

機関番号：82617

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：平成 20 年度 ～ 平成 22 年度

課題番号：20540473

研究課題名 (和文) 日本列島の白亜紀花崗岩類の年代測定

研究課題名 (英文) Age analyses of Cretaceous granitic rocks in the Japanese Islands

研究代表者 横山 一己

(YOKOYAMA KAZUMI) 独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・グループ長

研究者番号：40126628

研究成果の概要 (和文)：日本列島の白亜紀のかこう岩類の年代も求める基礎的な研究として、いろいろな年代が測定されているかこう岩中の閃ウラン鉱とトール石の分析を行い、年代の検量線を求めた。この年代法に従い、各地の白亜紀の年代を求め、地域ごとに異なる年代が分布していることを実証した。今回は、特に九州北部と東北地方から北海道南部にかけて詳細な年代分布が求められた。

研究成果の概要 (英文)：We developed the age method using uraninite and thorite in granitic rocks. And then we analyzed many radiogenic minerals in the granitic rocks in the Japanese Islands. The age results show that the age is different from region to region. Northern Kyushu and Tohoku region were especially analyzed in detail.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 20 年度	1300000	390000	1690000
平成 21 年度	900000	270000	1170000
平成 22 年度	1100000	330000	1430000
年度			
年度			
総計	3300000	990000	4290000

研究分野：岩石学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：かこう岩、年代、白亜紀。日本列島

1. 研究開始当初の背景

花崗岩類は、最も詳しく研究されてきた岩石で、全岩や主要鉱物の化学分析が数多くなされ、構成鉱物による分類と成因についても多くの論文が発表されている。また、花崗岩類の年代は、1960年代から大量に行われ、日本列島の各地域の年代が求められている。K-Ar 法、Rb-Sr 法、SHRIMP 法等により花崗岩類の年代も求められてきたが、日本列島を網羅して使われてきた年代法は、K-Ar 法であった。この方法による日本列島の花崗岩類の年代測定は、1960年か

ら1980年に集中的に行われている。この K-Ar 法による測定で、日本列島の花崗岩類の年代分布が明らかになってきたが、この方法では鉱物形成後のアルゴンの損失の可能性があるため、求められた年代がそれぞれの地域の年代を代表しているものであるのか確定できていなかった。そのため、一部の地域では、精度の高い SHRIMP 法での測定が散発的に行われてきたが、同位体を使った方法での測定は、鉱物分離を含め多くの時間を要するため、日本列島を網羅的に測定することは

困難であった。白亜紀の花崗岩類は、日本列島の重要な構成物であり、その年代を正確に求めることは、地質帯の繋がりを求める上で重要である。本研究は、日本列島の白亜紀の花崗岩類の年代を精度の高い迅速な方法で測定して、日本列島の構造発達史に貢献しようとするものである。

2. 研究の目的

日本列島は、多くの地質帯に別けられ、それぞれの地質帯の形成史が詳しく議論されているが、主要構成物である白亜紀花崗岩類に関しては未だ年代による分類が不明なものが多くある。本研究は、閃ウラン鉱やトール石の高精度のEPMA年代を求め、日本列島の白亜紀花崗岩類の年代分布を明らかにすることによって、それぞれの時代の地質帯のつながりを解明することを目的とする。

今までの年代測定値で、それぞれの地帯の連続性が不明であったものについて、閃ウラン鉱やトール石での年代測定法でグループ化する。日本列島は、2000万年前に大陸から分離するが、西日本の地質帯と東日本の地質帯が逆回転をして合体したものである。その境界線は、棚倉構造線と考えられているが、日本海ができる前に西日本と東日本の地質帯がどのように繋がっていたのかが復元できないでいる。また、北上山地の花崗岩類(117Ma前後)と阿武隈山地の花崗岩類(100~110Ma前後)が、K-A法により年代値からは東北地方や北海道の西部の花崗岩類とどのように繋がっていたのか不明である。この研究期間内には、北上山地や阿武隈山地の延長問題を明らかにすることと、これらの花崗岩類が西日本のどの地域と時代的に対比できるのかを解明し、白亜紀の時代の姿を復元することが目的である。

