

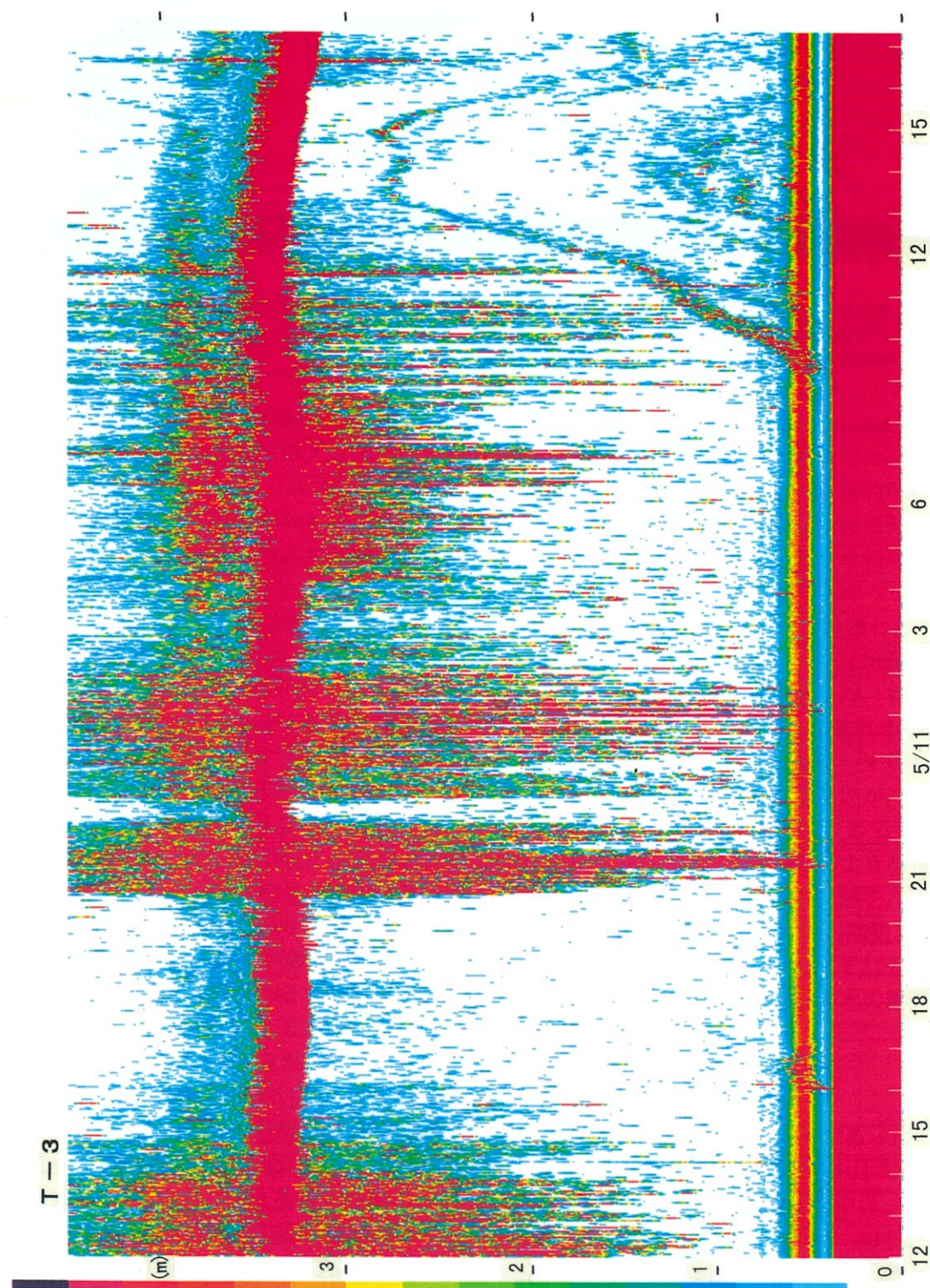


図13「強風時」1995年5月10-11日の大根島入江T-3地点における音響画像
Fig. 13. "Strong windy day" Graphics of the time series data of acoustic profile at the margin of Nakaumi (Nyuko harbor, Daikon-jima Island) T-3, May 10-11, 1995

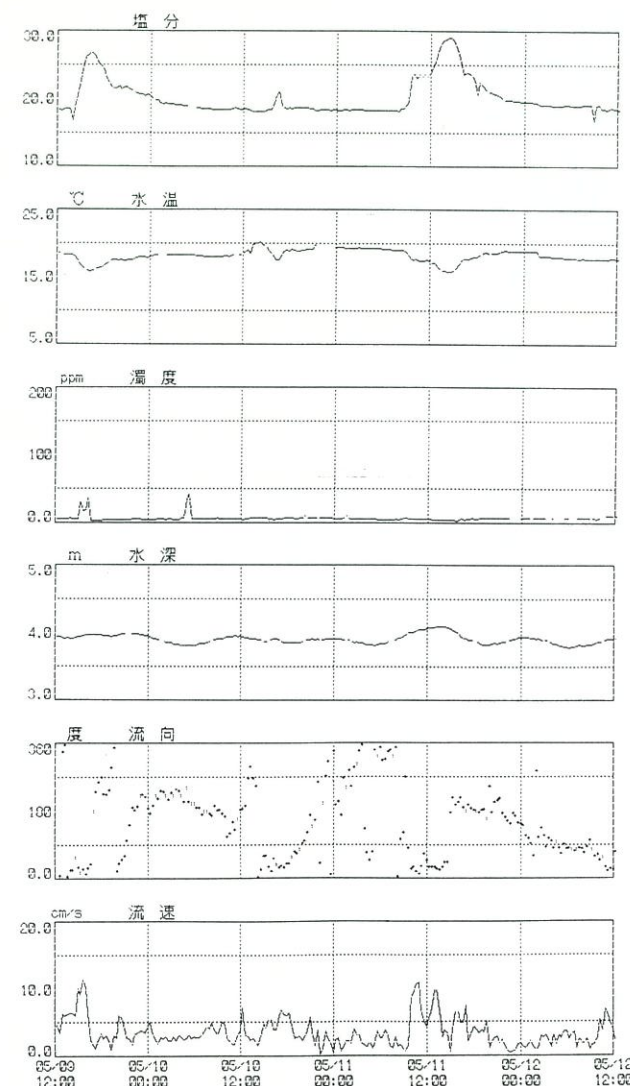


図14「強風時」1995年5月9-12日の大根島入江T-3地点の湖底における塩分、水温、濁度、水深、流向および流速の経時変化

Fig. 14. "Strong windy day" The time series data of salinity, temperature, muddiness, water depth, water flow direction and water flow rate in lower portion of the lake water at the margin of Nakaumi (Nyuko harbor, Daikon-jima Island) T-3, May 9-12, 1995

