

中海下層塩水の大橋川への侵入現象に与える気象の影響

佐賀大学理工学部

学生員○日村健一

呉工業高等専門学校

正会員 黒川岳司

広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 福岡捷二

国土交通省出雲河川事務所 正会員 今岡俊和

1. はじめに

中海と宍道湖は大橋川で連結され、わが国を代表する汽水域を形成している。中海には強固な密度成層が形成されている。本研究では、この中海の密度界面位置と気象外力との関係を検討することで大橋川への下層塩水の侵入に与える気象の影響を明らかにする。

2. 中海の地勢・地形、密度分布の特徴

図1のように中海は南北を山地に囲まれ、東西に広がる低地に存在している。平均水深は5mで、湖底形状は、大橋川に向かって勾配1/3000で浅くなっている。図2のように大橋川との接合部は水深3.4m程度の断面がある。これに対して、中海の湖心は強固に2成層化しており、密度界面は通常、水深4~5mあたりにあるため通常は下層塩水が大橋川に侵入することはない。

3. 現地観測の概要

本研究では年間を通して水質・気象状況を計測するモニター観測(図1中□印)と、2001/7/1~8/1の1ヶ月間10分毎に流向・流速、塩分、水温などについて計測(図1中○印)した結果を用いた。

4. 中海の湖内流動に対する外力と塩水侵入の関係

4.1 湖内流動に対する外力の相互関係

中海の湖内流動に対する外力として、天文潮・気象潮による海水流入、降雨に伴う河川流入、風が挙げられる。各外力はそれぞれ気象外力に関係しているため、独立して作用するのではなく、相互に関係しあっている。また、大橋川への塩水流入に重要な因子として中海・宍道湖間の水位差が挙げられる。図3は各外力のもたらす密度界面や水位の変化との関係について示している。各外力は水位差に変化を与え流出入に寄与するとともに、密度界面を変位させたり、上下層間の密度差を変化させたりすることで侵入現象に影響を与えている。

図4は2001年7月の降雨量、気圧、風向・風速、宍道湖・中海間の水位差の経時変化を示している。中海は天文潮・気象潮の両方の影響を受けるが、宍道湖は天文潮の影響をほとんど受けない。そのため、宍道湖との水位差は図4(c)のように天文潮の周期と気象変化の周期によって決定されている。

降雨は気圧の低下に大きく関係するが必ずしも低気圧通過が大量の降雨をもたらすわけではない。気圧のみが低下し降雨が無いもしくは少量の場合、気象潮の影響で中海水位は上昇し、宍道湖との水位差が拡大し大橋川に塩水が侵入しやすい状態となる。一方、大量の降雨が有る場合、中海水位の上昇よりも出水による宍道湖水位の上昇の方が卓越する。これにより、降雨直後は塩水が大橋川に侵入しない状態となる。さらに、降雨による河川流入は上層の塩分を低下させ、密度差を増加させる働きもある。

風は湖内に密度界面の振動を引き起こす。中海では気圧の変化と周辺地形の関係から、低気圧通過に伴って北東風(気圧低下時)から強い西風(気圧上昇時)に移り変わり、この西風によって大橋川側で界面が上昇する。また、低気圧通過時は中海の水位も同時に上昇するため塩水の侵入がより起こりやすい状態となる。

