

# 我が国における 5 万分の 1 地質図幅整備

## — 地質図整備における全体シナリオと個別シナリオ —

宮崎 一博

明治15年(1882年)の設立以降、地質調査所は日本国内の地質図幅の整備を行ってきた。現在、この業務は産総研地質調査総合センターに引き継がれている。この論文では地質調査総合センター(地質調査所)における地質図幅整備の歴史を振り返り、全体計画の変遷を概観する。全体計画は図幅整備の全体シナリオと見ることができる。さらに、地質図幅作成の実例を紹介し、地質図幅の作成における個別シナリオについて述べる。個別シナリオに従い研究要素は統合され、地質図が作成される。個別シナリオは地域地質に強く依存する。5万分の1地質図幅は地質調査総合センターで整備する最も基本的な地質図である。全体シナリオと個別シナリオの視点から5万分の1地質図幅整備を論じた。

キーワード: 5 万分の 1 地質図幅、20 万分の 1 地質図幅、7 万 5 千分の 1 地質図幅

## 1:50,000 quadrangle geological mapping project in Japan

### —Overall and individual scenarios of mapping project—

Kazuhiro MIYAZAKI

The Geological Survey of Japan started a geological mapping project in Japan in 1882. This paper summarizes the historical transition of the strategy of the geological mapping project, which coincides with the transition of the overall scenarios of the mapping project in Japan. Each geological map has an individual scenario on which integration of research elements is conducted. Each individual scenario depends on local geology. 1:50,000 quadrangle geological map is the most basic one developed in the Geological Survey of Japan, and I discuss the mapping project in terms of the overall and individual scenarios.

Keywords: 1:50,000 quadrangle geological map, 1:200,000 quadrangle geological map, 75,000 quadrangle geological map

### 1 はじめに

地質図は地表付近に分布する地層・岩体を岩質・形成条件・形成年代等によって区分し地図上に表したものである。地質図には我々が生活を営む大地についての情報が記されている。我々が住む日本列島は地球上で最も活動的な場である沈み込み帯に位置している。日本列島およびそのもととなったユーラシア大陸の東縁は、5億年以上の間、沈み込み帯に位置し続けてきた。現在も、断層活動、火山活動、地すべり、浸食、隆起、地下水流動、土砂の堆積等我々に対して直接あるいは間接的脅威となり得る地質現象が進行している。地震や噴火および地すべりのような短い時間スケールで起こる現象や造山運動のような数千万年から数億年前の時間スケールで起きる現象の記録が我々の足下の地層および岩体に刻まれている。また、我々が直接見ることができない地殻深部ないしマントルで起きた現象を記

録している岩体が現在の地表に数 10 km 以上のスケールで大規模に露出しているところもある。結果として、我々の足下には多種多様な地層や岩石が分布する。これら地層および岩石の特質を知ることは、これらを利用あるいは立地基盤として、産業を発展させていく上で欠かせない。事実、明治から戦後復興期にかけて、戦時中の一時期を除き国内鉱物資源開発のために地質図が作成されていた。昭和の高度経済成長期から現在にかけては、国土開発や保全、自然災害の軽減のための基盤情報として地質図が作成されている。

この論文では最初に社会における地質図の役割を述べ、地質調査総合センターおよびその前身である地質調査所における地質図幅<sup>用語1</sup>整備の歴史を概観し、地質図幅整備の全体計画の変遷をたどる。さらに、地質調査総合センターが現在出版する主要地質図幅である 5 万分の 1 地

産業技術総合研究所 地質情報研究部門 〒305-8561 つくば市東 1-1-1 中央第 7  
Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8561, Japan E-mail: kazu-miyazaki@aist.go.jp

Original manuscript received January 25, 2018, Revisions received March 26, 2018, Accepted March 28, 2018

質図幅作成過程について述べる。地質図幅整備の全体計画と5万分の1地質図幅の作成過程は、地質図幅整備における全体シナリオと個別シナリオと言い換えても良い。この論文の前半で、明治以降の地質図幅整備の全体計画の変遷から全体シナリオについて言及し、さらに後半では、5万分の1地質図幅作成の個別シナリオを紹介する。最後に今後の5万分の1地質図幅整備における全体シナリオと個別シナリオの役割に言及したい。

## 2 社会における地質図幅の役割

地質図幅は、社会においてさまざまな場面で利用されている。大型土木工事における基礎的資料として利用される場合、地質図幅に記載されている地質情報から、工事・建設地等の選定のための地質概要を把握することによって、事業者の調査期間の短縮と経費の節減に効果を上げている。事業者ないし請負業者が作成する土木工事に特化した詳細な地層・岩体の区分に5万分の1地質図幅の凡例が標準として使用されている<sup>[1]</sup>。国内陸上での大規模な資源開発は現在では珍しくなったが、新規に5万分の1地質図幅が出版された地域では、その詳細な地質図を基に石油天然ガスの探鉱の価値がありと判断され、数億から数十億円規模の地表踏査と物理探鉱が実施につながった例もある<sup>[1]</sup>。5万分の1地質図幅のような信頼性の高い地質図は、資源探査の基礎データとして現在の日本国内においても重要であることを表している。さらに、5万分の1地質図幅や20万分の1地質図幅を基に作られる20万分の1日本シームレス地質図は、日本全国の深層崩壊推定頻度マップにおいて気象条件、隆起量とともに崩壊のしやすさ

を決めるデータとして使用されている<sup>[1]</sup>。

地質図幅は多くの国において、国が公共財として整備している。公共財である地質図幅が、前述したようにある地域のインフラ整備あるいは産業施設の立地計画作成のための基礎資料、資源開発および減災のための基礎資料として利用されたとしてもその価値が明示的に示されることはほとんどない。しかし、国家地質図作成法を1992年に制定した米国では、2005年の地質図作成プログラムの予算規模が6,400万ドルに達し、予算処置の裏付けとして地質図の社会的価値の見積もりが行われた<sup>[2]</sup>。この見積もりでは、二つの事例が取り上げられている。廃棄物処分場の立地と輸送幹線道路の建設である。どちらの場合も、古い地質図と新たに作成された地質図とでは、どちらがよりリスクを低減できるかを経済学的手法を用いて評価している。評価に用いられた地質図は1963年に作成された50万分の1バージニア州地質図と米国地質調査所(USGS)が1992年に作成した10万分の1バージニア州ラウダン郡地質図である(図1)。廃棄物処分場建設の場合、該地域の透水率を地質から推定し、透水率から立地が制限される場所を決定した(図2)。地質図から求められるある地域の透水率はある統計分布に従う不確実性を持っている。高品質ある場所の地質の認定がより正確でより細分化されている場合、高品質とここでは定義する)で高精度(岩相境界や断層の位置精度が高い)な地質図を使用した方が透水率の不確実性を減少させることができる。立地場所の制限には断層から距離も加味される。このようにして決定した立地制限場所の資産価値と汚染発生確率から、立地制限を行ったことで回避された予測損失額を推定している。一方、輸

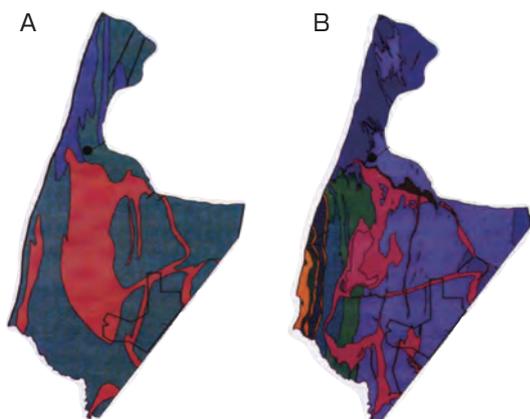


図1 バージニア州ラウダン郡東部の地質図  
A. 1963年バージニア州地質図(バージニア州鉱物資源部)の一部。緑=堆積岩(砂岩と頁岩は未区分)。淡紅色=火成岩(輝緑岩と斑れい岩は未区分)。青=礫岩(粗粒堆積岩)。B. 1992年USGSバージニア州ラウダン郡地質図(予備版、Open-file Report)の一部。緑色系と青色系=堆積岩(砂岩、シルト岩、礫岩)、淡紅色系と橙色=(輝緑岩と玄武岩)、濃紺色=石灰岩礫岩。(文献[2]序論の第3図)。Aに比べBは岩相がより細分化されている。

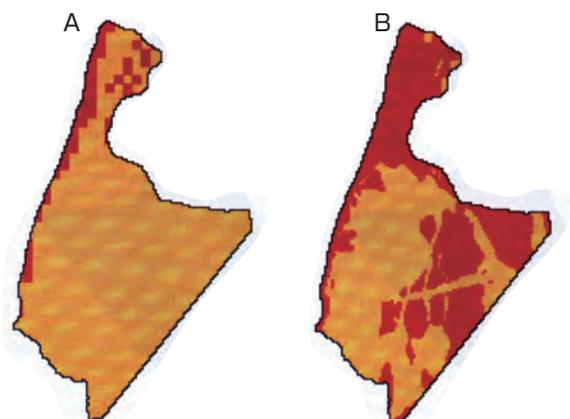


図2 A. 1963年のバージニア州地質図ならびにB. 1992年USGSバージニア州ラウダン郡地質図に基づいた廃棄物処分場立地に不適切なセルの分布。  
黄=立地が制限されない。赤=立地が制限される。(文献[2]序論の第4図)。

