

2. 水質予測の方法

2-1. 水質予測モデル

○流域の取排水系統等に変更はないことから、水質予測モデルは過年度に同じ河道・流域ブロック分割、予測水質項目とした。

表 2-1 水質予測モデルの概要

区 分	モデルの内容	図・表
河道ブロック分割	・過年度モデルに同じ。 ・河川分合流点、湛水域、水質観測点等を考慮し、ブロック 1～8 の 8 ブロックに分割。	表 2-2、 図 2-1、図 2-2
流域ブロック分割	・過年度モデルに同じ。 ・河道ブロック 4～8 に対応し 5 分割。 ・河道ブロック 1～3 への流入負荷量は直接 L-Q 式で与えるため、流域ブロックは設けてない。	図 2-3
水収支計算	・河道ブロックに対する排水量、取水量、ブロック間移流量を設定。 ・水収支に基づき BOX 容量を設定。 ・BOX 水位は H-V 式による。	図 2-1
水質計算	・水質予測項目は過年度モデルに同じ。 ・対象項目：BOD、COD、IN(無機態窒素)、ON(有機態窒素)、IP(無機態リン)、OP(有機態リン)、chl-a(クロロフィル a)、DO	図 2-4

表 2-2 河道・流域ブロック諸元

ブロック NO.		ブロック名	河川名	区 間	水域 類型
河道 (区間長)	流域 (流域面積)				
1 (4.2km)	—	柿原堰下流	吉野川	柿原堰 24.2km ～ 本川 20km (第十堰湛水域上流端)	河川 A
2 (4.0km)	—	高瀬橋	吉野川	本川 20km ～ 本川 16km (第十樋門地点)	
3 (1.5km)	—	第十堰	吉野川	本川 16km ～ 本川 14.5km (第十堰地点)	
4 (2.1km)	4 (11.7km ²)	第十樋門下流	旧吉野川	旧吉野川 24.1km ～ 旧吉野川 22.0km (第十樋門) (勾配急変地点)	河川 A
5 (2.2km)	5 (7.4km ²)	宮川内谷川合流前	旧吉野川	旧吉野川 22.0km ～ 旧吉野川 19.8km (宮川内谷川合流点)	
6 (8.8km)	6 (117.8km ²)	市場橋	旧吉野川	旧吉野川 19.8km ～ 旧吉野川 11.0km (今切川分流点)	
7 (7.4km)	7 (21.3km ²)	旧吉野川河口堰	旧吉野川	旧吉野川 11.0km ～ 旧吉野川 3.6km (旧吉野川河口堰地点)	河川 A
8 (2.8km)	8 (5.7km ²)	今切川河口堰	今切川	今切川 11.2km ～ 今切川 8.4km (分流点) (今切川河口堰地点)	河川 C

