

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉
敷地近傍の地質・地質構造について
(刈羽テフラについて)

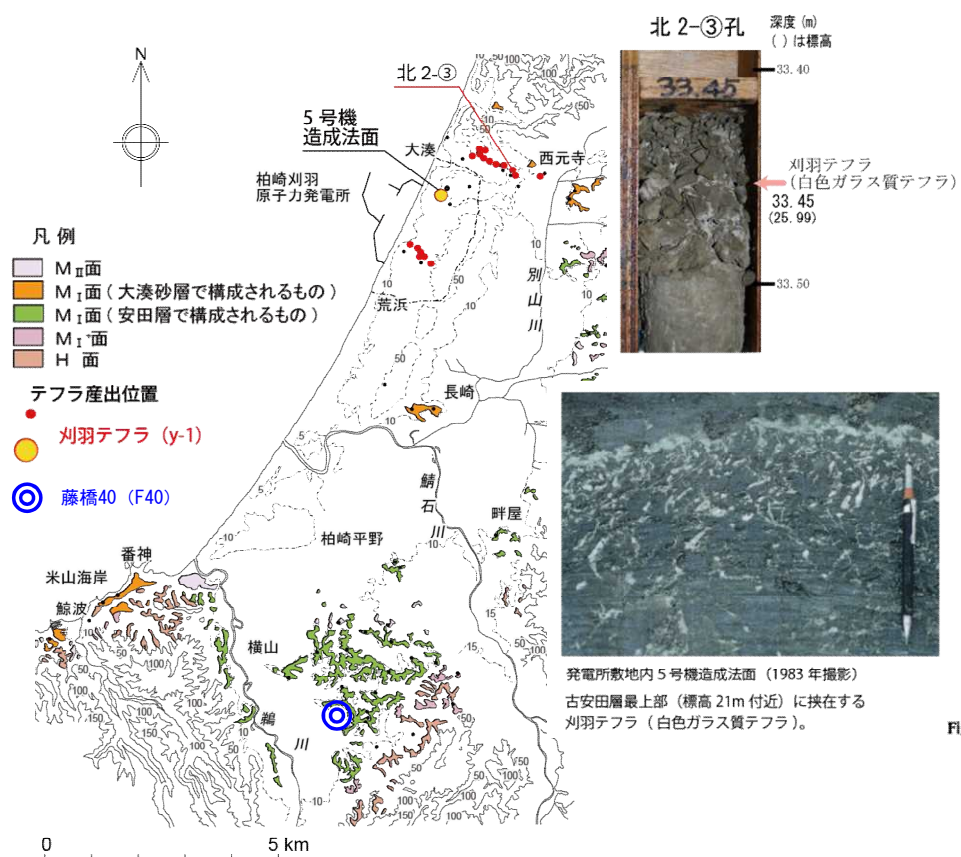
平成29年4月25日
東京電力ホールディングス株式会社

刈羽テフラについて

- 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は中位段丘面が分布する場所で得られたことから13万年前の火山灰であるとしている。
- 当社は、藤橋40の試料の提供を受け、火山ガラスの主成分分析を実施した結果、刈羽テフラと藤橋40は同じ火山灰であると評価される（P.2, 3）。
- ただし、その年代については、広域テフラとの対比、地層の層位関係、微化石の分析などから多面的な評価を行い、刈羽テフラは約20万年前のテフラと評価している（別添資料）。
- また、刈羽テフラが藤橋40と同じ火山灰と考えても、当社の評価は矛盾無く説明することができ、これまでの評価が変わることはない（P.4, 5）。

刈羽テフラ (y-1), 藤橋40 (F40) 及びG10テフラの比較

テフラ採取位置



刈羽テフラ・藤橋40*試料採取位置

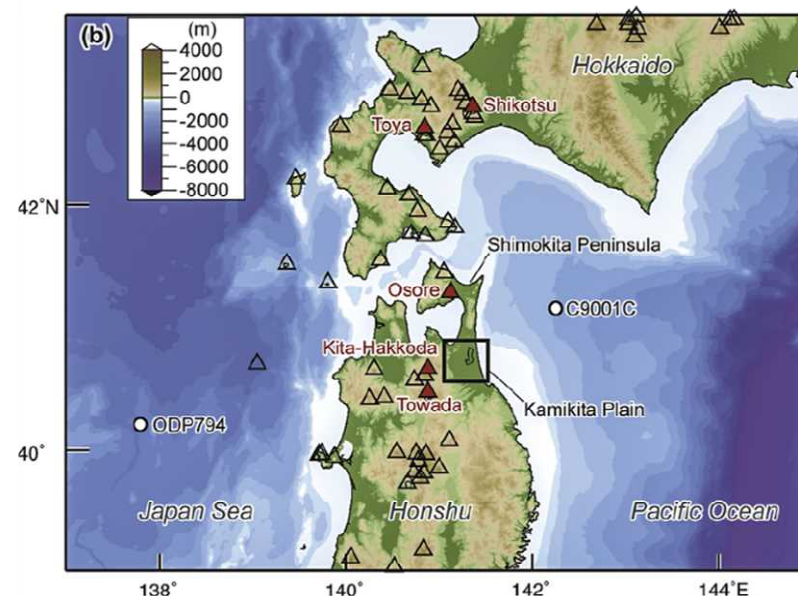


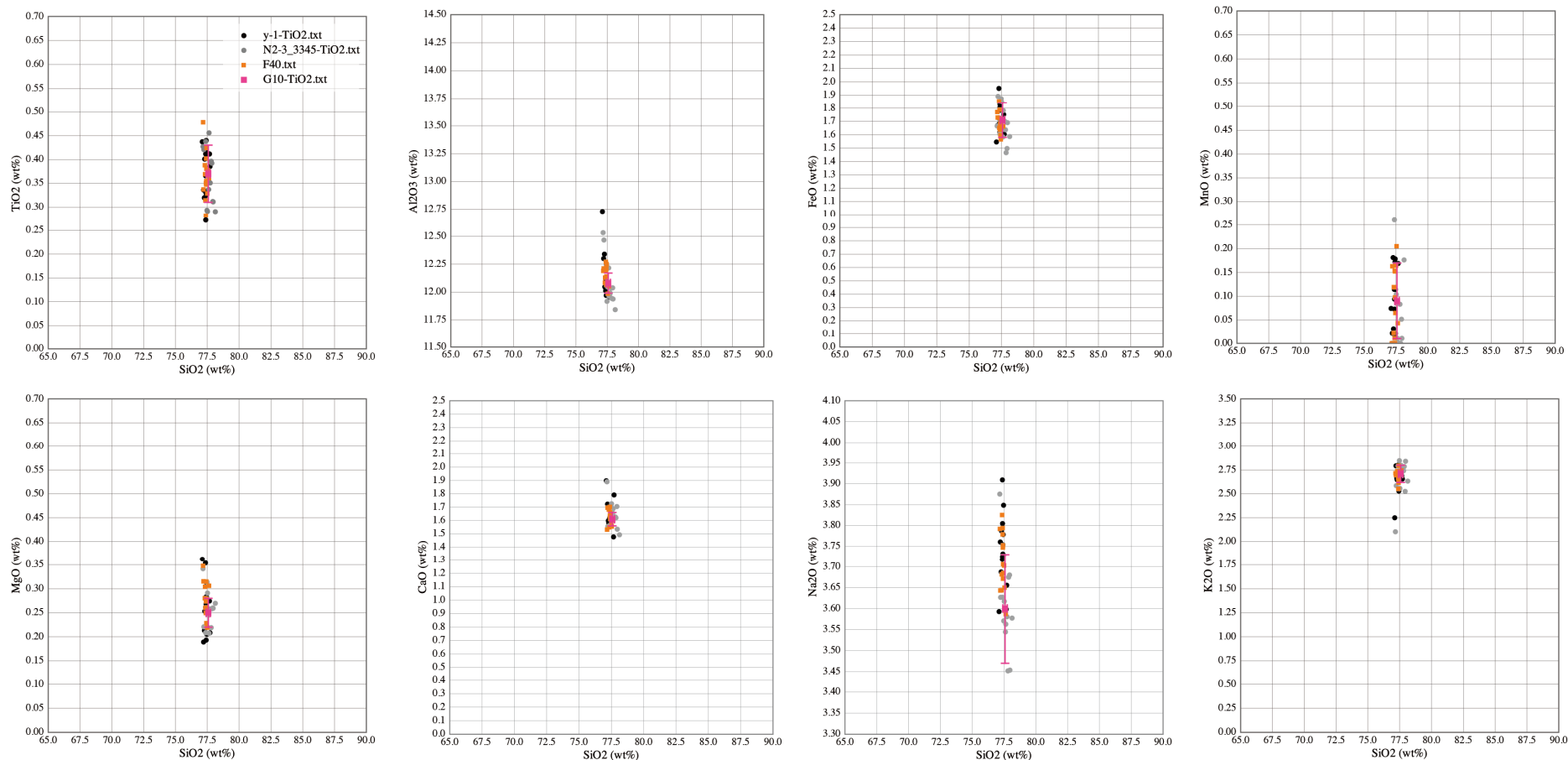
Fig. 1. Map showing locations of volcanoes and ocean drilling sites (a) in and around Japan and (b) near the Kamikita Plain.

G10テフラ採取位置 (Matsu' ura et al.(2014))

※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（y-1），藤橋40（F40）及びG10テフラの比較

主成分組成の対比



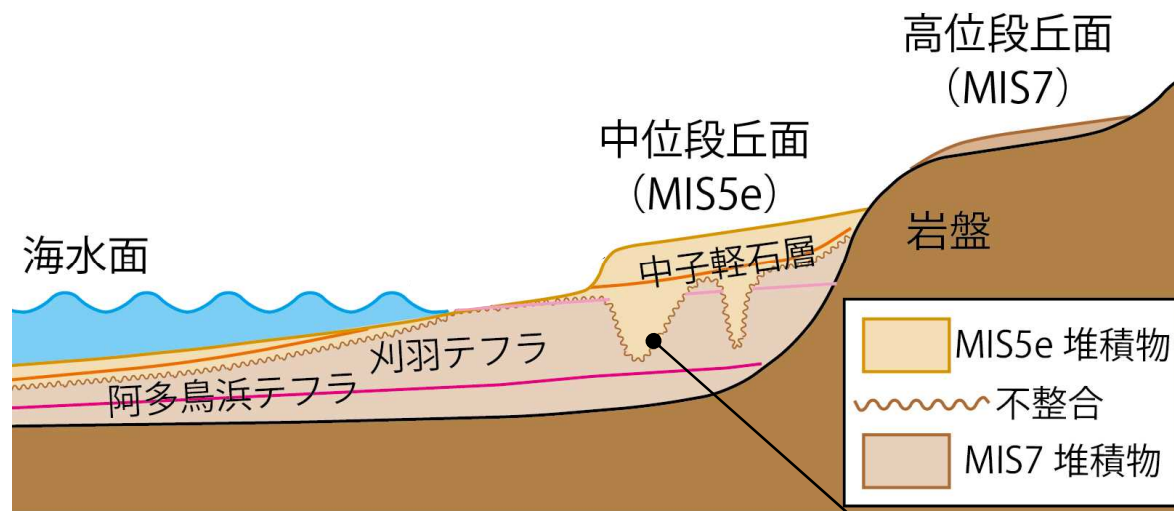
刈羽テフラ，藤橋40及びG10テフラの主成分組成の対比

【凡例】

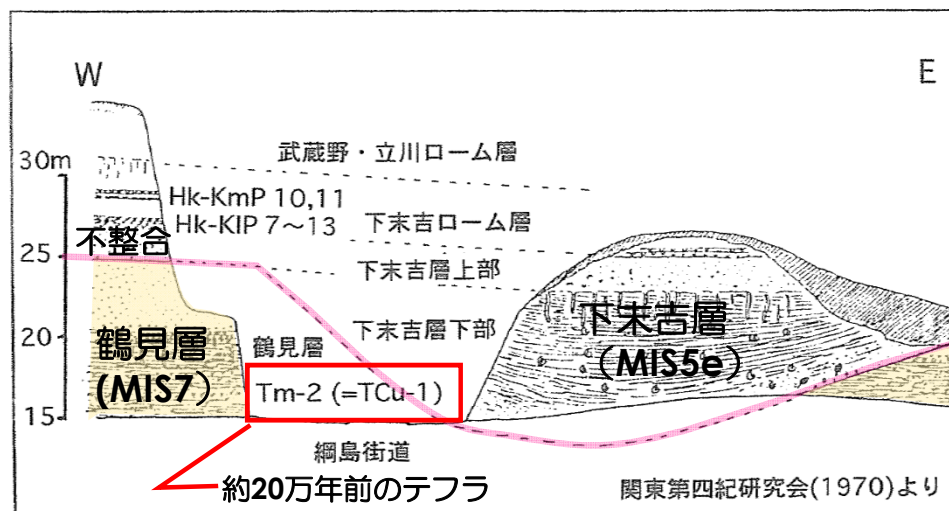
- 刈羽テフラ（y-1）
- 北2-③（標高25.99m）
- 藤橋40（F40）
- G10テフラ

