

トルコの強塩性内陸湖沼から産出する「汽水性」珪藻種

鹿島 薫¹

The finding of some diatom species, which are known as brackish species, from hyper-saline inland lakes in Turkey

Kaoru Kashima¹

Abstract: There are a lot of inland saline lakes in the central part of Turkey. We found diatoms which were known as "brackish diatom species", from the inland hyper-saline lakes whose salinities exceeded twice or third as much as the marine salinity.

The diatoms from the hyper-saline lakes were divided into following four species groups.
Group a; the species which were reported coastal areas and brackish lagoons in Japan (*Cyclotella hakansoniae*, *Nitzschia compressa*, *Nitzschia constricta*, *Amphora coffeaeformis*, *Entomoneis alata*)
Group B; the species which were reported from freshwater areas and low saline areas in Japan (*Fragilaria fasciculata*, *Navicula cincta*)
Group C; the species which was not reported before in Japan (*Cymbella pussila*)
Group D; the new finding species which should be described as a new specie (*Cocconeis* sp.-1)

The geological surveys presumed that the inland saline lakes in Turkey had been formed by glacial and interglacial climatic changes during the Quaternary. Therefore, the adaptation of "brackish species" into the hyper-saline environment occurred during the Quaternary. It indicated that some of brackish diatoms have high ability to change of salinity.

Key words: adaptation, brackish species, inland saline lake, Quaternary, Turkey

はじめに

汽水域には、その環境に適応した特有の珪藻種が生息している。例えば、宍道湖においては *Cyclotella hakansoniae* が優占して産出しており、湖の多くの地点で湖底表層堆積物中に含まれる全珪藻殻の 80-90% 以上を占めている (鹿島, 1994)。同様の現象は、北海道網走湖 (鹿島 1996)、鹿児島県上甕島汽水性湖沼群の貝池 (久保ほか, 1999) などにおいても観察され、表層の塩分が 10% 以下の汽水湖沼に共通してみられることが分かった。

このような珪藻分布と塩分との特徴的な関係は、

珪藻が汽水域における古環境変動の復元のために、汽水性の珪藻種群が極めて有効な指標となることを示している (鹿島, 2001)。例えば、現在は海水との交換が大きく湖水の塩分の高い浜名湖でも、過去に *Cyclotella hakansoniae* が優占するような低塩分期が繰り返し存在したことが、ボーリングコア試料の分析より推定されている (本田・鹿島, 1997; 森田ほか, 1998)。

一方、著者は 1991 年よりトルコ内陸部の湖沼堆積物の古環境復元に関する研究を継続している。そして、古環境復元のための基礎資料として、同地域の内陸湖沼における珪藻群集の分析を行ってきた。

¹ 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門 Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

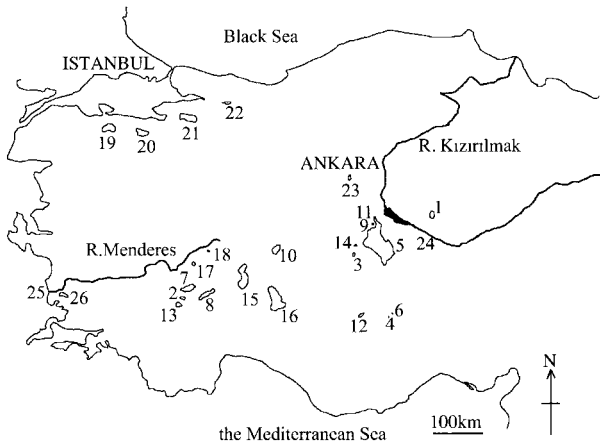


図1 トルコにおける調査地点位置図
図中の番号は、表1における地点名を示す。

Fig. 1 Research areas in Turkey

The numbers in this figures indicated the site number shown in Table 1.

