

調整池における塩分濃度の変化予測

長崎大学大学院 学生員 ○仁木将人 長崎大学工学部 正 員 西田 渉
長崎大学工学部 フェロー 野口正人

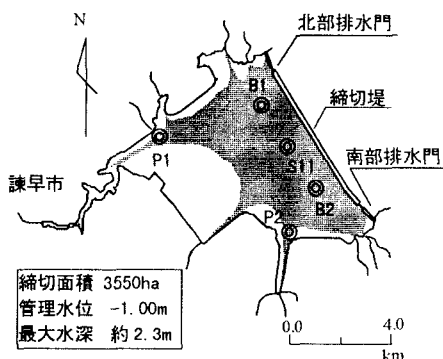
1. 研究目的

長崎県東部に位置する諫早湾では、干拓事業が進められており、1997 年 4 月 14 日に実施された潮止め工事によって、湾奥部には新たに水表面積 2,216ha、平均水深 1.02m の調整池が造成された（【図-1】）。この水域は当初の計画のとおり、農業用水源、洪水対策の施設として利用される予定であり、現在、調整池の水は、締切堤に建設された排水門の操作によって管理されている。調整池内においては、河川水によって貯留水の淡水化が進められており、塩分濃度の時空間変化は、水域内の生態系を変化させ、生物活動をはじめとした物質の内部生産量に影響をもたらすものと推測される。

そこで本研究では、潮止め後の淡水化過程を明らかにするために、調整池内の塩分の変化について環境モニタリングをもとに現状把握を行うとともに、その結果を考慮して、数値解析により塩分の変化過程を定量的に評価しようと試みた。

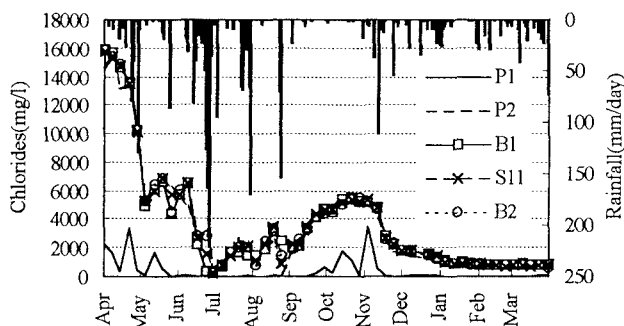
2. 現地調査結果

諫早湾では、干拓事業に係るモニタリング調査が農林水産省をはじめとする関連行政機関によって 1989 年以降行われている¹⁾。調査地点の位置を【図-1】に、各調査地点での塩化物イオン濃度 (Cl)、ならびにハイトグラフの実測値を【図-2】に示す。



【図-1】調査地点の概要図

Cl の濃度は、空間的には P1 地点を除く 4 地点について、ほぼ一様に変化している。P1 地点は流入量の大きい本明川の河口付近に当たり、その影響により低濃度で変化している。 Cl の濃度の時間分布についてみると、降雨に影響を受けて変化しているようであり、降雨後に低下する傾向が見られる。とくに、締切後 27 日経過した 5/5 から 5/13 には、266mm の累加降雨があったために、約 10000 (mg/l) の急激な濃度低下が見られる。これは、調整池内の水が排水門操作によって管理され、降雨の流入で Cl が希釈されたことによると考えられる。同様に日雨量 100mm 前後の降雨が計測された日においても塩化物イオン濃度の低下が見られる。その一方で、無降雨日が 10 日～20 日間続く時には、 Cl の濃度が再び増加する傾向が認められる。こうしたことから、調整池の Cl 濃度は、降雨に伴う希釈と、塩分の堤体からの浸透や水底からの溶出といった生成要因に影響されて変化しているものと推測される。



【図-2】現地調査結果

3. 数値モデルの概要

モデルの作成に当たっては、取り上げている現象の時間スケールが長く、予測計算は長期間にわたって精度よく行う必要があること、また計算対象である調整池は、最大水深が 2.3m の比較的浅い水域であることから、2 次元解析法を適用することとした。計算に用いられた基礎方程式は連続方程式、運動方程式、 Cl の収支式、流体密度の状態方程式、底泥中の Cl の収支式である。ここでは紙面の都合上、 Cl の収支式を示すに留める。

$$\frac{\partial (Ch)}{\partial t} + \frac{\partial (CM)}{\partial x} + \frac{\partial (CN)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x h \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y h \frac{\partial C}{\partial y} \right) + (source) \quad \cdots (1)$$

ここに、 C : Cl 濃度 (g/m^3)、 K_x, K_y : それぞれ x, y 軸方向の分散係数 (m^2/sec) であり、 M, N : それぞれ x, y 軸方向の流量フラックス (m^3/sec)、 h : 水深 (m)、 $(source)$: 単位面積、単位時間当たりの Cl の生成量 ($g/m^2/sec$) であ