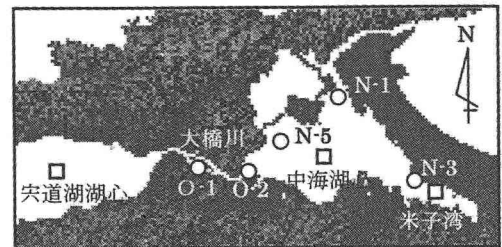


図1 中海周辺の地勢と観測点位置

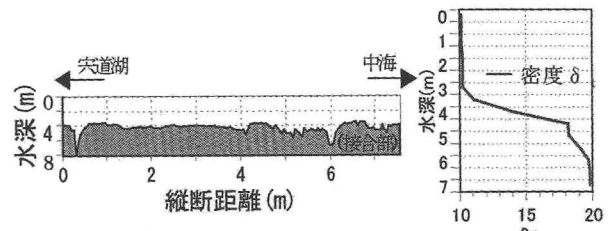


図2 大橋川の縦断面形状と密度の鉛直分布

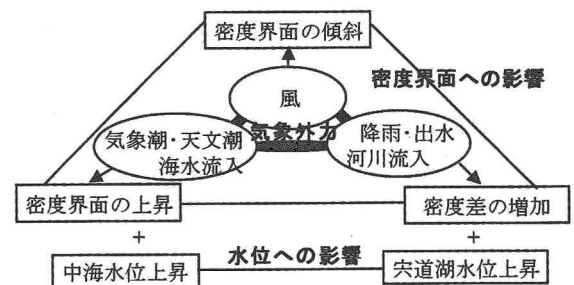


図3 各気象外力の影響

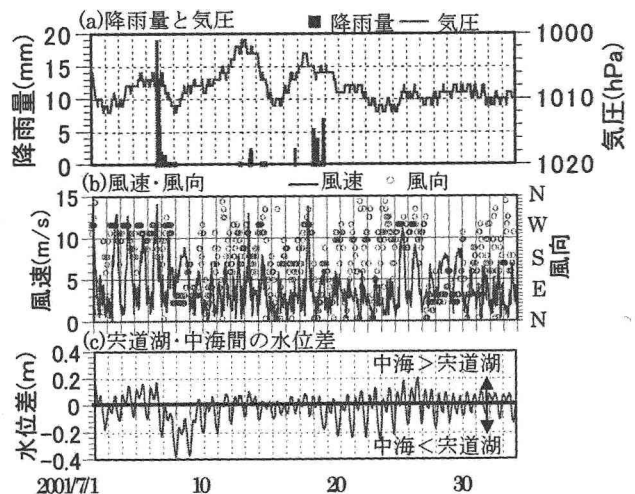


図4 中海の気象・水質変化と水位差

4.2 密度界面位置と気象外力との関係

図5は2001/7/20～7/30のN-1における流速(日周期成分)と塩分の経時変化, 2001/7/1～8/1の中海湖心における塩分と密度界面位置の経時変化を示したものである。なお, 密度界面の位置は2001/7/13～7/14, 7/27～7/28に測定した鉛直分布をもとに界面付近である中海湖心中層(水深3.5m)の塩分濃度の経時変化から推定したものである。

- ① 天文潮・気象潮による密度界面位置の変化: 図5(a)において, N-1では流向(日周期)・塩分の周期的な変化があるが湖内全体の密度界面に影響するものではない。また, 図5(b)から, 気圧の変化は塩分の変化に直接関係していない。しかし, 気象が平穏な期間が続くと図5(c)のように, 徐々に密度界面位置は上昇する。このときの界面は20日間でおおよそ1m上昇しており, 徐々に下層塩水が大橋川に侵入しやすい状態に変化している。
- ② 河川流入による密度界面位置の変化: 図4(a)において, 7/6～7/7にかけて20mm近い降雨があり, その直後, 一時的に塩分が低下している(図5(c))。しかし, 7/12～7/13にかけての降雨による影響は小さい。つまり, 河川流入による密度界面位置への影響は小さく降雨後の一時的なものである。また, 図5(b)より降雨量の増加にともなう上層と下層の密度差も増加している。密度差が拡大すると界面が振動しにくくなり, 塩水侵入が起きにくくなる。降雨量と密度差の関係は図6のようである。例えば, 2001/7/6の降雨では密度差が降雨前に比べて1.41倍となっており, その分, 密度界面が振動しにくくなる。
- ③ 強風による密度界面の振動: 図8(a),(b)から米子湾方向に強風が吹く時とO-2で塩分が上昇する時がほぼ一致していることが分かる。このことから, 中海に西方向からの強風が吹くと中海西側の密度界面が上昇し大橋川へ塩水が侵入していることがわかる。西北西風と大橋川側での界面の上昇量の関係は図7のように求められている¹⁾。

