

美濃帯味噌川コンプレックスの現世の河川堆積物と 岩石中の碎屑性ザクロ石化学組成

岡村知浩¹, 吉田孝紀¹

¹信州大学理学部地質科学科

Detrital garnet compositions in modern river sediments and sandstones on the Misogawa Complex of the Mino Terrane, central Japan

T. Okamura¹, K. Yoshida¹

¹Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University

キーワード：美濃帯，味噌川コンプレックス，碎屑性ザクロ石化学組成，河川堆積物
Keywords: Mino Terrane, Misogawa Complex, detrital garnet compositions, river sediments

1. はじめに

碎屑岩には電気石やクロムスピネル，ザクロ石といった碎屑性重鉱物が一般的に含まれている．碎屑岩に含まれる重鉱物の化学組成をEPMAなどの分析機器を用いて調べ，その組成を後背地の解析に用いる研究が近年行われてきた．重鉱物の1つであるザクロ石は，変成岩を主として火成岩，凝灰岩に形成され，埋没続成作用や風化環境下で比較的安定である (Morton and Hallsworth, 1999)．さらにザクロ石は化学組成に多様性があり，化学組成が源岩や温度圧

力条件を反映することから多くの研究で用いられてきた．日本の碎屑性ザクロ石の化学組成のデータは竹内 (2000) でまとめられている．

このようにザクロ石の化学組成は碎屑岩の後背地を推定する上で重要な役割を果たしている．しかしながら，従来の碎屑岩中のザクロ石を利用した研究では，2つ問題点がある．1つ目の問題点は，採取した岩石サンプルを粉砕してザクロ石を取り出す場合であれば，粉砕した際にザクロ石が破壊される．これにより，もともと1つであったザクロ石が割れる

