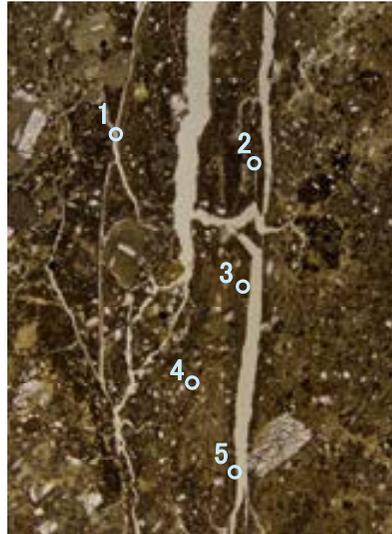
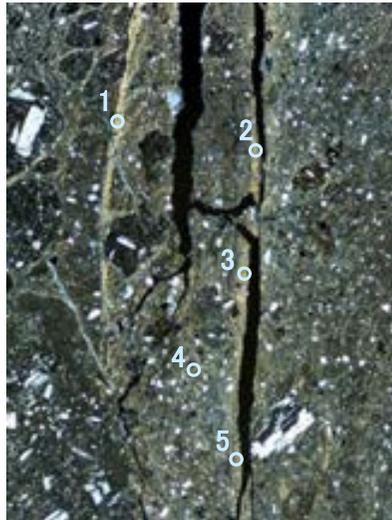


単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

分析位置

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値 (%)]					
SiO ₂	48.68	53.28	48.15	52.61	51.37
TiO ₂	0.71	0.76	0.40	0.56	0.63
Al ₂ O ₃	11.07	13.58	12.38	10.92	13.02
TFe ₂ O ₃	11.00	12.15	11.85	13.98	11.89
MnO	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02
MgO	4.13	3.60	3.13	3.82	3.42
CaO	0.51	0.64	0.70	0.49	0.49
Na ₂ O	1.10	1.93	1.47	1.60	1.82
K ₂ O	0.88	0.82	0.77	1.13	0.84
total	78.09	86.76	78.88	85.12	83.49

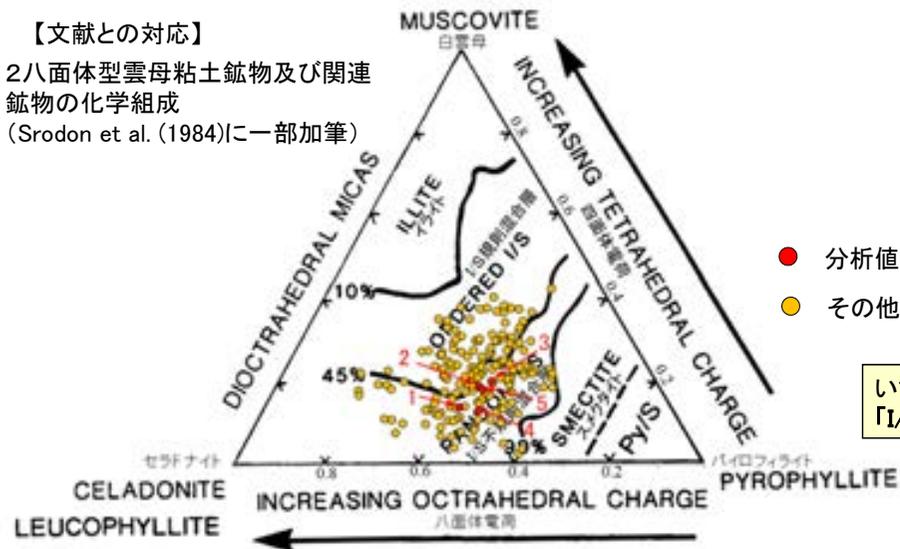
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

位置	組成式
1	(Ca _{0.04} Na _{0.17} K _{0.09} Mg _{0.04})(Fe _{0.66} Al _{0.89} Mg _{0.45})(Si _{3.86} Al _{0.14}) O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.05} Na _{0.27} K _{0.07})(Fe _{0.65} Al _{0.95} Mg _{0.38})(Si _{3.81} Al _{0.19}) O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.06} Na _{0.22} K _{0.08} Mg _{0.02})(Fe _{0.70} Al _{0.95} Mg _{0.35})(Si _{3.80} Al _{0.20}) O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.04} Na _{0.23} K _{0.11} Mg _{0.01})(Fe _{0.77} Al _{0.81} Mg _{0.41})(Si _{3.87} Al _{0.13}) O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.04} Na _{0.26} K _{0.08})(Fe _{0.66} Al _{0.96} Mg _{0.38})(Si _{3.82} Al _{0.18}) O ₁₀ (OH) ₂

【文献との対応】

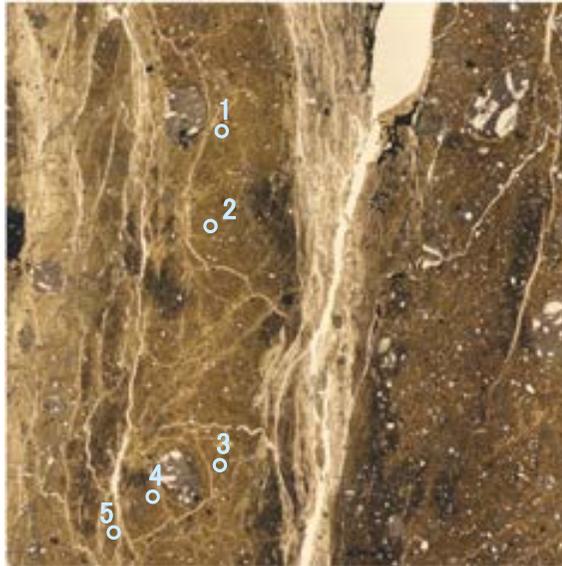
2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)



- 分析値(H-0.9-40孔)
- その他の分析値(敷地の粘土鉱物)

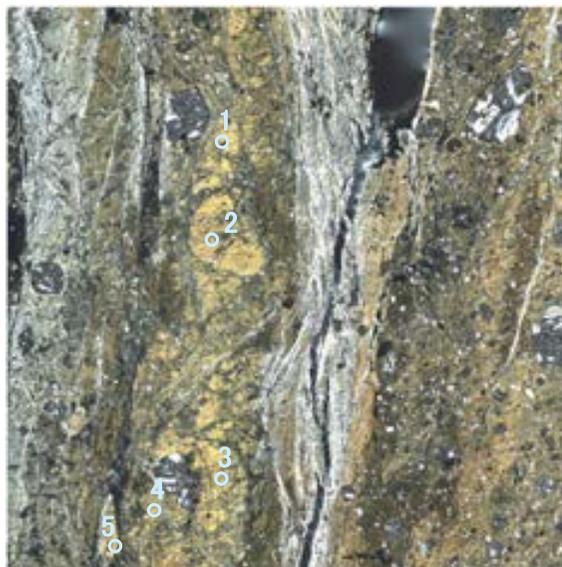
いずれの分析値も
「I/S混合層」に分類される。

単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

分析位置

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値 (%)]					
SiO ₂	48.45	52.09	55.55	51.49	50.13
TiO ₂	0.13	0.44	0.26	0.32	0.31
Al ₂ O ₃	10.17	8.36	9.64	8.08	8.30
TFe ₂ O ₃	12.17	13.72	13.73	13.65	12.13
MnO	0.07	0.05	0.02	0.05	0.03
MgO	2.80	3.25	3.80	4.42	3.23
CaO	0.53	0.75	0.64	0.38	0.45
Na ₂ O	1.26	1.62	2.07	1.42	1.49
K ₂ O	4.24	3.62	3.71	3.97	4.65
total	79.82	83.91	89.41	83.77	80.73

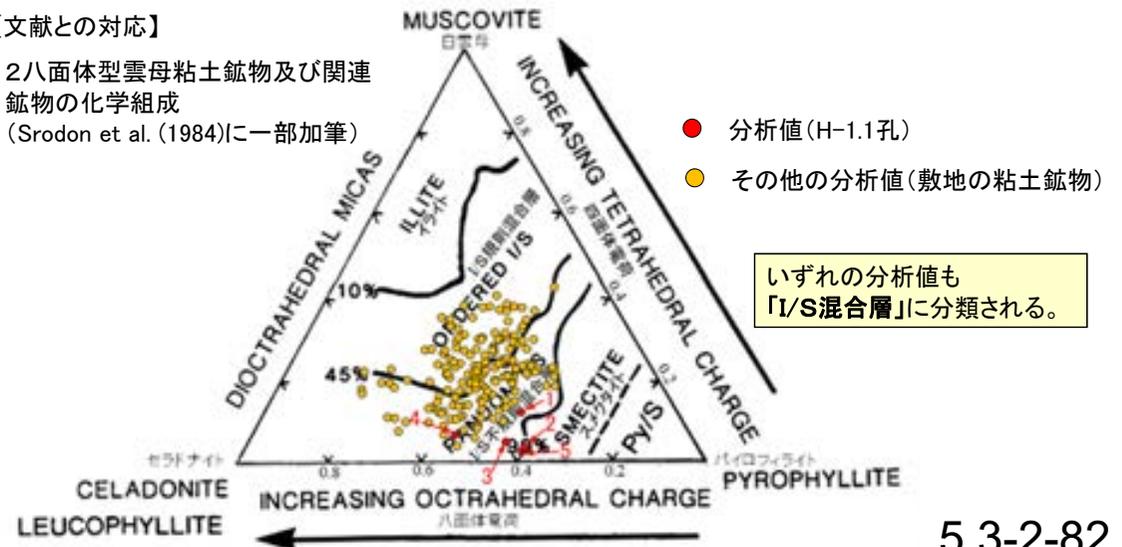
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

位置	組成式
1	$(Ca_{0.05}Na_{0.19}K_{0.43})(Fe_{0.73}Al_{0.83}Mg_{0.33})(Si_{3.87}Al_{0.13})O_{10}(OH)_2$
2	$(Ca_{0.06}Na_{0.24}K_{0.35})(Fe_{0.78}Al_{0.71}Mg_{0.37})(Si_{3.96}Al_{0.04})O_{10}(OH)_2$
3	$(Ca_{0.05}Na_{0.29}K_{0.34})(Fe_{0.73}Al_{0.76}Mg_{0.40})(Si_{3.95}Al_{0.05})O_{10}(OH)_2$
4	$(Ca_{0.03}Na_{0.21}K_{0.39})(Fe_{0.78}Al_{0.66}Mg_{0.50})(Si_{3.93}Al_{0.07})O_{10}(OH)_2$
5	$(Ca_{0.04}Na_{0.23}K_{0.47})(Fe_{0.72}Al_{0.75}Mg_{0.38})(Si_{3.97}Al_{0.03})O_{10}(OH)_2$

【文献との対応】

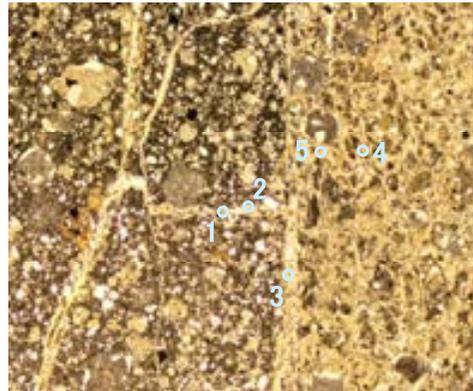
2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)



いずれの分析値も
「I/S混合層」に分類される。

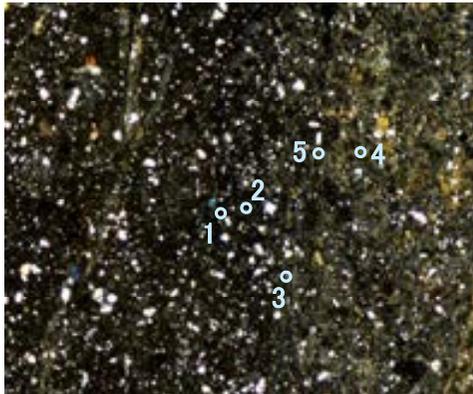
G-1.5-80孔_分析範囲 - EPMA分析結果, 化学組成検討 -

単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

分析位置

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値 (%)]					
SiO ₂	51.32	52.73	51.99	48.74	48.88
TiO ₂	0.43	0.47	0.31	0.96	0.36
Al ₂ O ₃	13.08	10.45	12.16	10.75	12.30
TFe ₂ O ₃	12.24	16.53	7.12	9.28	7.13
MnO	0.05	0.12	0.01	0.05	0.01
MgO	3.88	4.38	4.59	3.88	4.25
CaO	2.35	0.68	1.29	0.76	1.43
Na ₂ O	2.31	1.91	2.39	2.07	2.34
K ₂ O	1.21	1.35	2.82	2.88	2.21
total	86.87	88.62	82.69	79.36	78.89

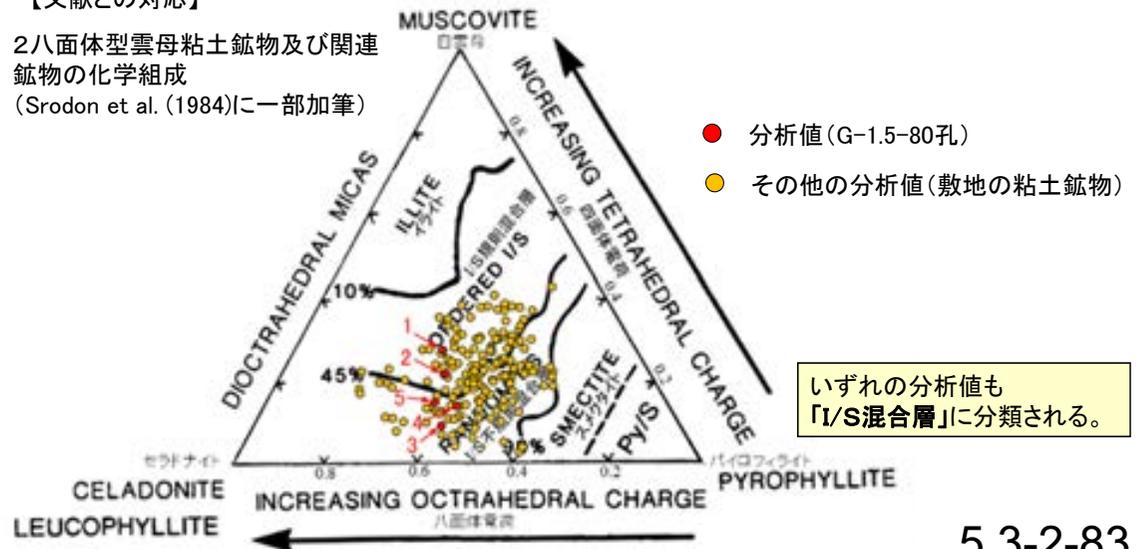
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

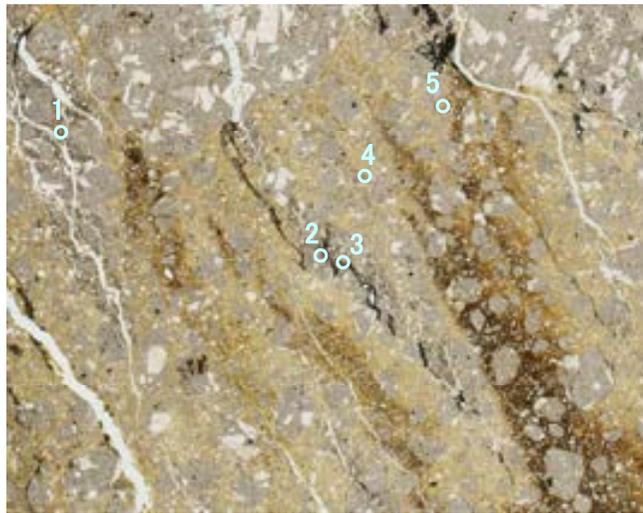
位置	組成式
1	(Ca _{0.18} Na _{0.33} K _{0.11})(Fe _{0.67} Al _{0.84} Mg _{0.42})(Si _{3.72} Al _{0.28})O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.05} Na _{0.27} K _{0.12} Mg _{0.03})(Fe _{0.89} Al _{0.67} Mg _{0.44})(Si _{3.78} Al _{0.22})O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.10} Na _{0.35} K _{0.27})(Fe _{0.40} Al _{0.99} Mg _{0.51})(Si _{3.91} Al _{0.09})O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.06} Na _{0.32} K _{0.29})(Fe _{0.55} Al _{0.86} Mg _{0.46})(Si _{3.86} Al _{0.14})O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.12} Na _{0.36} K _{0.22})(Fe _{0.42} Al _{0.99} Mg _{0.50})(Si _{3.85} Al _{0.15})O ₁₀ (OH) ₂

【文献との対応】

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)

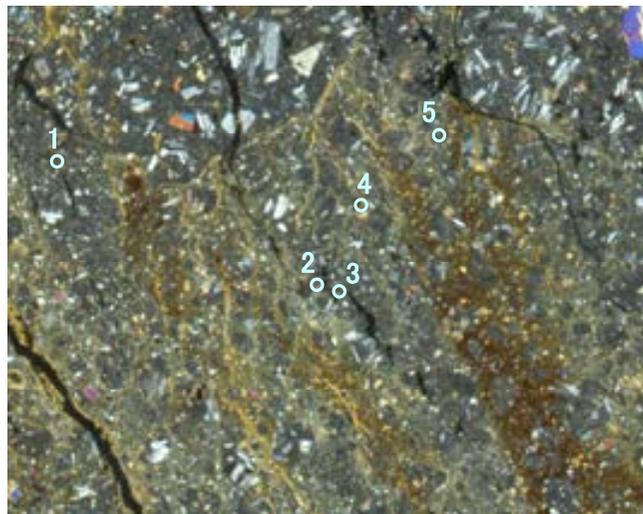


単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

分析位置

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値 (%)]					
SiO ₂	47.69	50.21	48.49	49.78	49.91
TiO ₂	0.22	0.14	0.06	0.13	0.06
Al ₂ O ₃	2.89	2.23	4.71	2.09	1.61
TFe ₂ O ₃	19.73	22.22	19.17	22.32	22.18
MnO	0.61	0.83	0.48	0.66	0.85
MgO	5.42	6.33	4.11	6.01	6.00
CaO	0.68	0.43	0.74	0.52	0.69
Na ₂ O	1.86	1.11	1.71	1.10	1.23
K ₂ O	1.10	0.98	1.63	0.98	0.96
total	80.19	84.48	81.10	83.59	83.47

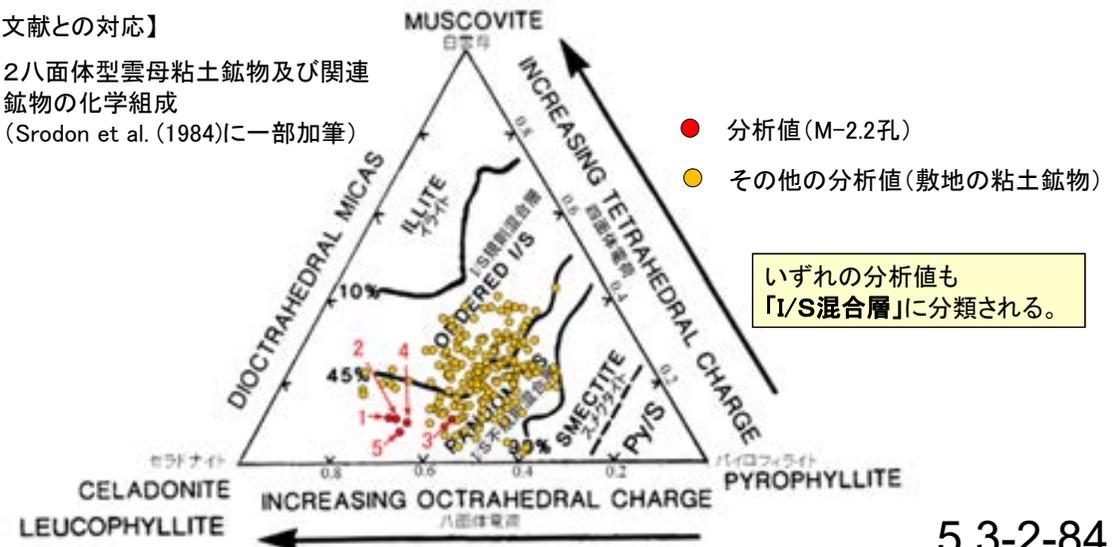
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

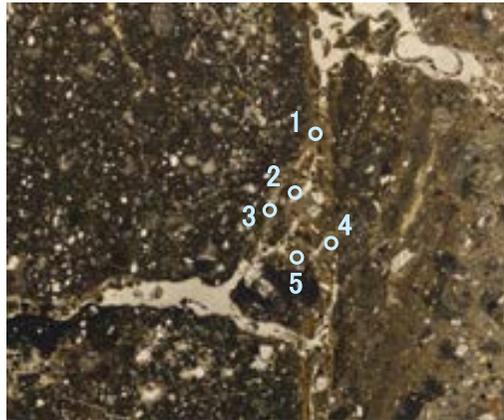
位置	組成式
1	(Ca _{0.06} Na _{0.29} K _{0.11} Mg _{0.04})(Fe _{1.21} Al _{0.17} Mg _{0.62})(Si _{3.89} Al _{0.11})O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.04} Na _{0.17} K _{0.10} Mg _{0.12})(Fe _{1.30} Al _{0.09} Mg _{0.61})(Si _{3.89} Al _{0.11})O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.06} Na _{0.27} K _{0.17})(Fe _{1.16} Al _{0.34} Mg _{0.49})(Si _{3.89} Al _{0.11})O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.04} Na _{0.17} K _{0.10} Mg _{0.11})(Fe _{1.32} Al _{0.09} Mg _{0.59})(Si _{3.90} Al _{0.10})O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.06} Na _{0.19} K _{0.10} Mg _{0.09})(Fe _{1.31} Al _{0.07} Mg _{0.62})(Si _{3.92} Al _{0.08})O ₁₀ (OH) ₂

【文献との対応】

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)

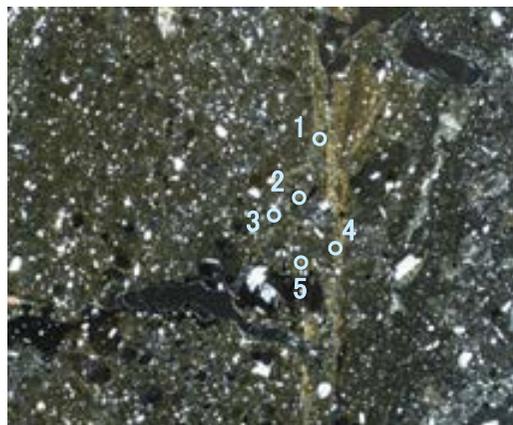


単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

分析位置

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値 (%)]					
SiO ₂	46.71	49.39	48.95	44.23	52.32
TiO ₂	0.55	0.38	0.45	0.49	0.94
Al ₂ O ₃	10.61	11.65	10.60	9.86	13.66
TFe ₂ O ₃	14.17	14.62	15.29	16.03	10.29
MnO	0.17	0.20	0.20	0.32	0.06
MgO	2.17	1.86	2.39	1.95	3.48
CaO	2.43	0.95	1.18	0.76	1.11
Na ₂ O	1.20	2.54	3.01	1.24	2.78
K ₂ O	0.97	1.52	1.05	1.29	1.56
total	78.97	83.11	83.12	76.18	86.20

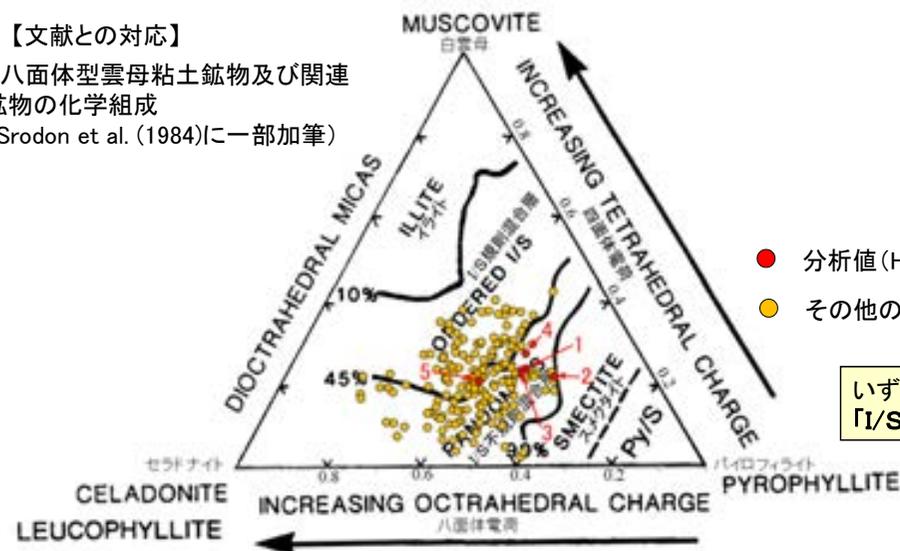
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

位置	組成式
1	(Ca _{0.21} Na _{0.19} K _{0.10})(Fe _{0.86} Al _{0.76} Mg _{0.26})(Si _{3.76} Al _{0.24}) O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.08} Na _{0.38} K _{0.15})(Fe _{0.84} Al _{0.83} Mg _{0.21})(Si _{3.78} Al _{0.22}) O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.10} Na _{0.45} K _{0.10})(Fe _{0.88} Al _{0.72} Mg _{0.27})(Si _{3.76} Al _{0.24}) O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.07} Na _{0.20} K _{0.14})(Fe _{1.01} Al _{0.70} Mg _{0.24})(Si _{3.72} Al _{0.28}) O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.09} Na _{0.39} K _{0.14})(Fe _{0.56} Al _{0.95} Mg _{0.38})(Si _{3.79} Al _{0.21}) O ₁₀ (OH) ₂

【文献との対応】

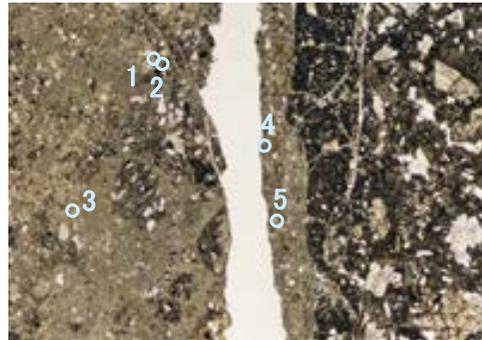
2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)



- 分析値(H- -0.3-80孔)
- その他の分析値(敷地の粘土鉱物)

いずれの分析値も
「I/S混合層」に分類される。

単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

分析位置(分析範囲A)

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値(%)]					
SiO ₂	46.10	46.27	46.37	45.50	48.11
TiO ₂	0.49	1.83	0.70	0.41	0.56
Al ₂ O ₃	8.99	10.53	10.30	13.78	11.37
TFe ₂ O ₃	11.97	9.56	9.81	6.28	8.60
MnO	0.03	0.04	0.07	0.01	0.02
MgO	5.19	3.66	4.73	3.78	5.05
CaO	1.58	1.47	1.30	3.06	1.98
Na ₂ O	1.28	1.69	1.38	1.74	1.40
K ₂ O	1.93	1.82	1.78	1.18	1.94
total	77.57	76.85	76.43	75.74	79.02

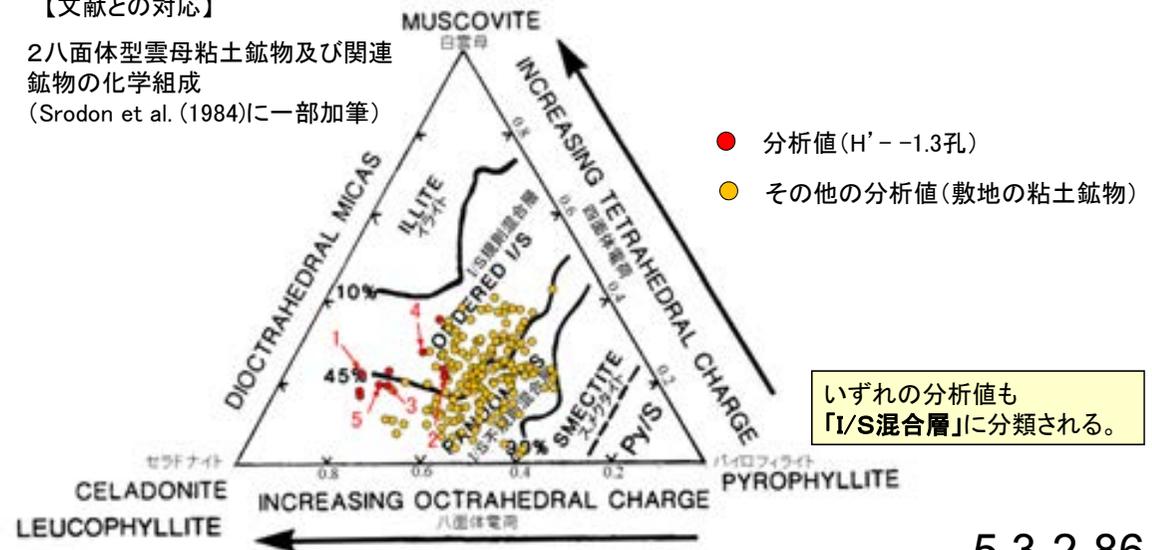
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

位置	組成式
1	(Ca _{0.14} Na _{0.20} K _{0.20} Mg _{0.02})(Fe _{0.74} Al _{0.64} Mg _{0.62})(Si _{3.78} Al _{0.22})O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.13} Na _{0.27} K _{0.19})(Fe _{0.59} Al _{0.80} Mg _{0.45})(Si _{3.76} Al _{0.22})O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.11} Na _{0.22} K _{0.19})(Fe _{0.61} Al _{0.80} Mg _{0.58})(Si _{3.81} Al _{0.19})O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.27} Na _{0.28} K _{0.12})(Fe _{0.39} Al _{1.05} Mg _{0.46})(Si _{3.72} Al _{0.28})O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.17} Na _{0.21} K _{0.20})(Fe _{0.51} Al _{0.86} Mg _{0.59})(Si _{3.80} Al _{0.20})O ₁₀ (OH) ₂

【文献との対応】

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)

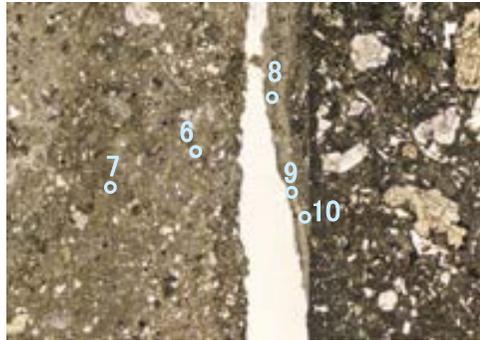


【EPMA分析結果】

分析位置	6	7	8	9	10
[EPMA分析値 (%)]					
SiO ₂	49.45	48.25	50.10	45.30	49.85
TiO ₂	0.50	0.77	0.50	0.56	0.60
Al ₂ O ₃	12.44	10.17	14.82	15.40	12.35
TFe ₂ O ₃	8.92	9.52	6.76	5.11	7.33
MnO	0.03	0.05	0.02	0.00	0.02
MgO	4.90	5.72	3.92	3.22	5.73
CaO	2.07	0.82	2.72	4.32	1.51
Na ₂ O	1.54	1.18	2.08	2.11	1.65
K ₂ O	2.37	2.46	1.24	1.32	1.76
total	82.21	78.95	82.17	77.35	80.79

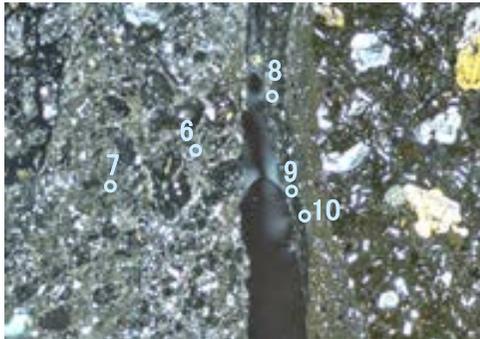
カリウムを含むことを確認した。

単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

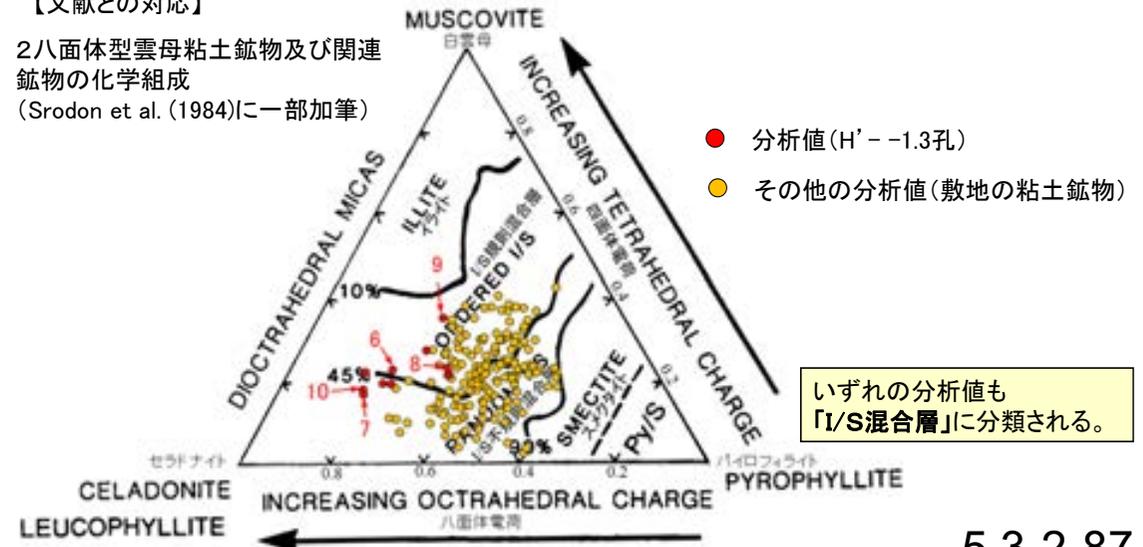
分析位置(分析範囲B)

【EPMA分析結果に基づく組成式】

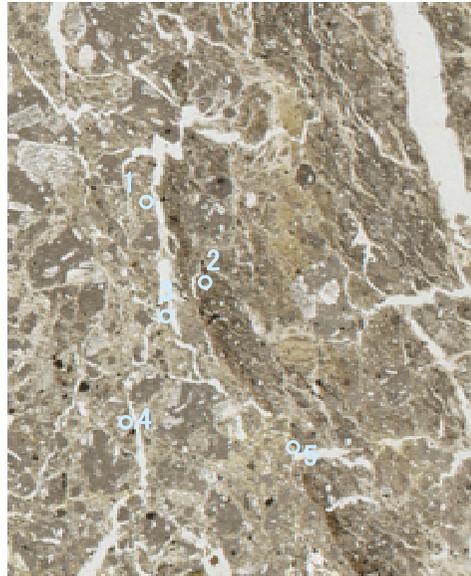
位置	組成式
6	$(Ca_{0.17}Na_{0.23}K_{0.23})(Fe_{0.51}Al_{0.89}Mg_{0.56})(Si_{3.77}Al_{0.23})O_{10}(OH)_2$
7	$(Ca_{0.07}Na_{0.18}K_{0.25}Mg_{0.03})(Fe_{0.57}Al_{0.78}Mg_{0.65})(Si_{3.83}Al_{0.17})O_{10}(OH)_2$
8	$(Ca_{0.22}Na_{0.30}K_{0.12})(Fe_{0.38}Al_{1.08}Mg_{0.44})(Si_{3.77}Al_{0.23})O_{10}(OH)_2$
9	$(Ca_{0.37}Na_{0.33}K_{0.14})(Fe_{0.31}Al_{1.10}Mg_{0.39})(Si_{3.64}Al_{0.36})O_{10}(OH)_2$
10	$(Ca_{0.12}Na_{0.24}K_{0.17}Mg_{0.01})(Fe_{0.42}Al_{0.93}Mg_{0.64})(Si_{3.82}Al_{0.18})O_{10}(OH)_2$

【文献との対応】

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)



単ニコル



1mm

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値 (%)]					
SiO ₂	49.72	44.96	45.46	49.28	47.53
TiO ₂	0.07	0.23	0.28	0.25	0.11
Al ₂ O ₃	12.64	6.96	6.51	6.86	5.72
TFe ₂ O ₃	8.65	14.32	15.38	16.57	23.56
MnO	0.01	0.23	0.00	0.00	0.12
MgO	4.01	5.28	3.72	4.82	2.68
CaO	4.66	0.61	1.00	0.71	0.23
Na ₂ O	2.33	1.25	2.11	1.47	2.45
K ₂ O	0.95	1.48	1.12	1.19	0.99
total	83.04	75.31	75.59	81.14	83.40

カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

位置	組成式
1	(Ca _{0.38} Na _{0.34} K _{0.09})(Fe _{0.49} Al _{0.89} Mg _{0.45})(Si _{3.76} Al _{0.24}) O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.06} Na _{0.21} K _{0.16} Mg _{0.09})(Fe _{0.91} Al _{0.51} Mg _{0.57})(Si _{3.82} Al _{0.18}) O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.09} Na _{0.35} K _{0.12})(Fe _{0.98} Al _{0.51} Mg _{0.47})(Si _{3.86} Al _{0.14}) O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.06} Na _{0.22} K _{0.12} Mg _{0.06})(Fe _{0.96} Al _{0.51} Mg _{0.51})(Si _{3.88} Al _{0.12}) O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.02} Na _{0.37} K _{0.10})(Fe _{1.40} Al _{0.29} Mg _{0.31})(Si _{3.75} Al _{0.25}) O ₁₀ (OH) ₂

直交ニコル

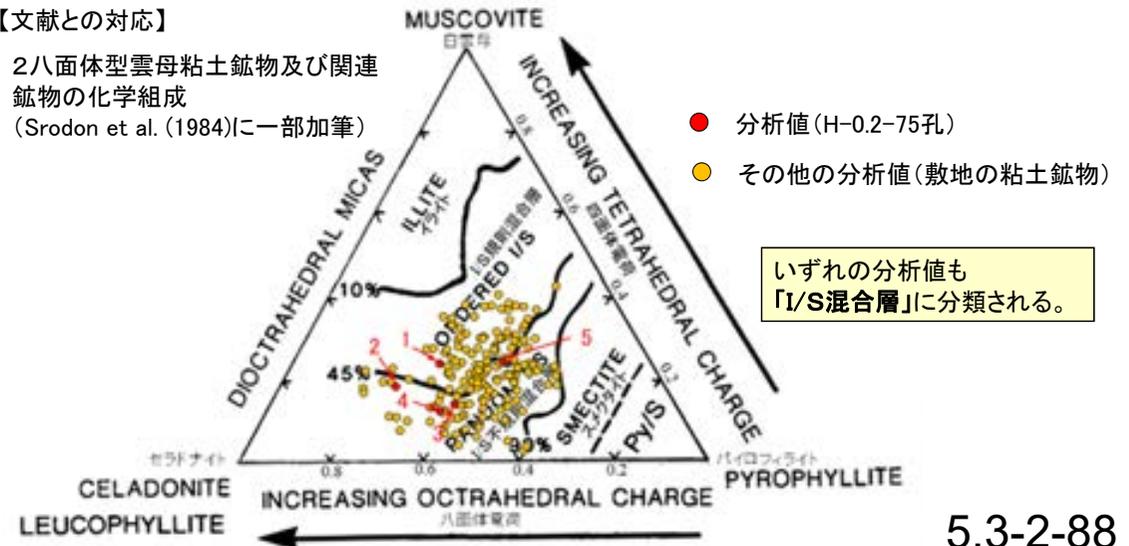


1mm

分析位置

【文献との対応】

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)

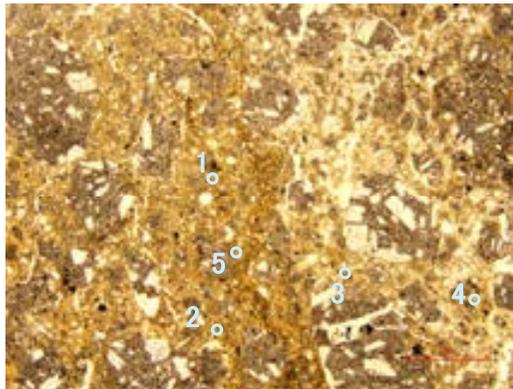


- 分析値(H-0.2-75孔)
- その他の分析値(敷地の粘土鉱物)

いずれの分析値も
「I/S混合層」に分類される。

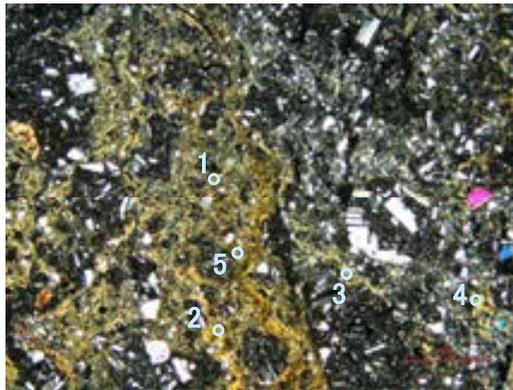
H-0.2-60孔_分析範囲 - EPMA分析結果, 化学組成検討 -

単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

分析位置

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値 (%)]					
SiO ₂	46.71	48.88	47.87	49.99	50.43
TiO ₂	0.21	0.10	0.59	0.54	0.30
Al ₂ O ₃	3.16	2.36	4.59	6.79	3.92
TFe ₂ O ₃	19.45	22.24	18.75	15.31	19.79
MnO	0.01	0.04	0.03	0.00	0.00
MgO	4.56	4.71	4.17	3.82	4.57
CaO	0.22	0.41	0.47	1.67	0.32
Na ₂ O	1.76	2.27	1.77	1.84	1.63
K ₂ O	1.13	1.53	2.19	1.81	1.32
total	77.20	82.54	80.43	81.77	82.27

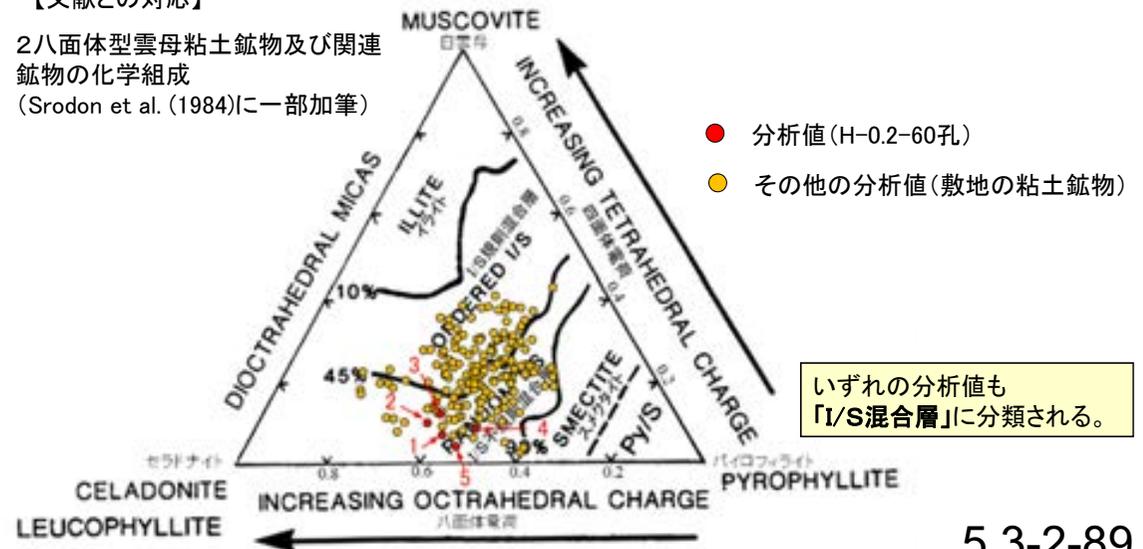
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

位置	組成式
1	(Ca _{0.02} Na _{0.29} K _{0.12} Mg _{0.05})(Fe _{1.23} Al _{0.24} Mg _{0.53})(Si _{3.93} Al _{0.07}) O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.04} Na _{0.35} K _{0.16} Mg _{0.02})(Fe _{1.34} Al _{0.12} Mg _{0.54})(Si _{3.90} Al _{0.10}) O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.04} Na _{0.28} K _{0.23})(Fe _{1.14} Al _{0.32} Mg _{0.50})(Si _{3.88} Al _{0.12}) O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.14} Na _{0.28} K _{0.18})(Fe _{0.90} Al _{0.54} Mg _{0.45})(Si _{3.91} Al _{0.09}) O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.03} Na _{0.25} K _{0.13} Mg _{0.02})(Fe _{1.17} Al _{0.32} Mg _{0.51})(Si _{3.96} Al _{0.04}) O ₁₀ (OH) ₂

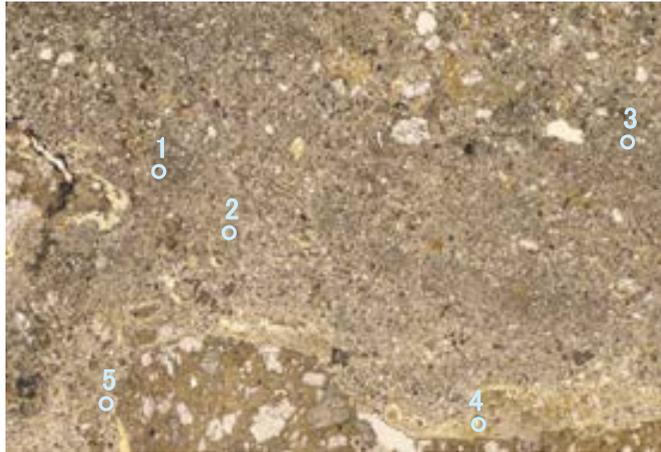
【文献との対応】

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)



いずれの分析値も
「I/S混合層」に分類される。

単ニコル



2mm

直交ニコル



2mm

分析位置

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
【EPMA分析値 (%)】					
SiO ₂	48.89	49.72	53.54	51.67	49.30
TiO ₂	0.46	0.28	0.44	0.47	0.45
Al ₂ O ₃	11.72	13.54	17.19	15.47	13.22
TFe ₂ O ₃	11.16	10.93	8.67	9.92	11.44
MnO	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01
MgO	5.00	3.43	3.93	3.87	4.33
CaO	0.70	1.53	0.77	0.83	0.71
Na ₂ O	0.21	0.55	0.30	0.38	0.28
K ₂ O	0.69	0.73	0.79	0.62	0.63
total	78.85	80.74	85.65	83.26	80.38

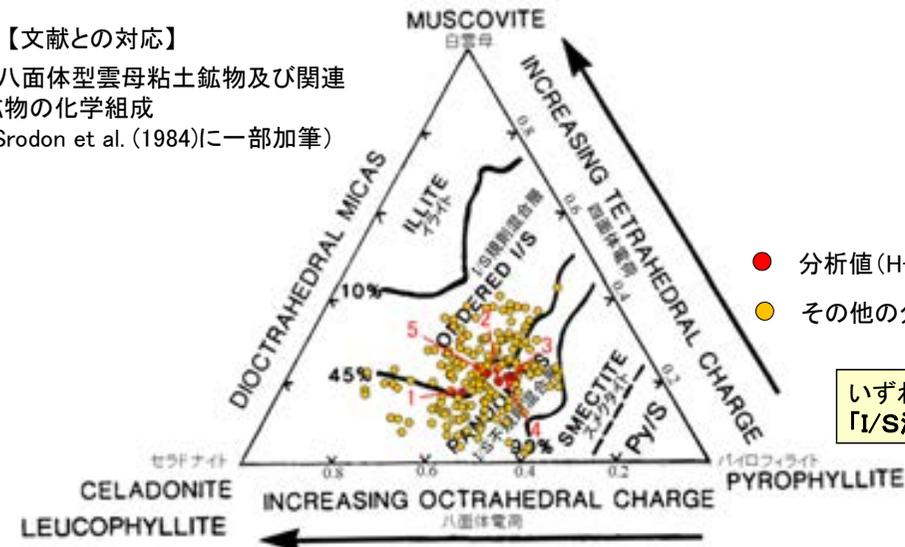
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

位置	組成式
1	(Ca _{0.06} Na _{0.03} K _{0.07} Mg _{0.14})(Fe _{0.66} Al _{0.90} Mg _{0.44})(Si _{3.82} Al _{0.18})O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.13} Na _{0.08} K _{0.07} Mg _{0.04})(Fe _{0.63} Al _{1.02} Mg _{0.35})(Si _{3.80} Al _{0.20})O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.06} Na _{0.04} K _{0.07} Mg _{0.10})(Fe _{0.46} Al _{1.22} Mg _{0.31})(Si _{3.79} Al _{0.21})O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.07} Na _{0.05} K _{0.06} Mg _{0.09})(Fe _{0.55} Al _{1.12} Mg _{0.33})(Si _{3.79} Al _{0.21})O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.06} Na _{0.04} K _{0.06} Mg _{0.13})(Fe _{0.66} Al _{0.97} Mg _{0.37})(Si _{3.78} Al _{0.22})O ₁₀ (OH) ₂

【文献との対応】

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)

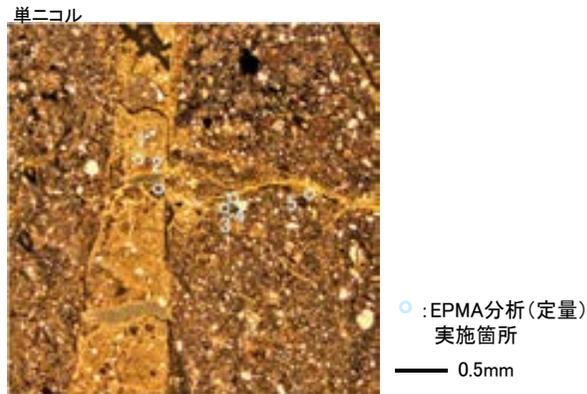


● 分析値(H-6.5-2孔(深度81.90m))
● その他の分析値(敷地の粘土鉱物)

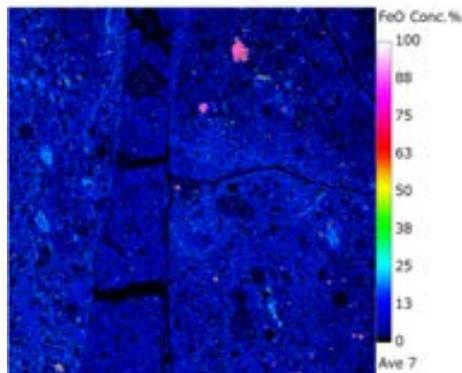
いずれの分析値も
「I/S混合層」に分類される。

- 三角ダイアグラム検討に用いる分析値は、分析値への二次的な変質や不純物等の影響を確認している。
- 分析に用いた全EPMA分析試料は、薄片観察や元素マッピング結果により、粘土鉱物への二次的な変質等の影響がないことを確認した。
- また、三角ダイアグラム検討に用いる全EPMA分析値(169点)について、文献に基づき設定した基準を用いて、定量分析値への不純物等の影響を確認した(右下図)。全ての分析値が、三角ダイアグラム検討に用いる基準「Totalの値70~90%かつ Fe_2O_3 の割合25%未満」を満たしている(基準の設定根拠は次頁)。

【粘土鉱物への二次的な変質等の影響確認】



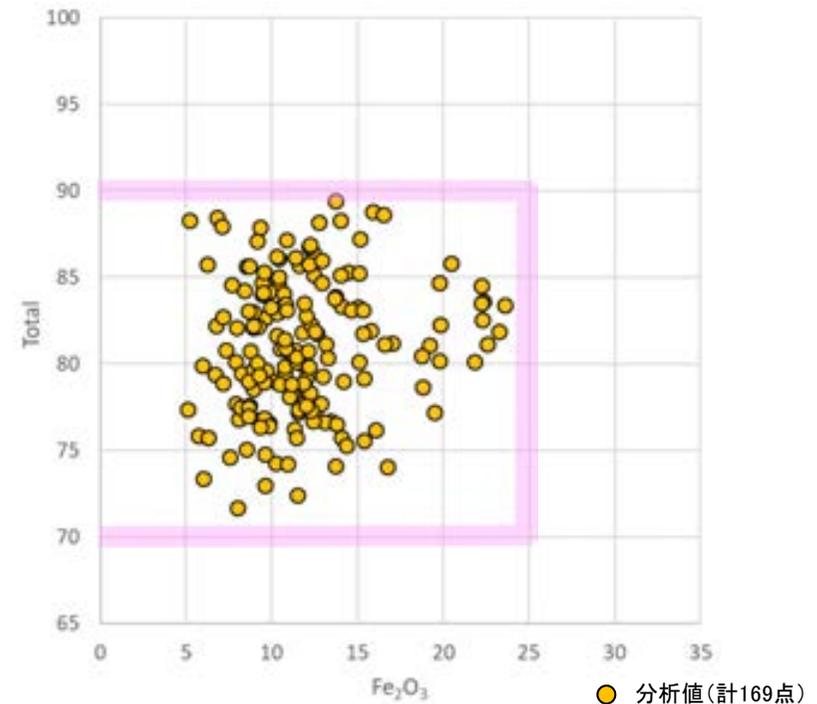
薄片写真の例(K-10.3SW孔)



元素マッピング(Fe)の例(K-10.3SW孔)

粘土鉱物に二次的な変質等は認められない。

【基準に基づく定量分析値の確認】



基準による分析値の確認結果(今回の検討に用いた全分析値)

いずれの分析値も三角ダイアグラム検討に用いる基準
「Totalの値70~90%かつ Fe_2O_3 の割合25%未満」を満たしている。

三角ダイアグラム検討に用いる分析値の基準

- 三角ダイアグラム検討に用いる分析値の基準は、日本粘土学会編(2009)に記載の2八面体型スメクタイトの化学組成を参考に設定した。
- 敷地の粘土鉱物のEPMA分析値のTotalの値が100%とならない要因としては、粘土鉱物に含まれるH₂Oの存在が考えられる。
- 日本粘土学会編(2009)に記載の2八面体型スメクタイトの化学組成分析結果を参考に、Feの割合を最大で概ね25%、H₂Oを除いたTotalの値を70~90%と評価し、三角ダイアグラム検討に用いる基準を「Totalの値70~90%かつFe₂O₃の割合25%未満」と設定した。

日本粘土学会編(2009)

三角ダイアグラム検討
に用いる基準

表 2.8.1 2八面体型スメクタイトの化学組成と化学構造式

	1	2	3	9	10	C1	C2	W1	W2	4	5	6	7	8
SiO ₂	53.98	51.14	50.72	55.80	59.30	61.77	62.23	64.80	62.00	47.35	53.12	51.66	39.92	42.40
Al ₂ O ₃	15.97	19.76	18.12	28.60	36.11	19.85	21.03	24.54	23.42	21.27	0.36	8.13	5.37	5.60
Fe ₂ O ₃	0.95	0.85	2.41	0.41	0.50	1.95	1.75	1.27	3.74	10.66	29.69	14.08	29.46	32.53
FeO	0.19	-	1.02	-	-	0.48	0.56	0.32	-	-	0.51	0.28	-	-
MgO	4.47	3.22	4.29	2.03	0.10	5.56	5.70	1.60	0.93	0.42	2.49	4.21	0.93	0.32
CaO	2.30	1.62	0.80	2.23	0.02	1.89	0.00	0.00	0.68	0.78	1.51	0.15	2.46	-
Na ₂ O	0.13	0.04	3.00	0.09	3.95	0.07	0.65	0.40	0.72	0.12	-	1.21	-	-
K ₂ O	0.12	0.11	0.62	0.48	0.11	0.09	0.00	0.60	2.63	0.08	0.30	0.71	-	5.14
H ₂ O ⁺	9.12	7.99	6.87	0.70	-	7.72	7.38	6.71	5.21	9.08	-	6.74	-	7.00
H ₂ O ⁻	13.06	14.81	11.90	*	-	*	*	*	*	9.60	12.5 [#]	10.13	14.38	14.03 [#]
Total(%) ^a	100.62	99.75	99.90	99.60	100.12 ^b	99.14	99.22	100.48	99.65	99.39	100.05	98.40	99.88	100.02
Si	4.00	3.88	3.85	3.65	3.48	3.91	3.86	3.96	3.92	3.56	4.00	3.97	3.50	3.46
Al	0.00	0.12	0.15	0.35	0.52	0.09	0.14	0.04	0.08	0.44	0.00	0.03	0.50	0.38
Σ	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00**
Al	1.48	1.64	1.46	1.85	1.95	1.35	1.39	1.72	1.66	1.45	0.03	0.74	0.03	0.14
Fe ³⁺	0.05	0.05	0.13	0.02	0.02	0.09	0.08	0.06	0.18	0.60	1.70	0.81	2.02	1.84
Fe ²⁺	-	-	0.06	-	-	0.02	0.03	0.02	-	-	-	0.03	-	-
Mg	0.52	0.36	0.45	0.20	0.01	0.54	0.55	0.15	0.09	0.05	0.27	0.45	-	0.02
Σ	2.05	2.05	2.10	2.07	2.01	2.01	2.04	1.96	1.95	2.10	2.00	2.08	2.05	2.00
Ca/2	0.39	0.20	0.03	0.31	-	-	-	-	-	0.13	0.12	0.01	0.35	-
Na	0.02	0.02	0.42	0.01	0.50	-	-	-	-	0.02	-	0.18	0.02	-
K	-	-	0.02	0.04	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.07	-	0.56
L.L.C.	0.37	0.33	0.36	0.34	0.50	0.60	0.59	0.34	0.34	0.19	0.27	0.27	0.35	0.56

Fe(Fe₂O₃)の割合は、最大で概ね25%とする。

H₂Oを除いたTotalの割合は、70~90%程度とする。

L.L.C.: 層間電荷, a: TiO₂, MnO, P₂O₅等の微量成分を含む, b: H₂O⁺/⁻を除いた総計, *: 105°C乾燥試料,

: H₂O⁺とH₂O⁻の両者の計, **: Fe²⁺を0.16含む

1. Kerr et al. (1950): montmorillonite; altered rhyolitic and andesitic tuff, Santa Rita, New Mex., U.S.A.
 2. Ross and Hendricks (1945): montmorillonite; nests penetrating a shale, Montmorillon, France.
 3. Aletti and Aletti (1962): montmorillonite; Lower Miocene bentonite marl, Germano, Italy.
 4. Oyasuye and Hirst (1964): iron-rich montmorillonite; hydrothermal vein in granite, Kopp, northern Nigeria.
 5. Eggleton (1977): iron-rich montmorillonite; altered hedenbergite, Silurian limestone, Giralang, Canberra, Australia.
 6. Aoki et al. (1974): iron-rich montmorillonite; marine sediment at the northeastern Pacific.
 7. Kerr et al. (1950): nontronite; alteration of basalt, Manito, Washington, U.S.A.
 8. Benson et al. (1983): nontronite; potassium saturated for analysis, Garfield, Washington, U.S.A.
 9. Heystek (1962): beidellite; hydrothermally altered rock, Castle Mountain, Ivanpah, Calif., U.S.A.
 10. Weir and Gress-Kelly (1962): beidellite; Gouge clay, Black Jack Mine, Beidell, Colo., U.S.A.
- C1 and C2: After Grim and Kulbicki (1961) Cheto type montmorillonites, (C1: Cheto, Ariz., U.S.A.; C2: Otoy, Calif., U.S.A.)
W1 and W2: After Grim and Kulbicki (1961) Wyoming type montmorillonites, W1: Hojun, Gunma, Japan; W2: Tala, Herao, Mendoza, Argentina.

日本粘土学会編(2009)に記載の2八面体型スメクタイトのうち、モンモリロナイト(montmorillonite)の値を参考とした。

日本粘土学会編(2009)に一部加筆

【(参考)粘土鉱物のAl₂O₃とFe₂O₃の含有量についての検討】

紫字: 第1073回審査会合以降の追記, 変更箇所

○I/S混合層を構成する2八面体型スメクタイトは, 日本粘土学会編(2009)によれば, 主にモンモリロナイト, 鉄質モンモリロナイト, バイデライト, ノントロナイトに分類され, Fe₂O₃の含有量が大きいほどAl₂O₃の含有量が小さい傾向が認められる(左下表)。

○敷地のI/S混合層における Al₂O₃, Fe₂O₃の含有量は, 上記の2八面体型スメクタイトにおける含有量の幅に含まれる。このうちH-0.2-60孔, 岩盤調査坑No.25切羽, M-2.2孔のI/S混合層は, Al₂O₃の含有量が小さくFe₂O₃の含有量が大きい特徴をもつ(右下図)。

○また, 敷地のI/S混合層におけるAl₂O₃, Fe₂O₃の含有量は, 複数の集団には分かれられないものの, 漸移的な分布を示す(右下図)。これについて, 以下の通り考察した。

- ・文献調査(吉村, 2001; Deer et al., 2013 など)によれば, 変質作用により生成される粘土鉱物について, 場所によりその化学組成が異なる原因は, 主に ①温度, ②母岩や母材の性質, ③反応する溶液(間隙水や熱水)の性質, の違いによるものと考えられる。
- ・①温度については, I/S混合層が敷地周辺にも広く認められ, 敷地周辺一帯が同じような環境下で変質を被ったと考えられることや(補足資料5.3-2(12)), 敷地が少なくとも曹長石化するような高温の熱水の影響を受けていないことから(補足資料5.3-2(9)), これらは同程度の温度環境で生成したと考えられる。
- ・②母岩や母材の性質については, 試料採取位置の母岩が共通して別所岳安山岩類からなり, 敷地の安山岩の既往の分析結果に基づけば大きな組成のばらつきは認められないことから(補足資料5.3-1(3)), 母岩や母材の性質に大きなばらつきはないと考えられる。
- ・以上のことを踏まえると, 敷地のI/S混合層におけるAl₂O₃, Fe₂O₃の含有量が漸移的な分布を示すことは, ③反応する溶液(間隙水や熱水)の性質※1にばらつきがあったことを反映している可能性が考えられる。

モンモリロナイト バイデライト モンモリロナイト 鉄質モンモリロナイト ノントロナイト

表 2.6.1 2八面体型スメクタイトの化学組成と化学構造

	1	2	3	9	10	C1	C2	W1	W2	4	5	6	7	8
SiO ₂	53.98	51.14	50.72	55.80	59.30	61.77	62.23	64.80	62.00	47.38	53.12	51.66	39.92	42.40
Al ₂ O ₃	15.97	19.76	18.12	28.09	36.11	19.85	21.03	24.54	23.42	21.27	0.26	8.13	5.37	5.60
Fe ₂ O ₃	0.95	0.85	2.41	0.41	0.50	1.95	1.75	1.27	3.74	10.66	29.69	14.08	29.46	32.53
FeO	0.19	-	1.02	-	-	0.48	0.56	0.32	-	-	0.51	0.28	-	-
MgO	4.47	3.22	4.29	2.03	0.10	5.56	5.70	1.60	0.93	0.42	2.49	4.21	0.93	0.32
CaO	2.30	1.62	0.80	2.23	0.02	1.89	0.00	0.00	0.68	0.78	1.51	0.15	2.46	-
Na ₂ O	0.13	0.04	3.00	0.09	3.98	0.07	0.65	0.40	0.72	0.12	-	1.21	-	-
K ₂ O	0.12	0.11	0.62	0.48	0.11	0.09	0.00	0.60	2.63	0.08	0.30	0.71	-	5.14
H ₂ O ⁺	9.12	7.99	6.87	9.70	-	7.72	7.38	6.71	5.21	9.08	-	6.74	7.00	-
H ₂ O ⁻	13.06	14.81	11.90	-	-	-	-	-	-	9.60	12.5 ^a	10.13	14.38	14.03 ^a
Total(%) ^a	100.62	99.75	99.90	99.60	100.12 ^b	99.14	99.22	100.48	99.65	99.39	100.05	98.40	99.88	100.02
Si	4.00	3.88	3.85	3.65	3.48	3.91	3.86	3.96	3.92	3.56	4.00	3.97	3.50	3.46
Al	0.00	0.12	0.15	0.35	0.52	0.09	0.14	0.04	0.08	0.44	0.00	0.03	0.50	0.38
Σ	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00**
Al	1.48	1.64	1.46	1.85	1.98	1.38	1.39	1.72	1.66	1.45	0.03	0.74	0.03	0.14
Fe ³⁺	0.05	0.05	0.13	0.02	0.02	0.09	0.08	0.06	0.18	0.60	1.70	0.81	2.02	1.84
Fe ²⁺	-	-	0.06	-	-	-	0.02	0.03	0.02	-	-	0.03	-	-
Mg	0.52	0.36	0.45	0.20	0.01	0.54	0.55	0.15	0.09	0.05	0.27	0.48	0.02	0.02
Σ	2.05	2.05	2.10	2.07	2.01	2.01	2.04	1.96	1.95	2.10	2.00	2.08	2.05	2.00
Ca/2	0.39	0.20	0.60	0.31	-	-	-	-	-	0.13	0.12	0.01	0.35	-
Na	0.02	0.02	0.42	0.01	0.50	-	-	-	-	0.02	-	0.18	0.02	-
K	-	-	0.02	0.04	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.07	0.56	-
L.L.C.	0.37	0.33	0.36	0.34	0.50	0.60	0.59	0.34	0.34	0.19	0.27	0.35	0.36	-

L.L.C.: 層間電荷, a: TiO₂, MnO, P₂O₅等の微量成分を含む, b: H₂O^{+/+}を除いた総計, *: 100°C乾燥試料, #: H₂O⁺とH₂O⁻の両者の計, **: Fe²⁺を0.16含む

1. Kerr et al. (1950): montmorillonite; altered rhyolitic and andesitic tuff, Santa Rita, New Mex., U.S.A.
 2. Ross and Hendricks (1945): montmorillonite; nests penetrating a shale, Montmorillon, France.
 3. Alletti and Alletti (1962): montmorillonite; Lower Miocene bentonite marl, Germano, Italy.
 4. Oyawoye and Hirst (1964): iron-rich montmorillonite; hydrothermal vein in granite, Ropp, northern Nigeria.
 5. Eggleton (1977): iron-rich montmorillonite; altered hebenbergite, Silurian limestone, Girsang, Canberra, Australia.
 6. Aoki et al. (1974): iron-rich montmorillonite; marine sediment at the northeastern Pacific.
 7. Kerr et al. (1950): nontronite; alteration of basalt, Maunio, Washington, U.S.A.
 8. Benson et al. (1983): nontronite; potassium saturated for analysis, Garfield, Washington, U.S.A.
 9. Heysek (1962): beidellite; hydrothermally altered rock, Castle Mountain, Inyopah, Calif., U.S.A.
 10. Weir and Goo-Kelly (1962): beidellite; Gouge clay, Black Jack Mine, Beidell, Colo., U.S.A.
 C1 and C2: After Grim and Kubiicki (1961) Cheto type montmorillonites, (C1): Cheto, Ariz., U.S.A.; C2: Otay, Calif., U.S.A.)
 W1 and W2: After Grim and Kubiicki (1961) Wyoming type montmorillonites, W1: Hojua, Gunma, Japan; W2: Tshu, Hama, Mongolia, Argentina

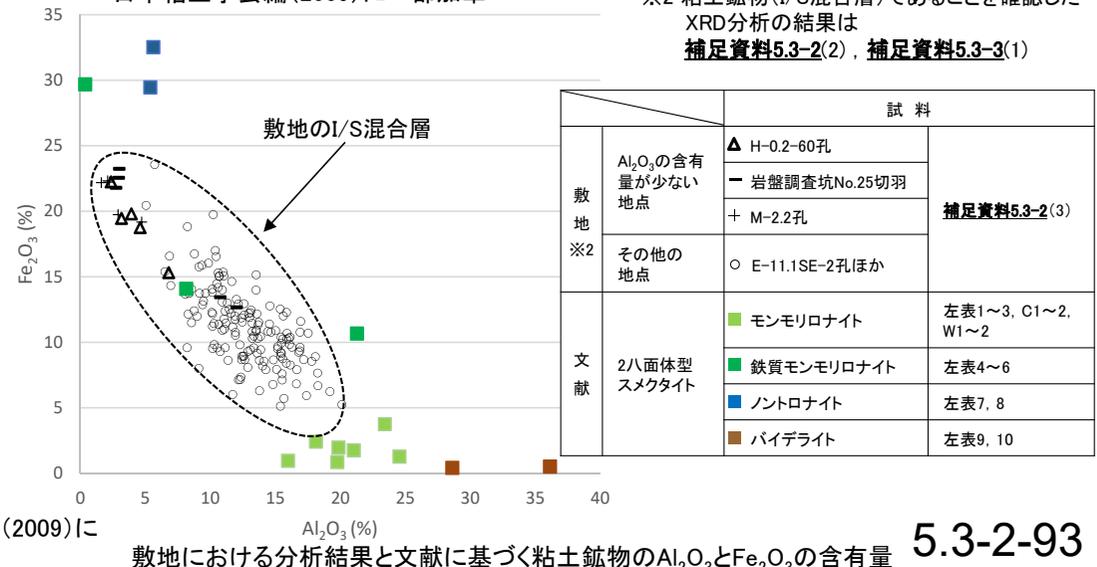
2八面体型スメクタイト

- ・モンモリロナイト (montmorillonite)
八面体シート
 $M_{0.33}(Al_{1.67}Mg_{0.33})Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- ・鉄質モンモリロナイト (iron-rich montmorillonite)
八面体シート
 $M_{0.33}(Al, Fe^{3+}, Mg_{0.33})_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- ・バイデライト (beidellite)
八面体シート
 $M_{0.33}(Al_2)(Al_{0.33}Si_{3.67})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- ・ノントロナイト (nontronite)
八面体シート
 $M_{0.33}(Fe^{2+})(Al_{0.33}Si_{3.67})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$

日本粘土学会編(2009)に一部加筆

※1 溶液のpHや鉄イオンの濃度など

・2八面体型スメクタイトでは, 主に八面体を構成するAlがFe³⁺に置換されることにより, 相対的にAl₂O₃の含有量が小さく, Fe₂O₃の含有量が大きくなる(左表, 下図)。



(4) 粘土鉱物のCEC分析, XAFS分析結果

【岩盤調査坑No.24～25付近】

○カリウム全量の定量結果に比べて、交換性カリウムは十分に小さい。

<CEC分析結果>

容積(ml)	24.81
質量(g)	0.3062

	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K
測定結果 (mg/L)	0.04	<0.01	62.9	70.9	2.63	13.5

	Mg	Ca	Na	K
陽イオン量 (cmol/kg)	41.9	28.7	0.9	2.8
重量比 (wt.%)	0.51	0.57	0.02	0.11

CEC 陽イオン交換容量
74.3 (cmol/kg)

代表的な層状ケイ酸塩鉱物の陽イオン交換容量

タイプ	鉱物種名(過剰電荷量の範囲*)	陽イオン交換容量 (CEC, cmol/kg ¹)
1:1	カオリナイト(～0)	2～15
1:1	アンティゴライト(～0)	—
2:1	パイロフィライト(～0)	—
2:1	タルク(～0)	<1
2:1	モンモリロナイト(-0.2～-0.6)	80～150
2:1	バイテライト(-0.2～-0.6)	—
2:1	ノントロナイト(-0.2～-0.6)	—
2:1	サボナイト(-0.2～-0.6)	—
2:1	ヘクトライト(-0.2～-0.6)	—
2:1	2八面体パーミキュライト(-0.6～-0.9)	10～150
2:1	3八面体パーミキュライト(-0.6～-0.9)	100～200
2:1	イライト(-0.6～-0.9)	10～40

*半単位胞あたりの値。

日本粘土学会編(2009)を編纂

<湿式分析結果>

カリウム全量 定量結果 (wt.%)	0.69
--------------------------	------

①カリウム全量(wt.%) 湿式化学分析	②交換性カリウム(wt.%) CEC分析	試料中のカリウム全量のうち 非交換性カリウムの割合 (①-②)/①
0.69	0.11	84%

【岩盤調査坑No.27孔】

○カリウム全量の定量結果に比べて、交換性カリウムは十分に小さい。

<CEC分析結果>

容積(ml)	24.85
質量(g)	0.1507

	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K
測定結果 (mg/L)	0.03	<0.01	31.1	33.5	0.81	5.24

	Mg	Ca	Na	K
陽イオン量 (cmol/kg)	42.2	27.6	0.6	2.2
重量比 (wt.%)	0.51	0.55	0.01	0.09

CEC 陽イオン交換容量
72.5 (cmol/kg)

代表的な層状ケイ酸塩鉱物の陽イオン交換容量

タイプ	鉱物種名(過剰電荷量の範囲*)	陽イオン交換容量 (CEC, cmol/kg ¹)
1:1	カオリナイト(〜0)	2〜15
1:1	アンティゴライト(〜0)	—
2:1	パイロフィライト(〜0)	—
2:1	タルク(〜0)	<1
2:1	モンモリロナイト(-0.2〜-0.6)	80〜150
2:1	バイテライト(-0.2〜-0.6)	—
2:1	ノントロナイト(-0.2〜-0.6)	—
2:1	サボナイト(-0.2〜-0.6)	—
2:1	ヘクトライト(-0.2〜-0.6)	—
2:1	2八面体パーミキュライト(-0.6〜-0.9)	10〜150
2:1	3八面体パーミキュライト(-0.6〜-0.9)	100〜200
2:1	イライト(-0.6〜-0.9)	10〜40

*半単位あたり値。

日本粘土学会編(2009)を編纂

<EDS分析結果(参考)>

	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K
重量比 (wt.%)	11.88	0.10	3.48	0.84	0.11	0.64

<湿式分析結果>

カリウム全量 定量結果 (wt.%)	0.50
--------------------------	------

①カリウム全量(wt.%) 湿式化学分析	②交換性カリウム(wt.%) CEC分析	試料中のカリウム全量のうち 非交換性カリウムの割合 (①-②)/①
0.50	0.09	82%

【E-8.5+5”孔】

○カリウム全量の定量結果に比べて、交換性カリウムは十分に小さい。

<CEC分析結果>

容積(ml)	24.98
質量(g)	0.3015

	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K
測定結果 (mg/L)	0.02	0.01	45.1	110	4.59	9.52

	Mg	Ca	Na	K
陽イオン量 (cmol/kg)	30.7	45.5	1.7	2.0
重量比 (wt.%)	0.37	0.91	0.04	0.08

CEC
陽イオン交換容量
79.9
(cmol/kg)

代表的な層状ケイ酸塩鉱物の陽イオン交換容量

タイプ	鉱物種名(通称電荷量の範囲*)	陽イオン交換容量 (CEC, cmol, kg ⁻¹)
1:1	カオリナイト(～0)	2～15
1:1	アンティゴライト(～0)	—
2:1	パイロフィライト(～0)	—
2:1	タルク(～0)	<1
2:1	モンモリロナイト(-0.2～-0.6)	80～150
2:1	バイテライト(-0.2～-0.6)	—
2:1	ノントロナイト(-0.2～-0.6)	—
2:1	サボナイト(-0.2～-0.6)	—
2:1	ヘクトライト(-0.2～-0.6)	—
2:1	2/8面体パーミキュライト(-0.6～-0.9)	10～150
2:1	3/8面体パーミキュライト(-0.6～-0.9)	100～200
2:1	イライト(-0.6～-0.9)	10～40

*半単位胞あたりの値。

日本粘土学会編(2009)を編纂

<湿式分析結果>

カリウム全量 定量結果 (wt.%)	0.42
--------------------------	------

①カリウム全量(wt.%) 湿式化学分析	②交換性カリウム(wt.%) CEC分析	試料中のカリウム全量のうち 非交換性カリウムの割合 (①-②)/①
0.42	0.08	81%

【H-1.3-88孔】

○カリウム全量の定量結果に比べて、交換性カリウムは十分に小さい。

<CEC分析結果>

容積(ml)	24.65
質量(g)	0.0509

	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K
測定結果 (mg/L)	<0.01	0.01	7.52	2.77	8.30	4.10

	Mg	Ca	Na	K
陽イオン量 (cmol/kg)	30.0	6.7	17.5	5.1
重量比 (wt.%)	0.36	0.13	0.40	0.20

CEC 陽イオン交換容量
59.2 (cmol/kg)

代表的な層状ケイ酸塩鉱物の陽イオン交換容量

タイプ	鉱物種名(通称電荷量の範囲*)	陽イオン交換容量 (CEC, cmol/kg ¹)
1:1	カオリナイト(〜0)	2〜15
1:1	アンティゴライト(〜0)	—
2:1	パイロフィライト(〜0)	—
2:1	タルク(〜0)	<1
2:1	モンモリロナイト(-0.2〜-0.6)	80〜150
2:1	バイテライト(-0.2〜-0.6)	—
2:1	ノントロナイト(-0.2〜-0.6)	—
2:1	サボナイト(-0.2〜-0.6)	—
2:1	ヘクトライト(-0.2〜-0.6)	—
2:1	2/8面体パーミキュライト(-0.6〜-0.9)	10〜150
2:1	3/8面体パーミキュライト(-0.6〜-0.9)	100〜200
2:1	イライト(-0.6〜-0.9)	10〜40

*半単位胞あたりの値。

日本粘土学会編(2009)を編纂

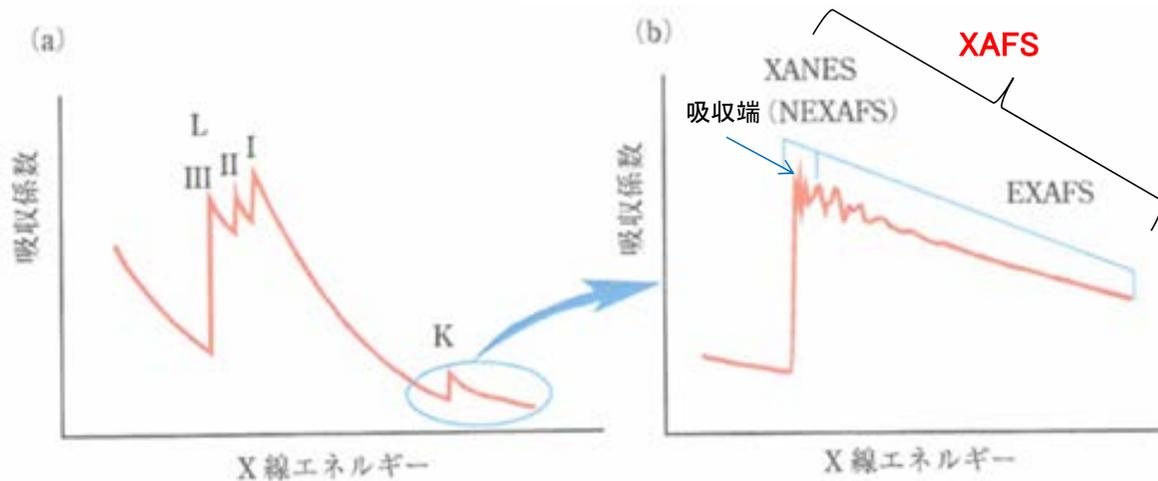
<湿式分析結果>

カリウム全量 定量結果 (wt.%)	0.75
--------------------------	------

①カリウム全量(wt.%) 湿式化学分析	②交換性カリウム(wt.%) CEC分析	試料中のカリウム全量のうち 非交換性カリウムの割合 (①-②)/①
0.75	0.20	74%

—XAFS(ザフス: X線吸収微細構造 X-ray Absorption Fine Structure)とは (雨宮(2008)より抜粋)—

- ・XAFS分光法は、試料によるX線の吸収強度をX線エネルギーの関数として測定するものである。
- ・XAFSは内殻電子の励起を対象とする。内殻準位は元素によってほぼ固有のエネルギーを有するため、それぞれの元素の内殻電子がちょうど真空準位まで励起されるようなX線のエネルギーにおいて、X線吸収スペクトルは急激な立ち上がりを示す(吸収端)。
- ・XAFSは吸収端後(高エネルギー側)に現れるピークや周期的な波打ち構造のことを指しており、これらを解析することによって、以下のような情報を得ることができる。
 - 1) 吸収端に対応する原子(吸収原子)の周辺にどのような原子が、いくつ、どの方向に、どのくらいの原子間距離で存在しているか。
 - 2) 吸収原子と周辺の原子との原子間距離が、どの程度の分布を持っているか。
 - 3) 吸収原子の付近の電子状態がどのようになっているか。



(a) X線吸収スペクトルの模式図および(b) K吸収端の拡大図

- ・XANES (X線吸収端近傍構造, X-ray Absorption Near Edge Structure)
⇒吸収端付近の大きく波打つ構造
- ・EXAFS (広域X線吸収微細構造, Extended X-ray Absorption Fine Structure)
⇒エネルギーの高い領域ある小さいながら緩やかな波打ち構造
- ・XAFSは、XANESとEXAFSの総称。

日本XAFS研究会(2017)に一部加筆

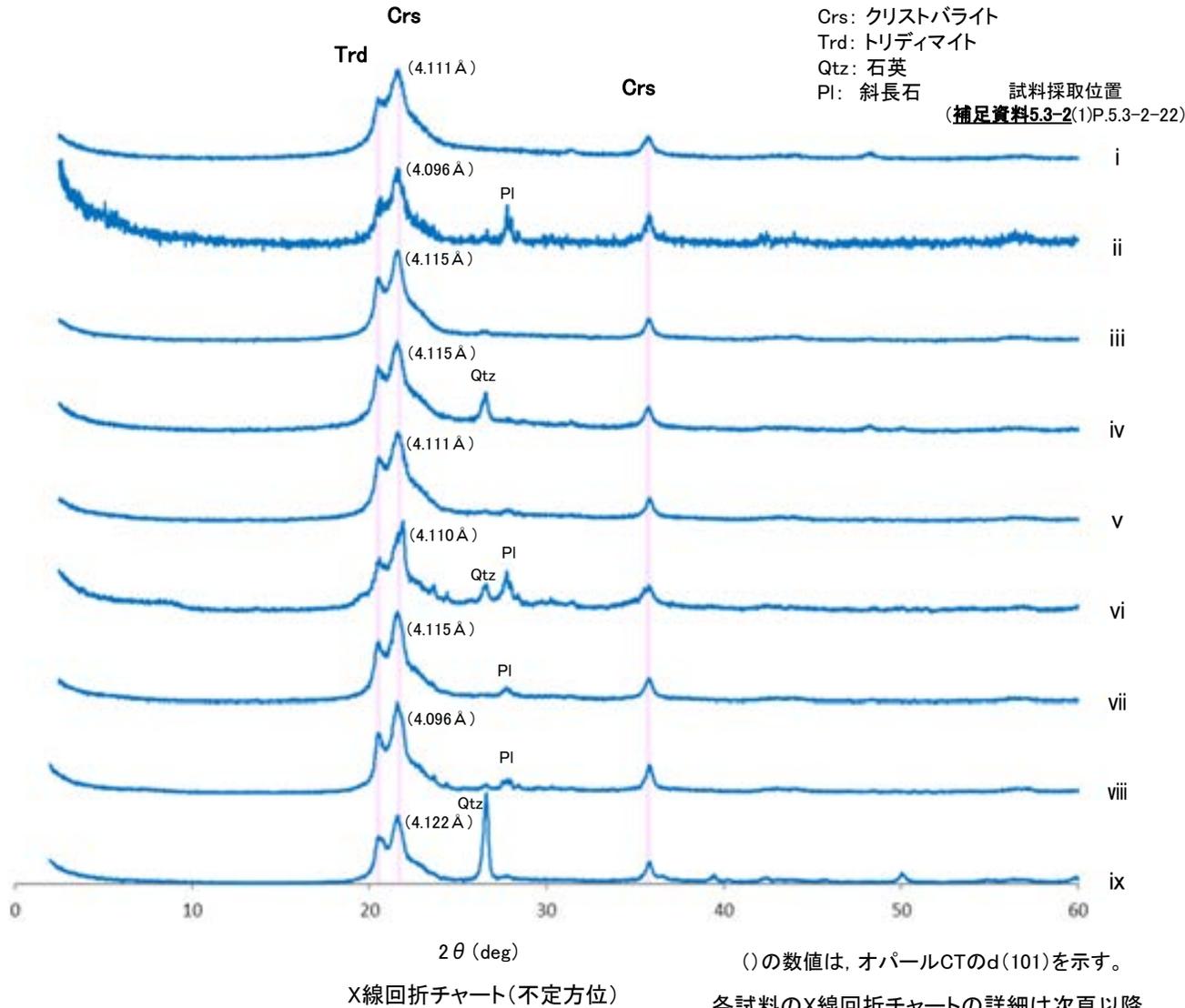
■分析内容

- ・場所: 高エネルギー加速器研究機構(KEK)(つくば市)
- ・分析装置: BL-9A
- ・分析試料: ①イライト標準試料(Imt-2)
②敷地の粘土鉱物(試料e, 岩盤調査坑No.27孔)
③カリウム置換したスメクタイト標準試料(Wyoming)
④硝酸カリウム溶液
- ・分析のポイント: カリウム原子周りの分子構造(カリウム原子周りの水和の有無, H₂Oの配位状況)

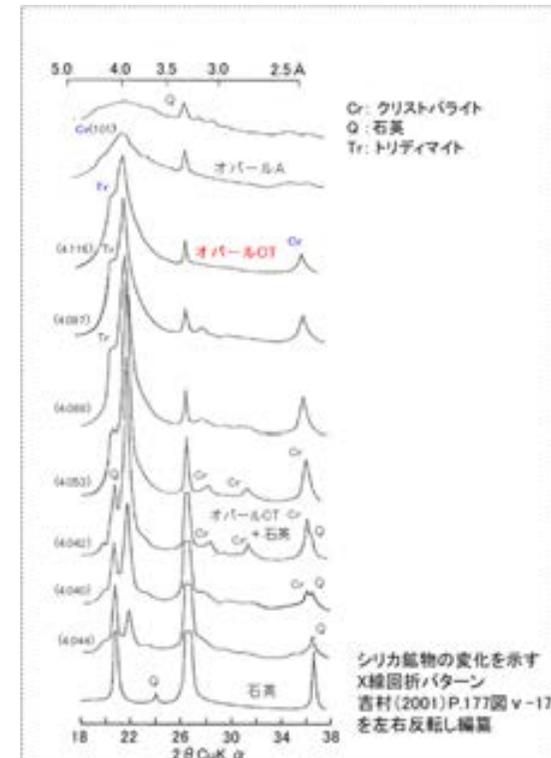
(5) XRD分析結果, 薄片観察結果(白色鉱物(オパールCT))

白色鉱物(オパールCT)のXRD分析

○敷地で認められた白色鉱物(試料 i ~ ix)について, XRD分析を実施した結果, クリスタライトとトリディマイトのピークが見られるため, これらの白色鉱物はオパールCTである。

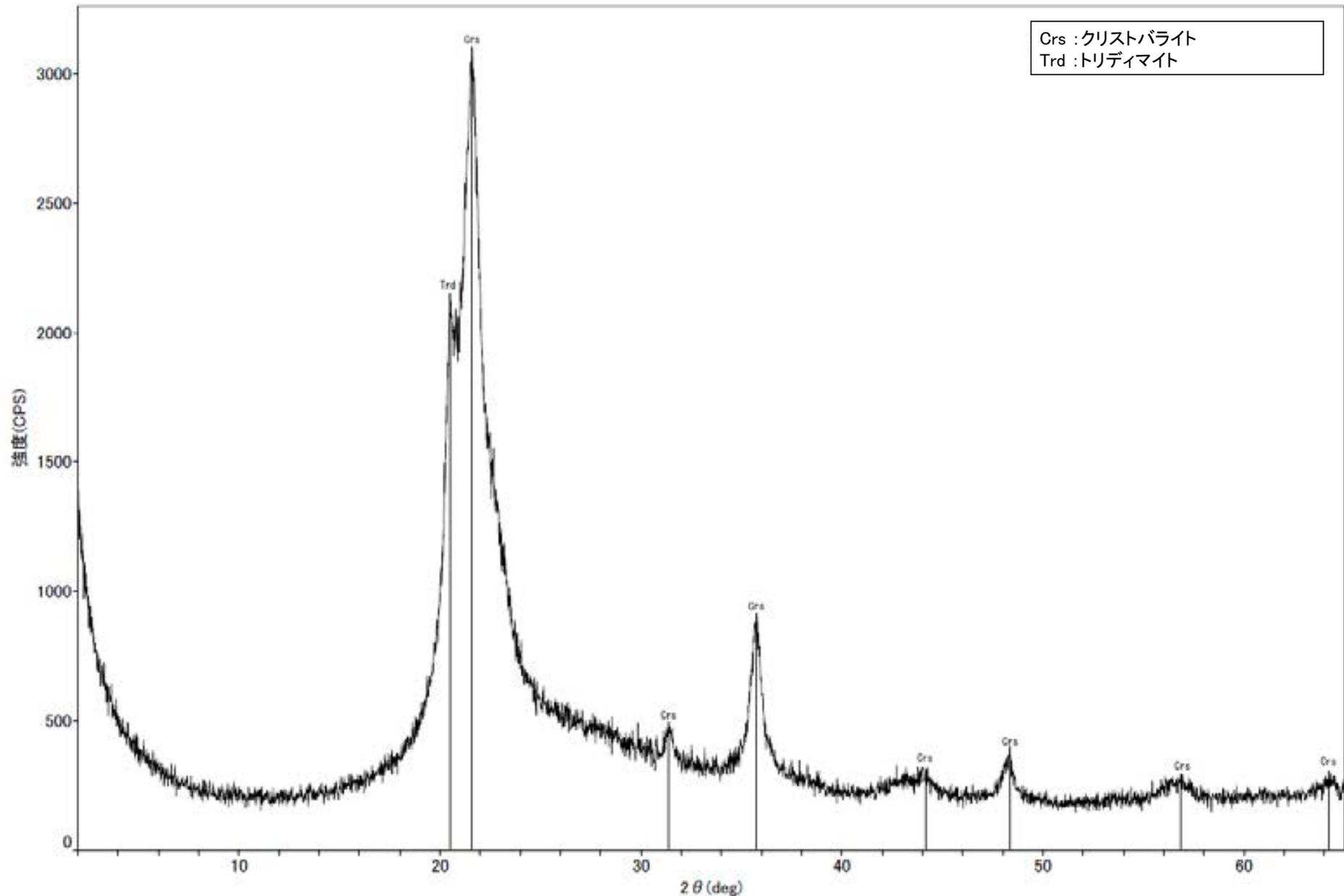


白色鉱物(オパールCT)確認箇所				
試料採取位置		深度	標高	
i	非破碎部 岩盤調査坑No.30切羽	(切羽面)	EL -15.56m	
ii	S-1 KR-13孔	2.47m	EL -16.75m	
iii	H-6.4孔	112.95m	EL -68.78m	
iv	F-4.9孔	136.57m	EL -125.44m	
v	非破碎部 R-4.5孔	68.63m	EL -57.56m	
vi	K-4.2孔	80.63m	EL -69.36m	
vii	R-4.5孔	71.10m	EL -60.03m	
viii	K-2 H-1.1孔	103.62m	EL -96.84m	
ix	非破碎部 H-1.5-95孔	176.71m	EL -168.01m	

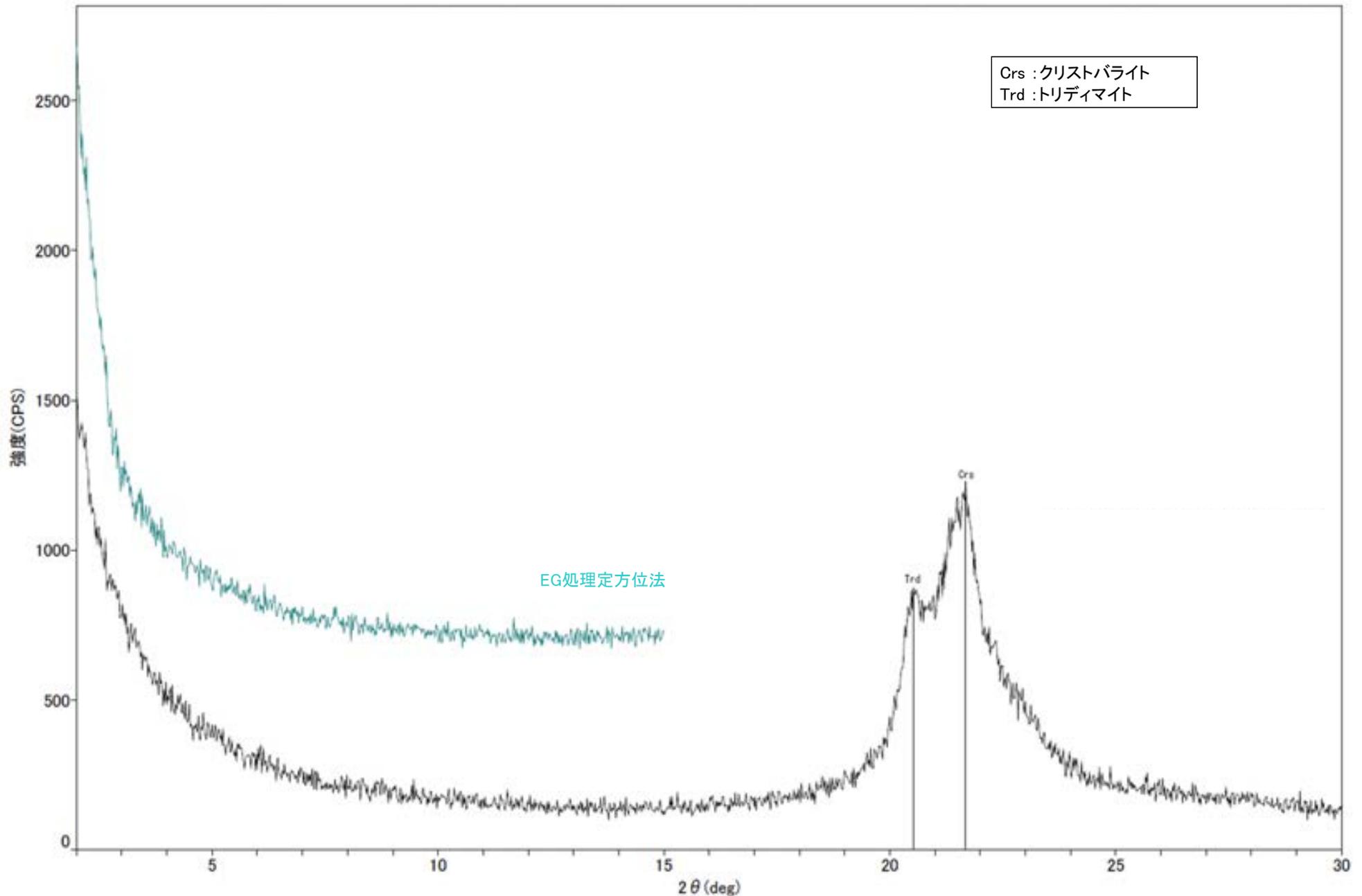


オパールCTはクリスタライトとトリディマイトが不規則に精層した構造を持つため, X線回折チャートには両者のピークが見られる。

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉱物脈には、オパールCTが含まれる。

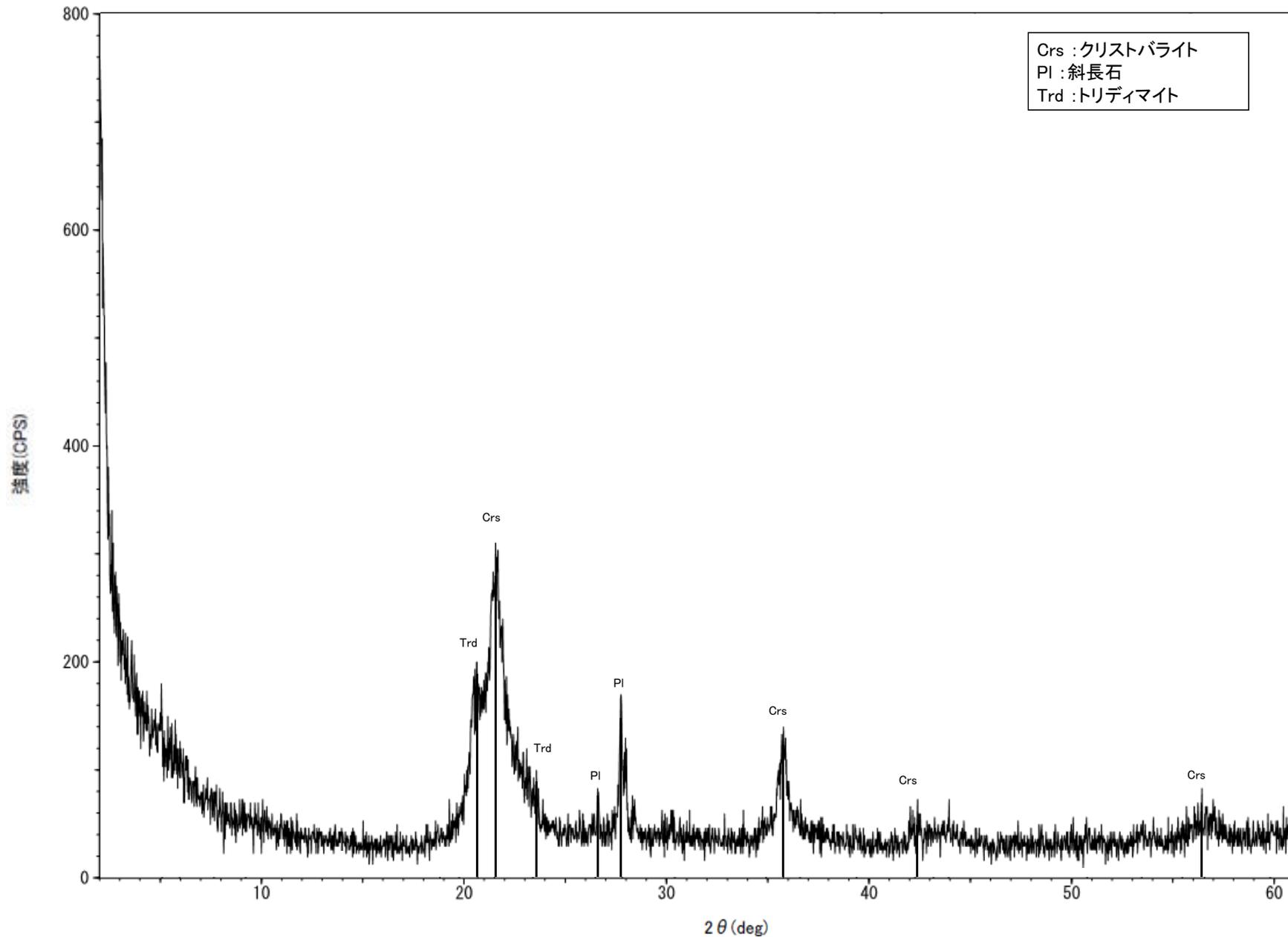


回折チャート



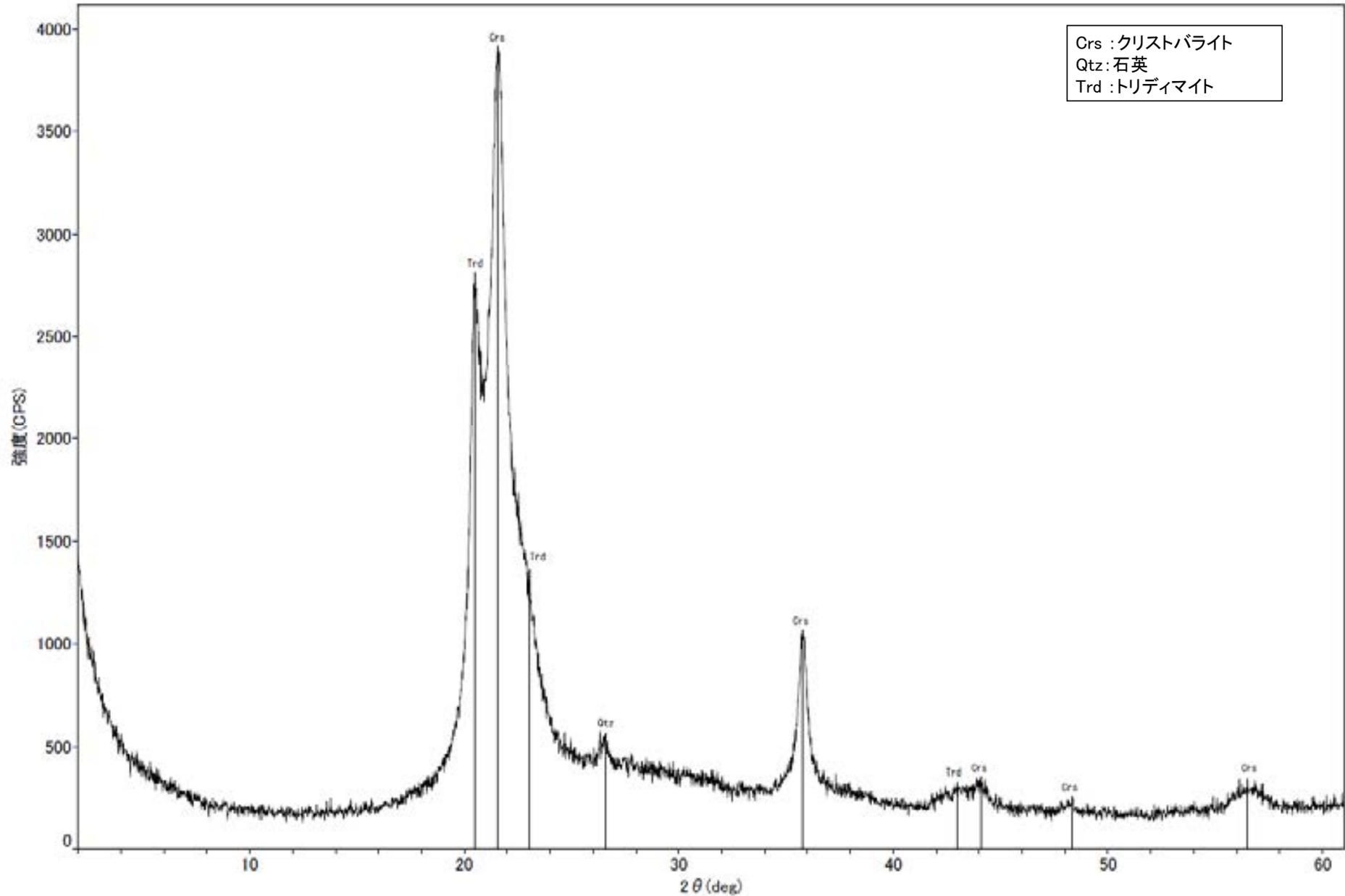
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉱物脈には、オパールCTが含まれる。

