

東通原子力発電所
敷地の地形，地質・地質構造について
(コメント回答)
(補足説明資料)

平成28年4月22日
東北電力株式会社

目次

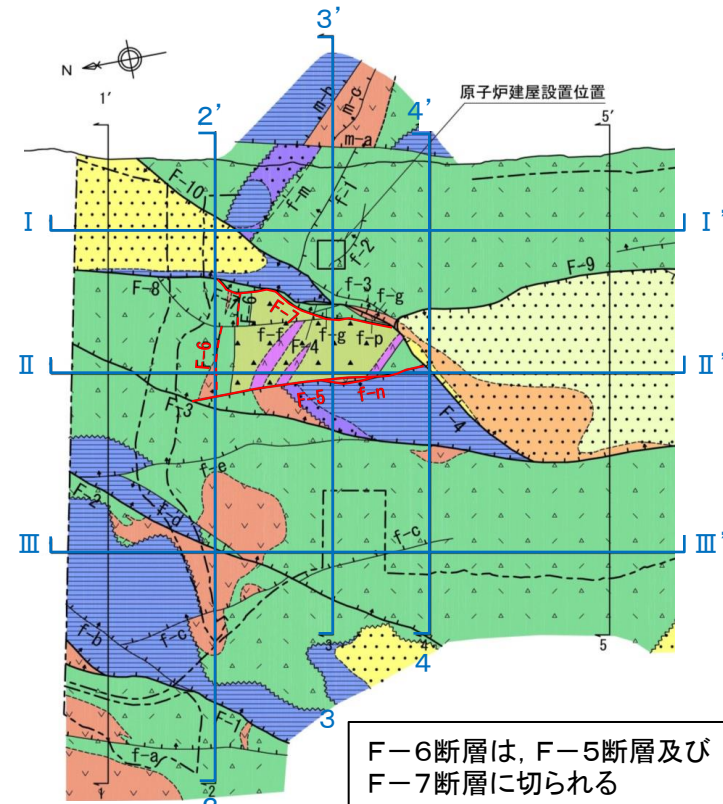
原子炉施設設置位置付近の地質・地質構造	1
原子炉施設設置位置付近の断層, 変質鉱物脈	5
f-1断層の詳細性状	10
数値解析による検討	19
f-2断層と変質鉱物脈	27
第四系中の変位のない断裂	46
第四系中の巨礫の産状について	53
参考文献	63

※ 有識者会合(東北電力東通原子力発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合)での論点に関連し, 有識者会合以降の新たなデータ, 追加検討を含むシートについては, ページ番号左に「新規」と表示した。

原子炉施設設置位置付近の地質・地質構造

F-5断層, F-6断層, F-7断層, f-n断層(形成時期が相対的に古い断層)

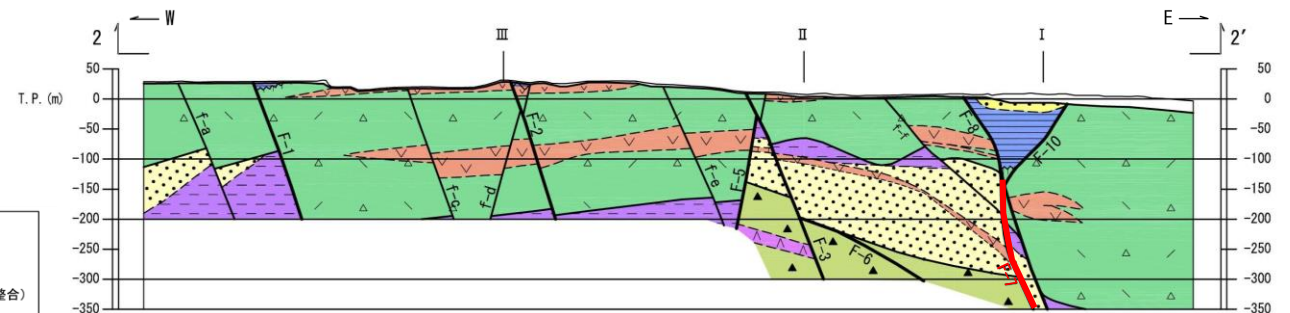
- 高角度の正断層が発達する地質構造の特徴のひとつとして、泊層下部層が地表付近に分布する範囲は、周囲をF-5断層, F-6断層, F-7断層等に取り囲まれる地壘状をなす。
- F-6断層はF-5断層及びF-7断層に切れ、F-5断層はF-3断層及びF-4断層に切れ、F-7断層はF-4断層及びF-8断層に切られており、地表部ではこれらの断層より外側には延長しない。
- f-n断層は、断層の南方, 北方ともに同方向で同センスのF-5断層に会合し、延長の短い断層である。
⇒ F-5断層, F-6断層, F-7断層及びf-n断層は、泊層下部層の地壘を形成した後に、F-3断層, F-4断層及びF-8断層に切られて以降は活動しておらず、形成時期が相対的に古い断層と考えられる。



凡例

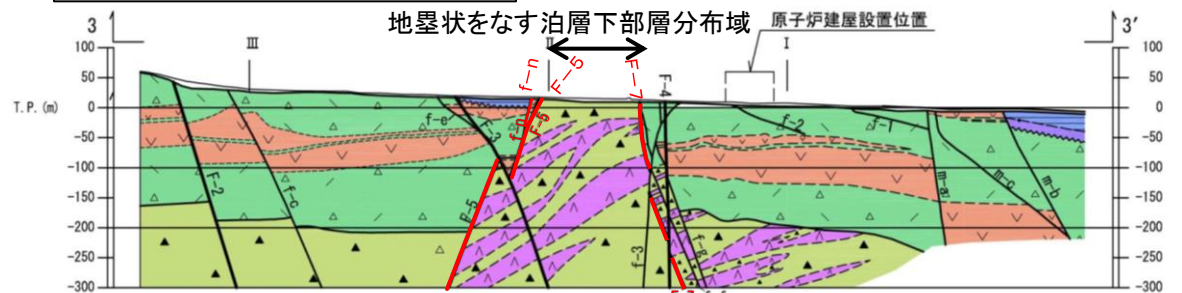
e部層 砂岩	敷地境界
d部層 礫岩・砂岩	地層境界
c部層 砂岩	地層境界 (蒲野沢層と泊層上部層間の不整合)
b部層 泥岩	岩種境界
a部層 礫岩・砂岩	F-3 主要断層
安山岩岩脈	f-b その他の断層(破線は推定断層)
泊層 上部層 火山砕屑岩	(断層線のケバは落ちの方向、矢印は面の傾斜方向)
泊層 下部層 安山岩溶岩	地質断面図位置
泊層 下部層 火山砕屑岩	
泊層 下部層 安山岩溶岩	

F-6断層は、F-5断層及びF-7断層に切られる



F-7断層は、F-8断層に切られる

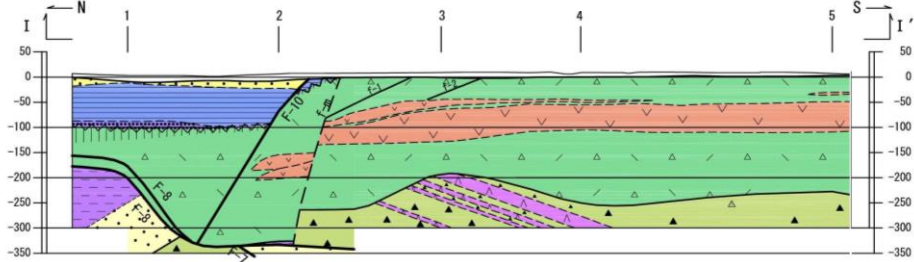
f-n断層は、F-5断層に会合する



F-5断層は、F-3断層に切られる

F-7断層は、F-4断層に切られる

地壘状をなす泊層下部層分布域



F-5断層は、F-4断層に切られる

地質断面図(東西方向)

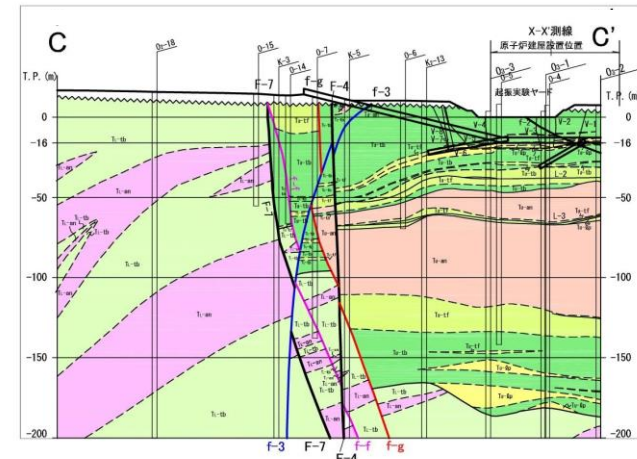
凡例

第四系	安山岩岩脈	泊層 下部層	火山砕屑岩	地層境界
e部層 砂岩	泊層 上部層 火山砕屑岩	安山岩溶岩	安山岩溶岩	地層境界 (蒲野沢層と泊層上部層間の不整合、ケバの長さは風化帯の厚さを示す。)
d部層 礫岩・砂岩	安山岩溶岩	泥岩	泥岩	岩種境界
蒲野沢層 c部層 砂岩		砂岩・軽石凝灰岩	砂岩・軽石凝灰岩	F-3 主要断層
b部層 泥岩		安山岩溶岩・岩脈	安山岩溶岩・岩脈	f-b その他の断層(破線は推定断層)
a部層 礫岩・泥岩				2 地質断面交差点

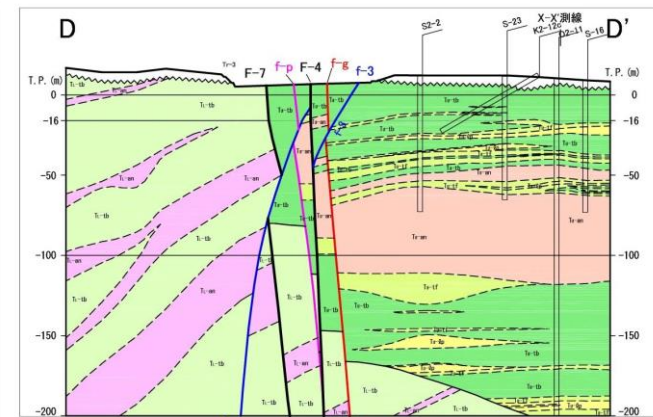
地質断面図(南北方向)

f-f断層, f-g断層, f-p断層, f-3断層(形成時期が相対的に古い断層)

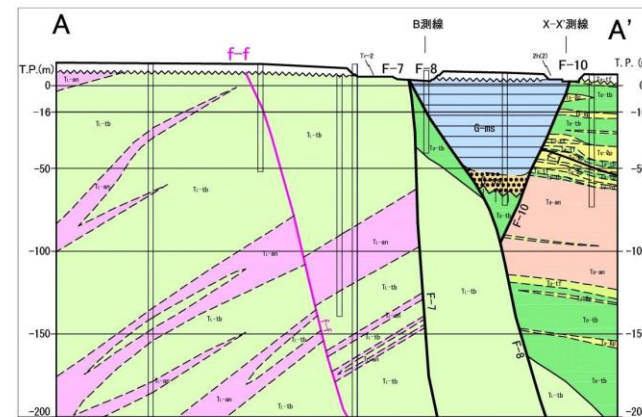
- 地壘状構造東側のf-f断層, f-g断層, f-p断層は, N-S~NE-SW走向で東傾斜の正断層である。
- f-f断層, f-g断層, f-p断層は, f-3断層, F-4断層に切られることから, f-3断層, F-4断層形成以降の活動はないと考えられる。
- f-3断層は, F-4断層, F-9断層及びF-10断層に切られており, F-4断層, F-9断層及びF-10断層より活動時期が古い断層と考えられる。



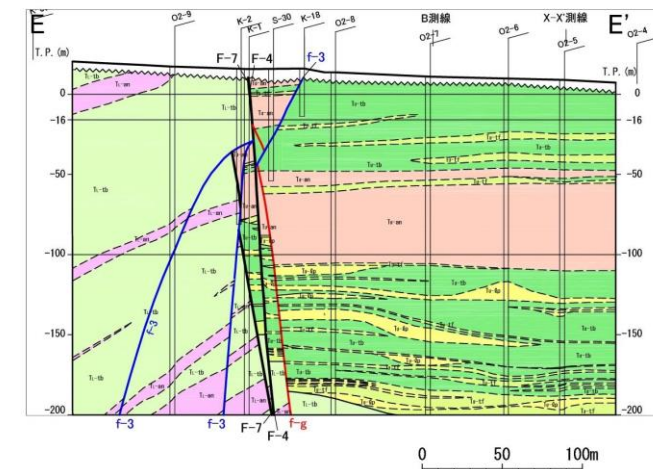
f-f断層, f-g断層は, f-3断層, F-4断層に切られ, f-3断層はF-4断層に切られる



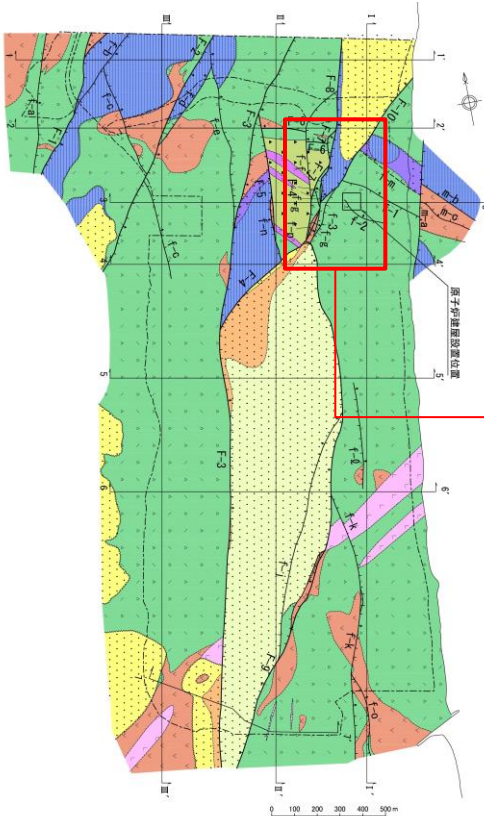
f-g断層はf-3断層に切られ, f-p断層はf-3断層, F-4断層に切られ, f-3断層はF-4断層に切られる



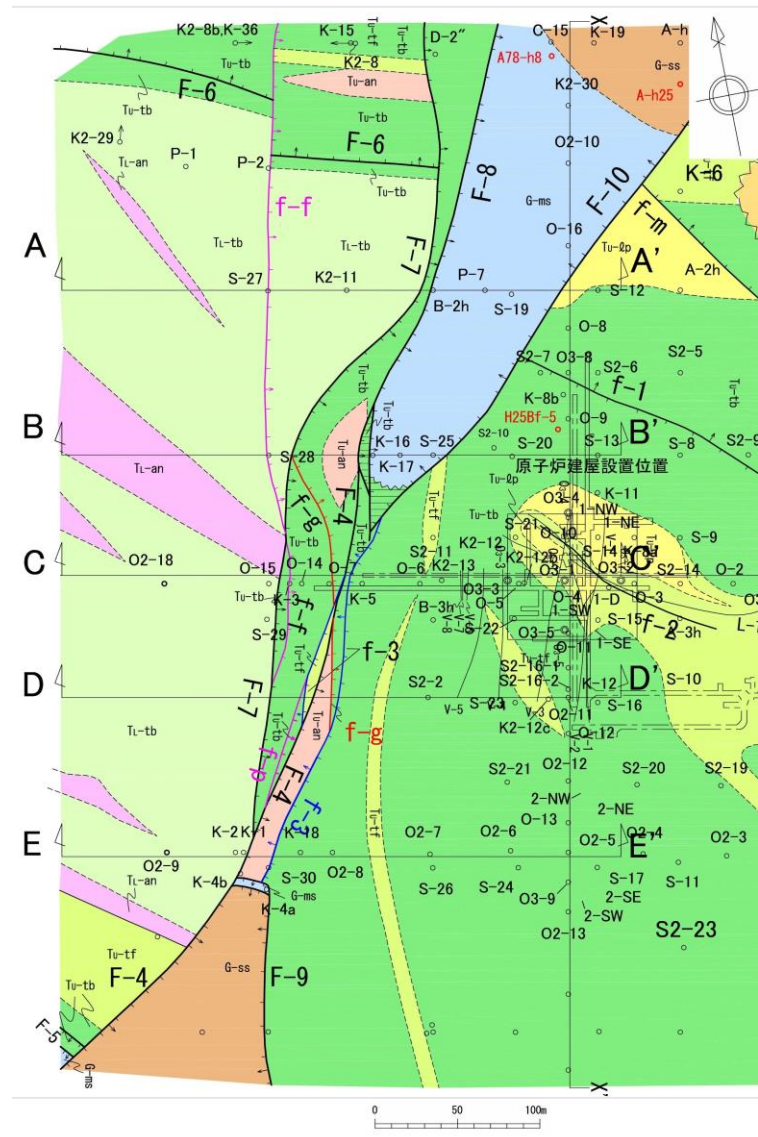
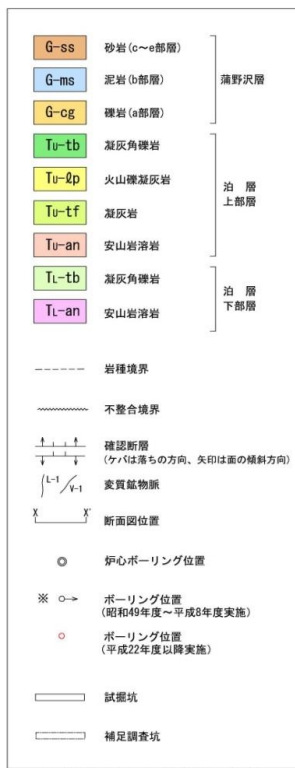
f-f断層はF-7断層に切られ, f-g断層はF-4断層, F-7断層に切られる



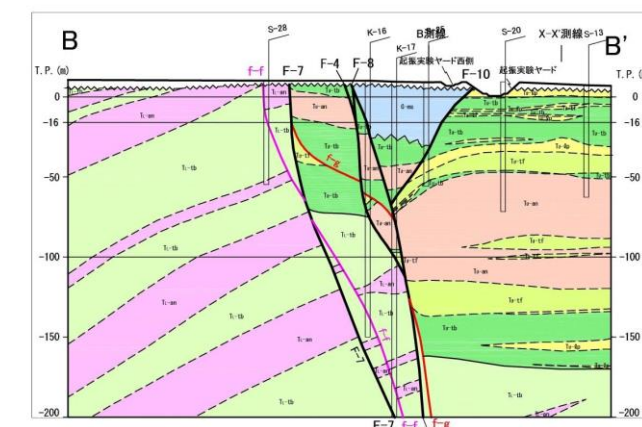
f-g断層はf-3断層, F-4断層に切られ, f-3断層はF-4断層に切られる



敷地の新第三系の地質構造図



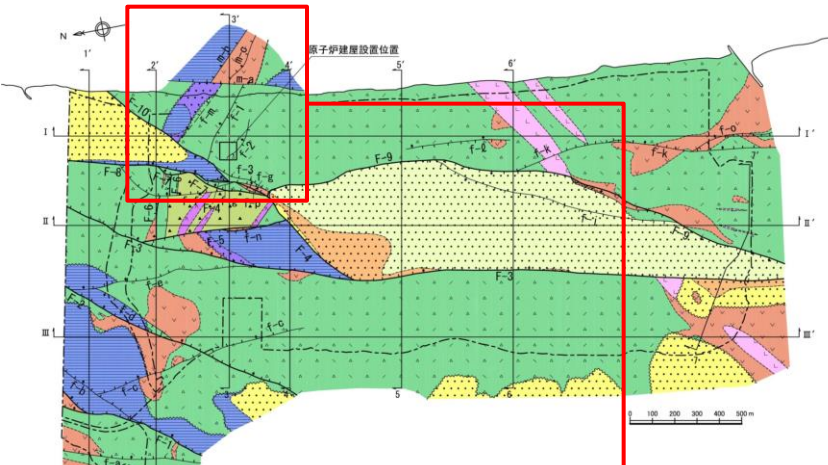
原子炉施設設置位置西側地質水平断面図(T.P.約-16m)



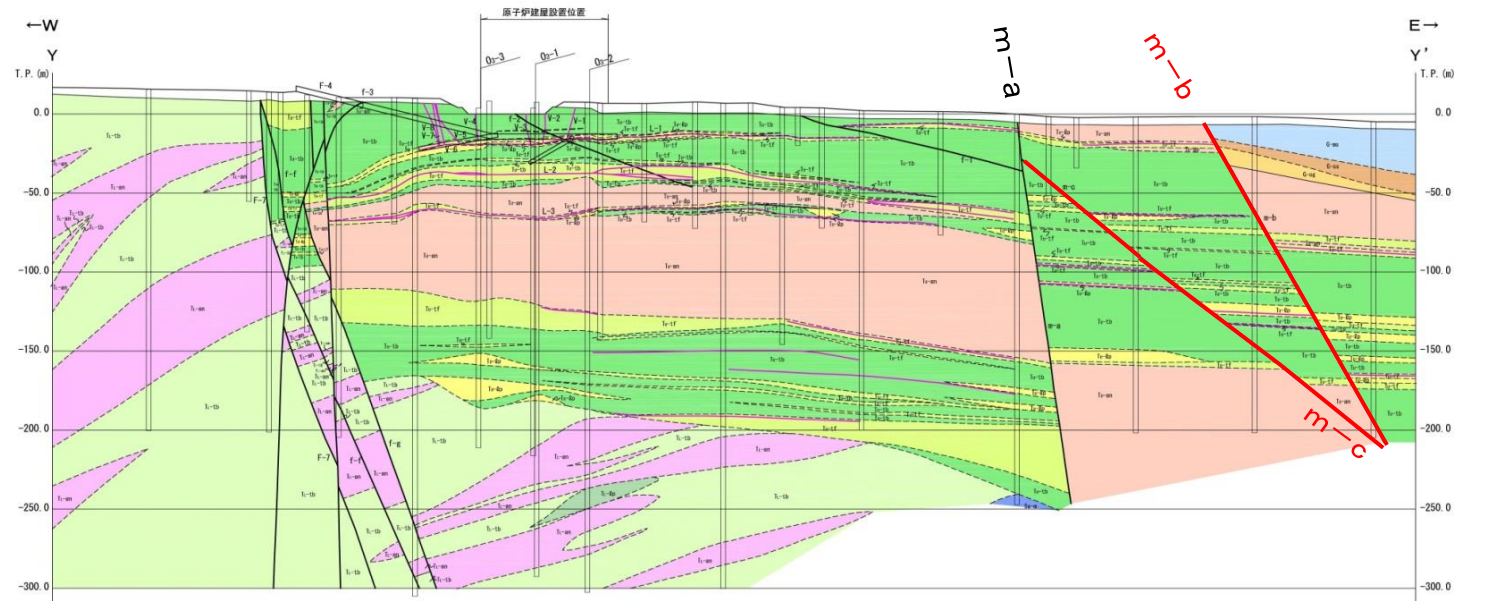
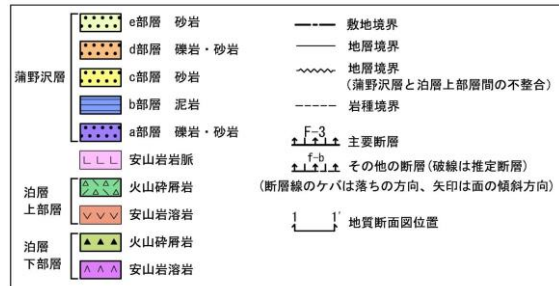
原子炉施設設置位置西側地質鉛直断面図

f-m断層, m-b断層, m-c断層(形成時期が相対的に古い断層)

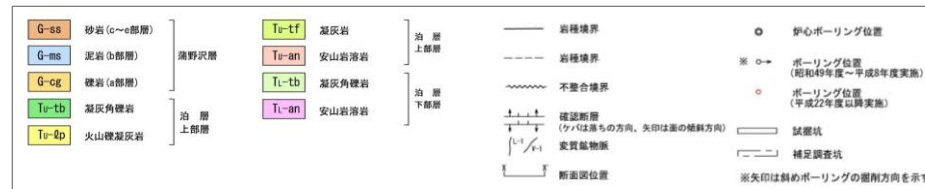
- f-m断層は、NW-SE走向で北東に傾斜する高角度の正断層である。f-m断層は、西方でF-10断層、東方でm-a断層に切られており、F-10断層、m-a断層より活動時期が古い断層と考えられる。
- 原子炉建屋東側の沿岸に分布するm-b断層、m-c断層は、NW-SE走向で北東に傾斜する正断層である。
- m-b断層、m-c断層は、m-a断層より西側には分布しておらず、m-a断層に切られており、m-a断層より古い時期に形成された断層と考えられる。



凡例



凡例



地質断面図

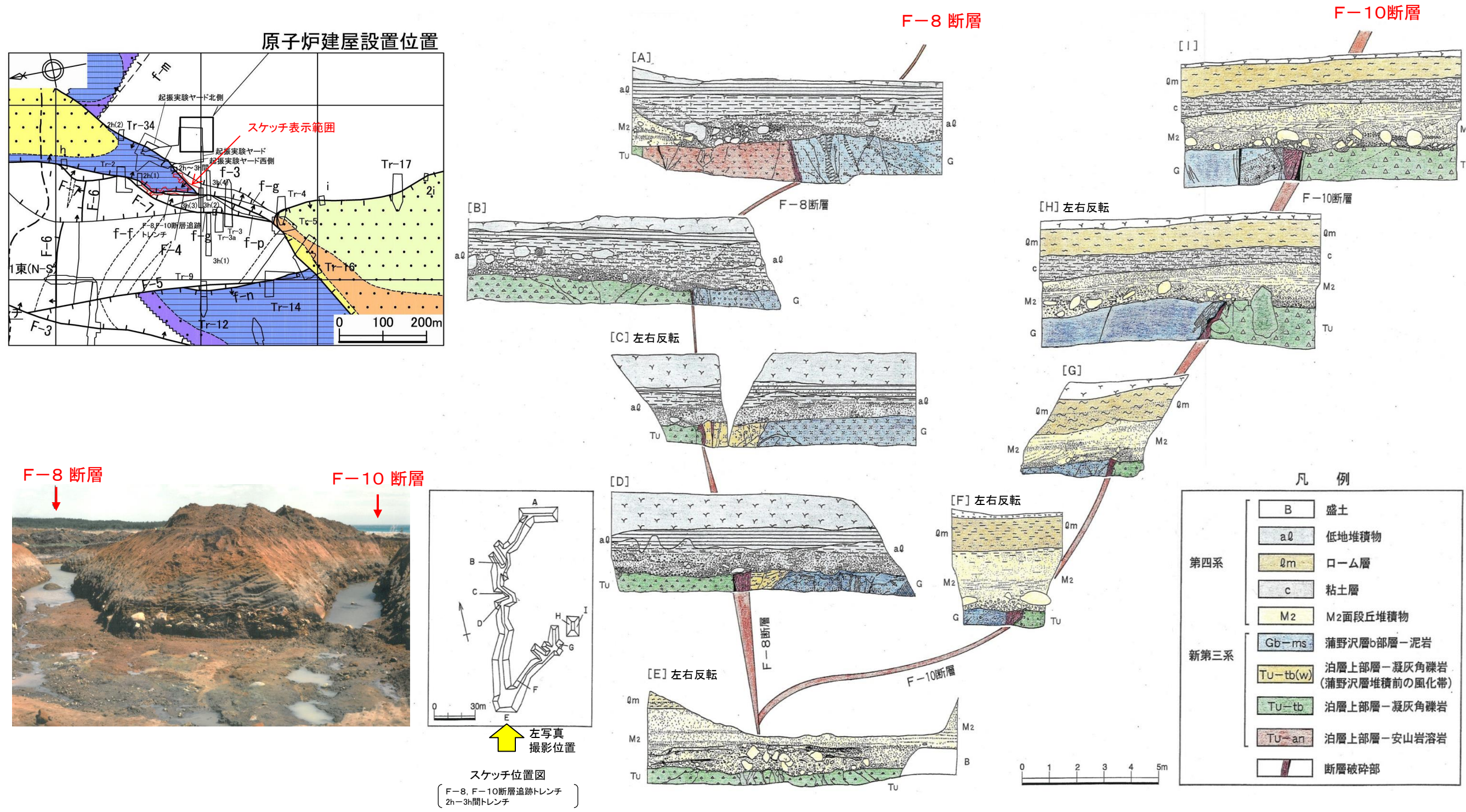
断層名	走向	傾斜	最大破碎幅 (cm)	見かけ鉛直変位量 (m)	移動のセンス
m-a	[N15°E]	[80°E]	[50]	70	正
m-b	[N45°W]	[80°NE]	[46]	60	正
m-c	[N55°W]	[60°NE]	[30]	10	正

[] ボーリングデータ

原子炉施設設置位置付近の断層，変質鉱物脈

F-10断層とF-8断層との関係(F-8断層, F-10断層追跡トレンチ等)

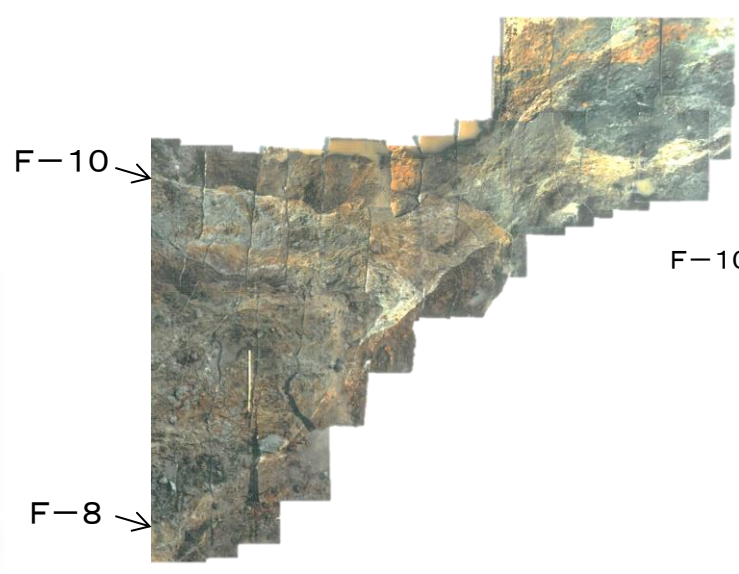
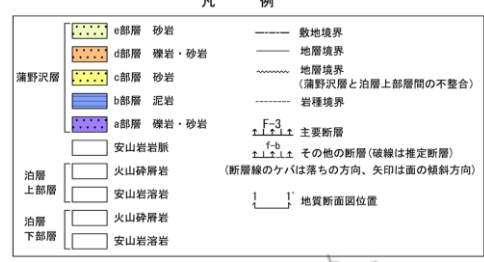
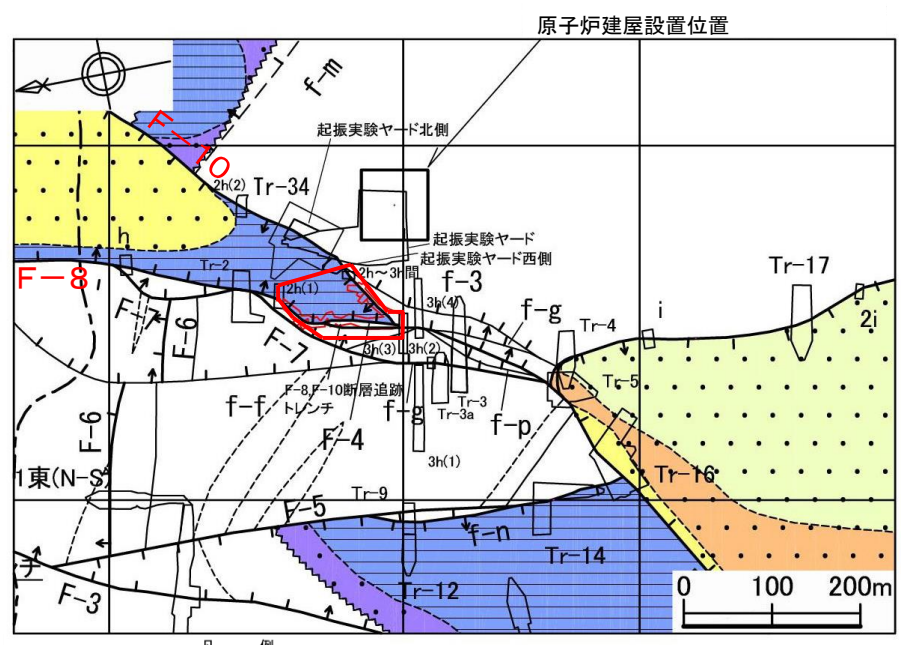
➤ F-8断層とF-10断層の接合部付近のトレンチ(F-8断層, F-10断層追跡トレンチ)では, F-8断層とF-10断層は互いに近接してくる。さらにその南方では, F-8断層, F-10断層ともに消滅している。



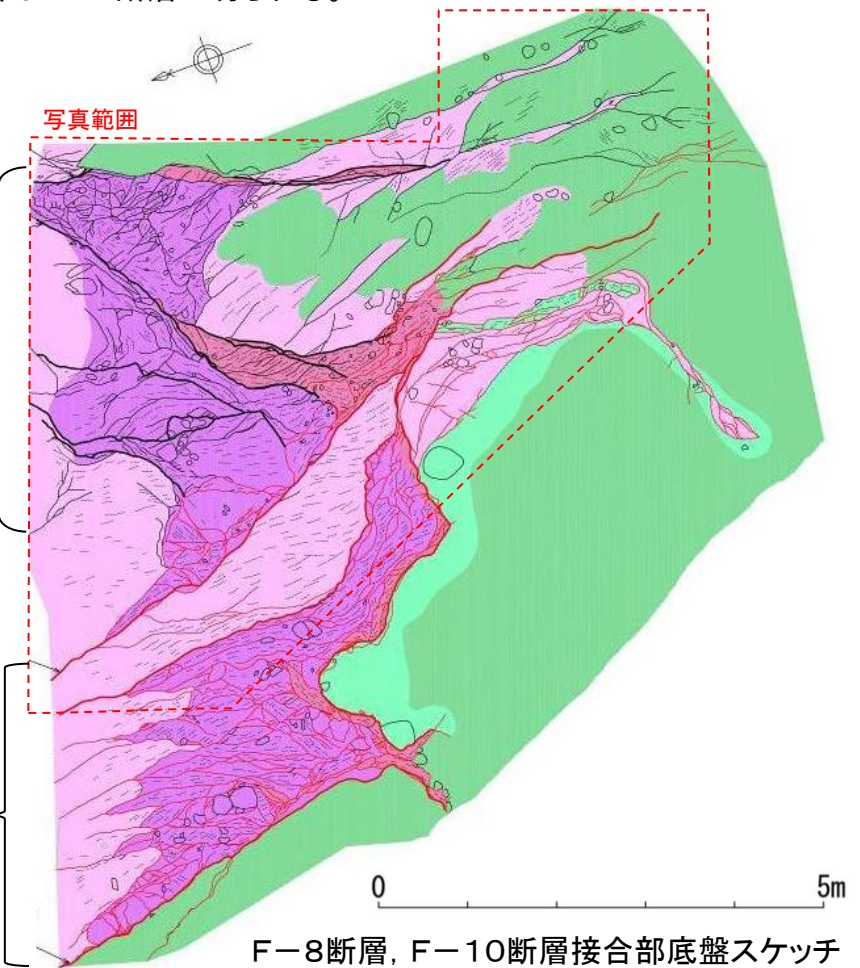
F-8断層, F-10断層追跡トレンチ調査結果

F-10断層とF-8断層との関係(F-8断層, F-10断層追跡トレンチ接合部)

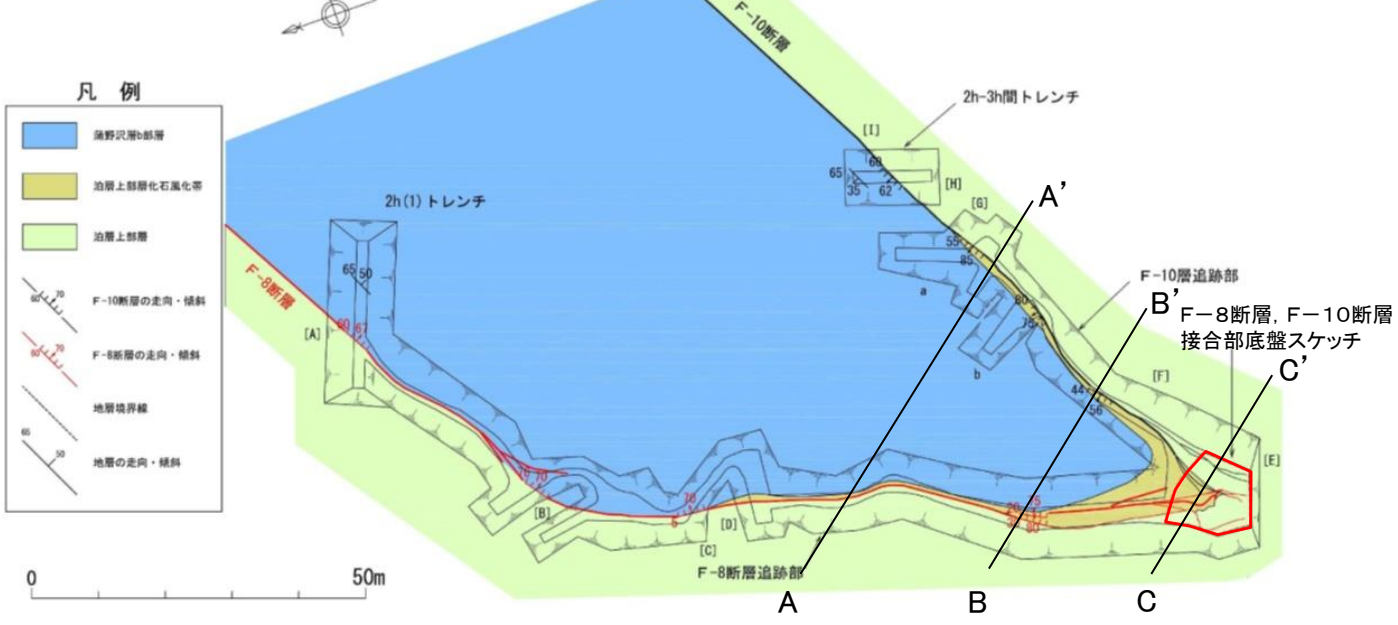
- F-8断層とF-10断層との接合部のトレンチ底盤では、F-10断層がF-8断層に接して止まっており、F-10断層はF-8断層に切られる。
- さらに、その南方では、F-8断層が消滅することを確認した。



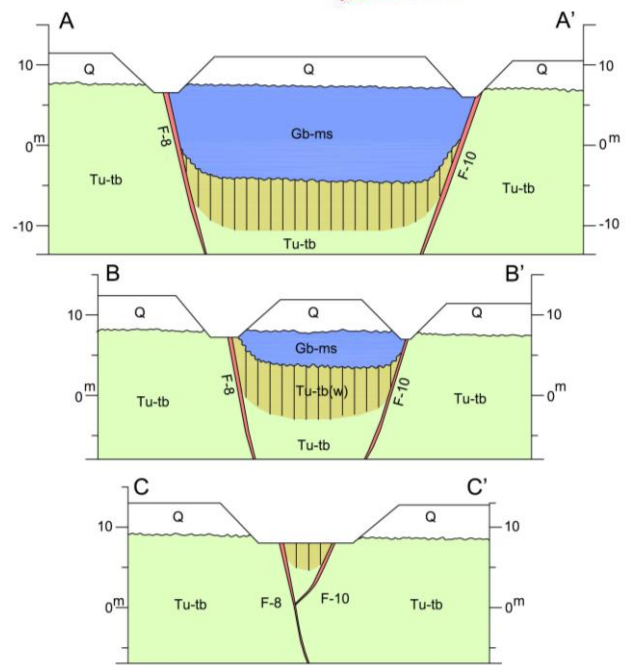
F-8断層, F-10断層接合部底盤写真



F-8断層, F-10断層接合部底盤スケッチ



底盤スケッチ位置図

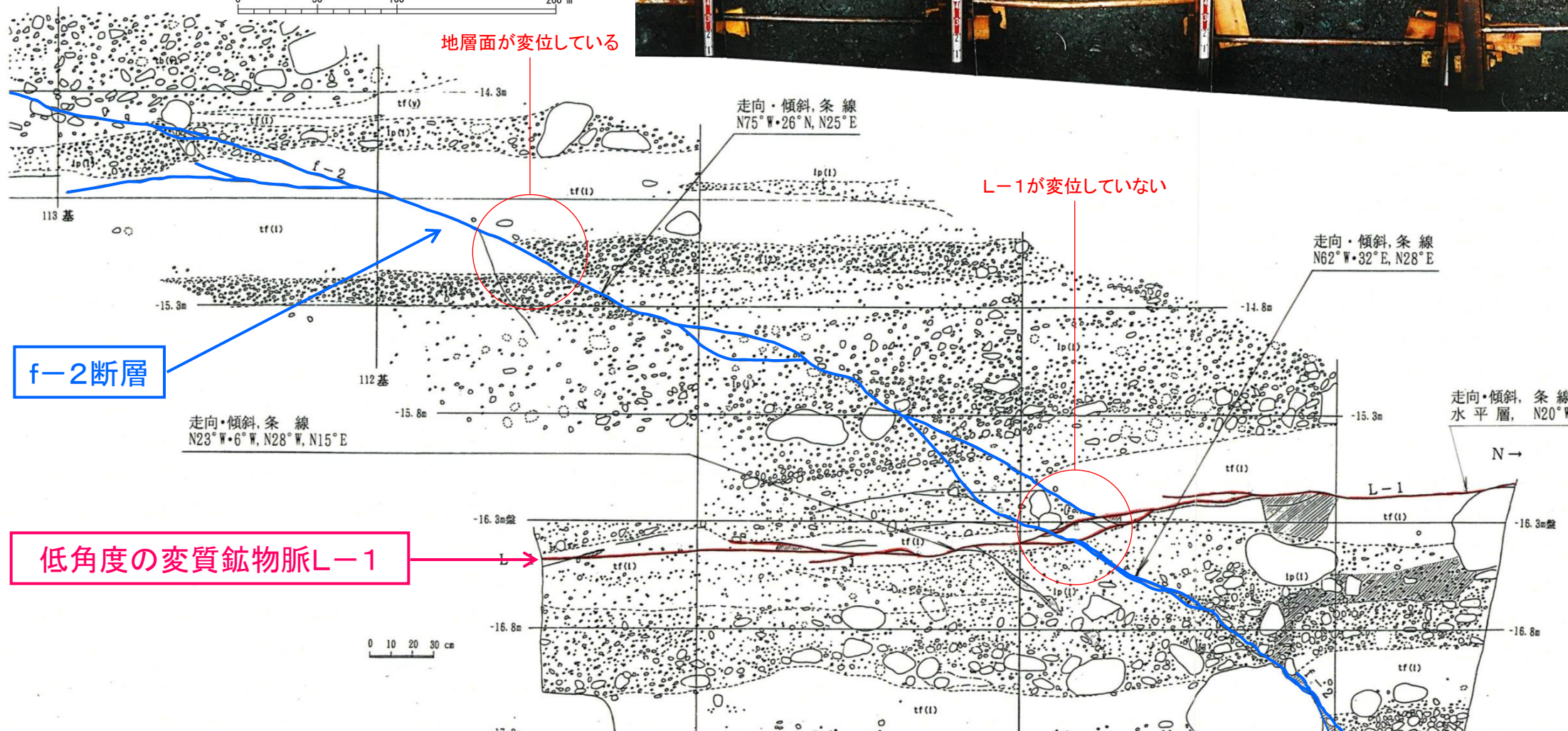
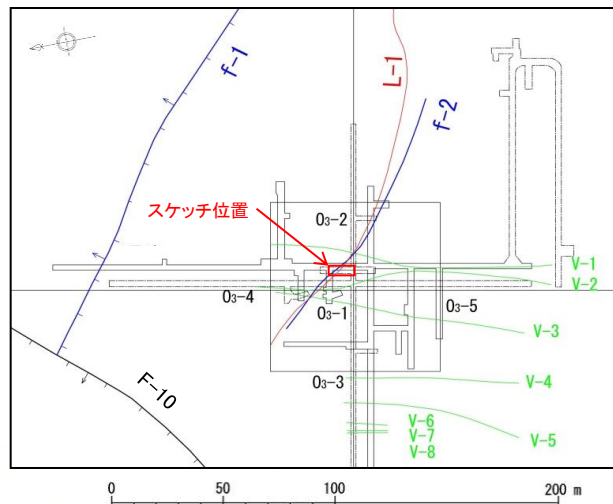


