

(1987)による210鉛(Pb)法を基にし、さらに堆積物中に含まれる細粒堆積物および有孔虫群集の層位的変化から求めたものである。210鉛(Pb)法による堆積速度では場所によってかなりの時間幅が生じるため、ここ数十年のイベントを復元するためには化石層位学的手法も重要である。

3. 1920-1930年の地中海の環境変化は、境水道の浚渫と境港湾建設に伴った工事によって引き起こされている。境水道を美保湾方向へ2.9kmにも及ぶ外堤防の建設は、美保湾内の海水を中海へ導入する役目を果たしており、*A. beccarii*に代わって*T. hadai*が増加する。この時期より、日本海の海水が安定的に供給されるようになり、塩分躍層がより安定化したため、湖底では還元環境がより著しくなったものとみられる。

4. 1970年前半の環境変化は、明らかに農水省の干拓・淡水化計画によって部分的に実施された中浦水門や堤防(森山堤防、大海崎堤防など)の建設による下層水の流入経路の変更によるものである。中海中央部は1970年以前より海水の流入がより直接的になり、塩分躍層の安定化を導いている。塩分濃度が比較的高く、還元的環境に適応した*T. hadai*は、このイベントでさらに個体数を増大させている。

5. 干拓のために浚渫された地域の湖底では、地域的に高塩分下層水のトラップや表層堆積物のより深部への移動が起こったものとみられ、同じような水深で見られる群集変化とは異なっている。地域的な表層堆積物の移動を考える場合、人為的な凹地の存在は周辺の底生生物へも影響を与えている。

謝 辞

1920-1930年代の有孔虫群集の変化をもたらした社会的背景を調査するにあたって、境港図書館の畑中弘館長および境港市史編さん室の早川時夫氏に貴重な資料の提示を受けた。ここに資料の一部を紹介

させて頂くとともに、記してお礼申し上げる。

引用文献

- 石飛裕ほか4名, 1995: 宍道湖, 中海の水質汚濁と今後の課題. 第9回衛生公害研究所研究発表会, 抄録集, 16-21, 島根県.
- 松江市, 1941: 松江市誌, 1-1750 (関連ページ: p.1365-1371).
- 松江市誌編さん委員会, 1962: 新修松江市誌, 1-1837 (関連ページ: p. 20-21, p. 1168-1171)
- 三梨 昂ほか9名, 1987: 中海の湖底地形と堆積相(続報). 山陰地域研究(自然環境), 3号, p. 167-174.
- 中海・宍道湖自然史研究会ほか3名, 1987: 中海・宍道湖の自然史研究—その6. 中海における1986年度柱状採泥と湖底表層堆積物中の有孔虫・珪藻群集(予報)—, 島根大学地質学研究報告, 6, p. 61-84.
- 野村律夫・猪口靖, 1995: 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化—その1 島根県中海本庄工区の場合. *Laguna*, 2, 1-9. 島根大学汽水域センター.
- Nomura, R. and Seto, K., 1992: Benthic foraminifera from brackish Lake Nakanoumi, San-in District, Southwestern Honshu, Japan. *Centenary of Japanese Micropaleontology*, p. 227-240, Terra Sci. Publ. Co., Tokyo.
- 野村律夫・吉川恵吾, 1995: 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化—その2 宍道湖の中央1測線の結果. 島根大学教育学部紀要29巻, 31-43.
- 境港市, 1986: 境港市史(上), 1-1008(関連ページ: p. 744-762).
- 境港湾修築期成会, 1941: 境港湾修築略史, 1-134.

LAGUNA (汽水域研究) 3, 25~31頁(1996年3月)
LAGUNA 3, p. 25-31 (1996)

湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化： その4 有孔虫の群集変化に対応した 化学的酸素要求量(COD)と宍道湖水の変化

野村律夫¹⁾

Benthic foraminiferal changes in relation to human activities in brackish environment: Part 4 Chemical Oxygen Demands (COD) correlated with foraminiferal event and the changes of water characters in Lake Shinji

Ritsuo Nomura¹⁾

Abstract: A variation of chemical oxygen demands of bottom water in Lake Shinji was examined for 24 years of 1972-1995, based on the reports from Shimane Prefectural Government. A critical change of COD values in the time series occurred in 1980, which is exactly correlated with the benthic foraminiferal changes, as reported by Nomura and Yoshikawa (1995). An increase of *Ammonia beccarii* in sediment surface indicates an increase of organic matter in bottom water, which is reasonably interpreted from the view point of COD.

