

# 七区における汚濁負荷量調査

藤田和男, 難波あゆみ, 河野裕明, 山本 淳 (水質科)

【調査研究】

# 七区における汚濁負荷量調査

Estimation of Pollution Load from Nanaku

藤田和男, 難波あゆみ, 河野裕明, 山本 淳 (水質科)

Kazuo Fujita, Tsutomu Nanba, Ayumi Nanba, Hiroaki Kouno, Jun Yamamoto (Department of Water)

## 要 旨

児島湖流域の岡山市南区北七区及び西七区において水田から流出する汚濁負荷量の調査を行った。平成19～24年度における負荷量の平均値はCODが330 (g/ha/日), T-Nが55 (g/ha/日), T-Pが20 (g/ha/日)であり, いずれの値も流入水量や降水量が大きい月に負荷量大きい傾向が見られた。

[キーワード: COD, 窒素, リン, 七区, 汚濁負荷量]

[Key words : COD, Nitrogen, Phosphorus, Lake Kojima, Simulation Calculation]

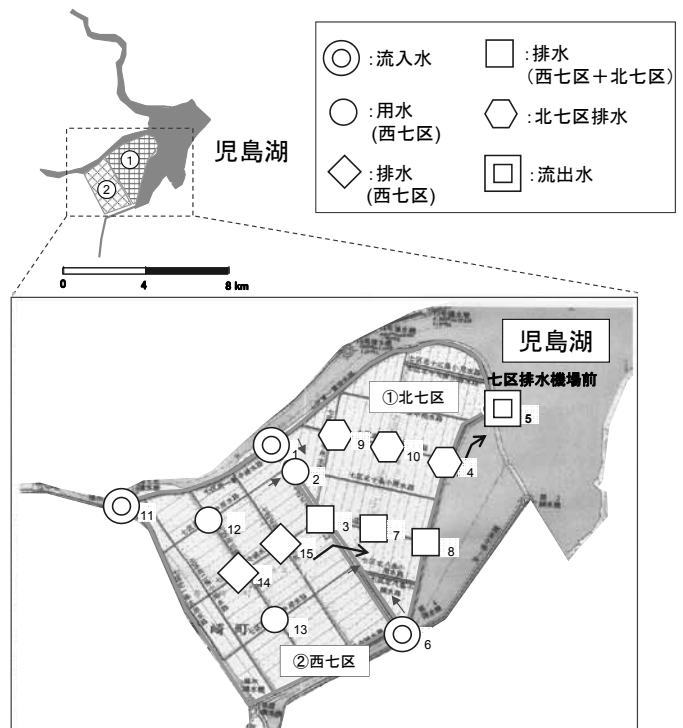
## 1 はじめに

児島湖の水質汚濁については, 湖沼水質保全計画等に基づき, 過去25年間にわたり様々な水質保全施策を実施してきたが, いまだ環境基準は達成されていないため, 更なる水質改善が課題となっている。

本県では, 平成24年3月に「児島湖に係る第6期水質保全計画」を策定し, その中で水質汚濁メカニズムの解明に向けた様々な調査を推進することとしており, 依然として水質汚濁が問題となっている児島湖の環境基準の達成に向けて, 水質汚濁メカニズムの解明が必要となっている。

岡山市南区灘崎町北七区(以下「北七区」とする)は, 湖沼水質保全特別措置法に基づき, 流出水対策地域として指定されているが, 当地域及び岡山市南区灘崎町西七区(以下「西七区」とする)を合わせた区域(以下「西・北七区」とする)においてCOD, 窒素及びリンの物質収支の調査を行い, これまで未解明となっていた農地に起因する汚濁負荷量を解明することを目標とする。このために七区に流入, 及び七区から流出する用排水路等に調査地点を設定し, 当該調査地点の採水を実施するとともに, その水質を詳細に調査する。また調査結果に基づき, CODや窒素, リン等の汚濁物質の物質収支のシミュレーション計算等を行い, 汚濁メカニズムのモデル解析を行う。

区: 地点11~15の5地点)とした。現地で気温, 水温, 水深を測定し, 流速を電磁流速計(東邦電探製TK-106X)で測定した。流速は原則として1地点につき5回測定した平均値を計算した。水路の形状, 付近の水門の開閉状況, 橋



## 2 材料および方法

調査期間は平成24年4月～平成25年3月までの12ヶ月で灌漑期に12回(6月は月4回, 7～10月は月2回)非灌漑期に7回(4～5月及び11～3月は月1回), 合計19回, 現地測定及び採水を行った。調査地点(図1)は北七区及び西七区の15地点(北七区: 地点1～10の10地点, 西七



