

環境・巨大災害に関する火山・有機地質学の複合研究

研究チーム：火山・有機地質学の複合研究（課題番号：207001）

研究期間：令和2年7月24日～令和4年3月31日

研究代表者：奥野 充

研究員：鮎沢 潤

Environmental changes, which are closely related to global warming and resource and energy problems, and mega-natural disasters such as caldera-forming eruptions are serious problems facing humankind, but they are large in scale and have an impact on society and the economy. At present, it is difficult to deal with and study realistically because of the large size. So far, the authors have been accumulating knowledge on caldera-forming eruptions that could become a hazard of mega-disasters while continuing to study the eruptive history using volcanic geology. This research was carried out as a comparative study of the growing energy and environmental problems and huge disasters caused by caldera-forming eruptions in Kyushu and Hokkaido. By bringing together the mutual knowledge of volcanic and organic geology and integrating and deepening the methods that have been promoted individually, the final purpose is to feed back the results to volcanic geology and organic geology.

Keywords: Environmental changes, caldera-forming eruptions, volcanic geology, organic geology, radiocarbon dating, Kyushu, Hokkaido

1. はじめに

地球温暖化や資源エネルギー問題と密接に関係する環境変動、カルデラ形成噴火をはじめとする巨大自然災害は人類が直面している深刻な問題であるが、規模が大きく、かつ社会や経済に与える影響も大きいため現実的な対応・検討は難しいのが現状である。これまで筆者らは、火山地質学的手法による火山噴火史研究を続ける中で巨大災害のハザードとなり得るカルデラ形成噴火に関する知見を蓄積する一方、近年、有機地質学手法により北海道の白亜系・古第三系においてガス・石油鉱床として有望な地域・層準を絞り、燃料資源鉱床の新規開発に必要な情報を収集してきた。

この研究では、これまで個別に進めてきた火山地質学と有機地質学を複合研究として統合再編し、現代社会が直面する深刻な諸問題を解決するうえでの新たなパラダイムの構築を目指した。九州には阿蘇や始良をはじめ多くのカルデラ火山があり、本研究で対象とする北海道のカルデラ火山（洞爺、支笏、屈斜路・摩周など）との比較が可能である。現状でカルデラ形成噴火の予測は困難だが、次に起こる噴火規模の見積りは被災地域（範囲）

の想定に有用である。有機地質に関しても九州と北海道の双方に燃料資源鉱床の存在が知られており、両者を比較・検討することができる。すなわち、日本列島の中でも九州と北海道は、共通ないし類似した地史およびテクトニクスにおかれているので、その枠組みで火山や燃料資源鉱床が形成されている点に着目して、地質学的な時間尺度のもとでの環境・燃料資源・巨大災害にまたがる地球史の構築が期待される。泥炭地も有機地質の調査・研究の対象となるが、挟在するテフラの検出をはじめ火山地質学的なアプローチによって、これまでにはない具体的な情報が期待できる。

この研究では、深刻化するエネルギー・環境問題とカルデラ形成噴火などによる巨大災害を、九州と北海道の比較研究として進めた。火山と有機地質の相互の知見を持ち寄り、個別に進めてきた手法を統合深化させることで、最終的にはそれら成果を火山地質学と有機地質学にフィードバックさせることも目的である。

2. 研究対象と方法の概要

この研究では、当初、両者の調査対象が近接する北海

道東部の屈斜路カルデラと釧路炭田を共同で現地調査のうへ、それぞれの調査手法に関する情報交換を行い、両者の得意分野に基づく知識と経験を活かして、北海道東部に関する地質学的な背景に関する理解の深化を意図していた。カルデラ形成噴火に伴う大規模火砕流中に含まれる炭化樹幹について、顕微鏡下で炭化・石炭化温度の算出を試みる。室内実験（試料分析）は、上記の顕微鏡観察による炭化・石炭化温度測定、X線回折、放射性炭素年代測定などの実施を計画しており、これらによってカルデラ形成史および噴火史の高精度編年、燃料資源鉱床の形成プロセス解明を進める。この研究の特徴は、異なる研究課題の強味を活かしつつ、地球環境・エネルギー資源鉱床・巨大自然災害をキーワードに統合再編および一元化をはかる点にある。

