

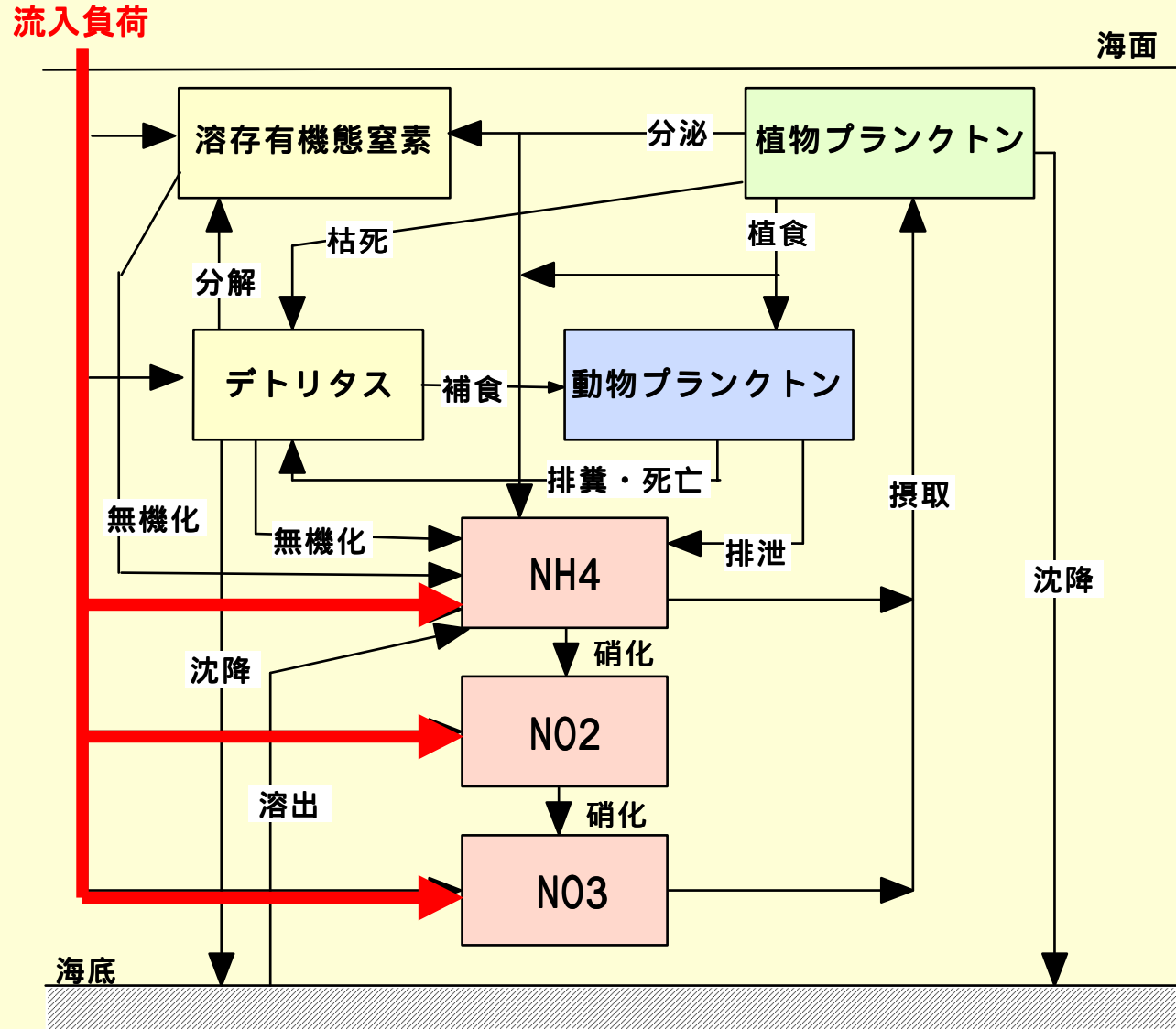
流入負荷の精度が 内湾の生態系シミュレーションに及ぼす影響

市川 哲也

(株)中電シーティーアイ



生態系モデル(窒素循環)




はじめに

- 内湾の生態系シミュレーションには、入力条件として河川からの流入負荷量(N, P)が必要である。
- 流入負荷量は、内湾の水質分布を決定する重要な因子である。
- 流入負荷量は河川ごとの流量と水質データから算出するが、時系列の詳細なデータが存在していないのが現実である。



発表概要

(伊勢湾1995年の生態系シミュレーションを例に)

- 負荷量の設定方法
 - L-Q式
 - 中小河川
 - 栄養塩, 植物プランクトンの再現性
 - 負荷量変化に伴う感度解析
- 

L-Q式

[概要]

- 河川ごとに“流量—負荷量”の相関式を算定
- 流量年表に載っている河川
- 流入汚濁負荷量
 - T-N → $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$
 - COD → POC, DOC → PON, DON

L-Q式 [算出方法]

①

河川のT-N濃度(月1回)

その日の流量

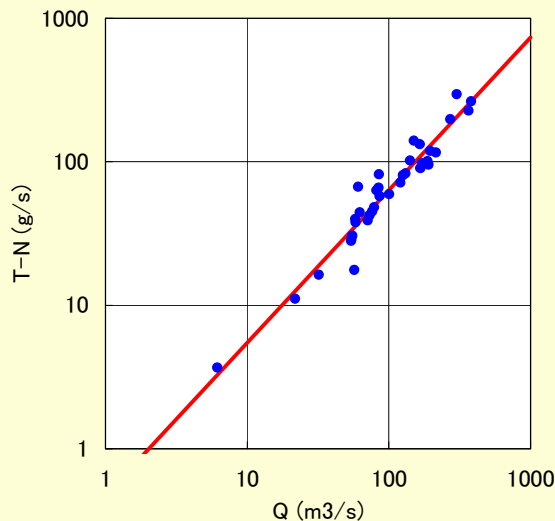
mg/L

m³/s

負荷量

g/s

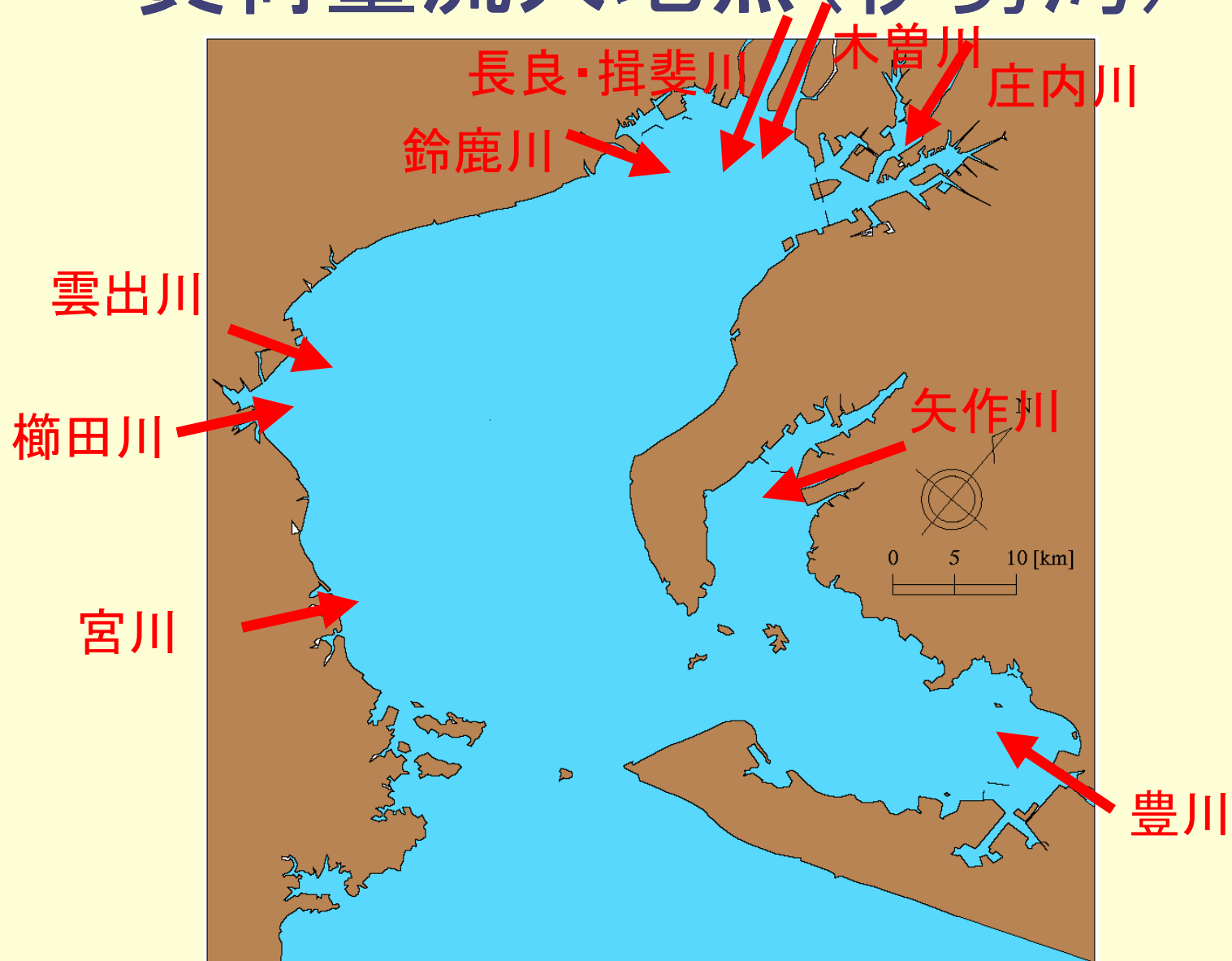
②



3ヶ年程度のデータ
から

$L = A \times Q^B$ を算出

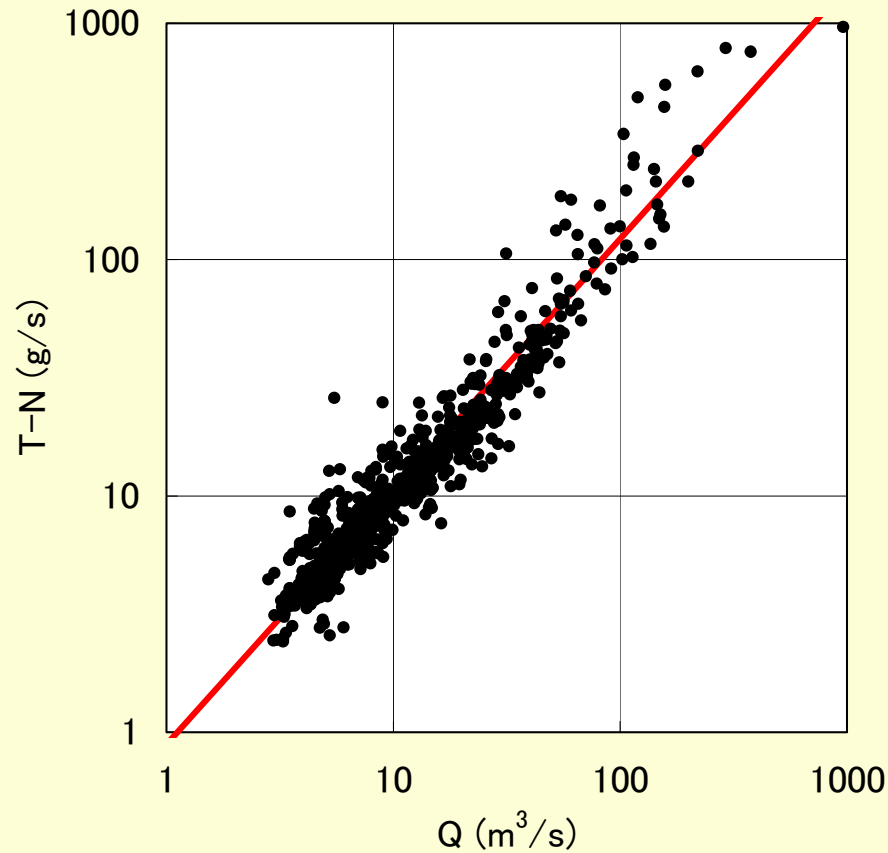
負荷量流入地点(伊勢湾)



