

| | | | |
|---|--|----|-----------------------|
| 京都大学 | 博士 (工学) | 氏名 | Nguyen Thi Phuong Mai |
| 論文題目 | Study on Assessment and Adaptation to Saltwater Intrusion under the Impacts of Tide, Sea-Level Rise, Flow and Morphological Changes in the Vietnamese Mekong Delta (ベトナム・メコンデルタにおける塩水遡上に及ぼす潮汐・海面上昇および流況・河道地形変化の影響評価および適応策に関する研究) | | |
| (論文内容の要旨) | | | |
| <p>本研究は、ベトナム・メコンデルタにおける農業水利などの水資源管理にとって重要な、河川の塩水遡上に伴う塩分濃度分布に及ぼす流況並びに河道地形変化・潮汐・海面上昇の影響評価及び適応策の検討を行うことを目的としており、全体8章から構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、メコン川とベトナム・メコンデルタの概要及び上流ダム群、海面上昇、潮汐などの影響の考え方について概説した上で、本論文の研究目的を示している。</p> <p>第2章では、塩水遡上に影響を及ぼす可能性のあるさまざまな要素のうち、上流のダム開発による河川の流況や流砂量の変化、流砂量の減少に伴う河道地形の変化(河床低下)、並びに、潮汐や気候変動の影響に伴う海面上昇などに関する既往の研究成果についてとりまとめ、どの要素が支配的であるのか、乾季に淡水を取水するためにどのような適応策が考えられるのかについて論評している。</p> <p>第3章では、本論文における研究手法として、河道の流れ構造や塩分濃度に関する現地調査、定点モニタリングおよび1次元数値モデル(MIKE 11)を統合した方法論を説明している。特に、2017年から複数年にわたってメコン川下流部の河道で行ったADCPによる河川内の流速分布やCastAwayによる塩分濃度分布の詳細調査の手法について概説している。</p> <p>第4章では、メコン川上流の水力発電ダムがベトナム・メコンデルタの長期的な流況変化や水位変動に及ぼす影響について、既往データを統計的に分析している。その結果、流域全体で雨期の洪水ピーク流量が減少するとともに、洪水ピークが従来より1か月遅れて発生していること、一方、乾季の流量がChaing Saenで約21%、Kratieで約35%増加していること、さらに、乾季が12月から始まるのに対して、流量は3月から5月までしか増加しないため、塩分濃度の上昇は12月から始まり、2月にピークを迎えることを明らかにしている。</p> <p>次に、上流のダム操作に伴う河川の流況の変化が下流部の塩水遡上、特に塩分濃度や侵入長に与える影響について、1次元数値モデル(MIKE 11)を用いて2つのシナリオで分析することに成功している。その結果、仮に雨期の始まりにおいて上流ダムから現状よりも1か月早く水を放流することが出来れば、Dai NgaiとTra Vinhで流量がそれぞれ5.1%と6.9%増加し、塩分濃度は11.6%と15.9%減少すること、また、塩水侵入の長さも全ての支流で約4~7km減少する可能性があることを明らかにした。</p> <p>第5章では、メコン川の2つの主要流路であるHau川とTien川について、1次元数値モデルを使用して塩水遡上に対する河道地形変化の影響度について評価している。上流ダム群に伴う影響により、ベトナム・メコンデルタの平均流砂量は1993年以前の166.4Mtから2012年以降は42.3Mtに減少しており、その結果、Hau川とTien川では河道の主流路が平均で0.22m/年と0.34m/年の速度で河床低下していることが明らかとなっている。この結果をもとに、数値計算モデルを用いて20016年から2025年の8年間における塩分侵入に対する河床低下の影響を分析した結果、1.76mと2.76mの河床低下により塩分濃度が0.8~0.9 psu増加し、塩分濃度の等値線が1.8kmと4.5km上流に移動する可能性があることを明らかにした。</p> | | | |

| | | | |
|------|---------|----|-----------------------|
| 京都大学 | 博士 (工学) | 氏名 | Nguyen Thi Phuong Mai |
|------|---------|----|-----------------------|

第6章では、Hau川とCo Chien川に沿った50kmの流程を対象に、現地観測データと1次元数値モデルを組合せることによって、海面上昇と潮汐が塩分遡上に与える影響について検討を行っている。今後の気候変動により、メコン川下流のVung Tauにおいて海面が年間約5.25mm上昇することが予想され、今後5年間で海面が26.25mm上昇すると、塩分等値線がさらに4~7 km上流に移動し、塩分濃度が1.4~1.9psu増加することを明らかにした。

