

中国黒河下流域における最近 3000 年間の沙漠環境の変遷と人間活動
Change of desert environment and human activities during the last 3000 years
in the lowest reaches of Heihe River, China

遠藤邦彦¹・斉 烏雲²・穆 桂金³・鄭 祥民⁴・
村田泰輔¹・堀 和明⁵・相馬秀廣⁶・高田将志⁶

Kunihiko ENDO¹, Wuyun QI², Guijin MU³, Xiangmin ZHENG⁴,

Taisuke MURATA¹, Kazuaki HORI⁵, Hidehiro SOHMA⁶ and Masashi TAKADA⁶

Keywords: Heihe, paleoenvironment, inland lake, gravel bar, pollen, diatom, Holocene, Little Ice Age, sand dune, delta

Abstract

Change of desert environment and migration of rivers, deltas and terminal lakes in the lowest reaches of Heihe River during the last 3000 years was investigated mainly by field observation, micro-fossil and chemical analyses of sediments, AMS datings and satellite images, in relation to the shift of delta and sand dunes, and human activities.

The extension of Old Juyan Lake in the past was reconstructed by the former shorelines (gravel bars) and those ages were determined by AMS method using molluscan fossils from the bar deposits. Datings of the former shoreline and lake bottom deposits indicate that a large Old Juyan Lake was existed from 7500 to 1700 years BP just faced on the Juyan Delta. Around the Green City and western half of Juyan Delta, human occupation including irrigation channels and agricultural land was dominated at least in Han Dynasty.

After AD 250, water area of the Old Juyan Lake was decreased quickly. At this moment the main stream began to enter into Sogonur. Sand dune formation was activated and disturbed the river course. However a tributary stream already entered into Sogonur before 2100 BP.

Around AD 1200, Heihe channels migrated to northward, and commenced to form Ejina Delta. Frequent flooding occurred and the river water reached to Gashun Nur. In Xixia and Yuan Dynasties, they used still irrigation channels for agriculture around Black City and in the western part of Juyan Delta.

During the term between 1400 to 1900 AD, corresponding to the Little Ice Age, Gashun Nur environment alternated between water coverage and desiccation based on the data of pollen and diatom analyses. AD 1450 – 1550, irrigation channels were covered with Tamarix cones, suggesting abandonment of the human occupation under such arid environments in the lower reaches of Heihe.

1. 日本大学文理学部地球システム科学科 Department of Geosystem Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University: Sakurajosui 3-25-40, Setagaya-ku, Tokyo 156-8550, Japan

2. 中国社会科学院考古研究所 Institute of Archeology, Chinese Academy of Social Sciences: Beijing, China

3. 中国科学院新疆生態地理研究所 Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences: Urumqi, China

4. 華東師範大学資源環境学院 College of Environment and Resource, East China Normal University: Shanghai, China

5. 名城大学 Meijo University: Nagoya, Japan

6. 奈良女子大学 Nara Women's University: Nara, Japan

1. はじめに

黒河下流部はかつて流路を北東から東に向けており、古居延澤に大きな湖を形成していた時期があったことなどは、朱ほか(1983)をはじめ、多くの中国人研究者やドイツ人研究者によって述べられてきた。その後、黒河は流路を北北東～北に変え、ソゴノール、ガシュンノールへ水を供給するようになった。これらの湖沼も1970年代には干上がるようになっていたが、ごく近年ソゴノールには水が戻るようになった(朱ほか, 1983; Mischke, 2001; Mischke et al., 2002; Wünnemann, 2001; Wünnemann et al., 1998; 李, 2004; 他)。

この古居延澤が存在した時代、その前面に存在した居延デルタには漢代から西夏、元代の生活の跡が残されている。しかし、従来古居延澤がいつ縮小したのか、はっきりしたデータがなかった。こうした背景の中で古居延澤はいつ頃成立し、その面積はどのように変化し、いつ頃流路は北(北北東)に移ったのか、また、その流路変化の要因や沙漠環境はどのように変化したのかなど、多くの問題を解明するため、黒河下流部の地形・堆積物、農耕の跡を含む遺跡の調査や、湖底堆積物の諸分析を行ってきた。

広大な古居延澤が存在した時代の環境の推移は、その周辺をとりまいて分布する旧湖岸線としての礫州(砂礫州)の位置と年代が完新世前半から2000年前頃に渡っての重要な証拠となる。これらについてはEndo *et al.* (2004, 2005)などを踏まえ、その後のデータを加えて特に3000年前以降の環境変動の総括的な結果を述べる。個々の詳細な結果については、本号の相馬ほか、齊ほか、Mu *et al.* を、また、xxx出版物の堀ほか、村田ほか、などを参照いただきたい。

2. 黒河下流域の地形的特徴

黒河下流域には、黒城、居延城、緑城をはじめ漢代から西夏、元に至る多くの遺跡が分布するが、これらは、現在の黒河の河道、およびエチナより下流側に発達するエチナデルタ域からは離れ、現在極度に厳しい沙漠環境に位置している。これら遺跡群が位置する沙漠域は、現在、タマリックス・コーン(沙包)群や移動砂丘に覆われるが、その間を縫うように蛇行するゴビ(かつての河道)やその周囲の白色の泥質部(かつての氾濫原)が分布し、かつて多くの分流路が発達するデルタであったことが示唆される。朱ほか(1983)はこの地域を古居延三角州と呼んだ。移動砂丘で広く覆われたこのデルタの末端部の北東側には、古居延澤と呼ばれる広大な湖沼跡が広がっていた。黒河下流域の地形、流路変化、環境変遷の理解は、河川-デルタ-湖の組み合わせとしてみると理解がしやすい(図1)。

北東一東への流路と古居延澤を結ぶデルタの下流側は現在砂丘に覆われているが、砂丘間を縫う分流路跡を断片的に残しており、かろうじて見分けることができる。このデルタをここでは居延デルタと呼ぶ。古居延澤には現在、天鷲湖というごく小さな湖が北端に存在するのみであるが、黒河とは砂丘帯をはさんで隔絶され、地下水で涵養されている可能性が高い。

一方、現在の黒河はエチナの街とその周辺のオアシスから北へ長く伸びるデルタを形成しており、その上に耕地が広がっている。これをエチナデルタと呼ぶ。黒河はこのデルタからソゴノールへ、またガシュンノールへ通じる。

両デルタの上では、大変複雑で複合的な環境変動が展開された。流路変更も砂丘の進出による流路の閉塞を主要因として生じ、それが湖沼の成立や消滅をもたらした。その背景には気候の変動が作用していたと考えられるが、同時に人為的な影響も働いていた複合的な結果である。

極めて単純化すれば、過去2000(～3000)年間の間に、黒河下流域では居延デルタの時代からエチナデルタの時代へと極めて大きな変化が生じたのであるが、本稿ではその時代や経緯、および環境の変遷について述べる。

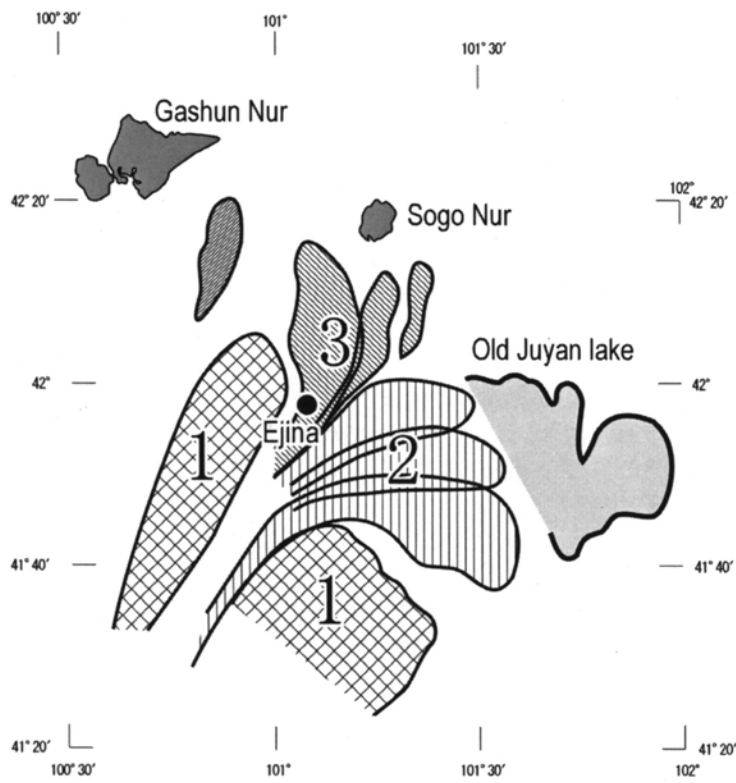


図1 黒河下流域における扇状地-デルタ-末端湖システムの変遷
 1 : 扇状地, 2 : 居延デルタ, 3 : エチナ・デルタ

3. 年代の決定および古環境の推定法について

この地域の環境変動を検討するためには、過去 2000～3000 年間の年代資料が豊富に必要な。本研究では、それ以前も含めて年代測定可能な試料を発掘することに努め、約 80 の放射性炭素 AMS 法による年代を求めた。内、過去 3000 年間については 32 になる。また、放射性炭素年代以外では、OSL 法や ^{210}Pb 法でクロスチェックを試みた。

