

中国吉林省, 荒溝山地域に分布する花崗岩の CHIME 年代測定

CHIME dating of granites exposed in the Huanggoushan area of the Jilin province, China

孫 徳有 (SUN Deyou)^{1), 2), 3)}, 鈴木 和博 (SUZUKI Kazuhiro)²⁾

1) Key Laboratory of Continental Dynamics, Ministry of Education, Northwest University, Xi'an, Shanxi 710069, China

2) 名古屋大学年代測定総合研究センター
Center for Chronological Research, Nagoya University, Nagoya 464-8602, Japan

3) College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin 130061, China

Abstract

In the Huanggoushan area of the Jilin Province, two types of Mesozoic granites occur: (hornblende)-biotite granite represented by Caoshan, Lishugou and Laotudingzi plutons, and garnet-bearing muscovite granite represented by Yaolin pluton. Using CHIME geochronological method, the zircons and monazites from the Caoshan and Lishugou plutons are dated. The CHIME zircon age of the Lishugou pluton is 178 ± 9 Ma. For the Caoshan pluton, the CHIME zircon and monazite ages are 175 ± 8 Ma and 177 ± 6 Ma, respectively. It is concluded that the Mesozoic granitic magmatism in the Huanggoushan area took place at ~ 175 Ma of Middle Jurassic, not Late Triassic as previously thought. These age data provide some new information about the studies of the igneous activity and geodynamics of eastern China during Jurassic.

はじめに

荒溝山 (Huanggoushan) 地域は中国吉林省白山 (Baishan) 市の東南部に位置し, 朝鮮民主主義人民共和国との国境に接する (Fig. 1). この地域は北支那地塊の東北縁を構成し, その北方には興安-蒙古造山帯 (Xing'an-Mongolia orogenic belt, 中央アジア造山帯の一部分) が広がる. 荒溝山地域の基盤岩は始生代 (太古代) のトーナライト-トロニウム岩-花崗閃緑岩質 (TTG) 片麻岩と準片麻岩類, 原生代 (元古代) の老嶺層群や花崗岩からなる. 老嶺層群を構成している主要な岩石は細粒片麻岩-雲母片岩, コーツァイト-珪質片岩, 結晶質石灰岩, 角閃岩である. 基盤岩は原生代末期の震旦系および古生代・中生代の堆積岩に覆われ, さらに部分的に第四紀の玄武岩に覆われる.

荒溝山地域をはじめとして, 白山市・通化市・集安市など吉林省南東部の地域には, 多数の花崗岩が貫入している. この地域の北方広がる興安-蒙古造山帯, 特に西部の Xinjiang 地域には, 二疊紀の I タイプ花崗岩 (Jahn *et al.*, 2000) が大規模に分布している. 一方, 南方の코리아半島には大宝 (ジュラ紀) 期の花崗岩および白亜紀の花崗岩が広く分布する (Won, 1987). このように, 吉林省南東部では, 年代の異なる花崗岩が会合している可能性がある. アジア大陸東部の地質構造形成過程を解明するために, 吉林省南東部に分布する個々の花崗岩の年代を明らかにする必要がある. 本稿では, 荒溝山地域の花崗岩の CHIME 年代を報告する.

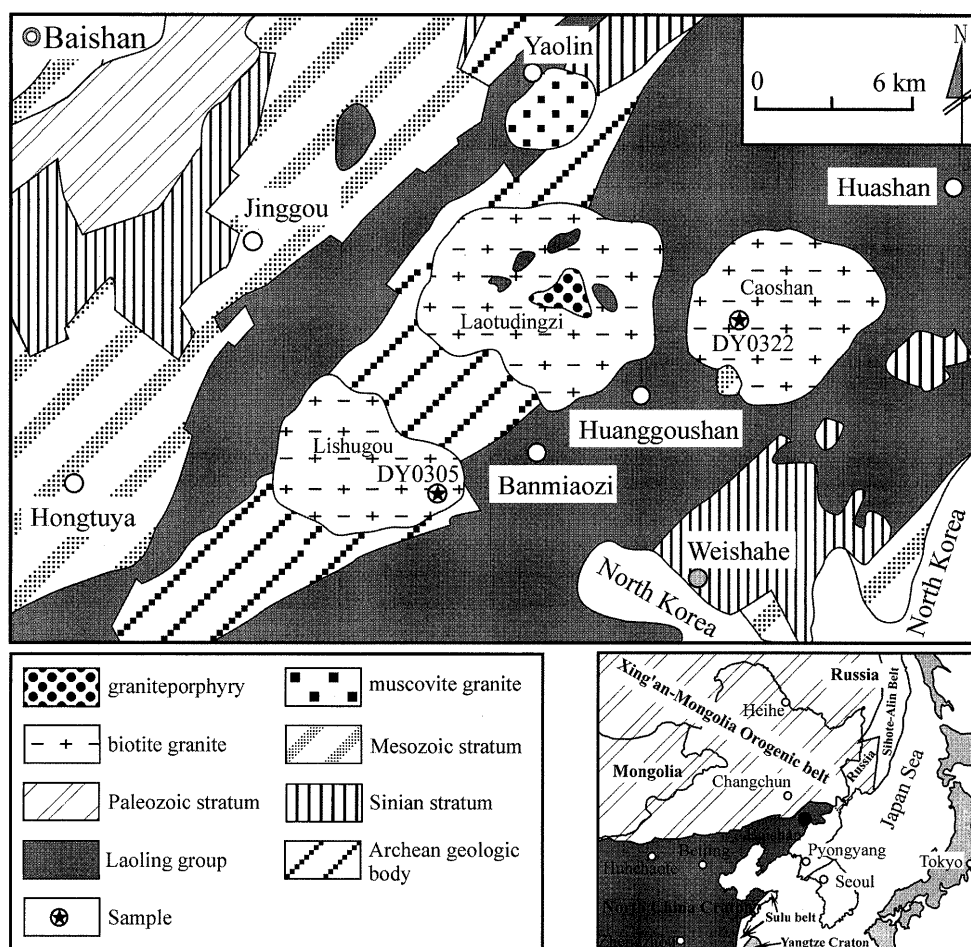


Fig. 1. Geological sketch map of the Huanggoushan area in the Jilin province, China. Location of the Huanggoushan area in the northeastern end of the north China craton is shown by the solid circle in the index map.

