

富山県東又谷(片貝川上流)・鍋増谷(早月川 上流)の球状片麻岩中のホルンブレンド

藤 吉 瞭*

Hornblendes in Orbicular Gneisses at Higashimata-dani in the
Upper Katakai-gawa Area and at Nabezo-dani in the
Upper Hayatsuki-gawa Area, central Japan

Akira FUJIYOSHI*

Orbicules are found in biotite gneisses and amphibolites at Higashimata-dani in the upper Katakai-gawa area, and orbicules with pressure shadows and fringes at Nabezo-dani in the upper Hayatsuki-gawa area. Orbicules, pressure shadows and fringes were modified with dislocation metamorphism regionally observed in the northeastern part of the Hida metamorphic belt: modification is characterized by zoned plagioclase (An_{42-36} core; An_{33-27} margin with or without albitic rim), zoned hornblende (greenish brown core and blue green margin) and replacement of hornblende with chlorite, epidote and biotite.

Forty-nine hornblendes in orbicules, pressure shadows and fringe were analysed by using an electron microprobe analyser. The Ti content of hornblendes analysed indicates that the orbicules, pressure shadows and fringe were formed under high temperature condition and modified by dislocation metamorphism of low grade amphibolite facies or greenschist-amphibolite transition facies. The Al^{VI} content of hornblendes indicates that the orbicules were formed under low pressure condition and it increases in order of greenish brown hornblende of orbicules, greenish brown ones of the pressure shadows and fringe and blue green ones, reflecting the effect of deformation.

1. はじめに

飛驒変成帯東北部の片貝川上流の東又谷と早月川上流の鍋増谷に球状片麻岩が産出する (FUJIYOSHI, 1976; 藤吉, 1979)。現在まで、飛驒変成帯において球状岩は多くの地域から報告されている (木下, 1929; ISHIOKA, 1953; 野沢, 1953, 1969; 諏訪ほか, 1955; 太田, 1958; 佐藤, 1964; 加納, 1974)。

しかしながら、当地域の球状岩は典型的片麻岩中に球状部が発達していることと、pressure shadow, pressure fringe をもっていることにおいて、他の地域からのものと異なっている。この報告の目的は、この特徴的な球状片麻岩の球状部, pressure shadow 部, pressure fringe 部の主要な有色鉱物であるホルンブレンドの化学分析をすることにより、これらの形成条件を明らかにすることである。

1983年1月24日受理

* 静岡大学教育学部地学教室 Institute of Geosciences, School of Education, Shizuoka University, Shizuoka 422, Japan.

2. 球状岩の記載

東又谷・鍋増谷の球状片麻岩は、西部のアダメロ岩体の貫入に関係する変形・熱水作用を伴うカリ長石化作用で形成された眼球片麻岩帯—それは、もとの片麻岩の構造をよく残したカリ長石斑状変晶圧砕片麻岩と、もとの構造が消え、より均質な眼球片麻岩から成る—中に産出する(図1)。東又谷では図1の×印に球状片麻岩の露頭が、その上流では基質の細粒・中粒の球状片麻岩の転石が見出される。鍋増

谷では露頭は見出されず、×印の下流に点々と転石として豊富に産出する。

東又谷の球状片麻岩の球状部は殻が一般に未発達であり、基質は、細粒黒雲母片麻岩、中粒黒雲母片麻岩、粗粒角閃岩である。鍋増谷では、発達した優白質、優黒質の殻から成るリング状球状体が多く存在し、基質の片麻岩は粗粒の角閃岩である。鍋増谷の球状片麻岩のもう1つの特徴は球状部に伴って顕著な pressure shadow* と pressure fringe* が存在することである。ただし、pressure fringe の存在は