The increased values of COD during 1980-1982 indicate that the water characters of Lake Shinji change to nutrients rich water, with an input of organic matter. The cause of this change might have been due to a construction of several embankments or bottom sediments dredging to reclaim the northwestern part of Lake Nakaumi, which hindered the movement of bottom water. So far as COD values indicating constant variations after 1983, such water characters do not changed to the present. However, foraminiferal occurrence indicates a continuation of increased organic matter into bottom water.

Key words: Chemical Oxygen Demands(COD), COD event, foraminifera

はじめに

昨年、筆者は宍道湖における有孔虫群集の顕著な変化が1930年代と1980年代の初めに起こっていることを報告した(野村・吉川, 1995)。とくに、1981年の環境変化では、それ以前にはあまり顕著でなかった*Ammonia beccarii*という石灰質の殻を有す種が極めて著しく産することで特徴づけられている。現在でもその増加傾向は続いている。この種の有孔虫

は、堆積表面から深さ2-3cm程度までのところで主に生活する生態を有しているため、下層水の環境変化を的確に捉えている。野村・吉川(1995)は、この有孔虫種の産出増加の原因を1970年代に行われた干拓事業や淡水化事業のための一連の工事による結果と考えた。

その後、有孔虫が環境の指示者として、湖水環境の化学的データとどのような関係があるのかを検討してきたが、COD値の経年変化に有孔虫群集の変化と一致して不連続期のあったことを見いだした。小論ではその意義を述べ、有孔虫が環境指標として有効であることを指摘する。

¹⁾ 島根大学教育学部微化石研究室
Laboratory of Microfossils, Faculty of Education, Shimane University, Matsue, 690