鮎沢は北海道に分布する白亜系・古第三系のガスおよび石油胚胎層を直接的なフィールドとしていた。当初、対象としていたのは白亜系-古第三系根室層群、古第三系浦幌層群であった。これら九州の地層を直接的な対象とするものではないが、2020年度に新型コロナウイルス感染症の拡大とそれに伴う遠方出張の自粛、出張先での受入懸念などが生じたため、2021年度まで野外調査を実施できなかった。根室層群は九州の姫浦層群・関門層群など、浦幌層群は同じく諫早層群・弥勒層群・直方層群・大辻層群などに対比され、姫浦層群・諫早層群・弥勒層群では油徴が知られている。また宮崎県に分布する新第三系宮崎層群ではガスが採掘されている。本研究により姫浦層群・諫早層群・弥勒層群・宮崎層群を対象とする調査、既収の岩石試料を用いた分析・測定からなる補完的な研究を行うことができた。これまでの研究成果をベースとして、計画調書と同様の手法で比較対象となる新たな情報や知見の追加を行った。しかし、コロナ禍のため、野外調査を中心に多くの項目が実現できなかった。

加速器質量分析（AMS）法による放射性炭素（ ^{14}C ）年代測定による噴火年代の決定、さらに ^{14}C ウィグル・マッチングによる精密化を進めた。その試料として樹幹試料や泥炭試料を採取して分析した。得られた ^{14}C 年代（Stuiver and Polach, 1977）は、 ^{14}C 年代-暦年代較正曲線 IntCal 20（Reimer *et al.*, 2020）とコンピュータソフト Calib 8.20（Stuiver and Reimer, 1993）を用いて較正暦年（cal BP）を得た。また、 ^{14}C ウィグル・マッチングにはコンピュータソフト OxCal ver. 4.4（Bronk Ramsey, 1995）の D_Sequence（Bronk Ramsey *et al.*, 2001; Bronk Ramsey, 2009）を用いた。そのほか、地形観察、磁化方位の簡易測定や漂着軽石の産状観察などを行なった。

3. 研究成果の概要

コロナ禍のため関係学協会の開催延期や中止に見舞わ

れ学会発表は無いが、下記の論文が刊行に至った。公表論文の概要を以下に紹介し、それらを引用文献として掲載する。

Tamamura *et al.* (2020) では北海道東部に分布する白亜系と古第三系に胚胎されるメタンを岩石中の有機物や自生炭酸塩鉱物の炭素安定同位体比に基づき比較検討し、起源および続成条件の解析を行った。木村・他(2020)は堆積岩の地球科学的な分析を行う際の試料処理（スペシエーション）、適切な分析手法の選択と改良、およびデータ解析を新第三系の試料に適用した結果を論じたものである。鮎沢・他(2021)は自生炭酸塩鉱物のうち炭酸イオンの一部が水酸化物イオンに置換された特殊な事例を堆積岩から見出し、生成機構を含む地質鉱物学的な意義を論じた。Tamamura *et al.* (2022) は Tamamura *et al.* (2020) を基礎として発展させ白亜系・古第三系に胚胎されるメタンの起源を生物源と地球化学的な過程の分解物とに区分し、それぞれの挙動や賦存状態の解析を行った。

奥野は主に ^{14}C 年代測定でさまざまな共同研究に参画している。南九州の始良カルデラにおける火山活動と地殻変動や環境変遷について検討した（森脇ほか, 2022; 鹿野ほか, 2022）。始良カルデラでは入戸火砕流堆積物の年代を ^{14}C ウィグル・マッチング法により検討した（坂田ほか, 2022）。 ^{14}C ウィグル・マッチング年代では、北部九州の脊振山地の雷山南斜面から出土したカヤ樹幹についても報告している（瀬戸間ほか, 2022）。霧島火山群の甌岳火口内や鹿児島県湧水町の三日月池で採取したコア試料を用いて古地震や環境変遷を復元した（長友ほか, 2021; 藤木ほか, 2022）。九州北東部の鶴見岳の新期溶岩の形成年代と1.8cal ka BP 噴火について議論した（小林ほか, 2021）。北海道の有珠火山の善光寺岩層なだれの年代を検討した（奥野ほか, 2020）。 ^{14}C 年代のほかには、中部九州の今市火砕流堆積物について磁化方位の簡易測定を検討して、識別の有効性を提示した（坂本ほか, 2021）。沖縄県の沖縄本島と石垣島での漂着軽石の産状を報告した（奥野・鳥井, 2022a, b）。

