

福島県内の有効熱伝導率測定結果について

新協地水株式会社 ○原 勝重, 藤沼伸幸, 幸田英顕

1. はじめに

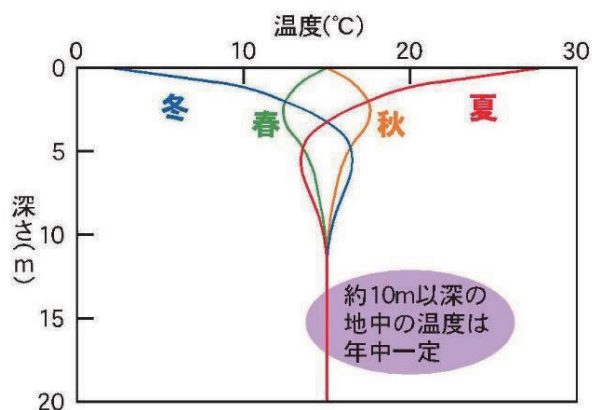
福島県は、2011年3月に「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン」を策定したが、東日本大震災後にエネルギー情勢が変化したことから、2012年3月に「再生可能エネルギーの飛躍的な推進による新たな社会づくり」と位置付けたビジョンに改訂し、再生可能エネルギーによる自給率100%を2040年頃までに目指すという導入目標とした。再生可能エネルギーには、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、水力発電、地熱発電、太陽熱利用、雪氷熱利用、温度差熱利用、地中熱利用、その他などがある。

福島県の再生可能エネルギー導入実績を図-1に示す。2019年度において34.7%の導入となっている。

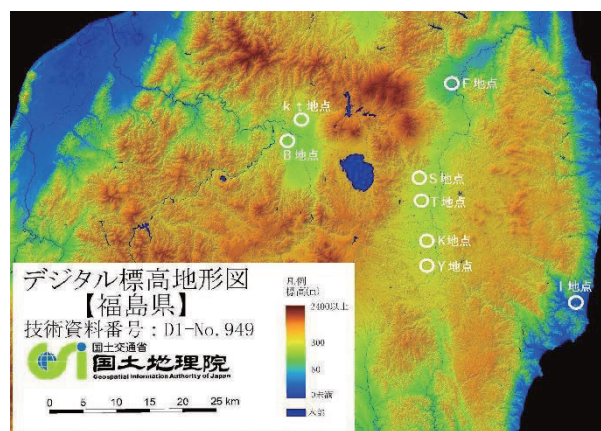
図-1 福島県内の再生可能エネルギーの導入実績¹⁾

地質調査を生業とする我々がこのビジョンに賛同して再生可能エネルギーの推進を事業として行うことを考えた場合には、これまで蓄積したノウハウを生かすことのできるボアホール方式の地中熱利用を行うことによる再生可能エネルギーの推進が可能ではないかと考えた。

この地中熱は、図-2に示すように深度10m以深においては一年中一定温度であることを利用するものであり、夏季と冬季において省エネルギーとなる。

図-2 季節による地中温度の変化イメージ²⁾

欧米で進んでいる地中熱利用は、岩盤に100m程度のボアホールを掘削してUチューブを埋設する方法が主流である。しかし、人口の約半分が平野部に居住している我が国においては、未固結地盤にUチューブを埋設することになり、地中熱の利用可能量(ポテンシャル)を把握する必要がある。このため、図-3に示す福島県内の8地点においてサーマルレスポンス試験(TRT: Thermal Response Test)を16回実施して有効熱伝導率λを求めたのでその結果について報告する。

図-3 福島県内におけるTRT実施地点³⁾

2. サーマルレスポンス試験(TRT)

サーマルレスポンス試験は、熱応答試験とも呼ばれ、地中熱ヒートポンプシステムの設計において必要となる地盤の見かけの有効熱伝導率 λ_a と地中熱交換器の熱抵抗を求めるために行うものである。今回は、ボアホール型地中熱交換器に対する加熱法による熱応答試験の標準試験法である一定加熱・温水循環方式熱応答試験(TRT)技術書⁴⁾に準拠して実施した。これは省エネ基準に基づく建築物の一次エネルギー消費量のプログラム⁵⁾の入力値である地盤の有効熱伝導率λを求めることが出来るものである。用いた熱応答試験機は、(株)アグリクラスター製のAGC-003で、2017年2月15日にNPO法人地中熱利用促進協会から発行されたTRT装置認定申請の手引き⁶⁾に則って認定されたものである。



写真-1 TRT測定状況

3. サーマルレスポンス試験(TRT)結果

表-1と図-4にサーマルレスポンス試験(TRT)を行った深度と得られた有効熱伝導率 λ [W/(m・k)]を示す。

深度19.64～103.8mのボアホール内における有効熱伝導率は $\lambda=1.277\sim2.530$ [W/(m・k)]であり、深度方向の λ 値の増加傾向は直線的ではなく図-4中に示すように指数関数で近似される。