L-Q式 [算出結果]

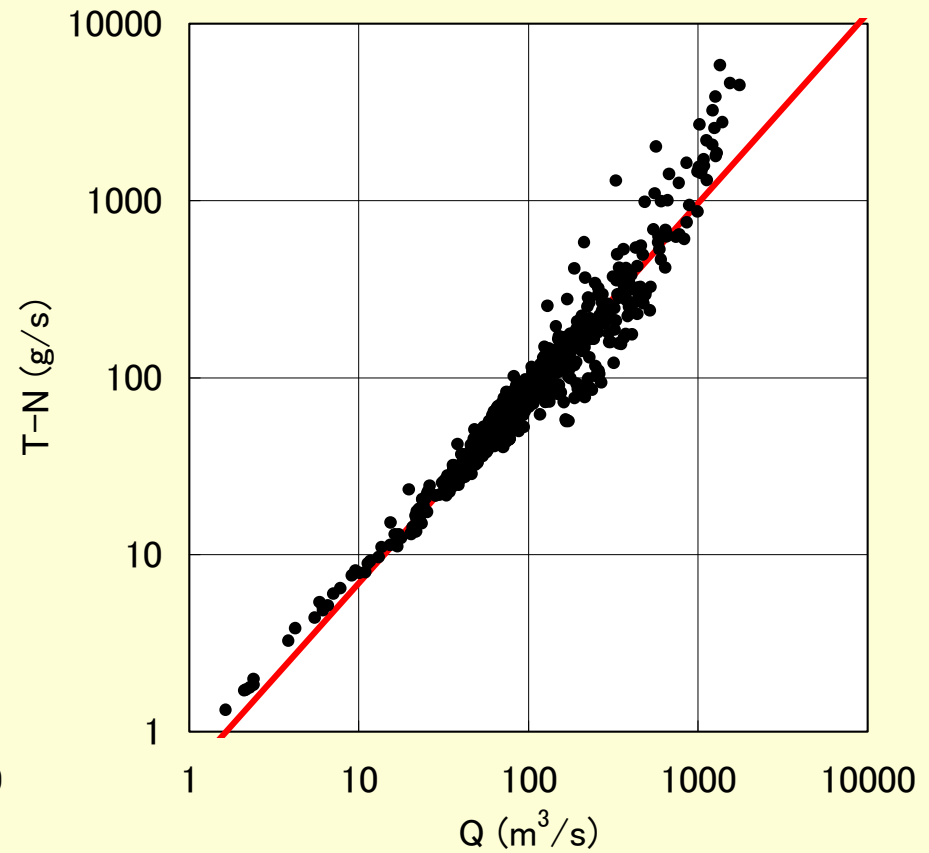
豊川

$$L = 0.89 \cdot Q^{1.07} \quad (r=0.96)$$



木曾川

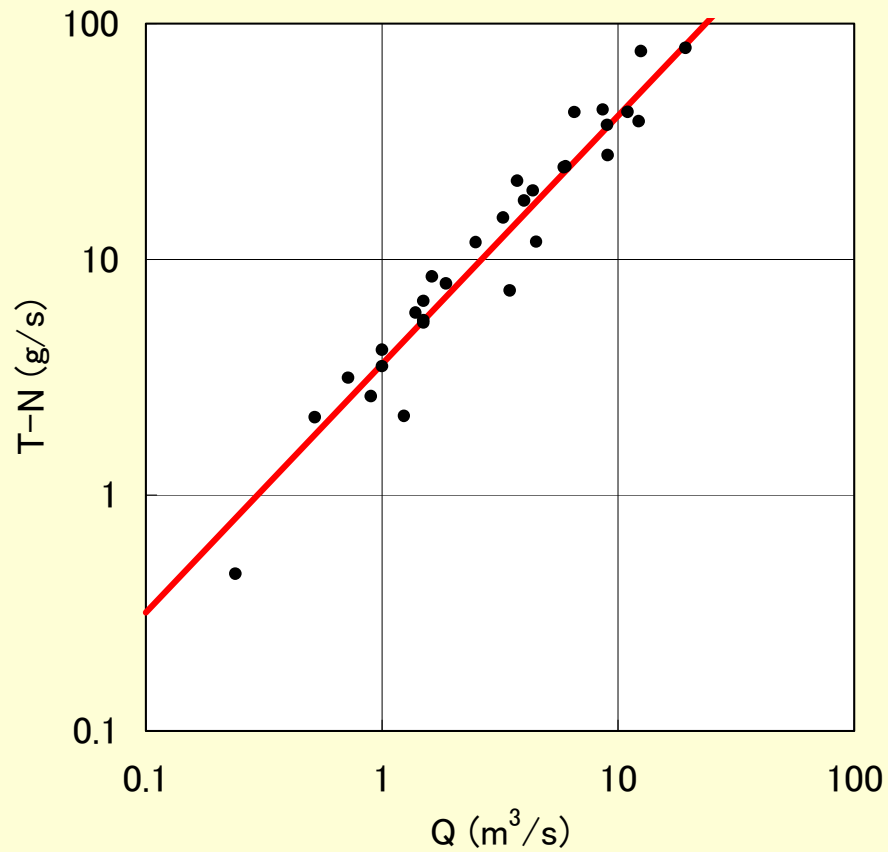
$$L = 0.58 \cdot Q^{1.07} \quad (r=0.97)$$



L-Q式 [算出結果]

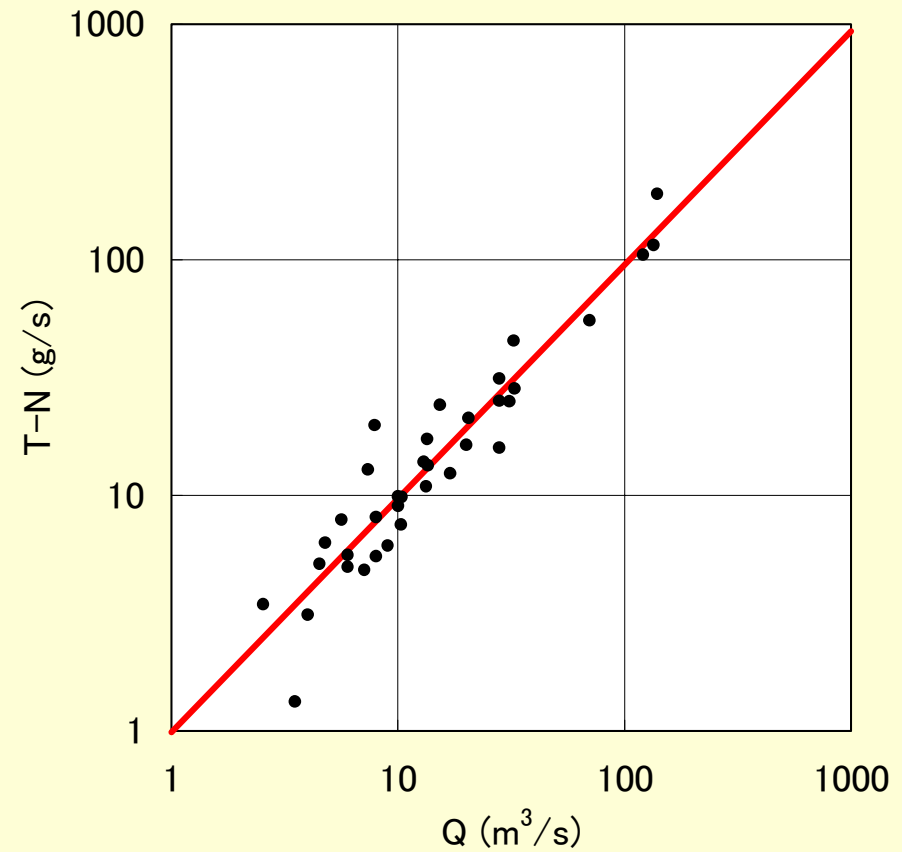
鈴鹿川

$$L = 3.59 \cdot Q^{1.05} \quad (r=0.98)$$



宮川

$$L = 0.99 \cdot Q^{0.99} \quad (r=0.94)$$



L-Q式 [データ数による違い]

● 愛知県 (豊川～木曾川)

- 毎日の負荷量 (水質自動計測)
- $365 \text{ 日} \times 3 \text{ 年} = 1095 \text{ 個}$ のデータによる相関

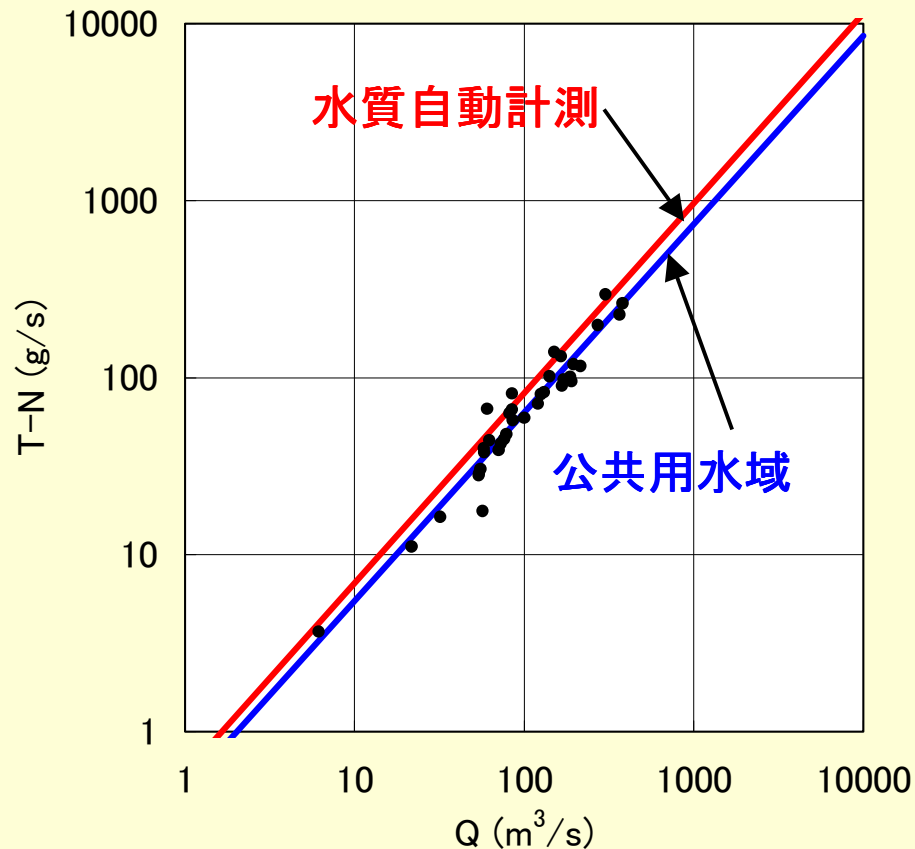
● 三重県 (揖斐・長良川～宮川)