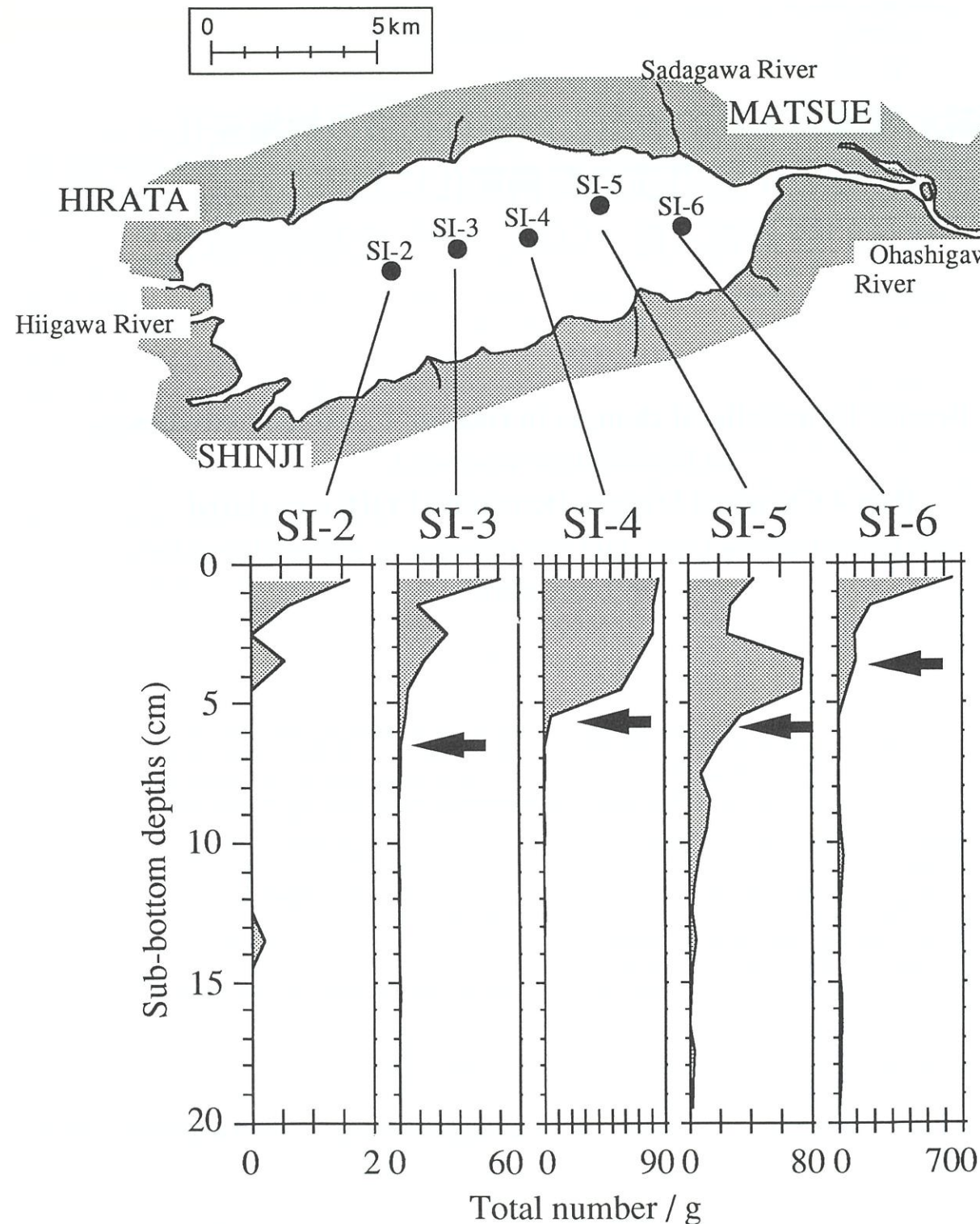


図1. 宍道湖の表層堆積物中の有孔虫 *Ammonia beccarii* の1g当りの個体数。湖底下5~6cmで *Ammonia beccarii* の産出個体数(生体と遺骸を含む)が増加する。矢印は1980-1981年の堆積年代を示す。野村・吉川(1995)を改作。

Fig. 1. Individual numbers of both live and dead foraminiferal species *Ammonia beccarii* per one gram of sediments in Shinjiko Lake. Note the increase of individual numbers in 5-6cm below the bottom, which levels are assignable to 1980-1981 years. After Nomura and Yoshikawa (1995).

2. 化学的酸素要求量(COD)による湖水環境の評価

水質汚濁の1つの指標として利用されているCODは、試水中に酸化される物質やイオンがどの程度含まれているかを示している(たとえば、半谷・小倉, 1985)。したがって、水質汚濁に大きく寄与する有機物は、分解で多量の酸素を要求するため、その多寡は測定値の大小を決めることになる。生物生産が活発化する春から夏にかけては、湖底への有機物のインプットも促進されるため、下層水のCOD値は呼応して高くなる。反対に、生物生産が低下する冬期には、季節風による下層水の擾乱も加えられるため、湖底に酸素が供給されCOD値は低くなる。これは酸素を消費する物が少なくなるため、湖水には汚濁物質の付加が少なくなる。年間を通して鉅菌状に変動するCODは、基本的にこのような原因が考えられる。

島根県発行の平成5年度公共用水域水質調査報告によると、近年の宍道湖のCODは $4.4\text{mg/l} \pm 0.2$ の値を示しており、湖沼環境の区分による湖沼B類型($3\text{mg/l} \sim 5\text{mg/l}$)であることが報告されている。

3. 野村・吉川(1995)にみる1980年代前半の有孔虫群集の変化とその要因

野村・吉川(1995)は、宍道湖の東西方向の5地点で柱状採泥し、東部の表層堆積物に *Ammonia beccarii* が急激に増加していることを指摘した。とくに、1~2cmまでの表層堆積物中には生体の *A. beccarii* が多産している。表層堆積物中の個体数の増加は、降雨量が極めて減少した1994年の特異な気象を反映したものかもしれない。しかし、*A. beccarii* の増加現象は、湖底下5~6cmから多数の遺骸個体を伴って始まっており、一時的な気象現象によってもたらされたものではない。

