

ISSN 1880-179X

(長野県環境保全研究所研究報告)

長野県環境保全研究所 研 究 報 告

第 22 号

2026年

長野県環境保全研究所研究報告
第22号（2026）

目 次

原著論文

長野県開田高原における黒ボク土の形成開始時期と地形条件との関係	葉田野 希・浦山佳恵・兵藤不二夫・小林優希・富樫 均	1 ～ 11
--	----------------------------	--------

研究ノート

長野県の高山蝶に対するニホンジカと極端気象現象の複合リスク	須賀 丈・尾関雅章	13 ～ 19
--	-----------	---------

資 料

黒ボク土層と微粒炭からみた日本の人為的火災史と植生変遷	浦山佳恵	21 ～ 30
長野県における腸管出血性大腸菌の検出状況について（2012年から2024年）	松山満貴・内山友里恵・古川由美・橋井真実	31 ～ 38

他誌投稿論文等要旨		39 ～ 42
-----------------	--	---------

投稿規程		43
------------	--	----

原稿執筆要領		44 ～ 45
--------------	--	---------

Bulletin of Nagano Environmental Conservation Research Institute

No.22 (2026)

Contents

Original Article

- Formation onset of Kuroboku (Andosols) and its relationship with topographic conditions in the Kaida Highland, Nagano Prefecture, central Japan
Nozomi HATANO, Yoshie URAYAMA, Fujio HYODO, Yuki KOBAYASHI, Hitoshi TOGASHI 1 ~ 11

Notes

- Compound risk from deer damage and extreme weather events on alpine butterflies in Nagano Prefecture
Takeshi SUKA, Masaaki OZEKI 13 ~ 19

Data

- Anthropogenic fire history and vegetation changes in Japan based on records of black soil (Andosol) layers and micro-charcoal
Yoshie URAYAMA 21 ~ 30

- Occurrence of enterohemorrhagic Escherichia coli in Nagano Prefecture (2012-2024)
Miki MATSUYAMA, Yurie UCHIYAMA, Yumi FURUKAWA, Mami HASHII 31 ~ 38

- Abstracts of Papers Published in Other Publications 39 ~ 42

- Instructions for Authors 43

- Guidelines for Manuscript Preparation 44 ~ 45

長野県開田高原における黒ボク土の形成開始時期と地形条件との関係

葉田野 希^{1,2}・浦山佳恵²・兵藤不二夫³・小林優希⁴・富樫 均⁵

長野県木曽町開田高原に分布する黒ボク土を対象として、その形成開始時期および形成過程における地形要因の影響を検討した。開田高原の異なる地形面に位置する6地点において、土壌プロファイルの記載、AMS 放射性炭素年代測定、炭素含有量・炭素安定同位体比分析を実施した。その結果、黒ボク土最下部の年代は地点間で異なり、斜面位置や地形面の違いに伴う堆積・侵食作用の差異および人為的土地利用を含む局所的攪乱の影響が関与していると考えられる。また、層境界の形態、土壌構造、炭素含有量、炭素安定同位体比の鉛直変化に地点差が認められることから、黒ボク土の形成は、連続的な腐植の集積、再堆積、侵食、人為的改変など複数のプロセスの影響を受けて進行したと考えられる。黒ボク土最下部の年代は、最も古い地点で縄文時代早期にあたる約7.6-7.5 cal kyr BPであり、木曽郡の遺跡数の増加時期と概ね一致する。このことは、人為的土地利用の活発化が黒ボク土形成を促進した可能性を暗示している。

キーワード：黒ボク土、火山灰土、縄文時代、AMS 放射性炭素年代測定、炭素安定同位体比分析

1 はじめに

黒ボク土は、日本列島各地に広く分布する火山灰性土壌である^{1,2)}。その形成には、テフラに由来する粘土質母材、冷温～温暖で湿潤～過湿潤な気候条件、腐植の継続的供給が関与するとされる³⁻⁶⁾。特に草原的植生が腐植供給の重要な役割を担っていた可能性が指摘されている^{1,7,8)}。しかし、完新世以降の日本列島では湿潤・温暖な気候下において森林が極相となるため、草原植生の維持には森林の成立を阻害する外的要因が必要である。その要因として、火山噴火や落雷による山火事、野火、風衝などの自然要因に加え、野焼き、採草、放牧などの人為的要因が挙げられる^{1,8-10)}。

このような背景から、黒ボク土は単なる自然生成物としてではなく、火山・気候・植生・人為活動の複合的影響下で成立・変遷してきた土壌として捉える研究が進められている^{2,7)}。細野・佐瀬(2015)⁷⁾は、堆積速度や腐植蓄積の様式、焼畑・草地利用の時空間的多様性を踏まえ、黒ボク土形成には地域差・時代差が大きく、画一的なモデルでは説明できないと指摘している。一方で、黒ボク土の年代や層序学的研究は依然として地域的・事例的に限られている。特に、その形成開始時期や人為活動が土壌形

成に影響し始めた時期については、時間軸に基づく評価が十分ではない。

長野県木曽郡木曽町開田高原は、御嶽山の北東麓に位置し、黒ボク土が広く分布する地域である(図1A)^{11,12)}。本地域では、近世以降、採草・放牧・野焼きの実施により草地が維持され、草地性動植物の重要な生息環境が形成されてきた^{13,14)}。このような半自然草原は、完新世に温暖化や森林化が進行した中でも、人為的管理によって存続し、草地性動植物にとってのレフュジアとなってきた可能性が指摘されている^{15,16)}。

当地域は火山山麓に位置するが、溶岩流や火砕流による堆積面、侵食面などの異なる形成過程をもつ複数の地形面が分布している。そのため、局所的な地形条件には顕著な違いが認められる。これらの地形面の違いは表層物質の粒度・性質や水分条件、植生の成立様式に影響を及ぼすと考えられ、黒ボク土の形成過程や保存状態にも影響を与える可能性が高い。したがって当地域は、火山(地質)・地形・植生・土壌・人為活動の相互作用を検討する上で有用なフィールドである。一方で、開田高原に分布する黒ボク土について、その形成過程や形成年代を地形条件と関連づけて検討した事例はない。

本研究では、当地域において地形的特徴の異なる

1 現所属：新潟大学 理学部 地質科学プログラム 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050

2 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野市北郷2054-120

3 岡山大学 学術研究院 環境生命自然科学学域 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中3-1-1

4 お茶の水女子大学 文教育学部 人文科学科 地理学コース 〒112-8610 東京都文京区大塚2-1-1

5 技術士事務所「地久学舎」 〒389-1214 長野県上水内郡飯綱町黒川1300-21

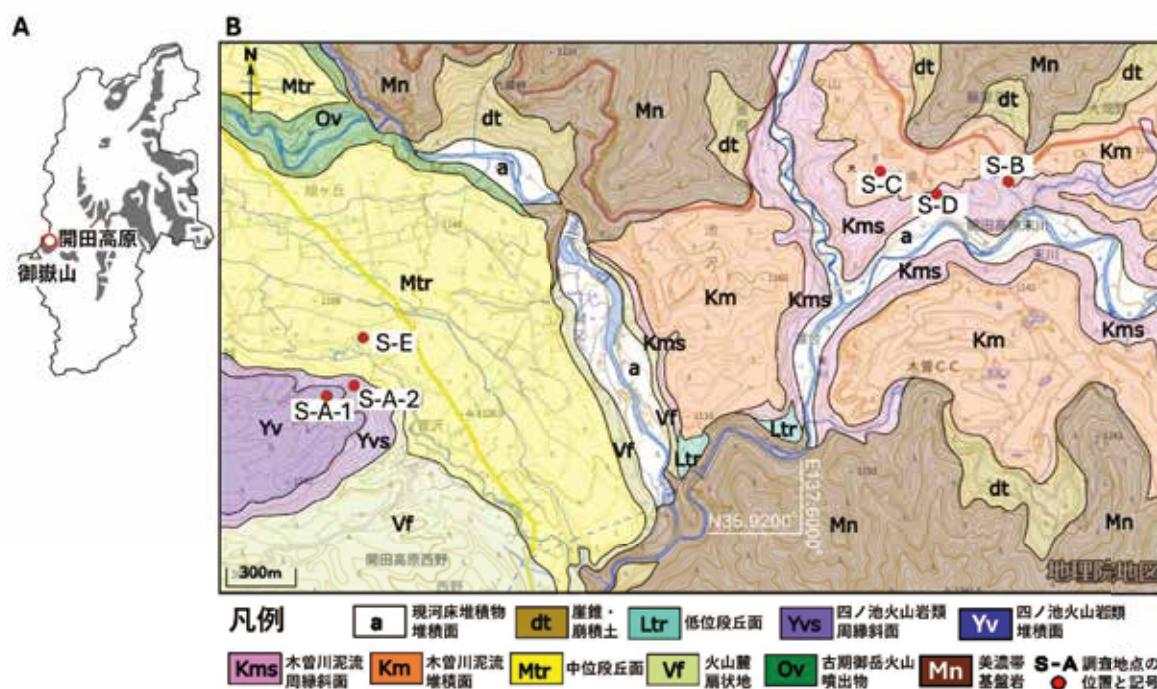


図1 A: インデックスマップおよび長野県における黒ボク土の分布域(灰色部)。
黒ボク土の分布域は菅野ほか(2008)¹²⁾に基づく。
B: 開田高原における地形区分図および調査地点。
国土地理院の地理院タイルを基に著者が加筆・改変して作成。

6 地点で土壌調査を実施し、黒ボク土の全土試料を対象に AMS 放射性炭素年代測定および炭素含有量・炭素安定同位体比分析を行った。土壌有機炭素の安定同位体比は、一般に、給源植生の光合成経路を反映するため古植生推定に有用な指標であり、黒ボク土形成に関わる草原維持の歴史を検討する上で重要な情報となる。本研究では、黒ボク土の形成開始時期とその形成過程における古植生、および斜面位置や地形面の違いによる差異を明らかにすることを目的とする。

2 調査地域の概要

開田高原の地形は御嶽山の山体崩壊、岩屑なだれ、溶岩流、土石流に加え、木曽川の支流である西野川および末川による侵食・堆積作用により発達してきた¹⁷⁾。御嶽山は、更新世中期以降の火山活動により形成され、最近2万年間には、水蒸気爆発を主体とした火山活動が起きている¹⁷⁾。当地域には、火山麓扇状地、火山成台地、および複数の河岸段丘面上に黒ボク土が分布する^{11, 12)}。また、西野川およびその支流沿いの低地には未熟低地土が分布する。さらに、美濃帯堆積岩類からなる北側山地の標高約

1,200~1,800 m 帯には褐色森林土が認められ、北側山地および御嶽山麓の標高1,800~2,000 m 以上の高標高域にはポドゾルが分布する¹¹⁾。御嶽山の山頂から東麓にかけては、岩屑地が広がる¹¹⁾。

本研究では、長野県デジタル地質図¹⁹⁾と斜面形態に基づき、調査地域の地形を図1Bに示す11の地形に区分した。

調査地域の北~東部の美濃帯堆積岩類の分布域は急峻な山地をなす。これらを覆う古期御嶽火山噴出物は、先行する火山活動に由来する火山噴出物からなる。火山麓扇状地は調査地域の南西に広がり、御嶽火山に由来する火砕流・溶岩流・岩屑なだれ堆積物・土石流堆積物によって扇状に広がる標高約1,200~1,290 m の高地をなす。中位段丘面は西野川沿いに発達する河岸段丘であり、現河床との比高は約60~70 mである。この段丘面は木曽谷第四紀研究グループ(1967)¹⁸⁾の坂下面に相当する。木曽川水系の大規模土石流による木曽川泥流堆積面および木曽川泥流周縁斜面は、約5万年前以降の摩利支天火山群活動中に発生した大規模山体崩壊に伴う岩屑なだれ・土石流堆積物からなる¹⁷⁾。この面は傾斜約10度以下の小起伏丘陵からなり、木曽谷第四紀研究グループ(1967)¹⁸⁾の高部面に相当する。

四ノ池火山岩類堆積面とその周縁斜面は、四ノ池火山噴出物から構成され、その噴出年代は K-Ar 年代より約 3.6 万年前とされる²⁰⁾。低位段丘面は末川沿いに発達する河岸段丘であり、現河床との比高は約 30～60 m である。美濃帯堆積岩類からなる山地斜面直下には、崖錐・崩積土斜面が点在する。現河道沿いには現河床堆積物堆積面が形成され、洪水時の氾濫や流路変更により継続的に更新されている。

3 研究手法

開田高原に分布する主要な地形面を網羅することを目的として、調査地点として、地形分類図に基づき、中位段丘面、木曽川泥流周縁斜面、木曽川泥流堆積面、四ノ池火山岩類堆積面を選定した。これらの地形面は、形成時期や成因が異なり、当地域における黒ボク土形成環境の代表的な地形条件を包含していると考えられる。また、これらは面積・傾斜・地形の安定性などの観点から、古代人の移動・狩猟・採草・耕作などの利用に適し、人為活動との関連が深いと考えられる地形でもある。一般に、扇状地や段丘面など相対的に起伏が少なく緩やかな傾斜をもつ地形面は、長期にわたり農業利用や集落形成の場となってきたことが、土地利用変遷の調査によって報告されている^{21, 22)}。本研究では、これら地形面に位置する 6 地点を調査対象とした。調査地点の概要は表 1 に示すとおりである。S-A-1, S-A-2, S-B の 3 地点では露頭調査を、S-C, S-D, S-E の 3 地点ではトレンチ調査を行った。

土色は野外において湿潤状態の試料を対象にマンセル式標準土色帖に基づき記載した。土層境界・堅

密度・団粒構造・斑紋の記載は日本ペドロロジー学会 (2021)²³⁾を参考に行った。なお、堅密度は親指の貫入程度によって、ほとんど抵抗なく指が貫入するすこぶるしょう、指が土層内にたやすく深く入るしょう、はっきりと深い指のあとがわずかしか残らない堅、強くおしても指のあとが残らないすこぶる堅、コテなどによってやっと土壌を削れる固結に区分される^{23, 24)}。土色については土じょう部 (1976)²⁵⁾の定義に基づき、明度・彩度 ≤ 2 を黒色土層、明度・彩度 > 2 を淡黒色土層、色相 10YR かつ明度 $> 6 \cdot$ 彩度 > 4 を黄色土層と区分した。

S-A-1 および S-B においては、5～10 cm 間隔で全土試料を採取し、有機炭素 (TC) および炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) 分析を行った。分析には岡山大学設置の Thermo Fisher Scientific 社製連続フロー型同位体比質量分析計 (型番: Delta V Advantage) を用いた。

年代測定のため、各地点に分布する黒色土層の 1～2 層準から全土試料を採取した。採取に際しては土層の物理的攪乱がないこと、上下の非対象層準や現生植物根の混入が生じないように注意を払った。試料は $250\mu\text{m}$ ^{ふるい}篩を通過した細粒分を対象とし、肉眼および実体顕微鏡下で植物片を除去した後、年代測定に供した。年代測定は AMS 放射性炭素年代測定法により山形大学高感度加速器質量分析センターに委託した。暦年校正には OxCal4.4.2²⁶⁾を、較正曲線には IntCal20²⁷⁾を用いた。較正年代は cal BP で表す。なお、本論の時代区分は、後期旧石器時代から縄文時代、および弥生時代の開始時期は工藤 (2013)²⁸⁾に、それ以降の時代については考古学的編年に基づく一般的な年代区分に従う。

表 1 調査地点

調査地点名	標高(m)	緯度・経度	母材	地形区分	現在の土地利用・植生	調査年月日	黒ボク土の層厚(cm)
S-A-1 (恩田原平坦地)	1,207	N35°55'30.68, E137°34'39.81	火山岩類 (非アルカリ岩質, 安山岩質, 主として溶岩)	四ノ池火山岩類堆積面(Yv)	伐採跡地	2024年6月12日	8～20
S-A-2 (恩田原斜面)	1,166	N35°55'34.39, E137°34'42.45	火山岩類 (非アルカリ岩質, 安山岩質, 主として溶岩)	四ノ池火山岩類周縁斜面(Yvs)	伐採跡地	2024年6月12日	20
S-B (藤屋洞)	1,132	N35°56'01.63, E137°36'34.69	堆積岩類 (未固結, 河成堆積物, 主に砂質～礫質)	木曽川泥流堆積面(Km)と木曽川泥流周縁斜面(Kms)の境界	ススキ草地	2024年6月13日	10
S-C (夕山)	1,157	N35°56'01.49, E137°36'13.06	堆積岩類 (未固結, 河成堆積物, 主に砂質～礫質)	木曽川泥流堆積面(Km)	アカマツ・天然林	2024年10月17日	8
S-D (柏尾)	1,111	N35°55'57.74, E137°36'22.89	堆積岩類 (未固結, 河成堆積物, 主に砂質～礫質)	木曽川泥流周縁斜面(Kms)	カラマツ・人工林	2024年10月18日	74
S-E (抜ノ沢)	1,157	N35°55'38.56, E137°34'46.07	堆積岩類 (未固結, 河成堆積物, 主に砂質～礫質)	中位段丘(Mtr)	アカマツ・天然林	2025年7月13日	30～80

母材は、長野県デジタル地質図 (長野県地質図活用普及事業研究会, 2015) による。黒ボク土の層厚は黒色土層の層厚とする

4 結果

本研究では、土層を、表層黒褐色土層、黒色土層、淡黒色土層、黄色土層に区分する。黄色土層は、塊状無層理の粘土～シルトを主体とし、軽石や火山岩細礫を含むことから、火山灰質粘性土（ローム質土層）と認定できる。また、各調査地点の放射性炭素年代測定の結果を表2に示す。

4.1 地点 S-A-1（恩田原平坦地）

記載：本地点では縦約 90 cm×幅約 74 cm に露出する土層プロファイルの観察を行った。

土層は表層から順に、黒色土層（層厚 8～20 cm）、淡黒色土層（層厚 10～18 cm）、黄色土層（層厚≧70 cm）に区分される（図 3A（1））。黒色土層－淡黒色土層境界および淡黒色土層－黄色土層境界は波状～不規則・漸移的である（図 3A（1, 2））。黒色土層は腐植質の土層からなる。黒色土層と淡黒色土層では団粒状構造が発達し、堅密度はすこぶるしょう～軟に相当する。これらの層中には黄色土層のブ

ロックがみられる。黄色土層の上部数 cm～10 cm は下位に比べ黒味が強く、粒状構造が発達する。黄色土層は極細粒砂混じり粘土を主体とし、細礫サイズの安山岩質角礫、軽石、炭化物をまれに含むが腐植をほとんど含まない（図 3A（3））。深度 30～40 cm 以深の黄色土層では堅密度が急増し、堅～固結を示す。

TC・ $\delta^{13}\text{C}$ 分析結果：炭素含有量は、深度 40～70 cm の黄色土層で 2.0～2.2% を維持し、深度 40 cm より上位で増加傾向に転じ、黒味が強い黄色土層上部～淡黒色土層では 4.2～7.3%，黒色土層では急増し 12.1～18.5% と高い値をとる。 $\delta^{13}\text{C}$ 値は、深度 40～70 cm の黄色土層で $-21.5 \sim -21.3\text{‰}$ を維持し、深度 35 cm より上位で減少傾向に転じ、黒味が強い黄色土層上部～淡黒色土層では $-21.7 \sim -21.4\text{‰}$ 、黒色土層ではさらに減少し $-23.1 \sim -22.1\text{‰}$ を示す。下方から上方への $\delta^{13}\text{C}$ 値の変化は漸移的である。

AMS 放射性炭素年代測定結果：黒色土層の最下部（深度 15 cm）は縄文時代後期を示す。

表2 放射性炭素年代測定の結果

ラボナン バー	物質	サンプル採取地点	標高 (m)	深度 (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	放射性炭素年代 (yrs BP)	校正年代範囲 (cal yrs BC, 1 σ)	確立範囲 (%)	校正年代範囲 (cal yrs BP, 2 σ)	確立範囲 (%)
YU-22094	bulk soil (<250 μm)	S-A-1（恩田原平坦地）	1,207	15	-24.70 ± 0.17	3436 ± 22	1866 – 1853 BC 1769 – 1733 BC 1720 – 1691 BC	88% 29% 30%	3825 – 3793 BP 3771 – 3748 BP 3728 – 3621 BP 3605 – 3590 BP	15% 4% 73% 3%
YU-22095	bulk soil (<250 μm)	S-A-2（恩田原斜面）	1,174	20	-21.64 ± 0.16	3267 ± 22	1599 – 1593 BC 1542 – 1501 BC	4% 64%	3562 – 3522 BP 3516 – 3447 BP 3426 – 3408 BP	17% 74% 4%
YU-20932	bulk soil (<250 μm)	S-B（藤屋洞）	1,132	10	-19.70 ± 0.24	6688 ± 27	5631 – 5616 BC 5587 – 5565 BC	27% 41%	7614 – 7504 BP	95%
YU-21713	bulk soil (<250 μm)	S-C（夕山）	1,157	28	-22.33 ± 0.19	1795 ± 20	234 – 253 AD 291 – 319 AD	28% 40%	1735 – 1691 BP 1669 – 1620 BP	42% 53%
YU-21712	bulk soil (<250 μm)	S-D（柏尾）	1,111	10	-22.73 ± 0.18	1582 ± 20	435 – 465 AD 474 – 502 AD 507 – 516 AD 530 – 539 AD	28% 25% 8% 8%	1523 – 1405 BP	95%
YU-21714	bulk soil (<250 μm)	S-D（柏尾）	1,111	85	-22.69 ± 0.18	4396 ± 23	3081 – 3062 BC 3029 – 3006 BC 2990 – 2929 BC	12% 16% 40%	5042 – 4999 BP 4991 – 4871 BP	22% 74%
YU-23164	bulk soil (<250 μm)	S-E（抜ノ沢）	1,148	46	-6.97 ± 0.18	5361 ± 22	4319 – 4296 BC 4256 – 4229 BC 4195 – 4168 BC 4092 – 4077 BC	16% 22% 23% 8%	6276 – 6239 BP 6214 – 6171 BP 6152 – 6112 BP 6081 – 6007 BP	20% 26% 26% 23%

