

## 白亜系銚子層群の碎屑性クロムスピネル

Detrital chromian spinels in the Cretaceous Choshi Group

久田健一郎\* 荒井章司\*\*

Ken-ichiro Hisada\* and Shoji Arai\*\*

1994年10月24日受付.

1995年1月30日受理.

\* 筑波大学地球科学系. Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

\*\* 金沢大学理学部地学教室. Department of Earth Sciences, Kanazawa University, Ishikawa 920, Japan

Key words: Cretaceous, detrital chromian spinels, Kurosegawa Tectonic Zone, Choshi Group

## はじめに

堆積岩中の碎屑性クロムスピネルの検討により, その堆積盆の発達史, 特に碎屑物の供給源およびマントル物質貫入の役割などに重要な制約を加えることができる(荒井ほか, 1983; Arai and Okada, 1991; Hisada and Arai, 1993). 今回, 千葉県東端に位置する犬吠埼周辺 (Fig. 1) の下部白亜系銚子層群中の砂岩より, 多量のクロムスピネル粒子を見いだした. 小論においては, この碎屑性クロムスピネルの化学組成を明らかにし, 供給源について考察する. また, 山中白

亜系白堂層産(荒井・久田, 1991; Hisada and Arai, 1993)の碎屑性クロムスピネルとの比較を試み, その意義を論ずる.

## 銚子層群の概略とクロムスピネル産出地点の地質

犬吠埼周辺には先白亜系愛宕山層群, 下部白亜系銚子層群, 中新統, 鮮新・更新統などが分布する. 銚子層群は主に砂岩, 泥岩, 砂泥互層, 礫岩よりなり, アンモナイト化石などの産出から堆積年代はバレミアン-アプチアンと考えられている (Obata et al., 1982). 一方, 愛宕山層群中の高神礫岩は, Yabeina 帯から Lepidolina 帯までのフズリナを産出し, また黒生海岸に露出するチャートは後期三畳紀のコノドントを産出することから, 愛宕山層群は三畳系からジュラ系にわたるものと考えられている (宇野沢ほか, 1983). しかしながら, 銚子層群や愛宕山層群は, 鮮新・更新統によっておおわれており, それらの分布は極めて限られている. しかも両層群は, 関東地方のほかの中・古生界とはなれて孤立露出している (Fig. 1) ため, 関東山地との関連も漠然と秩父帯に関連づけて求められているにすぎない.

Obata et al. (1982) は, 下位の先白亜系愛宕山層群を不整合でおおう銚子層群を下位より, 海鹿島層・君ヶ浜層・犬吠埼層・西明浦層・長崎鼻層に区分した. 銚子層群の全層厚は

