

日本の原子力発電所の地盤 における斜長石の曹長石化と 鉍物脈法による断層活動性評価

石渡 明(原子力規制委員会 委員)



- ◆ 鉍物脈法の原理・根拠・実例 2~6
- ◆ 曹長石化の実例 7~13
- ◆ まとめ 14-16

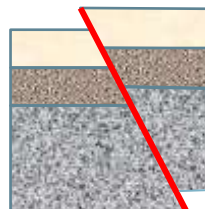
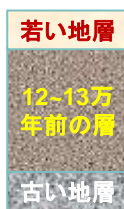


石渡(2015年地質学会発表)の原因を
2016年発表で修正(切断脈を鉍物脈に)

「活断層等」の判断基準

1. 上載地層法

地質時代



判断

活断層等

活断層等

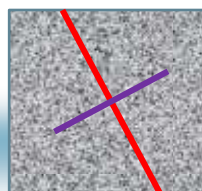
活断層等ではない

2. 鉍物脈法

— 12-13万年
前の岩脈
や鉍物脈



活断層等



活断層等
ではない

鉱物脈法とその適用例

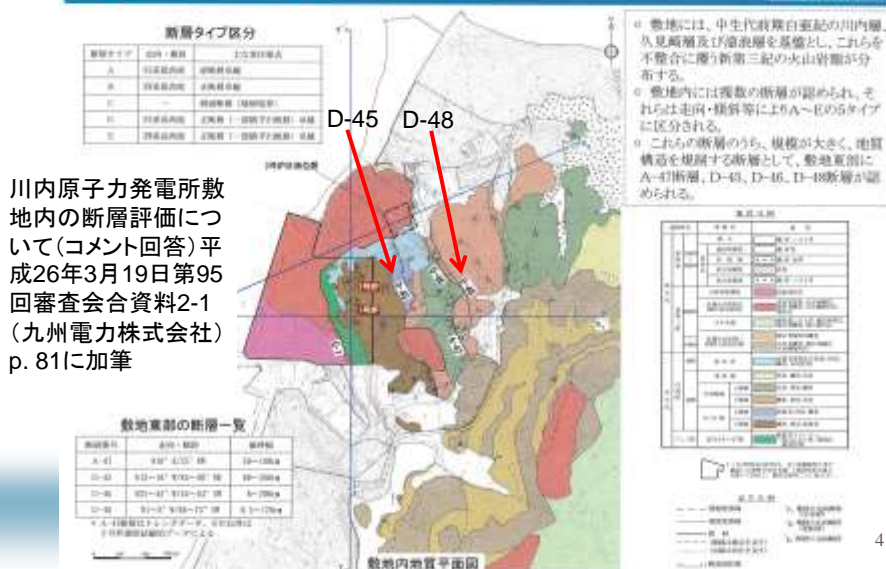
- ◆ 鉱物脈法の根拠： 敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係わる審査ガイド(2013年6月)4.1.2.3節：
「断層の活動性評価に対し（中略）**鉱物脈又は貫入岩等との接触関係を解析することが有効な場合がある**」
- ◆ 鉱物脈法で敷地内断層を評価し、許可した例
 1. 川内 2014年9月許可
 2. 高浜 2015年2月許可(貫入岩)
 3. 伊方 2015年7月許可
 4. 美浜 2018年4月許可
 5. 女川 2020年2月許可
 6. 島根 2021年9月許可
- ◆ 鉱物脈法で審査中の例： 東通※、志賀※ ※敷地内断層は
- ◆ 上載地層法で敷地内断層を評価し、許可した例* 概ね審議済み
玄海(2017年許可)、大飯(同)、柏崎(同)、六ヶ所(2020年許可)
- ◆ 上載地層法で審査中の例： 泊※、大間、浜岡、敦賀

*東海第二(2018年許可)は建屋の地盤となる地層中に破碎帯を伴う断層がなく、敷地内にその地層がほぼ水平に連続して分布することを確認。

川内原発

3.2 敷地内の地質(敷地内地質平面図)

