

三河湾湾奥への河川からの栄養塩流出負荷の評価

豊橋技術科学大学 正会員 ○横田久里子, 井上 隆信

日本大学 正会員 対馬 孝治

豊橋技術科学大学大学院

堀ノ内陽子, 小池哲也, 堀雅彦, 金子悠司

豊橋技術科学大学

前田憲秀, 米澤直泰,

1. 目的

愛知県の三河湾湾奥は典型的な閉鎖性水域で富栄養化が問題となっている。その原因として流域からの栄養塩の流入が挙げられる。しかし、河川からの流入負荷については、流域面積、流量ともに最大の豊川には着目されているが、公共用水域の環境基準地点の調査地点が少ないため多数存在する中小河川の状況が把握できないことあるいは、流域調査を実施している地点が限られていることから、正確に把握されていないのが現状である。本研究では、三河湾湾奥へ流入する河川を定期的に調査を行い、富栄養化に大きな影響を与える窒素とリンの負荷量に着目して、中小河川も含めた三河湾湾奥への影響を検討することを目的とした。

2. 調査地及び調査方法

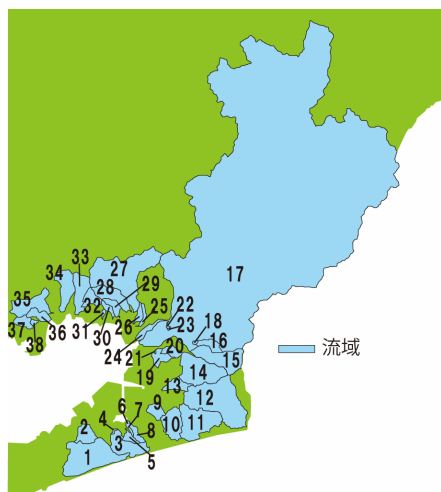


図1 対象河川の流域(河川名は図2に記載)

調査地は、図1に示す愛知県内の田原市、豊橋市、小坂井町及び蒲郡市から三河湾湾奥へ流入する38河川である。三河湾湾奥に対する栄養塩の負荷が高い河川を把握するため2008年4月～2009年3月までの毎月1回平水時調査を

行った。この結果より16河川を選定し、各河川からの年間負荷量を算出するため2009年4月～2009年11月まで平水時及び降雨時(一部河川を除く)調査を実施した。現地では採水の他に流量を測定した。試水の測定項目は、全窒素(TN)、溶存態窒素(DN)、全リン(TP)、溶存態リン(DP)、リン酸態リン(PO_4-P)、懸濁物質(SS)、生物化学的酸素要求量(BOD)である。懸濁態窒素(PN)、懸濁態リン(PP)はそれぞれTN-DN、TP-DPより算出した。

3. 水質特性

図2に2008年度の各河川のTPとTN濃度(mg/L)の最低値、最高値、平均値を示した。TNに関して平均値でみると汐川、知原川、紙田川、西の川で平均値が10mg/L以上、最高値は知原川で32.5mg/L、紙田川、西の川で18 mg/Lとなり非常に高濃度であった。10月に最高値となる河川が多く、施肥期間中の土から流出した窒素や畑の肥料などが原因として考えられる。TPに関しては知原川の濃度が平均3.2mg/L、最高7.2mg/Lと群を抜いて高濃度であった。他河川は平均が0～1 mg/Lに収まり安定しているといえるが、汐川、紙田川で最高2 mg/Lを超過する月があった。

4. 流出負荷量

4. 1. 平水時の流出負荷量について

濃度と負荷量では、負荷量のほうが三河湾に直接的な影響を及ぼすため、負荷量に着目することは重要である。図3に平水時のTN、TPの負荷量(g/s)を示す。先述の濃度では知原川や紙田川で高濃度であったのに対し、TN負荷量では汐川、梅田川、豊川、佐奈川、TP負荷量では汐川、梅田川、豊川といった流量の多い河川で負荷量を多く流出している結果となった。

