

メコン河氾濫による栄養塩沈降において地形と人口汚濁が与える影響の考察

○東北大学工学部 建築・社会環境工学科 学生員 川守田 智
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 学生員 天野 文子
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 正会員 風間 聡

1. 背景と目的

河川による洪水氾濫には肥沃化の効果が既往研究¹⁾にて示唆されている。肥沃効果を有効活用するためには栄養塩の沈降過程や分布を地形と合わせて理解することが必要である。それに加え人口汚濁由来、自然由来の栄養塩の沈降の違いを明らかにすることによって適切な栄養塩沈降量の管理を行うことが可能になる。これらを実現するために本研究では栄養塩沈降を、数値モデルを用いて村落スケールで解析した。また、人口負荷が与える影響について原単位法を用いて定量化し、人口負荷の有無による栄養塩沈降分布の違いについて比較した。

2. 対象地域とデータセット

計算対象地域（図-1）はメコン河下流域カンボジア国タケオ州中心部 33×33 メッシュ、2.97km×2.97km の領域（詳細地域）を対象とした。この地域に対して境界条件として水位と SS 濃度を与えるため、カンボジアの首都プノンペンを中心とした 1 メッシュ 1km×1km とした 110km×140km の地域（広域）の計算を行なった。

標高データには SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)3 秒メッシュ標高データを用いた。水位、SS、日降水量はメコン河委員会が編集したデータ²⁾を用いた。

人口汚濁を定量化するために必要な家畜数データは JICA 専門家長井薫氏に提供して頂いた。人口はカンボジア国家統計局の国勢調査データを用いた。SS と栄養塩濃度の関係は UNEP GEMS データを用いた。

3. 計算方法

垣内ら³⁾と同様の計算手法を用いて広域メッシュの水位と SS 濃度を 30 秒ごと 1 年分求めた。この結果を用いて詳細地域の氾濫計算を行う。すなわち、詳細地域に該当する場所の広域メッシュにおける水位と SS 濃度を初期条件として用い、さらにその北側・東側にそれぞれ該当する場所の水位・SS 濃度を初期条件及び 30 秒ごとに境界条件として用いて、詳細地域の氾濫とそれに伴う SS 沈降量を二次元不定流モデルと沈降計算によって 1 年分計算した。

詳細地域における計算では、原単位法を用いて人口負荷を計算し、それを図-2 に示す位置(集落と湛水池の堺)から排出した場合についても計算を行なった。

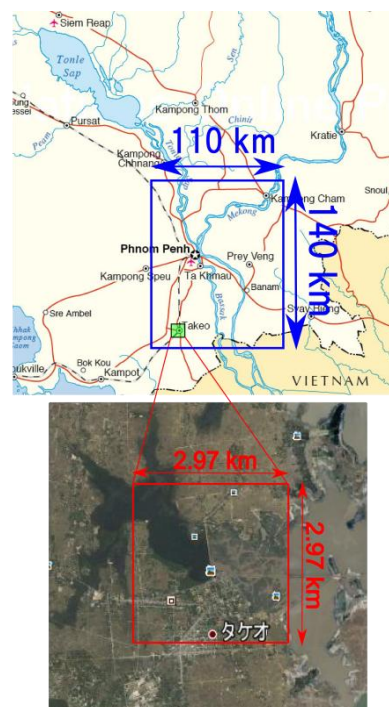


図-1：対象地域

各計算の詳しい内容は以下のとおりである。

3.1 洪水氾濫計算

広域計算における河道での洪水流の計算は河床勾配の小さい河川の洪水解析に適している 1 次元 Dynamic Wave モデルを用いた。氾濫原では二次元不定流モデルを用いた。河道と氾濫原の水の移動は越流公式を用いる。計算では蒸発量、地下水浸透量、日降水量も考慮している。詳細地域でも二次元不等流モデルにより氾濫計算を行なった。

3.2 沈降計算

リン酸態リンは SS に付着して粒子状態で沈降すると考えられるため、SS の沈降量から調べる。沈降速度の計算には Rubey の式を用いた。過去の観測に因る粒径分布より SS 粒子の沈降速度は 0.045(mm/s)となる。

3.3 人口汚濁計算

原単位法を用いて排出負荷を算定した。牛、豚は亀岡⁴⁾の値を、人間については國松・村岡⁵⁾の値をそれぞれ用いた。結果として表-1 に示すとおり負荷が算定された。

キーワード：肥沃化, Dynamic Wave モデル, 二次元不等流モデル, 原単位法, 農業土木

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7455

3.4 SS と栄養塩の比較計算

メコン河流域4か所のSS濃度とリン酸態リン濃度の関係を比べると表-2 が得られた。この平均をとると SS1kg に対して粒子性リン酸態リンは 222.01mg 含まれる。サンプル地点が少ないためあくまで目安として用いるがこの値を用いて SS から栄養塩量を推定する。

4. 計算結果及び考察

図-2 に詳細地域の標高、図-3 に詳細地域 273 日目の水深、図-4 に詳細地域 1 年分の SS 総沈降量を示す。図-4 左側は人口負荷がない場合、図-4 右は人口負荷を与えた場合である。

