第 21 次野尻湖発掘の地質学的成果

―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その 21―

野尻湖地質グループ*

はじめに

野尻湖地質グループは，野尻湖西岸の立が鼻遺跡（発掘地）およびその周辺に分布する上部更新統～完新統を対象として，それらの詳細な地質層序と形成過程の解明を目標に研究・調査に取り組んできた．これまでの発掘や地質調査で得られた地質学的成果は，野尻湖発掘調査団（1975），野尻湖発掘調査団地質グループ（1977），野尻湖地質グループ（1980，1984a・b，1987，1990a・b・c，1993，1994，1996a・b，2000a・b，2003，2004，2006，2008，2010，2012，2014），野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（1993，2016），石井・野尻湖地質グループ（1997），野尻湖地質グループ・野尻湖古地磁気グループ（1998），阪神わかやま野尻湖地質サブグループ（2003）としてまとめられている．

2000 年から 2012 年の第 14 次，第 16 次～第 19 次野尻湖発掘（以下，第 19 次発掘のように略す）では，野尻湖層の中でも多数の化石を包含する立が鼻砂部層（野尻湖地質グループ，2004）の堆積環境を解明することを目的として，立が鼻遺跡のⅢ区 F 列 16～22 グリッド（以下，Ⅲ-F-16～22 グリッドのように略す）の試掘溝壁面やグリッド平面において堆積構造を詳しく観察した．その結果，立が鼻砂部層 T 2 ユニットは，侵食と堆積を繰り返しながら，側方に付加することにより成長した地層であることが明らかになった（野尻湖地質グループ，2010，2014）．また，2003 年の第 15 次発掘では，Ⅲ-W-7 グリッドにおいて当時の汀線（なぎさ）に堆積した地層を認定した（野尻湖地質グループ，2006）．さらに，第 14 次発掘以降「産状確認法」と称して化石や遺物，礫とその周囲の地層の関係を詳しく観察し，それらの堆積過程を明らかにすることも試みてきた．その結果，立が鼻砂部層 T 2 ユニットから産出した長径 15～20 cm の亜角礫が，上方からの力を受けて礫の堆積面下のラミナを変形させている状況を確認することができた（野尻湖地質グループ，2006）．

Ⅲ区での立が鼻砂部層の堆積構造や堆積環境の研究の蓄積を受けて，2014 年の第 20 次発掘では，1993 年の第 12 次発掘以降，21 年ぶりに立が鼻遺跡Ⅰ区に発掘場所を移し，堆積環境の解明を目的に野尻湖層を観察した．Ⅲ区とⅠ区の境界付近は，過去の発掘で「月と星」と呼ばれるナウマンゾウの切歯とヤベオオツノジカの掌状角や，ナウマンゾウの頭骨，肋骨，前肢の化石や多くの遺物が集中して産出している地域である．Ⅲ-Z-6，Ⅰ-C-4・5，Ⅰ-E-5 グリッドで地層を観察し，野尻湖地質グループ（2004）によりⅢ区西部の地層を中心に定義された野尻湖層の層序区分は，大きな変更なくⅠ区周辺の野尻湖層にも適用できることが確認された（野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ，2016）．Ⅰ区北岸付近の T 2 ユニットはさらに 4 つの s 1～s 4 サブユニットに区分され，湖水面の上昇と低下の繰り返しによって，形成された可能性が示唆された．第 19 次発掘でⅢ-F-16・18・22 グリッド，第 20 次発掘でⅠ-C-5 グリッドの立が鼻砂部層 T 2 ユニットから採取した計 6 点の植物化石の 14 C 年代測定を実施し，44,482～41,776 cal yrs BP の年代値を得たことから，これらの地層の堆積時期がほぼ同時期であることが明らかとなった．また，産状確認法により，Ⅰ-C-4 およびⅠ-E-5 グリッドでも立が鼻砂部層 T 5 ユニット中の礫が黒色スコリア層［ニセノミ］等を変形させている状況を確認することができた．

2016 年に行われた第 21 次発掘では，引き続きⅠ区周辺で発掘を行い，この地域の地層の形成過程や堆積環境の推定のため，現地での詳細な地層観察と砂粒組成分析用試料を採取した．その結果，発掘したⅠ-C-3・4，Ⅰ-D-4，Ⅰ-E-4 グリッドにおいて野尻湖層の層序区分と野尻湖層下位の地層との関係を確認することができた．また立が鼻砂部層 T 5 ユニットの鍵層である紫灰～黄灰色細粒火山灰層［中Ⅱピンク］の砂粒組成を明らかにすることができたので報告する．

＊　事務局：〒380-8544　長野県長野市西長野 6-ロ信州大学教育学部　竹下欣宏気付
c/0 TAKESHITA Yoshihiro, Shinshu Univ. Faculty of Education, ro-6, nishinagano, nagano 380-8544, Japan
執筆者（50 音順）：内山高・内山美恵子・金川和人・小林雅弘・関めぐみ**・竹下欣宏・竹村健一・田中俊廣・趙哲済・中川知津子・花岡邦明・宮下忠
**　執筆責任者

本報告をまとめるにあたり，信濃町役場，野尻区，野尻湖ナウマンゾウ博物館の方々には，発掘時はもとより，野尻湖地質グループの調査・集会時にも様々なご援助・ご協力をいただいた．ここに記して感謝いたします．

現地で得られた基礎資料のすべては，第21次発掘参加者によるものであり，発掘グリッドの試掘溝壁面スケッチは，各発掘班の協力を得て地質班が行ったものである．第21次発掘の地質班員と，第21次発掘以降，2017年10月までに実施された第21次発掘のまとめの集会参加者の氏名を文末に記す．

野尻湖発掘地の地形・地質概要

野尻湖は，長野県上水内郡信濃町にある東西約3 km，南北約2.5 kmの湖である．野尻湖発掘調査団により，1962年に始まった野尻湖発掘は，湖西岸において岬状に張り出した立が鼻の南側に位置する立が鼻遺跡で行われている（図1）．

立が鼻遺跡に分布する「野尻湖層」は豊野団研グループ・斎藤豊（1964）によって最初に命名された．それ以降，野尻湖発掘がおこなわれるたびに「野尻湖層」を含む上部更新統―完新統の層序は細部にわたって改訂され，地質層序区分や個々の地層の堆積環境に関するデータが蓄積されてきた．野尻湖地質グループ（2004）は蓄積された結果に基づいて，琵琶島沖層を覆う野尻湖形成以降の堆積物を一括して野尻湖層（Nojiri-ko Formation）として再定義した．

野尻湖層の基盤は，立が鼻から琵琶島にかけて東西方向に分布する下部―中部更新統の凝灰角礫岩層および中部更新統の泥流堆積物からなる．これらを不整合に覆って，野尻湖底では下位より上部更新統琵琶島沖層，上部更新統―完新統である野尻湖層が重なる．琵琶島沖層は，湖底では泥炭質シルト～泥炭よりなる．野尻湖層は，多数の降下火砕物を挟む，主として砂やシルトなどの砕屑物から構成される地層で，模式地の立が鼻遺跡では層厚2.7～7.5mである．野尻湖層は下位より，貫ノ木シルト部層，海端砂シルト部層，立が鼻砂部層，および芙蓉湖砂シルト部層の4部層に区分される．各部層はそれぞれ岩相の違いや軽微な削り込みにより，さらに2～7の岩相ユニットに細分される．