表-1 ボアホール深度と有効熱伝導率

測定場所	深 度 z (m)	有効熱伝導率 λ [W/(m・k)]	測定日
郡山市 (T地点)	22.79	1.277	1月31日
	28.69	1.722	1月25日
	100.0	2.303	3月7日
郡山市 (S地点)	58.67	2.030	8月18日
	70.80	2.410	8月5日
	103.80	2.440	7月23日
会津坂下町 (B地点)	22.70	1.732	12月16日
	26.70	1.440	12月6日
	32.05	1.740	9月25日
鏡石町 (K地点)	24.50	1.552	1月16日
	24.10	1.280	1月21日
	31.38	1.990	1月27日
矢吹町 (Y地点)	19.64	1.570	2月17日
いわき市 (I地点)	28.70	1.293	2月8日
福島市 (F地点)	21.70	1.511	1月13日
喜多方市 (kt地点)	102.60	2.530	2月26日

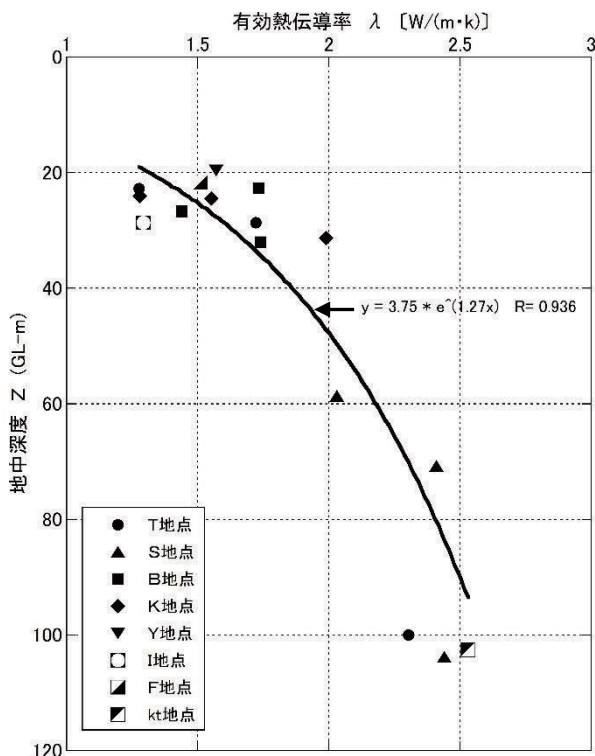


図-4 ボアホール深度と有効熱伝導率の関係

深度22.79mと深度102.60mの有効熱伝導率の比は、1.98倍であり、深度の比が4.5倍であるものの深度増加による有効熱伝導率 λ の増加は、小さいことが分かる。

図-4に示すように比較的浅い深度約20～32mの有効熱伝導率は $\lambda=1.277\sim1.99$ [W/(m・k)]の範囲であり、深度50m以上の比較的深い深度58.67～103.8mでは $\lambda=2.03\sim2.53$ [W/(m・k)]である。深度約20～32mの比較的浅い深度のサーマルレスポンス試験結果の有効熱伝導率でも $\lambda=1.2$ [W/(m・k)]以上を示し、地中熱ヒートポンプのシステム設計に用いる有効熱伝導率 λ となっている。

4. 今後の課題について

深度40m以上の比較的深い深度のデータ数が少ないため、深度40～100mの測定データを増やす必要がある。

深度20～32mのサーマルレスポンス試験における有効熱伝導率が設計に十分に用いることが可能であることは、平野部における地盤調査の調査深度が通常40m未満であり、概ね20～30mであることを考えると調査ボーリング孔を拡幅してサーマルレスポンス試験を行うことが可能となれば経済的となることが考えられる。

さらに、20～30mの深さであればボーリング削孔時に使用する泥水や削孔水を使わず鋼管を回転貫入させてUチューブを設置する方法も可能である。この方法は低騒音・低振動・非排水・非排土で行える利点があり、今後、Uチューブの設置方法としての可能性が考えられる。

サーマルレスポンス試験の測定日は、12月6日～3月7日の低気温時と7月23日～9月25日の高気温時であり、低気温時と高気温時における有効熱伝導率の違いの有無や季節的な地下水位変動の影響等について確認し、年間を通じた地中熱利用に関するデータの収集が必要である。

現在、S地点の深度100mのボアホールにダブルUチューブを設置したクロズドループ方式の地中熱ヒートポンプシステムを稼働中であり、夏季と冬季の省エネルギーの効果についてデータを取得中である。

《引用・参考文献》

- 1) 福島県：令和元(2019)年度福島県内における再生可能エネルギー導入実績, 2020.9.
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/401460.pdf> (確認日: 2021.5.15.)
- 2) 環境省 水・大気環境局 土壤環境課 地下水・地盤環境室：地中熱利用システム(2021年版), p.3, 2012.3.
- 3) 国土地理院ウェブサイト, 2019.7.
<https://www.gsi.go.jp/common/000215429.jpg> (確認日: 2021.5.20.)
- 4) NPO法人地中熱利用促進協会編：一定加熱・温水循環方式熱応答試験(TRT)技術書, 2017.4.
- 5) 建築物のエネルギー消費性能計算プログラム(非住宅用)Ver.3.0.1：国立開発法人建築研究所, 2021.5.21.
- 6) TRT装置認定申請の手引き：NPO法人地中熱利用促進協会編, 2017.2.15.

