



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	農耕地からのリンの流出
Author(s)	山田, 俊郎; 井上, 隆信
Description	第12回衛生工学シンポジウム (平成16年11月4日 (木) -5日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 2 水環境 . 2-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 57-60
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1229
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-1_p57-60.pdf



2-1 農耕地からのリンの流出

○山田俊郎（豊橋技術科学大学建設工学系）井上隆信（豊橋技術科学大学建設工学系）

1. はじめに

我が国の閉鎖性水域における水質の改善対策として下水道等の整備や事業排水に対する規制を行ってきたが、依然としてこれら閉鎖性水域の環境基準達成率は低い。その原因として森林、農地、市街地といったノンポイント汚濁負荷の寄与が指摘されている。日本において農地面積は国土面積のおよそ 13%程度であるが、単位面積あたりの汚濁発生量は他のノンポイント汚濁源と比べて大きく、原単位等を用いた試算では農耕地に入った窒素・リンの 7 割が河川へ流出するとの報告²⁾もあり、農地からの下流への栄養塩流出の現状を把握しその影響を明らかにすることは下流受水域の水環境保全上必要不可欠といえる。本研究では特に農地から流出するリンに着目し、畑地中心の流域からのリン流出について検討した。

2. 研究方法

調査対象地域は、愛知県豊橋市内を流れる梅田川（二級河川）およびその支流である浜田川、浜田川流域内の農地小河川である。表 1 に調査河川の概要と流域の土地利用について示した。土地利用形態において、農地、森林以外の土地利用（都市、道路など）を市街地とした。調査域は国内でも有数の農業地域で、野菜、花卉等を栽培する畑地として主に利用されている。

調査は 2002 年 7 月 9 日から 10 月 22 日まで週 1 回程度の間隔で晴天時に実施した。また降雨時の調査を 9 月 17 日の降雨に対して行った。水温、電気伝導度等は水質チェッカーを用いて現場で測定し、分析用試料として直接河川からバケツで採水を行った。同時に水位および流量観測を行った。採取した試料は 0.45 μ m のメンブランフィルターにより濾過し、SS、リン成分の分析等を行った。

3. 結果と考察

3.1 農地河川水質

調査対象河川における晴天時の水質を表 2 に示す。2002 年 7 月から 10 月まで毎週 1 回行った定期的な調査を行い、そのなかで降雨増水の影響を受けていない 12 回の調査結果の平均値

Table 1. Catchment area, usual discharge and land use.

River	Catchment Area (km ²)	Usual Discharge (m ³ /s)	Land Use		
			Agricultural (%)	Forest (%)	Urban, etc. (%)
Umeda River	56.2	2.2	62	12	26
Hamada River	20.4	1.0	85	2	13
Small Channel	0.39	0.13	98	0	2

Table 2. Mean values and coefficient of variations(CV) of the concentrations of phosphorus (mg/L) of the rivers in the study period.

	Total P		Dissolved P		Particulate P		PO ₄ ³⁻ -P	
	mean	CV	mean	CV	mean	CV	mean	CV
Umeda River	0.548	0.17	0.458	0.20	0.090	0.43	0.420	0.22
Hamada River	0.712	0.36	0.574	0.24	0.138	1.23	0.538	0.25
Small Channel	0.631	0.61	0.265	0.59	0.366	0.78	0.164	0.57

を示した。調査河川の全リンの平均値は 0.5mg/l 以上と、これらの河川の受水域である三河湾の環境基準値（類型 3：全窒素 0.6mg/l 以下、全リン 0.05mg/l 以下）と比べても 10 倍以上高い。調査河川の受水域である三河湾の水環境保全のためには、まずこれらの濃度を低下させる必要があるといえる。晴天時の調査河川水中のリンは主に溶存態として存在し、その主要な部分はリン酸態であった。梅田川、浜田川では、リン成分のなかで溶存態リン（主にリン酸態リン）の割合が高くまた濃度自体も高いことから、これらの河川の流域での下水や畜産等の排水による影響も、河川水質に現れていると考えられる。

