

## シリア北部ガーネム・アルーアリ遺跡堆積物と 周辺の段丘堆積物の総化学組成

### Bulk chemical composition of the sediments from Tell Ghanem al-Ali and surrounding river-terraces in northern Syria

星野光雄 (HOSHINO Mitsuo)<sup>1)</sup>・上野振一郎 (UENO Shin-ichiro)<sup>1)</sup>

1) 名古屋大学大学院環境学研究科

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

#### Abstract

X-ray fluorescence analyses were performed on seventeen samples of sand and silt collected from Tell Ghanem al-Ali and surrounding river-terraces in northern Syria.

- (1) Total amounts of their chemical composition are generally low, which deficiency is partly due to much amount of gypsum and carbonate minerals in the sediments. Petrographical investigation also confirmed that analysed sediments generally contain much gypsum as clastic grains and secondary formed fine particles, on which the basement geology of predominant gypsum strata is reflected.
- (2) Tell sediments are mostly uniform in chemical composition and relatively rich in  $K_2O$  content than the other sediments.
- (3) A sediment from the lowest terrace is petrographically rich in mica content and this is also confirmed by slightly higher  $Al_2O_3$  content. This sediment may be aeolian in origin.

#### 1. はじめに

2005 年から 2009 年までの 5 年間、特定領域研究「セム系部族社会の形成：ユーフラテス川中流域ビシュリ山系の総合研究」がシリア北部を調査地として実施された。このプロジェクトに名古屋大学と名城大学の地球科学・環境科学研究者も加わり、計画研究「環境地質学，環境化学， $^{14}C$  年代測定にもとづくユーフラテス河中流域の環境変遷史」を担当し，この間に都合 8 回の現地調査を行った。現地調査では，前期青銅器時代の遺跡およびその周辺に発達する河成段丘から多数の堆積物を採集し，これらは  $^{14}C$  年代測定（中村ほか，2009；Nakamura, 2010），段丘面の対比と花粉分析（齊藤，2009），天然放射線測定（田中，2009），段丘堆積物内での物質移動（吉田，2009）などの研究に供され，多くの成果をあげた。このような研究以外にも，堆積物から得られる学術情報は多様である。本稿で扱う堆積物の化学組成もそのひとつで，主成分および微量成分組成を顕微鏡記載とあわせて検討することにより，堆積物個々の履歴をある程度明らかにすることができる。

#### 2. 堆積物の産出地点

分析に供した堆積物 17 試料の産出地点を Fig. 1 に示す。

(1) ガーネム・アルーアリ遺跡……試料 GA-1 ～ GA-12

調査地域では、I～Vの5段の河成段丘面が識別され、ガーネム・アル・アリ遺跡は最低位段丘V（標高約280m）面上に立地している（齊藤，2009）。遺跡は、直径約250m、中心の高さ約10mのテルをなし、およそ紀元前3000–2000年の生活跡と推定されている（木内，2007；中村ほか，2009；Nakamura，2010）。試料採集は、考古学グループが遺跡の中腹から麓に向かって南北に掘り進めた発掘トレンチの7段の建築層から合計12試料を採集した（Fig. 2）。

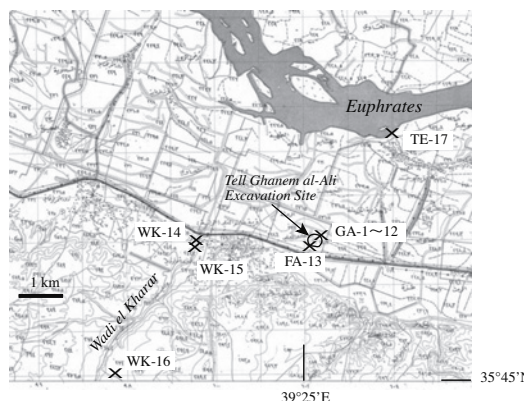


Fig. 1. Locality map of the analysed sediments. Base map is from 1:50,000 As-Sabkha, The Public Institute for Space, Damascus, 1997.

