

畜産廃棄物から発生するリン負荷とそのリサイクル

前橋工科大学 正会員 田中恒夫 瀬戸英幸
 東京大学大学院 川島博之
 群馬大学 正会員 黒田正和

1. はじめに

閉鎖性水域や河川等における窒素とリンによる水質汚濁の問題は今日の大きな関心事である。群馬県においても例外ではなく、流域で発生した窒素・リン負荷による水質汚濁の問題は年々深刻化している。特に、群馬県は水源県であり、そこから発生する窒素・リン負荷の河川等の水質への影響を検討することは極めて重要である。これまで原単位法により窒素発生負荷量について検討を行い^{1, 2)}、その主な発生源を明らかにした。ここでは群馬県内の利根川流域を対象にリン発生負荷量の推定を行った。

リンの主原料はリン鉱石である。リン鉱石の可採埋蔵量は1983年時点において約140億t、年間生産量は約1億5000万tになる。生産量の年間増加量を2.8%と仮定した場合、2030年にはリン資源の枯渇問題が深刻になると予想される³⁾。日本は多くのリン鉱石を輸入しており、その約80%がリン酸肥料の原料として使用されている。農用地で肥料として使用されたリンの多くは最終的に水環境中に流出すると考えられる。群馬県における農作物の栽培面積は比較的広く、化学肥料等の使用量も多いと推定され、多くのリンが利根川をはじめ県内の中小河川へ流入し、あるいは地下へ浸透していると考えられる。富栄養化の原因物質のひとつであるリンをその発生源から農用地等へ還元することにより、リンの過剰消費を抑制できると同時に、水環境へのリン負荷も低減できる。群馬県におけるリンの発生源として、人間、家畜、第2次産業、第3次産業、農用地、森林および市街地を挙げ、それぞれからの負荷量を定量的に検討し、さらにリサイクルの可能性について検討した。

2. リンの原単位

本研究では原単位法により各負荷量を算出した。表-1は、人間、牛、豚、鶏、森林、市街地、水田および農用地からのリン発生の発生原単位²⁾を示す。表-2は、産業中分類別の原単位⁴⁾と、第三次産業の原単位⁵⁾を示す。第二次産業の原単位は、群馬県内の特定施設の設置状況および工場排水汚濁負荷量を参考に決定した。

3. リン発生負荷量の推定

表-1 点源・面源のリン発生原単位

発生源	原単位	単位
人間	1.2	g/人/日
牛	50	g/頭/日
豚	25	g/頭/日
鶏	1.4	g/頭/日
森	52	g/km ² /日
市街地	183	g/km ² /日
水田	235	g/km ² /日
畑地	98	g/km ² /日

表-2 第二および第三次産業のリン発生原単位

産業中分類	原単位(g/日)/(百万円/年)
食料品	2.27
飲料・飼料	0.25
繊維	3.78
衣服	0.10
家具	12.7
パルプ・紙	9.61
出版・印刷	0.06
化学	6.18
プラスチック	0.01
ゴム製品	0.30
皮革	1.60
窯業・土石	0.49
鉄鋼	0.83
非鉄金属	14.9
金属製品	4.47
機械	1.35
電気機器	0.39
輸送機器	1.83
精密機器	0.30
その他	0.03
第三次産業	2.00 (g/人/日)

表-1および表-2に示した発生原単位から、1980年～2000年において、群馬県(利根川流域)で発生するリン負荷量の推定を行った。その結果を図-1に示す。

キーワード：畜産廃棄物、リサイクル、リン負荷、群馬県、利根川

連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐島町460-1、前橋工科大学工学部建設工学科 田中研究室
 TEL：027-265-7363, FAX：027-265-3837

