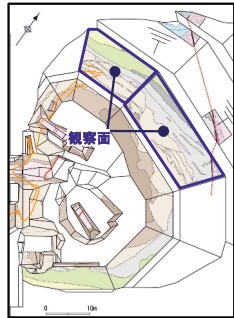
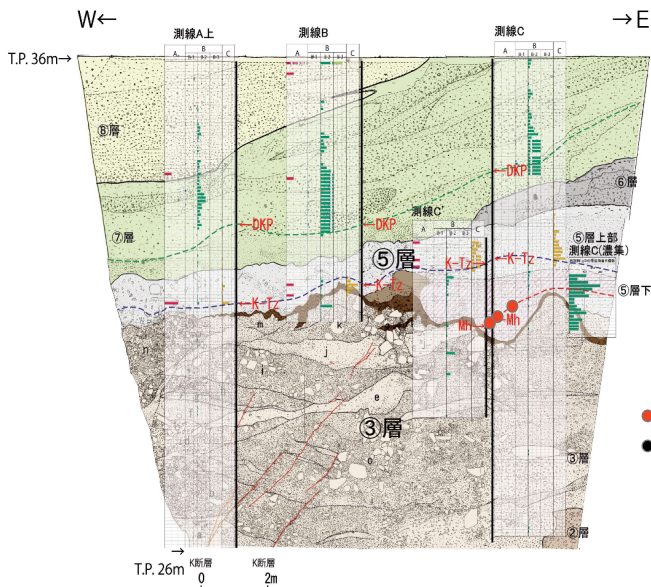


## 2.1.2 地層の堆積年代 テフラ分析結果 (D-1トレンチ ⑤層の粒度分析結果)

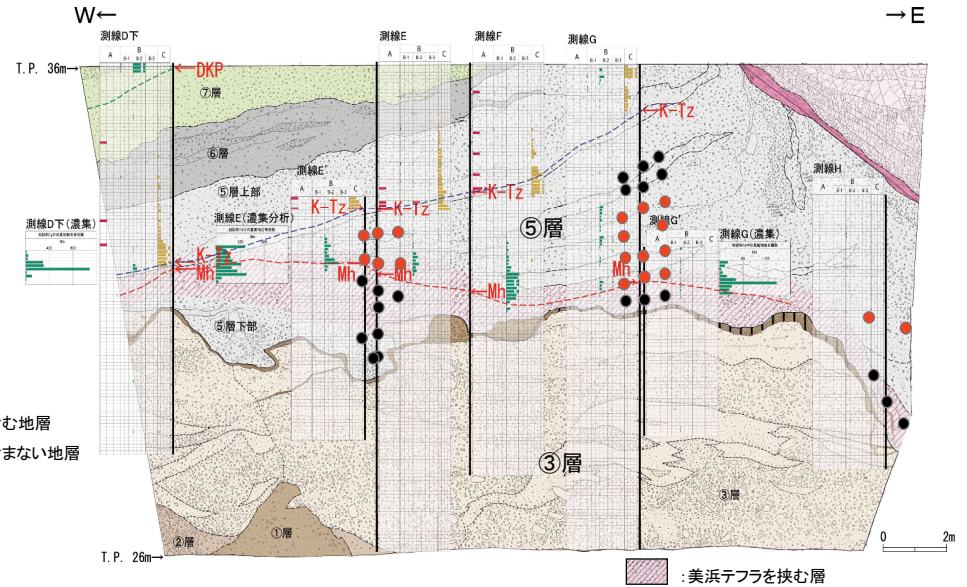
- 全てのテフラ分析測線において、**⑤層最下部の地層にはテフラ起源の鉱物が一切認められない。**一方、**⑤層最下部の地層の粒度は、美浜テフラが認められる地層の粒度と同程度**である。
- いずれの地層もテフラ分析粒径範囲に相当する粒径のもので構成されていることから、**テフラ起源の鉱物だけが地下水等により流出することはないと判断した。**
- **⑤層最下部の地層にテフラ起源の鉱物が認められないのは、降灰したテフラ起源の鉱物が流出したのではなく、テフラの降灰自体がなかったと判断した。**
- **⑤層最下部の地層は、美浜テフラ降灰以前に堆積した地層であると判断した。**



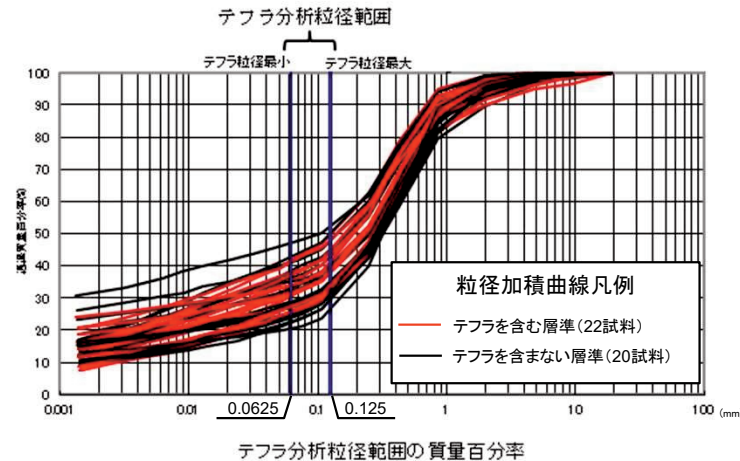
調査位置図



粒度分析用試料採取位置図 (D-1トレンチ北西法面)



粒度分析用試料採取位置図 (D-1トレンチ北法面)



## 2.1.2 地層の堆積年代 花粉分析結果 (②層)

• ②層は、花粉分析結果によれば、針葉樹のスギ属、マツ属が多く、次いでツガ属、モミ属等が検出される。他に広葉樹のコナラ属コナラ亜属を含む。スギ属をはじめとする温帯針葉樹が多産することから、②層堆積時は比較的温暖な気候であったと考えられる。