4. ^{14}C 年代測定結果の例

ここでは、未公表である北海道駒ヶ岳 Ko-h2と支笏降下軽石 1（Spfa-1）の ^{14}C 年代を報告し、既に予察的な結果を報告した南九州の始良入戸火砕流の ^{14}C ウィグル・マッチング年代について紹介する。

4.1 北海道の駒ヶ岳 Ko-h2と支笏降下軽石 1（Spfa-1）の炭化樹幹

北海道駒ヶ岳火山の東麓には Ko-h2降下軽石に埋積され炭化した化石林（鹿部化石林）があり、その ^{14}C 年代は $32,000 \pm 290\text{BP}$ （KSU-1193）と $32,100 + 850/-780$

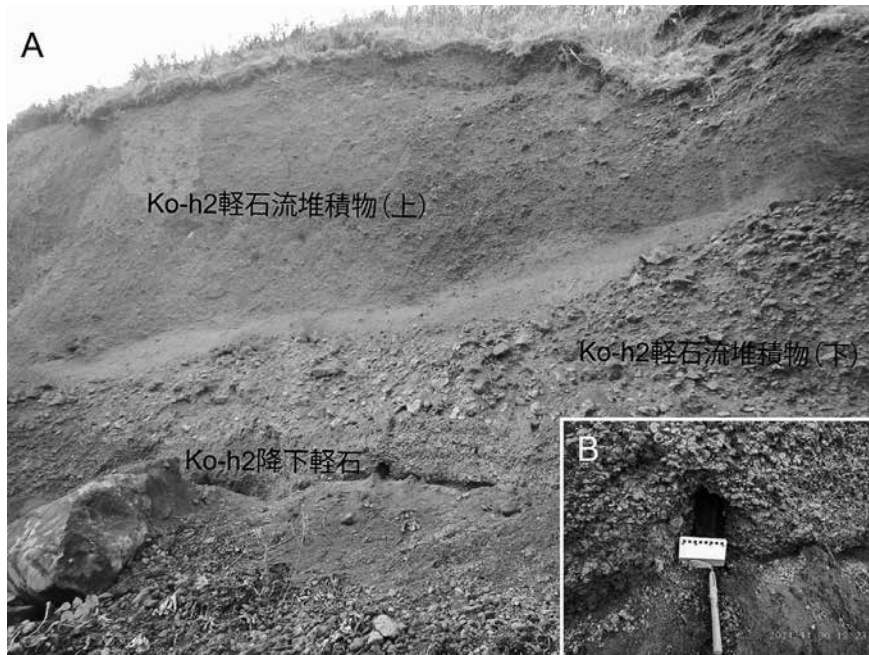


図1 Ko-h2の鹿部化石林の測定試料の露頭写真。(A) Ko-h2降下軽石を一連の火砕流堆積物(上下2枚)が覆っている。(B) 降下軽石中の炭化樹幹の産状。採取地点(緯度: 42° 5'12.5"N, 経度: 140° 46'20.3"E)