3 本継スギ丸太杭の打設時の傾き計測

株式会社田中地質コンサルタント ○藤田 有二、梅田 幸成、本谷 峻
福井県工業技術センター 久保 光

1. はじめに

軟弱地盤上の盛土に対し、その沈下・すべり対策として打設する丸太杭の打設中の地中の傾きを計測した事例を報告する(図-1)。

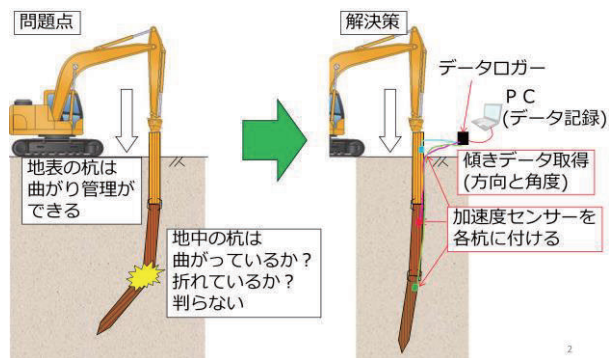


図-1 丸太杭の計測イメージ

(1) 概要

福井県小浜市内の江古川の内水被害対策に築造される輪中堤の軟弱地盤対策として丸太杭を用いたパイルネット工法¹⁾が選定された。

当事案の設計では丸太杭は1セット当たり12m 必要である。福井県内で長い丸太杭(6m、2本で1セット)を必要分調達することが困難であったため、短期間に調達可能な丸太杭4m(φ18cm)を3本継いで打設する計画とした。

継手部分は、ブレ止め鉄筋(異形鉄筋 φ22mm、L=500mm)を挿入し、カスガイ3本(丸鋼 φ13mm、L=240mm)にて各杭間を固定した。

文献²⁾では、長さ8m の丸太杭を打設するにあたり、長さ8m の丸太杭と長さ4m の丸太杭を継杭として利用した場合の比較実験を行って極限支持力や沈下量等について検討しているが、丸太杭を3本継いでの検討は行われていない。また、打設中における丸太杭の地中での傾きに関する検討も行われていない。

(2) 地盤状況

調査ボーリングの結果、当該地の土質構成は主に軟弱な2層に区分され、*N* 値0~2の軟弱地盤がほぼ水平に堆積している。第1層(Ac1)は、耕作土~砂混じり粘土、シルトで本層内に地下水が停滞する。第2層(Ac2)は、貝殻混じりの海成粘土であり、砂分は少ない。Ac1、Ac2を合わせた層厚は最大16m である。

2. 計測方法

(1) 機材

使用機材は全て汎用品を用い、安価かつ手軽に計測することを目標とした。使用機材一式を図-2に示す。

傾斜を測るセンサーとして、加速度センサー(Freescale 社製・MMA7361L; 検出範囲±1.5G)を用いた。

加速度センサーのX・Yの2軸を使用し、傾きと方向を計測した。

データロガーとして、マイコンボード Arduino UNO Rev3を使用し、PCに経時変化データを保存した。PCは計測系の電源も兼ねている。

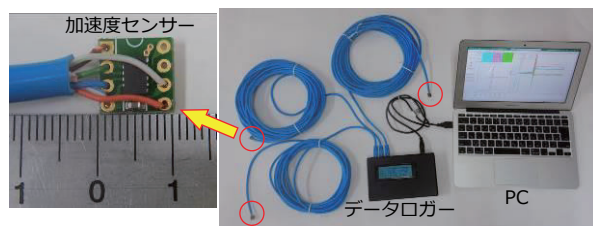


図-2 使用機材

なお、加速度センサーは地下水位以下に埋設されるため、防水加工とし、油圧ブレーカーによる打設を想定して、振動対策を施した。

(2) 手順

丸太杭の打設中の計測は以下の手順で行った。

- ①打設するための重機に下杭を鉛直方向にセットし、その時点を下杭の傾きゼロとする。
- ②下杭を打設する。
- ③下杭と中杭をカスガイで接合する。中杭を鉛直にセットし、この時点の中杭の傾きゼロとする。
- ④中杭を打設する。
- ⑤中杭と上杭をカスガイで接合する。上杭を鉛直にセットし、この時点を上杭の傾きゼロとする。
- ⑥上杭を打設する。

3. 測定結果

測定は土堤延長568m(丸太杭打設2248箇所)のうち、A・B・Cの3地点で行った。全地点で、杭の傾き方向は3本とも同様であったため、ここでは、X軸・Y軸の合成変位を示す。図-3~図-5は、以下を示す。

左: 打設深さと各杭の傾きを水平方向のずれに換算した。

打設深さは経時変化データを変換したため、推定が含まれる。

右: 各杭打設後における変位を示す。

(1) A 地点

油圧圧入により打設した。打設の進行と共に傾きが増した。下杭の変位は、GL-4m 時点で19cm(2.9°)、GL-8m で26cm(3.9°)、GL-12m で32cm(4.8°)であり、上杭・下杭間の変位の合計は最終的に77cmであった。

また、打設後の結果は、下の杭ほど傾きが大きい(上杭2.9°、中杭4.1°、下杭4.8°)。このことは、非直線的に杭が打設されたことを示す。

(2) B 地点

油圧による圧入とブレイカーの打撃により打設した。ブレイカー打撃中、中杭のセンサーが計測不能になった。中杭は地中に入ってから下杭と同様の挙動を示していたため、以降は下杭の挙動と同じと推定した。

A・C 地点との相違として、地中での変位の減少が見られた(上杭打設中に下杭の変位は一時的に減少した)。上杭・下杭間の変位の合計は最終的には44cmであり、3地点の中では、最も鉛直に近く打設された。

