

## 北西九州、相の島変成岩中のアルマンディンについて

片田正人\* 松井和典\* 前田憲二郎\*\*

## Almandine Garnets from the Aino-shima Metamorphic Rocks in Northwestern Kyushu

By

Masato KATADA, Kazunori MATSUI &amp; Kenjiro MAEDA

## Abstract

Two garnets of the Aino-shima metamorphic rocks are analysed (p. 71). They differ from each other in mode of occurrence. One (sample a) is separated from an ilmenite-garnet-biotite-plagioclase-quartz hornfels which is associated with andalusite- and/or cordierite-bearing hornfels. Another (sample b) forms dense aggregate along a quartz vein containing sulfide, chlorite, etc. Both chemical compositions are very similar to each other, and rich in almandine molecule. The chemical compositions and their related facts are tentatively discussed.

## 1. 緒言

九州北西部の相の島地域の地質および岩石の記載に関しては現在とりまとめ中であり、近く報告を予定しているが、ここでは、相の島変成岩中のアルマンディンの産状および化学成分に関してだけ、あらかじめ報告したい。試料の採取および分離は松井・片田が行ない、化学分析は前田が行なった。

なお、技術部大森えい技官には、岩石の分析をしていただいた。地質部磯見博技官には、地質学的事実に関して教えていただいた。稿をまとめるに際して、上記の方々に深く感謝したい。

## 2. 岩石

相の島変成岩類は、五島列島東方の相の島・江の島・黒島に分布し(第1図)、白堊紀末の、花崗岩の貫入を伴う変成岩類である。比較的変成度が高い相の島には、主として泥質岩および礫岩起源のホルンフェルス(ないし片岩)が分布し、前者は、アルマンディン・紅柱石・堇青石の美晶を含んでいる。珪線石は生じていない。この変成岩の化学成分は特異であって、大半がAKF図のA—黒雲母線より右側の、アルマンディン・堇青石寄りにプロットされる。