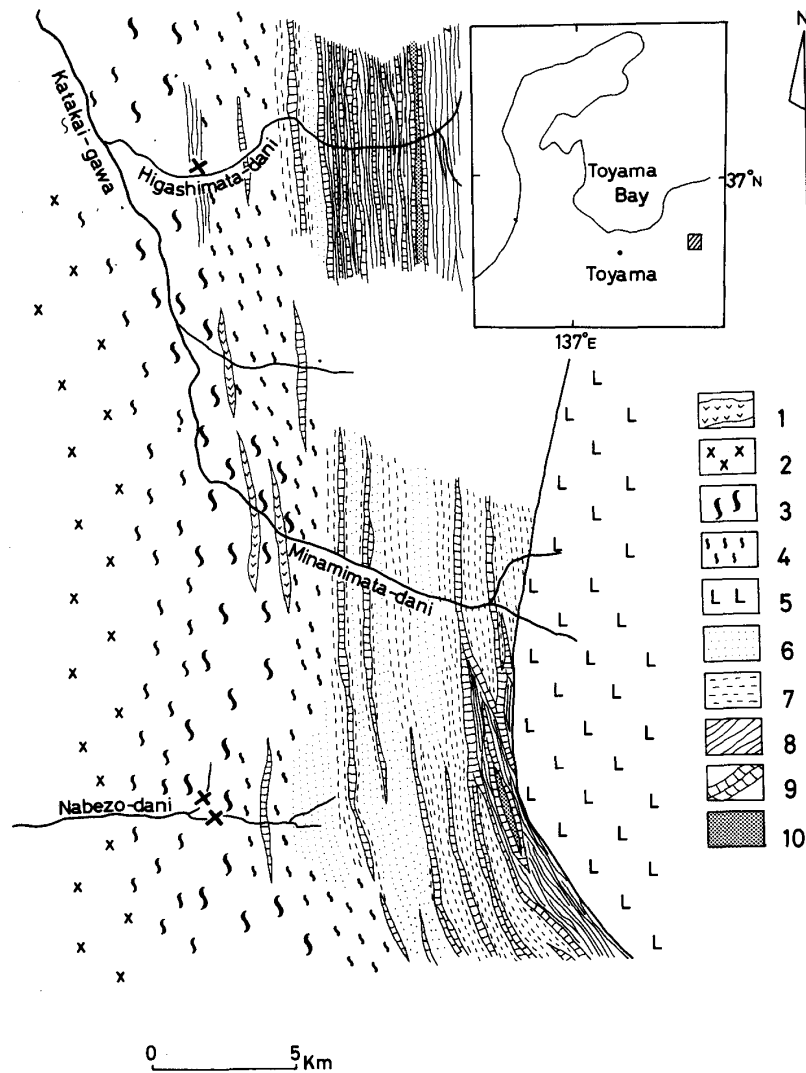


図1 東又谷・鍋増谷の地質図(FUJIYOSHI, 1970; 藤吉・中川, 1976)および球状片麻岩の産出地点(×印). 1:アブライト, 2:アダメロ岩, 3:眼球片麻岩, 4:カリ長石斑状変晶圧砕片麻岩, 5:毛勝岳花崗岩, 6:レプタイトおよびレプタイト質片麻岩, 7:石英長石質、泥質および塩基性片麻岩または片麻岩の互層, 8:角閃岩, 9:結晶質石灰岩(大理石), 10:泥質片麻岩

* Pressure shadow と pressure fringe はホルンブレンドの配列の仕方により SPRY (1969) に基づき区別した。

まれである。

球状部の優白核・殻は、斜長石から成り、球状部の優黒核・殻、pressure shadow 部、pressure fringe 部は斜長石、ホルンブレンドまたは黒雲母から成る。後の変形・熱水作用を伴うカリ長石化作用の影響を受けて、これらの斜長石・ホルンブレンドは累帯構造—斜長石(核: An_{42-36} , 縁: An_{34-27} , 時々最外縁: 曹長石), ホルンブレンド(核: 緑褐色, 縁: 青緑色)—を示す。さらに後の作用を強く受けたものでは、 An_{42-36} 斜長石は消失し、 An_{33-27} 斜長石が普通になり、時には石英・カリ長石が少量出現し、ホルンブレンドは緑泥石・緑れん石・二次的雲母によって交代される。この後の作用は一般に球状部より pressure shadow 部の方がより激しく受けており、ホルンブレンドが緑泥石等によって交代されているものが pressure shadow 部に多い。pressure fringe 部は後の影響をはげしく受けたものはみだされませんが、fringe 部の出現がまれであるので後の影響に関して球状部との比較は明瞭でない。

