

## 4. メコン川本川におけるダム貯水池建設・運用が 河川流況へ与えた影響に関する基礎的検討

志村 拓未<sup>1</sup>・松浦 拓哉<sup>2</sup>・小山 直紀<sup>3</sup>・手計 太一<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 中央大学大学院 理工学研究科都市人間環境学専攻 (〒112-8551 文京区春日 1-13-27)

E-mail: a18.wemj@g.chuo-u.ac.jp (Corresponding Author)

<sup>2</sup> 正会員 中央大学助教 理工学部都市環境学科 (〒112-8551 文京区春日 1-13-27)

E-mail: tmatsuura274@g.chuo-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 中央大学機構助教 研究開発機構 (〒112-8551 文京区春日 1-13-27)

E-mail: knaoki002@g.chuo-u.ac.jp

<sup>4</sup> 正会員 中央大学教授 理工学部都市環境学科 (〒112-8551 文京区春日 1-13-27)

E-mail: ttebakari896@g.chuo-u.ac.jp

近年、東南アジア最大の国際河川であるメコン川では、沿川国による大規模な水資源開発によって、様々な水問題を抱えている。本研究の目的は、メコン川本川のダム貯水池が河川流況に与えている影響を評価することである。本研究では、1993年にメコン川本川に初めて建設された Manwan ダムを含めて 13 基のダムを検討対象とした。本川の水文観測所の流量データに対して Mann-Kendall 検定を行い、解析対象期間を 1969～2019 年とした。1993 年を基準としてダム開発前後の流況について解析した。その結果、ラオスから下流において乾期の月流量と低水流量の有意な増加が認められた。一方ラオス国内では高水流量の有意な減少傾向が得られた。以上から、メコン川本川のダム貯水池が流況に大きく影響していることを明らかにした。

**Key Words:** Mann-Kendall test, reservoir, water resource development, the Mekong River basin

### 1. はじめに

第 2 次世界大戦後の世界では、開発途上地域における大幅な死亡率低下を受けて人口が急増し、人口爆発が起こった。20 世紀初頭では約 16 億人だった世界人口は 21 世紀初頭の現在において約 78 億人にまで達している。この急激に増加した人口によって、水資源の需要は大幅に増加し、全世界の 4 人に 1 人が深刻な水資源不足に直面している<sup>1)</sup>。さらに、人口増加によって需要が増加した電力についても、現在でも供給が追いついていない地域があることが問題となっている<sup>2)</sup>。これらの問題を解決するために水資源開発によるダム貯水池建設は必須と言える。

大規模ダム貯水池の建設は 20 世紀後半から全世界的に増加し、2016 年時点において、堤高 15 m を超えるダム貯水池の数は世界に約 50,000 基、さらに堤高 15 m より小さいものを含めると数百万基存在し、その総水力発電設備容量は 1,247 GW であると推定されている<sup>3)</sup>。今後、COP21 パリ協定が目標として掲げる「21 世紀後半には、

温室効果ガス排出量と吸収量のバランスをとること」を達成するため、そして今後増大する世界的な人口増加による電力不足を緩和するために、ダム貯水池の建設はさらに増加し続けると考えられる<sup>4)</sup>。実際に、全世界で 2050 年までに堤高 15 m 以上のダムを 3,700 基以上建設する計画があり、総発電設備容量は 2,000 GW に達する<sup>5)</sup>。

しかし、ダム貯水池開発の増加は、特に下流域の河川流量特性を変化させてしまう可能性が極めて大きい。一般的に、ダム貯水池運用による流量調整は、高水流量を減少させ、低水流量を安定化させる。このように、河川流量の 1 年を通じた自然変化を改変することは、河道の形状や河川内の生態系に影響を及ぼすことが懸念される。例えばアマゾン川やコンゴ川では、多様な生態系を含んだ河川流域に集中してダム貯水池の建設が計画されており、その流域内の食糧生産に悪影響を生じさせ、多くの流域住民は貧困に陥っている<sup>6)</sup>。