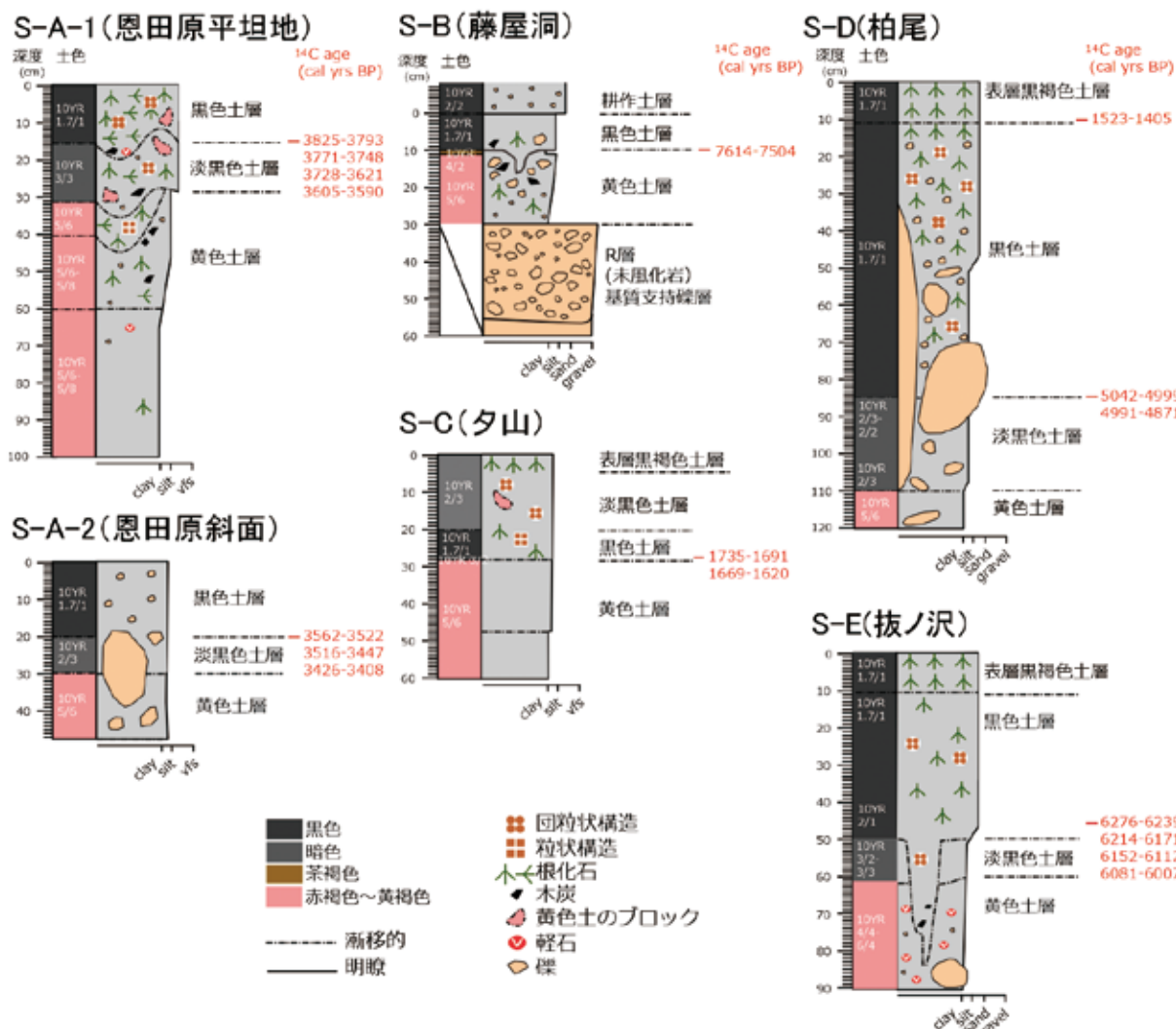


図2 土壌プロファイル.
赤字は放射性炭素年代を暦年代に較正した年代範囲(2 σ 暦年代範囲)を示す.

4.2 地点 S-A-2 (恩田原斜面)

記載：本地点は四ノ池火山噴出物周縁斜面の安山岩露出斜面に位置する（図 3B）。ここでは斜面に露出する土層（縦約 50 cm×幅約 150 cm）において簡易記載と年代測定用試料の採取を行った。

土層は表層から順に、黒色土層（層厚約 20 cm）、淡黒色土層（層厚約 10 cm）、黄色土層（層厚 $\geq$ 20 cm）に区分される。黒色土層は細礫を含む。淡黒色土層と黄色土層は巨礫～中礫サイズの角礫～亜円礫を含む（図 3B）。

AMS 放射性炭素年代測定結果：黒色土層の最下部（深度 20 cm）は縄文時代後期を示す。

4.3 地点 S-B (藤屋洞)

記載：本地点は現在も野焼きが行われている半自

然草原に位置する．ここでは縦約 60 cm×幅約 250 cm に露出する土層プロファイルの観察を行った．

土層は表層から順に、表層黒褐色土層（耕作土層；層厚 ≥ 10 cm）、黒色土層（層厚 10 cm）、黄色土層（層厚 19 cm）、R 層（未風化岩、層厚 ≥ 30 cm）に区分される。耕作土層－黒色土層境界および黒色土層－黄色土層境界は漸移～判然・波状であり、擾乱構造を伴う。黄色土層－基質支持礫層境界は明瞭・平坦である（図 3C（1））。表層黒褐色土層は、細礫～極粗粒砂混じりの腐植質シルトからなり、擾乱が激しく、耕作土と判断できる。堅密度はすこぶるしょうに相当する。黒色土層は細礫混じり腐植質土であり、堅密度は軟に相当する。黄色土層は細礫～中礫混じりシルト～粘土からなり、根や細根、粘土集積構造、粘土質キュータン、擾乱構造が発達す



図3 A (1) : S-A-1 (恩田原平坦地) の土壌プロファイル.スケールは 100 cm. A (2) : S-A-1 における淡黒色土層と黄色土層の漸移・波状~不規則な境界. A (3) : S-A-1 の黄色土層に含まれる細礫 (黒矢印先) および炭化物 (白矢印先). B : S-A-2 (恩田原斜面) の露頭全景. 四ノ池火山噴出物の安山岩 (写真左部) が斜面に露出する. C (1) : S-B (藤屋洞) における土壌プロファイル. スケールは 10 cm. C (2) : S-B における黄色土層の膜状~管状の斑紋と黒色土からなるブロックおよび炭化物 (白矢印先). D : S-C (夕山) における土壌プロファイル. E : S-D (柏尾) における土壌プロファイル. F : S-E (抜ノ沢) における土壌プロファイル. スケールは 10 cm.

ることから、Bt 層や B 層としての特徴を有する。堅密度は堅に相当する。黄色土層の上部約 10 cm では膜状~管状の斑紋がみられ、黒色土のブロックや炭化物を含む (図 3C (2))。R 層は基質支持礫層からなる。本礫層は粗粒砂基質の角礫~亜角礫からなり、塊状~弱い層理面が認められる。安山岩片と珪

質泥岩片を多く含み、細根や土壌構造を欠く。最下位には、木曽川泥流堆積物に相当する固結した基質支持礫層が認められる。

TC・ $\delta^{13}\text{C}$ 分析結果：炭素含有量は、R 層~黄色土層で 0.2~0.7% と低い値をとり、黒色土層~耕作土で 3.2~6.2% を示す。 $\delta^{13}\text{C}$ 値は、R 層~黄色土

層で $-25.9\sim-23.8\%$ と低い値をとり、黒色土層～耕作土で $-22.0\sim-21.0\%$ と高い値をとる。

AMS 放射性炭素年代測定結果：黒色土層の最下部（深度 10 cm）は縄文時代早期を示す。

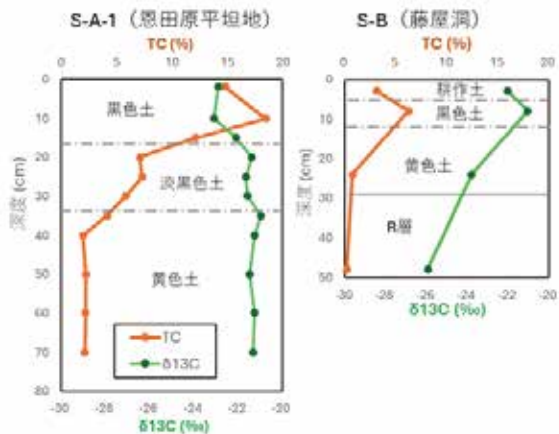


図 4 炭素含有量 (TC) および炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ 値) の土壌プロファイルでの鉛直変化。

4.4 地点 S-C (タ山)

記載：本地点では縦約 65 cm×幅約 70 cm のトレンチを掘削し、土壌プロファイルの記載を行った。

土層は表層から順に、表層黒褐色土層（層厚 4 cm）、淡黒色土層（層厚 15 cm）、黒色土層（層厚 8 cm）、黄色土層（層厚 ≥ 37 cm）に区分別れる。表層黒褐色土層－淡黒色土層境界は漸移的、淡黒色土層－黒色土層境界は明瞭・平坦である。黒色土層－黄色土層境界は明瞭・波状～平坦であり、下位の黄色土層をブロック状に取り込む攪乱構造がみられる（図 3D）。表層黒褐色土層では細根が高密度に入りこむ。淡黒色土層では細根密度が低下し、団粒構造が顕著に発達する。両層の堅密度は、軟に相当する。黒色土層は、粒状構造が発達した腐植質土であり、堅密度が固を示す。黄色土層は極細粒砂混じり粘土からなり、堅密度は固～固結に相当する。深度 48 cm 以深で堅密度が固結へと急増する。

AMS 放射性炭素年代測定結果：黒色土層の最下部（深度 28 cm）は弥生～古墳時代を示す。

4.5 地点 S-D (柏尾)

記載：本地点では縦約 120 cm×幅約 90 cm のトレンチを掘削し、土壌プロファイルの記載を行った。

土層は表層から順に、表層黒褐色土層（層厚

11 cm）、黒色土層（層厚 74 cm）、淡黒色土（層厚 24～26 cm）、黄色土層（層厚 ≥ 10 cm）に区分別れる。各土層境界は漸移的である。表層黒褐色土層では細根が高密度に分布し、堅密度は軟に相当する。黒色土層では細根密度が低下し、堅密度は固に相当する。淡黒色土層では根はほとんど認められず、堅密度は固に相当する。黄色土層は礫混じり粘土からなり、堅密度は固～すこぶる固に相当する。深度 30 cm 以深の黒色土層、淡黒色土層、黄色土層には、最大径 80 cm 以上の巨礫～中礫が含まれる（図 3E）。これらは角礫～亜角礫からなる。

AMS 放射性炭素年代測定結果：黒色土層の最下部（深度 85 cm）は縄文時代中期、本層の上部（深度 10 cm）は古墳時代を示す。

4.6 地点 S-E (抜ノ沢)

記載：本地点では、縦約 100 cm×幅約 120 cm のトレンチを掘削し、土壌プロファイルに記載した。

土層は表層から順に、表層黒褐色土層（層厚 8～10 cm）、黒色土層（層厚 30～80 cm）、淡黒色土層（層厚 10～22 cm）、黄色土層（層厚 ≥ 40 cm）に区分別れる。表層黒褐色土層－黒色土層境界は平坦・漸移的、黒色土層－淡黒色土層境界および淡黒色土層－黄色土層境界は波状～不規則・漸移的、部分的に明瞭である（図 3F）。表層黒褐色土層では細根が高密度に分布し、堅密度はすこぶるしょう～しょうである。黒色土層は、団粒構造の発達した腐植質土であり、細根の密度が低い。黒色土層下部には下位の黄色土層をブロック状に取り込む攪乱構造がみられ、深さ 25～35 cm の窪地状の穴が複数発達する。穴内部には数 mm 四方の炭化物が散在する。この窪地と下位の淡黒色土層との境界は明瞭である。黒色土層の堅密度はしょう～軟に相当する。淡黒色土層ではさらに細根密度が低下し、堅密度は軟に相当する。黄色土層は軽石や安山岩質火山岩からなる細礫、亜円礫の中礫を含む粘土～シルトからなり、堅密度は堅に相当する。

AMS 放射性炭素年代測定結果：黒色土層の最下部（深度 46 cm）は縄文時代前期を示す。

5 議論

5.1 黒ボク土最下部年代の地点間差異の要因

地点 S-D (柏尾) の黒色土層では、最深部が縄文

時代中期、表層が古墳時代を示し、累重の法則に従った年代配列が確認された。このような年代の累積的变化は、腐植およびテフラの供給・累積が土壌断面の下方から上方へ継続的に進行したことを示し、開田高原の黒色土層が累積型土壌として形成されたことを支持する。

一方、黒色土層の最下部年代は地点間で大きく異なり、その要因として以下の2つが考えられる。

1 つ目は、斜面位置・地形面の違いによる侵食・堆積条件の差異である。これを検証するために、S-A-1—S-A-2—S-E 側線および S-C—S-D 側線において、異なる標高に位置する黒ボク土の最下部年代を比較した。

S-A-1—S-A-2—S-E 側線において、四ノ池火山岩類堆積面の平坦面（標高 1,207 m）に位置する S-A-1 は縄文時代後期であるのに対し、その周縁斜面（標高 1,174 m）の S-A-2 では縄文時代後期、中位段丘面（標高 1,132 m）の S-E では縄文時代前期を示す。標高の低下に伴って黒色土層の最下部の年代が若い年代から古い年代へと移行する傾向が認められる。

S-C—S-D 側線でも同様の傾向がみられ、最下部年代は木曽川泥流堆積面（標高 1,157 m）の S-C で弥生～古墳時代であるのに対し、その周縁斜面（標高 1,111 m）の S-D で縄文時代中期を示す。

一般に斜面上部では侵食が優勢で古い層準が失われやすく、斜面下部では表層物質の集積が生じやすい。このため、斜面上部では黒ボク土形成の開始時期が実際より若く見積もられる一方、斜面下部ではより早期の記録が保存されやすいと解釈できる。

2 つ目に黒ボク土の形成開始時期そのものが地点により異なっていた可能性がある。黒ボク土形成には、火山灰由来物質の継続的供給に加え、草本植生の維持による高い腐植供給の継続が重要である⁷⁾。草本植生の維持には、火山噴火や落雷による山火事、野火、風衝などの自然要因に加え、野焼き、採草、放牧などの人為的要因も寄与する。各地点で人為的な関与の開始時期が異なっていた可能性があり、それに伴って黒ボク土形成が開始した時期に地域差が生じた可能性がある。しかし、その直接的な証拠は得られていない。

以上より、黒色土最下部年代の地点間差の主要因は、斜面位置・地形面の違いに起因する侵食・堆積条件の差である可能性が高い。一方、人為活動の開

始時期の影響については示唆的であるものの、その直接的な証拠は限定的である。

5.2 地点ごとの黒ボク土の形成環境

本研究では、黒色土層（黒ボク土）と黄色土層（ローム質土層）の層境界および $\delta^{13}\text{C}$ 値に着目し、地点ごとの形成環境を検討した。土壌有機炭素の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、給源となる植生の光合成経路に依存する。一般にササやイネなどの C_3 植物では $-30 \sim -26\text{‰}$ 、ススキなどの C_4 植物では $-13 \sim -10\text{‰}$ を示す²⁹⁾。このため、土壌有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、堆積時の C_3 植物と C_4 植物の相対的な寄与を推定する指標として有効である³⁰⁾。本研究で得られた黒ボク土の $\delta^{13}\text{C}$ 値は $-23.1 \sim -21.0\text{‰}$ の範囲にあり、既往の累積性黒ボク土の $\delta^{13}\text{C}$ 値の範囲（ $-24.2 \sim -18.1\text{‰}$ ³⁰⁾）に収まる。ただし、本研究の $\delta^{13}\text{C}$ 値は分析点数が限られているため、古植生復元に関する以下の解釈は予察的なものにとどまる。

S-A-1, S-A-2, S-D, S-E では両層境界が漸移的であり、その間に淡黒色土層が介在する。特に S-A-1 では、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が黄色土層から淡黒色土層、黒色土層へと上方に向かって漸移的に低下する。これは、起源植物の漸次的な変化を示し、冷涼・湿潤条件下における C_3 草本植物の優先化など、長期の時間間隙を伴わずに C_3 植物の寄与が増大したことを示す。土壌構造は、黒色土層で団粒状構造が顕著に発達するのに対し、淡黒色土層から黄色土層上部で粒状構造が卓越する。この差は、土壌水分、植生、微生物活動、有機物供給などの環境条件の変化を反映する^{31~34)}。黄色土層から淡黒色土層を経て黒色土層へと変化することは、気候や植生が黒ボク土形成に適した条件へ漸次的に移行したことを示すと考えられる。

S-B では、層境界は漸移的であり、淡黒色土層を欠く。本地点は木曽川泥流堆積面とその周縁斜面の境界に位置し、再堆積が生じやすい。再堆積物による表層の被覆が繰り返され、淡黒色土層が形成されなかった可能性がある。一方、黄色土層上部では生物擾乱や粘土集積が発達し、低い炭素含有量を示す。これは降水に伴い粘土粒子が下方へ移動・集積するレシバージュ作用の卓越を示す。 $\delta^{13}\text{C}$ 値は黄色土層の -23.8‰ から黒色土層の -21.0‰ へと上方に向かって増加し、 C_4 植物の寄与の増加が示唆される。これは乾燥条件または高日射条件への変化を反映す

る。この傾向は、S-A-1 とは対照的であることから、黒ボク土形成時の植生は地点ごとに異なっていた可能性が考えられる。

S-C では層境界が明瞭で、ローム層に攪乱構造が認められることから、人為改変の影響が示唆される。また、本地点は木曽川泥流堆積面に位置し、侵食によって土壌表層が失われやすい。より標高の低い S-D で古い年代が得られていることから、S-C に存在した古い黒色土層は侵食により除去された可能性が高い。

以上より、層境界の形態や $\delta^{13}\text{C}$ 値の鉛直変化には地点ごとの差異が認められる。このことは、黒ボク土形成は一様ではなく、地点ごとの堆積環境や植生変化に応じて進行したことを示す。ただし、 $\delta^{13}\text{C}$ 値の分析地点は限定的であり、古植生の復元には不確実性が残る。今後は、植物珪酸体分析などの他の指標と併せた検討が必要である。

5.3 開田高原の黒ボク土の形成開始年代

全土試料の放射性炭素年代から、開田高原の黒色土層は縄文時代早期以降に形成されたことが示唆される。黒ボク土形成には草本植生に主に由来する腐植の継続的供給が不可欠であることから⁷⁾、この時期以降に、開田高原では厚い腐植の集積を可能とする環境が成立したと考えられる。

木曽郡における遺跡数は縄文時代草創期から早期にかけて急増し（草創期 18 箇所→早期 86 箇所）、人為活動の活発化が示唆される³⁵⁾。遺跡数の増加と黒ボク土形成開始時期は概ね一致し、人為的土地利用が黒ボク土形成の誘因または促進要因であった可能性を示唆する。

6 結論

本研究では、開田高原に分布する黒ボク土の形成開始時期と形成過程を、土壌プロファイルの記載、放射性炭素年代、炭素含有量、炭素安定同位体比に基づき検討した。結論は以下のとおりである。

- (1) 開田高原の黒ボク土は、上方へ向かって腐植が連続的に累積する累積型土壌の特徴を示す。このことは、腐植の継続的供給が黒ボク土形成に重要な役割を果たしたことを支持する。
- (2) 黒ボク土最下部の年代は地点間でばらつきを示した。この年代差は、斜面位置や地形面の違いに起因する堆積・侵食作用の差異によって説

明可能で、斜面上部では古い記録が侵食により失われやすく、下部では保持されやすいことが示唆される。一方で、人為的土地利用の開始時期の地域差が年代差に影響した可能性について、現時点で直接的な証拠は得られていない。

- (3) 黄色土層（ローム質土層）から黒色土層（黒ボク土）への遷移様式には地点差が認められた。S-A-1、S-A-2、S-D、S-E では淡黒色土層を挟む漸移関係が認められ、連続的な環境変化のもとで黒ボク土形成に適した条件へ移行したことが示唆される。S-B では侵食・再堆積や攪乱により淡黒色土層が欠如したと考えられる。S-C では人為攪乱や侵食により表層に存在した土層が失われた可能性が高い。
- (4) 黒色土最下部の最古の放射性炭素年代は縄文時代早期に相当し、この時期以降に本地域で黒ボク土形成が促進されたことが示唆される。この年代は、木曽郡における遺跡数の急増時期と概ね一致する。

