

## 資料

## 広島県内における瀬戸内海流入河川中の栄養塩経年変動について

小田 新一郎, 後田 俊直, 濱脇 亮次, 寺内 正裕

## Changes of Nutrients Supply from Rivers into Seto Inland Sea in Hiroshima Prefecture

SHINICHIROU ODA, TOSHINAO USHIRODA, RYOUJI HAMAWAKI, and MASAHIRO TERAUCHI

広島県が公表している公共用水域等の水質調査結果のうち、1975年度から2012年度までのデータについて、瀬戸内海へ流入する22水系27河川を流入水系別に3つに分け、「窒素」及び「りん」を中心とした栄養塩類の経年変動を解析した。流入水系別の全窒素（TN）、全りん（TP）の経年変動については、広島湾流入水系では概ね「横ばい」または「ゆるやかに減少」、安芸灘流入水系ではTNが概ね「横ばい」、TPが「ゆるやかに増加」、備後灘流入水系ではTNが概ね「横ばい」または「ゆるやかに増加」、TPが「横ばい」であった。また、削減施策年度の区分によるTN、TP濃度の比較では、1980～1995年と1995～2010年では前者が概ね増加傾向、後者が概ね減少傾向であり、1980～2010年を通してみると全体的に増加傾向であったが、一方で太田川水系及びその近隣水系でTPの減少が際立っていた。得られた結果より、河川及び海域における栄養塩類の量的変動に加え、質的変動についても今後の詳細な調査・解析が必要である。

キーワード：広島湾、安芸灘、備後灘、栄養塩、経年変動

## 緒言

瀬戸内海では、総量規制等の一連の施策により、陸域からの汚濁負荷量が大幅に削減され、水質の改善や赤潮発生件数の減少などの成果が得られてきた。しかし、生態系、生物多様性、水産資源は依然として劣化した状況にあり[1]、近年、瀬戸内海における漁獲量、養殖生産量が総じて減少傾向にあるとともに[2]、栄養塩類不足に起因すると考えられるノリの色落ち[3, 4]など、いわゆる生物生産性の低下が問題化している。このため、環境と生物生産性とのバランスを維持するには、陸域からの汚濁負荷量を削減するだけでなく、陸域から海域に至るまでの栄養塩類の挙動実態を解明するとともに、適正に栄養塩濃度を管理することが必要と考えられた。そこで、広島県が公表している公共用水域等の水質調査結果を解析し、県内河川からの栄養塩供給動向の把握を試みた。

## 方法

広島県が公表している公共用水域等の水質調査結果のうち、瀬戸内海へ流入する22水系27河川を環境省広域総合水質調査の水域ブロックに基づき、広島湾流入水系(8

水系：小瀬川、永慶寺川、御手洗川、可愛川、八幡川、太田川、瀬野川、二河川)、安芸灘流入水系(5水系：黒瀬川、野呂川、高野川、三津大川、木谷郷川)及び備後灘流入水系(9水系：賀茂川、沼田川、和久原川、栗原川、藤井川、本郷川、羽原川、山南川、芦田川)に分け、それぞれの河川の最下流地点(小瀬川は上流地点の両国橋)について、1975年度から2012年度までの38年間の「窒素」及び「りん」に関するデータ解析を行った。対象河川の水系名、河川名及び測定地点名を図1に示す。

対象項目は全窒素(TN)、全りん(TP)、溶存態無機窒素(DIN：アンモニア態窒素+亜硝酸性窒素+硝酸性窒素)、溶存態無機りん(DIP)とした。使用するデータの下限值はすべて0として扱い、年間の測定頻度にかかわらず年度毎の地点別平均値を算出した。

## 結果及び考察

## 1 流入水系別河川の「窒素」及び「りん」濃度の経年変動

広島県内河川の「窒素」及び「りん」に係る測定データについて、TN、TPは経年的にほぼ入手可能であった。しかし、溶存態の栄養塩データについては測定が休止された地点も多くあったため、入手範囲内でそのまま解析を行った。

(1) 広島湾流入水系

TN, TP濃度の経年変動(図2, 3, 太田川水系6河川: 図4, 5)については、いずれも概ね「横ばい」または「ゆるやかに減少」であった。一方で増加傾向にある小規模河川(可愛川), 1990年代をピークとして推移する八幡川や瀬野川, 1980年代から減少が続いている猿猴川(太田川水系)など、河川毎に大きな変動傾向の差があった。DIN(図6, 7), DIP(図8, 9)についてもTN, TPと同様の傾向であった。山本らは1998年までの太田川の経年変動において、1980年代以降のリン及び1990年代以降の窒素について有意な減少傾向を認めている[6]。本研究は同データを継続した内容であるが、2000年以降の推移は両項目ともに一度増加した後、再び減少傾向に移行していた。海産植物プランクトン態の平均N/P比であるRedfield比16[7]と比較すると、太田川水系のTN/TP比(図10)は年々増加していく傾向を示しており、京橋川と猿猴川のDIN/DIP比(図11)についても同様であった。2012年時点では、太田川水系平均(京橋川と猿猴川の平均値)でTN/TP比40, DIN/DIP比33であり、依然として、りん制限の状態にあった。

(2) 安芸灘流入水系

TN(図12)は1990年代以降に黒瀬川が増加傾向を示しているが、概ね「横ばい」であった。TP(図13)は「ゆるやかに増加」していたが、黒瀬川は変動幅が小さく、逆に野呂川は減少傾向であった。また、木谷郷川は黒瀬川と逆の傾向を示し、TPのみが増加しており、両者の周辺環境や流況の変化等が関与していると考えられる。