図11に示した。22日23時から23日17時までは塩分躍層による明瞭な反射面は記録されていない。この時の塩分プロファイルは測定していないが、先の図8に示したように、塩分は湖水面から湖底に向かってゆるやかに徐々に増加しているものと推察でき、そのため明瞭な反射面が得られなかったものと考えられる。すなわち、「無風時」には、均等に近い塩分勾配によって塩分躍層が不明瞭になることが特徴と思われる。

湖底における塩分・水温の経時変化(図12)はそれぞれ26~28‰、23~25℃のほぼ一定の値を示している。濁度は9月23日1~2時および13~15時に小さなピークがあるものを除けば変化はない。水深変化

は、潮位差約20cm、周期12時間の規則的な波形を示している。

流向は、反時計まわりの変化を示しており、上げ潮(9月22日2時)-下げ潮(8時)-上げ潮(14時)-下げ潮(20時)-上げ潮(9月23日2時)にあわせて北西(9月22日2時)-西-南西(8時)-西(14時)-南-南東(20時)-北(9月23日2時)と流向を変えている。流速は1~5cm/s(36~180m/h)で、特に22日の午後から23日の午前にかけては全般に小さい。これらの結果は、「無風時」の下部高塩分層内の流向・流速が刻々と変化することを示しており、主な原因は潮汐にあるものと考えられる。ただし潮の上げ下げとの一定の関係は見られず、上部低塩分層の流向・流速が複雑に絡んでいるものと考えられる。

(2)「強風時」

観測期間中、中海で風速12m/s以上の強風が吹いたのは、3月25、27日、4月1、2、12、22、23、26日、5月3、5、6、10日、8月9、10、27日、9月16、17、24、27日、11月1、2、7、8、9、11日であった。特に9月16~17日と11月8日は、それぞれ台風12および冬型の気圧配置による荒天で、風速12m/s以上の風がそれぞれ20時間(9月16日15時~17日10時)および17時間(11月8日1時~17時)続いた。

a.「強風時」の湖縁(大根島入江)

5月10-11日の大根島入江T-3地点の音響プロファイルを図13に示した。5月10日21時30分には風による散乱波が湖底まで到達しており、5月11日11時まではこの散乱波が継続して記録されている。5月11日9時30分に湖底から明瞭な反射面が上昇しはじめ、13時に水面下60cmに達して2時間停滞した後、上昇時とほぼ同様な勾配をもって下降している。

この反射面の変化と調和して塩分・水温の変化(図14)が観測されている。塩分は5月11日9時の18‰から増加しはじめて14時-15時には29‰となり、後に19‰まで減少した。水温は19.5℃から16℃へ減少し、後に18.5℃へと上昇した。この時期の中海は下部高塩分層のほうが上層よりも水温が低いので、これらの変化は、下部高塩分水が入江付近に進入して来た後、後退していった様子を示しているものと思われる。また、進入前と比べて後退後には塩分・水温がそれぞれ1‰、1℃変化しているので、一連の下部高塩分層の動きによって上層と下層がわずかに混合したことが考えられる。濁度の変化は特に観測されていない。水深は下部高塩分層が進入してきたときに高潮となり、平常よりも約20cm高かった。

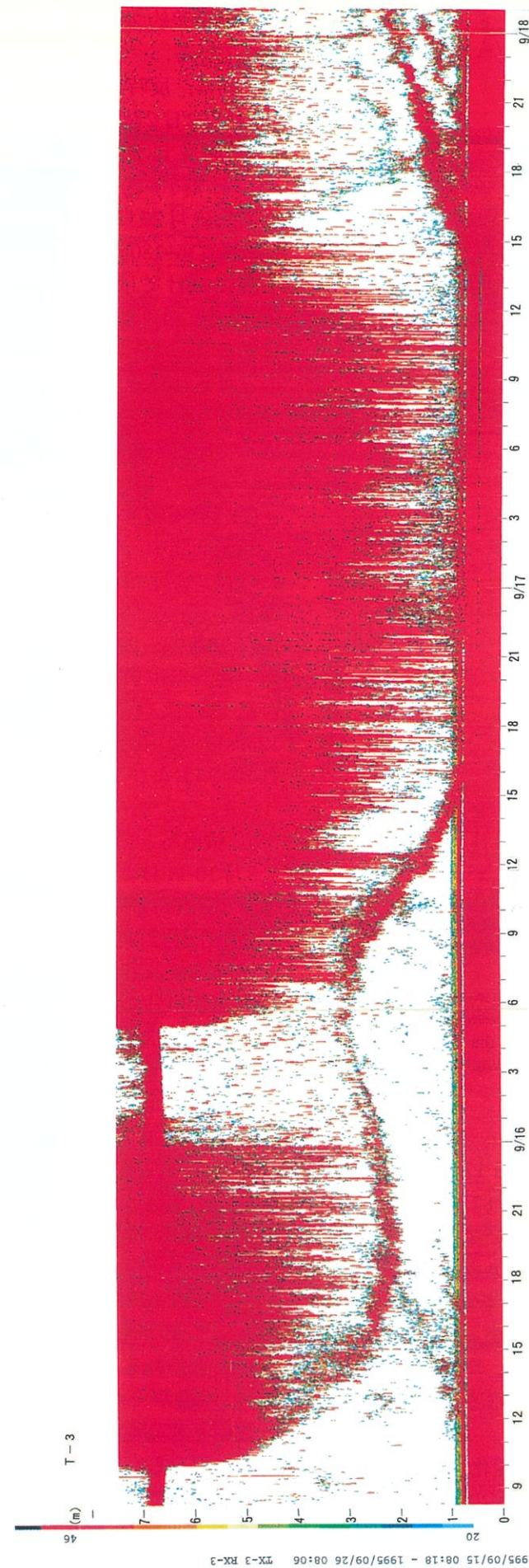


図15「強風時」1995年9月15-17日の湖心T-3地点における音響画像
Fig. 15. "Strong windy day" Graphics of the time series data of acoustic profile in the center of Nakaumi T-3, September 15-17, 1995