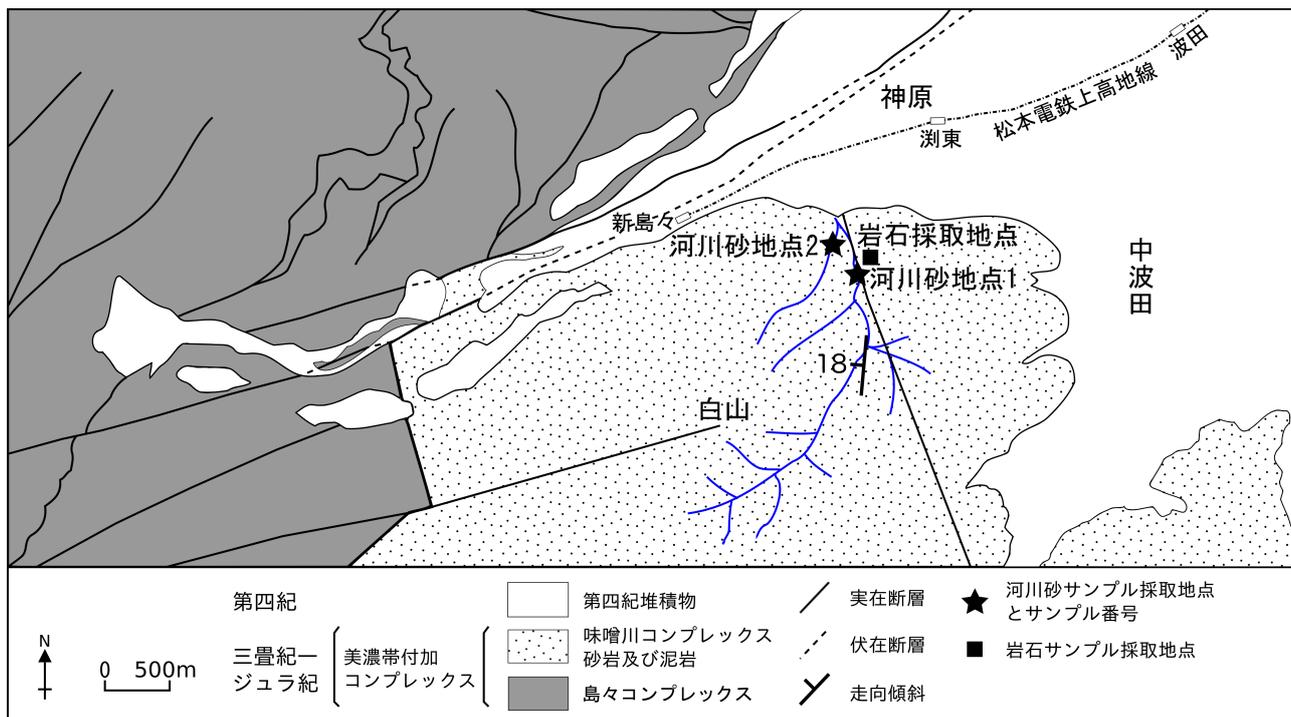


図1 研究地域の地質図とサンプル採取位置．原山ら (2009) を編集．

ことで個数が増加する。また1つの粒子の中で化学組成の累帯構造を持つザクロ石が、砕けてサンプル中に散らばってしまう。2つ目の問題点は、採取してきた岩石サンプルはその地質体の極一部を占めていたものであり、その地質体の平均的なザクロ石のデータを取り出しているとは言えないことである。Morton et al. (2004) は、ザクロ石化学組成において岩石からのデータと河川からのデータで組成に違いが見られることを示し、河川では集水域内の岩相の平均的なサンプルとなると主張した。

本研究では、地質体の一部から採取した岩石を粉碎して取り出したザクロ石と特定の地質体のみを集水域とする現世の河川堆積物中のザクロ石の化学組成を調べ、両者を比較することで両者に Morton et al. (2004) で報告されたような差異があるかどうか検討した。

研究地域は長野県松本市波田地域である。研究地域にはジュラ紀付加体とされる美濃帯味噌川コンプレックスの砂岩及び泥岩が分布する。

2. 地質概説

美濃帯東部は、Otsuka (1988) により岩相に基づいて北西から南東へ平湯、湯川、白骨、沢渡、島々、味噌川、経ヶ岳コンプレックスに分けられた。さらに大塚 (1999) は、美濃帯東部を平湯 (白骨ユニットと駄吉ユニット)、梓川 (沢渡ユニットと島々ユニット)、味噌川、藪原コンプレックスに構造的上位から下位へ細分した。

研究地域には味噌川コンプレックスの砂岩及び泥岩が分布している (図 1)。味噌川コンプレックスは、多量の砂岩及び泥岩と混在岩によって特徴づけられる (Otsuka, 1988)。大塚 (1986) は、味噌川コンプレックスから *Gongylothorax sakawaensis* - *Stichocapsa naradaniensis* 放散虫群集を報告し、構成岩類の年代がジュラ紀新世前期から後期に渡るとした。

地質調査により研究地域には砂岩及び泥岩、砂岩泥岩互層が分布していることが確認された。調査した沢は礫によって覆われ、河床で露頭は確認されていない。

3. 研究方法

岩石中にザクロ石がどのような頻度と状態で含まれているかを検討するために岩石薄片を作成し観察した。ザクロ石の化学組成を調べるために使用した岩石も含めて4個の岩石で薄片を作成した。

河川砂サンプルは、美濃帯味噌川コンプレックスのみを集水域とする河川の堆積物から採取した。採取地点は、それぞれ別々の集水域を持つ河川の2地点 (河川砂サンプル地点 1, 地点 2) である (図 1)。採取した堆積物からメッシュを使用して 62 μm –252 μm の粒度の粉末を取り出した。それを碗がけ後、オーブンで乾燥させ、強磁性鉱物をネオジム磁石を用いて取り除いた後アイソダイナミックセパレーターを用いて磁気分離した。ザクロ石は分離した磁性鉱物から縫い針を用いてハンドピッキングで取り出し、スライドガラスにペトロポキシで固定し、研磨により分析薄片を作成した。

また、同じ地質体から岩石サンプルを1地点で採取した (図 1)。これを岩石カッターを用いて小さなブロック状にした後、鉄鉢で粉碎した。それ以後は河川砂サンプルと同様の手順で行った。

ザクロ石の化学組成の分析は、信州大学の EDS (日本電子株式会社製, JSM6510A) で行い、加速電圧 15kV, 試料電流 2.0nA, 計測時間 60 秒とし、スタンダード法を用いた。ZAF 補正をした。MgO, Al₂O₃, SiO₂, CaO, TiO₂, Cr₂O₃, MnO, FeO (total) を計測し、O=12 とし、ザクロ石の理想的な化学式を仮定して二価の鉄と三価の鉄の比を求めた。各ザクロ石は1粒子につき2点以上分析し、酸化物質量%が100%に近いもので、さらに理想的なザクロ石の化学式と比較し1粒子につき1データを選んだ。