宍道湖の堆積速度は、中海・宍道湖自然史研究会ほか(1986)によって求められており、野村・吉川(1995)でもこの結果を利用して、*A. beccarii* の急増する湖底下の年代を求めた。その結果は、1981年に相当していることが導かれている(図1の矢印)。*Ammonia beccarii* は、宍道湖・中海水系の中で見ると、その生態が中海の西部で特徴的で、明らかに *Trochammina hadai* のような中海全体に広く産出する種とは異なった分布を示している。水深でみると、*T. hadai* より浅い湖水域に分布し、大橋川河口や伯太川河口のような有機物が多く供給されやすい

地域に多い(Nomura and Seto, 1992; 野村・山根, 投稿中)。このような *A. beccarii* の産状は、湖心部の塩分が5~10パーミルで、窒素0.5%、炭素3%程度の有機物量を含む泥底質の湖底環境が1980年代に安定して形成されていったことを示唆している。

このような有孔虫による湖底環境の復元は、この生物が下層水との相互関係を保ちながら生活していることからしても、少なくとも宍道湖水の水質の変容を示していると考えられる。しかも、その始まりは1980年代前半である。その要因として、野村・吉川(1995)は、1970年代に中海を中心に行われた干拓工事に伴った堤防建設や淡水化を前提にした中浦水門の建設があげられることを指摘した。なぜならば、境水道から流入する比較的高塩分の海水は、塩水クサビ(逆流)となって上流の宍道湖側へもたらされているが、堤防の建設は、このような密度流の流路の変更を余儀なくさせ、しかもその出入り口を水門によって制限させているからである。このように、有孔虫の群集変化は、高塩分水の流入量の変化を反映したものであることが指摘される。

4. 化学的酸素要求量(COD)の経年変化と宍道湖の下層水の変容

上記の有孔虫群集の変化を島根県衛生公害研究所で測定されている宍道湖の中央部(S-3地点)のデータとを比較した。この地点は、宍道湖の中央部にあたり、測定水深が5.0~5.5m(例外的に4.0mや4.5mのこともある)とほぼ一定の水深で測定されている。水深の違いはCODの解釈に影響を与えるため、年間を通して一定していることは重要である。測定は1972年9月より開始され現在でも毎月実施されている。CODの分析値は、酸性法によるものであるが、1972年~1975についてはその方法は明記されていない。また、1970年代前半には測定値に欠如が見られることもあるが、経年変化の解釈に影響を及ぼしているとは思われない。

1972年から1995年3月までの変動は図2に示される。全体として、3~5カ月で季節的に変動を繰り返しているように見受けられる。しかしながら、ここで注目したいのは、1980年の前後でその変動に不連続性が認められることである。1972年~1979年の間はCOD値が年々的に上昇しているのに対して、1980年から1995年3月までの変動は大局的にみてほぼ水平状態で経過している。1980年~1982年は比較的高い値で変動しているが、1983年~1986年は比較的低く変動する。しかし、1972年~1979年のように低くはない。前述したように、CODはどれだけ酸

