

島根県美都町北東部三郡変成岩中の淡紅色緑簾石

新宮敦弘*・赤坂正秀**・山口佳昭***

Pink-colored epidote from the Sangun metamorphic rocks
in the northeastern part of Mito-cho, Shimane Prefecture, Japan

Atsuhiko SHINGU, Masahide AKASAKA and Yoshiaki YAMAGUCHI

Abstract

Pink-colored epidote, from the Sangun metamorphic rocks in the northeastern part of Mito-cho, Shimane Prefecture, was described.

This mineral forms thin layer, lens or veinlet in the pelitic schist. It occurs as euhedral to subhedral crystals up to about 0.8 mm long. It is slightly reddish under the microscope and pleochroism is not distinct. It is optically biaxial negative, $2V(\text{meas})=74\sim 79^\circ$. It shows complex zonal structure, sector zoning and parallel intergrowth composed of relatively Fe-rich and Al-poor epidote and Fe-poor and Al-rich one. The pistacite component varies from 12.3 to 19.1 mol%. This mineral contains Mn as Mn_2O_3 up to 0.77 wt. %. According to the thermal analyses, it dehydrates at 932 and 973°C. Unit-cell parameters calculated from the X-ray powder diffraction patterns are : $a=8.884(4)$, $b=5.615(3)$, $c=10.153(5)$ Å, $\beta=115.41(2)^\circ$, $V=457.4(4)$ Å³.

はじめに

新宮ほか(1989)は、島根県西部に位置する美濃郡美都町板井川地域の三郡変成岩中からバラ輝石を主な鉱石鉱物とするマンガン鉱石が新たに見いだされたことを報告した。その後、マンガン鉱床周辺の変成岩中から淡紅色を呈する緑簾石の産出を認めたので報告する。国内の淡紅色緑簾石については、兵庫県山中鉱山産のものが吉村・桃井(1963)によってウイザマイト(Withamite)として報告され、また、淡紅色クリノゾイサイトである斜桃簾石については、TAKESHITA and MATSUMOTO (1979)や竹下ほか(1989)などの報告があるが、三郡変成岩からの淡紅色のクリノゾイサイトー緑簾石系鉱物の産出については、本報告が初めてのものとおもわれる。

地質概説

美濃郡美都町から那賀郡三隅町にかけての地域(第1図)には、三郡ー中国帯(西村ほか, 1977)に属する三郡変成岩からなる三隅層群が分布する(岡村ほか, 1975)。三隅層群は見かけ上の下位から都茂累層、二川累層、黒沢累層の三層に区分される。都茂累層は、美都町都茂付近を中心に分布し、主に粘板岩、砂岩起源の片岩、準片岩からなる。二川累層は、美都町北東部に分布し、主に泥質片岩、砂質片岩、緑色片岩よりなり、少量の珪質片岩を伴う。黒沢累層は、主に泥質片岩、砂質片岩よりなり、三隅町地域に広く分布している。

淡紅色緑簾石は板井川地域の二川累層から産出する。調査地域の地質図を第2図に示す。本地域は、チャートラミナイト(吉田, 1981)を起源とする泥質片岩を主体とし、珪質片岩および緑色片岩を伴う。これらの結晶片岩には、ホルンフェルス化が認められるが、これは、北方と東方約1kmの地点に貫入している

* 榊藤井基礎設計事務所 Fujii-kisosekkei Jimusho Co., Ltd.
Higashitsuda 1349, Matsue, 690 Japan