る。本モデルで取り上げた Cl の生成要因としては、調整池は海域を締め切って間もないことを考慮して、水底からの塩分溶出を考慮することとした。こうした水底からの溶出する塩分を考える場合には、底泥内部の塩分濃度及び流水中の塩分濃度によって溶出量が変化すると推察される。したがって式 (1) に含まれる (source) 項は、貯留水と底質に含まれる Cl の濃度勾配に応じて変化するものと考えられる²⁾。

$$(source) = q_B (C_{Bed} - C) \quad \dots (2)$$

ここに、 q_B : 溶出速度 (m/sec)、 C_{bed} : 底泥中の Cl 濃度 (g/m³) である。ただし、 $C_{bed} \leq C$ の時 (source) = 0 とした。

各基礎方程式は、陽形式の有限差分法を用いて離散化された。空間差分間隔は、水平方向に 200×200m の格子で覆うこととし、時間差分間隔は、数値計算の安定条件である C.F.L.条件を満足するように 5.0sec とされた。境界条件については、調整池へ流入する 12 本の河川を考慮しているが、調整池の Cl は、降雨の流入によって著しく変化することを考慮して、単位図法を用いて降雨に伴う河川流量の変化を評価することとした。また、流入河川の Cl 濃度については、河口部で行った現地観測結果をもとに一定値として与えている。調整池内の水位は締切堤に設置された北部・南部の両排水門により潮止め日から管理水位 -1.00m まで段階的に水位調整が行われており、計算でもこれに従うこととし、水位調整後は水位 -1.00m に管理されることとした。排水門の操作条件に係る堤防の外側での水位変化としては、諫早湾の M2 分潮に相当する振幅 2.0m の正弦波が与えられた。

4. 数値モデルの現地への適用

計算は潮止めが行われた 4 月 14 日から 11 月 30 日までの期間を対象に行うこととし、計算結果と環境モニタリングの実測値とを比較することで、数値モデルの計算精度ならびに当該水域の塩分変化についての検討を行う。【図-3】に S11 地点における Cl 濃度の計算結果ならびに環境モニタリングによる実測値を示す。

計算結果を見ると、実測値と同様に 5 月初旬の降雨によって Cl 濃度の急激な低下が現れている。また、それ以降は緩やかな増加と急激な減少を繰り返していることがわかる。環境モニタリング結果の考察から、 Cl 濃度を低下させる要因として降雨による希釈の効果が予測されたが、本計算においても降雨に伴う河川からの流入水量が境界条件として考慮されたことにより、調整池での Cl 濃度の低下が再現されている。また、降雨量が少なく、それに伴う河川流入が減少し、排水門から排出される水量が小さくなっている期間には、共通して、 Cl が緩やかに増加している。

これは、調整池では、水底からの Cl の溶出量が河川流入による希釈の効果を上まわったものと考えられる。10 月の濃度増加についてみると、5 月や 7 月のものに比べて緩やかなものとなっている。この現象をモデルでは、底泥内部の Cl の収支をとることで取り扱っている。なお、無降雨日が比較的長く続いた 10 月の末頃には、底泥と流水中の Cl 濃度の差が次第に小さくなり、5,000 ~ 6,000mg/l 程度までしか濃度が上がらなかったが、こうした傾向は、観測結果からもみることができる。

以上のことから、調整池内の塩分濃度の低下に対して降雨が支配的であることが示され

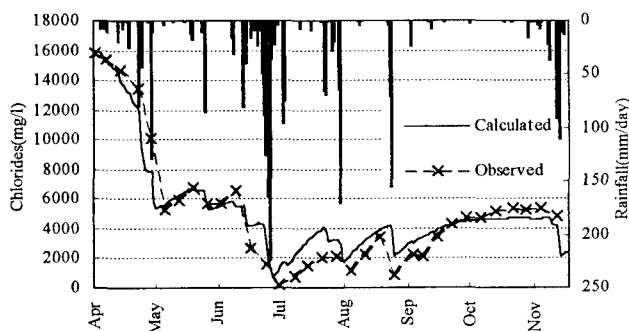
ており、今後、降雨量によって塩分濃度が変化することが予想される。また、調整池での Cl 濃度の増加を底泥からの塩分溶出によるものと考え、モデル化を図った。このことから無降雨時における塩分濃度の増加が、数値モデルによってある程度説明づけられることがわかる。ただ、底泥に含まれる塩分の初期濃度や塩分の溶出速度に係る係数の同定、また溶出以外の塩分の生成要因についての検討等は今後の検討課題である。

5. 結論

本研究では、諫早湾に新たに造成された調整池の塩分濃度に着目し、数値計算によってその変化を明らかにしようと試みた。その結果、調整池での塩分濃度の変化に対して降雨が支配的な役割を持つことが明らかにされた。その一方で、水底からの溶出等、 Cl の供給要因もまた存在しているようであり、当分の間、 Cl が供給され続けるものと予想される。今後は、低濃度な状態ではあるが、こうした要因に左右されながら変化するものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 九州農政局諫早湾干拓事務所：“諫早湾干拓事業環境モニタリング資料”，p27, 1998.
- 2) 長 裕幸、戸原義男、加藤 治：“底質からの流水域への塩分溶出機構に関する実験的研究”，農土論集、128、pp39-46、1987.



【図-3】 Cl 濃度の時間的变化