

神奈川県域に分布する四万十帯の地質

Geology of Shimanto Belt in the Kanagawa Prefecture

河尻清和¹⁾

Kiyokazu KAWAJIRI¹⁾

Abstract. In the southern Kanto Mountains, the Cretaceous to Paleogene accretionary complex is distributed between the Butsuzo and Tonoki - Aikawa Tectonic Lines. The complex is the constituent of the Shimanto Belt consisting of three groups: the Ogochi, Kobotoke and Sagamiko Groups from north to south. The boundaries among those groups are faults. The Ogochi and Kobotoke Groups accreted during Late Cretaceous, whereas the Sagamiko Group accreted during early to late Paleogene. The southernmost part of the Shimanto Belt in the Kanto Mountains is called the Kobotoke Belt. The Kobotoke Belt is in the fault contact with the Ogochi Group and the Jurassic accretionary complex in the Chichibu belt to the north along the Itsukaichi - Kawakami Tectonic Line, and with Neogene volcanic and clastic sedimentary rocks to the south along the Tonoki - Aikawa Tectonic Line. The Kobotoke Belt comprises the Kobotoke and Sagamiko Group. The Kobotoke Group is divided into the Bonborigawa and Kobuse Formations. The Bonborigawa Formation consists mainly of sandstone, shale, alternating beds of sandstone, shale and conglomerate with acidic tuff, including some blocks of chert, greenstone and limestone. The geologic age of the Bonborigawa Formation is Albian to Campanian. The Kobuse Formation consists mainly of phillite with sandstone and some intercalated phillitic acidic tuff, including some lenticular blocks of chert and greenstone. The geologic age of the Kobuse Formation is probably Late Cretaceous. The Sagamiko Group is divided into the Gongenyama and Seto Formations. The Gongenyama Formation consists mainly of sandstone, conglomerate, shale and alternating beds of sandstone and shale. The geologic age of the Gongenyama Formation is middle Eocene. The Seto Formation consists mainly of shale and phillite with some intercalated sandstone, including some lenticular bodies of greenstone and some minor bodies of serpentinite near the Tonoki - Aikawa Tectonic Line. The geologic age of the Seto Formation is middle Eocene to Oligocene. It is suggested that the Kobotoke Belt is tectonically compared with the Miocene Setogawa Belt, which is a component of Shimanto Belt in the Akaishi Mountains. In spite of similarity in characteristics of lithology and petrology in both the Kobotoke and the Setogawa Belts, the geologic age of the Kobotoke differs from that of the Setogawa Belt.

Key words: Shimanto Belt, Kobotoke Belt, geology, Kobotoke Group, Sagamiko Group, Kanagawa Prefecture

1. はじめに

関東山地にはジュラ紀から古第三紀の付加体およびその変成相が広く分布しており、北から、三波川帯、秩父帯、四万十帯に区分される（図1）。これらは、ほぼ北西 - 南東方向の断層に境され、帯状に配列し、南側ほど付加年代は若くなる傾向が認められる。関東山地の

四万十帯は白亜紀の小河内層群と小仏層群、古第三紀の相模湖層群で構成される（酒井, 1987）（図2）。このうち、五日市 - 川上構造線（矢部, 1925）と藤野木 - 愛川構造線（篠木・見上, 1954）に挟まれた地帯、すなわち、小仏層群と相模湖層群から構成される部分は小仏帯としてその北側に分布する小河内層群から独立して扱われることが多い（例えば、石田, 1997; Yagi, 2000）。

小仏層群と相模湖層群は主に砕屑岩とその変成・変形相からなり、チャートや石灰岩のブロックを含む混在岩が主要構成要素の一つである小河内層群とは岩相が異なる（酒井, 1987; Iyota *et al.*, 1994; 原ほか, 2010）。

¹⁾ 相模原市立博物館
〒252-0221 相模原市中央区高根 3-1-15
Sagamihara City Museum
3-1-15, Takane, Chuo-ku, Sagamihara, Kanagawa 252-0221, Japan
hakubutsukan-4@city.sagamihara.kanagawa.jp

また、小河内層群の構造はその東側に分布する秩父帯のものと調和的であるのに対して、小仏帯の構造はこれと斜交する（酒井, 1987; 久田ほか, 2003）。この様に、関東山地南縁部に分布する小仏帯は、その北側に分布する秩父帯や小河内層群とは岩相および構造が異なり、関東山地の構造発達史を考察する上で、重要な鍵を握る地質帯である。しかしながら、小仏帯の研究は十分になされているとは言えず、特に、時代決定に有効な化石は散点的にしか報告されていない。本稿では小仏帯の地質の概要を報告し、今後研究を進める上での課題について述べる。

2. 研究史概説

関東山地の小仏帯については、古くから研究されており、鈴木(1888)により「秩父古生層」と「小仏古生層」に区分されたことに始まる。鈴木(1888)は小仏山脈を構成する「古生層」は粘板岩および砂岩により構成され、「秩父古生層」と岩相が異なること、および、同層と断層で接することより、「小仏古生層」と称した。矢部(1925)は「秩父古生層」と「小仏古生層」との境界断層を五日市 - 川上(構造)線と呼び、山中地溝帯とほぼ平行であることから、白亜紀中期以降に活動

したとした。藤本(1931)および牧野(1973)は五日市 - 川上構造線以南の四万十帯構成岩類を北側より順に、笹野層、川乗層、小伏層に区分した。

山梨県内においては、山梨県地質図編纂委員会(1970)は赤石山地の四万十帯との対比から、山梨県内の小仏帯構成層を小仏層群、三倉層群、瀬戸川層群に区分し、小仏層群を丹波累層と小菅累層に、三倉層群を深城累層と保川累層に、瀬戸川層群を角瀬累層(権現山層)と奥沢累層・春気川累層(瀬戸層)に細分した。一方で、Watanabe and Iijima(1989)は、“四万十層群”と小仏層群に区分し、“四万十層群”を turbidite と slaty laminite に、小仏層群を小金沢層、大峰層、下瀬戸層、七保層、真木層、橋倉層に細分した。さらに、石田(1995, 1996)は山梨県内の小仏帯を再検討し、小仏帯を小菅ユニット、小金沢ユニット、上和田ユニット、真木ユニット、笹子ユニットに区分した。

一方、神奈川県内においては、見上(1968, 1978)は小仏層群を北側より中野層と三ヶ木層に区分した。さらに中野層を北側より、原黒色頁岩、中沢硬砂岩頁岩互層、荒川硬砂岩、又野硬砂岩黒色頁岩互層、野尻硬砂岩に、三ヶ木層を北側より、道志橋黒色頁岩、青山硬砂岩黒色頁岩互層、青山硬砂岩にそれぞれ細分した。

