

宮城県大崎市北小松遺跡出土人骨についての ミトコンドリア DNA 解析

相 原 淳 一 (東北歴史博物館)・小 野 章 太 郎 (宮城県教育庁文化財課)
安 達 登 (山梨大学医学部法医学講座)

I. はじめに

II. 宮城県大崎市北小松遺跡の概要と調査人骨

III. 北小松遺跡出土人骨のミトコンドリア DNA 解析

IV. おわりに

I. はじめに

遺跡の発掘調査では、しばしば人骨が出土する。東北地方における人骨の調査研究の歴史は古く、東北帝国大学草創期の大正時代にさかのぼる。

その中心は理学部地質学古生物学教室の松本彦七郎 (1887-1975) と医学部解剖学教室の長谷部言人 (1882-1969) であった。松本の分層発掘の手法は現在の層位学的な発掘調査の理論的な基盤を構成するものとなり、縄文人は現代日本人の直系の祖先であるとする長谷部の変形説は主流学説として圧倒的な影響力を持った (山口 1996)。また、長谷部の円筒土器文化論や副手山内清男の大洞貝塚ほかの考古学的な研究も、現在も極めて重要な指標となっている。

縄文人頭骨の形態小変異を指標とした形態学的研究では、北海道から九州にかけて縄文人はかなり均質な集団であったという結論が導き出されている (百々 2015)。一方、母系に遺伝するミトコンドリア DNA のハプログループ (同じような遺伝子配列パターンの集合) の分布からは地域における土器型式集団あるいは人の移動や通婚圏といったダイナミズムをとらえ得る可能性 (篠田 2012) があり、詳細な遺伝子レベルでの解析も進んでいる。

宮城県内では、青島貝塚 3 個体・里浜貝塚 3 個体の解析 (安達ほか 2008) から N9b 3 個体、M7a 2 個体、D4b 1 個体が検出され、北海道縄文人・関東縄文人との比較検討が進められている。N9b は沿海州先住民集団に特徴的な北方系要素、M7a は

大陸南部・東南アジア島嶼部の南方系、D4 の分布の中心が中国東北部から朝鮮半島に起源を持つと考えられている。課題として、分析に堪える遺存状況良好な人骨の確保が難しい点があげられている。

今回、東北地方における縄文時代晩期から弥生時代にかけての社会変動を考える上で、ミトコンドリア DNA 解析は高い有効性があると考え、山梨大学法医学講座に共同研究を申し出た。特に東北地方の縄文晩期末から弥生初頭にかけての移行期では、岩手県熊穴洞穴 (岩手県立博物館 1985) の分析例 (安達ほか 2008) があるのみで、宮城県大崎市北小松遺跡の集団墓に埋葬された人骨のミトコンドリア DNA 解析は東北地方における弥生時代の成り立ちを解明する大きな契機となることが期待される。

今回、試料採取にあたり、人骨の目立たぬ部位とすること、高解像度の写真を記録として残すこと、試料採取箇所は修復すること、研究成果の公表は当館研究紀要とすることを山梨大学医学部法医学講座と協定し、共同研究を行った。

2020 年 4 月 6 日に、北小松遺跡出土人骨のミトコンドリア DNA 解析のための悉皆的な調査を行った。北小松遺跡は内陸遺跡であるだけに、人骨がかろうじて残存している状況で、ほとんどすべての人骨が分析に堪えないことが判明した。かろうじて、遊離歯の上顎左第 1 小臼歯 (ヒト 44) と SK46 土壌墓埋葬人骨側頭骨が分析に供されることとなった。

第 I ・ IV 章を相原淳一、第 II 章を小野章太郎、第 III 章を安達登が執筆する。

II. 宮城県大崎市北小松遺跡の概要と調査人骨

北小松遺跡は大崎市田尻小松に所在する。遺跡は西から東に延びる清滝丘陵の一部が西へ緩く潜り込む微高地とその周辺の沖積地に広がっている。遺跡の標高は 17.0 ~ 17.8 m である。