- 毎月1回の負荷量 (公共用水域)
- $12 \text{ ヶ月} \times 3 \text{ 年} = 36 \text{ 個}$ のデータによる相関

L-Q式 [データ数による違い]

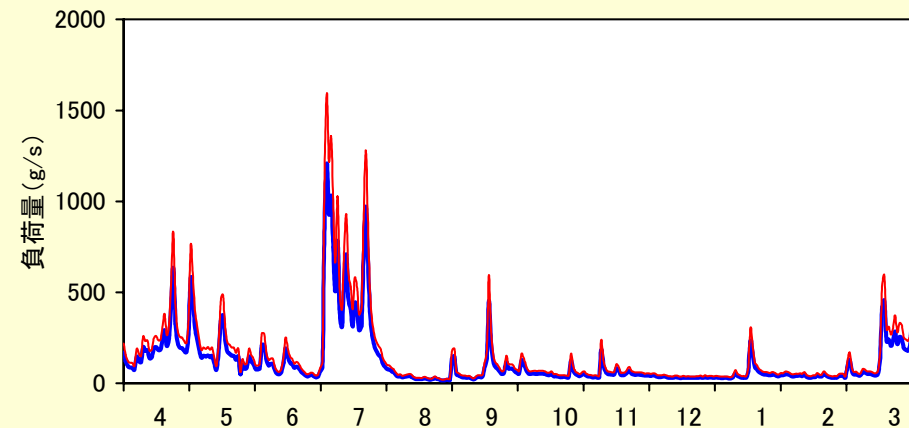
木曾川

$$L = 0.47 \cdot Q^{1.06} \quad (r=0.97)$$



水質自動計測 : 5078 ton/year

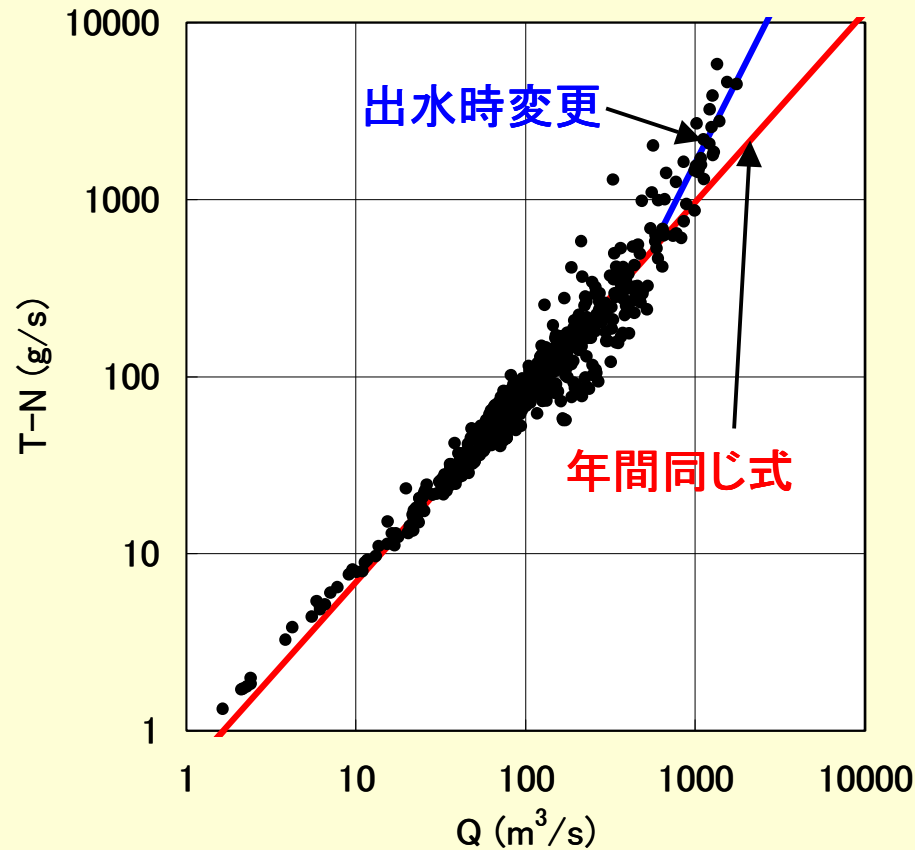
公共用水域 : 3904 ton/year



L-Q式 [出水時の違い]

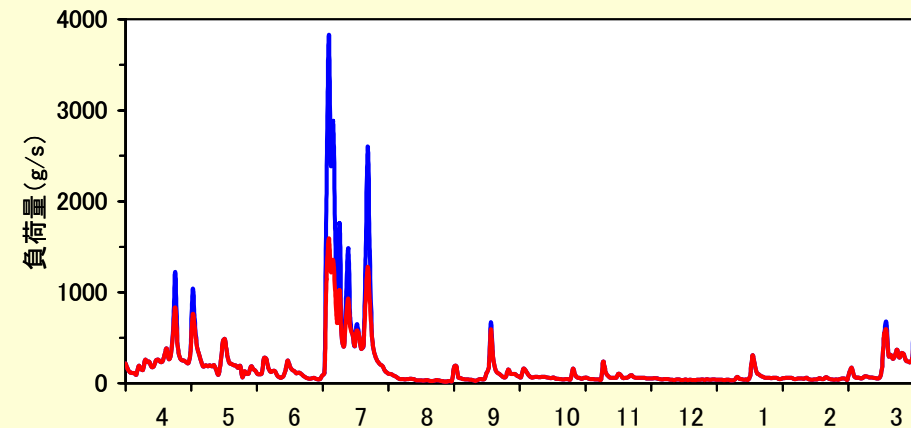
木曾川

$$L = 0.003 \cdot Q^{1.89} \quad (r=0.97)$$

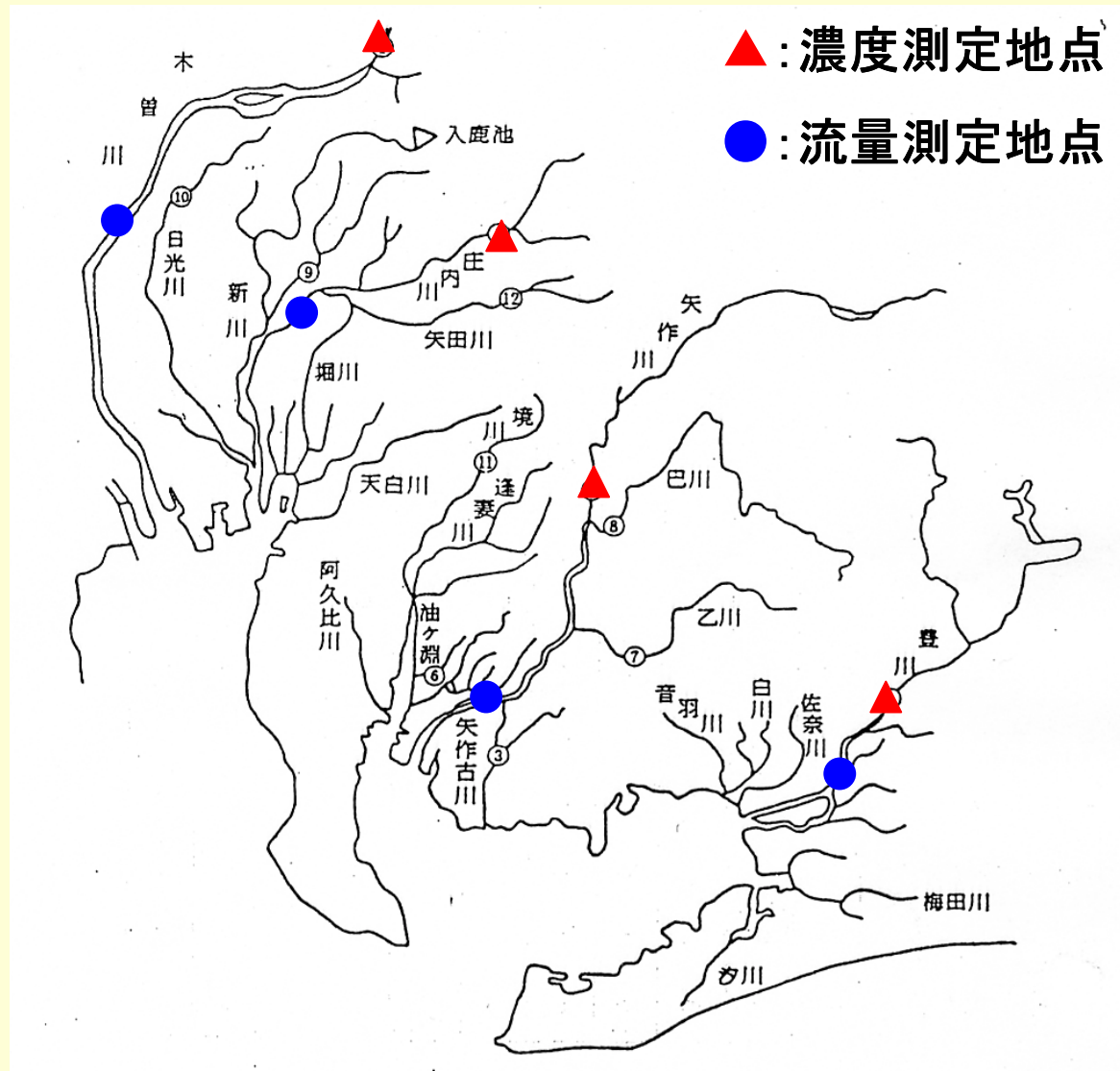


年間同じ式 : 5078 ton/year

出水時変更 : 6157 ton/year



L-Q式 [測定地点の違い]



中小河川の負荷量設定

流量年表に載っていない河川

- 市や県による流量, 水質調査
 - L-Q式
 - 【公共用水域:河川】水質○, 流量×
- 流量比, 流域面積比などから推定
- 過去の調査(原単位法)から設定
- その他、下水処理場や事業所等からの排水についても考慮できれば設定。

1995年伊勢湾生態系シミュレーション

入力条件(河川流入汚濁負荷量)