特に旧湖岸線としての礫州や、流路を閉塞する砂丘などの地形要素を徹底的に利用するため、これら地形や堆積物の年代決定に力点を置き、同時に湖底堆積物コアから得られる情報と合わせて議論を進めた。

放射性炭素 AMS 年代測定法

礫州、ヤルダン、旧河道・旧氾濫原堆積物に含まれる貝化石、植物遺体、洪水堆積物間の土壌、湖底堆積物コアに含まれる植物遺体、貝等については放射性炭素年代測定法 (AMS 法) により年代を決定した。礫州に関連して、23 (古いものを含め 26) 件、礫州以外で約 52 件を測定した (表 1, 2)。

年代のクロスチェック

礫州堆積物については多数の年代を貝試料により測定したため、ヤルダン堆積物 (湖底堆積物) に含まれる植物遺体と貝の双方の年代をクロスチェックに用いたほか、同じ礫州堆積物の砂層による OSL 年代測定を行いその妥当性を検討した。砂丘堆積物については、砂層自体について OSL 法による年代測定を行った。

Pb-210 法

湖底堆積物コアについては、表層の年代を決定するため、表層 20 - 30cm の堆積物について Pb-210 法に基づき、その堆積速度を推定し、AMS 法による年代値と合わせて年代決定を行った。

年代のリザーバ効果について

内陸においても、海と同様、貝試料についてはリザーバ効果の影響を受けている可能性がある。本研究においては同一層準において貝試料と植物遺体を測定し、年代値の相違を検討した。バーダオチャオ南においては貝試料の年代は 100～150 年前後古くなる傾向が見られたが、検討数が少なく、大きな相違を示さなかったため、補正を行わずに歴年較正值をそのまま用いた。

古環境復元

湖底堆積物コア試料を用い、珪藻・花粉・粒度・化学分析、帯磁率・土色測定を行った。

4. 古居延澤の盛衰

居延デルタは古居延澤 (Old Juyan lake) に面するデルタで、古居延澤が存在したことが確実な 7500 ～1700 年前 (旧湖岸線地形および湖底堆積物の年代に基づく)、古居延澤に水を供給する流路が維持されていたと考えられる。現在のデルタ域は砂丘で広く覆われるが、分流し、蛇行する河道の跡が砂丘間に認められ、砂丘で覆われ、分断される以前には、同様の分流路が広くデルタ状に発達していたものと考えられる。

古居延澤の範囲はしたがって、その西側については砂丘帯下に没している可能性があるが、最も広がっていたと考えられる 3000～2000 年前には 1800km² に及んでいたと見積られる (本編、堀ほか)。朱ほか (1983) は、これを東海、西海、北海に分けている。また、礫州地形について 10～14 条あると言及しており、約 3000 年前の年代を記している。

本研究では、天鷲湖の北側の周囲で 19 列の礫州を認定し、それぞれにピットを掘削して砂層あるいは砂礫層中に含まれる微小な巻貝化石を得、年代測定試料とした。それらに基づいて作成したのが図 2 に示す湖面変動曲線 (Endo *et al.*, 2005) である。特徴的なことは 1700 年前以降、礫州が認められないことで、湖面の急激な縮小を意味するものと考えている。礫州の詳細

表1 放射性炭素法(AMS)年代一覧(天鷲湖)

測定番号	試料データ	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年代に校正した年代 1 σ 暦年代範囲	cal 平均 BC/AD	cal 平均 BP
PLD-1894	No. 2 (天鷲湖コア) -53~-54cm アシ茎, 植物片	-24.9	-750 ± 60	*****	Modern	
PLD-1895	No. 3 (天鷲湖コア) -66~-67cm, 植物片	-27.4	-1180 ± 60	*****	Modern	
PLD-1901	No. 9 (巻貝) (天鷲湖湖岸) ヤマトン中層, 貝殻	-0.1	4090 ± 40	cal BC 2680 - 2575 (70.9%)	BC2628	BP4678
PLD-1902	No. 10 (天鷲湖コア) -46~-47cm, 植物片	-27.8	-3325 ± 35	*****	Modern	
PLD-2375	天鷲湖露頭 最高位礫州下 Heh-1, 貝殻	-3.2	37,880 ± 220	*****		37880
PLD-2376	天鷲湖バー, ピット 1-23~-35cm Heh-2, 貝殻	-2.5	2,805 ± 30	cal BC 995 - 915 (100%)	BC955	BP2905
PLD-2377	天鷲湖バー, ピット 2-25~-45cm Heh-3, 貝殻	-1.8	2,745 ± 35	cal BC 905 - 835 (100%)	BC870	BP2820
PLD-2378	天鷲湖バー, ピット 4Top より-35cm Heh-4, 貝殻	-2	1,810 ± 30	cal AD 205 - 245 (43.1%)	AD225	
PLD-2379	天鷲湖バー, ピット 5-10cm 基盤直上 Heh-5, 貝殻	-3.4	1,865 ± 30	cal AD 120 - 180 (58.7%)	AD150	BP1800
PLD-2380	天鷲湖バー, ピット 8-85cm 基底砂層 Heh-6, 貝殻	-3.5	1,825 ± 30	cal AD 170 - 200 (34.8%)	AD185	BP1765
PLD-2381	天鷲湖バー, ピット 11-13~-26cm Heh-7, 貝殻	-2.7	2,335 ± 30	cal BC 405 - 385 (100%)	BC395	BP2345
PLD-2382	天鷲湖バー, ピット 14 緑灰層-40cm Heh-8, 貝殻	-3.5	5,555 ± 35	cal BC 4,450 - 4,420 (40.7%)	BC4435	BP6385
PLD-2383	天鷲湖バー, ピット 16-15~-25cm Heh-9, 貝殻	-1.8	6,555 ± 35	cal BC 5,530 - 5,475 (95.4%)	BC5503	BP7453
PLD-2384	天鷲湖バー, ピット 17-10~-15cm Heh-10, 貝殻	-2.4	6,480 ± 35	cal BC 5,445 - 5,420 (42.8%)	BC5433	BP7383
PLD-2385	天鷲湖バー, ピット 18-15~-20cm 砂層 Heh-11, 貝殻	-4	2,775 ± 30	cal BC 935 - 895 (52.2%)	BC915	BP2865
PLD-2427	天鷲湖バー, ピット 3~-25cm Heh-13, 貝殻	-6.7	2,115 ± 50	cal BC 180 - 85 (74.1%)	BC133	BP2083
PLD-2428	天鷲湖バー, ピット 7-10~-64cm Heh-14, 貝殻	-5.3	2,315 ± 60	cal BC 410 - 350 (54.5%)	BC380	BP2330
PLD-2429	天鷲湖バー, ピット 9-38cm Heh-15, 貝殻	-6.2	2,350 ± 40	cal BC 415 - 380 (66.4%)	BC398	BP2348
PLD-2430	天鷲湖バー, ピット 12-13cm Heh-16, 貝殻	-5.3	2,800 ± 40	cal BC 1,000 - 905 (100%)	BC953	BP2803
PLD-2431	天鷲湖バー, ピット 13-25~-30cm Heh-17, 貝殻	-3.6	5,210 ± 60	cal BC 4,050 - 3,955 (80.1%)	BC4003	BP5953

