

房総半島における新第三系～第四系の地質調査法： 研究資料集 no. 671 (中嶋・宇都宮, 2019) を例にして

宇都宮 正志¹⁾

1. はじめに

地質学の研究成果は地質図や論文として出版されますが、その基になったデータは再現性を確保する上で重要な資料です。地質調査総合センターでは、地質の調査に関わる研究及び関連資料の散逸を防止し、かつ有効利用を図るために、利用価値があるデータや文献リスト等を研究資料集として閲覧できるようにしています。

今回筆者は、地質調査総合センターのOBで、長年房総半島を中心に調査を行ってこられた中嶋輝允博士(以下、中嶋氏、写真1;写真2)とともに、中嶋氏の野帳(フィールドノート)とその関連成果を研究資料集として公表しました(中嶋・宇都宮, 2019)。中嶋氏は1969年に旧地質調査所鉦床部に入所され、それ以来房総半島の新第三系～第四系を対象とした層序・堆積学的研究を中心に研究を進められ、鉦物資源部、深部地質環境研究センターなどにて鉦物資源と地質図幅作成のための調査に関わってこられました。房総半島では5万分の1地質図幅「鴨川」(中嶋ほか, 1981)と「富津」(中嶋・渡辺, 2005)を筆頭著者としてとりまとめられました。また、房総半島のタービダイト砂岩の単層追跡を行った先駆的な研究(Hirayama and Nakajima, 1977)や、海底扇状地堆積物の詳細な堆積相解析(中嶋, 1978)は代表的な研究成果です。本小文では、房総半島における新第三系～第四系の地質調査法を、中嶋氏の野帳を例にご紹介して、研究資料としての意義を述べたいと思います。

2. テフラ層と房総半島における地質調査法

日本列島のような火山性島弧では、火山灰など火山性の碎屑物が層状に堆積したものの(以降、テフラ層と呼ぶ)が地層中に挟まることがあります。これらテフラ層は地質学的な時間スケールではごく短期間に堆積したことから、同一時間面を認識し、異なる露頭間を対比することに役立ちます。また、噴出年代がわかっているテフラ層の場合、それ



写真1 あわそうぐんあんのそう 安房層群安野層に挟まるテフラ層 An80 (オドリタフ) を調査中の中嶋氏 (1971年, 君津市甲坂)。An80の細粒火山灰層が未固結変形して波打つ様から「オドリタフ」と名づけられた。

自体が地層の堆積年代や堆積速度を制約する根拠にもなります。

テフラ層の構成物は粒径によって火山灰(< 2 mm)あるいは火山礫(> 2 mm)と呼び、構成粒子によって結晶質、ガラス質、岩片質に区分されます。野外ではテフラ層の厚さ、粒径、色調、堆積構造等の特徴を野帳に記載します。例えば野外では無色鉦物(石英や長石など)と有色鉦物(角閃石や輝石など)が混在したものは俗称としてゴマシオ状火山灰(英語圏では塩コショウ, salt and pepper)などと呼ぶこともあります。通常、テフラ層の肉眼的な特徴だけに注目すると、よく似たものが他の層準にもあり、「他人のそら似」に騙されて誤った層序を組み立ててしまう恐れがあります。また、堆積環境の違いなどによりテフラ層の岩相が異なる場合も多いことから、鉦物組成や火山ガラスの形態、火山ガラスや鉦物の屈折率や化学組成を用いてテフラ層の特徴を把握する必要があります。

房総半島の新第三系～第四系の海成層には、本州弧と伊豆弧から供給された多様なテフラ層が頻りに挟まり、しかもそれらの岩相が数 km 以上に亘ってほとんど変化しないことから、肉眼的な特徴とその組み合わせによってテフラ層を対比することが十分可能です。そのため、なるべく上

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：房総半島, 上総層群, 鍵層, ルートマップ, 野帳, 研究資料集

下に近接するテフラ層も含め、複数のテフラ層を詳細に野帳に記録して柱状図を作成し、それらの組み合わせを鍵層として認定する方法が採られています。さらに、房総半島は第四紀の地殻変動による隆起が著しいため新第三系～第四系の露出が極めて良く、このようなテフラ層の観察に適しています。