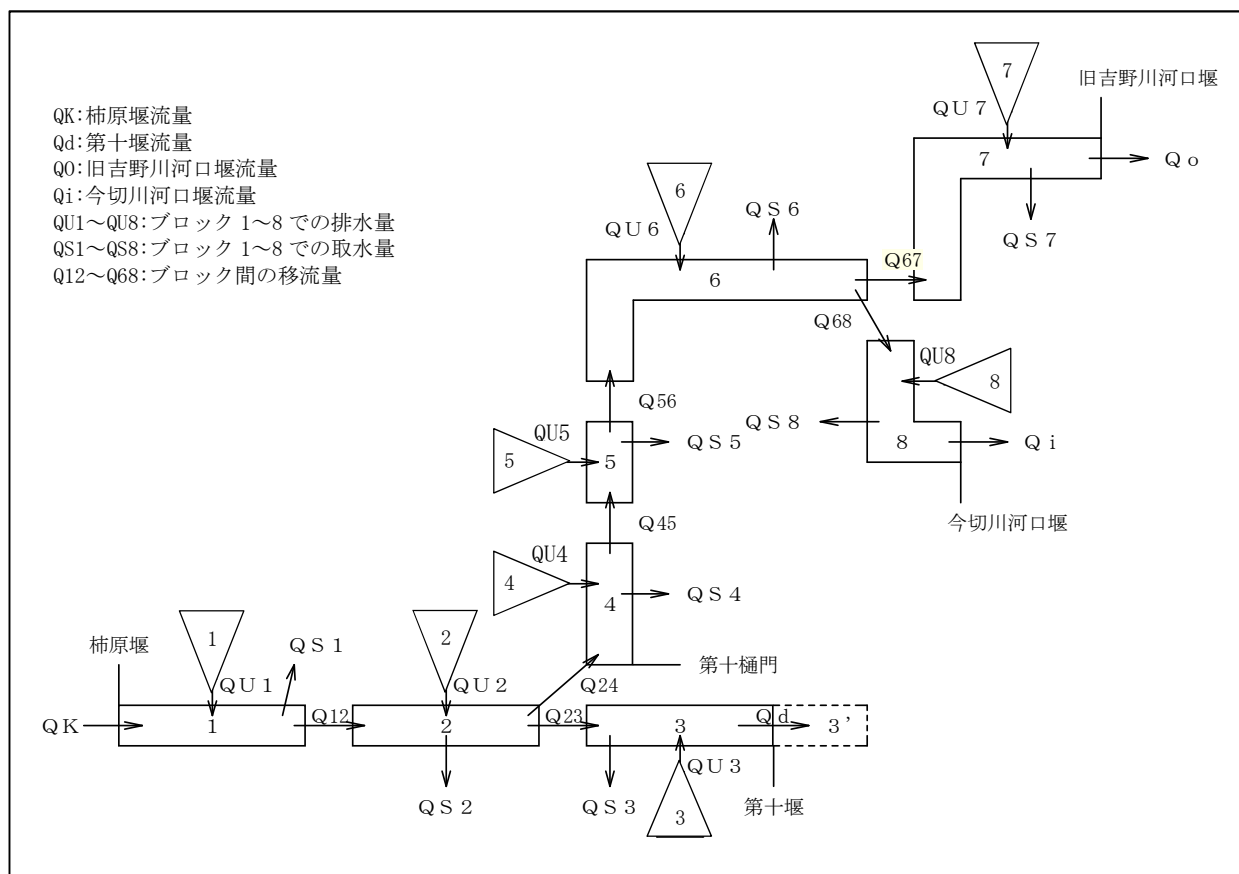


図 2-1 河道ブロック分割模式図

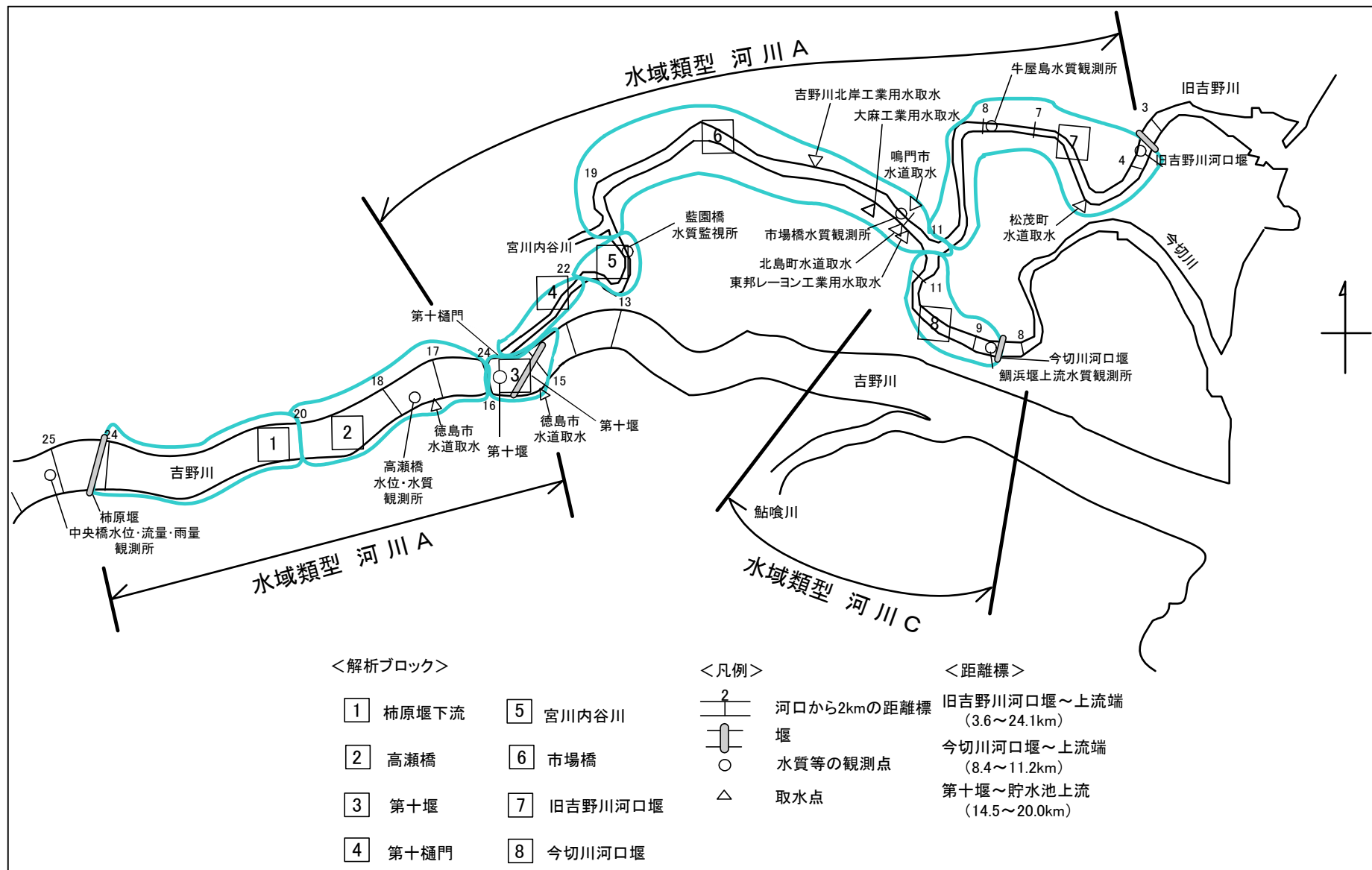


図 2-2 河道ブロック分割図(ブロック1～8)



図 2-3 流域ブロック分割図(ブロック4~8)