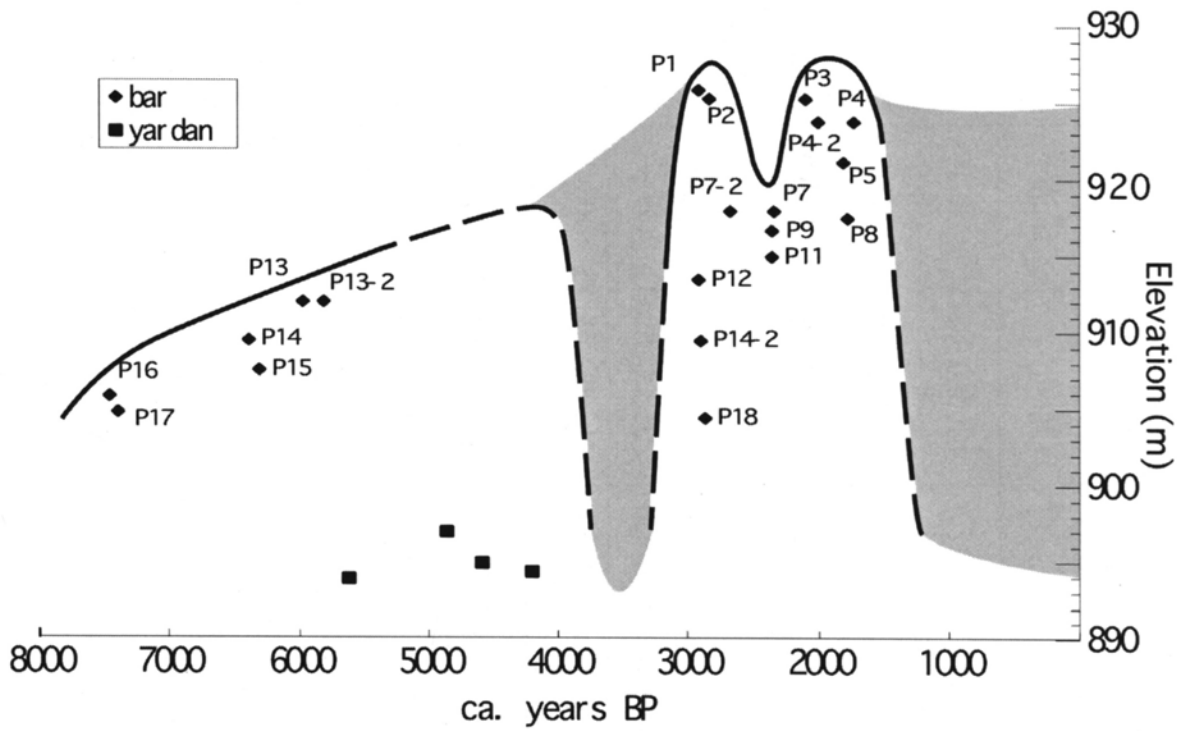
PLD-2432	天鷲湖バー, ピット 15-22~-25cm Heh-18, 貝殻	-1.7	5,480±45	cal BC 4,360 - 4,320 (51.6%)	BC4340	BP6290
PLD-2433	天鷲湖, ヤマトン大ヤマトン貝 1 Heh-19, 貝殻	-6.9	4,305±40	cal BC 2,925 - 2,880 (88.5%)	BC2903	BP4853
PLD-2633	天鷲湖, ヤマトン緑灰色砂層掘り込み貝 1 Heh-25, 貝殻	-0.9	4,875±35	cal BC 3,670-3,640 (64.5%)	BC3655	BP5605
PLD-2634	天鷲湖, ヤマトン緑灰色砂層掘り込み貝 2 Heh-26, 貝殻	-3.9	3,805±35	cal BC 2,290-2,200 (92.1%)	BC2245	BP4195
PLD-2636	天鷲湖, 段丘上 Heh-28 枯死木タリクス, 木片	-9.8	200±30	cal AD 1760-1805 (58.3%)	AD1783	BP167
PLD-2823	天鷲湖, ピット 4 -56cm, Heh-29, 貝殻	-2.4	1,965±35	cal AD 0 - 75 (99.0%)	AD38	BP1988
PLD-2824	天鷲湖, ピット 13 -13~-15cm, Heh-30, 貝殻	-6.9	5,080±40	cal BC 3,880 - 3,805 (73.4%)	BC3843	BP5793
PLD-2825	天鷲湖, ピット 14 -12~-15cm, Heh-31, 貝殻	-4.1	2,795±35	cal BC 980 - 900 (90.5%)	BC940	BP2890
PLD-2826	天鷲湖, ピット 7 -40cm, Heh-32, 貝殻	-3.4	2,470±40	cal BC 760 - 680 (37.0%)	BC720	BP2670

表2 放射性炭素法(AMS)年代一覧(天鷲湖以外)

測定番号 (測定法)	試料データ	$\delta^{13}\text{CPDB}$ (‰)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年代に較正した年代 1 σ 暦年代範囲	cal 平均 BC/AD	cal 平均 BP
PLD-1896	コ・カシノ分水地点, 洪水堆積物 No. 4 -100cm 第7 黒色土壌, 土壌	-24.5	540 ± 60	cal AD1390-1440 (63.6%)	AD1415	BP535
PLD-1897	ガシノール, ピット No. 5 -64cm 黒色有機質粘土, 土壌	-24.2	18700 ± 180	cal BC20650-19850 (100%)	BC20250	BP22200
PLD-1899	A1 遺跡, No. 7 Tamarix Cone タマリクス, 木片	-24.2	160 ± 60	cal AD1725-1780 (35.3%)	AD1753	BP197
PLD-1900	A1 遺跡, No. 8 Tamarix Cone ヨシ茎, 植物片	-23.5	120 ± 60	cal AD1805-1895 (53.4%)	AD1850	BP100
PLD-2386	ガシノール, ピット No. 5 -40cm 有機質土, 土壌	-22.7	6455 ± 35	cal BC5450-5415 (43.2%)	BC5433	BP7383
PLD-2434	古居延澤塩湖, 磧州 Heh-20 -15~-25cm, 貝殻	-4.2	23080 ± 110	*****		23080
PLD-2435	大同遺跡西, Ch-2 水路壁面 Heh-21, 植物片	-28.5	540 ± 35	cal AD1395-1430 (76.4%)	AD1413	BP537
PLD-2436	大同遺跡西, Ch-4 生活面? Heh-22, 炭化物	-30.5	885 ± 45	cal AD1155-1215 (53.7%)	AD1185	BP765
PLD-2437	大同遺跡西, Ch-4 Heh-23 base of tamarix cone, 木片(枝)	-26.6	350 ± 35	cal AD1565-1630 (62.0%)	AD1598	BP352
PLD-2632	ガシノール, ピット No. 5 湖底堆積物下部-37cm 白色層, 貝殻・カチ	-0.7	865 ± 35	cal AD1160-1225 (83.5%)	AD1193	BP757
PLD-2635	大同遺跡南, 砂質シルト Heh-27, 貝殻	-10.6	1650 ± 30	cal AD380-430 (81.2%)	AD405	BP1545
PLD-3110	Badaoqiao(八道橋)干湖, 1 黒河 04-1 湖底堆積物の-160cm, 材片	-26.0	130 ± 35	cal AD1805-1885 (52.4%)	AD1845	BP105
PLD-3111	Badaoqiao(八道橋)干湖, 2 黒河 04-2 湖底堆積物の白色バンド-27cm, バルク有機物	-24.3	6075 ± 45	cal BC5040-4915 (91.8%)	BC4978	BP6928
PLD-3112	Badaoqiao(八道橋)南, 1 黒河 04-3 砂丘埋没旧河道堆積物, 泥炭	-23.9	2460 ± 35	cal BC760-680 (37.3%)	BC720	BP2670
PLD-3113	Badaoqiao(八道橋)南, 2 黒河 04-4 砂丘埋没旧河道堆積物, 貝殻	-9.5	2930 ± 35	cal BC1130-1050 (60.2%)	BC1090	BP3040
PLD-3114	Badaoqiao(八道橋)南, 3 黒河 04-5 砂丘堆積物直下の有機質泥層, バルク有機物	-24.3	13320 ± 70	cal BC14315-13790 (100%)	BC14053	BP16003