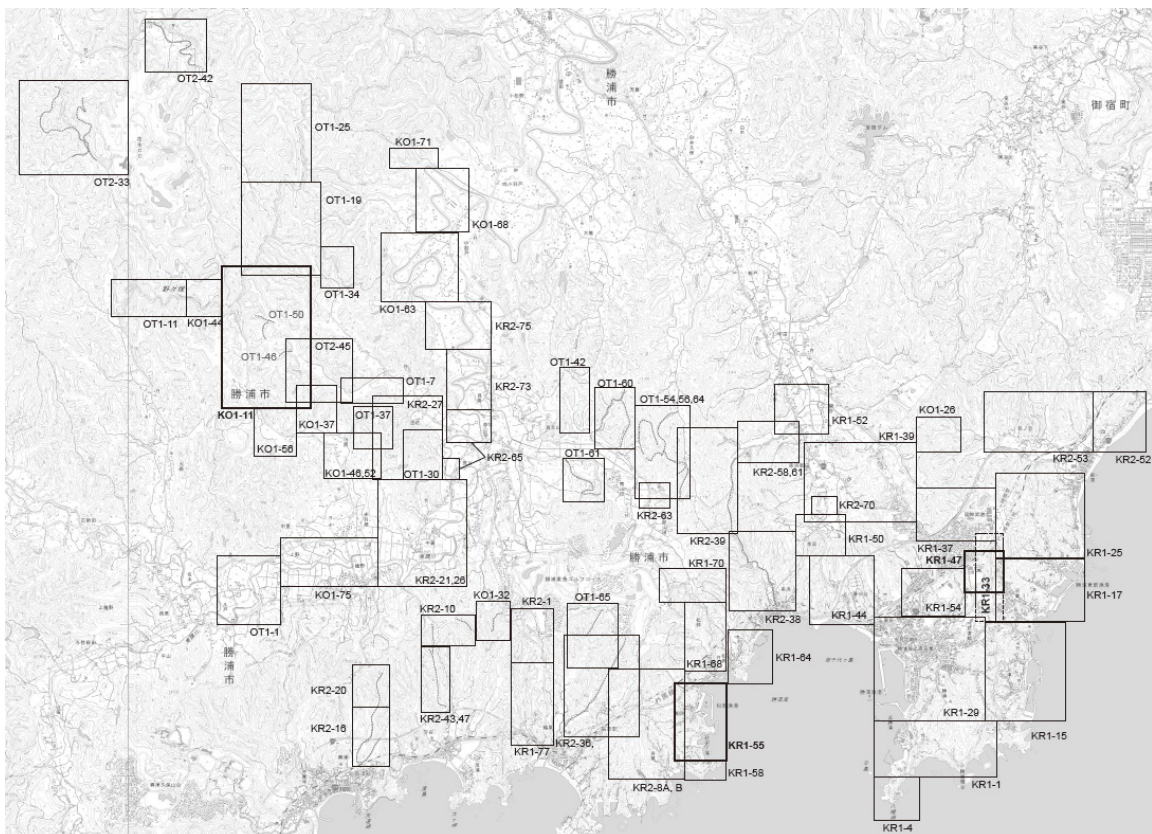
一般的な地質調査法では、こうしたテフラ層の上下関係や位置を記録する際、地形図に調査地点をプロットして、露頭での観察事項は野帳に記載していくという方法を採用します。しかし房総半島のように露出が良く頻繁にテフラ層が出現するようなどころでは、すべてのテフラ層を地形図上には書ききれません。そのため、野帳上に歩測による簡易的なルートマップを描き、その中にどの鍵層が挟まるのかを詳細に記載する方法が発展してきました。

こうした調査法が発展した経緯は、中嶋氏とともに房総半島を長年調査してこられた徳橋秀一博士(地圏資源環境研究部門・客員研究員；以下、徳橋氏)によって、実際の野帳を例に紹介されています(徳橋, 2010)。徳橋氏が平山・中嶋方式と名付けたルートマップの作製法は、旧地質調査所の平山次郎博士(以下、平山氏)が東京大学で師事した故・小池 清助手(以下、小池氏)によるもので、その小

