

## 最終氷期以降における諏訪盆地周辺の風化環境の変遷

川野律歩<sup>1</sup>, 葉田野希<sup>2</sup>, 吉田孝紀<sup>1</sup>

<sup>1</sup>信州大学理学部, <sup>2</sup>長野県環境保全研究所

Environmental change in weathering around the Lake Suwa, Nagano Prefecture, central Japan

R. Kawano<sup>1</sup>, N. Hatano<sup>2</sup> & K. Yoshida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science, Shinshu University & <sup>2</sup>Nagano Prefectural Institute for Environmental Conservation

キーワード：化学組成分析, 化学的風化, 古環境復元

keywords : Chemical composition analysis, chemical weathering, paleoenvironmental restoration

### はじめに

諏訪盆地は糸魚川—静岡構造線(以下糸静線)に接し, その活動によって形成されたと考えられる(藤森, 1991). 特に諏訪周辺において糸静線は複数の断層からなる断層帯となり, いびつな紡錘形または平行四辺形型の諏訪盆地の東西の辺をNW-SE方向に分布する. 藤森(1991)はプリアパートベイズンとしての諏訪湖が形成されたと考えた.

諏訪湖とその沿岸では過去に安間ほか(1990), 大嶋ほか(1997)などによりボーリングコアが掘削されている. 安間ほか(1990)では花粉化石群集, 珪藻化石群集を用いて, 大嶋ほか(1997)では花粉化石群集から古環境の推定がなされている. これらの研究からは, 諏訪盆地の地下構造や堆積物, それに含まれる化石群集による古植生や珪藻の生息環境の推定がなされ, それに伴う気候の推定がなされてきた.

一方, 諏訪湖の堆積物はその周辺の風化環境の変遷を記録している可能性がある. 特に, 堆積物の化学組成は周辺岩石の風化前と風化後の組成を反映する. また, 風化の中でも化学的風化は気候や地形の影響を受けやすく, 気候の変化を推測するための1つの鍵となる. よって本研究では諏訪湖南岸のボーリングコアから採取した試料の化学分析を用いて, 最終氷期以降の諏訪盆地における古環境および堆積物の起源を, 風化環境の側面から解明することを目的とする.

### 調査地域

諏訪湖の流入河川である上川・宮川・砥川などは諏訪湖を囲む様々な地質体を通過して諏訪湖へと流入する. 本研究では諏訪湖南岸で掘削されたボーリングコア(Fig. 1)



Fig. 1 調査地域の地質およびコア掘削地点

を用いたため, 堆積物を供給したと考えられる河川は主に諏訪湖の南側から流入する上川と宮川である. 上川は霧ヶ峰・八ヶ岳といった火山岩類や火山砕屑物で覆われた地帯から流れ, 宮川は秩父帯・領家帯・三波川帯といった様々な地質体を通過して流入する.

### コア試料の年代

今回のボーリングによって, 地表から深度30mまでの試料を採取できた(Fig. 2). そのうち, 5m以浅は人工物であったため, 本研究では5m以下について検討する. また, ボーリングコアの年代については, 木片を用いて<sup>14</sup>C年代測定を依頼した. その結果, 9.77mで3310±20yrBP, 11.54mで3268±20yrBP, 17.84mで10385±25yrBP, 21.28mで13795±40yrBP, 23.25mで14630±35yrBP, 25.00mで16830±45yrBP, 30.00mで22627±58yrBPという値が得ら

れた。また、岩相の違いから、本研究では掘削されたボーリングコアを Table1 のように5つの unit に区分した。<sup>14</sup>C年代法によって得られた結果から、各 unit の年代は、unit1 で 22627~14000 yrBP, unit2 で 14000~12000 yrBP, unit3 で 12000~10500 yrBP, unit4 で 10500~6000 yrBP, unit5 で 600 yrBP~現在と推定される。

Table1 unit 区分とそれぞれの岩相

Unit	深度(m)	岩相	亜炭層
1	30.0~21.4	泥質が優勢の砂質泥質の互層	あり
2	21.4~19.2	黒色の泥層	なし
3	19.2~17.5	砂層を挟む泥層, 灰色泥層	あり
4	17.5~12.5	黒色または暗色の塊状泥層	あり
5	12.5~5.0	砂質が優勢の砂質泥質の互層	あり

