

パンペリー石—アクチノ閃石片岩相の  
高温限界に関する一考察  
——江津市、田ノ原川層（三郡変成岩）中のパンペリー石——

渡辺暉夫・竹下浩征・中沢雅之\*

A note concerning the upper temperature limit of the  
pumpellyite-actinolite schist facies — pumpellyite in the Tanoharagawa  
Formation (the Sangun metamorphic rocks), Gotsu, Shimane prefecture.

Teruo WATANABE, Hiroyuki TAKESHITA, and Masayuki NAKAZAWA

Abstract

Pumpellyite was found from two localities of greenstones in the Tanoharagawa Formation, a member of the Sangun metamorphic rocks, Gotsu city.

In one of the localities, pumpellyite coexists with epidote of  $X_{Fe} = 0.142-154$ , actinolite and chlorite.

Judging from the data by Nakajima (1982), the pumpellyite seems to coexist with epidote having the lowest pistasite molecule. Paragenesis including the pumpellyite may show the upper temperature limit of the pumpellyite-actinolite schist facies.

はじめに

パンペリー石—アクチノ閃石片岩相は橋本(1966)によって最初に提唱された変成相で、ブドウ石—パンペリー石変グレイワック相、緑色片岩相、藍閃石片岩相の間に位置する温度・圧力条件を示す変成相とされた。その後何人かの研究者によって、この変成相の研究は深められた。特に坂野昇平の指導の下でパンペリー石の共生関係を検討した中島隆と共同研究者は、緑れん石の鉄の含有量

( $X_{Fe}^{Ep}$ ) を基準にとり、パンペリー石—アクチノ閃石片岩相の高温側及び低温側限界の反応を提案した (NAKAJIMA *et al.*, 1977)。また NAKAJIMA *et al.* (1977) は、この変成相を変塩基性岩中のパンペリー石—アクチノ閃石—緑泥石の組合せの存在によって定義されるのが良いと述べ、パンペリー石—アクチノ閃石片岩相の定義をわかりやすいものとした。続いて NAKAJIMA (1982) は上述論文の調査地域(四国・三波川帯思地附近)をさらに東に延長し、パンペリー石—アクチノ閃石片岩相の高温側限界が  $X_{Fe}^{Ep} = 0.15$  によって示される緑れん石と緑泥石、アクチノ

\* 現在岸本産業(株) 大阪本社

閃石の共生関係の出現によって定義されると述べた。NAKAJIMA (1982)によれば、現実にパンペリー石と共生する $X_{Fe}^{Ep}$ の小さい方の限界は0.17であるらしい。しかしNAKAJIMA (1982)は、パンペリー石—アクチノ閃石片岩相の高温部では $X_{Fe}^{Ep}=0.20\sim 0.25$ の緑れん石がパンペリー石と共生する例が多いことを述べ $X_{Fe}^{Ep}=0.20$ あるいは0.25で高温限界を定義した方が現実的であることも指摘した。いずれにせよ、NAKAJIMA *et al* (1977)で提唱された緑れん石とパンペリー石に関するAl-Fe<sup>3+</sup>のシュードバイナリーの相図によって、パンペリー石—アクチノ閃石片岩の反応は良く理解されるようになった。ただし、パンペリー石中のFe<sup>3+</sup>とFe<sup>2+</sup>の効果は別に検討されねばならない。