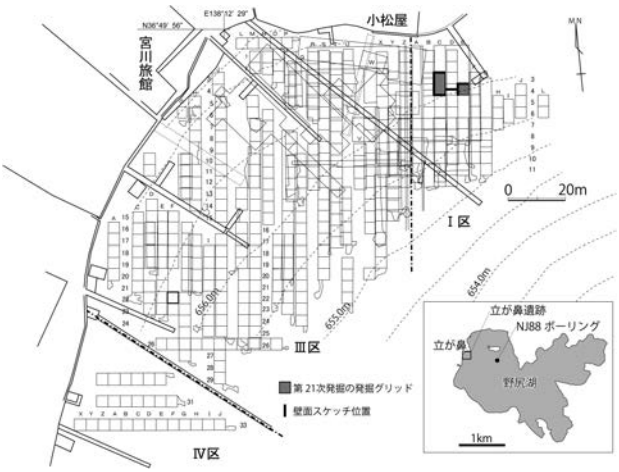

図1　第21次野尻湖発掘調査位置図

第21次野尻湖発掘地の地質

第21次発掘では，Ⅰ-C-3・4，Ⅰ-E-4グリッドにおいて発掘調査を実施した（図1）．また東西方向の地層の連続を確認するため，Ⅰ-D-4グリッドの南側半分において南北2 m，東西4 mのトレンチを掘って，地層断面の観察をした．第20次発掘地および第21次発掘地周辺で観察された地層の層序表を図2に示す．また各グリッド壁面の地層断面をスケッチとして記録した．Ⅰ-C-3・4，Ⅰ-E-4グリッドの西壁を図3a～cに，Ⅰ-C-3の北壁を図4に，Ⅰ-C-4グリッドの南壁を図5に，Ⅰ-D-4グリッドの北壁を図6に示す．以下に第21次発掘地で確認された地層の詳細を記載する．［　］で囲んだ地層名は鍵層名を示す．

第21次発掘地における層序

今回発掘したグリッドでは，野尻湖層海端砂シルト部層U1，U3ユニットと立が鼻砂部層T2，T4，T5，T7ユニットが確認された．いずれのグリッドでも，立が鼻砂部層T1，T3，T6ユニットは確認できなかった．T2ユニットには，第20次発掘地で層相に基づいて細分されたサブユニットが連続するため，野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2016）で用いられたサブユニットの区分と名称を使用した．T2ユニットs1はすべてのグリッドで確認できた．T2ユニットs2とs3はすべてのグリッドで連続を確認できたが，両サブユニットの境界が確認できなかったため，T2ユニットs2-3として記載した．T2ユニットs4はⅠ-C-4，Ⅰ-D-4，Ⅰ-E-4グリッドで確認できた．Ⅰ-C-4グリッドの立が鼻砂部層T7ユニットの上位の地層については，火山灰鍵層を見つけ出すことができず，層準の特定ができなかったため，これらの地層を便宜的にF unknownユニットとして記載する．現湖底堆積物をF4ユニットとした．Ⅰ-C-3，Ⅰ-D-4グリッドにおいて，野尻湖層の下位に泥流堆積物が確認された．湖心側へ傾斜する泥流堆積物の侵食面に野尻湖層の海端砂シルト部層U1ユニットと立が鼻砂部層T2ユニットが不整合で接する．

A　泥流堆積物

Ⅰ-C-3グリッドの試掘溝北端で確認された．層厚は35 cm以上で，下底面は不明である．上位層との不整合面は起伏に富む．Ⅰ-C-3グリッド西側壁面のⅠ-C-3杭から南へ1.5 mの付近まで確認された．基質は淡紫灰色砂質シルトからなり，礫を含む．礫は亜角～亜円礫で，長径は3～10 cmの中～大礫が多いが，最大径50 cmの巨礫も含まれる．礫種は安山岩の他に角閃石の大きな斑晶を含む緑色角閃石斑岩（径20～40 cm）が含まれる．

