

初期のジャワ原人の古さ、明らかに

■概要

国立科学博物館 人類研究部の松浦秀治 客員研究員（お茶の水女子大学 名誉教授）、立命館大学 古気候学研究センターの北場育子 准教授（副センター長）ほか国内外 9 機関 14 名からなる国際共同研究グループは、インドネシアの世界文化遺産・サンギラン人類遺跡から出土するジャワ原人の年代を斬新な手法を用いて明らかにし、公表しました。ジャワ原人の古さについては、2 つの編年案が二十年以上にわたって対立していましたが、今回の研究結果から、混乱していた年代観が整理され、ジャワ原人の進化に関する謎の解明が大きく進むことが期待されます。

本研究成果は、日本時間 2020 年 1 月 10 日（金）に科学誌『Science』に掲載されました。

■ポイント

（1）インドネシアのジャワ原人の化石は 19 世紀末から発見されてきましたが、その古さについては論争が絶えませんでした。

（2）サンギラン地域はジャワ原人化石の中心的な産地で、最も古いジャワ原人がどこまで遡るかについても鍵を握る遺跡ですが、編年の枠組みが長い間統一されていませんでした。ここ二十年ほどは、ジャワ原人の最古のものは 150 万年前を超えるという主張が広く受け入れられ一般化していましたが、他の研究結果との矛盾も指摘されていました。

（3）今回の年代学的研究結果から、当地域のジャワ原人化石は古くても約 130 万年前と算出され、上記の二十年來の通説を見直す必要があることが示されました。

（4）本研究の成果から、ジャワ原人の時代的変遷の要因・背景に世界規模の環境変化があったことが示唆されました。

■研究の背景

およそ 700 万年前にアフリカ大陸で誕生したと考えられる人類は、いつ頃からユーラシア大陸へ、そして東方アジア地域へと進出したのか。また、それら分布を広げていった人類集団の進化の様相はどのようであったのか。この問題を考察する上で、東方アジア最古級の人類化石であるインドネシアのジャワ原人（学名はホモ・エレクトス）資料はその要として注目されてきました。ジャワ原人の化石は 19 世紀末から発見されていますが、特に、中部ジャワのサンギラン地域はその中心的な産地で、100 点以上の人類化石が出土し、今日ではジャワ原人標本の約 8 割を占めるに至っています。こうしたことから、1996 年には、人類進化史における当地域の重要性が認められ、世界文化遺産に登録されました。

しかしながら、サンギラン遺跡の人類化石については、様々な年代が報告され、編年の枠組みが長い間統一されていませんでした。ここ二十年ほどは、ジャワ原人の最古のものは 150 万年前を超えるという「古い年代観」の主張（図 1 の「長期編年」）が広く受け入れられ一般化してはいましたが、そこまでは遡らないという「若い年代観」を示す研究成果（図 1 の「短期編年」）を支持する研究者もいて、混沌とした状況におちっていました。このことがジャワ原人の人類進化史における位置づけと評価が定まらない要因となり、ひいては東方アジアの古人類に関する起源・進化系統論あるいは分類について様々な議論を生む一因ともなっていました。

■研究成果の要点

サンギラン地域には広範囲にわたって、火山灰などの火山砕屑物（さいせつぶつ）が挟まっていて、これが化石を含む地層が堆積した年代を推定する鍵となります。

本研究では、火山砕屑物層に含まれるジルコン結晶に注目しました。ジルコンは、風化変質に強い鉱物であるだけでなく、フィッション・トラック法とウラン-鉛法という、それぞれ測られた年代の意味が異なる年代測定法を同じ試料に適用できることが強みになります。ただ、こうした斬新な組み合わせ手法を可能にするためには、それぞれの測定法の発展研究が前もって必要になります。特に、ウラン-鉛法が100万年前より後の時代に適用可能になってきたのは近年のことであり、そうした進展研究を含めて、本研究グループは準備を重ねてきました。

そうした準備が整ったことで、2つの手法による年代測定結果の詳細な比較検討が可能となり、サンギラン遺跡のジャワ原人の年代が明らかになってきました。

本研究成果の概要は図1に示しましたが、グレンツバンクと呼ばれる重要な鍵層の年代が90万年前であることが明瞭となり、「短期編年（若い年代観）」が支持されました（この結果は、本研究グループの兵頭らが2011年に発表した古地磁気法による研究結果と整合します〔図1参照〕）。加えて、当地域においてジャワ原人化石が出土する可能性がある一番下の地層が約130万年前（様々な誤差要因を最大限に考慮しても150万年前まで遡ることはない）と算出されたことは意義が大きく、最古のものは150万年前を超えるという二十年来の通説を見直す必要があることが示されました。

