

◆特集：環境とGIS◆

GIS、流域水物質循環モデルを活用した水政策検討

藤田光一* 伊藤弘之** 小路剛志*** 安間智之****

1. はじめに

我が国では、20世紀後半に生じた急激な都市化、経済発展、大量消費型ライフスタイルへの転換等により流域水物質循環等の自然システムが損なわれた箇所もあり、河川や湖沼等の水環境の悪化、生物多様性の低下、ヒートアイランド現象等が生じた。従来、行政が中心となり法律に基づく規制や環境の保全・再生のための様々な事業が行われてきたが、必ずしも根本的な解決に至っていないケースもあり、行政主体の取り組みから、官民協働の新たな展開も求められている。このような状況において、各地域で住民等による自然環境の保全・再生等の活動が活発になっている他、水環境の一層の改善を図るため、住民をはじめとする関係者が参画し、流域の水物質循環を総合的に管理しようとする試みも見られている¹⁾。水物質循環系は流域に住む人々に何らかの形で恩恵を与える一方で、人々から影響を受けており、水物質循環の健全化のためには、関係者が合意し、参画できる政策を提示することが重要である。そのためには、関係者全員が複雑な水物質循環現象の構造と現状を理解した上で、行政による施策や事業、各主体による活動等の効果・影響を評価し、互いの利害関係を調整することによって、対策の方向性を探る必要がある。

このような状況の中で、環境研究部、下水道研究部で行っているプロジェクト研究「自然共生型流域圏・都市再生」では、自然共生型国土再生のための技術政策ツールや再生技術を開発するとともに、それと相まって自然共生型国土再生シナリオを立案することを目的としている。技術政策ツールの開発では、流域環境の分析に必要な基礎データを一括集積し、関係者に提供する情報基盤GISデータベース及び水物質循環系、生態系について将来変化や施策評価が可能なモデル構築を行っている。

ここでは、霞ヶ浦流域を対象に、湖沼の水質改善について、水物質循環モデルを活用して検討を行い、水物質循環モデルの政策検討への活用方法、適用性等について論じる。今回の検討は既存の計画と整合を図ったものではなく、また使用したモデルは開発中のものであり、施策の評価結果等については、今後変更の可能性があるので、このよう

な結果を出すことにより、湖沼の水質改善やモデルに係わる建設的な議論が促進されることを期待するものである。

2. 水物質循環モデルの開発

水物質循環モデルは、陸域モデルと水域モデルからなる。陸域モデル²⁾は陸域における水循環現象が表現できる分布型流出モデルに、この水移動に伴って拡散・沈殿・分解等しながら移動する物質(COD, TN, TP)に関する流動モデルを組み込んだものであり、水域モデルは陸域からの流入汚濁負荷、底泥溶出及び植物プランクトンの生長・枯死等による水質(COD, TN, TP)変化を計算できる³⁾。また、技術政策ツールとするため、GISをベースとしたユーザインターフェイスを準備することにより、種々の流域対策や溶出対策等の効果が簡便に評価できる構造となっている。茨城県霞ヶ浦対策課⁴⁾の資料等をもとに流域条件等(表-1参照)を設定し、モデル定数を調整することにより、平成7年の流出負荷量、湖沼水質を再現した結果を図-1、図-2に示す。

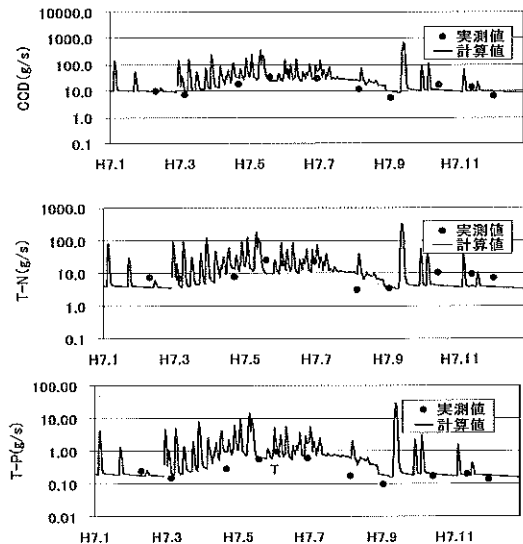


図-1 流出負荷量の再現結果(恋瀬川平和橋地点)

Application of a Hydrological and Material Cycle Simulation Model to Examination of Water Environment Policies.