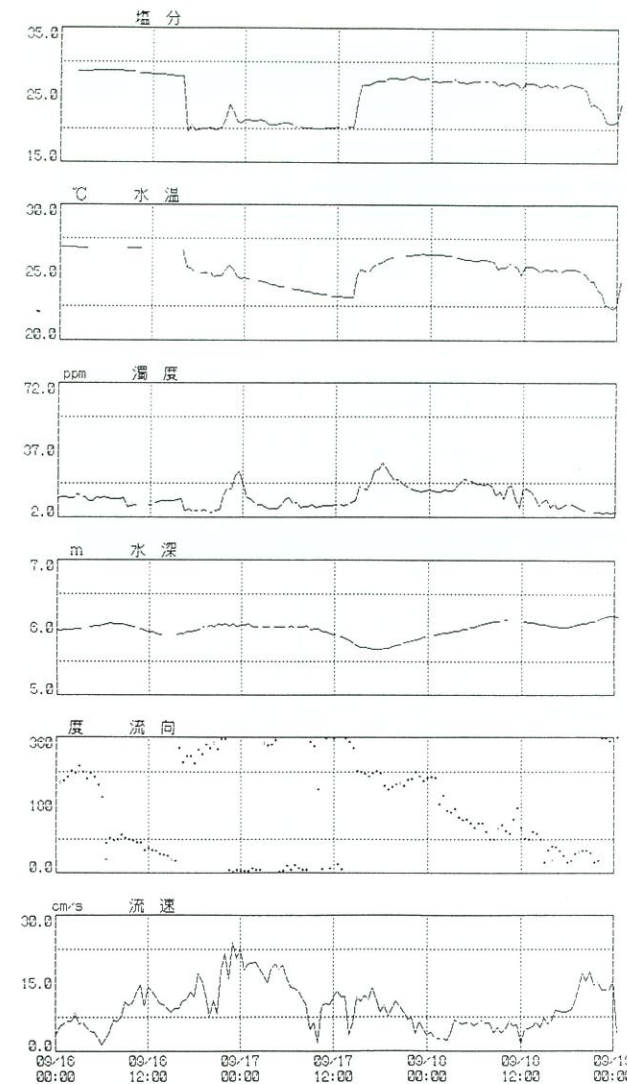


図16「強風時」1995年9月16-18日の湖心T-3地点の湖底における塩分、水温、濁度、水深、流向、および流速の経時変化

Fig. 16. "Strong windy day" The time series data of salinity, temperature, muddiness, water depth, water flow direction and water flow rate in lower portion of the lake water at in the center of Nakaumi T-3, September 16-18, 1995

流向は、下部高塩分層の進入時には北東～北、後退時には南向きであった。流速は進入時に5~10 cm/s (180~360m/h)、後退時には4~7cm/s (144~252 m/s)であった。これらの流速は、無風時の2~5倍である。

b.「強風時」の湖心

9月15-17日の湖心T-3地点の音響プロファイルを図15に示した。9月15日の平均風速は5.3m/sで、午後からは東北東の風となった。12時から散乱波の下部(水深2.5m)に明瞭な反射面が表れはじめていた。12時から23時までは6.5~8.8m/sの風が継続していた。この反射面は一度風の弱まった9月16日0-4

時の間(風速1.0~3.5m/s)には徐々に上昇して水深3~3.5mとなるが、9月16日5時ごろからまた風が強まり、9月16日23時には北東の風が最大15.7m/sとなつて、それと共に反射面も下降して湖底に達したものと考えられる。この時、波浪による散乱波層も湖底近くまで達している。9月16日8時から17日11時までの風速は10.1~15.7m/sで、風向は北東-東北東方向であった。その後風は徐々に弱まり、9月18日9時には風速5.0m/sとなり、それに伴って音響反射面も徐々に上昇して湖底上3mとなった。

一方、湖底における塩分・温度の経時変化(図16)は、それぞれ28.5‰、27℃のほぼ一定値であったものが、9月16日16時から急に20‰、25℃に減少し、以後9月17日14時まで塩分はほぼ一定、水温は23℃まで徐々に減少している。9月17日15時には、それぞれ27‰、25.5℃に上昇した。これらの結果は音響観測の結果と良く一致し、下部高塩分層の移動によって、上層が直接湖底にまで達した結果であると考えられる。濁度は上層が湖底に達した数時間後の9月16日23時30分に26ppmのピークを示し、湖底が一時的に懸濁したことを示している。水深は9月16-17日には規則的な下げ潮状態を示しておらず、特に、上部低塩分層が湖底に達している間の9月16日19時から9月17日10時には下げ潮状態がなくなっており、一様に高潮である。その後、下部高塩分層が戻るにしたがって低潮となる。

流向は、9月16日の下部高塩分層が移動して上層が湖底に達している間は、ほぼ一定の東～北向きとなつて、風向きとはほぼ反対方向となっているが、下部高塩分層がもどる9月17日16時から急に西向きに変化し、徐々に南西-南方向となる(図16)。流速は下部高塩分層が移動している間には10~15cm/s (360~540m/h)、上層が湖底に達している間は15~20 cm/s (540~720m/h)、下層が戻ってきた時には一時的に4cm/s (144m/h)、その後10~13cm/s (360~468m/h)となる。最大流速は、9月16日23時の24cm/s (864m/h)であった。これらの流速は無風時の4~20倍である。

光ファイバー分布型温度計の記録は、上記の観測記録と調和的である。図17に示したように、水温約27℃の下部高塩分層が南-南西方向へ戻ってきて水温約24℃の上部低塩分層との境界が南-南西方向へ移動している。図17中の点線は27℃と24℃の境界を表している。

以上の結果を総合すると、9月15-18日の一連の中海塩分躍層動態と風との関係は、図18のようにまとめることができる。すなわち、このような中海湖水の動態変化を生じさせた原因は一定方向に連続して吹いた強風であり、この風が、中海湖水上層の上

