

## メコン河下流域における湿地の干拓が流域環境に与える影響評価

○東北大学大学院工学研究科 学生会員 平賀優介  
東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 聡

Department of Civil Engineering, King Mongkut's University of technology Thonburi Chaiwat Ekkawatpanit  
東北大学大学院工学研究科 正会員 峠 嘉哉

## 1. 背景と目的

メコン河下流域に位置するカンボジアにおいては、急激な経済発展に伴い工業地や住宅地が拡大しており、その多くは氾濫原が干拓された地域である。急激な干拓地の増加が下流の氾濫リスクを上昇させることが懸念されており、環境面においては魚類の産卵場の減少や水質浄化機能の損失などが懸念される。しかし干拓の影響については定性的な議論に留まり、多くのカンボジア政府関係者は干拓を問題視していない。近年メコン河流域において、ダム建設が流域環境に与える影響について議論されているが、干拓の影響を定量的に評価したものはない。また、イラワジやガンジス流域などにおいても同様の問題が懸念されており<sup>1)</sup>、有益な情報の提供が可能となる。

以上の背景より、本研究の目的は、メコン河氾濫原の干拓による流域環境への影響を評価することとする。

## 2. 対象領域

対象領域は、図-1 中赤枠により示されたメコン河下流域に位置するカンボジア国首都プノンペンを中心とした140km×110kmの領域である。本領域においては、洪水期に河道から水が氾濫して下流一帯に拡がり、カンボジアおよびベトナムの土地の3~4万km<sup>2</sup>が冠水する。氾濫原の水深は2m以上に達する場所が多い。

## 3. 正規化水指数, 植生指数, 土指数の導出

対象領域において、竹内ら<sup>2)</sup>による導出法を基にし、正規化水指数(NDWI)、正規化植生指数(NDVI)、正規化土壌指数(NDSI)を得る。ここで、NDWI(式(1))について、干拓地と水域の判別により適するものとするため、近赤外の反射率 NIR の代わりに中間赤外の反射率 MIR を用い、MNDWI(Modified NDWI)として算出した(式(2))。

$$NDWI = \frac{VIS - NIR}{VIS + NIR} \quad (1)$$

$$MNDWI = \frac{VIS - MIR}{VIS + MIR} \quad (2)$$

ここで、VIS は可視の反射率である。干拓地において NIR と VIS は近い値を示すため、NDWI は水域と干拓地の両方において正に近い値を示す傾向にあり、NDWI による



図-1 対象領域（カンボジア，首都プノンペン周辺）

水域と干拓地の分類は困難である。その一方、MIR は干拓地において高い値を示すため、MNDWI は水域において正、干拓地において負の値を示し、分類により適する。

## 4. 結果と考察

## (1) 衛星解析による干拓地抽出

Landsat, TM と OLI のセンサによる1993年1月と2015年1月の各バンドのピクセル値を用いて両年においてMNDWI, NDVI, NDSIを算出した。各正規化指数の算出後、各指数の土地被覆に関する閾値を決定し、それら閾値を用いて、対象領域内のセル毎に1993年1月と2015年1月の各指数の値の比較を行うことにより干拓地を抽出した。ここで、対象領域において52の代表的な干拓地を目視により選別し、抽出結果と比較することにより抽出精度を考察する。結果として衛星解析による抽出により、目視抽出による52の干拓地のうち49箇所、約95%を抽出した。その中の一部は、目視により決定した各干拓面積のうち10%程度の面積しか抽出されていないが、これは目視による過大抽出によると考えられる。

## (2) 干拓地選好モデル

干拓地選好モデルは、多重ロジスティック回帰分析モデルを基に構築される。プノンペン、カンダル州内の各95湿地を対象とし、目的変数を各湿地における干拓の有無、説明変数を年氾濫期間、年最大水深、人口、首都プノンペン中心部からの直線距離、河道からの最短距離と設定した。年氾濫期間と年最大水深はKazama *et al*<sup>3)</sup>の計算方法を基にした、洪水氾濫モデルによる計算結果である。AICによる変数減少法による変数選択後のロジスティック回

Key words : カンボジア, 洪水氾濫, 衛星解析, ロジスティック回帰分析, 流域開発, 正規化指数

〒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

帰分析結果を表-1に示す。得られた干拓地選好モデルは式(3)のように表される。

$$p_i = 1 / \{ 1 + \exp[-(B_0 + B_1X_1 + B_2X_2)] \} \quad (3)$$

$p_i$ :各湿地が干拓地として選好される確率,  $B_0, B_1, B_2$ :各回帰係数,  $X_1$ :プノンペンからの距離(km),  $X_2$ :河道からの距離(km)である。モデルの適合度検定として, Hosmer-Lemeshow 検定による評価を行った。Hosmer-Lemeshow 検定の結果, 有意確率の値は約 0.78 となり, 有意水準 0.05 より大きいので有意ではない, モデルが正しいという帰無仮説が棄却できないことを示した。以上よりモデルの適合度は良いといえる。この干拓地選好モデルにより, プノンペン・カンダル州全氾濫域における干拓地選好確率分布が得られる(図-2)。首都プノンペンを中心とし, 干拓地として選好され易い氾濫原の分布が確認できる。