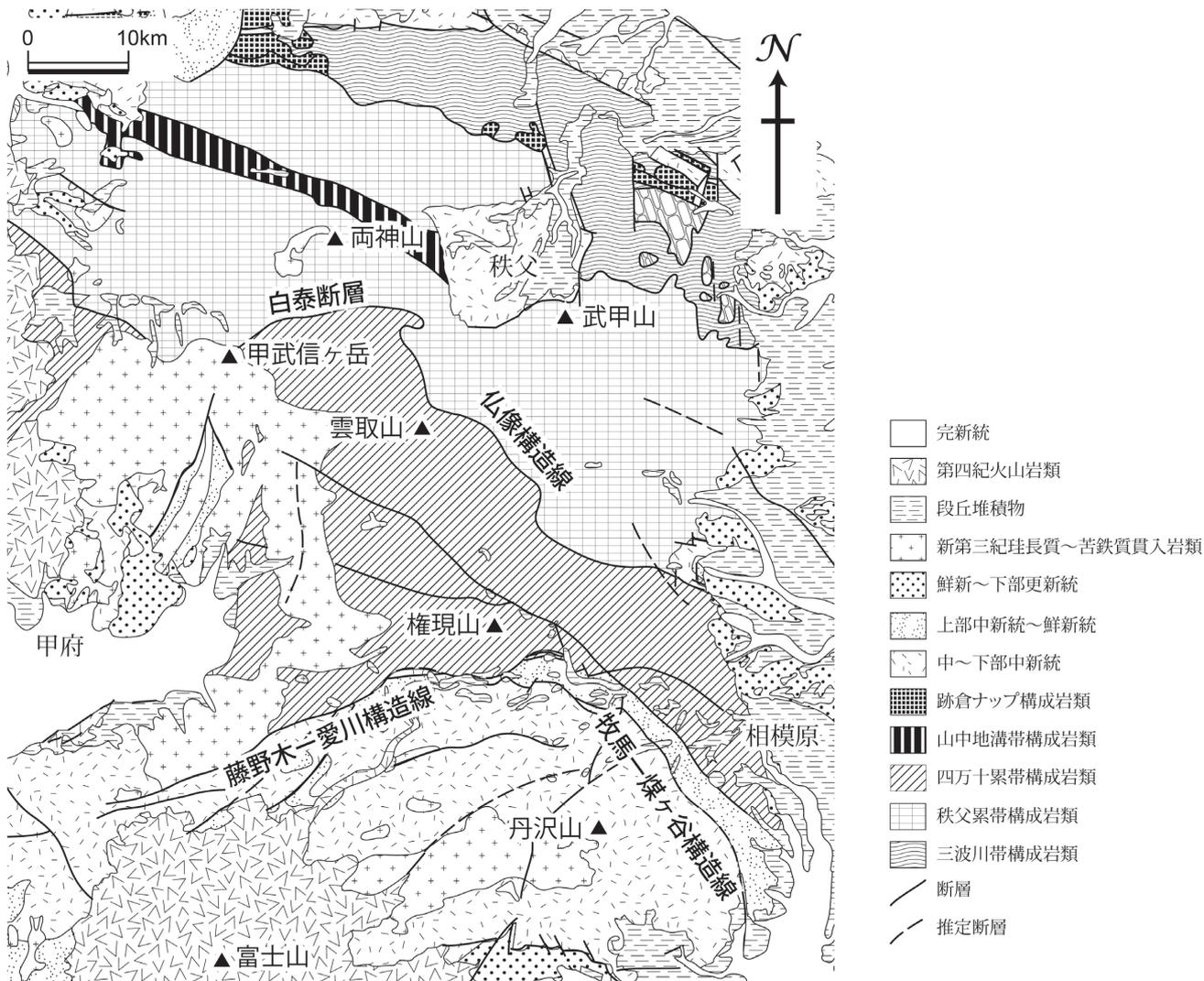


図1. 関東山地の地質図. 杉山ほか(1997)を基に作成.

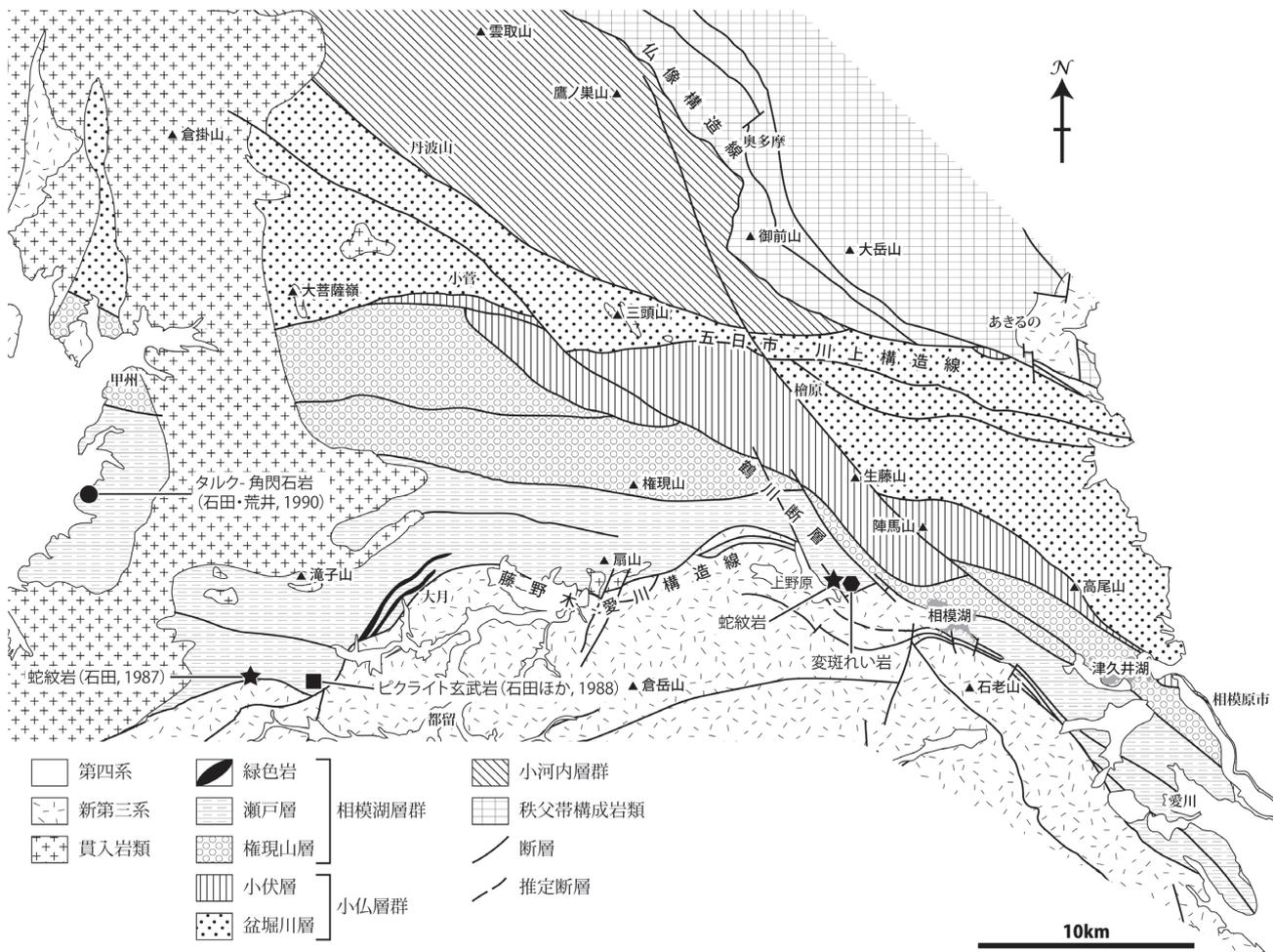


図2. 関東山地の四万十帯南部の地質図. 山梨県地質図編纂委員会 (1970), 神奈川県教育委員会 (1980a, 1980b), 酒井 (1987), 坂本ほか (1987), 梶浦 (1995), 尾崎ほか (2002), 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2010) を基に作成.

奥村・門倉 (1973) は、北側より、和田頁岩層、佐野川粘板岩層、与瀬砂岩層、相模湖頁岩層に区分した。奥村 (1975) は北側より、佐野川累層と津久井湖累層に区分し、さらに佐野川累層を和田砂岩頁岩互層と栃谷粘板岩に、津久井湖累層を中野硬砂岩及頁岩層と三ヶ木頁岩及硬砂岩層に細分した。その上でさらに中野硬砂岩及頁岩層を三井硬砂岩、又野硬砂岩黒色頁岩互層、小倉山礫岩に、三ヶ木頁岩及硬砂岩層を道志橋黒色頁岩、青山硬砂岩黒色頁岩互層、青山硬砂岩、平山頁岩に細分した。神奈川県教育委員会 (1980a, 1980b) は神奈川県内の地質図を作成し、その中で奥村 (1975) の区分をほぼ踏襲したが、和田砂岩頁岩互層を和田硬砂岩黒色頁岩互層に、三井硬砂岩を三井硬砂岩黒色頁岩互層に、小倉山礫岩を小倉礫岩に、平山頁岩を平山黒色頁岩に、それぞれ改称した。佐野川累層、津久井湖累層、中野硬砂岩及頁岩層および三ヶ木頁岩及硬砂岩層の区分は用いなかった。

酒井 (1987) は小仏帯南部 (相模原市緑区澤井) において始新世の放散虫を発見し、従来の小仏層群を白亜紀の小仏層群と古第三紀の相模湖層群に二分した。さらに、酒井 (2007) は、5 万分の1「青梅」図幅内の小仏層群を小仏コンプレックスに、盆堀川層を盆堀川ユニットに改称し、盆堀川ユニットから美山ユニットを新たに区分した。梶浦 (1995) は相模野台地北西部

において、酒井 (1987) の区分に従い記載を行った。Yagi (2000) は小仏層群および相模湖層群は砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層、凝灰岩、礫岩からなるタービダイトユニットと、砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層、石灰岩、緑色岩からなる頁岩 - 玄武岩コンプレックスの、二つのタイプのユニットに区分できるとした。その上で放散虫化石に基づく小仏帯の区分を行い、小仏層群を盆堀川層、笛吹コンプレックス、小菅層、小伏コンプレックスに、相模湖層群を深城コンプレックス、権現山層、真木コンプレックス、笹子層に区分し、層序と堆積環境の推定を行った。

小仏帯の年代については、江原 (1925) は小仏層を安芸川統に対比し後期ジュラ紀と考へ、三土 (1932) は、和泉層群に対比し後期白亜紀とした。藤本 (1931) は、三澤村名手 (現相模原市緑区三井) に分布する礫岩中のチャート礫より後期ジュラ紀の放散虫化石を報告し、堆積年代を白亜紀と考へた。その後、年代決定に有効な化石は長らく発見されなかったが、Ishida (1972) は山梨県大月市真木の石灰岩から前期白亜紀の蕨虫化石を発見し、西宮 (1976) は山梨県小菅村余沢から後期白亜紀サントニアン期のイノセラムスを発見した。また、年代決定にはいたらなかったが、松本ほか (1973) は異常巻アンモナイトを報告している。その後、各地で放散虫化石が発見され (例えば、久田ほか, 1986; 酒