■研究成果からの示唆と今後の課題

サンギラン地域のジャワ原人は、化石の由来層と伴出する動物化石の違いから「前期グループ」と「後期グループ」に分けられています（図1）、両者には形態的にも大きな違いがあることが報告されています。

この2つのグループは（図2、図3参照）、グレンツバンクと呼ばれる層（図1）の直上が境になっていますが、本研究からグレンツバンクが90万年前であることが明らかとなりました。この90万年前の直後に世界規模の寒冷化が起きた時期があり、海面が約120メートルも低下して、マレー半島からジャワ島、カリマンタン島（ボルネオ島）にかけて広大なスンダランド（スンダ大陸）が出現し、アジア大陸との動植物群の交流が盛んになったと考えられます。この劇的な環境変化が上記の2つのグループの違いに見られるようなジャワ原人の変遷の要因であったことが示唆されます。

また、海部陽介（国立科学博物館）らによれば、「前期グループ」の形態はアフリカの初期のホモ・エレクトスと似ていて、およそ170万年前に遡る初期の特徴をジャワ原人が有していることは進化史における課題（謎）のひとつでした。「前期グループ」は、ジャワ原人（注：ジャワ原人の生息時期は長く、最終出現年代はおよそ10万年前〔最終的には10万年前頃まで生息していた〕と考えられます）の一番古い集団をなしていますが、本研究の結果から、「前期グループ」は約100万年前を中心に（図3）、遡っても約130万年前と考えられることが明らかになりました。これは、ひとつには、アフリカの初期のホモ・エレクトスが、その特徴を保持しながらジャワ島に到達した可能性を示唆します。こうしたことから、アジアにおける人類の進化史に、また新たな視点からの研究調査が期待されます。

<年代測定法の用語解説等>

・アルゴンーアルゴン法：

カリウムーアルゴン法の一つ。カリウムの同位体のうちカリウム 40 が半減期約 12 億 5 千万年の放射性核種である。岩石・鉱物中においてカリウム 40 起源の娘核種アルゴン 40 とその親核種カリウム 40 との比が年代とともに増加することを利用するのがカリウムーアルゴン法である。アルゴンーアルゴン法では、あらかじめ分析試料に速中性子を照射して、カリウム 39 からアルゴン 39 を生成させておく。このアルゴン 39 の生成量は試料中のカリウム濃度に比例するから、アルゴンの同位体分析の際に、アルゴン 39 も測定することによってカリウムを別に分析する代わりとする。サンギラン地域では、角閃石が測定試料として用いられた。

・ウランー鉛法：

ウラン 238 とウラン 235 は放射性崩壊によって、それぞれ 10 以上の核種を経て最終的には鉛 206 と鉛 207 に変わっていく。ウランの大部分を占めるのはウラン 238 なので、ウラン 238 とそれから生じた鉛 206 の比率から信頼性の高い年代値が得られやすいものの、ウラン 238 の半減期が約 45 億年と長いので、若い地質時代にはなかなか用いられなかったが、近年、第四紀（約 260 万年前以降）の試料にも適用できるようになってきた。

・古地磁気法

堆積物に記録されている当時の地磁気を測定し、あらかじめ標準として整理された過去の地磁気変動表と照合することによって、年代の考察や地層の対比を行う方法。地磁気は絶えず変動しているが、短周期のものを除くと、数十年～数百年のオーダーで変化する小規模な永年変化と、数十万年オーダーの 180 度近い反転などがある。古地磁気法では、一般的に、地質時代における地球規模の地磁気反転の変遷史を示した年表を対照基準として用いる。図 1 の「短期編年」にある古地磁気法による年代は、本研究グループの兵頭らによって推定されたものである。

・フィッション・トラック法

ウラン 238 が自発核分裂して、物質中に飛跡を残す性質を利用した年代測定法。鉱物やガラスはしばしば微量のウランを含む。ウラン 238 は、通常の α 線を放出する壊変様式のほかに、ごく一部は自発的な核分裂を起こして崩壊する。ウランを含む物質が絶縁性であると、核分裂のときに飛び散る核の破片の作用によってその固体中に百分の 1 ミリメートル程度のキズ（核分裂飛跡、フィッション・トラック）が残る。このキズは、ウラン 238 の濃度と時間にしたがって一定の率で増加するので、その数から経過年代が算出される。