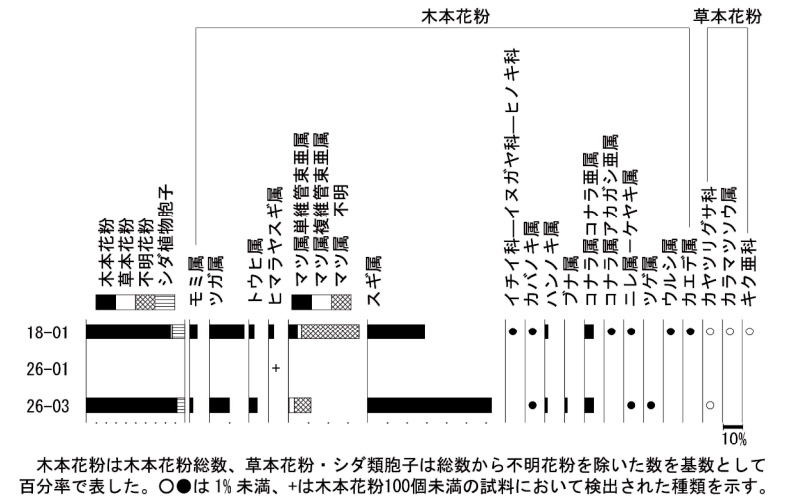
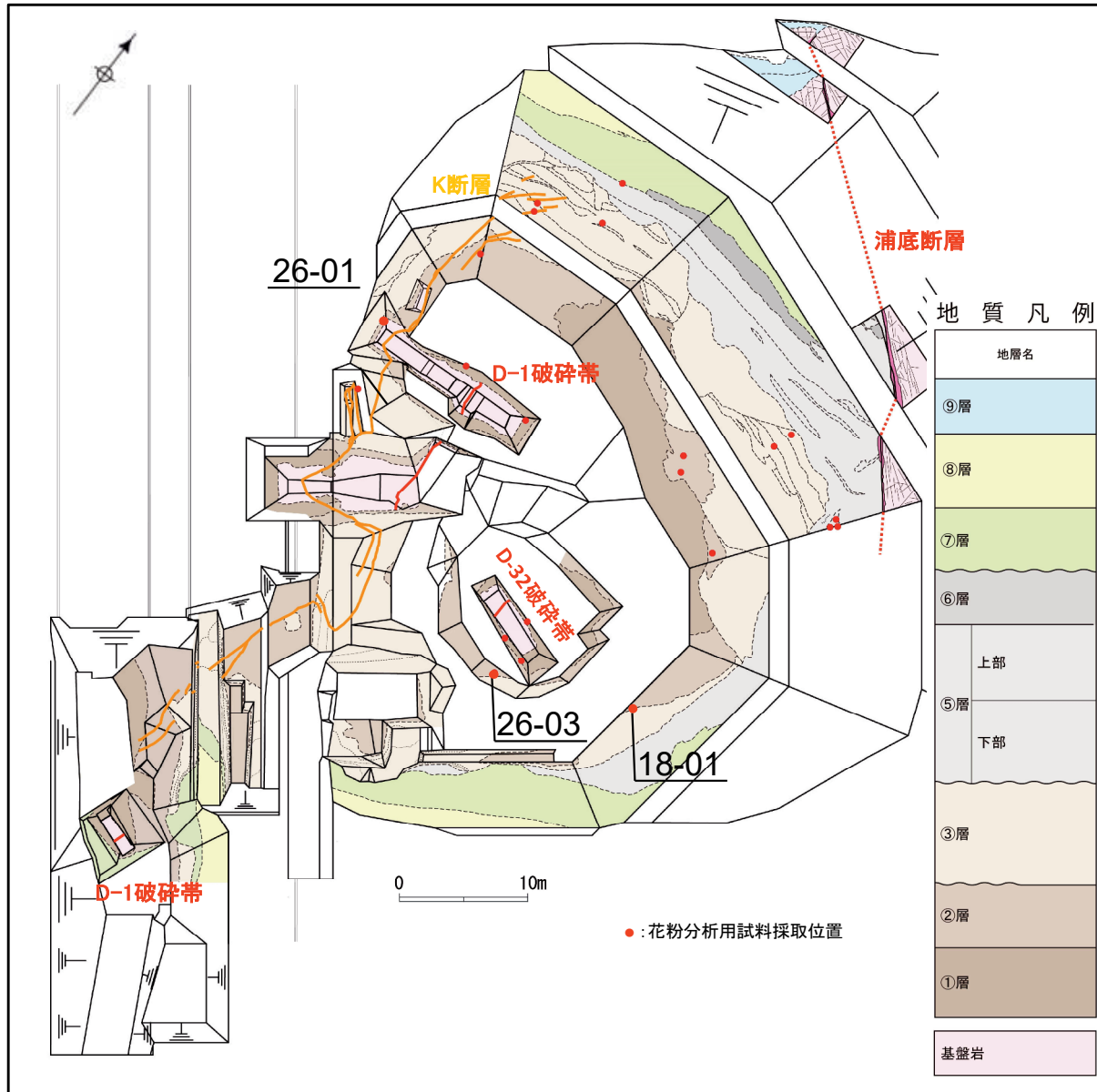
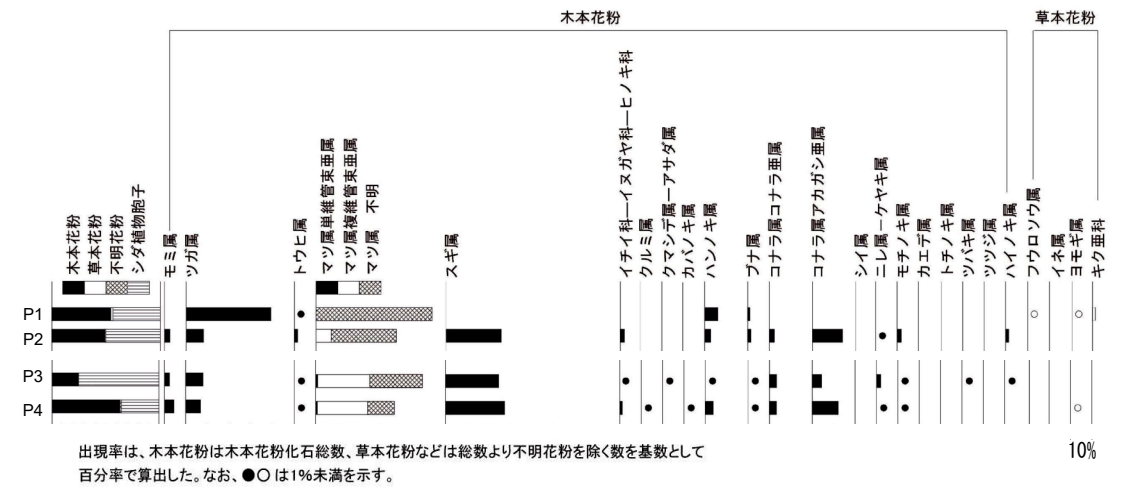
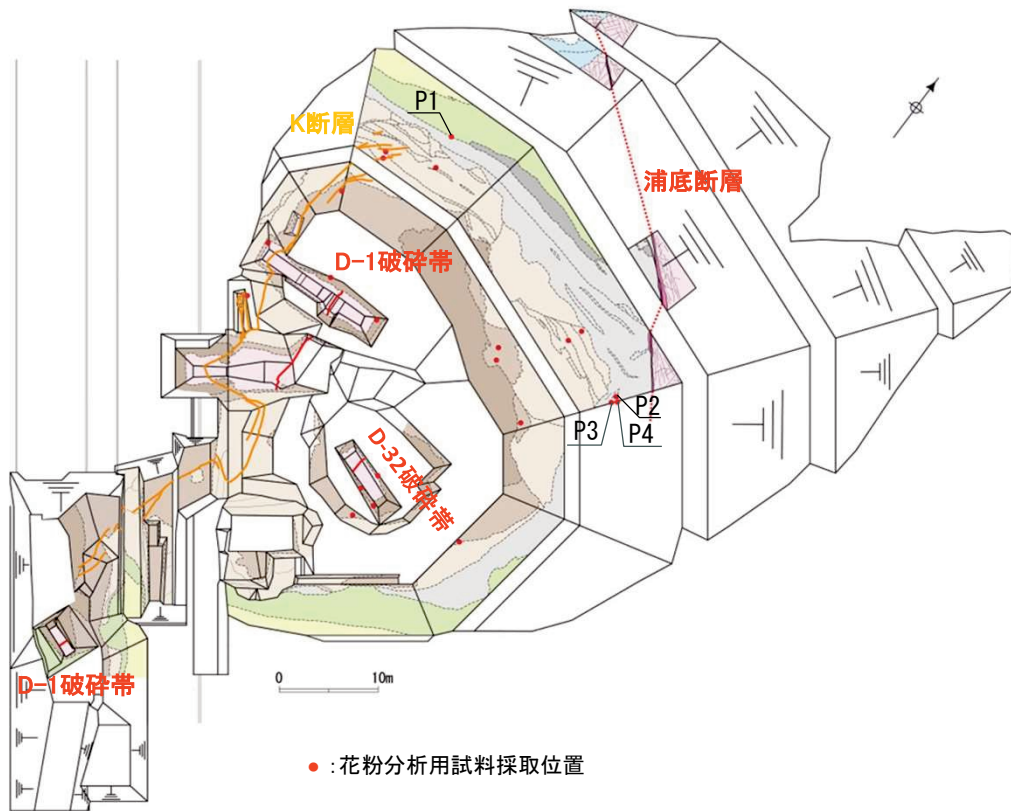