荒溝山地域の花崗岩の特徴と岩石記載

荒溝山地域には遙林 (Yaolin), 梨樹溝 (Lishugou), 老禿頂子 (Laotudingzi) および草山 (Caoshan) の4花崗岩体が存在し, それぞれの岩体の露出面積は12 km², 28 km², 61 km²と29 km²である (Fig. 1). 構成岩種は, 遙林岩体が白色中粒~細粒ザクロ石白雲母モンゾ花崗岩, 梨樹溝岩体が灰白色斑状中粒~中粗粒角閃黒雲母モンゾ花崗岩, 老禿頂子岩体と草山岩体が灰紅色斑状中粗粒黒雲母モンゾ花崗岩~閃長花崗岩である.

遙林, 老禿頂子, 梨樹溝の3岩体は始生代のTTG片麻岩および原生代老嶺層群の雲母片岩~細粒片麻岩・結晶質石灰岩に貫入し, 草山岩体が老嶺層群の雲母片岩とコーツァイト~珪質片岩に貫入している. これらの4岩体は時代の明らかな古生層や中生層に接していない. しかし, 近隣の白山市・通化市・集安市地域の花崗岩には, 三疊系やジュラ系に貫入しているものもある. このことと, 草山岩体を覆う火山碎屑岩をジュラ紀末期に比定することにより, 荒溝山地域の花崗岩はジュラ紀の貫入岩と考えられてきた (Jilin Bureau of Geology and Mineral Resources, 1988). その後, Rb-Sr 全岩アイソクロン法で, 老禿頂子岩体が197±10 Ma, 梨樹溝岩体が215±26 Maの年代が報告された (Wang and Xing, 1994). この放射年代に従えば, 荒溝山地域の花崗岩は, 三疊系やジュラ系に貫入している近隣の花崗岩体より, 古い貫入岩体といえる. しかし, Rb-Sr全岩アイソクロン年代には10~26Maの誤差がある

ので、荒溝山地域の花崗岩が三畳紀ないしジュラ紀初頭の貫入岩であると断定することはできない。ウランに富むジルコンやモナザイトを含む草山岩体と梨樹溝岩体を CHIME 法で再測定した。

梨樹溝岩体の試料 (DY0305-1) は東経 126°36'44.7", 北緯 41°46'3.2" の地点から採取した。岩石は鉱物の定向配列等が見られない塊状の灰白色斑状中粒モンゾ花崗岩で、主要鉱物は斜長石 (35 ~ 40%), カリ長石 (25 ~ 30%), 石英 (25 ~ 30%), 角閃石 (5%) と黒雲母 (5%) である。副成分鉱物としてジルコン、アパタイト、チタナイト、アラナイト、不透明鉱物が存在する。ジルコンは、長さが 0.06 ~ 0.20mm であり、伸長比 (長さ/幅) 2.2 ~ 2.6 の短柱状のものが多く、5 を超す長柱状結晶は少ない。一般に同心的な成長累帯を呈する。草山岩体の試料 (DY0322-1) は東経 126°45'27.6", 北緯 41°49'47.8" の地点から採取した。この岩石は塊状構造を灰紅色斑状中粒モンゾ花崗岩であり、主に斜長石 (25 ~ 30%), カリ長石 (35 ~ 40%), 石英 (30%), 黒雲母 (5%) で構成される。この岩石は、チタナイトを欠いて、ジルコンとモナザイトの両方を含んでいる。ジルコンは、長さが 0.06 ~ 0.37mm であり、伸長比は 2.5 ~ 3.5 のものが多い。殆どのジルコン結晶で同心的な成長累帯が見られる。モナザイトは 0.05 ~ 0.10mm 大の粒状結晶である。

CHIME 年代測定

ジルコンとモナザイトの CHIME 年代測定は名古屋大学年代測定総合研究センターの 4 分光器を備えた JCXA-733 型電子プローブマイクロアナライザで行った。加速電圧 15KV, プローブ電流 0.2 μ A, プローブ径 5 μ m の条件で, ThM α , UM β , PbM α , YL α , CaK α , SK α および ZrL α (モナザイトの場合は PK α) を測定した。ThM α , UM β , PbM α , YL α は、低エネルギー側バックグランド (40 秒) ピーク (80 秒) 高エネルギー側バックグランド (40 秒) 計測を 1 サイクルとし、同時に 5 回くり返し測定をして、累積値をピークおよびバックグランド強度とした。PbM α には ThM ξ と YL γ が干渉する。この干渉は、鉛を含まない Th と Y の試料で、ThM α と PbM α 測定位置における ThM ξ の比 ($f_{\text{Th-Pb}} = \text{ThM}\xi_{(\text{PbM}\alpha \text{ position})} / \text{ThM}\alpha$), および YL α と PbM α 測定位置における YL γ の比 ($f_{\text{Y-Pb}} = \text{YL}\gamma_{(\text{PbM}\alpha \text{ position})} / \text{YL}\alpha$) を測定して、

$$\text{PbM}\alpha_{(\text{net})} = \text{PbM}\alpha_{(\text{measured})} - \text{ThM}\alpha_{(\text{measured})} \times f_{\text{Th-Pb}} - \text{YL}\alpha_{(\text{measured})} \times f_{\text{Y-Pb}}$$

で補正した。また、UM β に対する ThM β の干渉は、U を含まない Th 試料で、ThM α と UM β 測定位置における ThM β の比 ($f_{\text{Th-U}} = \text{ThM}\beta_{(\text{UM}\beta \text{ position})} / \text{ThM}\alpha$) を測定して、

$$\text{UM}\beta_{(\text{net})} = \text{UM}\beta_{(\text{measured})} - \text{ThM}\alpha_{(\text{measured})} \times f_{\text{Th-U}}$$

で補正した。SK α に干渉する ZrL α も同様に補正した。X 線強度を 400 秒間累積した場合、2 σ の信頼度における ThO₂, UO₂, PbO の検出限界は、それぞれ、0.008 ~ 0.009, 0.009 ~ 0.010, 0.006 ~ 0.007 重量 % である。干渉補正を含めた PbO の分析誤差は、0.01 重量 % レベルで $\pm 50\%$, 0.02 重量 % レベルで $\pm 30\%$, 0.05 重量 % レベルで $\pm 10\%$, 0.1 重量 % レベルで $\pm 5\%$ 以下である。ThO₂ と UO₂ の分析誤差も同程度である。0.2 ~ 0.5 重量 % レベルの ThO₂ と UO₂ の分析誤差は $\pm 3\%$, それ以上の濃度の分析誤差は $\pm 2\%$ 程度である。