井, 1987; 高橋・石井, 1993; Takahashi and Ishii, 1995; Yagi, 2000; 猿田・高橋, 2008)、それらに基づいて地層区分が進められた。

牧野 (1973) は藤本 (1931) の層序区分を踏襲し、小仏層群の堆積学および堆積岩岩石学的研究を行い、古流向解析や砂岩のモード組成分析を行った。Watanabe and Iijima (1989) は、小仏帯の古第三系と瀬戸川層群の砂岩組成を比較した。酒井 (1987) は小河内層群、小仏層群、相模湖層群の砂岩組成はそれぞれ異なることを示した。小川 (1975)、Kosaka *et al.* (1988) および Ogawa *et al.* (1988) は構造地質学的研究を行い、変形作用およびその形成場について議論した。

Ishida (1972)、石田 (1974) および石田 (1985) は緑色岩類について地質学的・岩石学的研究を行い、緑

色岩の形成場を推定した。また、石田 (1987) は山梨県大月市笹子町から蛇紋岩を、石田・荒井 (1990) は山梨県甲州市勝沼町から蛇紋岩が接触変成作用を受けて形成されたと推定されるタルク - 角閃石岩を報告した。荒井・石田 (1987) および石田 (2002) はこれらの蛇紋岩類と瀬戸川層群、葉山層群、嶺岡層群の蛇紋岩類が岩石学的に類似していることから、これらを一連のものとし、環伊豆地塊蛇紋岩類と呼んだ。さらに石田ほか (1988) は大月市初狩町からピクライト玄武岩を報告している。

3. 関東山地四万十帯の地質概説

四万十帯は関東山地の南縁に位置し、北側および北東側は白土断層、仏像構造線、五日市 - 川上構造線で

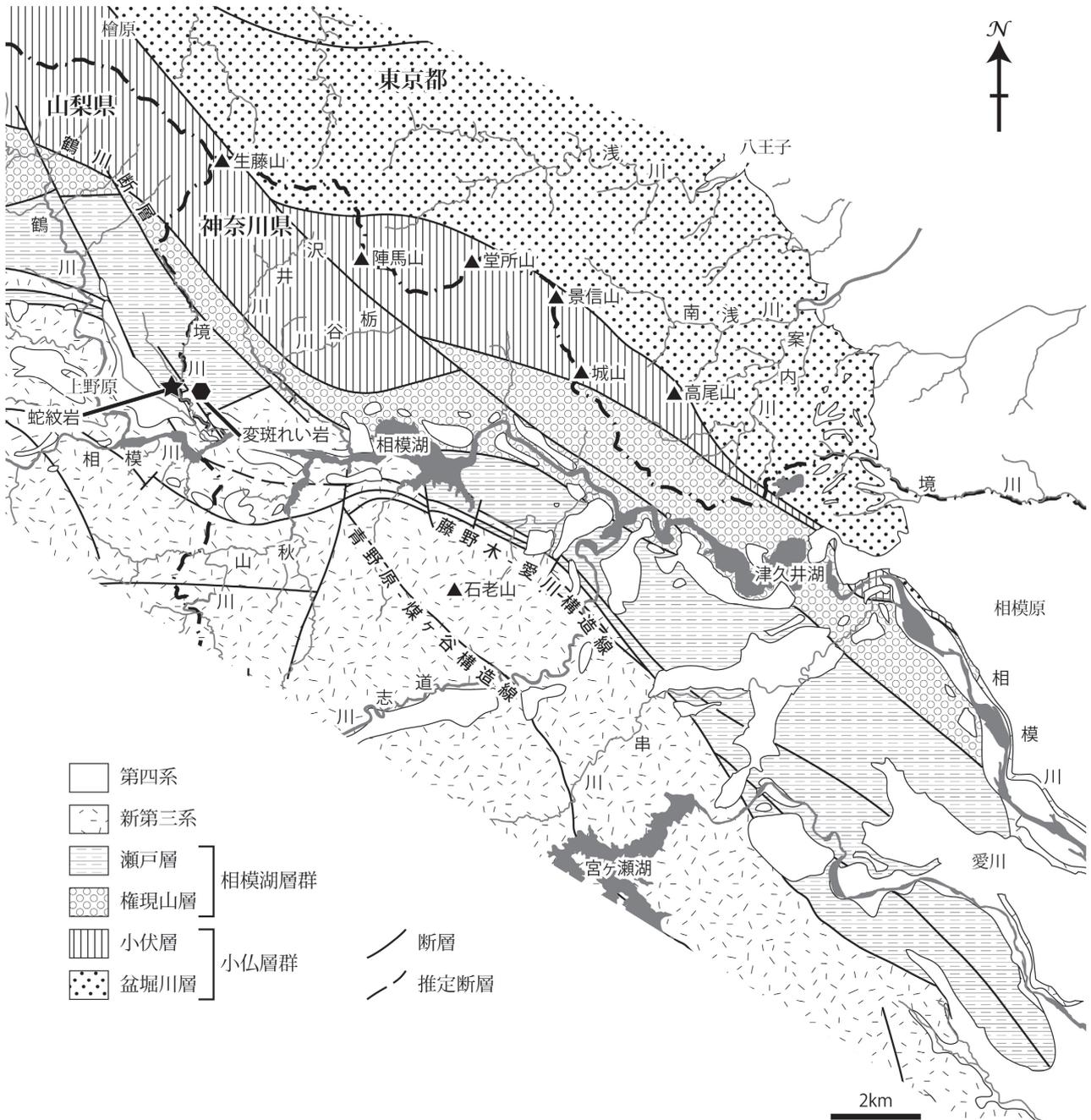


図 3. 神奈川県内の四万十帯の分布. 神奈川県教育委員会 (1980a, 1980b), 酒井 (1987), 坂本ほか (1987), 梶浦 (1995), 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2010) を基に作成.

秩父帯と、南側は藤野木 - 愛川構造線で、古伊豆 - 小笠原弧の一部をなす新第三系と接する。西側は徳和花崗岩類に貫入され、東側は新第三系および第四系によって覆われている。北から南へ、小河内層群、小仏層群、相模湖層群に区分され、それぞれの境界は断層である。小河内層群と小仏層群は五日市 - 川上構造線によって境される (図 2)。

小河内層群は砂岩、砂岩頁岩互層、頁岩、混在岩、千枚岩を主とし、礫岩、珪質頁岩、チャート、石灰岩、緑色岩を伴う。石灰岩の一部は鳥ノ巣石灰岩である。北部は変成作用を受けており、特に北縁部では緑色変岩相相当の変成作用を受け、結晶片岩となる。付加年代は前期白亜紀アルビアン～後期白亜紀カンパニアンである (酒井, 1987; 高橋・石井, 1992; Iyota *et al.*, 1994; Ogawa *et al.*, 1988; Hara and Hisada, 1998; Takahashi and Ishii, 1995; Hara, 2005; 原, 2010; 原ほか, 2010)。混在岩中のチャートブロックの年代は三疊紀、中期ジュラ紀、前期白亜紀である (高橋・石井, 1992; 酒井, 1987; Iyota *et al.*, 1994)。混在岩は海底地滑りによるオリストストロームとして形成されたと考えられている (久田, 1984; Ogawa *et al.*, 1988; 原ほか, 2010)。原ほか (2010) は小河内層群北端部の荒川地域の強い片状構造をもつ地質体を大滝層群と定義し、南側の小河内層群とは断層で接するとした。

小仏層群は後期白亜紀の付加年代を示し、盆堀川層と小伏層に、相模湖層群は中～後期古第三紀の付加年代を示し、権現山層と瀬戸層に区分される (酒井, 1987)。

4. 神奈川県内の四万十帯の地質

神奈川県とその周辺地域の四万十帯については、変形が著しく、年代決定に有効な化石もほとんど見つかっておらず、他地域に比べると研究は進んでいない。藤本 (1931)、牧野 (1973)、見上 (1968, 1978)、奥村・門倉 (1973)、奥村 (1975)、神奈川県教育委員会 (1980a, 1980b)、梶浦 (1995)、Yagi (2000) などの研究がある。研究者により、地層区分が異なるが、ここでは酒井 (1987) の区分に従い、小仏層群を盆堀川層と小伏層に、相模湖層群を権現山層と瀬戸層に区分した (図 3)。

		小仏層群	相模湖層群	
古第三紀	漸新世	盆堀川層	権現山層 瀬戸層	
	始新世			
	暁新世			
白亜紀	後期			?
	中期			マーストリヒチアン
				カンパニアン
				サントニアン
				コニアシアン
				チューロニアン
セノマニアン				
前期	アルビアン	?		
	アプチアン			