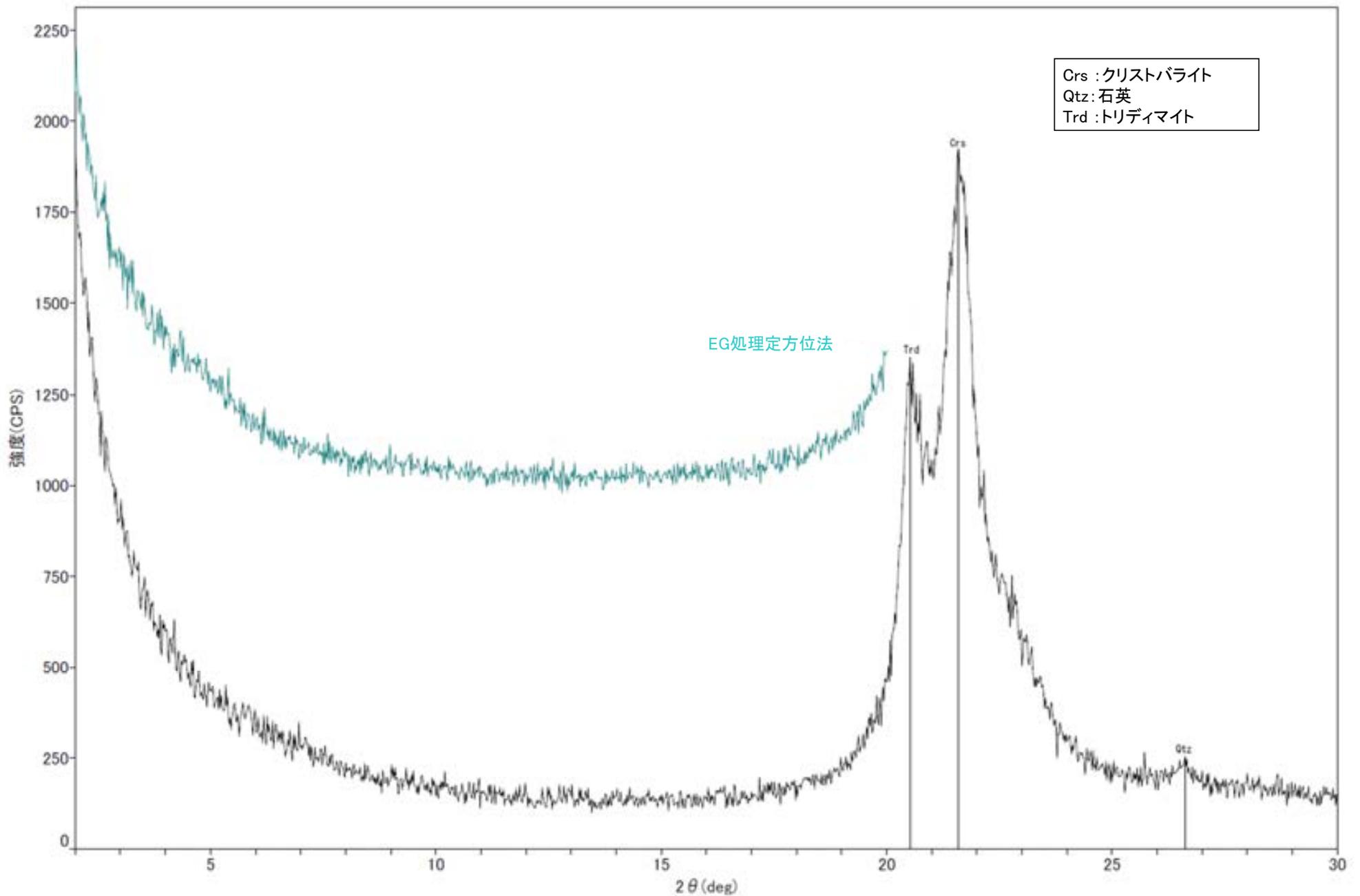


回折チャート

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉱物脈には、オパールCTが含まれる。

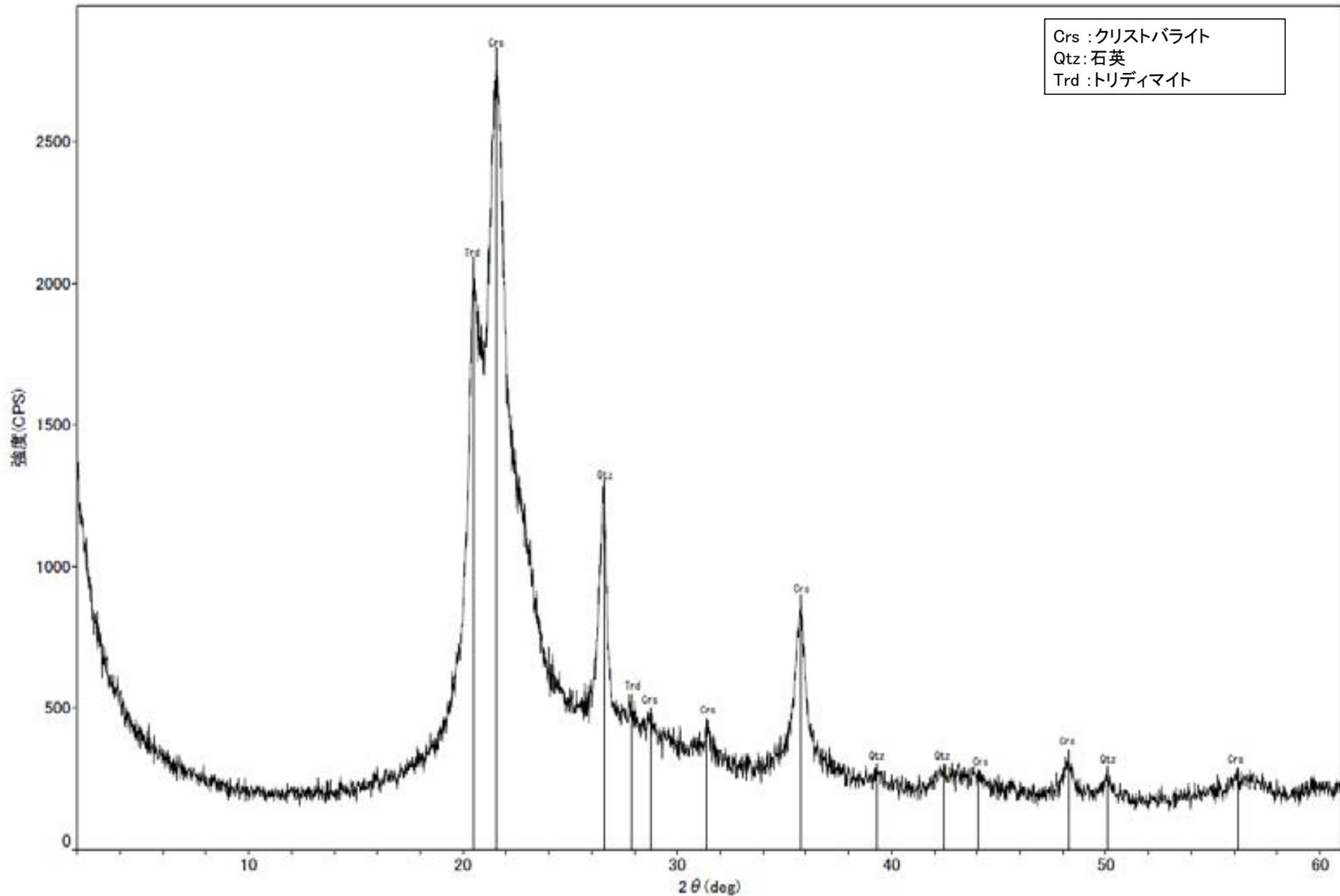


回折チャート

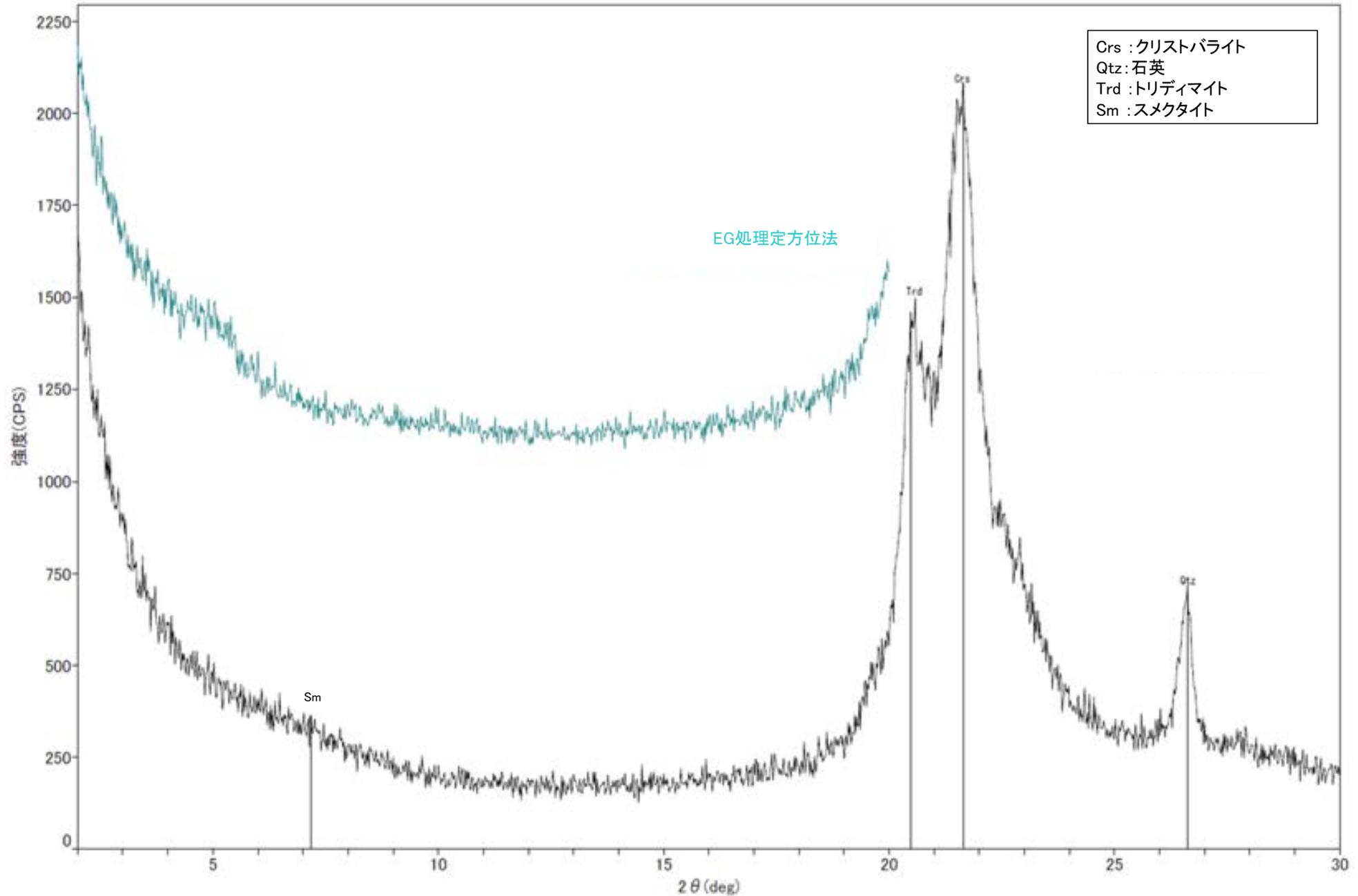


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉍物脈には、オパールCTが含まれる。

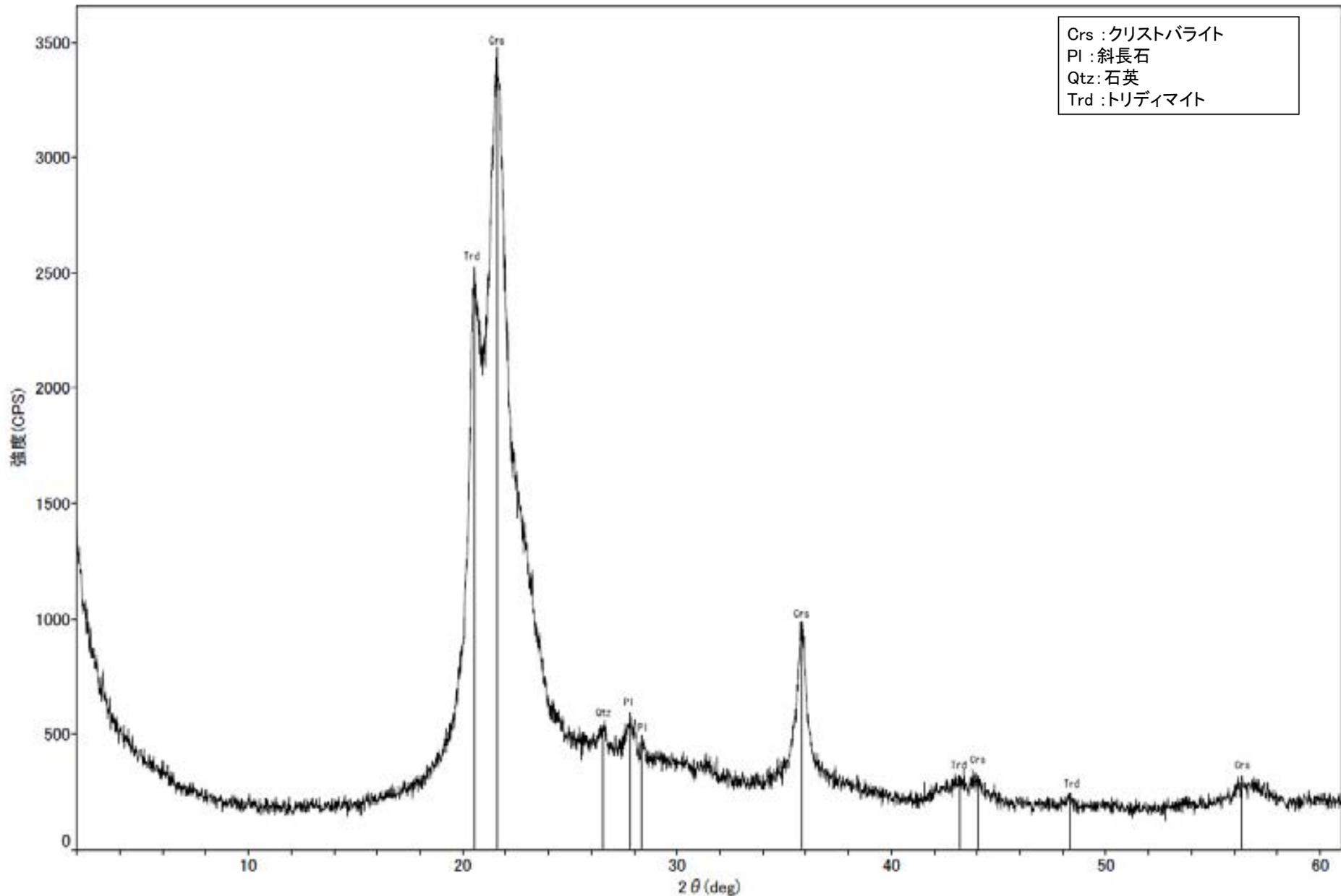


回折チャート

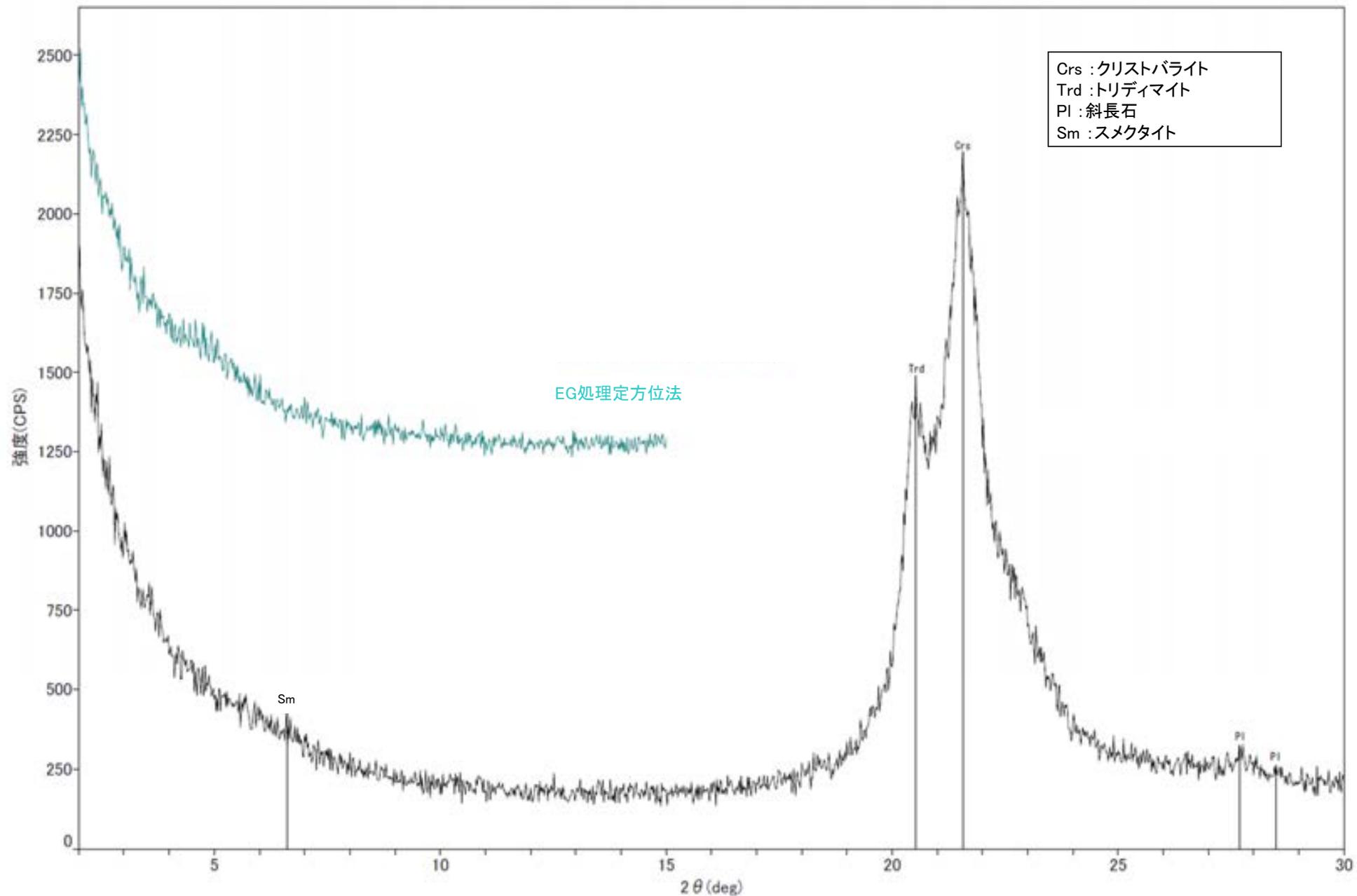


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉱物脈には、オパールCTが含まれる。

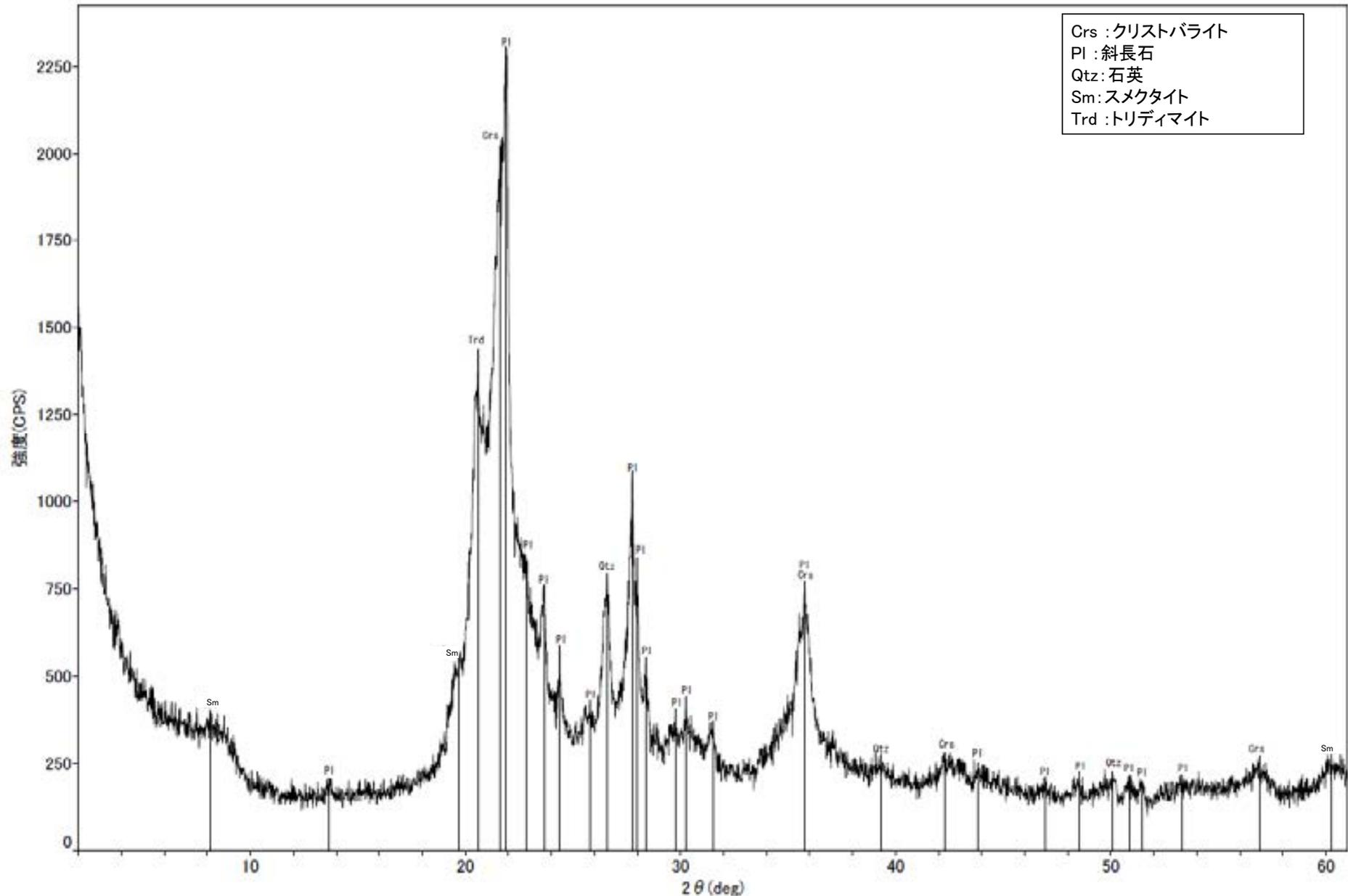


回折チャート

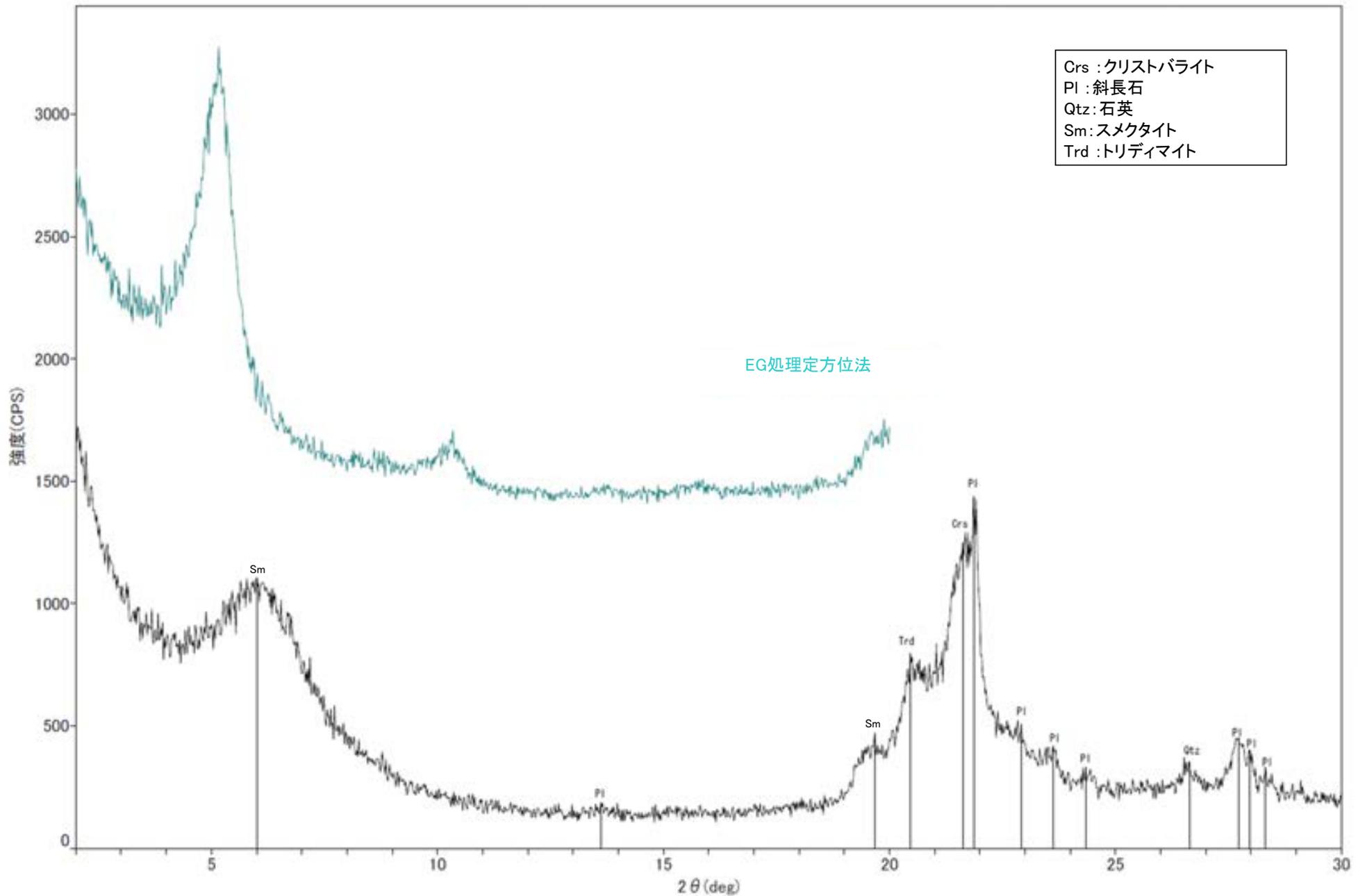


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉱物脈には、オパールCTが含まれる。

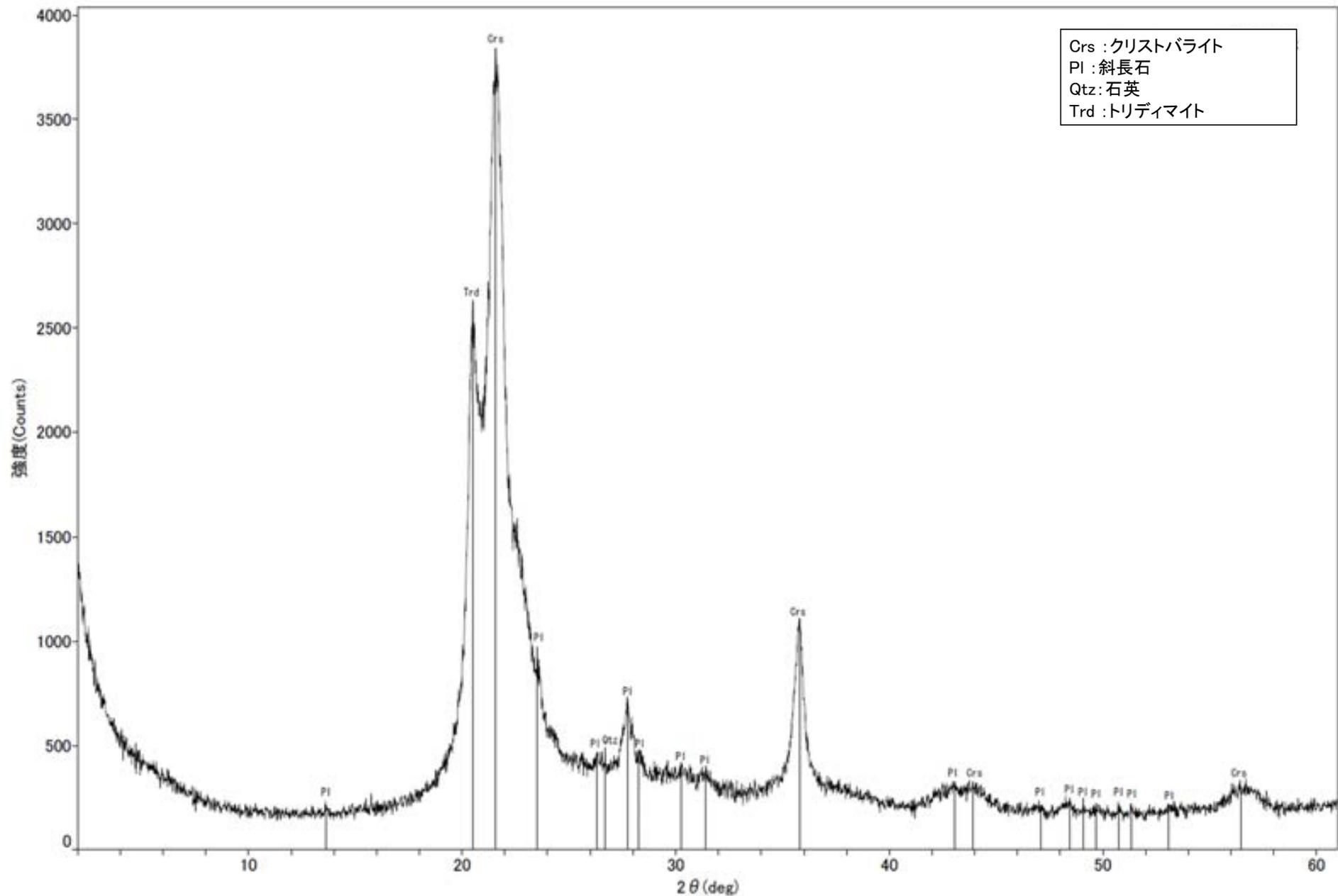


回折チャート

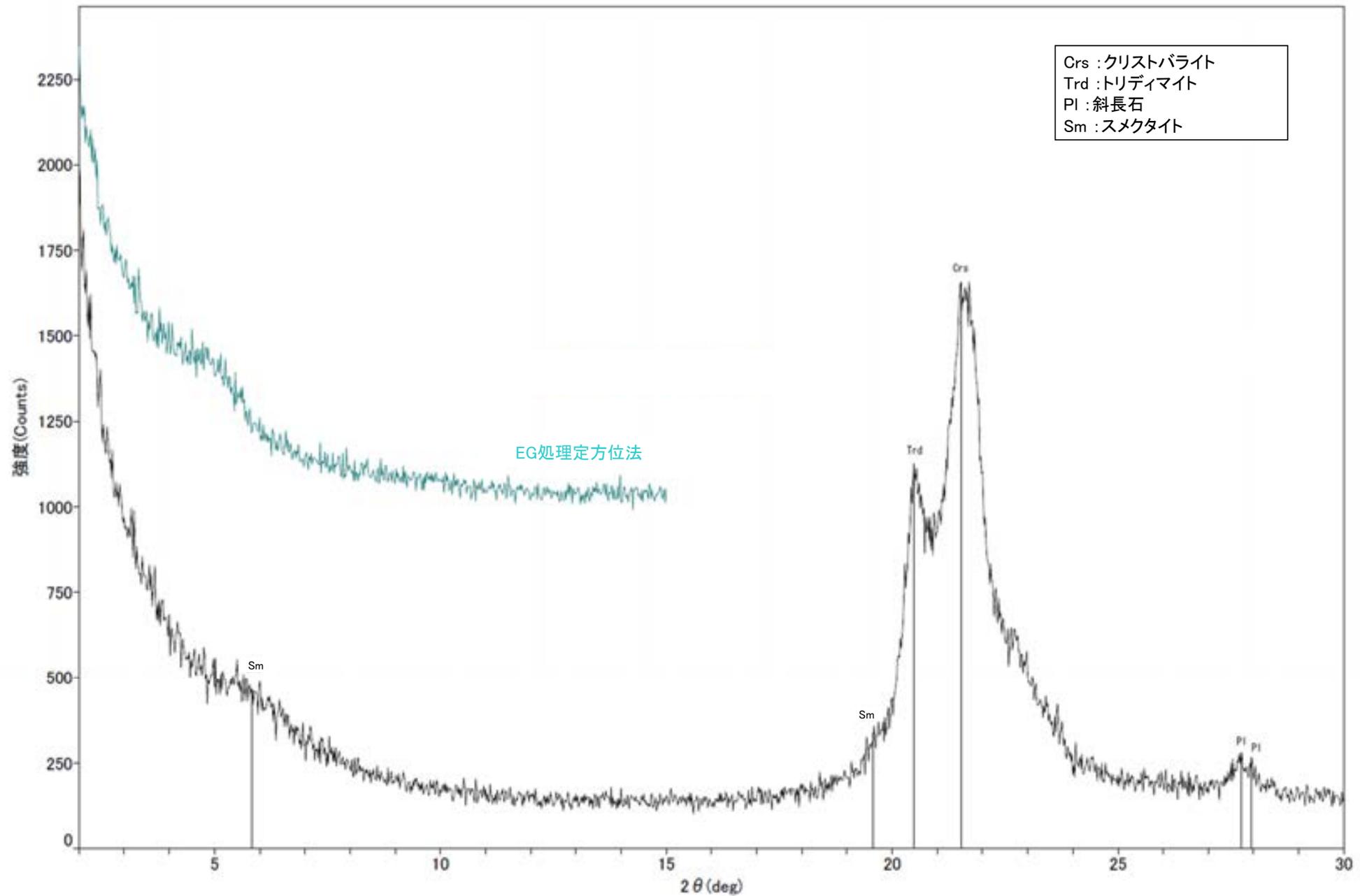


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉱物脈には、オパールCTが含まれる。

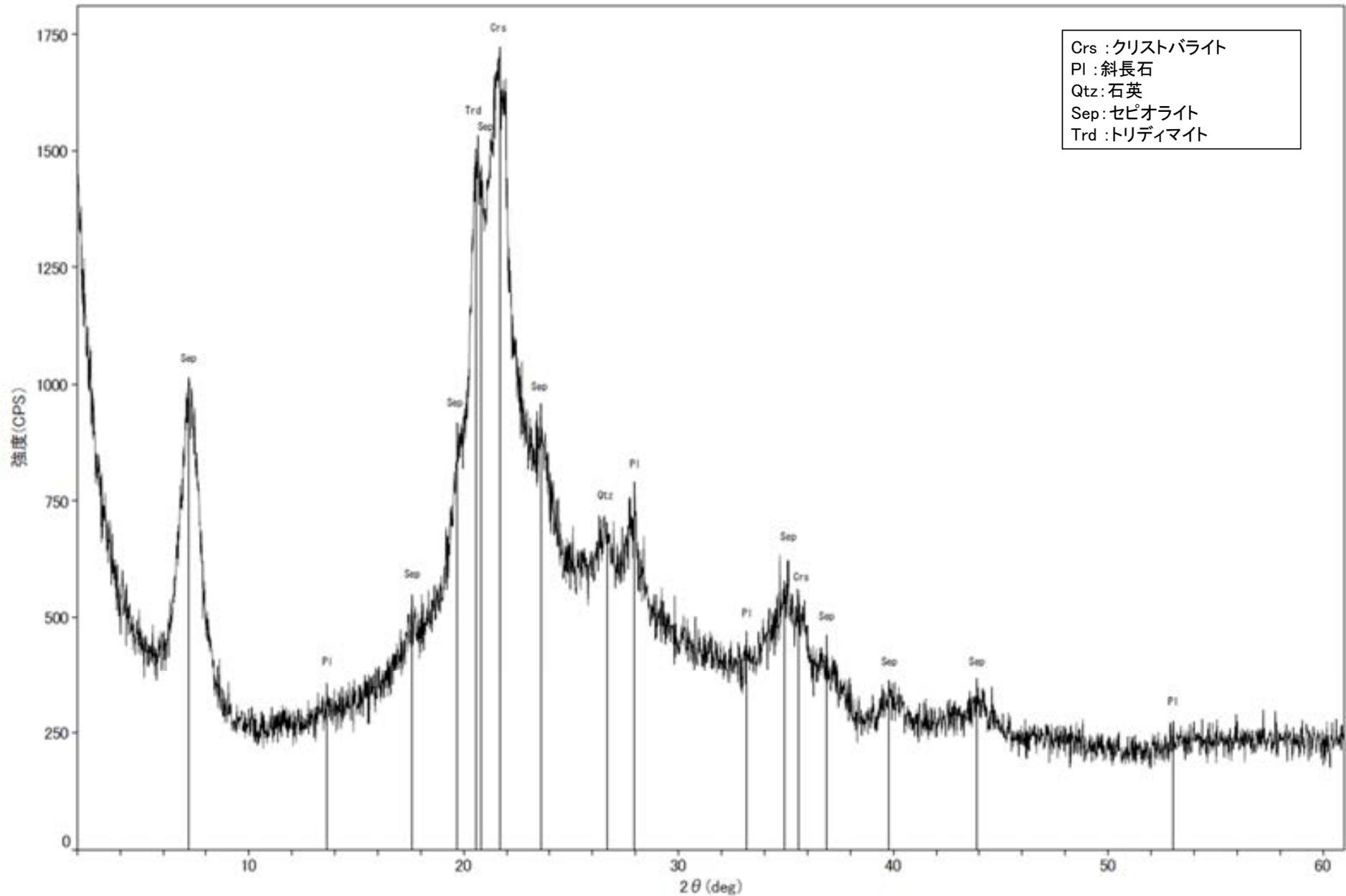


回折チャート

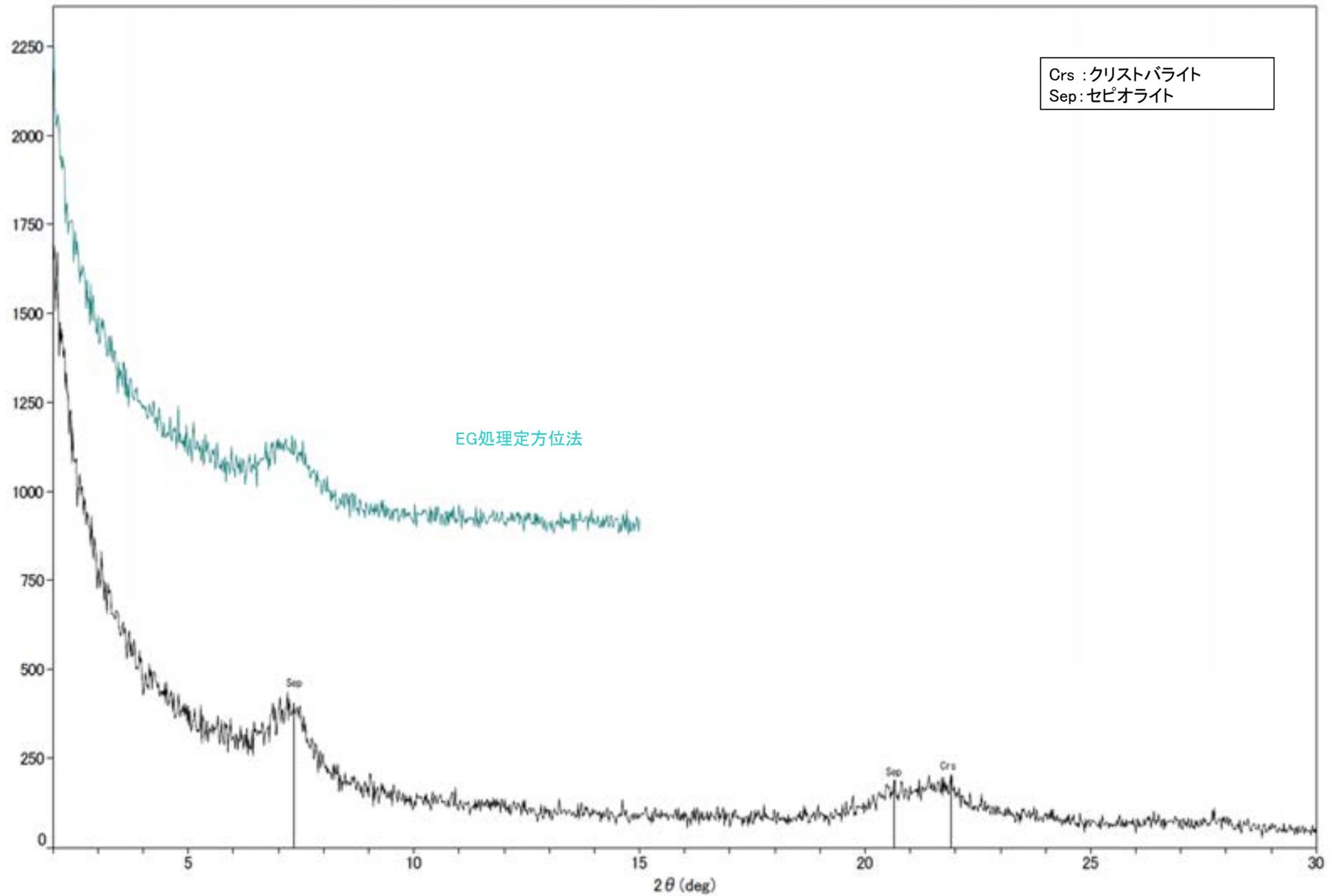


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉍物脈には、オパールCTが含まれる。

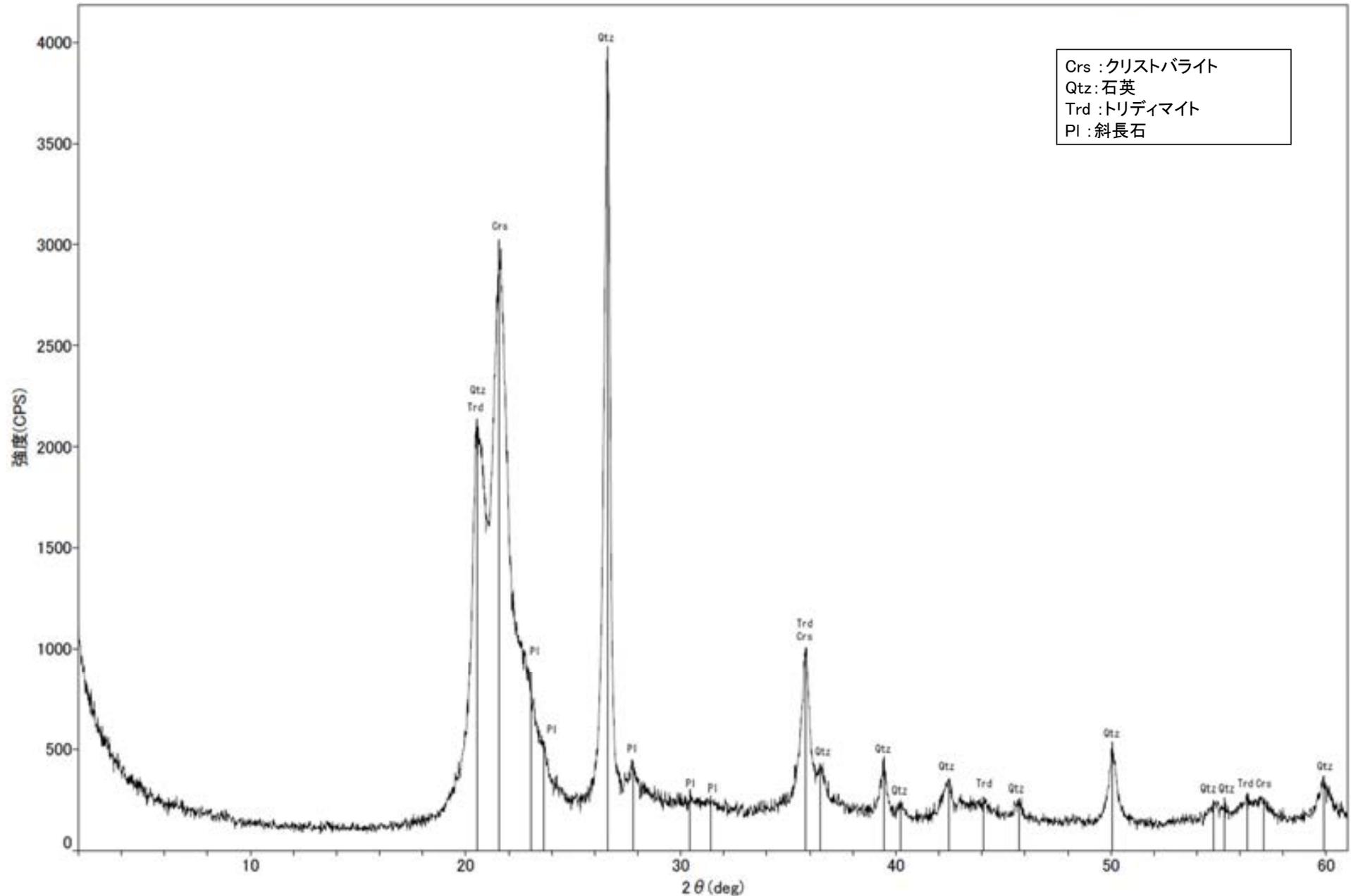


回折チャート

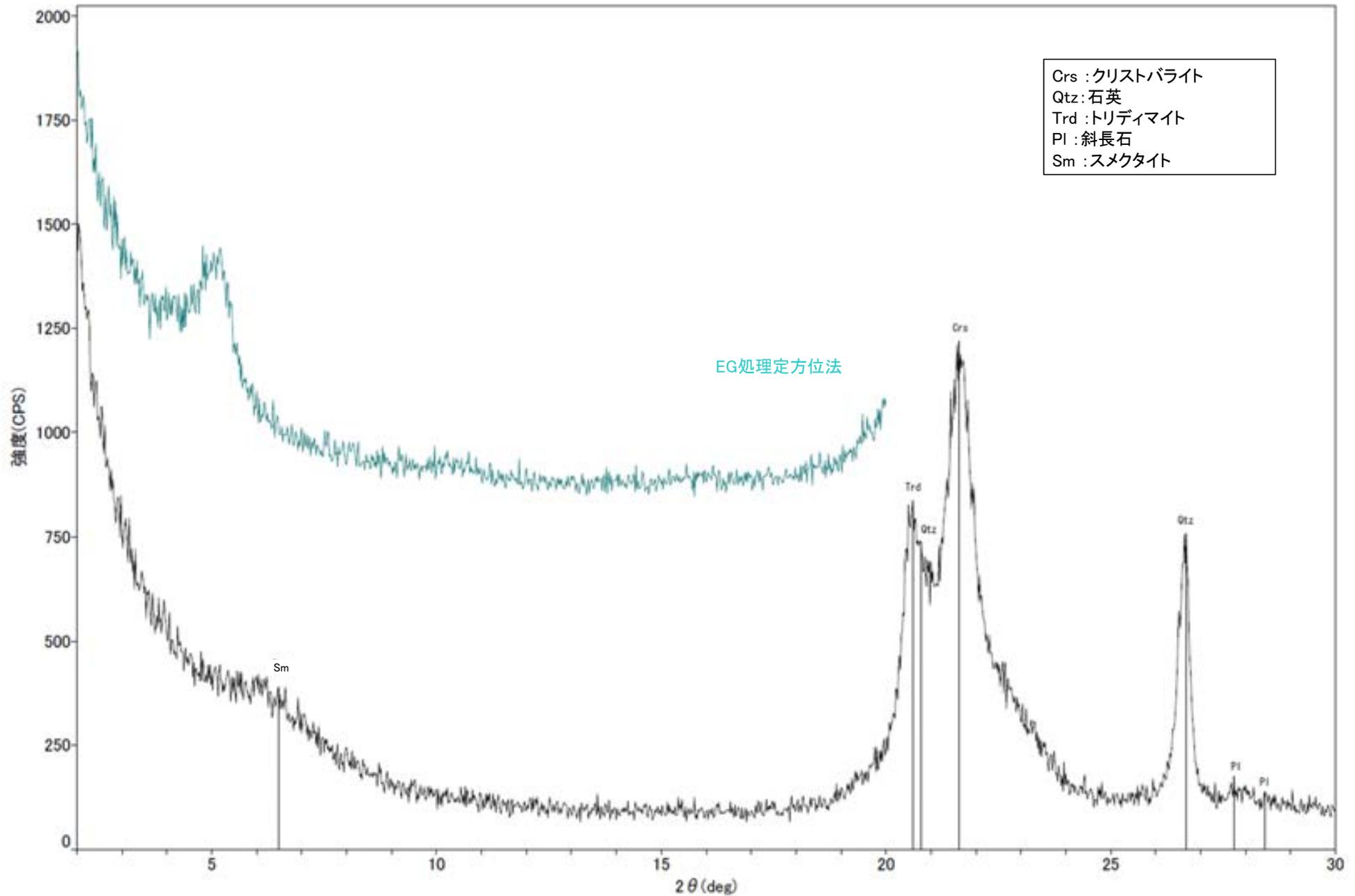


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○クリストバライトとトリディマイトのピークが見られるため、この白色鉱物脈には、オパールCTが含まれる。



回折チャート



回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

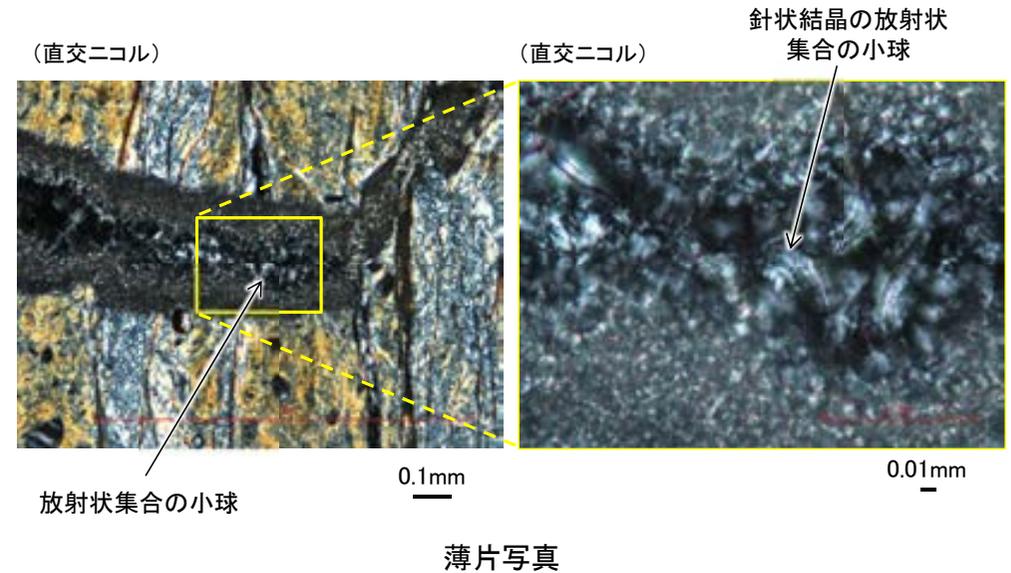
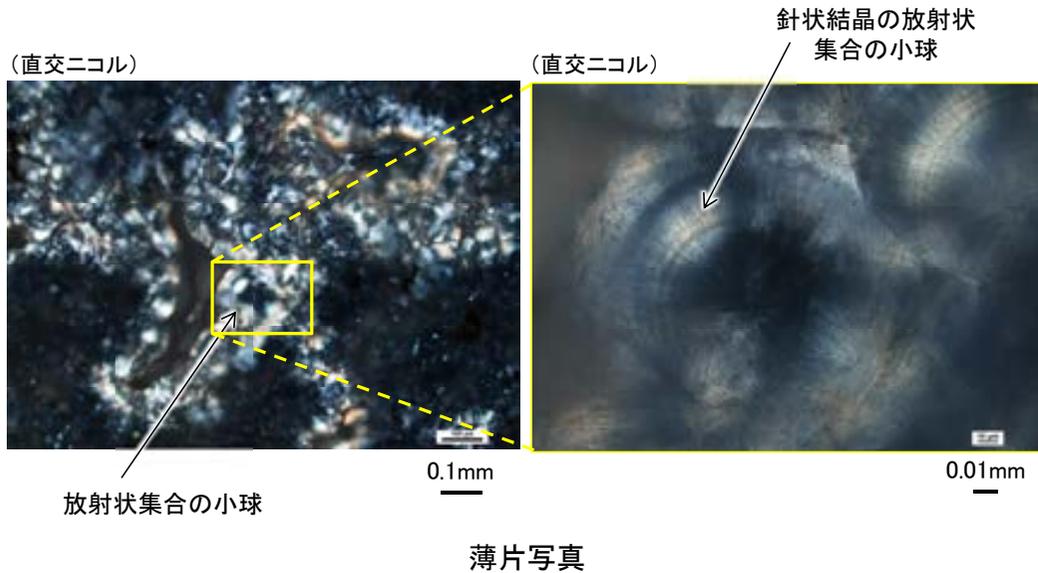
白色鉱物(オパールCT)の薄片観察

○XRD分析においてオパールCTが認められた試料vii及びviiiの薄片観察の結果, 白色鉱物からなる鉱物脈中には, 吉村(2001)でオパールCTの特徴として示される, 針状結晶の放射状集合の小球が認められる。

【試料viiの薄片観察結果】



【試料viiiの薄片観察結果】



吉村(2001)
オパールCT: 針状結晶の放射状集合の小球として産する。

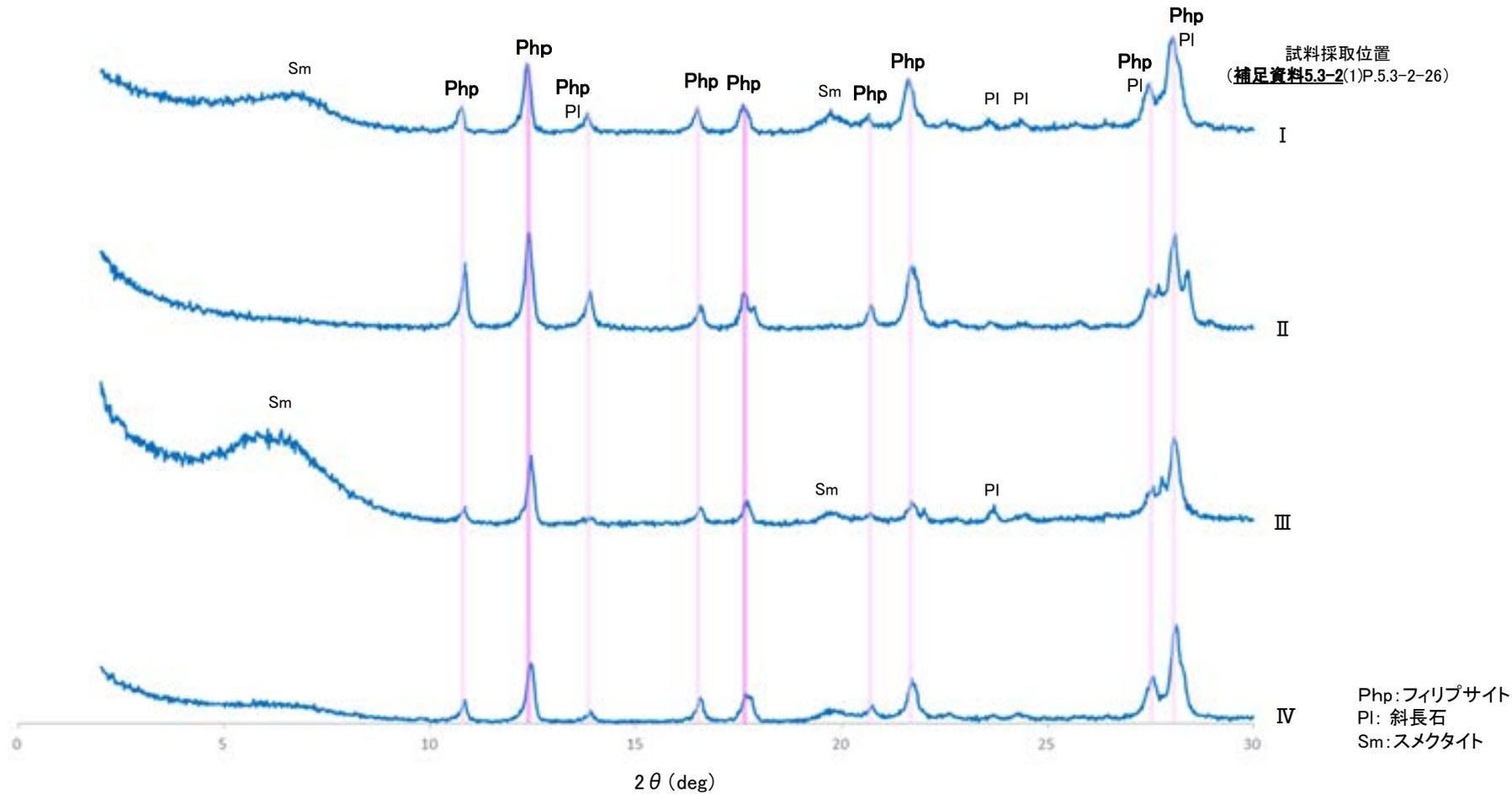
(6) XRD分析結果, 薄片観察結果(白色鉱物(フィリップサイト))

白色鉱物(フィリップサイト)のXRD分析

○敷地で認められた白色鉱物(試料 I ~IV)について, XRD分析を実施した結果, これらの白色鉱物はフィリップサイトである。

白色鉱物(フィリップサイト)確認箇所				
試料採取位置			深度	標高
I	S-2・S-6	E-5.7孔	170.73m	EL -158.08m
II	非破砕部	J-10.8SW-1孔	86.18m	EL -62.11m
III	K-14	H' - -1.3孔	125.58m	EL -121.91m
IV	非破砕部	H- -1.0孔	126.88m	EL -123.22m

ICDD (2015)によるPhillipsite-Kの特征的回折ピーク
(斜長石と重複しない主要回折ピーク位置)
 $2\theta = 12.44^\circ, 17.57^\circ$



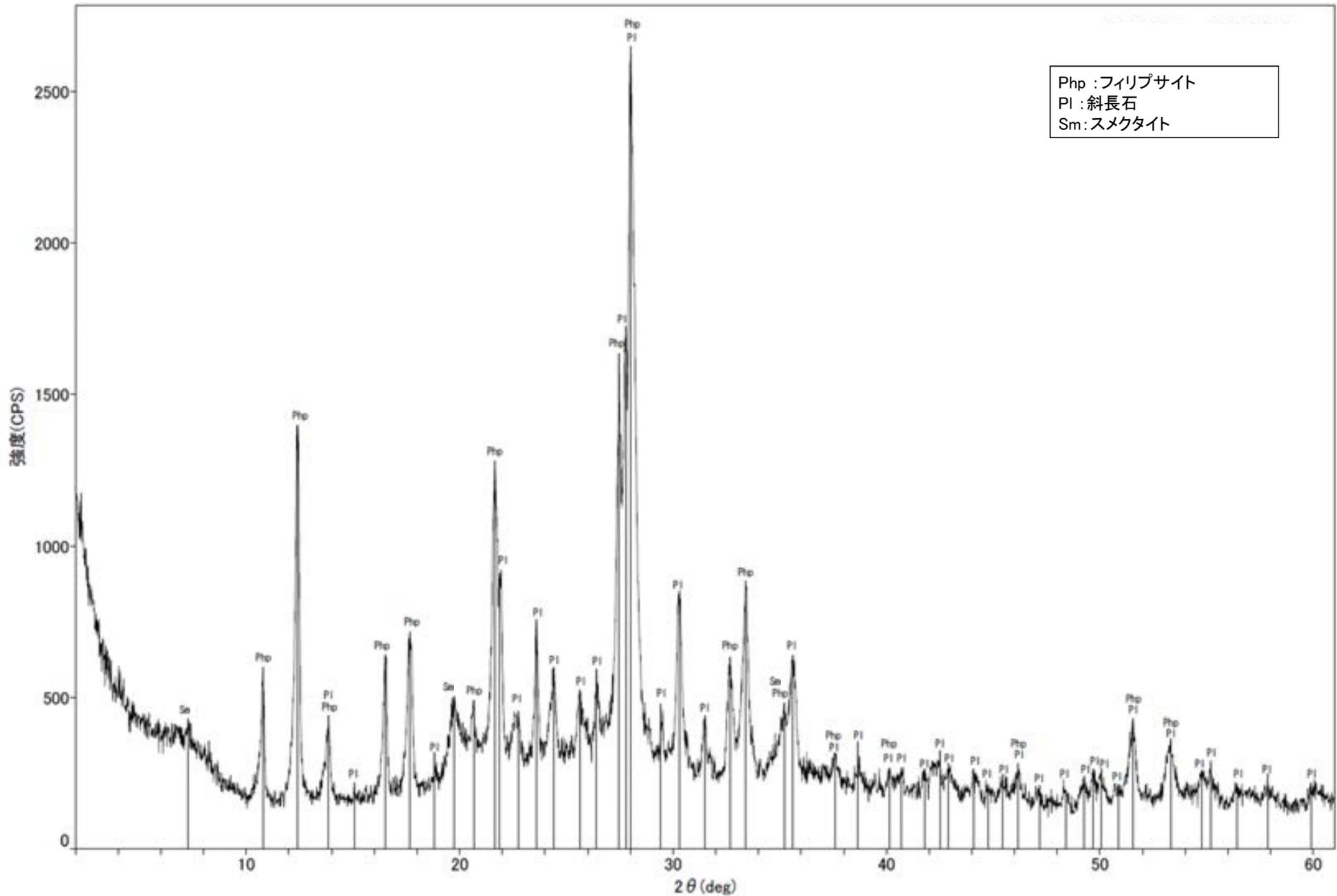
試料採取位置
(補足資料5.3-2(1)P.5.3-2-26)

Php: フィリップサイト
Pl: 斜長石
Sm: スメクタイト

X線回折チャート(定方位)

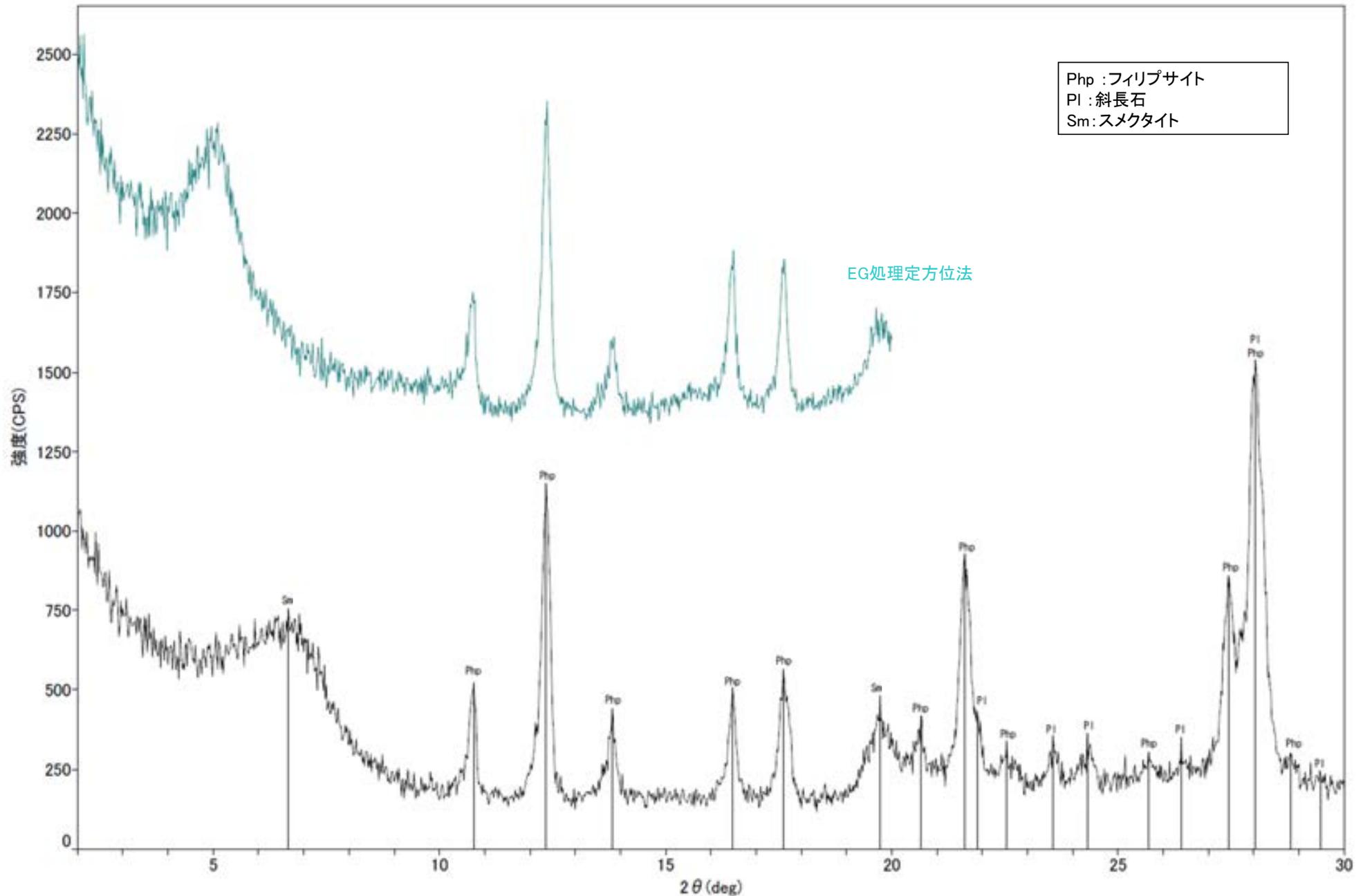
各試料のX線回折チャートの詳細は
次頁以降

○フィリップサイトのピークが認められる。



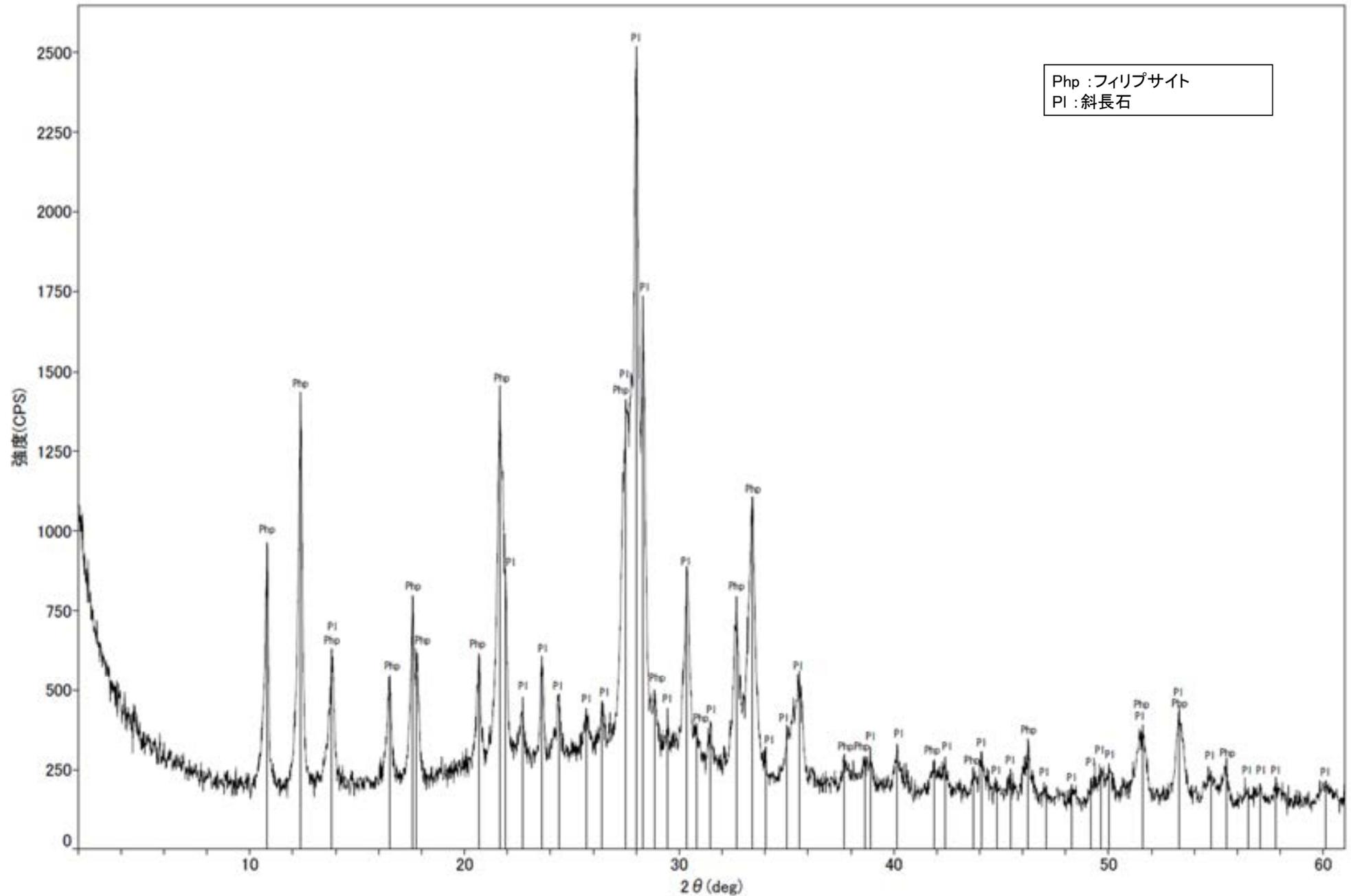
回折チャート

○フィリップサイトのピークが認められる。



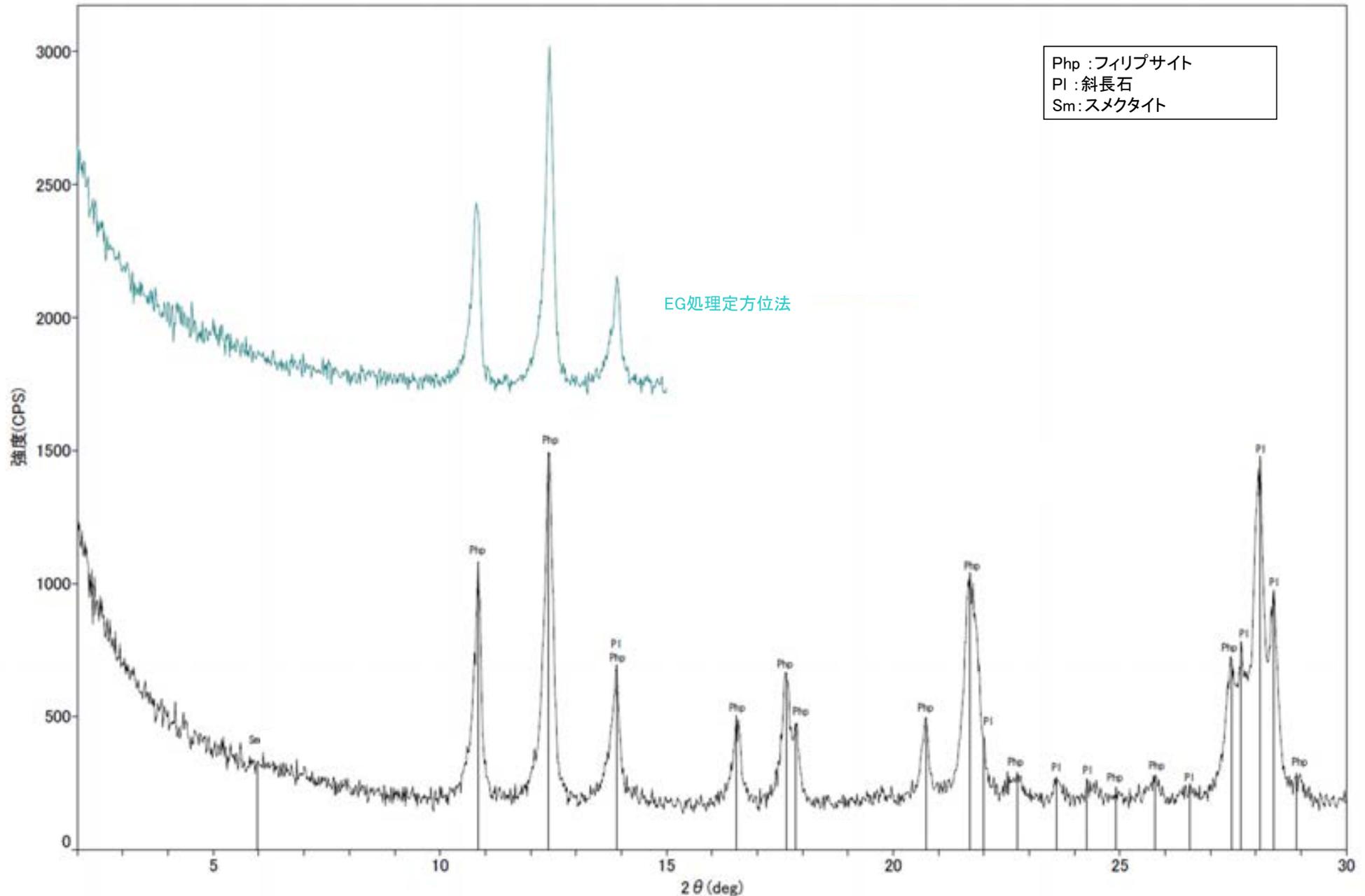
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○フィリップサイトのピークが認められる。



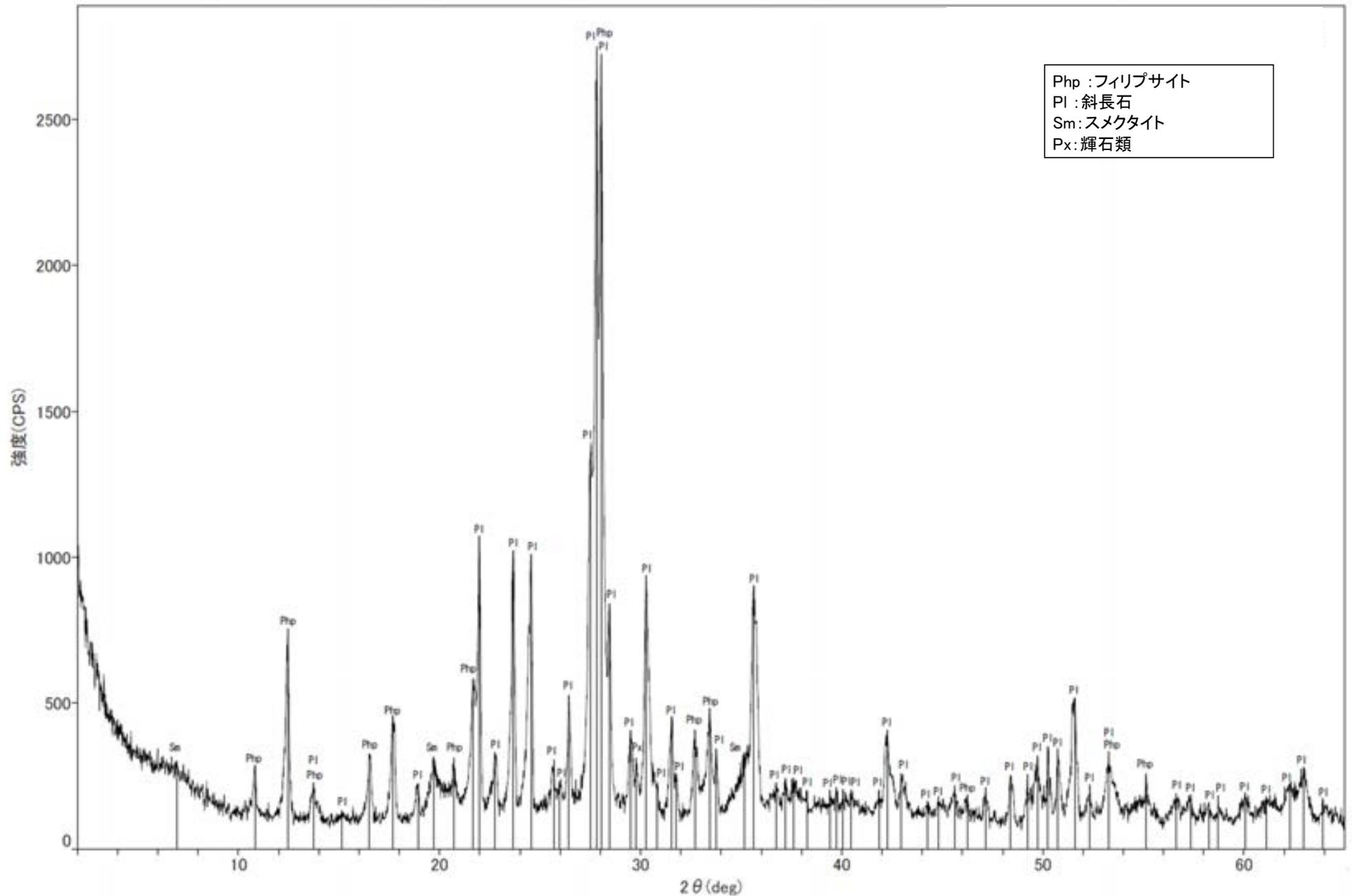
回折チャート

○フィリップサイトのピークが認められる。



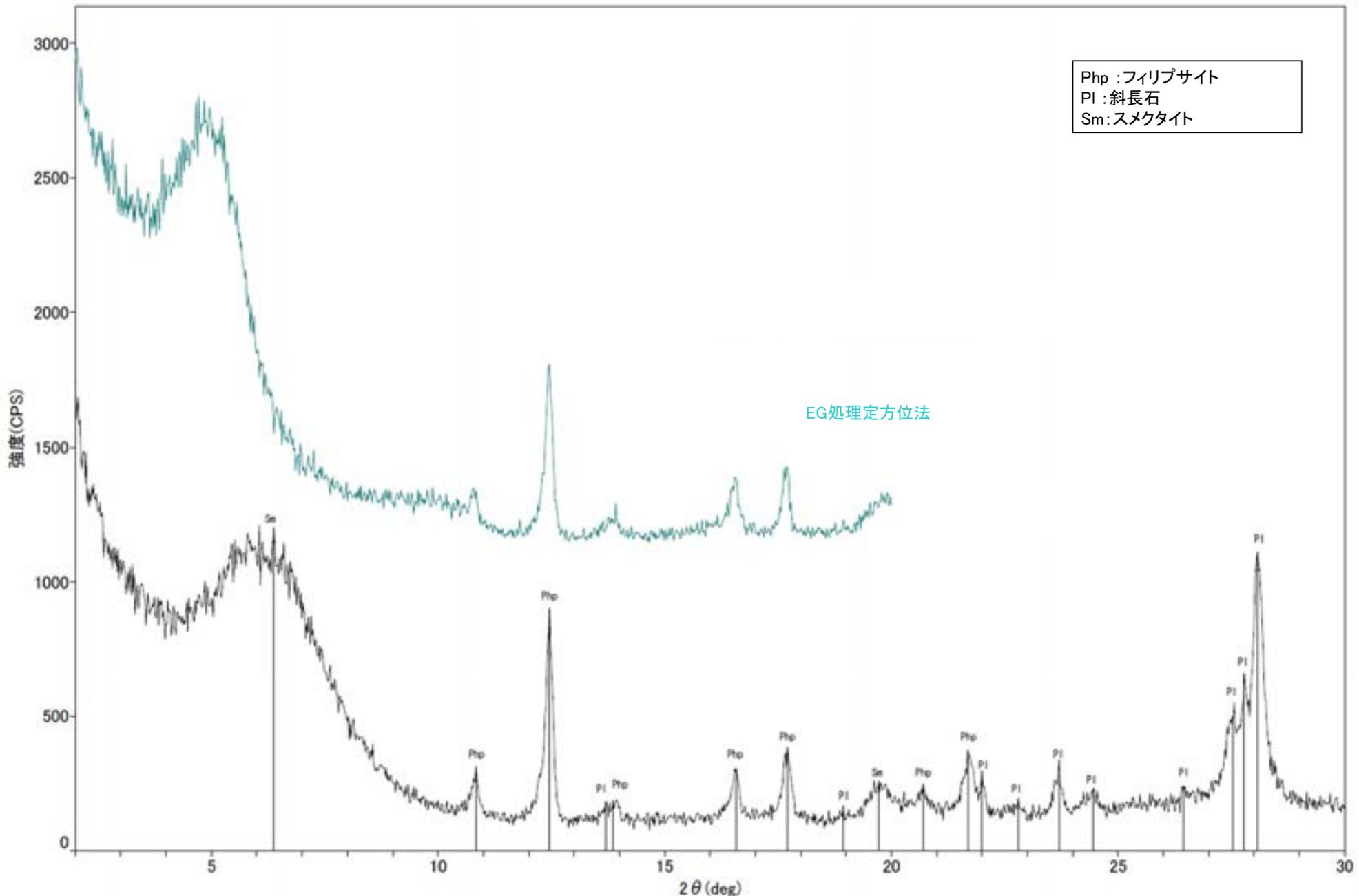
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○フィリップサイトのピークが認められる。



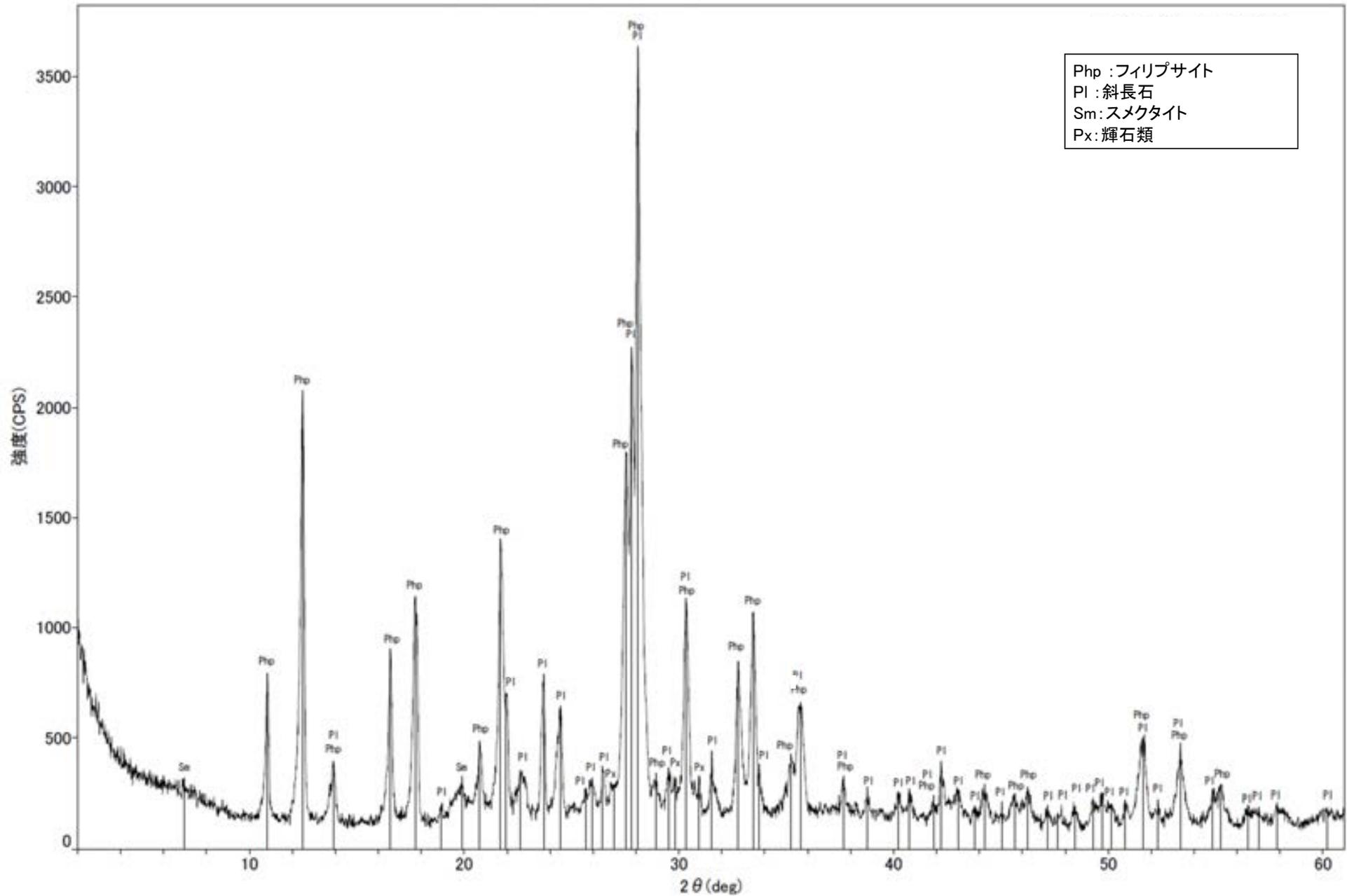
回折チャート

○フィリップサイトのピークが認められる。



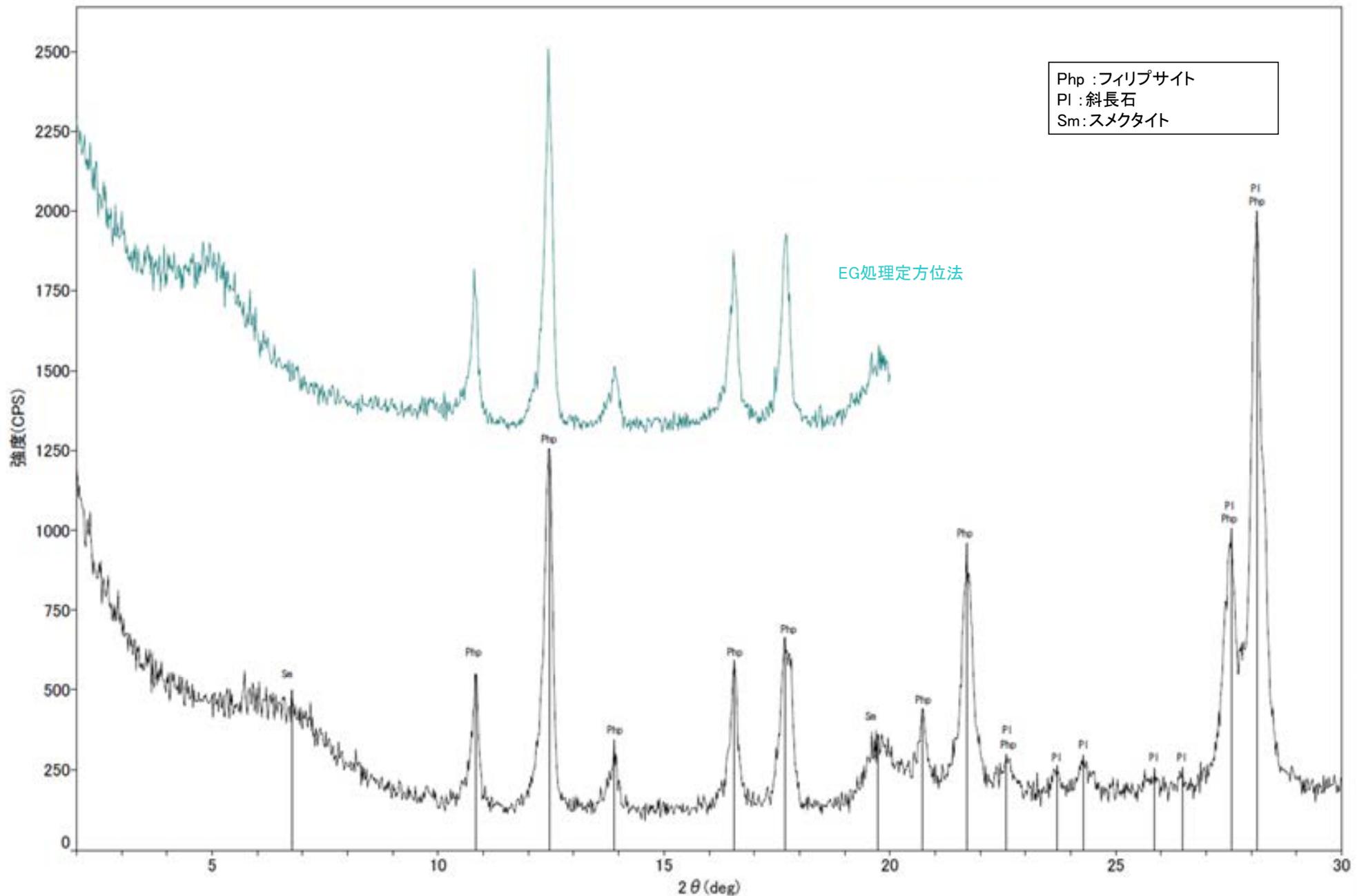
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

○フィリップサイトのピークが認められる。



回折チャート

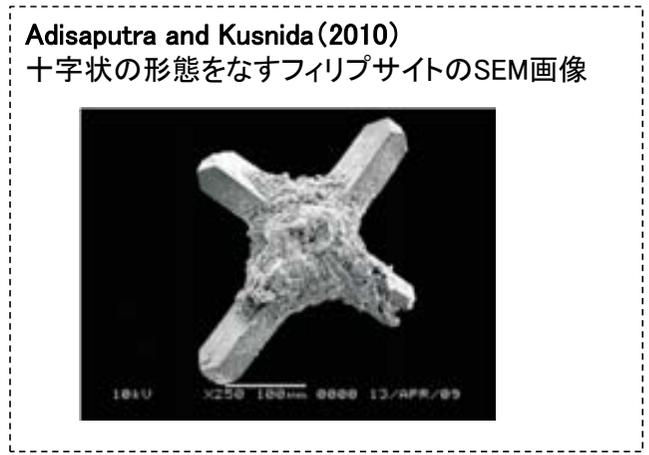
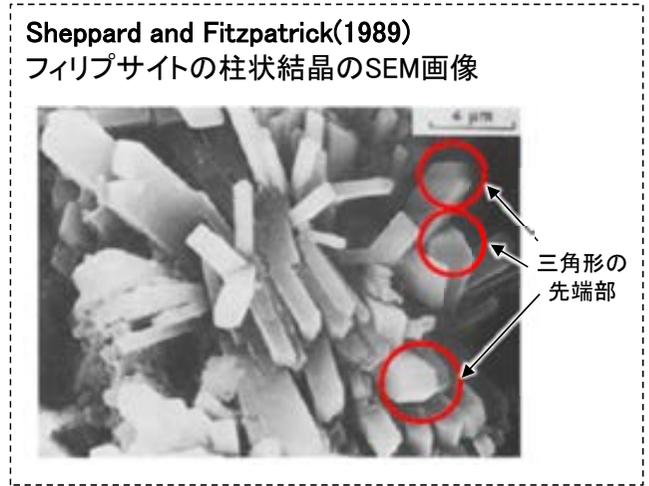
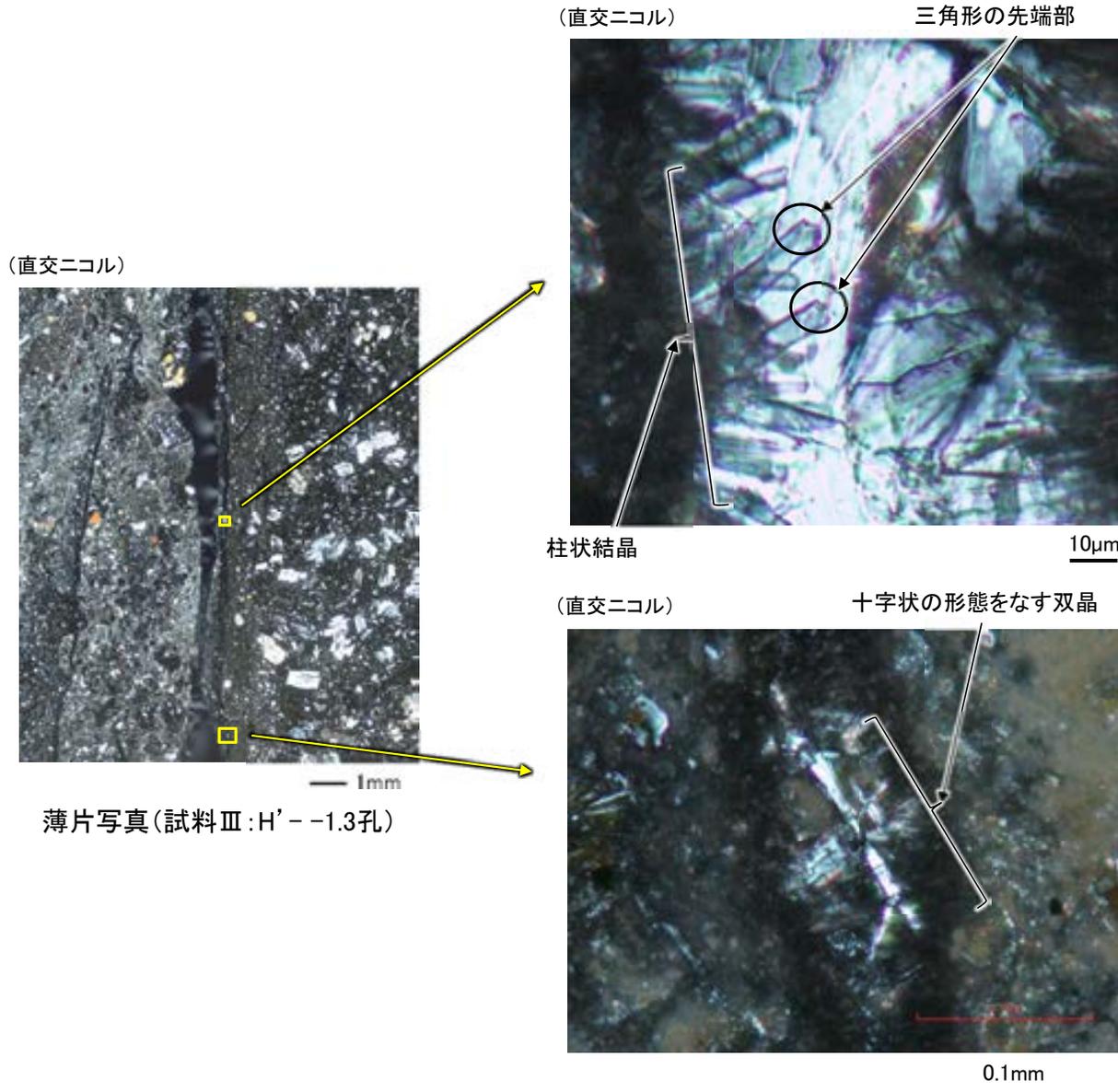
○フィリップサイトのピークが認められる。



回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

白色鉱物(フィリップサイト)の薄片観察

○XRD分析においてフィリップサイトが認められた試料Ⅲの薄片観察の結果、白色鉱物からなる鉱物脈中には、Sheppard and Fitzpatrick(1989)のフィリップサイトで見られるような三角形の先端部を伴う柱状結晶が認められる。
○また、Adisaputra and Kusnida(2010), 松原(2002)でフィリップサイトの特徴として示される、十字状の形態をなす双晶も認められる。



松原(2002)
十字沸石(フィリップサイト):
複雑な双晶をして産し、四角柱状、十字状などの形態が特徴。

(7) 変質鉱物の生成環境の検討結果

変質鉱物の後期更新世以降の生成可能性の評価 - 変質鉱物の確認標高・生成温度 -

○敷地において、深部も含めて確認された変質鉱物の確認標高と生成温度について整理した結果を以下に示す(敷地深部の調査結果は補足資料5.3-2(13))。
○また、変質鉱物の生成温度の根拠とした生成温度に関する文献調査結果の代表例を次頁に示す*1。

※1:その他の調査結果については、補足資料5.3-2(7)P.5.3-2-134, 135

■敷地で確認された変質鉱物の確認標高及び生成温度

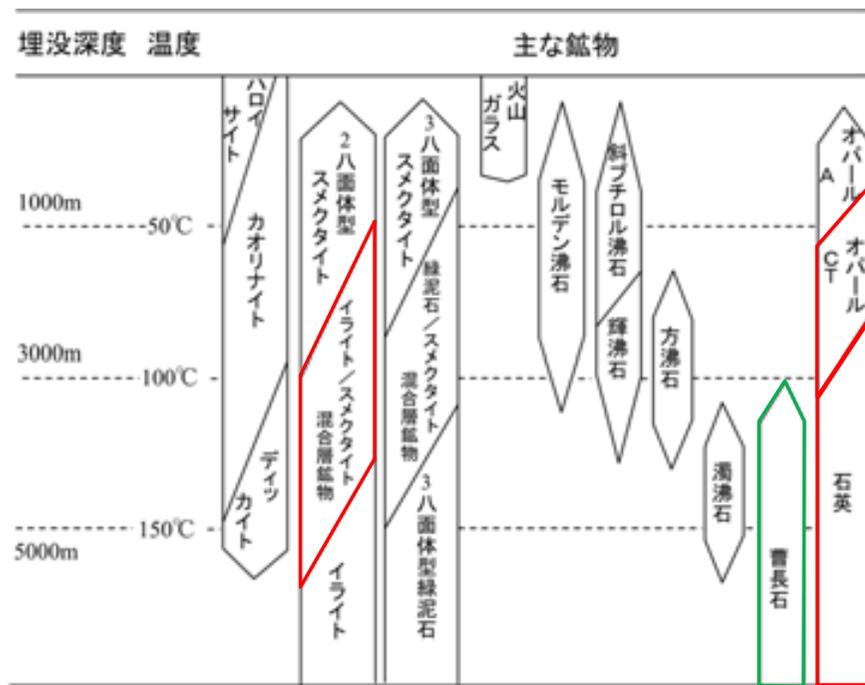
変質鉱物名	確認標高		確認位置 (記載頁)	生成温度(文献) 赤字は最低値	
	平均標高	全確認位置		地下深部での生成温度に関する知見	熱水による生成温度に関する知見
I/S混合層	-28.65m	【41箇所】 +19.91m, +19.72m, +12.66m, +12.63m, +11.82m, +4.80m, +2.84m, -1.97m, -3.26m, -3.75m, -5.83m, -6.17m, -6.36m, -10.61m, -11.12m, -15.76m, -16.45m, -17.05m, -17.60m, -17.90m, -18.88m, -19.45m, -21.66m, -24.19m, -27.25m, -27.48m, -31.45m, -35.91m, -36.01m, -37.95m, -39.83m, -44.66m, -45.82m, -49.50m, -59.02m, -59.10m, -96.84m, -96.99m, -108.04m, -121.91m, -123.37m	補足資料5.3-2(1) P.5.3-2-3, 12	50~約160°C (吉村,2001) 50~80°C以上 (Meunier et al.,2010) 60~90°C以上 (Velde and Iijima.,1988)	約120~220°C (吉村,2001) 約110~250°C (井上,2003)
オパールCT	-54.98m	【10箇所】 -15.56m, -16.75m, -57.56m, -60.03m, -68.78m, -69.36m, -96.84m, -125.44m*, -168.01m*, -201.20m*	補足資料5.3-2(1) P.5.3-2-22 補足資料5.3-2(13) P.5.3-2-191	50°C付近~約110°C (吉村,2001) 44~約80°C (日本粘土学会編,2009) 45°C以上 (太田ほか,2007) 50~70°C以上 (Bjørlykke,2015)	
フリプサイト	-116.33m	【4箇所】 -62.11m, -121.91m, -123.22m, -158.08m	補足資料5.3-2(1) P.5.3-2-26		50~86°C (飯島,1986)
石英	-645.60m	【7箇所】 -125.44m*, -168.01m*, -201.20m*, -422.50m, -507.10m, -698.80m, -954.00m	補足資料5.3-2(13) P.5.3-2-191	80°C以上 (吉村,2001)	約80°C以上 (井上,2003)
硬石膏	-866.27m	【3箇所】 -698.80m, -945.90**m, -954.00m	補足資料5.3-2(13) P.5.3-2-191		約140°C以上 (井上,2003)

*オパールCTと石英が確認された位置

**2: 試料採取位置(補足資料5.3-2(9)P.5.3-2-145)の標高に修正

生成温度のうち、下線は、文献に数値の記載があるもの、それ以外は図からの読取值

地下深部での変質鉱物の生成温度に関する知見
吉村(2001)



埋没深度の増大に伴う続成作用による火山砕屑性堆積物の
主要自生鉱物の消長 吉村(2001)に一部加筆

: 敷地で確認された変質鉱物の生成温度

: 斜長石が曹長石化する温度

熱水による変質鉱物の生成温度に関する知見
井上(2003)

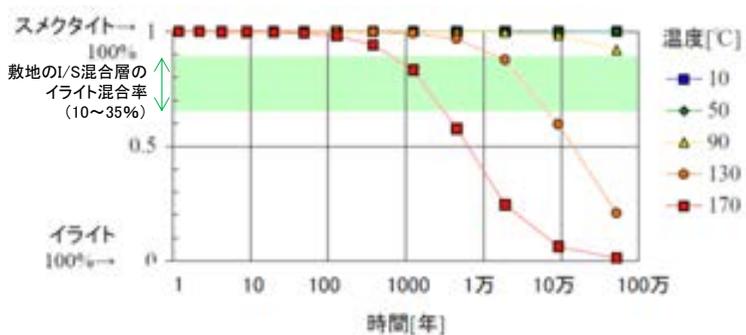


I/S混合層, オパールCTの生成温度・期間に関する文献

○I/S混合層は、地下深部で生成した場合は50°C以上、熱水によって生成した場合は110°C以上で生成することが示されている。また、スメクタイトのイライト化の変質速度に関する知見では、低温ほど生成期間が長く、温度50°Cでは百万年が経過してもイライト化が進行しないとされている。
○オパールCTは、地温約50°C以上の地下深部で生成することが示されている。また、反応速度論的な検討によると、低温ほど生成期間は長く、地下深部の50°Cで生成する場合には、数十万年の期間を要することが示されている。

■I/S混合層の生成温度・期間に関する知見

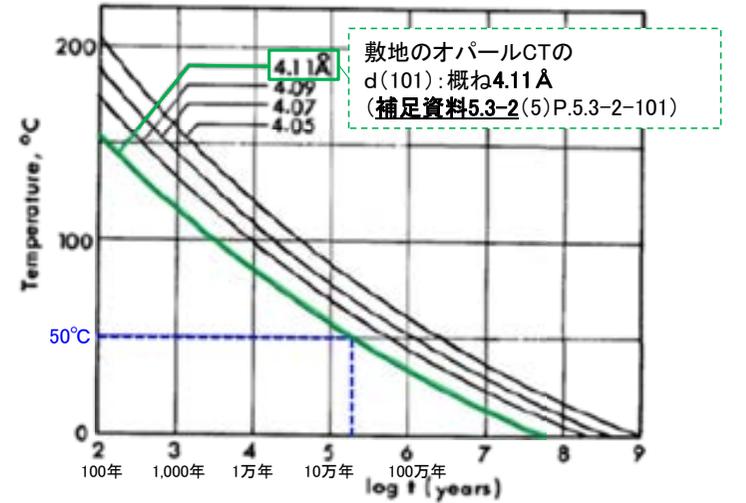
吉村(2001)	<p><地下深部での生成></p> <ul style="list-style-type: none"> ・I/S混合層における積層の仕方, I層とS層の含有率, 規則度及び出現温度との関係を表で示している。 ・この表によると, ライハイテR=0のI/S混合層の出現温度は, 「長期(5~300百万年), 50~60°C」である。 <p><熱水による生成></p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱水変質作用によるI/S混合層の生成温度は約120~220°Cである。
井上(2003)	<p><熱水による生成></p> <ul style="list-style-type: none"> ・スメクタイトのイライト化は熱水変質作用のように比較的短時間で反応が完了する場合には温度の効果が最も重要な反応促進因子である。 ・I/S混合層は熱水変質作用により, 約110°C以上で生成する。
Velde et al. (1988)	<p><地下深部での生成></p> <ul style="list-style-type: none"> ・スメクタイトからR0(イライト/スメクタイト不規則混合層)への変換温度は60~90°Cである。
Meunier et al. (2010)	<p><地下深部での生成></p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの研究データから100%純粋なスメクタイトのイライト化の反応の開始点は温度50~80°Cである。
原子力発電環境整備機構(2014)	<p><熱水による生成></p> <ul style="list-style-type: none"> ・地層処分における熱環境の検討において, Karnland et al. (2000)による時間経過に伴うスメクタイトのイライト化に関する図を示している(右上図)。 ・この図によると, 温度90°Cでは数十万年で10%程度のイライト化が進行するものの, 温度50°Cではイライト化に至らない。



時間経過に伴うスメクタイトのイライト化
(原子力発電環境整備機構(2014)に一部加筆)

■オパールCTの生成温度・期間に関する知見

吉村(2001)	<ul style="list-style-type: none"> ・オパールAは非晶質のシリカ物質であるが, 続成変質を受けるとオパールCTが生成する。 ・両者の境界は埋没温度が50°C付近である。
太田ほか(2007)	<ul style="list-style-type: none"> ・報告地域におけるシリカ鉱物の変化は埋没続成作用により生じたものと見なし, オパールAからオパールCTへ変化する温度を45°Cと仮定して侵食量を推定している。
日本粘土学会編(2009)	<ul style="list-style-type: none"> ・シリカ鉱物の帯状分布を整理しており, オパールCTがみられる鉱物帯の境界温度は44°Cである。
Kano(1983)	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道の基礎試錐「浜勇知」から得られたデータを基に反応速度論的な考察を行い, オパールCTのd(101)及び温度, 生成期間の関係性を示している(右下図)。 ・この図によると, d(101)が4.11 ÅであるオパールCTが50°Cで生成する場合には, 数十万年の期間を要する。
Bjørlykke(2015)	<ul style="list-style-type: none"> ・非晶質シリカ(オパールA)は, 通常, 50~70°Cで溶解しオパールCTに変化する。



オパールCTのd(101)及び温度, 生成期間の関係
(Kano(1983)に一部加筆)

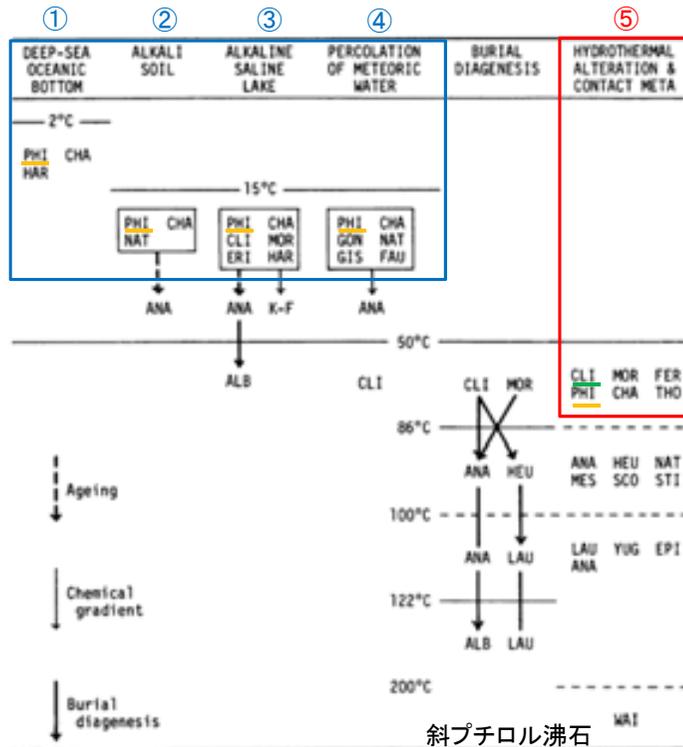
フィリップサイトの生成温度・期間及び生成環境に関する文献

○フィリップサイトは、地温約50℃以上の地下深部もしくは熱水によって生成されることが示されている。また、熱水変質・接触変成でフィリップサイトと同様な温度環境で生成する斜プチロル沸石について、低温ほど生成期間は長く、約50℃で生成する場合には、およそ100万年の時間を要するとされている。

■フィリップサイトの生成温度・期間に関する知見(関連する沸石類も含む)

中田・千木良(1996)	・火山ガラスからフィリップサイトを合成した結果、フィリップサイトは100~125℃で多く生成する(Hawkins et al., 1978)。
佐々木ほか(1982)	・斜プチロル沸石は、初期圧密から後期圧密段階初期、地温57℃以上の条件下で火山ガラスを交代して、生成する(青柳, 1978)。 ・斜プチロル沸石が47℃で生成し始めるには、およそ100万年の時間を要する(鹿野, 1978)。
佐々木(1991)	・海成層中の沸石は、埋没続成下における最高地層温度に強く支配されて生成するが、有効被熱時間が転換温度に対して重要な働きをしている。沸石の転換温度は、有効被熱時間が長くなるにしたがって低くなる。

■フィリップサイトの生成環境に関する知見(飯島, 1986)



志賀サイトでの生成環境を考察



フィリップサイトの生成環境 (左図の番号に対応)	志賀サイト(別所岳安山岩類)の特徴
①深海底	× 深海底のフィリップサイトの母材である玄武岩質ガラスは、別所岳安山岩類中には含まれない。
②アルカリ土壌	× 敷地には、半乾燥～乾燥地帯のアルカリ土壌は分布しない。
③アルカリ塩湖	× 敷地には、アルカリ塩湖堆積物は分布しない。
④天水の浸透	× 本作用の主な母材である玄武岩質ガラスは、別所岳安山岩類中には含まれない。
⑤熱水変質・接触変成	○ 安山岩中には、50℃以上の温度環境下によって生成したと考えられる変質鉱物(I/S混合層, オパールCT)が認められる。

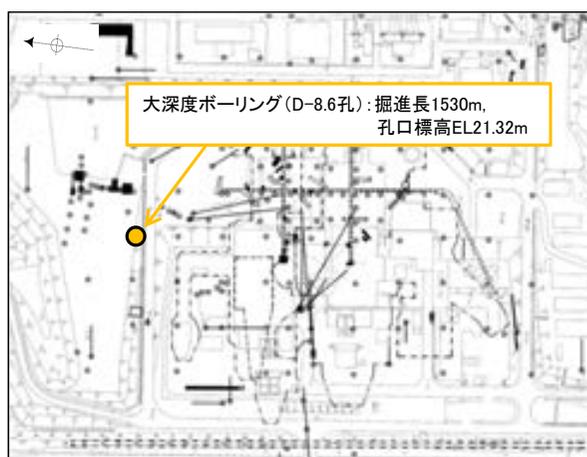
フィリップサイト PHL=phillipsite, CHA=chabazite, NAT=natrolite, CLI=clinoptilolite, MOR=nordenite, ERI=erionite, GON=gonnardite, GIS=gismondine, FAU=faujasite, ANA=analcline, FER=ferrierite, THO=thomsonite, HEU=heulandite, STI=stilbite, MES=mesolite, SCO=solecite, LAU=laumontite, YUG=yugawaralite, EPI=epistilbite, WAI=wairakite, HAR=hamotome, K-F=K feldspar, ALB=albite.

(8) 約12～13万年前以降の敷地の地温分布

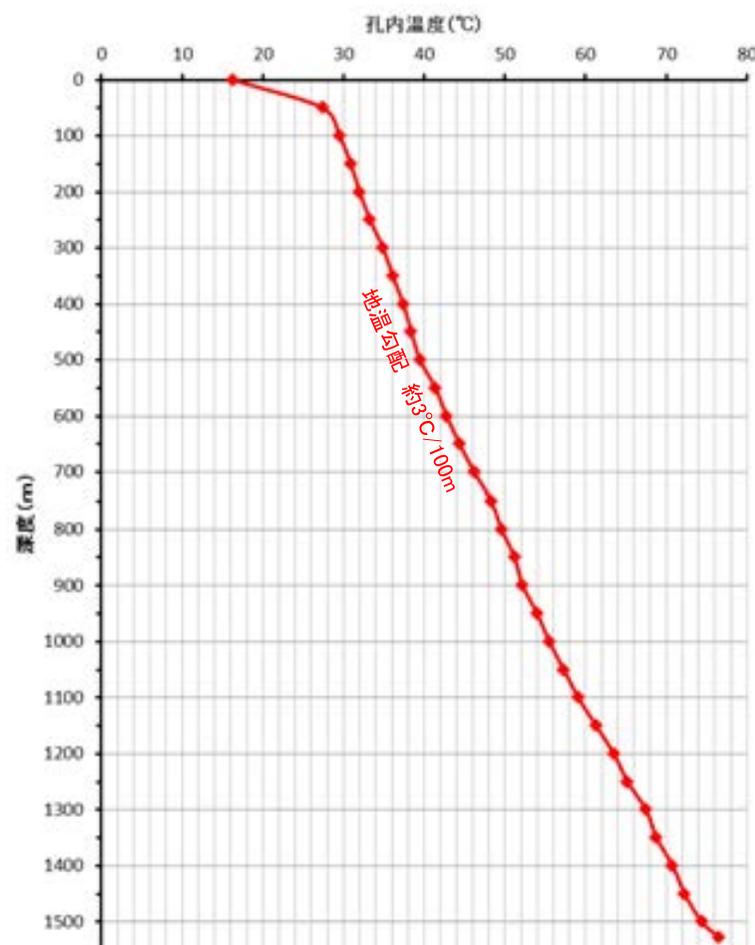
約12～13万年前以降の敷地の地温分布

- 温度検層及び文献調査により、約12～13万年前以降の敷地の地温分布を推定した。
- 敷地の地温分布に関して、大深度ボーリング(D-8.6孔)による温度検層を実施した結果、敷地の地温勾配は約3°C/100mで一定であった(下図)。これは、吉村(2001)で示される一般的な地温勾配(3°C/100m)とほぼ同じで、大山(2014)で示される非火山地域(地温勾配 2～3°C/100m)に相当する。
- 敷地周辺の地温分布に関して、藤・板倉(1994)や産業技術総合研究所(2005)によると、敷地から約17km離れている和倉には泉温91.4°Cの温泉が示されているものの、敷地付近では、泉温50°Cを超える高温の温泉は示されていない(次頁)。また、藤・板倉(1994)で比較的温度が高く、敷地に近い①、⑨地点について、温泉所有者が実施したボーリング掘削時の地温データを確認した結果、いずれも敷地の地温勾配と同程度である(次々頁)。
- さらに、能登半島の火成活動に関する文献調査を実施した結果、能登半島に第四紀火山は認められないことから、約12～13万年前以降、敷地には火成活動の影響が及んでおらず、敷地の地温分布も一定であったと判断した(補足資料5.3-2(8)P.5.3-2-140)。
- 以上より、敷地及び敷地周辺は、地熱地帯ではなく、約12～13万年前以降の敷地の地温分布は、現在の敷地の地温分布と同程度であると評価した。

【敷地の地温分布】

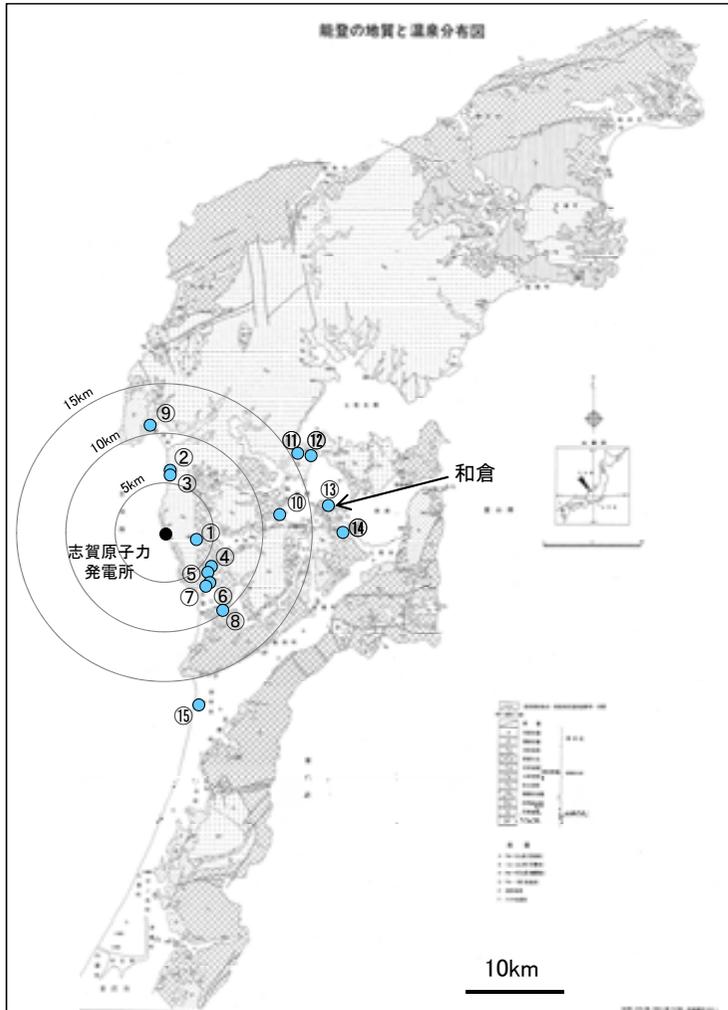


温度検層 位置図



温度検層結果 大深度ボーリング(D-8.6孔)

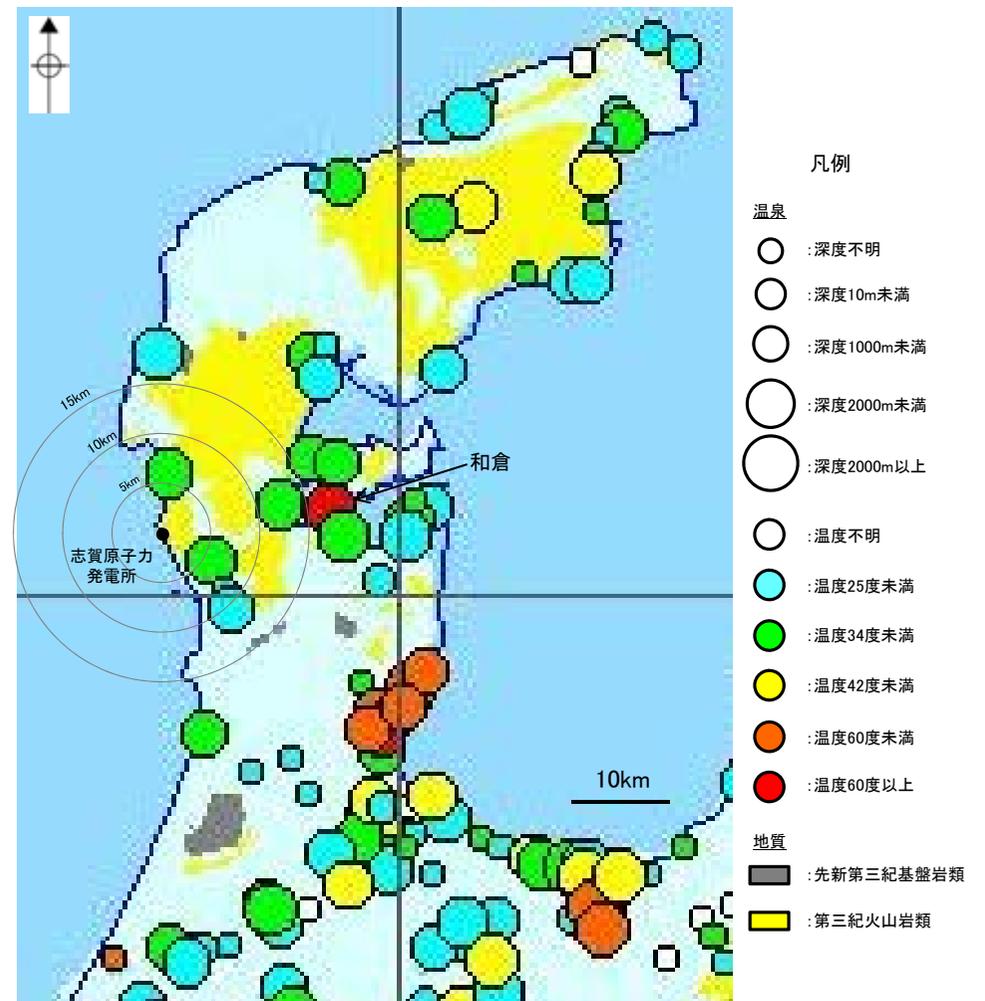
【文献調査(敷地周辺の地温分布)】



地点名	深度	泉温※1
①	-	36.7°C
②	200m	20.3°C
③	400m	28.0°C
④	185m	22.1°C
⑤	1000m	29.4°C
⑥	1000m	32.0°C
⑦	1200m	32.9°C
⑧	160m	22.5°C
⑨	800m※2	42.7°C
⑩	300m	29.0°C
⑪	500m	28.5°C
⑫	600m	31.0°C
⑬	-	91.4°C
	-	31.0°C
	150m	58.4°C
	150m	85.0°C
⑭	-	88.9°C
	100m	27.7°C
⑮	300m	28.0°C

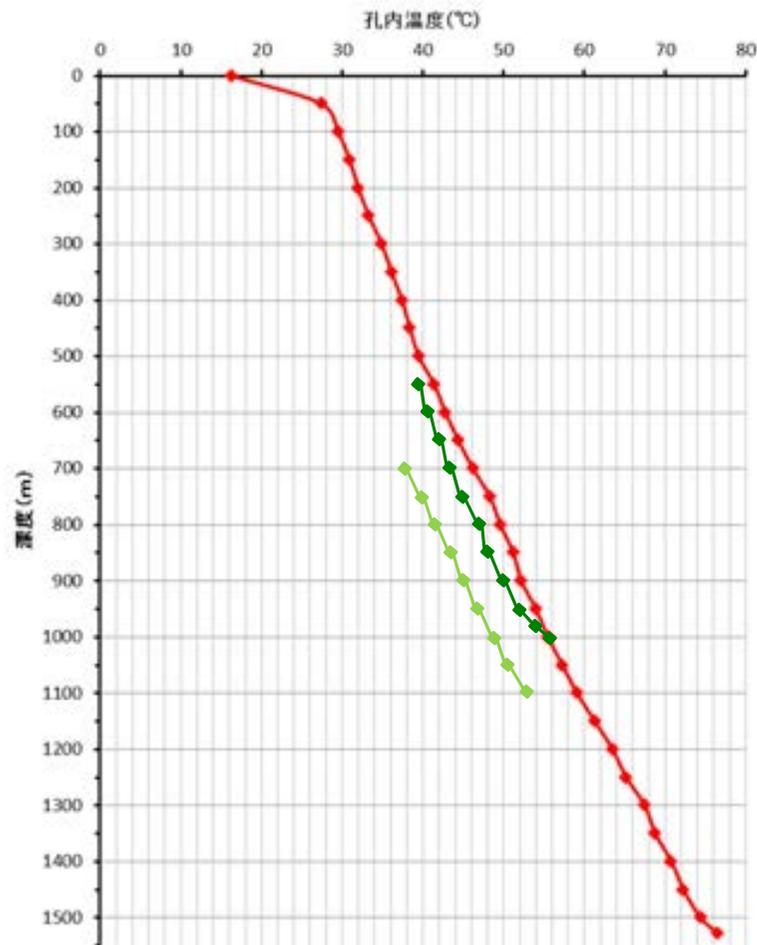
※1 湧出口での温泉水の温度
 ※2 温泉所有者へ地温データを
 確認した結果、深度1101mま
 で掘削していることを確認。

敷地周辺の主要温泉分布図 藤・板倉(1994)に一部加筆



能登半島の温泉分布図 産業技術総合研究所(2005)に一部加筆

【敷地周辺の地温分布(敷地と①地点, ⑨地点の地温勾配の対比)】



温度検層結果 (温泉所有者のデータに基づく)

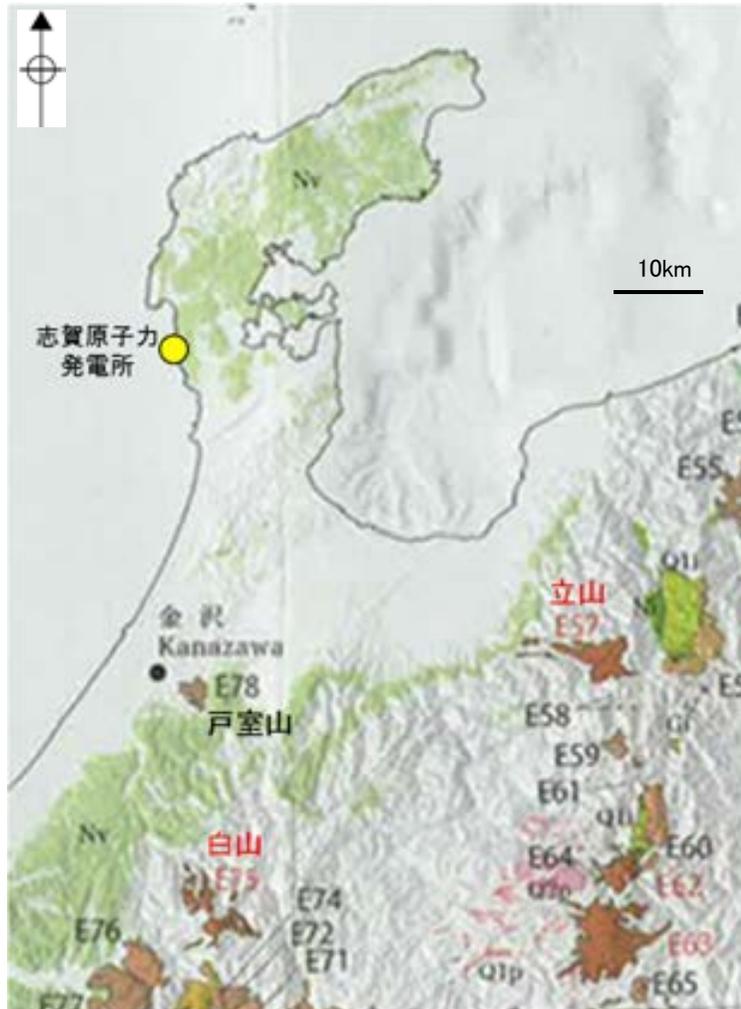
地点名	深度		温度
	掘削長	温度検層範囲	
①	1003m	550m~1003m	39.5°C~56.1°C
⑨	1101m	700m~1101m	37.9°C~52.9°C

凡例

■	: 敷地 (D-8.6孔)
■	: ①地点
■	: ⑨地点

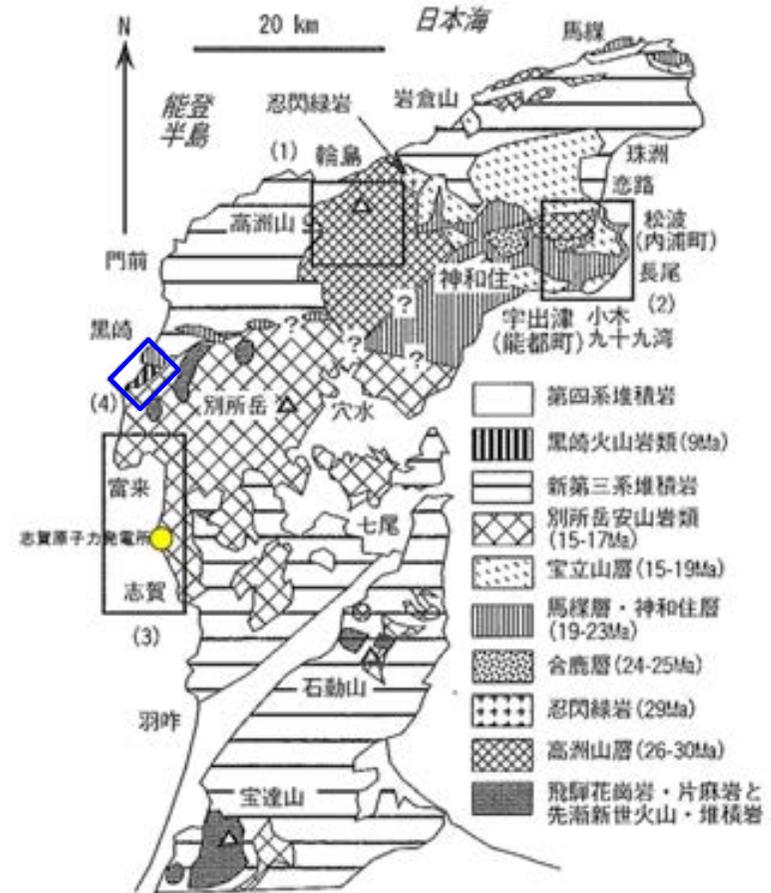
温度検層結果

【文献調査(能登半島の火成活動)】



能登半島における第四紀火山分布図
(産業技術総合研究所(2013)に一部加筆)

産業技術総合研究所(2013, 上図)には、能登半島に第四紀火山は図示されていない。



能登半島の火山岩類の地質概略図
(日本地質学会(2006)に一部加筆)

日本地質学会(2006)によると、能登半島で最後に火成活動が認められたのは黒崎火山岩類形成時の9Maである(上図□)。

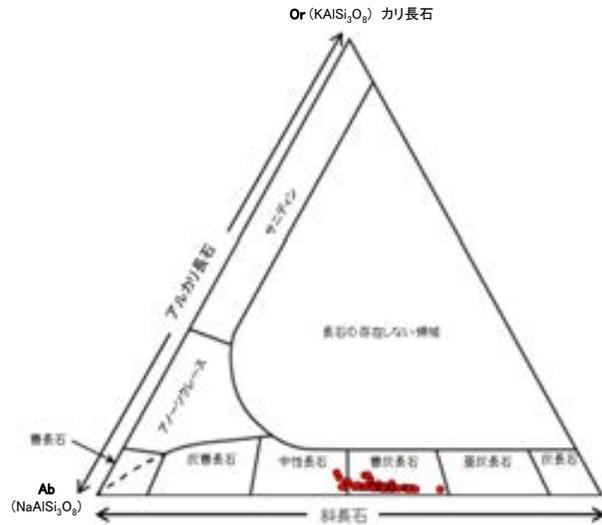
(9) 斜長石の曹長石化検討

斜長石の曹長石化検討

○EPMA分析により、敷地のEL12.66m～EL-945.90mまでの間の斜長石を対象として、曹長石化の検討を行った結果、いずれの斜長石も概ね曹灰長石～亜灰長石を示し、曹長石化は認められない。
○よって、敷地は、少なくとも斜長石が曹長石化するような高温の熱水の影響を受けていないと考えられる※。

※敷地内で認められるI/S混合層や石英等の変質鉱物は、曹長石化する温度よりも低い温度でも生成することから(補足資料5.3-2(7)P.5.3-2-133)、曹長石化が認められない程度の温度環境下であっても、敷地の変質鉱物は生成し得る。

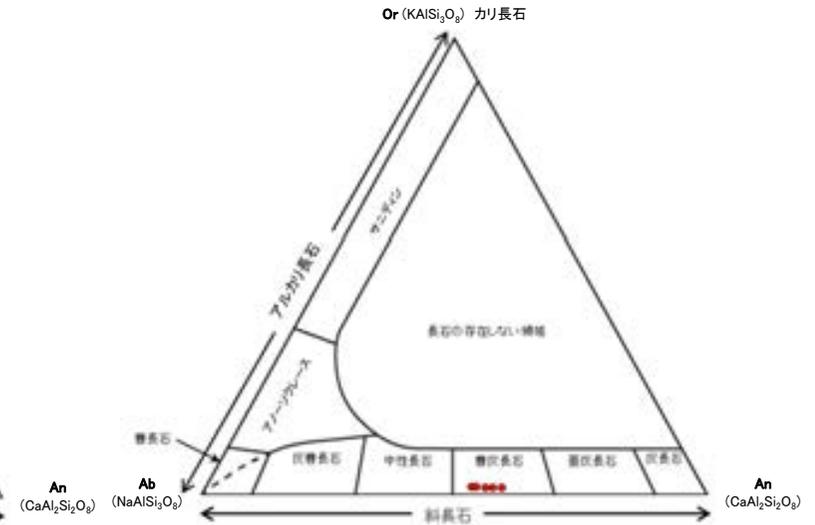
固結した破碎部中(E-8.5-2孔, EL12.66m)



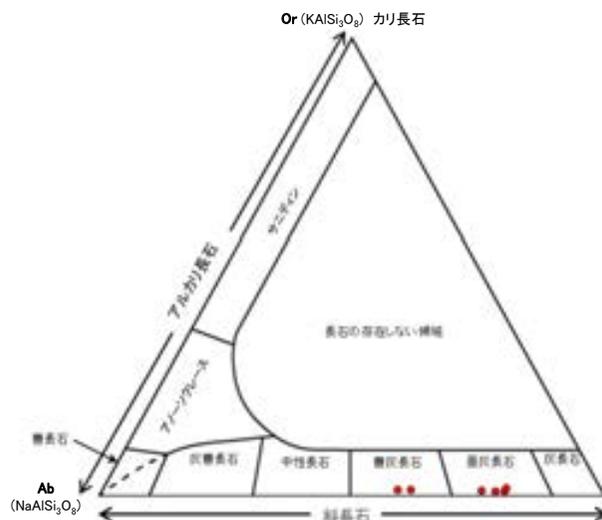
粘土状破碎部中(E-8.5-2孔, EL12.66m)



破碎部近傍の安山岩中(L-6'孔, EL-11.97m)



白色変質部付近(K-13.6孔, EL-422.50m)



白色変質部付近(K-13.6孔, EL-507.10m)

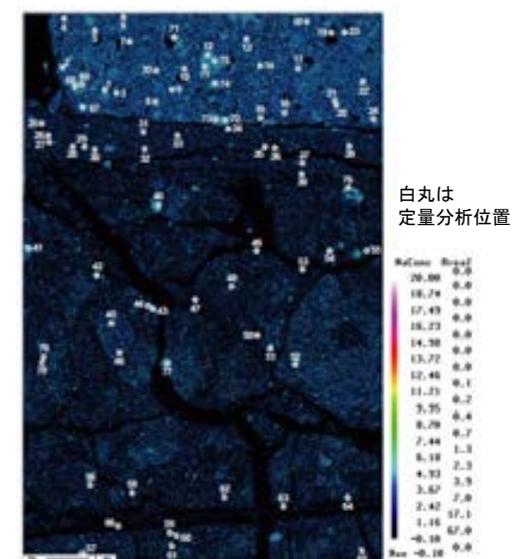
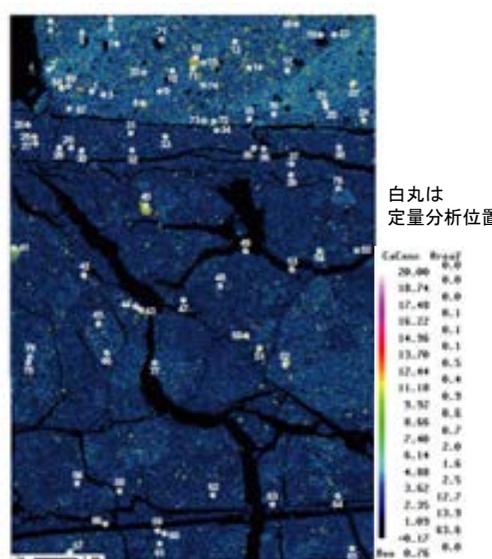
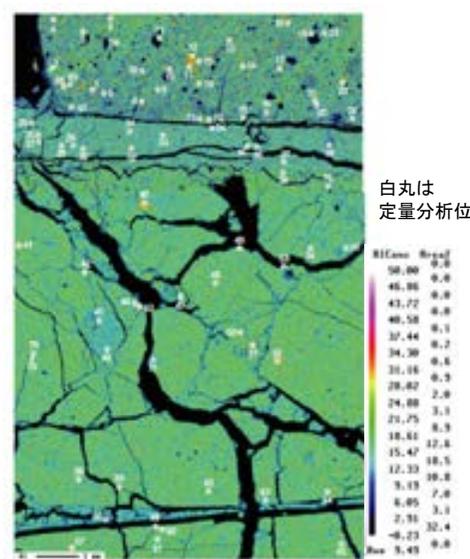
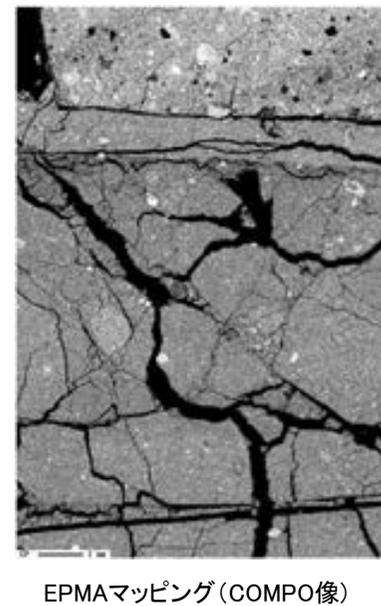
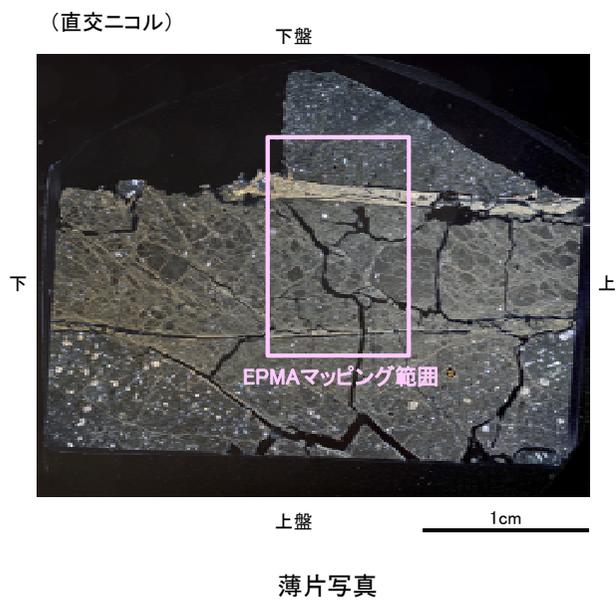
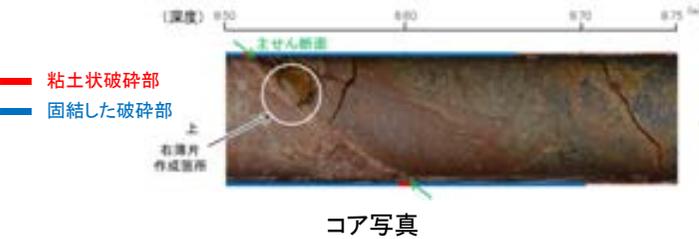
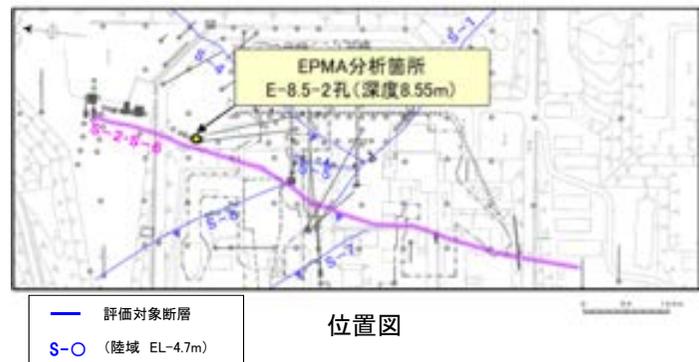


