

## 第 21 回 霞ヶ浦への負荷

### 1 霞ヶ浦の状況と水質浄化対策の考え方

霞ヶ浦は過去に流入した窒素・リンが底泥中に多量に存在しており、底泥から窒素・リンが溶出しやすく、また、湖の水深が浅いことから、湖内の植物プランクトンが光合成により増殖しやすいため、短期的には水質浄化効果が表れにくい状況になっています。そのため、県では、排出される汚濁負荷が高く、汚濁負荷削減の余地が残されている浄化効果が高い対策に重点化して、水質保全対策を実施しています。

### 2 負荷の発生源

#### (1) 外部負荷と内部負荷

霞ヶ浦の水質保全のためには、水質を悪化させる物質（汚濁物質）の流入を減らす必要があります。汚濁物質の多くは流域の人間活動により発生します。湖などの環境に放出される汚濁物質を汚濁負荷、汚濁負荷を作る要因を汚濁負荷の発生源といいます。

家庭排水といった生活系や工場・事業場系、市街地や田畑からの排水などは、水路・河川を經由して霞ヶ浦に流入します。また、湖面に降る雨水、湖内に入る地下水は湖に直接流入します。このように、外部から霞ヶ浦へ流入する負荷を「外部負荷」と呼んでいます。

一方、富栄養化した湖沼では、湖内で増殖した植物プランクトンや、底泥中から溶出される窒素やリンなども負荷となります。このように、湖内で生産される植物プランクトンや底泥から溶出する栄養塩類等を「内部負荷」と呼んでいます。

霞ヶ浦への負荷は表 1 のように大別されます。

表 1 霞ヶ浦への負荷の概要

霞ヶ浦への負荷	外部負荷	河川等を通して流入	生活系
			工場・事業場系
			畜産系
			水田、畑等
			山林等
	湖に直接流入	降雨等	
		水産系	
	内部負荷	プランクトンの増殖	
底泥からの溶出			

#### (2) 点源と面源

霞ヶ浦に流入する汚濁負荷の発生源は、表 2 に示すように点源と面源の 2 つに分けて考えられます。

点源は、工場や事業場など、汚濁負荷の発生源がどこか特定できるもので、面源は市街地や水田など、発生源が大きく広がっているもので、対象範囲は明確にしにくくなります。

また、面源からの負荷は、汚濁物質が雨水と一緒に流出するため、降雨の状況に大きく左右され、負荷量の正確な把握は難しく、対策をたてにくいなどの特徴があります。

表2 霞ヶ浦に流入する汚濁負荷の主な発生源

発生源別	発生源区分	主な発生源
点源	生活系	下水道終末処理場、農業集落排水処理施設、合併処理浄化槽、単独処理浄化槽、未処理雑排水、し尿処理場
	工場・事業場系	工場、事業場
	畜産・水産系	畜産(豚舎、牛舎等)、コイ養殖
面源	農業地域	水田、レンコン田、畑
	自然地域	山林、湖面への降水
	都市地域	市街地(家屋の屋根、道路等)

### 3 外部負荷量

汚濁物質からの負荷は、排出される水量と、その中に含まれる汚濁物質(有機物ではCOD、その他窒素やリンなど)の濃度との掛け算で求めます。したがって、濃度が低くても水量が多い場合や、水量が少なくても濃度が高い場合に負荷量は大きくなります。

外部から流入する負荷の場合、発生した汚濁物質が、図1のような経路をたどって霞ヶ浦に流入していることから、茨城県では、負荷量を「発生負荷量」、「排出負荷量」、「流出(流入)負荷量」に分けて考えています。

発生負荷量とは発生源における汚濁負荷量のことです。排出負荷量は汚濁負荷量のうち、排水処理などを行った後に水路などに排出される負荷量のことです。例えば生活排水では、各家庭のトイレや台所から排出される負荷量が発生負荷量と呼ばれ、合併処理浄化槽などで処理されてから排出される負荷量を排出負荷量と呼んでいます。

排出された汚濁物質は、側溝から水路、河川等を経て霞ヶ浦に流入しますが、この間に有機物は微生物等により分解されて減っていきます。したがって、霞ヶ浦に流入する汚濁負荷量を流出負荷量と呼びますが、流出負荷量は排出負荷量より小さくなります。