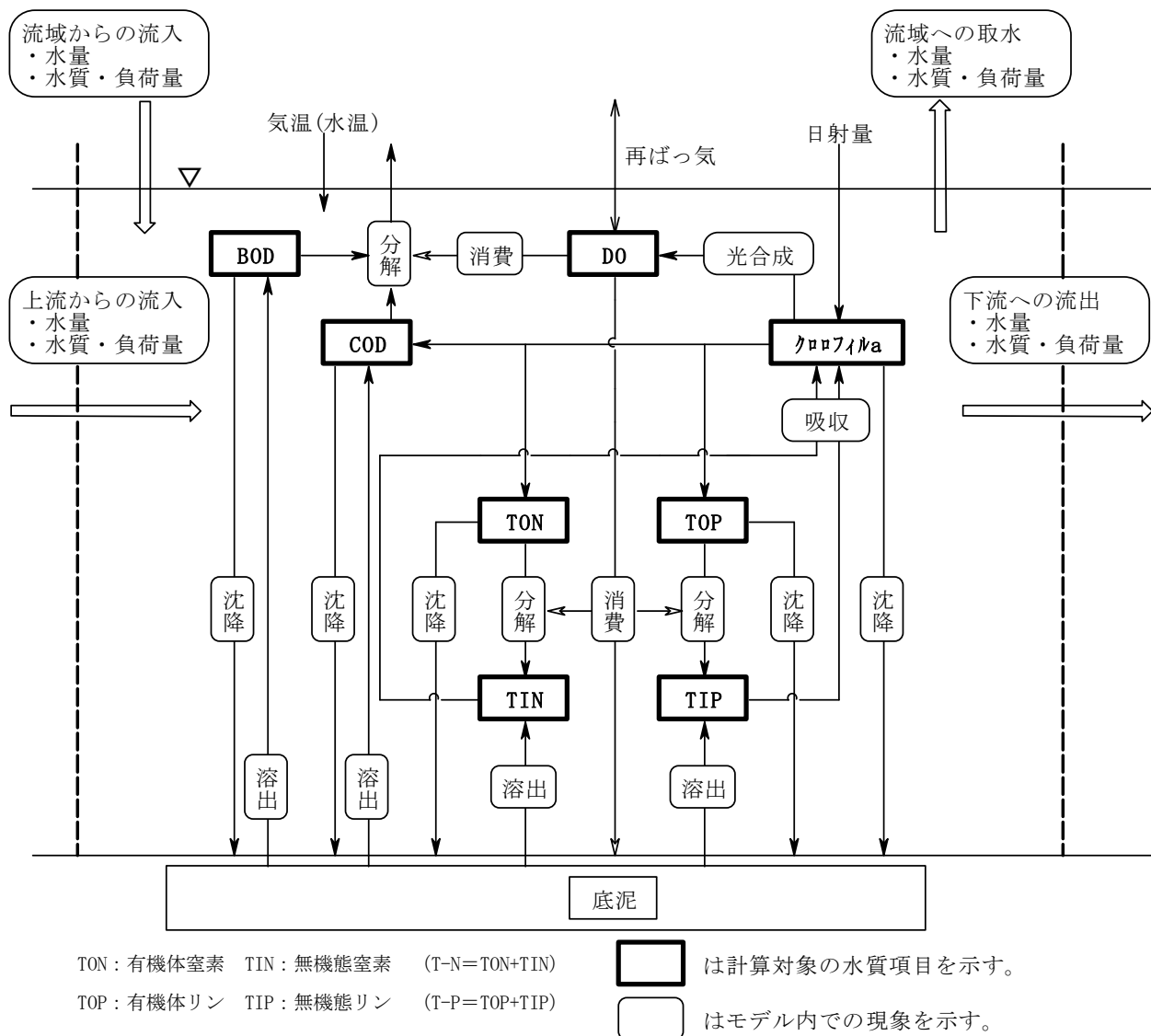


図 2-4 水質予測(生態系)モデルの模式図

<モデル基礎式>

1) 解析対象項目

解析対象とする汚濁指標は以下の 8 項目である。

- ・ クロロフィル a ----- 富栄養化による植物プランクトンの増殖を代表
- ・ TON (有機態窒素)
- ・ TIN (無機態窒素)
- ・ TOP (有機態リン)
- ・ TIP (無機態リン)
- } ----- 植物プランクトンの増殖に大きく関係する物質
- ・ COD ----- 湛水域の汚れの代表指標
- ・ BOD ----- 河川の汚れの代表指標
- ・ DO ----- 魚類等の生息に関連する項目

2) モデル基本式

モデルの基本式は、ダム・湖沼等で広く用いられている以下の式である。

■ 流量の連続式

$$\frac{V_i}{dt} = \sum_k (Q_{ki}) - \sum_k (Q_{ik}) + q_i - QS_i$$

$k \rightarrow i$ 流入 $i \rightarrow k$ 流出 区間流入量 取水量

ここで、 V_i : ボックス i の容量。(m³)

Q_{ik} : ボックス i からボックス k への流量。ボックス k は隣接するボックス。(m³/日)

q_i : 流域からボックス i への流入量。(m³/日)

QS_i : ボックス i からの取水量

■ クロロフィル a (植物プランクトン) 収支式

$$V_i \cdot \frac{dCHLA_i}{dt} = \sum_k (CHLA_k \cdot Q_{ki}) - \sum_k (CHLA_i \cdot Q_{ik}) + \sum_k \{K_h \cdot D_{ik} (CHLA_k - CHLA_i) / L_{ik}\} + LCHLA_i$$

$k \rightarrow i$ 移流(流入) $i \rightarrow k$ 移流(流出) $i \sim k$ 拡散 負荷流入・流出

$$+ G_p \cdot CHLA_i \cdot V_i - D_p \cdot CHLA_i \cdot V_i - U_p \cdot CHLA_i \cdot V_i / h_i$$

内部生産 死滅 沈降

ここで、 $CHLA_i$: ボックス i のクロロフィル a 濃度(mg/m³)

K_h : 水平拡散係数(m²/日)

h_i : ボックス i の水深(m)

D_{ik} : ボックス i とボックス k 境界の断面積(m²)

L_{ik} : ボックス i とボックス k 間の重心距離(m)

$LCHLA_i$: 植物プランクトンの流入・流出(mg/日)

G_p : 植物プランクトンの増殖速度(1/日)

D_p : 植物プランクトンの死滅速度(1/日)

U_p : 植物プランクトンの沈降速度(m/日)

■ COD 収支式

$$V_i \cdot \frac{dCOD_i}{dt} = \sum_k (COD_k \cdot Q_{ki}) - \sum_k (COD_i \cdot Q_{ik}) + \sum_k \{K_h \cdot D_{ik} (COD_k - COD_i) / L_{ik}\} + LCOD_i$$

$k \rightarrow i$ 移流(流入) $i \rightarrow k$ 移流(流出) $i \sim k$ 拡散 負荷流入・流出

$$+ G_p \cdot CHLA_i \cdot F_c \cdot V_i - K_c \cdot COD_i \cdot V_i - COD_i \cdot U_c \cdot \frac{V_i}{h_i} + R_c \cdot A_{Bi}$$