DIN, DIP(図14, 15)では、黒瀬川でDINがTNと同様に増加しているのに対し、DIPはTPと異なり、1990年代後半から増加傾向にあった。

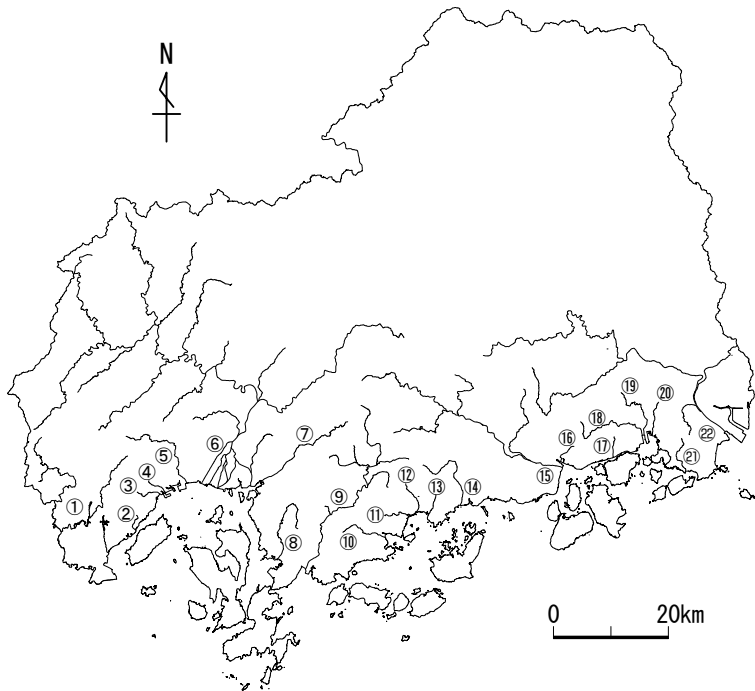
(3) 備後灘流入水系

TN(図16, 17)は概ね「横ばい」または「ゆるやかに増加」であったが、一方で芦田川は1980年代から減少傾向にあり、1970年代レベルにまで低下している。TP(図18, 19)は1990年代を中心に増加する傾向が見られるが、全般的には「横ばい」であった。羽原川はTN, TPともに2000年付近を境に増加傾向から減少傾向に転じている。DIN, DIP(図20~23)についてはTN, TPと同様の傾向が伺えた。

なお、河川毎の変動傾向を詳細に見ると流入水域が同じであっても、河川規模や周辺環境の変動等により変動傾向が異なっている河川もあった。そこで、対象項目別に変動傾向を大きく3種類(増加型, 減少型, 変動なし)に分類し、表1に示した。多くの河川ではTN・TPともに減少傾向にあるが、両項目ともに増加傾向にある河川も見られる。またTN・TPのうち、どちらか一方が変動している河川もあり、今後詳細な解析が必要である。

2 各削減施策年度区分によるTN, TP濃度の変動比

瀬戸内海東部の播磨灘、大阪湾に流入する河川について、吉田らは公共用水域データを用いて、TN, TP濃度比により、10年間での時間的変遷を報告している[8]。ここでは、「窒素」及び「りん」の削減施策により変動傾向が大きく変わったと考えられる1980年(第1次燐削



水系名	河川名	測定地点名
①小瀬川	小瀬川	両国橋
②永慶寺川	永慶寺川	下浜
③御手洗川	御手洗川	金剛寺
④可愛川	可愛川	可愛
⑤八幡川	八幡川	泉橋
⑥太田川	太田川	旭橋
	旧太田川	舟入橋
	天満川	昭和大橋
	元安川	南大橋
	京橋川	御幸橋
	猿猴川	仁保橋
⑦瀬野川	瀬野川	日浦橋
⑧二河川	二河川	山手橋
⑨黒瀬川	黒瀬川	真光寺橋
⑩野呂川	野呂川	浦尻
⑪高野川	高野川	風早
⑫三津大川	三津大川	三津小学校前
⑬木谷郷川	木谷郷川	下之谷
⑭賀茂川	賀茂川	朝日橋
⑮沼田川	沼田川	潮止め堰上
⑯和久原川	和久原川	東町
⑰栗原川	栗原川	日小橋
⑱藤井川	藤井川	講和橋
⑲本郷川	本郷川	吾妻橋
⑳羽原川	羽原川	本庄神社前
㉑山南川	山南川	矢川
㉒芦田川	芦田川	小水呑橋

図1 広島県の主要な瀬戸内海流入河川及び公共用水域水質調査の最下流測定地点名  
 出典:「国土数値情報(JPJIS1.0行政区域データH22年・河川データH20年)国土交通省」[5]



図2 広島湾流入水系の経年変動 (TN)



図3 広島湾流入水系の経年変動 (TP)

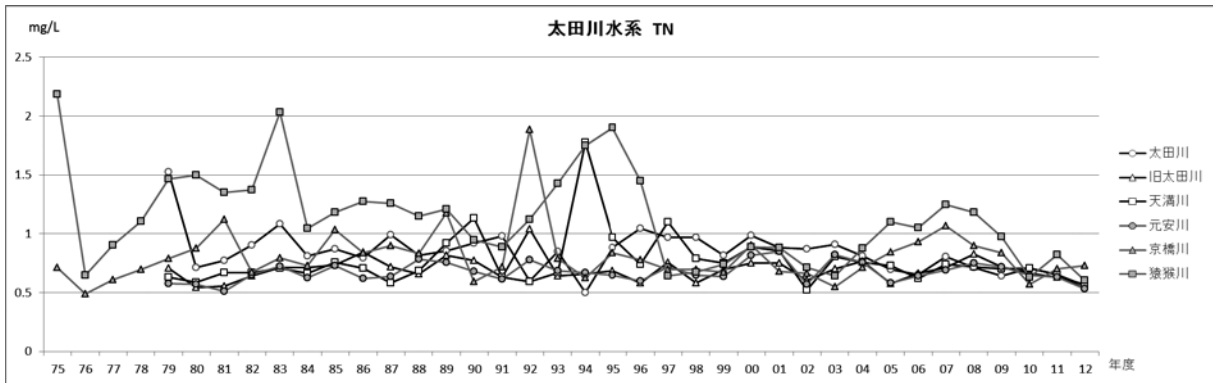


図4 太田川水系の経年変動 (TN)

