

紀の川流域における 水および物質流出特性解析

和歌山大学大学院	システム工学研究科	日野良太
和歌山大学	システム工学部	江種伸之
	香川大学 工学部	石塚正秀
和歌山大学	システム工学部	平田健正

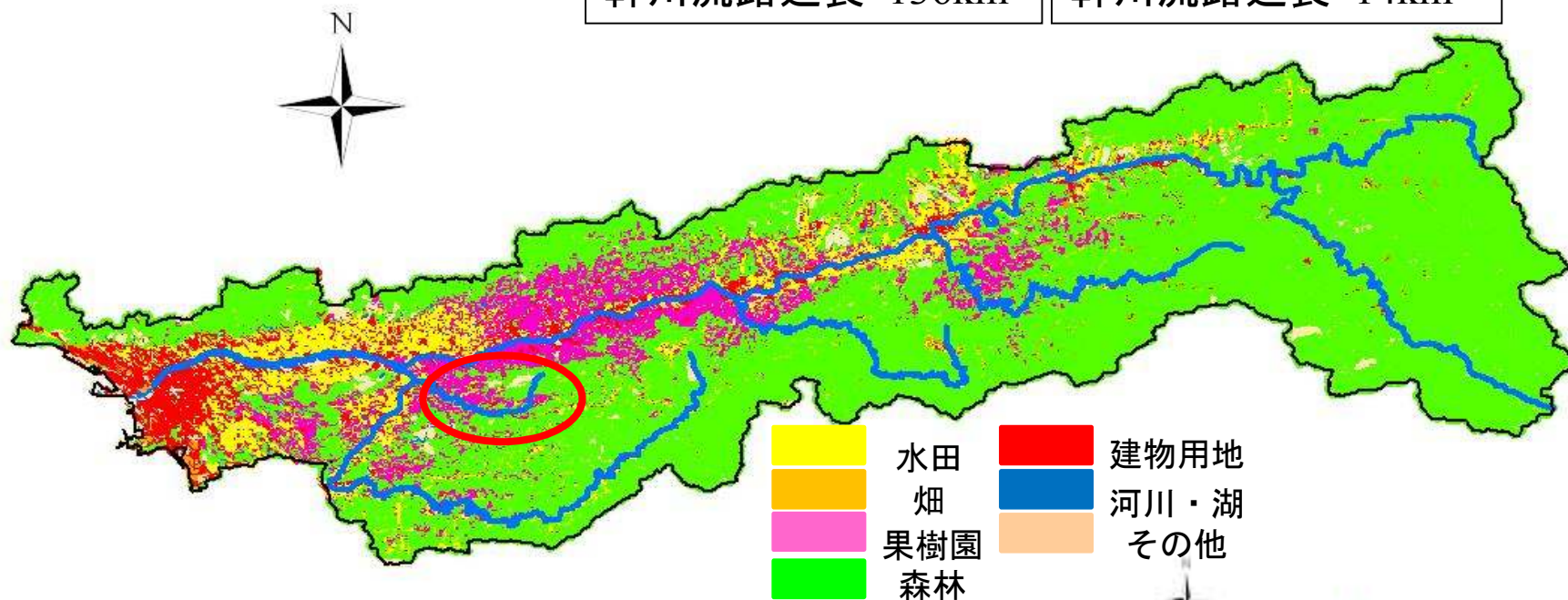
発表目次

1. 研究背景・目的
2. 果樹園のTNおよびTP原単位
3. 果樹園からのTN流出に伴う支川のTN濃度変化特性
4. 紀の川中流域を対象としたTP濃度変化特性
5. まとめ

流域の概要

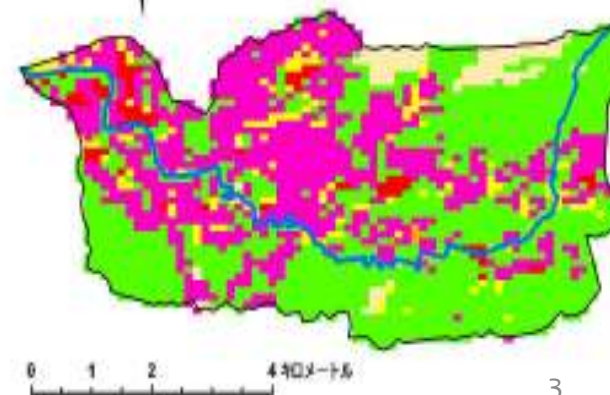
紀の川
流域面積: 1750km²
幹川流路延長: 136km

柘榴川
流域面積: 26km²
幹川流路延長: 14km



0 10 20 40 キロメートル

紀の川流域は中流部(柘榴川流域)で果樹栽培が盛んである。



研究目的

紀の川流域における栄養塩類濃度の特性

(1)果樹園が広く分布する支川の柘榴川流域で10月から4月に見られるTN濃度上昇 →2・3に対応

(2)紀の川本川の中流部において観測されたTP濃度の上昇
→4に対応

(3)紀の川最大の支川である貴志川で夏季に発生する瀬切れ(河川の流れが途絶える)によって、その区間の直下で水質悪化が起こる→今後の予定

これらの諸問題を解決し、**栄養塩類濃度の管理が重要**
最終的には栄養塩類濃度が影響起因の1つであると考えられる植物プランクトン(藍藻類)の大量増殖に伴う「水道水の異臭味問題」について検討する。

(2)果樹園からの負荷特性解析 (紀の川対象)

①物質収支を用いて果樹園原単位の算出を行う。

排出負荷原単位法

対象流域での現地調査から求める方法

発生負荷原単位法

発生負荷を対象に物質収支をとる方法

今回は発生負荷原単位法を使用。

対象流域における物質収支に関する情報が既存資料から得られると、現地計測を実施しなくても原単位算出が可能。

②紀の川全域を対象として負荷量解析を行う。

原単位法:汚濁排出負荷量=(汚濁)原単位×統計データ

原単位:文献値と①で算出した値

③果樹園の負荷量抑制のために有効な施肥量管理を算出した原単位を用いて定量的に示す。

(2)果樹園原単位算出(TN・TP)

果樹園原単位算出(TN)

Case1 原単位=(施肥量-吸収量)/栽培面積

Case2 原単位=(施肥量-吸収量-脱窒量)/栽培面積

Case3 原単位=(施肥量-吸収量+大気降下量)/栽培面積

Case4 原単位=(施肥量-吸収量-脱窒量+大気降下量)/栽培面積

果樹園原単位算出(TP)

原単位=(施肥量+大気降下量)×流出率/栽培面積

流出率:リンは土壤に吸着されやすいため、作物吸収量ではなく、「リン投入量あたりの溶脱率」を利用する

(2)果樹園原単位算出(TN・TP)

TN原単位(kg/年/km ²)					
流域平均	Case1	Case2	Case3	Case4	
	10628	6362	11206	6939	
TP原単位(kg/年/km ²)					
流域平均	186				
月別TN原単位(kg/km ² /月)					
1月	2月	3月	4月	5月	6月
66	126	2123	315	148	684
7月	8月	9月	10月	11月	12月
403	241	541	4394	1058	48

文献値の原単位*

TN原単位

蜜柑(愛媛県) : 14500(kg/年/km²)

ナシ・ブドウ(山梨県) : 14200~16300(kg/年/km²)

TP原単位

蜜柑(愛媛県) : 125(kg/年/km²)

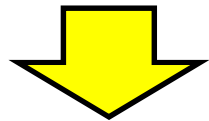
ナシ・ブドウ(山梨県) : 43~81(kg/年/km²)

文献値:「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説
平成11年」(社団法人 日本下水道協会)

(2)果樹園からの負荷特性解析 (紀の川対象)

