

メコン河下流域におけるリン輸送モデルの構築と農業への影響評価

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 天野 文子
東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 聡

1. 背景と目的

毎年雨期になると大規模な洪水氾濫が発生するメコン河下流域において、適切な利治水を実現するためには、洪水氾濫がもたらす影響の評価が必要である。中でも農業を主要な産業とする本領域において、農業への影響評価は重要である。洪水氾濫は農地に水と栄養塩の双方をもたらす。メコン河流域における栄養塩濃度について、現地観測¹⁾やモデル²⁾に基づく研究が行われているが、氾濫原における栄養塩濃度の時空間分布は未だ明らかでない。そこで本研究では、リン輸送モデルを構築し、洪水氾濫が農業に与える影響を評価することを目的とする。

2. 対象領域とデータセット

対象地域は、図 1 に示すメコン河下流域の 140km×110km の領域である。標高はアメリカ地質調査所の HydroSHEDS、水位・日降水量はメコン河委員会のデータ、人口分布はカンボジア保健省の GIS データを用いた。家畜の個体数分布は、人間一人あたりの家畜頭数を州毎に求め、人口分布に乗じて求めた。人間と家畜の排出原単位は吉村・竹内²⁾を参照した。風速は、チョンクニアス地点において農村工学研究所により観測された毎時データであり^{3,4)}、増本隆夫氏より提供いただいた。

3. リン輸送モデル

リン輸送モデルは、洪水氾濫計算とリン輸送計算からなる。空間解像度は 1km×1km、計算時間間隔は 30 秒とした。本領域では、窒素ではなくリンが制限要因になると考えられる¹⁾。また、窒素輸送はリン輸送よりも現象が複雑であるため、モデルが複雑になり広域のモデル化による精度が保証出来ない。よって、本研究ではリンの輸送のみをモデル化し、農業への影響評価を行う。

洪水氾濫計算は、Kazama *et al.*⁵⁾の計算方法と同様である。リン輸送は式(1)によって計算される。

$$L'_i = L_a + L_m - L_{out} - L_s \quad (1)$$

ここで、 L'_i : 時間 t 、セル i におけるリン量(g)、 L_a : 人・家畜からの発生負荷量(g)、 L_m : 隣合うセルからの流入リン量(g)、 L_{out} : 隣合うセルへの流出リン量(g)、 L_s : 沈降

リン量(g)である。それぞれ式(2)~(5)により求められる。

$$L_a = (P_h \times U_h + P_a \times U_a) \times dt \quad (2)$$

$$L_m = Q_{in} \times C_{i-1}^{t-1} \times dt \quad (3)$$

$$L_{out} = Q_{out} \times C_i^{t-1} \times dt \quad (4)$$

$$L_s = w \times (V_s \times C_i^{t-1} \times dx^2 \times dt) \quad (5)$$

ここで、 P_h 、 P_a : 人、家畜の個体数(個)、 U_a 、 U_h : 人、家畜の発生原単位(g/個/s)、 Q_{in} : 流入水量(m³/s)、 Q_{out} : 流出水量(m³/s)、 w : 沈降阻害割合、 C_i^t : 時間 t 、セル i におけるリン濃度(g/m³)、 V_s : 沈降速度(m/s)である。沈降阻害割合 w は風の影響を表す。本領域において風の影響を詳細にモデル化することは、観測データの制約やスケールの問題などから困難であり、期待される精度の点からも適切でない。そこで、風の影響により底質が移動する間、氾濫水の乱れにより氾濫水中のリンの沈降が阻害されると仮定した。すなわち、風速 U の時の底質の移動限界水深を h とすると、水深 h の地点において一日のうち風速 U 以上となる時間の割合 w が沈降阻害割合である。移動限界水深は、井島⁶⁾、堀川⁷⁾の各式から算出した。沈降速度は現地観測から得られたリン濃度との比較により、0.25m/day と決定された。

4. 農業への影響評価

リンのポテンシャル作数 N_p は、洪水氾濫がもたらすリン量が稲作何期作分に相当するかを示す値である。リン輸送モデルにより求められたリン沈降量を P_s 、稲一期作に必要なリン量を P_r とすると、 N_p は式(6)で表される。

$$N_p = P_s / P_r \quad (6)$$

P_r は現地観測結果とカンボジアの平均収量から算出した。図 2 に N_p の分布を示す。図 2 より、氾濫原の約 75% の地域で三期作分以上のリンが得られることがわかる。

次に氾濫水が農業に与える影響を評価する。春山ら⁸⁾を参考に、表 1 の様に水稻栽培パターンを分類した。雨期に貯水した氾濫水を農業に用いる乾期作の分類には、乾期作数 N を用いる。各セルの面積の 1/4 を貯水池、氾濫水深が最大 h_{max} の時に貯水すると仮定すると、 N は

$$N = (h_{max} - E) / 3R \quad (7)$$

Key words : ポテンシャル作数, 水稻栽培パターン, 稲作, 多期作, カンボジア.