その中で、塩分が海水の2~3倍を越えるような強塩性湖沼から、汽水性の珪藻種と類似した珪藻種群を観察することができることが分かった。例えば、前出の *Cyclotella hakansoniae* が、塩分100%を越す塩性湖沼からも産出が確認された。約10年における観測の結果、同様な特徴がいくつかの珪藻種において継続的に観測できたことから、本論文でその詳細を報告する。

さらに、塩分環境の大きく異なる、しかも地理的に離れた地域からの同一種が産出したことから、汽水性珪藻の進化と環境適応に関する考察を行う。

試 料

トルコにおける現生珪藻類の採取は、1991年、1992年、2000年、2001年に行った。試料の採取を行った主な湖沼・河川は以下の通りである(図1, 表1)。直接に海域とのつながりのない内陸性の塩性湖沼のうち、塩分が40%を越える強塩性湖沼を7湖沼、塩分が40%以下の弱塩性湖沼を7湖沼について計藻類の採取と水質測定を行った。さらにこれらの湖沼との比較のため、淡水域で8湖沼と2河川で、海岸に面した汽水性湖沼の2湖沼で調査を行った。

分 析 方 法

(珪藻試料の採取)

湖沼における珪藻試料として、表層水、表泥、湖

表1 トルコにおける珪藻試料

Table 1 Diatom samples from inland saline lakes, freshwater lakes and rivers and brackish lagoons in Turkey

	Salinity	1991	1992	2000	2001
(Hyper Saline Lakes)					
1	Lake Seyfe >100		○	○	*
2	Lake Ak >100		○	*	*
3	Lake Bolluk >100			○	
4	Lake Meke >100			○	
5	Lake Tuz 92	○	○	*	*
6	Lake Krater(Aci) 61	○	○	○	
7	Lake Aci 40		○	*	*
(low Saline Lakes)					
8	Lake Burdur 25		○	○	○
9	Lake Duden 19			○	○
10	Lake Akshehir 17		○	○	○
11	Lake Kucuk Duden 9			○	○
12	Lake Aci (Konya) 8	○			
13	Lake Salda 8		○	○	○
14	Lake Ilca 4			○	○
(Fresh Water Lakes)					
15	Lake Egridir 0		○	○	○
16	Lake Beyshehir 0	○		○	
17	Lake Isikli 0		○		○
18	Lake Karakuyu 0		○		
19	Lake Kus 0		○		
20	Lake Uluvat 0		○		
21	Lake Iznik 0		○		
22	Lake Sapanca 0		○		
23	Lake Mogan 0			○	
24	River Kizilirmak 0		○	○	
(Brackish lagoons)					
25	Lake Dil 20-36				○
26	Lake Bafa 19		○		○

○ sampling sites of diatoms

* samples could not be taken because lake level became very shallow

岸付着の採取を行った。

表層水は、紫外線の影響を避けるため、水深50cmにおいて、各地点2リットルを採取した。すぐ、中性ホルマリンを加えたのち、冷暗所に保管した。数日後、珪藻がサンプル瓶の下部に沈下したのち、ゆっくりと上部の水を除去した。その後、遠心分離器によって20ccのサンプル瓶に保管した。

表泥は、へらを用いて湖底表層2~3mmを剥ぐようにして採取し、サンプル瓶に入れ、中性ホルマリンを加えた。

付着試料は、その付着基物の差異を留意し、同一地点においても、礫、水草、大型藻類など分けて採取した。いずれの場合も採取した試料はサンプル袋に若干の湖水と共に入れ、サンプル袋の表面から注意深く試料表面をもみ、付着する珪藻を分離した。その後、中性ホルマリンを加え、珪藻試料のみをサンプル瓶に入れ保管した。

(水質測定)

試料採取地点の水質は、水温、塩分およびPhについてのみ、サンプル採取時に計測した。長期間の海外調査のため、簡便性および機械の耐久性を重視

し、以下のように計測した。塩分は屈折式の光学式塩分計を用い、塩分を千分比で読みとった。また、phは携帯Phメーターを用い、小数点一桁まで計測した。水温は寒暖計による測定を行った。

