

## 窒素循環モデルと全球河川モデルを用いた大河川における硝酸性窒素濃度の推定

東京大学 学生会員 ○須賀 可人

東京大学 正会員 沖 大幹

総合地球環境学研究所 正会員 梶 信次郎

### 1. はじめに

近年，人間活動の影響によりグローバルな窒素循環が乱されているとする研究結果が報告されている（Galloway, 1995）．中でも農業活動が及ぼす影響は大きいとされ，窒素肥料の使用および農作物による生物学的な窒素固定が主な原因となり，生態系内の反応性窒素が増加している．このことは，水資源に対しても大きな影響を与えていると考えられ（Vitousek, 1997），水質汚染物質のひとつである硝酸が水資源に過剰に含まれて問題となっている事例が数多く報告されている．本稿は，土壌からの硝酸性窒素の溶脱量が農業活動によりどれだけ変化しているのかを，陸域における窒素循環モデルをグローバルに適用することにより推定し，さらに，全球河川モデルを利用して硝酸性窒素の河川流下のグローバルなシミュレーションを行い，大河川における硝酸性窒素濃度の推定を行ったものである．

### 2. 窒素循環モデル

本モデルは，農地，森林，草地における土壌中の有機物，腐植土，アンモニア態，硝酸態の各状態，および植物中の窒素の存在量を，施肥，降水に含まれる無機態窒素，生物学的固定，植物による吸収，リターフォール，腐植，無機化，硝化，アンモニアの揮散，脱窒，硝酸の溶脱の各フラックスを推定することにより表現したものである．そして，推定されたフラックスのうち，硝酸性窒素の溶脱が最終的なアウトプットである．計算により，全球で 4730 万トン N の硝酸性窒素の溶脱が推定された．また，推定された溶脱量の全球分布を図 1 に示す．

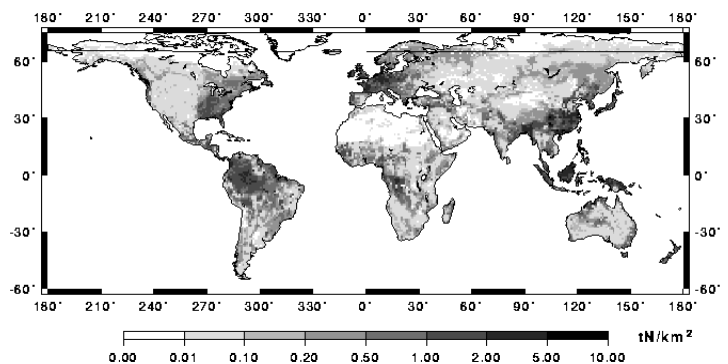


図 1 硝酸性窒素溶脱量の推定結果

表 1 推定された各フラックス

（100 万トン N/年）

|     | 全体  | 農地 |
|-----|-----|----|
| 施肥  | 81  | 81 |
| 降水  | 44  | 9  |
| BNF | 178 | 39 |
| 吸収  | 302 | 47 |
| リター | 407 | 14 |
| 腐植  | 169 | 6  |
| 無機化 | 405 | 14 |
| 硝化  | 161 | 27 |
| 揮散  | 67  | 13 |
| 脱窒  | 107 | 25 |
| 溶脱  | 47  | 14 |
| 収穫  | 58  | 58 |

BNF：生物学的固定

表 1 に示すのはモデルにより計算された各フラックスである．また，生物学的固定量の推定値が全球で 17800 万トンであるが，そのうち農地におけるものが 3900 万トンあり，硝酸の溶脱量は 1420 万トンが農地におけるものである．今回用いた USGS/GLCC の土地被覆データによると，対象とした土地被覆の 20%が農地，残りの 80%が森林と草地であり，農業活動による窒素循環の乱れが大きいことが分かる．

### 3. 河川流下シミュレーション

2 で推定した硝酸性窒素の溶脱が河川における硝酸性窒素の発生源となると仮定し，Oki（1998）により開発された全球河川モデル TRIP（Total Runoff Integrating Pathways）を用いて，硝酸の全球河川流下シミュレーションを行った．流下に際しては脱窒の浄化作用を考慮し，河川の流速は 0.5m/s で全球一定とした．また，流下途中でのダム貯水池や湖沼における滞留は考慮していない．

以上の条件により，流下シミュレーションを行った．ここでは硝酸の流下のみを考え，河川水のシミュレーションを行っていないため，同じく TRIP モデルを用いた河川流量シミュレーション（Oki, 1999）の計算結果を用いて硝酸性窒素の濃度分布を求めた．図 2 は年平均値の全球分布を

示したものである．なお，ここでは河川流出の発生の推定方法と硝酸性窒素の溶脱の推定方法が対応しておらず，流量の少ない地域において誤差が大きくなることが考えられるため，河川流量の推定値が年平均で  $50\text{m}^3/\text{s}$  を超える地域のみを対象とした．これは，世界の大河川は十分に含まれる流量である．推定の結果によるとヨーロッパ，アメリカ東部，中国などで高い値となっていることが分かる．