** 島根大学理学部地質教室

*** 信州大学理学部地質教室

白亜紀深成岩類による熱が原因と考えられる。

地層の一般走向は東西方向で、北に傾斜するが、北北西から南南西方向の北西へ傾斜した軸を持つ向斜構造が認められる。向斜軸付近では、走向傾斜が著しく乱れる。

向斜軸周辺には安山岩質貫入岩類が分布する。山頂部に位置する最上部の珪質片岩中にはマンガン鉱床が胚胎する（新宮ほか、1989）。

産状と光学的性質

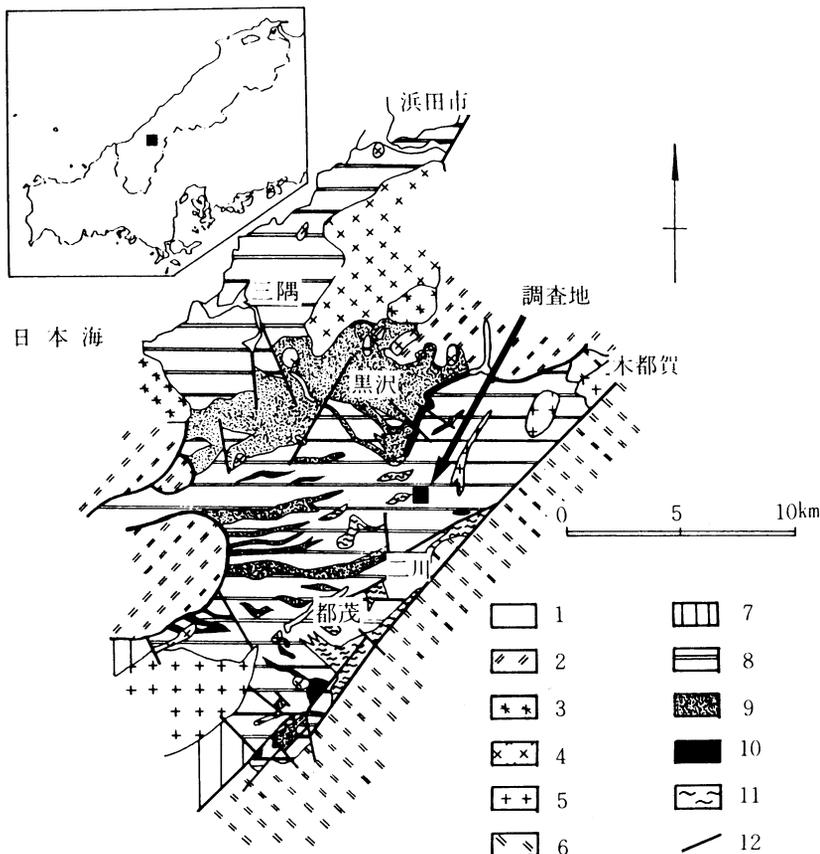
淡紅色緑簾石は、二川累層の泥質片岩中に淡紅色の薄層、レンズあるいは脈として産出し、珪質片岩、綠色片岩、安山岩質貫入岩類からは産出しない。第2図にこれまで確認している淡紅色緑簾石の産出地点を示す。母岩である泥質片岩は比較的石英に富み、石英の多い部分は数cm程度のレンズ状の集合体を形成して

いる。片理の発達が悪く、全体的に岩相変化に乏しい。局所的に石英脈、方解石脈が多い部分もある。本研究で詳細に検討したのはNo.88042604の地点で採集した試料である。

淡紅色緑簾石は、最大約0.8mm程度の自形～半自形で、包有物を多く含む。鏡下ではやや赤みがかった程度で、多色性ははっきりしない。複雑な累帯構造や砂時計構造が見られる（第3図A）。また、平行連晶状の構造も見られる（第3図B）。光学性は負、光軸角は $2V=74\sim 79^\circ$ で、緑簾石の値の範囲におさまり、吉村・桃井（1963）による山中鉱山産ウイザマイトの値とも一致する。