図 4. 小仏帯を構成する各層の年代。

各層はいずれも断層を介して接する (牧野, 1973; 酒井, 1987)。分布範囲については、山梨県地質図編纂委員会 (1970)、神奈川県教育委員会 (1980a, 1980b)、酒井 (1987)、坂本ほか (1987)、梶浦 (1995)、尾崎ほか (2002)、産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2010) に基づいた。

(1) 小仏層群

小仏層群は、主に後期白亜紀の砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層、千枚岩からなり、礫岩、酸性凝灰岩、混在岩などを伴う地層である。混在岩にはチャートや緑色岩の小規模なブロックが含まれる (酒井, 1987; Yagi, 2000)。酒井 (1987) は、各層の分布域内でさらに規模の小さな逆断層でいくつかの構造ブロックに細分され、同層準の地層が繰り返すとした。全体的に弱い変成作用を受けており、変成作用の年代は約 40 Ma と考えられている (Hara and Kurihara, 2010)。

a) 盆堀川層

酒井 (1987) の盆堀川層、藤本 (1931) および牧野 (1973) の笹野層と川乗層、神奈川県教育委員会 (1980a, 1980b) の和田硬砂岩黒色頁岩互層、Yagi (2000) の盆堀川層、笛吹コンプレックス、小菅層に相当する。西

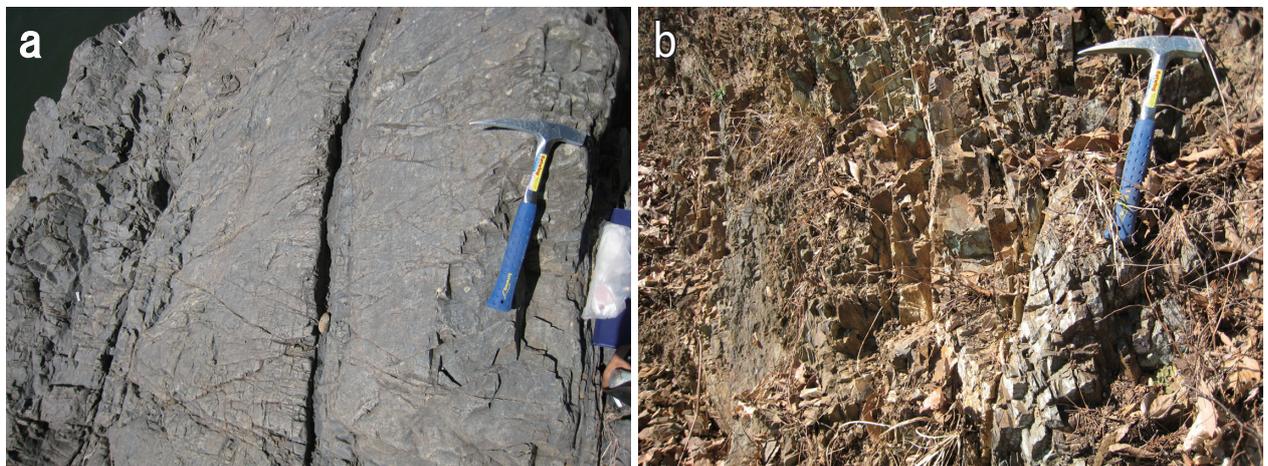


図 5. 盆堀川層の岩相。(a) 上方細粒化を示す砂岩頁岩互層 (相模原市緑区川尻相模川左岸), (b) 頁岩中に挟在される凝灰岩 (相模原市緑区川尻城山湖周辺)。

方延長部は山梨県地質図編纂委員会（1970）の小仏層群丹波累層と小菅累層に、石田（1995, 1996）の小菅ユニットに相当する。

主に砂岩、黒色頁岩、砂岩頁岩互層および礫岩よりなり、北部では酸性凝灰岩や珪質頁岩を伴う。チャート、頁岩、砂岩、塩基性火山岩、石灰岩の異地性ブロックを含み、塩基性火山岩の一部に枕状溶岩が発達し、インターピロー石灰岩も分布する（酒井, 1987; Yagi, 2000）。礫岩は南部地域に多くみられ、礫種は、チャート、砂岩、頁岩が多く、石英斑岩や花崗岩質岩などの火成岩も含まれる（牧野, 1973; 酒井, 1987; Yagi, 2000）。Yagi（2000）は中央部に分布する千枚岩質頁岩、凝灰質頁岩、凝灰岩、砂岩よりなる部分を笛吹コンプレックスとして、また、南部の砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層からなる部分を小菅層として盆堀川層から分離した。波長 50 ~ 100 m 前後および波長 500 m 規模の褶曲が発達するが全体的に北方上位を示す（酒井, 1987）。

神奈川県内では神奈川県教育委員会（1980a, 1980b）の和田硬砂岩黒色頁岩互層に相当する南縁部がみられるのみである。主に細粒~中粒砂岩からなり、砂岩頁岩互層および酸性凝灰岩を伴う（図 5）。砂岩は頁岩の薄層を挟在する。酸性凝灰岩は薄層が多いが、一部に層厚数 m に達する厚い酸性凝灰岩も含まれる。

西宮（1976）は山梨県小菅村余沢からイノセラムス

Inoceramus sp. を報告し、小仏層群の時代を後期白亜紀とした。久田ほか（1986）は東京都檜原村笹平の酸性凝灰岩から前期白亜紀アルビアン、酒井（1987）は東京都あきる野市南西部の珪質頁岩、珪質頁岩黒色頁岩互層、黒色頁岩から後期白亜紀カンパニアン、の放散虫化石を報告した。また、Yagi（2000）は、山梨県小菅村および丹波山村の黒色頁岩と淡灰色凝灰質頁岩から産出した放散虫化石、および、Takahashi and Ishii（1995）が丹波山村およびあきる野市の黒色頁岩やメラランジェ相中の灰色チャートブロックより報告した放散虫化石の年代から、盆堀川層南部の年代を後期白亜紀チューロニアン中期~カンパニアンとした。これらより、盆堀川層の時代は前期白亜紀アルビアン~後期白亜紀カンパニアンである（図 4）。

b) 小伏層

酒井（1987）の小伏層、坂本ほか（1987）および尾崎ほか（2002）の小仏層群千枚岩、藤本（1931）および牧野（1973）の小伏層上部、神奈川県教育委員会（1980a, 1980b）の栃谷粘板岩、Yagi（2000）の小伏コンプレックスにはほぼ相当する。西方延長部は山梨県地質図編纂委員会（1970）の小倉層群深城累層と保川累層に、石田（1995, 1996）の小金沢ユニットに相当する。

主に千枚岩質頁岩よりなり、砂岩、砂岩頁岩互層、千枚岩質凝灰岩、千枚岩質頁岩凝灰岩互層を伴う。砂岩頁岩互層は千枚岩化しているものもみられ、砂岩は



図 6. 小伏層の岩相。(a) 千枚岩質頁岩（相模原市緑区佐野川沢井川左岸）、(b) 千枚岩質凝灰岩（相模原市緑区佐野川）、(c) 千枚岩質頁岩凝灰岩互層（相模原市緑区佐野川沢井川左岸）、(d) キンクバンドの発達した千枚岩質頁岩（相模原市緑区佐野川）。

片状のものも分布している。レンズ状またはブロック状の塩基性火山岩やチャートの異地性ブロックを含む(酒井, 1987; Yagi, 2000)。これらのチャートは再結晶化が著しく、塩基性火山岩はハイアロクラスタイトかその再堆積したもののみである(酒井, 1987)。

神奈川県内では生藤山から陣馬山、高尾山を経て津久井湖の北方に至るほぼ帯状の比較的狭い地域に分布する。千枚岩質頁岩の卓越する部分と砂岩優勢の砂岩頁岩互層の部分とに分けられるが、千枚岩質頁岩の卓越する部分は権現山層との境界断層の北東側に分布する(梶浦, 1995)。生藤山から陣馬山南方にかけては千枚岩化が著しく、千枚岩質頁岩にはキンクバンドが発達し、砂岩も片状になっている(図 6a, d)。著しく微褶曲の発達する地域もある(奥村・門倉, 1973)。この地域は淡緑色～白色の千枚岩質凝灰岩を頻繁に挟在し、千枚岩質頁岩凝灰岩互層となっている部分もある(図 6b, c)。この千枚岩質頁岩凝灰岩互層の西方延長は山梨県上野原市桐原などに分布している(石田, 1974)。また、千枚岩化した安山岩もまれに挟在する。梶浦(1995)は陣馬山北方において緑色チャートを確認している。奥村・門倉(1973)や梶浦(1995)が報告したように、千枚岩質頁岩には最大 1 mm 程度の二次的な黄鉄鉱が生じている場合がある。千枚岩質砂岩頁岩互層中には数 10 m オーダーで褶曲がみられ、スランプ褶曲やブーディン構造もみられる(梶浦, 1995)。