測定した ThM α , UM β , PbM α , YL α , CaK α , SK α , ZrL α (モナザイトの場合は PK α) の強度は、ジルコンやモナザイトの平均組成をつかって、Bence and Albee (1968) の方法で補正し濃度に換算した。各測定点のマトリックス組成は補正に使用した平均組成と異なっているが、この差異に起因する誤差は計測誤差より小さいので無視して差し支えない。ジルコンとモナザイトの分析結果と初生鉛 = 0 と仮定した見かけ年代を Table 1 に掲げる。見かけ年代は Suzuki and Adachi (1991, 1994) にしたがって計算した。

Table 1. Microprobe analyses of ThO₂, UO₂, PbO, CaO, Y₂O₃ and S together with apparent age (Ma) of zircon and monazite from granite samples of the Lishugou (DY0305-1) and Caoshan (DY0322-1) plutons in the Huanggoushan area of the Jilin Province. UO₂*: sum of the measured UO₂ and UO₂ equivalent of the measured ThO₂. ThO₂*: sum of the measured ThO₂ and ThO₂ equivalent of the measured UO₂. nd: not detected.

No.	ThO ₂	UO ₂	PbO	Age	UO ₂ *	CaO	Y ₂ O ₃	S	No.	ThO ₂	UO ₂	PbO	Age	UO ₂ *	CaO	Y ₂ O ₃	S
DY0305-1									Z01-13	4.20	1.05	0.0554	175	2.35	1.61	3.16	nd
Z01-01	0.338	0.592	0.0157	167	0.697	0.14	0.42	nd	Z01-14	3.17	0.863	0.0422	169	1.85	0.21	0.69	nd
Z01-02	0.225	0.638	0.0189	197	0.708	0.02	0.26	nd	Z01-15	0.057	0.095	nd	—	—	0.02	0.18	nd
Z01-03	0.390	1.87	0.0488	181	1.99	1.19	1.90	0.304	Z01-16	0.018	0.089	nd	—	—	0.01	0.15	nd
Z01-04	nd	0.080	nd	—	—	0.09	nd	nd	Z01-17	0.030	0.111	nd	—	—	0.07	0.18	0.025
Z01-05	0.015	0.327	0.0070	157	0.331	0.01	nd	nd	Z01-18	0.032	0.090	nd	—	—	0.01	0.16	nd
Z01-06	0.377	1.30	0.0350	183	1.41	0.57	0.20	nd	Z01-19	0.769	0.334	0.0150	194	0.572	0.64	1.75	nd
Z01-07	0.124	0.624	0.0178	199	0.662	0.31	0.10	nd	Z01-20	0.007	0.017	nd	—	—	0.01	0.02	nd
Z01-08	0.165	1.02	0.0264	183	1.07	0.42	0.13	nd	Z01-21	0.031	0.060	nd	—	—	0.57	0.15	nd
Z01-09	0.214	0.476	0.0138	188	0.542	0.07	0.27	nd	Z01-22	0.020	0.061	nd	—	—	0.01	0.18	nd
Z01-10	0.135	0.447	0.0092	140	0.489	0.22	0.09	nd	Z01-23	0.014	0.035	nd	—	—	0.01	0.11	nd
Z02-01	0.297	0.625	0.0167	172	0.717	0.03	0.56	nd	Z02-01	0.004	0.055	nd	—	—	0.17	nd	0.003
Z02-02	0.215	0.370	0.0105	178	0.436	0.06	0.11	nd	Z02-02	0.015	0.467	0.0118	185	0.471	1.05	nd	0.013
Z02-03	0.047	0.151	nd	—	—	0.02	0.14	nd	Z02-03	nd	0.128	nd	—	—	0.48	nd	nd
Z02-04L	0.677	0.855	0.0197	137	1.07	0.18	0.32	nd	Z02-04	0.003	0.108	nd	—	—	0.62	nd	nd
Z02-05L	0.457	0.706	0.0094	82	0.848	0.93	0.41	nd	Z02-05	0.015	0.224	nd	—	—	0.70	nd	nd
Z02-06	0.206	0.538	0.0125	154	0.602	0.04	0.44	nd	Z02-06	0.006	0.199	nd	—	—	0.77	nd	nd
Z02-07	1.26	1.28	0.0391	173	1.67	0.04	0.47	nd	Z02-07	0.004	0.198	0.0068	251	0.199	0.69	nd	0.009
Z02-08	1.43	1.42	0.0424	168	1.87	0.05	0.56	nd	Z02-08	0.008	0.576	0.0157	200	0.578	0.79	nd	0.011
Z02-09	0.366	0.541	nd	—	—	0.25	0.09	nd	Z02-09	0.001	0.131	nd	—	—	0.94	nd	nd
Z02-10	0.187	0.492	0.0125	168	0.550	0.01	0.51	nd	Z03-01	0.058	0.062	nd	—	—	0.06	0.36	nd
Z02-11L	0.137	0.548	0.0101	127	0.590	0.22	0.23	nd	Z03-02	0.598	0.441	0.0132	156	0.627	0.78	1.58	nd
Z02-12	1.35	1.32	0.0442	188	1.74	0.15	0.54	nd	Z03-03	0.326	0.244	nd	—	—	0.03	0.78	nd
Z02-13	0.580	0.998	0.0283	178	1.18	0.16	0.50	nd	Z03-04	0.306	0.041	nd	—	—	0.08	0.78	nd
Z02-14	0.190	0.536	nd	—	—	0.03	0.36	nd	Z03-05	0.007	0.528	nd	—	—	nd	0.03	nd
Z02-15	0.324	0.755	0.0192	166	0.856	0.02	0.59	nd	Z03-06	0.042	0.066	nd	—	—	0.01	0.25	nd
Z02-16	0.662	1.93	0.0473	164	2.14	0.55	0.57	nd	Z03-07	nd	1.50	nd	—	—	nd	nd	nd
Z02-17	0.247	0.632	nd	—	—	0.01	0.52	nd	Z03-08	0.198	0.160	nd	—	—	0.04	0.71	nd
Z02-18	0.675	0.984	0.0279	173	1.19	0.92	0.62	nd	Z03-09	0.470	0.316	0.0099	159	0.461	0.13	1.47	nd
Z02-19	0.983	1.31	0.0379	174	1.61	0.39	0.65	nd	Z03-10	0.527	0.419	0.0126	160	0.583	0.45	1.44	nd
Z02-20L	1.02	2.21	0.0272	80	2.53	1.49	0.43	nd	Z03-11	1.14	0.518	0.0215	183	0.870	0.98	2.76	nd
Z02-21	0.281	0.430	0.0137	196	0.517	0.05	0.19	nd	Z03-12	0.348	0.193	nd	—	—	0.29	0.93	nd
Z02-22	0.300	0.654	0.0166	165	0.747	0.04	0.54	nd	Z03-13	0.729	0.459	0.0184	198	0.685	0.88	1.93	nd
Z02-23	0.207	0.551	0.0154	185	0.615	0.01	0.45	nd	Z03-14	0.012	0.082	nd	—	—	0.14	nd	nd
Z03-01	0.173	0.251	0.0070	170	0.305	0.02	0.16	nd	Z03-15	0.015	0.021	nd	—	—	0.01	0.02	nd
Z03-02	0.070	0.102	nd	—	—	0.01	0.15	nd	Z03-16	0.015	0.046	nd	—	—	0.01	0.07	nd
Z03-03	0.077	0.067	nd	—	—	0.01	0.06	nd	Z04-01	0.078	0.479	0.0125	184	0.503	0.63	1.33	nd
DY0322-1									Z04-02	0.083	0.682	0.0160	167	0.708	0.79	1.39	nd
Z01-01	3.89	0.777	0.0474	177	1.98	1.34	3.22	nd	Z04-03	0.064	0.573	0.0151	188	0.592	0.68	1.26	nd
Z01-02	3.72	0.737	0.0444	174	1.89	1.24	3.19	nd	Z04-04	0.058	0.517	0.0120	166	0.535	0.48	1.15	nd
Z01-03	3.39	0.656	0.0404	175	1.71	1.02	3.03	nd	Z04-05	0.109	0.605	0.0147	170	0.639	0.88	1.58	nd
Z01-04	3.38	0.671	0.0412	177	1.72	1.12	2.99	nd	Z04-06	0.057	0.340	0.0073	151	0.358	0.02	0.89	nd
Z01-05	4.09	0.726	0.0512	190	1.99	1.30	3.33	nd	Z04-07	0.038	0.148	nd	—	—	nd	0.39	nd
Z01-06	3.24	0.673	0.0393	174	1.68	1.26	2.65	nd	Z04-08	0.006	0.070	nd	—	—	0.01	0.27	nd
Z01-07	3.87	0.717	0.0414	160	1.92	1.27	3.11	nd	Z04-09	0.015	0.240	0.0075	226	0.244	0.01	1.12	nd
Z01-08	1.38	0.353	0.0226	214	0.778	0.52	1.37	nd	Z04-10	0.010	0.209	nd	—	—	nd	1.10	nd
Z01-09	1.81	0.471	0.0250	179	1.03	0.54	1.81	nd	Z04-11	0.066	0.489	0.0109	159	0.509	0.66	1.27	nd
Z01-10	2.11	0.445	0.0238	160	1.10	0.52	1.94	nd	Z04-12	0.075	0.703	0.0167	170	0.727	1.11	1.49	nd
Z01-11	3.46	0.661	0.0461	197	1.73	1.01	3.00	nd	Z04-13	0.073	0.676	0.0191	202	0.698	0.84	1.41	nd
Z01-12	3.39	0.730	0.0396	165	1.78	1.39	3.70	nd	Z04-14	0.080	0.673	0.0152	161	0.698	0.85	1.51	nd