東南アジアを代表する河川のメコン川流域も大規模な水資源開発の影響を受けている地域の一つである。メコン川は中国からベトナムまでの 6 カ国を流れる国際河川

であり、約 6,500 万人にも及ぶ流域住民の社会経済を支える重要な水源である<sup>7)</sup>。しかし、上流域に位置する中国は、1990年代から2019年に至るまで少なくとも11基のダムをカスケード状に建設するなど大規模な水資源開発を行っており、中・下流域は様々な水問題を抱えている<sup>8)</sup>。例えば、下流域国であるベトナムとカンボジアは、農業や漁業をメコン川に依存しており、メコン川の流量に影響を与える可能性がある上流域の水資源開発に異議を唱え、上流域国と対立している<sup>9)</sup>。メコン川委員会(以降、MRC)を通じた河川開発コンセンサスを得る仕組みはあるものの、正確な水資源開発の実態は不透明なのが実情である。少なくとも河川流量変動の実態を明らかにすることは、メコン川流域の水問題を解決するために極めて重要な視点である。

Huy et al.はメコン川本川のダムがベトナムの南部に位置するメコンデルタへ与えるリスクを評価した<sup>10)</sup>。その結果、ダム開発による堆積物の減少によって塩水侵入の可能性があると述べていた。塩水侵入は農産物やエビの養殖、飲み水の確保などメコンデルタに住む人々の生活に悪影響を及ぼしている。また、新たな8つのダム建設による影響をシナリオ予測を用いて評価すると、2030年までに堆積物が9,000万 ton/yearから2,000万 ton/yearへ減少し、淡水漁業による漁獲量が最低でも55万 ton/year減少すると示唆していた。

以上を鑑み、本研究の目的は、データや情報の公開が一定水準にあるメコン川本川の水資源開発による河川流況への影響を明らかにすることである。

## 2. 対象地域

図-1は本研究対象領域のメコン川流域である。同図には本研究で使用した流量の観測所とメコン川本川のダムの所在地をそれぞれ併記した。本研究で用いた9地点の水文観測所(Chiang Saen, Luang Prabang, Chiang Khan, Nong Khai, Nakhon Phanom, Mukdahan, Khong Chiam, Pakse, Stung Treng)を上流から下流にかけて昇順に番号を割り振り、同様に図-1に明記した。

メコン川は全長約4,800 km、流域面積約795,000 km<sup>2</sup>であり、年間平均流量は約15,000 km<sup>3</sup>/yearである<sup>11)</sup>。メコン川の年間平均流量は世界で10番目に多く、最も生産性の高い内陸漁業が行われ、アマゾンに次ぐ水生生物多様性と淡水捕獲漁業が豊富な地域である<sup>12)</sup>。メコン川本川は、標高の高い上流域における融雪とアジアモンスーンによる特徴的な流動パターンを有しており、流域平均的には6~11月までは雨期、12~5月までは乾期と位置づけられている<sup>13)</sup>。雨期では、年間流量の75%を占めるほどの大規模な洪水が下流域で発生するほど降雨量が