謝 辞

調査にあたり、木曽町教育委員会、開田教育事務所、土地所有者および地域住民の皆様にご便宜を図って頂いた。お茶の水女子大学の長谷川直子教授には、黒ボク土の地理的特徴について幅広くご議論いただいた。年代測定に際し、山形大学高感度加速器質量分析センターの門叶冬樹博士、武山美麗博士にお世話になった。鹿児島大学法文学部の林 尚輝博士には、試料の処理方法に関してご助言をいただいた。山形大学名誉教授の山野井徹博士には黒ボク土の形成過程について、森林総合研究所の岡本透博士には調査地の選定について、長野県環境保全研究所自然環境部の尾関雅章主任研究員には現生植生について、調査地域に同行いただきご助言いただいた。校閲者 2 名による指摘により原稿は大幅に改善された。本研究は長野県環境保全研究所の令和 4 年度～8 年度経常研究「生物多様性の主流化に向けた基盤情報の整備と情報発信」の一環として行った。ここに記して謝意を表する。

文 献

- 1) 細野 衛・佐瀬 隆 (1997) 黒ボク土生成試

- 論. 第四紀: 29, 1-9.
- 2) 浅野真希・井上 弦・早津雅仁・高橋 正・和田信一郎・和穎朗太 (2018) 黒ボク土の再考—最新の知見と今後の展望—. 日本土壤肥料学雑誌: 89, 56-61.
 - 3) Kawai, K. (1978) Amorphous Materials of Andosols (Kuroboku) in Japan. Japan Agric. Res. Quarterly: 12, 132-137.
 - 4) Wada, K. (1985) The Distinctive Properties of Andosols. In Advances in Soil Science (Soil: 2), 173-229.
 - 5) Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R. (1993) Volcanic Ash Soils Genesis, Properties and Utilization. Developments in Soil Science 21, Elsevier, 288p.
 - 6) Schaetzl, R.J. and Thompson, M.L. (2015) Soils: Genesis and Geomorphology, 2nd ed. Cambridge Univ. Press, 795p.
 - 7) 細野 衛・佐瀬 隆 (2015) 黒ボク土の生成史: 人為生態系の観点からの試論. 第四紀研究: 54, 323-339.
 - 8) 須賀 丈・岡本 透・丑丸敦史 (2012) 日本列島草原 1 万年の旅 草地と日本人. 築地書館, 244p.
 - 9) 山根一郎・松井 健・入沢周作・岡崎正規・細野 衛 (1978) 図説 日本の土壌. 朝倉書店, 196p.
 - 10) 渡邊真紀子 (1992) 土壌の資源的価値に関する比較文化的考察—黒ボク土と農耕文化—. 中央学院大学比較文化研究所紀要「比較文化」: 6, 189-219.
 - 11) 国立環境研究所 (2023) 日本土壌インベントリー: <https://soil-inventory.nies.go.jp/> (2026 年 2 月確認).
 - 12) 菅野均志・平井英明・高橋 正・南條正巳 (2008) 1/100 万日本土壌図(1990)の読替えによる日本の統一的土壌分類体系—第二次案(2002)—の土壌大群名を図示単位とした日本土壌図, ペドロジスト: 52, 129-133.
 - 13) 柳澤衿哉・浦山佳恵 (2023) 開田高原における伝統的草地とその周辺の植物相. 長野県環境保全研究所研究報告: 19, 73-81.
 - 14) 浦山佳恵 (2023) 長野県木曽町開田高原に残る半自然草地の来歴—近世以降を中心に—. ジオグラフィカ千里: 3, 71-93.
 - 15) 村田 源 (1988) 日本の植物相—その成り立ちを考える—⑦大陸要素の分布と植生帯. 日本の生物: 2, 21-25.
 - 16) 須賀 丈 (2008) 中部山岳域における半自然草原の変遷史と草原性生物の保全. 長野県環境保全研究所研究報告: 4, 17-31.
 - 17) 竹内 誠・中野 俊・原山 智・大塚 勉 (1998) 木曽福島地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 94p.
 - 18) 木曽谷第四紀研究グループ (1967) 木曽川上流部の第四紀地質 I. 地球科学: 21(1), 1-11.
 - 19) 長野県地質図活用普及事業研究会 (2015) 長野県デジタル地質図.
 - 20) Matsumoto, A. and Kobayashi, T. (1995) K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the “mass fractionation correction procedure”: application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. Chem. Geol.: 125, 123-135.
 - 21) Chen, T., Jiao, J., Chen, Y., Lin, H., Wang, H., Bai, L. (2021) Distribution and land use characteristics of alluvial fans in the Lhasa River Basin, Tibet. J. Geogr. Sci.: 31, 1437-1452.
 - 22) Czerski, D., Giacomazzi, D., Scapozza, C. (2022) Evolution of fluvial environments and history of human settlements on the Ticino river alluvial plain. Geogr. Helv.: 77, 1-20.
 - 23) 日本ペドロロジー学会 (2021) 改訂新版 土壌調査ハンドブック. 日本ペドロロジー学会編. 博友社, 193p.
 - 24) 森林土壌研究会 (1993) 森林土壌の調べ方とその性質 (改訂版). 林野弘済会, 334p.
 - 25) 土じょう部 (1976) 林野土壌の分類 1975. 林試研報: 280, 1-28.
 - 26) Bronk-Ramsey, C. (2009) OxCal Program v4 4. 2. Oxford Radiocarbon Accelerator Unit, Oxford.
 - 27) Reimer, P.J. et al. (2020) The IntCal20 northern hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal ka BP). Radiocarbon: 62, 725-757.
 - 28) 工藤雄一郎 (2013) 土器出現の年代と古環

- 境：研究史の整理から．国立歴史民俗博物館研究報告: 178, 1–55.
- 29) Yoneyama, T., Nakanishi, Y., Morita, A. and Liyanage, B.C. (2001) $\delta^{13}\text{C}$ values of organic carbon in cropland and forest soils in Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.*: 47, 17–26.
- 30) 井上 弦・米山忠克・杉山真二・岡田英樹・長友由隆 (2001) 都城盆地の累積性黒ボク土における炭素・窒素安定同位体自然存在比の変遷—植物珪酸体による植生変遷との対応—. *第四紀研究*: 40, 307–318.
- 31) Tisdall, J.M. and Oades, J.M. (1982) Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Eur. J. Soil Sci.* 33: 141–163.
- 32) Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. and Denef, K. (2004) A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil, Tillage Res.* 79: 7–31.
- 33) Rillig, M.C. (2004) Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian J., Soil Sci.* 84: 355–363.
- 34) Bronick, C.J. and Lal, R. (2005) Soil structure and management: a review. *Geoderma*: 124, 3–22.
- 35) 浦山佳恵・櫻井秀雄・石丸敦史 (2025) 長野県木曽郡における先史時代の遺跡の分布と遺構・遺物. 日本地理学会秋季学術大会発表要旨.

Formation onset of Kuroboku (Andosols) and its relationship with topographic conditions in the Kaida Highland, Nagano Prefecture, central Japan

Nozomi HATANO^{1, 2}, Yoshie URAYAMA², Fujio HYODO³, Yuki KOBAYASHI⁴, Hitoshi TOGASHI⁵

- 1 *Current Affiliation: Geology Program, Faculty of Science, Niigata University, 2-8050 Igarashi, Nisi-ku, Niigata 950-2181, Japan*
- 2 *Nagano Environmental Conservation Research Institute, Natural Environment Division, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*
- 3 *Graduate School of Environmental, Life, Natural Science and Technology, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Kita-ku, Okayama 700-8530, Japan*
- 4 *Department of Geography, Faculty of Letters and Education, Ochanomizu University, 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan*
- 5 *Professional Engineer Office “Chikyu Gakusha” 1300-21 Kurokawa, Iizuna town, Nagano, 389-1214, Japan*

Key words : Andosols (Kuroboku), Volcanic ash soil, Jomon period, AMS radiocarbon dating, Stable carbon isotope ratio

Abstract

This study examined the initiation age and formation processes of Kuroboku soils (Andosols) distributed in the Kaida Highland, Kiso Town, Nagano Prefecture, with particular emphasis on the influence of topographic factors. Soil profile descriptions, AMS radiocarbon dating, and analyses of carbon content and stable carbon isotope ratios were carried out for the soils at six sites located on different geomorphic surfaces in the Kaida Highlands. The results show that the ages of the lowermost part of the Kuroboku soils differed among sites. These differences can be attributed to variations in deposition and erosion processes related to slope and topographic position, as well as the effects of local disturbances, including human land use. In addition, differences among sites in horizon boundaries, soil structure, carbon content, and stable carbon isotope ratios suggest that the formation of Kuroboku soils was influenced by multiple processes, including continuous humus accumulation, redeposition, erosion, and anthropogenic disturbance. The basal age of the Kuroboku soil, at the oldest site, is estimated to be approximately 7.6–7.5 cal kyr BP, corresponding to the Early Jomon period. This period broadly corresponds to an increase in the number of archaeological sites in the Kiso region, suggesting that the anthropogenic land use may have contributed to the development of Kuroboku soils.

長野県の高山蝶に対するニホンジカと極端気象現象の複合リスク

須賀 丈¹・尾関雅章¹

長野県に生息する高山蝶9種は、中部山岳域の手つかずに近い自然を象徴する存在と目されてきた。しかし近年、高山の自然でもニホンジカの摂食による植生改変と気候変動による生態系への影響の可能性が懸念されている。本稿では、文献資料と現場の保全活動から得られた知見を整理し、これらの影響を総合的に評価しつつ、高山蝶の保全に向けた課題を検討した。その結果、ニホンジカによる植生被害は南アルプスと八ヶ岳の高山帯で深刻化しており、北アルプスにも拡大する可能性が高いこと、衰退の著しいタカネヒカゲ八ヶ岳亜種とミヤマシロチョウの地域個体群では、ニホンジカによる食草・吸蜜植物の減少と猛暑などの極端現象が複合的に作用している可能性があることを確認した。チョウの捕獲規制を中心とした従来の保護対策では、こうした危機要因に対応することができない。また、長期的な観測により気候変動が確認されるよりも早く、短期間に現れる極端現象が高山蝶にダメージをもたらす可能性がある。高山蝶とその食草の分布に対しニホンジカと極端現象の影響予測を重ねることで、重点的な保全サイトを選定するなど、戦略的・領域横断的に対策をすすめることが望まれる。高山蝶の生息適地が縮小する可能性のもとでの防鹿柵の設置は、高山生態系の広域的な多様性がもつ変動へのレジリエンス（緩衝機能）の効果の低下を伴う。そのため保全サイトに選定する区域の局所的なレジリエンスを精査する必要性が高まると考えられる。

キーワード：中部山岳，高山植生，ニホンジカ，極端現象，レジリエンス

1 はじめに

地球の二酸化炭素の濃度は、2024年に過去72万年を上回る水準に達したことが南極のアイスコアのデータなどから明らかにされている¹⁾。このアイスコアの期間は、氷期-間氷期サイクルが約10万年間隔で繰り返された過去80万年にほぼ重なっている²⁾。この氷期-間氷期サイクルは日本の高山生態系の形成に深く関与したと考えられている。そのため今後の気候変動は、日本の高山生態系にも前例のない影響をもたらす可能性がある。また、気候変動の進行に伴って、高温、大雨、台風などの極端気象現象（以下、極端現象）の頻度が世界的に増加しており、今後より増大するとも予測されている³⁾。

日本の高山では、気候変動の長期傾向が明瞭ではないとされている⁴⁾。世界各地の山岳生態系で近年の気候変動の影響が報告されているのに対し、国内各地の山岳生態系への影響の実態把握や緩和の対策は遅れているとの指摘もある⁵⁾。それによれば、山岳生態系は「気温、降水量、日射量、積雪パターン」によっても影響を受け、これらの要素は局所的にも異なるため、それらをカバーする観測体制と影響へ

の対策が必要とされている。

これに加える山岳生態系への影響の懸念として、近年のニホンジカ(*Cervus nippon*)の分布拡大と個体数の増加がある。これは、全国の自然公園指定地域にも生物多様性保全上の問題をもたらしており、これまでシカが分布していなかった高山帯・亜高山帯の植生にも被害が生じていると指摘されている⁶⁾。これらの被害には対策がすすめられているが、根本的な解決は見通せない状況である。

高山蝶はライチョウ(*Lagopus muta*)や高山植物とともに「氷期の生き残り」である高山の生物相のシンボルと目されてきた。「高山蝶」の用語とその語義には議論があるものの、本州に生息するものは一般的に9種が該当するとされる⁷⁾。モニタリングサイト1000高山帯調査では、高山蝶の定点観測が行われている⁸⁾。しかし、環境変動の測定や生息地へのアクセスの困難さなどから、高山蝶の生息状況の変化やその原因にはなお不明な点が多い。そのため長野県版レッドリスト(2015)⁹⁾の評価では、絶滅のおそれがあるとされた高山蝶に対して、危機の主要因として「気候変化」があげられたものはタカネヒカゲ八ヶ岳亜種(*Oeneis norna sugitanii*)

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野市北郷 2054-120



図1 タカネヒカゲ八ヶ岳亜種（上）と
ミヤマシロチョウ（下）。

（図1上）に限られ、「動物食害」があげられたものはなかった。衰退が著しいこのタカネヒカゲ八ヶ岳亜種とミヤマシロチョウ(*Aporia hippia japonia*)

（図1下）では、後述のようにその後の保全に向けた調査と取り組みの過程で、ニホンジカと猛暑などの極端現象による負の影響の可能性が示された。

このように長野県の高山蝶に対する気象の変化やニホンジカの影響は、これまで十分評価されてこなかった。本稿はこの課題に関連する知見を整理し、今後の対策の道筋を検討することを目的とする。そのため以下では、長野県の高山蝶とその保護対策の現状を概観した後、これまでに得られている長野県の生態系に対するニホンジカの影響、近年の極端現象とそれによる日本の高山生態系への影響の可能性、および衰退が指摘されている上の2種に関して近年得られた知見を整理し、高山蝶の保全に向けた今後の課題について述べる。

2 情報源と検討方法

1998年以来、筆者らは長野県の高山に生育・生息する植物や昆虫の保全に関する調査・研究や事業

に参画してきた。これには、長野県版レッドリストの作成と改訂、長野県の生物多様性ホットスポット選定のための種の分布エリアの評価、種の保存法にもとづくタカネヒカゲ八ヶ岳亜種の生息実態調査と保全事業、長野県希少野生動植物保護条例によるミヤマシロチョウ保護回復事業計画の策定と評価検証、浅間山系・八ヶ岳・美ヶ原のミヤマシロチョウの生息地と保全活動の実見及び聞き取り、ミヤマシロチョウ個体群の遺伝分析、モニタリングサイト1000高山帯調査、ヤツガタケキンボウゲ(*Ranunculus yatsugatakensis*)など絶滅のおそれのある高山植物の生育実態調査と保全事業、ニホンジカの北アルプスへの侵入実態調査などが含まれる。

本稿では、これらの事業への参画を通じて得られた知見に加え、書籍、学術文献、保全活動のニュースレター、行政資料などを参照し、高山生態系と高山蝶の概況、高山生態系に対するニホンジカと極端現象の影響、高山蝶へのこれらの影響が指摘されている具体的な事例を整理し、現行及び今後の対策の枠組みを検討した。

3 現状と課題

3.1 高山生態系と高山蝶

野生生物の固有種の分布が集中し脅威にさらされている地域を生物多様性ホットスポットとよぶ¹⁰⁾。日本はConservation Internationalが選定した世界で36地域の生物多様性ホットスポットのひとつである。国内では、維管束植物の分布の分析から、本土の山岳と離島に生物多様性ホットスポットが多いことがあきらかにされており、八ヶ岳や南アルプスの北岳がその上位にランクされている¹¹⁾。県内の絶滅のおそれのある維管束植物の分布にもとづく分析では、白馬岳、八ヶ岳、霧ヶ峰がそうした重要地域に該当する¹²⁾。長野県の高山蝶の主な分布域は、北アルプス、中央アルプス、南アルプス、八ヶ岳、浅間山系、妙高戸隠連山、中信高原であり、生物多様性の保全上重要なこれらの山域を含む。

高山帯は、高山の山頂部付近のきびしい気候条件により、高木の森林が形成されない植生帯である。一方、高山蝶は必ずしも高山帯でのみ生活する種ではなく、亜高山帯や山地帯に生息環境があり成虫が高山帯に飛来する種を含む⁷⁾。一般的に本州の高山蝶とされるのは、高山帯に生息するタカネヒカゲ、高山帯から亜高山帯のミヤマモンキチョウ(*Colias*

palaeno), ベニヒカゲ(*Erebia neriene*), クモマベニヒカゲ(*E. eumonia*), タカネキマダラセセリ(*Carterocephalus palaemon*), 亜高山帯を主な生息環境とするコヒオドシ(*Aglais urticae*), オオイチモンジ(*Limenitis populi*), ミヤマシロチョウ, クモツマキチョウ(*Anthocharis cardamines*)の9種である。それぞれ食草・食樹やその生育環境が異なっており, たとえばタカネヒカゲは稜線付近の風衝地を中心に分布し, ミヤマシロチョウは亜高山帯の疎林に主に分布する。これら9種のうち, タカネヒカゲ, ミヤマモンキチョウ, タカネキマダラセセリ, クモツマキチョウは, 分布する山域によりそれぞれが2亜種に分類されている。

翅の斑紋や色調から北アルプス亜種(*O. n. asamana*)と八ヶ岳亜種(*O. n. suginani*)に分けられているタカネヒカゲは, 分子系統分析によれば, 遺伝的に北アルプスの3集団と八ヶ岳集団の計4集団に分かれる¹³⁾。また, ミヤマモンキチョウ, タカネキマダラセセリ, コヒオドシ, オオイチモンジ, クモツマキチョウは最終氷期よりも古い数十万年前の氷期に大陸からサハリン・北海道を経て本州に移入しており, 本州の集団は大陸の集団から遺伝的に分化している。一方, ミヤマシロチョウはサハリンに分布せず, 最終氷期に朝鮮半島から本州に移入したとされる¹⁴⁾。

3. 2 高山蝶の保護対策の枠組み

中部山岳域の高山蝶のうちタカネヒカゲ八ヶ岳亜種とタカネキマダラセセリ赤石山脈亜種(南アルプス亜種)(*C. p. akaishianus*)は, 種の保存法で国内希少野生動植物種に指定されており, 捕獲が禁止されている。このうち前者では, 保護増殖事業計画による後述の事業がすすめられている。

長野県の高山蝶は, 県指定天然記念物として捕獲が禁止されている。指定対象は, 高山蝶9種とヤリガタケシジミの計10種である。ヤリガタケシジミは現在, アサマシジミ中部高地帯亜種(*Lycaeides subsolanus yarigadakeanus*)とされている。長野県希少野生動植物保護条例では, タカネヒカゲ八ヶ岳亜種とミヤマシロチョウが特別指定希少野生動植物, ミヤマモンキチョウの2亜種, タカネキマダラセセリの2亜種, クモツマキチョウの2亜種, およびオオイチモンジが指定希少野生動植物とされている。これらのうちミヤマシロチョウで保護回復事業計画が策定され, 後述の事業が行われている。

3. 3 ニホンジカの影響

南アルプスでは1990年代後半にニホンジカの高山への侵入が確認され, 過度な採食により短期間に植生景観が激変した^{15), 16)}。八ヶ岳や中信高原でも同様の事態が進行しており, これらの山域では現在, 重要な植物群落の一部が防鹿柵で保護されている(図2)。北アルプスは, 2000年代までの100年ほどニホンジカによる植生への被害を受けてこなかったと考えられている¹⁷⁾。しかし2010年代にニホンジカの侵入がはじまり, 亜高山帯・高山帯でも個体や群れが確認されている¹⁷⁾。

糞粒法による2019年と2024年の県内のニホンジカの分布密度の推定¹⁸⁾によると, 面積あたりの頭数が特に多いのは, 南アルプス, 八ヶ岳, 中信高原, 関東山地, 浅間山系とその周辺であった。また2015年から2024年にかけて, 北アルプス地域などで分布確認地点が増加した。森林下層植生の衰退度の分布も, ニホンジカの密度の分布に類似しており, 南アルプス, 八ヶ岳, 中信高原, 関東山地, 浅間山系などで植生の衰退度が大きく, シカの嗜好性草本の開花個体が見られない区域が広がっている。

さらにニホンジカには季節的に移動して無積雪期に高標高地を利用する個体が存在し, さまざまな植生タイプを利用する個体が混在することが知られている¹⁹⁾。そのため個体数が多い場合にも少数の個体が特定の場所を集中利用することで局所的に強い影響をもたらしている可能性がある。このため, 特定の食草・食樹に依存する高山蝶は, その植物の生育場所を利用するニホンジカの摂食により強いダメージを受けるリスクがある。

以上のように, 県内の高山蝶の生息域では近年, ニホンジカによる植生への摂食被害が広域で生じており, さらに拡大する傾向にある。個体数を抑制する取り組みもなされているが, 現時点では個体数の減少を見通せない。そのため高標高地に移動して摂食するニホンジカの行動習性ともあいまって, 今後さらに被害が拡大する可能性が高い。