断面図



低角度の変質鉱物脈とf-2断層との関係(試掘坑西側壁)

- 試掘坑内においてf-2断層を確認し、低角度の変質鉱物脈L-1との関係を把握した。
- f-2断層は、岩相境界に変位を与えているものの、低角度の変質鉱物脈L-1に変位を与えていない。
- ⇒ f-2断層は、低角度の変質鉱物脈L-1形成後、活動していない。



f-2断層

低角度の変質鉱物脈L-1

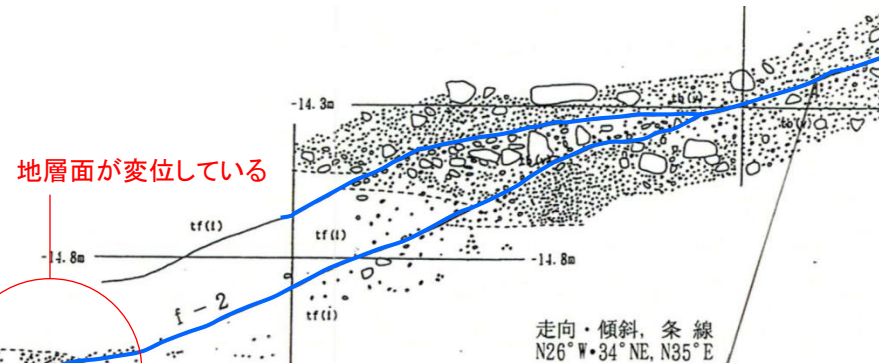
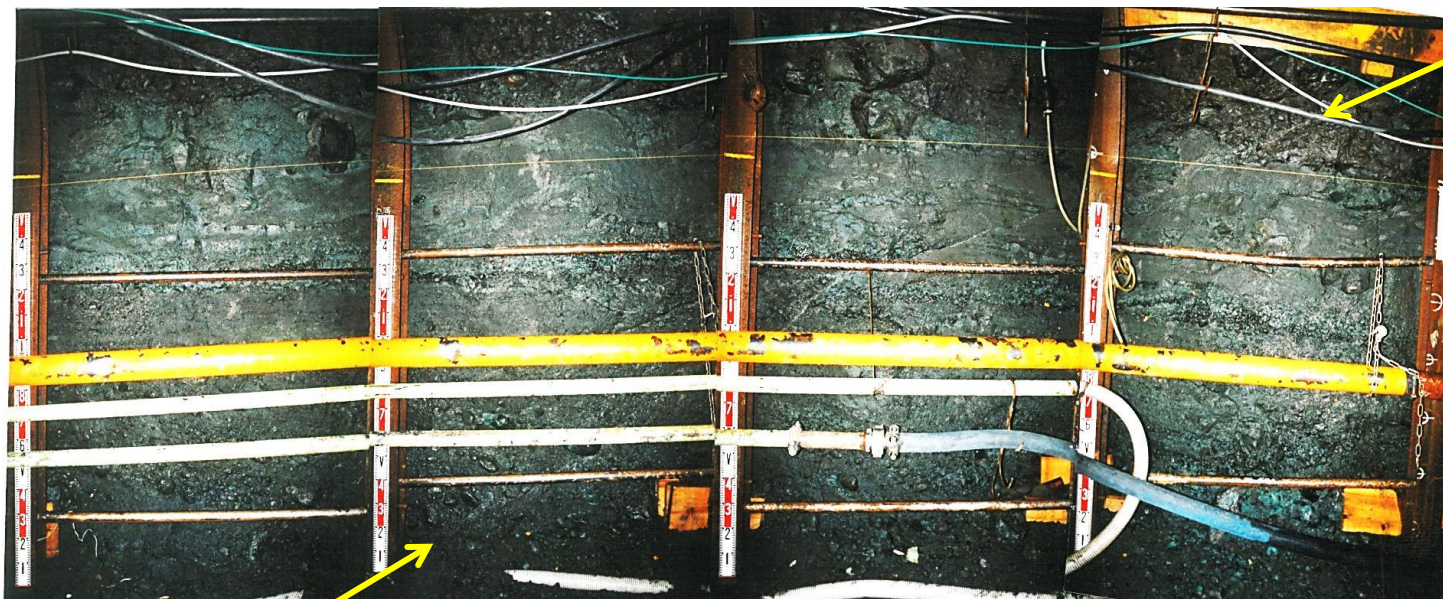
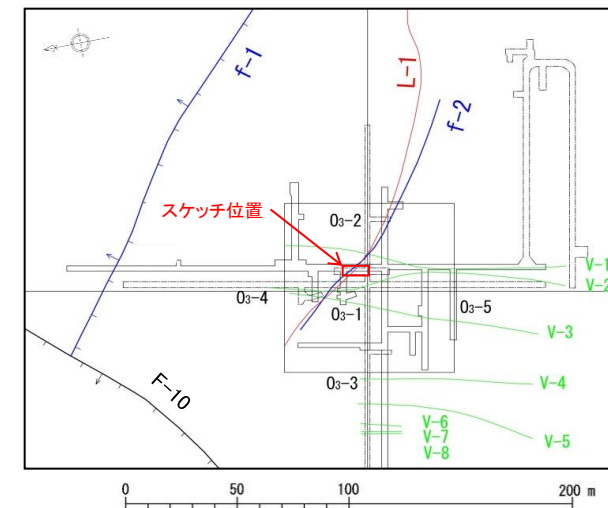
凡例

	断層
	低角度の変質鉱物脈
	節理
	岩相境界
	礫
	軟質化している部分
	凝灰角礫岩(ガラス質)
	凝灰角礫岩(石質)
	火山礫凝灰岩(ガラス質)
	火山礫凝灰岩(石質)
	凝灰岩(ガラス質)
	凝灰岩(石質)

試掘坑西側壁のf-2断層詳細スケッチ

低角度の変質鉱物脈とf-2断層との関係(試掘坑東側壁)

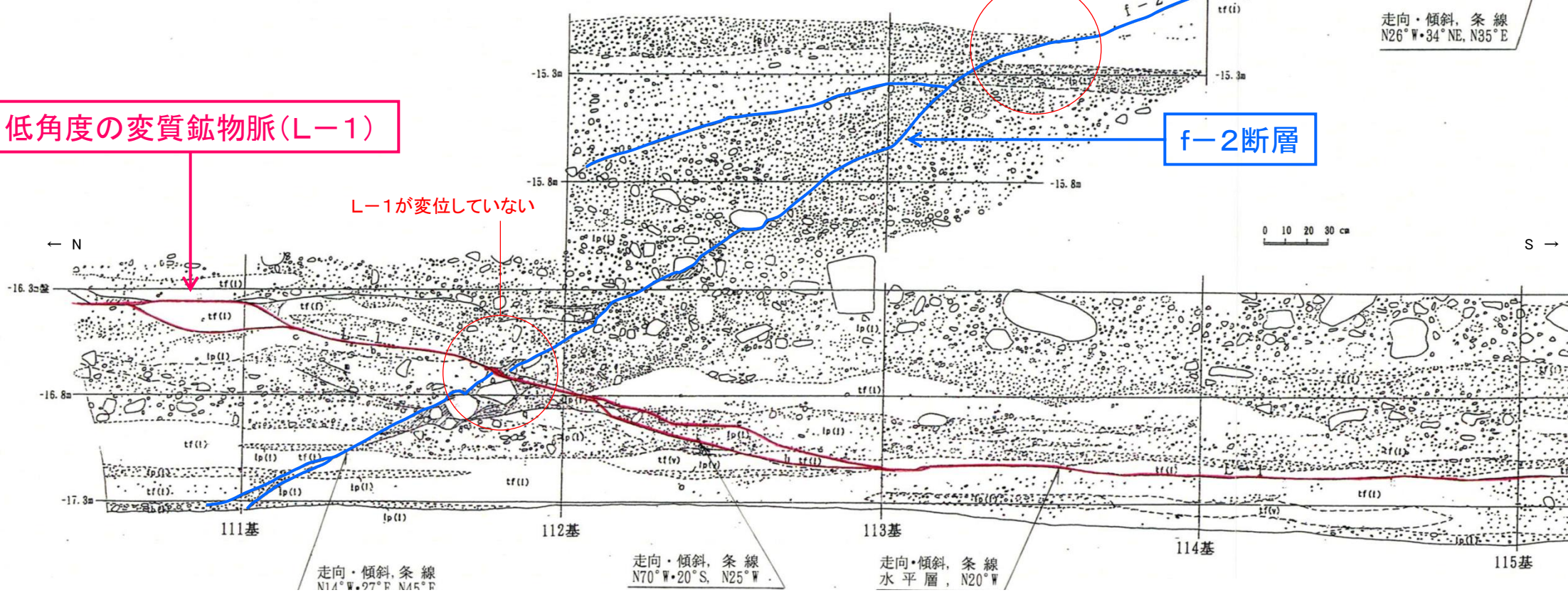
- 試掘坑内においてf-2断層を確認し、低角度の変質鉱物脈L-1との関係を把握した。
- f-2断層は、岩相境界に変位を与えているものの、低角度の変質鉱物脈L-1に変位を与えていない。
⇒ f-2断層は、低角度の変質鉱物脈L-1形成後、活動していない。



低角度の変質鉱物脈(L-1)

L-1が変位していない

f-2断層



凡例

	f-2	断層
	L-1	低角度の変質鉱物脈
		節理
		岩相境界
		礫
		軟質化している部分
	tb(v)	凝灰角礫岩(ガラス質)
	tb(l)	凝灰角礫岩(石質)
	lp(v)	火山礫凝灰岩(ガラス質)
	lp(l)	火山礫凝灰岩(石質)
	tf(v)	凝灰岩(ガラス質)
	tf(l)	凝灰岩(石質)

試掘坑東側壁のf-2断層詳細スケッチ

f-1 断層の詳細性状

f-1断層破碎部の詳細性状(H27B-f1-2孔)

➤ H27B-f1-2孔のコア観察, CT画像解析, ボアホールテレビ画像解析等によれば, f-1断層は破碎幅0.5cm~1cm, 走向N51°W, 傾斜38°NEであり, 破碎部の方向, 性状はTr-34トレンチで観察されたf-1断層とほぼ同様であるが, 破碎幅は狭い。また, 母岩に比較して低密度(粘土化), 軟質である。

針貫入勾配(NP)

0.0 20.0 40.0

7.67

8.00

深度(m)

小破碎部

f-1断層

8.50

8.60

泊層上部層 凝灰岩

泊層上部層 凝灰角礫岩

小破碎部
幅1cm~2cm, 傾斜は低角度である
セピオライト様のやや固結した粘土を挟在

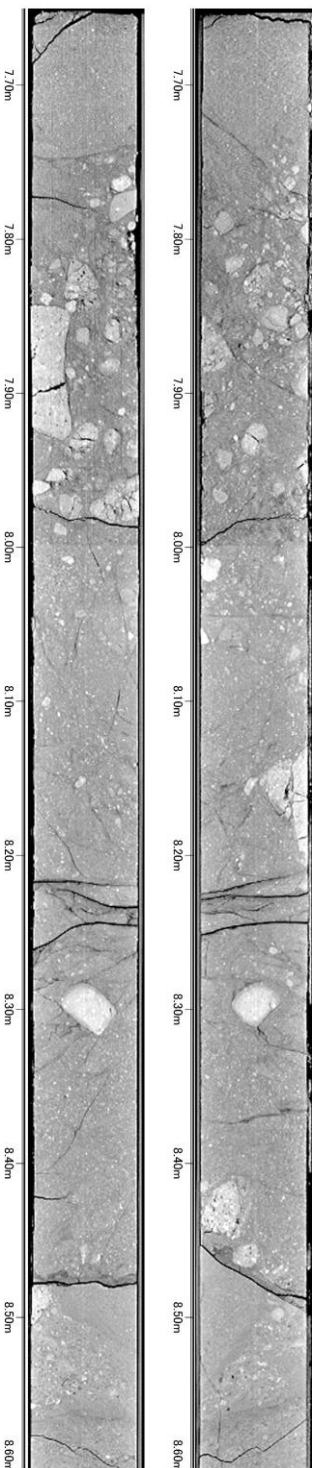
泊層上部層 凝灰岩

f-1断層
幅0.5cm~0.7cm,
暗灰色粘土を挟在,
コアでの傾斜35°

泊層上部層 凝灰角礫岩

破碎部コアスケッチ(左)・写真(右)

針貫入試験結果



泊層上部層 凝灰岩

泊層上部層 凝灰角礫岩

小破碎部
幅2.5cm~3cm区間に数条のせん断面が認められる
密度は周囲の凝灰岩に近く低密度ではない
傾斜は低角度であることからf-1断層ではない

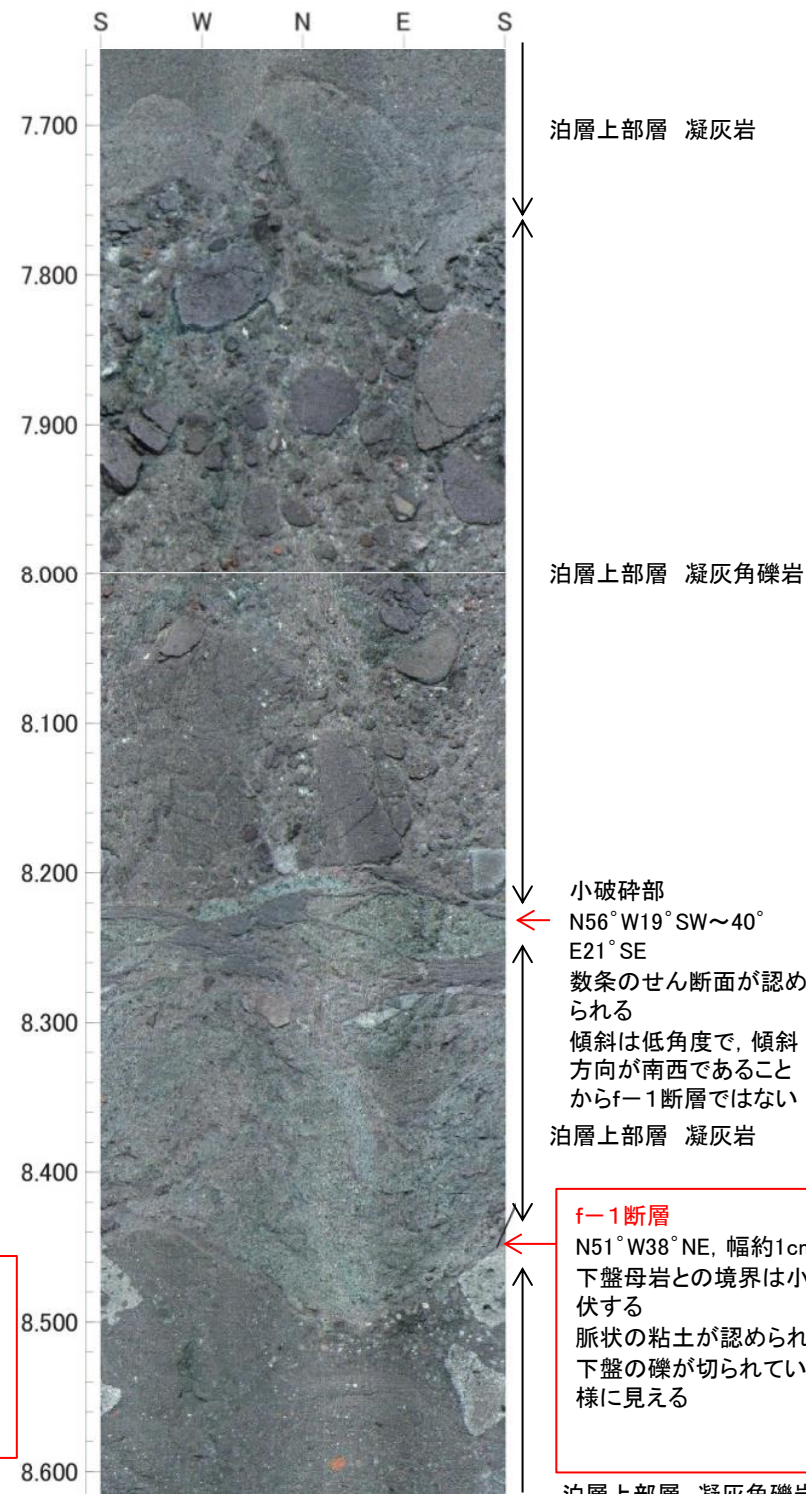
逆断層センスのずれを有する微小な断層

泊層上部層 凝灰岩

f-1断層
傾斜方向で下盤母岩との境界は凹凸が著しく, 走向方向でも起伏があり平滑ではない, 幅約0.5cm区間が僅かに低密度

泊層上部層 凝灰角礫岩

破碎部X線CT画像: 走向方向(左)・傾斜方向(右)



泊層上部層 凝灰岩

泊層上部層 凝灰角礫岩

小破碎部
N56°W19°SW~40°
E21°SE
数条のせん断面が認められる
傾斜は低角度で, 傾斜方向が南西であることからf-1断層ではない

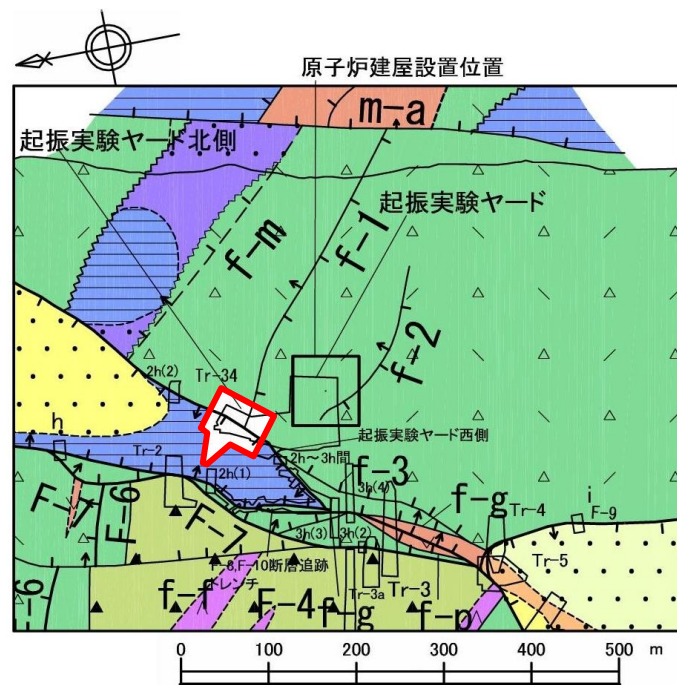
泊層上部層 凝灰岩

f-1断層
N51°W38°NE, 幅約1cm
下盤母岩との境界は小起伏する
脈状の粘土が認められる
下盤の礫が切られている様に見える

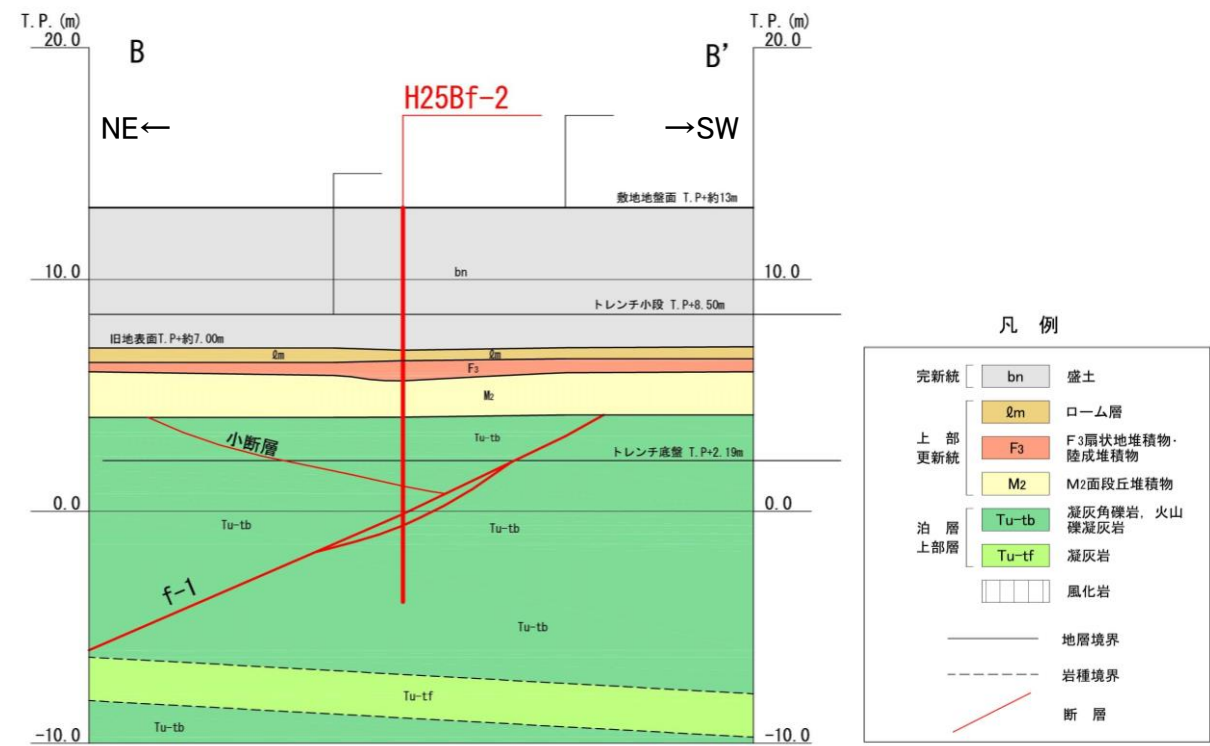
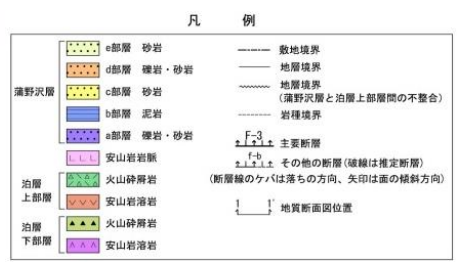
泊層上部層 凝灰角礫岩

破碎部ボアホールテレビ画像

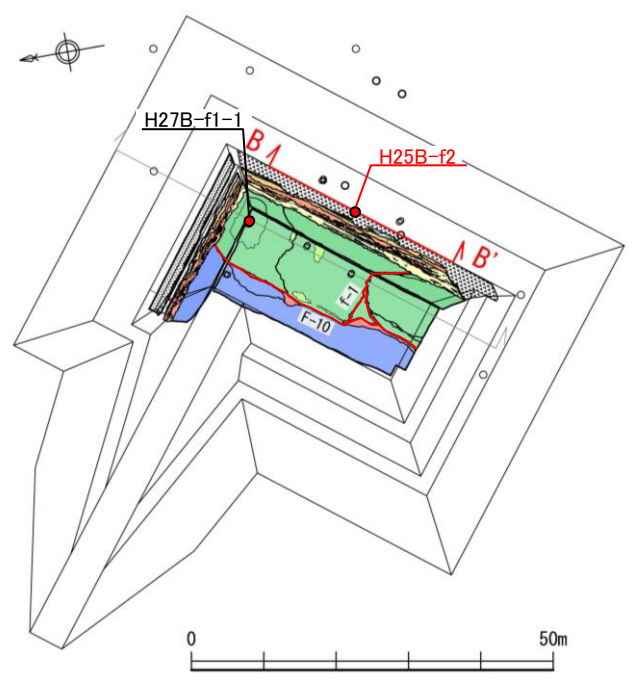
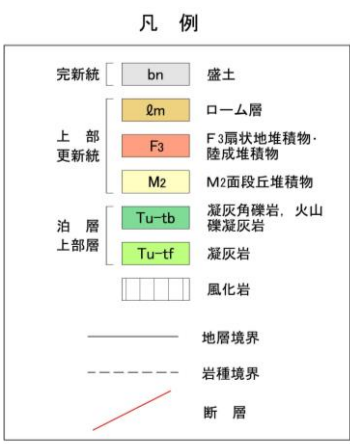
f-1断層破碎部の組織観察(運動センスの確認:H25Bf-2孔, 調査位置図)



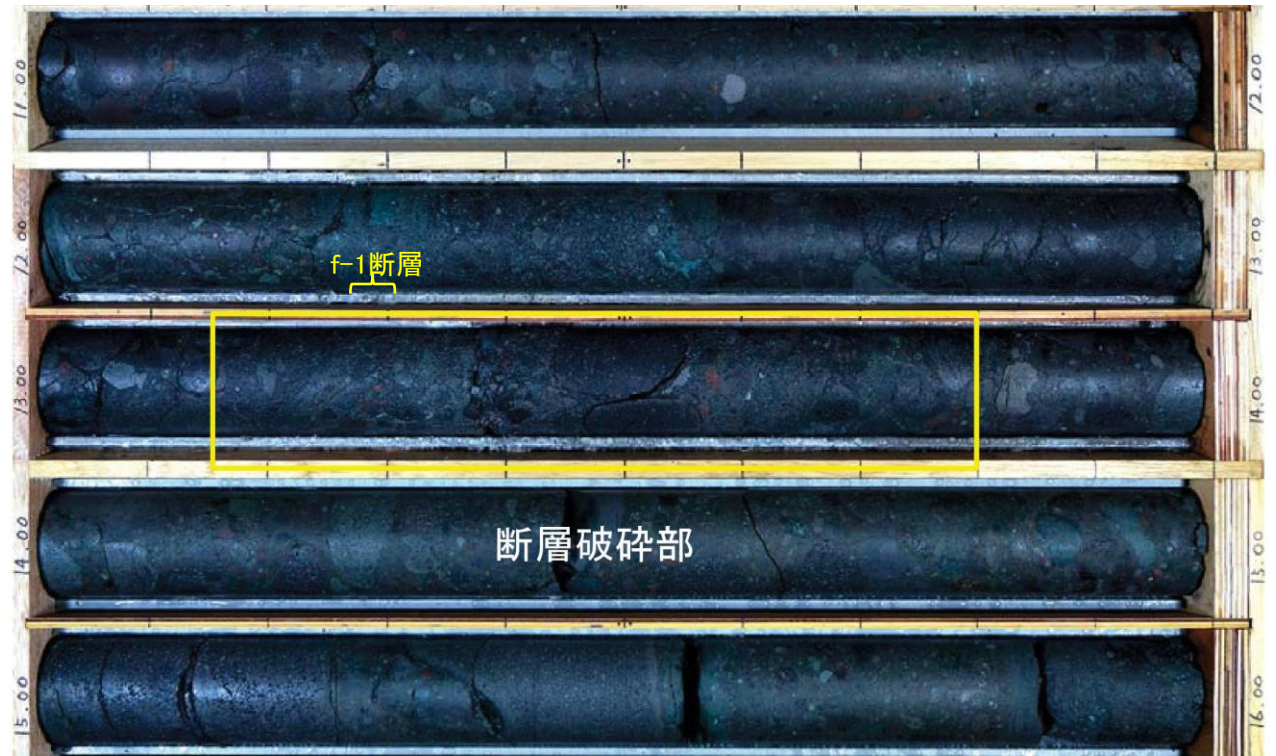
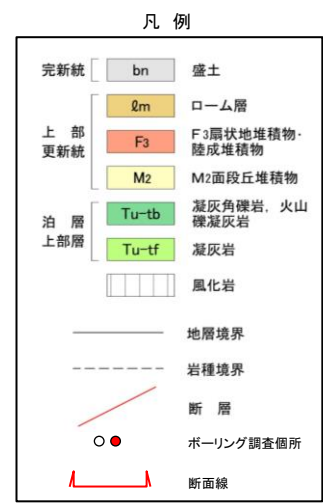
Tr-34トレンチ位置図



地質断面図



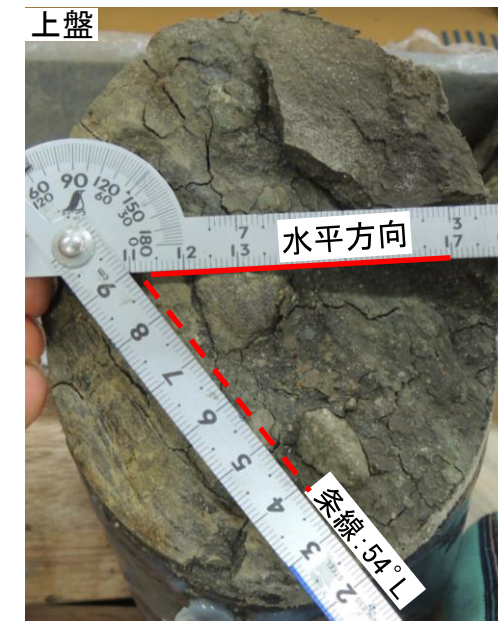
Tr-34トレンチ平面図



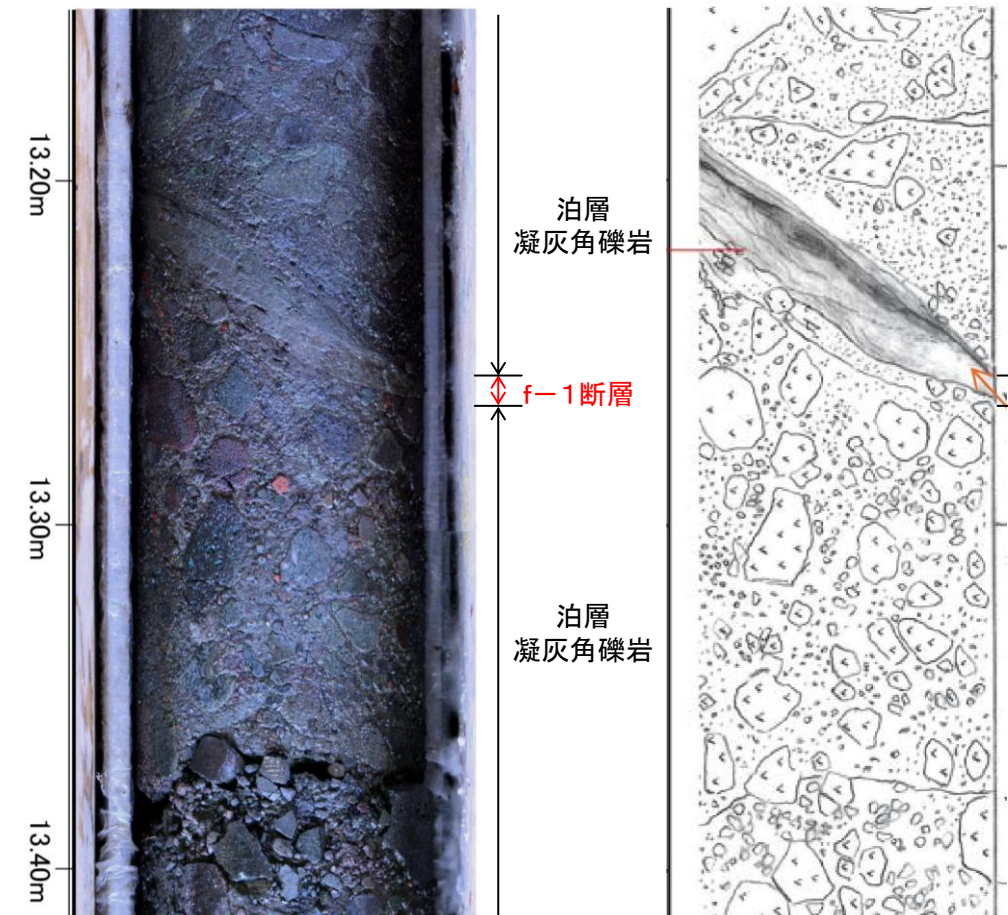
H25Bf-2孔 ボーリングコア写真

f-1断層破碎部の組織観察(運動センスの確認: H25Bf-2孔, ボーリングコア, CT画像)

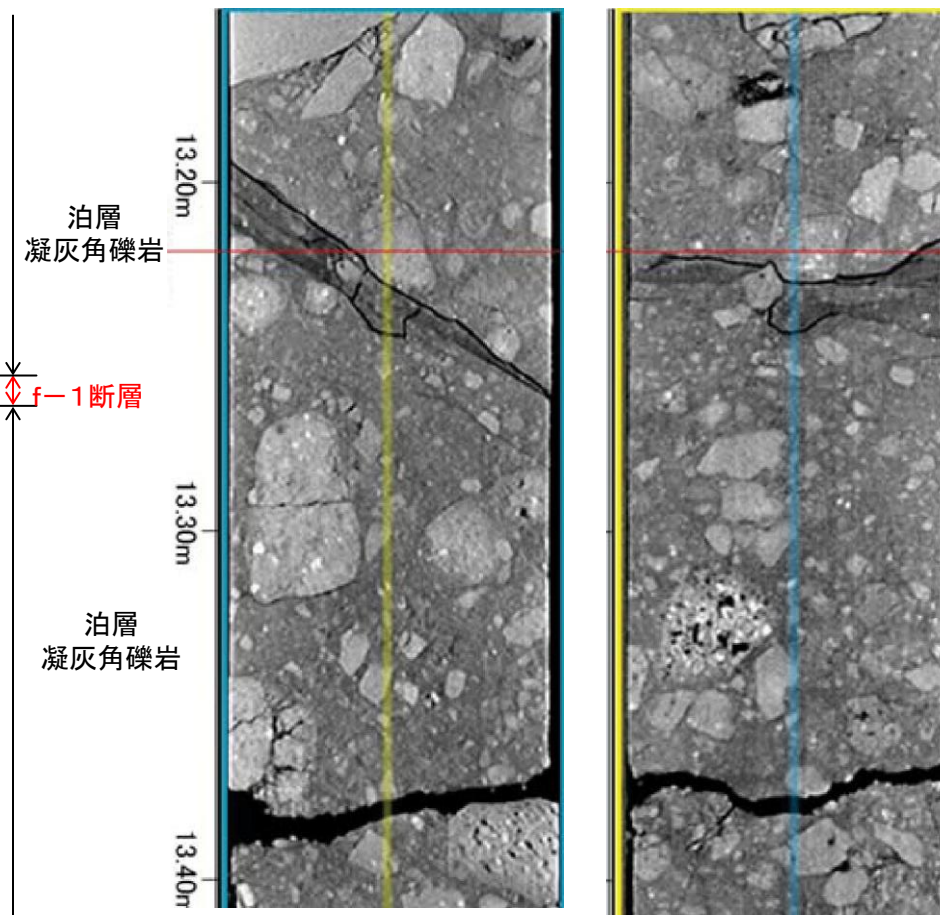
- H25Bf-2孔におけるf-1断層は、非固結で、幅1cm程度の粘土状を呈する。
- 破碎部の観察にあたり、条線方向に研磨片、薄片を作成し、運動センスの観察を行った。



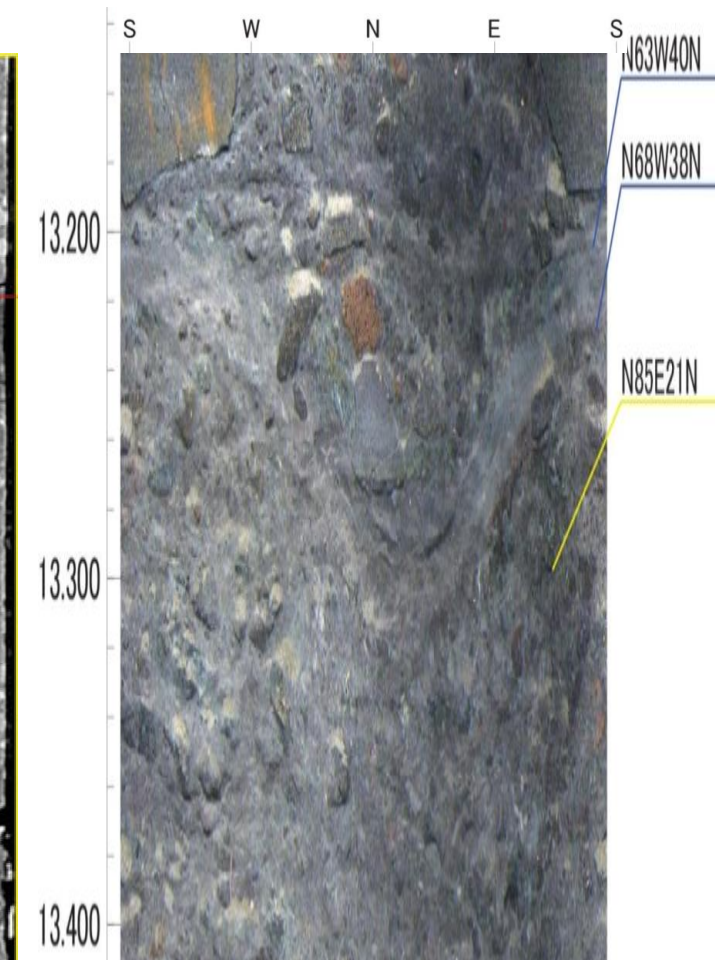
条線観察結果



破碎部コア写真(左)・スケッチ(右)



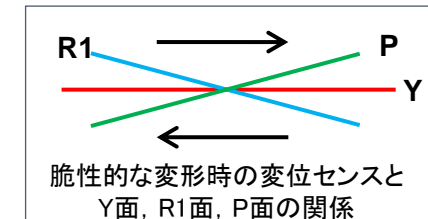
破碎部X線CT画像: 傾斜方向(左)・走向方向(右)



破碎部ボアホールテレビ画像

f-1断層破砕部の組織観察(運動センスの確認: H25Bf-2孔, 研磨片観察)

➤ 研磨片観察から, f-1断層は逆断層センスの変形を示す。



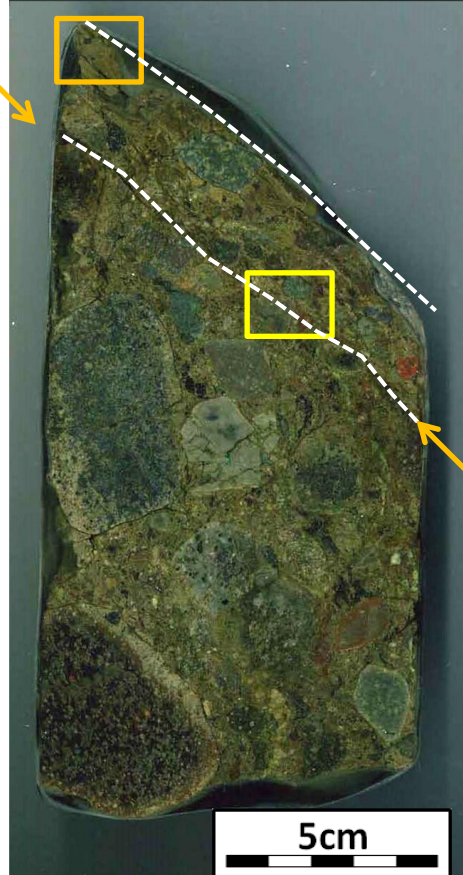
上盤



泊層凝灰角礫岩

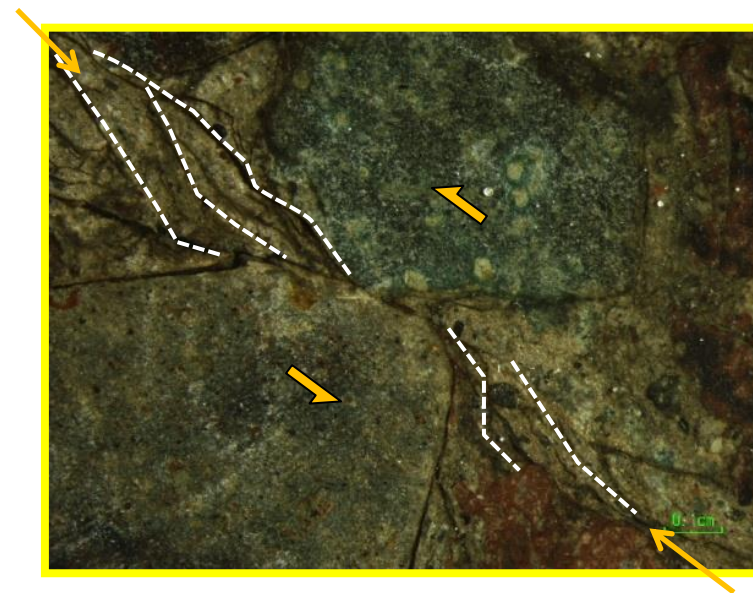


下盤



f-1断層

泊層凝灰角礫岩



f-1断層破砕部の組織観察(運動センスの確認: H25Bf-2孔, 顕微鏡観察)

➤ 顕微鏡観察から, f-1断層は逆断層センスの変形を示す。

上盤

下盤

泊層凝灰角礫岩

f-1断層

泊層凝灰角礫岩

5cm

5cm

54L

上

薄片写真(左:オープン, 右:クロス)

母岩

断層破砕部 (セピオライト)

母岩

断層破砕部 (セピオライト)

母岩

断層破砕部 (セピオライト)