■ 火山ガラスの主成分分析によると，刈羽テフラ（y-1）と藤橋40（F40）は，Matsu' ura et al.（2014）で示されたテフラのうち，G10テフラに対比される。

中位段丘面下の地層



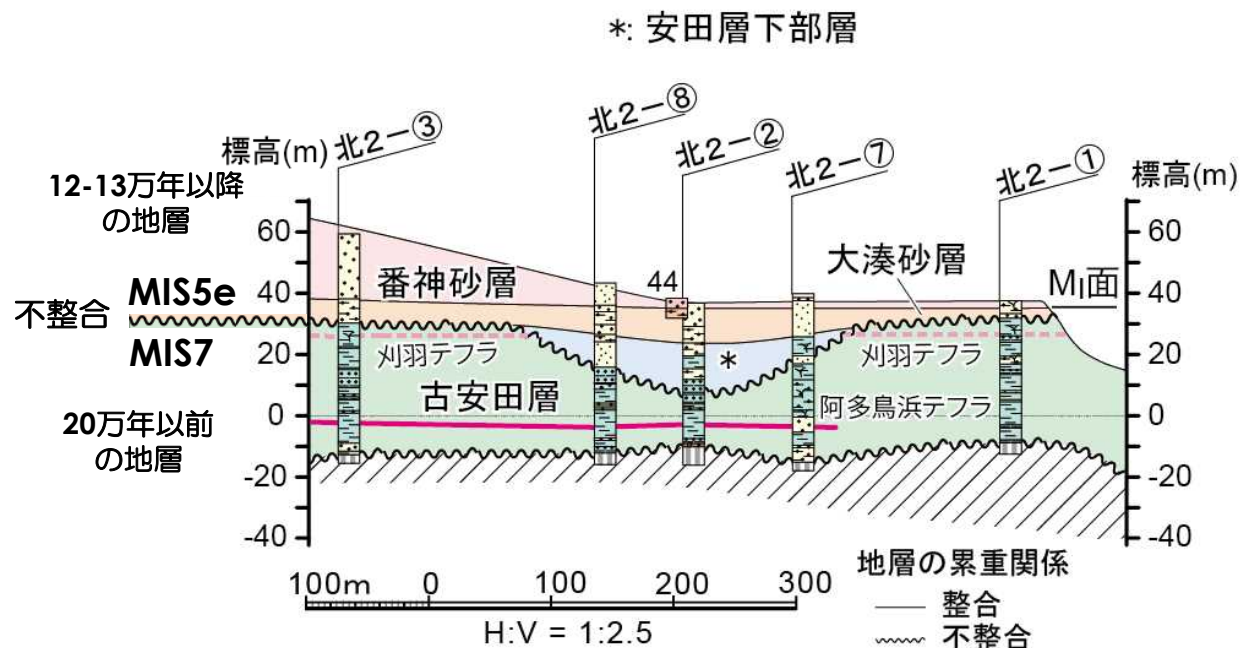
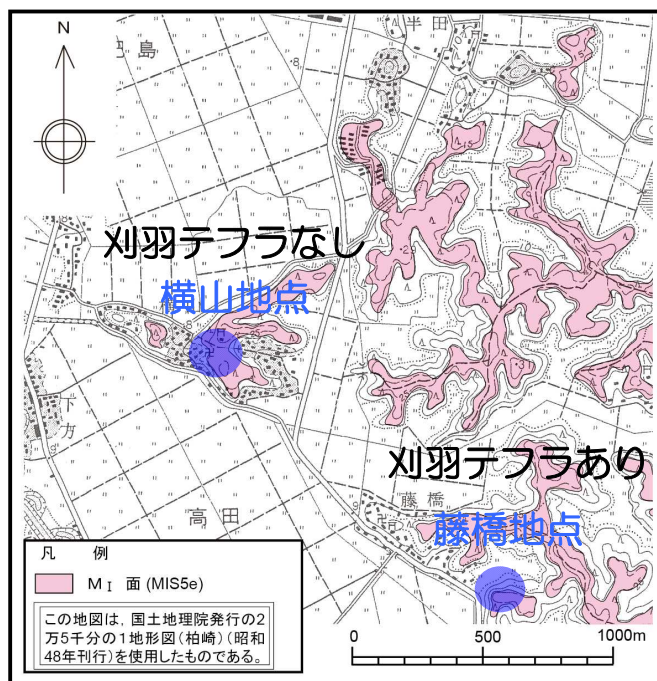
侵食のされ方によってMIS7の堆積物が残ることがある



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、その年代が段丘の年代と同じは限らない。
- 中位段丘面の下に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、当然その年代はMIS7となる。
- 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る。

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ない

- 当社がMIS5eの堆積物を確認している横山地点では刈羽テフラは確認されず、藤橋地点では刈羽テフラが確認される。
- 刈羽テフラを含むMIS7の堆積物は、北2測線での調査結果のように、侵食の程度によって刈羽テフラが残っている場所と残っていない場所がある（右上図）。
- 横山地点と藤橋地点は1km程度離れており、両地点で侵食の程度が違い、横山地点では侵食され残っていない刈羽テフラが、藤橋地点で確認されても矛盾はない（北2-②が横山地点、北2-③が藤橋地点に対応すると考えることができる）。

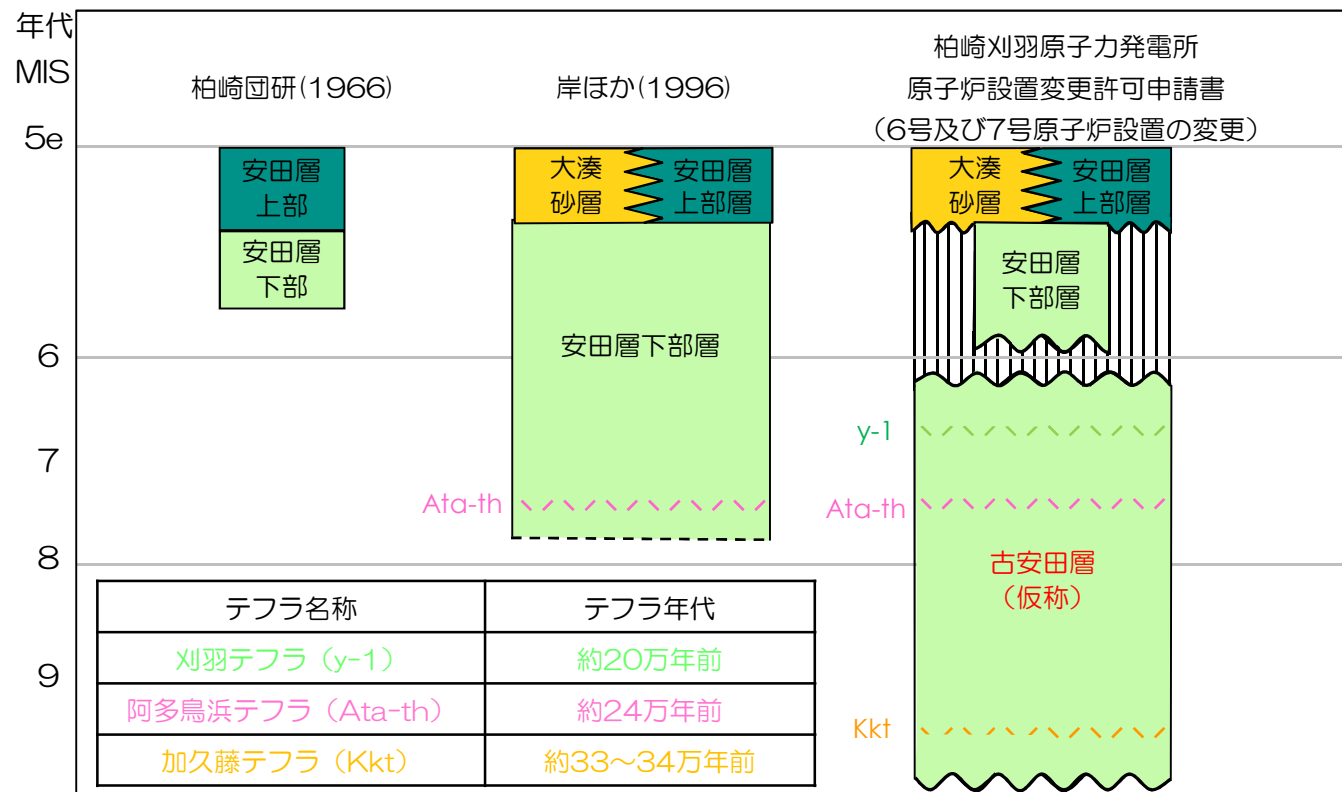
別添資料

〔 2016年9月30日 第404回審査会合
(原子力発電所) 資料4-2-3 より抜粋 〕

5. 古安田層の年代に関する評価

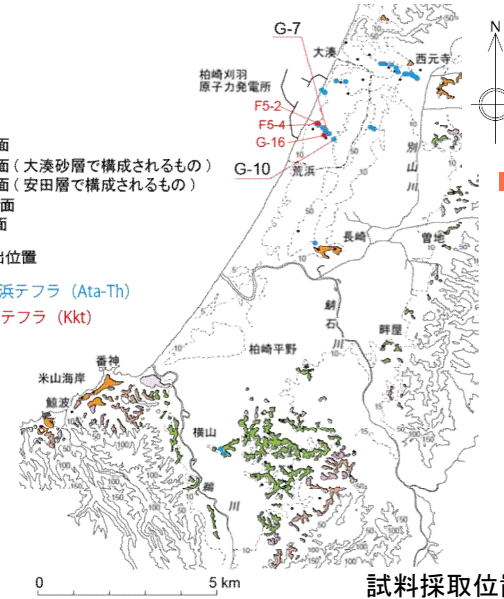
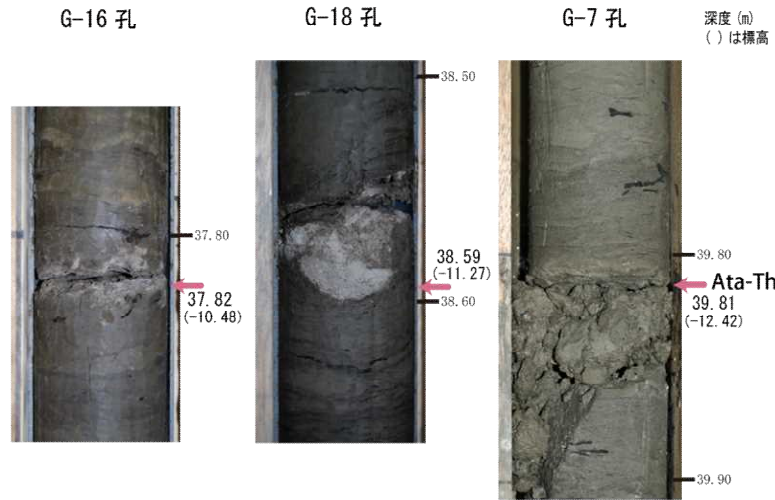
敷地近傍に分布する中部～上部更新統について

- 柏崎平野団体研究グループ（1966）では、安田層は下末吉期の堆積物としている。
- 岸ほか（1996）では、安田層下部層の下位に阿多鳥浜テフラを挟在する青海川層あるいはそれより古い地層が存在している可能性が高いとしている。
- 敷地近傍における地質調査の結果、安田層下部層は中部更新統と上部更新統からなり、これらは不整合関係にある。（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報告書，2013）
- このうち中部更新統（古安田層）は、活断層の評価を行うにあたり、重要な上載層であることから、詳細な堆積年代の検討を行った。あわせて、大湊砂層についても、詳細な堆積年代検討を行った。