(珪藻試料の処理と封入)

トルコ国外への試料の持ち出しには、トルコ政府の許可が必要なため、試料の処理と検鏡用プレパラートの作成は、トルコ中部のアナトリア考古学研究所で行った。

採取した試料は、定量分割の後、過酸化水素水を加えて過熱し、珪藻殻の分散と有機物等の分解を行った。その後、遠心分離器によって洗浄し、カバーガラス上に滴下し、乾燥の後、マウントメディアを加え、永久プレパラートとして封入した。

顕鏡は光学式顕微鏡を用い1000倍で観察した。各試料200-500個体を同定した。

強塩性内陸湖沼から産出した「汽水性」珪藻種

内陸塩性湖沼の試料から96種の珪藻が観察された。同定は、主にKrammer and Lange-Bertalot (1991, 1997 a, 1997 b, 2000), Krammer (2000), Lange-Bertalot (2001)を用いた。ただし、これらの文献では、乾燥域におけるデータが充分ではないため、アフリカの内陸湖沼を記載したGasse (1986), イスラエルの内陸湖沼を記載したHerlich (1995)を参照した。また、珪藻の生息環境については、上記の文献のほか、それまでの既存の文献による記載をまとめたLowe (1976)のデータベース、および著者による最近の研究などを参照した。

内陸塩性湖沼から産出した代表的な珪藻種について、その生息環境の記載を上記の文献によって確認すると、いずれの種もこれまでは内陸塩性湖とは全く異なる環境下での産出が報告されているものであった。そして、そのほとんどはこれまで「汽水性種」とされていたものであった。

以下、塩分が40%を越える強塩性内陸湖沼から産出した代表的な珪藻種について記述する(表2, 図版1)。

(1) *Cyclotella hakanssoniae*

本種は、宍道湖で最も優占する浮遊生珪藻であり、湖底表層堆積物から産出する珪藻遺骸の80%以上を占めている。同様の現象は、網走湖、貝池(上甕島汽水性湖沼群)などでも観察され、塩分が10%以下の低塩分の汽水湖沼で特徴的に産出している種