アルマンディンにはつぎの2種の産状があり、ここに

分析したものはそれぞれの産状の代表的なものである。

a) 一般的にみられるものは、原岩の化学成分に影響されて生じているもので、1つの地層全体にほぼ均等に散在している。常に石英・斜長石・黒雲母と共存する。

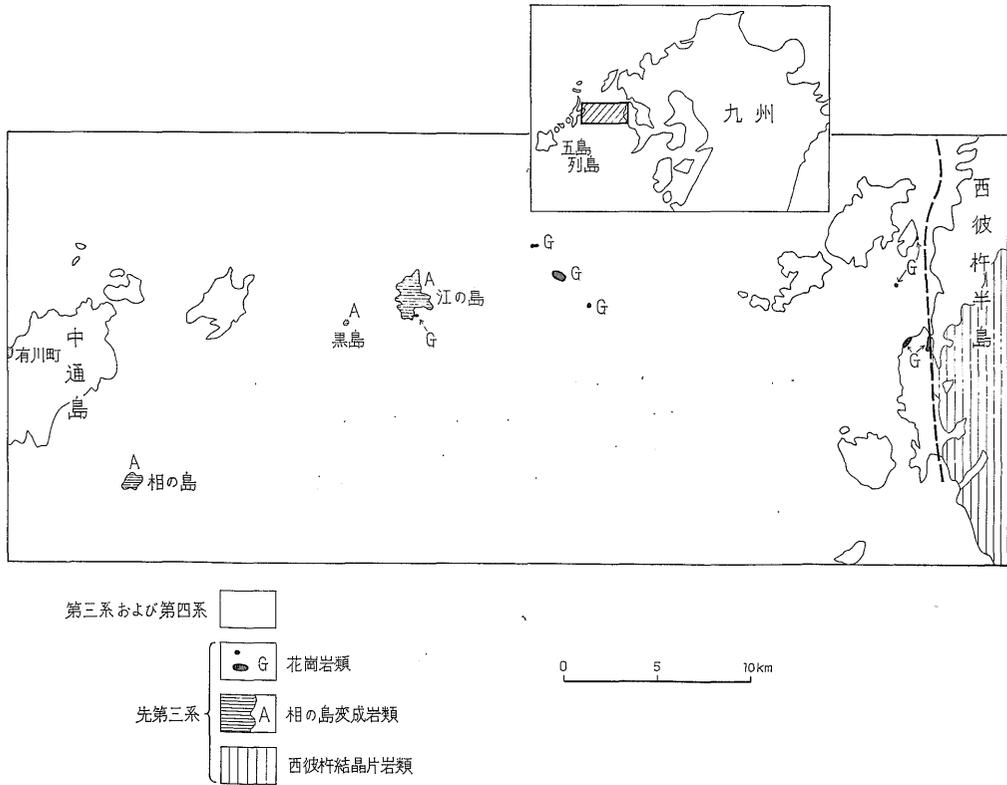
第1表 アルマンディンホルンフェルスの化学成分

	K1A
SiO <sub>2</sub>	56.90
TiO <sub>2</sub>	0.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	} 7.54
FeO	
MnO	0.09
MgO	1.45
CaO	4.96
Na <sub>2</sub> O	3.16
K <sub>2</sub> O	1.61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.28
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1.38
S	0.01
Fe	0.01
CO <sub>2</sub>	0.22
C	0.19
Total	100.05

第2表 a のアルマンディンを含むホルンフェルスで、石英・斜長石・黒雲母・チタン鉄鉱・炭質物を含む。分析：大森えい

\* 地質部

\*\* 技術部



第1図 位置図および地質概略図

しばしば董青石・紅柱石とも共存するけれども、白雲母・カリ長石とは共存しない。分析したアルマンディン(第2表 a)を含む岩石の化学成分を第1表にあげる。

b) 特殊な産状として、石英脈ないしペグマタイトの周辺だけに密集する場合がある。変成岩中には、原岩の層理面に平行ないし低角度で交わる幅数~20cmの石英脈が時々走っている。とくに北岸の舟つき場東方にはこの例が多い。この脈がホルンフェルス中を走るとき、脈の両側数cm以内の所だけにしばしばアルマンディンが密集し、多い部分では局部的に70%以上の容量比を占めることがある。一般にこの部分は他の部分と異なって、白雲母や緑泥石を含み、鉄鉱物(酸化物および硫化物)が多い。緑泥石には、黒雲母から2次的に生じたものもみられるが、初生的と思われる、新鮮で結晶形のはっきりしたものも多い。石英脈中には黒雲母・緑泥石・白雲母・黄鉄鉱・磁硫鉄鉱などが含まれ、ざくろ石もごく少量認められる。この脈は、花崗岩質マグマから由来したものかも知れない。

産状から推察して、b)の石英脈周辺のアルマンディンは明らかに脈の形成に関係して生じたものである。つま

り、脈から物質の供給をうけた部分だけに生じたものと考えられ、このアルマンディンは、a)のものに較べてかなり異なった化学的条件下で晶出したことは間違いない。また、a)とb)の両アルマンディンは晶出時期を異にし、b)の方が後から晶出したものである。なぜならば、b)のアルマンディンの分布は、a)のアルマンディンの分布を“切って”いるからである。

以上の諸事実から推定してみると、a)のアルマンディンは温度が上昇する段階で累進的に生じたものであるが、b)は、アルマンディンを晶出し得る温度が保たれていた時期の最終段階——もしかしたらすでに温度が降下し始めていた段階——で生じたものではあるまいか。そう考えると、現在、脈の中やアルマンディンに伴ってみられる緑泥石・白雲母などは、さらに温度が下ってから晶出したものと考えればよく、アルマンディンと安定に共存していた鉱物とみなす必要はなくなる。

### 3. アルマンディン

前章a)の一般的な産状のアルマンディンの代表例の化学成分を第2表 a に示す。採取地点は舟つき場である。

第2表 アルマンディンの化学成分と，屈折率および格子常数

	a (K1A)	b (K8)
SiO <sub>2</sub>	36.79	36.47
TiO <sub>2</sub>	0.31	0.31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.74	20.29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.14	4.17
FeO	31.16	29.84
MnO	3.89	4.00
MgO	1.91	1.85
CaO	2.52	2.65
Na <sub>2</sub> O	0.03	0.04
K <sub>2</sub> O	<0.01	<0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	n. d.	n. d.
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.01	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.04	0.03
Total	99.54	99.66
n	1.807	1.808
a (Å)	11.54	11.55

Numbers of ions (O = 24)

Si	5.991	6.00	5.914	6.00
Al	0.009		0.086	
Ti	0.038		0.038	
Al	3.778	4.20	3.791	4.34
Fe <sup>+3</sup>	0.385		0.508	
Fe <sup>+2</sup>	4.242		4.046	
Mn	0.536		0.550	
Mg	0.464		0.447	
Ca	0.439	5.69	0.461	5.52
Na	0.010		0.014	
K	.....		.....	

