

# 柏崎刈羽原子力発電所 安田層の堆積年代に関する地質調査の概要

平成25年4月18日

東京電力株式会社



東京電力

---

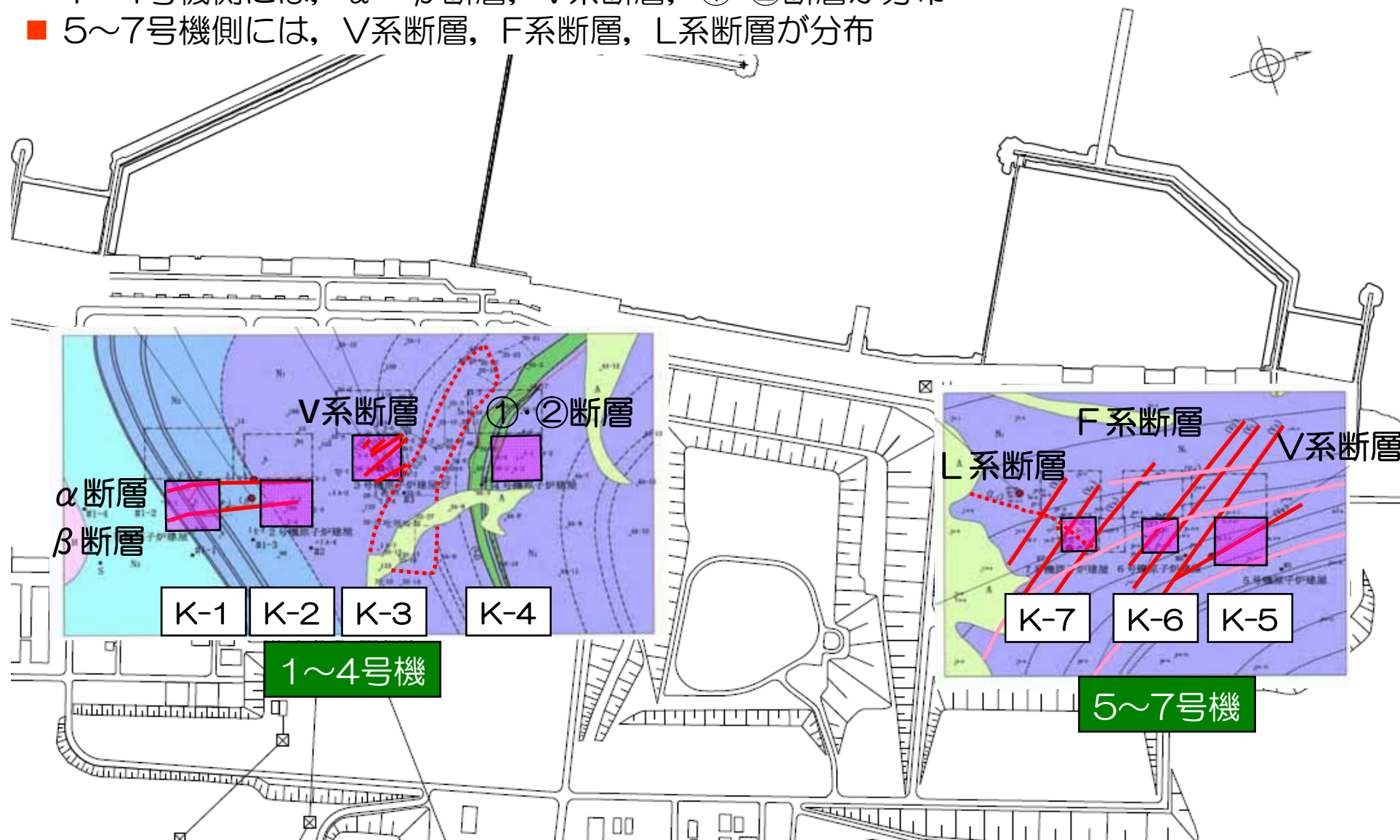
# 目次

---

1. 既往の評価
2. 調査の考え方
3. 調査結果

# 既往評価：敷地内の断層の分布

- 1～4号機側には、 $\alpha$ ・ $\beta$ 断層、V系断層、①・②断層が分布
- 5～7号機側には、V系断層、F系断層、L系断層が分布

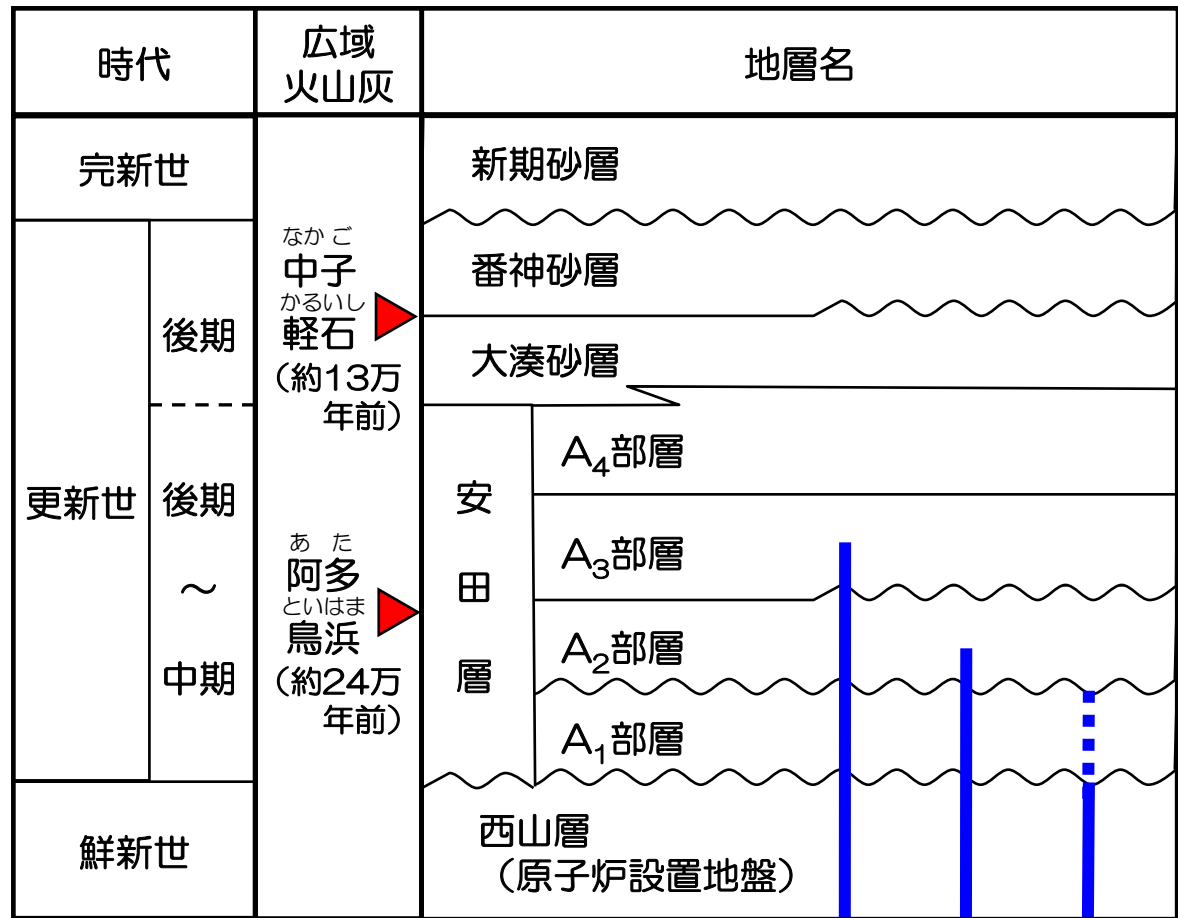


# 既往評価：敷地内の断層活動性評価と意見聴取会の意見

- $\alpha \cdot \beta$  断層は、安田層A<sub>3</sub>部層まで変位を与えているが、その上の層に変位を与えていない。
- V系、F系断層は同時期に活動していたと考えられ、最も新しいものはA<sub>2</sub>部層まで変位を与えているが、その上の層には変位を与えていない。
- L系、①・②断層は少なくとも安田層A<sub>2</sub>部層に変位を与えていない。
- 以上より、敷地内の断層は、少なくとも安田層堆積終了以降の活動はなく、耐震設計上考慮すべき活断層ではないと評価。