0.5mm

0.5mm

50µm

50µm

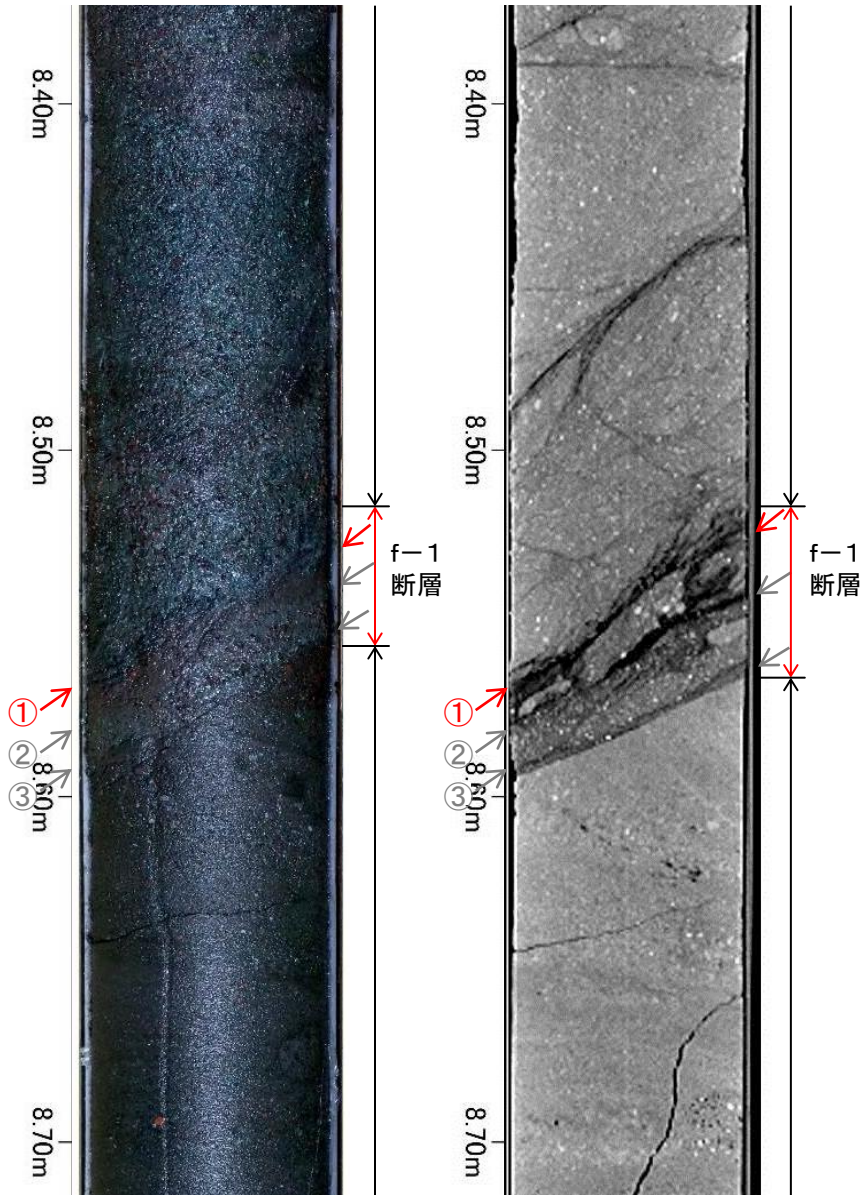
顕微鏡写真(左:オープン, 右:クロス)

R1 → P
← Y

脆性的な変形時の変位センスと
Y面, R1面, P面の関係

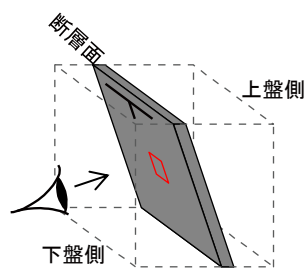
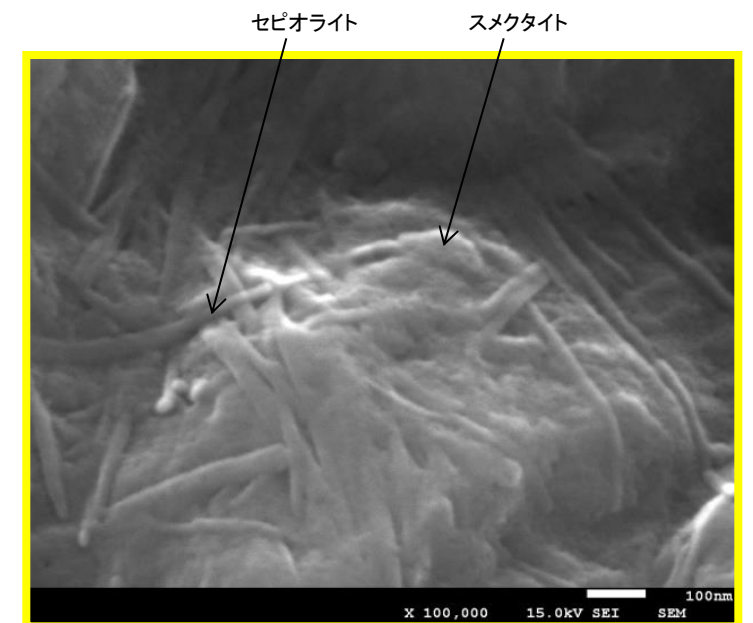
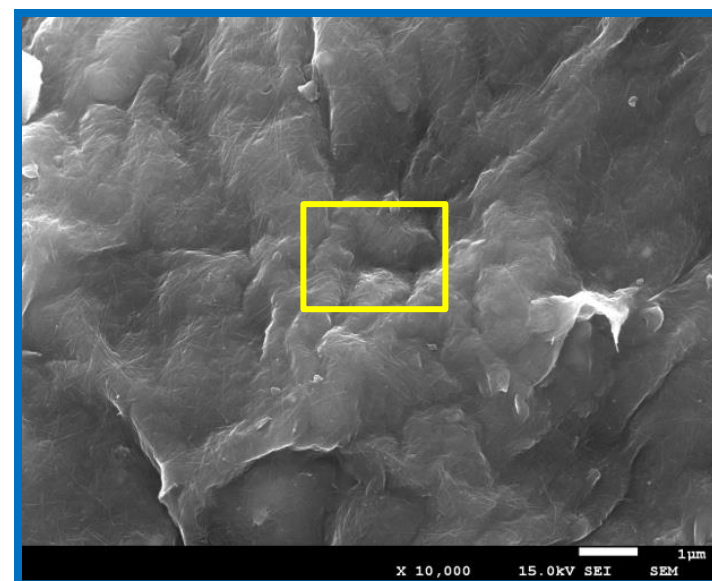
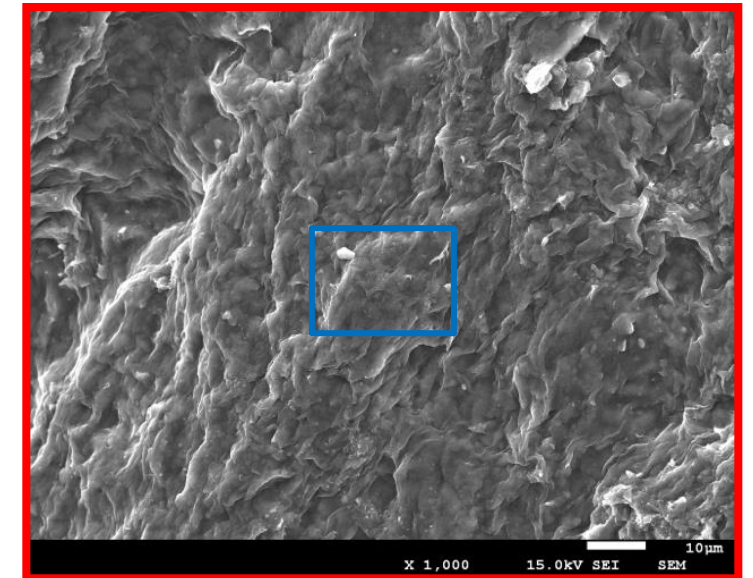
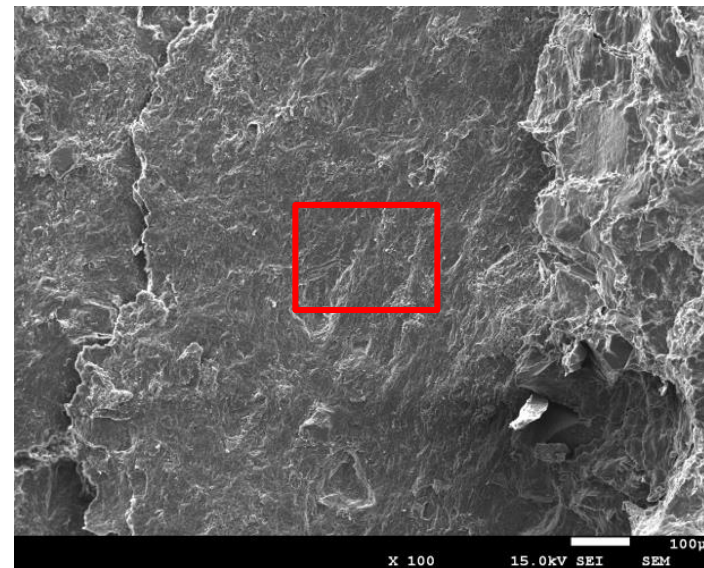
断層破砕部 (セピオライト)

f-1断層破碎部の組織観察 (せん断面の鉱物の晶出状況: H27B-f1-1孔, SEM観察, せん断面①)

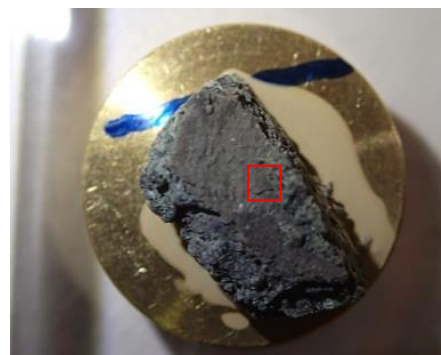


f-1断層破碎部コア写真(左)・CT画像(右)

➤ せん断面①のSEM観察の結果, 繊維状の自形のセピオライトとその間にスメクタイトが生成し, 破碎を受けた組織は認められない。



下盤側から断層面を観察



SEM観察試料

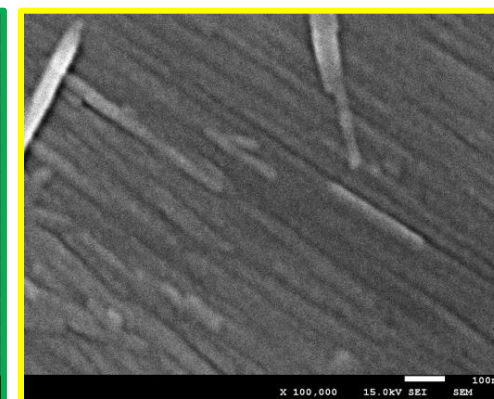
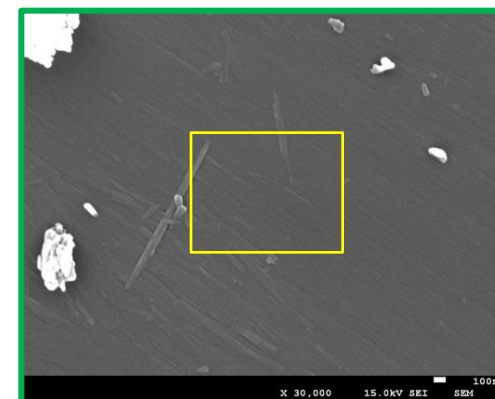
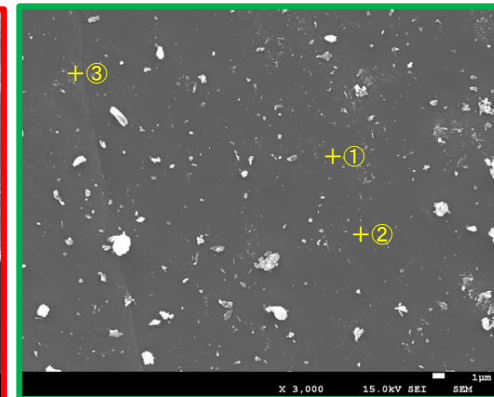
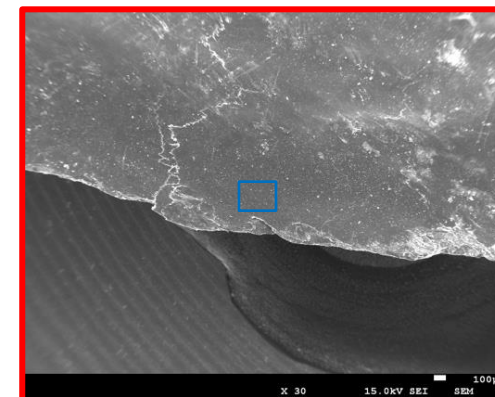
□観察箇所

セピオライトのK-Ar年代測定結果(F-8断層:薄片, EDS分析結果)

- 年代測定を行った断層破碎部のEDS定量分析を行った。
- EDS定量分析値は、セピオライトの値と概ね一致している。
- SEM観察から繊維状の自生鉱物が見られた。



EDS定量分析試料



試料のSEM像とEDS定量分析箇所

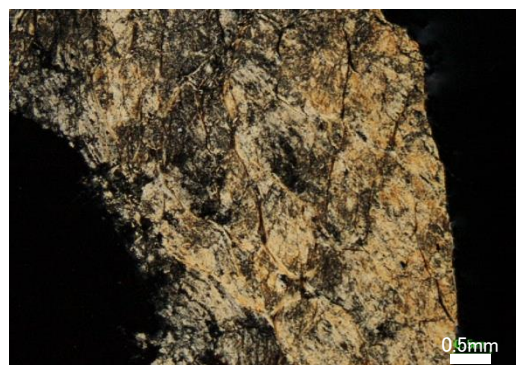
+ 分析箇所



研磨片



薄片写真
(左:オープン, 右:クロス)



顕微鏡写真
(左:オープン, 右:クロス)

EDS定量分析結果

化合物	①	②	③	セピオライト 文献値(1)	セピオライト 文献値(2)
SiO ₂	62.74	63.76	64.12	52.17	54.56
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.20	-
Al ₂ O ₃	0.50	0.49	0.33	1.47	0.99
Fe ₂ O ₃	-	-	-	8.16	1.56
FeO	10.89	10.75	11.52	1.43	0.88
MgO	19.97	19.92	19.94	18.28	21.72
CaO	0.14	0.00	0.00	0.11	3.02
Na ₂ O	4.85	4.28	3.21	0.12	0.01
MnO	0.75	0.61	0.72	0.09	-
K ₂ O	0.15	0.19	0.16	0.15	0.02
H ₂ O(+)	-	-	-	9.38	9.23
H ₂ O(-)	-	-	-	8.29	7.92
Total	99.99	100.00	100.00	99.85	99.91

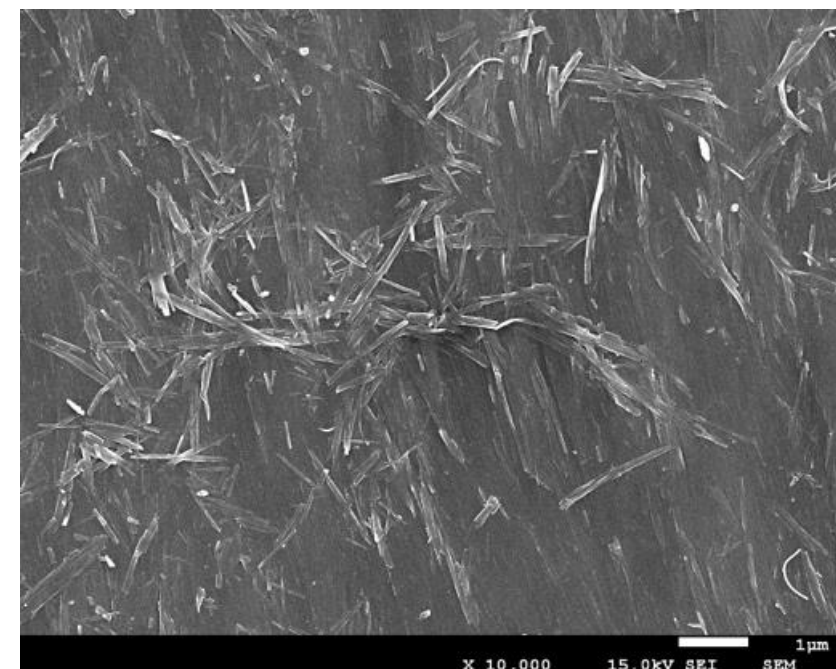
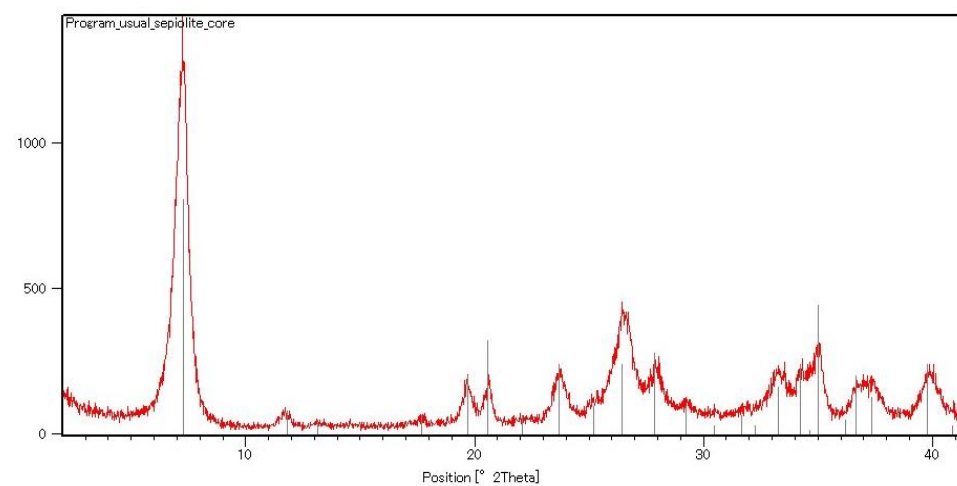
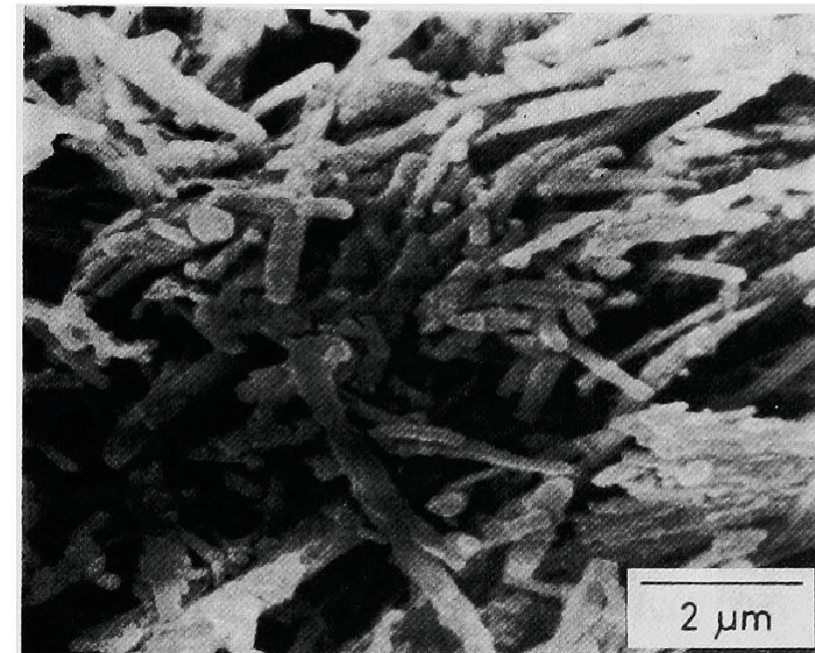
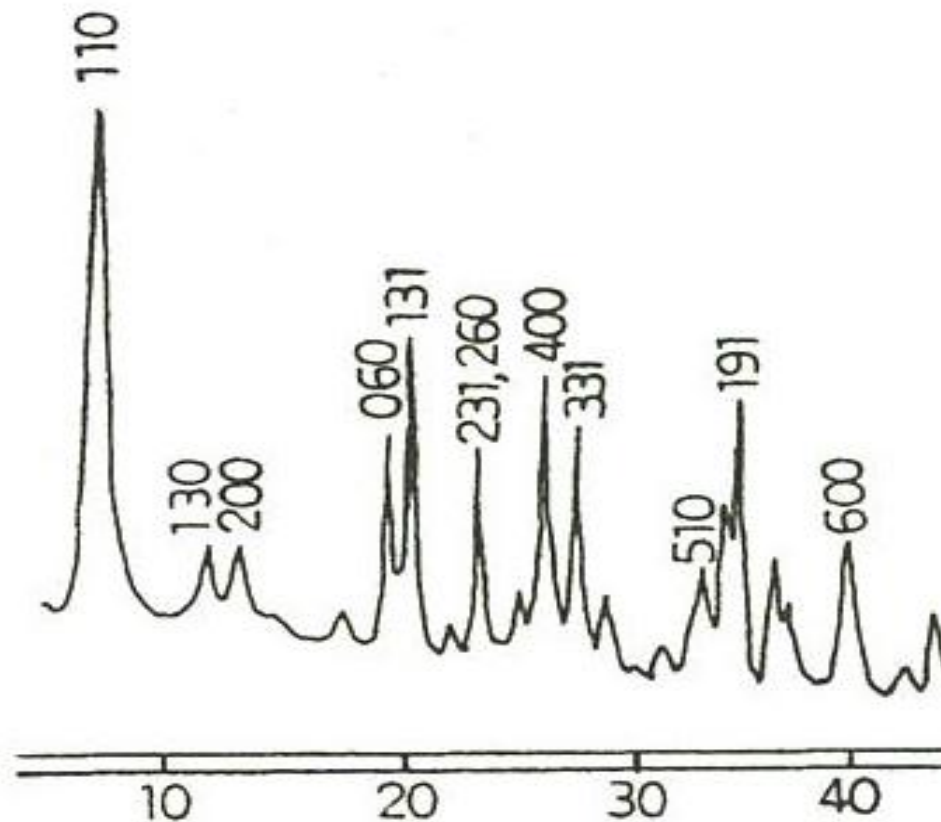
文献値(1):青函トンネル産 Fe-セピオライト(Sakamoto et. al.,1980)

文献値(2):新潟県赤谷鉱山産セピオライト (Imai et. al.,1967)

(単位:w%)

セピオライトのK-Ar年代測定結果(F-8断層:セピオライトについて)

- 栃木県葛生で産出するセピオライト(今井, 1966)と敷地で見られるセピオライトのX線チャートと比較し, それぞれ同様のプロファイルを示すことを確認した。
- 青函トンネルで産出したセピオライトのSEM像(Sakamoto.et.al., 1980)と比較し, 類似した形態であることを確認した。



(上) 栃木県葛生で産出するセピオライトのX線チャート(今井, 1966)
 (下) 東通敷地内(F-8断層破碎部)のX線チャート

(上写真) 青函トンネル産セピオライトのSEM像(Sakamoto. et. al., 1980)
 (下写真) 東通敷地内(F-8断層破碎部)セピオライトのSEM像

数値解析による検討

膨張解析

➤ 膨張解析はシールドトンネル等における地盤凍結工法の検討やLNG地下備蓄における岩盤の挙動解析等で一般に使用されている解析である。「土質基礎工学ライブラリー23 土の凍結－その理論と実際－(土質工学会, 1994年)」等でも解析理論が紹介されている。

地盤が膨張ひずみ $\{\varepsilon_0\}$ を受けている場合の等価節点外力を次式で求める。

$$\{F_0\} = \int_V [B]^T [D] \{\varepsilon_0\} dV$$

ここで、

$\{F_0\}$: 等価節点外力

$[B]$: ひずみ－変位マトリックス

$[D]$: 応力－ひずみマトリックス

$\{\varepsilon_0\}$: 膨張ひずみ

求められた等価節点外力を用いて、次式により周辺地盤の変形を計算する。

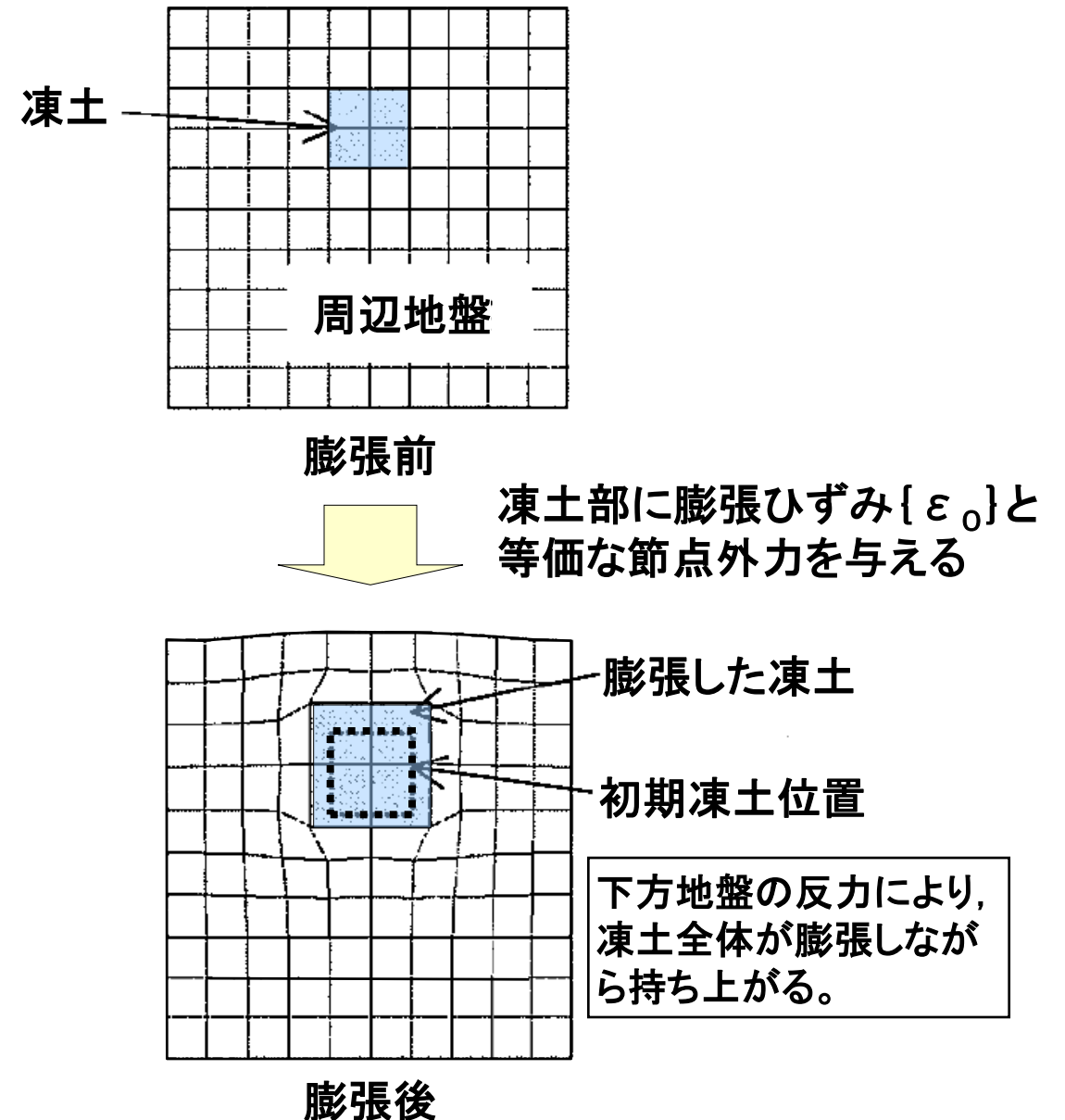
$$[K]\{\delta\} = \{F_0\}$$

$$\{\delta\} = [K]^{-1}\{F_0\}$$

ここで、

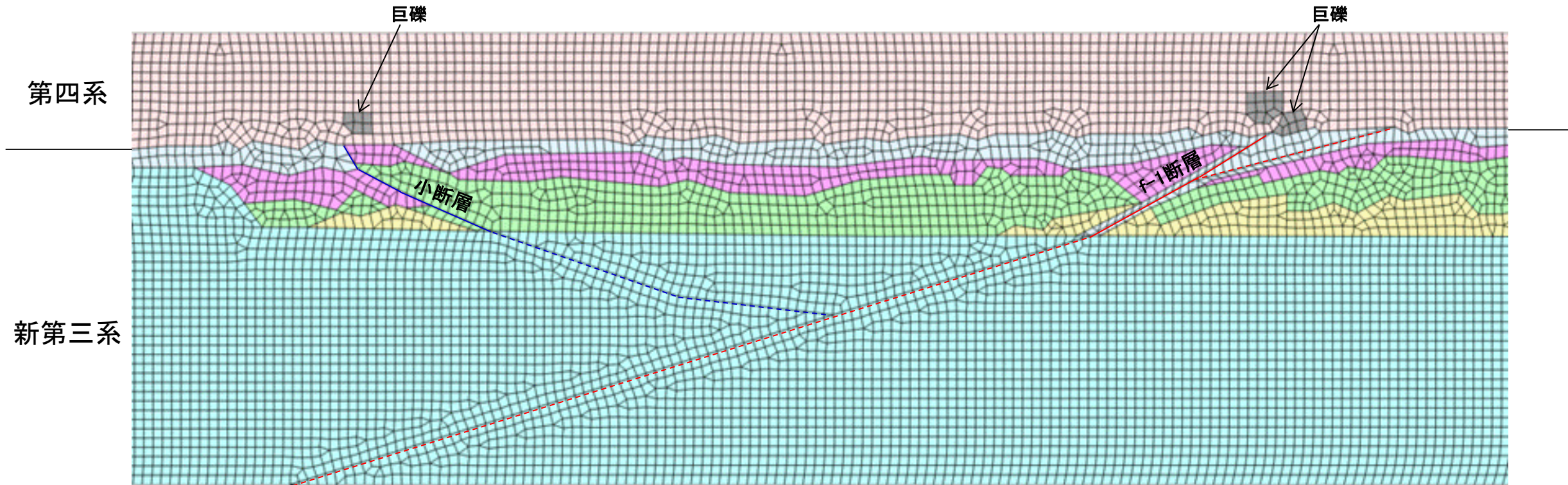
$[K]$: 全構造系の剛性マトリックス

$\{\delta\}$: 変位



膨張解析(解析モデル)

- 解析用劣化区分図およびTr-34トレンチ付近で実施したボーリング調査に基づき有限要素モデルを作成した。
- 新第三系及び第四系はソリッド要素, f-1断層及び小断層はジョイント要素及びソリッド要素でモデル化した。
- 第四系は砂層・砂礫層の最大層厚相当としてモデル化した。



Tr-34トレンチ東面 解析モデル図

境界条件

- ・側面: 鉛直ローラー
- ・底面: 固定

第四系

- M₂面段丘堆積層(砂・砂礫)
- 上記のうち巨礫

断層 (いずれの断層も実線はジョイント要素, 点線はソリッド要素でモデル化)

- 小断層
- f-1断層およびf-1断層から派生する断層

新第三系

- 劣化度E
- 劣化度D
- 劣化度C
- 劣化度B
- 劣化度A

膨張解析(解析用物性値)

体積膨張比

		体積膨張比 ϵ_v ※1
新第三系	劣化度E	1.20
	劣化度D	1.20
	劣化度C	1.10
	劣化度B	1.00
	劣化度A	1.00

小断層のモデル化厚さ

名称	トレンチ調査結果※2		モデル化厚さ(cm)
	挟在物	最大厚さ(cm)	
f-1断層	粘土	0.6	0.6
小断層	粘土	1.2	1.2

※2 Tr-34東面において確認された最大厚さを記載

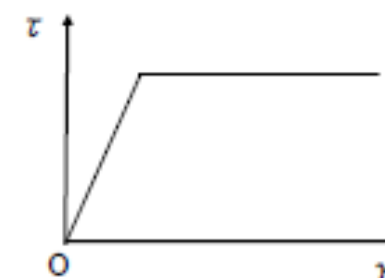
※1 不動元素(Ti)に着目した試料採取・分析結果を参考に、新鮮部(劣化度A・B)に対する比として設定。

解析用物性値

土質・劣化度区分		物理特性	変形特性※3		強度特性※4	
		密度 ρ (g/cm ³)	変形係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 Φ (°)
第四系※3	砂・砂礫	1.80 ※3	5 ※3	0.35 ※3	0.06 ※5	3.0 ※5
新第三系	劣化度E	1.56 ※5	1121 ※4	0.30 ※3	0.43 ※5	56.0 ※5
	劣化度D					
	劣化度C					
	劣化度B					
	劣化度A	2.36 ※5				
f-1断層	—	—	23 ※4	0.35 ※3	0.00 ※5	56.0 ※5
小断層	—	—	24 ※4			

構成モデル

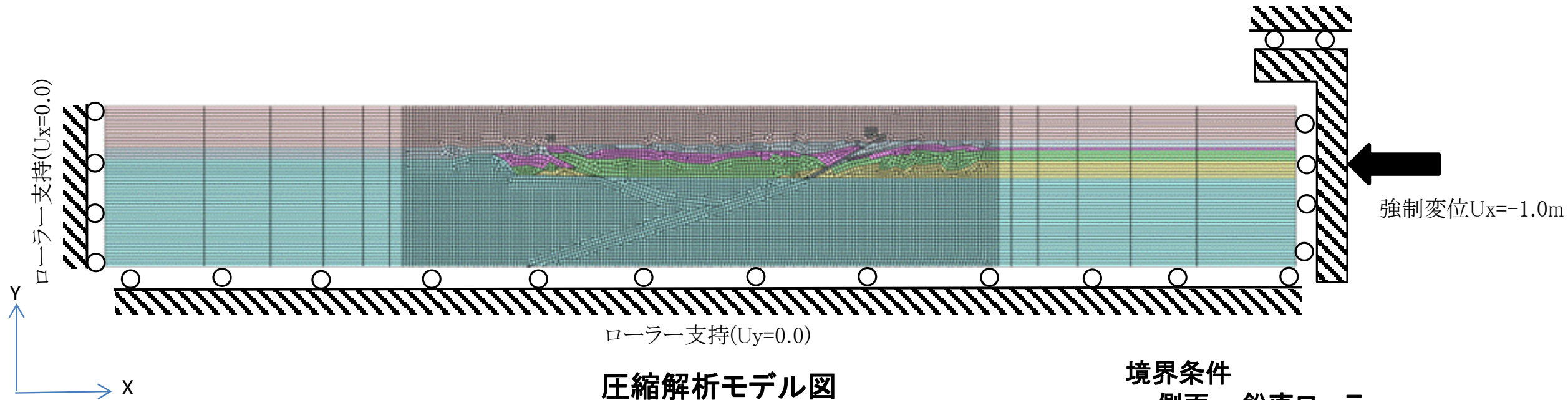
モールクーロン
バイリニア型
非線形弾性モデル



※3 第四系の物理特性、変形特性は慣用値を設定(砂N値=8相当)。巨礫は新第三系(劣化度A)相当として設定。
 ※4 新第三系及びf-1断層・小断層の変形係数は、劣化度Aの針貫入勾配から換算。ポアソン比は慣用値を設定。
 ※5 強度は原子炉設置許可時の値を利用。第四系は表土、新第三系及びf-1断層・小断層は凝灰角礫岩(ガラス質)。

圧縮解析(解析モデル)

- 解析用劣化区分図およびTr-34トレンチ付近で実施したボーリング調査に基づき有限要素モデルを作成した。
- 新第三系及び第四系はソリッド要素, f-1断層及び小断層はジョイント要素及びソリッド要素でモデル化した。
- 第四系は砂層・砂礫層の最大層厚相当としてモデル化した。



境界条件
 ・側面: 鉛直ローラー
 ・底面: 水平ローラー

第四系

- M₂面段丘堆積層(砂・砂礫)
- 上記のうち巨礫

断層 (いずれの断層も実線はジョイント要素, 点線はソリッド要素でモデル化)

- 小断層
- f-1断層およびf-1断層から派生する断層

新第三系

- 劣化度E
- 劣化度D
- 劣化度C
- 劣化度B
- 劣化度A

圧縮解析(解析用物性値)

解析用物性値※

土質・劣化度区分		物理特性	変形特性		強度特性	
		密度 ρ (g/cm ³)	変形係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	粘着力 C (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
第四系	砂・砂礫	1.80	5	0.35	0.06	3.0
新第三系	劣化度E	1.56	74	0.30	0.43	56.0
	劣化度D		118			
	劣化度C	2.11	176			
	劣化度B		387			
	劣化度A	2.36	1121			
f-1断層	—	—	23	0.35	0.00	56.0
小断層	—	—	24			

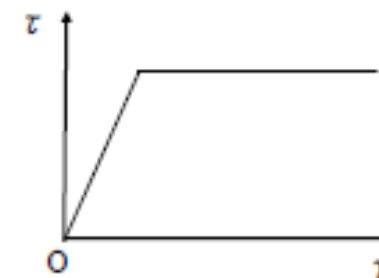
※ 新第三系の変形係数を劣化度に応じた現時点の変形係数とした。その他は全て膨張解析と同じ物性値とした。

断層の抵抗

計算ケース	接触剛性, すべり剛性に対する係数	剥離後, 滑動後の剛性の係数
圧縮解析①	1.0	10 ⁻¹⁰
圧縮解析②	100.0	10 ⁻³

構成モデル

モールクーロン
バイリニア型
非線形弾性モデル



Tr-34トレンチの圧縮解析に係る感度分析

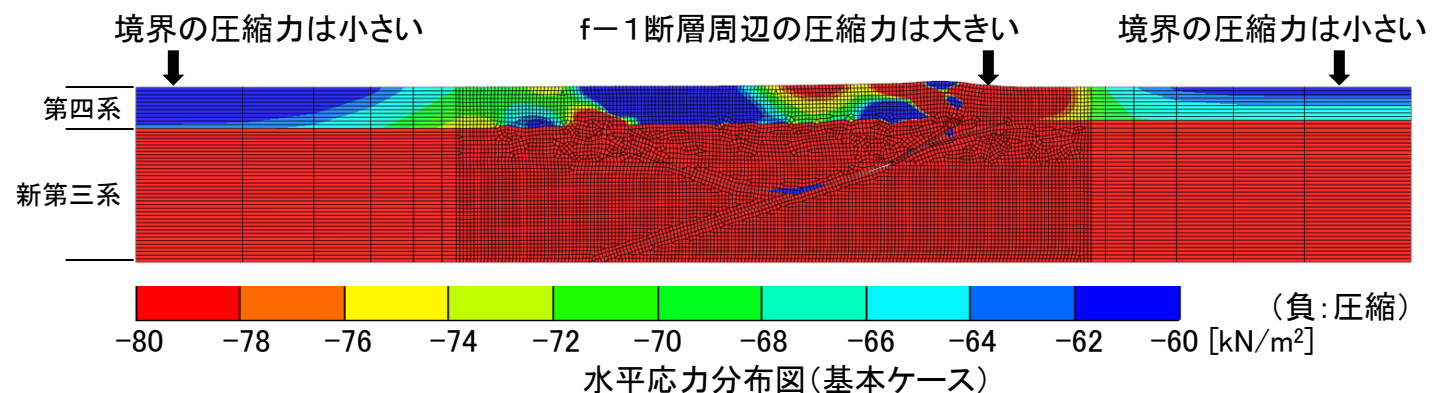
➤ f-1断層の圧縮解析において、物性値や境界条件等に係る感度分析を実施し、Tr-34トレンチでみられる特徴の再現性について検討した。

感度分析ケース一覧

ケース	感度分析の対象	解析条件	
1	断層の剛性	基本ケース	原位置の針貫入試験結果から算定 (f-1断層の剛性: $G=8.5\text{N/mm}^2$)
		パラスタ1	f-1断層の単純せん断試験で評価した剛性(設置許可物性)に、更にばらつきを考慮して5倍の剛性(基本ケースの約23倍の剛性)を設定
2	緩衝領域の幅	基本ケース	境界条件がf-1断層の変形に影響しないよう、評価対象領域の1/2の緩衝領域を設定(片側18m)
		パラスタ2	基本ケースの2倍の緩衝領域を設定(片側36m)
3	強制変位の分布	基本ケース	側面境界に水平・一様の強制変位(1m) (※)基本ケースでf-1断層周辺の第四系に発生した圧縮ひずみは、側方境界に作用させた強制変位が原因で発生しているものではないことを確認した。
		パラスタ3-1	新第三系のみ、深度方向に大きくなる三角形分布の強制変位
		パラスタ3-2	上盤側の第三系をf-1断層に沿って強制変位
4	第四系の物性	基本ケース	変形時(数万年前)の物性は不明であることから、慣用値を設定
		パラスタ4	砂質土の試験結果を基に第四系の物性(密度, 変形特性, 強度)を設定
5	初期応力	基本ケース	変形時(数万年前)の初期応力は不明であることから、慣用値(ポアソン比 $\nu=0.3$)を設定
		パラスタ5	初期地圧の測定結果を反映して等方応力状態(ポアソン比 $\nu=0.499$)の初期応力を設定

(※) 第四系の圧縮ひずみについて【右図参照】

- 圧縮解析において、側方境界近傍の第四系に発生する圧縮力は、f-1断層周辺の圧縮力に比較して小さい。
- したがって、f-1断層周辺の第四系に圧縮ひずみが発生したのは、境界条件が原因ではなく、f-1断層の変形等が原因で発生しているものである。



Tr-34トレンチの圧縮解析に係る感度分析

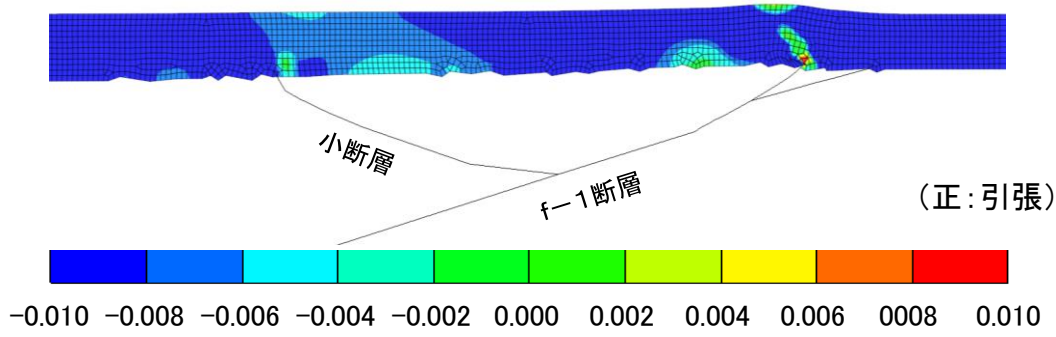
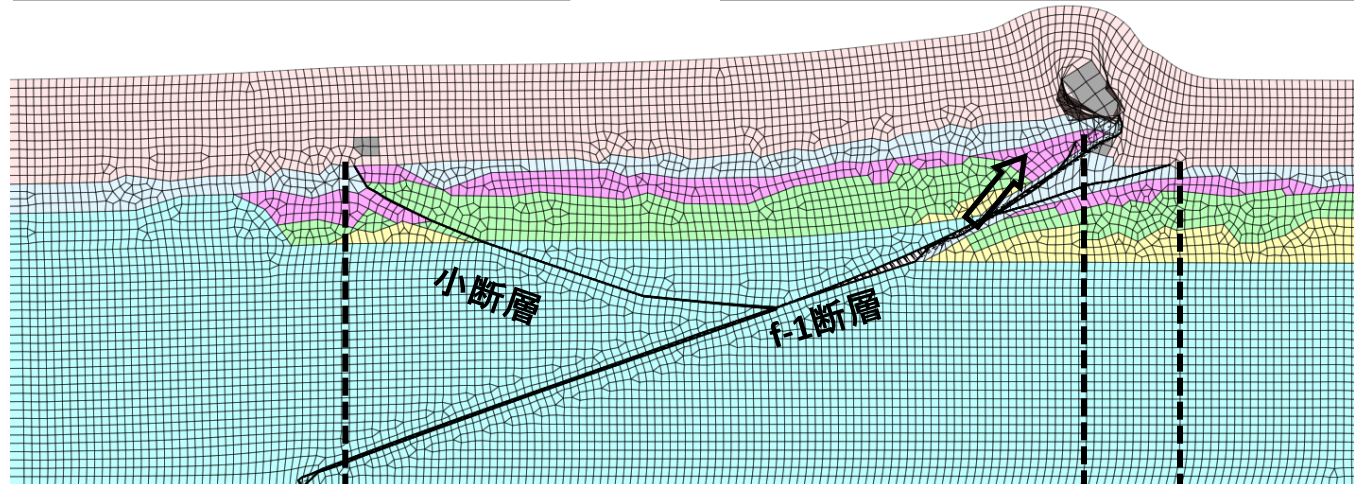
- 圧縮解析に係るいずれの感度分析も、基本ケースと大きく変わらず、実現象とは異なる点(変形モード)が確認され、Tr-34トレンチに見られる特徴を再現は困難であった。
- 更に強制変位量を増加させると、f-1断層のせん断変形が進展し、益々実現象から乖離する結果となった。

