

流入粘土：色調，粒度分布，化学組成・鉱物組成，内部構造とその成因

山根 誠*・荒谷 忠**

Infiltration Clays (*Ryunyu-nendo*): Color, Grain Size Distribution, Chemical/Mineral Composition, Internal Structures and their Origins

Makoto YAMANE* and Tadashi ARAYA **

Abstract

Ryunyu-nendo (“infiltration clay(s)” in English) is a Japanese technical term defined as “unconsolidated to semi-consolidated, yellowish-brown fissure-filling clay(s) in open cracks derived from superficial weathered zone,” and is considered to be one of the indicators of landslides and loosening of rocky slopes. Their colors, grain size distributions, chemical compositions (ferric/ferrous ratios) and clay mineral compositions are clues to identifying clay-rich weak zone types (weathering, hydrothermal alteration, fault, landslide, infiltration clay). Some criteria have been proposed to distinguish infiltration clays: (i) mostly yellowish-brown color of high metric chroma ($C^* > 35$), (ii) composed of well-sorted slimy clays (although rock fragments and sands may be sparsely contaminated), (iii) high $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ($\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$) ratio and (iv) dominance of clay minerals formed through weathering process. In addition, thick-bedded infiltration clays may be characterized by multiplex internal structures: (v) concordant/discordant intrusion of clay dikes, (vi) fine foliations (horizontal to low-angled lamination and/or folds) and/or (vii) microfaults and cracks. These structures suggest intermittent deposition and early post-depositional deformations of infiltration clays, probably caused by subsequent intrusions of clays or displacements of host rocks.

Keywords: *Ryunyu-nendo*, Infiltration clay, Open crack

要 旨

流入粘土という用語は応用地質学分野の文献に頻出するが、その定義や認定基準は必ずしも明確ではない。流入粘土とは「地表付近の風化帯から運ばれ開口割れ目に挟在する未固結～半固結状の黄褐色粘土」を指し、地すべりや岩盤のゆるみの指標のひとつとみなされる。色調，粒度分布，化学組成（三価鉄/二価鉄比）および粘土鉱物組成は、岩盤の弱層を構成する粘土の種類（風化，熱水変質，断層破碎，地すべり，流入粘土）を識別する手がかりとされる。流入粘土は (1) たいてい黄褐色で彩度が高く ($C^* > 35$)，(2) 淘汰の良いぬるぬるした粘土（岩片や砂を少量含むことがある）からなり，(3) $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比 ($\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比) が高く，(4) 風化作用で形成される粘土鉱物を主体とすることから認定できるといわれている。厚い流入粘土にはその他に (5) 粘土脈の貫入，(6) 細かい面構造（葉理や褶曲面），(7) 小断層やクラックといった複合的な内部構造がみられるのが特徴的である。こうした構造は、流入粘土が間欠的に堆積し、その後粘土の流入や岩盤の変位により変形した履歴を示唆する。

キーワード：流入粘土，開口亀裂

*応用地質（株）技術本部 **応用地質（株）四国支社

*OYO Corporation Engineering Headquarters, **OYO Corporation Shikoku Regional Office

1. はじめに

流入粘土とは、岩盤中の開口した割れ目を充填する、未固結～半固結状の褐色粘土のことである。応用地質学分野ではよく使われる専門用語であるが、地質学分野で使われることは稀である。

本論では、主に国内の主要文献に基づいて、流入粘土の定義や認定基準、一般的な特徴などを述べる。さらに、流入粘土の内部構造の観察事例から、その成因について若干の考察を加える。一筋縄ではいかない流入粘土の記載・解釈の一助となれば幸いである。

2. 文献にみる流入粘土の諸相

2.1 流入粘土の定義

流入粘土という用語の嚆矢は緒方正虔（1965）で、断層破砕帯に存在する「外部から断層破砕帯に流れ込んだ」黄褐色粘土を、いわゆる断層粘土と区別するためにこの名称を提唱したとされる¹⁾。その後、断層破砕帯に限らず、地すべり、ゆるみ岩盤、石灰岩の溶食洞など、様々な地盤で流入粘土が報告されている（表1）。

フィールドネームに概念が後付けされたという性質上、流入粘土の定義は不明確であるが、三室²⁾や佐々木ほか¹⁰⁾の記述が比較的正確である。三室は、岩盤の不連続面の挟在物の一種として流入粘土を位置付け、「緩んだ岩盤中の不連続面の間隙に地表から地下水と一緒に粘土分が流入し、堆積した粘土」の意味で用いられることが多いが、実際にはそれだけではなく「比較的近くに存在する熱水変質粘土、断層粘土や風化生成粘土が岩盤中の地下水移動に伴って移動して堆積する場合がある」ことを指摘している。佐々木ほか¹⁰⁾は、全国のダムにおけるゆるみ岩盤の認定の実態を分析し、ゆるみの評価指標のひとつに流入粘土を挙げ、「指先で粒子を感じないほど細粒で含水比の高い黄褐色の粘土で、表土層などの他の場所(中略)から地下水により運搬され、亀裂の空隙中に流入し

