

17. タイ国Chao Phraya川下流域における 溶存酸素の季節変化

堀内 雄介^{1*}・松浦 拓哉¹・手計 太一²・Sanit Wongs³

¹ 富山県立大学大学院 工学研究科環境工学専攻 (〒939-0398 富山県射水市黒河 5180)

² 富山県立大学大学院准教授 工学研究科 (〒939-0398 富山県射水市黒河 5180)

³ Department of Civil Technology Education, King Mongkut's University of Technology Thonburi (126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand)

* E-mail: t857008@st.pu-toyama.ac.jp

本研究では、Chao Phraya川下流における水位、流量、気温、水温、塩分濃度と溶存酸素を相互に比較することで雨期と乾期の溶存酸素の季節変化を明らかにすることを目的とした。著者らは、2016年8月から1年以上にわたり定期的な水質観測してきた結果と行政によるモニタリング結果の一部を利用して、水質特性と溶存酸素の実態を解析した。

その結果、一年を通して、溶存酸素が塩分濃度の季節変化に応じて特徴的な変動を示していた。乾期で高塩分、低水温、低酸素状態であった。雨期で低塩分、高水温、高酸素状態であることがわかった。また、これらはChao Phrayaダムからの季節別の放流量の違いによる塩水遡上範囲と関係していることが分かった。

Key Words : dissolved oxygen, salinity, water temperature, the Chao Phraya River, Thailand

1. はじめに

タイ国では1970年代に乾期の用水需要が急激に増加した。この需要を満たすことは不可能であったことに加え、旱魃を受けたことでタイ政府は水資源を公平に分配する必要性が高まった。そこで利水目的で多くの水工構造物の開発がなされてきたという歴史がある¹⁾。また、近年ではChao Phraya川全域で多くの水工構造物が建設、運用されているため、河川水質変化は非常に複雑である。

このように、中進国として近年発展を続けるタイ国では、社会経済の発展に伴って、河川水質の環境は1996年から大幅な改善は認められず、主要河川では悪化しているのが実情である²⁾。そこで、本研究では、タイ政府が水資源マネジメント戦略2015-2026³⁾の中で、水質管理の面から重点地域に指定しているChao Phraya川を対象とした。

古くからタイ国の河川水質研究は行われており、小林(1959)⁴⁾はタイ全土を対象とした水質研究の先駆けとして、1956年から1年間毎月、31か所の水質分析を行った。Chao Phraya下流域では2か所実施されており、Cl含有量の年間平均値は、Ayutthayaで7.5 mg/L、Nonthaburiで11.1 mg/Lであると示されている。小関ら(1999)⁵⁾は1990年～1992年

の期間で水質調査を行っている。Chao Phraya川下流域では緩勾配であるため、乾期において河口より約50 kmまで塩水遡上の影響があると示されている。Chao Phrayaデルタの塩害防止対策工法の検討として、鉛直方向の塩分含有量が測定されている⁶⁾。その後も精力的に調査・研究されており、1980年代のChao Phraya川下流の河川水特性(DO, COD, 大腸菌群など)が標準値を下回っており、水質状態は悪化している⁷⁾。

このように、水質研究は多く行われているが塩水遡上の研究が多い。しかし、汽水域の環境を把握する上で他の水質も関係しているため他の水質も同時に比較することは重要である。また、河川水質は河川の健全度を測る極めて重要な要素であるため、継続的、定期的なモニタリングが必要である。水質障害が発生した際には、現況復帰のための有益なバックグラウンド情報になる。

そこで本研究では、Chao Phraya川下流における2年以上にわたる現地観測結果と行政によるモニタリング結果の一部を利用して、水位、流量、気温、水温、塩分濃度と溶存酸素を相互に比較することで雨期と乾期の溶存酸素の季節変化を明らかにすることを目的とした。