Table 1. (continued)

No.	ThO ₂	UO ₂	PbO	Age	UO ₂ *	CaO	Y ₂ O ₃	S
Z04-15	0.097	0.736	0.0169	163	0.766	1.23	1.64	nd
Z04-16	0.036	0.214	nd	–	–	0.01	0.63	nd
Z04-17	0.031	0.103	nd	–	–	0.01	0.30	nd
Z04-18	0.033	0.102	nd	–	–	0.02	0.24	nd
Z04-19	0.039	0.418	0.0119	204	0.430	0.24	1.04	nd
Z04-20	0.083	0.570	0.0137	170	0.596	0.73	1.37	nd
Z04-21	0.079	0.692	0.0174	180	0.716	0.92	1.47	nd
Z04-22	0.105	0.638	0.0172	190	0.670	1.81	1.66	nd
Z04-23	0.016	0.067	nd	–	–	0.01	0.24	nd
Z04-24	0.010	0.212	nd	–	–	0.01	1.08	nd
Z04-25	0.044	0.414	0.0095	165	0.428	0.45	1.36	nd
Z04-26	0.013	0.065	nd	–	–	0.01	0.28	nd
Z05-01	0.437	0.280	0.0104	185	0.415	0.04	1.16	nd
Z05-02	0.423	0.255	0.0080	154	0.386	0.01	1.12	nd
Z05-03	0.049	0.064	nd	–	–	nd	0.26	nd
Z05-04	0.139	0.131	nd	–	–	0.01	0.64	nd
No.	ThO ₂	UO ₂	PbO	Age	ThO ₂ *	CaO	Y ₂ O ₃	S
M01-01	6.90	0.114	0.0601	196	7.27	0.45	0.87	0.010
M01-02	5.27	0.058	0.0467	202	5.46	0.38	0.41	0.098
M01-03	8.19	0.077	0.0629	176	8.44	0.54	1.33	0.006
M01-04	4.87	0.050	0.0326	153	5.03	0.37	0.54	0.066
M01-05	5.60	0.052	0.0508	208	5.77	0.39	0.44	0.077
M01-06	6.48	0.186	0.0566	189	7.08	0.82	0.49	0.022
M01-07	5.35	0.051	0.0403	173	5.52	0.38	0.48	0.087
M01-08	5.16	0.077	0.0413	181	5.41	0.36	0.50	0.056
M01-09	4.99	0.051	0.0313	144	5.15	0.31	0.47	0.067
M01-10	4.99	0.048	0.0392	180	5.14	0.35	0.54	0.088
M01-11	6.07	0.058	0.0508	192	6.26	0.41	0.44	0.088
M01-12	4.93	0.076	0.0399	182	5.18	0.42	0.40	0.123
M01-13	4.24	0.038	0.0316	171	4.36	0.38	0.47	0.067
M01-14	6.36	0.043	0.0504	183	6.50	0.41	0.43	0.075
M01-15	5.23	0.021	0.0443	198	5.30	0.34	0.45	0.077
M01-16	6.41	0.042	0.0359	130	6.55	0.38	0.53	0.054
M01-17	4.30	0.052	0.0381	202	4.47	0.30	0.47	0.072
M01-18	5.05	0.047	0.0415	189	5.20	0.37	0.43	0.097
M01-19	4.83	0.055	0.0407	192	5.01	0.32	0.43	0.065
M01-20	5.56	0.067	0.0343	140	5.78	0.37	0.38	0.096
M01-21	7.70	0.056	0.0546	164	7.88	0.39	0.56	0.025
M01-22	4.97	0.084	0.0433	195	5.25	0.34	0.56	0.047
M01-23	5.41	0.046	0.0385	164	5.56	0.37	0.57	0.048
M01-24	4.56	0.047	0.0290	146	4.71	0.31	0.33	0.102
M01-25	5.48	0.050	0.0386	162	5.64	0.33	0.49	0.061
M01-26	5.04	0.036	0.0313	144	5.16	0.34	0.56	0.048
M01-27	4.70	0.039	0.0322	158	4.82	0.34	0.58	0.045
M01-28	4.65	0.025	0.0271	135	4.73	0.35	0.45	0.056
M01-29	6.13	0.040	0.0496	187	6.26	0.35	0.58	0.036
M01-30	4.72	0.032	0.0393	193	4.82	0.27	0.39	0.061
M01-31	5.42	0.043	0.0393	167	5.55	0.32	0.48	0.062
M01-32	5.79	0.041	0.0426	170	5.92	0.35	0.51	0.045
M01-33	4.48	0.032	0.0243	125	4.58	0.33	0.43	0.053
M01-34	4.22	0.019	0.0270	149	4.28	0.36	0.41	0.051
M01-35	4.84	0.036	0.0260	124	4.96	0.32	0.35	0.081
M01-36	6.63	0.040	0.0477	167	6.76	0.35	0.41	0.072
M01-37	5.95	0.040	0.0414	161	6.08	0.39	0.50	0.064
M01-38	5.56	0.036	0.0375	156	5.68	0.35	0.47	0.054