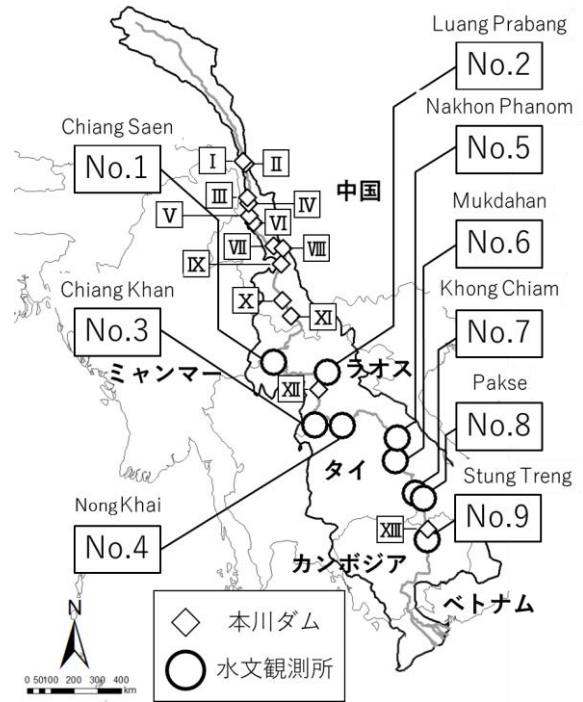


図-1 メコン川本川の水文観測所及びダムの一覧

表-1 図-1に記されているダムの名称、所在国、稼働開始年、総貯水量、及び設備容量

No	ダム名	所在国	稼働開始年	総貯水量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	設備容量 (MW)
I	Wunonglong	中国	2018	256	990
II	Lidi	中国	2018	75	420
III	Huangdeng	中国	2017	1549	1900
IV	Dahuaqiao	中国	2018	293	900
V	Miaowei	中国	2017	660	1400
VI	Gouggoqiao	中国	2012	316	900
VII	Xiaowan	中国	2009	14560	4200
VIII	Manwan	中国	1993	316	1750
IX	Dachaoshan	中国	2002	890	1250
X	Nuozhadu	中国	2012	23703	5850
XI	Jinghong	中国	2008	1140	1750
XII	Xayaburi	ラオス	2019	1300	1285
X III	Don Sahong	ラオス	2019	2.5	260

多い<sup>14)</sup>。乾期には、下流域に流れるメコン川本川の流量の35%が中国国内流域由来のものであることから、上流域国の水資源開発が下流域国の河川流量に与える影響は大きい<sup>15)</sup>。

表-1は図-1に示したダムに割り振った番号に対応するダムの名称、所在国、稼働開始年、総貯水量及び設備容量である<sup>16)</sup>。メコン川本川のダム開発は、1993年に最上流域国である中国が建設したManwanダムから始まったが、水力エネルギーに対する市場需要の減少と1998年から1999年に起きたアジア金融危機に伴うメコン川流域内諸国の財政難により下流域国のダム開発はほとんど行われなかった<sup>17)</sup>。2010年代では、総貯水量が10 km<sup>3</sup>