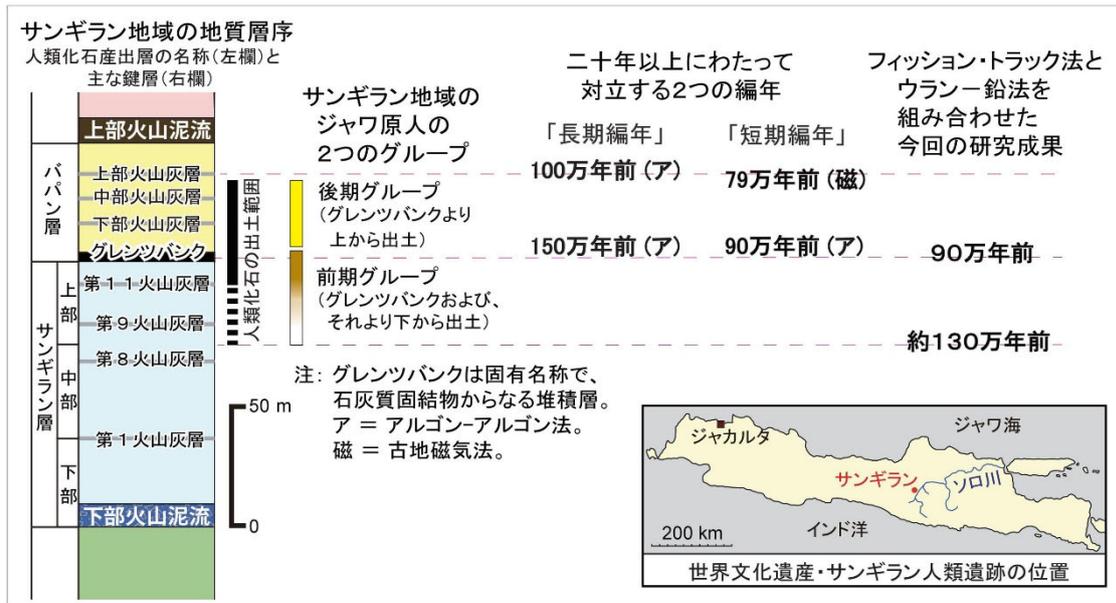


図1. サンギラン遺跡のジャワ原人の編年(本研究から得られた年代を右端に示した)
(松浦秀治・兵頭政幸 作成)。



図2. ピテカントロプス8号(サンギラン17号)化石。
 ジャワ原人の中で最も保存が良く、
 顔面の形態が分かる唯一の化石。
 サンギラン地域の原人の「後期グループ」に
 属する。今回の研究により「短期編年(若い
 年代観)」が支持されたことなどから、年代は
 約82万年前と推定された。
 写真提供: 馬場悠男(国立科学博物館)

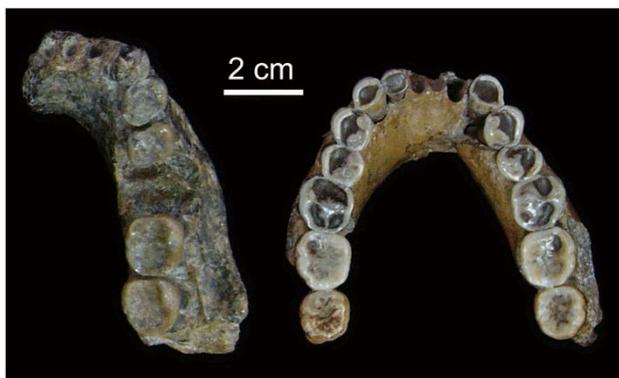


図3. 左はピテカントロプスC(サンギラン9号)、
 右はピテカントロプスF(サンギラン22号)。
 サンギラン地域のジャワ原人の「前期
 グループ」に属する。今回の研究から、
 これらの下顎骨の年代は約90~110
 万年前と推定された。国立科学博物館・
 人類史研究グループ長の海部陽介らに
 よれば、これらの化石は、これより
 数十万年古いアフリカの初期の
 ホモ・エレクトスに似た特徴を持つという。
 写真撮影: 松浦秀治

■論文情報

・題名： Age control of the first appearance datum for Javanese *Homo erectus* in the Sangiran area

(ジャワ島サンギラン地域のホモ・エレクトスの初出現層準への年代制御
[サンギラン遺跡のジャワ原人初出現時期の明確化])

・掲載誌： Science (米科学誌 サイエンス)、367 巻 210～214 頁

・著者：

松浦 秀治 (国立科学博物館)

近藤 恵 (お茶の水女子大学)

檀原 徹 (株式会社京都フィッショントラック)

坂田 周平 (東京大学)

岩野 英樹 (株式会社京都フィッショントラック)

平田 岳史 (東京大学)

Iwan Kurniawan (インドネシア地質調査センター)

Erick Setiyabudi (インドネシア地質調査センター)

竹下 欣宏 (信州大学)

兵頭 政幸 (神戸大学)

北場 育子 (立命館大学)

周藤 正史 (ポツダム大学)

檀原 有吾 (株式会社京都フィッショントラック)

Fachroel Aziz (インドネシア地質調査センター)

■研究内容についての問合せ先：

立命館大学 古気候学研究センター 副センター長 准教授 北場育子

E-mail: i-kitaba@fc.ritsumei.ac.jp