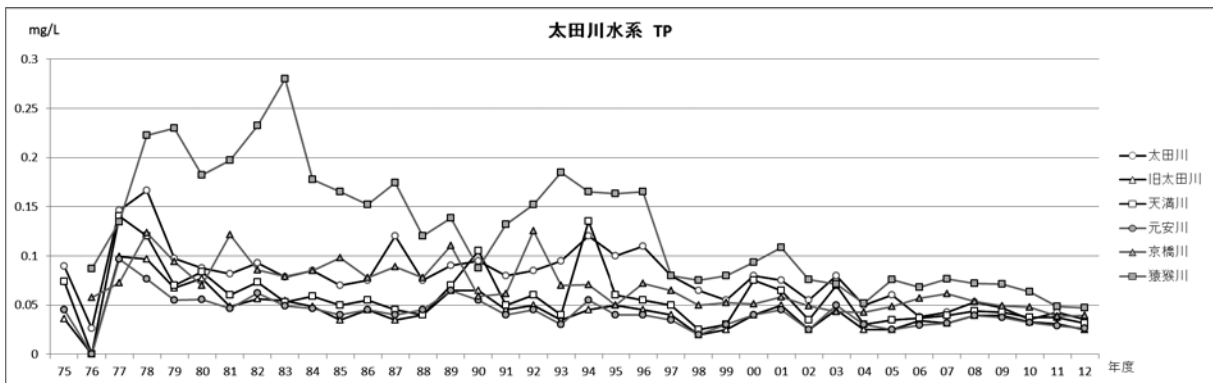


図5 太田川水系の経年変動 (TP)

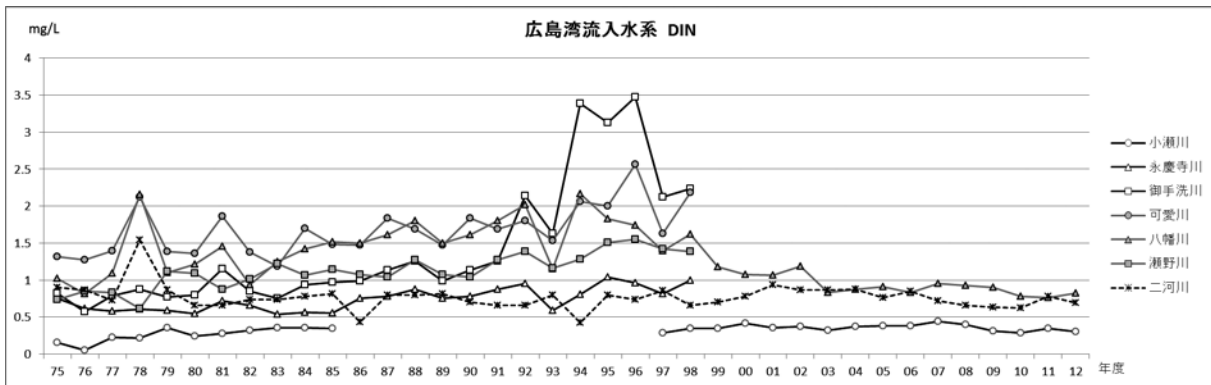


図6 広島湾流入水系の経年変動 (DIN)



図7 広島湾流入水系の経年変動 (DIP)



図8 太田川水系の経年変動 (DIN)



図9 太田川水系の経年変動 (DIP)

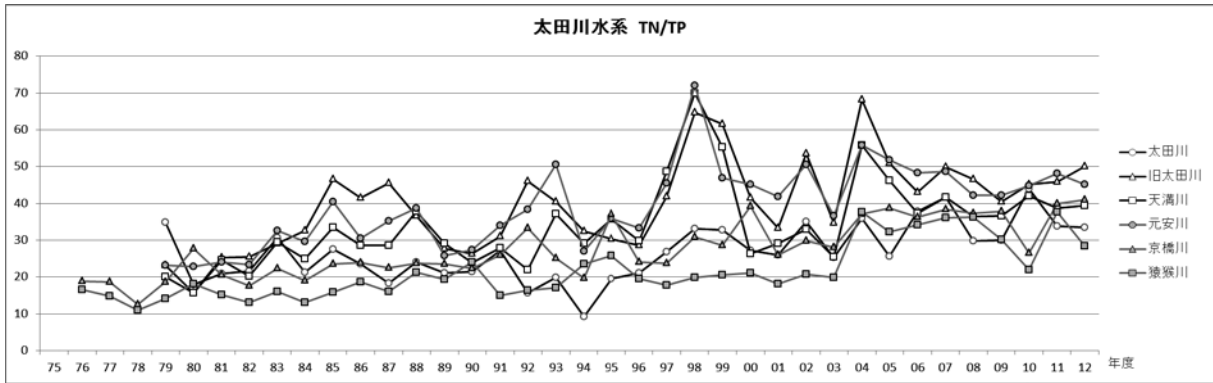


図10 太田川水系のN/P比の経年変動 (TN/TP)