た未固結の細粒物質」としている。

流入粘土の定義は多分に成因的・解釈的であり、上記以上に実用的な認定基準は明示されていない。以下に述べるような、流入粘土の一般的な特徴を備えるか否かを

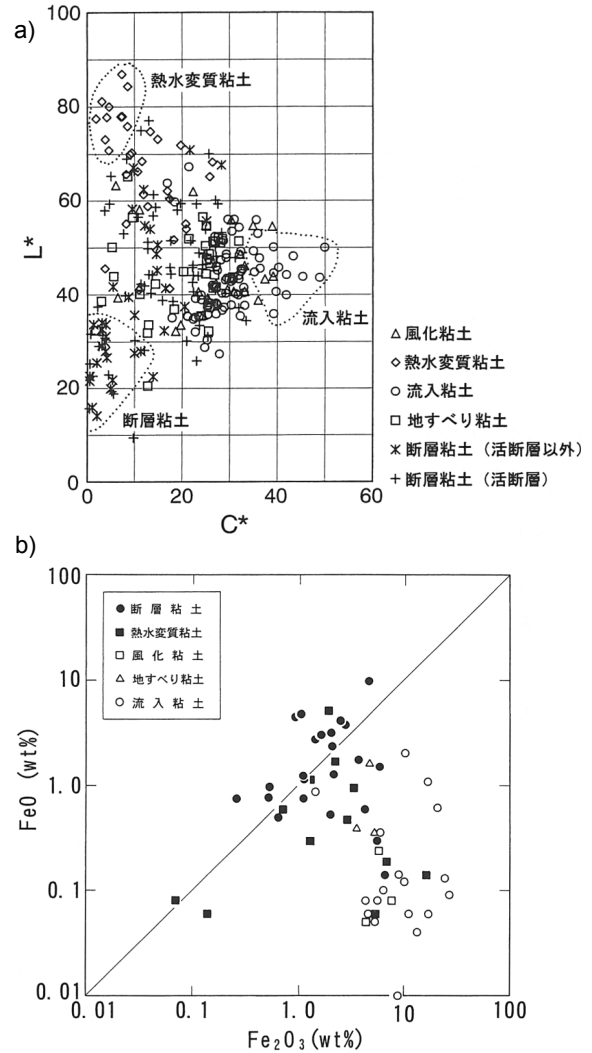


図1 弱層を構成する粘土の色調と酸化鉄の組成⁸⁾
 (a) 彩度(C*)と明度(L*)の関係, (b) Fe₂O₃とFeOの関係

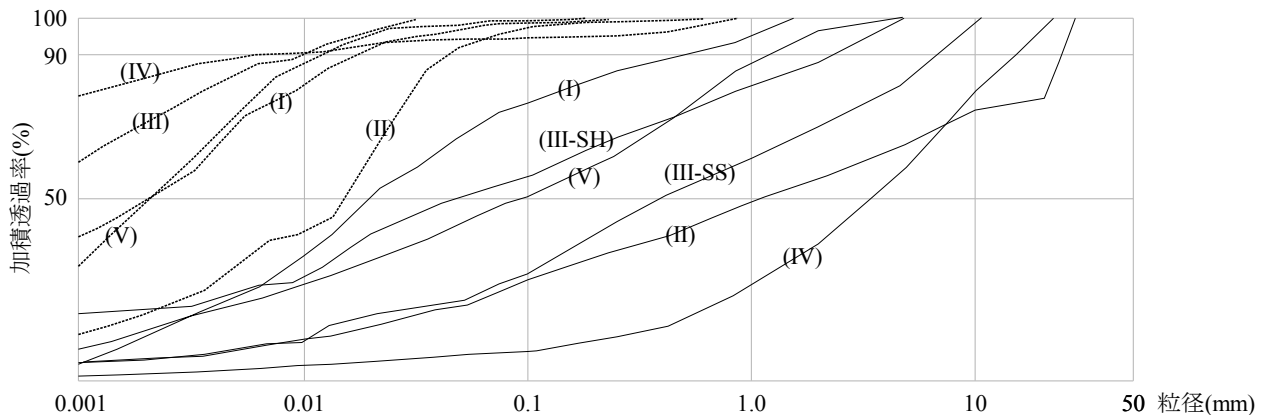


図2 流入粘土(破線)と断層粘土(実線)の粒径加積曲線¹⁾

I: 蛇紋岩, II: 石灰岩, III: 中生界砂岩(SS)・頁岩(SH), IV: 石英閃緑岩, V: 花崗岩中の粘土の粒度分析結果

表1 既往文献にみる流入粘土の定義・認定基準・特徴などの記載

文献	定義・認定基準・特徴	対象・分野
角田隆彦ほか(1979) ¹⁾	断層破砕帯内物質を構成する粘土や角礫は、種々の粒径や色調を呈しているが、これらのなかに、指先で粒子を感じないほど細粒で、含水比の高い黄褐色粘土がしばしば認められる。緒方(1965)は安山岩地域で、この粘土は外部から断層破砕帯内に流れ込んだものと考え、いわゆる断層粘土と区別して流入粘土と呼んだ。	断層破砕帯(電力地質)
三室俊昭(1995) ²⁾	「緩んだ岩盤中の不連続面の間隙に地表から地下水と一緒に粘土分が流入し、堆積した粘土」の意味で用いられることが多いが、実際の不連続面に存在する粘土には、地表から流入したものだけではなく比較的近くに存在する熱水変質粘土、断層粘土や風化生成粘土が岩盤中の地下水移動に伴って移動して堆積する場合がある。このような粘土は、非常に“ぬるぬる”した感触を持ち、ほとんど粘土分のみで構成されているのが普通である。この用語は地質学用語ではないが、岩盤の浅い部分では不連続面の間隙に粘土を主体とした挟在物が比較的頻繁に見られ、現場ではこれを流入粘土と呼ぶことが多い。	不連続性岩盤(岩盤工学)
森 一司ほか(1997) ³⁾	石灰岩の亀裂や空隙中には、褐色～赤褐色の未固結粘土が付着・充填していることが多く(略)X線解析による鉱物組成の類似性から、この粘土は石灰岩の上部に堆積している大野越粘土層に由来すると推定された。	琉球石灰岩(農業土木・地下ダム)
脇坂安彦ほか(1997) ⁴⁾	いわゆる「流入粘土」とは、土木地質の分野で用いられている通称で、節理などの間隙中を充填する黄褐色～赤褐色の非常に細粒な粘土のことである。	一般
Wakizaka et al.(1998) ⁵⁾	Fissure-fillings (so-called "ryunyu-nendo" in Japan, "ryunyu" and "nendo" are "injection" and "clay" in Japanese, respectively)	一般
田中菜摘ほか(2000) ⁶⁾	野島断層1800m掘削コアを観察し、地表付近から孔底まで多数の酸化割れ目と粘土脈を確認した。X線粉末回折分析の結果、(略)粘土脈は母岩と明らかに組成が異なり、外部から流入してきた炭酸塩鉱物や粘土鉱物を含んだ地下水からの沈殿物と判明した。	野島断層の断層破砕帯
今泉眞之ほか(2002) ⁷⁾	琉球石灰岩を掘削したボーリング柱状図の記載には、「流入粘土」という言葉がしばしば現れる。これは、ボーリングコア中に含まれる軟弱な褐～暗褐色粘土である。X線分析の結果によれば、主要認定鉱物は石英、カルサイト、パーミキュライト、イライトなどからなり、島尻マーゼなどからの流入物と考えられる。	琉球石灰岩(農業土木・地下ダム)
脇坂安彦ほか(2002) ⁸⁾	流入粘土とは1965年に緒方によって命名されたもので、成因は不詳である。亀裂中を充填するように存在する。亀裂面には風化、熱水変質が認められないことがほとんどである。粘土を挟んだ亀裂面は元は一体の岩盤であったことが示唆される場合が多い。	一般
日本応用地質学会(2004) ⁹⁾	流入粘土[infiltration clay]地表浸透水や地下水によって開口節理・断層などに運ばれ沈積した粒径のそろった粘土。岩盤の緩みの判定などに役立つ。	一般