5. おわりに

以上の結果をもとに, 各気象外力が中海下層塩水の大橋川への侵入現象に与える影響の度合いについて評価する。

図9の線①は, 図7から得られる西北西風と大橋川側での界面上昇量との大まかな関係を示している。下層が水深5m以下(密度界面が水深4～4.5m)にあるとすると, 大橋川接合部の水深が3.4mであるので, 風速7～8m/s以上で界面が1.6m以上上昇すると下層塩水が侵入する。このとき, 降雨により密度差が例えば1.5倍拡大すると西風と界面上昇量の関係は線②のようになり, 風速が10～12m/s以上でなければ下層塩水は侵入しない。一方, 平穏な気象状態が続く, 界面が1m程度上昇すると, 西風と界面上昇量の関係は線③のようになり, 風速は2～3m/sでも下層塩水が侵入することになる。例えば, 図8に示す2001/7/29～7/30の弱い風でも塩水侵入が見られるのは, 界面の上昇(図5(c))が要因となっていると推測される。

したがって, 中海下層塩水が大橋川に侵入する条件としては, 西風の強さだけでなく, 降雨などの履歴によって決まる密度界面の位置や成層強度などにも影響されていると考えられる。

参考文献 1) 福岡捷二ほか: 強固な密度成層を有する水域における下層内の流動と水質変化, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.356-360 (2002)

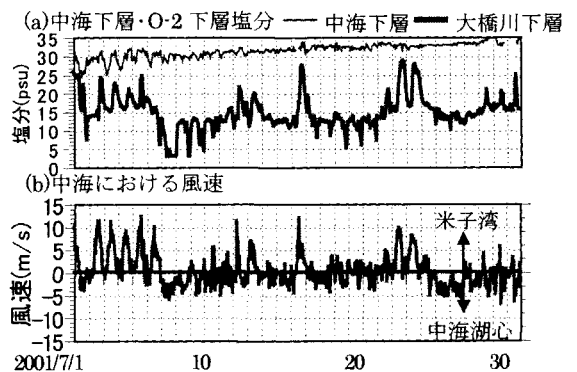
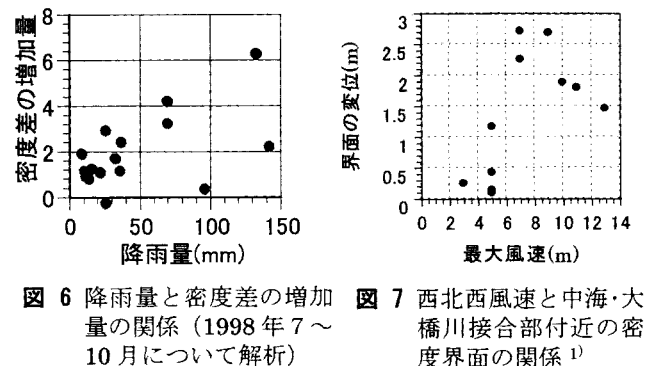
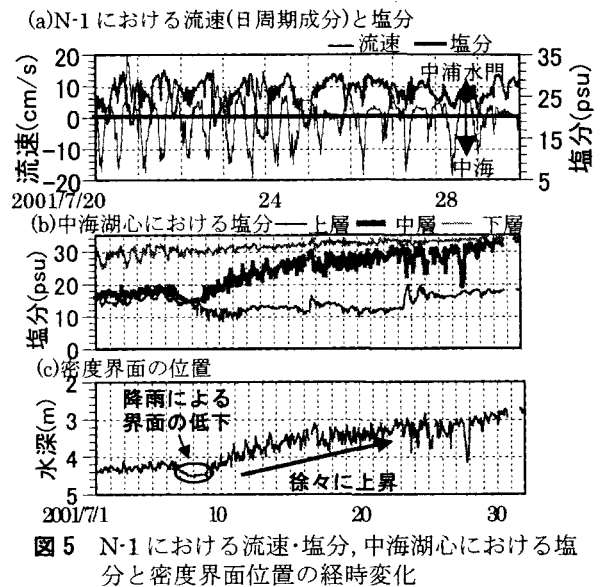


図8 中海湖心下層およびO-2下層における塩分と中海における風速

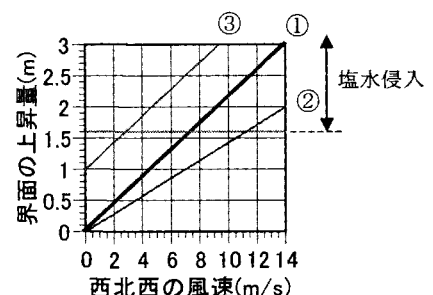


図9 気象状況による界面位置と風速の関係