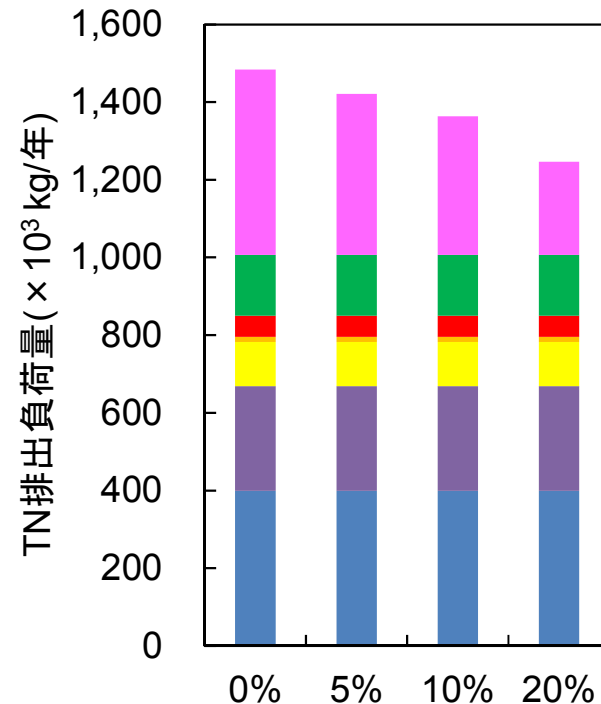
原単位= $(\text{施肥量}-\text{吸収量}-\text{脱窒量}+\text{大気降下量})/\text{栽培面積}$

作物吸収量が**施肥量の50%**を占めるため、作物成長の弊害とならないように**施肥量の管理を行うこと**によって、原単位が低下する。



今後、**施肥量規制**が行われた場合には対応することができる。

■生活系 ■産業系 ■水田 ■畑地 ■市街地 ■果樹園 ■森林



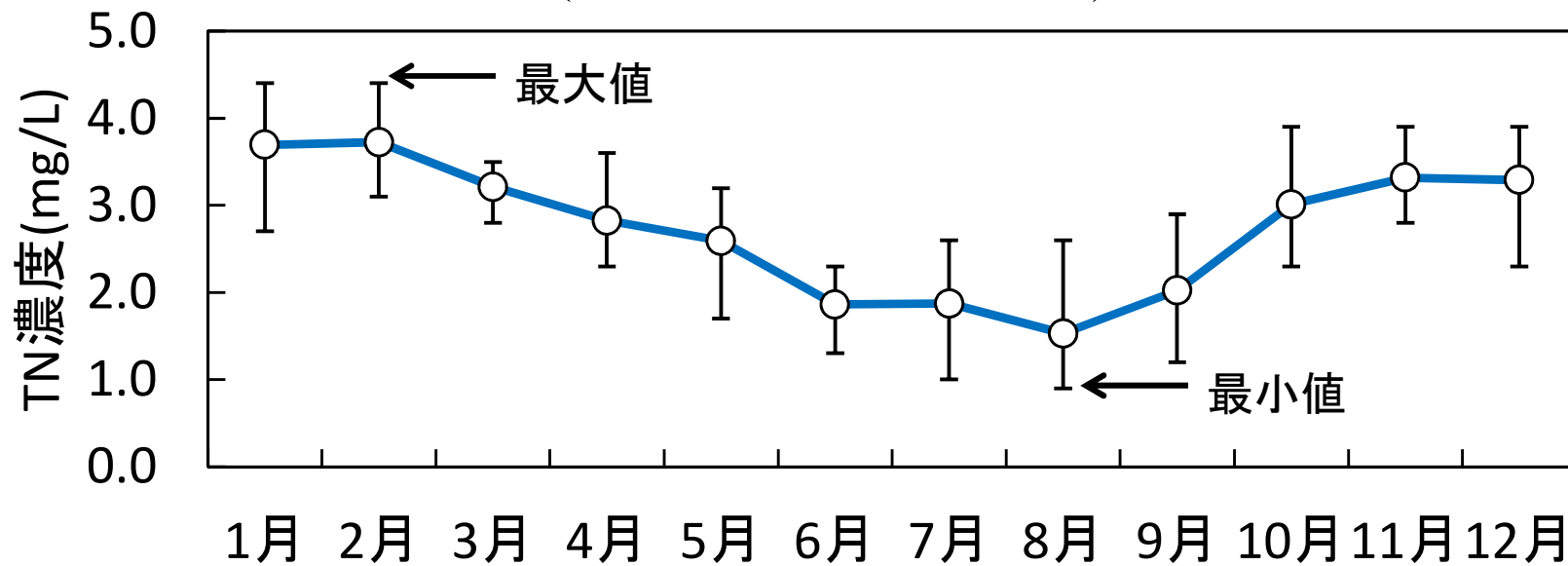
和歌山市含まない(2004年)

日野良太・江種伸之・平田健正:

「樹園地内の物質収支に基づいた栄養塩類の原単位算出法に関する基本考察」環境情報科学論文集25, pp.269-274, 2011.

(3)果樹園からのTN流出に伴う河川水質変化(柘榴川対象)

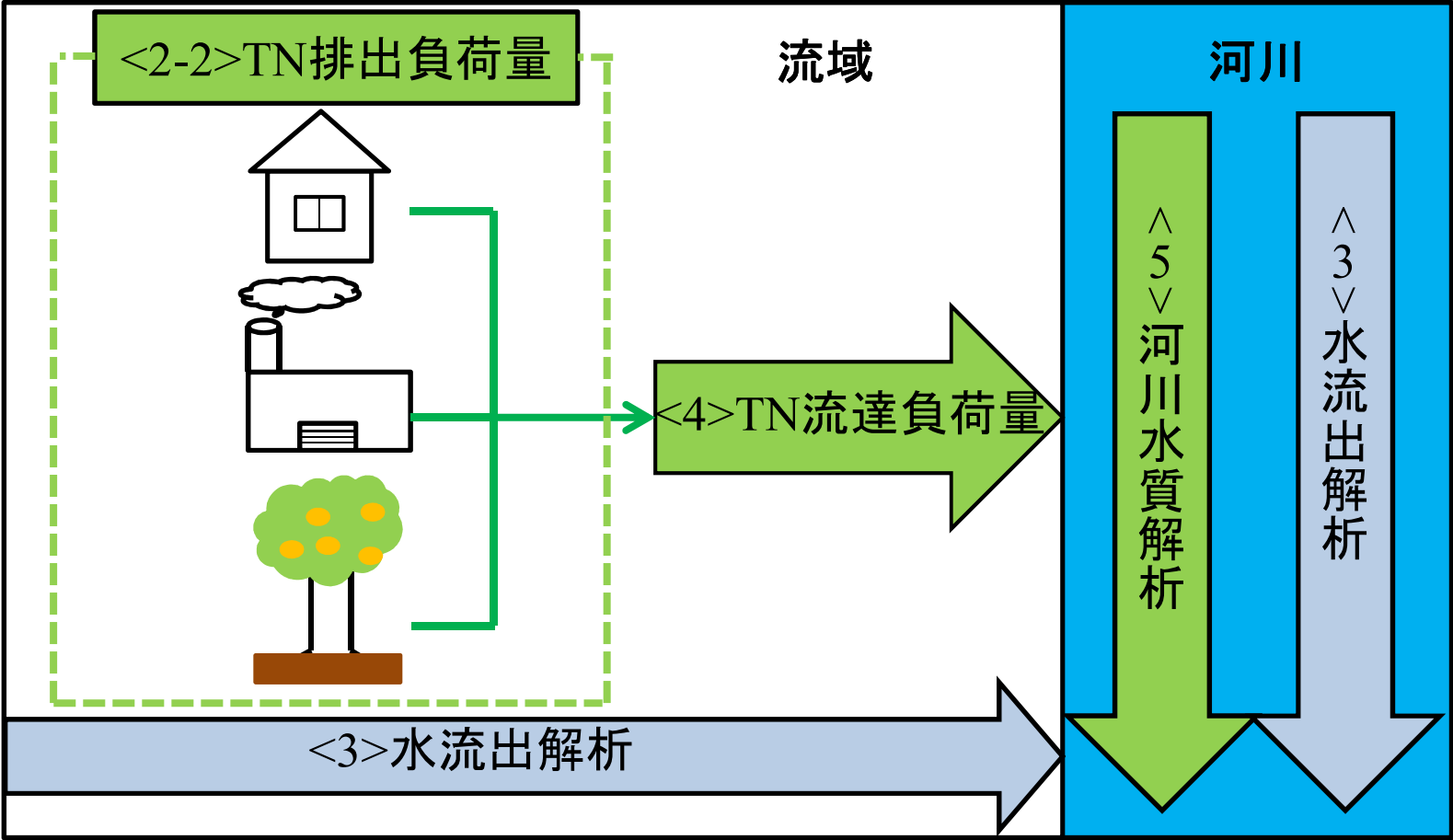
柘榴川のTN濃度実測値
(2002年~2005年の平均)