(3) C 地点

油圧圧入により打設した。結果はA地点と類似しており、打設の進行と共に傾きが増し、非直線的に杭が打設された。最終的な上杭・下杭間の変位は68cmであった。

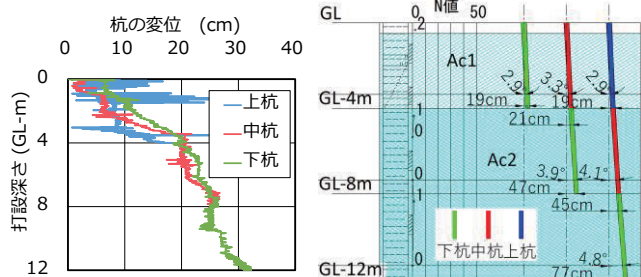


図-3 A 地点・計測結果

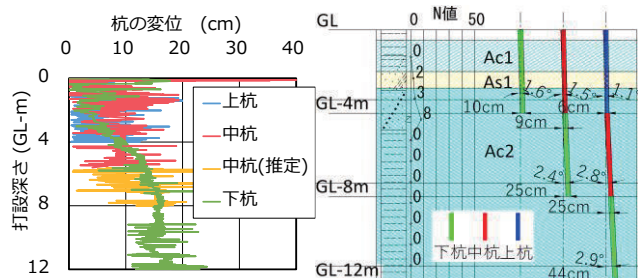


図-4 B 地点・計測結果

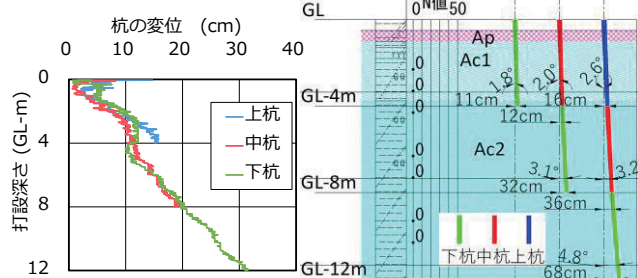


図-5 C 地点・計測結果

4. 考察

(1) 杭の载荷試験の結果との比較

同現場にて、杭の鉛直载荷試験を3箇所で行った³⁾。このうちC地点では、傾き計測と同一の杭で実施した。試験の結果、3箇所とも極限支持力は、144kN以上であり設計許容支持力(120.0~137.3kN)より大きかった。したがって、杭は傾いて打設されているが、支持力的には問題ないと考えられる。

(2) 傾きが生じた原因

杭の傾きの傾向は、下杭がまず傾いて打設され、中杭・上杭も地表では鉛直に設定しても、打設中に先行した杭と同様に傾き、最終的に3本の杭が傾いたと考えられる。

傾きが生じる原因として、以下が考えられる。

- ・先端の尖り加工(三角錐状)
- ・丸太杭の非直線性(きれいな円柱ではない)

また、図-3~図-5に見られたように、下杭の変位が最も大きく、次いで中杭となる。このことは、地中での変位の進行により、杭は非直線的に打設されたことを示し、カスガイの変形や丸太杭自体の曲がりが発生した可能性がある。

5. 今後の課題

(1) センサーの信頼性

当システムは、盛土施工時~施工後の側方流動やすべりの計測にも、利用可能な原理である。実際に、丸太杭打設の1ヶ月後にA地点のセンサーは計測可能であった。

しかし、当計測システムは、丸太杭打設中の1時間程度の計測に特化して製作しており、長期的な計測の信頼性や耐久性は考慮していない。今後、地中に埋め込んだセンサーの長期的な信頼性および耐久性を検証する必要がある。

(2) センサーの耐衝撃性能

B地点ではブレイカーの打撃により、中杭の挙動が計測不能になった。耐衝撃加工が不十分であったため、センサー周りのショック吸収性能を向上する必要がある。

(3) 傾き・曲がりと許容支持力の低下

継ぎ丸太杭の打設時に生じる、傾斜による支持力への影響を、鉛直载荷試験により評価する必要がある。具体的な目標としては、傾斜なしの部材と同等以上もしくは設計許容鉛直支持力であろう。

6. 今後の展望

(1) センサー技術の土木分野への応用

センサーを用いた計測システムを、予算や仕様に応じて使い勝手よく自作し、用途を広げることができる。

(2) 木材利用の観点から

丸太杭の打設において、傾きや曲がりを許容できる評価が得られれば、木材利用が促進されると考える。

環境を考慮した土木技術として、木材利用の拡大は課題である。丸太杭を用いた安価で信頼性の高い軟弱地盤対策工法が普及し、木材の大幅な利用拡大が進むことを期待する。

本研究を行うにあたり、福井県嶺南振興局小浜土木事務所および福井県木材利用研究会の皆様にご指導、御助言をいただきました。心より感謝の意を表します。

《引用・参考文献》

- 1) 公益財団法人佐賀県建設技術支援機構:水路用ボックスカルバートの木杭一底盤系基礎~設計マニュアル(令和元年度改訂版)~, 2020.1
- 2) 北海道開発局石狩川開発建設部:パイルネット工法, 1977
- 3) 久保ほか:「3本継ぎ丸太杭の鉛直载荷試験結果」, 令和3年度(2021年度)土木学会全国大会, 2021.9(印刷中)