基質では、しばしば石英・カリ長石が出現し、 An_{42-36} 斜長石はまれで普通 An_{33-27} であり、球状部と比べると後の作用を強く受けている。

カリ長石化作用の結果生じたカリ長石斑状変晶圧砕片麻岩・眼球片麻岩は、それぞれ石英・カリ長石・斜長石 (An_{27-24} , しばしば縁 An_{10-3})・雲母・ホルンブレンド・緑泥石・緑れん石, 石英・カリ長石・斜長石 (An_{23-17} , しばしば縁 An_{10-2})・緑泥石・緑れん石・ホルンブレンドである。

3. ホルンブレンドの化学組成

東又谷の球状片麻岩の2個の球状部、鍋増谷の球状片麻岩の1個の球状部、2個の pressure shadow 部と1個の pressure fringe 部中のホルンブレンドを総計49個分析した。ホルンブレンドの分析はX線マイクロアナライザーを用いて行った。結果は表1に示す。

4. 考 察

表1に示した分析値から明らかなように、緑褐色ホルンブレンドは TiO_2 含有量に富み、青緑色角閃石は TiO_2 に乏しい。BINNS (1965), RAASE (1972)

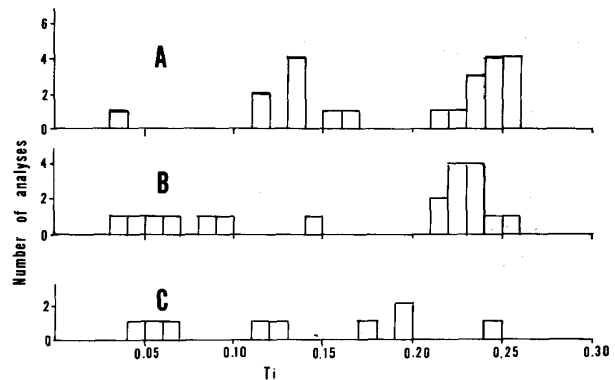


図2 球状部(A), pressure shadow (B), pressure fringe (C)からのホルンブレンド ($O = 23$)の Ti 含有量の頻度分布

によって観察されたように、角閃石の色は TiO_2 含有量に相関することを示している。RAASE (1974) は角閃石の TiO_2 含有量と変成相の間に相関関係があることを示した。従って、当地域の角閃石の生成条件を知るために、角閃石の構造式の酸素数を23としての Ti 含有量頻度分布を球状部、pressure shadow 部、pressure fringe 部中のホルンブレンドについてそれぞれ示した(図2)。これら3つの部分のホルンブレンドの Ti 含有量はそれぞれ0.25付近のものから0.05付近までわたっている(図2)。RAASE (1974)によると、 Ti 含有量0.20-0.25のものはホルンブレンド—グラニュライト相に対応し、0.05付近のものは角閃岩相の低温部または角閃岩相から緑色片岩相への転移相に対応する。

球状部のホルンブレンドに Ti 含有量0.20-0.25のものが存在することは、球状部の形成がグラニュライト相に対応する高温下で形成されたことを示す。普通、ホルンブレンド—グラニュライト相は、斜方輝石の存在によって特徴づけられるが、球状部および基質には斜方輝石も、単斜輝石も存在しない。このことは当地域の球状岩は高温ではあるが水に富む環境で形成されたことを示すのだろう。また、pressure shadow 部、pressure fringe 部中のホルンブレンドに同じように0.25-0.20の Ti 含有量が存在することは、球状岩の形成と同時にまたは後にひきつづきホルンブレンド—グラニュライト相に対応する高温下で変形運動が行われたことを示している。

球状部、pressure shadow 部、pressure fringe 部中のホルンブレンドは累帯構造(核: 緑褐色, 縁:

表1 ホルンブレンドのEPMA分析値

Sample No.	107 O											
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7**	8**	9*	10**	11*	12*
SiO ₂	42.20	42.22	42.70	43.10	42.29	42.79	42.00	41.71	42.56	42.37	42.73	42.31
Al ₂ O ₃	10.36	10.28	10.36	10.61	10.10	9.97	10.83	10.90	10.39	10.05	9.80	9.98
TiO ₂	1.31	1.87	1.45	2.26	2.21	2.13	1.18	1.15	2.24	1.97	2.01	2.08
FeO*	19.85	19.63	19.79	18.61	18.71	19.12	20.19	19.96	18.24	20.15	19.81	20.12
MgO	9.14	9.46	9.33	9.53	9.63	9.47	8.93	8.90	10.03	8.53	8.48	8.48
MnO	0.33	0.34	0.33	0.35	0.33	0.35	0.34	0.34	0.31	0.39	0.39	0.36
CaO	11.87	11.75	11.77	11.83	11.85	11.81	11.85	11.84	11.78	11.62	11.57	11.58
Na ₂ O	1.32	1.23	1.40	1.27	1.46	1.46	1.35	1.34	1.54	1.41	1.46	1.50
K ₂ O	1.47	1.34	1.36	1.22	1.21	1.27	1.37	1.37	1.18	1.49	1.51	1.46
Total	97.84	98.12	98.49	98.77	97.78	98.37	98.04	97.51	98.26	97.97	97.75	97.87
Number of cations (O=23)												
Si	6.465	6.436	6.484	6.474	6.445	6.488	6.428	6.416	6.432	6.491	6.546	6.489
Al ^{IV}	1.535	1.564	1.516	1.526	1.555	1.512	1.572	1.584	1.568	1.509	1.454	1.511
Al ^{VI}	0.336	0.284	0.339	0.353	0.260	0.270	0.382	0.393	0.283	0.306	0.316	0.294
Ti	0.151	0.214	0.166	0.255	0.253	0.243	0.136	0.133	0.255	0.227	0.232	0.240
Fe	2.543	2.503	2.513	2.338	2.385	2.424	2.584	2.568	2.305	2.582	2.538	2.581
Mg	2.087	2.149	2.111	2.134	2.187	2.140	2.037	2.040	2.259	1.947	1.936	1.938
Mn	0.043	0.044	0.042	0.045	0.043	0.045	0.044	0.044	0.040	0.051	0.051	0.047
Ca	1.949	1.919	1.915	1.904	1.935	1.919	1.943	1.951	1.907	1.907	1.899	1.903
Na	0.392	0.364	0.412	0.370	0.431	0.429	0.401	0.400	0.451	0.419	0.434	0.446
K	0.287	0.261	0.263	0.234	0.235	0.246	0.267	0.269	0.228	0.291	0.295	0.286

Sample No.	504 F						702 S						
	26*	27**	28**	29**	30**	31**	32**	33*	34**	35*	36*	37*	
SiO ₂	42.33	41.86	42.24	42.10	41.44	41.02	42.90	41.54	41.48	41.70	41.13	41.70	
Al ₂ O ₃	10.98	12.02	11.58	13.10	12.71	12.74	11.25	11.74	11.44	11.00	10.85	11.36	
TiO ₂	2.13	1.05	1.01	0.52	0.41	0.50	0.84	2.06	0.72	1.27	2.12	1.92	
FeO*	20.27	20.14	20.68	20.45	21.05	21.96	20.83	19.43	21.48	20.92	19.67	19.30	
MgO	7.81	7.54	7.44	6.78	7.22	6.67	8.16	8.45	7.57	7.72	8.51	8.85	
MnO	0.39	0.35	0.37	0.36	0.35	0.31	0.44	0.42	0.46	0.44	0.40	0.35	
CaO	11.88	11.90	11.83	11.66	11.53	11.83	12.05	11.93	12.27	12.07	12.37	11.93	
Na ₂ O	1.32	1.02	1.10	1.51	1.21	1.18	1.15	1.32	1.13	1.07	1.15	1.23	
K ₂ O	1.56	1.41	1.46	1.40	1.36	1.66	1.42	1.29	1.37	1.52	1.46	1.42	
Total	98.66	97.28	97.70	97.88	97.27	97.86	99.03	98.17	97.91	97.71	97.66	98.06	
Number of cations (O=23)													
Si	6.439	6.437	7.483	6.433	6.396	6.342	6.498	6.326	6.402	6.434	6.332	6.356	
Al ^{IV}	1.561	1.563	1.517	1.567	1.604	1.658	1.502	1.674	1.598	1.566	1.668	1.644	
Al ^{VI}	0.408	0.616	0.578	0.793	0.709	0.664	0.507	0.434	0.484	0.435	0.301	0.397	
Ti	0.244	0.121	0.117	0.060	0.048	0.058	0.096	0.236	0.084	0.147	0.245	0.220	
Fe	2.579	2.590	2.655	2.614	2.717	2.839	2.639	2.475	2.773	2.699	2.532	2.460	
Mg	1.770	1.728	1.702	1.544	1.661	1.537	1.842	1.918	1.741	1.755	1.952	2.011	
Mn	0.050	0.046	0.048	0.047	0.046	0.041	0.056	0.054	0.060	0.058	0.052	0.045	
Ca	1.936	1.961	1.946	1.909	1.907	1.960	1.956	1.947	2.029	1.995	2.040	1.949	
Na	0.389	0.304	0.327	0.447	0.362	0.354	0.388	0.390	0.338	0.320	0.343	0.364	
K	0.303	0.277	0.286	0.273	0.268	0.327	0.274	0.251	0.270	0.299	0.287	0.276	