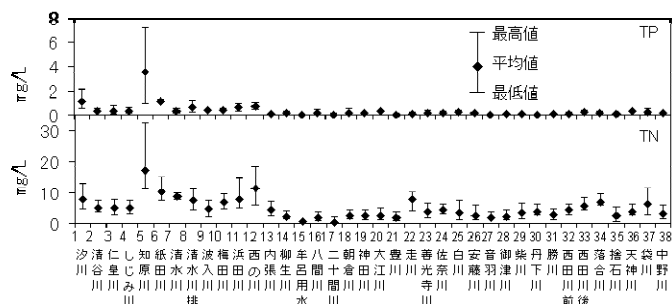


図2. 濃度変化

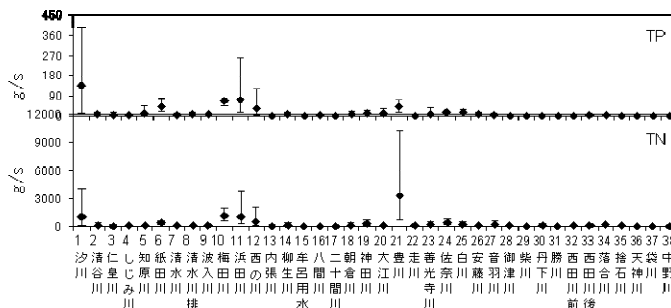


図3. 負荷量変化

キーワード ノンポイント, 栄養塩, 負荷量, 降雨時調査

連絡先 〒441-8105 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 TEL:0532-44-6863

4. 2. 降雨時の流出負荷量について

負荷量の算出には、降雨時の流量増大に伴う栄養塩の流出特性を把握し、負荷量の増大を考慮しなければならない。本研究では豊川・梅田川(各4回/2008~2009)、西の川(2回/2009)で行った。表1に各イベントの総雨量、一降雨あたりの負荷量と平水時との比較を示す。

表1 降雨時調査日データと一降雨あたりの負荷量

イベント	日時	総雨量(mm)	TN 負荷量(t)	TP 負荷量(t)	対TN 平水時(日)	対TP 平水時(日)
豊川	1 2008/8/28	93	36.7	2.4	13.8	57.9
	2 2008/9/18-9/21	68	11.7	0.5	4.4	12.1
	3 2009/8/9-8/11	19	15.2	1.1	4.5	11.3
	4 2009/10/7-10/8	56	76.2	4.2	22.5	43.0
梅田川	1 2008/8/28	227	11.8	7.2	5.2	55.6
	2 2008/9/19	54	9.6	5.0	4.3	38.6
	3 2009/8/9-8/11	43	5.7	0.9	5.3	13.9
	4 2009/10/7-10/8	58	13.6	2.7	12.7	41.7
西の川	1 2009/8/9-8/11	43	1.2	0.9	4.3	57.9
	2 2009/10/7-10/8	58	13.6	2.4	48.9	154.3

イベント1, 3は短期間集中型, イベント2, 4は長時間分散型の降雨であった。平水時の負荷量と比較すると、降雨によって特にリンが多く流出していた。4河川中、特に西の川での流出負荷量の増加は顕著であり、イベント2のTN負荷量は平水時の約49日、TP負荷量では150日分を超える負荷量が流出しており、降雨による影響が非常に大きいことがわかる。また、西の川のイベント1と2の総雨量は13mm程度であるが、流出負荷量はTNが10倍以上、TPが約3倍の差があり、雨量が同程度であっても降雨タイプの違いによって流出する負荷量の差は大きいことがわかる。

5. 年間流出負荷量

5. 1. 負荷量推定方法について

年間流出負荷量の算出には、2008年度1時間毎の連続データの得られた豊川、梅田川について表1に示す5つの推定方法を用いて評価をおこなった。

表2 年間負荷量の推定方法

推定方法	数式	水位データ	降雨データ
① 濃度・流量一定法	$L(g/s) = c \cdot Q$	濃度・流量一定	無
② 濃度一定法		濃度一定・流量連続観測データ	有
③ L-Q式対数法	$L = a \cdot Q^b$	$\log L = \log a + b \cdot \log Q$ の回帰曲線	有
④ L-Q式直接法		直接最小二乗法による係数の最適解	有
⑤ 基底負荷量一定法	$L = \Sigma L - \Sigma Q$	平水時と降雨時の負荷量を分離して算出する方法	無

