NO_3^-・NH_4^+の湿性沈着が三河湾生態系に及ぼす影響推定

豊橋技術科学大学　（正）北田　敏廣、星野　直樹、三重県/四日市大学　Anggara Kasih
愛知県環境調査センター東三河支所　佐野方昴、原　浩子

１．　はじめに：　三河湾は閉鎖性の強い内湾であり、周囲の陸域からのN-負荷量は、1950 年代後半から 1990 年代にかけて増加を続けていった。近年、栄養塩の流入量に総量規制がかかり陸域からの流入は減少傾向にあるが，赤潮の発生等結果として生じる環境汚染にははっきりとした低減は見えない。これには、長年の間に底部に堆積した栄養塩類の巻き上げ溶出も深くかかわっていると考えられる。Anggaraら[1,2,3]は、流動・生態系モデルによって底泥からの溶出制御と陸域からの流入制御との相対的な有効性を検討し，底泥からのN-負荷量の溶出制御がもっとも効果的としている。ところで，降水中にはNO_3^-，NH_4^+などのイオンが主要物質の一つとして含まれており，降水起源のN分の海面への直接的寄与が，三河湾では無視できない規模になると指摘されている[4]。本報告は，三河湾の富栄養化およびそれに伴う藻類増殖に対して，大気から降水を通じて直接導入される窒素関連物質がどのように影響し得るかを流動/生態系モデル(CE-QUAL-W2[5])を用いて推定したものである。

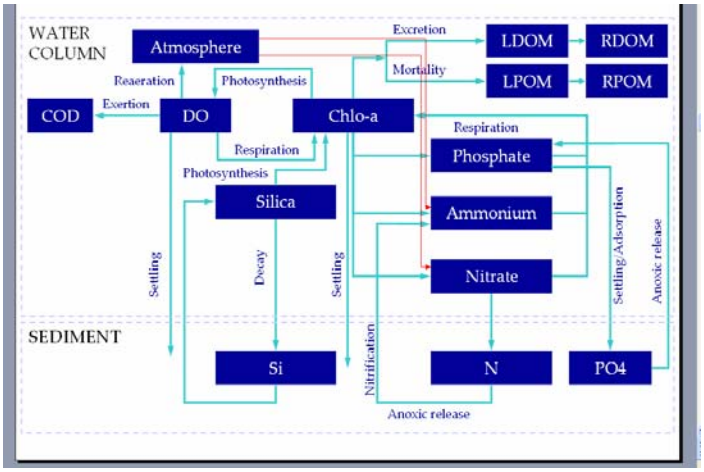
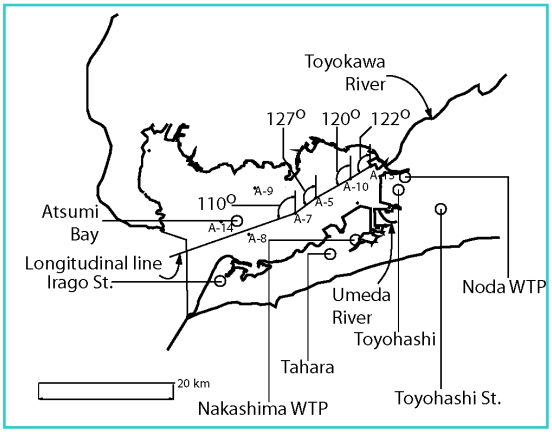