● 豊川、矢作川、庄内川、木曾川

- 水質自動計測(愛知県)による毎日のデータよりL-Q式を算出
- 流量の日データより日ごとの負荷量を設定

● 揖斐・長良川、鈴鹿川、雲出川、櫛田川、宮川

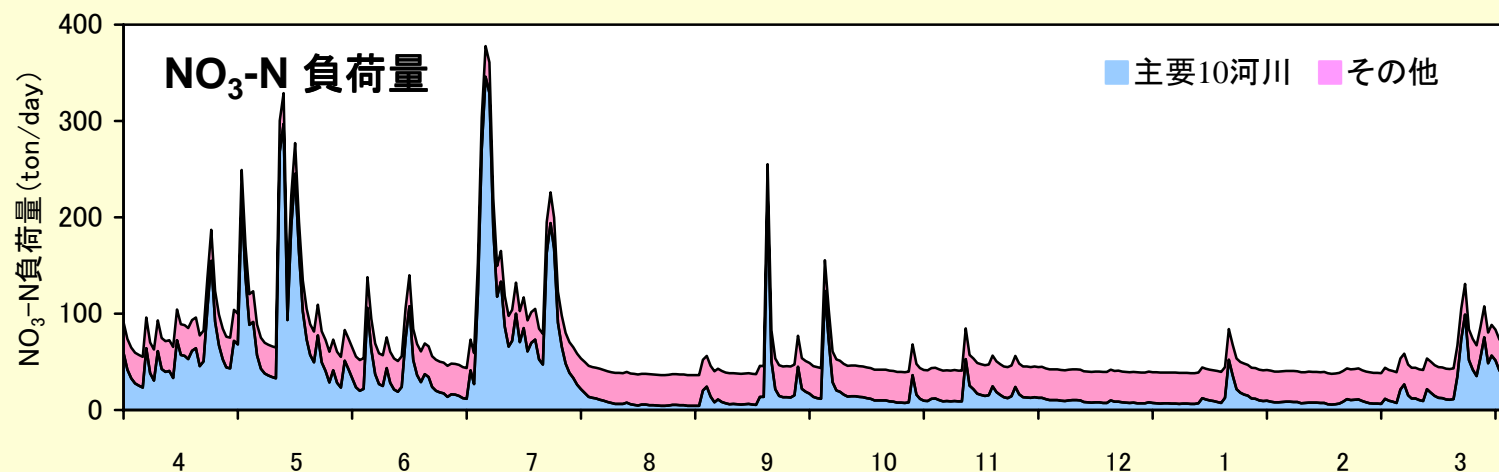
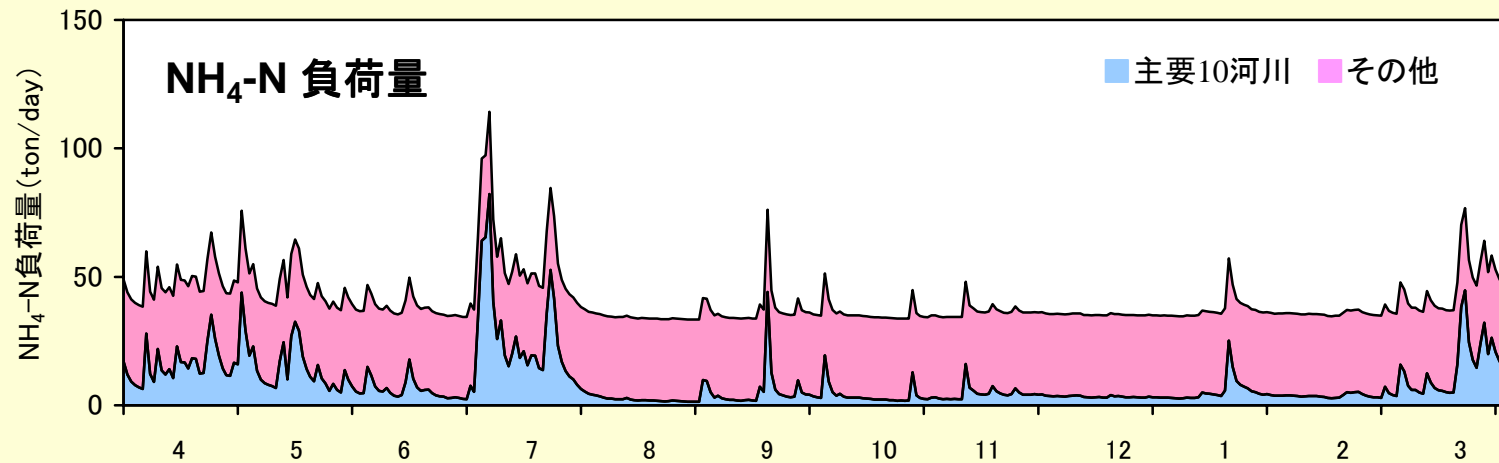
- 公共用水域による毎月のデータよりL-Q式を算出
- 流量の日データより日ごとの負荷量を設定


● 中小河川、事業場など(67負荷点)

- 原単位法等から調べられた年平均値(過去調査)を設定

1995年伊勢湾生態系シミュレーション

伊勢湾に流入する負荷量合計





1995年伊勢湾生態系シミュレーション

入力条件(その他)

- 分解能

- 水平2 kmメッシュ
- 鉛直10層(2~5 mピッチ)


- 計算期間

- 1995年4月1日0時~1996年3月31日24時

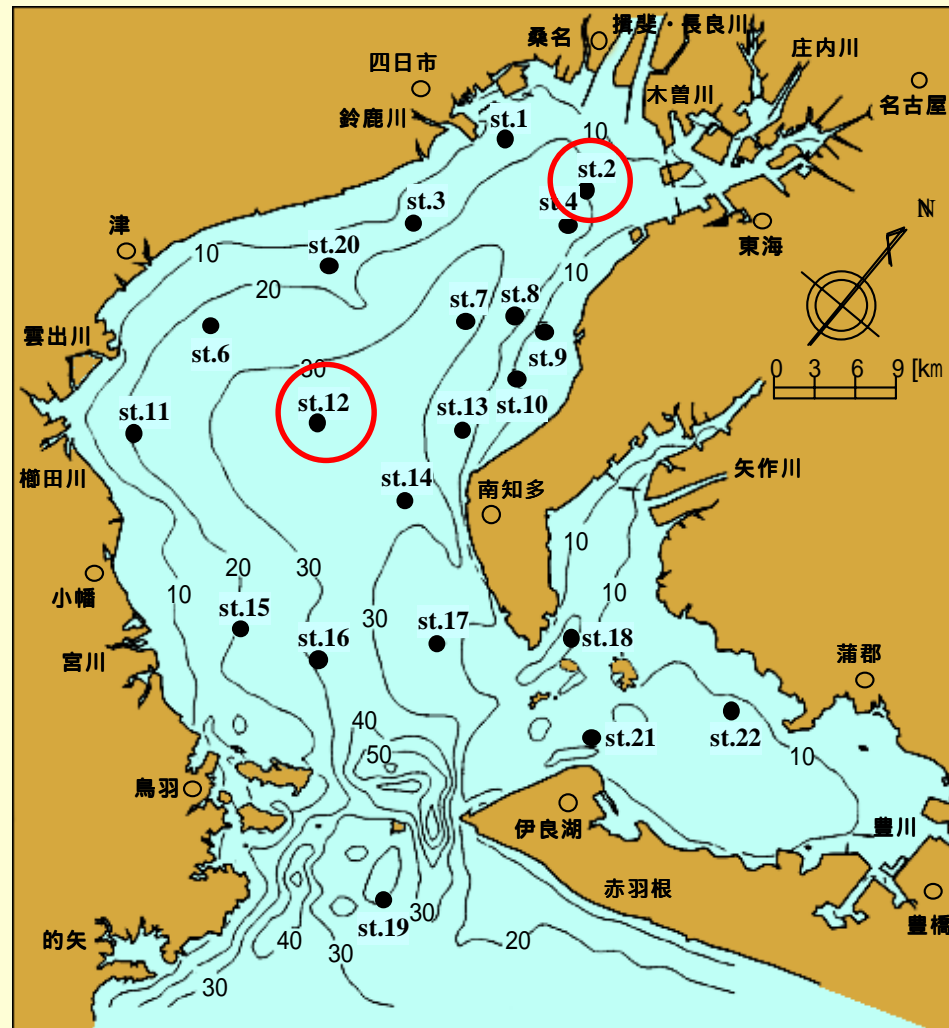
- 湾口境界条件

- 湾口付近の観測値(月1回)より推定

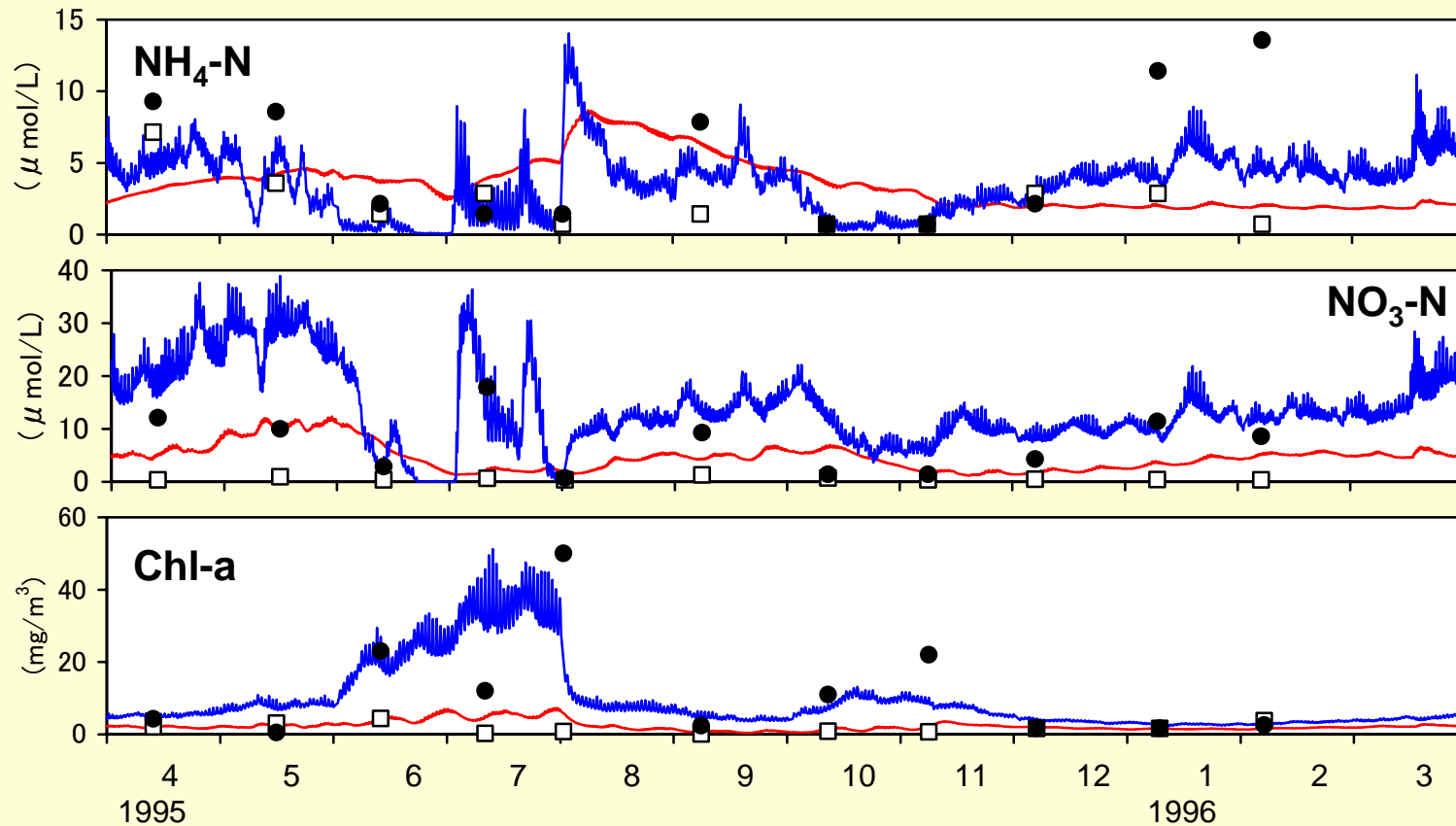
- 底泥栄養塩溶出, 酸素消費

- 現地調査結果より水温応答を解析
 - 空間分布を設定
- 

1995年伊勢湾生態系シミュレーション 結果の比較地点(観測地点)