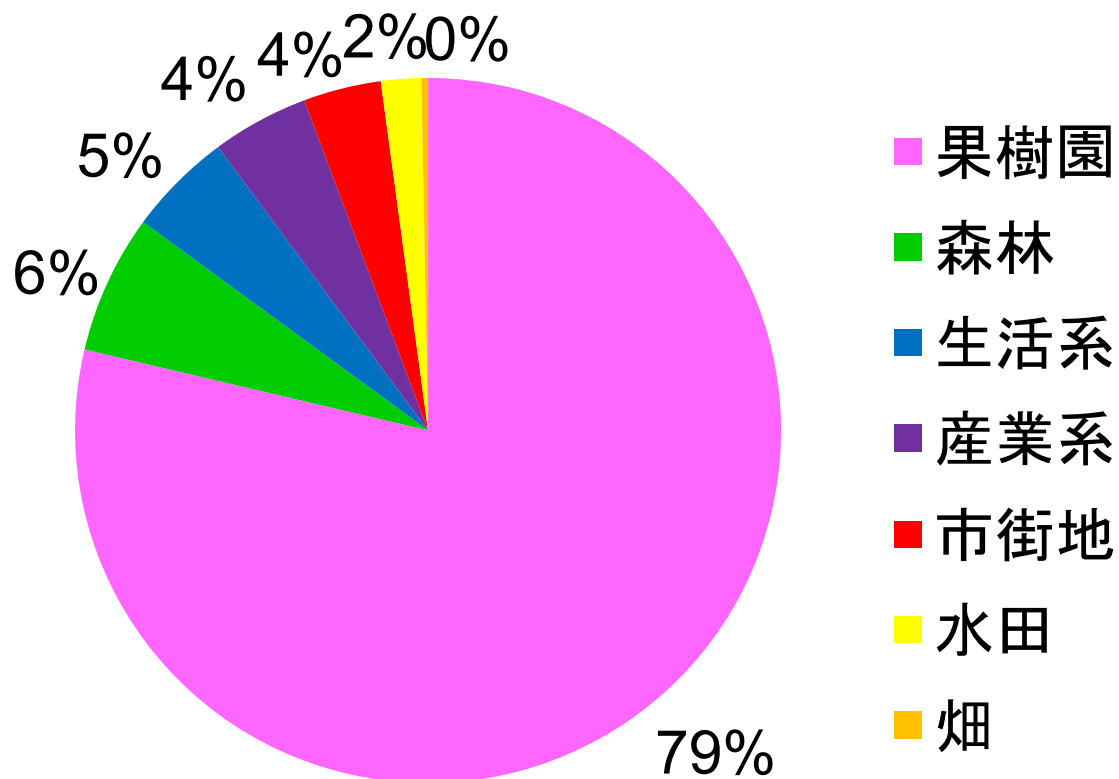
柘榴川のTN濃度は春から夏にかけて減少し，秋口に上昇が起こる。
これは，流域内の果樹園の施肥が9月から3月にかけて断続的に行われる時期と一致する。→汚濁負荷量解析，水質予測解析を行い，果樹園の影響を検討する。

<1>流域のメッシュ化

<2-1>果樹園TN原単位算出

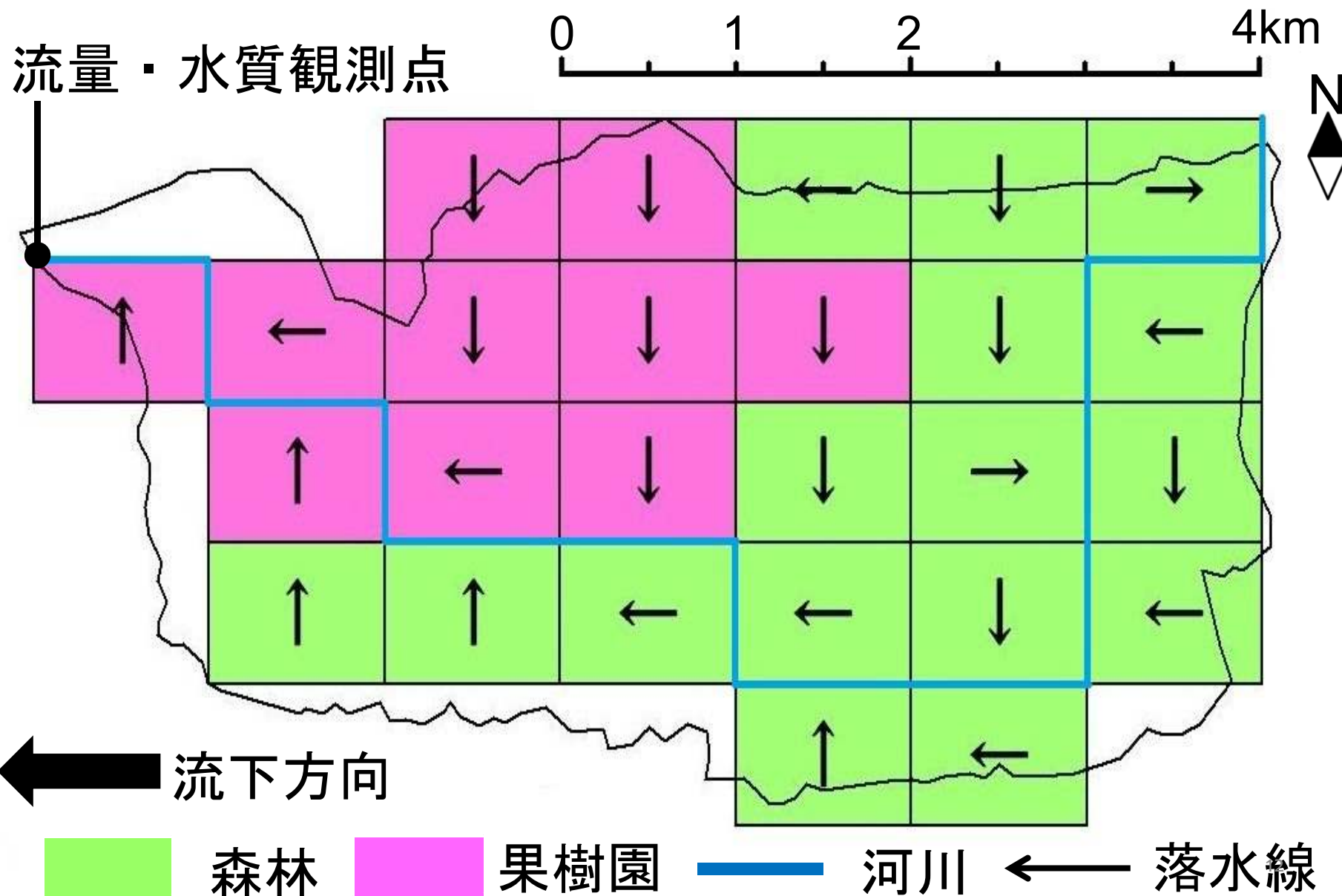


<2-2>TN排出負荷量(原単位法)