佐々木靖人ほか(2005) ¹⁰⁾	流入粘土とは指先で粒子を感じないほど細粒で含水比の高い黄褐色の粘土で、表土層などの他の場所(鉄酸化バクテリアの影響があるとみられる)から地下水により運搬され、亀裂の空隙中に流入した未固結の細粒物質である。流入粘土の存在はかつて亀裂が開口していたことの証でもある。 流入粘土:地下水などにより運搬された粘土が岩盤中の開口した割れ目等の間隙に沈積・充填したもの。多くは、褐色～黄褐色で非常に細粒の粒子からなる。	ゆるみ岩盤(ダム地質)
中村康夫(2008, p.70-71) ¹¹⁾	開口節理の中には(略)黄褐色でクリーム状を呈し、指先でこすりつぶしても粒子を感じないほどの細粒粘土で充填されているものも多い。逆にこのような粘土が存在することによって、開口節理が強調されて発見しやすくなる。この粘土は周壁の岩盤に存在しない鉱物種や、湖沼に生息する珪藻等の微化石を含むことがあるため、地下水によって他の場所から運ばれて開口節理内に堆積したものと考えられ、流入粘土と呼ばれている。流入粘土は岩盤の強度・変形・透水特性と密接な関係を有し、岩盤の緩みを示す有力な指標として重要である。	開口節理(ダム地質)
ノンテクトニック断層研究会編(2015, p.27) ¹²⁾	移動体を構成する岩盤は既存の割れ目や弱面に沿って開口していることが多く、さらに開口割れ目はしばしば流入粘土によって充填されていることから、割れ目の開口や流入粘土の存在も地すべり性ノンテクトニック断層であることの判断材料となる。	地すべり性のノンテクトニック断層

表2 弱層を構成する粘土の鉱物組成⁸⁾

粘土化作用	風化				風化・熱水変質・続成				風・熱		続・熱		熱水変質			
	Hy	Gb	Ge	Lp	Sm	Mx	Il/S	S/C	Il-Sr	Ka	Ch	Lm	Py	Gy	Tl	Cl
風化粘土	○				△				○		△					
熱水変質粘土					◎		◎	△	△	△	△			○		○
流入粘土	○	△	△	△	◎	○	○	○	○		△					
地すべり粘土					◎	○	○									
断層粘土					◎	○	○		○			△	△			△

◎:含まれていることが多い, ○:含まれていることがある, △:含まれていることがまれである, 空欄は含まれていないことを示す。Hy:ハロイサイト, Gb:ギブサイト, Ge:針鉄鉱, Lp:レピドクロサイト, Sm:スメクタイト, Mx:混合層鉱物, Il/S:イライト/スメクタイト混合物, S/C:スメクタイト/緑泥石混合層, Il-Sr:イライト-セリサイト, Ka:カオリナイト, Ch:緑泥石, Lm:濁沸石, Py:パイロフィライト, Gy:石膏, Tl:滑石, Cl:方解石

よりどころとして、個々のケースで判断するよりほかに手段がないのが実態と思われる。

2.2 流入粘土の色調

流入粘土の色調は、一般に「黄褐色」^{1,10,11)}、「黄褐色～赤褐色」⁴⁾、「黄灰色」¹⁴⁾などと表現されることが多いが、石灰岩中のものは「褐～暗褐色」^{3,7)}など、母岩の岩種にも依存する。角田ほか¹⁾は、調査横坑の節理面から採取した新鮮な流入粘土5試料を観察し、黄褐色(10YR 6/4, 5/4, 6/6)のほかにも橙色(7.5YR 6/8)、緑褐色(2.5Y 4/4)と記載している。褐色～黄色の色調は、粘土に褐鉄鉱が混入することを示唆する^{15,16)}。

脇坂ほか⁸⁾は、岩盤中の粘土を挟在する弱層として①風化帯、②熱水変質帯、③断層、④地すべりのすべり面および⑤流入粘土を挙げ、全国76箇所のダムで採取したそれらの粘土の色彩(L*a*b*色空間)を測定した。その結果、湿潤状態の彩度C*と明度L*の関係から、熱水変質粘土、断層粘土、流入粘土の一部が識別でき、C*が35以上のものは流入粘土であると述べている(図1a)。粘土が風化作用を受けることにより酸化鉄(III)Fe₂O₃が増え、これに伴い彩度が増加すると解釈している。また、粘土鉱物の種類と色彩の間に相関は認められない。