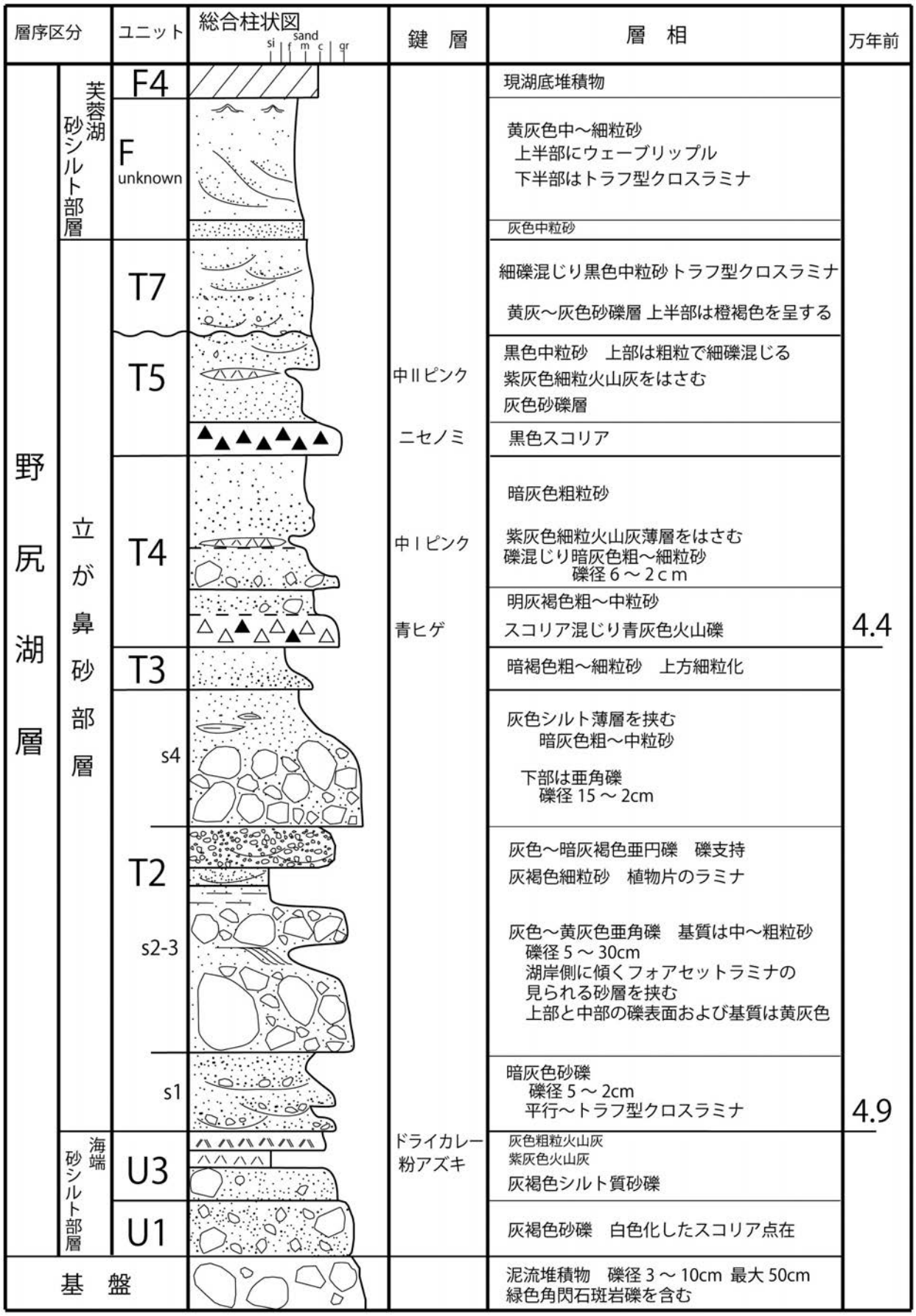

図 2　第 20 次・第 21 次野尻湖発掘地の地質層序表

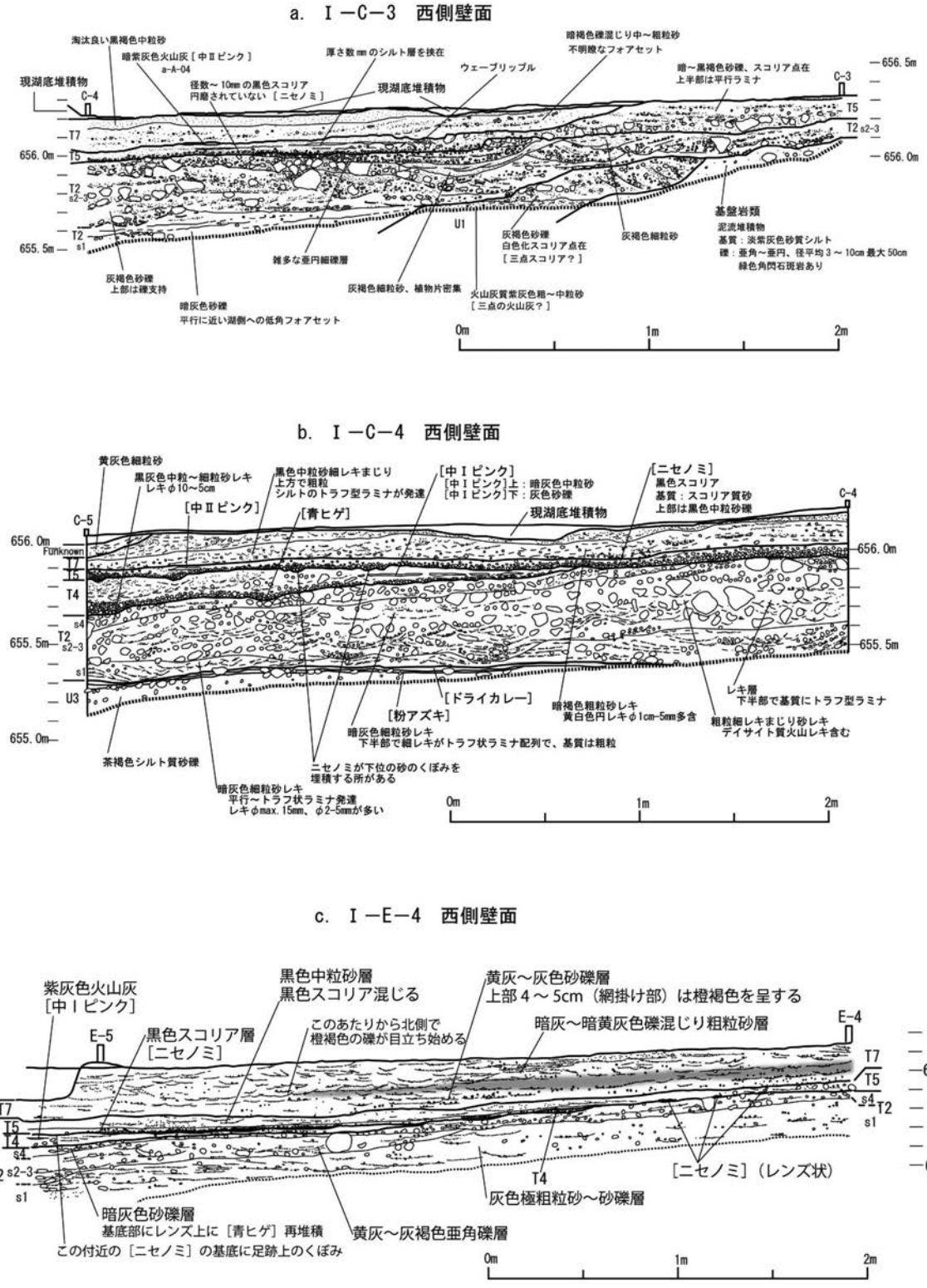

図3 Ⅰ-C-3・4，Ⅰ-E-4グリッドの西側壁面スケッチ

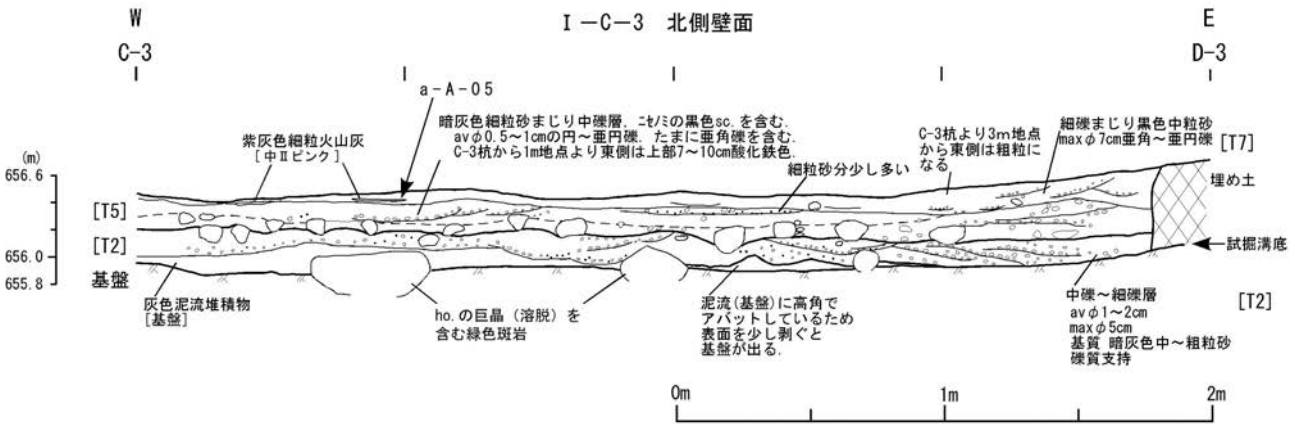

図 4　Ⅰ-C-3 グリッドの北側壁面スケッチ

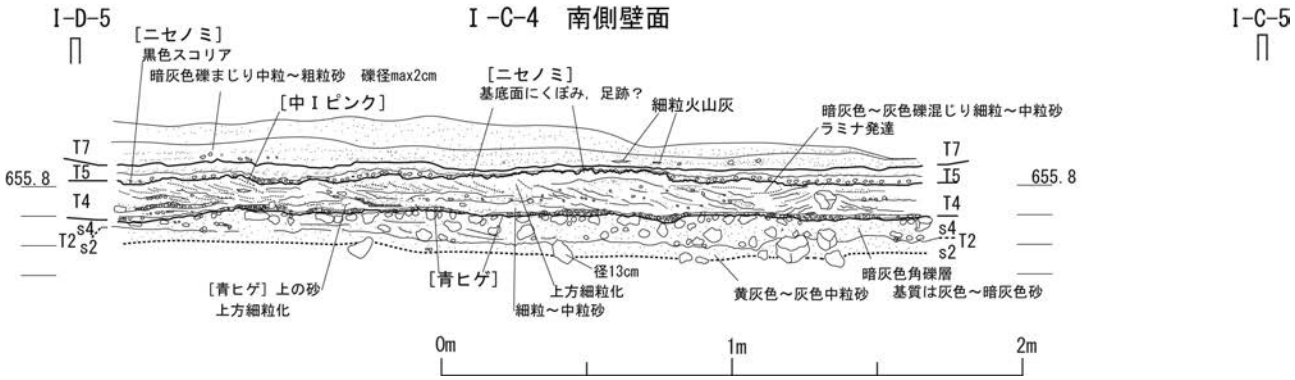

図 5　Ⅰ-C-4 グリッドの南側壁面スケッチ

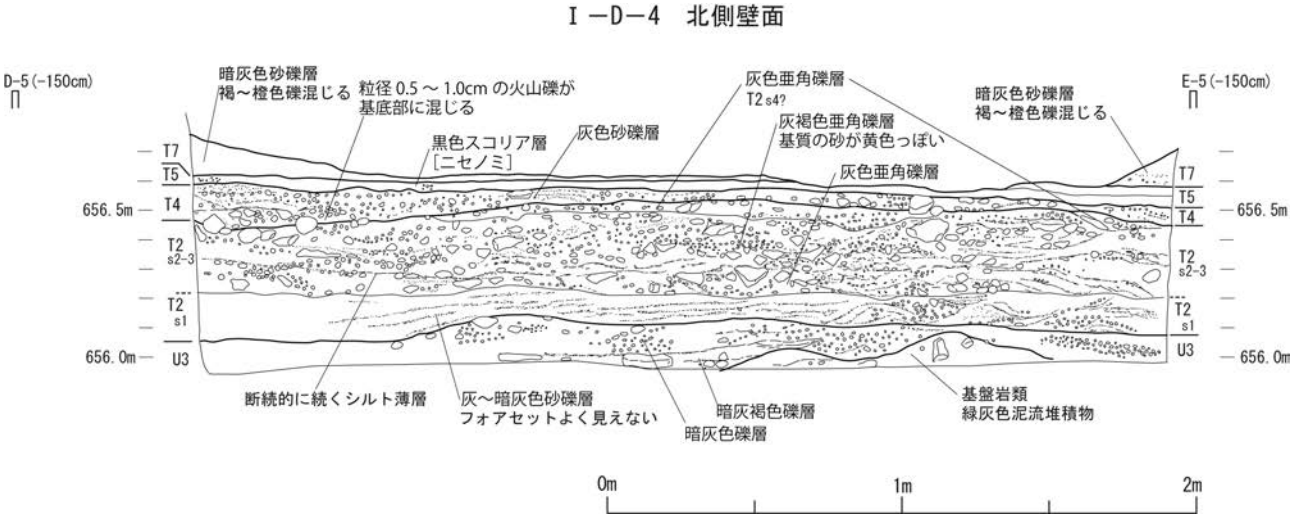

図 6　Ⅰ-D-4 グリッドの北側壁面スケッチ

B 野尻湖層

海端砂シルト部層

本部層は，下位よりＵ1～Ｕ3ユニットに区分される．第21次発掘地で確認できた層準はＵ1ユニットおよびＵ3ユニットである．

Ｕ1ユニット：本ユニットは，Ⅰ-C-3グリッドの試掘溝で確認された．層厚は20 cm以上であり，下限は不明である．北側に向かって，基盤の泥流堆積物にアバットし，上位はＴ2ユニットに覆われる．上部は灰褐色砂礫からなり，変質したスコリアが点在する．下部には層厚5 cmほどの火山灰質紫灰色粗～中粒砂層が堆積する．火山灰質砂層とスコリア層のセットはＵ1ユニットの鍵層である［三点セット］にあたる．

Ｕ3ユニット：本ユニットはⅠ-C-4およびⅠ-D-4グリッド試掘溝の最下部で確認された．層厚は15 cm以上であり，下限は不明である．Ⅰ-C-4グリッドでは，上部に第20次発掘地で記載された層厚2～4 cmの紫灰色細粒火山灰層［粉アズキ］と層厚2～3 cmの灰色粗粒火山灰層からなる［ドライカレー］を再確認した．これらの層の下に茶褐色シルト質砂礫が分布する．Ⅰ-C-4グリッド試掘溝の北側1 mの部分は同ユニットの層準まで掘削しなかったため，北側へどのように連続するかは不明である．Ⅰ-D-4グリッドの試掘溝北側壁面では，茶褐色シルト質砂礫層が確認できた．下位の泥流堆積物に接する様子を観察した．場所によって層厚が大きく変化し，5 cmから15 cm以上ある．上部は暗灰褐色礫層からなり，下部は暗褐色礫層からなる．［粉アズキ］および［ドライカレー］が欠如する．