No.	ThO ₂	UO ₂	PbO	Age	ThO ₂ *	CaO	Y ₂ O ₃	S
M01-39	4.29	0.018	0.0285	155	4.35	0.36	0.40	0.055
M01-40	4.29	0.020	0.0292	159	4.36	0.36	0.40	0.051
M01-41	6.97	0.027	0.0477	160	7.05	0.36	0.41	0.075
M01-42	5.03	0.023	0.0373	173	5.11	0.33	0.44	0.058
M01-43	5.85	0.026	0.0386	154	5.93	0.36	0.51	0.037
M01-44	4.92	0.017	0.0361	172	4.97	0.32	0.35	0.055
M01-45	6.59	0.034	0.0405	143	6.70	0.38	0.43	0.068
M01-46	5.76	0.021	0.0386	157	5.83	0.36	0.47	0.055
M01-47	4.88	0.015	0.0293	140	4.93	0.30	0.35	0.066
M01-48	5.40	0.022	0.0469	203	5.47	0.42	0.65	0.049
M02-01	8.71	0.690	0.0808	175	10.9	1.22	1.70	nd
M02-02	9.01	0.232	0.0750	182	9.76	0.91	1.99	nd
M02-03	10.2	0.189	0.0827	182	10.8	0.84	2.07	nd
M02-04	9.85	0.180	0.0789	179	10.4	0.85	2.08	nd
M02-05	10.4	0.165	0.0836	180	11.0	0.83	2.10	nd
M03-01	4.49	0.018	0.0283	147	4.55	0.24	0.41	0.040
M03-02	5.02	0.032	0.0366	169	5.12	0.30	0.43	0.036
M03-03	9.06	0.063	0.0679	173	9.26	0.38	0.53	0.020
M03-04	5.10	0.031	0.0335	152	5.20	0.28	0.45	0.044
M03-05	5.66	0.045	0.0356	145	5.80	0.34	0.46	0.036
M03-06	4.78	0.035	0.0345	167	4.90	0.27	0.40	0.035
M03-07	6.98	0.137	0.0548	175	7.42	0.64	1.36	nd
M03-08	5.70	0.050	0.0352	142	5.86	0.27	0.46	0.037
M03-09	6.46	0.045	0.0456	163	6.60	0.36	0.56	0.036
M03-10	5.02	0.034	0.0343	158	5.13	0.28	0.42	0.049
M03-11	5.71	0.054	0.0341	137	5.88	0.28	0.64	0.041
M03-12	5.89	0.073	0.0398	154	6.12	0.35	0.67	0.024
M03-13	5.57	0.041	0.0321	133	5.70	0.27	0.47	0.028
M03-14	6.56	0.059	0.0409	143	6.75	0.36	0.57	0.036
M03-15	6.47	0.055	0.0495	176	6.65	0.36	0.68	0.017
M03-16	8.40	0.082	0.0576	157	8.66	0.31	0.68	0.037
M03-17	7.45	0.069	0.0512	158	7.67	0.30	0.61	0.035
M03-18	5.19	0.038	0.0378	168	5.32	0.31	0.45	0.029
M03-19	5.22	0.034	0.0338	150	5.33	0.28	0.47	0.028
M03-20	10.6	0.195	0.0831	174	11.3	0.76	2.24	nd
M03-21	11.0	0.130	0.0864	179	11.4	0.62	1.81	nd
M03-22	10.9	0.107	0.0861	181	11.2	0.53	1.28	nd
M03-23	9.93	0.081	0.0689	160	10.2	0.44	0.82	0.006
M03-24	5.88	0.046	0.0433	170	6.03	0.30	0.52	0.041
M03-25	10.4	0.163	0.0826	179	10.9	0.79	2.28	nd
M03-26	9.72	0.139	0.0758	176	10.2	0.69	2.13	nd
M03-27	10.7	0.116	0.0800	170	11.1	0.58	1.50	nd
M03-28	10.5	0.109	0.0814	177	10.9	0.52	1.10	nd
M03-29	9.37	0.140	0.0698	168	9.82	0.75	2.12	nd
M03-30	10.0	0.150	0.0786	177	10.5	0.65	2.07	nd
M03-31	9.96	0.165	0.0749	169	10.5	0.71	2.08	nd
M04-01	7.64	0.363	0.0640	172	8.81	0.66	1.20	nd
M04-02	7.27	0.289	0.0583	168	8.20	0.65	1.22	0.008
M04-03	7.47	0.318	0.0629	175	8.49	0.65	1.26	nd
M04-04	5.78	0.063	0.0325	129	5.98	0.32	0.35	0.074
M04-05	7.19	0.307	0.0595	172	8.18	0.65	1.24	nd
M04-06	7.20	0.127	0.0578	180	7.61	0.61	1.76	nd
M04-07	4.95	0.089	0.0227	102	5.24	0.35	0.46	0.048
M04-08	7.86	0.397	0.0676	175	9.14	0.70	1.37	nd
M04-09	7.11	0.245	0.0592	177	7.90	0.56	1.22	nd