閃ウラン鉱やトール石での年代測定は、1920年代から行われ、日本の花崗岩類中のもも湿式分析から年代測定が行われきたが、1960年以降は日本での分析例は殆どない。世界では、EPMAの開発以降、これらの鉱物から年代が求められ、1990年には、ほぼ現在の計算方法と同じ方法で求められるようになってきた。しかし、この方法での日本からの報告例は、当館で分析された飛騨地域の花崗岩類だけである(梶原等、2004)。日本海ができる前の日本列島全体の復元に関しては、西日本に分布する美濃帯や舞鶴帯とロシア沿海州との対比がされ、西南日本の秩父帯南部と北上山地北部の類似性から西日本と東日本の対比がされている。しかし、北上山地や阿武隈山地の延長である地域は、広く最近の火山岩に被われているため、研究者により異なった見解がだされている。東北西部や

北海道の西部には、花崗岩類が火山地帯の隙間に小さな岩体として分布している。これらの岩体の年代測定で北上山地や阿武隈山地の延長を議論できると考えている。東北地域や中国地域を含め花崗岩類の年代測定を多く行ってきたが、未だ全体像を掴むにいたっていないが、阿武隈山地の花崗岩類の年代に相当するものが西日本の各地に分布し、精査することにより当時の古地理を復元することが可能と思われる。

3. 研究の方法

博物館に収集されている花崗岩類及び新たに採集したかこう岩類について、洗浄が容易な「スタンプミル」で粉碎し、重液を使い重鉱物を分離する。最初の粉碎・分離では、500グラム程度の資料を利用する。重鉱物を分離した資料の薄片製作、炭素コーティングなどは、通常行っているも化学分析と同じで、分析電頭を使い重鉱物の同定を行う。閃ウラン鉱やトール石を含むものには、波長分散型分析装置で分析を行い、年代を求める。日本各地の白亜紀かこう岩の年代を精査し、日本列島の白亜紀の年代の総括を行う。

4. 研究成果

最初に、閃ウラン鉱とトール石の年代を波長分散型分析装置で求めるための検量線づくりを行った。この検量線のためのかこう岩の年代は、SHRIMPで求めたものを多く利用し、一部若い年代に関しては、K-Ar法で測定されたものを利用した。

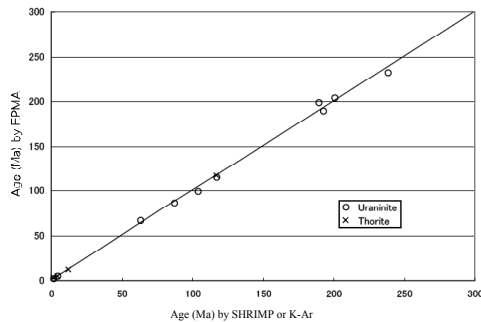
検量線に使ったかこう岩類と年代

Rock type	Isotope age	Uraninite	Thorite
granite	238.4*	232.6	
granite	200.6*	204.4	
granite	189.3*	198.9	
granite	192.5*	189.6	
granite	117*	115.1	117
granite	103.8*	99.2	
granodiorite	87**	85.8	
granite	63***	66.5	
granodiorite	12.1**		12.1
granodiorite	4.4***	5.2	4.8
aplite	1.4*	2.4	3.4

これら他の手法で求められた年代と今回開発した波長分散型分析装置による年代は、ほぼ良好な関係にある。一部違いがあるものがあるのは、主に古い年代のかこう岩類である。これは誤差の問題であるのか手法の問題であるのかは不明である。少なくとも今までの年代測定に比べると大きな利点がある。それは、波長分散型では、極めて狭い範囲で年代が求められることと、1粒の中でも多くの分析を行うことが可能で、1粒内での誤差も測定することができる利点にある。SHRIMP 年代でも1粒で多くの分析値が出て年代を求められるが、 20μ 程度の大きさで、波長分散型の 2μ の大きさに比べはるかに大きい。また K-Ar 法では、ガスを測定することで、常に外部との関係を議論して行かなければならないことと、鉱物分離を行う時の純粋度及び変質度も考慮していかなければならない欠点がある。また、K-Ar 法では1つの資料で1個の年代しか求められないため、誤差が必ずしも多くの年代値の誤差となっていない欠点がある。

波長分散型分析装置による年代は、閃ウラン鉱とトール石の分析から求められ、それぞれの誤差は、1Ma と 2Ma であった。200Ma を超えるものについては数 Ma の誤差となるが、白亜紀の年代では、多くの誤差が 2Ma 程度である。今までの K-Ar 法での年代より、狭い範囲でそれぞれの地帯を特徴づけることができるようになった。

