

低気圧や台風の経路の違いが中海の水位変化に与える影響

黒川岳司¹・古本幸彦²・松岡朋子³

日本海沿岸に位置する汽水湖の中海において、重要な外力要因となる低気圧や台風を経路の違いから分類し、経路の違いが中海の水位変化に与える影響について、それぞれの特徴や類似性について検討し、次のような知見が得られた。(1)日本海を通過する台風や日本海低気圧の場合、陸棚波の影響により、気圧低下による吸い上げ分以上に水位が上昇し、水位上昇のピークが遅れる。(2)低気圧や台風の移動経路に関係なく、北東・南西成分の風が水位変動に大きく影響しており、北東風が卓越したとき水位が上昇しにくくなる。(3)北東・南西成分の風による水位変動は日本海内での吹送流に起因するもので、水位上昇量最大時以前の風が寄与している。

1. はじめに

わが国は海に囲まれているため、多くの汽水湖が存在している。近年、多くの汽水湖で水質悪化という問題に直面している。中海も例外ではなく、赤潮の発生や下層水の貧酸素化などの水質悪化が問題となっている。

汽水湖の水質問題を解決するには、流動の特性を把握しておく必要がある。汽水湖は外海と接しているため気象の変化や海象の状態から受ける影響が大きい。そのため汽水湖の流動を把握するには、気圧変化などに伴う気象潮の効果を考えなければならない(日比野ら, 1997:福岡ら, 1999)。福岡ら(2002)は、台風・低気圧が中海の流動・水質環境に与える影響について、さまざまな移動形態から検討し、日本海水位の変動が与える影響の大きさを明らかにした。しかし、低気圧や台風の移動経路それぞれの特徴や関係性については不明な点も多い。そこで、本研究では、低気圧や台風の移動経路の分類から、経路の違いが中海の水位変化に与える影響について、それぞれの特徴や関係性、特に低気圧と台風の類似性などについて検討を行った。

2. 中海の地勢・地形および観測データ

(1) 中海の地勢・地形

図-1に示す中海は、水面面積86.2km²で、わが国で2番目に大きい汽水湖である。斐伊川水系の最下流部に位置し、全長約8.7km、平均川幅約420mの境水道を通じて日本海とつながっている。そのため、日本海の水位変動に応じて海水流入を受けている。

日本海の水位変動においては、気象の影響が比較的大きい。天文潮による潮位差は20cm程度であるのに対し、気圧変化に伴う水位変化は1hPaの低下によって1

cmの水位上昇を生じ、例えば低気圧の接近・通過に伴う潮位変動(気象潮)は天文潮の数倍の水位変動を生じることがある。したがって、日本海の水位に影響を与えるような低気圧や台風などの気象じょう乱は、中海の水位変化や流動を特徴付ける重要な要素となっている。

