

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：12102

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2012～2016

課題番号：24101011

研究課題名(和文)堆積物に記録される西アジアにおける第四紀環境変動の解読

研究課題名(英文)Decoding Quaternary paleoclimatic changes in West Asia recorded in sediments

研究代表者

安間 了 (ANMA, Ryo)

筑波大学・生命環境系・講師

研究者番号：70311595

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,300,000円

研究成果の概要(和文)：現地研究者による協力体制を整え、不安定な政情にもかかわらず現地調査を安全に遂行できる体制と、各種試料を入手する経路を確立した。本計画研究の推進によって、西アジアでは水を介した炭酸塩のサイクルが、環境に大きな影響を及ぼしていることが明らかになった。この新しい視点は、西アジアにおける塩害のメカニズムや、氾濫源堆積物を利用する日乾レンガや粘土板などの土の文化がなぜメソポタミアで発達したのか、といった考古学的研究が投げかけるいくつかの疑問を解く鍵となる。

研究成果の概要(英文)：We succeeded in establishing an international collaboration team that enable us to obtain necessary samples to study. Calcium carbonate dissolved in rain water plays an important role in controlling the environment of West Asia. This viewpoint provides answers to questions thrown through archaeological studies. (1) Rain water rich in Ca-HCO<sub>3</sub> can precipitate CaCO<sub>3</sub> and form a hard crust near the surface of the sediment column. This mechanism has direct influence on salinization. (2) Alkaline rain water does not dissolve carbonates. Floodplain sediments and tablet clay in Mesopotamia contain calcareous tests of coccoliths derived from limestones in Zagros. (3) As a result, Mesopotamian clay and its products (clay tablet, adobe, etc.) contain a large portion of carbonates. The carbonates are originated from both reworked grains and CaCO<sub>3</sub> precipitated from the ground water. Such precipitation may have played an important role in hardening clay products.

研究分野：地質学

キーワード：粘土板 氾濫源堆積物 降雨 河川水 地球化学分析 火山 地震 風成塵

### 1. 研究開始当初の背景

東アフリカで発生・発達した人類は、やがて出アフリカを果たし、全世界に広がった。研究開始当時、シナイ半島を経由する出アフリカルートに加えてアラビア半島ルートが注目されていた。いずれの場合でも出アフリカの過程で西アジアは避けて通れない地域であり、この地域で最古の農耕文明、都市文明、文字文化が発達していったという認識があった。新学術領域研究「現代文明の基層としての古代西アジア文明」は、西アジアにおける初期人類の移動、それが定住化して、農耕社会そして都市文明が成立する過程を解き明かしていくことによって、現代文明の基層となった文明の萌芽を見いだそうとした。その中で本計画研究は人類の移動を駆り立てた要因、農耕、都市文明成立の前提条件であった当時の自然環境とその変遷に焦点を当て、堆積物に残された情報からこれを読みとろうと試みた。研究開始当初は、西アジア諸国の急速な民主化が進み、現地調査も潤滑に遂行できることが期待された。

### 2. 研究の目的

本計画研究の目的は、東アフリカで誕生した人類の祖先が世界中に拡散していく架け橋となった西アジア地域で、人類の痕跡を探りながら、遺跡近傍の堆積物に残された記録からその時々々の住環境の変遷を高解像度で明らかにし、人類の移動を駆り立てた要因、農耕、都市文明成立の前提条件であった当時の自然環境とその変遷を理解することである。

### 3. 研究の方法

当初目的を達成するため、考古学発掘サイトの近傍で過去の環境変動を記録する堆積物を採取し、洪水や地震・火山噴火などの突発的な自然災害の証拠も探求しながら堆積物の観察および記載を行うことが当初計画で提案した方法である(安間, 2012)。しかし研究開始後の初期段階で、遺跡の周辺部に古環境変動を解析するのに適した細粒湖沼堆積物が少なく、環境復元に利用できる鍾乳石やカルクリートなどの成長は不連続であることがわかった。そして政情の不安定化により、これまで筑波大学が発掘してきたシリア、イラン、トルコの遺跡にアクセスできなくなった。いっぽう、イラク国のクルド人自治区においては安定した政権が誕生し、外国隊にも門戸を開き始めた。また、この時期、研究協力者の国立科学博物館・辻彰洋博士と大阪学院大学・渡辺千香子准教授により楔形文書粘土板胎土中からの珪藻の発見が報告された。各地で製作された粘土板の中には契約日などが記載された経済文書もあり、これらから古環境の指標となる微化石を得られれば、高時間分解能で当時の環境を見積もることができる。このため、(1) 研究対象範囲をメソポタミアを中心とする西アジア全域に広げ、当初計画に沿って湖沼堆積物や鍾乳石試