## 意見聴取会における委員の意見

いずれの断層も安田層の上部に変位を与えていないことを根拠に後期更新世以降の活動性を否定しているが、その安田層の層序区分の仕方が不明確である。層序区分及び各部層の年代について、再検討が必要。地震・津波に関する意見聴取会（地質・地質構造関係）（第5回 H24/08/10 NISA）



〔 〰 不整合    ≧ 指交 〕

$\alpha \cdot \beta$  断層

F系断層  
V系断層

L系断層  
①・②断層

安田層を対象に堆積年代の詳細な分析・評価を実施

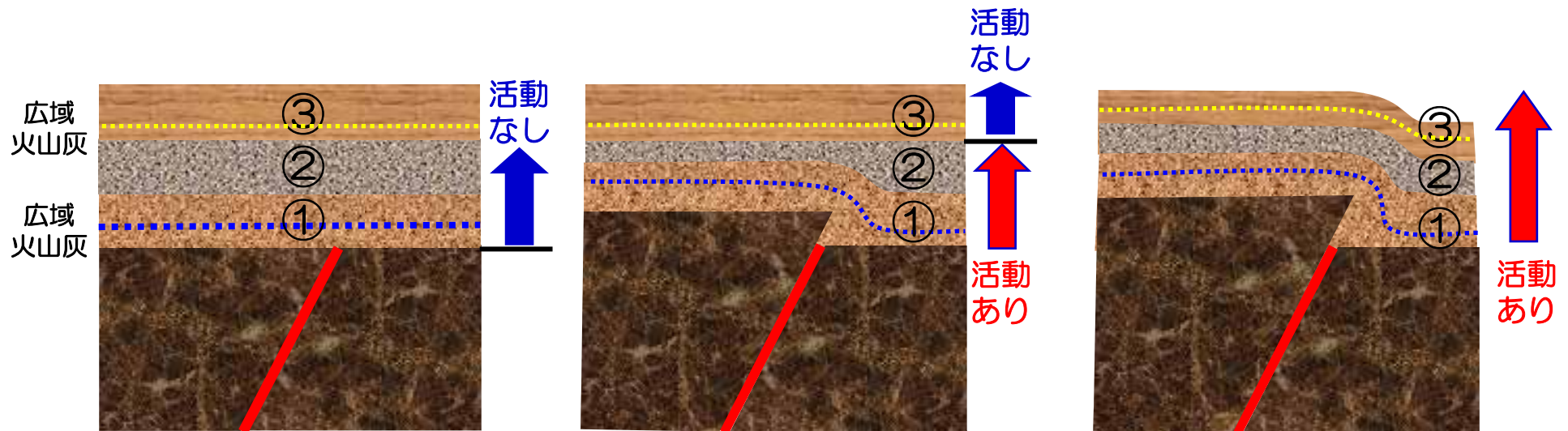
# 目次

---

1. 既往の評価
2. 調査の考え方
3. 調査結果

# 解説：なぜ断層上の地層の年代評価が重要なのか？

断層の活動性を判断するためには、断層の上に堆積している地層（上載層）の変位・変形を見て判断します。例えば、上載層やこれに含まれる広域火山灰の層に変位・変形がみられない場合は、上載層の堆積以降に断層の活動はなかったと判断できます。一方、上載層に変位・変形が認められる場合は、上載層の堆積以降に断層が活動したと判断できます。このため、断層の活動時期を評価するうえで、上載層がいつ堆積したのかを知ることは非常に重要なポイントになります。



①の堆積以降、断層の活動はない。

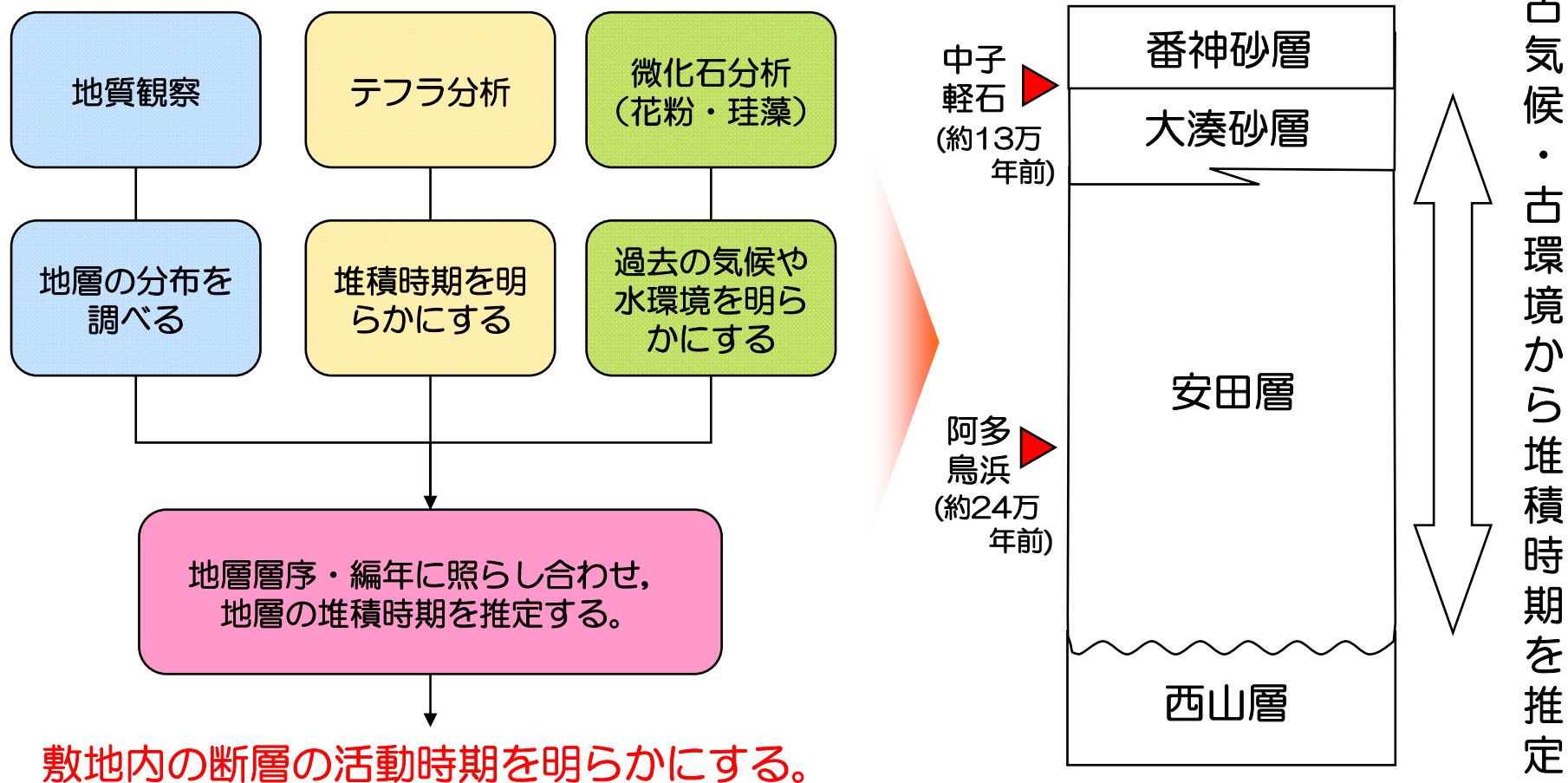
③には断層の変位が及んでいない。したがって③の堆積以降、断層の活動はない。

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。



# 安田層の堆積時期推定の考え方

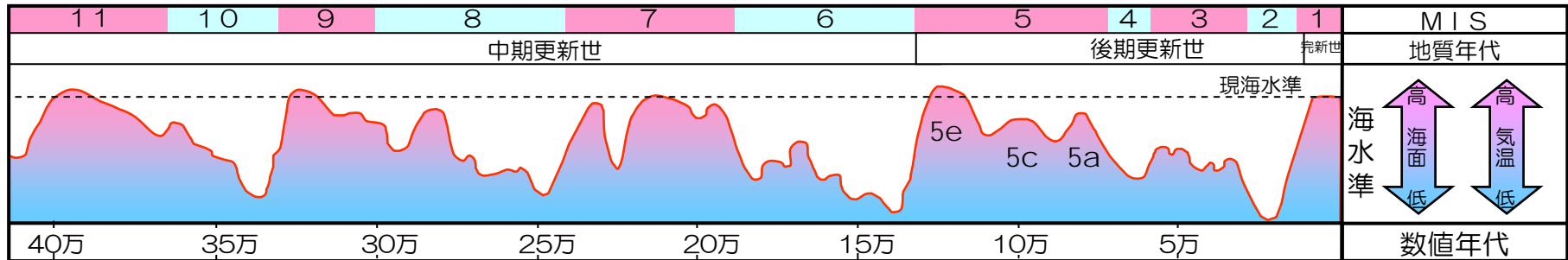
安田層の中には複数のテフラ（火山灰等）が確認され、そのうちの 하나가阿多鳥浜テフラ（約24万年前）に対比されている。また、大湊砂層と番神砂層の境界には中子軽石（約13万年前）が確認されている。これらのテフラの位置と年代を基準に、地層に含まれている微化石を分析することによって、過去の気候や水環境を明らかにし、地層の堆積時期を推定する。