3. 4 極端現象の影響

高山帯における気温の長期的な上昇傾向は, 富士山で観測されている⁴⁾。その変化傾向は, 夏に気温の上昇傾向が明瞭であるのに対し, 冬と春には統計的に有意な変化がないとされている。一方, 高温, 大雨などの極端現象の頻度は長野県でも増加しており, 今後さらに増加すると予測されている²⁰⁾。



図2 八ヶ岳の高山植物群落に設置された防鹿柵。

このような特定の季節や時点で生じる気象の変化も、生物の生存率に影響する可能性がある。広範な昆虫の種の研究から、低温と高温は、ともに昆虫のそれぞれの種の生活の各ステージで发育速度の低下や死亡率の増加をもたらすことが知られている²¹⁾。また、平均的な気候条件の変化と急性の熱ストレスなどの極端現象は、それぞれが高山蝶などの生物の生態や生存率に影響すると指摘されている²²⁾。

山岳生態系では、地形、雪解けの時期、土壌水分量のわずかなちがいからモザイク状の植生タイプの分布が生じており、気候変動により、それぞれの場所に生息・生育する動植物の生活環、個体群、生物群集、さらに広域の景観スケールへと影響が波及するとされている⁵⁾。大雪山では1990年代に急激な気温上昇が観測されており、5～6年ほどの期間に湿性お花畑の優占種が衰退し、ほぼ消滅した⁵⁾。このような植生変化の過程で、高山蝶は食草・食樹や吸蜜植物の生育条件の変化からも影響を受けると考えられる。中央アルプス千畳敷カールでは、ハイマツの年枝伸長量が1980年からの30年間で有意な増加傾向を示しており、年枝伸長量と前年6月、7月の月平均気温とに正の有意な相関関係があることが知られている²³⁾。こうしたハイマツの伸長で被覆されると、高山の草本や匍匐性低木は生育場所を狭めることになる。

定点カメラの撮影画像によると、2016年に中央アルプス駒ヶ岳付近のカールでは、残雪が例年よりもかなり少なかった。こうした積雪量の年変化は、融雪期の変化により、多雪環境に生育する高山植物の生育期間の長さやフェノロジー（生物季節）の進行に影響を及ぼす²⁴⁾。これに対して昆虫類のフェノロジーは、経験則として気温の積算値の影響を受ける²¹⁾。そのため昆虫と多雪環境に生育するその食草や吸蜜植物のフェノロジーのあいだには、気温

と残雪量の差によるずれが生じる可能性がある。

昆虫は変温動物であるため環境の温度変化に極めて敏感であり、その変化が許容範囲を超える場合、生き残るにはその場所で適応進化するか、生存できる他の場所に移動するかのどちらかが必要とされている²¹⁾、²²⁾。生物は、気候変動により生息適地の分布が変わると、新しい生息適地に移動する可能性がある。その可能性は、環境の地理的・地形的な条件と各生物の移動能力の制約を受ける。高山蝶はその存続に食草・食樹とする高山帯・亜高山帯の植物が欠かせないため、後者の条件つまり移動能力も、そうした植物の移動能力の制約を受ける。

気候変動の高山植生への影響を通じた動物の生息範囲への影響予測は、北アルプス中南部を対象区域としたライチョウの研究で示されている²⁰⁾。それによると、ライチョウの生息適地は、高山植物群落の分布の影響を受けること、今後の温室効果ガスの増加によりそうした生息適地が激減する可能性があることがあきらかにされている。植物の生育可能域の変化からこのような影響を受ける可能性を、高山蝶の保全対策でも考慮する必要がある。

3.5 高山蝶への具体的な影響の事例

3.5.1 タカネヒカゲ八ヶ岳亜種

タカネヒカゲ八ヶ岳亜種（図1上）は、環境省レッドリスト(2020)で絶滅危惧IA類(CR)、長野県版レッドリスト(2015)で絶滅危惧IB類(EN)とされている。後者で絶滅危惧の主要因とされたのは、「乱獲密猟」、「産地局限」、「気候変化」であった⁹⁾。

種の保存法による保護増殖事業計画が2023年に策定され、2024年から同事業が実施されている。生息を脅かす要因として、ニホンジカによる食草のスケ類(*Carex* spp.)と吸蜜植物の食害、ハイマツ群落の拡大による好適な生息環境の縮小、「違法捕獲」などが考えられており、ハイマツの拡大には気候変動の影響の可能性が指摘されている²⁵⁾。これらの要因により、本亜種の生息地や個体数は近年急速に減少しているとされている。これらの動向と要因を受けて、保護増殖事業では、違法捕獲の監視、防鹿柵の設置、拡大したハイマツの剪定試験、飼育箱による幼虫の保護飼育、生息域外保全技術の開発が行われている²⁵⁾。

このように本亜種では、本州の高山蝶で唯一、ニホンジカと気候変動の影響を考慮した対策が公的に行われている。ただし残存する生息地がすでに狭小

なため、このエリアに予期しない環境変動が生じた場合、それが局所的なものであっても、深刻な打撃となるリスクがある。このことへの対策としては、生息域外保全技術の確立とともに、近隣のかつての生息地などに再導入エリアを確保し、残存する生息地と同様の対策を行って、極端現象などの環境変動によるリスクを分散することが考えられる。

3.5.2 ミヤマシロチョウ

ミヤマシロチョウ（図 1 下）は、長野県版レッドリスト(2015)で絶滅危惧 IB 類(EN)とされている。絶滅危惧の主要因とされたのは、「自然遷移」、「管理停止（草地）」、「乱獲密猟」であった⁹⁾。希少野生動植物保護条例にもとづき 2009 年度に本種の保護回復事業計画が策定されており²⁶⁾、2018 年度にその評価検証が行われた²⁷⁾。

ミヤマシロチョウはかつて北アルプスにも生息したが、保護回復事業計画の時点では浅間山系、八ヶ岳山麓、美ヶ原、南アルプスなどに生息し、食樹（ヒロハノヘビノボラス *Berberis amurensis*、メギ *Berberis thunbergii*）の伐採、周辺の高木による食樹の被覆、違法な採集、寄生蜂などが絶滅危惧の要因とされた。八ヶ岳山麓と浅間山系で保全団体が設立され、両地域で生息状況のモニタリング、監視活動、普及啓発活動が行われた。また生息環境の狭小さや高木による被覆の度合いなどからより危機的と目された八ヶ岳山麓では、刈払いによる環境整備、袋掛けによる幼虫保護、吸蜜植物の移植や挿し木が併せて行われた。

モニタリングの結果によればどの生息地でも個体数の年次変動が大きく、八ヶ岳山麓では 2019 年の確認以後、成虫が観察されない状況に至った。これに影響をもたらした要因として、2010 年 2 月の雨水による多くの越冬巣の死滅、産卵が生じる標高の上昇とその上限への到達、吸蜜植物の慢性的な不足などが、現地での観察から指摘されている²⁸⁾。雨水と産卵する標高の上昇には気候変動、吸蜜植物の不足にはニホンジカによる採食の影響の可能性が指摘されている²⁸⁾。相対的に安定していると目されてきた浅間山系でも、危機的な水準まで越冬巣の減少が生じており、その原因として 2025 年夏の猛暑により卵や幼虫の死滅が増加した可能性が指摘されている²⁹⁾。この夏の猛暑は、地球温暖化の影響がなければほぼ発生し得ないレベルのものであったことが示されている³⁰⁾。

なお、ミヤマシロチョウでは 2018 年の評価検証にもとづき残存個体群の遺伝分析が行われている。それによると浅間山系・八ヶ岳・南アルプスの間の遺伝的差異はごく小さく、地域間をまたぐ再導入は可能である³¹⁾。しかし、指摘されている上述のような要因が改善されなければ、再導入に個体数回復の効果は期待できない。

4 今後の対策に向けて

利用できる情報に即して判断する限り、ニホンジカによる植生被害や気象の極端現象に対して高山蝶は脆弱な性質をもっている。チョウは食草・食樹や吸蜜植物に生存を依存し、卵から成虫になり交尾、産卵するまでの各ステージに多様な死亡要因が作用する。タカネヒカゲ八ヶ岳亜種とミヤマシロチョウは、ニホンジカの影響を受けている可能性が高く、縮小したミヤマシロチョウの 2 つの個体群では、極端現象が深刻な衰退要因となった可能性が指摘されている。

ニホンジカと極端現象は、高山蝶に対する複合的なリスクとなりうるため、この観点を踏まえた保全の枠組みが望まれる。山岳生態系では、環境条件のちがいによりモザイク状に植生が分布する。高山蝶が依存する植物もその分布を反映し、ニホンジカと気象現象の打撃がこれに加わる。主にチョウの捕獲規制による現行の保護対策ではこの状況に対応できない。そのためより戦略的・領域横断的な対応が望まれる。具体的には、ニホンジカの分布変化や気象現象の変化の予測とモニタリングの精度を高め、高山蝶の分布を広域的に重ね合わせるなどにより、重点的な保全サイトを設定することが考えられる。ニホンジカによる植生被害のモニタリングでは、登山者からのスマートフォンなどの利用を通じた情報収集が考えられる。これにはライチョウの生息情報の収集などの先行事例が参考になるであろう。

防鹿柵などにより狭域での対策を行う場合、環境の多様性をもつ変動へのレジリエンス（緩衝機能）に期待できる度合いが小さくなるため、保全サイトの局所的なレジリエンスを高精度の観測などで精査し、極端現象などのダメージを回避することの重要性が高まる。高山生態系では融雪期などの条件の連続的な組み合わせにより多様な立地が成立するため、一定の広がり下では、これが環境変動への長期的なレジリエンスをもたらしてきた可能性がある。し

かしライチョウの研究²⁰⁾が示唆するように気候変動で高山蝶の生息適地が縮小する可能性があり、さらに防鹿柵で保全サイトを固定する場合、その場所や近隣の候補地の立地条件が環境変動の影響をどの程度吸収できるかの検討が重要となるはずである。そのような研究と対策の進展が期待される。

謝 辞

タカネヒカゲハケ岳亜種保護増殖事業計画、ミヤマシロチョウ保護回復事業計画とこれらに関する調査に参画した過程で、矢後勝也博士、田下昌志博士、福本匡志氏、花岡敏道氏、福田勝男氏、茅野ミヤマシロチョウの会、浅間山系ミヤマシロチョウの会、特定非営利活動法人日本チョウ類保全協会、環境省信越自然環境事務所、長野県環境部自然保護課、ほか関係の諸氏に深いご教示とご協力を受けました。高山植物等保護対策協議会中信地区協議会のご依頼により、高山の生態系の変化と高山蝶について講演したことが、本稿の内容を検討するきっかけとなりました。これらの方々に深謝いたします。

文 献

- 1) 東久美子 (2025) 南極のアイスコアから見る過去の気候変動. 環境情報科学 54 (3): 21-27.
- 2) 佐野貴司・矢部淳・齋藤めぐみ (2022) 日本の気候変動 5000 万年史. 講談社.
- 3) 佐藤正樹 (2022) 極端気象現象の気候変化. 学術の動向 2022 (1): 81-84.
- 4) 鈴木啓助 (2024) 中部山岳地域における近年の気温変動. 市立大町山岳博物館研究紀要 9: 1-8.
- 5) 工藤岳 (2014) 気候変動下での山岳生態系のモニタリングの意義とその方向性. 地球環境 19 (1): 3-11.
- 6) 濱崎信一郎・小泉透・山内貴義 (2011) 生物多様性保全に向けたニホンジカの個体数管理. 哺乳類科学 51 (1): 181-185.
- 7) 堀勝彦 (1993) 高山チョウ 可憐な生きものの記録. 信濃毎日新聞社
- 8) 環境省・自然環境研究センター (2024) モニタリングサイト1000高山帯調査 2008-2022年度とりまとめ報告書.
- 9) 長野県 (2015) 長野県版レッドリスト 動物編.
- 10) Conservation International. What Are Biodiversity Hotspots? : <https://www.conservation.org/learning/biodiversity-hotspots> (2025年12月19日閲覧)
- 11) 国立科学博物館. 日本の生物多様性ホットスポットの構造に関する研究 : https://www.kahaku.go.jp/research/activities/project/hotspot_japan/ (2025年12月19日閲覧)
- 12) 長野県 (2014) 長野県版レッドリスト 植物編.
- 13) 宇佐美真一・西尾信哉 (2024) 高山蝶タカネヒカゲの分子系統：ハケ岳亜種の保全に関連して. 昆虫と自然. 59(14): 13-17.
- 14) 中谷貴壽・上田昇平・西尾信哉・宇佐美真一 (2024) 高山蝶6種の系統と進化について. 昆虫と自然. 59(14): 7-12.
- 15) 増沢武弘 (2008) 南アルプス お花畑と氷河地形. 静岡新聞社.
- 16) Nagaike T. (2012) Effects of browsing by sika deer (*Cervus nippon*) on subalpine vegetation at Mt. Kita, central Japan. Ecological Research 72 (2): 467-473.
- 17) 黒江美紗子・堀田昌伸・陸斉・尾関雅章 (2023) 後立山連峰山地帯北アルプス北部におけるニホンジカの定着過程～小谷村大池林道での生息密度と個体構成の変化～. 長野県環境保全研究所研究報告 19: 1-7.
- 18) 長野県 (2026) 第二種特定鳥獣管理計画(第6期ニホンジカ管理) (本文・資料編).
- 19) 泉山茂之・望月敬史 (2008) 南アルプス北部の亜高山帯に生息するニホンジカ (*Cervus nippon*) の季節的環境利用. 信州大学農学部AFC報告 6: 25-32.
- 20) 信州気候変動適応センター (2020) 長野県の気候変動とその影響.
- 21) 桐谷圭治 (2010) 昆虫の温度反応と分布域の変化. 植物防疫 64 (7): 419-424.
- 22) Buckley, L. B. and Kingsolver, J. G. (2012) The demographic impacts of shifts in climate means and extremes on alpine butterflies. Functional Ecology 26: 969-977.
- 23) 尾関雅章・浜田崇・飯島慈裕 (2011) 中央アルプス千畳敷におけるハイマツの年枝伸長量. 長野県環境保全研究所研究報告 7: 39-42.
- 24) 環境省・自然環境研究センター (2020) モニタリングサイト1000高山帯調査 2008-2017年度

- とりまとめ報告書.
- 25) 環境省信越自然環境事務所. タカネヒカゲハケ
岳亜種 保護増殖事業 : <https://chubu.env.go.jp/shinetsu/wildlife/yatsutakane/index.html>
(2025年12月19日閲覧)
- 26) 長野県 (2009) ミヤマシロチョウ保護回復事業
計画.
- 27) 長野県 (2018) 保護回復事業計画評価検証シー
ト [保護回復事業計画対象種名 ミヤマシロチョウ].
- 28) 茅野ミヤマシロチョウの会 (2023) 茅野ミヤマ
シロチョウの会15年史 深山の妖精 ミヤマシロ
チョウ.
- 29) 浅間山系ミヤマシロチョウの会 (2025) 会報 深
山白 29: 1-2.
- 30) 極端気象アトリビューションセンター. 2025年
7月下旬の記録的高温「地球温暖化の影響が
なければ発生しなかったレベル」 : <https://weatherattributioncenter.jp/analyses/extreme-heat-july2025/> (2026年3月12日閲覧)
- 31) Nakahama, N., Hanaoka, T., Itoh, T.,
Kishimoto, T., Ohwaki, A., Matsuo, A.,
Kitahara, M., Usami, S., Suyama, Y., and Suka, T. (2022)
Identification of source populations for
reintroduction in extinct populations based
on genome-wide SNPs and mtDNA
sequence: a case study of the endangered
subalpine grassland butterfly *Aporia hippia*
(Lepidoptera; Pieridae) in Japan. Journal of
Insect Conservation 26: 121-130.

Compound risk from deer damage and extreme weather events on alpine butterflies in Nagano Prefecture

Takeshi SUKA¹, Masaaki OZEKI¹

¹ Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation
Research Institute, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan

Key words : Japan Alps, alpine vegetation, sika deer, *Cervus nippon*, extreme event,
resilience

Abstract

Alpine butterflies in Nagano Prefecture, comprising nine species, have been regarded as symbols of the pristine nature of the Central Mountain region of Japan. However, in recent years, alpine ecosystems have been increasingly affected by vegetation loss due to grazing by sika deer, along with rising concern about changes in meteorological conditions. To assess current situations and conservation challenges, we compiled knowledge from the literature and field-based conservation activities. Vegetation damage by sika deer has intensified in the alpine zones of the Southern Alps and Yatsugatake and is expanding regionally, while deer intrusion has also been confirmed in the Northern Alps. In declining populations of the *Erebia takane suginanii* and the *Aporia hippia japonia* butterflies, both deer grazing and short-term weather events such as extreme heat, are considered likely contributing factors. Conventional measures based on restrictions of collection are insufficient to address these risks. Short-term extreme events can alter habitat suitability before long-term climate trends become detectable. Conservation must therefore integrate the effects of deer and changing meteorological conditions to identify priority sites. As habitats shrink, local interventions such as deer fencing may compromise ecosystem resilience, making site-specific evaluation of resilience increasingly critical.

黒ボク土層と微粒炭からみた日本の人為的火災史と植生変遷

浦山佳恵¹

キーワード：半自然草地，縄文時代，植物珪酸体，火入れ

1 はじめに

過去約 100 万年間の気候は、寒冷な氷期（約 9 万年間）と温暖な間氷期（約 1 万年間）が約 10 万年周期で繰り返されてきた¹⁾。現在は約 1.17 万年前から続く間氷期にあたり、直前の氷期（約 7 万～1.17 万年前）は最終氷期と言われる。人類は約 4 万年前の最終氷期に日本列島に到達し、約 1.5 万年前から土器を利用するようになり、約 1.17 万年前以降に活動が活発化した。日本の考古学的時代区分では、約 1.5 万年前を境に旧石器時代から縄文時代へと移行し、地質学的には約 1.17 万年前以前を更新世、それ以降を完新世と区分する。

約 1 万年前から続く日本の温暖で湿潤な気候下では、高山帯や風衝地を除くほとんどの場所で植生は何らかの攪乱がない限り森林へと遷移する。そのような環境下において、近世以降の村落周辺は肥料や秣、屋根材となるカヤの採取を目的とした採草地や放牧地等に利用され、多くの草地が広がっていた²⁾。しかし、戦後に野草利用が急速に減少し、草地面積が縮小すると、草原性の昆虫や草本植物の中には個体数を著しく減らす種が現れた³⁾。現在でもまとまった草地が残る阿蘇外輪山や霧ヶ峰高原等は、多くの希少種が生息・生育する生物多様性保全上重要な場所となり³⁾、行政や大学、市民団体などにより草刈り等の保全活動が行われるようになった⁴⁾。

日本の草原性の希少種の多くは、自然草原が広がっていた氷期に大陸から渡ってきた大陸系遺存種で、約 1 万年前以降温暖化し、森林化がすすむなか、人が維持した草地がそれらのレフュジアとして機能してきたと考えられている^{3),5)}。そうだとすれば、草原性の希少種は、約 1 万年前以降、人によって維持された草地に大きく依存して存続してきたことになるが、人がいつから何を目的に草地維持活動を行ってきたかは十分に解明されていない。

近年、先史時代以降の草地の歴史を把握する手がかりとして、日本の土壌の一つである黒ボク土（黒

色土）が注目されている^{3),6),7)}。黒ボク土は多量の有機物を含む黒色の土壌で、その厚さは 1 m を越えることもある。主に火山山麓に分布し、国土の約 17% を占める⁸⁾。黒ボク土層は、火山灰等テフラ物質を母材として、湿潤かつ温暖な気候と草原的植生下で生成されてきたと考えられている⁹⁾。これまで各地の黒ボク土層に含まれる植物珪酸体⁹⁾やヒューミン¹⁰⁾が分析されてきた結果、黒ボク土に含まれる有機物の多くが草本植物起源であることが明らかになった。また、黒ボク土には植物の燃焼によって生成される A 型腐植酸が含まれることや、微粒炭と呼ばれる細かな炭が多量に含まれることが明らかになり、多くの場合、黒ボク土は火によって維持された草原的植生下で生成されてきたと考えられるようになった⁸⁾。完新世以降の日本の湿潤な気候下では自然発火が継続的に起こることは考えにくいことから、こうした火災は主に人為によるものと考えられている。そして、各地の黒ボク土層およびそれに含まれる植生珪酸体の産状から植生史^{9),11)~13)}が、また、黒ボク土層の産状から草地の歴史^{10),14)~17)}が推察されてきた。

一方、火山が少なく、黒ボク土の分布が少ない西日本では、草地を維持した要因のひとつと考えられる林野火災の履歴が、湖沼堆積物や陸上の土壌に含まれる微粒炭を分析することで復元されてきた^{18)~22)}。近年では、保全活動が行われている草地の成立および維持の過程を明らかにする目的で、草地下の土壌を対象に微粒炭や植物珪酸体が分析されるようになった^{23)~33)}。微粒炭は全国各地の湿地堆積物を対象にした花粉分析でも検出されてきた^{34)~38)}。湖沼や湿地の堆積物に含まれる微粒炭は集水域の火災を¹⁸⁾、陸上土壌に含まれる微粒炭はより近傍の火災をそれぞれ反映し²²⁾、完新世以降の微粒炭の増加は主に人為的火災に起因すると考えられている^{10),18),21)}。