隠岐島後の中新統における薄片観察結果の考察

(株)藤井基礎設計事務所 ○高橋 未晴, 岡 淳一

1. はじめに

隠岐島後東部の海岸線沿い2箇所(A工区、B工区)の路面下斜面が崩壊等で不安定であり、災害防除業務の崩壊対策に必要な地質構造や崩壊機構の把握のため調査を行った。本稿では、ボーリングコアや露頭から薄片を作成し斜面安定に対する地質リスクを把握しとりまとめたものである。

2. 地質概要

調査地は、新第三紀前期中新世時張山層の安山岩溶岩～安山岩火砕岩、前期中新世の郡層の酸性火砕岩及び凝灰質砂岩が分布している。確認される時張山層の安山岩溶岩は細粒緻密で、緑泥石化した斜方輝石斑晶がみられ変質が顕著で、杏仁状に沸石や方解石などの二次鉱物が晶出している。時張山層は大久の漁港付近で上位の郡層に被われる。郡層も変質が著しく脈状に方解石が認められるなど、この地域は広範に沸石・方解石を生じる変質作用を受けている。

3. 薄片による観察の目的

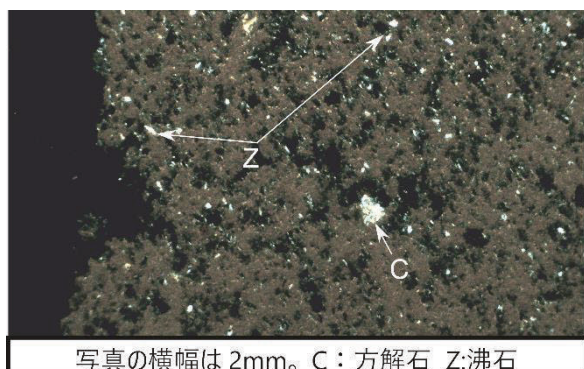
薄片とは0.03mmまで薄くした岩石プレパラートのことで、偏光顕微鏡で岩石の構成鉱物と組織の観察を行い、岩石の種類や風化・変質等を調べることができる。

これらから、定性的な側面での地質リスクを把握することができる。

4. A工区

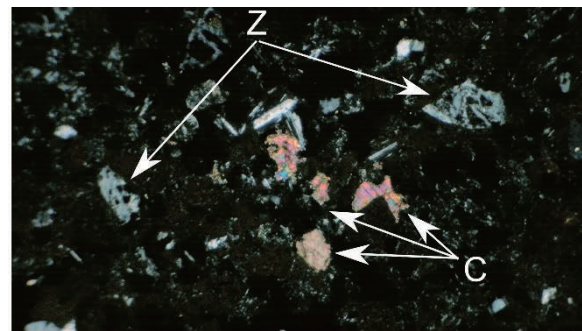
A工区付近の岩石を薄片にして調べたところ、シルト岩(写真-1)部分は、0.01～0.03mm程度の微細な粒子からなり、変質鉱物として方解石、沸石、緑泥石、黄鉄鉱がみられた。黄鉄鉱は殆どが仮晶であり、すでに水酸化鉄または褐鉄鉱になっている。

火山礫凝灰岩(写真-2)部分は0.10mm～0.20mmの岩石片からなり、方解石、沸石、緑泥石がみられる。



写真の横幅は2mm。C：方解石 Z：沸石

写真-1 シルト岩(クロスニコル)



写真の横幅は2mm。C：方解石 Z：沸石

写真-2 火山礫凝灰岩(クロスニコル)

5. B工区

調査ボーリング箇所の BP.2の18.1m(写真-3)と、BP.3の6.6m(写真-6)のコアを薄片にして調べた。また、B工区斜面の転石も薄片にして調べた。

結果、BP.2は安山岩で全体的に変質しており BP.3は玄武岩質安山岩または玄武岩と分かった。また転石を調べた結果、2種類とも安山岩と分かった。主に長石(青白い鉱物)や輝石が変質してできる沸石や方解石となっている。

(1) BP.2(18.1m 辺り): 安山岩の礫

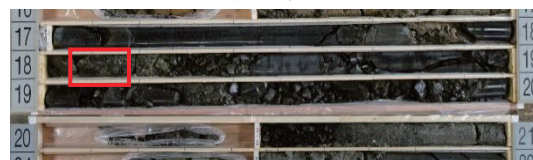


写真-3 薄片サンプル採取箇所

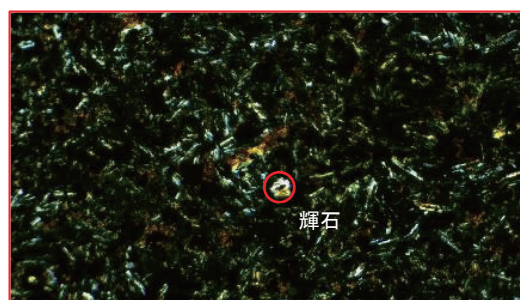


写真-4 偏光顕微鏡写真(クロスニコル)

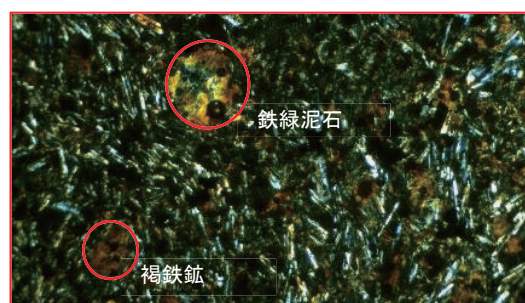


写真-5 偏光顕微鏡写真(クロスニコル)