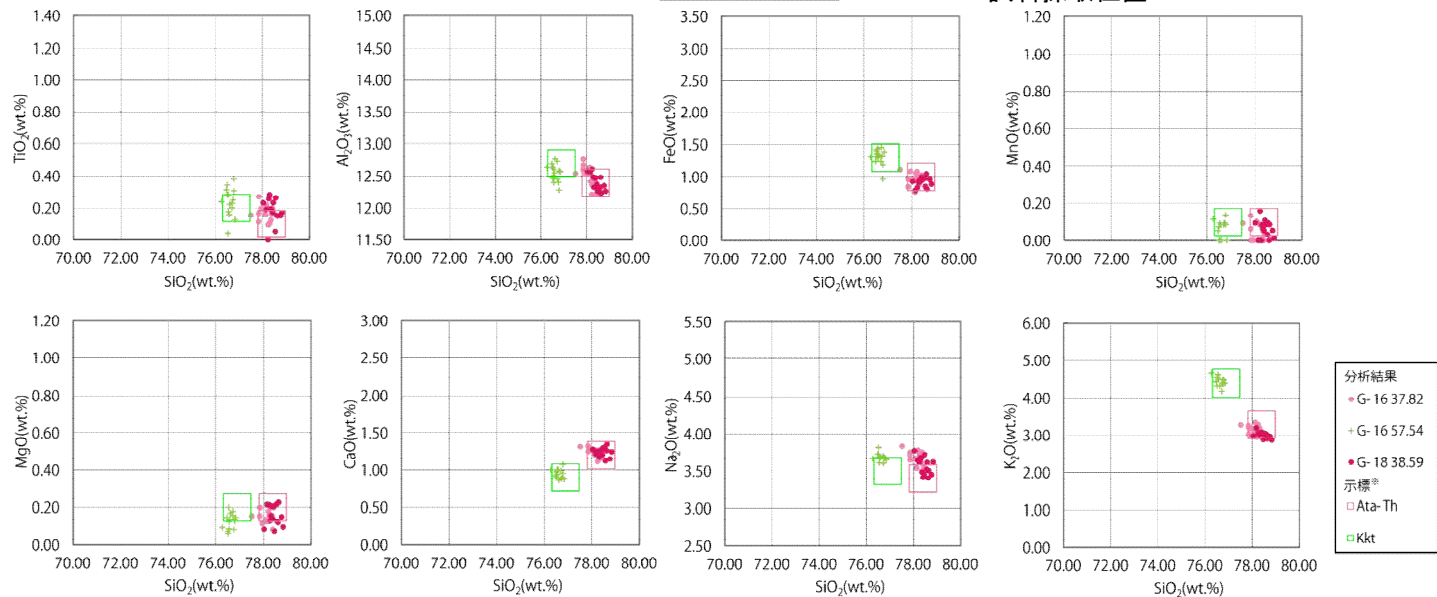
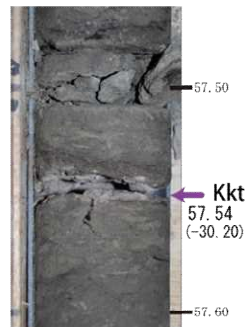


5. 古安田層の年代に関する評価 (加久藤テフラ・阿多鳥浜テフラ)

敷地内の調査結果



敷地及び近傍で実施したボーリング調査結果によると、古安田層中には白色ガラス質細粒テフラが標高-10m付近と標高-30m付近に確認され、火山ガラスの主成分分析結果によると、それぞれ阿多鳥浜テフラと加久藤テフラに対比される。



※Kkt及びAta-Thは新編火山灰アトラス(2003)による。

5. 古安田層の年代に関する評価 (加久藤テフラ及び阿多鳥浜テフラの年代評価)

文献調査結果

新編「火山灰アトラス」(2011)に追記

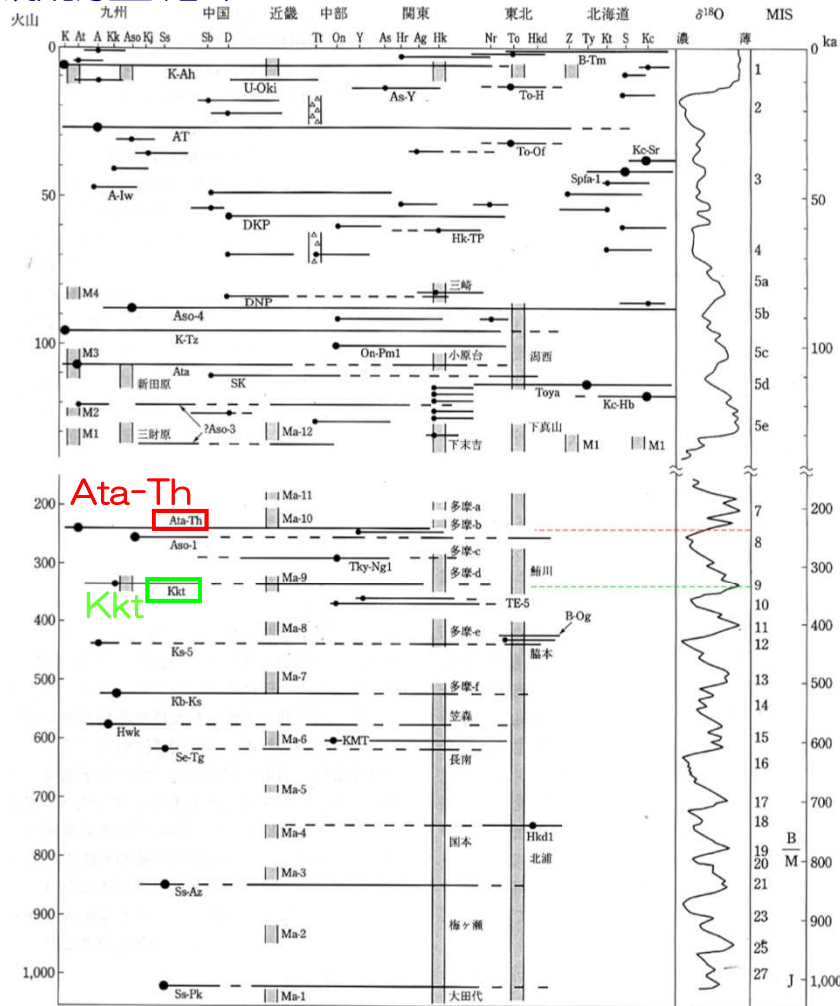


図10 過去約100万年間の日本地域の主な広域テフラと第四紀海成層の層序・編年図。[Machida (1999)を補訂]

テフラ略号は第II編参照。網掛けのコラムは海成層と海成段丘、△印の入るコラムは氷成層。

火山名: K 鬼界, At 阿多, A 始良, Kk 加久藤・霧島, Aso 阿蘇, KJ 九重, Ss 猪牟田, Sb 三瓶, D 大山, Tt 立山, On 御嶽, Y 八ヶ岳, As 浅間, Hr 榛名, Ag 赤城, Hk 箱根, Nr 鳴子, To 十和田, Hkd 八甲田, Z 銭亀, Ty 洞爺, Kt クッタラ, S 支笏, Kc クッチャロ。

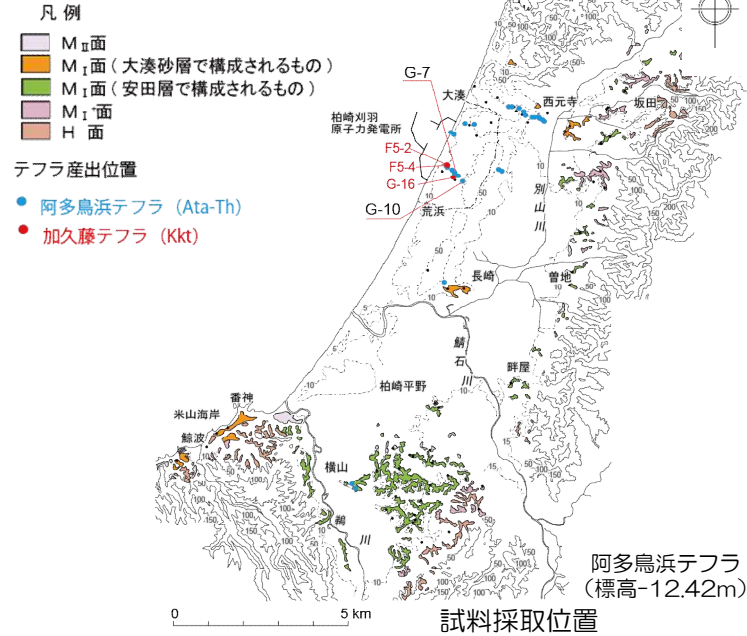
B/M ブリュンヌ・マツヤマ地磁気境界, J ハラミヨサブクロン。

広域テフラとその年代

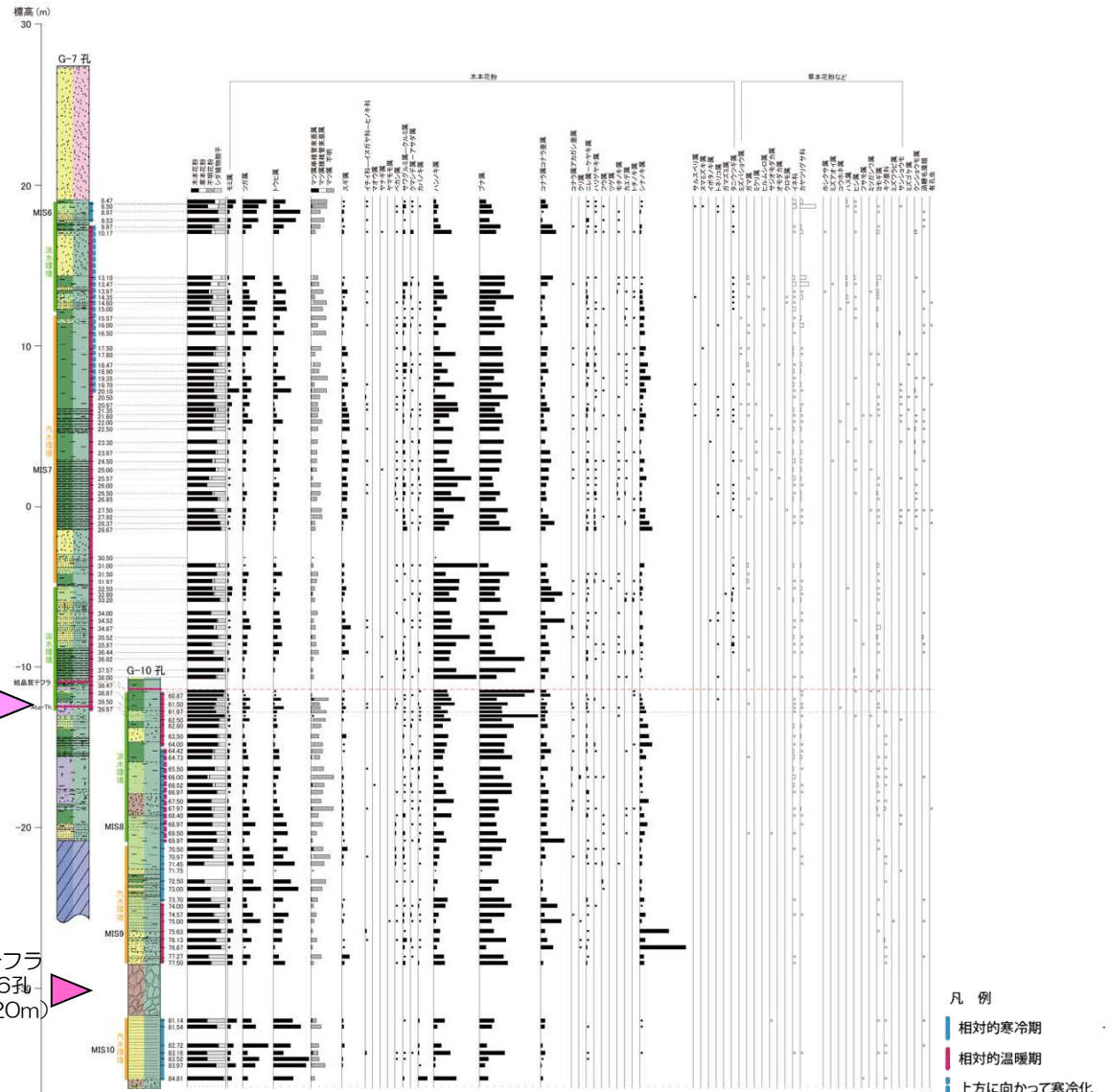
- 加久藤テフラ (Kkt) は、「新編火山灰アトラス」(2011)によると、MIS9海進期に噴出したものとされ、同文献ではその年代に幅をもたせて330ka~340kaと推定している。
- 阿多鳥浜テフラ (Ata-Th) は、「新編火山灰アトラス」(2011)によると、南関東の海成堆積物及び日本海海底コアとの層位関係等から、その噴出年代として約240kaが採用されている。

5. 古安田層の年代に関する評価 (加久藤テフラ及び阿多鳥浜テフラの年代評価)

敷地内：花粉分析結果



■ 阿多鳥浜テフラ (Ata-Th) の降灰年代についてはMIS7初期, 加久藤テフラ (Kkt) の降灰年代についてはMIS9初期とされており, 発電所敷地内で実施した花粉分析結果からもこれらのテフラ層準の下位には寒冷期, 上位には温暖期の古気候が推定され, おおむね整合している。