- 特徴① f-1断層と小断層間を含む新第三系上面が緩やかに全体的に盛り上がっている。
- 特徴② f-1断層延長上の第四系にせん断変形がない。
- 特徴③ 第四系に正断層センスの小断裂(引張りひずみ)がある。

パラスタの結果、変形モードは基本ケースと大きく変わらない。

f-1断層がせん断変形し、延長上の第四系に局所的な変形が発生している。(特徴②と異なる)

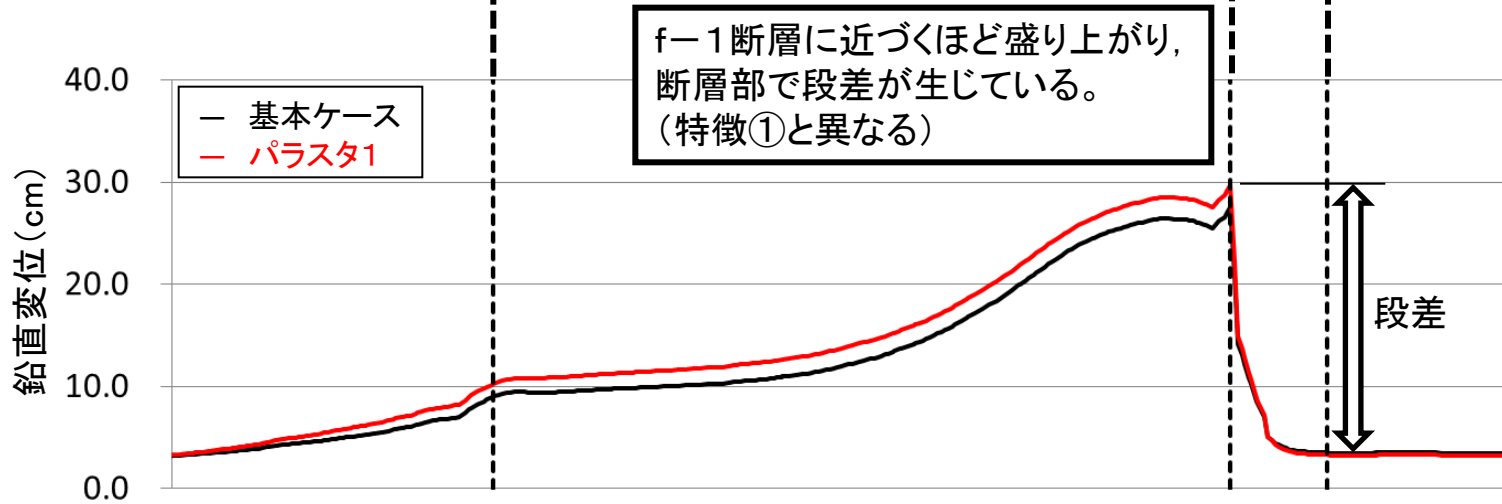
基本ケース同様、ほぼ全範囲で圧縮ひずみが発生しており、断裂が生じるとすると逆断層センスとなる。(特徴③と異なる)



変形倍率: ×5

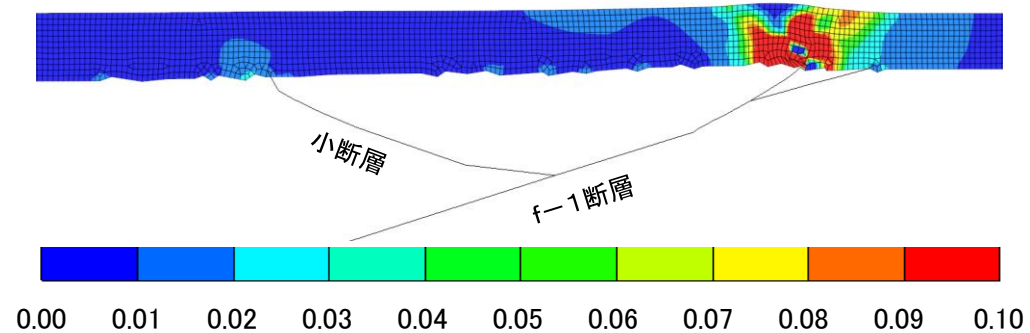
変形図

第四系の水平直ひずみ分布図



f-1断層に近づくほど盛り上がり、断層部で段差が生じている。(特徴①と異なる)

基本ケース同様、f-1断層延長上に大きなせん断ひずみが発生している。(特徴②と異なる)



新第三系上面の鉛直変位分布

第四系の最大せん断ひずみ分布図

感度分析の結果 (代表ケース:パラスタ1(断層の剛性のパラスタ):強制変位1m時)

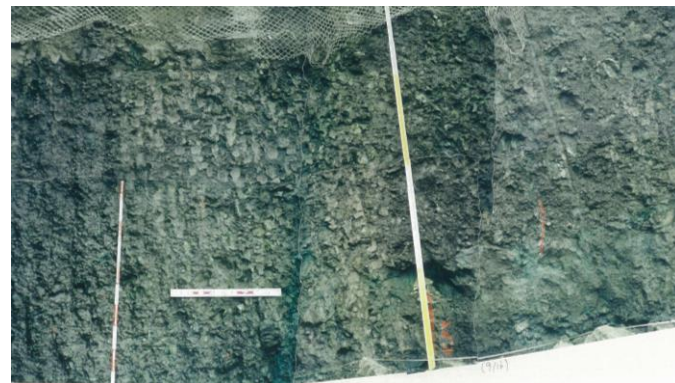
f-2断層と変質鉱物脈

高角度の変質鉍物脈の分布，性状（原子炉建屋北側法面）

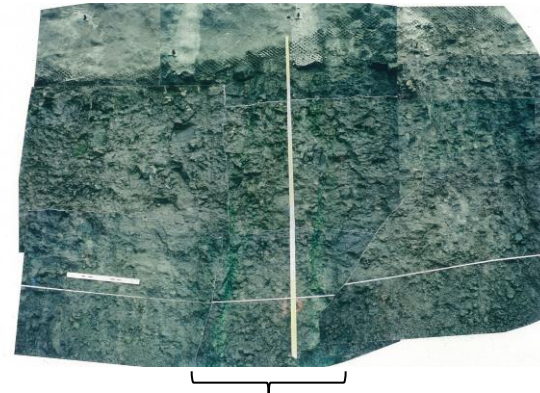
- 凝灰角礫岩(ガラス質)中に確認される高角度の変質鉍物脈には，上下方向で消滅するもの，下方延長部が凝灰岩(石質)に達しないもの，凝灰岩(石質)まで達しても凝灰岩(石質)中で消滅するものが認められ，上下方向の連続性に乏しい。
- 凝灰角礫岩(ガラス質)中では変位を有する高角度の変質鉍物脈が，下方では変位が認められなくなる。また，凝灰角礫岩(ガラス質)中でも変位を有しない高角度の変質鉍物脈が認められる。
- 高角度の変質鉍物脈は，凝灰岩(石質)中の低角度の変質鉍物脈と交差する箇所では，互いに変位を与えていない。
- 高角度の変質鉍物脈は，湾曲し直線性に乏しく，分岐・会合しており，分岐・会合する変質鉍物脈に挟まれる凝灰角礫岩は，変質が軽微で変形が認められない。



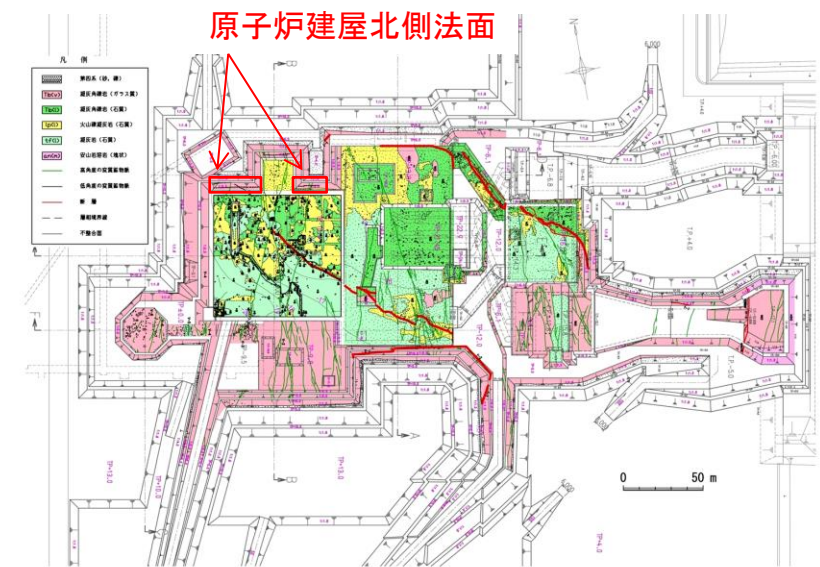
①原子炉建屋北側法面西側写真(T.P.-5m~-9m付近)



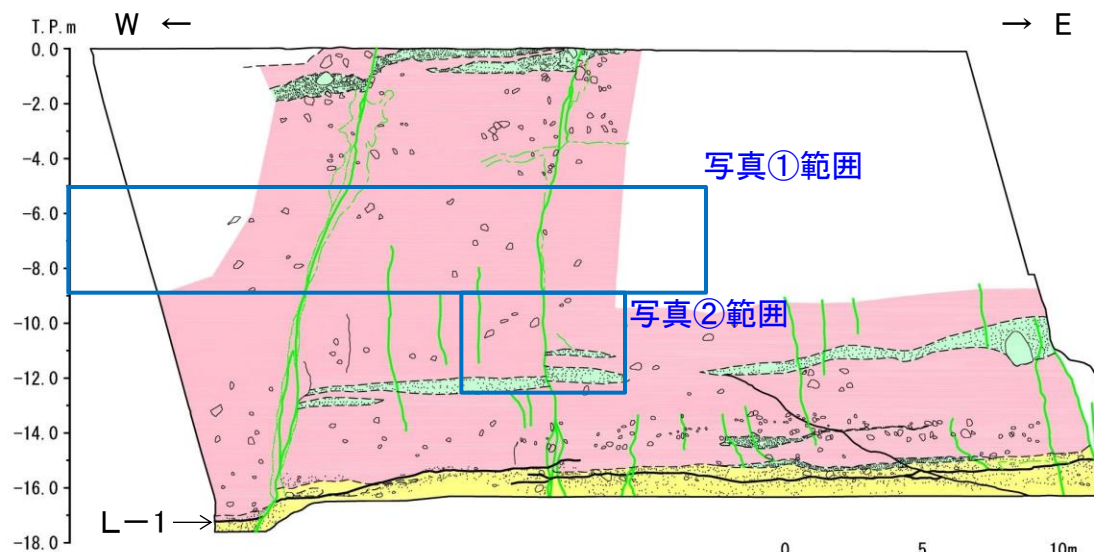
②原子炉建屋北側法面西側写真(T.P.-9m~-12.5m付近)



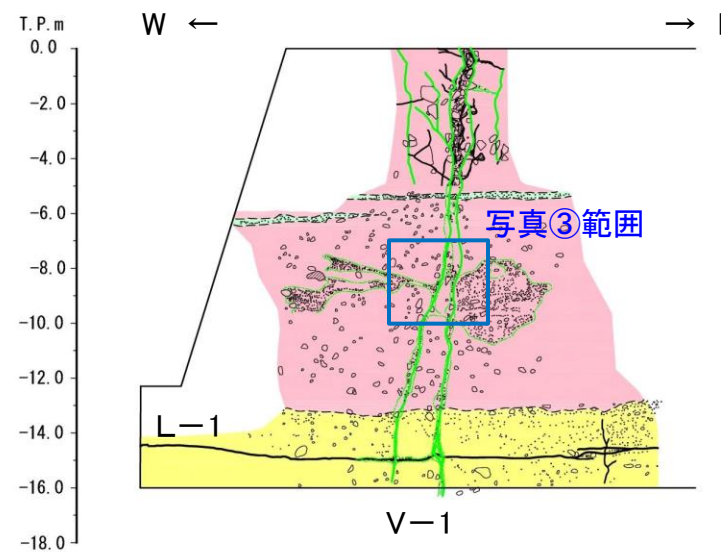
③原子炉建屋北側法面東側写真(T.P.-5m~-10m付近)



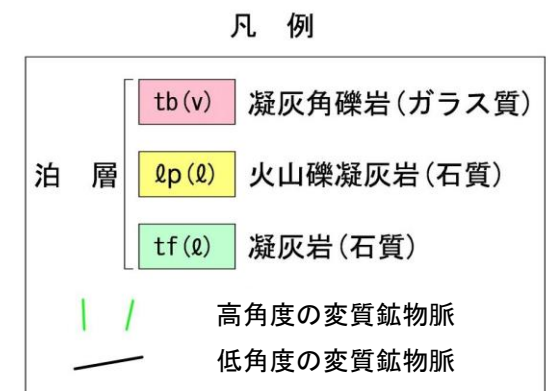
原子炉建屋北側法面位置図



原子炉建屋北側法面西側スケッチ

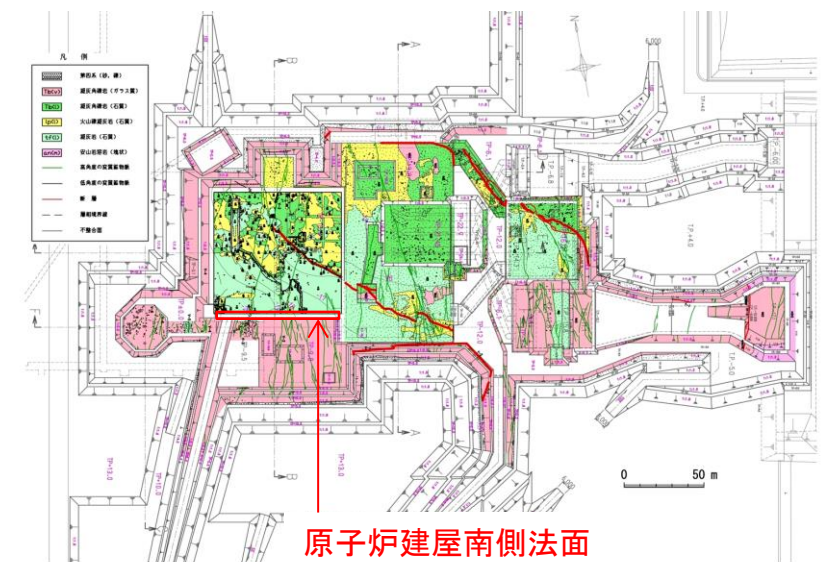


原子炉建屋北側法面東側スケッチ



高角度の変質鉍物脈の分布，性状（原子炉建屋南側法面）

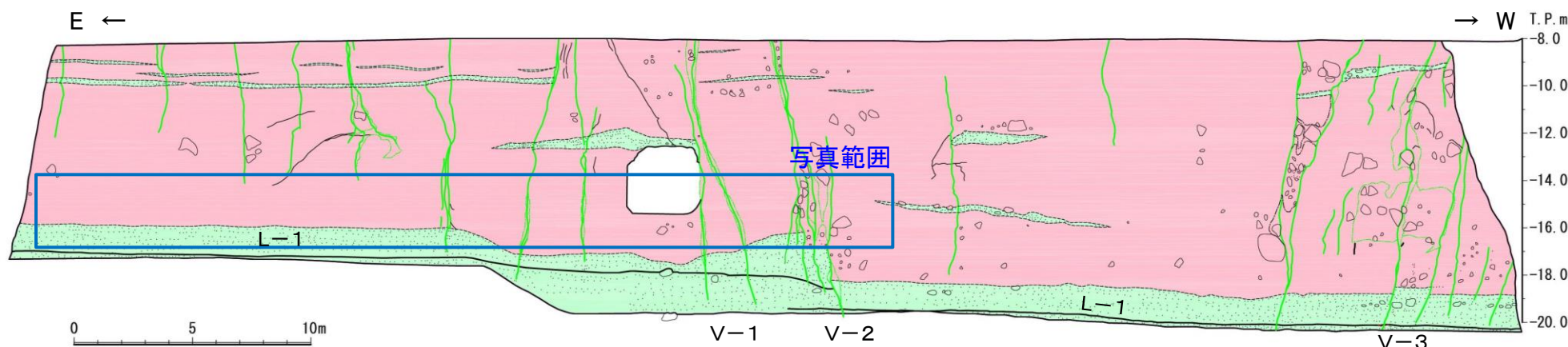
- 凝灰角礫岩(ガラス質)中に確認される高角度の変質鉍物脈には，上下方向で消滅するもの，下方延長部が凝灰岩(石質)に達しないもの，凝灰岩(石質)まで達しても凝灰岩(石質)中で消滅するものが認められ，上下方向の連続性に乏しい。
- 凝灰角礫岩(ガラス質)中では変位を有する高角度の変質鉍物脈が，下方では変位が認められなくなる。また，凝灰角礫岩(ガラス質)中でも変位を有しない高角度の変質鉍物脈が認められる。
- 高角度の変質鉍物脈は，凝灰岩(石質)中の低角度の変質鉍物脈と交差する箇所では，互いに変位を与えていない。
- 高角度の変質鉍物脈は，湾曲し直線性に乏しく，分岐・会合しており，分岐・会合する変質鉍物脈に挟まれる凝灰角礫岩は，変質が軽微で変形が認められない。



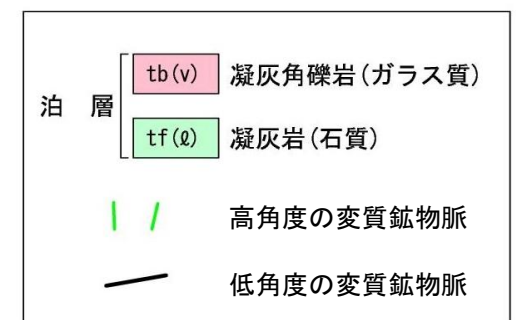
原子炉建屋南側法面位置図



原子炉建屋南側法面写真(T.P.-14m~-17m)



原子炉建屋南法面スケッチ



高角度の変質鉍物脈の分布，性状（タービン建屋北側法面）

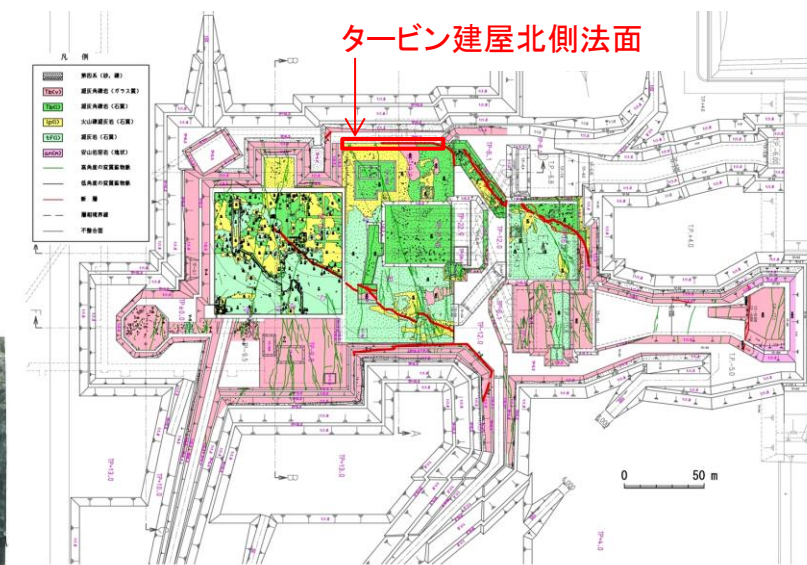
- タービン建屋北側法面の凝灰角礫岩（ガラス質）中には，VT-2が確認されるが，上方延長部が凝灰角礫岩（ガラス質）中で消滅するもの，下方延長部が凝灰岩（石質）に達しないもの，凝灰岩（石質）まで達しても凝灰岩（石質）中で消滅するもの等，上下方向の連続性に乏しい。
- 高角度の変質鉍物脈は，湾曲，分岐・会合する。分岐・会合する変質鉍物脈に挟まれる凝灰角礫岩は，変質が軽微で，変形が認められない。
- タービン建屋基礎基盤で確認される高角度の変質鉍物脈の性状は，原子炉建屋基礎基盤で確認された高角度の変質鉍物脈と走向，分布形態，挟在物の状況等が同様であり，同種の変質鉍物脈である。



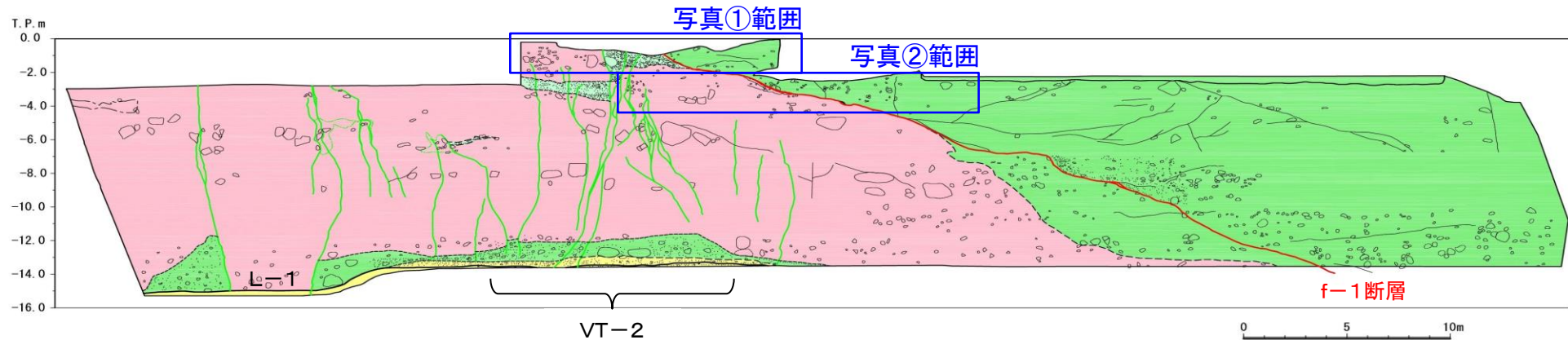
VT-2
①タービン建屋北側法面写真（T.P.0m～-2m）
f-1断層



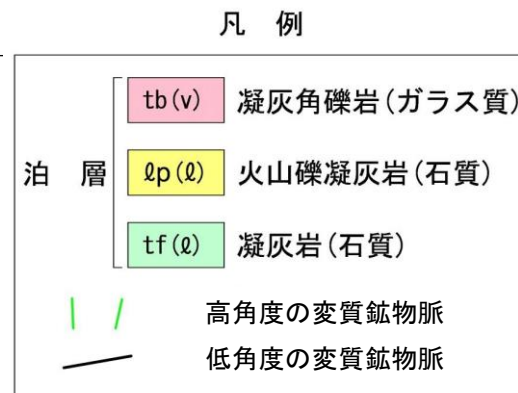
VT-2
②タービン建屋北側法面写真（T.P.-2m～-4m）
f-1断層



タービン建屋北側法面位置図

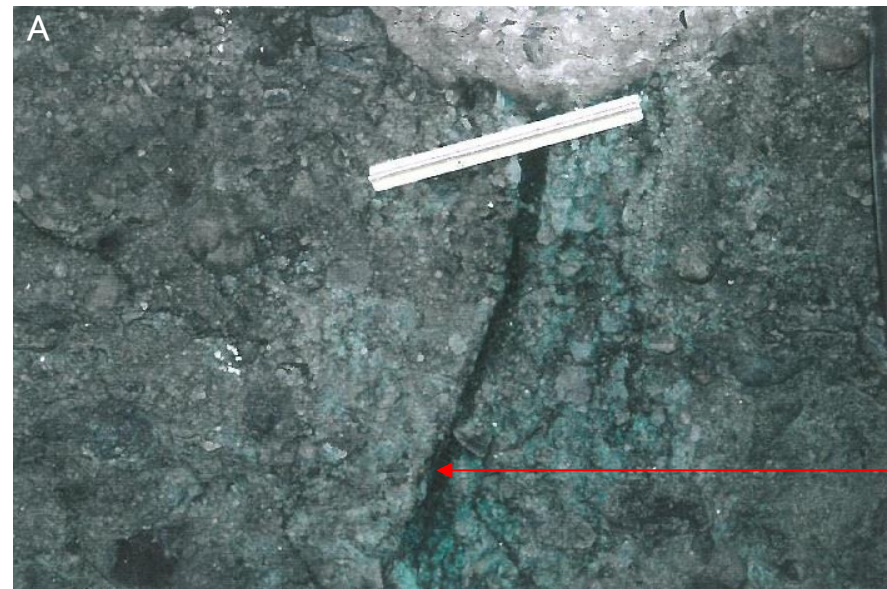


タービン建屋北側法面スケッチ



高角度の変質鉱物脈の性状(V-1, 原子炉建屋基礎基盤)

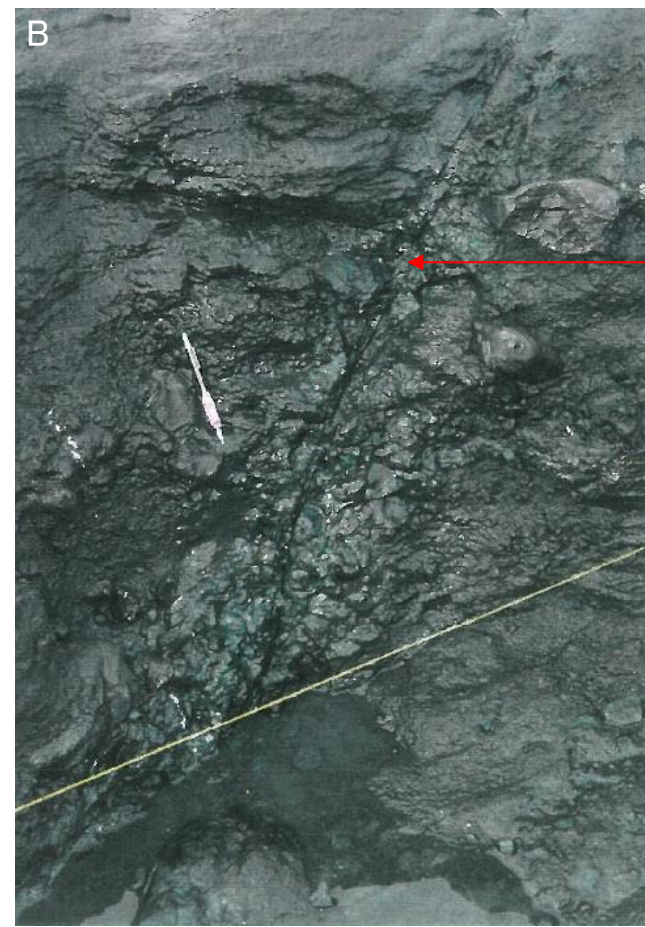
➤ 原子炉建屋基礎基盤で確認された高角度の変質鉱物脈V-1は、幅0.1cm~1.5cmで緑色粘土を伴う。



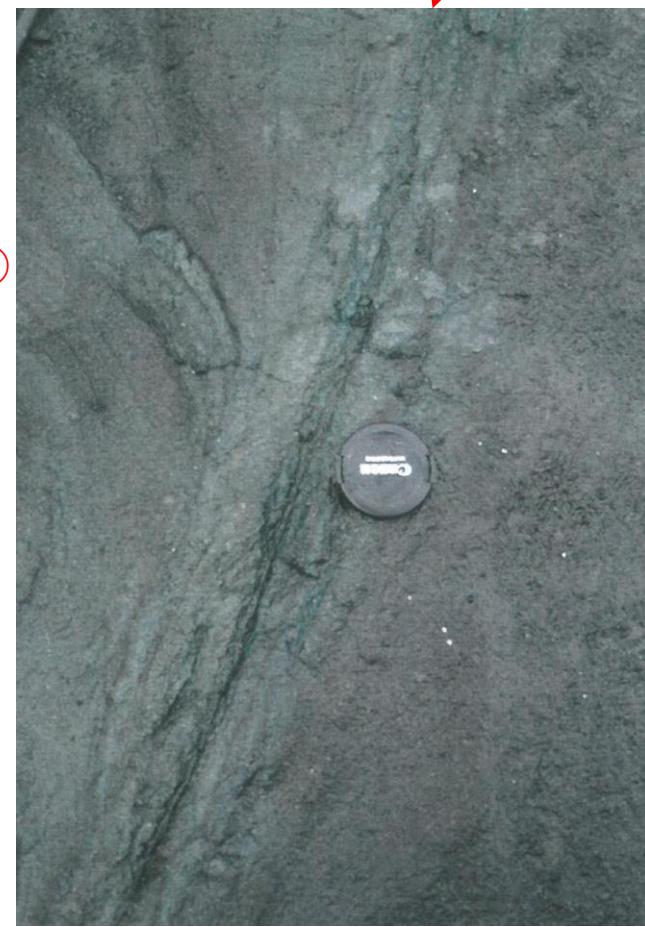
① V-1 : N60° E82° W,
 細礫混じり緑色脈0.3cm~1.5cm,
 脈に沿って緑色変質する。

①

③

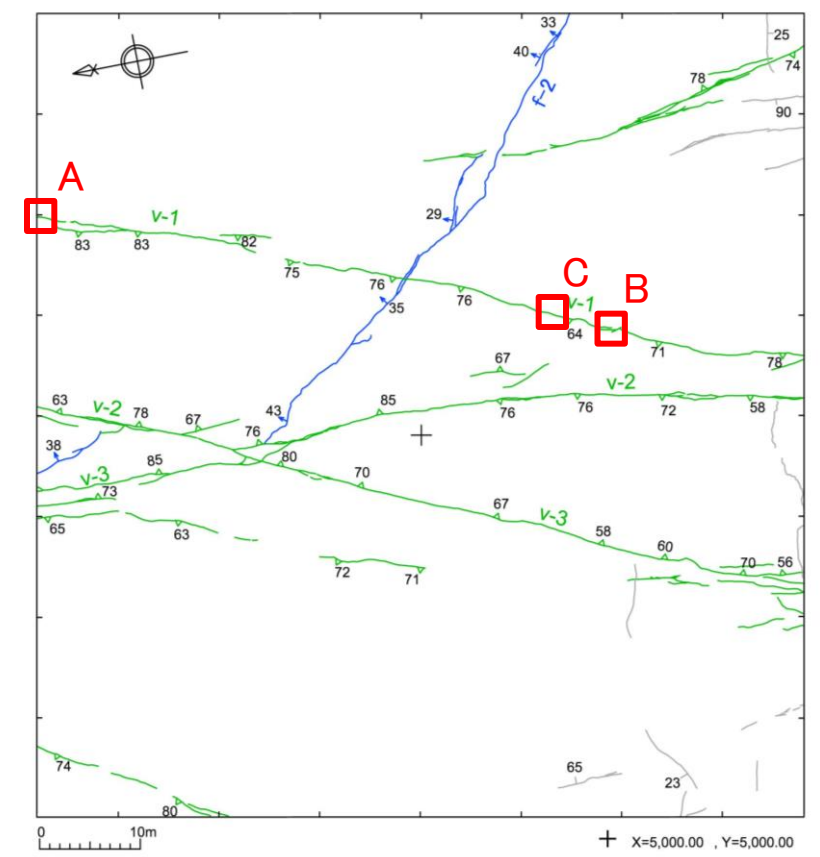


②

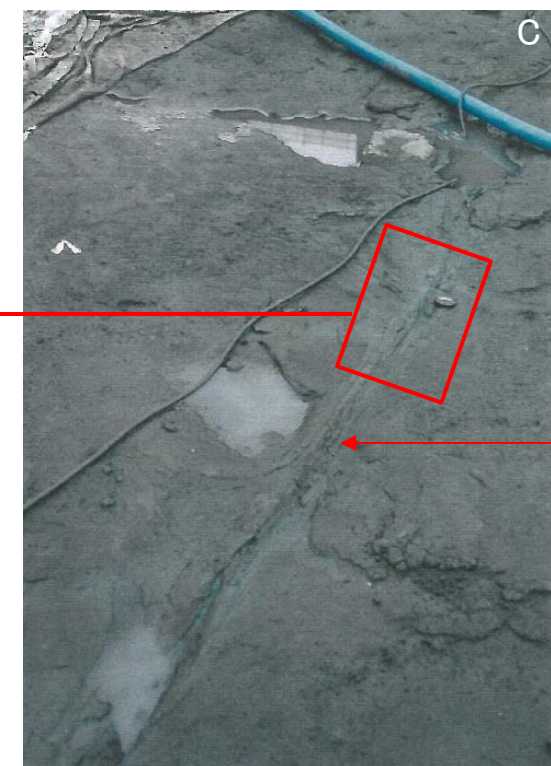


③ V-1 : N26° E72° W, 緑色粘土幅0.1cm
 暗緑色変質部0.5cm~1cm, 褐色部を伴う

② V-1 : N34° E65° W
 フィルム状の緑色粘土を挟む



写真位置図(原子炉基礎基盤)

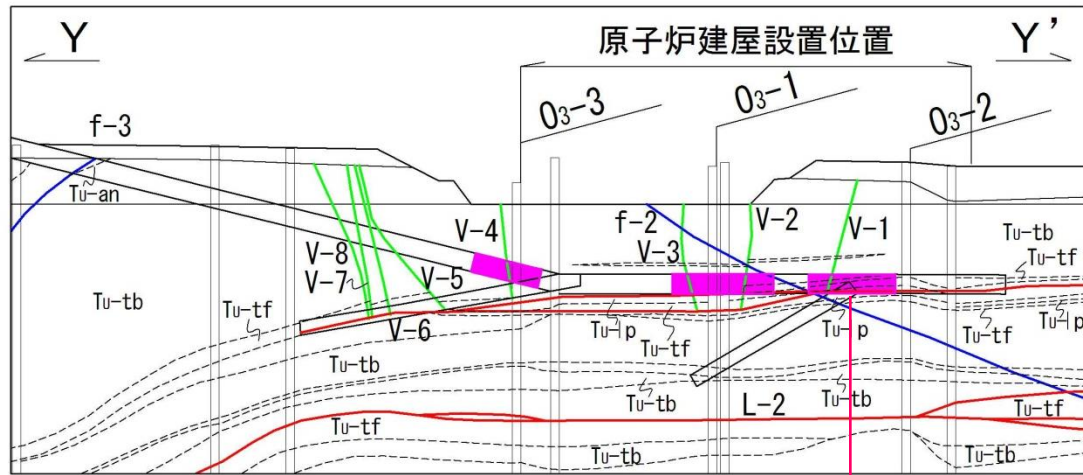


③

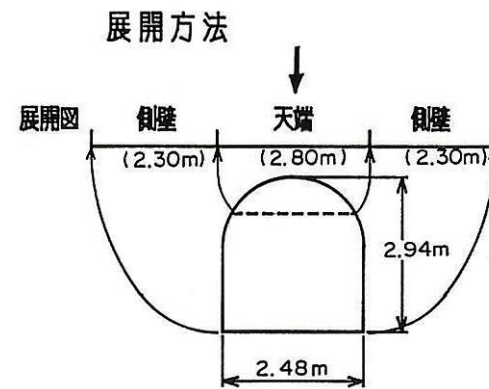
※カメラキャップは径5.5cm

高角度の変質鉍物脈の性状(V-1, 試掘坑)

➤ 試掘坑における高角度の変質鉍物脈V-1は、北西側に傾斜し、幅は0.1cm~2cmであり、見かけ鉛直変位量は西落ちで約20cmである。



※試掘坑は投影



凡例

岩種区分		凡例	
[Symbol]	第四系	[Symbol]	岩種境界
[Symbol]	G-ms 泥岩	[Symbol]	不整合境界
[Symbol]	G-ss 砂岩	[Symbol]	L-1 変質鉍物脈
[Symbol]	G-cg 礫岩	[Symbol]	V-2 変質鉍物脈
[Symbol]	Tu-tb 凝灰角礫岩	[Symbol]	f-1 断層
[Symbol]	Tu-lp 火山礫凝灰岩	[Symbol]	0-1 炉心ボーリング
[Symbol]	Tu-tf 凝灰岩	[Symbol]	[Symbol] ボーリング位置
[Symbol]	Tu-an 安山岩溶岩	[Symbol]	[Symbol] 試掘坑 敷高T.P. 約-16m
[Symbol]	Tu-tb 凝灰角礫岩	[Symbol]	[Symbol] スケッチ範囲
[Symbol]	Tu-lp 火山礫凝灰岩	[Symbol]	
[Symbol]	Tu-an 安山岩溶岩	[Symbol]	
[Symbol]	Sam 泥岩	[Symbol]	

岩種区分

第四系

G-ms 泥岩

G-ss 砂岩

G-cg 礫岩

Tu-tb 凝灰角礫岩

Tu-lp 火山礫凝灰岩

Tu-tf 凝灰岩

Tu-an 安山岩溶岩

Tu-tb 凝灰角礫岩

Tu-lp 火山礫凝灰岩

Tu-an 安山岩溶岩

Sam 泥岩

岩種境界

不整合境界

L-1 変質鉍物脈

V-2 変質鉍物脈

f-1 断層

0-1 炉心ボーリング

ボーリング位置

試掘坑 敷高T.P. 約-16m

スケッチ範囲

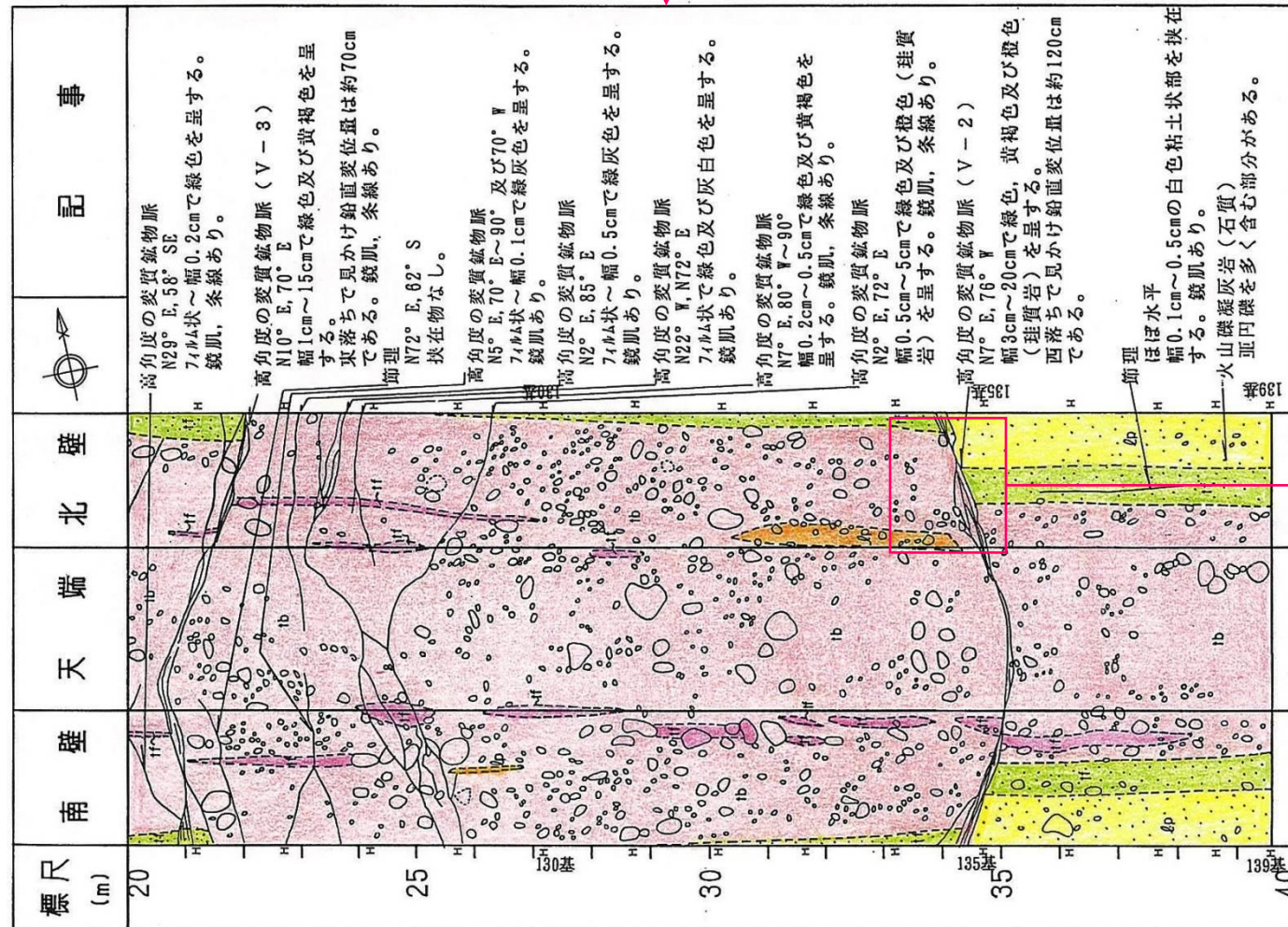
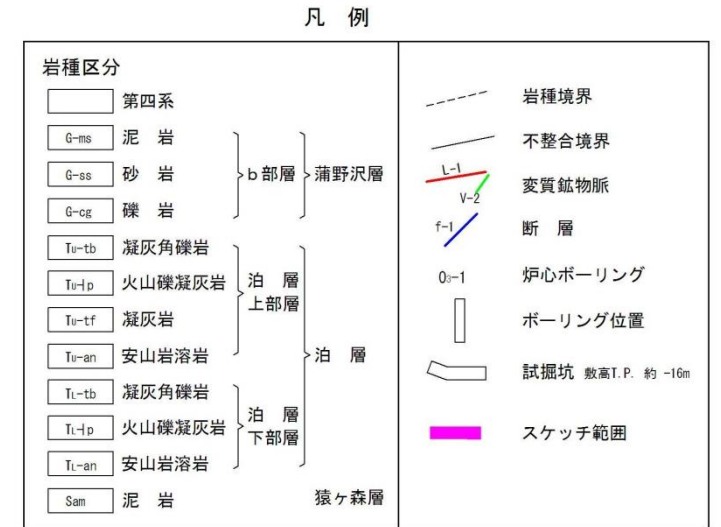
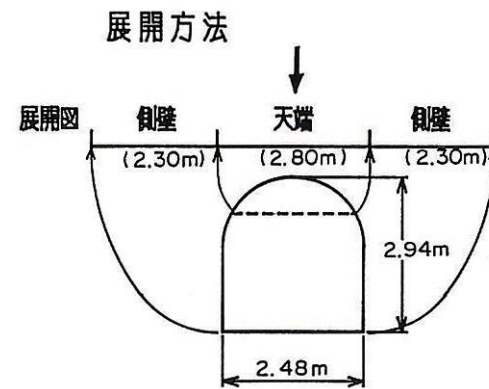
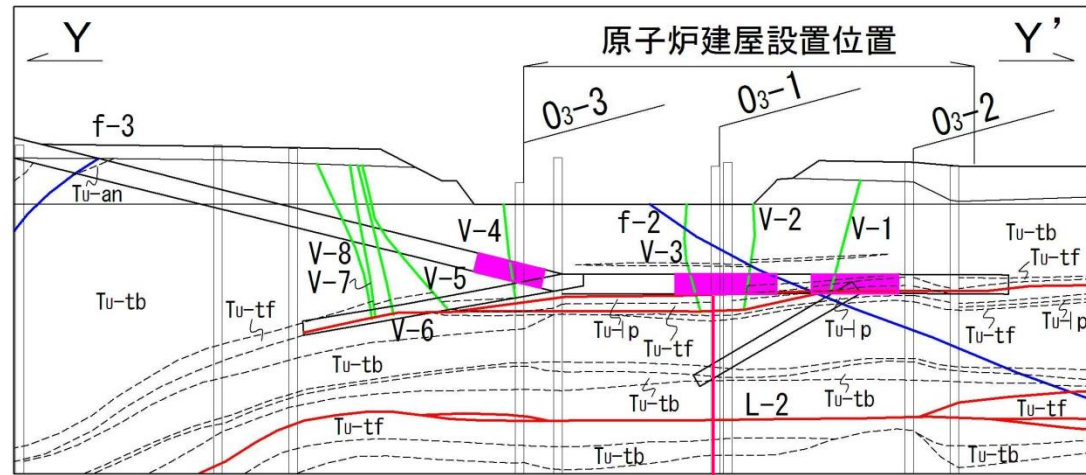
猿ヶ森層