表3 推定方法別負荷量 (t/year)

2008年度	①	②	③	④	⑤
豊川	TN 970.9	1792.6	1827.6	2275.6	1191.6
	TP 15.3	31.3	79.1	181.2	31.0
	$Q(m^3/year)$ 5.9×10^8		11.7×10^8		—
梅田川	TN 817.3	583.1	12396.3	10367.2	993.3
	TP 46.8	36.3	2844.1	5397.6	206.6
	$Q(m^3/year)$ 11.3×10^7		8.2×10^7		—

表3に各河川推定方法別の算出結果を示す。①, ②は調査日のデータに依存するため、負荷量を正確に評価できない。③④のL-Q式から算出した負荷量は流量、濃度変化を考慮できており、正值に近くなるといえる。特に④は高流量時に多く流出する水質特性のN, Pを評価できており最も正值に近い値となると考えられる。⑤は、降雨時に増加する負荷量を評価できるが、様々な降雨条件で多くの降雨時調査が必要であり、現実的には採用しにくい方法である。

5. 2. 年間流出負荷量について

図4, 表4に2008年度と2009年度の平水時のデータと推

定方法⑤を用いて求めた年間流出負荷量の割合と値を示す。

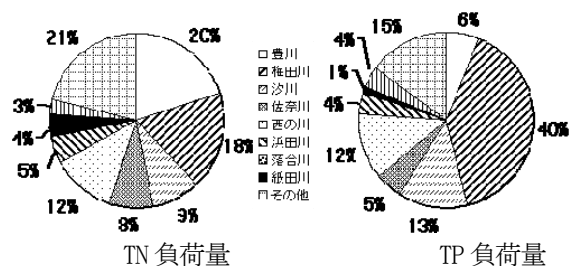


図4 2008年度年間流出負荷量割合(推定法⑤)

表4 年間流出負荷量

t/year	2008年度		2009年度	
	①	⑤	①	⑤
TN	4559	5669	3402	7293
TP	234	511	161	464

2008年度のTNで最も多くの割合を占めていたのは豊川(20%)であったが、TPについては全体の8%程度しか占めておらず、梅田川が23%と最も多くを占めた。また、西の川のTP割合も19%と大きい。このことから豊川の流量は調査河川全体の50%以上を占めるが、その他中小河川からの影響が大きいといえる。

6. 発生負荷量と流入負荷量

本研究にて推定方法①で算出した負荷量を環境省³⁾より発表された発生負荷量と比較し、表5に示す。

表5 発生負荷量と実測データとの比較

	TN		TP	
	発生負荷量	推定方法①	発生負荷量	推定方法①
汐川	127.9	368.8	486.6	⑤
梅田川	316.4	817.3	10367.0	④
西の川	85.2	581.8	952.9	⑤
柳生川	251.1	43.9	104.7	⑤
豊川	991.0	970.9	2275.0	④

TNについては豊川が同程度、柳生川が発生負荷量よりも少なく算出される結果となった。その他の河川では推定方法①で算出した負荷量であるにもかかわらず、汐川は2.8倍、梅田川は2.6倍、西の川+浜田川については6.8倍と差が大きかった。TPに関しても汐川、梅田川、西の川+浜田川は推定方法①の方が多く算出され、推定方法④や⑤を用いると差はさらに広がったため、発生負荷量値は過小評価されているといえる。

7. 結論

- 対象河川からの流出負荷量は、流量の最も多い豊川が最も多くなるわけではなく、他河川からの負荷量割合が多くなった。特にリンについては顕著であった。
- 連続データの得られた豊川、梅田川で流出負荷量を推定すると、L-Q式を用いた推定方法③④を用いることで年間の流量と濃度変化を考慮できており、妥当性が高いと考えられる。特に、推定方法④直接法が高流量時に多く流出する水質特性の窒素、リンを評価できており、最も正值に近い値といえる。
- 環境省により発表されている発生負荷量は、実測値と比較して過小評価されていると考えられる。

参考文献 1)海老瀬潜一、公害国立研究所報告書、1984、第50号
2)井上隆信、水環境学会誌、2003、Vol.26 No.3
3)環境省 平成16年度発生負荷量等算定調査報告書