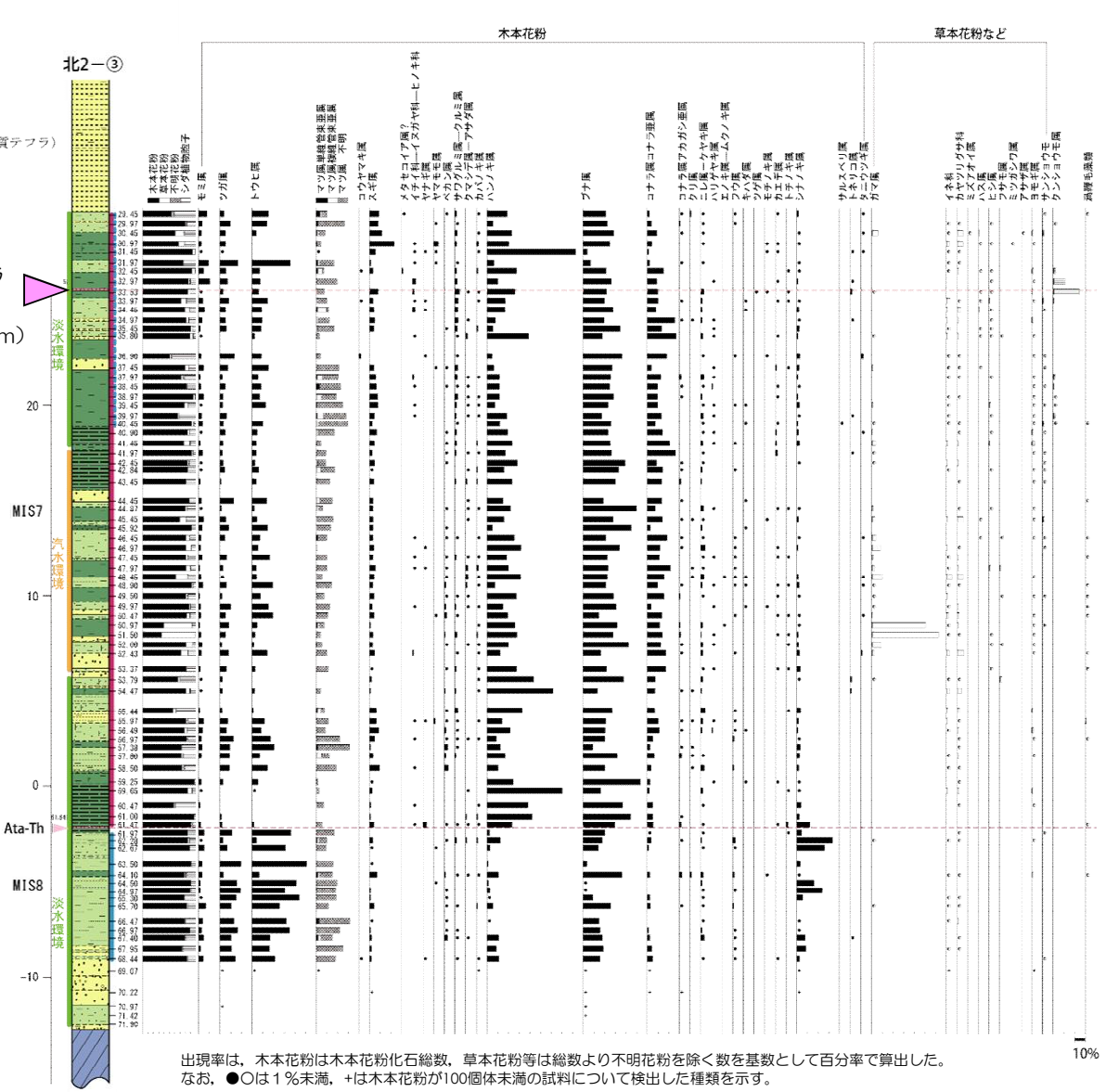
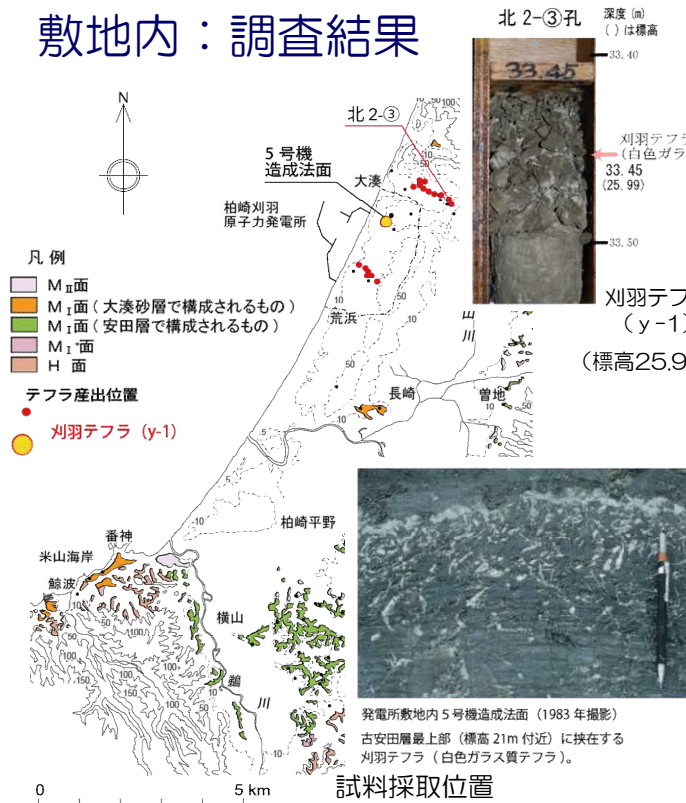


出現率は, 木本花粉は木本花粉化石総数, 草本花粉等は総数より不明花粉を除く数を基数として百分率で算出した。なお, ●○は1%未満, +は木本花粉が100個体未満の試料について検出した種類を示す。

G-7孔及びG-10孔の花粉分析結果

5. 古安田層の年代に関する評価 (刈羽テフラの年代評価)

敷地内：調査結果



出現率は、木本花粉は木本花粉化石総数、草本花粉等は総数より不明花粉を除く数を基数として百分率で算出した。
 なお、●○は1%未満、+は木本花粉が100個体未満の試料について検出した種類を示す。

■ 発電所敷地内及びその周辺においては、従来から安田層とされていた堆積物（古安田層）の最上部に白色ガラス質細粒テフラが挟在することが報告されている(岸ほか, 1996)。本テフラを刈羽テフラ(y-1)と仮称する。

北2-③孔の花粉分析結果

5. 古安田層の年代に関する評価 (刈羽テフラの年代評価)

G10テフラとの対比

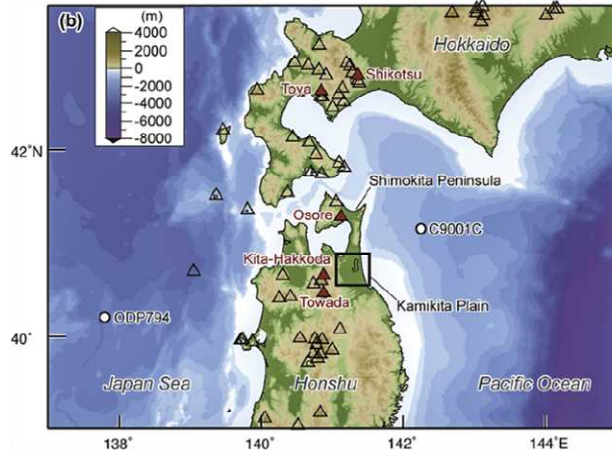


Fig. 1. Map showing locations of volcanoes and ocean drilling sites (a) in and around Japan and (b) near the Kamikita Plain.

- 火山ガラスの主成分分析によると、刈羽テフラは下北東方沖のC9001C孔におけるG10テフラ (Matsu'ura et al.(2014)) に対比される。

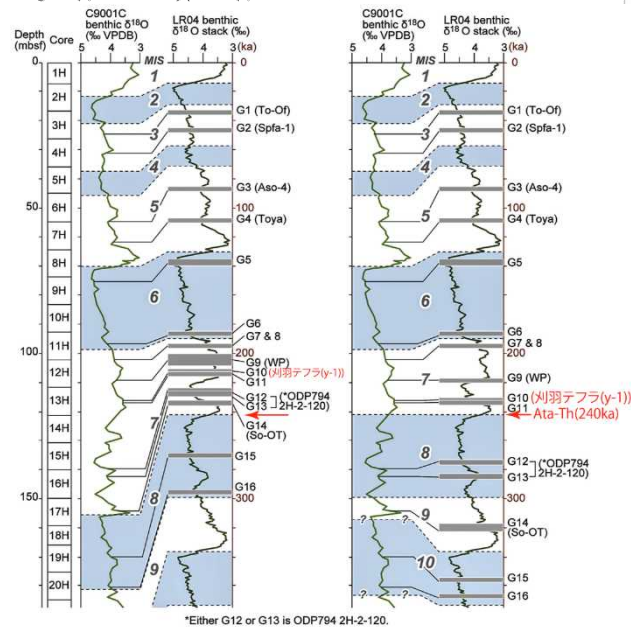
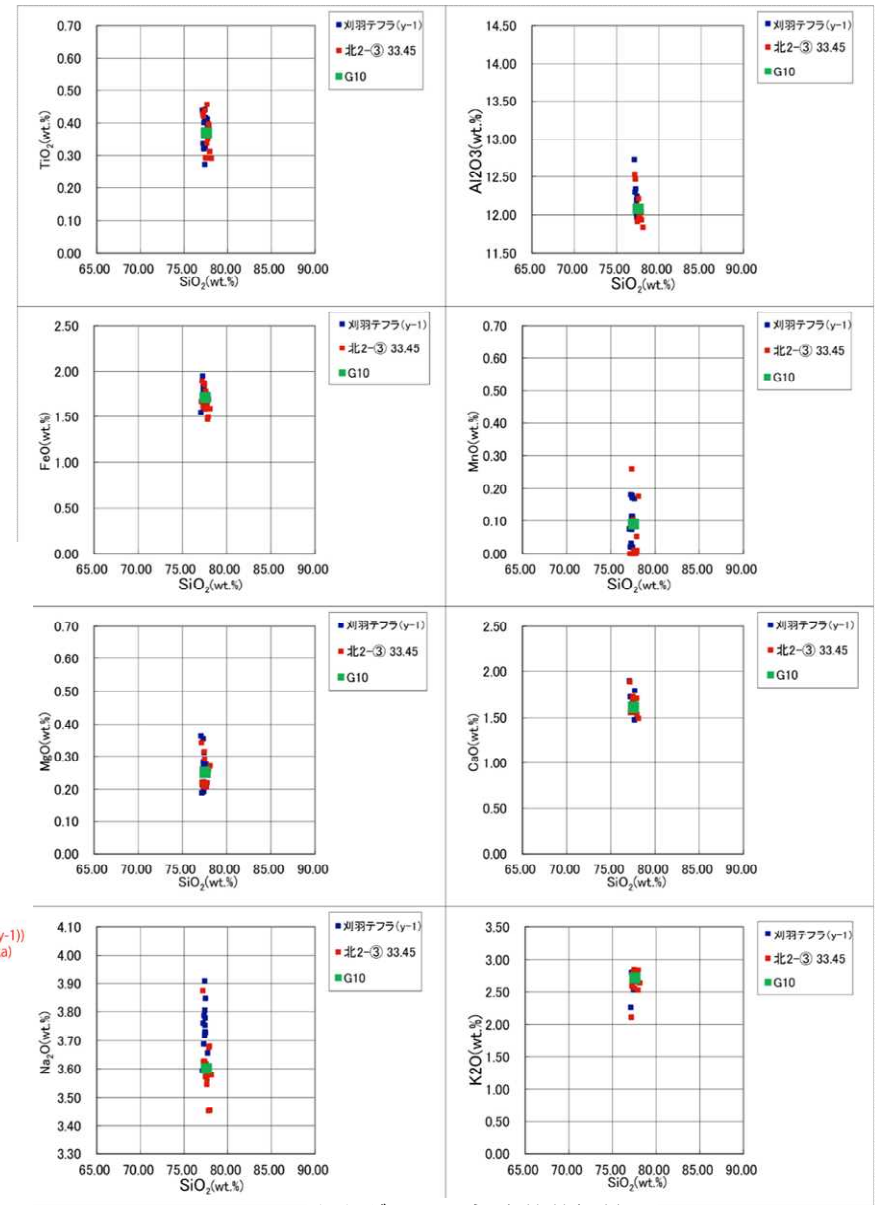


Fig. 10. Tephrostratigraphy of C9001C core correlated with oxygen isotopic record. Stratigraphic positions of tephra are correlated with the MIS assigned by Domitsu et al. (2011) (left) and with the refined MIS assignments of this study (right).