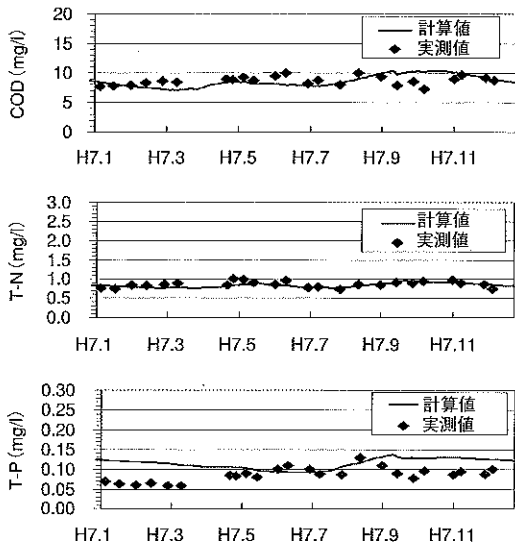


図-2 霞ヶ浦の水質再現結果 (湖心)

3. 霞ヶ浦流域の現状と課題

霞ヶ浦の水質は、かつては湖辺に住む人々の飲み水に使用されるほど良好であり、炊事、水浴、水遊等人々の生活と霞ヶ浦は密接に繋がり、このような湖沼の利用は昭和初期頃まで続いた。しかし、昭和30年代からは伝染病対策等として、上水道や簡易水道の敷設が行われ、生活用水は水道水に切り替えられた⁵⁾。また、昭和40年代からは流域人口、人間活動の拡大に伴う汚濁負荷の増加、流域・湖沼の浄化機能の低下等に伴い霞ヶ浦の水質は急激に悪化し、大腸菌の増加や植物プランクトンの発生等により、遊泳も次々と禁止となった⁵⁾。霞ヶ浦の水質汚濁は昭和50年代半ばにピークを迎え、その後若干改善したが、昭和60年代以降は特に改善は見られていない (図-3参照)。霞ヶ浦の水質対策については、下水道整備等流域対策や浚渫による底泥溶出負荷の削減、NPO等による水質保全活動等が行われてきた結果、横這いの水質を維持しているのが現状である。

このため、ここでは開発中の水物質循環モデルを活用して、霞ヶ浦の水質汚濁過程の把握、水質改善のための様々な施策・活動の効果・影響の評価を行い、その結果実現され得る霞ヶ浦流域及び湖沼の姿を、実現に必要な費用等の負担とともに提示する。

4. 霞ヶ浦の汚濁の変遷と汚濁過程の把握

霞ヶ浦湖心では、昭和40年頃までCOD₃~4mg/lの水質が維持されていた (図-3参照)。昭和35年当時の霞ヶ浦流域の水物質循環をモデルで再現することにより、汚濁過程の構図の理解を試みる。

昭和35年当時を再現するに当たって、流域条

件 ①人口、②生活系排水の処理形態、③生活用水、④家畜、⑤土地利用、⑥工業系負荷量)及び水域条件 (⑦湖岸植生、⑧コイ養殖、⑨シジミ漁獲量、⑩底質条件)の設定を行った (表-1参照)。常陸川水門の影響、漁獲、河道流達過程での自然浄化等についてはモデル上考慮していない。

②の生活排水処理形態については、当時のデータは無いが、霞ヶ浦流域内の下水道整備及び単独・合併処理浄化槽の普及は昭和35年以降であること、昭和40年の茨城県内のし尿処理場処理率が約40%で以降5年毎に10%程度上昇していることから⁶⁾、昭和35年時点では、生活雑排水は未処理のまま流出し、し尿については概ね30%分がし尿処理場で処理され、残りの70%が農地還元等自家処理されていたと推定した。④の家畜については、茨城県内の頭数⁶⁾から面積比の按分により流域内頭数を推計した。なお、馬の汚濁負荷原単位は牛と同じ値を使用する。⑤昭和35年頃の流域内の土地利用については、霞ヶ浦

