

分化の進んだソレイト質 安山岩・デイサイト中の Feに富むカンラン石・輝石

理学研究科 小阪哲也
機器分析センター 永尾隆志

1. はじめに

カンラン石や輝石は塩基性から酸性の火山岩にしばしば含まれる主要な鉱物で、マグマの組成変化に伴いそれらの化学組成も変化する。結晶作用の進行に伴うカンラン石や輝石の組成変化については、分別結晶作用によって形成された玄武岩、安山岩、デイサイト、流紋岩という一連の火山岩が存在しなければ検討できないが、このような条件を備えた例は世界的にみてもそう多くはない。

長崎県五島列島最北端の宇久島には鮮新世のソレイト質の玄武岩からデイサイトまでの火山岩類が分布している。その火山岩類中の野方安山岩・城ヶ岳デイサイト中には、著しくFeに富むカンラン石や輝石が含まれることが明らかになったのでここに報告する。また野方安山岩中には、ピジョン輝石も含まれるのであわせて報告する。

2. 地質概要と岩石記載

本地域の地質の詳細および岩石記載は、小阪・永尾¹⁾に詳しいので、ここではFeに富むカンラン石や輝石を含む野方安山岩・城ヶ岳デイサイトについて簡単に述べる。

野方安山岩・城ヶ岳デイサイトは4つあるマグマステージの一番最初のステージの最上位に分布する。

野方安山岩は、下位の火山角礫岩とそれを覆う溶岩流からなる。溶岩の層厚は40mで暗灰色・緻密で板状節理が著しく発達し無斑晶質である。一部ガラス質な部分を伴う。

斑晶鉱物は、斜長石、カンラン石、普通輝石、ピジョン輝石である。斜長石は、0.1~0.6mmの半自形~自形でアルバイト双晶・弱い累帯構造を示す。カンラン石は、0.1~0.6mmの半自形~自形で周囲や割れ目からイディングサイト化したり、緑泥石

に変質したりしている。淡緑色を呈し、弱い多色性を示す。単斜輝石は、0.1~0.3mmの半自形~自形で双晶を示す。淡緑色を呈し、弱い多色性を示す。不透明鉱物は、0.1~0.3mmの微斑晶である。また斜長石・石英の捕獲結晶も含む。石基は、インターサタル組織を示し、斜長石、普通輝石、ピジョン輝石、カンラン石、燐灰石、不透明鉱物、ガラスで構成される。

城ヶ岳デイサイトは、下位の軽石凝灰岩、火山礫凝灰岩とその上位の溶岩流、溶岩ドームからなる。溶岩流は、層厚40mで暗灰色、緻密で流理や板状節理が発達し、自破碎溶岩を伴うこともある。溶岩ドームは、暗灰色、緻密で流理や板状節理が発達しており、一部変質作用を受けて白色を呈している。

斑晶鉱物は、斜長石、カンラン石、普通輝石、角閃石、石英である。斜長石は、0.2~0.5mmの半自形~自形でアルバイト双晶・弱い累帯構造を示す。カンラン石は、0.1~1mmの半自形で、周囲や割れ目からイディングサイト化している。淡緑色を呈し、弱い多色性を示す。単斜輝石は、0.2~0.4mmの半自形~自形で双晶を示す。淡緑色を呈し、弱い多色性を示す。角閃石は、少量で、0.2~0.6mmの半自形~自形でX' = 淡褐色、Z' = 褐色の多色性を示す。石英は、0.6~1.5mmの融食形である。また斜長石・石英の捕獲結晶も含む。不透明鉱物は、0.1mm程度の微斑晶である。石基は、ハイアロオフィティック組織を示し、斜長石、単斜輝石、カンラン石、不透明鉱物、クリストバル石で構成される。

3. 全岩化学組成

これらの安山岩・デイサイトについて全岩分析を行った。分析には、山口大学機器分析センターの日本電子製JSX-60S7型蛍光X線分析装置を使用し、主成分元素は6倍希釈のガラスビードを、微量成分元素は角縁ほか²⁾に従い2倍希釈の加圧粉末ペレットを用いた。全岩化学組成を表1に示す。