白色変質部付近(K-13.6孔, EL-945.90m)



上図は、黒田・諏訪(1983)を基に作成した。各分析試料の詳細は補足資料5.3-2(9) P.5.3-2-143～145

○E-8.5-2孔の深度8.55m付近(EL12.66m付近)で認められるS-2・S-6の破砕部に含まれる斜長石を対象としてEPMA分析を実施した。
○EPMA分析(定量)の分析点は、固結した破砕部に含まれる斜長石粒子から65点、粘土状破砕部に含まれる斜長石粒子から14点を選定した。



OL-6' 孔で認められるS-2・S-6(深度13.82m)の破砕部近傍の深度23.50m(EL-11.97m)の安山岩中に含まれる斜長石を対象としてEPMA分析を実施した。
OEPMA分析(定量)の分析点は、安山岩に含まれる斜長石粒子から5点を選定した。

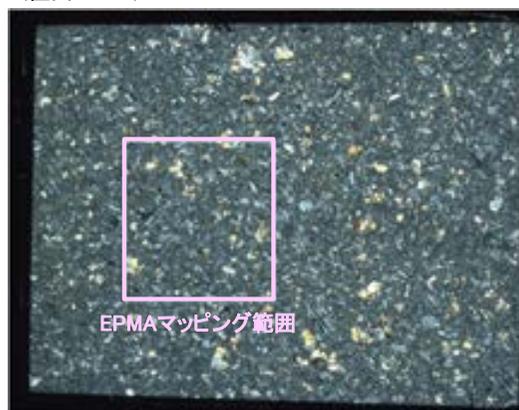


位置図

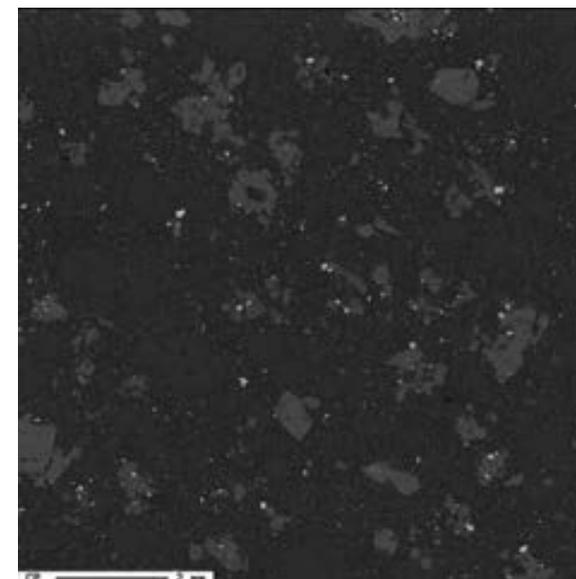


右薄片
作成箇所
コア写真

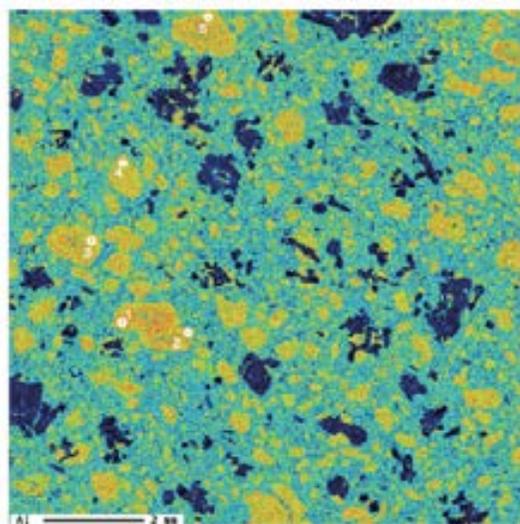
(直交ニコル)



薄片写真

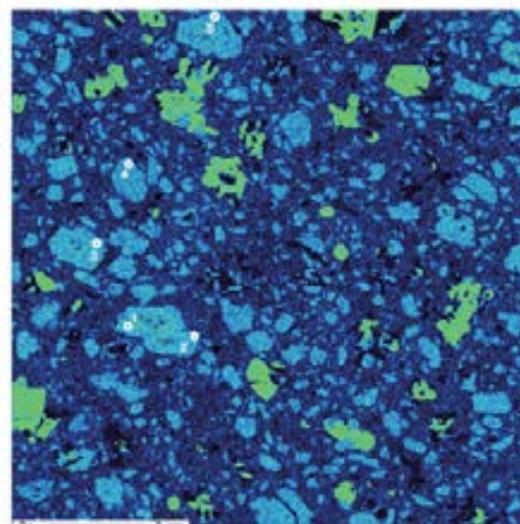


EPMAマッピング (COMPO像)



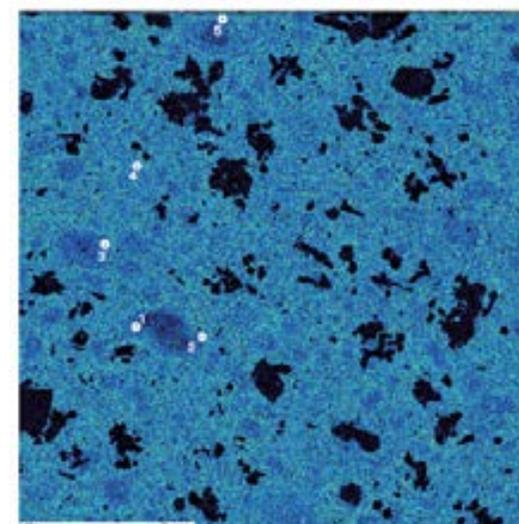
EPMAマッピング (Al)

白丸は
定量分析位置



EPMAマッピング (Ca)

白丸は
定量分析位置

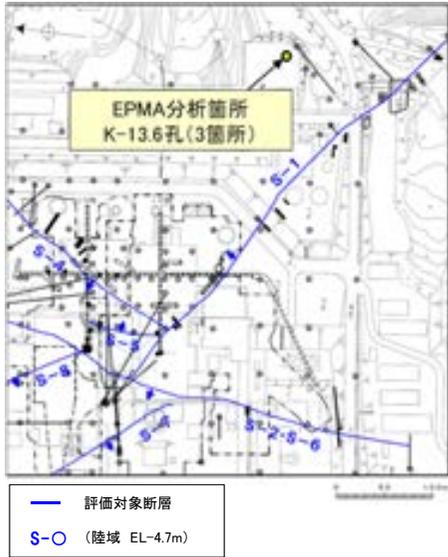


EPMAマッピング (Na)

白丸は
定量分析位置

斜長石の曹長石化検討 — 白色変質部付近の斜長石 —

○大深度ボーリング(K-13.6孔)の深部では、白色変質部が認められ、XRD分析の結果、石英や硬石膏が主に確認される。これらの白色変質部は敷地において比較的変質の強い箇所と考えられることから、変質部付近(EL-422.5m, EL-507.1m, EL-945.9m付近)の安山岩中に含まれる斜長石を対象としてEPMA分析を実施した。
○ EPMA分析(定量)の分析点は、安山岩に含まれる斜長石粒子から各薄片5点以上を選定した。



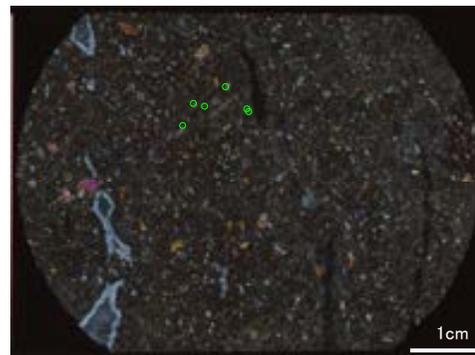
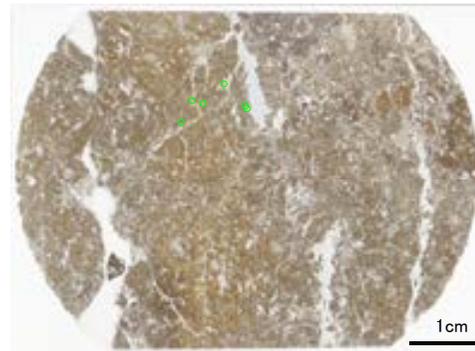
XRD分析結果

	検出鉱物						
	石英	クリスタバライト	スメクタイト	斜長石	クリノタイロライト	方解石	硬石膏
K-13.6孔_457.7m付近 白色鉱物	◎	+	±	+	±		
K-13.6孔_542.3m付近 白色鉱物	◎	±	±			±	
K-13.6孔_981.1m付近 白色鉱物	±						◎

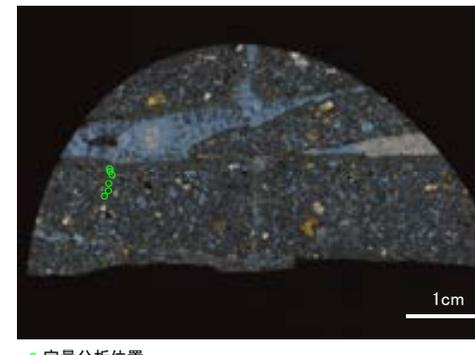
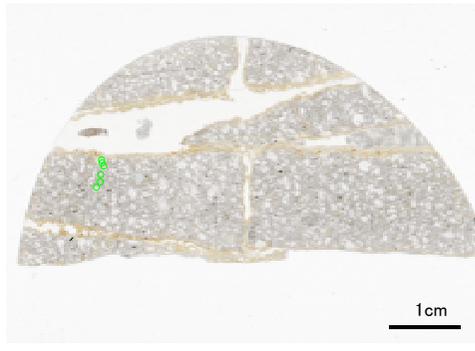
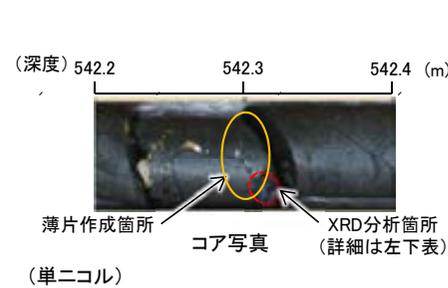
◎: 多量 (>5,000cps)
+: 微量 (250~500cps)
±: ぎわめて微量 (<250cps)
標準石英最強回折線強度
(3回繰り返し測定, 平均53,376cps)

X線回折チャートは、[補足資料5.3-2\(13\)](#)

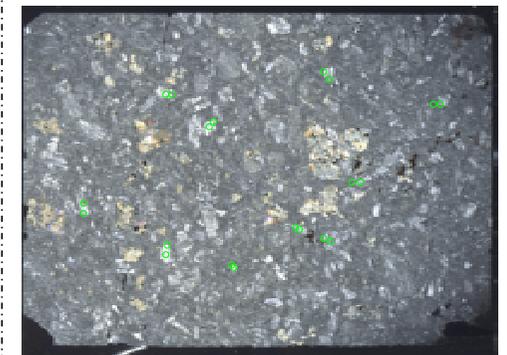
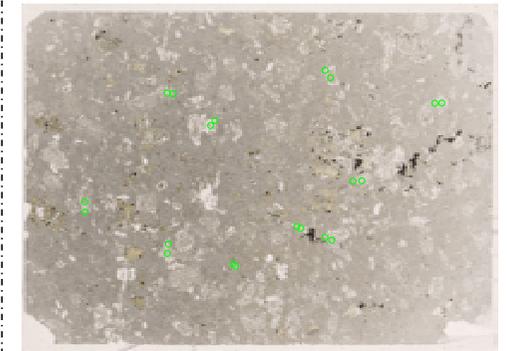
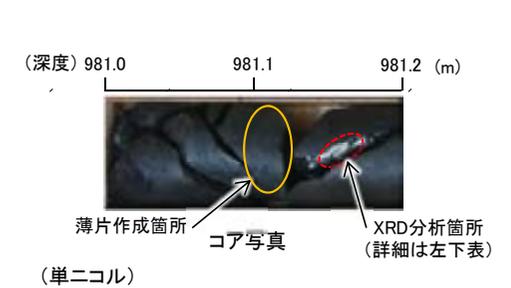
深度457.7m (EL-422.5m) 付近



深度542.3m (EL-507.1m) 付近



深度981.1m (EL-945.9m) 付近



(10) 粘土鉱物のK-Ar年代分析結果

(10)-1 K-Ar年代分析結果, 信賴性確認(I/S混合層)

K-Ar年代分析結果(I/S混合層)

○粘土鉱物(I/S混合層)のK-Ar年代値は15~10Maを示す※。

※K-Ar年代分析の信頼性確認内容は次頁以降

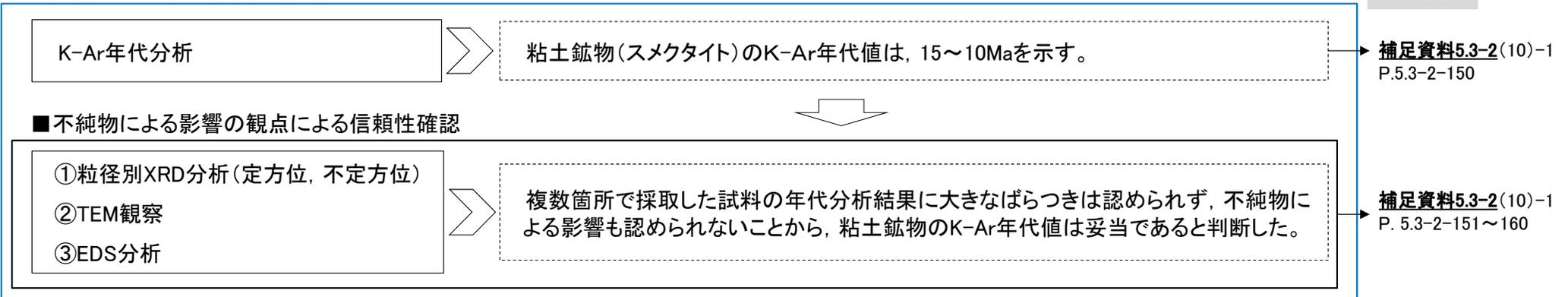
対象物	試料No.	試料採取箇所	測定物 (粒径)	カリウム含有量 (wt. %)	放射性起源 ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ cc STP/g)	K-Ar年代 (Ma)	非放射性起源 ⁴⁰ Ar (%)
S-1 粘土状破碎部	1	岩盤調査坑 No.15~16付近 EL-17.90m	I/S混合層 (0.2-0.4μm)	0.652±0.013	26.1±4.0	10.3±1.6	90.4
	2	岩盤調査坑 No.16~17付近 EL-17.90m	I/S混合層 (0.2-0.4μm)	0.382±0.008	16.2±3.0	10.9±2.0	91.8
	3	岩盤調査坑 No.24~25付近 EL-17.70m	I/S混合層 (0.2-0.4μm)	0.689±0.014	30.8±7.5	11.5±2.8	93.6
	4-1	岩盤調査坑 No.27孔 EL-16.45m	I/S混合層 (<5.0μm)	0.512±0.010	21.7±4.6	10.9±2.3	93.1
	4-2		I/S混合層 (<1.0μm)	0.504±0.010	19.2±5.2	9.8±2.6	94.5
	4-3		I/S混合層 (<0.4μm)	0.489±0.010	20.2±5.8	10.6±3.1	94.8
	4-4		I/S混合層 (<0.1μm)	0.407±0.009	16.3±6.5	10.3±4.1	96.2
S-2・S-6 粘土状破碎部	5	E-8.5+5"孔_深度9.3m EL11.82m	I/S混合層 (0.2-1.0μm)	0.420±0.008	23.3±6.3	14.3±3.9	94.5
	6	E-8.6+5'孔_深度8.9m EL12.24m	I/S混合層 (0.2-1.0μm)	0.337±0.007	17.7±2.9	13.5±2.2	91.1
	7	F-8.5"孔_深度8.80m EL12.33m	I/S混合層 (0.2-1.0μm)	0.375±0.008	21.1±2.0	14.5±1.4	84.7
	8-1	E-8.4'孔_深度31.70m EL-10.61m	I/S混合層 (<5.0μm)	0.638±0.013	29.1±6.2	11.7±2.5	93.0
	8-2		I/S混合層 (<1.0μm)	0.909±0.018	42.1±12.8	11.9±3.6	95.0
	8-3		I/S混合層 (<0.4μm)	0.935±0.019	41.4±14.2	11.4±3.9	95.6
	8-4		I/S混合層 (<0.1μm)	0.887±0.018	47.5±14.9	13.7±4.3	95.2
S-4 粘土状破碎部	9	E-11.1SE-6孔_深度1.50m EL 31.17m	I/S混合層 (0.2-2.0μm)	0.400±0.008	21.1±1.5	13.5±1.0	80.5
S-5 粘土状破碎部	10	R-8.1-1-3孔_深度22.24m EL-11.12m	I/S混合層 (0.2-1.0μm)	0.295±0.006	11.8±1.8	10.3±1.6	90.5
S-7 粘土状破碎部	11	H-5.64-2孔_深度9.53m EL 2.84m	I/S混合層 (0.2-2.0μm)	0.359±0.007	20.1±2.3	14.4±1.7	87.1
S-8 粘土状破碎部	12	F-6.80-2孔_深度18.69m EL-5.83m	I/S混合層 (0.2-2.0μm)	0.672±0.013	39.0±2.2	14.9±0.9	76.0
K-2 粘土状破碎部	13	H-0.9-40孔_深度19.65m EL-6.36m	I/S混合層 (0.2-1.0μm)	0.754±0.015	34.1±2.7	11.6±0.9	82.0
K-14 粘土状破碎部	14	H- -0.3-80孔_深度31.65m EL-27.48m	I/S混合層 (0.2-2.0μm)	1.871±0.037	84.6±9.0	11.6±1.3	85.6
K-18 粘土状破碎部	15	H-0.2-75孔_深度116.75m EL-108.04m	I/S混合層 (0.2-1.0μm)	1.501±0.030	65.9±8.4	11.3±1.5	87.5
非破碎部の 粘土鉱物脈	16	H-6.5-2孔_深度81.90m EL-59.10m	I/S混合層 (0.2-2.0μm)	0.538±0.011	22.6±3.3	10.8±1.6	89.8
	17	K-10.8SW-1孔_深度49.80m EL-18.88m	I/S混合層 (0.2-2.0μm)	0.511±0.010	20.9±1.8	10.5±0.9	83.3

粘土鉱物のK-Ar年代分析の信頼性確認

- 敷地の粘土鉱物のK-Ar年代値は、15～10Maを示す。
- 第597回審査会合では、不純物による影響の観点から測定物の特定を行い、粘土鉱物のK-Ar年代分析の信頼性を確認した。
- 第788回審査会合では、更なる信頼性確認として、カリウムの長期間保持の観点から、測定物の詳細な結晶構造を確認し、試料中に含まれるカリウムの固定状態を検討した。
- 以上の結果より、K-Ar年代分析の測定物はI/S混合層であり、その年代値(15～10Ma)はI/S混合層の生成年代を示す。さらに、この年代値は、カリウムの長期的な保持の観点からも信頼性が確認されている。

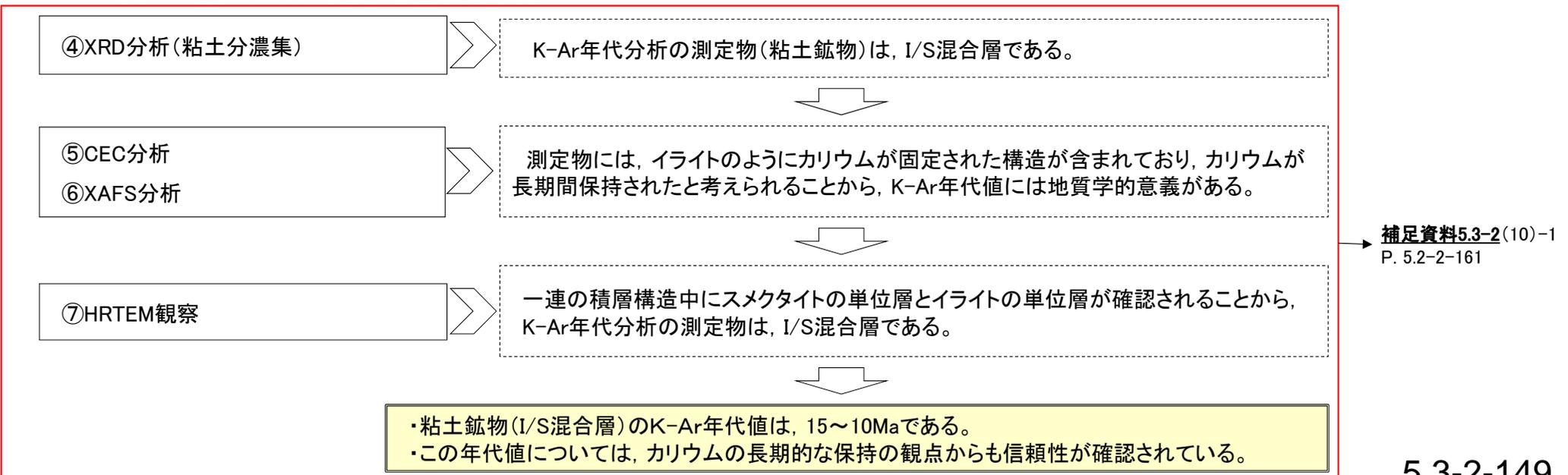
【第597回審査会合時の信頼性確認】

記載頁



【第788回審査会合時の更なる信頼性確認】

■カリウムの長期間保持の観点による信頼性確認



補足資料5.3-2(10)-1
P.5.2-2-161

- 粘土鉱物の生成年代を明らかにするために、S-1及びS-2・S-6の最新面付近の粘土鉱物を対象として、K-Ar年代分析を実施した。
- 粘土鉱物を対象としたK-Ar年代分析では、非放射性起源⁴⁰Arの値が大きくなるため、測定誤差への配慮が必要となる。そこで、複数箇所(全8箇所)で試料を採取し、分析を行った。
- S-1及びS-2・S-6の最新面付近の粘土中に含まれる粘土鉱物(スメクタイト)のK-Ar年代値は、15~10Maを示す。
- いずれの試料の年代分析結果にも、大きなばらつきは認められない。

STP: 標準状態(0°C, 1気圧), Ma: 100万年前

対象物	試料No.	試料採取箇所	測定物 (粒径)	カリウム含有量 (wt. %)	放射性起源 ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ cc STP/g)	K-Ar年代 (Ma)	非放射性起源 ⁴⁰ Ar (%)	備考
S-1 最新面付近の 粘土	1	岩盤調査坑 No.15~16付近 EL-17.90m	スメクタイト (0.2-0.4 μm)	0.652±0.013	26.1±4.0	10.3±1.6	90.4	
	2	岩盤調査坑 No.16~17付近 EL-17.90m	スメクタイト (0.2-0.4 μm)	0.382±0.008	16.2±3.0	10.9±2.0	91.8	
	3	岩盤調査坑 No.24~25付近 EL-17.70m	スメクタイト (0.2-0.4 μm)	0.689±0.014	30.8±7.5	11.5±2.8	93.6	
	4-1	岩盤調査坑 No.27孔 EL-16.45m	スメクタイト (<5 μm)	0.512±0.010	21.7±4.6	10.9±2.3	93.1	
	4-2		スメクタイト (<1 μm)	0.504±0.010	19.2±5.2	9.8±2.6	94.5	
	4-3		スメクタイト (<0.4 μm)	0.489±0.010	20.2±5.8	10.6±3.1	94.8	
	4-4		スメクタイト (<0.1 μm)	0.407±0.009	16.3±6.5	10.3±4.1	96.2	
S-2・S-6 最新面付近の 粘土	5	E-8.5+5" 孔 深度9.3m EL11.82m	スメクタイト (0.2-1 μm)	0.420±0.008	23.3±6.3	14.3±3.9	94.5	
	6	E-8.6+5' 孔 深度8.9m EL12.24m	スメクタイト (0.2-1 μm)	0.337±0.007	17.7±2.9	13.5±2.2	91.1	
	7	F-8.5" 孔 深度8.80m EL12.33m	スメクタイト (0.2-1 μm)	0.375±0.008	21.1±2.0	14.5±1.4	84.7	
	8-1	E-8.4' 孔 深度31.70m EL-10.61m	スメクタイト (<5 μm)	0.638±0.013	29.1±6.2	11.7±2.5	93.0	
	8-2		スメクタイト (<1 μm)	0.909±0.018	42.1±12.8	11.9±3.6	95.0	
	8-3		スメクタイト (<0.4 μm)	0.935±0.019	41.4±14.2	11.4±3.9	95.6	
	8-4		スメクタイト (<0.1 μm)	0.887±0.018	47.5±14.9	13.7±4.3	95.2	

- 下記の①～③の手法により、不純物による影響の観点から測定物(スメクタイト)の特定を行い、粘土鉱物のK-Ar年代分析の信頼性を確認した。
- 複数箇所採取した試料の年代分析結果に大きなばらつきは認められず、不純物による影響も認められないことから、粘土鉱物のK-Ar年代値は妥当であると判断した。

試料No.	信頼性確認手法※	目的	結果	記載頁
4-1～4 8-1～4	① 粒径別XRD分析	・測定物(スメクタイト)以外の不純物による影響の有無の確認	・本試料によるK-Ar年代値はスメクタイトの形成年代を示し、不純物の影響は及んでいない。	補足資料5.3-2(10)-1 P.5.3-2-152～153
	② TEM観察	・測定物(スメクタイト)の特定 ・測定物(スメクタイト)が結晶構造を保持しているか否かの確認	・K-Ar年代分析試料を対象に実施したXRD分析で認められた鉱物等が、TEM観察においても確認できた。 ・スメクタイトは普遍的に認められ、ほぼ自形結晶からなり、顕著な摩耗、破壊は認められない。	補足資料5.3-2(10)-1 P.5.3-2-154
	③ EDS分析	・測定物(スメクタイト)の特定 ・試料に含まれていたスメクタイトとセピオライトについて、カリウム(K)の存否の確認	・K-Ar年代分析試料を対象に実施したXRD分析で認められた鉱物等が、EDS分析においても確認できた。 ・スメクタイトにはKが含まれ、セピオライトにはKが含まれていないことから、本試料を対象に実施したK-Ar年代分析により得られた年代値は、スメクタイトの形成年代を示し、セピオライトの影響は及んでいない。	補足資料5.3-2(10)-1 P.5.3-2-155～160

※: 第597回審査会合資料2-1, P.220における信頼性確認手法「①XRD分析」による不純物の影響検討については、XRD分析(定方位)を実施しXRD分析(不定方位)を実施していなかったことから、信頼性確認一覧から除外した。

① 粒径別XRD分析

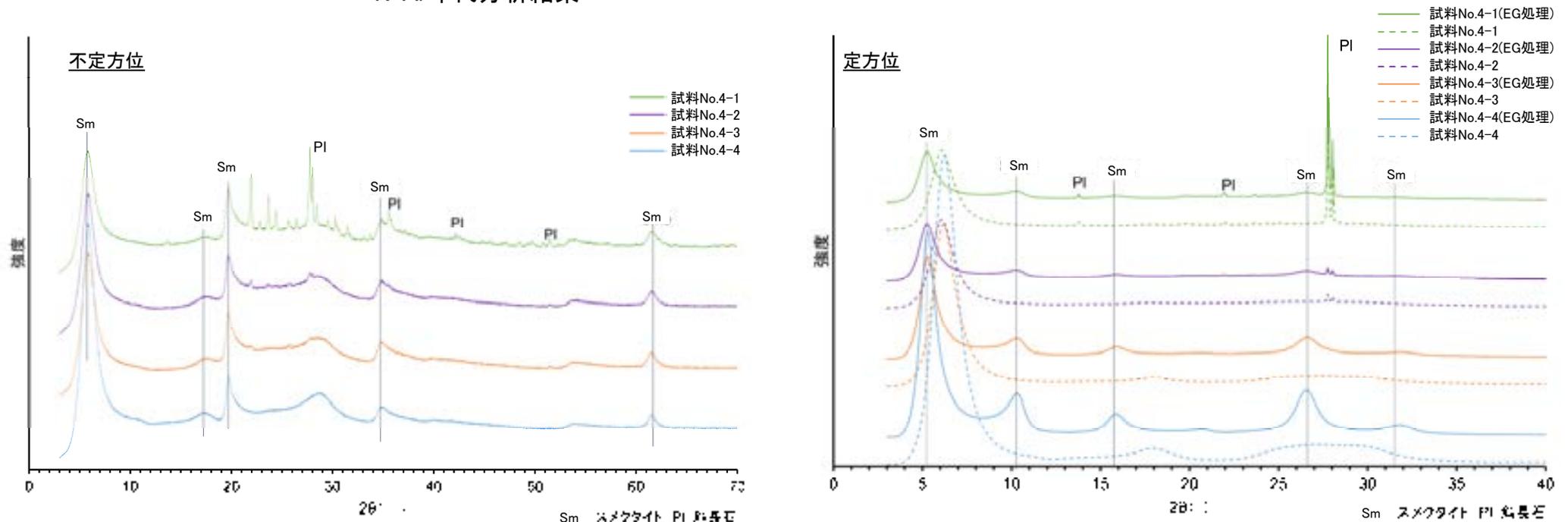
○分析試料に含まれる測定物(スメクタイト)以外の不純物の影響の有無を確認するために、分析試料を粒径別に分離し、XRD分析を実施した。試料は、超低温サーキュレータにより凍結粉碎し、水簸法と高速遠心分離により粒径分別を行った。
○分析の結果、得られた年代値には粒径による影響は認められないことから、K-Ar年代値には不純物の影響は及んでいないと判断した。

【試料No.4-1～4の分析結果】

試料No.	粒径 (μm)	カリウム含有量 (wt.%)	放射性起源 ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ cc STP/g)	K-Ar年代 (Ma)	非放射性起源 ⁴⁰ Ar (%)
4-1	<5	0.512±0.010	21.7±4.6	10.9±2.3	93.1
4-2	<1	0.504±0.010	19.2±5.2	9.8±2.6	94.5
4-3	<0.4	0.489±0.010	20.2±5.8	10.6±3.1	94.8
4-4	<0.1	0.407±0.009	16.3±6.5	10.3±4.1	96.2

- ・すべての試料に、スメクタイトが確認される。
- ・試料No.4-1及びNo.4-2(粗粒な試料)には斜長石が含まれ、細粒な試料ほどスメクタイトの強度が大きくなるが、得られた年代値には粒径による影響は認められない。
- ・以上のことから、K-Ar年代値はスメクタイトの形成年代を示し、不純物の影響は及んでいないと判断できる。

K-Ar年代分析結果



X線回折チャート

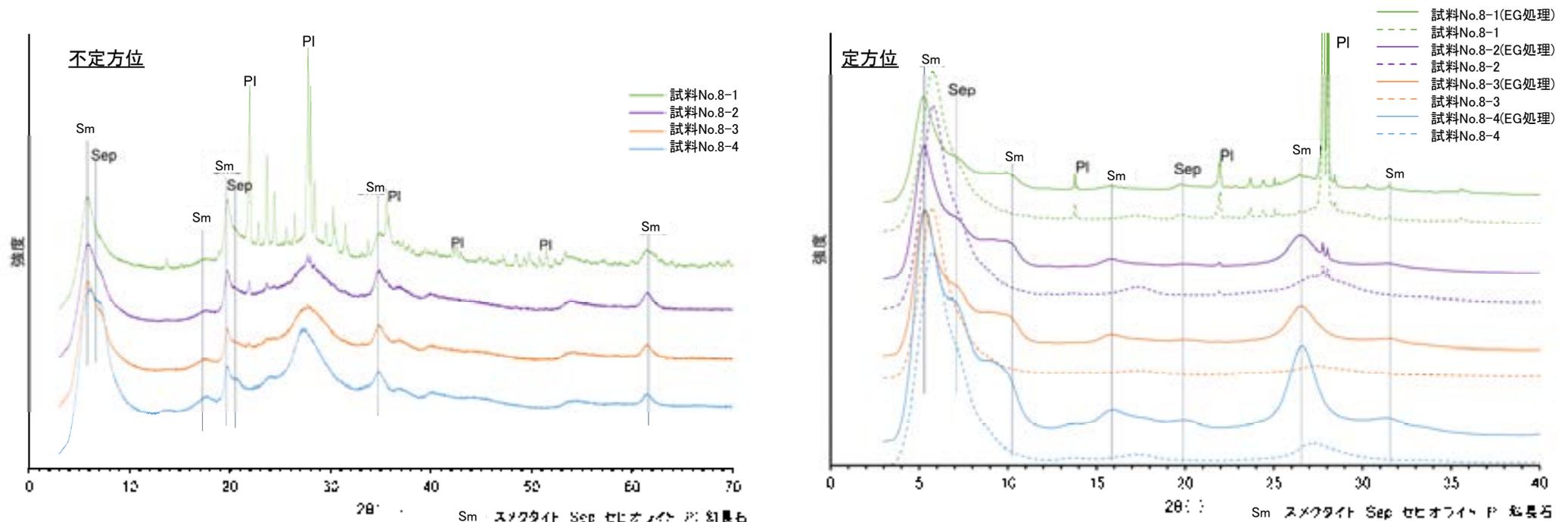
【試料No.8-1～4の分析結果】

試料No.	粒径 (μm)	カリウム含有量 (wt. %)	放射性起源 ^{40}Ar (10^{-8}cc STP/g)	K-Ar年代 (Ma)	非放射性起源 ^{40}Ar (%)
8-1	<5	0.638 ± 0.013	29.1 ± 6.2	11.7 ± 2.5	93.0
8-2	<1	0.909 ± 0.018	42.1 ± 12.8	11.9 ± 3.6	95.0
8-3	<0.4	0.935 ± 0.019	41.4 ± 14.2	11.4 ± 3.9	95.6
8-4	<0.1	0.887 ± 0.018	47.5 ± 14.9	13.7 ± 4.3	95.2

K-Ar年代分析結果

- ・すべての試料に、スメクタイトが確認される。
- ・試料No.8-1及びNo.8-2(粗粒な試料)には斜長石が含まれ、細粒な試料ほどスメクタイト及びセピオライトの強度が大きくなる。試料No.8-4(細粒な試料)の年代値がやや古いものの、誤差の範囲内であり、得られた年代値には粒径による影響は認められない。
- ・以上のことから、K-Ar年代値はスメクタイトの形成年代を示し、不純物の影響※は及んでいないと判断できる。

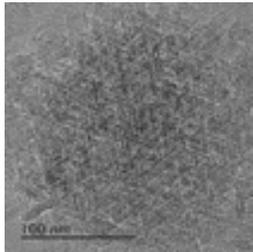
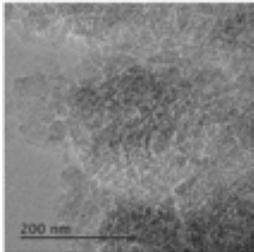
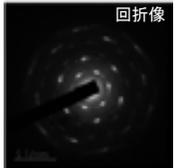
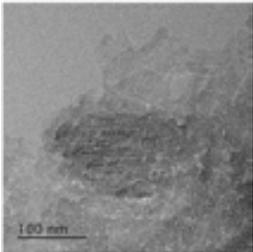
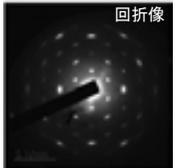
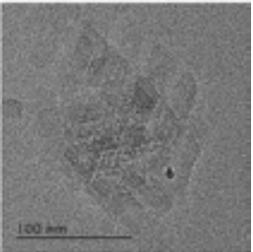
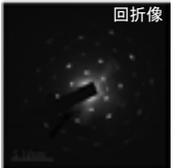
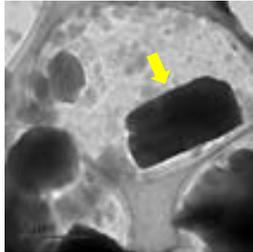
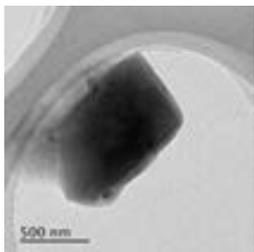
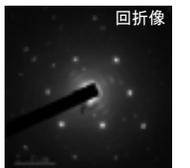
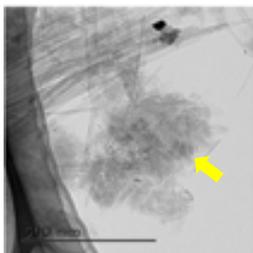
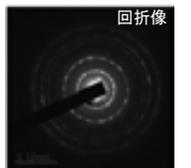
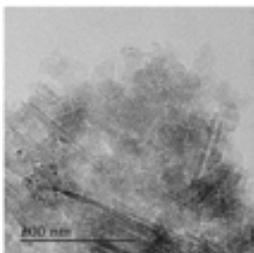
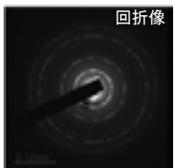
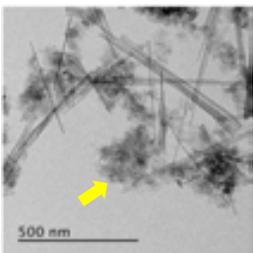
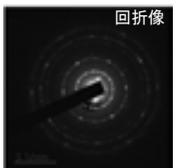
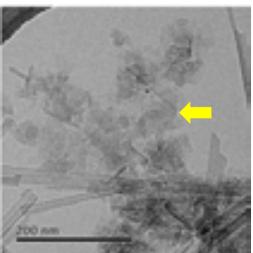
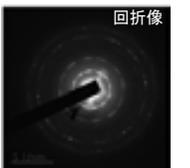
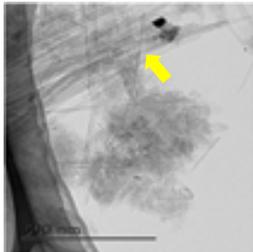
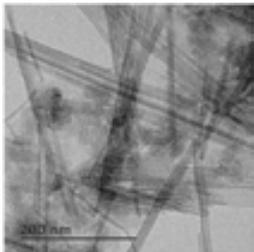
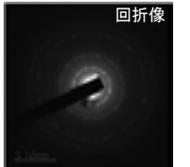
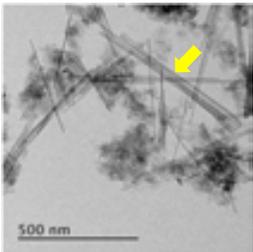
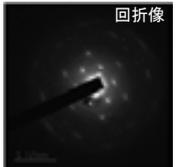
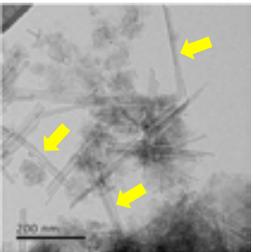
※セピオライトの影響については、[補足資料5.3-2\(10\)-1](#) P.5.3-2-155



X線回折チャート

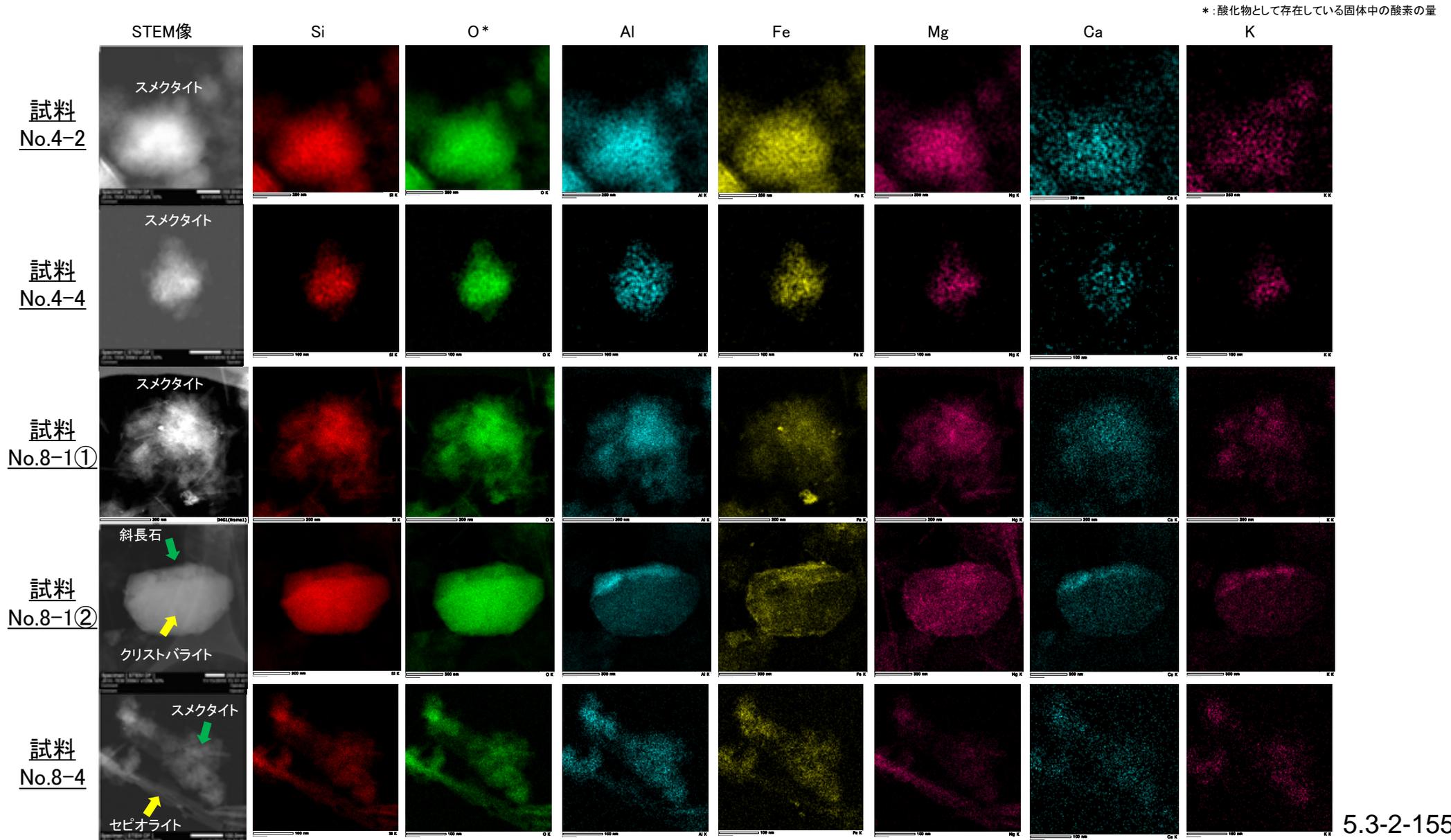
②TEM観察

○K-Ar年代分析に用いた試料のTEM観察(使用装置:JEM-2100F)を実施し,測定物(スメクタイト)の特定を行った。
 ○また, K-Ar年代分析の測定物(スメクタイト)の結晶構造を保持しているかについても確認した。
 ○TEM観察の結果, 試料No.4はスメクタイトが主体, 試料No.8はスメクタイトとセピオライトが主体であり, ごくまれに斜長石が認められた。K-Ar年代分析試料を対象に実施したXRD分析で認められた鉱物等が, TEM観察においても確認できた。
 ○スメクタイトは普遍的に認められ, ほぼ自形結晶からなり, 顕著な摩耗, 破壊は認められない。よって, 本試料を対象に実施したK-Ar年代分析により得られた年代値は, 破壊を受けていないスメクタイトの形成年代を示していると判断できる。

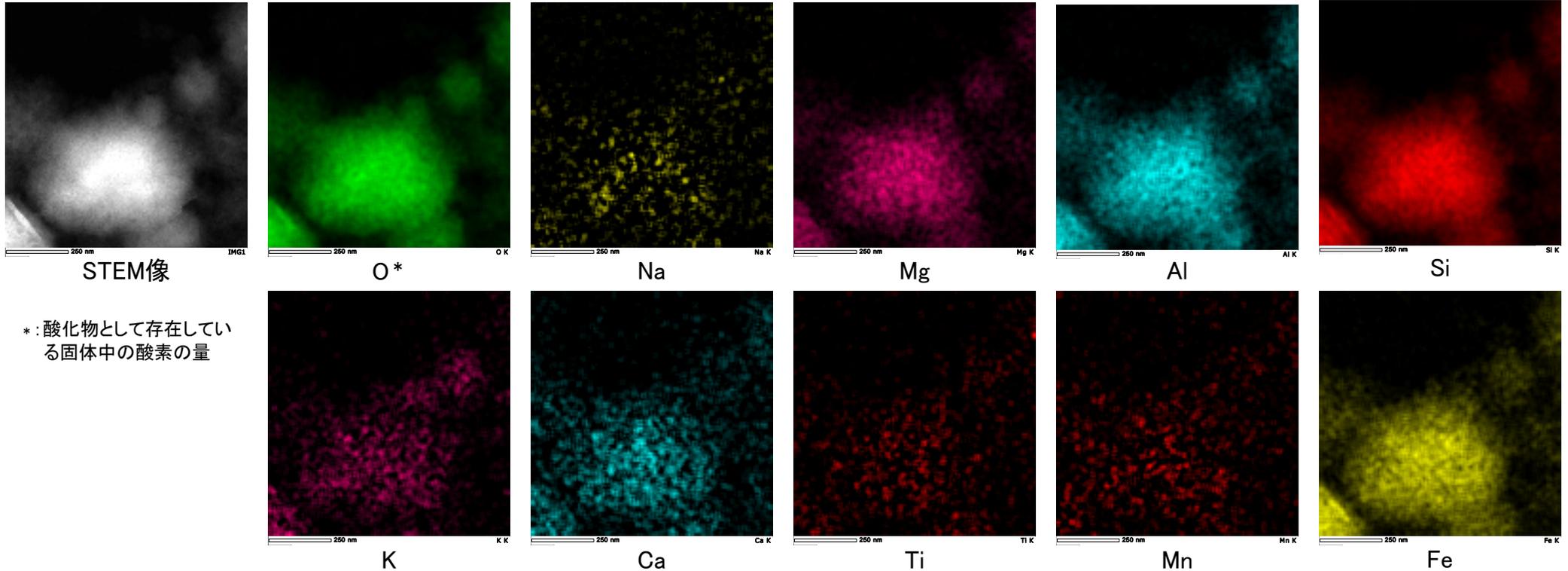
試料No.4-1	試料No.4-2	試料No.4-3	試料No.4-4
 <p>・厚さの薄い平板状粒子の集合体 スメクタイト</p>	  <p>回折像 ・厚さの薄い平板状粒子の集合体 スメクタイト</p>	  <p>回折像 ・厚さの薄い平板状粒子の集合体 スメクタイト</p>	  <p>回折像 ・厚さの薄い平板状粒子の集合体 スメクタイト</p>
 <p>斜長石</p>	  <p>回折像 ・回折像は同心円状に並ばない 斜長石</p>		
試料No.8-1	試料No.8-2	試料No.8-3	試料No.8-4
  <p>回折像 ・厚さの薄い平板状粒子の集合体 スメクタイト</p>	  <p>回折像 ・厚さの薄い平板状粒子の集合体 スメクタイト</p>	  <p>回折像 ・厚さの薄い平板状粒子の集合体 スメクタイト</p>	  <p>回折像 ・厚さの薄い平板状粒子の集合体 スメクタイト</p>
 <p>・細長い棒状の粒子 セピオライト</p>	  <p>回折像 ・細長い棒状の粒子 セピオライト</p>	  <p>回折像 ・細長い棒状の粒子 セピオライト</p>	  <p>回折像 ・細長い棒状の粒子 セピオライト</p>

③EDS分析

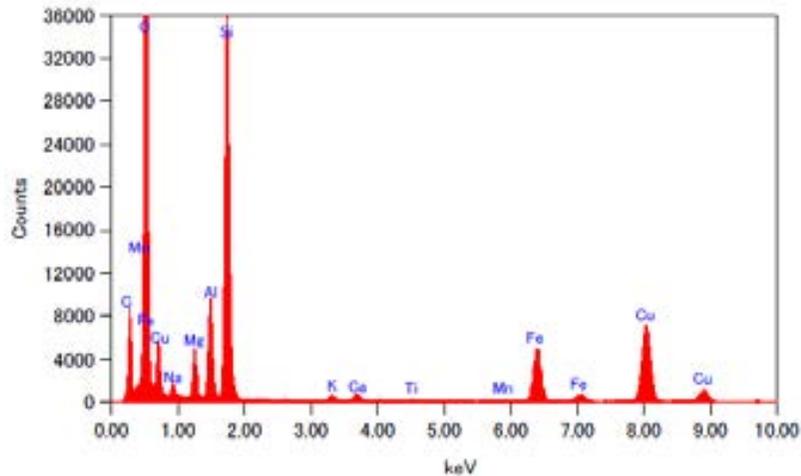
OK-Ar年代分析に用いた試料のEDS分析(使用装置: JED-2300T ドライSD100GV検出器)を実施し、測定物(スメクタイト)の特定を行った。
 ○また、K-Ar年代分析の年代値の測定物がスメクタイトであることを確認するために、試料に含まれていたスメクタイトとセピオライトについて、カリウム(K)の存否を確認した。
 ○OK-Ar年代分析試料を対象に実施したXRD分析で認められた鉱物等が、EDS分析においても確認できた(詳細な分析結果は次頁以降に示す)。
 ○スメクタイトにはKが含まれ、セピオライトにはKが含まれていない(試料No.8-4)ことから、本試料を対象に実施したK-Ar年代分析により得られた年代値は、スメクタイトの形成年代を示し、セピオライトの影響は及んでいないと判断できる。



【試料No.4-2の分析結果】



* : 酸化物として存在している固体中の酸素の量

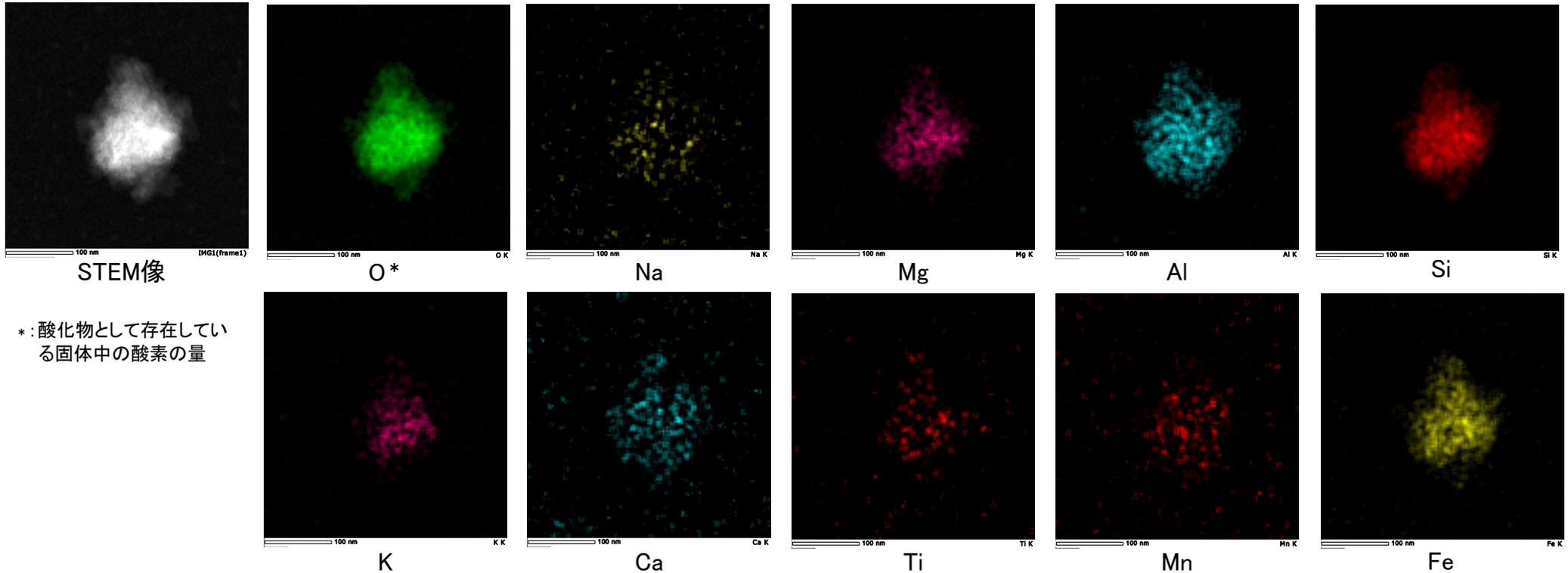


EDS分析結果

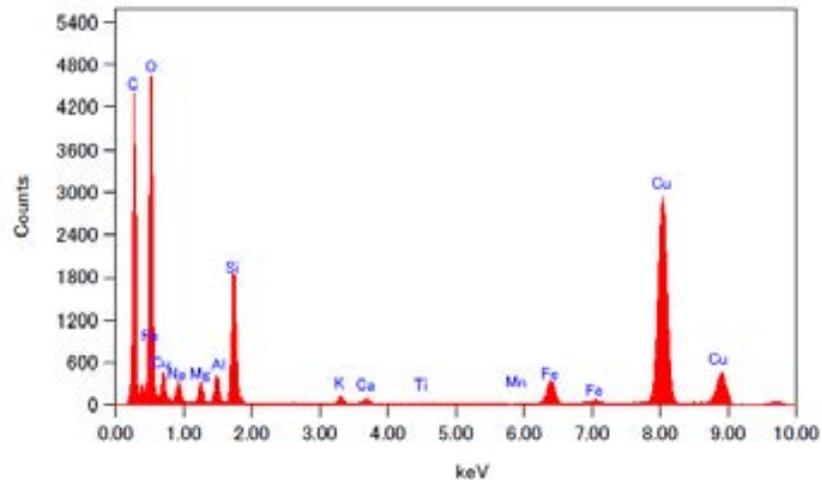
Elem	Wt %
Na ₂ O	0.14
MgO	5.76
Al ₂ O ₃	6.95
SiO ₂	67.79
P ₂ O ₅	0.00
K ₂ O	0.78
CaO	1.18
TiO ₂	0.28
MnO	0.13
Fe ₂ O ₃	16.99
Total	100.00

試料の固定にカーボン支持膜を張った銅製グリッドメッシュを用いているため、Cu, Cの測定値は取り除いた。

【試料No.4-4の分析結果】



* : 酸化物として存在している
固体中の酸素の量

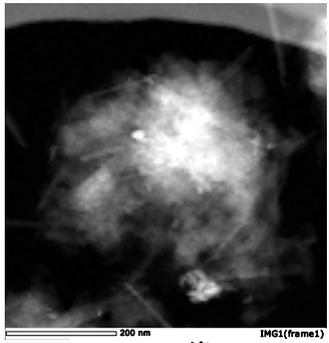


EDS分析結果

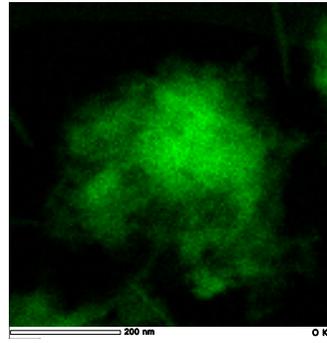
Elem	Wt %
Na ₂ O	0.21
MgO	6.18
Al ₂ O ₃	5.29
SiO ₂	62.60
P ₂ O ₅	0.00
K ₂ O	2.67
CaO	2.37
TiO ₂	0.26
MnO	0.57
Fe ₂ O ₃	19.85
Total	100.00

試料の固定にカーボン支持膜を張った銅製グリッドメッシュを用いているため、Cu, Cの測定値は取り除いた。

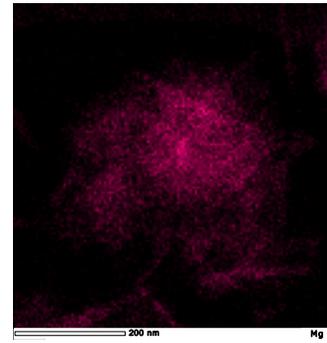
【試料No.8-1の分析結果①】



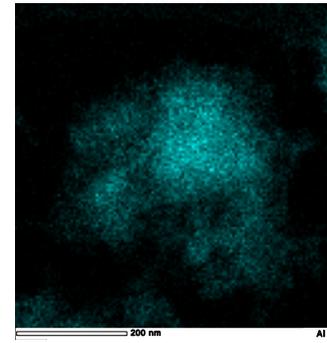
STEM像



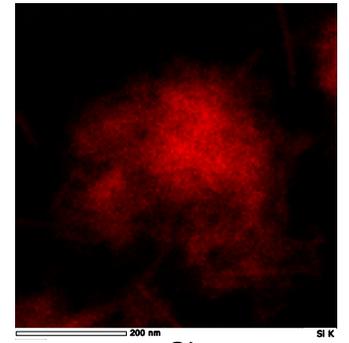
O*



Mg

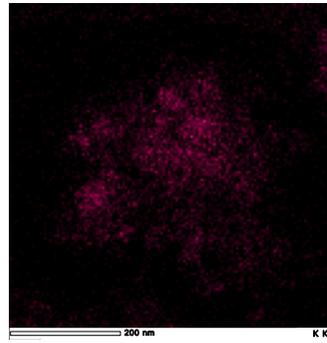


Al

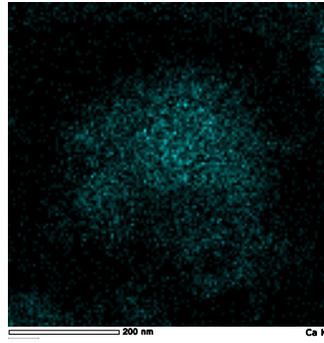


Si

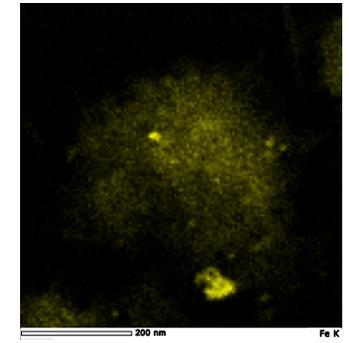
* : 酸化物として存在している固体中の酸素の量



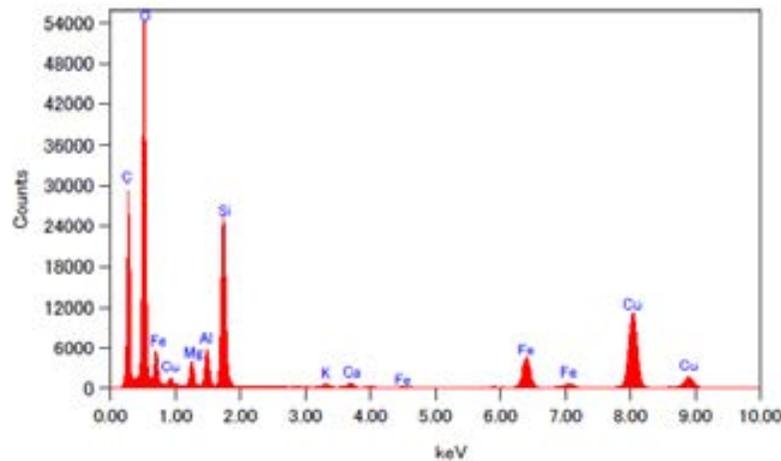
K



Ca



Fe

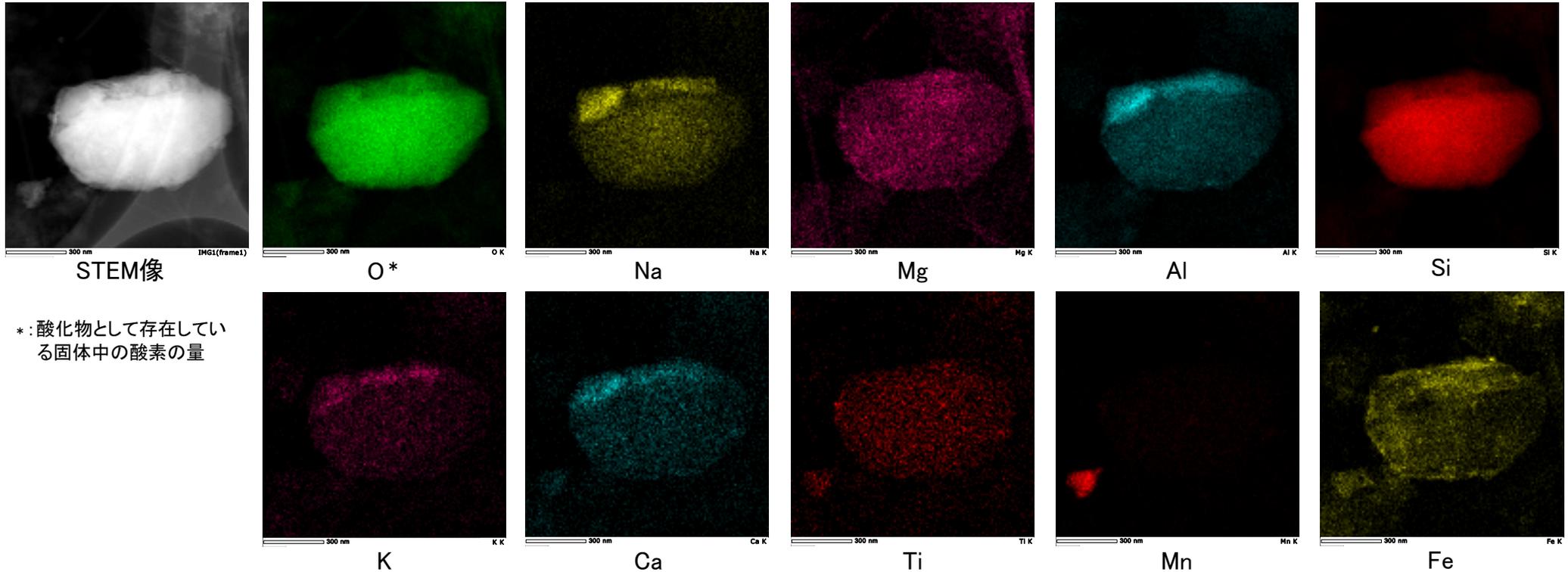


EDS分析結果

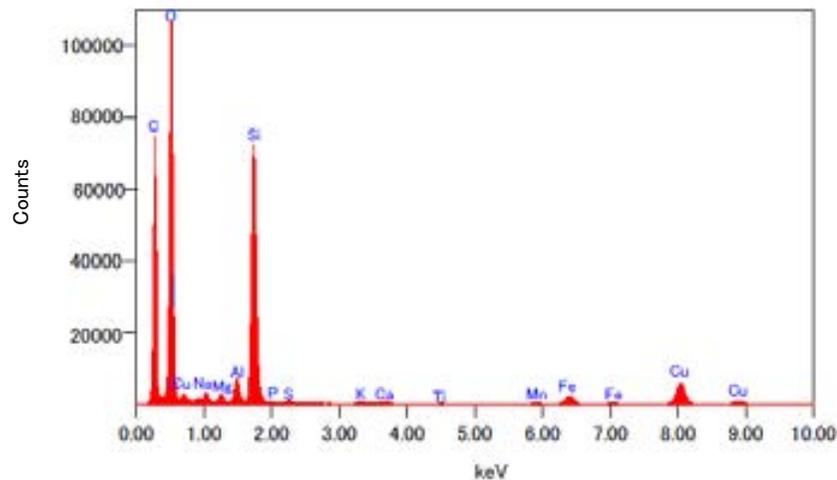
Elem	Wt %
Na ₂ O	0.00
MgO	6.41
Al ₂ O ₃	5.50
SiO ₂	64.32
P ₂ O ₅	0.00
K ₂ O	1.14
CaO	1.59
TiO ₂	0.00
MnO	0.00
Fe ₂ O ₃	21.04
Total	100.00

試料の固定にカーボン支持膜を張った銅製グリッドメッシュを用いているため、Cu, Cの測定値は取り除いた。

【試料No.8-1の分析結果②】



* : 酸化物として存在している固体中の酸素の量

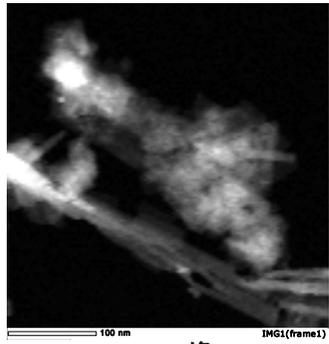


EDS分析結果

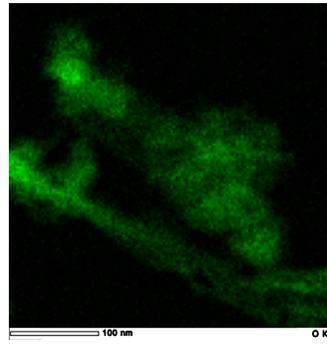
Elem	Wt %
Na ₂ O	1.97
MgO	1.96
Al ₂ O ₃	3.10
SiO ₂	85.63
P ₂ O ₅	0.43
K ₂ O	0.48
CaO	0.71
TiO ₂	0.21
MnO	0.62
Fe ₂ O ₃	4.89
Total	100.00

試料の固定にカーボン支持膜を張った銅製グリッドメッシュを用いているため、Cu, Cの測定値は取り除いた。

【試料No.8-4の分析結果】

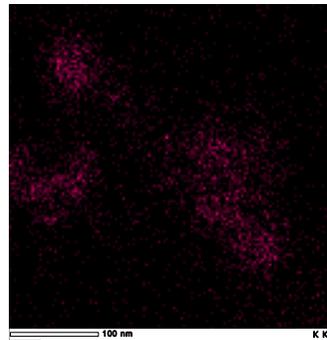


STEM像

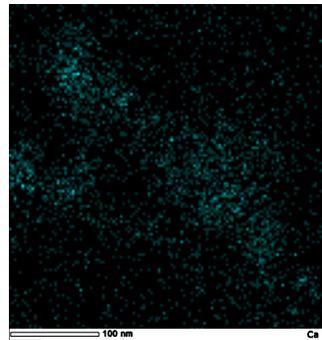


O*

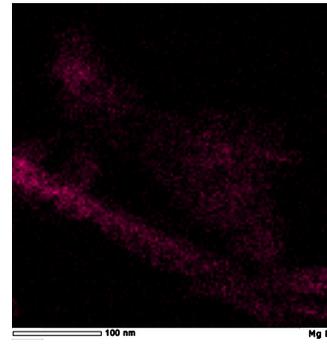
* : 酸化物として存在している
固体中の酸素の量



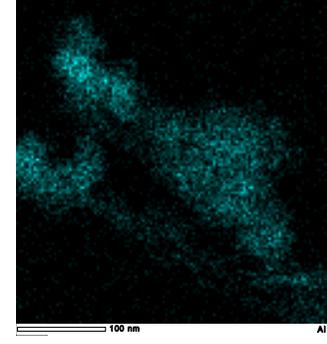
K



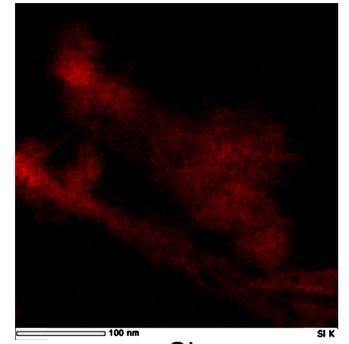
Ca



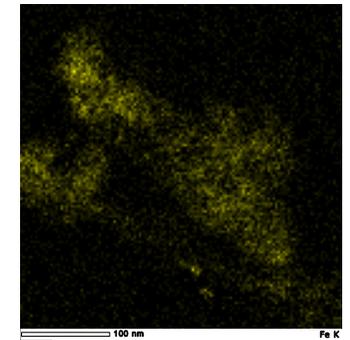
Mg



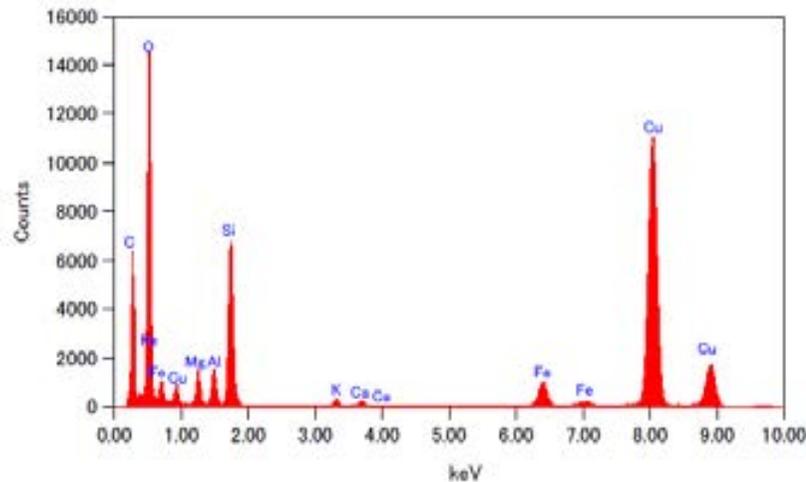
Al



Si



Fe



EDS分析結果

Elem	Wt %
Na ₂ O	0.00
MgO	9.34
Al ₂ O ₃	5.63
SiO ₂	64.65
P ₂ O ₅	0.00
K ₂ O	1.95
CaO	1.71
TiO ₂	0.00
MnO	0.00
Fe ₂ O ₃	16.72
Total	100.00

試料の固定にカーボン支持膜を張った銅製グリッドメッシュを用いているため、Cu、Cの測定値は取り除いた。

カリウムの長期間保持の観点による信頼性確認

○カリウムの長期間保持の観点によるK-Ar年代の信頼性確認として、下記④～⑦を実施した。
 ○下記の④により、K-Ar年代の測定物がI/S混合層であることを確認した。
 ○また、下記の⑤～⑥によると、K-Ar年代の測定物にはイライトのようにカリウムが固定される構造が含まれ、このカリウムは長期間保持されたと考えられることから、この試料のK-Ar年代値には地質学的意義がある。
 ○さらに、下記の⑦によって、測定物がI/S混合層であることを確認したことから、信頼性が確認された。

試料No.	No.4-4 (岩盤調査坑 No.27孔) No.5 (E-8.5+5"孔) No.8-3 (E-8.4'孔)	No.3 (岩盤調査坑 No.24~25付近) No.4-3 (岩盤調査坑 No.27孔) No.5 (E-8.5+5"孔)	No.4-3 (岩盤調査坑 No.27孔)	No.4-3 (岩盤調査坑 No.27孔)
分析名	④XRD分析(粘土分濃集)	⑤CEC分析	⑥XAFS分析	⑦HRTEM観察
分析の目的	・第597回審査会合においては、測定物をスメクタイトと特定している一方で、試料中にはカリウムが存在するとしていた。 ⇒測定物(粘土鉱物)の詳細な結晶構造を確認することによって測定物がI/S混合層である可能性を検討する。	・K-Ar年代値が信頼性を有するには、試料中に固定されたカリウムが含まれている必要がある。 ⇒粘土鉱物中の交換性カリウムと固定されたカリウムの量を分析する。	・K-Ar年代値が信頼性を有するには、試料中に固定されたカリウムが含まれている必要がある。 ⇒粘土鉱物中に含まれるカリウム原子周りの分子構造から、イライトと似た構造の存在を確認する。	・スメクタイトとイライトでは、単位層の間隔が異なる。 ⇒粘土鉱物の積層構造(単位層の間隔)を観察することによって、イライト構造の存在を確認する。
結果概要	・K-Ar年代分析の測定物(粘土鉱物)は、I/S混合層である。	・交換性カリウム含有量を定量した結果、カリウム全含有量に比べて十分に小さく、固定されたカリウムが十分に含まれていると判断される。(宇波ほか, 2019a, b) ・K-Ar年代の測定物にはイライトのようにカリウムが固定された構造が含まれ、このカリウムは長期間保持されたと考えられることから、この試料のK-Ar年代値には地質学的意義がある。(宇波ほか, 2019a, b)	・K-Ar年代の測定物のXAFS分析の結果、カリウム原子周りの構造を表すEXAFS関数及び構造関数がイライト標準試料の関数と類似する。(宇波ほか, 2019a, b)	・一連の積層構造中にスメクタイトの単位層とイライトの単位層が確認されることから、K-Ar年代分析の測定物はI/S混合層である。 (東京大学小暮研究室ほかによる観察)
記載頁	No.4-4⇒ 補足資料5.3-2 (2)P.5.3-2-30 No.5⇒ 補足資料5.3-2 (2)P.5.3-2-33 No.8-3⇒ 補足資料5.3-2 (2)P.5.3-2-34	No.3⇒ 補足資料5.3-2 (4)P.5.3-2-95 No.4-3⇒ 補足資料5.3-2 (4)P.5.3-2-96 No.5⇒ 補足資料5.3-2 (4)P.5.3-2-97	No.4-3⇒P.5-33(試料e)	No.4-3⇒P.5-34(試料e)

宇波謙介・福土圭介・高橋嘉夫・板谷徹丸・丹羽正和(2019a):能登半島西岸域の中新世安山岩中に認められる変質鉱物中のカリウムの存在状態とK-Ar年代の意義, 2019年度 地球化学会年会, 3P19.
 宇波謙介・福土圭介・高橋嘉夫・丹羽正和(2019b):能登半島西岸域の中新世安山岩中に認められる粘土鉱物中のカリウムの存在状態, 第63回粘土科学討論会, P11.

(10)-2 K-Ar年代分析結果及びその生成環境に関する考察(セラドナイト)

K-Ar年代分析結果及びその生成環境に関する考察(セラドナイト)

セラドナイトに関する調査結果

- 敷地近傍(F-1' 孔)で確認された緑灰色の粘土鉱物について、敷地の変質鉱物の生成環境に関する評価との関係を確認するため、以下の分析・調査を行った。
- XRD分析の結果、緑灰色の粘土鉱物はセラドナイトであることを確認した(下図)。
- 文献調査の結果、Odin et al.(1988)は、酸素同位体温度計から求められたセラドナイトの生成温度は6~84°Cとしている。
- K-Ar年代分析の結果、緑灰色の粘土鉱物(セラドナイト)のK-Ar年代値は11.8±0.4Maを示す(下表)。

I/S混合層に関する調査結果

- 文献調査の結果、I/S混合層の生成温度は約50°C以上である(補足資料5.3-2(7) P.5.3-2-132)。
- K-Ar年代分析の結果、I/S混合層のK-Ar年代値は15~10Maを示す(補足資料5.3-2(10)-1 P.5.3-2-148)。

上記を踏まえた考察

- 上記の調査の結果、セラドナイトとI/S混合層はいずれも50°C以上で生成し、K-Ar年代値もほぼ同じ値を示すことから、敷地近傍のセラドナイトとI/S混合層はほぼ同様な温度環境で生成したと判断した。

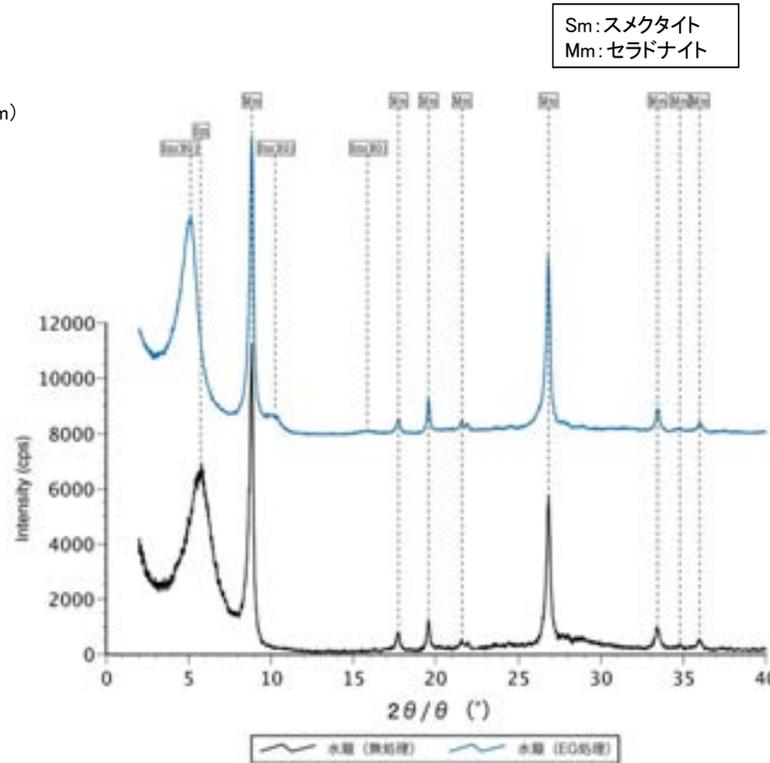
(深度)
36.0 36.1 36.2 36.3(m)



○ 試料採取位置
コア写真(F-1' 孔 36.0~36.3m)



分析試料



X線回折チャート(定方位)

K-Ar年代分析結果

対象物	試料採取箇所	測定物(粒径)	カリウム含有量(wt. %)	放射性起源 ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ cc STP/g)	K-Ar年代(Ma)	非放射性起源 ⁴⁰ Ar (%)
緑灰色の粘土鉱物	F-1' 孔_深度36.20m	セラドナイト(0.2-2 μm)	5.373±0.107	247.3±6.6	11.8±0.4	55.0

Table 14. Oxygen isotopic data for celadonite and associated minerals; corresponding approximate temperatures are quoted.

Minerals	$\delta^{18}O$ (‰)	Calculated T (°C)	Comments
1 Celadonite	21.4	20 ^a	-
2 Celadonite	21.9	22 ^b	-
3 Calcite	22.2	21	-
4 Celadonite	19.5	20 ^a	-
5 Montmorillonite	22.9	22 ^b	-
6 Celadonite	22.2	-	2.5
7 Celadonite	22.9	-	6.5
8 Quartz	24.4	-	20 ^b
9 Celadonite	22.7	-	20 ^b
10 Green clay	21.4	-	20 ^b
11 Calcite	20.4	-	9.7
12 Calcite	20.4	-	22 ^b
13 Quartz	22.1	-	20 ^b
14 Saponite	22.4	-	20 ^b
15 Celadonite	17.4	10 ^b	-
16 Quartz	22.3	10 ^b	-
17 Celadonite	18.7	10 ^b	-
18 Saponite	22.4	10 ^b	-
19 Celadonite	18.8	10 ^b	-
20 Saponite	21.3	10 ^b	-
21 Celadonite	12.4	10 ^b	-
22 Saponite	22.9	10 ^b	-

1) Leg 35, D.S.D.P., Bellingshausen Abyssal Plain (Kamner and Gieskes, 1976); 2) Leg 34, D.S.D.P., Naica Plate (Seyfried et al. 1978); 3) Peru-Chile Trench (Stakes and O'Neil, 1982); 4) Troodos ophiolite, Cyprus (Desgrippes, unpublished); 5) Legs 51-53, Bermuda Rise (Böhlke et al., 1984); 6) Leg 81, D.S.D.P., Rockall Plateau (Desgrippes et al., 1984 and unpublished). a) Assuming formation in equilibrium with Cretaceous sea-water (Shackleton and Kennett, 1975). Fractionation factors for b) glauconite (Savin and Epstein, 1970); c) calcite (Craig, 1957); d) - e) illite and smectite (Yeh and Savin, 1977); f) calcite (O'Neil et al. 1969); g) quartz (Knaush and Epstein, 1976); h) quartz (Clayton et al., 1972); i) Mg-smectite (Escande, 1983).

Odin et al.(1988)に一部加筆

(11) U-Pb年代分析結果(オパールCT)

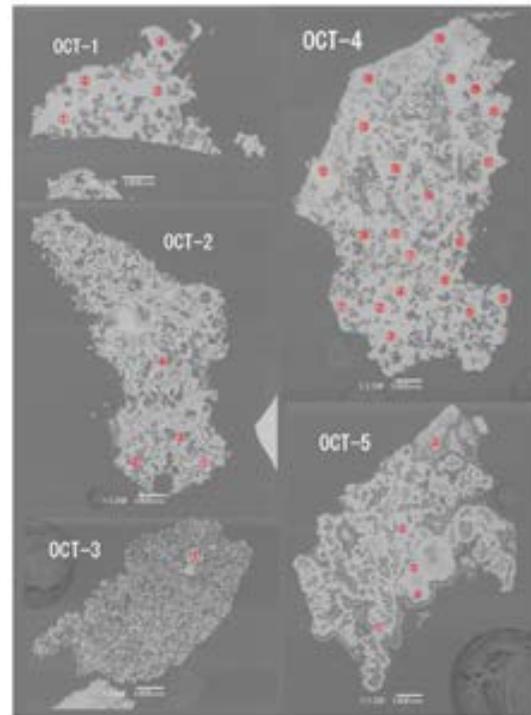
U-Pb年代分析結果(オパールCT)

○オパールCTのU-Pb年代値は、 11.7 ± 1.1 Maを示す※。

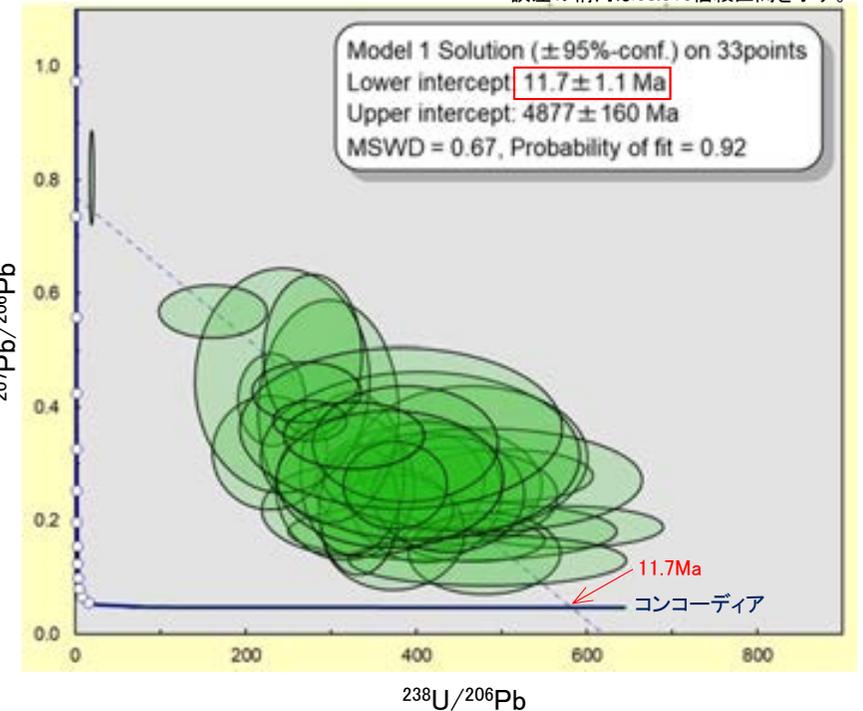
※: 分析位置が、1地点に限られていることから参考値とする。



位置図
試料採取位置 (オパールCT)



後方散乱電子像



Total Pb Tera-Wasserburg コンコーディア図

誤差の楕円は68.3%信頼区間を示す。

年代計算には、Isoplot 3 (Ludwig, 2008)を使用した。

測定データは、次頁



試料採取位置写真

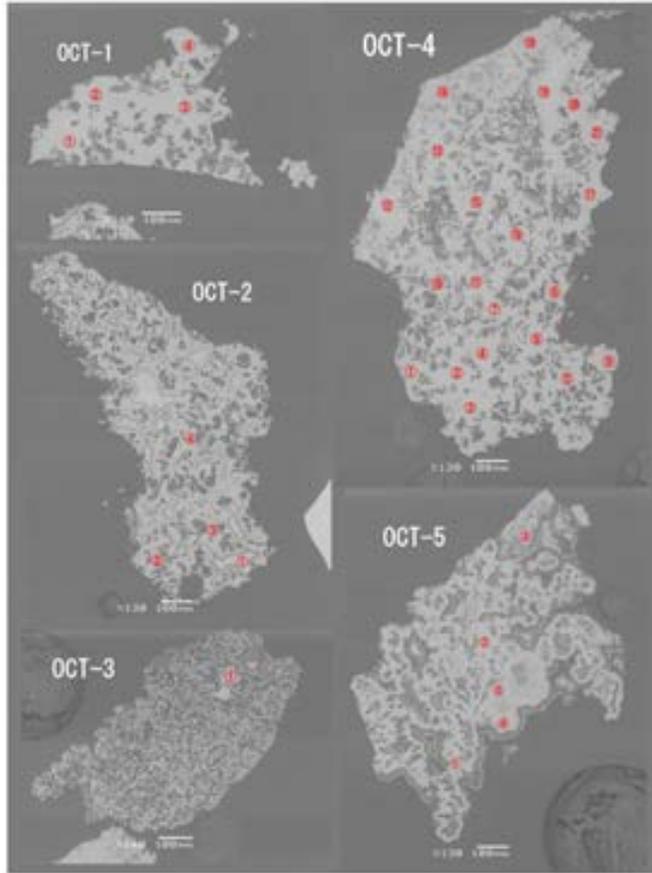
- ・高感度高分解能イオンマイクロプローブ (SHRIMP) を用いてU-Pb年代測定を実施した。
- ・全35測定点のうち、33点から有意な同位体比データを取得し、この33点の重み付け平均によりU-Pb年代を求めた。

【U-Pb年代のオパールへの適用事例について】

- ・U-PbやU系列を用いた年代測定は、オパール質シリカに適用されている (Neymark and Paces, 2000, 2013等)。
- ・オパールは、U-Pb年代の対象として有望であると考えられる (Neymark, 2015)。

U-Pb年代分析 ー測定データー

○岩盤調査坑No.30切羽のオパールCTを用いたU-Pb年代の同位体比測定データを以下に示す。



後方散乱電子像
(全35測定点)

測定点	U(ppm)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±%	Total ²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb		Total ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁵⁰ / ²³⁴ UO / ²⁵⁴ / ²³⁸ UO
						±%		±%	
OCT-1_1	1.7	n.d.	0.020	122	376	11	0.2618	20	0.000077
OCT-1_2	0.2	n.d.	0.036	72	162	26	0.5662	5	0.000057
OCT-1_3	1.0	n.d.	0.021	103	369	24	0.2718	30	0.000059
OCT-1_4	0.2	0.00024	0.021	148	327	17	0.3496	11	0.000074
OCT-2_1	0.3	n.d.	0.053	49	19	10	0.8027	7	0.000063
OCT-2_2	1.3	0.00012	0.029	34	271	16	0.4259	8	0.000049
OCT-2_3	0.6	0.00016	0.023	77	276	10	0.3754	6	0.000059
OCT-2_4	1.3	0.00005	0.023	28	388	18	0.3353	20	0.000051
OCT-3.1※	1.4	0.00152	0.058	27	14	27	0.9153	9	0.000066
OCT-4_1	3.6	n.d.	0.017	116	419	10	0.2666	22	0.000046
OCT-4_2	2.2	n.d.	0.006	76	468	12	0.1653	16	0.000057
OCT-4_3	1.6	n.d.	0.014	247	410	15	0.2506	33	0.000038
OCT-4_4	1.0	n.d.	0.026	124	466	19	0.3105	27	0.000055
OCT-4_5	2.0	n.d.	0.007	139	481	12	0.1408	34	0.000068
OCT-4_6	1.6	n.d.	0.008	227	374	15	0.1792	38	0.000053
OCT-4_7	1.3	n.d.	0.016	93	317	17	0.2602	33	0.000039
OCT-4_8	1.0	n.d.	0.002	68	483	22	0.1291	23	0.000078
OCT-4_9	0.6	0.00005	0.016	117	332	22	0.2183	25	0.000062
OCT-4_10	0.8	n.d.	0.011	85	333	9	0.2182	35	0.000054
OCT-4_11	0.6	n.d.	0.013	3	438	13	0.2452	28	0.000045
OCT-4.12※	1.2	0.00123	0.031	45	13	54	0.8322	42	0.000084
OCT-4_13	1.2	0.00002	0.024	64	231	11	0.4130	13	0.000067
OCT-4_14	0.7	n.d.	0.014	84	325	12	0.2833	33	0.000068
OCT-4_15	0.7	n.d.	0.012	41	477	26	0.2707	22	0.000054
OCT-4_16	0.3	n.d.	0.018	39	229	19	0.3192	21	0.000038
OCT-4_17	0.4	n.d.	0.025	72	298	18	0.3915	33	0.000075
OCT-4_18	0.6	n.d.	0.026	38	243	28	0.4455	29	0.000044
OCT-4_19	0.4	n.d.	0.032	49	279	14	0.4913	19	0.000076
OCT-4_20	0.5	n.d.	0.025	73	404	30	0.3143	31	0.000043
OCT-4_21	0.4	n.d.	0.022	98	383	33	0.3624	26	0.000040
OCT-5_1	3.5	0.00004	0.015	83	415	21	0.2605	28	0.000065
OCT-5_2	7.1	0.00016	0.013	80	574	13	0.1879	13	0.000038
OCT-5_3	2.5	0.00033	0.017	21	506	13	0.2786	11	0.000054
OCT-5_4	1.1	0.00018	0.008	2	442	29	0.1800	19	0.000054
OCT-5_5	1.3	n.d.	0.018	77	445	18	0.2428	23	0.000070

測定データ

n.d.:検出不可。誤差は1σ

※全35測定点のうち、OCT-3.1は、測定点に一次イオンが不安定になったこと、OCT-4.12は、inclusionを含む分析データの可能性があることから、年代計算の根拠データから除外した。

(12) 敷地周辺の変質に関する調査結果

敷地周辺で確認される変質鉱物 — 別所岳安山岩類における変質状況 —

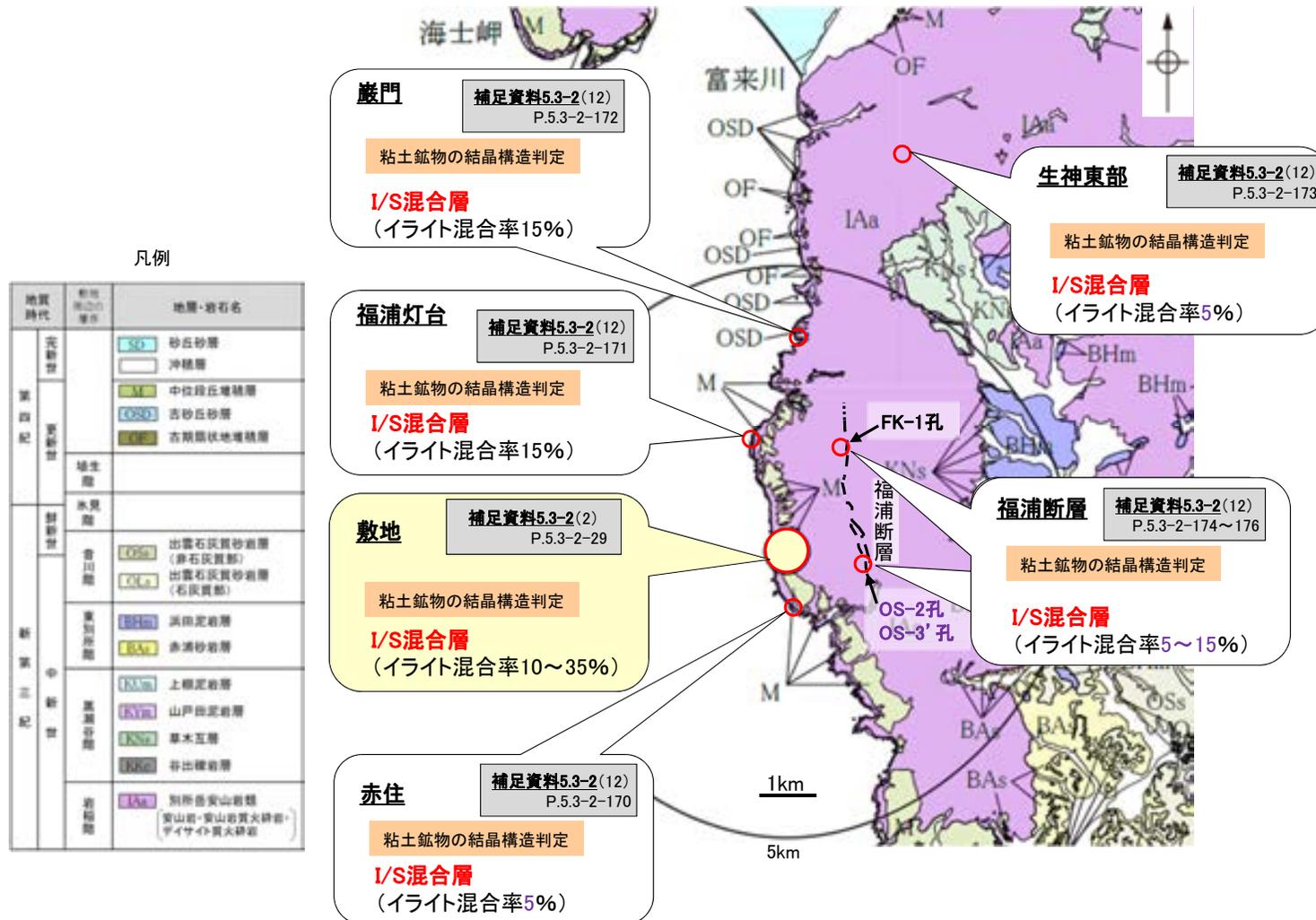
○敷地周辺の赤住、福浦灯台、巖門、生神東部及び福浦断層で認められる粘土鉱物を対象として、粘土鉱物のXRD分析による結晶構造判定を行った結果、これらの敷地周辺で確認される粘土鉱物は、敷地と同程度のイライト混合率をもつI/S混合層であると判定した(次頁)。

○よって、敷地で確認される変質鉱物(I/S混合層)が、敷地内に限って分布するものではなく、敷地周辺の別所岳安山岩類中にも広く分布することから、敷地周辺一帯は同じような環境下で変質を被ったと判断した。

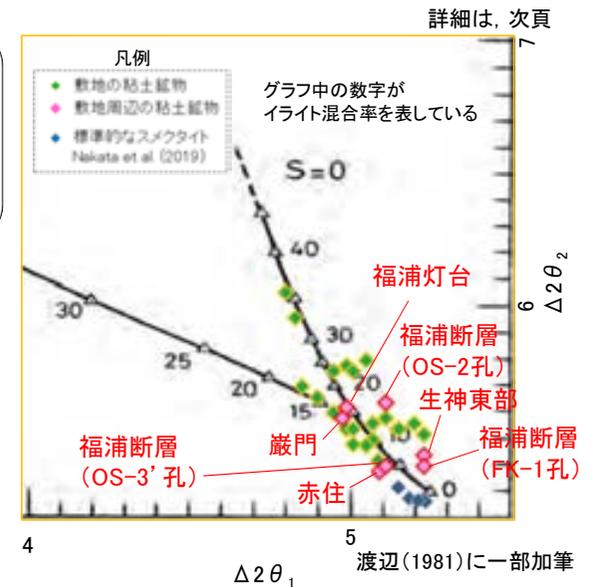
紫字: 第1073回審査会合以降に追加・変更した箇所

<敷地周辺の別所岳安山岩類で確認される変質鉱物*>

※ 局所的な変質状況に関する調査結果は、
補足資料5.3-2(12)P.5.3-2-182~184



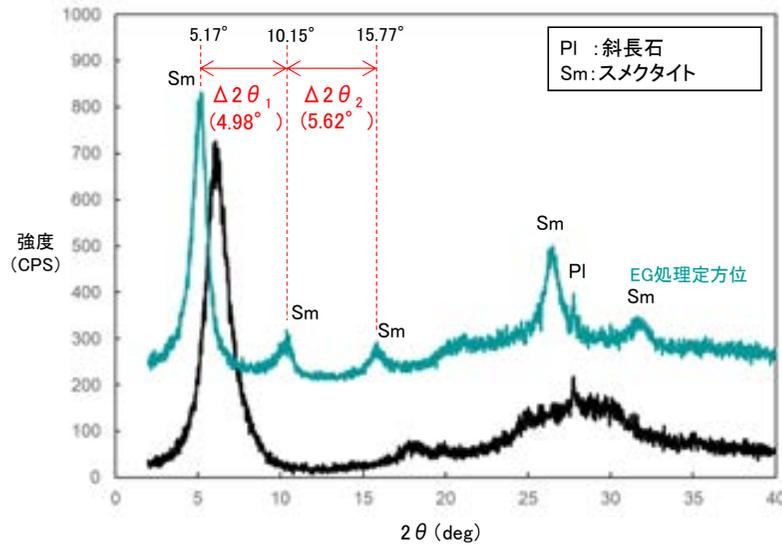
<粘土鉱物の結晶構造判定結果>



【粘土鉱物の結晶構造判定】

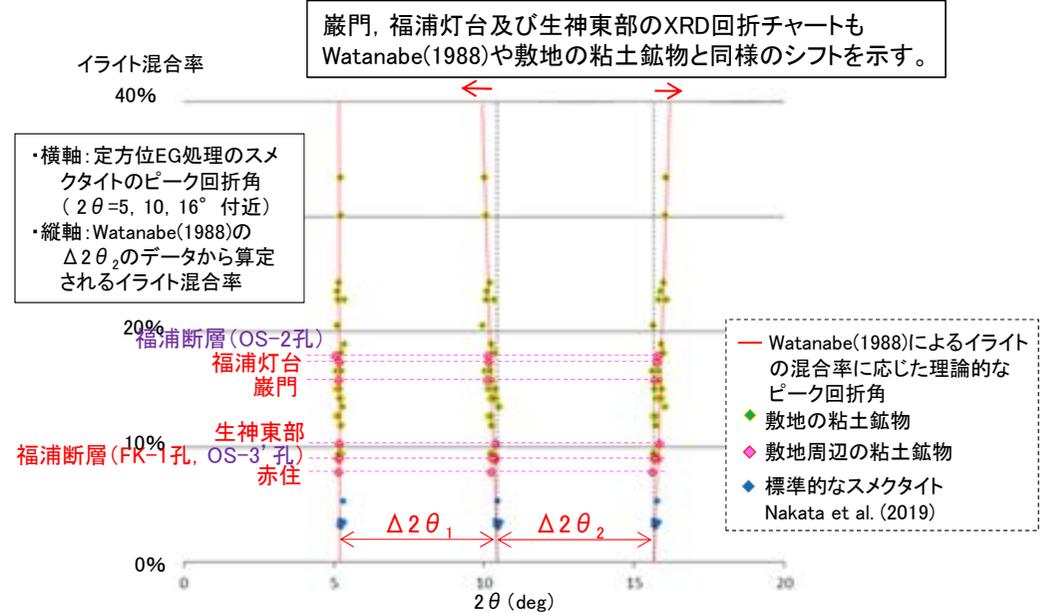
○赤住, 福浦灯台, 巖門, 生神東部及び福浦断層で確認された粘土鉱物*のX線回折チャートを用いて粘土鉱物の構造判定を行った。これらの回折チャートでは, Watanabe(1988)によるI/S混合層の理論的なピーク回折角のシフトと同様なシフトが認められ, 渡辺(1986, 1981)のI/S混合層構造判定図によるとイライト混合率5~15%程度となることから, これらの粘土鉱物は, 敷地と同程度のイライト混合率をもつI/S混合層であると判定した。

*各地点で確認した粘土鉱物の採取位置及びX線回折チャートについては, **補足資料5.3-2**(12) P.5.3-2-170~176

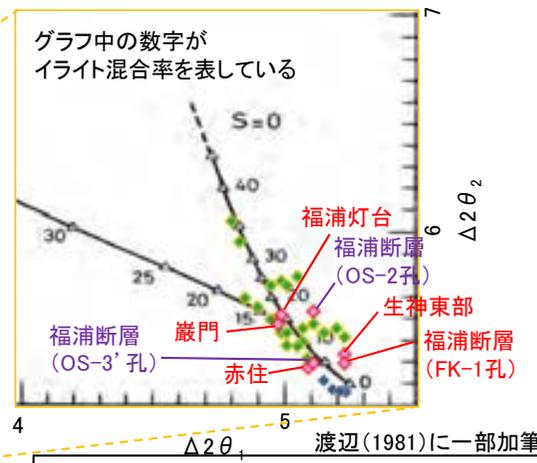
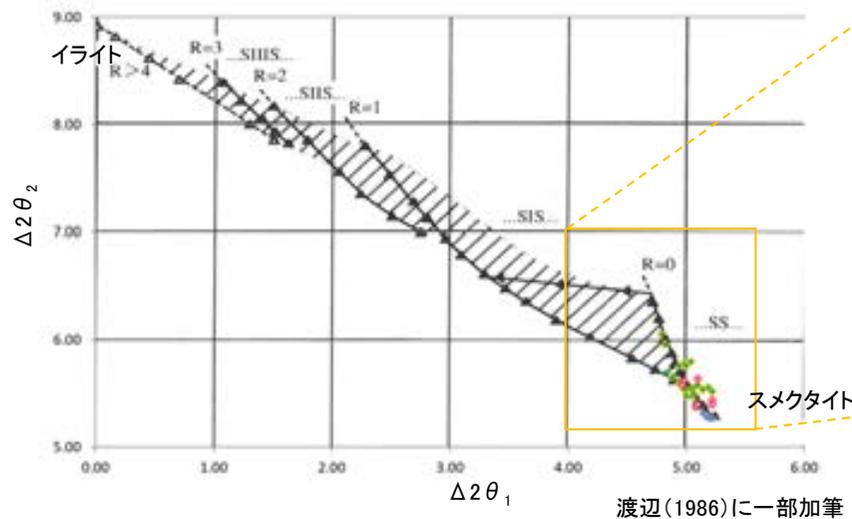


福浦灯台のX線回折チャート(定方位)

■I/S混合層の理論的なピーク回折角(Watanabe, 1988)との比較



■I/S混合層の構造判定図(渡辺1986, 1981)による判定



巖門及び福浦灯台の粘土鉱物は, イライト混合率15%程度, 赤住, 生神東部の粘土鉱物は, イライト混合率5%程度, 福浦断層の粘土鉱物は, イライト混合率5~15%程度である。

紫字: 第1073回審査会合以降に追加・変更した箇所

【赤住】

○敷地の南方約1kmに位置する赤住の海岸部では、露岩した別所岳安山岩類中に脈状の白色の変質部が確認される。



志賀原子力発電所
赤住

位置図

凡例

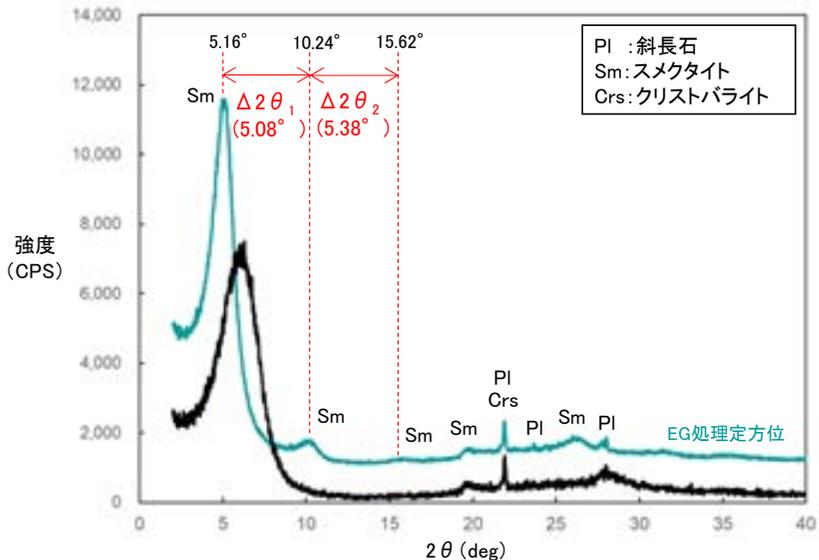
地質時代	年代	地層・地質名
第四紀	沖積層	沖積層
	中世沖積層	中世沖積層
	古沖積層	古沖積層
	更新世沖積層	更新世沖積層
	埋没層	埋没層
新第三紀	山田組	山田組
	山田組	山田組
白垩紀	別所岳安山岩類	別所岳安山岩類
	別所岳安山岩類	別所岳安山岩類



○ 試料採取位置
→ 白色変質部
赤住 海岸部露岩域



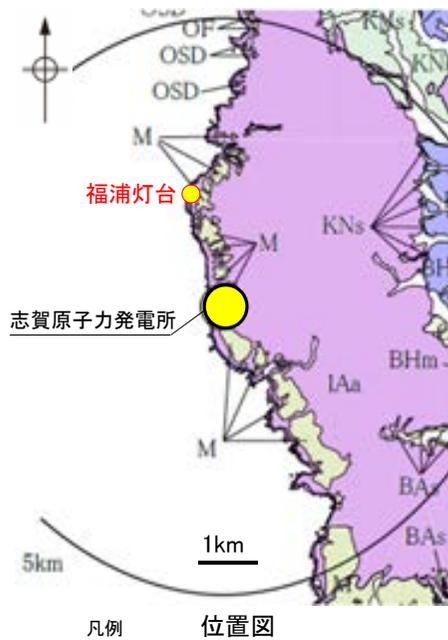
分析試料



X線回折チャート(定方位)

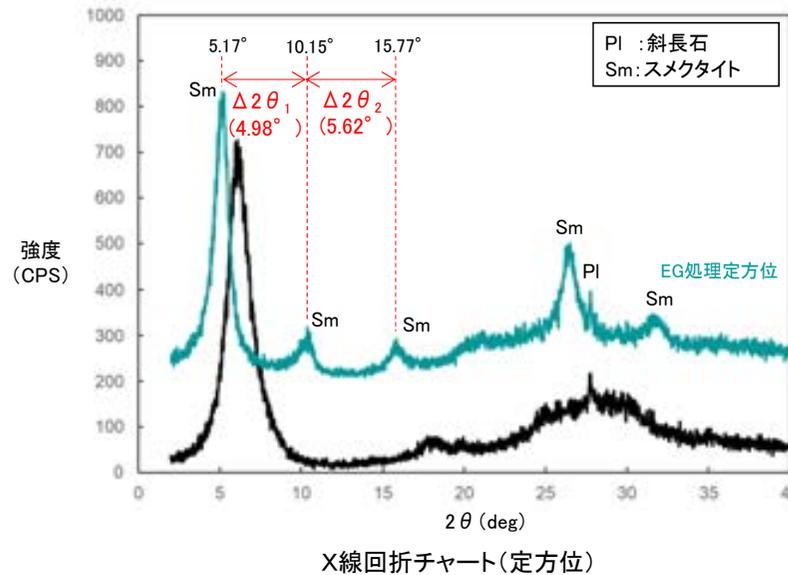
【福浦灯台】

○敷地から約2km北方に位置する福浦灯台の海岸部では、露岩した別所岳安山岩類中に白色の変質部が確認される。



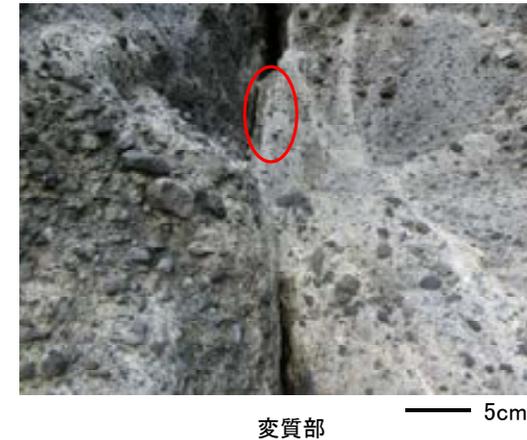
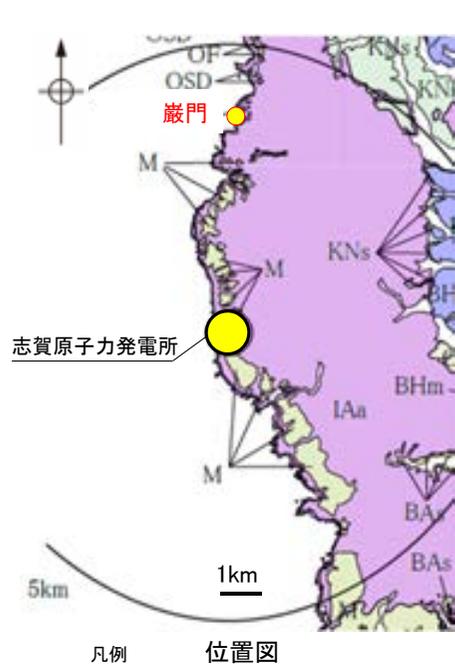
○ 試料採取位置

地質時代	地層・地質名
新第三紀	沖積層
	沖積層
	沖積層
	沖積層
第四紀	沖積層
	沖積層
	沖積層
	沖積層
白垩紀	別所岳安山岩類 (別所岳安山岩類)
	別所岳安山岩類 (別所岳安山岩類)
白垩紀	別所岳安山岩類 (別所岳安山岩類)
	別所岳安山岩類 (別所岳安山岩類)
	別所岳安山岩類 (別所岳安山岩類)
	別所岳安山岩類 (別所岳安山岩類)



【巖門】

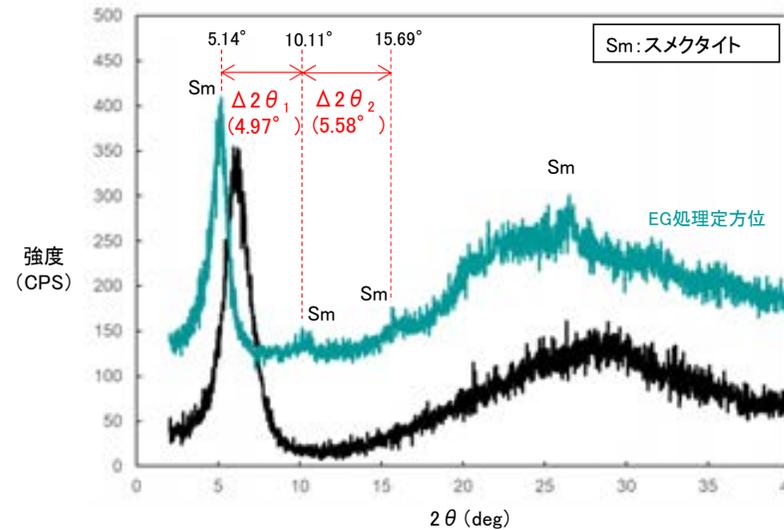
○敷地から約4km北方に位置する巖門の海岸部では、露岩した別所岳安山岩類中に脈状の白色の変質部が確認される。



○ 試料採取位置

→ 白色変質部

地質	色	名称
地質	緑色	緑色粘板岩
	黄褐色	黄褐色粘板岩
	黄褐色	中粒粒状粘板岩
	黄褐色	粗粒粒状粘板岩
地質	黄褐色	粗粒粒状粘板岩
	黄褐色	粗粒粒状粘板岩
地質	黄褐色	別所岳安山岩類 (単式安山岩)
	黄褐色	別所岳安山岩類 (複式安山岩)
地質	黄褐色	別所岳安山岩類 (複式安山岩)
	黄褐色	別所岳安山岩類 (複式安山岩)



X線回折チャート(定方位)

【生神東部】

○敷地の北方約7kmに位置する生神東部の別所岳安山岩類露岩部では、変質が認められる。



凡例

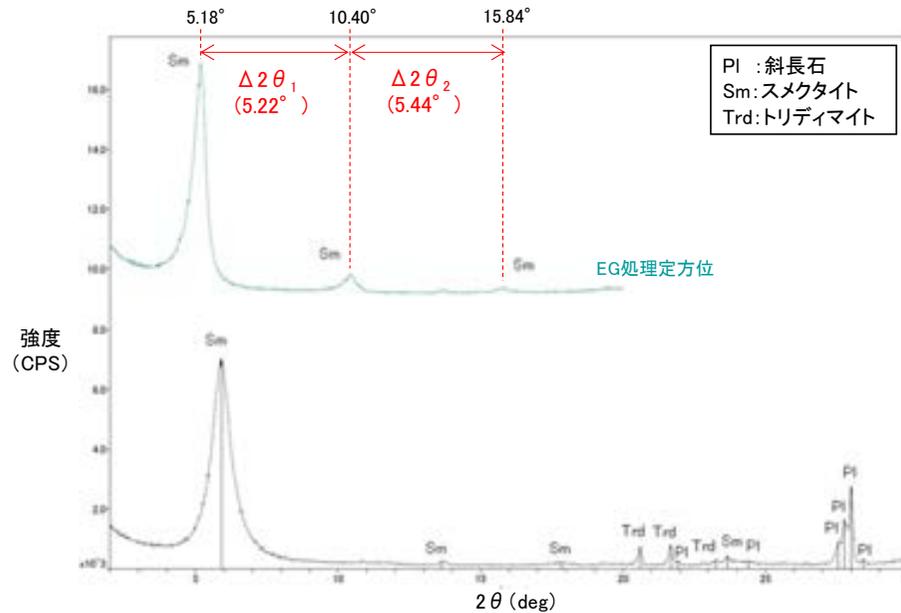
位置図

地質時代	年代	地層・露岩名
第四紀	沖積層	沖積層
	沖積層	沖積層
新第三紀	山部山部群	山部山部群 (沖積層)
	山部山部群	山部山部群 (沖積層)
中生代	白垩紀	白垩紀
	白垩紀	白垩紀



分析試料

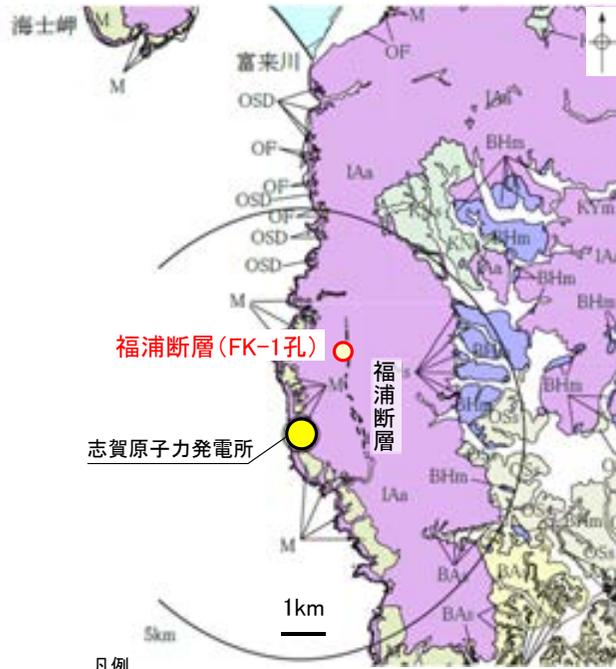
←E W→
10cm
生神東部 露岩部 ○ 試料採取位置



X線回折チャート(定方位)

【福浦断層(FK-1孔)】

○敷地の北方約2kmで実施したFK-1孔の深度52.5m付近で認められる福浦断層では、断層ガウジ中に粘土鉱物が認められる。



福浦断層(FK-1孔)

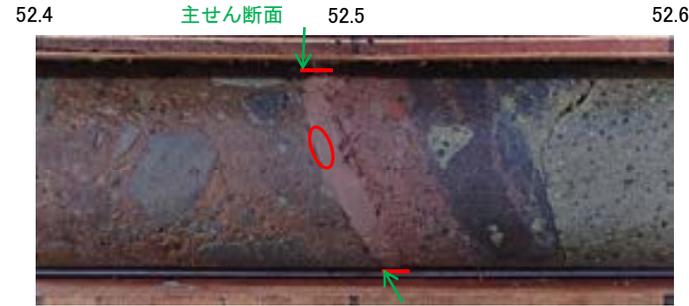
志賀原子力発電所

福浦断層

位置図

地質	色	地層・地質名
第四紀	黄褐色	沖積層
	緑褐色	沖積層
	黄褐色	沖積層
	黄褐色	沖積層
	黄褐色	沖積層
第三紀	黄褐色	上層砂層
	黄褐色	山戸砂層

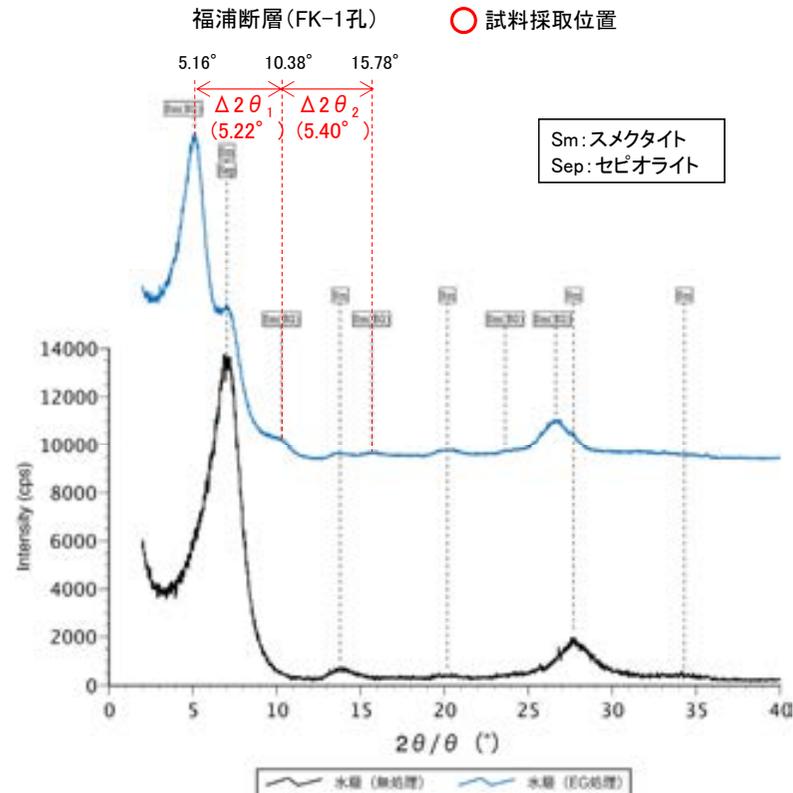
深度 (m)