3.2 降雨時の農地河川水質変化

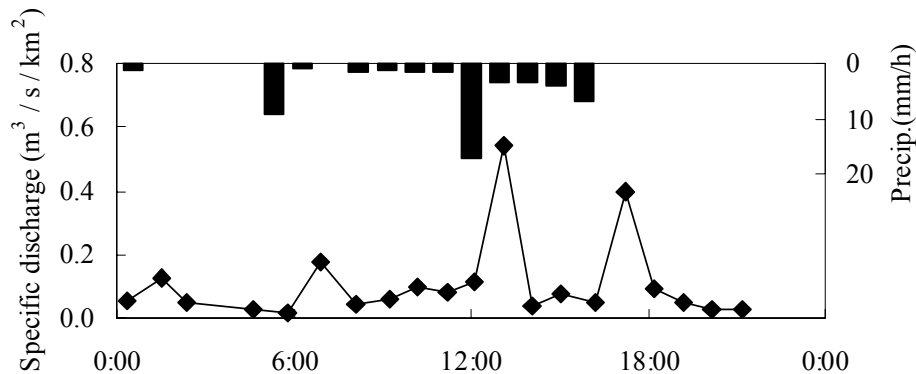


Figure. 2 Hydrograph of the small channel and hyetograph of the area during a storm event on September 17, 2002.

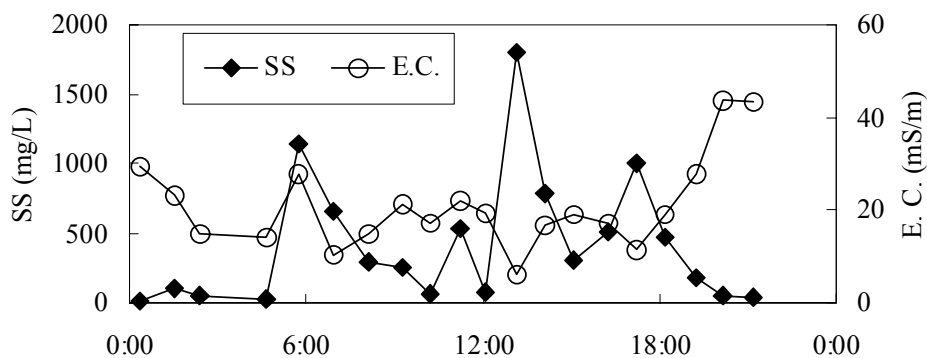


Figure. 3 Variation of concentrations of SS and E.C. in the small channel during a storm event on September 17, 2002.

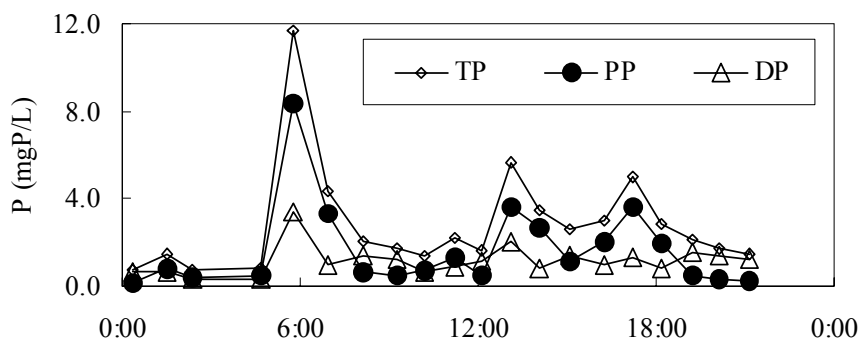


Figure. 4 Variation in the concentrations of TP, DP, and PP in the small channel during a storm event on September 17, 2002.

降雨出水時に河川水質は流量変化に伴い大きく変化する。図2に2002年9月17日の農地小河川における流量と降雨量を示す。この降雨の総降雨量は52.3mmであった。農地小河川の流域面積が小さいため流量変動は大きい、降雨強度に対応した流出が見られる。農地小河川のSS濃度および電気伝導度の変化を図3に示す。流量増加に伴い、SS濃度はピーク時には平水時の100倍程度まで増加した。はじめの降雨ピークに比べて、その後の降雨ピークによるSS濃度の増加への影響は非常に大きく、これは流域からの表面流出によるものと考えられる。一方溶存イオン量の指標である電気伝導度は晴天時の4分の1以上低下し、降雨によって希釈された。