図1. 花粉化石群集

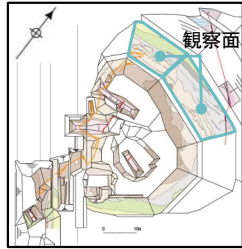
## 2.1.2 地層の堆積年代 花粉分析結果 (⑤層)

・⑤層下部は、花粉分析結果によれば、**針葉樹のマツ属、スギ属が優勢**であり、他に**広葉樹のコナラ属アカガシ亜属**を含むことから**比較的温暖な気候**と判断した。



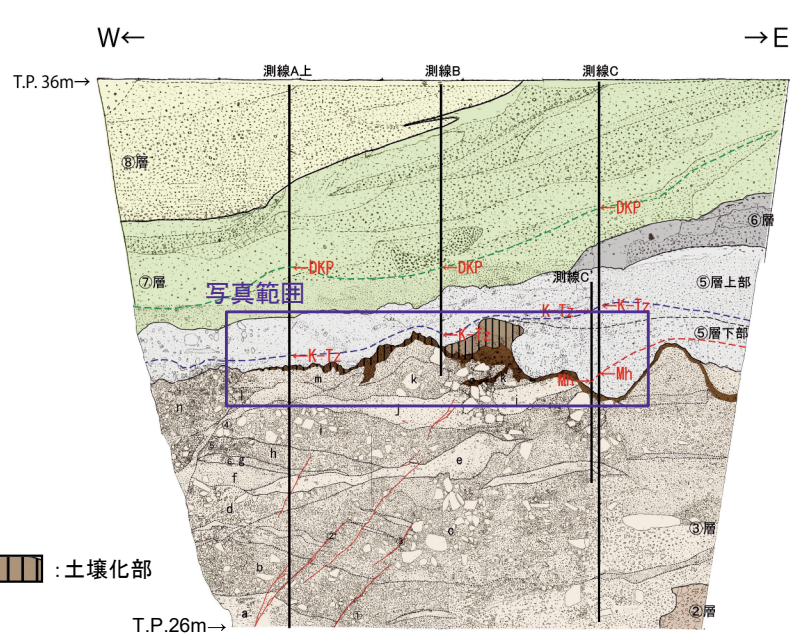


## 2.1.2 地層の堆積年代 土壌分類と遊離酸化鉄分析（土壌化部の分布）



調査位置図

- ③層は、D-1トレンチ北西法面及びD-1トレンチ北法面の上位の美浜テフラを含む⑤層に不整合関係で覆われている。
- ③層の最上部には、褐色を帯びて土壌化した地層が認められ、D-1トレンチ北西法面から北法面にかけて広く分布している。
- このことは、③層堆積後、⑤層が堆積するまでには土壌を生成するだけの時間間隙があったことを示している。