図1 採水地点

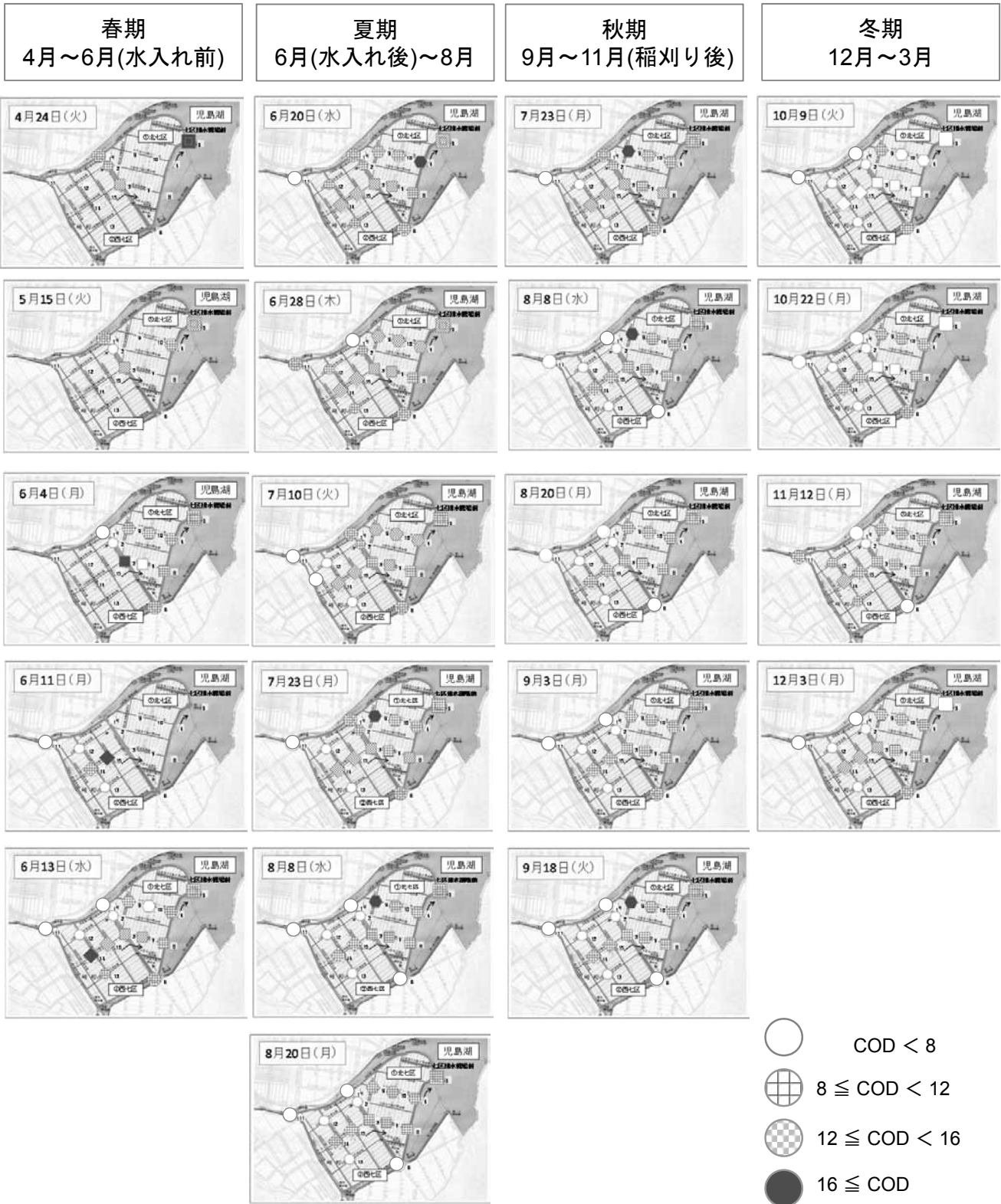


図2 COD

<b>春期</b> 4月～6月(水入れ前)	<b>夏期</b> 6月(水入れ後)～8月	<b>秋期</b> 9月～11月(稲刈り後)	<b>冬期</b> 12月～3月
--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------



図3 T-N

春期  
4月～6月(水入れ前)

夏期  
6月(水入れ後)～8月

秋期  
9月～11月(稲刈り後)

冬期  
12月～3月

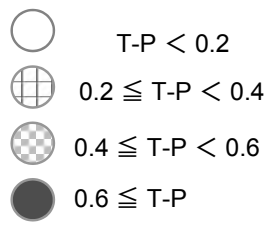
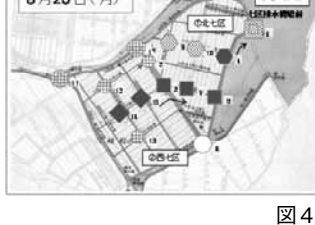
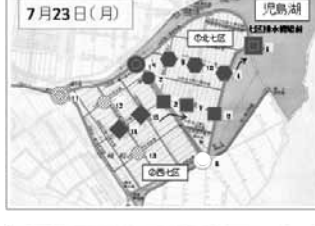
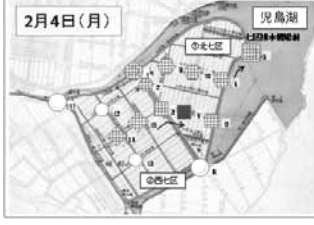
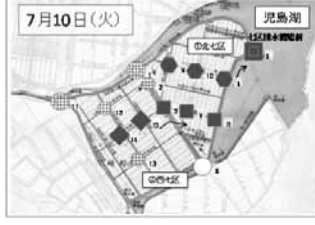
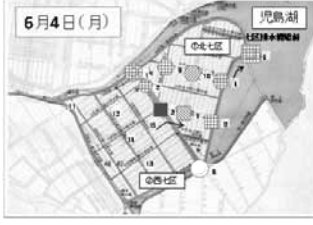
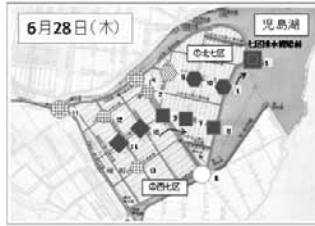