送幹線道路建設の事例では、該当地域の地質から剪断強度を推定し、斜面崩壊の防止対策が必要な場所と不要な場所を決定した(図3)。道路建設では、防止対策が必要な場所を避けることで、道路建設による斜面崩壊の起きる確率と防止対策費から回避できる予測防止対策費を推定している。どちらも場合も、地質図から推定する透水率および剪断強度の値には不確実性が伴う。前述したように、該当地域に存在する地質図が高品質・高精度であれば、不確実性は小さくすることができる。したがって、新しい地質図と古い地質図を用いたときの回避できる予測損失額と予測防止対策費の差から新しい地質図を作成する費用を差し引いた便益を算出している。その額は上記2例に関して112万ドルから350万ドルと予測された。当然のことながら、廃棄物処分場立地や輸送幹線道路建設以外に地質図が利用されれば便益はさらに増大することになる。ここで重要なことは、高品質・高精度の地質図が社会的に大きな便益を生み出すということである。以下では、我が国における地質図幅整備の歴史と5万分の1地質図幅整備計画、さらに高品質・高精度の5万分の1地質図幅作成の過程を見ていくことにする。

### 3 地質図幅整備の全体シナリオ

#### 3.1 20万分の1地質詳図

日本における地質図の作成は明治時代に始まる。内務省地理局地質課ができたのが明治11年(1878)年で、西南戦争の翌年である。明治12年(1879)年には、内務卿伊藤博文宛に、国として地質調査が農業・鉱業および冶金学・土木建築学にいかにより有益で、各種地下資源の開発にいかにより必要であるかという意見書が出されている<sup>[3]</sup>。諸外国の地質調査所の設立を見てみても、英国地質調査所が1835年、米国地質調査所が1879年であり、国際的に見ても基

盤情報としての地質図の重要性が認識されていた。日本における地質調査所の設立は明治15年(1882年)である。地質調査所では国内の地質図の整備が開始された。地質調査所および現在の地質調査総合センターで作成する地質図には大きく分けて2種類のもので存在する。一つは野外地質調査と室内研究を行い作成する地質図で、その代表が現在の5万分の1地質図幅である。もう一つは、主として既存資料の編纂によって作成する地質図であり、現在地質調査総合センターで発行している20万分の1地質図幅がその代表である(図4)。編纂によって作成する地質図は、当然ながらオリジナルな地質調査で作成する地質図がある程度出版されてから、整備されることになる(図4)。

以下では明治から昭和初期にかけてのオリジナルな地質調査で作成された地質図の変遷を見ていく。地質調査所の設立の意見書に書かれているように、地質調査およびその結果作成される地質図は、近代国家として日本が発展するための基盤情報として重要であるとの認識があった。このとき、日本で地質調査を実施する場合の具体的計画として、明治12年(1879年)に20万分の1地質図幅(現在出版している20万分の1地質図幅との混同を避けるため、以下では20万分の1地質詳図と呼ぶことにする)98図幅を約12年で作成する計画が提案されている<sup>[4]</sup>。20万分の1地質詳図調査に際しては、予察を縮尺40万分の1地質図、詳細を縮尺20万分の1地質図と説明書、これに縮尺10万分の1の土性図とその説明書を合わせて作成する計画だった<sup>[4]</sup>。予察図は5図幅が計画され、北海道は除外されている。明治19年(1886年)の東北部が最初に出版され、明治27年(1894年)に西部および南西部が刊行され5図幅が出版されるが、最初に刊行された東北部は他に比較して位置精度が劣っていたので、明治28年(1895年)より再調査が始められ明治34年(1901年)に第2版が出版されている<sup>[4]</sup>。以上の図幅は40万分の1予察地質図と呼ばれている(図4)。

20万分の1地質詳図は、オリジナルな地質調査を行い作成された。編纂を主として作成されている現在の20万分の1地質図幅と位置付けが異なることに注意されたい。シリーズ最初の20万分の1地質詳図「伊豆」が出版されたのが明治17年(1884年)であり、シリーズの最後の図幅である「敦賀」が98枚目の図幅として大正8年(1919)年に完成している。明治12年(1879年)の立案から完成まで40年を要したことになる。当初計画では12年であったので、当初計画よりかなりの時間を要したことになる。とはいえ、このときの20万分の1地質詳図は、現在我々が作成している5万分の1地質図幅12枚分の面積であり、これを1図幅当たり4か月(約120日)の調査で完成させて

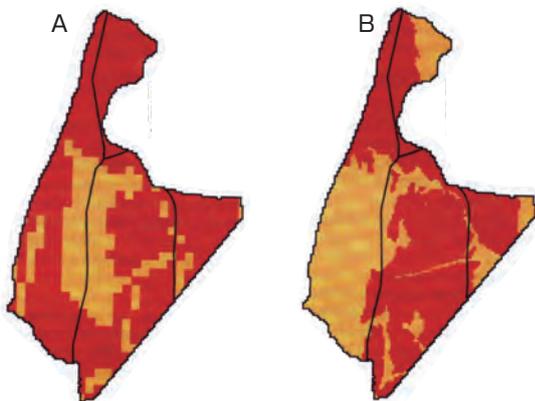


図3 輸送幹線道路建設により誘発される斜面崩壊を防止する対策を必要とするセルの分布

A. 1963年のバージニア州地質図を用いた場合。B. 1992年USGSバージニア州ラウデン郡地質図を用いた場合。黄=防止対策不要。赤=防止対策必要。黒線=輸送幹線道路計画ルート。(文献[2]序論の第5図)。

いる<sup>[4]</sup>。20万分の1地質詳図はオリジナルな地質調査によりはじめて日本全国を完備した図幅となった。明治から大正にかけての先人たちの地質調査には、多くの困難が伴っていたと想像される。これにより、日本列島の野外調査による地質図の第一段階が完了したと考えて良いであろう。

### 3.2 7万5千分の1地質図幅

20万分の1地質詳図の全国完備は偉業であるが、明治40年（1907年）に当時の地質調査所長らが世界各国の地質調査事業を調べた結果、さらに大縮尺の地質図の整備が必要と認識された。大正3年（1914年）には7万5千分の1地質図幅の計画立案がなされた。7万5千分の1地質図幅は、現在の5万分の1地質図幅3枚分の面積に相当する。これを所要日数4か月（約120日）の野外調査で作成する計画が立てられていた<sup>[4]</sup>。5万分の1地質図幅1枚当たり、1か月強の日数である。当初計画では、日本国内を324図幅に分け、年間8図幅を調査し、40年間で完成するという意欲的な計画だった<sup>[4]</sup>。実際に、7万5千分の1地質図幅の作成が開始されるのは大正6年（1917年）からである。計画通りだと、1957年頃には全国完備が達成されていたことになる。昭和初期までは政府の緊縮財政下であっても地質図幅調査には重点が置かれていた<sup>[3]</sup>。しかし、臨戦態勢下の昭和18年（1943年）について地質図幅調査が中止される<sup>[3]</sup>。地質調査所創立以来初めてのことである。地質調査所の基幹業務であった7万5千分の1地質図幅の調査が戦後再開されたのは、昭和21年（1946年）からである<sup>[3]</sup>。しかし、昭和33年（1958年）出版の「鬼

首」が最後の7万5千分の1地質図幅となる。全国完備を目標として計画された7万5千分の1地質図幅は結果的に83図幅を作成して中断してしまう。戦後荒廃した国土の保全並びに産業振興の面から図幅事業の推進が強く要望されており、社会の発展のためにはその基礎となる地質図の作成が重要であることが認識された<sup>[4]</sup>のだが、戦後、国土の地質図を整備する役割は後述する5万分の1地質図幅に引き継がれることになる。

### 3.3 地質調査所時代の5万分の1地質図幅

前述の7万5千分の1地質図幅整備は、昭和24年（1949年）から現在まで作成が続く5万分の1地質図幅の整備に切り替わる。その理由は、基図となる国土地理院の地形図の縮尺が5万分の1であること、地形図との比較を考えたときの利用者の利便性と調査時の位置精度を考えての判断である<sup>[3]</sup>。この変更により、全国完備の目標はどうなるのであろうか。縮尺を大きくしたことで完備に必要な図幅の枚数は単純計算で3倍に膨れあがる。1枚の作成にかかる時間が同じだと仮定すると、40年計画が120年計画になる。加えて、より詳細な地層・岩体区分が要求されることから、室内研究の増加分も含めるとこの数倍の期間が必要であろう。即ち、7万5千分の1地質図幅から5万分の1地質図幅の整備へ切り替えたことは、縮尺の変更以上に図幅整備の全体シナリオ、直接的には全国完備、がほぼ100年未満では不可能になったことを意味する。それではどのような全体シナリオで5万分の1地質図幅の作成はこれまで行われてきたのだろうか。