小伏層の年代については、酒井(1987)は白亜紀の盆堀川層と南側の古第三紀の相模湖層群といずれも逆断層で境されるので、白亜紀後期と推定した。また、Yagi(2000)は年代決定に有効な化石は得られていないが、後期白亜紀チューロニアン中期～サントニアン前期と推定した(図 4)。

(2) 相模湖層群

酒井(1987)は従来、小仏層群とされていた地域から古第三紀の放散虫化石を発見し、古第三紀の地層からなる部分を相模湖層群として新たに分離し、白亜紀の部分だけを小仏層群と再定義した。主に砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層からなり、千枚岩、礫岩、チャート、玄武岩、石灰岩を伴う。北側は断層で小仏層群と、南側は藤野木 - 愛川構造線で愛川層群および丹沢層群とその相当層と接する(坂本ほか, 1987; 酒井, 1987)。

a) 権現山層

酒井(1987)の権現山層、藤本(1931)および牧野(1973)の小伏層下部、神奈川県教育委員会(1980a, 1980b)の三井硬砂岩黒色頁岩互層、又野硬砂岩黒色頁岩互層、小倉礫岩、鶴川断層以西では Yagi(2000)の深城コンプレックスと権現山層北部に、鶴川断層以東では Yagi(2000)の深城コンプレックスに相当する。西方延長部は山梨県地質図編纂委員会(1970)の瀬戸川層群角瀬原層(権現山層)に、石田(1995, 1996)の上和田ユニットに相当する。主に礫岩を挟む中～粗粒の塊状砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層、細～中礫岩からなる(酒井, 1987)。

神奈川県内では、山梨県との境界の境川上流から相模原市緑区小倉にかけて分布し、主に塊状砂岩、砂岩

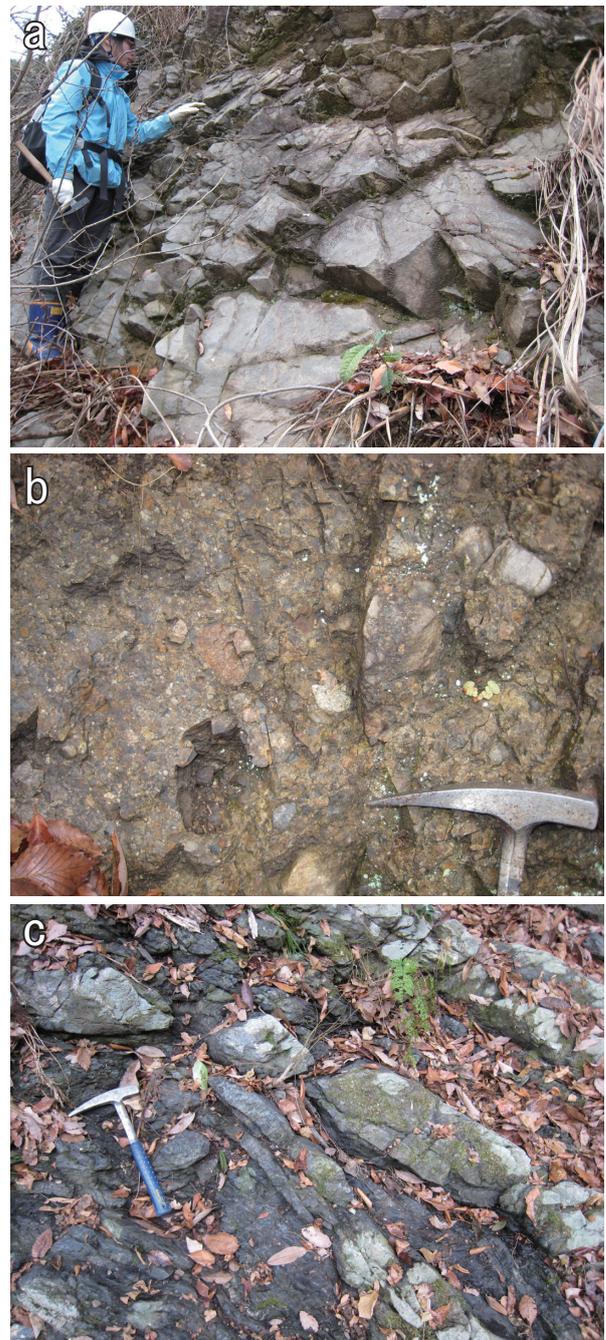


図 7. 権現山層の岩相。(a) 砂岩(相模原市緑区小倉小倉山林道)、(b) 礫岩(相模原市緑区小倉小倉山林道)、(c) ブーディン構造(相模原市緑区小原)。

頁岩互層、礫岩、頁岩からなる(図 7a, d)。砂岩の粒径は中粒～細粒まで変化し、粗粒砂岩中には径数 mm の泥岩偽礫を含む(梶浦, 1995)。砂岩中には薄い頁岩がまれに挟在される。串川北方の小倉山林道沿いの砂岩頁岩互層は薄い酸性凝灰岩を挟在する。礫岩は径 3 cm 以下の円礫からなり、礫種は砂岩、頁岩が多く、チャート、石灰岩、花崗岩様岩石も含む(梶浦, 1995; 奥村, 1975)。奥村(1975)はウーライト構造を示す石灰岩礫や、化石を含む石灰岩礫を報告している。分布域東部の串川沿いではかなりの範囲で逆転しており、ほとんどの場所で南西～30～70°傾いた逆転構造となっている(梶浦, 1995)。また、津久井湖上流の相模川および道志川沿いでは、一部に北西 - 南東の軸を持つ

褶曲が認められる(見上, 1968)。スランプ褶曲やブーデン構造もみられる場合がある(図 7c)。

相模原市緑区澤井の砂岩頁岩互層に挟まれる頁岩から見つかった放射虫化石から、権現山層の年代は中期始新世と考えられる(酒井, 1987; 酒井・梶浦, 1994)(図 4)。

b) 瀬戸層

酒井(1987)の瀬戸層、神奈川県教育委員会(1980a, 1980b)の道志橋黒色頁岩、青山硬砂岩黒色頁岩互層、青山硬砂岩、平山黒色頁岩、鶴川断層以西では Yagi(2000)の真木コンプレックスと笹子層に、鶴川断層以东では Yagi(2000)の権現山層に相当する。西方延長部は山梨県地質図編纂委員会(1970)の瀬戸川層群奥沢累層・春気川累層(瀬戸層)に、石田(1995, 1996)の真木ユニットと笹子ユニットに相当する。

鶴川断層以西と相模湖以东とに分布が分かれる(図 2)。主に頁岩からなり、その一部は千枚岩質である。砂岩や砂岩頁岩互層を挟む。南縁部では砂岩および頁岩を主体とする(神奈川県教育委員会, 1980a, 1980b; 梶浦, 1995; Yagi, 2000)。藤野木 - 愛川構造線に沿って緑色岩が山梨県大月市真木付近と大月市金山地域の 2 層準に分布している(図 2)。これらの緑色岩は塩基性凝灰岩～火山礫凝灰岩、枕状溶岩、玄武岩質溶岩、ハイアロクラスタイトなどであり、珩質岩および炭酸塩岩(大部分は不純石灰岩)が薄層、レンズ状、雲状体をなし

て伴われる。大月市真木付近のものは層厚 100 m を超える(Ishida, 1972; 石田, 1974; Yagi, 2000)。石田(1985)は緑色岩のうち玄武岩溶岩はアルカリに比較的富んだ大洋底ソレイトに近く、輝緑岩は海洋島ソレイトに近いと考えた。また、比較的厚いチャートと珩質頁岩が笹子川の南側の地域と葛野谷の瀬戸地域に分布する(Ishida, 1972)。

石田(1987)は山梨県大月市笹子町の藤野木 - 愛川構造線に近接した地域から蛇紋岩を報告し、堆積性蛇紋岩と堆積後に固体貫入したものとした。また、石田ほか(1988)は大月市初狩町丸田付近から小規模なピクライト玄武岩を報告し、このピクライト玄武岩は巨礫の可能性があるとした。さらに、石田・荒井(1990)は山梨県甲州市勝沼町からタルク - 角閃石岩を報告し、これは蛇紋岩を主体とする超苦鉄質～苦鉄質碎屑岩が徳和花崗岩体の貫入による接触変成作用を受けて形成されたと推定した。荒井・石田(1987)および石田(2002)はこれらの蛇紋岩の貫入年代を漸新世中頃～中新世と推定し、瀬戸川層群中の蛇紋岩の貫入年代とほぼ等しいとした。

神奈川県内では、山梨県との境界をなす境川流域と相模湖南東側から道志川下流を経て、愛川町の中津川中流に至るまで帯状に分布する。主に頁岩からなり、その一部は千枚岩質である(図 8a, b)。頁岩には紡錘状の石灰質ノジュールが含まれる場合があり、大