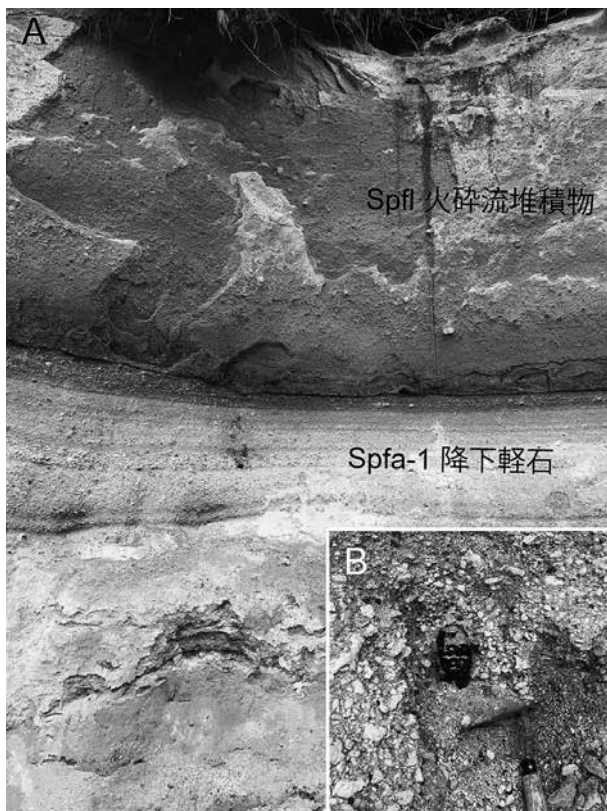


図2 Spfa-1の美々化石林の測定試料の露頭写真。(A) Spfa-1降下軽石をSpfa-1火砕流堆積物が覆っている。(B) 降下軽石中の炭化樹幹の産状。採取地点(緯度: 42° 45'59.0"N, 経度: 141° 43'25.5"E)。

BP (KSU-1424) (柳井・雁沢, 1988), >39,000BP (勝井ほか, 1989) が報告されている。奥野もこの化石林の

炭化樹幹(図1)から $32,870 \pm 170$ BP ($\delta^{13}\text{C} = -25.6\%$, IAAA-211990)の ^{14}C 年代を得た。これは柳井・雁沢(1988)の結果とほぼ一致する。較正暦年(2σ)は、 $36,665 - 37,782$ cal BP (99.5%), $38,007 - 38,058$ cal BP (0.5%)でMedian Probabilityは37,260 BPである。

支笏降下軽石1 (Spfa-1)は火砕流(Spfa-1)を伴い、これら一連の火砕噴火で支笏カルデラを形成したと考えられている。苫小牧市美々のSpfa-1中の化石林について $42,000 \pm 1,800$ BP (I-17,521)の ^{14}C 年代がAMS法により得られている(柳田, 1994)。奥野もこの化石林の炭化樹幹(図2)から $40,930 \pm 310$ BP ($\delta^{13}\text{C} = -23.1\%$, IAAA-182804)の ^{14}C 年代を得た。これは柳田(1994)の結果と概ね一致する。較正暦年(2σ)は、 $43,227 - 44,479$ cal BP (100%)でMedian Probabilityは43,933BPである。

4.2 南九州の始良カルデラ入戸火砕流堆積物の炭化樹幹

入戸火砕流堆積物は、始良カルデラの最新の大規模火砕流噴火の産物で、広域始良 Tn (AT) テフラのメンバーである(町田・新井, 2003)。水月湖の年縞編年でもATのモデル年代として $30,009 \pm 189$ cal BP (2σ)が得られている(Smith *et al.*, 2013)。坂田ほか(2022)は入戸火砕流堆積物中の樹木年輪(図3: 大木, 1993)の ^{14}C 年代(表1)のウイグル・マッチングにより $29,756 - 29,214$ cal BP (2σ)のモデル年代を得た(図4)。この結果は水月湖のモデル年代よりもおよそ500年若い。

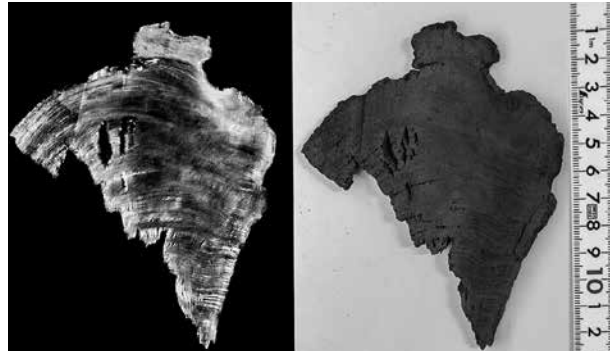


図3 樹木年輪の(左)軟X線写真と(右)デジタル写真(坂田ほか, 2022).