表2 強塩性湖沼から産出した主要珪藻種における産出状況

参考のため、弱塩性湖沼、淡水湖沼・河川、海岸汽水湖沼における産出状況も示した。

Table 2 the distribution of hyper-saline diatoms in Turkey

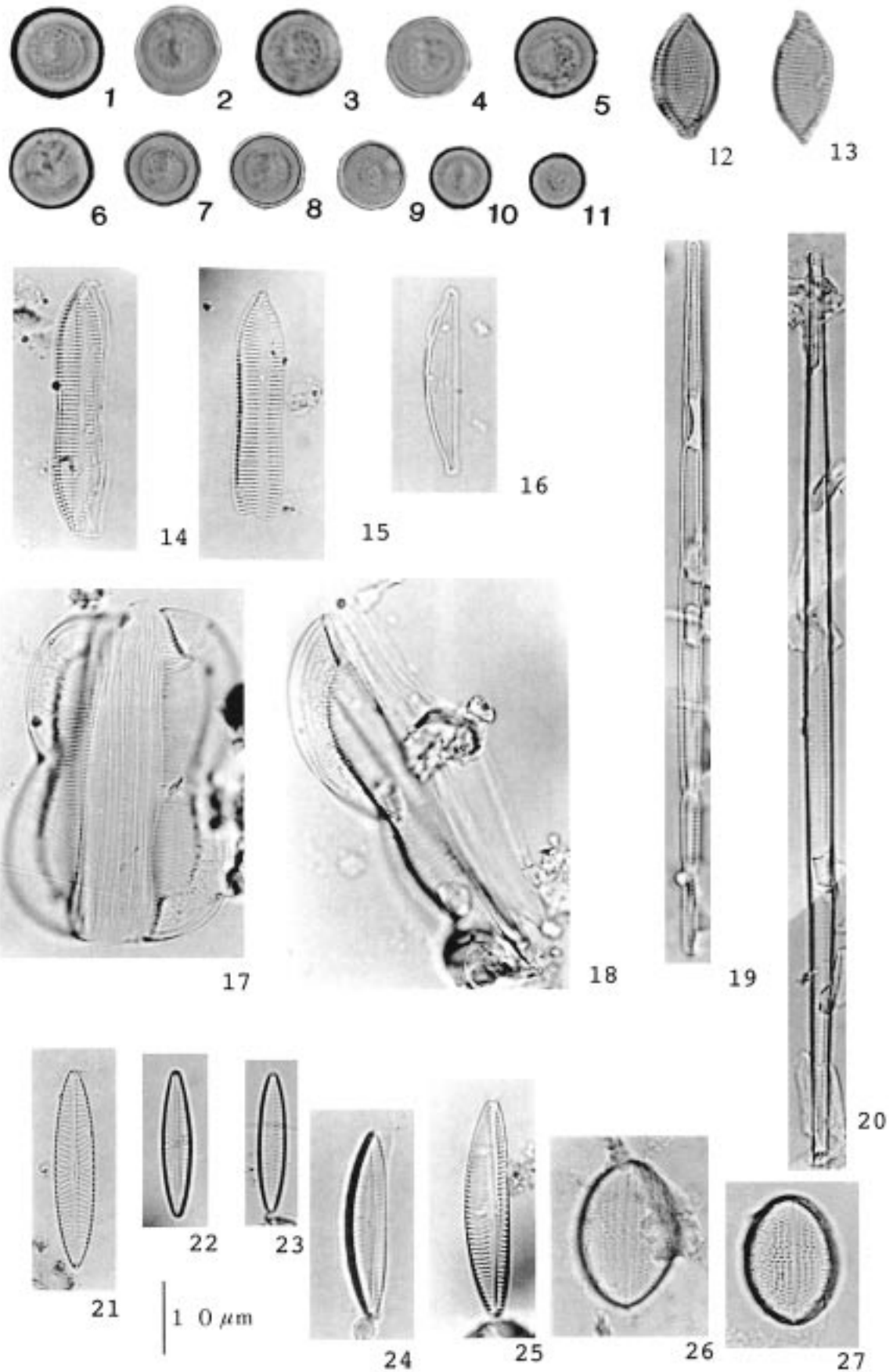
	salinity (‰)	<i>Cyclotella hakanssoniae</i>	<i>Nitzschia compressa</i>	<i>Nitzschia constricta</i>	<i>Amphora coffeaeformis</i>	<i>Entomoneis alata</i>	<i>Fragilaria fasciculata</i>	<i>Navicula cincta</i>	<i>Cymbella pussilla</i>	<i>Cocconeis</i> sp.-1
(Hyper Saline Lakes)										
Lake Seyfe	>100	○	+	+	◎			+	○	
Lake Ak	>100									
Lake Bolluk	>100									
Lake Meke	>100			+	+				○	
Lake Tuz	92			○	+	◎		○	+	
Lake Krater(Aci)	61				+		◎	+	+	◎
Lake Aci	40					+			+	
(low Saline Lakes)										
Lake Burdur	25			+		◎			+	
Lake Duden	19									
Lake Akshehir	17					○			○	
Lake Kucuk Duden	9			◎	◎				◎	
Lake Aci (Konya)	8							+		
Lake Salda	8									
Lake Ilca	4			+				+		
(Fresh Water Lakes)										
Lake Egridil	0							+		
Lake Beyshehir	0				+	+		+		
Lake Isikli	0			+						
Lake Karakuyu	0									
Lake Kus	0									
Lake Uluvat	0									
Lake Iznik	0									
Lake Sapanca	0									
Lake Mogan	0						+			
River Kizilirmak	0			+						
(Brackish lagoons)										
Lake Dil	20-38		◎	+			+			
Lake Bafa	15	+	+	+	+	◎	+			