(2) 観測データ

観測データとして、1996年～1999年における中海湖心(図-1中、水深6.5m)での水位、気圧、風速・風向等のデータを用いた。

本研究でいう低気圧期間とは、図-2に示すように気圧が低下し、気圧の観測値とこれの97時間移動平均値が一致するような時から、その後気圧が上昇し、両者が

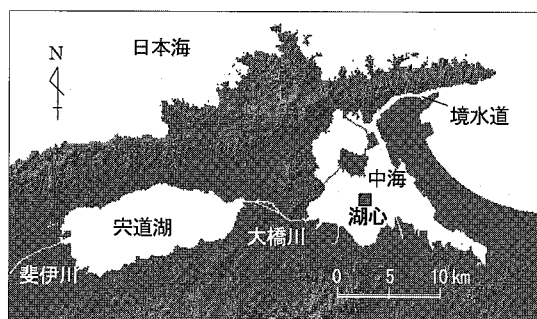


図-1 中海の周辺地形と観測点

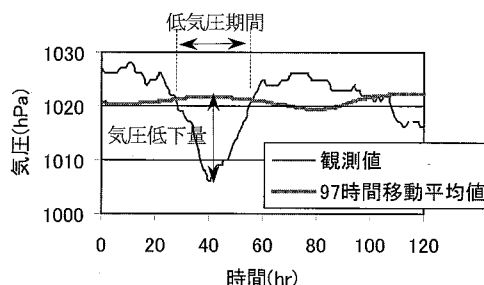


図-2 低気圧期間と気圧低下量

1 正会員 博(工) 呉工業高等専門学校講師 環境都市工学科
2 正会員 広成建設(株)
3 正会員 岡山市水道局

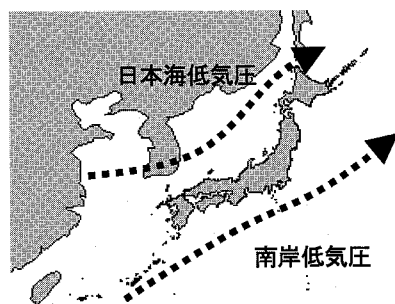


図-3 低気圧の主な移動経路

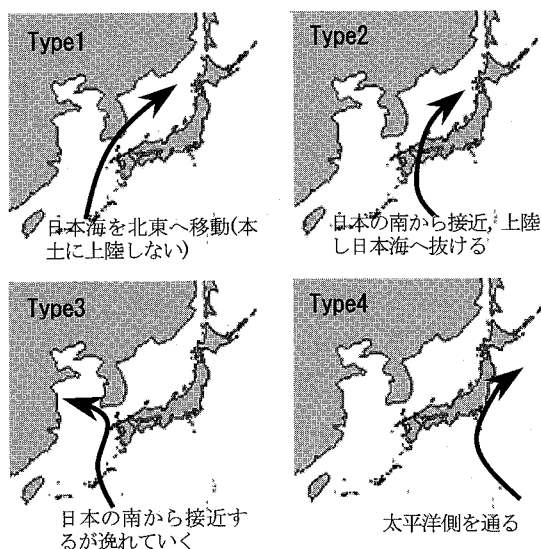


図-4 台風移動経路の分類

再び一致する時までの間隔と定義した。気圧低下量はその期間中の観測値と移動平均値の差が最も大きいときの値とした。なお、平均気圧の算定に 97 時間移動平均を用いたが、これは、移動平均時間を例えば 2 日 (48 時間) 程度にすると、通過に数日要する低気圧の気圧変化の影響を取り除くことができず、逆に 1 週間以上になると小規模な低気圧をとらえることができないため、本研究では低気圧の通過期間が 3, 4 日程度であることを考慮して、移動平均時間を 4 日 (97 時間) に設定することとした。

また、水位上昇量についても気圧と同様の考え方で算出した。ただし、今回は気象潮のみについて影響を検討するため、水位の観測値には天文潮を取り除くために、25 時間移動平均値を用いた。

3. 低気圧および台風の移動経路の分類

(1) 低気圧の主な移動経路

日本に影響を及ぼす低気圧の移動経路は、図-3 に示

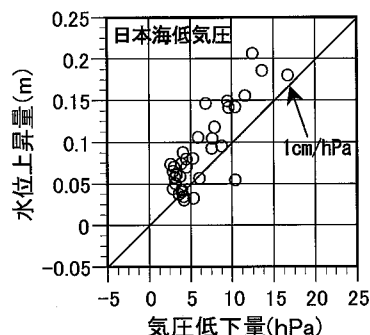


図-5 日本海低気圧の通過時の気圧低下量と水位上昇量の関係

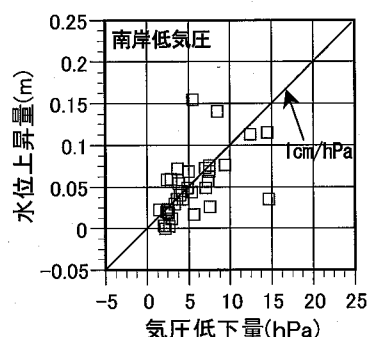


図-6 南岸低気圧の通過時の気圧低下量と水位上昇量の関係

すように、日本海低気圧と南岸低気圧の 2 つに大別される (Chen ら, 1991)。いずれの低気圧も気圧の谷の前面での南西風によって流されるため、北東に進む傾向がある。この 2 つの低気圧の出現頻度は季節ごとに異なり、冬季から春季にかけては南岸低気圧のほうが多く、秋季になると日本海低気圧のほうが多い。