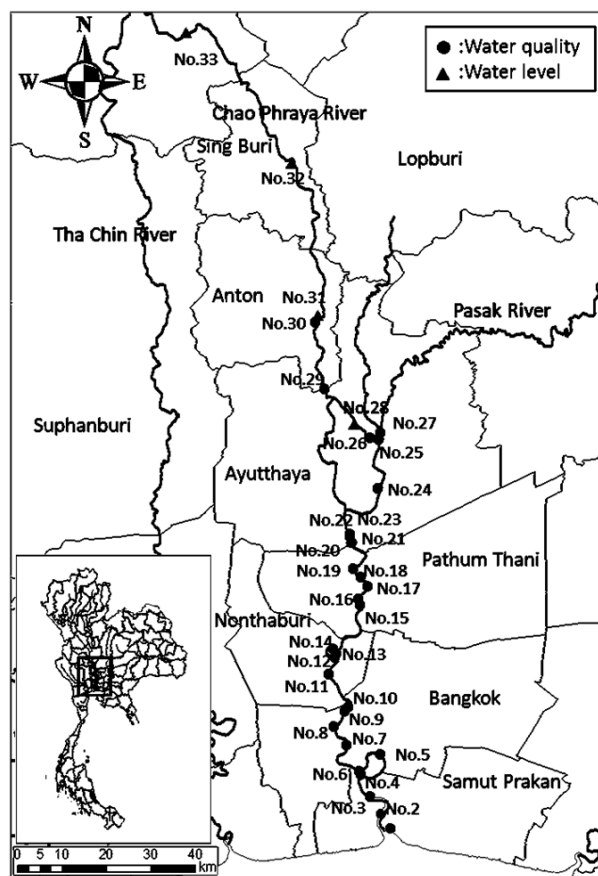


図-1 本研究対象領域

2. 対象河川と観測・解析データ

図-1 にタイ国 Chao Phraya 川流域と本研究対象領域、表-1 に各観測点の観測項目等を示した。

Chao Phraya川流域は、タイ国北部山岳地帯から中央平原にまたがり、流域面積は157,925 km²、これは同国面積の約30%を占め、29の県に跨る同国最大の流域である。地形的には、北部の上流域は山岳地帯、中流域は氾濫原、下流域はデルタである。北部から流れるPing川(36,018 km²)、Wang川(11,708 km²)、Yom川(24,720 km²)、Nan川(34,557 km²)が中流域に位置するNakhon Sawanで合流し、Chao Phraya川が始まる。さらに西側からSakae Krang川が流入し、そしてAyutthayaで東からPasak川(18,200 km²)が合流し、タイ湾へ流れ出る。本研究対象領域は、図-1中のNo.33のChao Phrayaダム(C.13)より下流とした。

(1) 水位・流量・水質データ

タイ王国灌漑局(RID : Royal Irrigation Department)が表-1中の備考欄に「RID」と示した地点において、各観測所においての1日毎の水位、流量データをweb上で公開している⁹⁾。本稿では、水位データをダウンロードし、図

表-1 各観測点の観測項目等

No	Station Name	Distance from the river mouth (km)	Water level (m MSL)	WQ Obs. Item			Remarks
				Water temperature(°C)	salinity(g/l)	DO(mg/l)	
1	The river mouth	0.0		○			TPU
2	Samut Prakan	6.5		○			TPU
3	C01.T02	11.3	▲	○	○	○	MWA, TPU
4	CP.01	17.6		○			TPU
5	C02.T01	28.4	▲	○	○	○	TPU
6	C03.S06	34.2	▲	○	○	○	MWA, TPU
7	Saphan Taksin	44.2		○			TPU
8	C04.S07	50.0	▲	○	○	○	MWA, TPU
9	RID	54.5		○			TPU
10	CP.02	55.8		○			TPU
11	C05.T04	64.9	▲	○	○	○	MWA, TPU
12	CP.03	69.5		○			TPU
13	Wat Klangkret	69.6		○			TPU
14	CP.04	75.1		○			TPU
15	C06.S04	90.1	▲	○	○	○	MWA, TPU
16	CP.05	91.5		○			TPU
17	C07.S01	95.1	▲	○	○	○	MWA, TPU
18	CP.06	97.8		○			TPU
19	C08.S03	100.5	▲	○	○	○	MWA, TPU
20	C09.S05	109.3	▲	○	○	○	MWA, TPU
21	Bangsal	109.3	▲	○			C.29A (RID), TPU
22	CP.07	110.9		○			TPU
23	CP.08	112.4		○			TPU
24	C10.T03	131.0	▲	○	○	○	MWA, TPU
25	CP.09	143.7		○			TPU
26	CP.10	144.1		○			TPU
27	CP.11	144.6		○			TPU
28	C.35	152.9	▲	○			RID
29	CP.12	164.9		○			TPU
30	CP.13	183.1		○			TPU
31	C.7A	185.0	▲				RID
32	C.3	229.0	▲				RID
33	C.13	278.4	▲				RID

※DO: Dissolved Oxygen, TPU: Toyama Prefectural University, MWA:

Metropolitan Waterworks Authority, RID: Royal Irrigation Department

-2 に2016年8月から2019年6月までの河川縦断水位時系列をMWA水位データと合わせて示した。また、図-3に2016年8月から2019年6月までの河川縦断流量時系列図を示した。なお、凡例の括弧内は河口からの距離を示している。乾期ではChao Phrayaダムから一定量の放流量で放流され、雨期では自然放流されている。この季節による放流量に応じて乾期では河口から109.3 kmまで潮位の影響を受け、雨期では水位が河口から109.3 kmまで水位上昇が認められる。

首都圏水公社(MWA : Metropolitan Waterworks Authority)では、表-1中の備考欄に「MWA Obs. Station」と示した地点において、1時間毎に水位と水質を自動測定し、web上で公開している¹⁰⁾。本稿では、水温、塩分濃度(Salinity)、溶存酸素(以降、DO)のデータをダウンロードし、本研究グループの観測結果と比較検討に利用した。

2016年11月、2017年3月、8月、11月、2018年4月、6月、11月に河川縦断的に現場水質計測を実施した。現場水質計測においては、ポータブル型水質計(HORIBA社製LAQUAactD-70/ES-70)を用いて、EC、pH、水温の3項目について計測を行い水温のみを本稿で使用した。なお、現場水質計測は河川表層水を対象としている。

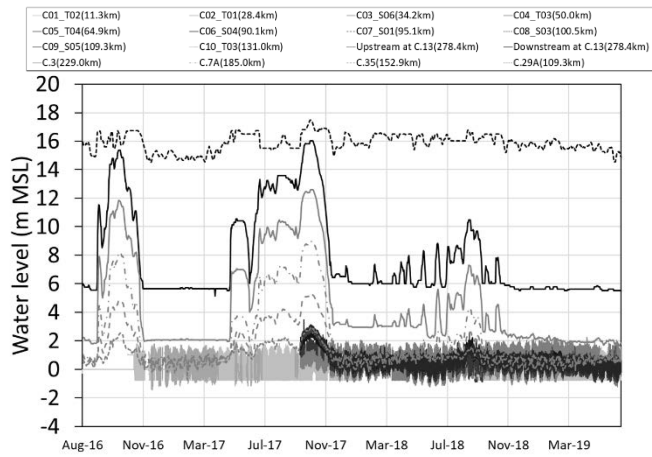


図-2 2016年8月から2019年6月までの河川縦断水位の時系列

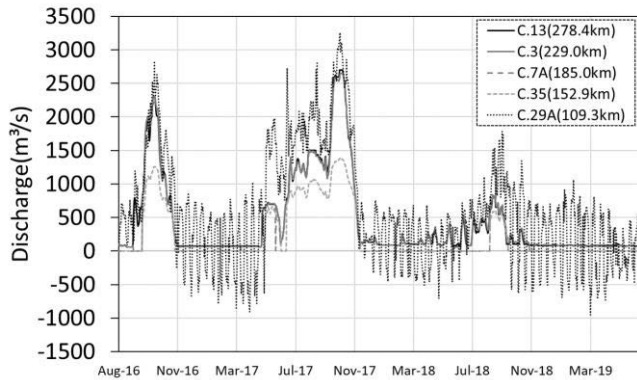


図-3 2016年8月から2019年6月までの河川縦断流量の時系列

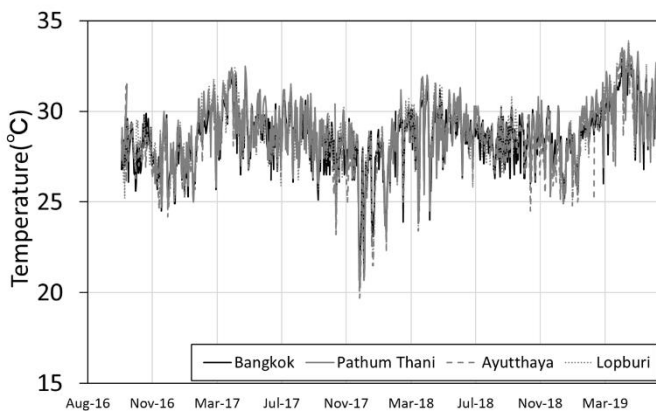


図-4 2016年8月から2019年6月までの Bangkok, Pathum Thani, Ayutthaya, Lopburi の日平均気温の時系列

(2) 気温データ

タイ気象局(TMD : Thai Meteorological Department)が観測所においての最短1分毎の気象データを web 上で公開している⁹⁾。本稿では、図-1 中に示した Bangkok, Pathum Thani, Ayutthaya, Lopburi の日平均気温データをダウンロードし、図-4 に 2016 年 8 月から 2019 年 6 月までの Bangkok, Pathum Thani, Ayutthaya, Lopburi の日平均気温時系列図を示した。Chao Phraya 下流域において気温は 20~30℃を推移しており、乾期の終わりから雨期の始めに気温が若干上昇し、雨期の終わりから乾期の始めに低下する雨期と乾期の季節別による気温変動が認められる。