土壌化部

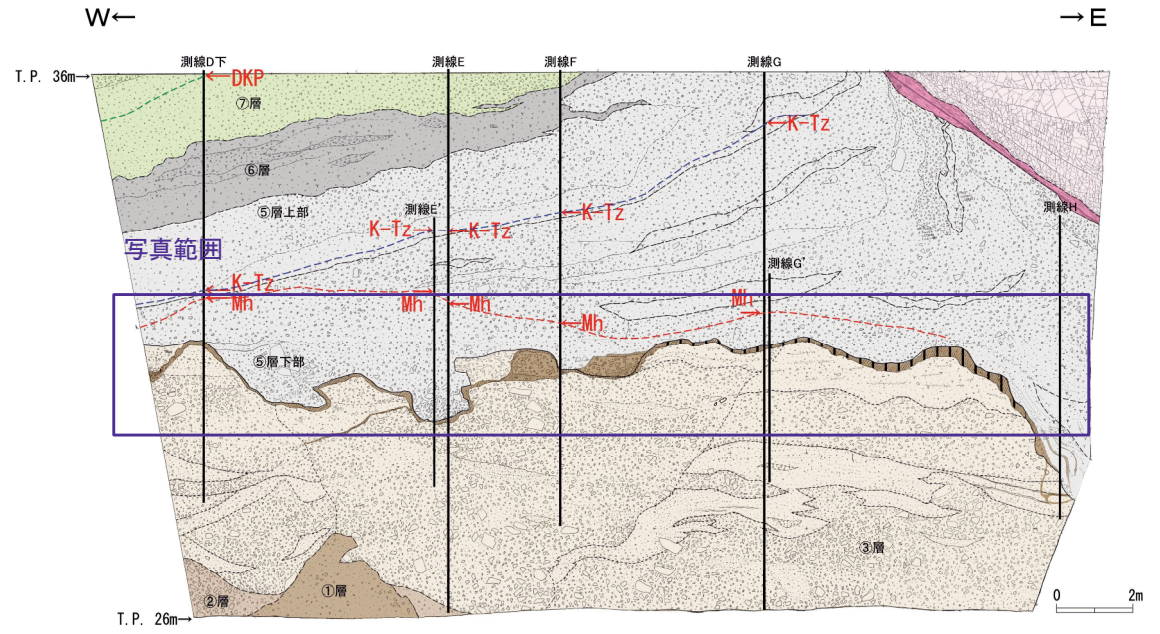
T.P. 26m

現場確認: 2012年12月



撮影: 2014年6月

D-1トレンチ 北西法面



現場確認: 2012年12月



撮影: 2014年2月

D-1トレンチ 北法面

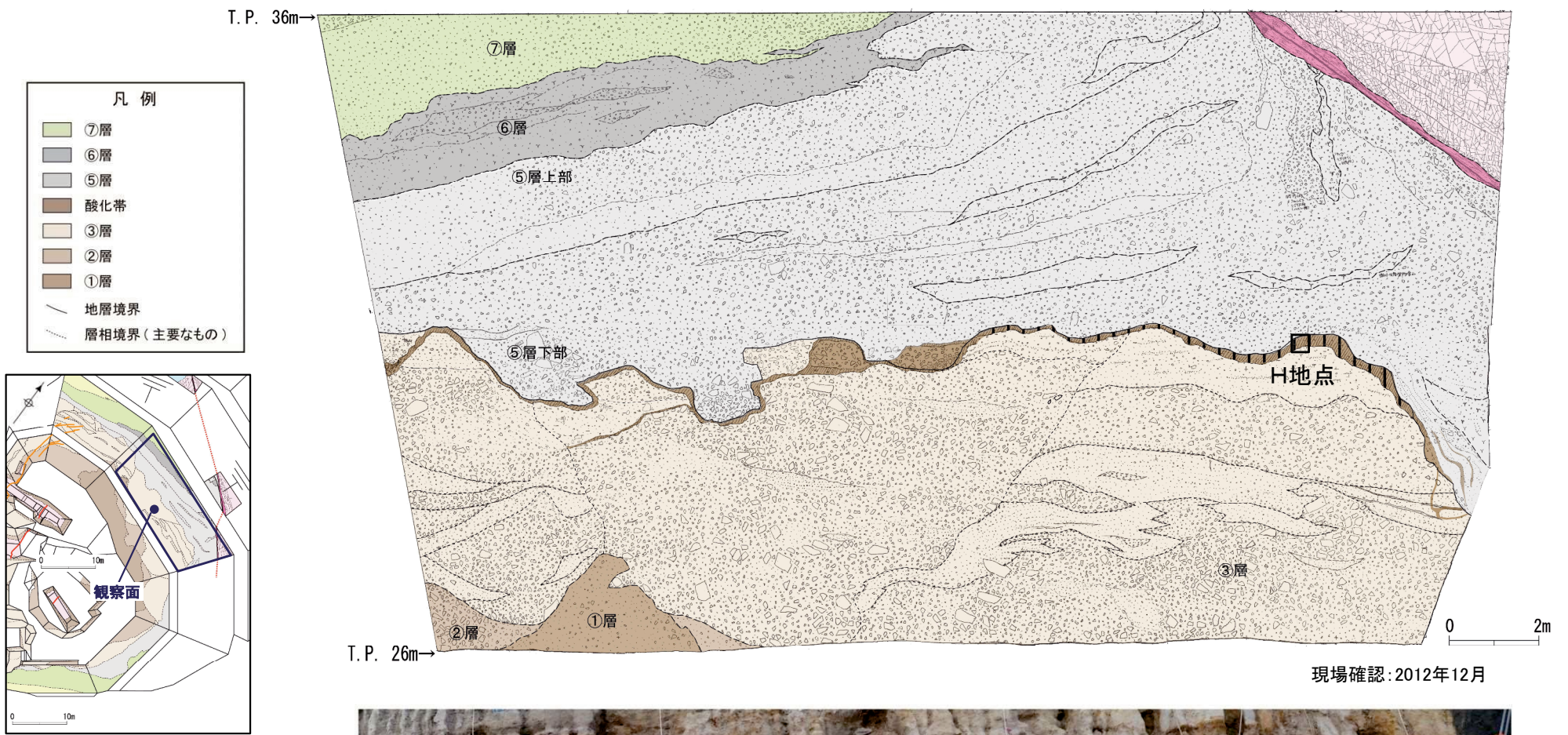
凡例	
⑧層	⑧層
⑦層	⑦層
⑥層	⑥層
⑤層	⑤層
酸化帯	酸化帯
③層	③層
②層	②層
①層	①層
花崗斑岩	花崗斑岩
破砕帯	破砕帯
地層境界	地層境界
層相境界 (主要なもの)	層相境界 (主要なもの)