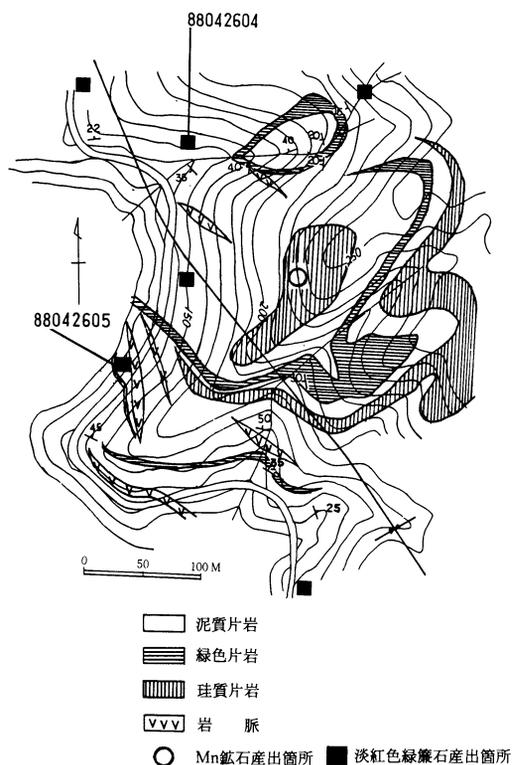
化学分析

淡紅色緑簾石の化学組成を検討するために、JEOL JXA-733マイクロプローブアナライザーによって分



第1図 位置図および美都地域の地質図（島根県地質図編集委員会、1982）

1、沖積層 2、古第三紀火山岩類 3、古第三紀花崗岩類 4、閃緑岩類 5、白亜紀花崗岩類 6、白亜紀火山岩類 7、鹿足層群 8～11、三郡変成岩類（8、泥質片岩 9、砂質片岩 10、珪質片岩 11、綠色片岩） 12、断層



第2図 調査地(板井川地域)の地質図(新宮ほか(1989)を一部修正)

析した。加速電圧は15 kV, 試料電流は0.02 μ A の条件である。

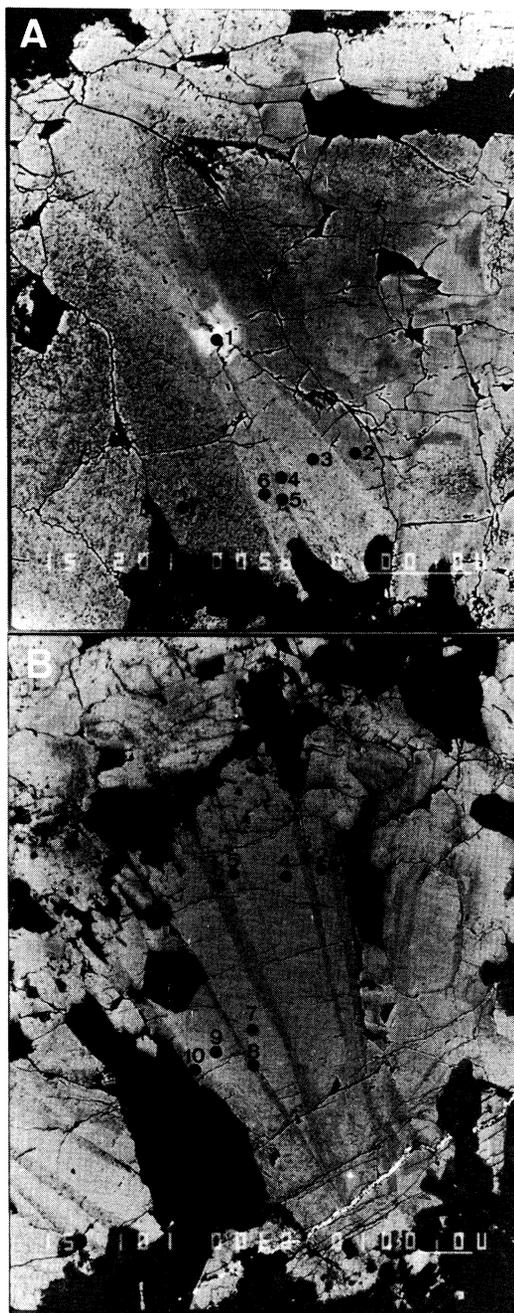
第1表に EPMA 分析結果を示す。分析点A 1~7の位置を第3図Aに、分析点B 1~10を第3図Bに示す。構造式ではMnがAl, Fe³⁺とともに6配位席を占めていると考えると都合がよいので、Mn³⁺として示す。

砂時計構造をしている淡紅色緑簾石では、Fe のより多いセクターと少ないセクターに分かれており、ピスタサイト (Ps) 成分が4 mol %程度異なるが、Mn や Mg の含有量には傾向が見られない。また、平行連晶状の構造を示すものも、Fe のより多い部分と少ない部分からなり、両者の Ps 成分の差はやはり4 mol %程度である。