化学分析したザクロ石の個数は、岩石サンプルで111個、河川砂サンプル地点1で136個、河川砂サンプル地点2で121個である。

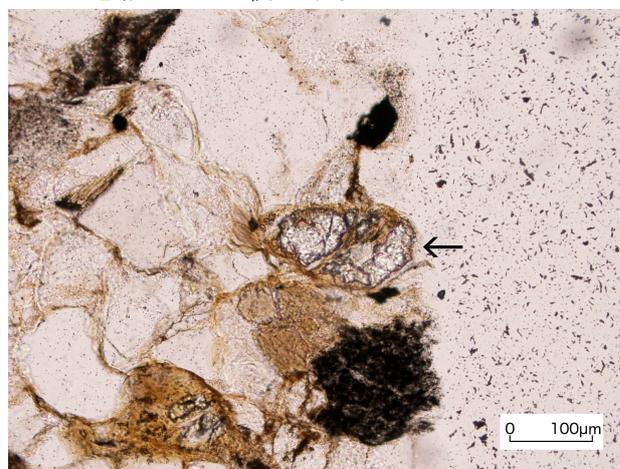


図 2 美濃帯砂岩サンプル中のザクロ石偏光顕微鏡写真。オープンニコル。元々大きな粒子であったと推測されるザクロ石が割れている。割れ目には粘土鉱物が生じている。

4. 岩石記載

岩石サンプルは、砂岩と泥岩からなる露頭から採取した中粒砂岩である。主に石英、斜長石、変質した黒雲母からなり、ザクロ石、電気石、ジルコン、アルカリ長石、白雲母、スフェーンがみられる。淘汰は悪い。泥岩片が多い。ジルコンはよく円磨された物のほかに、角ばっているものも見られる。電気石は、緑色を示し円磨度が低い。白雲母は無色で、曲がっている。ザクロ石は角ばっているものが多い。ザクロ石の内部に割れ目ができているのが観察され、粘土鉱物で周囲を覆われているザクロ石がよく見られる。元々大きなザクロ石だったと思われる粒子がいくつかの粒子に割れているものがあり、その粒子同士の隙間には粘土鉱物が生じている (図 2)。

5. 岩石と河川砂サンプル中に含まれる重鉱物

粉碎した岩石サンプルには重鉱物として、ザクロ石、ジルコン、電気石、不透明鉱物が含まれている。ザクロ石は、実体顕微鏡下で透明で無色から淡い桃色を示す (図 3A)。ザクロ石の大部分は角形を示し、円磨度は低い (図 3B)。全てのザクロ石は完全に消光し、異方性を示す物は見られない。紐状の赤い包有物を含む。ジルコンは褐色で柱状を示しごくまれに含まれる。電気石は青色で破片状を示す。

河川砂サンプル地点 1 と地点 2 はよく似た重鉱物組合わせを持つ。両地点のサンプルは、共にザクロ石、紫蘇輝石、角閃石、不透明鉱物を含んでいる。ザクロ石は共に粉碎した岩石のザクロ石に比べて円磨度が明らかに高い。角を示すザクロ石は少ない。包有物として赤い紐状の雲母や透明で紐状、針状、

柱状を示す鉱物を含んでいる。紐状の包有物が曲がっている様子が観察される (図 4A)。電気石は河川砂サンプル地点 1 のみでまれに含まれている (図 4B)。両地点の紫蘇輝石は緑色から褐色で柱状を示す (図 4C)。不透明鉱物の粒子を表面に持つものが多い。両方の地点の角閃石は黒色で柱状を示し、表面に光沢がある (図 4D)。紫蘇輝石と角閃石は河川砂サンプル地点 1、地点 2 の鉱物中に大量に含まれている。