## 2.1.2 地層の堆積年代 土壌分類と遊離酸化鉄分析 (D-1トレンチ北法面 試料採取位置)

W←

→E



- : 土壌分析試料の採取箇所
- ▨ : 土壌化部

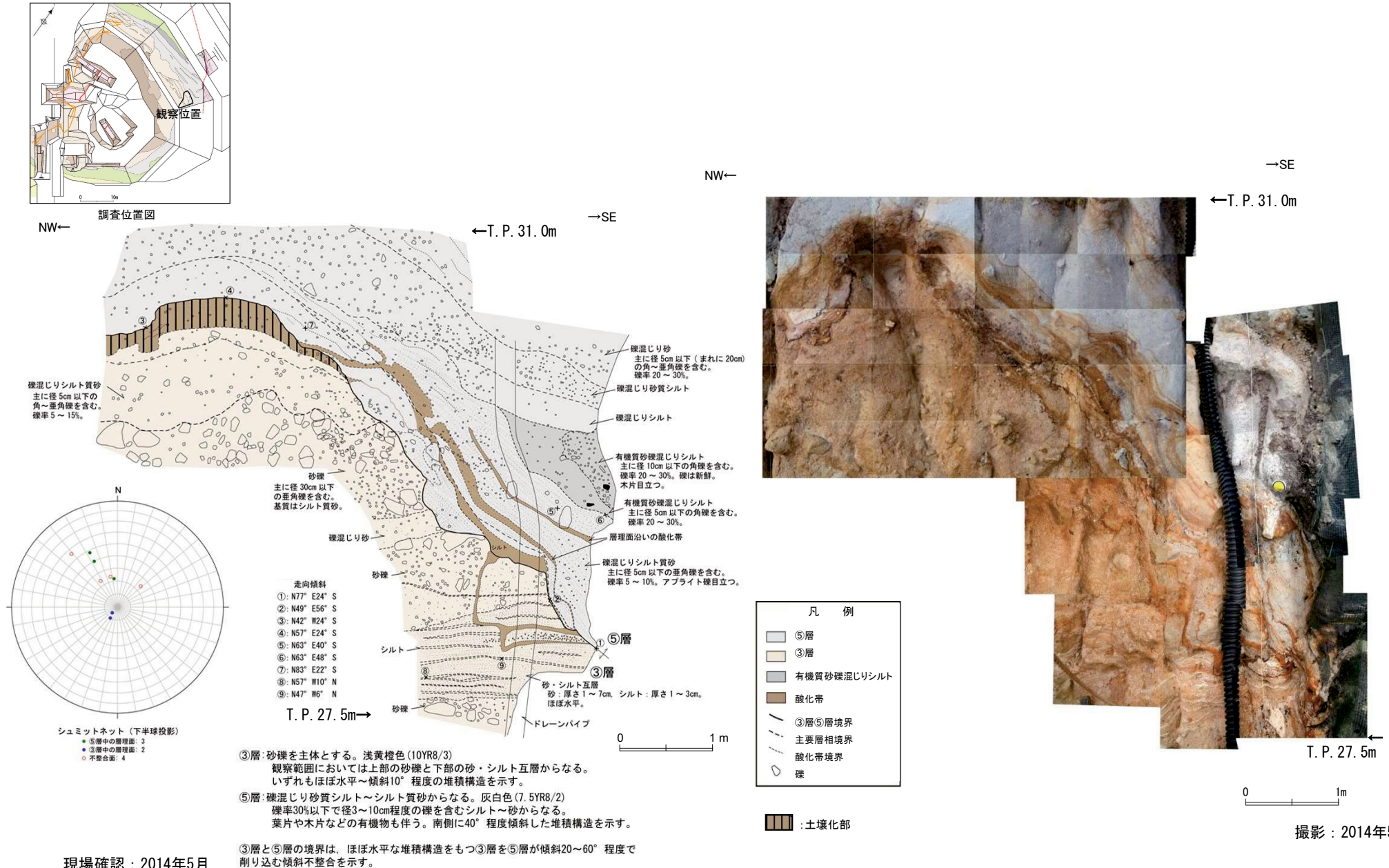


撮影: 2014年2月



## 2.1.2 地層の堆積年代 土壌分類と遊離酸化鉄分析 (D-1トレンチ北法面 スケッチ)

- ③層は、⑤層に不整合関係で覆われている。
- ③層の最上部には土壌化した地層が分布することから、③層堆積後、⑤層が堆積するまでには土壌を生成するだけの時間間隙があったことを示している。