Mn 含有量は全 Mn をMn₂O₃ としても0.8 wt.%以下であり、山中鉱山産のもの (MnO=1.08 wt.%) よりさらに少ない。

熱分析

淡紅色緑簾石の含水量を決定するため、島津熱分析



第3図 淡紅色緑簾石の反射電子像写真

白線の長さは100 μ m

A 砂時計構造の淡紅色緑簾石

点1~7は分析値A 1~A 7の分析位置

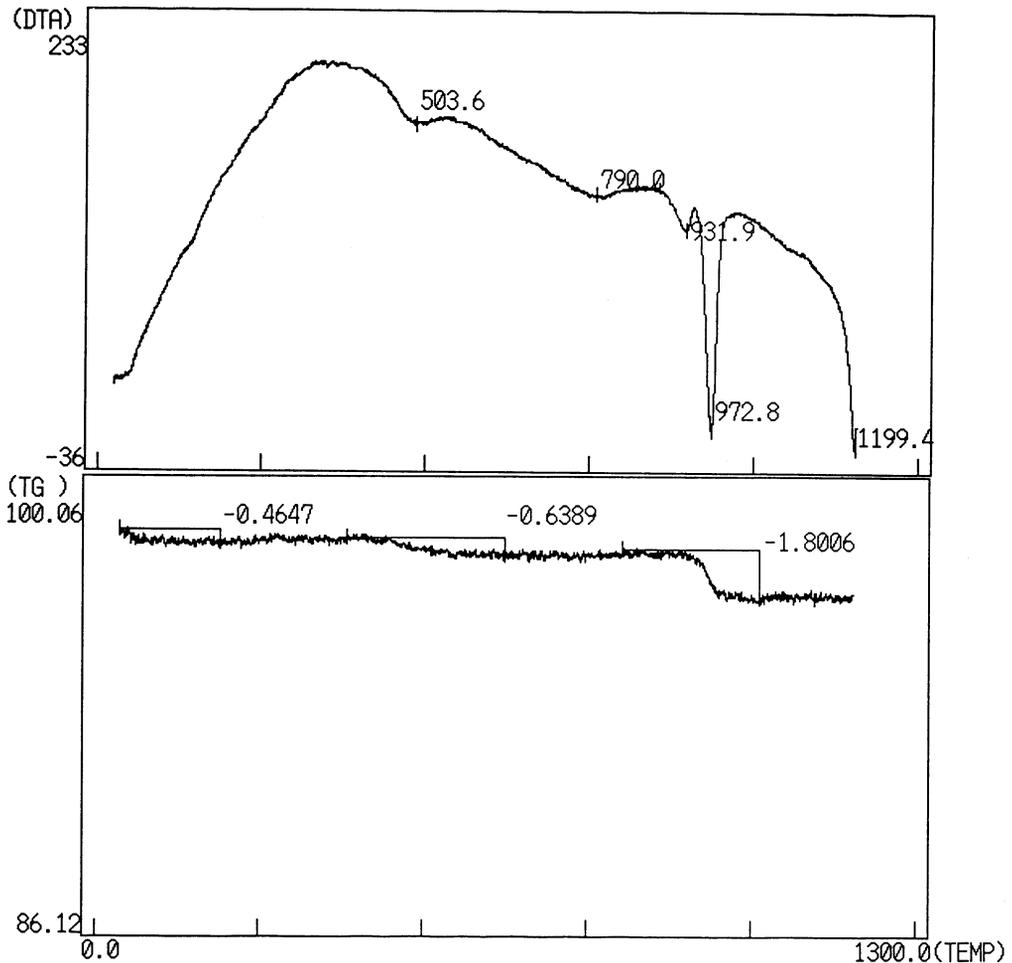
B 平行連晶状の淡紅色緑簾石

点1~10は分析値B 1~B 10の分析位置

第1表 淡紅色緑簾石の化学組織

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2
SiO ₂	37.21	38.53	38.49	38.36	38.70	38.27	38.50	39.02	38.86
TiO ₂	0.17	0.13	0.16	0.06	0.14	0.13	0.14	0.10	0.15
Al ₂ O ₃	26.08	26.51	25.44	25.12	27.14	25.63	27.08	28.05	26.76
Fe ₂ O ₃ **	7.56	7.99	9.46	9.50	7.48	9.01	7.76	6.53	8.13
Mn ₂ O ₃ ***	0.59	0.48	0.68	0.77	0.74	0.46	0.49	0.51	0.33
MgO	0.31	0.24	0.35	0.37	0.26	0.35	0.25	0.15	0.28
CaO	21.75	23.72	23.72	23.60	23.39	23.72	23.63	23.50	23.53
Na ₂ O	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02
Total	93.75	97.66	98.37	97.85	97.91	97.62	97.91	97.94	98.12
Cations per 12.5 oxygens									
Si	3.028	3.022	3.018	3.026	3.021	3.017	3.008	3.029	3.028
Al	2.501	2.450	2.351	2.336	2.497	2.381	2.494	2.566	2.458
Ti	0.010	0.007	0.009	0.003	0.008	0.007	0.008	0.006	0.008
Fe ³⁺	0.463	0.471	0.558	0.564	0.439	0.534	0.456	0.381	0.477
Mn	0.036	0.028	0.040	0.046	0.043	0.027	0.028	0.030	0.020
Mg	0.037	0.028	0.041	0.043	0.030	0.041	0.028	0.017	0.032
Ca	1.896	1.994	1.993	1.995	1.956	2.003	1.978	1.954	1.964
Na	0.008	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006
K	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002
	7.982	8.007	8.017	8.020	8.001	8.017	8.008	7.991	7.995
X _{Fe} ****	0.154	0.159	0.189	0.191	0.147	0.182	0.153	0.128	0.161