なお、低気圧の移動速度は約 13 m/s (40 km/h) である。

(2) 台風の発生と移動経路の特徴

台風の多くが赤道付近で発生し、平均的に見ると 1 年間に約 27.8 個発生して、このうち 2.8 個が本土に上陸している。しかし、年ごとのばらつきも大きく、個々の台風の強さや大きさ、移動速度や経路は様々である。Isozaki (1968) は移動経路によって日本海の水位変動はいろいろな形態をとることを示している。そこで、福岡ら (2000) は、本土への上陸の有無や進行方向を主な基準として、台風の移動経路を分類している。これによると、図-4 に示すような 4 種類となる。Type1 は、本土に上陸せず、あるいは九州上部をかする程度で日本海を南西から北東に移動する。Type2 は、日本の南から接近、上陸し、本土を横断して日本海へ抜ける。Type3

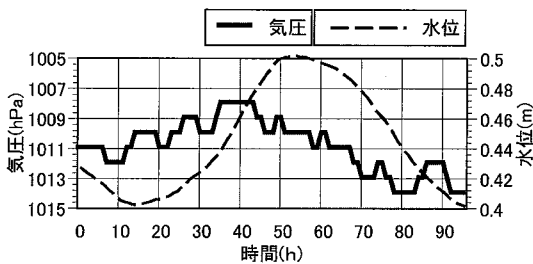


図-7 日本海低気圧通過時の気圧と水位の関係 (1998 年 8 月 1 日)

は、日本から南へ接近するが、そのときの気圧配置の影響などにより大陸方向に逸れていく。Type4 は、太平洋側を通り、本土に上陸しても再び太平洋側に抜ける。

4. 低気圧の移動経路と水位変化の関係

(1) 低気圧の移動経路の違いによる水位変動の特徴

図-5、図-6 に、1996 年の日本海低気圧および南岸低気圧通過時における気圧低下量と水位上昇量の関係を示す。図中の 1 cm/hPa の斜線は、静的条件下における気圧低下量に対する水位上昇量の割合である。

図-5 に示す日本海低気圧では、水位上昇量に対する気圧低下量の割合が 1 cm/hPa を上回る場合が多い。これは、静的な気圧低下に伴う吸い上げによる海面が上昇する以外に、低気圧の移動によって海面上昇が波動となって伝わる海水流動の影響を受けることが原因であると推測される。一方、南岸低気圧 (図-6) では日本海低気圧に比べると水位上昇量が小さく、 1 cm/hPa の斜線周辺にプロットされている。これは、本州により日本海と隔てられているため、海水流動の影響を直接的に受けず、静的な気圧変化による影響で水位が決まるためと考えられる。しかし実際には、非常にばらつきが大きいため、南岸低気圧においても気圧低下以外の外力の影響を受けているものと考えられる。

(2) 日本海低気圧通過時の水位変化の要因

日本海低気圧通過時における静的な条件以外での水位変化の要因について検討する。図-7 に 1998 年 8 月 1 日における日本海低気圧通過時の気圧と水位の関係を示す。気圧低下と水位上昇の関係が分かりやすいように気圧軸の値の大小を逆にしている。また、縦軸は気圧低下と水位上昇の関係が静的条件下の場合 (1 cm/hPa) と比較しやすいよう、気圧 10 hPa が水位 0.1 m と対応するように軸をとっている。図から気圧低下と水位上昇のピークには時間差があることが分かる。この時間差には陸棚波の影響が考えられる。陸棚波は、山陰沿岸が陸棚地形となっているためにおこる波で、その伝播速度は $3 \sim 4 \text{ m/s}$ (柳ら, 1984) で低気圧の進行速度 (約 13 m/s)