2.3 流入粘土の粒度組成

流入粘土は、「指先きで粒子を感じないほど細粒」¹⁾で、「非常に“ぬるぬる”した感触を持ち、ほとんど粘土分のみで構成されているのが普通」²⁾とされる。

角田ほか¹⁾は、調査横坑(5地点)で採取した断層粘土と流入粘土の粒度組成を比較している。流入粘土は50%粒径が2μm以下、90%粒径が20μm以下で、断層粘土に比べて細粒で淘汰が良い傾向がある(図2)。原田ほか¹³⁾は各種粘土の粒度分布を調べ、流入粘土の粒径が断層粘土に比べて小さく、粒径22μm以下の細粒物の構成比が高いと述べている。

2.4 流入粘土の鉱物・化学組成

角田ほか¹⁾は、X線回折により断層粘土と流入粘土の鉱物組成を比較し、流入粘土にはパーミキュライトやギブサイトなど、いわゆる断層粘土に含まれない異質の鉱物を含むと述べ、「流入粘土が断層破砕帯以外のところから運ばれ堆積したことを示している」と結論付けた。

脇坂ほか⁸⁾は、5種類の弱層(2.2参照)の粘土の鉄イオンの価数、粘土鉱物組成、石英の結晶度指数などの特性を分析し、特に次の鉱物・化学組成が流入粘土を識別する指標となりうると述べている。

- (1) 鉄の価数：2価の酸化鉄(II) FeO (Fe²⁺) と 3価の酸化鉄(III) Fe₂O₃ (Fe³⁺) の量比から、流入粘土と断層粘土の一部が識別できる。Fe₂O₃がFeOよりも著しく高いものは流入粘土である(図1b)。これは、流入粘土が強度の風化作用を受けているためと考えられるが、鉄酸化細菌の関与も示唆される。
- (2) 粘土鉱物組成：流入粘土には風化作用で生成される

粘土鉱物が含まれているのが特徴である(表2)。特に、ハロイサイト、ギブサイト、針鉄鉱などの特徴的な風化生成物が含まれる。

ただし、流入粘土の鉱物組成・化学組成を分析してその起源を論じた事例^{1,3,6,7,8)}は少なく、ポーリングコアや横坑の肉眼観察のみで認定する例が圧倒的に多い。

2.5 流入粘土の形成と透水性—実験的研究

流入粘土の堆積過程を直接観察する機会はずまいが、実験的研究で類似物を形成した事例は存在する。

伊藤ほか¹⁷⁾は、低濃度の粘土懸濁液を岩盤割れ目系に長時間浸透させ、割れ目を目詰まりさせる「粘土懸濁液グラウト」の実験を行った。粒度調整した火山灰土(最大粒径10μm、平均粒径2μmの武蔵野ローム)の懸濁液を、人工的に割れ目を発生させた稲田花崗岩の供試体に111日間浸透させた。鉛直浸透、水平浸透の2ケースでグラウト試験を行った結果、いずれも数十日で割れ目が粘土層で閉塞されて漏水量が低減した。流入粘土による開口割れ目の充填は、グラウチングのアナログとみなすことも可能である。

2.6 流入粘土の文献数の変遷

インターネットの主要文献検索サイト(J-Stage, CiNii全文検索, Google Scholar)で「流入粘土」の文献を検索した結果、重複分を除き73点が該当した(2017年2月20日時点の論文・講演要旨数、報告書を除く)。当初は土壌学や電力地質分野に限られるが、80年代後半から岩盤工学やダム地質分野でも用いられるようになり、90年代後半から用例が急増する(図3)。土木研究所の研究・指導やダム・地すべりなどの事例を通じて、この頃から応用地質学分野全体に用語が定着したと思われる。

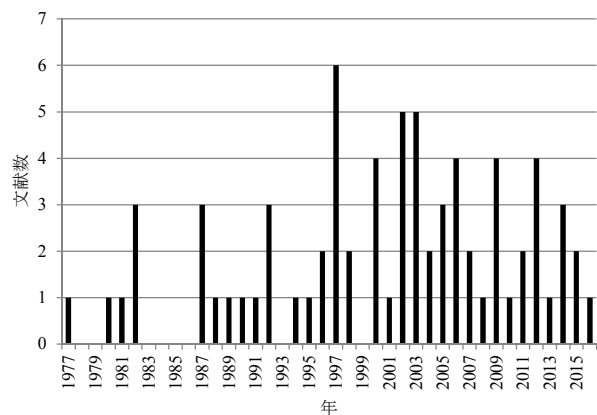


図3 流入粘土の文献数の変遷

3. 流入粘土の内部構造：美濃-丹波帯の事例

幅1cm以下の狭い割れ目の流入粘土は肉眼的には塊状にみえることが多いが、厚い流入粘土を新鮮な断面で観察すると、内部構造がみえることがある。文献の記載例は非常に少ないが、流入粘土の内部構造には一般に次

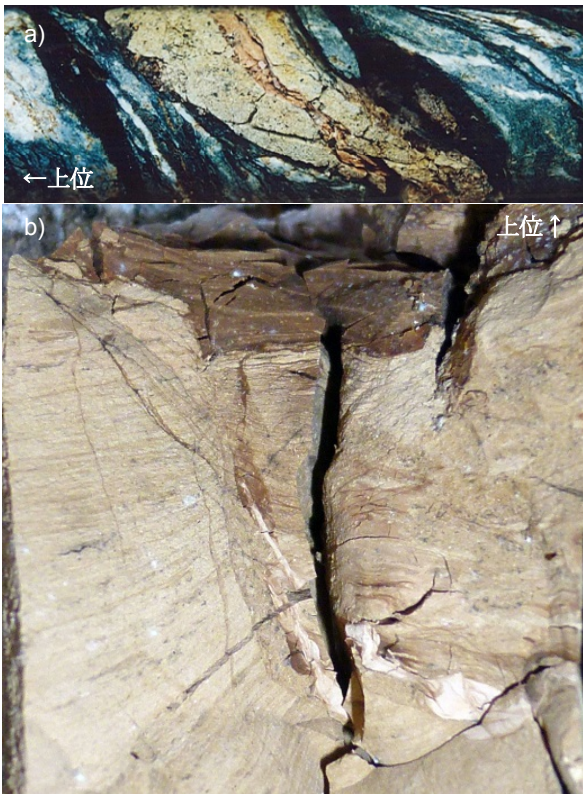


図4 複合した流入粘土。(a)淡黄褐色の流入粘土を割るように、褐色の細い脈状の流入粘土を挟む。(b)水平な成層構造と高角度の淡色の貫入部がみられる。ボーリングコアの幅はいずれも5cm