Cations per 12.5 oxygens									
	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	
SiO ₂	39.15	38.77	38.95	39.07	38.45	38.50	38.08	38.26	
TiO ₂	0.07	0.09	0.13	0.09	0.04	0.07	0.18	0.19	
Al ₂ O ₃	28.27	26.68	26.78	28.35	26.65	28.06	26.55	27.83	
Fe ₂ O ₃ *	6.31	8.02	8.15	6.28	8.19	6.71	8.55	6.55	
Mn ₂ O ₃ **	0.65	0.33	0.33	0.50	0.38	0.42	0.32	0.32	
MgO	0.17	0.26	0.26	0.14	0.29	0.20	0.35	0.23	
CaO	23.18	23.62	23.34	23.37	23.61	23.58	23.28	23.61	
Na ₂ O	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03	0.05	
K ₂ O	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	
Total	97.86	97.84	98.00	97.86	97.68	97.59	97.36	97.07	
Cations per 12.5 oxygens									
Si	3.037	3.030	3.036	3.030	3.015	3.003	2.997	3.001	
Al	2.584	2.458	2.460	2.591	2.463	2.580	2.463	2.573	
Ti	0.004	0.005	0.007	0.005	0.002	0.004	0.010	0.010	
Fe ³⁺	0.368	0.471	0.478	0.366	0.483	0.394	0.506	0.386	
Mn ³⁺	0.038	0.019	0.019	0.029	0.022	0.024	0.019	0.019	
Mg	0.020	0.030	0.030	0.016	0.034	0.023	0.041	0.027	
Ca	1.926	1.978	1.949	1.942	1.983	1.971	1.963	1.984	
Na	0.006	0.006	0.006	0.005	0.007	0.005	0.005	0.006	
K	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	
	7.984	7.998	7.986	7.986	8.011	8.005	8.005	8.008	
X _{Fe}	0.123	0.160	0.162	0.123	0.163	0.131	0.169	0.130	

* Total Fe as Fe₂O₃** Total Mn as Mn₂O₃*** X_{Fe}=Fe³⁺/(Al+Fe³⁺+Mn)



第4図 淡紅色緑簾石の DTA, TG 曲線
加熱速度 10℃/min, Pt/Pt-13Rh 熱電対

装置 DT-40・DTG システムを用いて、示差熱分析・熱重量測定を行った。

粉碎した試料を60 μ (0.25mm)のふるいにかけて、双眼顕微鏡下で分離し、純粋な試料を得た。18.75mgの試料を10℃/minの昇温速度で、1200℃まで過熱した。

