

衛星画像を用いたメコン河氾濫原における全リン濃度分布の時系列的傾向の評価

○東北大学大学院工学研究科 学生会員 山田 慶太郎
東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 聡

1. 背景と目的

河川の氾濫によって生じる氾濫原は栄養塩の豊かな土壌が広がり、農業や生態系の観点から重要な場所であると言われていた。東南アジア最大の河川であるメコン河の下流域、特にカンボジアにおいて、その氾濫原を利用した稲作が行われている。主要産業を農業とするカンボジアにとって氾濫原は大きな利益をもたらす。近年この洪水氾濫が農業に及ぼす影響の評価が必要とされている。天野らはメコン河氾濫原において氾濫水と氾濫原の土壌および水稻の栄養塩収支から洪水氾濫による土地の肥沃化を示した²⁾。また、平賀らは栄養塩輸送モデルを用いて栄養塩分布の推定を行った³⁾。しかし、このモデルは広域における面的な観測情報を用いた検証が行われていない。そこで広域における観測情報として衛星画像から得られる情報に着目した。

以上より本研究の目的は、次の2点とする。1)衛星画像を用いた栄養塩濃度推定法の提案 2)栄養塩濃度分布の時系列的傾向の評価。

2. 対象領域

対象領域を、図-1に示す、カンボジアの首都プノンペンを中心とした140km×110kmの領域である。領域はカンボジア国内のメコンデルタの全域を含んでいる。メコンデルタは洪水期に広範囲で冠水し、氾濫原の水深は2m以上に達する場所もある。

3. データセットと栄養塩濃度の推定方法

一般に肥料に用いられ、植物の生育に影響を与える栄養塩にはリンと窒素があるが、本対象領域における制限因子がリンであることから³⁾本研究においてはリンのみを扱う。また水中で様々な形で存在するリンは衛星画像を用いた推定が困難である。よってまず衛星画像からクロロフィルa濃度を求め、全リンの濃度を推定する。

(1) データセット

衛星リモートセンシングデータとしてMODISのコンポジットデータを用いた。MODISは、複数の波長における光学観測により、地球環境を観測することを目的とす



図-1 対象領域

る地球観測衛星である。用いたデータは2017年10月と、2018年2月の衛星画像である。空間解像度は500mである。

(2) クロロフィルa濃度の推定

従来のリモートセンシングによるクロロフィルa推定モデルは、以下のような式で表され、衛星画像から得られる青と緑の光に対する反射率を用いて計算される。

$$\text{Chla} = 10^{0.283 - 2.753X + 1.457X^2 + 0.659X^3 - 1.403X^4} \quad (4)$$

ここで、Chlaはクロロフィルa濃度(μg/l)、Xは $\log_{10}(\text{band3}/\text{band4})$ である。

このモデルは海洋においてクロロフィルa濃度を推定する際には高い精度の推定が可能であることが分かっているが、本対象領域のような氾濫原に適用した例はまだ無い。このモデルを対象領域に対し適用する。

(3) 全リン濃度の推定

クロロフィルa濃度を全リン濃度に変換する際に対象領域において最も相関の高いDillonの式⁴⁾を用いて変換する⁵⁾。

4. 結果と考察

(1) 衛星画像によるクロロフィルa濃度の推定

既往モデルにより得られた雨季と乾季のクロロフィルa濃度の推定値は多くの地点において過小評価されていることが分かった。そこで、高濃度、高濁度水域における補正モデルを考える。一般的にクロロフィルa濃度が低