標尺 (m)	南壁	天端	北壁	断層	記	専
140基						
45					高角度の変質鉍物脈 (V-1) N27° E, 78° NW 幅0.1cm~2cmで綠色を呈し、湾曲する。 西落ちで見かけ鉛直変位量は約20cmである。	
50					節理 幅0.1cm~0.5cmの白色粘土状部を挟在する。 鏡肌あり。	
145基					断層 (f-2) N49° ~53° W, 26° ~39° NE 幅0.1cm~2cmで灰白色の粘土状部からなる。 鏡肌・条線あり。 北上がりで見かけ鉛直変位量は約10cm~約20cmである。	
55						
150基						
60					断層 (f-2) N43° ~53° W, 26° ~39° NE 幅0.1cm~2cmで灰白色の粘土状部からなる。 鏡肌・条線あり。 北上がりで見かけ鉛直変位量は約10cm~約20cmである。	



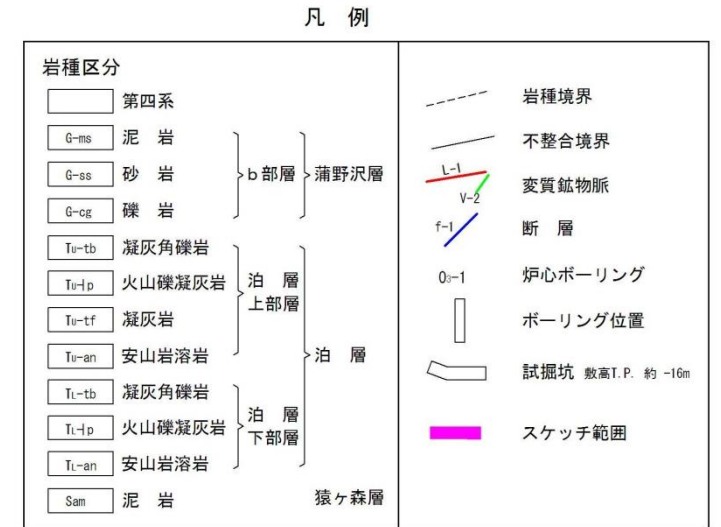
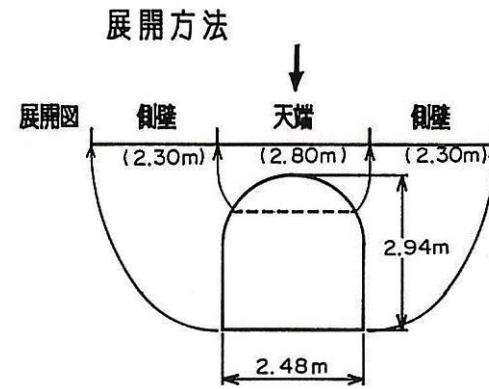
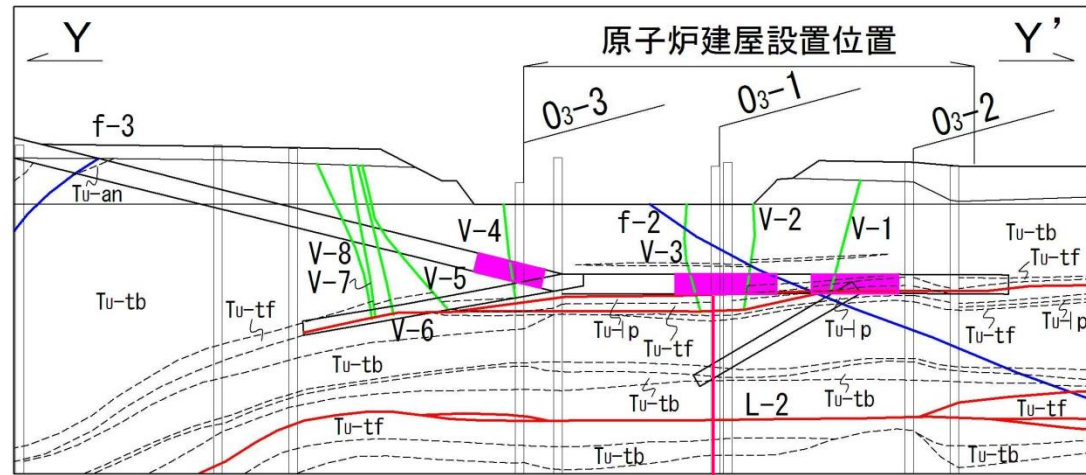
高角度の変質鉱物脈の性状 (V-2, 試掘坑)

▶ 試掘坑における高角度の変質鉱物脈V-2は、東側に傾斜し、幅は3cm~20cmであり、見かけ鉛直変位量は東落ちで約120cmである。



高角度の変質鉍物脈の性状 (V-3, 試掘坑)

▶ 試掘坑における高角度の変質鉍物脈V-3は、東側に傾斜し、幅は1cm~15cmであり、見かけ鉛直変位量は東落ちで約70cmである。

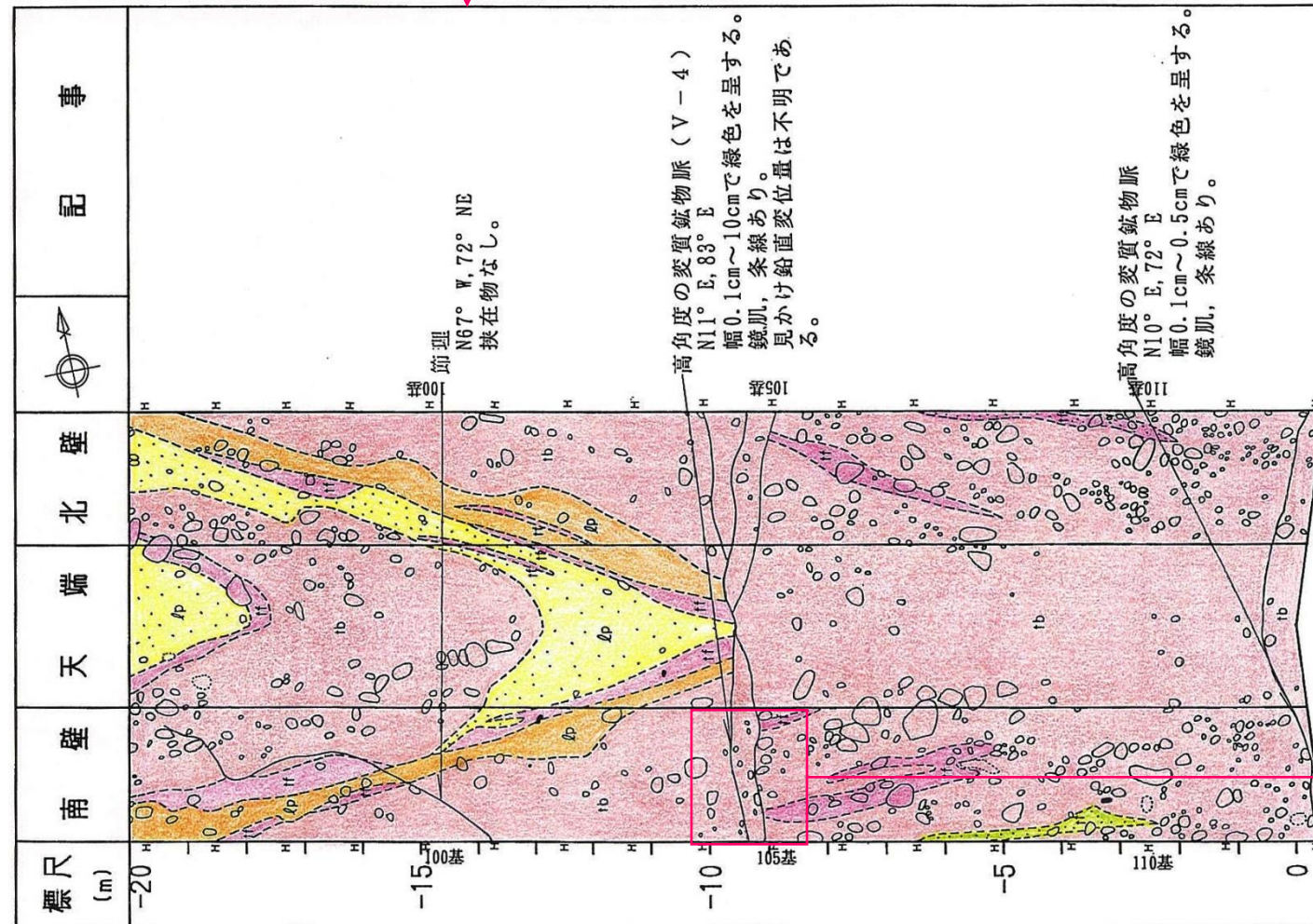
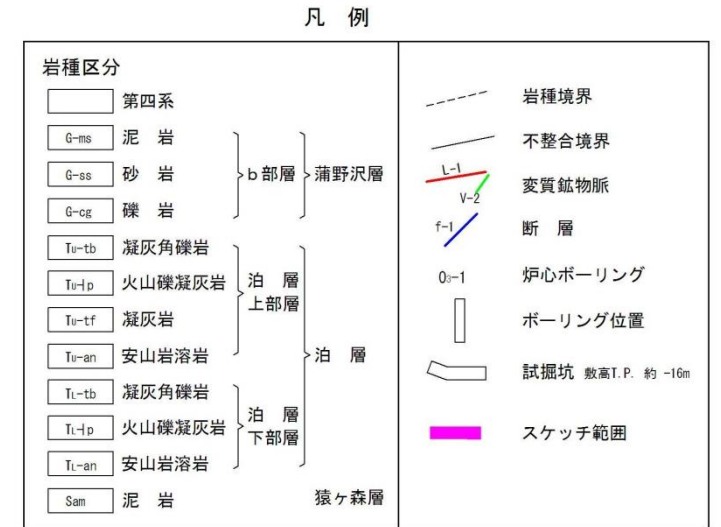
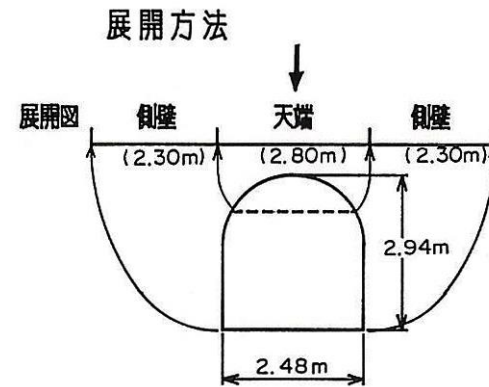
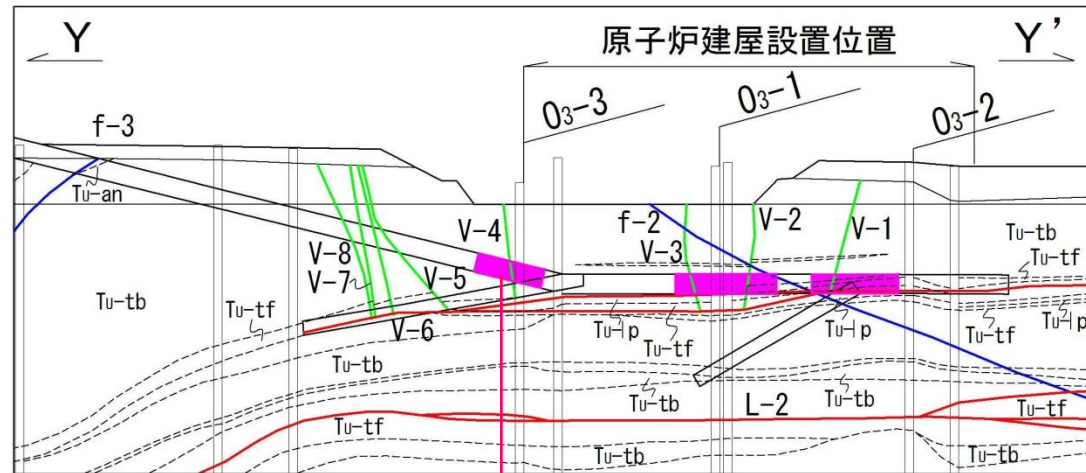


標尺 (m)	南	壁	天	北	壁	記	事
20							<p>高角度の変質鉍物脈 N29° E, 58° SE 71μm状~幅0.2cmで緑色を呈する。 鏡肌, 条線あり。</p> <p>高角度の変質鉍物脈 (V-3) N10° E, 70° E 幅1cm~15cmで緑色及び黄褐色を呈する。 東落ちで見かけ鉛直変位量は約70cmである。鏡肌, 条線あり。</p> <p>御理 N72° E, 62° S 挟在物なし。</p> <p>高角度の変質鉍物脈 N5° E, 70° E~90° W 71μm状~幅0.1cmで緑灰色を呈する。 鏡肌あり。</p> <p>高角度の変質鉍物脈 N2° E, 85° E 71μm状~幅0.5cmで緑灰色を呈する。 鏡肌あり。</p> <p>高角度の変質鉍物脈 N22° W, N72° E</p> <p>高角度の変質鉍物脈 N7° E, 80° W~90° W 幅0.2cm~0.5cmで緑色及び黄褐色を呈する。鏡肌, 条線あり。</p> <p>高角度の変質鉍物脈 N2° E, 72° E 幅0.5cm~5cmで緑色及び橙褐色(珪質岩)を呈する。鏡肌, 条線あり。</p> <p>高角度の変質鉍物脈 (V-2) N7° E, 76° W 幅3cm~20cmで緑色, 黄褐色及び橙褐色(珪質岩)を呈する。 西落ちで見かけ鉛直変位量は約120cmである。</p> <p>御理 ほぼ水平 幅0.1cm~0.5cmの白色粘土状部を挟在する。鏡肌あり。</p> <p>御理 火山礫凝灰岩(石質) 珪質岩を多く含む部分がある。</p>
25							
30							
35							
40							



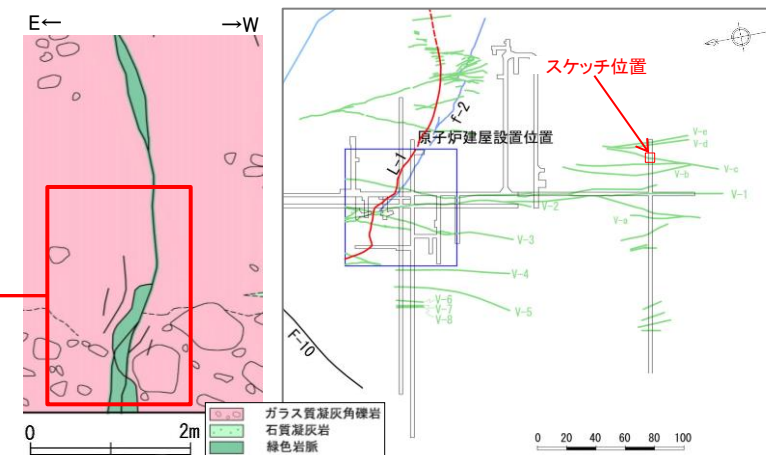
高角度の変質鉍物脈の性状(V-4, 試掘坑)

➤ 試掘坑における高角度の変質鉍物脈V-4は、東側に傾斜し、幅は0.1cm~10cmであり、見かけ鉛直変位量は不明である。



高角度の変質鉍物脈の詳細性状(V-c, 試掘坑)

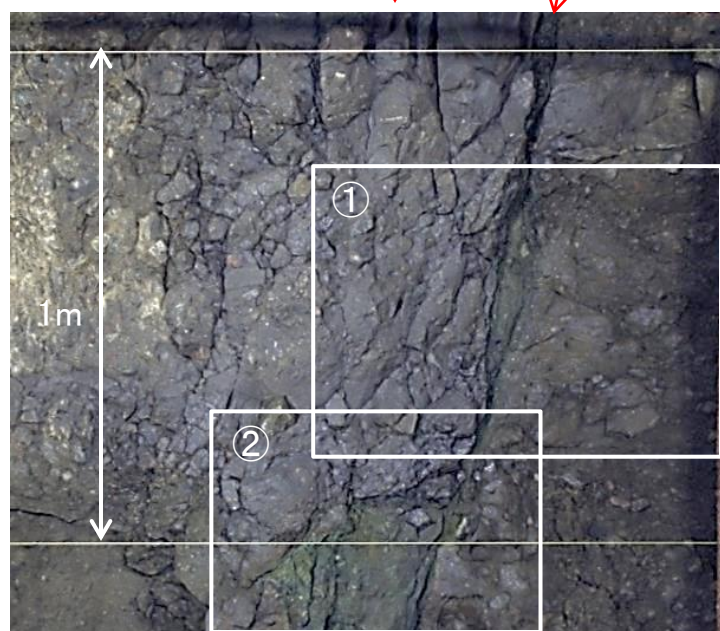
- 母岩と変質鉍物脈の境界は、直線的でなく起伏が著しい。また、変質鉍物脈の幅は上方で不連続に狭くなり、節理状となる。母岩の節理面の一部は緑色化している。
- 変質鉍物脈中には、上下方向に連続するせん断面は認められない。
- 変質鉍物脈中には多数の安山岩礫が含まれるが、礫の再配列等は認められない。
- 変質鉍物脈は、硬質部を主体とし、葉片状をなすやや軟質な部分は上下方向に連続しない。
⇒高角度の変質鉍物脈は、熱水変質の特徴を保持し、熱水変質を受けて以降、変位を生じていない。



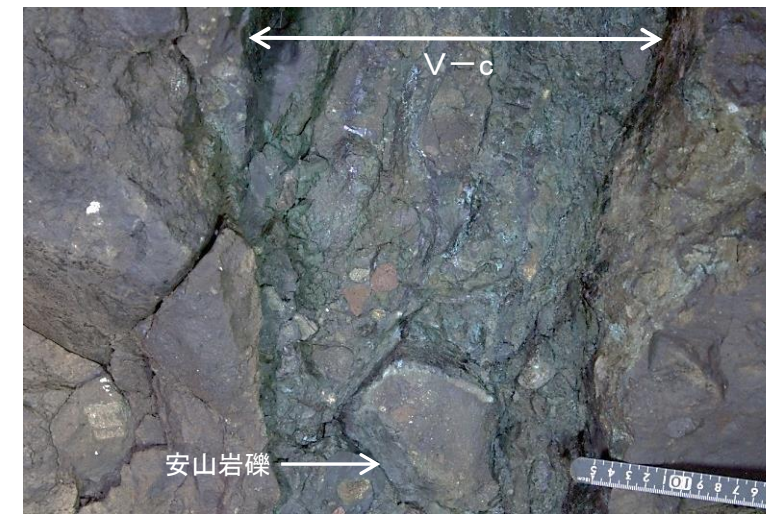
V-cスケッチ(試掘孔掘削時)及び位置図



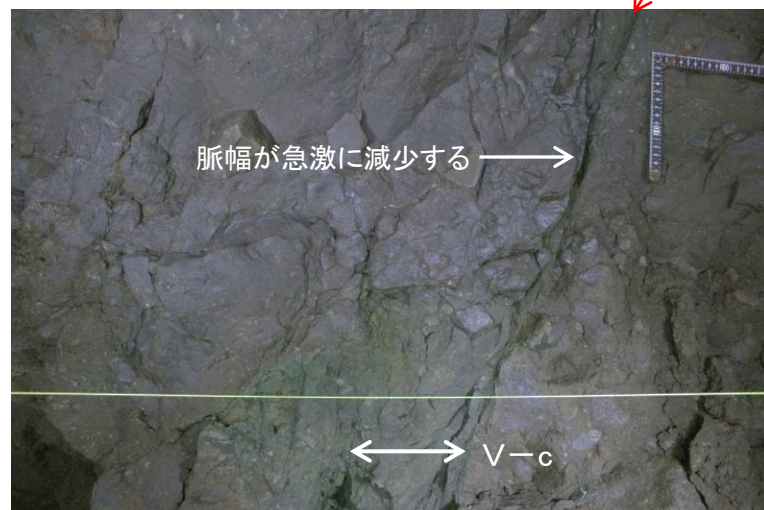
①変質鉍物脈と母岩の境界は直線的ではなく起伏が激しい。上方では脈幅が狭くなり、節理状となる。



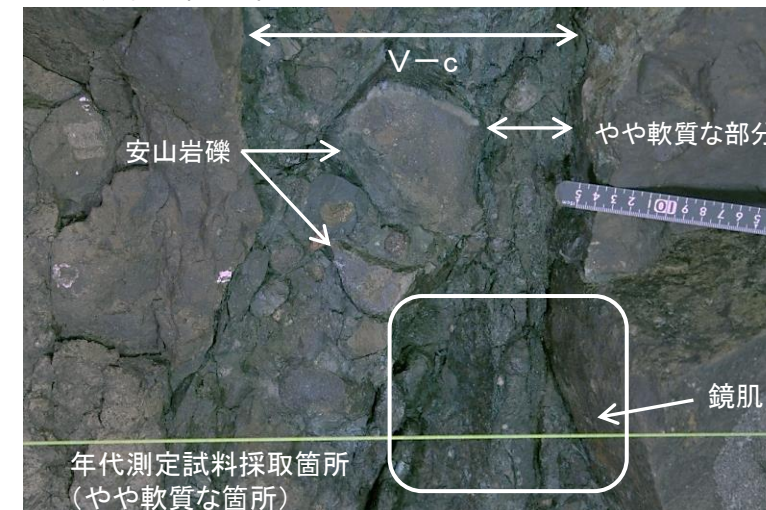
試掘坑南壁V-c全景



③硬質で暗緑色を呈する脈中に大小様々な安山岩礫が含まれるが、再配列等は認められない。脈と母岩の境界は直線的ではなく起伏が著しい。



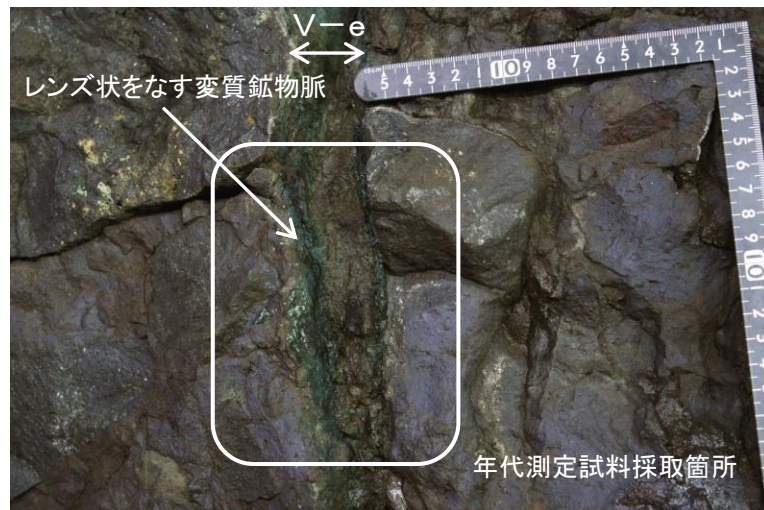
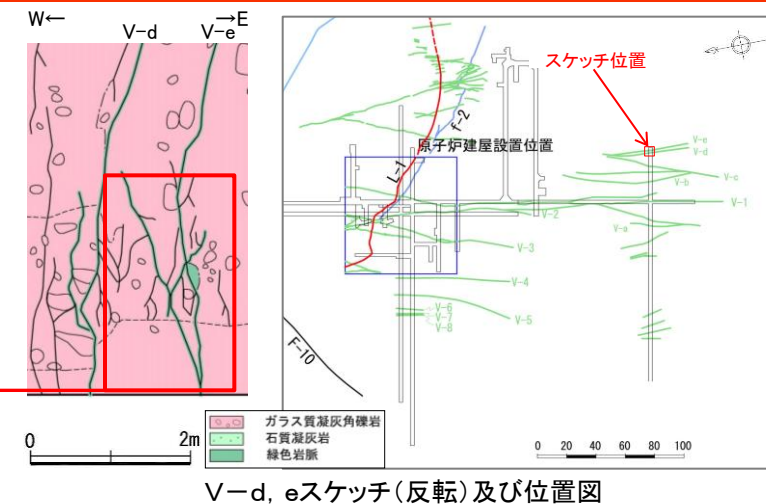
②変質鉍物脈の幅の膨縮が著しく、上方で薄くなり節理状となる。



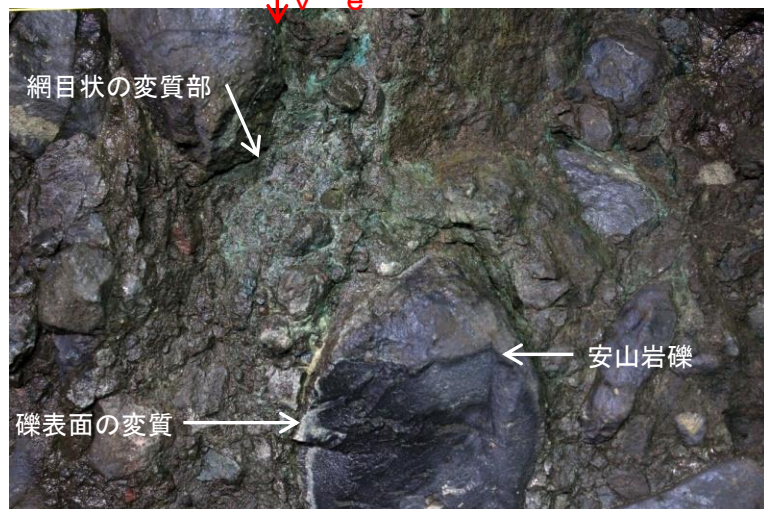
④硬質な暗緑色を呈する脈中にレンズ状～葉片状をなすやや軟質な部分が不連続に分布する。脈と母岩の境界は直線的ではなく湾曲する。

高角度の変質鉍物脈の詳細性状(V-e, 試掘坑)

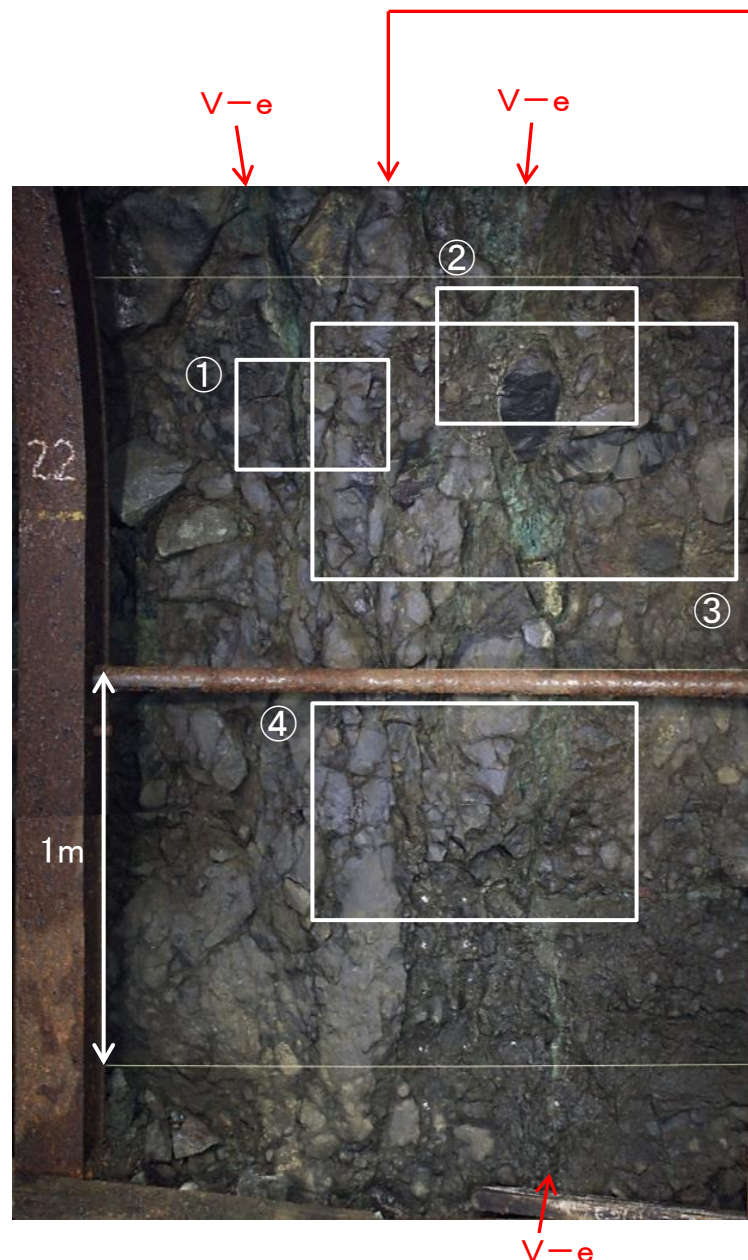
- 変質鉍物脈は、部分的に脈幅が膨縮し、礫部を避けて屈曲・湾曲し、全体に直線性に乏しく、連続するせん断面は認められない。
- 上下で節理状の細脈に分岐し、上下方向の連続性に乏しい。母岩の節理面の一部は緑色化している。
- 母岩と変質鉍物脈の境界は、直線的でなく起伏が著しい。また、変質鉍物脈の幅は上方で不連続に狭くなり、節理状となる。母岩の節理面の一部は緑色化している。
- 変質鉍物脈中には多数の安山岩礫が含まれるが、礫の再配列等は認められない。
- 変質鉍物脈は、硬質部を主体とし、葉片状をなすやや軟質な部分は上下方向に連続しない。
⇒高角度の変質鉍物脈は、熱水変質の特徴を保持し、熱水変質を受けて以降、変位を生じていない。



①変質鉍物脈は、レンズ状(幅約3cm, 内部は硬質)に厚くなっているが、脈は下方で急激に薄くなり、上方では消滅している。



②直線性に乏しく幅の狭い変質鉍物脈が礫間を通る。脈に接する礫表面がわずかに変質している。



試掘坑北壁V-e全景



③変質鉍物脈は部分的にポケット状(軟質な緑色粘土鉍物を挟む)に厚くなるが、上下に節理状の細脈となる。



④2条の変質鉍物脈は、写真より下方で会合し、1条となる。

変質鉱物脈の鉱物・化学組成

▶ 変質鉱物脈の鉱物・化学組成について、X線分析結果と化学組成に対応関係のあるものについて再整理した。

	鉱物組成	化学組成
高角度の変質鉱物脈	・セラドナイト, モンモリロナイト等からなる緑色脈と, 石英, α- 鱗珪石等からなる白色珪質脈より構成される。	・低角度の変質鉱物脈に比べてMgが少なく, Fe, Kが多い。
低角度の変質鉱物脈	・セピオライトを主体とした褐色脈からなり, その他にモンモリロ ナイト等より構成される。	・高角度の変質鉱物脈に比べてFe, Mn, Mgが多い。
考 察	・高角度の変質鉱物脈と低角度の変質鉱物脈は, 変質鉱物種及び化学組成が異なっていることから, 異なった成分の熱水により 形成されたと考えられる。	

変質鉱物脈及び母岩のX線分析結果

	試料番号	斜長石	セピオライト	セラドナイト	モンモリロナイト	磁鉄鉱	針鉄鉱	石英	α-鱗珪石	方解石	対象
高 角 度 の 変 質 鉱 物 脈	V-1-b						○	○			珪質岩(V-1)
	V-2-b	○							○		珪質岩(V-2)
	V-1-c	○		○	○						変質した母岩
	v-c	○		○	○						変質した母岩
低 角 度 の 変 質 鉱 物 脈	L-1-1	○	○							+	T.P.約-16m(L-1)
	L-1-2	○	○		○						T.P.約-16m(L-1)
	L-2-1	○	○			+					T.P.約-38m(L-2)
	L-3-1	○	○			+					T.P.約-65m(L-3)
	L-3-2	○	○			○					T.P.約-65m(L-3)

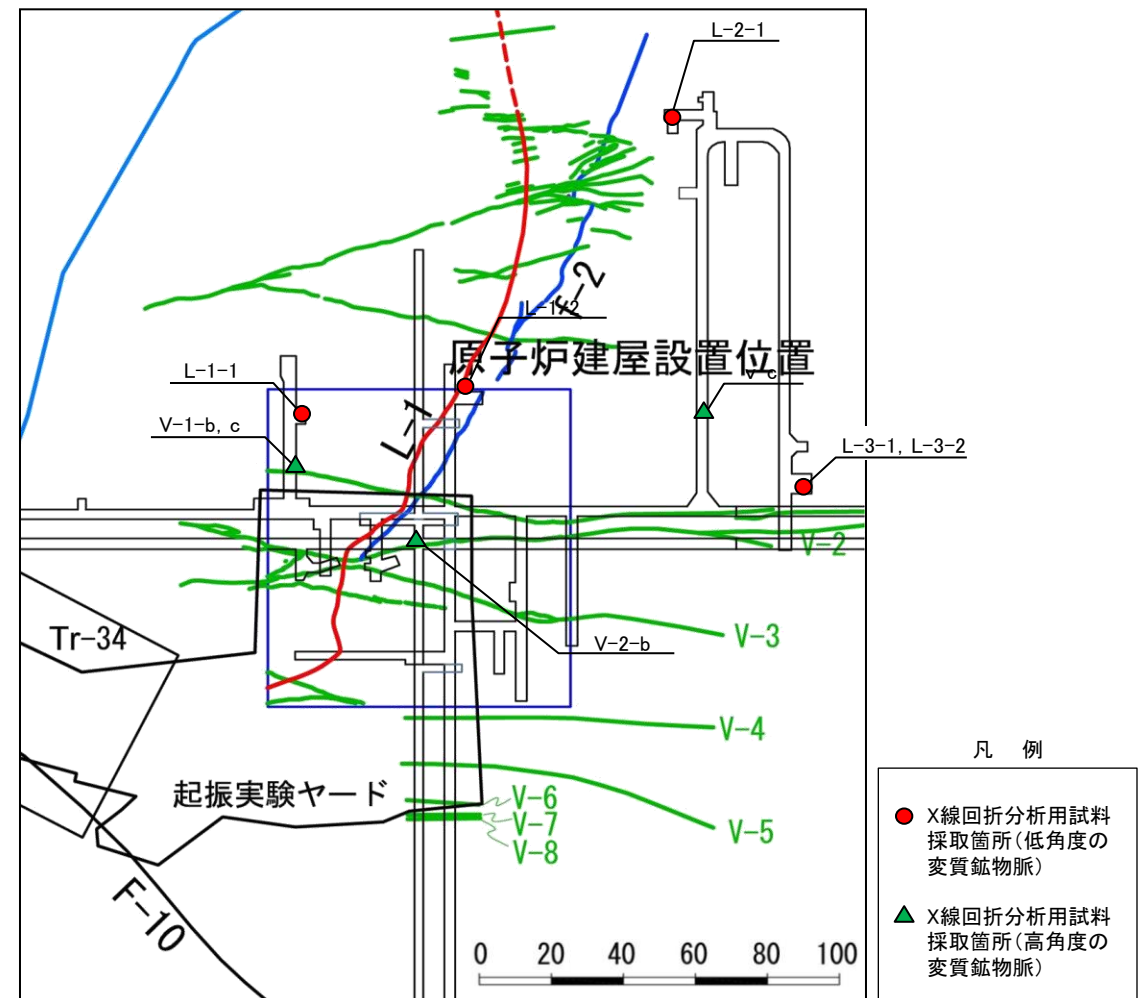
○:存在 +:微量

変質鉱物脈及び母岩の化学組成

	試料番号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	※FeO _x	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	total
高 角 度 の 変 質 鉱 物 脈	V-1-b	89.44	0.01	0.06	7.27	0.04	0.08	0.03	0.06	0.04	0.12	97.15
	V-2-b	80.13	0.09	2.00	5.34	0.02	1.20	0.80	0.61	0.87	0.05	91.11
	V-1-c	50.16	0.19	5.03	18.20	0.05	3.40	2.24	1.58	2.67	0.01	83.53
	v-c	51.27	0.53	13.62	10.13	0.07	4.28	6.46	2.40	1.42	0.01	90.19
低 角 度 の 変 質 鉱 物 脈	L-1-1	51.79	0.13	3.67	10.12	0.88	12.58	1.33	0.65	0.19	0.03	81.37
	L-1-2	52.43	0.30	7.40	9.98	0.62	9.44	3.25	1.25	0.47	0.05	85.19
	L-2-1	49.45	0.16	4.51	7.84	0.57	13.37	1.95	0.86	0.23	0.02	78.96
	L-3-1	54.85	0.12	4.35	9.25	0.70	11.06	0.96	0.69	0.86	0.02	82.86
	L-3-2	53.79	0.27	8.30	9.64	0.50	9.70	2.03	1.11	1.31	0.05	86.70

※FeO_x=Fe₂O₃×0.9+FeO

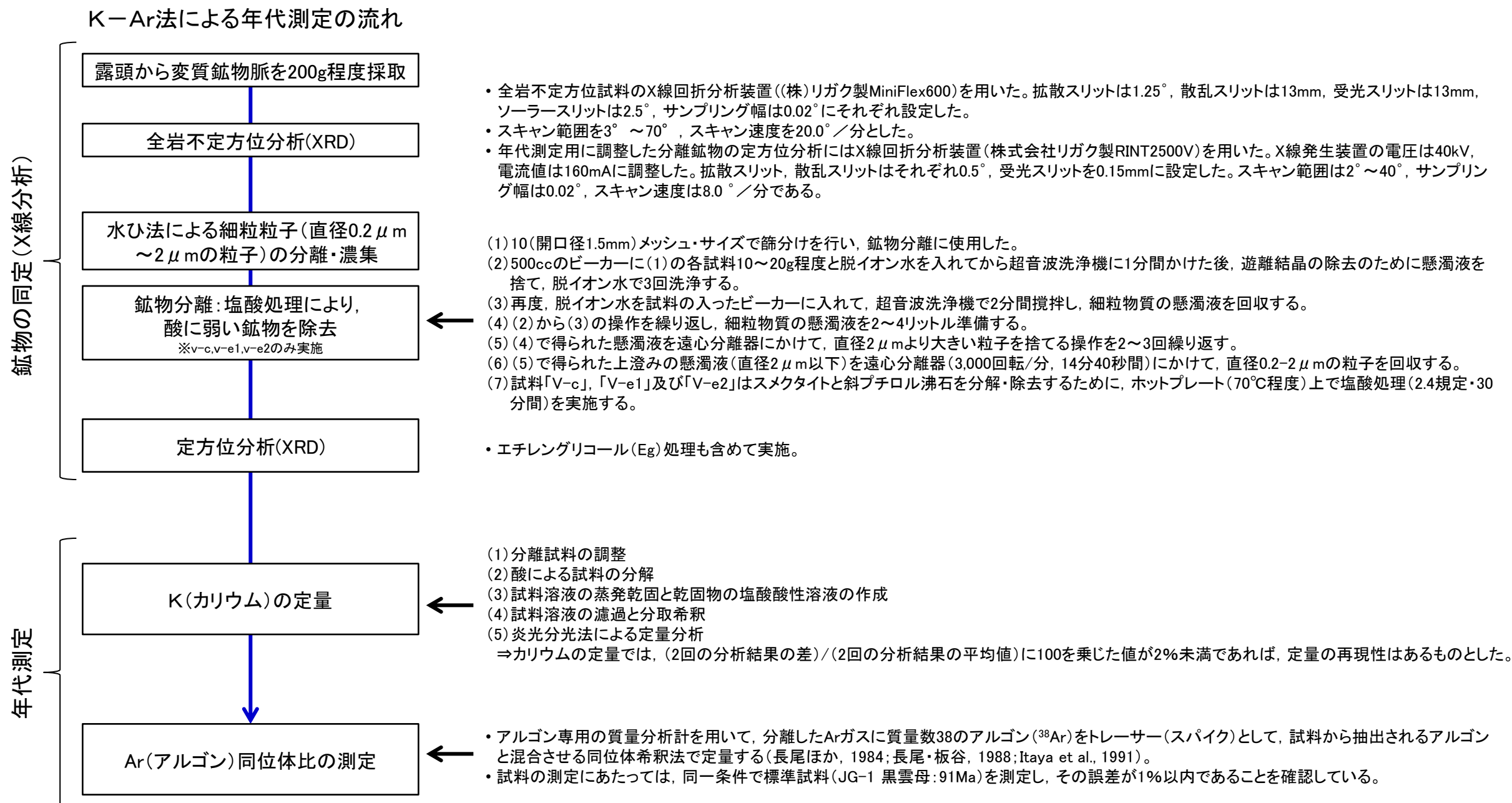
単位:wt%



分析試料採取位置図

K-Ar法による年代測定の流れ

- K-Ar法による年代測定は以下の手順で行った。
- 分析にあたり、変質鉍物脈を対象とすることから、水ひ、塩酸処理等を行いXRD分析を行った上で、カリウムの定量、アルゴン同位体比の測定を行った。



セラドナイトの特徴に関する文献

- セラドナイトは、XRDでは、10Å(2θ=8°)に明瞭なピークが現れ、シャープなXRDプロファイルを示す雲母粘土鉱物である。
- K₂O含有量は、最大で9.5%~10%である。
⇒緑色の高角度変質鉱物脈(v-c, v-e1, v-e2)の粘土鉱物(K-Ar年代測定試料)は、主としてセラドナイトからなる。

Odin et al.(1988)に加筆

Table 12. Comparison of mineralogical observations for celadonite and glauconitic minerals.