分析結果を第4図に示す。吸熱ピークが、504, 790, 932, 973, 1199℃に見られる。504℃の吸熱ピークは、これまでのデータ (MACKENZIE, 1957; SMYKATZ-KLOSS, 1974) を検討したが、該当するものがなく、0.64 wt.%の減量がおこっていることから、淡紅色緑簾石中の包有物によるものと考えられる。790℃の吸熱ピークの原因は不明である。減量はおこっていない。1199℃の吸熱ピークも今のところ原因がはっきりわからない

が、減量が起こっていないことから、淡紅色緑簾石の脱水によるピークでないことは明らかである。過熱試料のX線粉末回折線より、ほとんどが transitional anorthite であることから、anorthiteの転移に関係したものである可能性がある。吸熱ピークと減量の関係から、932および973℃のピークが淡紅色緑簾石の脱水によるものであることがわかる。MACKENZIE (1957) は、938および987℃に緑簾石の吸熱ピークが生じることを報告しているが、今回の結果は、これと一致する。ゾイサイトでは938~998℃に1本の吸熱ピークしか生じないのに緑簾石では2本の吸熱ピークが現れる原因については、MACKENZIE が少量のゾイサイトのためではないかと述べているが、わかってい

ない、吸着水による減量0.46 wt.%と、包有物による減量0.64 wt.%を試料の重量から差し引いて淡紅色緑簾石の含水量を求めると、1.82 wt.%となり、98 wt.%前後を示す EPMA 分析結果と調和的である。

X線粉末回折

熱分析試料について、X線粉末回折を行った。シリコンを標準にして補正した結果を第2表に示す。

($\bar{1}13$), (020), (120), ($\bar{3}11$), (202), ($\bar{1}04$), (203),

第2表 淡紅色緑簾石のX線粉末回折線
(CuK α , 30kV, 15mA)

本研究				吉村・桃井 (1963)				本研究				吉村・桃井 (1963)			
l/lo	d(obs)	d(calc)	hkl	l/lo	d(obs)	l/lo	d(obs)	d(calc)	hkl	l/lo	d(obs)	l/lo	d(obs)		
4	9.14	9.17	001			10	1.984	1.982	$\bar{1}05$	3	1.9824				
8	8.025	8.024	100	5	7.965(100, $\bar{1}01$)	4	1.954	1.953	$\bar{3}05$	3	1.9530				
19	5.048	5.058	101	3	5.027	4	1.922	1.922	213	4	1.920				
31	4.998	5.015	$\bar{1}02$	16	4.998	8	1.880	1.879	222						
20	4.023	4.012	200	27	4.011	12	1.874	1.876	114	5	1.8734				
13	3.999	3.983	$\bar{2}02$	11	3.984			1.875	123						
5	3.752	3.758	111	7	3.755	8	1.866	1.870	$\bar{1}24$	26	1.8707($\bar{1}24$, 030)				
5	3.483	3.484	$\bar{2}11$	21	3.480			1.870	$\bar{2}24$						
48	3.402	3.402	102	21	3.400			1.869	$\bar{1}15$						
19	3.205	3.205	201	27	3.205	4	1.860	1.860	312						
35	3.060	3.057	003	15	3.058					4	1.8036(401)				
24	2.921	2.919	$\bar{3}02$							4	1.7772($\bar{3}24$)				
100	2.896	2.895	$\bar{1}13$	85	2.894($\bar{3}01$, 112, $\bar{1}13$)	6	1.742	1.743	015	7	1.7695(502)				
40	2.808	2.807	020	36	2.807			1.742	$\bar{4}22$	5	1.7430				
10	2.782	2.784	211	18	2.783	4	1.706	1.704	$\bar{4}15$						
35	2.685	2.685	013			10	1.699	1.701	204	8	1.7011(204, 504)				
		2.684	021	51	2.682	14	1.689	1.690	$\bar{2}06$	7	1.6874(512)				
30	2.673	2.675	300			8	1.672	1.672	306	3	1.6707				
10	2.649	2.650	120	20	2.652(300, $\bar{3}03$, 120)	8	1.642	1.642	105						
		2.648	$\bar{1}21$			44	1.635	1.637	$\bar{1}33$						
22	2.595	2.596	311	31	2.596			1.636	511	38	1.6352				
38	2.529	2.529	202	26	2.529			1.636	$\bar{1}06$						
				7	2.516(103)	8	1.624	1.624	124	17	1.6238				
19	2.508	2.507	$\bar{1}04$	10	2.506			1.624	$\bar{4}24$						
		2.507	$\bar{2}04$			20	1.588	1.588	$\bar{4}06$	3	1.6127(313, 322)				
8	2.448	2.450	$\bar{1}22$	13	2.449(121, $\bar{1}22$)	10	1.577	1.577	$\bar{3}31$	3	1.5961(033)				
20	2.402	2.400	$\bar{3}13$	40	2.398			1.576	$\bar{3}32$	17	1.5750				
10	2.391	2.394	022					1.576	115						
4	2.372	2.373	$\bar{2}21$	10	2.373	8	1.571	1.571	$\bar{1}16$						
8	2.304	2.306	212			6	1.544	1.543	510	10	1.5409				
20	2.293	2.294	$\bar{3}04$	20b	2.295(220, 004, 113, $\bar{3}04$, $\bar{2}22$)	10	1.540	1.541	412						
		2.293	004			10	1.528	1.530	$\bar{3}33$	5	1.5280($\bar{3}33$, 006)				
8	2.283	2.289	$\bar{1}14$					1.528	006						
		2.289	$\bar{2}14$	21	2.161(122, $\bar{1}23$)			1.528	$\bar{4}16$						
25	2.162	2.163	$\bar{4}01$			10	1.455	1.455	224						
8	2.151	2.154	$\bar{4}03$					1.455	331						
8	2.125	2.123	$\bar{3}14$					1.455	524	15	1.4549				
		2.122	014	24	2.107	6	1.447	1.448	$\bar{2}26$	5	1.4482(034)				
10	2.112	2.112	221					1.447	307						
8	2.100	2.103	$\bar{2}23$	17	2.067	10	1.403	1.404	040	6	1.4351($\bar{3}26$)				
8	2.066	2.068	023					1.403	215	23	1.4022				
		2.065	$\bar{4}12$	18	2.045	10	1.391	1.392	422						
19	2.045	2.045	203	3	2.026($\bar{3}21$)			1.391	$\bar{1}07$	18	1.3921(520)				
				8	2.006										
8	2.006	2.006	400												
				3	1.9898										
8	1.991	1.991	$\bar{4}04$												
		1.990	104												