分析試料

断層ガウジ

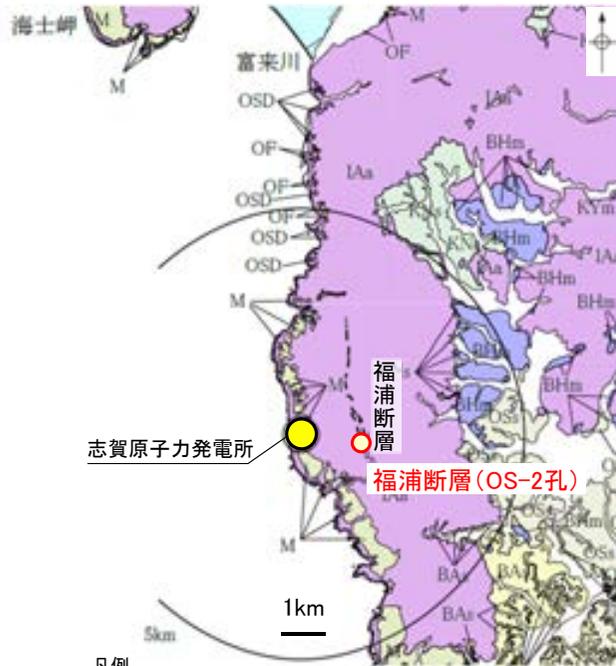
試料採取位置



X線回折チャート(定方位)

【福浦断層 (OS-2孔)】

○敷地の東方約1kmで実施したOS-2孔の深度94.6m付近で認められる福浦断層では、断層ガウジ中に粘土鉱物が認められる。



志賀原子力発電所

福浦断層

福浦断層(OS-2孔)

位置図

地質時代	地層・地層名
第四紀	沖積層
	沖積層
	沖積層
	沖積層
	沖積層
第三紀	上層砂岩層
	山形砂岩層
白垩紀	白垩紀砂岩層
	白垩紀砂岩層

深度 (m)

94.5 94.6 94.7 94.8



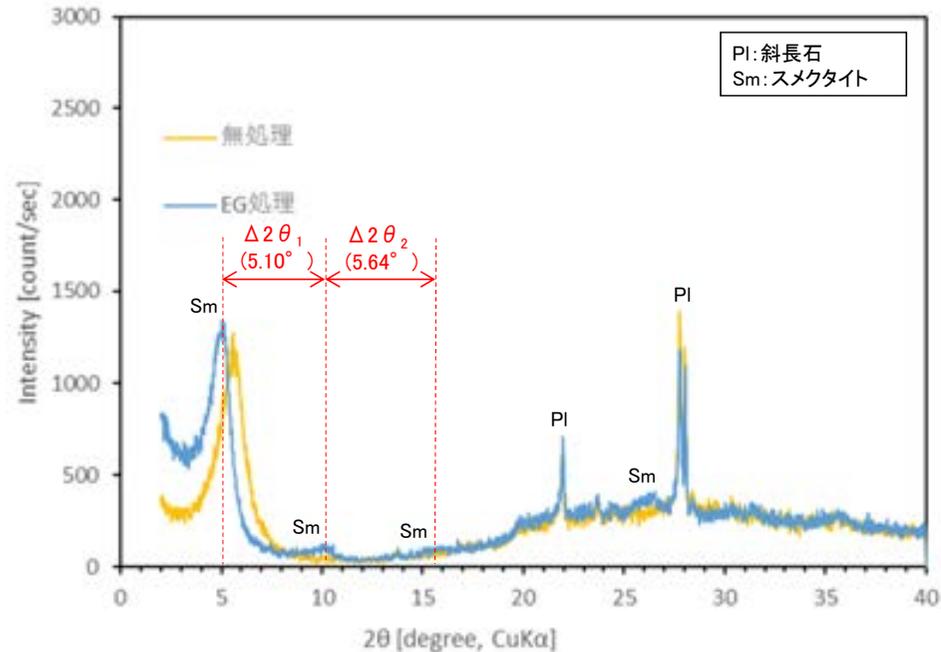
福浦断層(OS-2孔)

断層ガウジ

試料採取位置



分析試料

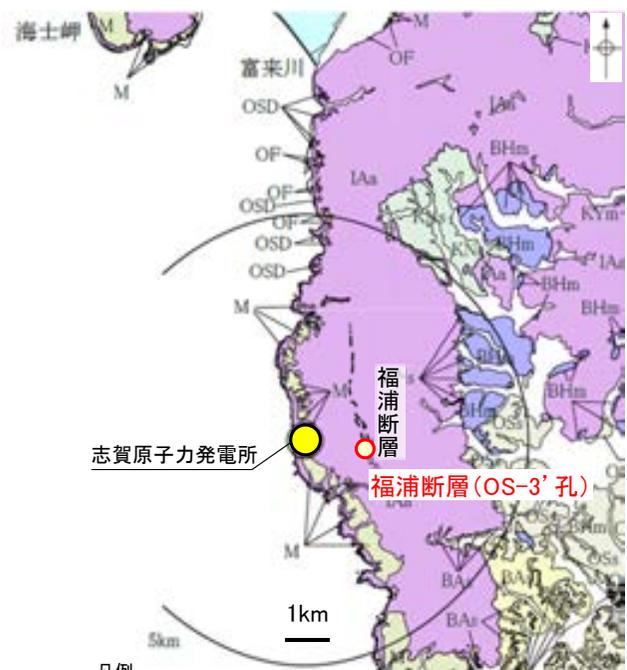


Pl: 斜長石
Sm: スメクタイト

X線回折チャート(定方位)

【福浦断層 (OS-3' 孔)】

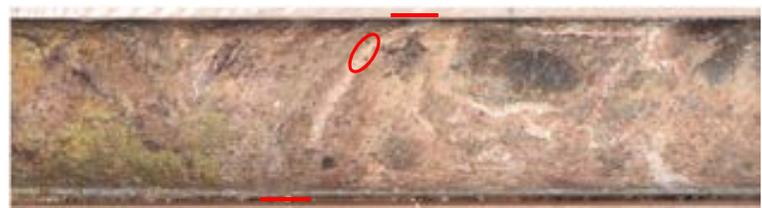
○敷地の東方約1kmで実施したOS-3' 孔の深度28.3m付近で認められる福浦断層では、断層ガウジ中に粘土鉱物が認められる。



凡例
位置図

地質	色	地層名
第四紀	黄褐色	沖積層
	緑褐色	沖積層
	黄褐色	沖積層
	黄褐色	沖積層
	黄褐色	沖積層
第三紀	黄褐色	沖積層
	黄褐色	沖積層
白垩紀	黄褐色	沖積層
	黄褐色	沖積層

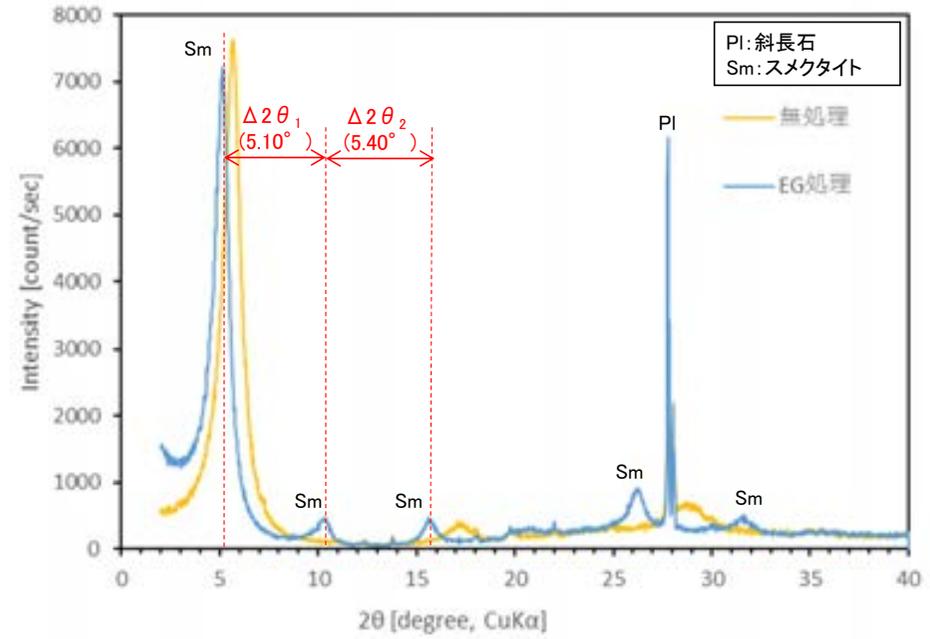
深度 (m)
28.2 28.3 28.4 28.5



福浦断層 (OS-3' 孔)
— 断層ガウジ
○ 試料採取位置



分析試料



X線回折チャート(定方位)

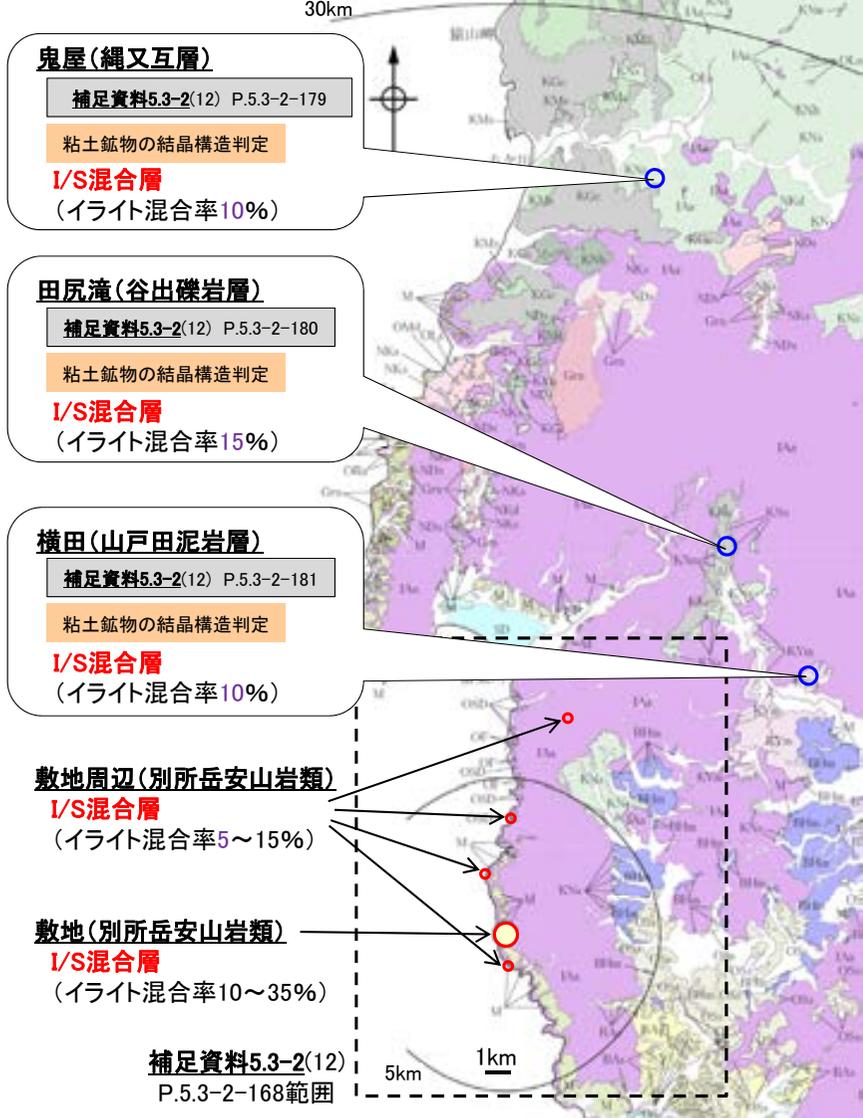
敷地周辺で確認される変質鉱物 —新第三紀堆積岩における変質状況—

○敷地周辺一帯が同じような環境下で変質を被ったと判断したことについて、敷地周辺の別所岳安山岩類に加え、その周辺の新第三紀堆積岩の変質状況を調査した。
○敷地周辺の新第三紀堆積岩(黒瀬谷階の縄又互層、谷出礫岩層、山戸田泥岩層)中の粘土鉱物を対象として、XRD分析による結晶構造判定を行った結果、これらの敷地周辺で確認される粘土鉱物は、敷地と同程度のイライト混合率をもつI/S混合層であると判定した(次頁)。

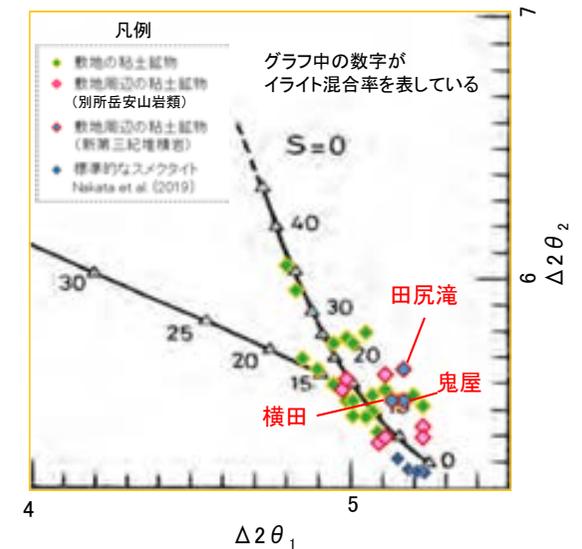
紫字:第1073回審査会合以降に追加・変更した箇所

<敷地周辺で確認される変質鉱物>

凡例	
地質時代	地層・岩石名
新第三紀	<ul style="list-style-type: none"> 3D 砂丘砂層 沖積層 3M 中位段正海陸層 3O2 古砂丘砂層 3O3 古階段状地層 3O4 河成段立地層
中生代	
白垩紀	
新第三紀	<ul style="list-style-type: none"> 3O5 別所岳安山岩 3O6 前浜泥岩層 3O7 七尾石灰質砂岩層・田雲石灰質砂岩層(赤石灰質部) 3O8 扇状石灰質砂岩層・岡野島石灰質砂岩層・七尾石灰質砂岩層・田雲石灰質砂岩層・安代原石灰質砂岩層(石灰質部)
第三紀	
中新世	
上新世	
古新世	
漸新世	
始新世	
古第三紀	
白垩紀	
新第三紀	
古第三紀	
先第三紀	



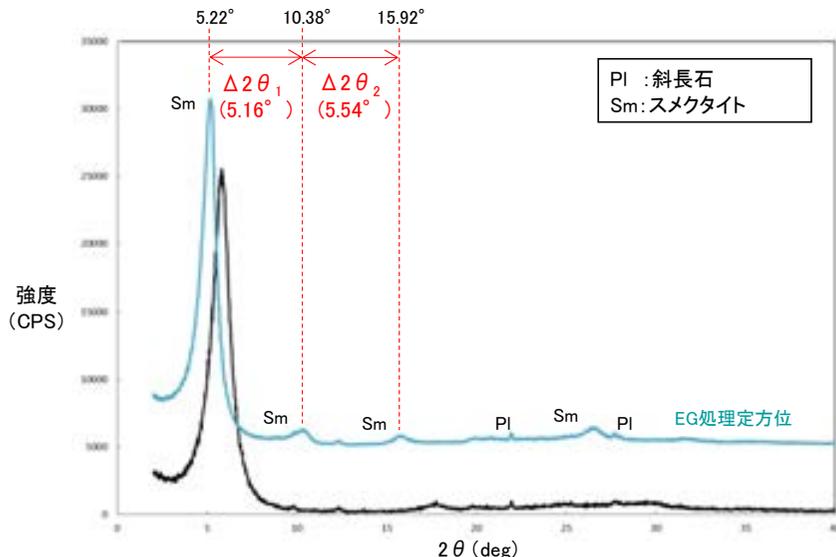
<粘土鉱物の結晶構造判定結果>



粘土鉱物の結晶構造判定

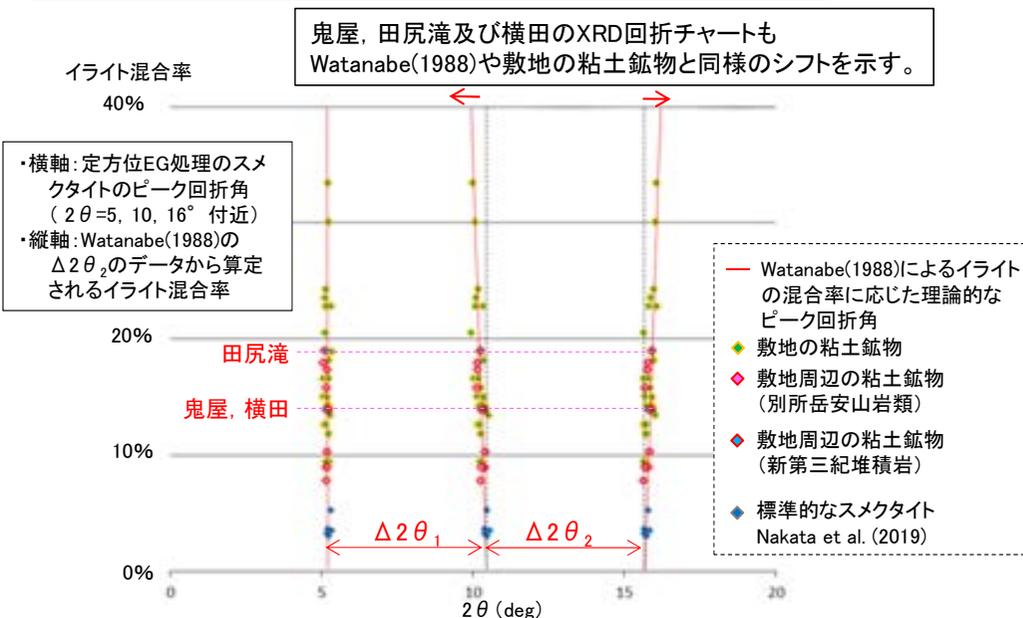
○鬼屋、田尻滝及び横田で確認された粘土鉱物*のX線回折チャートを用いて粘土鉱物の構造判定を行った。これらの回折チャートでは、Watanabe(1988)によるI/S混合層の理論的なピーク回折角のシフトと同様なシフトが認められ、渡辺(1986, 1981)のI/S混合層構造判定図によるとイライト混合率10~15%程度となることから、これらの粘土鉱物は、敷地と同程度のイライト混合率をもつI/S混合層であると判定した。

※各地点で確認した粘土鉱物の採取位置及びX線回折チャートについては、補足資料5.3-2(12)P.5.3-2-179~181

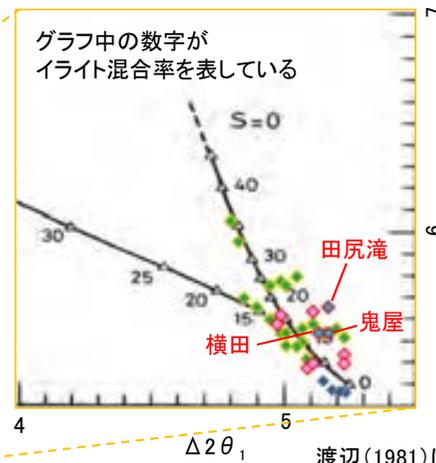
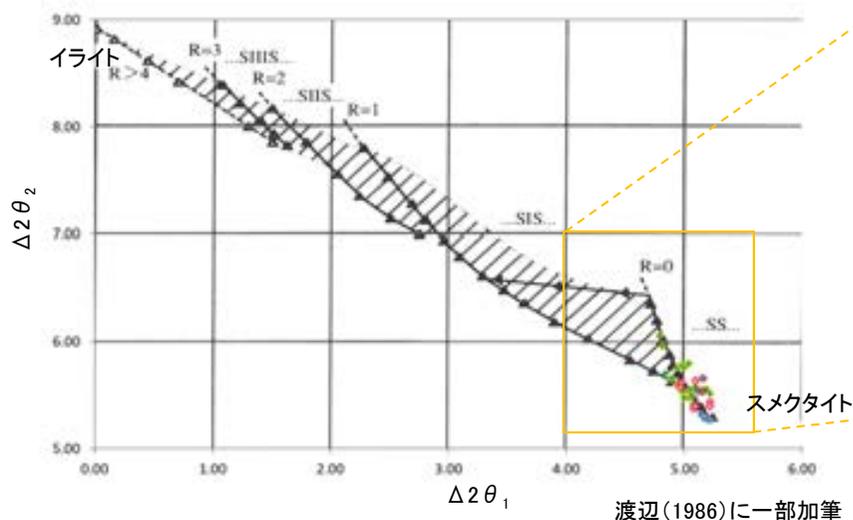


鬼屋のX線回折チャート(定方位)

■I/S混合層の理論的なピーク回折角(Watanabe, 1988)との比較



■I/S混合層の構造判定図(渡辺1986, 1981)による判定



鬼屋及び横田の粘土鉱物は、イライト混合率10%程度、田尻滝の粘土鉱物は、イライト混合率15%程度である。

紫字: 第1073回審査会合以降に追加・変更した箇所

田尻滝 (谷出礫岩層)

○敷地の北東方約15kmに位置する田尻滝の谷出礫岩層露岩部で試料(砂岩)を採取し、XRD分析を実施した。

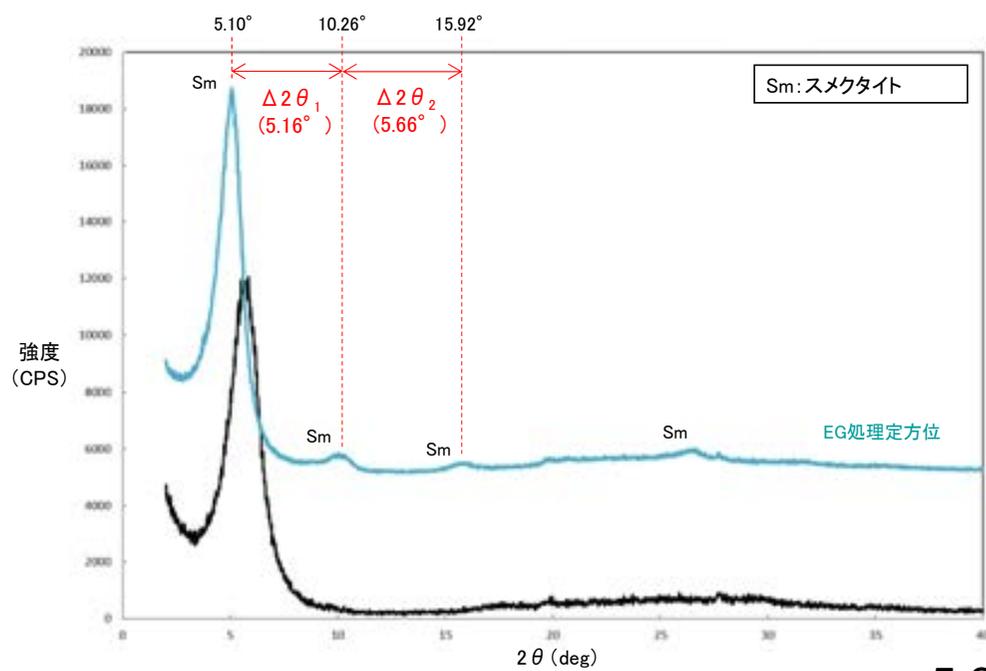


位置図

地層表	
層位	地層名
1	第三紀地層
2	沖積層
3	中新世地層
4	古第三紀地層
5	白亜紀地層
6	白亜紀地層
7	白亜紀地層
8	白亜紀地層
9	白亜紀地層
10	白亜紀地層
11	白亜紀地層
12	白亜紀地層
13	白亜紀地層
14	白亜紀地層
15	白亜紀地層
16	白亜紀地層
17	白亜紀地層
18	白亜紀地層
19	白亜紀地層
20	白亜紀地層
21	白亜紀地層
22	白亜紀地層
23	白亜紀地層
24	白亜紀地層
25	白亜紀地層
26	白亜紀地層
27	白亜紀地層
28	白亜紀地層
29	白亜紀地層
30	白亜紀地層
31	白亜紀地層
32	白亜紀地層
33	白亜紀地層
34	白亜紀地層
35	白亜紀地層
36	白亜紀地層
37	白亜紀地層
38	白亜紀地層
39	白亜紀地層
40	白亜紀地層
41	白亜紀地層
42	白亜紀地層
43	白亜紀地層
44	白亜紀地層
45	白亜紀地層
46	白亜紀地層
47	白亜紀地層
48	白亜紀地層
49	白亜紀地層
50	白亜紀地層



○ 試料採取位置 田尻滝 谷出礫岩層露岩部 0.5m 分析試料



X線回折チャート(定方位)

横田(山戸田泥岩層)

○敷地の北東方約13kmに位置する横田の山戸田泥岩層露岩部で試料(泥岩)を採取し、XRD分析を実施した。



位置図

地層表	
地層名	地層記号
山戸田泥岩層	KMa
山戸田砂岩層	KMs
山戸田頁岩層	KMn
山戸田礫岩層	KMd
山戸田砂岩層	KMe
山戸田頁岩層	KMf
山戸田礫岩層	KMg
山戸田砂岩層	KMh
山戸田頁岩層	KMi
山戸田礫岩層	KMj
山戸田砂岩層	KMk
山戸田頁岩層	KMl
山戸田礫岩層	KMm
山戸田砂岩層	KMn
山戸田頁岩層	KMo
山戸田礫岩層	KMp
山戸田砂岩層	KMq
山戸田頁岩層	KMr
山戸田礫岩層	KMs
山戸田砂岩層	KMt
山戸田頁岩層	KMu
山戸田礫岩層	KMv
山戸田砂岩層	KMw
山戸田頁岩層	KMx
山戸田礫岩層	KMy
山戸田砂岩層	KMz
山戸田頁岩層	KMa

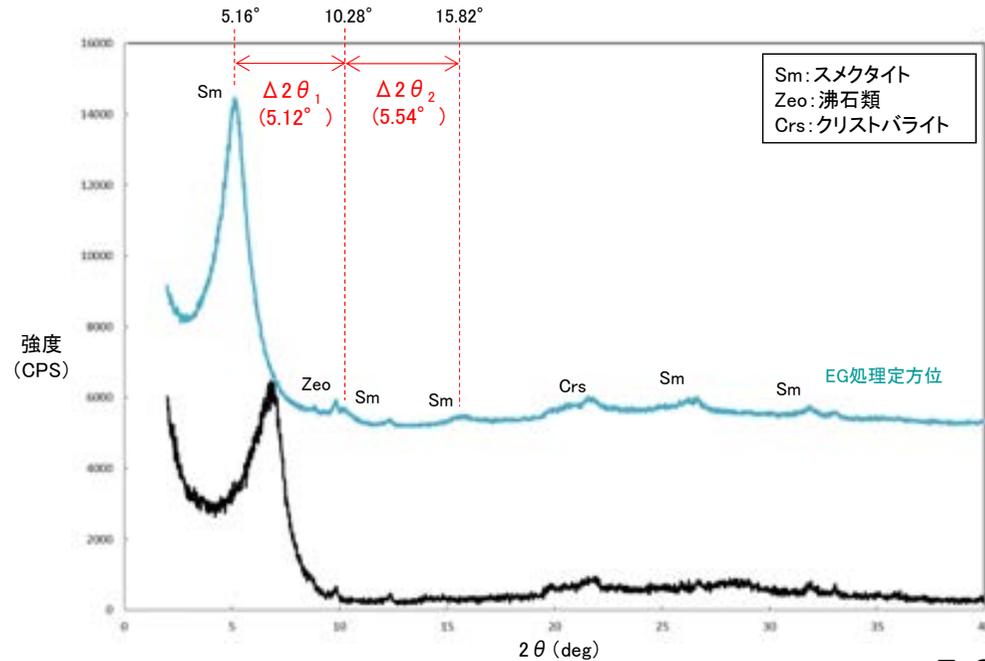


○ 試料採取位置

横田 山戸田泥岩層露岩部

1m

分析試料

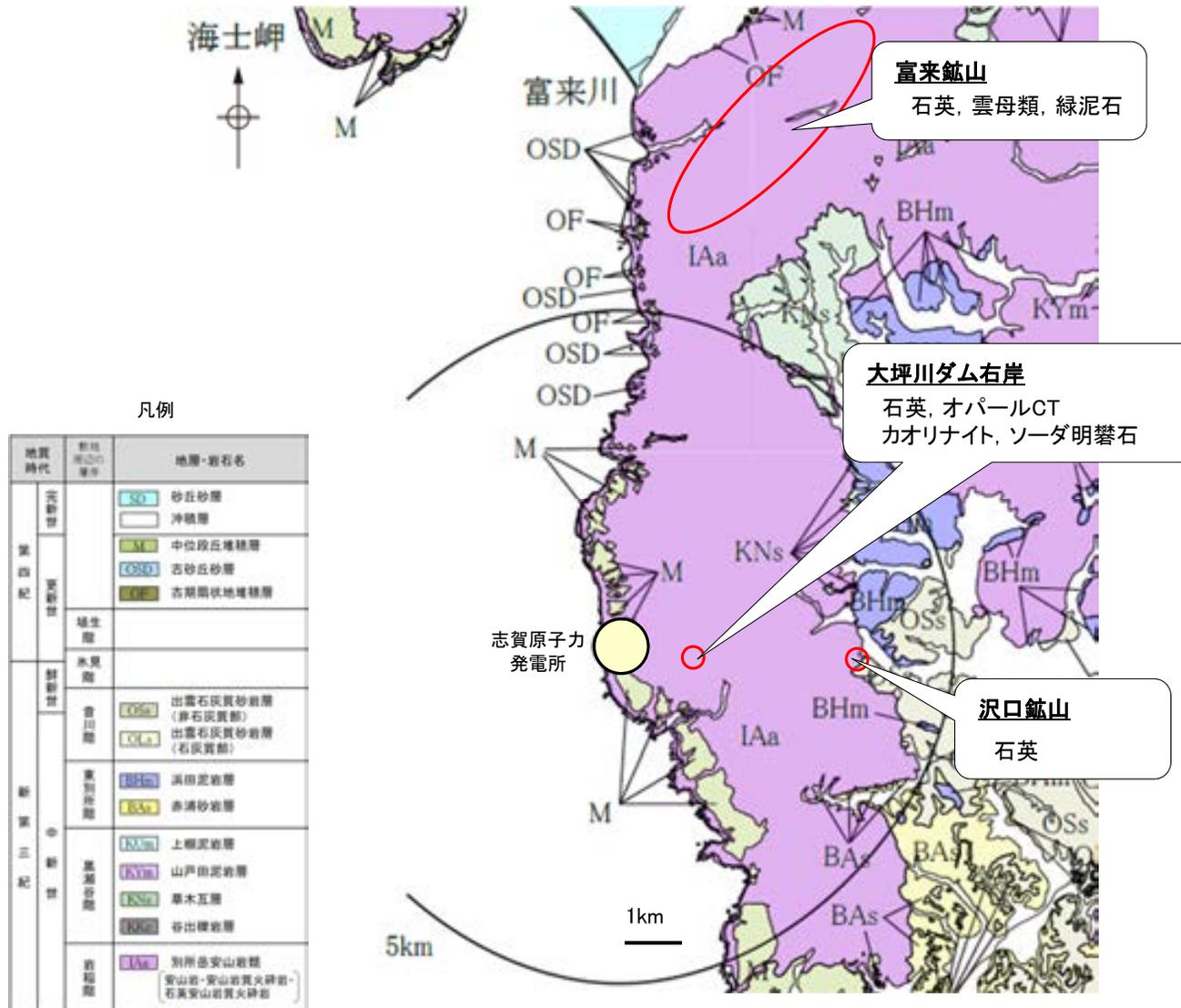


X線回折チャート(定方位)

敷地周辺で確認される変質鉱物 ー局所的な変質状況ー

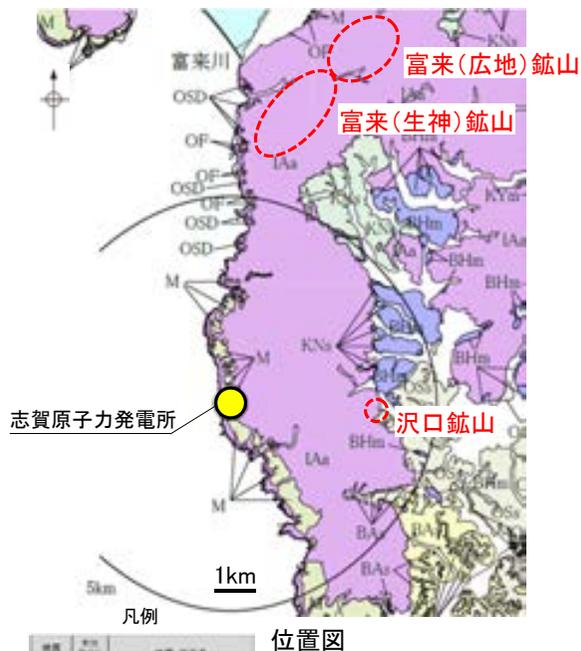
- 敷地周辺の別所岳安山岩類中の局所的な変質状況に関する調査結果を以下に示す。
 - ・敷地周辺の鉱山(富来鉱山や沢口鉱山)では、石英等が認められている(次頁)。
 - ・敷地東方の強変質部(大坪川ダム右岸付近)では、網目状の熱水脈が認められ、石英等の変質鉱物を確認した(次々頁)。
- なお、これらの変質帯は、地表踏査により分布が局所的であることを確認している。

＜敷地周辺の別所岳安山岩類中で確認される局所的な変質＞



【富来鉱山, 沢口鉱山】

- 敷地周辺の鉱山に関する文献調査の結果、敷地の約7km北方には富来鉱山が、敷地の約4km東方には沢口鉱山が分布する。
- 富来鉱山は、別所岳安山岩類中に浅熱水性含金石英脈を伴う鉱床であり、石英等が確認されている。
- 沢口鉱山は、別所岳安山岩類の境界に富鉱部を持つ銅鉱山とされる。また、XRD分析の結果、鉱山周辺で石英等を確認した。



■富来鉱山に関する知見

日本金山誌編纂委員会編(1994)	<p><富来(広地)鉱山></p> <ul style="list-style-type: none"> ・富来鉱山(広地)付近の地質は新第三紀中新世の穴水累層に属する輝石安山岩溶岩および火山碎屑岩よりなり、鉱床は輝石安山岩を母岩とする浅熱水性含金銀石英脈である。 <p><富来(生神)鉱山></p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉱床は輝石安山岩および火山碎屑岩を母岩とする浅熱水性含金石英脈で、ほぼ2kmX2kmの範囲に複数の脈がある。鉱石鉱物は自然金のほか黄鉄鉱を主とし、脈石鉱物は石英を主とし乳白色を呈する。
濱田ほか(2018)	<p><富来(生神)鉱山></p> <ul style="list-style-type: none"> ・母岩である穴水累層の輝石安山岩は熱水変質を受けており、ほとんどが暗青灰色から明青緑色である。斑晶である輝石および斜長石は緑泥石、雲母類、白チタン石などに変質しているか、交代されている。母岩中に石英の細脈が見られその周辺に黄鉄鉱や黄銅鉱が産出する。これらの硫化鉱物および変質鉱物は鉱床形成に伴う熱水作用によって生じたと考えられる。
Hamada et al. (2019)	<p><富来(生神)鉱山></p> <ul style="list-style-type: none"> ・富来鉱山は、能登半島と日本海の形成に関連した重要な鉱床の一つである。 ・石英脈の表面に生成した水長石の状況から、複数回の熱水イベントが示唆される。 ・鉱床中に認められたイライト-スメクタイト混合層の年代によると富来鉱山の形成年代は前期中新世である。

■沢口鉱山に関する知見

地質調査所編(1956)	<ul style="list-style-type: none"> ・酸化銅鉱と2次硫化銅鉱からなる特殊な沈殿性のものである。 ・富鉱部は泥岩層と基盤をなす集塊岩(穴水累層)との境界付近に多い。
--------------	--

■沢口鉱山周辺で確認される変質鉱物(XRD分析)



沢口鉱山 坑口跡



坑口跡周辺のズリから採取した白色鉱物

<XRD分析結果>

試料採取箇所	検出鉱物		
	石英	菱マンガン鉱	フェリハイドロライト
沢口鉱山坑口跡_白色鉱物	◎	+	+

◎: 多量(>5,000cps)
+: 微量(250~500cps)
標準石英最強回折線強度
(3回繰り返し測定、平均53.376cps)

X線回折チャートは、補足資料5.3-2(12)P.5.3-2-185

【大坪川ダム右岸】

- 敷地の約1km東方に位置する大坪川ダム周辺では、岩盤(別所岳安山岩類)が全体的に熱水等による影響を受けており、白色硬質部や網目状節理に沿う白色脈が多く認められる。
- ダム右岸の北道路法面や南道路法面の表土はぎで確認される白色変質部を対象としたXRD分析の結果、主な変質鉱物として石英やオパールCT(クリストバライトとトリディマイト)、カオリナイト、ソーダ明礬石を確認した。



位置図

地質特性	記号	地層・地質名
地層	OSD	別所岳安山岩類(砂岩)
	OF	沖積層
	LAa	沖積土壌層
	Btm	沖積土壌層
	M	沖積土壌層
	KNs	沖積土壌層
	BA	沖積土壌層
	BAa	沖積土壌層
地質	○	別所岳安山岩類
	△	別所岳安山岩類
	+	別所岳安山岩類
	±	別所岳安山岩類

<右岸北道路法面>

分析試料

○ 試料採取位置

<右岸南道路法面>

分析試料

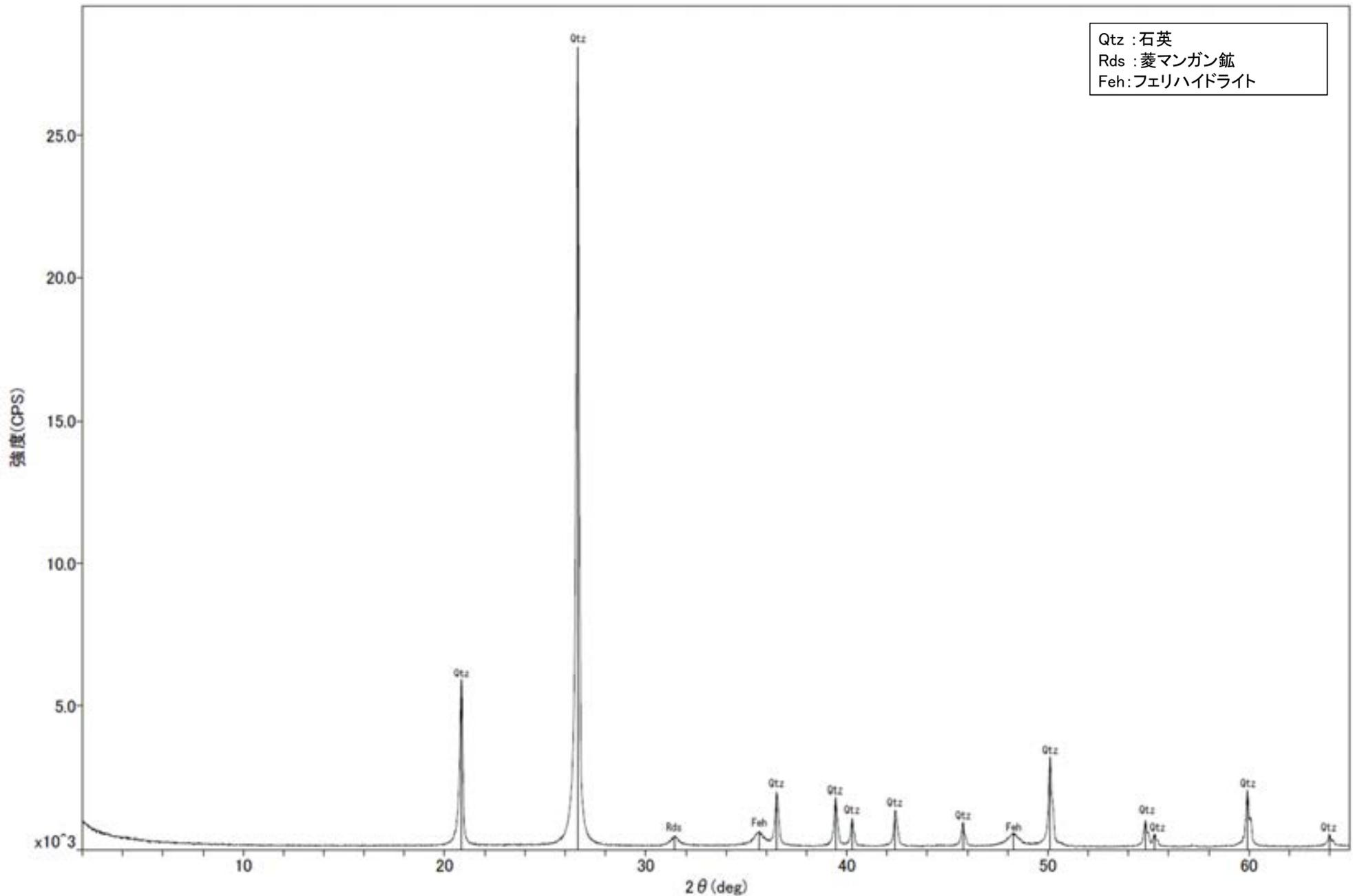
○ 試料採取位置

■XRD分析結果

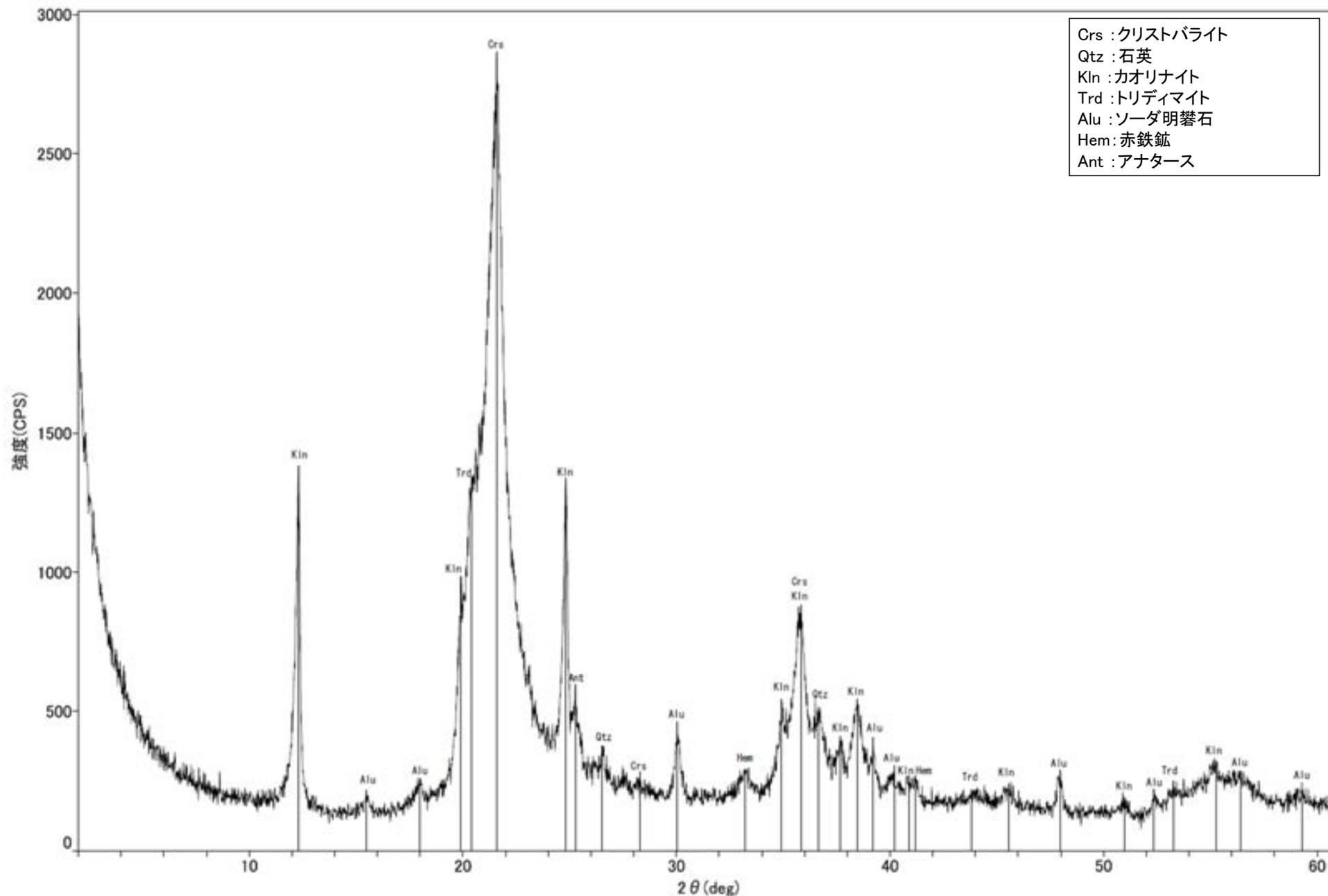
試料採取箇所	検出鉱物						
	石英	クリストバライト	トリディマイト	カオリナイト	滑石	スメクタイト	赤鉄鉱
北道路法面 白色変質部	△	○	+	△		±	±
南道路法面 白色変質部	+	△	+	±	±	±	○

○: 中量(2,500~5,000cps)
 △: 少量(500~2,500cps)
 +: 微量(250~500cps)
 ±: きわめて微量(<250cps)
 標準石英最強回折線強度
 (3回繰り返し測定, 平均53,376cps)

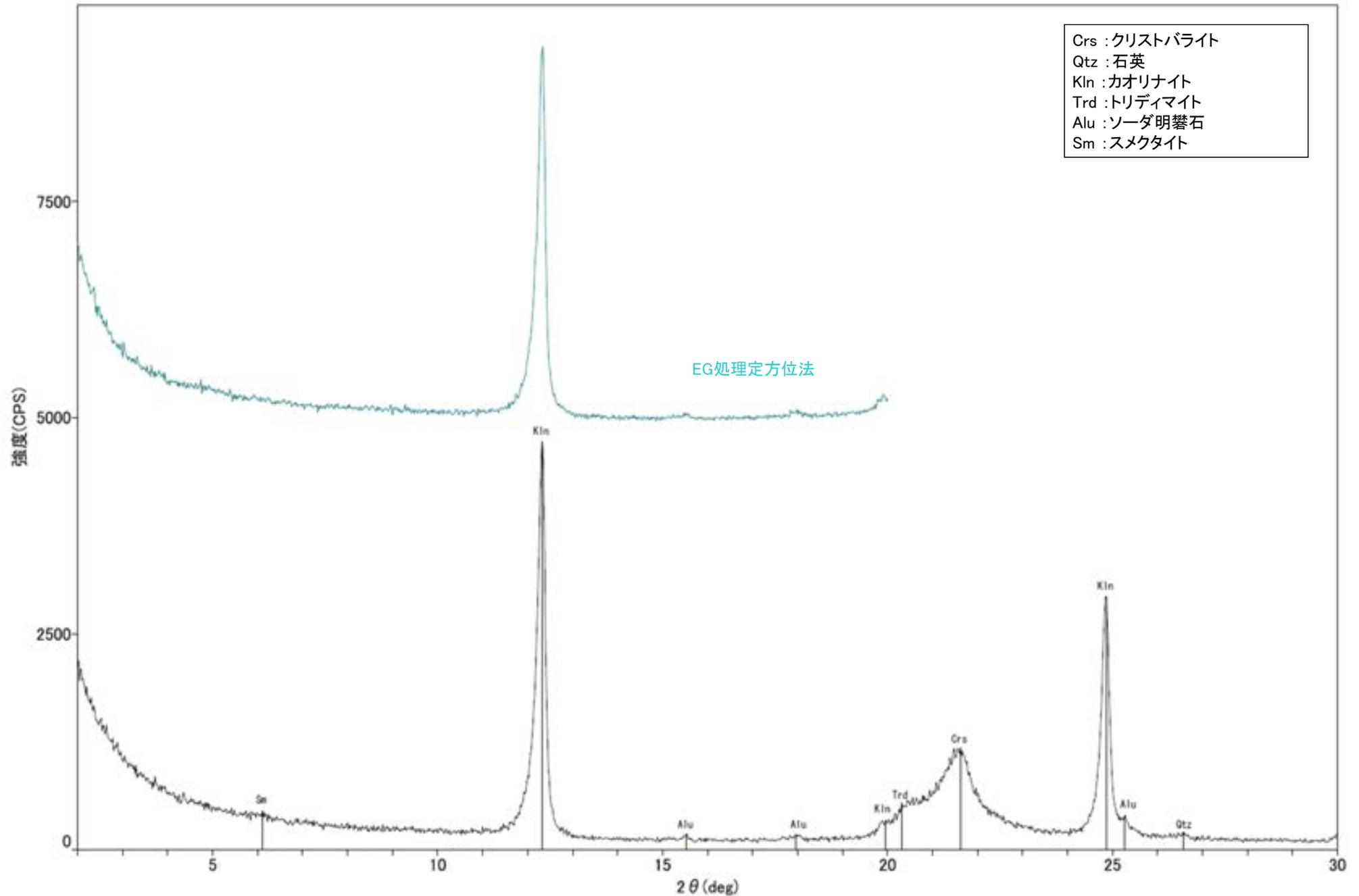
X線回折チャートは、[補足資料5.3-2\(12\)P.5.3-2-186~189](#)



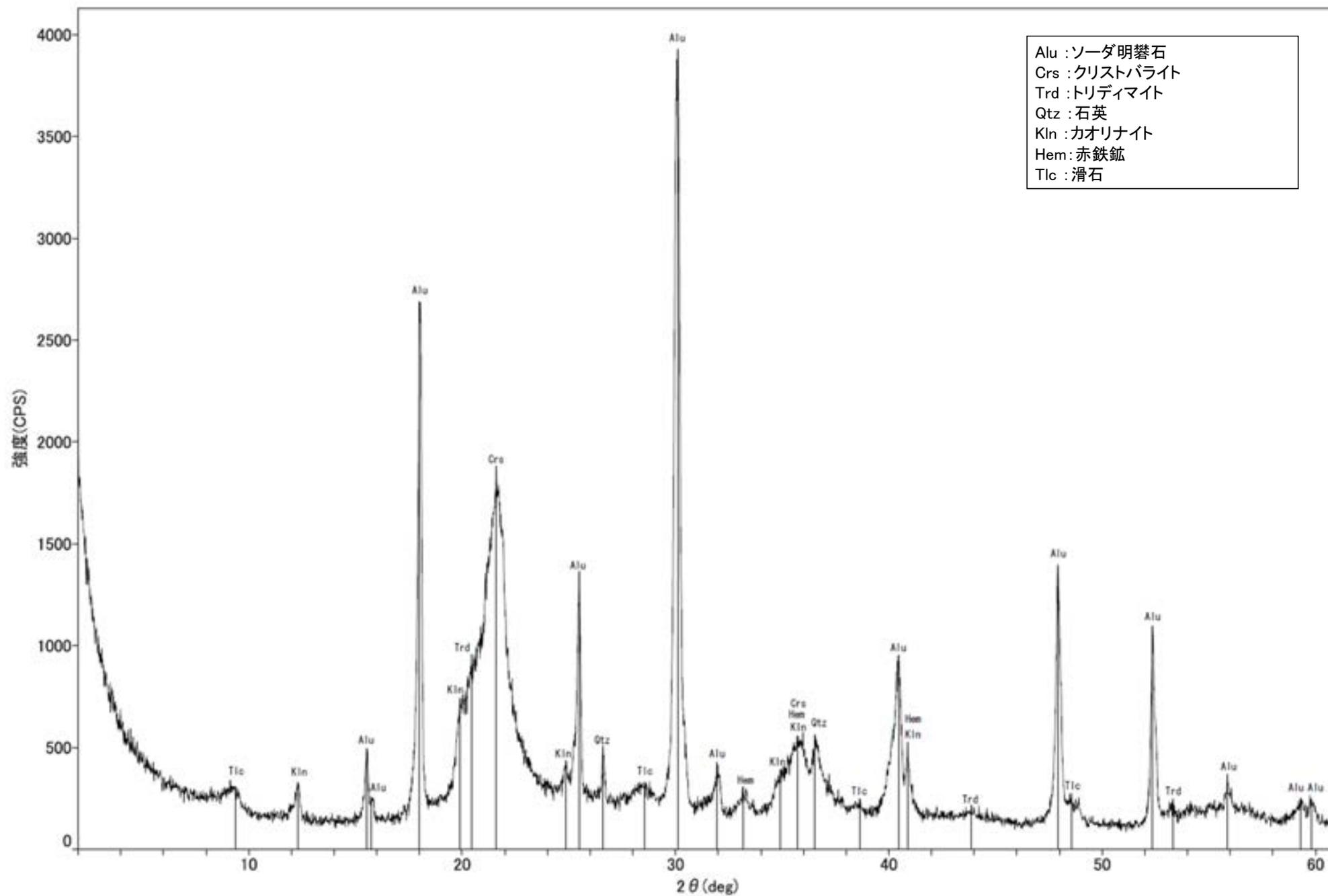
回折チャート



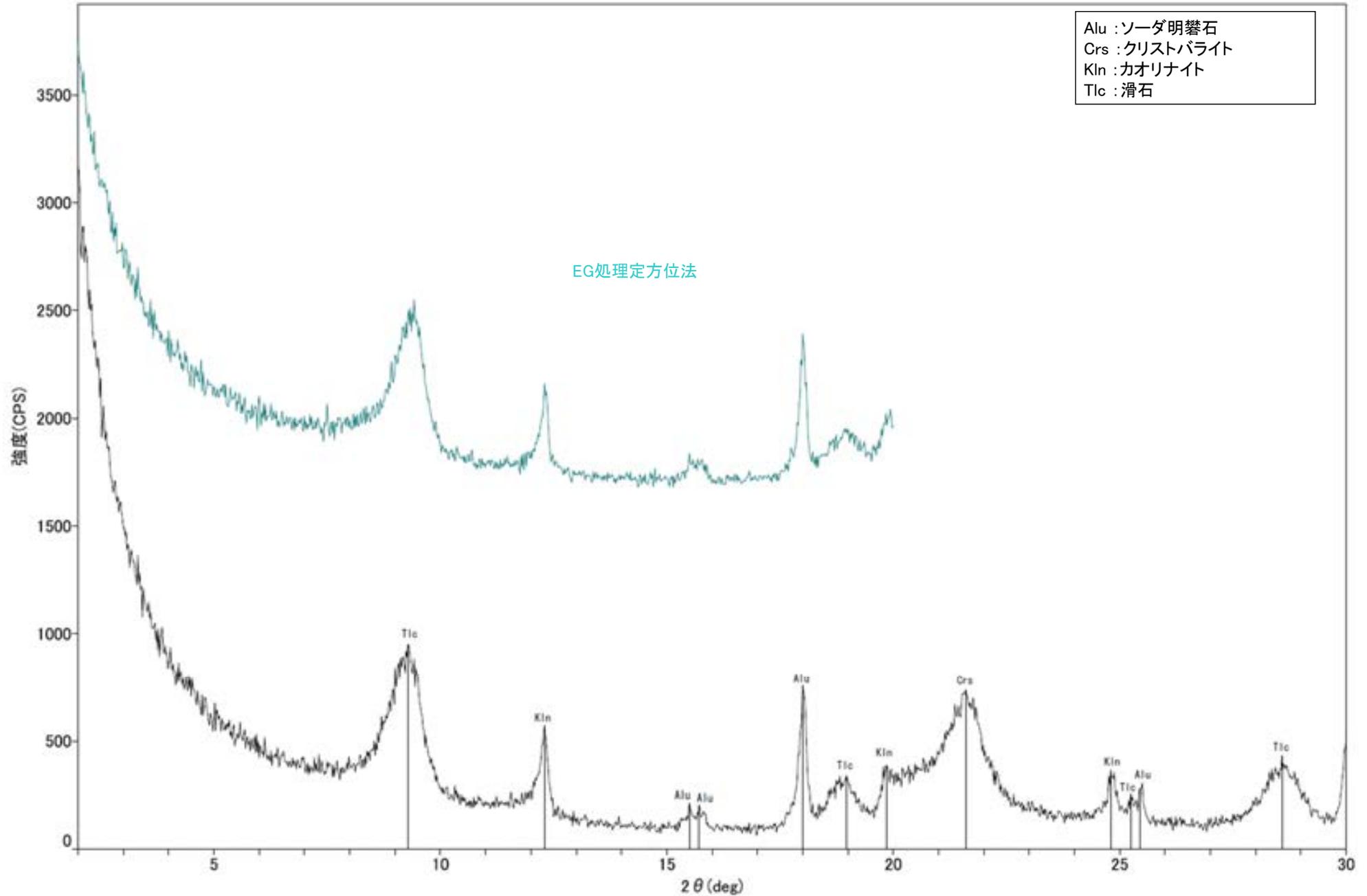
回折チャート



回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



回折チャート



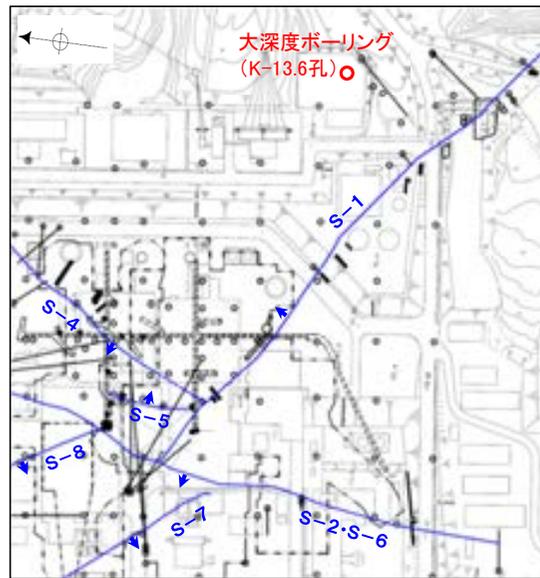
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

(13) 敷地深部の変質に関する調査結果

敷地深部で認められる変質鉱物

- 大深度ボーリング(K-13.6孔)の変質部を対象にXRD分析を実施した結果、主な鉱物として石英及び硬石膏が確認された(次頁, 次々頁)。
- 大深度ボーリングを含むボーリングで確認されたオパールCT及び石英について、深度ごとに回折チャートを整理した結果、標高約-200m以浅ではオパールCTが確認され、標高約-100m以深では石英が認められた(右下図)。

＜オパールCTから石英への深度変化＞



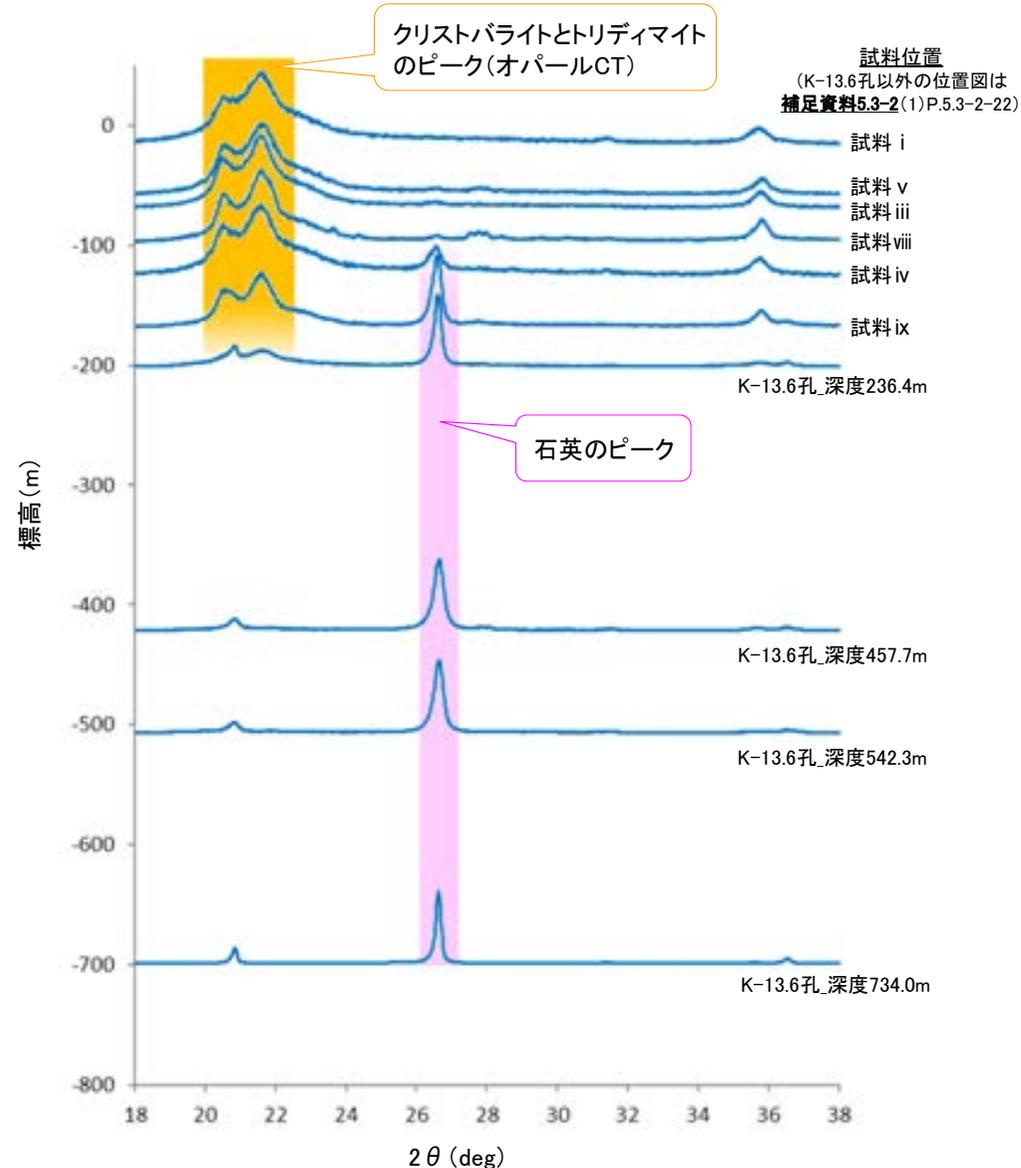
深度236.4m (EL-201.2m) 付近



試料採取位置(オパールCTと石英を確認)

大深度ボーリングの深部で確認される変質鉱物の例

大深度ボーリングでの変質鉱物の試料写真及びX線回折チャートは、次頁以降



○ 試料採取位置

K-13.6孔 深度236.4m付近

(深度) 236.0 236.2 236.4 236.6 236.8 237.0 (m)



分析試料

K-13.6孔 深度457.7m付近

(深度) 457.0 457.2 457.4 457.6 457.8 458.0 (m)



分析試料

K-13.6孔 深度542.3m付近

(深度) 542.0 542.2 542.4 542.6 542.8 543.0 (m)



分析試料

 試料採取位置

K-13.6孔 深度734.0m付近



分析試料

K-13.6孔 深度981.1m付近



分析試料

K-13.6孔 深度989.2m付近



分析試料

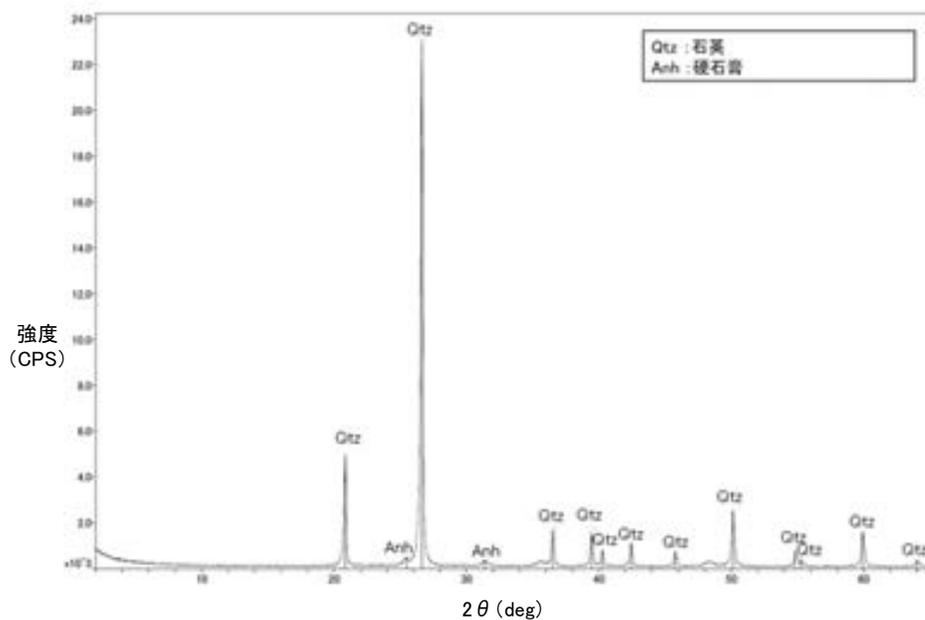
紫字: 第1073回審査会合以降の変更箇所

XRD分析結果

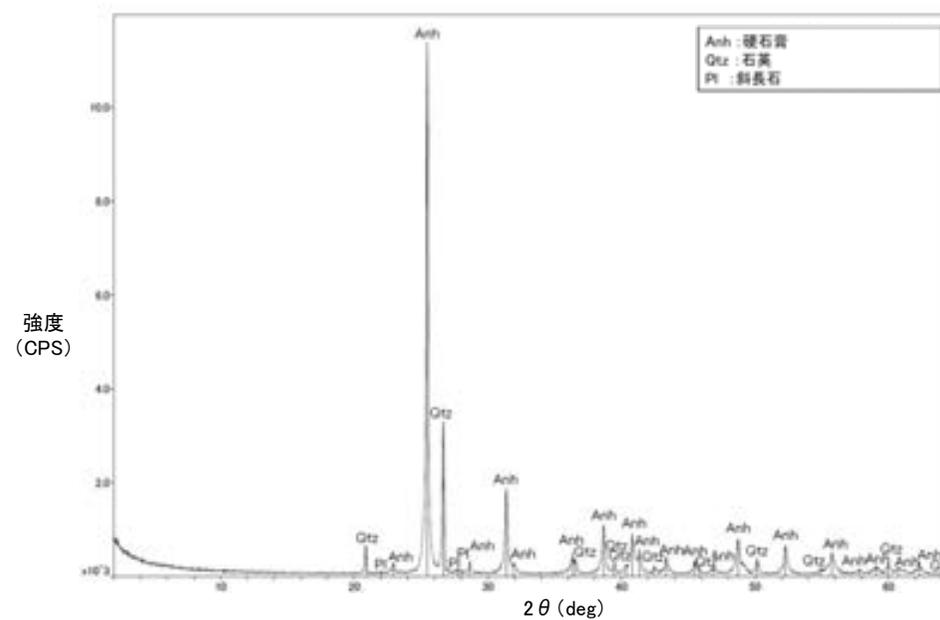
	検出鉱物							
	石英	クリストバライト	トリディマイト	スメクタイト	斜長石	クリノタイロライト	方解石	硬石膏
K-13.6孔_236.4m付近_白色鉱物	◎	△	+	±	±			
K-13.6孔_457.7m付近_白色鉱物	◎	+		±	+	±		
K-13.6孔_542.3m付近_白色鉱物	◎	±		±			±	
K-13.6孔_734.0m付近_白色鉱物	◎	±		±				+
K-13.6孔_981.1* ^紫 m付近_白色鉱物	±							◎
K-13.6孔_989.2m付近_白色鉱物	○				±			◎

※試料採取位置(補足資料5.3-2(9)P.5.3-2-145)の深度に修正

◎: 多量 (>5,000cps)
○: 中量 (2,500~5,000cps)
△: 少量 (500~2,500cps)
+: 微量 (250~500cps)
±: きわめて微量 (<250cps)
標準石英最強回折線強度
(3回繰り返し測定, 平均53.376cps)

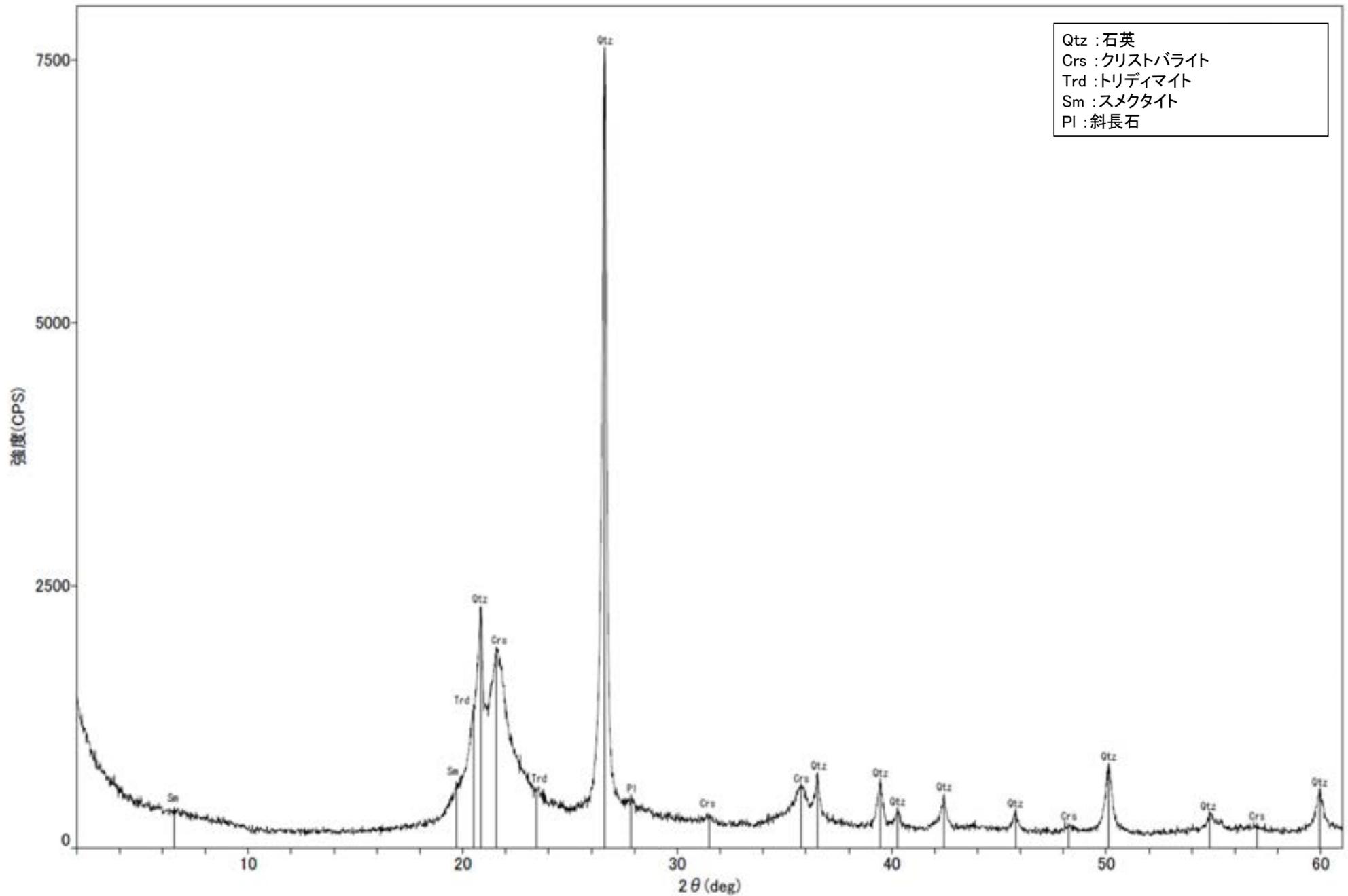


X線回折チャート(不定方位) 深度734.0m付近_白色鉱物

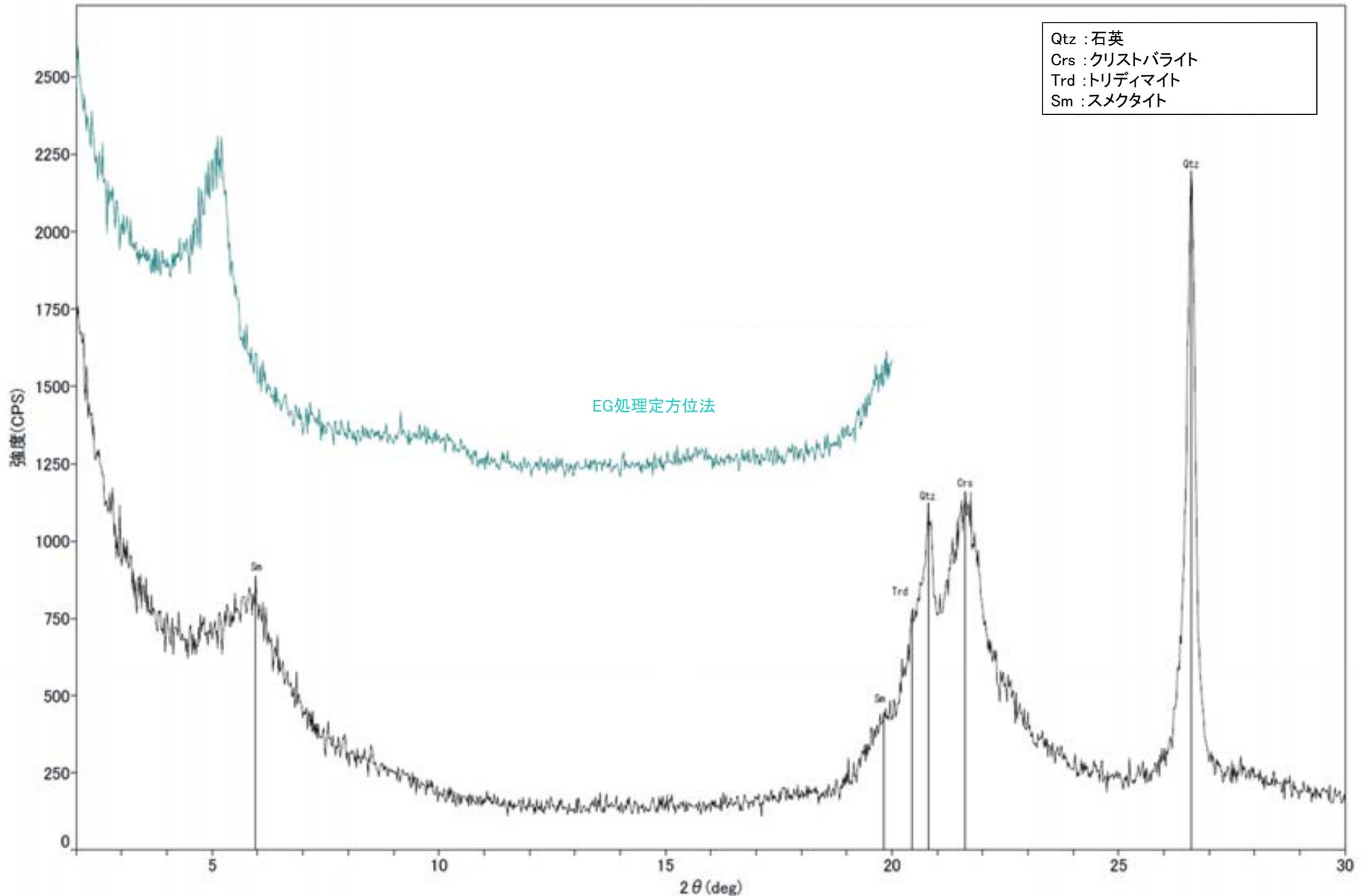


X線回折チャート(不定方位) 深度989.2m付近_白色鉱物

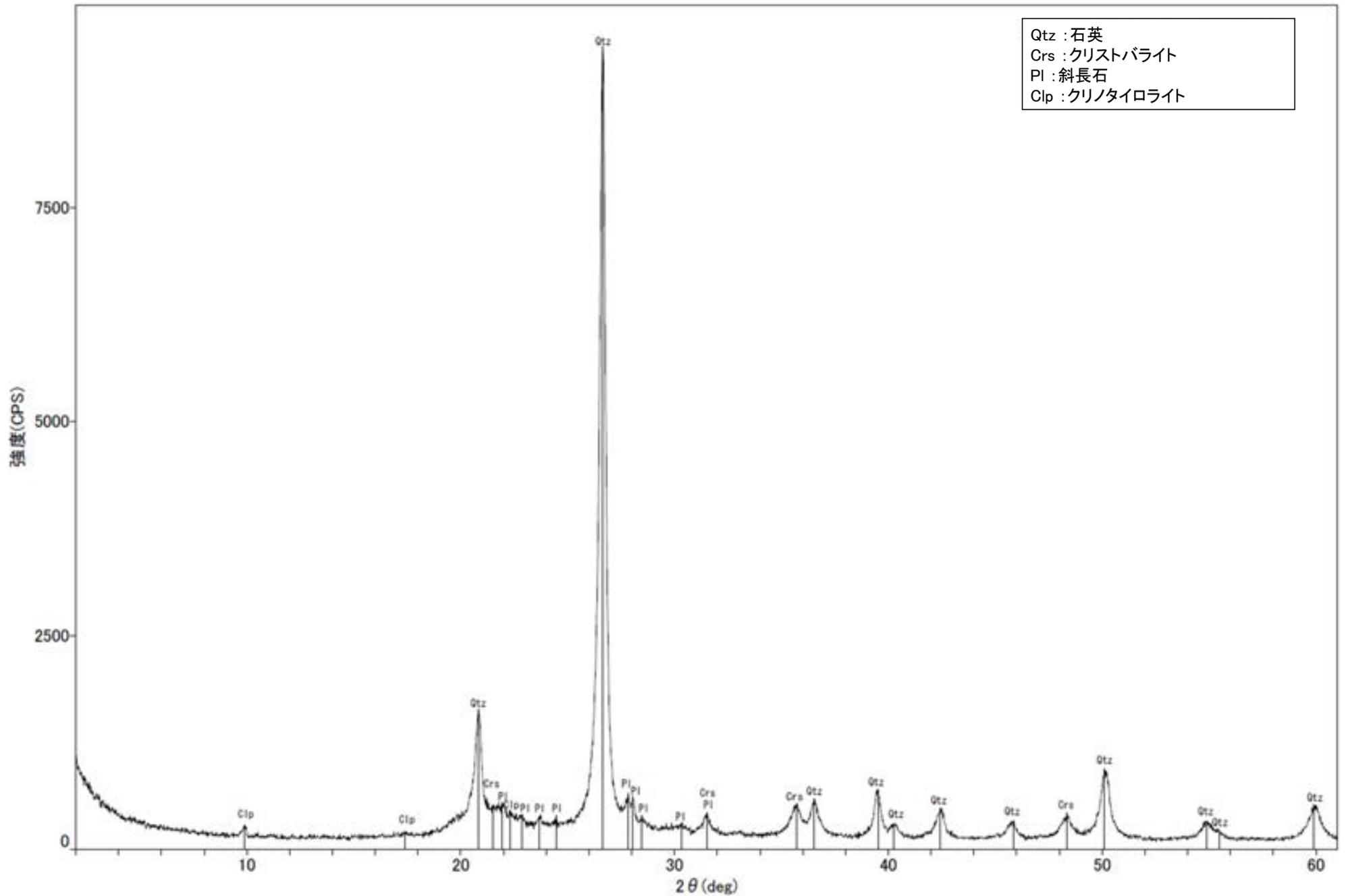
その他の白色鉱物のX線回折チャートは, 次頁以降



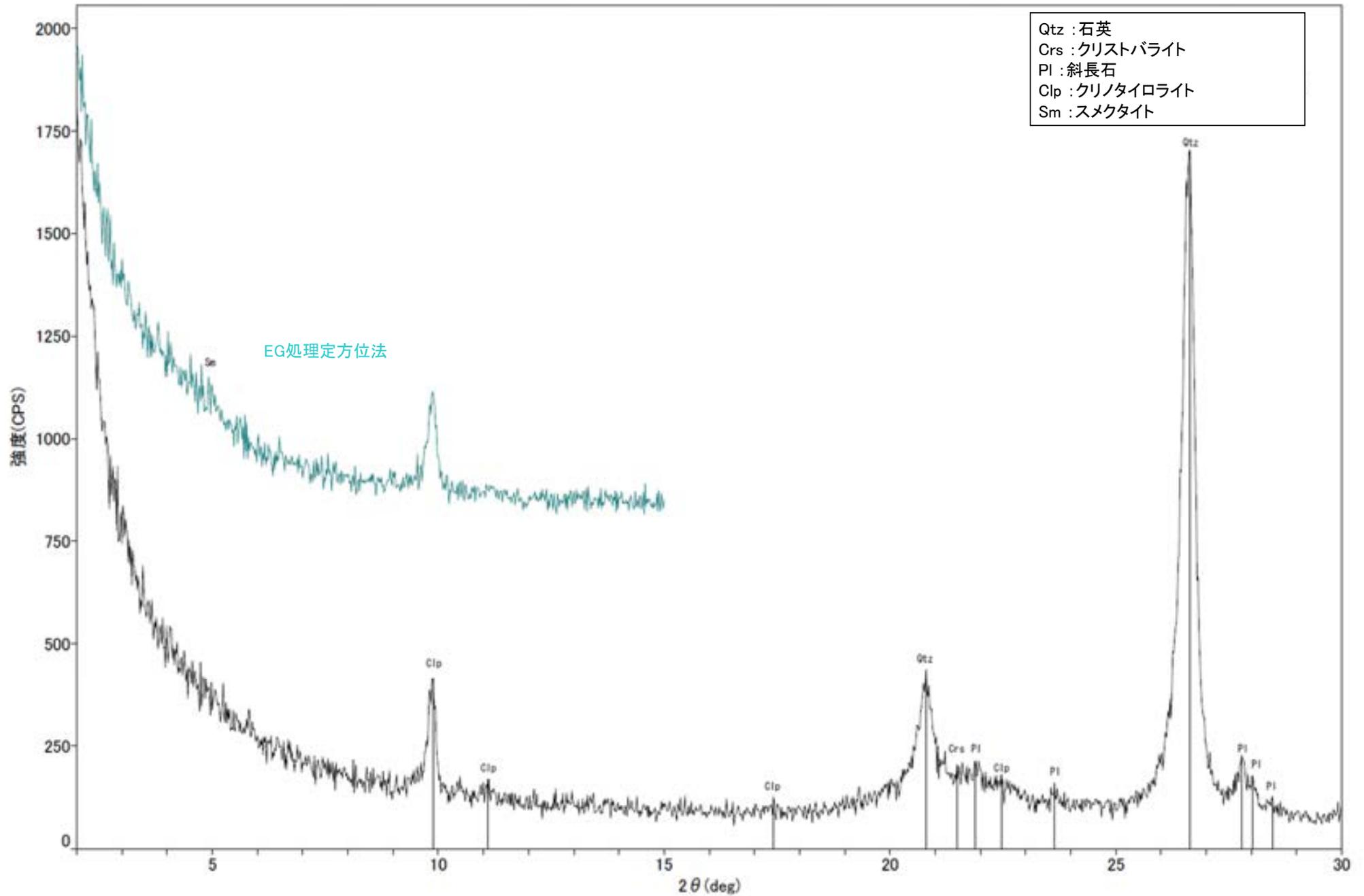
回折チャート



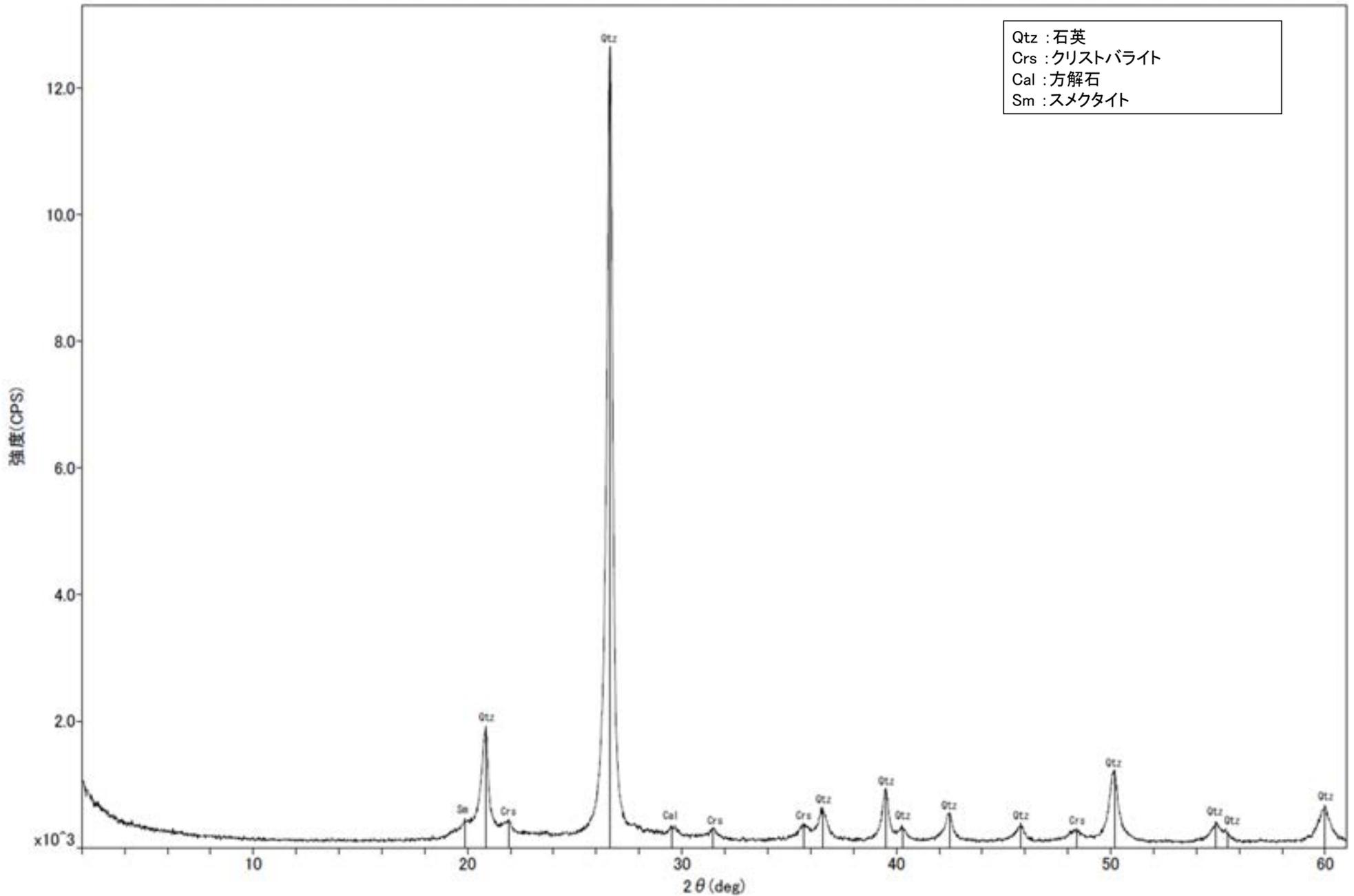
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



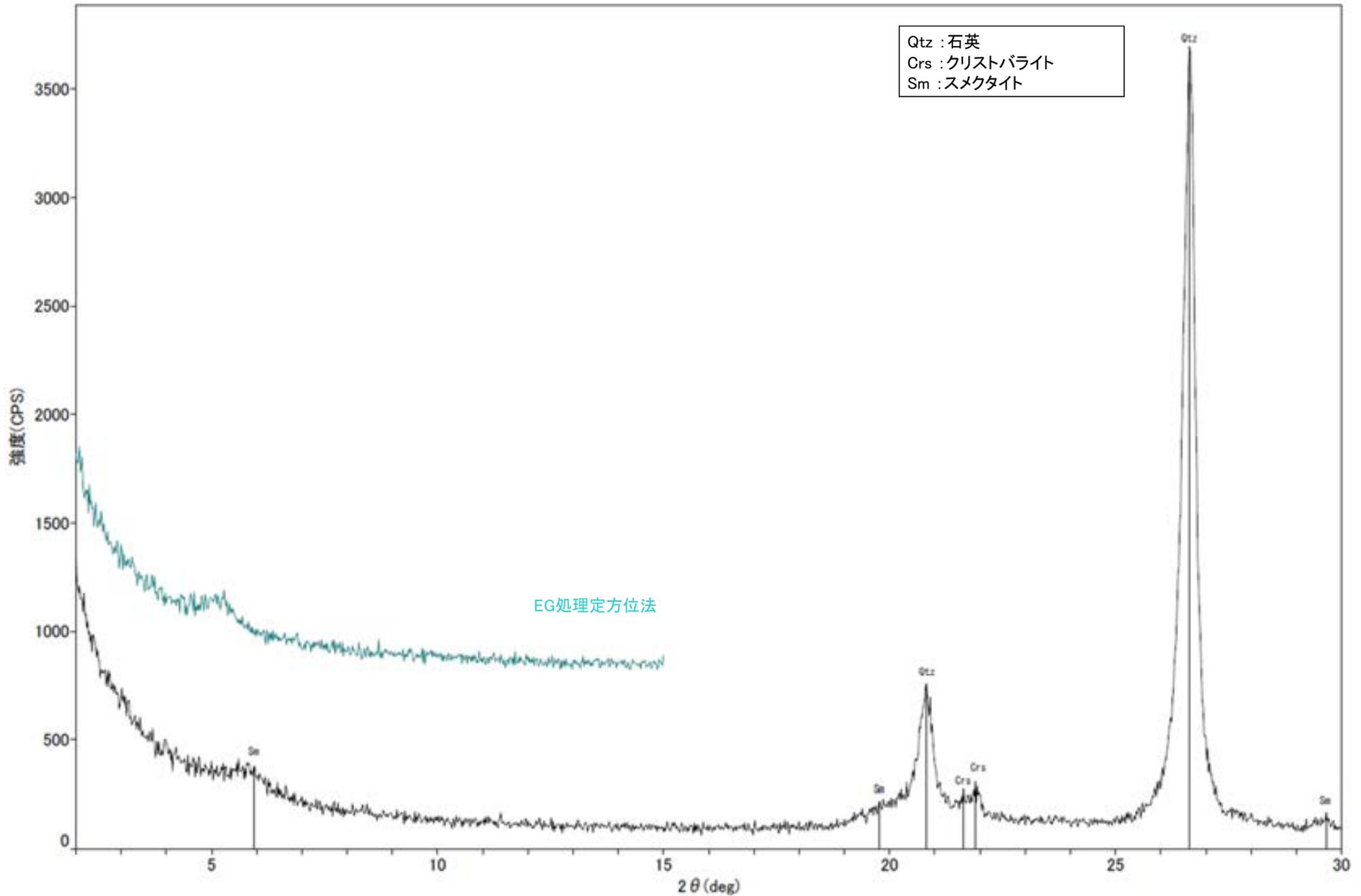
回折チャート



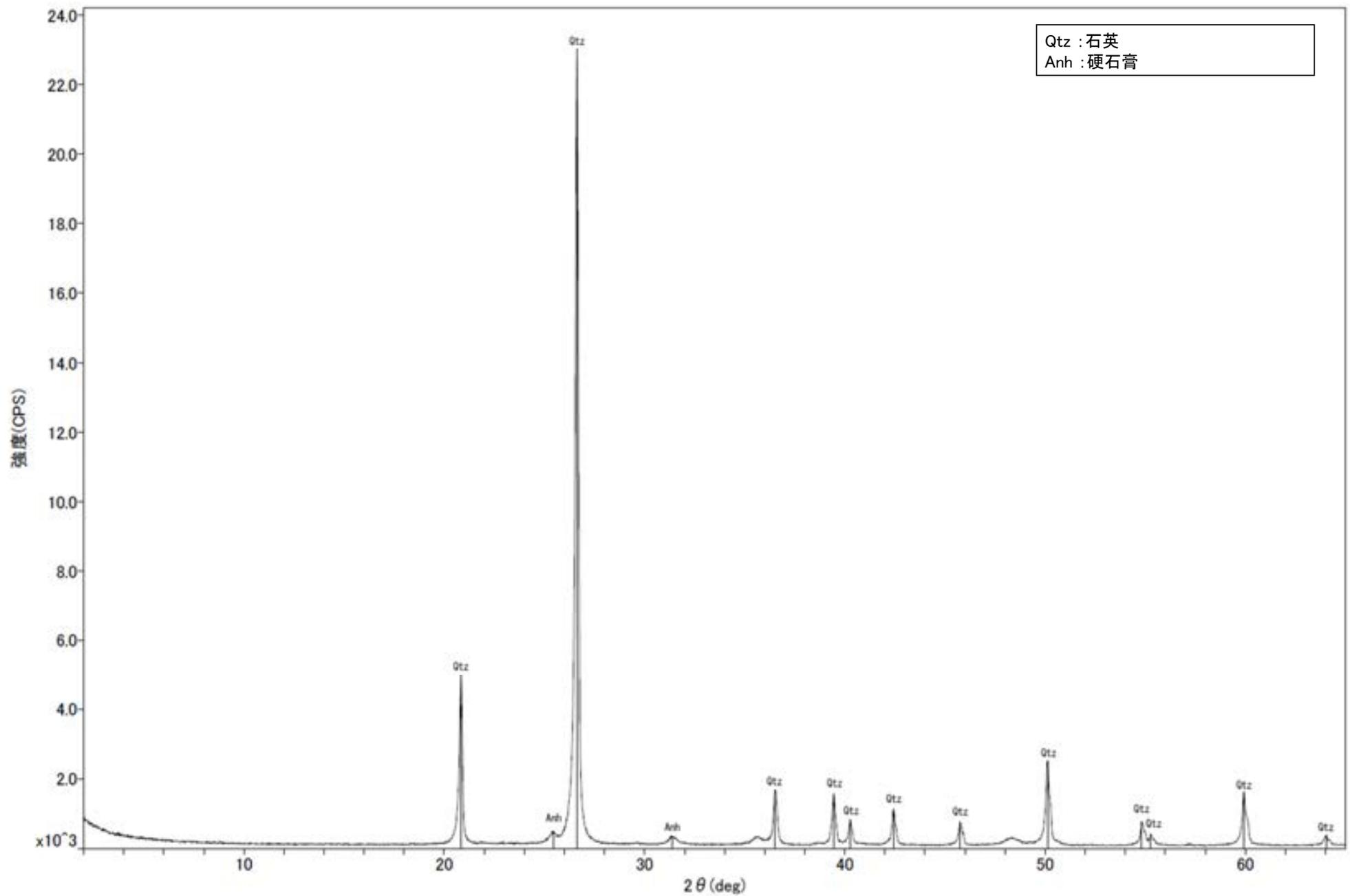
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

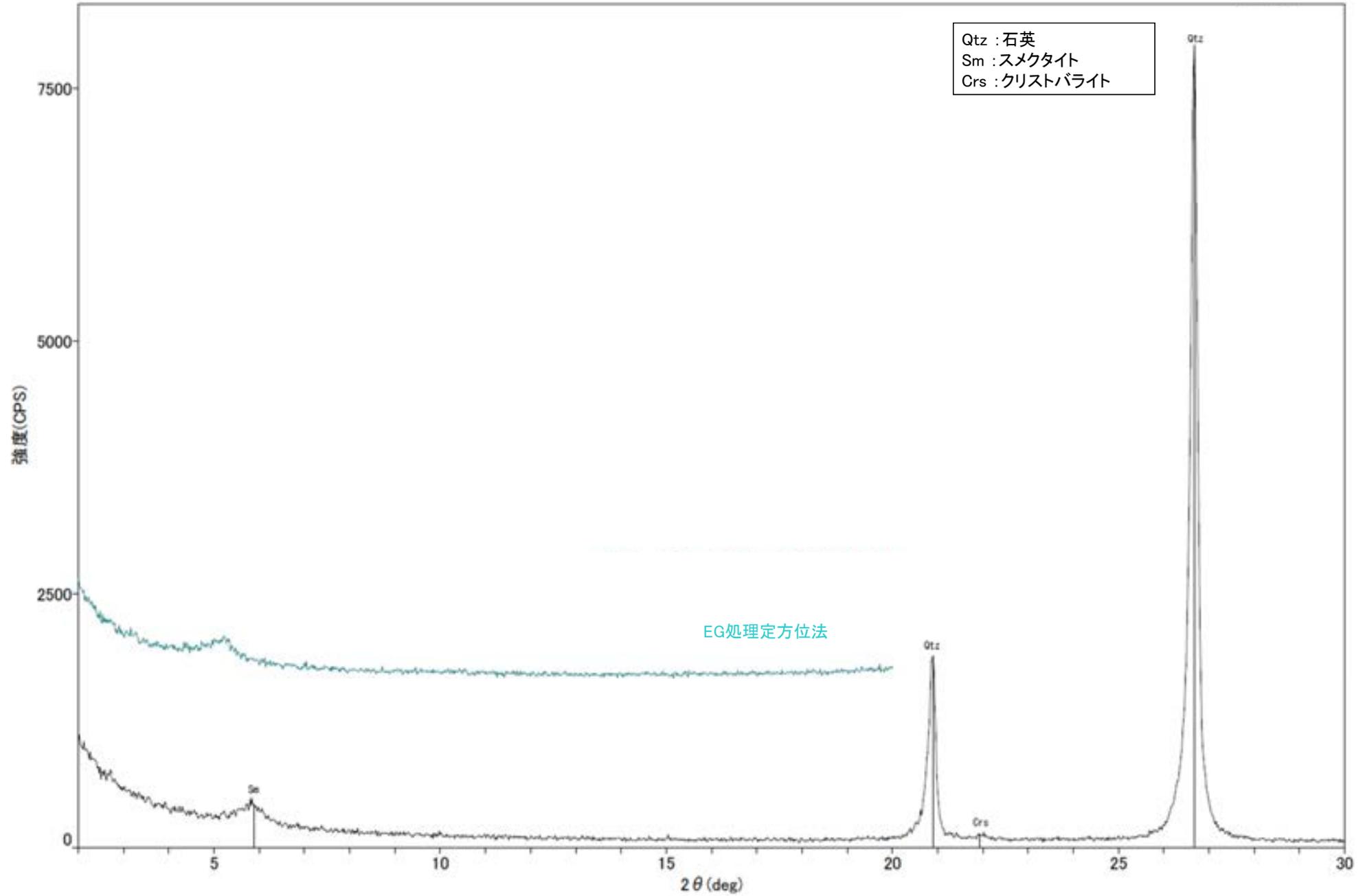


回折チャート

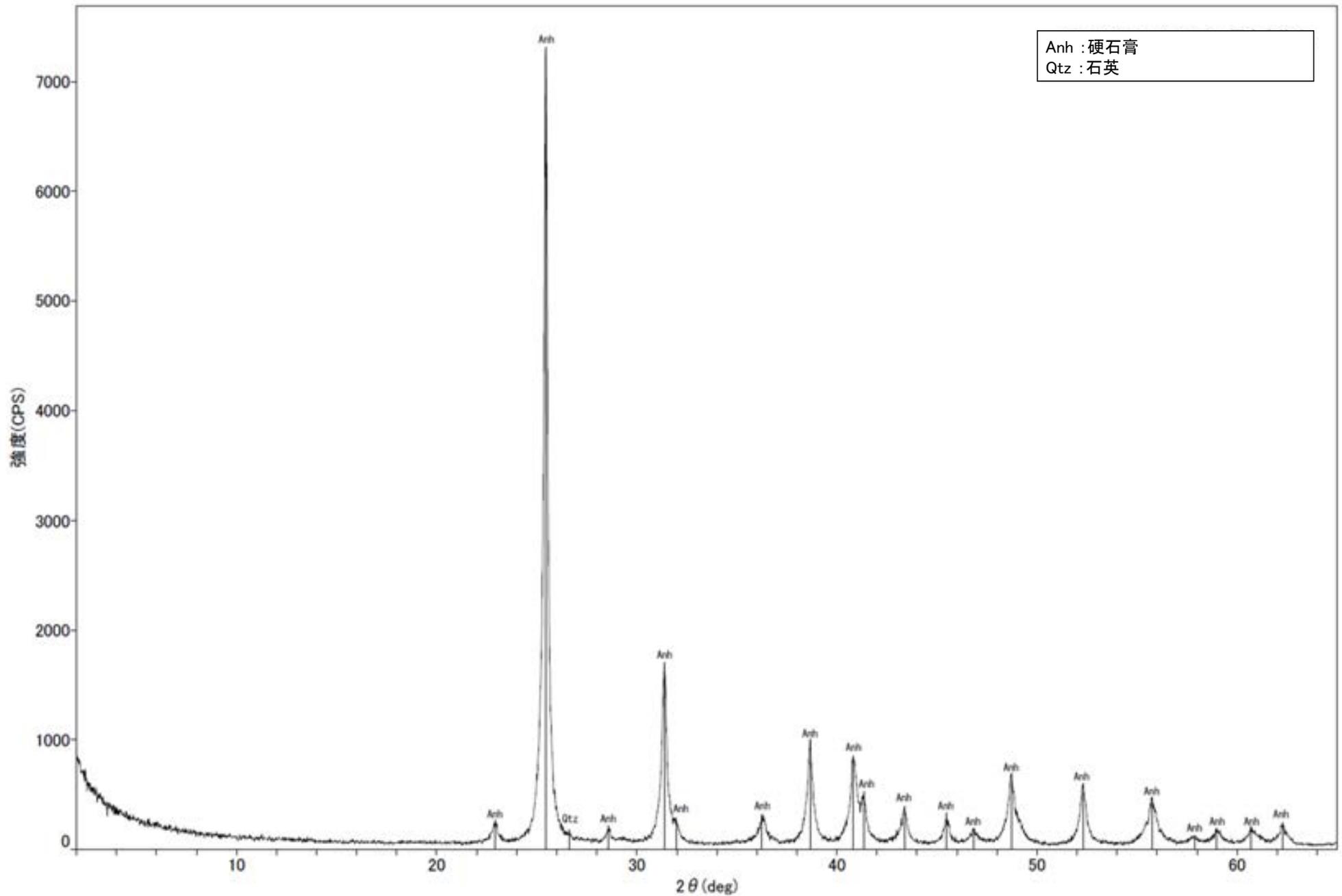


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

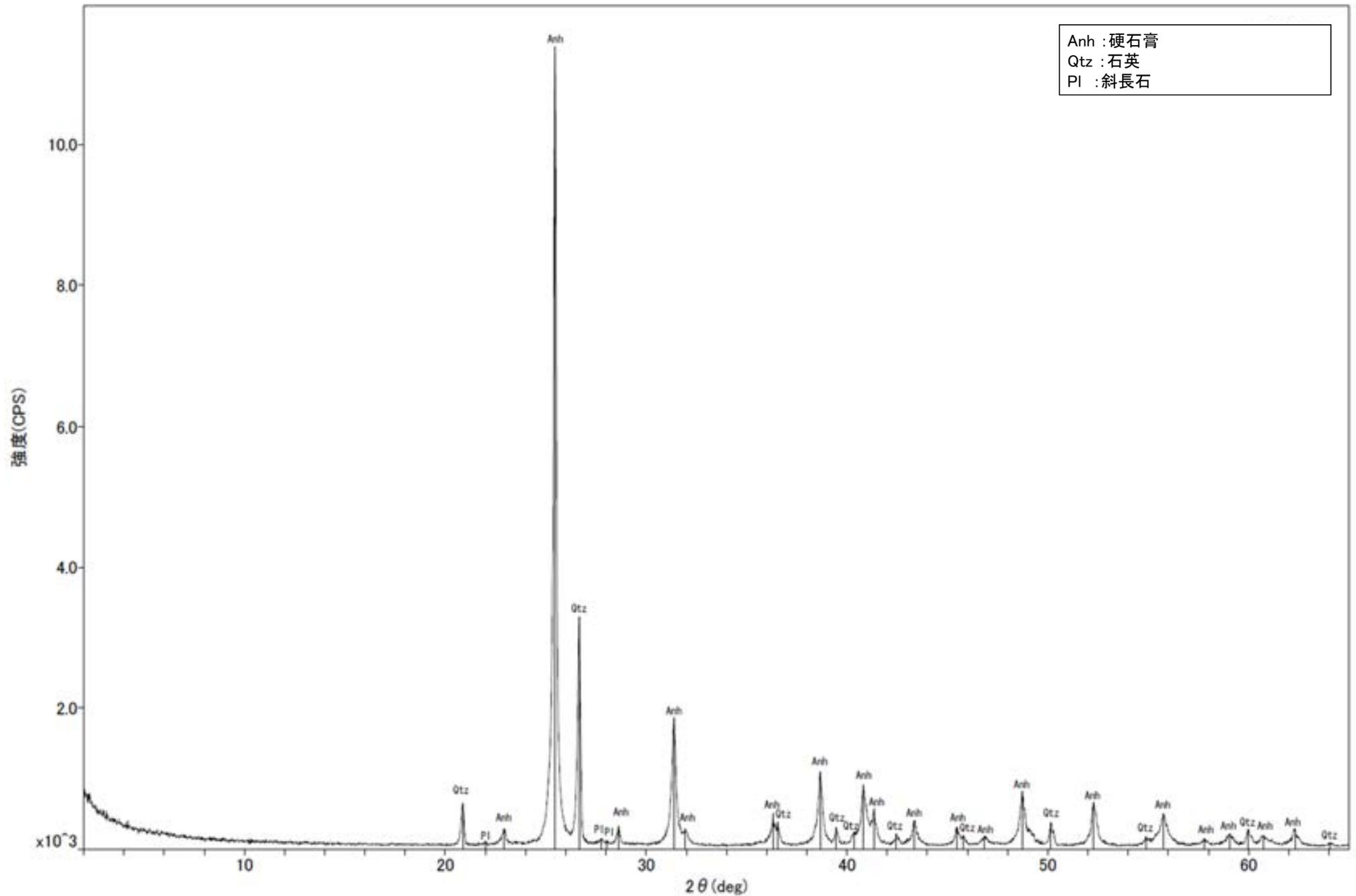




回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



回折チャート

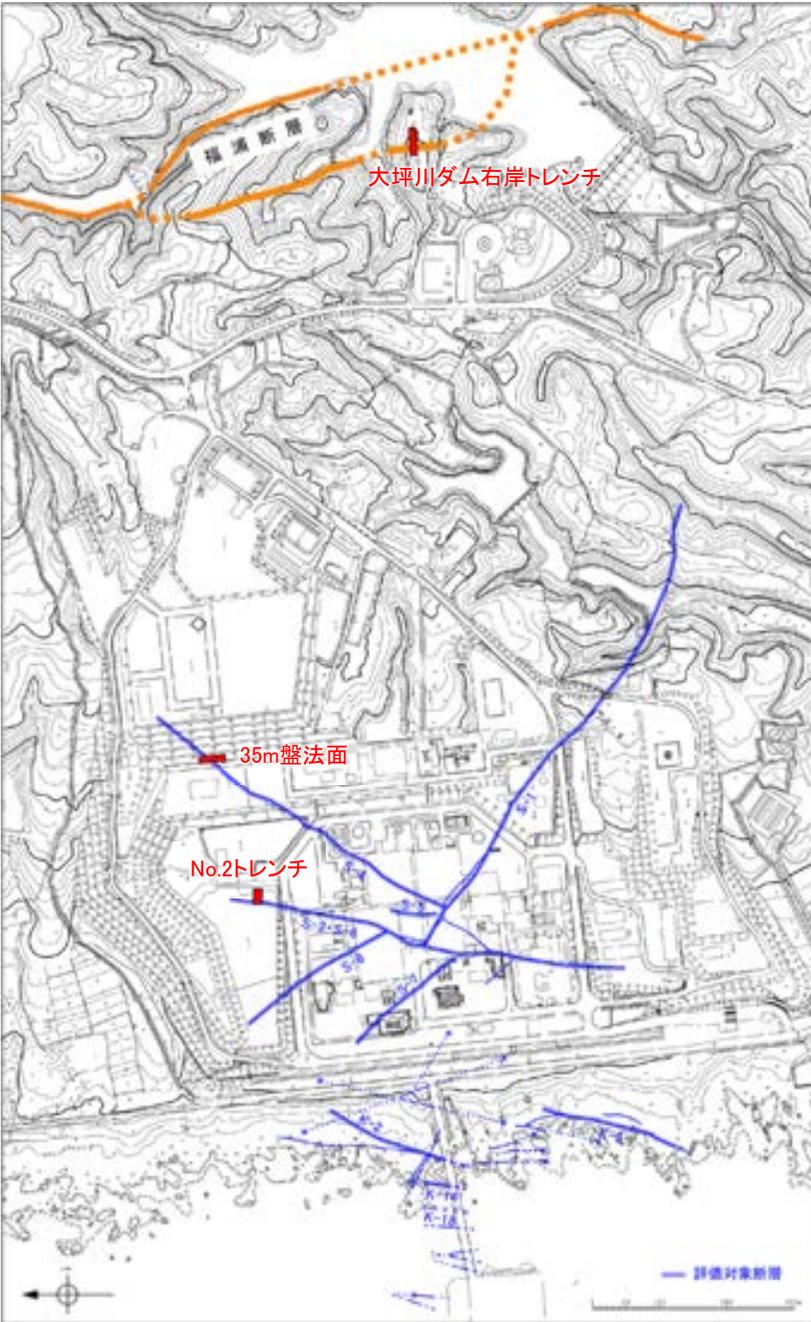


回折チャート

(14) 変質鉱物と第四系との関係に関する調査結果

(14)-1 割れ目に認められる白色脈と第四系との関係

割れ目に認められる白色脈と第四系との関係



位置図

- ・No.2トレンチ, 35m盤法面及び大坪川ダム右岸トレンチでは, 別所岳安山岩類中の割れ目に沿って白色脈が認められる。この白色脈は, 別所岳安山岩類の上面で削剥され, 上位の第四系(M I 段丘堆積物, H I a段丘堆積物等)に覆われており, 第四系には認められないことを確認した(補足資料5.3-2(14)-1 P.5.3-2-208~215)。
- ・このことから, この白色脈の形成時期は第四系の堆積時期よりも古いと判断した。
- ・この白色脈について, XRD分析を実施した結果, 風化変質鉱物であるハロイサイトが認められたものの, I/S混合層は認められない。

露頭調査結果

地点	別所岳安山岩類	第四系	参照頁
No.2トレンチ	・別所岳安山岩類中の割れ目に沿って白色脈が認められる。	・M I 段丘堆積物中に変質鉱物脈は認められない。	補足資料5.3-2(14)-1 P.5.3-2-208~211
35m盤法面	・別所岳安山岩類中の割れ目に沿って白色脈が認められる。	・H I a段丘堆積物中に変質鉱物脈は認められない。	補足資料5.3-2(14)-1 P.5.3-2-212, 213
大坪川ダム右岸トレンチ	・別所岳安山岩類中の割れ目に沿って白色脈が認められる。	・砂層(層理部)中に変質鉱物脈は認められない。	補足資料5.3-2(14)-1 P.5.3-2-214, 215

XRD分析結果

試料採取位置	標高	検出鉱物					
		石英 ※	クリストバライト	7A型ハロイサイト	10A型ハロイサイト	緑泥石	赤鉄鉱
No.2トレンチ東面白色脈	EL 19m	±	±	△	±	±	
No.2トレンチ南面白色脈	EL 19m	+	+	△	±	±	
35m盤法面白色脈	EL 36m	±	+	△	±	±	±

量比
△:少量(500~2,500cps), +:微量(250~500cps), ±:きわめて微量(<250cps)。

XRD分析 測定諸元

装置:理学電気製 MultiFlex Divergence Slit:1°
 Target:Cu(Kα) Scattering Slit:1°
 Monochrometer:Graphite 湾曲 Receiving Slit:0.3mm
 Voltage:40kV Scanning Sped:2°/min
 Current:40mA Scanning Mode:連続法
 Detector:SC Sampling Range:0.02°
 Calculation Mode:cps Scanning Range:2~61°

XRD分析結果

試料採取位置	標高	検出鉱物						
		石英 ※	クリストバライト	7A型ハロイサイト	10A型ハロイサイト	ギブサイト	カオリナイト	バーミキュライト
大坪川ダム右岸トレンチ白色脈	EL 51m	△	△	△	△	△	△	△

量比
△:少量だが検出される(<5,000cps)

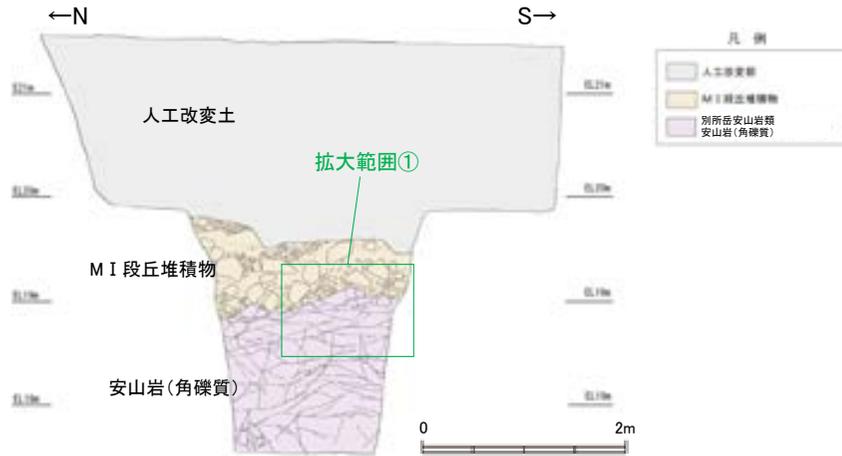
XRD分析 測定諸元

装置:Rigaku RINT2500V
 Target:Cu(Kα)
 Voltage:40kV
 Detector:SC
 Divergence Slit:0.5°
 Receiving Slit:0.15mm
 Step size:0.02°

※白色脈中の石英は, 堆積物中に含まれる石英(補足資料5.3-1(1)P.5.2-1-51, 58)が流入してきたものと考えられる。

試料採取位置, 分析試料写真,
XRD回折チャートは補足資料5.3-2(14)-2

【割れ目に認められる白色脈と第四系の関係(No.2トレンチ 東面 1/2)】

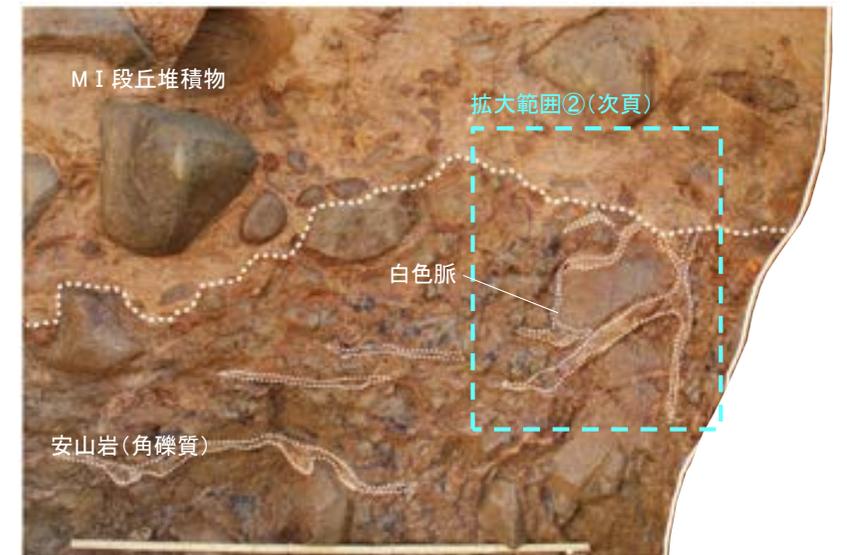


No.2トレンチ東面 全体スケッチ※

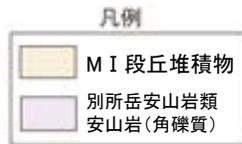
※このスケッチは、拡大範囲①スケッチと作成時期が異なるため、礫の分布や岩盤上面・割れ目等の形状が一部異なる。



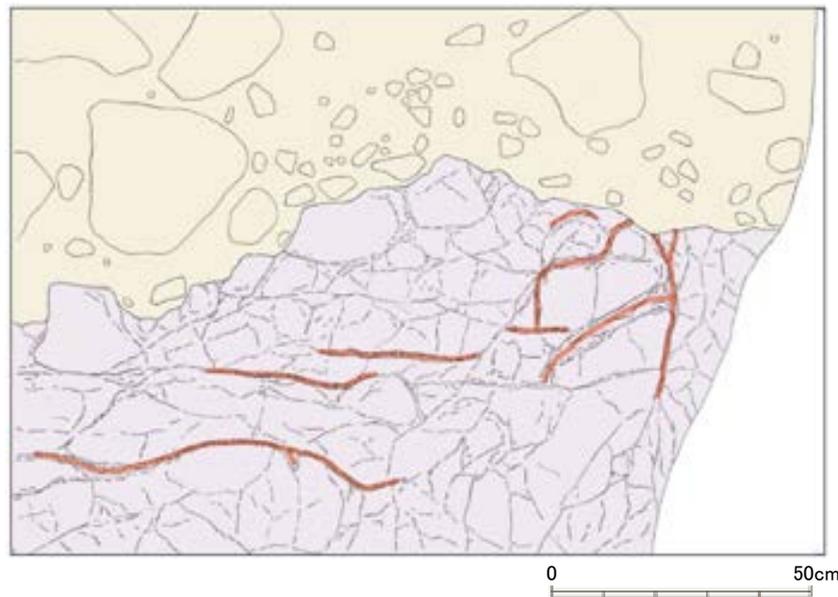
拡大範囲① 写真



拡大範囲① 写真(岩盤上面等を加筆)



— 割れ目に認められる白色脈



拡大範囲① スケッチ

- ・安山岩(角礫質)中の割れ目に挟在して、褐白～褐灰色を呈する幅1cm程度の白色脈が分布する。
- ・白色脈には、水平方向と湾曲しながら高角に分布するものがある。
- ・高角に分布する白色脈の上端は、岩盤上面で削剥され、上位のMI段丘堆積物に覆われており、MI段丘堆積物中へは延長しない(次頁拡大範囲②③)。