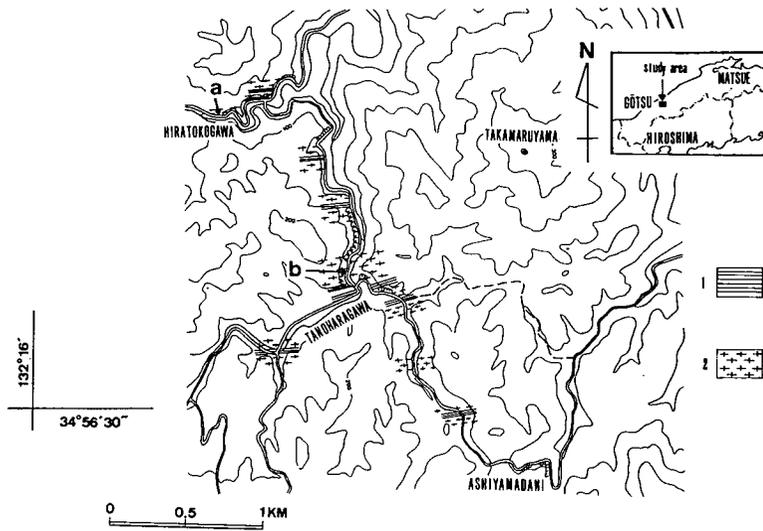
ところで筆者らは江津市の江川沿いに分布する三郡変成岩の研究を続けてきているが、三江線川平駅附近及びその西南方に分布する田ノ原川層中の緑色岩から稀にパンペリー石が出現することを見出した。そしてこのパンペリー石は共生関係から、パンペリー石—アクチノ閃石片岩相の最高温部を示す鉱物組合せであるかもしれないことが明らかとなった。本報告ではこの点に注目して、パンペリー石と関連する鉱物の記載を行う。研究の詳細は別に報告する予定である。

### 地質と岩石の概要

前述のように、江津市川平周辺には田ノ原川層(小林, 1979)と呼ばれる弱変成岩類が分布する。これは三郡変成岩類に属すると考えられている(たとえば、島根県地質図編集委員会, 1982)が、三郡変成岩に特徴的なパンペリー石や藍閃石類は出現しないものと考えられていた。小林(1979)は田ノ原川層の

塩基性岩中には緑れん石、アクチノ閃石、緑泥石等が出現するので、田ノ原川層の変成作用は緑色片岩相に属するであろうと述べた。また、これより以前、橋本(1972)は三郡変成岩の鉱物相を概観し、田ノ原川層相当地域の變成岩は、「緑れん石—緑閃石帯の鉱物組合せを示し、丹波地方の緑れん石—緑閃石帯のものに類似する(HASHIMOTO & SAITO, 1970)」として、さらに「中国地方の古生界には、このような緑れん石—緑閃石帯の部分は、あまり知られていない」ことを述べた。緑閃石とアクチノ閃石は同一鉱物である。つまり田ノ原川層の塩基性岩中には、緑れん石、アクチノ閃石、緑泥石が石英、曹長石などと共に産するのが極めて一般的で、これまでパンペリー石は出現しないと思われていたのである。

田ノ原川層の主体は緑色岩類であるが、少量の泥質岩(粘板岩~千枚岩)を挟む。また稀に灰白色珪質岩~片岩も見られる。これらの岩相の分布によって示される大局的走向方向は東北東~西南西である(島根県地質図編集委員会, 1982)。しかし、泥質岩の分布はかなり複雑であって、各所でスランプ性の泥質岩の産状が認められる。田ノ原川層は西側を中生代末の火山岩類に不整合で覆われ、南西側は古第三紀の火山岩類と断層で接している。北側は変塩基性岩と接するが、断層であったり、貫入関係のように理解される分布を示す(島根県地質図編集委員会, 1982)が、漸移関係に見える地域もあって、両者の関係に確かなことはわかっていない。これは変塩基性岩の定義が不明なことも関連している。事実、変塩基性岩の分布についてはいくつかの違った考えがある(岡村・岡屋, 1975; 小林, 1979; 脇坂, 1985)。脇坂(1985)は変塩基性岩(小林, 1979によると田ノ原川層の一部)