料などから古環境変動の復元に努めるとともに、(2) 各地で河川・氾濫源堆積物を採取し、氾濫源堆積物の地球化学データベースを整備する、(3) 粘土板胎土に古環境指標を求めながら、胎土の地球化学的分析を行い、(2)のデータベースと比較することで物質科学的に粘土板原産地を推定することにした。また、地表面に発達するカルクリートや鍾乳石の成長過程を理解するため、(4) 西アジア各地で採取した天水と地表水の地球化学分析を行うこととした。

### 4. 研究成果

出アフリカのアラビア半島ルートを調べるため、オマーンで予察的な調査を行った(安間, 2013)。東部のハジャール山地では河谷が厚い更新世の礫岩で埋没されており、現在は乾ききったこの地でも、過去には水があふれていた時代があったことを示していた。アラビア半島周辺域を対象にしたおよそ15万年前以降の古環境データをコンパイルし、12.6万年前に始まる最終間氷期と現在の間氷期では、寒冷期から急速に温暖期にむかう時期に、明瞭な湿潤期を迎えることを明らかにした(主な発表論文等〔図書〕)。また、最終間氷期以降における気候変動の比較対象として、北西太平洋の海洋堆積物コアの研究を行い、放散虫群集を古環境変動指標として平均表面海水温度の変動と海流強度との関係等を明らかにした(主な発表論文等〔雑誌論文])。

石灰岩地帯の洞窟に発達する鍾乳石から古環境情報を得るべく、2014年に訪れたイランのグリ・ガレ洞窟とアリ・サードル洞窟では分析用の試料を入手した(安間, 2015c)。これらの鍾乳石試料については、研究分担者の富山大学・堀川恵司准教授が分析を進めている。イラクでも試料採取に目処がついたものの、系統的な研究は今後の課題である。

火山噴火などの突発的災害の影響を調べるため、イラン北部のサハンド火山(安間, 2014a)、トルコ中央部のエルジェス火山などの調査(安間, 2014b; 2015a)を行い、カッパドキア地方を覆い尽くす珪長質大規模火山砕屑岩類の活動史とマグマの生成機構を明らかにした(潮見, 2017)。また、研究分担者の高橋学博士(産業技術総合研究所)は岩窟教会群を構成する凝灰岩の物理特性を計測し、高い透水性を持つ凝灰岩の3次元的空隙構造をX線CTを用いて明らかにした。

西アジアで起こりえる地震災害の例として、2015年ネパール地震について解析を行い、震源過程を明らかにした(八木, 2016; 主な発表論文等〔雑誌論文])。

堆積物の後背地推定や交易などの地方間連絡の推定を行うための基本的地質情報が少なかったため、本計画研究では現地研究者の協力を得て地質マッピングを行いながら分析用試料を収集し、それぞれの地質体の組成や年代などの基礎的地質情報のデータ

ースを独自に構築しはじめた(主な発表論文等〔雑誌論文〕, )。この過程でイラク国スレイマニヤ地方のカラ・サイド・アフマダンおよびヤシン・テベの発掘チームに同行し、建築材や石器石材の原産地について考察を行った(安間, 2015b; 主な発表論文等〔雑誌論文〕, )。