## 2.1.2 地層の堆積年代 土壌分類と遊離酸化鉄分析（土壌化に関する文献調査）

- 土壌の区分にあたっては、土壌区分で一般的な区分であるA層、B層及びC層の区分を用いており、それらの細区分には下記の区分を参照している。

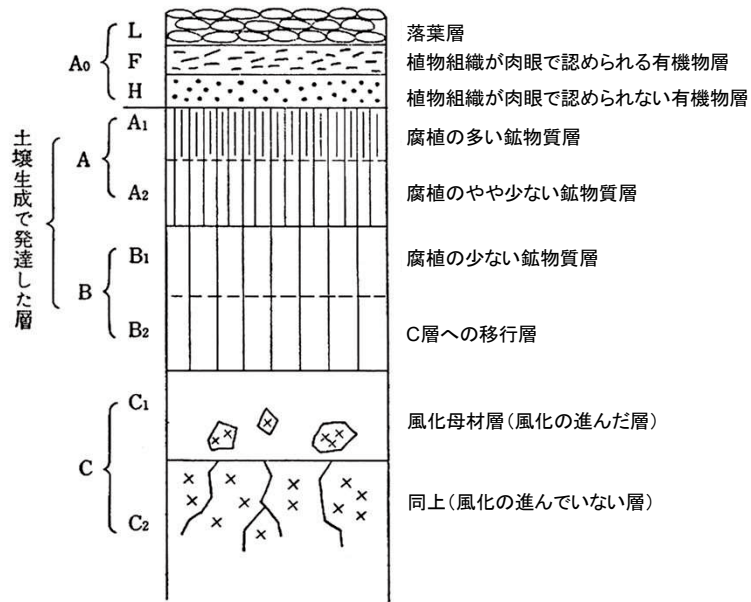


図 3.5 断面順位の模式図（林野土壌とその調べ方<sup>13)</sup>より）

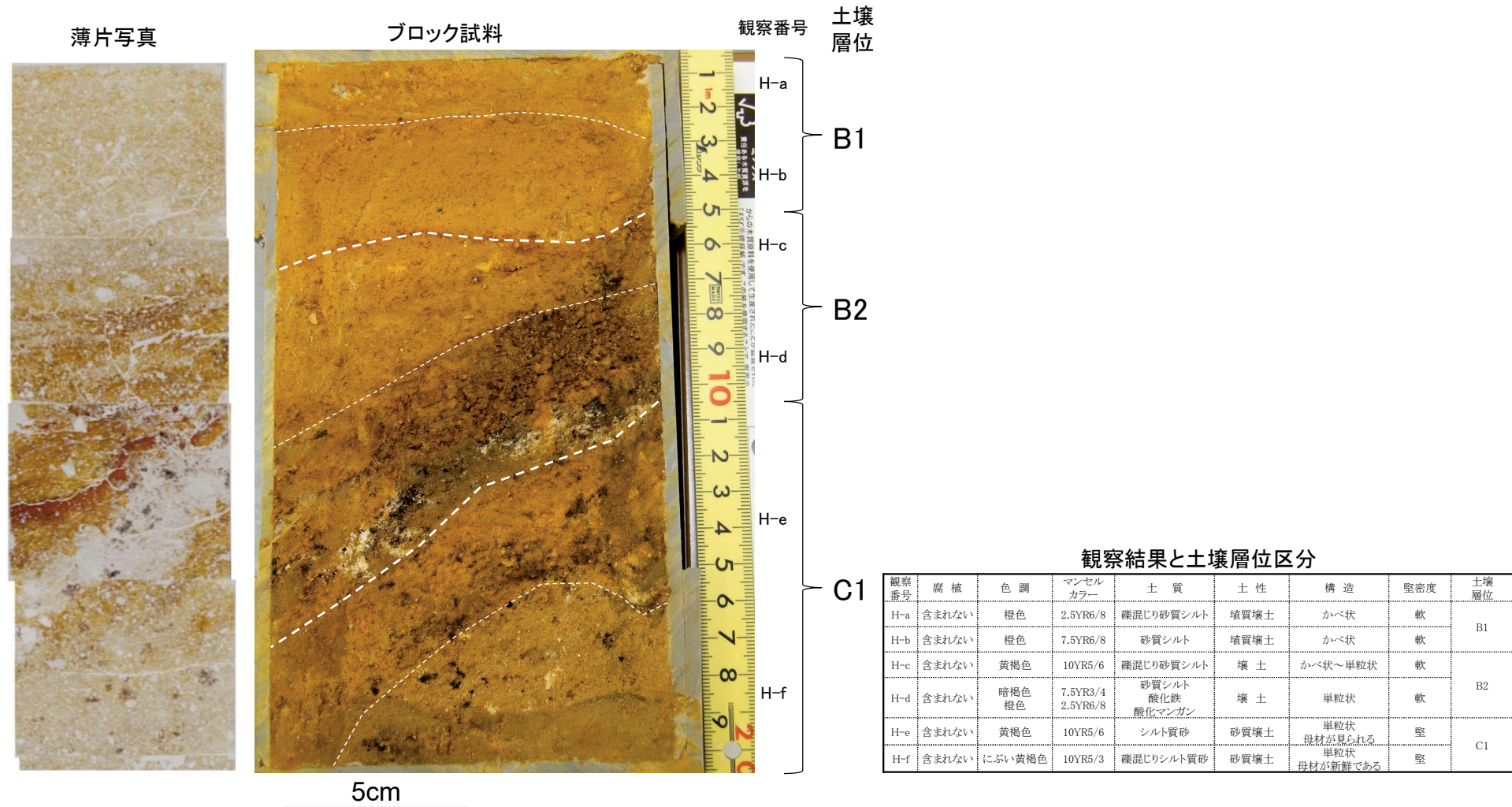
河田・小島(1979):生態学研究法講座30  
環境測定法IV－森林土壌－(新訂版)を引用

A <sub>0</sub> 層	落葉や落枝、草木類遺体やその分解過程にあるものが、地層に堆積した層。堆積腐植ともよばれる。
A層	最表層を占め、腐植で汚染された暗色ないし黒褐色を呈する土層。腐植が無機物と結合して多量に集積している土層で、植生や気候などの環境諸因子の影響をもっとも強く受けている。発達が進み、土色、構造、堅密度などの相違によって層内での分化が認められる場合には、A1, A2, …などに細分する。
B層	A層よりも外界からの影響の受け方が弱い層。腐植による汚染は少なく、母材の色や鉄化合物の影響を受けて、褐色を帯びていることが多い。A層に比べると堅密である。土色、構造、堅密度などによって層内での分化が認められるときには、B1, B2, …などに細分する。
C層	土壌の最下部にあって、母材の風化物からなり、土壌の生成作用の影響をあまり受けていない土層。土色や組成の状態には、母材の影響が強くあらわれている。堅密で、構造は見られず、一般に風化礫が多い。風化の程度によって細分できる場合には、C1, C2層に細分する。

河田・小島(1979):生態学研究法講座30 環境測定法IV－森林土壌－(新訂版)を要約

## 2.1.2 地層の堆積年代 土壌分類と遊離酸化鉄分析 (D-1トレンチ北法面 土壌分類)

- D-1トレンチ北法面の③層の最上部でサンプリングした試料について、土壌区分で一般的な区分を用いている河田・小島(1979)に基づき、詳細な観察を行い、同層が**土壌生成で発達したB層(B1層及びB2層)**に対応する特徴を有していることを確認した。
- ブロック試料の観察の結果、土壌を構成する粒子の状況からH-a~H-fに分帯される。
- H-a~H-fに分帯したゾーンのうち、観察番号H-a~H-dは土壌化していると判断される。
- 観察番号H-a, H-bは粘土を含む礫混じり砂質シルトからなり、母材の色や鉄化合物の影響を受けていることがみられるため、河田・小島(1979)の文献に照らして土壌層位B1層に区分される。
- 観察番号H-c, H-dは粘土を含む礫混じり砂質シルトからなり、B1層よりも母材の色や鉄化合物の影響を強く受けていることがみられるため、河田・小島(1979)の文献に照らして土壌層位B2層に区分される。
- 母材の風化物からなり、土壌の生成作用の影響をあまり受けていない、堆積物の性状が明瞭になる観察番号H-e, H-fはC1層に区分される。
- この土壌について、土壌生成で発達したと判断したB1層及びB2層を対象に遊離酸化鉄分析を実施した。