6. ザクロ石化学組成

ザクロ石の化学組成は $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}, \text{Ca})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Cr})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ の化学式で表される。二価の陽イオン (X) の端成分を使った 2 つの三角ダイアグラムでザクロ石の化学組成を比較した。パイロープ (Mg)、アルマンディン (Fe^{2+}) + スペサルティン (Mn)、グロッシュラー (Ca) の三角ダイアグラムとアルマンディン (Fe^{2+}) + パイロープ (Mg)、グロッシュラー (Ca)、スペサルティン (Mn) をそれぞれ端成分に持つ三角ダイアグラムである。

岩石サンプル中の碎屑性ザクロ石化学組成

岩石サンプルの碎屑性ザクロ石は、グロッシュラー成分 (Ca)、スペサルティン成分 (Mn) に乏しく幅広いパイロープ成分 (Mg) を持つアルマンディン (Fe^{2+}) が大半を占める (図 5A, B)。パイロープ成分は 36mol% (MgO=9.47wt.%) に達する。

パイロープ成分 (12mol%から 17mol%) グロッシュラー成分 (10mol%から 15mol%) アルマンディンがいくつかあり、これらのザクロ石はパイロープの端成分とアルマンディン+スペサルティンの端成分を結んだ辺に沿ってプロットされる主要な集団から