Table 1. (continued)

No.	ThO ₂	UO ₂	PbO	Age	ThO ₂ *	CaO	Y ₂ O ₃	S
M04-10	6.99	0.262	0.0517	156	7.83	0.60	1.08	0.005
M05-01	5.36	0.040	0.0301	130	5.49	0.32	0.38	0.049
M05-02	5.04	0.043	0.0284	130	5.17	0.34	0.32	0.061
M05-03	5.06	0.036	0.0353	161	5.18	0.38	0.34	0.059
M05-04	5.42	0.047	0.0418	177	5.57	0.30	0.46	0.015
M05-05	5.33	0.040	0.0343	149	5.46	0.32	0.45	0.031
M05-06	5.46	0.053	0.0397	167	5.63	0.34	0.39	0.046
M05-07	4.82	0.039	0.0335	160	4.94	0.27	0.36	0.021
M05-08	5.67	0.052	0.0345	140	5.84	0.30	0.51	0.019
M05-09	5.56	0.033	0.0459	192	5.67	0.38	0.49	0.023
M05-10	5.03	0.049	0.0360	164	5.19	0.34	0.31	0.064
M06-01	4.50	0.030	0.0293	151	4.60	0.35	0.31	0.073
M06-02	4.68	0.038	0.0268	132	4.81	0.35	0.33	0.073
M06-03	4.71	0.034	0.0320	157	4.82	0.35	0.32	0.070
M06-04	5.02	0.036	0.0373	172	5.13	0.32	0.40	0.039
M06-05	5.01	0.028	0.0295	137	5.10	0.36	0.36	0.063
M06-06	5.05	0.051	0.0288	131	5.22	0.30	0.44	0.041
M06-07	4.91	0.063	0.0287	133	5.11	0.36	0.60	0.040
M06-08	5.04	0.030	0.0415	191	5.14	0.33	0.40	0.040
M07-01	9.17	0.116	0.0667	165	9.54	0.45	0.74	0.010
M07-02	7.04	0.310	0.0604	178	8.05	0.72	0.84	nd
M07-03	7.30	0.336	0.0639	180	8.38	0.77	0.91	nd

No.	ThO ₂	UO ₂	PbO	Age	ThO ₂ *	CaO	Y ₂ O ₃	S
M07-04	6.34	0.051	0.0475	173	6.50	0.31	0.51	0.014
M07-05	6.45	0.065	0.0494	175	6.66	0.35	0.44	0.017
M08-01	4.83	0.066	0.0332	156	5.05	0.37	0.69	0.020
M08-02	5.78	0.058	0.0352	139	5.97	0.35	0.47	0.030
M08-03	5.71	0.640	0.0402	161	5.92	0.35	0.45	0.027
M09-01	5.17	0.044	0.0438	195	5.32	0.41	0.53	0.050
M09-02	6.98	0.513	0.0646	177	8.64	0.99	1.22	nd
M09-03	7.62	0.576	0.0701	175	9.48	1.05	1.21	nd
M09-04	4.93	0.040	0.0403	188	5.06	0.44	0.43	0.078
M09-05	6.05	0.133	0.0405	148	6.47	0.46	0.50	0.031
M09-06	7.81	0.079	0.0469	138	8.07	0.37	0.75	0.015
M10-01	4.30	0.037	0.0261	140	4.42	0.51	0.47	0.111
M10-02	4.08	0.073	0.0285	156	4.32	0.42	0.63	0.030
M10-03	5.28	0.044	0.0393	172	5.42	0.41	0.31	0.047
M10-04	4.70	0.025	0.0328	162	4.78	0.33	0.34	0.074
M10-05	5.29	0.031	0.0368	162	5.39	0.37	0.32	0.059
M10-06	4.62	0.031	0.0292	146	4.72	0.31	0.49	0.032
M10-07	4.59	0.047	0.0398	198	4.74	0.32	0.53	0.037
M10-08	5.19	0.028	0.0313	140	5.28	0.29	0.36	0.054
M10-09	4.82	0.024	0.0359	173	4.89	0.29	0.32	0.064
M10-10	3.54	0.162	0.0303	176	4.06	0.51	1.39	nd

結 果

梨樹溝岩体の試料DY0305-1では、3粒子のジルコンで36点を分析し、うち29点から2シグマの検出限界を超える鉛が測定できた。鉛が検出できた測定点のなかで、Z02-04, Z02-05, Z02-11, Z02-20の4点は、ZrO₂含有量が50~55重量%と有意に低いので、メタミクト化していると推定される。測定点Z01-03はS含有量が0.3%を超える。これは顕微鏡で認識できないような微細硫化物の存在を示唆する。測定点Z01-03は閉鎖系でなかったと考えられる。残る24測定点の組成範囲は、ThO₂が0.015~1.43重量%, UO₂が0.251~1.93重量%, PbOが0.0070~0.0473重量%である。そのみかけ年代の範囲は140~199Maであり、平均は177Maである。PbO-UO₂*プロットをFig. 2に示す。York (1966) のアルゴリズムで計算したCHIME (Suzuki and Adachi, 1991, 1994) 年代は178±9 Ma (MSWD=0.23), 初生値 (切片) は-0.0005±0.0010である。

草山岩体の試料DY0322-1では、ジルコン5粒子とモナザイト10粒子を分析した。ジルコンの78測定点のうち、42点で鉛が測定できた。鉛が検出さ

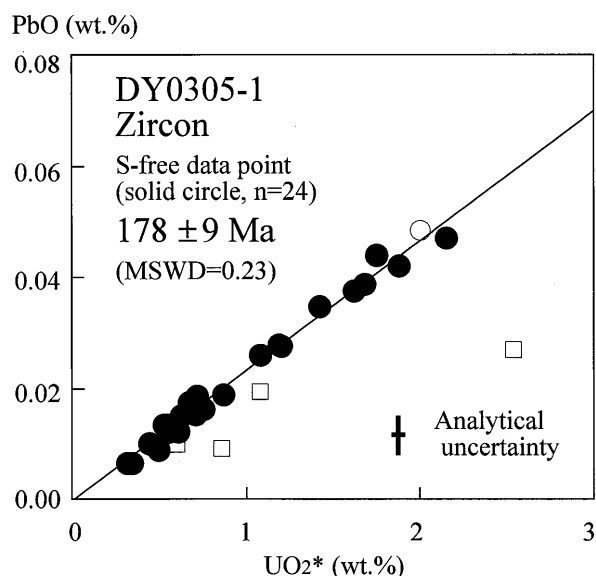


Fig. 2. PbO-UO₂* plot for analyzed zircons in sample DY0305-1 from the Lishugou pluton. Open squares represent data points for spots on metamict portion, and open circle does data point for a spot with detectable amounts of sulfur. These data points are not used for age calculation. Error bars in the figure represent maximum analytical uncertainty, and error given to the age is of 2σ. Because of the sizable analytical uncertainty, the MSWD value is inevitably lowered.