(Matsu'ura et al.2014)



火山ガラスの主成分分析結果

5. 古安田層の年代に関する評価 (刈羽テフラの年代評価)

G10テフラの年代検討

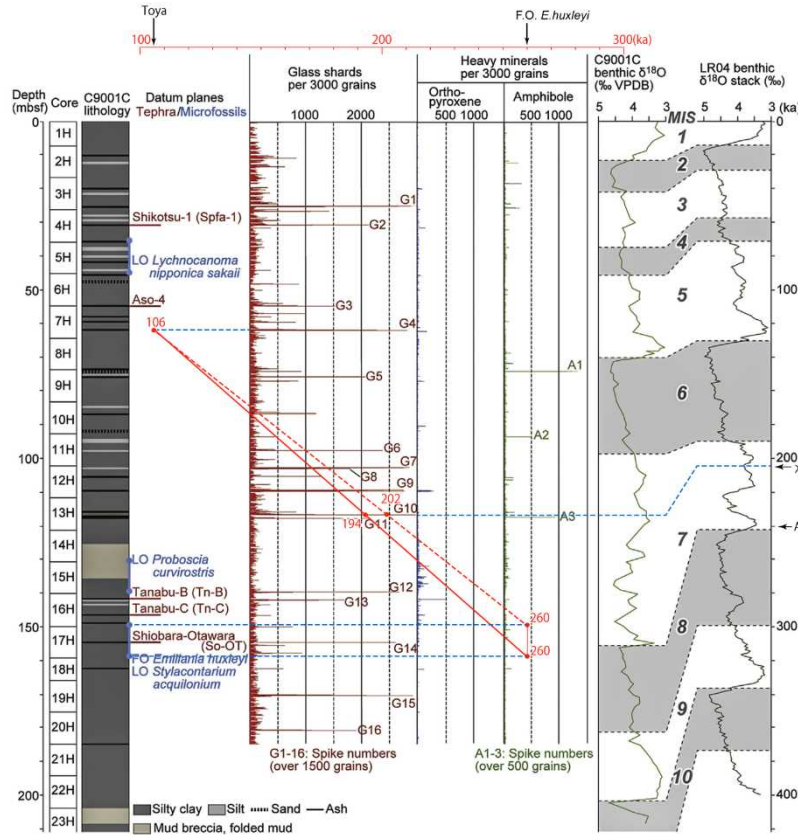
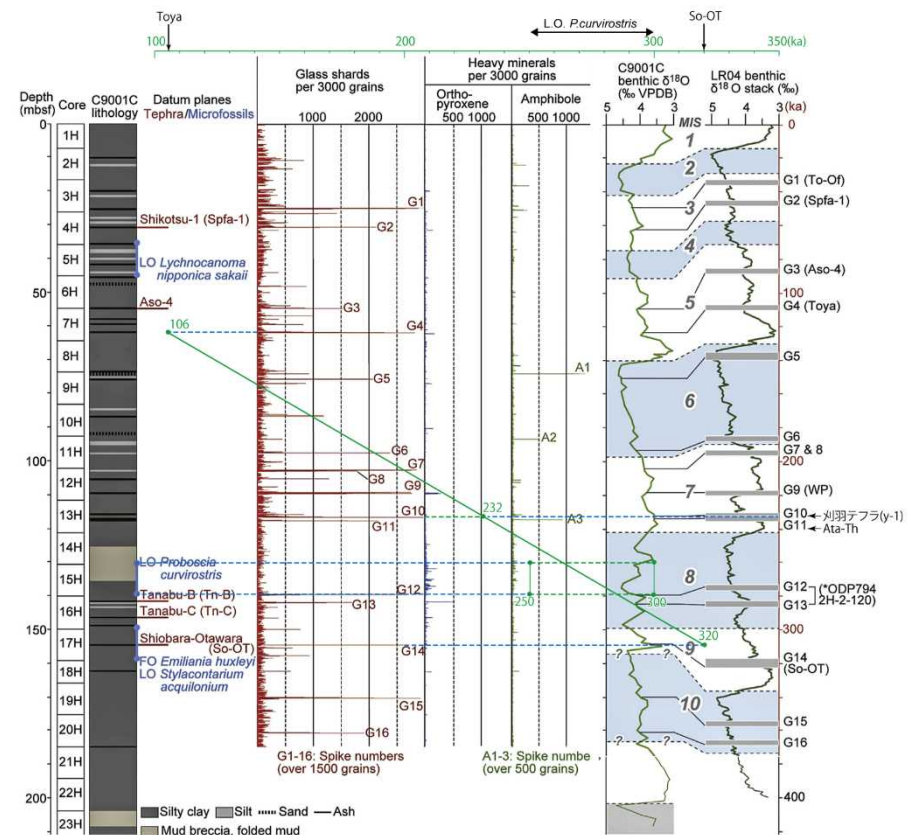


Fig. 2. Stratigraphy, datum planes, tephra grain components, and oxygen isotopic record of benthic foraminifera in C9001C cores. Core lithology, datum planes, and the oxygen isotopic record are from Itohisu et al. (2011). LR04 benthic $\delta^{18}O$ stack is from Lisiecki and Raymo (2005). In datum planes, stratigraphic positions of tephra Tn-B, Tn-C, and So-OT are from Suzuki et al. (2012); FO and LO denote first and last occurrences, respectively.



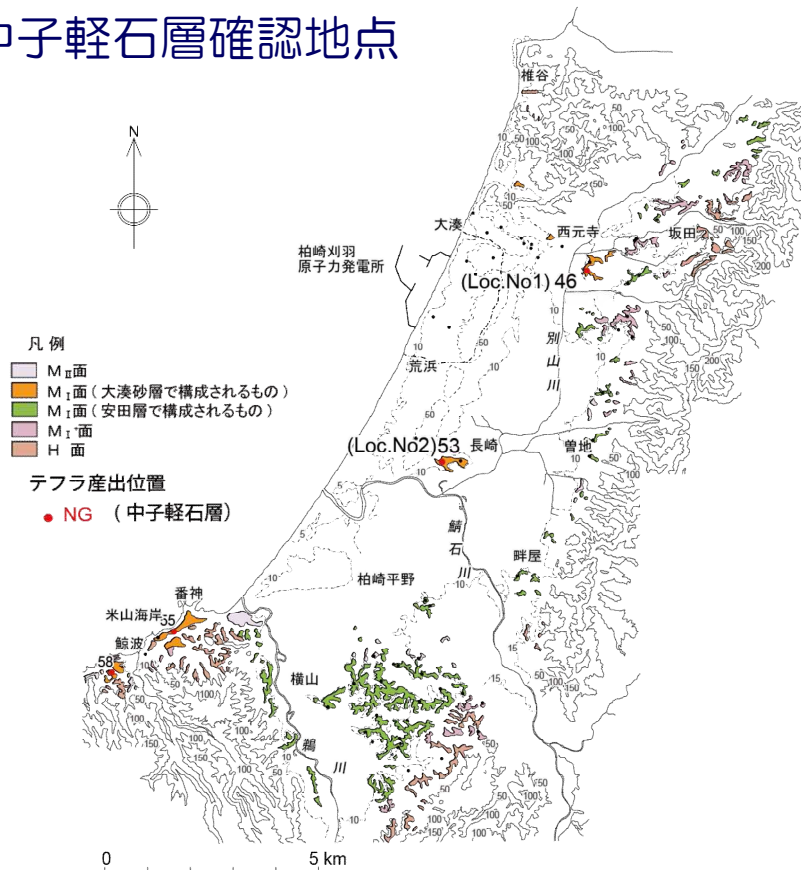
Matsu'ura et al. (2014)に基づく刈羽テフラ (y-1) の年代
(Matsu'ura et al., 2014のFig. 2及びFig. 10を合成・加筆して作成)

堂満ほか (2010) に基づく刈羽テフラ (y-1) の年代
(Matsu'ura et al., 2014に加筆)

- 刈羽テフラの降灰年代は約230ka~約200kaと推定され、同テフラと阿多鳥浜テフラ（約24万年前）との層間厚さ（発電所北側で約28m）を考慮すると、約200kaあるいはそれに近い年代の可能性が高いと考えられ、ここではこの年代値を採用する。

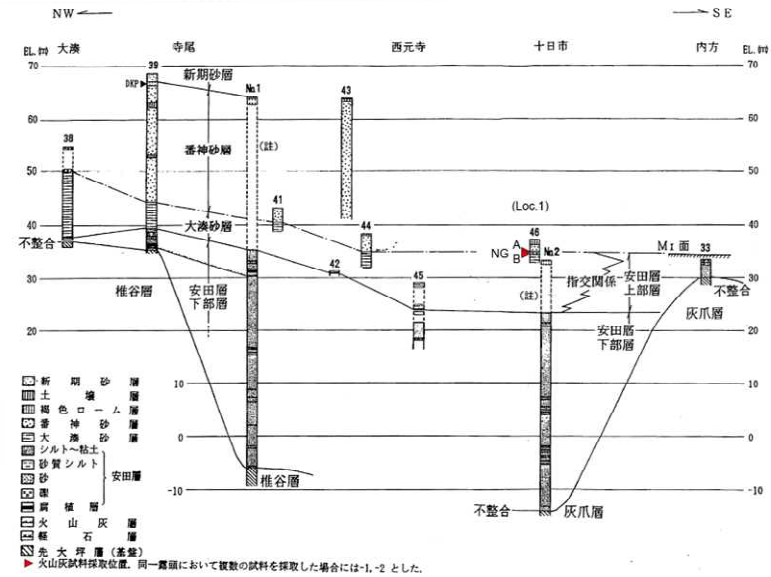
5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

中子軽石層確認地点

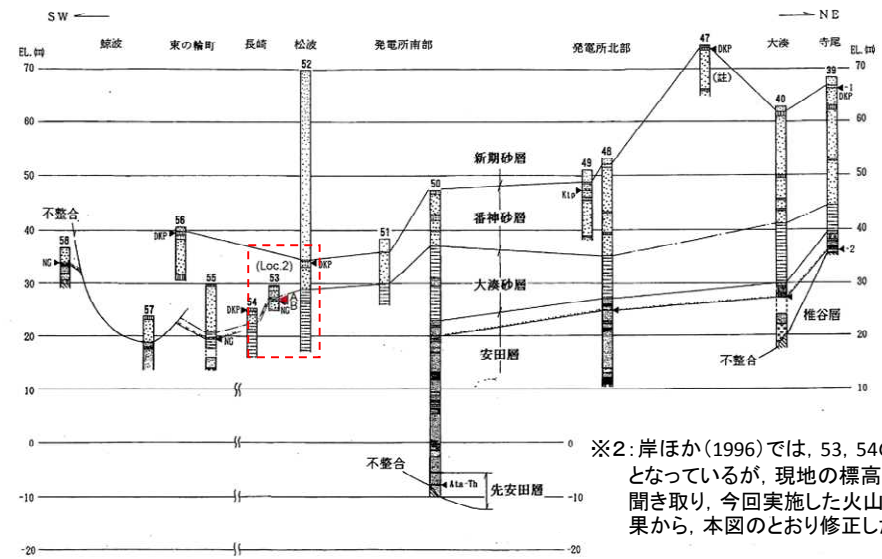


柏崎平野及びその周辺の段丘分布図・調査位置図

- 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る。



柏崎平野北部(海岸-内陸)における露頭柱状対比



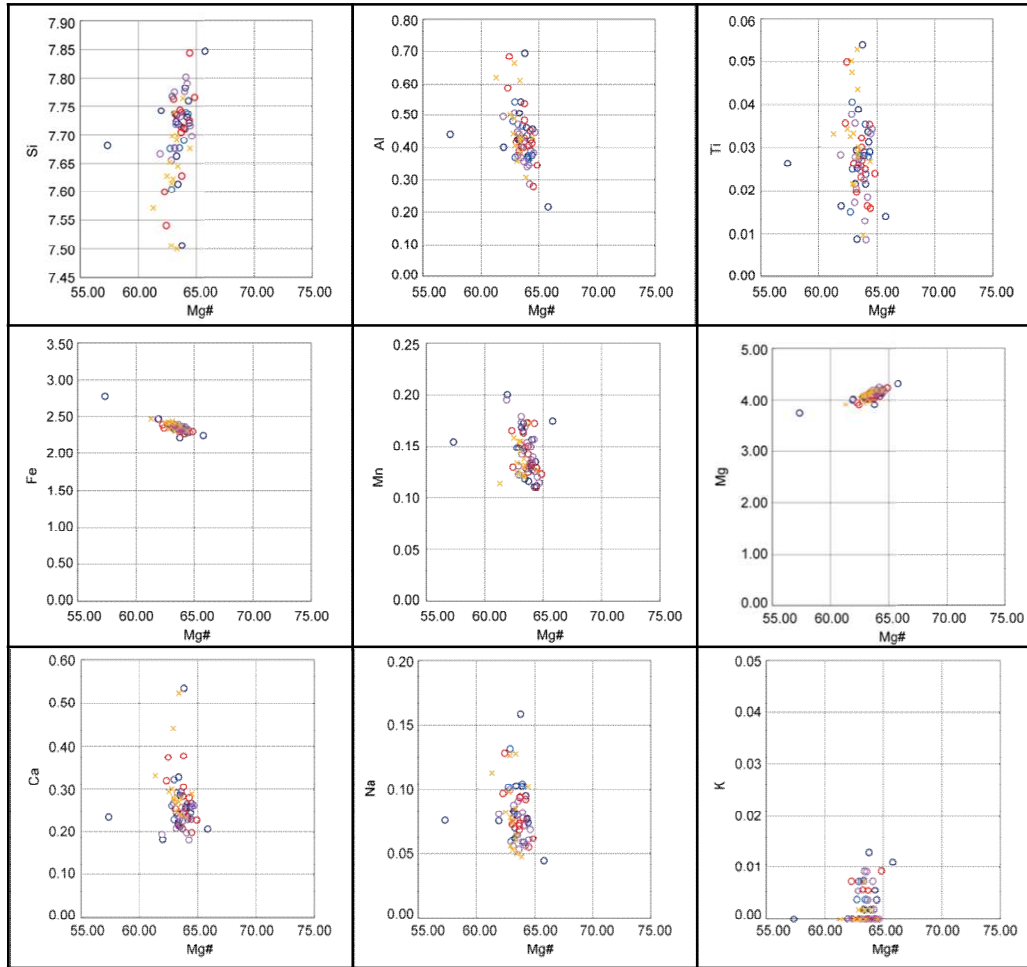
(岸・宮脇, 1996)