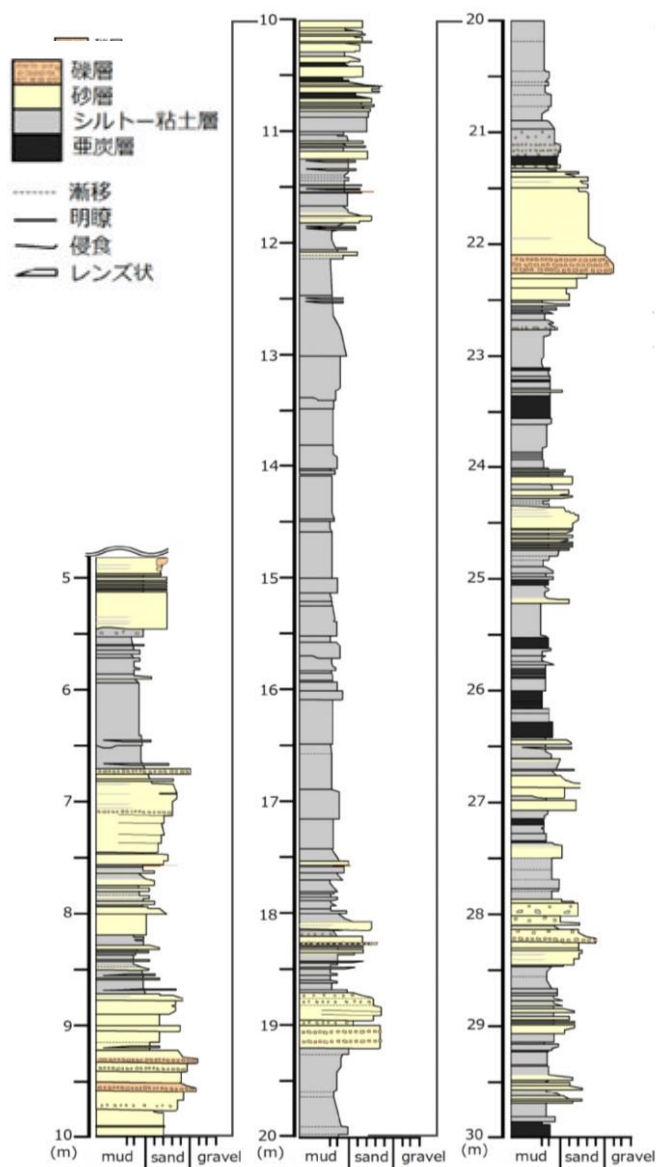


Fig. 2 コアから作成した柱状図

## 研究手法

掘削したボーリングコアから採取した試料について、XRF 分析(蛍光 X 線分析)と XRD 分析(X 線回折分析)を行った。XRF 分析では 110 試料について、主要化学元素( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ )の化学組成分析を行った。分析はガラスビード法で行い、ガラスビードの作成は三宅ほか(1997)の手法に従った。ガラスビード作成の融剤としては四ホウ酸リチウムを用い、試料 0.5g に対して四ホウ酸リチウム 5.0 g の 1:10 の比率で均一に攪拌した。また、試料処理の段階で 880°C, 3 時間以上の加熱により減少した重量(LOI)を、以下の式から求めた。

$$\text{LOI} = (\text{乾燥前重量} - \text{乾燥後重量}) / (\text{乾燥前重量}) \times 100$$

XRD 分析では 25 試料について分析を行った。それぞれの試料から水ひ法を用いて 2 $\mu\text{m}$  以下の粒子を分離し、定方位試料を作成し分析した。各試料について、生試料に加え、エチレングリコール処理、塩酸処理、100°C~500°C にかけて 100°C ごとの加熱処理で X 線回折線を得た。得られた X 線回折線のピークを読み取り、吉村(2001)に従って粘土鉱物の同定を行った。

## 結果

### ・XRF 分析(Fig. 3)

全試料で  $\text{SiO}_2$  濃度は高く、45.54-75.73 wt.% であった。ほとんどの試料は、 $\text{SiO}_2$  に次いで  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の濃度が高い(12.29-37.26%)。堆積物中の  $\text{SiO}_2$  濃度は、堆積物の粒度によって非常に大きな影響を受ける。堆積物がより粗いと、より石英が多く含まれるために  $\text{SiO}_2$  の濃度は高くなる。同様に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  も粒度の影響を強く反映し、主に粘土鉱物に濃縮することから、粒度の小さいもので濃度が高くなる。これにより  $\text{SiO}_2$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の負の相関関係をもつ。 $\text{SiO}_2$  濃度が高いほど他の元素の度が低くなることは、 $\text{SiO}_2$  の希釈効果を反映すると考えられる。砂層が優勢の砂質泥質互層からなる unit5 では  $\text{SiO}_2$  濃度が高く、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の濃度が高いことはこのことによると考えられる。

unit3 の灰色泥層について、上下の層準と比較して  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  濃度が低く、 $\text{K}_2\text{O}$  がやや高い傾向がみられる。