池氏は指導教授の故・大塚弥之助教授より教示されたものだそうです。また小池氏と同級生で、その後、長年にわたり埼玉大学に勤務された故・関陽太郎名誉教授によれば、大塚先生の厳しい指導を受けた同級生の多くがこうしたルートマップを作成する訓練を受け、その技術を習得していたそうです(徳橋, 2011)。すなわち歴史的には、大塚弥之助→小池 清→平山次郎→中嶋輝允・徳橋秀一(以上、敬称略)という流れでルートマップの作成法が継承され、進化・発展しつつ、今日に至っているといえます。なお小池氏の野帳は東京地学協会のホームページで公開されており(<http://www.geog.or.jp/library>, 確認日 2019年6月12日)、高橋(2018)でも紹介されています。今回の中嶋氏の野帳と合わせてこれらの資料をご覧いただくことで、南関東地域の新第三系～第四系を長年調査して来られた諸先輩方による地質調査法について具体的なイメージを持つことが出来ると思います。

3. 研究資料の内容

今回の研究資料集 no. 671 は、中嶋氏の野帳 5 冊のスクリーン画像、説明文、2万5千分の1地形図(索引図)及



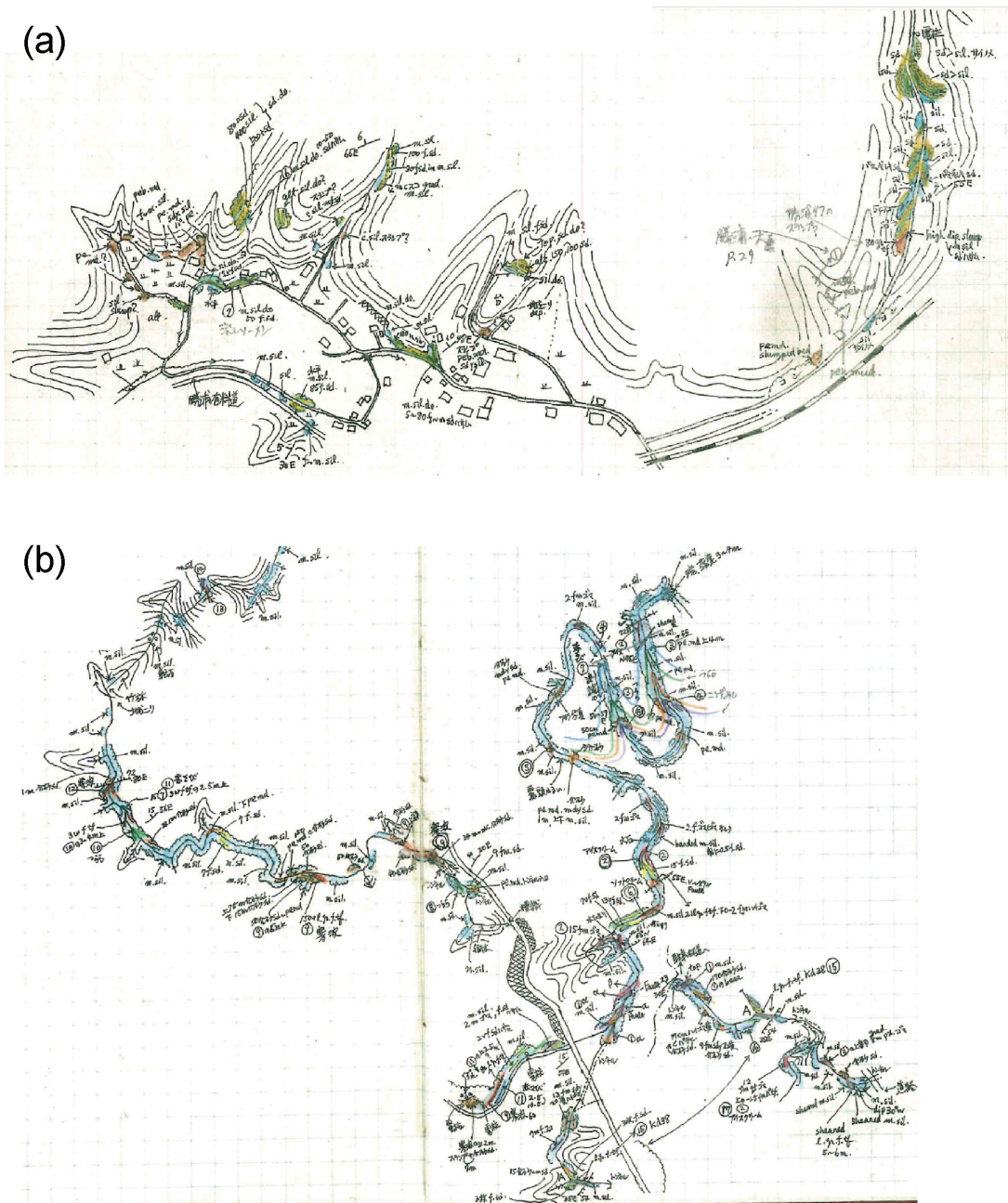
第1図 2万5千分の1地形図(索引図)。野帳の各ページの記載がどの地点のものがわかるように地形図上の位置を枠で囲み、必要に応じて踏査ルートの位置を線で書き入れたもの。国土地理院の25,000分の1地形図を使用。

