

地下水湧出に伴う今津干潟北東部からの栄養塩負荷量の推定

九州大学 工学部 学生会員 ○武藤圭誠

九州大学大学院 工学研究院 正会員 広城吉成

1.背景と目的

福岡県西部に位置し博多湾に面する今津干潟は瑞梅寺川を主な流入河川とした面積約 80ha の干潟である。干潟内部は絶滅危惧種に指定されているカブトガニやクロツラヘラサギの生息地であり、生態的に貴重な環境となっている。その一方で、今津湾は閉鎖度指標が高く、富栄養化が発生しやすい環境でもある¹⁾。生態環境の保全や富栄養化の防止のために、地下水や水路からの栄養塩類流出負荷量を推定することは重要である。

本研究では堤ら²⁾によって開発されたモデルを参考に地下水涵養モデルと準 3 次元淡塩 2 相地下水流動モデルの 2 つのモデルを使って今津干潟北東部を対象とした水収支解析を行い、解析対象領域からの直接地下水流出量と水路湧出量、対象地域における地下水水質分析によって得られた栄養塩類の濃度から栄養塩負荷量を推定することを目的とする。

2.概要

2-1.解析対象地域概要

図-1 に福岡県西区今津干潟北東部における本研究での解析対象領域を示す。解析領域の面積は約 1.24km²で土地利用の内訳は森林 42%，砂地 3%，建物用地 20%，畑 16%，荒地 4%，ハウス栽培 4%，水路・湖 1%，水田 3%，舗装道路 8%である。浜崎山近傍の干潟はカブトガニの主な産卵地であり³⁾、養浜等による保護が行われている。モデルによる解析ではこの領域を 10m×10m のメッシュにより 12447 点に分割し、各メッシュに土地利用、地質データ、降雨量等を割り当てる。解析期間は 1999 年から 2018 年の 20 年間で行った。

また、図-2 に標高データを参考に作成した解析対象地域の想定地下水流動方向と、地下水水質分析のためのサンプル採水地点である観測井の位置を示す。観測井は想定地下水流動方向を参考に、今津干潟へ流出する可能性が高い地下水を考慮して選定した。水質調査では水温、ORP、EC、pH の測定に加えて、主要 8 イオン(Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻,

HCO₃⁻)の分析を行った。



図-1 解析対象領域

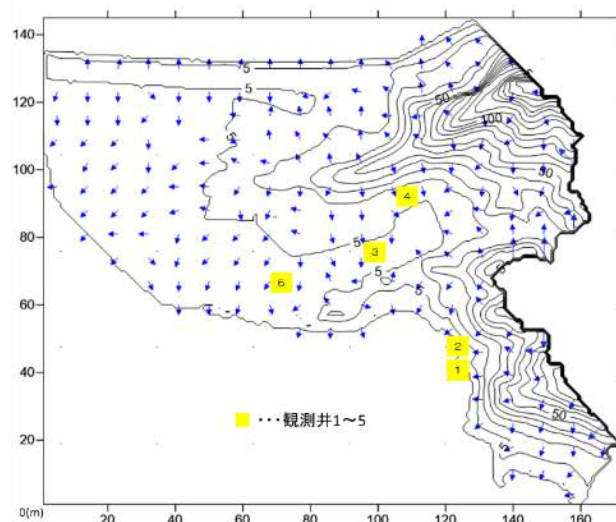


図-2 想定地下水流動方向と観測井戸の位置

2-2.解析手法

(1) 地下水涵養モデル

地下水涵養モデルは降雨量を地下水涵養量、蒸発散量、表面流質量の 3 成分に分離するモデルである。このモデルは 1 段タンクからなる構造で、以下に示す 2 式の基本式からなる。

$$\frac{dh_w}{dt} = \{1 - F_i(r)\} \cdot r(t) - q_w(t) - EVT_1(t) \quad (1)$$

$$q_{w1}(t) = a_L \cdot \{h_w(t) - R_0\} \times Y[h_w(t) - R_0] \quad (2)$$

ここに $r(t)$: 地上に到達する時間雨量(mm/hr), $F_i(r)$: 地覆条件 i の表面流出率, $EVT_1(t)$: タンク内からの蒸発散量(mm/hr), R_0 : 初期損失高(mm), $Y[h_w(t) - R_0]$: $R_0 \leq h_w(t)$ のとき 1, $R_0 > h_w(t)$ のとき 0 をとるステップ関数,

$h_w(t)$: タンク内の水深(mm), a_L : タンクの流出孔の係数(hr^{-1}), $q_w(t)$: 不飽和帯から地下水への涵養量(mm/hr)である.

(2) 準3次元淡塩2相地下水流動モデル

準3次元淡塩2相地下水流動モデルでは, 丘陵地及び低地部の一部において降雨浸透により引き起こされる地下水流と低地部での淡塩2相流の2つの地下水流動を求める. 広域領域において水平流速に比べ垂直流速を無視できる場合を対象とした, いわゆる準一様流の仮定の基において3次元現象を平面2次元の近似式にした淡塩2相流モデルである.