図4 T-P

中央の支柱の構造や表面浮遊物の流れの現地観察等により左右の流速が異なると判断される場合には中央から右岸及び左岸側に移動した2地点で各5回測定した。

採取した検体についてpH, COD, T-N, T-P, EC(原則として地点①～⑯の16地点分), D-COD, D-N, D-P, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, Cl, SS, DOC(地点①～⑤の5地点分)を測定した。流量を流速と水路断面(幅×水深)から推算した。pHはpH計(堀場製作所製F-51), COD, 全窒素(T-N), 全リン(T-P), SSは工場排水試験法K0102<sup>2)</sup>に準じて測定した。なお, サンプルをろ紙(Whatman, GF/C)によりろ過し, ろ液のCODを溶存態COD(以下D-CODという)とし, CODからD-CODを差し引いた値を懸濁態COD(以下P-CODという)とした。懸濁態窒素(以下P-Nという)および懸濁態リン(以下P-Pという)についてもP-CODと同様にろ液との差から懸濁態の値を求めた。

流量について, 北七区排水機場からの流入水量及び降水量(児島湖樋門)は文献値<sup>3)</sup>, 蒸発散量は以下の式<sup>3)</sup>で求めた。

$$E_p = 0.00491 \cdot PSD^2 \cdot (1.06)^{Temp}$$

ただし, E<sub>p</sub>:蒸発散量(mm/day), PSD:日照時間(hr/day), Temp:気温。

### 3 結果および考察

#### 3.1 水質および負荷量

図2～4に各地点のCOD, T-N及びT-Pの測定結果を示す。CODは水入れ(6月17日)後に値が高くなり, 1ヶ月程値が高い状態が継続した。T-Nは水入れ直後に値が高くなったが, 10日程度で値が低下した。T-Pは3ヶ月程度高い値が継続していた。

図5に最近6年間(平成19～24年度)の西・北七区の流入水及び流出水の水質を示す。水質は季節的に変動しており1年間で周期とする以下の近似式<sup>3)</sup>で表された。

$$C = \sum_i b_i \cdot \sin(2\pi t/T + \theta_i)$$

流出水の水質(6年間の平均値)はCODが11.9(mg/L), T-Nが2.3(mg/L), T-Pが0.40(mg/L)であった。これに対し流入水の水質(地点11及び地点1の水質及び流量から計算した平均値)はCODが7.9(mg/L), T-Nが1.7(mg/L), T-Pが0.25(mg/L)で, 西・北七区を通過することにより平均でCODが4.0(mg/L), T-Nが0.61(mg/L), T-Pが0.15(mg/L)増加していた。

図6に6年間分の西・北七区の流入水及び流出水の流量<sup>2)</sup>を示す。西・北七区の流入水の大半は七区用排水機場(地点11)により用水として流入する倉敷川の河川水であり, 加えて5号排水機場付近の樋門(地点1)から北七区へ用水として流入する倉敷川の河川水, 及び降水量から蒸発散量を差し引いたものであり, 以下で表す。

$$Q_{in} = Q_1 + Q_2 + (Q_{rain} - Q_{ep})$$

$$Q_{out} = Q_{in}$$

ただし, Q<sub>in</sub>:西・北七区への流入水量, Q<sub>1</sub>:七区用排水機場(地点11)からの流入水量, Q<sub>2</sub>:5号排水機場付近の樋門(地点1)からの流入水量, Q<sub>rain</sub>:降水量, Q<sub>ep</sub>:蒸発散量, Q<sub>out</sub>:西・北七区から児島湖への流出水量。

各地点の水質をCとすると, 負荷量Lは以下で示される。

$$L_1 = Q_1 \cdot C_1$$

$$L_2 = Q_2 \cdot C_2$$

$$L = Q_{out} \cdot C_{out} - (L_1 + L_2)$$

ただし, L<sub>1</sub>及びL<sub>2</sub>:地点1及び地点5から流入する負荷量, C<sub>1</sub>及びC<sub>2</sub>:地点1及び地点5の水質, L:西・北七区から児島湖へ流出する負荷量。

これに基づき水質及び流入水量から求めた最近6年間の負荷量を図7に示す。6年間の平均値はCOD負荷量が330(g/ha/日), T-N負荷量は55(g/ha/日), T-P負荷量は20(g/ha/日)であった。また年度毎のCOD負荷量は176～514(g/ha/日), T-N負荷量は29～101(g/ha/日), T-P負荷量は11～34(g/ha/日)の範囲にあり, いずれの年度においても流入水量や降水量が大きい月に負荷量が大きい傾向が見られた。治多等<sup>4)</sup>は汚濁負荷量に関する過去の報告(425件)を整理し慣行農法の水田(水田群・一筆水田)の負荷量(灌漑期と非灌漑期の平均値)はCOD負荷量が456(g/ha/日), T-N負荷量が100(g/ha/日), T-P負荷量が15(g/ha/日)を述べている。今回の結果を文献値と比較するとCOD及びT-N負荷量が28%及び45%低く, T-Pが33%高かった。

図8に流入水が西・北七区を通過することによる水質汚濁の増加分及び正味の負荷量を示す。農耕スケジュールと比較すると, COD負荷量は水入れ後に値が高くなり, 1ヶ月程値が高い状態が継続する。T-N負荷量は灌漑期の6月, 9月及び非灌漑期の3月に高いが, 冬期(12月～翌年6月まで)には農地の大半で麦が栽培されており<sup>5)</sup>, 降雨による肥料の流出等の影響が生じていることが考えられる。T-P負荷量は6月から3ヶ月程度高い値が継続している。