のような傾向があるように思われる。

- (1) 割れ目が開口し流入粘土を割って流入粘土が貫入したような、複合的な流入粘土がみられることがある(図4a, b)。
- (2) 開口幅の広い割れ目を充填する流入粘土には、水平～低角傾斜または壁面に準平行な成層構造がみえることがある(図4b)。母岩由来の岩片や砂がこの構造に沿うように薄く挟まれることがある。ここでは、美濃-丹波帯砂岩中の流入粘土の樹脂固定サ

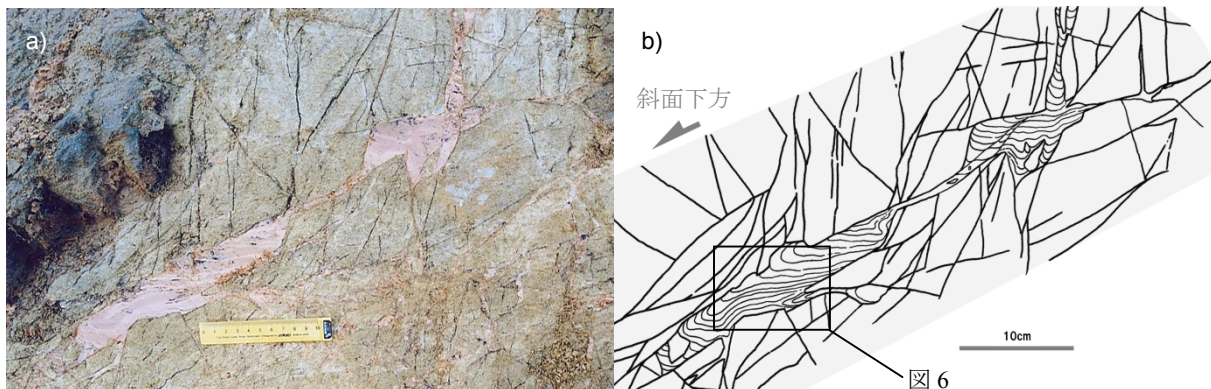


図5 流入粘土の露頭状況。(a) 露頭写真, (b) 露頭のスケッチ

ンプルと薄片を観察し、その内部構造を記載する。

3.1 試料採取

流入粘土の内部構造の観察には、露頭(図5)から採取した流入粘土にアクリル樹脂を浸透させて固化し、鉛直面で切断した表面を研磨して作成した研磨片(図6)および岩石薄片(図7)を用いた。研磨面はフラットベッドスキャナ(Epson GT-X970)で解像度4800dpiの画像にとりこみ、岩石薄片は岩石実顕微鏡(Nikon SMZ-1500)で写真撮影を行って構造を観察した。

流入粘土は、強風化しゆるんだ砂岩に発達する高角度と低角度の節理に囲まれた開口部にみられ(図5)、半固結状の粘土～シルトを主体とする。採取した流入粘土は乾燥によって割れ目を生じた。割れ目の位置は小断層や葉理に沿って剥離している(図6)。

3.2 内部構造

粘土は全般に細粒であるが、壁岩に近い部分は粘土に砂や砂岩岩片を含み(図6)、級化することがある。粘土の色調は淡褐～黄褐～橙色であるが、壁岩との境界部、割れ目や粗粒部に沿って部分的に黒斑色に変色する(図6)。これは、壁岩の割れ目に沿った黒色部と同じもので、鉄の水酸化物による2次的汚染であると思われる。

流入粘土全体に“葉理”とみられる層状構造や褶曲が発達する(図5および図6)。葉理は厚さ1mm以下のものが多く、全体としてはおおむね水平ないし低角傾斜で、割れ目の下方(図5の右上から左下の方向)に向かい凸型に押し出すような断面形状を示す。水平な支脈との合流部は、支脈側から粘土が押し出されたような横臥褶曲状の変形構造がみられる(図6右下部分および図7a,b)。

この流入粘土には、①左下がりの主断層、②それに平行な(シンセティックな)小断層、および③それらに逆傾斜で高角で交わる(アンチセティックな)2方向の小断層・網状クラックが発達する(図6)。①は断層面に沿って厚さ数mmの擾乱帯を伴う正断層であり、みかけの変位量が1cm以上と大きい。②および③はいわゆる面なし断層¹⁸⁾状で、葉理が小断層でせん断されて正断層セン