それでは、こうした土壌調査から、先史時代以降日本の草地はどのように変遷してきたと考えられるのだろうか。本稿では、黒ボク土層および微粒炭に

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野県長野市北郷 2054-120

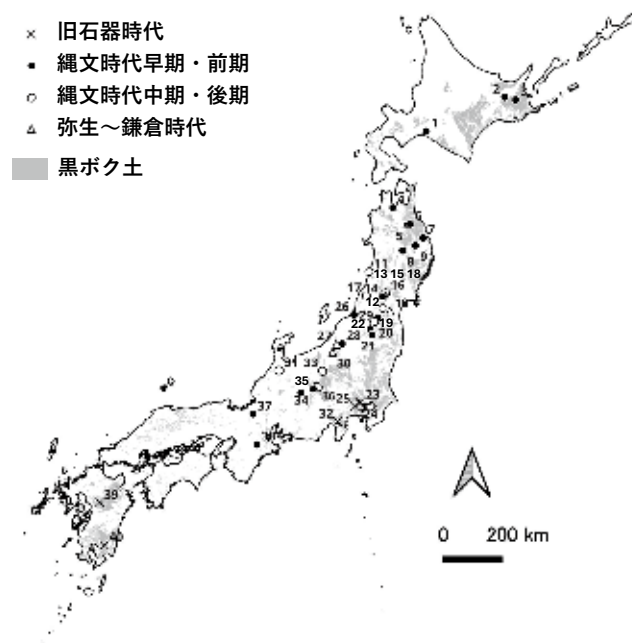


図1 各地の黒ボク土層の生成開始期

数字は附表1に対応する。黒ボク土の分布は国土数値情報50万分の1土地分類基本調査（GISデータ）による。

関する既往研究を整理し、日本における草地維持活動の開始とそれに伴う草地景観の形成を概観することを目的とする。具体的には、各地の黒ボク土層の生成開始期と産状から、人為的火災の発生開始時期と完新世以降の草地の継続性を検討する。さらに、黒ボク土層と植物珪酸体の産状が分析された地点における植生変遷を基に、黒ボク土分布域での人為的火災の発生に伴う植生変化を把握する。加えて、微粒炭の増加期に着目し、主として非黒ボク土分布域における人為的火災の発生開始時期とそれに伴う植生変化について検討する。これらの結果から、完新世初頭から草地が継続的に維持されてきた可能性のある地域を示すとともに、今後の研究課題を論じる。

2 黒ボク土層からみた人為的火災の発生開始時期

黒ボク土層の生成開始期に関する既往研究を整理した結果、これまでに40か所で黒ボク土層の産状が分析されており、その分布は東日本に多い（図1、附表1）。旧石器時代にあたる約3万～2.3万年前から黒ボク土層が生成されていたと推察される場所は、東京都高井戸（図1-23）、東京都野川（図1-24）、神奈川県古淵B遺跡（図1-25）、静岡県愛鷹山麓（図1-32）、熊本県高尾野（図1-39）、宮崎県大岩

田町（図1-40）の6か所であった。このうち高尾野は阿蘇外輪山に位置する。これらの地域は最終氷期においても比較的温暖であり、人間活動の開始とともに黒ボク土が生成されたと考えられている^{9),11)}。また、黒ボク土層が縄文早期（約1.15万～7000年前）あるいは縄文前期（約7000～5500年前）から生成されていたと推察される場所は20か所、縄文中期（約5500～4400年前）または縄文後期（約4400～3300年前）から生成されていたと推察される場所は11か所であり、これらの結果は東日本では完新世の始まりに伴い草地的環境が拡大したことを示唆している。黒ボク土層が弥生～平安時代（3300年前頃～1184年）にかけて生成されていたと推察される場所は3か所であり、これらは農耕や牧畜等により新しい人為的な影響を反映している可能性がある。

以上の結果は、関東・東海・九州地方では約3万年前から、東日本では完新世前半に、草地維持活動が広範囲で開始されたことを示唆する。

3 黒ボク土層からみた人為的火災と植生変化

黒ボク土層と植物珪酸体の産状が分析された既往研究を整理したところ、北海道源武（図1-1）、美

留和 (図 1-2), 計根別 (図 1-3), 青森県三内丸山遺跡 (図 1-4), 古屋敷 (図 1-5), 岩手県小岩井 (図 1-8), 静岡県愛鷹山麓 (図 1-32) および長野県広原遺跡 (図 1-36) の 8 地点において黒ボク土層と植物珪酸体の産状が調べられていた (附図 1)。このうち, 三内丸山遺跡および広原遺跡では近隣で花粉分析が行われていた。源武, 愛鷹山麓, 広原遺跡では約 4~3 万年前以降の土壌試料が, 計根別, 三内丸山遺跡では縄文草創期以降の土壌試料が, 美留和, 古屋敷, 小岩井では縄文早期以降の土壌試料がそれぞれ分析されている。前述したように, 愛鷹山麓では約 3 万年前から黒ボク土層の生成が認められるのに対し, それ以外の場所では縄文早期・前期以降に黒ボク土層が生成していた。また, 源武, 美留和, 計根別, 古屋敷, 小岩井, 広原遺跡では黒ボク土層が縄文早期・前期の層から地表まで継続的に堆積している一方, 三内丸山遺跡および愛鷹山麓では縄文早期・前期の層から地表までの間に褐色森林土層が 1 枚あるいは複数枚堆積していた。

植物珪酸体と花粉分析の結果に基づき, 各地の植生変遷は以下のように推察されている。源武, 美留和, 計根別では旧石器時代にはイチゴツナギ亜科と針葉樹が混在する草原が成立していたが, 縄文早期以降になるとイチゴツナギ亜科とササ属を主体とした草原に変化した⁹⁾。三内丸山遺跡では縄文草創期以降, タケ亜科 (ササ属) を林床に伴うコナラ亜属を主とする落葉広葉樹林が成立していたが, 6000 年前頃になると非タケ亜科による疎林に変化した¹²⁾。古屋敷では 1 万年前頃からススキなどキビ亜科とササが混生する草原が成立し⁹⁾, 小岩井では同時期以降ススキなどキビ亜科が優勢な草原が成立した⁹⁾。愛鷹山麓では約 3 万年前以降メダケ属 (ネザサ類) が優占する草原が成立した⁹⁾。広原遺跡では約 3 万年前以降, 被植がまばらな裸地的環境が広がっていたが, 約 1 万年前以降になると, ササ属を優勢とし, キビ亜科 (ススキ属) やイチゴツナギ亜科 (ノガリヤス属など) が混在する疎林へと変化した¹³⁾。

これらの結果は, 最終氷期の東日本には針葉樹が混在する草原や落葉広葉樹林が分布していたが, 草地維持活動の開始に伴い, 関東・東海地方等ではネザサ草地が成立し, それ以外の地域ではキビ亜科, ササ属, イチゴツナギ亜科から構成される草地あるいは疎林に変化したことを示している。また, 東日本の黒ボク土分布域には, 完新世初頭以降継続して

維持されてきた草地が存在する可能性があることが示唆される。

4 微粒炭からみた人為的火災の発生開始時期

微粒炭分析を行った既往研究を整理したところ, 黒ボク土の分布が少ない西日本を中心に 27 か所で微粒炭分析が実施されていた。その内訳は, 湖底堆積物を対象にした地点が 3 か所, 湿地堆積物を対象にした地点が 8 か所, 陸上土壌を対象にした地点が 16 か所であった (図 2, 附表 2)。陸上土壌を対象にした 16 か所のうち 12 か所は現在保全活動が行われている草地であった。

湖底堆積物についてみると, 琵琶湖 (図 2-1) では約 13 万年前以降の堆積物が, 琵琶湖の内湖のひとつ曾根沼 (図 2-2) では約 3 万年前以降の堆積物が, また京都盆地の深泥池 (図 2-3) では 1.3 万年前以降の堆積物が分析されており, いずれも縄文早期以降の層準から微粒炭の増加が認められている。一方, 湿地堆積物についてみると, 千葉県五駄沼谷 (図 2-4) では約 2.6 万年前以降の堆積物に微粒炭が多く含まれていた。また, 神奈川県王子ノ台 (図 2-5), 長野県逆谷地湿原 (図 2-6), 兵庫県八丁平 (図 2-7), 島根県沼原湿原 (図 2-8), 宇生賀湿原 (図 2-9), 高知県具同低湿地 (図 2-10), 熊本県千町無田 (図 2-11) では, いずれも縄文早期から前期の層準以降で微粒炭の増加が確認されている。

陸上土壌を対象とした分析結果をみると, 縄文早期から前期の層準以降に微粒炭の増加が認められる地点として, 青森県三内丸山遺跡 (図 2-12), 大矢沢野田遺跡 (図 2-13), 長野県広原遺跡 (図 2-16), 滋賀県新旭町 (図 2-17), 熊本県大観峰 (図 2-24), 狩尾 (図 2-25) があげられる。一方, 縄文中期から後期の層準以降に微粒炭が増加している地点には, 長野県霧ヶ峰高原 (図 2-15), 熊本県波野 (図 2-26), 河原第三遺跡 (図 2-27) が含まれる。これらのうち, 大観峰, 狩尾, 波野, 河原第三遺跡は阿蘇外輪山に位置する。さらに, 弥生時代から江戸時代にかけての層準で微粒炭の増加が認められる地点として, 神奈川県仙石原 (図 2-14), 兵庫県神鍋高原 (図 2-18), 砥峰高原 (図 2-19), 奈良県曽爾高原 (図 2-20), 和歌山県生石高原 (図 2-21), 山口県大シブリドリーネ (図 2-22), 真名ヶ岳ドリーネ (図 2-23) があげられる。

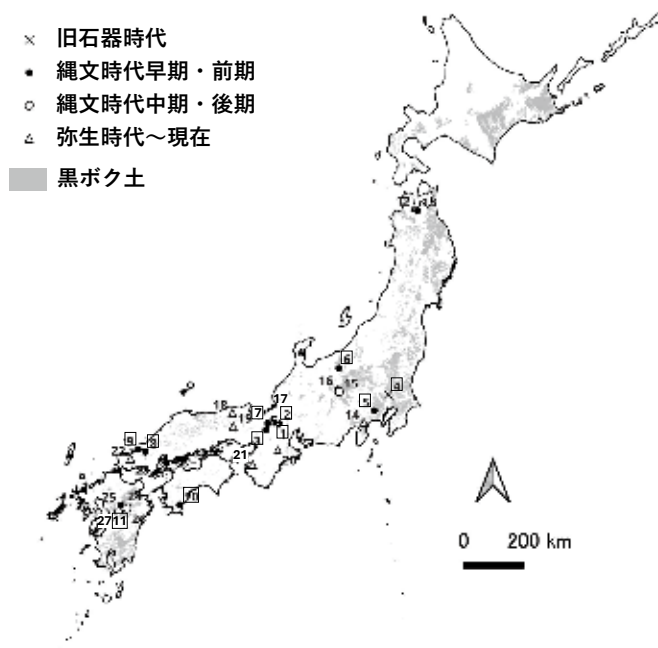


図2 各地の微粒炭の増加期

数字は附表2に対応する。□は湖沼や湿地を示す。

黒ボク土の分布は国土数値情報 50 万分の 1 土地分類基本調査 (GIS データ) による。

これらの結果は、西日本においても完新世初頭以降、広い範囲で人為的火災が発生し、琵琶湖西岸、阿蘇外輪山など完新世前半での人為的火災の発生が確認できる地点もあったが、東日本に比較するとその分布規模は限られ、弥生時代以降に草地維持活動が広がったことを示唆する。

5 微粒炭からみた人為的火災と植生変化

それでは、陸上の土壌で微粒炭が分析された地点では人為的火災の開始に伴い植生はどのように変化してきたと考えられているのだろうか。微粒炭と植物珪酸体の分析を行った既往研究を整理したところ、仙石原、神鍋高原、砥峰高原、曽爾高原、生石高原、大シブドリネ、真名ヶ岳ドリネ、狩尾、波野、河原第三遺跡の 10 か所で両者の分析が行われていた (附図 2)。このうち砥峰高原、曽爾高原、阿蘇外輪山では近隣で花粉分析も行われていた。これらの研究結果から、各地の植生変遷とその要因について以下のように推察されている。仙石原では、800 年前頃までに火入れを伴う人為的影響を受けるようになり、ネザサ節が優占する疎林からススキ属が卓越する疎林へと変化した²⁸⁾。神鍋高原では、約 1 万

～8000 年前には林床にササ属を伴う森林が成立していたが、約 8000 年前以降に火災が発生するようになり、メダケ属が優占する疎林へと移行し、さらに約 2000 年前以降には現在のような火入れが行われ、ススキ草原が形成・維持されている³⁰⁾。砥峰高原では、約 5000 年前には林床にササ属を伴う冷温帯落葉広葉樹林が成立していたが、1500 年前頃以降に火入れが行われるようになり、次第にススキが優占する疎林へと変化した³⁰⁾。曽爾高原では、約 7000 年前には林床にメダケ属やササ属を伴う暖温帯性の針広混交林が成立していたが、約 1000 年前以降、火入れが定期的に行われるようになり、ススキ原が成立し、現在まで維持されてきた³⁰⁾。生石高原では、2000 年前頃にはススキ属やメダケ属を伴う疎林であったが、900～400 年前頃にかけて主に刈取りによりススキ草原へと推移した³¹⁾。大シブドリネでは、林床にササ属が生育する森林が存在していたが、300 年前頃以降、火災など人為的攪乱の影響により、ススキ属、ネザサ節、シバ属などからなる草原が形成された²⁹⁾。真名ヶ岳ドリネでは、2000 年前頃には林床にササ属を伴う暖温帯性の針広混交林が成立していたが、7 世紀半ば以降に刈取りと低頻度の火入れが行われるようにな

り、ススキ属やネザサ節が優占する疎林が拡大した³²⁾。狩尾では1万3000年前頃にはササ属が優占する疎林が成立していたが、7300年前頃の喜界アカホヤ火山灰の降灰前から火災が増加し、メダケ属が優占する疎林へと変化した²⁷⁾。波野では3万年前頃以降、寒冷でササ属が優占する疎林が成立していたが、1万3000年前頃の大量の火山灰の降灰以降に火災が増加し、ススキ属が優占する疎林へと変化した²⁷⁾。河原第三遺跡でも約3万年前以降は寒冷でササ属が優占する疎林であったが、アカホヤ火山灰の降灰後に火災が増加し、ネザサ節を含むメダケ属が優占する疎林へと変化した²⁷⁾。

これらの結果は、西日本でも最終氷期には寒冷で疎林が広がっていたが、完新世以降に森林化が進行し、草地維持活動が開始された地域から、メダケ属（ネザサ節）、ススキ属、シバ属が生育する草地あるいは疎林が形成されてきたことを示している。また、先史時代の草地の維持要因としては、火災の他に火山灰の降灰が影響した可能性も指摘される。さらに、西日本でも阿蘇のように、完新世初頭から継続して維持されてきた草地が存在する可能性が示唆される。

6 まとめ

以上から、日本における草地維持活動の開始とそれに伴う草地景観の成立は以下のように整理される。最終氷期の日本列島には針葉樹や落葉広葉樹が混在する自然草原が多い環境が広がっていたが、約3万年前から東海・関東地方では草地維持活動が始まり、ネザサ節を主体とする草地が拡大した。完新世前半になると、東日本では広範囲に草地維持活動が始まり、キビ亜科、ササ属、イチゴツナギ亜科から構成される草地が拡大した。西日本でも完新世以降に草地維持活動が始まったが、その分布規模は東日本に比べ小さく、弥生時代以降に草地維持活動が始まった場所が多かった。西日本で草地維持活動が行われた地域ではネザサ節、ススキ属、シバ属を主体とする草地が形成された。このような地域差を踏まえると、完新世初頭から近年まで維持されてきた草地は東日本に多い可能性がある。草地は疎林として維持される場合も多かったが、時代とともに火入れや刈取り頻度が高まるにつれて、ススキ属が優占する草地へと遷移した。

ところで、黒ボク土層および微粒炭から推察され

る草地維持活動の開始期は、三内丸山遺跡、霧ヶ峰高原、広原遺跡、滋賀県新旭町では一致しているものの、阿蘇外輪山では両者の推定時期が異なっている。阿蘇外輪山では、黒ボク土層の産状からは約3万年前から草地維持活動が始まった可能性が示唆される一方、微粒炭および植物珪酸体の分析結果からは約1万年前以降に草地維持活動が始まったと考えられている。こうした相違はこの分野の研究がなお発展途上にあることを示すものであり、今後はこうした相違が生じる要因について検討を進める必要がある。また、今後黒ボク土分布域における草地の歴史をより精確に解明するためには、黒ボク土層の産状の把握に加え、微粒炭および植物珪酸体の分析を併用し、草地維持活動の開始期とそれに伴う植生変化を多角的に検証する必要がある。

文 献

- 1) 中川 毅 (2017) 『人類と気候の10万年史 過去に何が起きたのか、これから何が起こるのか』講談社、218pp.
- 2) 水本邦彦 (2003) 『草山の語る近世』山川出版社、99pp.
- 3) 須賀 丈・丑丸敦史・田中洋之 (2011) 日本列島における草原の歴史と草原の植物相・昆虫相。湯本貴和編、佐藤宏之・飯沼賢司責任編集『シリーズ 日本列島の三万五千年一人と自然の環境史』文一総合出版：101-122.
- 4) 高橋佳孝 (2011) 草原利用の歴史・文化とその再構築。野田公夫・守山 弘・高橋佳孝・九鬼康彰『里山・遊休農地を生かす 新しい共同＝コモンズ形成の場』農文協：131-266.
- 5) 村田 源 (1988) 日本の植物相－その成り立ちを考える－⑦ 大陸要素の分布と植生帯。日本の生物2：22-25.
- 6) 湯本貴和・須賀 丈編 (2011) 『信州の草原 その歴史をさぐる』ほおずき書籍、175pp.
- 7) 須賀 丈・岡本 透・丑丸敦史 (2019) 『草地と日本人【増補版】－縄文人からつづく草地利用と生態系－』築地書館、280pp.
- 8) 岡本 透 (2011) 土壌に残された野火の歴史。湯本貴和・須賀 丈編『信州の草原 その歴史をさぐる』ほおずき書籍：23-46.
- 9) 細野 衛・佐瀬 隆 (2015) 黒ボク土層の生成史：人為生態系の観点からの試論。第四紀

- 研究 54(5) : 323-339.
- 10) 山野井 徹 (1996) 黒土の成因に関する地質学的検討. 地質学雑誌 102(6) : 526-544.
 - 11) 佐瀬 隆・加藤芳朗・細野 衛・青木久美子・渡邊眞紀子 (2006) 愛鷹山南麓域における黒ボク土層生成史ー最終氷期以降における黒ボク土層生成開始時期の解説ー. 地球科学 60 : 147-163.
 - 12) 佐瀬 隆・細野 衛・高地セリア好美 (2008) 三内丸山遺跡の土壌生成履歴ー植生環境. 人の活動および黒ボク土層の関係. 植生史研究 16(2) : 37-47.
 - 13) 佐瀬 隆・細野 衛 (2018) 長野県中部高地, 広原湿原周辺域に分布する黒ボク土層の意味. 資源環境と人類 8 : 17-30.
 - 14) 井上 弦・米山忠克・杉山真二・岡田英樹・長友由隆 (2001) 都城盆地の累積性黒ボク土における炭素・窒素安定同位体自然存在比の変遷ー植物珪酸体による植生変遷との対応ー. 第四紀研究 40(4) : 307-318.
 - 15) 岡本 透 (2005) 土壌と土地利用ー黒色土の由来ー. 大住克博他編『森の生態史ー北上山地の景観とその成り立ち』古今書院 : 73-86.
 - 16) 岡本 透・片倉正行・松澤義明 (2011) 信州の埋没黒ボク土 : 2006 年 7 月豪雨災害で露出した埋没黒ボク土の年代と成因. 地球環境 16(2) : 151-161.
 - 17) 富樫 均・岡本 透・須賀 丈 (2018) 霧ヶ峰高原に分布する黒色土の 14C 年代と C/N 比. 長野県環境保全研究所研究報告 14 : 7-12.
 - 18) 井上 淳・高原 光・吉川周作・井内美郎 (2001) 琵琶湖湖底堆積物の微粒炭分析による過去約 13 万年間の植物燃焼史. 第四紀研究 40 : 97-104.
 - 19) 井上 淳・高原 光・千々和一豊・吉川周作 (2005) 滋賀県曾根沼堆積物の微粒炭分析による約 17000 年前以降の火事の歴史. 植生史研究 13(2) : 47-54.
 - 20) 高原 光 (2009) 日本列島の最終氷期以降の植生変遷と火事. 森林科学 55 : 10-13.
 - 21) 小椋純一 (2012) 『森と草原の歴史ー日本の植生景観はどのように移り変わってきたのかー』古今書院, 343pp.
 - 22) 井上 淳・吉川周作 (2005) 琵琶湖周辺に分布する黒色土中の黒色植物片についてー黒色土中の微粒炭研究の新たな取り組みー. 第四紀研究 44(5) : 289-296.
 - 23) 小椋純一・山本進一・池田晃子 (2002) 微粒炭分析からみた阿蘇外輪山の草原の起源. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 13 : 236-238.
 - 24) 宮縁育夫・杉山真二 (2006) 阿蘇カルデラ東方域のテフラ累層における最近約 3 万年間の植物珪酸体分析. 第四紀研究 45 : 15-28.
 - 25) 宮縁育夫・杉山真二 (2008) 阿蘇火山南西麓のテフラ累層における最近約 3 万年間の植物珪酸体分析. 地学雑誌 117(4) : 704-717.
 - 26) 宮縁育夫・杉山真二・佐々木尚子 (2010) 阿蘇カルデラ北部, 阿蘇谷千町無田ボーリングコアの植物珪酸体および微粒炭分析. 地学雑誌 119(1) : 17-32.
 - 27) 佐々木尚子 (2011) 草原と火事の歴史ー阿蘇の研究からー. 湯本貴和・須賀 丈編『信州の草原 その歴史をさぐる』ほおずき書籍 : 47-62.
 - 28) 高岡貞夫・吉田真弥 (2011) 植物珪酸体と微粒炭の分析から推定される箱根町仙石原におけるススキ草原の成立過程. 第四紀研究 50(6) : 319-325.
 - 29) 渡邊稜也・江口誠一・藏本隆博 (2018) 秋吉台北部における大シブリ・ドリーネ堆積物中の植物珪酸体からみた植生変遷ー特に草地景観の成立時期についてー. 植生史研究 27(1) : 31-36.
 - 30) 林 尚輝・奥中亮太・井上 淳 (2024) 植物珪酸体と微粒炭からみた近畿地方の火入れ地域の植生変遷. 第四紀研究 63(1) : 19-26.
 - 31) 井原佑弥・林 尚輝・井上 淳 (2025) 和歌山県生石高原における植生の歴史と火入れの履歴ー累積性土壌中の植物珪酸体と微粒炭分析を用いて. 植生史研究 33(2) : 43-50.
 - 32) 渡邊稜也・江口誠一・藏本隆博 (2025) 山口県秋吉台の真名ヶ岳ドリーネにおける植物珪酸体と微粒炭分析からみた植生景観の変遷. 植生史研究 33(1) : 19-29.
 - 33) 岡本 透・富樫 均・須賀 丈 (2025) 霧ヶ峰高原に分布する黒色土に含まれる微粒炭分析からみた野火の歴史. 長野県環境保全研究

