

# 柏崎平野周辺の地層の年代について

---

平成29年4月27日  
東京電力ホールディングス株式会社

**TEPCO**

---

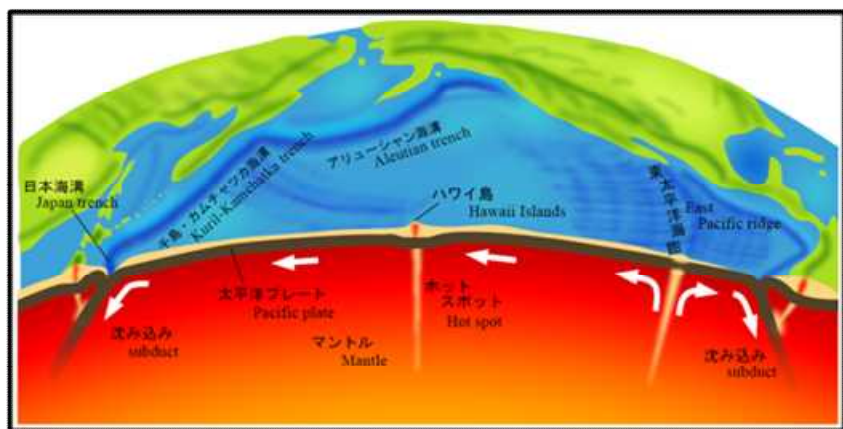
|                        |     |    |
|------------------------|-----|----|
| 1. 地層の年代評価に関する考え方      | ・・・ | 2  |
| 2. 刈羽テフラに関する東京電力の見解    | ・・・ | 13 |
| 3. 刈羽テフラと藤橋40の比較       | ・・・ | 16 |
| 4. 地層の年代に関する東京電力の評価の概要 | ・・・ | 19 |
| 5. 藤橋40の年代に関する考察       | ・・・ | 29 |
| 6. 参考資料                | ・・・ | 32 |
| 7. データ集                | ・・・ | 38 |

---

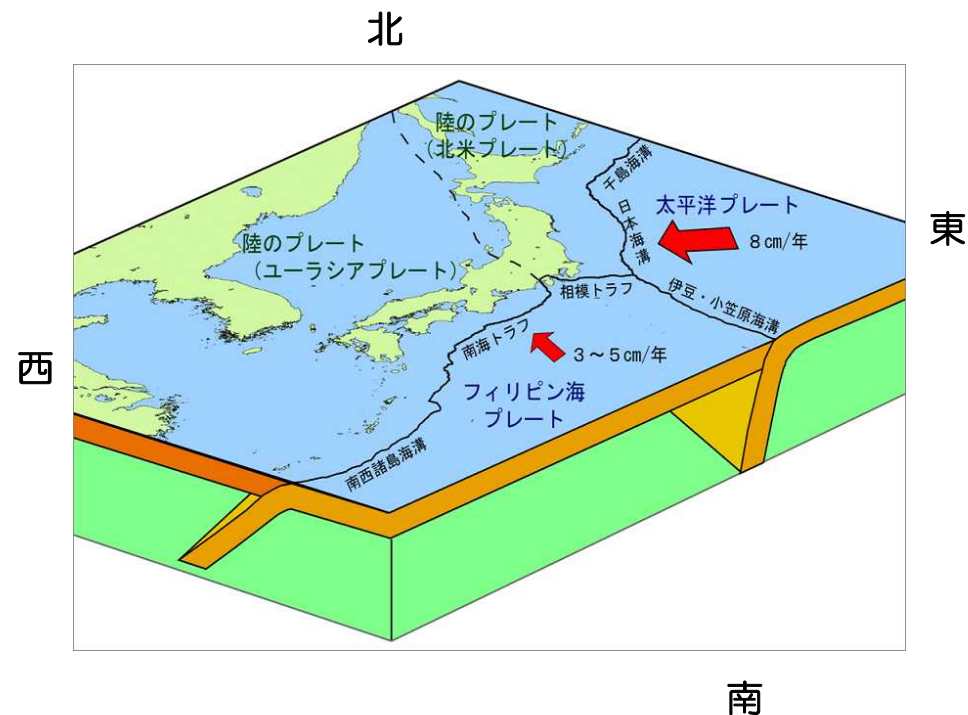
|                        |       |    |
|------------------------|-------|----|
| 1. 地層の年代評価に関する考え方      | • • • | 2  |
| 2. 刈羽テフラに関する東京電力の見解    | • • • | 13 |
| 3. 刈羽テフラと藤橋40の比較       | • • • | 16 |
| 4. 地層の年代に関する東京電力の評価の概要 | • • • | 19 |
| 5. 藤橋40の年代に関する考察       | • • • | 29 |
| 6. 参考資料                | • • • | 32 |
| 7. データ集                | • • • | 38 |

# 原子力発電所の安全上考慮する断層（1/2）

## 日本列島付近のプレートとその動き



プレートはマントルの上に浮かぶ層。



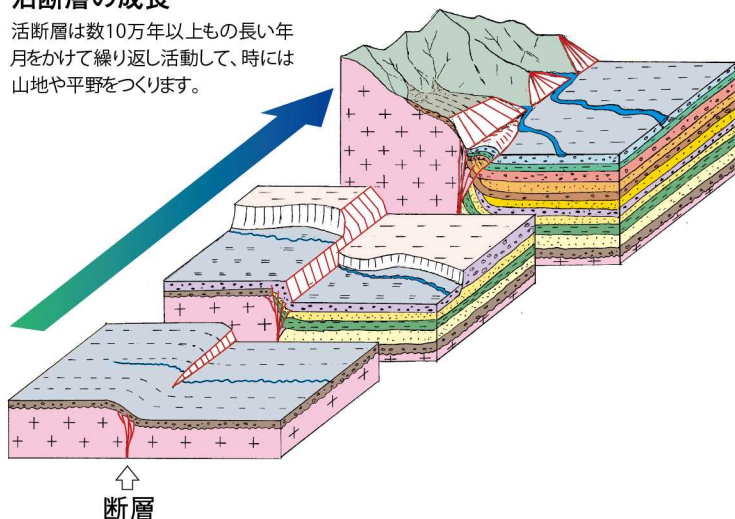
気象庁HPより([http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/jishin/about\\_eq.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/jishin/about_eq.html))

- 日本列島はプレートの動きによって、東から西に押されており、東北東日本においては、地盤が東西に圧縮される力が働いています。

# 原子力発電所の安全上考慮する断層 (2/2)

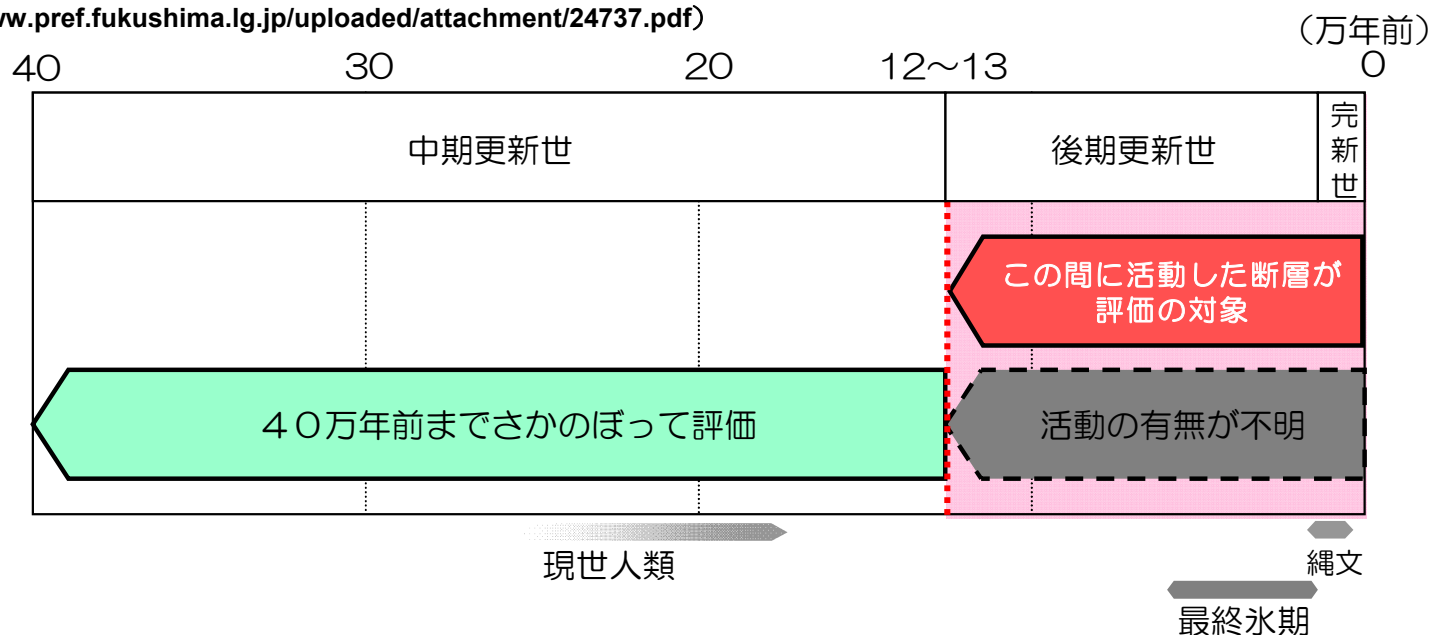
## 活断層の成長

活断層は数10万年以上の長い年月をかけて繰り返し活動して、時には山地や平野をつくります。

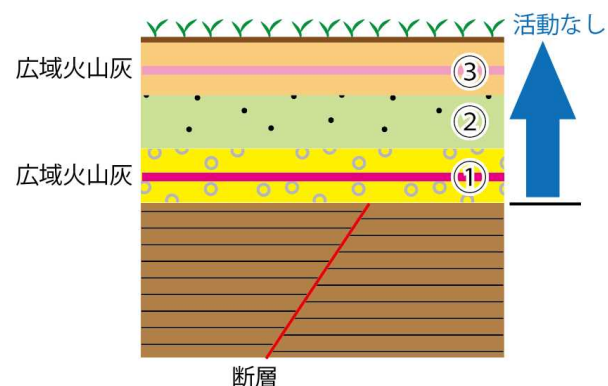


- 活動性のある断層は、一般的に繰り返し活動し、その活動間隔は短いもので数百年、長いもので数万年と考えられています。
- 新規基準では、断層の活動間隔を考慮して後期更新世以降（約12～13万年前以降）に活動したものを、原子力発電所の安全上考慮する断層とされています。

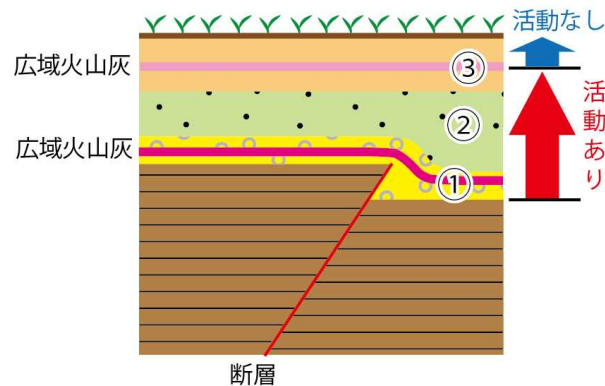
福島県より (<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/24737.pdf>)



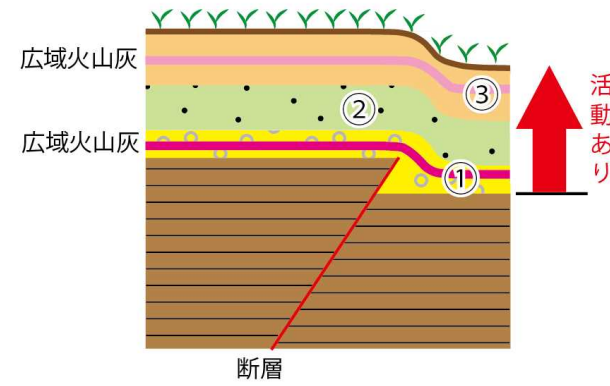
# 断層の活動時期の調査



①の堆積以降、  
断層の活動はない



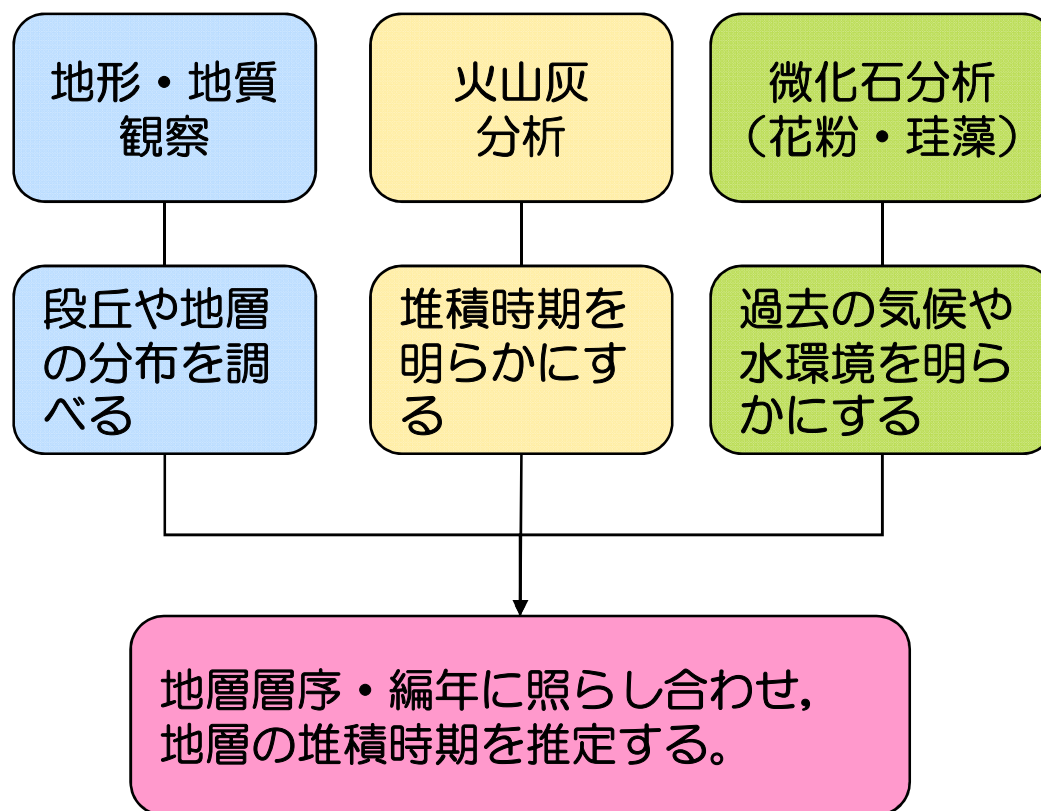
③には断層の変位が及んでい  
ない。したがって、③の堆積  
以降、断層の活動はない