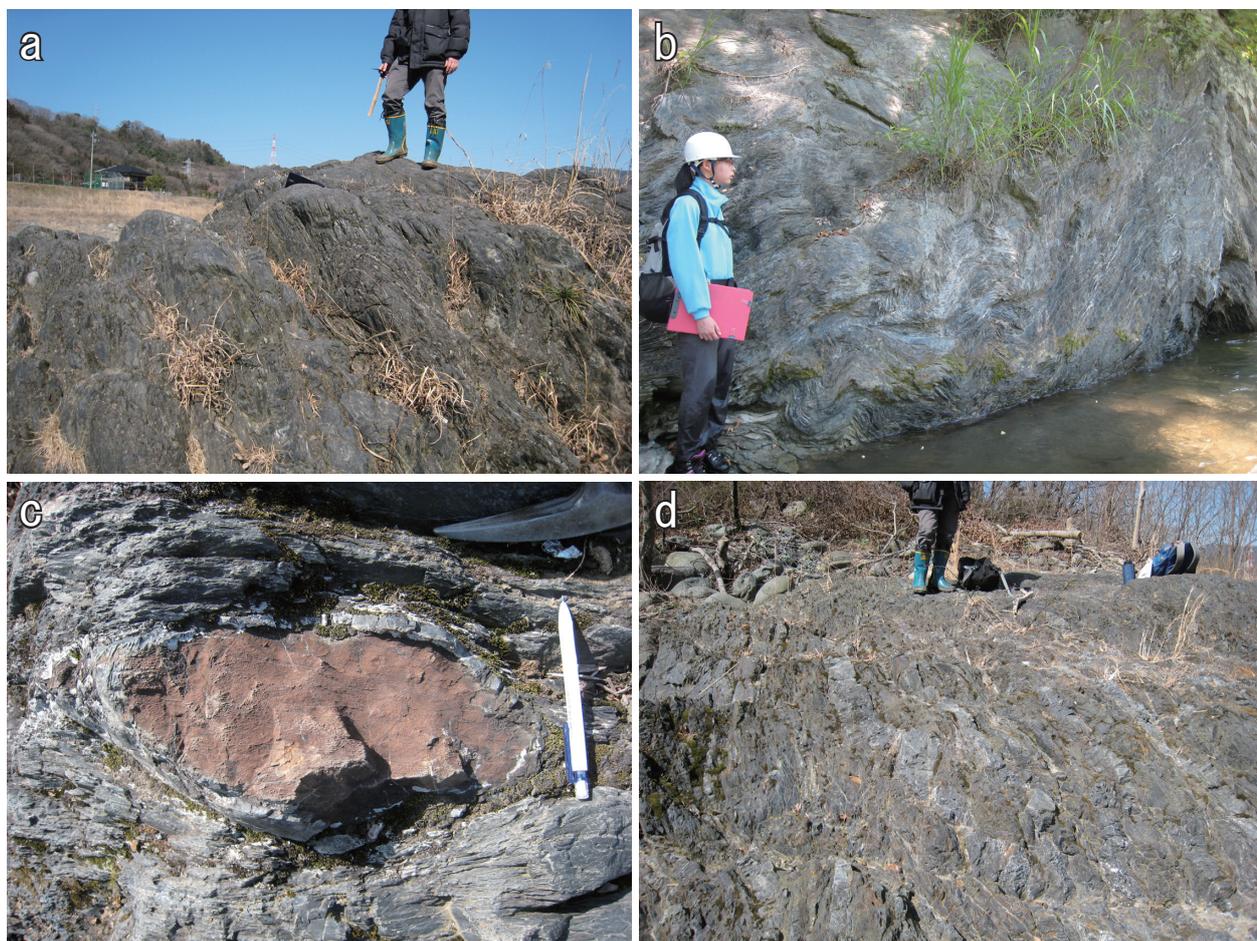


図 8. 瀬戸層の岩相。(a) 頁岩(相模原市緑区青山道志川左岸)、(b) 千枚岩質頁岩(上野原市上野原鶴川左岸)、(c) 頁岩中の石灰質のジュール(相模原市緑区青山道志川左岸)、(d) 砂岩頁岩互層(相模原市緑区寸沢嵐道志川右岸)。



図9. 上野原市上野原境川右岸の瀬戸層中の蛇紋岩.

きなものは長径 30 cm 程度である (図 8c)。砂岩ブロックを含む混在岩、砂岩、砂岩頁岩互層を挟む (図 8d)。分布城南東部、中津川流域の藤野木 - 愛川構造線に沿った地域では砂岩と頁岩の卓越層が分布する (坂本ほか, 1987; 酒井・梶浦, 1994; 神奈川県教育委員会, 1980a, 1980b)。

今回、山梨県上野原市上野原の境川右岸より蛇紋岩の小岩体を見出した (図 3, 図 9)。この蛇紋岩は砂岩と頁岩の細互層中に挟在する。幅約 2 m で、全体に破碎を受け葉片状となっている。10 cm 程度の斑れい岩ブロックを含む。周囲の砂岩頁岩互層との関係は不明である。蛇紋岩と北側の砂岩頁岩互層との境界付近には部分的に緑色岩が含まれる。また、この蛇紋岩体より東方約 500 m の相模原市緑区小淵の小さな沢沿いで変斑れい岩の転石を見出した。転石の大きさは約 3 m で、沢の規模を考えると上流から運ばれたとは考えにくく、近傍の崖より崩落したものと考えられる。石田・荒井 (1990) が斑れい岩または閃緑岩起源と考えられるマグネシオホルンブレンドを報告しているものの、斑れい岩体は小仏帯からはこれまで発見されていなかった。小仏帯の塩基性～超塩基性岩は、石田・荒井 (1990) のタルク - 角閃石岩をのぞいて、いずれも分布域の南縁部、藤野木 - 愛川構造線の近傍で見ついている (図 2)。今後、小仏帯からさらに多くの塩基性～超塩基性岩が見つかる可能性は高い。

Ishida (1972) は山梨県大月市真木の石灰岩から前期白亜紀の蘚虫化石を見出した。高橋・石井 (1993) は大月市笹子町の黒色頁岩から漸新世および始新世あるいは暁新世の放散虫化石を報告したが、始新世あるいは暁新世の化石は再堆積であるとした。Yagi (2000) は大月市七保町および大月市笹子町より中期始新世の放散虫化石を発見したが、大月市笹子町のものは再堆積であるとした。Yagi (2000) が中期始新世の放散虫化石を発見した地点は、高橋・石井 (1993) が漸新世の放散虫化石を、石田 (1987) が蛇紋岩を報告した付近である。また、猿田・高橋 (2008) は神奈川県愛川町八菅の黒色頁岩および愛川町田代の暗灰色珪質頁岩から中期始新世ルテシアン後期～バートニアン前期の放散虫化石を発見した。渡部 (1985) は山梨県葛野川

流域に分布する玄武岩質溶岩層のチャートより漸新世～中新世の放散虫化石を報告したが、高橋・石井 (1993) はこの放散虫化石を漸新世とし、Yagi (2000) は同定に疑義があるとした。以上から、瀬戸層の年代は中期始新世～漸新世と考えられる (図 4)。したがって、Ishida (1972) が報告した白亜紀の蘚虫化石を含む石灰岩レンズは異地性ブロックと考えられる (酒井, 1987)。

5. 小仏層群・相模湖層群の堆積構造と砂岩組成

牧野 (1973) は盆堀川層のグループキャストおよびインブリケート構造を解析し、堆積時の古流向は、北から南、または西から東であり、とくに西から東の流れが優勢であるとした。また、Watanabe and Iijima (1989) は瀬戸層中の砂岩の堆積構造より古流向を求め、北から南への流れを推定した。以上の結果から、チャート、頁岩、砂岩などの碎屑粒子は北方に分布する秩父帯および四万十帯などの付加体から供給されたものと考えられる (牧野, 1973; Watanabe and Iijima, 1989)。また、Watanabe and Iijima (1989) は酸性火山岩類などは濃飛流紋岩から供給されたと考えた。

関東山地の四万十帯の砂岩は、秩父帯のものとは比べて淘汰が悪く、酸性火山岩片が多く、鉱物種に乏しいことが特徴である。他の岩片としては量は少ないが、チャートや片岩、片麻岩の岩片がみられる (牧野, 1973; 酒井, 1987)。Watanabe and Iijima (1989) は瀬戸層の砂岩組成を検討し、その組成範囲は赤石山地に分布する瀬戸川層群の範囲に含まれるとした。また、酒井 (1987) は関東山地の四万十帯の砂岩組成を検討し、白亜紀と古第三紀の砂岩の間に大きな組成の差が認められることを示した。それによると、石英は小仏層群から相模湖層群へと増加し、火山岩片は小仏層群から相模湖層群へと減少する。岩片の総量も火山岩片と同傾向を示す。このような四万十帯における白亜紀から古第三紀にかけての砂岩組成の変化は、赤石山地、紀伊半島、四国、九州でも同様の傾向が認められる (徳岡・公文, 1979; Kumon, 1983; 寺岡, 1979 など)。四万十帯における白亜紀から古第三紀への火山岩片の減少の原因を、後背地で火山岩類が剝離され、深部の花崗岩類が露出するアンルーフィングの進行に求めることができる (Kumonn, 1983; 小柳津・君波, 2004; 別所・中屋, 2011)。