3.結果

表-1 モデルによる計算結果

計算値	地下水涵養量	m^3/year	1000373
	蒸発散量	m^3/year	630330
	表面流出量	m^3/year	529234
	合計量	m^3/year	2159937
実測値	降雨量	m^3/year	2159850

表-1に地下水涵養モデルで算出した3成分の量, その合計量, アメダス前原観測所で観測された降雨量を示す. 降雨量に対してそれぞれ地下水涵養量が46.3%, 蒸発散量が29.2%, 表面流出量が24.5%となり, 流動モデルより今津干潟への地下水流出量, 水路湧出量はそれぞれ $382943\text{m}^3/\text{year}$, $490068\text{m}^3/\text{year}$ と算定された. 土地利用の65%が浸透性の高い森林, 砂地, 畑, 荒地であり, 地質の56%が透水係数の大きい海浜砂層, 沖積層であることから解析領域は陸域から海域への地下水流出性が比較的高いことが分かる.

表-2 水質調査結果

	単位	観測井1	観測井2	観測井3	観測井4	観測井5
水温	°C	18.2	17.7	18.6	13.2	13.8
ORP	mv	251	244	182	213	379
EC	mS/cm	0.36	0.53	0.4	0.32	0.34
pH		6.9	6.8	7.2	6.8	6.9
Na^+	mEq/L	1.00	0.65	0.61	1.00	0.52
K^+	mEq/L	0.02	0.08	0.22	0.05	0.26
Ca^{2+}	mEq/L	1.20	2.75	3.05	1.30	1.75
Mg^{2+}	mEq/L	1.08	2.50	0.57	0.80	0.49
ΣCation	mEq/L	3.30	5.98	4.45	3.15	3.02
Cl^-	mEq/L	1.17	0.97	0.97	0.80	0.46
SO_4^{2-}	mEq/L	0.38	1.52	0.90	0.40	0.58
NO_3^-	mEq/L	0.08	1.44	1.08	0.07	0.31
HCO_3^-	mEq/L	1.64	1.59	1.57	1.80	1.64
ΣAnion	mEq/L	3.26	5.52	4.52	3.07	2.99
R1	%	4.49	13.27	2.88	5.65	4.10

表-2に現地測定と水質分析の結果を示す. イオンバ

ランス $R1 = \frac{\Sigma \text{Cation} - \Sigma \text{Anion}}{\Sigma \text{Cation} + \Sigma \text{Anion}} \times 100(\%)$ は, $\Sigma \text{Cation} + \Sigma$

$\text{Anion} > 0.1(\text{mEq/L})$ の濃度範囲において $R1 \leq \pm 8\%$ に収ま

れば満足すべきものであるとされている⁴⁾. 観測井2のみR1が基準値を超えていたが, 分析項目外のAnionである PO_4^{3-} の存在が示唆される.

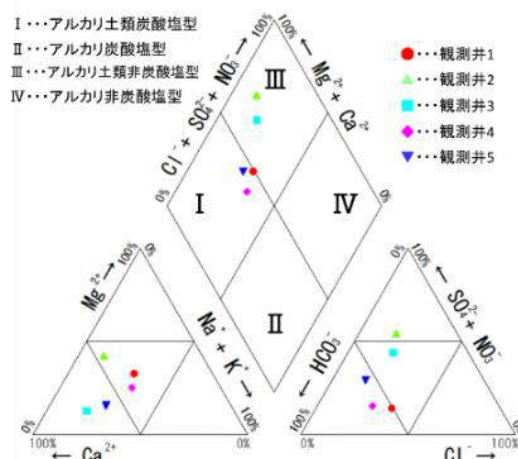


図-3 トリリニアダイアグラム

また, 図-3は分析結果を基に作成したトリリニアダイアグラムである. 分析を行った5か所の地下水の水質はアルカリ土類炭酸塩型とアルカリ土類非炭酸塩型に2分された. アルカリ土類非炭酸塩型に分類され, NO_3^- が多量に含まれていた観測井2, 3の付近では農業が行われており, 肥料による地下水汚染が進行していると予測される.

解析モデルと水質分析により算出した $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量は地下水流出が約 2.6t/year , 水路湧出が約 4.1t/year となった. 瑞梅寺川より今津湾に流入するT-Nは 166t/year であることが示されており¹⁾, 瑞梅寺川経由と比較すると今津干潟北東部からの栄養塩負荷量は小さいと予測される.

4.結論

本研究は, 2つの数値モデルと水質分析により今津の陸域から干潟への $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量を算定した. T-NとT-Pを含めた栄養塩負荷量や地下水位と潮位の関係については西部支部発表時に結果を公表する予定である.

参考文献:

- 1): 寺嶋健人(2015) 今津干潟への河川および地下水による栄養塩流入負荷量の定量的評価
- 2): 堤敦, 神野健二, 森牧人, 広城吉成(2003): 表流水-地下水系循環機構の解析: 九州大学新キャンパス建設地を対象として, 土木学会論文集, 747, 29-40.
- 3): 平成24年度今津干潟保全協議会事業報告書
- 4): 環境省地球環境局環境保全対策課(2005): 陸水モニタリング手引書(初版), 63-67.