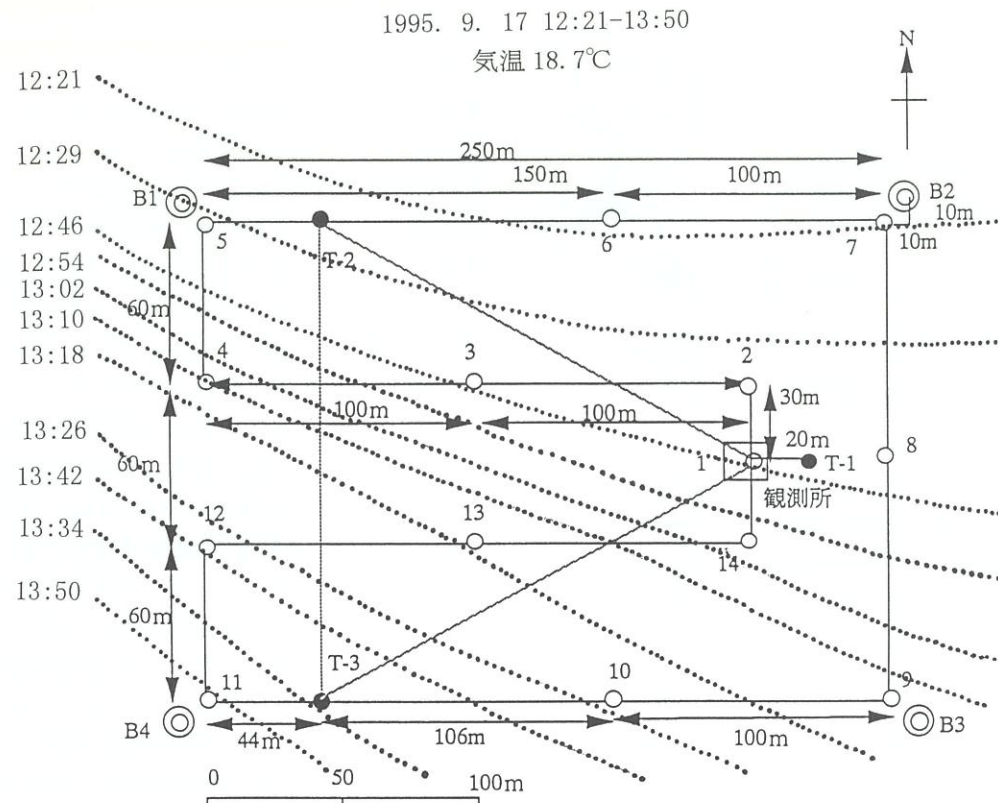


図17「強風時」1995年9月17日の湖心の湖底における、光ファイバーセンサ水温分布の経時変化(点線は、特定の時刻において水温が24℃から27℃に急変するpointを結んだ線である。移動の平均速度は、170m/h)

Fig. 17. "Strong windy day" The time series data of temperature high-gradient line of the lake bottom by the optical fiber cable system in the center of Nakaumi, September 17, 1995 (the average migration rate is 170m/h)

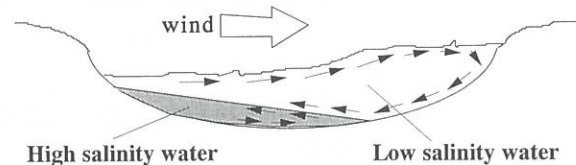


図18 中海における下層高塩分層の動きと風との関係を示した概念

Fig. 18. Schematic illustration of the relationship between the behavior of high salinity water in lake Nakaumi and wind

部で風と同方向の南西向きの流れを発生させた。これが湖岸付近で反転して上層の下部で北東向きの流れとなり、これとともに下部高塩分層も北～北東方向へ移動したと考えられる。このような強風時の挙動は、夏季に現れる貧酸素水塊の動きを推察する上でも興味深い。

(3)「通常時」

a.「通常時」の湖縁(大根島入江)

4月8-9日の大根島入江T-3地点(T-2およびT-1を下に重ねて記載している)の音響プロファイルを図19に示した。4月8日11時ごろから波が立ちはじめ、音響散乱が時間とともに下部に向かって形成さ

れ、波の減少とともに数時間でこの散乱がなくなっている。この散乱層の後尾下部には、明瞭な山なりの反射面が表れている。4月8日は、「通常時」のうちでも比較的風の強い日(この日の平均風速は5.1m/s、この日の昼から夕刻にかけては西～北西の風)であったため、中海下部高塩分層が遡上し、その後、後退して行った様子が反射面として表れているものと考えられる。入江港から遠いT-3、2、1送受波器の順で下部高塩分層の反射面は早く表れ、遅く消える。入江港に近い送受波器T-1と遠い送受波器T-3は約50m離れており、T-1の下層反射面の検出時刻はT-3よりも約20分遅れているので、その差分から下部高塩分層は約150m/hで遡上してきたと推算される。

湖底での塩分・水温の変化(図20)は、4月8日11時に16‰の小ピーク、16~18時に28.5‰の大ピークを持ち、23時にまた18‰の小ピークを伴って、もとの15‰のレベルに戻っている。水温の凹型のパターンもこれにほぼ一致している。濁度はこれらの変化と一致せず、4月9日18時ごろに160ppmのピークを示しているが、この理由は明らかでない。な