SiO₂は、野方安山岩55.73~62.13wt.%, 城ヶ岳デイサイト59.65~67.71wt.%である。また分化の尺度となるFeO*/MgOは、その全てがMiyashiro³⁾による分類ではソレイトの領域であり、野方安山岩5.19~12.83、城ヶ岳デイサイト8.46~23.60で著しく高い値を示している(図1)。

表1 野方安山岩と城ヶ岳デイサイトの代表的な全岩化学組成

Number	野方安山岩		城ヶ岳デイサイト	
Sample	UK9318	UK93372	UK93316	UK93397
SiO ₂ (wt.%)	62.13	55.73	66.43	59.65
TiO ₂	0.87	1.91	0.49	1.20
Al ₂ O ₃	14.27	14.39	14.27	14.59
FeO*	10.35	13.02	7.66	11.53
MnO	0.17	0.20	0.15	0.19
MgO	0.81	2.51	0.32	1.36
CaO	4.34	5.93	3.30	4.94
Na ₂ O	3.86	3.13	3.87	3.52
K ₂ O	2.79	2.09	3.34	2.48
P ₂ O ₅	0.40	1.09	0.17	0.53
FeO*/MgO	12.83	5.19	23.60	8.46

Total Fe as FeO*

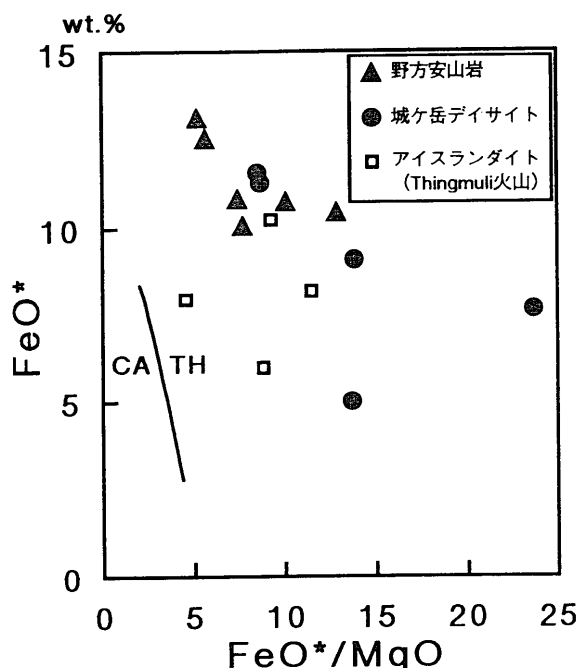


図1 FeO*/MgO - FeO* 図
TH; ソレアイト系列とCA; カルクアルカリ系列の境界は Miyashiro⁴⁾ による

4. カンラン石・輝石の化学組成

これらの安山岩・デイサイト中のカンラン石・輝石斑晶の化学組成を山口大学機器分析センターの島津 V6 型 X 線マイクロアナライザーで測定した。測定条件は加速電圧 15kV, 試料電流 70 μA, 補正計算は Bence and Albee⁴⁾ に従った。

図2に野方安山岩と城ヶ岳デイサイト中のカンラン石と輝石のsBSE像およびカラーマッピングを示す。

(1) カンラン石

カンラン石は、その多くのは変質が進み、周辺部や割れ目に沿って粘土鉱物およびイデイングサイト化し、新鮮なものは少ない。城ヶ岳デイサイトは全てのカンラン石についてリムの部分がイデイングサイト化しており組成を求めることができなかったので分析値の‘rim’は新鮮な部分で最も外側を示している。またカンラン石は、Feに富む証拠である弱い多色性を持つ。表2にカンラン石の代表的な分析値を示し、図3にFo値の範囲を示す。

野方安山岩中の斑晶はFo_{31.4}~Fo_{26.2}であり、最もFeに富む城ヶ岳デイサイト中の斑晶はFo_{9.7}~Fo_{5.8}である。斑晶カンラン石はコアからリムに向かってFeに富む弱いノーマルゾーニングを示す(図2)。