れた Z02-02, Z02-07, Z02-08を除く 39 測定点は, 0.015~4.20 重量%の ThO_2 , 0.240~1.05 重量%の UO_2 , 0.0073~0.0554 重量%の PbO を含み, 151~226Ma の見掛け年代を示す. CHIME 年代は 175 ± 8 Ma (MSWD=0.35), 初生値 (切片) は 0.0001 ± 0.0010 である (Fig. 3A). モナザイトの 136 測定点のうち, 109 点から 0.005~0.123 重量%の S が測定された. S を含む測定点の Y_2O_3 含有量 (0.31~1.33) は, S を含まない測定点の Y_2O_3 含有量 (0.84~2.28%) より, 押し並べて低い. また, S を含む測定点の見掛け年代 (102~208Ma, 平均 161Ma) は, S を含まない測定点の見掛け年代 (168~182Ma, 平均 176Ma) より, 変化幅が大きい. S を含む測定点は閉鎖系ではなかった可能性が高い. S を含まない 27 測定点は, ThO_2 を 3.54~11.0 重量%, UO_2 を 0.109~0.690 重量%, PbO を 0.0303~0.0864 重量%含み, $\text{PbO}-\text{ThO}_2^*$ 図上で直線上に配列する (Fig. 3B). その CHIME 年代は 177 ± 6 Ma (MSWD=0.05), 初生値 (切片) は 0.0000 ± 0.0021 である.

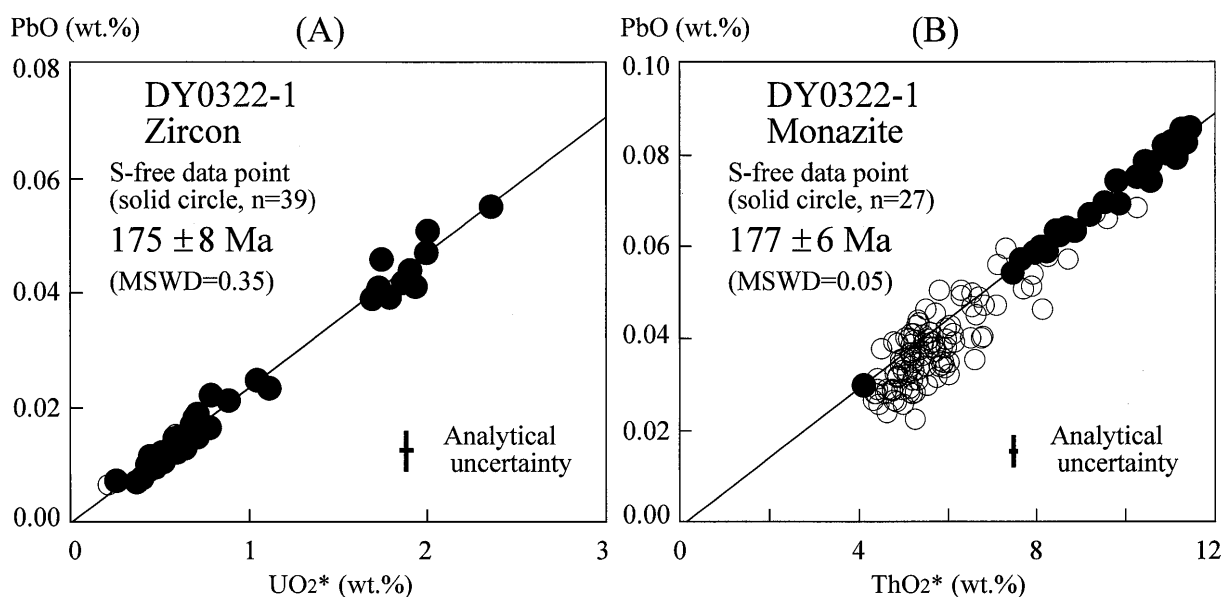


Fig. 3. $\text{PbO}-\text{UO}_2^*$ plot for analyzed zircons (A) and $\text{PbO}-\text{ThO}_2^*$ plot for analyzed monazites (B) in sample DY0322-1 from the Caoshan pluton. Open circles represent data points for spot with detectable amounts of sulfur, and are not used for age calculation. Explanation for errors is the same as for Fig. 2.

荒溝山地域の花崗岩の形成年代

荒溝山地域の花崗岩体を CHIME 法で年代測定して, 梨樹溝岩体のジルコン CHIME 年代が 178 ± 9 Ma, 草山岩体のジルコンとモナザイト CHIME 年代がそれぞれ 175 ± 8 Ma と 177 ± 6 Ma を得た. この年代は, Wang and Xing (1994) が報告した老秃頂子岩体の 197 ± 10 Ma や梨樹溝岩体の 215 ± 26 Ma という Rb-Sr 全岩アイソクロン年代より明らかに若い. この不一致の原因として, (1) 荒溝山地域には時代の異なる花崗岩体が共存, (2) CHIME 年代か Rb-Sr 全岩アイソクロン年代の何れかの誤り, が考えられる. ジルコンやモナザイトは閉止温度が高いため, Rb-Sr 全岩アイソクロン年代より若い CHIME 年代の原因として, 後の熱事件を仮定することは困難であろう.

CHIME 年代を実施した試料と Rb-Sr 全岩アイソクロン年代を測定した試料は同じではない. 従って, 梨樹溝岩体の中に若い貫入岩が存在する可能性を全く否定することはできないが, 梨樹溝岩体が複数の貫入岩で構成されているという地質学的・岩石学的な証拠は見つかっていない. 荒溝山地域に, 時代の異なる花崗岩体が共存している可能性は少ない.