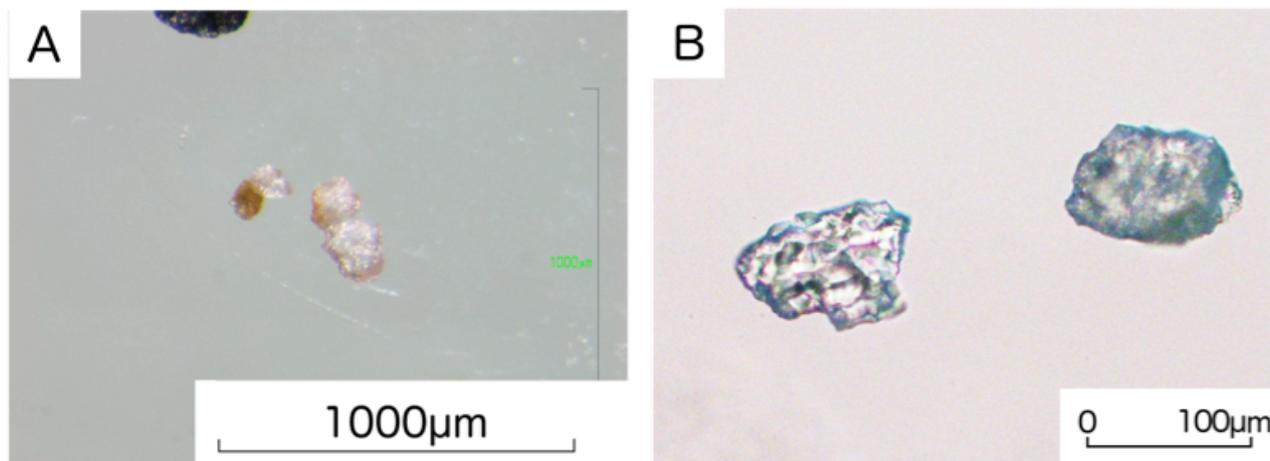


図 3 粉碎した岩石サンプル中のザクロ石の写真。

A: 淡い桃色を示すザクロ石。実体顕微鏡写真。

B: 角形のザクロ石。偏光顕微鏡写真。オープンニコル。

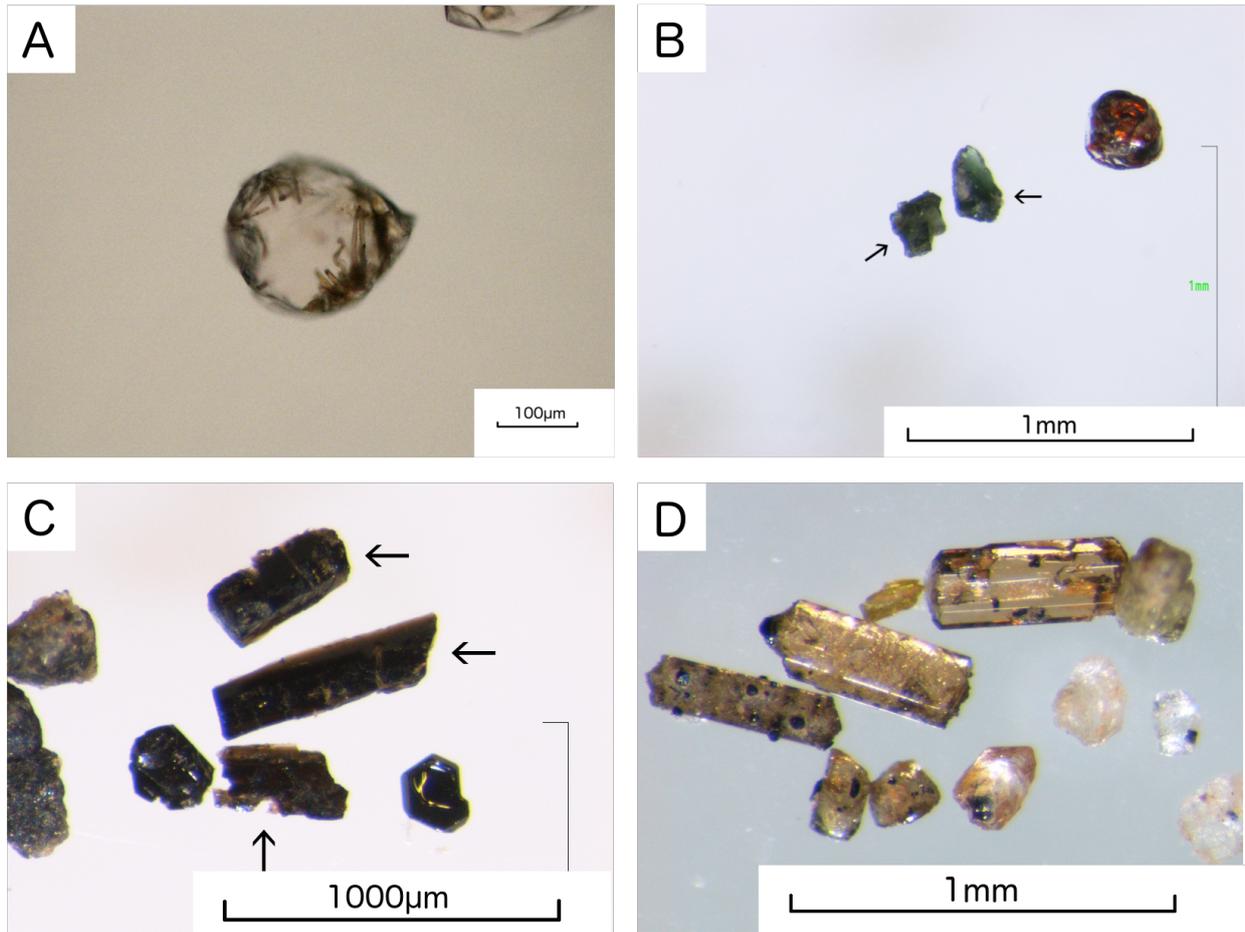


図4 河川砂サンプル地点1, 地点2に含まれる重鉱物の写真.

A: よく円磨されたザクロ石. 褐色紐状の包有物が曲がっている. 偏光顕微鏡写真. オープンニコル. コンデンサーあり.

B: 青色を示す电气石. 実体顕微鏡写真. 河川砂サンプル地点1のみで見つかった. 磁気分離された鉱物中にまれに含まれる.

C: 柱状で黒色の角閃石. 実体顕微鏡写真. 河川砂サンプル地点1, 地点2で共に見られる.

D: 柱状で褐色の輝石. 実体顕微鏡写真. 河川砂サンプル地点1, 地点2で共に見られる.

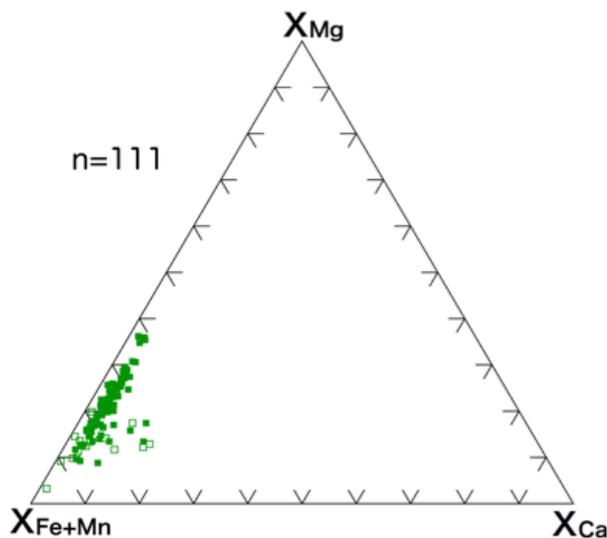
外れてプロットされる.