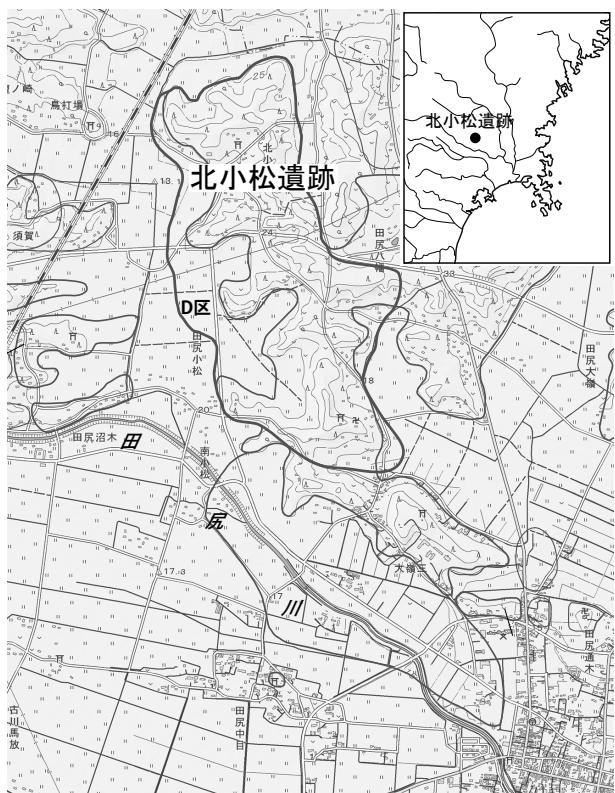


図 1 宮城県大崎市田尻北小松遺跡の位置

今回、分析に用いる人骨は 2009 年に発掘調査が行われた北小松遺跡 D-56 区 SK46 土壙墓埋葬人骨および D-57 区西の上顎左第 1 小臼歯 (ヒト 44) である (図 1 : 宮城県教育委員会 2014)。

SK46 土壙墓の検出面は VI b 層 (南 2 A 層群)、11 歳程度の未成人骨が仰臥屈葬の状態で埋葬されていた。歯の大きさは総じて小さく、女性の値に近いとされた。右手首付近に赤色顔料 (赤漆?) を残す。独鉛石 1 点が副葬されていた。SK46 土壙墓は大規模洪水直前の縄文晩期大洞 A' 式末～弥生前期初頭にかけての移行期に属する。

ヒト 44 の上顎左第 1 小臼歯 1 点 (遺物番号 A1911) は D-57 区西、VI i-k 層 (南 4 B 層群) 出土である。同一層準からは大洞 BC 式の土器が出土していることから、晩期前葉に位置づけられる。この時期以降に、D-57 区を含む丘陵南斜面は、埋葬犬骨などの遺構が形成されることから、葬送にかかる空間として利用されたとみられる。