PLD-3115	ガシュノール, 1 黒河 04-6 湖底堆積物下部 33cm, caliche	-1.7	970±35	calAD1020-1055 (41.0%)	AD1038	BP918
PLD-3116	緑城, 1 黒河 04-7 緑城水路を覆うタリクスコンの 基部 0-2cm, タリクスの細い葉・枝	-24.1	390±35	calAD1445-1510 (88.1%)	AD1478	BP472
PLD-3117	緑城, 2 黒河 04-8 緑城水路を覆うタリクスコンの 基部から 19-20cm, タリクスの細い葉・枝	-19.1	335±35	calAD1555-1600 (50.9%)	AD1578	BP372
PLD-3118	ソゴノール・パー 黒河 04-9 古い gravel bar 貝殻	+0.6	38720±400	*****		
PLD-3788	Gashun nur, Gu-AMS3 21-24cm, 土壌	-23.03±0.25	2830±35	calBC1090-900 (93.9%)	BC995	BP2945
PLD-3789	Badaoqiao 干湖, Mu-AMS13 -105cm, 泥炭質土壌	-24.79±0.2	5030±35	calBC3950-3710 (95.4%)	BC3930	BP5880
PLD-3790	Badaoqiao 干湖, Mu-AMS12 -102cm, 土壌	-24.54±0.2	5760±40	calBC4710-4500 (95.4%)	BC4605	BP6555
PLD-3791	Badaoqiao 干湖, SW-1(1) -55, 土壌	-24.41±0.19	7740±45	calBC6650-6470 (95.4%)	BC6560	BP8510
PLD-3792	Flood deposit AMS-2 154-158, 土壌	-24.6±0.24	7420±40	calBC6400-6220 (68.2%)	BC6310	BP8260
PLD-3793	Flood deposit AMS-1 172-176, 土壌	-24.74±0.24	7755±40	calBC6650-6480 (95.4%)	BC6565	BP8515
PLD-4054	緑城, 東側水路 2-①, 炭化物・種子(小麦)	-27.01±0.19	850±25	1150AD (93.1%) 1260AD	AD1205	BP745
PLD-5134	Badaoqiao, Pit section-110cm: 050909-1, 植物遺体 Peat (reed)	-27.97±0.13	125±20	1830AD(32.8%)1890AD	AD1860	BP110
PLD-5135	Badaoqiao-south, P-5 -25cm from dune sand of yandan, 貝 Marine04	-10.02±0.14	2800±25	670BC(63.6%)530BC	BC600	BC2550
PLD-5136	Badaoqiao-south, Pit-3 -120~-130cm, 貝 Marine04	-9.63±0.1	3525±25	1495BC(68.2%)1420BC	BC1458	BC2408
PLD-5137	Badaoqiao-south, Pit-5: -248cm, calich	-4.39±0.1	4440±25	3110BC(49.6%)3020BC	BC3065	BC5015
PLD-5138	Gashun nur: Gashun Pit-4cm: 050911-12 カワツルモ, 種実 Peat	-8.88±0.13	895±20	1040AD(32.9%)1090AD	AD1065	BP885
PLD-5139	K-710 site, Tamarix cone/channel pit-230cm leaf layer: 050908, 植物遺体 leaf fragment	-24.53±0.11	725±20	1265AD(68.2%)1285AD	AD1275	BP675
PLD-5140	K-710 site, Tamarix cone/channel pit-105cm leaf layer: 050908, 植物遺体 leaf fragment	-24.53±0.11	540±20	1395AD(62.7%)1425AD	AD1410	BP540

PLD-5480	Badaoqiao (八道橋) site, Pit section-128cm : 050909, 植物遺体 (茎)	-28.81±0.17	145±20	1720AD (23.4%) 1780AD	AD1750	BP200
PLD-5481	Badaoqiao (八道橋) south, near pyramid dune Pit-5 : -248cm : 050904, 貝	-8.50±0.14	3425±25	1750BC (68.2%) 1690BC	BC1720	BP3670
PLD-5482	K-710 site, Tamarix cone/channel-pit-180cm 050908, 植物遺体	-25.52±0.13	725±20	1265AD (68.2%) 1285AD	AD1275	BP675
PLD-5483	K-710 site, Tamarix cone/channel-pit-130cm 050908, 植物遺体	-26.39±0.14	740±20	1265AD (68.2%) 1285AD	AD1275	BP675
PLD-5484	Near Green City, Occupation layer of Xixia 050905-2-1 S1, 炭化物・材	-26.48±0.15	660±20	1360AD (35.7%) 1385AD	AD1373	BP577
PLD-5485	Near Green City, Occupation layer of Xixia 050905-2-2 S2, 炭化物	-24.48±0.15	665±20	1285AD (35.3%) 1305AD	AD1295	BP655
PLD-5486	Terrace deposit, Ejina river (lower) 050907-1, 泥炭質シルト	-25.20±0.13	8085±30	7085BC (65.1%) 7040BC	BC7063	BP9013
PLD-6372	大同城南, 内壁内側 : 06091801, 材 (芯材)	-18.11±0.19	2110±20	180BC (68.2%) 100BC	BC140	BP2090
PLD-6373	大同城南, 内壁内側 : 06091802, 材 (芯材)	-19.52±0.20	2095±20	170BC (59.3%) 90BC	BC130	BP2080
PLD-6427	Badaoqiao-south, below Pyramid Dune : upper peat : 060920-1-2 S①, 炭化物・材	-23.11±0.12	2500±20	650BC (52.4%) 550BC	BC575	BP2525
PLD-6428	Badaoqiao-south, below Pyramid Dune : lower peat : 060920-1-2 S②, 土壌	-24.15±0.11	2665±20	825BC (68.2%) 800BC	BC813	BP2763
PLD-6429	Badaoqiao-south, below Pyramid Dune : 060920-1-2 S③, 貝	-7.77±0.10	2705±20	850BC (44.0%) 815BC	BC833	BP2783
PLD-6430	鉄滓地点 Sohma, 20060912-03, 植物遺体 (アシ; コヨウの根元)	-24.36±0.13	320±15	1520AD (55.9%) 1600AD	AD1560	BP390
PLD-6610	Badaoqiao, Dry Lake pit : -150cm : Badaoqiao-pollen-1, pollen	-23.22±0.16	6800±25	5720BC (68.2%) 5665BC	BC5693	BP7643
PLD-6611	Badaoqiao, Dry Lake pit : -38cm : Badaoqiao-pollen-2, pollen	-22.45±0.16	7240±25	6110BC (44.4%) 6050BC	BC6080	BP8030



Lake level change deduced from gravel bars surrounding Tien-e Hu
gray part : erosion

図 2 天が湖周辺の礫州の年代から復元される古居延澤の湖水位変化
◆ 礫州堆積物の貝 ■ヤルダンの湖沼堆積物の貝・植物遺体
網は礫州・湖沼堆積物が見られない時代

細については本編、堀ほかを参照いただきたい。

5. 黒河の旧河道とその閉塞

バーダオチャオの南方から天鷲湖にかけて、旧河道地形がほぼ連続的に分布する(図 3)。居延デルタ内の旧河道は砂丘の進出により隠されて断片化しているが、この砂丘帯北縁に位置する旧河道は、卓越する北西風が基盤山地によって山陰となるため、砂丘の被覆を免れ、露出する旧河道周辺の泥質な氾濫原堆積物は風食によってヤルダンとなっている。

コロナ写真で蛇行する黒色で帯状を呈する旧河道地形はゴビ(表面に礫が敷き詰められた状態:図 3)となっており、砂や泥は風によって運搬された風成遅滞堆積物(eolian lag deposits)の性格を示す。その東端部の天鷲湖西岸では、氾濫原の面は比高 7m 程度の高さにあり、その高さだけ下刻されているが、河道部にはゴビは存在しない。礫はこの位置まで到達し得ないのであろう。

天鷲湖西岸から西に 15 km 付近から旧河道地形は砂で覆われて、ところどころにヤルダンの高まりを見せるだけになる。15-20km あたりからは、砂丘下に完全に没する。その位置に、バーダオチャオ付近から延びてくる砂丘群があり、その中でも目立つピラミッド砂丘が位置する。