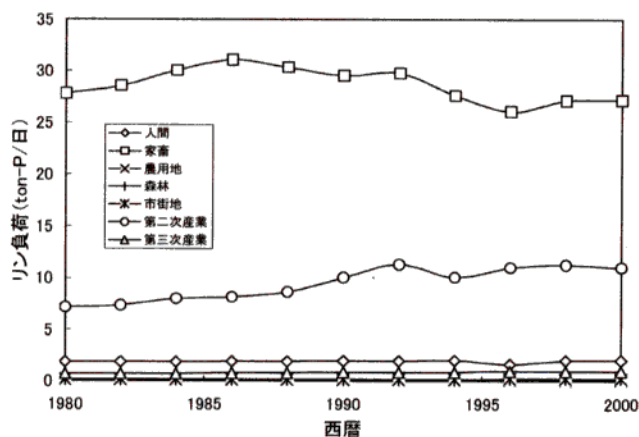


図-1 リン発生負荷量の変化

家畜（牛、豚、鶏）からのリン発生負荷量は、1980年から2000年の間において、1日当たり約25ton-P以上と、全体の約70%で非常に多いことがわかる。群馬県は畜産業の盛んな地域で、その廃棄物の河川・地下水水質への影響は年々深刻化している。次いで、第二次産業から発生するリン負荷となっている。群馬県の工業出荷額は全国の中でも比較的多く、工場等からのリン負荷の対策も重要である。人間（生活系）から発生するリン負荷は2ton-P/日程度で、畜産廃棄物からのそれと比較すると少ないことがわかる。第三次産業、面源（農用地（水田・畑地）、森林、市街地）負荷については、1980年以降大きな変化はなく、何れも1ton-P/日以下である。

リン発生負荷量を市町村別にみると、図-2（2000年）のようになる。リン発生量50kg-P/km²/日以上の高負荷の地域が存在が確認できる。この地域は県内でも畜産業の盛んな地域であり、加えて付近の井戸水の栄養塩濃度は比較的高い¹⁾。これらの地域では畜産廃棄物の対策は急務である。

上記の群馬県でのリン発生負荷量、農用地での施肥量および利根川への流入リン負荷量等をまとめて図-3（2000年）に示す。肥料量は農用地面積と適正施肥量から算出し、生活系・工場系排水は処理施設により一部除去されるとした。群馬県の利根川流域で発生するリン負荷量は約40ton-P/日（各発生源の合計）であるが、その一部は図-3のように最終的に利根川へ流入すると考えられる。利根川のある地点での流量とリン濃度から求めた流入リン負荷量は約3ton-P/日なので、流域で発生したリンの利根川への流達率は約0.08となる。窒素の流達率0.6¹⁾と比較する非常に小さく、発生したリンの多くは流域に蓄積していると推察される。土壌中でのリンの挙動は現時点では定かでないが、鉄、アルミニウム、カルシウム等のイオンとの結合の影響と予想される。これに関しては、今後現地調査等を詳細に行い、検討する必要がある。

4. 畜産廃棄物のリサイクル

これまでの検討より群馬県では畜産廃棄物からのリ

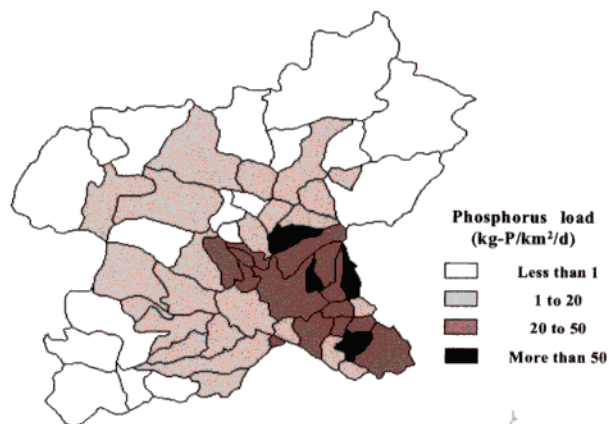


図-2 市町村別リン負荷発生量（2000年）



図-3 リン発生負荷量とリン流入負荷量

ン発生負荷量が最も多いことがわかったが、次にそのリサイクルについて検討する。

畜産廃棄物より発生するリン負荷量は図-3からわかるように、約27ton-P/日である。畜産廃棄物の最良のリサイクル方法として農用地への還元が挙げられるが、発生量27ton-P/日のリンのリサイクルが可能かどうか検討する必要がある。群馬県内の農用地に必要なリン量は図-3より約13ton-P/日である。再負荷とならないように適正な施肥とした場合、畜産廃棄物からのリン発生量の半分程度しか還元できないことになる。農地還元を前提とすると、県内消費は困難であり、農地還元以外の利用方法を検討する必要がある。近年嫌気性処理（消化）が持続的な処理方法として見直されてきているが、畜産排水のような高濃度の有機性物質を含む排水の処理には嫌気性消化は適していると考えられる。処理過程で発生する消化ガスは燃料電池やガスエンジン等によりエネルギー源として利用可能である。

参考文献

- 1) 田中ら：環境科学会誌，11(4)，373-380（1998）
- 2) 田中ら：システム農学，17(1)，51-58（2001）
- 3) 小田部：Gypsum&Lime，No.20，307-316（1987）
- 4) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説（1999）
- 5) 国松ら：河川汚濁のモデル解析（1997）