③に断層の変位が及んでい  
る。したがって、③の堆積  
以降、断層が活動した

- 断層の活動時期は、断層の上に分布する地層に、変位や変形が及んでいるかによって評価します。
- このため、断層の上の地層の年代が重要な指標となります。

# 当社が行った地層の年代評価の方法



- 地層の年代の評価は、地層が堆積した環境や海水準変動で形成された段丘の分布、地層に含まれる火山灰など、多面的な視点から、総合的に分析し評価する必要があります。



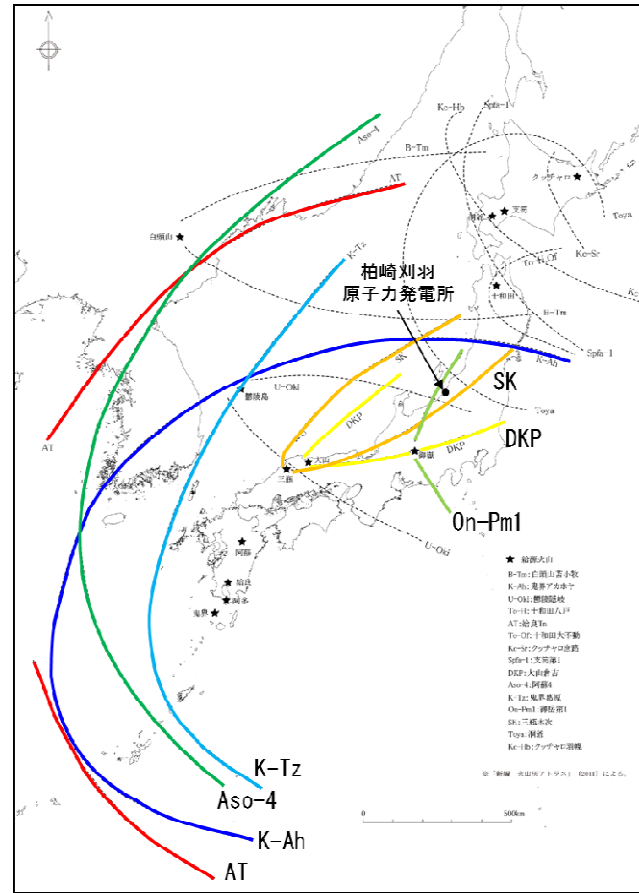
# 地層の年代評価の方法（広域火山灰による評価）



セント・ヘレンズ山の噴火  
Naturalis Historia のHPより  
(<https://thenaturalhistorian.com/2012/05/04/toba-tuff-adam-super-volcano-flood-geology/>)



火山灰層



広域火山灰分布（町田・新井(2011)，一部加筆）

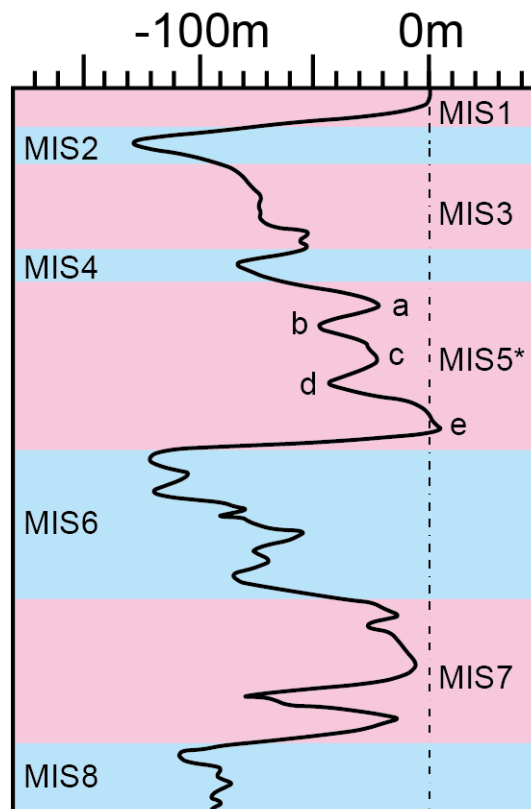
- 噴火の規模が大きいと、非常に広い範囲に火山灰が堆積する。

| 名称            | 年代<br>(千年前) |
|---------------|-------------|
| 鬼界アカホヤ (K-Ah) | 7.3         |
| 始良Tn (AT)     | 28~30       |
| 大山倉吉 (DKP)    | 55          |
| 阿蘇4 (Aso-4)   | 85~90       |
| 鬼界葛原 (K-Tz)   | 95          |
| 御岳第1 (On-Pm1) | 100         |
| 三瓶木次 (SK)     | 105         |

- 火山が噴火すると広い範囲に火山灰が降り、噴火年代は広く研究されています。
- 年代がわかっている火山灰が地層に含まれていれば、その地層の堆積時期を推定する重要な指標となります。



# 海水準変動



小元 (2014) の図8を改編

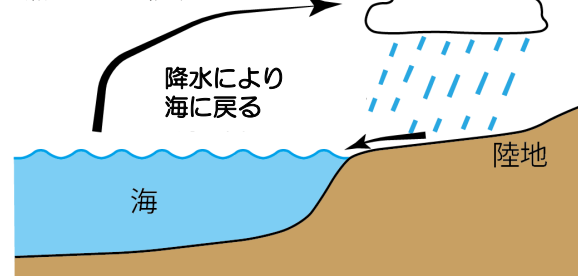
\*: MIS5は、MIS5a, b, c, d, eに細分される。

MIS5b, d : 低海面期

MIS5a, c, d : 高海面期

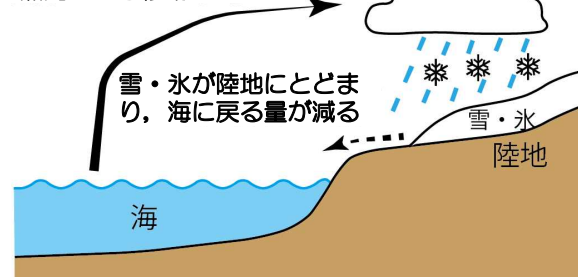
間氷期 (温暖期)

蒸発による移動



氷期 (寒冷期)

蒸発による移動

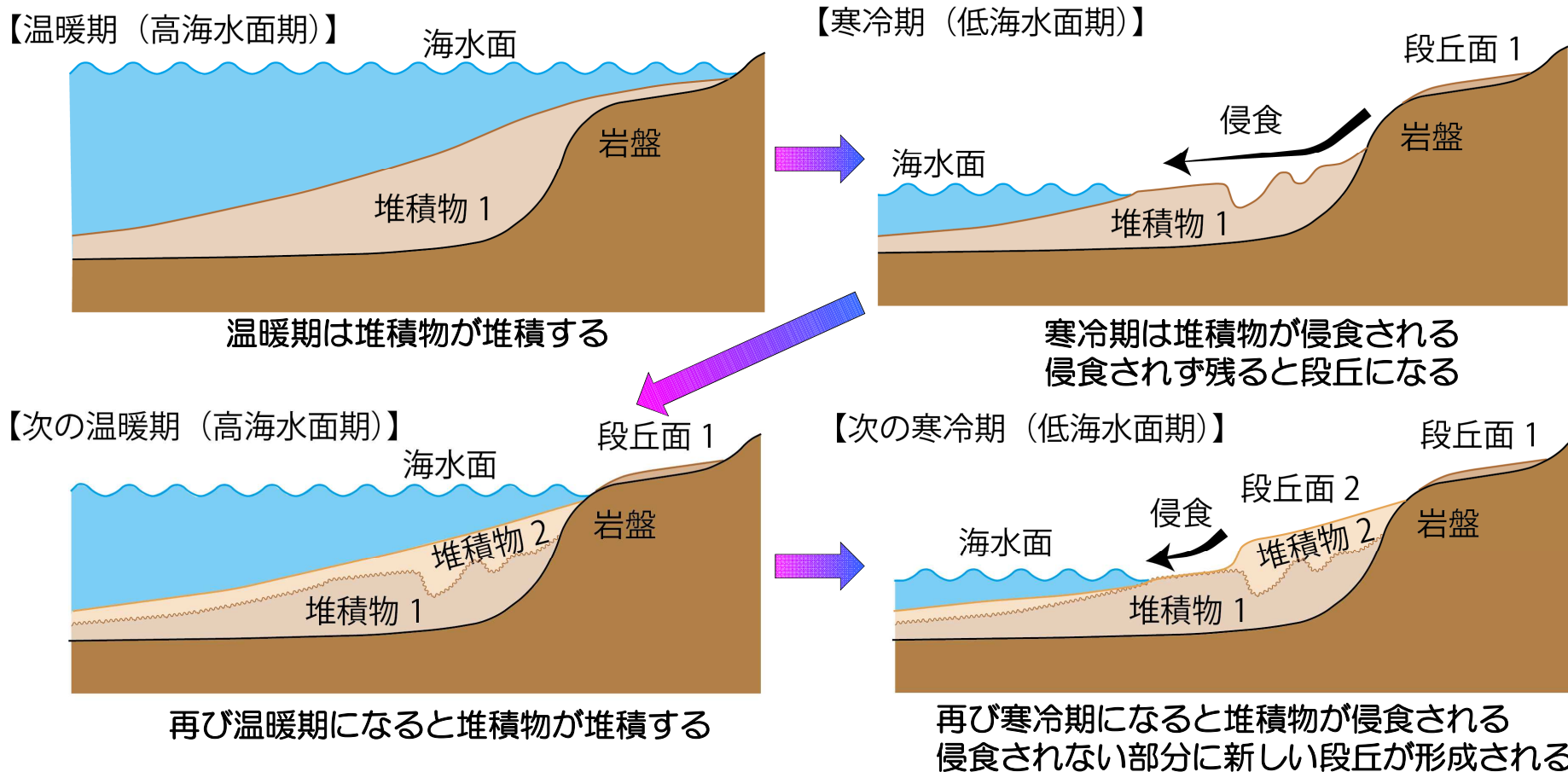


小元 (2014) の図1を改編

- 海水準変動は酸素同位体比と地形学的・地質学的証拠から研究されています。
- 最近の100万年間でみると、約10万年ごとに温暖期と寒冷期が繰り返されていることがわかっています。
- この海水準の繰り返しを、新しい順にMIS1とし、順番に番号付けされています。

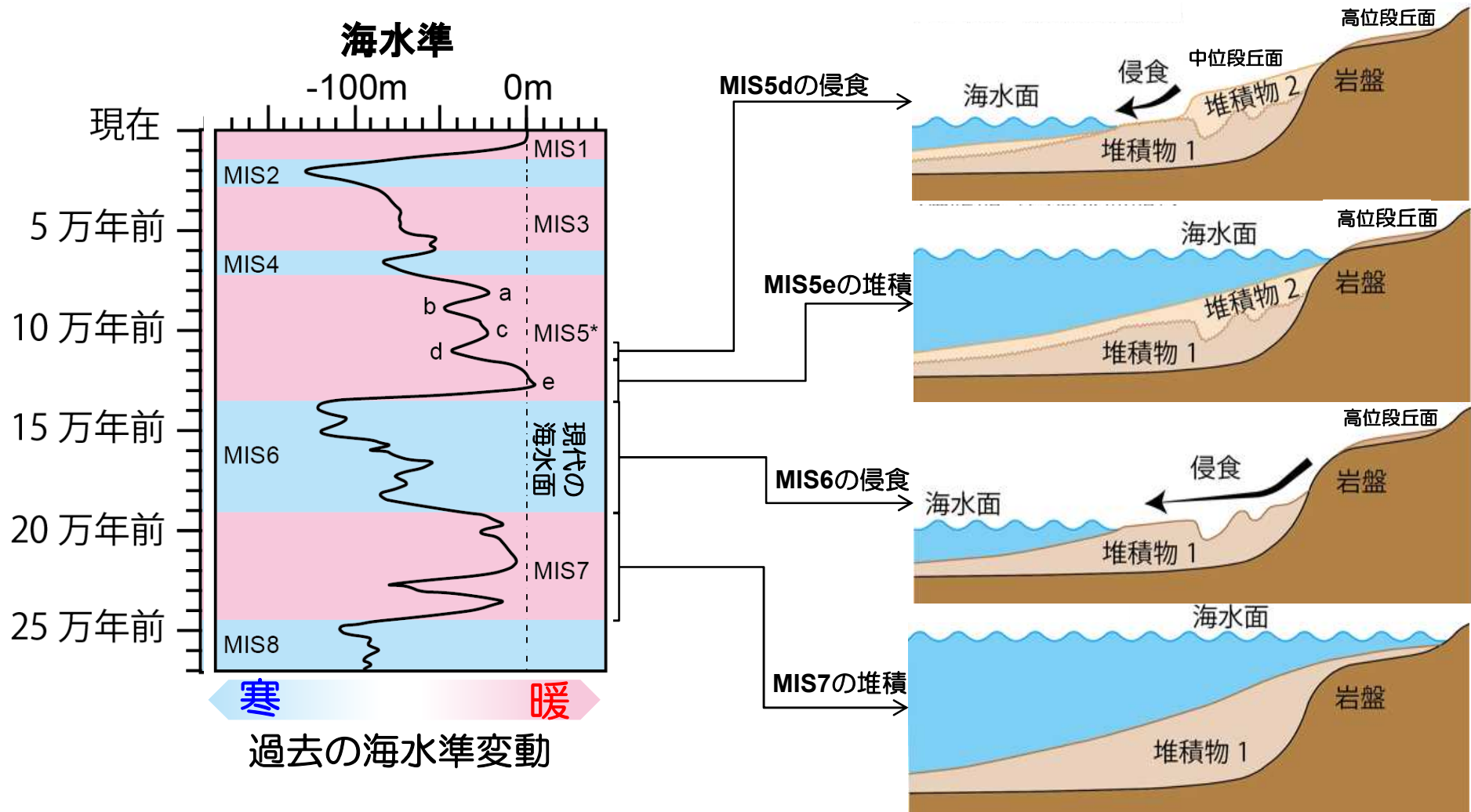
MIS : 海洋酸素同位体ステージ (Marine Oxygen Isotope Stage)

# 地層の年代評価の方法（段丘面による評価1）



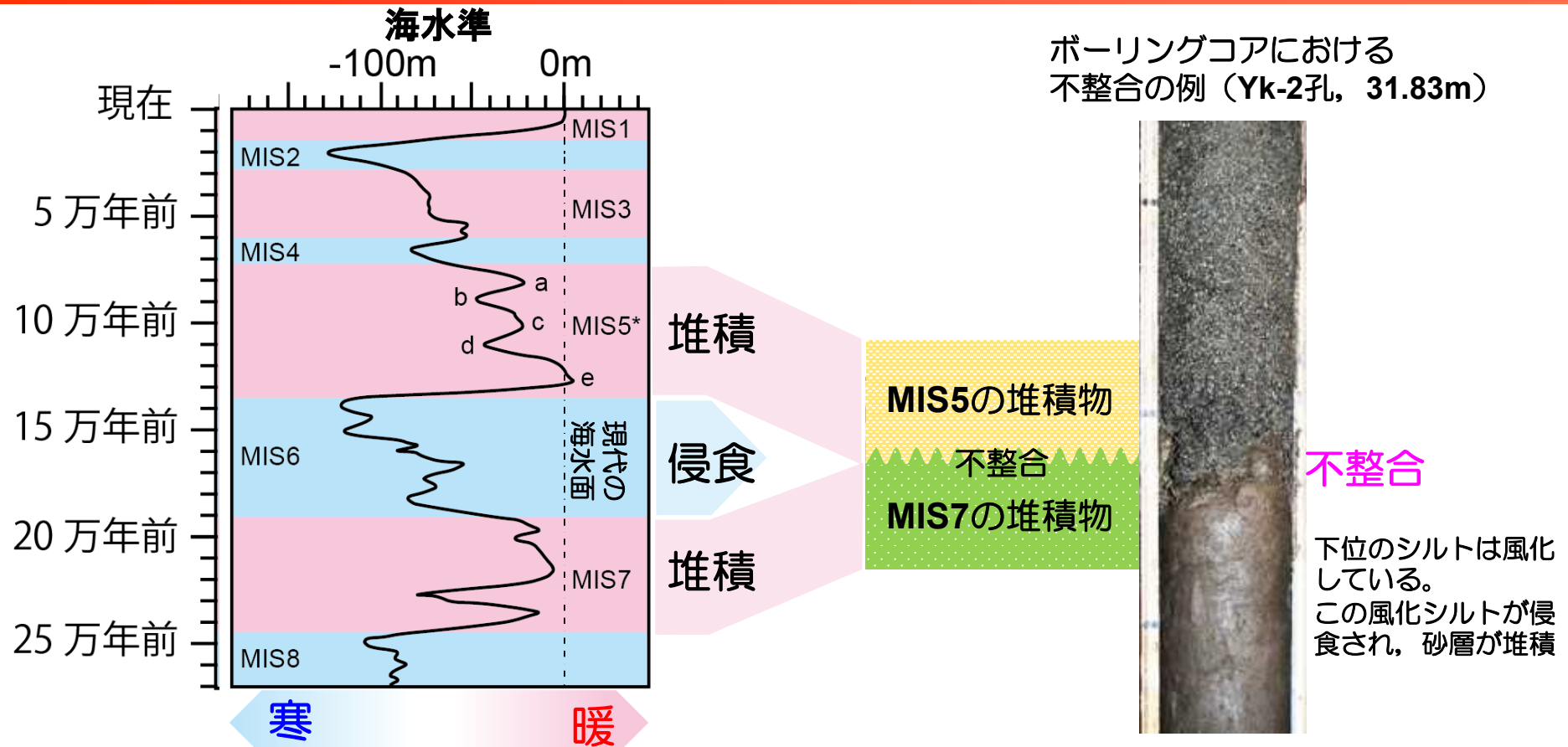
- 温暖期には海面は上昇し、寒冷期は海面が下降します。
- この海面の繰り返しにより、段丘が形成されます。