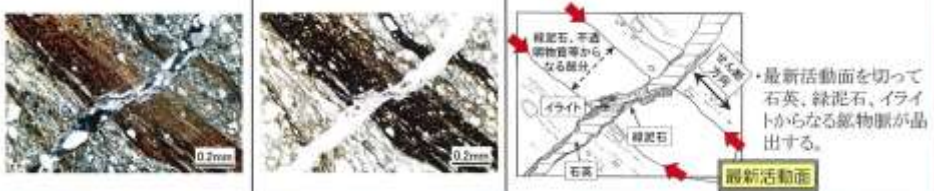
第3回審査委員会
資料再掲



川内原発における断層と鉱物脈の関係

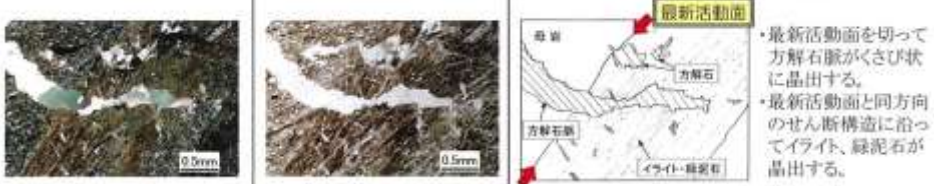
D-45断層の最新活動面を切る石英脈 (p.109)

直交ニコル 単ニコル



D-48断層の最新活動面を切る方解石脈 (p. 117)

直交ニコル 単ニコル



川内原子力発電所敷地内の断層評価について(コメント回答)

平成26年3月19日第95回審査会合資料2-1(九州電力(株))に加筆

5

3.4 活動性評価手法 (熱水変質活動の年代)

第95回審査会合
資料再掲

敷地内の熱水変質活動の年代については、井澤 (2004)*に基づき、3~4Maと判断している。



- 井澤 (2004)には、敷地に近い羽島及び串木野地区の熱水年代が示されている(左図参照)。
- 羽島地区: 3.6~3.7Ma, 串木野地区: 3.4~3.9Ma
- 敷地周辺には、羽島及び串木野地区と同じ変質中新世~前更新世期の火山岩類が分布している。
- また、北陸地域の火山は、西から東へと運動中心が移動しており、敷地周辺では3.0~4.0Ma以降の熱水変質活動は認められていない。
- 以上のことから、敷地内の熱水変質活動の年代は、羽島及び串木野地区の年代とほぼ同時期と考えられ、3~4Maと判断している。

イライトを含む川内原発敷地内の鉱物脈の形成年代を串木野地区と同じ3~4Maとしてよいかどうか(もう少し若い可能性もある)との趣旨のコメントを、発表会場で藤本光一郎氏からいただいた。(講演後追加)

川内原子力発電所敷地内の断層評価について(コメント回答) 平成26年3月19日第95回審査会合資料2-1(九州電力(株))p. 95に加筆

6

女川の敷地内破碎帯の曹長石化 東北電力女川 2019年9月27日審査
 会合資料1-2-1(2/2) P. 187に加筆

2. 敷地の新層の活動性評価
 5. 2. 新層と層の関係

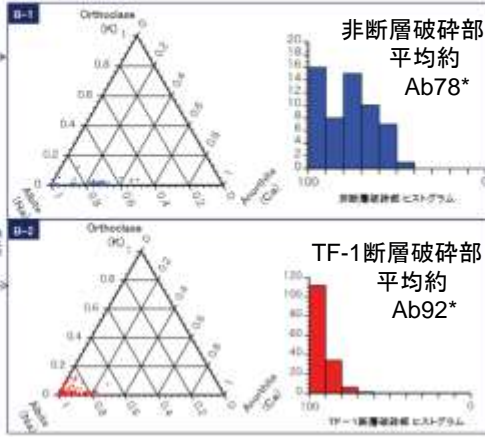
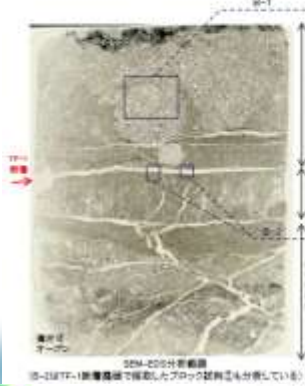
原子力規制委員会 (NRA) 187