写真-4, 5より、主に斜長石(全体にある青白い鉱物)や輝石で出来ており、茶色い部分は輝石が分解して出来た鉄緑泥石や、風化・変質して出来た褐鉄鉱となっている。

(2) BP.3(6.5~6.6m): 玄武岩の礫

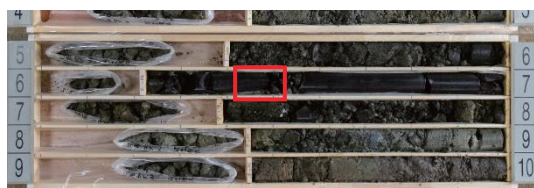


写真-6 薄片サンプル採取箇所

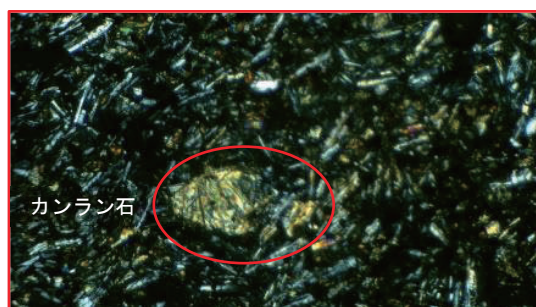


写真-7 偏光顕微鏡写真(クロスニコル)

写真-7より、主に斜長石(全体にある青白い鉱物)やカンラン石で出来ており、斜長石は既に沸石化しているものがある。輝石やカンラン石も風化部分は鉄水酸化物等に変質し、細脈状の蛇紋石も認められる。

(3) B 工区斜面の転石について

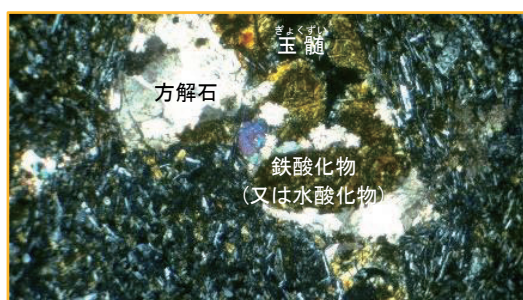


写真-8 偏光顕微鏡写真(クロスニコル)

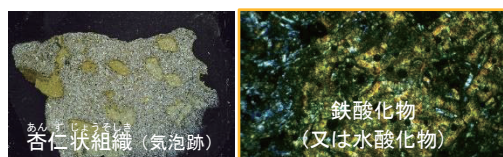


写真-9 安山岩 薄片 写真-10 偏光顕微鏡写真(クロスニコル)

岩脈内に方解石(方解石脈)ができており、黒く抜けて見えている部分は、オパール化した玉髓となっている。

また、杏仁(あんず)状組織(気泡跡)の周りの鉱物0.2~0.3mm以下の長柱状の鉱物が集合したもの(石基)もあり、気泡を避けるように配列している。これは安山岩に多いピロタキシチック組織(流理構造)である。

6. 地質リスクについて

これらの出現する鉱物より、A 工区の岩石も B 工区と同様の変質(沸石化作用)を受けていると考えられる。沸

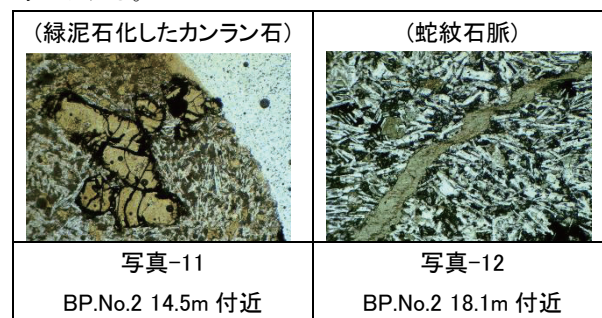
石化作用は調査地北東部隣接地域に起こった鮮新世の大久北玄武岩の火山活動によるものと推定される。

薄片観察結果より、全体的に方解石や沸石(変質箇所)を含み、風化もしていることが分かった。

長石が沸石化すると岩盤自体が脆くなる。また方解石の酸性雨での分解や、それに伴う風化の促進が考えられる。また、この方解石や沸石、あるいは薄い粘土シーム等で斜面崩壊につながる場合がある。

玄武岩に含まれるカンラン石は緑泥石化し、細脈状の蛇紋石も認められる。

蛇紋石化した細脈は玄武岩質な細脈であると考えられるが、こうした蛇紋石脈などからの分離崩壊のリスクも考えられる。



これらの変質は主に斜長石が熱水環境下で変質し、菱沸石と束沸石、方解石、カオリン粘土、石英を生じる。

この過程で、全体の体積は大きくなるので、移動できるものは移動し隙間を充填する。

例えば、石英や方解石は移動し、亀裂や気泡を埋める。また、変質鉱物で充填された杏仁状組織はそういう過程で生じたものであろう。変質で生じた石英は、玉髓の元となっている。

7. おわりに

今回の調査で初めて薄片を知り、補助資料として作成したが、薄片作成時に上手に岩片を薄く出来ず、鉱物が無くなったり、薄さが足りず観察できなかったりした。また報告書作成時には、知識不足でまとめることが出来ず、詳しい方に聞きながらまとめた。

上記より、薄片作りに慣れると同時に地質の知識や鉱物の種類はもちろん、その鉱物ができるまでの過程やどのような影響が出てくるかなど、色々な事を学んでいく必要があると感じた。これから業務を通じ学んでいきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 独立行政法人産業技術総合研究所 地質総合センター: 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)西郷地域の地質, pp.69~71, 2009.8.
- 2) 鹿島出版会: わかりやすい岩石と岩盤の知識, pp.13~37, 1982.5.