び鍵層リストから構成されています。まず地形図(索引図)には、野帳の各ページの記載がどの地点のものがわかるように示されています(第1図)。地形図上の位置を枠で囲み、必要に応じて踏査ルート(位置を線で書き入れました)の位置を線で書き入れました。鍵層リストは中嶋氏が記載したテフラ鍵層に加え、筆者(宇都宮)の調査で新たに報告したテフラ鍵層も含めて整理したものです。リストにはテフラ鍵層が記載された模式的な調査ルートを野帳のページ番号で示しています。ページ番号が示されていない鍵層については、5万分の1

上総大原地域の地質図幅における上総層群の章(宇都宮, 印刷中)をご参照いただければと思います。

4. 中嶋氏の野帳における表現上の工夫

野帳には、中嶋氏がこれまで房総半島東部で作成したルートマップと柱状図が記載されています。第2図にルートマップの例を示しました。第2図(a)は集落や線路を含む地域のルートマップ例で、露頭の位置が道路や線路と

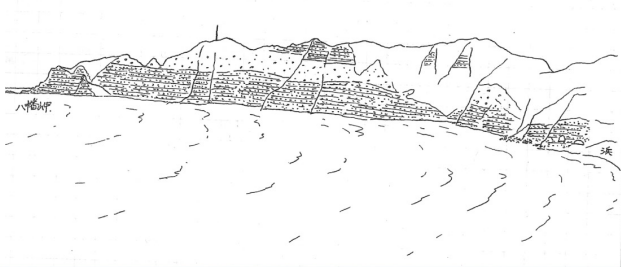


第2図 ルートマップの例。(a) 集落や線路を含む地域のルートマップ例。露頭の位置が道路や線路といった目印となる人工物とともに示されている。等高線を描くことで低地と丘陵を区別し、細かな枝沢を表現している。中嶋・宇都宮(2019)の野帳 KR2 より転載。(b) 沢や尾根沿いの露頭の位置関係を示すルートマップ例。なだらかな沢の場合は余計な等高線は描きいれていない。同じ鍵層が繰り返し現れる場合は露頭線を引いて繋がることを表現している(図右上のオレンジや緑の線)。泥岩は水色、砂岩は黄色、鍵層は赤色で表現している。中嶋・宇都宮(2019)の野帳 OT2 より転載。

いった目印となる人工物とともに示されています。また、等高線が丁寧に描かれていますが、これは低地と丘陵を区別し、細かな枝沢を表現するための工夫です。第2図(b)は沢や尾根沿いの露頭の位置関係を示すルートマップです。露頭が良い川の中では、川の形と枝沢の位置を示して、なるべく多くの記載を行うために等高線は最小限としています。尾根沿いでは等高線を描きいれています。同じ鍵層が繰り返し現れる場合は露頭線を引いて繋がることを表現しています。こうしたルートマップから露頭の状況のある程度読み取ることが出来ます。

柱状図は20分の1スケールで作成されたもので、岩相記載が所狭しと書き込まれています。よほど注意しないと見逃してしまいそうな厚さ1 cm以下のテフラ層も、重要な特徴として記載されており、上下に近接するテフラ層の組み合わせにこだわりを持って観察されたことが見て取れます。20分の1という縮尺は、テフラ層1枚1枚の記載と、上下のテフラ層の組み合わせを表現する上で房総半島のテフラ層記載に適した縮尺と言えるでしょう。