### ・XRD 分析

XRD を用いた粘土鉱物の同定では、カオリナイト、緑泥石、雲母粘土鉱物、スメクタイト、ハロイサイトが同定された。unit3 を除き、ほとんどのサンプルで強度は低く、著しく結晶度が低い非晶質物質が卓越していることが考えられる (Fig. 4)。unit3 から得られた X 線回折線では他 unit の試料と比較して非常に高いピークが認められ、

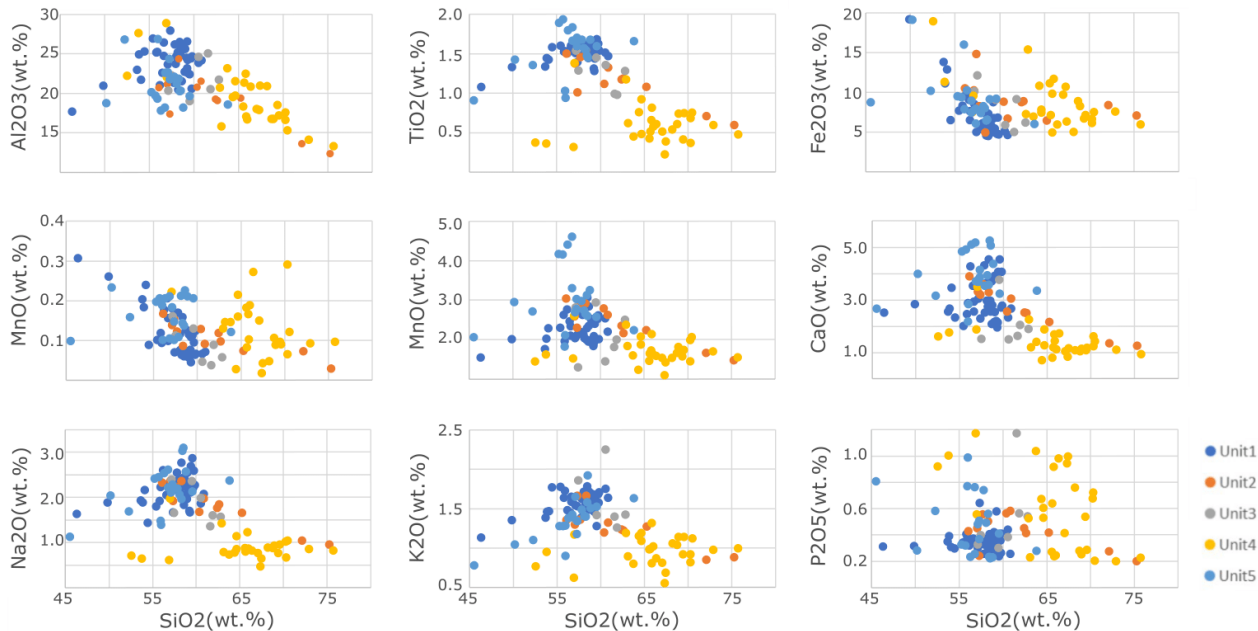


Fig. 3 XRF 分析結果

7Å, 10Å, 14~15Å にピークを持ち, 7Å ピークで最も強い強度を示す. とともに塩酸処理では変化がみられず, 500°Cの加熱処理後にピークが消失していることから, カオリナイトと同定される. また, 10Å 付近には 2 つのピークがあり, 100°C以上の加熱処理でわずかに強度が低くなったこと, 5Å にも顕著なピークがみられることから, 雲母粘土鉱物とハロイサイトが同定される. 14~15Å にみられるピークは, EG 処理では 17Å への膨潤が確認でき, スメクタイトと同定される.

### 考察

それぞれの堆積相から, unit1, unit2, unit3 はチャンネル付近の湖底, unit4 は湖底, unit5 はチャンネルで堆積したと考えられる.

泥層が卓越する unit である unit4 で, 他 unit と比較して特に高い SiO<sub>2</sub> 濃度がみられたため, 薄片観察を行ったところ珪藻の存在が確認された. よって, 高い SiO<sub>2</sub> 濃度は珪藻殻やプラントオパールへの混入によると考えられる. このことは, この unit が比較的高い LOI を示すことも整合的である.

unit4 以外でもコアの LOI は 6.09~39.06% と高い値を示し. これは珪藻殻のほか, 粘土鉱物が卓越することによると考えられる.