107 O, 103 O: 東又谷の球状片麻岩からの球状部.

701 O: 鍋増谷の球状片麻岩からの球状部.

701 S, 702 S: 鍋増谷の球状片麻岩からの pressure shadow 部.

504 F: 鍋増谷の球状片麻岩からの pressure fringe 部.

* 緑褐色ホルンブレンド, ** 青緑色ホルンブレンド.

FeO*: 全 Fe 量を FeO として計算した.

701 O											504 F	
13*	14*	15*	16*	17*	18**	19**	20**	21**	22**	23*	24*	25*
42.25	40.63	41.21	41.58	41.38	41.66	41.21	40.27	39.87	40.48	42.36	42.36	42.29
10.14	11.39	11.46	11.33	11.33	12.14	15.09	12.99	13.22	12.83	10.72	10.90	11.21
1.99	2.19	2.17	2.03	2.13	1.03	0.31	1.15	0.99	1.17	1.51	1.72	1.67
19.63	20.59	2.30	20.37	20.30	21.46	20.56	21.68	22.55	21.86	20.10	20.26	20.77
8.50	8.15	8.55	8.54	8.58	7.71	6.85	7.57	7.41	7.70	7.90	7.65	7.46
0.39	0.28	0.28	0.27	0.22	0.42	0.37	0.35	0.28	0.31	0.32	0.37	0.41
11.61	11.73	11.83	11.81	11.73	12.00	11.78	11.81	11.77	11.79	11.94	11.66	12.29
1.31	1.28	1.44	1.29	1.27	0.95	1.32	1.40	1.25	1.23	1.43	1.26	1.29
1.47	1.46	1.59	1.53	1.49	1.20	0.61	1.70	1.75	1.68	1.44	1.53	1.59
97.28	97.72	98.83	98.75	98.42	98.57	98.10	98.91	99.09	99.04	97.71	97.70	98.98
6.501	6.269	6.277	6.328	6.315	6.359	6.253	6.173	6.126	6.193	6.499	6.498	6.434
1.499	1.731	1.732	1.672	1.685	1.641	1.747	1.827	1.874	1.807	1.501	1.502	1.566
0.340	0.341	0.326	0.361	0.354	0.544	0.952	0.520	0.521	0.507	0.438	0.468	0.445
0.230	0.254	0.249	0.232	0.244	0.118	0.035	0.133	0.114	0.135	0.174	0.198	0.191
2.526	2.657	2.586	2.593	2.591	2.740	2.609	2.779	2.898	2.797	2.579	2.599	2.643
1.949	1.874	1.941	1.937	1.952	1.754	1.549	1.729	1.697	1.756	1.806	1.749	1.691
0.051	0.037	0.036	0.035	0.028	0.054	0.048	0.045	0.036	0.040	0.042	0.048	0.053
1.914	1.943	1.931	1.926	1.918	1.963	1.915	1.940	1.938	1.933	1.963	1.917	2.003
0.391	0.383	0.425	0.381	0.376	0.281	0.388	0.416	0.372	0.365	0.425	0.375	0.381
0.289	0.287	0.309	0.297	0.290	0.234	0.118	0.332	0.343	0.328	0.282	0.299	0.309

