

第220回地質調査所研究発表会講演要旨*

特集 霞ヶ浦の歴史と環境変遷

サロマ湖の現況から見た霞ヶ浦

大嶋和雄

わが国の代表的な汽水湖である霞ヶ浦、八郎潟、サロマ湖はそれぞれ地域の重要な漁場として利用されてきた。しかし、八郎潟は1957年から1964年にかけて大半が干拓されてしまった。霞ヶ浦は首都圏に残された最後の水源池として、堤防の崇上と水門締切工事によって淡水湖に変えられた。ところがサロマ湖は、沿岸漁場整備のために湖とオホーツク海とを境する砂州に新たな水路が開削された。これらは、いずれも人間の利用目的による工事であるが、これらの結果を持続可能な開発(将来の世代が享受する経済的、社会的な利益を損なわない形で現在の世代が環境を利用しようとする考え方)の視点から検討してみる。

八郎潟は人為的支配下で水田とされたので、汽水湖環境は消滅してしまった(環境支配)。水田開発に投資された資金回収および海面下の土地の排水費用は、米市場の開放が決定した場合、子孫に重い負担として残される事になりそうである。霞ヶ浦の水は窒素やリン化合物の多い富栄養状態にあるが、水深が浅いため湖底まで酸素が供給されるので漁業生産が大きかった。この霞ヶ浦を水源池として利用するための湖岸の崇上は水深を大きくし、湖岸の砂浜の大部分をコンクリート垂直護岸に変えてしまった。そのため陸域からの栄養塩はヨシ・マコモに消費されることなく湖に供給され、富栄養化の促進によって慢性的なアオコ発生が見られるようになった。水量確保と水質保全という矛盾する命題の解決が要求されている。湖への排水基準管理と上水供給のための処理費用は、将来にわたって住民の大きな負担となるであろう(環境管理)。それに対してサロマ湖は、ホタテ貝の養殖漁場として利用するために、湖の光合成により一次生産量を最大にし、生物および湖岸の自然浄化機能を最大にする環境改善を行なっている(環境共生)。新たな水路の

開削は湖水の交換を目的とするもので、その効果は湖底堆積物の有機物含有量変化として現われている。養殖漁業が本格化する中で、堆積物の浄化が進んだのはサロマ湖だけではなからうか。そして、わが国有数の自立するモデル沿岸漁場となっている。

地球環境問題の解決は、地域環境問題の解決から始まることをサロマ湖と霞ヶ浦の環境状況を比較することによって理解できる。

(首府研究官)

Keywords: Kasumigaura, Saromako, Environmental change, brackish Lake

霞ヶ浦の環境変化と最近の問題

相崎守弘

明治以降の霞ヶ浦の様子は、種々の文献から推測が可能である。第2次世界大戦の終了後、昭和30年ぐらゐまでは生態学にかなり安定していた時期のようである。当時の霞ヶ浦は漁業活動が中心であり、毎年5,000~6,000トン近くの安定した生産が得られていたようである(加瀬林, 1959)。昭和25年より洪水対策として常陸利根川の浚渫が行われ、通水性がよくなることともなっていて、海水の遡上も容易になり、霞ヶ浦下流域での塩害被害が多発するようになった。塩害対策としては常陸川水門の建設が始まり、昭和38年に完成した。常陸川水門の完成と前後して、霞ヶ浦の利用のされ方が変化した。従来の採取型の漁業および農業用水としての利用に加わって、工業用水や水道水の水源として、また養殖業の場として利用されるようになり、その方向での開発が急激に進行した。その背景には、鹿島地域の工場地帯としての開発、筑波学園都市の開発などがある。

昭和40年代は霞ヶ浦の水質が急激に悪化した時期で、その背景には養豚業やコイの養殖業の急激な拡大、人口の増大と生活習慣の変化、流域における生産活動の増大、帆引き網漁法からトロール漁法への変換による湖内生態系の変化が考えられる。昭和48年にはアオコの大発生が起こり、霞ヶ浦は過栄養湖として定着してしまっ

* 平成4年12月11日本所において開催

た。常陸川水門の完成以後、水門操作は漁業活動との関係で調整され、昭和49年までは冬期を中心として水門はかなりの期間開放されていた。昭和49年以降水門は完全閉鎖され、霞ヶ浦は完全に淡水湖となった。