図 4 は、バーダオチャオの南方に位置するピラミッド砂丘やや南方で認められた旧河床・氾濫原堆積物の層序関係を示す。表面に礫層が乗っているゴビ面の周囲に、氾濫原の泥質堆積物が認められる。泥質の氾濫原堆積物は風食を受けてヤルダン状をなしている。図 4 に示す 5 個所のピットを掘削した結果、氾濫原堆積物は泥層と砂層の互層をなし、2670 年から 3760 年前を示す 5 つの年代が得られた。泥質部は有機質で小さな巻貝を含んでおり、貝と植物遺体について年代が測定された。図 4 には含まれないが、2006 年調査では 6 および 7 つ目のピットがピラミッド砂丘の直ぐ脇に掘削され、そこでは泥層から 2400 年~ の年代値が得られた。このように、氾濫原堆積物の年代に基づくと、この地域には 4000 年前~2000 年前、あるいはその前後にかけて河道が存在していたことがわかる。これらの堆積物は風食を受けた後、砂丘堆積物に覆われた(図 4)。砂丘堆積物は、風成の斜交ラミナが保存され、軽度に固結した砂丘が主体をなし、その上を未固結の移動砂丘が覆う。

6. ガシュンノール・コアによる環境変化(図 5)

ガシュンノールの干上がった平坦面上に 2ヶ所のピットを掘削し、壁面観察を行うと共にコア試料を採取した。両ピットとも表面から厚さ 40cm の緑灰色粘土・シルト層が暗褐色の土壌を覆っている。その境界は極めて明瞭で、土壌が生成されていた陸地に突然水域が広がり、厚さわずか 40cm の湖成堆積物が形成されたことを示す。深度 42~47cm の暗褐色土壌の年代は 7383ca. BP である。緑灰色湖沼堆積物の下位から 3cm、深度 37cm に厚さ 1~5mm の灰白色薄層が挟まれる。この薄層は貝片と共に石灰華(caliche)が主体となるもので、急激な水位低下、蒸発乾固が生じたと思われる。この貝および石灰華による年代は、およそ AD1200 年を示した。すなわち、AD1200 年の若干前にガシュンノールが成立したことを物語る。緑灰色シルト・粘土層を挟んで深度 28cm にも灰白色薄層がある。およそ AD1400 年にも急激な水位低下があったものと推定される。このコアの花粉分析結果から見ると、下位から 2 層目の灰白色薄層(AD1400 年)までは、水生草本花粉やガマが目立つが、上述の AD1400 年の上位にはこれらはほとんど見られなくなる。

次に、この傾向を堆積物中の炭酸塩の酸素同位体比($\delta^{18}O$)と堆積物の炭素安定同位体比(^{13}C 比)によってチェックしてみよう(図 5)。 $\delta^{18}O$ は深度 37cm と 28cm の灰白色薄層、caliche 層で高くなる。つまり、 $\delta^{18}O$ の濃度は水が蒸発作用のもとで煮詰まっていることを示すと考えられる。 ^{13}C 比を見ると、深度 37cm の caliche 層では高い値を示し、その後低下する。この値は

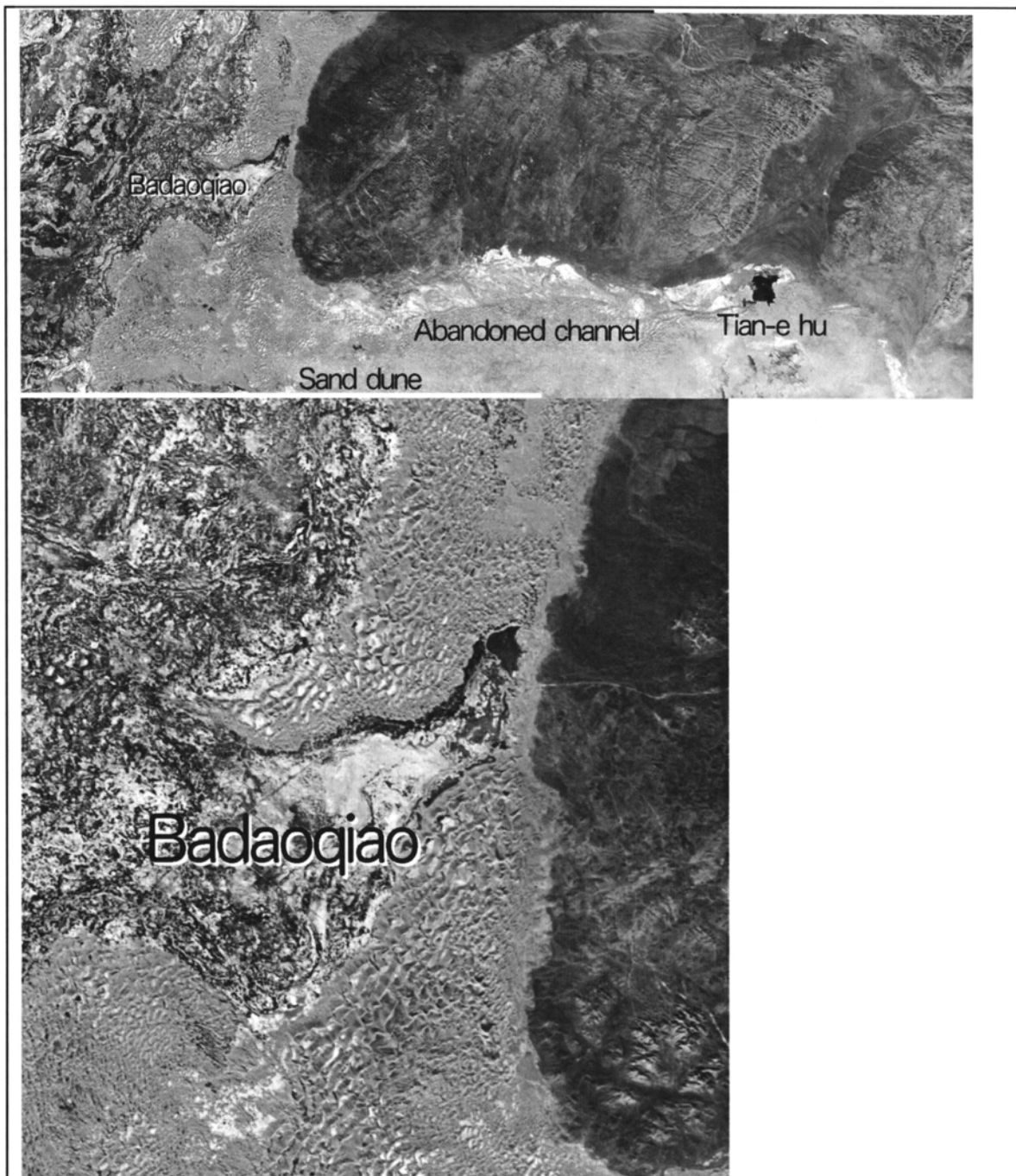


図3 居延デルタ北縁部の旧河道地形を示すコロナ衛星写真(上)、およびバーダオチャオ干湖とその周囲の砂丘を示すコロナ衛星写真(下)