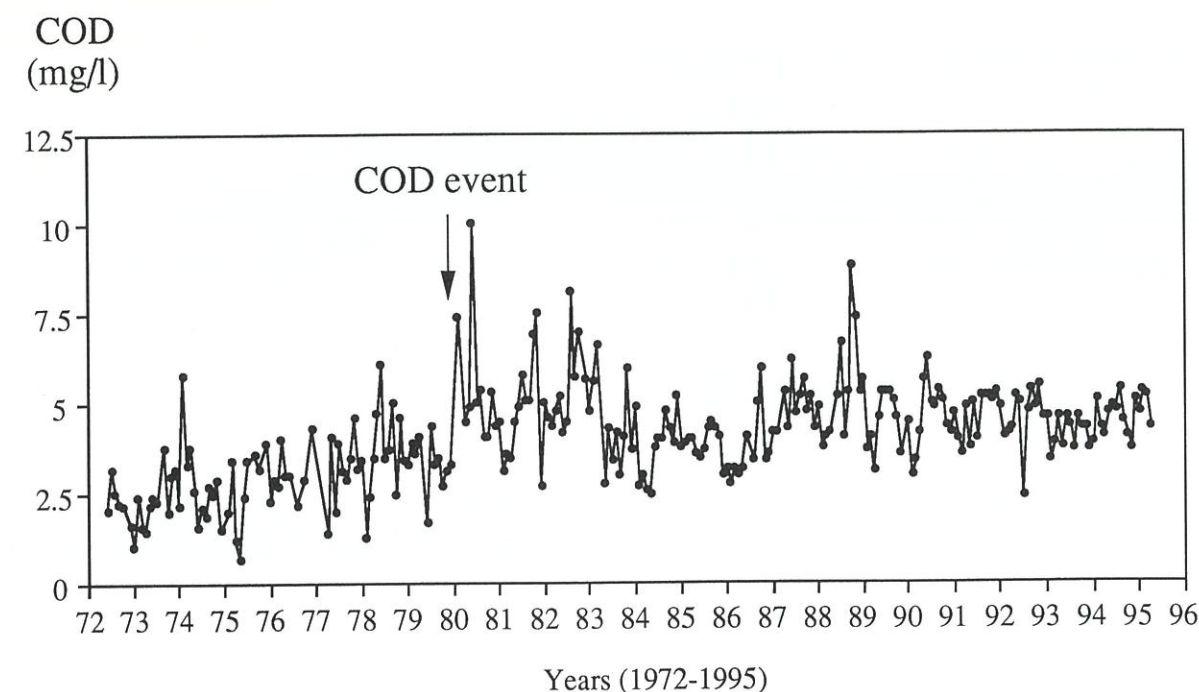


図2. 穴道湖湖心部 (観測地点 S-3 地点) の化学的酸素要求量 (COD) の経年変化 (1972 年 9 月より 1995 年 3 月まで). 島根県公共用水域・地下水水質測定結果報告書 (昭和 47 年度から平成 6 年度) による.

Fig. 2. Annual variations of Chemical Oxygen Demands (COD) of the bottom water in Shinjiko Lake (location S-3) (from 1972. 9 to 1995. 3). Original data from the data reports of public water by Shimane Prefectural Government.