6. 小仏帯の区分と対比の課題

酒井・梶浦 (1994) は関東山地東南部では、相模湖層群瀬戸層の南縁部の砂岩卓越層と頁岩優勢層 (神奈川県教育委員会 (1980a, 1980b) の青山硬砂岩と平山黒色頁岩にそれぞれ相当) と高橋・石井 (1993) が漸新世放散虫化石を報告した山梨県大月市笹子町の瀬戸層南縁部の地質体を相模湖層群と区別するべきであるとし、瀬戸川層群に相当するとした。この笹子地域の瀬戸層南縁部地質体をその北側の地質体から区分する考え方は多い (Ogawa *et al.*, 1988; 石田, 1995, 1996; Yagi, 2000)。この地質体は漸新世であり (高橋・石井, 1993)、始新世を示す他の瀬戸層の年代 (酒井・梶浦, 1994; Yagi, 2000; 猿田・高橋, 2008) より明らかに若く、

瀬戸層もしくは相模湖層群から区分される可能性がある。この地質体より発見された始新世の放射虫化石はいずれも再堆積とされている(高橋・石井, 1993; Yagi, 2000)。なお、石田(1987)が蛇紋岩を報告したのもこの地質体からである。猿田・高橋(2008)は、南東部の青山硬砂岩と平山黒色頁岩相当層から中期始新世の放射虫化石を報告しており、こちらは、従来通り瀬戸層に含めておくのが、現在のところ妥当であると判断される。

小仏帯の区分は研究者によって大きく異なり、相模湖層群は同一の地層名でも分布範囲が全く異なっている場合がある。特に、鶴川断層以西と以東とでその差異が著しい。Ogawa *et al.* (1988)は鶴川断層の両側で小仏帯の岩相および変形様式が異なるとした。また、鶴川断層以東の相模湖層群からは塩基性～超塩基性岩は報告されておらず、漸新世の地質体も報告されていない。さらに、Yagi (2000)は山梨県大月市周辺の緑色岩を含む地質体を真木コンプレックスと命名し、鶴川断層以西のみに分布するとした。また、Watanabe and Iijima (1989)は鶴川断層以西の古第三系の部分だけを「小仏帯」と呼んで四十帯から区分した。

岩相、砂岩組成、堆積年代の類似、および、緑色岩や蛇紋岩の存在などから小仏帯を瀬戸川帯(瀬戸川層群)に対比する考え方は多い(例えば、山梨県地質図編纂委員会, 1970; 坂本ほか, 1987; Watanabe and Iijima, 1989; Yagi, 2000; 石田, 2002)。また、荒井・石田(1987)は赤石山地の瀬戸川層群、関東山地の相模湖層群、三浦半島の葉山層群、房総半島の嶺岡層群に蛇紋岩類がフィリピン海プレート北端にほぼ平行に分布していること、および、蛇紋岩類の岩石学的性質の類似から、これらを環伊豆地塊蛇紋岩類と呼んだ。

荒井・石田(1987)は相模湖層群瀬戸層の蛇紋岩が定置した時代を漸新世～中新世とし、瀬戸川層群の蛇紋岩の定置はほぼ同時代、葉山層群の蛇紋岩の定置も中新世が考えられるとした。また、嶺岡層群の蛇紋岩の定置時期は中新世と考えられている(荒井ほか, 1983; 奥澤・久田, 2004)。今回、新たに発見された山梨県上野原市の蛇紋岩や相模原市緑区小淵の変斑れい岩は周囲との関係が不明であり、定置年代は現在ところ不明である。塩基性～超塩基性岩を含む地層の年代は瀬戸川層群が前期中新世(杉山, 1995)、相模湖層群が中期始新世～漸新世(高橋・石井, 1993; Yagi, 2000)、葉山層群が前期中新世(Kurihara, 1971; 江藤ほか, 1987)、嶺岡層群が中期始新世～前期中新世(小川, 1981; 鈴木ほか, 1984; 川上, 2003)である。

Yagi (2000)は瀬戸層中の緑色岩体の大きさは瀬戸川層群中のものにほぼ匹敵するがチャートと石灰岩の量は瀬戸川層群に比べて少ないとした。また、瀬戸川層群中の蛇紋岩は分布域西端の笹山構造線(より古期の付加体との境界断層)の近傍に分布し(杉山, 1995)、一方で、相模湖層群中の蛇紋岩は分布域南端の藤野木-愛川構造線(古伊豆-小笠原弧の火山噴出物および海溝充填堆積物との境界断層)の近傍に分布している。さらに、上述したように、小仏帯の方が瀬

戸川帯よりも古い堆積年代を示している。このように、瀬戸川帯と小仏帯は、類似した点もあるが、異なる点も多く、両者の対比については慎重に検討する必要がある。

小仏帯は年代決定に有効な化石の情報に乏しく、神奈川県内においては、地質学的データも十分ではない。小仏帯を含めた関東山地南部および環伊豆地域の構造発達史の解明のためには、微化石年代などの年代値および基本的な地質学データを蓄積していく必要がある。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、神奈川県立生命の星・地球博物館学芸部長の平田大二氏、同館学芸員の山下浩之氏および石浜佐栄子氏には様々なアドバイスをいただいた。首都大学東京の笠原天生氏、寺尾陽明氏、峰稔幸氏、河合貴之氏、斎藤はるか氏、相模原地質研究会のメンバーの皆様には現地調査でお世話になった。以上の方々に深くお礼申し上げます。

引用文献

- 荒井章司・石田 高, 1987. 山梨県笹子地域の小仏層群中の蛇紋岩類の岩石学的性質—他の環伊豆地塊蛇紋岩類との比較—. 岩鉱, **82**(9): 336-344.
- 荒井章司・伊藤谷生・小沢一仁, 1983. 嶺岡帯に産する超塩基性・塩基性砕屑岩類について. 地質学雑誌, **89**(5): 287-297.
- 別所孝範・中屋志津男, 2011. 紀伊半島四十帯古第三系音無川層群の砂岩組成変化から推定されるアンルーフィング. 地質学雑誌, **117**(8): 423-438.
- 江原眞伍, 1925. 小仏古生層の時代如何. 地球, **3**: 521-526.
- 江藤哲人・尾田太良・長谷川四郎・本田信幸・船山政昭, 1987. 三浦半島中・北部の新生界の微化石生層序年代と古環境. 横浜国立大学理科紀要 第二類 生物学・地学, (34): 41-57.
- 藤本治義, 1931. 小仏層に就いて. 地学雑誌, **43**(7): 377-383.
- Hara, H., 2005. New profile of upper to lower structural levels in an accretionary prism - the Cretaceous Shimanto accretionary complex in the Kanto Mountains, central Japan -. Field Excursion Guidebook (IGCP 516): 10-17.
- 原 英俊, 2010. 三峰地域の地質, 第6章, 付加コンプレックスの広域変成作用. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), pp.54-55. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Hara, H. and Hisada, K., 1998. The Otaki and Ogouchi Groups revised - reconstruction of thermal structure of the Shimanto Supergroup in the Kanto Mountains, central Japan -. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B*, (19): 43-60.
- Hara, H. and Kurihara, T., 2010. Tectonic evolution of low-grade metamorphosed rocks of the Cretaceous Shimanto accretionary complex, Central Japan. *Tectonophysics*, 485: 52-61.
- 原 英俊・上野 光・久田健一郎, 2010. 三峰地域の地質, 第5章, 四十帯白亜系付加コンプレックス. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), pp.33-53. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 久田健一郎, 1984. 関東山地南部芦ヶ久保-鴨沢地域の中・古生層. 地質学雑誌, **90**(3): 139-156.