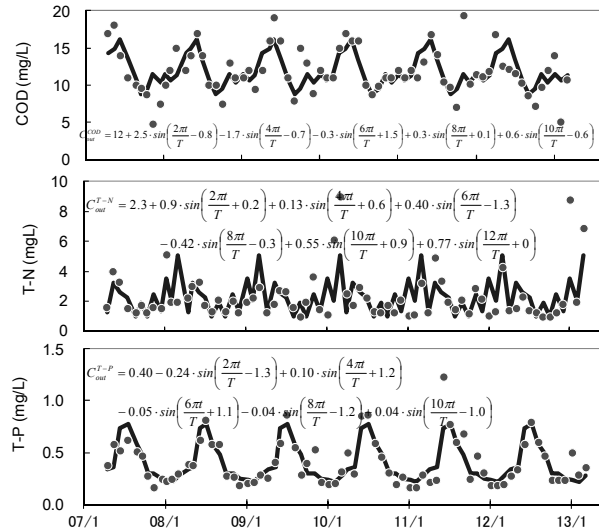
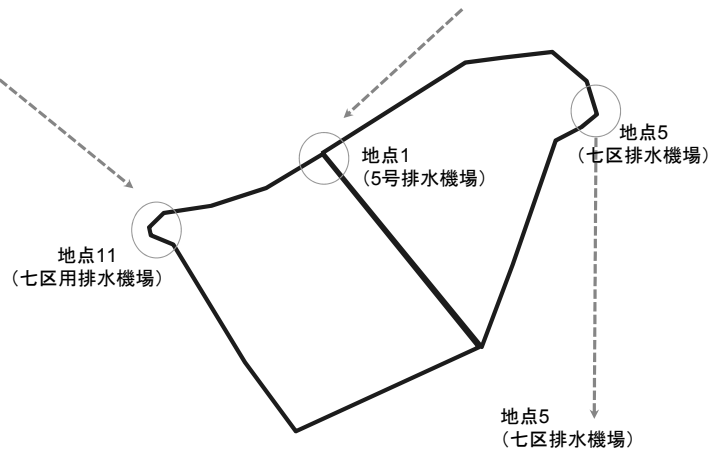
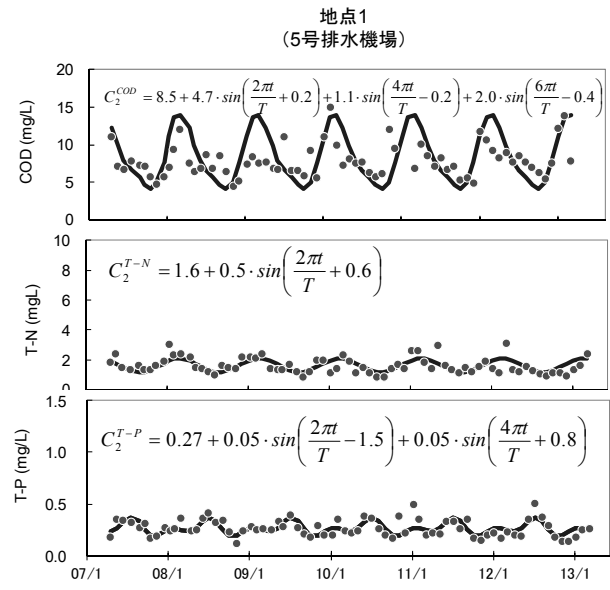
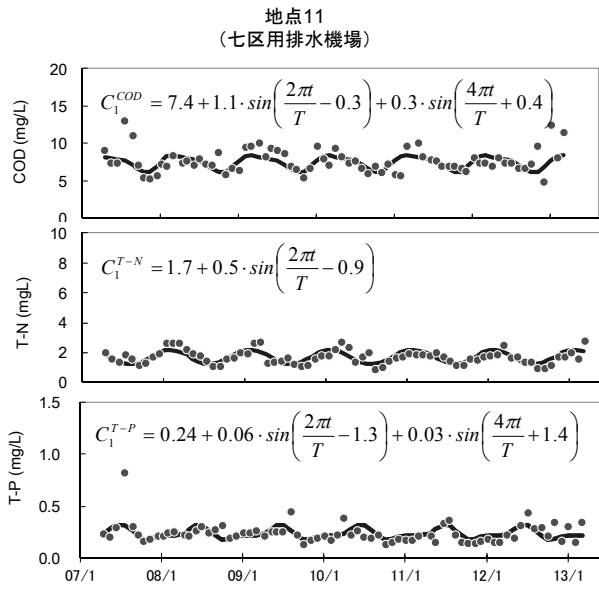
#### 3.2 シミュレーション計算

流入水や降水が農地を通過する際に汚濁負荷(COD, T-N及びT-P)となる成分が農地から水中に混ざり流出してゆく状況を仮定して, 降水量及び流入水量(七区用排水機場および5号排水機場からの流入水量から降水量及び蒸発散量を除いた値)Q<sub>in</sub>と負荷量Lの関係が