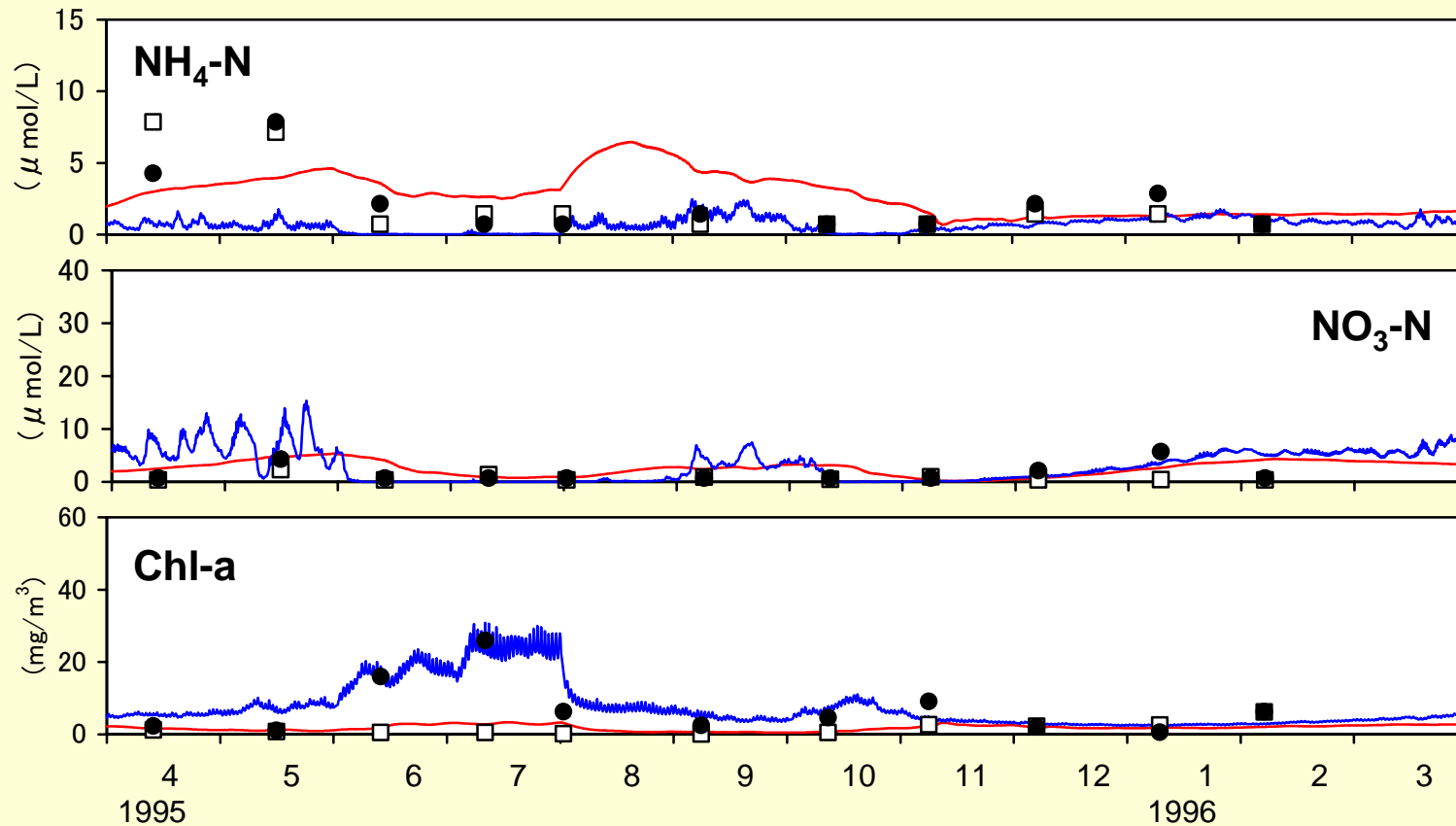


1995年伊勢湾生態系シミュレーション 解析結果(木曾川河口: St.2)



● 表層観測 □ 底層観測 — 表層計算 — 底層計算

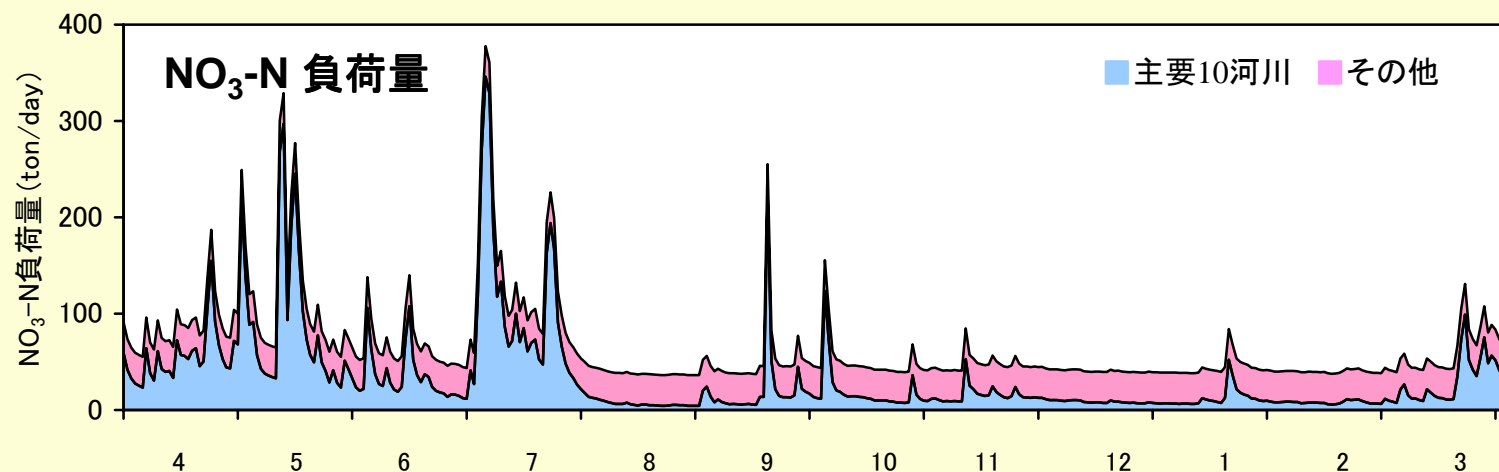
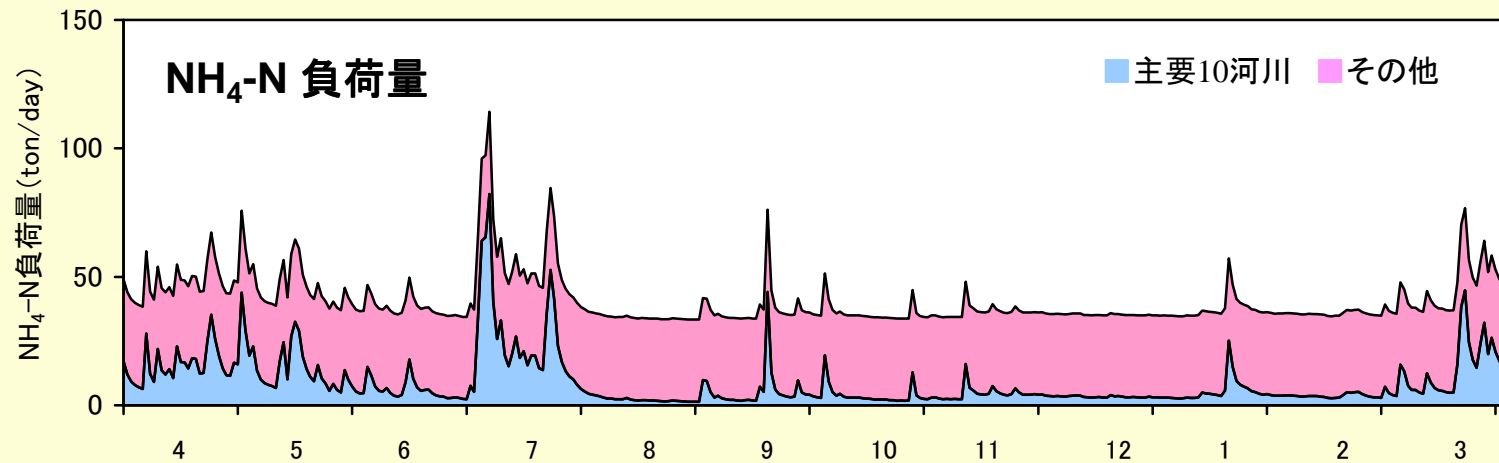
1995年伊勢湾生態系シミュレーション 解析結果(湾央: St.12)