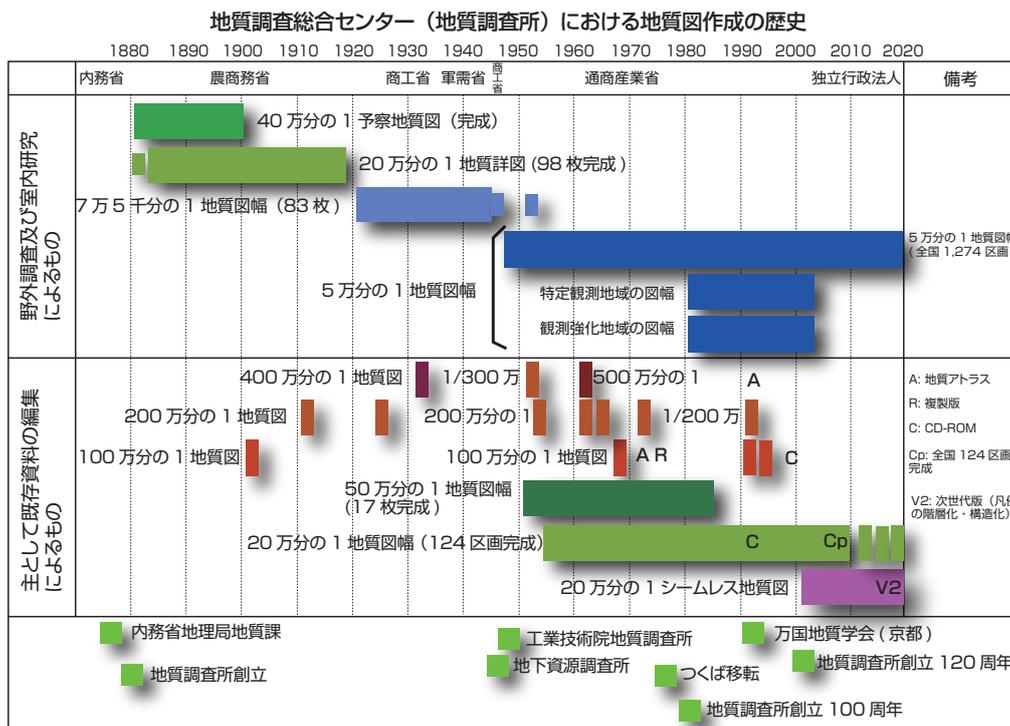


図4 地質調査総合センター（地質調査所）における地質図の歴史

5万分の1地質図幅は現在までに757.5区画（平成29年度時点）が出版されているが、年間を通じた出版数には大きな変動がある（図5）。5万分の1地質図幅の整備がスタートした初期は、主に北海道での図幅調査が活発化した。これはエネルギー資源（特に石炭）確保のために、北海道の図幅調査を所外の研究機関（道立地下資源調査所他）とも協力して集中的に行ったことが大きい<sup>[5]</sup>。即ち、戦後復興期に、地質調査所、北海道地下資源調査所、北海道開発庁による北海道の図幅作成が行われる。北海道開発庁委託の5万分の1地質図幅調査が昭和26年（1951年）に開始されている。地質調査所でも、昭和29年（1954年）に図幅事業を特別研究として重視し多くの図幅調査が開始された。即ち、この時期の5万分の1地質図幅は北海道地域での集中的な整備を目指していたと考えて良い。集中的な北海道地域の地質図幅の整備は昭和38年（1963年）頃まで続いたが、その後、図幅整備は経常研究で継続することになり、出版される図幅数も極端に減少する。この減少期は、図幅以外に多くの特別研究が立ち上がった時期と重なる<sup>[4]</sup>。即ち、特別研究の増加とこれへの研究者の参加が地質図幅調査の減少となり、経常研究費の相対的な減少にも拍車をかけた<sup>[4]</sup>。

しばらくの間、出版数の低迷期が続き、次に、地質図幅の出版枚数が増加するのは昭和54年（1979年）に地質調査所所内特研として始まる特定地質図幅の整備からである（図5）。特定地質図幅整備計画は、全国8か所の「地震予知のための特定観測地域」内の5万分の1地質図幅を早急に整備するというプロジェクトであった。8地域とは、1) 北海道東部、2) 秋田県西部・山形県西北部、3) 宮城県東部・福島県東部、4) 新潟県南西部・長野県北部、5) 長野県西部・岐阜県東部、6) 名古屋・京都・神戸地区、7)

島根県東部、8) 伊予灘および日向灘周辺である（図6参照）。即ち、ここに特定地域に限定してはいるが、地質図幅をある一定期間内に集中して整備するという全体シナリオが再び復活したことになる。この時期の5万分の1地質図幅では1枚の作成に約250日の野外調査を行っていた。8地域内には5万分の1地質図幅が265図幅あり、うち132図幅が昭和54年（1979年）当時未整備であった。特定地質図幅整備計画は、第1次計画（昭和54年～59年）で42図幅、第2次計画（昭和60年～平成1年）で35図幅、第3次計画（平成2年～平成6年）で34図幅が作成された。3次計画までの16年間で111図幅が整備されており、8地域の5万分の1地質図幅整備率は9割を超える。計画自体は第4次計画（平成6年～平成12年）、第5次計画（平成11年～平成17年）が計画されたが、平成13年に産総研地質調査総合センターに計画が引き継がれてからは、特定図幅計画とそれ以外の経常図幅計画の切り分けは明確ではなくなっていく。特定地質図幅の範囲を眺めてみると、この地域の5万分の1地質図幅の整備率が非常に高いことがわかる（図6）。特定地質図幅整備計画は、トップダウン的地質図幅整備の全体シナリオであった。整備する図幅はトップダウンで決められ、1図幅当たりの野外調査期間も1-3年と限られていた。この計画は研究者個人には不評であったが、結果的には計画通り地質図幅が整備された。

### 3.4 産総研になって以降の5万分の1地質図幅

産総研になってからは、特定地質図幅のような明示的に特定地域の集中的整備を目指す5万分の1地質図幅整備の全体シナリオは存在しない。5万分の1地質図幅の重要地域はあるものの、現状は1970年代に見るような経常的な地質図幅整備に近い状態になりつつある。ただし、

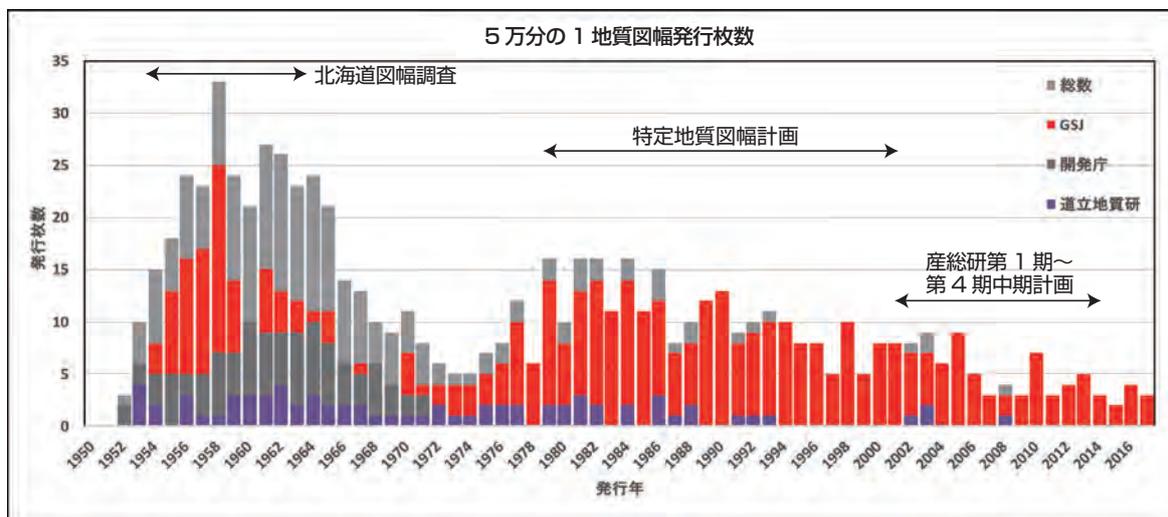


図5 5万分の1地質図幅作成枚数の変遷  
GSI:地質調査総合センター（地質調査所）、開発庁:北海道開発庁、道立地質研:北海道立総合研究機構地質研究所（北海道立地下資源研究所）。

産総研になってからの地質図幅整備の全体シナリオがなかったかというそうではない。国の知的基盤整備計画や産総研第1-2期中期計画（2001-2009年）の全体シナリオでは、昭和29年（1954年）に開始された20万分の1地質図幅の全国完備が間近であったこともあり、これが図幅整備全体を駆動するシナリオになっていた。2010年には56年の歳月をかけた20万分の1地質図幅の全国完備が達成された<sup>6)</sup>。産総研第1-2期（2001-2009年）の間、20万分の1地質図幅は改訂版も含めて34枚が出版されている。戦前に完備された20万分の1地質詳図と違い、20万分の1地質図幅には戦後日本における地質学的理解の進展が盛り込まれている（図7）。さらに、産総研第3期（2010-2014年）では、20万分の1地質図幅124区画全てにおいて日本列島の地質を最新の情報に更新するとともに、全国統一凡例の階層化と構造化を実施したシームレス地質図（次世代シームレス地質図）を完成させた。試験公開を経て、次世代シームレス地質図の本格公開が始まったのは2017年度からである。これにより、シームレス地質図による地質情報のオープンデータ化、20万分の1地質図幅による地質図の全国完備、5万分の1地質図幅は日本列島を代表する地質が分布する地域の標準を確立という役割別に地質図を体系的に整備していく枠組みが完成できた（図8）。今後の地質図幅の全体シナリオを考える場合、全ての地質図の基礎となる5万分の1地質図幅整備計画が重要になる。これを議論する前に、個別の5万分の1地質図幅作成のシナリオを概観する。これは個別シ