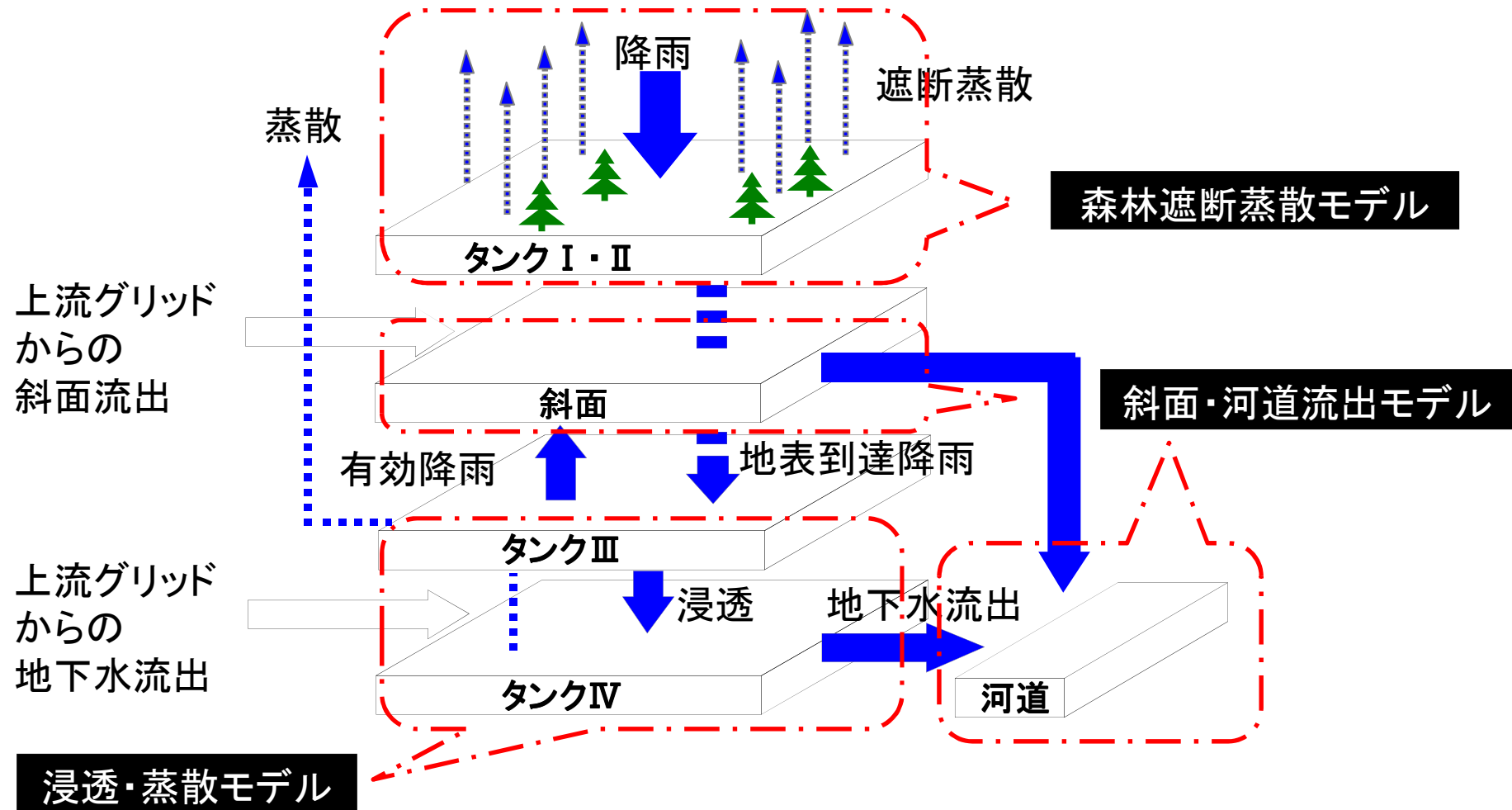


柘榴川流域のTN排出負荷量：合計約9.5万(kg)
果樹園が80%近くを占める。

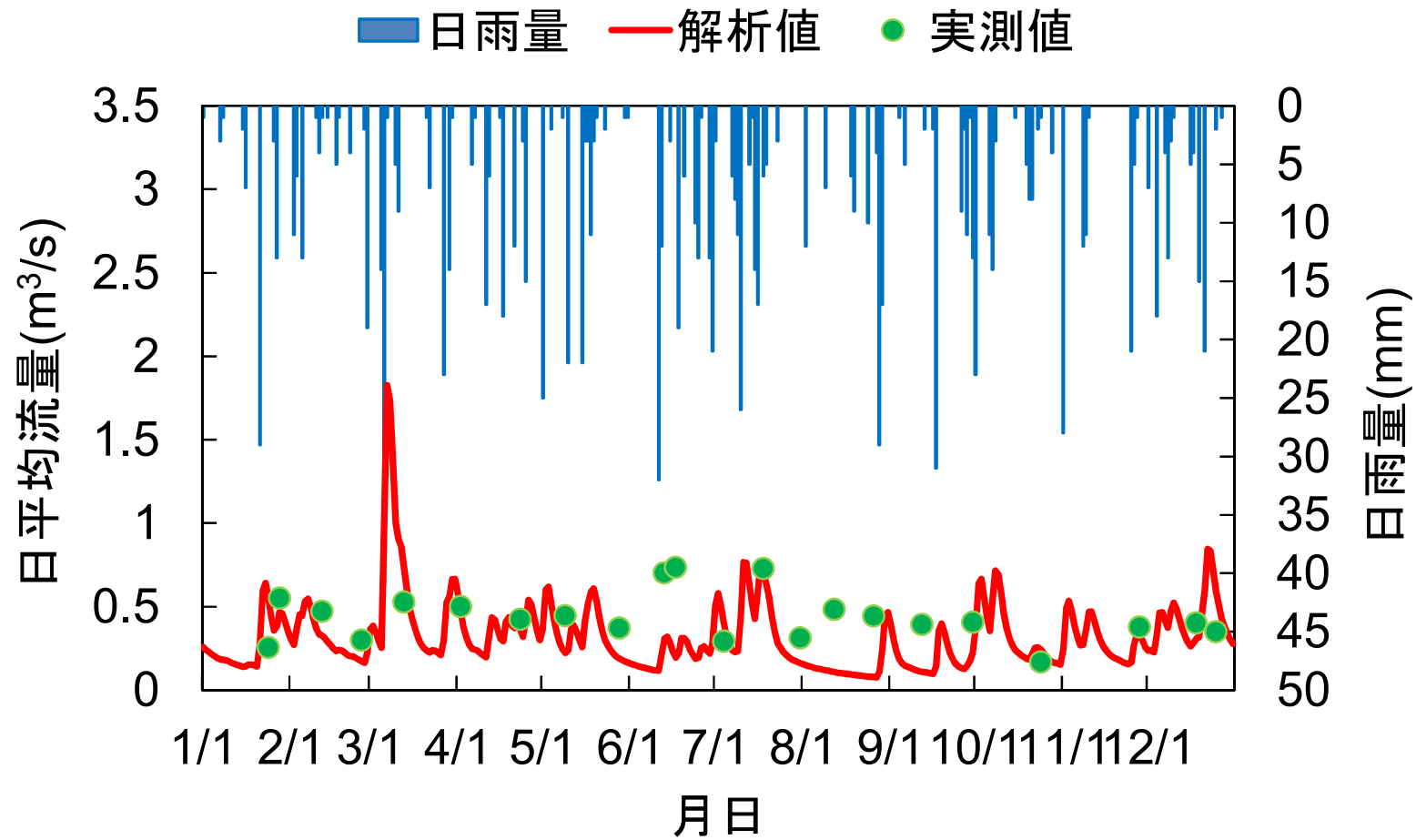
<1>: 柘榴川流域のメッシュモデル



<3>水流出解析(モデル概要図)



<3>水流出解析(分布型モデル)(2002年)



<4>TN流達負荷量 (マクロモデル概略)

生活系・産業系

$$DL_{1.2} = YL_{1.2} / 365$$

面源(果樹園以外)
水田・畑・市街地・森林

$$DL_i = k_i A_i Q_{inj}^a$$

果樹園

$$DL_6 = k_6 A_6 Q_{6nj}^a M_{nj}^b$$

$$YL_i = \sum DL_i$$

YL_i : 負荷源*i*の年間TN排出負荷量(原単位法)

DL_i : 負荷源*i*の日TN流達負荷量

Q_j : 任意の地点における日平均流量

下付き*j*: 流量振り分け(1: 表面・中間流, 2: 基底流)