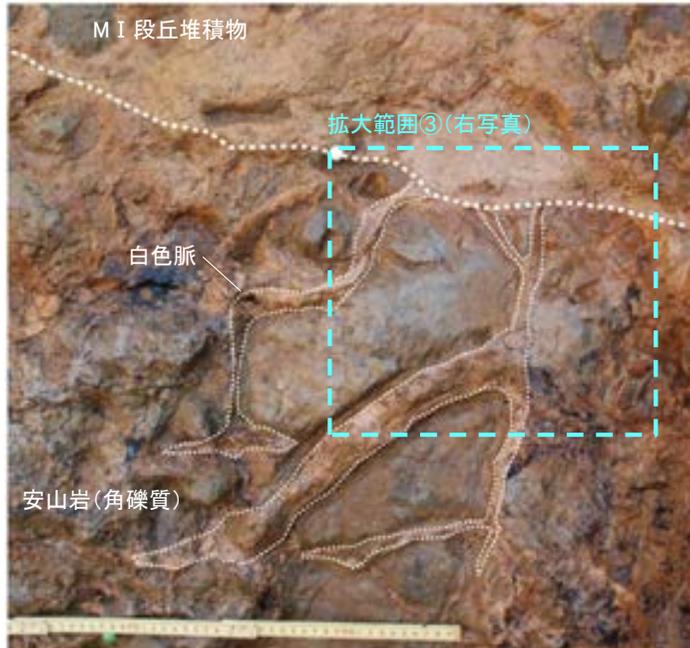
【割れ目に認められる白色脈と第四系の関係(No.2トレンチ 東面 2/2)】



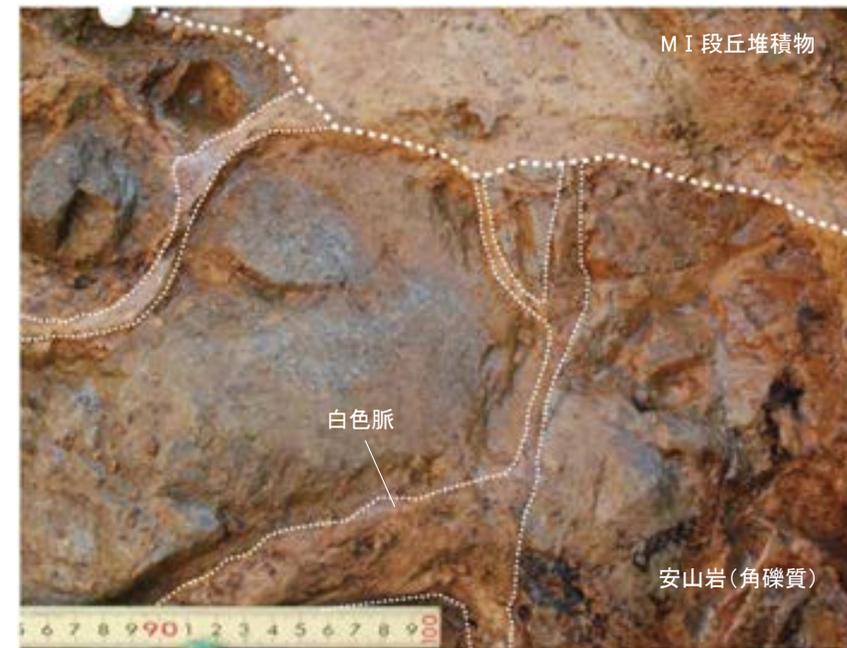
拡大範囲② 写真



拡大範囲③ 写真



拡大範囲② 写真(岩盤上面等を加筆)



拡大範囲③ 写真(岩盤上面等を加筆)

【割れ目に認められる白色脈と第四系の関係(No.2トレンチ 南面 1/2)】

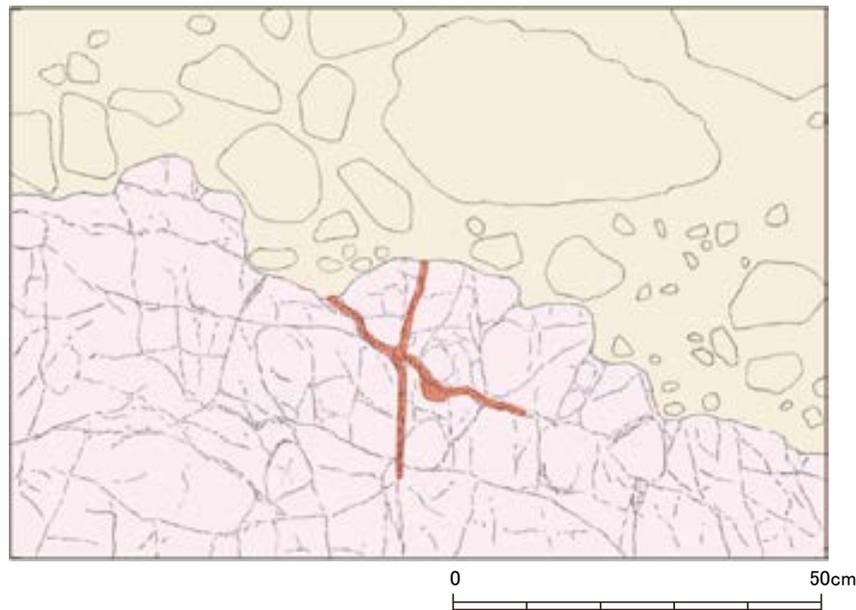
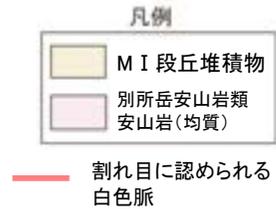


No.2トレンチ南面 全体スケッチ※

※このスケッチは、拡大範囲①スケッチと作成時期が異なるため、礫の分布や岩盤上面・割れ目等の形状が一部異なる。

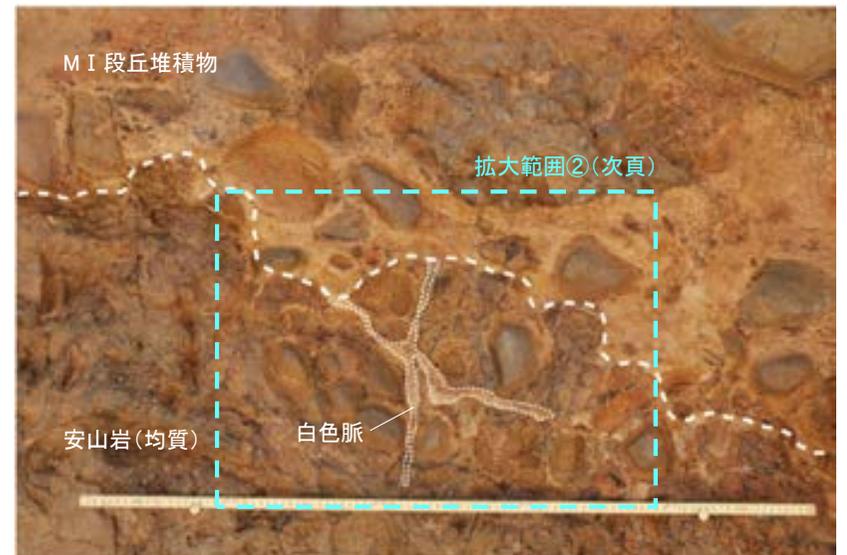


拡大範囲① 写真



拡大範囲① スケッチ

- ・安山岩(均質)中の割れ目に挟在して、褐白～褐灰色を呈する幅1cm程度の白色脈が分布する。
- ・白色脈は2条認められ、両者とも、岩盤の下方へは尖滅する。
- ・これらの白色脈は、岩盤上面で削剥され、上位のMI段丘堆積物に覆われており、MI段丘堆積物中へは延長しない(次頁拡大範囲②)。



拡大範囲① 写真(岩盤上面等を加筆)

【割れ目に認められる白色脈と第四系の関係(No.2トレンチ 南面 2/2)】

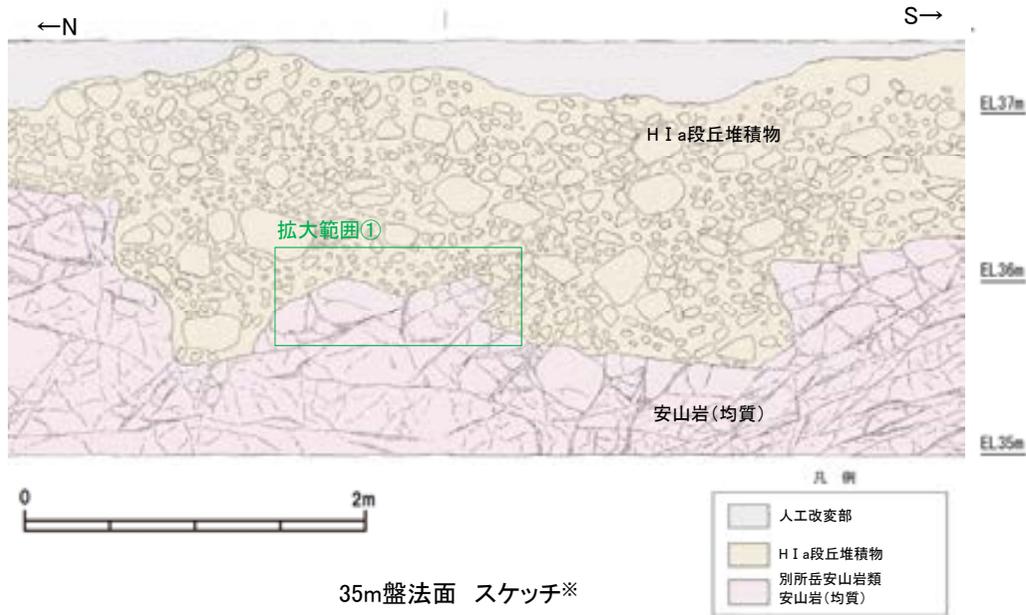


拡大範囲② 写真



拡大範囲② 写真(岩盤上面等を加筆)

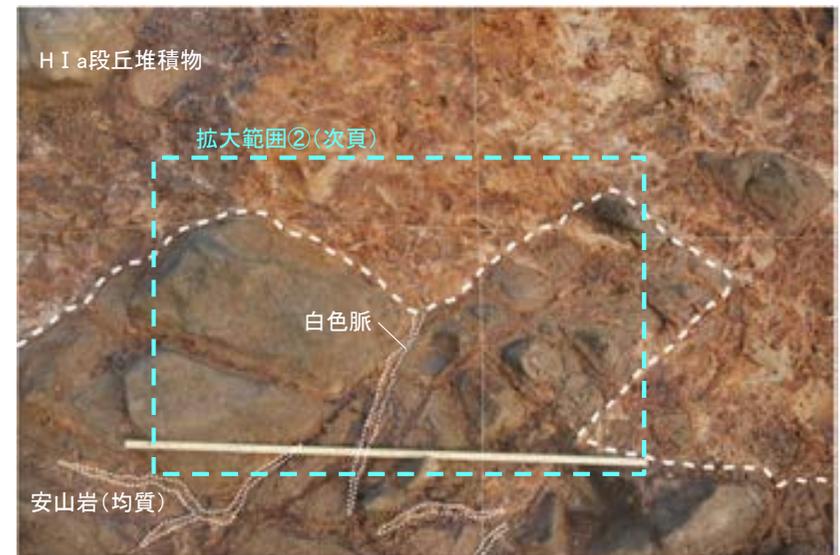
【割れ目に認められる白色脈と第四系の関係(35m盤法面 1/2)】



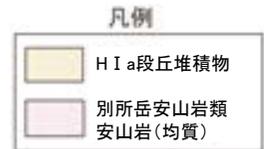
※このスケッチは、拡大範囲①スケッチと作成時期が異なるため、礫の分布や岩盤上面・割れ目等の形状が一部異なる。



拡大範囲① 写真

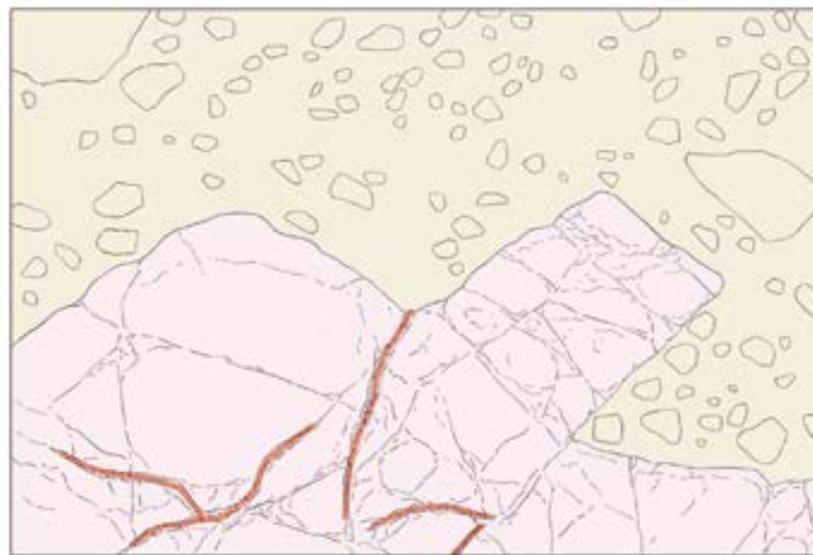


拡大範囲① 写真(岩盤上面等を加筆)



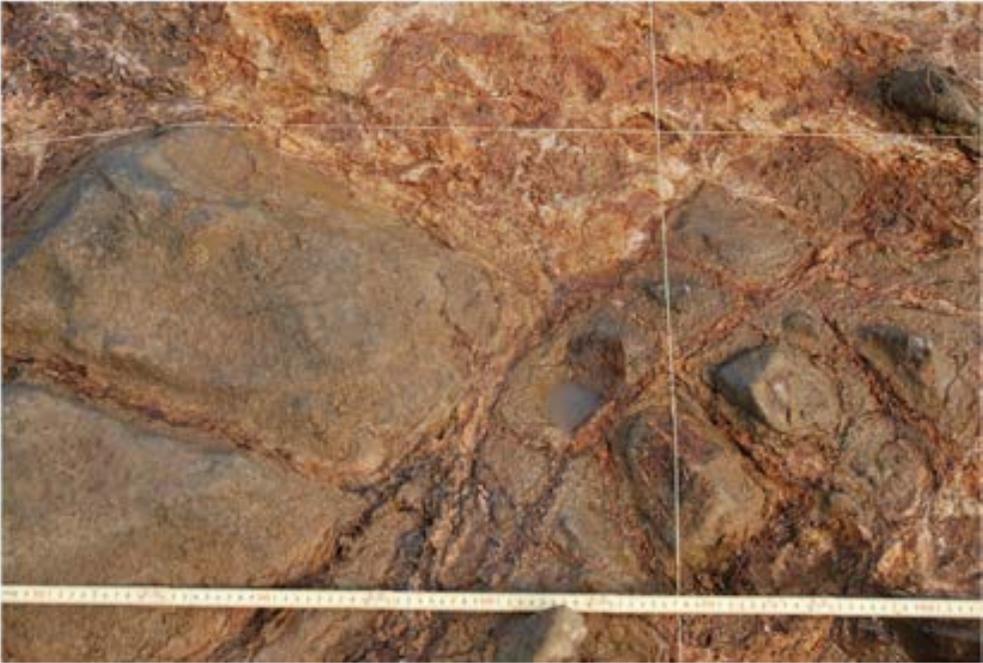
— 割れ目に認められる白色脈

- ・安山岩(均質)中の割れ目に挟在して、褐白～褐灰色を呈する幅1cm程度の白色脈が分布する。
- ・白色脈は、不規則に数条認められる。そのうち、鉛直方向の白色脈は、岩盤上面で削剥され、上位のH I a段丘堆積物で覆われており、H I a段丘堆積物中へは延長しない(次頁拡大範囲②)。

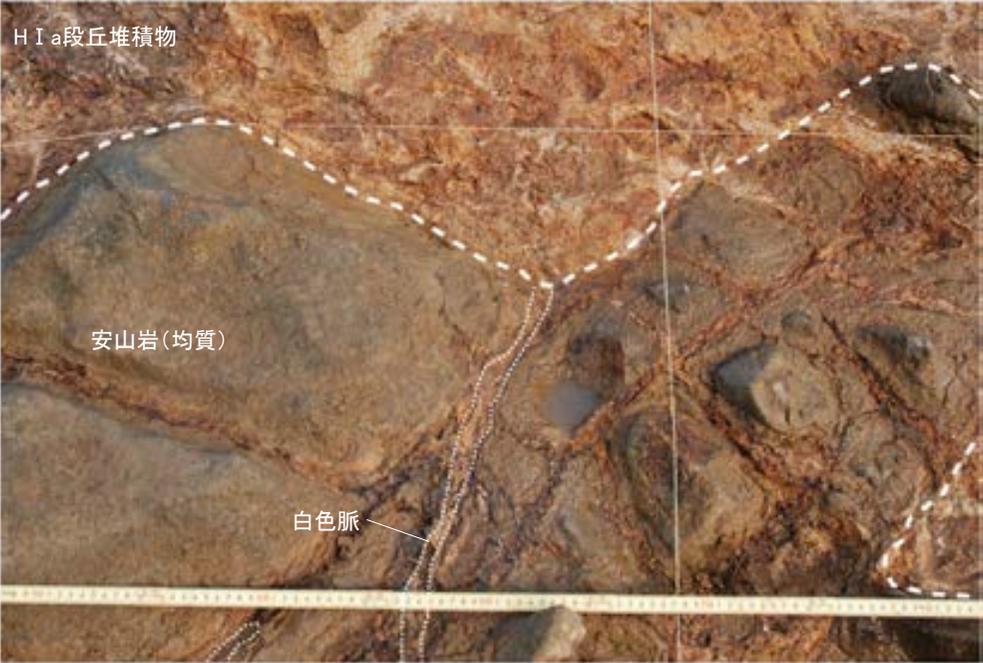


拡大範囲① スケッチ

【割れ目に認められる白色脈と第四系の関係(35m盤法面 2/2)】

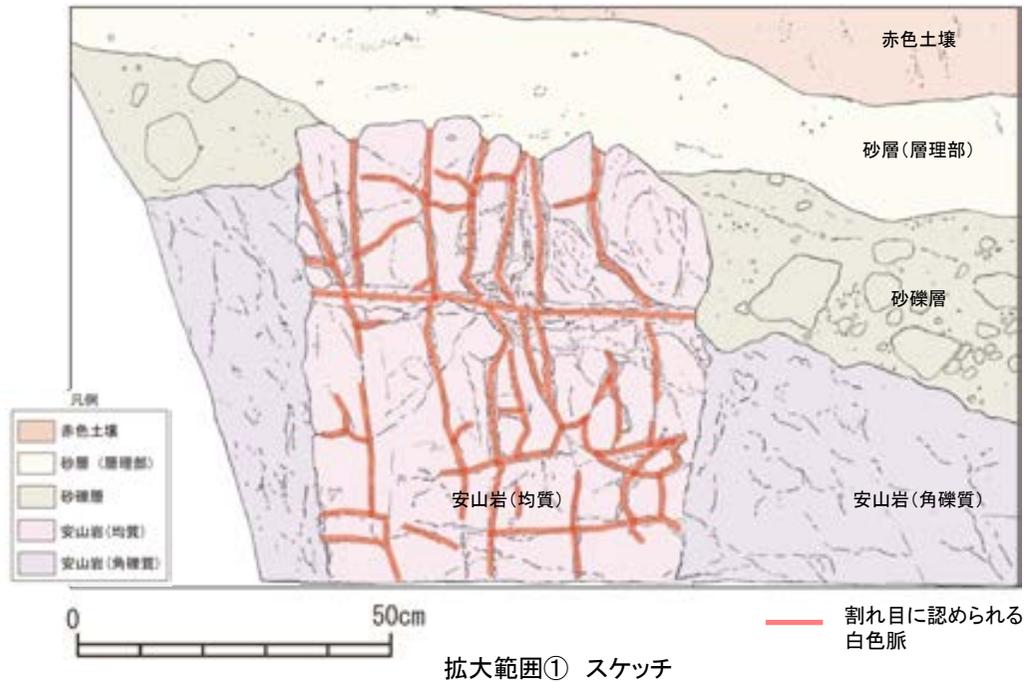
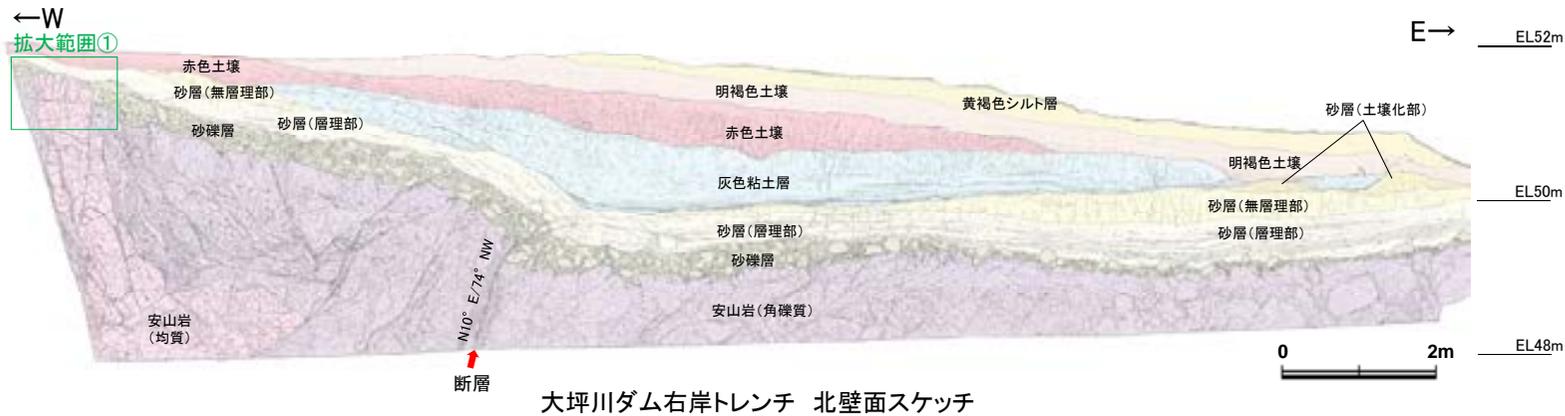


拡大範囲② 写真



拡大範囲② 写真(岩盤上面等を加筆)

【割れ目に認められる白色脈と第四系の関係(大坪川ダム右岸トレンチ 1/2)】



- ・変質した安山岩(角礫質)中に、局所的に安山岩(均質)が分布する。この安山岩(均質)の割れ目に挟在して、褐白～褐色を呈する幅1～2cm程度の白色脈が分布する。
- ・白色脈には、高角～鉛直方向に分布するものが多く、副次的に水平方向のものも伴う。また、幅6～8cmの水平方向の脈が例外的に一条分布する。
- ・高角～鉛直方向に分布する白色脈の上端は、岩盤と砂層(層理部)の境界で凹状に削剥されており、砂層(層理部)中へは延長しない(次頁拡大範囲②)。

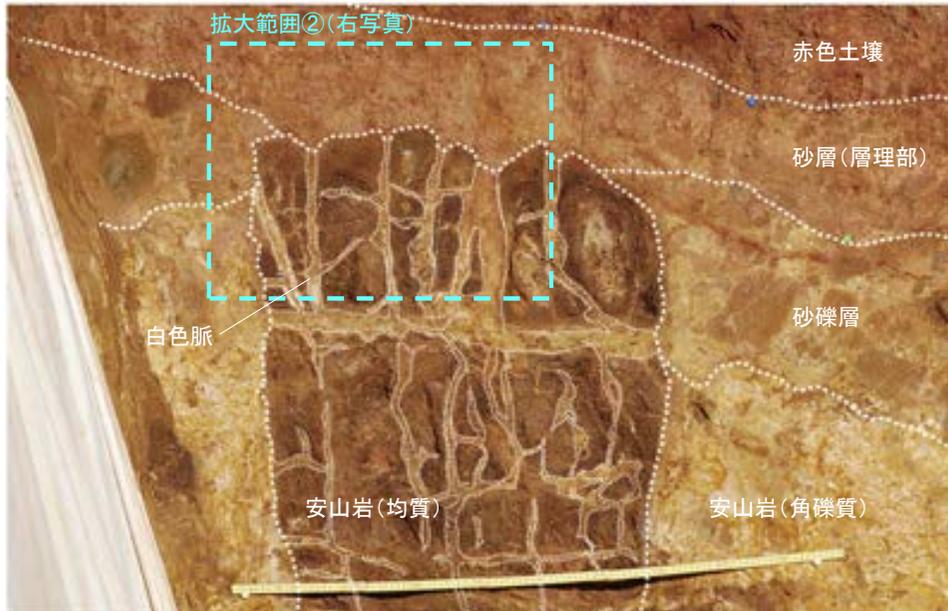
【割れ目に認められる白色脈と第四系の関係(大坪川ダム右岸トレンチ 2/2)】



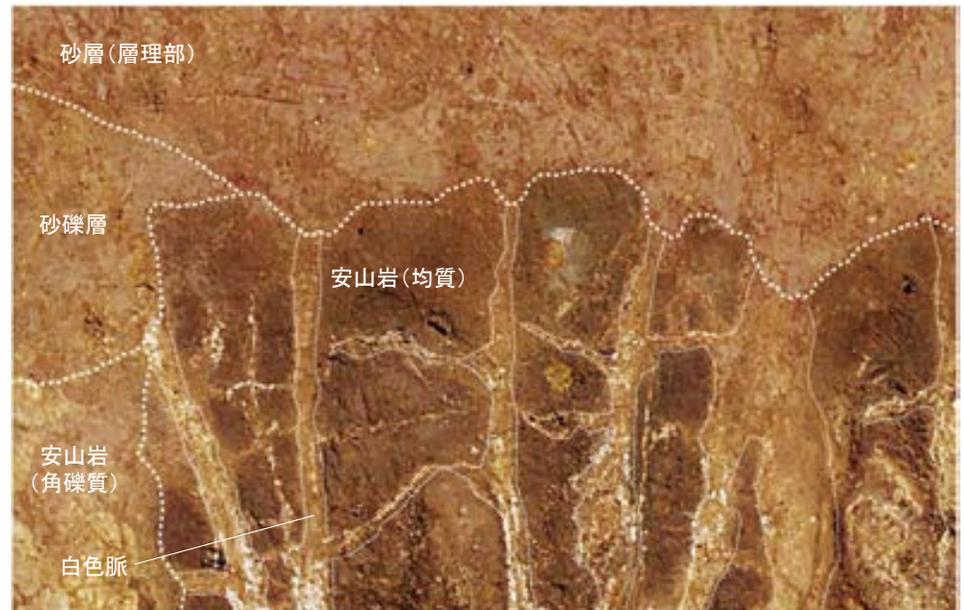
拡大範囲① 写真



拡大範囲② 写真



拡大範囲① 写真(岩盤上面等を加筆)



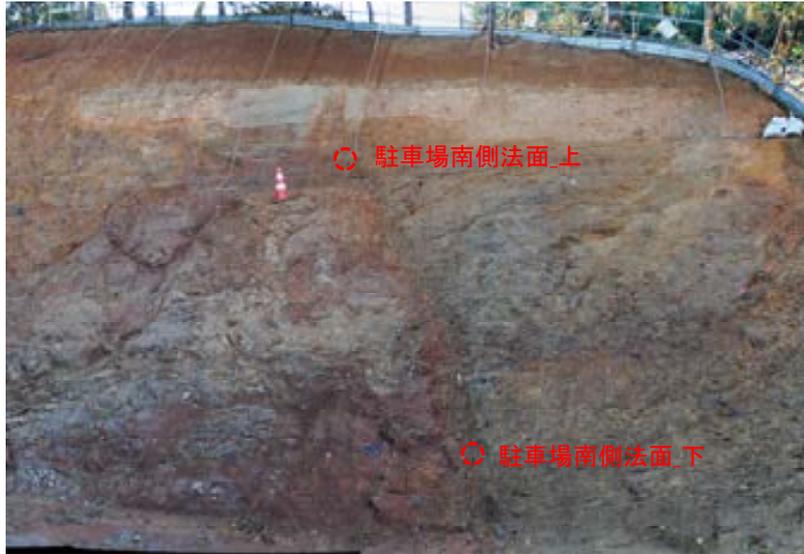
拡大範囲② 写真(岩盤上面等を加筆)

(14)-2 X線回折分析結果

試料採取位置

試料採取位置

駐車場南側法面 粘土状破碎部

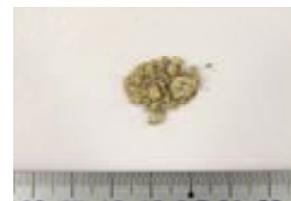


分析試料
(駐車場南側法面_上)



分析試料
(駐車場南側法面_下)

N-14孔 深度30.97m付近 粘土状破碎部



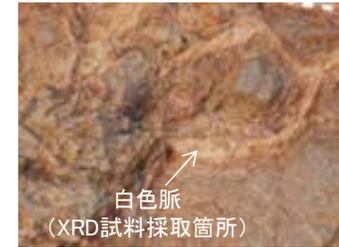
分析試料
(N-14孔)

M-12.5"孔 深度50.00m付近 粘土状破碎部



分析試料
(M-12.5"孔)

No.2トレンチ東面 白色脈



分析試料
(No.2トレンチ東面)

No.2トレンチ南面 白色脈



分析試料
(No.2トレンチ南面)

35m盤法面 白色脈

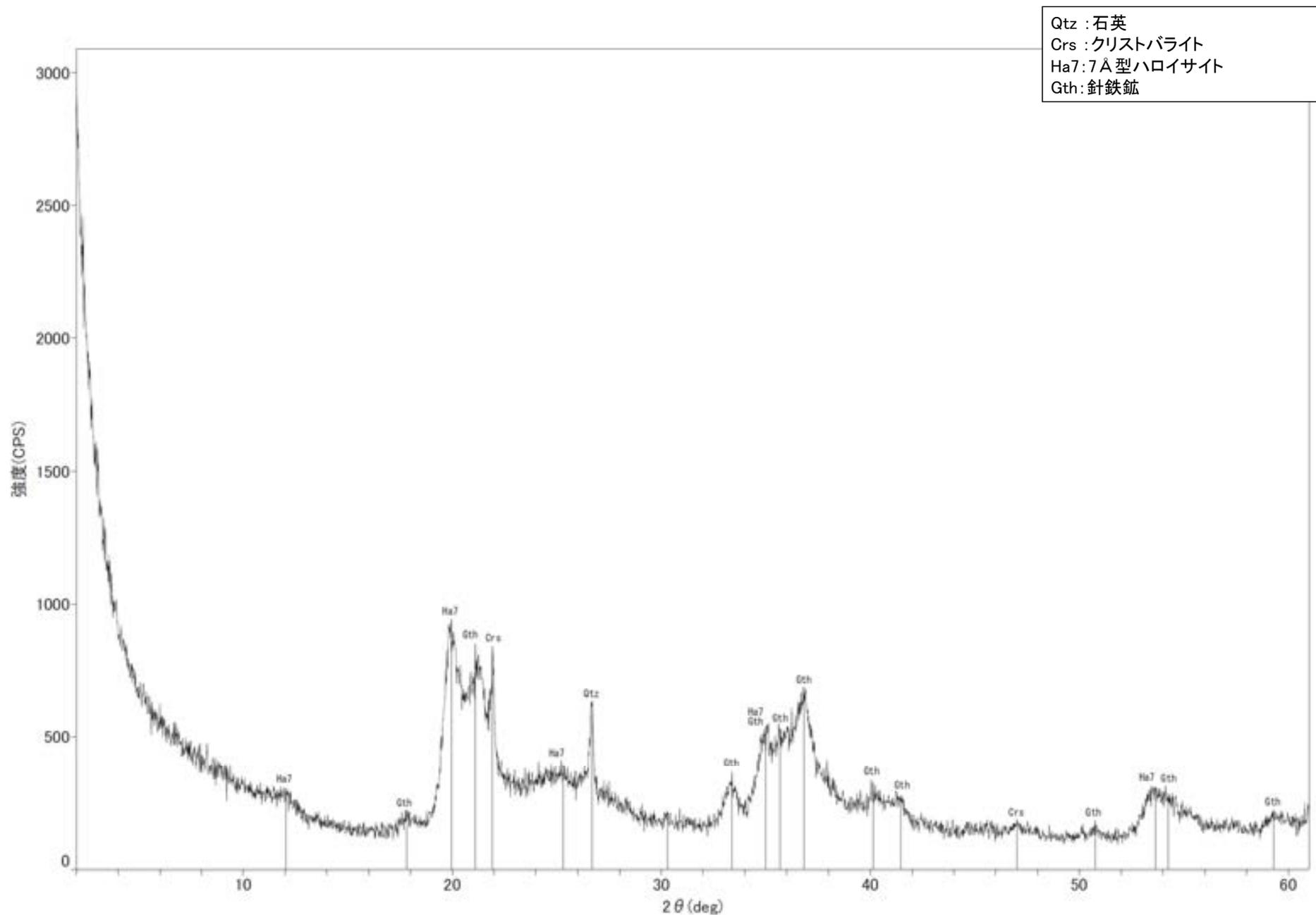


分析試料
(35m盤法面)

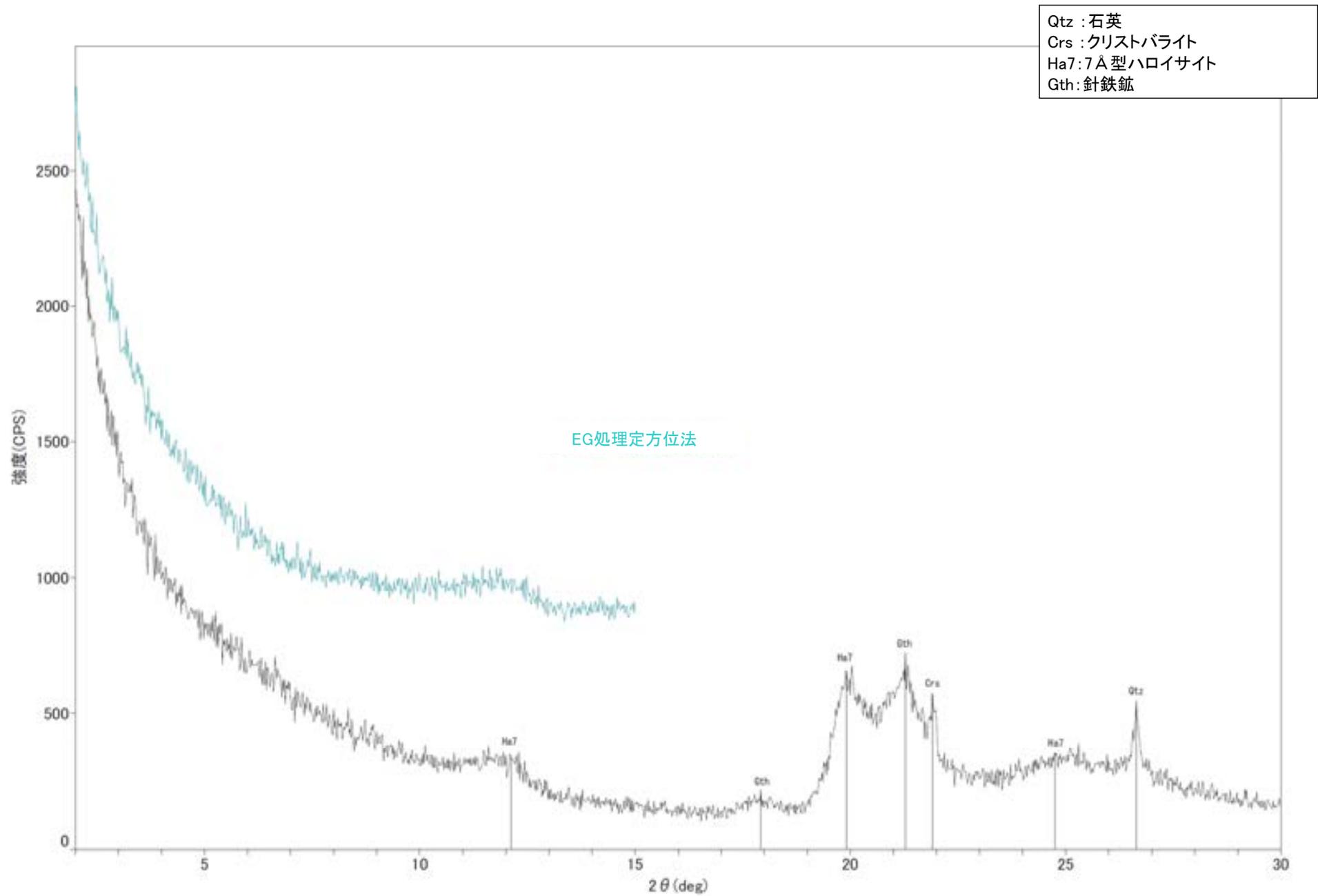
大坪川ダム右岸トレンチ 白色脈



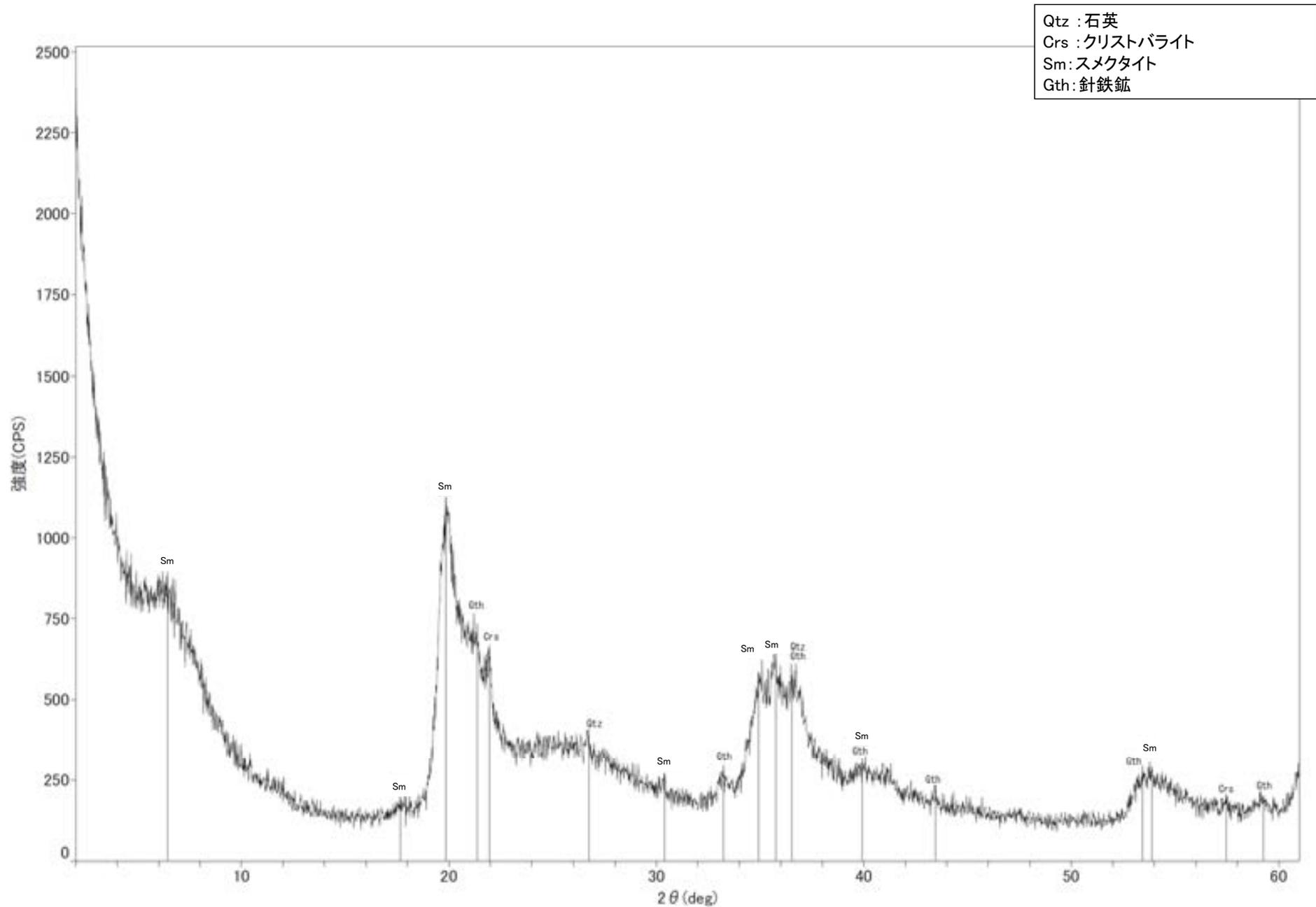
分析試料
(大坪川ダム右岸トレンチ)



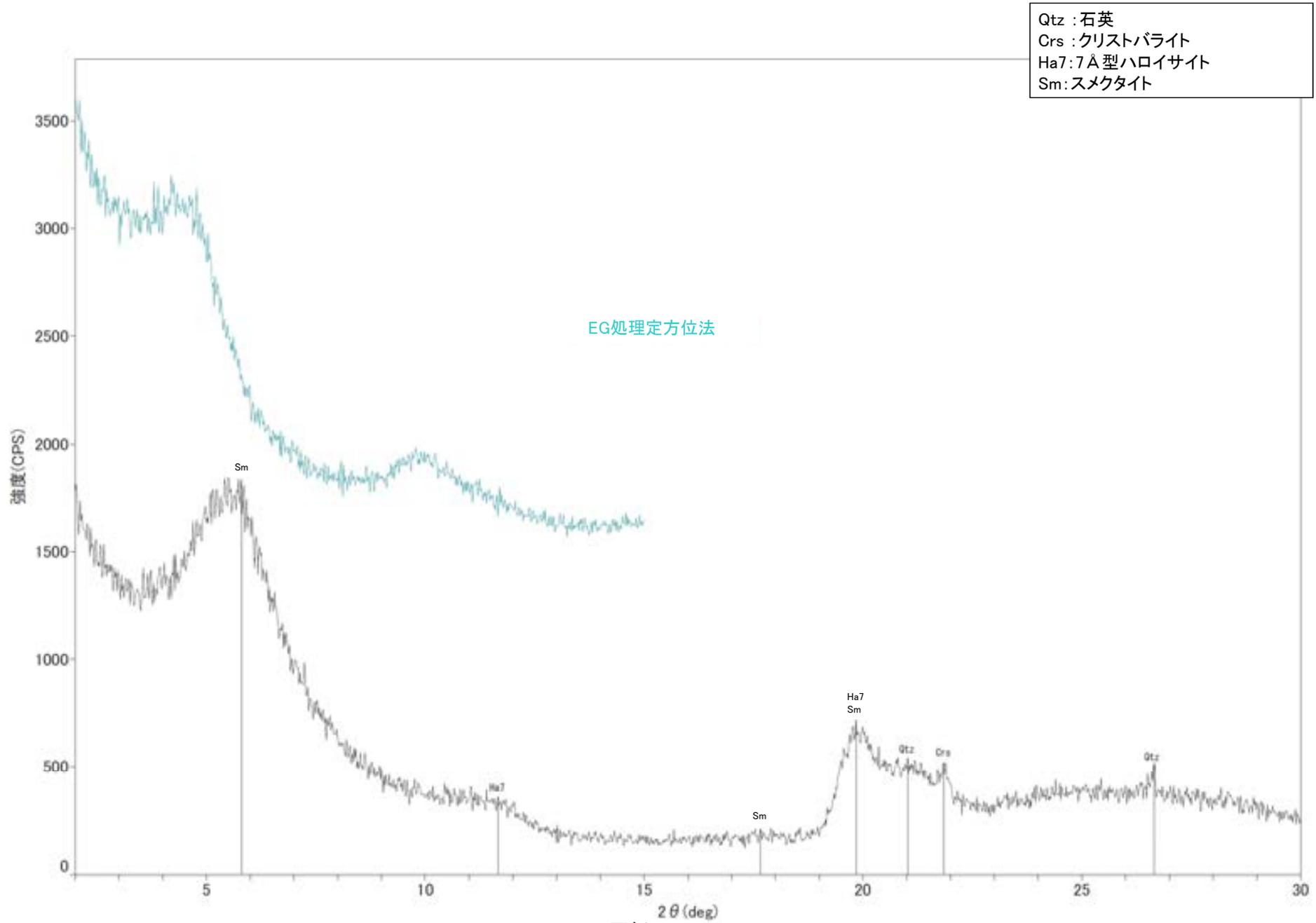
回折チャート



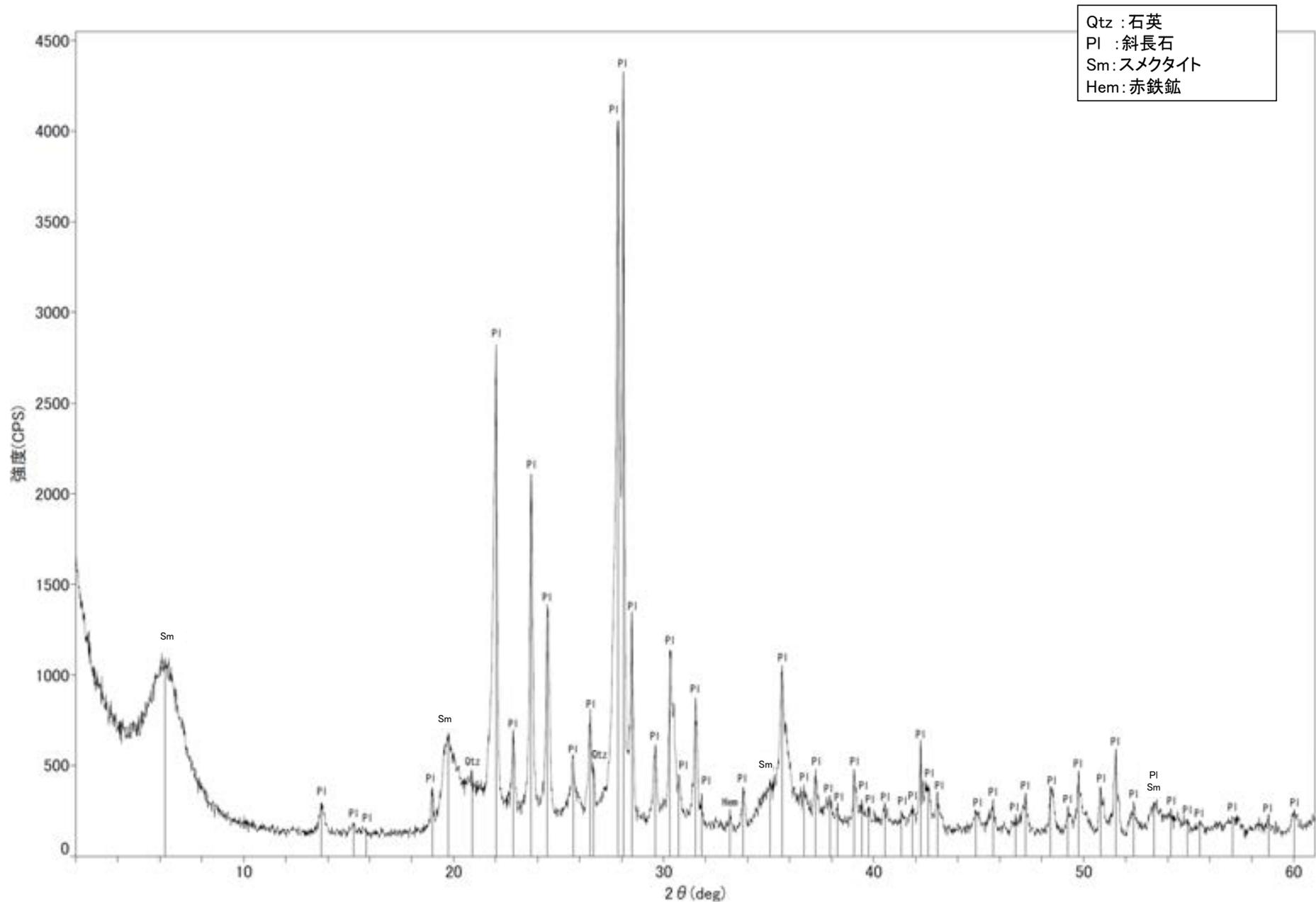
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



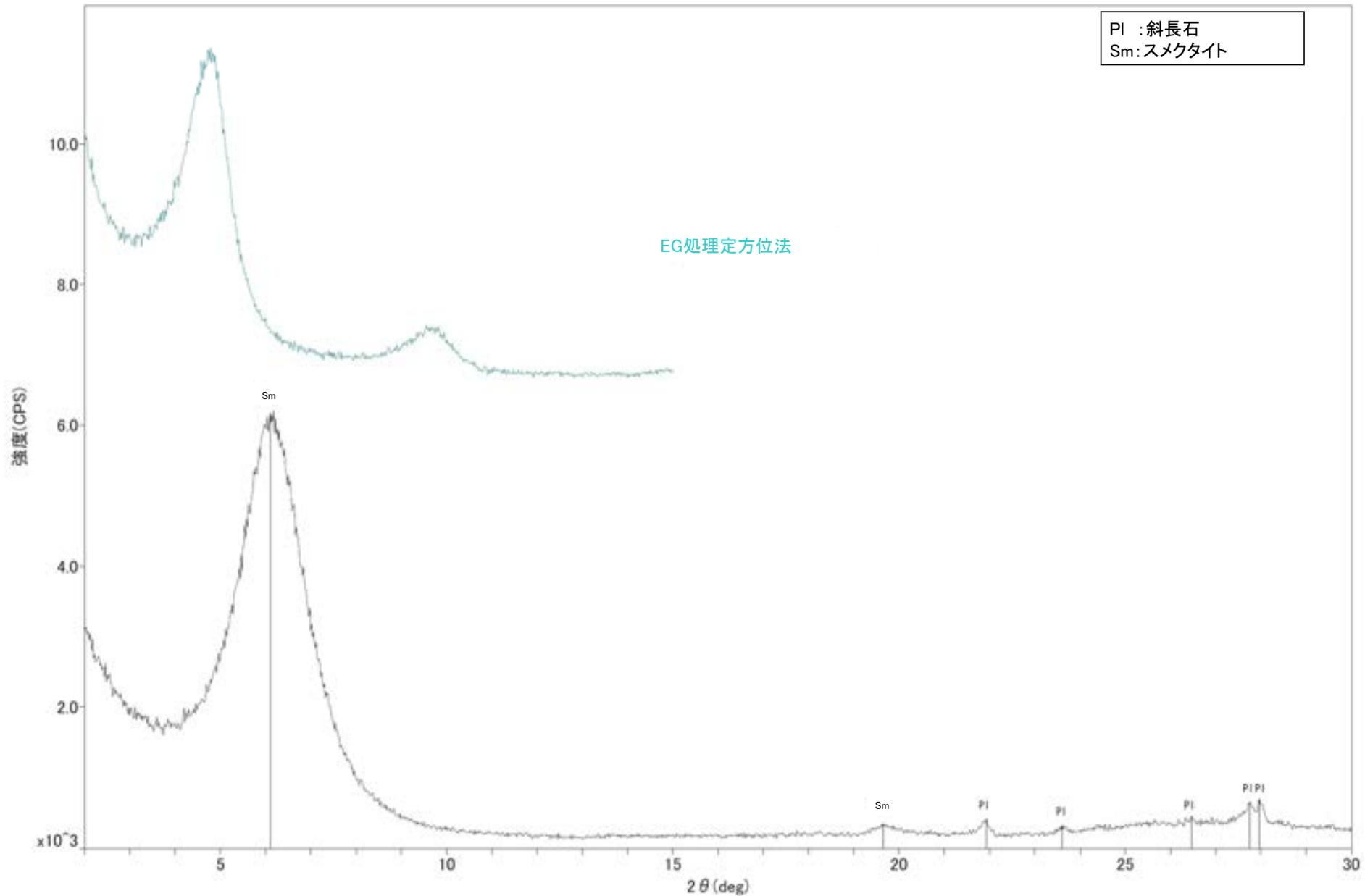
回折チャート



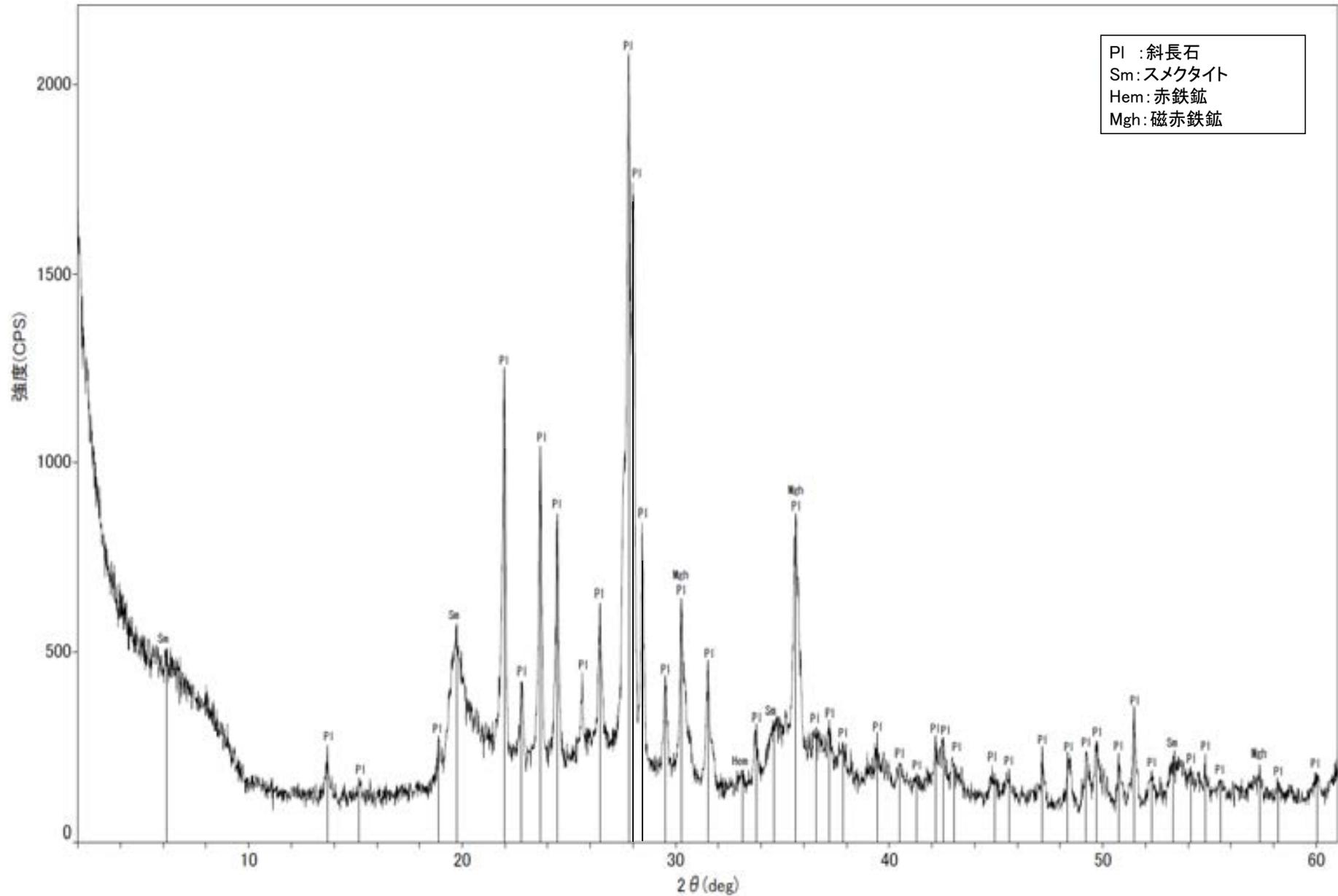
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



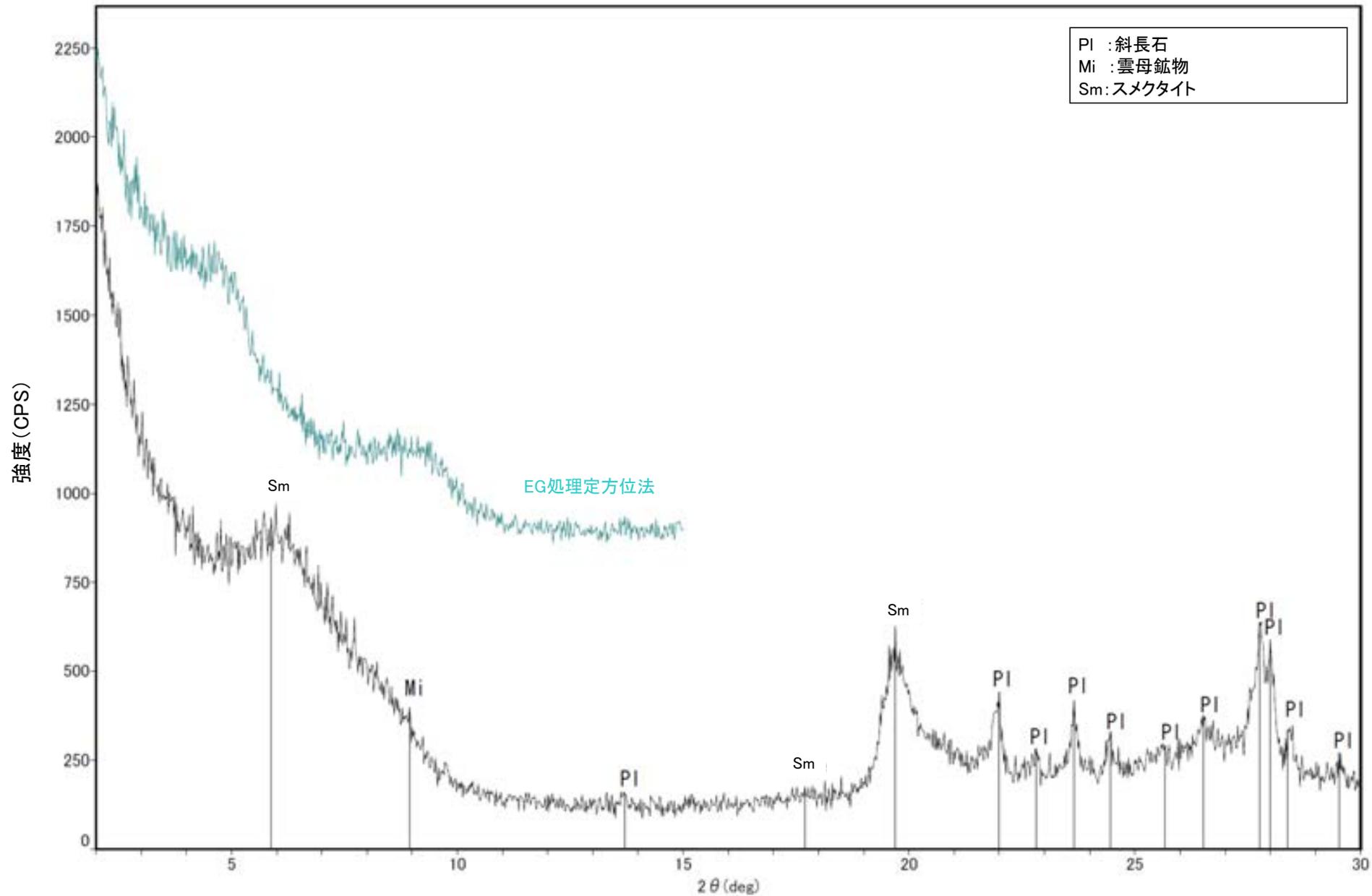
回折チャート



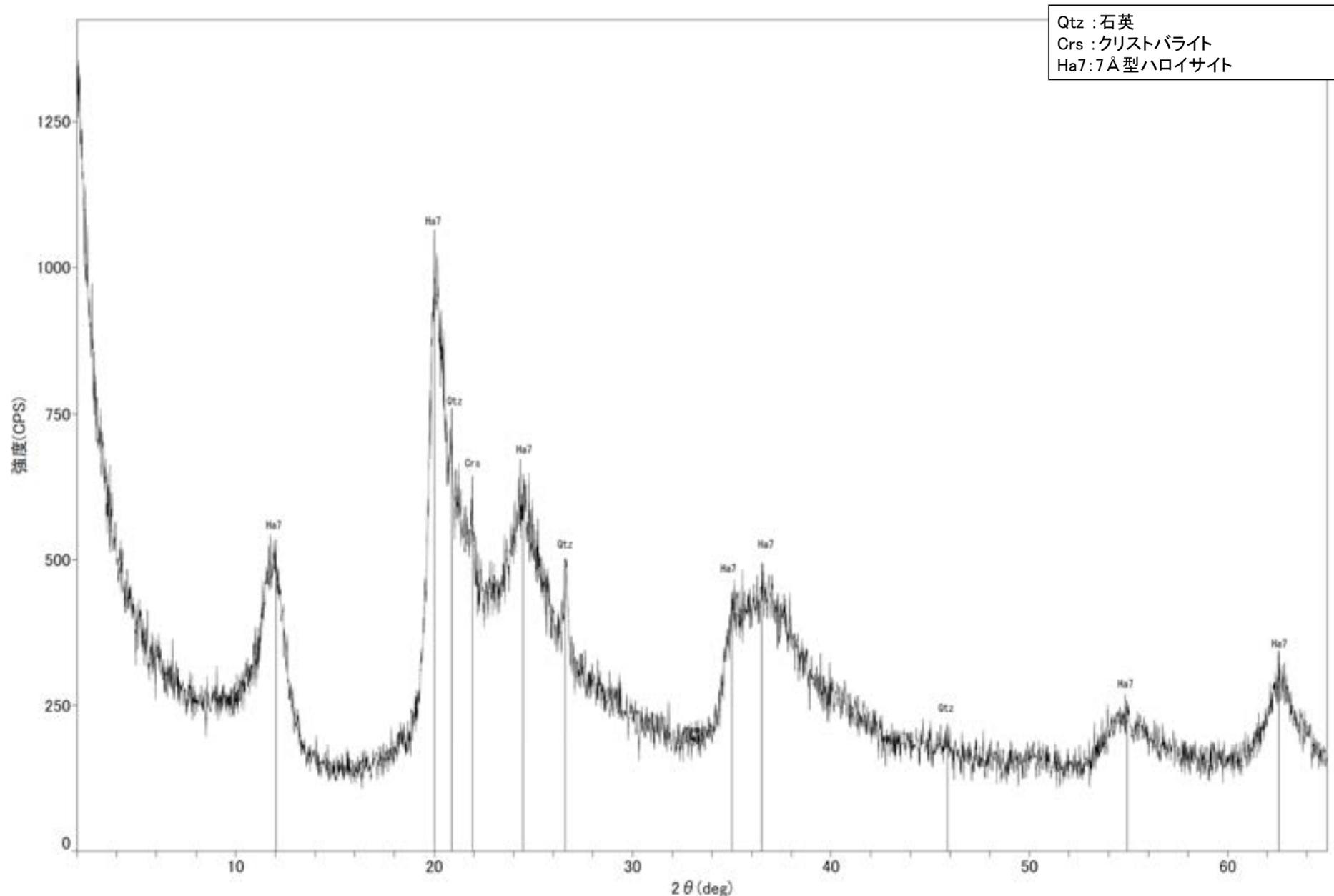
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



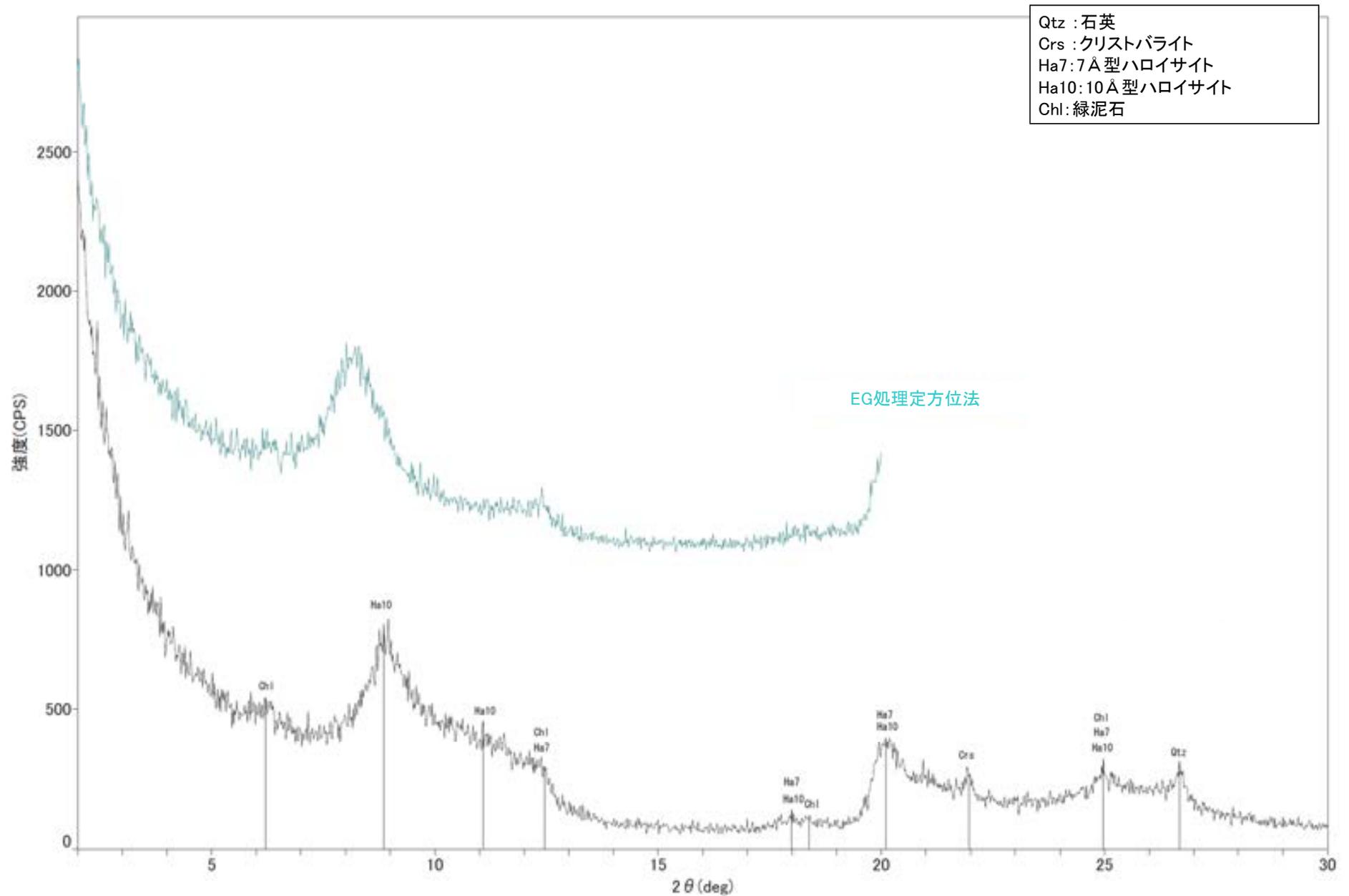
回折チャート



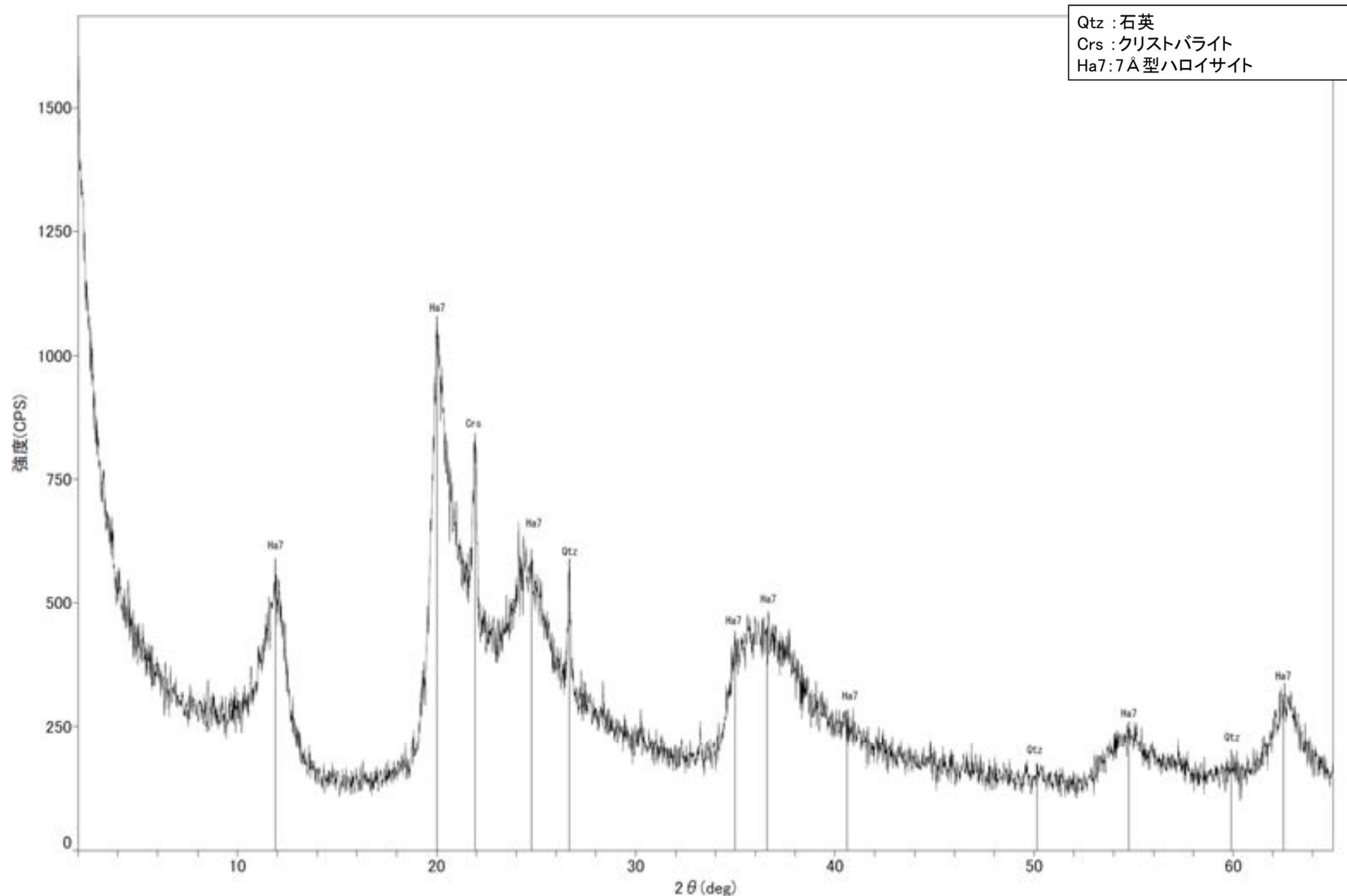
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



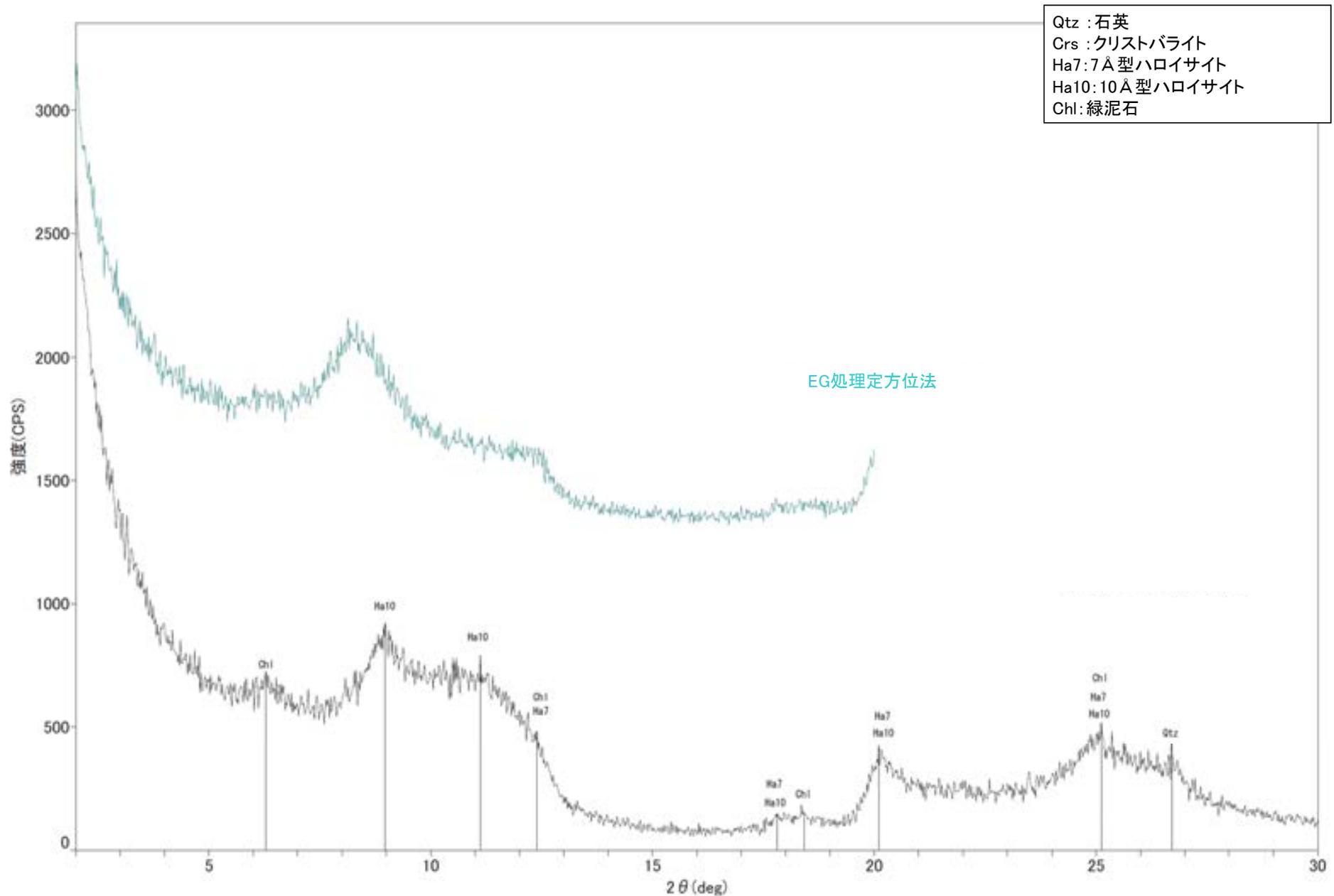
回折チャート



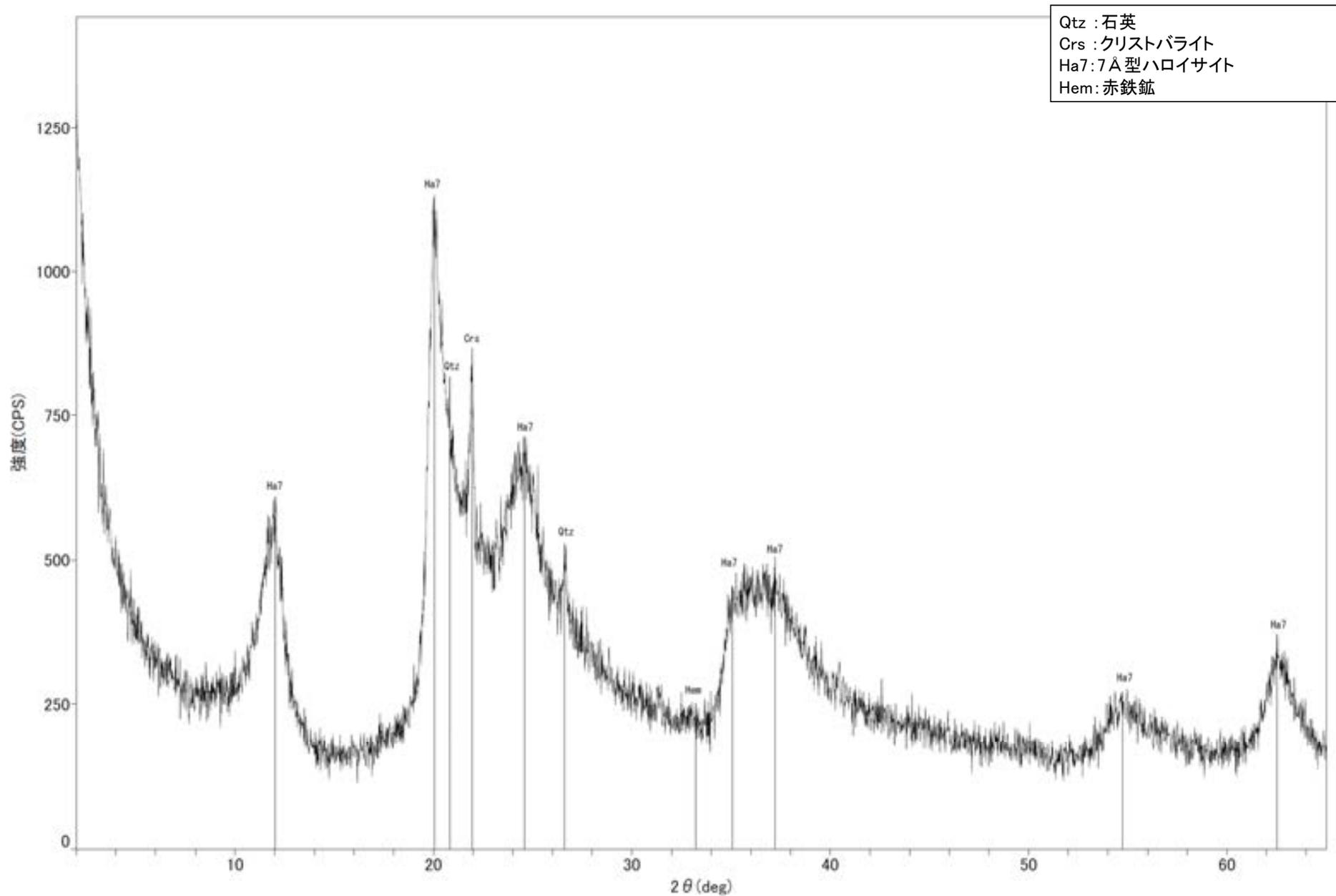
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



回折チャート

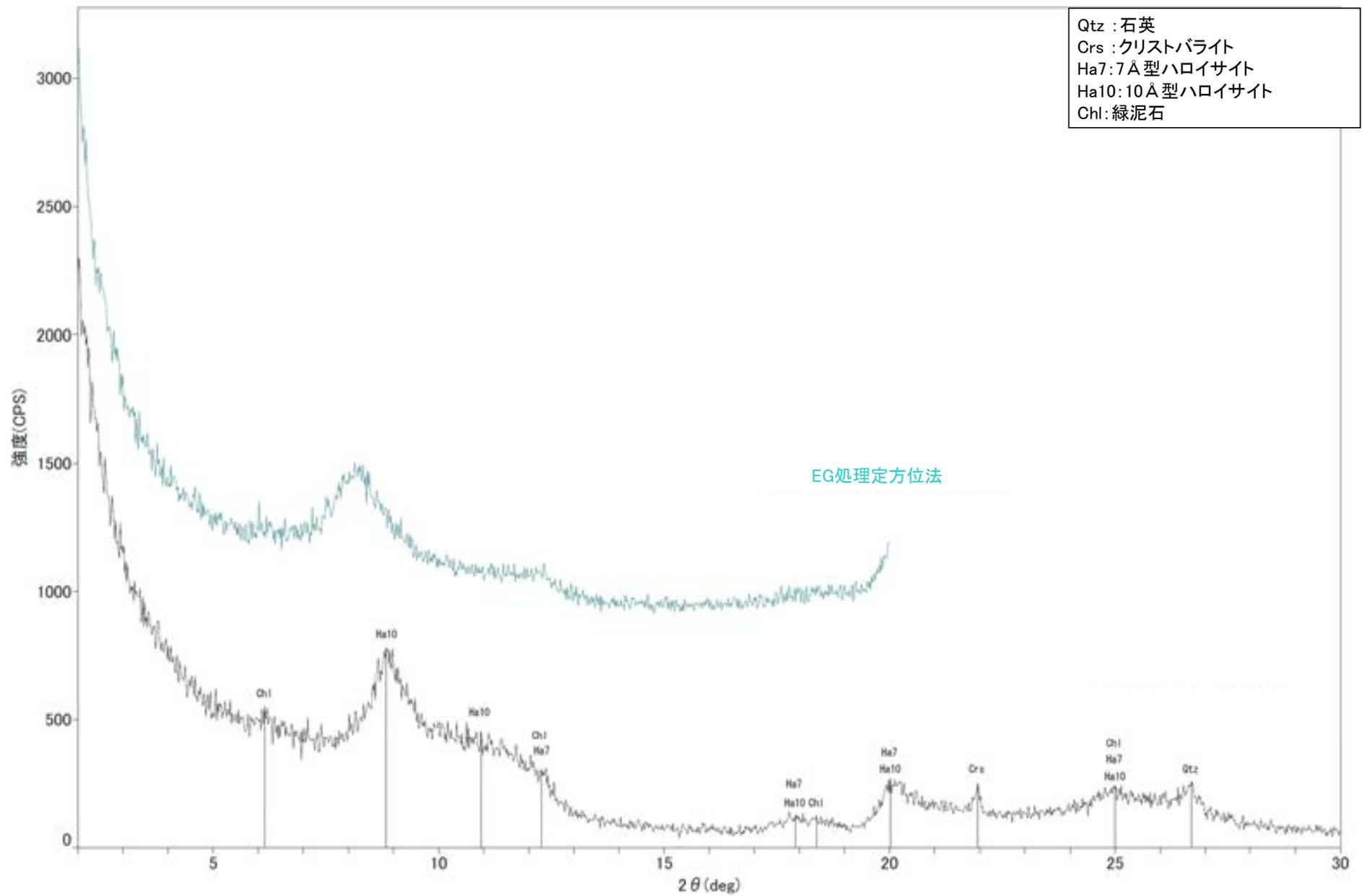


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

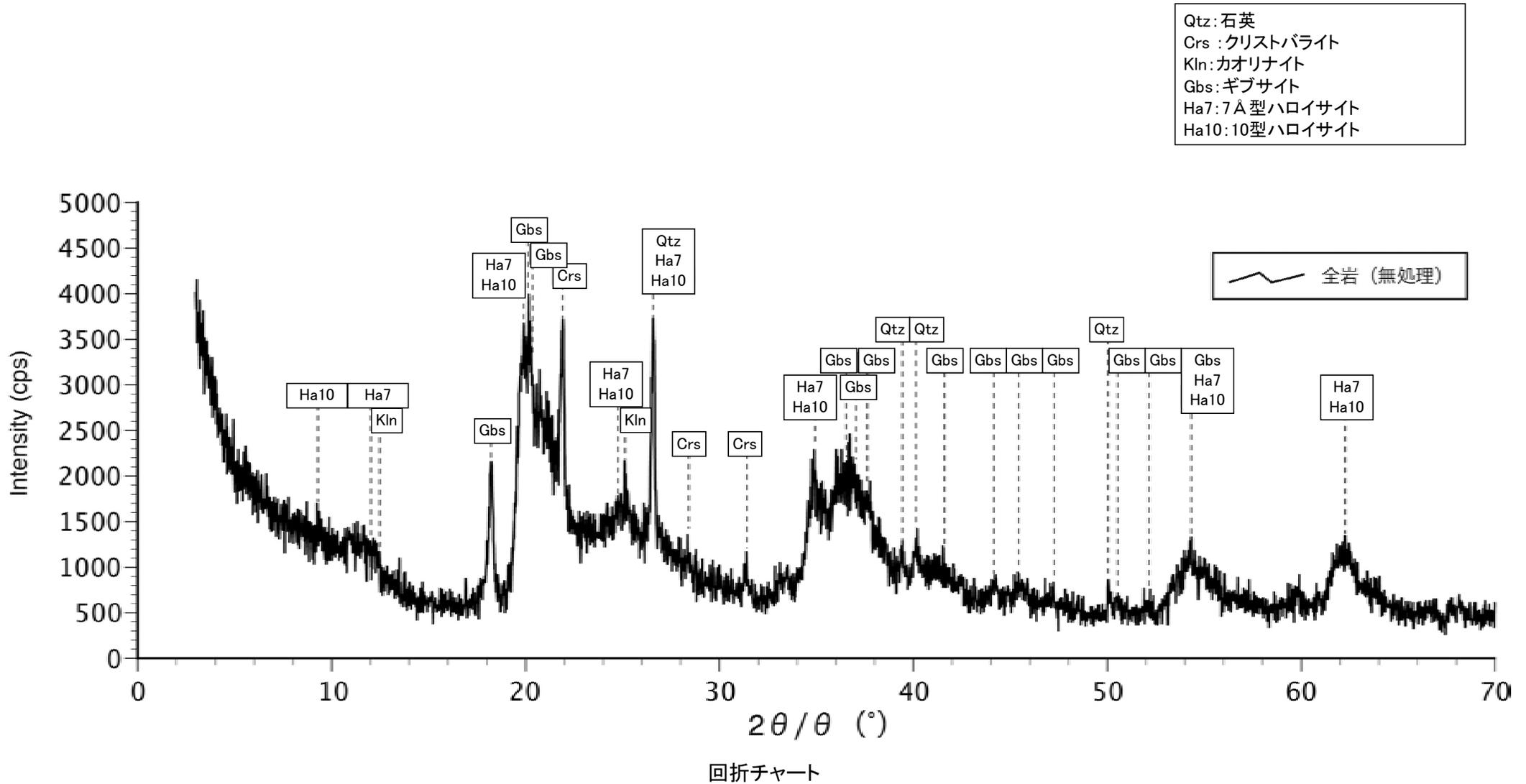


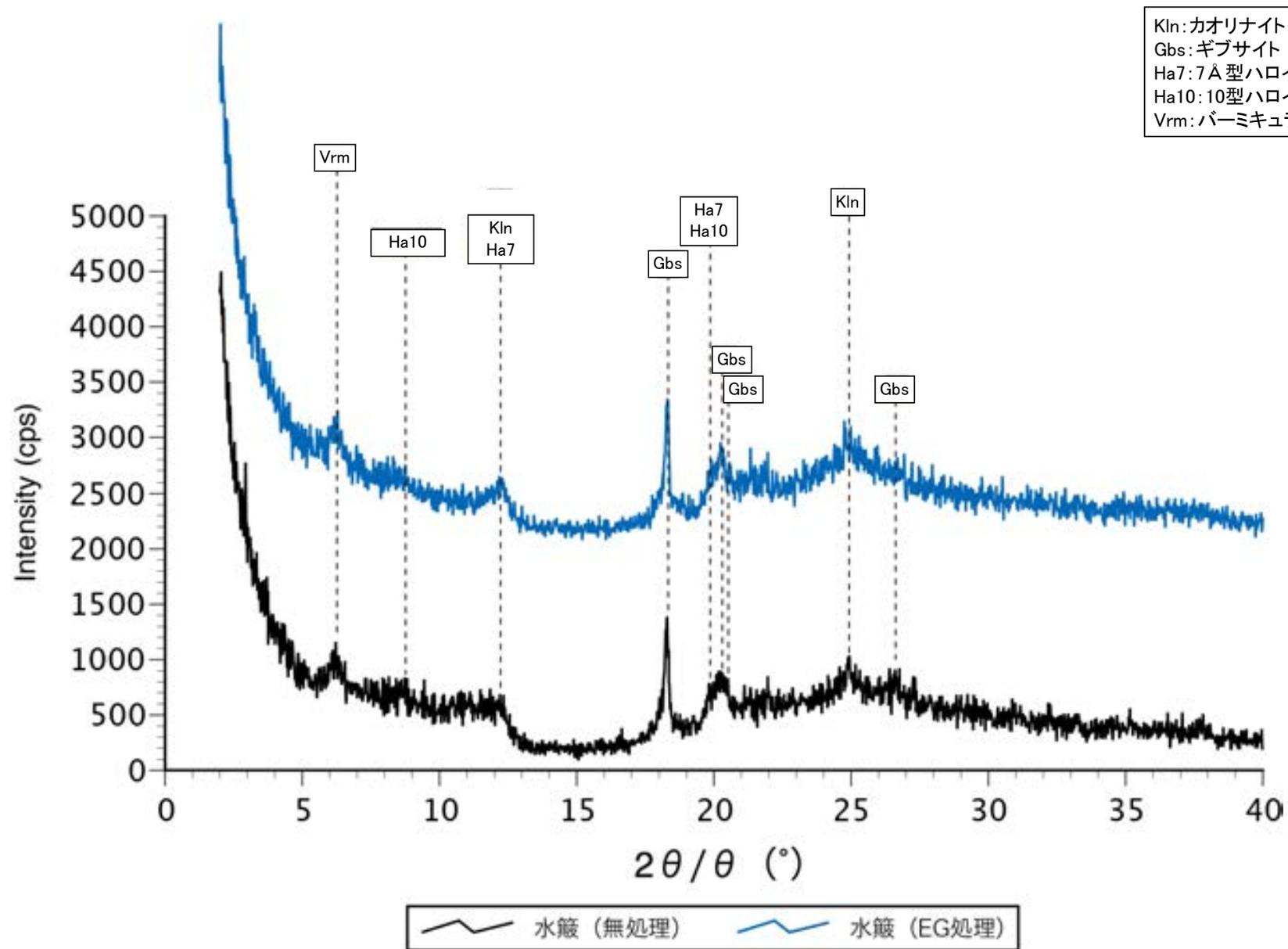
Qtz : 石英
Crs : クリストバライト
Ha7: 7Å型ハロイサイト
Hem: 赤鉄鉱

回折チャート



回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



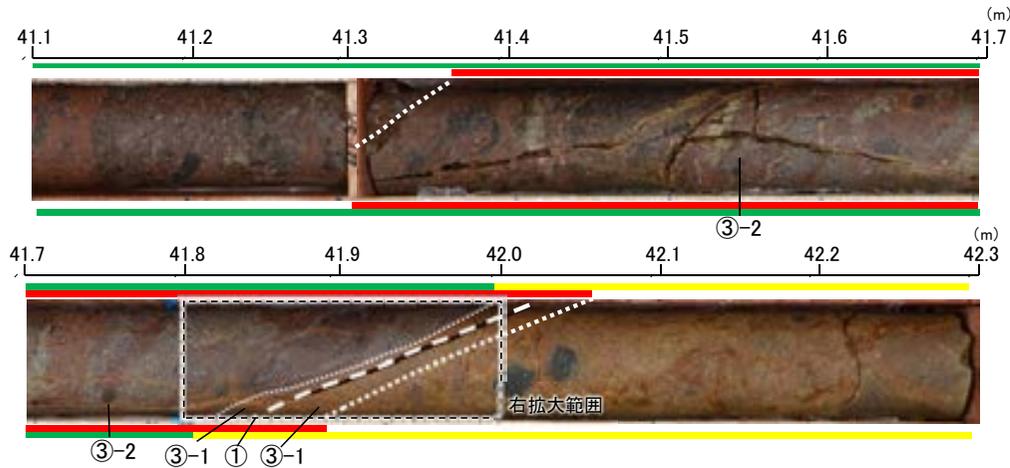


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

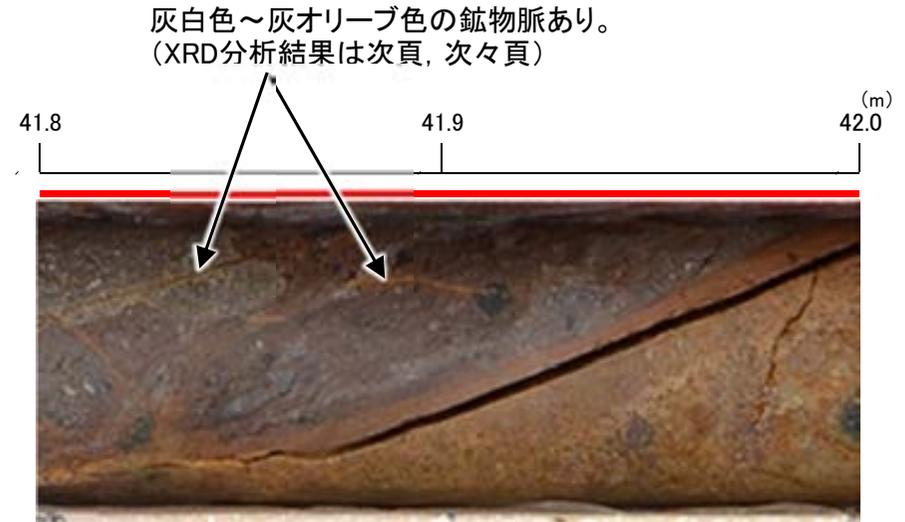
(15) 破碎部中の鉱物脈

【破碎部中に認められた鉱物脈(S-1)】

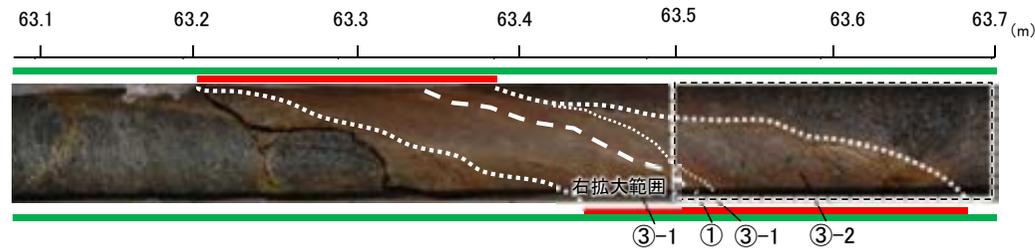
- 凡例
- ① 粘土状破碎部
 - ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
 - ③-2 固結した角礫状破碎部
 - 変質している区間(非変質, 弱く変質)
 - 変質している区間(変質)



S-1写真(L-12.2孔)



拡大写真(L-12.2孔 41.8～42.0m)



S-1写真(M-12.5孔)

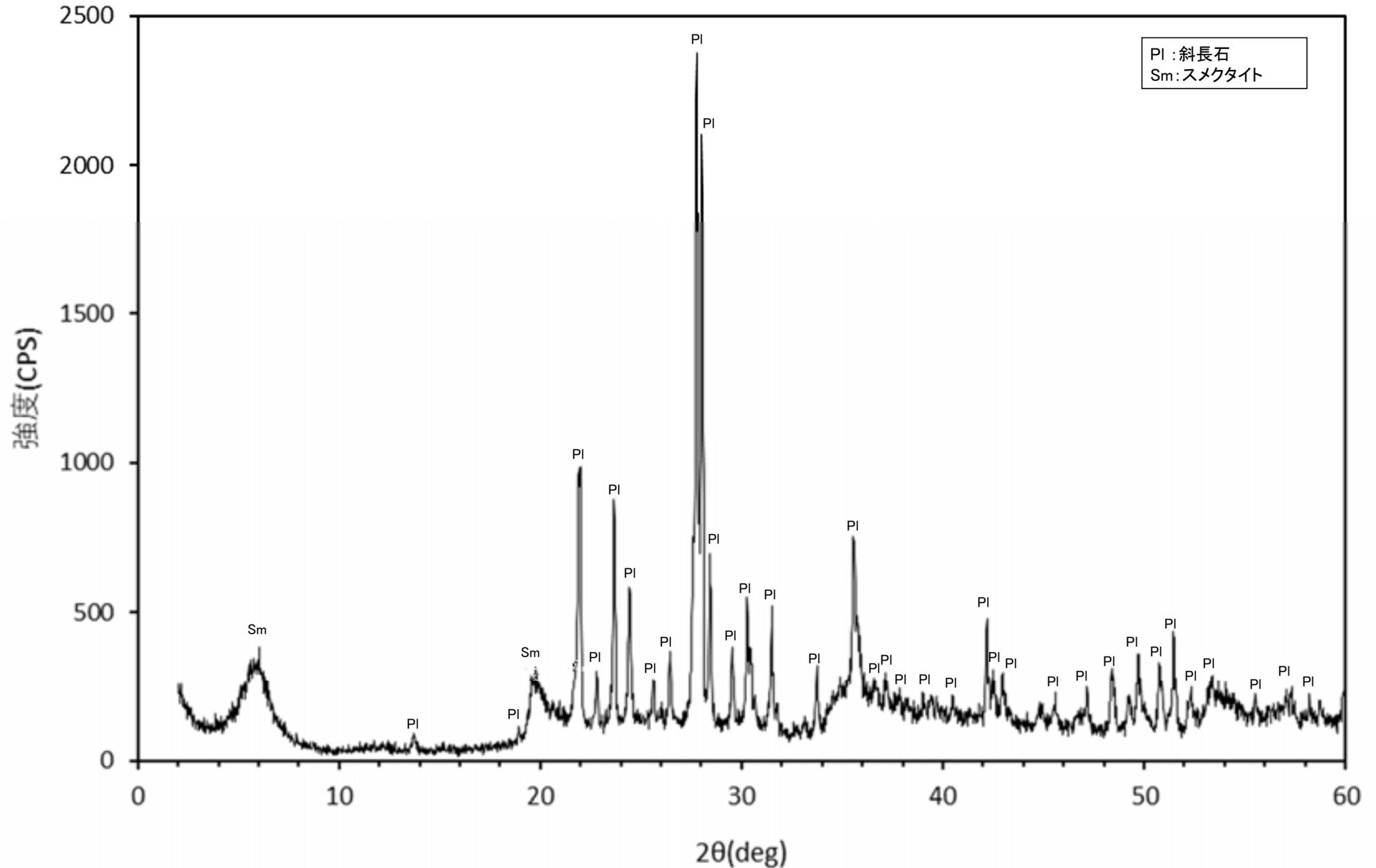


拡大写真(M-12.5孔 63.5～63.7m)

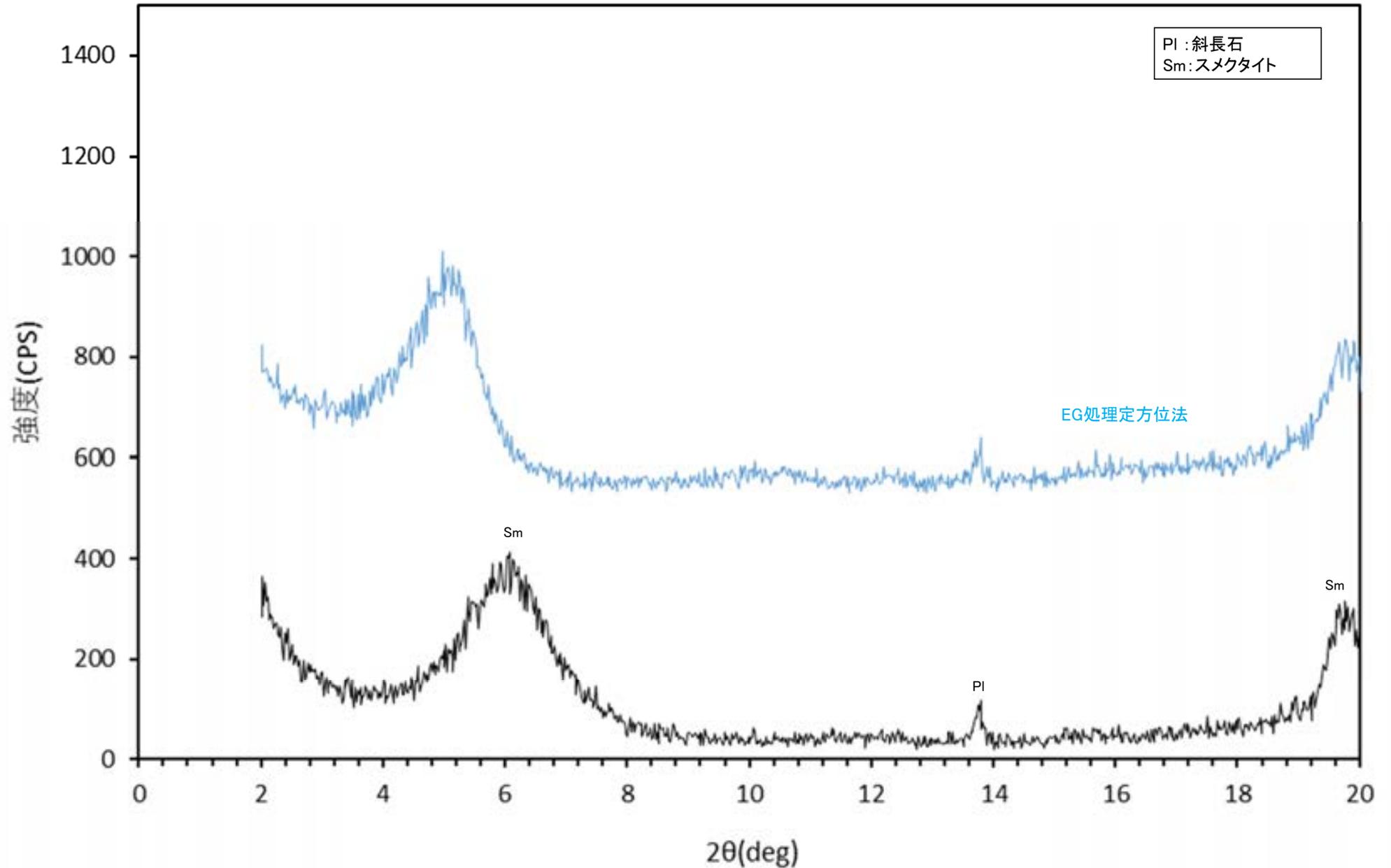
・ボーリングコア観察の結果、破碎部中に鉱物脈を確認した。鉱物脈は固結した破碎部中に認められ、それらに変位・変形は認められない。

【L-12.2孔 X線回折チャート 不定方位】

○ 鉱物脈でXRD分析を実施した結果、主な粘土鉱物としてスメクタイトが認められる。



【L-12.2孔 X線回折チャート 定方位 EG処理】

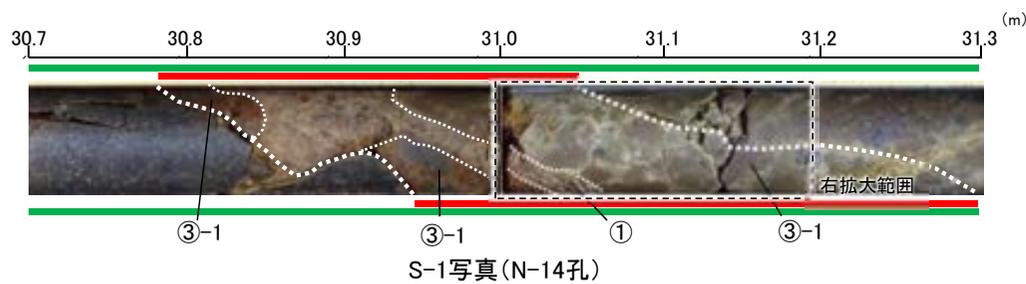
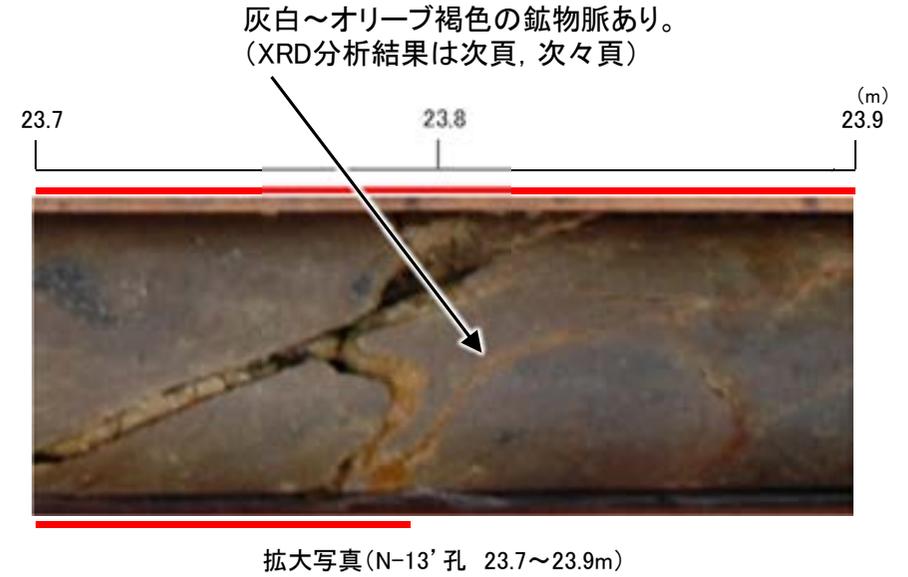
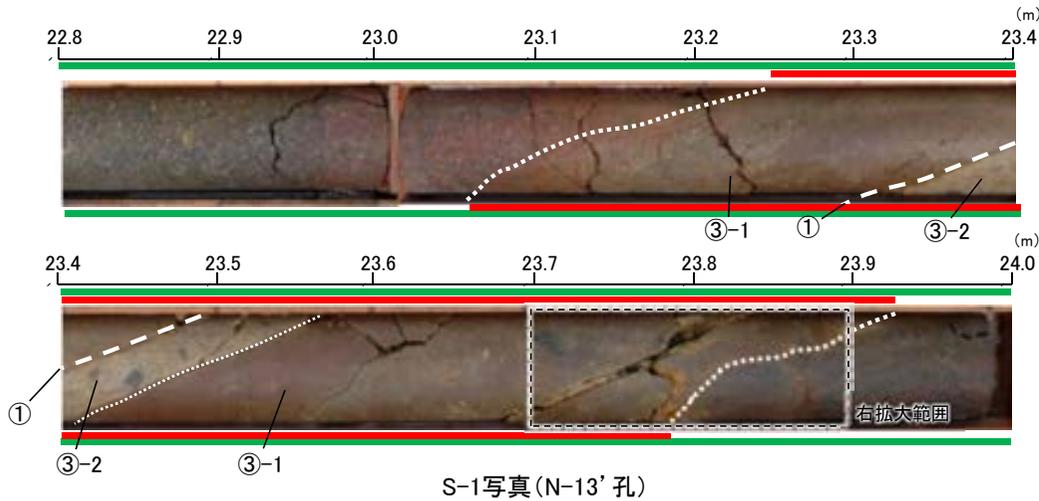


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

【破砕部中に認められた鉱物脈(S-1)】

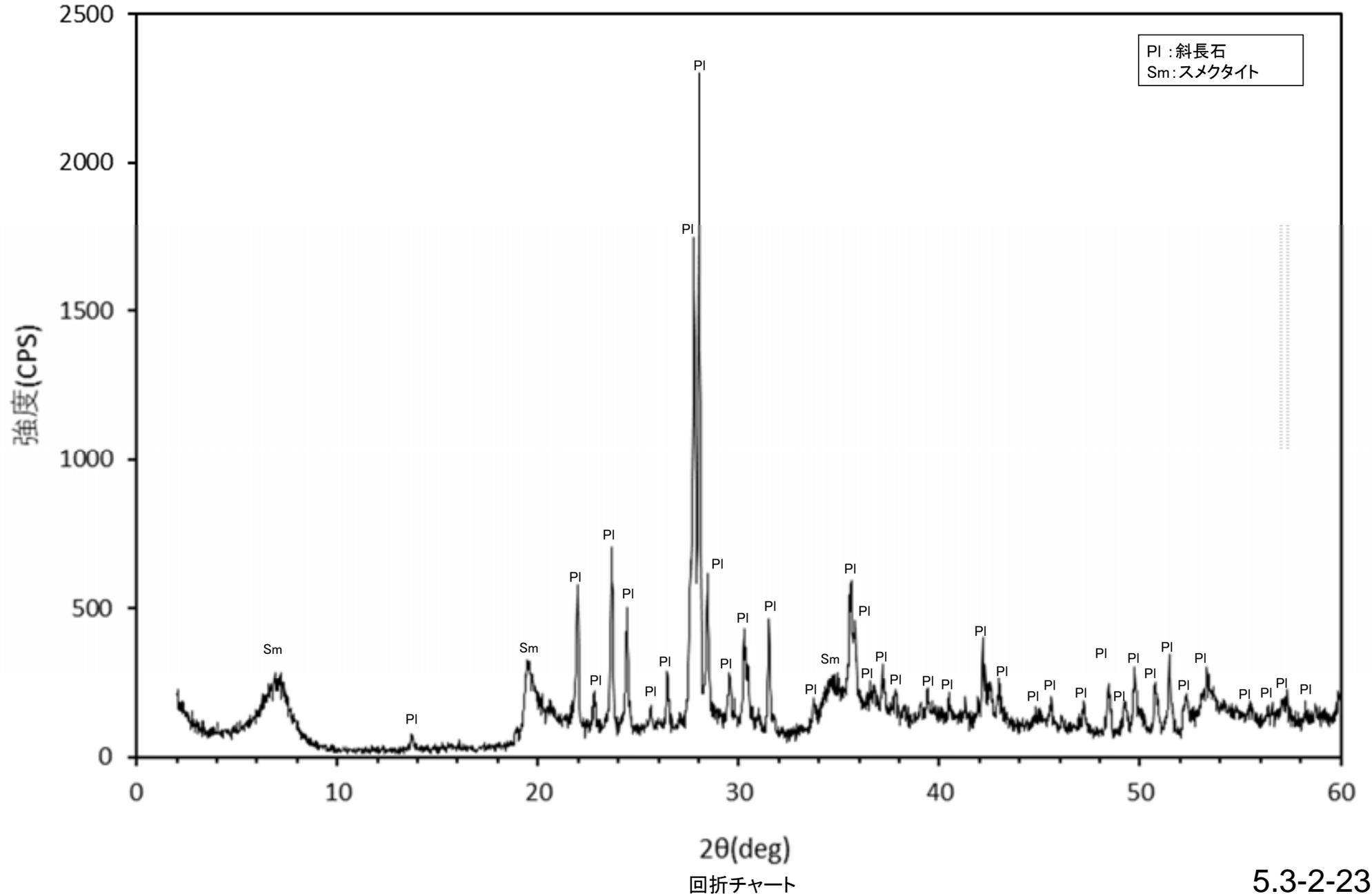
凡例

- ① 粘土状破砕部
- ③-1 固結した粘土・砂状破砕部
- ③-2 固結した角礫状破砕部
- 変質している区間(非変質, 弱く変質)

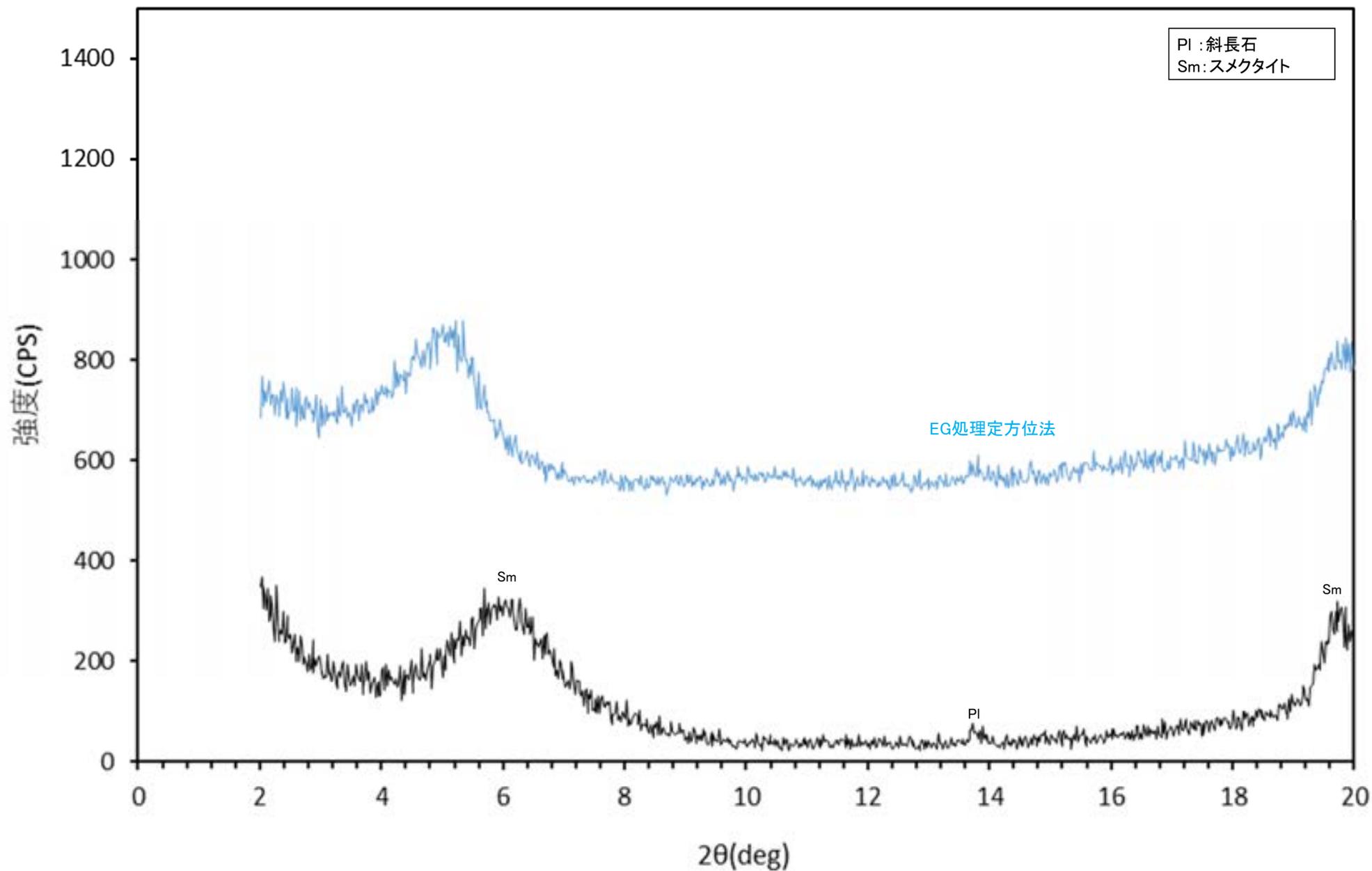


【N-13' 孔 X線回折チャート 不定方位】

○ 鉍物脈でXRD分析を実施した結果、主な粘土鉍物としてスメクタイトが認められる。



【N-13' 孔 X線回折チャート 定方位 EG処理】



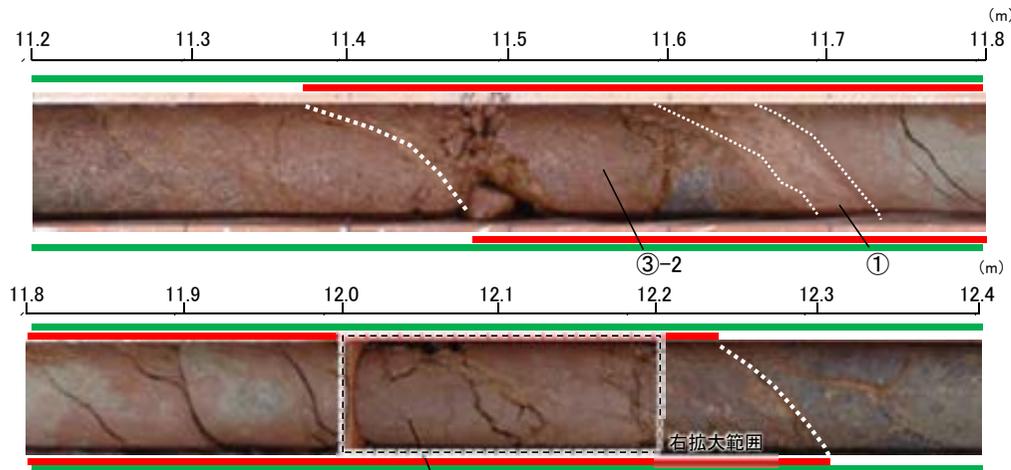
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

【破砕部中に認められた鉱物脈(S-2・S-6)】

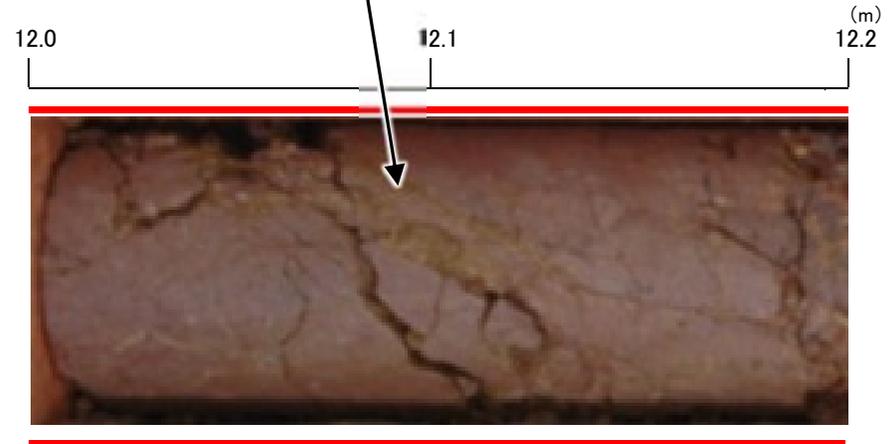
凡例

- ① 粘土状破砕部
- ③-1 固結した粘土・砂状破砕部
- ③-2 固結した角礫状破砕部
- 変質している区間(非変質, 弱く変質)

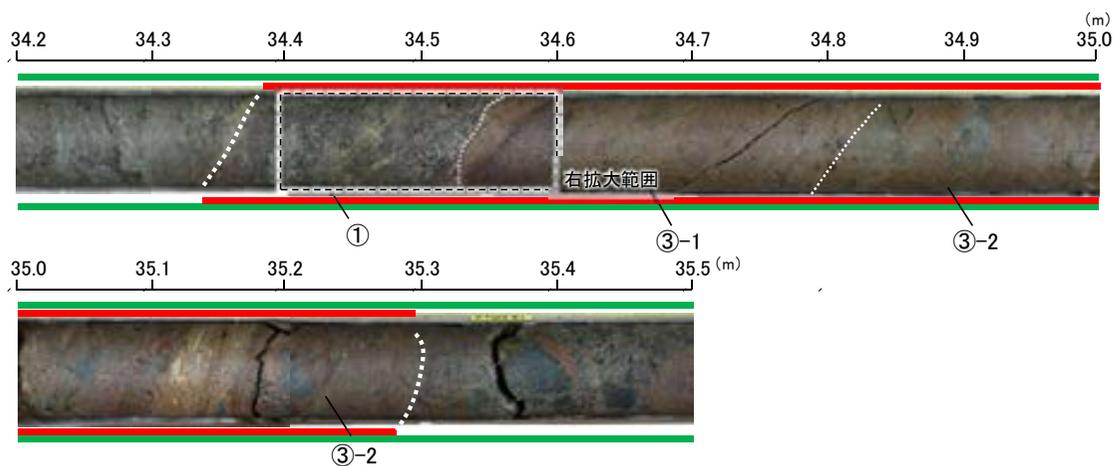
オリーブ黄色の鉱物脈あり。
(XRD分析結果は次頁, 次々頁)



③-2
S-2・S-6写真(E-8.6孔)

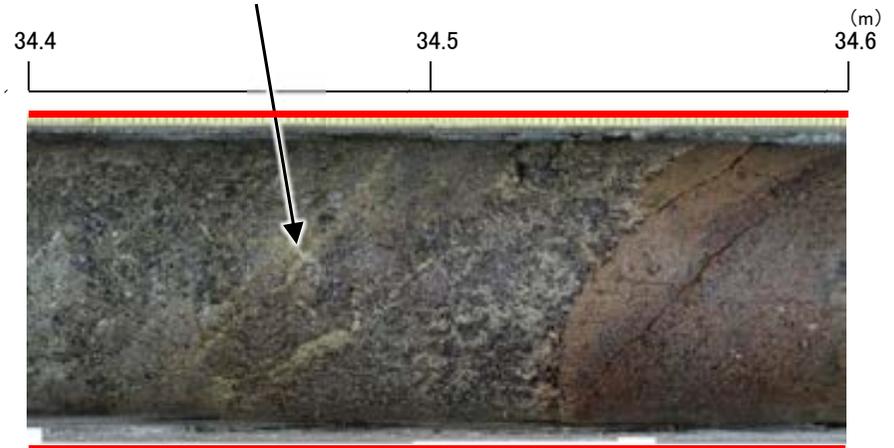


拡大写真(E-8.6孔 12.0~12.2m)



③-2
S-2・S-6写真(H-6.5'孔)