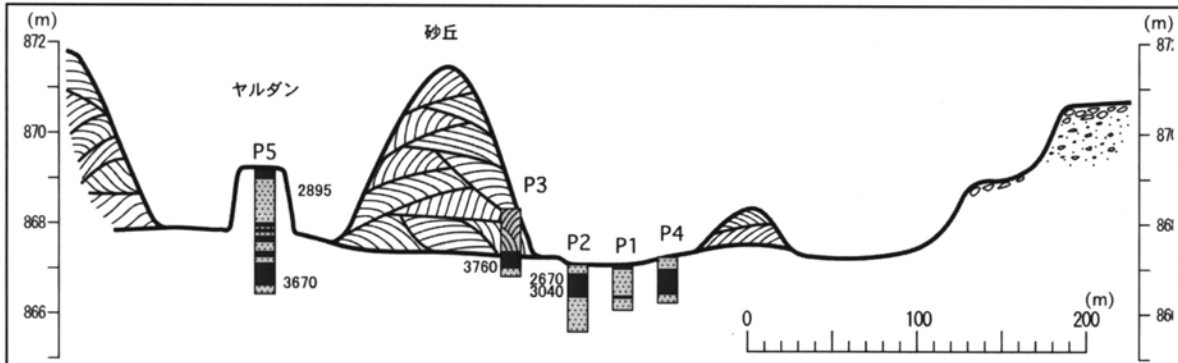


図4 バーダオチャオ南に認められた旧河道・氾濫原堆積物(一部ヤルダン化)と、その上に堆積する砂丘

P1~P5 は掘削されたピット。数字は AMS 法による年代値 (ca. BP)。

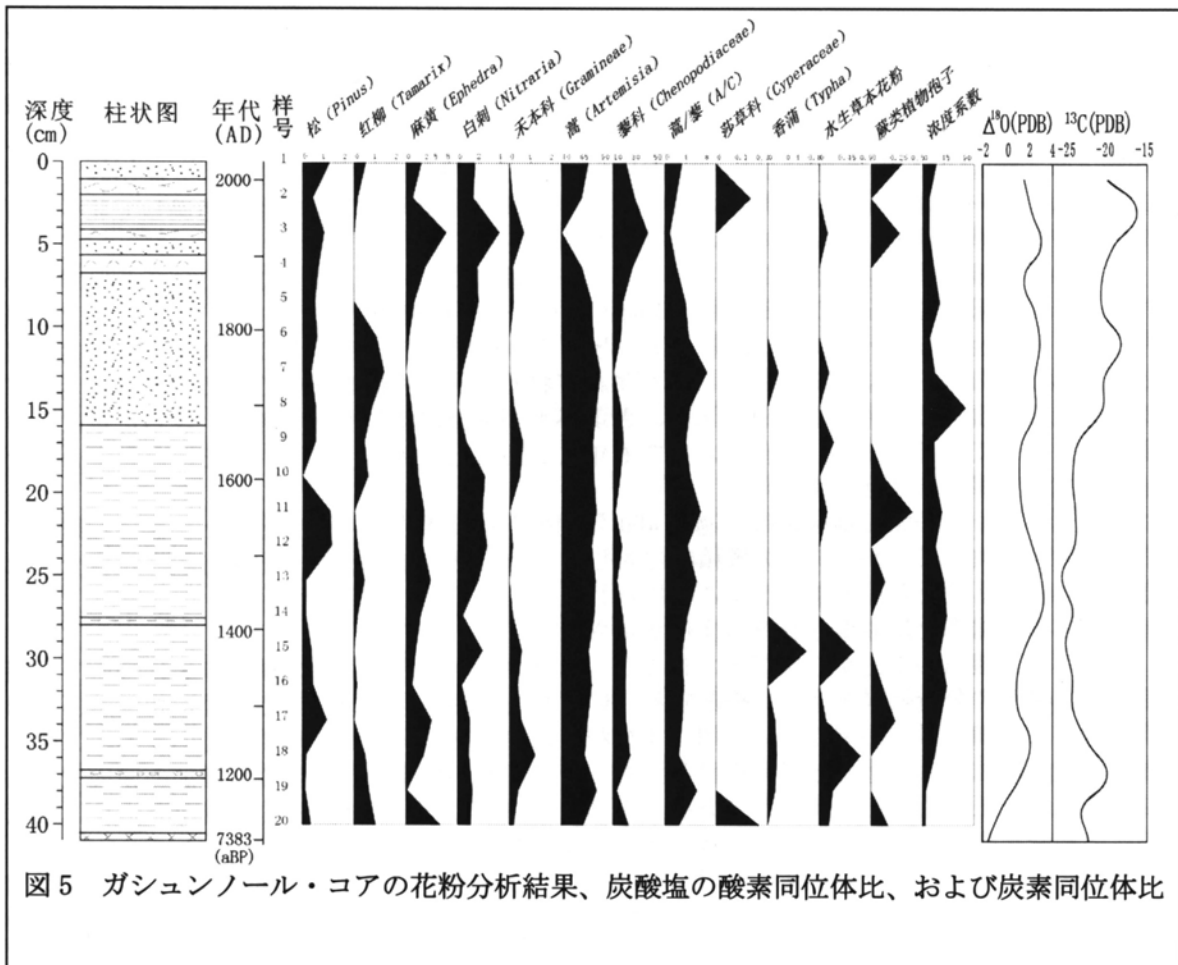


図5 ガシュンノール・コアの花粉分析結果、炭酸塩の酸素同位体比、および炭素同位体比

水生植物を含む C3 植物が多い場合に低下し、陸上の C4 植物が多い場合に高い値をとることが知られている。しかし深度 28cm では値が高くなることはない。28cm の水位低下は短期すぎて植生の変化には結びつかなかった可能性がある。 ^{13}C 比の傾向を全体的に見ると、深度 16cm より上位で高い値をとり、C3 植物の減少を示す。これは堆積物が泥と砂質シルトの細かい互層状を示す層相（すなわち水が供給されては直ぐに乾燥したことを示す）の特徴と対応する。

図5 ガシユンノール・コアの花粉分析結果と炭酸塩の酸素同位体比、堆積物の ^{13}C 比

7. バーダオチャオ干湖

バーダオチャオ（八道橋）には旧河道がありその名の通りの橋が架かっている。この橋を通る旧道は砂丘で閉ざされている。この旧河道の北方直ぐに小さな丸い干湖が存在する。比較的近年まで水が存在したものと思われる。この干湖の北側では砂丘がいくえをさえぎっている。

この干湖の南側延長部の新道に近い位置でバーダオチャオ干湖の表層から深さ約 1.6m のピットを掘削し、その壁面を観察し、さらに壁面に沿って塩ビ管によりコア試料を採取、さらにピット底からコア試料を採取した。壁面観察においては、現場で確認されたラミナのカウントを行った。その結果、表層から 1m までに 637 枚のラミナがカウントされた。ラミナの厚さは 1~2mm である。ラミナにはところどころに白色を呈するやや厚みのあるラミナがあり、ホワイトバンドと名づけられ、現場での層序確認に役立った。そのほか、やや赤みの強い層準が厚さ数 cm~10 数 cm で数層認められた。約 1.6m の堆積物は粘土・シルトからなり、粘土質部には数層にわたって横倒しになったヨシの葉の遺体が含まれていた。最下部で砂層が現れる。この砂層は厚さ数 10cm 以上存在することが確認された。この砂層は砂丘砂ではなく、河川砂であることから、バーダオチャオに小規模な湖が成立する前には黒河がこの地点を通過して北へソゴノール方面へ砂を運搬していたものと考えられる。

以上の干湖堆積物の年代を決定するため、ヨシの遺体について AMS 法による年代測定が行われた。その結果、約 1.5m の深度で 400 年前となり、表層堆積物で求められた ^{210}Pb 法による堆積速度、0.37cm/年と矛盾のない結果となった。この結果から、ラミナの枚数は、年に約 2.4 枚となる。これは 1 年に黒河下流部に水が供給される回数、季節を表している可能性を示唆する。ちなみに現在は、春~夏の融雪氷期、および水が灌漑に使われない冬季、さらに年により夏~秋となっている。また、清代においても年に 2 回ほど中流から下流へ水を落としていたという（井上充幸氏の談話による）。

バーダオチャオ干湖の堆積物は、過去 400 年間の環境変遷を非常に安定した状態で記録していると考えられたことから、この堆積物に対して 1cm ごとに花粉分析、化学分析、粒度分析などが行われた。また珪藻分析は 5cm ごとに行われた。

図 6 には帯磁率と炭酸塩含有率の変化が示される。

帯磁率と炭酸塩の変化から何が示されるか、馬ほか (2006) の天鷲湖の湖底コアについての炭酸塩と帯磁率の分析結果を参考に検討する。いずれも炭酸塩含有量と帯磁率は逆相関関係を示す。炭酸塩の増加は帯磁率の低い時期、すなわち比較的寒冷・乾燥な時期に対応する。このことから炭酸塩はダスト起源と考えられる。もし、溶解度が増すことが炭酸塩増加の原因であれば、帯磁率と正の相関を示すはずである。天鷲湖のコアはバーダオチャオと場所も近く、年代的にも共通するので、その関係は非常に参考になると考えられる。

バーダオチャオ・コアの炭酸塩は 1650 年前から 1900 年前にかけて増加する。これは天鷲湖コアと同様、ダスト起源と考えられる。小氷期の寒冷期に該当するが、(やはりアイスコアの場合、ダストは寒冷期に増大する事が知られるが、ここも同様と思われる。) これらから、バーダオチャオにおいては、1650~1900 年の間は基本的に、寒冷・乾燥条件にあり、風が強まってい