5. 2. 3 歴史の検討【斜長石のアルバイト化④】

- ▶ TF-1断層破碎部と非断層破碎部における、斜長石のアルバイト化に関する検討を行った。
- ▶ 非断層破碎部の斜長石の多くはアルバイト成分が60~80%であり、断層破碎部の斜長石の多くはアルバイト成分が90%以上である。
- ▶ 非断層破碎部と比較して、TF-1断層破碎部はアルバイト成分に富む傾向を確認した。

*棒グラフから読み取った値

画面の横幅は約25mm



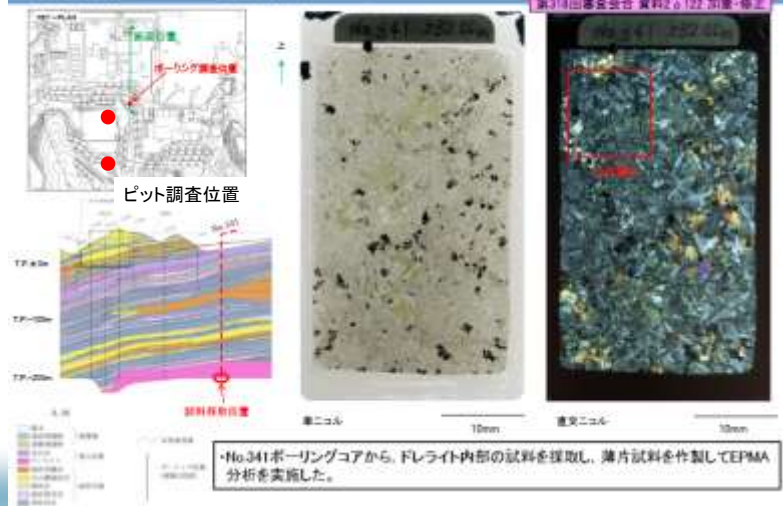
島根では、地下200mの
 ドレライトが曹長石化

中国電力島根2021年4月30日審査
 会合資料4-2(3/3) p. 210に加筆

3. シームの活動性 (3)鉱物と生成条件 ①長石類の薄片観察及びEPMA分析結果

薄片観察・EPMA分析結果(ドレライト:No.341 GL-232m)

210



島根では、地下約200mのドレライトが曹長石化

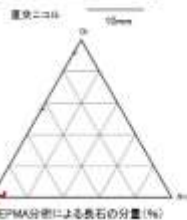
中国電力島根2021年4月30日審査
会合資料4-2(3/3) p. 211に加筆

3. シームの活動性 (3)鉱物と生成条件 ①長石類の薄片観察及びEPMA分析結果
EPMA分析結果(ドレライト:No.341 GL-232m)

第316回審査会合
資料2 p.123 加筆・修正 211



地下深部のドレライトの斜長石は完全に曹長石化している(平均約Ab94カリ長石を除く)



分析点No.	アノサイト (An)	アルバイト(Alb)	カリ長石 (Or)
1	0.0250	94.2879	0.7088
2	0.0016	83.3373	56.0611
3	0.0778	91.099	2.6028
4	0.4802	7.8377	91.6461
5	0.5595	95.8456	0.5949
6	1.7325	87.2827	0.9748
7	0.6208	82.8237	0.4804
8	0.7001	82.9439	0.324
9	0.5213	82.4159	1.0628
10	0.7458	80.0804	1.1686

【分析結果】

・EPMA分析を実施した地点のうち、鉱物組成から長石類と判定した箇所について定量データに基づく三角ダイヤグラムを作成したところ、大部分はAb成分に富むことから曹長石と判断される。一部はOr成分に富み、カリ長石と判定した。