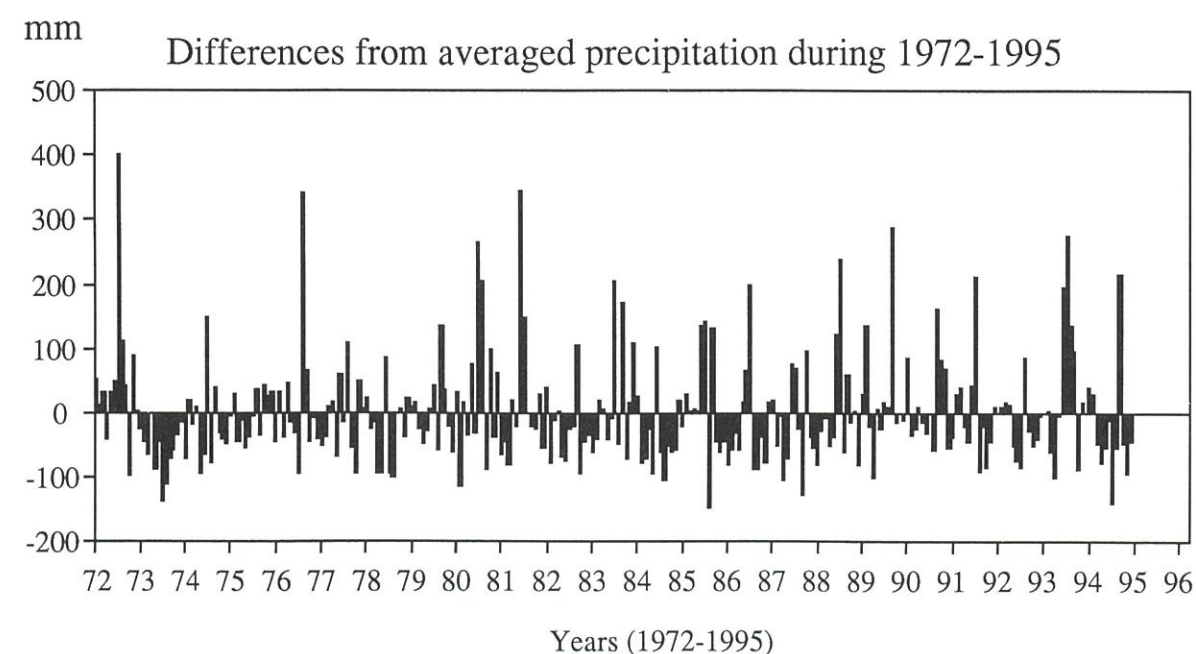


図3. 平均からの差で示した松江地区における降水量の経年変化 (1972 年 1 月から 1994 年 12 月まで). 松江気象台による.

Fig. 3. Annual variations of precipitation based on the differences from the averaged value (149.31mm) during 1972. 1-1994. 12. Original data from the Matsue Meteorological Observatory.

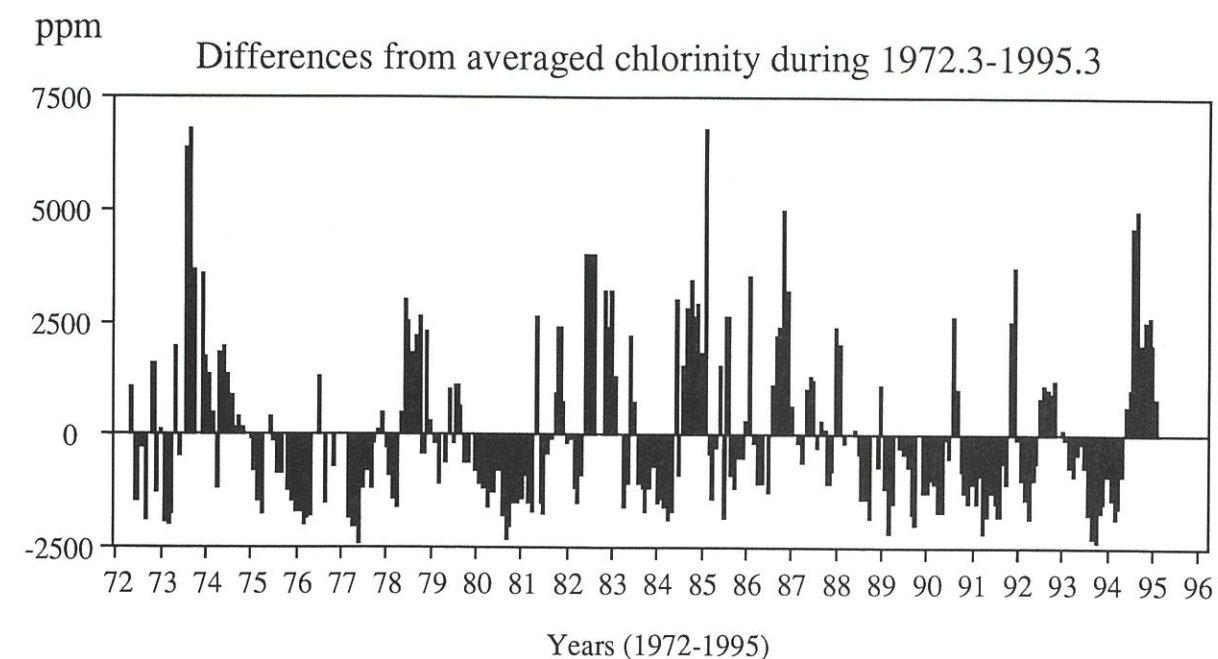


図4. 平均からの差で示した穴道湖下層水の塩素量の経年変化 (1972 年 9 月より 1995 年 3 月まで). 島根県公共用水域・地下水水質測定結果報告書 (昭和 47 年度から平成 6 年度) による.

Fig. 4. Annual variations of Chlorinity based on the differences from the averaged value (2590.21ppm) during 1972. 9-1995. 3. Original data from the data reports of public water by Shimane Prefectural Government.