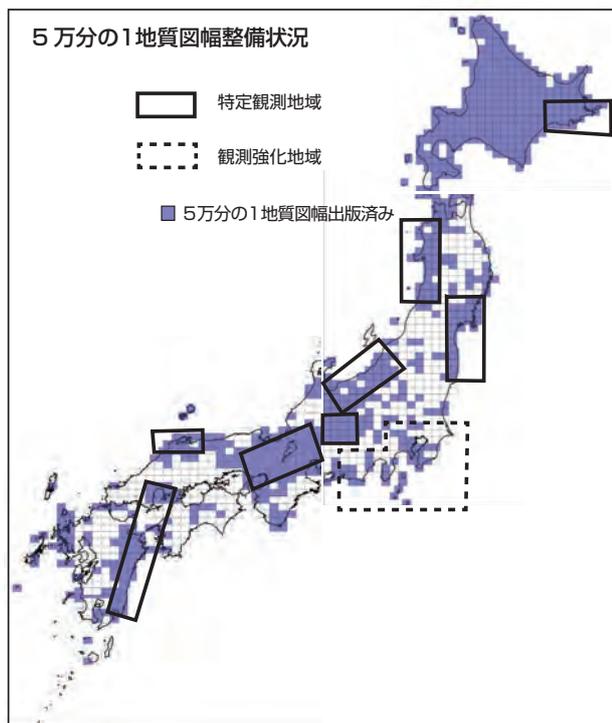


図6 5万分の1地質図幅整備状況（2013年時点）

ナリオとして位置づけられ、地質図幅の品質を保つことに関係している。また、個別の地質図幅研究から生み出される新たな知見は研究論文として公表され研究者個々の知的探求心から図幅整備を駆動している（図8）。

## 4 5万分の1地質図幅作成の個別シナリオと要素

### 4.1 個別シナリオのアウトライン

前章までで、明治以降の地質図幅整備の歴史と全体シナリオの変遷を見てきた。それでは、個々の5万分の1地質図幅を作成するための要素とは何か、また、その要素は地質図幅を作成するためのシナリオの中でどのように統合されていくのかを以下で見ていく。

5万分の1地質図幅を作成するための要素は、大きく野外地質調査と室内実験の二つに分けることができる（図9）。野外地質調査では、露頭観察、ルート調査、ルート柱状図・断面図作成を行い、地質構造を推定する。このような地味な作業を複数のルートで行っていく。推定した地質構造は逐次新たな地質調査の結果を反映して書き直される。多くの場合、対象とする地層や岩体の形成後の地殻変動による断層運動、褶曲作用等により地質構造が複雑化しているため、初期に行った少数のルート調査で推定し

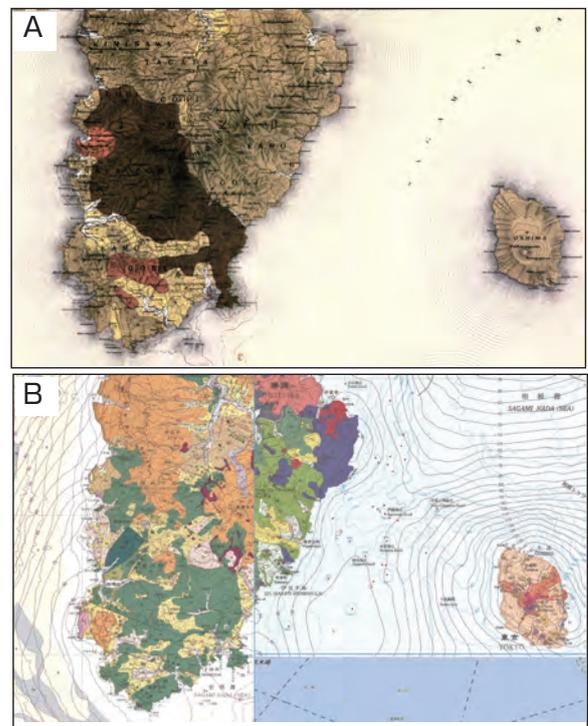


図7 20万分の1地質詳図と20万分の1地質図幅の比較

A. 1884年発行の20万分の1地質詳図「伊豆」。B. 2010年発行の20万分の1地質図幅「静岡及び御前崎（第2版）」と2015年発行の20万分の1地質図「横須賀（第2版）」を地質図Navi上でモザイク表示したもの。現行の20万分の地質図幅では、20万分の1地質詳図「伊豆」発行以降の約120年間の地質学的知見の蓄積により地層・岩体区分がより詳細にかつ正確になっている。

た地質構造モデルは覆される場合が多い。野外調査では絶えず地質構造に関する仮説を立て、野外調査でこれを検証し、修正していく作業を繰り返し行う（図9の①および図10）。この作業は地質図作成の作業の中で最も時間がかかる。野外調査による繰り返し検証を行うことで、調査を行っていない沢や尾根筋でも岩相境界や断層の位置を推定できる高い精度の地質図を作成することができる（図10）。地質図幅内に分布する地層および岩体の分類区分の正確さを保つためには野外調査で採取した試料を用いた室内研究も重要になる。野外における肉眼観察だけで得られない地層・岩体の形成環境や形成場、およびこれらが形成された時代が室内研究により明らかになるからである。室内研究の結果は野外調査にフィードバックされさらに精度の高い地質図の作成を可能にしている。

#### 4.2 5万分の1地質図幅作成の要素（変成岩地域の地質図幅の場合）

5万分の1地質図幅作成の要素とその統合を見ていく上で、一般論を展開することは困難な場合が多い。その理由は、対象となる地質によって室内研究の手法が大きく異なるためである。以下では、東海地方豊橋周辺の5万分の1地質図幅「御油」<sup>[7]</sup>（図11）を例に、もう少し詳細に見ていく。これらの図幅で著者は変成岩を担当した。変成岩および変成岩地域の室内研究では、岩石学、構造岩石学的研究および放射性元素を用いた年代学的研究が主になる。一方、堆積岩地域の室内研究では微化石層序学的研究および堆積学的研究が主となる。必要とされる分析・解析技術も大きく異なっている。

日本列島に広域に分布する変成岩は大きく分けて2種類

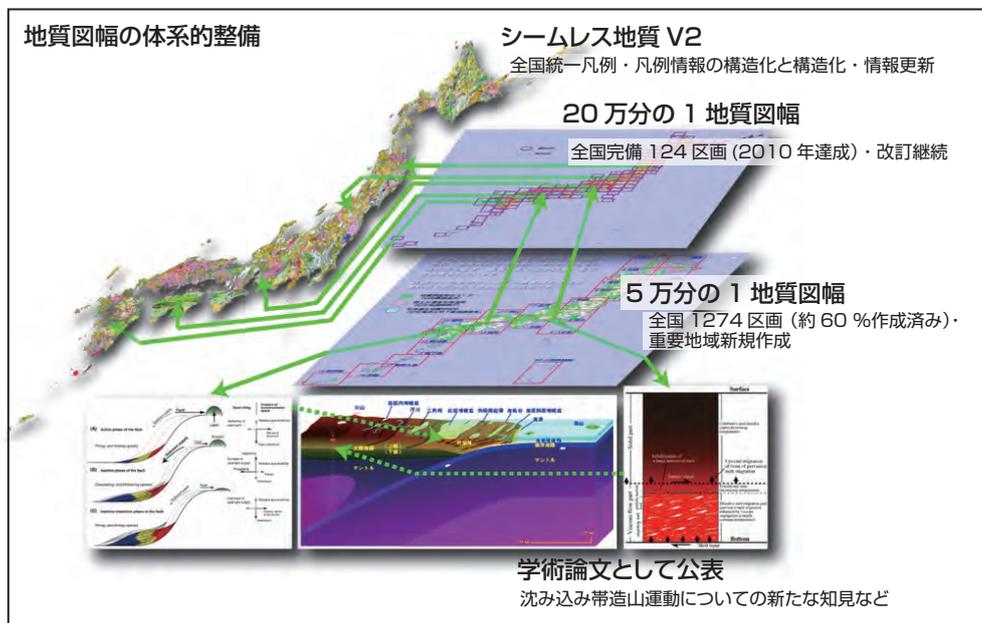


図8 産総研地質調査総合センターにおける地質図幅の体系的整備

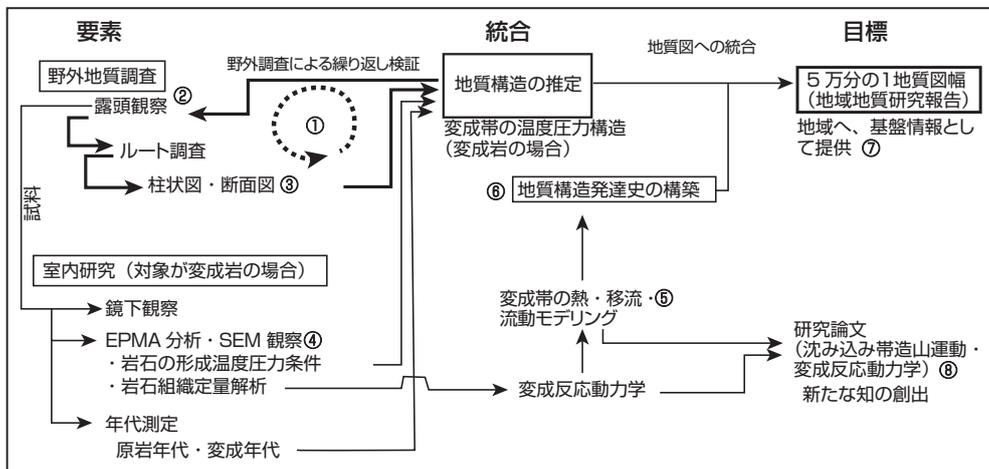


図9 5万分の1地質図幅作成の要素とシナリオ

ある。一つは海洋プレートが大陸プレートに沈み込む沈み込み帯近傍で形成される高压型変成岩である。このタイプの変成岩の中には地下100 km、圧力2 GPa以上で形成されたのち地表付近まで再度上昇してきたものがある。もう一つは、火山弧の深部で形成される高温型変成岩である。このタイプの変成岩は地下20 kmから30 km深さで、温度が800℃以上に達するものが存在する。岩石の部分溶融が起きる条件である。豊橋周辺では、これら両方のタイプの変成岩が中央構造線を介して接している。以下では、5万分の1地質図幅「御油」<sup>[7]</sup>を例に、高温型変成岩