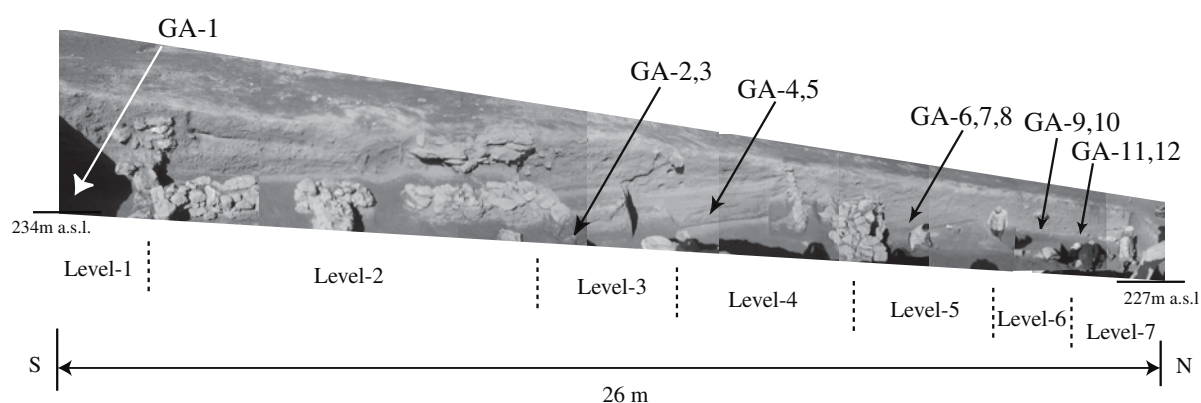


Fig. 2. Photograph of the excavation trench in Tell Ghanem al-Ali, on which sampling points are shown.

## （2）遺跡直下の地山……試料 FA-13

遺跡の南麓に隣接して飼料工場の建設現場があり、その一角にある地山と判定される露頭から採集した。

## （3）ワジ・ハラール……試料 WK-14,15,16

ワジ・ハラールの入口から奥に向かって4段の段丘が発達する（齊藤，2009）。試料 WK-14,15 は入口付近の段丘断面から採集。試料 WK-16 は、入口から4kmほど上流にある泉のほとりで採集した。

## （4）最低位段丘……TE-17

ユーフラテス河に面した地点から採集した。

# 3. 蛍光 X 線分析

## （1）試料の調整

堆積物試料から目視で約2mm径以上の粒子・植物片などを取り除いた後、粒径が125 $\mu$ m以下となるように粉碎した。次に、恒温槽で105℃、24時間以上乾燥させ、吸着水などを除いた。試料2.000gと四ホウ酸リチウム4.000gをそれぞれ正確に秤り取ってよく混合し、ビードサンプラーにてビードを作製した。ビード作製の手順は以下のとおりである。750℃で2分間予熱→1150℃で2分間熔融→1150℃で6分間攪拌。これを2回繰り返す→冷却。