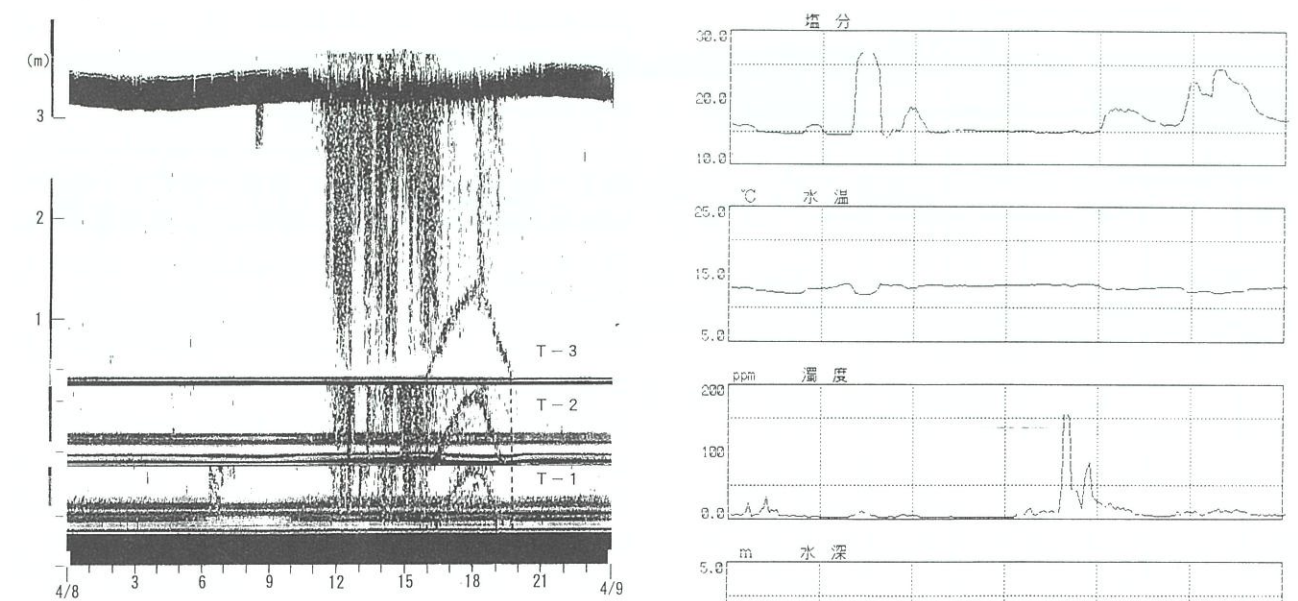


図19「通常時」1995年4月8日の大根島入江T-1、2および3地点における音響画像

Fig. 19. "Normal windy day" Graphics of the time series data of acoustic profile at the margin of Nakaumi (Nyuko harbor, Daikon-jima Island) T-1, 2 and 3, April 8, 1995

お、水深変化は潮位差約20cm、ほぼ周期12時間の波形を示して変動している。

流向は、下部高塩分層が遡上してくる前の4月8日0~9時までは南向きであるが、塩分変化の3つのピーク時にはいずれも北東方向、下部高塩分層が後退する時(4月8日18時)には南西向きとなっている(図20)。その後は4月9日9時まで北東方向、9時以降はもとの南向きに戻っている。流速は、下部高塩分層の遡上時に速く、5~8m/s(180~288m/h)、遡上のない時は1~3m/s(36~108m/h)内で変動している。以上の結果より、「通常時」の上部低塩分層はゆっくりとほぼ南向きの一定方向に流れているが、下部高塩分層の流れは風速と風向に大きく影響されることを示している。しかし、上部低塩分層の流向も「無風時」とは異なっており、明らかに風の影響を受けているものと考えられる。

下部高塩分層の遡上・後退の様子は、光ファイバー分布型温度計でも捉えられた。図21に4月8日14~19時の湖底温度分布の経時変化を示す。水温の低い下部高塩分層の動きは、光ファイバーケーブルの湖心側に突き出た部分から検知されはじめ、全域に伝播している。

b.「通常時」の湖心

8月5-7日の湖心T-3地点の音響プロファイルを図22に示した。湖心では図中のような変化パターンが観測期間中最も多く見られた。すなわち、10時ごろから少しずつ波が立ちはじめ、19時ごろに波

が無くなる。この波は全般に西風に起因している(8月5、6および7日の西風の風速はそれぞれ10m/s前後である)。図22では、波がない場合、塩分躍層による反射面は明瞭ではないが、波浪による水塊の上下振動に伴った散乱波が下方におよぶのに従い、その下に20-30cm幅の反射面が表れてきて、かつ徐々に下方へ(水深約2.5mから約3.5mへ)移動している。この移動する反射面は塩分躍層の移動によるものと考えられるが、水塊の上下振動によってこの反射面が明瞭になる理由は次のように考えられる。すなわち、波の伝播により水塊が振動すると上方から水塊の混合が起こり均一化してゆく。この時、混合した直下では塩分躍層の勾配が増加するので音響反

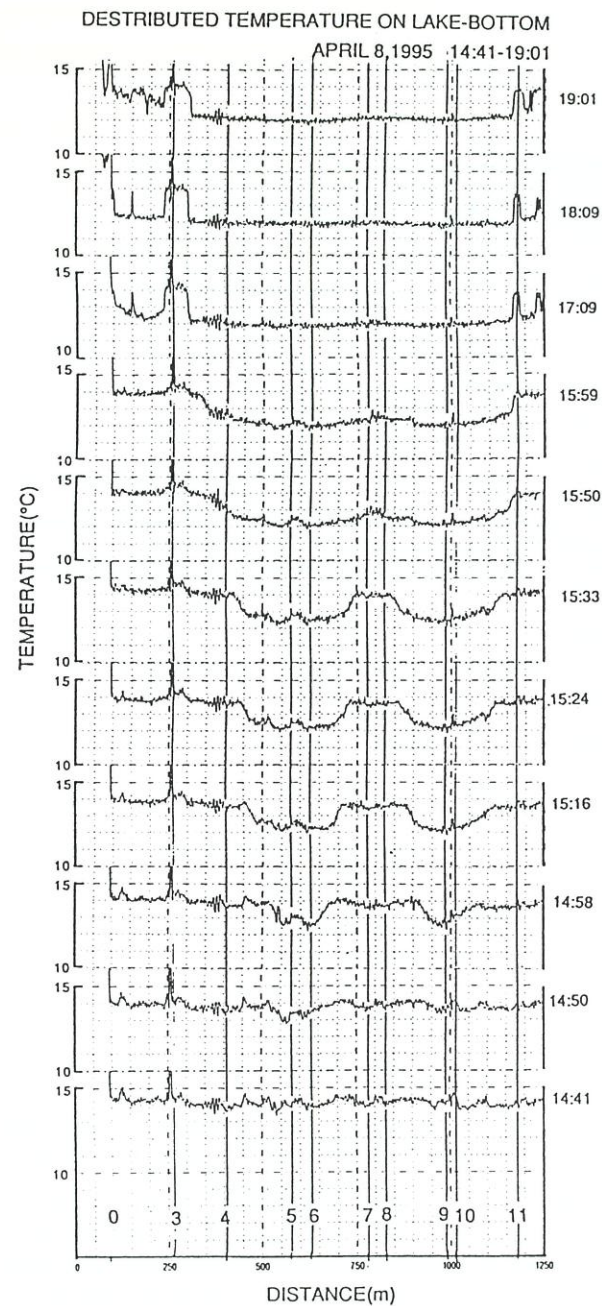


図21「通常時」1995年4月8日の大根島入江T-1, 2および3地点周辺の湖底における、光ファイバーセンサ水温分布の経時変化

Fig. 21. "Normal windy day" The time series data of temperature distribution of the lake bottom by the optical fiber cable system at the margin of Nakaumi (Nyuko harbor, Daikon-jima Island) around T-1, 2 and 3, April 8, 1995