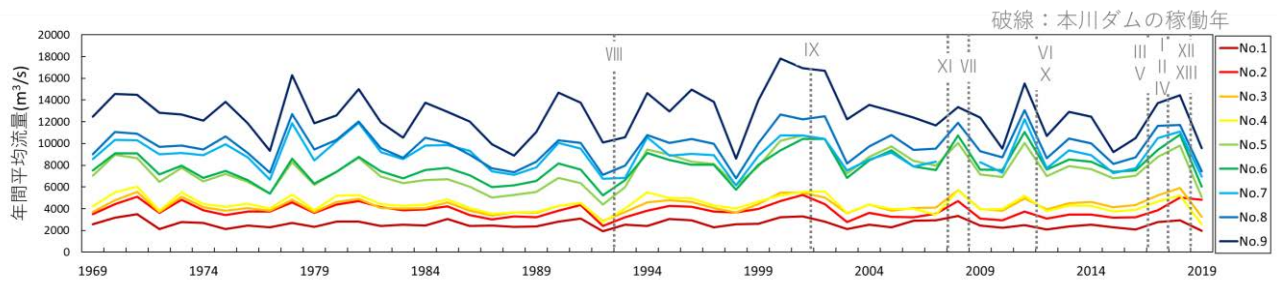


図-2 各観測所における年平均流量の経年変化と本川ダムの稼働年

を超える Xiaowan ダムと Nuozhadu ダムを含む大規模ダムが中国に建設され、2019年に至るまで少なくとも中国の大規模ダムが 11 基確認されている。メコン川本川の年間平均総流量は 475 km<sup>3</sup>と推定されているが、Xiaowan ダムと Nuozhadu ダムだけで 38.2 km<sup>3</sup>貯水可能で、これはメコン川の年間平均総流量の約 8 %に相当する<sup>18)</sup>。中国のカスケード状に建設されたダムによる季節外れの流量の変化によって下流域の水環境に悪影響が生じており、実際に 2019 年に起こった渇水は中国によるダム貯水池運用が原因とされており下流域国から非難が集まった<sup>19)</sup>。また、2019年にラオス国内に Xayaburi ダムと Don Sahong ダムが建設された。ラオスは MRC 加盟国の同意なく Xayaburi ダム建設を強行した<sup>20)</sup>。ダム完成以降、ダム下流に土砂が流れず水環境が大きく変化した<sup>21)</sup>。さらに 2019 年以降、ラオスは Pak Beng ダムや Luang Prabang ダム、Sanakham ダムなど、メコン川本川にさらなるダム建設を計画しており、他の MRC 加盟国から非難を受けている<sup>22)</sup>。

### 3. 使用データと解析方法

本研究で用いた 9 地点の観測流量データは MRC が提供するデータを用いた。解析対象期間は全地点で概ね安定してデータがある 1969～2019 年とした。地点によっては、期間内に数日程度欠測しているため、前後観測値を用いて線形的にデータを補間した。図-2 は解析対象期間である 1969～2019 年の各観測所における年平均流量の経年変化である。同図に記載されている番号は図-1 と表-1 に記載されている水文観測所とダムである。図-2 より概ね上流から下流に向けて河川流量は増加している。1992 年に Manwan ダム(表-1 : VIII)が建設されて以降、明らかに No.5, No.6 の年平均流量が増加していることがわかる。また、Gougogqiao ダム(表-1 : VI)と Dachaoshan ダム(表-1 : X)が建設された 2012 年以降の No.3 と No.4 を比較すると流量が逆転しており、ダム貯水池の運用による影響が推察される。さらに、Xayaburi ダム(表-1 : XII)と Don Sahong ダム(表-1 : XIII)が建設された 2019 年の No.2 とそれより下流に位置する観測所を比較すると、No.2 の

流量は前年と比較して同等にもかかわらず、それ以降の下流に位置する観測所では前年と比較して大きく流量が減少している。これは Xayaburi ダムが No.2 と No.3 の間に建設されたことが原因であると考えられる。このことから、Xayaburi ダムは中流域のラオスが建設したダムであるため、2019 年のメコン川下流域国における渇水<sup>19)</sup>の原因は上流域国の河川流量操作によるものではないと推察される。

本研究では、さらに詳しく傾向を分析するためにノンパラメトリック法の一つである Mann-Kendall 検定(以降、MK 検定)を用いて統計分析を行った<sup>23)</sup>。対象データは、9 地点の観測流量を用い、流況曲線の経年変化と各月の変化に対して MK 検定を用いてトレンド検定を行った。メコン川本川で初めて 1993 年に建設されたダム貯水池である Manwan ダムを基準として、水資源開発前期間を 1969～1992 年(以降、開発前期間)、水資源開発影響のを含めた期間を 1969～2019 年(以降、開発考慮期間)としてトレンド検定を行った。

### 4. 解析結果

#### (1) 月毎に対するトレンド検定結果

図-3 は図-1 に記された各観測所における開発前期間(1969～1992 年)と開発考慮期間(1969～2019 年)の月毎の流量を対象に MK 検定を行った比較である。同図には、MRC が提供するデータを基に観測所間に流入する支川上のダムの数、総設備容量、本川上のダムの名称と Google Map で測定した凡その観測所間の距離を併記した。全ての観測所において、乾期における流量がダム開発によって増加していることが明瞭である。また、開発考慮期間における雨期の流量は Xayaburi ダムを境に変化があり、Xayaburi ダムより上流側の流量は雨期において減少傾向にあり、水資源開発前と比べて、減少傾向である月が増えている。しかし、Xayaburi ダムより下流側の流量において、開発前期間における減少傾向が認められた月が複数の観測所で確認出来たにもかかわらず、開発考慮期間内では No.4 でしか確認できなかった。