敷地内の断層の活動時期を明らかにする。

# 安田層の堆積時期推定の考え方

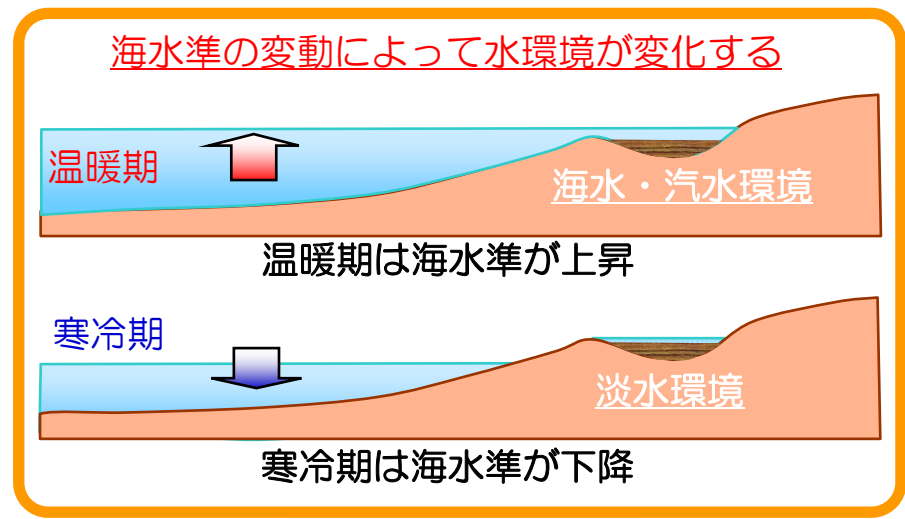
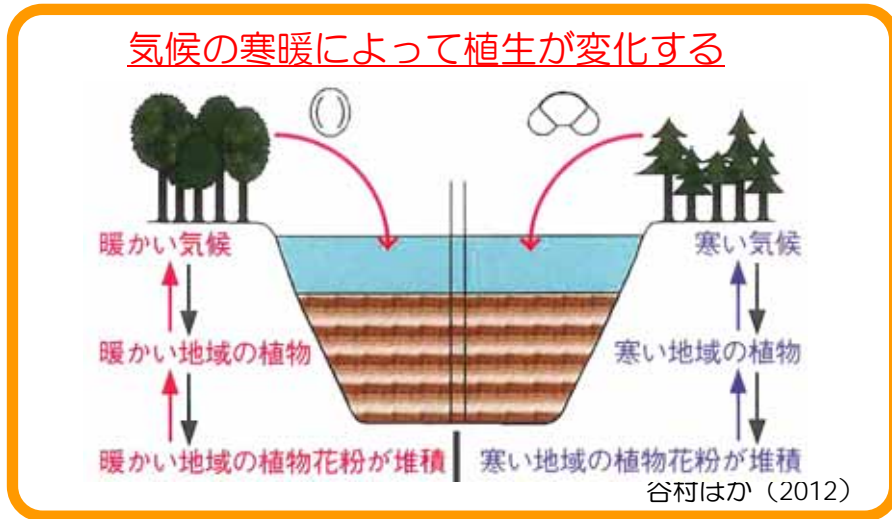
地球規模の気候は周期的に変動していることが知られている。この気候変動に伴い植生の変化や海水準変動が生じる。堆積物中に含まれる花粉や珪藻などの微化石を分析することで、当時の気候や水環境の変動傾向を推定することができる。



● 阿多鳥浜テフラ (約24万年前) ● 中子軽石 (約13万年前)

海洋酸素同位体に基づく海面変化

太田他 (2010) などをもとに作成



地層中に含まれる花粉化石を分析

地層中に含まれる珪藻化石を分析



# 解説：海洋酸素同位体ステージ（MIS）

- 海洋に含まれる酸素<sup>16</sup>Oとその同位体\*<sup>18</sup>Oの比率は、地球規模の気候変動によって影響を受ける大陸氷床量によって変化します。
- このため、海洋に暮らす有孔虫の殻に含まれる炭酸カルシウム（CaCO<sub>3</sub>）の酸素同位体比も気候変動によって変わることが知られています。
- これまでの研究により、深海のボーリングコアの酸素同位体比分析から、過去の気候変動は氷期と間氷期が周期的に繰り返していることがわかっています。
- 海洋酸素同位体ステージ（**M**arine **I**sotope **S**tage：MIS）は、氷期と間氷期の周期的な繰り返しに数字を付けて整理したもので、新しいもの順に氷期に偶数番号、間氷期に奇数番号を付与して整理したものです。

\*同一元素でありながら原子核内の中性子の数が異なるため質量数が異なる原子

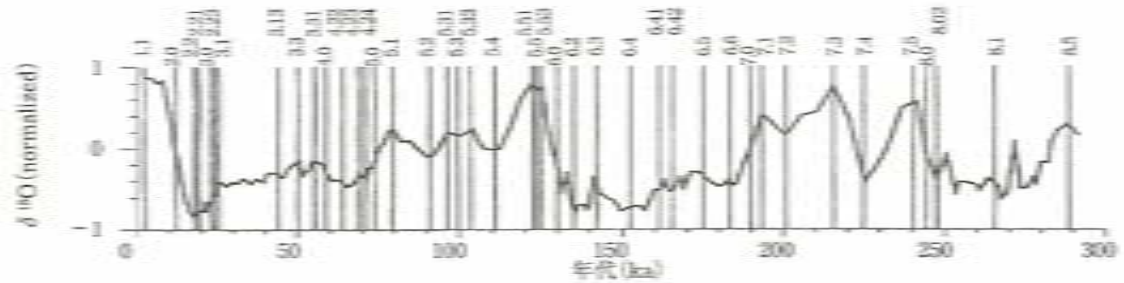


図 過去29万年前までの酸素同位体比カーブ（Martinson et al. 1987）

表 MISのおおよその目安

MIS	年代（万年前）※	氷期／間氷期
5	7～13	間氷期（温暖）
6	13～19	氷期（寒冷）
7	19～24	間氷期（温暖）
8	24～30	氷期（寒冷）
9	30～33	間氷期（温暖）

※年代値は、Martinson et al.（1987），太田ほか（2010）から読み取った値

# 解説：テフラ分析

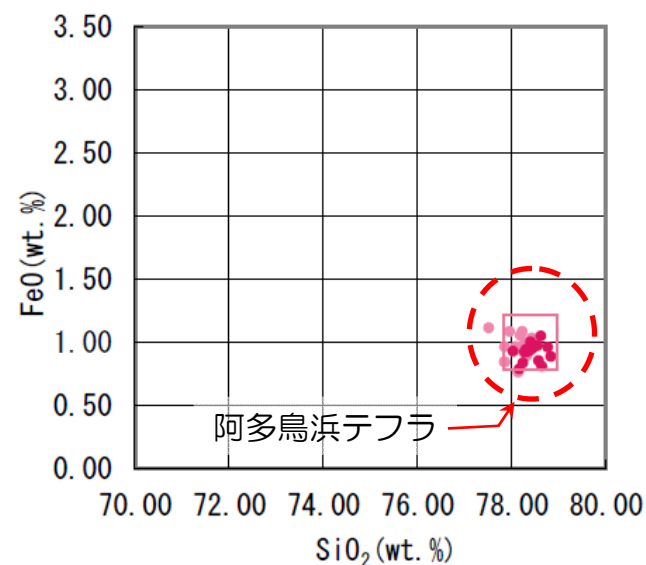
- 火山噴火に伴うテフラ（火山灰等）は、短時間で広い範囲に降り積もります。
- したがって、離れた場所の地層から同じテフラがあった場合、これらの地層は同じ時にできたものであることがわかります。
- このようなテフラは日本の至る所で発見され、これまでの研究により年代が精度よく推定されているものがあります（例えば、町田ほか（2003））。テフラは火山ガラスや鉱物などにそれぞれ特徴があり、これら进行分析し、既に知られているテフラのデータと照らし合わせて同定します。



