

地表水中ヒ素濃度推定モデルによるカンボジアメコン河流域の 地表水中ヒ素影響評価

東北大学大学院環境科学研究科

学生会員 ○佐藤 郁

東北大学大学院環境科学研究科

正会員 小森 大輔

1. はじめに

1983年に初めて西ベンガル地域での汚染が報告されて以降¹⁾、自然由来の地下水ヒ素汚染は世界各地で問題となっている。アジア地域の地下水中ヒ素汚染に関する研究は数多く行われているが^{1), 2)}、地表水に関する事例は少ない。カンボジアは上下水道ともに普及率が低い³⁾。そのため、生活用水はヒ素を含む地下水が浄化処理されずに利用され、使用した生活用水は下水処理されず地表や河川に排水され、地下水由来のヒ素が地表に蓄積することや、河川に流出する可能性が推察される。さらに、毎年雨期に発生するメコン河の氾濫によって地表に蓄積した地下水由来のヒ素が溶出し、氾濫とともに広域に拡散する可能性がある。また、カンボジアでは魚の生息も氾濫水を利用しているため、主要なタンパク源である魚の摂取は地下水の飲用と並ぶ曝露源となる危険性が考えられる。そこで、本研究では水理計算に基づいて地表水中ヒ素濃度を計算し、洪水規模が変化した際に地表水中ヒ素濃度が受ける影響を評価した。また、地表水中ヒ素が食物に与える影響も評価した。

2. 計算対象領域

計算対象領域はカンボジア王国首都プノンペンを中心とした140 km×110 kmの15,400 km²領域である（図-1）。本領域はFredericks²⁾の地下水中ヒ素のリスクマップで低リスクから高リスクまで含む地域である。本領域は農業用の導水路によって導水された水が下流一帯に拡がり、毎年雨季に大規模な洪水氾濫が発生する。気候は熱帯モンスーン気候に属し、6月-10月が雨季、11月-5月が乾季である。平均年間降水量は約1400 mmである⁴⁾。

3. モデルとデータセット

地表水中ヒ素濃度推定モデルは氾濫水理計算にSS濃度計算とヒ素輸送計算を組み込むことで構成される⁵⁾。

標高はUSGS（アメリカ地質調査所）が公開しているHydroSHEDSから得た。水位、日降水量、SS濃度はメコン

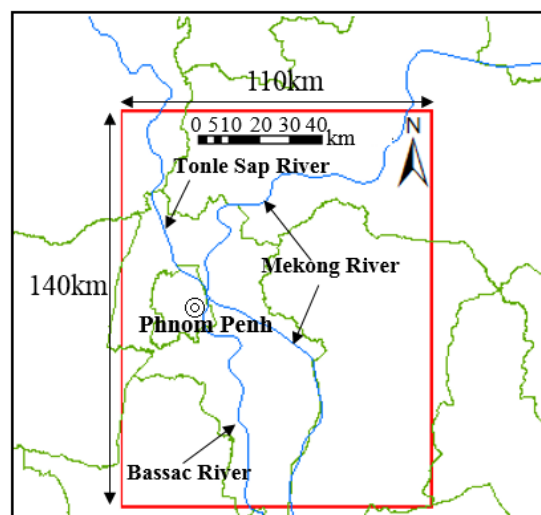


図-1 計算対象領域

河委員会が収集・編集したデータを利用した。人口分布はカンボジア保健省ホームページ⁶⁾のGISデータから得た。水位の境界条件は、小規模洪水年で1998年、大規模洪水年で2000年の水位データを用いた。洪水規模は49年間のコンポンチャム地点の水位データを用いて、洪水期平均水位が9.23m-11.11mの年を中規模氾濫年とし、それ以下を小規模氾濫年、それ以上を大規模氾濫年とした。

4. 結果と考察

4.1 洪水氾濫規模が地表水中ヒ素濃度に及ぼす影響

図-2に計算開始から212日経過時（以下、雨季中盤）と304日経過時（以下、雨季終盤）の小規模氾濫年および大規模氾濫年の地表水中ヒ素濃度を示す。ここでは、図-2中の①に示すメコン河とトンレサップ川に挟まれる氾濫原に着目する。雨季中盤において、小規模氾濫年では一部の地表水中ヒ素濃度は20μg/l以上であったが、大規模氾濫年では0-5μg/lの濃度が一帯に広がった。小規模氾濫年では氾濫原においても水が浸らない場所があり、水の浸る終点にヒ素は集中して溜まるため、地表水中ヒ素濃度は高濃度に推定されたと考えられる。一方、大規模氾濫年では水が一帯に浸ることから、ヒ素は下流域に移流し、濃度が低下したと考えら