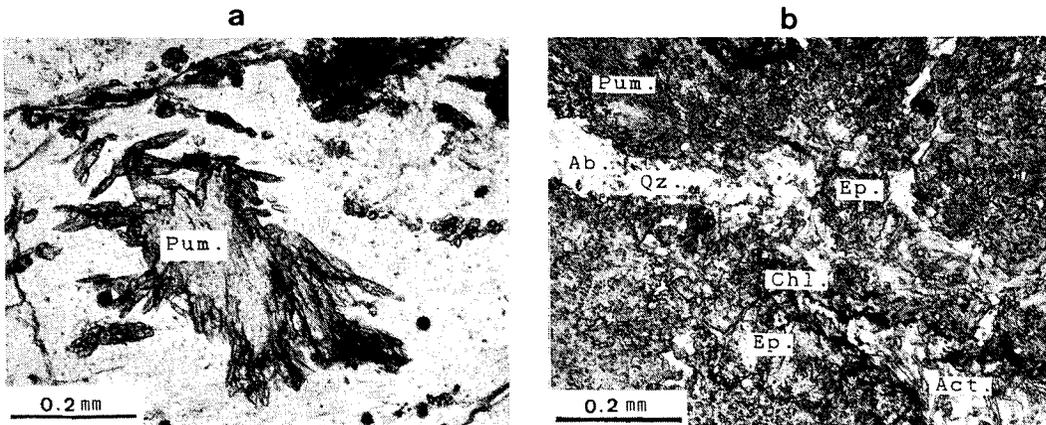
第1図 ルート・マップ (a・b:パンペリー石産出地点)  
1. 緑色岩 2. 泥質岩 (粘板岩~千枚岩)

からパンペリー石を報告しているので、混乱をさけるため、本論文では分類に混乱のない江川以西の田ノ原川層を取扱うこととする。

なお、田ノ原川層は数ヶ所で花崗岩によって貫入を受けており、接触変成作用を受けた田ノ原川層の緑色岩と変塩基性岩は肉眼的に区別がつかない場合が多い。

### パンペリー石とその共生関係

第1図は平床川および田ノ原川のルート沿いの岩相分布図であり、パンペリー石は図中のa・bの2点から見出されている。a点は中沢(1985)によって報告された本地域としては最初のパンペリー石の産出地点であって、



第2図 顕微鏡写真

Pum:パンペリー石, Ep:緑れん石, Chl:緑泥石,  
Act:アクチノ閃石, Ab:曹長石, Qz:石英

第1表 パンペリー石の化学組成  
(a・b, は第1図を参照)

	a	b
SiO <sub>2</sub>	37.96	39.09
TiO <sub>2</sub>	tr.	tr.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.69	25.72
FeO	2.47	4.27
MnO	0.00	0.22
MgO	2.19	1.59
CaO	22.92	21.66
Na <sub>2</sub> O	0.18	0.22
K <sub>2</sub> O	0.02	tr.
Total	92.44	92.77

第2表 緑れん石の化学組成 (b地点)  
(core: 中心部, rim: 周縁部)

	1 (core)	2 (rim)
SiO <sub>2</sub>	39.16	
TiO <sub>2</sub>	tr.	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.53	28.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.87	7.24
MnO	0.09	
MgO	0.16	
CaO	24.04	
Na <sub>2</sub> O	tr.	
K <sub>2</sub> O	tr.	
Total	98.85	
Si	3.023	
Al	2.504	
Ti	0.000	
Fe	0.457	
Mn	0.005	
Mg	0.018	
Ca	1.988	
O = 12.5		estimated X <sub>Fe</sub> <sup>Ep</sup>
X <sub>Fe</sub> <sup>Ep</sup> = 0.154		= 0.142

変斑れい岩中に泥質岩類との接触部近くから見出された。パンペリー石はアクチノ閃石、緑泥石、石英、曹長石、スフェーンと共生している(第2図a)。多色性は弱く、わずかに淡緑色～無色の変化が認められる。この鉱物組合せは変斑れい岩の周縁部だけに限られ