阿多鳥浜テフラ（約24万年前）の分布  
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る。



今回の調査で見つかった  
火山灰  
（阿多鳥浜テフラ）



主成分分析の例

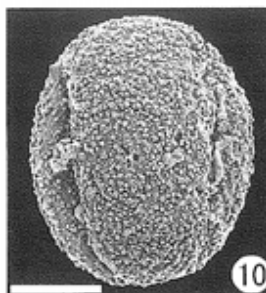
敷地内で見つかった阿多鳥浜テフラ  
（●●）は既往の分析（□）とよく  
合っている。

# 解説：微化石分析

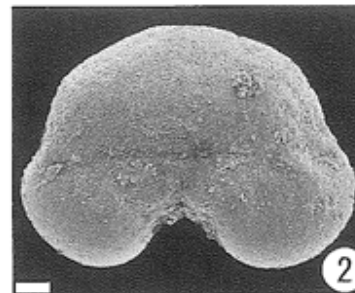
ボーリングコアから約50cm  
間隔で、試料をサンプリング

## 花粉化石分析 気候によって植生が異なることを利用

花粉化石の同定 → 古気候の指標 (温暖/寒冷)



コナラ属の微化石



トウヒ属の微化石

花粉写真は、谷村他 (2012) より抜粋。スケールは10 μm。

## 珪藻化石分析 水環境によって珪藻が異なることを利用

珪藻化石の同定 → 古水環境の指標 (海水/汽水/淡水)



海水生種

(*Nitzschia granulata* Grunow )

Witkowski et al.(2000)



汽水生種

(*Diploneis suborbicularis* (Greg.) Cleve )

Witkowski et al.(2000)



淡水生種

(*Navicula* spp. )

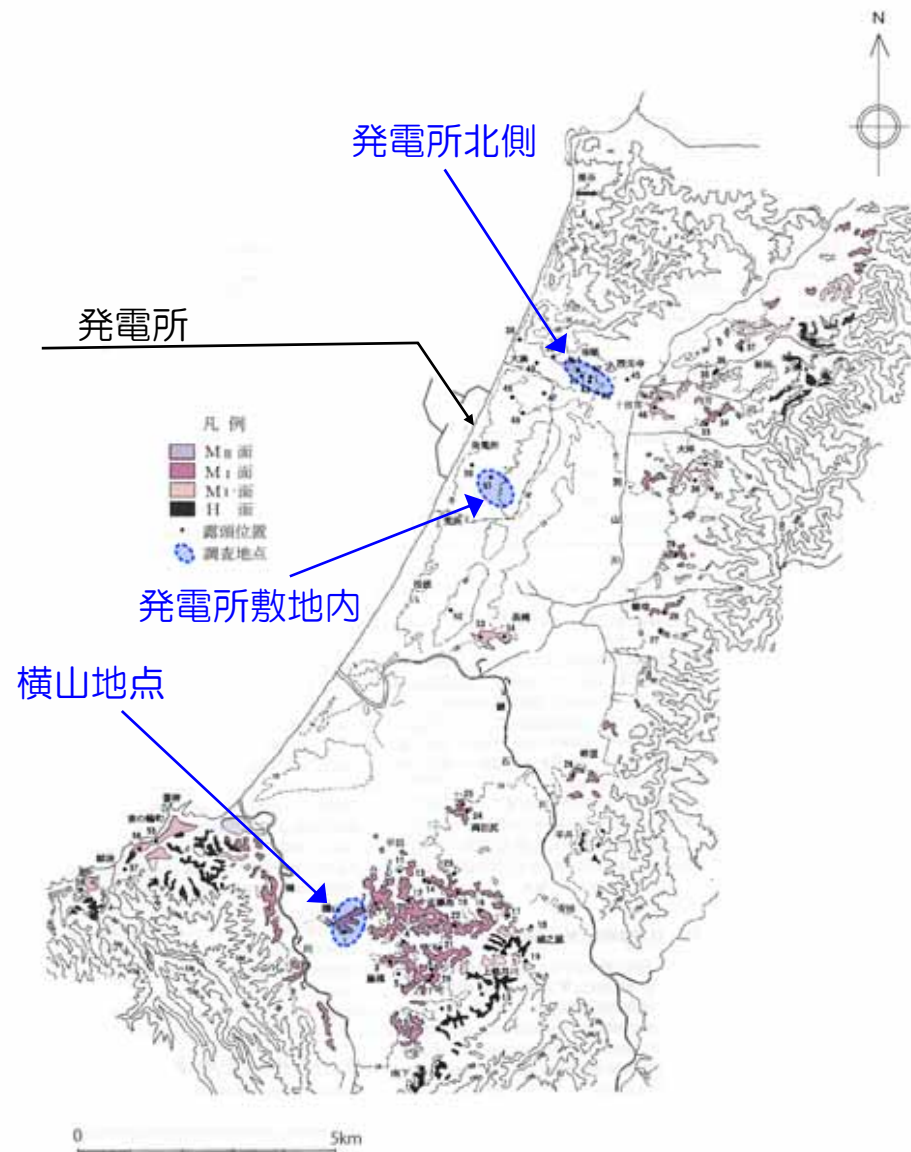
Krammer et al.(1986)