- 所研究報告 21 : 9-16.
- 34) 杉田真哉・塚田松雄 (1983) 山陰地方・沼原湿原周辺における過去 1.7 万年間の植生変遷. 日本生態学会誌 33 : 225-230.
- 35) 阪口 豊 (1987) 黒ボク土文化. 科学 57(6) : 352-361.
- 36) 安田喜憲 (1996) 『森の日本文化 縄文から未来へ』新思索社, 233pp.
- 37) 三宅 尚・石川慎吾 (2004) 高知県中村市具同低湿地周辺における完新世の植生変遷. 日本花粉学会誌 50(2) : 83-94.
- 38) 富樫 均・田中義文・興津昌宏 (2004) 長野市飯綱高原の人間活動が自然環境に与えた影響とその変遷. 長野県自然保護研究所研究報告 3 : 79-86.
- 39) 吉川昌伸・鈴木茂・辻誠一郎・後藤香奈子・村田泰輔 (2006) 三内丸山遺跡の植生史と人の活動. 植生史研究 特別第 2 号 : 49-82.
- 40) 佐瀬 隆・細野 衛・公文富士夫 (2015) 長野県長和町, 広原湿原地域におけるササ類の地史的動態と黒ボク土層生成史. 資源環境と人類 5 : 1-18.
- 41) 吉田明弘・叶内敦子・神谷千穂 (2016) 長野県広原湿原における花粉分析と微粒炭分析からみた過去 3 万年間の植生変遷と気候変動. 小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫編『長野県中部高地における先史時代人類誌 広原遺跡第 1 次～第 3 次調査報告書』明治大学黒曜石研究センター : 253-268.

Anthropogenic fire history and vegetation changes in Japan based on records of black soil (Andosol) layer and micro-charcoal

Yoshie URAYAMA¹

*¹ Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation
Research Institute, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*

Key words : semi-natural grassland, Jomon period, phytolith, intentional fire

附表 1 各地の黒ボク土層の生成開始期

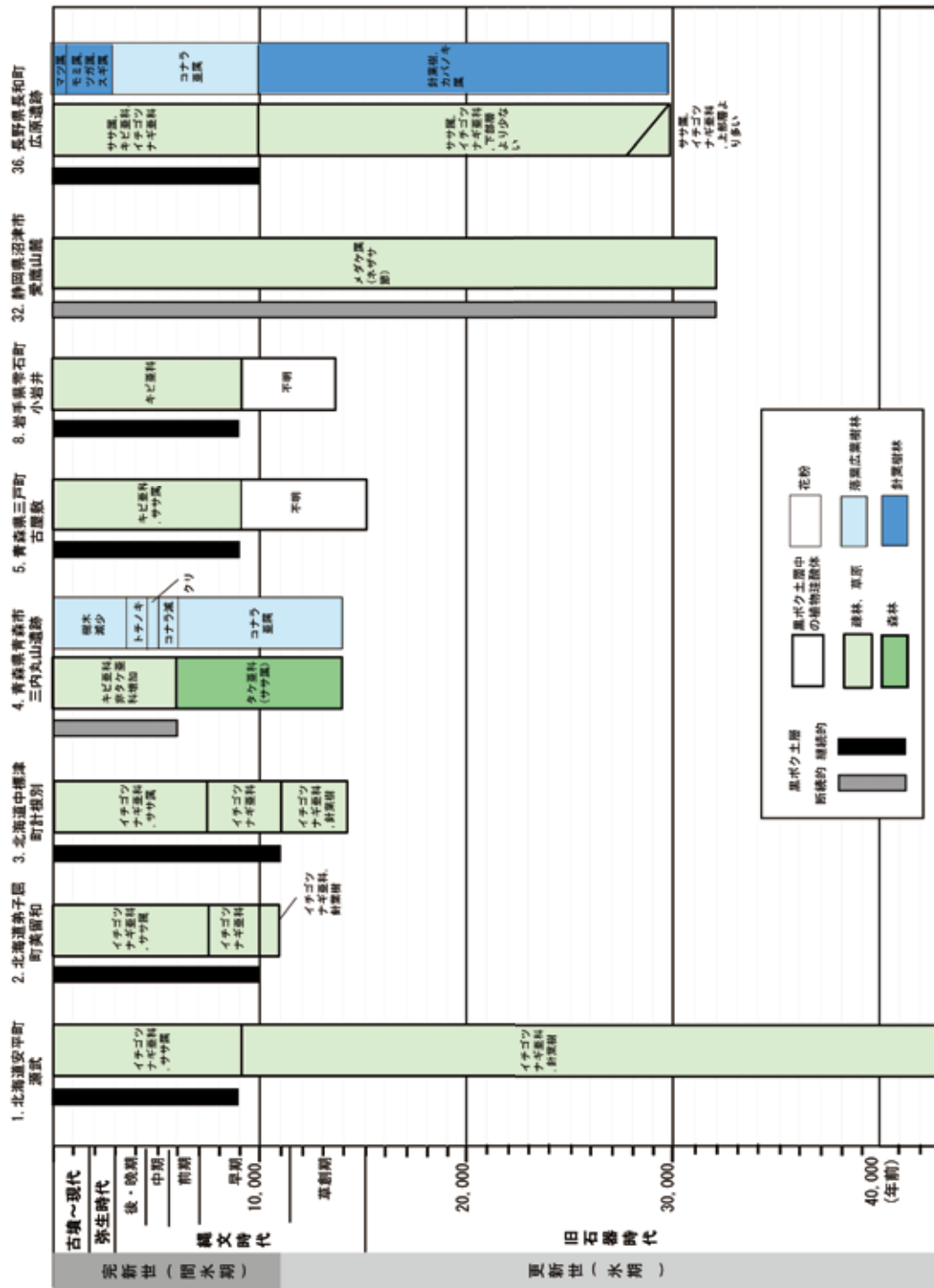
	調査地点	黒ボク土層成 開始期(年前)	文献 番号
1	北海道安平町源武	9000	9
2	北海道弟子屈町美留和	10000	9
3	北海道中標津町計根別	11000	9
4	青森県青森市三内丸山遺跡	5700	12
5	青森県三戸町古屋敷	9000	9
6	青森県三戸町赤坂	9000	9
7	岩手県久慈市	8600	15
8	岩手県雫石町小岩井	9000	9
9	岩手県岩泉町早坂高原	5500	15
10	宮城県蔵王町土浮山	1180-980	10
11	秋田県象潟町川袋	3594-3394	10
12	山形県山形市神尾	4890-4650	10
13	山形県村山市清水	3470-3230	10
14	山形県村山市大淀	5630-5350	10
15	山形県尾花沢市横内	5310-5070	10
16	山形県尾花沢市袖原	4000-3760	10
17	山形県朝日村下田沢	4890-4650	10
18	山形県大石町追分	7120-6900	10
19	山形県高畠町前田	7770-7490	10
20	山形県高畠町立石	5470-5230	10
21	福島県会津若松市赤井	7260-6940	10
22	福島県北塩原村土合	6360-5940	10
23	東京都杉並区高井戸	29000	9
24	東京都調布市野川	29000	9
25	神奈川県相模原市古淵 B 遺跡	29000	9
26	新潟県新発田市小国谷	7750-7410	10
27	新潟県小千谷市芋坂	2540-2260	10
28	新潟県上越市江口	6400-6140	10
29	新潟県胎内市関沢	4270-4050	10
30	新潟県津南町十二ノ木	2540-2260	10
31	富山県福光町梅野	4520-4240	10
32	静岡県沼津市愛鷹山麓	32000	11
33	長野県上田市菅平高原*	4430	10
34	長野県岡谷市本沢川	12080-11820	16
35	長野県茅野市霧ヶ峰高原*	5100	17
36	長野県長和町広原遺跡	10500	13
37	滋賀県高島市新旭町	1 万数千	22
38	奈良県曽爾村曾爾高原*	7000	30
39	熊本県大津町高尾野	30000	9
40	宮崎県都城市大岩田町	23000	14

No. は図 1 に対応する。* は現在保全活動が行われている草地を示す。

附表 2 各地の微粒炭の増加期

	調査地点	分析 対象	微粒炭増加 期(年前)	文献 番号
1	滋賀県高島市琵琶湖	湖	10000	18
2	滋賀県彦根市曾根沼	湖	13000	19
3	京都府京都市深泥池	池	13000-7300	21
4	千葉県野田市中里(五駄沼谷)	湿	26000	35
5	神奈川県平塚市王子ノ台	湿	5720-5140	36
6	長野県長野市逆谷地湿原	湿	10000	38
7	兵庫県丹波篠山市八丁平	湿	10000-8000	20
8	島根県津和野町沼原湿原	湿	8500	34
9	山口県阿武町宇生賀湿原	湿	6600	20
10	高知県中村市具同低湿地	湿	10000	37
11	熊本県阿蘇市千町無田	湿	6000	27
12	青森県青森市三内丸山遺跡	陸	5650	39
13	青森県青森市大矢沢野田遺跡	陸	5090-5010	39
14	神奈川県箱根町仙石原*	陸	1000	28
15	長野県茅野市霧ヶ峰高原*	陸	5100	33
16	長野県長和町広原遺跡	陸	10500	40
17	滋賀県高島市新旭町	陸	1 万数千	22
18	兵庫県豊岡市神鍋高原*	陸	2000	30
19	兵庫県神河町砥峰高原*	陸	1500	30
20	奈良県曽爾村曾爾高原*	陸	1000	30
21	和歌山県有田川町生石高原*	陸	20	31
22	山口県美祢市秋吉台大シブリドリネ*	陸	300	29
23	山口県美祢市秋吉台真名ヶ岳ドリネ*	陸	1400	32
24	熊本県阿蘇市大観峰*	陸	10000	23
25	熊本県阿蘇市狩尾*	陸	7000	27
26	熊本県阿蘇市波野*	陸	5000	27
27	熊本県西原村河原第三遺跡*	陸	4000	27

No. は図 2 に対応する。□は湖沼・湿地堆積物を対象とした地点、分析対象の「湖」「池」は湖底堆積物、「湿」は湿地堆積物、「陸」は陸上土壌を示す、
* は現在保全活動が行われている草地を示す。



附図 1 各地の黒ボク土層と植物珪酸体の産状、近隣の花粉分析結果

数字は附表 1 の No. に対応する。No. 4 と No. 36 の花粉分析結果はそれぞれ近隣の北の谷、広原湿原の堆植物を対象にしたもの、No. 1・2・3・5・8・32 は細野・佐瀬 (2015)⁹⁾、No. 4 の黒ボク土層と植物珪酸体は佐瀬ほか (2008)¹²⁾、花粉は吉川ほか (2006)³⁹⁾、No. 36 の黒ボク土層と植物珪酸体は佐瀬・細野 (2018)¹³⁾、花粉は吉田ほか (2016)⁴¹⁾ による。

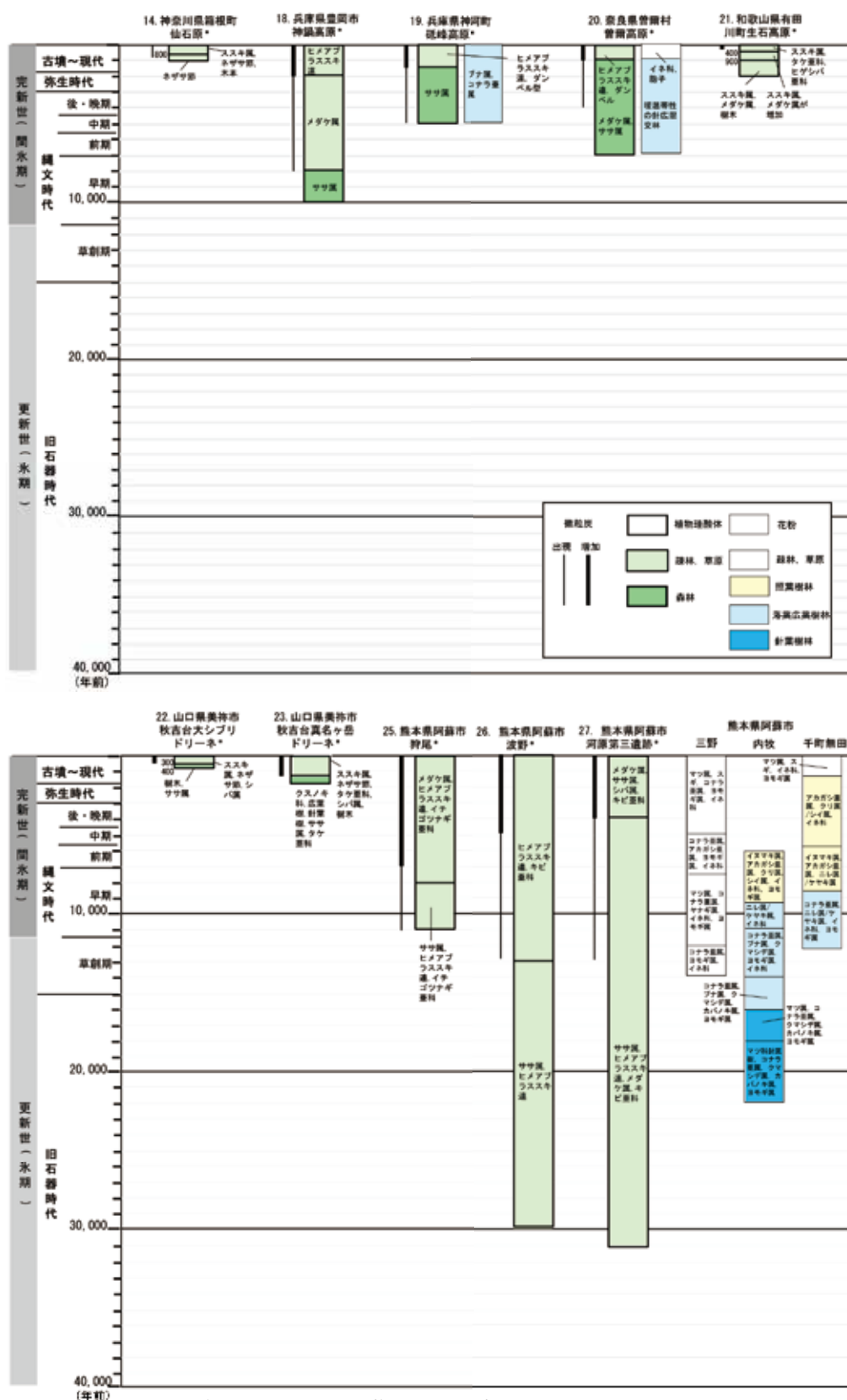


図2 各地の微粒炭と植物珪酸体の産状、近隣の花粉分析結果

数字は附表2のNo.に対応する。No.14は高岡・吉田(2011)²⁸⁾、No.18・19・20は林ほか(2024)³⁰⁾、No.21は井原ほか(2025)³¹⁾、No.22は渡邊ほか(2018)²⁹⁾、No.23は渡邊ほか(2025)³²⁾、No.25は佐々木(2011)²⁷⁾、No.26の植物珪酸体は宮緑・杉山(2006)²⁴⁾、微粒炭は佐々木(2011)²⁷⁾、No.27の植物珪酸体は宮緑・杉山(2008)²⁵⁾、微粒炭は佐々木(2011)²⁷⁾による。三野、内牧、千町無田の花粉分析結果は佐々木(2011)²⁷⁾による。＊は現在保全活動が行われている草地を示す。

長野県における腸管出血性大腸菌の検出状況について （2012 年から 2024 年）

松山満貴^{1,2}・内山友里恵¹・古川由美¹・橋井真実¹

2012 年 1 月から 2024 年 12 月までの 13 年間に長野県内で発症し、当所に搬入された腸管出血性大腸菌（*Enterohemorrhagic Escherichia coli*）664 株について、血清型別試験とベロ毒素（VT）型別試験を実施した。O 群血清型別試験の結果、O157 が 315 株（47.4%）と最も多く、次いで O26 が 201 株（30.3%）であった。VT 型別試験の結果、VT1 型が 278 株（41.9%）、VT1+2 型が 234 株（35.2%）、VT2 型が 152 株（22.9%）であった。また、VT 型の分布と症状から、前回報告（2000～2011 年）¹⁾で示唆されていた「VT2 型を含む株は VT1 型のみと比べて有症化及び重症化しやすい」という傾向について、本報告では有意な差が認められた。

集団感染事例は、この 13 年間で 6 事例発生した。このうち 2 事例の発生施設は保育所で、いずれも感染者数 60 人を越える集団感染事例であった。児童福祉施設など共同生活を行う場では、特に集団感染への注意が必要である。

キーワード：腸管出血性大腸菌，血清型，ベロ毒素，集団感染

1 はじめに

腸管出血性大腸菌（以下、EHEC）感染症は、ベロ毒素（以下、VT）を産生する大腸菌の感染によって起こり、腹痛、下痢、血便等を主症状とする感染症だが、感染しても症状が現れず、無症状病原体保有者となる場合もある^{2), 3)}。一方で、VT 等の作用により血小板減少、溶血性貧血、急性腎障害をきたして溶血性尿毒症症候群（Hemolytic Uremic Syndrome：以下、HUS）を引き起こし、脳症などを併発して死に至ることがある^{2)～4)}。EHEC 感染症は、「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律（以下、感染症法）」の 3 類感染症に指定され、診断した医師には、最寄りの保健所長を経由して都道府県知事への届出が義務づけられている。毎年、全国では約 3,000～4,000 例²⁾の EHEC 感染症の届出があり、長野県内でも約 30～130 例⁵⁾の発生が確認されている。当所では、感染症発生動向調査事業⁶⁾に基づき、搬入された EHEC 菌株の血清型別試験や VT 型別試験を実施している。

今回、2012 年 1 月から 2024 年 12 月まで（以下、調査期間）の 13 年間に長野県内で発生届が提出され、当所に搬入された EHEC 菌株について、血清

型別試験、VT 型別試験等の結果をまとめたので報告する。

2 調査対象及び調査方法

2.1 調査対象

調査期間内に、長野県内（長野市除く）の医療機関から届出のあった EHEC 感染症例のうち、感染症発生動向調査事業に基づき管轄保健所を通じて当所に搬入された菌株 664 株を対象とした。併せて、これら搬入菌株について医師が感染症法に基づき保健所へ提出する発生届に記載された患者情報（年齢、性別、症状）を調査対象とした。

2.2 調査方法

2.2.1 EHEC 感染症の発生状況

EHEC 菌株について、年別及び月別の搬入数を集計した。患者情報は、年齢を 5 歳刻みの区分で分類し、性別及び症状についても各々集計した。なお、複数の症状を呈した症例は、症状ごとに集計した。

さらに、調査期間内に長野県内で発生した EHEC を原因とする集団感染事例について、発生施設の種類、感染者数、発生要因、血清型及び VT 型を調査した。

1 長野県環境保全研究所 感染症部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978
2 現：松本保健福祉事務所 検査課 〒390-0852 松本市大字島立 1020

分離培養

- ・ DHL寒天培地 ・ クロモアガーSTEC
 - ・ 選択分離培地（CT選択剤未添加）
 - O157：SMAC培地
 - O26：RMAC培地
 - O111：SBMAC培地
 - その他の血清群：SMAC培地，RMAC培地，SBMAC培地
- ※CT選択剤：目的の菌以外の発育を抑える