◎ dominant (>30%)
○ abundant (10-39%)
+ rare (<10%)

といえる(鹿島, 1994, 1996; 久保ほか1998)。これまでは、南雲・小林(1985)に基づいて、*Cyclotella caspia* という種名を用いてきたが(鹿島, 1994, 2001)、汽水産の*Cyclotella*については、その分類については1990年代以降、国際珪藻学シンポジウムなどでの議論が続けられてきた。Krammer and Lange-Bertalot (2000)によると、本種が*Cyclotella caspia*のタイプ標本とは明らかに殻の形態が異なること、また*Cyclotella hakanssoniae*という種名が定着してきたことにより、以後の論文では、*Cyclotella hakanssoniae*を用いる。

トルコでは、1992年における観測で、湖水の塩分が100%を超えるSeyfe湖から多産した。近年、Seyfe湖では顕著な水位の低下が生じ、2000年、2001年の観測では本種を採取することはできなかった。

トルコのSeyfe湖から産出した標本は、殻の大き



1-11: *Cyclotella hakanssoniae* 12-13: *Nitzschia compressa* 14-15: *Nitzschia constricta*
 16: *Amphora coffeaeformis* 17-18: *Entomoneis alata* 19-20: *Fragilaria fasciculata* 21-23: *Navicula cincta*
 24-25: *Cymbella pussila* 26-27: *Cocconeis* sp. -1

さ、条線の密度、殻面のうねりの状態などを、新種の可能性をも含めて検討したが、現時点では、宍道湖などから産出したものと同じ *Cyclotella hakanssoniae* と同種とするのが適当と判断された。さらに、トルコ西部の沿岸汽水湖沼である Bafa 湖 (塩分 15%) から同種の産出が確認された。

(2) *Nitzschia compressa*, *Nitzschia constricta*, *Amphora coffeaeformis*

本種は海岸・汽水域で、多く産出する珪藻である。干潟、汽水湖の湖岸などに生息しており、沖積層や湖成堆積物のボーリングコア試料からもよく見られ、海岸汽水環境の指標種として用いられる。

トルコでは、*Nitzschia compressa* は Seyfe 湖で、*Nitzschia constricta* と *Amphora coffeaeformis* は Seyfe 湖、Tuz 湖、Meke 湖などの、強塩性湖沼で多産することが確認された。さらに後者の 2 種は、Akshehir 湖・K.Duden 湖など塩分が 40% 以下の弱塩性内陸塩性湖沼でも多く産出し、内陸塩性湖沼から産出する代表的な珪藻種を構成している。

そこで、比較のため、トルコ西部の沿岸汽水湖沼である Dil 湖 (塩分 20-38%) で試料との比較を行った。Dil 湖からは、上記の 3 種に加えて、*Nitzschia granulata*, *Achnanthes hauckiana*, *Achnanthes brevipes*, *Cocconeis scutellum*, *Amphora holsatica*, *Amphora ventricosa* などが産出し、この種構成は、日本の汽水湖沼とほぼ共通する。しかし、後者の 6 種は塩性内陸塩性湖沼から産出することはなかった。

(3) *Entomoneis alata*

本種は、独特の形態を呈する珪藻種である。海岸付近の塩性水域、高伝導度水域に産出することが報告されている (Krammer and Lange-Bertalot, 1997 a)。日本の汽水湖沼でも、サロマ湖の表層堆積物試料からの産出が確認されているが、その産出は少ない。トルコでは、Aci 湖、Tuz 湖などの強塩性湖沼、Akshehir 湖などの弱塩性湖沼で産出した。

(4) *Fragilaria fasciculata*

本種は、これまで *Synedra fasciculata* として、記載してきたが、Krammer and Lange-Bertalot (2000) に基づき、本種を *Synedra* から *Fragilaria* 属に移属し、*Fragilaria fasciculata* という属種名を以後用いる。本種は、好塩性～中塩性種とされ (Lowe, 1974)、淡水域から若干塩分の混じる水域での生息が知られてきた (Krammer and Lange-Bertalot, 2000)。