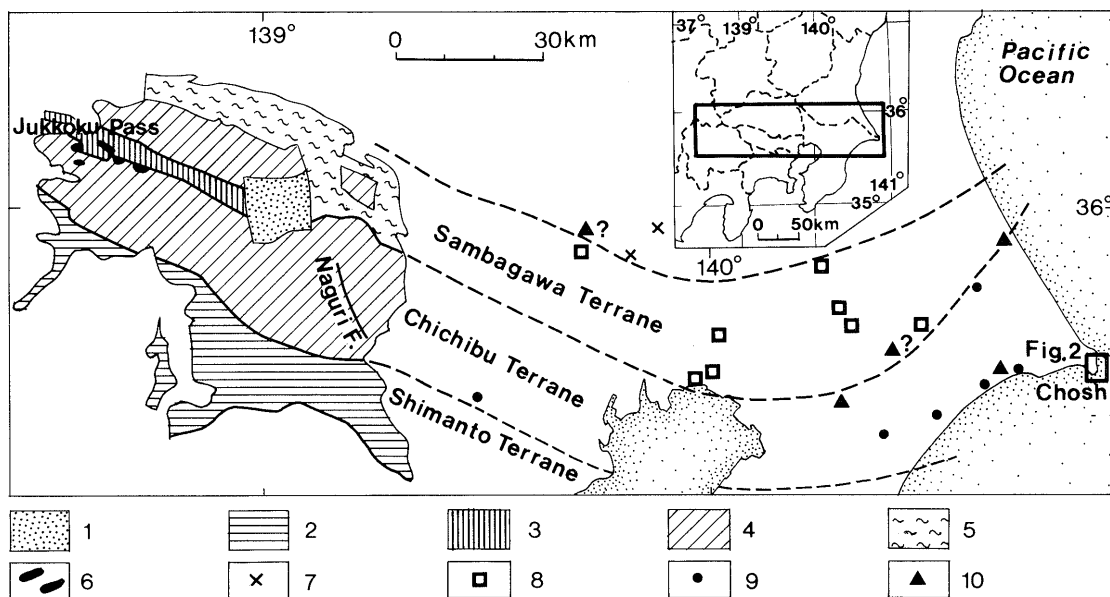
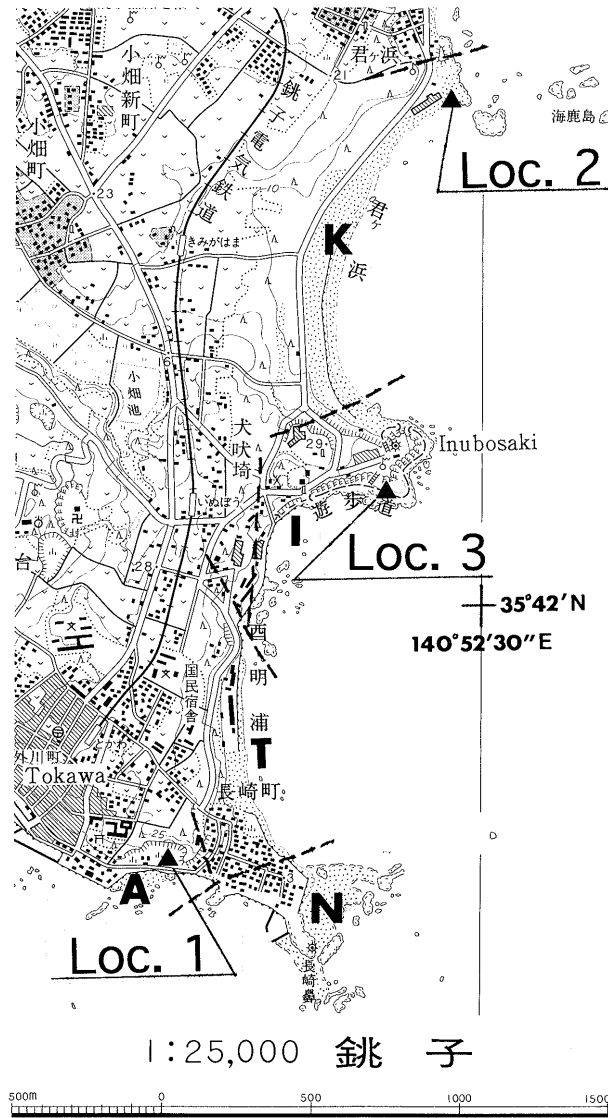


Fig. 1. Simplified geologic map of the Kanto district.

1: Chichibu Tertiary formations, 2: Shimanto complex, 3: Sanchu Cretaceous, 4: Chichibu complex, 5: Sambagawa metamorphic rocks, 6: serpentinite 7-10: basement rocks confirmed by deep drilling (7: granitic rocks, 8: crystalline schist, 9: pre-Cretaceous sedimentary rocks, 10: Cretaceous sedimentary rocks) (after Geological Survey of Japan, 1987). The boundary lines are based on data after Shibata and Takagi (1989).



**Fig. 2.** Localities of detrital chromian spinel. A : Ashikajima Fm, K : Kimigahama Fm, I : Inubouzaki Fm, T : Toriakeura Fm, N : Nagasakihara Fm. Topographic map is part of 1/25,000 map sheet "Choshi" of Geographical Survey Institute of Japan. The formation boundaries are based on data after Obata et al. (1982).