生化学的性状試験

- ・ TSI寒天培地 ・ CLIG寒天培地
- ・ LIM培地

血清型別試験

- ・ O抗原の型別
- ・ H抗原の型別

感染研へ菌株送付

VT型別試験

- ・ VTEC-RPLA法
- ・ PCR法（VTEC-RPLA法で判定できなかった場合に実施）
 - ①②③の併用、または④の単独使用
 - ①腸管出血性大腸菌VT1遺伝子用Primer Set EVT-1&2
 - ②腸管出血性大腸菌VT2遺伝子用Primer Set EVS-1&2
 - ③ExECプライマー
 - ④O-157（ベロ毒素1型，2型遺伝子）One Shot PCR Typing Kit Ver.2

図1 EHEC 検査の流れ

2.2.2 分離培養及び生化学的性状試験

EHEC 検査の流れを図1に示した。搬入された菌株は、EHEC を選択的に分離するため、DHL 寒天培地（栄研化学）、クロモアガーSTEC（関東化学）に加え、血清型に応じた選択培地を用いて一晚培養後、発育したコロニーを各試験に用いた。搬入時に血清型が判明している菌株については、O157 にはマッコンキー基礎寒天培地（以下、MAC）をベースに、ソルビットを加えたソルビット MAC（以下、SMAC）培地、O26 にはラムノースを加えたラムノース MAC（以下、RMAC）培地、O111 にはソルボースを加えたソルボース MAC（以下、SBMAC）培地を用いた。O157、O26、O111 以外の血清群または血清群が不明の菌株については、SMAC 培地、RMAC 培地及び SBMAC 培地を用いた。なお、菌株の生化学的性状の確認は、国立健康危機管理研究機構国立感染症研究所（以下、感染研）の病原体検出マニュアル「腸管出血性大腸菌（EHEC）」⁷⁾に従い実施した。

2.2.3 血清型別試験

血清型別試験は、病原大腸菌免疫血清「生研」（デンカ（株））を用いて O 抗原及び H 抗原の型別試験を実施した。なお、原則としてすべての菌株を感染研へ送付し、血清型別試験を依頼した。

2.2.4 VT 型別試験

VT 型別試験は VTEC-RPLA（デンカ（株））を用いて実施した。なお、判定できなかった一部の菌株については腸管出血性大腸菌 VT1 遺伝子用 Primer Set EVT-1&2（TaKaRa）及び腸管出血性大腸菌 VT2 検出用 Primer Set EVS-1&2（TaKaRa）、または O-157（ベロ毒素 1 型，2 型遺伝子）One Shot PCR Typing Kit Ver.2（TaKaRa）を用いた PCR 法による VT 遺伝子型の確認を行った。腸管出血性大腸菌 VT2 検出用 Primer Set EVS-1&2 は VT2vp2（stx2f）の検出ができないため、見逃しを防ぐために ExEC プライマー⁸⁾を併用して確認を行った。

3 結果及び考察

3.1 EHEC 感染症の発生状況

3.1.1 年別菌株搬入数

搬入された664株の年別菌株搬入数を図2に示した。調査期間内の年間平均菌株搬入数は51.1株であり、年ごとの変動が大きかった。菌株搬入数を年別で比較すると、2017年(115株)、2012年(96株)、2018年(87株)の順に多く、これは、それぞれの年に県内で発生した集団感染事例が影響している。各年の集団感染の発生状況は、2017年は2事例(68人)⁹⁾、¹⁰⁾、2012年は1事例(61人)¹¹⁾、2018年は3事例(13人)¹²⁾であった。

O群血清型別の年別検出状況を図3に示した。2012年と2018年を除き、毎年O157が最多であった。2012年は後述のO26による集団感染事例の影響によりO26の搬入数が増加した。2018年もO26の搬入数が最も多かった。

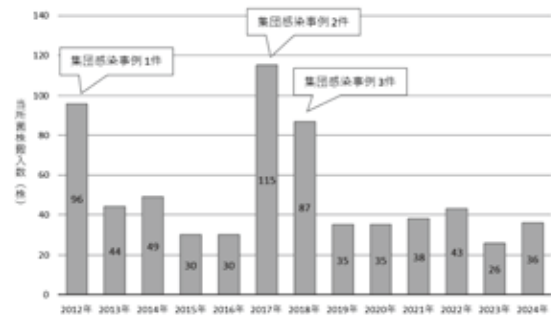


図2 年別菌株搬入数

3.1.2 月別菌株搬入数

調査期間内の月別菌株搬入数及び届出数を図4に示した。菌株搬入数と届出数は概ね比例していた。特に8月が菌株搬入数217株、届出数230例と多かった。全国的にも夏期に届出が多いことが報告されている²⁾。

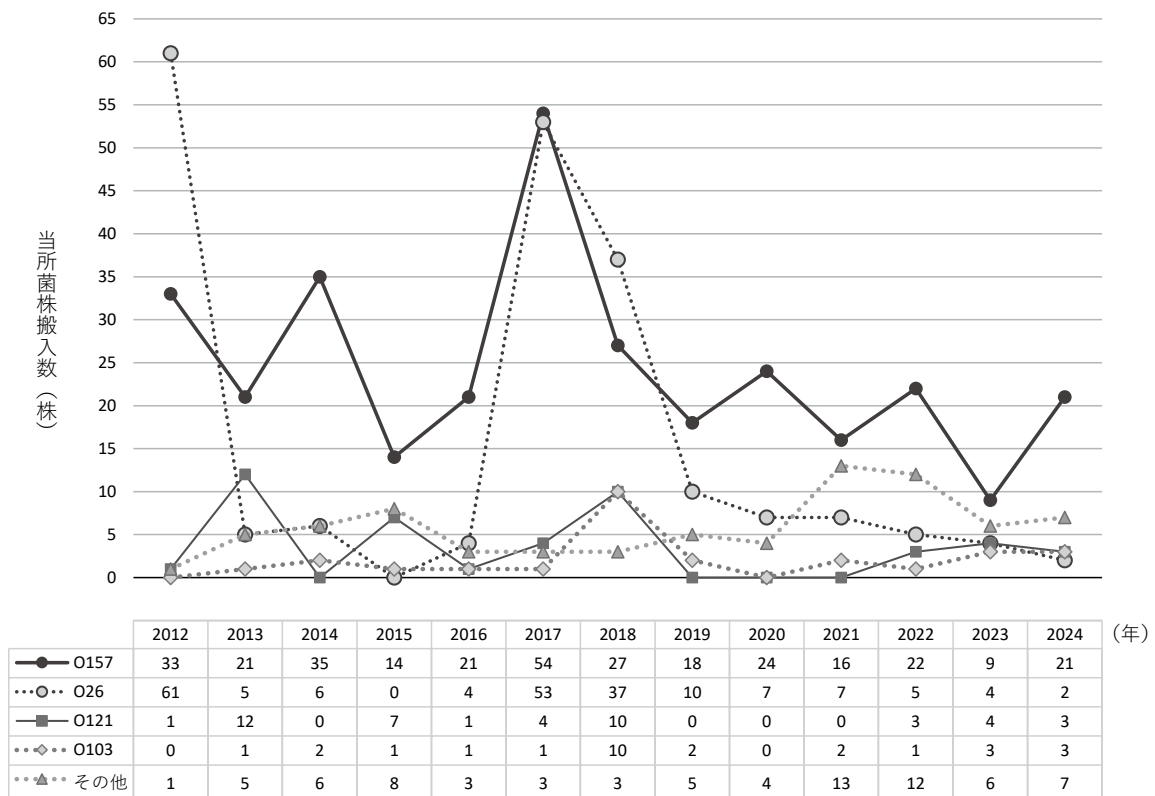


図3 年別のO群血清型別検出状況(株数)

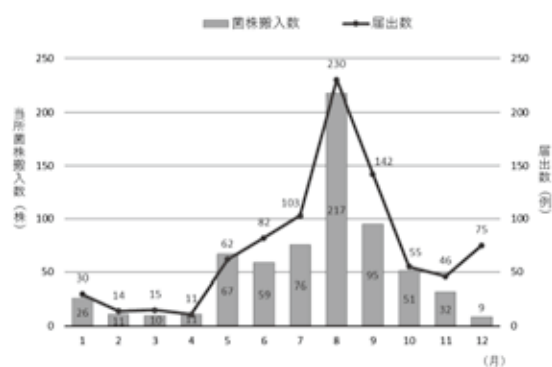


図4 月別菌株搬入数及び届出数
(調査期間内の合計)

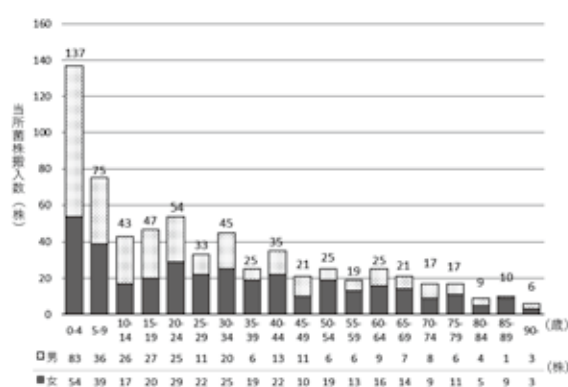


図5 年齢区分別及び男女別菌株搬入数

3.1.3 年齢区分別及び男女別菌株搬入数

年齢区分別及び男女別の菌株搬入数を図5に示した。感染者の年齢は、0～94歳までの範囲で、平均年齢は28.7歳であった。0～4歳が137株と最も多く、次いで5～9歳が75株であり、小児由来の菌株が多かった。

男女別の菌株搬入数は、男性が308株(46.4%)、女性が356株(53.6%)で、男性より女性のほうが約1.2倍多かった。

3.1.4 症状の特徴

発生届に記載された症状に関しては、有症状者が420例(63.3%)、無症状者が244例(36.7%)であった。症状別では下痢が264例、腹痛が256例、血

便が219例であり、HUSの発症は3例であった。HUS発症の3例はいずれも2017年に認められた。全国の感染症発生動向調査を感染研が集計した報告(以下、全国の状況)(2024年)²⁾では有症状者が61%で、症状別では下痢が最も多く、次いで腹痛、血便であり、長野県においても症状の多い順序は全国と同様であった。また、2017年のHUS発症率は有症状者(70例)の4.3%であり、同年の全国の有症者に対するHUS発症率(4.3%)¹³⁾と同様であった。

症状別のO群血清型の割合を図6に示した。下痢症状ではO157が138例(52.3%)、O26が67例(25.4%)であった。腹痛症状ではO157が162例(63.3%)、O26が36例(14.1%)で、血便症状はO157が160例(73.1%)、O26が15例(6.8%)

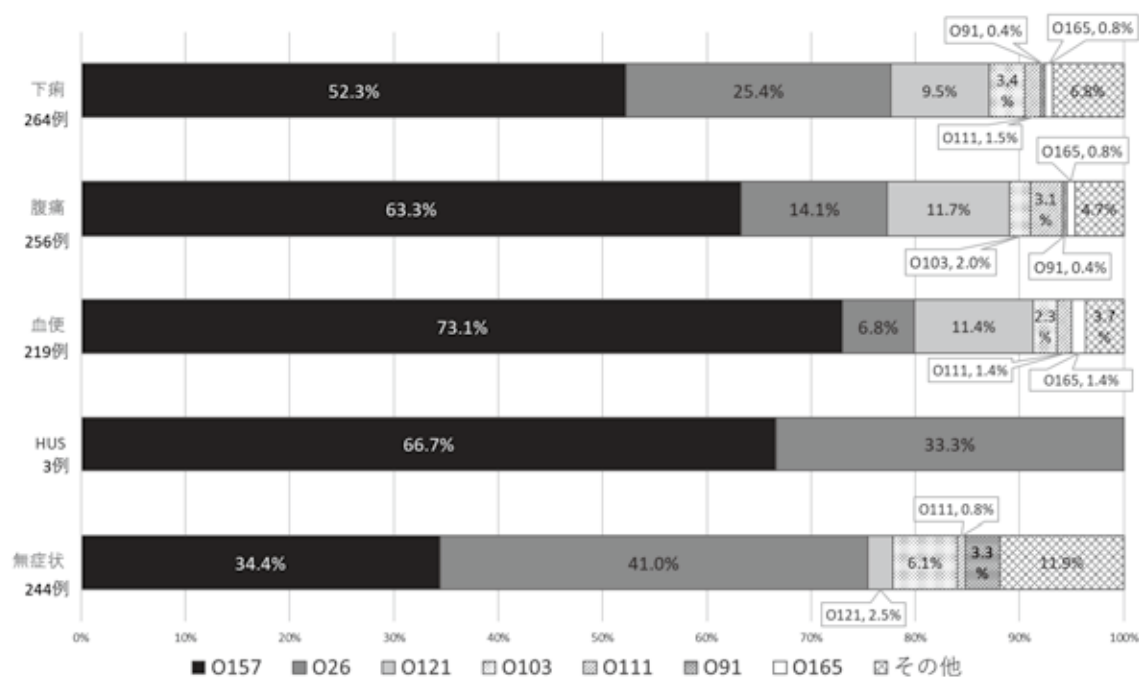


図6 症状別のO群血清型別検出割合

であった。一方、無症状者では O157 が 84 例 (34.4%)、O26 が 100 例 (41.0%) で、無症状者においては O26 の割合が最も高いことが示された。

3.1.5 集団感染事例

調査期間内に長野県内で発生した EHEC を原因とする集団感染事例の概要を表に示した。13 年間で 6 事例発生しており、発生施設は保育所が 2 事例、飲食店が 4 事例であった。

No.1 の保育所のプール水が原因と推定された集団感染事例では、園児、職員等の関係者、計 330 人のうち、61 人から O26 が検出された¹¹⁾。

No.2 の保育所で発生した集団感染事例では、園児や職員を含めた計 348 人のうち、63 人から O26 または O157 が検出された¹⁰⁾。

No.3～No.6 は飲食店による食中毒事例と断定された事例であった^{9), 12)}。これら 4 件の食中毒事例の感染者数は、2～7 人であった。

これらの結果から児童福祉施設など共同生活を行う場では、集団感染に至る可能性があることが示唆された。

3.2 血清型別試験及び VT 型別試験

3.2.1 血清型の分布と判別状況

EHEC 菌株の血清型別試験及び VT 型別試験の結果を附表に示した。

O 群血清型別では、O157 が 315 株 (47.4%)、O26 が 201 株 (30.3%)、O121 が 45 株 (6.8%) で、O157 が全体の約半数を占めた。また、搬入菌株は O157、O26、O111 及び O 群血清型別不能 (以下、OUT) を含む計 34 種類の O 群血清型に分類された。このうち、当所で実施した型別試験で判別可能であった O 群血清型は OUT を除く 16 種類であり、OUT 株は 26 株認められた。これら

OUT 株について感染研で精査を行った結果、23 株は O 群血清型が判明したが、3 株は OUT のままであった。

調査期間内の年ごとの OUT 割合を解析したところ、年が進むにつれて OUT 割合が有意に増加していた (ロジスティック回帰分析、 $\chi^2=15.4$ 、オッズ比=1.25/年、 $p<0.05$)。

この増加の背景として、O 抗原をコードする遺伝子の変異や不活化に伴う O 群血清型の多様化^{14), 15)}により、既知の免疫血清では判定困難な株が増加している可能性が考えられた。

3.2.2 VT 型の分布と症状

VT 型別ごとの有症状者の割合を図 7 に示した。VT 型別では、VT1 型が 278 株 (41.9%)、VT1+2 型が 234 株 (35.2%)、VT2 型が 152 株 (22.9%) であった。

VT1 型では 135 株 (48.6%) が有症状者であったのに対し、VT1+2 型は 176 株 (75.2%)、VT2 型は 109 株 (71.7%) で、VT2 型を含む株において有症状者の割合が有意に高かった (カイ二乗検定、 $\chi^2=44.4$ 、 $p<0.05$)。

HUS を発症した 3 例の菌株はいずれも 10 歳以下の小児から分離されており、2 株が VT1+2 型、1 株が VT1 型であった。HUS の発症リスク要因として、VT2 遺伝子の保有及び小児であることが報告されている¹⁶⁾。

これらの結果は、前回の報告 (2000～2011 年)¹⁾で示唆された「VT2 型を含む株は VT1 型のみと比べて有症化及び重症化しやすい」という傾向と一致した。前回の報告 (2000～2011 年)¹⁾では可能性の提示に留まっていたが、本調査では有意な差が確認され、VT2 型を含む株が有症化に寄与することをより明確に示す結果となった。

表 集団感染事例 (2012～2024 年、長野県)

No.	発生時期	発生要因	発生施設	血清型	毒素型	感染者数	摂食者
1	2012/8	ヒト→ヒト	保育所	O26	VT1	61	—
		環境水	金タライの水※	O26	VT1		
2	2017/8	不明	保育所	O157	VT1+2	54	— 1名はO157とO26の
				O26	VT1	10	— 重複感染
3	2017/9	原材料の汚染、二次汚染	飲食店	O157	VT1+2	5	18
4	2018/7	原材料の汚染、二次汚染	飲食店	O157	VT1+2	7	149
5	2018/8	原材料の汚染、二次汚染	飲食店	O121	VT2	2	2
6	2018/8	原材料の汚染、二次汚染	飲食店	O121	VT2	4	8

※ プールに入る前に足の砂を落とす金タライの水

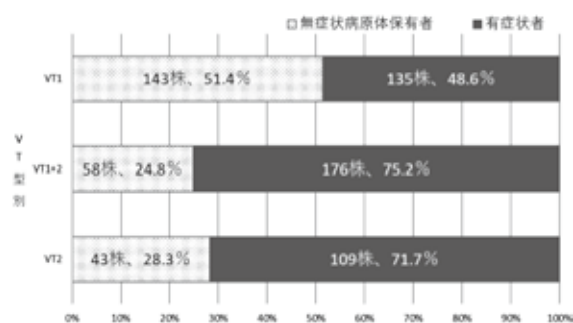


図7 VT 型別 有症状者の割合

4 まとめ

本報告では、13 年間に搬入された EHEC 菌株 664 株の血清型及び VT 型の分布を明らかにした。月別搬入数は 8 月が最も多く、VT 型の分布と症状の解析から、VT2 型を含む株で有症化傾向にあることが有意な差として確認された。

集団感染事例は、この 13 年間で 6 事例発生していた。このうち 2 事例の発生施設は保育所であり、いずれも感染者数 60 人を越える集団感染事例であった。EHEC は、わずか 10 から 100 個程度の菌数でも感染が成立するとされており²⁾、食品や環境を介した感染に加え、ヒトとヒトとの接触による二次感染によっても感染が拡大しやすく、児童福祉施設など共同生活を行う場では、特に集団感染への注意が必要である。

調査期間内における年ごとの OUT 割合の解析では、有意な増加傾向が認められた。この背景には、O 抗原遺伝子の変異や不活化による O 群血清型の多様化^{14), 15)}が関与している可能性が考えられた。

今後も、発生状況の把握及び菌株解析に努め、血清型別や毒素型別の情報を蓄積することが感染源や感染経路の早期特定に寄与し、感染拡大防止に重要であると考えられた。

謝 辞

本調査にあたり、血清型別試験にご協力いただきました感染研の先生方、並びに菌株収集、情報提供等にご協力いただきました医療機関及び保健所の関係者の皆様に深謝いたします。

文 献

- 笠原ひとみ・上田ひろみ・宮坂たつ子・藤田暁 (2013) 長野県における腸管出血性大腸菌の検出状況 (2000 年～2011 年), 長野県環境保全研究所研究報告 9: 101-106
- 国立健康危機管理研究機構国立感染症研究所 (2025) <特集> 腸管出血性大腸菌感染症, 病原微生物検出情報, 46 (5): 89-93
- 寺嶋淳・伊豫田淳・泉谷秀昌・三戸部治郎・石原朋子・大西真 (2011) 腸管出血性大腸菌感染症の最近の動向, 食品衛生研究 Vo.61: 7-15
- 齊藤剛仁・杉下由行・富岡鉄平・島田智恵・砂川富正・多田有希 (2009) 腸管出血性大腸菌感染症における溶血性尿毒症症候群 2008 年, 病原微生物検出情報, 30 (5): 122-123
- 長野県健康福祉部疾病・感染症対策課, 長野県感染症情報, 年別届出数一覧, <https://www.pref.nagano.lg.jp/shippe-kansen/kenko/kenko/kansensho/ichiran.html> (2025 年 12 月確認)
- 厚生労働省, 感染症発生動向調査について: <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000115283.html> (2025 年 12 月確認)
- 国立健康危機管理研究機構国立感染症研究所, 病原体検出マニュアル腸管出血性大腸菌 (EHEC), 2025 年 6 月改訂
- 大石和徳・木村博一・森田幸雄・石岡大成・伊豫田淳・石原朋子・伊藤健一郎・泉谷秀昌・三戸部治郎・森田昌知・寺嶋淳・大西真 (2012) 遺伝子検査法, 平成 24 年度新興再興感染症技術研修
- 長野県健康福祉部食品・生活衛生課, 平成 29 年度長野県食中毒発生事例, <https://www.pref.nagano.lg.jp/shokusei/kenko/shokuhin/shokuchudoku/jirei/h29.html> (2025 年 12 月確認)
- 白井祐二・高橋直子・尾川裕子・井桁しげ子・島海宏・神谷元・砂川富正 (2018) 保育園で発生した腸管出血性大腸菌 O26 と O157 の集団感染事例-長野県, 病原微生物検出情報, 39 (5): 78-79
- 笠原ひとみ・上田ひろみ・宮坂たつ子・藤田暁・小野諭子・関映子・松本清美・倉石雅彰・宮川公子 (2013) プール水が原因と推定された腸管出血性大腸菌 O26 集団感染事例-長野県, 病原微生物検出情報, 34 (5): 132-133