〒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循環システム学研究室

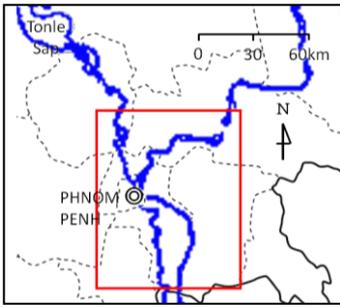


図1 計算対象領域

表1 水稲栽培パターン分類

雨期作 (天水田を含む)	最大水深 $h_{max} < 1.5m$
深水氾濫稲作	最大水深 $h_{max} < 3m$ かつ 水位変化 $\Delta h < 0.1m/day$ かつ 浸水期間 $> 5ヶ月$
乾期作	非浸水期間 $> 3ヶ月 \times$ 作数 かつ 乾期作数 $N >$ 作数

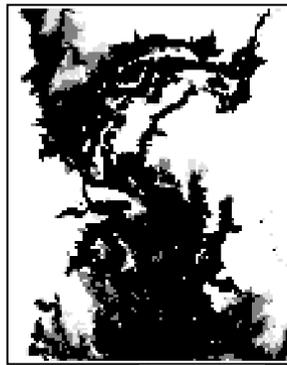


図2 リンのポテンシャル作数 N_p

■ 一期作 ■ 二期作 ■ 三期作

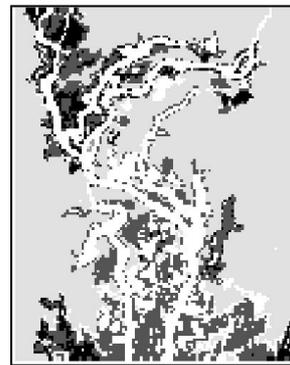


図3 水稲栽培パターン

■ 雨期作 ■ 乾期二期作 ■ 深水氾濫稲作 ■ 乾期一期作

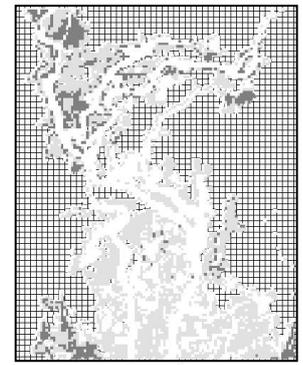


図4 総合評価のポテンシャル作数 N_s

■ 一期作 ■ 二期作 ■ 制限要因:リン ■ 制限要因:水

で求められる。ただし、 R : 稲一期作に必要な水量, E : 年蒸発量である。図3に水稲栽培パターンを示す。氾濫原の一部と非氾濫原に雨期作, 氾濫原の端部など一部に乾期二期作のパターンが示された。河岸部など水位が高く浸水期間が長すぎる地点はどのパターンも該当しない。

水のポテンシャル作数 N_w は、水の視点から考えた際に各地点で稲作を何期作行うことが可能であることを示す値である。 N_w は水稲栽培パターンから求められ、乾期二期作が2, それ以外のパターンが1, どのパターンも該当しない場合が0である。ここで、リンと水の両面から洪水氾濫がもたらす影響を総合的に評価するため、総合評価のポテンシャル作数 N_s を考える。稲作を行うには、リンと水双方の条件を満たす必要があるため、各地点の N_p と N_w のうち小さい方を N_s とする。 N_s を図4に示す。三期作が可能な地域はなく、二期作が可能な地域は氾濫原の約10%, 一期作が可能な地域は氾濫原の約42%に限られることが示された。本研究では洪水氾濫がもたらすリンのみを考慮したため、非氾濫原はリンが制限要因となり N_s が0となる。氾濫原において N_s が0となる地域のうち約80%は水が制限要因であり、農地を拡大するためには適切な水管理が必要であることが示唆された。

5. まとめ

メコン河氾濫原におけるリン輸送をモデル化し、洪水氾濫が農業に与える影響を評価した。氾濫原の約75%の地域で三期作以上のリンが得られることが示された。水についての評価では、三期作が可能な地域はなく、二期作が可能な地域は氾濫原の約10%, 一期作が可能な地域は氾濫原の約42%に限られた。リンと水を総合的に評価すると、氾濫原において水が制限要因になる地点が多く、農地拡大のためには、適切な水管理が必要であるこ

とが示唆された。

謝辞: 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所の増本隆夫氏に観測データを提供いただいた。ここに謝意を表す。本研究は日本学術振興会特別研究員奨励費およびJSPS 科研費13J02676の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 天野文子, 風間聡: メコン河氾濫原における栄養塩の季節変化と肥沃効果の評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), 第69巻, 第4号, p.I_499-I_504, 2013.
- 2) 吉村千洋, 竹内邦良: 分布型流出モデルによるメコン河流域の栄養塩流出過程の推定, 水文・水資源学会誌, 第20巻, 第6号, pp493-504, 2007.
- 3) 増本隆夫・辻本久美子・宗村広昭 (2007): トンレサップ湖畔と周辺都市・水田域における総合水文気象観測とデータ解析, 農村工学研究所技報, 206, pp.219-236
- 4) 増本隆夫・丹治 肇・小川茂男・堀川直紀・力丸 厚・久保純子・宗村広昭・ファム タイン ハイ・ラウシオン カマール (2007): アジアモンスーン地域における農業水利用変化予測モデルの開発, 農村工学研究所報告, 46, pp.67-90
- 5) So Kazama, Terumichi Hagiwara, Priyantha Ranjan and Masaki Sawamoto, Evaluation of groundwater resources in wide inundation areas of the Mekong River basin, Journal of Hydrology, Vol.340, No3-4, pp.233-243, 2007.
- 6) 井島武士: 波浪の数値予測, 土木学会 1968 年度水工夏期研修会講義集 A, 第5巻, PP.A2.1-A2.30, 1968.
- 7) 堀川清司: 海岸工学へ海岸工学への序説, 東京大学出版会, 1973.
- 8) 春山成子, 伊藤健, 桶谷政一郎: 洪水氾濫特性と水稲栽培パターン -カンボジア・メコンデルタを事例として-, 農村計画学会誌, 第28巻, 第2巻, pp57-63, 2009.