トルコにおいては、塩分 54~65% の Krater (Aci) 湖で優占的に産出した。同湖沼では、1991 年、1992 年、2000 年の 3 回試料を採取したが、いずれの場合

でも優占種として観察された。さらに、沿岸汽水湖沼の Bafa 湖 (塩分 15%) においても、1992 年と 2001 年の両調査時とともに産出した。

(5) *Navicula cincta*

本種は、淡水の富栄養域・汚染の進んだ水域、若干の塩分を含んだ地域に生息するとされ (Krammer and Lange-Bertalot, 1997 a)、日本各地でも多くの産出報告が認められる。トルコの内陸塩性湖沼では、強塩性の Seyfe 湖、Tuz 湖、弱塩性の Akshehir 湖、Ilca 湖などで、ひろく産出した。本種は、このほか淡水湖沼・河川、沿岸汽水湖沼の Bafa 湖からも分布が確認された。

本種には多くの近縁種があり、その分類は難しかった。最新の文献 (Lange-Bertalot, 2001) を用いて、殻長、殻幅、条線の形態とその密度などを検討したが、現時点では本種名とするのが適当と判断した。

(6) *Cymbella pussila*

本種はこれまで、若干の塩分を含んだ電気伝導度の高い水域、石灰分を多く含んだ水域に産出することが報告されている (Krammer and Lange-Bertalot, 1997 a)。日本国内では、著者が知る限りでは産出の報告は見られず、また Lowe (1974) のリストにも生息環境の記載のないことから、通常はその出現頻度の小さい種であると考えられる。

しかし、トルコの内陸塩性湖沼では、強塩性の Meke 湖、Tuz 湖、Seyfe 湖、Krater (Aci) 湖、弱塩性の Aci 湖、Akshehir 湖、K.Duden 湖で多産した。本種は (1) ~ (6) で記載した各種と異なり、トルコの淡水域や海岸汽水域の試料からは観察できなかった。

(7) *Cocconeis* sp. -1

本種は、*Cocconeis placentula* と極めて類似している。*Cocconeis placentula* に比べて殻の外形がやや角ばっていることをのぞくと、殻の大きさ・条線密度などの諸特徴は *Cocconeis placentula* のこれまでの記載 (Krammer and Lange-Bertalot, 1991) とほぼ一致する。後述するように、生息環境があまりにも従来の記載と離れていたこともあり、本稿では便宜的に *Cocconeis* sp. -1 として記載した。

Cocconeis placentula は、淡水生の珪藻であり、湖沼・河川などで多産する種である (Lowe, 1974)。日本においても、淡水湖沼そして塩分の低い汽水湖沼での産出が認められた。トルコにおいても日本と同様に、Beyshehir 湖などの淡水湖、Ilca 湖、Akshehir 湖などの弱塩性の内陸塩性湖沼、Bafa 湖などの海岸汽水湖沼からも産出が認められた。これに対して、

Cocconeis sp. -1 は Krater (Aci) 湖 (塩分 54~67%) で優占的に産出した。Krater (Aci) 湖では 1991 年, 1992 年, 2000 年の 3 回試料を採取したが, いずれの場合もこの *Cocconeis* sp. -1 が優占する群集構成が観察された。

内陸の強塩性環境に対する珪藻の適応性

トルコの内陸には, 海水の 2 倍~3 倍という高濃度の塩分を呈する強塩性環境の湖沼が分布している。これらの湖沼から多数の, しかも特徴的な珪藻群集が産出したが, それらの珪藻種のすべては, 他地域では全く異なる環境下での生息が知られてきたものであった。