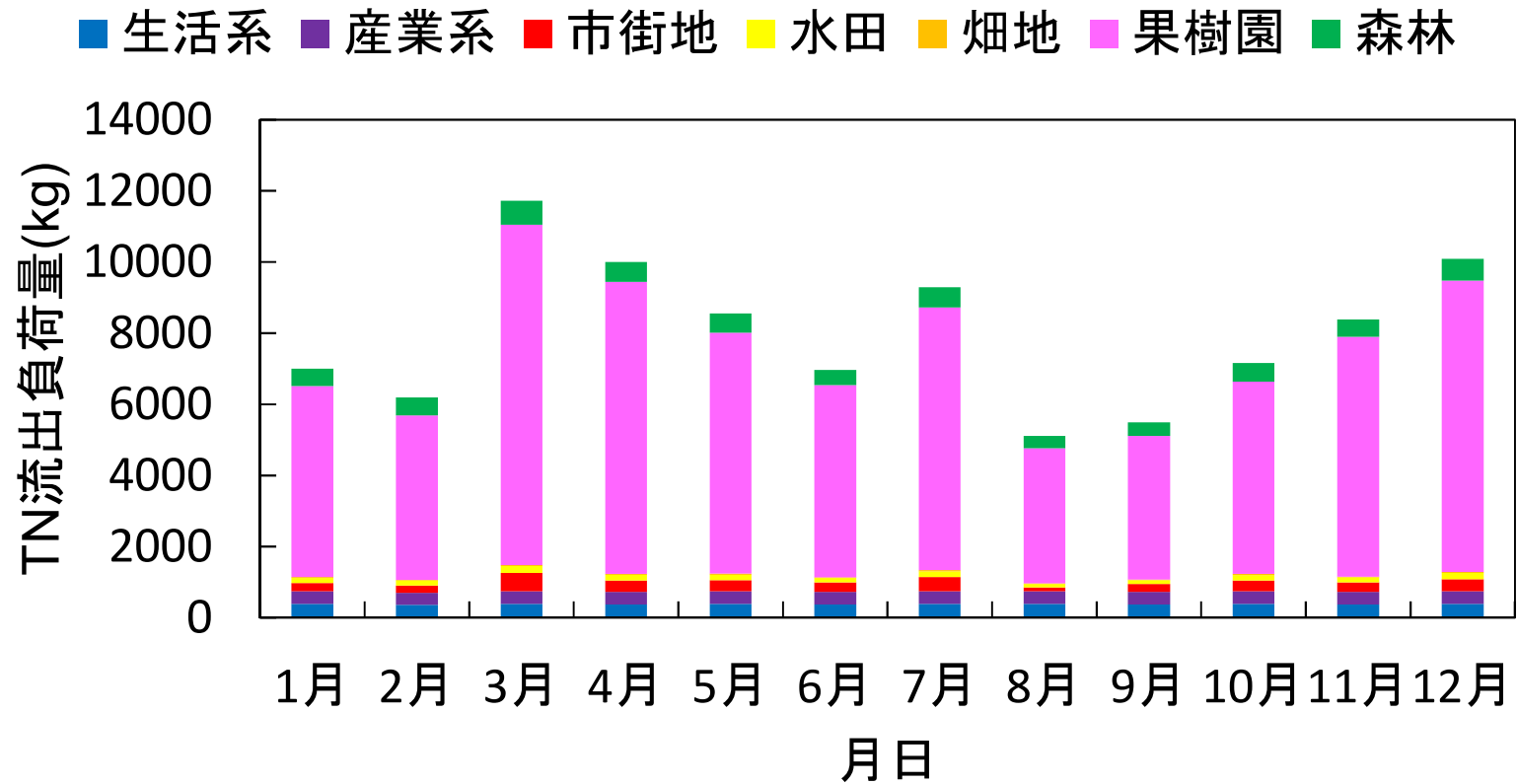
A_i : 土地利用面積

k_i : 比例定数

a, b : フィッティングパラメータ

M_n : 施肥量(月別果樹園原単位)

<4>月別TN流達負荷量 結果



<5>水質予測

(流下方向に沿った年単位TN濃度変化)

$$u \frac{dC}{dX} = -\lambda C + L_c$$

L_c :各メッシュからの負荷量(g/m³/分)

C :濃度(mg/L)

λ :自浄係数 0.0003(1/分)

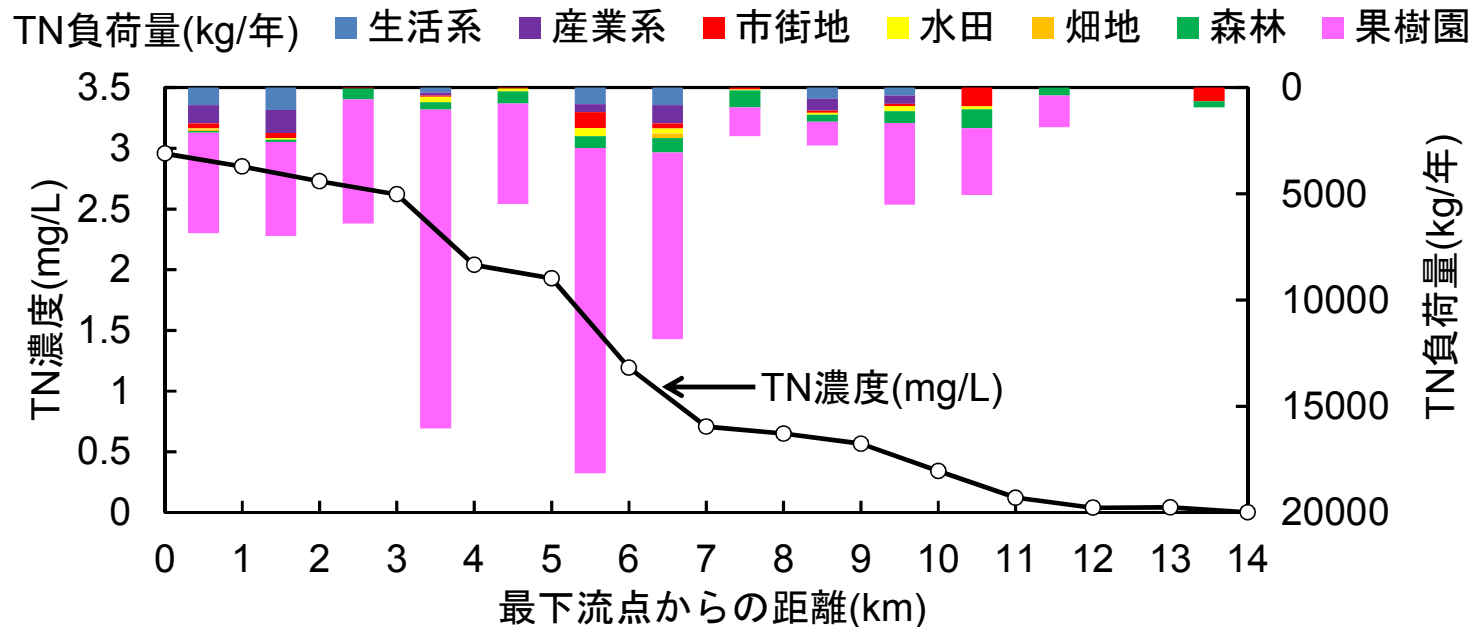
(文献値: 0.00022~0.00033(1/分))

X :流下距離 14000 (m)