Molecular percentages of end-members

Almandine	74.7	73.5
Spessartine	9.3	10.0
Pyrope	8.2	8.1
Andradite	7.7	8.4

Percentages of cations allocated to end-member molecules

95.3      92.6

端成分モル比の計算は，Rickwood (1968) の方法による。  
分析：前田憲二郎

最大径 1 mm の結晶で，数%の容量比で含まれる。石英・斜長石 (An 40土，弱い累帯構造がみられる)・黒雲母 (屈折率  $\gamma = 1.647$ )・チタン鉄鉱・炭質物と共存する。

アルマンディン中には微細なチタン鉄鉱・斜長石・石英が包有されており，分析試料中にもこれらのごく微量のものが残存した。端成分の計算法は Rickwood (1968) の方法によるもので，この方法によれば端成分に対する不純物の影響はほとんど無視してもよいはずである。

b) の石英脈周辺のアルマンディン (第2表 b) は，舟つき場東南東 500 m の付近で採取したものである。結晶の最大径は 3 mm に達し，ほぼ50%の容量比を占めている。その間を埋めるものは，石英・斜長石・白雲母・黒雲母 ( $\gamma = 1.647$ )・チタン鉄鉱・磁鉄鉱・磁硫鉄鉱・炭酸塩鉱物 (?) であり，アルマンディンに接した部分および割れ目には緑泥石 (正の伸長) が生じている。アルマンディン結晶中には，やはり a) と同様の包有物がある。

#### 4. 考 察

変成岩中のパイラルスパイトの化学成分に関する議論は多いが，ここでは次の3項でのべる点だけにふれておく。

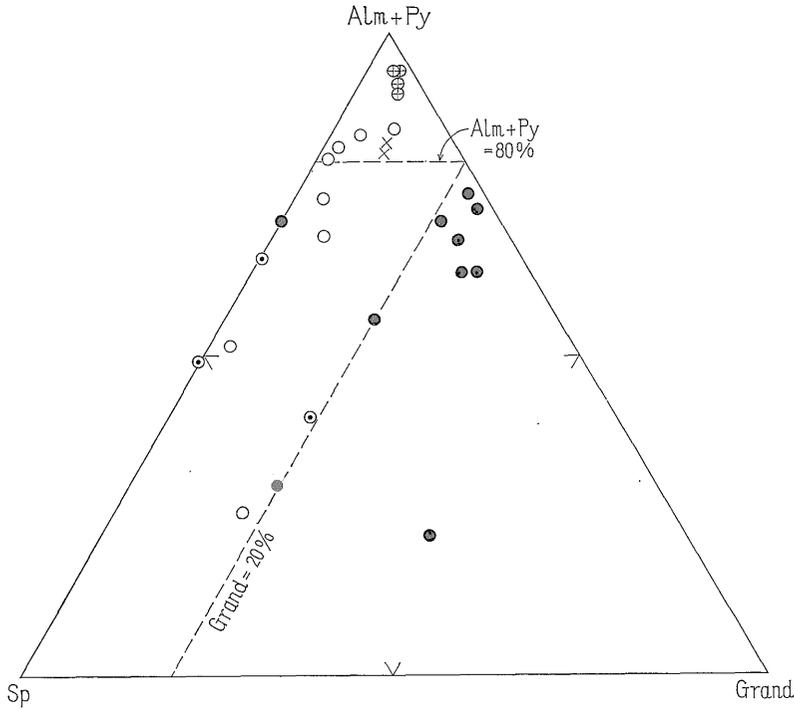
##### 4.1

相の島変成岩は，低圧・高温型のものである。もしかしたら，領家帯のような広域的規模で分布する変成帯の一部かも知れないし，そうでないとしても，かなり規模の大きな接触変成帯である。いずれにしてもこのような変成岩には，アルマンディンの産出例は一般的にはあまり多くない。それにもかかわらず相の島にこの鉱物 (産状 a) を多産する原因の1つは，原岩の化学成分が特異なためと解される。つまり前記のように，多くの泥質岩が，AKF 図で A—黒雲母線の右側にプロットされるからである。別に報告するように，相の島の変成岩の AKF 図には，A—黒雲母線が明瞭に存在し，この線の左側にプロットされる泥質岩には，アルマンディンが晶出していない。第1表の分析値は Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と FeO が区別してないが，他の試料の分析値から類推すると，ほぼ間違いなくこの岩石も A—黒雲母線より右側にプロットされる。