スレイマニヤ博物館やシカゴ大学博物館の協力を得て、粘土板胎土の試料を分取させて頂くとともに、現地研究者との研究協力体制を構築し、メソポタミア下流域全体をカバーする最深で 13 m にいたる堆積物のオーガー試料を入手した。これらの地球化学的分析は、研究分担者の申基澈博士(総合地球環境学研究所)、佐野貴司博士(国立科学博物館)、昆慶明博士(産業技術総合研究所)、横尾頼子博士(同志社大学)が中心になって遂行した。現在までに入手した粘土板試料 40 点程度と堆積物試料 70 点程度についての主要・微量元素組成、Sr 同位体比などを明らかにし、粘土板原産地推定の試みへの端緒を得た(主な発表論文等〔学会発表〕, , など)。メソポタミアの堆積物は高濃度の炭酸塩鉱物や中生代~古第三紀の海棲の円石藻の殻(コッコリス)を含んでいることが明らかになった(主な発表論文等〔学会発表〕)。

山間部粗粒堆積物の地表付近の空隙は、炭酸塩膠着物質で満たされて、いわゆるカルクリットを形成する。洞窟に発達する鍾乳石や地表付近に広範囲にわたって分布するカルクリットから古環境情報を得るためには、天水・地表水・地下水といった水を媒体とする物質循環を明らかにする必要がある。このため、西アジア各地で河川水を採取するとともに、トルコ国内 3 箇所、イラン国内 4 箇所毎月ごとに降水を採取し、研究分担者の申基澈博士、横尾頼子博士が中心になって、それらの主要・微量元素組成、Sr 同位体比などを測定した。西アジアの降水は、多量の炭酸塩を溶かし込んでおり、アルカリ性であることが明らかになった(主な発表論文等〔学会発表〕, )。この炭酸塩は風成塵に由来することが確認された(阪本, 2017, 同志社大学卒業論文)。

本計画研究の推進によって、西アジアでは水を介した炭酸塩のサイクルが、環境に大きな影響を及ぼしているらしいことが判ってきた(主な発表論文等〔学会発表〕, )。こうして得られた新しい視点から見てみると、西アジアにおける考古学的研究が投げかけるいくつかの疑問を解く鍵となりそうである(安間, 2017)。

(1) 最初から高濃度の  $\text{Ca-HCO}_3$  をふくむアルカリ性の降水は、地表で塩を析出して、カリチなどのかたい地表面を形成しやすい。このことは、西アジアにおける塩害問題にも直結していると思われる。

(2) 高濃度の炭酸塩を含むアルカリ性の降水は、アラビア半島衝突帯の周辺部に露出する中生代~古第三紀の石灰岩に含まれる

コッコリス等を溶解することなく運搬し、メソポタミア氾濫原堆積物の組成に大きな影響を及ぼしている。

大気中の二酸化炭素に飽和した通常の降水はやや酸性(pH~5.6)であるため、コッコリスなどは通常溶けると考えられるが、メソポタミアでは風化・侵食された炭酸塩はそのまま再堆積する。いっぽう、アルカリ性の水は珪質の微化石殻を溶かしやすいので珪質微化石が二次堆積する可能性は低い。したがって、氾濫原堆積物中に残される珪藻化石などはその当時の環境指標として利用できる可能性が高い。

(3) (2)の帰結として、メソポタミアの堆積物やそれを原料とする製品には炭酸塩が多く含まれる。堆積物や粘土板の酢酸溶出成分の Sr 同位体比は、降水の値に近い。したがって、炭酸塩鉱物の起源としては炭酸塩質生物殻の二次堆積によるものと降水に含まれる炭酸塩の析出が考えられる。このような炭酸塩鉱物の析出は、粘土板や日乾レンガを固化させるのに一定の役割を果たしているものと考えられる。氾濫原堆積物を利用する日乾レンガや粘土板などの土の文化がメソポタミアで発達したのは、物質科学的に優位にあったためであろう。

本新学術領域研究の推進を通して、現地研究者による協力体制を整え、政情にかかわらず各種試料を入手する経路を確立し、多くの試料を入手することができた。今後は研究協力体制を維持し観測を継続するために新しいプロジェクトを立ち上げ、入手済みあるいは入手予定の試料を用いて、より精度の高い西アジア環境史を構築していく必要がある。この一方で、周辺地域の岩石の年代や組成などの基本的地質情報や洪水、火山噴火、地震などの地質災害に関するデータベースを整備していくことも重要である。