- 12) 長野県健康福祉部食品・生活衛生課, 平成30年度長野県食中毒発生事例, <https://www.pref.nagano.lg.jp/shokusei/kenko/shokuhin/shokuchudoku/jirei/h30.html> (2025年12月確認)
- 13) 国立感染症研究所 (2018) 腸管出血性大腸菌感染症における溶血性尿毒症症候群, 2017 年, 病原微生物検出情報, 39 (5) : 82-83
- 14) 国立感染症研究所 (2021) 大腸菌の血清型別 PCR 法・続報 (非定型 O 血清群の分類), 病原微生物検出情報, 42 (5) : 94-95
- 15) Liu B, Furevi A, Perepelov AV, Guo X, Cao H, Wang Q, Reeves PR, Knirel YA, Wang L, Widmalm G (2020) Structure and genetics of *Escherichia coli* O antigens, FEMS Microbiology Reviews, 44(6) : 655-683
- 16) Ethelberg, S., Olsen, K.E.P., Scheutz, F., Jensen, C., Schiellerup, P., Engberg, J., Petersen, A.M., Olesen, B., Gerner-Smidt, P., & Mølbak, K. (2004) Virulence Factors for Hemolytic Uremic Syndrome, Denmark, Emerging Infectious Diseases, 10(5) : 842-847

Occurrence of enterohemorrhagic *Escherichia coli* in Nagano Prefecture (2012-2024)

Miki MATSUYAMA^{1,2}, Yurie UCHIYAMA¹, Yumi FURUKAWA¹, Mami HASHII¹

*1 Infectious Disease Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute,
1978 Komemura, Amori, Nagano 380-0944, Japan*

*2 Present address: Matsumoto Health and welfare Office, 1020 Shimadachi, Matsumoto
390-0852, Japan*

附表 血清型別及び VT 型別試験結果一覧

血清型別試験 感染研	VT型別 試験	年	年													計 (%)
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
O157 : H7	O157	VT1	1					1					2		1	5
		VT1+2	19	11	37	2	8	42	21	8	16	2	17	7	11	201
		VT2	9	4	5	3	8	10	4	5	2	13	2	3	8	76
: H-		VT1			1											1
		VT1+2	4	3		1	3	2	2	4	1	1	1			22
		VT2	2	1		1	1	1	2	2						10
O157 計			35	19	43	7	20	56	29	19	19	16	22	10	20	315 (47.4)
O26 : H11	O26	VT1	60	5	2	1	3	53	38	6	8	6	4	4	1	191
		VT2											2			2
: H-		VT1	1		4					3						8
O26 計			61	5	6	1	3	53	38	9	8	6	6	4	1	201 (30.3)
O121 : H19	O121	VT2	1	12	5	2	1	4	10			1	4	2	3	45
O121 計			1	12	5	2	1	4	10	0	0	1	4	2	3	45 (6.8)
O103 : H2	O103	VT1				1	1	1	4	1		2	1	3	3	17
: H8		VT1							6							6
: H11		VT1			2											2
: H25		VT1								1						1
: HUT		VT1		1												1
O103 計			0	1	2	1	1	1	10	2	0	2	1	3	3	27 (4.1)
O111 : H-	O111	VT1	1							1		7				9
		VT1+2											1			1
: H8		VT1							1							1
		VT1+2												2		2
O111 計			1	0	0	0	0	0	1	1	0	7	1	2	0	13 (2.0)
O91 : H-	O91	VT1		1	1							2				4
		VT1+2				1										1
: H14		VT1				1								2		3
: H-/Hg14		VT1												1	1	2
O91 計			0	1	1	2	0	0	0	0	0	2	0	3	1	10 (1.5)
O145 : H-	O145	VT1			1		1					1				3
		VT2			3	1										4
: Hg28		VT2													1	1
O145 計			0	0	4	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	8 (1.2)
O115 : H2	O115	VT1					1									1
H10		VT1											2			2
O115 計			0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3 (0.5)
O128 : H2	O128	VT1				1			1							2
		VT1+2					1									1
O128 計			0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3 (0.5)
O165 : H-	O165	VT2			1											1
: H25		VT2								1						1
: HUT		VT1+2			1											1
O165 計			0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3 (0.5)
O146 : H-	O146	VT1										1				1
: H21		VT1+2											1			1
: H-/Hg21		VT1+2													1	1
O146 計			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3 (0.5)
O177 : H-	OUT	VT1			1								1			2
		VT2									1					1
O177 計			0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3 (0.5)
O186 : H-	OUT	VT1					1				1					2
: H2		VT1									1					1
O186 計			0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3 (0.5)
O1 : HNT	O1	VT1							1							1 (0.2)
O4 : H2	OUT	VT2								1						1 (0.2)
O5 : H-	OUT	VT1											2			2 (0.3)
O8 : H19	O8	VT2										1				1 (0.2)
O9 : H7	OUT	VT2											1			1 (0.2)
O55 : H7	O55	VT1		3												3 (0.5)
O76 : H19	OUT	VT1+2						1							1	2 (0.3)
O81 : H21	OUT	VT1						1								1 (0.2)
O98 : H26	OUT	VT1												1		1 (0.2)
O100 : H-	OUT	VT2											1			1 (0.2)
O108 : H25	OUT	VT2										1				1 (0.2)
O116 : H9	OUT	VT1								1						1 (0.2)
O137 : H41	OUT	VT2												1		1 (0.2)
O148 : H18	O148	VT1						1								1 (0.2)
O156 : H25	OUT	VT1				1										1 (0.2)
O168 : H8	O168	VT2									1					1 (0.2)
O171 : H25	OUT	VT1+2								1						1 (0.2)
O174 : H21	OUT	VT2											1			1 (0.2)
Og116/OgN31 : H49	OUT	VT2													1	1 (0.2)
OgN8 : H7	OUT	VT2													1	1 (0.2)
OUT (OgUT) : H8	OUT	VT1											1			1 (0.2)
OUT (OgUT) : H-	OUT	VT1	1													1 (0.2)
OUT (OgUT) : H4	OUT	VT2				1										1 (0.2)
合計			99	41	64	17	29	117	90	35	31	38	44	26	33	664 (100.0)

感染研で分類できたO群血清 34種類 (OUT含む) : 感染研の結果より

当所で分類できたO群血清 16種類 (OUT除く) : デンカ血清より

Convergent acquisition of disulfide-forming enzymes in malodorous flowers

(タイトル和訳) 悪臭を放つ花におけるジスルフィド形成酵素の収斂的獲得

Okuyama Y*, Fukushima K*, Kakishima S*, Valchanova AK*,

Takano KT, Ito-Inaba Y*, Nakazato T*, Nagano AJ*

奥山 雄大*・福島 健児*・柿島 聡*・アンナ K. ヴァルチャノヴァ*・

高野 (竹中) 宏平・稲葉 靖子*・仲里 猛留*・永野 惇*

(要旨和訳) 本研究では、悪臭を放つ花が放散する含硫化合物の生合成機構に着目し、被子植物におけるジスルフィド形成酵素の進化的起源を比較解析した。系統的に離れた複数の植物群において、悪臭花に特異的なジスルフィド形成活性が独立に獲得されていることを示し、同様の送粉者を誘引するという生態的要請が、分子進化の収斂を引き起こした可能性を明らかにした。本成果は、花と送粉者の共進化を分子レベルで理解する上で重要な知見を提供する。

Science, 388(6747) : 656–661 (2025)

信州気候変動適応センターによる活動事例

What kind of activities dose Local Climate Change Adaptation Center
in Shinshu carry out?

浜田 崇

Hamada T.

気候変動適応法に基づく地域気候変動適応センター（以下、地域適応センター）の設置が全国で進み、その活動内容は設置母体により特色づけられる。長野県では、県庁と研究所が共同で地域適応センターを設置し、地域の気候変動の実態把握、独自のモニタリング調査、学生との共同調査など、地域ニーズに応じた活動を展開している。また、気象データ可視化ツールの開発や WebGIS による将来予測情報の提供は、市町村の適応計画策定支援に貢献している。一方、地域適応センターには専門知識の不足に伴う活動上の課題もある。国立環境研究所気候変動適応センターの支援や地域間の連携が、この課題解決と活動の質の向上につながっている。

環境情報科学, 54(2) : 74-80 (2025)

* 長野県環境保全研究所ではない機関に所属する者

Beyond rain: Fog as a dominant pathway for acid deposition in Japan's Montane Forests

Wang Y*, Okochi H*, Hayami H*, Igawa M*, Takahashi Y*, Yagoh H*, Kuribayashi M,
Kanno Y*, Nitta K*, Sase H*, Aikawa M*

Fog water deposition remains a poorly quantified yet important pathway for atmospheric inputs in forested mountain regions. We conducted multi-site observations at seven mountainous locations in Japan, collecting bulk deposition, throughfall, and fog water. Using an improved canopy water balance method, we estimated fog water precipitation on canopies and its associated acid deposition. Fog water precipitation in forests varied substantially across sites, with the highest value at Mt. Oyama (9.25 mm day^{-1}) and the lowest at Mt. Iizuna (0.86 mm day^{-1}). Sites along the Sea of Japan coast showed higher proportions of non-sea salt sulfate (nss- SO_4^{2-}), largely due to continental air masses, whereas Pacific-side sites were more influenced by nitrate from domestic vehicle emissions. Backward trajectory analysis and meteorological observations revealed that fog water deposition is significantly influenced by fog occurrence frequency, wind speed, and characteristics of the canopies and their locations in mountains. These factors together shape the spatial variability of fog water and acid inputs. Our findings highlight the substantial role of fog in the deposition of acidic substances to forest canopies, particularly in high-altitude regions with frequent fog events. This study underscores the need to incorporate fog water deposition into forest ecosystem assessments and long-term monitoring programs, especially in regions where traditional rain-based models may underestimate total atmospheric inputs.

Atmospheric Research, 330 : 108605(2026)

* 長野県環境保全研究所ではない機関に所属する者

Symplocarpus renifolius SWEET4 and SWEET6 may contribute to stamen development via hexose transport during floral thermogenesis

(タイトル和訳) ザゼンソウの SWEET4 および SWEET6 は、花の発熱時の六炭糖輸送を介して雄しべの発達に寄与する可能性がある

Otsubo M*, Sato MP*, Suzuki-Masuko H*, Nakai H*, Takano KT, Ozeki M,
Watanabe M*, Inaba T*, Ito-Inaba Y*

(要旨和訳) 発熱を伴う花を持つザゼンソウ属植物において、糖トランスポーター遺伝子 SWEET4 および SWEET6 の発現動態を解析した。その結果、発熱期の花器においてこれら遺伝子の発現が顕著に上昇し、六炭糖の輸送を介して雄しべの発達および生殖成功に寄与している可能性が示された。本研究は、花の発熱と炭素配分を結びつける分子基盤を明らかにし、寒冷環境への適応進化の理解を深めるものである。

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 90(2) : 185–194 (2026)

2025 年 3 月 26 日の PM_{2.5} 高濃度事例における長野県内の状況 —黄砂と韓国山火事の同時影響事例—

The Situation in Nagano Prefecture at the High PM_{2.5} Event on 26 March 2025 :
The case of simultaneous influences of Asian dust and Korean wildfire.

中込和徳・山崎琢磨・酒井文雄
Nakagomi K, Yamazaki T, Sakai F

2025 年 3 月 26 日の PM_{2.5} 高濃度事例について、長野県内及び周辺地域の濃度上昇状況を整理し、発生原因について検討した。その結果、3 月 26 日の県内 PM_{2.5} 濃度は、午前 8 時前後から全測定局で急激に上昇し始め、南東の測定局ほど遅くまで上昇し、元のレベルに下がるのも遅い状況であった。県中部、南部の 8 局全てで、日平均値は 35 µg/m³ を、1 時間値は 120 µg/m³ を超えた。最大値は、日平均値が飯田局の 53.0 µg/m³、1 時間値が木曽局の 185 µg/m³ であった。広域的にみると、3 月 26 日の 8 時から 10 時にかけて、70 µg/m³ 以上の測定局が、愛知県から長野県・山梨県に及ぶ一つながりの範囲として現れ、その後、愛知県を軸にして徐々に時計回りに回転していた。このため本県の PM_{2.5} 濃度上昇は、この 70 µg/m³ 以上の範囲の出現、移動に伴って発生したものと理解された。PM_{2.5} 濃度上昇の原因としては、黄砂と韓国山火事の二つの要因が考えられたが、検討の結果、山火事の影響をより強く受けたことが示唆され、その寄与率は 70~80% に達したと推定された。

全国環境研会誌, 50(4) : 203-208(2025)

* 長野県環境保全研究所ではない機関に所属する者

Comprehensive evaluation of urban vegetation as global climate change countermeasures

Hirano Y. *, Kazutaka O. *, Yukitaka O. *, Takashi H. and Jun N. *

都市部では、都市生活環境の質を損なうことのない気候変動対策としてグリーンインフラが注目を集めている。本研究では、都市の緑が持つ気候変動対策としての効果について緩和と適応の両面から評価するものである。

建物と交通用地の緑化率を 50%と 100%に設定した 2 つの緑化シナリオを用いて検討を行った。緩和効果については、住宅の電力モニタリングデータを用いて気温感応度に基づき電力消費量を推定した。緑による CO₂ 吸収量は、平均吸収率を 0.88 kg-CO₂/m²と仮定して定量化した。また、適応効果については、気候モデルの気温データを熱中症患者搬送予測モデルに入力し、熱中症患者搬送者数（NPHTA）を予測した。

気象シミュレーションの結果、日中の最大気温低下は、緑化率 50%のシナリオで 0.74°C、100%のシナリオで 1.04°Cに達した。これらの気温低下に基づき、空調エネルギー消費量とそれに伴う CO₂ 排出量の減少量が算出された。また、各緑化シナリオにおける緑による CO₂ 吸収効果と NPHTA の減少量も定量化された。

IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1582 (2026) 012049

* 長野県環境保全研究所ではない機関に所属する者

環境保全研究所 研究報告 投稿規程

1 投稿（掲載）内容

環境保全研究所(以下「研究所」という)が係わった、環境保全、自然保護、環境教育、保健衛生等に関する研究についての報告を掲載する。なお、これらは未発表及び未投稿のものに限る。

2 投稿者の資格

研究所職員及び共同研究者

3 研究報告の投稿区分

1に係る総説、原著論文、研究ノート、資料、報告とする。また、全体の資料として当該年度における他誌投稿論文要旨を掲載する。

- (1) 総説：特定の課題について著者の研究を中心に述べ、広く他人の説を紹介するもの
- (2) 原著論文：科学研究の成果として、新しい知見や結果を有し完成度の高いもの
- (3) 研究ノート：原著論文ほどの完成度は有さないが、新しい知見や結果を有するもの
- (4) 資料：新しい結果や知見は有さないが、その結果やデータが掲載に値するもの
- (5) 報告：事実の記載を主眼とし、知り得た事柄の要点を結論として記したもの
- (6) 他誌投稿論文要旨：他誌の著作権を侵害しないように作成、編集したもの

4 校 閲

原稿は編集委員会によって校閲を受ける。編集委員会は論文等の内容に関して投稿者に原稿の修正を求めることができる。また、原稿の採否は編集委員会において決定する。

5 原稿の作成

- (1) 原稿の本文は原則として日本語とし、MSWordを用い作成する。
- (2) 3 (1)～(5)の原稿はA4版縦向きとし、1ページ23文字×45行で、指定した様式の場合は1ページ23文字×45行×2段組とする。本文にはページ番号及び行番号を付ける。
- (3) 3 (6)の原稿はA4版縦向きとし、1ページ48文字×45行×1段組とする。
- (4) その他詳細は原稿執筆要領によるものとする。

6 原稿の提出と編集

投稿者は所属部長に原稿の確認を受け、編集委員会事務局又は編集委員に電子データで提出する。提出された原稿の掲載順序、掲載区分等は編集委員会で決定するものとする。

7 印刷時の校正

著者校正は原則として初校のみとし、軽微な修正を除き校正時の内容の変更は認めない。

8 研究報告の公開

- (1) 研究報告に掲載した論文は、原則として以下のとおり公開するものとする。
 - ア 研究所ホームページに全文を掲載する。
 - イ 一般の求めに応じて、コピー又は電子データ（PDF ファイル）により全文を提供する。
 - ウ 公的データベースへ登録する。
- (2) 著者は(1)ア～ウの内容に同意し、承諾書（別紙）を編集委員会事務局に提出する。

9 その他

その他必要な事項は編集委員会で協議する。

附則

この投稿規程は平成17年1月31日から施行する。

平成19年10月31日 改正

令和5年3月7日 改正

令和6年2月19日 改正

令和7年10月10日 改正

原稿執筆要領

研究報告投稿規程 5 に基づく原稿の執筆要領は次のとおりとする。

1 用語とページ制限

文体は口語体で現代仮名使いとし、原則として常用漢字を使用する（学術用語、地名、人名等はこの限りでない）。また、図、表等を含めた刷り上がりページ数（本文 1 ページは 23 字×45 行 2 段組）は原則として総説は 16 ページ以内、原著論文は 10 ページ以内、研究ノートは 7 ページ以内、報告及び資料は 6 ページ以内とする。資料については必要な附図、附表等の追加を認める。

ただし、これによらない場合は、執筆者は原稿を作成した時点で編集委員会に協議するものとする。

2 原稿の構成

構成は以下のとおりとする。

(1) MSWordで提出する場合

ア 表題、著者名、欧文表題、欧文著者名、著者の所属（1、2 の記号を用い記載）を 1 ページ目に記載する。

イ 和文要旨とキーワードを 2 ページ目に記載する。

ウ 欧文要旨、欧文キーワードを 3 ページ目に記載する。

但し、研究ノートにあってはウを、資料及び報告はイ、ウを省略してもよい。

エ 本文は表題、要旨等とは別のページとする。

- ・句読点は「，」及び「．」を用いる。
- ・数字は原則としてアラビア数字を用い半角表示とする。
- ・数量の単位記号は原則として国際単位系（S I 単位）を用いる。
- ・生物の和名はカタカナ書きとし、学名はイタリック体とする。
- ・微生物の和名等は微生物用語集に従う。
- ・用語を略記するときは原則として初出時に正式名称を記載し、略記することを明記する。
- ・項目を細別するときは見出し符号を次の順序で用いる。

1、1. 1、1. 1. 1 （ゴシック体）（1）、（2）・・・

オ 謝辞及び付記がある場合は本文の最後に 1 行空けて記載する。

カ （引用）文献は本文中引用箇所に^{1)・2)・1)～6)}のように記載し、本文とは別のページに引用順に記載する。

- ・雑誌、刊行物の略名は逐次刊行物所蔵目録（科学技術振興機構）又は Journal of Communication の標準略称（ISO4）等に従って記載する。

{引用例} ○雑誌の場合

1) 長野○男・松本○子（2008）表題，雑誌名，巻（号）：15-17

2) Ambrose, S. H., and DeNiro M. J. (1986) African human diet reconstruction using bonecollagen carbon and nitrogen isotope rations. Nature 319:321-324

○書籍の場合

3) 環境省（2009）環境白書平成○年版（大蔵省印刷局）：50-55

4) 大原 雅（2015）植物生態学，海游舎，東京，337pp.（一部引用の場合：pp.187-195）

○ホームページの場合

5) 環境省，表題：http://www.～（2009年○月確認）

キ 図表は個々に別ページとする。なお、図表は原則として刷り上がり幅 7.5cm（半ページ）又は 16cm（全ページ）以内の大きさとする。ただし、図については上下左右にある程度の余白をとる。

図表ごとに図（表）1、図（表）2 のように通し番号を付け、表題、説明文等とともに本文とは別ページにまとめて記載し、挿入位置を本文中に朱書きする。

ク 図表は原則として Excel、GIF、JPEG などの元のファイルを提出する。

ケ 原稿の校閲が終了後、指定の様式に割付けて提出する。

(2) 指定した様式で提出する場合

ア 指定した様式に割り付けて提出する。その他は 2（1）ア～カに従う。

イ 図表は本文中に張付け、表題、説明文等は図表内に記載せず本文中に記載する。なお、図表は原則として刷り上がり幅7.5cm（半ページ）又は16cm（全ページ）以内の大きさとする。ただし、図については上下左右にある程度の余白をとる。

ウ 図表は原則としてExcel、GIF、JPEGなどの元のファイルを提出する。

3 その他

その他、必要事項については編集委員会で決定する。

編 集 委 員 会

委 員 長	春日真由美	
委 員	篠 田 友 加	小 林 慶 子
	内山友里恵	小 山 和 志
	仙 波 道 則	
事 務 局	企画情報課（担当：駒津 裕亮）	

長野県環境保全研究所 研究報告 第 22 号

発 行 日	2026 年 10 月 30 日
発 行 者	長野県環境保全研究所
	安茂里庁舎 長野市安茂里米村 1978
	Tel. 026-227-0354
	kanken@pref.nagano.lg.jp
	飯 綱 庁 舎 長野市北郷 2054-120
	Tel. 026-239-1031
	kanken-shizen@pref.nagano.lg.jp