$$L = \sum_i a_i \cdot Q_i$$

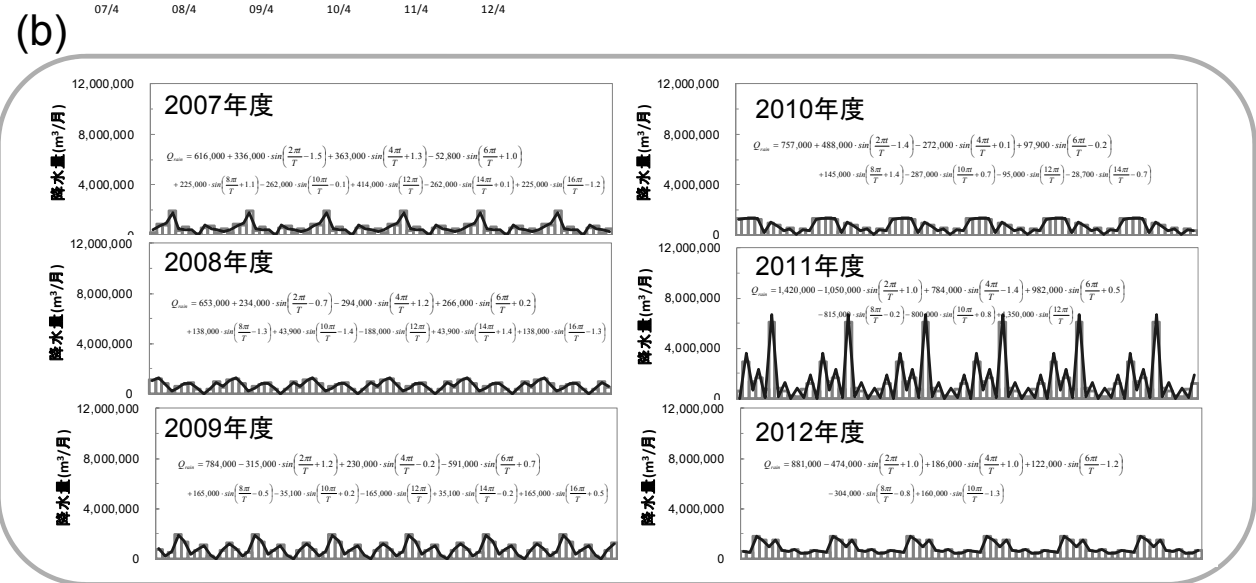
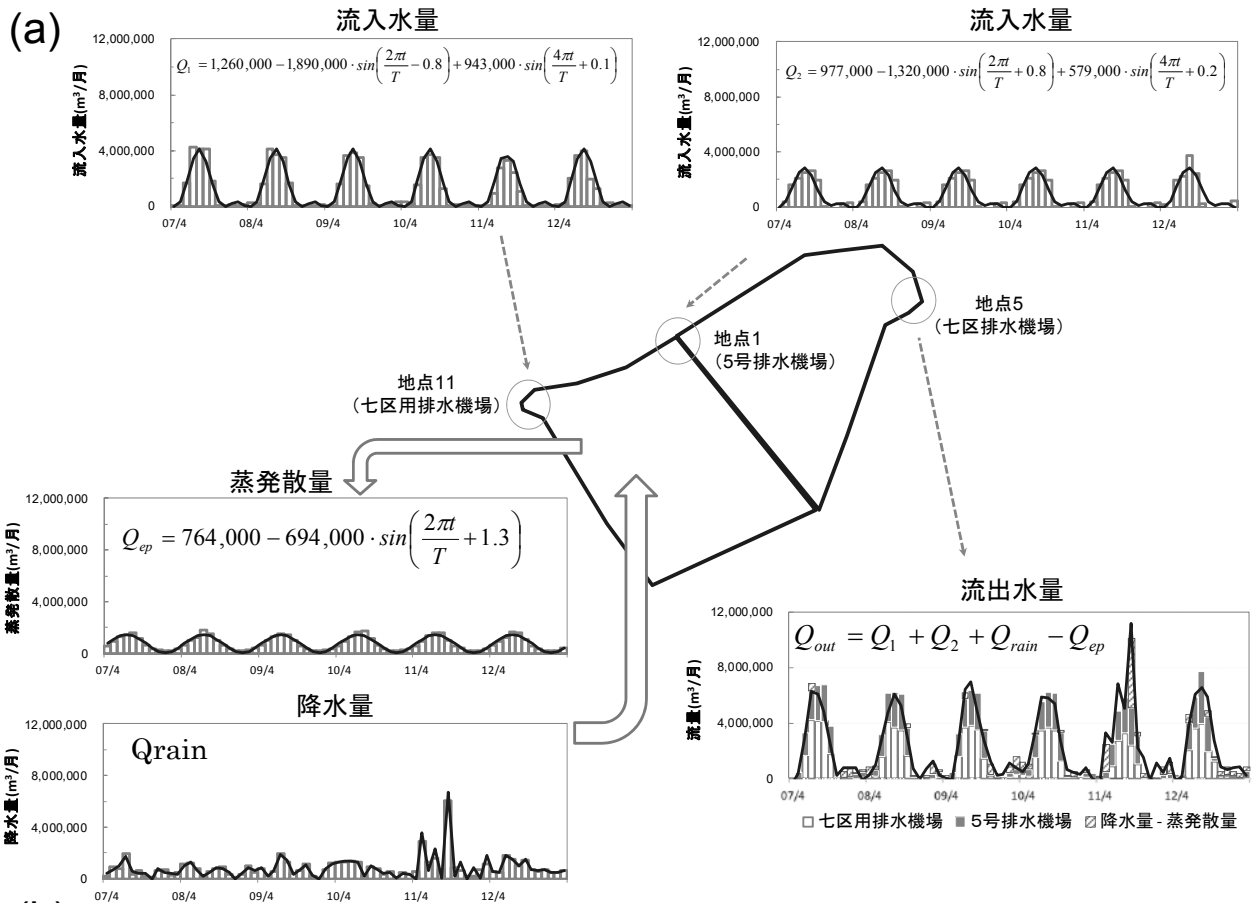
$$= a_1 \cdot (Q_1 + Q_2 - Q_{ep}) + a_2 \cdot (Q_{rain})$$