#### 引用文献

- 安間 了(2012)堆積物に記録される西アジアにおける第四紀環境変動の解読. 西アジア文明研究センター・ニュースレター(RCWAC-NL)第1号, 22-23
- 安間 了(2013)オマーン国における予察的地質調査の報告. RCWAC-NL 第2号, 6-7
- 安間 了(2014a)イラン地質調査報告(2013.11.1~11.14). RCWAC-NL 第4号, 12-16
- 安間 了(2014b)トルコ地質調査(2013.7.16~8.5)報告. RCWAC-NL 第3号, 3-7
- 安間 了(2015a)2014年7月トルコ・カッパドキア地方調査報告. RCWAC-NL 第5号, 1-6
- 安間 了(2015b)2014年度スレイマニヤの古環境・地形・地質調査報告. RCWAC-NL 第5号, 7-10
- 安間 了(2015c)2014年イラン調査報告. RCWAC-NL 第6号, 7-14
- 安間 了(2017)「堆積物に記録される西ア

「ジアにおける第四紀環境変動の解読」成果報告. RCWAC-NL 第9号, 47-54  
潮見和幸 (2017) ジルコン地球化学から見たトルコ共和国中央アナトリア火山岩区における大規模珪長質火山砕屑岩の成因. 筑波大学生命環境科学研究科, 修士論文  
八木勇治 (2016) 西アジアの地震活動と2015年ネパール地震. RCWAC-NL 第8号, 31-36

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

常木晃、渡部展也、安間 了、アハマッド・サーベル、肥沃な三日月地帯東部の新石器化-イラク・クルディスタン、スレマニ周辺の先史時代遺跡踏査 (2016年) 第24回西アジア発掘調査報告会報告集、査読無、2017、10-15,  
<http://jswaa.org/wp-content/uploads/2015/04/24contents.pdf>  
Mohammad, Y. O., Kareem, H. J., Cornell, D. H. and Anma, R., Kuradawe granitic pegmatite from Mawat ophiolite, Kurdistan region of Iraq: Anatomy, mineralogy, geochemistry and petrogenesis, *The Canadian Mineralogist*, 査読有, 54, 2016, 989-1019, DOI:10.3749/canmin.1600028  
Nouri, F., Azizi, H., Golonla, J., Asahara, Y., Orihashi, Y., Yamamoto, K., Tsuboi, M. and Anma, R., Age and petrogenesis of Na-rich felsic rocks in western Iran: evidence for closure of the southern branch of the Neo-Tethys in the Late Cretaceous, *Tectonophysics*, 査読有, 671, 2016, 151-172, DOI:10.1016/j.tecto.2015.12.014  
Tsuneki, A., Rasheed, K., Saber, S. A., Nishiyama, S., Anma, R., Ismail, B. B., Hasegawa, A., Tatsumi, Y., Miyauchi, Y., Jammo, S., Makino, M. and Kudo, Y., Excavations at Qalat Said Ahmadan, Slemani, Iraq-Kurdistan: First Interim Report (2014 Season), *Al-Rafidan*, 査読有, 36, 2015, 1-50, *Al-Rafidan*, 36, 1-50. [https://www.academia.edu/17630032/Excavations\\_at\\_Qalat\\_Said\\_Ahmadan\\_Slemani\\_Iraq-Kurdistan\\_First\\_Interim\\_Report\\_2014\\_Season\\_](https://www.academia.edu/17630032/Excavations_at_Qalat_Said_Ahmadan_Slemani_Iraq-Kurdistan_First_Interim_Report_2014_Season_)  
Anma, R., Appendix 1: Stones used in the Qalat Said Ahmadan and their sources. *Al-Rafidan*, 査読有, 36, 2015, 51-53, [https://www.academia.edu/17630032/Excavations\\_at\\_Qalat\\_Said\\_Ahmadan\\_Slemani\\_Iraq-Kurdistan\\_First\\_Interim\\_Report\\_2014\\_Season\\_](https://www.academia.edu/17630032/Excavations_at_Qalat_Said_Ahmadan_Slemani_Iraq-Kurdistan_First_Interim_Report_2014_Season_)