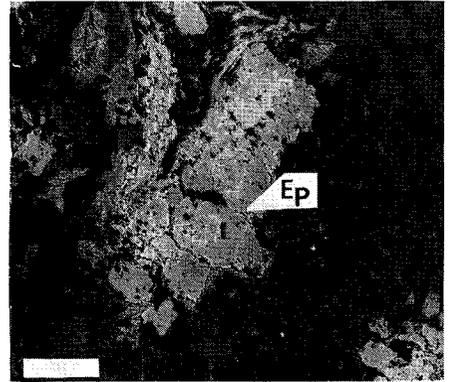
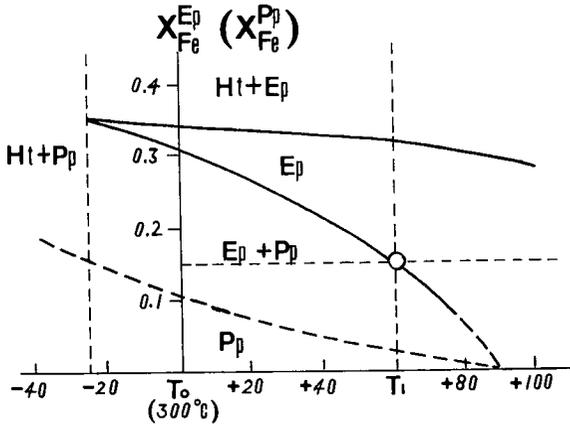


図3図 b地点から産する緑れん石のEPMA組成像

Ep: 緑れん石 (スケールは0.1mm)

ており、変斑れい岩一般の鉱物組合せは緑れん石—緑泥石—アクチノ閃石—曹長石—石英—スフェーンよりなる。パンペリー石の化学組成を第1表に示す。全鉄の含有量は2%台である。

b地点のパンペリー石は緑れん石と共生する点でa地点のものとは違っている。共生関係はパンペリー石—緑れん石—緑泥石—アクチノ閃石—石英—曹長石—スフェーンである。方解石は存在しない。源岩は不明であるが附近には変斑れい岩が認められるので、その細粒部である可能性は否定できない。第2図bに示すようにパンペリー石、緑れん石、アクチノ閃石は近接して産する。パンペリー石は半放射状の集合体や不定形集合体として緑色岩中に出現する。パンペリー石には淡緑色～無色の多色性が認められる。また異常な茶色又は青色の干渉色を示す(a地点のパンペリー石の干渉色は必ずしも異常な茶色あるいは青色を示すわけではない)。パンペリー石の組成は第1表に示す。a地点のものに比べ全鉄含有量は一般に4%台となっていて高い。共生する緑れん石には第3図に示すような組成の不均質さがあり、鏡下で



第4図 Al-Fe<sup>3+</sup> 2成分系相平衡図 (NAKAJIMA et al 1977, をもとに加筆)

Ep: 緑れん石, Ht: 赤鉄鉱, Pp: パンペリー石  
(圧力条件の違いによる温度のずれは, この図では無視している。)

累帯構造と認められる。中央部近くの鉄の多い部分は  $X_{Fe} = 0.154$ , 縁辺部は  $X_{Fe} = 0.142$  である (表 2)。いずれの組成の緑れん石がパンペリー石と共生しているか議論のある所であるが, 周縁部の緑れん石とパンペリー石は共生していると考えられる。

ところで NAKAJIMA et al. (1977) は第 4 図に示す 2 成分系で, パンペリー石と緑れん石の分解反応を考えた。そして NAKAJIMA (1982) は一般の玄武岩質岩の組成レンジは  $X_{Fe}^{Ep}$  で示すと 0.15 から 0.4 の間に入るであろうと見なし, パンペリー石を含まない,  $X_{Fe}^{Ep} = 0.15$  を示す緑れん石の出現をもってパンペリー石—アクチノ閃石片岩相の高温限界とした。この場合  $X_{CO_2}$  の効果が無視できるように  $CO_2$  を含む鉱物 (方解石など) が存在してはならないし, 緑泥石, 石英, 曹長石は常に存在しなければならない。また緑泥石の組成も  $X_{Fe}^{Ch} = 0.5 - 0.56$  でなければならない。しかし NAKAJIMA (1982) も示しているように,  $X_{Fe}^{Ch}$  の効果は無視しても, 普通の塩基性岩では, パンペリー石, 緑れん石の共生関係に与える影響は小さいようである。以上の前