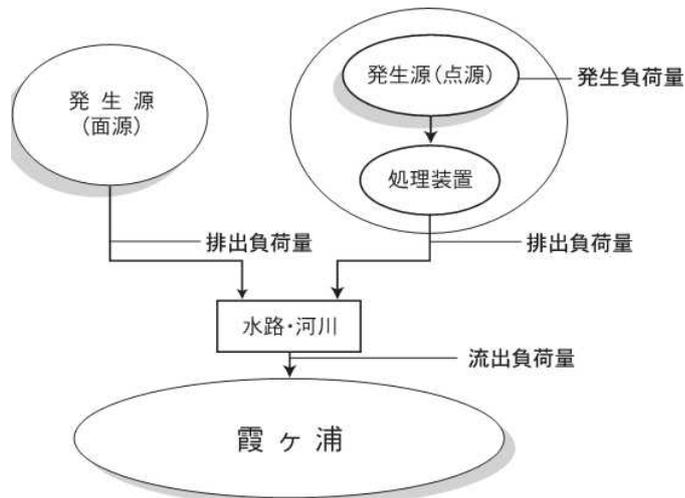


図1 負荷流入の仕組み

## 4 内部負荷

内部負荷は湖内の植物プランクトンの増殖や底泥からの溶出があります。

植物プランクトンの本体は有機物であるため、植物プランクトンが増殖すると有機物量が増加しCODなどを増加させます。また、湖底に沈殿した植物プランクトンや生物の遺骸、排出物などが微生物などにより分解されると、窒素やリンなどの栄養塩が水に溶け出します。この現象を溶出と呼んでいます。溶出した栄養塩は植物プランクトンの増殖に使われ、有機物量を増加させます。

霞ヶ浦は過去に流入した窒素・リンが底泥中に多量に存在しています。霞ヶ浦では、底泥直上部の水中の溶存酸素濃度が減少すると、底泥からの窒素及びリンの溶出が増加することが報告されています。



図2 底泥からの溶出

出典 令和3（2021）年度霞ヶ浦学講座  
第10講「霞ヶ浦の水質と水循環」

## 5 負荷量の算定方法

負荷量の算定方法は、表3に示すように原単位法と直接観測法の二通りに分かれます。

### (1) 原単位法

原単位法では、まず、流域内の各発生源の数や量を調査します。生活排水や畜産排水については、人口や家畜頭数を調べ、それに、発生源原単位（一人あるいは一頭あたり一日の平均的な排出量）を掛けて発生負荷量を求めます。それら进行处理して負荷量を削減している場合には、この発生負荷量に排出率（100－除去率）を乗じて排出負荷量を算定します。

工場・事業場については、その排水量と排水濃度を調べて、排出負荷量を算定します。

水田、畑地、林地等については、単位面積あたりの排出量（原単位）を求め、面積を乗じて、排出負荷量を算定します。

湖内に流入するまでに、水路などにおける自然の浄化作用があることを考慮し、様々な発生源からの排出負荷量の和に流達率（発生源から排出された排出負荷量が霞ヶ浦等の対象水域に到達する割合）を掛けて流域からの流出負荷量（水域への流入負荷量）を算定します。

### (2) 直接観測法

直接観測法では、湖に流入する河川の水質と水量を調査して負荷量を求めます。対象となる河川の水質、水量のデータがそろっている場合には、実測データに基づき、水量×水質として、負荷量の算定を行います。現在、霞ヶ浦に流入する56河川のうち、29河川については、茨城県等により月1回水質と水量の測定が実施されています。この年平均水質に河川流量を乗じて流出負荷量が求められますが、水質観測時の流量は、晴天時の比較的水量が少ないときの測定値なので（定期観測は、晴天時に行うことになっています）、この流量では、年間総流出負荷量の一部しか把握できません。そこで、降雨の影響を考慮に入れた手法がとられています。

表3 負荷量の算定方法

方法の区分	算定方法	特徴
原単位法	点源：(原単位×発生源基数) ×流達率 面源：(原単位×面積) ×流達率	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発生源ごとの対策を策定しやすい</li> <li>・将来の負荷量を推定しやすい</li> <li>・原単位のばらつきや変化を把握するのが難しい</li> </ul>
直接観測法	河川毎の (河川水量) × (水質濃度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域の実情を把握できる</li> <li>・水量、水質のデータを整備する必要がある</li> </ul>

### (3) 両算定方法の比較

直接観測法による算定は、地域の実情を正確に把握するために不可欠な方法です。しかし、水量、水質のデータを詳細に調査する必要があります。

一方、原単位法による算定は、広い範囲を対象とする場合や発生源を特定して対策を立てる場合に有利で、年々の変化を把握して将来の負荷量を推定しやすい特徴があります。このため、湖沼法に基づく水質保全計画の策定などにあたっては、広く原単位法が採用されています。

また、降雨による汚濁負荷の流出は、雨の降り方によって大きな影響を受けます。そのため、降雨による負荷の流出が大きいことは分かっているものの、どちらの算定方法を採用しても正確な把握は課題となります。