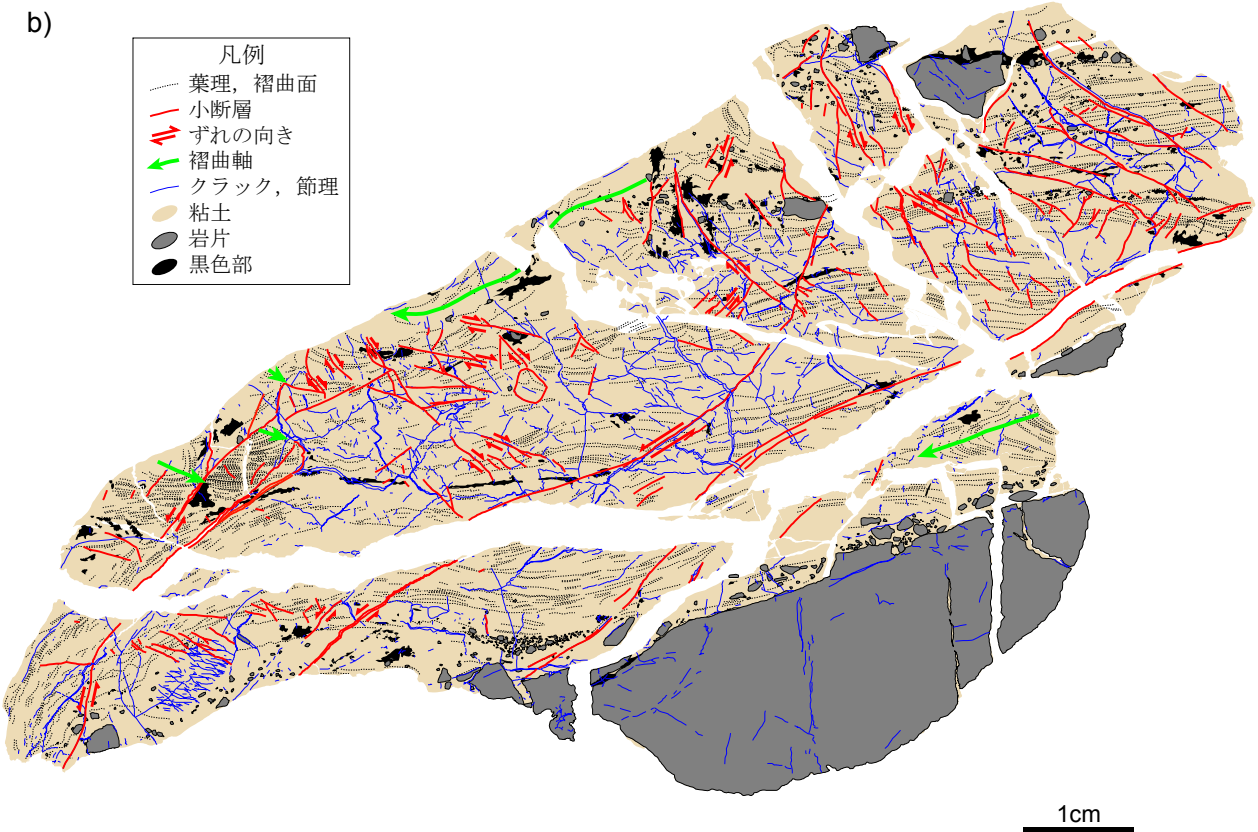
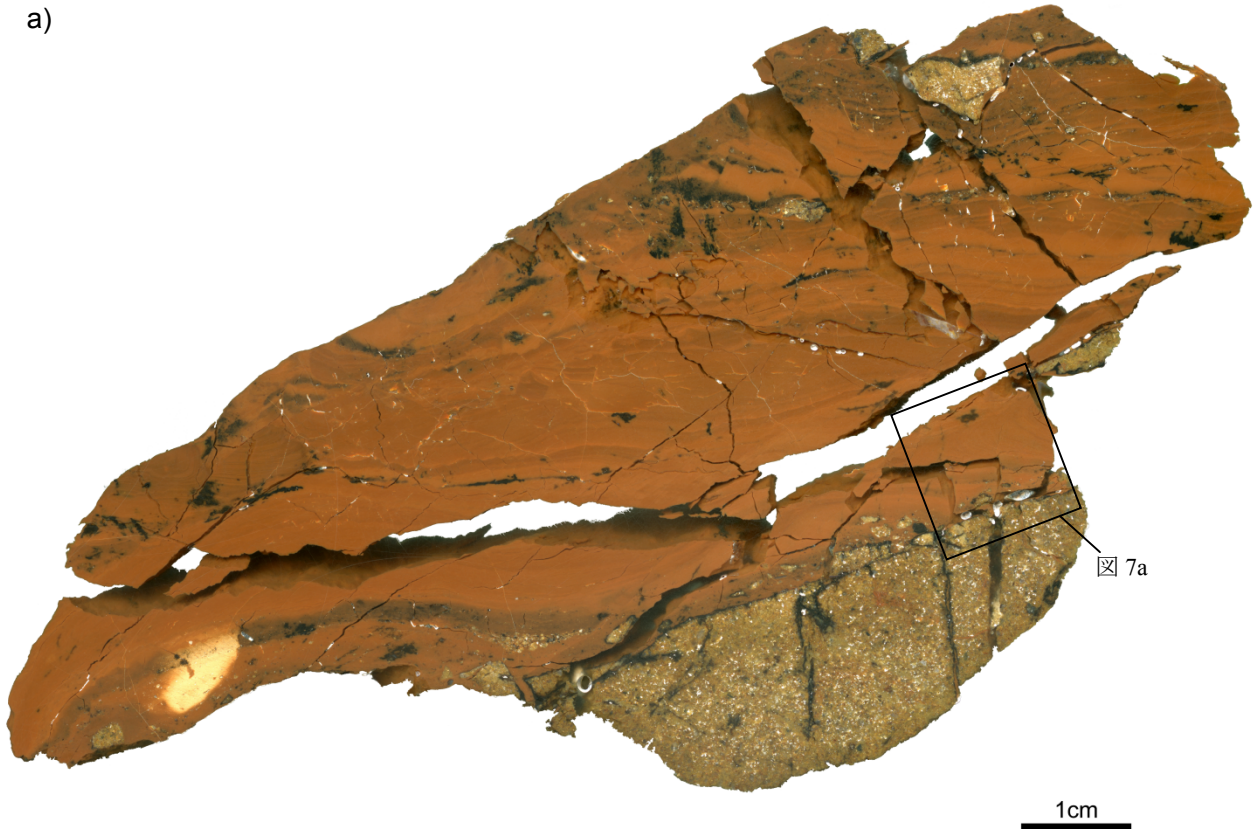