立が鼻砂部層

本部層は，下位よりＴ1～Ｔ7ユニットに区分される．第21次発掘地で確認できた層準はＴ2ユニット，Ｔ4ユニット，Ｔ5ユニット，Ｔ7ユニットである．

Ｔ2ユニット：本ユニットは，岩相の違いからサブユニットのＴ2ユニットｓ1，Ｔ2ユニットｓ2-3，Ｔ2ユニットｓ4に区分される．

Ｔ2ユニットｓ1は，Ⅰ-C-3・4グリッドでは暗灰色細粒砂礫からなり，層厚3～15 cmである．平行～トラフ型クロスラミナが発達する．長径2～5 mm，最大径15 mmの細礫を含む．Ⅰ-C-3グリッドでは，湖心側へ傾く低角のフォアセットが確認できる．Ⅰ-C-4の杭から北側へ約2mの地点でU1ユニットにアバットし，それより北側には分布しない．Ⅰ-C-4グリッド壁面の中央部では，上位のＴ2ユニットｓ2-3に削り込まれるような構造が確認できた．Ⅰ-E-4グリッドでは灰色極粗粒砂～砂礫層からなり，層厚は約20 cm以上であり，下限は不明である．

Ｔ2ユニットｓ2-3は，Ⅰ-C-3グリッド試掘溝西側壁面では北側で10 cm程の層厚があるが，湖心に向かって層厚が厚くなり，Ⅰ-C-4杭の付近では30 cmの厚さとなる．Ⅰ-C-5の杭の付近では，層厚が薄くなり約15 cmとなる．Ⅰ-C-3グリッドでは，灰褐色砂礫とこれを削り込む灰褐色細粒砂からなる．細粒砂層中には，部分的に植物片が密集する．その上部には下部の地層を削り込む形で，亜円細礫層が分布する．Ⅰ-C-4グリッドでは，細礫まじりの砂礫層からなり，デイサイト質火山礫を含む．下半部の基質中にはトラフ型クロスラミナがあり，ラミナに沿って細礫が配列する．中部の細粒砂層中に湖岸側へ傾くフォアセットラミナが観察された(図7)．Ⅰ-E-4グリッド西側壁面では層厚0～15 cmの黄灰～灰褐色亜角礫層が分布する．湖心側のⅠ-E-5の杭付近で層厚15 cmであり，湖岸側に向かって尖滅するため，試掘溝南側には分布しない．Ⅰ-D-4グリッド北側壁面では約25 cmの層厚で分布し，灰褐色亜角礫層からなる．下部に層厚約5 cmの灰色亜角礫層が存在し，中部にシルト薄層が断続的に続く．