III. 北小松遺跡出土人骨のミトコンドリア DNA 分析

(1) 序言

これまで、北海道および本州東部の縄文時代人のミトコンドリア DNA を解析することにより、現代日本人では 2 % 程度しかみられないハプログル

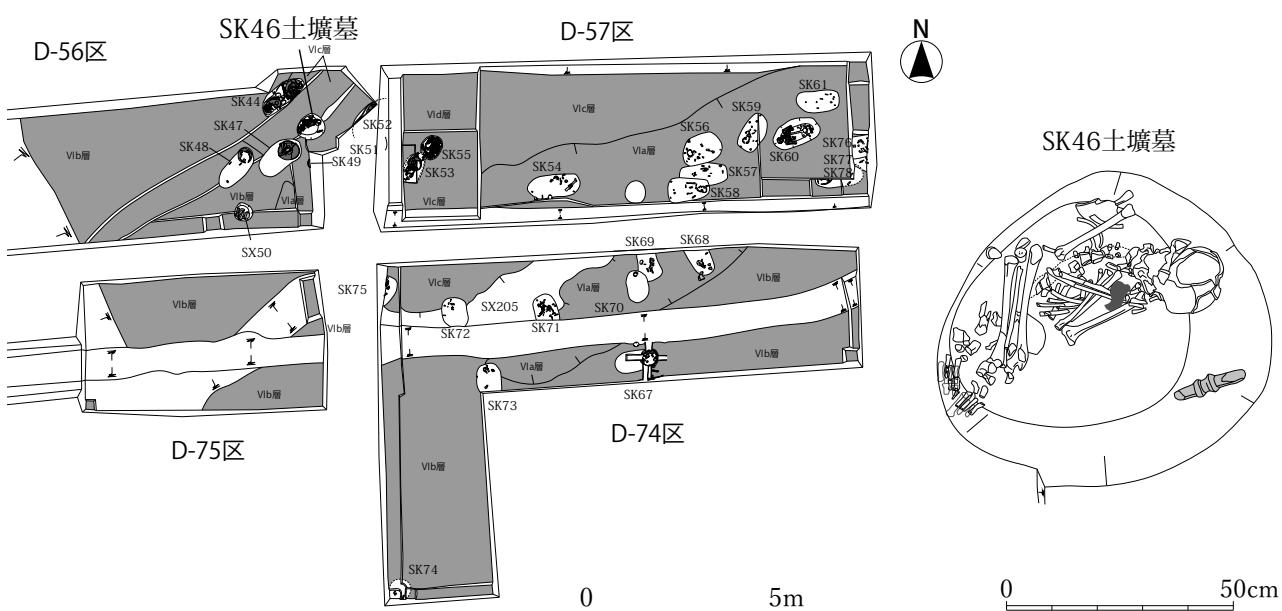


図 2 北小松遺跡 D 区と調査人骨 (宮城県教育委員会 2014 から構成)

プ（ミトコンドリア DNA の遺伝子型）N9b が 50 % を越えるなど、D4 が主体（30 ~ 40 %）の現代日本人とは大きく異なる遺伝子型の構成をもつことを明らかにしてきた¹⁻⁷。

上記の事実より、私は、日本列島の基層集団は、少なくとも東日本についてはハプログループ N9b を中心にもつ集団であると考えている。

しかし、縄文時代人の遺伝的データは未だ多いとはいはず、また、出土地が海岸の貝塚遺跡に集中しているため、上記の仮説を検証するためには可能な限り個体数を増加させ、内陸部に分析地域を広げる必要性がある。

今回私は、貴重な東北地方内陸部の縄文人骨のミトコンドリア DNA 解析をおこなう機会を得たので、結果を報告する。

（2）試料および方法

①試料

北小松遺跡 SK46 土壌墓埋葬人骨左側頭骨の岩様部、D-57 区西 VI i-k 層（南 4B 層群）出土の上顎左第 1 小臼歯ヒト 44 U0 09 A1911（以下、ヒト 44 とする）を解析の対象とした。

②ミトコンドリア DNA 解析

ヒトの細胞には、核に存在する核 DNA と、細胞質中の小器官であるミトコンドリアに存在するミトコンドリア DNA の 2 種類の DNA が存在している。ミトコンドリア DNA は No. 1 から 16569 まで、す

べての塩基の配列が決定されており⁸、この人類標準塩基配列との比較により対象試料の塩基配列の変異が容易に比較できる。また、ミトコンドリア DNA は核 DNA より突然変異が 5 から 10 倍の頻度で蓄積されやすく、同一の生物種内であっても個人差を調べるのに適している。さらに、ミトコンドリア DNA は父親から子に受け継がれることは原則的ではなく、母親からのみ子へ伝わっていくため、系統を単純化して考えることができる。近年になり、ミトコンドリア DNA の系統樹の整備が進み⁹、研究対象集団がどの人類集団と近縁であるかを正確に判定することが可能となってきた。

本研究では、ミトコンドリア DNA のうち、系統分析上重要性が高いコーディング領域（タンパク質を構成するアミノ酸のもとになる塩基配列をもつ領域）の 1 塩基多型 (Single Nucleotide Polymorphisms ; SNPs) を解析することで、信頼性の高い系統解析を目指した。