昭和50年代以降は各種の調査が活発に行われ、霞ヶ浦の環境変化が具体的な数字の変化として記述できるようになってきた。昭和50年以降の変化として最も顕著なことは、沈水植物群集の壊滅と、浮葉植物群集の急激な減少、抽水植物群落の減少である。いわゆる水草帯が霞ヶ浦から消失しようとしている。また、漁業生産量も昭和53年をピークに減少しており、湖内生態系が急激に変化しつつある。その現れとして、冬期の透明度の異常上昇、夏期のアオコ(ミクロキステイス)の減少とオシロトリアの増加といった現象も生じている。

流域においては、昭和58年の富栄養化防止条例の施行にともなうリンの排出量の減少、地下水汚染に基づくものと思われる河川での窒素濃度の増加が特徴であり、霞ヶ浦流入河川水のN/P比の増加が顕著である。それにともない、湖内でのN/P比も年々上昇している。この影響が湖内生態系に及ぼす影響の解析も今後必要である。流域開発の内、平地林の減少とゴルフ場の拡大が顕著であり、今後森林保全のための何らかの対策が必要になってくるものと推測される。

(国立環境研究所水圏環境部)

Keywords: Kasumigaura, Environmental change, Hyper trophic Lake

霞ヶ浦の発達史

斎藤文紀

霞ヶ浦は、その形成場所、成因及び海域となって以降の環境変遷史において、最終間氷期以降の海水準変動の影響を強く受けて現在に至っている。霞ヶ浦において行ったボーリングコアの解析結果、1万年以降の海域となって以降の霞ヶ浦の環境変遷は6つの期間に分けることができる。①海進初期の狭い溺れ谷の時期の10,000-9,000 yBP, ②主に海進期の海域の拡大及び湾口部の潮汐三角州の上方・潟側への発達期、潟の水深の増大期の9,000-5,500 yBP, ③潮汐三角州の潟側への前進の5,500-4,000 yBP, ④湾口部からの砂の流入が認められなくなり、堆積中心が湖心へ移動し、閉鎖性の増大した4,000-2,500 yBP, ⑤外洋水塊との交換がさらに悪くなった2,500-500 yBP, ⑥低鹹汽水・淡水化して以降の

500 yBP 以降である。

(海洋地質部)

Keywords: Kasumigaura, Environmental change, Sea-Level change, Holocene

霞ヶ浦ボーリング試料から見た 茨城県南部の植生変遷史

叶内敦子

霞ヶ浦ボーリング試料(KB2)の花粉分析を行ない、周辺地域の植生変遷を考察した。分析は深度約1mの間隔で行なった。分析の結果、コア上部の深度0.19m-11.97m, およびコア下部の深度34.90m-39.03mの堆積物から花粉・孢子化石を検出した。今回の分析では、深度12.92m-34.15mの堆積物は花粉・孢子化石が微量しか検出されなかった。

花粉化石は、*Fagus*(ブナ属)、*Betula*(カバノキ属)、*Quercus*、*Lepidobalanus*(コナラ亜属)、*Carpinus*(クマシデ属)、*Ulmus-Zelkova*(ニレ・ケヤキ属)などの落葉広葉樹と、*Q. Cyclobalanopsis*(アカガシ亜属)、*Castanopsis-Castanea*(シイノキークリ属)などの常緑広葉樹も見られた。花粉化石が検出した層では、コアの上部・下部とも *Quercus*(コナラ属)が優占するが、コア下部では *Q. Lepidobalanu* が優占し、上部では *Q. Cyclobalanopsis*が増加する傾向が見られた。針葉樹類は、*Pinus*(マツ属)、*Tsuga*(ツガ属)が分析試料から検出した。コア最上部では、*Pinus (Diploxylon)*が約80%出現した。

これらの分析結果をもとに周辺の植生変遷を考察した。現在の茨城県南部は、常緑広葉樹林帯(照葉樹林帯)が成立する地域であるが実際には人為的な開発のためほとんど自然植生は残されていない。コア最上部からマツ属花粉が多量に検出したことは、この地域での自然林の伐採と、二次林としてのアカマツ林の成立のためと考えられる。コア上部のアカガシ亜属の優占は、霞ヶ浦周辺に照葉樹林が成育していたことを示すものと考えられる。コア下部のコナラ亜属の優占は、現在よりも冷涼な気候のもとに、落葉樹を主とする森林の存在を示唆している。しかし、霞ヶ浦のような集水域の広い湖水では、広範囲からの花粉の流入が考えられるため、ブナ属花粉などは北部の山地からの花粉流入の可能性も無視できないが、コア下部全体の花粉組成がほぼ落葉性の樹種から成ることを考えると、霞ヶ浦周辺にもブナ属を混じえる落葉樹林が成育していた可能性が高い。テフラを考慮すると、霞ヶ浦周辺では、完新世の最温暖期を境にして、