##### 4.2

a) および b) のアルマンディンは，産状が異なっており，それから推定されるように，両者の晶出時期の化学的環境も異なっていたらしい。

しかしながら，晶出時期の圧力条件や温度条件には，差はあったとしても比較的わずかなものであったろう。



- 印：高圧・低温型の藍閃変成作用による広域変成岩中のパイラルスサイト。Banno (1964), Hashimoto (1968), Iwasaki (1963) による。
- 印：低圧・高温型の、広域および接触変成岩中のパイラルスサイト(I)。領家帯 (Hayama, 1964), 阿武隈帯 (Miyashiro, 1953), 宮古花崗岩接触変成帯 (本間, 1963) の資料。岩石は相の島の岩石より高変成度。
- ◎印：同上(II)。上記3変成帯で、相の島と同程度ないしわずかに低変成度の岩石からのもの。
- ⊕印：同上(III)。遠野花崗岩接触変成帯 (大貫, 1968) の資料。岩石は相の島の岩石よりわずかに高変成度。
- ×印：相の島のアルマンデイン。

第2図 日本の泥質岩起源の変成岩中のパイラルスサイトに関する (Alm+Py)-Spss-Grand 図

したがってこの2条件の類似が、両アルマンデインの成分などをほぼ一定にした最大の理由ではなからうか。すなわち、石英脈から物質が供給されて、その部分の化学成分は変化しつつあったであろうが、この現象は、晶出しつつあるざくろ石の化学成分には、影響をおよぼしていないように思われる。

なお、格子定数と屈折率の測定によると、相の島の泥質岩起源の変成岩中の他の多くのパイラルスサイトも、産状や鉱物組合せにあまりかわりなく、やはりこれらの a), b) のアルマンデインに似た化学成分を持っているらしい。今までに測定した値は、格子定数 = 11.54~11.57Å (7個), 屈折率 = 1.804~1.813(4個)である。

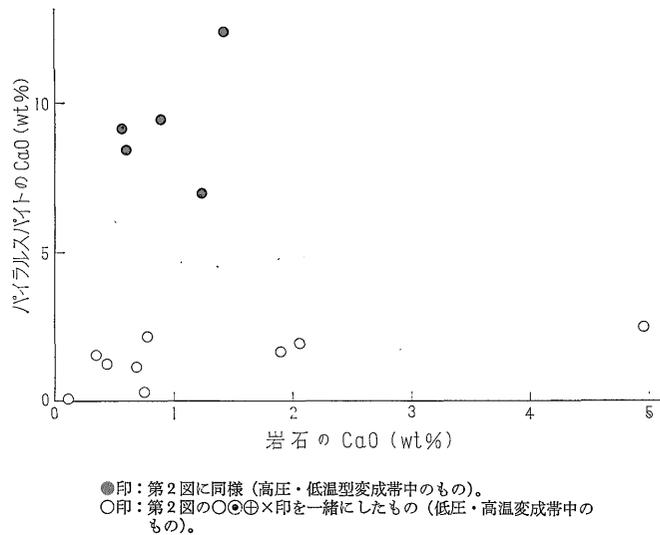
#### 4.3

つぎに、日本の他地域の泥質岩起源の変成岩中に産するパイラルスサイトの化学成分と比較してみよう。

日本の変成帯の大半は、変成条件からすると、高圧・低温で藍閃変成作用によって生じた変成帯と、接触変成

帯をも含めた低圧・高温型の変成帯との対称的な2者に区別することができる。この両タイプいずれかの変成帯に属することがはっきりしている泥質岩起源の変成岩中のパイラルスサイトを、(アルマンデイン+パイロープ)ースペサルティンーグランドイト、の端成分を頂点とする (Alm+Py)-Spss-Grand 三角図表にプロットしてみよう (第2図)。すると、イ) Grand = 20% の線を境として、両タイプの変成岩中のパイラルスサイトは、大よそその両側に分かれてプロットされる。また、ロ) 個々の変成帯の中だけでみると、変成度が上るほど Spss 頂点からはなれて (Alm+Py) 頂点に近づいていく傾向がある。

これらの事実のうち、ロ) は従来から (たとえば Miyashiro 1953; Atherton, 1968) よく知られた事実であるが、とりわけ Grand 成分 (要するに Ca) に乏しいパイラルスサイトの場合が顕著であって第2図の領家帯・阿武隈帯・宮古花崗岩接触帯いずれのパイラルスサイト