島根では、地表調査ピットの凝灰岩は曹長石化していない

中国電力島根2021年4月30日審査
会合資料4-2(3/3) p. 205に加筆

3. シームの活動性 (3)鉱物と生成条件 ①長石類の薄片観察及びEPMA分析結果
EPMA分析結果(凝灰岩: Pit1-Do-cp)

第316回審査会合
資料2 p.123 31頁・修正 205

お詫び: 要旨の「3. 島根」の段落に誤りがありました。お詫びして訂正します「地表の凝灰岩の斜長石18個はAnAb15-50、平均AnAb28.7±8.7のCa斜長石だった」
誤: An
正: Ab



地表のピットの凝灰岩の斜長石は全く曹長石化していない。平均約Ab29



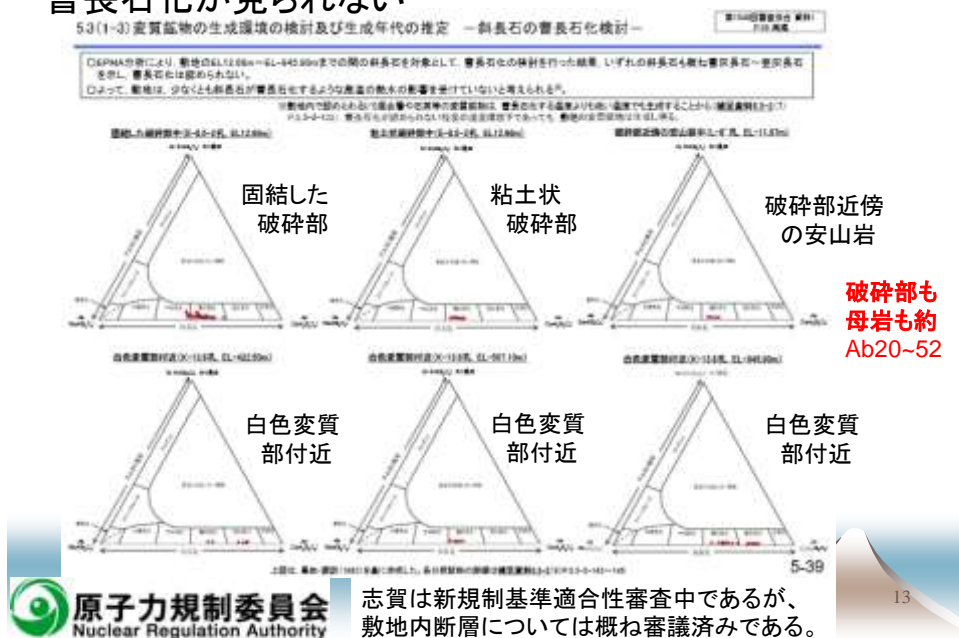
分析点No.	アノサイト (An)	アルバイト(Alb)	カリ長石 (Or)
1	84.7146	55.233	0.0223
2	84.1883	56.9719	0.7482
3	79.8774	28.2166	0.2936
4	71.3184	28.3181	0.3634
5	75.8434	23.9482	0.4084
6	81.5690	37.4641	0.3336
7	76.1001	23.901	0.2383
8	82.7181	38.3982	0.9987
9	75.4485	24.2389	0.3187
10	80.335	18.4117	0.2302
11	82.8698	36.7322	1.0696
12	48.2638	49.9866	0.3331
13	77.8123	23.8889	0.3485
14	74.0221	23.8889	0.2874
15	70.7886	38.8683	0.2121
16	70.0600	24.6038	0.3487
17	81.8838	23.3784	0.8387
18	78.2882	21.4888	0.2386

【分析結果】

・EPMA分析を実施した地点のうち、鉱物組成から長石類と判定した箇所について定量データに基づく三角ダイヤグラムを作成したところ、大部分はAn成分が50~85%程度と多く、残りはほとんどがAb成分でOrはわずかにしか認められないことから、曹長石～亜長石と判定した。