図-2、図-4 を比較してわかるように、標高の低い部分、すなわち湛水池に SS の沈降している様子が再現されていることがわかる。人口的な負荷を与えず氾濫水による SS の沈降だけを表現した図-4 左図では SS の沈降は地形の凹凸や水深によらずほぼ右から均一に広がっている。

図-4 右図では負荷を与えると負荷源を中心に沈降量が増えている。

表-1：対象領域内の人口汚濁負荷

	頭(人)	原単位 (g/人・日)	総 SS (kg/日)
牛	10,261	74	759.314
豚	6,406	80	512.48
人間	39,186	68	2,664.648
		計	3,936.442

表-2：SS 濃度と栄養塩の比較

	SS 濃度 (mg/L)	粒子性リン酸態リン濃度 (mg P/L)
Neak Luong	76.04	0.01797
Phnom Penh	87.60	0.01787
Kam Pong Cham	77.38	0.02020
Khos Khel	76.33	0.01445
平均	79.34	0.0176

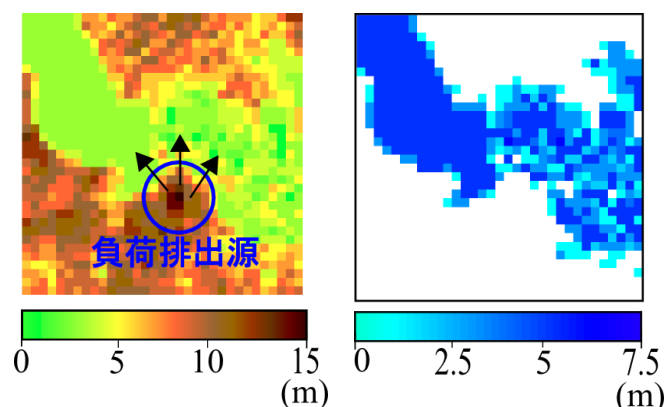


図-2: 標高と負荷排出源

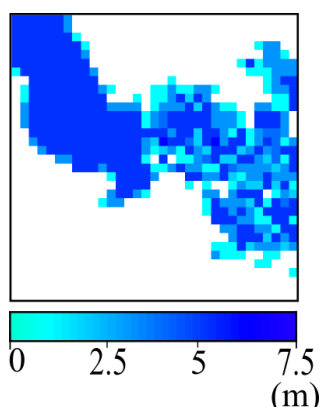


図-3: 273 日目の水深

数値で見ると、負荷を与えない場合、湛水池における沈降量の平均が 595.6(g/m²)であるのに対して、人口負荷を与えると 89325.5(g/m²)となる。人口負荷により約 150 倍沈降量が増加する

SS 沈降量から粒子性リン酸態リンを推定すると、負荷がない場合平均 0.13(g/m²)、負荷がある場合平均 19.82(g/m²)それぞれリン酸態リンが沈降する。カンボジアにおける稲の刈り取りによるリンの支出は 0.24(g/m²)と求められている¹⁾ ので、人口負荷がない場合は作物に必要なリン量を下回るものの、人口負荷がある場合にはその 80 倍ほど多くのリンが沈降していることがわかる。

5. 結論

人間活動による負荷によって対象領域の単位面積あたり SS 沈降量は約 150 倍になる。

SS の沈降量は地形の凹凸よりも、境界・排出源からの距離に強く依存する。

人口負荷によるリンの沈降量は作物の必要量を上回る可能性がある。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金（22404008、代表：風間聡）の助成を受けたものである。本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費（S-8）の支援により実施された。ここに謝意を表する。

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，土木学会水工学論文集，第 57 巻(4)，2013. (印刷中)
- 2) MEKONG RIVER COMMISSION；LOWER MEKONG HYDROLOGIC YEARBOOK
- 3) 垣内健吾，風間聡，澤本正樹：洪水規模の違いによる便益の地域差に関する研究～メコン河プノンペン周辺における事例解析～，土木学会水工学論文集，第 48 巻(1)，pp469-474，2004.
- 4) 亀岡俊則：家畜排泄物の適正処理技術・畜舎汚水の適正処理技術と処理コストの低減化，用水と廃水，46(4)，pp320-pp326，2004.
- 5) 國松孝男，村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，p13，1989.

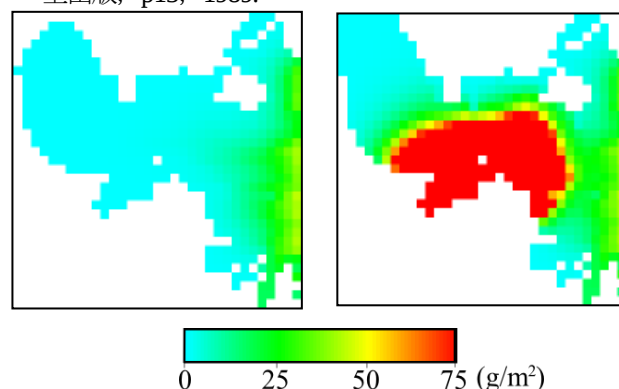


図-4: 単位面積当たり SS 総沈降量(365 日分)
(左：負荷なし，右：負荷あり)