Factor	Celadonite	Glauconitic minerals
Mineralogy	10Å sheet silicate	10Å sheet silicate
Main octahedral cation	Iron, mainly ferric	Iron, mainly ferric
Interlayer cations	High content	from low to high
K ₂ O maximum	9.5-10.0%	8.5-9.0%
X-ray diagrams	Sharp peaks	Broad peaks
I.R. spectra	Sharp bands some are specific	Broad bands some are specific
Crystal form	Well-shaped laths	Globules to irregular blades
Crystal size	Max. 15 to 30 μm (length)	Max. 5 to 10 μm (diameter)
Tetrahedral Al	Low, <0.2/4 sites	0.25. to 0.50/4 sites
Octahedral Mg	0.6-0.8/2 sites	0.3-0.5/2 sites

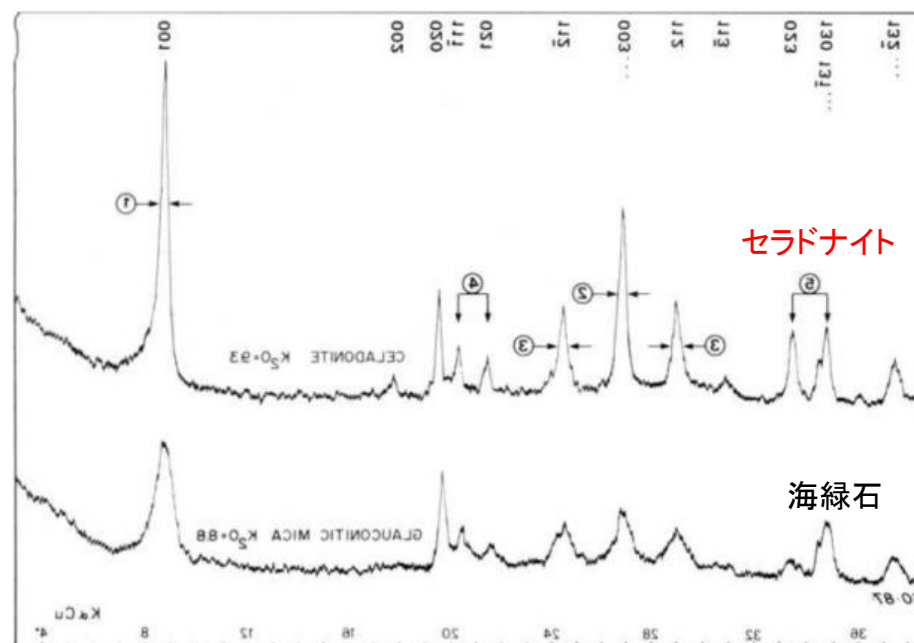
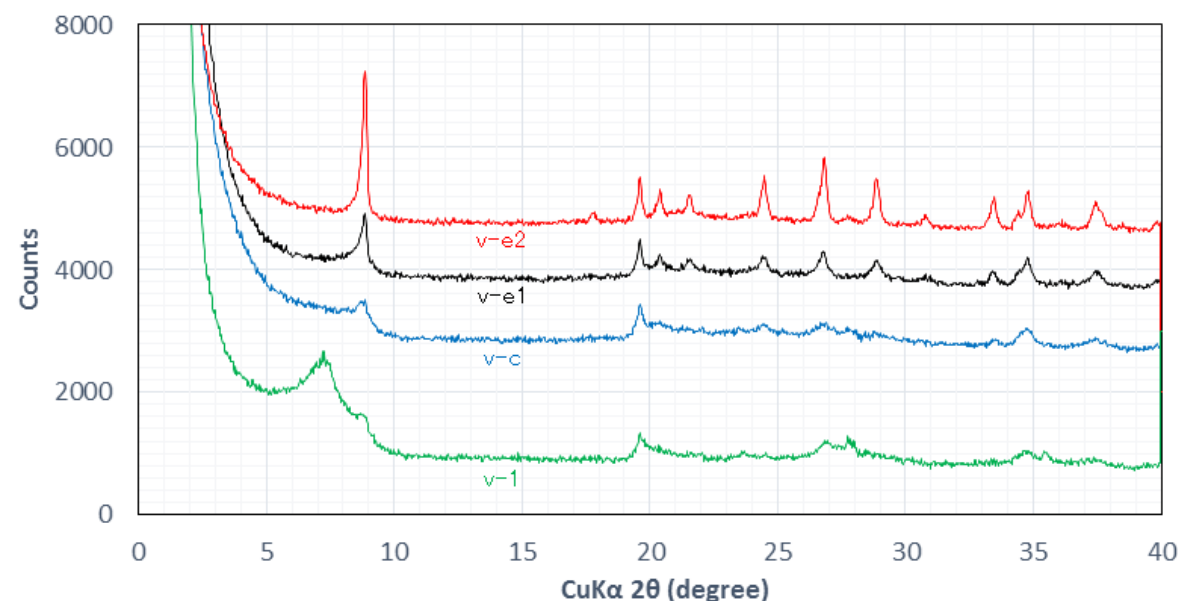


Figure 7. Comparison of X-ray diffraction patterns for potassium-rich celadonite and glauconitic mica. The celadonite is from a vein at Monte Baldo; the glauconitic mica is from the Late Cretaceous of southeastern France (Conard et al., 1982). When similar conditions of diffraction and recording are used, the difference between the two minerals may be observed by looking at 1) the width of the 001 peak; 2) the width of the 003 peak; 3) the width of the 112 and 112' peaks; 4) the shape of the 111' and 021 peaks; 5) the relative height of peaks 023 and 130. (After Odin and Delamare, 1986)

Odin et al.(1988)に加筆
(X線チャートは左右反転)



X線回折分析結果

セラドナイトの生成温度に関する文献

➤ 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°C~84°Cとしており、高いものでは生成温度が50°C~100°Cのものもあるとしている。

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

Minerals	$\delta^{18}\text{O}$	Calculated T (°C)		Comments
	SOW‰	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Ow}} = 0\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Ow}} = -1\text{‰}$	
1 Celadonite	21.4	26 ^b	-	Vein, with goethite and calcite
2 Celadonite	21.9	22 ^b	-	Vein, with ferric oxides
2 Calcite	33.2	7 ^c	-	In last phase
3 Celadonite	19.5	35 ^d	-	Zoned vesicle fillings of celadonite and nontronite
3 Nontronite	22.9	35 ^e	-	
4 Celadonite	23.2	-	9 ^b	Celadonite lenses in sheet flows, with minor nontronite
4 Celadonite	23.8	-	6 ^b	
4 Quartz	34.4	-	20 ^h	Massive chert from borders
5 Celadonite	23.7	-	14 ^d	In vein with minor nontronite
5 Green clay	21.4	-	26 ^d	Vein, mixture celadonite-nontronite
5 Calcite	30.6	-	9 ^f	
5 Calcite	26.4	-	29 ^f	In interpillow area with celadonite-nontronite and chert
5 Quartz	32.1	-	35 ^g	Massive chert in interpillow area with celadonite, nontronite and calcite
5 Saponite			53 ^e	
6 Celadonite	17.1	52 ^b	-	Scoriaceous top of basaltic flow : amygdules filled with celadonite ; chert with celadonite and calcite
6 Quartz	28.5	52 ^h	-	
6 Celadonite	16.2	59 ^b	-	Upper part of vesicular zone : vesicles filled with intergrowth of celadonite and saponite
6 Saponite	23.6	65 ⁱ	-	
6 Celadonite	14.6	72 ^b	-	Veins and vesicle fillings in the lower part of the vesicular zone
6 Saponite	21.3	84 ⁱ	-	
6 Celadonite	13.4	84 ^b	-	Vesicular zone
6 Saponite	20.9	88 ⁱ	-	Vesicular zone

1) Leg 35, D.S.D.P., Bellingshausen Abyssal Plain (Kastner and Gieskes, 1976); 2) Leg 34, D.S.D.P., Nazca Plate (Seyfried et al. 1978); 3) Peru-Chile Trench (Stakes and O'Neil, 1982); 4) Troodos ophiolite, Cyprus (Desprairies, unpublished); 5) Legs 51-53, Bermuda Rise (Böhlke et al., 1984); 6) Leg 81, D.S.D.P., Rockall Plateau (Desprairies 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 (Knauth and Epstein, 1976); h) quartz (Clayton et al., 1972); i) Mg-smectite (Escande, 1983).

粘土鉱物のK-Ar法に関する文献

- 粘土鉱物を対象にしたK-Ar法による年代測定に関する文献収集を行った。
- 植田・鈴木(1973)は、東北～北海道に分布する新第三系のセラドナイトについてK-Ar法による年代測定を行い、その年代を約14.5Ma～4.9Maとしている。
- John K. et. al. (2014)は、片麻岩中のノトロナイトの変質によって生成したセラドナイトについてK-Ar法による年代測定を行い、セラドナイトはK₂Oを～9%含み、K-Ar法による年代測定によって年代決定が可能としている。

熱水変質粘土鉱物のK-Ar法による年代測定に関する文献

著者	論文名及び要旨	対象鉱物	試料数	K-Ar年代 (Ma)
植田良夫 他(1973)	【東北日本産海緑石とセラドナイトのK-Ar年代】 東北地方の主に中新世の西黒沢階～女川階の海成層に含まれる続成作用によって形成された海緑石と火山砕屑岩、層状マンガン鉱床等に含まれる熱水変質により形成されたセラドナイトのK-Ar年代測定を行った。全試料のK-Ar年代は4.9～14.8m.yを示し、測定に伴う誤差、試料自体の課題、鉱物の形成過程での課題等があるものの、胚胎層準の年代より若い値を示しており、続成時期、変質時期を示すものと考えられる。	海緑石	11	約5.7～14.8
		セラドナイト	13	約4.9～14.7
Odin et al. (1988)	【セラドナイトと海緑石のK-Ar年代】 海外で産出したセラドナイトと海緑石の生成年代についてまとめており、セラドナイトのK-Ar年代とRb-Sr年代測定結果の比較を行い、両者の年代値が概ね一致していることを示している。	セラドナイト 海緑石	多数	多数
関根亮太 他(1995)	【北部九州、小鹿田-山国金鉱床地域の火山活動・熱水変質作用の時期】 豊肥火山岩地域の熱水変質岩及び非変質火山岩のK-Ar年代測定を行い、K-Ar年代より熱水作用が火山活動の最終時期に起きたと結論している。	セリサイト	4	約3～4
		火山岩 (非変質)	3	約3～5
濱崎聡志(1966)	【熊本県天草地域の火成活動とセリサイト化熱水変質作用のK-Ar年代】 天草地域の石英斑岩、花崗閃緑岩及びセリサイト脈のK-Ar年代測定を行い、K-Ar年代より火成岩類の貫入時期、熱水変質時期を考察している。	セリサイト	2	約16
		火成岩	2	約14～17
花室孝広他(2008)	【紀伊半島南部、本宮および十津川地域の温泉周辺の熱水活動史】 四万十帯中の熱水変質帯を構成するセリサイトのK-Ar年代測定を行い、熱水によるセリサイト生成時の年代を決定している。	セリサイト	3	約12～14
John K. et. al.(2014)	【Timing and Significance of Celadonite Alteration in Graphitic Schist on southern Eyre Peninsula, South Australia】 Uley黒鉛鉱床の黒鉛片岩及びSleaford Bayの海蝕崖の片麻岩中のノトロナイト変質に関連して生成したセラドナイトを対象にK-Ar年代測定により変質時期を考察している。	セラドナイト	1 Sleaford 湾	約46
			1 Uley鉱床	約15

セラドナイトのK-Ar法による年代測定に関する文献

- Odin et al. (1988)は、海外で産出したセラドナイトの生成年代をまとめている。
- これらの研究は、セラドナイトのK-Ar法による年代とRb-Sr法による年代測定結果の比較を行い、両者の年代値が概ね一致していることを示している。

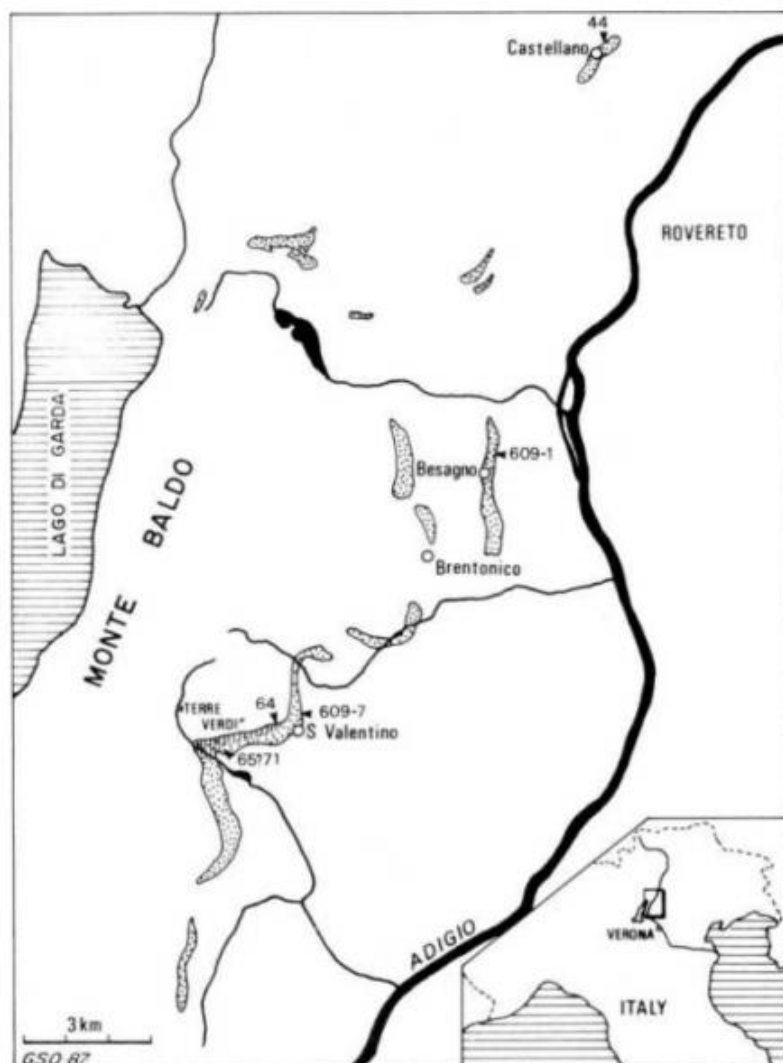


Table 15. K-Ar ages of celadonite and volcanics stratigraphically interlayered in the Biarriziano from Monte Baldo (Southern Alps).

Geochronometer		K %	% rad.	Apparent age ± 2σ
Whole-rock basalt San Valentino	609.7	0.66	63.7	36.5 ± 2.0 (1)
Same sample as above	609.7	0.66	49.3 *	35.5 ± 1.8 * (2)
Plagioclase Besagno	609.1	1.26 *	96.0 *	40.4 ± 0.8 * (1)
Vesicular dark Celadonite San Valentino	C64a	7.74	84.8	29.7 ± 0.8 (1)
Vesicular light Celadonite San Valentino	C64b	6.72	57.1	27.0 ± 1.4 (2)
Celadonite vein (light) Brentonico	C71b	6.47	70.9	30.1 ± 1.5 (2)
Celadonite vein (dark) Brentonico	C71a	7.41	75.7 *	31.6 ± 1.6 * (2)
Celadonite vein "Brentonico" (BM 1921)	C65	8.04	86.1	30.1 ± 0.8 (2)
Vesicular Celadonite Castellano	C44a	7.35	71.0 *	28.5 ± 1.4 * (2)

1) Odin et al. (1986); 2) unpublished argon analyses by M. Zelveler in Brest.
* mean of 2 measurements.

Table 16. Rb-Sr ages of Eocene celadonites from the Monte Baldo area.

	Rb (ppm)	Sr (ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Apparent age ± 2σ
Vesicular celadonite Castellano, C44a	199.8	4.35	133.4	0.75452	24.8 ± 0.6 (1)
Vesicular dark celadonite San Valentino, C64a	398.7	5.05	230.8	0.80264	29.1 ± 0.6 (2)
Celadonite vein Brentonico, (British Museum sample), C65	412.5	28.6	41.9	0.72416	28.3 ± 1.0 (2)

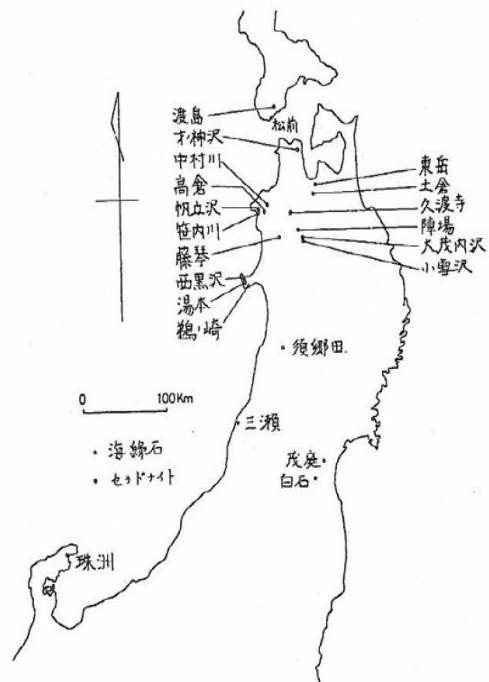
(1) using an initial ⁸⁷/86 Sr ratio of 0.70750 measured on calcite glomerules of the basalt
(2) using an initial ⁸⁷/86 Sr ratio of 0.70736 measured on calcite from overlying sediment
*(Data by P.D. Fullagar in Chapel Hill)

Figure 19. Sample locations for celadonite-bearing volcanics from the Monte Baldo area. Volcanics are dotted. The area where celadonite is abundant is dashed. It is called *Terre Verdi* on old maps. Samples 65 and 71 were collected more than 40 years ago from now disused mines.

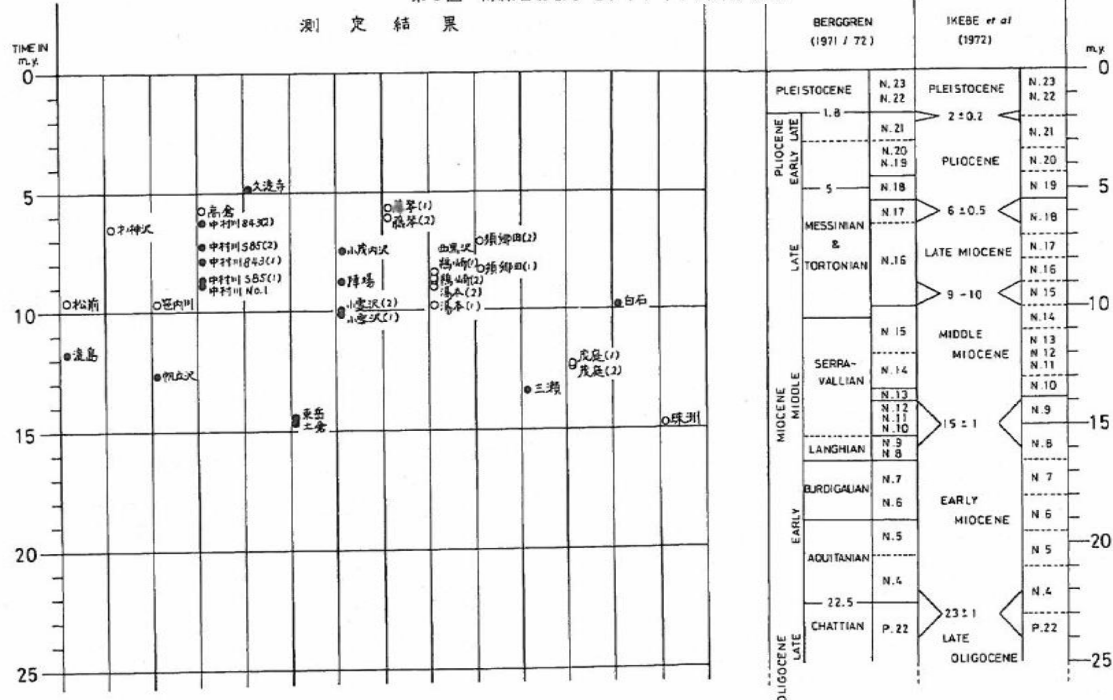
Odin et al. (1988)

セラドナイトのK-Ar法による年代測定に関する文献

- 植田・鈴木(1973)は、東北日本において、新第三系の地層に含まれるセラドナイトのK-Ar法による年代を多数報告している。
- 東北地方のセラドナイトの生成年代は、中新世以降であることを示している。



第1図 海緑石およびセラドナイト試料分布図。



第4図 測定値

ここに示された値は測定値そのものである。同一試料で2回測定されたものは(1), (2)を附して区別してある。また各コラムは第2図の各コラムの順序に対応する。ちなみに右端に最近提案されている絶対年代表をかかげた。ここで注意すべきことは、測定値は補正されていない値で、これから直ちに提案された地層年代に対応させることはできない。全般的に実際よりも若い時代を示す傾向があると考えられるが、もし第2図の地層の対比に従うならば、東岳、土倉、珠洲のものは最も古く、最も生成時期に近いと考えられる。

植田・鈴木(1973)に一部加筆

第2表 海緑石及びセラドナイトのK-Ar年代

順序	分析番号	試料名	鉱物	試料量 (gr)	K %	³⁶ Ar ^{at} / ³⁶ Ar	⁴⁰ Ar ^T / ³⁶ Ar	⁴⁰ Ar ^R / ³⁶ Ar	⁴⁰ Ar ^R / ⁴⁰ K	Air correction %	Calculated Age(×10 ⁵ yr)
1	1039	松前	海緑石	1.0418	1.99	2.64920	3.244150	0.21661	0.000565	81.66	9.6
2	1048	オノ神沢	"	1.0909	4.42	1.48000	1.78812	0.30119	0.00038	82.77	6.4
3	831	笹内川	"	1.0371	4.35	0.00130	0.51496	0.12387	0.000573	74.72	9.7
4	844	高倉	"	1.0864	4.13	0.00142	0.49064	0.06980	0.000344	85.67	5.8
5	815 847	藤琴	"	1.0654 1.0457	4.71	0.00092 0.00076	0.36108 0.31332	0.08247 0.08207	0.000335 0.000362	75.42 71.80	5.7 6.1
6	842	西黒沢	"	1.0303	3.60	0.00087	0.33772	0.07968	0.000494	76.25	8.4
7	838 1015	湯本	"	1.0265 1.0140	3.81	0.00123 0.36112	0.45758 0.44401	0.09298 0.08266	0.000531 0.000576	79.57 81.33	9.0 9.8
8	830 849	鶴ノ崎	"	1.1047 1.1253	4.91	0.00056 0.00071	0.29608 0.35243	0.12980 0.13598	0.000511 0.000515	55.98 59.63	.7 .8
9	820 846	須郷田	"	1.0855 1.0157	4.44	0.00112 0.00137	0.45614 0.48769	0.11830 0.08165	0.000491 0.000420	72.68 83.15	8.3 7.1
10	833 855	茂庭	"	1.0442 1.0282	4.73	0.00100 0.00151	0.47565 0.62681	0.17336 0.17356	0.000725 0.000729	62.23 71.30	12.3 12.4
11	745	珠洲	"	1.0226	5.47	0.00040	0.28660	0.16744	0.000869	41.31	14.8
12	1049	渡島	セラドナイト	1.0282	2.32	0.83472	1.09476	0.25311	0.000687	76.25	11.8
13	827	帆立沢	"	1.0790	2.45	0.00066	0.29563	0.09398	0.000746	66.08	12.7
14	829 851	中村川843	"	1.2514 1.0355	3.15 3.63	0.00113 0.00210	0.43347 0.69708	0.09270 0.06919	0.000466 0.000345	77.16 89.17	7.9 6.3
15	822 853	中村川S 85	"	0.9230 1.0896	2.88 2.73	0.00094 0.00129	0.35083 0.45172	0.07243 0.06359	0.000541 0.000433	79.31 84.53	9.2 7.3
16	739	中村川No 1	"	1.0752	4.98	0.00062	0.28246	0.09818	0.000550	64.97	9.4
17	848	久渡寺	"	1.0771	2.92	0.00149	0.48391	0.04235	0.000289	91.14	4.9
18	746	東岳	"	1.0255	4.77	0.00011	0.17800	0.14045	0.000851	18.29	14.5
19	740	土倉	"	1.1356	5.14	0.00061	0.36206	0.17651	0.000866	48.75	14.7
20	845	陣場	"	1.0240	5.87	0.00059	0.33113	0.15020	0.000517	52.74	8.8
21	835	小茂内沢	"	1.0577	4.29	0.00043	0.22996	0.09639	0.000442	55.35	7.5
22	839 843	小雪沢	"	1.0162 1.1236	4.91	0.00054 0.00052	0.31453 0.31454	0.14840 0.15433	0.000598 0.000590	50.82 48.93	10.2 10.0
23	841	三瀬	"	1.1171	5.72	0.00087	0.51952	0.25571	0.000786	49.57	13.4
24	823	白石	"	1.1350	2.84	0.00020	0.15564	0.09015	0.000579	38.04	9.8

$$\lambda_e = 0.585 \times 10^{-10} \text{ Yr}^{-1}$$

$$\lambda_r = 4.72 \times 10^{-10} \text{ Yr}^{-1}$$

³⁶Ar^{at}: atmospheric argon 36
⁴⁰Ar^T: total argon 40
⁴⁰Ar^R: radiogenic argon 40

石英の生成温度に関する文献

➤ 平ほか(1996), 吉村(2001)の温度と熱水溶液の違いによる熱水性鉱物の安定温度範囲によれば, 熱水溶液からの石英の生成温度は, 約100°C~約350°Cとされている。

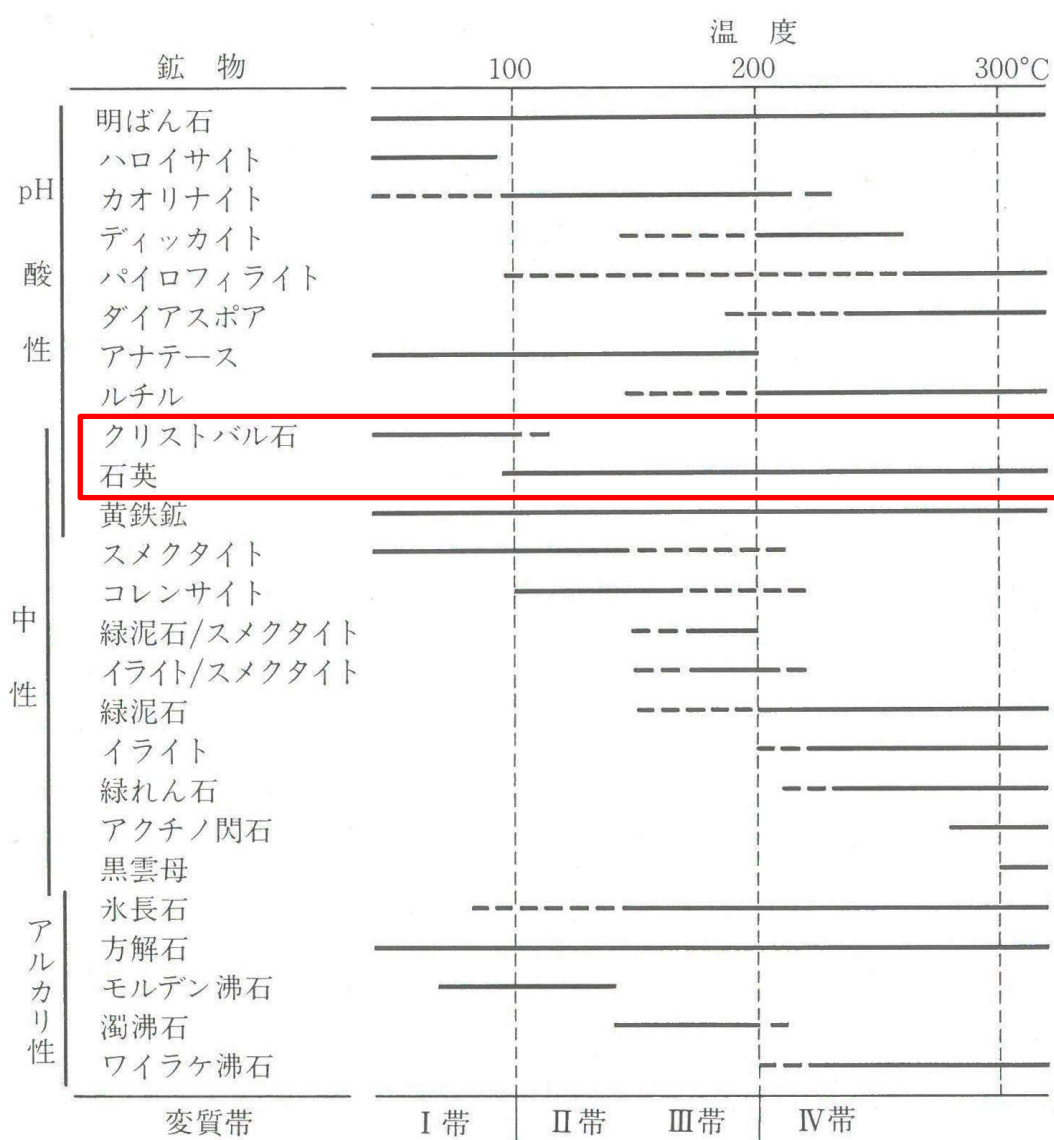
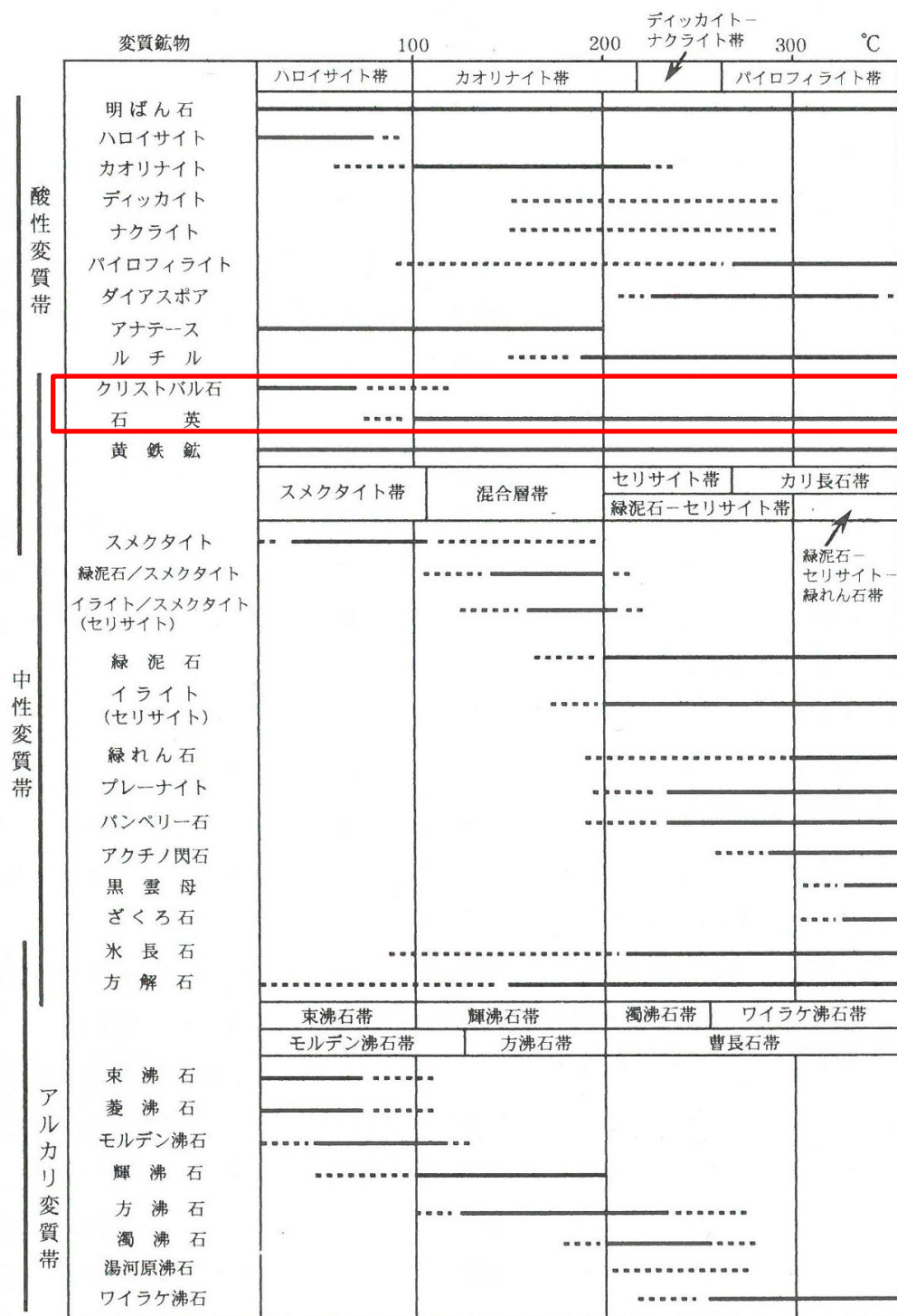


図 8.15 熱水性鉱物の安定温度範囲にもとづく変質分帯。

平ほか(1996)に一部加筆

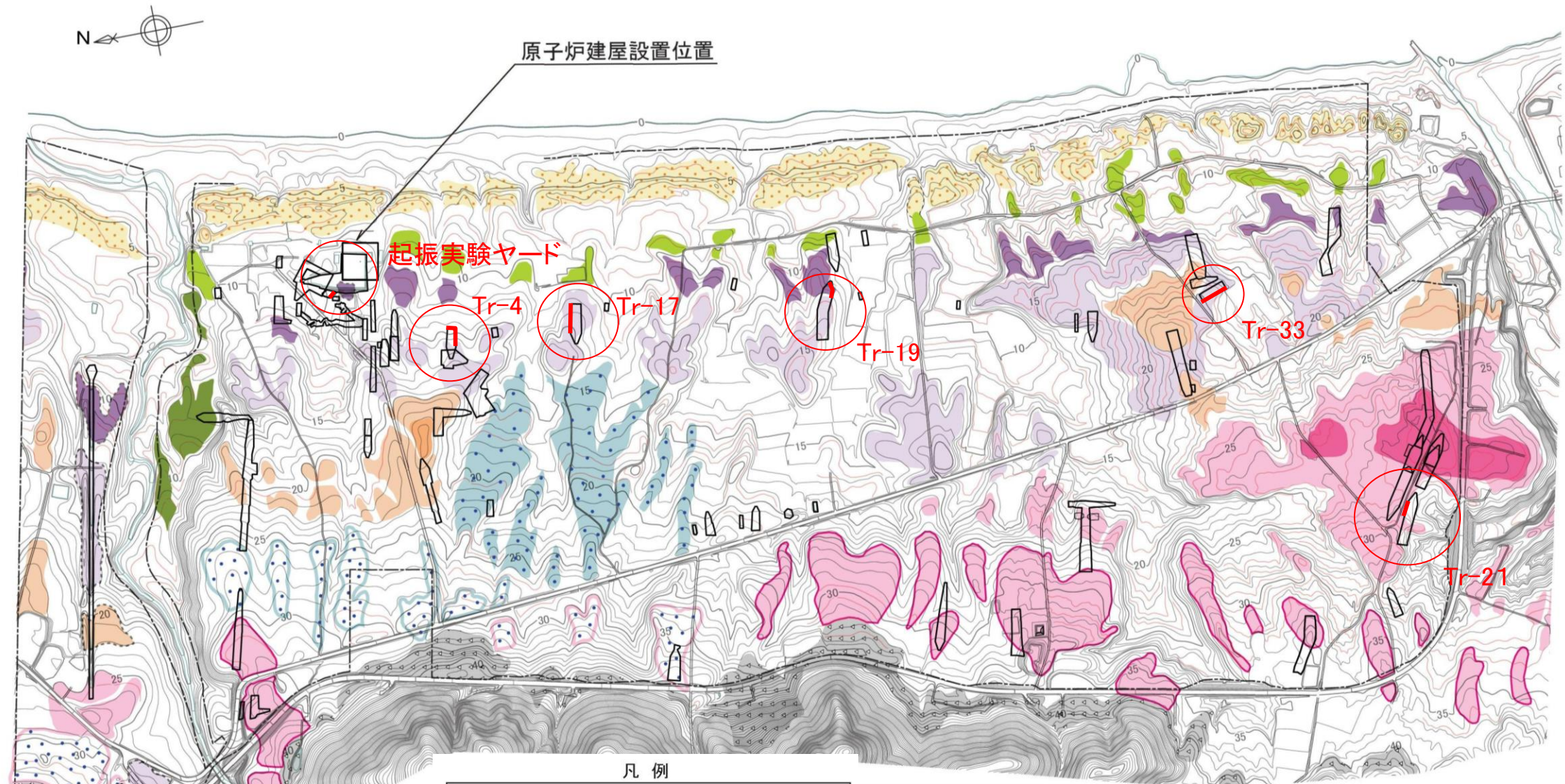


図V-35 温度と熱水溶液の相違による変質鉱物の生成環境 ここに示した各変質帯の形成温度は一応の目安である。 Inoue(1995); 井沢 (1996) をもとに編集

吉村尚久(2001)に一部加筆

第四系中の変位のない断裂

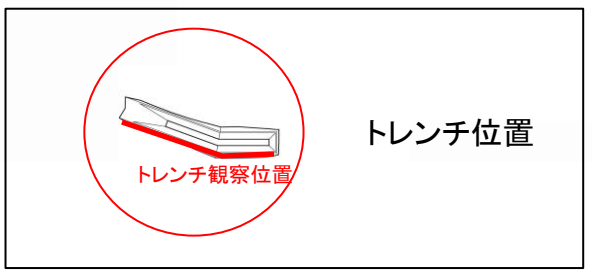
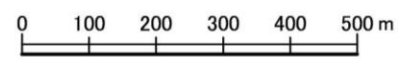
第四系中の変位のない断裂の事例 位置図



凡例

	L2面		扇状地面Ⅲ
	L1面		扇状地面Ⅱ
	M2'面		扇状地面Ⅰ
	M2面		砂丘
	M1'面		崖錐
	M1面		敷地境界
	M1+面		
	段丘面にみられる高まり		
	人工改変により原地形がほとんど失われている		

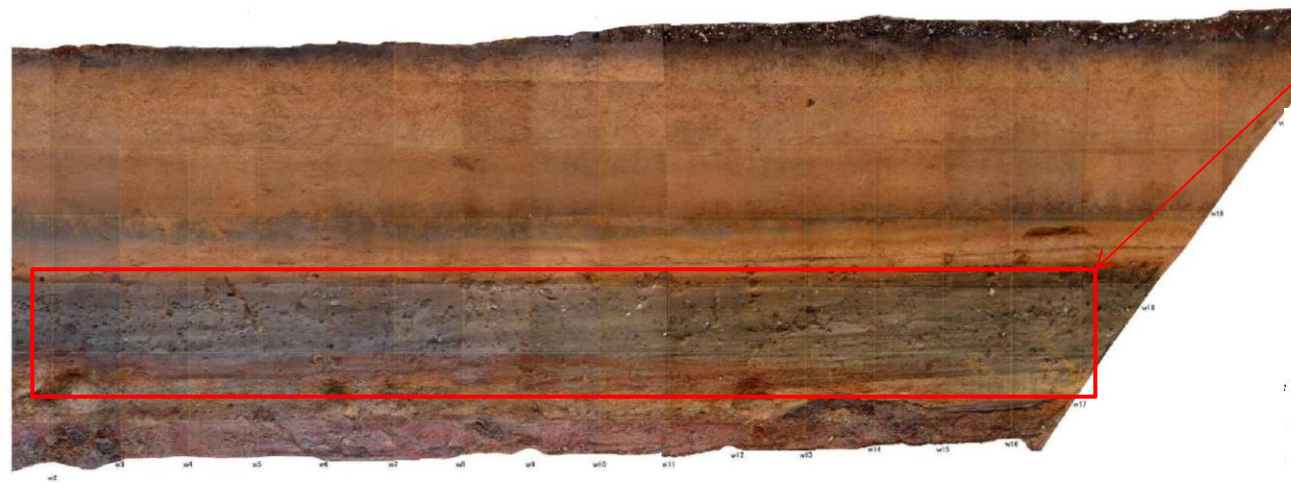
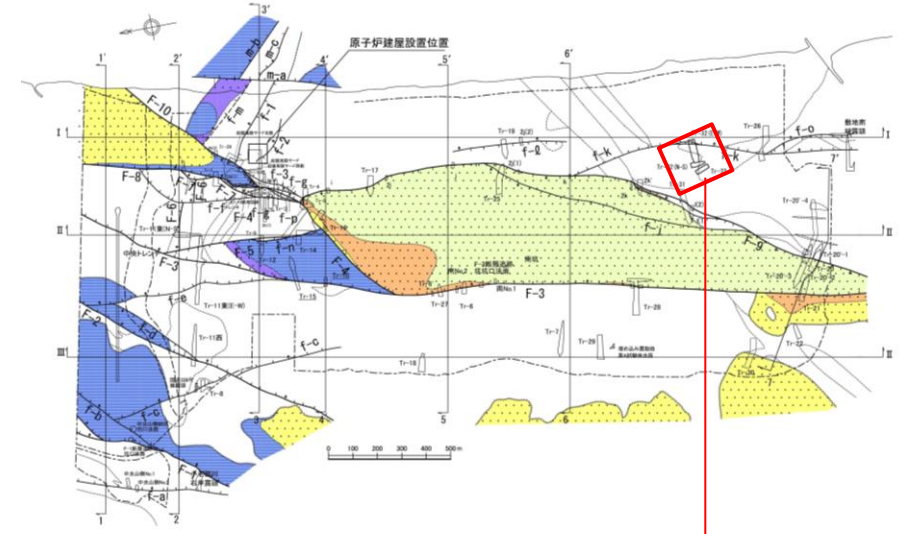
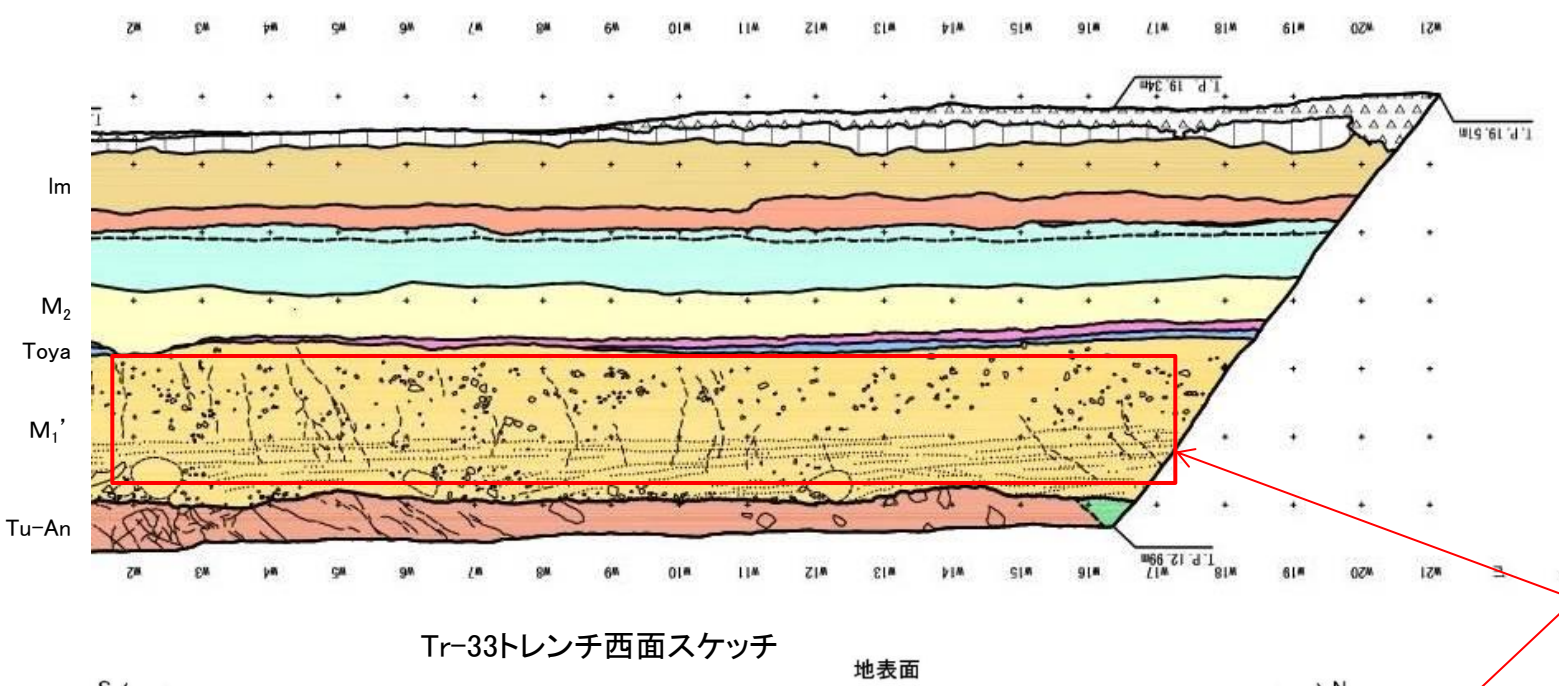
* 扇状地面については、分布高度及び形態に基づいて高位よりⅠ、Ⅱ、Ⅲ面に区分した