図１　CE-QUAL-W2 の水質/生態系モジュール。赤線が大気からの N インプットを示す。



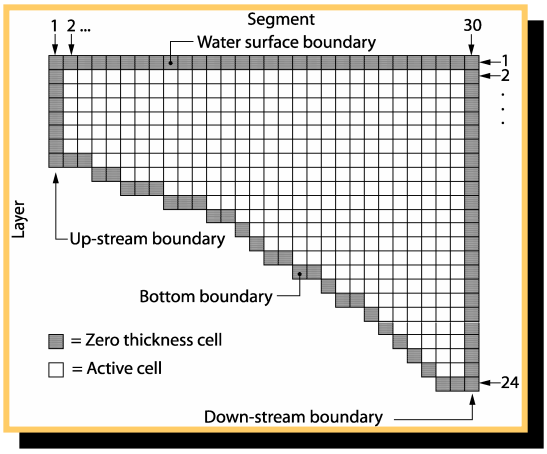


図２シミュレーション領域。左図：渥美湾の主軸方向を示す。右図：主軸に沿っての２次元計算領域。

２．　流動/生態系モデル：CE-QUAL-W2[5]は，運動量，熱，塩分輸送の偏微分方程式系に加えて，栄養塩類，その他の有機物，植物プランクトン等の輸送・反応モデルを含む。大気-海面間の運動量，熱，物質の交換，同じく海水-底面間の運動量，物質交換等が乱流過程を含めて定式化されている。計算は，大気からの流入を考えない場合と大気からの湿性降下物を考慮にいれた場合を行った。計算結果と観測結果を比較することで，降水を通じて直接導入される窒素関連物質が三河湾生態系に及ぼす影響を考察した。図１はモデルの水質・生態系サブモジュールであり，赤線部分が今回の研究で加えた部分を示す。

３．　シミュレーション条件等：(計算領域および計算期間) 1998 年 4 月 1 日～2001 年 3 月 31 日の 3 年間について，図 2 の領域を対象に計算を行った。3 次元流動の影響を主軸に直角な水平方向に積分し除いて渥美湾を鉛直面内の 2 次元的に取り扱っているので近似的な取り扱いであるが、代わりに、3 年間という長期間の連続的な計算が可能で、N、P 等の排出削減の政策的な効果等が見やすいという特性がある。

（降水起源のN負荷量推定）愛知県下で測定されている降水量および化学組成(降水量､化学組成ともに1降雨単位)のうち,豊橋と半田のデータを用いて海面へのNO_3^-, NH_4^+の沈着量分布を推定した｡図3に1998年度の渥美湾への沈着量の月別値を示す。NH_4^+およびNO_3^-起源のNがほぼ同量ある｡むろん,渥美湾へのN流入は河川や下水処理場処理水の湾への放流が主たるものであり,これらと比較するために,表1に3年分の推定値をまとめた｡(なお,三河湾の藻類増殖には,窒素が律速であることは筆者らの研究でも示されている。) 表1は, 降水による直接負荷が大きな下水処理場からの排出量と同程度になり得ることを示す。また,河川および下水処理場からの負荷が,ほぼ点源として作用するのに対して降水からのNは薄く広く海表面に供給されることになり,湾の生態系への影響も異なることが考えられる。