表1 樹木年輪試料の AMS ^{14}C 年代測定結果(坂田ほか, 2022)

中心から の年輪数	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C 年代 (BP)	誤差 ($\pm 1\sigma$)	測定機関番号 (IAAA-)
1~10	-25.0	25,542	101	211834
21~30	-24.4	25,260	100	211835
41~50	-23.7	25,372	101	211836
61~70	-24.6	25,222	101	211837
81~90	-24.8	25,166	98	211838
101~106	-26.7	25,126	101	211839

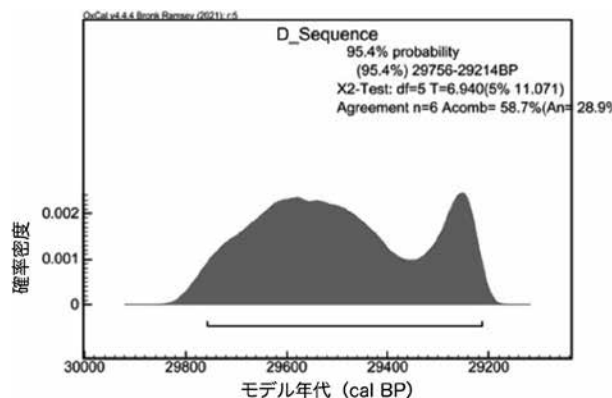


図4 ^{14}C ウィグル・マッチングによる確率分布(坂田ほか, 2022).
OxCal ver. 4.4による.

5. おわりに：今後の展望

火山地質学と有機地質それぞれのデータの蓄積，総合解析は，火山噴火に伴う災害，化石燃料を含むエネルギー，これらに起因する地球環境の変動は従来，単独の問題として捉えられがちであり，結果として横断的な教科書も殆んど無い状況におかれている．この複合研究の成果として，これまで公表した内容などをいくつかのトピックとし，九州・北海道の地域性も織り交ぜながら，火山地質学と有機地質学を統合した学部学生を主な対象読者とした教科書「火山・有機地質入門」(仮)を出版したい．また，一般にもアピールできる工夫をして研究成果の効果的なアウトリーチもはかりたい．

引用文献(研究代表・研究員に下線)

- 鮎沢 潤・木村 颯・横田角光・横山英揮・吉村和久(2021) 広島県神石高原町幻の鍾乳洞で初めてみいだされたハイドロマグネサイトの鉱物学的重要性. 日本洞窟学会誌, **46**, 17-29.
- Bronk Ramsey, C. (1995) Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal program. *Radiocarbon*, **37**, 425-430.
- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51**, 337-360.
- Bronk Ramsey, C., van der Plicht, J. and Weninger, B. (2001) 'Wiggle matching' radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **43**, 381-389.