内部生産 分解 沈降 溶出

ここで、 COD_i : ボックス i の COD 濃度(g/m³)

A_{Bi} : ボックス i の底面積(m²)

$LCOD_i$: ボックス i の COD の流入流出負荷(g/日)

F_c : 植物プランクトン中の COD 物質量とクロロフィル a 量の比(g-COD/mg-CHLA)

K_c : COD の分解速度(1/日)

U_c : COD の沈降速度(m/日)

R_c : COD の溶出速度(g/m²/日)

■ 有機態窒素 (TON) 収支式

$$V_i \cdot \frac{dT_{ON_i}}{dt} = \sum_k (T_{ON_k} \cdot Q_{ki}) - \sum_k (T_{ON_i} \cdot Q_{ik}) + \sum_k \{K_h \cdot D_{ik} (T_{ON_k} - T_{ON_i}) / L_{ik}\} + LT_{ON_i} \\ + G_p \cdot CHLA_i \cdot F_n \cdot V_i - K_n \cdot (T_{ON_i} - F_n \cdot CHLA_i) V_i - T_{ON_i} \cdot U_n \cdot \frac{V_i}{h_i}$$

k→i 移流 (流入)
i→k 移流 (流出)
i~k 拡散
負荷流入・流出

内部生産
分解
沈降

ここで、 T_{ON_i} : ボックス i の有機態窒素濃度 (g/m³)
 LT_{ON_i} : ボックスの有機態窒素の流入流出負荷 (g/日)
 F_n : 植物プランクトン中の窒素量とクロロフィル a 量の比 (g-ON/mg-CHLA)
 K_n : 有機態窒素の分解速度 (1/日)
 U_n : 有機態窒素の沈降速度 (m/日)

■ 無機態窒素 (TIN) 収支式

$$V_i \cdot \frac{dT_{IN_i}}{dt} = \sum_k (T_{IN_k} \cdot Q_{ki}) - \sum_k (T_{IN_i} \cdot Q_{ik}) + \sum_k \{K_h \cdot D_{ik} (T_{IN_k} - T_{IN_i}) / L_{ik}\} + LT_{IN_i} \\ - G_p \cdot CHLA_i \cdot F_n \cdot V_i + K_n \cdot (T_{ON_i} - F_n \cdot CHLA_i) V_i + R_n \cdot A_{Bi}$$

k→i 移流 (流入)
i→k 移流 (流出)
i~k 拡散
負荷流入・流出

内部生産
分解
溶出

ここで、 T_{IN_i} : ボックス i の無機態窒素濃度 (g/m³)
 LT_{IN_i} : ボックスの無機態窒素の流入流出負荷 (g/日)
 R_n : 無機態窒素の溶出速度 (g/m²/日)

■ 有機態リン (TOP) 収支式

$$V_i \cdot \frac{dT_{OP_i}}{dt} = \sum_k (T_{OP_k} \cdot Q_{ki}) - \sum_k (T_{OP_i} \cdot Q_{ik}) + \sum_k \{K_h \cdot D_{ik} (T_{OP_k} - T_{OP_i}) / L_{ik}\} + LT_{OP_i} \\ + G_p \cdot CHLA_i \cdot F_p \cdot V_i - K_p \cdot (T_{OP_i} - F_p \cdot CHLA_i) V_i - T_{OP_i} \cdot U_p \cdot \frac{V_i}{h_i}$$

k→i 移流 (流入)
i→k 移流 (流出)
i~k 拡散
負荷流入・流出

内部生産
分解
沈降

ここで、 T_{OP_i} : ボックス i の有機態リン濃度 (g/m³)
 LT_{OP_i} : ボックスの有機態リンの流入流出負荷 (g/日)
 F_p : 植物プランクトン中の窒素量とクロロフィル a 量の比 (g-OP/mg-CHLA)
 K_p : 有機態リンの分解速度 (1/日)
 U_p : 有機態リンの沈降速度 (m/日)

■ 無機態リン (TIP) 収支式

$$V_i \cdot \frac{dT_{IP_i}}{dt} = \sum_k (T_{IP_k} \cdot Q_{ki}) - \sum_k (T_{IP_i} \cdot Q_{ik}) + \sum_k \{K_h \cdot D_{ik} (T_{IP_k} - T_{IP_i}) / L_{ik}\} + LT_{IP_i} \\ - G_p \cdot CHLA_i \cdot F_p \cdot V_i + K_p \cdot (T_{OP_i} - F_p \cdot CHLA_i) V_i + R_p \cdot A_{Bi}$$

k→i 移流 (流入)
i→k 移流 (流出)
i~k 拡散
負荷流入・流出

内部生産
分解
溶出

ここで、 T_{IP_i} : ボックス i の無機態リン濃度 (g/m³)

$LTIP_i$: ボックスの無機態リンの流入流出負荷 (g/日)
 R_p : 無機態リンの溶出速度 (g/m²/日)

■ BOD 収支式

$$V_i \cdot \frac{dBOD_i}{dt} = \sum_k (BOD_k \cdot Q_{ki}) - \sum_k (BOD_i \cdot Q_{ik}) + \sum_k \{K_h \cdot D_{ik} (BOD_k - BOD_i) / L_{ik}\} + LBOD_i - K_B \cdot BOD_i \cdot V_i - BOD_i \cdot U_B \cdot \frac{V_i}{h_i} + R_B \cdot A_{Bi}$$

$\xrightarrow{k \rightarrow i \text{ 移流 (流入)}}$ $\xrightarrow{i \rightarrow k \text{ 移流 (流出)}}$ $\xrightarrow{i \sim k \text{ 拡散}}$ 負荷流入・流出
 分解 沈降 溶出

ここで、 BOD_i : ボックス i の BOD 濃度 (g/m³)
 $LBOD_i$: ボックス i の BOD の流入流出負荷 (g/日)
 K_B : BOD の分解速度 (1/日)
 U_B : BOD の沈降速度 (m/日)
 R_B : BOD の溶出速度 (g/m²/日)