約 900 m に達し、東西性の褶曲によって、ゆるく傾斜している。Katsura et al. (1984) は海鹿島層と犬吠埼層は砂州、砂州間や外浜～沖合上部にかけてのストームシート砂層、君ヶ浜層や西明浦層は沖合のストームシート砂層とそれぞれみなした。また長崎鼻層は陸棚中の乱泥流堆積物と推定した。

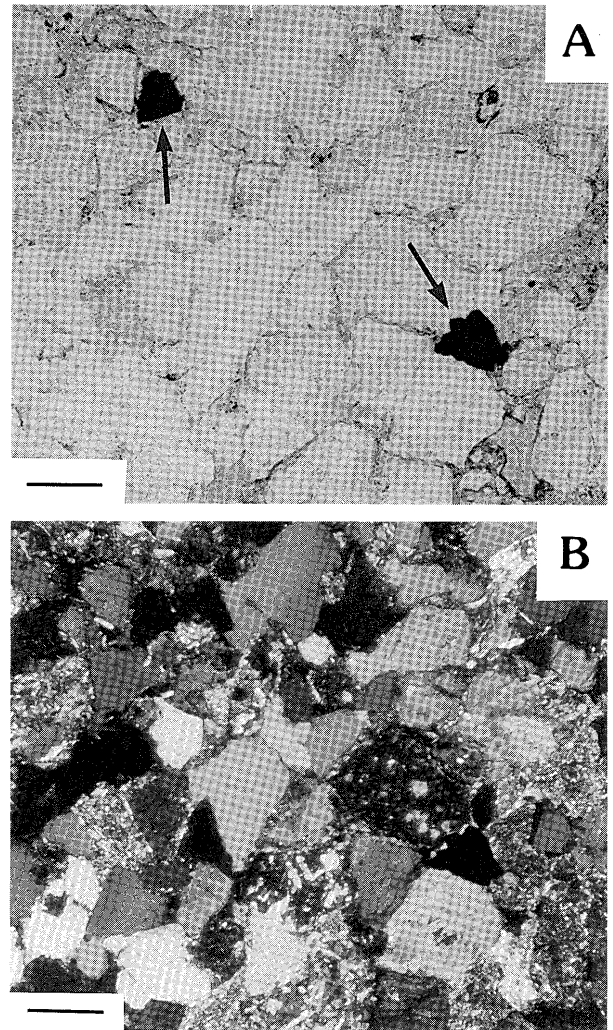
今回確認された碎屑性クロムスピネルを含有する砂岩の産地は、以下の 3 地点 (Locs. 1, 2, 3; Fig. 2) である。

Loc. 1 銚子電鉄外川駅南南東約 400 m の碎石場跡地に露出する海鹿島層

Loc. 2 君ヶ浜北端の海岸に露出する君ヶ浜層

Loc. 3 犬吠埼燈台下に露出する犬吠埼層

Loc. 1 の海鹿島層は、ハンモック状斜交層理の発達した厚



**Fig. 3.** Photomicrographs of sandstone of the Ashikajima Formation.

A : Feldspathic arenite (Loc. 1). One polar. Arrows indicate chromian spinel.

B : Ditto. Crossed polars.

Scale bar = 0.1 mm

層理細粒砂岩からなる。また、Loc. 3 の犬吠埼層もハンモック状斜交層理の発達した中粒～細粒砂岩からなる。一方、Loc. 2 の君ヶ浜層は、生物擾乱のみられる泥岩と中粒～細粒砂岩の互層である。

#### 碎屑性クロムスピネルの特徴と化学組成

碎屑性クロムスピネルは、最下位の層準の Loc. 1 から豊富に産出し、Loc. 2 と 3 からはまれに認められるにすぎない。今回顕微鏡下で同定されたクロムスピネルは角礫～亜角礫であり、粒径は 0.03～0.10 mm である (Fig. 3)。色調は変化に富み、不透明なものから淡黄色と変化するが、褐色のものも多い。なお、今回クロムスピネルを産出した砂岩薄片の顕微鏡観察によれば、いずれも正長石に富んだ長石質アレナイトであり、岩片も比較的多量にみられる。岩片は主にチャートや玄武岩で、重鉱物はクロムスピネルのほかジルコ