志賀の断層破碎部は全く曹長石化が見られない

北陸電力志賀2023年3月3日審査
会合資料1-1(2/6), p. 5-39に加筆



まとめ

発電所(敷地地質)	鉱物脈の種類	曹長石化	コメント
美浜(白亜紀の花崗岩類)	雲母粘土鉱物(イライト)、スメクタイト	破碎部あり 母岩なし	高浜は活動性評価に貫入岩を用いた
女川(ジュラ紀の砂岩・泥岩)	方解石、緑泥石、粘土鉱物	破碎部あり 母岩なし	
島根(中新世の砂岩・泥岩・凝灰岩)	方解石、濁沸石	母岩浅部なし* 母岩深部あり**	深部に変質によるざくろ石を産する
志賀(中新世の安山岩類)	イライト・スメクタイト混合層鉱物(オパール脈や碎屑岩脈もある)	破碎部なし 母岩なし	よく似た地質の泊(北海道)も曹長石化は見られない
川内(白亜紀の礫岩、砂岩、泥岩)	石英、緑泥石、イライト、方解石、菱鉄鉱	データなし	周辺に1-3Ma頃の金鉱脈が多数ある
伊方(白亜紀の緑色片岩)	緑泥石・スメクタイト混合層鉱物	データなし***	母岩は全て曹長石と思われる

*地表ピットの凝灰岩(シーム(末尾備考)の破碎部の曹長石化は不明) **地下約200mのドライト
***資料中記載の「斜長石」は曹長石であろう

温度(深度)による変質鉱物と脈石鉱物の消長

(方解石は歌田(1978), Inoue (1995), 井沢(1996)に基づく。文献は吉村(2001)参照)

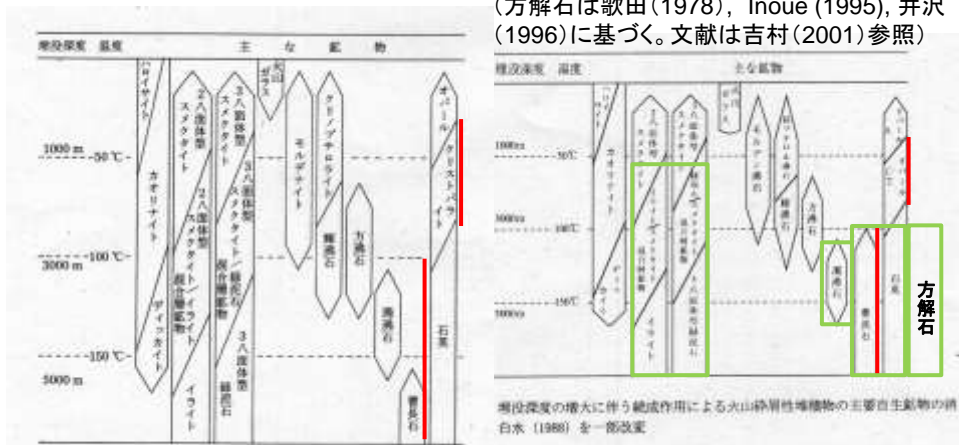


図 5-7 親成変質の深度、温度および主な鉱物の消長

白水晴雄(1988)粘土鉱物学(朝倉書店) p. 120に加筆

吉村尚久(2001)粘土鉱物と変質作用 (地団研地学双書32)p. 195に加筆

両著者の主な相違点

審査で鉱物脈法に用いられた鉱物



結論

- ◆ 日本の原子力発電所の敷地内の鉱物脈法による断層活動性評価において、**粘土鉱物脈**は曹長石化が見られないサイトでも用いられてきたが、**方解石脈**や**濁沸石脈**は破碎部や一部の母岩が曹長石化しているサイトで用いられてきた。
- ◆ **曹長石化の有無と鉱物脈の種類には変質温度の高低を反映した関係があるようだ。**
- ◆ 更なる岩石学的・鉱物学的データの充実が望まれる。

ご清聴ありがとうございました



日本の原子力発電所の地盤における斜長石の曹長石化と鉱物脈法による断層活動性評価
石渡 明(原子力規制委員会委員)T14-O-11