# 地層の年代評価の方法（段丘面による評価2）



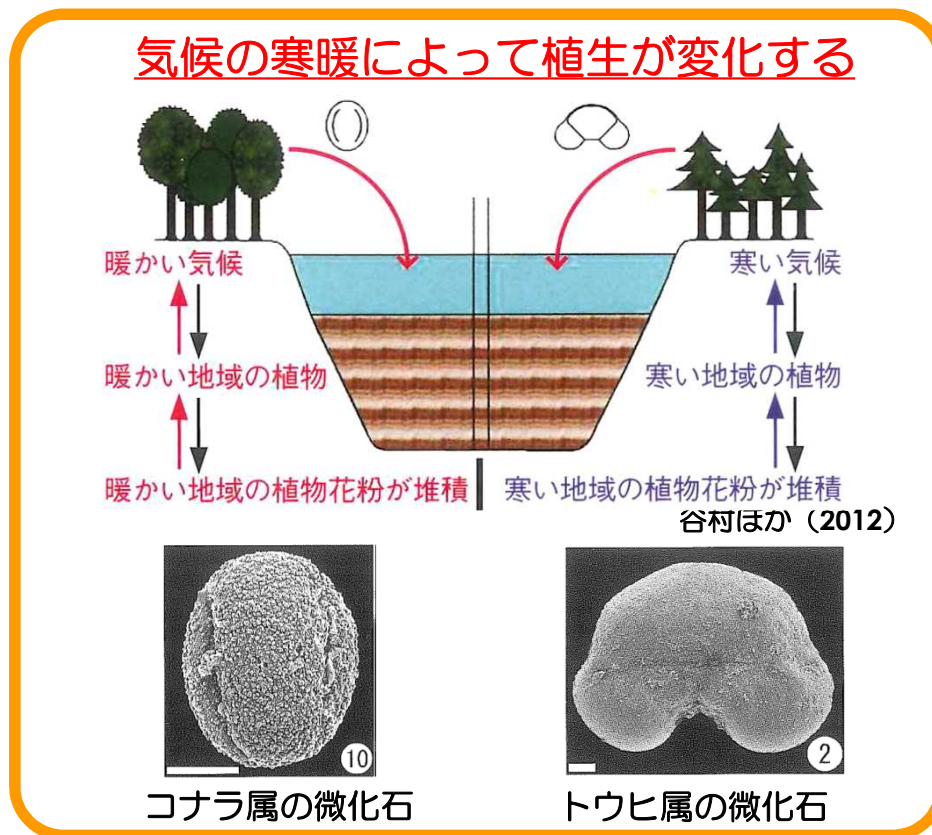
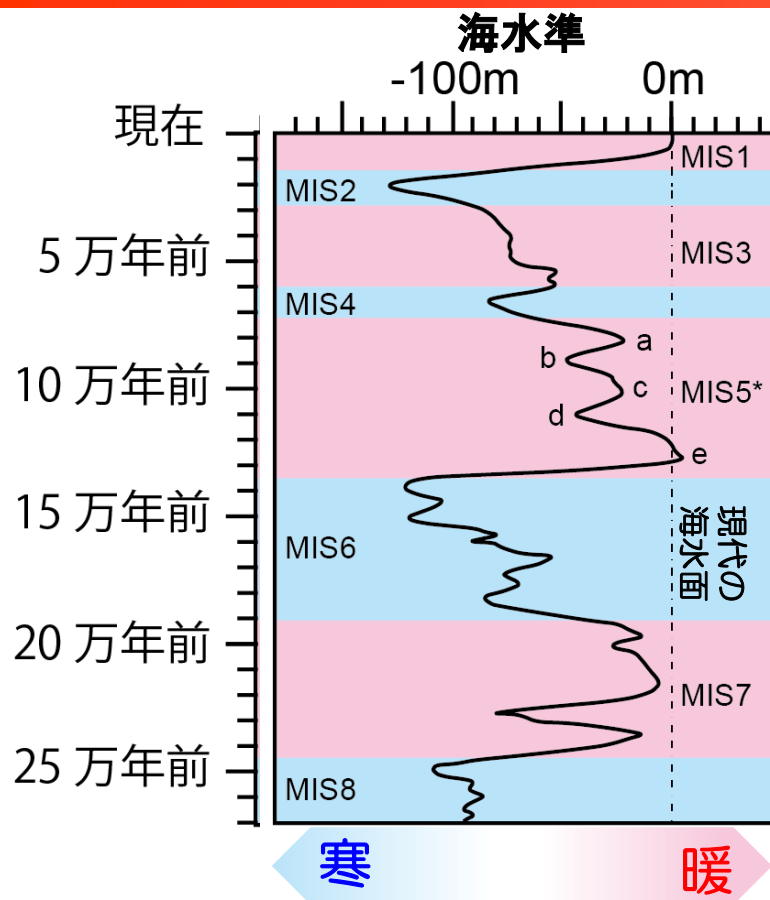
- 約10万年前の温暖期をMIS5、約20万年前の温暖期をMIS7と呼びます。
- MIS5の堆積物で構成された面を中位段丘面と呼びます。
- このように、段丘の高さから、ある程度地層の年代を推測する方法があります。

# 地層の年代評価の方法（堆積時期の連続性：不整合）



- MIS6の時期に侵食されず残ったMIS7の堆積物の上に、MIS5の堆積物が堆積することもあります。
- MIS5とMIS7の堆積物の間には、数万年もの時代間隙があるので、その境界で様相の違う堆積物が観察されることがあります。
- このように、重なり合う堆積物間の堆積時期の不連続を不整合と呼びます。

# 地層の年代評価の方法（堆積時期の連続性：花粉分析）



- 花粉を深度方向に連続的に分析することで、その地層が堆積した時期の気候の変化をおおよそ推定できます。
- また、大きな時代間隙があると植生が変わる可能性があるため、堆積物が連続的に堆積したかどうかの手がかりになります。

---

|                        |     |    |
|------------------------|-----|----|
| 1. 地層の年代評価に関する考え方      | ・・・ | 2  |
| 2. 刈羽テフラに関する東京電力の見解    | ・・・ | 13 |
| 3. 刈羽テフラと藤橋40の比較       | ・・・ | 16 |
| 4. 地層の年代に関する東京電力の評価の概要 | ・・・ | 19 |
| 5. 藤橋40の年代に関する考察       | ・・・ | 29 |
| 6. 参考資料                | ・・・ | 32 |
| 7. データ集                | ・・・ | 38 |



## 刈羽テフラに関する東京電力の見解（1）

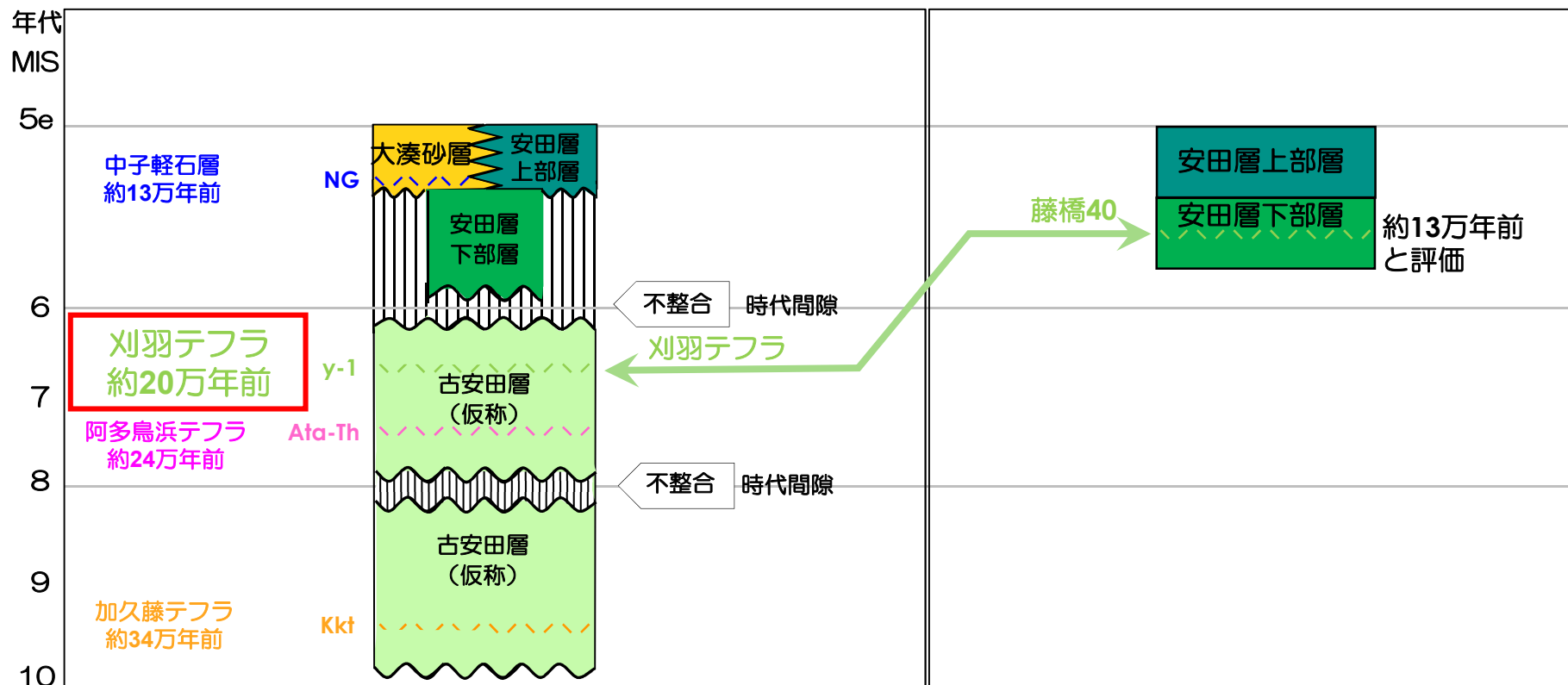
---

- 柏崎刈羽原発活断層問題研究会は、①藤橋で確認された藤橋40は当社が評価した刈羽テフラと同じ火山灰である、②藤橋40は中位段丘面の下に堆積していることから13万年前の火山灰であるとしています。
- 当社は、藤橋40の試料の提供を受け、火山灰の主成分分析を行い、刈羽テフラと藤橋40が同じ火山灰であることを確認しました。（P.16～18参照）
- ただし、その年代については、広域火山灰との比較、地層の層位関係、微化石の分析など様々な角度から多面的な分析を行った結果から、刈羽テフラは約20万年前の火山灰と評価しています。（P.19～28参照）
- また、刈羽テフラが藤橋40と同じ火山灰と考えても、当社の評価は矛盾なく説明することができ、これまでの評価が変わることはありません。（P.29～31参照）

# 刈羽テフラに関する東京電力の見解（2）

東京電力の評価

柏崎刈羽原発活断層問題研究会の評価



複数の広域火山灰との比較

地質観察、微化石分析など

刈羽テフラと藤橋40は同じ火山灰であるが、その年代の評価が異なる

- 当社は広域火山灰との直接比較や複数の火山灰の上下関係、地層の堆積の様子、微化石分析などから多面的な分析を行い、刈羽テフラを約20万年前の火山灰と評価しています。

---

|                        |       |    |
|------------------------|-------|----|
| 1. 地層の年代評価に関する考え方      | • • • | 2  |
| 2. 刈羽テフラに関する東京電力の見解    | • • • | 13 |
| 3. 刈羽テフラと藤橋40の比較       | • • • | 16 |
| 4. 地層の年代に関する東京電力の評価の概要 | • • • | 19 |
| 5. 藤橋40の年代に関する考察       | • • • | 29 |
| 6. 参考資料                | • • • | 32 |
| 7. データ集                | • • • | 38 |

# 刈羽テフラ (y-1), 藤橋40 (F40) 及びG10の比較

## 火山灰採取位置

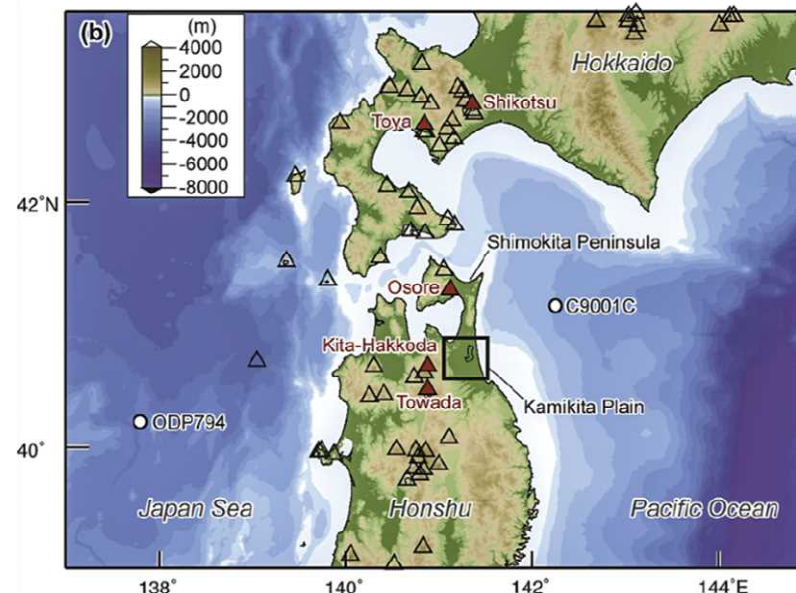
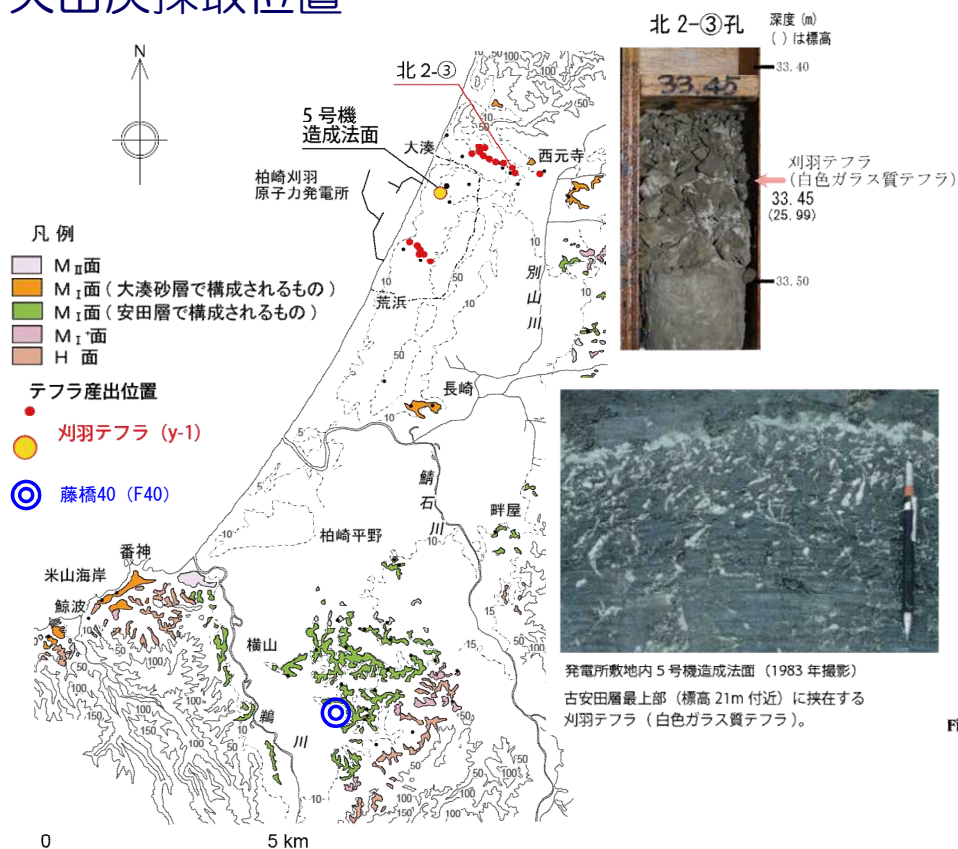


Fig. 1. Map showing locations of volcanoes and ocean drilling sites (a) in and around Japan and (b) near the Kamikita Plain.