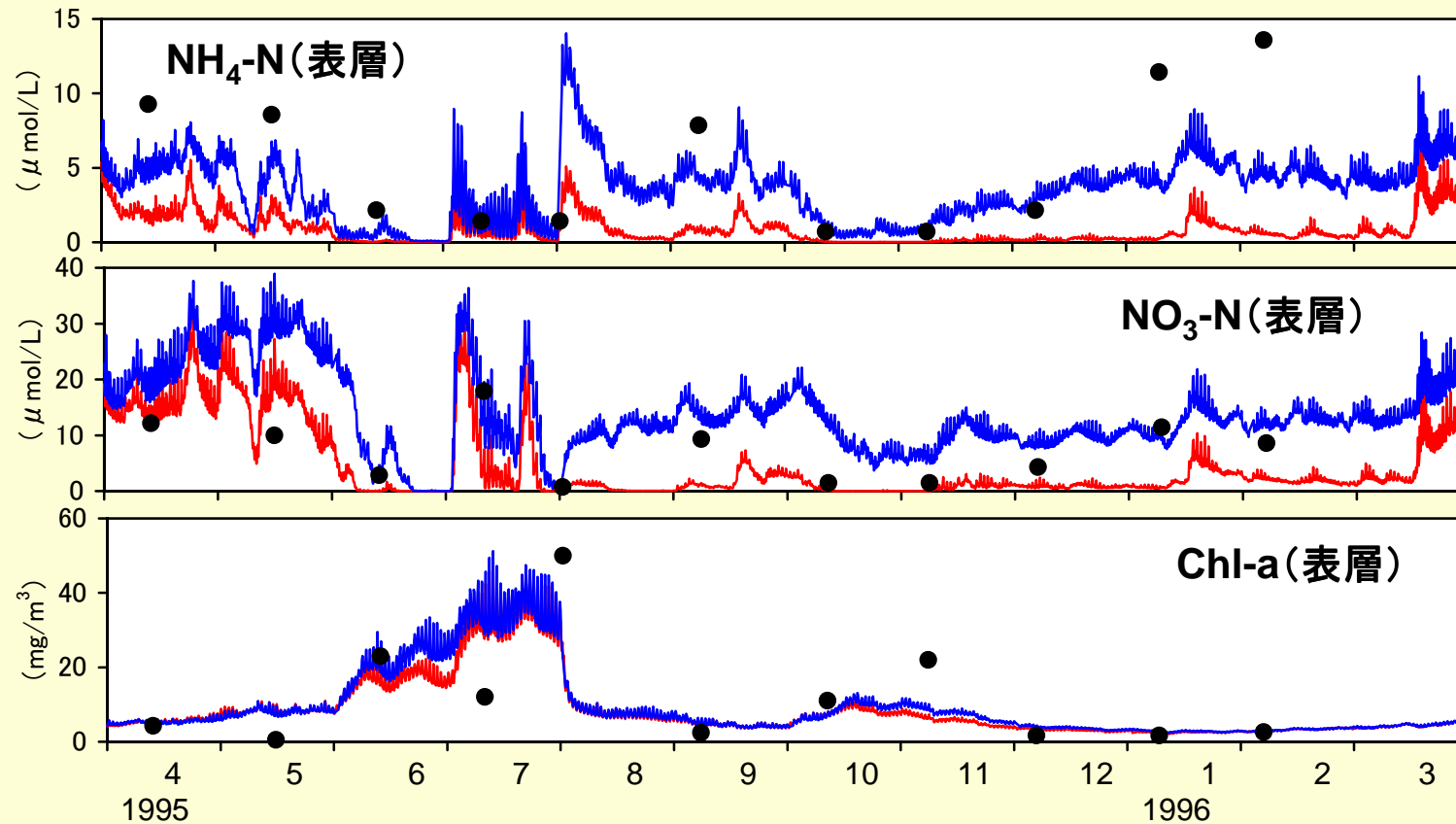
● 表層観測 □ 底層観測 — 表層計算 — 底層計算

1995年伊勢湾生態系シミュレーション

中小河川等の負荷量を考慮しない

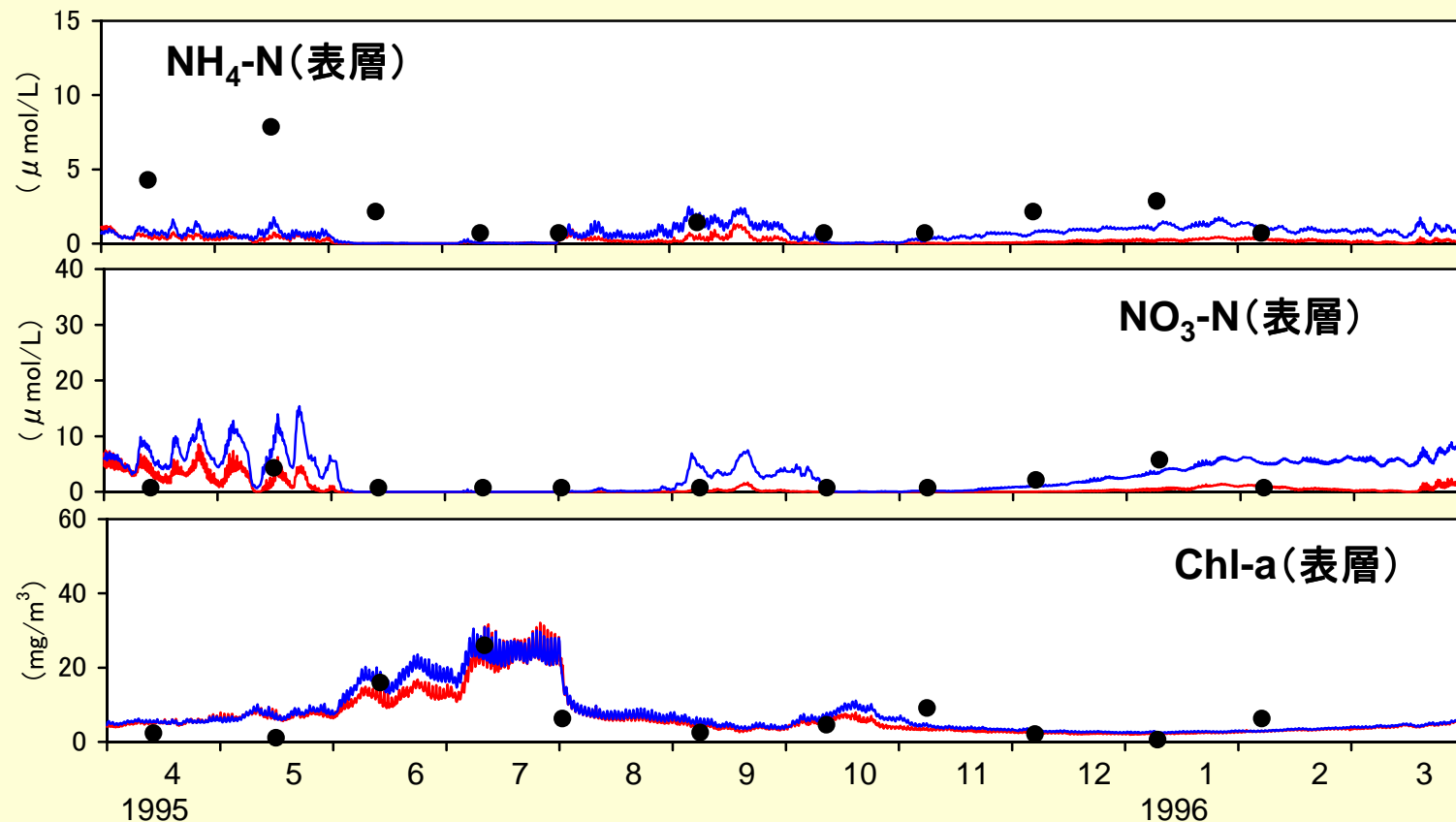


中小河川等の負荷量を考慮しない 感度解析結果(木曾川河口: St.2)




● 表層観測 — 現況計算 — 10河川のみ

中小河川等の負荷量を考慮しない 感度解析結果(湾央:St.12)



● 表層観測 — 現況計算 — 10河川のみ




中小河川等の負荷量を考慮しない 感度解析結果

● 栄養塩濃度

- 湾奥部では年間を通して大幅に減少
- 湾央部では僅かに減少
- 環境中の栄養塩が不足し、再現性に問題

● クロロフィルa

- 6~7月, 10~11月(栄養塩枯渇)は僅かに減少
 - その他の期間はほとんど変化なし
 - 主要河川からの栄養塩負荷のみで成長可能
- 

底泥からの栄養塩負荷

栄養塩溶出量の見積

● メカニズムは極めて複雑

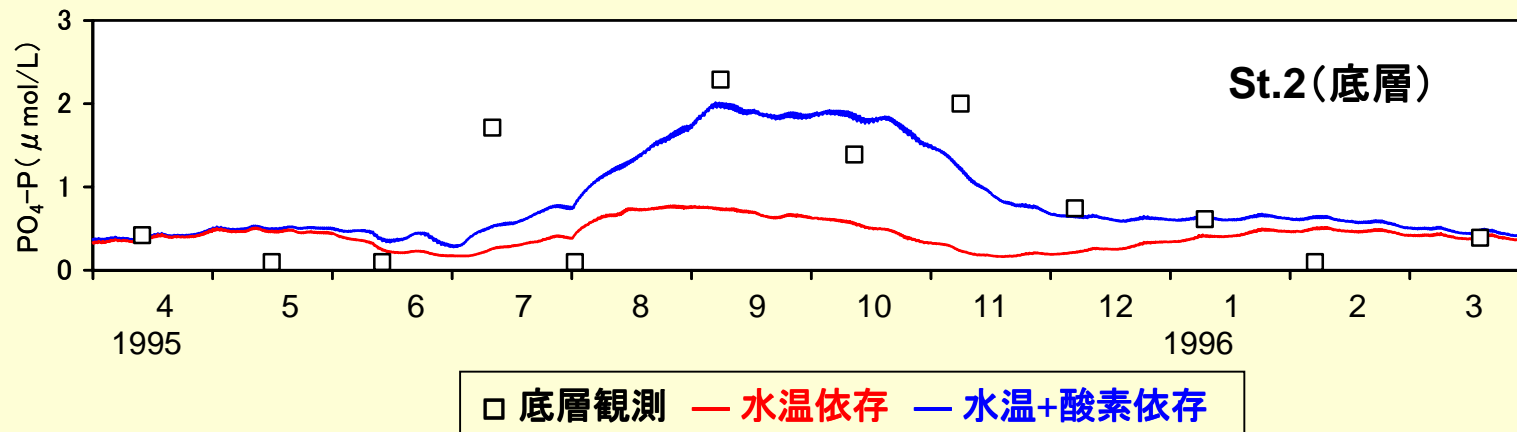
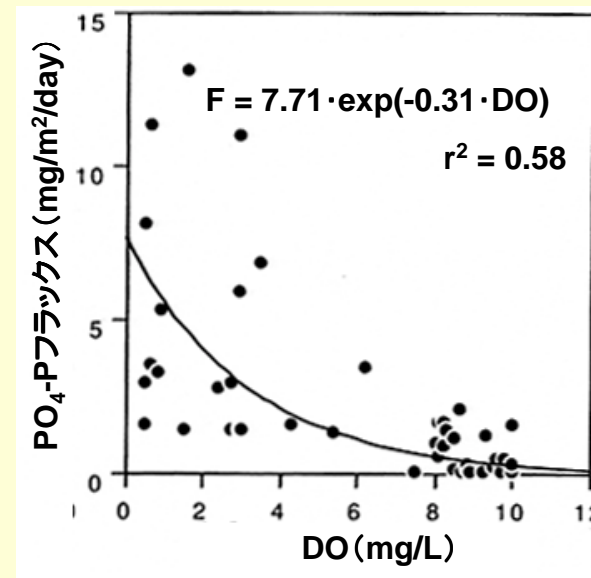
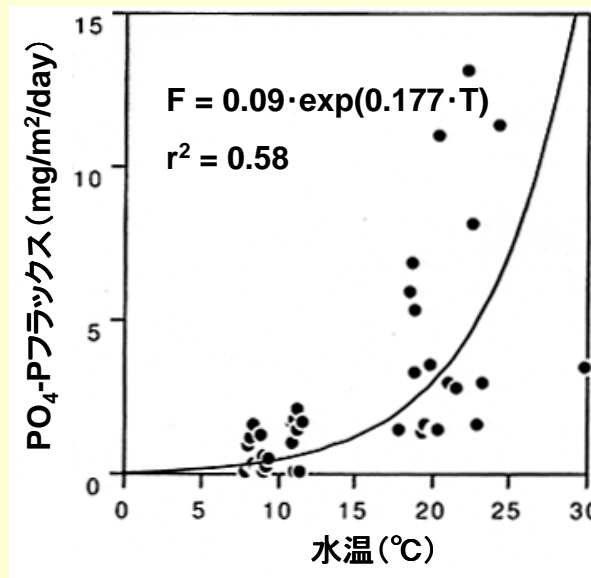
- 底泥間隙水中の栄養塩濃度
- 底生動物の生息状況(排泄、呼吸)
- 泥温、酸素濃度

● 底泥からの栄養塩フラックス

- $\text{NH}_4\text{-N}$: $v = \alpha \cdot \exp(\beta \cdot T)$
- $\text{PO}_4\text{-P}$: $v = \alpha \cdot \exp(\beta \cdot T - \gamma \cdot DO)$