閃ウラン鉱とトール石の年代検量線



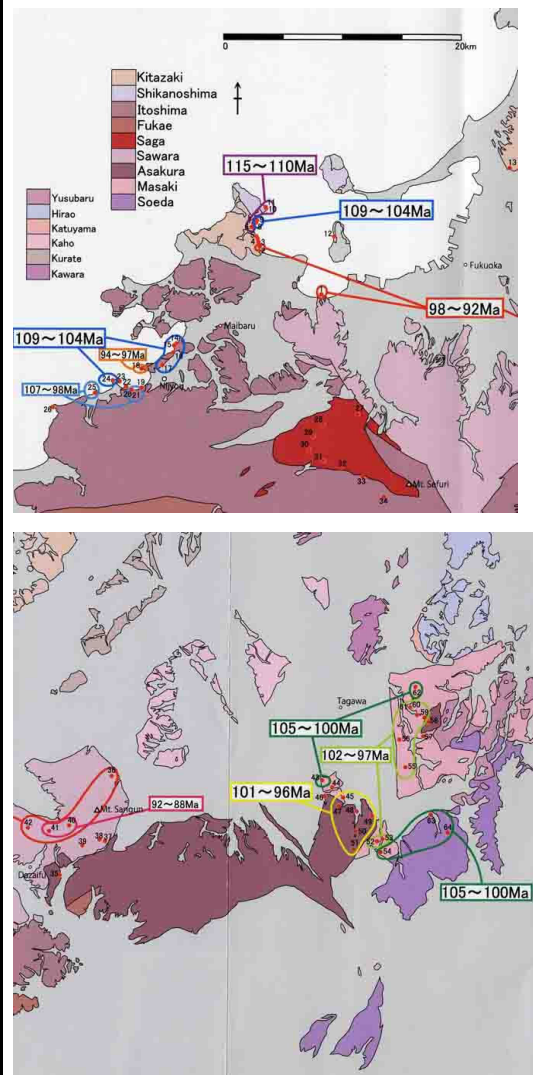
閃ウラン鉱とトール石の波長分散分析装置により分析値からの年代を日本列島各地のかこう岩類に適用した。それぞれの地域の結果は以下のようなものである。

九州地域

九州地域のかこう岩は、四万十帯周辺は、すべて 14 Ma 前後の中新世のもので、白亜紀のものは発見できなかった。一方、中部九州から北部九州にかけて分布するかこう岩類については、以前から K-Ar 法による年代が求められていた。北部に関しては、貫入関係で年代の上下も議論されてきたが、それぞれの地域で誤差が多くあり、岩体ごとの年代に有為の差が求められていなかった。今回の研究では、それぞれの岩体で年代がほぼ正確に求められ、最北部の志賀島・北崎が 110Ma で最も古いものであることが判明した。その後の活動は、104Ma-109Ma の糸島・深江岩体で、この岩体には、すこし若い

98Ma-107Ma のかこう岩が伴われている。この若い年代については、誤差が大きく、周囲のわかいかこう岩の影響による可能性が残されている。真崎・朝倉岩体のかこう岩は、96-105Ma である。この中でも細分することが可能で、100Ma-105Ma の部分と 102Ma-96Ma の部分に分けることができるものと判断している。最も若い岩体は、北崎の一部と早良岩体で 92Ma-98Ma であった。ほぼ、かこう岩体が十分年代で分離することが可能となった。一部で若い年代も出現するのは、後期のかこう岩の活動で閃ウラン鉱やトール石が若返った可能性がある。このような場合は、ジルコンの SHRIMP 年代が必要であるが、時間的に困難で実行していない。ともあれ、波長分散型分析装置による分析では、閃ウラン鉱とトール石の年代が有効であることが実証された。