である領家変成岩の地質図作成について述べる。領家変成岩は西南日本中軸部を東西に約1000 km連続する変成岩であり、太平洋ベルト地帯の地下はほぼ領家変成岩およびこれに密接に伴う領家花崗岩から構成されている。

変成岩の特徴は、そのもととなる原岩があることである。原岩には堆積岩、火成岩、変成岩のいずれもがなり得る。「御油」地域に分布する変成岩を調査するとき、原岩とそれが受けた変成作用による岩相の変化を注意深く記載する必要がある（図9の②および図12）。領家変成岩の原岩はジュラ紀の付加体であることが多く、この地域でも層状

① 野外調査による推定地質構造の繰り返し検証

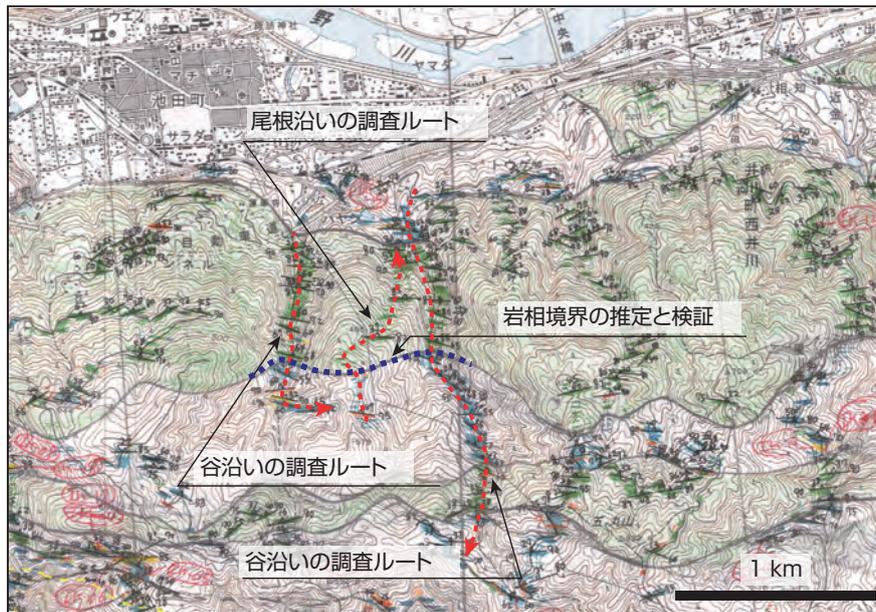


図10 野外調査による地質構造の繰り返し検証  
見出しの番号は図9中の番号に対応。図は現在作成中の5万分の1地質図幅のある地域のルートマップの一部。ルートマップでは、観察された岩相の種類ごとに異なる色で塗色している。図中には卓越する片理の走向傾斜も書き込まれている。赤い文字は岩石試料採集地点を示す。

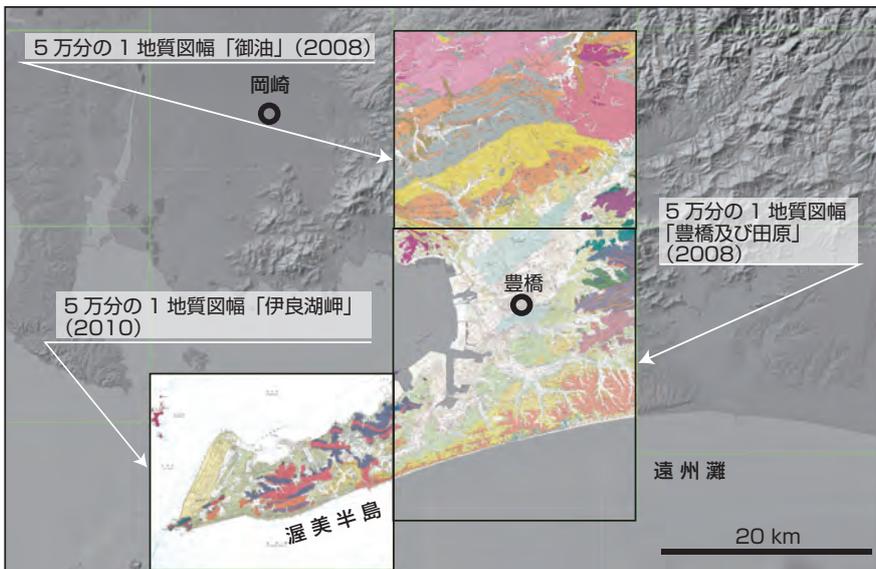


図11 豊橋地域の5万分の1地質図幅<sup>[7][11][12]</sup>

チャート・珪質頁岩・泥岩が整合に積み重なる露頭が図幅の北半分で確認できる（図12）。一方、図幅の南半分では岩相が異なる。南側ではミグマタイトと呼ばれるマグマが固結した岩石と変成岩が数cmから数mスケールで混在する岩石が出現する。変成岩の部分は詳細に観察すると泥岩が部分溶融した溶け残りと考えても矛盾しない岩石であることがわかる。層状チャートも出現するが、よく観察するとチャートを構成する石英粒子は北部のものに比べ著しく粗粒である。このような岩相の違いがなぜ起こったのか。その合理的な説明はできるのか。など、露頭観察だけでは結論が出ない場合がある。変成岩の研究ではこのような場合、試料を持ち帰りさらに調べる。

変成岩地域の野外調査では、原岩の種類別に岩相を分け、これに露頭で採取した試料（薄片）を偏光顕微鏡観察で識別して、鉱物共生関係による変成時の温度圧力条件を反映した変成分帯図を作成する。これらを調査ルートごとにまとめた統合柱状図にして全体の地質構造と温度構造の推定を行う（図9の③および図13）。

変成岩の室内研究では、大局的な温度圧力構造の推定に加え、定量的な温度圧力推定も行う。そのためには採取

した変成岩試料中の鉱物の化学組成分析が必要である（図9の④と図14）。温度圧力条件推定は共存する2種以上の鉱物間での元素分配から見積もる。1960年代以降、さまざまな鉱物間の元素分配係数を用いた温度圧力計が考案されている。現在では構成鉱物の組成と岩石の化学組成から、変成岩が形成された温度圧力における鉱物および流体の量比および組成を、自由エネルギー最小化の条件を満たすように計算するプログラムが存在する。鉱物間の熱力学的平衡状態を利用した変成岩形成条件推定方法の開発はほぼやり尽くされた感がある。一方で、変成岩の熱力学的解析手法は造山帯形成モデルの定量化に大きく貢献したことも確かである。

#### 4.3 個別要素の地質図への統合

「御油」図幅では、野外調査で得られた結果と室内研究で得られた結果を統合するとおもしろいことがわかった。室内研究で行った地質温度圧力計を用いた見積もりで、圧力値を深さに換算した値と野外調査から作成した地質柱状図の片理に垂直な方向の距離がほぼ一致した。即ち、片理に垂直な方向が変成岩ができた当時の重力の方向をほぼ表していると考えて矛盾のない結果が得られた。「御