斜面は明瞭になり、かつ、波の下方への伝播とともに移動することが考えられる。また、図22の下部にはもう一枚の反射面が表れている。これは、下部で塩分躍層がもうひとつ形成され、その層が動いている可能性を示唆している。

夏季の湖底における塩分・水温(図23)は、いずれも小さい振幅をもって周期的な変化を示しており、一周期内での最高値はそれぞれ30~31‰、25~26.5℃、最低値は29~30‰、24~26.5℃である。塩分と水

温の相関は良く、共に周期は約1日である。この周期中、高塩分を示す時間帯は、図22の下部第二反射面が表れる時間帯とほぼ一致しているように見える。濁度は、0~10ppm間で周期的に変動しており、濁度の高い時は上げ潮時にほぼ一致する。水深は12時間周期の単純な変化ではなく、一周期おきに高潮はやや低位に、低潮はやや高位となり、全体として約一日周期となっている。この波形は、奥田ほか(1992)が示した、半日潮成分と一日成分の合成された波形とよく似ている。この水深の一日周期のうち最高位の時刻が塩分・水温変動周期の最低値時刻に、最低位の時刻が塩分・水温周期の最高値時刻に一致する。すなわち、「通常時」の湖心においては、下げ潮時に湖水下部の塩分がやや高くなることになる。

流向は、図23に示したように反時計回りに回りながら方向を変えており、約一日で一回転する。一日のうち、上げ潮最高位時に西~南西向き、下げ潮最下位時には南~南東の流れになっており、速度は上げ潮時約3~10cm/s(108~360m/h)。下げ潮時約3~5cm/s(108~180m/h)である。上げ潮最高位時および下げ潮最下位時は、風が吹きはじめる時間帯および午後の最も波立つ時間帯とそれぞれ一致する。一方、湖水上部(水面下1.5m:図24)の流向は下部ほど規則的ではないが、上げ潮最高位時にはほぼ南西~東、下げ潮最低位時には東向きとなっており、下部の流向と似た傾向を示している。

以上の結果は、夏季における境水道から中海に入ってくる新しい海水の動態を反映しているものと考えられるが、周期的な西風を機動力とした湖水全体の静水振動、内部振動あるいは回転振動等の影響が重なってあらわれている可能性があり、その挙動は単純ではないものと思われる。このような挙動は、今後、広域的に長期観測を行って明らかにして行かなければならないと考えている。

5. ま と め

中海塩分躍層の動態を把握するためには、平常時はもとより荒天時における挙動も含めた連続的長期観測が必要である。本研究では、音響観測装置と光ファイバー分布型温度計、流向・流速計および水質計を組み合わせた長期連続観測システムによって、これまでは捉えることができなかった塩分躍層のダイナミックな動きを観測した。本研究結果をまとめると以下ようになる。

中海における塩分躍層の変化および湖水の動態は、天候(特に風向・風速)に大きく影響され、「無風時(一日の平均風速が3m/s以下で波のない状態)」

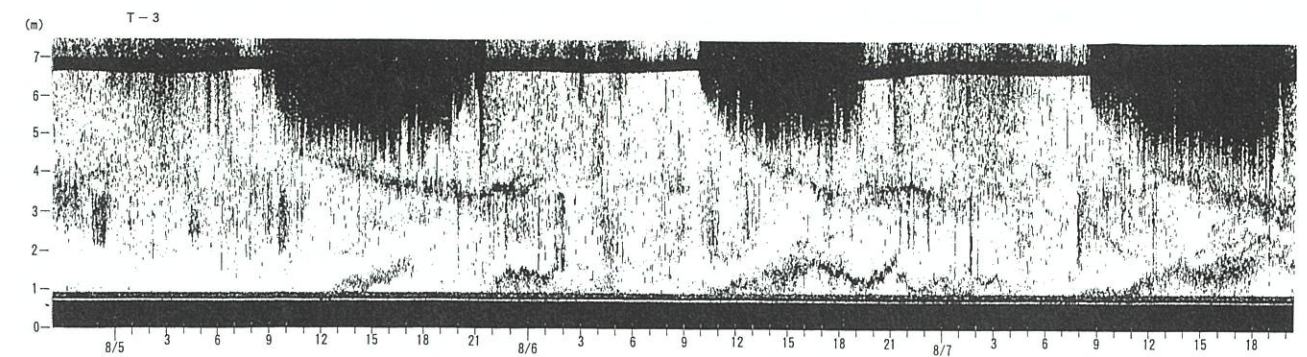


図22「通常時」1995年8月5-7日の湖心T-3地点における音響画像
Fig. 22. "Normal windy day" Graphics of the time series data of acoustic profile in the center of Nakaumi T-3, August 5-7, 1995

