべり学会研究発表講演集，pp.230-233，

横穴排水試験錐孔の地下水排水効果を上げるために，温度検層結果に基づいて地下水逸水個所にパッカーを設置して地下水を効果的に排出させたことを記述。

大木靖衛，荻野喜作，広田 茂(1966)：温泉孔井の示差温度検層法，温泉工学会誌，Vol. 4, No.2 pp.73-82，

岩体の亀裂から流出している温泉脈を探查する方法として，岩体と温泉水との微妙な温度差を利用した示差温度検層の有効性について記述。

竹内篤雄 (1989 a)：横穴試験排水孔は十分に機能しているか？，らんどすらいど，No.5 pp.1-20，地すべり地の横穴排水試験錐孔は，掘削段階で地下水の流出を見ても保孔管挿入時点で殆ど地下水排除がなされていない場合が多いことに疑問を抱き，その原因を追究するために温度検層を実施。

- 竹内篤雄 (1989 b) : 多点温度検層器の開発とそれによる検層例, 地下水と井戸とポンプ, Vol.31, No.7 pp.1-9,
多点温度検層開発の経緯とその原理, 計器の概要と実施例を記述。
- 竹内篤雄, 内藤光雄, 甲斐淳一 (1990 a) : 多点温度検層器による地下水流動層の把握について- 1 -, 多点温度検層の必要性について, 第29回地すべり学会研究発表論文集, pp.202-205,
地すべり地に掘削されている試錐孔で多点温度検層の必要性を記述。孔内水位以浅の地下水流出箇所を検出など。
- 竹内篤雄, 内藤光雄, 甲斐淳一 (1990 b) : 多点温度検層器による地下水流動層の把握について- 2 -, 北但層群内の地すべり地における測定結果例, 第29回地すべり学会研究発表論文集, pp.205-209,
兵庫県北部の地すべり地帯での多点温度検層実施例を記述。
- 竹内篤雄, 内藤光雄, 甲斐淳一 (1992 a) : 地すべり地における多点温度検層の活用について- 1 -, 孔内水位が低い場合の地下水流動層の把握, 第31回地すべり学会研究発表論文集, pp.191-194,
調査用試錐孔において極端に孔内水位が低下した場合の地下水流出箇所を検出法として多点温度検層を実施し, その結果に基づき水位観測孔の掘削深度を決めた例を記述。その結果, 明瞭に降雨と対応する孔内水位が観測できた。
- 竹内篤雄, 内藤光雄, 甲斐淳一 (1992 b) : 地すべり地における多点温度検層の活用について- 2 -, 特に孔内水位が浅いボーリング孔について, 第31回地すべり学会研究発表論文集, pp.195-198,
孔内水位が極端に浅い場合, 多点温度検層を実施してもその水圧によって本来の流動層の検出は困難。これを改善する手法として, 孔内水を揚水しながら多点温度検層を実施する方法を記述。その結果, 自然状態では認められなかったすべり面付近に存在する流動層の検出に成功。
- 竹内篤雄, 上田敏雄 (1989) : 「多点温度検層器」による地下水流動層の把握とその適用例, 第34回土質工学シンポジウム, pp.325-332,
地下水流動層検出調査において, 従来の示差温度検層および温度検層の不足している点を上げ, これを改善する方法として多点温度検層を提案。その計器の概要と各種の地層・土層における実施例を記述。
- 竹内篤雄, 上田敏雄 (1986) : 示差温度検層による地下水流出箇所検出の試み, 第21回土質工学研究発表会講演要旨集, 2分冊の1, pp.81-82,
地下水の水平方向の流動状況を詳細に検討することを目的とし, 地下水温の微妙な温度差を検出する示差温度検層器を開発し, その有効性を記述。
- 竹内篤雄, 上田敏雄 (1987) : 示差温度検層による地下水流出箇所検出の試み(その2), 第22回土質工学研究発表会講演要旨集, 2分冊の1, pp.69-70,
示差温度検層器はセンサー降下速度により検出される地下水流動層に制約がある。孔内全体を

同時に測温できるセンサーの必要性を述べ、予備実験を紹介。

竹内篤雄, 上田敏雄 (1988) : 示差温度検層による地下水流出箇所検出の試み (その3), 第23回土質工学研究発表会講演要旨集, 2分冊の1, pp.133-134,
孔内温度をほぼ同時に測定する手法として, センサーを数珠繋ぎにした多点温度検層を制作し, 試験的な実験を実施。

竹内篤雄, 上田敏雄 (1989 a) : 多点温度検層器による地下水流出箇所検出の試み, 第24回土質工学研究発表会講演要旨集, 2分冊の1, pp.163-164,
試作された多点温度検層を各種の土層・地層に適用し, その効果的な実施方法, 特に孔内温度の攪拌方法について検討。