図6 流入粘土の研磨片
(a) 研磨面のスキャン画像, (b) 流入粘土の内部構造

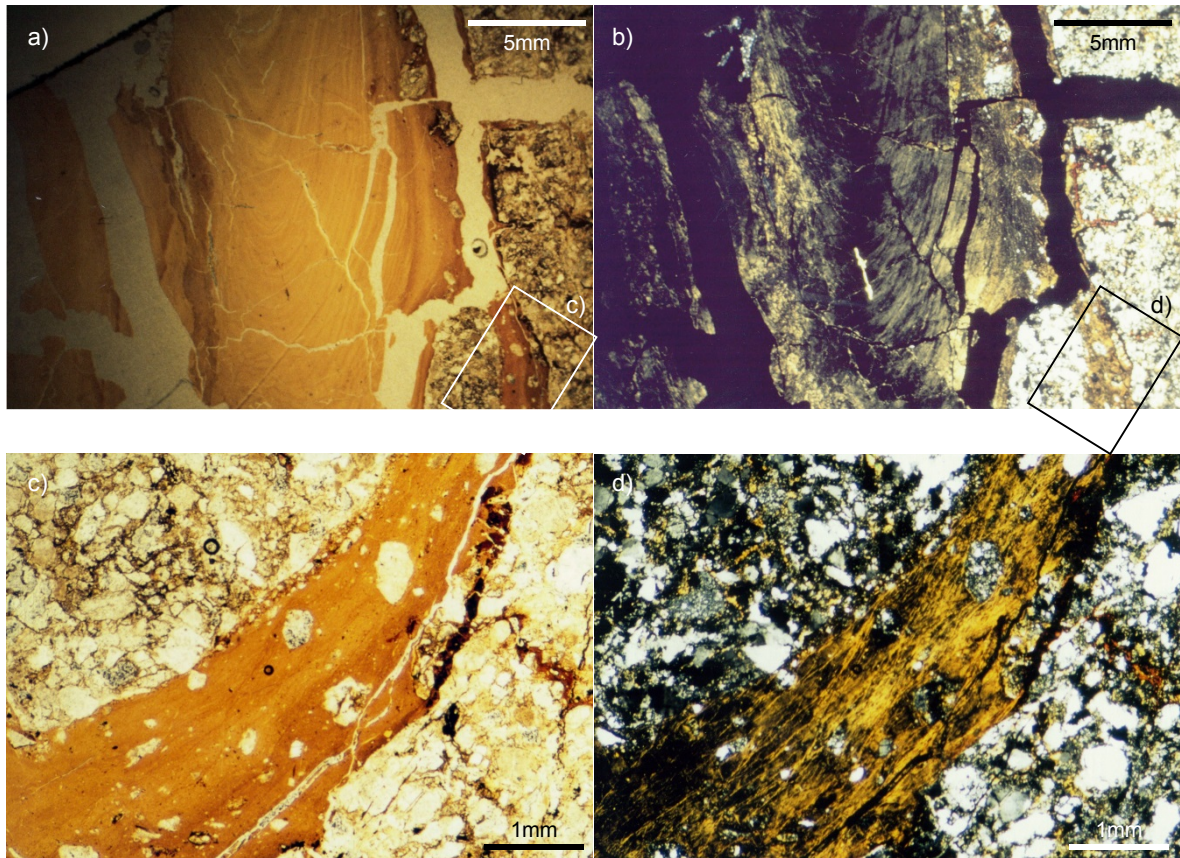


図7 流入粘土の薄片. (a, c) はオープンニコル, (b, d) はクロスニコルで撮影

スで変位したり、不規則なブロック状に分離・変形したりする。特に、開口割れ目の壁に近い部分の変形が強い傾向がある。この事例では、流入粘土の内部構造は非常に複雑で、初生堆積構造とその後の変形構造が複合していることがわかる。

流入粘土をクロスニコルで観察すると、粘土鉱物が葉理もしくは褶曲面に平行に配列した葉片状組織が顕著である(図7b, d)。葉片状の粘土は地表近くから地下水に乗って流入したものではなく、自生的と思われる。

3.3 考察

流入粘土の内部にみられる細密な平行葉理は、粘土の堆積が間欠的であったことを示唆する。葉理の形成後、粘土は割れ目の奥に向かって(おそらく水圧で)押し込まれる過程で変形して褶曲や小断層が形成され、粘土鉱物の配列により葉片状組織が発達する。

ここに示した事例では、シンセティック正断層系と、これと逆方向に傾斜したアンチセティック正断層系・網状クラックがよく発達する。これらが断層・地すべりの変位に伴い形成されたものか、流入粘土が地表側から押し込まれて形成されたものかは判断としない。流入粘土は肉眼観察では一見すると無構造に見えるが、微細な変形構造が発達し、薄片を鏡下観察すると、まるで付加体の混在岩に発達する変形組織を見ているような印象を受ける。

4. まとめ

4.1 流入粘土の定義と成因

流入粘土とは、応用地質学分野で、岩盤の開口割れ目を充填する未固結～半固結状の黄褐色粘土を指す。流入粘土は、地表付近で風化等により形成された粘土が地下水流動に伴い、開口割れ目に移動・堆積したものとされる。粘土が、粘土化作用を受けた場所に残留したものを一次粘土¹⁶⁾もしくは残留粘土¹⁹⁾といい、それが流水により他所に運ばれて沈殿または沈積した層状の粘土を二次粘土¹⁶⁾もしくは堆積性粘土¹⁹⁾というが、この定義によれば、流入粘土は二次粘土もしくは堆積性粘土の一種ということになる。

しかし、実際は成因の異なる粘土(熱水変質粘土、断層粘土、地すべり粘土)や母岩の岩片を取り込むことがしばしばあり、自生粘土鉱物も含まれるので、粘土の起源を限定しすぎる定義には問題がある。換言すれば、流入粘土は、地表付近から「流入」した粘土ばかりとは限らず、誤解を招きやすい用語である。