**Table 1.** Selected microprobe analyses of detrital chromian spinels of the Choshi Group.

Group	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	0.06	0.07	0.02	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.5	16.39	10.92	19.08
TiO <sub>2</sub>	0.11	1.43	0.2	0.2
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	46.09	43.52	56.82	36.57
Fe <sup>o*</sup>	30.98	20.42	13.38	31.41
NiO	0	0.19	0.07	0.0
MnO	0.52	0.22	0.17	1.52
MgO	5.55	14.02	14.57	0.77
CaO	0.02	0.06	0.03	0.03
Na <sub>2</sub> O	0.06	0	0	0.17
K <sub>2</sub> O	0	0	0.01	0.03
ZnO	0.73	0.03	0.06	5.83
Total	96.62	96.35	96.19	95.73
Mg#	0.29	0.68	0.72	0.04
Cr#	0.71	0.64	0.78	0.56
Cr3#	0.64	0.58	0.74	0.52
Al3#	0.26	0.32	0.21	0.4
Fe3#	0.1	0.1	0.04	0.08

FeO\*: total iron as FeO, Mg#: Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>) atomic ratio, Cr#: Cr/(Cr+Al) atomic ratio, Cr<sup>3</sup>#, Al<sup>3</sup>#, and Fe<sup>3</sup>#: atomic fraction of Cr, Al and Fe<sup>3+</sup>, respectively, for trivalent cations(Cr+Al+Fe<sup>3+</sup>). Ratios of Fe<sup>2+</sup> and Fe<sup>3+</sup> were calculated assuming spinel stoichiometry.

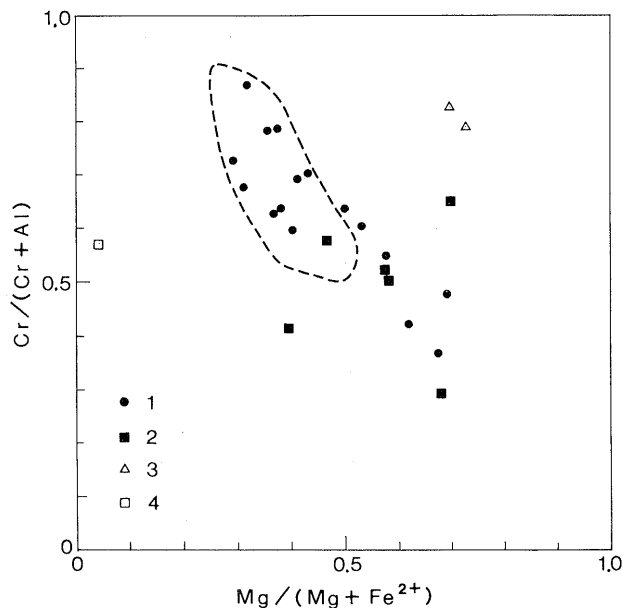
ン、アバタイト、磁鉄鉱などである。

薄片中の碎屑性クロムスピネルの組成を、筑波大学分析センターの日本電子社製 JXA-8621 型の EPMA で決定した。加速電圧、ビーム径は、それぞれ 20 kv, 10μmφ である。スピネル粒子は化学的に均質であり、そのコアを分析した。Mg, Fe<sup>2+</sup>, Cr, Al, Fe<sup>3+</sup> の原子比の計算法は荒井・久田 (1991) と同様である。なお、Mn, Zn は便宜上、Fe<sup>2+</sup> に加えてある。分析値を Table 1 に示す。

碎屑性クロムスピネルは、化学組成の特徴から 4 つに分けることが可能である。まず、Mg# (=Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>) 原子比) が 0.3~0.7 で全体として Cr# (=Cr/(Cr+Al) 原子比) と明瞭な負の相関を示し (Fig. 4), 低 Ti (TiO<sub>2</sub>, 0.4 wt.% 以下) のもの (グループ 1 とする) である (Fig. 5)。グループ 1 のものは、関東山地、山中白亜系石堂層中の低 Ti グループのもの (荒井・久田, 1991) と類似した化学組成を有する。グループ 2 は高 Ti (TiO<sub>2</sub>, 0.58 wt.% 以上) のものである。グループ 2 のものは、Mg# と Cr# の相関を示さない。グループ 3 は、低 Ti であるが、Mg#, Cr# がそれぞれ 0.7, 0.8 とともに高いもの (2 点) で、グループ 1 のトレンドからは大きくはずれる。グループ 4 は、Mg# が極端に低く (0.1 以下)、Zn に富んでいるもの (1 点) である。グループ 4 のものは Mn にも比較的富んでいる。