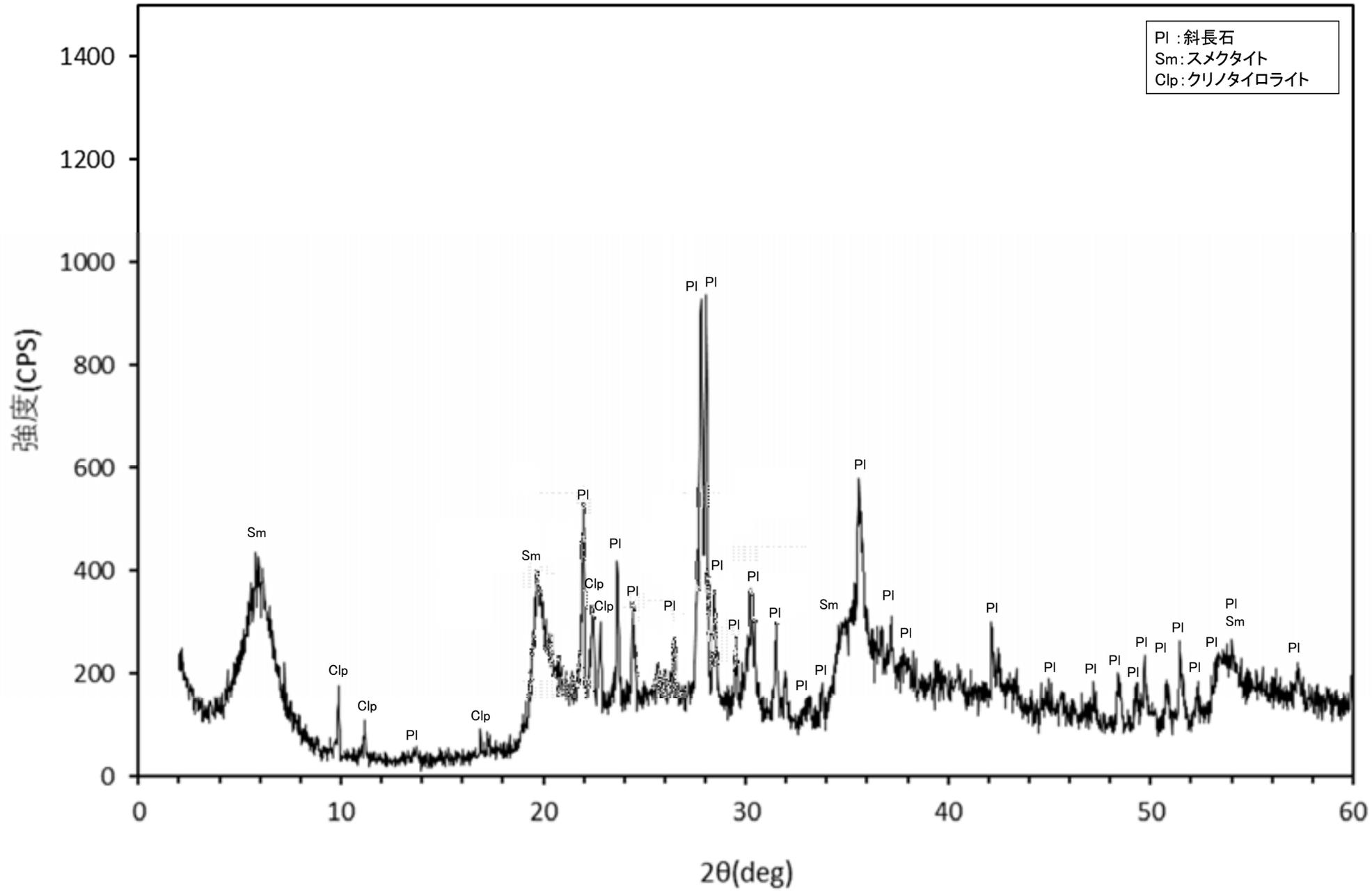
灰白色の鉱物脈あり。



拡大写真(H-6.5'孔 34.4~34.6m)

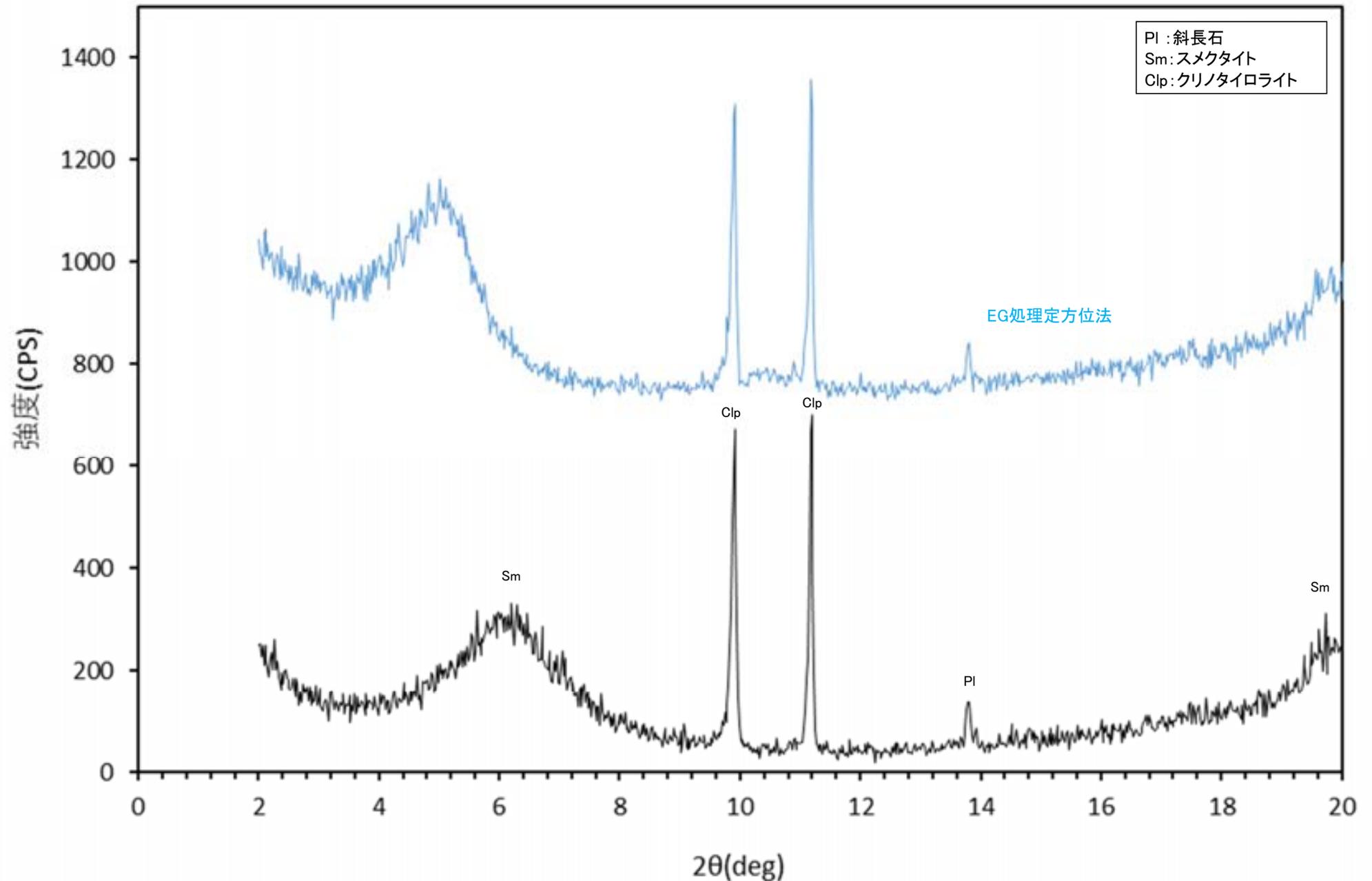
【E-8.6孔 X線回折チャート 不定方位】

○ 鉍物脈でXRD分析を実施した結果、主な粘土鉍物としてスメクタイトが認められる。



回折チャート

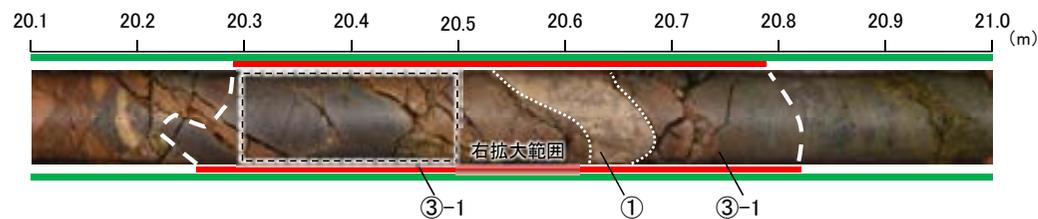
【 E-8.6孔 X線回折チャート 定方位 EG処理】



回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

【破碎部中に認められた鉱物脈(S-2・S-6)】

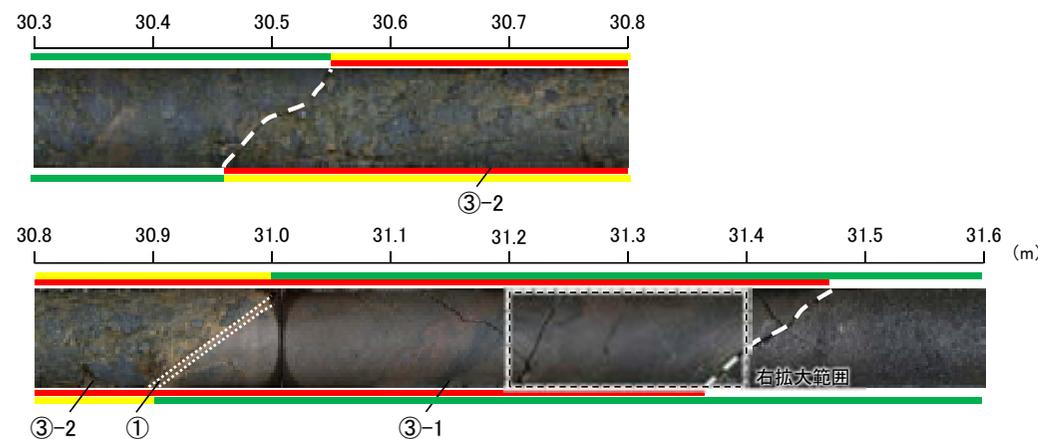
- 凡例
- ① 粘土状破碎部
 - ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
 - ③-2 固結した角礫状破碎部
 - 変質している区間(非変質, 弱く変質)
 - 変質している区間(変質)



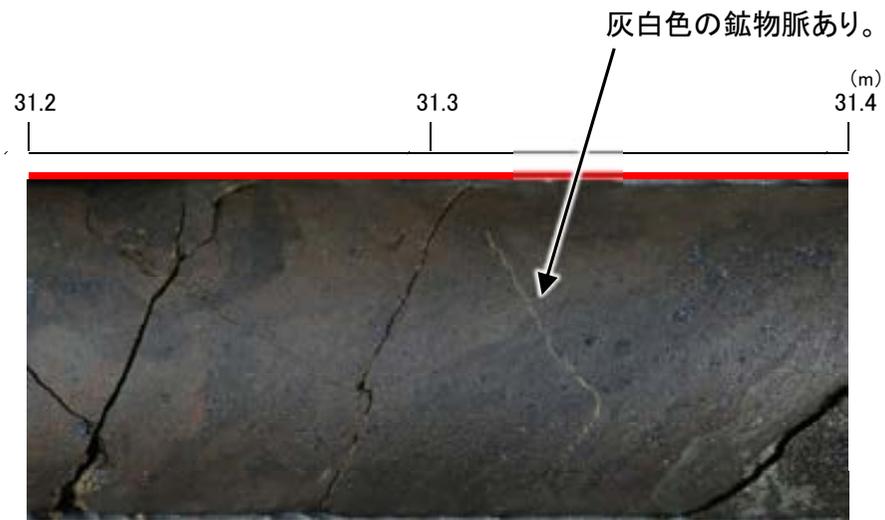
S-2・S-6写真(K-6.3孔)



拡大写真(K-6.3孔 20.3~20.5m)



S-2・S-6写真(K-6.2-2孔)

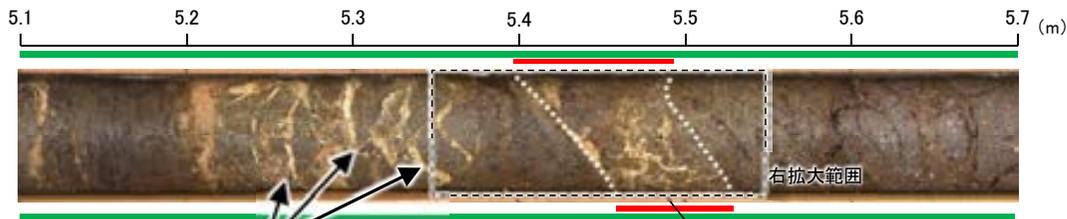


拡大写真(K-6.2-2孔 31.2~31.4m)

凡例

- ① 粘土状破砕部
- 破砕部 ②-1 砂状破砕部
- ②-2 角礫状破砕部
- 変質している区間(非変質, 弱く変質)

【(参考)破砕部中の亀裂面に沿って認められた変質鉱物(S-2・S-6)】

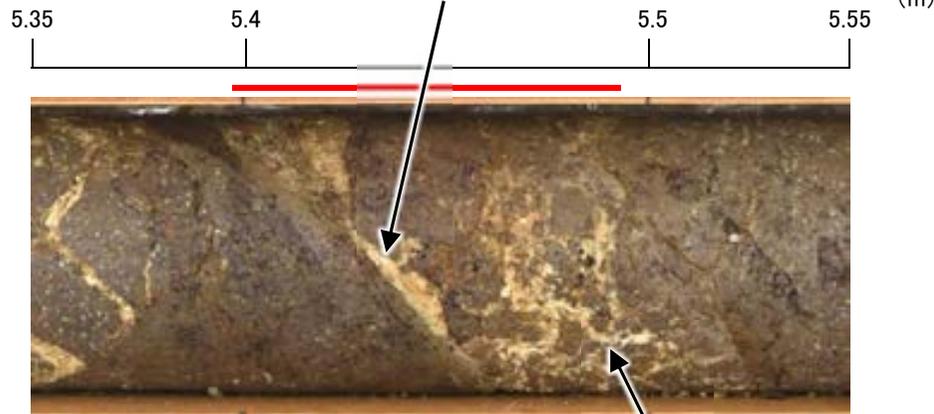


変質鉱物③は、破砕部周辺の岩片中の亀裂面に沿って分布する。

S-2・S-6写真(D-9.1E孔)

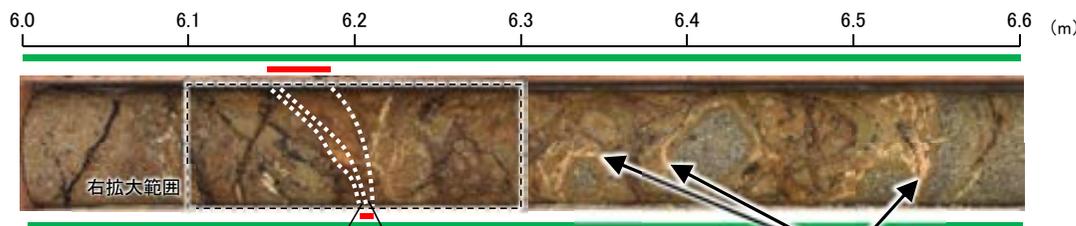
- ・破砕部及びその周辺の亀裂面に沿って灰白色の変質鉱物①, ②, ③が認められる(上, 右写真)。
- ・灰白色の変質鉱物①, ②, ③は、その色調や当該箇所が地表(EL21.49m)に近い浅部(EL16.78m)に位置していることからハロイサイトと考えられる。
- ・変質鉱物①は、破砕部と母岩の境界の亀裂面に沿って分布する。そこに引きずりなどの変形が認められないことから、変質鉱物①は破砕部と母岩の境界の亀裂面で切断されたものではないと考えられる。
- ・変質鉱物②は、破砕部中の微細な亀裂面に沿って網目状に分布する。なお、そこに変位・変形は認められない。
- ・変質鉱物③は、破砕部周辺の岩片中の亀裂面に沿って分布する。
- ・以上を踏まえ、変質鉱物①, ②, ③はいずれも亀裂面に沿って風化変質したものと判断した。

変質鉱物①は、破砕部と母岩の境界の亀裂面に沿って分布し、そこに引きずりなどの変形は認められない。



拡大写真(D-9.1E孔 5.35~5.55m)

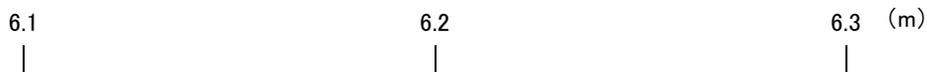
変質鉱物②は、破砕部中の微細な亀裂面に沿って網目状に分布し、そこに変位・変形は認められない。



S-2・S-6写真(C-9.11E孔)

変質鉱物②は、破砕部周辺の亀裂面に沿って分布する。

- ・破砕部及びその周辺の亀裂面に沿って灰白色の変質鉱物①, ②が認められる(上, 右写真)。
- ・灰白色の変質鉱物①, ②は、その色調や当該箇所が地表(EL21.91m)に近い浅部(EL16.56m)に位置していることからハロイサイトと考えられる。
- ・変質鉱物①は、破砕部及びその周辺の亀裂面に沿って分布する。なお、そこに変位・変形は認められない。
- ・変質鉱物②は、破砕部周辺の亀裂面に沿って分布する。
- ・以上を踏まえ、変質鉱物①, ②はいずれも亀裂面に沿って風化変質したものと判断した。



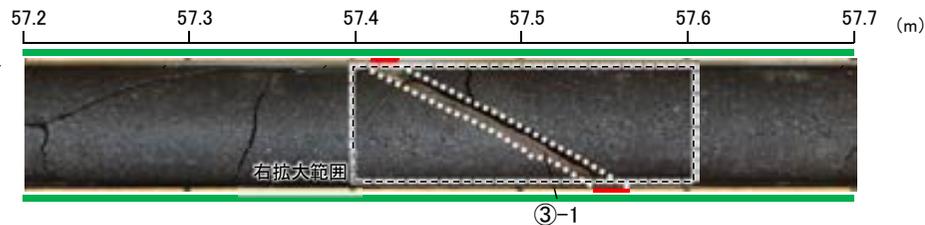
拡大写真(C-9.11E孔 6.1~6.3m)

変質鉱物①は、破砕部及びその周辺の亀裂面に沿って分布し、そこに変位・変形は認められない。

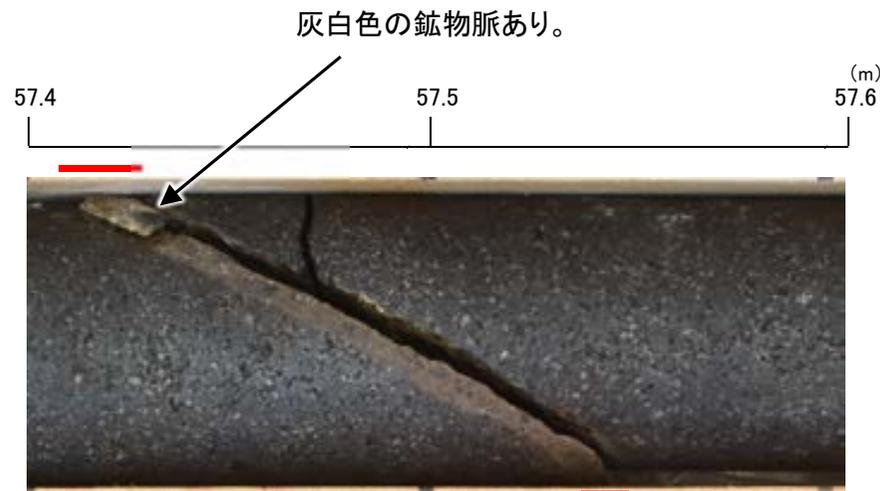
【破碎部中に認められた鉱物脈(S-4)】

凡例

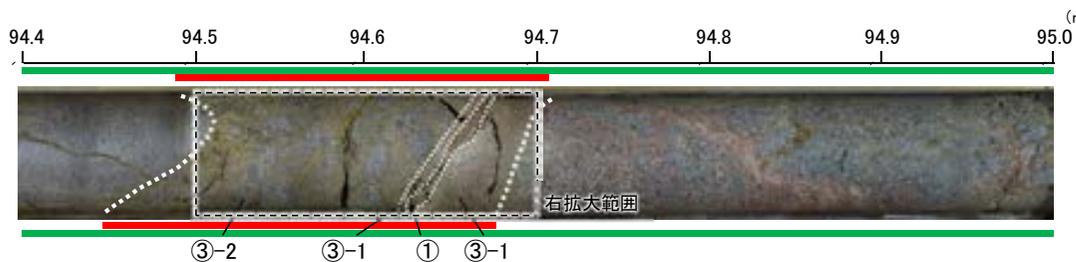
- ① 粘土状破碎部
- ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
- ③-2 固結した角礫状破碎部
- 変質している区間(非変質, 弱く変質)



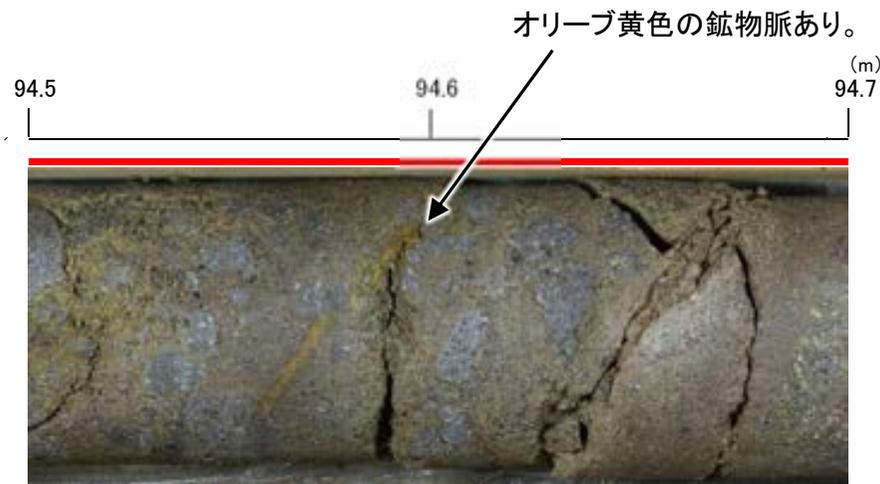
S-4写真(A-14.5S孔)



拡大写真(A-14.5S孔 57.4~57.6m)



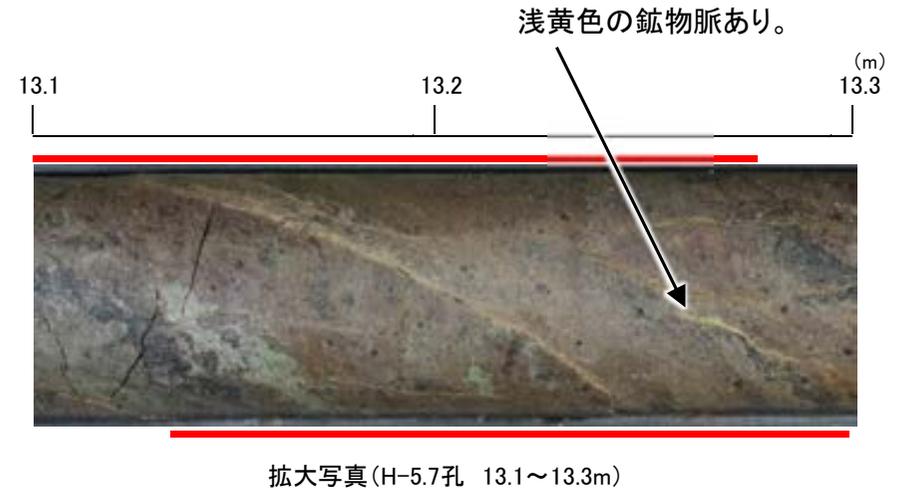
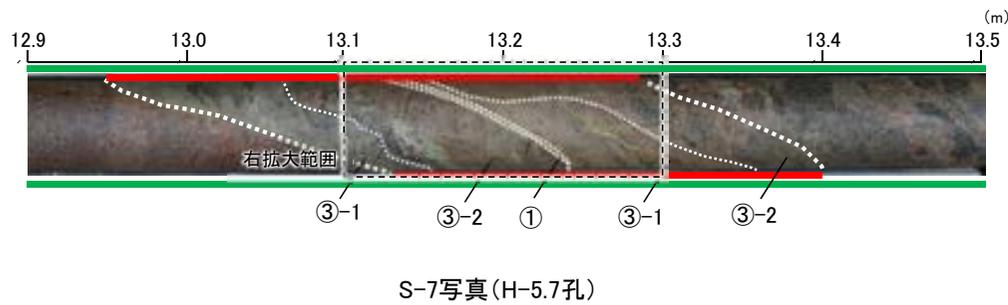
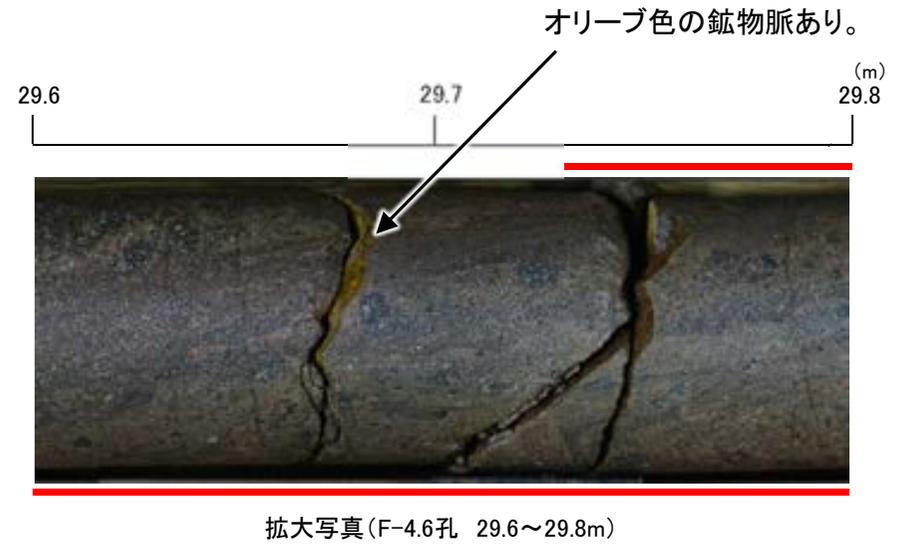
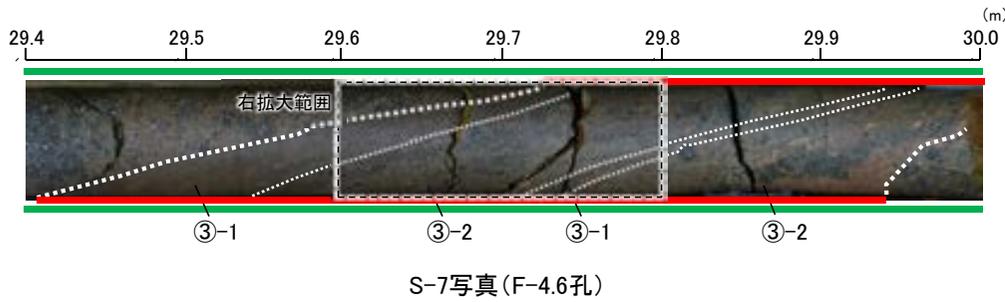
S-4写真(H-6.4孔)



拡大写真(H-6.4孔 94.5~94.7m)

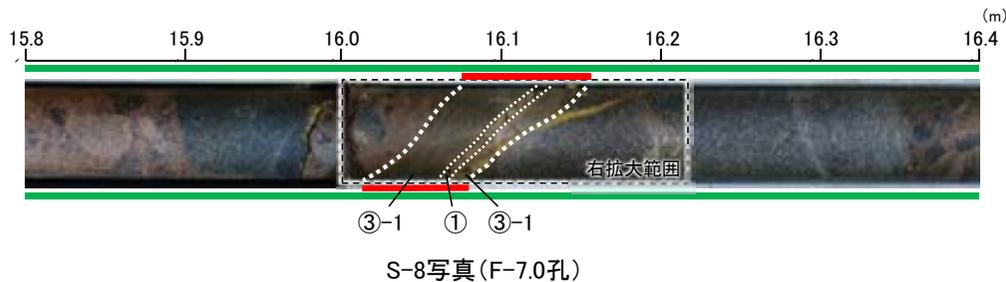
【破碎部中に認められた鉱物脈(S-7)】

- 凡例
- ① 粘土状破碎部
 - ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
 - ③-2 固結した角礫状破碎部
 - 変質している区間(非変質, 弱く変質)
- 破碎部
- 変質している区間(非変質, 弱く変質)

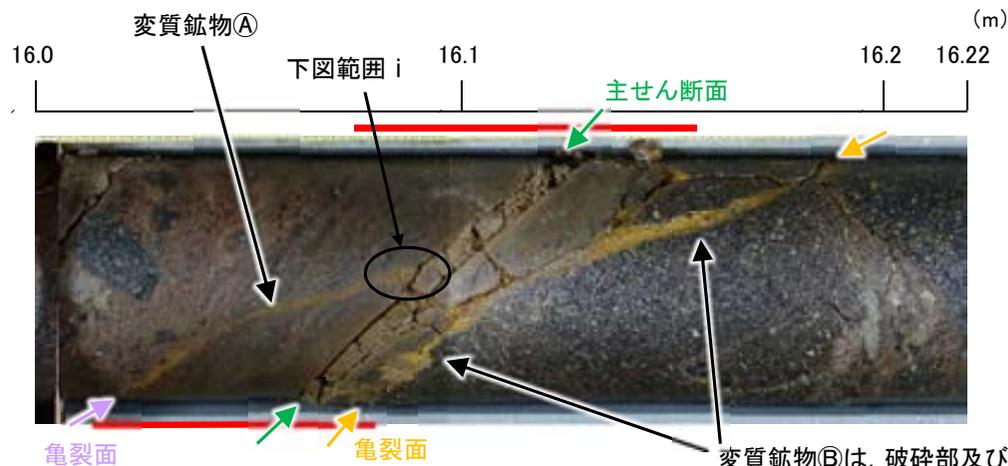


凡例

- 破砕部 ① 粘土状破砕部
- 破砕部 ③-1 固結した粘土・砂状破砕部
- 変質している区間(非変質, 弱く変質)



【(参考)破砕部中の亀裂面に沿って認められた変質鉱物(S-8)】



拡大写真(F-7.0孔 16.0~16.22m)

変質鉱物Bは、破砕部及びその周辺の亀裂面に沿って分布し、亀裂の縁辺に引きずりなどの変形は認められない。

- ・破砕部及びその周辺の亀裂面に沿って黄褐色の変質鉱物A, Bが認められる(右上写真)。
- ・黄褐色の変質鉱物A, Bは、その色調や当該箇所が地表(EL11.11m)に近い浅部(EL-4.98m)に位置していることから鉄の酸化鉱物と考えられる。
- ・変質鉱物Aは、破砕部中の亀裂面に沿って分布する。
- ・変質鉱物Bは、破砕部及びその周辺の亀裂面に沿って分布する。なお、亀裂の縁辺に引きずりなどの変形は認められない。
- ・以上を踏まえ、変質鉱物A, Bはいずれも亀裂面に沿って風化変質したものと判断した。
- ・なお、BHTV画像観察(右下写真)の結果、変質鉱物Aと主せん断面の境界(範囲i)にせん断面は認められない。



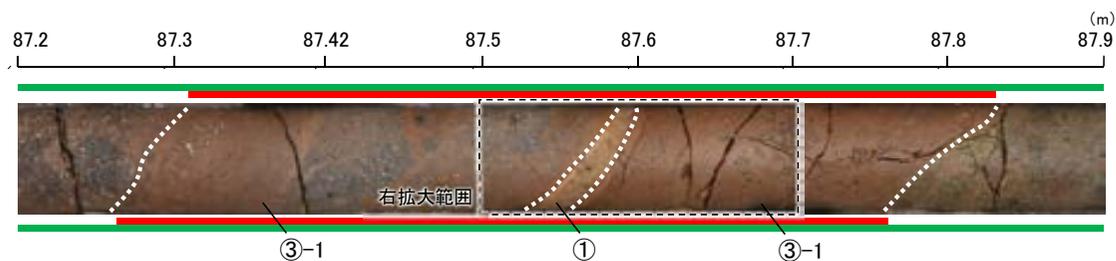
変質鉱物Aと主せん断面の境界(範囲i)にせん断面は認められない。

BHTV画像(F-7.0孔 16.0~16.22m)

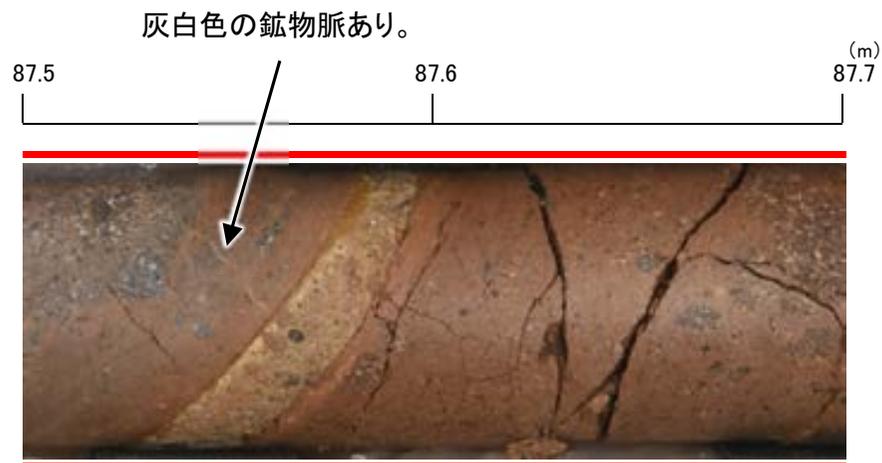
【破碎部中に認められた鉱物脈(B-2)】

凡例

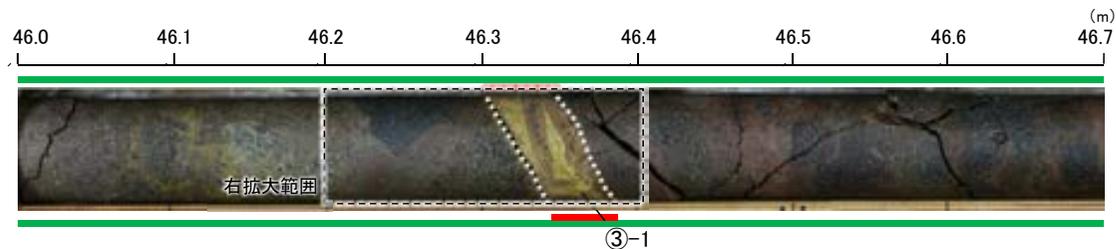
- 破碎部 ① 粘土状破碎部
- ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
- 変質している区間(非変質, 弱く変質)



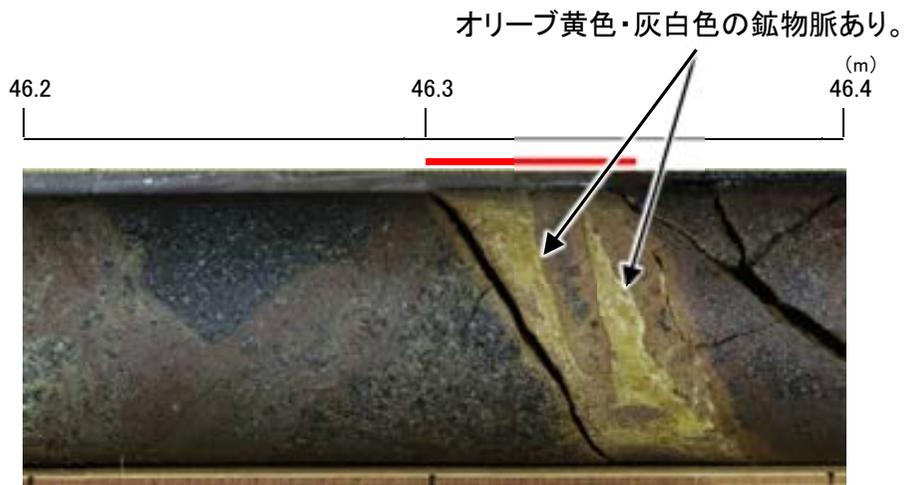
B-2写真(H-5.4-4E孔)



拡大写真(H-5.4-4E孔 87.5~87.7m)



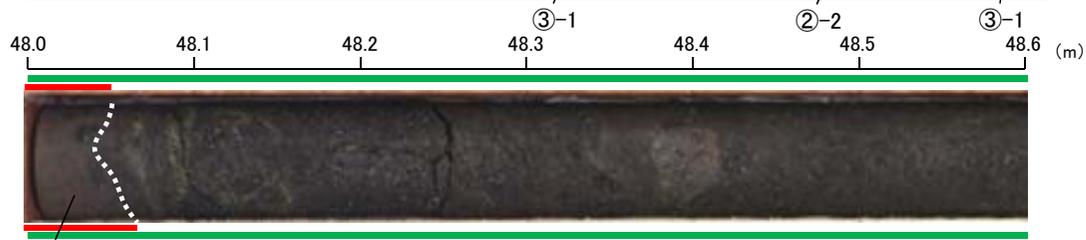
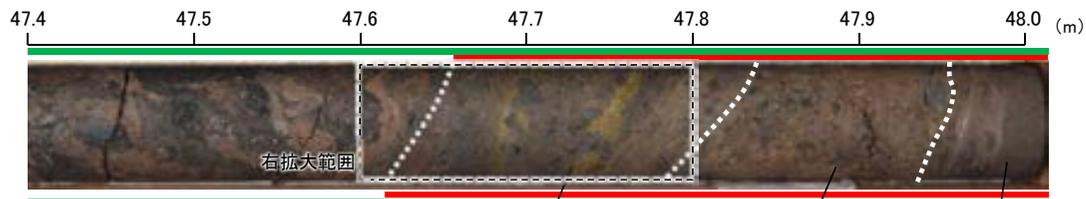
B-2写真(H-6.5孔)



拡大写真(H-6.5孔 46.2~46.4m)

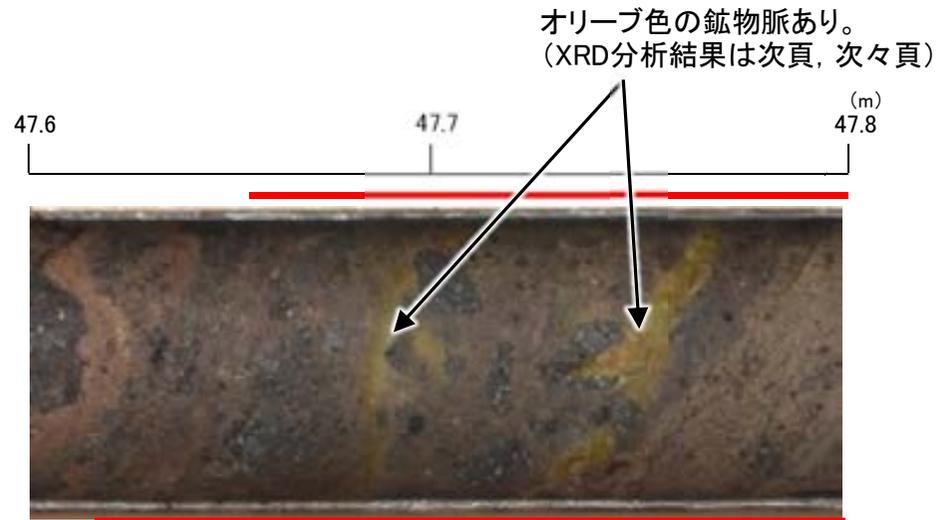
【破碎部中に認められた鉱物脈(K-2)】

- 凡例
- ① 粘土状破碎部
 - ②-2 角礫状破碎部
 - ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
 - ③-2 固結した角礫状破碎部
 - 変質している区間(非変質, 弱く変質)



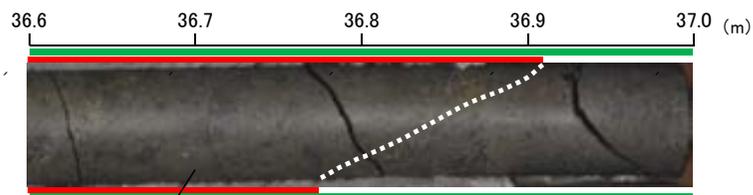
③-1 本コアには一部、グラウト影響(白色～灰色)が認められる。

K-2写真(G-1.9-27孔)



拡大写真(G-1.9-27孔 47.6～47.8m)

オリーブ色の鉱物脈あり。
(XRD分析結果は次頁, 次々頁)



③-1

K-2写真(H-0.9-75孔)

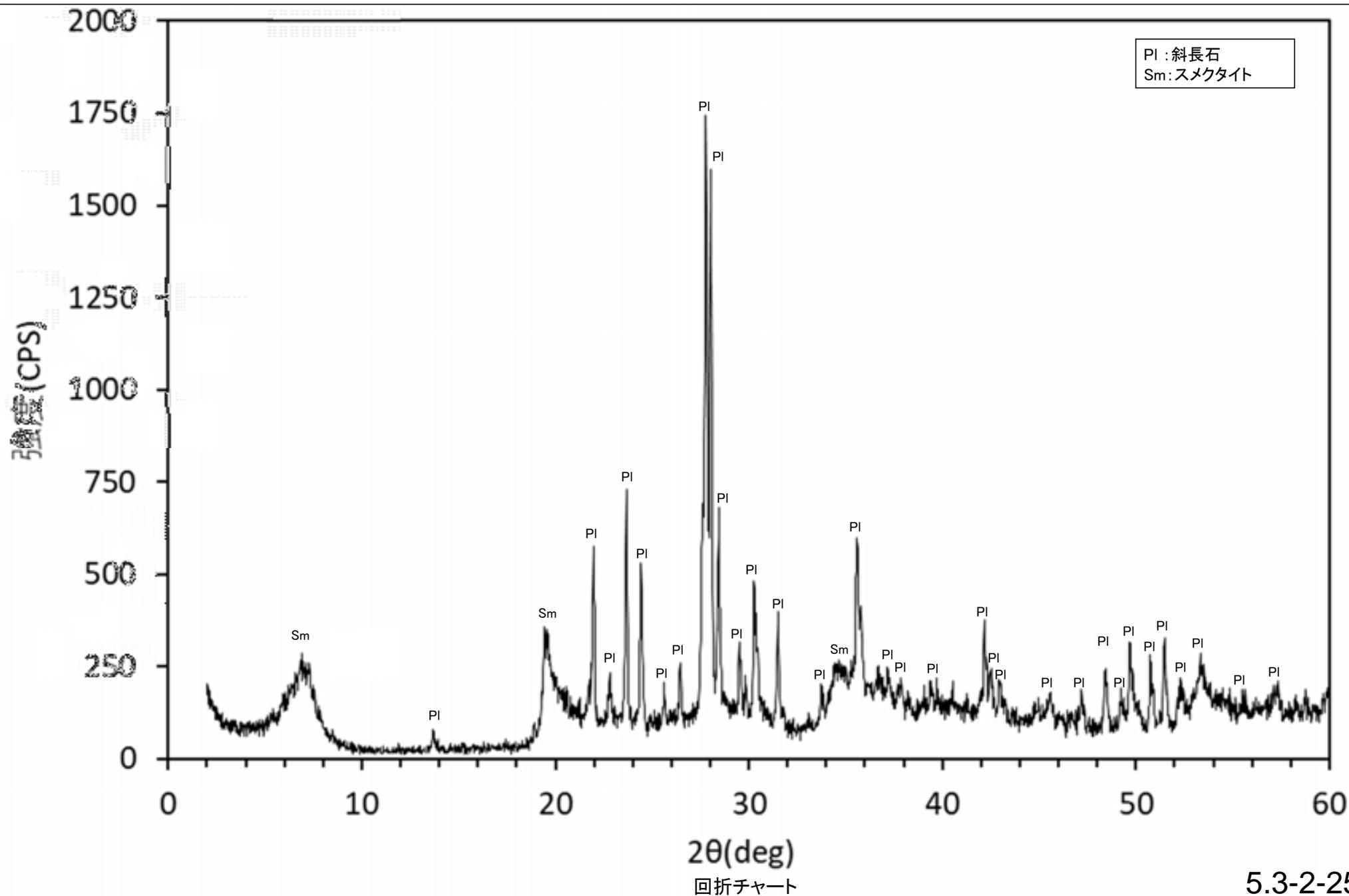


拡大写真(H-0.9-75孔 36.2～36.4m)

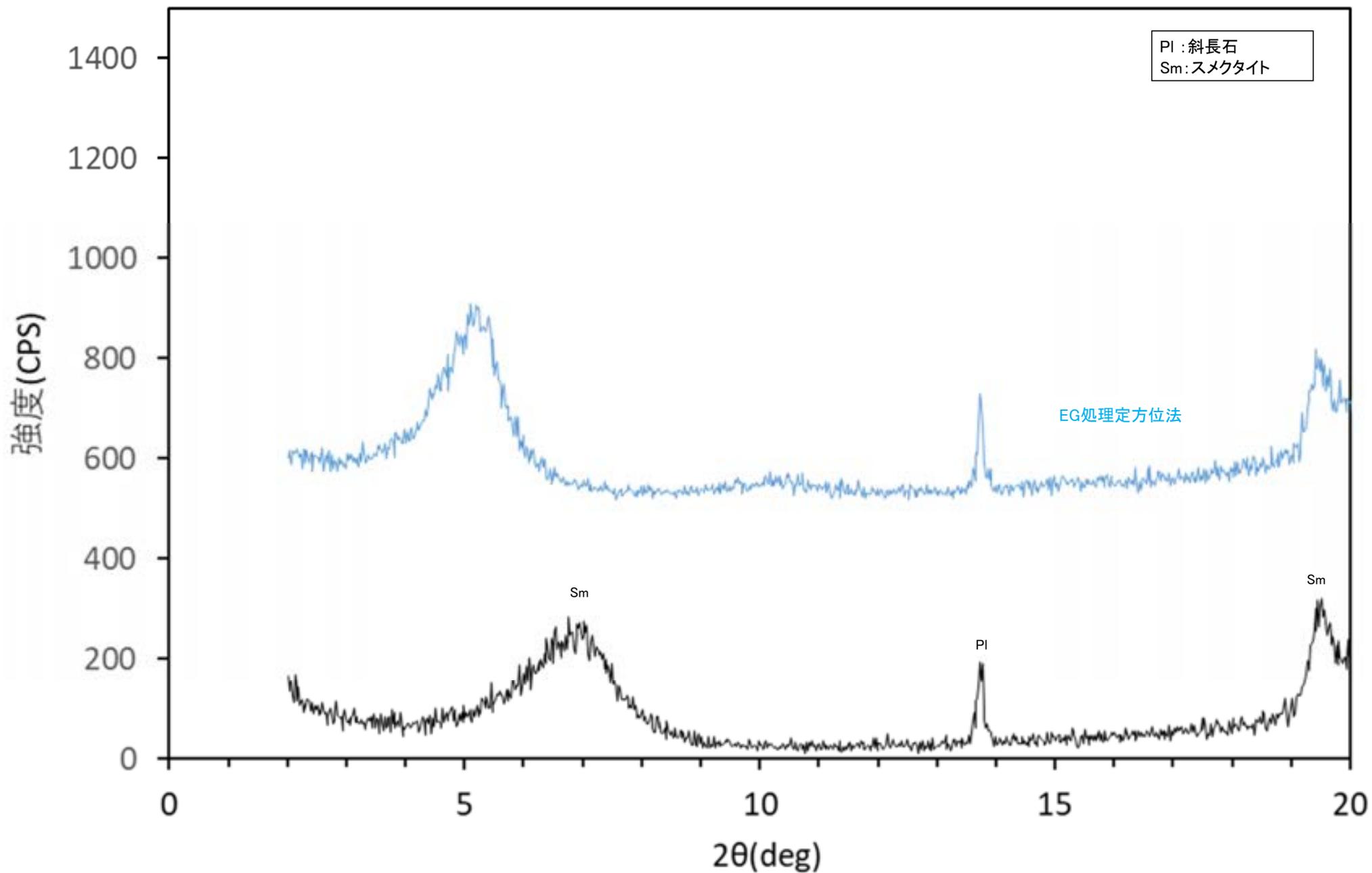
オリーブ褐色の鉱物脈あり。

【G-1.9-27孔 -X線回折チャート 不定方位】

○ 鉱物脈でXRD分析を実施した結果、主な粘土鉱物としてスメクタイトが認められる。



【G-1.9-27孔 X線回折チャート 定方位 EG処理】

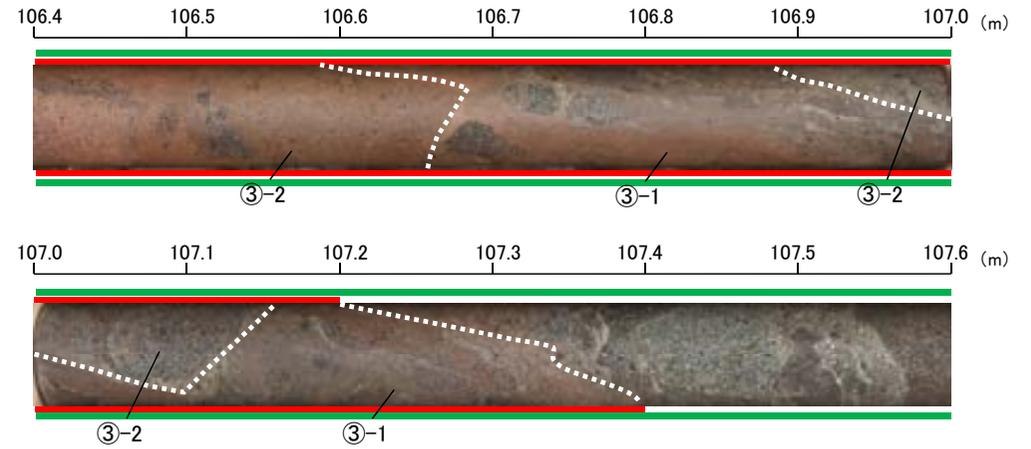
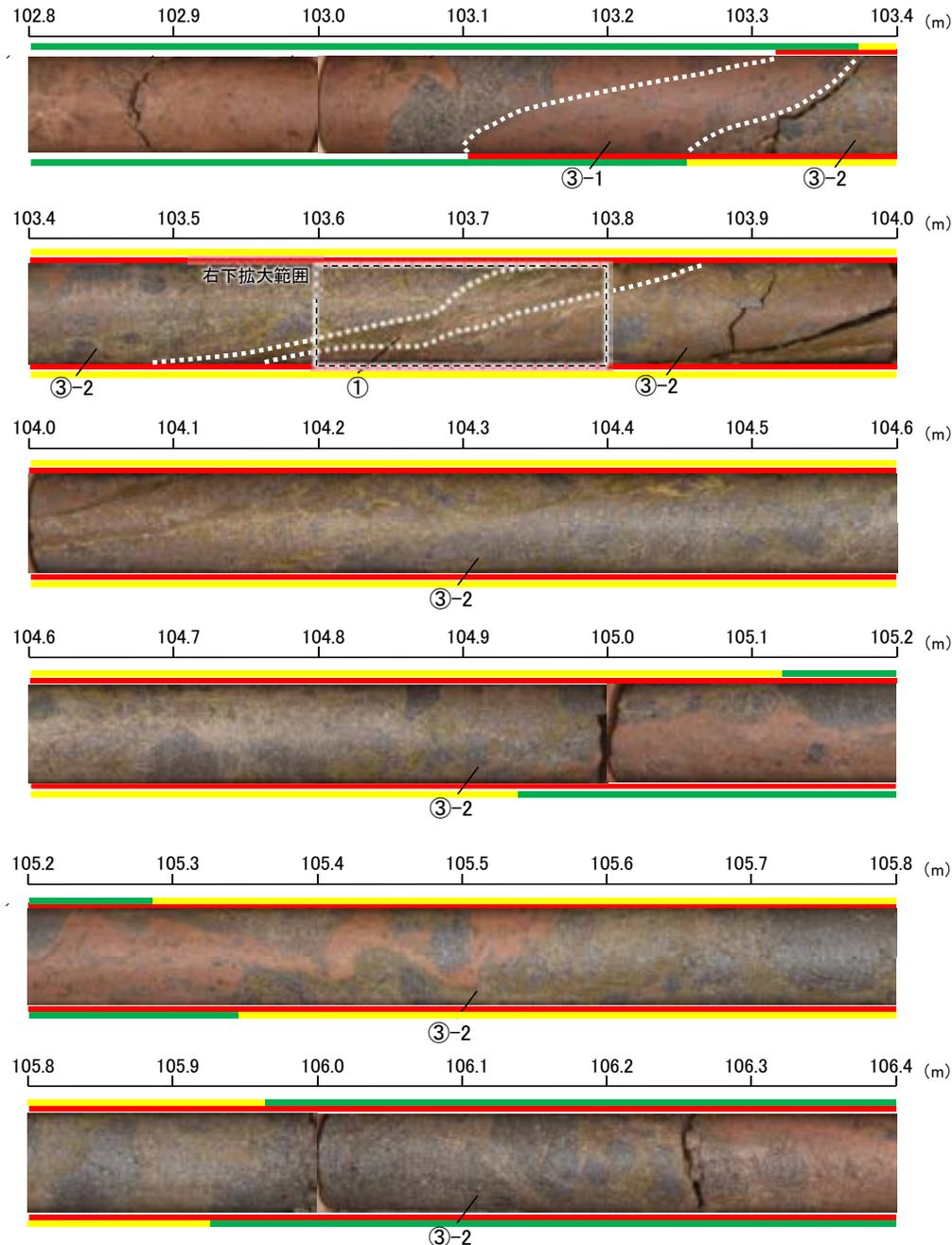


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

【破砕部中に認められた鉱物脈(K-2)】

凡例

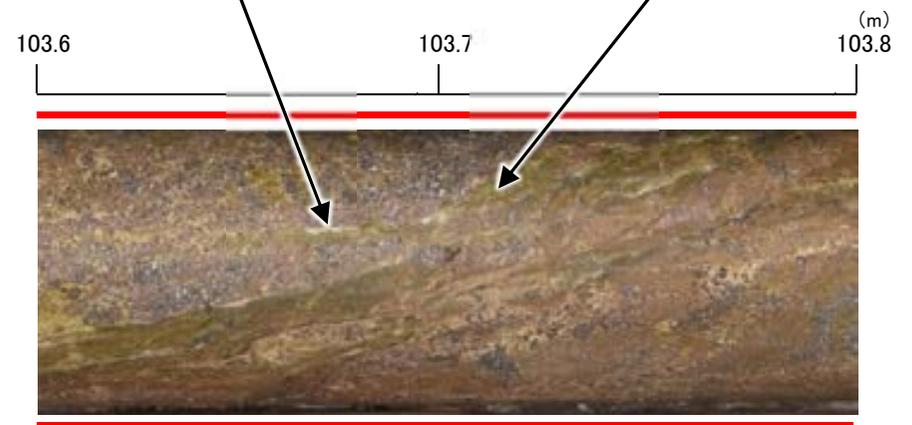
- ① 粘土状破砕部
- ③-1 固結した粘土・砂状破砕部
- ③-2 固結した角礫状破砕部
- 変質している区間(非変質、弱く変質)
- 変質している区間(変質)



K-2写真(H-1.1孔)

白色の鉱物脈あり。
(XRD分析結果は次頁, 次々頁)

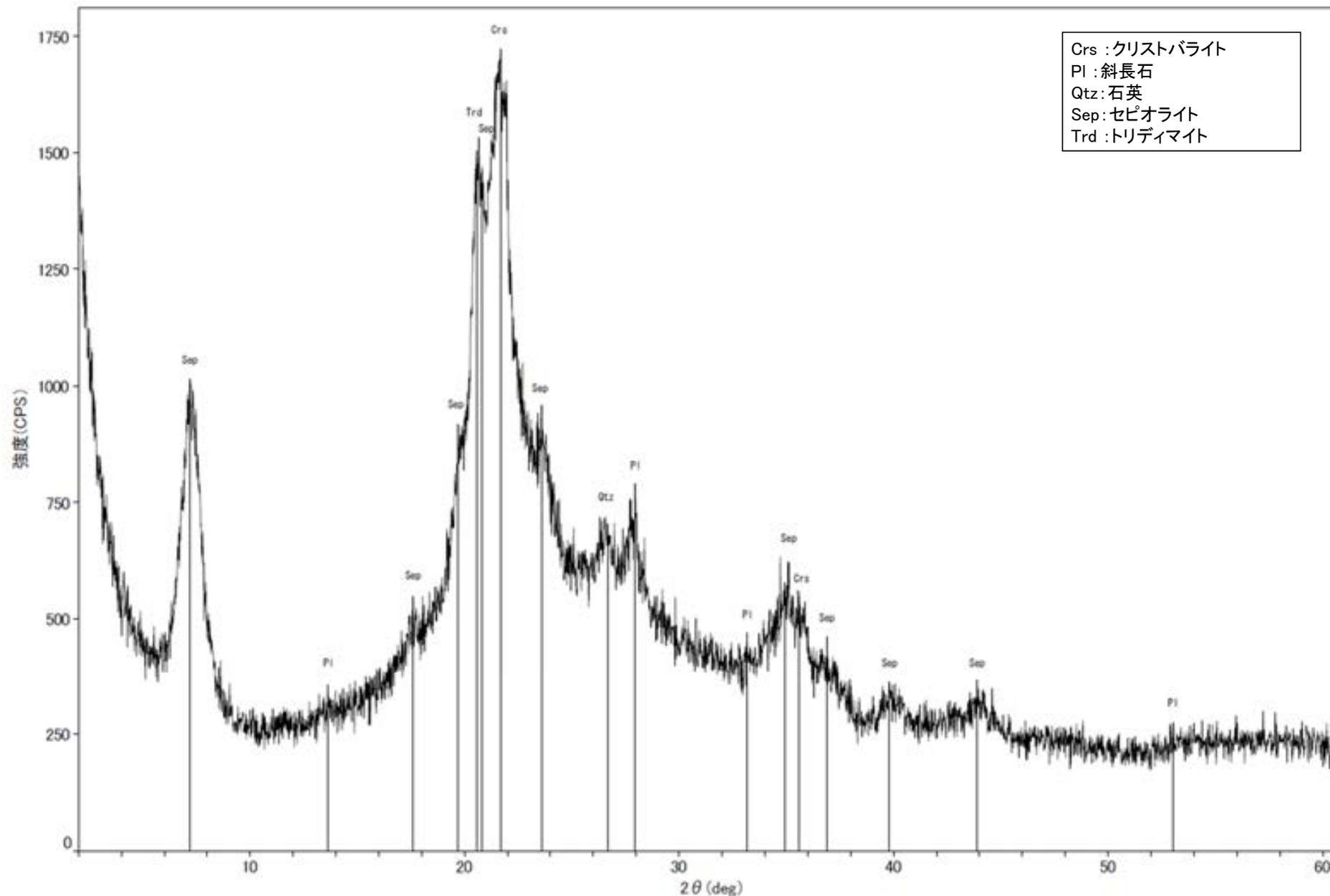
オリーブ色の鉱物脈あり。
(XRD分析結果は
補足資料5.3-2(15) P.5.3-2-256)



拡大写真(H-1.1孔 103.6~103.8m)

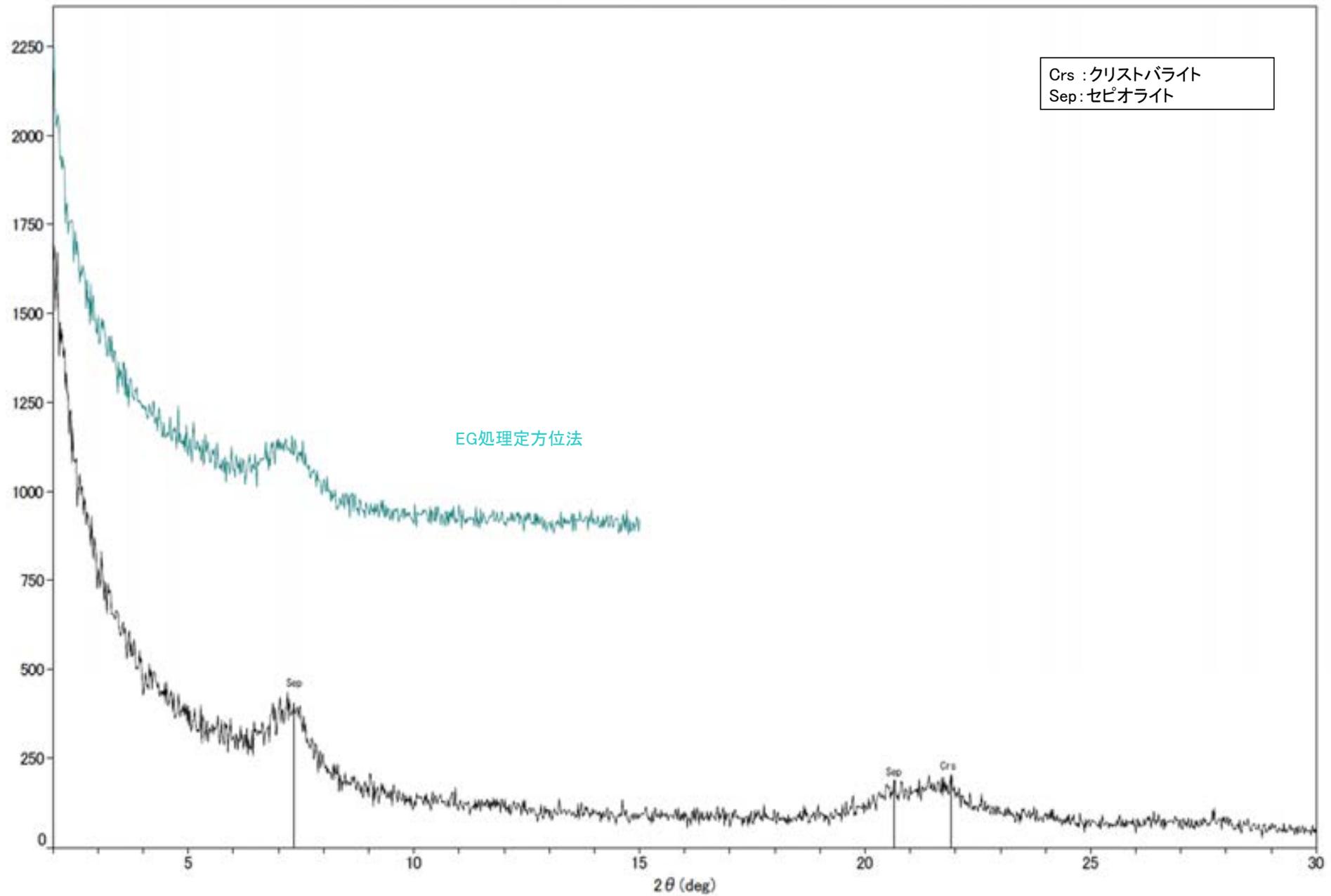
【H-1.1孔(白色の鉱物脈) X線回折チャート 不定方位】

○白色の鉱物脈でXRD分析を実施した結果, クリスタバライトとトリディマイトのピークが見られるため, この白色鉱物脈にはオパールCTが含まれる。



回折チャート

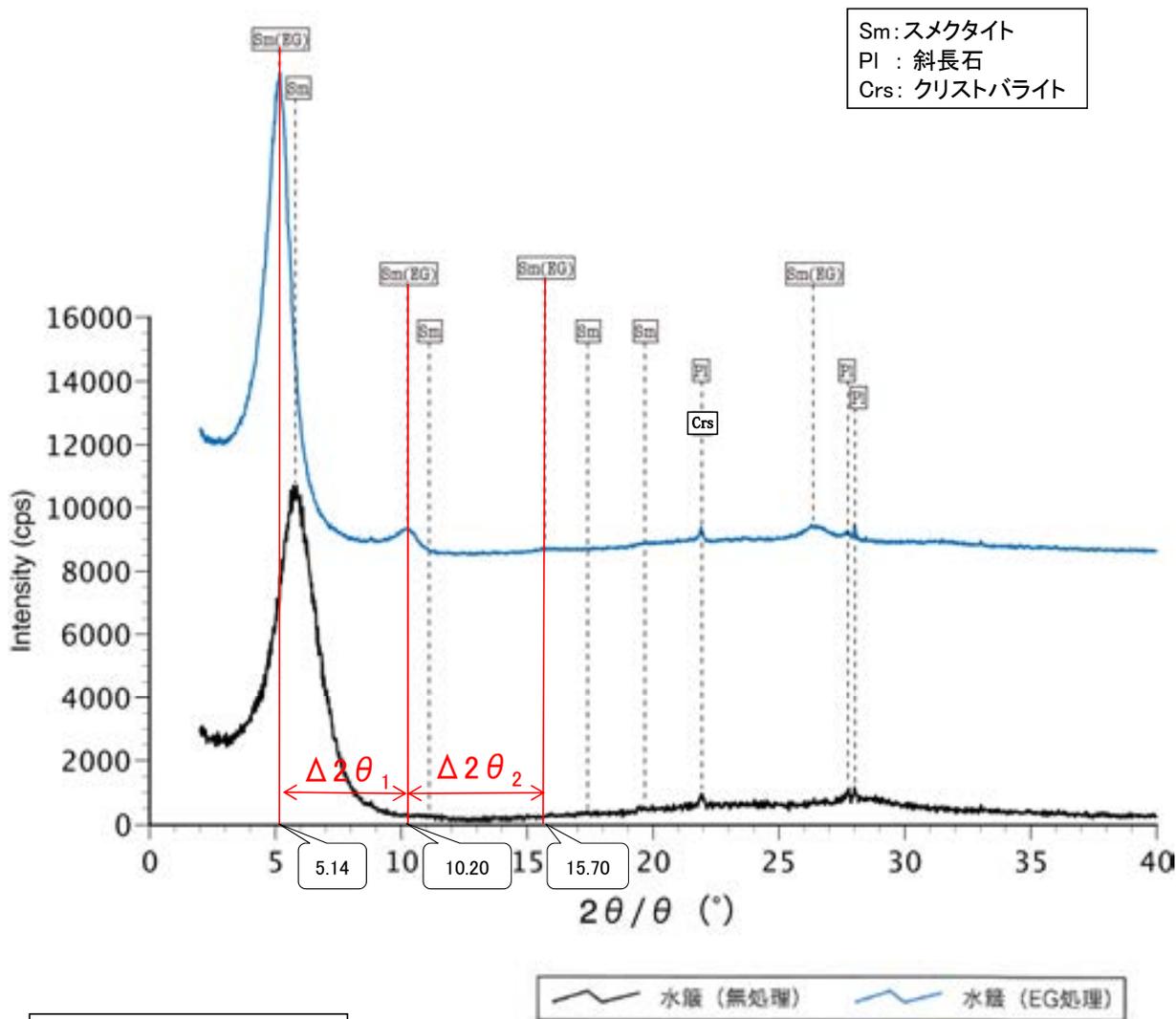
【H-1.1孔(白色の鉱物脈) X線回折チャート 定方位 EG処理】



回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

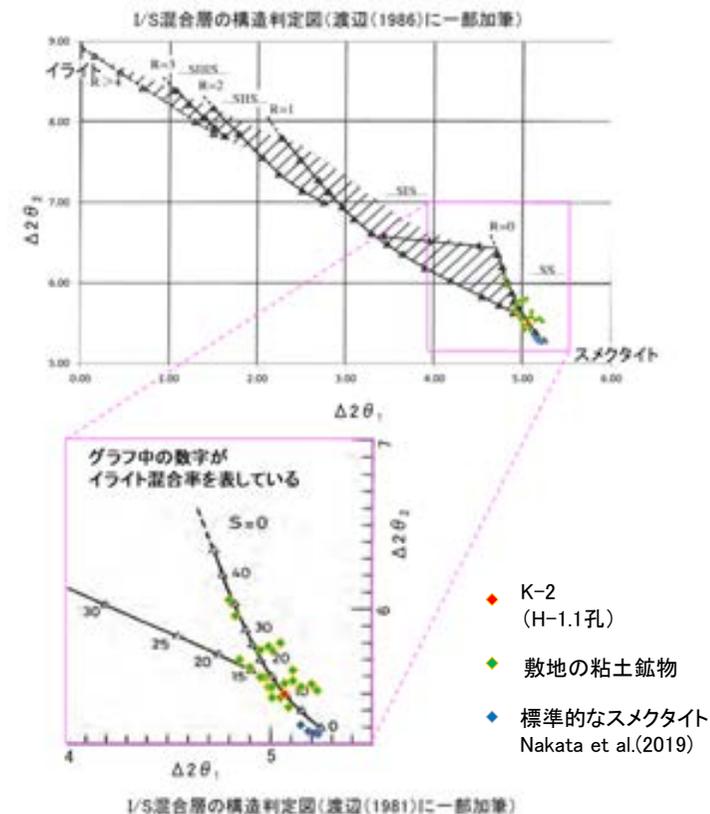
【H-1.1孔(オリブ色の鉱物脈) X線回折チャート 定方位(粘土分濃集)】

○オリブ色の鉱物脈でXRD分析(粘土分濃集)による結晶構造判定を実施した結果、粘土鉱物(スメクタイト)はI/S混合層であると判定した。



本試料は、水層と遠心分離によって、粒径0.2~2.0μmの粘土分を濃集している。

回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



EG処理スメクタイトのピーク回折角

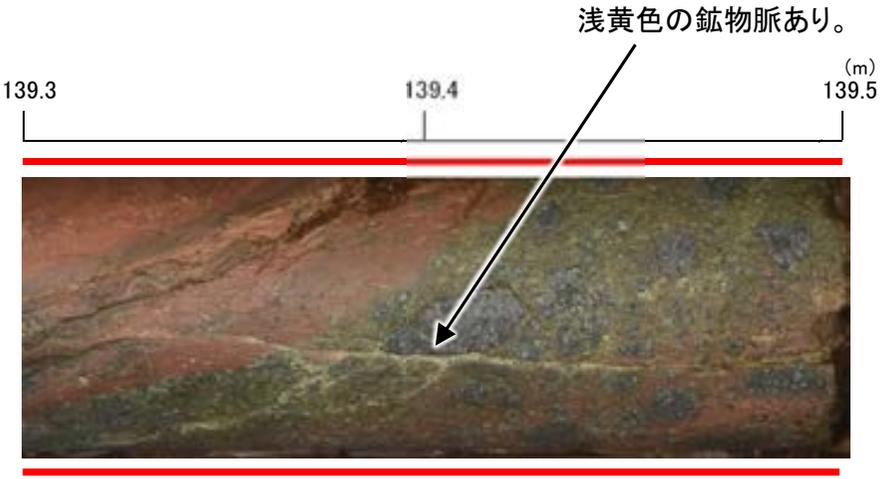
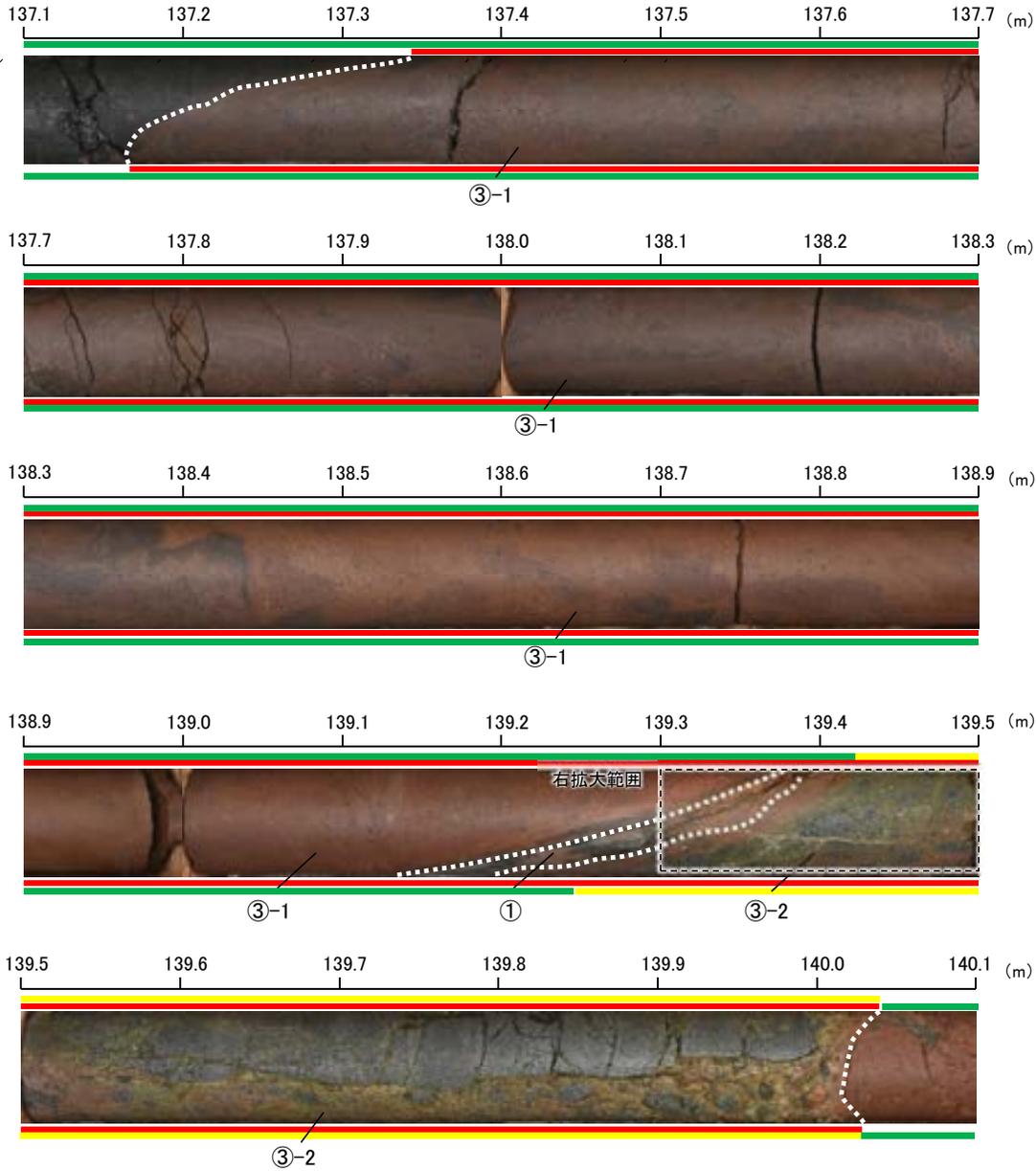
①5~8°	5.14°
②9~11°	10.20°
③16~18°	15.70°
$\Delta 2\theta_1$ (②-①)	5.06°
$\Delta 2\theta_2$ (③-②)	5.50°

I/S混合層構造判定

渡辺(1986)によるI/S混合層構造判定	I/S混合層(R=0)
渡辺(1981)によるイライト混合割合	イライトが10%程度混合

【破碎部中に認められた鉱物脈(K-2)】

- 凡例
- ① 粘土状破碎部
 - ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
 - ③-2 固結した角礫状破碎部
 - 変質している区間(非変質, 弱く変質)
 - 変質している区間(変質)

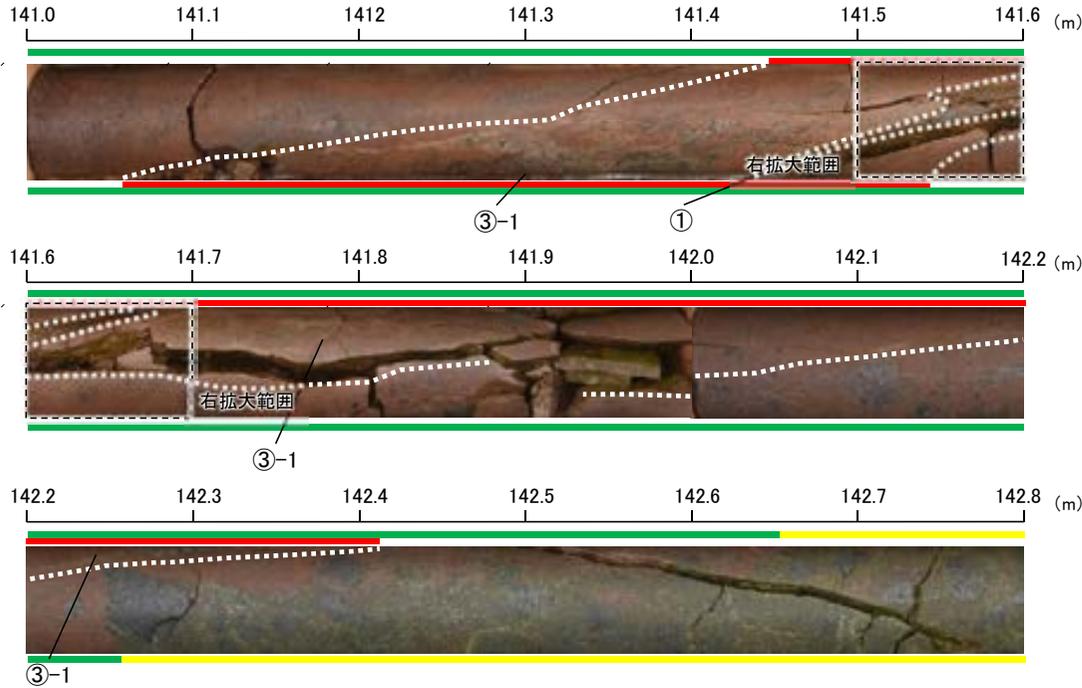


拡大写真(H-1.3-88孔 139.3~139.5m)

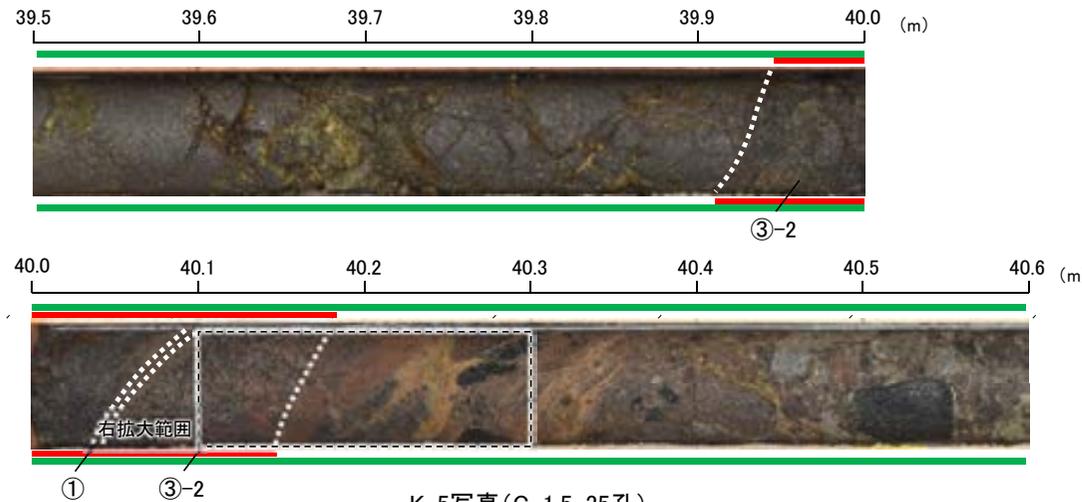
【破碎部中に認められた鉱物脈(K-2, K-5)】

凡例

- ① 粘土状破碎部
- ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
- ③-2 固結した角礫状破碎部
- 変質している区間(非変質, 弱く変質)
- 変質している区間(変質)

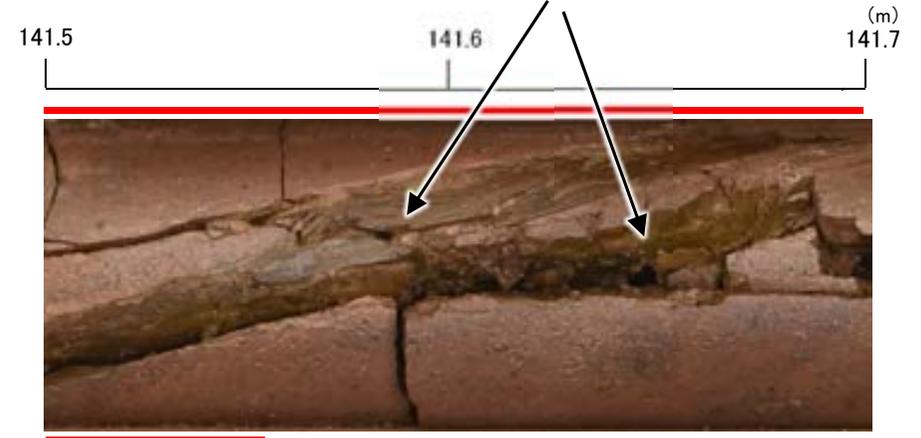


K-2写真(H-1.3-88孔)



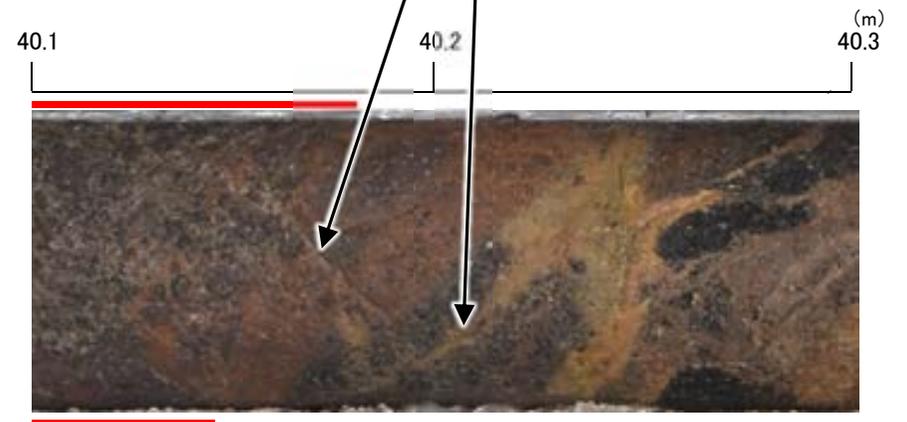
K-5写真(G-1.5-35孔)

オリーブ～オリーブ褐色の鉱物脈あり。



拡大写真(H-1.3-88孔 141.5～141.7m)

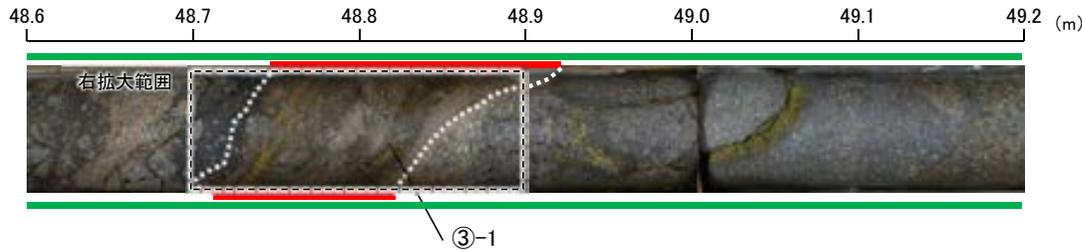
明褐色～オリーブ色の鉱物脈あり。



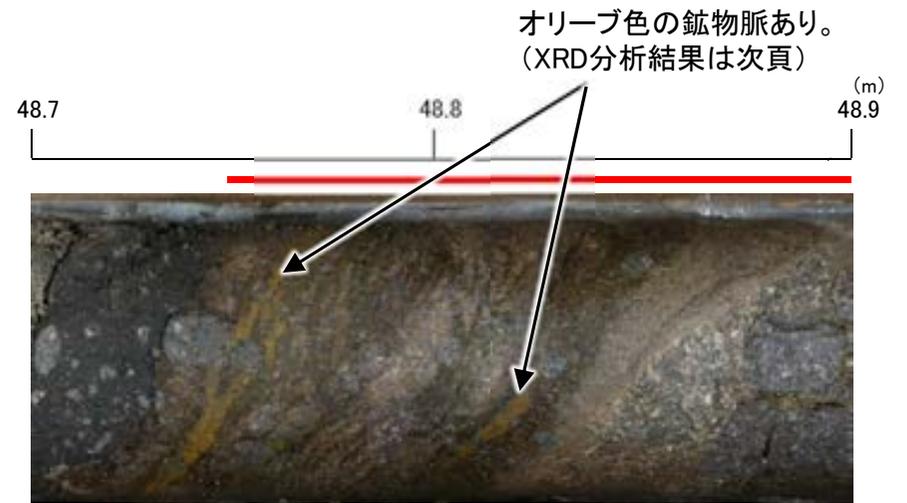
拡大写真(G-1.5-35孔 40.1～40.3m)

【破碎部中に認められた鉱物脈(K-3, K-16)】

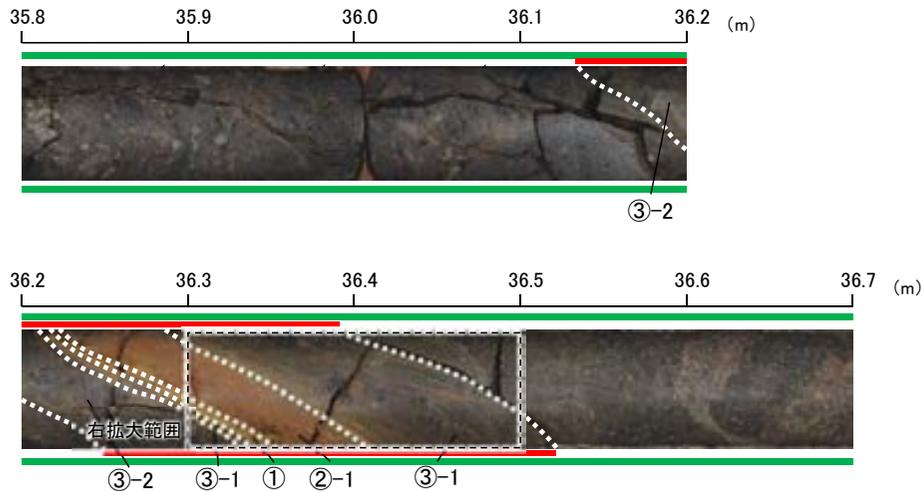
- 凡例
- ① 粘土状破碎部
 - ②-1 砂状破碎部
 - ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
 - ③-2 固結した角礫状破碎部
 - 変質している区間(非変質, 弱く変質)



K-3写真(M-2.2孔)

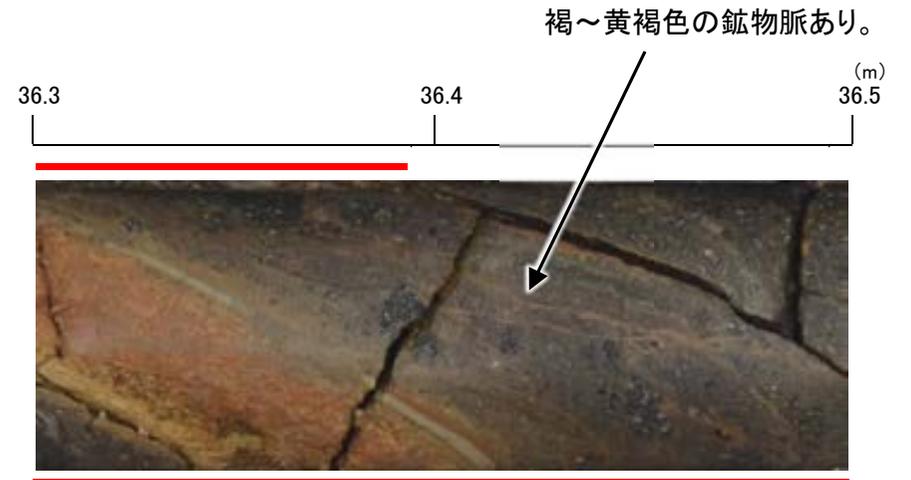


拡大写真(M-2.2孔 48.7~48.9m)



K-16写真(H-1.86孔)

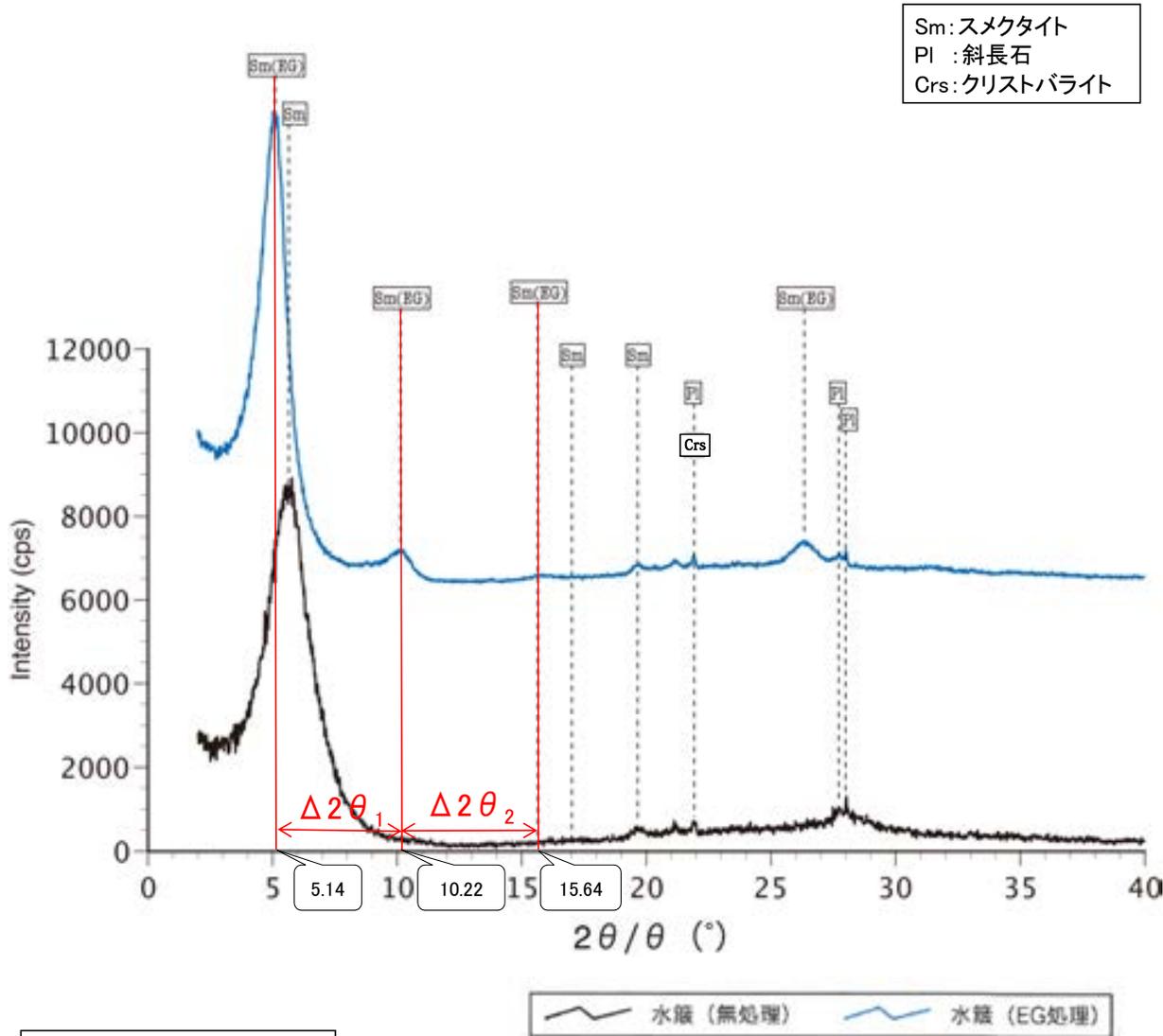
本コアには一部、グラウト影響(白色~灰色)が認められる。



拡大写真(H-1.86孔 36.3~36.5m)

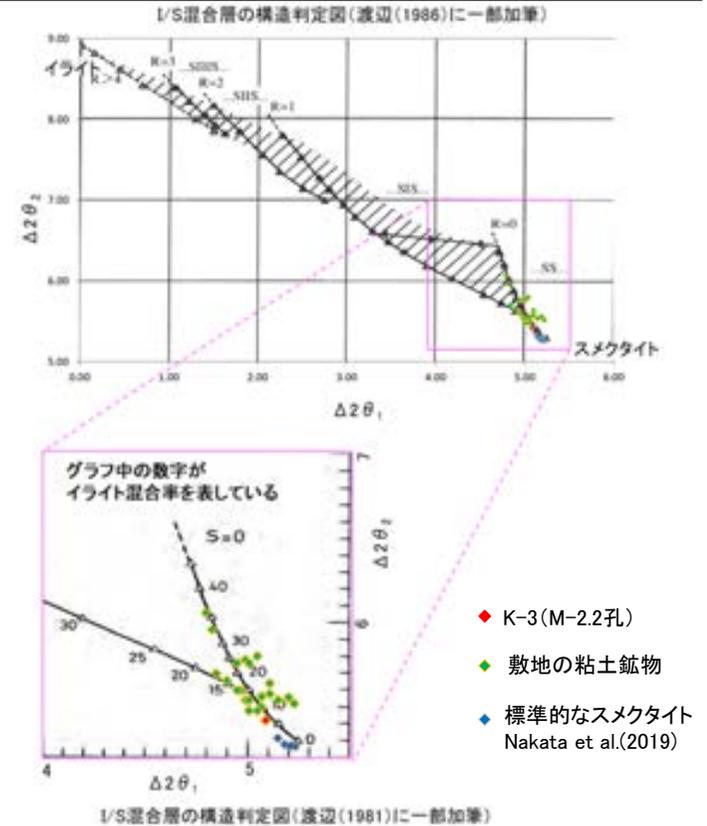
【M-2.2孔 X線回折チャート 定方位(粘土分濃集)】

○鉍物脈でXRD分析(粘土分濃集)による結晶構造判定を実施した結果, 粘土鉍物(スメクタイト)はI/S混合層であると判定した。



本試料は, 水鏡と遠心分離によって, 粒径0.2~2.0μmの粘土分を濃集している。

回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



EG処理スメクタイトのピーク回折角

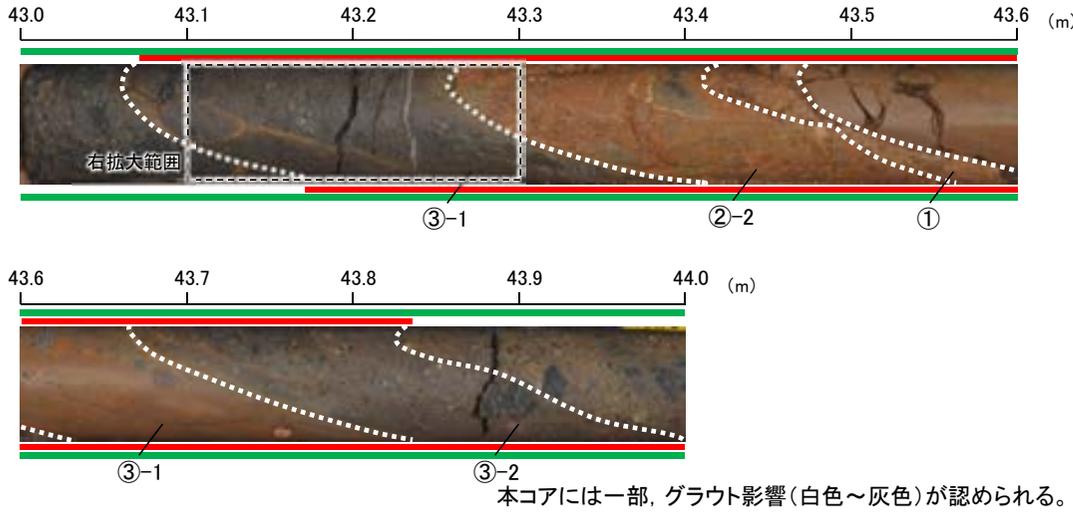
①5~8°	5.14°
②9~11°	10.22°
③16~18°	15.64°
$\Delta 2\theta_1$ (②-①)	5.08°
$\Delta 2\theta_2$ (③-②)	5.42°

I/S混合層構造判定

渡辺(1986)による I/S混合層構造判定	I/S混合層(R=0)
渡辺(1981)による イライト混合割合	イライトが10%程度混合

【破碎部中に認められた鉱物脈(K-16)】

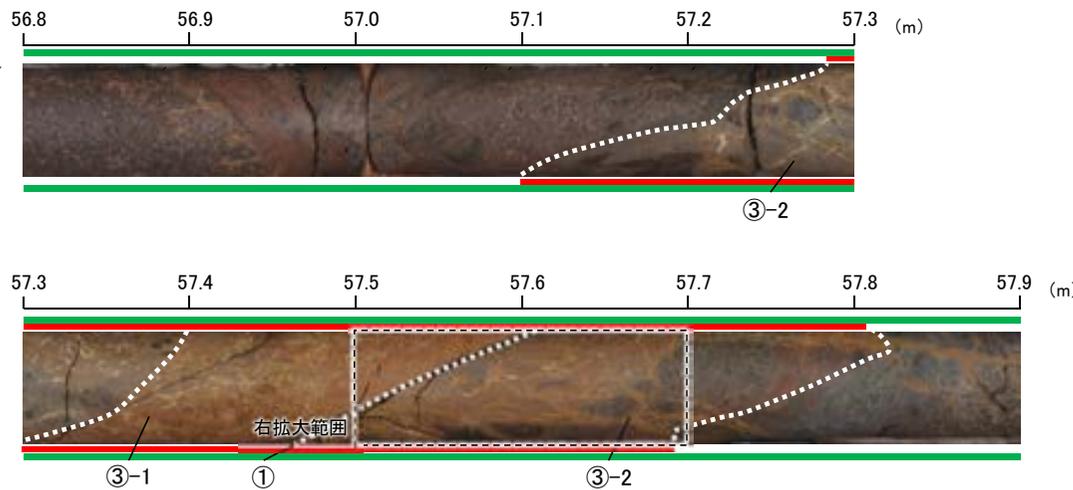
- 凡例
- ① 粘土状破碎部
 - ②-2 角礫状破碎部
 - ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
 - ③-2 固結した角礫状破碎部
 - 変質している区間(非変質, 弱く変質)



K-16写真(H-1.80孔)



拡大写真(H-1.80孔 43.1～43.3m)



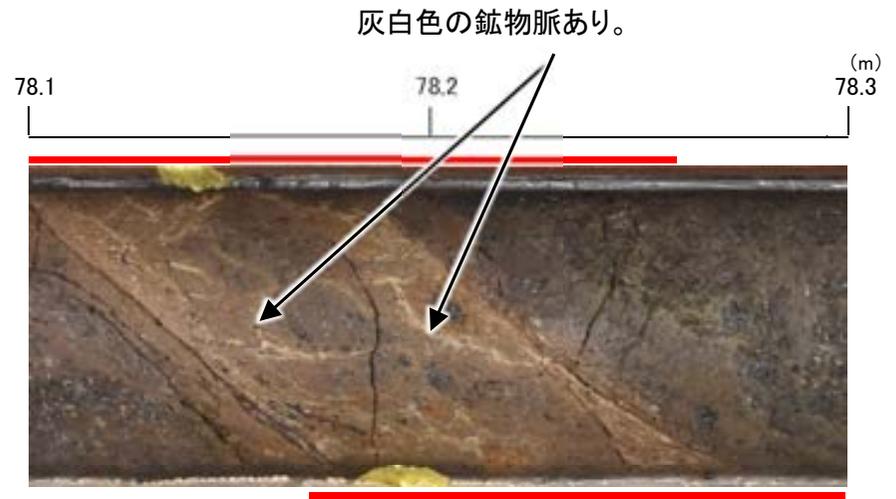
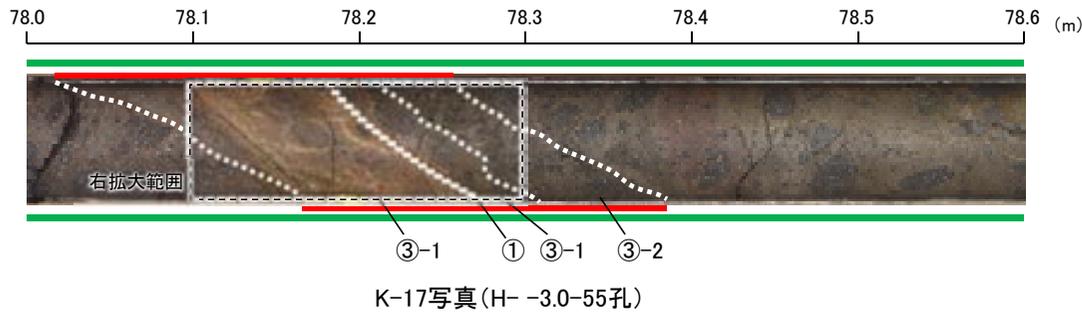
K-16写真(H-1.7孔)



拡大写真(H-1.7孔 57.5～57.7m)

【破碎部中に認められた鉱物脈(K-17)】

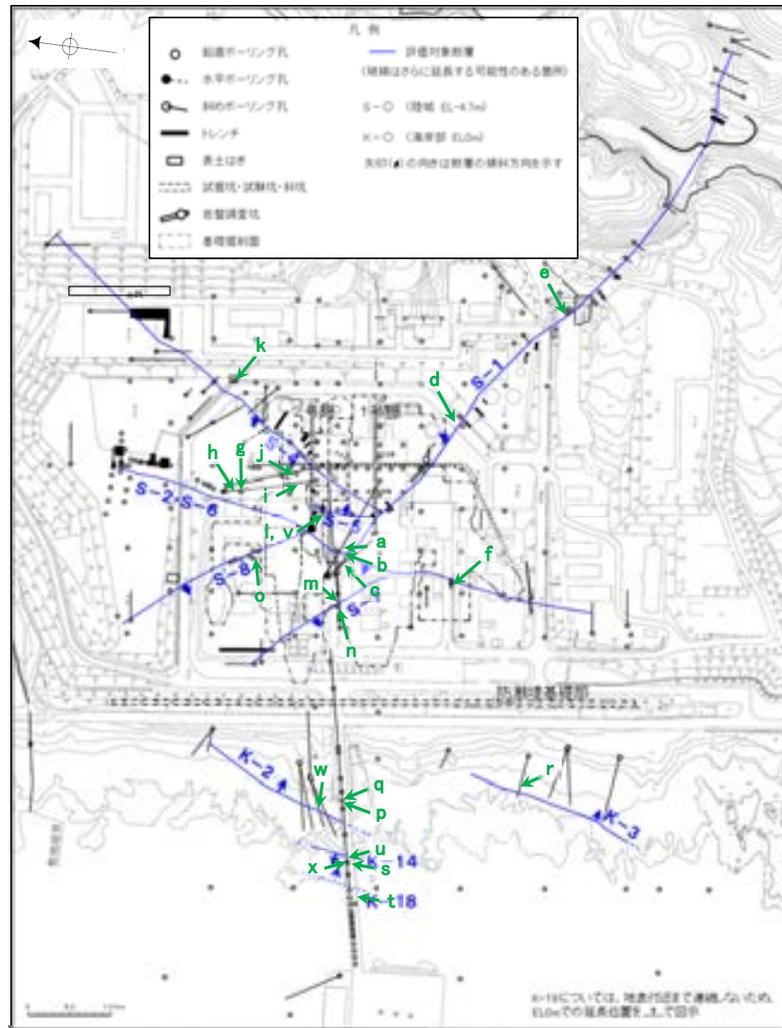
- 凡例
- ① 粘土状破碎部
 - ③-1 固結した粘土・砂状破碎部
 - ③-2 固結した角礫状破碎部
 - 変質している区間(非変質, 弱く変質)



補足資料5. 3-3

鉍物脈法に関する調査結果(鉍物組成, 運動方向等)

(1) X線回折分析結果



矢印(●)の向きは断層の傾斜方向を示す

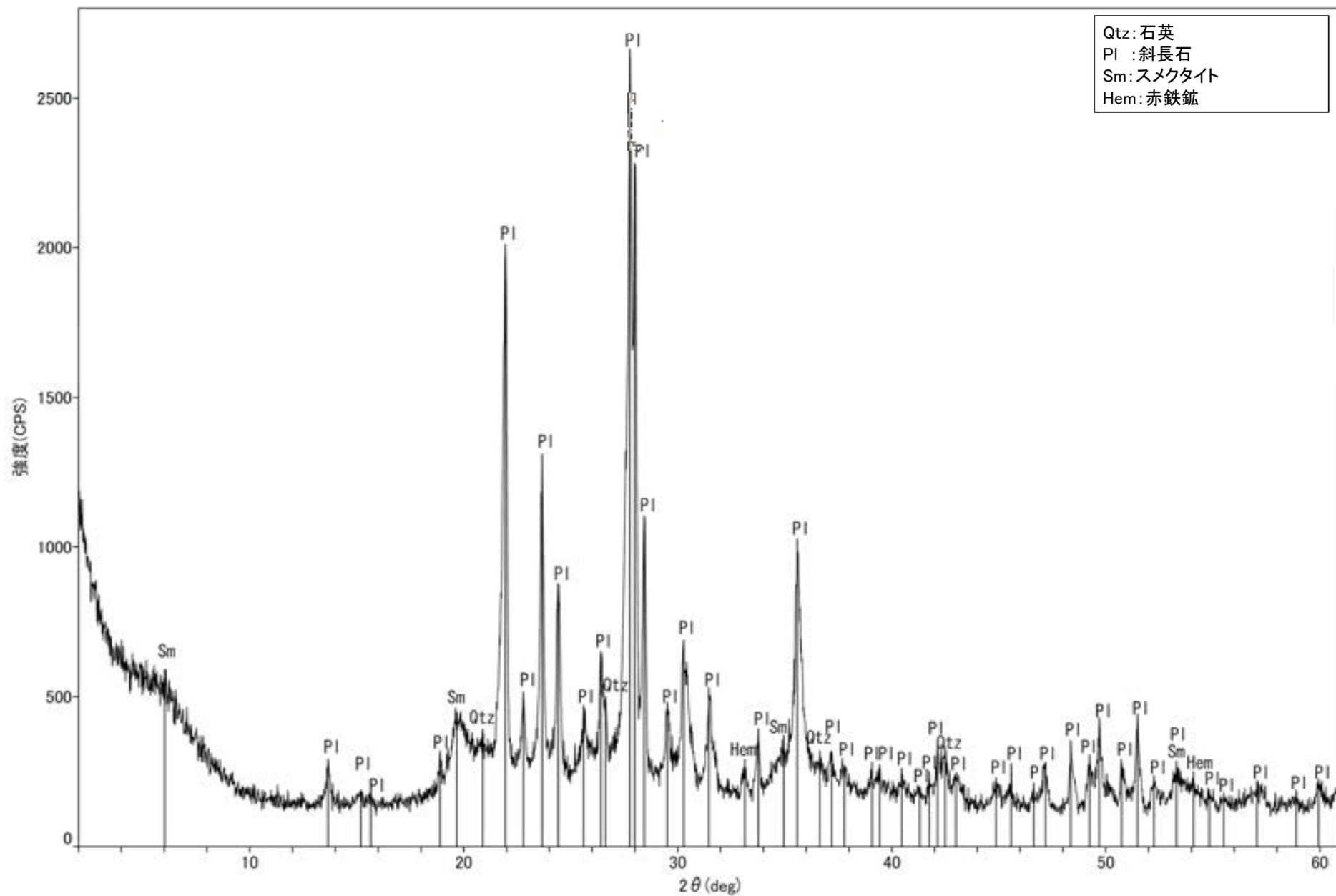
試料採取位置

試料採取位置図

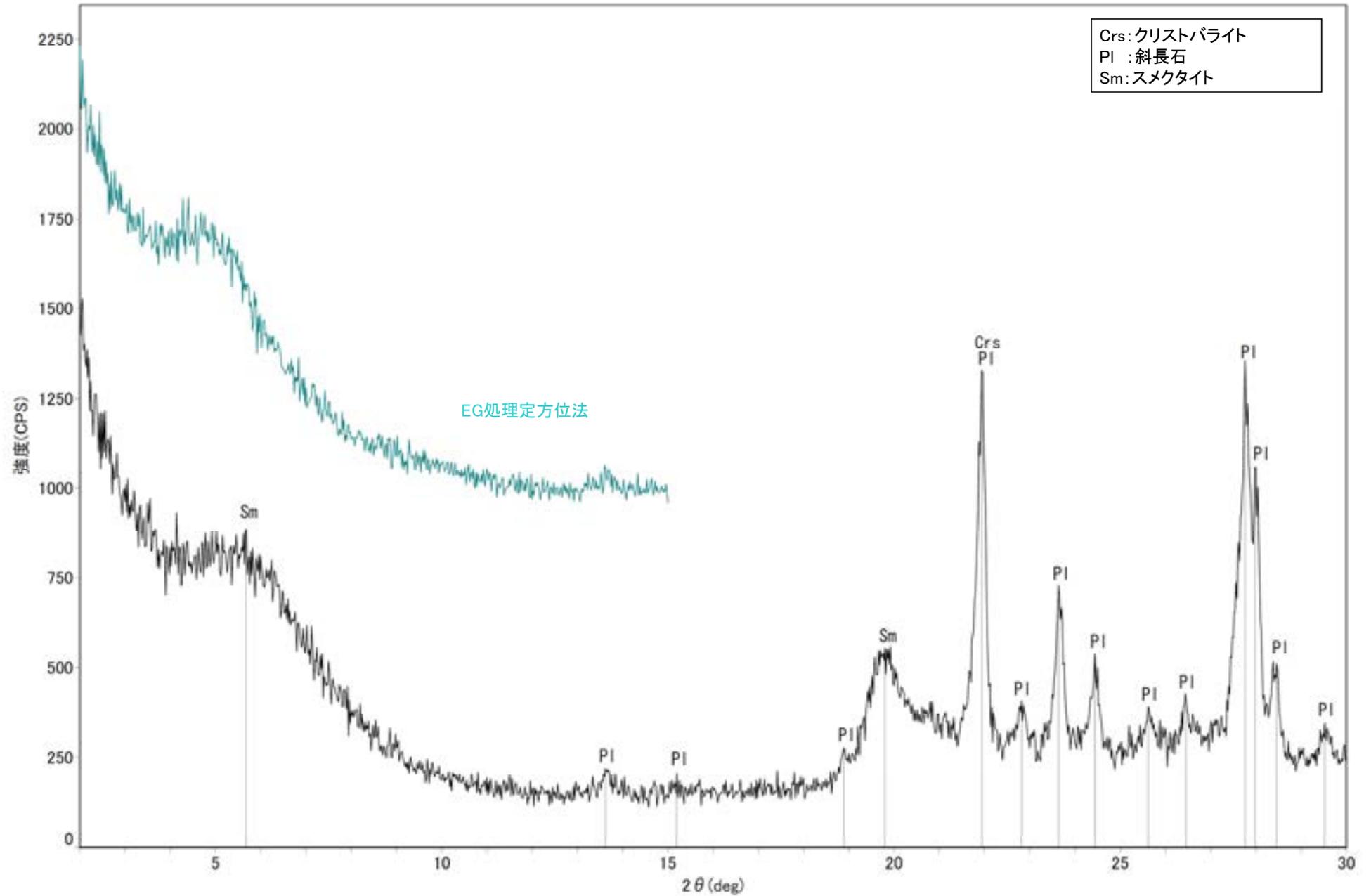
断層	試料採取位置		
	採取位置 (左位置図)	深度	標高
S-1	a H-6.5-2孔	70.70m	EL -49.50m
	b H-6.6-1孔	57.25m	EL -37.95m
	c H-6.7孔	35.10m	EL -19.01m
	d K-10.3SW孔	27.81m	EL -6.17m
	e M-12.5"孔	49.96m	EL -21.66m
S-2・S-6	f K-6.2-2孔	30.94m	EL -19.45m
	g R-8.5'孔	8.50m	EL 12.63m
	h E-8.5-2孔	8.55m	EL 12.66m
S-4	i E-8.50"孔	111.95m	EL -39.83m
	j E-8.60孔	104.68m	EL -35.91m
	k E-11.1SE-2孔	1.65m	EL 19.72m
S-5	v R-8.1-1-2孔	23.46m	EL -12.38m
	l R-8.1-1-3孔	22.24m	EL -11.12m
S-7	m H-5.4-1E孔	24.16m	EL 4.80m
	n H-5.7'孔	14.35m	EL -3.26m
S-8	o F-6.75孔	26.85m	EL -15.76m
K-2	p H-1.1-87孔	84.30m	EL -77.40m
	q H-1.1孔	103.62m	EL -96.84m
	w G-1.5-80孔	77.82m	EL -72.12m
K-3	r M-2.2孔	48.74m	EL -31.45m
K-14	s H- -0.3-80孔	31.65m	EL -27.48m
	t H' - -1.3孔	125.58m	EL -121.91m
K-18	x H-0.2-60孔	84.35m	EL -68.32m
	u H-0.2-75孔	116.75m	EL -108.04m

XRD分析 測定諸元

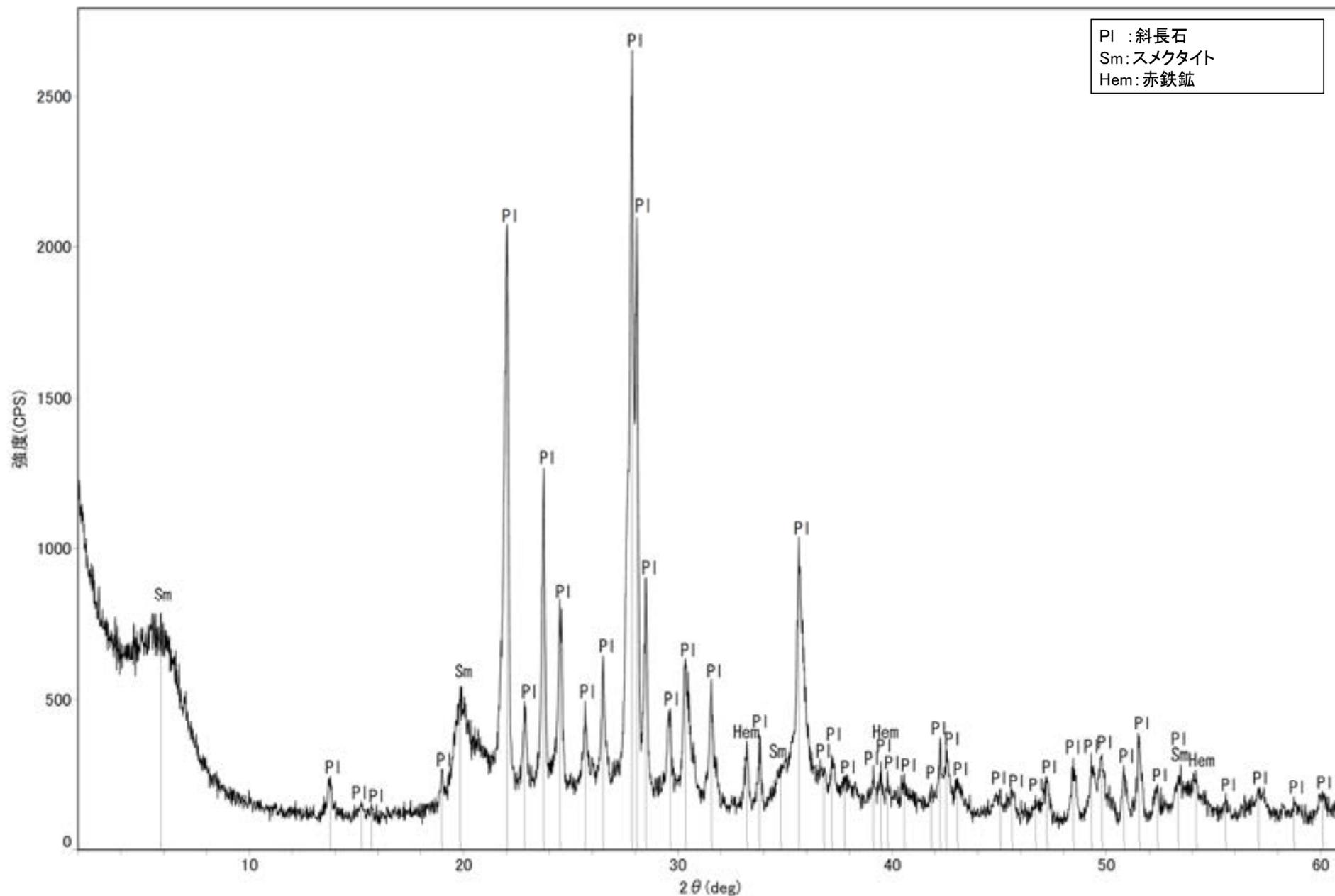
装置:理学電気製 MultiFlex Divergence Slit:1°
 Target:Cu(Kα) Scattering Slit:1°
 Monochromator:Graphite 湾曲 Receiving Slit:0.3mm
 Voltage:40kV Scanning Sped:2° /min
 Current:40mA Scanning Mode:連続法
 Detector:SC Sampling Range:0.02°
 Calculation Mode:cps Scanning Range:2~61°