トルコの内陸塩性湖沼は, 第四紀の地球規模の気候変動の中で形成されたものであることが知られている (Kashima, 2000)。トルコ中部のコンヤ盆地・トウズ湖におけるボーリング調査の結果より, この地域は大きく見ると氷期には湿潤, 間氷期には乾燥となる気候変動の傾向が認められ, それに伴って, 大規模な湖水環境の変動が生じたことが知られている。両湖盆の場合, 2~3 万年前の最終氷期最盛期には, 湖水位は 30 m 近くも上昇し, 湖水の塩分は淡水に近かった。その後, 後氷期の温暖化に伴い, 湖水位は低下し, 湖水の塩分も 50% 以上増加したことが推定された (Kashima, 2000)。

このことから, トルコにおける強塩性湖沼は, 第四紀後期に, 地理的に隔離された状態で形成された環境であるといえる。そして, 周辺の湖沼・河川・汽水湖沼などから, 珪藻が移動・運搬され, 高塩性環境下での独自の生態系を形成したと推定される。この過程で, 珪藻種の明らかな選別が行われており, これは珪藻の潜在的な塩分適応能力によるものと考えられる。今回, トルコの淡水湖沼・河川などから産出した 107 種のうち, 40% を超えるような強塩性環境からも産出したのは 26 種, 海岸汽水湖沼から産出した 41 種のうち強塩性環境においても産出したのは 18 種であった。

強塩性内陸湖沼から産出した珪藻種の多くは, 日本を含めた他地域の研究では, これまで汽水域に生息する種として知られていたものであった。それらは (a) 海岸汽水湖沼での生息が知られていた種 (*Cyclotella hakanssoniae*, *Nitzschia compressa*, *Nitzschia constricta*, *Amphora coffeaeformis*, *Entomoneis alata* など), (b) 淡水域から若干の塩分を有する水域での生息が知られていた種 (*Fragilaria fasciculata*,

Navicula cincta など), (c) 淡水域から若干の塩分を有する水域での生息することが記載されてはいるものの, その産出が極めて稀であった種 (*Cymbella pussila* など) に区分された。さらに, (d) わずかではあるが殻形に変異が見られ, 別種としての記載が適当と判断された種 (*Cocconeis* sp. -1 など) も見られることが分かった。

このうち, (a)・(b)・(c) の各種群はこれまで同一の地点からは一緒に生息することはない種と考えられてきた。しかし, トルコの強塩性湖沼からは同一湖沼からの産出が確認され, 他地域では見られない特別な種構成が形成されている。

従来, 汽水性の生物群については, 海水と淡水の中間の環境に生息するという特徴から議論されることが多かったように思える。しかし, 汽水域にはもうひとつ, 潮汐などにより塩分変動が頻繁に生じ, しかもその変動幅が大きいという特性がある。そのため, 汽水性生物は淡水性種や海水性種に比べて, より広範囲な塩分に対する耐性を持っていると考えられる。今回, トルコの内陸塩性湖沼に見られた汽水性種の高塩性環境への適応は, この塩分変動に対する汽水性種の強い耐性によるものであり, 特にいくつかの種では, 100% を越える塩分下での生息も可能であることを示している。

このように広範囲の塩分耐性を有する種が, 日本のような地域では通常は汽水域という限られた環境下のみで産出するののかという点については, 淡水域や海域ではそれぞれに固有の種のほうが生息により適しており, 競合する種が少ない汽水域と高塩性域という環境下でその生息域を確立したと考えられる。そのため, 汽水域と高塩性域という, 一見, かけ離れた環境下より類似した群集が観察されることになった。

ま と め

トルコ中部に分布する内陸塩性湖沼の試料から 96 種の珪藻が観察された。これらの種のほとんどはこれまで「汽水性種」として, 汽水域に特徴的な珪藻種として記載されてきたものである。