図7 Ⅰ-C-4グリッド立が鼻砂部層T2ユニット中のフォアセットラミナ．左側が湖岸側．

Ｔ2ユニットｓ4は，層厚0～10 cmで黒灰色中粒～細粒砂礫からなり，直径5～10 cmの礫を含む．Ⅰ-C-4グリッド試掘溝西側壁面では，湖岸側に向かって層厚が薄くなり，Ⅰ-C-5杭から約3 mの場所でこの砂礫層が尖滅する．Ⅰ-E-4グリッド試掘溝西側壁面では，層厚は1～10 cmである．Ⅰ-D-4グリッド北側壁面では，Ｔ2ユニット最上部に層厚約10 cmの灰色亜角礫層が分布する．Ⅰ-C-4グリッドのグリッド面においては，最上部に礫が密集して分布する様子が観察できた．

Ｔ4ユニット：本ユニットは，Ⅰ-C-4，Ⅰ-D-4，Ⅰ-E-4グリッドで確認された．Ⅰ-C-4グリッド西側壁面では最大層厚20 cmであり，北側へ向かって薄くなる．最下部にはスコリア混じり青灰色火山礫からなる［青ヒゲ］がある．［青ヒゲ］上位の砂は上方細粒化する．本ユニットの中部には紫灰色細粒火山灰層［中Ⅰピンク］がレンズ状に分布する．Ⅰ-C-4グリッドでは［中Ⅰピンク］の下部に灰色砂礫，上部に暗灰色中粒砂が堆積する．

Ｔ5ユニット：本ユニットはすべてのグリッドで確認

表 1　発掘地における［中Ⅱピンク］他火山灰鍵層の砂粒組成

試料番号	鍵層名	カンラン石	単斜輝石	斜方輝石	普通角閃石	酸化角閃石	カミングトン閃石	黒雲母	鉄鉱物	斜長石	石英	火山ガラス			石質岩片		
												バブル型	軽石型	カルメ	ゴマ	クロ	アカ
Ⅰ-C-3-a-A-01上	中Ⅱピンク	0.1	2.6	3.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	24.3	0.0	0.0	0.0	19.9	24.7	21.3	3.7
Ⅰ-C-3-a-A-01下	中Ⅱピンク	0.1	1.0	7.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	7.0	58.0	12.0	5.0
Ⅰ-C-3-a-A-05	中Ⅱピンク	0.2	2.5	5.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	4.3	45.2	23.1	12.6
Ⅰ-C-3-a-A-06	中Ⅱピンク	0.1	3.0	11.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.9	11.2	0.0	0.0	0.0	7.5	31.7	24.0	10.0
Ⅰ-C-4-a-A-04	中Ⅰピンク	1.6	3.2	7.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0	14.1	40.9	9.1	9.1
Ⅰ-D-4-a-A-02	中Ⅰピンク	1.0	4.6	7.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.1	27.7	0.0	0.0	0.0	11.5	19.1	21.3	5.5
Ⅰ-E-5-a-A-02	中Ⅰピンク	0.1	5.2	6.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	32.7	0.0	0.0	0.0	7.9	18.8	23.2	5.0

された．下部に黒色スコリアからなる［ニセノミ］が分布する．上部は黒色中粒砂礫からなり，層厚は 5〜10 cm である．本ユニット中部には暗紫灰色細粒火山灰からなる層［中Ⅱピンク］がレンズ状に点在する．Ⅰ-C-4 グリッドでは下位の砂層上面にできたくぼみを［ニセノミ］が埋積する．Ⅰ-C-4 杭より北へ 2 m の地点まで［ニセノミ］の黒色スコリア層が連続し，スコリアは円磨されていない．上部には厚さ数 cm のシルト層を挟在し，その上の砂礫層中にはウェーブリップルが観察された．Ⅰ-C-3 グリッド壁面の北側の約 2 m の部分では［ニセノミ］層が不明瞭になる．Ⅰ-C-3 グリッドの北側 2 m の範囲は，層厚約 15 cm の暗〜黒褐色砂礫からなり，スコリアが点在する．上半部には平行ラミナが確認された．Ⅰ-C-3 グリッドの北側壁面では暗灰色細粒砂混じり中礫層が観察され，［ニセノミ］の黒色スコリアが点在する．中礫層は長径 0.5〜1 cm の円〜亜円礫からなり，まれに亜角礫を含む．Ⅰ-C-3 杭から東へ 1 m の地点より東側では上部の 7〜10 cm の地層が褐色を帯びる．

T 7 ユニット：本ユニットはすべてのグリッドで確認された．Ⅰ-C-4 グリッドでは，細礫まじりの黒色中粒砂からなり，上方へ粗粒化する．シルトのトラフ型ラミナが発達する．上部は淘汰の良い黒褐色中粒砂からなる．Ⅰ-E-4 グリッドでは層厚 25 cm で下部は黄灰〜灰色砂礫層からなる．上部は暗灰〜暗黄灰色礫混じり粗粒砂層からなる．Ⅰ-E-5 杭から南へ 1 m の付近から本ユニット中部に橙褐色の礫が目立ち始め，北側に向かって，層厚 4〜5 cm の橙褐色を呈する砂礫層が連続する．

芙蓉湖砂シルト部層

本部層は岩相の違いにより，下位より F 1〜F 4 ユニットに区分される．第 21 次発掘地で確認できた層準は F unknown ユニットおよび F 4 ユニットである．

F unknown ユニット：本ユニットは層厚 8 cm の黄灰色細粒砂からなる．Ⅰ-C-4 グリッドの南側で確認された．この層準には鍵層が挟まれておらず，ユニットを特定することができなかった．そのため，T 7 ユニットと F4 ユニットに挟まれる地層を便宜的に F unknown ユニットとした．野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2016）でⅢ-Z-6，Ⅰ-C-4・5，Ⅰ-E-5 グリッドにおいて記載された F?ユニットに相当する．

F 4 ユニット（現湖底堆積物）：本ユニットはⅠ-C-3・4 グリッドの試掘溝壁面最上部で確認された．

T5 ユニット［中Ⅱピンク］の砂粒組成

採取試料と分析方法

Ⅰ-C-3 グリッド a-A-01 は，グリッド面から採取した層厚 0.4 cm の細粒火山灰層で，紫灰色の下部と淡黄褐色の上部に区別でき，それぞれ a-A-01 下，a-A-01 上とした．Ⅰ-C-3 グリッド A-06 は同じグリッド面の別の場所から採取した赤みがかった紫灰色火山灰層でⅠ-C-3-A-01 上と同一火山灰層である．Ⅰ-C-3 グリッド a-A-05 は北壁から採取した層厚 1 cm の淡紫灰色細粒火山灰層である．

採取した試料は，「わんがけ」法により泥分を除去し，風乾した後に，2 mm，1/4 mm，1/8 mm の篩を用いて篩い分けを行い，1/4 mm〜1/8 mm の粒度の砂粒を，野尻湖火山灰グループ（2001）に基づいて双眼実体顕微鏡下で 400 粒子以上を鑑定した．