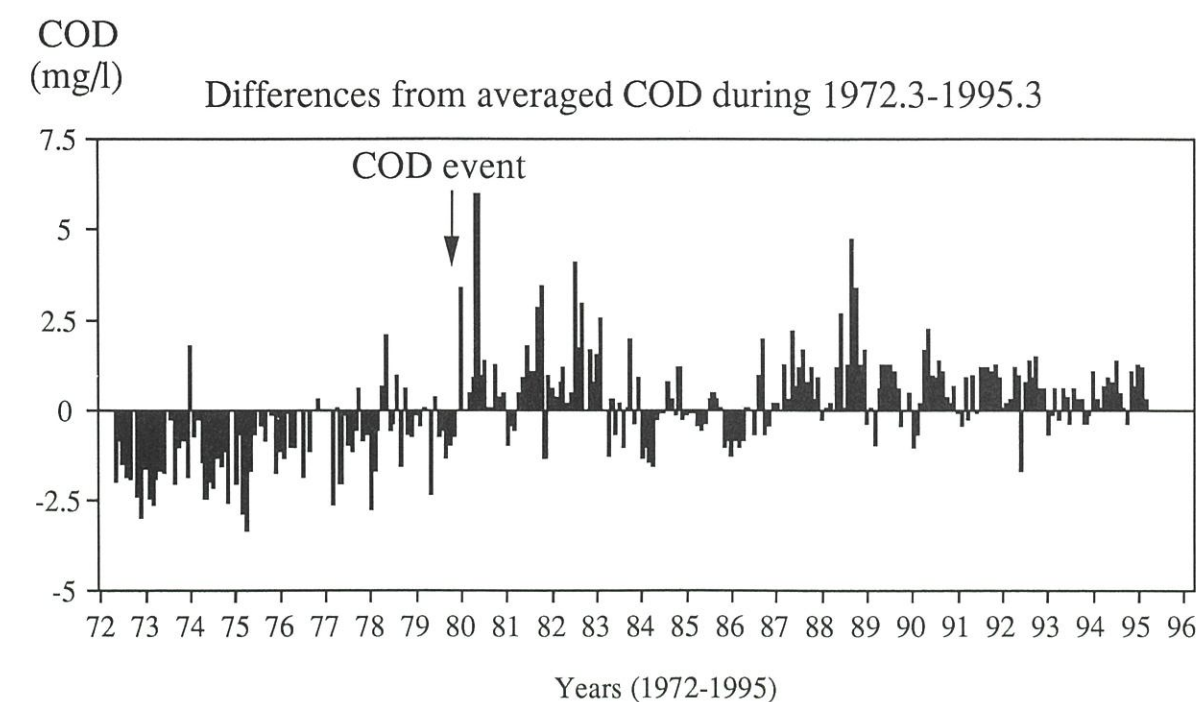


図5. 平均からの差で示した穴道湖下層水の COD の経年変化 (1972 年 9 月より 1995 年 3 月まで). 島根県公共用水域・地下水水質測定結果報告書 (昭和 47 年度から平成 6 年度) による.

Fig. 5. Annual variations of COD based on the differences from the averaged value (4.051mg/l) during 1972. 9-1995. 3. Original data from the data reports of public water by Shimane Prefectural Government.

素を消費する物が試水のなかに含まれているかを示す値である。したがって、一時的にも、長期的にも変動を繰り返すし、しかも他の水質(たとえば降雨)によっても影響されるかもしれない。そこで1972年以降の降水量や下層水の塩分濃度の変動とを比較した。

図3に見られるように、経年変化は降雨量との間に明瞭な関係はない。また、図4に示す下層水の塩分濃度との関係も不明瞭である。短期間でみると、1984年前半と1985年から1986年前半の低いCOD値は、降雨量の少ない時期に対応しているようにもみえる。しかし、1980年のCOD値の急激な上昇と塩分濃度の低下との関係は、たとえば、1988年以降もしばしば起こっているが、1983年~1984年のように逆の場合もある。したがって、1980年のCOD値の上昇原因を、ここで示したような自然要因に限定させなくてもよいと言える。