の式で表されるとして重回帰分析により検討し, 汚濁負荷量を以下の式で表した。



● : COD、T-N及T-P(実測値)  
 — : 近似値

図5 水質測定結果



(a) 各地点の流入量、流出量及び降水量、蒸発散量  
□ : 流量、降水量及び蒸発散量<sup>2)</sup>  
— : 近似値

(b) 各年度の降水量のパターン

図6 流量



6月では,

$$L^{COD} = 70 (Q_1 + Q_2 - Q_{ep}) + 90 (Q_{rain})$$

$$L^{T-N} = 6.2 (Q_1 + Q_2 - Q_{ep}) + 25 (Q_{rain})$$

$$L^{T-P} = 3.2 (Q_1 + Q_2 - Q_{ep}) + 4.9 (Q_{rain})$$

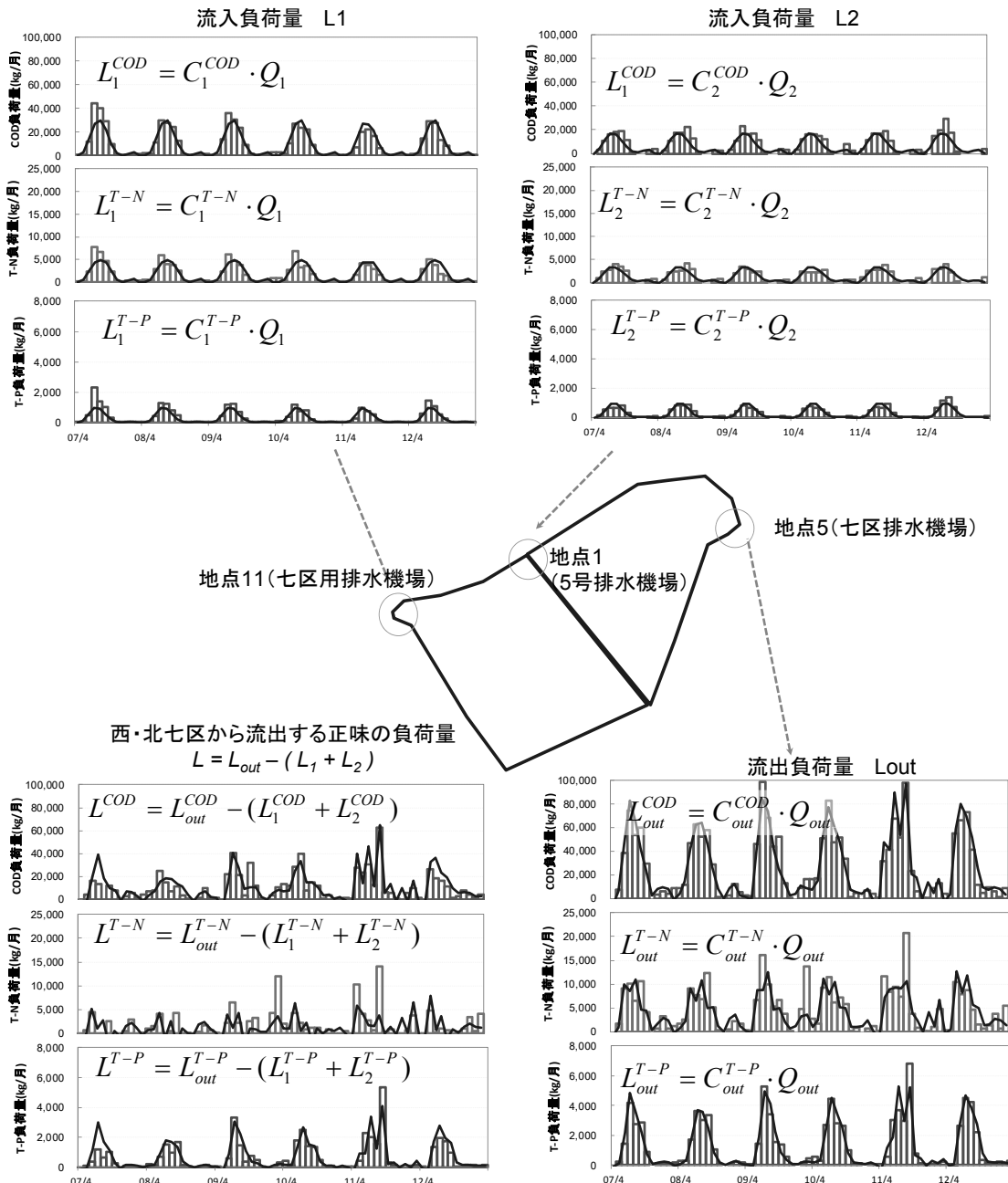
6月以外では,

$$L^{COD} = 15 (Q_1 + Q_2 - Q_{ep}) + 90 (Q_{rain})$$

$$L^{T-N} = -3.0 (Q_1 + Q_2 - Q_{ep}) + 25 (Q_{rain})$$

$$L^{T-P} = 2.1 (Q_1 + Q_2 - Q_{ep}) + 4.9 (Q_{rain})$$

ただし,  $L^{COD}$ ,  $L^{T-N}$ 及び $L^{T-P}$ : 西・北七区から排出される正味の負荷量 (kg),  $Q_1$ ,  $Q_2$ : 地点11及び地点1からの流入量 (m<sup>3</sup>/月),  $Q_{ep}$ : 蒸発散量 (m<sup>3</sup>/月),  $Q_{rain}$ : 降水量 (m<sup>3</sup>/月)。