Key words : リモートセンシング, カンボジア, クロロフィル, 全リン, MODIS

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻水環境システム学研究室

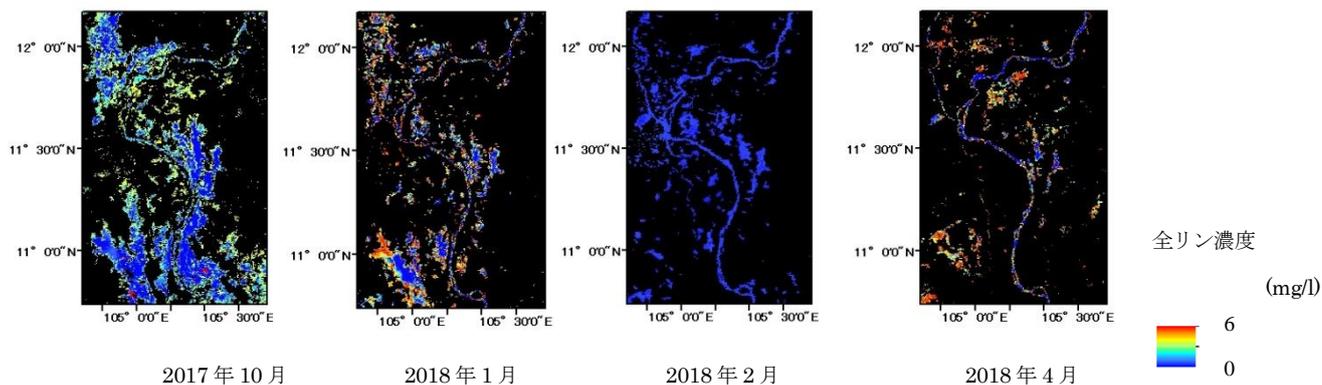


図-2 全リン濃度分布図

い外洋水の分光反射特性は、400nm（青）付近において最も多くの光を反射し、550nm（緑）付近において反射する光が最も少なくなる。一方、富栄養化の進行した水域において分光反射特性は600nm（赤）付近で最も多くの光を反射し、750nm（近赤外）付近において反射する光が最も少なくなる。このことを考慮し、海洋においてはバンド比を青と緑の二つを用いていたが、氾濫原においては赤と近赤外の二つを用いることにより推定した。クロロフィル a 濃度とバンド比の常用対数をそれぞれ取り、4次の多項式近似を用いてそれらの関係を明らかにした。既往モデルの決定係数は0.26であるのに対し、バンド比を修正したモデルの決定係数は0.71と高くなった。したがってこの補正モデルを用いてクロロフィル a 濃度を推定する。

(2) 栄養塩濃度の時系列推定

得られたクロロフィル a 濃度から Dillon の式を用いて全リン濃度を計算した。雨季(10月)、乾季(2月)の濃度分布はそれぞれ図-2 のようになった。雨季と乾季のどちらも特に氾濫原の端部において濃度の高い水域が見られた。降雨が氾濫原に流入する際に、陸域において発生した負荷が流入するためであると考えられる。また、雨季に比べ乾季において全体的に濃度が低くなった。これは降雨日数の少ない乾季には陸域や都市域からの栄養塩の流入が少なくなることに起因すると考えられる。また、雨季に比べ乾季の分布は空間的なばらつきが少ない。これも新しい栄養塩の流入が少ないために時間の経過とともに濃度が均一になったと考えられる。今後、観測を行わなかった日に撮影された衛星画像にもこのモデルを適用し、時系列的な変化を行う。

また、得られたモデルを、観測の行っていない2018年

1月と4月の衛星画像にも適用した。その結果、徐々に氾濫原から水が引き始める1月と、雨が降り始め徐々に水域が広がっていく4月において氾濫原端部の広い範囲で全リン濃度が高くなり、雨季と乾季の転換期に濃度が上昇することが分かった。

5. まとめ

本研究はMODISデータを用いて水域の全リン濃度を推定するため既往のモデルに対し補正モデルを提案した。この補正モデルを用いて全リンの時系列的な空間分布を推定することができた。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（16H02363、代表：風間聡）の助成を受けたものである。また東北大学大学院工学研究技術部会田俊介さんには水質分析に際して多大なご支援を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 角道弘文, 川合尚, 後藤章, 真勢徹: 適正技術としてのカンボジアのコルマタージュシステム, 農業土木学会誌, 63, 4, pp.357-362, 1995.
- 2) 天野文子, 風間聡: メコン河氾濫原におけるリン輸送モデルの構築および肥沃効果と農業への影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol71, No4, I1189-I1194, 2015.
- 3) 平賀優介, 風間聡, 峠嘉哉: メコン河氾濫原の干拓が流域環境に及ぼす影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.4, pp. I283-I288, 2017.
- 4) Dillon, P. J. & Rigler, F. H.: The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. Limnol. Oceanogr. 19: 767-773, 1974.
- 5) 山田慶太郎, 風間聡: 衛星画像を用いたメコン河氾濫原における栄養塩分布の推定, 土木学会論文集 G(環境) Vol74, No.5, pp.I103-I108, 2018.