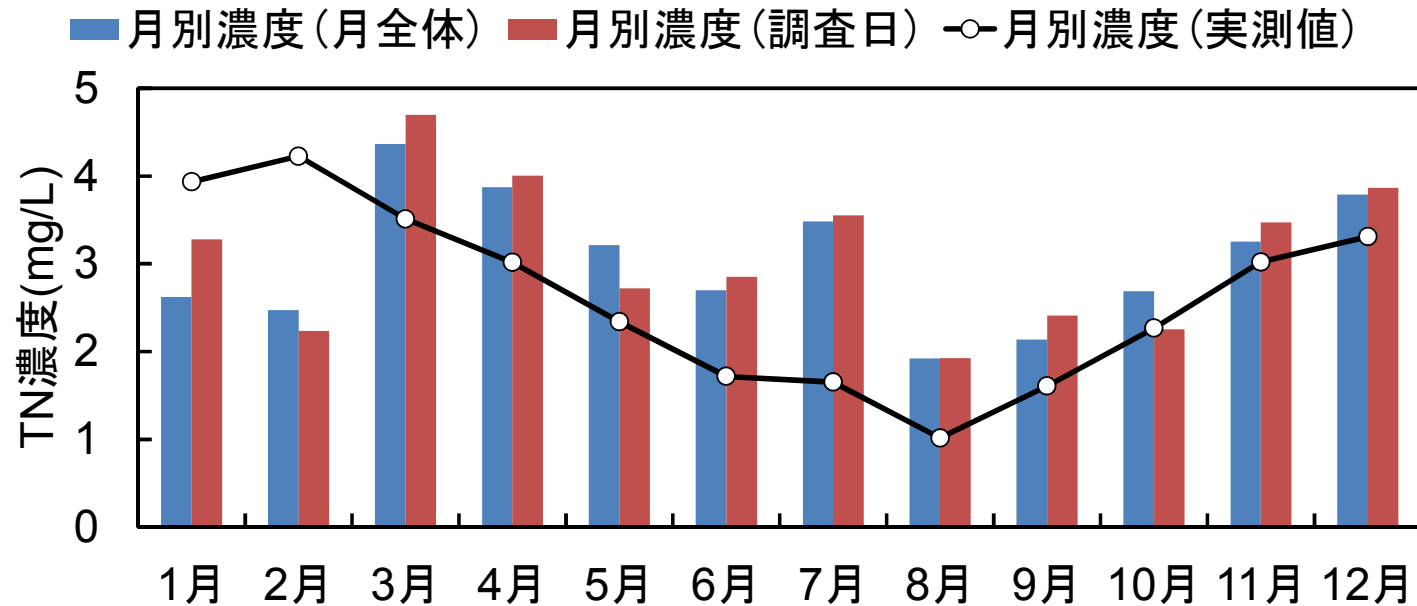
u :移流速度 年平均:42 (m/分)

月平均:32(m/分)~65(m/分)

TN実測濃度: 2.0~4mg/L



<5>水質予測(月別TN濃度)



月全体=月別流達負荷量を単位時間面積当たりの負荷量

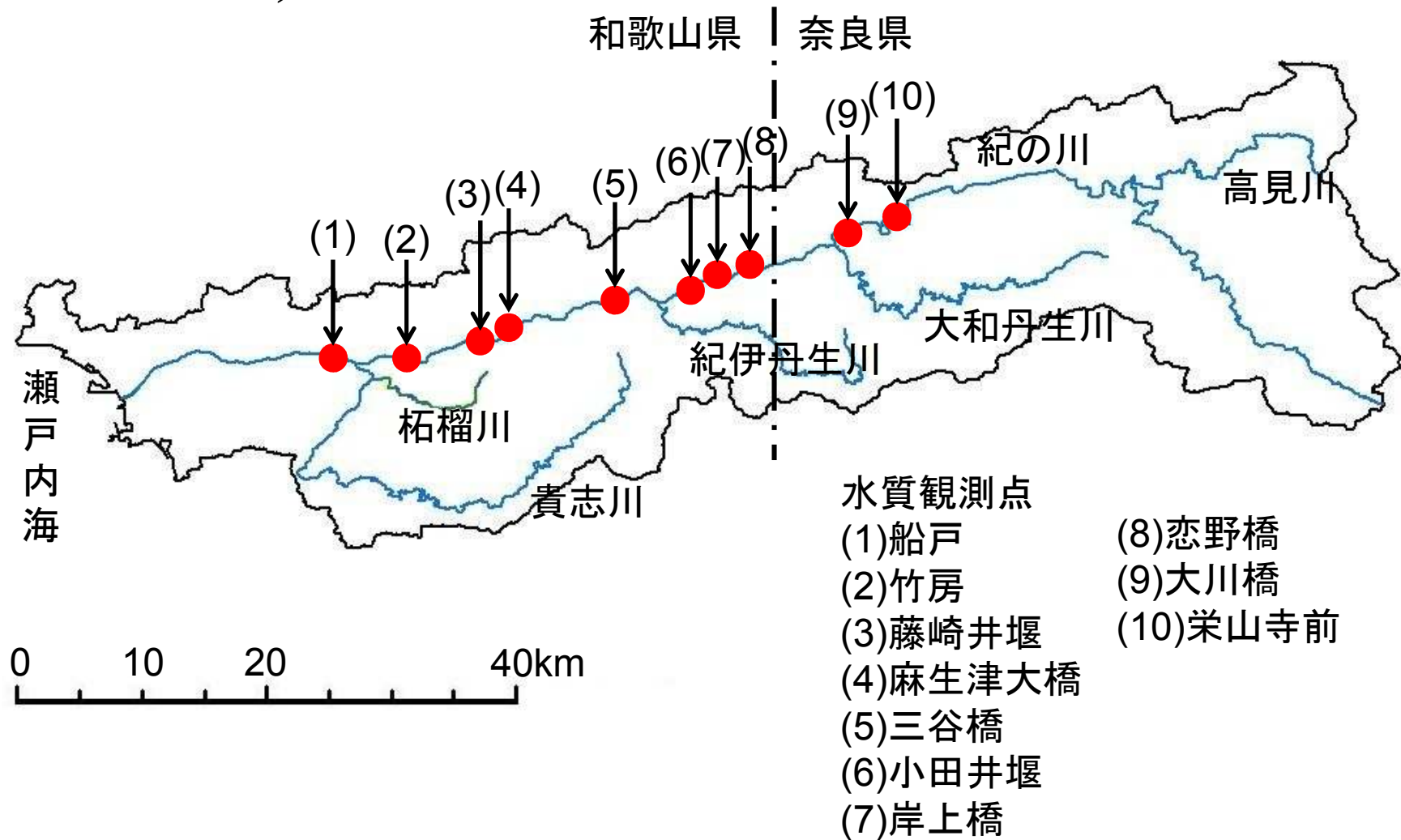
調査日=調査日の流達負荷量を単位時間面積当たりの負荷量

実測値と解析結果を比較すると、1月、2月、7月などに差が見られるが、ある程度の濃度変化は見られ、今回の**月別果樹園原単位算出**の有効性を示すことができた。

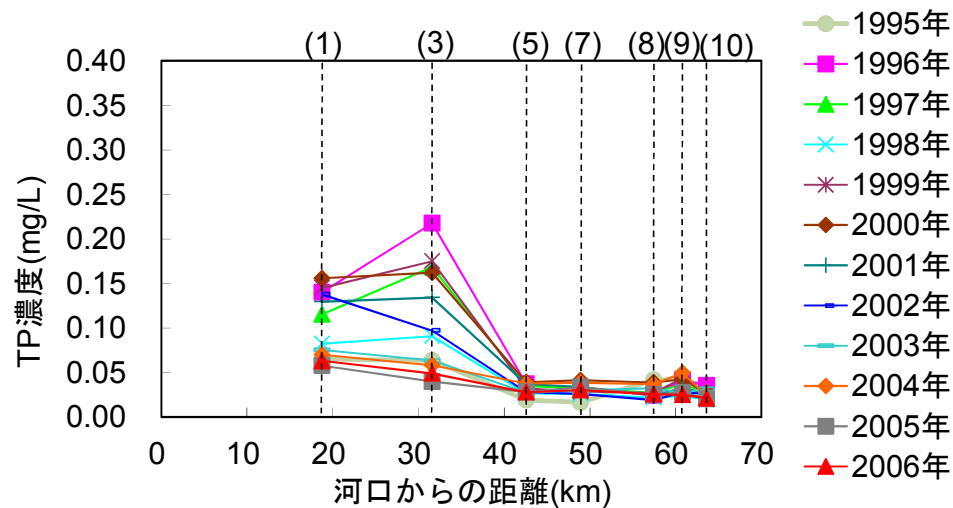
日野良太・江種伸之・石塚正秀・平田健正：

「果樹園の月別窒素原単位に基づいた河川水質の季節変化特性に関する数値解析」水工学論文集Vol.56, pp.607-612, 2012.