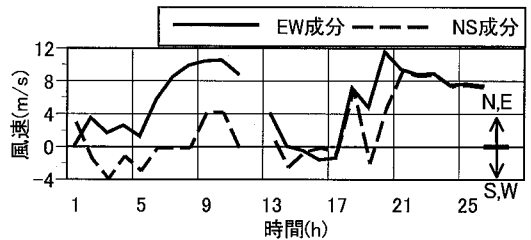
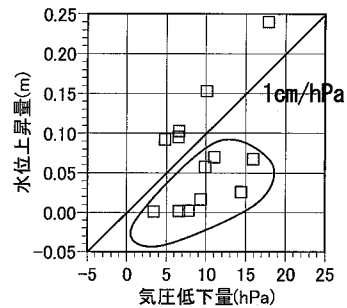


図-8 南岸低気圧通過時の風速・風向

より遅い。このために、気圧が最低になった約 $8 \sim 12$ 時間後に水位が最大となっている。したがって日本海低気圧通過時に水位上昇量が静的な条件による上昇量 (1 cm/hPa) よりも大きくなるのは、この陸棚波が影響しているためと考えられる。

(3) 南岸低気圧通過時の水位変化の要因

南岸低気圧通過時の気圧低下量と水位上昇量の関係には非常にばらつきがある (図-6)。冬季はその特徴が顕著に現われる。図-8 に 1998 年の冬季に南岸低気圧が通過したときの水位上昇量と気圧低下量の関係と、このとき 1 cm/hPa のラインより下方にプロットされた低気圧の通過期間中の風速・風向の一例を表す。冬季は他の季節に比べ強風が起きやすいため、風による水位変動の特徴を明確にしていると考えられる。図を見てみると、強風が長時間吹いており、特に北東風が目立っている。したがって北東風の影響により、水位上昇が抑えられたことが考えられる。

そこで、南岸低気圧通過時の風向と水位の関係について検討していく。図-9 に、気圧低下による吸い上げ分を除いた水位上昇量と NE・SW 成分の最大風速の関係を示す。比較のために日本海低気圧についても示している。(b) に示す日本海低気圧の場合、概ね水位が上昇する傾向にあるのは、先述のとおり陸棚波の影響であると考えられる。また、南西成分の風向が多いのは、低気圧が中海よりも北側を通るためである。一方、(a) に示す南岸低気圧の場合、南西風で水位上昇、北東風で水位低下の傾向がみとれる。ただし、この図からは水位変動に影響を及ぼす風向が不明瞭である。

そこで、低気圧期間のうち水位上昇量最大時以前の風

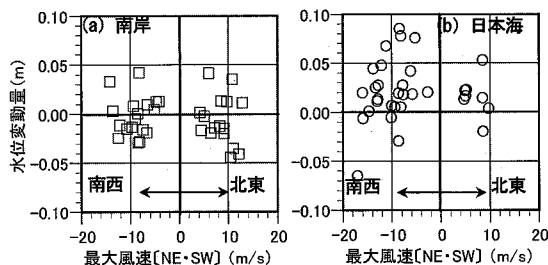


図-9 北東・南西成分の最大風速と水位変動量の関係
(気圧低下による水位上昇分を除く)

が最も水位変動に寄与していると考え、水位上昇量最大時までの風速の積分値（以下、積分風速とする。）によって水位変動量を整理し直す。図-10に、南岸低気圧におけるNE・SW成分の水位上昇量最大時の積分風速と水位変動量の関係を示す。最大風速を用いた場合より水位変動と風速の関係がより明瞭である。南西風が吹く時には水位は上昇し、北東風が吹く時には水位が低下している。これは、南岸低気圧の場合、北東風が日本海の流動方向を南西向きに変化させるが、これにコリオリ力の作用が加わり、山陰沿岸から離れる向きに海水流動が生じるため、中海では水位が低下したと推測される。

また、図-9(b)に示すように、日本海低気圧通過時において、南西風が卓越したときに水位が上昇するのは、陸棚波に起因するものの他に、風による海水流動の影響もあると考えられる。