* 地形図は空中写真(平成5年撮影)によるDEMから作成(等高線は1.0m間隔、赤線は0.5m間隔で入れた補助線)

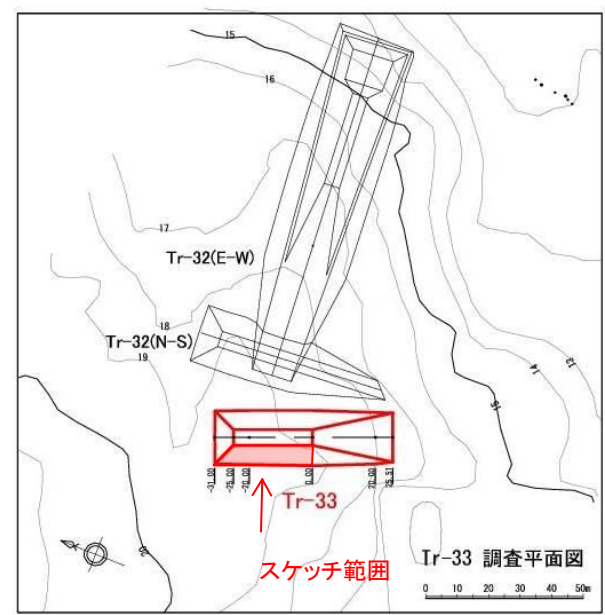
第四系中の変位のない断裂の事例(Tr-33トレンチ)

- Tr-33トレンチ西面ではM₁'面段丘堆積物中に変位のない断裂が認められる。当該箇所には第四系の変状は認められない。
- 変位のない断裂は上下方向に連続性がなく、下位の岩盤(泊層上部層)中に変位のない断裂に関連する断層は認められない。
- M₁'面段丘堆積物の上位のM₂面段丘堆積物中には明瞭な断裂は確認されない。



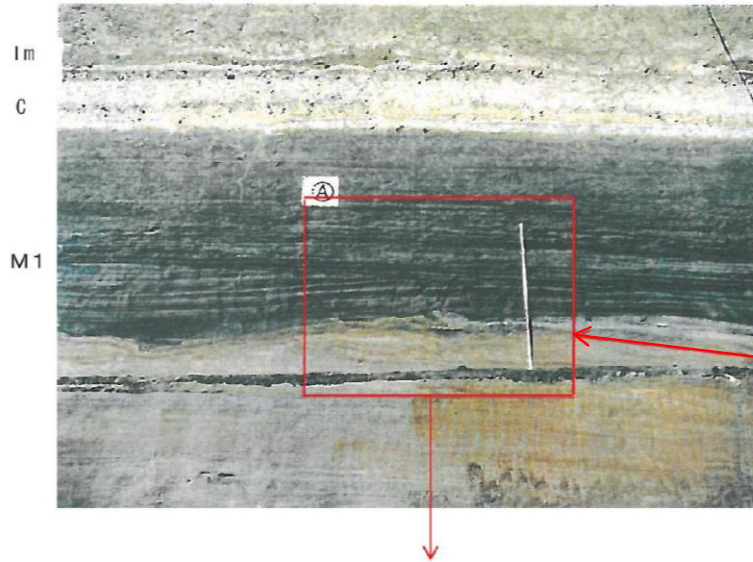
スケッチ凡例

【第四系】	【新第三系】
<ul style="list-style-type: none"> 完新世: S₁ 粘土・礫土, S₂ 粘土・高砂土 上層更新世: B_m ローム層, F₁ 礫状堆積物, 礫層堆積物, F₂ 礫状堆積物, 礫層堆積物, M₁ 礫状堆積物, M₂ 礫状堆積物 示 標: 示 標 火山灰, 示 標 火山灰, 示 標 火山灰 	<ul style="list-style-type: none"> 【新第三系】: G₁ a 礫層, G₂ a 礫層, G₃ a 礫層, G₄ a 礫層, D 礫状堆積物 【地質境界】: 新第三系と第四系境界, 地層境界, 同一地層中の礫層及び礫層境界 【第四系中の小断裂】: 変位が認められる第四系中の小断裂, 変位が認められない第四系中の小断裂



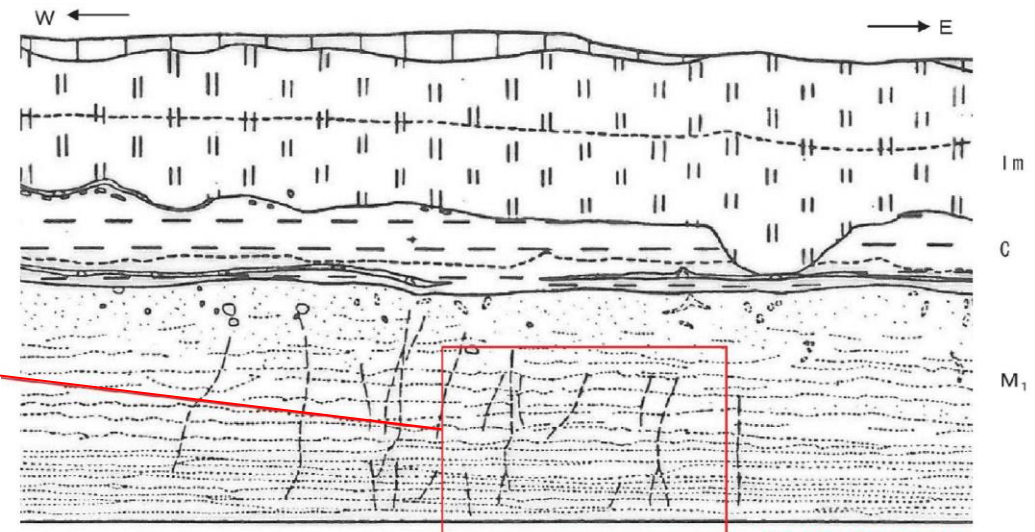
第四系中の変位のない断裂の事例 (Tr-21トレンチ)

- Tr-21トレンチ北面ではF-3断層から約30m離れた箇所のM₁面段丘堆積物中に変位のない断裂が認められる。当該箇所には第四系の変状は認められない。
- 変位のない断裂は上下方向に連続性がなく、下位の岩盤(蒲野沢層)中に変位のない断裂に関連する断層は認められない。

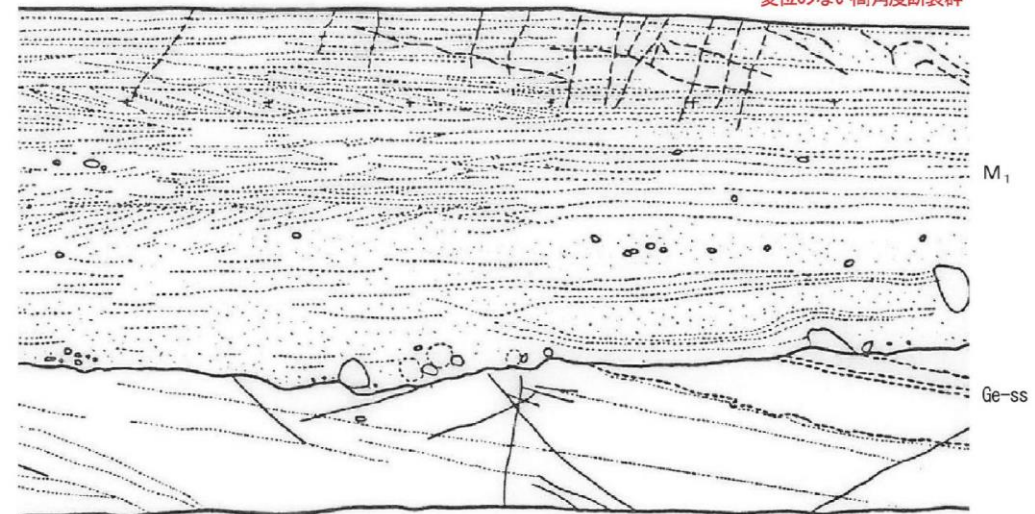


蒲野沢層を被覆するM₁面段丘堆積物中の変位のない高角度断裂群
 【Tr21 トレンチ北法面 中央～東側】

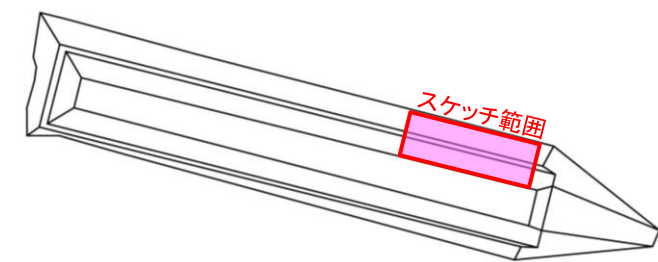
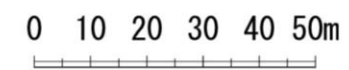
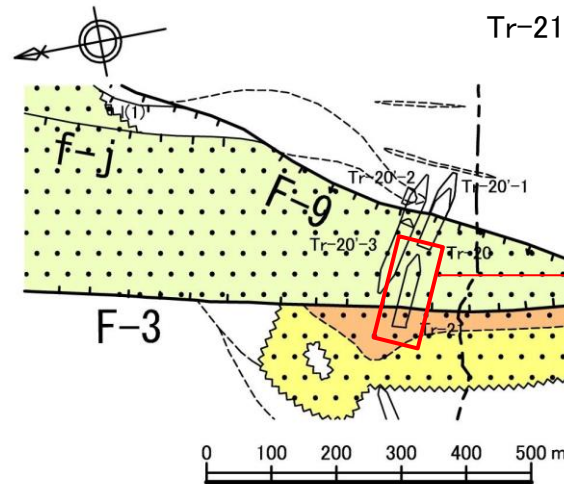
Tr-21トレンチ北面写真



変位のない高角度断裂群



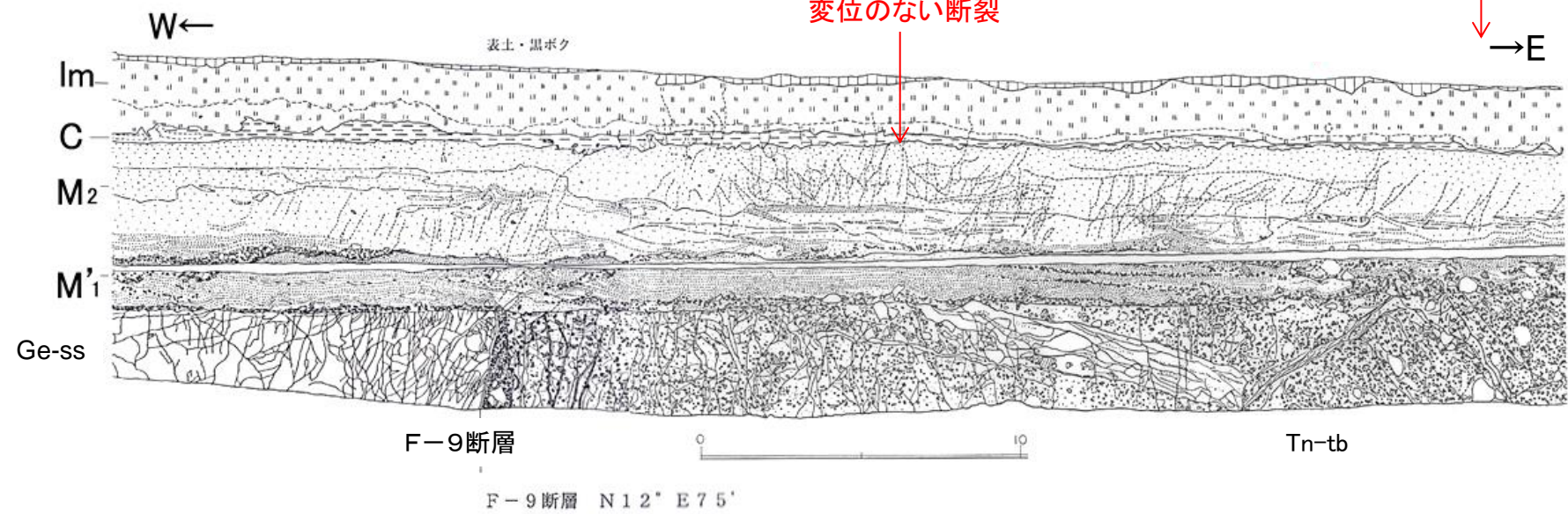
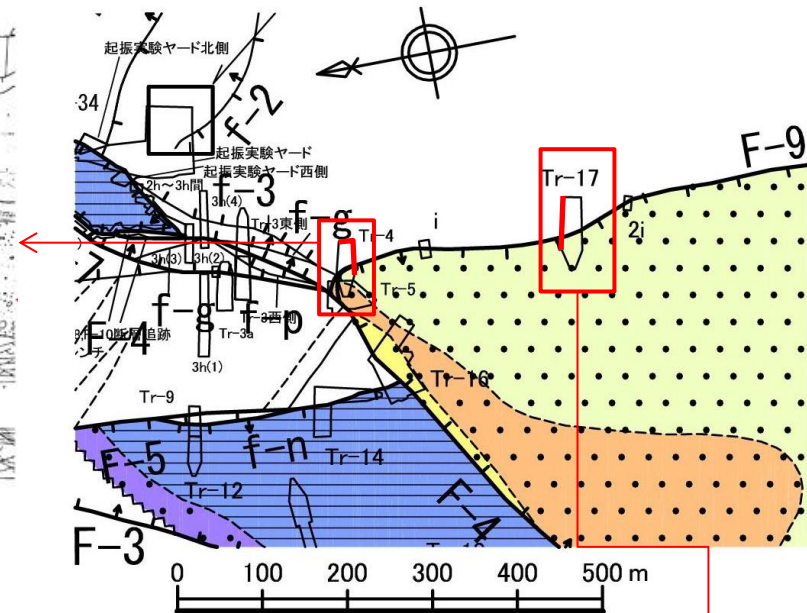
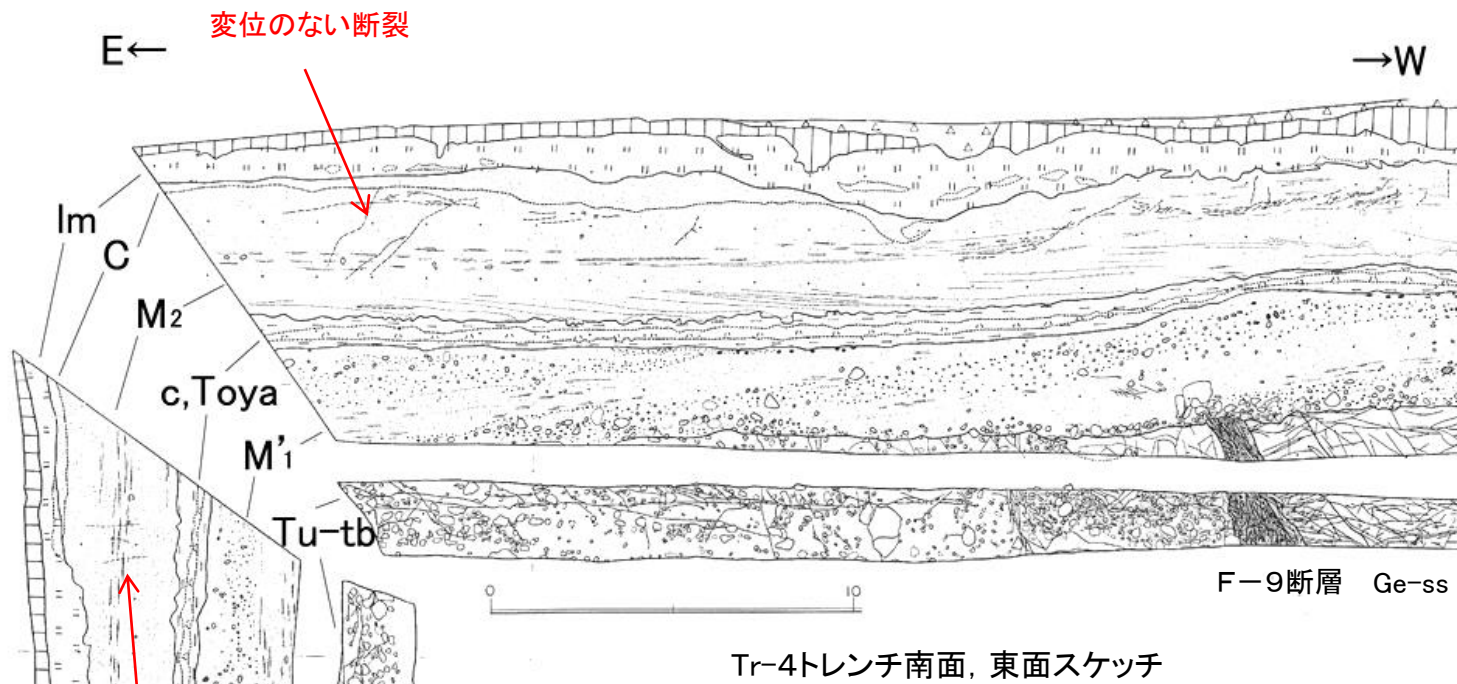
Tr-21トレンチ北面スケッチ



スケッチ箇所位置図

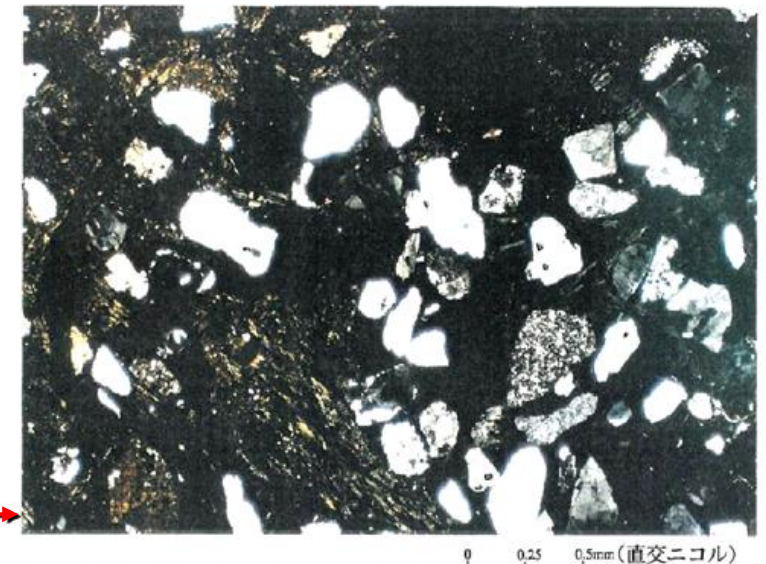
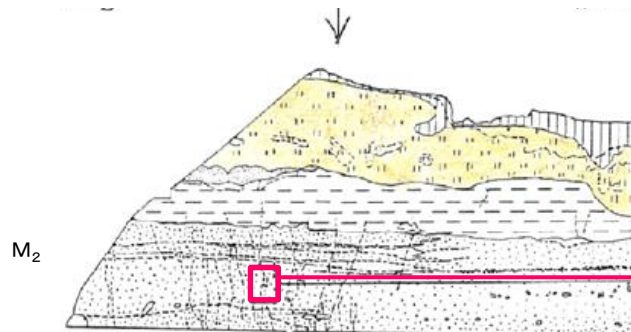
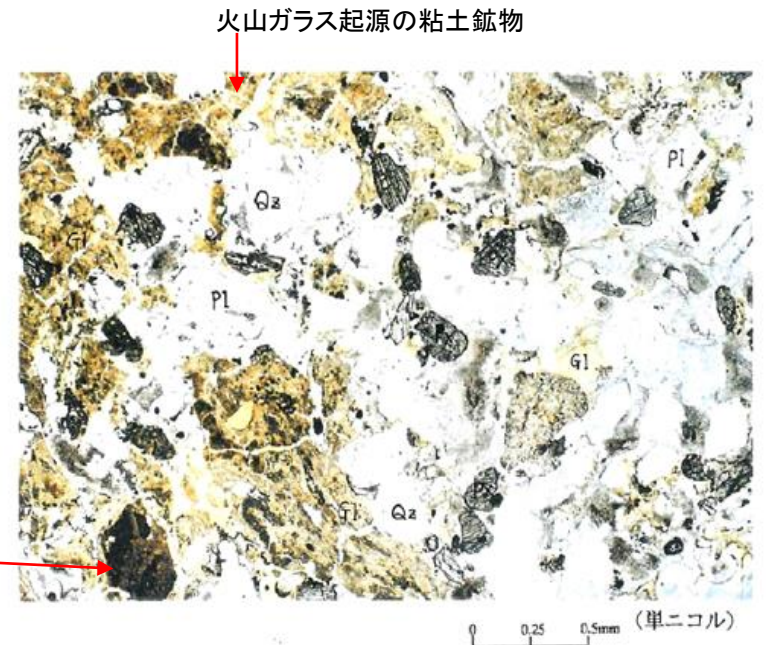
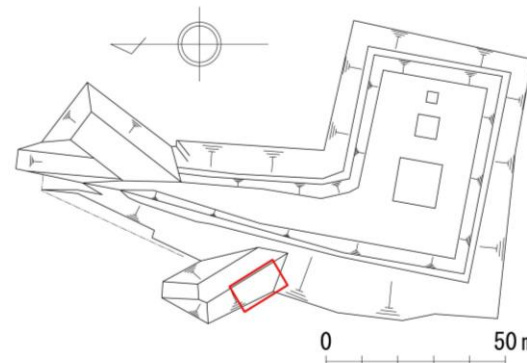
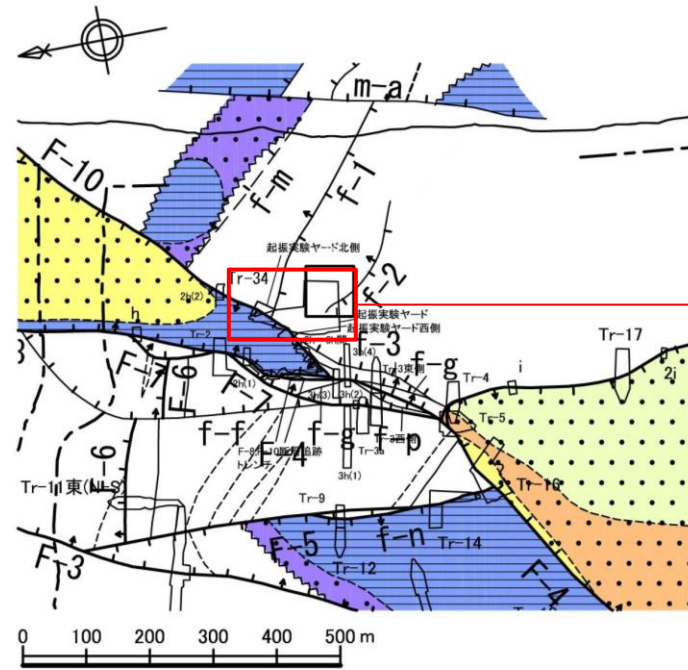
第四系中の変位のない断裂の事例 (Tr-4トレンチ, Tr-17トレンチ)

- Tr-17トレンチ, Tr-4トレンチではF-9断層から約20m離れた箇所のM₂面段丘堆積物中に変位のない断裂が認められる。当該箇所には第四系の変状は認められない。
- 変位のない断裂は上下方向に連続性がなく, 下位の岩盤(泊層上部層)中に変位のない断裂に関連する断層は認められない。
- M₂面段丘堆積物の下位のM₁'面段丘堆積物に明瞭な断裂は認められない。



第四系中の変位のない断裂の事例(起振実験ヤード西側)

- 起振実験ヤード西側トレンチ南面では、M₂面段丘堆積物中の変位のない断裂に沿って粘土が認められ、顕微鏡観察によれば、粘土鉱物を主とし、M₂面段丘堆積物起源の円磨された石英、斜長石等よりなる砂粒子を含む。
⇒ 変位のない断裂は開口性であり、流入粘土を伴う場合もある。



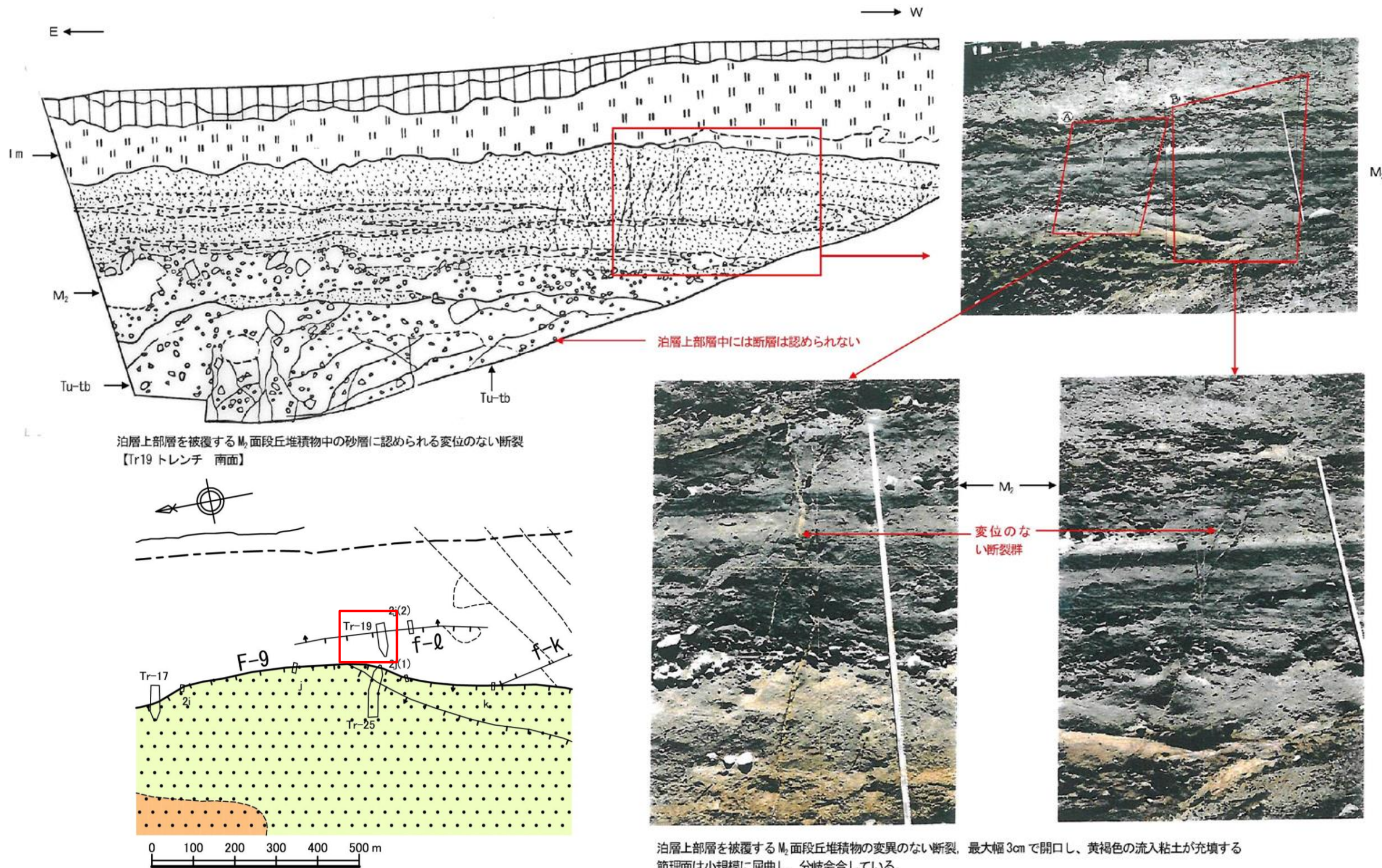
第四系中の割れ目挟在物(起振実験ヤード西側 南面) 付近のスケッチ(縮尺1:100)

露頭拡大写真

流入粘土の顕微鏡写真

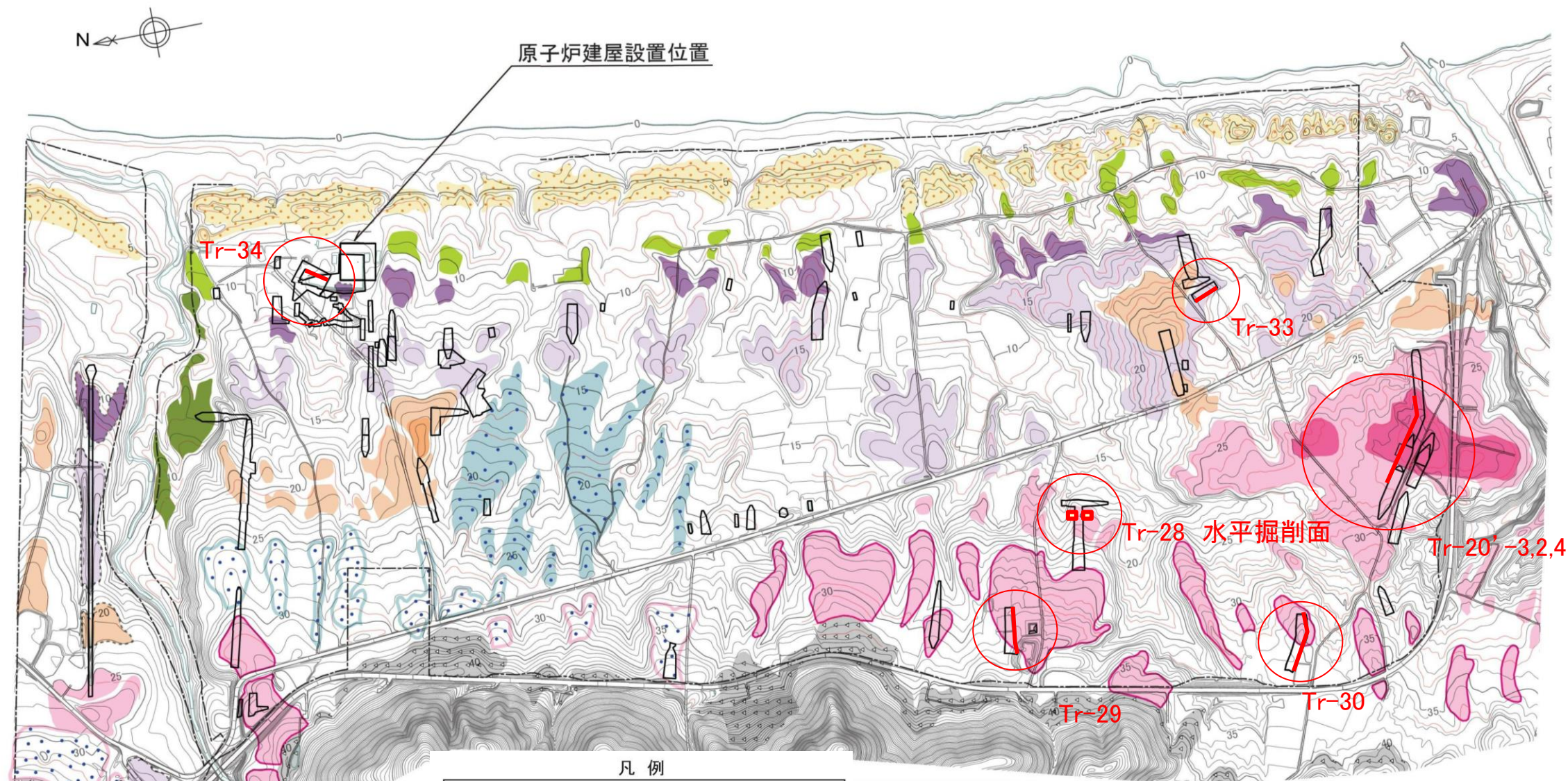
第四系中の変位のない断裂の事例 (Tr-19トレンチ)

- Tr-19トレンチではf-l断層から約60m離れた箇所にM₂面段丘堆積物中に変位のない断裂が認められる。当該箇所に第四系の変状は認められない。
- 変位のない断裂は上下方向に連続性がなく、下位の岩盤(泊層上部層)中に変位のない断裂に関連する断層は認められない。



第四系中の巨礫の産状について

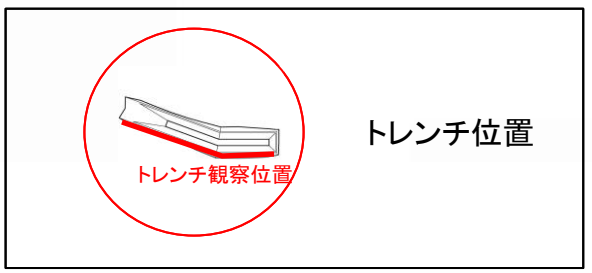
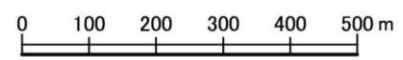
巨礫の産状の事例 位置図



凡例

	L2面		扇状地面Ⅲ
	L1面		扇状地面Ⅱ
	M2'面		扇状地面Ⅰ
	M2面		砂丘
	M1'面		崖錐
	M1面		敷地境界
	M1+面		

● 段丘面にみられる高まり
 [] 人工改変により原地形がほとんど失われている
 * 扇状地面については、分布高度及び形態に基づいて高位よりⅠ、Ⅱ、Ⅲ面に区分した

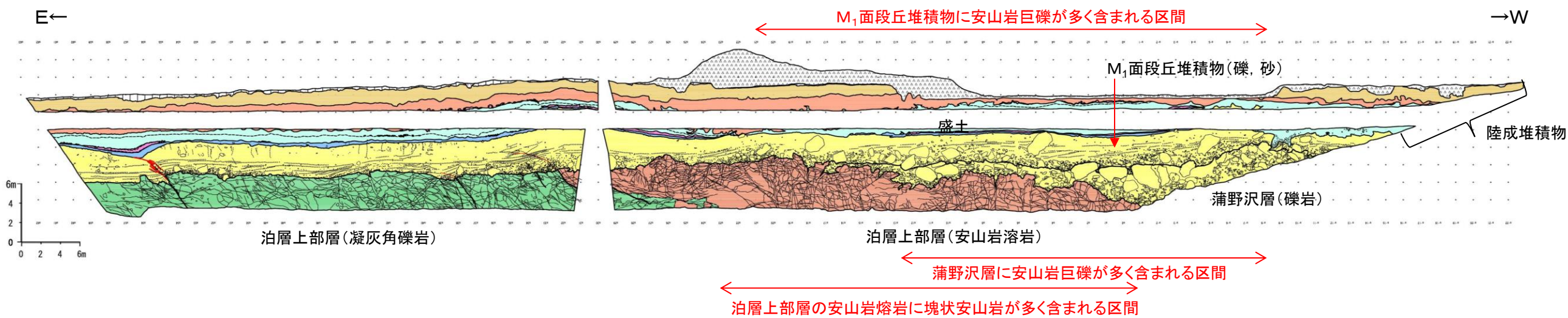


* 地形図は空中写真(平成5年撮影)によるDEMから作成(等高線は1.0m間隔、赤線は0.5m間隔で入れた補助線)

第四系中の巨礫の産状 (M₁面段丘堆積物・Tr-30トレンチ)

【 Tr-30トレンチのM₁面段丘堆積物に含まれる巨礫の特徴】

- M₁面段丘堆積物の基底には巨礫が見られる。巨礫は、岩盤上面が周囲よりわずかに窪んだ箇所に多く分布し、岩盤上面が平坦な箇所には分布しない。
 - これらの巨礫は安山岩であり、直下の泊層上部層の安山岩溶岩と同一岩種である。
 - 泊層上部層上面の低まりに分布する蒲野沢層礫岩中の巨礫も安山岩であり、泊層上部層の安山岩溶岩と同一岩種である。この蒲野沢層の巨礫の分布も、M₁面段丘堆積物中の安山岩巨礫の堆積過程とほぼ同様と考えられる。
- ⇒ M₁面段丘堆積物に見られる巨礫は、泊層上部層の安山岩溶岩および蒲野沢層礫岩中の安山岩巨礫に由来し、大きく移動することなく岩盤上面が周囲よりわずかに低い部分に集積・堆積したものと考えられる。



Tr-30トレンチ南面スケッチ

第四系中の巨礫の産状 (M₁面段丘堆積物・Tr-20'-3, 2, 4トレンチ)

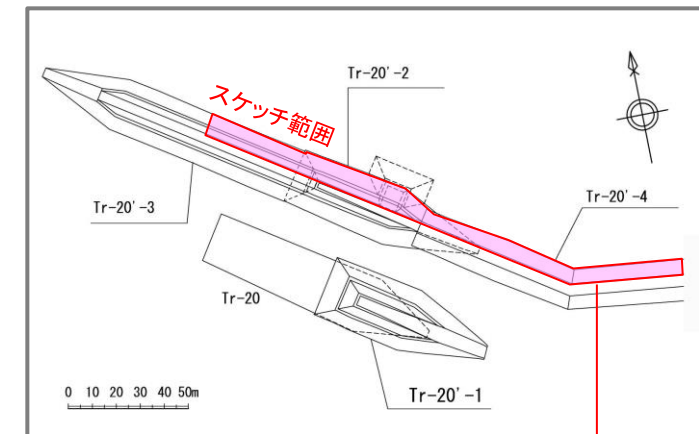
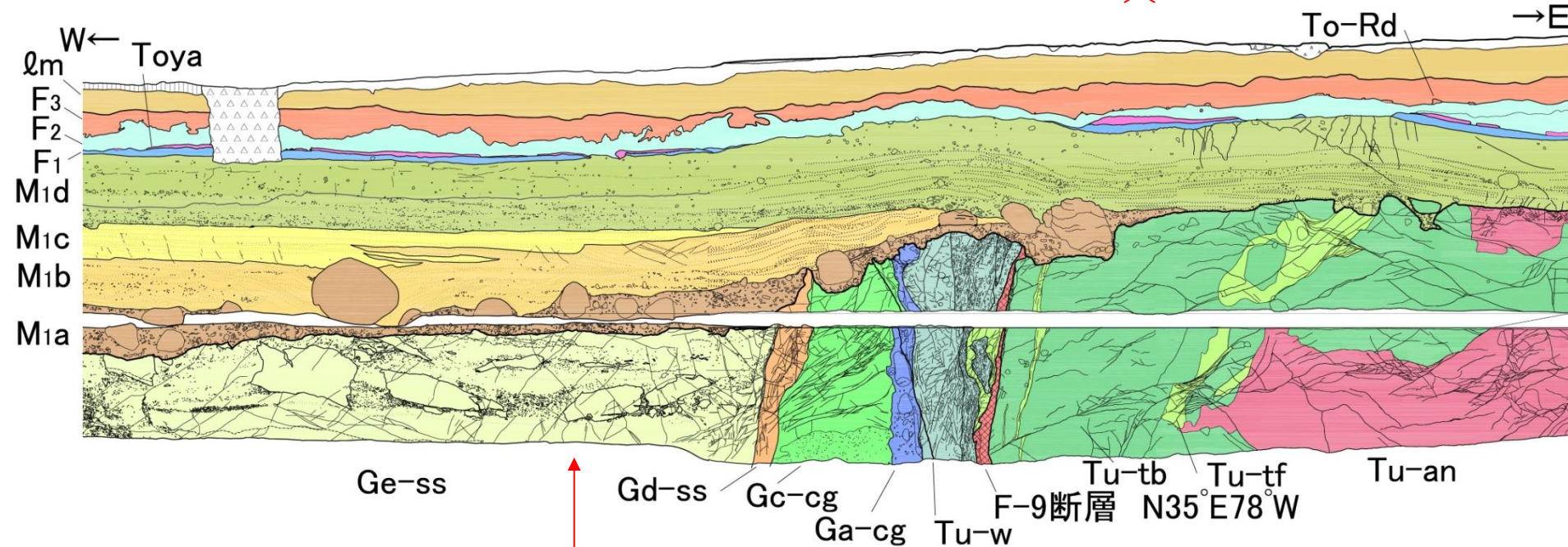
【Tr-20'-3,2,4トレンチのM₁面段丘堆積物に含まれる巨礫の特徴】

- F-9断層付近およびその西側の岩盤上面が低くなる蒲野沢層分布区間では、M₁面段丘堆積物の基底に巨礫が分布し、これらの巨礫に対して、上位の砂層はアバットしている。
- 巨礫は安山岩であり、泊層上部層の安山岩溶岩、凝灰角礫岩中の安山岩礫と同一岩種である。
- 東側の岩盤上面が波蝕台状に高くなっている泊層上部層分布区間のM₁面段丘堆積物中には、巨礫がほとんど分布しない。
⇒ 巨礫は、泊層上部層に由来し、M₁面段丘堆積物の堆積初期に、岩盤上面が低い部分に堆積したと考えられる。