# 目次

---

1. 既往の評価
2. 調査の考え方
3. 調査結果

# 地質調査位置図



地質調査は次の3地点で実施し、ボーリング調査、テフラ分析及び微化石分析を行った。

## 発電所敷地内

敷地の安田層の堆積時期を調べる。

## 発電所北側

発電所敷地内と当地点に分布する安田層の堆積時期を比べる。なお、当地点では、2007年新潟県中越沖地震後にボーリング調査を実施している。

## 横山地点

柏崎平野団体研究グループ（1966）が安田層を定義した場所。上記2地点に分布する安田層と堆積時期を比べる。

# 地質調査内容

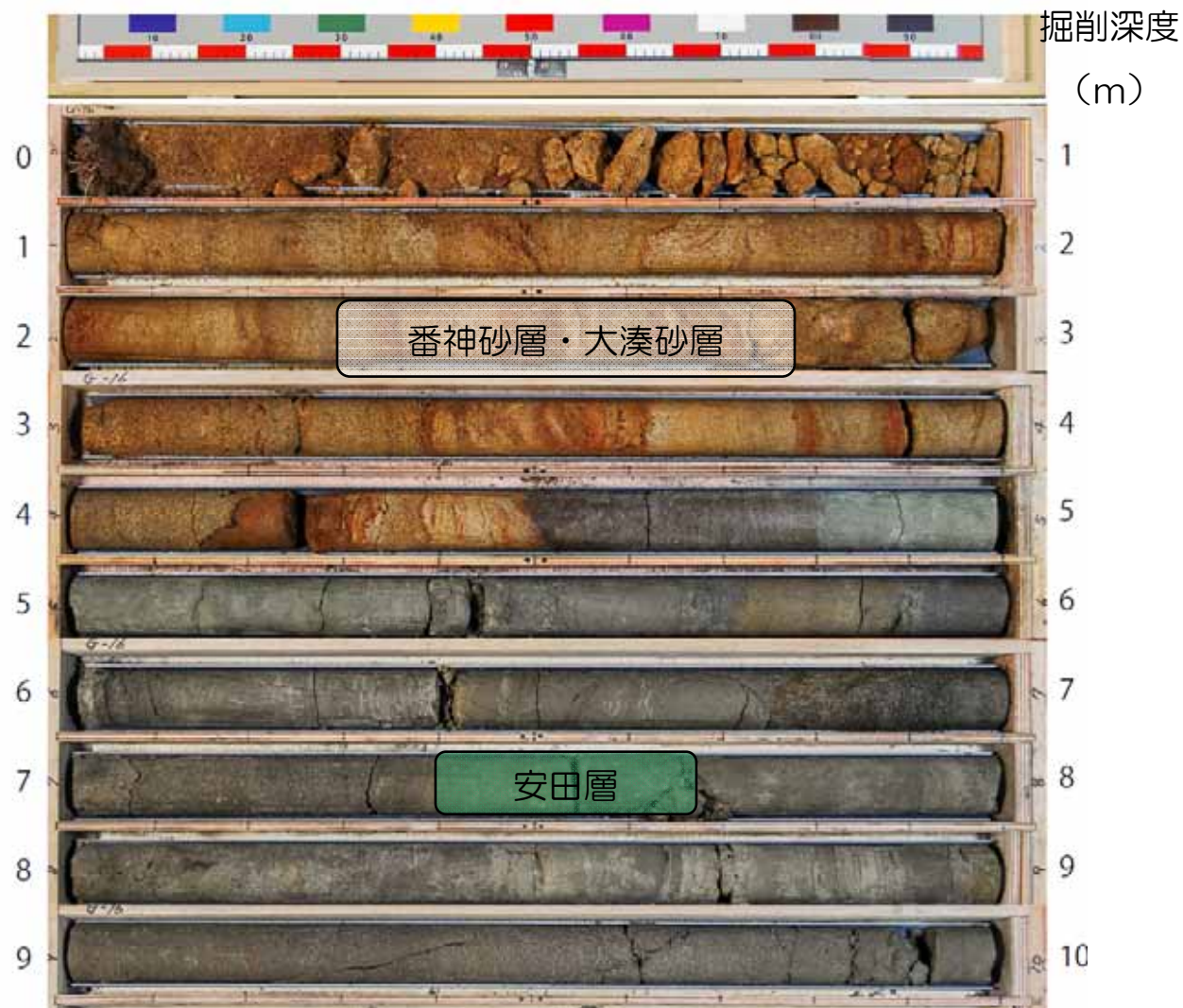
## ○調査数量

地点名	ボーリング	テフラ分析	花粉化石分析	珪藻化石分析
発電所敷地内	3孔 約150m	4試料	約210試料	約210試料
発電所北側	2孔 約120m	3試料	約140試料	約140試料
横山地点	2孔 約110m	3試料	約80試料	約80試料
合計	7孔 約380m	10試料	約430試料	約430試料



# 地質調査結果の例

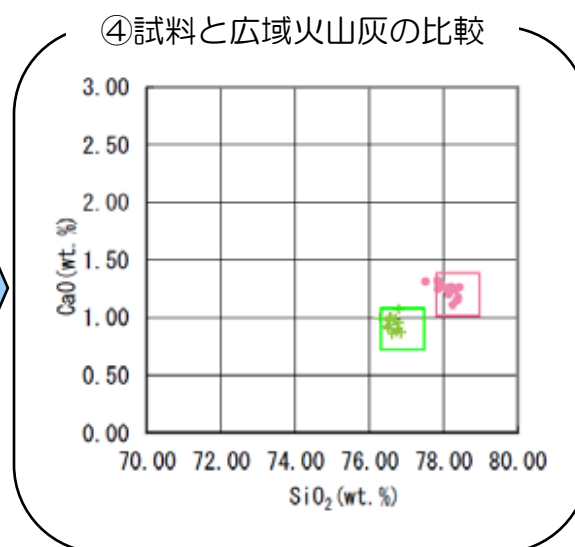
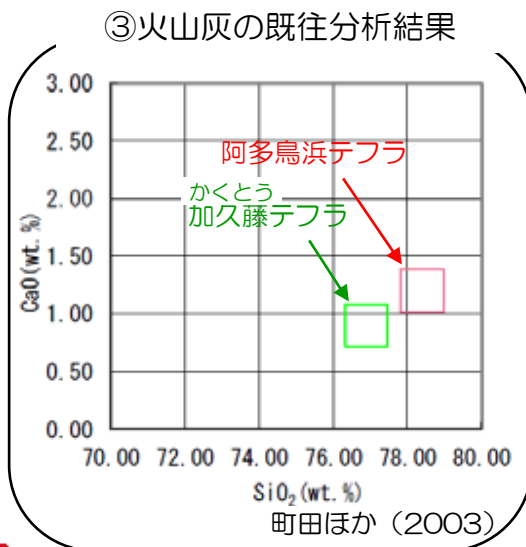
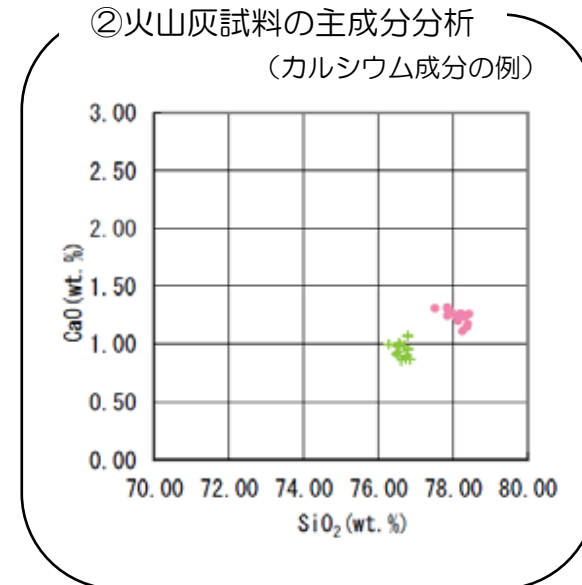
○発電所敷地内地質調査 ボーリングコア