表2 カンラン石の代表的な化学組成

Sample	野方安山岩		城ヶ岳デイサイト	
	コア	リム	コア	リム
SiO ₂	31.47	31.78	29.94	30.44
FeO*	53.92	54.85	63.58	64.29
MnO	1.20	1.09	1.89	1.90
MgO	10.89	10.94	2.36	2.23
CaO	0.42	0.32	0.34	0.31
NiO	0.01	0.45	0.00	0.00
Total	97.91	99.43	98.11	99.18
Fo	26.5	26.2	6.2	5.8

Total Fe as FeO*

(2) 輝石

輝石は斑晶として、野方安山岩中に普通輝石とピジョン輝石、城ヶ岳デイサイト中には普通輝石が含まれる。普通輝石は、Feに富む証拠である弱い多色性を示す。表3に普通輝石、表4にピジョン輝石の代表的な分析値を示し、輝石台形に斑晶の分析値をプロットした(図3)。また図3にはソレアイトの分化岩で有名な Skaergaard 貫入岩体の輝石トレンド⁵⁾と Thingmuli 火山の石基輝石領域⁶⁾を示し、Lindsley の 5 kb における輝石温度計⁷⁾も同時に示す。

野方安山岩中の普通輝石はフェロオージャイトであり、ピジョン輝石は中間ピジョン輝石である。城ヶ岳デイサイト中の普通輝石はフェロオージャイトからフェロヘデン輝石である。斑晶輝石はコアからリムに向かってFeに富む弱いノーマルゾーニングを示す(図2)。