竹内篤雄, 上田敏雄 (1990) : 多点温度検層器による地下水流動層の定量的解釈, 第25回土質工学研究発表会, pp.201-202,
多点温度検層の結果から任意の深度における測定値を「温度復元率-時間曲線」に表現して, その深度における浸透速度を推定する方法を記述。

竹内篤雄, 上田敏雄 (1991) : 多点温度検層結果と諸地下水調査結果との対比, 第26回土質工学研究発表会, pp.191-192,
多点温度検層によって検出された流動層において「温度復元率-時間曲線」から浸透速度を推定し, それを他の手法で測定した流速と対比してその妥当性を検討。

竹内篤雄, 上田敏雄 (1992) : 多点温度検層から推定される地下水流動速度の評価, 第27回土質工学研究発表会, pp.191-192,
多点温度検層により推定した流速と CCD カメラにより推定した結果とを対比し, 短時間の測定で流速が推定できる多点温度検層の有効性を提示。

竹内篤雄 (1981) : 山地浅層地下水の水温と垂直温度勾配について, 水温の研究, 第25巻第1号, pp.27-42,
深度50mまでの山地地下水の垂直温度勾配について, 全国から集積した資料に基づいて記述。その結果, 流動地下水が存在する区間は温度勾配は $0 \sim 3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ で, それ以外では $5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 程度の温度勾配であることを提示。

竹内篤雄, 内藤光雄 (1986) : 横穴試錐排水孔における水平温度検層の意味について, 地すべり, Vol.23, No.2 pp.25-33,
横穴排水試錐孔の漏水箇所を検出法として温度検層を適用。その有効性を記述。対象とする試錐孔の土被りにあった平常地温を計算し, それと実測値とを対比し, 地下水湧出箇所および逸水箇所に関する情報を得る。

竹内篤雄, 西川 貢, 内藤光雄 (1980) : 冬期と夏期における1m深地温測定結果の対比例, 第15回土質工学研究発表会講演要旨, pp.101-104,
同一調査地で, 冬期と夏期の2回に1m深地温測定調査を実施し, その結果を対比し異なる季

節間での 1 m 深地温測定結果の再現性について検討。

Basham R.E. and Macune C.W. (1952) : The Delta-log a Differential Temperature Surevy-
ing Method, Petrolume Transactions, AIME, Vol.195, pp.123-128,
石油資源分野における示差温度検層の実施方法を記述。

あ と が き

研究会の討論，議論

研究会が定期的に関われ、各研究会委員の熱のこもった斜面調査に関する物理探査の現場事例について発表、紹介、話題の提供、それについての討論、特に現場からの観点による各種の物理探査の有効性に関する議論が交わされた。大学研究室、コンサルタントなどから、未発表、未公開の資料・データが豊富に提供された。まことに宝の山であった。倉庫に眠っていて、若しかするとそのまま朽ちてしまうかもしれない貴重な資料・データが、多くの人の目に触れるような手だてをしたいものと念願しながら研究会は続いた。

また、現場にて各種探査を実施している業界の最近の状況から、探査法に対する世間、社会からのニーズ、注文、ある種の流行現象も相互の話題から認識された。

この研究会は、学会的な研究会に多く見られるような、最先端の成果、外国の最新の研究の追試といった討論よりも、数多くの現場における探査の結果に対する疑問、問題点、工夫などの議論が中心として進行した。

物理探査の盛衰と進展

物理探査が研究から実用に供されるようになってから、適用部門が鉱山だったり、ダム、トンネルであったり、地すべり、地下水資源、地熱だったりした違いはあるにせよ、時には弾性波探査が主役になったり、電気探査が主役になったりしてきた。物理探査が斜面、山地に適用されるようになって、別の側面の問題も見えてきた。それに最近の活断層調査などは自然放射能探査が再び主役を務めている。山地の流動地下水の探査には、地温探査が首坐を占めようとしている。比誘電率法も自然電位法も後を追っかけている。特に、コンピュータの発達に伴い、高密度電気探査法のような多くの測定値を得て、地盤内の比抵抗分布を求める方法は、一時は大変なブームとなった感があった。

ある探査が主役を演じ、その主役が入れ代わるということは、その探査方法の原理的優位によるのではなく、探査対象に対する多数の事例によって、その探査の対象の解明に対する有効性と適用限界が認識されたからである。

ある探査が主役から下りても、再び主役に返り咲くことのあるのは、装置、解析方法の進展にもよったりするが、そのまま復帰するのではなく、その探査法内の物理的諸原理の重点の移行（例えば屈折法と反射法）、測定方法の重点の移行（例えばウェンナー法とエルトラン法）などを伴っているのが見られる。