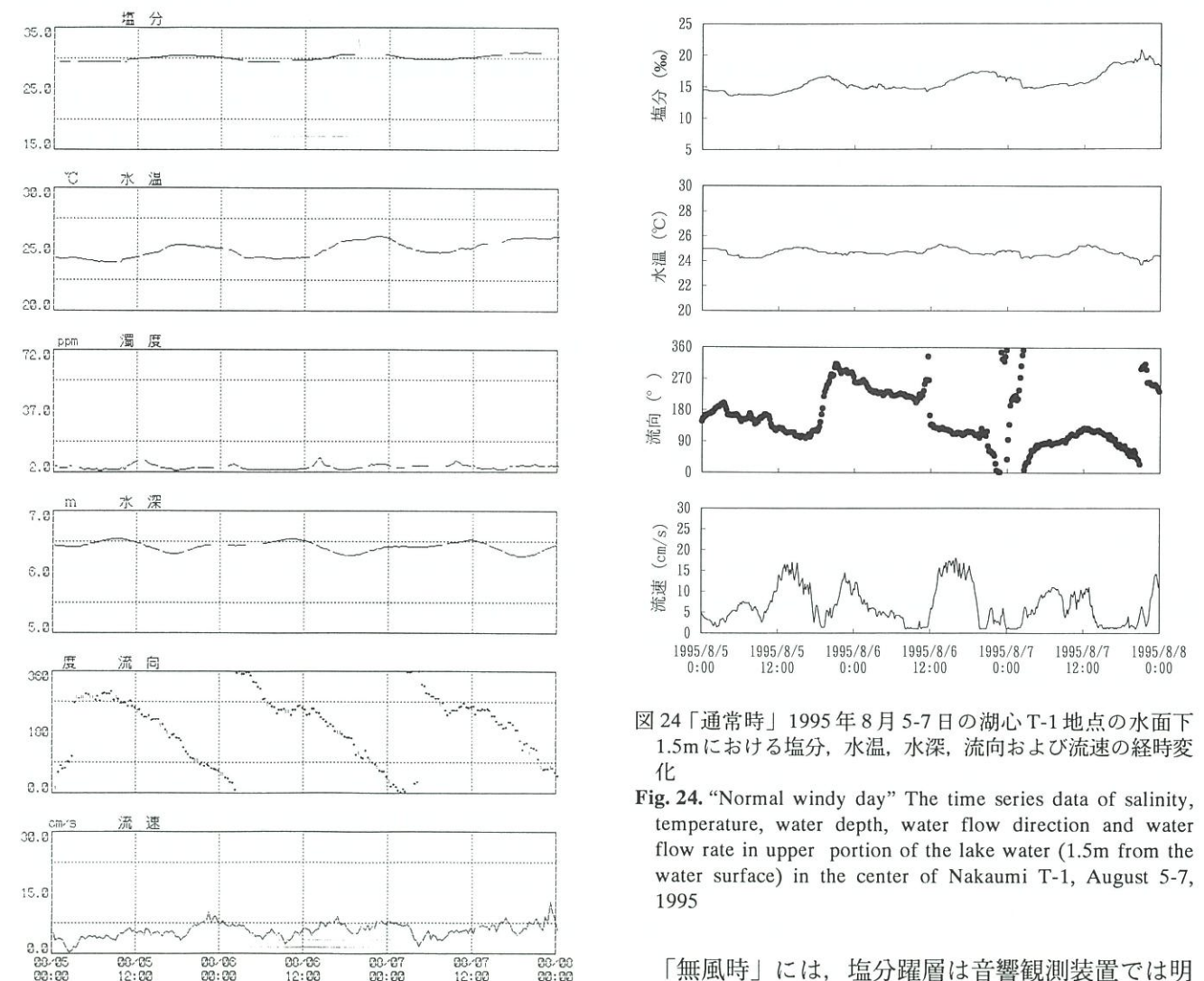


図23「通常時」1995年8月5-7日の湖心T-3地点の湖底における塩分、水温、濁度、水深、流向および流速の経時変化
Fig. 23. "Normal windy day" The time series data of salinity, temperature, muddiness, water depth, water flow direction and water flow rate in lower portion of the lake water in the center of Nakaumi T-3, August 5-7, 1995

「強風時(荒天に伴って12m/s以上の風が観測された状態)」および「通常時(中海で最も多く見られる状態)」でそれぞれ特徴的な傾向が観測された。

図24「通常時」1995年8月5-7日の湖心T-1地点の水面下1.5mにおける塩分、水温、水深、流向および流速の経時変化

Fig. 24. "Normal windy day" The time series data of salinity, temperature, water depth, water flow direction and water flow rate in upper portion of the lake water (1.5m from the water surface) in the center of Nakaumi T-1, August 5-7, 1995

「無風時」には、塩分躍層は音響観測装置では明瞭に確認されなかった。流速は全般に遅く、入江でほぼ一定の流向(北東)を示していたのに対し、湖心下部の流向は反時計回りに変化していた。

「強風時」には、下部高塩分層が風向と反対方向に大規模に移動して塩分躍層がなくなる様子が観測され(9月16日台風12号)、風が止むと下部高塩分層が戻り、再び塩分躍層が形成された。

「通常時」には、10時ごろから吹きはじめる風速4~8m/sの西風によって上層が東方向へ流れ、また、

波による下方向への水塊上下振動伝播によって水深3~4mに明瞭な音響反射面が形成された。水深は、12時間周期の単純な変化ではなく、一周期おきに高潮はやや低位に、低潮はやや高位となる、全体として約一日周期の変化を示した。8月5~7日には、この水深の一日周期のうち最低位が夕方表れ、同時に下層の塩分は一日のうちの最高値を示した。この時の流向は南~南東であった。さらに、下層の流向は連続して変化し、反時計回りに一日で一回転した。

今後は、さらに湖全体の動きを詳細に把握するため、広域的な長期同時観測が必要である。下部高塩分層の動きを湖全体でとらえることができれば、特に夏季に形成される貧酸素水塊の湖棚への遡上についても、ある程度、予測が可能となることが期待される。

謝 辞

本研究で用いた光ファイバー分散型温度計についてはワイ・オーシステム(株)(旧日鉦計測システム)の久保田俊輔・頼水星の両氏に、中海湖心部での調査で用いたDGPS装置についてはDXアンテナ(株)の石井真・秋定真の両氏にお世話になり、また現地において協力をいただいた。本研究を行うに際して、建設省中国地方建設局出雲工事事務所には、中海湖心観測所の使用と同所における気象・水質観測データの利用について便宜を図っていただいた。島根県水産試験場三刀屋分場とは一部調査を共同で行うとともに調査への協力をいただいた。中海漁業協同組合には、備船についてご協力いただいた。八束町門脇誠氏には、入江の元合同汽船待ち合い所を使用させていただいた。地質調査所海洋地質部の井内美郎博士、川崎地質株式会社の安間恵博士には本研究の企画の段階からご指導と御教示をいただいた。元松江気象台長の浜田周作氏には中海の気象データについて種々の御教示をいただいた。株式会社シマダ技術コンサルタントには送受波器台座の作成で御支援を受けた。以上の方々および機関に厚く御礼を申し上げます。

なお、本研究には、文部省科学研究費補助金(試験研究B, 06554019, 平成6-7年度、音響トモグラフィを利用した汽水域塩分躍層の動態観測システムの開発、代表 徳岡隆夫)を使用した。記して謝意を表する。