たのではないかと考えられる。

バーダオチャオ・コアの特徴的な花粉の産出状況を図 6 に示す。1600～1650 年前の間、水生草本植物が卓越するが、その後は急減する。一方、1750 年前頃から松や雲杉花粉が増える。松や雲杉は黒河下流域に分布するものではなく、遠方から飛来したものと考えられ、その供給地は卓越風向を考えるとアルタイ山脈などが考えられる。その増加は上記炭酸塩と同様、強風の卓越を示唆する。

図 6 にはドウンデ・アイスコアの同位体変化に基づく気温変化の推定を示すが、寒冷期には降雪が氷河の成長に働き、河川流量が減少し、その結果乾燥化が進むという可能性が指摘されている(中尾、2006)。

太陽活動の指標とされる樹木年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ (Stuiver & Pearson, 1986)、およびアイスコアの ^{10}Be (Raisbeck *et al.*, 1990) との比較を図 6 の右側に示す。小氷期には太陽活動の極小期が数回知られ、寒冷期にあたとされるが、下流部における全体的な乾燥化の傾向と、その中での乾湿の小さな変化がある程度対応しているように思われる。

8. 黒河下流域における過去 3000 年間の環境変遷

図 7 の古地理図を参照しながら、過去 3000 年間の環境変遷をまとめておこう。

・完新世において古居延澤は 7000～4000 年前、3000～1800 年前巨大な湖として存在していたことが湖岸線地形(砂礫州)から復元される。居延デルタに位置していた漢代の遺跡や農耕地はそうした環境の中に立地していた。古居延澤にいたる旧河道・氾濫原堆積物の年代も少なくとも 4000～2200 年前を示し、当時の河川・デルタ・末端湖のつながりが確認される。

ただし、Mischke (2001) などによると、ソゴノールには 1700 年前 (AD300 年) には既に水は届いていた。これは 2100 年～2500 年前までさかのぼる可能性がある。当時の黒河は分流しつつ東流して古居延澤に向かい、分流路の一部は北流してソゴノールに達することがあったものと思われる。

・1700 年前以降、湖岸線地形は見られず、湖は急激に縮小したものと思われる。

居延デルタの乾燥化が進み、分流路は砂丘の進出で分断されていった。

・ガシュンノールの成立は、AD1200 年頃あるいはその若干前である。その初期においては比較的安定した淡水湖として存在していた。その水域を維持するだけの流量があったことになる。年代的には中世温暖期に相当する。

ガシュンノールに水が行くようになったのは、すなわち本格的に黒河の流路が北へ変更したのは、その前の時代から砂丘の進出が続いており、遂には本格的に流路が閉ざされたためである。その前から、黒河流路は徐々に北寄りに移り、天鷲湖に向かって山際を東流する流れが本流になっていた。そこからソゴノールには水が落ち始めていた。このように黒河の流路変更は段階的に進行したものと考えられる。黒河の流路が北へ変わっても、灌漑用水は本流から取り込む形がすでに確立していたものと思われる。

・西夏・元代には黒河本流あるいは分流から取水する灌漑用水網が農耕を支えていたことは、水路跡の年代値から明らかである。

・AD1450 年ごろから用水路が砂丘に覆われるなど使われなくなっていった。乾燥化の進行を物語るものである。

・元の末、明の初期に黒河の流れを明軍が変えたため、カラホトが滅びたという伝承があるとされるが、この伝承が事実であれば、黒河の流路はこの時代には既に居延デルタを離れており、朱ほか (1983) が述べているように、明軍が取水施設等を破壊したためカラホト等に水が供給されなくなったということであろう。ただし、明軍はこの地域では戦争をしなかったという記述も存在する。いずれにしても黒河本流の流路変更を意味するものではないと考える。

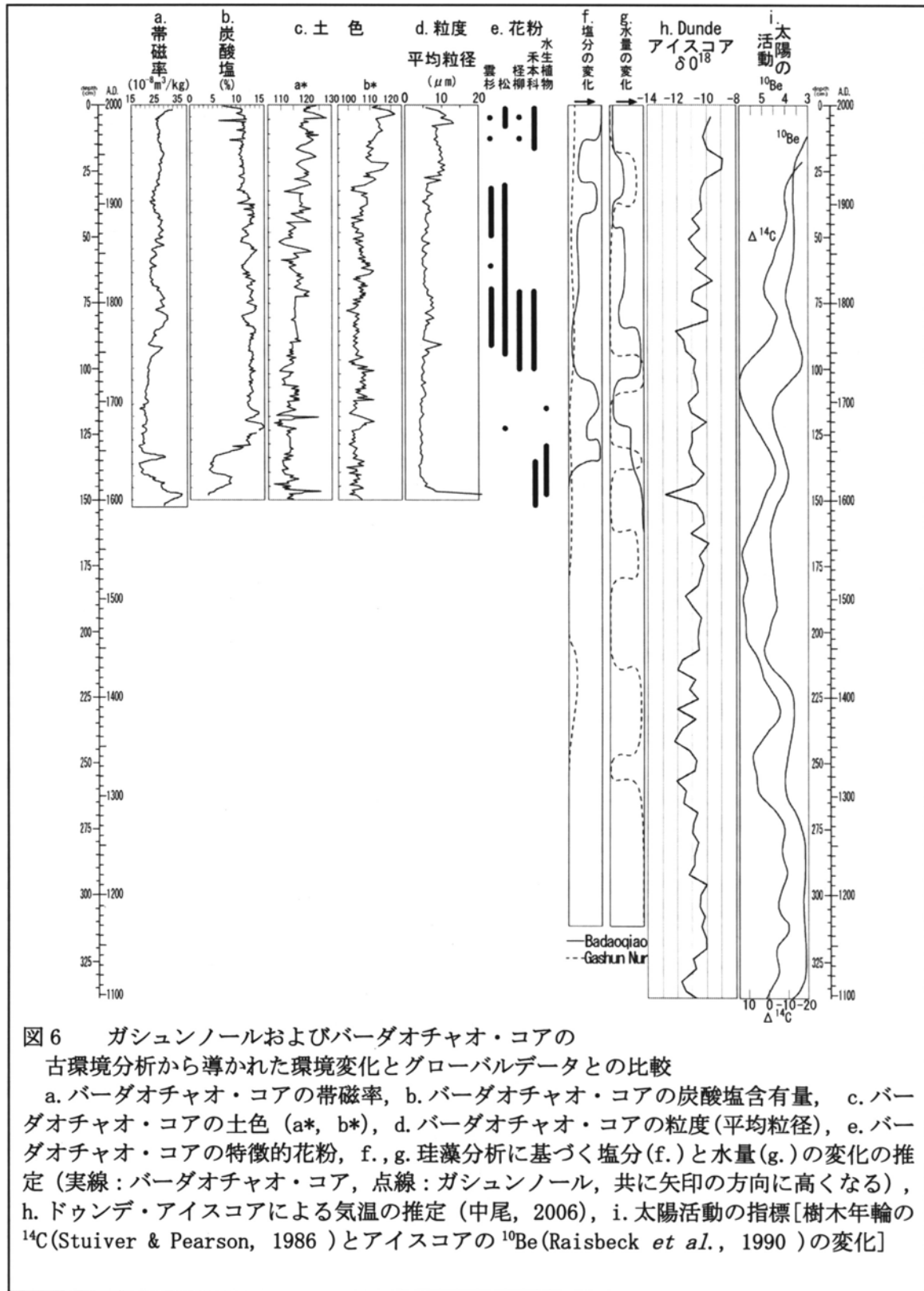


図6 ガシユンノールおよびバーダオチャオ・コアの古環境分析から導かれた環境変化とグローバルデータとの比較

a. バーダオチャオ・コアの帯磁率, b. バーダオチャオ・コアの炭酸塩含有量, c. バーダオチャオ・コアの土色 (a*, b*), d. バーダオチャオ・コアの粒度(平均粒径), e. バーダオチャオ・コアの特徴的花粉, f., g. 珪藻分析に基づく塩分(f.)と水量(g.)の変化の推定 (実線: バーダオチャオ・コア, 点線: ガシユンノール, 共に矢印の方向に高くなる), h. ドウンデ・アイスコアによる気温の推定 (中尾, 2006), i. 太陽活動の指標 [樹木年輪の ^{14}C (Stuiver & Pearson, 1986) とアイスコアの ^{10}Be (Raisbeck *et al.*, 1990) の変化]