そうして進展している現場での探査方法は、調査、工事計画に役立ったり、役に立たなかったり、無視されたり、軽くあしらわれたり、重宝されたりの評価を繰り返してきた。しかし、現場での探査による測定、解析、結論の過程で、多くの工夫と困難の克服が図られているが、その現場が終了すると共に探査結果は倉庫に入れられ、再び日の目を見ることはまず無いといえる。時には優れた工夫が、一研究室、一コンサルタントの内部だけに留まって、社会的な財産となっていない事例も多く見られる。何故ならば、技術的な工夫が、論文などに成文化されることは、通常は蛇足として論述されない場合が多い。まことに、もったいない事である。これを文章化し、人の目に触れるようにすることに、研究会は義務を感じるようになっていった。

初級技術者の手引き、中堅技術者の広い視野、指導者の助言

現場にて探査の仕事を、先輩技術者から教わりながら始める時期の初級技術者は、夢中の状態から、次第に習熟してくる時の喜びは、誰しも味わうものである。そうやってきた時期に、おずおずと先輩に疑問を出してくる。それは多くの場合フレッシュな疑問である。前任技術者は「そうだ、わしも若い頃に、同じ質問をしたことがあったな。あれは、その後どうしたかな。忙しい業務に紛れて忘れ去ってしまっていたなあ。それにしても今でもその問題、疑問は解消していない。」と心中では思いながら、つい「その問題は重要だと思うよ、君が挑戦してくれると良いんだが」と。新米技術者は感激し、奮い立つが、どこからその疑問を解き明かしたら良いのか、すぐ親しめる実務的書物はないものかと思案するが、手だてと指導が無いまま、次第に日常業務に埋没し、古参技術者と同じ道、腕は確かに良くなっていくが、新しい問題への好奇心は消えうせてゆく。

中堅技術者となって、探査の熟練を自覚するようになると、未経験の探査への関心も湧き、研究会でも、学会でも、他部門の研究者、技術者の動向に興味をもち、耳を傾けるが、「そうかな、しかし、まてよ」「どうもピンと来ないな」「面白いかも、今度の現場で新人教育も兼ねてやってみようか」「それにしても一夜漬けで分かるものは無いかな」「新人よ、この箇所を読んで現場へ行き給え」というような、手頃の本は無いものかという思いが、頭を通り過ぎる。しかし、難しい探査法の参考書ばかり浮かんで、新人に与えたい本が見当たらない困惑を感じる。

現場測定が済み、整理にかかる前のひととき、上級技術者が「いろいろと大変でしたね」とリー

ダの中堅技術者と若い技術者たちに声をかけて、雑談中に「うちの古い地震計の移動運搬で、元気のいい連中がクランプもしないで持ち歩くのが分かった時には、ヒヤヒヤしましたよ」「やったね、昔もあったよ。力自慢の若者が力一杯に電極鉄棒を打ち込んで、抜けなかったばかりか、結線のネジを壊したのを、汚いタオルで縛っておいたので、どの電極が通じないのか、山をよじ登ってしらべたね」「課長それはいわない事」。2人は同時に「やはり、本に出ていない、現場のノウハウを集めておき、若い技術者の目に触れさせたいね」。

野外の探査において、技術という体系に属さないノウハウを軽視してはいけないと共に、誰の目にも触れる本にしておくことが重要であることを研究会は痛感した。時代と共に変わる付加されるノウハウと不変なノウハウのあることも認識された。年配の技術者の自慢話としての昔話によるノウハウでは、これからの若い新鮮な技術者の尊敬は受けられないであろう。

謝 辞

多くのオリジナルと共に多数の文献を利用させていただいた。平易を旨とした本の故に、文献の多くは、本文中ではなく、文献集としてまとめてある。謝すると共に、お詫び申し上げる。

研究会の途上での大きな運営上の困難を乗り越えて、研究会の成果がここに結実することが出来たのを喜ぶと共に、発足からのメンバーの持続した辛抱強い熱意と、幹事委員、編集委員の労苦のあったことを忘れることができない。

しかし、会の発足から研究熱心で、鋭い問題提起に感服してきた俊英、共著者の内藤光雄氏（川崎地質株式会社）の急逝にあった。哀惜の念と共に冥福を祈る。

文章校正および図表の整備にあたりましては(有)サンテムスの榊原誠氏に大変お世話になった。ここに記し謝意を表したい。

また、研究会の熱意に応じて、困難な上梓の労をとって頂いた(株)集文社 吉井書店の吉井克明氏に心から感謝の意を表したい。