

閉鎖性水域における水質の予測評価について

内 田 唯 史*

原 田 和 男*

1. はじめに

近年当協会における海域の環境アセスメント業務は、大村湾のような閉鎖性水域を対象とすることが多くなっている。このような閉鎖性水域では、都市化に伴って富栄養化の進行しているところが多く、水質の現況解析および予測評価に当たっては、富栄養化の機構を考慮したモデルに基づいて、アセスメントが実施されている。富栄養化のモデルは、当協会においても博多湾などのアセスメントで水質の影響評価に利用しており、その成果は行政的にも水質の保全対策等に取り入れられている。しかし、実際の業務において富栄養化モデルによる水質の現況解析、予測評価および保全対策を実施するには、まだ数多くの問題が残されている。主なものを挙げると、次の三つに大別される。

- ① 富栄養化モデルの解明、構築に力が注がれる反面、水域およびその流域の現況特性の把握が不十分な場合が多いこと。
- ② モデル作成のための資料が欠けていることがほとんどで、これを補うためいくつかの仮定を置く必要があり、他の事項との精度的バランスがとれないこと。
- ③ 時間的・予算的な制約のため十分な解析ができないことなどである。

①、②は、③の時間的・予算的制約の結果であるが、モデルの検討と同様①、②が重要であることはいうまでもない。また、費用面からは、現況把握のための調査費の他、数値解析に伴う電算経費が安くない。通常のメッシュモデルによる数値計算では、ケース単価が高くいろいろな条件を変えて計算するとかなりの額になる。従って、予算的余裕がないとメッシュモデルは保全対策の検討に使えない。このような事情から、業務実施段階では対象事業の規模と諸調査、解析事項の内容そして予算とのバランスにおいて最も効果的結果を引き出すことが重要であり、また多方面から要求されていることでもある。実際にあまり細かな調査・解析を行い多額の費用を投ずるより、むしろ既存の資料を利用し、簡易な手法により多角的な検討を行うことによってオーダー的な把握をすることの方が重要かつ有益な場合がある。

ここでは以上の実状に鑑み、閉鎖性水域における水質の予測評価を行う上で、予備的に対象水域の特性をマクロに把握することができ、しかも費用的にも安価な富

* 当協会環境アセス課 主任研究員

* 同 研究員

栄養化モデルについて述べる。なお本稿では典型的な閉鎖性水域である大村湾を例に挙げた。

2. 富栄養化モデル

富栄養化モデルとは、陸域からの負荷の他に海域内での内部生産を考慮したモデルのことで、植物プランクトンが栄養塩類を利用して増殖した有機物量を COD を指標として表すことがほとんどである。内部生産を取り入れたモデルは、いくつか報告されているが、中西らが提案した Δ COD 法が簡易モデルとしては実用上有益である。また予備的な検討を実施するのであれば、細かなメッシュモデルで計算を行うまでもなく、対象海域をいくつかのボックスに分け収支式をたて、COD 等の指標濃度を算出するボックスモデルが有効である。通常の業務では、COD を指標とした簡易ボックスモデルにより水質の予測評価および保全対策の検討を実施してみる。

3. 検討の手順

対象海域の調査例も少く、既存の資料に基づいて水質の検討を行う場合の手順およびフローチャート（図-1）を次に示す。

3-1 作業手順

- 1) 資料の集収：水質および潮汐の調査結果をはじめ既存の資料を集収し海域特性・現況の把握に努める。特に流入負荷等の諸元を設定する。
- 2) 物質収支式の設定：資料より把握した海域特性から水域のボックス分割を行い、ボックス間の水の移流・拡散及び流入負荷、あるいはCODの内部生産等のバランスを考慮し収支式をたてる。
- 3) 現況再現：現況の CI⁻ や T-P などの分布を再現するように収支式に現われる諸係数を試行錯誤で決定する。
- 4) 将来予測および保全対策：CODの保全目標の値を満たす流入負荷の許容される上限を現況再現モデルによって算出し、その結果に従って講じるべき保全対策を提案する。

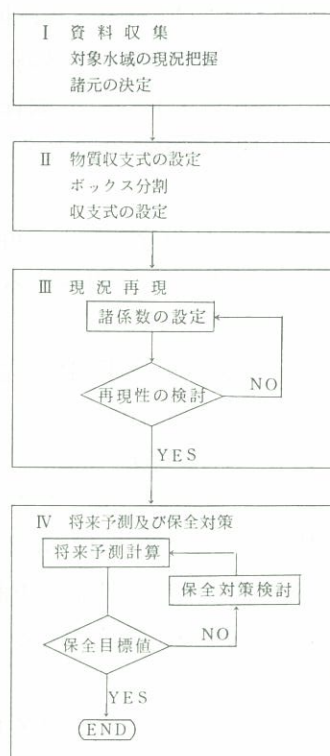


図-1 フローチャート

4. 大村湾の場合

大村湾は、長崎県の中央部に位置し、湾口における海水の出入は、北部の狭い伊の浦の瀬戸と早岐瀬戸に限られるきわめて閉鎖性の強い湾である。近年湾奥部では、人口等の増加により富栄養化が次第に進んでいる。

この大村湾を図-2に示したように7つのボックスに分け佐世保湾を8番目のボックスとして加えた後、前述の手順に従って、検討を加えた。得られた事項をまとめると次のとおりである。