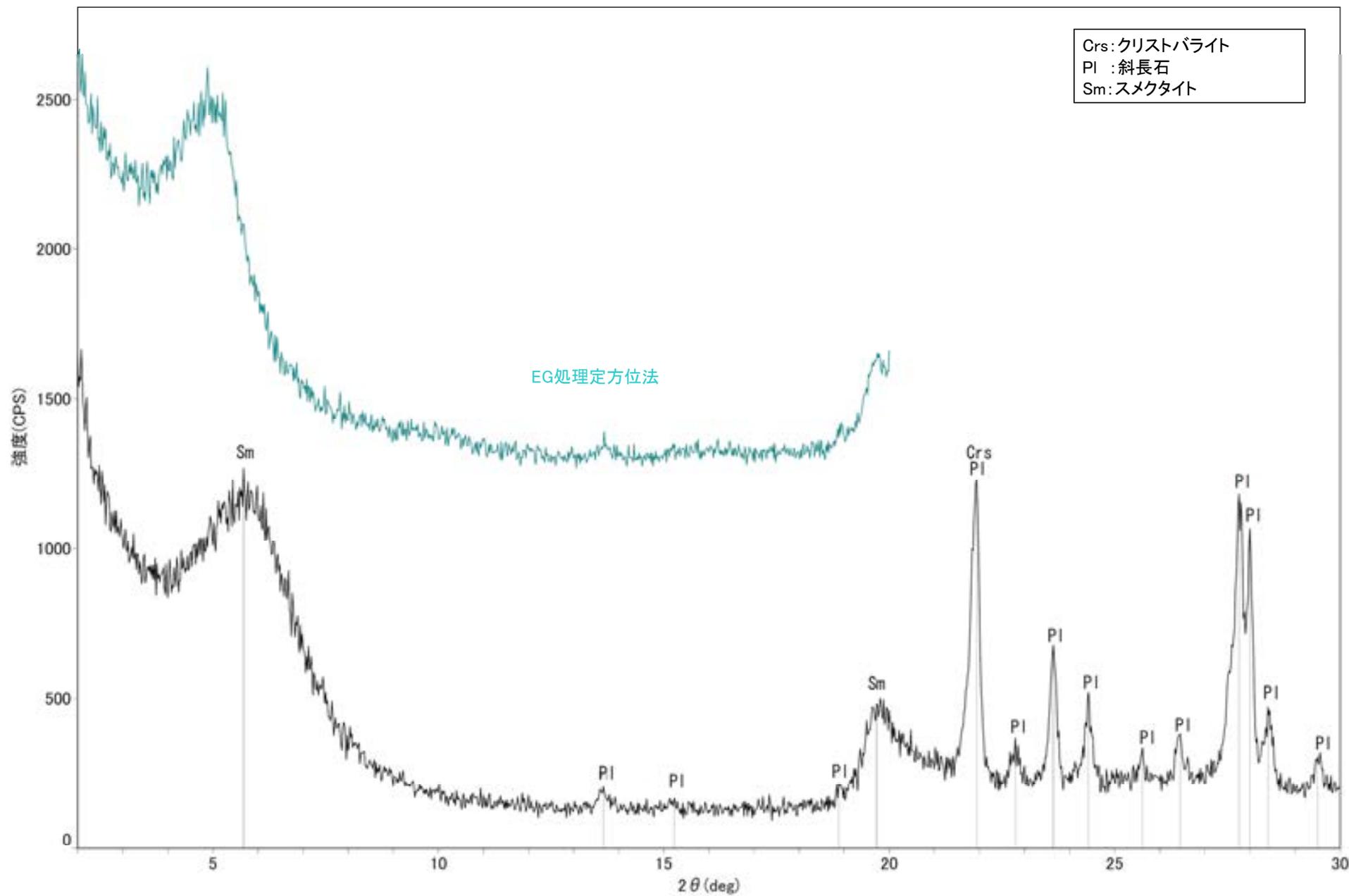
回折チャート



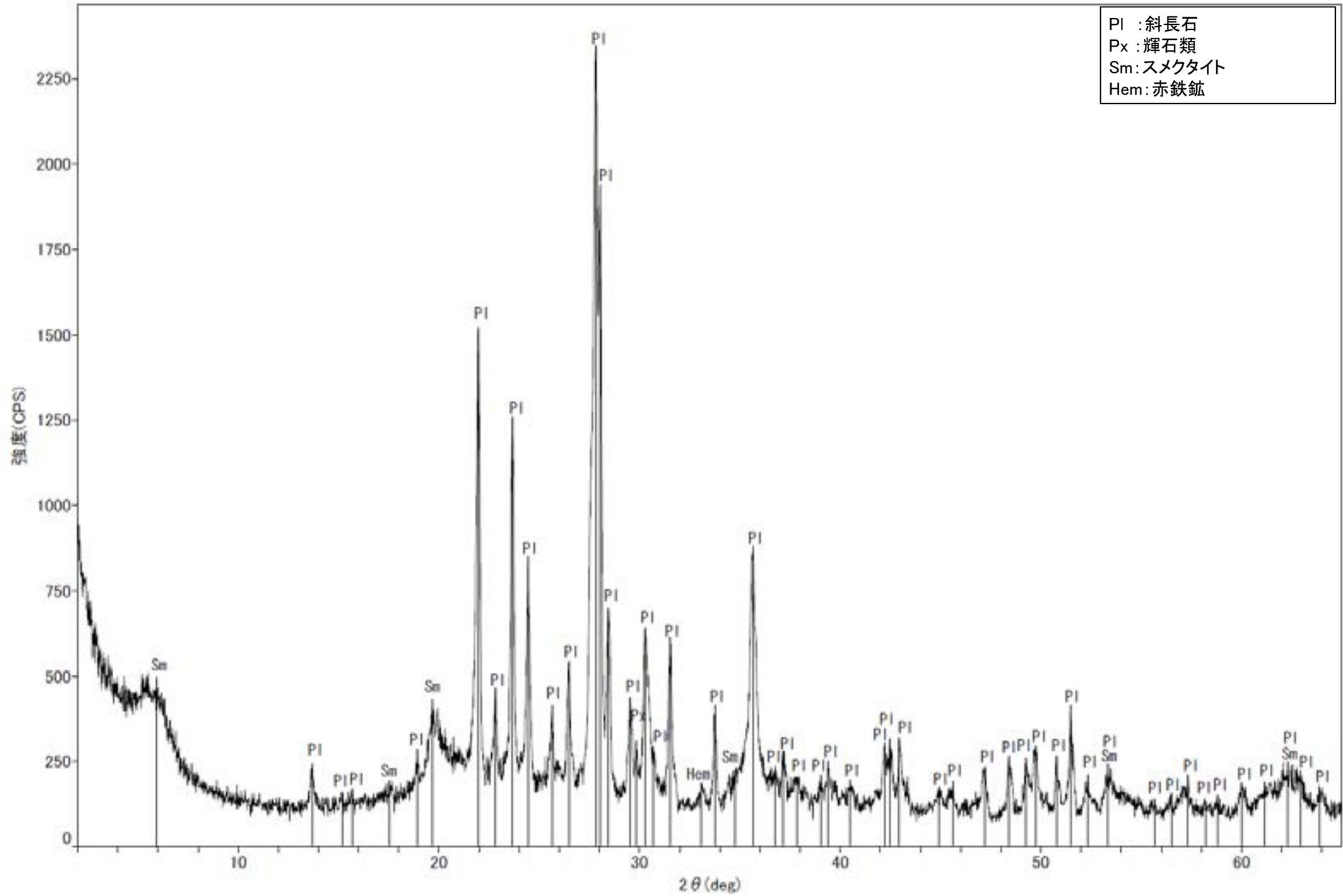
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



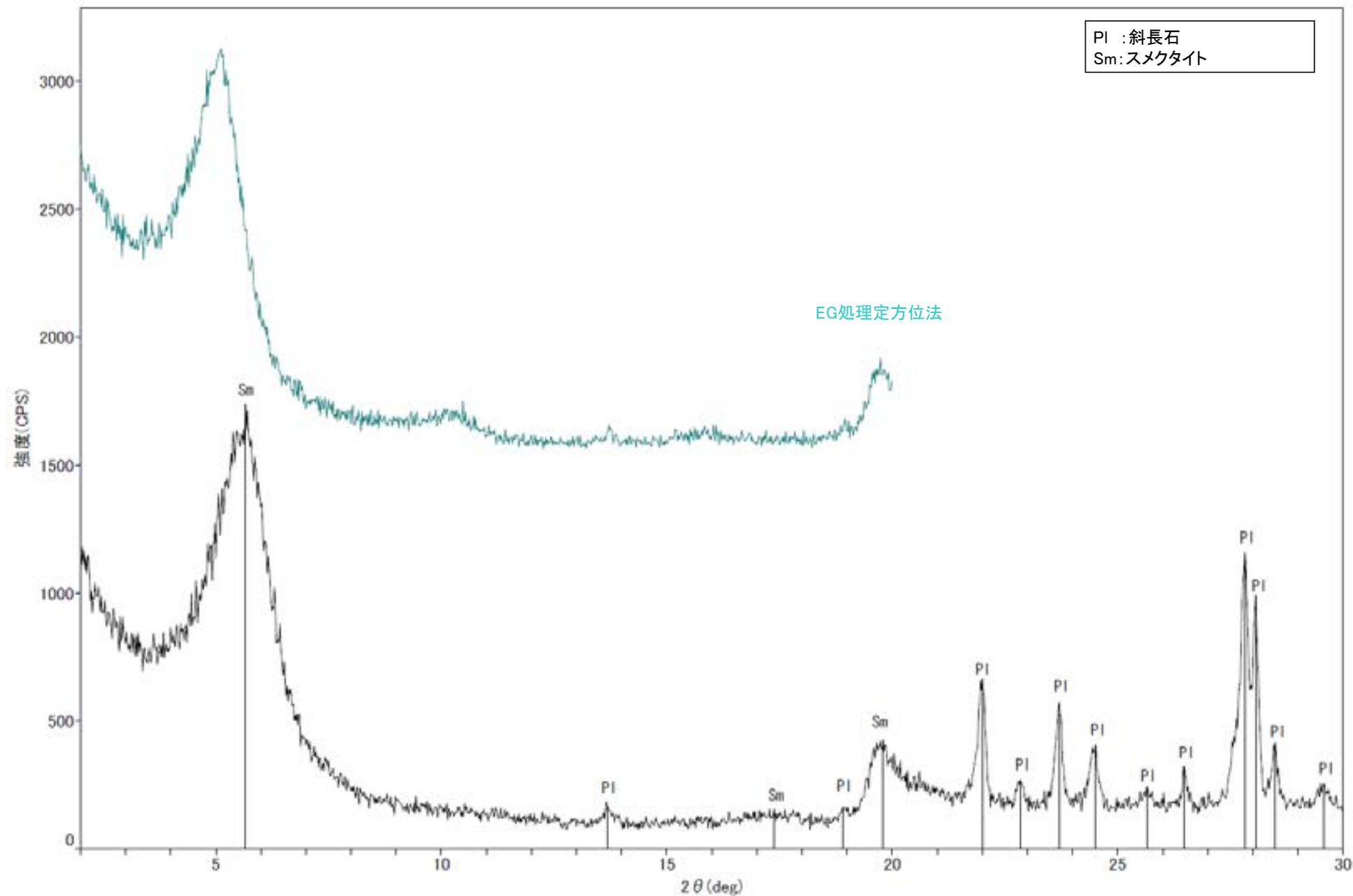
回折チャート



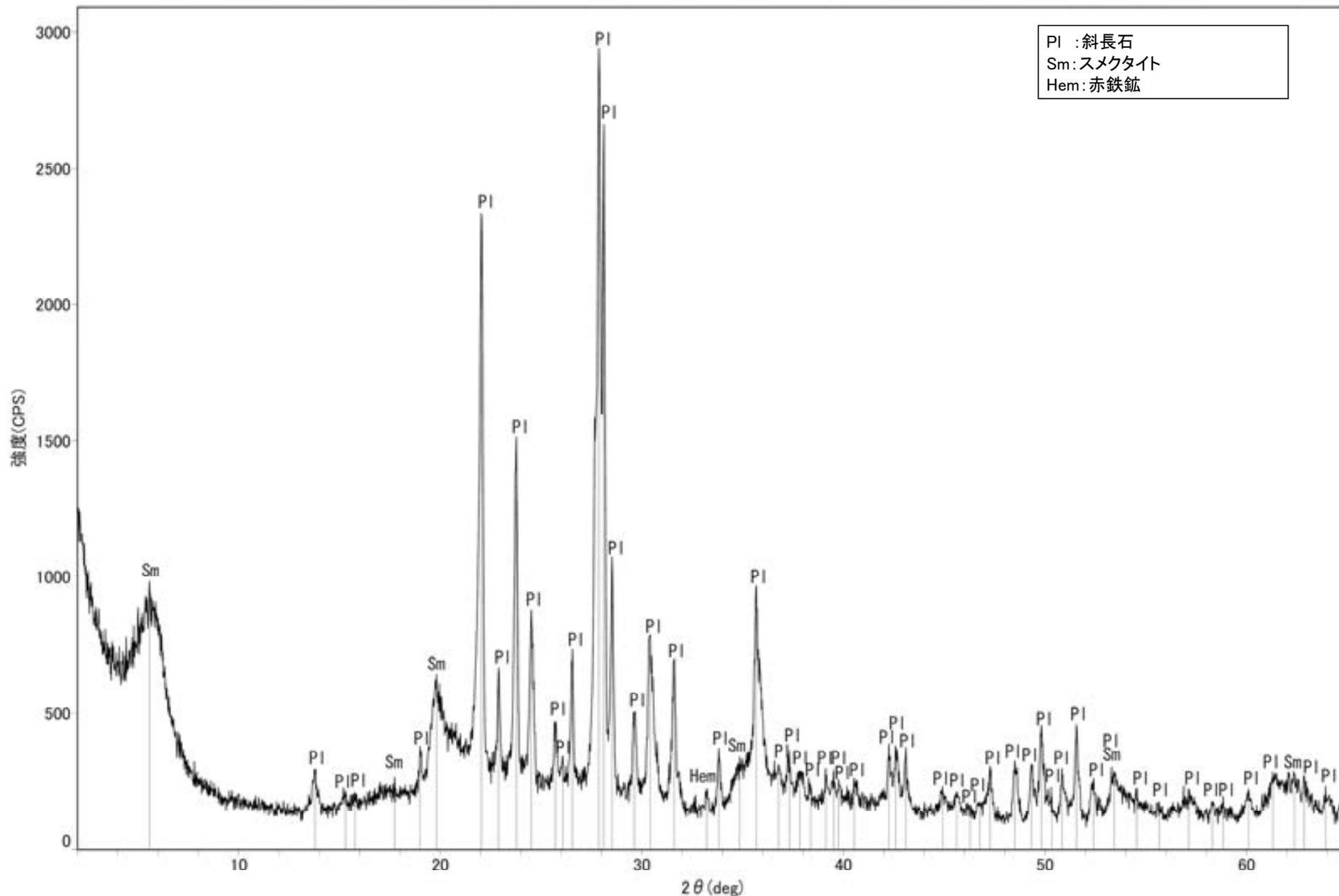
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



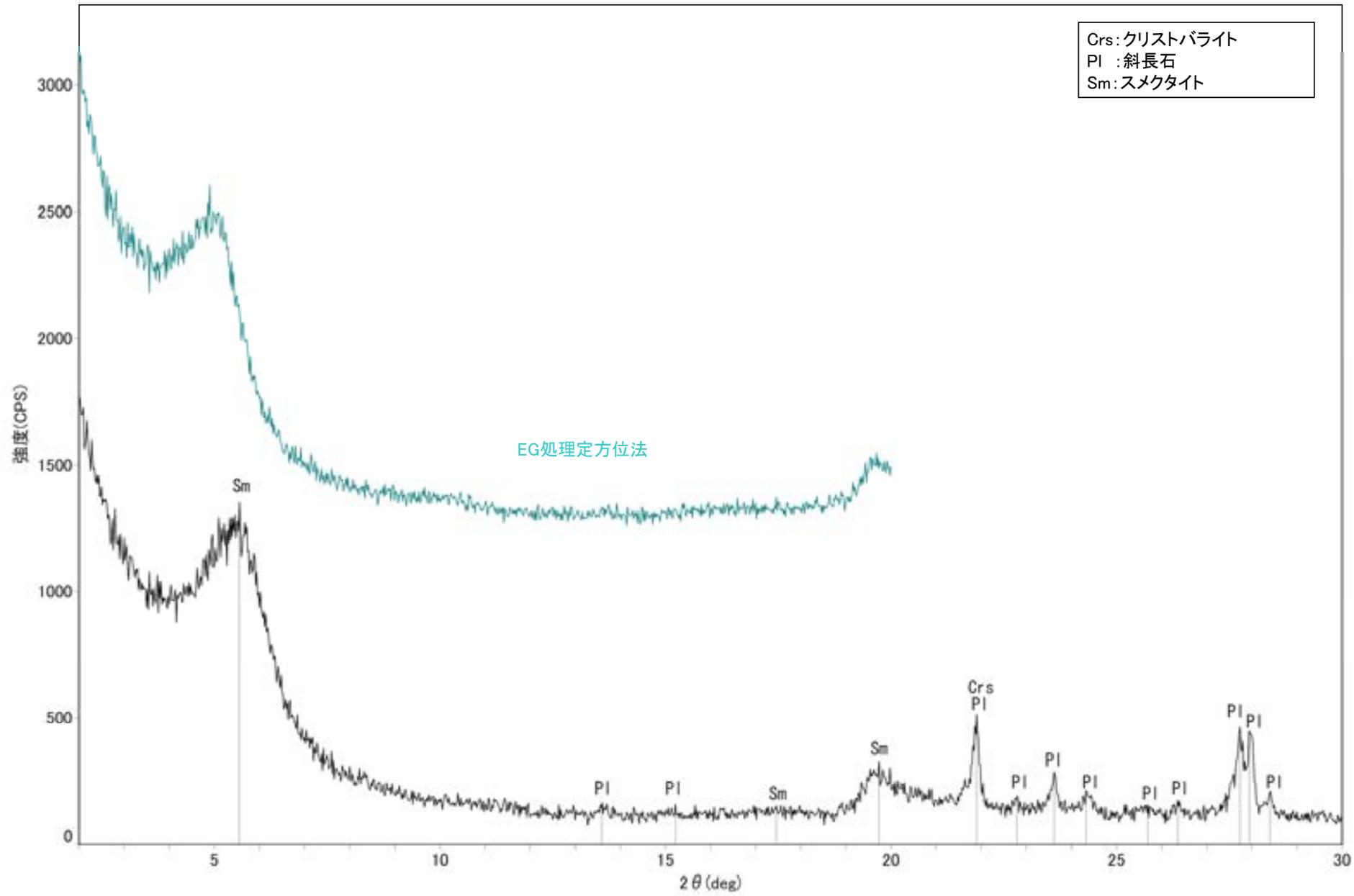
回折チャート



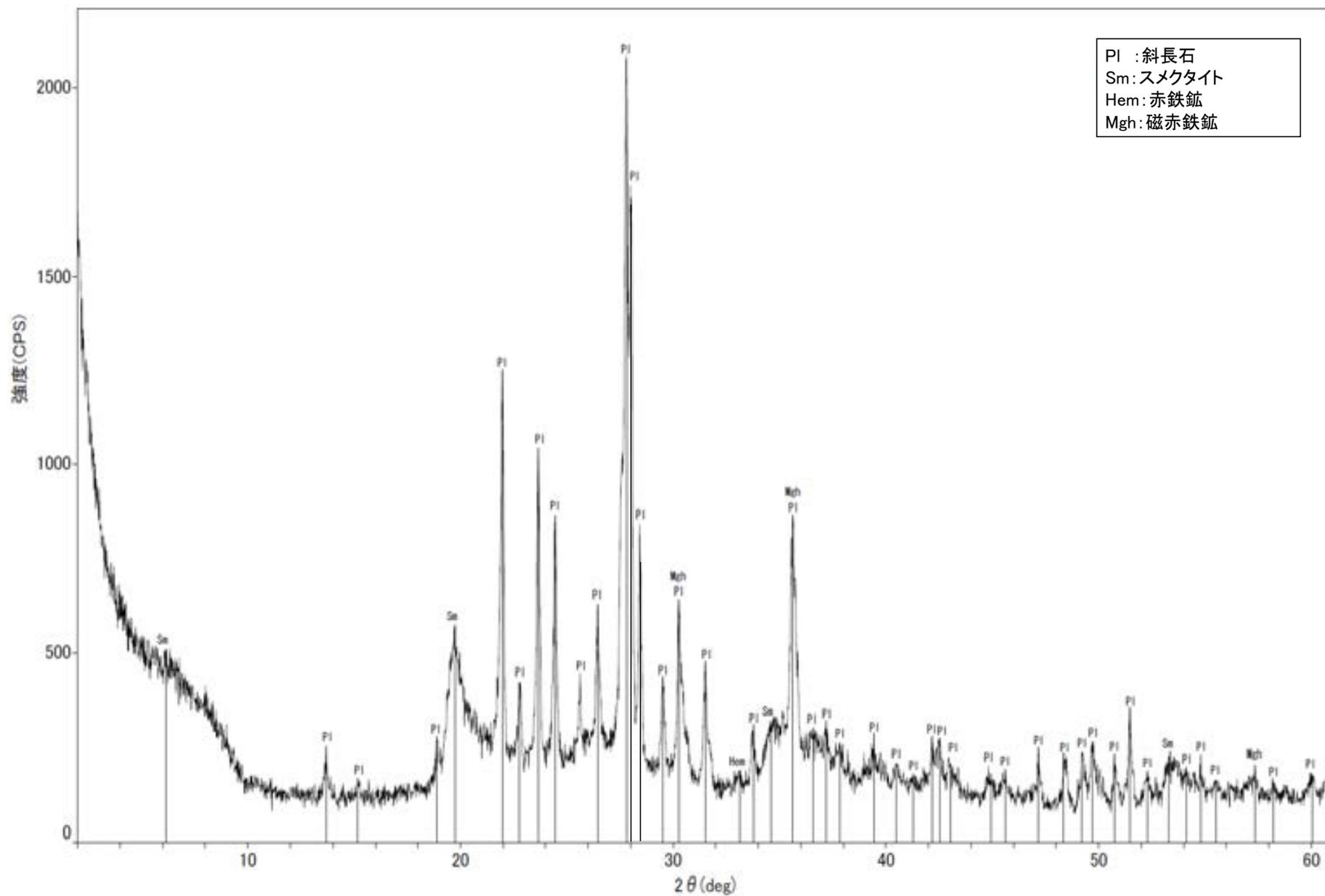
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



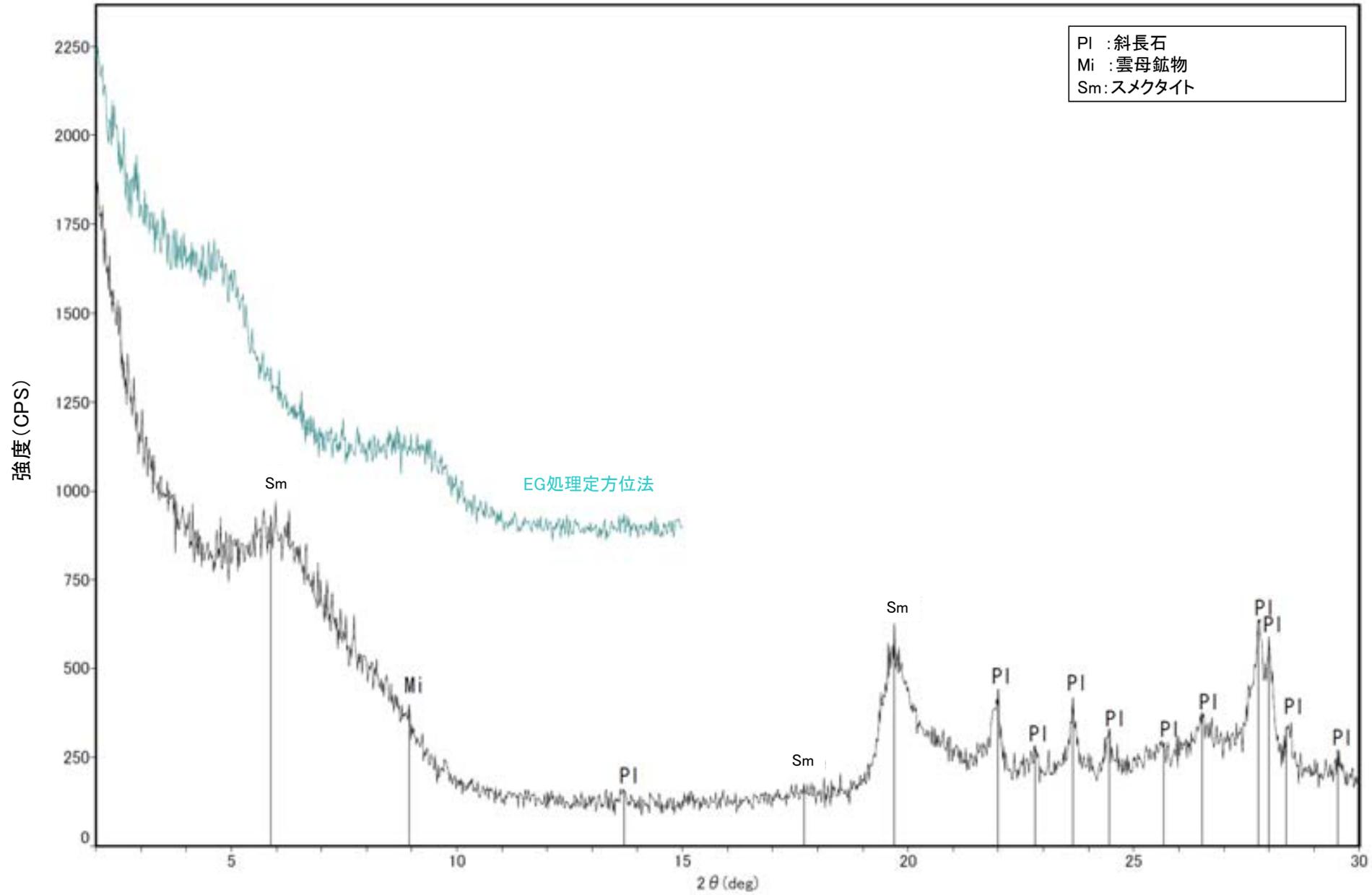
回折チャート



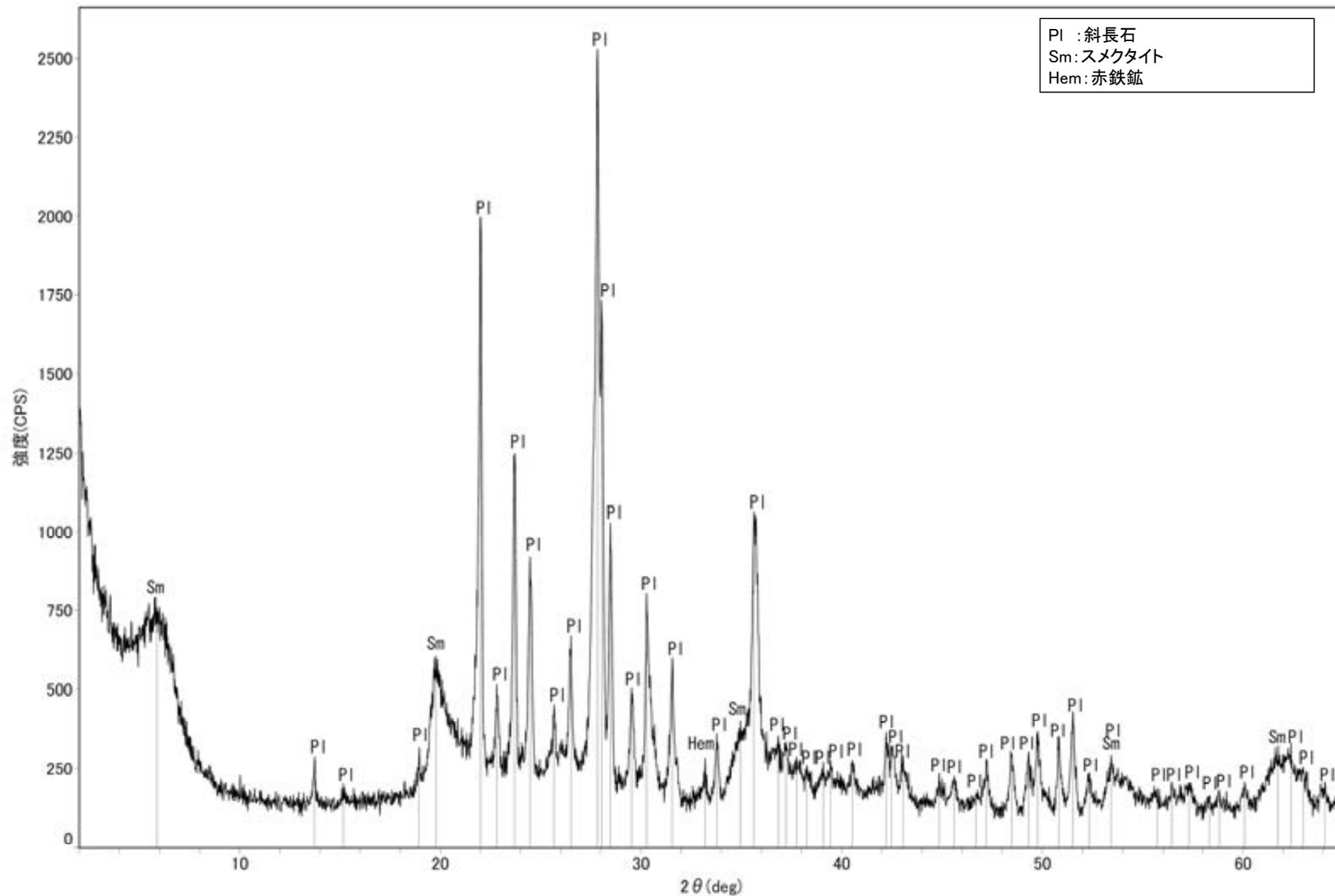
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



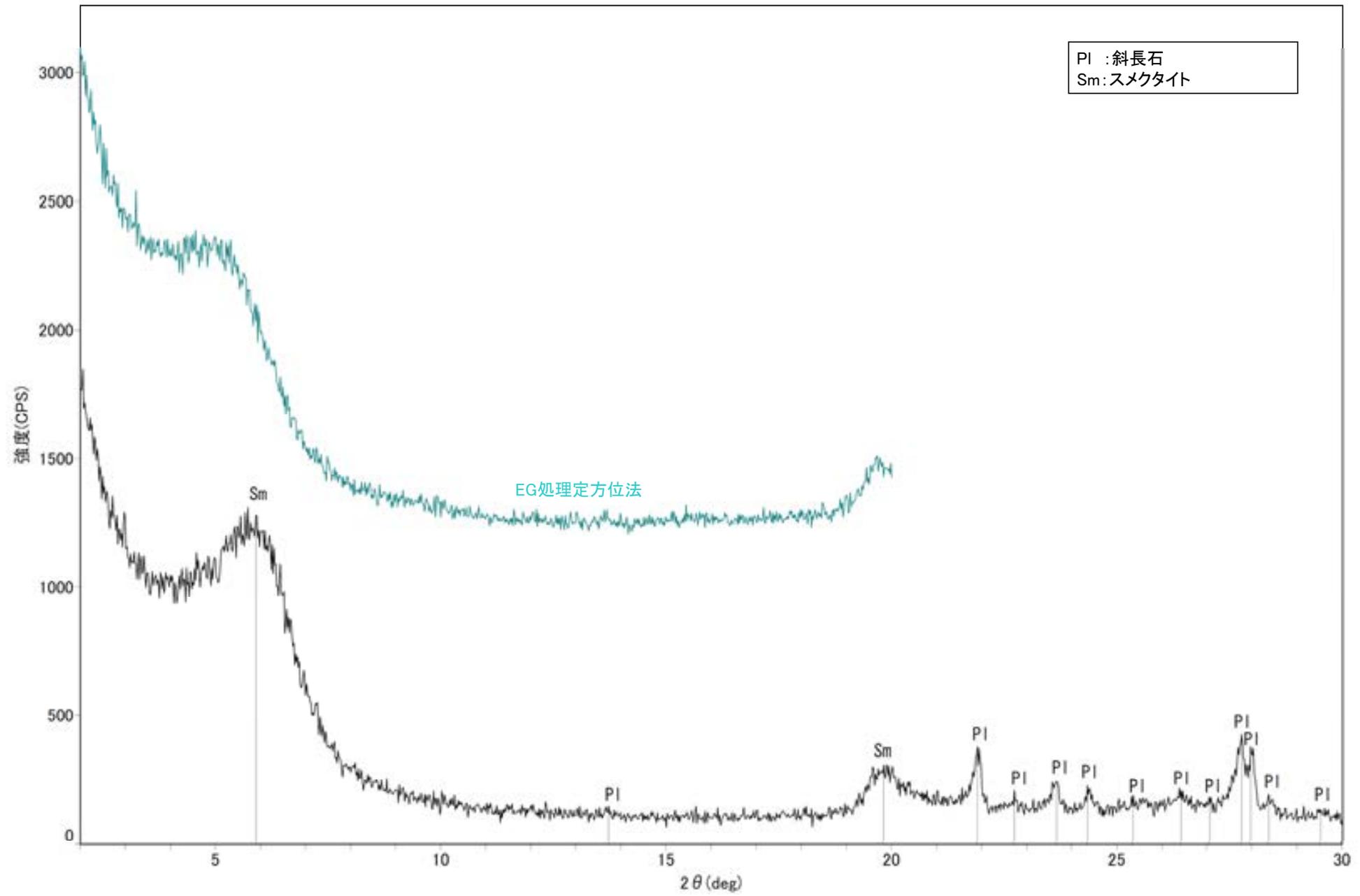
回折チャート



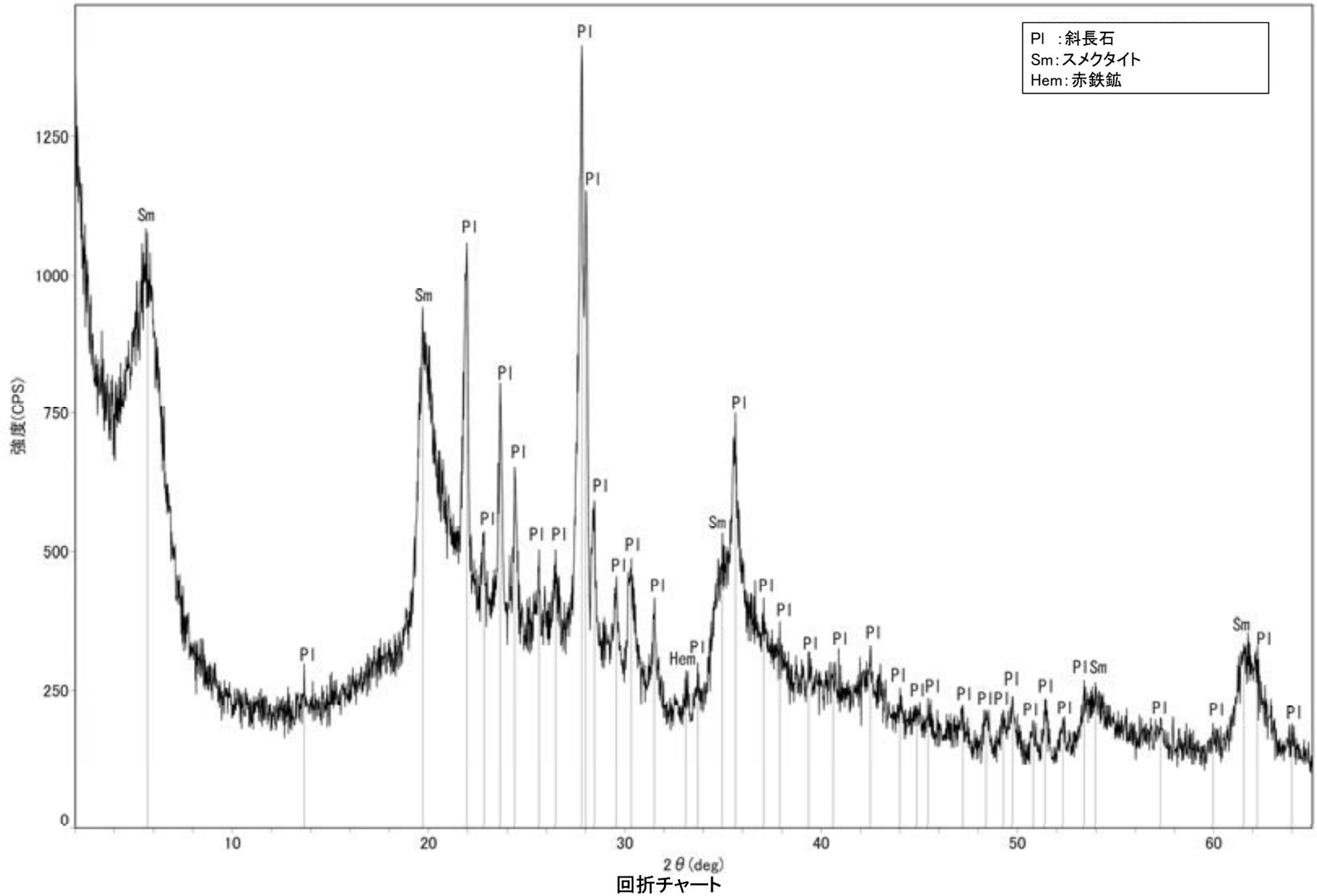
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

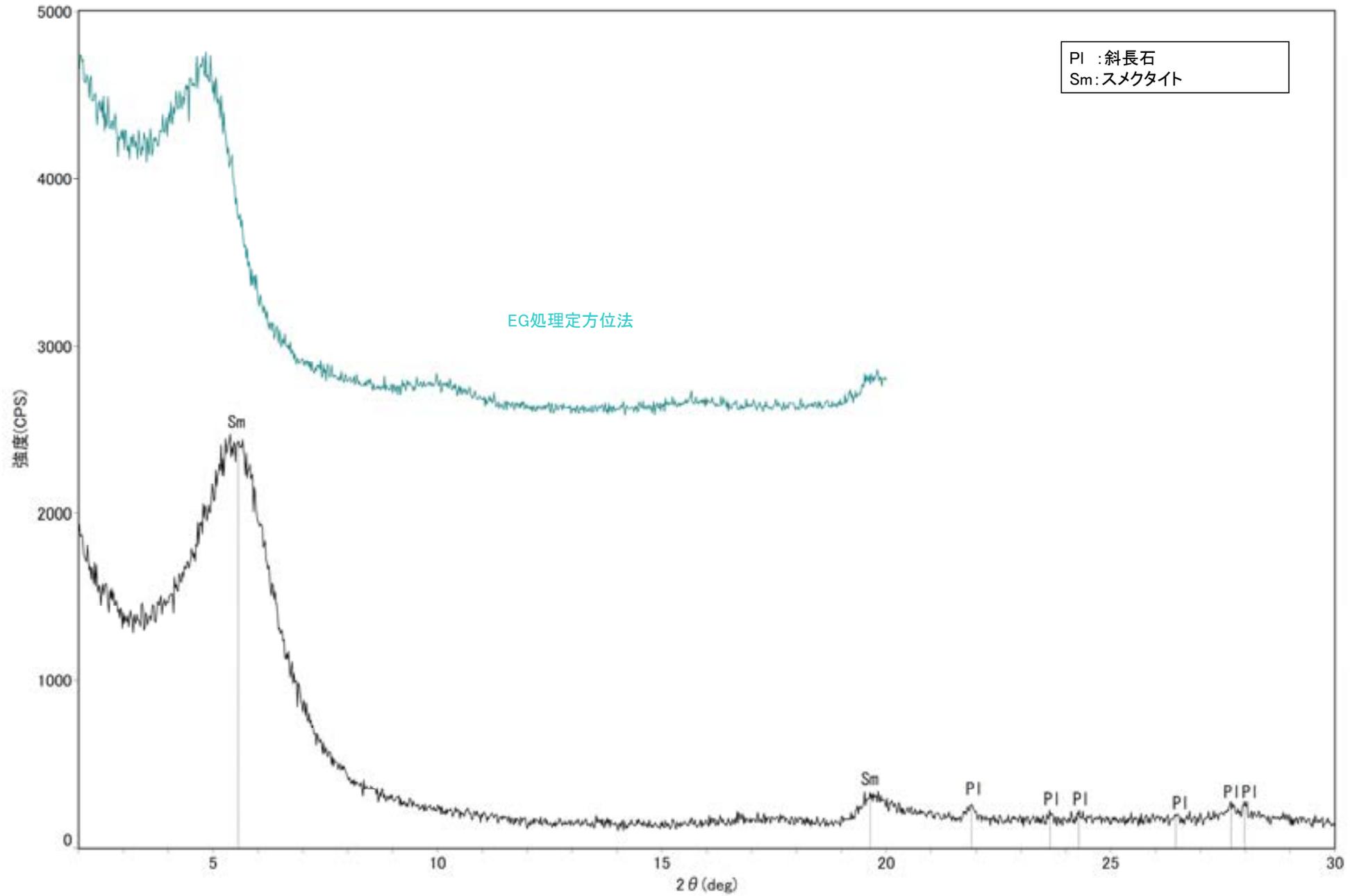


回折チャート

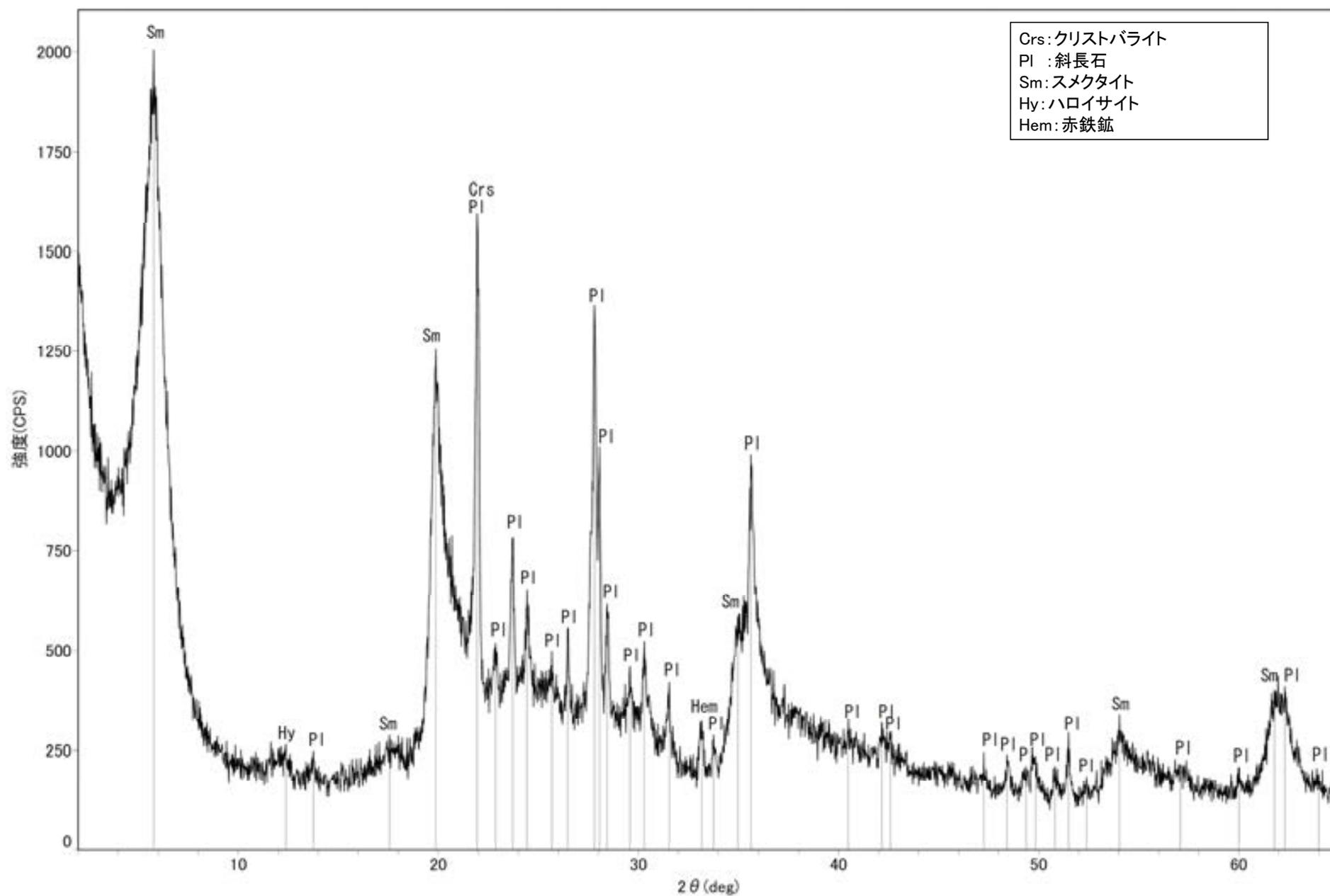


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

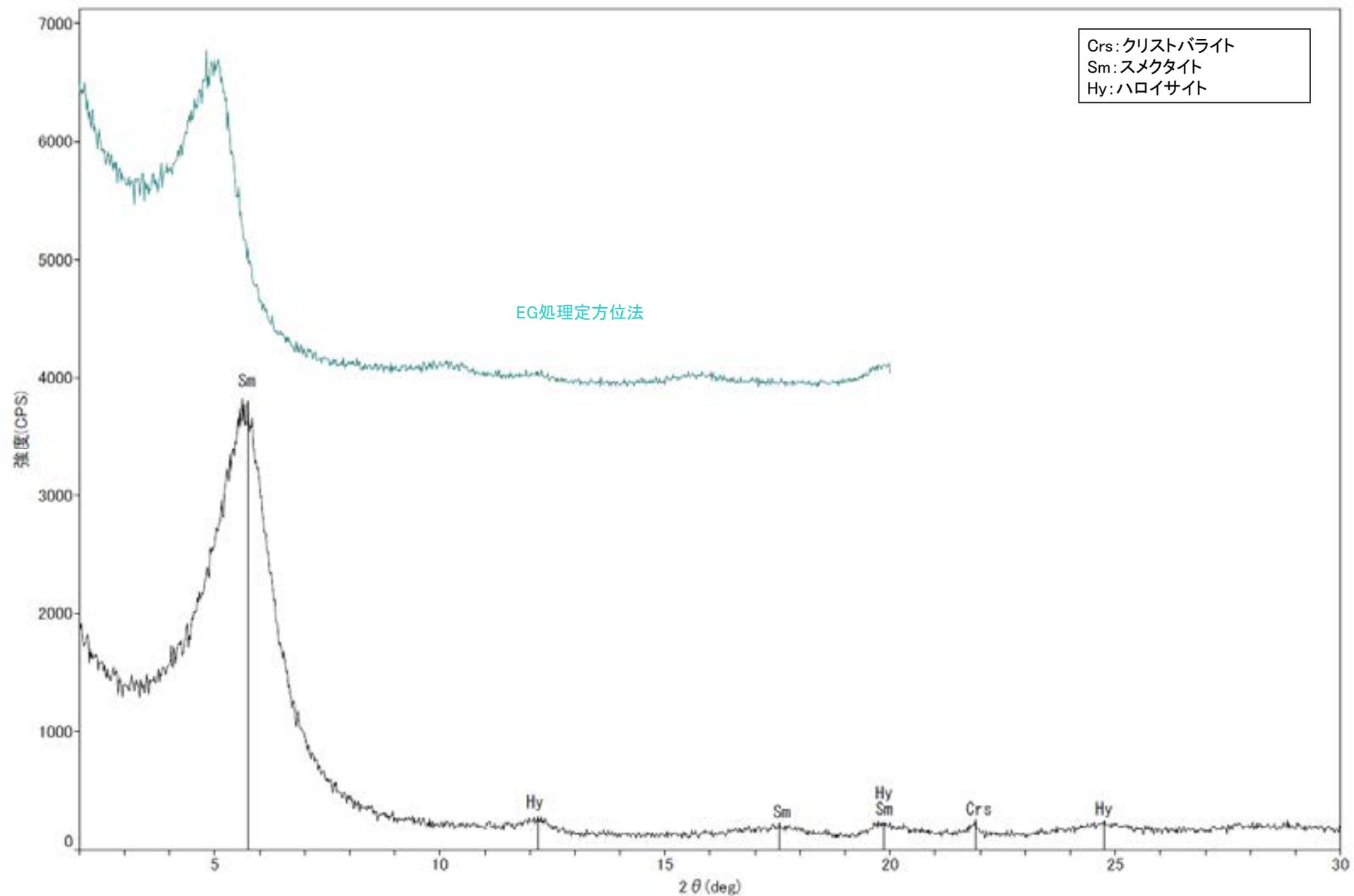




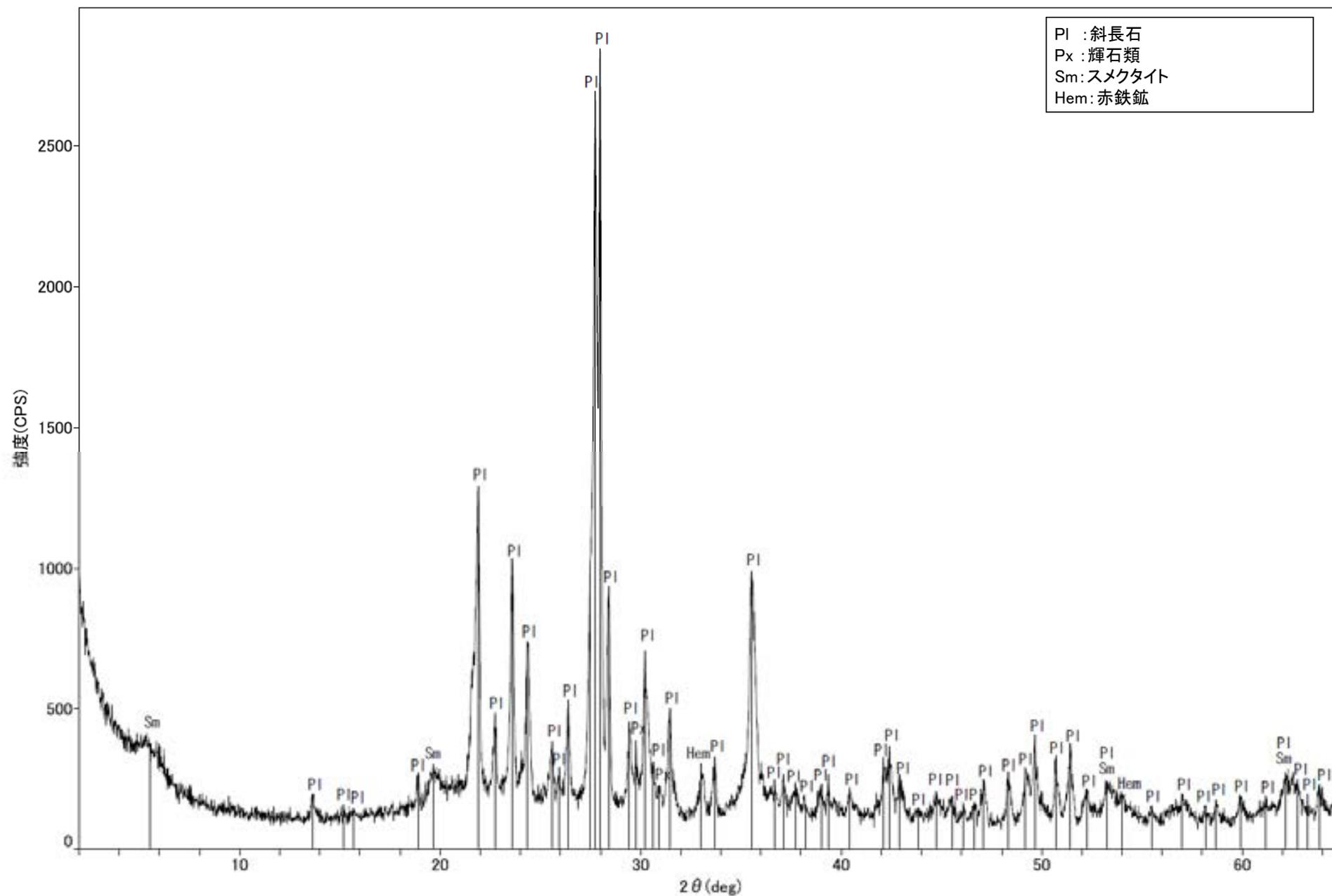
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



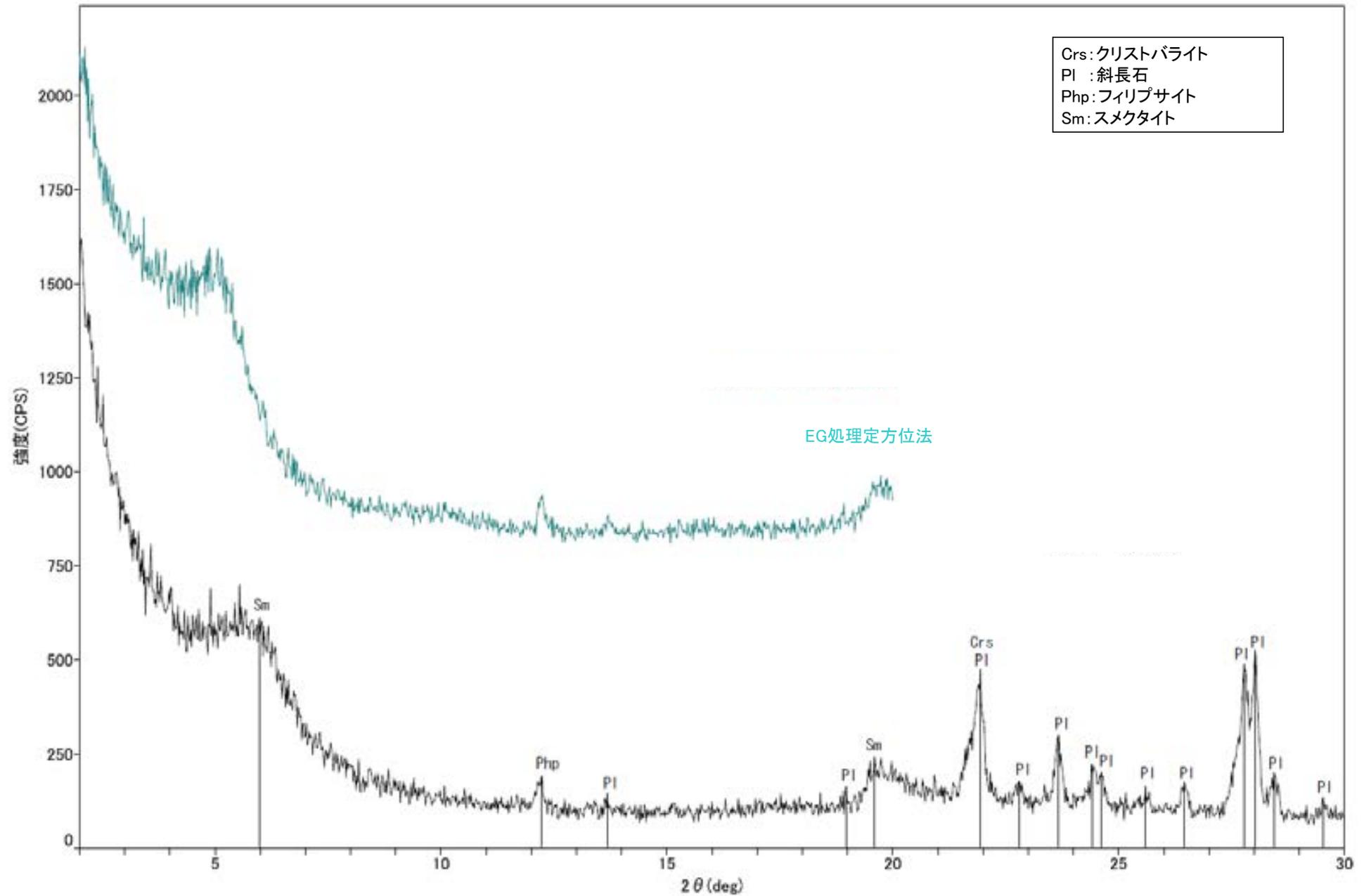
回折チャート



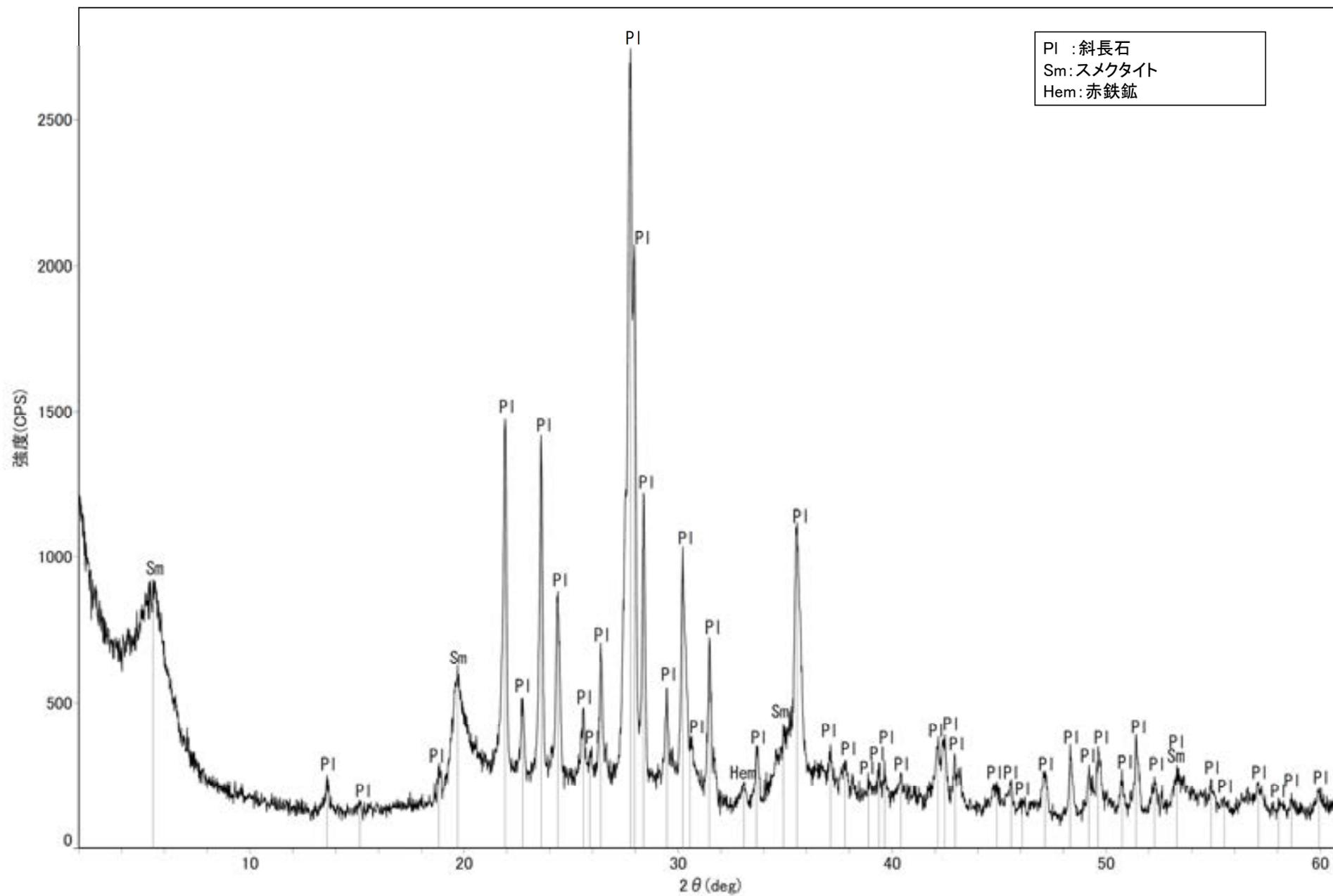
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



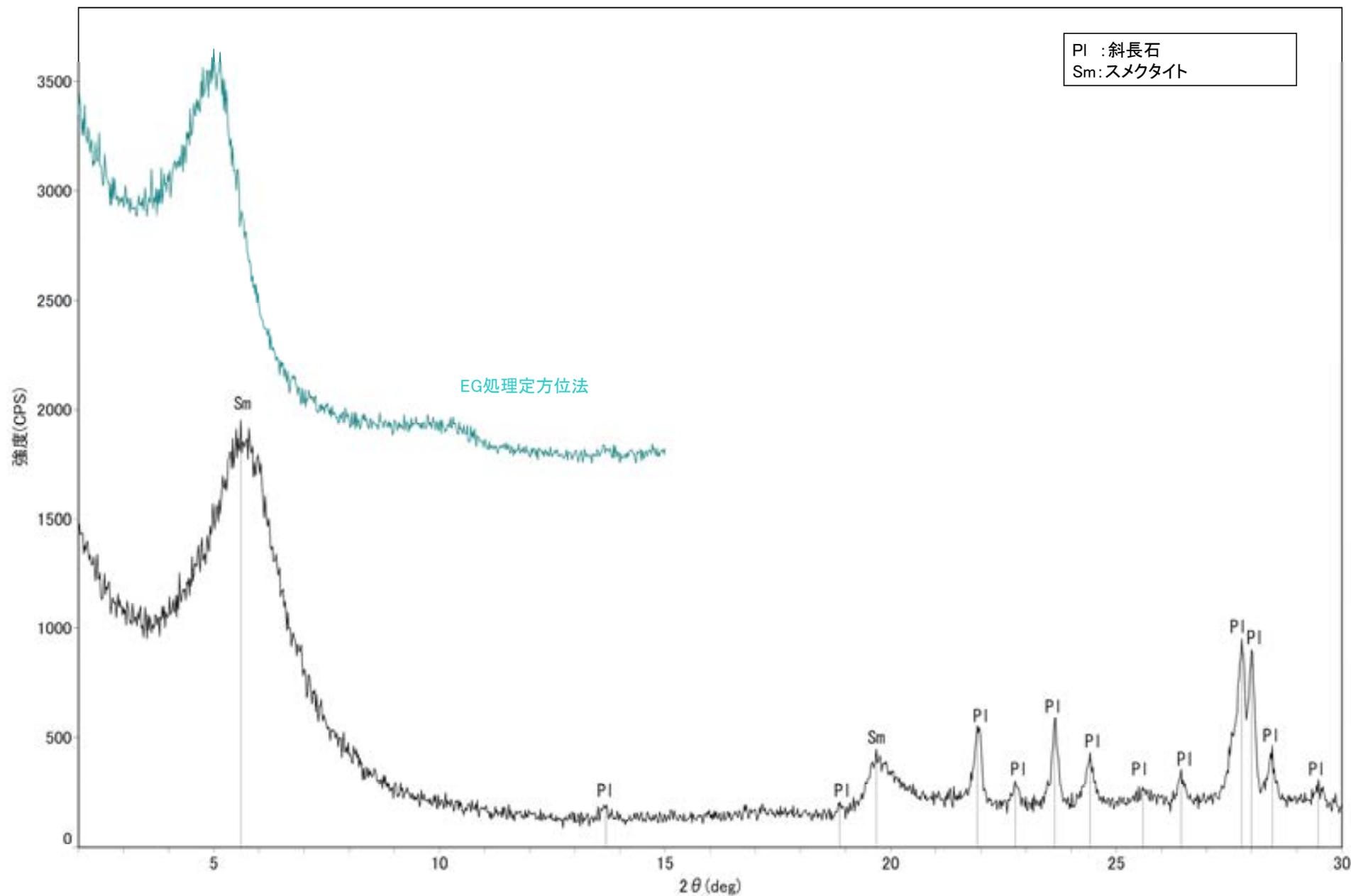
回折チャート



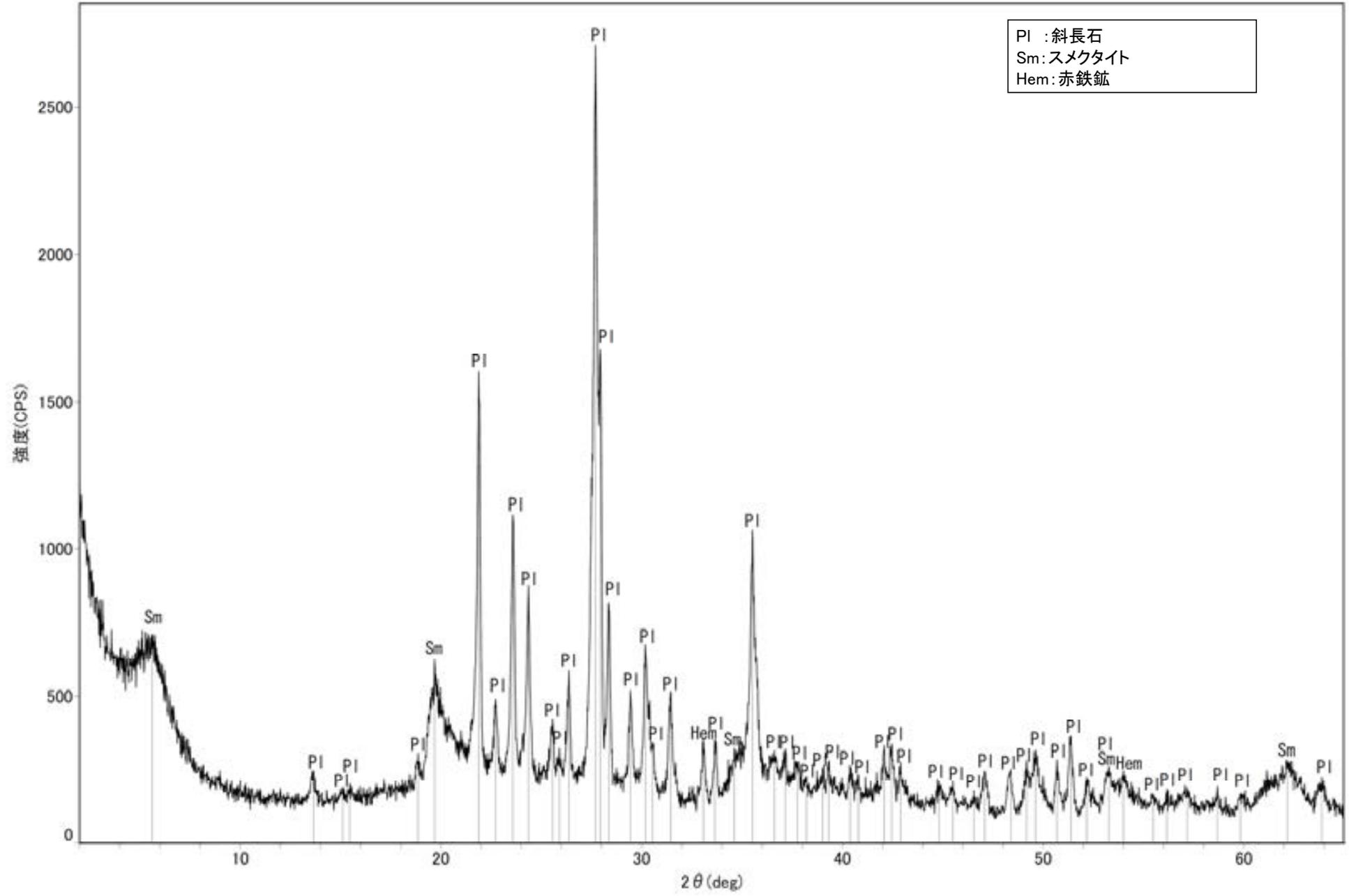
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



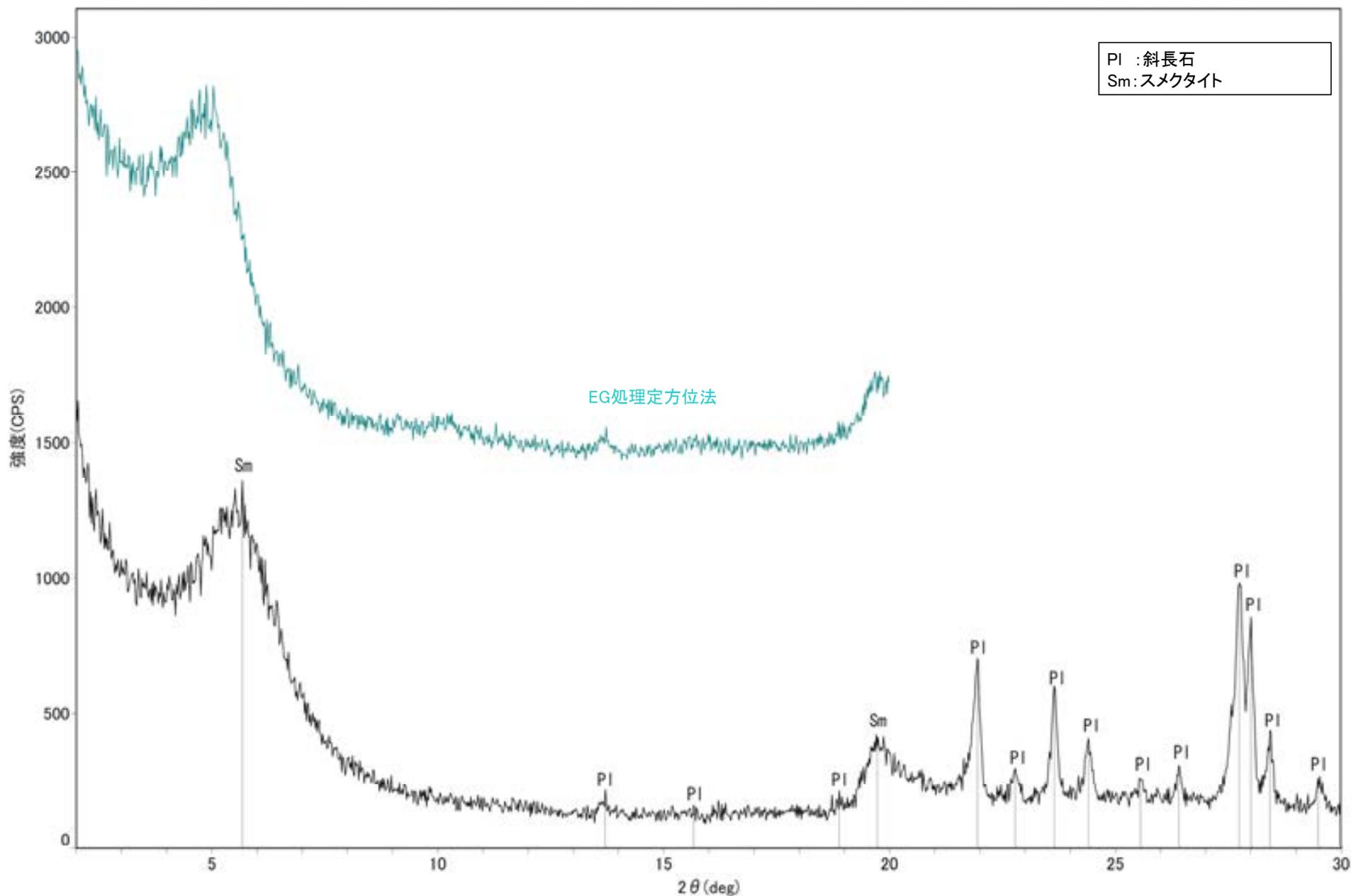
回折チャート



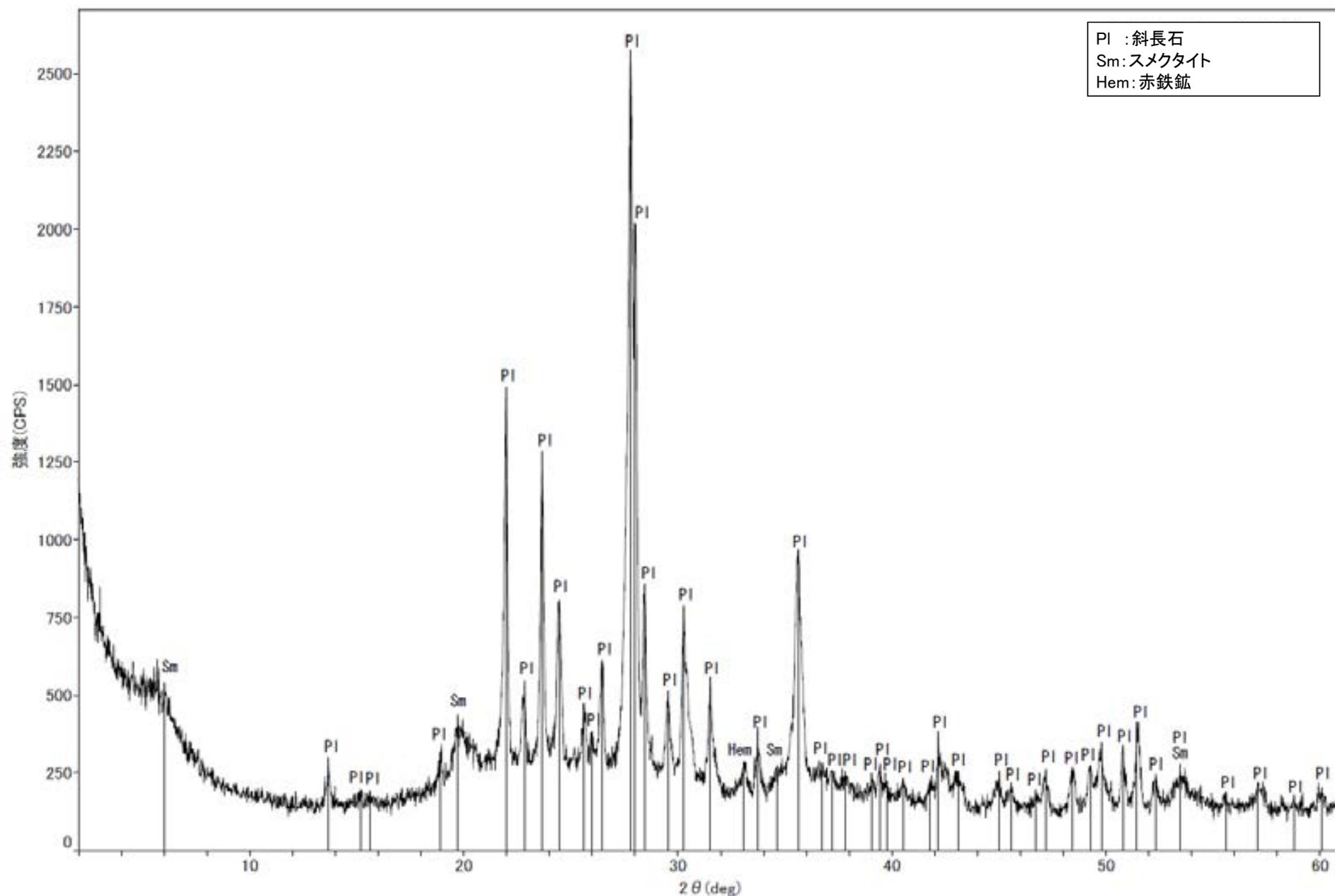
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



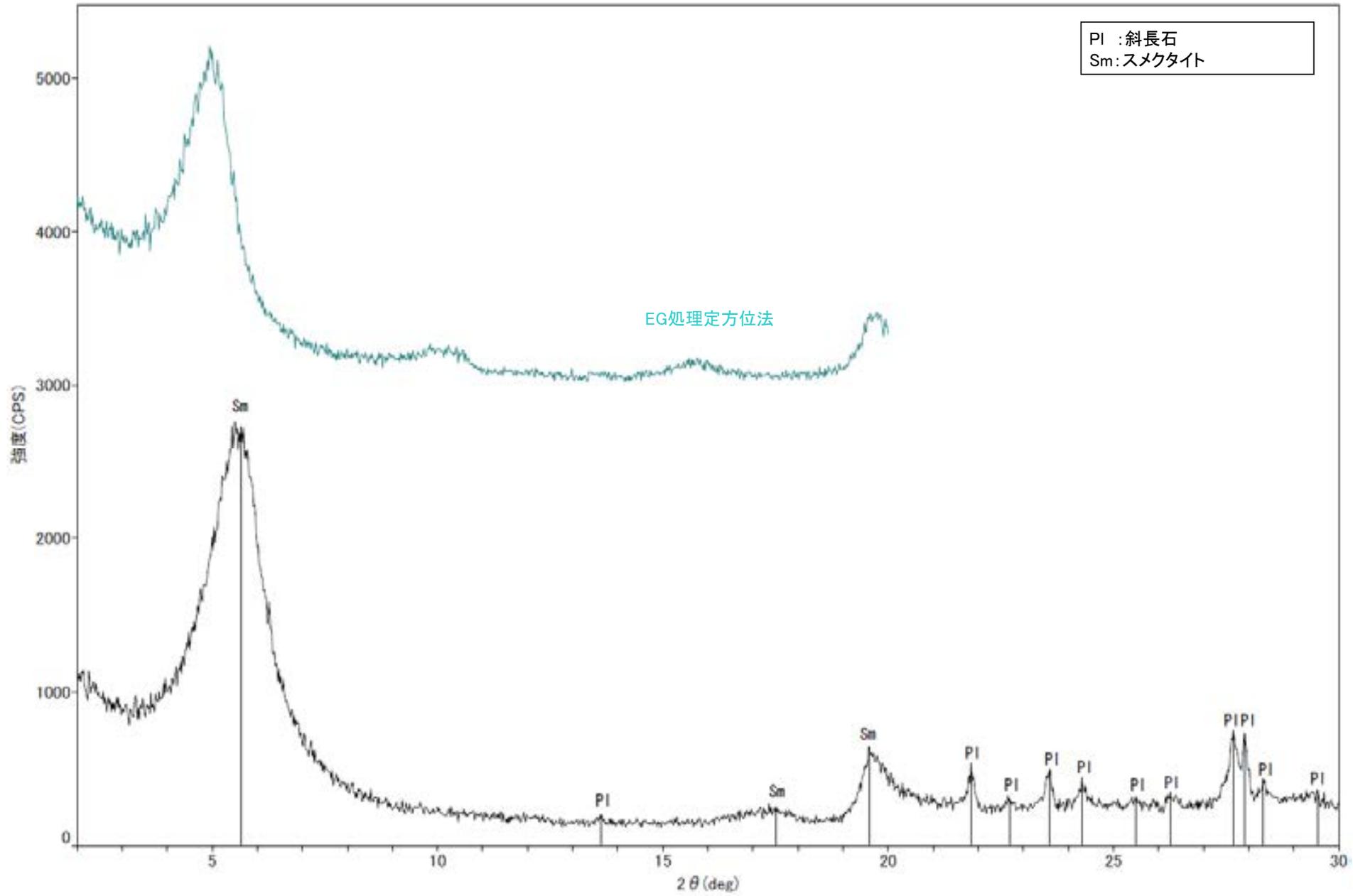
回折チャート



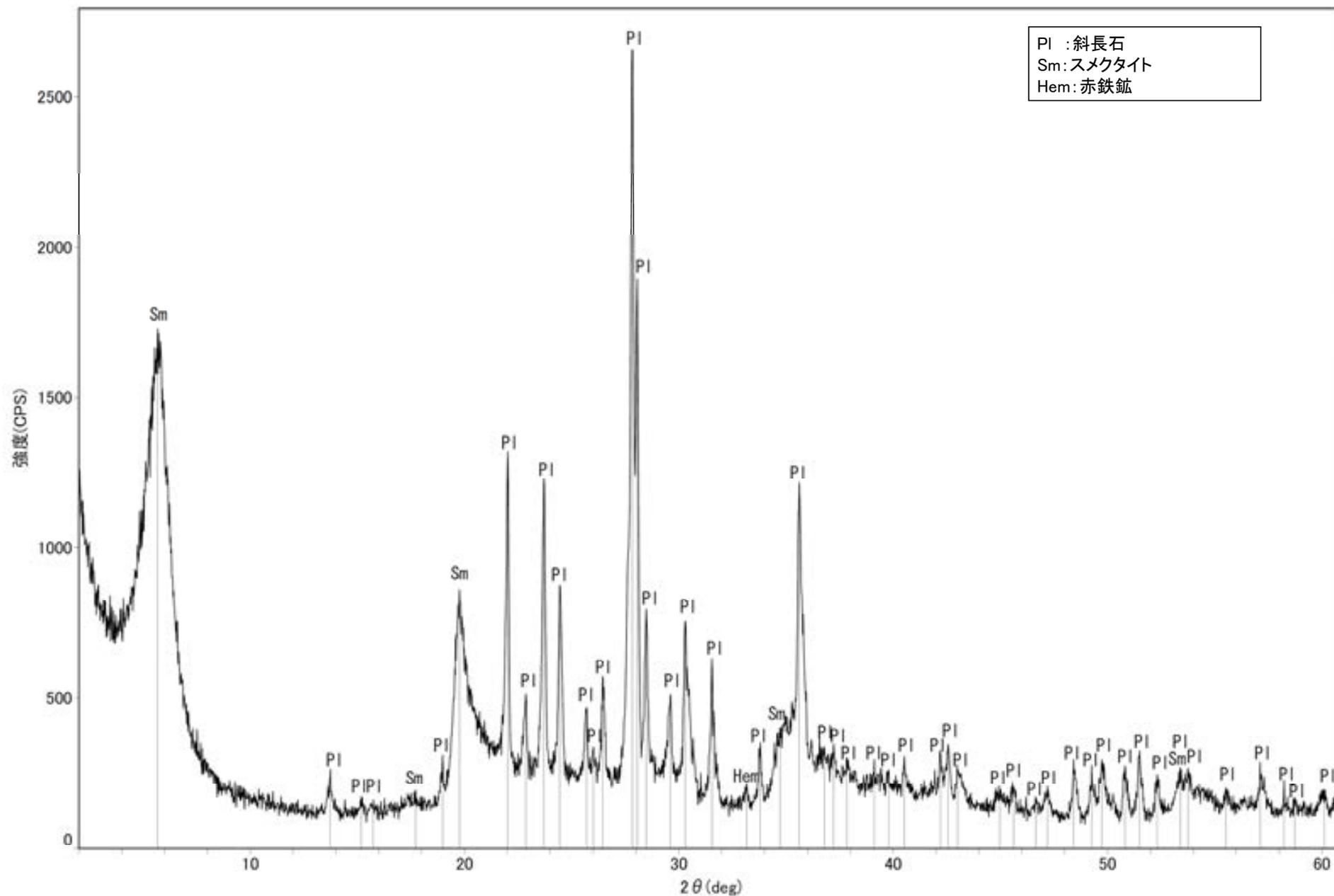
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



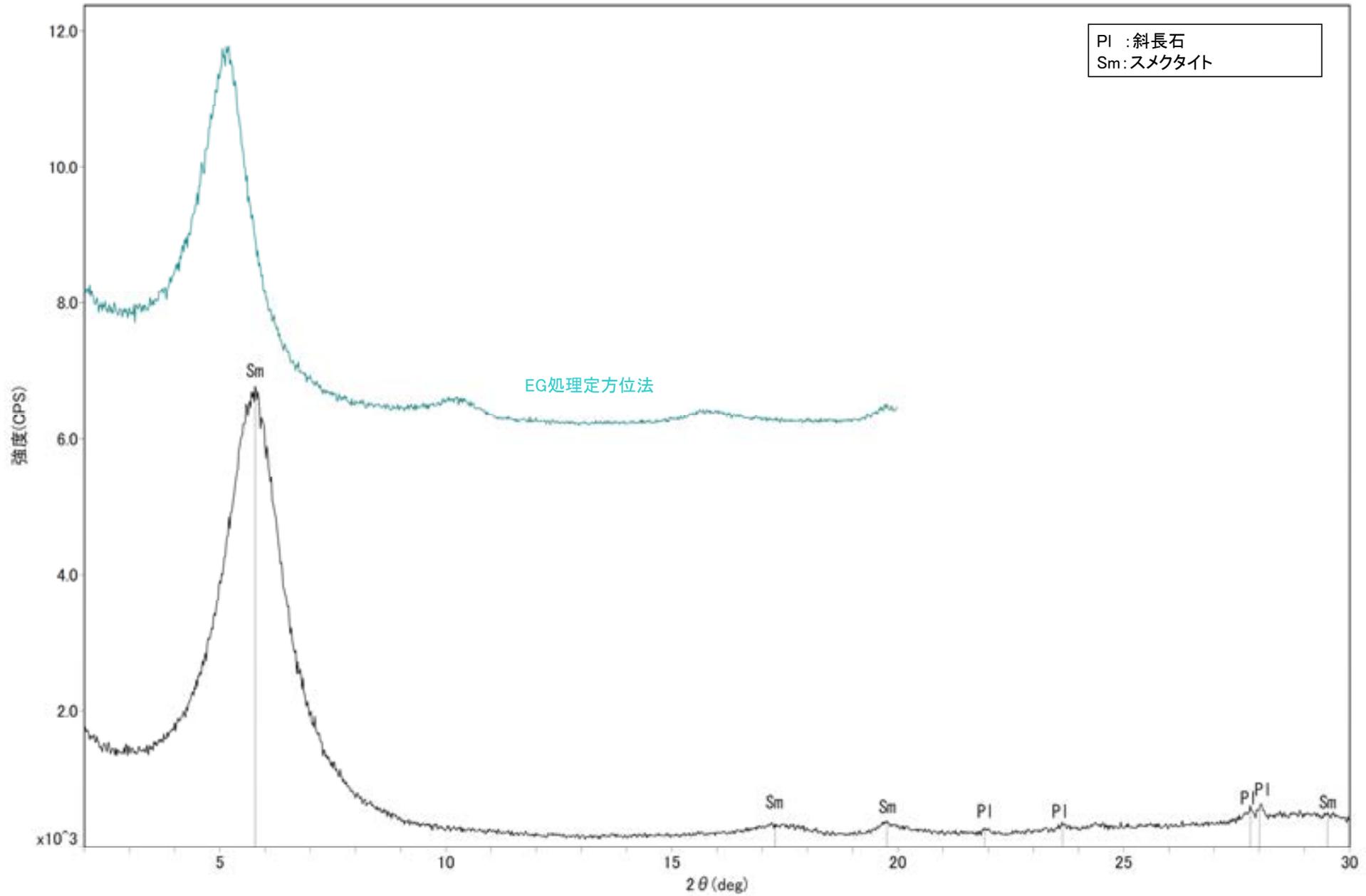
回折チャート



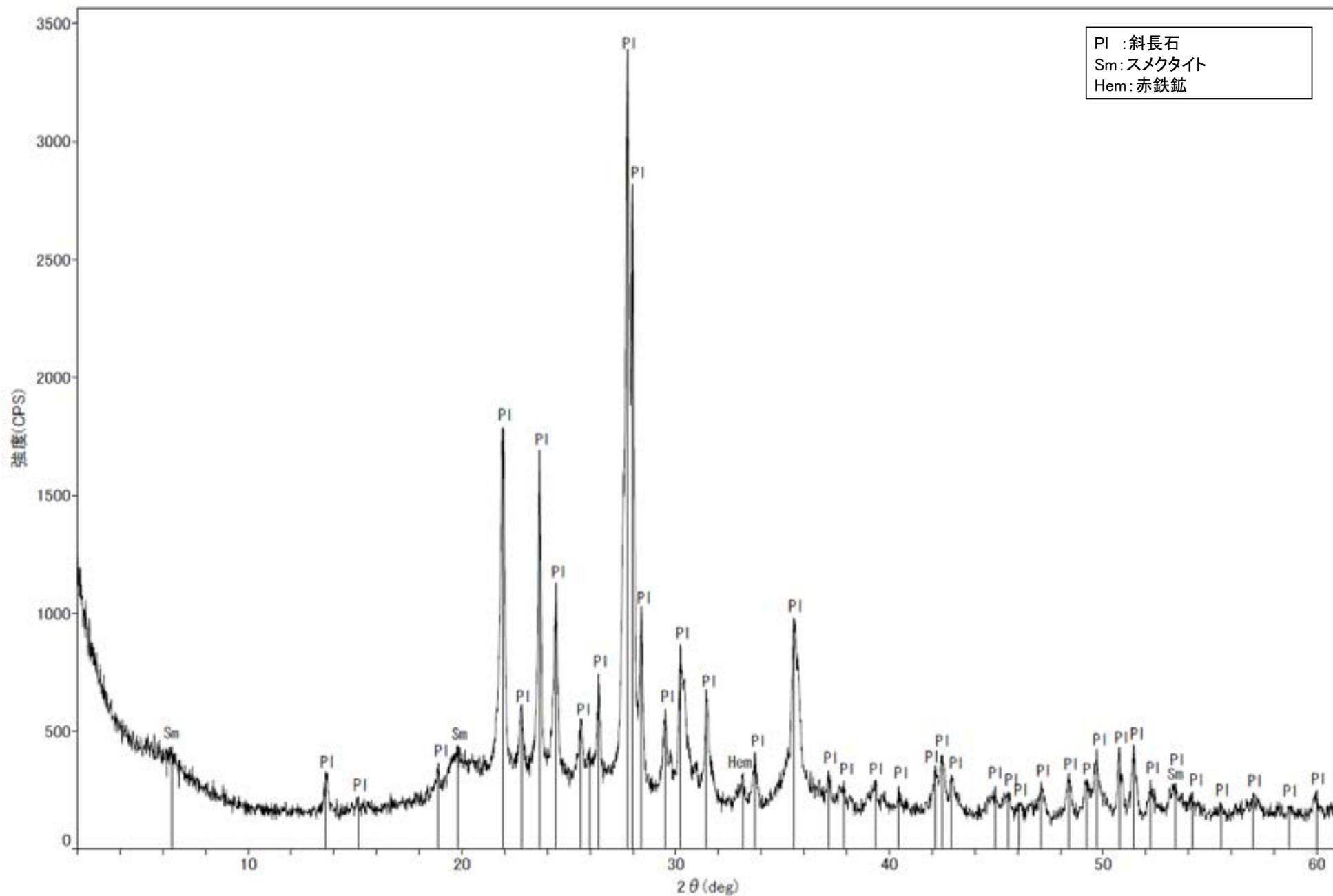
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



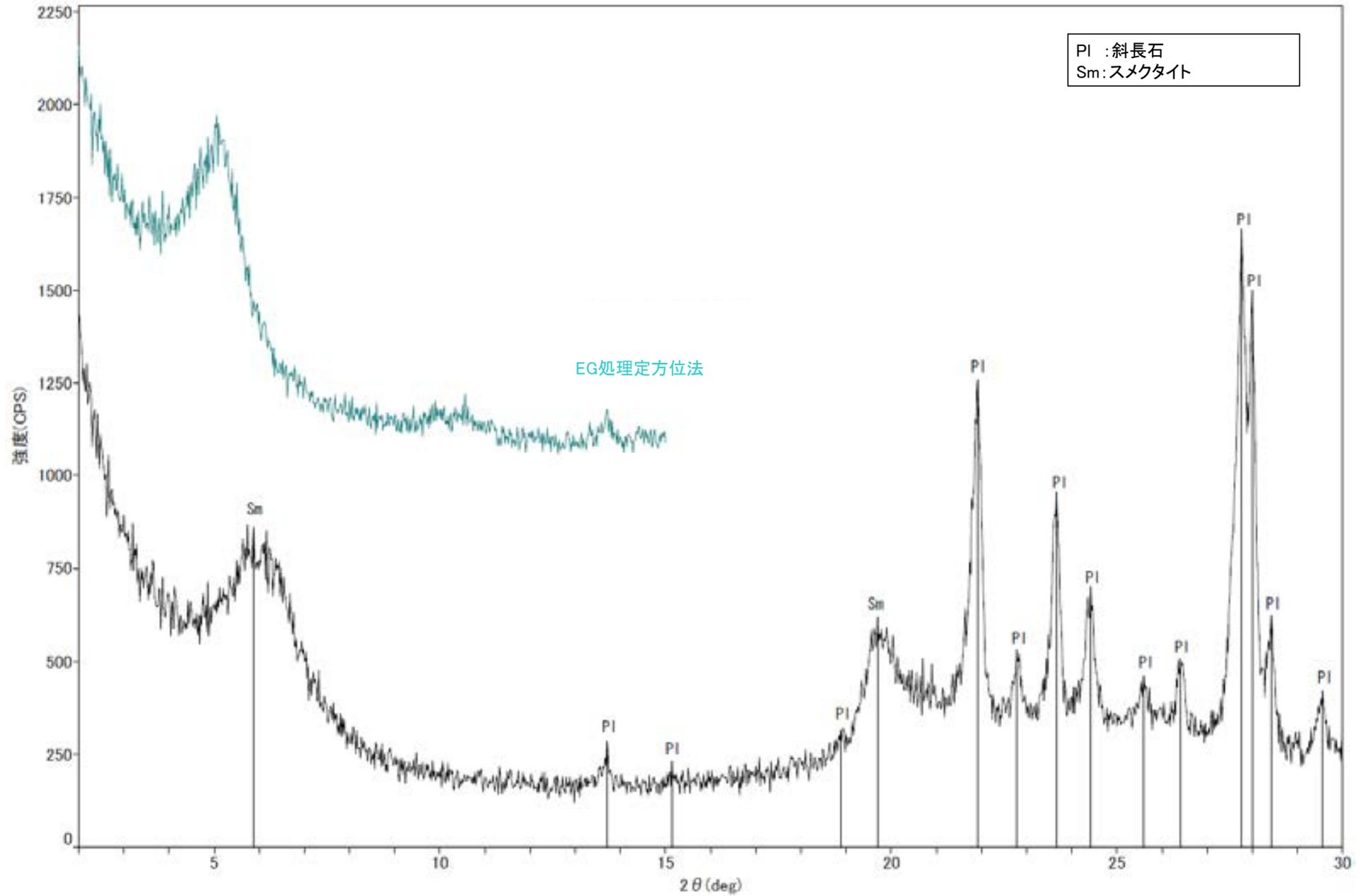
回折チャート



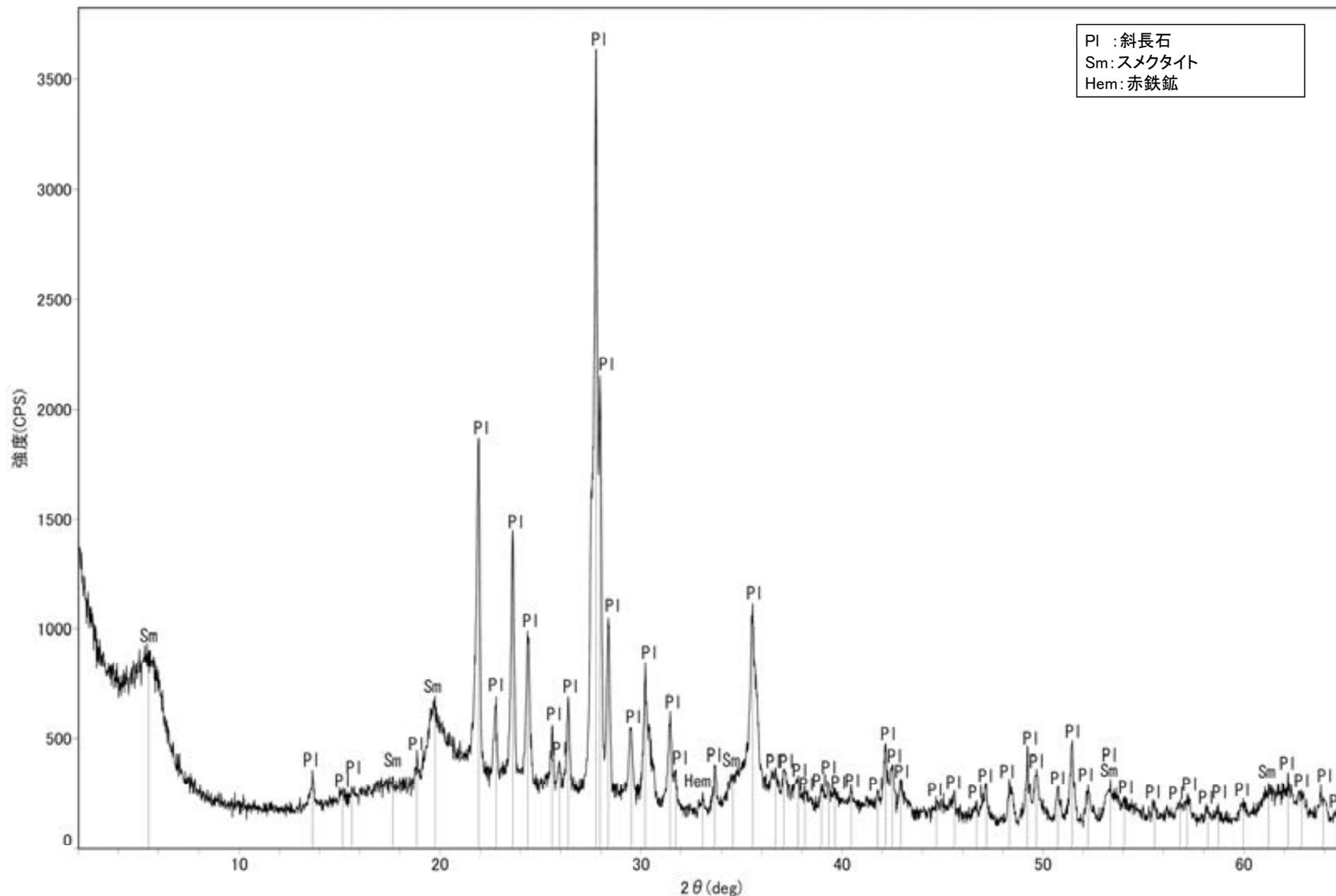
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



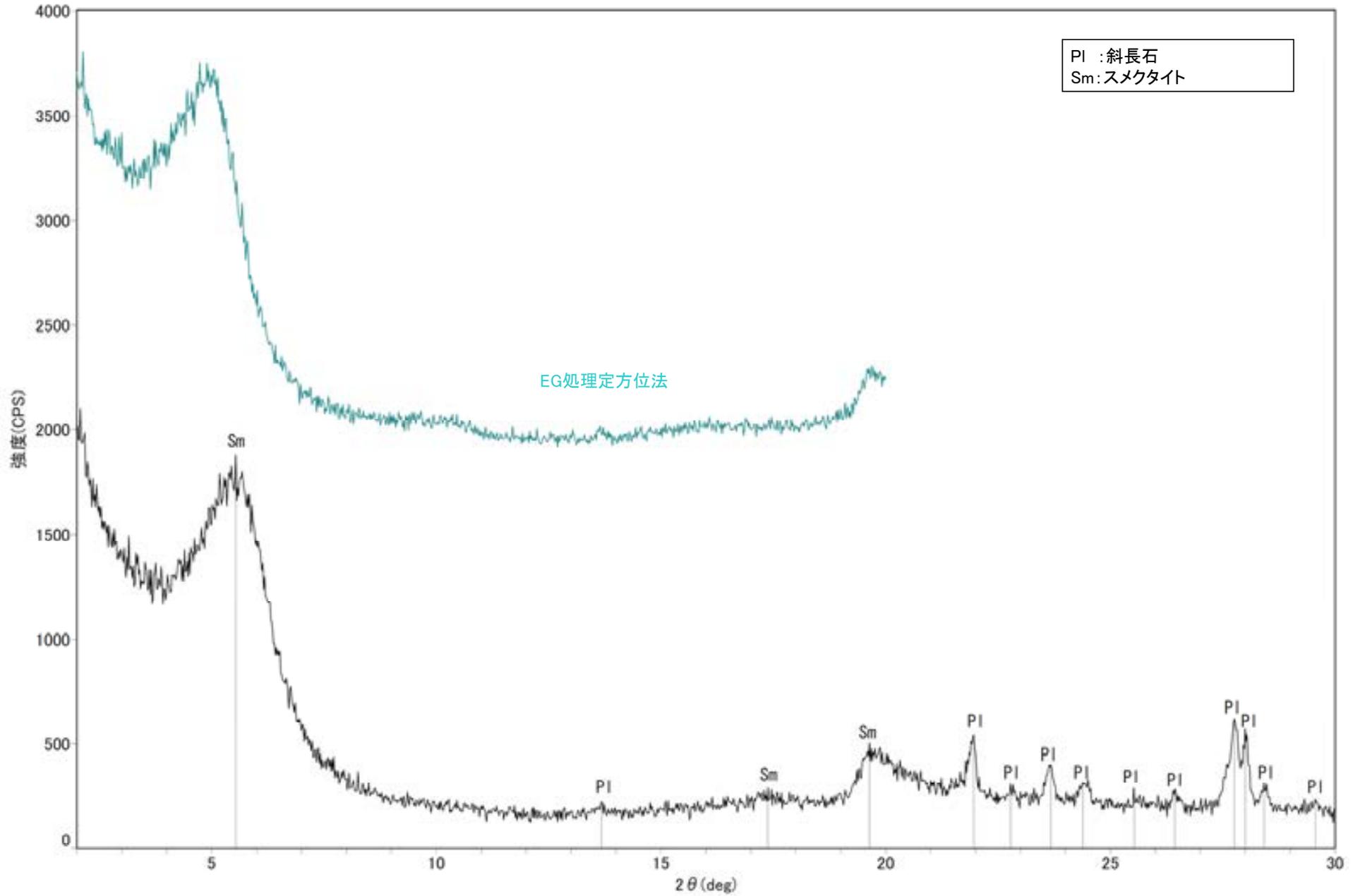
回折チャート



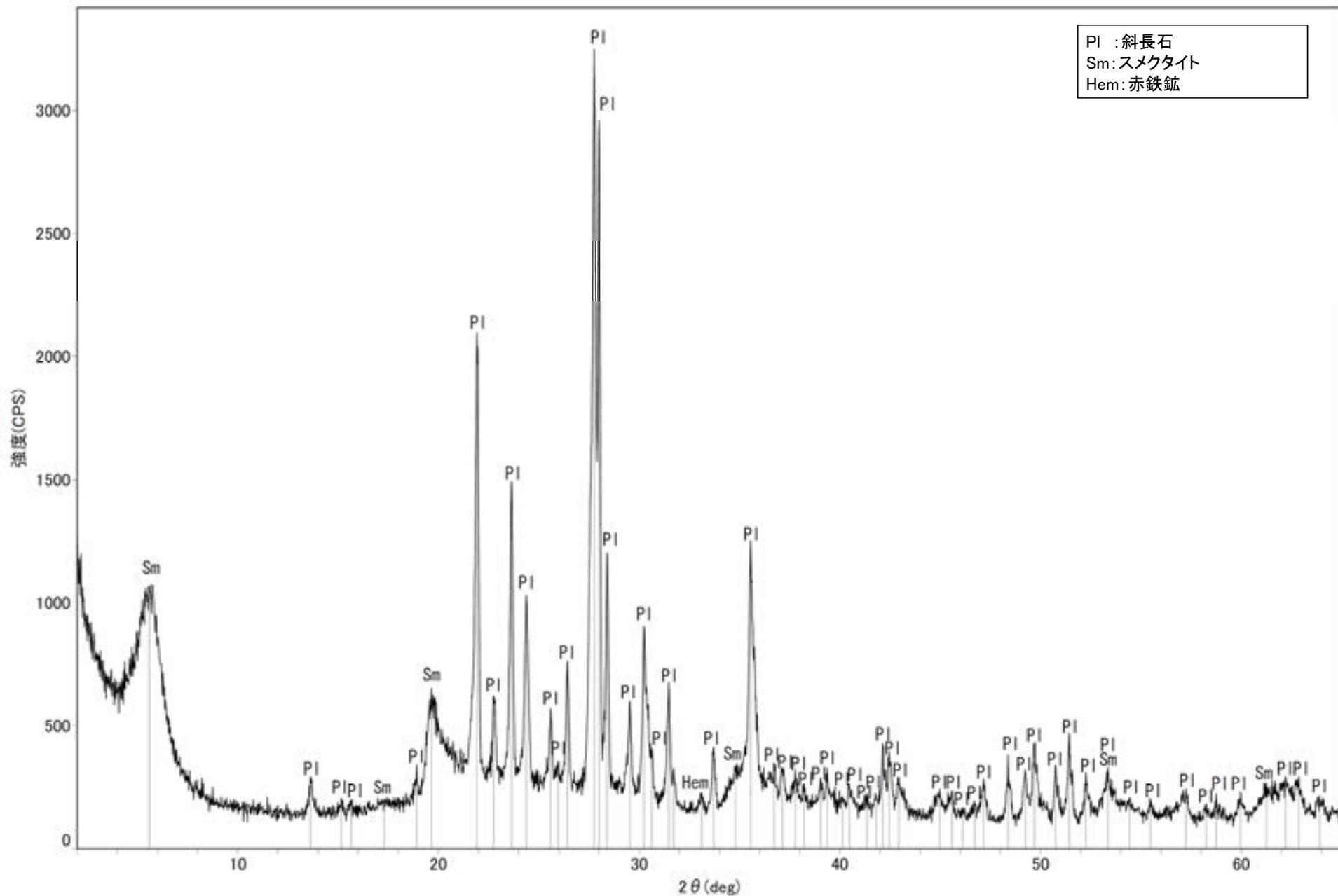
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



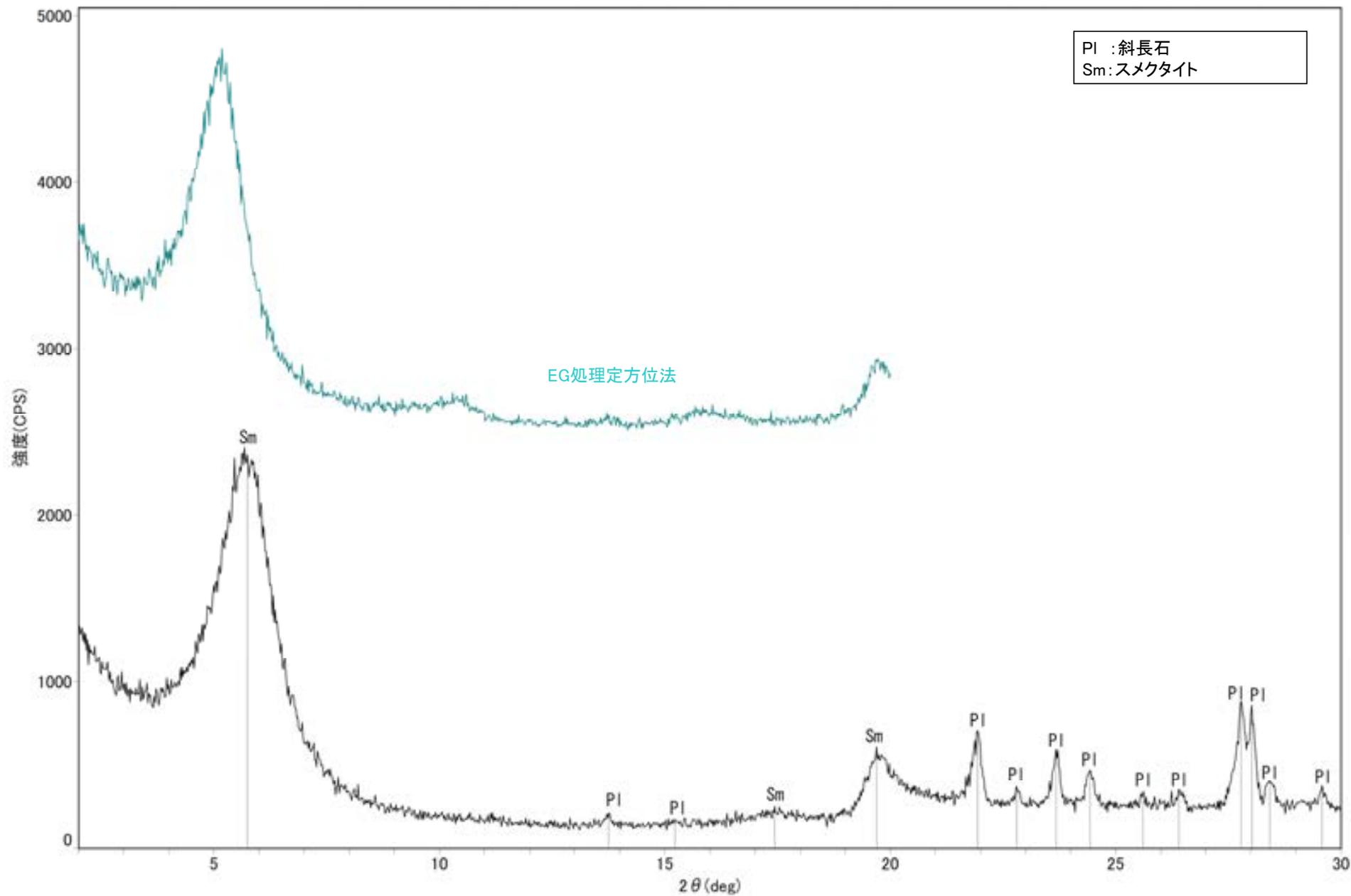
回折チャート



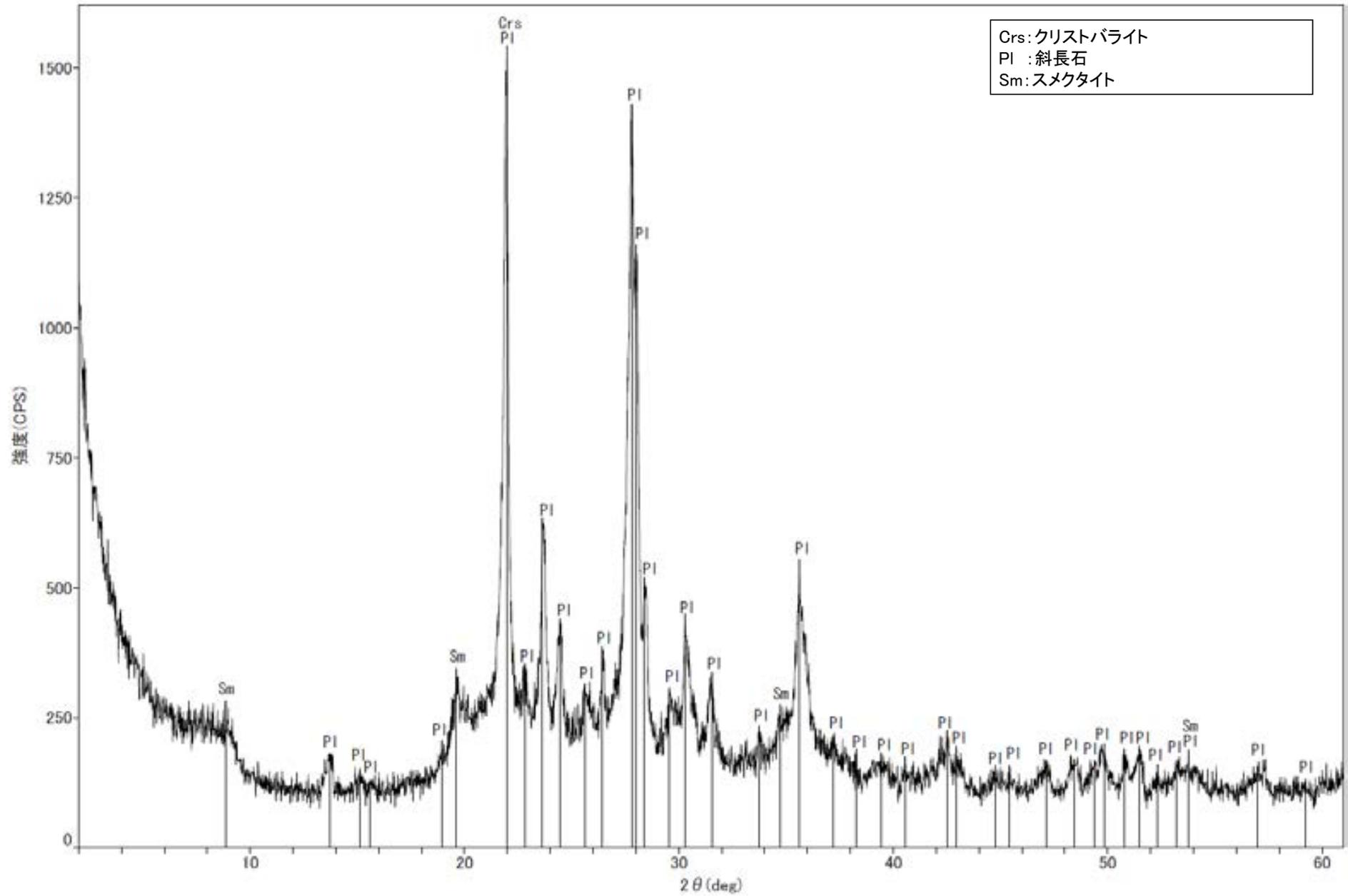
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



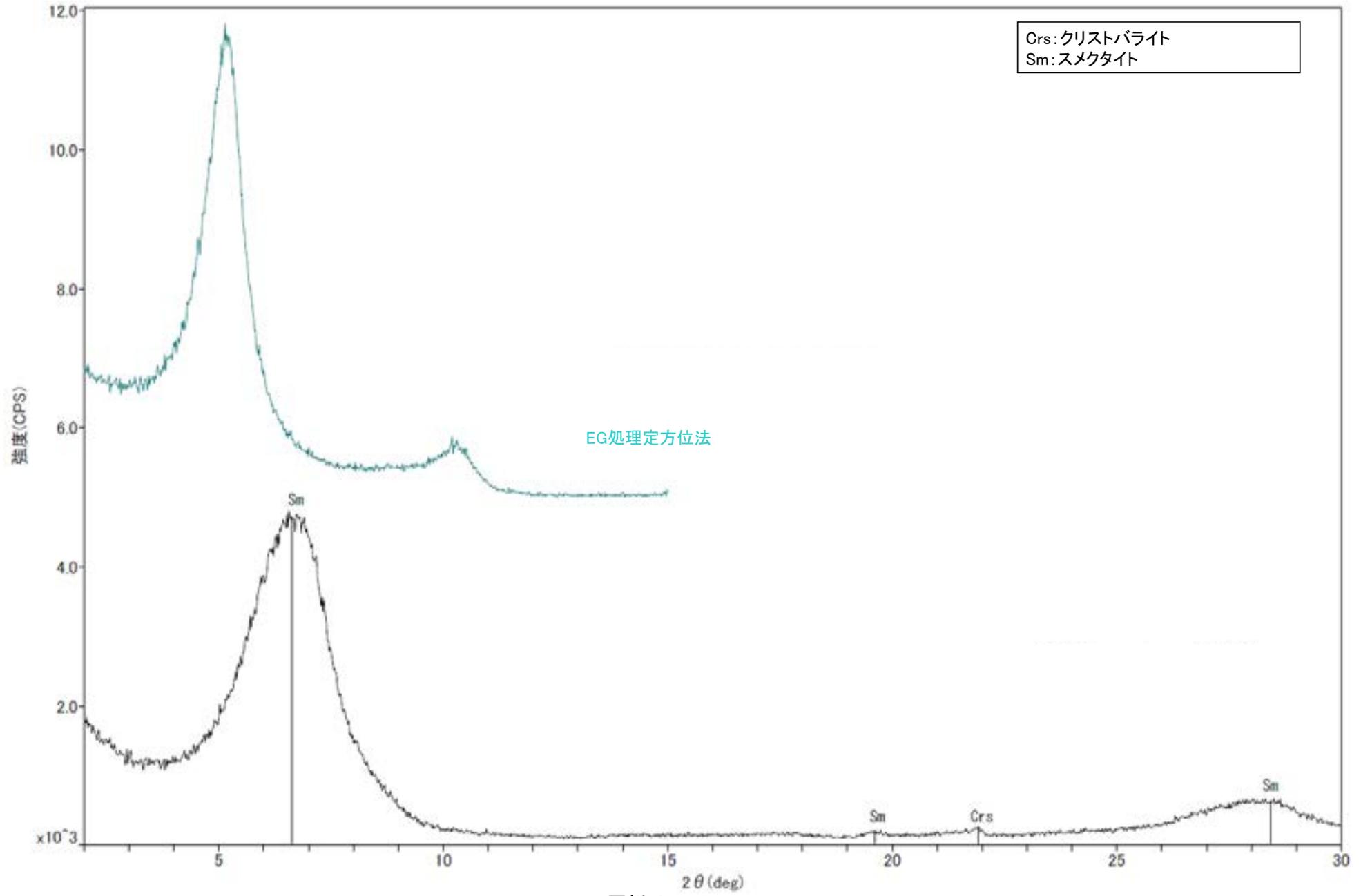
回折チャート



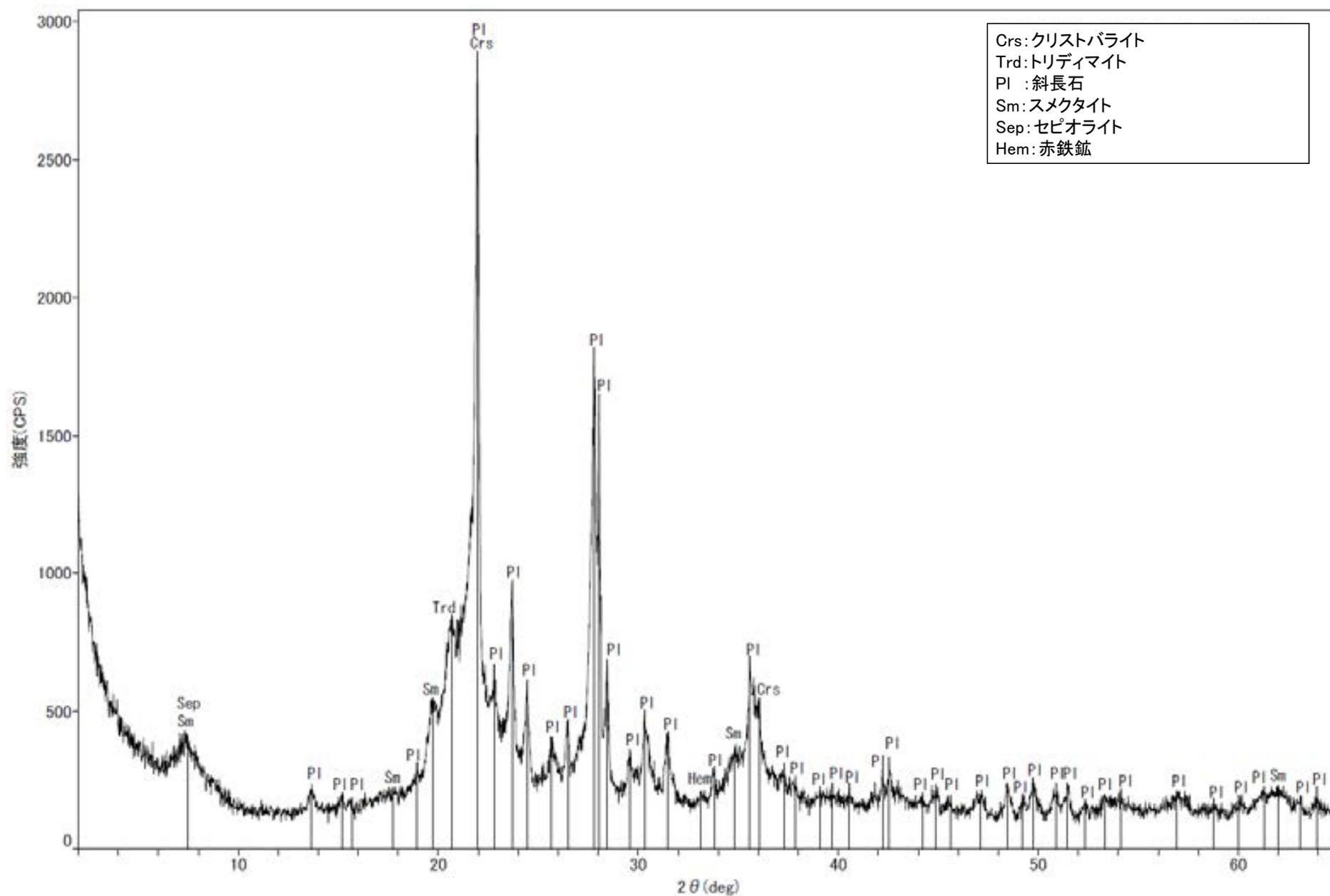
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