柏崎平野海岸部における露頭柱状対比

5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

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) に対比される。



※: 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

表3 柏崎平野およびその周辺における中・上部更新統のテフラの諸特徴

テフラの名称	地点名 [I]	試料番号	ガラスの形態 [II] 鉱物組成 [III]	ガラス・鉱物の屈折率 [] 内は主範囲			
				火山ガラス(n)	斜方輝石(γ)	普通角閃石(n ₂)	カミングトン閃石(n ₃)
大山倉吉軽石層 (DEP)	刈羽村寺尾西	39-1	opx>>ho	—	1.702-1.707	1.674-1.684	—
	柏崎市西元寺西	47	opx>>ho	—	1.702-1.707	1.674-1.682	—
	柏崎市松波	51	opx>>ho	—	1.702-1.707 [1.703-1.706]	1.674-1.682	—
	柏崎市長崎	52	opx>>ho	—	1.703-1.707	1.674-1.682	—
	柏崎市東の輪町	5	opx>>ho	—	1.702-1.707 [1.703-1.706]	1.674-1.684	—
湯町軽石層 (Ktp)	発電所敷地内	49	opx>opx>ho	—	1.708-1.714	—	—
中子軽石層 (NG)	刈羽村十日市	46	ho>>cm>opx	—	—	1.674-1.680	1.662-1.667
	柏崎市長崎	53	ho>opx>cm	—	—	1.674-1.680	1.662-1.667
	柏崎市東の輪町	54	ho>>cm>opx	—	—	1.675-1.680	1.662-1.669
	柏崎市松波	58	ho>>cm>opx	—	—	1.675-1.681	1.662-1.667
未記載	刈羽村寺尾西	39-2	sb>str>bw>>spg>fib opx>ho>cpx	1.504-1.506	1.707-1.714	1.680-1.690	—
	柏崎市大浜	40	sb>str>bw>>spg>fib opx>ho	1.503-1.506	1.707-1.713	1.685±	—
	発電所敷地内	48	sb>str>bw>>spg>fib opx>ho	1.503-1.506	1.705-1.714	1.685-1.688	—
阿多島浜火山灰層 (Ata-Th)	発電所敷地内	50	bw>sb>str>>spg>fib ho>>opx	1.498-1.500	1.714-1.719	1.671-1.674	—

[I] 試料採取地点は図2, 層準は図7, 図8参照。

[II] 形態の分類は岸・宮脇(1996)参照。bw: バブルウォール型 sb: スモール・バブル型 str: 平行型

fib: 繊維型 spg: スポンジ型

[III] 鉱物種の記号。opx: 斜方輝石 cpx: 単斜輝石 ho: 普通角閃石 cm: カミングトン閃石

量比 ÷: 等量~1.2倍, >: 1.2倍~5倍, >>: 5倍以上

(岸・宮脇, 1996)



5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

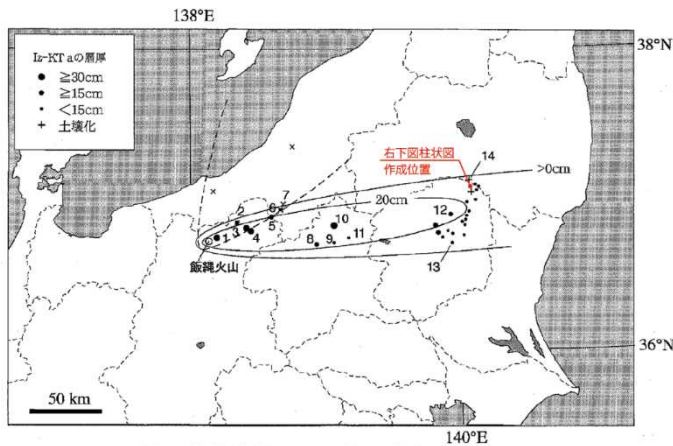
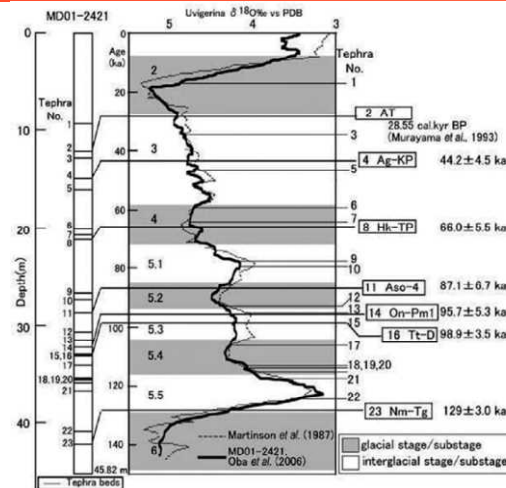


図1 飯縄上樽テフラ群の分布
 実線はIz-KT aの層厚等値線(cm), 破線は早津・新井(1982b, c)によるIz-KT cの分布域を示し, ×はIz-KT cが確認されている地点を示す。ゴシックの数字は地点番号。



青木ほか(2008)による田頭テフラ(TG)の年代

■ 青木ほか(2008)は、飯縄上樽テフラ群のうち最上部の飯縄上樽aテフラの上位に分布する田頭テフラ(TG)の年代を $129 \pm 3 \text{ka}$ としている。

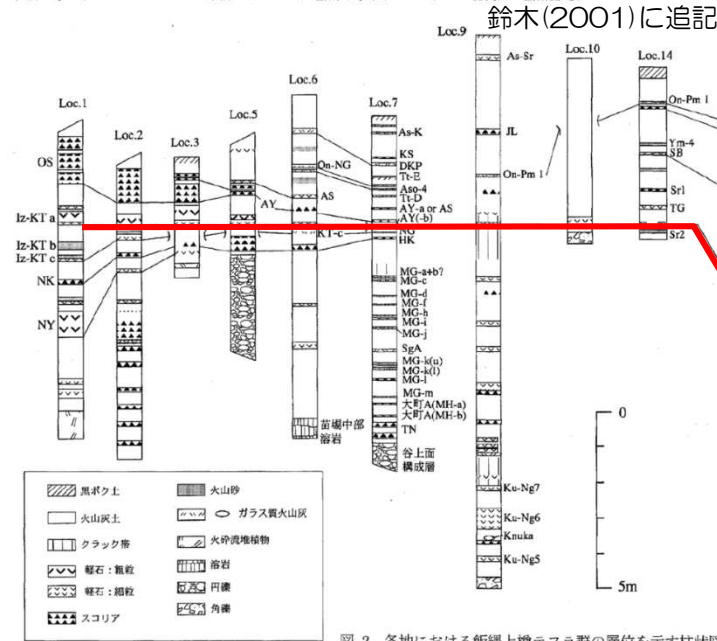
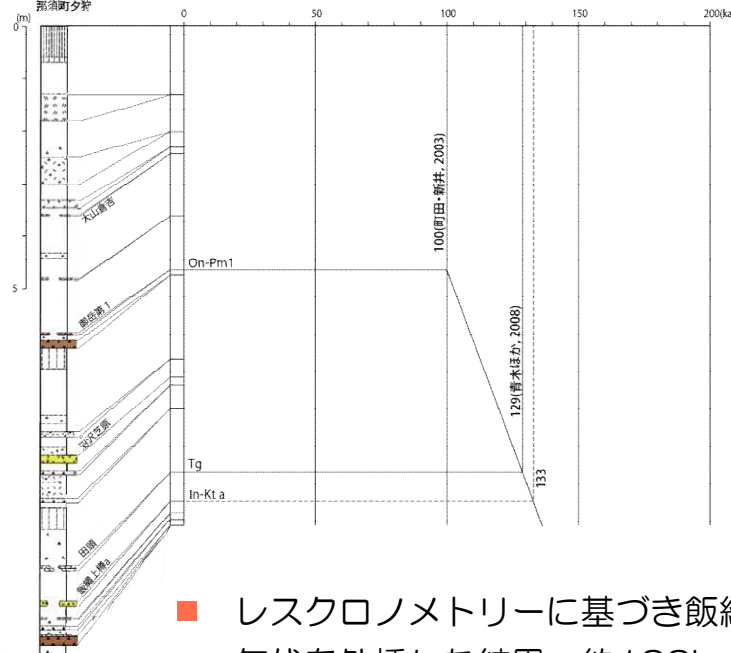


図2 各地における飯縄上樽テフラ群の層位を示す柱状図
 地点は図1を参照。テフラ層の名称は、本文または以下の文献を参照, Loc. 7(早津・新井, 1981; 早津, 1985), Locs. 14, 12(鈴木, 1992, 1993)。鈴木(2001)に追記

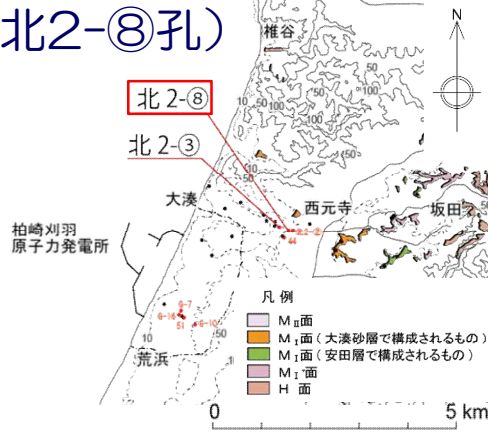


■ レスクロノメトリーに基づき飯縄上樽aテフラの年代を外挿した結果、約 133ka の値が得られた。

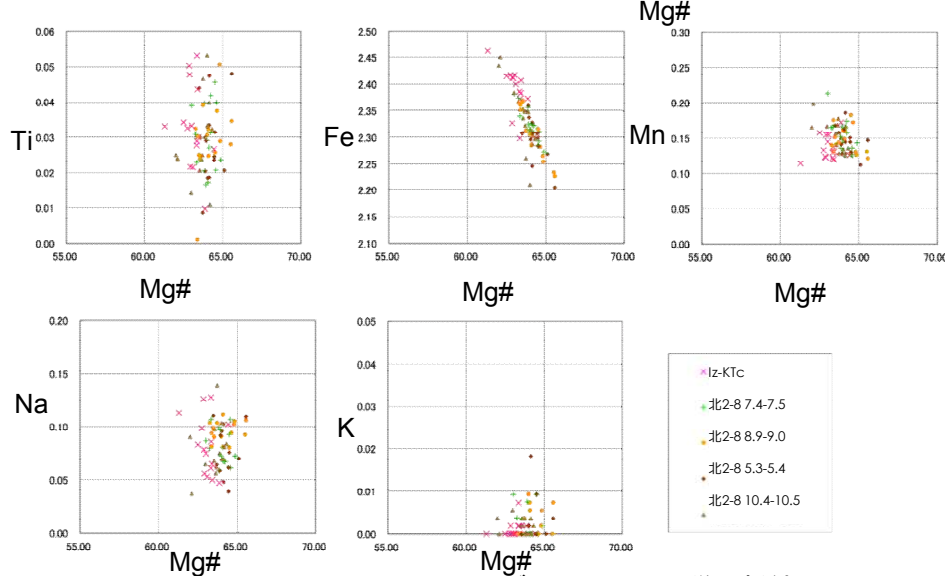
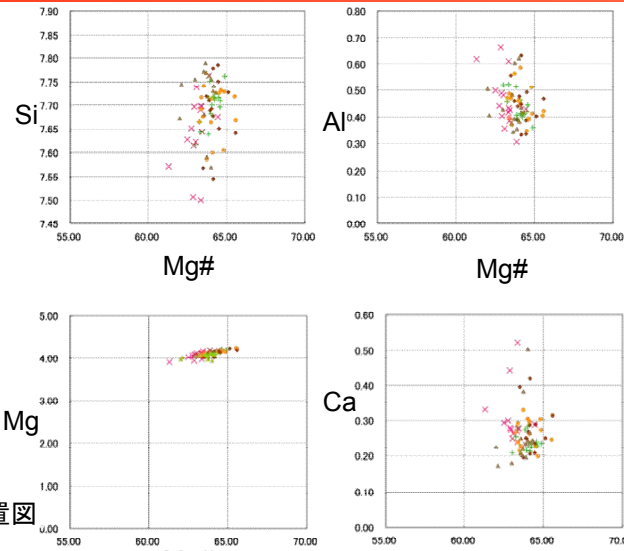
5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