### ② 露頭観察

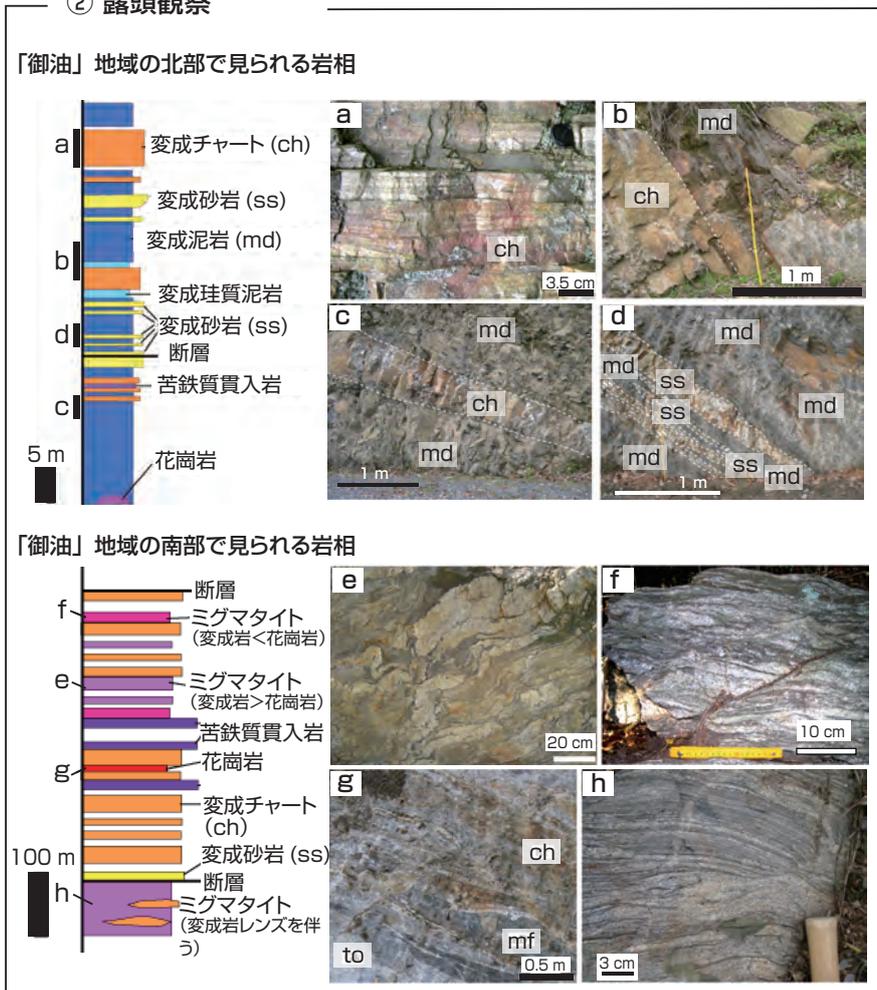


図12 野外調査における露頭観察の例（「御油」図幅）<sup>[7]</sup>

見出しの番号は図9中の番号に対応。  
 a-d「御油」地域の北部で黒雲母帯で見られる岩相。a 変成チャート (ch) の露頭；b 露頭左から変成チャート間に変成珪質頁岩を挟み、右側は変成泥岩 (md)；c 変成泥岩 (md) に挟まる変成チャート (ch)；d 変成泥岩 (md) 中にレンズ状に挟まる変成砂岩 (ss)。  
 e-h「御油」地域南部のざくろ石薑青石帯で見られる岩相。e 変成岩的部分（メソゾーム）が多いミグマタイト；f 花崗岩的部分が多いミグマタイト；g 変成チャート (ch) の片理に平行に貫入する片麻状トータル岩 (to) (= 広義の花崗岩類) と苦鉄質貫入岩 (mf)；h 変成砂岩を原岩とするミグマタイト。

### ③ 地質柱状図の作成

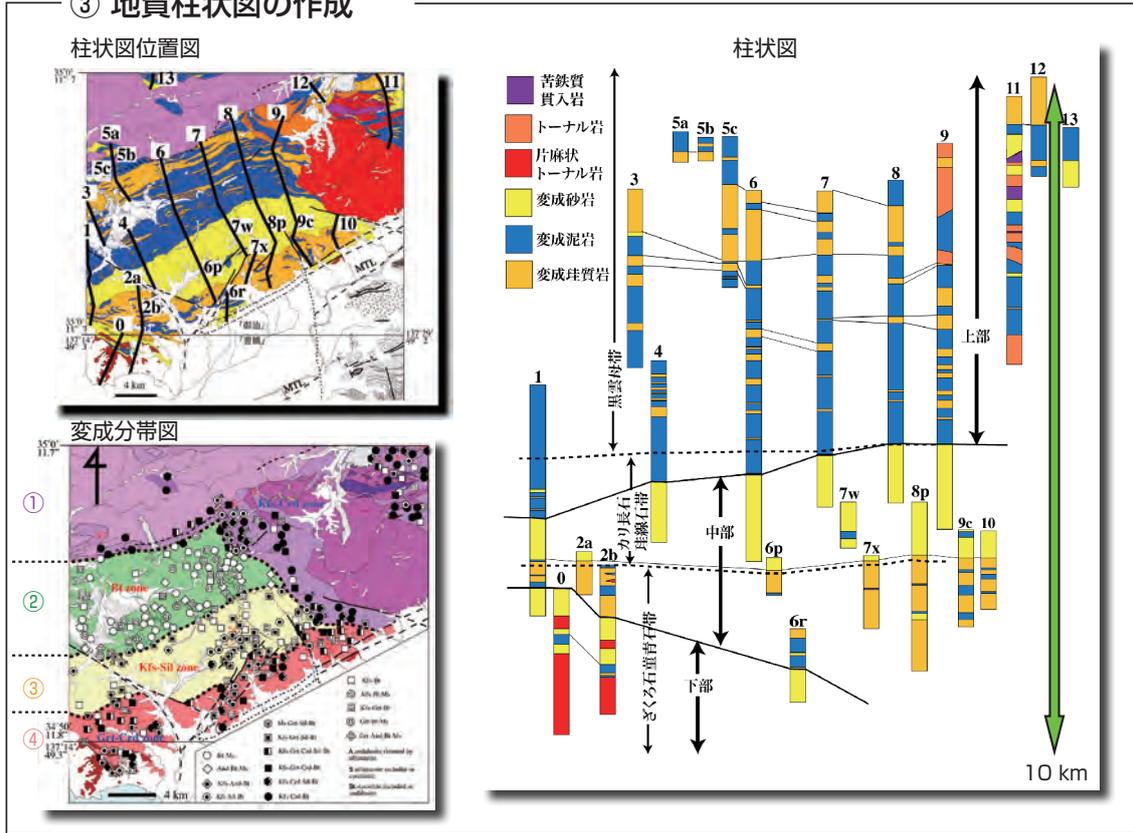


図13 野外調査により作成した地質柱状図の例（「御油」図幅）[7]

見出しの番号は図9中の番号に対応。左上は柱状図の位置図。番号は右柱状図の番号に対応する。左下は変成泥岩の鉱物組み合わせによって行った変成分帯結果。鉱物組み合わせごとに記号で示している。詳細は文献[7]と[8]を参照。左下の図の① Kfs-Crd zone はカリ長石堇青石帯、② Bt zone は黒雲母帯、③ Kfs-Sil zone はカリ長石珪線石帯、④ Grt-Crd zone はざくろ石堇青石帯を示す。変成時の温度圧力は黒雲母帯からカリ長石珪線石帯を経て、ざくろ石堇青石帯へ向い上昇する。カリ長石堇青石帯は変成帯にあとから貫入した花崗岩体の周囲に発達した接触変成作用の領域。変成分帯の結果は右側の柱状図にも示した。

### ④ 変成鉱物の EPMA 分析と変成岩の形成温度圧力条件

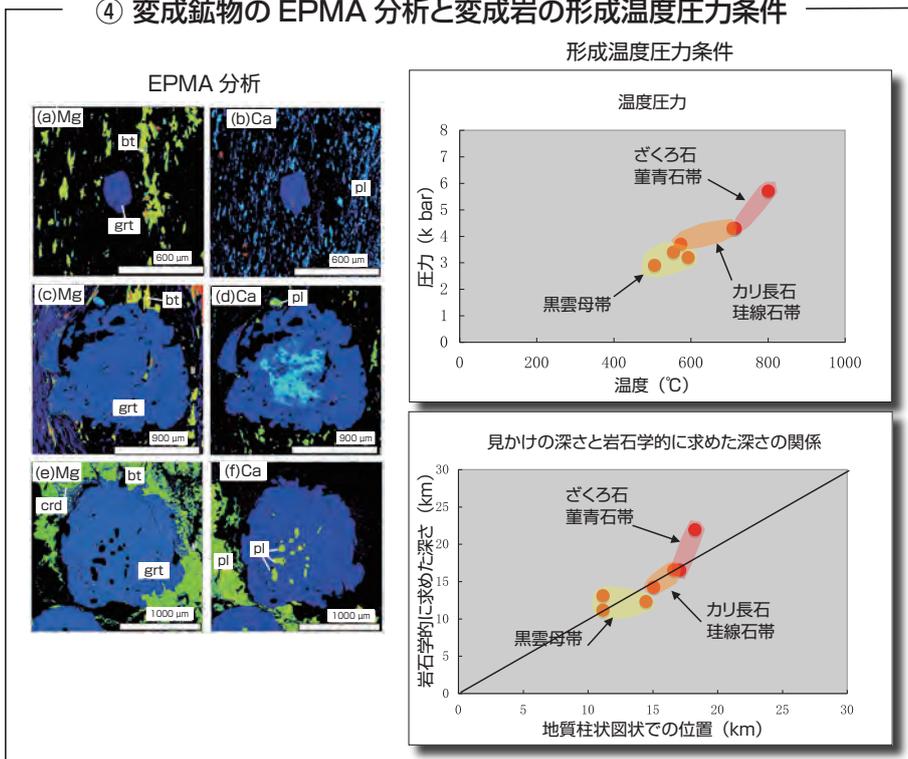


図14 室内研究における変成鉱物の EPMA 分析と変成岩の形成温度圧力条件を推定した例（「御油」図幅）  
見出しの番号は図9中の番号に対応。左側の a. と b. は黒雲母帯のざくろ石 (grt)、黒雲母 (bt)、斜長石 (pl) の Mg と Ca の EPMA による X 線強度マップ、c, d はカリ長石珪線石帯のざくろ石 (grt)、黒雲母 (bt)、斜長石 (pl) の Mg と Ca の EPMA による X 線強度マップ、e, f はざくろ石堇青石帯のざくろ石 (grt)、堇青石 (crd)、斜長石 (pl) の Mg と Ca の EPMA による X 線強度マップ。

油」図幅内には、白亜紀当時の深度20 kmから10 kmの地殻断面が露出しているのである。同時に、当時の地殻は深度10 kmで500℃から深度20 kmで800℃と非常に高温であったこともわかった。このような高温の地殻は、恐らく火山弧の下であろうと予測を立て、メルトが輸送する潜熱で高温地殻が形成されうことを熱・移流モデルで明らかにした（図9の⑤と図15）。このような熱・移流モデルは、この地域の見かけ下部に広く分布するミグマタイトの産状も説明でき、領家変成岩の地質構造発達史（図9の⑥）を包括的に構築することに成功した。このように野外調査および室内研究を統合して地質図と地質構造発達史を構築していき、最終的に地質図は5万分の1地質図幅「御油」<sup>[7]</sup>（図9の⑦と図16）として出版する。学術的に新規な知見は研究論文<sup>[8]</sup>として公表する（図9の⑧と図16）。以上が5万分の1地質図幅作成のシナリオである。