G-16 ボーリングコア写真

# 地質調査結果の例

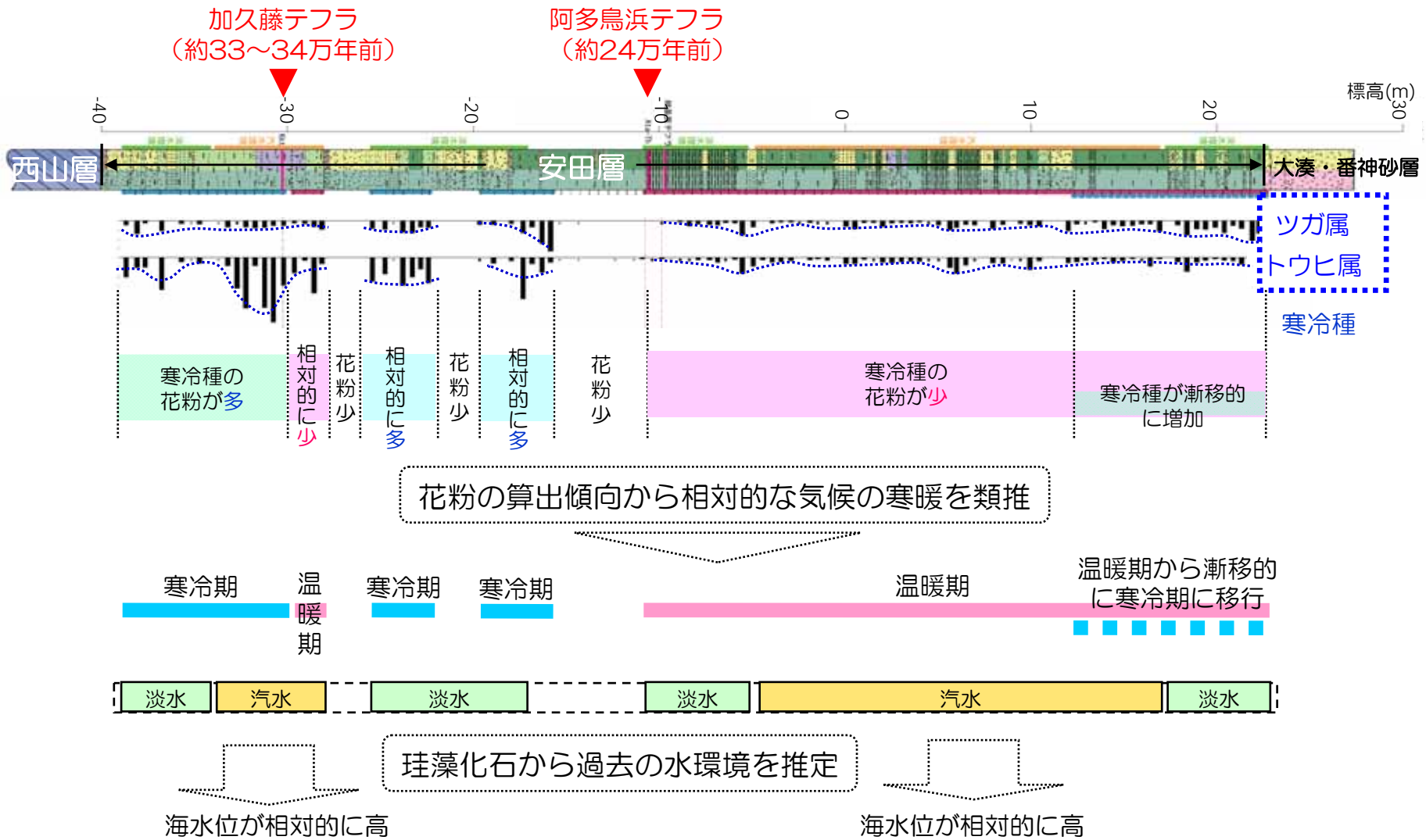
## ○発電所敷地内地質調査 テフラ分析の例（阿多鳥浜テフラ，加久藤テフラ）



テフラ分析の結果，敷地内のボーリングから，阿多鳥浜テフラ（約24万年前）と加久藤テフラ（約33～34万年前）が見つかった。

# 地質調査の評価

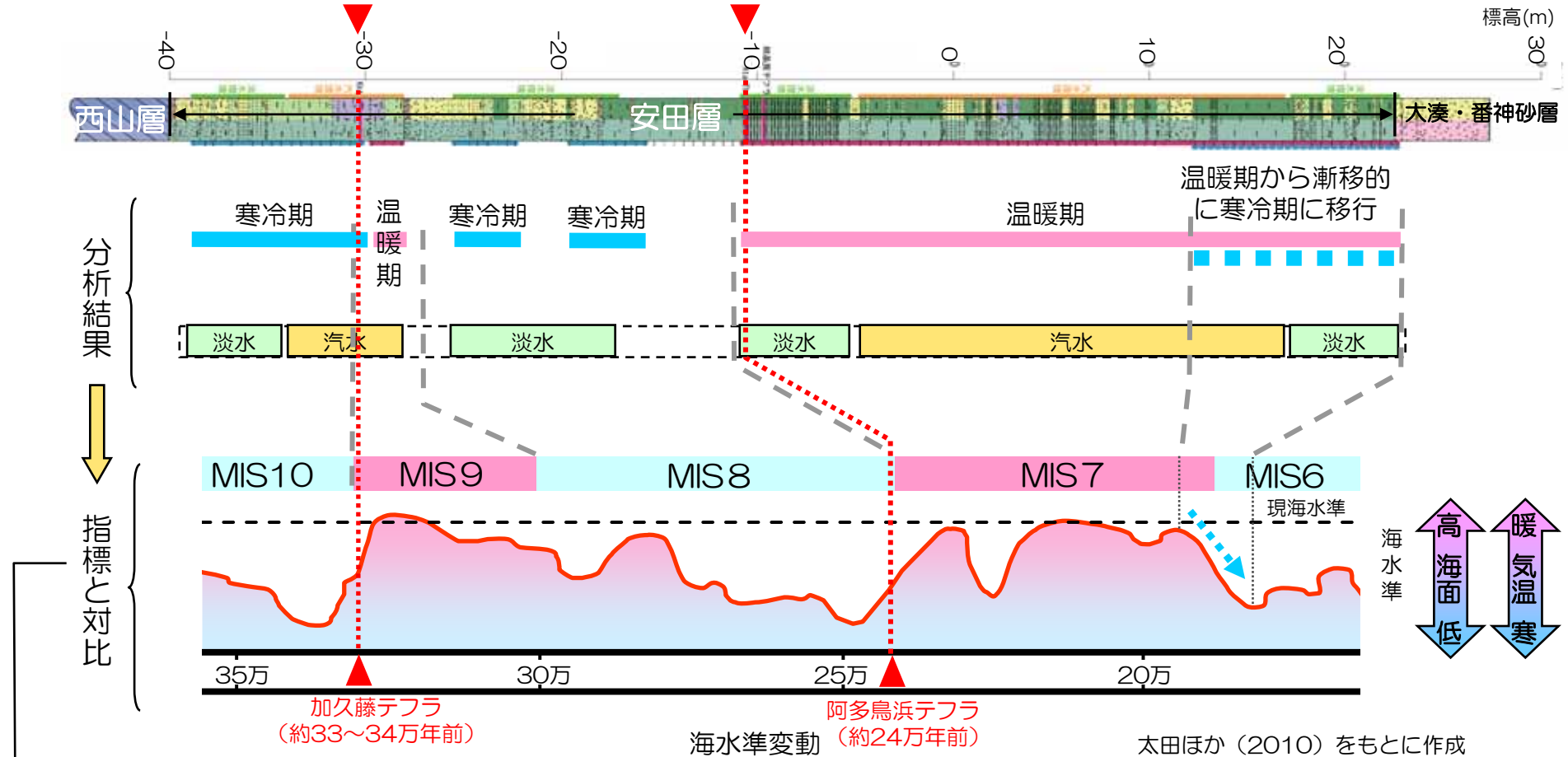
○安田層の調査結果の例（発電所敷地内：G-16孔）



微化石分析から気候や海水準の周期的な変化を推定

# 地質調査の評価

○安田層の調査結果の例（発電所敷地内：G-16孔）



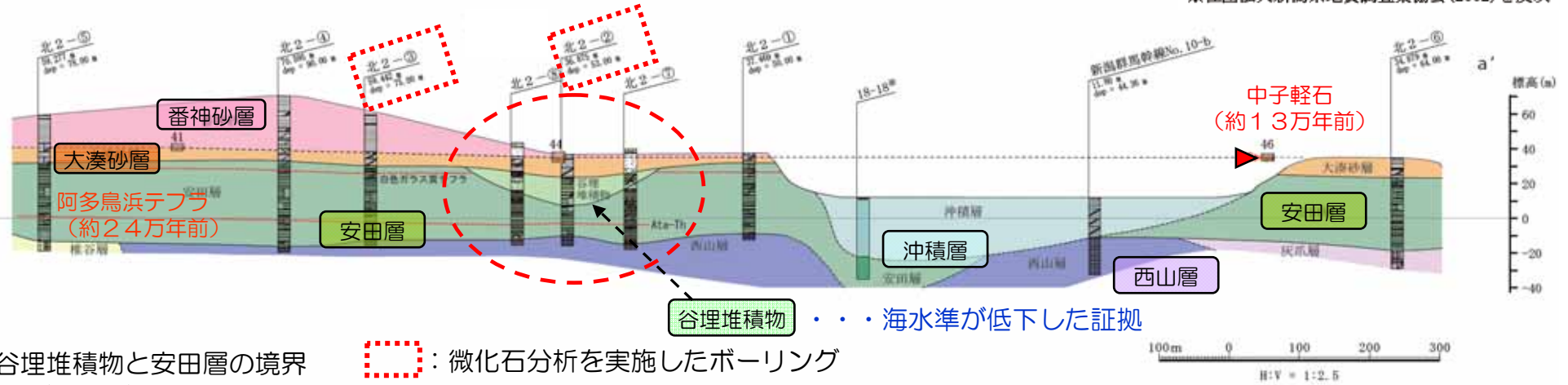
ボーリングで確認できた加久藤テフラ（約33～34万年前）と阿多鳥浜テフラ（約24万年前）の位置と年代を基準に、前後の地層に含まれている微化石から当時の環境を推定した。その結果と過去の環境変動とは概ね整合しており、敷地の安田層はMIS10に始まりMIS7～MIS6に至る海水準が徐々に低下した時期にかけて堆積したと考えられ、中期更新世の地層と判断される。



# 地質調査の評価例

## ○安田層と谷埋堆積物の調査結果の例（発電所北側）

※社団法人新潟県地質調査業協会(2002)を反映



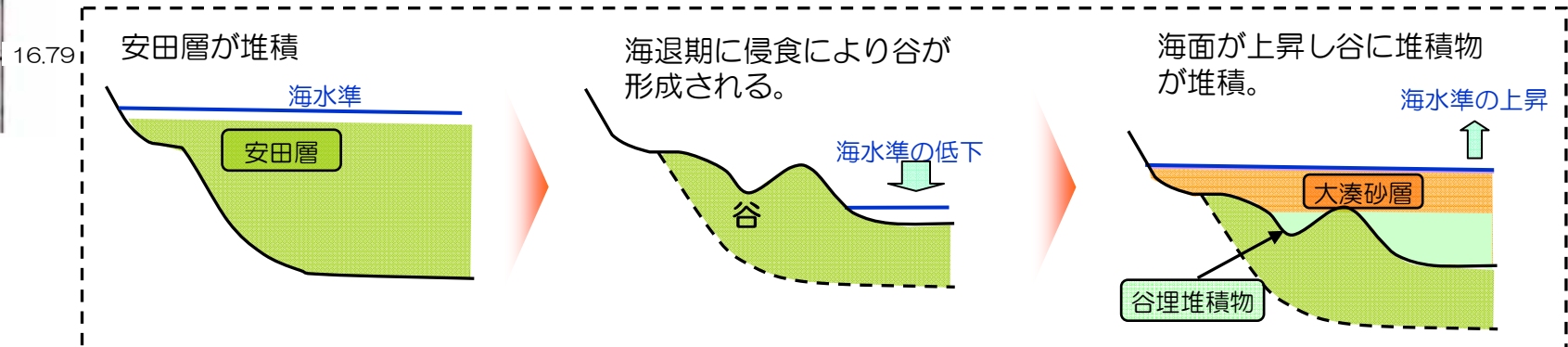
谷埋堆積物と安田層の境界  
(ボーリングコア写真)