4.2 流入粘土の一般的な特徴

既往文献の記載や筆者らの観察によれば、流入粘土の一般的な特徴は次のようにまとめられる。

産状：流入粘土は、地すべりの移動体やすべり面周辺の破砕部、岩盤のゆるみ領域、断層破砕帯などの岩盤の

割れ目に挟まれる。母岩の岩種は問わない。

色調：湿潤状態で淡褐色～黄褐色～赤黄色を呈し、黄褐色と表現されることが多い。この色は、特定の粘土鉱物の自色ではなく、粘土に混入する酸化鉄 (Fe^{3+}) に由来すると考えられる。

粒度：粒状感を感じない程度の細粒な粘土を主体とし、砂や岩片を少量含むことがある。

鉱物・化学組成：風化起源の粘土鉱物（ハロイサイト、ギブサイト、針鉄鉱など）を主体とするが、熱水変質粘土が混在する可能性がある。 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比 ($\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比) が著しく高い。

内部構造：流入粘土は無構造にみえることが多いが、流入粘土を割るように粘土脈が貫入した複合的な構造を持つことがある。厚い流入粘土は葉理、褶曲、級化構造、小断層などの内部構造がみえることがある。流入粘土の内部葉理は水平～低角傾斜または壁面に準平行である。面構造に平行に粘土鉱物が配列した葉片状組織が発達する。

4.3 流入粘土の内部構造と形成過程

流入粘土は、風化帯で形成された粘土鉱物が地下水や地表水とともに、地下の空洞に「流入」したものとされる。流入粘土の内部には、水平成層する細かな縞状の構造（葉理）があり、これは粘土を溶かした懸濁水が間欠的に供給されて形成されたものと考えられる。この葉理の形成後、粘土が割れ目の奥に向かって押し込まれるか、地すべりや断層が変位する過程で変形し、褶曲や小断層が形成される。顕微鏡で観察すると、葉理や褶曲面に平行に平板状の粘土鉱物が配列した葉片状組織がみられる。

流入粘土が堆積する場合は、岩盤中の開口割れ目という狭い領域であるが、流入粘土も一種の泥岩であり、その性状や内部構造は他の堆積岩と共通点がみられる。

謝辞：脇坂安彦博士（一般財団法人ダム技術センター）には、参考文献をご教示いただき、論文の引用を快諾いただいた。ご厚情に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 角田隆彦, 宮腰勝義, 緒方正彦. 断層破碎帯内に存在する流入粘土について. 日本応用地質学会シンポジウム予稿集, 1979, p. 56-59.
- 2) 三室俊昭. 1.2 不連続面の地質学的分類. 社団法人地盤工学会岩の力学委員会編, 不連続性岩盤と構造物に関する研究報告書, 社団法人地盤工学会, 1995, p. 7-27.
- 3) 森 一司, 浅野将人, 清水 修, 白川俊明. 宮古島砂川地下ダムの帯水層区分. 土と基礎, 1997, vol. 45,

- no. 4, p. 21-24.
- 4) 脇坂安彦, 小原雅人, 高橋 努, 原田政寿. 流入粘土とは何か. 日本地質学会学術大会講演要旨, 1997, p. 294.
- 5) Wakizaka, Y.; Ohara, M.; Takahashi, T.; Furuichi, H.; Harada, M.; Tanaka, M. Mineralogical and chemical properties of clays for discrimination of weak zone type. Proceedings 8th International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment (21-25 September 1998, Vancouver, Canada). A. A. Balkema, 1998, p. 359-367.
- 6) 田中菜摘, 林 愛明, 宇田進一, 福地龍郎. 野島断層 1800m 掘削コアの酸化割れ目および流入粘土脈の成因. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 2000, Sh-005.
- 7) 今泉眞之, 奥島修二, 塩野隆弘. 琉球石灰岩洞くつの空間分布特性—米須地下ダム流域を例として. 農業土木学会論文集, 2002, vol. 2002, no. 217, p. 89-100.
- 8) 脇坂安彦, 小原雅人, 原田政寿. 岩盤中の弱層を構成する粘土の鉱物化学的性質. 土木技術資料, 2002, vol. 44, no. 3, p. 34-39.
- 9) 日本応用地質学会編. 応用地質用語集(CD-ROM) Ver.1.0. 日本応用地質学会, 2004.
- 10) 佐々木靖人, 片山弘憲, 倉橋稔幸. ダムにおけるゆるみ岩盤の実態と分類試案. ダム技術, 2005, no. 228, p. 9-21.
- 11) 中村康夫. 地質現象とダム. 財団法人ダム技術センター, 2008, 454 p.
- 12) ノンテクトニック断層研究会. ノンテクトニック断層—識別方法と事例—. 近未来社, 2015, 248 p.
- 13) 原田政寿, 高橋努, 脇坂安彦. 各種粘土を識別する鉱物学的性質. 日本応用地質学会研究発表会講演論文集, 1997, p. 21-24.
- 14) 上野将司. 四国における和泉層群の地すべりの特徴. 応用地質, 2000, vol. 41, no. 5, p. 267-278.
- 15) 須藤俊男. 粘土鉱物学. 岩波書店, 1974, 498 p.
- 16) 須藤俊男. 粘土鉱物 増補版. 岩波書店, 1966, 299 p.
- 17) 伊藤 洋, 坂口雄彦, 西山勝栄, 藤原 愛. 岩盤割れ目系における粘土懸濁液グラウトの充填性及び止水性に関する実験的研究. 土木学会論文集, 1996, no. 547, p. 231-242.
- 18) 井尻正二, 藤田至則, 陶山国男. 面なし断層 (Planeless Fault). 地球科学, 1955, vol. 24, p. 12-19.
- 19) 白水晴雄. 粘土鉱物学 (新装版) —粘土科学の基礎—. 朝倉書店, 2010, 185 p.