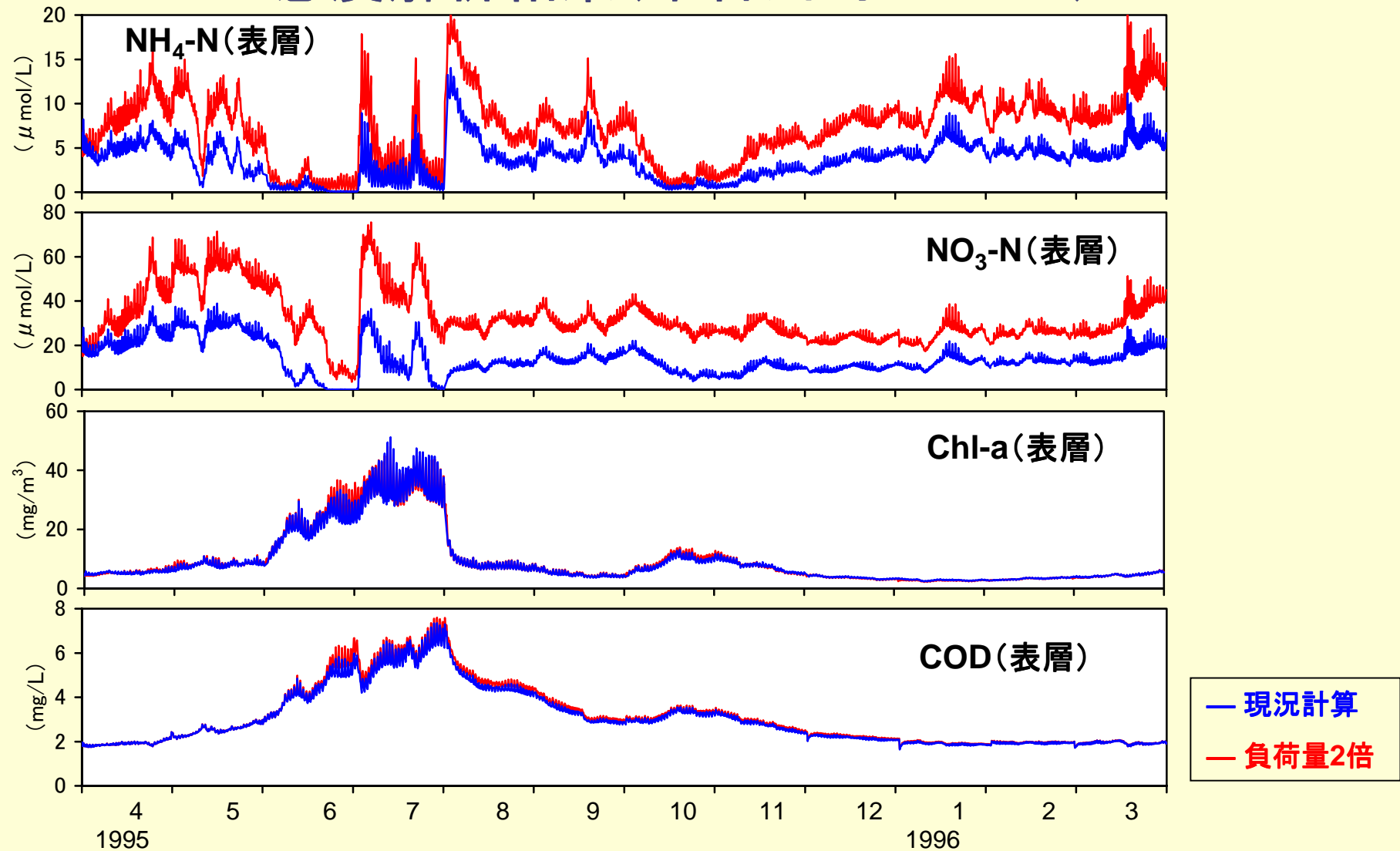
底泥からの栄養塩負荷

リン回帰モデルの違い

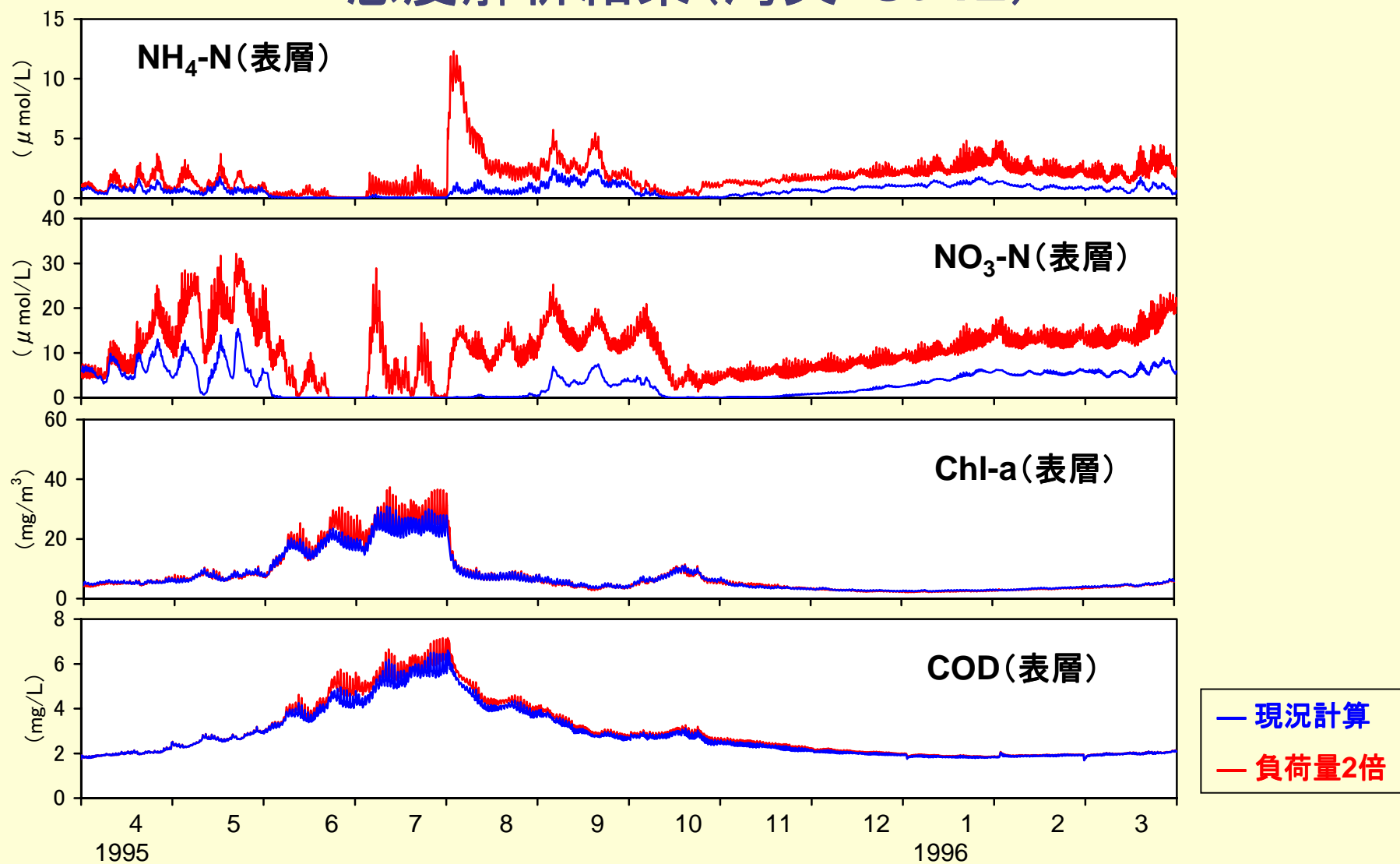


栄養塩負荷量を2倍

感度解析結果(木曾川河口: St.2)



栄養塩負荷量を2倍 感度解析結果(湾央: St.12)



栄養塩負荷量を2倍 感度解析結果

● 栄養塩濃度

- 負荷量増加に伴い湾内濃度も2倍程度に増加

● クロロフィルa

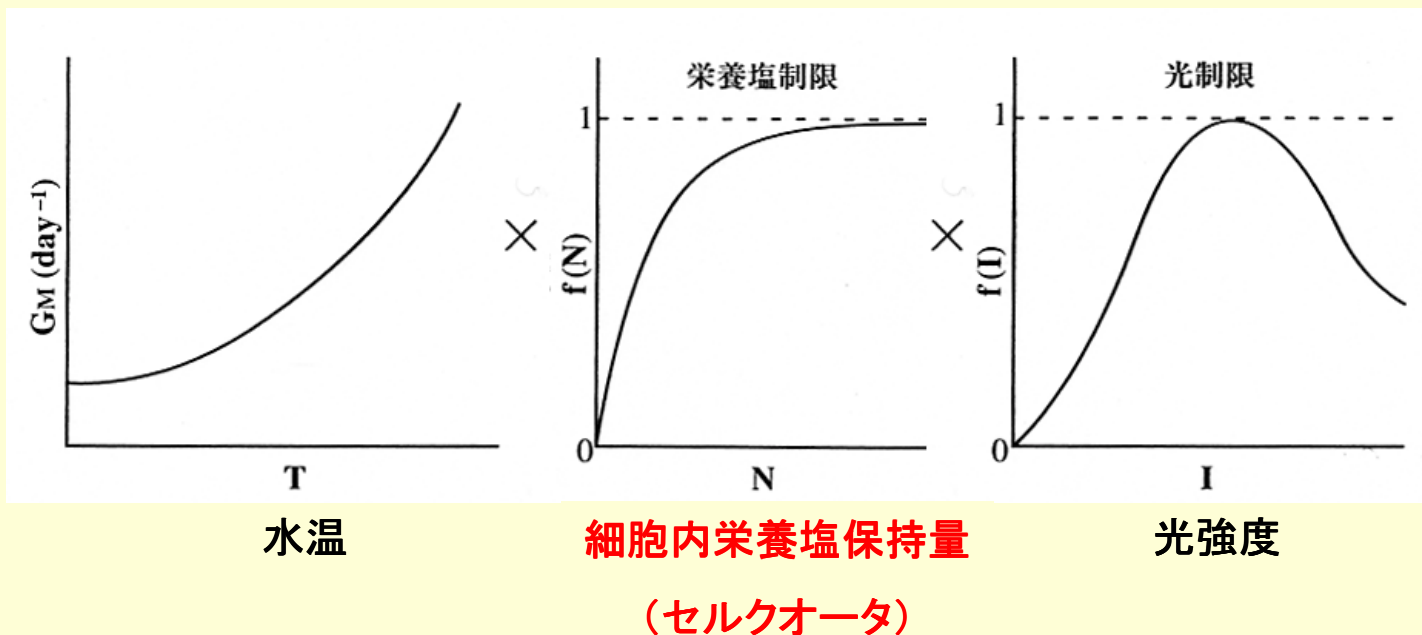
- 6～7月,10～11月(栄養塩枯渇)は僅かに増加
- COD増加をもたらす
- その他の期間はほとんど変化なし