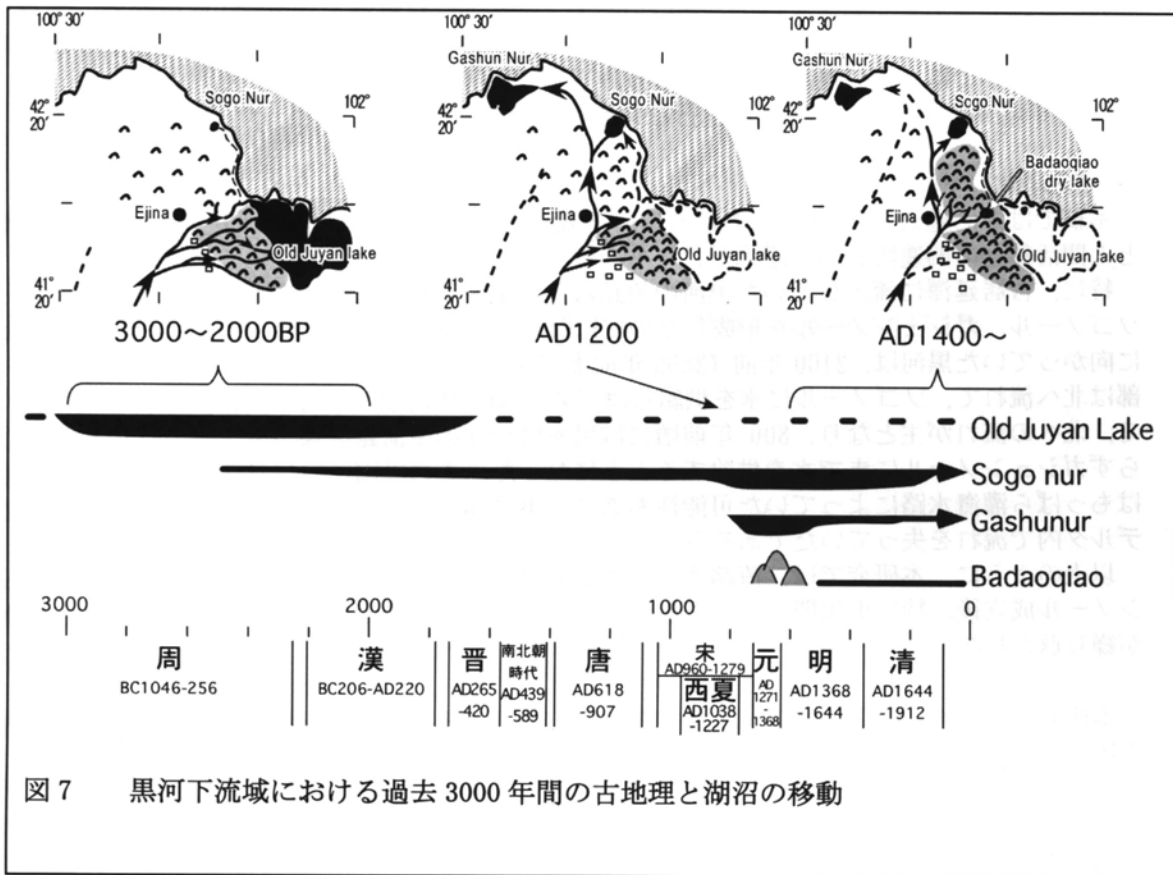


図7 黒河下流域における過去3000年間の古地理と湖沼の移動

- ・ 600 年前から 100 年前までは小氷期のもとで、基本的には乾燥した条件が支配的で、ガシュンノールの水環境も乾湿を繰り返しつつ乾燥化への傾向を強めていった。(しかし、より短周期の変動についてはさらに検討が必要である。)
- ・ 1900 年以降の温暖化と乾燥化の進行は共通して認められる。

9. おわりに

本稿では主に過去 3000 年間における黒河下流域の環境変遷を、河川 - デルタ - 末端湖の移動と人間活動との関連において述べた。

特に、古居延澤に流入していた黒河の流路は、元末～明代にはじめて北向きに流れを変え、ソゴノール、ガシュンノールを形成したのではなく、7500～1800 年の間、その主流は古居延澤に向かっていた黒河は、2100 年前 (2500 年前までさかのぼる可能性もある) 頃から、分流の一部は北へ流れて、ソゴノールに水を供給しはじめ、1700 年前頃からはこの傾向がより強化されて、北への流れが主となり、800 年前頃には黒河は現在の主流路を通して、ソゴノールのみならずガシュンノールにまで水を供給するようになった。この段階では居延デルタへの水の供給はもっぱら灌漑水路によっていた可能性もあり、東に向かう分流路が残っていたとしても居延デルタ内で流れを失っていたであろう。

以上のように、本研究では、流路変更が段階的に進行したことを示した。800 年前のガシュンノール成立後、特に小氷期のはじまる 600 年前以後は乾燥化が強まり、湖沼域の浸水と枯渇が繰り返された。

本研究にあたり、中尾正義氏、小長谷有紀氏、納 森氏、加藤雄三氏、森谷一樹氏、井上充幸氏には有益なご意見を頂き、調査の便宜を図っていただき、また資料提供をいただくなど、研究を進める上で大変お世話になった。ここに記して御礼を申し上げる。

引用文献

- Endo, K., Sohma, H., Mu, G., Hori, K., Murata, T., Qi, W. (2004) Reconstruction of paleoenvironments in the lower reaches of Heihe and Juyan lake area – migration of river course and Juyan lakes- Project Report on an Oasis Region, 3(2), 1-10.
- Endo, K., Sohma, H., Mu, G., Qi, W., Hori, K., Murata, T., Zheng, X. (2005): Paleoenvironment and migration of rivers, delta and lakes in the lowest reaches of Heihe River. Project Report on an Oasis Region, 5 (2), 161-171.
- Mischke, S. (2001) Mid and Late Holocene palaeoenvironment of the lakes Eastern Juyanze and Sogo Nur in NW China, based on Ostracod species assemblages and shell chemistry. *Berliner Gelowissenschaftliche Abhandlungen*, 134p.
- Mischke, S., Fuchs, D., Riedel, F., Schudack, M.E. (2002): Mid to Late Holocene palaeoenvironment of Lake Eastern Juyanze (north-western China) based on ostracods and stable isotopes. *Geobios*, 35, 99-110.
- Raisbeck, G. M., Yiou, F., Jouzel, J., Petit, J. R. (1990) ^{10}Be and $\delta^2\text{H}$ in Polar Ice Cores as a Probe of the Solar Variability's Influence on Climate. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* A330, 463.
- Stuiver, M. and Pearson, G.W. (1986) High-precision calibration of the radiocarbon time scale, A.D. 1950-500 B.C., *Radiocarbon*, 28, 805-838.
- Wünnemann, B. (2001): Paläohydrographie in Nord-west-China. Studien zur quartären Seengeschichte in den Wüsten der westlichen Inneren Mongolei. *Eudkundliches Wissen*, Franz Steiner Verlag Stuttgart.

- Wünnemann, B., Pachur, H.J., Li, J., Zhang, H. (1998): Chronologie der pleistozänen und holozänen Seespiegelschwankungen des Gaxun Nur/Sogo Nur und Baijian Hu, Innere Mongolei, Nordwestchina. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 142, 191-206.
- 馬 燕・鄭 祥民・曹 希強・遠藤邦彦 (2006) 近 200 年来黒河下流天鷲湖湖泊堆積記録的環境変遷. *湖泊科学*, 18 (3), 261-266.
- 中尾正義 (2006) オアシスの盛衰と現代の水問題. 「シルクロードの水と緑はどこに消えたのか?」(日高・中尾編)、昭和堂、198pp.
- 朱 震達・ほか(1983)内蒙西部古居延—黒城地区歴史時期環境的变化与砂漠化過程. *中国沙漠*, 3 (2), 1-8. 中
- 李 并成 (2004) 居延古オアシス沙漠化考. *オアシス地域研究会報*, 4-2, 147-156.