土壌ガス分析におけるキャリアガス変更による影響調査

株式会社KGS ○秋田 憲, 福岡 大知, 鍵本 司

1. はじめに

土壌汚染状況調査は、平成14年5月に制定された土壌汚染対策法に従い調査を行う必要がある。土壌汚染対策法で規定される特定有害物質は、第一種特定有害物質（揮発性有機化合物）、第二種特定有害物質（重金属等）及び第三種特定有害物質（農薬等）に分類されている。土壌汚染対策法では、それぞれに対し、調査手法が決められている。第一種特定有害物質に対しては、土壌ガスを採取し、その土壌ガスに含まれる第一種特定有害物質を、ガスクロマトグラフを用いて分析を行うこととされている。

通常、ガスクロマトグラフではキャリアガスを用いて分析が行われている。キャリアガスは、水素、ヘリウムなど、試料と反応性の低い不活性ガスが用いられている、水素は爆発性があるため、一般的には安全で分離性能が良いヘリウムが使用されている。

しかし、近年、半導体製造工程でのヘリウムの需要が高まっていることから価格が高騰している。また、産出地が限られている¹⁾ことから、ヘリウムの入手が困難な状況になっていることから、代替えのキャリアガスの選定が必要である。

そこで、今回、比較的入手が容易で安全性が高い窒素を代替えのキャリアガスとして着目し、分離性能と検出性能について検証し、代替えガスとしての可能性について検討した結果を報告する。

2. 調査方法

窒素はヘリウムよりも分離性能、検出性能が劣る場合がある²⁾ため、本調査では、同じ分析条件下において、キャリアガスにヘリウムまたは窒素を用いて混合標準ガスの分析を行い、分離性能及び検出性能を比較検討することとした。調査に使用した装置等の共通条件は表-1のとおりである。

表-1 調査における条件

ガスクロマトグラフ	本体	GC-310C
	カラム	UA624-30W-3.0F
	検出器	PID（ベンゼン）
	検出器	ELCD（その他※）
混合標準ガス	ベンゼン	0.5mL/m ³
	その他※	1mL/m ³
試料注入	注入法	Direct Injection
	注入量	0.5mL
カラムオープン温度	最大	110℃
キャリアガス	高純度窒素	99.9999%
	高純度ヘリウム	99.9999%

※：クロロエチレン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、c-1,2-ジクロロエチレン、t-1,2-ジクロロエチレン、c-1,3-ジクロロプロペン、t-1,3-ジクロロプロペン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン

3. 調査結果

(1) ピーク分離性能

キャリアガスとして窒素を用いて測定を行った場合のピークの分離性能を把握するため、高濃度（定量下限値の10倍）の混合標準ガスに対して測定を行ったクロマトグラムを図-1に示す。

測定の結果、分析対象項目では明瞭なピークが得られており、ピークの分離性能は良好であった。

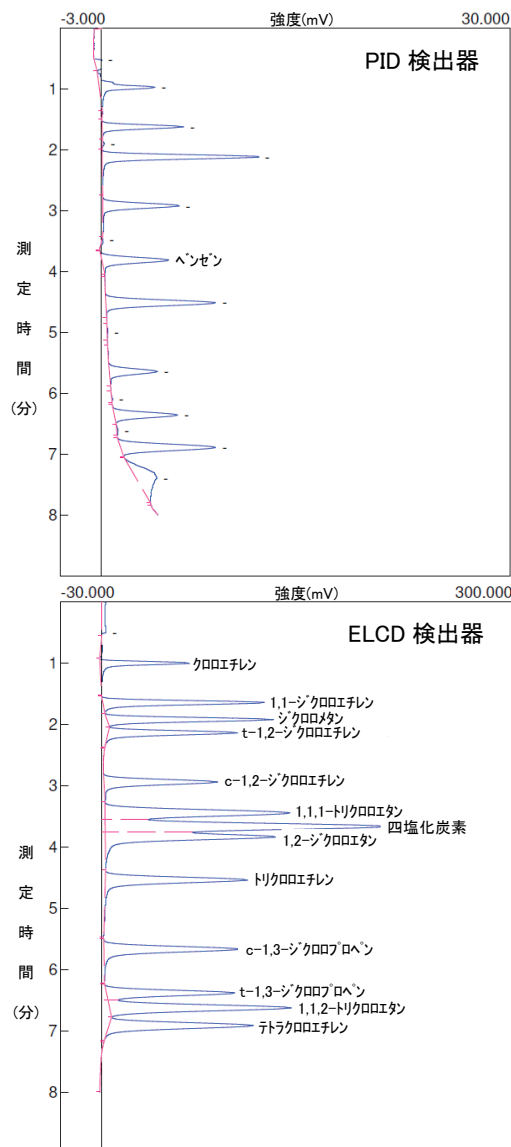


図-1 上段：窒素、混合標準ガス ベンゼン(0.5mL/m³)
下段：窒素、混合標準ガス その他(1mL/m³)