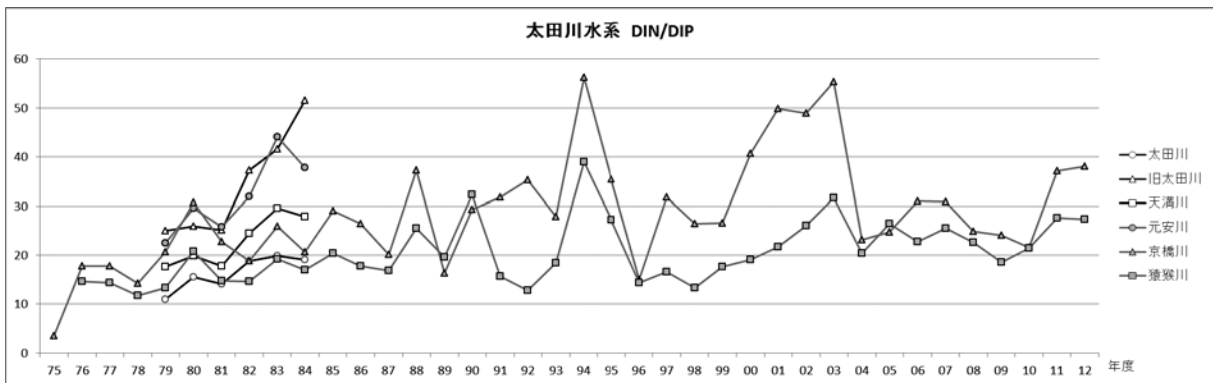


図11 太田川水系のN/P比の経年変動 (DIN/DIP)



図12 安芸灘流入水系の経年変動 (TN)



図13 安芸灘流入水系の経年変動 (TP)

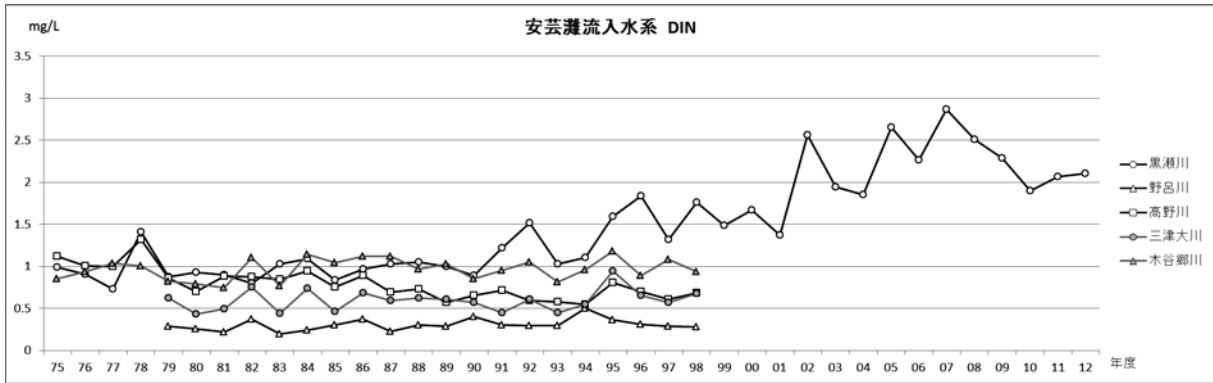


図14 安芸灘流入水系の経年変動 (DIN)



図15 安芸灘流入水系の経年変動 (DIP)

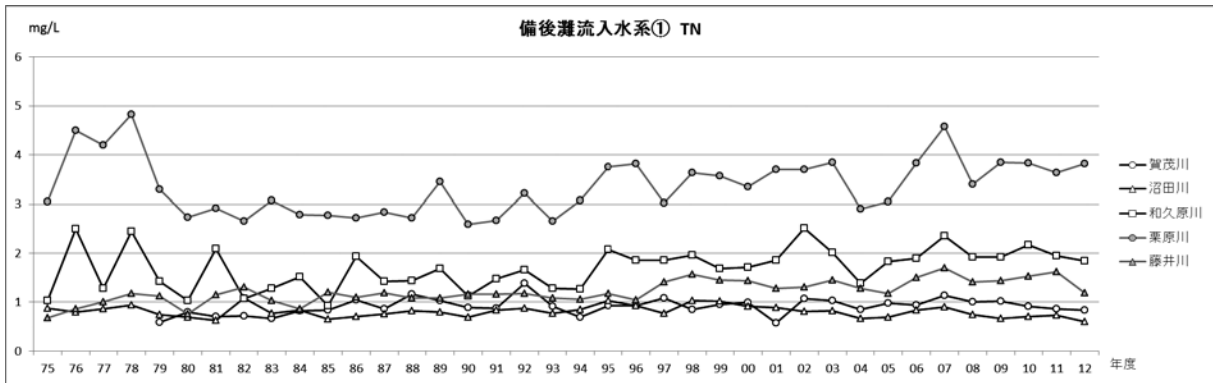


図16 備後灘流入水系①の経年変動 (TN)