図：北部九州の年代分布



中国・四国・近畿地域

この地域も九州同様に四万十帯周辺は、すべて14Ma前後の中新世のもので、白亜紀のものは発見できなかった。白亜紀のかこう岩は、中央構造線以北にだけ見られ、構造線沿いのかこう岩の多くが、100Ma前後と古く、北に行くほど若い年代分布となっている。岡山の万成地域かこう岩は石材として使われているが、70Ma前後で、この地域の中間的な年代を示し、最も頻度の高いもの年代であった。最北部の島根・鳥取は、かこう岩中に閃ウラン鉱やトール石がほとんどなく年代を求めることができなかつたが、K-Ar法で求められているのは、30Ma前後の第三紀のものであり、この時代のかこう岩はあまり風化していないと考えるとK-Ar年代の値が妥当なものであるものと思われる。年代の求められて若いかこう岩は、山地に分布するもので60Ma前後と白亜紀から古第三紀のものである。四国北部から中国地方では、ほぼ北に向かって年代が若くなっている。一方近畿地方では、琵琶湖周辺に断層が発達しているため、100Ma前後のかこう岩と80Ma前後のかこう岩が乱れて分布し、帯状の年代分布になっていない。また、後期のかこう岩の影響とみられる若い年代が古いと考えられているかこう岩に見られるものが存在した。

中部地方

今回の研究では、中部のかこう岩を大量には分析していない。恵那地域には多くのかこう岩が分布するが、このかこう岩中には、他の地域では見られないほど多くの閃ウラン鉱が存在する。年代は、70-80Maと若い年代をしました。さらに古い年代は、中央構造線沿いにあるものと思われるが、分析していない。中部の北部である飛騨地域のかこう岩の年代は、170-270Maと古く、白亜紀のものではなく、ジュラ紀以前のものであることが判明した。飛騨の片麻岩地帯と美濃帯の境には、飛騨外縁帯があるが、この南のかこう岩には、100Maと65Ma前後のかこう岩が存在する。それらの詳しい分布について議論するには、まだ分析数が少ない。

フォッサマグナ地域である山梨県のかこう岩は、今まで新第三系とされてきたが、確認のため、多くのかこう岩の年代を求めた。その多くが、12Maであり、西南日本の太平洋側のかこう岩とほぼ同じ年代であった。最も若い年代は、4-5Maのplioceneのものであった。

関東地方

関東地方のかこう岩は、美濃・足尾帯と領家帯に分布するものであるが、それぞれのかこう岩が散発的に分布している。筑波地区のかこう岩は、白亜紀末から古第三系の65Maを示すもので、このようなものは日光周辺のかこう岩にもみられる。中部地方とどうように、この地帯にも100Maを示すかこう岩が八溝帯と足尾帯に

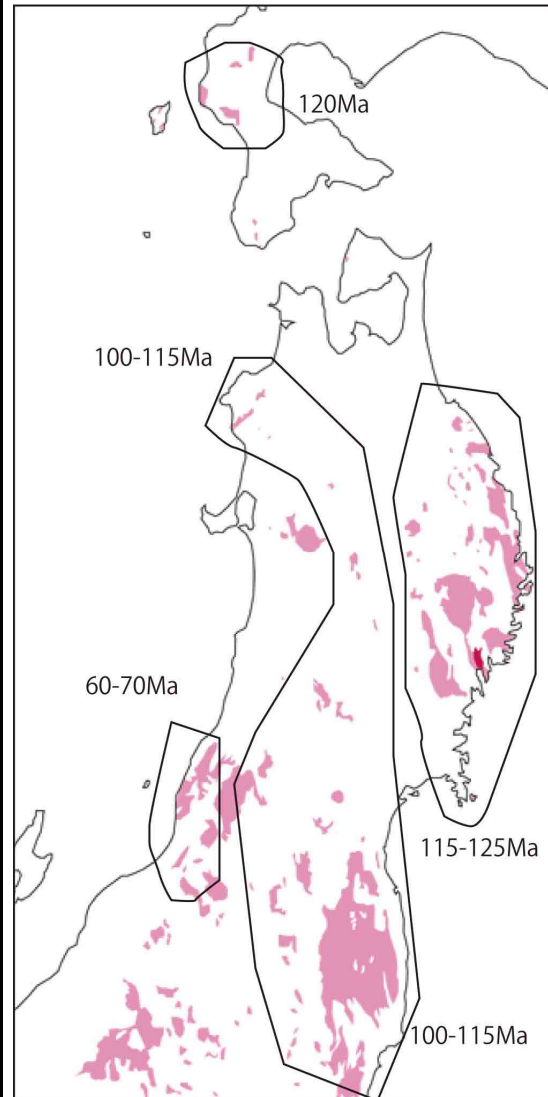
も見られる。しかし、分布するかこう岩が少ないため、それぞれの分布領域を示すにはいたっていない。