No.2 より下流の観測所において開発考慮期間内の雨期

Z が有意水準5%を超えない													
有意水準0.1%(増加傾向)						有意水準0.1%(減少傾向)							
有意水準1%(増加傾向)						有意水準1%(減少傾向)							
有意水準5%(増加傾向)						有意水準5%(減少傾向)							
No	検定期間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												
観測所間距離：約353 km													
支川上のダムの数：7，支川上のダムの総設備容量：967 MW													
2	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												
観測所間距離：約323 km													
支川上のダムの数：2，支川上のダムの総設備容量：190 MW													
観測所間にあるダム：XII Xayabouri ダム													
3	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												
観測所間距離：約174 km													
支川上のダムの数：28，支川上のダムの総設備容量：3639 MW													
4	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												
観測所間距離：約332 km													
支川上のダムの数：1，支川上のダムの総設備容量：6.3 MW													
5	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												
観測所間距離：約99 km													
6	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												
観測所間距離：約218 km													
支川上のダムの数：7，支川上のダムの総設備容量：340 MW													
7	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												
観測所間距離：約45 km													
支川上のダムの数：25，支川上のダムの総設備容量：4227 MW													
8	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												
観測所間距離：約197 km													
観測所間にあるダム：X III Don Sahong ダム													
9	開発前期間 (1969~1992)												
	開発考慮期間 (1969~2019)												

図-3 各観測所における開発前期間(1969~1992)と開発考慮期間(1969~2019)の月毎を対象に行ったMK検定結果の比較と観測所間の支川におけるダムの数と総設備容量と観測所間の距離