## 2.1.2 地層の堆積年代 土壤分類と遊離酸化鉄分析 (遊離酸化鉄分析結果)

- Maejima et al. (2002)によれば、年代が明らかな喜界島の石灰岩を母材とする土壤について、土壤の絶対年代と遊離酸化鉄の結晶化指数との間に高い相関関係があると、遊離酸化鉄の活性度と結晶化指数が、年代が古いほど活性度は小さく、結晶化指数が大きくなる傾向があることを示した(図1)。
- 山家・八木(1983)によれば、越後平野周辺の新第三紀鮮新世及び前期更新世の泥岩、並びに白亜紀の花崗岩を母材とする土壤には、風化が進行した赤色土でも、遊離酸化鉄の生成がそれほど進んでいないものと、鉄のほとんどが遊離態となっているものが存在し、各土壤の結晶化指数の値の範囲がいずれも大きいので、この地域の土壤の区分の根拠として結晶化指数を使用するのは困難があるとされている(図2)。
- 永塚(1975)によれば、西南日本の段丘堆積物や風成塵(レス)を母材とする土壤について分類を行い、高位段丘及び丘陵の赤色土の遊離酸化鉄の分析値が、活性度が0.4より小さく、結晶化指数は0.5より大きくなるとし、全鉄中の結晶質遊離酸化鉄の割合が極めて高いのは、生成年代が古いために結晶化が進行していることを推定した(図3)。
- D-1トレンチ北法面の③層最上部の土壤化した地層について、**遊離酸化鉄分析**を行った結果、**活性度は0.1よりも小さく、結晶化指数は0.7程度以上**となった。この結果は、**3つの文献が示す赤色土の範囲に概ね一致**した。結晶化指数は0.69~0.95の範囲で大きくばらついているが、土壤化が最も進んだB1層であるH-a及びH-bについては0.9よりも大きい値になっている(表1)。
- 以上のことから、**③層最上部に分布する土壤化した地層は、⑤層下部が堆積するまでに大きく風化が進行し、赤色土化したものと判断した。**
- なお、山家・八木(1983)によれば、結晶化指数を根拠に土壤区分を判断することは困難であるとされていることから、③層最上部に分布する土壤化した地層について、結晶化指数のみに基づき土壤化作用を被った期間を特定することは困難であると判断した。

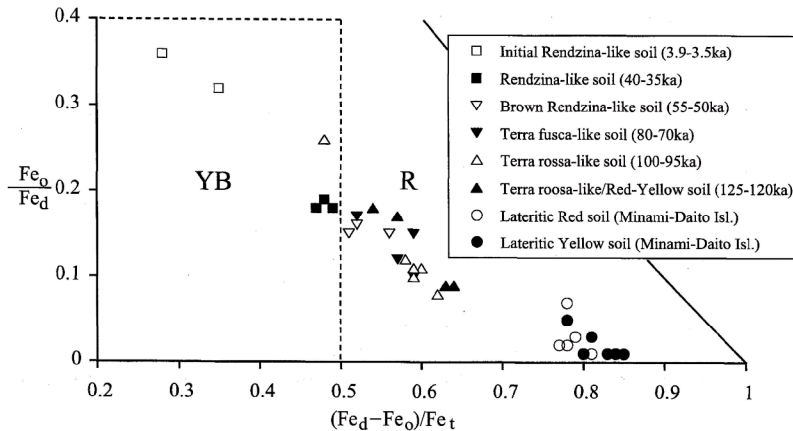


図1. 遊離酸化鉄の活性度－結晶化指数 (Maejima et al. (2002))

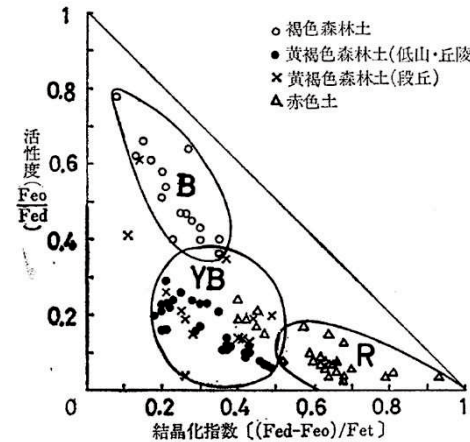


図3. 遊離酸化鉄の活性度－結晶化指数 (永塚(1975))

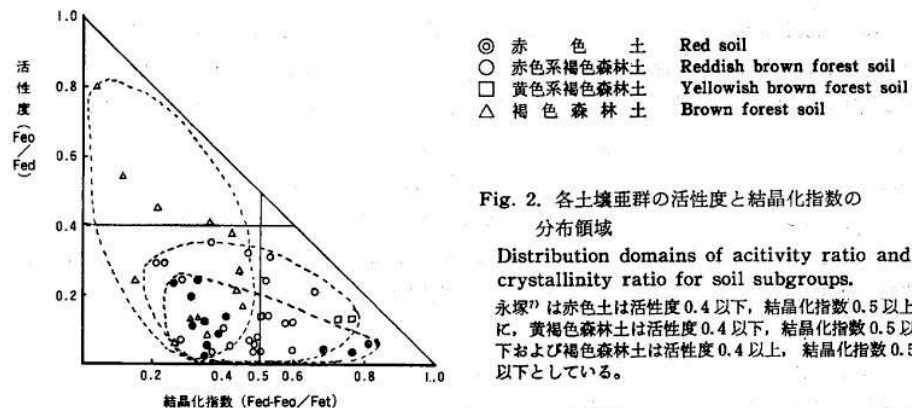


Fig. 2. 各土壤亜群の活性度と結晶化指数の分布領域

Distribution domains of activity ratio and crystallinity ratio for soil subgroups.

永塚<sup>2)</sup>は赤色土は活性度0.4以下、結晶化指数0.5以上に、黄褐色森林土は活性度0.4以下、結晶化指数0.5以下および褐色森林土は活性度0.4以上、結晶化指数0.5以下としている。

図2. 遊離酸化鉄の活性度－結晶化指数 (山家・八木(1983))

表1. D-1トレンチ③層最上部土壤の遊離酸化鉄分析結果

土壤層位観察番号	分析手法	遊離酸化鉄分析結果	
		活性度 $Fe_o/Fe_d$	結晶化指数 $(Fe_d-Fe_o)/Fe_t$
H-a	乾式	0.07	0.91
H-b	乾式	0.05	0.95
H-c	乾式	0.02	0.69
H-d	乾式	0.04	0.76