東北から北海道南部

今回の研究で最も多くの分析を行った地域は、上述の九州北部と常磐から北海道南部の地域である。この地域の研究では、北部北上と常磐との関係及び常磐的なかこう岩と西日本から続く領家帯のかこう岩の関係を重点的に調べた。

この地域の問題点としては、日本海が西日本と東日本で観音開きに開いたとされるが、その境をどこにおくかを疑問であった。この地域は、今までに多くのK-Ar年代がだされて、大まかな年代については知られているが、境界を求める精度には至っていないかった。

この地域では、約200点ほどのかこう岩の年代が求められ、下図にしめすような分布を得ることができた。



図中に濃い赤で示された岩手県大船渡周辺

のかこう岩は、氷上かこう岩体と言われ、モナズ石の年代測定で、450Ma を示すもので、日本の最古級のかこう岩である。

北上地域のかこう岩は、年代が 115-125Ma である。多くのかこう岩が 115-120Ma の狭い年代幅に入るもので一連のかこう岩活動が考えられる。この中で姫神のかこう岩だけは、124Ma と若干古い年代を示した。北海道の南部も北部北上の延長と考えられてきたが、北上に比べ若干古い 120Ma を示した。いずれもこのような白亜紀でも古い年代を示すものは、北上にしかないため、北海道南部も北上の延長と見なされる。北上山地と接する地域のかこう岩は、青森や北上川の西に散在している。連続的な分布を示さないが、青森では、107Ma で岩手県の北上川西部は、110Ma と明らかに北上山地のものより若い。1 資料だけは、115Ma を示すものがあったが、北上山地との関係は不明である。この地域には、氷上かこう岩と同じ年代を示すかこう岩があり、北上山地型のかこう岩が一部に分布している可能性がある。

北上川の西部では、最も大きな分布を示す太平山かこう岩が秋田県に分布している。今までの K-Ar 年代では、80-90Ma が示されて、この地域の年代と異なっている。K-Ar 年代の若返りが考えられ、今回と同じ手法で測定しなおす必要がある。また、北海道の奥尻にもかこう岩が分布し、北上山地の延長か又は北上川西部のかこう岩の延長かを年代分布の分割からも調べる必要がある。

100-115Ma のかこう岩は、山形盆地から阿武隈山地に続いている。この中で山形のもは 100-110Ma の範囲に入るものである。阿武隈山地の多くのかこう岩も山形盆地周辺のかこう岩と同様に 100-110Ma であるが、一部が 124Ma を示すものがある。このかこう岩は、周囲のかこう岩と明らかに年代が異なり、北上山地のかこう岩と同じ年代幅に入るものである。これは、阿武隈山地の一部ですでに北上型のかこう岩の活動が始まっていたのかもしれない。そうであれば、阿武隈山地のかこう岩の年代に若返ったものがある可能性が出てくる。

図には示されていないが、90Ma 前後のかこう岩が山形県の朝日山地に一部見られる。このような年代のかこう岩が線状に分布しているのかは今後の分析に待たなければならないが、その西には、領家帯に属すると考えられる 60-70Ma のかこう岩が分布している。領家帯の変成岩に対応した変成岩としては、日本国片麻岩が分布する地帯である。

100Ma を超える年代のかこう岩と 65Ma 前後のかこう岩の境界は、朝日山地にあることが判明したが、その間に若い年代のかこう岩地帯が分布する可能性が出てきた。

この研究において、福島県相馬の海岸で掘削されたボーリングコア中のかこう岩の年代も閃ウラン鉱を使って測定した。近在するかこう岩

が 100-110Ma であるのにたいして、300Ma の年代を示すものであり、白亜紀のものではないが、日本列島では極めて稀なものである。このような予想もしない年代がかこう岩があることは、今後も多くのかこう岩の年代を測定して、日本列島の年代分布を調べていく必要があるものと思われる。