流量について減少傾向が認められなかったのは、2つの原因が考えられる。一つは観測所間にある支川と支川上のダム貯水池運用による影響である。No.2より下流に

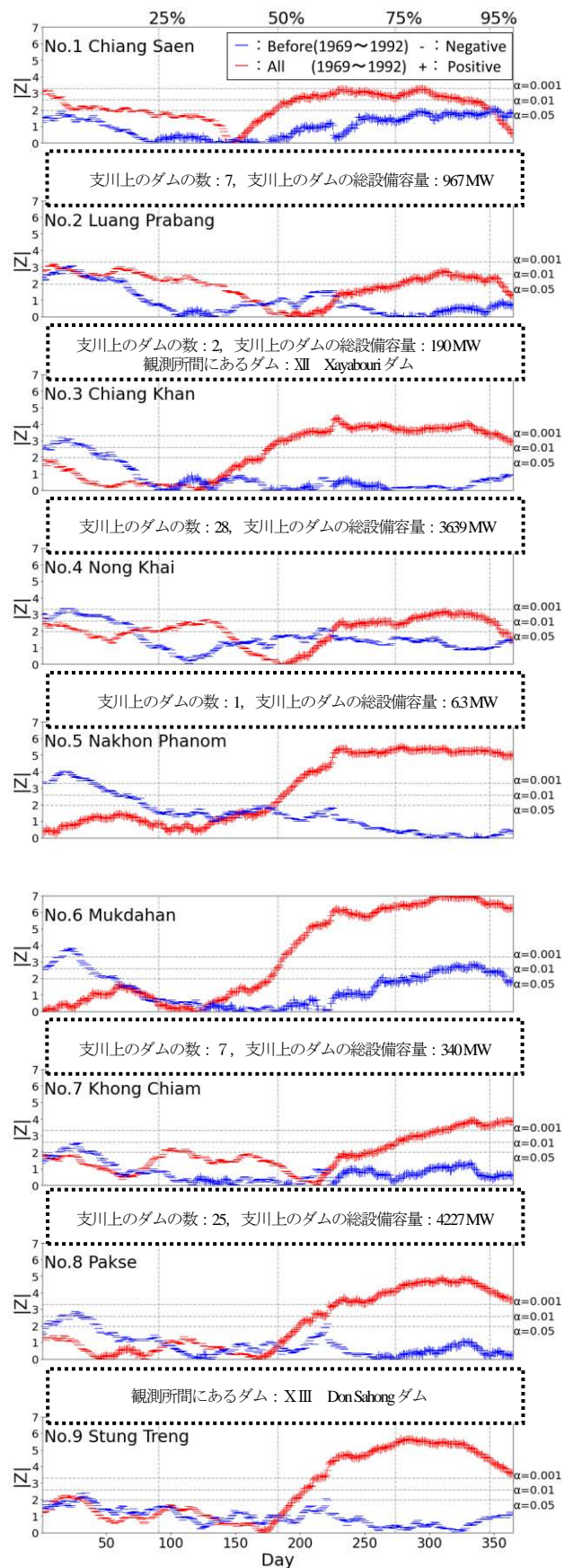


図-4 各観測所における開発前期間(1969~1992)と開発考慮期間(1969~2019)の流況曲線の経年変化に対して行ったMK検定結果の比較と観測所間の支川におけるダムの数と総設備容量

は、流域面積 119,180km<sup>2</sup>のタイ北東部に位置するムン・チー川や最大面積 16,000 km<sup>2</sup>のトンレサップ湖を含むカンボジアのトンレサップ川などの支川がいくつも存在し、それらの支川上には、総設備容量 8,399 MW の 63 基のダムが存在する。ゆえに、雨期における支川から本川への流入量に変動したことが考えられる。もう一つはラオスのダム貯水池運用による影響である。図-2 にも示している通り、Xayaburi ダムと Don Sahong ダムが建設された 2019 年の流量傾向は他の年における流量傾向とは明らかに異なる。特に Xayaburi ダムを境に流量が減少していることと、Xayaburi ダムが上流域国の本川ダムと比べても大規模であることから、ラオスの Xayaburi ダムによるダム貯水池運用が河川流況に影響を及ぼしたことが考えられる。

## (2) 流況曲線の経年変化に対するトレンド検定結果

図-4 は図-1 に記された各観測所における開発前期間(1969～1992年)と開発考慮期間(1969～2019年)の日流量を降順に並べ、各日を対象にMK検定を行った比較である。赤が開発考慮期間、青が開発前期間の統計量Zであり、マーカーによって増加傾向か減少傾向かを表している。同図には、観測所間に流入する支川上のダムの数、総設備容量、本川上のダムの名称及び、25%流量、50%流量、75%流量、95%流量にそれぞれ対応した破線を併記した。全ての観測所において、開発考慮期間と開発前期間を比較すると、低水の増加傾向における統計量Zが増加していた。しかし、高水の減少傾向はほとんど認められず、最大流量から25%流量の間で統計量Zが増加し、かつ有意水準5%を超えているのはNo.1, No.2, No.4の3地点のみだった。

図-5 は図-4 の開発前期間(1969～1992年)と開発考慮期間(1969～2019年)における25%流量、50%流量、75%流量、95%流量の比較である。同図には、図-3と同様の補足を併記した。全ての地点で開発前期間に比べ、開発考慮期間の75%流量、95%流量の増加傾向における統計量Zは高いが、25%流量はNo.2のみ減少傾向が認められた。この結果から、1993年から2019年においてはダム貯水池運用における高水の流量操作は下流域に影響するほど大きくなかったことがわかった。また、No.2はXayaburiダムに近いことから、雨期においてはNo.2で観測された流量はXayaburiダムの影響を受けていることが考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、MK検定を用いてメコン川本川における水資源開発が河川流況へ与えた影響を評価した。その結