敷地近傍調査結果

(北2-⑧孔)

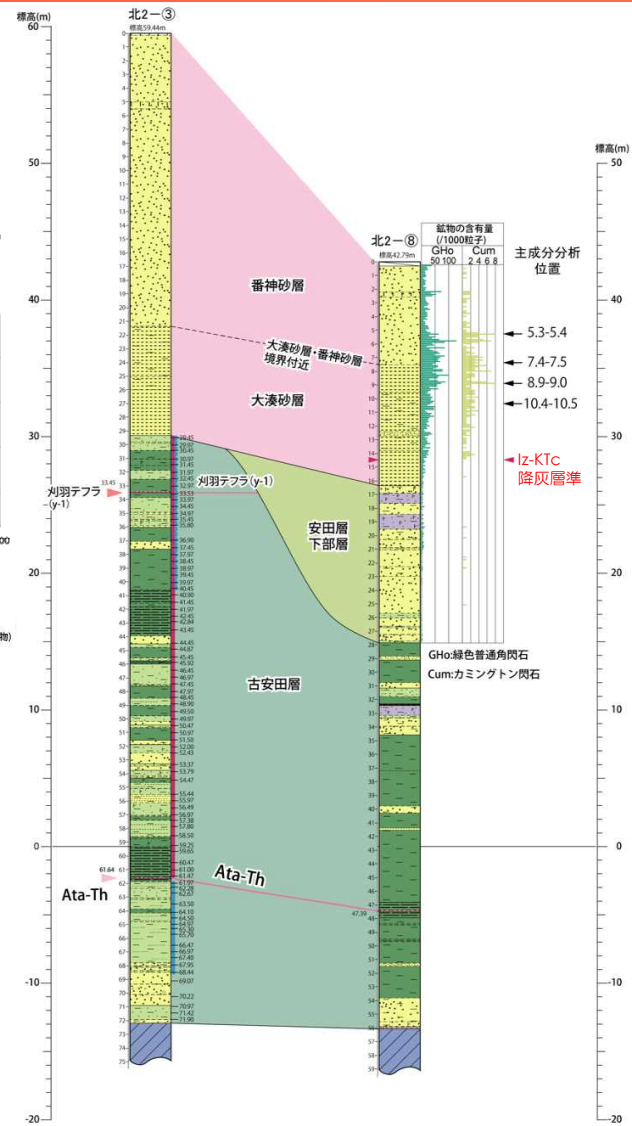


柏崎平野及びその周辺の段丘分布図・調査位置図



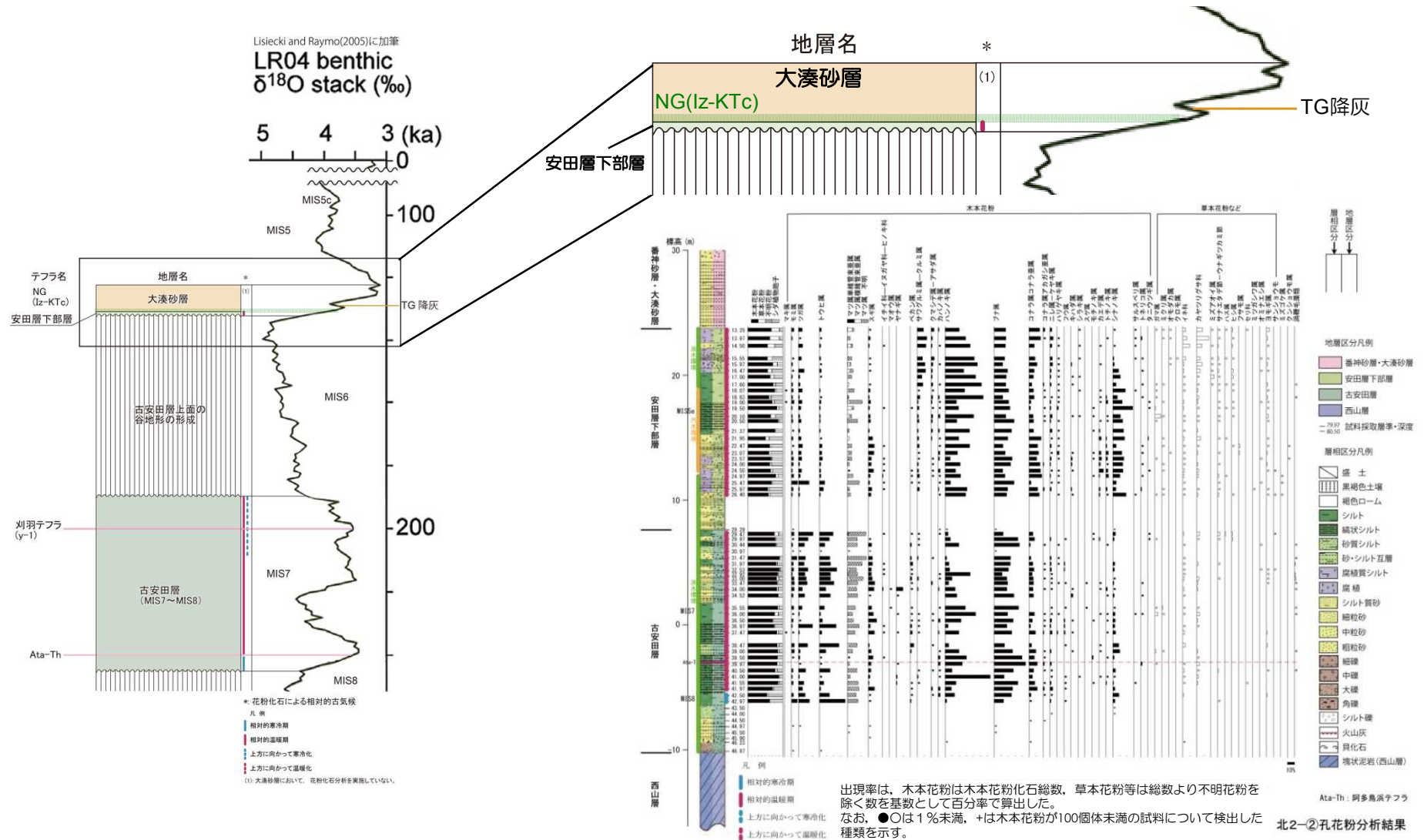
カミングトン閃石の化学分析結果

- 北2-⑧孔の大湊砂層最下部付近から連続的に産出するカミングトン閃石はMg#と陽イオンとの比より、飯縄上層cテフラに対比される。



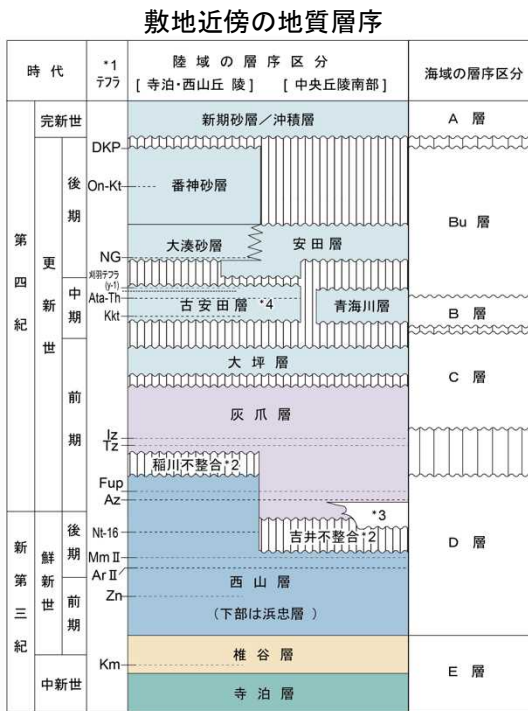
北2-③孔及び北2-⑧孔の火山灰分析及び花粉分析結果

5. 古安田層の年代に関する評価 (中子軽石層の年代評価)

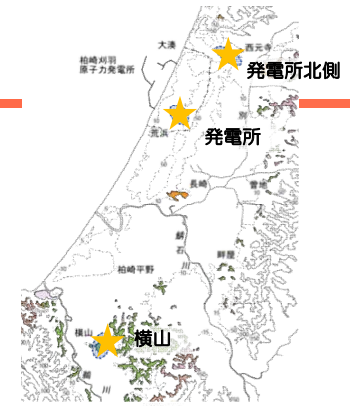
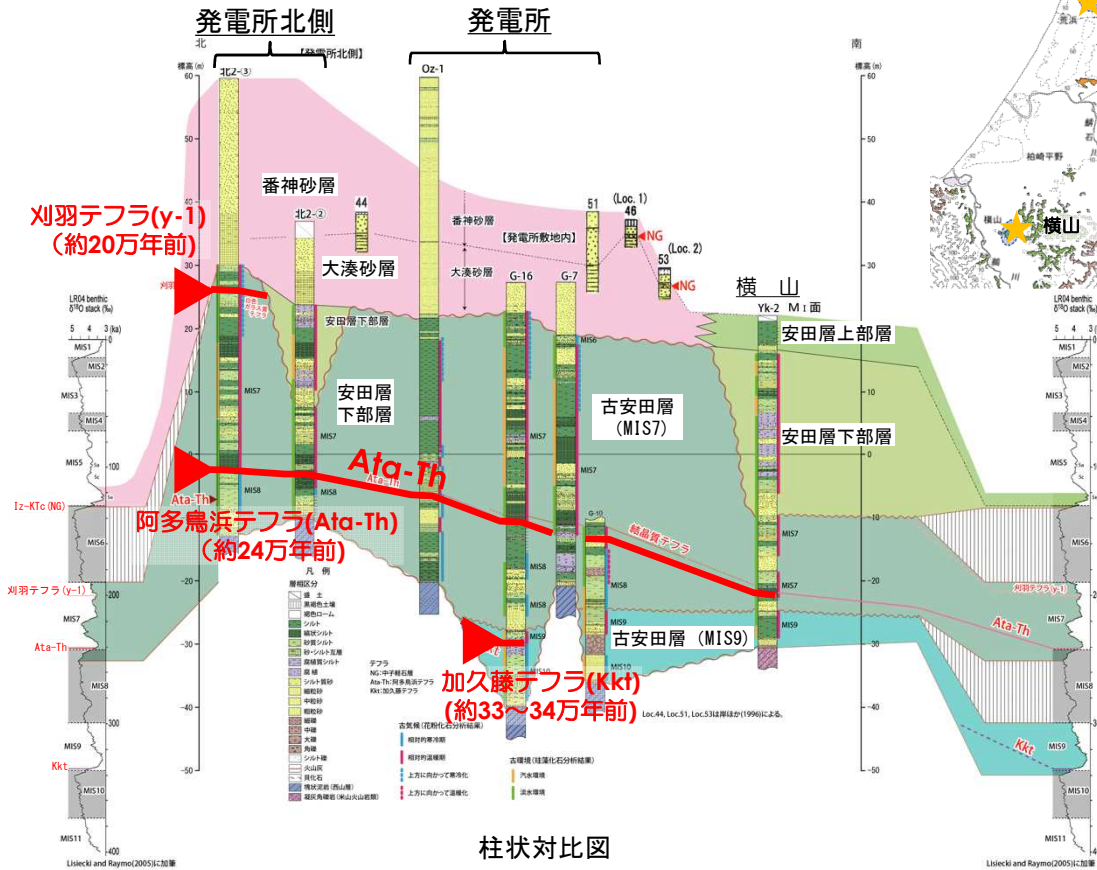


- 飯縄上層 c テフラは、青木ほか(2008)によると、田頭テフラ (129±3ka) の下位層準にあること、安田層下部層は花粉分析結果より温暖期の堆積物と考えられることを踏まえると、詳細な堆積年代は得られないものの、同テフラの年代はMIS6とMIS5eの境界付近と評価される。
- 従って、飯縄上層 c テフラを含む大湊砂層はMIS5e海進期の堆積物と判断される。

5. 小括（古安田層の年代に関する評価）



*1 テフラの名称・年代は、岸ほか(1996)などによる。
 *2 不整合の名称は、岸ほか(1996)による。
 *3 米山火山岩類・同火山岩類は米山海岸に広く分布するほか、柏崎市南部の南下付近で西山層中に挟む。
 *4 安田層下部層のMIS10～MIS7とMIS6の境界付近の堆積物に対する仮称。