### 5 5万分の1地質図幅整備の今後

地質調査所における地質図整備の歴史を振り返り、地質図幅整備の全体シナリオの変遷を見てきた。明治から戦前までは、オリジナルな地質調査による地質図幅の全国完備が目的であり、20万分の1地質図幅の完備、7万5千分の1地質図幅の整備が進められた。後者は第二次世界大戦と戦後の5万分の1地質図幅への切り替えもあり、完備が達成されなかった。戦後、図幅利用者の利便性や精度の要求から、オリジナルな調査に基づく地質図作成は5万分の1地質図幅に引き継がれる。ただし、5万分の1地質図幅は1274区画が全国に存在し、これを100年未満の年月で完備することは現実的に不可能となった。昭和30年代から続く、5万分の1地質図幅整備の歴史を振り返る

と、初期には北海道に地域を限定することで、集中的な整備が行われている。1980年代以降は特定地質図幅の時代も、複数の地域ではあるが地域を限定した集中的整備が行われた。特記すべきは、地域を限定し、その地域の地質図幅を集中的に作成することの社会的使命を明確にすることで、結果的に地質図幅の整備が進んだことである。産総研になってから以降は、20万分の1地質図幅の全国完備と利便性を考慮した20万分の1シームレス地質図とその次世代版の作成が整備計画の中心的な役割を果たしてきた。これらは一定の成果を上げている。即ち、シームレス地質図の利用者の著しい増加である。次世代20万分の1シームレス地質図<sup>[9]</sup>では、凡例の階層化と構造化を行ったことから、今後の地質図のオープンデータ化への対応も可能になった。しかし、我々がオリジナルに調査を行い作成する5万分の1地質図幅の作成枚数は少ない状態が近年続いている（図5）。地質図幅の体系整備の枠組みは一通り整ったことから、5万分の1地質図幅整備の全体シナリオを再度構築すべき時期に来ている。即ち、20万詳細図の当初完備計画が12年（実際には40年を要している）、7万5千分の1全国完備が40年（実際には未達成）、特定地質図幅が約20年の長期計画として策定されあるいは実行されたことを考えると、20年程度の長期を見据えた全体シナリオを立てることが適切と考えられる。さらに、地質図幅の品質を担保するために、5万分の1地質図幅作成の個別シナリオが重要になる。個別シナリオは対象となる地域に大きく依存する。全体シナリオと対象地域全ての個別シナリオを調和させることは困難なこともかもしれない。しかし、地質図幅整備は今後の社会の持続可能な発展のためには必要不可欠な基盤情報であることに変わりなく、実際

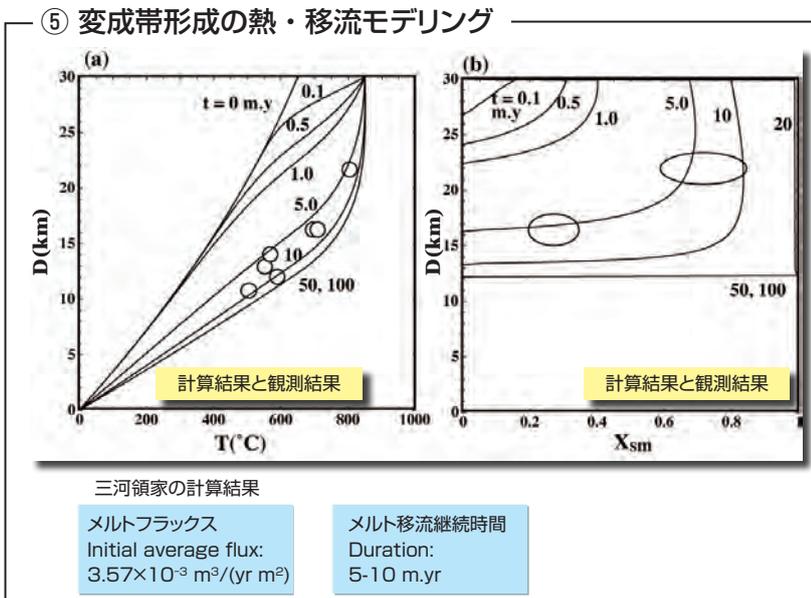


図15 室内研究における変成帯（三河高原領家変成岩）形成の熱・移流モデリング<sup>[8]</sup>の例見出しの番号は図9中の番号に対応。詳細は文献[8]を参照。

に5万分の1地質図幅の全国的完備の要望は強い<sup>[10]</sup>。全国完備は無理にしても、地域を限定して優先的に整備を行うなど、5万分の1地質図幅整備の全体シナリオの構築を行うべき時期に来ているのではないだろうか。

**用語の説明**

用語1：地質図幅：東西南北を緯度経度で区切られた矩形の範囲の地質図を地質図幅と呼ぶ。産総研地質調査総合センターでは、5万分の1地質図幅、20万分の1地質図幅等を出版している。

**参考文献**

[1] 経済産業省 産業技術環境局知的基盤課：知的基盤の活用事例集, (2012).  
 [2] 小笠原正継, 大井健太 (編): 地質図の社会的価値—米国地質調査所サーキュラー 111 (日本語翻訳版) および米国における地質図の経済学的評価の動向—, 産総研地質調査総合センター速報, 37, 66 (2006).  
 [3] 地質調査所百年史編集委員会 (編): 地質調査所百年史, 地質調査所 (1982).  
 [4] 河合正虎: 地質図幅事業の歴史と現状, 地質ニュース, 220, 2-37 (1972).  
 [5] 加藤碩一: 戦後(昭和30年代前期) 地質調査所史補遺, GSJ 地質ニュース, 6, 12, 390-395 (2017).  
 [6] 山田直利, 宮崎一博, 栗本史雄, 加藤碩一: 20万分の1地質図幅全国完備までの道, 地学雑誌, 121 (3), N29-N41 (2012).  
 [7] 宮崎一博, 西岡芳晴, 中島礼, 尾崎正紀: 御油地域の地質, 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, 97 (2008).

[8] K. Miyazaki: Development of migmatites and the role of viscous segregation in high-T metamorphic complexes: Example from the Ryoke Metamorphic Complex, Mikawa Plateau, Central Japan, *Lithos*, 116, 287-299 (2010).  
 [9] 20万分の1日本シームレス地質図編集委員会: 20万分の1日本シームレス地質図 V2, <https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html>, 閲覧日2018-01-25.  
 [10] 地質調査総合センター: 地質・地盤情報に関する調査 地質調査企業アンケート結果 平成26年度, 産総研地質調査総合センター, (2015).  
 [11] 中島礼, 堀常東, 宮崎一博, 西岡芳晴: 豊橋及び田原地域の地質, 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, 113 (2008).  
 [12] 中島礼, 堀常東, 宮崎一博, 西岡芳晴: 伊良湖岬地域の地質, 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, 69 (2010).

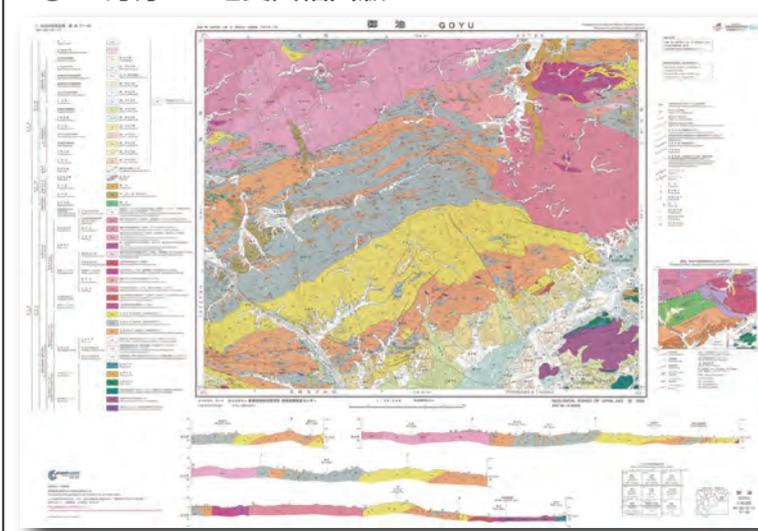
**執筆者略歴**

宮崎 一博 (みやざき かずひろ)

1987年九州大学大学院理学研究科地質学専攻修士課程修了。同年通商産業省工業技術院地質調査所入所。沈み込み帯及び火山弧深部における変成作用進行と変成帯形成を研究テーマとして、変成岩地域の地質図幅作成に携る。1994年九州大学理学博士。2005年より研究グループ長。2007年から5年間、5万分の1地質図幅、20万分の1地質図幅、及びシームレス地質図の作成を行う陸域地質図プロジェクトのリーダーを務める。2007年より地質情報研究部門副研究部門長。2012年よりIUGS (国際地質科学連合) CGI (地質情報管理普及委員会) 評議員。専門は岩石学。