### 5. 干拓による流域環境への影響評価

干拓地選好確率モデルによる結果を, 1996年の洪水氾濫計算, 栄養塩輸送計算に組み込むことにより, 干拓による影響評価を行う。干拓地の標高を変更すること, また栄養塩負荷発生と排出のプロセスに干拓を考慮することにより, 数値計算において干拓を再現した。以下にプノンペン・カンダル州全氾濫域の50%が干拓されるとした時の計算結果をまとめる。

- 洪水氾濫計算の結果, プノンペン南部の遊水地において約 3.65m の年最大水深上昇が確認された(図-3)。またプノンペン北部のメコン河, トンレサップ川間において約 1.0m, 下流氾濫原において約 0.15-0.20m の年最大水深上昇が確認された。これは干拓による遊水地の減少により, 残存する氾濫原において水深が上昇することによる。
- 栄養塩輸送計算の結果, 下流域全体において年リン沈降量の増加が確認され, メコン河道から左岸部にかけて最大約 1,500 g/m<sup>2</sup> の増加を示した。また, プノンペン南部の遊水地において最大 317.7 g/m<sup>2</sup> の増加が確認された。これは, 干拓地における負荷排出の影響である。

以上のように, 本研究により, 干拓による流域環境への水理的・水質的影響を明らかとした。

謝辞: 本研究の一部は, 科学研究費補助金(15H05218, 代表: 風間聡)の助成を受けたものである。また, 本研究の一部は, 環境省の環境研究総合推進費(S-14)の支援により実施された。本研究の一部は, SATREPS による ADAP-T の支援により実施された。また東北大学大学院工学研究科技術部, 高橋真司様・会田俊介様には水質分

| 独立変数             | 回帰係数        | 有意確率 $\rho$ 値 |
|------------------|-------------|---------------|
| 干拓地の発生           | $B_0$ 13.6  | $\rho < 0.01$ |
| プノンペンからの直線距離(km) | $B_1$ -0.51 | $\rho < 0.01$ |
| 河道からの最短距離(km)    | $B_2$ -0.26 | $\rho < 0.05$ |

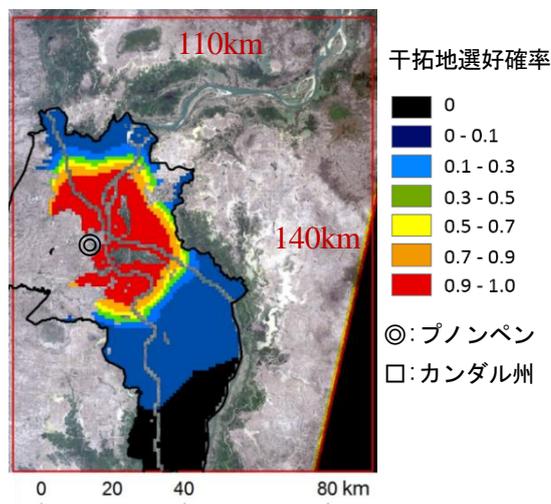


図-2 対象領域における干拓地選好確率分布

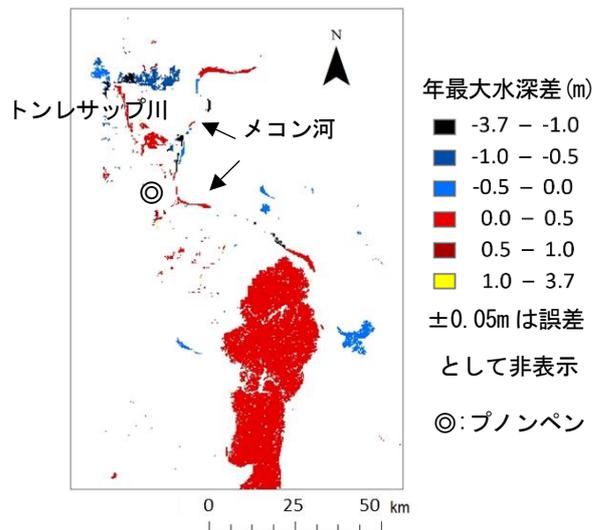


図-3 干拓による年最大水深への影響

析に関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) Thi Myat Myat, Luminda Niroshana, So kazama : A comparison of historical land-use change pat-terns and recommendations for flood plain developments in three delta regions in Southeast Asia, Water International, vol37, pp218-235, 2012.
- 2) 竹内渉, 安岡善文: 衛星リモートセンシングデータを用いた正規化植生, 土壌, 水指数の開発, 写真測量とリモートセンシング, 2004.
- 3) 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.