- 久田健一郎・小池敏夫・棚瀬充史・中山俊雄, 2003. 東京都奥多摩地域地質図. 東京都土木技術研究所.
- 久田健一郎・上野 光・岸田容司郎, 1986. 関東山地小仏層群より白亜紀放散虫化石の産出. 大阪微化石研究会誌, 特別号, (7): 255-258.
- Ishida, T., 1972. Greenstones of the Shimanto Zone in the southwestern margin of the Kanto Massif (I) - stratigraphical evidences -. *Memoirs of the Faculty of Liberal Arts & Education, Yamanashi University, Part 2 (Mathematics & Natural Sciences)*, (23): 94-99.
- 石田 高, 1974. 関東山地における四万十帯小仏層群の緑色岩類 (II). 山梨大学教育学部研究報告 第2分冊 (自然科学系), (25): 45-50.
- 石田 高, 1985. 関東山地における四万十帯小仏層群の緑色岩類 (III) -特に主成分化学組成について-. 山梨大学教育学部研究報告 第2分冊 (自然科学系), (36): 62-68.
- 石田 高, 1987. 山梨県大月市笹子町の小仏層群から産出した蛇紋岩. 地質学雑誌, **93**(3): 233-236.
- 石田 高, 1995. 伊豆弧と本州弧の衝突地域の火成活動およびテクトニクス (I). 山梨大学教育学部研究報告 第2分冊 (自然科学系), (46): 31-39.
- 石田 高, 1996. 伊豆弧と本州弧の衝突地域の火成活動およびテクトニクス (II) -小仏層群のユニット分帯-. 山梨大学教育学部研究報告 第2分冊 (自然科学系), (47): 50-56.
- 石田 高, 1997. 伊豆弧と本州弧の衝突地域の火成活動およびテクトニクス (III) -小仏帯の超苦鉄質~苦鉄質岩の岩石学-. 山梨大学教育学部研究報告 第2分冊 (自然科学系), (48): 28-39.
- 石田 高, 2002. 伊豆弧と本州弧の衝突地域の火成活動およびテクトニクス (VII) -議論およびまとめ-. 山梨大学教育人間科学部紀要, **3**(2): 1 - 12.
- 石田 高・荒井章司, 1990. 山梨県勝沼付近における小仏層群中のタルク - 角閃石岩の地質学的意義. 岩鉱, **85**(9): 424-434.
- 石田 高・荒井章司・高橋奈津子, 1988. 山梨県大月市初狩町の小仏層群からピクライト玄武岩の産出. 岩鉱, **83**(2): 43-50.
- Iyota, N., Hisada, K., Sashida, K. and Igo, H., 1994. The Ogouchi Group of the Shimanto Terrane in the Kanto Mountains, central Japan. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B*, (15): 47-69.
- 梶浦唯史, 1995. 相模原台地北西部上大島地域の四万十帯層群. 相模原市立博物館研究報告, (4): 127-158.
- 神奈川県教育委員会, 1980a. 神奈川県地質図「八王子」. 神奈川県教育委員会.
- 神奈川県教育委員会, 1980b. 神奈川県地質図「五日市・上野原」. 神奈川県教育委員会.
- 川上俊介, 2003. 房総半島の古第三系放散虫化石層序. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集 (CD-ROM), G082-013.
- Kumon, F., 1983. Coarse clastic rocks of the Shimanto Supergroup in eastern Shikoku and Kii Peninsula, Southwest Japan. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy*, **49**(1/2): 63-109.
- Kurihara, K., 1971. Foraminifera from the Hayama Group, Miura Peninsula. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan*, (83): 131-142.
- Kosaka, K., Itoga, H. and Yanai, S., 1988. Macroscopic and mesoscopic kink folds of the Kobotoke Group in the southern Kanto Mountains, central Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, **94**(3): 221-224.
- 牧野泰彦, 1973. 小仏層群の層序学的ならびに堆積学的研究. 地質学雑誌, **79**(4): 299-308.
- 松本達郎・大塚裕之・大木公彦, 1973. 鹿児島県下の四万十帯から産した白亜紀化石. 地質学雑誌, **79**(10): 703-704.
- 見上敬三, 1968. 津久井町中野周辺の地質-城山ダム建設に伴う水没地区地質調査報告書一. 神奈川県文化財調査報告書, (31): 1-21.
- 見上敬三, 1978. II 地質 2 小仏山地. 神奈川県県民部県史編集室編, 神奈川県史各論編 4 自然, pp.102-112. 神奈川県.
- 三土知芳, 1932. 7万5千分の1地質図幅「八王子」説明書. 54pp. 地質調査所.
- 西宮克彦, 1976. 山梨県小菅村の小仏層群よりイノセラムスを発見. 地質学雑誌, **82**(12): 795-796.
- 小川勇二郎, 1975. 東京都西部小仏層群の断裂系 (第1報). 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, (10): 1-12.
- 小川勇二郎, 1981. 三浦・房総半島の第三紀テクトニクス-本州弧にトラップされたオフィオライトと伊豆前弧盆堆積物. 月刊地球, **3**(7): 411-420.
- Ogawa, Y., Hisada, K. and Sashida, K., 1988. Shimanto Supergroup in the Kanto Mountains - a review. *Modern Geology*, **12**: 127-146.
- 奥村 清, 1975. 小仏層群について. 神奈川地学, **6**(1): 15-18.
- 奥村 清・門倉睦男, 1973. 相模湖周辺の地質(1). 神奈川地学, **5**(8): 143-150.
- 奥澤康一・久田健一郎, 2004. 房総半島中新統嶺岡層群八丁層および佐久間層群から産出した碎屑性クロムスピネル. 地質学雑誌, **110**(4): 237-243.
- 小柳津 篤・君波和雄, 2004. 四国西部四万十帯における白亜紀後期から古第三紀初期にかけての後背地の変遷とその意義. 地質学雑誌, **110**(7): 403-416.
- 尾崎正紀・牧本 博・杉山雄一・三村弘二・酒井 彰・久保和也・加藤碩一・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久, 2002. 20万分の1地質図幅「甲府」. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 酒井 彰, 1987. 五日市地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 75pp. 地質調査所.
- 酒井 彰, 2007. 青梅地域の地質, 第4章, 四万十帯の堆積岩コンプレックス. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), pp.31-36. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 酒井 彰・梶浦唯史, 1994. 関東山地南部の四万十帯. 日本地質学会第101年学術大会講演要旨, 296.
- 坂本 亨・酒井 彰・秦 光男・宇野沢昭・岡 重文, 1987. 20万分の1地質図「東京」. 地質調査所.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編), 2010. 20万分の1日本シームレス地質図データベース (2010年11月11日版). 産業技術総合研究所研究情報公開データベース DB084. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 猿田一樹・高橋 修, 2008. 神奈川県愛川町周辺に分布する四万十帯相模湖層群から産出した中期始新世放散虫化石. 日本地質学会第115年学術大会講演要旨, 189.
- 篠木嶺二・見上敬三, 1954. 丹沢山塊東北部の構造について(その1). 東京教育大学理学部地質学鉱物学教室研究報告, (3): 117-123.
- 杉山雄一, 1995. 赤石山地の瀬戸川帯北部の地質と瀬戸川付加帯の形成過程. 地質調査所月報, **46**(4): 177-214.
- 杉山雄一・須貝俊彦・井村隆介・水野清秀・遠藤秀典・下川浩一・山崎晴雄, 1997. 50万分の1活構造図8「東京」(第2版). 地質調査所.
- 鈴木 敏, 1888. 東京図幅地質説明書. 78pp. 地質調査所.
- 鈴木祐一郎・近藤克之・斎藤常正, 1984. 房総半島嶺岡層群か

- ら最後期始新世の浮遊性有孔虫化石の発見. 地質学雑誌, **90**(7): 497-499.
- 高橋 修・石井 醇, 1992. 関東山地四万十帯の大滝層群—関東山地四万十帯白亜系の変形過程とデュープレックス構造—. 埼玉県立自然史博物館研究報告, (10): 11-28.
- 高橋 修・石井 醇, 1993. 関東山地小仏層群南縁部(四万十帯南帯) から漸新世の放散虫化石の産出. 地質学雑誌, **99**(4): 289-291.
- Takahashi, O. and Ishii, A., 1995. Radiolarian Assemblage-zone in the Jurassic and Cretaceous Sequence in the Kanto Mountains, Central Japan. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Earth and Planetary Sciences*, **29**(1): 49-85.
- 寺岡易司, 1979. 砂岩組成からみた四万十地向斜堆積物の起源. 地質学雑誌, **85**(12): 753-769.
- 徳岡隆夫・公文富士夫, 1979. 赤石山地と紀伊半島の四万十帯—とくに砂岩の鉱物組成の考察—. 国立科学博物館専報, (12): 41-54.
- 渡部芳夫, 1985. 小仏帯南西部の小仏層群. 日本地質学会第92年学術大会講演要旨, 111.
- Watanabe, Y. and Iijima, A., 1989. Evolution of the Tertiary Setogawa - Kobotoke - Mineoka forearc basin in central Japan with emphasis on the Lower Miocene terrigenous turbidite fills. *Journal of the Faculty of Science, the University of Tokyo, Section II, Geology, Mineralogy, Geography, Geophysics*, **22**(1): 53-88.
- 矢部長克, 1925. 関東山地中部を横断する一大地質構造線(五日市 - 川上線). 地学雑誌, **37**(1): 1-7.
- Yagi, N., 2000. Stratigraphy of the Cretaceous and Paleogene Sedimentary Complexes of the Kobotoke Belt, Kanto Mountains, Central Japan. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B*, (21): 13-40.
- 山梨県地質図編纂委員会, 1970. 山梨県地質誌. 10万分の1図幅山梨県地質図説明書. 240pp. 山梨県.