※地点5から流出する負荷量から、地点11及び地点1から流入する負荷量を引いた値。

□ : 文献値<sup>2)</sup>からの計算値  
 — : 近似値からの計算値

図7 負荷量

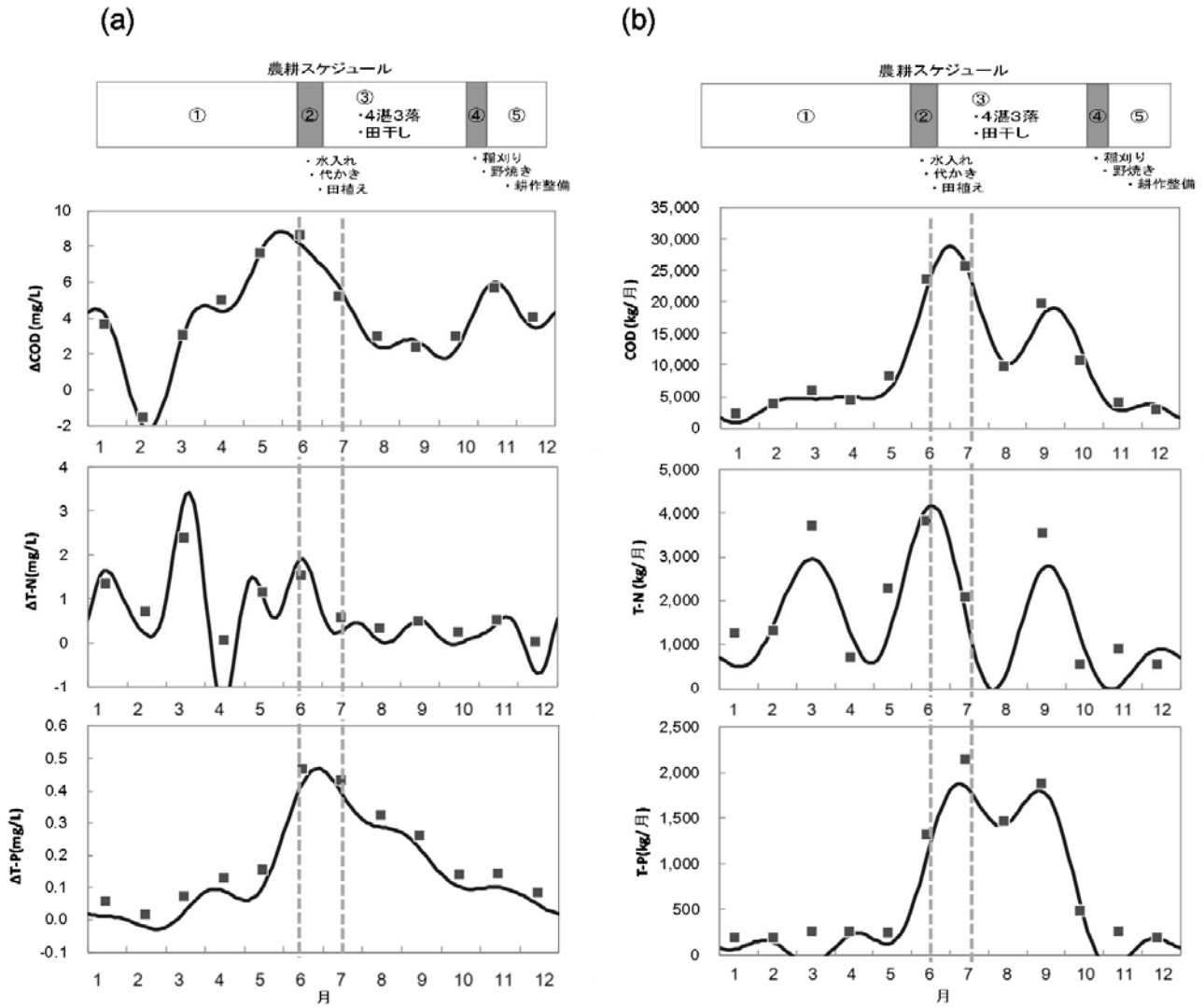
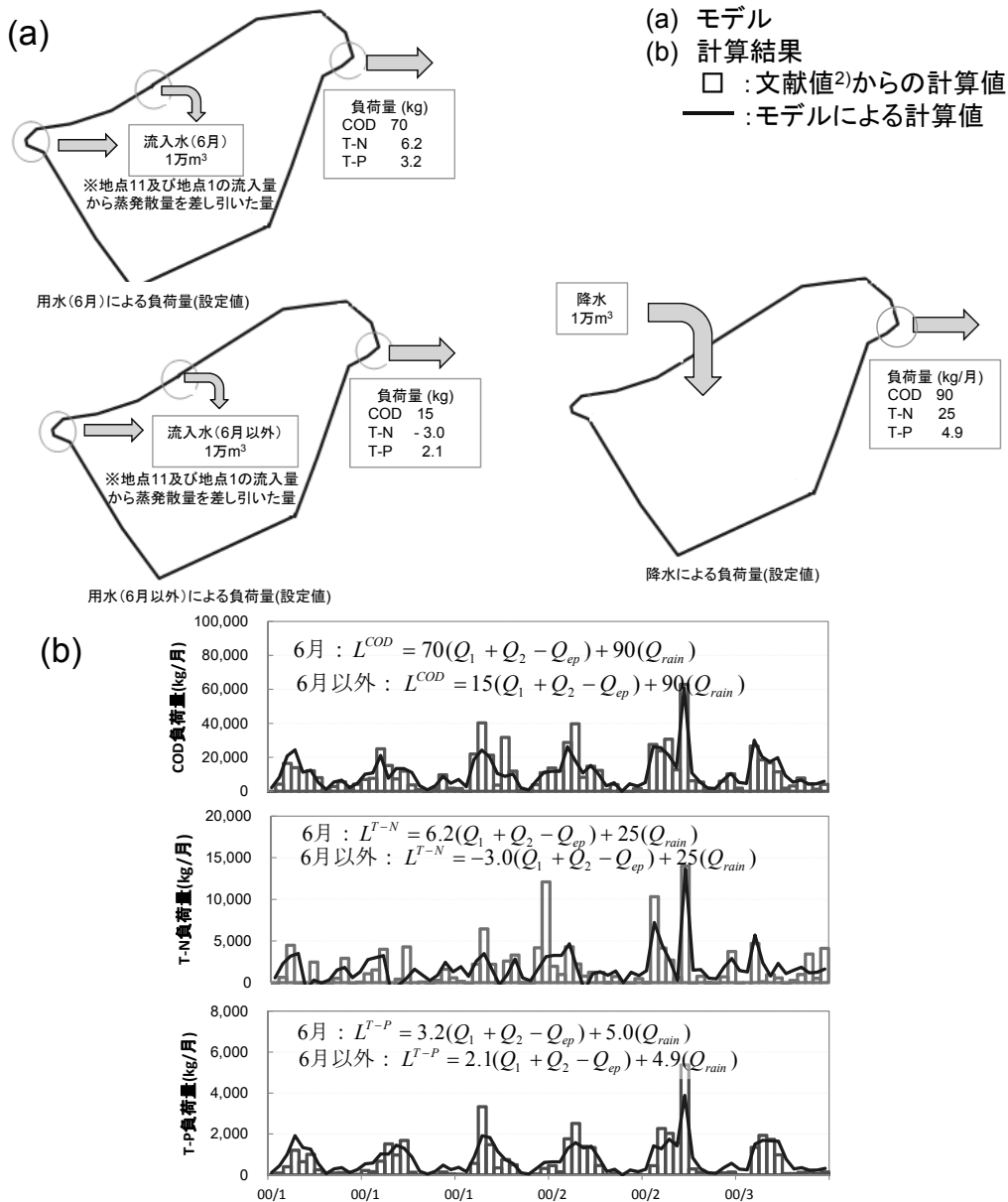