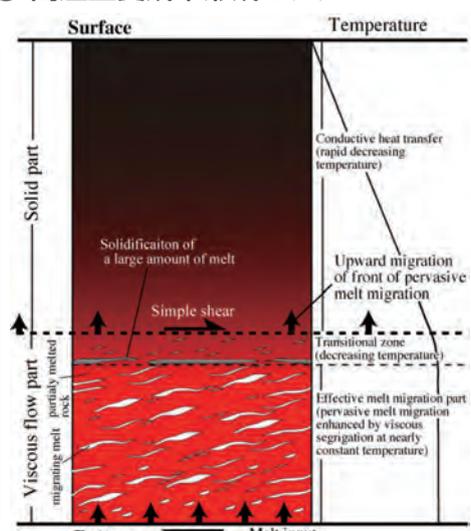


⑦ 5万分の1地質図幅出版



5万分の1地質図幅「御油」(宮崎ほか, 2008)

⑧ 高温型変成帯形成モデル



Miyazaki (2010)

図16 野外調査と室内研究を統合した成果物の例  
 左：5万分の1地質図幅「御油」<sup>[7]</sup>、右：高温型変成帯の形成モデル<sup>[8]</sup>。

## 査読者との議論

### 議論1 全体について

コメント（牧野 雅彦：産業技術総合研究所）

地質調査総合センター（地質調査所）創立135年の歴史を振り返り地質図整備のシナリオを記述することは意義深い。この論文は、国土の基本情報として経済発展に必要な地質図の整備のために地質調査所が設立された経緯を述べ、時代の要請によって縮尺が20万分の1、7万5千分の1、5万分の1とより精密な地質が作成され、社会的に活用されてきたシナリオを総括している。高品質・高精度の地質図が、インフラ整備あるいは産業施設の立地計画作成、資源開発および減災のための基礎資料として社会的に大きな便益を生み出してきた。

また、野外調査では地質構造に関する仮説を立て、野外調査でこれを検証し、修正していく作業を絶えず繰り返すことにより地質図の精度をさらに高める。地質図作成で得た学術的に新規な知見は研究論文として公表される。例えば、5万分の1地質図幅「御油」において、白亜紀当時の地殻は深度10 kmで500℃から深度20 kmで800℃と非常に高温であること、このような高温の地殻は、火山弧の下で、メルトが輸送する潜熱で高温地殻が形成されうることを熱・移流モデル研究で明らかにし研究論文として公表された。このように野外調査と研究を統合して地質図と地質構造発達史を構築する。

これらの地質図の整備は国土の基本情報として重要であり、シンセシオロジー論文として適切であると考えられる。

コメント（松井 俊浩：情報セキュリティ大学院大学）

日本の地質図が整備されてきた歴史を概観し、いくつかの地域を例に取り上げて精密な地質図を作る方法が述べられている。著者らの地質図整備の継続的なご尽力には頭が下がる。シンセシオロジーの論文としては、これらの知的財産整備が、いかに日本の安全とイノベーションに貢献してきたかにも興味がある。イノベーションは、新しい思いつきとして語られることが多いが、著者らの成し遂げられた知識の継続的な蓄積こそが、「変化」のバックボーンとして働いたのではないかと予感がある。

### 議論2 地質図幅整備の目的について

コメント（牧野 雅彦）

全体シナリオで産総研の中期計画について記述されていますが、その前提である国の知的基盤整備計画の記述がありません。また、シームレス地質図の縮尺は20万分の1であることが記述されておらず5万分の1と誤解を与えるかもしれません。

各時代の地質図イメージの比較があると歴史の変遷や内容の発展充実が分かりやすくなると思います。

回答（宮崎 一博）

産総研になってからの地質図幅の整備と国の知的基盤整備計画との関連を加筆しました。シームレス地質図の縮尺についての記述を加筆しました。また、社会からの要請として地質図幅の全国完備があり、実際に7万5千分の1の整備計画までは全国完備が目標としてあったことを記述しました。この論文の主題である5万分の1地質図幅に関しては社会的な要望として全国完備があるものの現実的にはこれが難しいことを述べました。戦後始まった5万分の1地質図幅整備では、北海道地域や地震の特定観測地域等特定の地域を集中的に整備していたと言えます。この論文にコメントのあった20万分の1地質図と現行の20万分の1地質図幅の比較を加えました。前者は1884年発行の地質図で、後者は2010年代に発行されています。この間の地質図の内容の発展的充実を示していると思います。

コメント（松井 俊浩）

日本の地質図作成の歴史を俯瞰している記事として読み応えがあります。しかし、やや淡々と書かれており、地質図は何のために作られ、

どんなイノベーションを誘発してきたのかというシンセシオロジーらしい記述が足りません。資源開発や国土安全に簡単に言及されていますが、「いかに必要であるかという意見書」として参照されるだけでは価値がよくわかりません。現在、インターネットや、カーナビ、スマートフォンの発達で、地表の地図は、たいへんイノベーション価値を生んでいます。地質図は、そのようなイノベーションを開拓する力を秘めているのでしょうか？これは、論文のサブタイトルにある地質図整備のシナリオのゴールが何なのかという質問でもあります。ゴールは、具体的な、一つのイノベーションである必要はありません。というか、知的基盤整備とは、決してそのような狭量なものではないはずで、地質図が、いかに産業と社会の豊かな「基盤」になるかをご説明下さい。

回答（宮崎 一博）

地質図利用の具体的な例として、地質図の利活用事例を引用して使われ方を加筆しました。難しいですが、地質図を使ったイノベーションは可能性だと思います。関連して、新たに「2 社会における地質図の役割」を加筆しました。その中で高品質・高精度の地質図を整備し、これが利用されることで社会全体に対する便益を生むことを記述しました、この例のように、高品質・高精度の地質図を整備することで、社会全体に便益を生むようなイノベーションを行うことは可能だと考えます。

### 議論3 地質図の解説について

コメント（松井 俊浩）

野外地質調査と室内研究を元にする地質図と、既存史料の編纂から作成する地質図の2種類の地質図が解説されています（独自の調査によって作成する地質図とは前者のことでしょうか？対応が不明確です）。もしこの対比が重要なのであれば、2種類の図の実例を示し、その差異を解説して下さい。

回答（宮崎 一博）

5万分の1地質図幅では、東西約24 km×南北約19 kmの範囲の地質が詳細に区分されており、地下約500 mまでの地質断面図も描かれています。さらに、70ページから100ページの研究報告書がセットになり出版されます。研究報告書には地層・岩体の詳細な記載情報が掲載されています。この論文にも書きましたが、5万分の1地質図幅は1図幅当たり、約250日の野外調査を行い、室内実験等も含めて原稿完成まで3-5年の研究を行います。一方、20万分の1地質図幅は、既存の5万分の1地質図幅、および学術誌等で公表された地質図を編集して作成します。これに若干の野外調査を行い原稿を完成します。20万分の1地質図幅は5万分の1地質図幅16枚分の面積を1枚でカバーし、その地域の地質の概要を知るのに適しています。

質問・コメント（松井 俊浩）

地質図作成は、どのような調査、観測法、推定法によって行われ、何に主要なコストが要するのでしょうか？同時に、地質図の利用と作成の両面から、地質図の縮尺の持つ意味、特にタイトルにある「5万分の1」の意味を解説して下さい。精度の評価はどのように行うのでしょうか。衛星写真等でグローバルマップが収集できる地表の地図と、ボーリングを行う3次元地質図作成法の対比もあるとよいでしょう。また、明治～昭和の日本国土版図の変化にも言及が必要かも知れません（縮尺の大きな地質図とは、細密なのでしょうか、粗略なのでしょうか、紛れないように記述下さい）。4.2に地質図作成の方法が書かれていますが、ここで得られた知見は、どのような産業的・社会的価値を創造する可能性がありますか？

回答（宮崎 一博）

5万分の1地質図幅作成では、野外調査に最も時間がかかります。縮尺の持つ意味については「2 社会における地質図の役割」のどこ

ろで述べました。位置精度や地層岩体区分の正確さは、地質図の作成年度が新しいほど、また大縮尺であればあるほど高くなり、これを利用するときに得られる社会的便益も大きくなります。どの縮尺で作るかには作成にかかるコストと時間の問題ですが、5万分の1地質図幅が業界からは要望されています。断層や岩相境界の精度の表示はJISに従い地質図に表示しています。3次元地質図は地層がほぼ水平に堆積している平野部の地質を理解する上で重要です。これは現在地質地盤図の作成として別途首都圏を中心にプロジェクトが進行中です。大縮尺とは精密なものを、小縮尺とは粗いものを指します。図4をみても分かるように時代と共に小縮尺な地質図から大縮尺な地質図に変遷しています。

質問（松井 俊浩）

全国をカバーする「一様な」地質図を整備することが重要な戦略にされていることがわかりますが、それはなぜなのでしょう？全体を

完成させるとどのような価値が生じるのでしょうか？最初の地質図の目的の設定によっては重要な地域とそうでない地域があるように思われます。「3.4 産総研になって以降の5万分の1地質図幅」では、産総研になってから特定地区の地質図完備の計画がなくなると書かれています。それ以前は、北海道の石炭資源探査用以外にあったのでしょうか？

回答（宮崎 一博）

「2 社会における地質図幅の役割」を新たに加筆し、高品質・高精度の地質図が存在することが社会的便益を生むことを述べました。図4の歴史の変遷をみれば、20万分の1地質図の完備、7万5千分の1地質図幅、そして現在の5万分の1地質図幅と高品質・高精度化が行われています。戦後復興期は北海道地域、1979年以降産総研になるまでは、全国8地域の地震観測の特定観測地域の整備を集中的に行うシナリオが存在しました。