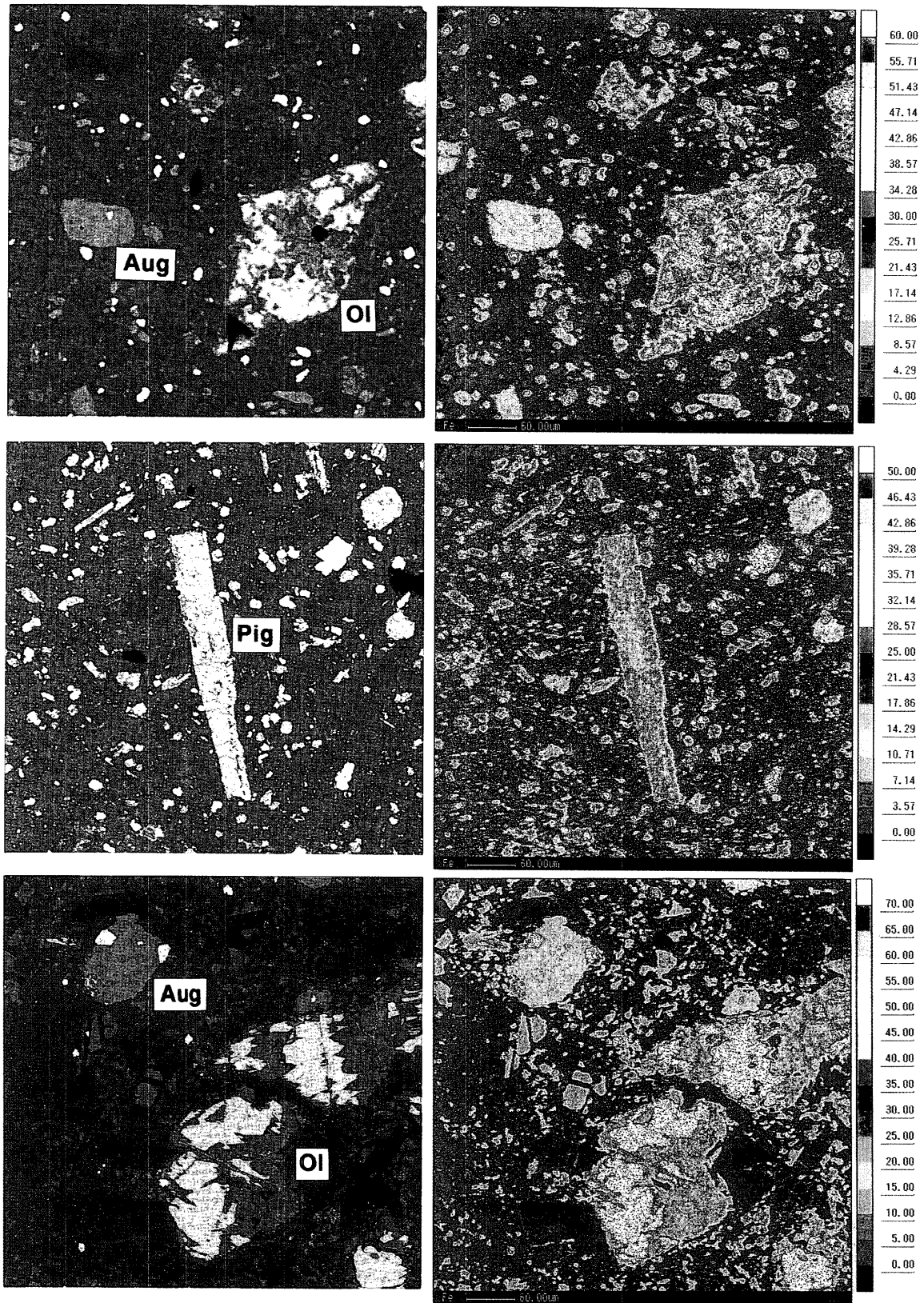


図2 カンラン石と輝石のsBSE像およびカラーマッピング

上段；野方安山岩中のカンラン石と普通輝石，中段；野方安山岩中のピジョン輝石，

下段；城ヶ岳デイサイト中のカンラン石と普通輝石

図中の略語は、Ol；カンラン石，Aug；普通輝石，Pig；ピジョン輝石

表3 普通輝石の代表的な化学組成

Sample	野方安山岩		城ヶ岳デイサイト	
	コア	リム	コア	リム
SiO ₂	49.99	50.18	48.88	47.97
TiO ₂	0.57	0.46	0.35	0.40
Al ₂ O ₃	1.99	1.77	1.03	1.25
Cr ₂ O ₃	0.00	0.04	0.00	0.00
FeO*	19.36	20.86	26.42	28.85
MnO	0.57	0.59	0.65	0.47
NiO	0.01	0.04	0.00	0.00
MgO	9.85	8.84	4.65	4.92
CaO	16.99	16.92	16.75	14.04
Na ₂ O	0.31	0.29	0.26	0.28
K ₂ O	0.01	0.01	0.00	0.00
Total	99.64	99.98	98.99	98.20
Wo	36.7	36.8	37.8	32.1
En	29.6	26.7	14.6	15.6
Fs	33.6	36.4	47.7	52.3
mg#=#	46.8	42.3	23.4	23.0

Total FeO as FeO*

表4 ピジョン輝石の代表的な化学組成

Sample	野方安山岩	
	コア	リム
SiO ₂	51.48	50.89
TiO ₂	0.27	0.40
Al ₂ O ₃	1.20	1.60
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00
FeO*	28.80	27.96
MnO	0.67	0.80
NiO	0.00	0.03
MgO	14.71	14.14
CaO	3.90	4.96
Na ₂ O	0.10	0.12
K ₂ O	0.02	0.00
Total	101.15	100.90
Wo	8.2	10.5
En	43.2	41.8
Fs	48.6	17.7
mg#=#	47.1	46.7