5. 台風の移動形態と水位変動、風との関係

図-11にType1の経路をとった台風(9809号)が通過したときの中海での気圧・水位と風向・風速を示す。Type1の場合、風はあまり吹いていないにもかかわらず、気圧低下による分よりも水位は上昇し、気圧低下と水位上昇のピークに約12時間の時間差がある。これは、陸棚波の影響を受けているためであり、Type1の台風は日本海低気圧と同じように対馬海峡付近を通過し日本海上を移動するので、日本海低気圧と同様の特徴をもつことが明らかである。

図-12にType2の経路をとった台風(9719号)が通過したときの中海での気圧・水位と風向・風速を示す。Type2の場合、気圧は低下しているにもかかわらず水位は低下している。このときの風向・風速を見てみると強い北東風が数日間吹き続けているのがわかる。したがって、中海よりも南を台風が通過し、低気圧通過時の北東風が卓越したときと同様に、コリオリ力が働いて水位が低下したと考えられる。

Type3の経路をとる台風の場合、本土に上陸せず日本の西に逸れていくため、そのほとんどが中海に直接影

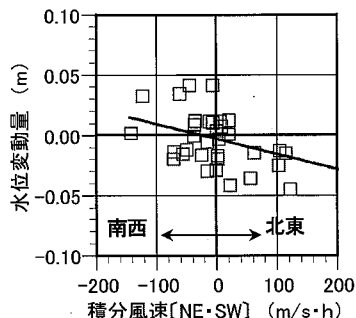


図-10 南岸低気圧における北東・南西成分の水位上昇量最大時の積分風速と水位上昇量の関係

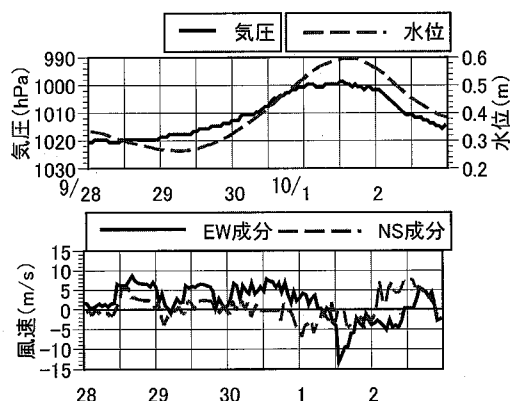


図-11 台風Type1 (9809号)の気圧と水位、風向・風速の関係

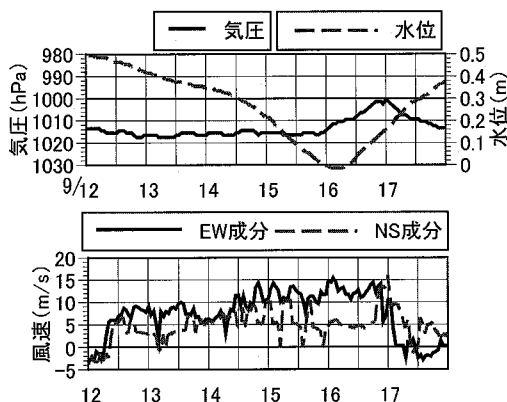


図-12 台風Type2 (9719号)の気圧と水位、風向・風速の関係

響を及ぼすものではなかった。Type4の場合も、太平洋側を通過するため中海の水位変動のほとんどが気圧低下によるものであった。しかし、Type3やType4の場合でも水位が低下したケースがあった。その例として、図-13にType3の経路をとった台風(9808号)が通過