## （2）主成分および微量成分分析

当計画研究班で購入したスペクトリス(株)製 Axios 型蛍光 X 線分析装置により、標準試料として一連のGSJ-standardを使って分析した。

**Table 1.** Major and trace elements content of the sediments in northern Syria.

Sample No.	GA-1	GA-2	GA-3	GA-4	GA-5	GA-6	GA-7	GA-8	GA-9
Sediment	Silt	Silt	Fine sand	Fine sand	Fine sand	Silt	Silt	Silt	Silt
Locality	Level 1	Level 3	Level 3	Level 4	Level 4	Level 5	Level 5	Level 5	Level 6
(wt. %)									
SiO <sub>2</sub>	41.26	39.89	43.66	39.02	41.53	46.36	39.67	40.93	37.89
TiO <sub>2</sub>	0.67	0.58	0.61	0.54	0.55	0.72	0.60	0.58	0.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.54	9.25	9.60	8.33	8.53	10.85	9.73	9.39	9.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.94	5.01	5.23	4.46	4.67	6.15	5.42	5.21	5.19
MnO	0.11	0.09	0.10	0.08	0.09	0.12	0.10	0.10	0.09
MgO	6.05	5.87	5.43	5.83	5.47	6.76	6.27	6.26	6.36
CaO	15.02	14.70	11.45	14.86	15.22	14.16	14.62	14.54	16.71
Na <sub>2</sub> O	2.49	3.24	3.15	3.15	3.00	2.92	2.86	2.83	2.34
K <sub>2</sub> O	2.58	2.64	2.48	2.20	2.31	2.36	2.18	2.29	1.87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.36	1.10	1.43	0.62	0.67	0.28	0.53	0.55	0.29
<i>Total</i>	85.01	81.26	83.14	78.46	82.04	90.67	81.98	82.69	80.32
(ppm)									
V	109	94	104	89	93	119	97	97	95
Cr	307	291	356	324	346	382	282	273	376
Co	28	23	22	19	23	30	26	22	24
Ni	187	154	157	129	137	190	176	165	181
Cu	20	19	18	13	22	30	19	28	11
Zn	69	68	77	62	68	71	69	76	59
Rb	39	35	37	33	31	36	37	36	36
Sr	460	520	489	611	592	414	459	472	551
Y	22	18	19	16	17	21	19	18	18
Zr	126	120	127	124	122	121	118	117	120
Nb	10	9	10	9	9	10	10	9	10
Ba	250	215	249	253	222	265	259	183	236
Pb	9	9	8	8	10	10	9	10	8
Th	4	3	4	3	3	4	4	3	4

Sample No.	GA-10	GA-11	GA-12	FA-13	WK-14	WK-15	WK-16	TE-17
Sediment	Silt	Silt	Silt	Silt	Silt	Medium sand	Medium sand	Fine sand
Locality	Level 6	Level 7	Level 7	Factory	Wadi Kharar	Wadi Kharar	Wadi Kharar	Terrace V
(wt. %)								
SiO <sub>2</sub>	42.42	43.17	36.11	43.81	34.99	33.84	5.97	46.93
TiO <sub>2</sub>	0.67	0.69	0.60	0.75	0.56	1.08	0.06	0.82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.86	11.15	9.85	11.00	9.44	5.00	0.84	11.97
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	6.31	6.54	5.08	6.51	4.46	5.42	0.36	6.81
MnO	0.11	0.12	0.08	0.12	0.10	0.08	0.01	0.13
MgO	5.98	6.25	6.02	5.62	5.31	5.69	0.92	5.64
CaO	15.59	13.50	19.84	16.70	16.05	19.59	27.27	14.53
Na <sub>2</sub> O	1.77	2.51	0.64	1.81	4.79	0.76	0.71	1.94
K <sub>2</sub> O	2.23	2.20	2.00	1.92	1.41	0.77	0.12	1.49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.34	0.30	0.19	0.20	0.19	0.36	0.04	0.17
<i>Total</i>	86.28	86.43	80.23	88.44	77.30	72.57	36.29	90.43
(ppm)								
V	113	116	97	124	89	168	6	138
Cr	274	300	189	364	129	166	12	383
Co	26	27	17	33	20	26	4	32
Ni	198	214	119	208	105	114	6	212
Cu	25	27	13	22	12	6	n.d	25
Zn	74	80	62	64	58	47	7	70
Rb	41	40	44	36	45	16	7	39
Sr	427	404	466	534	551	1147	3262	385
Y	23	23	22	23	20	12	0	26
Zr	130	130	131	139	126	180	160	146
Nb	11	11	12	11	11	21	1	12
Ba	259	243	306	297	261	193	21	298
Pb	11	11	11	11	9	9	2	13
Th	4	4	5	3	6	3	3	5