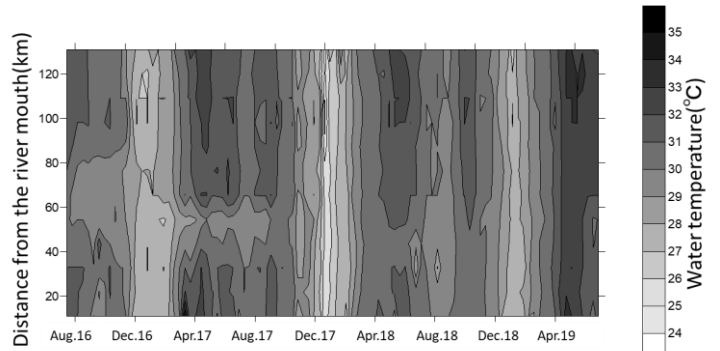


図-5 2016年8月から2019年6月までの河川縦断水温濃淡図

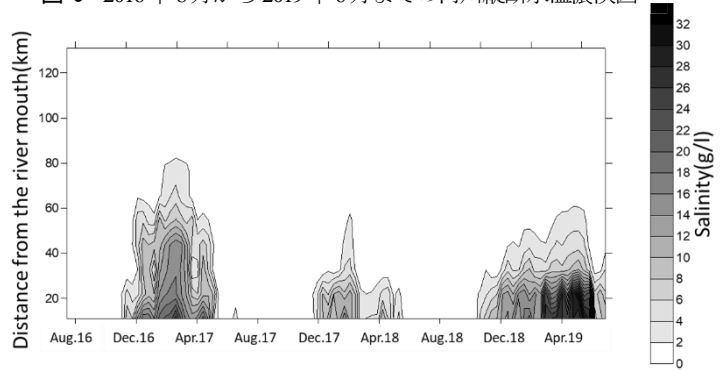


図-6 2016年8月から2019年6月までの河川縦断塩分濃度濃淡図

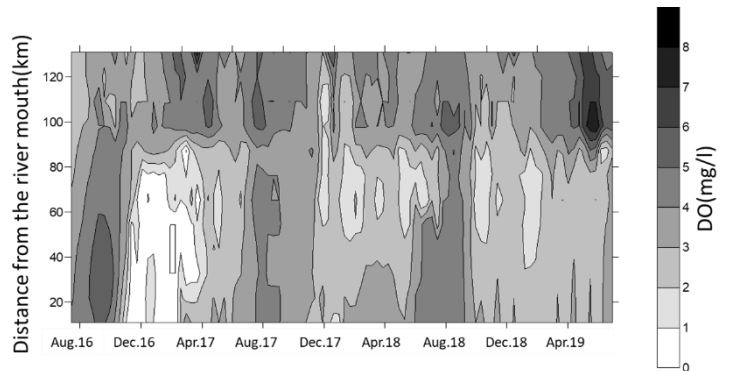


図-7 2016年8月から2019年6月までの河川縦断溶存酸素濃度濃淡図

3. 水質特徴

本研究ではタイ国灌漑局が水マネジメントに用いている雨期（5月～10月）と乾期（11月～4月）を利用して考察を行った。

(1) 水温

図-5に2016年8月から2019年6月までの河川縦断水温濃淡図を示した。23~35℃を一年を通して推移している。乾期の終わりから雨期の始めにあたる4月～6月に一年のうちで水温が最も高く30℃を超える値を示しているが、雨期の終わりから乾期の始めでは若干低下し12月～2月に最も低い値を示していた。これは、雨期と乾期の季節別による気温変動と同様な変動を示していることから気温による影響であると考えられる。このように、雨期から乾期への季節変化に応じて水温変化がみられた。また、その水温は縦断的に大きな相違はなく全地点で同様の季