DNA の抽出方法については、Adachi et al.¹⁰ の方法に従って行った。先に述べた骨および歯より得られた DNA 溶液について、コーディング領域の SNPs を amplified product-length polymorphism (APLP) 法³ で検査した。検査は 2 回おこない、結果の一一致を確認した。得られた結果をもとに、現代人のデータベース⁹ を参照して、北小松遺跡人骨のミトコンドリア DNA のハプログループを決定した。



① SK46 土壌墓埋葬人骨左側頭骨



② ヒト 44

0 1cm
scale 1:1

写真 1 解析対象とした人骨

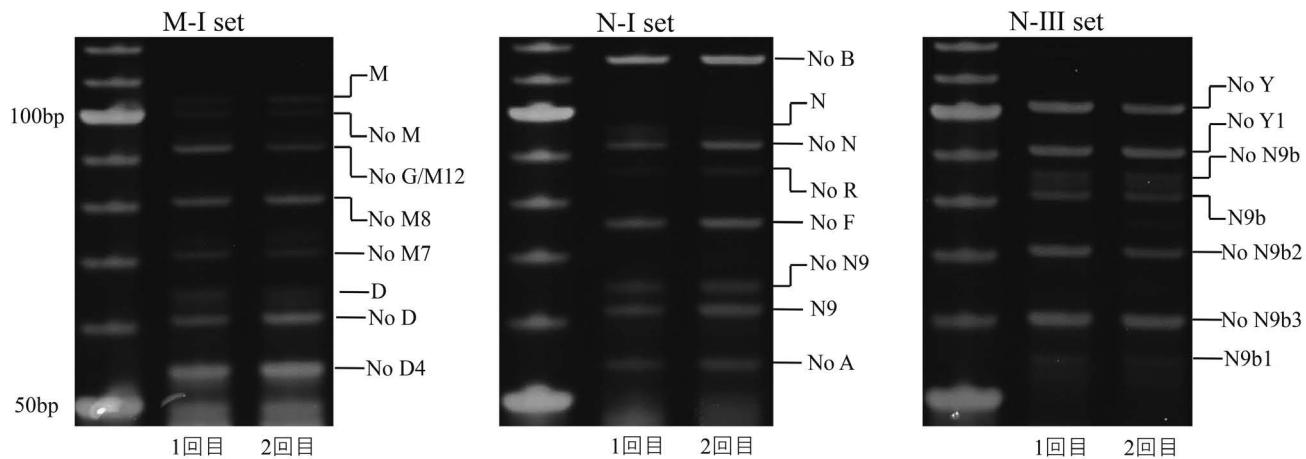


図3 北小松遺跡ヒト44 (UO 09 A1911) のAPLP解析結果

| M-I セット | 15043 (M) | 14569 (G, M12) | 7196 (M8) | 6455 (M7) | 5178 (D) | 3010 (D4) |
|---------------------|-----------|----------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 標準塩基配列 ^a | G | G | C | C | C | G |
| 変異型 | A | A | A | T | A | A |
| SK-46 | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし |
| ヒト44 | GとAの混合 | G | C | C | CとAの混合 | G |

a) Reconstructed Sapience Reference Sequence (引用文献11)

| N-I セット | 9bp deletion (B) | 10873 (N) | 12705 (R) | 6392 (F) | 5417 (N9) | 4248 (A) |
|---------------------|------------------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 標準塩基配列 ^a | 欠損なし | C | T | T | G | T |
| 変異型 | 欠損あり | T | C | C | A | C |
| SK-46 | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし |
| ヒト44 | 欠損なし | CとTの混合 | T | T | GとAの混合 | T |

a) Reconstructed Sapience Reference Sequence (引用文献11)

| N-III セット | 14178 (Y) | 3834 (Y1) | 13183 (N9b) | 16294 (N9b2) | 14996 (N9b3) | 12501 (N9b1) |
|---------------------|-----------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 標準塩基配列 ^a | T | G | G | C | G | G |
| 変異型 | C | A | A | T | A | A |
| SK-46 | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし | 増幅なし |
| ヒト44 | T | G | GとAの混合 | C | G | A |

a) Reconstructed Sapience Reference Sequence (引用文献11)