図8 西・北七区の水質変化及び負荷量

これに基づき最近6年間分のデータを用いてシミュレーション計算を行った。計算に必要な入力値は用水が流入する2地点(地点11:七区用排水機場, 地点1:5号排水機場)の水質(図5)及び水量(図8), 降水量及び蒸発散量であり, 降水量以外は6年間の実測値及び文献値<sup>2)</sup>から計算した値であり毎年同じパターンの繰り返しで表される。降水量は文献値<sup>2)</sup>から年度毎に異なるパターンとした。負荷量の計算結果を図9に示す。負荷量は夏期に高く冬期に低く, シミュレーション計算では6年間の負荷量の

季節変動の様子が概ね表された。6年間分の月毎の計算結果と実測値から得られた結果の相関係数はCODが0.88, T-Nが0.78, T-Pが0.91であった。シミュレーション計算では水温の影響(水温上昇による溶出量の増加等)は含まれておらず, また農耕スケジュールとの関連については6月の用水のみを他の時期と異なる要因として考慮しているが, 他の工程(稲刈り, 裏作等)と負荷量との関連についてはさらに検討が必要と考えられる。



#### 4 まとめ

岡山市南区灘崎町西・北七区で水田から流出する汚濁負荷量の調査を行った。

- 1) 負荷量は夏期に高く冬期に低い傾向があった。平成19～24年度の西・北七区からの負荷量の平均値はCODが330 (g/ha/日), T-Nが55 (g/ha/日), T-Pが20 (g/ha/日)であった。
- 2) 平成19～24年度において年度毎のCOD負荷量は176～514 (g/ha/日), T-N負荷量は29～101 (g/ha/日), T-P負荷量は11～34 (g/ha/日)の範囲にあった。流入水量や降水量が大きい月に負荷量が多い傾向が見られた。
- 3) シミュレーション計算では6年間の負荷量の季節変動の様子が概ね再現された。

#### 文 献

- 1) 島弘志編：工場排水試験法 JIS-K0102, 日本規格協会, 東京, 2010
- 2) 岡山県：平成24年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書, 2013
- 3) 大石進一：フーリエ解析, 7, 岩波書店, 東京, 1989
- 4) 治多伸介, 須戸 幹, 江口定夫, 大久保卓也, 黒田久雄, 武田育郎, 藤原 拓, 山本忠男, 嶋 栄吉, 人見忠良, 白谷栄作, 横田久里子, 井上隆信：水田からの流出負荷量の実態と検討課題. 第15回日本水環境学会シンポジウム講演集, 60, 2012
- 5) 岡山県：平成23年度児島湖流域流出水実態把握調査事業農作業状況調査報告書, 2012