提を踏まえて, 田ノ原川層のパンペリー石の出現について考察する。

第一に指摘しうるのは, 今後さらにパンペリー石の産出地点は増えるかもしれないにせよ, これまでの研究者がパンペリー石の出現を確認できなかったように, パンペリー石は一般には見出しにくく, 緑れん石の出現が普通であるということである。しかも緑れん石の  $X_{Fe}^{Ep}$  は 0.17 ~ 0.28 と, かなりのクリノゾイサイト分子を含んでいるものもある。つまり, 第 4 図を参考にするなら, パンペリー石の出現しにくい側, 第 4 図右側の高温側の変成条件を田ノ原川層の変成鉱物組合せは示している可能性があるということである。この可能性を支持するように, パンペリー石と共生する b 地点の緑れん石は  $X_{Fe} = 0.14$  と大変低い (第 4 図○印)。つまり, 第 4 図の点線で示されるような温度条件 ( $T_1$ ) を田ノ原川層の鉱物組合せは示しているといえるかもしれないのである。しかし, この点を明確にするには, 特にパンペリー石を含まない緑色岩中の緑れん石の組成についてのより詳しい検討を必要とする。したがって現状では圧力

条件の議論を別にしても、田ノ原川層の温度条件を $T_1$ とするのは早計である。しかしながら、観察事実として、NAKAJIMA (1982) のデータに示されているものよりもさらに小さい $X_{\text{Fe}}$ をもった緑れん石と共生するパンペリー石があることがわかった。今回のパンペリー石の発見から、田ノ原川層の鉱物組合せの示す変成条件は、NAKAJIMA (1982) の指摘によるパンペリー石—アクチノ閃石片岩の最高温度附近か、より高い温度を示す可能性があり、今後の田ノ原川層の鉱物組合せについての研究が重要である。

### まとめ

江津市に分布する田ノ原川層(三郡変成岩)から発見されたパンペリー石とその共生関係について報告した。この鉱物組合せがパンペリー石—アクチノ閃石片岩相の最高温度を示す可能性があることを述べ、今後の研究の重要性を指摘した。

### 謝 辞

本研究遂行にあたり小林英夫島根大学名誉教授には野外調査において御教示いただき、絶えず御援助と励ましをいただいた。また中沢の卒業論文を指導された。したがって本研究は小林教授を含めた共同研究と考えるべきであろう。田ノ原川層研究の契機を与えていただいた点も含め、ここに同教授に厚く謝意を表する次第である。

島根大学山内靖喜助教授には御多忙中、野外調査に同行され、貴重な御教示をいただいた。新学社の千貫浩氏(当時、神戸大学大学院)に御援助、御協力いただいた点も少なくない。さらに江津市上津井の赤水旅館の皆

様には格別の御援助と心暖まるお心使いをしていただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる次第である。

### 参 考 文 献

- 橋本光男, 1966: ブドウ石パンペリー石変グレイワック相, 地質雑, 72, 253-265.
- 橋本光男, 1972: 中国地方の三郡変成岩の鉱物相概観, 国立科博研報, 15 (14), 767-775.
- HASHIMOTO, M. & SAITO, Y. 1970: Metamorphism of Paleozoic greenstones of the Tamba plateau, Kyoto Prefecture. *J. Geol. Soc Japan*, 76, 1-6.
- 小林英夫, 1979: 江津北東部の変塩基性岩のRODINGITE, 島根大学理学部紀要, 13, 145-159.
- NAKAJIMA, T. 1982: Phase relations of pumpellyite-actinolite facies metabasites in the Sambagawa metamorphic belt in central Shikoku, Japan. *Lithos*, Vol. 15, 267-280.
- NAKAJIMA, T., BANNO, S. and SUZUKI, T. 1977: Reactions Leading to the Disappearance of Pumpellyite in Low-grade Metamorphic Rocks of the Sanbagawa Metamorphic Belt in Central Shikoku, Japan. *Journal of Petrology*, Vol. 18, 263-284.
- 岡村義彦・岡屋勉, 1975: 島根県江津地域の三郡変成岩類, 山口大学教育学部研究論叢, 25, 19-36.
- 島根県地質図編集委員会, 1982: 島根県地質図.
- 脇坂安彦, 1985: 変塩基性岩, 島根県の地質, 40-43.