(400), ($\bar{4}06$) の反射を使用して格子定数を測定した結果, $a=8.884(4)$, $b=5.615(3)$, $c=10.153(5)$ Å, $\beta=115.41(2)^\circ$, $V=457.4(4)$ Å³, の値を得た. X線粉末回折線および格子定数は Fe の比較的少ない緑簾石のものに近く, 山中鉾山産のウイザマイトとはほぼ同じ値である.

議論とまとめ

$\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_5\text{O}_{12}(\text{OH})$ (clinozoisite)– $\text{Ca}_2\text{Fe}_3^+\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$ (pistacite)– $\text{Ca}_2\text{Mn}_3^+\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$ (piontite)系の鉱物は, Al, Fe³⁺, Mn³⁺ の含有量によって色, 光学性, 格子定数などの諸性質が変化する. このグループの中で, 淡紅色～紅色を呈するのは一般に紅簾石 (piontite) と呼ばれる Mn³⁺ に富む種類であるが, Mn に乏しく Al に富むクリノゾイサイトや, Fe に富む緑簾石が淡紅色を呈する場合がある. 淡紅色を呈するゾイサイトが桃簾石と呼ばれることから, 淡紅色のクリノゾイサイトも桃簾石 (斜桃簾石) と呼ばれることが多い (例えば TAKESHITA and MATSUMOTO, 1979 など). しかし, 竹下ほか (1989) は, 淡紅色を示す二軸性正のクリノゾイサイトから二軸性負の緑簾石までを斜桃簾石としている. また, BREWSTER (1825) の命名によるウイザマイトは HUTTON (1938) によって Mn の少ない紅簾石であることが明らかにされたため, 現在ウイザマイトという鉱物名は使用されない. 以上のように, 色・光学性・化学組成による鉱物名には多少混乱があるので, 本論で記載した淡紅色を呈する緑簾石族鉱物には桃簾石, ウイザマイトという鉱物名を用いない. 本鉱物は, 化学組成, 格子定数から緑簾石とよぶのが妥当と考え, 紅簾石ではなく淡紅色緑簾石と記した.