G10採取位置 (Matsu'ura et al.(2014))

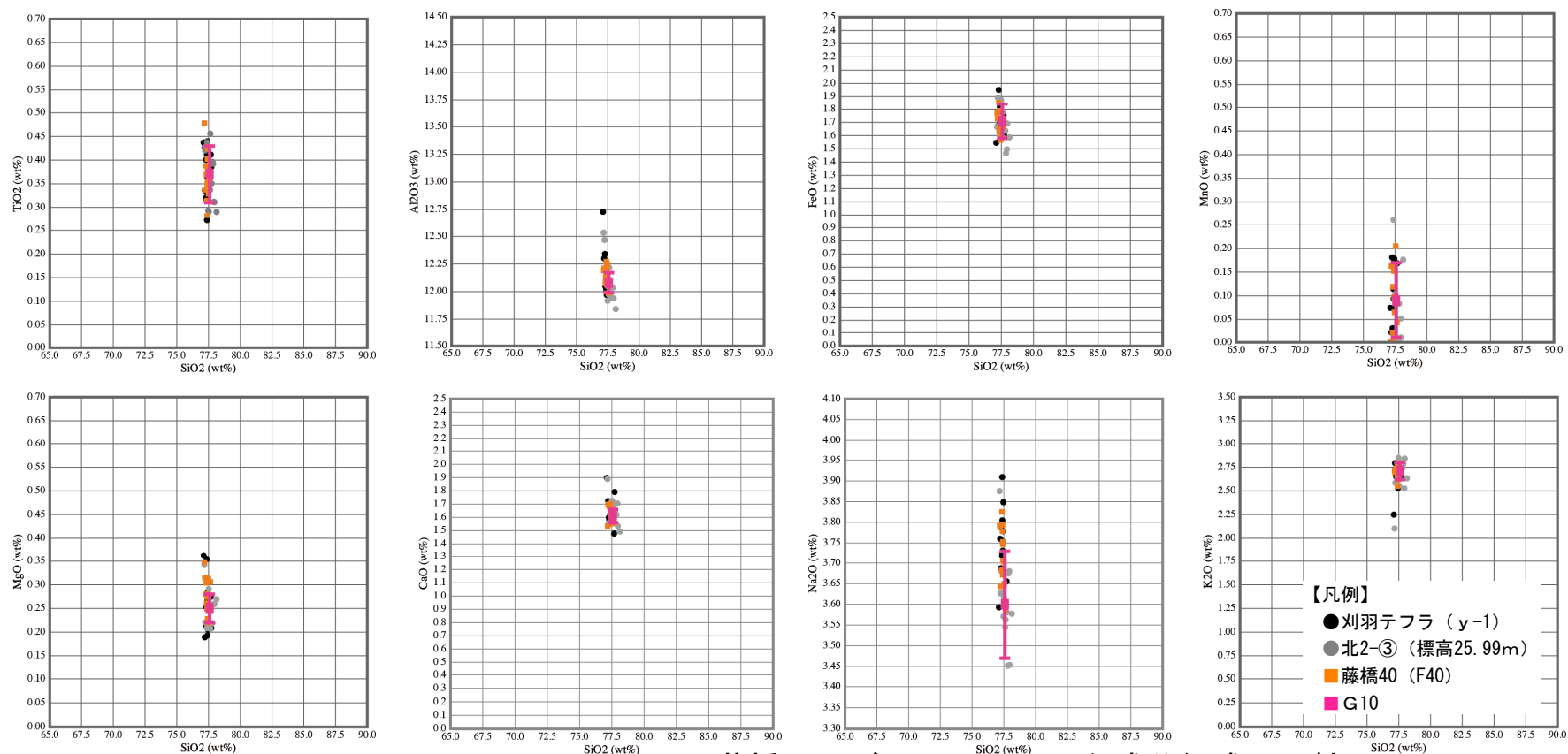
刈羽テフラ・藤橋40\*試料採取位置

\*藤橋40の試料は、新潟大学名誉教授立石氏より提供を受けた。

- 刈羽テフラは、発電所敷地内やその周辺において複数の場所で確認されます。
- 刈羽テフラは、下北半島沖の火山灰に関する研究で確認されているG10と主成分が同じであることから、これらの火山灰は同じものであると考えられます。

# 刈羽テフラ（y-1），藤橋40（F40）及びG10の比較

## 主成分組成の比較



刈羽テフラ，藤橋40及びG10テフラの主成分組成の比較

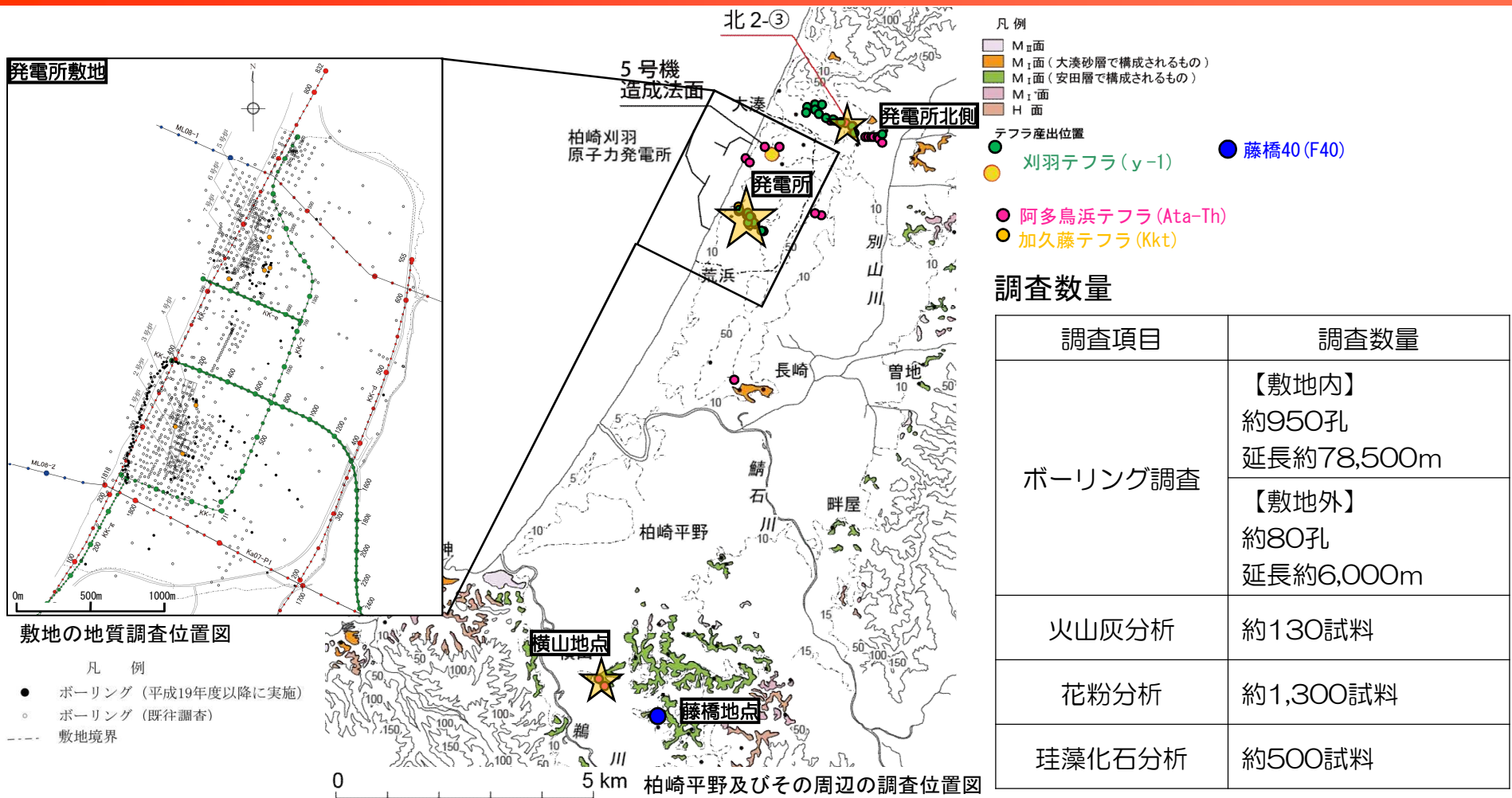
- 火山灰の主成分分析によると，藤橋40（F40）は刈羽テフラ（y-1）とG10に一致します。このことから，刈羽テフラ，藤橋40，G10は同じ火山灰と考えられます。
- 一方，G10テフラは，その上下に存在する火山灰の年代から，約20～23万年前の火山灰と評価できます。（P.23,24,25参照）

---

|                        |       |    |
|------------------------|-------|----|
| 1. 地層の年代評価に関する考え方      | • • • | 2  |
| 2. 刈羽テフラに関する東京電力の見解    | • • • | 13 |
| 3. 刈羽テフラと藤橋40の比較       | • • • | 16 |
| 4. 地層の年代に関する東京電力の評価の概要 | • • • | 19 |
| 5. 藤橋40の年代に関する考察       | • • • | 29 |
| 6. 参考資料                | • • • | 32 |
| 7. データ集                | • • • | 38 |



# 調査概要



■ 地層の年代評価にあたっては、地質観察のほか、多数のボーリング調査、火山灰分析、花粉分析、珪藻化石分析を行い、多面的な視点から総合的に検討を行いました。

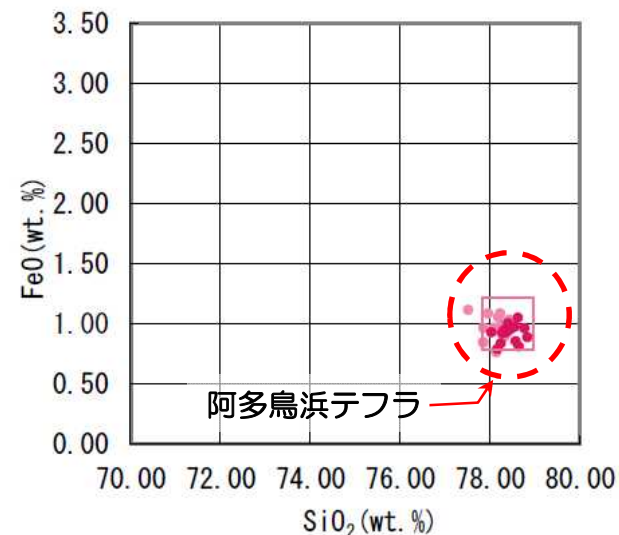
# 火山灰評価の例



阿多鳥浜テフラ（約24万年前）の分布



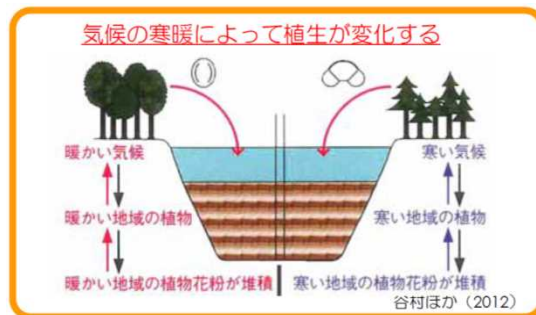
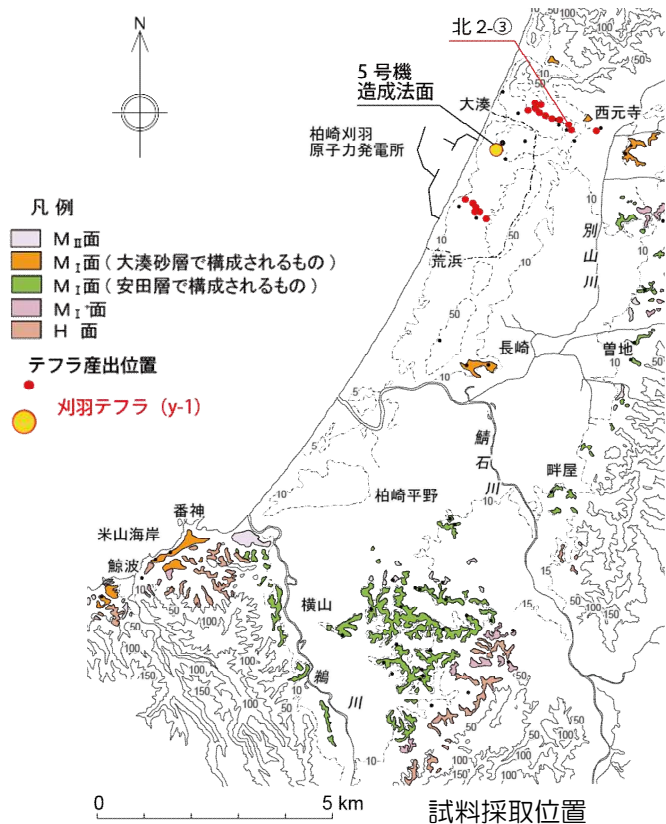
敷地で確認された火山灰  
(阿多鳥浜テフラ：標高-11.27m)



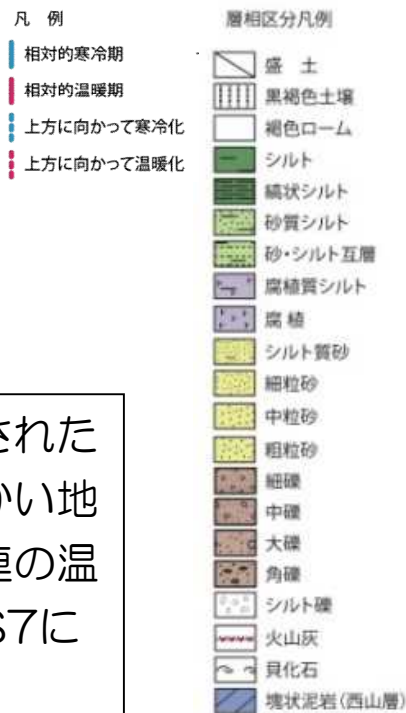
主成分分析の例

- 火山灰の分析については、既往の研究でわかっている火山灰の成分と比較を行い、火山灰の同定を行いました。
- 敷地周辺で確認できる火山灰として、中子軽石層、刈羽テフラ、阿多鳥浜テフラ、加久藤テフラがそれぞれ広域火山灰と一致することを確認しました。