次に、潮汐の影響について、干満時の垂直方向と縦断方向の塩分濃度の時間的変化を詳細に示すことに成功している。具体的には、毎日の潮汐サイクルでは、最大塩分濃度が河床付近で発生し、最大水位の発生時刻から1~3時間遅れること、小潮から大潮への移行期間（大潮の3~7日前）に最大塩分濃度が発生することを明らかにしている。また、大潮では、TranDe、DinhAn、CoChienの各支川の0.4 psuの塩分濃度の等値線が、小潮よりもそれぞれ14.3 km, 15 km, 16.5 km上流に移動することを明らかにしている。

第7章は、塩分濃度を管理するために、主要流路からベトナム・メコンデルタ内部に接続する支川に水門を設置し、塩水濃度をモニタリングして、塩水遡上のタイミングで水門を閉鎖することで塩水の侵入を遮断する方法や、支川が分岐している区間の両側に同様に水門を設置して、塩水の影響を受けないように淡水を貯留する方法などの適応策について提案を行うとともに、その効果を示している。さらに、メコン川本川の河口部に土砂を投入することでマウントを設置し、塩水の遡上をブロックする方法についても検討を行っている。

第8章は結論であり、研究成果を要約するとともに、今後の課題を示している。

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、近年環境変化の著しい越境河川であるメコン川のベトナム・メコンデルタにおける農業水利などの水資源管理にとって重要な河川の塩水遡上問題に焦点を当て、実際に河川水中の塩分濃度分布に及ぼす河川の流況、河道地形変化、潮汐および気候変動に伴う海面上昇の各要素の影響評価並びに安全に淡水を取水するための適応策の検討を行うことを目的としており、得られた主な成果は次のとおりである。

1. メコン川上流の水力発電ダムの流量制御により、下流部のベトナム・メコンデルタに到達する雨季の洪水ピーク流量が減少する一方、乾季の流量は20-30%程度増加している。塩水遡上に対しては、雨季から乾季にかけての流量減少が大きく影響しており、塩分濃度の上昇が12月から始まり、2-3月にピークを迎えている。

2. 1次元数値モデルを用いたシナリオ分析により、乾季の始まりである2-3月に上流ダムからの放流量を増加させることが出来れば、塩分濃度を11~15%程度減少させ、また、塩水侵入の長さも約4~7km減少させることができる可能性がある。

3. 上流ダム群に伴うベトナム・メコンデルタへの平均流砂量の減少により、Hau川とTien川では河道の主流路が平均で0.22m/年と0.34m/年の速度で河床低下しており、2016年から2025年の8年間の変化を予測した結果、1.76mと2.76mの河床低下が塩水遡上を促進することにより、塩分濃度が0.8~0.9psu増加、また、塩分濃度の等値線が1.8kmと4.5km上流に遡上する可能性があることが明らかとなった。

4. 今後の気候変動により、メコン川下流のVung Tauにおいて海面が年間約5.25mm上昇することが予想され、今後5年間で海面が26.25mm上昇すると、塩分等値線がさらに4~7km上流に移動し、塩分濃度が1.4~1.9psu増加することを明らかにした。

5. 毎日の潮汐サイクルでは、最大塩分濃度が河床付近で発生し、最大水位の発生時刻から1~3時間遅れること、小潮から大潮への移行期間(大潮の3~7日前)に最大塩分濃度が発生することを明らかにした。

6. 塩分濃度を管理するために、主要流路から接続する支川に水門を設置し、塩水濃度をモニタリングしながら塩水遡上のタイミングで水門を閉鎖して塩水侵入を遮断する方法や、支川内で淡水を貯留する方法、さらに本川河口部に土砂を投入することでマウントを設置し、塩水遡上をブロックする方法などの適応策について提案を行った。

以上のように、本研究では、ベトナムの穀倉地帯であるベトナム・メコンデルタの水資源管理に及ぼす塩水遡上の影響について、上流ダム群の影響や河道地形変化さらには潮汐や海面上昇による影響を含めて総合的に評価することに成功するとともに、その適応策についても提案しており、水工計画上寄与することが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和4年4月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。