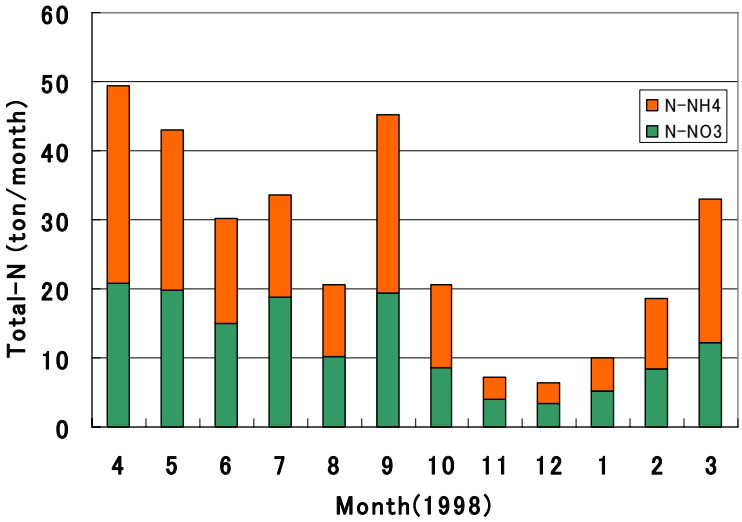


図3 降水により直接渥美湾に供給されるN量の月変化。

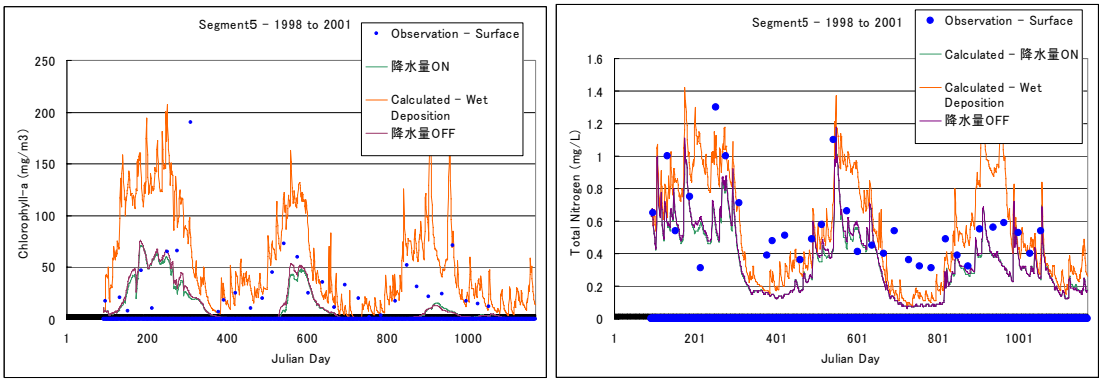
表1　渥美湾へのN負荷の推定値:1998年度－2000年度。

Estimated Total-N (NO_3^- and NH_4^+) Iuputs to Atsumi Bay (Eastern half of the Mikawa Bay)

	1998 (ton/year)	1999 (ton/year)	2000 (ton/year)
River	3386	1985	1699
WTP (Waste Water Treatment plants)	286	268	252
Wet deposition#	318	220	263

Estimated by observation at Toyohashi and Handa stations at the coast of Mikawa Bay.

4. 結果および考察:降水によるN負荷を考慮(WET_DEP)､考慮せず(BASE)の2ケースの計算を行い, その効果を推定した。図4a,bに渥美湾奥のSeg-5(湾奥から約3.5 km) の表層(深さ 50 cm)でのChl-aおよびTN(=N_NO_3^- + N_NH_4^+)の3年分(1998年4月-2001年3月)の変化を示す。図4aより降水による影響を考慮したChl-a（赤実線）は,大気からの流入を考えない場合（黒実線）と比較して高い値を示す。観測値（青点）は, 1ヶ月に1回測定されたもので, これと比較することによって降水からのN分の直接寄与を考慮することに対する優劣を論ずることは難しいが, 計算結果は少なくとも,(1)降水によるN分導入がChl-a濃度の時間変動に大きく寄与し得る,(2)表1に見られるN負荷の数値の比較から想像される以上に、Chl-aに対する影響が大きく、表層での広範囲にわたる散布の影響を示す,(3)1999年～2001年では、降水からのN供給を考慮したほう方がより観測値に近い, 等の結論が得られる。



(a) Chl-a (クロロフィル a)　　(b) TN（全窒素）

図4　計算値と観測値の比較：Seg-5、表層、1998年4月～2001年3月

（参考文献） 1) G. A. Anggara Kasih(2004) 博士学位論文, 豊橋技術科学大学; 2) G.A. Anggara Kasih and T. Kitada (2004) Hydrological Processes, **18**, 3037-3059; 3) G. A. Anggara Kasih, and T. Kitada (2004) Environ. Eng. Research, **41**, 613-624; 4) T. Kitada and G.A. Anggara Kasih (2006) EMECS7, Caen, France, May 9-12.