#### 4．検証

検証は，Mississippi 川の Hermann 観測地点および Mekong 川の Nong Khai のデータを用いて行った．ただし，Hermann 観測地点に関しては 2000 年，Nong Khai に関しては 1998 年の観測値となっている．図 3 にモデルによる硝酸性窒素濃度推定値を実線で，観測値を点線で示す．なお，推定値につけたバーは，土壌水分指数を  $\pm 5\%$  変化させた感度実験の結果である．

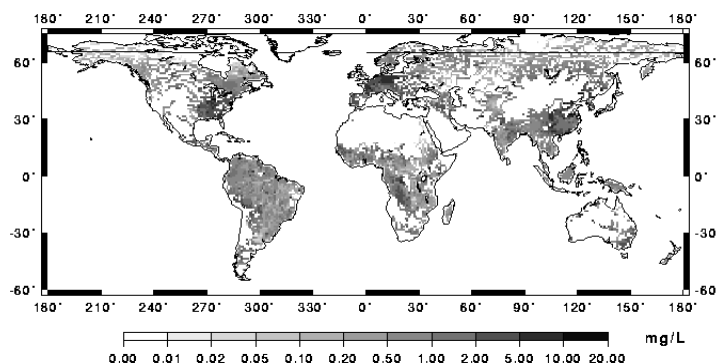


図 2 全球河川の硝酸性窒素濃度の推定値（年平均）

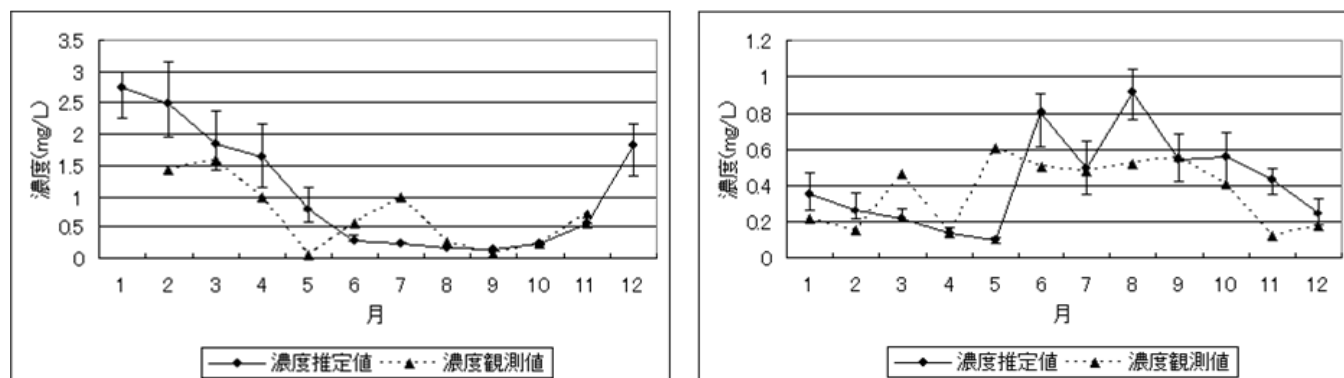


図 3 河川水の硝酸性窒素濃度の推定値と観測値（左：Hermann 観測地点 右：Nong Khai）

硝酸性窒素濃度の推定値と観測値は完全な一致を見せてはいないものの，おおまかな値の範囲や季節変動は十分に再現されていることが分かる．ただし観測値はある一時点におけるものであるため，月間値としての代表性を十分にもつかといった検討も今後必要となる．

#### 5．まとめ

主に窒素肥料に起因する硝酸性窒素の水資源への負荷が増えている問題について，その発生の分布をグローバルに示し，河川における濃度の推定を試み，ヨーロッパ等の硝酸濃度が高いといわれる地域を再現することに成功した．検証結果も妥当なものであったと考える．今後はさらにモデルの精度を高めると同時に，検証データの妥当性を確認しながら検証地点数を増やす予定である．

#### 参考文献

- Galloway et al., Nitrogen fixation: Anthropogenic enhancement-environmental response, *Global Biogeochemical Cycles*, Vol.9, pp.235-252, 1995
- Oki and Sud, Design of total runoff integrating pathways(TRIP) – A global river channel network, *Earth Interactions*, Vol.2, <http://EarthInteractions.org>,
- Oki et al., Assessment of annual runoff from land surface models using Total Runoff Integrating Pathways(TRIP), *Journal of Meteorological Society of Japan*, Vol.77, No.1B, pp.235-255, 1999
- Vitousek et al., Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences, *Ecological Applications*, Vol.7, No.3, pp.737-750, 1997

キーワード 窒素循環，硝酸性窒素，水質，窒素肥料

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 沖研究室 TEL 03-5452-6382