#### 碎屑性クロムスピネルの起源

グループ 1 のものは山中白亜系石堂層中の低 Ti グループ

**Fig. 4.** Relationship between Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>) and Cr/(Cr+Al) atomic ratios of detrital chromian spinels in the Choshi Group.

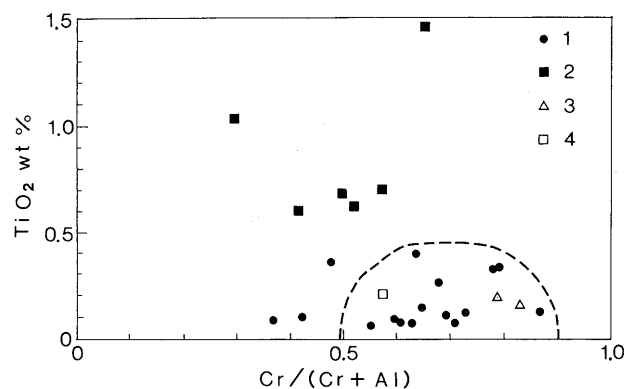
The range of the Sanchu serpentinite is surrounded by a broken line. (after Arai and Hisada, 1991).

1: Group 1 (low-Ti group), 2: Group 2 (high-Ti group), 3: Group 3 (high-Mg#·Cr# group), 4: Group 4 (high-Mn group).

のものと同様蛇紋岩 (かんらん岩) 起源と思われる。その比較的高い Cr#, 低い Ti 含有量からみて島弧的な環境が示唆される。グループ 2 のものは、同じく山中白亜系石堂層中の高 Ti グループのものと同様、火山岩起源であろうと思われる。石堂層中のものと同様、プレート内マグマ~MORB 起源と思われる (Arai, 1992)。Mg# と Cr# の非相関性は変質 (変成) の程度の多様性によるものと思われる。それは、弱変成を受けたマフィック~超マフィック岩中のスピネルでは、Cr# などが一定で Mg# がしばしば著しく低下する (石田ほか, 1990; 荒井・久田, 1991) からである。グループ 3 のものは非変成の (すなわち高温の) 火山岩またはクロミタイト起源であろう (例えば、荒井, 1992)。実際、これらのスピネルは関東山地西部の十石峠周辺 (Fig. 1) の蛇紋岩に伴うクロミタイト中のクロムスピネルの組成領域 (荒井・久田, 1991) に入る。火山岩起源とした場合、Fe<sup>3+</sup> 比 (=Fe<sup>3+</sup>/(Cr+Al+Fe<sup>3+</sup>)) が低いので、母岩が MORB か島弧性のかは不明である (Arai, 1992)。グループ 4 のものは低 Mg# で特徴づけられる。これは変成したマフィック~超マフィック岩起源を示していると思われる (石田ほか, 1990)。

#### 黒瀬川構造帯との関連性

今回銩子層群から産出した碎屑性クロムスピネルのうち、グループ 1 は関東山地東部の名栗断層沿い (Fig. 1) から得られた超マフィック岩 (坂ほか, 1989; Hisada and Arai, 1989) 中のものの組成によく一致する。すなわち銩子層群に



**Fig. 5** Relationship between  $\text{TiO}_2$  wt.% and  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$  atomic ratios of detrital chromian spinels in the Choshi Group.

The range of the Sanchu serpentinite is surrounded by a broken line. (after Arai and Hisada, 1991)

1 : Group 1 (low-Ti group), 2 : Group 2 (high-Ti group), 3 : Group 3 (high-Mg#·Cr# group), 4 : Group 4 (high-Mn group).