［中Ⅱピンク］火山灰の砂粒組成の特徴

各試料の砂粒組成を他の火山灰層とともに表 1 に示した．今回分析したⅠ-C-3 グリッドの紫灰色細粒火山灰層［中Ⅱピンク］は，主にゴマ岩片を主体とした石質岩片からなり，数〜10 数%のカルメ火山ガラスと斜長石と斜方輝石，1〜2% ほどの単斜輝石と角閃石，0.1〜0.2% ほどの極微量のカンラン石を含む火山灰である．

これまで T 5 ユニットの鍵層である［中Ⅱピンク］火山灰については，試料が少なく詳しい砂粒組成の検討ができていなかったが，今回，複数の試料が採取できたことから［中Ⅱピンク］の砂粒組成を明らかにすることができた．

野尻湖層と泥流堆積物に含まれる礫の関係

立が鼻砂部層 T 2 ユニットに含まれる礫の供給源につ

いての検討は中村・竹下（2017）により報告された．第20次発掘でⅠ-C-4・5グリッドのT2ユニットから採取された礫が，石基の色や斑晶鉱物の大きさや量などに基づいて，A～Nの14グループに区分された．区分された礫のうち，12グループが輝石安山岩であり，全体の90%以上を占めた．グループJはこれらの安山岩と岩石学的性質が大きく異なり，大型の角閃石斑晶を含む青緑から緑灰色角閃石斑岩であった．T2ユニットの礫には5%ほどの割合で角閃石斑岩が含まれていた．礫全体の円磨度を比較すると，角礫と亜角礫が60%以上を占めることから，これらの礫は河川の運搬ではなく，土石流のような高密度流によって立が鼻周辺まで運搬されたのち，湖岸付近での波や流水の影響を受けて洗い出され，円磨された可能性が示された．さらに野尻湖周辺での礫の調査から，発掘地で観察された角閃石斑岩に類似する礫は，黒姫火山東麓の長水地区において観察され，この地域が礫の給源であると推測された．

これまでに，野尻湖層の下位で泥流堆積物と推定される地層は，第9次発掘のⅢ-P-5，Ⅰ-A-12，Ⅰ-E-12，Ⅰ-G-12グリッドにおいて観察されており，安山岩の亜角礫が多く混じる堆積物からなる（野尻湖地質グループ，1987）．

今回新たに，第21次発掘地のⅠ-C-3グリッドおよびⅠ-D-4グリッドにおいて，野尻湖層の下位に泥流堆積物が観察された．泥流堆積物中には，安山岩の礫に加えて，角閃石の大きな斑晶をもつ緑色角閃石斑岩の亜角から亜円礫が観察された（図3a）．この泥流堆積物中に含まれる緑色角閃石斑岩は，中村・竹下（2017）のグループJに分類される礫と岩相が類似することから同一種の岩石であると考えられる．したがって，T2ユニットで観察される礫の多くは，Ⅰ-C-3グリッドの北部で確認された泥流堆積物を起源として，この泥流堆積物から洗い出され，その後運ばれた砂により埋積したものと考えられる．

T5ユニットに含まれる礫の埋積過程

第21次発掘地において，粒径10 cmを超える礫の堆積・埋没過程を明らかにするため，周囲の堆積構造との関係の詳細な観察をおこない，記載した．観察方法は野尻湖地質グループ（2003）に従い，化石や礫の周りを直交する2方向または4方向に掘り下げて，礫と堆積構造の関係を観察した．掘り下げる方向は，おおよそ礫の長軸方向及びそれに直交する方向とした．野尻湖層から産出する礫の埋積状況は，野尻湖地質グループ（2003，2006）により次の4タイプに分類されている．タイプ1；周囲のラミナと調和的なもの，タイプ2；層理面上にあり，周囲を粗粒物が埋めているもの，タイプ3；ラミナが不明瞭な礫混じり砂層中に傾いて含まれているもの，タイプ4；礫の産出に伴うラミナ変形があるものである．第21次発掘で詳細に観察を行った礫は1点である．以下に礫の埋積状況を記載し，埋積過程を検討する．

16-Ⅰ-C-4-h-6（礫）：16-Ⅰ-C-4-h-6（以下，h-6と呼ぶ）は，長径20 cm，中間径15 cm，短径12 cmの亜角礫である（図8）．T5ユニットの［ニセノミ］直上の砂層に含まれる礫である．この礫は，T5ユニット中の黒色砂層と［ニセノミ］，その下位のT4ユニット上部の砂層に変形を与えている．そのためタイプ4に分類した．礫の縁辺部では［ニセノミ］が厚く層厚5 cmほどで分布しており，礫の一部は［ニセノミ］と直に接する．黒色砂層を挟み礫の下に分布する［ニセノミ］は急激に薄くなっており，北側からの観察では1 cmほどの層厚となっている（図8①，②）．礫の横では［ニセノミ］が4 cm程の幅で落ち込み，下底面が下に凸の形に変形している（図8①）．南側からの観察では礫の凹凸にあわせて［ニセノミ］が変形している（図8③）．［ニセノミ］と礫に挟まれる黒色砂は礫の下では最大5 cmの厚さで残るが，縁辺部では薄くなっている（図8②）．［ニセノミ］はT7ユニットの暗灰色砂礫によって覆われる（図8①）．この産状から，h-6の礫はT5ユニットの［ニセノミ］直上の砂層の堆積時または堆積後に，上方から押しこまれて，埋積したものと考えられる．その際にh-6の直下の黒色砂層から下位のT4ユニットの砂層までが流動化して，地層が変形した可能性が示唆される．

第20次発掘ではⅠ-C-4，Ⅰ-E-5グリッドのT5ユニットにおいて，h-6と同様に下位の地層を変形させた構造を示す礫が観察された（野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ，2016）．これらの礫は，下位の［ニセノミ］に変形を与えており，［ニセノミ］との間にシルト質砂の薄層を挟んでいた．このシルト質砂は液状化の際に下位層から礫直下に滲みだしたものであると考えられ，［ニセノミ］降下・堆積後に形成されたと考察されている．今回観察された礫は［ニセノミ］との間に黒色砂層が分布することから，野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2016）により報告された礫とは形成時期が異なる可能性がある．

T5ユニット最下部の［ニセノミ］層準において，Ⅰ-C-3グリッドの中部から南側では黒色スコリアの表面が円磨されずに保存されている．そのため，この［ニセノミ］は降下後にほとんど再移動していないと考えられる．一方，Ⅰ-C-3グリッドの北部ではスコリアが点在する砂礫層となり，［ニセノミ］の連続が不明瞭となる．上半部に平行ラミナが観察でき，湖心側の一部にはウェーブリップルも観察できることから，流水や波の影響を受ける環境下となったことが考えられる．T5ユニットにおける堆積環境の変遷の検討は，礫や化石の埋積環境を考える上で重要であり，今後の発掘においても同層準の詳細な観察が必要である．