文 献

- 浜田周作・藤田和正(1988) 中海の風と湖水の変動について。島根県地学会会誌, 3: 14-21.
- 海洋音響研究会(1984) 海洋音響—基礎と応用—。海洋音響研究会(現海洋音響学会), 259pp.
- 西村清和・安間恵・土屋洋一・松田滋夫・徳岡隆夫・井内美郎(1994) 塩水くさび調査のための水中音響探査機の開発。LAGUNA(汽水域研究), 1: 1-9.
- 西村清和・松林修・徳岡隆夫・三瓶良和(1995a) 光ファイバー分布型温度センサを用いた湖底湧水の探査。物理探査学会第92回(平成7年春季)学術講演会講演論文集, 320-324.
- 西村清和・徳岡隆夫・三瓶良和・亀井健史・須崎聡・松田滋夫・安間恵・井内美郎(1995b) 汽水域・塩分躍層動態観測システムの開発と長期観測。物理探査学会第93回(平成7年秋季)学術講演会講演論文集, 250-254.
- 奥田節夫・藤井智康・川上誠一(1992) 中海・宍道湖における水位変動性(2)。汽水湖研究, 2: 1-6.
- 奥田節夫・藤井智康・植田敏史(1994) 中海の物理的特性。汽水湖研究(特集, 中海), 7: 21-33.
- 徳岡隆夫・高安克巳・三瓶良和・土屋洋一・安間恵・松岡弘和・井内美郎・西村清和(1993) 音波探査による中海の浮泥層と塩水くさびの検討(予報)。山陰地域研究(自然環境), 9: 9-17.
- 徳岡隆夫・大西郁夫・三瓶良和・瀬戸浩二・田村嘉之・高安克巳・安間恵・土屋洋一・松田滋夫・井内美郎・西村清和(1994a) 音波探査による中海・宍道湖の塩分躍層の検討とその意義。LAGUNA(汽水域研究), 1: 11-26.
- 徳岡隆夫・田村嘉之・西村清和・井内美郎・山内克典・小井土由光・坂本亨・松田滋夫・土屋洋一・安間恵(1994b) 長良川の塩水くさび—音響探査機器の改良による塩分躍層のカラー表示—。地質学雑誌, 100(5)口絵.
- 徳岡隆夫・高安克巳・三瓶良和・瀬戸浩二・井内美郎・西村清和・安間恵・須崎聡・松田滋夫・山中正(1995) 汽水域・塩分躍層の動態長期観測システムの開発(予報)。LAGUNA(汽水域研究), 2: 21-27.

LAGUNA(汽水域研究) 3, 91~96頁(1996年3月)
LAGUNA 3, p. 91-96 (1996)

斐伊川から宍道湖へ流出する汚濁負荷量の推定

武田育郎¹⁾・福島 晟¹⁾・森也寸志¹⁾

An estimation of runoff loads of pollutants from River Hii to Lake Shinji

Ikuo Takeda¹⁾, Akira Fukushima¹⁾ and Yasushi Mori¹⁾

Abstract: The runoff loads of pollutants such as nitrogen, phosphorus and COD in River Hii were estimated for 3 years from the weekly sampling data collected at the middle stream point (Kisuki) and the downstream point (Otsu) by using the L-Q equations. The annual runoff loads varied widely for the three years, because there were large differences in the amount of precipitation (from 1,308mm/y to 2,307mm/y) and runoff discharge. The largest annual loads at the downstream point for T-N, T-P and T-COD were calculated to be 1,090ton/y, 49.6ton/y and 3,290ton/y, respectively, whereas the smallest loads for T-N, T-P and T-COD were 483ton/y, 22.8ton/y and 1,530ton/y, respectively. The loads at the middle stream point were estimated to be about half of the loads at the downstream point.

Key words: L-Q equation, precipitation, pollution load, runoff discharge, water quality

ま え が き

島根県東部に位置する宍道湖と中海は、1990年に湖沼水質保全特別措置法による指定湖沼となり、湖沼の富栄養化と水質改善が多くの関心を集めている。この2つの汽水湖は、中国山地の船通山を源とし境水道から日本海へ通ずる斐伊川水系(流域面積=2,070km²)の下流域を構成している。

斐伊川水系の中の最大の河川である斐伊川は、宍道湖に流入する淡水量の約80%を占めているといわれている。建設省河川局(1995)によれば、斐伊川の大津地点(図1参照)の1957年~1992年までの年間平均流量は12.77億m³/yで、これは宍道湖の貯水量(3.66億m³)、中海の貯水量(5.21億m³)のそれぞれ3.5倍、2.5倍に相当する。したがって、宍道湖と中海の水質環境を考える上で、斐伊川の水質と負荷量の特徴を把握しておくことは重要である。

斐伊川では、現在、木次地点と大津地点(図1参照)の環境基準点で、行政関連機関によって年間12

回の水質測定が行われている。河川における環境基準の適否の判断は、75%非超過確率水質値を低水時の水質と近似的にみなしているため、こうした年間12回程度の測定値が用いられる場合が多い。

しかしながら、流域からの汚濁負荷量を考える場合は、降水に伴う出水時の水質も考慮する必要がある。なぜならば、概して河川流域からの汚濁負荷の流出は、出水時に集中することが多いからである。河川において、出水時に1時間程度の採水間隔で水質を測定した國松(1986)の研究によれば、降雨時の負荷量は低平水時の数100倍になることが報告されている。また、年間の汚濁負荷流出に占める降雨時負荷量の割合は、霞ヶ浦集水域でT-N=29%, T-P=51%, T-COD=53%(海老瀬, 1984)、あるいは琵琶湖集水域でT-P=79%(國松, 1986)という結果も報告されている。斐伊川では、1979年の3出水についての調査(落合ほか, 1981)があり、最も大きな出水時の負荷量は、平水時の負荷量のT-Nで71日分、T-Pで400日分、CODで563日分であったと報告されている。しかしながら、このような詳細な調査事例はきわめて数が少ないのが現状である。なぜならば、こうした調査には、出水の始めから終わりまで観測ポイントを離れることができない、降雨の予測が困難なので調査計画を立てにくい、土砂くずれや

¹⁾ 島根大学生物資源科学部地域環境工学講座
Course of Engineering on Regional Environment, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue 690, Japan