- 藤木利之・長友拓磨・奥野 充・小林哲夫 (2022) 霧島火山群、甕岳の火口湿原の花粉分析による古植生変遷. 月刊地球, 号外71, 94-100.
- 鹿野和彦・柳沢幸夫・奥野 充・中川光弘・内村公大・味喜大介・井口正人 (2022) 鹿児島湾奥、始良カルデラにおける後カルデラ火山活動と環境の変遷. 地質学雑誌, 128, 43-62.
- 勝井義雄・鈴木建夫・曾屋龍典・吉久康樹 (1989) 北海道駒ヶ岳火山地質図. 1:50,000, 通商産業省 工業技術院 地質調査所.
- 木村棟浩・川野良信・鮎沢 潤・柚原雅樹 (2020) 埼玉県比企丘陵, 中新世堆積岩類の地球化学的研究. 地球環境研究, 22, 25-33.
- 小林哲夫・筒井正明・星住英夫・藤沢康弘・奥野 充 (2021) 九州北東部, 鶴見岳火山の噴火史: 特に新期溶岩の形成年代と1.8 cal ka BP 噴火について. 月刊地球, 43, 450-462.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺—. 東京大学出版会, 336p.
- 森脇 広・永迫俊郎・奥野 充 (2022) 始良カルデラの第四紀後期の地殻変動と火山活動. 火山, 67, 31-44.
- 長友拓磨・奥野 充・藤木利之・中村俊夫・南 雅代・小林哲夫 (2021) 霧島火山群, 甕岳火口内の鬼界アカホヤの異常堆積と湿原堆積物のコア試料と層序・ ^{14}C 年代. 福岡大学理学集報, 51, 77-84.
- 長友拓磨・奥野 充・藤木利之・中村俊夫・南 雅代・成尾英仁・寺田仁志 (2020) 鹿児島県湧水町の三日月池の堆積物の層序と年代. 名古屋大学年代測定研究, 4, 35-38.
- 大木公彦 (1993) 鹿児島市, 8月6日集中豪雨によって出現した2万4千年まえの谷地形と立木. 地質学雑誌, 99, xxix-xxx.
- 奥野 充・鳥井真之 (2022a) 沖縄本島における漂着軽石 (福徳岡ノ場の2021年8月13日噴火) の産状 (速報). 月刊地球, 号外71, 44-51.
- 奥野 充・鳥井真之 (2022b) 沖縄本島および石垣島での漂着軽石: 2021年11月と12月の現地調査結果. 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, no. 46, 25-28.
- 奥野 充・宇井忠英・加賀谷にれ (2020) 有珠火山, 善光寺岩屑なだれの ^{14}C 年代測定. 福岡大学理学集報, 50, 108-113.
- Reimer, P.J., Austin, W.E.N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A., Hughen, K.A., Kromer, B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., Talamo, S. (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62, 725-757.
- 坂本房江・奥野 充・木戸道男・角縁 進・松村秀喜・熊本智之・伊勢戸和広・英彦山田研グループ (2021) 中部九州, 今市火砕流堆積物の磁化方位の簡易測定による識別. 福岡大学理学集報, 51, 7-12.
- 坂田皓亮・奥野 充・小林哲夫 (2022) 始良カルデラ, 入戸火砕流堆積物の ^{14}C ウイグル・マッチング年代. 月刊地球, 44, 267-271.
- 瀬戸間洋平・奥野 充・中村俊夫・木村勝彦 (2022) 北部九州, 脊振山地の雷山南斜面から出土したカヤ樹幹の ^{14}C ウイグル・マッチング年代. 月刊地球, 44, 272-276.
- Smith, V. C. *et al.* (2013): Identification and correlation of visible tephra in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quat. Sci. Rev.*, 67, 121-137.
- Stuiver, M. and Polach, H.A. (1977) Discussion: Reporting of ^{14}C data, *Radiocarbon*, 19, 355-363.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- Tamamura, S., Murakami, T., Ueno, A., Tamazawa, S., Kiyama, T., Inomata, H., Matsumoto, H., Uchida, K., Suzuki, Y., Aizawa, J. and Kaneko, K. (2020) Formation of coalbed methane and water-dissolved gas in Kushiro Coal Mine, Japan, based on isotopic compositions of gas, groundwater, and calcite. *Int. J. Coal Geol.*, 229, 1-10.
- Tamamura, S., Murakami, T., Ueno, A., Tamazawa, S., Kiyama, T., Inomata, H., Matsumoto, H., Uchida, K., Suzuki, Y., Aizawa, J. and Kaneko, K. (2022) High $\delta^{13}\text{C}$ values of methane in residual gas from a secondary biogenic methane reservoir as a possible indicator of thermogenic gas preserved in closed pores: A case study of the Kushiro Coal Mine, Japan. *Int. J. Coal Geol.*, 251, 1-11.
- 柳田 誠 (1994) 支笏降下軽石1 (Spfa-1) の年代資料. 第四紀研究, 33, 205-207.
- 柳井清治・雁沢好博 (1988) 北海道駒ヶ岳山麓における化石林の発見とその意義. 地球科学, 42, 25-28.