Total FeO as FeO*

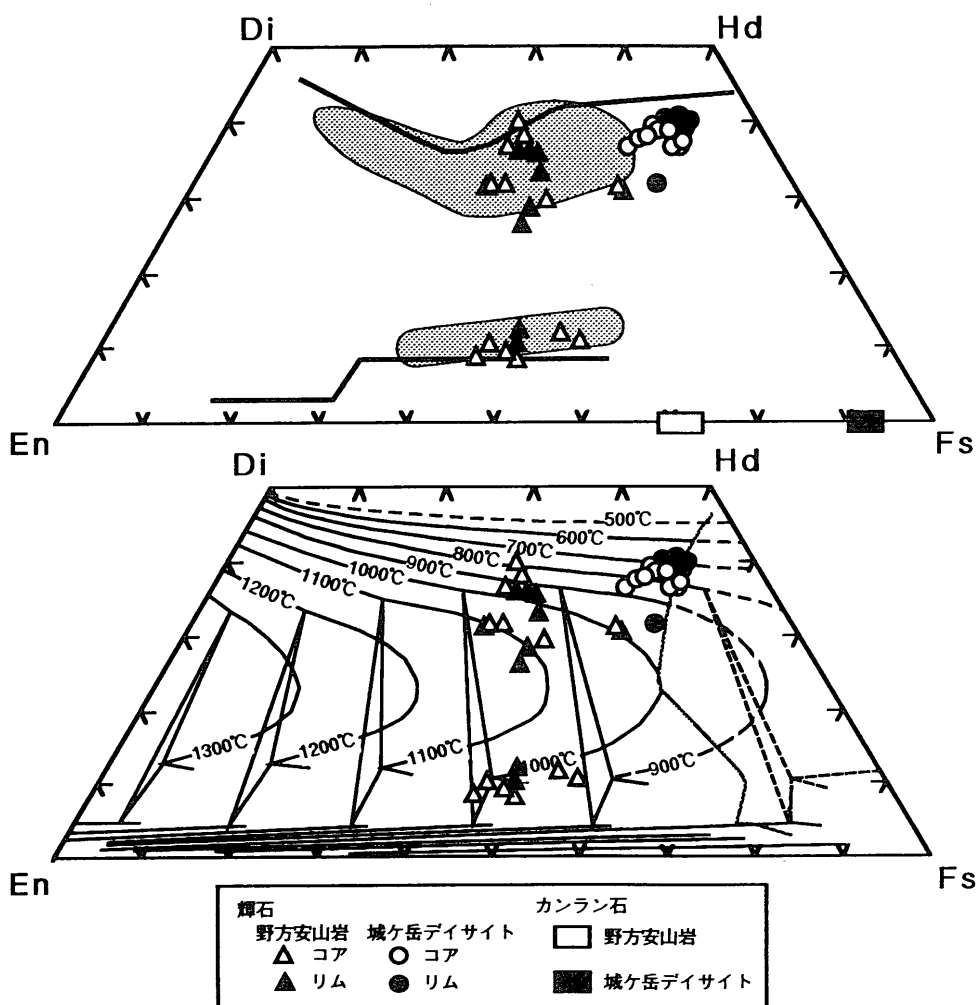


図3 輝石台形

下位の図の等温線は Lindsley⁷⁾ による

Skaergaard 貫入岩体や Thingmuli 火山の輝石の組成と比較すると組成変化トレンドは Skaergaard 貫入岩体のトレンドに平行であり, Thingmuli 火山の石基輝石領域内にプロットされる。しかしながら普通輝石の組成は, それらのものよりさらに Fe に富んでいる (図 3)。

輝石の晶出温度は分化したマグマから結晶したものであるにも関わらず, 高い温度を示す (図 3)。

5. 議論

宇久島に分布する FeO^*/MgO が著しく高く, Fe に富むカンラン石・輝石を含む野方安山岩, 城ヶ岳デイサイトは Carmichael が記載した東アイスランドの Thingmuli 火山の “アイスランダイト” ($SiO_2=52.68\sim64.47$, $FeO^*/MgO=3.91\sim9.25$)⁸⁾ に類似している。この様な鉄に富んだ苦鉄質鉱物を含む分化の進んだデイサイトは, 日本列島のような島弧では産出が稀であり, 大陸内部のソレイト質玄武岩マグマとデイサイトから流紋岩マグマがバイモーダルな活動を行なっている引張応力場や, アイスランドのようなホットスポット性の特殊な海洋底拡大軸部などに産することが知られている。日本においてはアイスランダイト様火山岩は東北日本や北海道において報告^{9) 10) 11) 12) 13) 14)} があるだけで, 西南日本ではまだ報告例がない。