CODは、1972年から1995年の23年間の平均値からの隔たりを示す図5においても、明らかなように1980年を境として高くなっている。この水質の変動は、有孔虫群集の変動とも一致し、宍道湖の水質および底生生物の変化が時期を同じくして起こっていることを示す。一方で、1980年のCOD値の不連続的変動を1972年からの一連の上昇期とみなして、不連続期を1982年から1983年にかけて起こっているものとすることもできるかもしれない。しかし、1980年から1982年のCOD値の季節的変動は、極めて大きく、この3年間に有機物の付加が増大したことは明らかである。したがって、COD値の不連続性を1982年から1983年としても、1983年以降のCOD値は、1972年から1979年までより高いレベルで変動しており、有機物の付加は実質この3年間で進んだことになる。この要因は、野村・吉川(1995)が指摘しているように、中海で人為的に進められた堤防建設のほぼ完成時期に一致している。本庄工区で大海崎堤防の建設は1972年から始められ、1978年には完工している。馬渡堤防の完成も1980年には終わっている。森山堤防は1981年に完成した。まさに、これらの堤防の完成した時期に、宍道湖の水質および有孔虫群集が影響を受けたことになる。本庄工区内の有孔虫群集は、工区が森山堤防で閉鎖された1981年以降消滅している(野村・猪口, 1995)。このように、干拓・淡水化の一連の事業で進められた中海の人為的改造は、それまでの湖水環境とは異なったものにさせたことは明白である。

1980年又は1983年以降のほぼ一定したレベルで変動するCOD値からは、水質の今後の長期的変動を読み取ることは困難なように思われる。しかし、

*Ammonia beccarii*は確実に増加傾向にあり、適度の塩分濃度のなかで有機物の堆積しやすい環境を示唆している。この点で、広大な自然の物質循環を有す宍道湖・中海水系をCODで評価することと湖底に生息する有孔虫に代弁させて環境を評価することの比較評価については、今後とも議論していかなければならない重要な課題と考える。

ま と め

1. 野村・吉川(1995)によって指摘された宍道湖の下層水の環境変化の時期を1972年以降の化学的酸素要求量(COD)の変動とを比較した。1981年として指摘されている変動時期に一致するCOD値の不連続的上昇の時期が1979年と1980年の間に起こっていることが判明した。CODの測定場所は、宍道湖湖心部の水深5.0~5.5mである(島根県公共用水域水質報告による)。

2. COD値は1972年~1979年まで漸次的に増加していたが、1980年には急激に増加した。1980年以降今日まで、その平均的なレベルはほぼ一定である。1980年以降COD値は、季節的な変動を繰り返す。一見して鉅齒状の変動を示すが、有孔虫の*Ammonia beccarii*は一定して増加傾向を示す。有孔虫の示す湖水環境は、有機物の堆積しやすい環境であり、この傾向は今後も続くものと考えられる。

3. 1980年のCOD値の不連続的上昇は、中海・宍道湖淡水化計画で実施されてきた堤防建設によってもたらされている。とくに、大海崎堤防や馬渡堤防の完工した時期と一致している。

謝 辞

データ処理では広瀬小学校山根幸夫教諭(現在、島根大学大学院教育学研究科在籍中)にお世話になった。記して、お礼申しあげる。

引 用 文 献

- 半谷高久・小倉紀雄, 1985: 水質調査法. p. 378, 丸善(東京)
- 中海・宍道湖自然史研究会, 松本英二, 井内美郎, 水野篤行, 1986: 中海・宍道湖自然史研究—その5. 宍道湖における1985年度柱状採泥—. 島大地質研報, 5, 11-18.
- 野村律夫・猪口靖, 1995: 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化—その1 島根県中海本庄工区の場合. *Laguna*, 2, 1-9. 島根大学汽水域

センター.

Nomura, R. and Seto, K., 1992: Benthic foraminifera from brackish Lake Nakanoumi, San-in District, Southwestern Honshu, Japan. *Centenary of Japanese Micropaleontology*, p. 227-240, Terra Sci. Publ. Co., Tokyo.

野村律夫・山根幸夫, 1996: 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化: その3 中海東部の過去

数10年の環境変化. ラグナ3号, 13-24.

野村律夫・吉川恵吾, 1995: 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化: その2 宍道湖の中央1測線の結果. 島根大学教育学部紀要29巻, 31-43.

島根県: 公共用水域・地下水水質測定結果報告書(昭和47年から平成5年度).