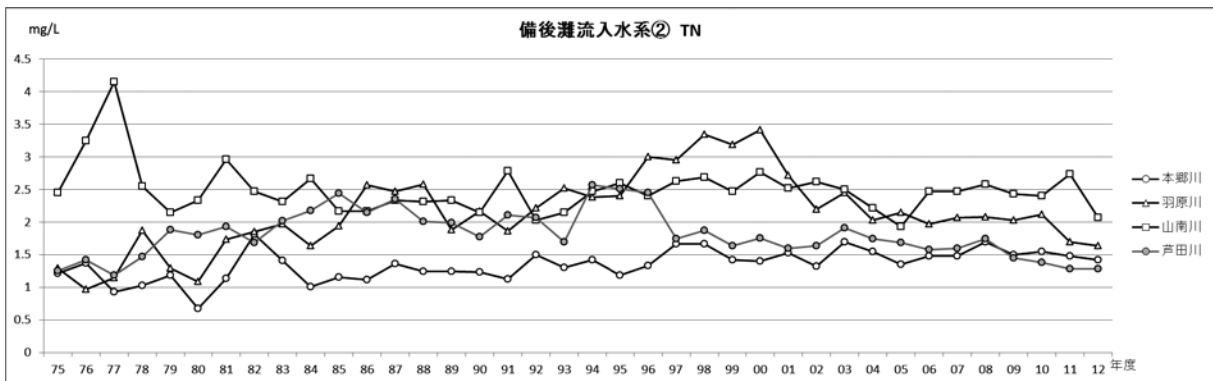


図17 備後灘流入水系②の経年変動 (TN)

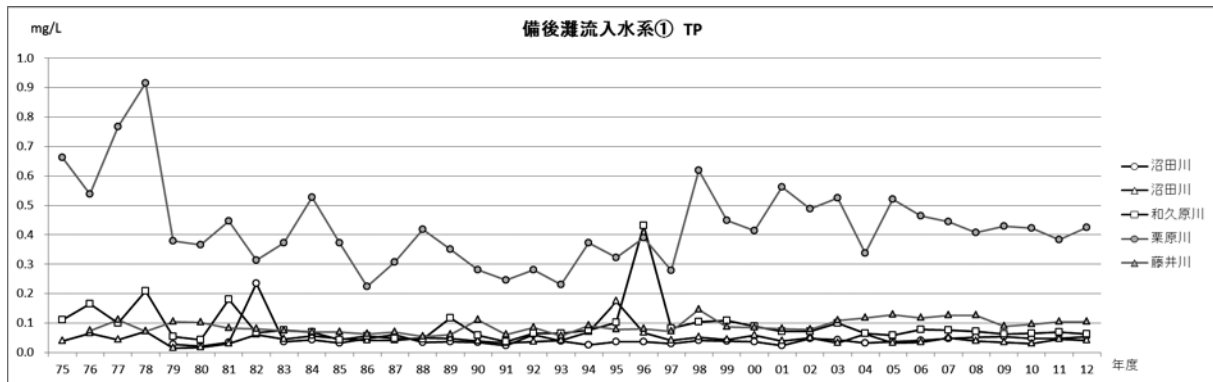


図18 備後灘流入水系①の経年変動 (TP)

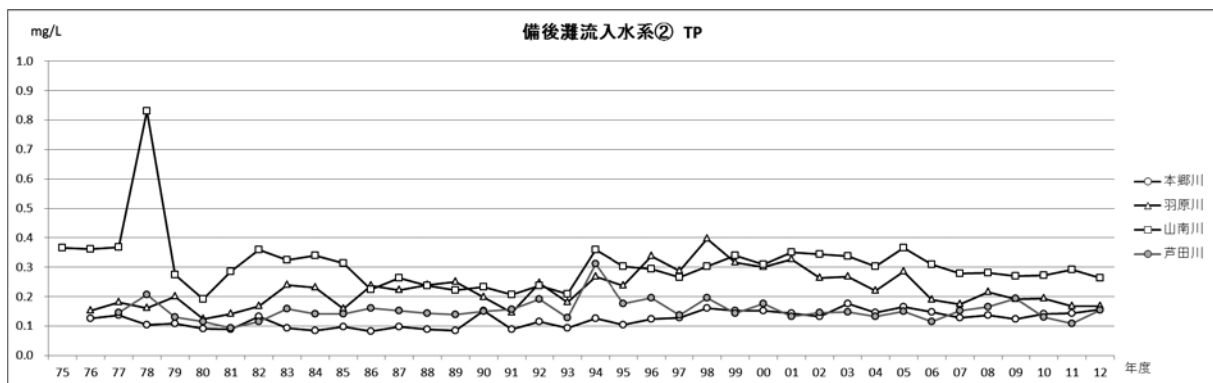


図19 備後灘流入水系②の経年変動 (TP)

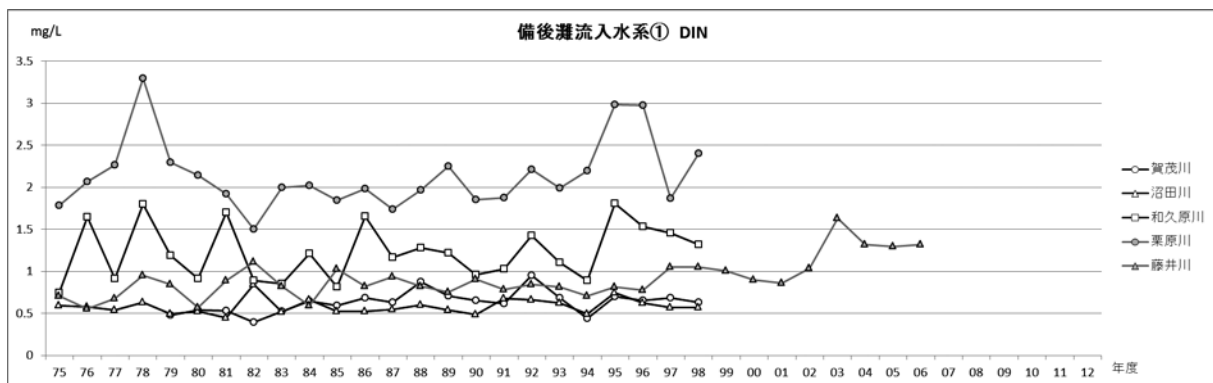


図20 備後灘流入水系①の経年変動 (DIN)