(2) 検出性能

キャリアガスにヘリウムと窒素を用いて測定を行った場合の検出性能を把握するため、定量下限値付近の濃度の混合標準ガスに対して測定を行ったクロマトグラムを図-2、図-3に示す。

測定の結果、検出性能は窒素においてもヘリウムと同等の結果が得られた。

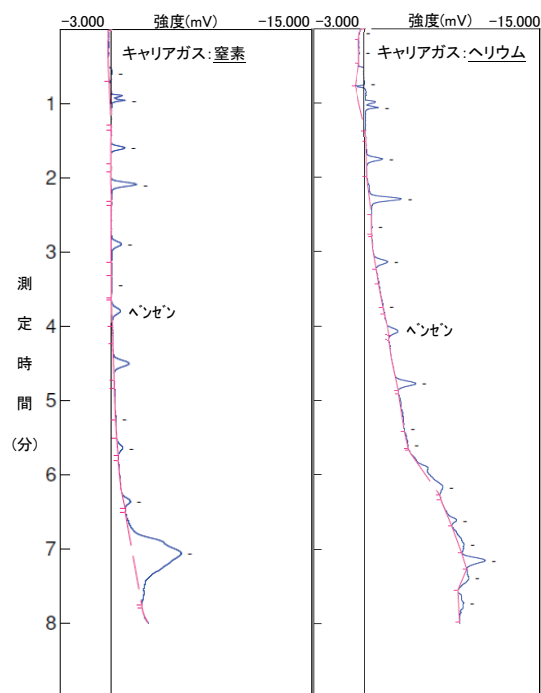


図-2 キャリアガスの種類によるクロマトグラムの差
検出器 PID: 混合標準ガス ベンゼン (0.05mL/m³)

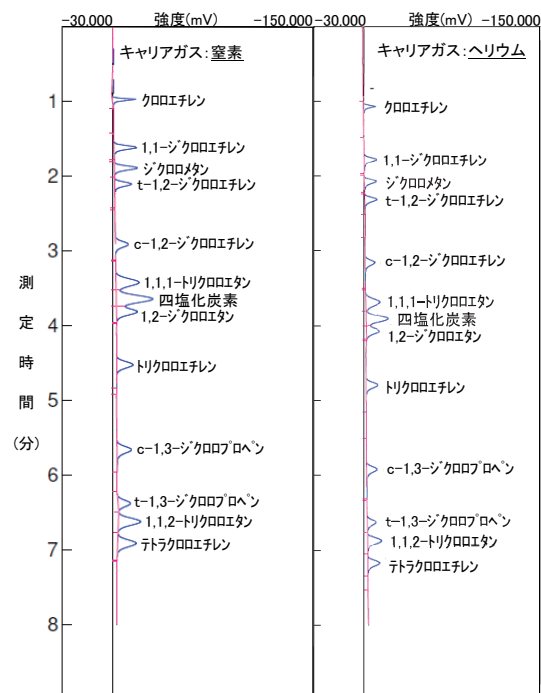


図-3 キャリアガスの種類によるクロマトグラムの差
検出器 ELCD: 混合標準ガス その他 (0.1mL/m³)

(3) 留意事項

本調査の結果、保持時間（試料の注入時からピークの頂点が出現するまでの時間²⁾）は、窒素の方が早かった。窒素とヘリウムを比較すると、原子（分子）半径はヘリウムの方が小さいが、温度が0℃から100℃付近では、気体の粘性が窒素の方が小さい³⁾ことが影響していると考えられる。保持時間が変わることから、キャリアガスを変更した場合は、あらかじめ調査対象物質の保持時間を正確に把握しておく必要がある。

また、キャリアガスをヘリウムから窒素に変更した場合、変更直後はベースラインがPID 検出器、ELCD 検出器とも安定しなかった。カラム内部の状態を安定させるため、窒素を流しながらカラム温度120℃で2時間、カラムの焼きだし調整（以下、エージングと記す）を行ったところPID 及び ELCD 検出器のベースラインが安定した。

4. まとめ

土壌汚染対策法に規定されている第一種特定有害物質を対象に、GC-310（検出器：PID/ELCD）のキャリアガスをヘリウムから窒素に変更することによる分析結果に対する影響を調査した。その結果、窒素においてもヘリウムと同等の結果が得られ、分析結果に大きな影響は見られないとの結果を得た。

ただし、キャリアガス変更時には保持時間の正確な把握とカラムのエージングが必要である。なお、エージングが必要な理由については、今後、カラムの状況も考慮した調査を継続して行う予定である。

《引用・参考文献》

- 1) U. S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF LAND MANAGEMENT : REPORT TO CONGRESS ON ITEMS REQUIRED BY SEC. 19 OF THE HELIUM STEWARDSHIP ACT OF 2013 PUBLIC LAW 113-40, AS AUTHORIZED UNDER 50 U.S.C. 167 BY THE SECRETARY OF THE INTERIOR SEPTEMBER 2015, 2015.9
- 2) 共立出版 公社) 日本分析化学会【編】 分析化学実技シリーズ機器分析編7ガスクロマトグラフィー 2015.9
- 3) 丸善 化学便覧基礎編Ⅱ 日本化学会編 改訂第3版