この現象は, 汽水域珪藻の持つ塩分変動に対する耐性の強さによるものであり, 汽水性の生物の特徴のひとつを示しているものと考えられる。

塩分環境が大きく異なり, そして地理的にも離れた地域で類似した珪藻群集が見られたことについては, 今後培養実験などのも加えて, さらに検討を続

けていく予定である。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり，汽水域での研究を支えてくださった，高安克己教授をはじめとする島根大学汽水域研究所の方々に感謝をいたします。さらに，トルコにおける学術調査を支援してくださった，大村幸弘所長をはじめとする財団法人中近東文化センター・アナトリア考古学研究所の方々に感謝を致します。なお，本研究は，2000年度昭和シェル石油環境研究助成金「半乾燥地域における強塩性内陸湖沼における生物の多様性とその変遷」によりました。記して感謝を致します。

引用文献

- Ehrlich, A. (1995) *Atlas of the Inland-water Diatom Flora of Israel*. Publications of the Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, p.166.
- Gasse, F. (1986) *East African Diatoms, Taxonomy, ecological distribution*. Bibliotheca Diatomologica, Band 11. J.Cramer, Berlin · Stuttgart, p 201.
- 本田秀一・鹿島 薫 (1997) 湖底堆積物から見た浜名湖の最近 1000 年間の古環境変遷. LAGUNA (汽水域研究), **4**, p.69-76
- 鹿島 薫 (1994) 中海・宍道湖における現生および化石珪藻群集に関する最近の話題. LAGUNA (汽水域研究), **1**, 37-43.
- 鹿島 薫 (1996) 網走湖・サロマ湖の湖底堆積物から得られた珪藻遺骸群集. LAGUNA (汽水域研究), **3**, p.33-39.
- Kashima, K. (2000) The geo-archaeological program for the environmental reconstruction during Late Quaternary at central Anatolia in 1995-1999, *Anatolian Archaeological Studies*, **9**, 177-192.
- 鹿島 薫 (2001) 日本各地の沿岸性汽水湖沼における完新世後半の塩分変動, LAGUNA (汽水域研究), **8**, 1~14
- 久保尚子, 沢井祐紀, 鹿島 薫 (1999) 鹿児島県上甕島汽水性湖沼群の湖水環境. LAGUNA (汽水域研究) **6**, 261-271
- Krammer, K. (2000) *The genus Pinnularia*, Diatom of Europe (Edited by H. Lange-Bertalot), vol. 1, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell, p.703.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991) *Bacillariophyceae Teil 4: Achnantaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. Süßwasserflora von Mitteleuropa (Ettel et.al. edi), Teil 4/2, p 437, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena.*
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1997a) *Bacillariophyceae Teil 1: Naviculaceae, Durchgesehener Nachdruck der 1. Auflage. Süßwasserflora von Mitteleuropa (Ettel et.al. edi), Teil 1/2, p 876, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena.*
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1997b) *Bacillariophyceae Teil2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, Ergänzter Nachdruck der 1. Auflage. Süßwasserflora von Mitteleuropa (Ettel et.al. edi), Teil 3/2, p 611, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena.*
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (2000) *Bacillariophyceae Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, Unter Mitarbeit von H. Håkansson und M.Nörpel. Süßwasserflora von Mitteleuropa (Ettel et. al. edi), Teil 3/2, p 599, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena.*
- Lange-Bertalot, H. (2001) *Navicula sensu stricto 10 Genera Separated from Navicula sensu lato Frustulia. Diatom of Europe (Edited by H. Lange-Bertalot), vol. 1, A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell, p.703.*
- Lowe, R. L. (1974) *Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms*. National Environmental Research Center, Office of Research and Development, U. S. Environmental Project Agency, Cincinnati, Ohio, p.333.
- 森田英之・鹿島 薫・高安克美 (1998) 湖底堆積物の珪藻遺骸群集から復元された浜名湖・宍道湖の過去 10000 年間の古環境変遷, LAGUNA (汽水域研究), **5**, 38-47.
- 南雲 保・小林 弘 (1985) 淡・汽水産珪藻 Cyclotella 属の 3 種, *C. atomus*, *C. caspia*, *C. meduanae* の微細構造. 日本プランクトン学会報, **32**, 101-109.