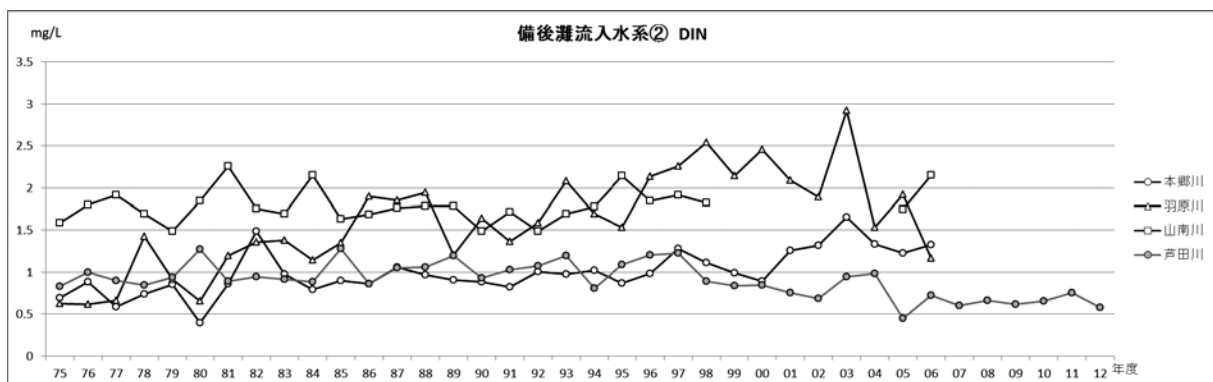


図21 備後灘流入水系②の経年変動 (DIN)



図22 備後灘流入水系①の経年変動 (DIP)



図23 備後灘流入水系②の経年変動 (DIP)

減指導開始), 1995年(1996年第4次窒素・磷削減指導開始)及び2010年の15年毎について, TN, TP濃度比を水系毎に比較した。

(1) 広島湾流入水系

1980~1995年ではTN(図24)は増加(流入水系全体平均1.64倍, 太田川水系1.25倍), TP(図25)は小瀬川と太田川水系が減少, その他の河川が大きく増加していた(全体平均1.70倍, 太田川水系0.81倍)。一方, 1995~2010年ではTN(図26), TP(図27)ともに減少(TN: 全体平均0.70倍, 太田川水系0.75倍, TP: 全体平均0.61倍, 太田川水系0.63倍), 特に八幡川と瀬野川が大きく減少していた。また, 1980~2010年を通してみると, 広島湾流入水系全体ではTN(図24), TP(図25)ともに変化が小さかったが(TN: 全体平均1.12倍, TP: 全体平均1.01倍), 特徴的には小規模河川での増加と太田川水系(TN: 0.94倍, TP: 0.48倍)をはじめとした多くの河川でTPの減少が際立っていた。

(2) 安芸灘流入水系

1980~1995年(図24, 25)ではTNは増加(1.64倍), TPは野呂川と高野川がわずかに減少していたが全体的には増加(1.46倍)していた。1995~2010年(図26, 27)ではTNは黒瀬川を除いて減少(0.86倍), TPは野呂川を除いて増加(1.44倍)していた。1980~

2010年を通してみると(図28, 29), 全体的には増加(TN: 全体平均1.38倍, TP: 全体平均2.06倍)であったが, 野呂川のみ減少傾向(TN: 0.78倍, TP: 0.64倍)であった。

(3) 備後灘流入水系

1980~1995年(図24, 25)ではTNは増加(1.57倍), TPも概ね増加であった(1.50倍)。1995~2010年(図26, 27)ではTNは全体平均としては変化が小さかったが(0.97倍), 特に沼田川と芦田川では大きく減少していた。TPはTNとほぼ同傾向(1.03倍)であった。1980~2010年を通してみると(図28, 29), 全体的にはTN, TPともに増加(TN: 全体平均1.53倍, TP: 全体平均1.49倍)であったが, 一級河川の芦田川ではTNが減少(0.77倍)しており, 他の河川と異なる傾向を示していた。

以上より, いずれの流入水系も1980~1995年と1995~2010年では前者が概ね増加傾向, 後者が概ね減少傾向であり, 区分の前後で増減傾向が異なっていた。また, 1980~2010年を通してみると全体的に増加傾向であったが, 一方で太田川水系及びその近隣水系でTPの減少が際立っていた。

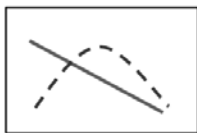


表1 広島県内主要河川のTN・TPの変動傾向

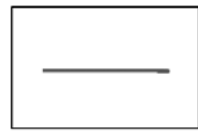
流入先	水系名	河川名	TN	TP
広島湾	①小瀬川	小瀬川	-	-
	②永慶寺川	永慶寺川	±	+
	③御手洗川	御手洗川	-	-
	④可愛川	可愛川	+	+
	⑤八幡川	八幡川	-	-
	⑥太田川	太田川	-	-
		旧太田川	±	-
		天満川	-	-
		元安川	±	-
		京橋川	±	-
猿猴川		-	-	
⑦瀬野川	瀬野川	-	-	
⑧二河川	二河川	-	-	
安芸灘	⑨黒瀬川	黒瀬川	+	+
	⑩野呂川	野呂川	-	-
	⑪高野川	高野川	-	+
	⑫三津大川	三津大川	-	+
	⑬木谷郷川	木谷郷川	-	+
	備後灘	⑭賀茂川	賀茂川	+
⑮沼田川		沼田川	-	-
⑯和久原川		和久原川	+	-
⑰栗原川		栗原川	+	+
⑱藤井川		藤井川	+	+
⑲本郷川		本郷川	+	+
⑳羽原川		羽原川	-	-
㉑山南川		山南川	±	-
㉒芦田川		芦田川	-	±