14\_Season\_

Yagi, Y. and Okuwaki, R., Integrated seismic source model of the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, 42, 2015, 6229-6235, doi:10.1002/2015GL064995  
Yasudomi, Y., Motoyama, I., Oba, T. and Anma, R., Environmental fluctuations in the northwestern Pacific Ocean during the last interglacial period: evidence from radiolarian assemblages. *Marine Micropaleontology*, 査読有, 108, 2014, 1-12, DOI:10.1016/j.marmicro.2014.02.001

[学会発表](計17件)

安間 了 (2017) 西アジアにおける環境動態: 後期更新世以降の環境変動. 西アジア文明研究センター・シンポジウム「西アジア文明学の創出 2: 古代西アジア文明が現代に伝えること」, 2017.3.3, サンシャインシティ文化会館 (東京都・豊島区)  
申基澈・安間 了・中野孝教・横尾頼子・渡辺千香子 (2016) イラク地域の堆積物から見た粘土板の産地追跡. 第6回同位体環境学シンポジウム, 2016.12.22, 総合地球環境学研究所 (京都府・京都市).  
安間 了・横尾頼子・浅井公輔・申基澈・中野孝教 (2016) 水と堆積物の組成・同位体比からみる西アジア表層部・大気中の元素循環. 第6回同位体環境学シンポジウム, 2016.12.22, 総合地球環境学研究所 (京都府・京都市)  
Asai, K., Yokoo, Y., Anma, R., Mehrabani, S. (2016) Effects of soil, sea salt and anthropogenic activities on precipitation chemistry in western Iran. Goldschmidt Conference, 2016.6.29, Pacifico Yokohama (Yokohama, Kanagawa)  
Anma, R., Shin, K-C., Nakano, T., Yokoo, Y., Asai, K. (2016) Geochemistry of Mesopotamian clay tablets and strontium isotopic cycle in West Asia. 地球惑星科学関連学会合同大会, 2016.5.24, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)  
Tuji, A., Anma, R., Watanabe, C. E. (2016) Biological investigation of clay tablets in the context of palaeoenvironment. ICAANE meeting, 2016.4.24-4.29, Vienna (Austria)  
Anma, R. (2016) Paleoclimatic changes and human cultural evolution in and around the Arabian Peninsula. European Geoscience Union General Assembly 2016, 2016.4.17-4.23, Vienna (Austria)  
安間 了・申基澈・昆慶明・横尾頼子・

中野孝教・渡辺千香子 (2015) 地球化学フ  
ィンガープリントによるメソポタミア粘  
土板の原産地推定の試み. 第5回同位体環  
境学シンポジウム, 2015.12.25, 総合地球  
環境学研究所 (京都府・京都市)

浅井公輔・横尾頼子・安間 了・Mehrabani,  
S. (2015) イラン4都市の降水の主要イオ  
ン組成とSr同位体比. 第5回同位体環  
境学シンポジウム, 2015.12.25, 総合地球  
環境学研究所 (京都府・京都市)

Anma, R., Shin, K-C., Nakano, T., Kon,  
Y., Yokoo, Y., Watanabe, C., Tuji, A.,  
Koizumi, T., Altaweel, M., Marsh, A.,  
Jotheri, J. (2015) Geochemical studies  
on clay tablets and sediments from  
Mesopotamia. *Advances in  
Geoarchaeological Approaches to Ancient  
Mesopotamia: Tablets, Paleogeography  
and Microfossils*, 2015. 11. 14 Saitama  
University Tokyo Station  
College (Chiyoda, Tokyo)

安間 了・申 基澈・中野孝教・昆 慶明・  
辻 彰洋・渡辺千香子・横尾頼子・ラシード  
カマル (2015) スレイマニヤ博物館所  
蔵のメソポタミア粘土板胎土の組成. 日  
本地質学会第122年学術大会 T2-0-10,  
2015.9.12, 信州大学 (長野県・長野市)

安間 了・申 基澈・中野孝教・昆 慶明・  
辻 彰洋・渡辺千香子・横尾頼子・ラシード  
カマル (2015) メソポタミア粘土板  
胎土の組成と原産地特定の試み. 地球惑  
星科学関連学会合同大会. HTT-31.  
2015.5.27, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)