■ 溶存酸素 (DO) 収支式

$$V_i \cdot \frac{dDO_i}{dt} = \sum_k (DO_k \cdot Q_{ki}) - \sum_k (DO_i \cdot Q_{ik}) + \sum_k \{K_h \cdot D_{ik} (DO_k - DO_i) / L_{ik}\} + LDO_i - G_p \cdot CHLA_i \cdot V_i + R_{AR} \cdot (DO_{MAX} - DO_i) \cdot A_{Si} + S_w \cdot COD_i \cdot V_i - S_B \cdot A_{Bi}$$

$\xrightarrow{k \rightarrow i \text{ 移流 (流入)}}$ $\xrightarrow{i \rightarrow k \text{ 移流 (流出)}}$ $\xrightarrow{i \sim k \text{ 拡散}}$ 負荷流入・流出
 生産 再ばっ気 水中消費 底泥消費

ここで、 DO : ボックス i の DO 濃度 (g/m³)
 A_{Si} : ボックス i の水面積 (m²)
 LDO_i : ボックス i の DO の流入流出負荷 (g/日)
 G_p : 光合成による溶存酸素生成速度 (g-0₂/mg-CHLA/日)
 R_{AR} : 再ばっ気係数 (m/日)
 DO_{MAX} : 飽和溶存酸素濃度 (g/m³)
 S_w : 有機物の分解による酸素消費速度 (g-0₂/g-COD/日)
 S_B : 底泥による酸素消費速度 (g-0₂/m²/日)

■ 速度定数等

G_p : 植物プランクトンの増殖速度 (1/日)

$$G_p = S_p \cdot \mu \cdot f_N$$

$$S_p = \exp(-u_s \cdot CHLA)$$

$$\mu = \mu_a \cdot \exp\left\{-\frac{\mu_b}{(T + 273)}\right\} \cdot \frac{I_y}{I_{opt}} \cdot \exp\left\{1 - \frac{I_y}{I_{opt}}\right\}$$

$$f_N = \left(\frac{C_{IN}}{K_{IN} + C_{IN}} \cdot \frac{C_{IP}}{K_{IP} + C_{IP}}\right)$$

$CHLA$: クロロフィル a 濃度 (mg/m³)

u_s : スペース効果係数

T : 水温 (°C)

I_y : 水中日射量 (cal/m³/日)

μ_a : 植物プランクトン増殖速度係数*

μ_b : 植物プランクトン増殖速度定数*

I_{OPT}	: 最適日射量 (cal/m ³ /日)	C_{IN}	: 無機態窒素濃度 (g/m ³)
K_{IN}	: 窒素の半飽和定数 (g/m ³)	C_{IP}	: 無機態リン濃度 (g/m ³)
K_{IP}	: リンの半飽和定数 (g/m ³)	*AGP 試験により同定	

$$I_y = (1 - \varepsilon) \cdot (1 - a_r) \cdot I_{opt} \cdot \exp\{-(\eta_o + \mu_n \cdot CHLA \cdot \bar{h})\} \quad (\text{g/m}^3)$$

ε	: 水面吸収率	a_r	: 水面反射率
η_o	: 日射量の水中減衰係数	μ_n	: クロロフィル a による減衰係数
$\bar{h}$	: 光の水中減衰を代表する水深		

D_P : 植物プランクトンの死滅速度 (1/日)

$$D_P = K_{P20} \cdot \theta_P^{T-20}$$

K_{P20}	: 20℃での死滅速度 (1/日)	T	: 水温 (℃)
θ_P	: 死滅温度定数		

K_N : 有機態 T-N の分解速度 (1/日)

$$K_N = K_{N20} \cdot \theta_N^{T-20}$$

K_{N20}	: 有機態窒素の 20℃無機化速度 (1/日)	T	: 水温 (℃)
θ_N	: 有機態窒素の無機化温度定数		

K_P : 有機態 T-P の分解速度 (1/日)

$$K_P = K_{P20} \cdot \theta_P^{T-20}$$

K_{P20}	: 有機態リンの 20℃無機化速度 (1/日)	T	: 水温 (℃)
θ_P	: 有機態リンの無機化温度定数		

R_N : 無機態窒素の溶出速度 (g/m²/日)

$$R_N = R_{N20} \cdot \theta_{RN}^{T-20}$$

R_{N20}	: 無機態窒素の 20℃溶出速度 (g/m ² /日)	T	: 水温 (℃)
θ_{RN}	: 無機態窒素の溶出温度定数		

R_P : 無機態リンの溶出速度 (g/m²/日)

$$R_P = R_{P20} \cdot \theta_{RP}^{T-20}$$

R_{P20}	: 無機態リンの 20℃溶出速度 (g/m ² /日)	T	: 水温 (℃)
θ_{RP}	: 無機態リンの溶出温度定数		

K_C : COD の分解速度 (1/日)

$$K_C = K_{C20} \cdot \theta_{KC}^{T-20}$$

K_{C20}	: COD の 20℃分解速度 (1/日)	T	: 水温 (℃)
θ_{KC}	: COD の分解温度定数		

R_C : COD の溶出速度 (g/m²/日)

$$R_C = R_{C20} \cdot \theta_{RC}^{T-20}$$

R_{C20}	: COD の 20℃溶出速度 (g/m ² /日)	T	: 水温 (℃)
θ_{RC}	: COD の溶出温度定数		

2-2. 予測対象流況年

近年 11 ヶ年 (H18～H28、H25 は欠測年) の中から、豊水年、平水年、渇水年を設定し、現況再現を行い、平水年、渇水年及び異常渇水年 (H6) を事業影響検討の予測対象流況とした。