落葉広葉樹林から常緑広葉樹林へと植生が変化したことが明らかになった。(明治大学文学部)

Keywords: Kasumigaura, vegetational change, Holocene, pollen analysis

珪藻遺骸群集の推移からみた霞ヶ浦の古環境変換

安藤一男

霞ヶ浦のオールコアボーリング試料(40 m 長)から50 cm 間隔で採取された試料と、湖底表層堆積物の柱状試料(2.8 m 長)から5 cm 間隔で採取された試料を使用して珪藻分析を行い、霞ヶ浦の古環境変遷について検討した。

1. オールコアボーリング(KB-2 地点)

最下部の深度36 m 以深の試料の珪藻組成は、内湾指標種、汽水泥質干潟指標種群、淡水生広塩性種が主体である。この部分は海進初期の、上流側からの淡水と下流側からの海水がせめぎ合う状態での堆積層と考えられる。

深度36~10 m の試料の珪藻組成は、外洋指標種群と内湾指標種群が、産出殻数の90%以上を占める。この部分は安定した内湾における堆積層と考えられる。

深度10 m 以高になると、浮遊性の外洋指標種群や内湾指標種群は次第に減少しはじめ、代りに海水藻場指標種群が増加をはじめ。この頃になると、内湾は徐々に浅くなりはじめたのではないかと考えられる。

2. 湖底表層堆積物(N-33地点)

深度2.8~2.1 m の試料の珪藻組成は、海水藻場指標種群が主体である。この頃は浅い海であったと考えられる。ところが深度2.1~1.0 m では、海生浮遊生の *Cyclotella* sp. が産出殻数の20~80%を占めるようになる。これは再び水深が増加したことを推定させる。さらに、深度1.0~0.5 m では、*Cyclotella* sp. はまったく産出なくなり代りに汽水生着生種の *Diploneis pseudovalis* が産出殻数の50~70%を占める。この頃低鹹汽水化と水深の減少が生じたと推定される。最上部の深度0.5~0 m の試料の珪藻組成は、湖沼浮遊生種群が80%程度を占める。

上記の珪藻群集の推移と、火山灰鍵層による編年、¹⁴C年代測定値を対応させた結果は次のようである。

A. 最終氷期後半の海面最低期以後の海進は1回と考えられる。このことは荒川低地における調査結果と一致する。

B. 浅間B(1108AD)のやや前から1500AD頃は *Cyclotella* sp. の繁殖する水深のある海域である。

C. 1500AD頃を境に、低鹹汽水化と水深の減少がはじまる。

D. 富士宝永(1707AD)頃を境に急激に湖沼化する。

E. *Cyclotella* sp. から *Diploneis pseudovalis* に移行する層準は、ヤマトシジミが密集する層準と一致し、年代は1500AD頃である。

珪藻群集の推移から推定される水深の変化、つまり海水準の変化と、気候変動との関係について検討を試みた。(埼玉県立豊岡高等学校)

Keywords: Kasumigaura, Diatom analysis, Environmental change, Holocene

湖底堆積物中の重金属濃度変化からみた霞ヶ浦の水利環境変遷

横田節哉*・井内美郎**

霞ヶ浦の表層部2~3 m の堆積物中には、上位から浅間A、富士宝永、浅間B、榛名FAなどのテフラが挟まれており、堆積年代を決めるのに有効な指標となっている。銅・鉛・亜鉛などの重金属の濃度鉛直プロファイルは、上記テフラ層準とヤマトシジミ産出層準を鍵層として対比すると、湖内のどの地点でも同様である事が示された。つまり、ヤマトシジミ産出層で低い重金属濃度が上方に向かって上昇するが、浅間Aの少し上位で一担低下し、表層部に向かって再び上昇する。このような重金属濃度の変化は、以下のような霞ヶ浦の水利環境変化と関連させて解釈される。霞ヶ浦の水域環境は、珪藻化石の分析結果から、ヤマトシジミの層準までは海域的、富士宝永までは汽水域、それ以降は淡水域とされている。ヤマトシジミの層準の低濃度は海域との海水交換が良かった時期に、それ以降の濃度上昇は海域との海水交換の悪化、つまり淡水化の時期に対応させる事ができる。