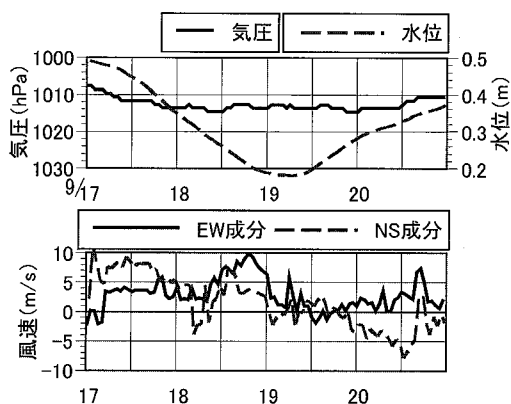


図-13 台風 Type3 (9806 号) の気圧と水位, 風向・風速の関係

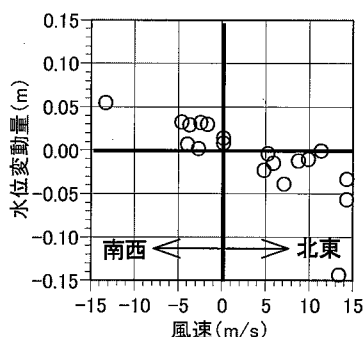


図-14 台風通過時における北東・南西成分の最大風と水位変動量の関係 (気圧低下による水位上昇分を除く)

したときの中海での気圧・水位と風向・風速を示す。気圧には大きな変化が見られないが、水位は大きく低下している。これは Type2 の場合と同様に強い北東風が長時間吹いたため水位が低下したものと考えられる。

ここで、図-14 に台風通過時の NE・SW 成分の風と水位変動量の関係を示す。この図から台風発生・通過時に北東風を伴った場合、低気圧通過の場合と同様に、水位変動は気圧低下によらず水位は低下することがわかる。特に、図-11 や図-13 に示すように台風、特に Type2 の台風では、北東風の吹送時間が長くなりやすいので、よりその傾向が強くなりやすいことがわかる。

6. おわりに

本研究では低気圧および台風の移動経路に着目し、それらが中海の水位変化に及ぼす影響について検討した。以下に本研究で得られた知見を列挙する。

- 日本海低気圧や、中海の北側を通過する台風 (Type1) の場合、陸棚波の発生により、気圧低下による吸い上げ分以上に水位が上昇し、水位上昇のピークが遅れる。
- 低気圧や台風の移動経路に関係なく、北東・南西成分の風が水位変動に大きく影響しており、北東風が卓越したとき水位が上昇しにくくなる。この効果は、日本海低気圧より南岸低気圧の方が生じやすく、台風では日本の南から接近・横断し日本海へ抜ける台風 (Type2) で最も生じやすい。
- 北東・南西成分の風による水位変動は、水位上昇量最大時以前の風が寄与し、水位低下量は、水位上昇量最大時までの風速の積分値に依存している。

参考文献

- 日比野忠史・福岡捷二・池内幸司(1997): 季節および日々の気圧配置の変化に伴う閉鎖性汽水湖内部での流れ場の特性, 土木学会論文集, No. 579/ II -41, pp. 93-103.
- 福岡捷二・黒川岳司・日比野忠史・鈴木篤・中村剛・上原浩(1999): 中海における気象変化に伴う流れと貧酸素水塊の挙動, 土木学会論文集, No. 636/ VII -13, pp. 61-79.
- 福岡捷二・上原浩・黒川岳司・鈴木篤・肥田幸子(2000): 台風通過に伴う中海の水位変動とそれが中海の水環境に及ぼす影響, 水工学論文集, 第 44 巻, pp. 1185-1190.
- 福岡捷二・黒川岳司・上原浩・三浦心・船橋昇治(2002): 低気圧および台風の移動形態の違いが汽水湖の流動・水質場に与える影響, 土木学会論文集, No. 712/ II -60, pp. 137-150.
- 柳哲雄, 磯田豊, 児玉理彦(1984): 山陰沿岸の長周期波, 京大防災研究所年報, 第 27 号 B-2, pp. 611-620.
- Chen, S., Y. H. Kuo, P. Z. Zhang and Q. F. Bai(1991): Synoptic Climatology of Cyclogenesis over East Asia, 1958-1987, Mon. Wea. Rev., Vol.119, pp. 1407-1418.
- Isozaki, I.(1968): An Investigation on the Variations of Sea Level due to Meteorological Disturbances on the Coast of the Japanese Islands (II), Storm surges on the coast of Japan Sea, Journal of the Oceanographical Society of Japan, Vol. 24(4), pp. 178-190.