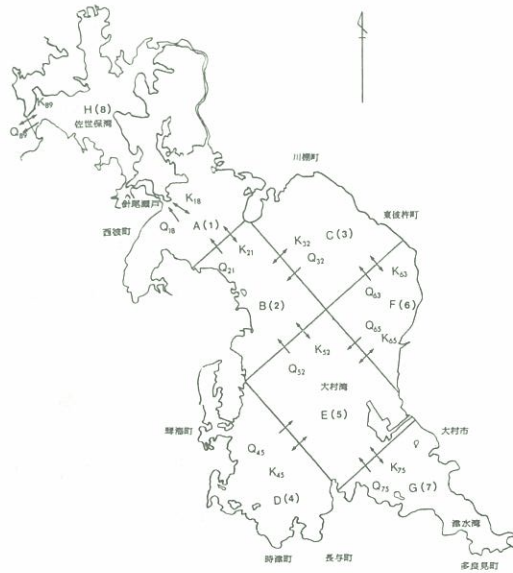


図-2 ボックスモデル図

4-1 基本的な係数

- 1) Cl^- の分布をよく再現する拡散水量 K_{ij} を求める。結果は、表-1に示す。

ここで解析で得た大村湾の拡散係数 D_{ij} をみると、同様の閉鎖性水域である博多湾において実測より求めた拡散係数と $10^4 \sim 10^5 \text{cm}^2/\text{sec}$ のオーダーで一致した。

- 2) T-Pの分布をよく再現する沈降速度 W を求める。結果は表-2に示す。
- 3) COP 分布を再現するように、沈降・生産分解の各量を定める。その結果を表-3に示す。

表-2, 3よりT-Pの沈降と溶出、またCODの生産と分解がそれぞれほぼつり合っていることがわかるが、これらは閉鎖性の大村湾の特徴と考えられる。

4-2 保全対策

仮に、津水湾（ボックス7）のリン負荷量を半分にした場合の予測結果を現況のCODとともに表-4に示す。これによると、ボックス7では、現況値に比べおよそ $0.2 \text{mg}/l$ の濃度の低下が予測され、内部生産を抑制するため流入するリンなどの栄養塩類の削減が重要であることがわかる。

4-3 問題等

- 1) 佐世保湾（ボックス8）のリン負荷量を見積るには資料が不十分であるなどデータの精度的バランスがとれていない。
- 2) COD 内部生産の制限因子をリンとしたが窒素が制限因子となる可能性もあり、実測による裏づけが必要である。

3) Cl^- と T-P の分布形態が異なるため、両者の現況再現を同じ精度で行うには、少々無理がある。

表-1 拡散水量及び拡散係数

	移流水量 (Qij)		拡散水量 (Kij)		拡散係数 (Dij)	
	($10^3 m^3/day$)	($10^3 m^3/day$)	($10^3 m^3/day$)	($ao^2 cm^2/sec$)		
12	365.1	66388.5	4.0×10^3		4.6×10	
81	384.1	26693.7				
23	142.5	20000.0	7.0×10^2		8.2	
25	222.6	42548.4	2.8×10^3		3.2×10	
45	75.9	6831.0	2.8×10^2		3.2	
89	473.3	42540.3				
36	50.5	3205.5	2.2×10^2		2.5	
56	50.5	11271.9	6.9×10^2		8.0	
57	96.2	8658.0	8.8×10^2		1.0×10	

注) $10^3 m^3/day = 115.7 cm^3/day$

表-2 沈降速度Wの算出結果

ボックス番号	沈降速度 (m/day)	沈降量 (kg/day)	溶出量 (kg/day)
1	0.05	18.9	17.0
2	0.25	66.6	12.4
3	0.09	32.2	25.4
4	0.24	113.1	73.0
5	0.27	129.6	156.2
6	0.19	37.9	14.4
7	0.21	64.1	31.1
8	0.30	75.1	12.7

表-3 COD の沈降量、生産量及び分解量

ボックス番号	沈降量 (t/day)	生産量 (t/day)	分解量 (t/day)
1	1.9	43.2	39.1
2	6.7	31.6	31.3
3	3.2	41.2	36.5
4	10.2	55.6	45.9
5	12.2	57.5	46.2
6	3.8	24.2	21.1
7	7.1	37.1	26.9
8	7.5	30.2	10.3

表-4 COD の現況と予測値

ボックス番号	現況の COD (mg/l)	予測値 (mg/l)		
		CODmin	COD	T-P
1	1.6	1.1	1.5	0.016
2	1.6	1.1	1.5	0.016
3	1.7	1.1	1.6	0.017
4	1.8	1.0	1.8	0.020
5	1.7	1.1	1.6	0.017
6	1.7	1.1	1.6	0.017
7	2.2	1.2	2.0	0.017
8	1.5	1.2	1.4	0.015

5. まとめ

これまで述べた富栄養化の簡易モデルも資料不足のためいくつかのパラメータに対し仮定をおく必要があること、塩素量を基にモデルを構築しているが T-P COD 等と Cl^- との挙動が異なり T-P の再現が十分でないこと等、いくつかの問題は残されている。しかしながら、本モデルは大村湾の例で示したように、拡散水量から渦拡散係数を見積ることができたこと、沈降・溶出・生産・分解などのオーダー的把握ができたことなど、物質収支を概略検討する上では、非常に有効である。また、一応の検討を終えるまでに 2 人で約 1 月程度でモデルを作ることができ、しかも数値計算もマイコンで十分対処できるため、種々の検討を数多く行うときは非常に有益である。

今後も閉鎖性でしかも富栄養化の進んだ海域のアセスメントが実施されるであろうが、保全対策まで含めた環境への影響を評価するためには、前述のようにまずオーダー的に物質の収支を把握することが重要となる。このためには、今後さらに生産メカニズムの検討や、諸係数を実測によって、検証していく必要がある。