1粒子のみスペサルティン成分50mol%, アルマンディン成分45mol%パイロープ・グロッシュラー成分に乏しいザクロ石が存在する. このザクロ石は, 実体顕微鏡下では特徴的な淡黄色を示しアルマンディン+スペサルティンの端成分付近にプロットされる.

河川砂サンプル地点1, 地点2の碎屑性ザクロ石化学組成

同じ地質体において異なる集水域を持つ地点1, 地点2から採取した河川の碎屑性ザクロ石化学組成を示す(図6A, B). 両地点のザクロ石はよく似た集団を示す. どちらも幅広いパイロープ成分(Mg)

グロッシュラー成分(Ca)に乏しいアルマンディン(Fe^{2+})が大部分を占める. それらのザクロ石では一般にスペサルティン成分に乏しい. しかしながら, 地点1では地点2よりもスペサルティン成分に富むアルマンディンで, アルマンディン+スペサルティンの端成分付近にプロットされるザクロ石が多く存在する(合計が最大98mol%で94mol%以上が5個). 加えて, 地点1ではグロッシュラー成分に富むアルマンディンが2個ある(45mol%と33mol%)が, 地点2のザクロ石ではグロッシュラー成分が最大で22mol%である.



□ は Mn ≥ 5%. ■ は Mn < 5%.
 図 5A 岩石サンプル中の碎屑性ザクロ石組成.

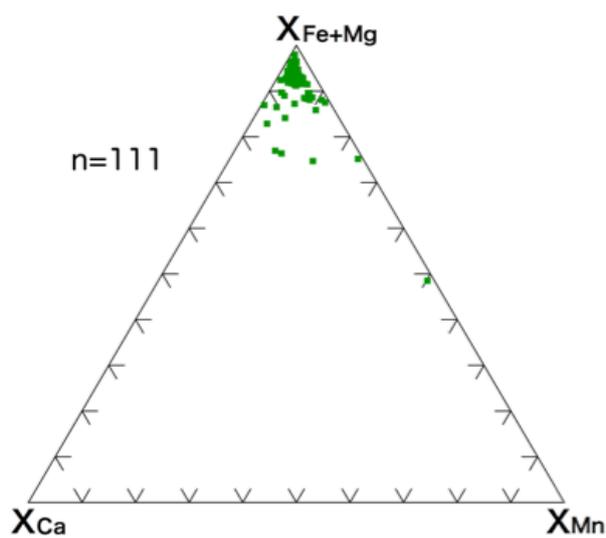


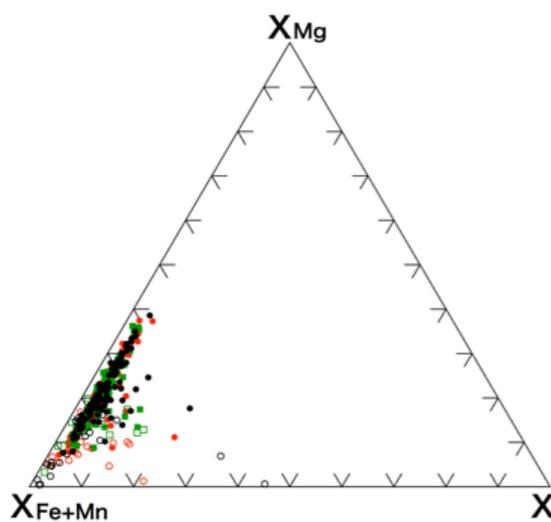
図 5B 岩石サンプル中の碎屑性ザクロ石組成.