安間 了・申 基澈・横尾頼子 (2014) 堆  
積物に探る最終間氷期以降のアラビア半  
島・西アジアの環境変動: プロジェクト紹  
介. 第4回同位体環境学シンポジウム,  
2014.12.22, 総合地球環境学研究所 (京都  
府・京都市)

安間 了 (2014) 西アジアの地質・自然環  
境と人類史. 日本地質学会第121年学術大  
会, 2014.9.14, 鹿児島大学 (鹿児島県・鹿  
児島市)

安間 了・丸岡照幸 (2014) 古気候変動に  
関する西アジアの歴史. シンポジウム「現代  
文明の基層としての古代西アジア文明」,  
2014.6.28, 池袋サンシャインシティー  
(東京都・豊島区)

安間 了 (2014) ジルコロジーの考古学  
への応用の可能性をさぐる. フィッショ  
ントラック研究会, 2014.2.18, 伏尾温泉  
(大阪府・池田市)

安間 了・谷口陽子・丸岡照幸・黒澤正紀  
(2013) 考古学へのジルコロジー応用の  
可能性. 日本地球化学会, 2013.9.13, 筑  
波大学 (茨城県・つくば市)

[図書](計2件)

Anma, R. and Maruoka, T., Springer,  
Paleoclimatic Changes and Human Cultural  
Evolution in West Asia. in Tsuneki, A.,  
Yamada, S. and Hisada, K. (eds) *Ancient  
West Asian Civilization-Geoenvironment  
and Society in the Pre-Islamic Middle  
East*. 2017, 230 (51-63).

安間 了、悠書館、西アジアの自然環境、  
筑波大学西アジア文明研究センター編「西  
アジア文明学への招待」、2014、283  
(12-30)

[その他]

ホームページ等

<http://rcwasia.hass.tsukuba.ac.jp/kaken/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

安間 了 (ANMA, Ryo)

筑波大学・生命環境系・講師

研究者番号: 70311595

### (2) 研究分担者

八木 勇治 (YAGI, Yuji)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号: 50370713

(平成27年度より研究分担者)

高橋 学 (TAKAHASHI, Manabu)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・  
活断層・火山研究部門・研究員

研究者番号: 20357370

(平成26-27年度の研究分担者)

申 基澈 (SHIN, Ki-cheol)

総合地球環境学研究所・研究高度化推進  
センター・助教

研究者番号: 50569283

(平成26年度より研究分担者)

横尾 頼子 (YOKOO, Yoriko)

同志社大学・理工学部・助教

研究者番号: 00334045

(平成27年度より研究分担者)

昆 慶明 (KON, Yoshiaki)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・  
地圏資源環境研究部門・研究員

研究者番号: 80709634

(平成26年度より研究分担者)

佐野 貴司 (SANO, Takashi)

独立行政法人国立科学博物館・

地学研究部・研究主幹

研究者番号：40329579  
(平成28年度より研究分担者)

堀川 恵司 (HIRIKAWA, Keiji)  
富山大学・大学院理工学研究部・准教授  
研究者番号：40467858  
(平成27年度より研究分担者)

(3)研究協力者

渡辺 千香子 (WATANABE, Chikako)  
辻 彰洋 (TUJI, Akihiro)  
折橋 裕二 (ORIHASHI, Yuji)  
安富 友樹人 (YSUDOMI, Yukihito)  
佐藤 稔 (SATO, Minoru)  
潮見 和幸 (SHIOMI, Kazuyuki)  
浅井 公輔 (ASAI, Kosuke)  
阪本 千尋 (SAKAMOTO, Chihiro)  
DILEK, Yildrim (米国)  
ALTAWHEEL, Mark (英国)  
JOTHERI, Jaafar (イラク)  
MEHRABANI, Shiva (イラン)  
AZIZI, Hussein (イラン)  
POSHTKOOHI, Monireh (イラン)  
RASHEED, Kamal (イラク)  
HAMA, Hashim (イラク)  
MOHAMMAD, Yusif (イラク)  
KADIOGLU, Yusuf (トルコ)  
SARIFAKIOGLU, Ender (トルコ)  
BAHROUDI, Abbas (イラン)  
KOYI, Hemin (スウェーデン)  
GULLU, Bahattin (トルコ)  
ORHAN, Ahmet (トルコ)