Zが有意水準5%を超えない					
有意水準0.1%(増加傾向)		有意水準0.1%(減少傾向)			
有意水準1%(増加傾向)		有意水準1%(減少傾向)			
有意水準5%(増加傾向)		有意水準5%(減少傾向)			
No	検定期間	25% (91日)	50% (183日)	75% (274日)	95% (347日)
1	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				
↓ 観測所間距離：約353 km					
支川上のダムの数：7、支川上のダムの総設備容量：967 MW					
2	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				
↓ 観測所間距離：約323 km					
支川上のダムの数：2、支川上のダムの総設備容量：190 MW					
観測所間にあるダム：XII Xayabouri ダム					
3	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				
↓ 観測所間距離：約174 km					
支川上のダムの数：28、支川上のダムの総設備容量：3639 MW					
4	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				
↓ 観測所間距離：約332 km					
支川上のダムの数：1、支川上のダムの総設備容量：6.3 MW					
5	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				
↓ 観測所間距離：約99 km					
6	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				
↓ 観測所間距離：約218 km					
支川上のダムの数：7、支川上のダムの総設備容量：340 MW					
7	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				
↓ 観測所間距離：約45 km					
支川上のダムの数：25、支川上のダムの総設備容量：4227 MW					
8	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				
↓ 観測所間距離：約197 km					
観測所間にあるダム：XIII Don Sahong ダム					
9	開発前期間 (1969～1992)				
	開発考慮期間 (1969～2019)				

図-5 各観測所における開発前期間(1969～1992)と開発考慮期間(1969～2019)の流況曲線の経年変化に対して行ったMK検定結果を25%流量、50%流量、75%流量、95%流量で比較と観測所間の支川におけるダムの基数と総設備容量と観測所間の距離

果、ダム貯水池建設・運用によって中流から下流域における乾期の月流量や低水流量の特に有意な増加傾向が認められた。例えば、Xayaburiダムが建設された2019年の流量は建設前と比較すると異なる変化傾向を示していた。一方、解析対象領域の上流部に位置するNo.1とNo.2における雨期の月流量や高水流量の有意な減少傾向が認