○阿波中央橋流況をもとに各流況年を選定。

○豊水年は豊平低渇各流量が、10 ヶ年の各流量の中で概ね最も大きい H27 年を選定、

○平水年は豊平低渇各流量が、10 ヶ年の各流量の平均値に最も近い H22 年を選定、

○渇水年は豊平低渇各流量が、10 ヶ年の各流量の中で最も小さい H19 年を選定した。

表 2-3 選定年豊平低渇流量の 10 ヶ年 (H18～H28、H25 は欠測年) での順位

	設定年	各流況の 10 ヶ年での順位			
		豊水流量	平水流量	低水流量	渇水流量
豊水年	H27	2 位	1 位	1 位	3 位
平水年	H22	4 位	7 位	7 位	5 位
渇水年	H19	10 位	10 位	10 位	10 位

注) H25 年は欠測のため、対象データは 10 ヶ年分。

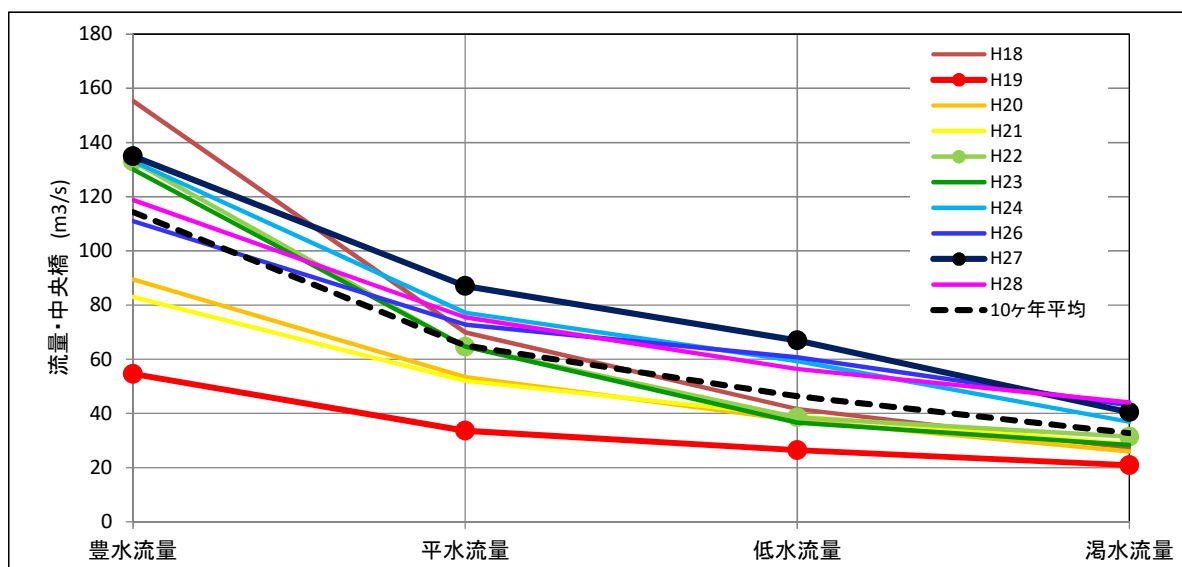
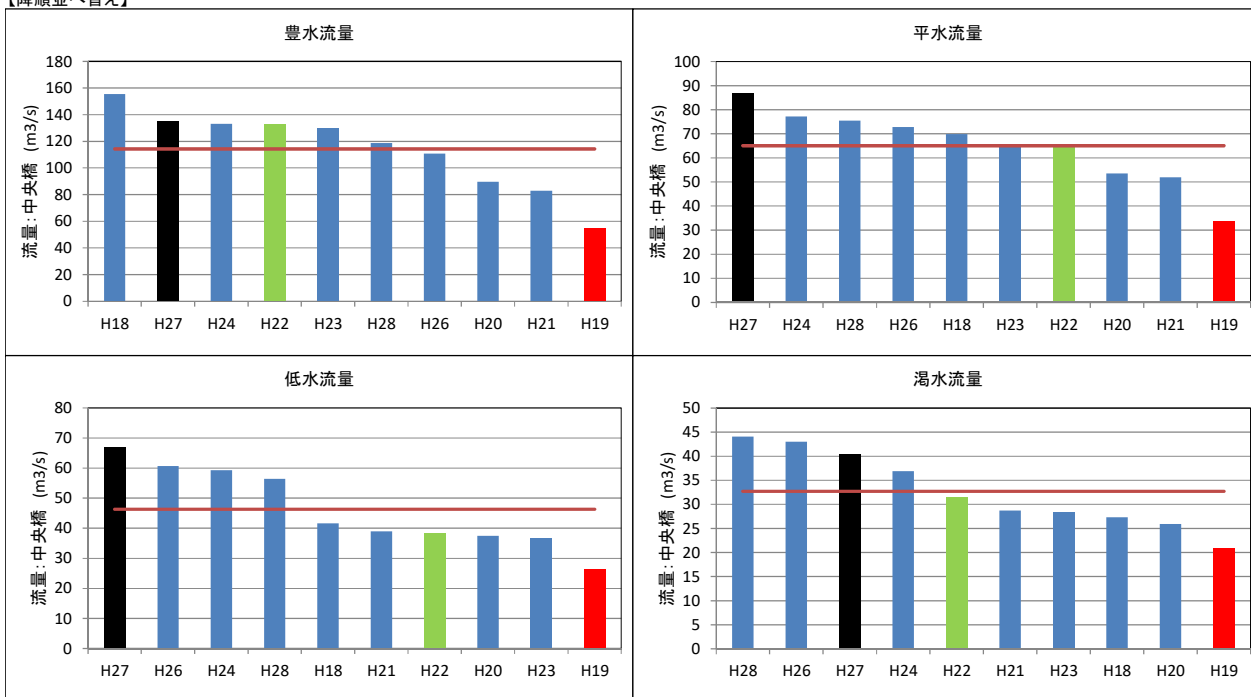