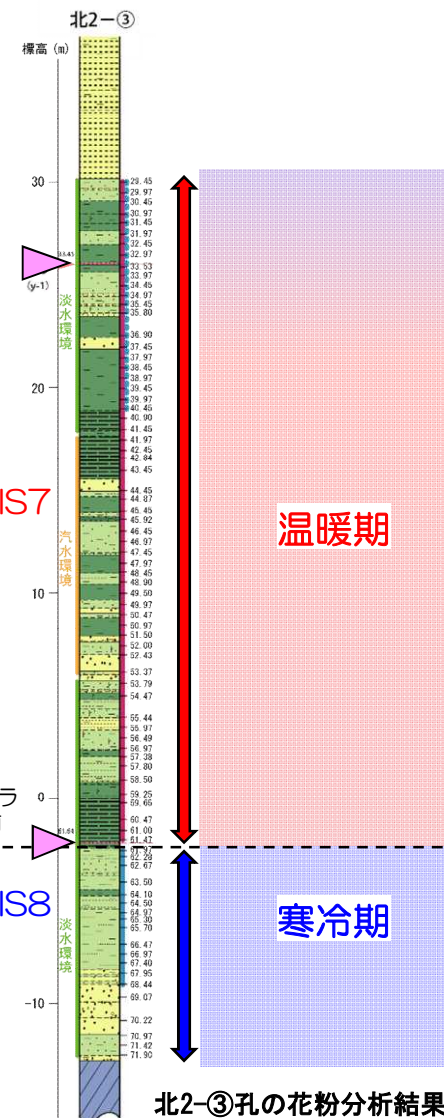
# 花粉分析結果の例



刈羽テフラ (y-1)  
約20万年前



阿多鳥浜テフラ  
約24万年前

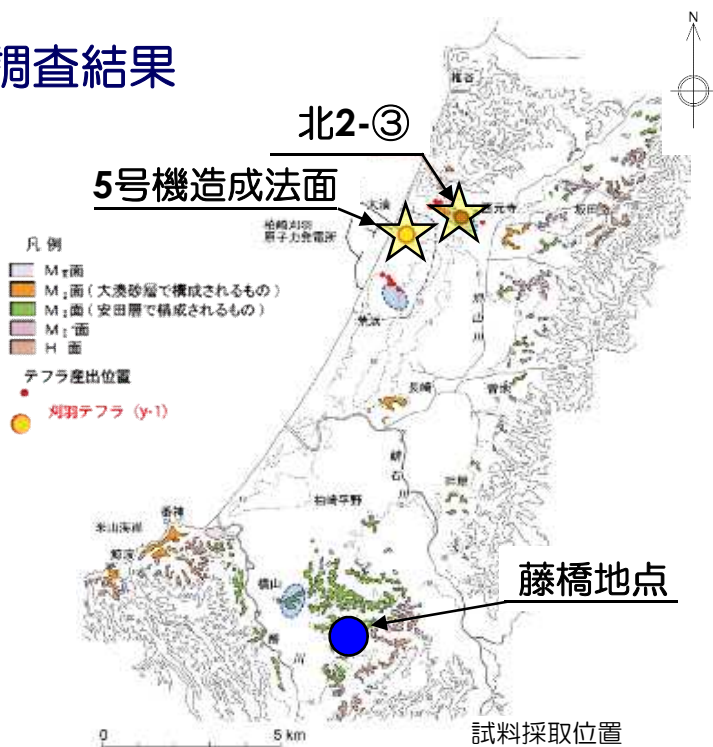


■ 阿多鳥浜テフラ及び刈羽テフラが確認された範囲は、植生に大きな変化がなく、暖かい地域の植物花粉が連続して確認される一連の温暖期に対応するため、どちらも同じMIS7に降灰したことが推定されます。

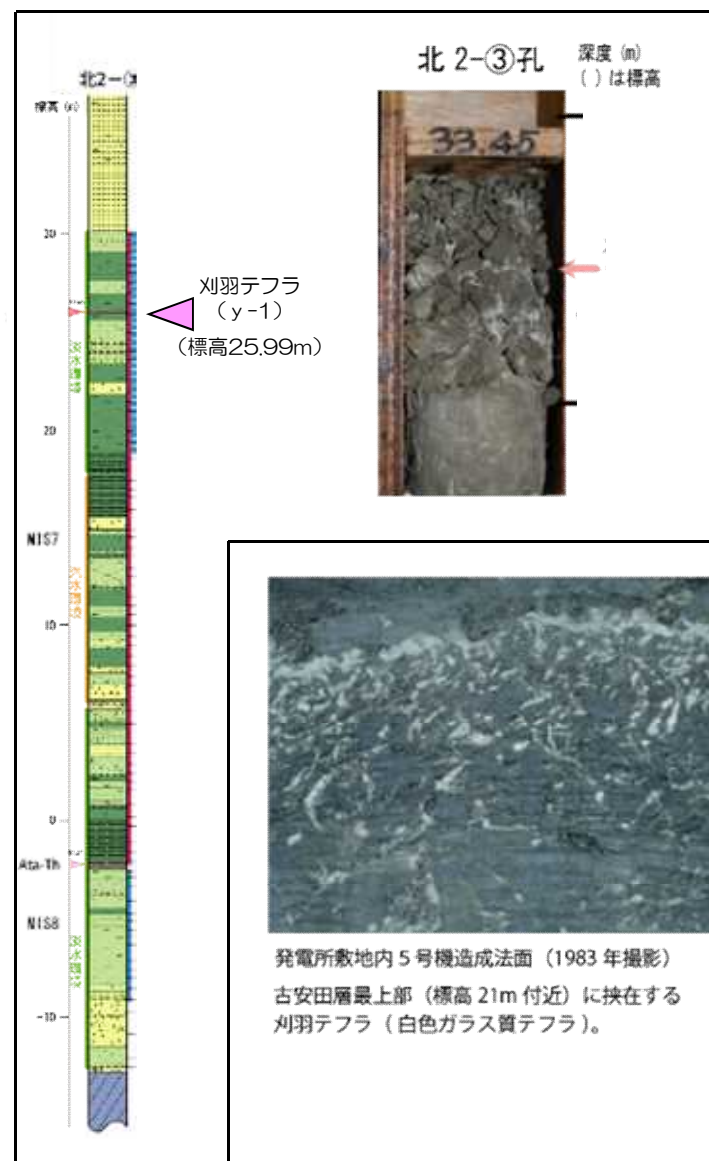


# 古安田層の年代に関する評価（刈羽テフラの分布）

## 調査結果



- 刈羽テフラは発電所敷地内やその周辺において複数の場所で確認されます。
- また、今回の分析で刈羽テフラと藤橋40が一致していることが確認されました。



発電所敷地内5号機造成法面（1983年撮影）  
古安田層最上部（標高21m付近）に挟むる  
刈羽テフラ（白色ガラス質テフラ）。

# 古安田層の年代に関する評価（刈羽テフラの年代評価）

## G10との比較

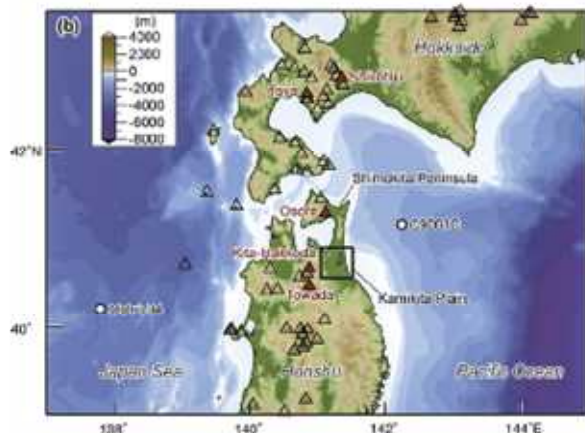
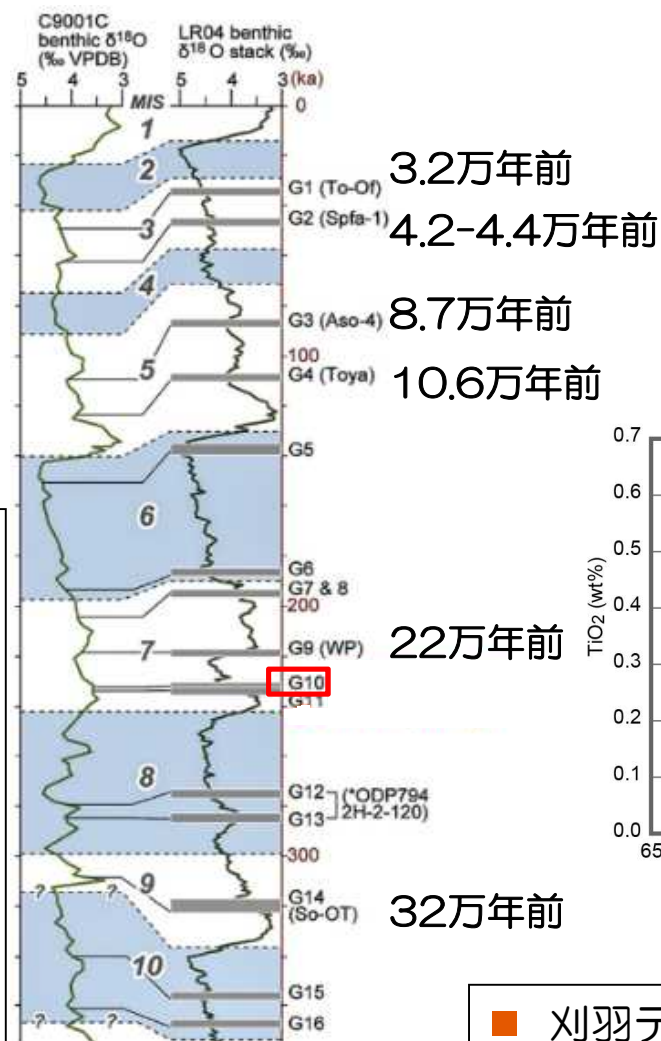
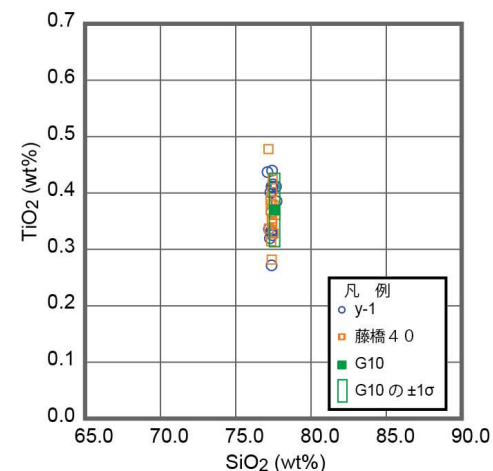


Fig. 1. Map showing locations of volcanoes and ocean drilling sites (a) in and around Japan and (b) near the Kamikita Plain.

- 地球深部探査船「ちきゅう」による下北東方沖のC9001C孔における調査から、複数の火山灰（G1～G16）が確認されています。
- 火山ガラスの主成分分析によると、刈羽テフラや藤橋40は、そのうちのG10と一致しています。
- G10は上下に年代が既知の火山灰が複数確認されており、その火山灰との関係から約20～23万年前の火山灰と評価できます。



(Matsu'ura et al.2014)

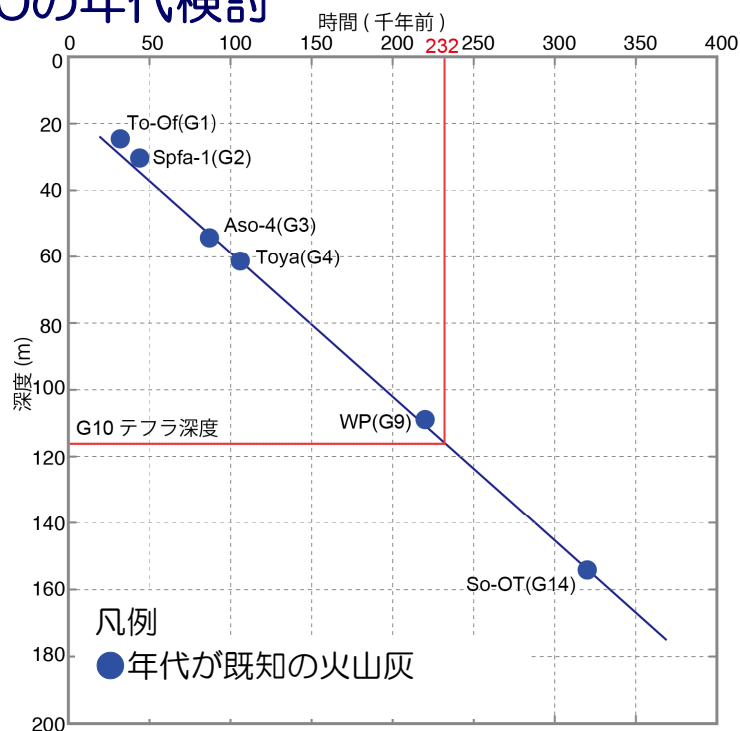


火山ガラスの主成分分析結果

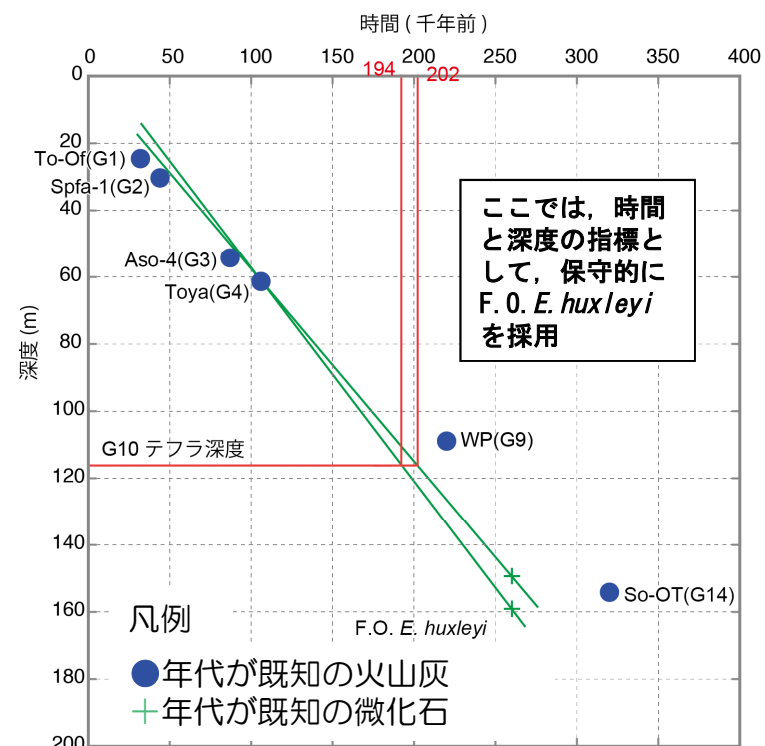
- 刈羽テフラ（y-1）および藤橋40は、G10と一致しています。

# 古安田層の年代に関する評価（刈羽テフラの年代評価）

## G10の年代検討



Matsu' ura et al. (2014)に基づく刈羽テフラ (y-1) の年代  
(テフラの深度および年代はMatsu' ura et al., 2014による)