⬜: 微化石分析を実施したボーリング

谷埋堆積物 標高(m)

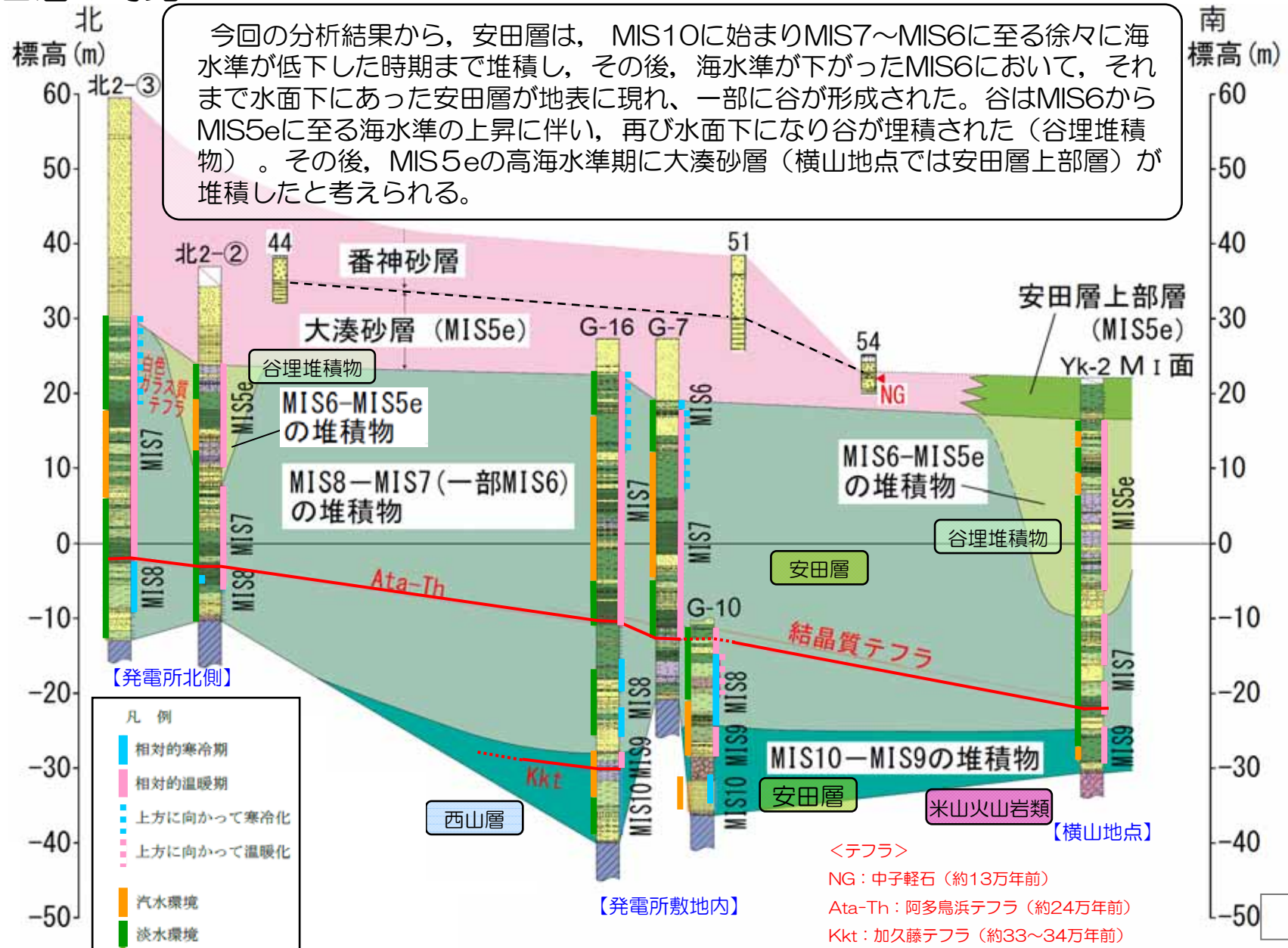


- 発電所北側では安田層を削り込むように谷埋堆積物があることが確認された。
- 当該の安田層はテフラや微化石分析結果などからMIS8~MIS7に堆積したものと考えられる。また、谷埋堆積物の上にある大湊砂層にはMIS5eの中子軽石（約13万年前）が確認されている。
- これらのことから、谷は海水準が低くなったMIS6の時期に侵食作用により形成され、その後MIS5eに至る海水準の上昇に伴って堆積したと考えられる。その後、MIS5eの高海水準期に大湊砂層が堆積したと考えられる。



# 発電所周辺の安田層の分布と堆積時期

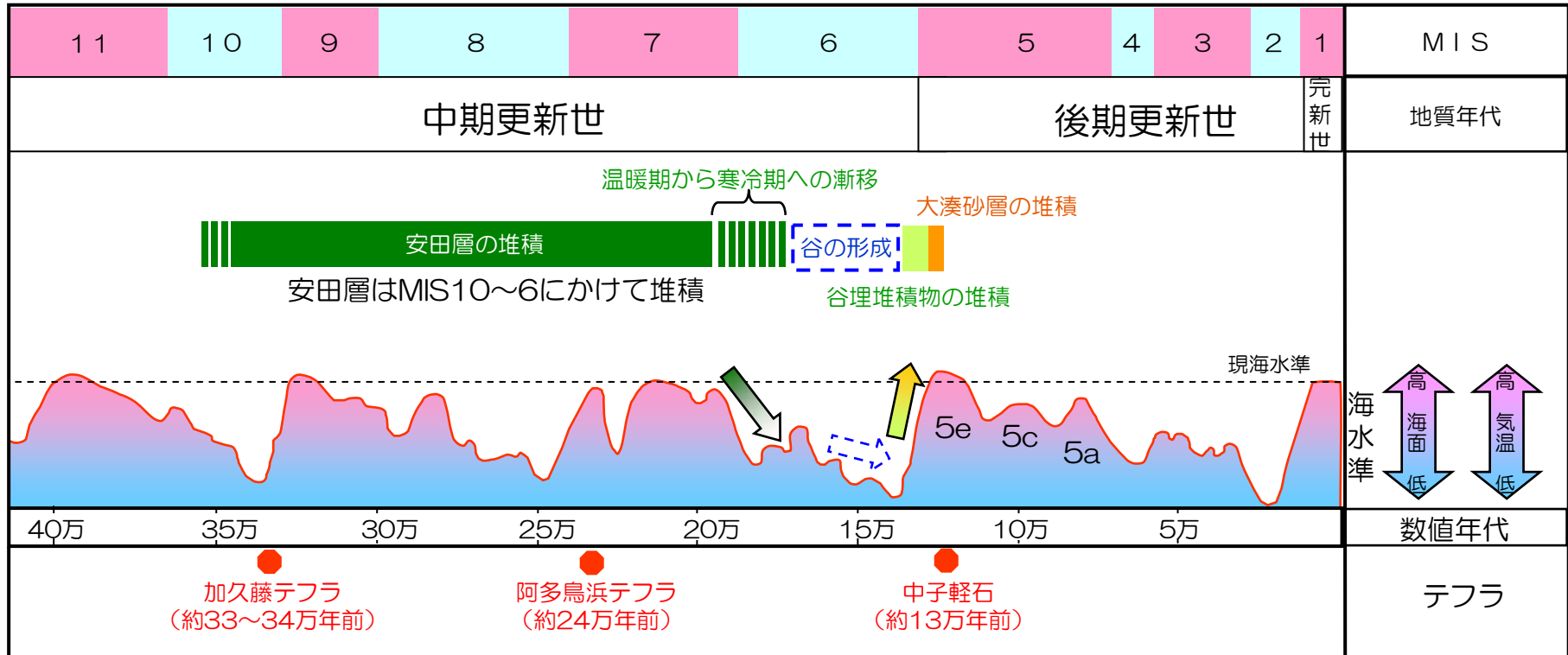
## ○安田層の対比





# 安田層の堆積時期のまとめ

## ○安田層の堆積時期



今回の分析結果から、安田層は、MIS10に始まりMIS7~MIS6に至る徐々に海水準が低下した時期まで堆積し、その後、海水準が下がったMIS6において、それまで水面下にあった安田層が地表に現れ、一部に谷が形成された。谷はMIS6からMIS5eに至る海水準の上昇に伴い、再び水面下になり谷が埋積された（谷埋堆積物）。その後、MIS5eの高海水準期に大湊砂層（横山地点では安田層上部層）が堆積したと考えられる。