\* Total Fe as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

#### 4. 結果と考察

分析結果を Table 1 に示す。最も顕著な特徴は、Total が全体に低い点である。とくに試料 WK-16 の中粒砂の Total は 36.29 % ときわめて低い。偏光顕微鏡観察によれば、当地域の堆積物中には、鉱物粒としてあるいは孔隙を埋めた二次鉱物として多くの石膏結晶が含まれている (Plate 1)。顕微鏡写真で確認しやすい石膏結晶を挙げれば、Plate 1 の 9 左下の石膏集合体、11 の左下も同様、14 の中央部、16 の中央部などである。Plate 1 の顕微鏡写真では確認できないが、基質部にも  $50\mu\text{m}$  以下の微細な石膏結晶が多く含まれている。また、石膏と同定したものの一部は方解石などの炭酸塩鉱物の可能性もある。本調査地域の基盤の大部分は新第三系の石膏層である (東田ほか, 2008) ことから、今回分析した碎屑性堆積物の構成鉱物は、後背地である基盤の地質を強く反映した結果となっている。このことはワジ・ハラールの中粒砂試料 WK-16, WK-15 でとくに著しい。

ビード作成過程での揮発性成分 ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) の減量について、本研究で直接確認はしていないが、石膏の古典的な分析法においては、石膏の結晶水は  $250^\circ\text{C}$  で恒量とすること、石灰石・ドロマイトの強熱減量は、 $1000 \sim 1050^\circ\text{C}$  で 1 時間強熱すること (藤貫: 1978a, b), などが述べられており、本研究で、 $105^\circ\text{C}$  で前処理した試料を用いて  $1150^\circ\text{C}$  でビードを作成した場合には、その間に、石膏や石灰岩の分解と上記揮発性成分の揮散があることは十分に考えられる。石膏  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  や方解石  $\text{CaCO}_3$  を含んだ試料であれば、これら揮発性成分の減量が生じ、これが、Total 100% 近くに達しない原因と考えられる。さらに、Fig. 3 を使ってこのことを考察する。試料 WK-16 の中粒砂に注目すると、 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  含有量が最も低い。このことは、石英、長石、雲母などの珪酸塩鉱物が少ないことを示している。これとは逆に、 $\text{CaO}$  含有量と微量成分の  $\text{Sr}$  含有量が最も高い。Ca は石膏や方解石として、 $\text{Sr}$  は天青石  $\text{SrSO}_4$  として試料に多く含まれていたためであろう。試料 WK-15 についても、試料 WK-16 ほどではないが同じような傾向が認められる。なお、より厳密な議論を行うためには、ビード作成過程で何パーセントの減量が生じるか、についての実験が必要であろう。

ゲーネム・アルーアリ遺跡から採集した堆積物 12 試料については、砂質かシルト質かという粒度の違い (Plate 1) は認められるが、化学組成上の明瞭な違いは認められない。一般に、テル状遺跡の堆積物は自然に盛り上がったものではなく、累代の遺構が朽ちて積み重なったものと解釈されている。田中 (2009) は、天然放射線の測定結果から、遺跡の堆積物には灌漑農地やワジ・ハラールの堆積物に比べて多くのカリウムが含まれることを明らかにしたが、Table 1 でこのことが再確認された。

齊藤 (2009) は、段丘堆積物には河川起源の成分ばかりではなく、風成起源の成分もかなり混ざっていることを指摘した。試料 TE-17 では他の試料と比べて微細な鱗片状雲母を多く含んでいる (Plate 1-17)。さらに、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  がやや多い点もこれを支持している。ここで分析した試料 TE-17 は、たまたま最低位段丘の風成成分を採集したものかもしれない。