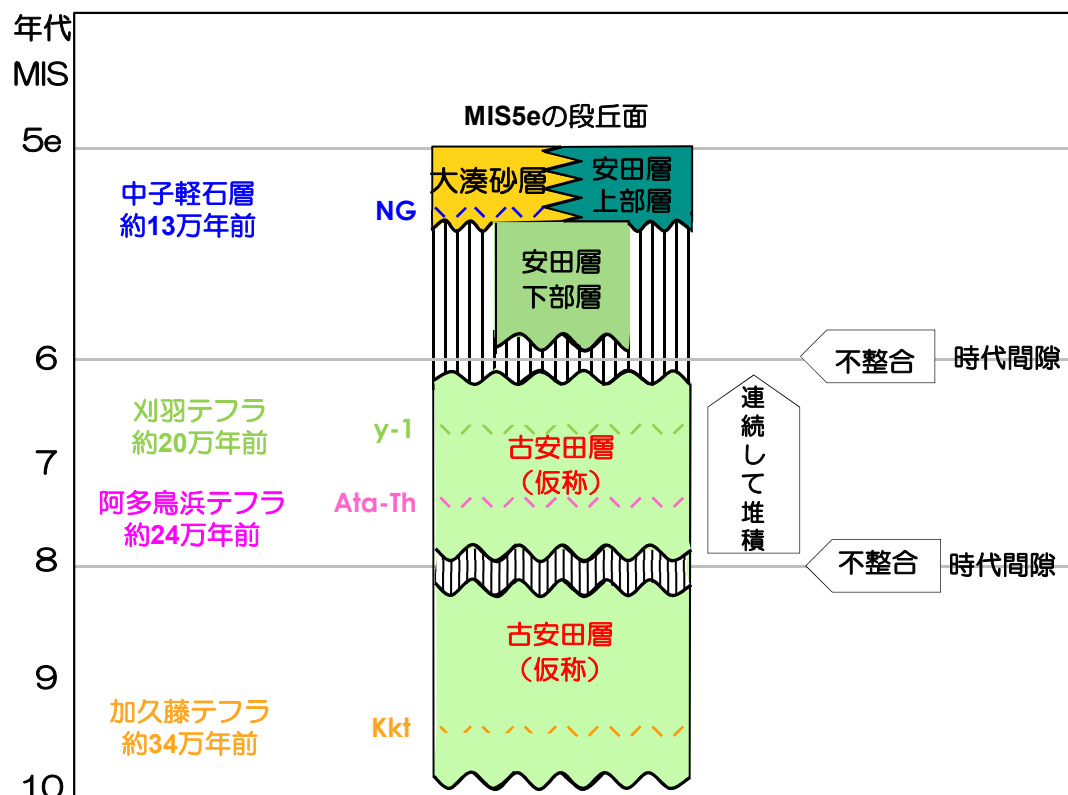
堂満ほか(2010)に基づく刈羽テフラ (y-1) の年代  
(テフラの深度および年代はMatsu' ura et al., 2014, F. O. E. huxleyi の深度および年代は堂満ほか, 2010による)

- 深い海の地層の堆積速度はほぼ一定であり、深い地層ほど堆積年代が古い地層が堆積しています。
- 堆積年代が既知の火山灰や微化石から外挿することで、G10は約20~23万年前に堆積した火山灰であると評価できます。
- 刈羽テフラと阿多鳥浜テフラ（約24万年前）の関係も踏まえ、刈羽テフラの堆積年代は約20万年前として評価しました。



# 当社評価のまとめ

## 地質層序 (古い順番に地層を並べたもの)

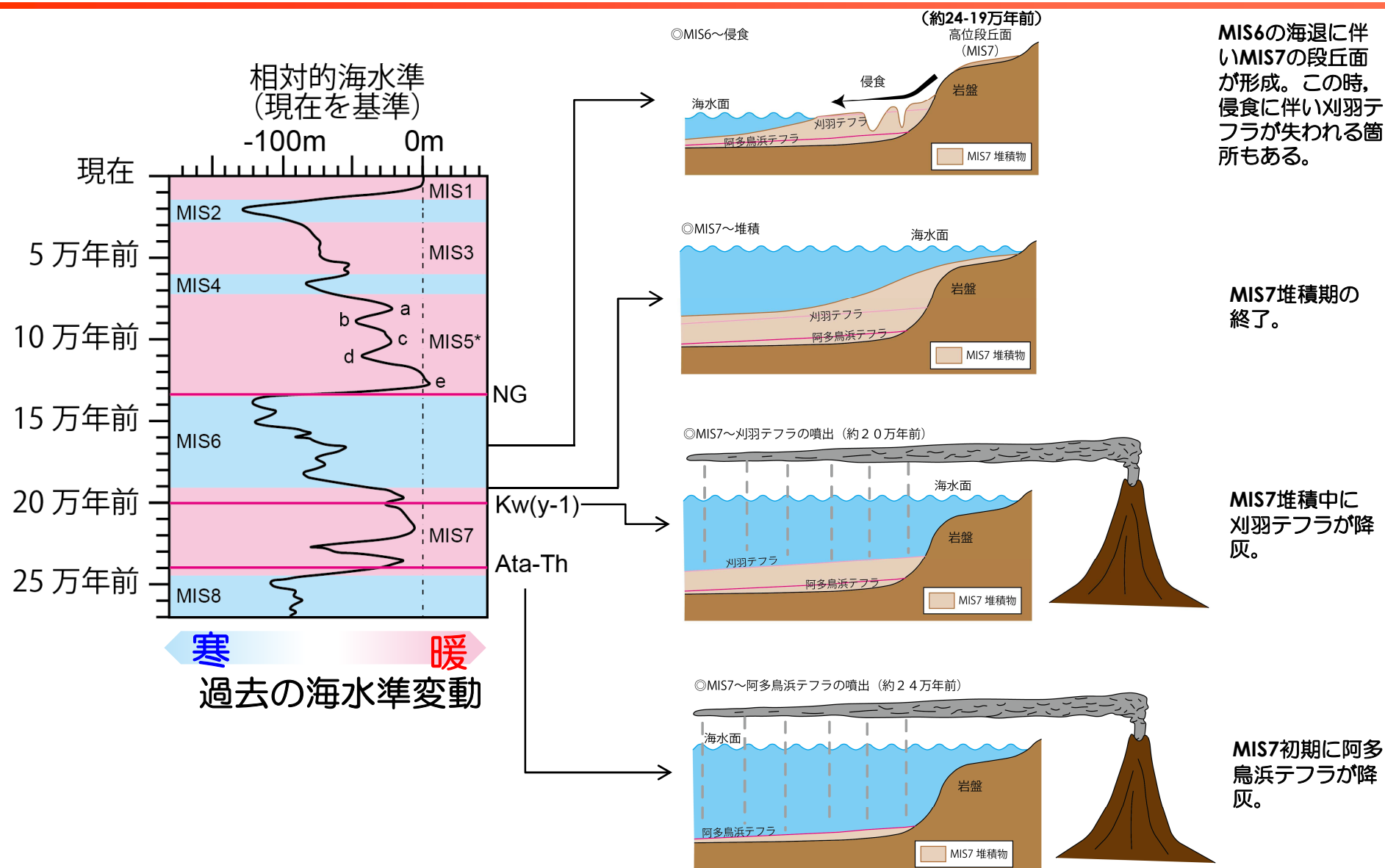


広域火山灰との比較

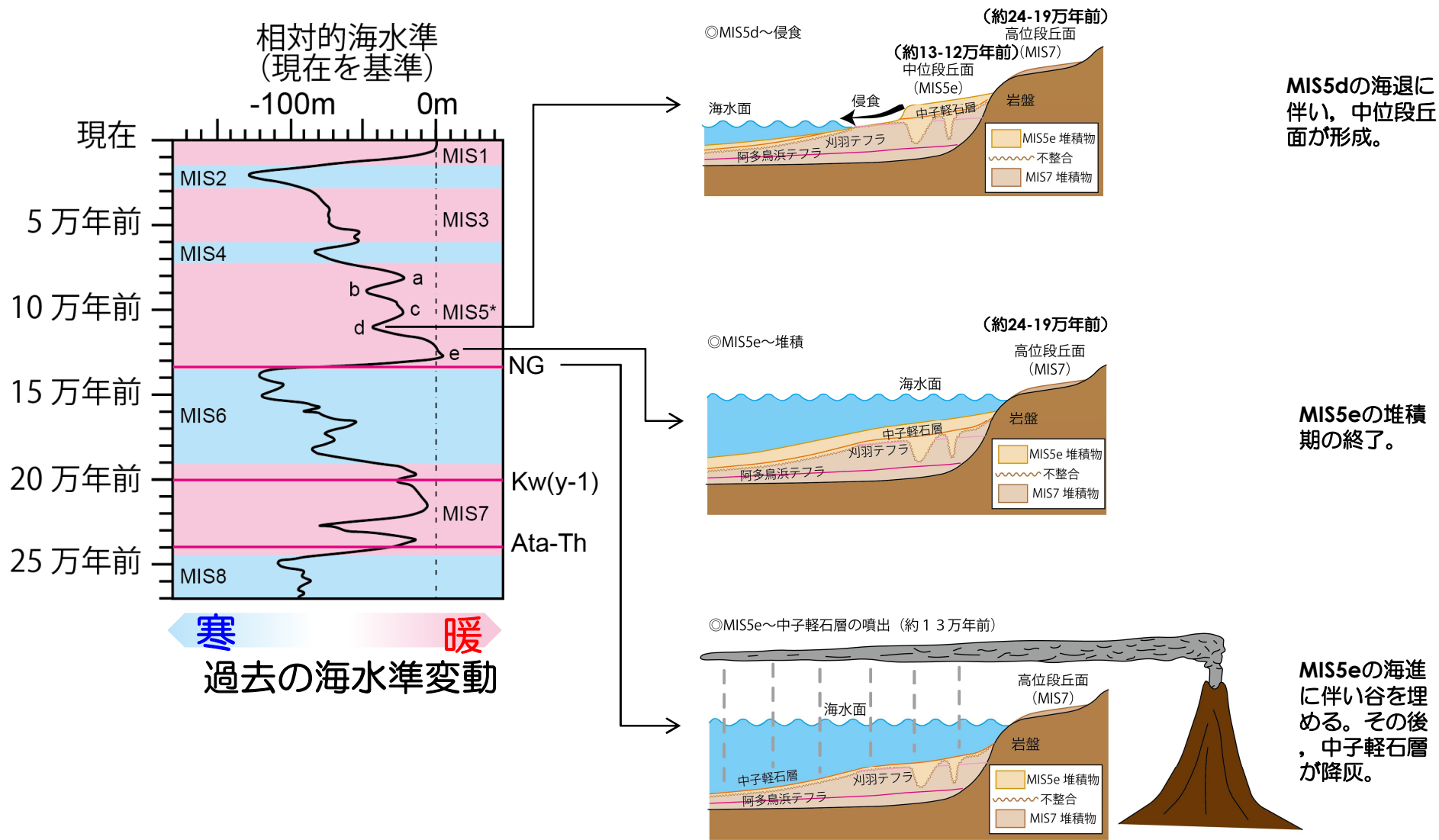
地質観察  
(ボーリングや露頭)  
微化石分析

- 地層の年代評価にあたって詳細な地質調査を行いました。
- 地層の中に挟まっている複数の火山灰を広域火山灰と比較し、その年代を特定しました。
- 刈羽テフラについても、広域火山灰との比較などから、約20万年前のものと評価しました。
- この年代は同一の地層に分布する約24万年前の阿多鳥浜テフラの上位に刈羽テフラが分布することや、さらにその上位に13万年前の火山灰を含む大湊砂層が分布することとも整合します。
- 従って、古安田層は約30数万年前から20万年前に堆積した中期更新世の堆積物と評価できます。

# 当社評価のまとめ（地層の堆積のイメージ1）



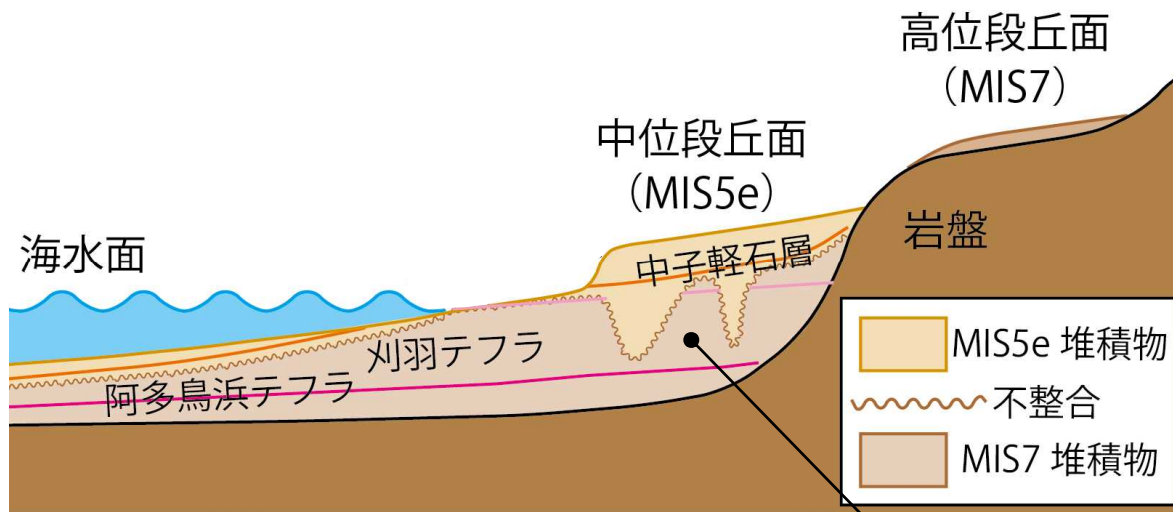
# 当社評価のまとめ（地層の堆積のイメージ2）



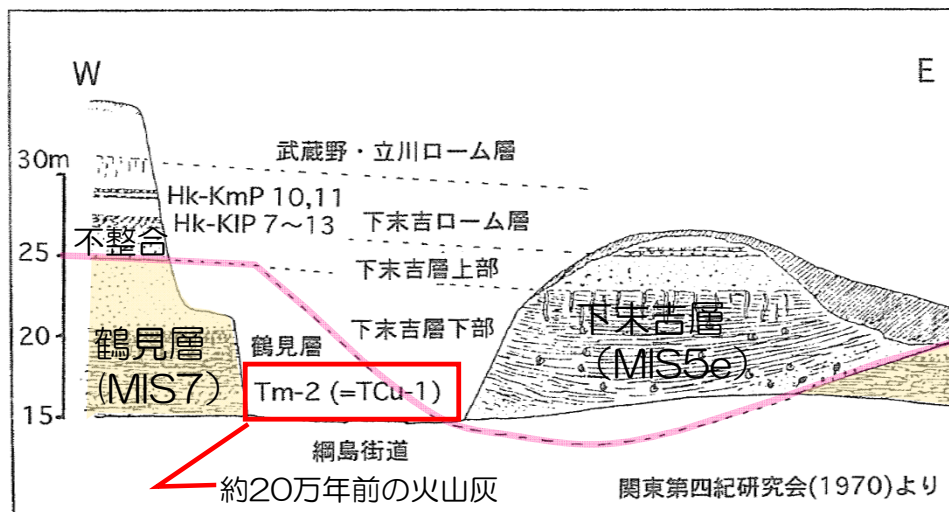
---

|                        |       |    |
|------------------------|-------|----|
| 1. 地層の年代評価に関する考え方      | • • • | 2  |
| 2. 刈羽テフラに関する東京電力の見解    | • • • | 13 |
| 3. 刈羽テフラと藤橋40の比較       | • • • | 16 |
| 4. 地層の年代に関する東京電力の評価の概要 | • • • | 19 |
| 5. 藤橋40の年代に関する考察       | • • • | 29 |
| 6. 参考資料                | • • • | 32 |
| 7. データ集                | • • • | 38 |