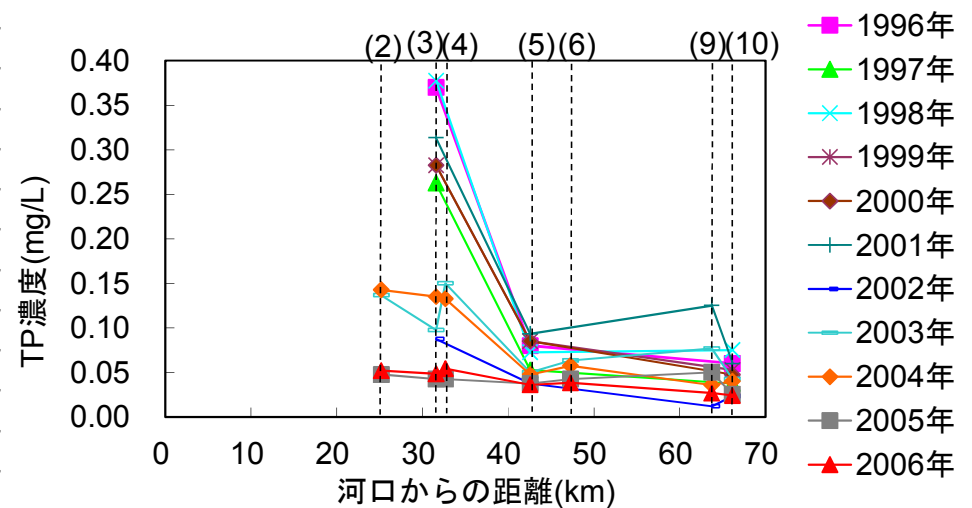
水質観測点(国土交通省・和歌山市水道局)



(4)紀の川中流域を対象とした TP濃度変化解析



国土交通省データ



和歌山市水道局データ

上流部ではTP濃度上昇があまり見られず、**1990年代後半から2002年**にかけて、中流部(三谷橋(6)から藤崎井堰(4))で大きな濃度上昇が見られる。そのため、中流域(かつらぎ町、那賀町、粉河町の一部)を対象として、**排出負荷量解析**及び、**河川水質解析**を行った。

(4)紀の川中流域を対象とした TP濃度変化解析

第5次水質総量規制

2001年に策定され、2003年から適用。東京湾、伊勢湾、瀬戸内海など汚濁が著しい閉鎖性海域で、有機性の汚水や窒素、燐の排出総量を計画的に抑制する制度。

$$u \frac{dC}{dX} = -\lambda C + L_c$$

L_c : 負荷量(g/m³/分)

C : 濃度(mg/L)

λ : 自浄係数 0.00004(1/分)

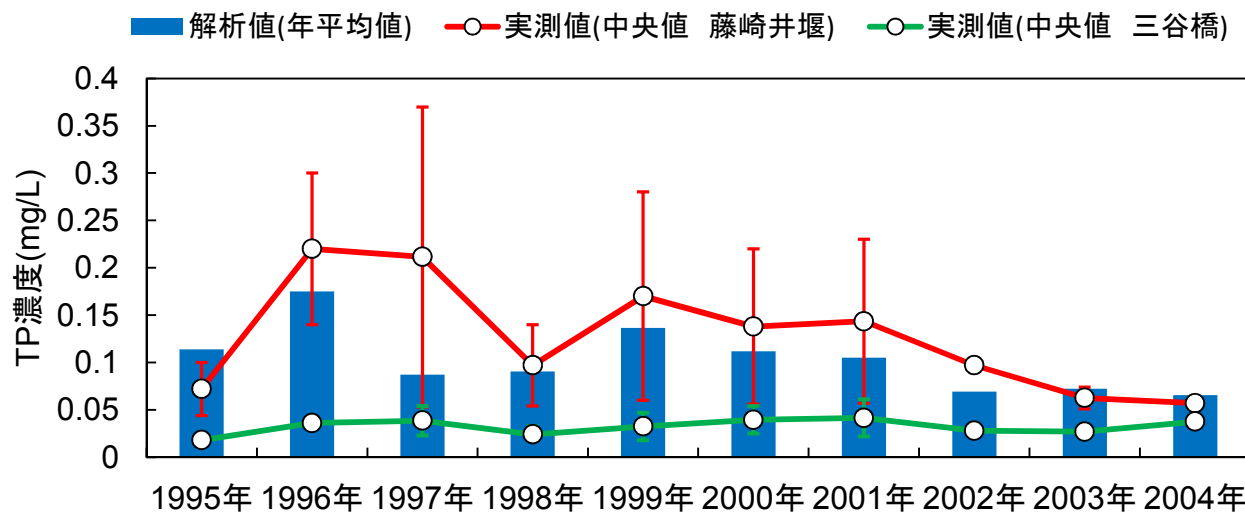
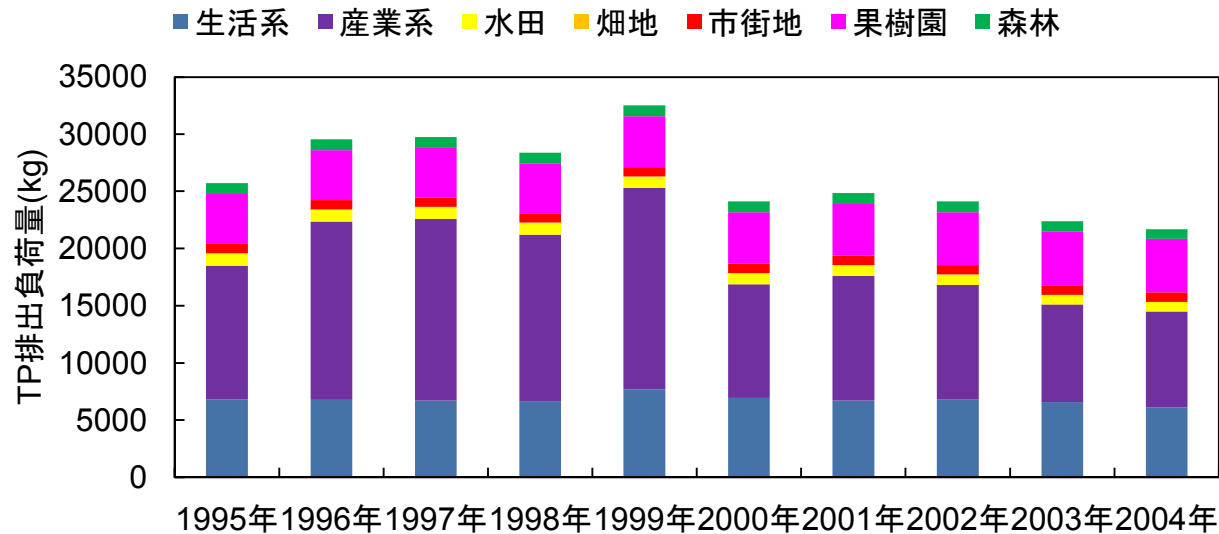
(文献値 : 0.00004~0.00022(1/分))