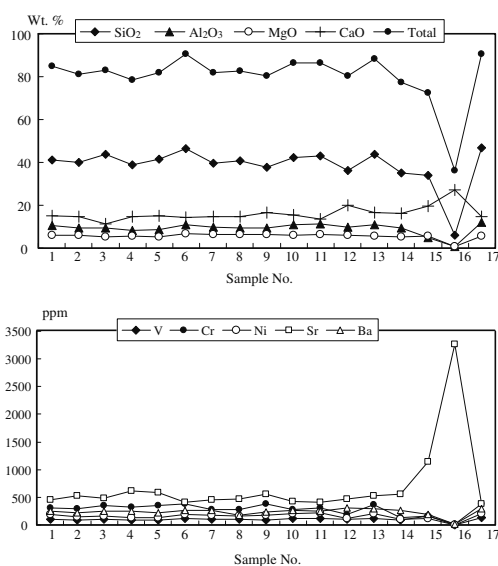


Fig. 3. Variations of major and trace elements content of the analysed sediments.

## 謝 辞

本特定領域研究代表者の大沼克彦国士館大学教授には、多方面で大変お世話になった。シリア考古博物館庁長官の Bassam Jamous 博士, Michel Al Maqdissi 博士, Anas Al Khabour 博士, 考古博物館庁・ラッカ博物館の Mohamad Sarhan 館長, 研究員の Ayham Al Fahry 氏, Ibrahim Khalil 氏, Nawras Mohamad 氏, Ahmed Sultan 氏, ならびに多くのシリア考古博物館庁関係者のご助力で 8 回の現地調査を滞りなく円滑に遂行できた。名古屋大学の技術職員, 長岡 勉氏には多数の顕微鏡観察用岩石薄片を作製していただいた。なお, 現地調査は当計画研究班全員が参加して実施されたものである。以上の方々に心より御礼申しあげる。本研究は, 文部科学省科学研究費・特定領域研究・計画研究「環境地質学, 環境化学,  $^{14}\text{C}$  年代測定にもとづくユーフラテス河中流域の環境変遷史」(No.17063005, 2005–2009) の経費により遂行された。

## 参考文献

- 藤貫 正 (1978a) 石灰石・ドロマイトの完全分析方法。「地球科学的試料の化学分析法 2」, 地質調査所, 304-320.
- 藤貫 正 (1978b) 石こうの分析方法。「地球科学的試料の化学分析法 2」, 地質調査所, 321-327.
- 木内智康 (2007) 表採遺物から見た各遺跡の時代。「セム系部族社会の形成」*Newsletter*, No.6, 18-23.
- 中村俊夫・星野光雄・田中 剛・吉田英一・齊藤 毅・東田和弘・桂田祐介・長谷川敦章・太田友子 (2009) シリアのユーフラテス河中流域にある Tell Ghanem al-Ali 遺跡発掘試料の  $^{14}\text{C}$  年代。「セム系部族社会の形成」*Newsletter*, No.16, 16-21.
- Nakamura, T. (2010) The Early Bronze Age chronology based on  $^{14}\text{C}$  ages of charcoal remains from Tell Ghanem al-Ali. *AL-RĀFIDĀN*, Special Issue 2010, 119-130.
- 齊藤 毅 (2009) Tell Ghanem al-Ali 周辺に発達する河成段丘。「セム系部族社会の形成」*Newsletter*, No.16, 10-15.
- 田中 剛 (2009) テル・ガーネムアリの土はビシュリ台地から運ばれた? ——天然放射線を用いた土壌対比の試み。「セム系部族社会の形成」*Newsletter*, No.15, 7-9.
- 東田和弘・星野光雄・齊藤 毅・桂田祐介・吉田英一・田中 剛・中村俊夫 (2008) テル・ガーネム・アル・アリ遺跡周辺の地質。「セム系部族社会の形成」*Newsletter*, No.12, 1-6.
- 吉田英一 (2009) シリア段丘の地下水と“ユーフラテス小僧”の形成環境。「セム系部族社会の形成」*Newsletter*, No.15, 10-13.

(2010 年 10 月 15 日受付, 12 月 13 日受理)