められた。これは解析対象領域よりさらに上流域における何らかの水資源開発に因るものと推察される。

今後、より厳密に水資源開発の影響を議論するために、これから増え続ける流域内のダム貯水池の影響、特に支川による影響評価が必須である。

## 参考文献

- 1) The joint WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme: Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: Five years into the SDGs, pp.28-47, 2021.
- 2) Rio+20: The Future We Want. Outcome Document of the United Nations Conference on Sustainable Development, pp.29-64 2012.
- 3) Berga, L., Buil, J. M., Bofil, E., De Cea, J. C., Garcia Perez, J. A., Manuco, G., Polimon, J., Soriano, A. and Yaguee, J. : Dams and Reservoirs, Societies and Environment in the 21st Century, CRC Press, 2006.
- 4) UNFCCC : PARIS AGREEMENT, pp.4, 2016.
- 5) 国際エネルギー機関: 技術ロードマップ, pp.8, 2012.
- 6) Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., Baird, I. G., Darwall, W., Lujan, N. K., Harrison, I., Stiassny, M. L. J., Silvano, R. A. M., Fitzgerald, D. B., Pelicice, F. M., Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Albert, J. C., Baran, E., Petere, M., Zarfl, C., Mulligan, M., Sullivan, J. P., Arantes, C. C., Sousa, L. M., Koning, A. A., Hoeninghaus, D. J., Sabaj, M., Lundberg, J. G., Armbruster, J., Thieme, M. L., Petry, P., Zuanon, J., Torrente-Vilara, G., Snoeks, J., Ou, C., Painboth, W., Pavanelli, C. S., Akama, A., Soesbergen, A. and Saenz, L. : Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong, Science, Vol.351, No.6269, pp.128-129, 2016.
- 7) Brian Eyster : Last Days of the Mighty Mekong, Zed Books, 2019.
- 8) MRC : <https://www.mrcmekong.org/news-and-events/news/the-effects-of-chinese-dams-on-water-flows-in-the-lower-mekong-basin/>. (2022年5月30日閲覧)
- 9) Yoshida, Y., Lee, S. H., Trung, H. B., Tran, D.H., Lall, M. K., Kakar, and K. Xuan, T.D.: Impacts of Mainstream Hydropower Dams on Fisheries and Agriculture in Lower Mekong Basin, Multidisciplinary Digital Publishing Institute Sustainability, Vol.12, No.6, pp1-21, 2020.
- 10) Huy, B. L., Le, H. and Xuan, H. N.: The Harmful Effect of the Hydro-Electric Dams Upstream of the Mekong River: Effect on the Ecosystems and Livelihoods of People in Mekong Delta, Water Conservation Science and Engineering, No.7, pp.1-20, 2022.
- 11) 増本隆夫, 森下甲子弘 : メコン河下流域における水文気象観測網の現状と課題, 水利科学, No.311, pp.52-76, 2010.
- 12) Ziv, G., Baran, E. and Nam, S.: Trading-off fish biodiversity, food security, and hydropower in the Mekong River Basin, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol.109, No.15, pp.5609-5614, 2012.
- 13) Xi, L.: River Discharge and Water Level Changes in the Mekong River: Droughts in an Era of Mega-Dams, Hydrological Processes, Vol.35, No.7, 2021.
- 14) Ruiz-Baradas, A. and Nigam, S.: Hydroclimate Variability and Change over the Mekong River Basin: Modeling and Predictability and Policy Implications, Journal of Hydrometeorology, Vol.19, No.5, pp.849-869, 2018.
- 15) Jory, S. H.: Hydropower dams of the Mekong River basin: A review of their hydrological impacts, Journal of Hydrology, Vol.568, pp.285-300, 2019.
- 16) Large Dam Safety Supervision Center : <http://www.dam.com.cn/damView/list.jsp>. (2022年5月30日閲覧)
- 17) International Rivers Network. Power Surge : The Impacts of Rapid Dam Development in Laos: International Rivers: Berkeley, 2008.
- 18) MRC : <https://www.mrcmekong.org/about/mekong-basin/geography/>. (2022年5月30日閲覧)
- 19) STIMSON : <https://www.stimson.org/2020/new-evidence-how-china-turned-off-the-mekong-tap/>. (2022年5月30日閲覧)
- 20) CGIAR : <https://wle-mekong.cgiar.org/mrc-backs-lao-dam-development-plan/>. (2022年5月30日閲覧)
- 21) STIMSON : <https://www.stimson.org/2019/comparing-drought-to-normal-conditions-on-the-mekong-river-along-the-thai-lao-border/>. (2022年5月30日閲覧)
- 22) STIMSON : <https://www.stimson.org/2020/mekong-mainstream-dams/>. (2022年5月30日閲覧)
- 23) Hirsch, R. M., Slack, J. R., Richard A. S.: Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data, Water Resource Research, Vol.18, No.1, pp.107-121, 1982.

## IMPACTS OF RESERVOIRS DEVELOPMENT ON RIVER FLOW REGIME ALONG THE MEKONG RIVER MAINSTEM

Takumi SHIMURA, Takuya MATSUURA, Naoki KOYAMA and Taichi TEBAKARI

In recent years, the Mekong River, the largest international river in Southeast Asia, has been facing various water problems due to large-scale water resource development by riparian countries. The purpose of this study is to evaluate the impact of the construction and operation of dams and reservoirs on the flow regime of the Mekong River. In this study, 13 dams were considered, including the Manwan Dam, which was constructed for the first time in 1993 on the main channel of the Mekong River. The Mann-Kendall test was applied to river flow data from nine hydrological stations located on the main river, and the period of analysis was set as 1969-2019. The results showed that there was a significant increase in monthly flow and low water flow during the dry season downstream from the Lao PDR, while there was a significant increase in high water flow within the Lao PDR. On the other hand, a significant decreasing trend of high water flow was observed in the Lao PDR. The results indicate that the construction and operation of dams and reservoirs on the main stem of the Mekong River have a significant influence on the flow regime.