702 S						701 S					
38*	39*	40*	41*	42*	43**	44**	45*	46*	47*	48*	49**
42.86	42.52	42.81	41.94	42.04	42.91	43.00	41.79	40.90	41.17	42.13	41.35
10.73	10.06	11.18	11.11	11.19	12.31	12.20	11.85	12.01	11.66	11.57	12.31
1.96	2.24	1.98	1.87	1.83	0.30	0.47	2.04	2.03	2.04	1.97	0.57
18.81	18.73	18.62	20.23	20.04	20.80	20.54	19.53	19.73	19.64	19.63	21.35
8.91	9.05	8.82	8.10	8.30	8.15	8.69	8.96	8.41	8.54	9.00	7.96
0.33	0.34	0.34	0.44	0.40	0.43	0.44	0.33	0.37	0.30	0.35	0.39
11.92	11.95	11.93	11.93	11.90	11.90	11.98	11.70	11.70	11.61	11.89	11.87
1.27	1.40	1.41	1.03	1.03	1.01	1.28	1.48	1.35	1.54	1.26	1.00
1.32	1.16	1.14	1.50	1.51	1.23	1.09	1.32	1.55	1.47	1.27	1.33
98.10	97.44	98.23	98.14	98.24	99.07	99.68	98.99	98.04	97.97	99.06	98.13
6.495	6.496	6.467	6.412	6.412	6.471	6.441	6.308	6.260	6.300	6.351	6.344
1.505	1.504	1.533	1.588	1.588	1.529	1.559	1.692	1.740	1.700	1.649	1.656
0.412	0.308	0.458	0.414	0.424	0.659	0.595	0.417	0.427	0.403	0.373	0.571
0.223	0.257	0.225	0.215	0.210	0.034	0.053	0.232	0.234	0.235	0.223	0.066
2.384	2.393	2.352	2.587	2.556	2.623	2.573	2.466	2.526	2.513	2.475	2.739
2.012	2.061	1.986	1.846	1.887	1.841	1.940	2.013	1.918	1.948	2.022	1.820
0.042	0.044	0.04	0.057	0.052	0.055	0.056	0.042	0.048	0.039	0.045	0.051
1.935	1.956	1.931	1.954	1.945	1.923	1.923	1.892	1.919	1.904	1.920	1.951
0.373	0.415	0.413	0.305	0.305	0.295	0.372	0.433	0.401	0.457	0.368	0.297
0.255	0.226	0.220	0.293	0.294	0.237	0.208	0.254	0.303	0.287	0.244	0.260

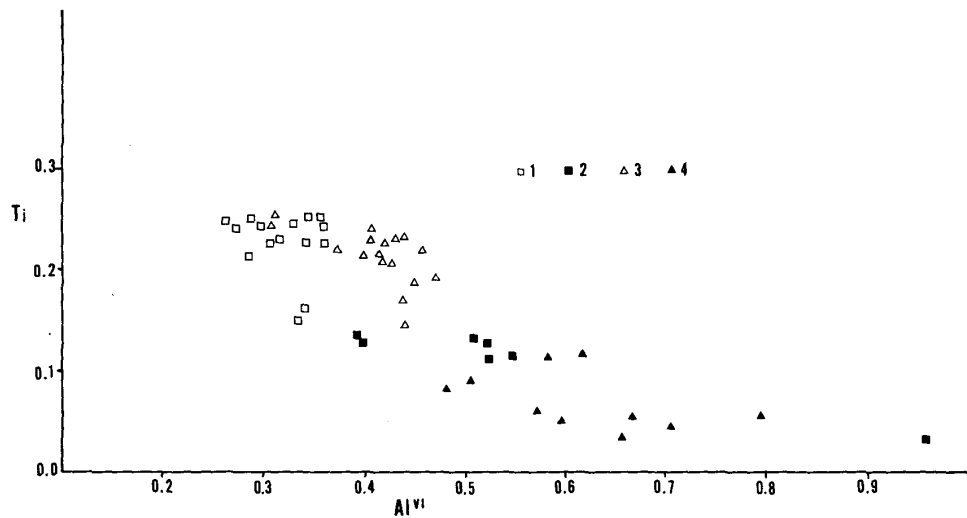


図3 球状部, pressure shadow と fringe 部からのホルンブレンド (O=23) の Ti と Al^{VI} の関係. 1: 球状部の緑褐色ホルンブレンド, 2: 球状部の青緑色ホルンブレンド, 3: pressure shadow と fringe 部の緑褐色ホルンブレンド, 4: pressure shadow と fringe 部の青緑色ホルンブレンド