図 2-5 流況整理結果 (阿波中央橋地点) 10 ヶ年

【降順並べ替え】



注) 図中、赤線は 10 ヶ年平均値

図 2-6 流況順位整理結果(阿波中央橋地点) 10 ヶ年

表 2-4 阿波中央橋地点流況(10 ヶ年)

					豊水年
					平水年
					渇水年
【年順】					
年	流況(中央橋)				
	豊水流量 (m³/s)	平水流量 (m³/s)	低水流量 (m³/s)	渇水流量 (m³/s)	
H18	155.3	69.9	41.6	27.3	
H19	54.5	33.6	26.4	20.9	
H20	89.5	53.5	37.5	25.9	
H21	83.0	52.0	39.0	28.8	
H22	133.0	64.6	38.5	31.4	
H23	130.1	64.7	36.7	28.3	
H24	133.1	77.2	59.3	36.9	
H25	(欠測)	(欠測)	(欠測)	(欠測)	
H26	110.9	72.8	60.7	43.0	
H27	134.9	87.0	66.9	40.4	
H28	118.8	75.5	56.5	44.0	
最大	155.3	87.0	66.9	44.0	
最小	54.5	33.6	26.4	20.9	
平均	114.3	65.1	46.3	32.7	

2-3. 水質検討ケース

水質の検討ケースは、豊平潟流況ケース×流域負荷状況ケースで設定し、現況再現、及び将来予測(事業実施前後)を行った。

○現況再現検討は、各流況年の流域負荷状況を設定し、パラメーターのフィッティングを行った。

○将来予測(事業前後)は、豊平潟流況に対し事業完了翌 R4 の流域負荷状況を想定し予測を行った。

表 2-5 水質検討ケース

区 分	水質検討ケース		備 考
	流況設定	流域負荷設定	
現況再現	H27 豊水年	H27 負荷状況	
	H22 平水年	H22 負荷状況	
	H19 渇水年	H19 負荷状況	
将来予測 (事業前後)	H22 平水年	R4 負荷状況	各年の事業前後の水収支状況をそれぞれ設定
	H19 渇水年		
	H6 異常渇水年		

2-4. 流域排出負荷量

流域から河川に流入する排出負荷量は、対象年の負荷フレーム×負荷原単位、または、各種負荷源(事業所、処理場等)の排水水質×排水量で設定した(統計値、ヒアリング値等による)。

○排出負荷量は、生活系、産業系、畜産系、面源系それぞれで、当該年の統計・調査値より、負荷フレーム値または排水水質を設定し、負荷原単位または排水量を乗じて算出した。

表 2-6 流域排出負荷量設定概要

区 分	設 定 概 要	備 考
生活系 負 荷	・処理形態は下水、農集、コミプラ、合併、単独、汲み取り、自家処理を想定。 ・排出負荷量は処理形態別人口×排出負荷原単位、または排水水質×排水量で算出。 ・処理形態別人口は「とくしま生活排水処理構想 2017」記載の市町別人口を流域ブロックに配分し設定。 ・流域ブロックへの人口配分は、国勢調査町丁別人口の分布、下水道計画整備区域等を考慮し設定。	・「とくしま生活排水処理構想 2017」に記載がない年の人口は、統計値または内挿により設定。 ・合併、単独、汲み取り、自家処理の負荷原単位は H27 流総指針による。 ・農集、し尿処理場、コミプラ排出負荷量は、ヒアリングによる排水水質×排水量による。
産業系 負 荷	・製造品出荷額×排出負荷原単位で算出。 ・特定事業場については、排水水質・水量の届出値(ヒアリング結果)により算出。	・排出負荷原単位(産業中分類)は H27 流総指針による。
畜産系 負 荷	・牛、豚飼育頭数×排出負荷原単位により算出。 ・飼育頭数はヒアリングによる。	・鶏は通常、鶏糞が農地還元されることから、農地面源負荷に含まれるとして除外。
面源系 負 荷	・土地利用面積×排出負荷原単位により算出。 ・土地利用は、水田、畑・果樹園、山林、建物用地その他に区分。	