ジルコンではU-Pb系のディスコーダンスが知られている。同位体を測定する場合は $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ の年代不一致で認識できるが、同位体を測定しないCHIME法ではディスコーダンスの有無を検証できない。ディスコーダンスの原因の一つに壊変途中生成物であるRnの散逸が考えられる(Suzuki, 1987)。この散逸は主にフィッシュトラック等の自由経路を通して生じるので、U濃度の高い部分ほどPbの平均含有量が低くなる(年代が若くなる)ことが期待される。しかし、Sを含まない測定点のデータポイントは、Fig. 2およびFig. 3に示したように、原点を通るアイソクロンを形成するので、大きなディスコーダンスは考えにくい。また、ジルコンのCHIME年代は、U-Pb系のディスコーダンスが問題にならないと考えられているモナザイトのCHIME年代に一致している。

CHIME年代がRb-Sr全岩アイソクロン年代より若くなることが、山口県岩国市西部の土生花崗閃緑岩体で報告されている。大和田ほか(1995)は、この岩体が花崗閃緑岩質周辺部と花崗岩質中心部分からなる単一マグマ起原の累帯岩体(zoned pluton)であることを明らかにして、 $124.2 \pm 10.8\text{Ma}$ のRb-Sr全岩アイソクロン年代を報告した。CHIMEモナザイト年代(86~87Ma, Suzuki *et al.*, 1996)は同位体年代より明らかに若い。Tsuboi and Suzuki (2003)は、その結晶構造中にRbを殆ど取り込まない(年代効果の小さい)アパタイトのSr同位体比を測定して、Rb含有量の少ない花崗閃緑岩のSr初生値(0.7054~0.7061)は、Rb含有量の多い花崗岩のSr初生値(0.7066~0.7068)より小さいことを明らかにした。まだ、この変動の原因は明らかになっていないが、単一マグマの分化した花崗岩体でもSr初生値が一定という仮定が成立するとは限らない。最近、日本の多くの花崗岩体において、Rb-Srのデータ点が一直線に並んでMSWDの小さなアイソクロンを形成していても、Sr初生値が不均質であったこと指摘されている(加賀美ほか, 2004)。荒溝山地域の老禿頂子岩体や梨樹溝岩体でも、Sr初生値が不均質であった可能性は否定できない。本稿では、CHIMEジルコンおよびモナザイト年代(175~178Ma)を荒溝山地域の花崗岩の形成年代として採用する。

荒溝山地域の花崗岩の年代は、コリア半島の大宝花崗岩の年代に一致する。興安-蒙古造山帯の西部Xinjiang地域の花崗岩活動は400~200Ma(ピークは300Ma)であるが、東部のXing'an地域では二疊紀(270~250Ma)に加えて三疊紀~ジュラ紀初頭・中部ジュラ紀・白亜紀(120Ma)にも花崗岩が貫入している(Jahn *et al.*, 2000)。北支那地塊の東北縁を構成する荒溝山地域に中部ジュラ紀の花崗岩が存在することは、大宝期の花崗岩活動が興安-蒙古造山帯まで波及したことを示唆する。

今後、吉林省南東部の花崗岩の年代測定を広範囲に実施するとともに、興安-蒙古造山帯やコリア半島の花崗岩との岩石学的・地球化学的比較研究を実施して、中央アジア造山運動と北支那地塊のジュラ紀火成活動との関係を解明する必要がある。

謝 辞

本報告は中国自然科学基金により孫が名古屋大学年代測定総合研究センターに留学して行った「顕生代花崗岩の成因と地殻成長」(課題番号40272045)に関する研究成果の一部を取りまとめたものである。留学費用を提供していただいた中国国家留学基金委員会に深く謝意を表す。柴田 賢先生には本論文の査読をしていただき、数々の建設的なコメントをいただいた。名古屋大学年代測定総合研究センターの加藤文典先生と鈴木里子博士には電子プローブマイクロアナライザ分析など各種実験の指導とデータの解析に関する助言をいただいた。また、同センターの金川和世さん、中崎峰子さん、池田晃子さんには実験を手伝っていただいた。ここに記して感謝する。

文 献

- Bence, A.E. and Albee, A.L. (1968) Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *Jour. Geol.*, 1968, 76: 382-403.
- Jahn, B.M., Wu, F.Y. and Chen, B. (2000) Massive granitoids generation in Central Asia: Nd isotope evidence and implication for continental growth in the Phanerozoic. *Episodes*, 23, 2, 82-92.
- Jilin Bureau of Geology and Mineral Resources (1988) Regional geology of Jilin province. Geological Publishing House, Beijing, 301-385.
- 大和田正明・田中忍・柚原雅樹・加賀美寛雄(1995) 山口県東部, 土生花崗閃緑岩の Rb-Sr 全岩年代. 岩鉱, 90, 358-364.
- 加賀美寛雄・川野良信・石岡純・志村俊昭・大和田正明・柚原雅樹 (2004) 信頼度の高い Rb-Sr 全岩アイソクロン年代測定法: 花崗岩体形成解明のためのアプローチ. 日本地質学会第 111 年学術大会講演要旨 (O-211).
- Suzuki, K. (1987) Discordant distribution of U and Pb in zircon of Naegi granite: a possible indication of Rn migration through radiation damage. *Geochemical J.* 21, 173-182.
- Suzuki, K. and Adachi, M. (1991) Precambrian provenance and Silurian metamorphism of the Tsubonosawa paragneiss in the South Kitakani terrane, Northeast Japan. *Geochemical J.*, 25, 357-376.
- Suzuki, K. and Adachi, M. (1994) Middle Precambrian detrital monazite and zircon from the Hida gneiss on Oki-Dogo Island, Japan: their origin and implication for the correlation of the basement of Southwest Japan and Korea. *Tectonophysics*, 235, 277-292.
- Suzuki, K., Adachi, M. and Nureki, T. (1996) CHIME age dating of monazites from metamorphic rocks and granitic rocks of the Ryoke belt in the Iwakuni area, Southwest Japan. *Island Arc*, 5, 43-55.
- Tsuboi, M. and Suzuki, K. (2003) Heterogeneity of initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios within a single pluton: evidence from apatite strontium isotopic study. *Chem. Geol.*, 199, 189-197.
- Wang, S. and Xing, S. W. (1994) A Preliminary study on genetic types of granites in the Huanggou Mountain region, Hunjiang City, Jilin Province. *Jour. Jilin Geol.*, 13, 36-41 (in Chinese with English abstract).
- Won, C.K. (1987) Triassic to Paleogene igneous rocks (Chapter 16). in Lee, D.S. ed. Geology of Korea, Geological Society of Korea, Kyohak-sa, Seoul, Korea.
- York, D. (1966) Least-squares fitting of a straight line. *Can. J. Phys.*, 44, 1079-1086.

(2004 年 10 月 15 日受付, 2004 年 11 月 15 日受理)