青緑色) を示し, そしてそれぞれの青緑色ホルンブレンドが約 0.05 の Ti 含有量を示すことは, これらの部分が後に角閃岩相低温部または角閃岩-緑色片岩転移相付近の温度での作用を受けたことを示している. この後の作用は, 飛驒変成帯東北部の変成岩類に広く観察される dislocation metamorphism (藤吉・大沼, 1982) —これは, 正長石の格子状双晶を示す微斜長石への転移, 角閃石の褐色から青緑色への変化または角閃石の緑泥石・緑れん石による交代, 斜長石等の変形およびアダメロ岩体周辺部でのミロナイト化作用等によって特徴づけられる—に対応すると思われる.

LEAKE (1965, 1971), RAASE (1974) は角閃石中の Al^{VI} は圧力に依存することを示唆している. 従って当地域の角閃石の生成における圧力の影響を知るために, 球状部, pressure shadow 部, pressure fringe 部のホルンブレンド (O=23 として) の Ti と Al^{VI} の関係を図 3 に示した. 図 3 は Ti が減少するとともに Al^{VI} が増加する傾向があることを示す. 即ち緑褐色ホルンブレンドよりも青緑色ホルンブレンドの方が Al^{VI} が多い. また緑褐色ホルンブレンドの中では pressure shadow と fringe 部のものが球状部のものより Al^{VI} が多い. このことは, 変形運動によってホルンブレンド中の Al^{VI} が増加することを示している.

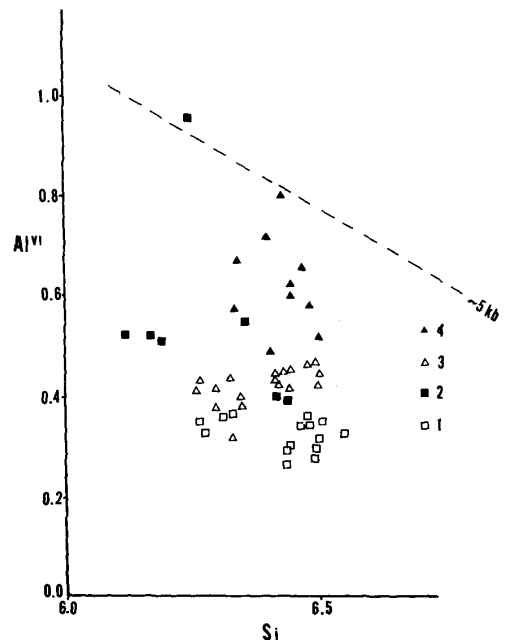


図4 球状部, pressure shadow と fringe 部からのホルンブレンド (O=23) の Si と Al^{VI} の関係. 1: 球状部の緑褐色ホルンブレンド, 2: 球状部の青緑色ホルンブレンド, 3: pressure shadow と fringe 部の緑褐色ホルンブレンド, 4: pressure shadow と fringe 部の青緑色ホルンブレンド

RAASE (1974) は、角閃石中の Si と Al^{VI} の関係が広域変成岩の形成された圧力条件を明らかにするのに有効であることを示しているため、当地域の分析したホルンブレンドの Si と Al^{VI} の値を RAASE (1974) の図に示した(図4)。当地域のホルンブレンドは、1個を除いてすべて約5 kb以下に落ち、RAASE (1974) によると低圧で形成された変成岩に対応する。図4は、図3とほぼ同じ傾向を示し、球状部の緑褐色ホルンブレンド、pressure shadow と fringe 部の緑褐色ホルンブレンド、青緑色ホルンブレンドの順により圧力の高い側に分布している。このことは、Ti と Al^{VI} の関係と同じように変形運動の影響を示すと思われる。従って変形運動は、pressure shadow と fringe の形成よりも青緑色ホルンブレンド形成時の方が強かったことを示していると考えられる。