二川累層の珪質片岩中にはおもにバラ輝石, スペサルティンからなるマンガン鉱床が存在する (新宮ほか, 1989) が, 今回報告した泥質片岩中の淡紅色の脈あるいはレンズは Mn がきわめて少ない淡紅色緑簾石の濃集部であったことは興味深い.

兵庫県山中鉾山産ウイザマイトは, 変質安山岩中に脈または斑点を成して産出し, マンガン鉱化作用に先行する熱水期に母岩の変質と同時に生成したと考えられている (吉村・桃井, 1963). また, 長崎県五島中通島の桃簾石は, 貫入岩の影響を受けた珪長質火山砕屑岩中に産出し, 緑簾石が熱水条件下で桃簾石に変化したと考えられている (TAKESHITA and MATSUMOTO, 1979).

本論では, 淡紅色緑簾石の成因を解く十分なデータを得ていないが, 小林・渡辺 (1985) は, 本地域の三郡変成岩類が白亜紀酸性深成岩による熱変成作用を受けており, 泥質岩には一般に黒雲母, 白雲母, 緑簾石, ザクロ石, 斜長石などが形成されていると述べている. 淡紅色緑簾石も産状から同様の成因が考えられる. しかし, 本地域に分布する小規模の貫入岩の影響がないかどうか, 検討を要する.

謝 辞

国立科学博物館加藤昭博士には鉱物名について御教示頂いた. 島根大学理学部高須晃博士には, 三郡変成岩について御教示頂いた. 農学部古野毅博士, 上原徹氏には, EPMA 使用にあたりお世話になった. 以上の方々に厚くお礼申し上げる.

文 献

- BREWSTER, D., 1825 : Description of withamite, a new mineral species found in Glen Coe, Edinburgh. *Jour. Sci.*, 2, 218-221.
- HUTTON, C. O., 1938 : On the nature of withamite from Glen Coe, Scotland. *Mineral. Mag.*, 25, 119-124.
- 小林英夫・渡辺暉夫, 1985 : 三隅—美都地域. 島根県の地質, 36. 島根県.
- MACKENZIE, R. C., 1957 : *The differential thermal investigation of clays*. 456p., The central press, London.
- 西村祐二郎・井上 保・山本博達, 1977 : 三郡帯, とくに層序と変成作用について. 三波川帯, 257-282. 広島大学出版研究会.
- 岡村義彦・西村祐二郎・長谷 晃・添田 晶・沖村雄二・広渡文利・木村慶信・赤塚政美・井上多津男・安居院弘輔・大谷顕一・弧島章一郎・1975 : 島根県益田地域の三郡変成岩類. 山口大学教育学部研究論叢, 25, 19-36.
- 島根大学地質図編集委員会, 1982 : 島根県地質図 (20万分の1). 島根大学理学部地質学教室.
- 新宮敦弘・赤坂正秀・山口佳昭, 1989 : 島根県美都町北東部三郡変成岩中に発見されたマンガン鉱石・山陰地域研究 (自然環境), 第5号, 67-74.
- SMYKATS—KLOSS, W., 1974 : *Differential thermal analysis*. 185p., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.

- TAKESHITA, H. and MATSUMOTO, Y., 1979 : Thulite and associated minerals from the Nakadori island, Goto, Nagasaki prefecture. J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol., 74, 235-244.
- 竹下 壽・松本徑夫・山岸猪久馬・吉田茂男・吉澤壯夫・宮下平司・柴本芳一, 1989 : 長野県入軽井沢におけるグリーンタフ中の貫入岩のエピドート変質について—とくに斜桃簾石について—. 地質雑, 95, 335-338.
- 吉村豊文・桃井 齊, 1963 : 兵庫県山中鉦山産ウイザマイト. 九州大学理学部研究報告 地質学之部, 6, 129-134.
- 吉田鎮男, 1981 : チャートラミナイト : 岩石学的記載と本邦地向斜における産状. 地質雑, 87, 131-141.