## 2.1.2 地層の堆積年代 OSL年代測定 (文献調査結果(その1))

- K. Ito, T. Tamura and S. Tsukamoto (2017) 及び K. Ito, T. Tamura and S. Tsukamoto (2018)<sup>※1</sup>によれば、上北平野のMIS5eの海成段丘上の2地点から採取した試料に対してOSL年代測定をpIR法<sup>※2</sup>のpIR<sub>50</sub>IR<sub>290</sub>法~pIR<sub>50</sub>IR<sub>290</sub>法の加熱温度の異なる複数の条件で実施した。
- フェーディング<sup>※3</sup>試験の結果、最初のIR刺激温度が50°C (pIR<sub>50</sub>IR<sub>290</sub>法)の場合、OSL強度の減衰率(g2day) 値が2%/decade程度あったものが、200°C (pIR<sub>200</sub>IR<sub>290</sub>法)では、はるかに小さくなった(g2days = 0.16 ± 0.49%/decade)(図2)。
- 最初のIR刺激温度が異なるgsj13-039 (Site1)の未補正年代は、pIR<sub>50</sub>IR<sub>290</sub>法を除き、予想される年代(MIS5e, 123 ± 7ka)と概ね一致した。一方、pIR<sub>50</sub>IR<sub>290</sub>法、pIR<sub>100</sub>IR<sub>290</sub>法、pIR<sub>150</sub>IR<sub>290</sub>法、pIR<sub>200</sub>IR<sub>290</sub>法、pIR<sub>250</sub>IR<sub>290</sub>法の未補正のgsj13-094 (Site2)の年代は、自身の年代の大きなばらつきを考慮しなければ期待される年代よりもわずかに古い。全サンプルのpIR<sub>200</sub>IR<sub>290</sub>法の未補正年代は予想年代と一致した(図3)。
- Site1は pIR<sub>200</sub>IR<sub>290</sub>法で得られた年代にフェーディング補正を行った値が最も層序から予想される年代(MIS5e, 123 ± 7ka)とのバラつきが少なくなった(図3で、Site1のpIR<sub>200</sub>IR<sub>290</sub>法は補正しなくても推定年代に近い数値が得られた)。Site2はフェーディング補正は必要がなかった(図2)。
- 以上の結果から、**pIR<sub>200</sub>IR<sub>290</sub>法を上北平野の海成段丘堆積物の信頼できる年代を検出するために最も適している**と結論づけている。

※1 K. Ito, T. Tamura and S. Tsukamoto (2018)はK. Ito, T. Tamura and S. Tsukamoto (2017)の誤植訂正版

※2 加熱温度の異なる2段階の励起を行い、2回目の励起においてカリ長石のフェーディングの影響の小さい信号を得るOSL年代測定的手法。1回目の加熱温度と2回目の加熱温度を下付き文字で示している。

※3 蓄積したOSL信号が減る現象のことを指し、年代値の若返りに繋がる。

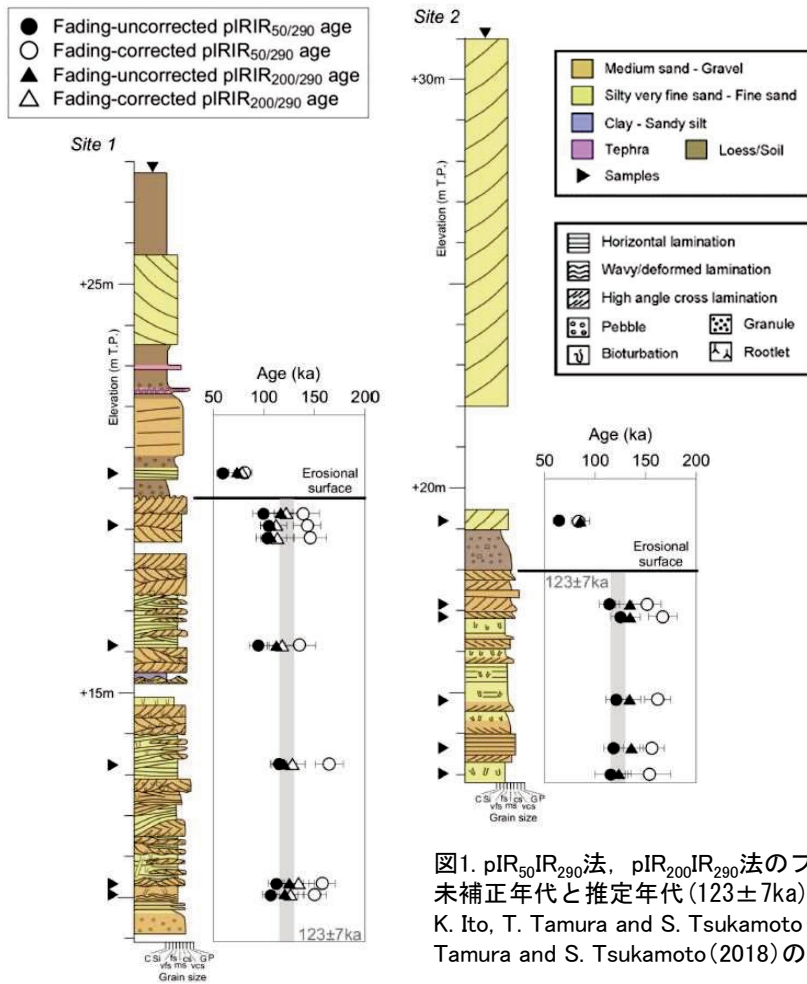


図1. pIR<sub>50</sub>IR<sub>290</sub>法、pIR<sub>200</sub>IR<sub>290</sub>法のフェーディング補正、未補正年代と推定年代(123 ± 7ka)の比較  
K. Ito, T. Tamura and S. Tsukamoto (2017), K. Ito, T. Tamura and S. Tsukamoto (2018)の図を改訂

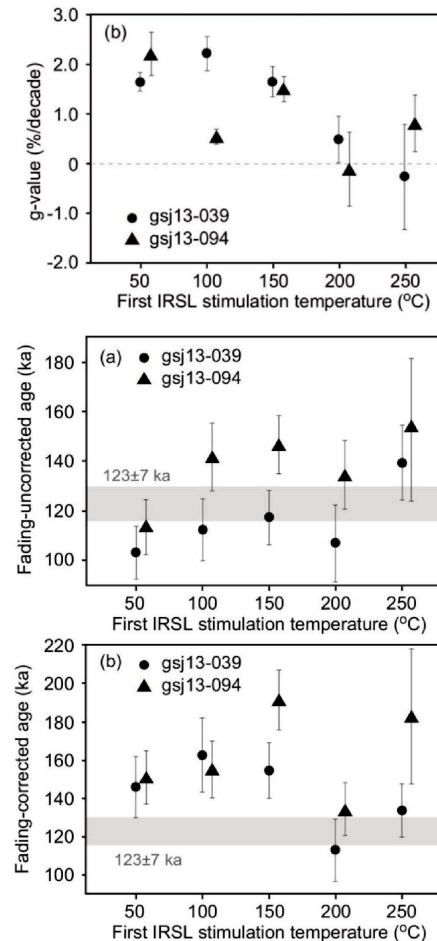


図2. フェーディング試験結果 (b) gsj13-039 (Site1) と gsj13-094 (Site2) の最初のIR刺激温度を変えて得られたg値 エラーバーは1標準誤差を示す。  
K. Ito, T. Tamura and S. Tsukamoto (2018)

図3. 異なる最初のIR刺激温度で得られた gsj13-039 と gsj13-094 の (a) 未補正と (b) 補正されたpIRIR年代 エラーバーは1標準誤差を示す。  
K. Ito, T. Tamura and S. Tsukamoto (2018)