図4にリン成分の降雨時水質変化を示す。全リンはSSと同様の傾向を示し、降雨時の全リン濃度は晴天時と比べ非常に高く、最大で12mg/lと晴天時平均濃度の60倍以上となる場合があった。この高いリン濃度はほぼ懸濁態による。降雨時の流量増加により懸濁態リンの降雨時負荷は非常に大きいと考えられる。溶存態リン濃度は懸濁態と比べて小さく、そのほとんどがリン酸態リンであった。溶存態リン濃度は硝酸態窒素と同様、降雨直前よりも降雨終了時期のほうが高いが、降雨期間は希釈されず、いくつかの濃度のピークをもつ。降水中にはリンはほとんど含まれず（降雨中溶存態リン濃度は0.008mg/l）、またSS濃度の変化と同様の傾向が見られる（相関係数0.69）ため、溶存態リンは降雨に応答する早い流出成分、例えば土壌の浅い部分や河道に存在していると考えられる。

3.2 農地からのリン負荷流出特性

リンの負荷流出の特性を比流量と比流出負荷量の関係（LQ式）から検討した。各形態のリンについて係数n、CおよびlogQとlogLの相関係数Rを求め、表3にその結果を示す。n値は水質成分発生負荷量の流量との対応を示し、流出の特性を示すパラメーターである。nが1以上の時洗い出し型、nが1前後の時濃度一定型、nが1以下の時希釈型など分類される³⁾。農地からのリン負荷は、懸濁態、溶存態ともにn値が1以上の洗い出し型、すなわちノンポイント型の流出特性であった。特に懸濁態リンはn値が2.0と強度の洗い出し型を示し、降雨流出時に多量の負荷が発生する。

図5は調査した3河川の懸濁態リンのn値とそれぞれの流域における農地利用割合の関係を示したものである。農地面積が大きくなるとn値は大きくなる傾向にあり、農地が懸濁態の流出に大きく影響することが示唆されている。

Table 3. Values of the constants n and c and the correlation coefficient(R)of the regression model of $L = c Q^n$, where L is specific load(g/s/km²), Q is specific flow(m³/s).

		n	c	R
TP	Umeda River	1.51	2.0	0.93
	Hamada River	1.71	10.4	0.98
	Small Channel	1.60	9.7	0.93
DP	Umeda River	1.62	2.5	0.90
	Hamada River	1.30	2.1	0.98
	Small Channel	1.42	2.6	0.95
PP	Umeda River	1.79	1.2	0.94
	Hamada River	2.05	9.5	0.95
	Small Channel	2.15	14.9	0.92
PO ₄ ³⁻ -P	Umeda River	1.11	0.6	0.99
	Hamada River	1.30	1.8	0.97
	Small Channel	1.09	1.1	0.97

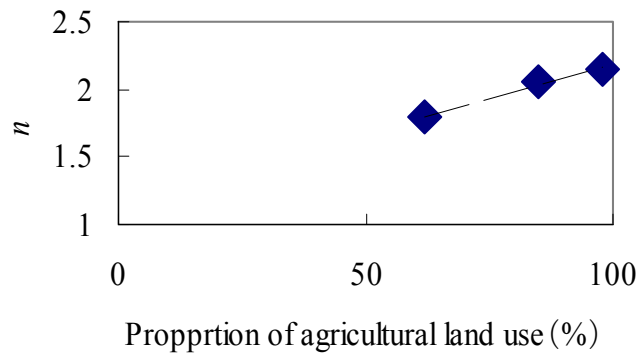


Figure 5. Relationship between the n value of the studied river and the proportion of agricultural land use.

4. 結論

本研究は、農業地域からのリン成分の流出についてフィールドワーク調査をもとに検討を行った。

- 1) 調査対象とした農業地域の河川の TP 濃度は、下流受水域である三河湾の環境基準値を遙かに超えている。
- 2) 降雨時、農地から流出するリンの濃度および組成は大きく変化する。晴天時、農地河川のリンは溶存態が主な成分であるが、降雨時、農地から流出するリンの大半は懸濁態リンであり、懸濁態リン濃度の変化が全リン濃度を左右する。
- 3) 農地からのリンの流出は流量が増加すると共に濃度が増加する洗い出し型であった。特に懸濁態の流出は懸濁物の流出と同様に流量変化に強く影響を受ける。
- 4) 流域の土地利用割合が、懸濁態リンの流出の特徴に影響することが示唆された。

参考文献

- 1)井上隆信(2003)：非特定汚染源の原単位の現状と課題、水環境学会誌、26(3)、131-134
- 2)水谷潤太郎(1997)：総窒素・総リンの物質循環図、土木学会論文集、566(7-3)、103-108
- 3)山田俊郎、大江史恵、清水達雄、橘治国(1998)：森林集水域からの栄養塩負荷流出とその特性に関する比較研究、土木学会環境工学研究論文集、35、85-93