キーワード ヒ素，地表水，カンボジア，メコン河

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL022-795-7459

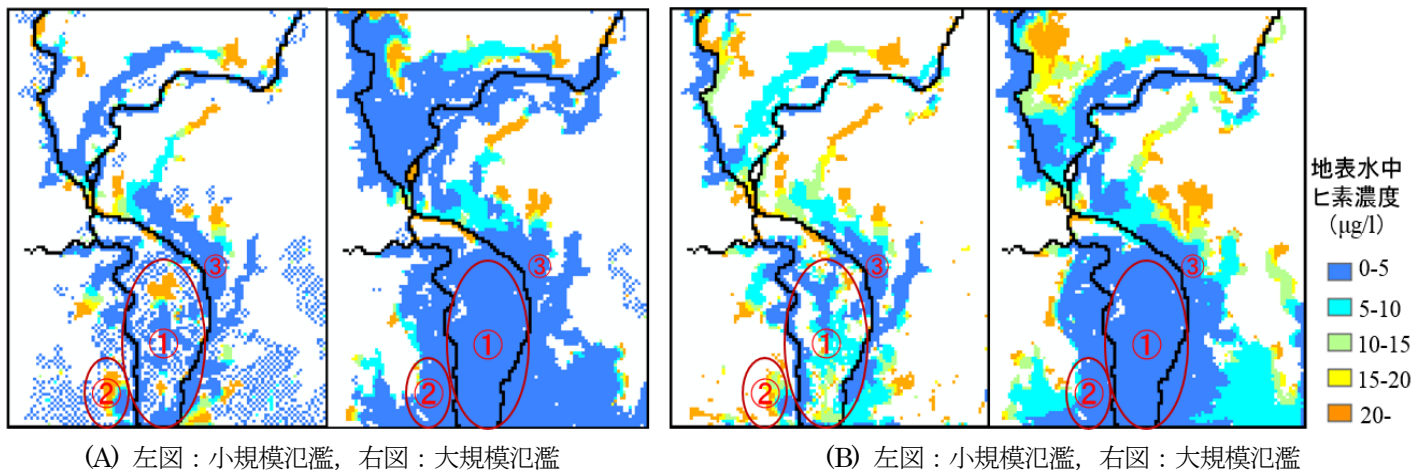


図-2 地表水中ヒ素濃度 ((A): 雨季中盤, (B): 雨季終盤)

れる。雨季終盤では、小規模氾濫年において、雨季中盤で $20\mu\text{g/l}$ に以上であった地点で濃度は減少したが、雨季中盤に $0-5\mu\text{g/l}$ であった地点では濃度が上昇した。この濃度の増加は浸水の継続による土壌からのヒ素溶出が要因と考えられる。1日当たりの土壌からのヒ素溶出量は浸水継続日数が長くなるにつれて増加する⁵⁾。そのため、雨季終盤ではヒ素溶出量の増加に伴いヒ素負荷量が増加し、地表水中ヒ素濃度も増加したと考えられる。一方、大規模氾濫年でも同様の理由からヒ素負荷量が増加し、さらに、水深は小規模氾濫年と同等であった。しかし、大規模氾濫年では水が一带に浸っているため、ヒ素は下流に移流し、地表水中ヒ素濃度は増加しなかったと考えられる。

4.2 地表水中ヒ素の魚への影響

Rosso⁷⁾の結果から、地表水中ヒ素濃度と魚のヒ素濃度は強い相関（相関係数 0.9989）を持つ種もあるが、相関関係の弱い種（相関係数 0.02）や負の相関を持つ種もあることが示された。このように、魚のヒ素濃度と地表水中ヒ素濃度の関係は種に依存する可能性があるが、本研究では地表水中ヒ素と魚のヒ素濃度が相関を持つ種を想定し、地表水中ヒ素濃度が魚へ与える影響を評価する。

図-2 中の②に示す領域では、雨季中盤、雨季終盤ともに大規模氾濫年では、地表水中ヒ素濃度が $0-5\mu\text{g/l}$ と低濃度であることが推定された。しかしながら、小規模氾濫年では雨季中盤で $10\mu\text{g/l}$ 以上、雨季中盤では $20\mu\text{g/l}$ 以上と比較的高濃度の地表水中ヒ素濃度が推定された。このように、洪水規模や時期によって比較的高い地表水中ヒ素濃度が推定される地点では、ヒ素濃度の高い魚が生息する可能性が示唆される。一方で、③で示す領域では洪水規模や時期に関係なく、 $0-5\mu\text{g/l}$ の低い地表水中ヒ素濃度が推定された。このような、

常時地表水中ヒ素濃度が低く推定される地点では、ヒ素濃度の低い魚を捕獲できる可能性が示唆される。

5. まとめ

本研究により、氾濫原において小規模氾濫年では雨季中盤と雨季終盤のどちらも地表水中ヒ素濃度が一部高濃度となる地点が推定されたが、大規模氾濫年では雨季中盤と雨季終盤のどちらも小規模氾濫年に比べて地表水中ヒ素濃度は低濃度であることが示された。このことから、地表水中ヒ素濃度は洪水氾濫規模の影響を受けることが示された。また、地表水中ヒ素濃度は洪水規模だけでなく、時期によっても変化することが示された。地表水中ヒ素濃度と魚のヒ素濃度に相関を持つ種は、洪水規模や時期によって地表水中ヒ素濃度が変化するような地点では、ヒ素濃度が高い魚が生息する可能性があることが示唆された。

謝辞： 本研究は、科学研究費補助金（代表：風間聡：15H05218）、の支援により実施された。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) Garai, R., Chakraborty, A. K., Dey, S. B. et al.: Chronic arsenic poisoning from tube-well water, *J Indian Med Assoc.* 82, pp.34-35, 1984.
- 2) Fredericks, D.: Situation analysis arsenic contamination of groundwater in Cambodia. Report, January 2004. Phnom Penh, Cambodia, UNICEF, 2004
- 3) Global Water Intelligence, Global Water Market, 2011.
- 4) FAO AQUASTAT (<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>)
- 5) 佐藤 剛, 小森 大輔: メコン河氾濫域における地表水中ヒ素濃度推定モデルの構築. 水工学論文集, 第61巻(印刷中)
- 6) カンボジア保健省HP (<http://www.moh.gov.kh/>)
- 7) Juan Jose Rosso, Nahuel E. Schenone, Alejo Perez Carrera, Alicia Fernandez Cirelli: Concentration of arsenic in water, sediments and fish species from naturally contaminated rivers, 35, pp.201-214, 2013.