表1 APLP法による分析結果

(3) 結果および考察

SK46 については APLP 解析の増幅産物が全く得られなかつたが、ヒト 44 については結果を得ることができた（図 3 および表 1）。ただし、APLP の M- I セットにおいてマクロハプログループ M およびハプログループ D を規定する塩基にバンドが 2 本出現した。これは、マクロハプログループ M に属する DNA、およびそれ以外の DNA の少なくとも 2 種類が得られた溶液中に存在しており、マクロハプログループ M の DNA はその下位のハプログループ D (D4 以外) に属していることを示す。

N- I セットの結果も上記の推論を裏付ける結果であった。マクロハプログループ N およびハプログループ N9 を規定する塩基に 2 本のバンドが出現した。これは、先に述べたハプログループ D と混在している DNA は、マクロハプログループ N の下位であるハプログループ N9 であることを示している。ハプログループ N9 は、東日本縄文時代人で主体をなすハプログループ N9b が属する上位のハプログループである。そこで、ハプログループ N9 を細分化できる N- III セットを施行してみた。その結果、この溶液中に存在するハプログループ N9 の DNA は、ハプログループ N9b1 に分類されることが明らかとなった。ハプログループ N9b1 は、N9b の中でも北海道、東北の縄文時代人で最多の頻度をもつものである。

上記のように、今回の結果はハプログループ D に属する DNA と、ハプログループ N9b1 の 2 種類の DNA が、北小松ヒト 44 から抽出した DNA 溶液中で混在している可能性を示唆する。ただし、もし本当に DNA が混在しているのなら、ハプログループ N9 を細分化する N- III セットにおいて、ハプログループ N9b1 にもバンドが 2 本出現するはずである。しかし、今回の結果では混在の可能性があると判定されたのは N9b の判定塩基だけだった。APLP 法においては、極めて高度に変性した DNA を判定する場合、増幅がみられない他に、2 本以上のバンドが出現することがある。つまり、今回の結果は、DNA の混合ではなく高度の変性を反映している可能性がある。

近年、古人骨の DNA 分析に次世代シークエンサーという機器を用いることが普及してきている。次世代シークエンサーはミトコンドリア以外に核の DNA も網羅的に解析できる優れた機器であるが、大きな利点として、現代人による汚染 DNA がどれくらい溶液中に存在しているのかを割り出すことができる。今後、この次世代シークエンサーによる分析をおこない、今回の結果を検証する予定である。

IV. おわりに

今回、当初の目的とした縄文晚期終末から弥生前期初頭にかけての移行期における人骨からのミトコンドリア DNA の解析調査については、人骨の遺存状況が良好ではなく、見送らざるを得なかった。

一方、遊離歯ながらも、D-57 区西 VI i-k 層（南 4 B 層群）出土の縄文晚期前葉の上顎左第 1 小臼歯ヒト 44 (U0 09 A1911) については解析を実施することができた。その結果、この人骨から抽出した DNA 溶液中には、古人骨由来の DNA と現代人の DNA が混在している可能性が示された。現代人による汚染 DNA がどれくらい溶液中に存在するかは次世代シークエンサーによる調査が不可欠である。内陸の稀少な人骨だけに、調査は継続して行う方針である。