(*北海道支所・**海洋地質部)

Keywords: Kasumigaura, Lake deposits, Tephrochronology, Environmental change, Holocene, heavy metal

渦鞭毛藻シスト群集からみた
霞ヶ浦の水利環境変化

小島夏彦

単細胞藻類の一種である渦鞭毛藻は、シスト(休眠胞子)ぎ化石として堆積物中に保存されることや、その外殻が高等植物の花粉壁に含まれる物質に類似する有機物から形成されていることが他のプランクトン化石と比べ特徴的である。この化石を用いた古環境に関する研究はそれほど例がない。ここでは霞ヶ浦のKB2コアを用い、過去約1万年間のシフト化石を概観し、さらに過去約1500年間の詳細なシスト群集変動を明かにした。そして現在の表層シストの分布状況を参考にして、これら化石集から水利環境を推定した。

過去1万年間では6つのステージが認識された。すなわち、①シスト産出がなく、淡水あるいは極めて低い塩分濃度環境が推定される(コア最下部~コア深度37m)。②シスト数量変化が激しく、*Tuber. vancampoeae*の比率が高いことから、比較的強内湾環境であるが全般的に不安定な状況が考えられる(同37m~33m)。③シスト数量・産出比率が安定し、淡水化指標種*Polykrikos*属が少ないことから安定内湾環境が考えられる。外洋水との海水循環は比較的良い(同33m~17.5m)。④*Polykrikos*属が明瞭にその比率を上げていることから、内湾化が進行し海水循環が徐々に悪化していることが推定される(同17.5m~6.5m)。⑤多くのグループで右有比率の変化が認められ、さらに内湾化が進行している(同6.5m~1.5m)。⑥渦鞭毛藻シストの産出が急速に減少し、のちに完全に姿を消すことから、急激に塩分濃度が低下してほぼ淡水化したものと思われる(同1.5m~表層)。

過去1500年間(コア上部300cm)の分析では、急激に淡水化が進行した状況がとらえられ、シスト数量・群集組成比変化から5つのステージに分けられた。この結果は第一義的には海洋環境から淡水湖へ移り変わる際のシスト群集変化の順位性を示している。また特定種の占有比率変化のパターンから古気候の変化との関連が示唆された。すなわち、10~13世紀の平安の温暖期では進行していた淡水化の速度が鈍り、16世紀頃始まったいわゆる「小氷期」では海水準低下ないしは降水量増加が生じ、それが霞ヶ浦の比較的短期間での塩分低下に関係していると考えられた。(大阪市立大学理学部)

Keywords: Kasumigaura, dinoflagellate cyst, salinity, climate change, Holocene

有孔虫からみた霞ヶ浦の水利環境変遷

西村 昭

霞ヶ浦中央部水深6mで採取された長さ約40mのボーリング試料(KB2)の有孔虫分析を下部については1m間隔、上部は50cm間隔で行なった。この地点では、完新世の海進にともない海が進入し、現在の霞ヶ浦に引き続いて水域が存在しており、古鬼怒湾から霞ヶ浦への水域の環境変遷を検討するのに適している。試料の最下部は腐植層を挟む砂質堆積物、下部はシルト質粘土、中部は薄層理の発達した部分を持つシルト、上部はシルト質粘土である。コアには多くの火山灰層やスコリア層が見つかっており、そのいくつかはアカホヤなど既知の火山灰層に対比されて年代の決定に役立っている。また最下部付近の腐食層の¹⁴C年代(9920±230 y.B.P.)が得られており、このコアには完新世にあたる過去約1万年の環境変遷が記録されている。

有孔虫は上部をのぞいてほぼ連続して産出しており、下部では種数・産出個体数ともに大きいが中部になると両者とも小さくなる。群集の変化は沖積層で一般に認められているように海進-海退の変遷を示している。現世の東京湾のデータによるUjii(1962)の群集区分にしたがうと、群集の変化は下位から上位へと以下のような。