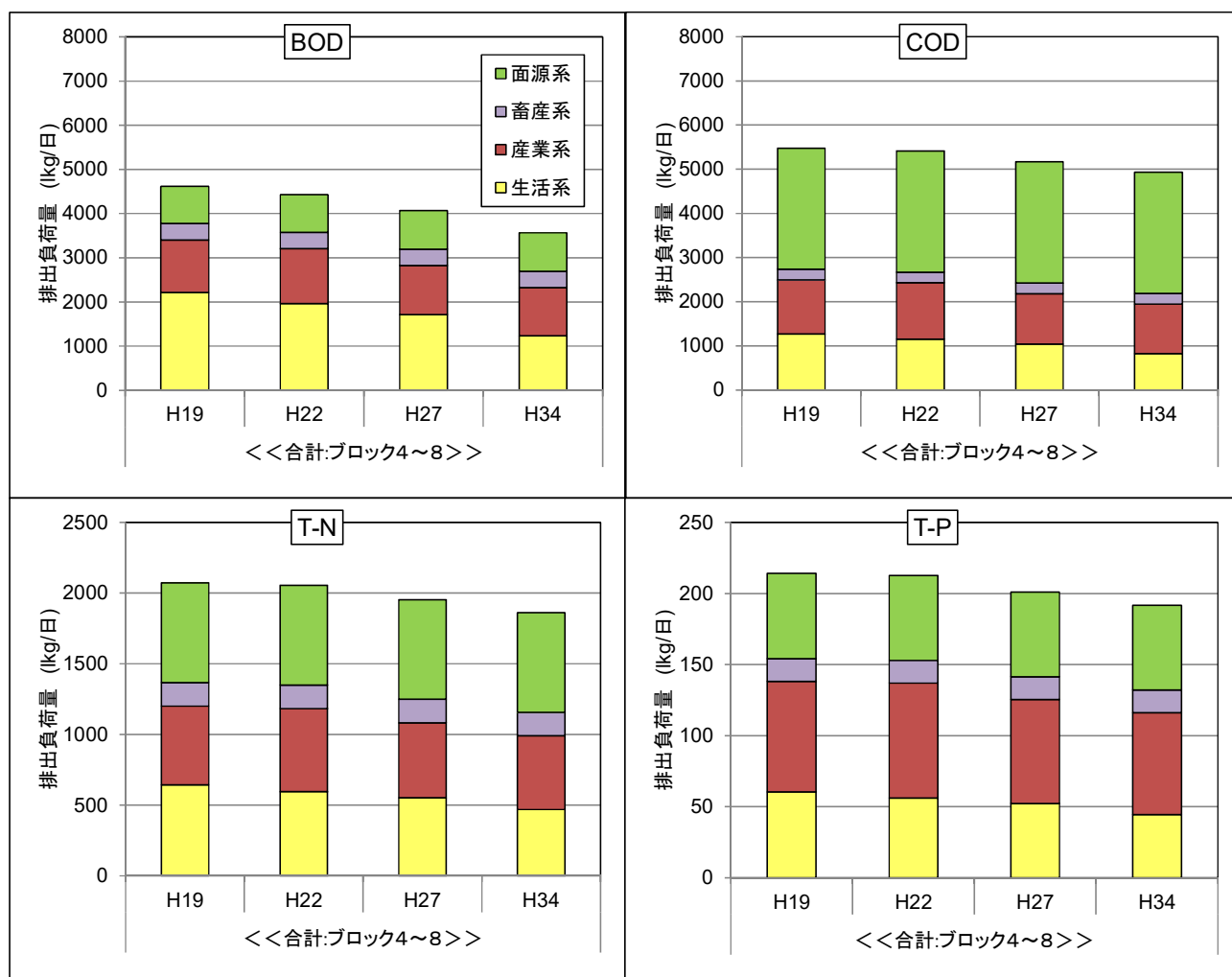


図 2-7 排出負荷量設定結果(流域ブロック 4～8 の合計値)

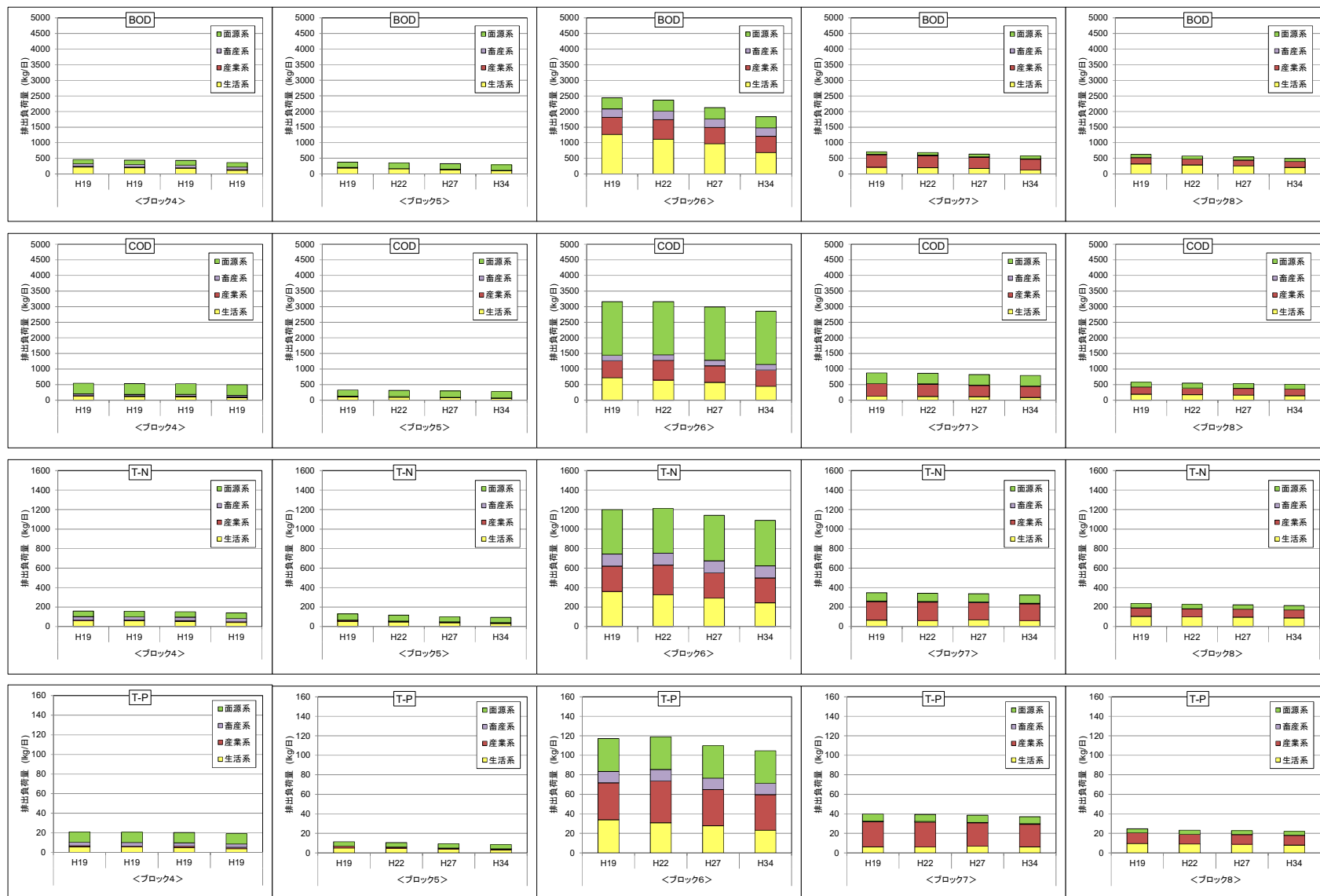


図 2-8 排出負荷量設定結果(ブロック別)