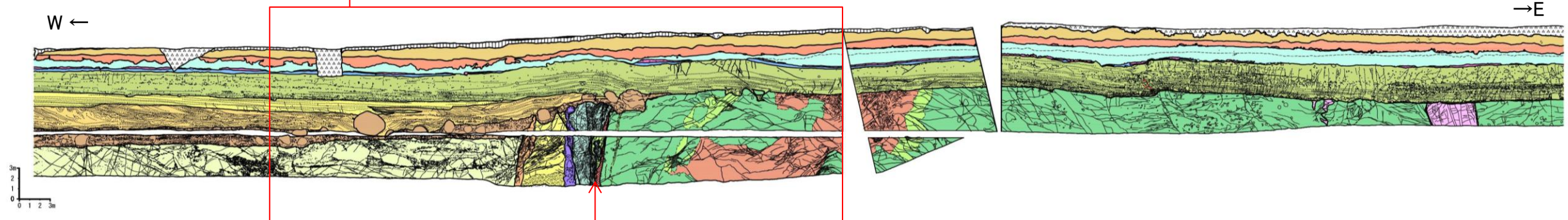


M₁面段丘堆積物基底に巨礫が分布する

M₁面段丘堆積物基底に巨礫が分布しない



スケッチ箇所位置図



M₁面段丘堆積物基底に巨礫が分布する

F-9断層

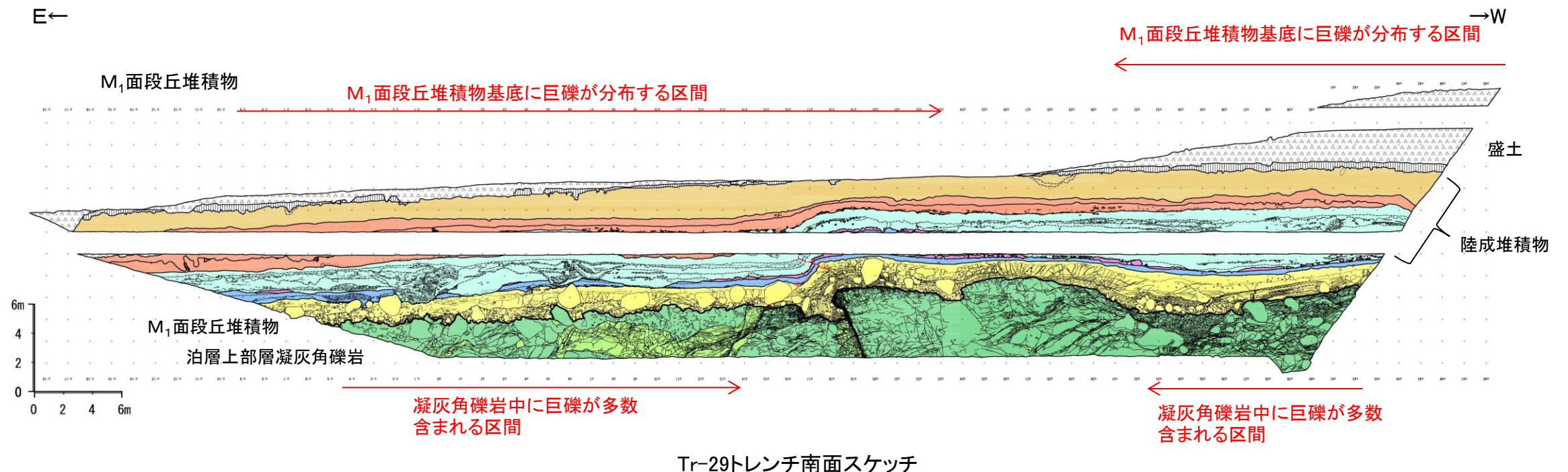
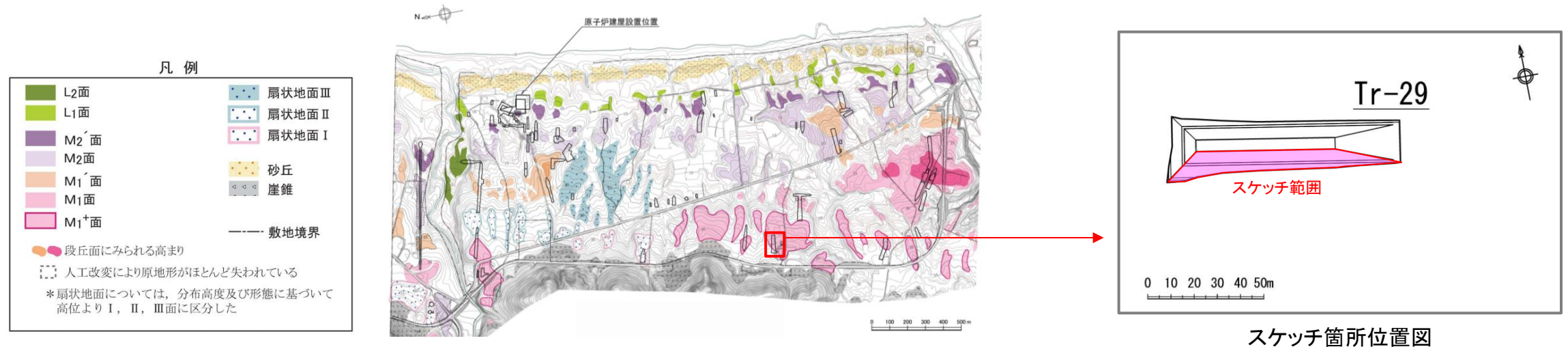
M₁面段丘堆積物基底に巨礫が分布しない

Tr-20'-3, 2, 4トレンチ北面スケッチ

第四系中の巨礫の産状 (M₁面段丘堆積物・Tr-29トレンチ)

【 Tr-29トレンチのM₁面段丘堆積物に含まれる巨礫の特徴】

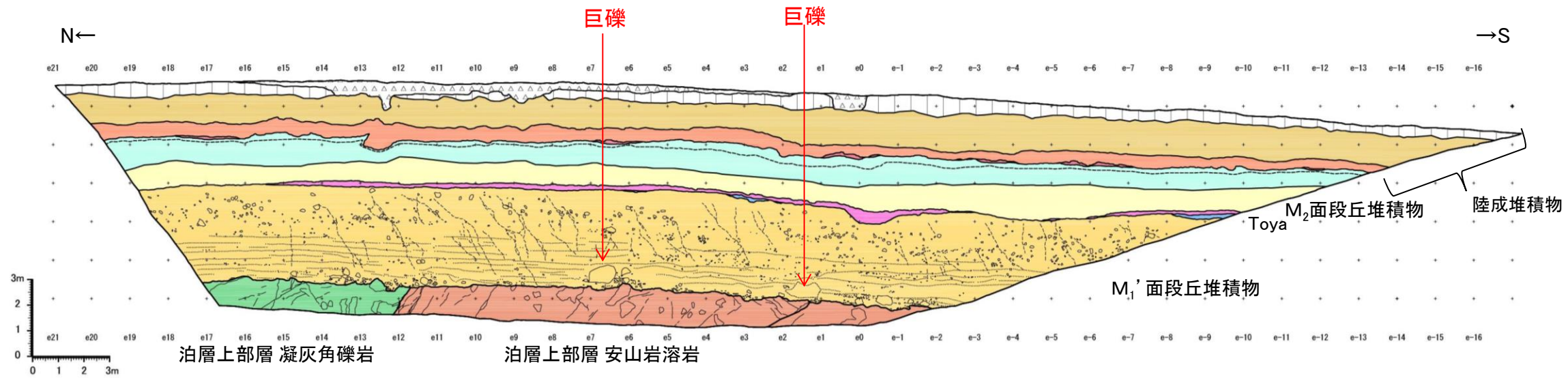
- Tr-29トレンチにおいても、M₁面段丘堆積物基底に多数の巨礫が分布する。巨礫は垂円礫を主体とし、巨礫間は砂層、砂礫層が堆積する海浜堆積物であり、土石流堆積物のような不淘汰な地層ではない。
- 巨礫は安山岩であり、基盤をなす泊層上部層の凝灰角礫岩中にも多数の安山岩の巨礫が分布している。また、岩盤上面には多数の起伏が見られる。
⇒ M₁面段丘堆積物基底の巨礫は、基盤をなす泊層上部層の凝灰角礫岩中の巨礫に由来し、大きく移動することなく、岩盤上面の低い部分に集積・堆積したと考えられる。



第四系中の巨礫の産状(M₁'面段丘堆積物・Tr-33トレンチ)

【Tr-33トレンチのM₁'面段丘堆積物に含まれる巨礫の特徴】

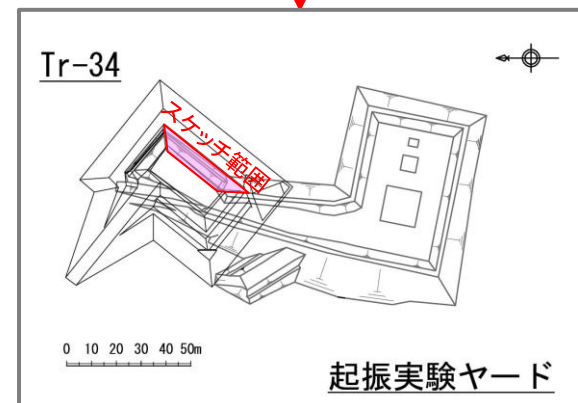
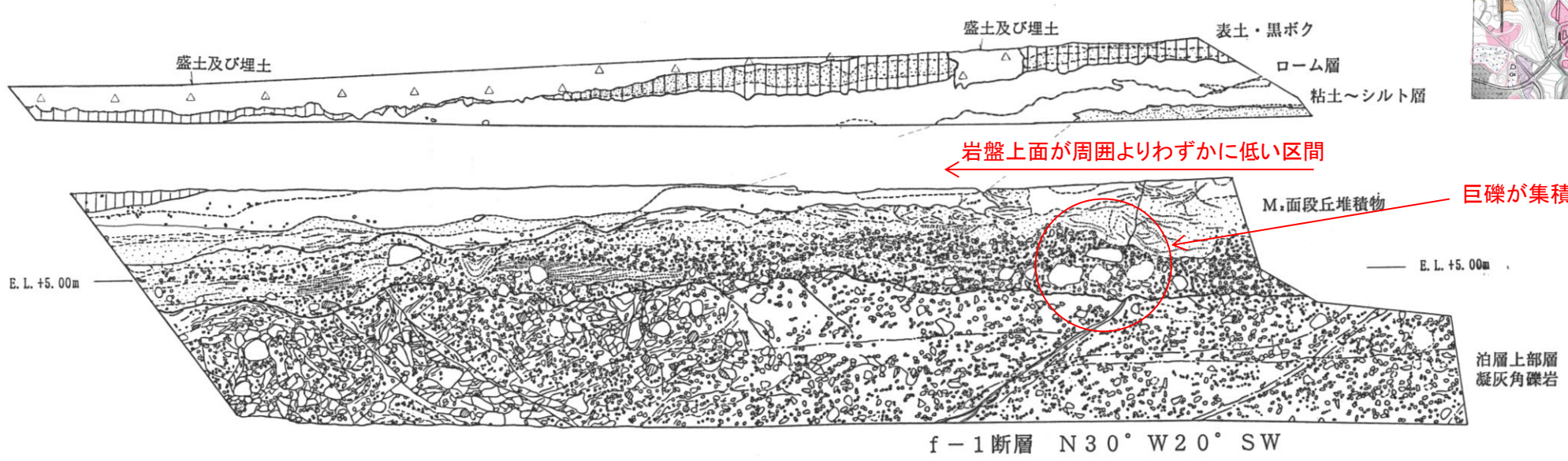
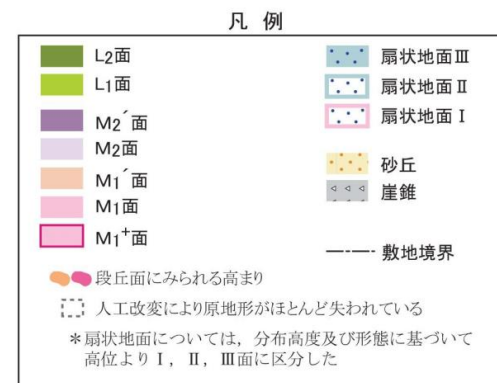
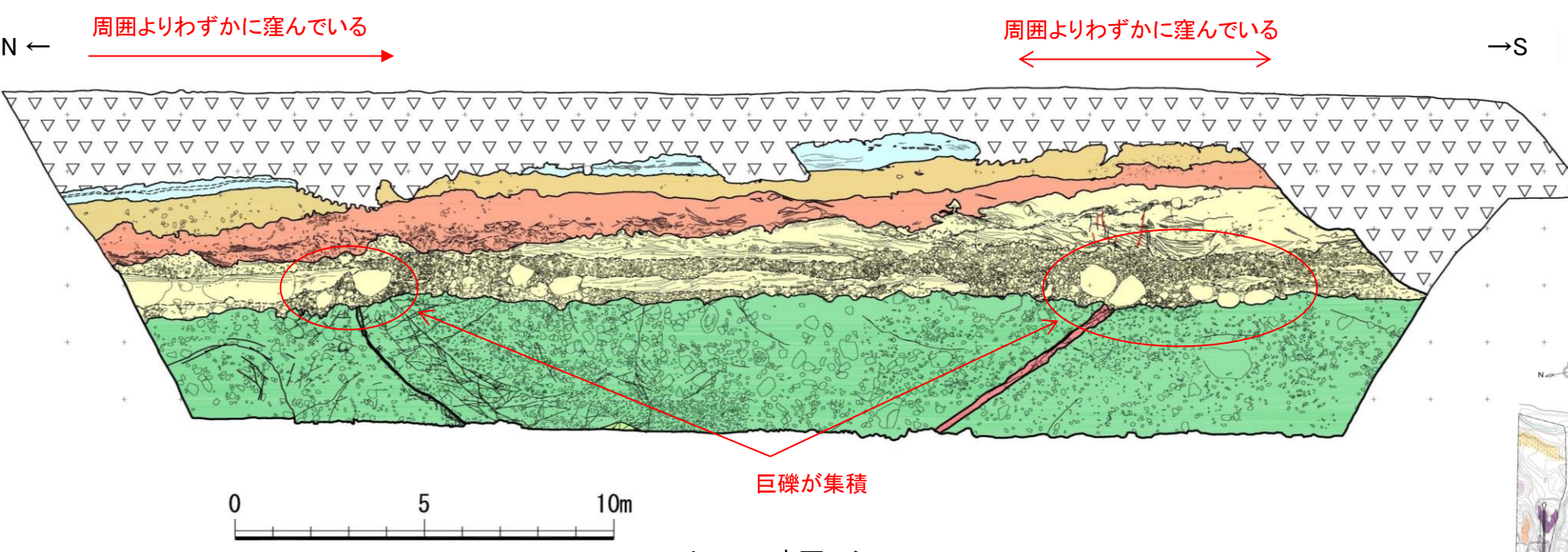
- Tr-33トレンチでは、泊層上部層の安山岩溶岩よりなる区間を覆うM₁'面段丘堆積物の基底に数個の巨礫が見られるが、散点して分布している。
- 巨礫は安山岩であり、泊層上部層の安山岩溶岩と同一岩種である。
- 巨礫は、M₁面段丘堆積物の上位のM₂面段丘堆積物には認められない。
⇒ 巨礫は、泊層上部層の安山岩溶岩から由来し、大きく移動することなく集積・堆積したと考えられる。



Tr-33トレンチ東面スケッチ

第四系中の巨礫の産状 (M₂面段丘堆積物・Tr-34トレンチ, 起振実験ヤード北側)

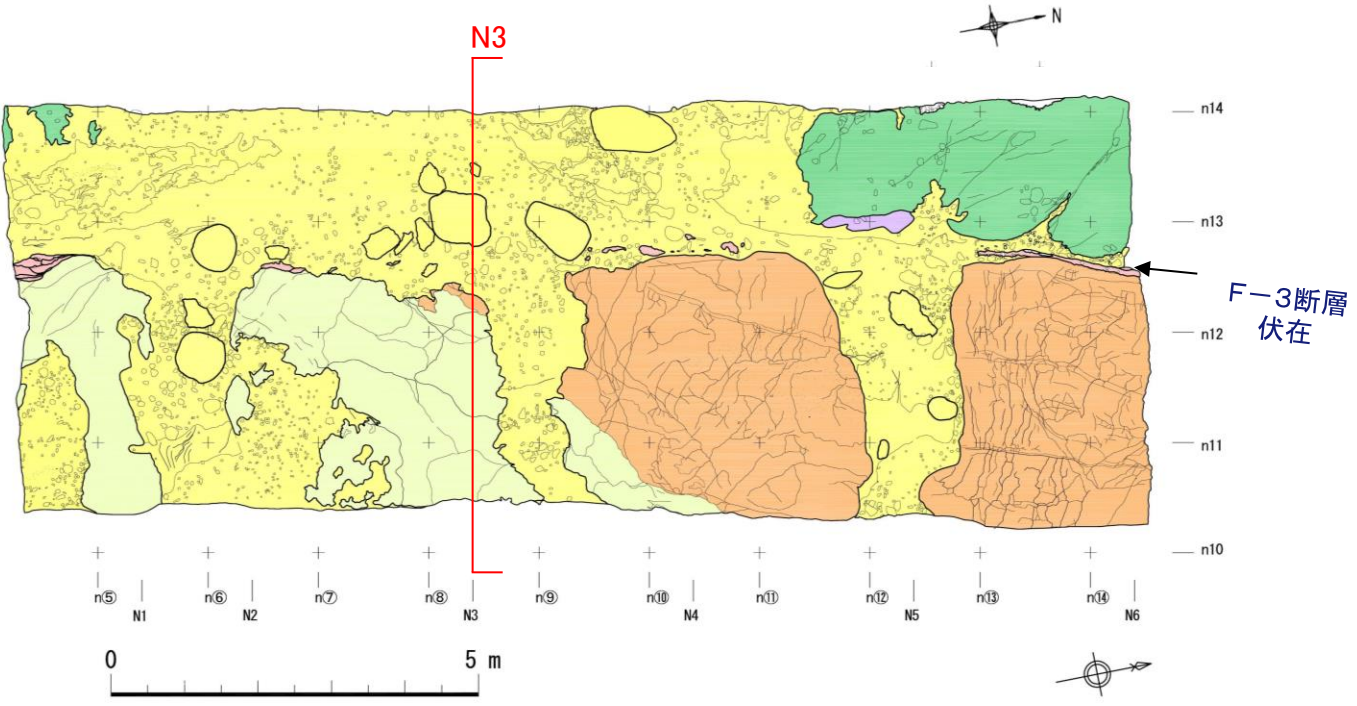
- Tr-34トレンチ及び起振実験ヤード北側トレンチでは、巨礫がM₂面段丘堆積物の基底礫層中に含まれている。この巨礫は安山岩であり、本トレンチ下方の試掘坑で確認される泊層上部層の凝灰角礫岩中に安山岩巨礫と同一岩種である。また、巨礫と同層準には、津波堆積物と考えられる連続性の良い砂層は認められない。
- 巨礫が分布するf-1断層および小断層付近は、岩盤上面が周囲よりわずかに低くなっている。
⇒ M₂面段丘堆積物基底の巨礫は、近傍の凝灰角礫岩中の安山岩巨礫から由来し、岩盤上面の低まりに集積・堆積したと考えられる。



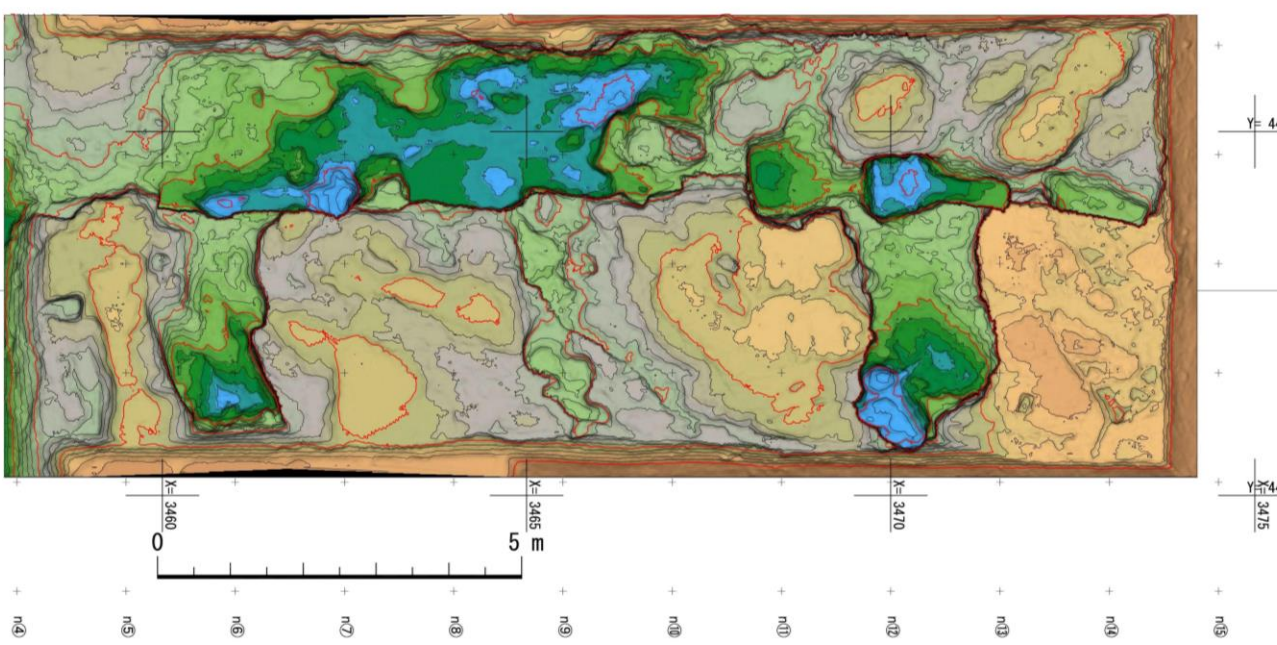
起振実験ヤード北側トレンチ東面スケッチ

第四系中の巨礫の産状 (M₁面段丘堆積物・Tr-28トレンチ水平掘削面北)

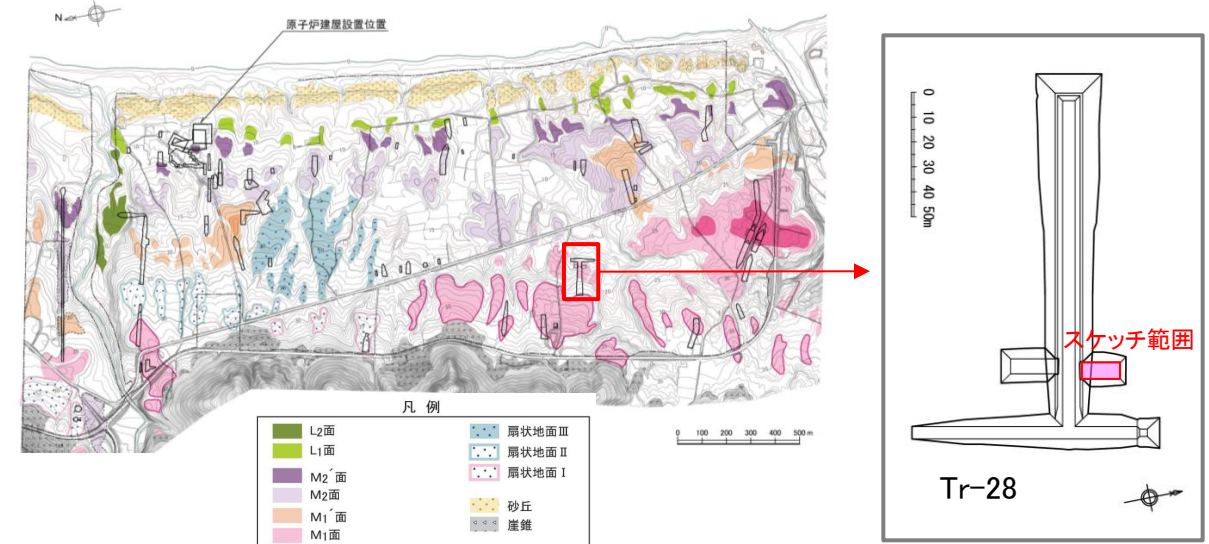
- Tr-28トレンチ水平掘削面北では、M₁面段丘堆積物基底の一部に巨礫が確認されている。
- 巨礫は、本トレンチ西側で見られる中央西側の泊層上部層及び東側の蒲野沢層の上面の一部が低まりとなっている箇所主に分布している。
- ⇒ 巨礫は、本トレンチ西側で見られる泊層上部層中の凝灰角礫岩中の安山岩巨礫に由来し、岩盤上面が低い部分に集積・堆積したと考えられる。



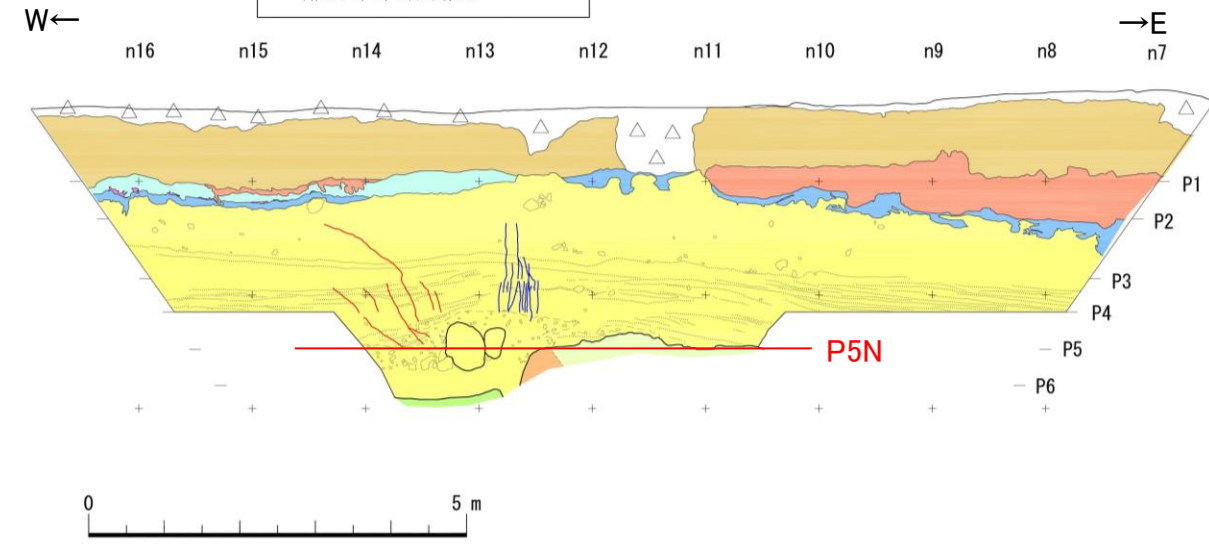
Tr-28トレンチ水平掘削面P5Nスケッチ



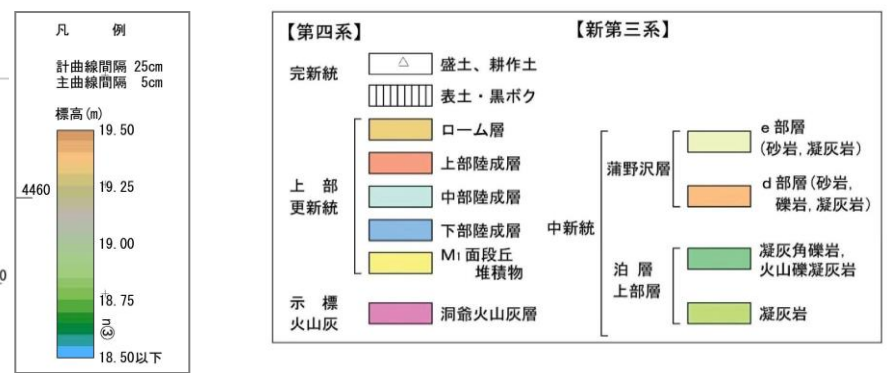
Tr-28トレンチ水平掘削面北の岩盤上面等高線図



スケッチ箇所位置図



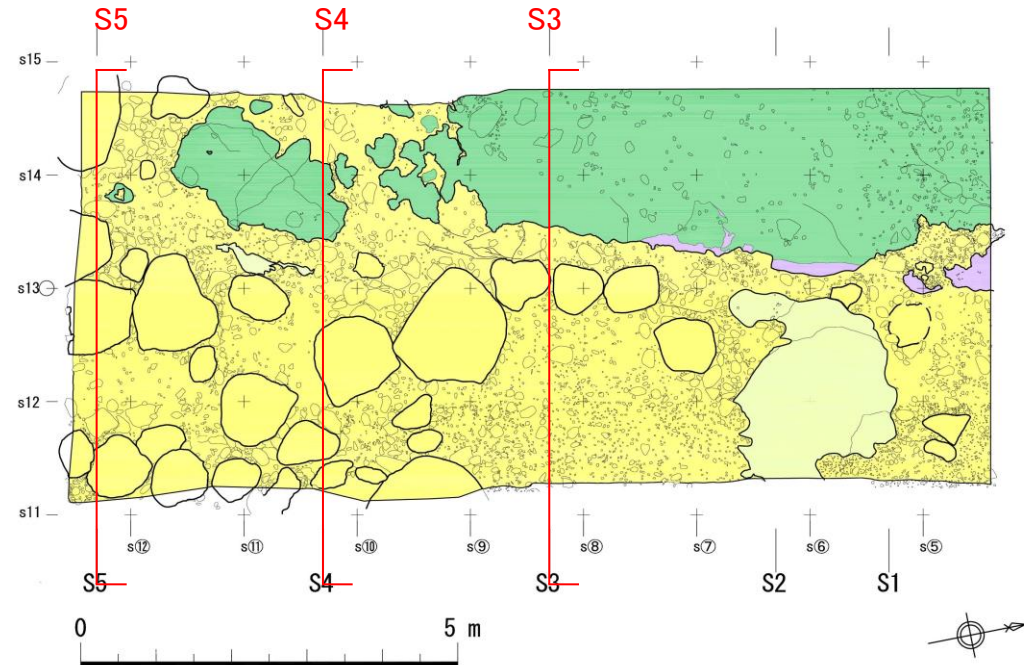
Tr-28トレンチ水平掘削面N3法面スケッチ



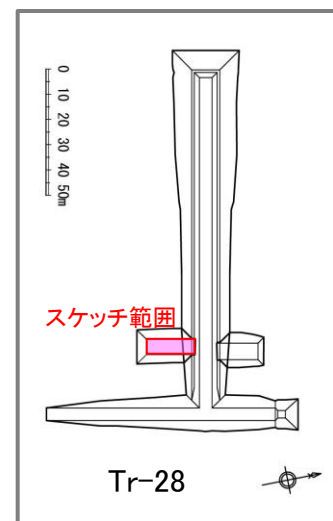
— 逆断層センスの小断裂
— 正断層センスの小断裂

第四系中の巨礫の産状 (M₁面段丘堆積物・Tr-28トレンチ水平掘削面南)

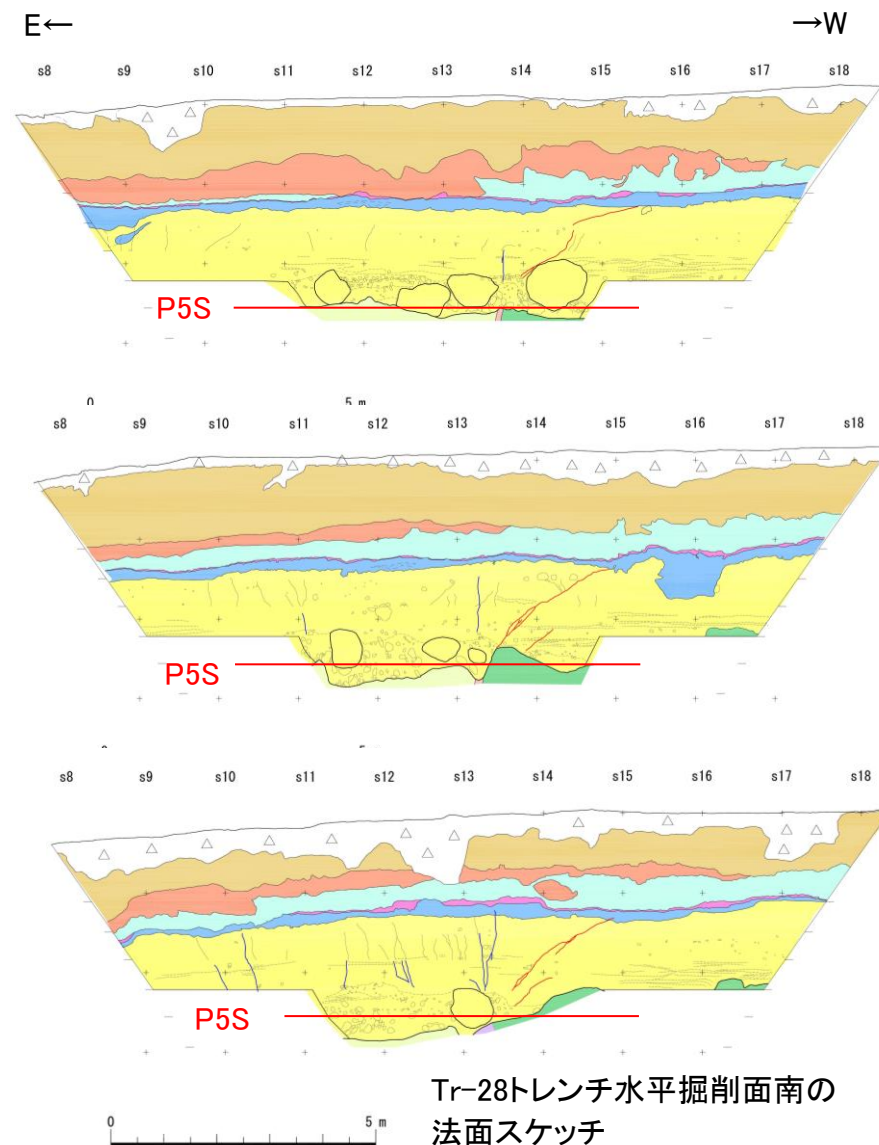
- ▶ Tr-28トレンチ水平掘削面南では、M₁面段丘堆積物基底の一部に巨礫が確認されている。
- ▶ 巨礫は、南東側の蒲野沢層分布域の岩盤上面の低い部分に農集し、西側及び北側の岩盤上面が高い部分には分布していない。
- ⇒ 巨礫は、本トレンチ西側で見られる泊層上部層中の凝灰角礫岩中の安山岩巨礫に由来し、岩盤上面が低い部分に集積・堆積したと考えられる。



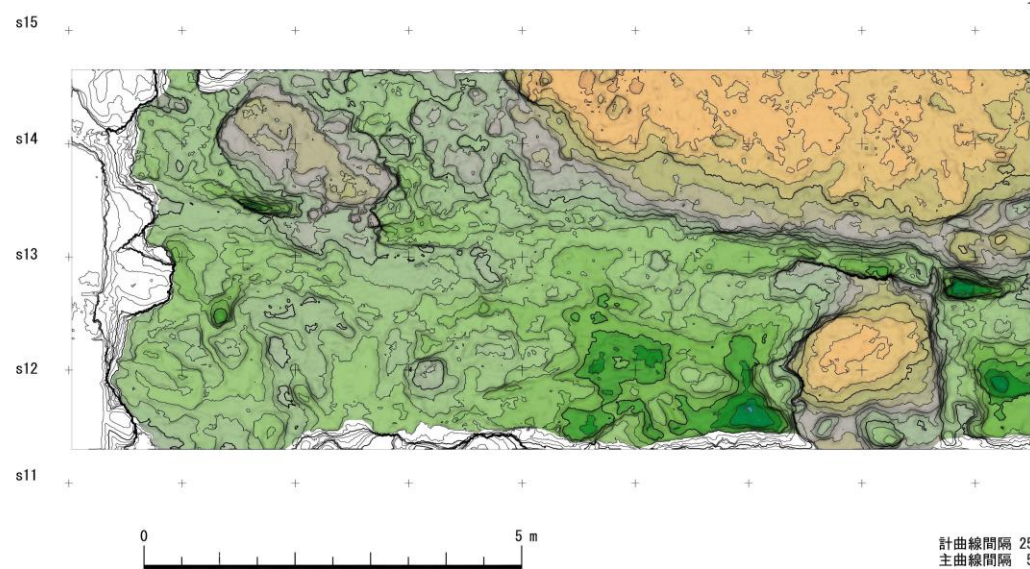
Tr-28トレンチ水平掘削面P5Sスケッチ



スケッチ箇所位置図



Tr-28トレンチ水平掘削面南の法面スケッチ



Tr-28トレンチ水平掘削面南の岩盤上面等高線図

凡例	【第四系】	【新第三系】
標高 (m)	△ 盛土、耕作土	e 部層 (砂岩、凝灰岩)
19.50	▨ 表土・黒ボク	d 部層 (砂岩、礫岩、凝灰岩)
19.25	□ ローム層	蒲野沢層
19.00	■ 上部隠成層	泊層
18.75	■ 中部隠成層	上部層
18.50	■ 下部隠成層	凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩
	■ M _i 面段丘堆積物	凝灰岩
	■ 示標火山灰	
	■ 洞窟火山灰層	

— 逆断層センスの小断裂
— 正断層センスの小断裂

第四系中の巨礫の産状(まとめ)

【巨礫の産状】

- 巨礫は、海成段丘堆積物の基底に分布する。
- 巨礫の岩種は、泊層上部層の安山岩熔岩および安山岩礫と同一であり、多数の巨礫が分布する個所では、近傍の泊層上部層中には安山岩熔岩及び巨礫を含む凝灰角礫岩が存在する。
- 巨礫が多数分布する箇所は、岩盤上面が周囲に比較して低い部分に相当する。
- 巨礫に対して上位の砂層がアバットして堆積している。
- 巨礫を含む礫層は、円礫を主体とし、土石流堆積物の特徴は認められない。
- 巨礫と同層準に津波堆積物と考えられる連続性の良い砂層は認められない。

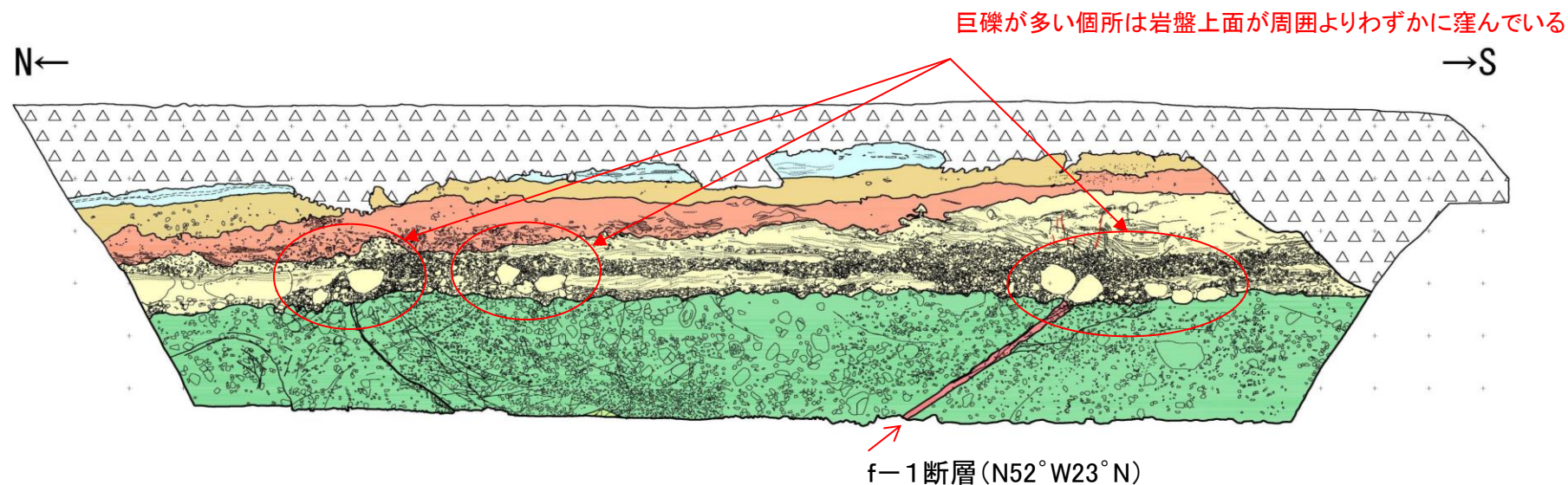


【巨礫の産状に関する考察】

- 巨礫は、海成段丘堆積物の砂層が堆積する前に集積・堆積したと考えられる。
- 巨礫は泊層上部層から由来し、泊層上部層の波浪浸食作用により、大きく移動することなく、岩盤上面が低い部分に集積・堆積したと考えられる。

【Tr-34トレンチ東面の巨礫の産状について】

海成段丘堆積物の基底に見られる安山岩巨礫は、岩盤上面が周囲に比較して低まっている個所に分布しており、近傍の泊層上部層の凝灰角礫岩中の安山岩巨礫に由来し、大きく移動することなく、f-1断層および小断層付近の岩盤上面が低い部分に集積・堆積したと考えられる。



Tr-34トレンチ東面スケッチ

参考文献

1. Sakamoto T.・ Suzuki S.・ Tatematsu H.・ Otsuka R. (1980):Iron-Sepiolite from the Seikan Tunnel, Japan. J. Japan. Assoc. Miner. Petr. Econ. Geol., 75, 164-171.
2. Imai, N., Otsuka, R. and Nakamura, T. (1967):An occurrence of well-crystallized sepiolite from the Akatani iron mine, Niigata Pref., Northeastern Japan. Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol., 57, 39-56.
3. 土質工学会(1994):土質基礎工学ライブラリー23 土の凍結—その理論と実際—
4. 長尾敬介・西戸裕嗣・板谷徹丸・緒方惟一 (1984):K-Ar法による年代測定. 岡山理科大学蒜山研究所研究報告, 9, 19-38.
5. 長尾敬介・板谷徹丸 (1988):K-Ar法による年代測定. 地質学論集, 29, 5-21.
6. 植田良夫・鈴木光郎(1973): 東北日本産海緑石とセラドナイトのK-Ar年代. 地質学論集, no. 8, p.151-159.
7. Itaya T., Nagao K., Inoue K., Honjou Y., Okada T. and Ogata A. (1991):Argon isotope analysis by a newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. Mineralogical J., 15, 203-221.
8. 日本粘土学会 (2009): 粘土ハンドブック第3版, 技報堂出版.
9. Odin G.S., A. Desprairies, P. D. Fullagar, H. Bellon, A. Decarreau, F. Frohlich and M. Zelveler (1988) : Nature and geological significance of celadonite. 334 -398 in: Green Marine Clays. (G.S. Odin, editor). Developments in Sedimentology Series, 45. Elsevier Publ., Amsterdam.
10. 関根亮太・井沢英二・渡辺公一郎・板谷徹丸(1995): 北部九州, 小鹿田—山国金鉱床地域の火山活動・熱水変質作用の時期, 資源地質, 45, 5, 295-302.
11. 濱崎聡志(1996): 熊本県天草地域の火成活動とセリサイト化熱水変質作用のK-Ar年代, 地質調査所月報, 47, 4, 201-207
12. 花室孝広・梅田浩司・高島勲・根岸義光(2008): 紀伊半島南部, 本宮および十津川地域の温泉周辺の熱水活動史, 岩石鉱物科学, 37, 27-38.
13. John Keeling, Horst Zwingmann, Peter Self, Mark Raven(2014): Timing and significance of celadonite alteration in graphitic schist on southern Eyre Peninsula, South Australia, Australian Clay Minerals Society Conference, 91-95.
14. 平 朝彦, 浜野洋三, 藤井敏嗣, 下田陽久, 末広 潔, 徳山英一, 住 明正, 上田 博, 竹内謙介, 佐野有司, 蒲生俊敬, 井澤英二(1996):岩波講座 地球惑星科学,地球の観測, 岩波書店
15. 吉村尚久 (2001):粘土鉱物と変質作用, 地学団体研究会