7. 考察

岩石と河川砂サンプル中の重鉱物組み合わせの比較

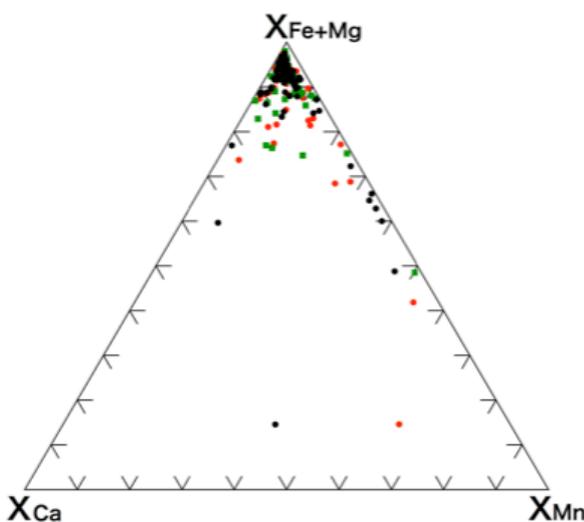
磁気分離により得られた岩石と河川砂サンプルの重鉱物組み合わせを比較すると、河川砂サンプルで

のみで特徴的に含まれている重鉱物がある。河川砂サンプル地点 1, 地点 2 は共に柱状で緑色から褐色を示す紫蘇輝石と柱状で黒色の角閃石を含んでいる。これらの鉱物は磁気分離した鉱物中で大量に見られる。



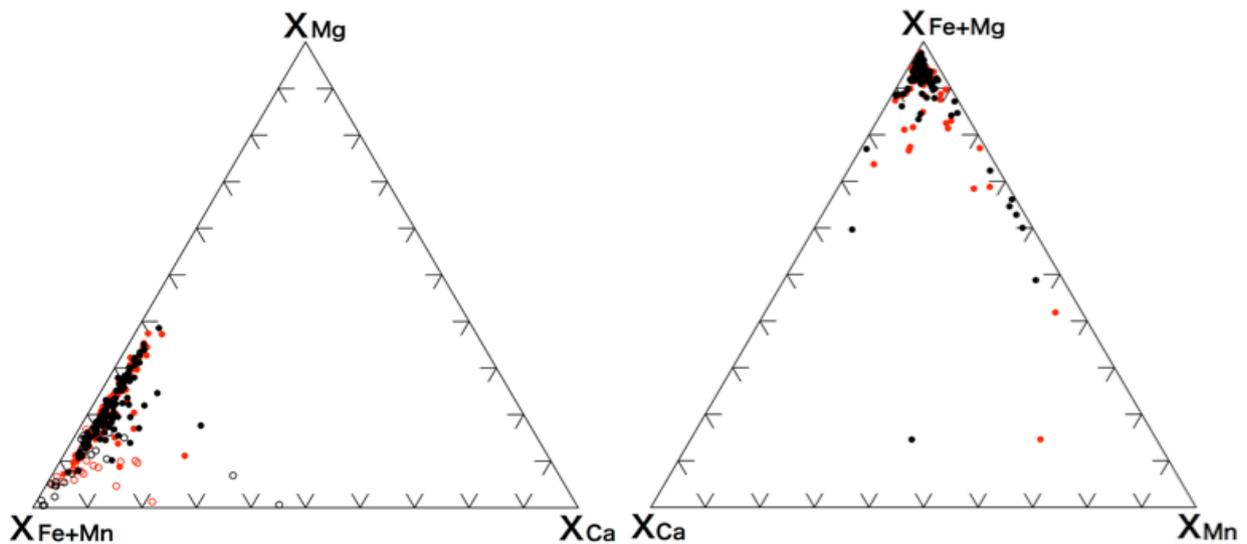
- 河川砂サンプル地点 1 (n=136)
- 河川砂サンプル地点 2 (n=121)
- は Mn ≥ 5%. ● は Mn < 5%.
- は Mn ≥ 5%. ● は Mn < 5%.

図 6A 河川砂サンプル地点 1 と地点 2 のザクロ石組成の比較.



- 河川砂サンプル地点 1 (n=136)
- 河川砂サンプル地点 2 (n=121)

図 6B 河川砂サンプル地点 1 と地点 2 のザクロ石組成の比較.



- 河川砂サンプル地点 1 (n=136)
- 河川砂サンプル地点 2 (n=121)
- 岩石サンプル (n=111)
- は Mn ≥ 5%. ● は Mn < 5%.
- は Mn ≥ 5%. ● は Mn < 5%.
- は Mn ≥ 5%. ■ は Mn < 5%.