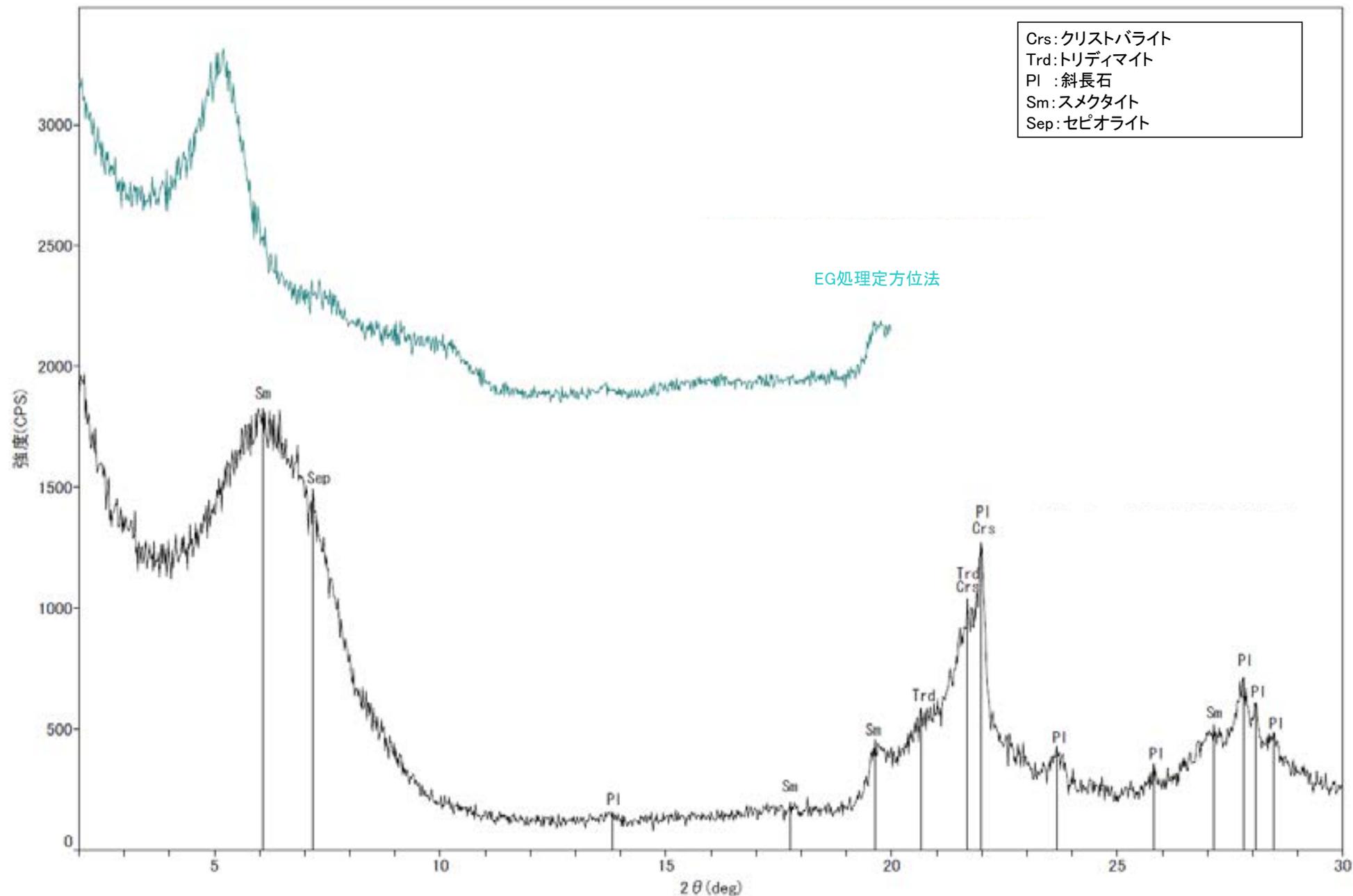
回折チャート



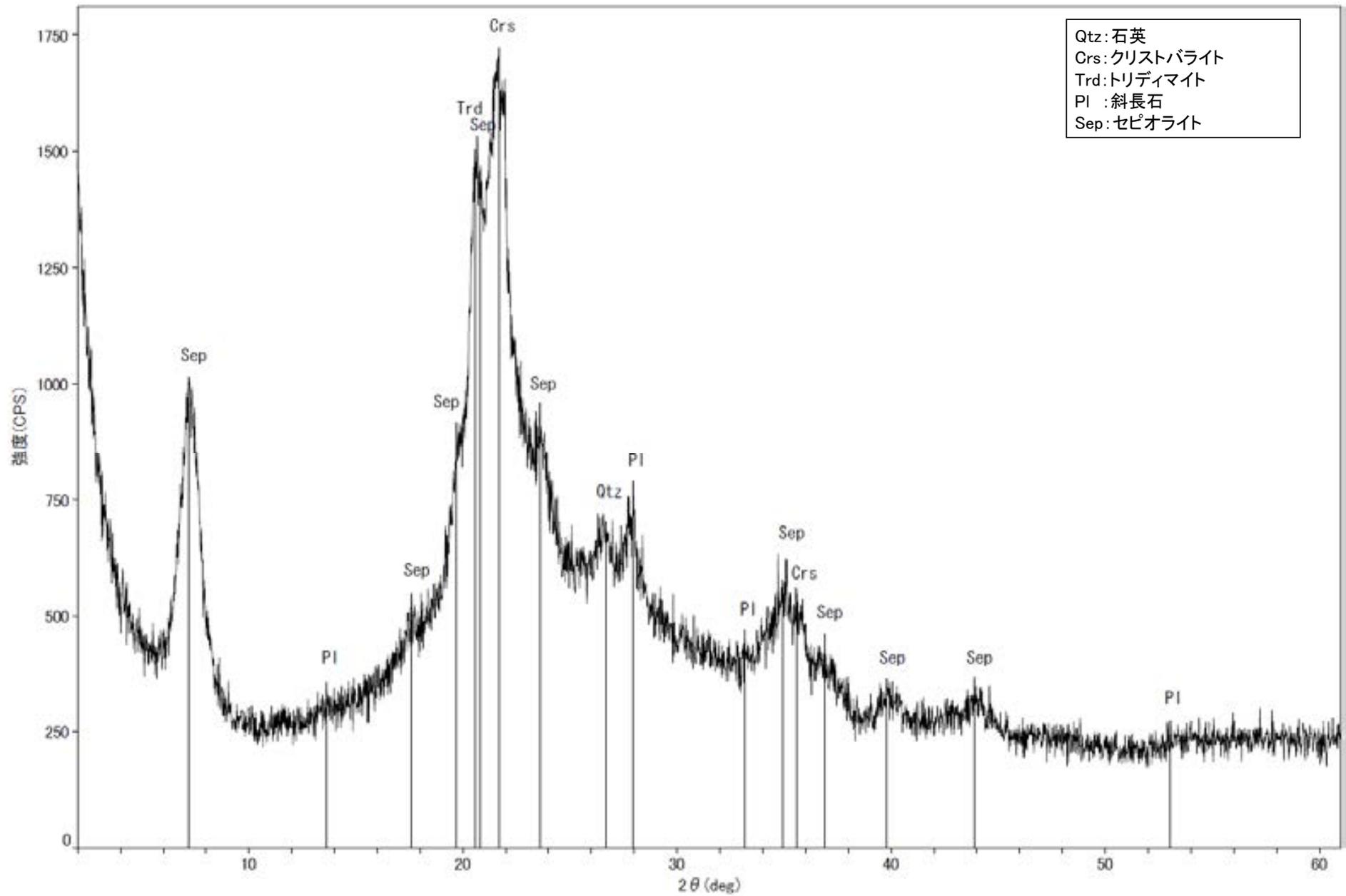
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



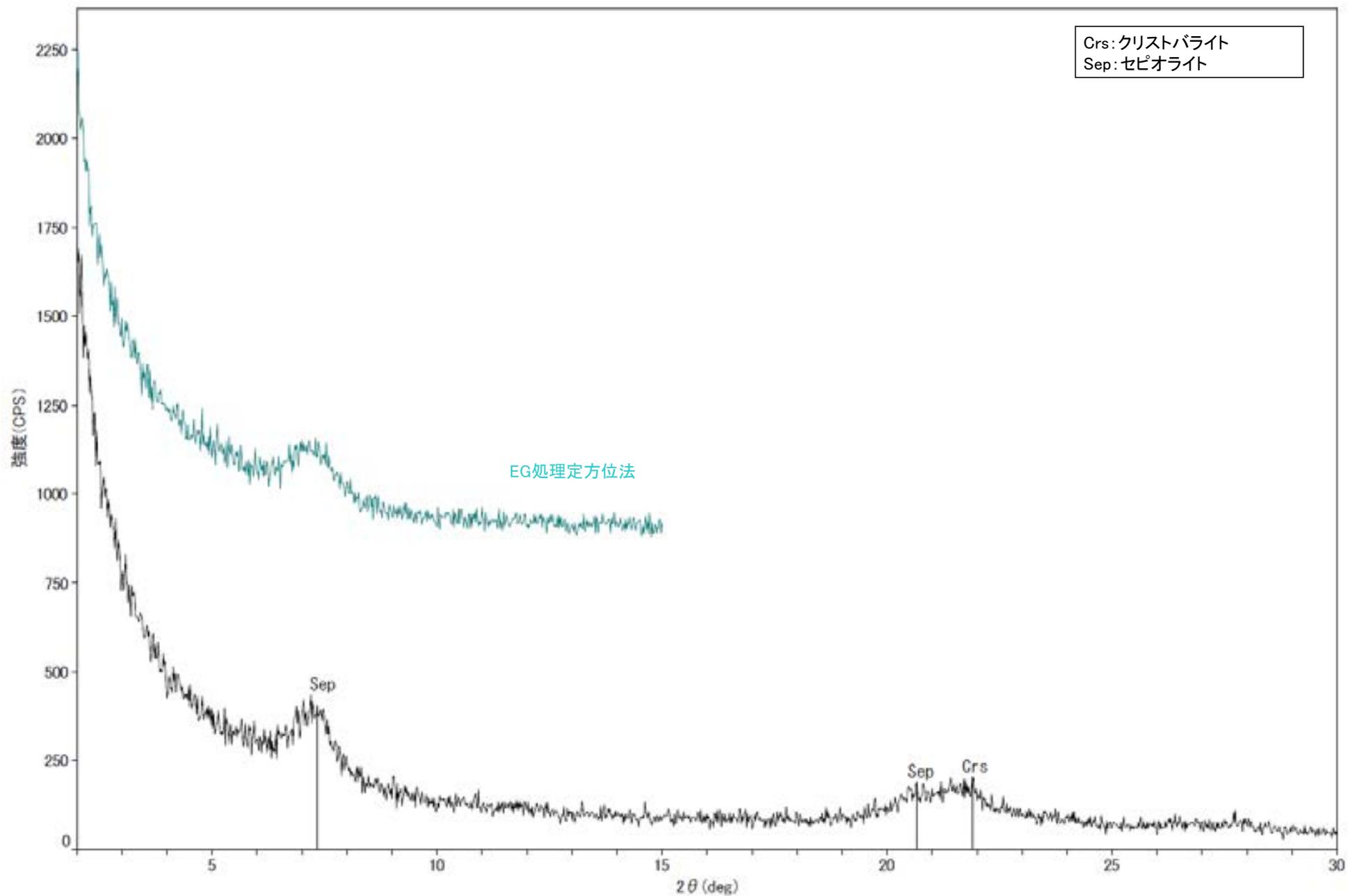
回折チャート



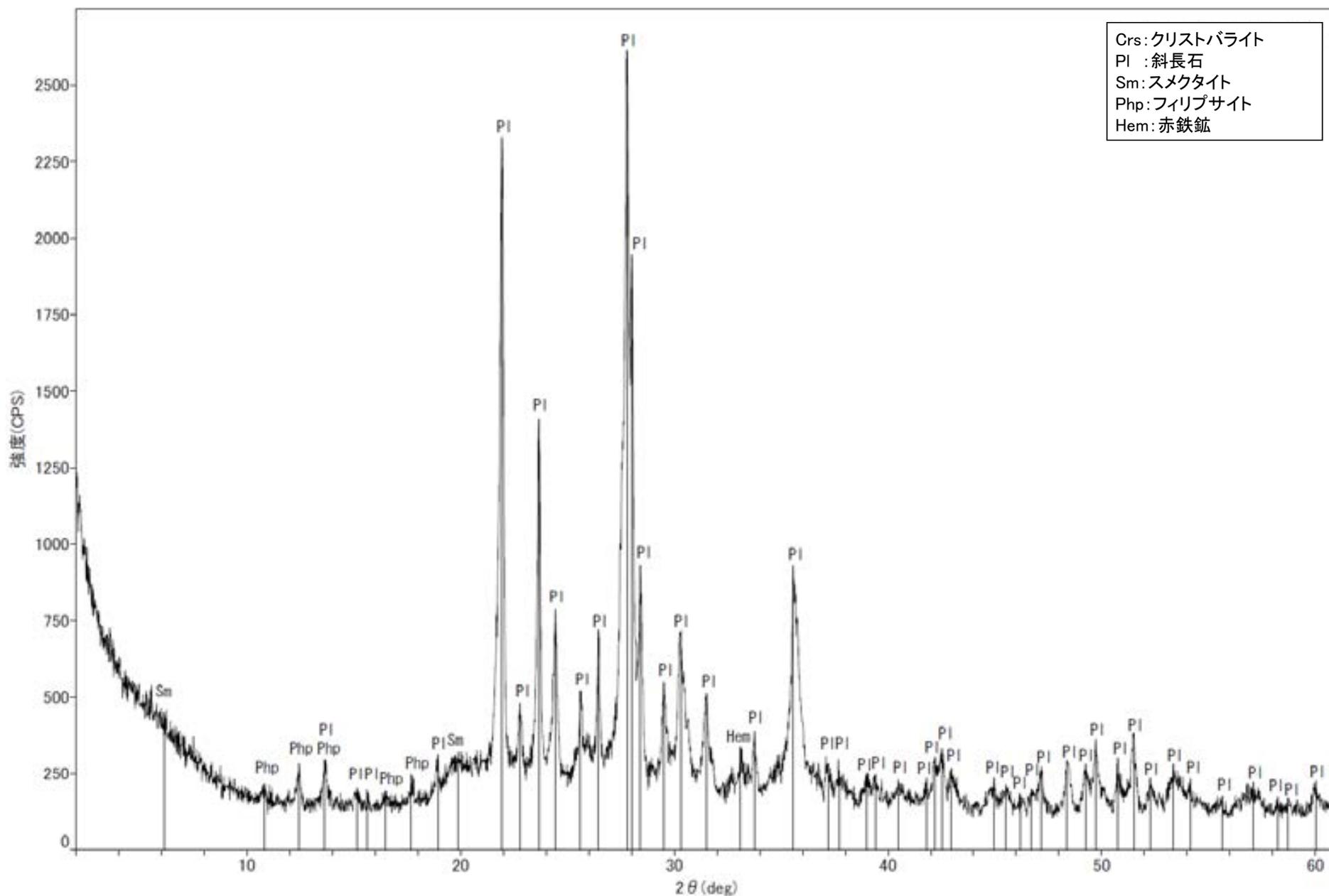
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



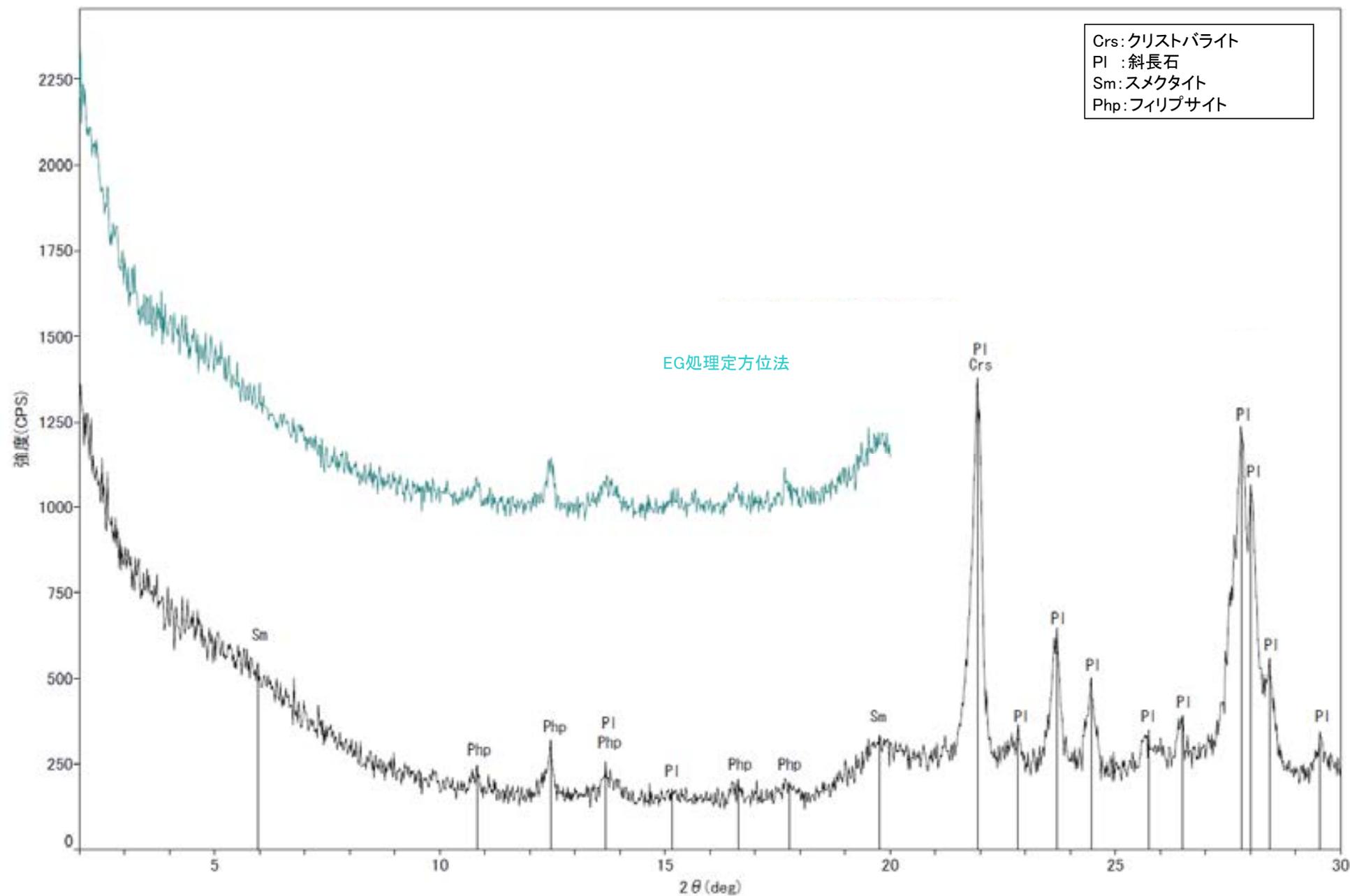
回折チャート



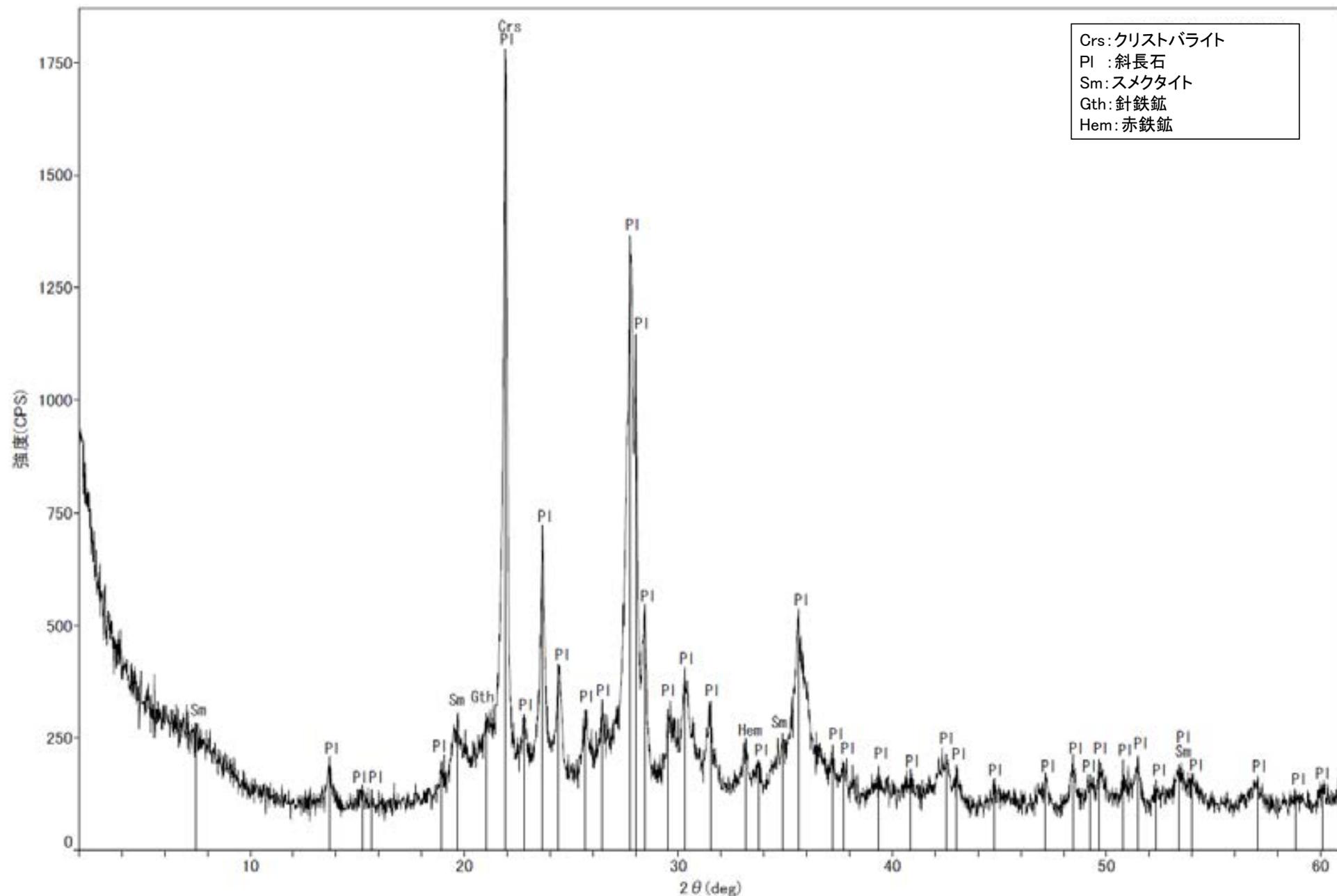
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



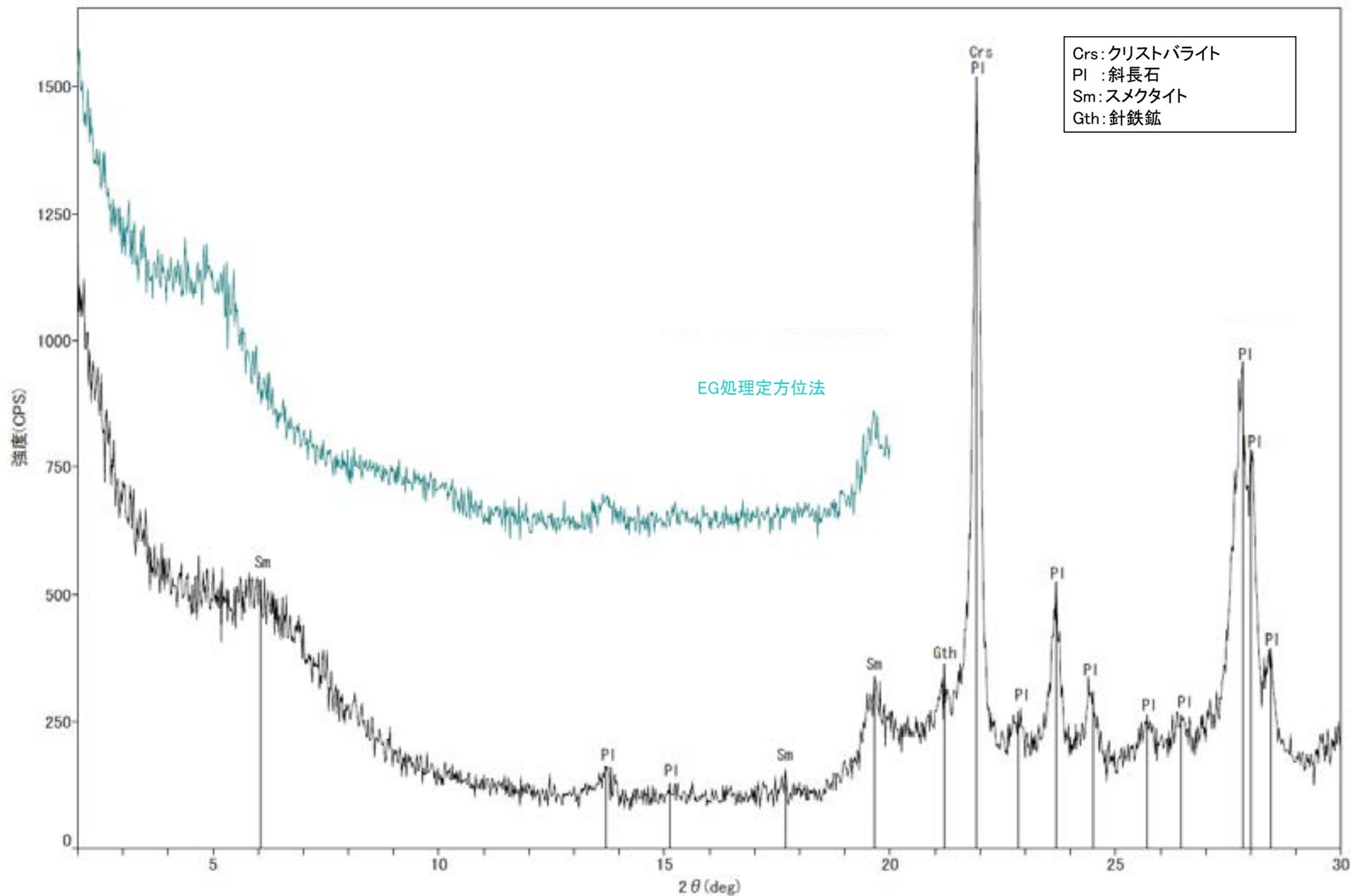
回折チャート



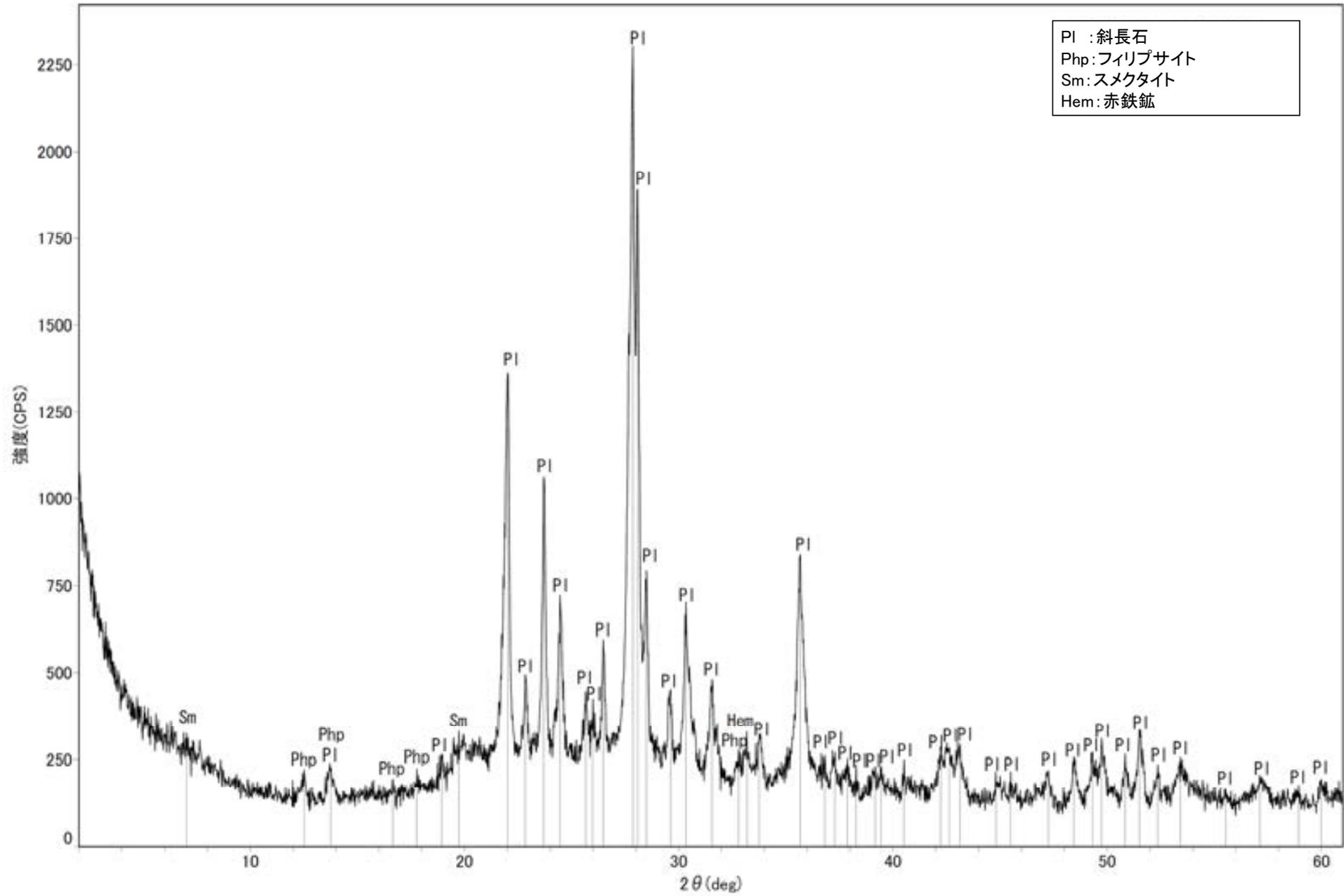
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



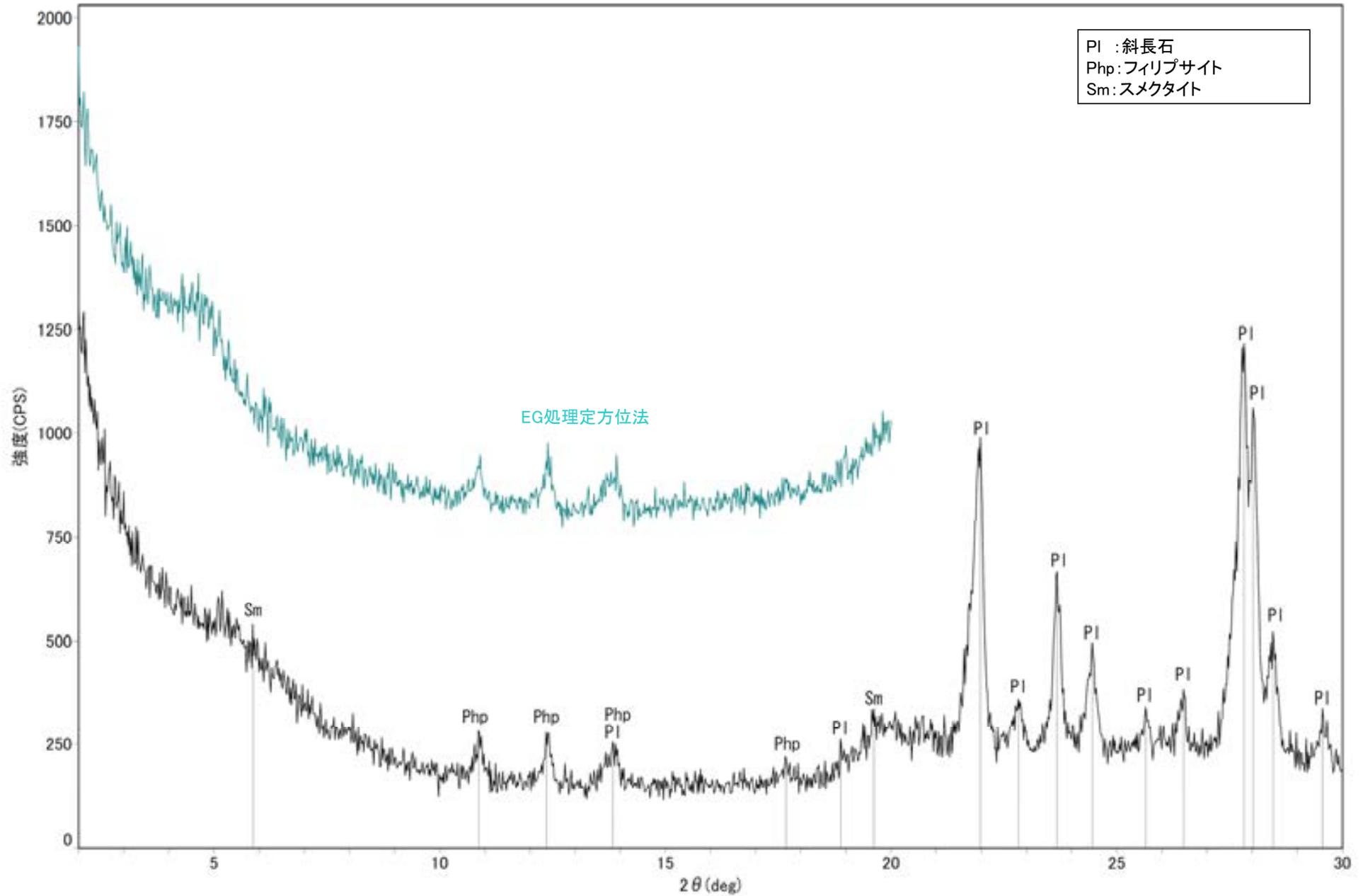
回折チャート



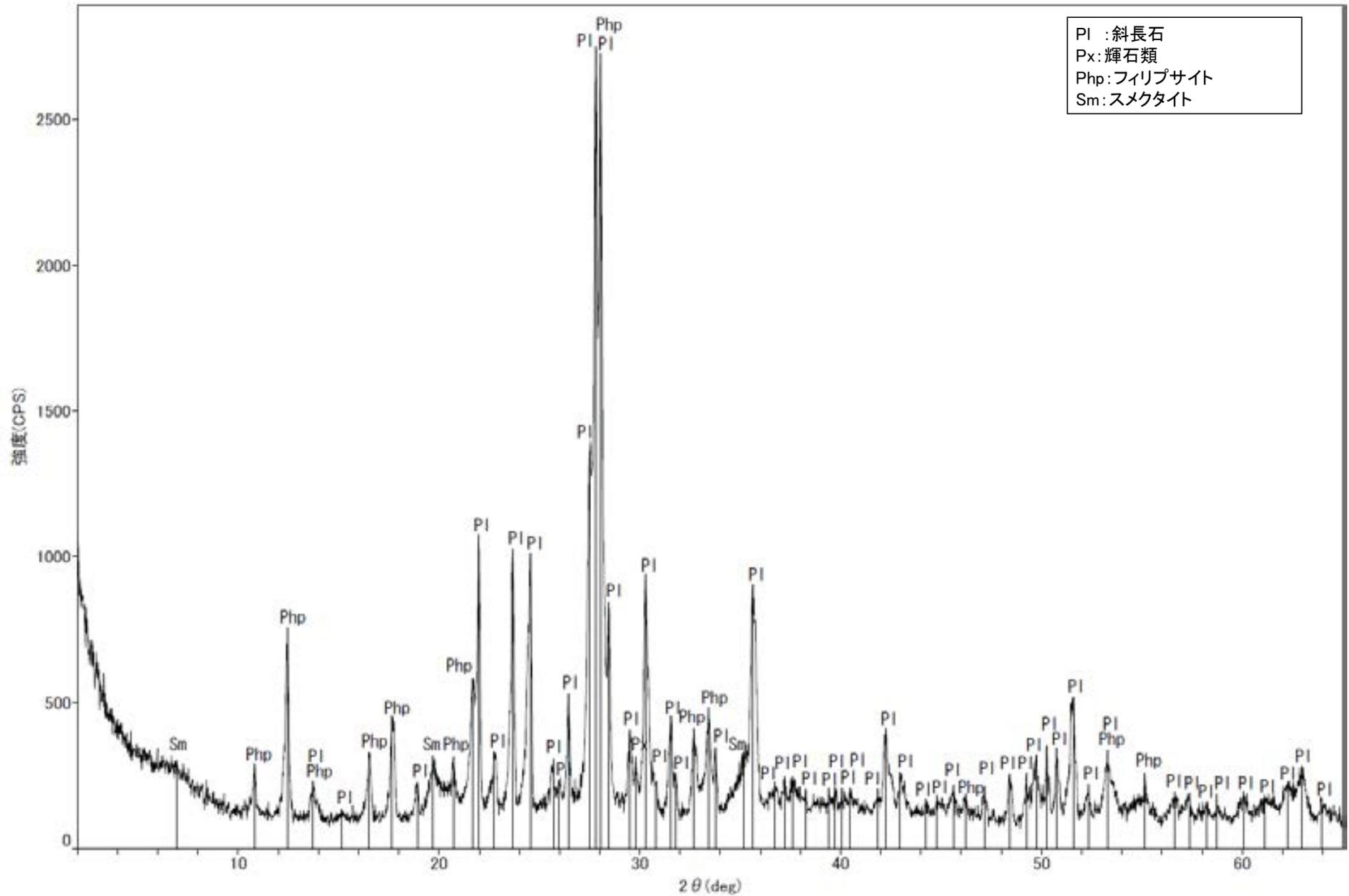
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



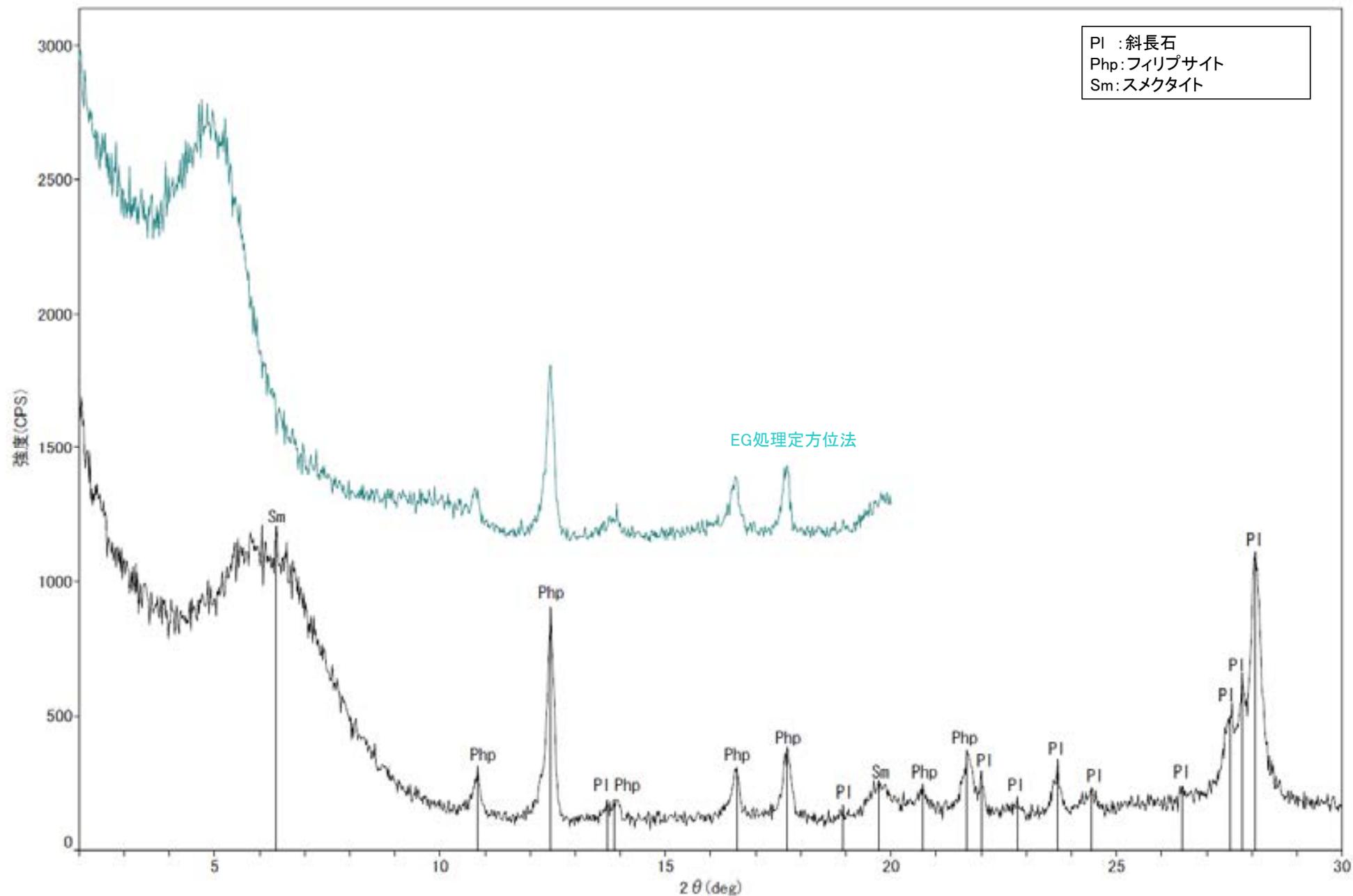
回折チャート



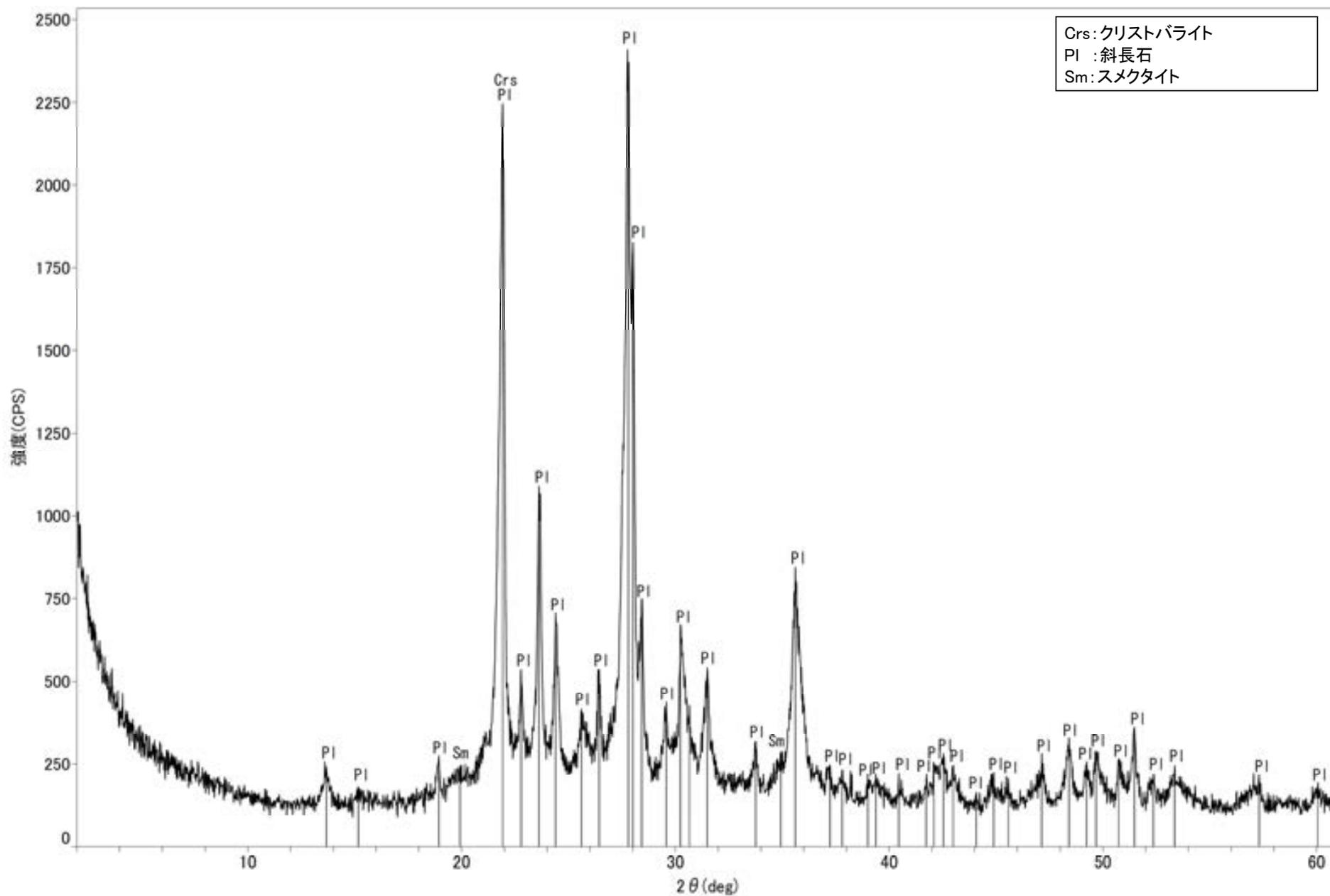
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



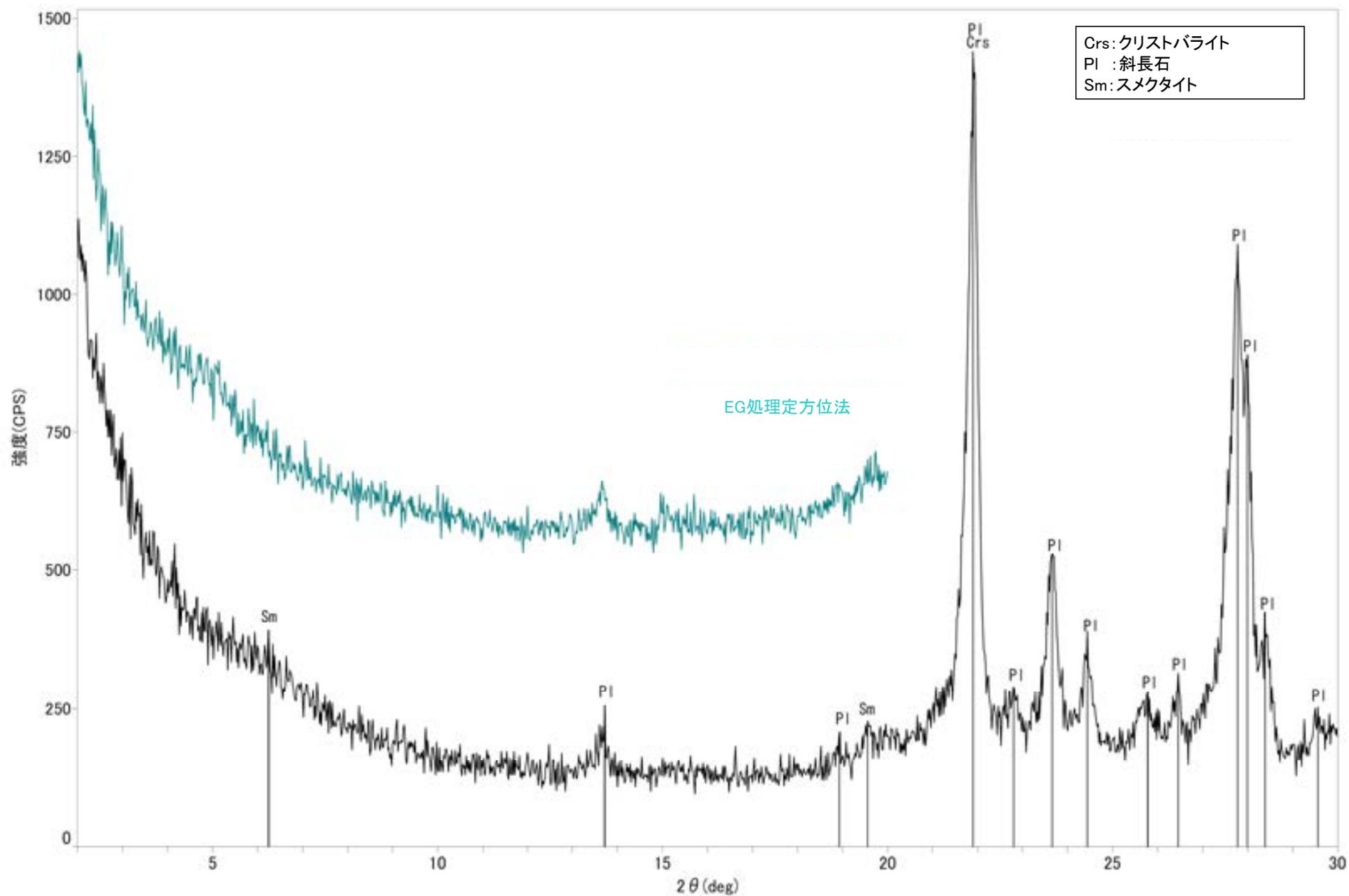
回折チャート



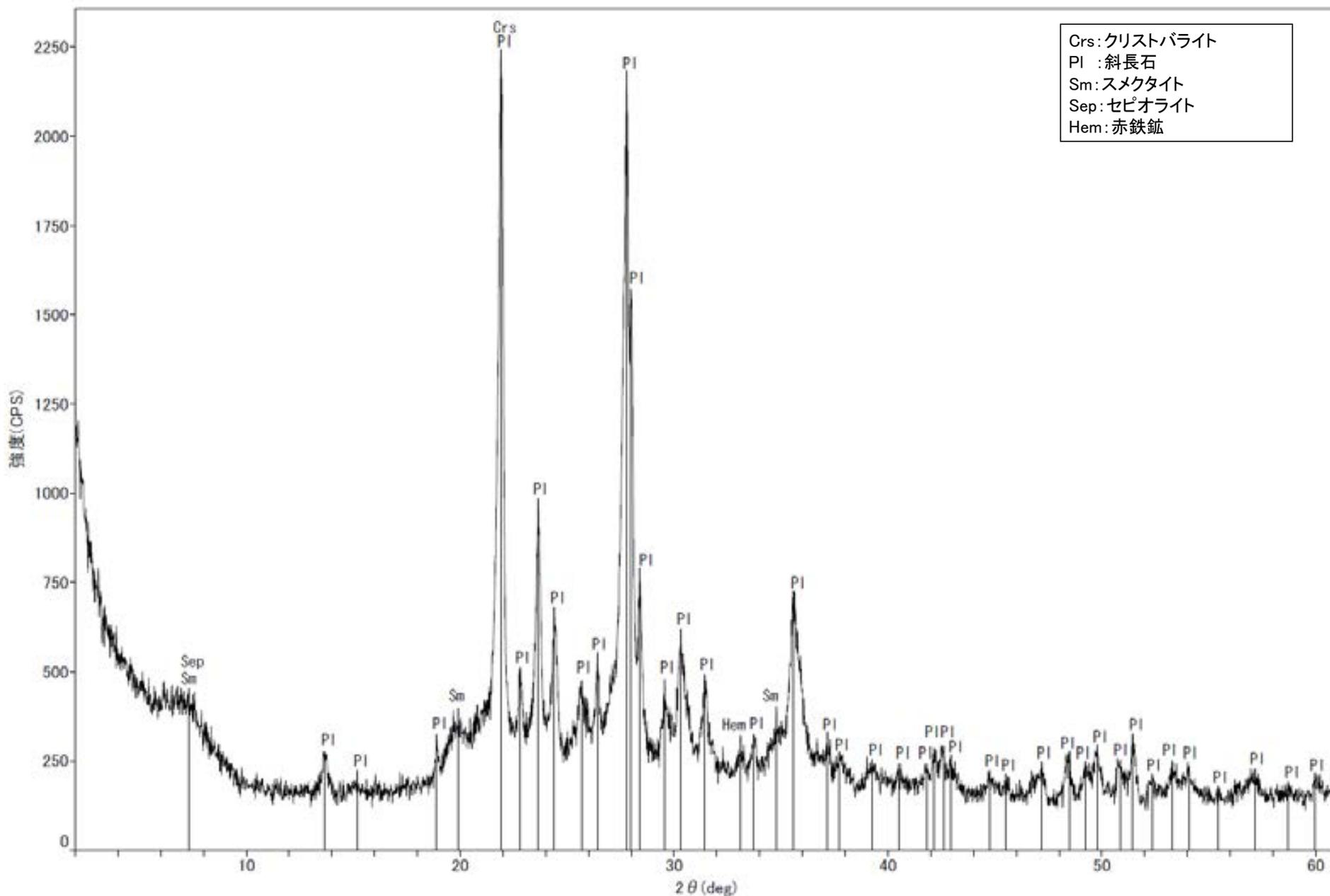
回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



回折チャート

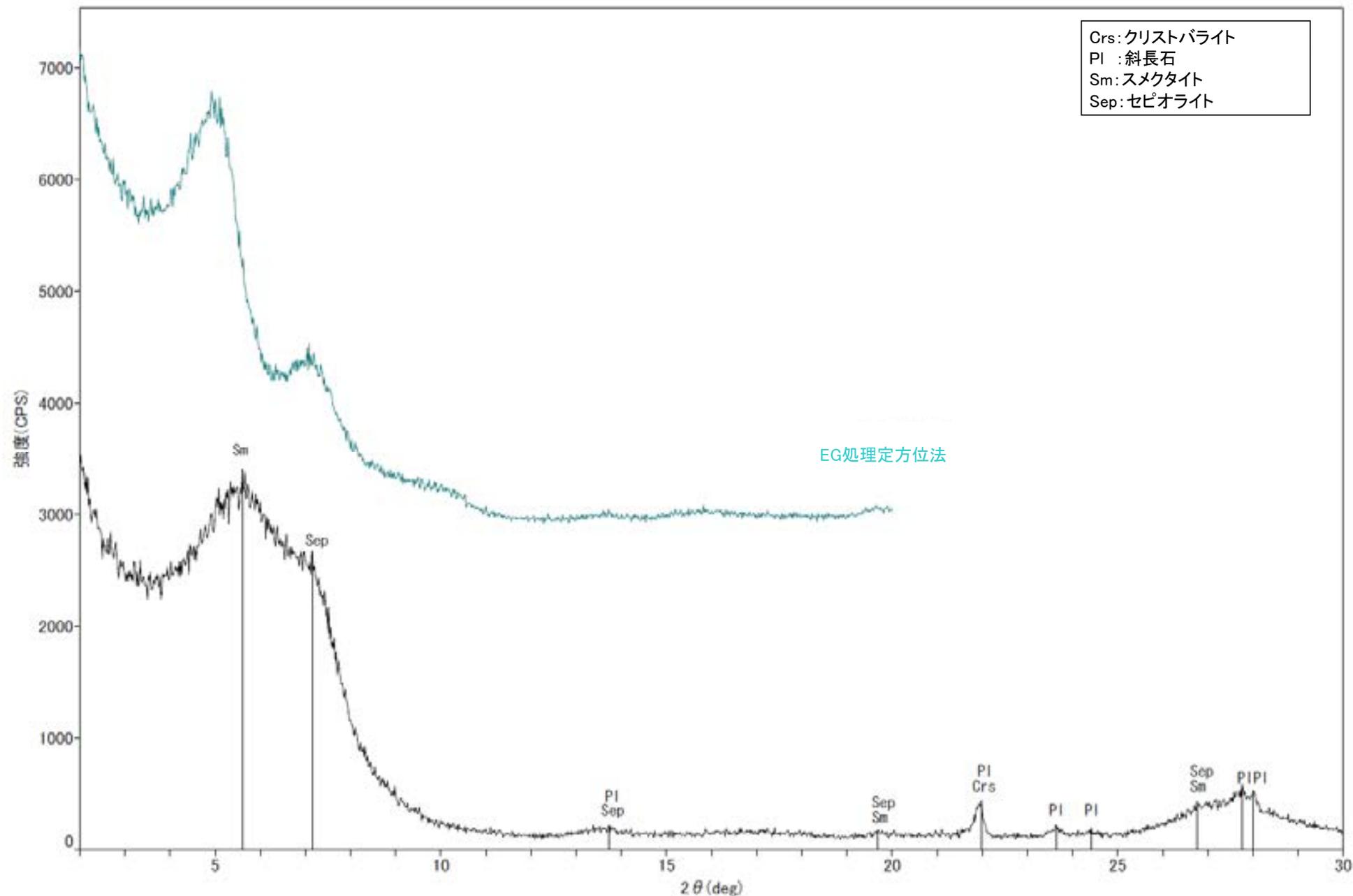


回折チャート
(EG処理も合わせて表示)



Crs: クリスタバライト
Pl : 斜長石
Sm: スメクタイト
Sep: セピオライト
Hem: 赤鉄鉱

回折チャート



回折チャート
(EG処理も合わせて表示)

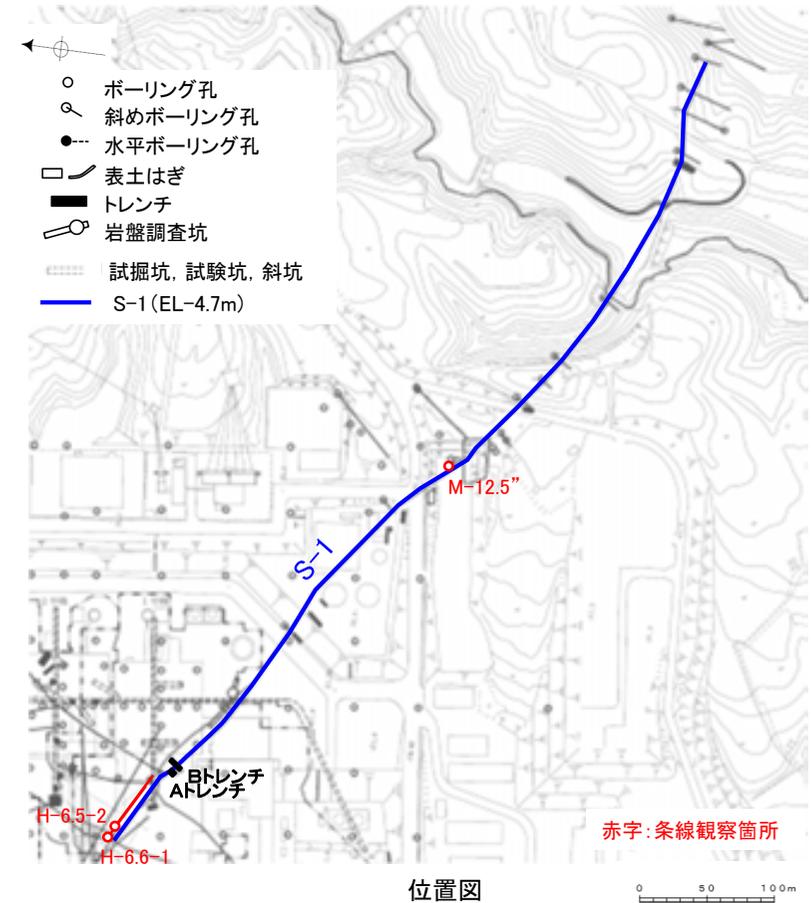
(2) 条線觀察結果

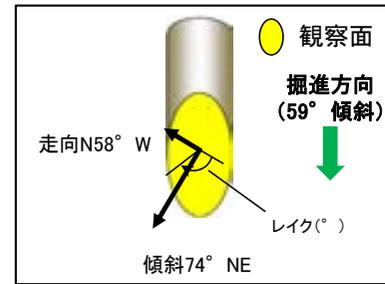
(2)-1 S-1の条線観察結果

S-1の条線観察結果

試料名		走向／傾斜 (走向は真北)	条線の レイク※1	変位センス (条線観察)
ボーリングH-6.5-2孔 [深度70.70m]	上盤側	N58° W/74° NE	66° R	(不明)
ボーリングH-6.6-1孔 [深度57.20m]	下盤側	N66° W/80° NE	71° R	(不明)
ボーリングM-12.5"孔 [深度50.00m]	上盤側	N51° W/79° NE	65° R	(不明)

※1 上盤側で確認したレイクは下盤側に換算して示す。

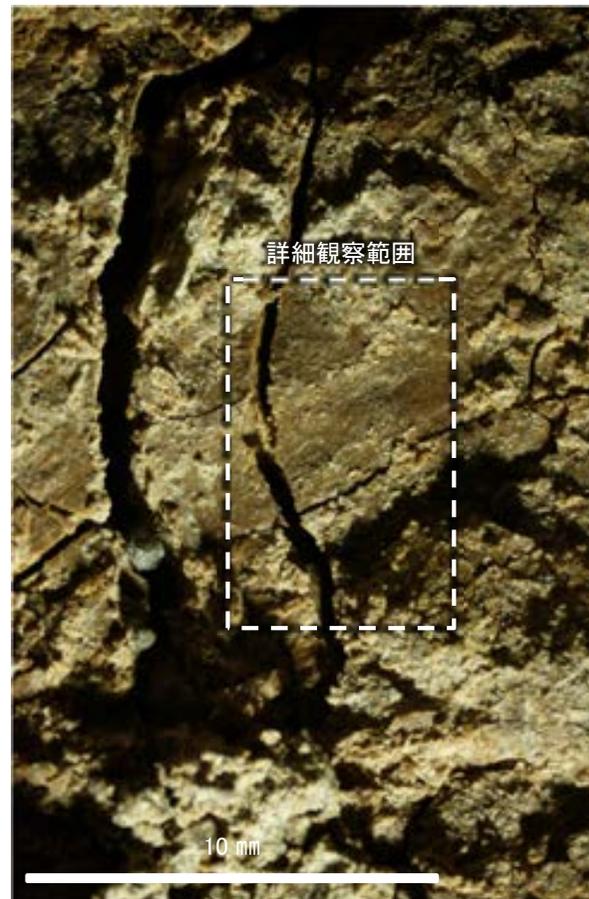




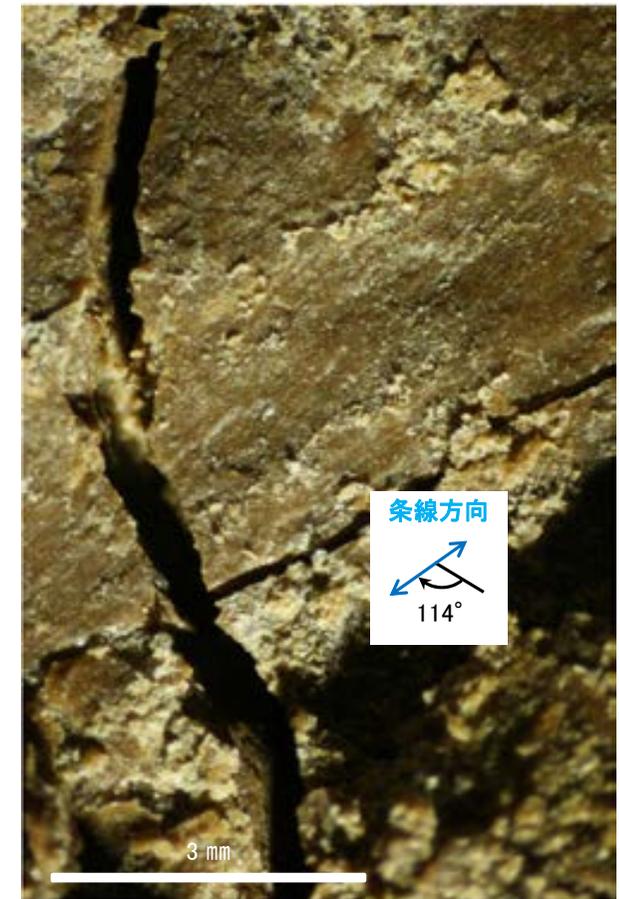
概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真

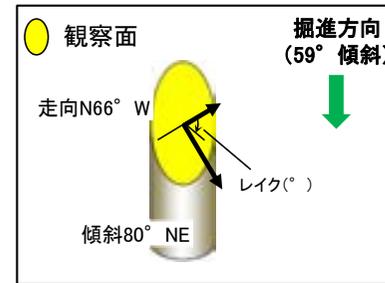


観察面拡大写真



詳細観察写真

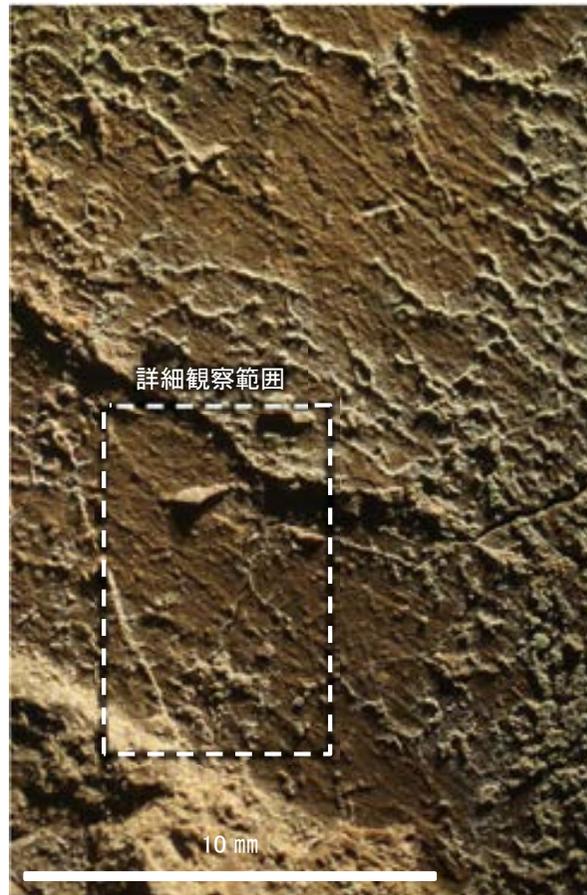
・条線のレイクは66° R(下盤側換算), 変位センスは不明



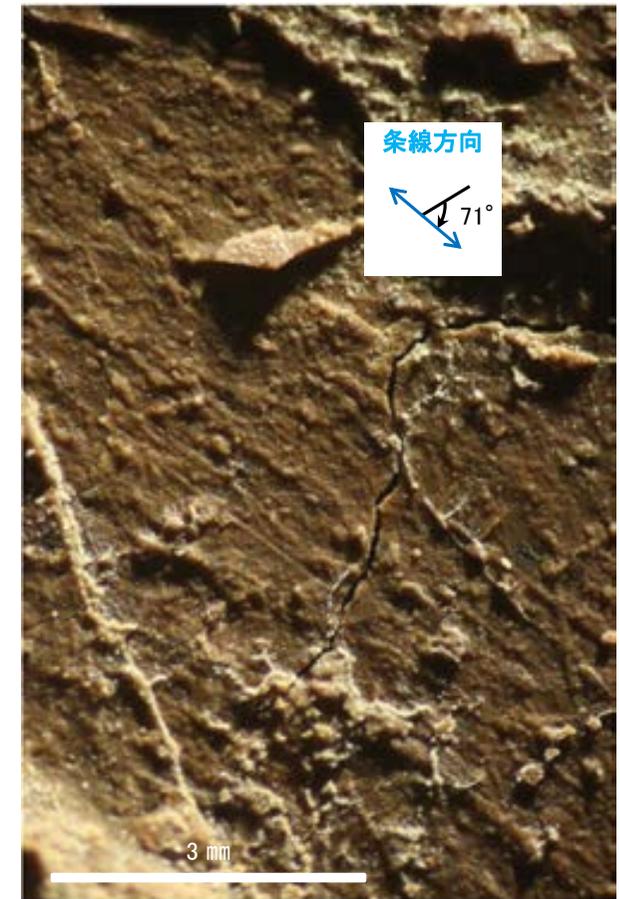
概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真

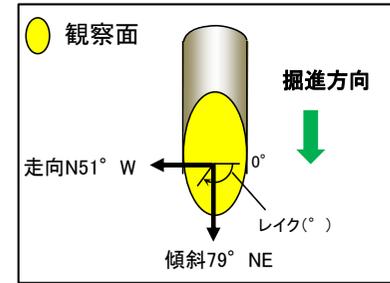


観察面拡大写真

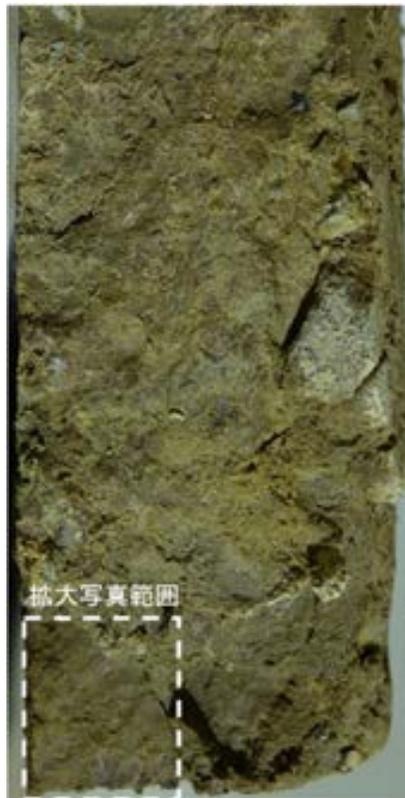


詳細観察写真

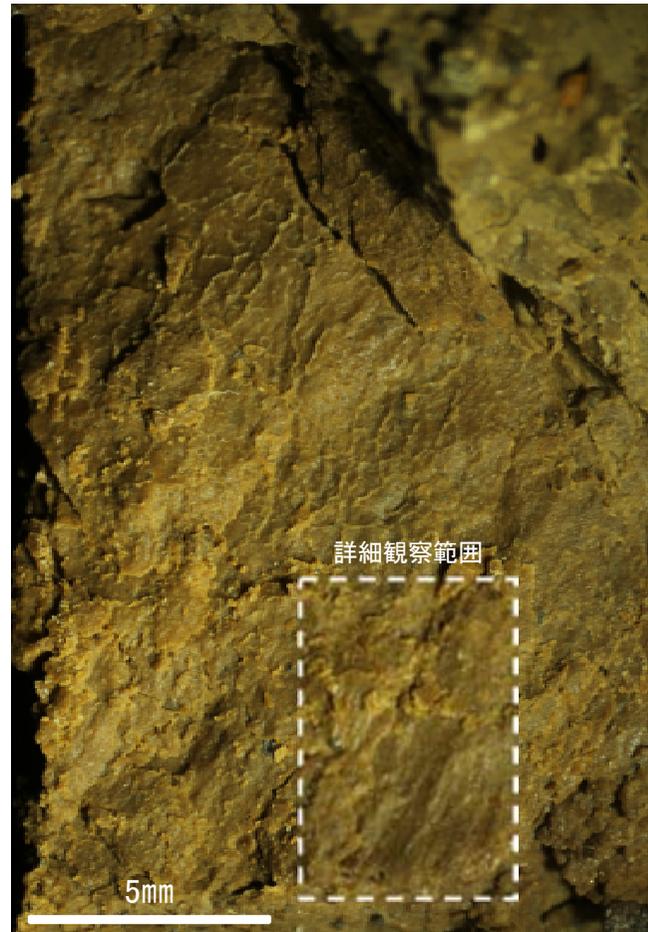
・条線のレイクは71° R, 変位センスは不明



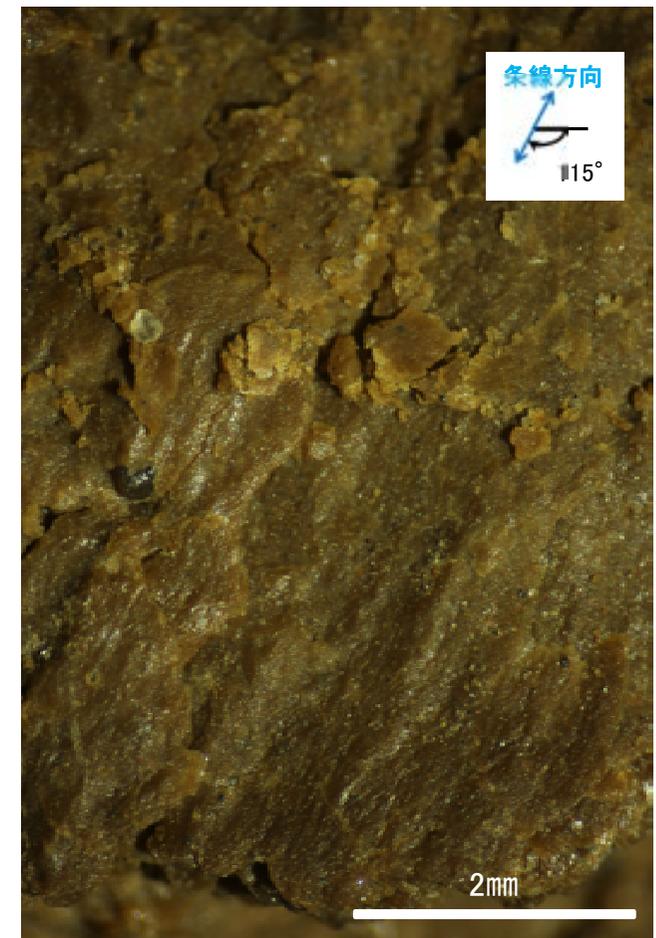
概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真



観察面拡大写真



詳細観察写真

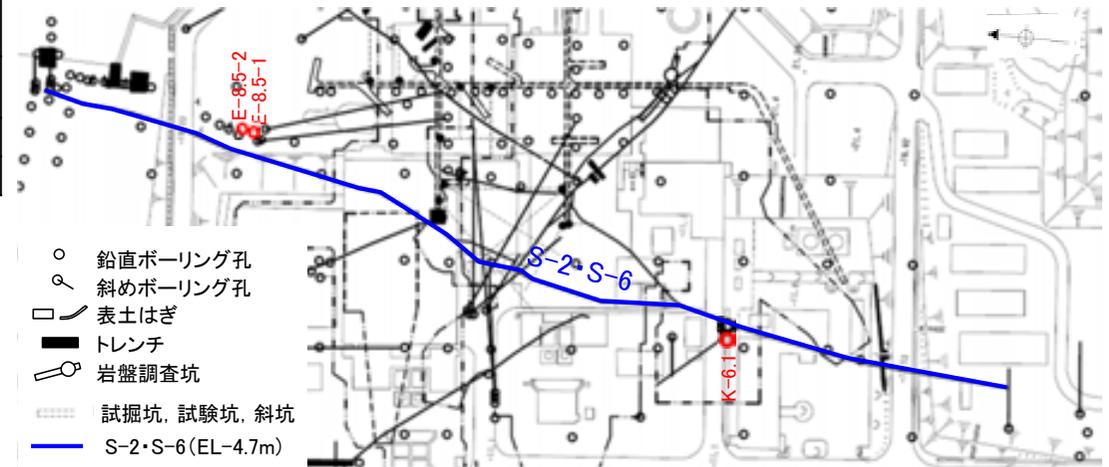
・条線のレイクは65° R(下盤側換算), 変位センスは不明

(2)-2 S-2・S-6の条線観察結果

S-2・S-6の条線観察結果

試料名		走向/傾斜 (走向は真北)	条線の レイク ^{※1}	変位センス
ボーリングK-6.1孔 [深度31.50m]	下盤側	N5° E/52° NW	100° R	(不明)
ボーリングE-8.5-1孔 [深度8.33m]	下盤側	N5° E/51° NW	140° R	左横ずれ逆断層
ボーリングE-8.5-2孔 [深度8.55m]	上盤側	N8° E/51° NW	105° R	(不明)
			160° R	(不明)

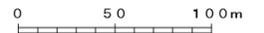
※1 上盤側で確認したレイクは下盤側に換算して示す。

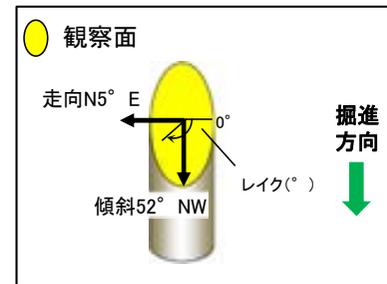


- 鉛直ボーリング孔
- 斜めボーリング孔
- 表土はぎ
- トレンチ
- 岩盤調査坑
- ⋯ 試掘坑, 試験坑, 斜坑
- S-2・S-6(EL-4.7m)

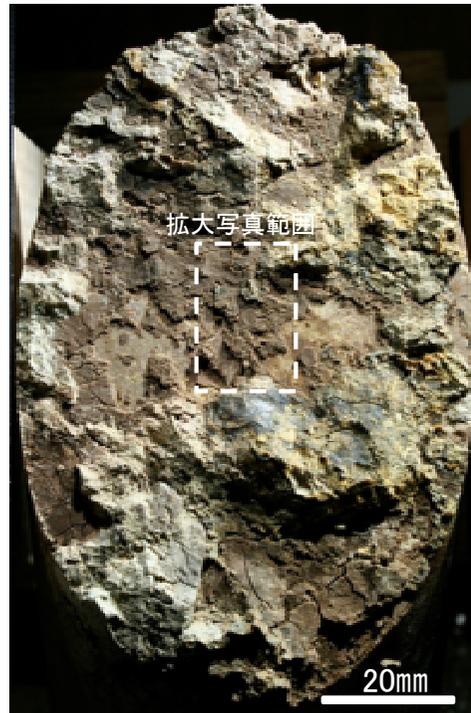
赤字:条線観察箇所

位置図

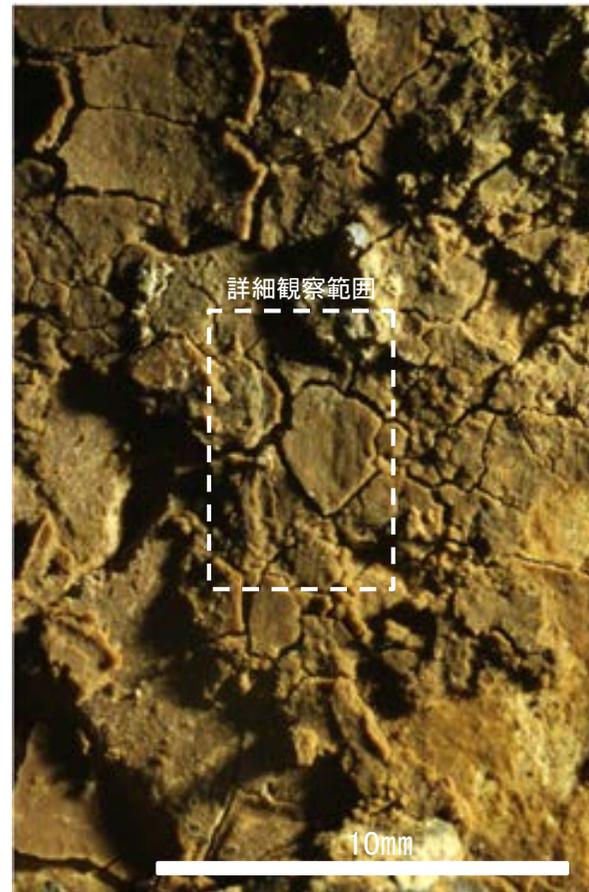




概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真

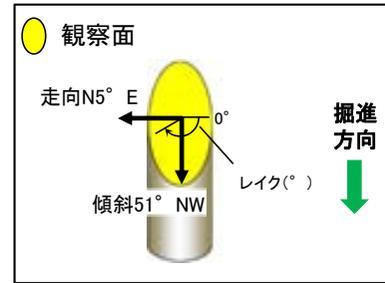


観察面拡大写真



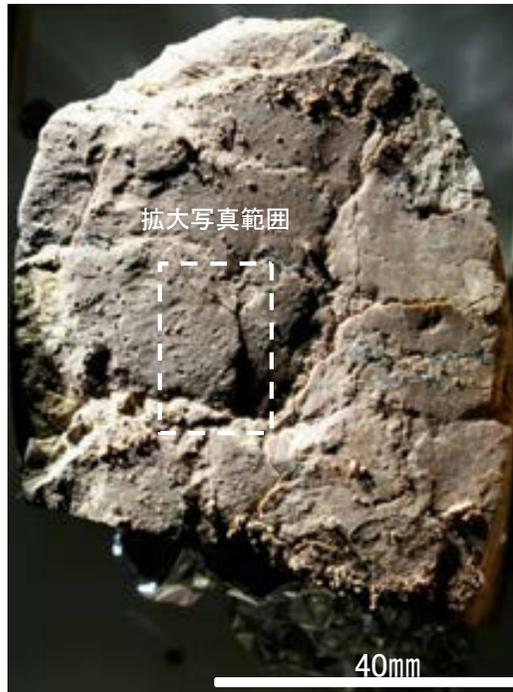
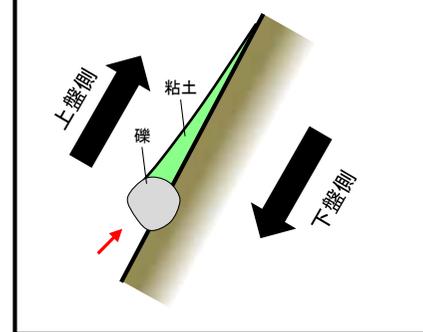
詳細観察写真

・条線のレイクは100° R, 変位センスは不明

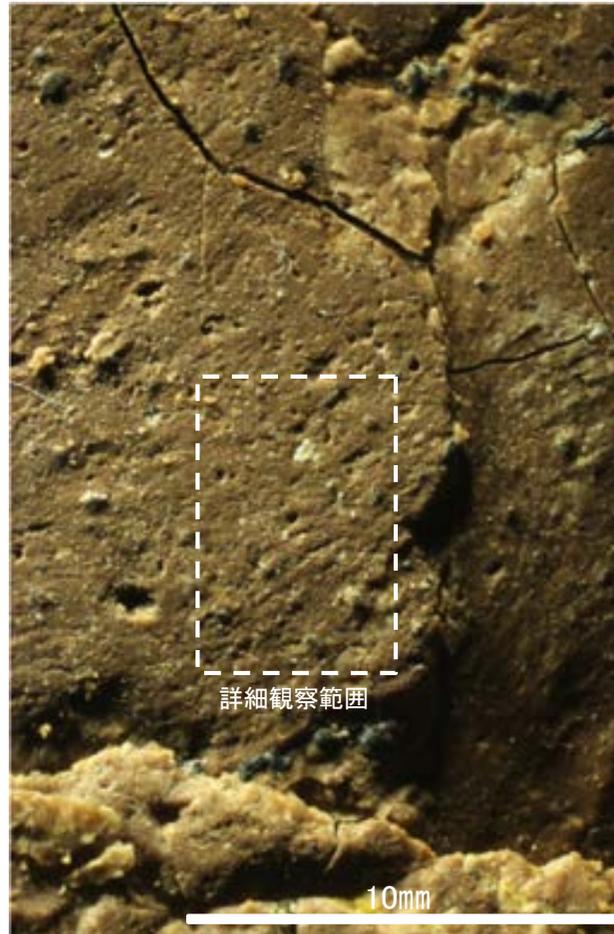


概念図
 ※走向は真北で示す。

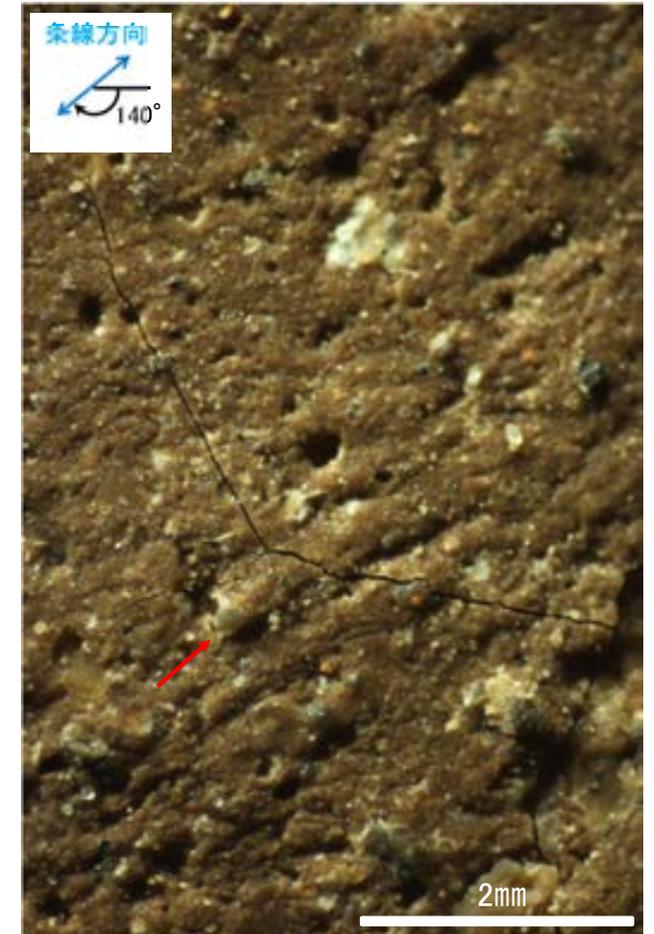
条線方向及び礫周りの粘土の非対称構造から、逆断層センスを示す。



観察面写真

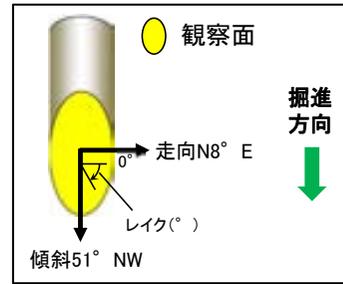


観察面拡大写真



詳細観察写真

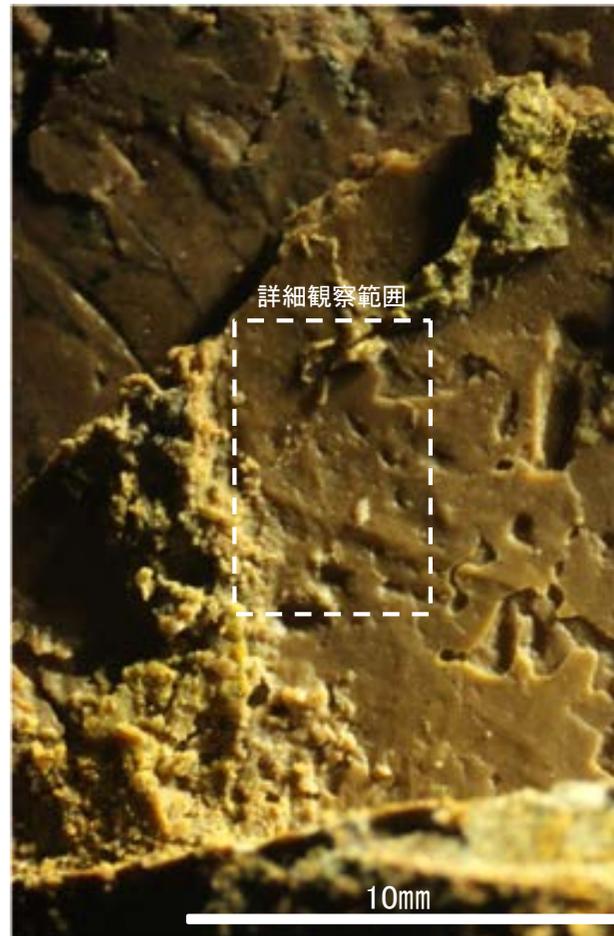
・条線のレイクは140° R, 変位センスは左横ずれ逆断層センス



概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真



観察面拡大写真



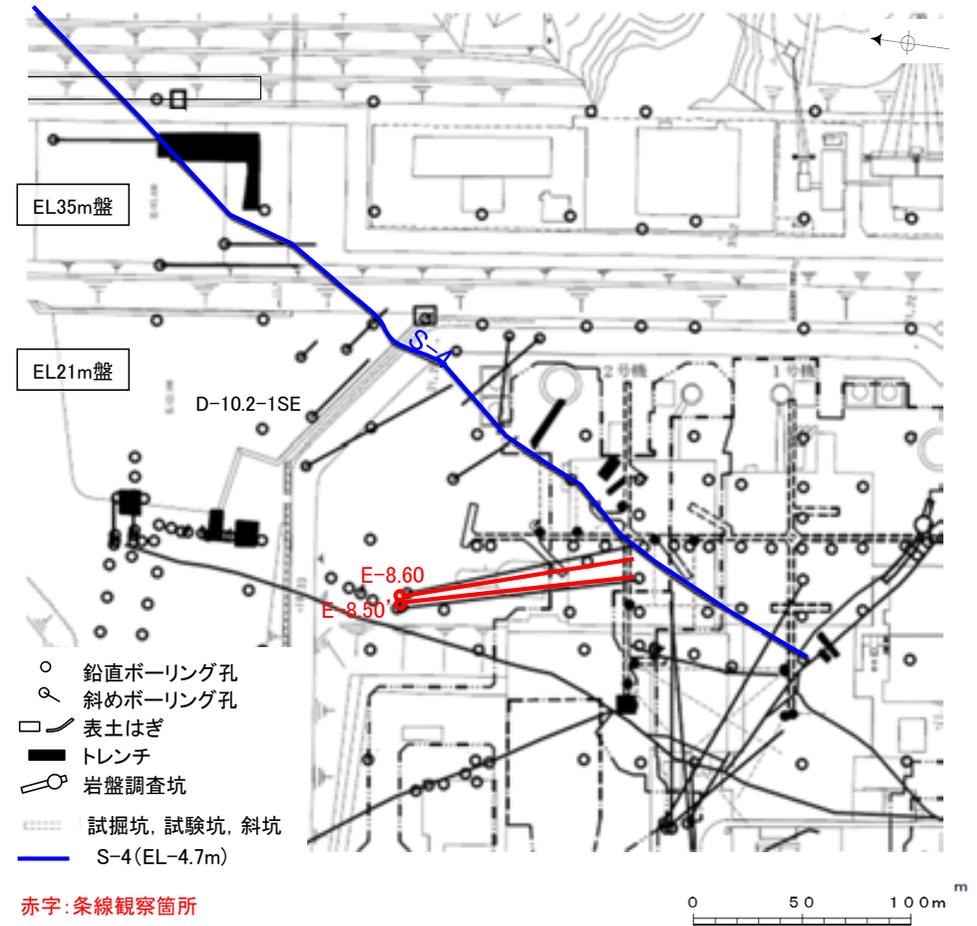
詳細観察写真

・条線のレイクは105° R(下盤側換算), 160° R(下盤側換算), それぞれ変位センスは不明

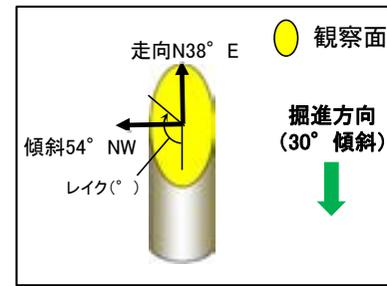
(2)-3 S-4の条線観察結果

S-4の条線観察結果

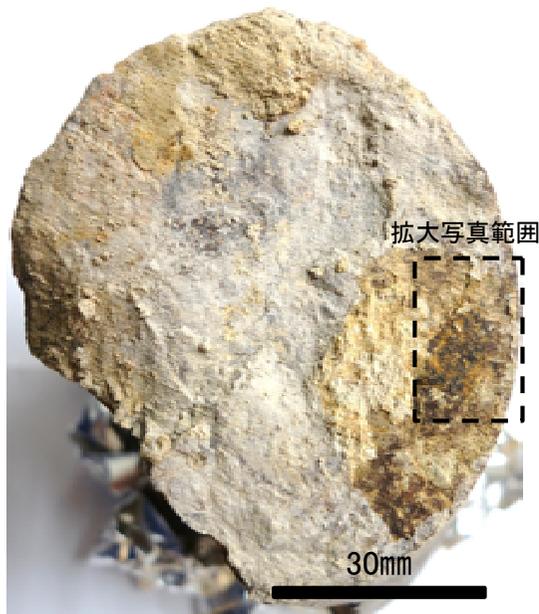
試料名		走向/傾斜 (走向は真北)	条線のレイク	変位センス
ボーリングE-8.50' 孔 [深度113.10m]	下盤側	N38° E/54° NW	131° R	(不明)
ボーリングE-8.60孔 [深度104.68m]	下盤側	N40° E/58° NW	126° R	左横ずれ逆断層



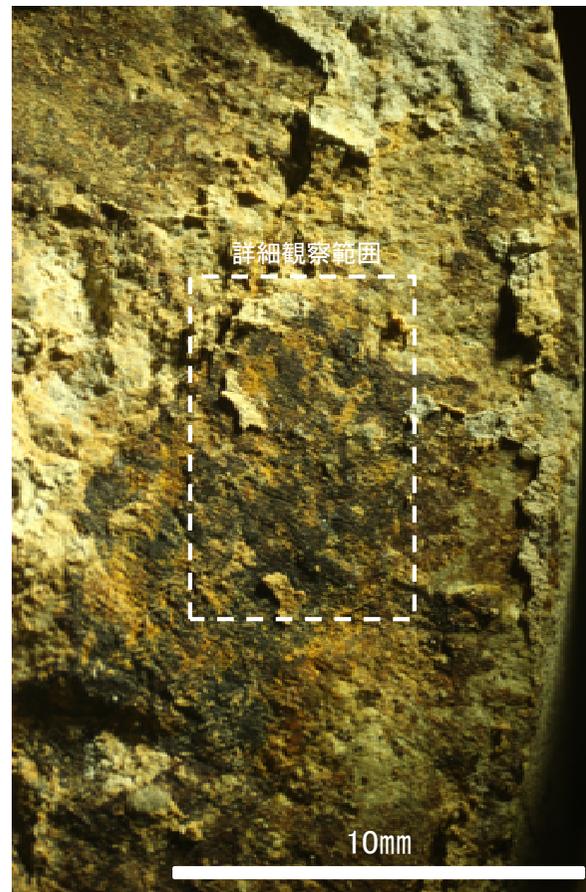
位置図



概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真

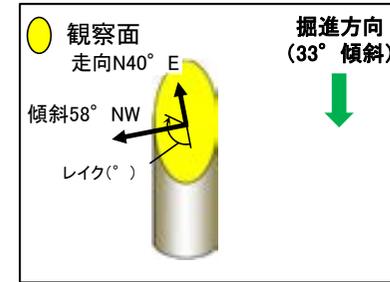


観察面拡大写真



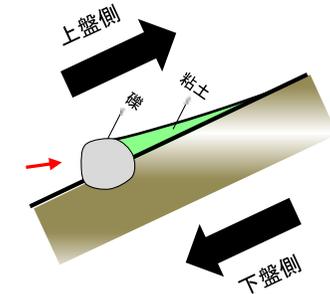
詳細観察写真

・条線のレイクは131° R, 変位センスは不明

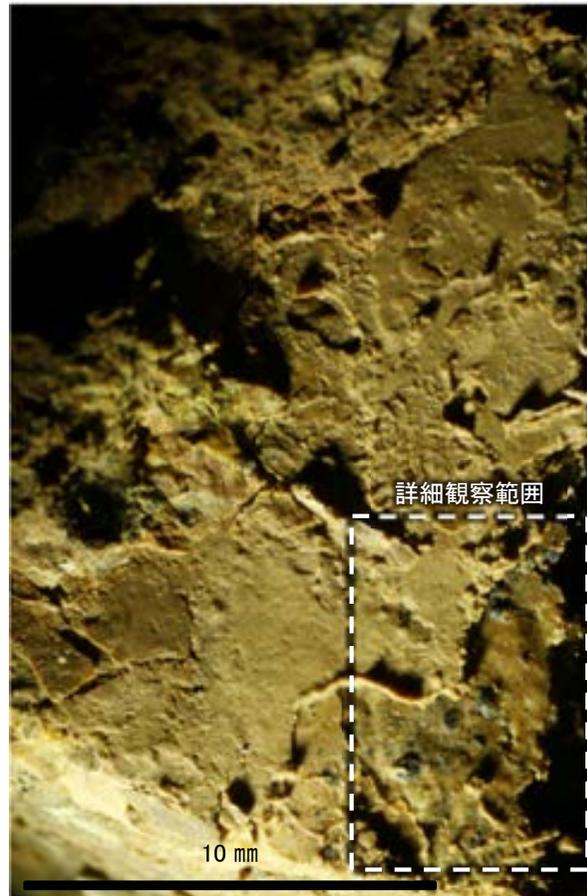


概念図
※走向は真北で示す。

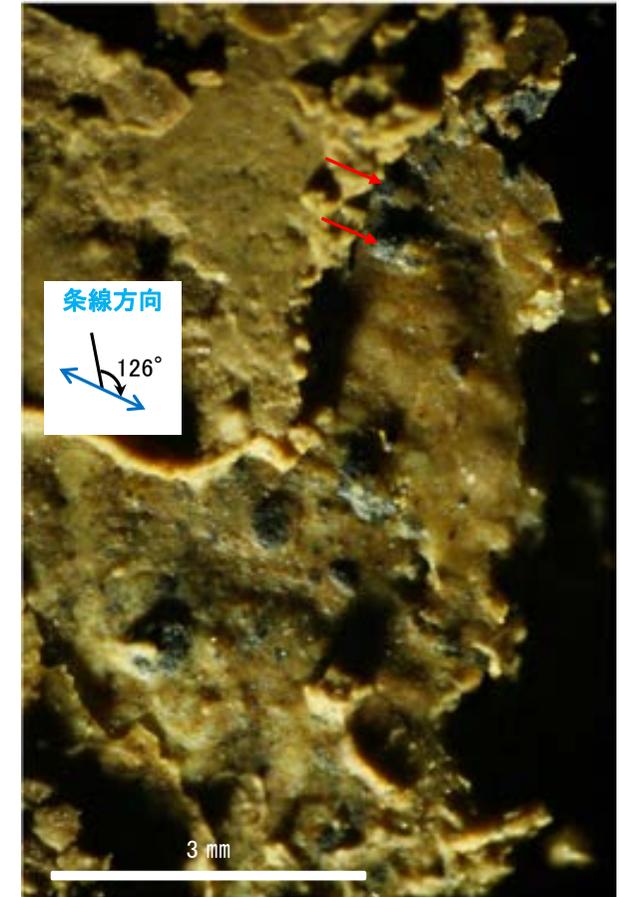
条線方向及び礫周りの粘土の非対称構造から、逆断層センスを示す。



観察面写真



観察面拡大写真



詳細観察写真

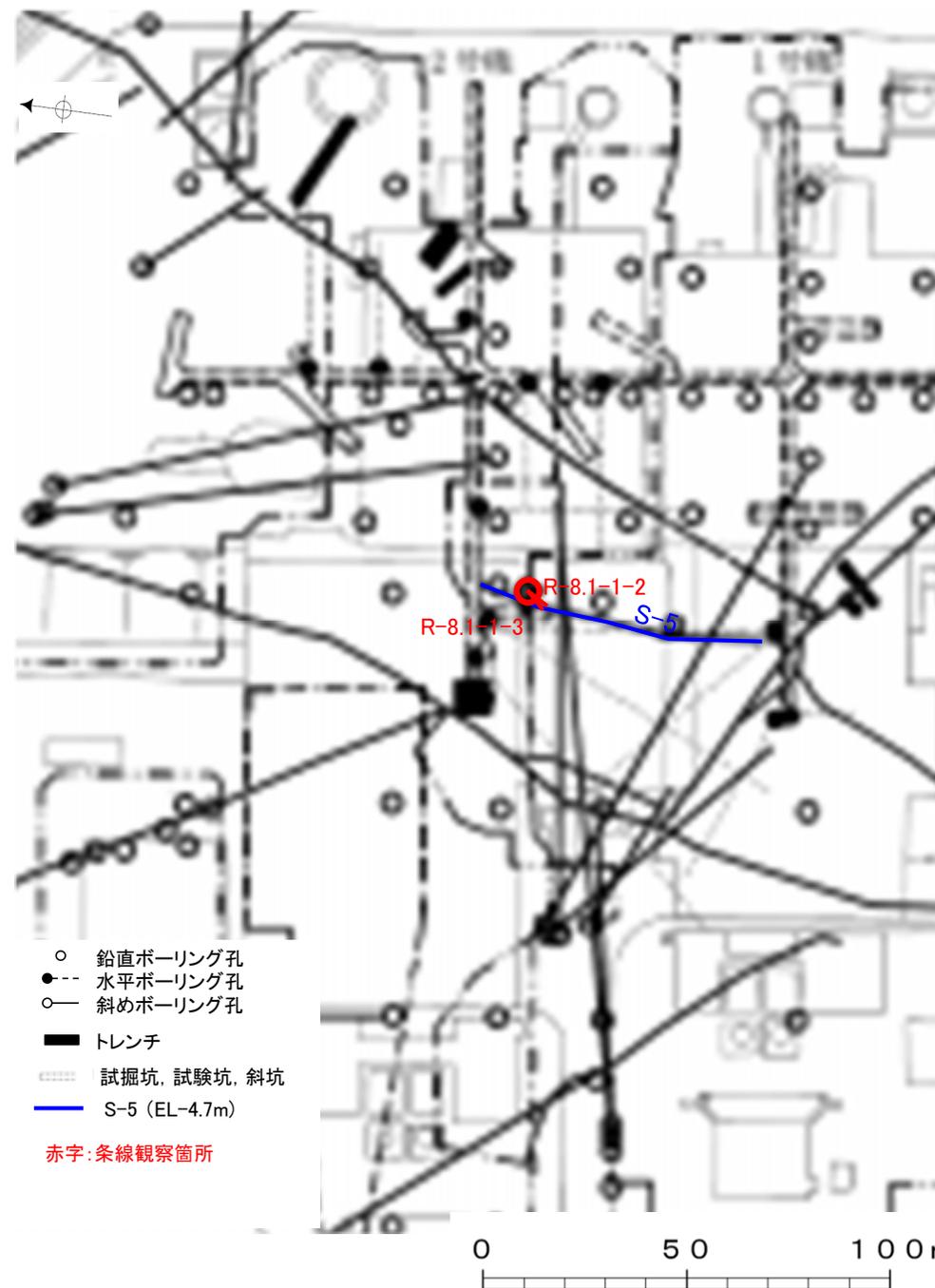
・条線のレイクは126° R, 変位センスは左横ずれ逆断層

(2)-4 S-5の条線観察結果

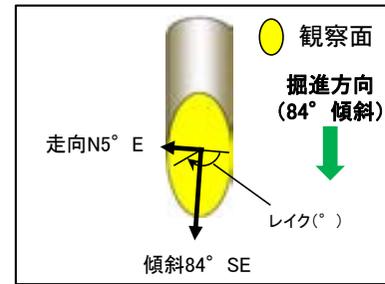
S-5の条線観察結果

試料名		走向/傾斜 (走向は真北)	条線のレイク※1	変位センス
ボーリングR-8.1-1-2孔 [深度23.50m]	上盤側	N5° E/84° SE	29° R	(不明)
ボーリングR-8.1-1-3孔 [深度22.30m]	上盤側	N5° E/83° SE	109° R	(不明)
			149° R	(不明)

※1 上盤側で確認したレイクは下盤側に換算して示す。



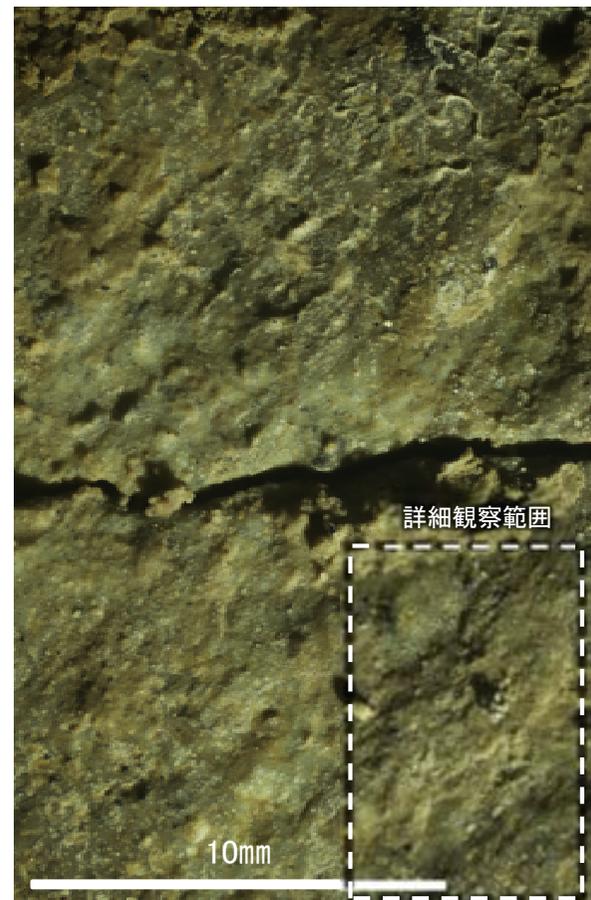
位置図



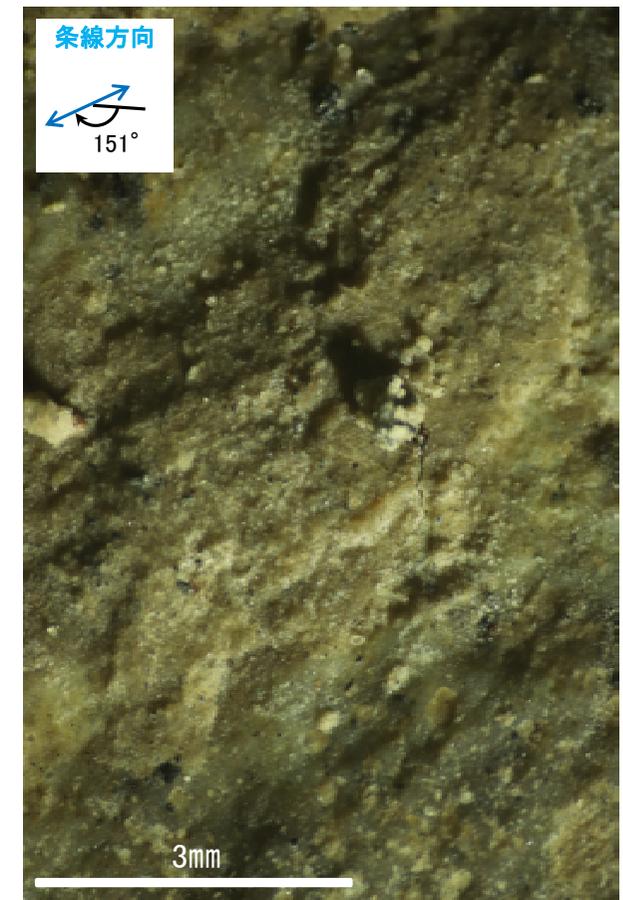
概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真

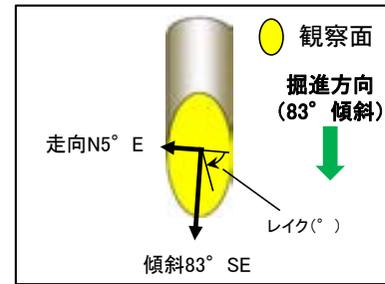


観察面拡大写真



詳細観察写真

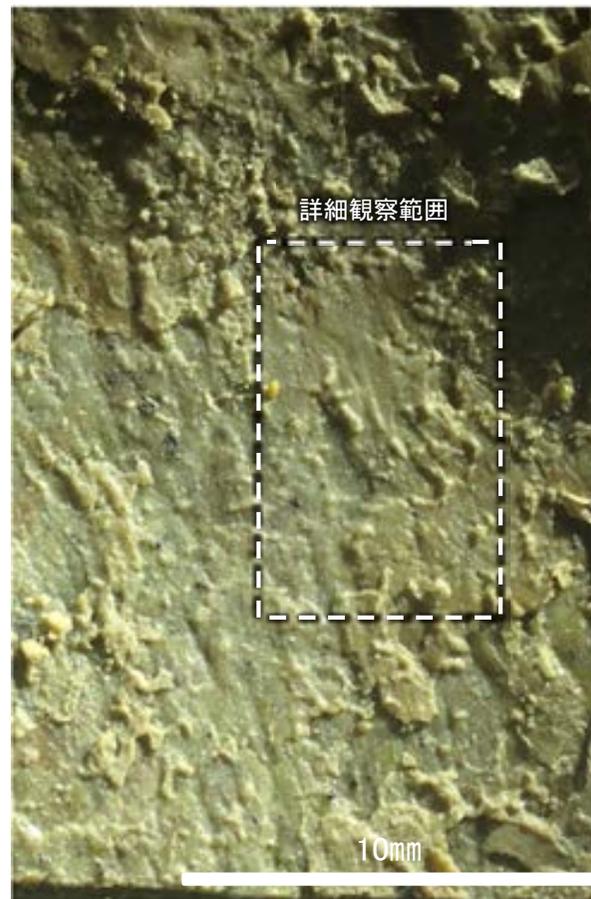
・条線のレイクは29° R (下盤側換算), 変位センスは不明



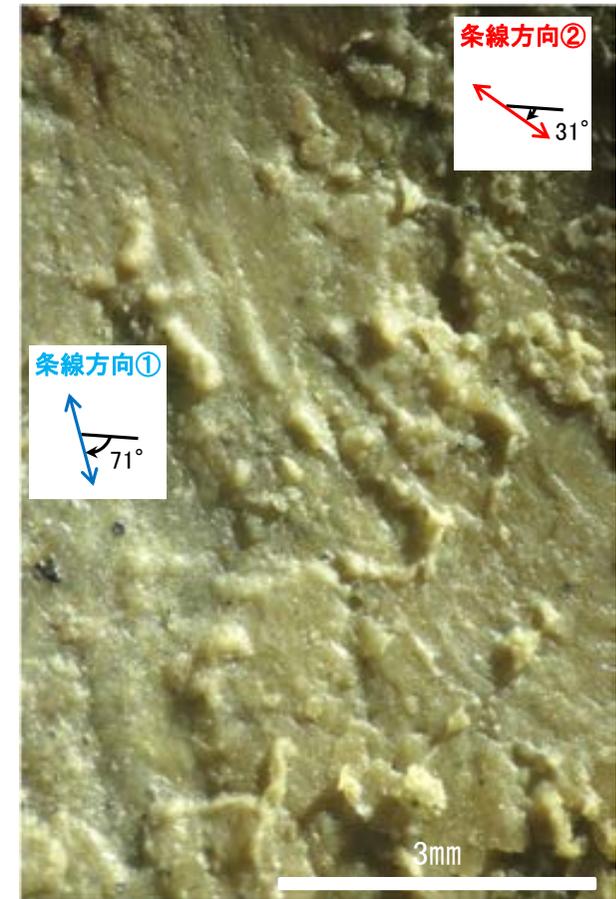
概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真



観察面拡大写真



詳細観察写真

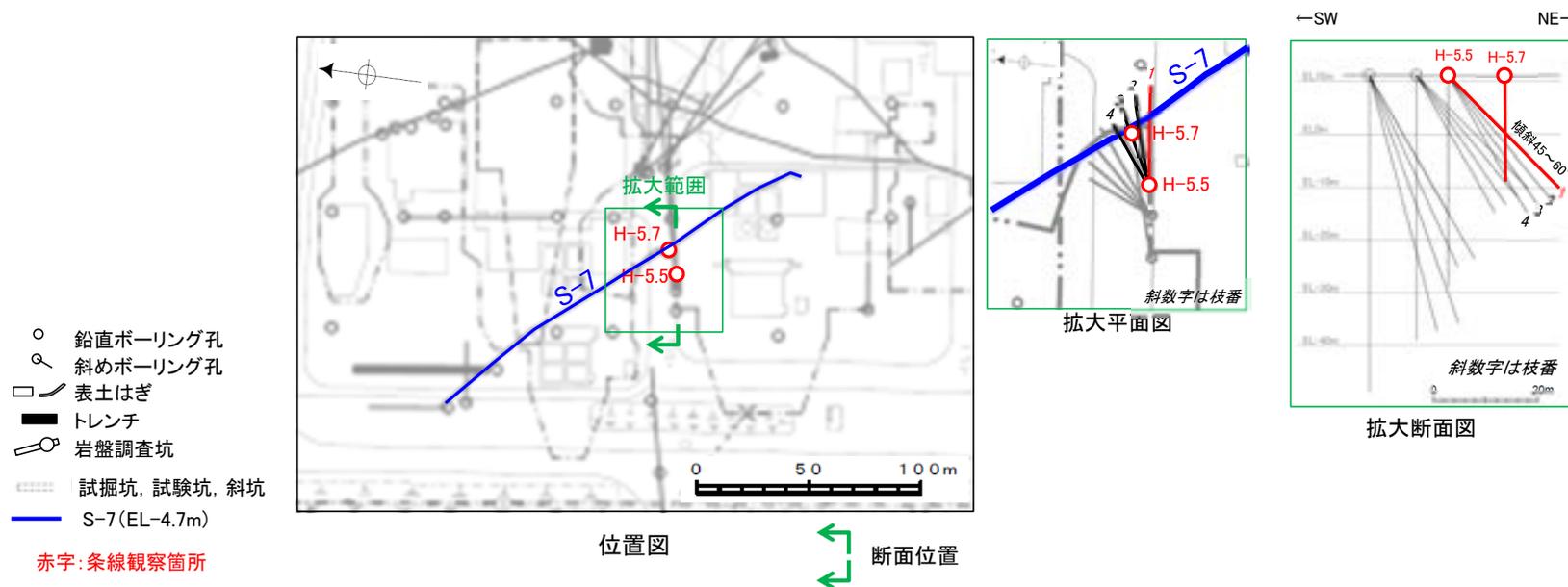
- ・条線①のレイクは109° R (下盤側換算), 変位センスは不明
- ・条線②のレイクは149° R (下盤側換算), 変位センスは不明

(2)-5 S-7の条線観察結果

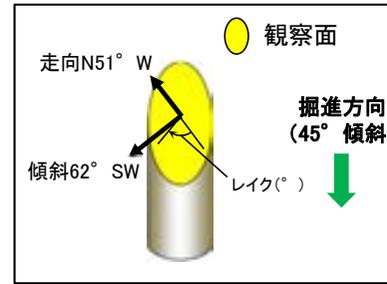
S-7の条線観察結果

試料名		走向/傾斜 (走向は真北)	条線のレイク※1	変位センス
ボーリングH-5.5-1孔 [深度20.90m]	下盤側	N51° W/62° SW	78° R	右横ずれ逆断層
			53° R	(不明)
ボーリングH-5.7孔 [深度13.20m]	上盤側	N56° W/65° SW	20° R	(不明)
			160° R	(不明)
			45° R	右横ずれ逆断層

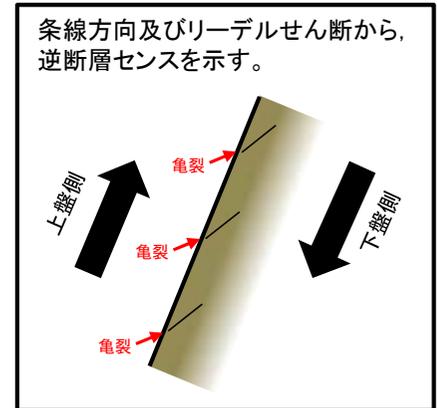
※1 上盤側で確認したレイクは下盤側に換算して示す。



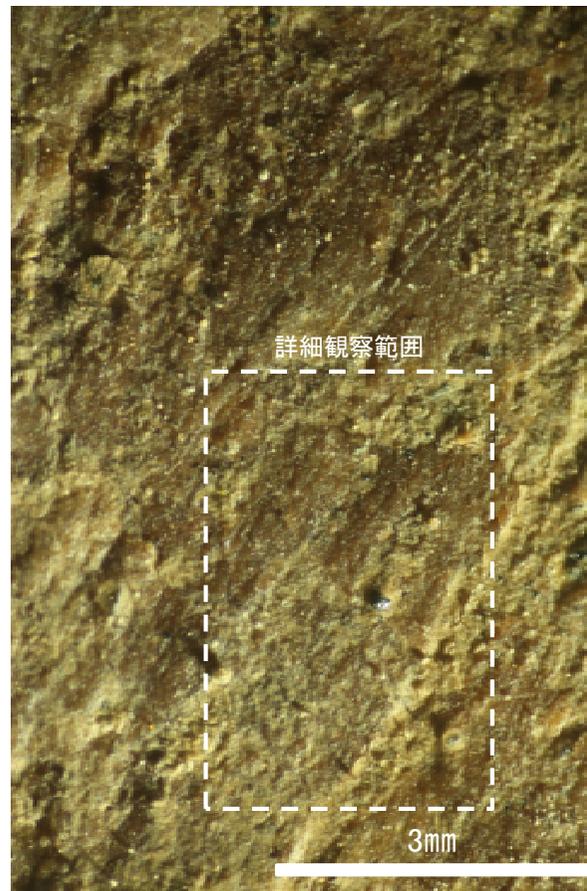
条線観察結果 ボーリングH-5.5-1孔[深度20.90m](下盤側)①



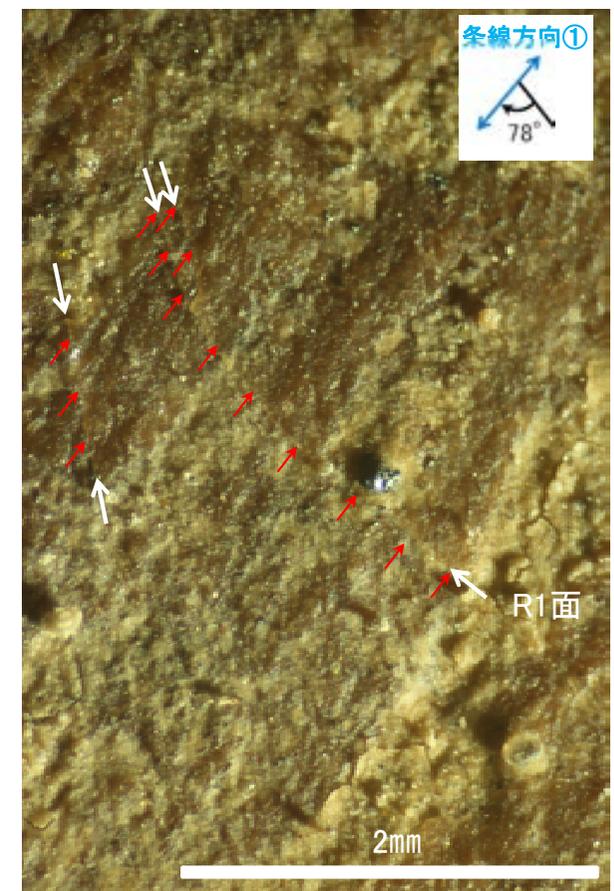
概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真

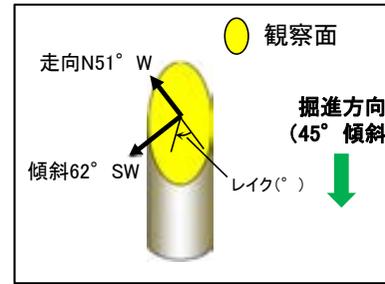


観察面拡大写真



詳細観察写真

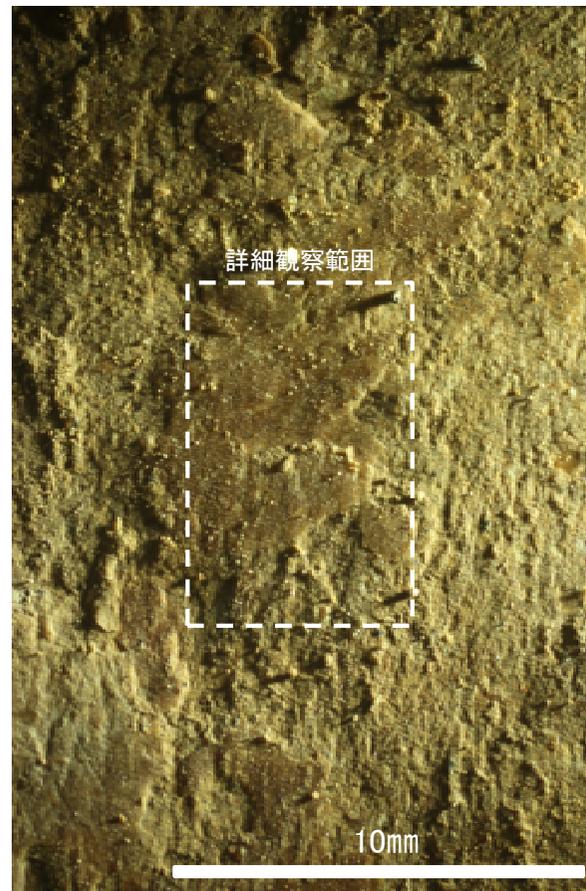
・条線のレイクは78° R, 変位センスは右横ずれ逆断層センス



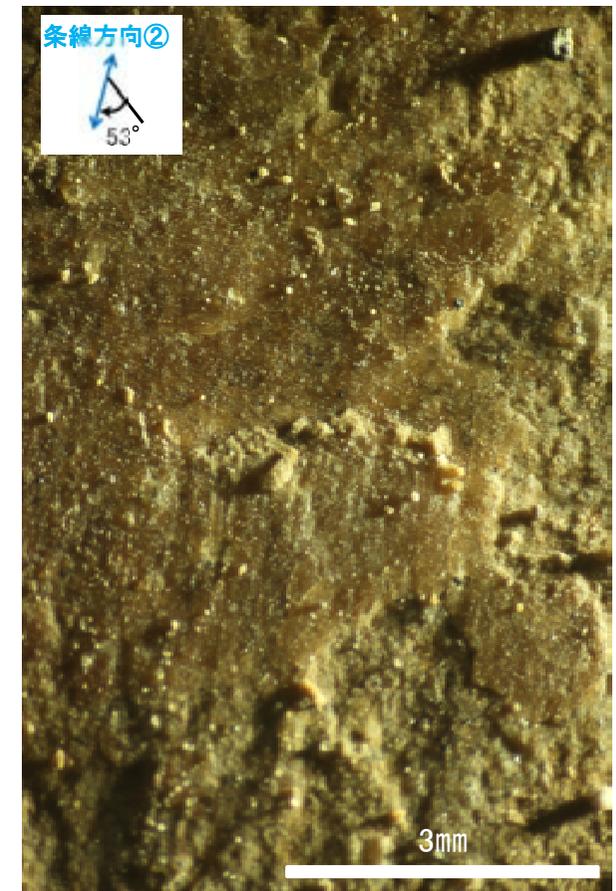
概念図
※走向は真北で示す。



観察面写真



観察面拡大写真



詳細観察写真

・条線のレイクは53° R, 変位センスは不明