野帳の中にはルートマップと柱状図とともに、露頭スケッチも含まれています。第3図は、千葉県勝浦市川津の勝浦灯台付近から八幡岬を望む^{はちまんみさき}写真とスケッチです。写真では灰色の水中土石流堆積物(層厚10 mほど)が見えており、中嶋氏によるスケッチではドットで示されています。房総半島に見られるこうした水中土石流堆積物は小池氏が初めて体系的に論じ、数10 kmにわたって側方に追



第3図 千葉県勝浦市川津の勝浦灯台付近から八幡岬を望む。中嶋氏によるスケッチ(1991年)では層厚10 mほどの水中土石流堆積物がドットで示されている。写真(2018年、筆者撮影)では灰色がかった層として見える。

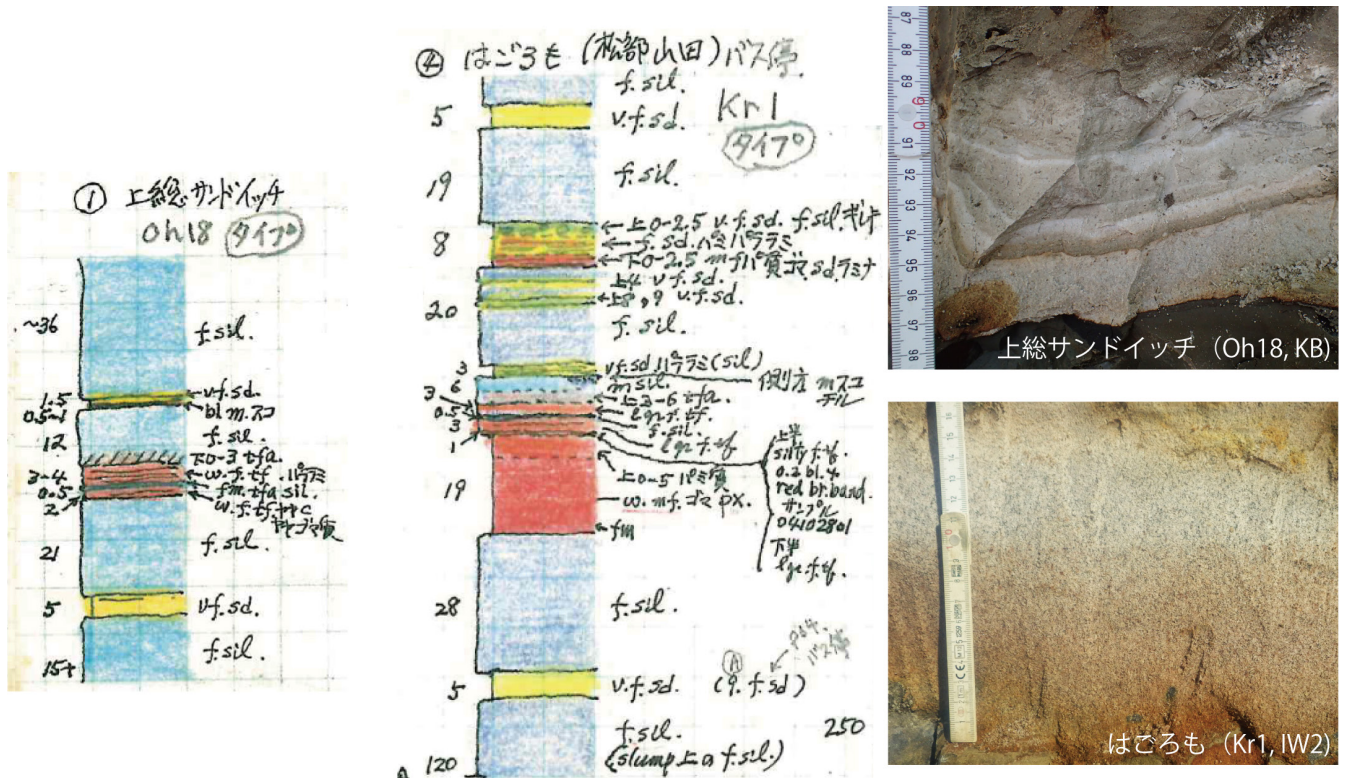
跡できる場合があることを報告して、堆積盆の発達過程を考える上で重要視しました(小池, 1955)。中嶋氏も小池氏と同様に、この勝浦市の水中土石流堆積物を重視し、スケッチを行なったそうです。