- 1)内湾奥部群集, 2)内湾中央部群集(湾口部亜群集),
- 3)内湾中央部群集(湾奥側亜群集), 4)内湾奥部群集,
- 5)有孔虫産出せず

このうち、3)と4)の境界は縄文海進の高海面期から低下に向かった時期(約5500 y.B.P.)と一致しており、湾口部である鹿島地域に形成されてきた潮汐三角州の離水により古鬼怒湾の内湾化が進んだと考えられ、このコア試料の岩相やほかの解析から推定される古鬼怒湾の変遷(斎藤ほか, 1990)と調和的である。4)と5)の境界はより閉鎖的な湖になったと予想される時間(約4000 y.B.P.)よりはやや遅れている。

文 献

- 斎藤文紀・井内美郎・横田節哉(1990)霞ヶ浦の地史: 海水準変動に影響された沿岸湖沼環境変遷史。地質学論集, 第36号, p. 103-118.
- Ujii, H. (1962) Introduction to statistical foraminiferal zonation. Jour. Geol. Soc. Japan, v. 68, p. 431-451.

(海洋地質部)

Keywords: benthic foraminifers, Inner bay environment, Holocene, Kasumigaura.

中海・宍道湖の歴史と環境変化

徳岡隆夫

中海・宍道湖は震ヶ浦とならぶ日本を代表する海跡湖で、両者の歴史と環境変化には共通する所が多く、また今後の環境保全についても共通する問題を抱えている。両者を比較検討することは大きな意義がある。中海・宍道湖の自然史研究は1981年から始まり、これまでに多くの成果(中海・宍道湖—地形・底質・自然史アトラス, 島根大学山陰地域研究センター, 1988; 地質学論集36号, 1990など)があげられてきたが、それらは地質調査所の井内らによる「湖沼汚染底質の堆積機構解明に関する研究」をはじめとした一連の研究に学び、また支援によって得られたことが多い。以下に研究の現状を述べる。

1. 中海・宍道湖の形成史の研究

アトラスデソ20, ユニブーム, サイドスキャンソナー, および底質探査装置SH20を使用しての音波探査は両湖のほぼ全域にわたって実施され、詳細な湖底下の地質および湖底状況の把握がなされている。ボーリング資料およびこれまでに実施した1~2mまでの多くの柱状採泥資料の花粉・珪藻・有孔虫・貝形虫および化学分析から最終氷期以降の古地理変遷を8葉の古地理図として示した。なかでも重要なのは弥生期の海退の後に、約1200年前には海面が上昇しており、それが中海での湾化と宍道湖での汽水化に示されていること、また、江戸時代には前者の閉塞と後者の淡水化が起きていることである。これらはそれぞれ「中世温暖期」および「小氷期」と関連しているものと推定される。同様のことは震

ヶ浦の研究でもすでに指摘されており、海跡湖が過去の地球規模の海面の微妙な変動を解析するのにもっともふさわしい場所であることがわかったことから、今後の海跡湖研究の視点が明らかにされた。

2. 中海・宍道湖の現状把握と望ましい環境づくりの研究

第二次世界大戦後にはじまった中海・宍道湖の干拓・淡水化事業は、それがほぼ完了した1988年になって、諸般の事情から“休止”となったが、将来のありかたについてはいまだに方針が決定していない。この問題を考えるにあたっては、中海・宍道湖のおいたちから現状までをきっちりと把握し、その上で将来を展望する必要がある。このような観点から上記の研究も行われ、また湖底の現状も詳しく調査された。汽水湖の特性は、海と陸の境界にあって、水深が浅いことから、人為的原因のみならずグローバルな僅かな海面の昇降によっても大きな環境変化が起こることである。また汽水湖(海跡湖)は古来から人類の利用とともにあったものである。これらのことを考慮して今後の環境創造を行わなければならない。復元された風土記(奈良)時代の古環境は、未来の環境づくりの一つのモデルになるものと思われる。すなわち、海水導入による環境改善と漁業の一層の振興がそれである。

3. 中海・宍道湖における実践的課題

中海北部(本庄工区)の土地利用、ヘドロの浚渫の効果とヘドロの堆積メカニズムを利用した効果的な除去法の考案、汽水湖の特徴である塩水楔の音波探査による解明などがある。これらについては研究が進行中であり、中海北部(本庄工区)アトラス(島根大学山陰地域研究センター, 1992), 地質学論集39号(1993)および島根大学山陰地域研究—自然環境—, 9号(1993)などに成果の一部を発表している。

(島根大学理学部汽水湖研究センター)

Keywords: Nakaumi, Shinjiko, Environmental change, Sea-Level change, Holocene