図 7A 河川砂サンプルと岩石サンプル中のザクロ石化学組成の比較.

- 河川砂サンプル地点 1 (n=136)
- 河川砂サンプル地点 2 (n=121)
- 岩石サンプル (n=111)

図 7B 河川砂サンプルと岩石サンプル中のザクロ石化学組成の比較.

一方、岩石薄片や粉碎した岩石サンプルではこれらの鉱物が見られないことから、美濃帯外から混入したものと推測される。研究地域周囲の第四紀の地層中に火山灰層が報告されている（松本盆地団体研究グループ、1972）。このことから火山灰起源であると考えられる。

河川砂と岩石サンプル中の碎屑性ザクロ石化学組成の比較

河川から採取した堆積物（地点 1, 2）と研究地域から採取した岩石中の碎屑性ザクロ石化学組成を比較した（図 7A, B）。

河川から採取した堆積物と岩石中の碎屑性ザクロ石化学組成の分布はよく一致する。しかし相違点が存在する。河川砂サンプル地点 1 ではスペサルティン成分に富むアルマンディンがあり、アルマンディン+スペサルティンの端成分付近にプロットされる。さらに、河川砂サンプル両者で見られるようなグロッシュラー成分 20mol%以上のザクロ石が岩石サンプルでは見られない。

河川砂サンプルからのザクロ石は、岩石サンプル

からのザクロ石に比べて多様な化学組成の組み合わせを示す。例として、河川砂サンプルでのグロッシュラー成分に富むザクロ石（20mol%以上）の存在やアルマンディン+スペサルティンの端成分付近にプロットされるスペサルティン成分に富むアルマンディンが挙げられる。河川砂サンプルからのザクロ石は、岩石からのザクロ石に比べて、様々な種類の化学組成のザクロ石で構成される。

8. 結論

河川砂サンプルには火山灰起源と推測される自形の紫蘇輝石や自形の角閃石が含まれている。

岩石サンプルと河川砂サンプル中のザクロ石組成を比較したところ、両者は幅広いパイロープ成分、スペサルティン・グロッシュラー成分に乏しいアルマンディンである。しかしながら、岩石サンプルでは得られなかった組成のザクロ石が河川砂サンプルでは見つかった。河川からのザクロ石は、岩石からのザクロ石に比べて、様々な種類の化学組成のザクロ石で構成される。

謝辞

信州大学理学部地質科学科の皆様には本研究を進めるにあたって、多くの助言や励ましを頂いた。牧野州明先生にはEDS分析において指導頂いた。高橋康博士には岩石薄片作成においてお世話になった。以上の方々に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 原山 智・大塚 勉・酒井潤一・小坂共栄・駒沢正夫, 2009, 松本地域の地質. 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, 63p.
- 2) 松本盆地団体研究グループ, 1972, 松本盆地の第四系地質の外観—松本盆地の形成過程に関する研究(1)—. 地質学論集, 7, 297-304.
- 3) Morton, A.C., Hallsworth, C.R., 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. *Sediment. Geol.*, 124, 3-29.
- 4) Morton, A.C., Hallsworth, C.R., Chalton, B., 2004, Garnet compositions in Scottish and Norwegian basement terrains: a framework for interpretation of North Sea sandstone provenance. *Marine Petrol. Geology*, 21, 393-410.
- 5) 大塚 勉, 1986, 美濃帯からの *Gonylothorax sakawaensis* - *Stichocapsa naradaniensis* 群集放散虫(ジュラ紀新世)の産出とその意義(演旨). 日本地質学会関西支部報, 100, 40-41.
- 6) Otsuka, T., 1988, Paleozoic-Mesozoic Sedimentary Complex in the Eastern Mino Terrane, Central Japan and its Jurassic Tectonism. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, 31. 63-122.
- 7) 大塚 勉, 1999, 丹波-美濃-足尾-八溝地域のジュラ紀付加体の「コンプレックス」および「ユニット」区分と対比. 日本地質学会第106学術大会講演要旨集, 88.
- 8) 竹内 誠, 2000, 碎屑粒子の化学組成からのメッセージ: 碎屑性ザクロ石の化学組成に基づく後背地解析と東アジアの地殻変動. 地質学論集, 57, 183-194.

(原稿受付 2015. 3. 13)