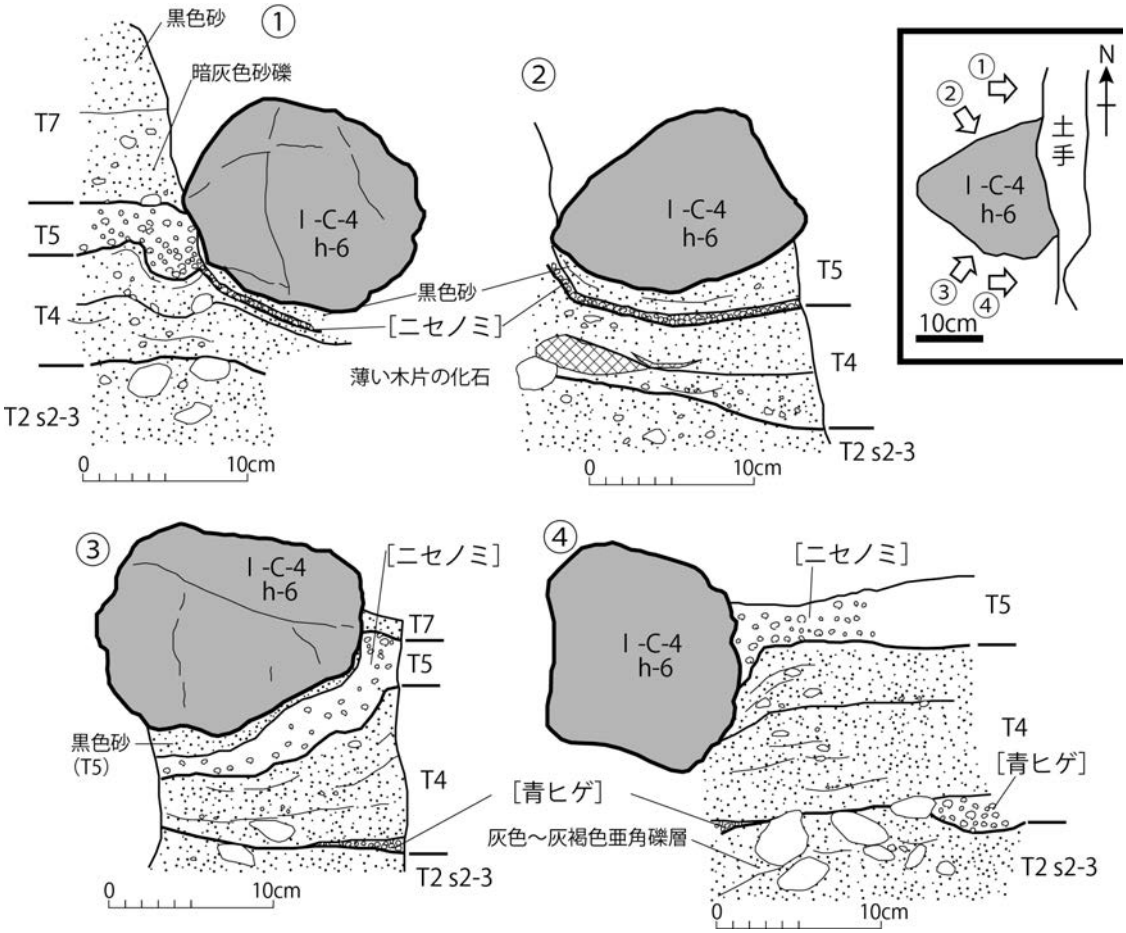

図 8　16-Ⅰ-C-4-h-6（礫）の埋積状況

第 21 次発掘地における野尻湖層立が鼻砂部層Ｔ2ユニットの堆積過程

第 20 次発掘地において新たに定義された立が鼻砂部層Ｔ2ユニットの各サブユニットは，北側のⅠ-C-3，Ⅰ-E-4 グリッドへ連続することが確認できた．Ⅰ-C-3 グリッドでは，Ｔ2ユニットｓ1は下位のＵ1ユニットにアバット不整合で堆積しており，砂礫層中には湖心側への低角フォアセットラミナが確認された（図 3a）．Ｔ2ユニットｓ1の堆積期にはⅠ-C-3 グリッドは汀線付近の環境であった可能性が考えられ，湖岸から湖心側へ向かう流れが卓越していたと考えられる．Ｔ2ユニットｓ2-3 は，Ｔ2ユニットｓ1，Ｕ1ユニット，泥流堆積物を覆い，堆積している．Ⅰ-C-3 グリッドの北部までその分布が連続しており，下部には巨礫が確認された．下部の礫層中にはトラフ型クロスラミナが観察できることから，一方向流の影響が大きかったと考えられる．Ⅰ-C-4 グリッドではＴ2ユニットｓ2-3 の中部に湖岸側へ傾くフォアセットラミナが観察されたことから，湖水面の上昇にともない湖心側から砂が運搬され，埋積した可能性が示唆された．Ｔ2ユニットｓ4では，Ⅰ-C-5 グリッドと同様に，下部に礫の密集部が確認された．Ｔ2ユニットｓ4の礫の密集部は水流や波により洗い出されて分布したものであると考えられ，上部では礫間を埋積する形で砂層が堆積した．

野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2016）では，Ⅰ-C-4・5 およびⅠ-E-5 グリッドのＴ2ユニットｓ2-3 とＴ2ユニットｓ4はそれぞれ大きな礫を含む粗粒な下半部と，主に砂からなる細粒な上半部で構成されることが確認された．粗粒な下半部は湖水面が高い状態から徐々に低下していく時期に形成されたと考えられ，細粒な上半部は湖水面が上昇していく時期に形成されたと解釈された．Ｔ2ユニットは湖水面の低下と上昇とが少なくとも 2 回繰り返して形成されたことが示唆された．第 21 次発掘では，北側のⅠ-C-3 グリッドおよびⅠ-E-4 グリッドにおいて，Ｔ2ユニットの連続を確認することができ，野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2016）で解釈された湖水面の低下・上昇と調和的である．またⅠ-D-4 グリッドにおいて，東西方向の断面を観察することができたが，各サブユニットの平面的な広がりについては，汀線の位置の検討やⅢ区Ｆ列の側方付加単元との関係も含めて，より詳細な検討が必要である．

まとめと今後の課題

第21次発掘では，2014年の第20次発掘に引き続き，Ⅰ区周辺の野尻湖層を観察した．野尻湖層海端砂シルト部層U1，U3ユニット，立が鼻砂部層T2，T4，T5，T7ユニット，芙蓉湖砂シルト部層F4ユニットが分布する．T2ユニットはさらにT2ユニットs1，s2-3，s4のサブユニットに区分できた．Ⅰ-C-3，Ⅰ-D-4グリッドでは野尻湖層の下部に泥流堆積物が分布し，野尻湖層が泥流堆積物にアバットする様子が確認できた．泥流堆積物中には緑色角閃石斑岩が含まれており，野尻湖層中で見られる礫の多くがこの泥流堆積物を起源としている可能性が高いことが明らかになった．

Ⅰ-C-3グリッドにおいて，T5ユニットの鍵層である紫灰色～淡黄灰色細粒火山灰層［中Ⅱピンク］を採取し，その砂粒組成を明らかにした．

Ⅰ-C-4グリッドのT5ユニットに含まれる礫と周囲の堆積構造との関係を，産状確認法により観察した結果，礫が下位の黒色砂層，黒色スコリア層［ニセノミ］等に変形を与えている様子が確認された．［ニセノミ］の直上でもこのような変形構造が確認されていることから，T5ユニットでは，複数回にわたりこのような変形構造を与えるイベントがあった可能性が示唆された．今後，T5ユニット全体の堆積環境の解釈とあわせて，埋積過程の検討が必要である．