増加型(+)



減少型(-)



変動なし(±)

TN濃度比(1995/1980)

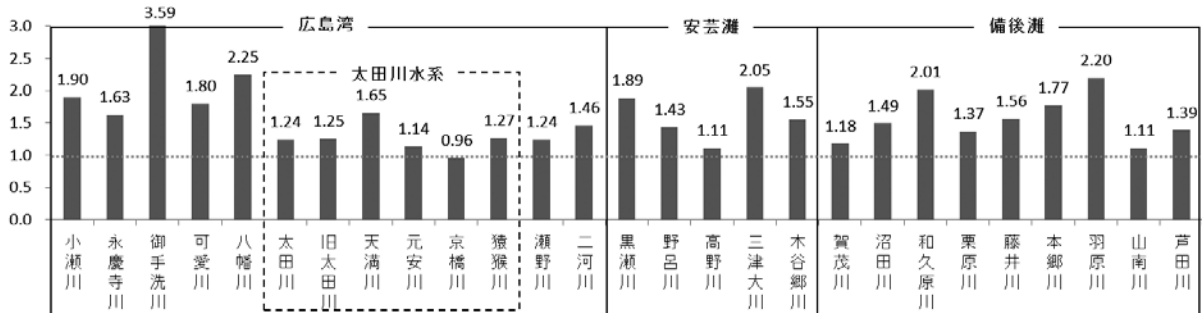


図24 広島県内主要河川のTN変動比 (1995/1980)

TP濃度比(1995/1980)

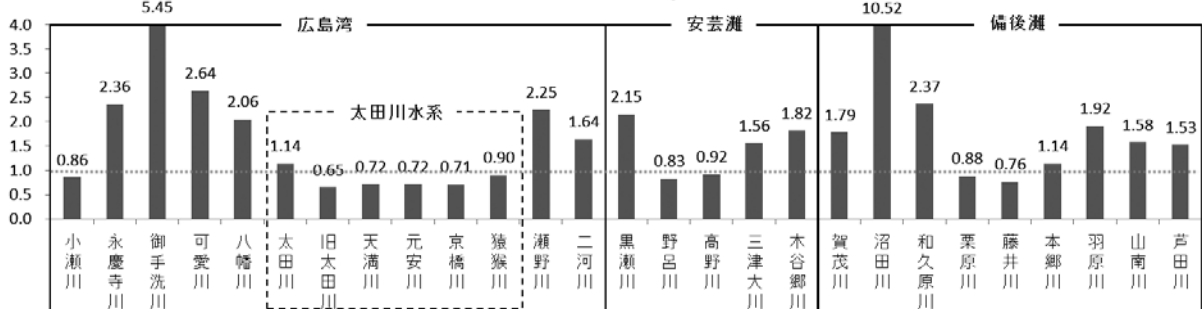


図25 広島県内主要河川のTP変動比 (1995/1980)

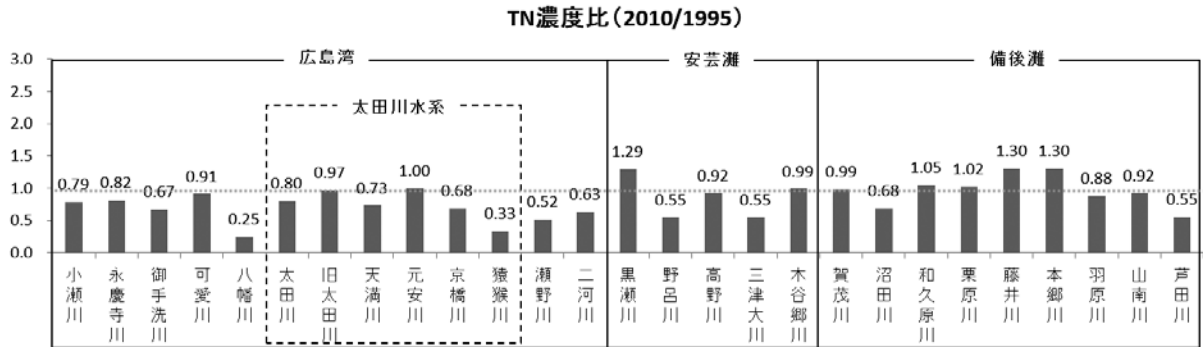


図26 広島県内主要河川のTN変動比 (2010/1995)

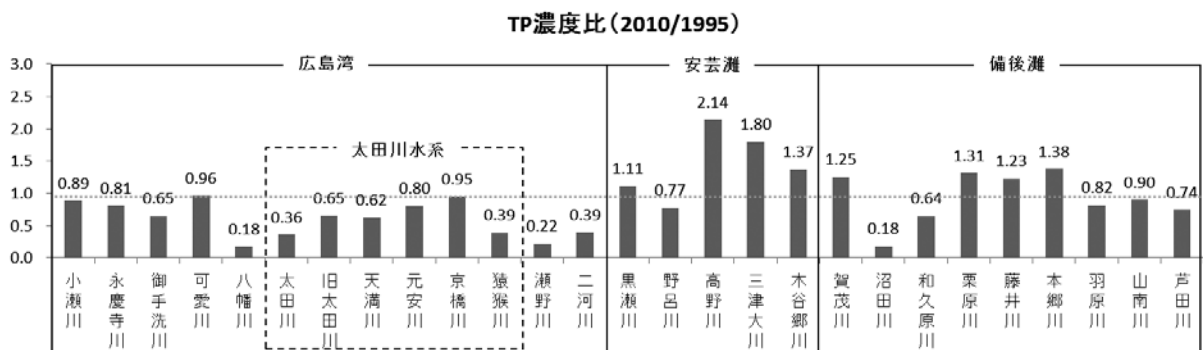


図27 広島県内主要河川のTP変動比 (2010/1995)