化学分析による化学的風化の指標として CIA 値(Nesbitt and Young, 1982) が提案されている. CIA 値 ( $CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$ , CaO\*について

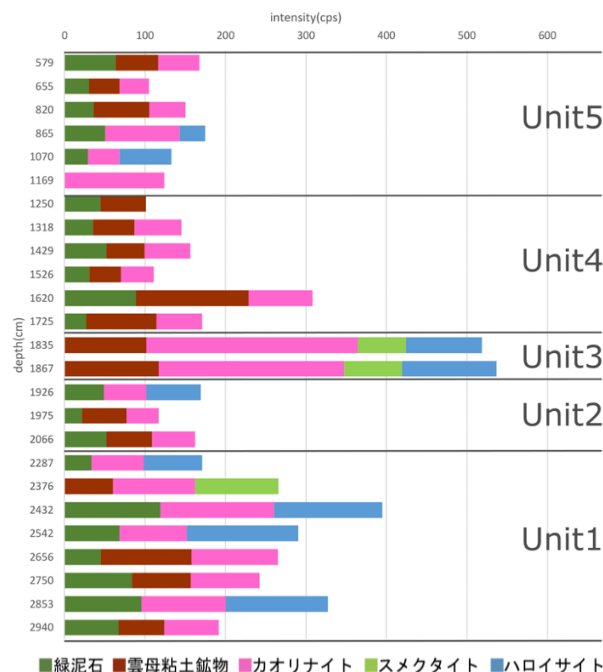


Fig. 4 粘土鉱物の種類と強度

ては珪酸塩に含まれる分のみを用いる)では, 風化過程で流失する元素として Na<sub>2</sub>O, CaO, K<sub>2</sub>O を利用しており, これらが流失し分母が小さくなり値が大きくなるほど風化が進んでいることを示す. CIA 値はボーリングコア全体で 66~91 を示す(Fig. 5). また, unit1 では 70~84(平均 78), unit2 では 72~81(平均 77), unit3 では 72~85(平均 79), unit4 では 77~91(平均 86), unit5 では 66~89(平均 74) となった. CIA 値は unit4 で高くなり, unit4 が最も強い風化を受けていると考えられる.

unit3 以外では粘土鉱物が少なかったことから、その起源は集水域の表層の火山岩片が風化した土壌が主であると考えられる。一方、unit3 中の灰色層の粘土鉱物にはカオリナイトが多く含まれ、カオリナイトは長石などが変質して生成される。このことから、領家帯花崗岩などといった、より長石を含む珪長質の岩石が起源であり、強い風化を受けたと考えられる。また、灰色層の上下の層準では似た X 線回折線が得られなかったこと、土色の明らかな違いから、気候の変化などにより供給源が一時的に大きく変化したと考えられる。

#### 引用文献

- 安間 恵・長岡 正利・丹羽 俊二・関本 勝久・吉川 昌伸・藤根 久, 1990, 諏訪湖湖底の構造調査と環境地質, 地質学論集, 36, 179-194.
- 藤森 孝俊, 1991, 活断層からみたプリアパートベイズンとしての諏訪盆地の形成, 地理学評論, 64 A-10, 665-698.
- 三宅 康幸・津金 達郎・金井 哲男・池元 壮彦, 1997, 珪酸塩岩石試料の主成分の蛍光 X 線分析: 低希釈率ガラスビードの作成と迅速分析の精度, 信州大学理学部紀要, 31(2), 105-117.
- Nesbitt, H. W. and Young, G. M., 1982, Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, Nature Vol.299, 715-717.
- 大嶋 秀明・徳永 重元・下川 浩一・水野 清秀・山崎 晴雄, 1997, 長野県諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集とその対比, 第四紀研究 36(3), 165-182.
- 吉村 尚久, 2001, 粘土鉱物と変質作用, 地学双書 32, 地学団体研究会, 293.

(原稿受付 2021. 3. 10)

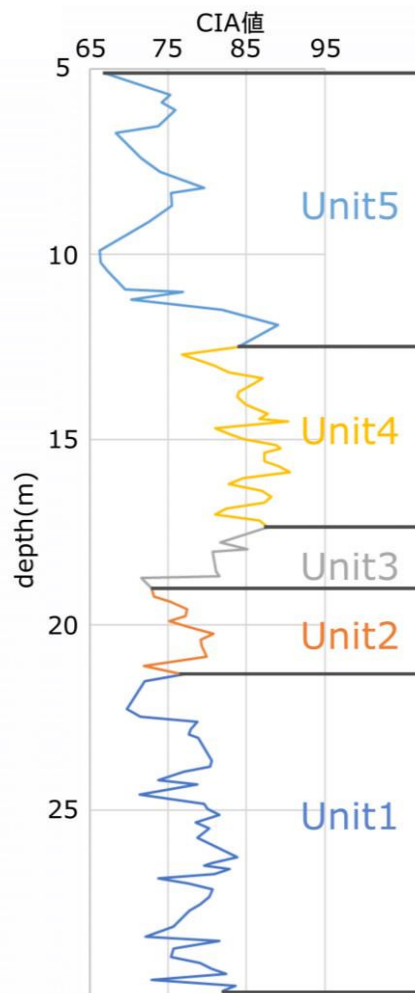


Fig. 5 CIA 値の垂直変動