課題として、発掘調査における人骨の取り上げはつねに細心の注意を払って行われているが、将来的な DNA 調査も視野に、今後なお一層の慎重さが求められる。

【註】

- 1) 安達登・篠田謙一・梅津和夫 2009 「ミトコンドリア DNA 多型からみた北日本縄文人」『DNA 多型』 17, pp.265-269
- 2) Adachi N, Shinoda K, Umetsu K, et al. Mitochondrial DNA analysis of Hokkaido Jomon skeletons: Remnants of archaic maternal lineages at the southwestern edge of former Beringia. *American Journal of Physical Anthropology* 146: 346-360, 2011.
- 3) Kakuda T, Shojoh H, Tanaka M, et al. 2016. Multiplex APLP system for haplogrouping extremely degraded East-Asian mtDNAs. *PLoS ONE* 11(6): e0158463.
- 4) 佐伯史子・安達登・米田穂か 8名 2016 「大船渡市野々前貝塚縄文時代人骨の形態人類学的および理化学的分析」 *Anthropological Science (Japanese series)* 124-1, pp.1-17
- 5) 安達登 2018 「神明貝塚出土人骨についてのミトコンドリア DNA 解析」『埼玉県春日部市神明貝塚包括報告書』 pp.214-216, 春日部市埋蔵文化財発掘調査報告書 第20集
- 6) 安達登 2018 「野々前貝塚および長谷堂貝塚群 14 次調査出土人骨の DNA 分析」『岩手県大船渡市長谷堂貝塚群平成 26 年度緊急発掘調査報告書』 pp.199-201, 大船渡市教育委員会
- 7) Takahashi R, Koibuchi R, Saeki F, et al. 2019. Mitochondrial DNA analysis of the human skeletons excavated from the Shomyoji shell midden site, Kanagawa, Japan. *Anthropological Science* 127-1, pp.65-72
- 8) Andrews RM, Kubacka I, Chinnery PF, et al. 1999. Reanalysis and revision of the Cambridge reference sequence for human mitochondrial DNA. *Nature Genetics* 23:147.
- 9) Van Oven M, Kayser M. 2009. Updated comprehensive phylogenetic tree of global human mitochondrial DNA variation. *Hum Mutat* 30 (2): E386-E394. <http://www.phylotree.org>.
- 10) Adachi N, Kakuda T, Takahashi R, et al. 2018. Ethnic derivation of the Ainu inferred from ancient mitochondrial DNA data. *American Journal of Physical Anthropology* 165, pp.139-148.
- 11) Behar D, Van Oven M, Rosset S, Metspalu M, Loogväli EL, Silva NM, et al. 2012. A "Copernican" reassessment of the human mitochondrial DNA tree from its root. *American Journal of Human Genetics* 90, pp. 675-684

【引用参考文献】

- 伊東信雄 1957 「古代史」『宮城県史』第 1 卷
 安達登・篠田謙一・梅津和夫 2008 「縄文人に遺伝的地域差は存在するのか—北海道縄文人と東北縄文人の比較—」『DNA 多型』第 16 号, pp.287-290, 日本 DNA 多型学会
 岩手県立博物館 1985 『熊穴洞穴遺跡発掘調査報告書—岩手県東山町一』 岩手県立博物館調査研究報告書第 1 冊
 興野義一 1958 「迫川流域の石器時代文化」『仙台郷土研究』第 18 卷第 3 号, pp.20-30, 仙台郷土研究会
 興野義一 1959 「江合川流域の石器時代文化」『仙台郷土研究』第 19 卷第 3 号, pp.7-23, 仙台郷土研究会
 篠田謙一 2012 「DNA による日本人の形成—ミトコンドリア DNA と Y 染色体」『季刊考古学』第 118 号, pp.79-84, 雄山閣
 百々幸雄 2015 『アイヌと縄文人の骨学的研究 骨と語り合った 40 年』東北大出版会
 宮城県教育委員会 2005 「北小松遺跡」『壇の越遺跡ほか』 pp.67-72, 宮城県文化財調査報告書第 202 集
 宮城県教育委員会 2008 「北小松遺跡ほか—平成 19 年度発掘調査概報—」宮城県文化財調査報告書第 216 集
 宮城県教育委員会 2010 「北小松遺跡ほか—田尻西部地区ほ場整備事業に係る平成 19 年度発掘調査報告書—」宮城県文化財調査報告書第 223 集
 宮城県教育委員会 2011 「北小松遺跡—田尻西部地区ほ場整備事業に係る平成 20 年度発掘調査報告書—」宮城県文化財調査報告書第 226 集
 宮城県教育委員会 2014 「北小松遺跡—田尻西部地区ほ場整備事業に係る平成 21 年度発掘調査報告書—」宮城県文化財調査報告書第 234 集
 山口敏 1996 「先史日本列島人に関する二三の骨学的考察」『人類学雑誌』第 104 卷第 5 号, pp.343-354, 日本人類学会