# 中位段丘面下の地層



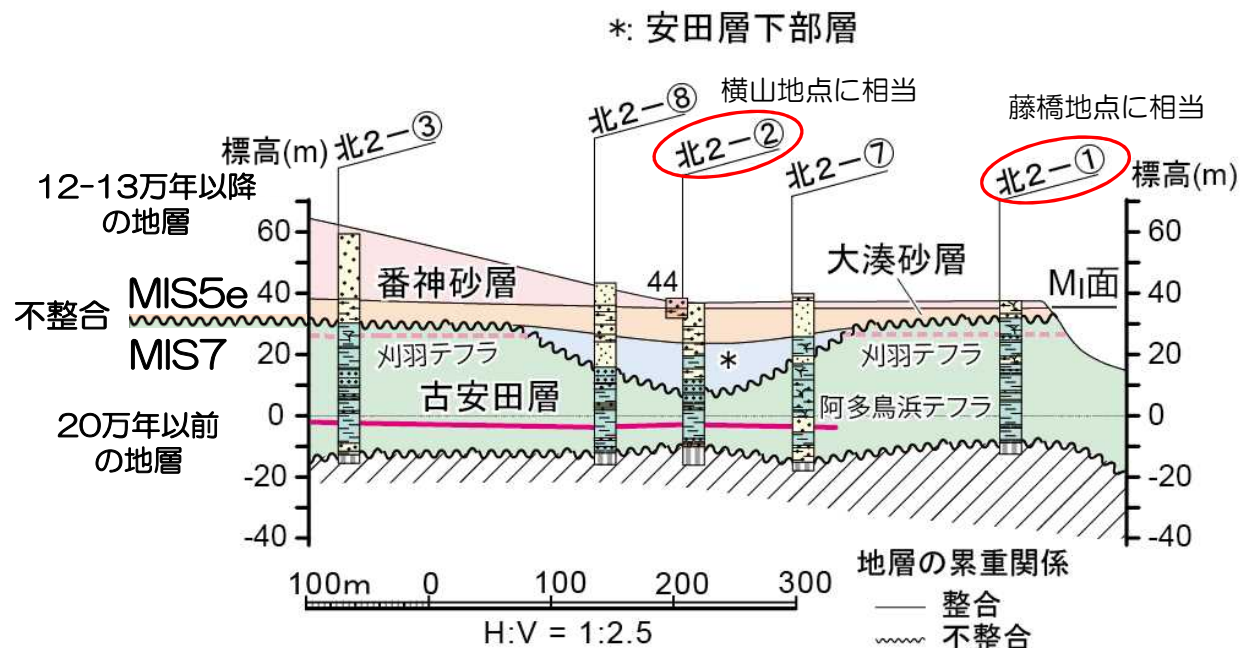
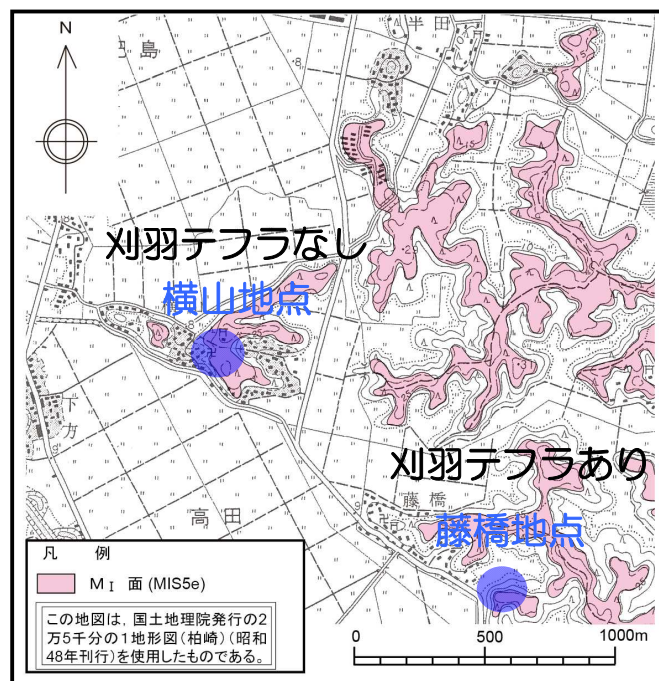
侵食のされ方によってMIS7の堆積物が残ることがある



菊池・関東第四紀研究会(1996)：横浜北部における下末吉層－酸素同位体ステージ5eの海進堆積物. 第四紀露頭集－日本のテフラ, 203-203

- 中位段丘面が分布する地域から試料を採取しても、その年代が段丘の形成年代と同じとは限りません。
- 中位段丘面の下にはMIS7の堆積物の侵食のされ方によって、MIS7の堆積物が残ることがあり、ここから試料を採取した場合、その年代はMIS7となります。
- 関東地方の代表的な中位段丘面を形成する下末吉層 (MIS5e) 下にもMIS7の堆積物が確認されている場所があります。

# 藤橋地点と横山地点の関係



北2測線で認められたMIS7堆積物の侵食の様子  
侵食された場所には刈羽テフラは認められない

- 北2測線では、中位段丘面の下にMIS7の地層が堆積していることを確認しています。
- この調査結果を藤橋地点付近にあてはめると、刈羽テフラ（藤橋40）が確認される藤橋地点は、北2-①に、刈羽テフラの確認されない横山地点は北2-②に対応すると考えられ、全てが矛盾無く説明することができます。



---

|                        |       |    |
|------------------------|-------|----|
| 1. 地層の年代評価に関する考え方      | • • • | 2  |
| 2. 刈羽テフラに関する東京電力の見解    | • • • | 13 |
| 3. 刈羽テフラと藤橋40の比較       | • • • | 16 |
| 4. 地層の年代に関する東京電力の評価の概要 | • • • | 19 |
| 5. 藤橋40の年代に関する考察       | • • • | 29 |
| 6. 参考資料                | • • • | 32 |
| 7. データ集                | • • • | 38 |

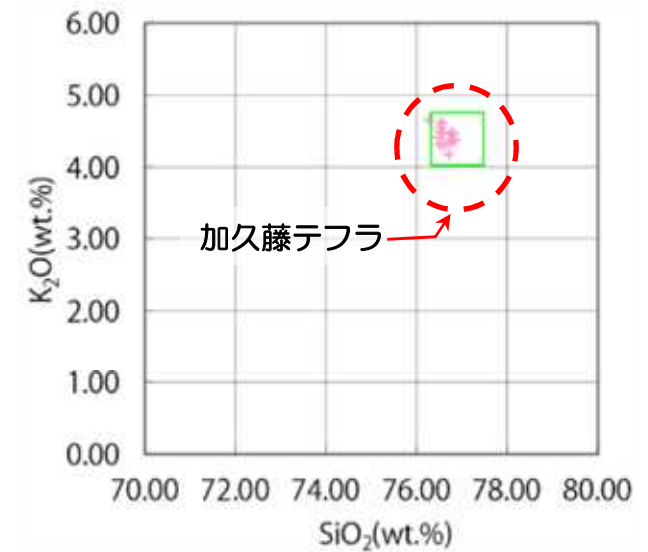
# 加久藤テフラ



加久藤テフラ（約33万～34万年前）の分布



敷地で確認された火山灰  
(加久藤テフラ：標高-30.2m)

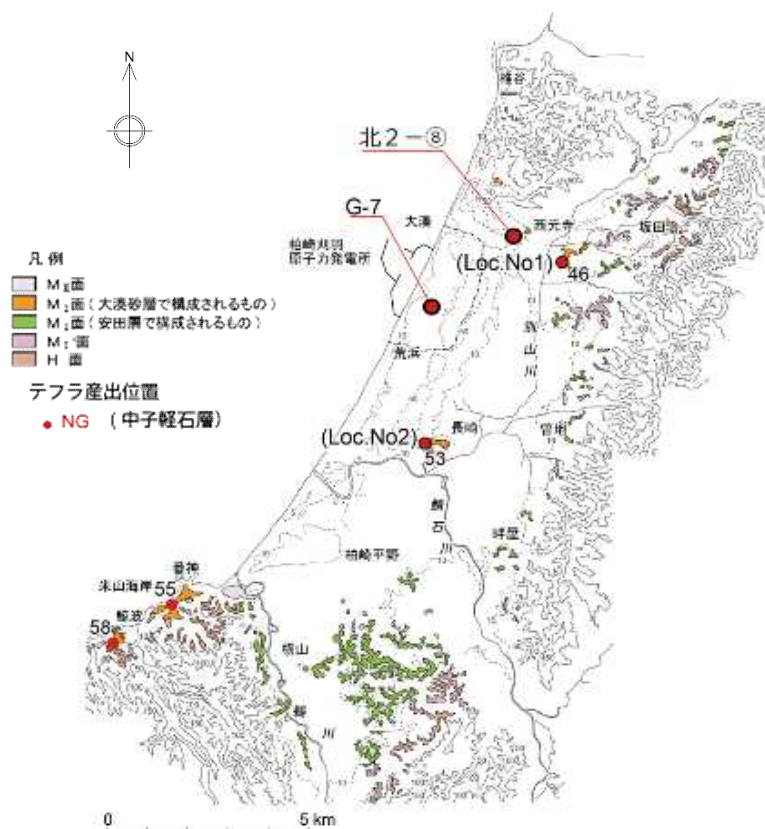


主成分分析の例

- 九州で噴火した火山のテフラが日本各地で見つかっています。
- 敷地内で見つかった加久藤テフラ (+) は既往の分析 (□) と一致しています。

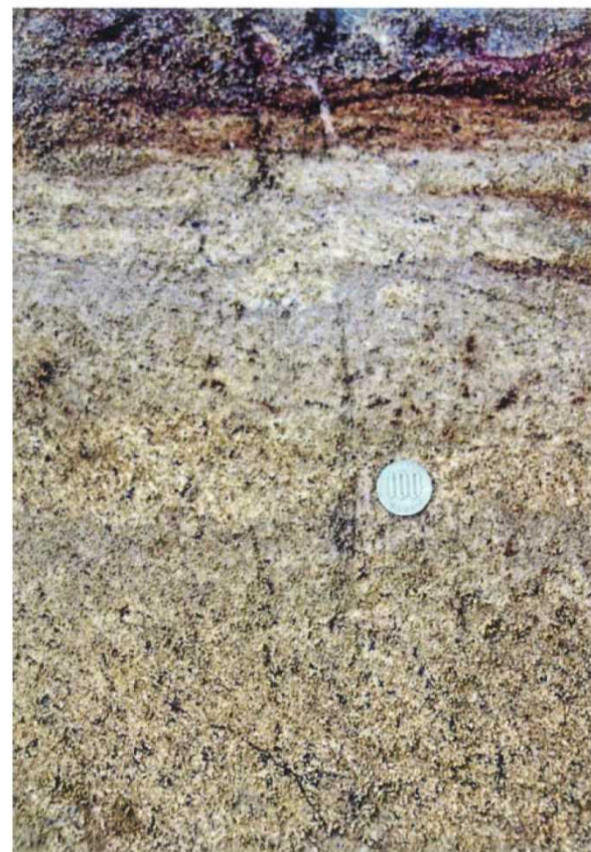
# 古安田層の年代に関する評価（中子軽石層の年代評価）

## 中子軽石層確認地点



柏崎平野及びその周辺の段丘分布図・調査位置図  
(岸・宮脇. 1996)

SW← →NE

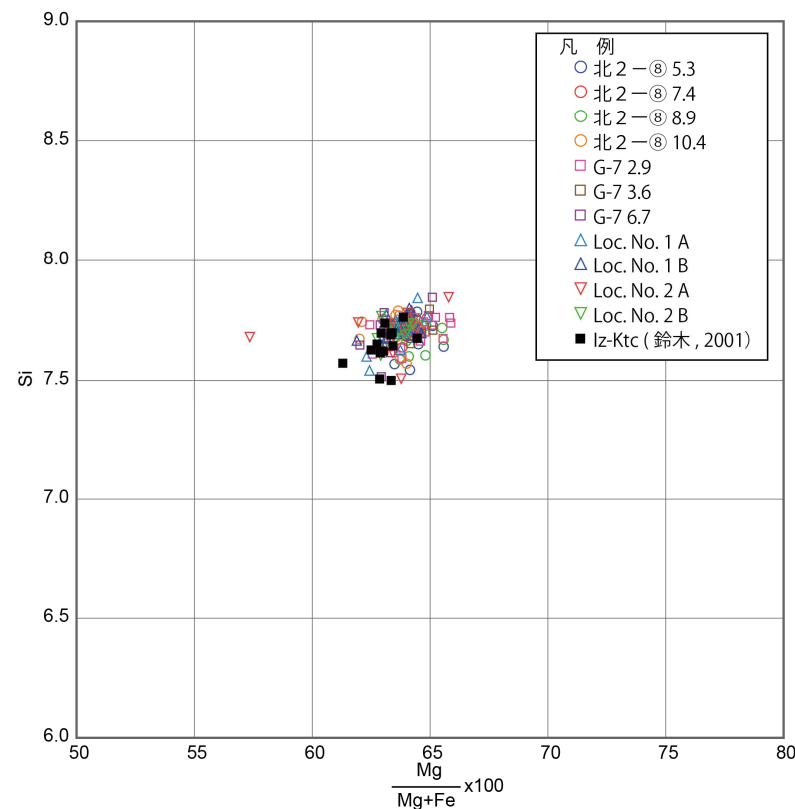
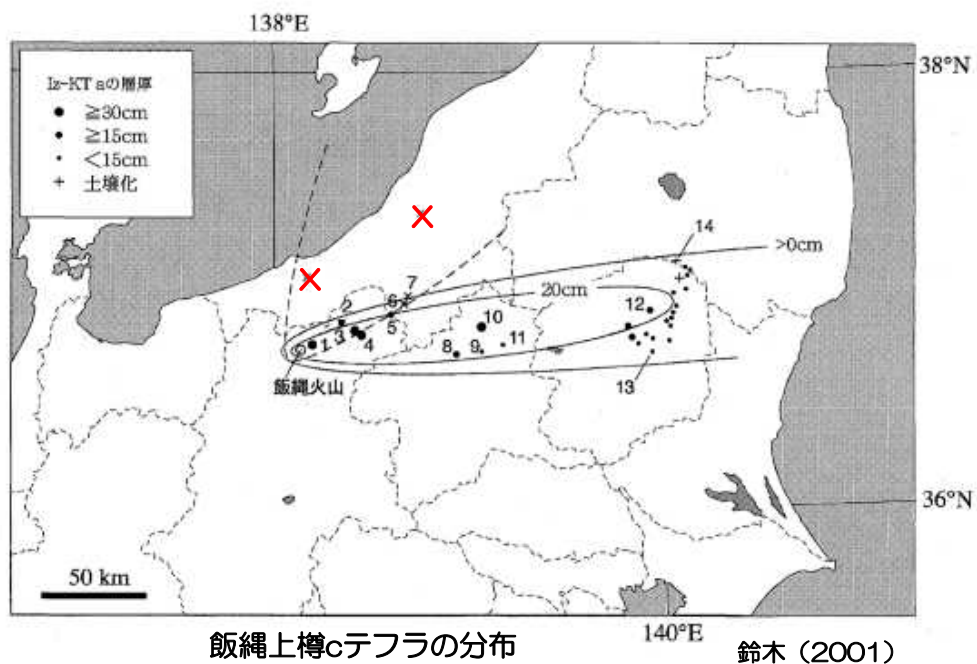


中子軽石層を含む層準

Loc.53 (柏崎市長崎)