私たちは1日の地質調査を終えると、その夜のうちに、野帳に鉛筆で書き込んだルートマップや柱状図を清書する作業を行います。黒い極細(0.1 mm以下)のレタリングペン(例えばロットリング)で上からなぞり(一般に墨入れという)、消しゴムをかけた後に色鉛筆で彩色します。この作業は効率性の観点からは一見無駄なことをやっているように見えますが、実はその日の調査を追体験し、記憶を定着させ、翌日の調査課題を明確にする上で重要な作業です。最近GPS(Global Positioning System)で取得した位置情報や、デジタルカメラで撮影した画像も、調査内容を復習する上で活用できますが、やはり野帳の清書作業は怠ることができません。実りある成果が得られ、記載データが豊富なきほど作業量が多くなります。中嶋氏の記載の細かさを見るに、清書作業も夜遅くまでされたのだろうと想像されます。

5. 研究資料としての意義

本研究資料の利用上の意義として、現地におけるテフラ層の正確な位置と層位の確認が容易となることがあげられます。これは再現性の確保において非常に重要です。通常、論文では5万分の1などの小縮尺の地形図上にこれらの位置情報が記載されることが多いため、それをもとにして対象とするテフラ層を現地で特定することは非常に困難です。この点、ルートマップと柱状図があれば、高い確率でテフラ層を特定することができます。中嶋氏が記載したテフラ鍵層の一部は田村ほか(2019)によって広域テフラの可能性が高いガラス質テフラとして報告されました。そのうち「上総サンドイッチ」と「はごろも」の柱状図と露頭写真が第4図です。今後、こうした広域テフラの研究でも中嶋氏の野帳が果たす役割は大きいでしょう。

ところで、調査の途中段階では、テフラ層にこのようなフィールドネームを与えておくことが有効です。テフラ層の色調や岩相を形容したものとしては、大阪群の「アズキ火山灰」などが有名ですが、中嶋氏の野帳でも多くのテフラ鍵層にフィールドネームが与えられています。「オドリタフ」(写真1)や「上総サンドイッチ」(第4図)は岩相を形容した例ですが、観察した時の出来事に関連した名称を与えることも、記憶を定着させる有効な手段です。例えば勝浦層に挟まるテフラ層「アサギマダラ」は蝶の一種



第4図 テフラ鍵層の柱状図の例とそれらの露頭写真。「上総サンドイッチ」は粒度の異なる火山灰層が交互に重なる特徴から命名された。田村ほか(2019)によって「KB」として報告され、大隅石を含む特徴的な広域テフラであることが明らかにされた。「はごろも」は田村ほか(2019)で「IW2」として報告され、重鉱物がカミングトン閃石を主体とする特徴的なテフラであることが明らかにされた。

の和名で、テフラ層の観察時に見かけたそうで、昆虫の愛好家でもある中嶋氏らしいネーミングといえます。暖温帯と冷温帯の植物相の移行帯に位置する房総半島では植物相が豊かであることから、地質調査中にも多くの昆虫との出会いがあったことでしょう。テフラ層が非常に多く、それらの上下関係もよくわからない調査初期の段階では、テフラ層の特徴を周囲の状況と関連させて確実に記憶することで、別の地域を調査した際にも、上下の岩相や他のテフラ層との関連で同定することが出来るわけです。

もう一つの意義として、構造地質学的・堆積学的な研究に貢献することが考えられます。中嶋氏の野帳からは、テフラ層が房総半島の広い範囲に追跡できることを学ぶことが出来るだけでなく、断層の両側のテフラ層から、断層のずれの量や空間的な堆積場の変化を読み取ることが出来ます。例えば、褶曲軸付近で同時代の地層の厚さや堆積相がどのように変化するかを調べて、褶曲が成長していた時期を知る研究などにも活用出来るでしょう。研究資料集では、その一例として、上総層群黄和田層に挟まる Kd38 というテフラ層を例に、離れた地点間を対比して岩相の側方変化を説明しています(中嶋・宇都宮, 2019 の第4図)。ここでは西方に向かうにつれて厚さ5 m に達するような細粒