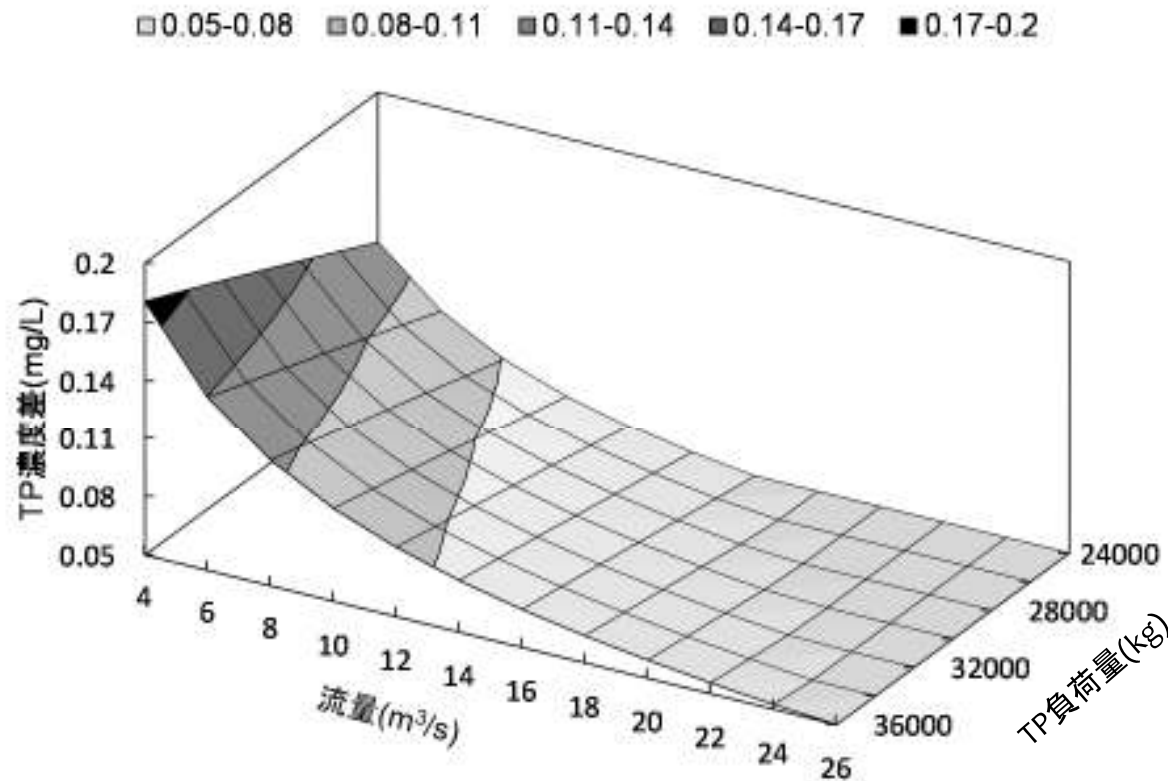
X : 流下距離 12000 (m)

u : 移流速度 河川流量と河川断面積から算定

対象年	日平均流量(m ³ /s)	TP負荷量(kg)
1995年	8.16	27728
1996年	4.43	31560
1997年	17.54	31985
1998年	15.15	30343
1999年	8.1	34559
2000年	7.72	25983
2001年	9.14	26574
2002年	24.91	25633
2003年	19.54	23897
2004年	25.8	23179

< 4 > 紀の川中流域を対象とした TP濃度変化解析



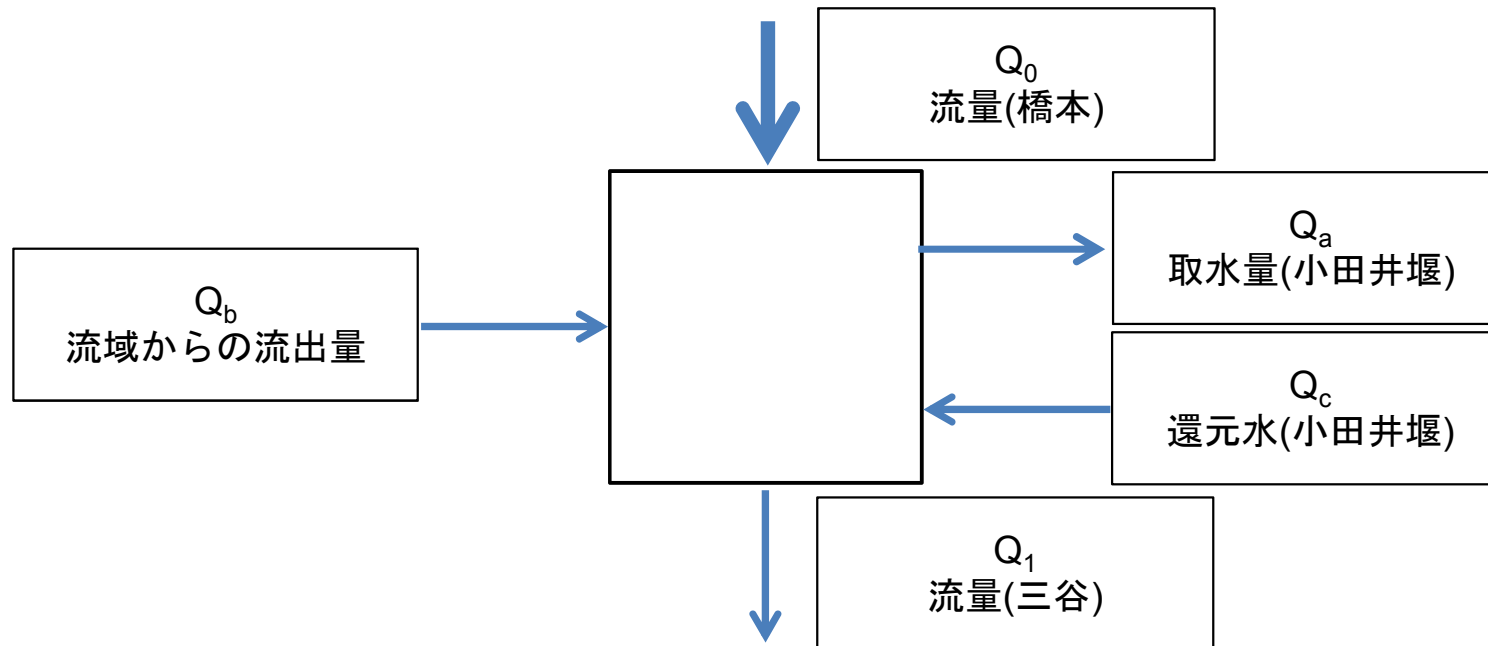


TP負荷量が**32000kg/年**以上かつ流量が**8m³/s**以下になると、TP濃度が0.1mg/L以上上昇する可能性が高く、流量が少なくてもTP負荷量を**24000kg/年**以下にすると、TP濃度上昇を0.1mg/L未満に抑えることができる。

和田安弘・日野良太・江種伸之・平田健正：

「紀の川中流部の全リン濃度に与える要因分析-第5次水質総量規制導入の効果-」環境情報科学Vol.26，印刷中，2012.

(4)' 農業用水の適正利用



橋本～三谷間の水収支式：

三谷の流量(Q_1)=橋本の流量(Q_0)+流域からの流出量(Q_b)-取水量(Q_a)+還元水(Q_c)

還元水は取水量の内60%と言われているため、小田井堰用水路の全延長と三谷までの比例配分より、取水量の**10%**と考える。

三谷の閾値流量を **$8\text{m}^3/\text{s}$** として、三谷の流量を改善するため取水量の削減率を考察する。

(4)' 農業用水の適正利用

	番号	1999年	2000年	2001年	2002年
取水量 削減率 (%)	①	0	0	0	0
	②	10	10	10	10
	③	15	15	15	15
	④	20	20	20	20
閾値 (8m ³ /s)以 下の日数	現状	8	25	32	34
	①	8	22	27	28
	②	7	16	25	27
	③	6	15	22	26
	④	6	12	22	23
①からの 減少率	②	13%	27%	7%	4%
	③	25%	32%	19%	7%
	④	25%	45%	19%	18%

解析精度によって、削減率0%の現状に対しての再現に多少の差が出ている。しかし、現状の取水量から10%の削減を行うと、閾値(8m³/s)以下の日数は①よりも**4%~27%**減少させることができ、20%削減した場合は**18%~45%**減少させることができる可能性を示した。

以上のことから、農業用水の適正利用をすることによって、河川水質濃度の上昇を抑制することができると思われる。

まとめ

- ・紀の川流域における栄養塩類の管理を進めるために、**果樹園からの負荷量を把握**することと、原単位を算出することが重要であると考え、現地調査によらずに**園地内の物質収支**から算出した。
- ・果樹園栽培が盛んな柘榴川流域を対象として、水流出解析と河川水質解析により月別のTN濃度を予測し、施肥量が多い10月から3月までの期間は**果樹園からの窒素流出**がTN濃度の上昇に起因している可能性があることを示した。
- ・紀の川中流部のTP濃度は流域からの**外部負荷量**と**流量**の影響を受けるため、河川水中のTP濃度管理では両者を考慮する必要がある。