クロムスピネルを供給した岩体として関東山地黒瀬川構造帯の超マフィック岩と同様な性質のものが考えられる。一方、グループ2や3に関しては、同様の組成のものが山中白亜系石堂層や周辺の岩石(クロミタイト)からも見いだされており、山中白亜系と同様、蛇紋岩とともに、火山岩・蛇紋岩複合岩体を形成していたことが考えられる。そしてこのような複合岩体は黒瀬川構造帯の構成岩類のひとつ (Hisada and Arai, 1994) とみなすことが可能である。おそらく秩父帯ジュラ系付加体(愛宕山層群など)の前弧域に突出した高まりとみなすことができよう。Katsura et al. (1984) は銚子層群堆積場の北に位置した東西あるいは東北東から西南西に向いた海岸線をして陸地を想定した。この火山岩・蛇紋岩複合体もこのような高まりの一部を形成していた可能性がある。重要な点は、秩父帯ジュラ系付加体の前弧域に、かなり普遍的に蛇紋岩-火山岩複合岩体の高まりが存在した可能性が高いということであろう。

グループ4の供給源に関しては現在のところ不明であり、今後さらに追求が必要である。

**謝辞** 筑波大学地球科学系猪郷久義教授には試料採集の際に、また筑波大学分析センターの西田憲正技官には EPMA の使用の際に大変お世話になった。ここに深く感謝の意を表します。

## 文 献

- Arai, S., 1992, Chemistry of chromian spinel in volcanic rocks as a potential guide to magma chemistry. *Mineral. Mag.*, **56**, 173-184.
- 荒井章司, 1992, 碎屑性クロムスピネルおよび碎屑性蛇紋岩の重要性. 地質学論集, no. 38, 329-344.
- 荒井章司・久田健一郎, 1991, 関東山地, 山中白亜系石堂層中の碎屑性クロムスピネル. 岩鉱, **86**, 540-553.
- 荒井章司・伊藤谷生・小沢一仁, 1983, 嶺岡帯に産する超塩基性・塩基性碎屑岩について. 地質雑, **89**, 287-297.
- Arai, S. and Okada, H., 1991, Petrology of serpentinite sandstone as a key to tectonic development of serpentinite belts. *Tectonophysics*, **195**, 65-81.
- Geological Survey of Japan, 1987, 1 : 1,000,000 Geological map of Japan-Geological Atlas of Japan (1982).
- Hisada, K. and Arai, S., 1989, Itsukaichi serpentinites in the Kanto mountains, central Japan-possibility of eastern extension of Kurosegawa Tectonic Zone. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, no. 15, 78-82.
- Hisada, K. and Arai, S., 1993, Detrital chrom spinels in the Cretaceous Sanchu sandstone, central Japan: indicator of serpentinite protrusion into a fore-arc region. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **105**, 95-109.
- Hisada, K. and Arai, S., 1994, Serpentinite protruded into fore-arc region: implications of detrital chromian spinels in Cretaceous sandstones of the Kanto Mountains, Japan. *Proc. 29th Int'l. Geol. Congr., Part A*, 153-164.
- 石田 高・荒井章司・高橋奈津子, 1990, 瀬戸川帯北部の変成ピクライト玄武岩類. 地質雑, **96**, 181-191.
- Katsura, Y., Masuda, F. and Obata, I., 1984, Storm-dominated shelf sea from the Lower Cretaceous Choshi Group, Japan. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, no. 10, 92-95.
- Obata, I., Maiya, S., Inoue, Y. and Matsukawa, M., 1982, Integrated mega- and micro-fossil biostratigraphy of the lower Cretaceous Choshi Group, Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. C*, **8** (4), 145-179.
- 坂 幸恭・平 明夫・小笠原義秀, 1989, 関東山地東縁部, 秩父帯の名栗断層-黒瀬川構造帯の東端(?)-. 地質雑, **95**, 339-342.
- 柴田 賢・高木秀雄, 1989, 関東山地北部の花崗岩類の年代, 同位体から見た中央構造線と棚倉構造線との関係. 地質雑, **95**, 687-700.
- 宇野沢昭・岡 重文・坂本 亨・駒沢正夫, 1983, 20万分の1地質図幅「千葉」. 地質調査所.