- 古安田層を不整合に覆う大湊砂層には、中子軽石層が挟在することが岸ほか（1996）により報告されています。

# 古安田層の年代に関する評価（中子軽石層の年代評価）



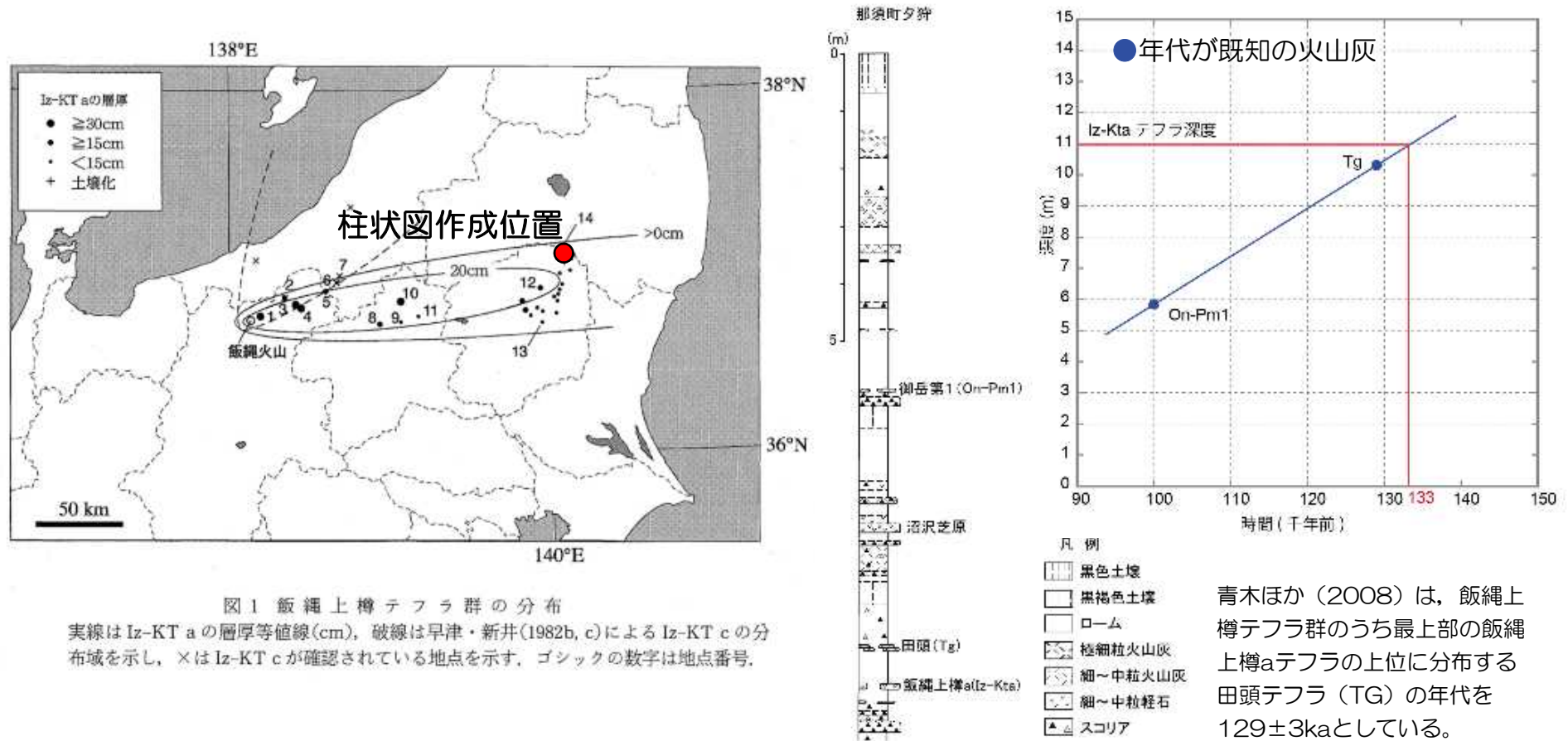
※：鈴木（2001）の飯縄上樽cテフラ群の標識ほか（長野県信濃町高山のLoc.No1）の飯縄上樽cテフラ（Iz-KTcの分析値）

## 主成分分析の例

- Loc. No1（五日市地点:岸・宮脇（1996）による露頭番号46），Loc. No2（長崎地点:岸・宮脇（1996）による露頭番号53），北2-⑧孔およびG-7孔で見つかった中子軽石層は，飯縄上樽cテフラ（Iz-KTc）と一致しています。

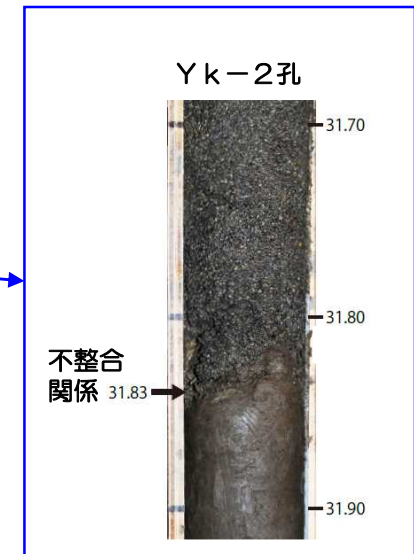
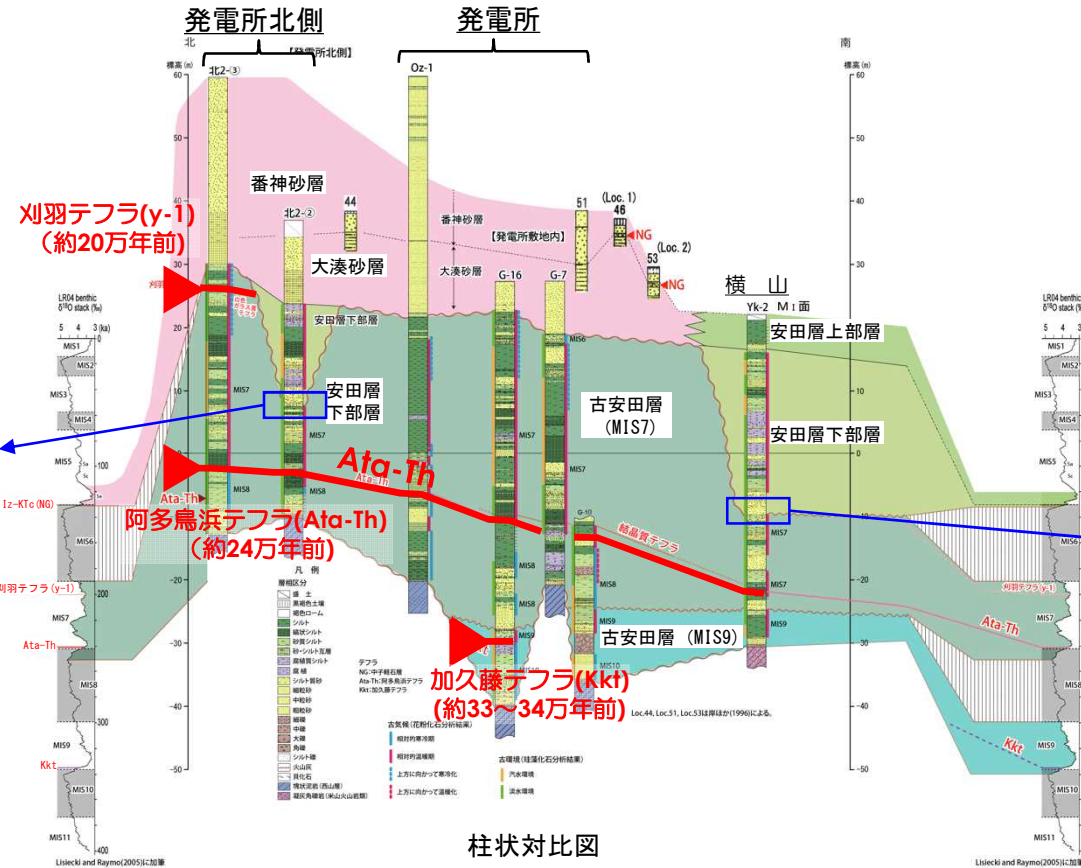


# 古安田層の年代に関する評価（中子軽石層の年代評価）



- レスクロノメトリーに基づき飯縄上樽aテフラ（飯縄上樽cテフラのやや上位）の年代を外挿した結果, 約13.3万の値が得られたことから, 飯縄上樽cテフラの年代も同程度と考えられる。

# 敷地近傍で確認された不整合関係について



- 発電所北側では、刈羽テフラ (y-1) はMIS5eの堆積物中には含まれず、MIS7の堆積物中に含まれることを確認しています。
- 横山地点でも、刈羽テフラ (y-1) はMIS5eの堆積物中には確認されません。

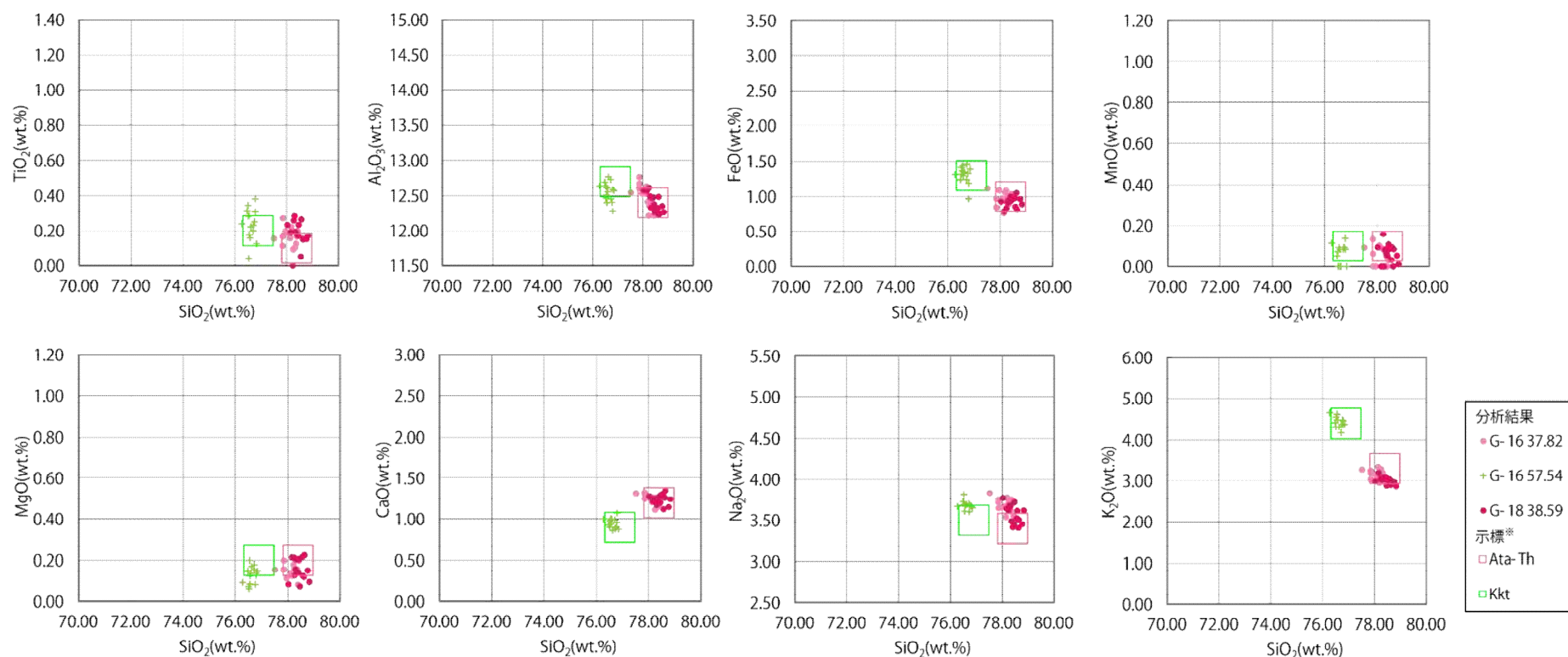
---

|                        |       |    |
|------------------------|-------|----|
| 1. 地層の年代評価に関する考え方      | • • • | 2  |
| 2. 刈羽テフラに関する東京電力の見解    | • • • | 13 |
| 3. 刈羽テフラと藤橋40の比較       | • • • | 16 |
| 4. 地層の年代に関する東京電力の評価の概要 | • • • | 19 |
| 5. 藤橋40の年代に関する考察       | • • • | 29 |
| 6. 参考資料                | • • • | 32 |
| 7. データ集                | • • • | 38 |



# 主成分分析結果（阿多鳥浜テフラ・加久藤テフラ）

## 主成分組成の比較



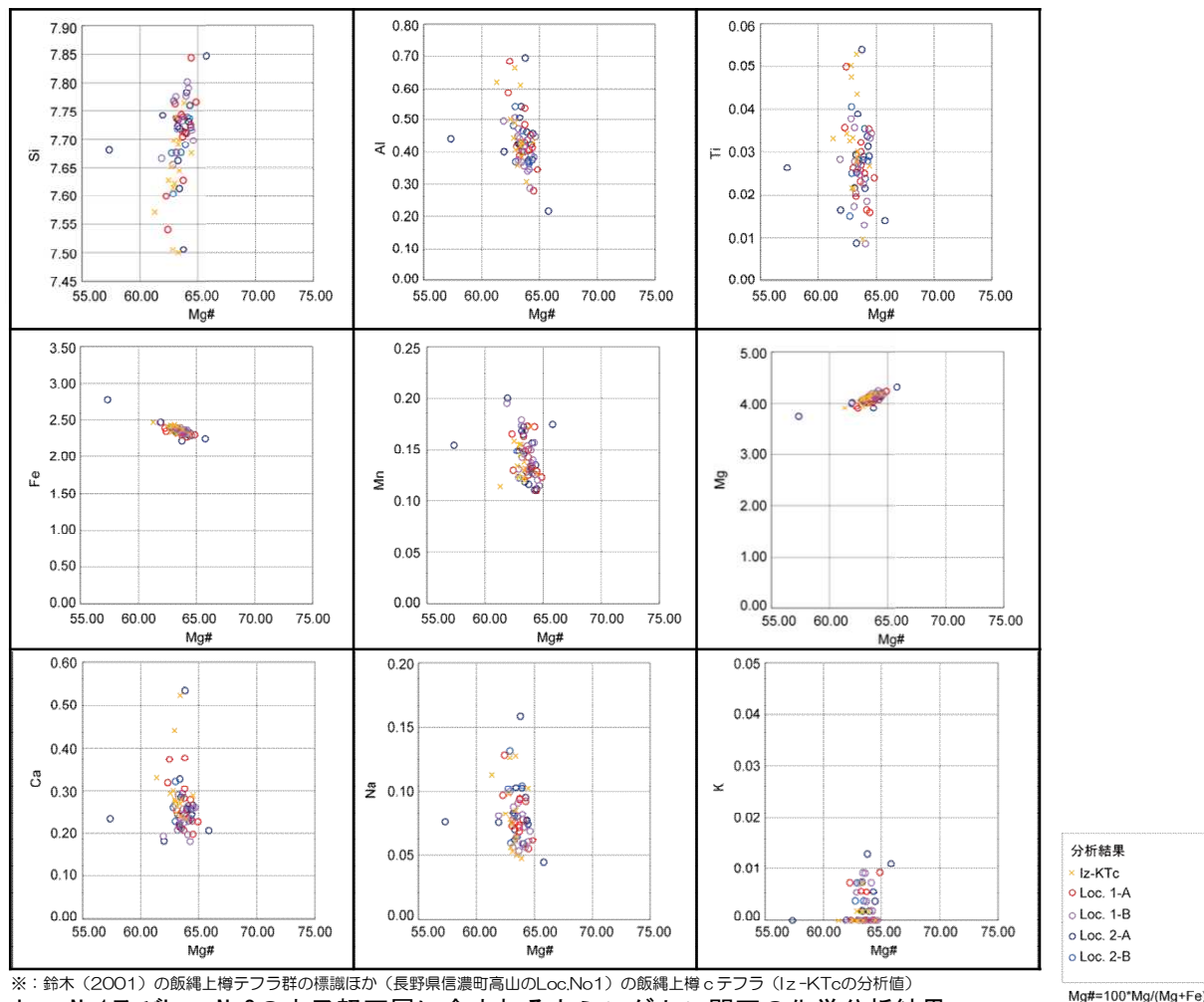
※Kkt及びAta-Thは新編火山灰アトラス(2003)による。

火山ガラスの主成分分析結果

# 化学分析結果（中子軽石層）

## 分析結果

- Loc. No1（五日市地点:岸・宮脇（1996）による露頭番号46）及びLoc. No2（長崎地点:岸・宮脇（1996）による露頭番号53）に中子軽石層が確認され，同層はカミングトン閃石のMg#と陽イオンとの比より，飯縄上樽cテフラ（Iz-KTc）と一致しています。



※：鈴木（2001）の飯縄上樽テフラ群の標識ほか（長野県信濃町高山のLoc.No1）の飯縄上樽cテフラ（Iz-KTcの分析値）  
Loc. No1及びLoc. No2の中子軽石層に含まれるカミングトン閃石の化学分析結果