T2ユニットs2-3の堆積環境について野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ（2016）においてⅠ-C-4・5およびⅠ-E-5グリッドで確認された湖水面の低下・上昇と関連すると考えられる礫層と砂層との繰り返しが北側のⅠ-C-3，Ⅰ-D-4，Ⅰ-E-4グリッドにおいても確認された．T2ユニットs1の堆積期の汀線の位置を推測することができた．堆積環境については，Ⅲ区F列の側方付加単元との関連させた検討が引き続き必要である．

引用文献

阪神わかやま野尻湖地質サブグループ，2003，堆積相と粒度分析からみた下部野尻湖層Ⅲ上部～中部野尻湖層Ⅱの堆積環境―第14次野尻湖発掘地の例―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，11，23-36．

石井陽子・野尻湖地質グループ，1997，長野県信濃町貫ノ木周辺の中～上部更新統．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，5，9-18．

長橋良隆・石山愛子，2009，長野県野尻湖底ボーリング（NJ88）コア試料の編年の再構築とテフラ層の火山ガラス化学組成，野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，17，1-57．

中村文洋・竹下欣宏，2017，上部更新統野尻湖層立が鼻砂部層に含まれる礫の供給源，野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，25，1-17

野尻湖地質グループ，1980，野尻湖発掘地とその周辺の地質（1976-1978）．地質学論集，19，1-31．

野尻湖地質グループ，1984a，野尻湖層の層序―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その3（1979-1983）―．地団研専報，27，1-21．

野尻湖地質グループ，1984b，神山ローム層と野尻ローム層の層序―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その4（1979-1983）―．地団研専報，27，23-44．

野尻湖地質グループ，1987，野尻湖発掘地とその周辺の地質　その5（1984-1985）―．地団研専報，32，1-21．

野尻湖地質グループ，1990a，野尻湖発掘地とその周辺の地質　その6（1986-1988）―．地団研専報，37，1-13．

野尻湖地質グループ，1990b，野尻湖におけるボーリング資料の層序とその意義．地団研専報，37，15-20．

野尻湖地質グループ，1990c，黒姫火山とその東麓の地質．地団研専報，37，21-28．

野尻湖地質グループ，1993，第6回陸上発掘地の地質―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その8―．野尻湖博物館研究報告，1，105-112．

野尻湖地質グループ，1994，下部神山ローム層の層序―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その9―．野尻湖博物館研究報告，2，43-50．

野尻湖地質グループ，1996a，第12次野尻湖発掘地の地質―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その10―．野尻湖博物館研究報告，4，9-20．

野尻湖地質グループ，1996b，第7回陸上発掘地の地質―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その11―．野尻湖博物館研究報告，4，115-126．

野尻湖地質グループ，2000a，第13次野尻湖発掘地の地質―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その12―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，8，7-14．

野尻湖地質グループ，2000b，第8回陸上発掘地の地質―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その13―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，8，91-99．

野尻湖地質グループ，2003，第14次野尻湖発掘地の地質と堆積環境―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その14―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，11，15-22．

野尻湖地質グループ，2004，長野県北部野尻湖湖底発掘地周辺の地質―とくに野尻湖層の再定義について―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，12，1-13．

野尻湖地質グループ，2006，第15次野尻湖発掘地の地質と堆積環境―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その15―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，14，13-30．

野尻湖地質グループ，2008，第16次野尻湖発掘および湖底観察会の地質学的成果―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その16―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，16，7-16．

野尻湖地質グループ，2010，第17次野尻湖発掘の地質学的成果と立が鼻砂部層下部の堆積様式について―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その17―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，18，9-24．

野尻湖地質グループ，2012，第18次野尻湖発掘の地質学的成果―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その18―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，20，9-17．

野尻湖地質グループ，2014，第19次野尻湖発掘の地質学的成果とⅢ区F列周辺における立が鼻砂部層の堆積環境―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その19―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，22，9-26．

野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ，1993，第11次野尻湖発掘地の地質―野尻湖発掘地とその周辺の地質　その7―．野尻湖博物館研究報告，1，7-16．

野尻湖地質グループ・野尻湖火山灰グループ，2016，第20次野尻湖発掘の地質学的成果―野尻湖発掘地とその周辺の

地質　その 20―．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，24，15–32．
野尻湖地質グループ・野尻湖古地磁気グループ，1998，野尻湖南方，大久保池周辺の低地に分布する下部野尻湖層の層序と古地磁気．野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告，6，3–8．
野尻湖発掘調査団，1975，野尻湖の発掘 1962–1973．共立出版，東京．
野尻湖発掘調査団地質グループ，1977，野尻湖発掘地とその周辺の地質（1974–1975）．地質学論集，14，255–268．
野尻湖火山灰グループ，2001，新版火山灰分析の手びき．地学団体研究会，56 p．
豊野団研グループ・斎藤　豊，1964，野尻湖産の哺乳類動物化石含有層の絶対年代．地球科学，73，40．

第 21 次発掘地質調査班員（50 音順，敬称略，*責任者）
内山美恵子，内山高，金川和人，小林雅弘，斉藤尚人，関めぐみ，竹下欣宏*，竹村健一，田中俊廣，田辺智隆，趙哲済，中川知津子，長橋良隆，花岡邦明

第 21 次発掘まとめの集会参加者（50 音順，敬称略，上記地質班員を除く）
赤羽貞幸，浅野愛美，網干基央，飯沼彩果，伊藤拓真，尾倉拓馬，小林充輝，小林和宏，小林忠夫，近藤洋一，齋藤克之，酒井潤一，重山和真，長橋美晴，中村由克，名取和香子，橋本幸世，原野紗衣，広瀬莉佐，松村文太，宮下忠，宮島志保美，渡邊夏彦

Geology of the 21st Nojiri-ko Excavation in the Nojiri-ko Excavation Site
― Geology of the Excavation Site at Lake Nojiri and its surrounding area, Ser.21 ―

Geological Research Group for Nojiri-ko Excavation

Abstract　This paper summarized geological result of the 21st Nojiri-ko excavation carried out in March, 2016. In the 21st Nojiri-ko Excavation, the Nojiri-ko Formation around the Ⅰ district in the Tategahana Excavation Site was observed in almost the same place as well as the north side of the 20th Nojiri-ko Excavation site. It was confirmed that the Nojiriko formation in the Ⅰ district described by Geological Research Group for Nojiri-ko Excavation and Volcanic Ash Research Group for Nojiri-ko Excavation (2016) continued in the north side.

Mudflow deposits were observed under the Nojiriko Formation in the Ⅰ–C–3 and Ⅰ–D–4 grids. This deposits contained hornblende porphyry similar to the gravel included in the Tategahana sand member discussed by Nakamura and Takeshita (2017). Therefore, a large amount of gravel from the Tategahana sand member may have been washed away from mudflow deposits.

In the Ⅰ–C–3 grid, a fine grain ash layer, which is a key bed of T 5 unit, was collected and its sand grain composition was clarified.

Key words: Nojiri-ko Formation, stratigraphy, Nojiri-ko Excavation, sedimentation