節変化を示していた。

(2) 塩分濃度

図-6に2016年8月から2019年6月までの河川縦断塩分濃度濃淡図を示した。乾期に塩分濃度が河口付近から次第に上昇し、河口から約50 km付近から80 km付近まで上昇が確認できる。雨期では、乾期に上昇した塩分濃度がChao Phrayaダムの放流による水位変動によって塩水侵入が抑制され河川縦断的に一定の値を示している。このように一年を通して、雨期と乾期の季節別による明瞭な水位変化に応じて、塩分濃度に特徴的な季節変化が認められる。雨期の水位の上昇に伴い塩水侵入を抑制し、乾期の放流量の低減時には海水が遡上しているため塩分濃度が上昇したと考えられる。2019年の乾期では、前年の雨期での放流量が少なかったため塩分濃度の大幅な上昇がみられ、河口から11 km付近で最大32 g/lと非常に高い値を示していた。

(3) DO

図-7に2016年8月から2019年6月までの河川縦断溶存酸素濃淡図を示した。乾期で上流より下流で低い値を示している。河口から100 km上流以降はDOが5 mg/l以上と高い値を示しているため有機物による汚染が低いと考えられる。乾期の11月～4月に河口から80 km地点までDOが3 mg/l以下と非常に低い値を示している。特に、Bangkok首都圏を含む河口から50 km～80 km付近で毎年乾期に低い値を示し、2016年の乾期では河口から80 km付近までDOが2 mg/lと縦断的に低く貧酸素状態を示していた。

4. DOと全体の水質変動

図-5、図-6、図-7からDOの変動は水温と塩分濃度の変動と関係があることがわかる。乾期での塩水遡上によって河口から約50 kmから80 kmまで塩分濃度が上昇している。それに従って、河口から約80 kmまでDOが3 mg/l以下と貧酸素状態を示している。この状態の時、水温は一年の中で比較的低い値を示している。雨期では、Chao Phrayaダムからの放流量によって乾期で塩水遡上した海水が押し流され塩水遡上範囲が抑えられるため、乾期で上昇した塩分濃度が低減する。DOも河口から約80 kmまで貧酸素状態だったが全地点で5 mg/l以上と高酸素状態であることがわかる。また、この状態の時の水温は一年の中で比較的高い値を示している。

5. まとめ

本研究の目的は、水位、流量、気温、水温、塩分濃度と溶存酸素を相互に比較することで雨期と乾期の溶存酸素の季節変化を明らかにすることである。

一年を通して、乾期でChao Phrayaダムによる放流量が制限されることで塩水遡上範囲が広がり、高塩分、低水温、低酸素状態であった。雨期のChao Phrayaダムからの自然放流による流量の増加によって塩水遡上範囲が抑制され、低塩分、高水温、高酸素状態であることがわかった。このように、季節変化に応じてChao Phrayaダムによる放流量の違いによる塩水遡上範囲と密接に関わっていると考えられる。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 15H05222 と JST/JICA SATREPS の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 中島正博: タイ国チャオプラヤー・デルタにおける水利秩序の形成と発展, 東南アジア研究, Vol. 29, No. 4, pp.454-467, 1992.
- 2) WEPA 事務局((公財)地球環境戦略研究機関): アジア水環境パートナーシップ[WEPA] アジア水環境管理アウトルック 2015, pp.98-105, 2015.
- 3) 手計太一: タイ国の水資源政策の近況, 水文・水資源学会誌, 第30巻, 4号, pp.149-152, 2017.
- 4) 小林純: 東南アジア諸国の河川の化学的研究 タイ国の水質について, 農学研究, Vol. 46, No. 2, pp.63-110, 1958.
- 5) 小関嘉一, 市川純二, 八木橋正久, 堀井潔: タイ国灌漑技術センターの水文解析分野の技術協力, 農業土木学会誌, Vol. 67, No. 12, pp.1321-1326, 1999.
- 6) 南勲: 水文・気象の特徴: Chao Phraya 河における塩水侵入と河川流量, 東南アジア研究, Vol. 3, No. 4, pp.77-82, 1966.
- 7) Muttamara, S., Sales, C.L.: Water quality management of the Chao Phraya River (a case study), Environmental Technology, Vol. 15, no.6, pp.501-516, 1994.
- 8) Royal Irrigation Department: <http://hydro-5.rid.go.th/> (2019.7.1 閲覧).
- 9) Thai Meteorological Department: http://www.aws-observation.tmd.go.th/web/reports/weather_minute.asp (2019.7.17 閲覧).
- 10) Metropolitan Waterworks Authority: <http://rwc.mwa.co.th/page/home/> (2019.7.1 閲覧).