# 敷地内の断層活動性評価

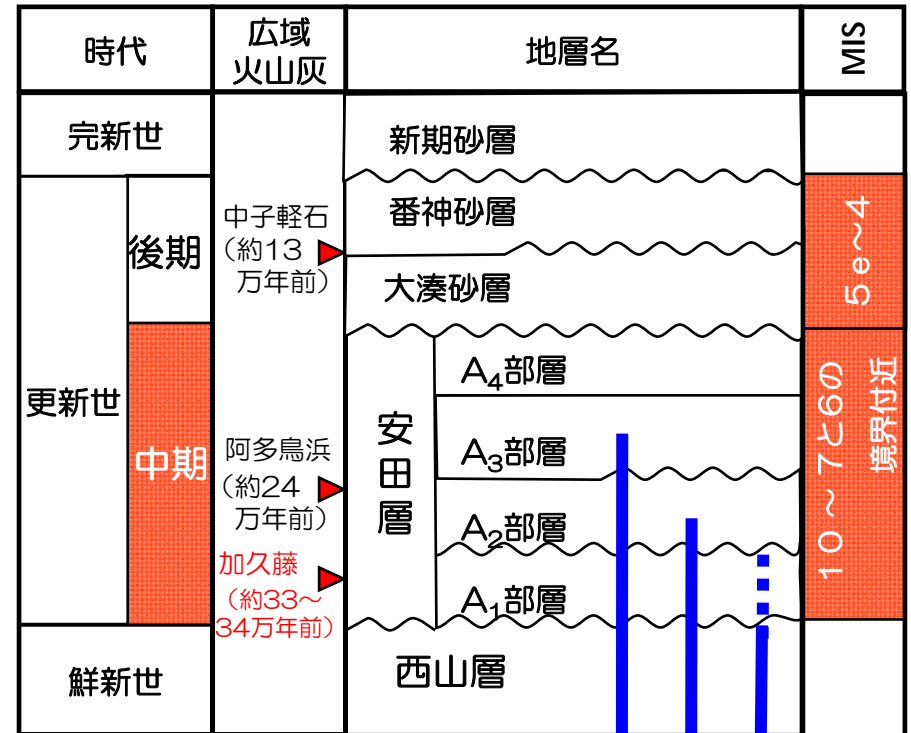
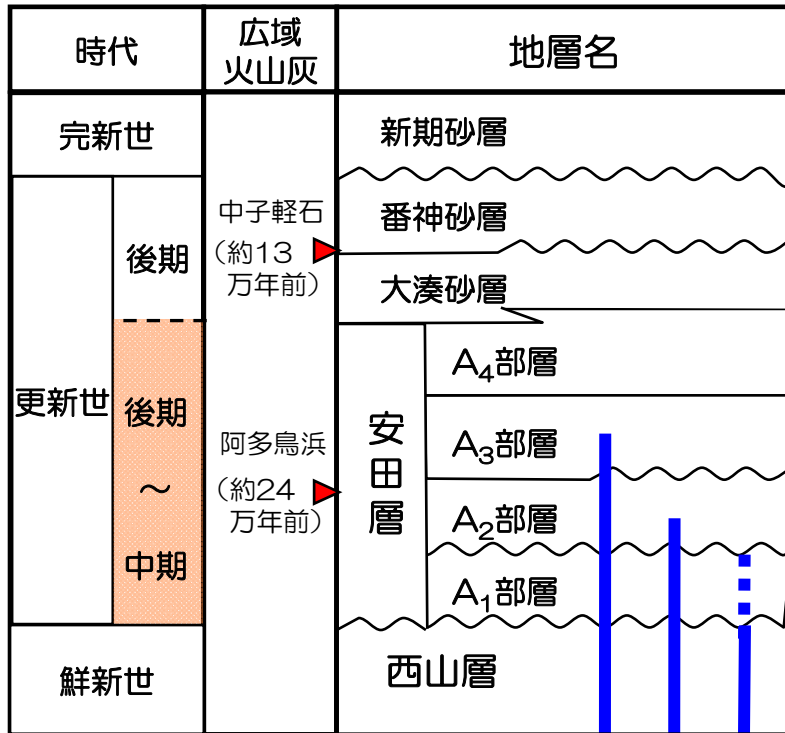
※「今回の評価」におけるMIS5e~4の記載範囲を修正。  
(平成25年6月27日修正)

## ○敷地内の断層活動時期

既往評価

〔 〰 不整合    ≧ 指交 〕

今回の評価



■ 安田層の上部の堆積時期は後期更新世の可能性があると考えていた。

α F V L ①  
・ 系 系 系 ・  
β 断 断 断 ②  
断 層 層 層 断 層

■ 安田層の堆積時期は、中期更新世であることを確認した。

α F V L ①  
・ 系 系 系 ・  
β 断 断 断 ②  
断 層 層 層 断 層

敷地の安田層の堆積時期は、MIS 10からMIS 7とMIS 6の境界付近であると考えられ、敷地内の断層はその安田層中で止まっていることから、安田層堆積終了以降、すなわち約20万年前以降の活動は認められない。

## まとめ

---

- 敷地内の断層活動性評価にあたって、安田層の形成年代について、より精緻に評価することを目的として地質調査を実施した。
- その結果、敷地の安田層は、MIS10に始まりMIS7～MIS6に至る海水準が徐々に低下した時期（約20万年前）にかけて堆積した中期更新世の地層であり、MIS5eの堆積物を含まず、MIS5eの離水期に降下した中子軽石層を上面に挟在する大湊砂層に、不整合に覆われることを確認した。

## まとめ

---

■ さらに，当該調査結果も踏まえて敷地内の断層活動性評価を実施し，以下を確認した。

- ① 敷地内の断層は，いずれも安田層中で止まっており，安田層堆積終了以降，すなわち約20万年前以降の活動はないこと
- ② 柏崎平野周辺における活発な褶曲域は，陸域では西から東へ，海域では東から西へ移動しており，約1.5Ma（150万年前）以降敷地近傍における活発な褶曲活動は認められないこと
- ③ 新潟県中越沖地震後に実施した立坑調査の結果，敷地内の断層が，上位の碎石，アスファルト等に変位を与えておらず，当該地震に伴う活動がないこと
- ④ 基礎地盤の安定性評価によって，基準地震動Ssによる地震力に対して， $\alpha$ 断層や $\beta$ 断層等の敷地内の断層にすべりが発生しないこと

## まとめ

---

- なお、本報告は、現時点での評価結果を取りまとめたものであり、今後も継続して調査・分析を行っていくこと、現在国により活断層評価に関する審査基準等の策定が進められていることから、基準等が定められた段階で改めて適合性等について評価を行っていく予定である。

## 参考文献

---

- 町田洋・新井房夫（2003）：新編火山灰アトラス。東京大学出版会。336p.
- 谷村好洋・辻彰洋編著（2012）：微化石。東海大学出版会，396p.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. and Metzeltin, D.（2000）：Diatom Flora of Marine Coast I. Iconographia Diatomologica, 7, 925 p.
- Krammer, K. und Lange-Bertalot, H（1986）：Bacillariophyceae 1 Teil: Naviculaeaceae, In , Dr. A. Pascher; Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1-4（Ette, H., Gerloff, J., Heinig, H. & D. Mollenhauer, eds.）, Gustaf Fischer, Stuttgart. 876p.
- 太田陽子・小池一之・鎮西清高・野上道男・町田洋・松田時彦（2010）：日本列島の地形学。東京大学出版会，203p.
- Martinson, D. G., Pisias, N. G., Hays, J., D., Imbrie, J., Moore, T. C. and Shackleton, N. J.（1987）：Age dating and the orbital theory of the ice ages : development of a high resolution 0-300,000 year chronostratigraphy . Quat.Res.,27,p.1-29.
- 柏崎平野団体研究グループ（1966）：柏崎平野の第四系；新潟の第四系・そのVI . 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, No.10, p.145-185.
- 社団法人 新潟県地質調査業協会（2002）：新潟県地盤図.