結論

今回の研究では、九州及び東北から北海道南部にかけて詳細なかこう岩の年代を測定して、それぞれのかこう岩の年代分布が求められた。九州では、今までの K-Ar 法では解けなかった年代分布を得ることができた。この結果は、かこう岩年代は、かこう岩の岩石記載による分類とほぼ同じであることを示すものであった。東北から北海道にかけては、北上山地の延長が北海道南部に続くことが明らかにされたことと、100-115Ma のかこう岩地帯が、その西部に分布し、さらに西には 60-70Ma の領家型かこう岩地帯へ移っていくことが明らかにされた。今回のもう 1 つの目的である日本海が開いた時の西日本と東日本の境が、朝日山地周辺にあることが判明した。

3 年間の研究であり、日本列島のすべてのかこう岩の年代を求めることは不可能であるが、閃ウラン鉱とツール石による年代測定が極めて精度が高いことを示すと同時に他の研究機関でも同様な年代が同位体を持ちないでも簡単に求められることを実証したことは大きな成果であった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Yokoyama, K., Shigeoka, M., Goto, A., Terada, K., Hidaka, K. and Tsutsumi, Y. (2010) U-Th-total Pb ages of uraninite and thorite from granitic rocks in the Japanese Islands. Bull. Natn. Mus. Nature & Science Ser.C, 36:7-19 査読あり
- ② Tsutsumi, Y., Ohtomo, Y., Horie, K., Nakamura, K. and Yokoyama, K. (2010) Granitoids with 300 Ma in the Joban coastal region, east of Abukuma Plateau, northeast Japan. J. Mineral. Petrol. Sci., 105: 320-327 査読あり
- ③ Horie, K., Tsutsumi, Y., Cho, M., Morishita, Y. & Hidaka, H. (2010) Crystallization of REE minerals and redistribution of U, Th, and REE at

contact boundary between granite and gabbro during hydrothermal alteration. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, 284-291. 査読あり

- ④ Tsutsumi, Y., Yokoyama, K., Miyawaki, R., Matsubara, S., Terada, K. and Hidaka, K. (2010) Ages of zircons in jadeite and jadeite-bearing rocks of Japanese Islands. *Bull. Natn. Mus. Nature & Science Ser. C*, 36:19-30 査読あり
- ⑤ Yokoyama, K., Goto, A. and Tsutsumi, Y. (2009) Chloritized granitic rock in the Nagato Tectonic Zone, southwest Japan: an example of a static metasomatic rock in the serpentinite mélangé zone. *Bulletin of National Museum of Nature and Science, Ser. C*, 35, 11-18. 査読あり
- ⑥ Horie, K., Tsutsumi, Y., Kim, H., Cho, M., Hidaka, H and Terada, K. (2009) A U-Pb geochronological study of migmatitic gneiss in the Busan gneiss complex, Gyeonggi massif, Korea. *Geosciences Journal*, 13, 205-215. 査読あり

[学会発表] (計 5 件)

- ① 堤之恭・堀江憲路・白石和行・横山一己 長崎県野母崎東部に産する花崗岩質構造岩塊のジルコン U-Pb 年代, 日本地球化学会 2010 年度大会, 2010 年 9 月 立正大学
- ② 草地功・宮脇律郎・横山一己・重岡昌子・松原聰・田中崇裕・田邊満雄, 岡山県高梁市布賀鉾山産 jacquedietrichite 日本鉱物科学会 2010 年年会 2010 年 9 月、松江
- ③ 宮脇律郎・重岡昌子・横山一己・松原聰・小林寿宣 “福島県水晶山産の Ta に富む β フェルグソン石 日本鉱物科学会 2010 年年会 2010 年 9 月、松江
- ④ 堤之恭・宮下 敦・大友幸子・堀江憲路・板谷徹丸・中村光一・横山一己 東北日本における石炭紀花崗岩質岩及び変成岩の年代とその配列. 日本鉱物科学会 2009 年度学術講演会, 2009 年 9 月 北海道大学
- ⑤ 草地功・宮脇律郎・横山一己・重岡昌子・松原聰・田中崇裕・田邊満雄, 岡山県高梁市布賀鉾山産 jacquedietrichite 日本鉱物科学会 2010 年年会 2010 年 9 月、松江

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横山一己 (YOKOYAMA KAZUMI)

国立科学博物館・地学研究部・グループ長
研究者番号：40126628

(2) 研究分担者

堤之恭 (TSUTSUMI YUKIYASU)

国立科学博物館・地学研究部・研究員
研究者番号：00370990