アイスランドの Thingmuli 火山には玄武岩質～流紋岩質までの火山岩類が分布し, アイスランダイトは, 低酸素フュガシティー (還元的で磁鉄鉱が晶出しにくい) のもとでの玄武岩マグマからの分別結晶作用によって導き出されたものである⁸⁾。東北日本や北海道のアイスランダイト様火山岩は単成火山的なものが多く, 分布する岩石は安山岩～デイサイトである。その成因については統一見解はなく, 現在のところソレイト質苦鉄質マグマからの低い酸素フュガシティーのもとでの分別結晶作用や下部地殻の熔融といったことが考えられている^{9) 10) 11) 12) 13) 14)}。

宇久島の野方安山岩, 城ヶ岳デイサイトはソレイト質玄武岩からの分別結晶作用により導き出されたものであり, Thingmuli 火山同様に鉄が残液に濃集するための条件, つまり低い酸素フュガシティーにより磁鉄鉱の晶出が妨げられることが

必要である。野方安山岩, 城ヶ岳デイサイトにおいては酸素フュガシティーは見積もれないが, これらの火山岩類よりも未分化なものは Thingmuli 火山同様に低い酸素フュガシティー (QFM buffer 程度) を示している。おそらく, この低い酸素フュガシティーはデイサイトまで保たれ, その結果, 磁鉄鉱があまり晶出せずに FeO が残液に濃集し, Fe に富むカンラン石や輝石を含むアイスランダイト様火山岩が形成されたものと考えられる。

謝辞 山口大学機器分析センターの飯石一明センター長には, 本報告を発表する機会を与えていただいた。同 森福洋二技官には EPMA 分析にあたりご援助いただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小阪哲也, 永尾隆志, (1990); 長崎県宇久島のソレイト質火山岩類. 地質学論集, 44, 139-154.
- 2) 角縁 進, 永尾隆志, 今岡照喜, 松本征夫, 白木敬一, (1989); 蛍光 X 線分析装置による岩石中の微量元素の定量. 山口大学教養部紀要, 23, 43-54.
- 3) Bence, A.E. and Albee, A.L., (1968); Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicate and oxides. J. Geol., 76, 382-403.
- 4) Miyashiro, A., (1974); Volcanic rocks series in island arc and active continental margins. Amer. J. Sci., 274, 32-355
- 5) Brown, G.M. and Vincent, E.A., (1963); Pyroxene from the late stages of fractionation of the Skaergaard intrusion, east Greenland. Petrol., 4, 175-197.
- 6) Carmichael, I.S.E., (1967); The mineralogy of Thingmuli, a Tertiary volcano in eastern Iceland. Amer. Mineral., 52, 1815-1841.
- 7) Lindsley, D.H., (1983); Pyroxene thermometry. Amer. Mineral., 68, 477-493.
- 8) Carmichael, I.S.E., (1964); The petrology of Thingmuli, a Tertiary volcano in eastern Iceland. J. Petrol., 5, 435-460.

- 9) 白水 明, 高橋正樹, 池田幸雄, (1983); 栃木県茂木地域に産するピジョン輝石デイサイト. 岩鉱, 78, 255-266.
- 10) 周藤賢治, 八島隆一, (1985); 茨城県大子地域に産するホルトノライト安山岩. 岩鉱, 80, 398-405.
- 11) 高橋正樹, (1986); 日本海拡大前の“島弧”マagma活動. 科学, 56, 103-111.
- 12) 周藤賢治, 猪俣恵理, (1992); 北部北阿武隈地域に産する中期中新世アイスランドイト様デイサイト. 新潟大学理地鉱研報, 7, 103-110.
- 13) 国分公貴, 岡村 聡, 八幡正弘, 古山勝彦, 長尾敬介, (1994); 北海道東部, 新第三紀火山岩類の岩石学的性質の変遷. 地質雑, 100, 658-674.
- 14) 高橋正樹, 野口高明, 田切美智雄, (1995); 希土類元素組成からみた東北日本中新世アイスランドイトの成因. 地質学論集, 44, 65-74.