当地域の角閃石の分析結果からみて、球状片麻岩は高温・低圧そして水に富んだ環境下で形成された。ひきつづき同じ条件下で変形運動を受け、pressure shadow と fringe が形成された。その後角閃岩相低温部または角閃岩-緑色片岩の転移相付近のより強い変形運動を受けた。pressure shadow と fringe の形成の変形運動と飛驒変成帯東北部で広く観察される後の dislocation metamorphism との関係は一連の作用なのか時間的に大きな間隙があったのかは現在考察中である。

謝 辞

この研究を進めるにあたり、静岡大学理学部地球科学教室の長沢敬之助教授・黒田直助教授、名古屋大学理学部地球科学教室の石岡孝吉教授・諏訪兼位助教授に御助言をいただいた。EPMAによる角閃石の分析に対しては名古屋大学理学部地球科学教室の鈴木和博博士に御助力いただいた。野外のサンプリングに対しては富山営林署片貝川治山事業所の方々に多大の便宜をはかっていただいた。これらの方々に厚く謝意を表します。

本研究には昭和57年度文部省科学研究費(一般C, 課題番号57540475)を使用した。当局に厚くお礼申し上げる。

文 献

- BINNS, R. A. (1965), The mineralogy of metamorphosed basic rocks from the Willyama complex, Broken Hill district, New South Wales. Part I. Hornblendes. *Miner. Mag.*, **35**, 306-326.
- FUJIYOSHI, A. (1970), Potassium feldspar from gneisses and granites in the upper Hayatsuki-gawa area, central Japan. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **18**, 1-27.
- (1977), Orbicules on gneisses in the upper Katakai-gawa area, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **83**, 557-565.
- 藤吉 瞭(1979), 富山県東又谷(片貝川上流)・鍋増谷(早月川上流)の球状片麻岩。日本列島の基盤, 加納 博教授記念論文集, 29-34.
- ・中川正久(1976), 富山県片貝川上流地域の飛驒変成帯の地質。静大地学研報, no. 2, 9-14.
- ・大沼久恵(1982), 富山県布施川上流, 黒部川下流域の片岩・片麻岩・花崗岩中のカリ長石の三斜度。続・日本列島の基盤, 地質学論集, 21号, 25-35.
- ISHIOKA, K. (1953), On orbicular esboite from the Amo mine, central Japan. *Jour. Earth Sci. Nagoya Univ.*, **1**, 85-95, 97-106.
- 加納 隆(1974), 飛驒変成帯の深成岩類。富山県地学地理学研究論集, 第6集, 155-186, 富山県地学会。
- 木下亀城(1929), 福井県大野郡産の球状閃緑岩。地質雑, **41**, 22.
- LEAKE, B. E. (1965), The relationship between tetrahedral aluminium and the maximum possible octahedral aluminium in natural calciferous and subcalciferous amphiboles. *Amer. Miner.*, **50**, 843-851.
- (1971), On aluminous and edenitic hornblendes. *Miner. Mag.*, **38**, 389-407.
- 野沢 保(1953), 飛驒山地で発見された球状岩。地質雑, **59**, 223.
- (1969), 飛驒変成帯の球状岩。岩鉱, **61**, 181-193.
- 太田昌秀(1958), 富山県立山川の転石から発見した球状閃緑岩。地質雑, **64**, 618-620.
- RAASE, P. (1972), Über die Farbung von Hornblenden und die mineralogische Kennzeichnung von Barroisit und Karinthin. *Karinthin*, **66**, 273-280.
- (1974), Al and Ti contents of hornblende, indicators of pressure and temperature of regional metamorphism. *Contr. Miner. Petrol.*, **45**, 231-236.
- 佐藤信次(1964), 神岡鉱山柄洞鉱の石灰質堆積起原球状閃緑岩。地質雑, **70**, 419.
- SPRY, A. (1969), Metamorphic texture. Pergamon Press, Oxford.
- 諏訪兼位・石岡孝吉・服部 仁(1955), 富山県小口川上流産の球状岩について。地質雑, **61**, 365.