写真2 房総半島の5万分の1地質図幅作成のための中嶋氏(右)と筆者による打ち合わせの様子。調査当時と現在の露頭状況や、テフラ鍵層の細かな特徴など多くの情報を交換しながら、データ整理を行った。徳橋秀一氏撮影。

なテフラ層が数10 cm以下と薄くなる様子が示されています。これは黄和田層が西方に向かって収斂し、黒滝層(上総層群最下部)へと側方に移り変わっていくことを明示した希少な例であり、貴重なデータと言えます。

6. 終わりに

本小文では、研究資料集 no. 671 (中嶋・宇都宮, 2019) を例に、房総半島における新第三系～第四系の地質調査法をご紹介します。中嶋氏の野帳を参照して調査に出ると、私たちが行っている現状の地質調査法が、人間の高い認知能力に依っていることが実感できます。それ故に、同じ露頭を観察した場合でも、調査者の科学的な知識と調査・検鏡観察の経験の違いが、記載内容に如実に表れます。近年では、機械学習技術が目覚ましい進歩を遂げており、将来的には膨大なテフラ層のデータから候補を選出し、現地でのテフラ層の同定を助ける手段になっていくかも知れません。また、GPS の高精度化や無人航空機による精密な 3 次元測量が可能になり、ルートマップの在り様も変容していくと予想されます。より効率的で精密な地質調査を行うために新たな技術を取り入れていく上で、野帳の清書作業とテフラ層の名称付けで記憶の定着化をはかってきた伝統的な調査法に学ぶことはその一助になると考えられます。本小文が地質調査技術の将来を考えるための一助になれば幸いです。

本稿の執筆にあたり、中嶋輝允博士には調査当時の情報をご教示いただきました。徳橋秀一博士には房総半島の地質調査法の系譜に関してご指導いただくとともに、写真をご提供いただきました(写真 2)。本稿は、柳沢幸夫博士の丁寧で本質的なアドバイスによって大きく改善されました。記して心より感謝申し上げます。

文 献

Hirayama, J. and Nakajima, T. (1977) Analytical study of turbidites, Otadai Formation, Boso Peninsula, Japan. *Sedimentology*, **24**, 747-779.
 小池 清 (1955) いわゆる層間異常の地史的意義について。地質雑, **61**, 566-582.

中嶋輝允 (1978) 房総半島におけるフリッシュ堆積物の堆積環境— 黄和田層, 黒滝層, 安野層のフリッシュ相と縁辺相の関係を中心に—。地質雑, **84**, 645-660.

中嶋輝允・宇都宮正志 (2019) 房総半島東部における上総層群下部の地質調査: 鍵層柱状図とルートマップ。地質調査総合センター研究資料集, no. 671。産総研地質調査総合センター。

中嶋輝允・渡辺真人 (2005) 富津地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 102p.

中嶋輝允・牧本 博・平山次郎・徳橋秀一 (1981) 鴨川地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 107p.

高橋直樹 (2018) 地質調査の達人・小池 清。地球科学, **72**, 153-160.

田村糸子・水野清秀・宇都宮正志・中嶋輝允・山崎晴雄 (2019) 房総半島に分布する上総層群の広域テフラ—特に上総層群下部におけるテフラ層序と新たな対比—。地質雑, **125**, 23-39.

徳橋秀一 (2010) 地質調査および層序学的・堆積学的研究におけるテフラ鍵層の積極的活用のすすめ—その 1: 房総半島中部の安房層群での解析例—。地質ニュース, no. 666, 10-20.

徳橋秀一 (2011) ご地層の話—地層観察・地質調査・露頭保存の重要性を唱えつつ—。実業公報社, 203p.

宇都宮正志 (印刷中) 第 3 章 上総層群。上総大原地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター。

UTSUNOMIYA Masayuki (2019) Geological survey of the Neogene-Quaternary in the Boso Peninsula as seen in GSJ Open-File Report no. 671 (Nakajima and Utsunomiya, 2019).

(受付: 2019 年 5 月 30 日)