- 古安田層最上位に刈羽テフラ，中位に阿多鳥浜テフラが，発電所ではさらに下位に加久藤テフラが確認された。
- 刈羽テフラは，下北半島東方沖で確認されたテフラG10に対比され，約20万年前と評価される。
- 町田・新井（2011）より阿多鳥浜テフラは約24万年前，加久藤テフラは約33～34万年前とされている。
- 以上のことから，古安田層は中期更新世の堆積物（30数～約20万年前）と判断される。
- 大湊砂層中に含まれる中子軽石層（NG）は飯縄上樽cテフラに対比され，文献や下位層準の安田層下部層が温暖期の堆積物と考えられることから，同軽石層の年代はMIS6とMIS5eの境界付近と評価される。
- 以上のことから，大湊砂層はMIS5e海進期の堆積物と判断される。

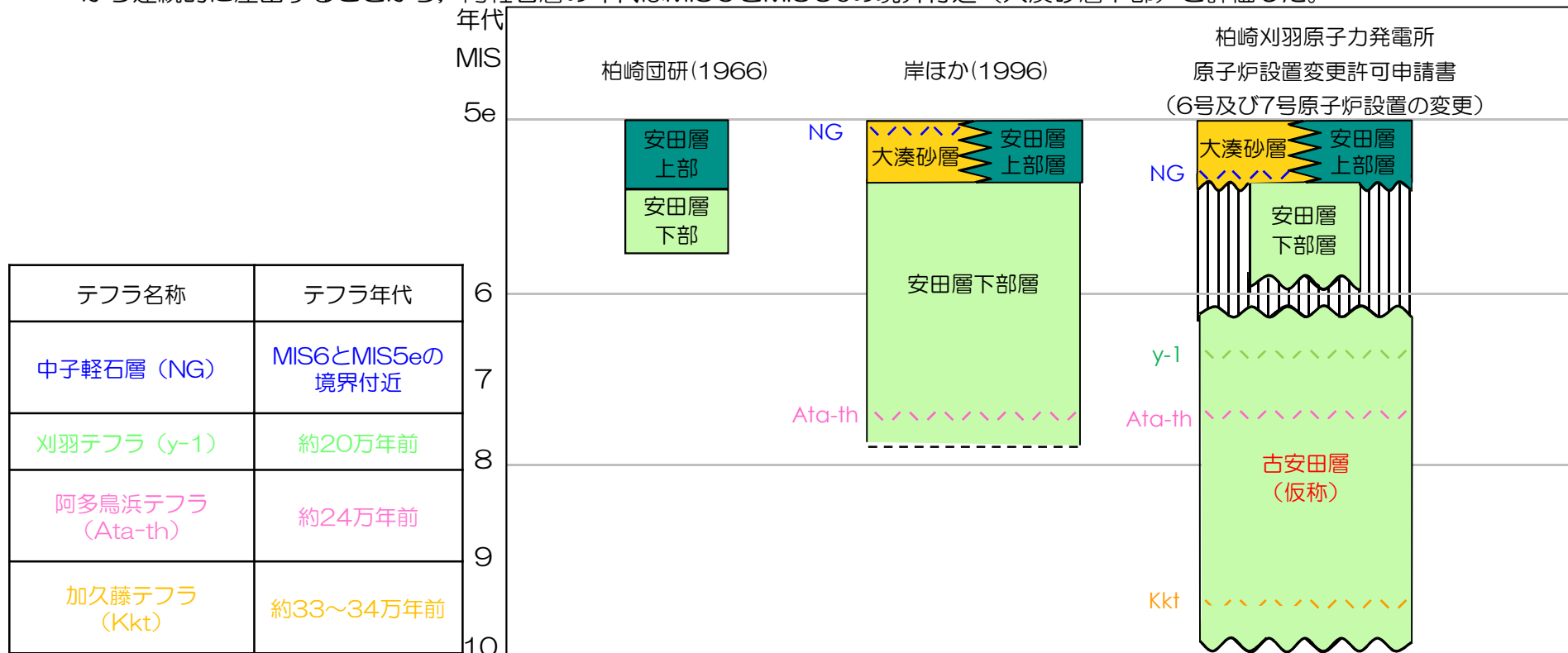
〈参考〉 岸ほか（1996）からの変更点

安田層下部層について

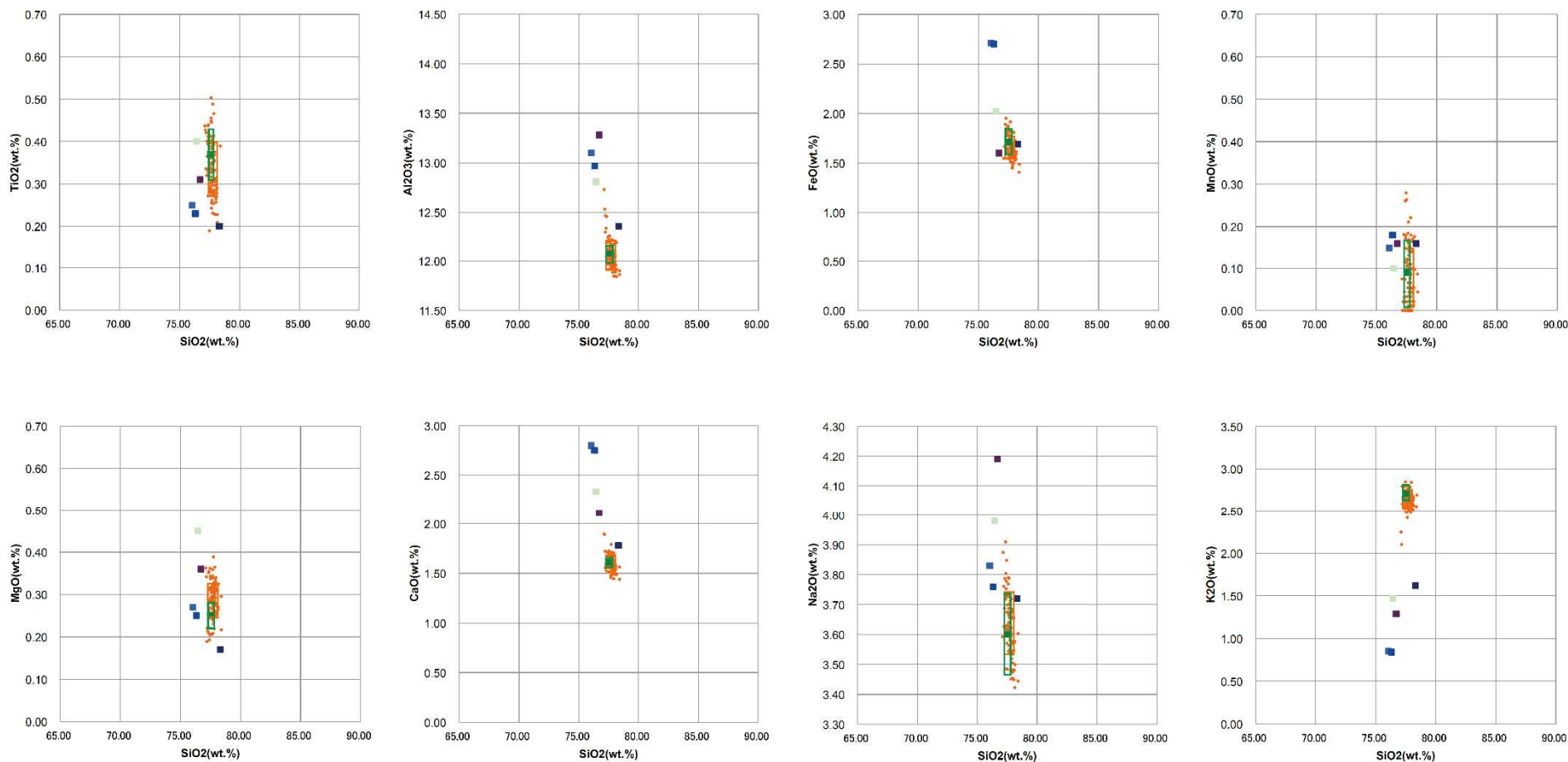
- 岸ほか（1996）では、安田層下部層の下位に阿多鳥浜テフラ（約24万年前）を狭在する青海川層あるいはそれより古い地層が存在する可能性が高いとしている。
- 敷地近傍における地質調査の結果、安田層下部層中に不整合を確認し、不整合の下位の層には上位から下北東方沖のC9001C孔におけるG10テフラ（Matsu'ura et al.(2014)）に対比される刈羽テフラ（約20万年前）、阿多鳥浜テフラ（約24万年前）及び加久藤テフラ（約33～34万年前）が確認されたことから、この地層は中部更新統であると評価し、この地層を古安田層と仮称する。

大湊砂層について

- 岸ほか（1996）では、古安田層を不整合に覆う大湊砂層上部には、中子軽石層が狭在するとしている。
- 大湊砂層から採取したカミングトン閃石の化学分析の結果、中子軽石層（NG）は飯縄上樽cテフラに対比され、大湊砂層下部付近から連続的に産出することから、同軽石層の年代はMIS6とMIS5eの境界付近（大湊砂層下部）と評価した。



＜参考＞刈羽テフラと下北半島東方沖のテフラの対比



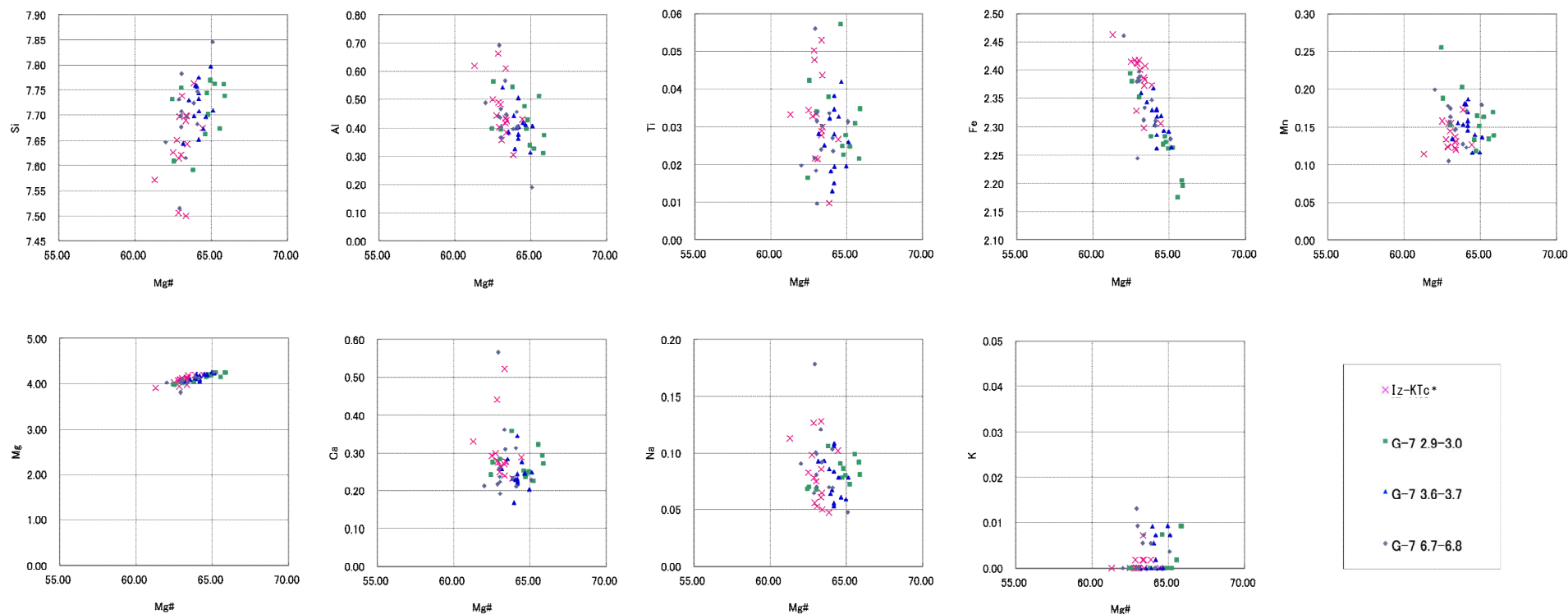
火山ガラスの主成分分析結果

凡例

- 東京電力ホールディングス(株)が採取した刈羽テフラ(y-1)
- G5(平均値)
- G6(平均値)
- G7(平均値)
- G8(平均値)
- G9(平均値)
- G10(平均値)
- G10の分析値の1σ
- 東京電力ホールディングス(株)が採取した刈羽テフラ(y-1)試料の分析値の1σ

- 火山ガラスの主成分分析によると、刈羽テフラは（Matsu'ura et al. (2014)）で示されたテフラのうち、G10テフラに対比される。

<参考>大湊砂層中の中子軽石層と飯縄上樽cテフラの対比の例



*: 鈴木 (2001) の飯縄上樽テフラ群の標識地 (長野県信濃町高山の Loc.1) の飯縄上樽 c テフラ (Iz-KTc) の分析値

カミングトン閃石の化学分析結果

- カミングトン閃石のMg#と陽イオンとの比より，中子軽石層 (NG) は飯縄上樽 c テフラ (Iz-KTc) に対比される。