● 栄養塩の増減に関らず、クロロフィルaは変化なし → **なぜ？**

植物プランクトンの生長速度 定式化

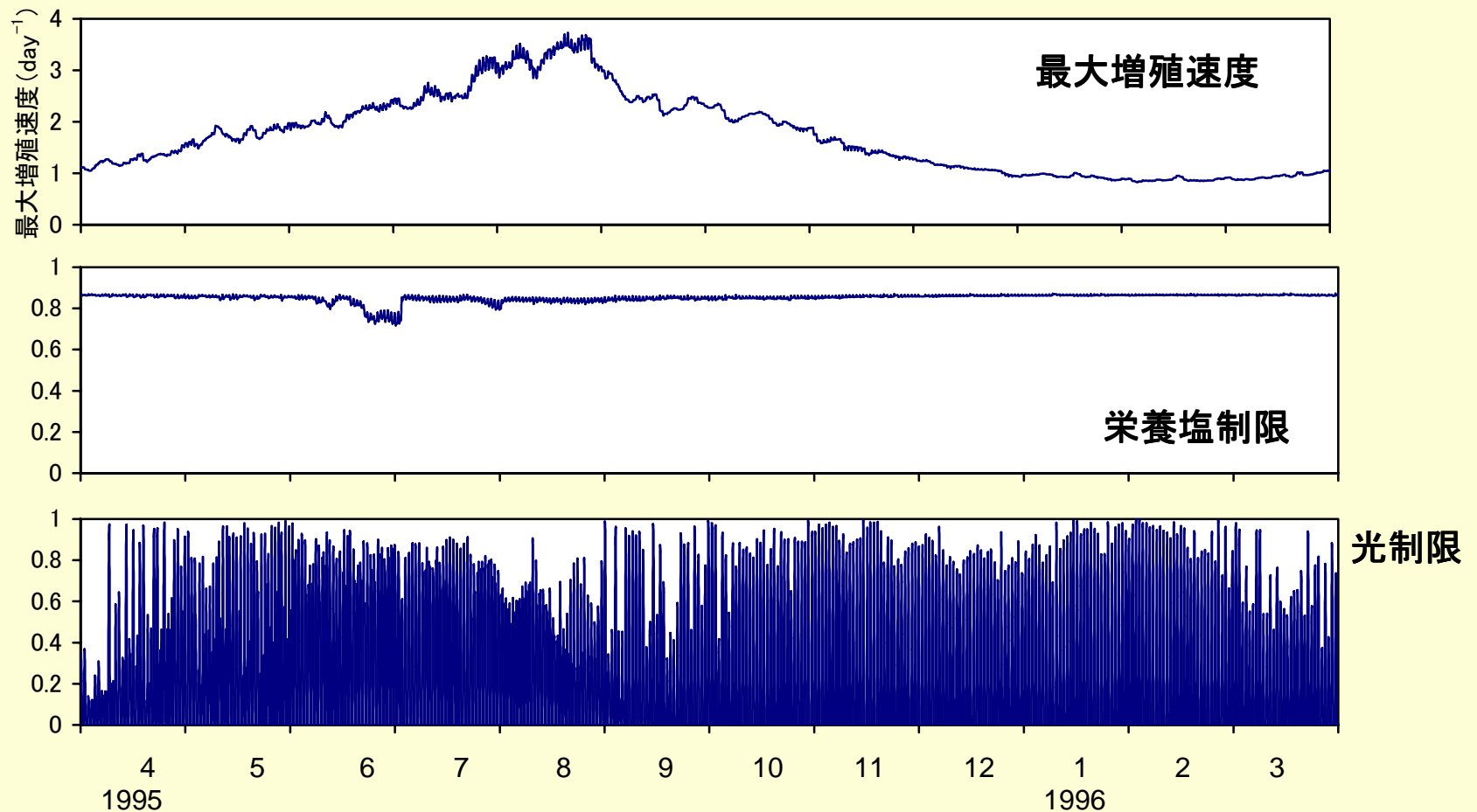
$$B_1 = v_1(T) \times \mu_1(Phy, SQN, SQP) \times \mu_2(Phy, I) \times Phy$$

一次生産 最大 栄養塩制限 光制限 現存量
増殖速度



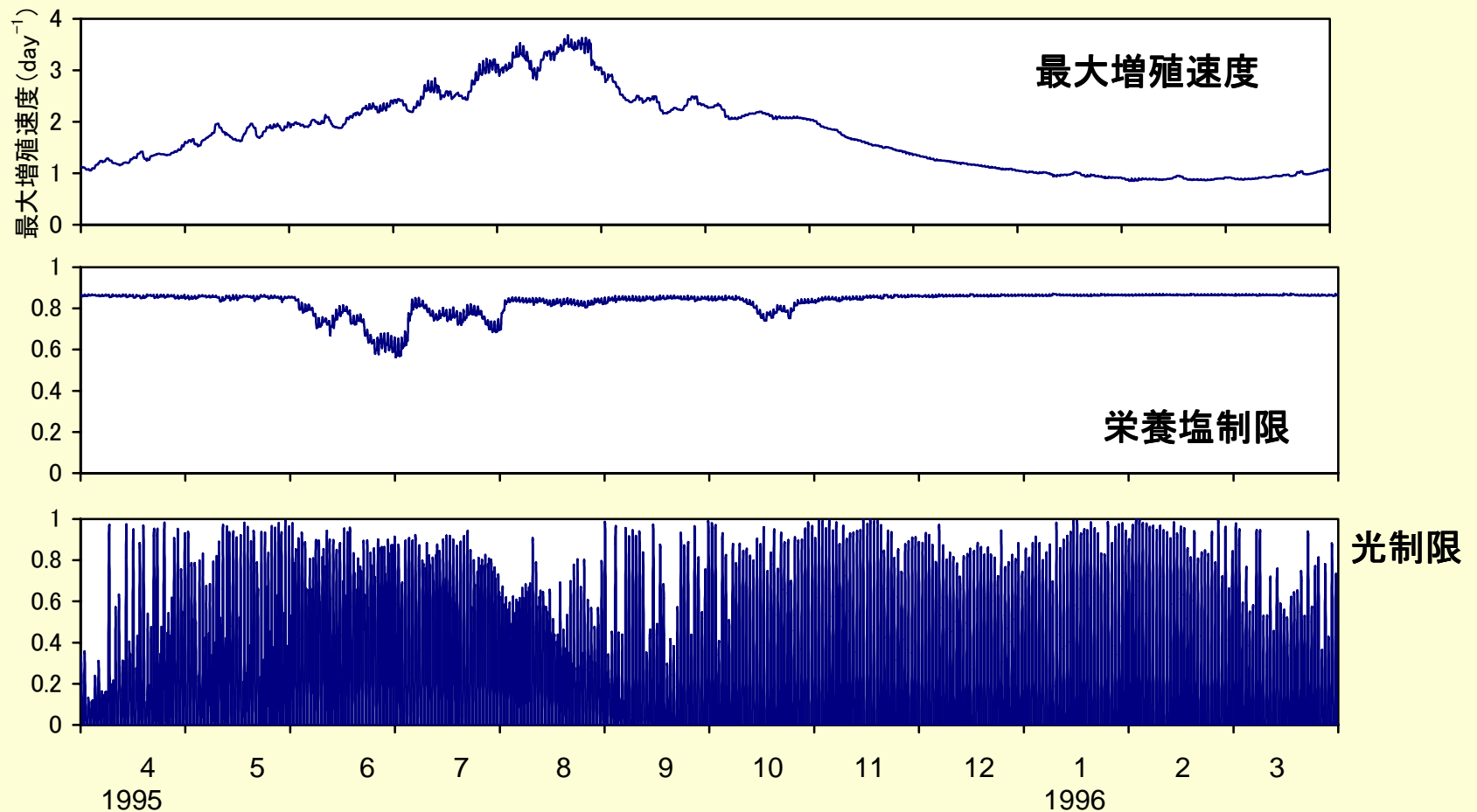
植物プランクトンの生長速度

光合成成長律速因子の寄与(木曾川河口: St.2)

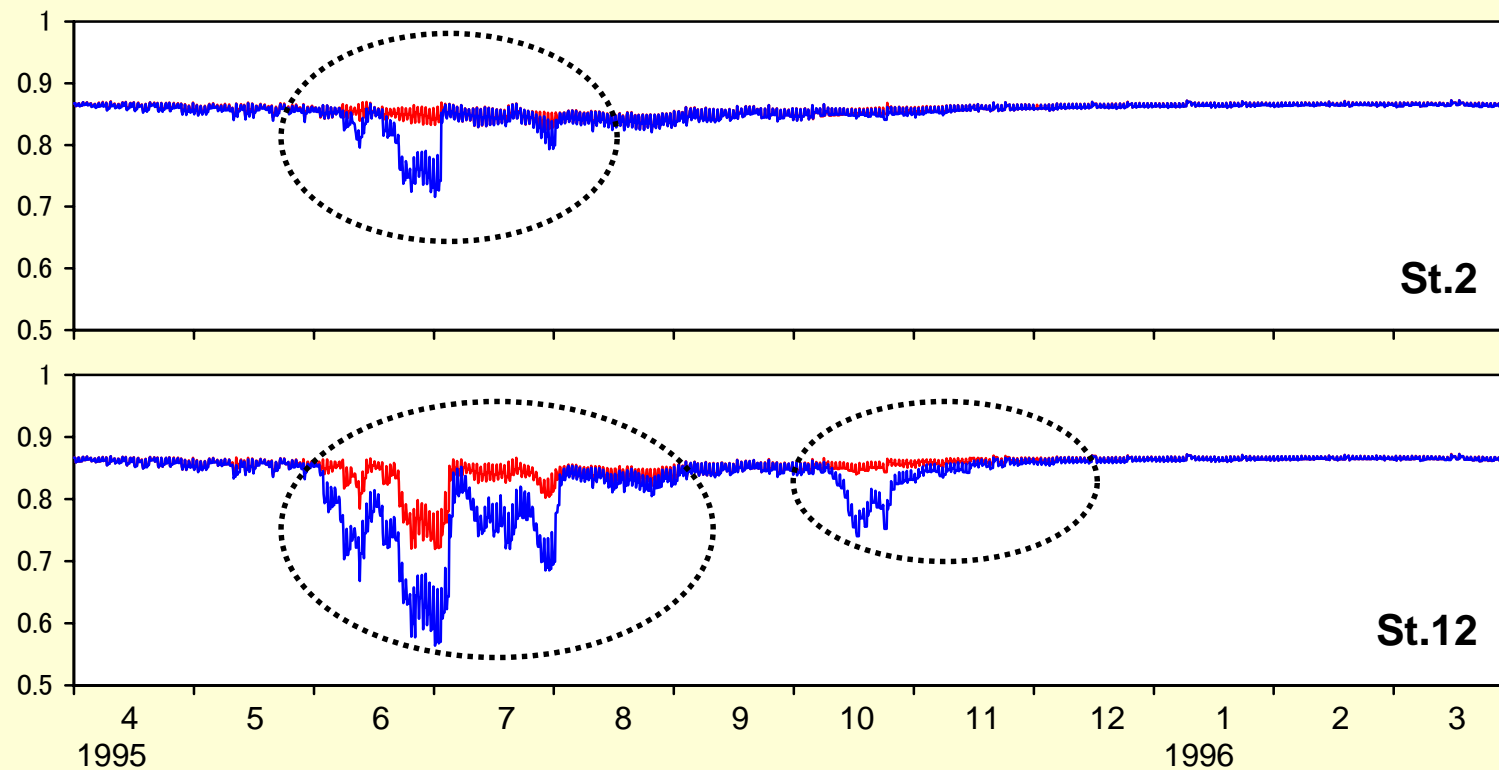


植物プランクトンの生長速度

光合成成長律速因子の寄与 (湾央: St.12)




植物プランクトンの生長速度 栄養塩制限



— 現況計算 — 負荷量2倍



栄養塩—植物プランクトン

- 環境中の栄養塩濃度が増加しても、細胞内の栄養塩保持量が十分であれば、植物プランクトンは増殖しない。
 - 細胞内栄養塩保持量が少ない(環境中栄養塩が枯渇している)時は、環境中栄養塩濃度の増加に伴い細胞内に栄養塩が取り込まれ、植物プランクトンは増殖する。
 - CODの増加
- 

まとめ

● 流入汚濁負荷量

- 主要河川のみでなく、可能な限り中小河川や面源も含めた実態調査を実施。
- 【L-Q式】日単位のデータ。
出水時の見極め。

● PO₄-P

- 底泥からの寄与を明らかにする。
- DOと溶出の応答は重要なファクター。

● 植物プランクトン、COD

- 負荷量増加に伴い、ブルーム期に大きな影響。



参考文献

- Taguchi K, Nakata K, Ichikawa T (1999a).
A 3-D simulation of long-term variability in the flow field and T-S structure in the Ise-Mikawa Bay estuary.
Journal of Advanced Marine Science and Technology Society 5 (1&2):37-48.
 - Taguchi K, Nakata K, Ichikawa T (1999b).
A 3-D simulation of the lower trophic in the Ise-Mikawa Bay estuary using a coupled physical and biochemical model,
Journal of Advanced Marine Science and Technology Society 5 (1&2):49-62.
- 