第3図 パイラルスパイトの CaO と、それを含む岩石中の CaO との関係

も、大半が変成度の上昇に伴って、Spess 成分（要するに Mn）が減少し、(Alm+Py) 成分（要するに Fe+Mg）が増加している。

イ) の事実は、高圧下で晶出したものの方が格子定数が大きいという一見奇妙な現象であるが、第2図による限り、とくに Spess 成分に乏しい場合にはきわめて明瞭である。これに対しては、岩石の化学成分の差が影響しているのではないかと疑問が生ずるけれども、第3図をみればわかる通り、決して岩石の CaO 成分などの差によるものではないといつてよいだろう。とくに相の島のもは、岩石の CaO が4.96%と異常に多いにもかかわらず、パイラルスパイトの CaO は2.52%という“普通”の量しか含まれていない。

ざくろ石の Ca と変成度との関係に関しては、STURT (1962) や ATHERTON (1968) などによって知られた経験的な事実があり、理論的には SAXENA (1968) によって若干の考察がなされている。それらによると、莫然とした知識ではあるが、同じ岩質の岩石中のパイラルスパイトが、高温で生じたものほど Ca に乏しい傾向を示すことは、大ざっぱには認めてもよいらしい。第2図にははなはだしく温度条件が異なる変成帯のパイラルスパイトをプロットしてあるために、Ca の量の差が、ことさらに目立つのであろう。

相の島のパイラルスパイトは、領家帯・阿武隈帯・宮古花崗岩接触帯の各高変成部=珪線石帯、および遠野花崗岩接触帯の中～高変成部のもとともに、(Alm+Py) >80%のグループの一員である。それらのうち、遠野花崗岩接触帯の場合は、相の島よりわずかに高変成度であ

り、他の場合は相の島よりはるかに高変成度である。(Alm+Py) <80%, Grand <20% のパイラルスパイトを含む岩石は1個の例外を除くと、領家・阿武隈・宮古3変成帯のうちで、相の島よりわずかに低変成部ないし珪線石帯のものである。したがって、この図の中で、同程度の変成度の岩石だけを取り出してみるならば、遠野の場合が、相の島にもっとも近接した場所にプロットされている。

ここでは4つの変成帯を取りあげたが、それぞれの変成岩類の鉱物の種類と組合せを比較してみると、遠野の場合が相の島にもっともよく似ている。したがって両者の変成作用は、類似した圧力条件下で進んだ可能性がある。ここで主として MIYASHIRO (1953) の議論にもとづいていえることであるが、上記第2図で、両地域のパイラルスパイトも近接した場所にプロットされる事実は、このような圧力条件の類似性の1つの現われとみることができよう。（昭和44年3月稿）

## 文 献

- ATHERTON, M. P. (1968): The variation in garnet, biotite and chlorite composition in medium grade pelitic rocks from Dalradian, Scotland, with particular reference to zonation in garnet, *Contr. Mineral. and Petrol.* vol. 18, p. 347-371.
- BANNO, S. (1964): Petrologic studies on the Sanbagawa crystalline schists in the Bessino district, central Sikoku, Japan, *Jour.*

- Fac. Sci. Univ. Tokyo*, sec. 2, vol. 15, p. 203-319.
- HASHIMOTO, M. (1968): Glaucophanitic metamorphism of the Katsuyama district, Okayama prefecture, Japan, *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, sec. 2, vol. 17, p. 99-162.
- HAYAMA, Y. (1964): Progressive metamorphism of pelitic and psammitic rocks in the Komagane district, Nagano pref., central Japan, *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, sec. 2, vol. 15, p. 321-369.
- 本間弘次 (1963) : 岩泉町付近の含ざくろ石熱変成岩について, 地球科学, no. 68, p. 1-8
- IWASAKI, M. (1963): Metamorphic rocks of the Kôtu-Bizan area, eastern Sikoku, *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, sec. 2, vol. 15, p. 1-90.
- MIYASHIRO, A. (1953): Calcium-poor garnet in relation to metamorphism, *Geoch. et Cosmoch. Acta*, vol. 4, p. 179-208.
- 大貫仁 (1968) : 北上山地, 遠野接触変成帯のアルマンディン—ホルンフェルス, 岩石鉱物鉱床学会誌, vol. 59, p. 9-20.
- RICKWOOD, P. C. (1968): On recasting analyses of garnet into end-member molecules, *Contr. Mineral. and Petrol.*, vol. 18, p. 175-198.
- SAXENA, S. K. (1968): Distribution of elements between coexisting minerals and the nature of solid solution in garnet, *Amer. Mineral.*, vol. 53, p. 994-1014.
- STURT, B. A. (1962): The composition of garnets from pelitic schists in relation to the grade of regional metamorphism, *Jour. Petrology*, vol. 3, p. 181-191.