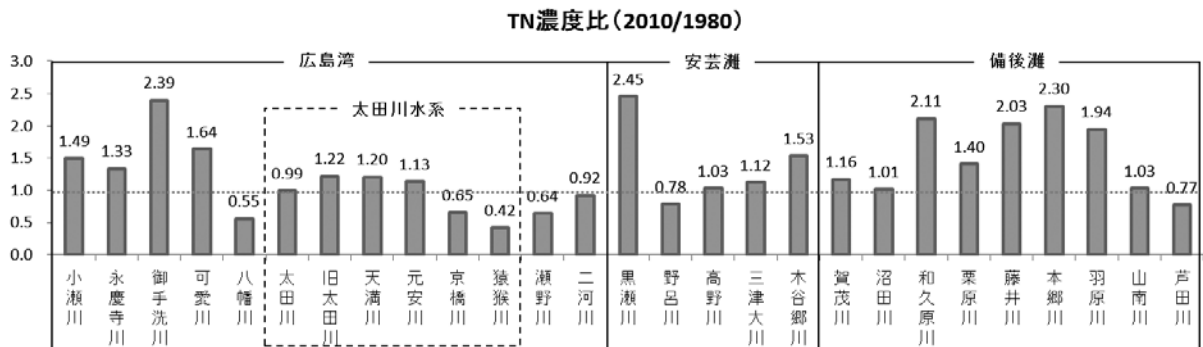


図28 広島県内主要河川のTN変動比 (2010/1980)

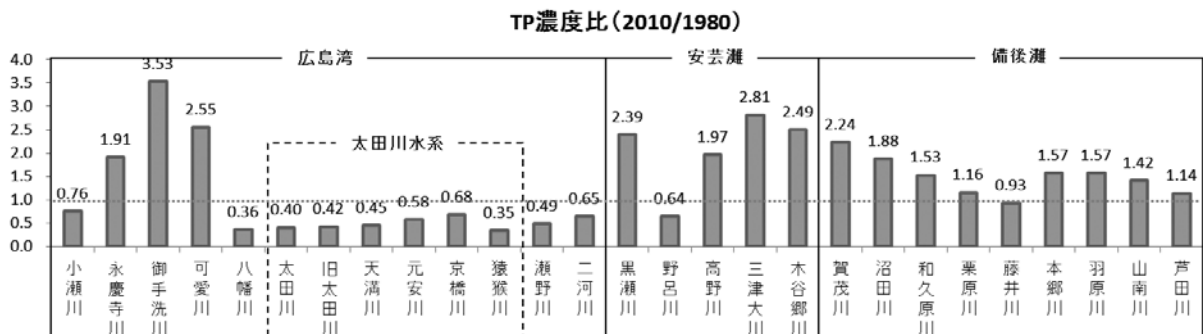


図29 広島県内主要河川のTP変動比 (2010/1980)

## ま と め

広島県が公表している公共用水域等の水質調査結果のうち、瀬戸内海へ流入する22水系27河川を水系別に広島湾流入水系、安芸灘流入水系及び備後灘流入水系に分け、「窒素」及び「りん」を中心とした栄養塩類の経年変動を解析した。

①広島県内主要河川の「窒素」及び「りん」の経年変動を把握した。流入水域が同じであっても、周辺環境や流況の変化等により、河川毎に変動傾向が異なっていることが示された。

②各削減施策年度を区分としたTN, TPの濃度比較では、1980～1995年が概ね増加傾向、1995～2010年が概ね減少傾向、全体では増加傾向であったが、太田川及びその近隣水系を中心としたTPの減少が際立っていた。

③今後、河川の負荷量及び海域の栄養塩についても動向を解析し、栄養塩各態の量的変動だけでなく、質的変動についても解析を行っていく予定である。

本研究は瀬戸内海環境知事・市長会議の委託研究として、特定非営利活動法人瀬戸内海研究会より委託を受け、山口県環境保健センターとの共同研究として、岡山県環境保健センターの協力の元、平成26年度に実施したものである。

## 文 献

- [1] 松田 治. 瀬戸内海の生物生産と環境管理. 海洋と生物. 2013;205:110-115.
- [2] 樽谷賢治. 瀬戸内海の水産. 「瀬戸内海の気象と海象」. 神戸：海洋気象学会；2013. p.145-159.
- [3] 藤原建紀, 渡邊康憲, 樽谷賢治. 特集 海の貧栄養化とノリ養殖. 海洋と生物. 2009;181:111-172.
- [4] 川口 修, 高辻英之. 広島県東部海域における溶存態無機窒素動態とノリの色落ちへの影響. 日本水産学会誌. 2010;76(5):849-854.
- [5] 国土交通省国土政策局国土情報課. “国土数値情報ダウンロードサービス”.  
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>, (参照2015-9-25)
- [6] 山本民次, 石田愛美, 清木 徹. 太田川河川水の中のリンおよび窒素濃度の長期変動－植物プランクトン種の変化を引き起こす主要因として. 水産海洋研究. 2002;66(2):102-109.
- [7] Redfield AC, Ketchum BH, Richards FA. The influence of organisms on the composition of seawater. In: Hill MN, Editor. The Sea. vol. 2, New York, Interscience: 1963. p.26-77.
- [8] 吉田光方子, 仲川 直子, 梅本 諭. 播磨灘, 大阪湾に流入する河川の栄養塩濃度の変動について. 公益財団法人ひょうご環境創造協会 兵庫県環境研究センター紀要. 2013;4:15-25.