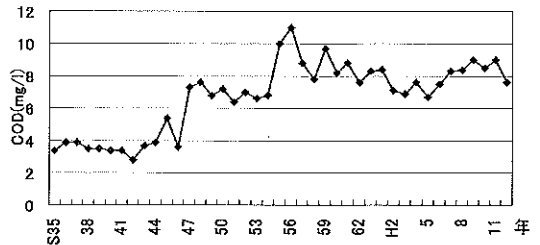


図-3 霞ヶ浦 (湖心) の年平均水質の経年変化⁶⁾

表-1 霞ヶ浦流域に係わる設定条件

条件項目	S35	II7
①流域人口	60万人	95万人
②生活排水処理形態		
下水道	0	33%
農業集落排水	0	1%
合併処理浄化槽	0	11%
単独処理浄化槽	0	23%
し尿処理場	30%	30%
し尿自家処理	70%	2%
③生活用水 ⁷⁾	169 l/人・日	322 l/人・日
④牛・馬 (頭数)	46,900	40,463
豚 (頭数)	77,350	332,127
⑤土地利用 (km ²)		
森林 / その他	447.5/180.1	463.9/178.0
Ⅲ / 畑	612.6/519.3	561.9/423.2
市街地	51.5	184
⑥工業系負荷量 (kg/日)	COD : 12,298 TN : 584 TP : 70	COD : 12,298 TN : 584 TP : 70
⑦湖岸植生帯 ⁸⁾	1,486ha	128ha
⑧コイ養殖 ⁹⁾	0	5,400t
⑨シジミ漁獲量 ⁹⁾	3,000t	0
⑩底質条件	II7 に対して	(湖心値)
COD (mg/g 乾土)	60, 70, 80%のケース設定	64.6
N (mg/g 乾土)		5.9
P (mg/g 乾土)		1.37

浄化プロジェクト¹⁰⁾が推計した過去の土地利用面積から、さらに遡って推計した。また、平成7年の土地利用面積は国土数値情報¹¹⁾によっている。⑥昭和35年時点の工場等の排水水質は不明であるが、工業出荷額は平成7年と比べてかなり小さいため⁵⁾、排水水質の設定による水質計算全体の精度への影響は小さいと考え、昭和35年の工業系負荷量は平成7年時点と同じ値を設定した。⑩底質条件(底泥中のCOD,TN,TP含有量)については、昭和52年以前の調査結果がないため、平成7年の底質条件を割り引いて、いくつかのケースを設定した。なお、平成7年のデータで生活用水、土地利用面積、湖岸植生、シジミ漁獲量、底質以外は茨城県霞ヶ浦対策課の資料⁴⁾によるものである。

汚濁負荷原単位は平成7年と同一⁴⁾と仮定し、表-1に示したフレーム及び底質値をモデルに入力し、植生やシジミによる効果については、田畑¹²⁾や根岸等¹³⁾により設定することにより、湖沼水質を計算したところ、湖心部の年平均水質は表-2の通りとなり、平成7年の底質条件の70%値を採用したケースが昭和35年時点の湖沼水質COD3.5mg/l(図-3参照)に最もよく対応した。以後、この70%のケースに基づき検討を進める。

表-2 昭和35年の湖心の年平均水質計算結果

底質条件	H7の60%	H7の70%	H7の80%
COD (mg/l)	2.4	3.2	4.2

昭和52年以前の底質調査結果はないので、この70%という値の根拠を直接裏付けることは容易でないが、例えば次のような参考情報がある。平成4年に霞ヶ浦全域で底泥の鉛直方向分布が測定されるとともに、掛馬沖においてはPb同位体により、底泥堆積層の年代推定が行われている¹⁴⁾。掛馬沖で得られた堆積層深度と推定年代の関係を適用し、湖心における各年の底質表層の観測値と、その年に堆積したと推定される底泥堆積層の底質値との関係を図-4に示す。TNでは若干乖離が見られるが、表層と堆積層の間には同様な傾向が見られる。掛馬沖での調査結果では、昭和35年と推定された深度の底質値(COD,TN,TP)は表層値の65~69%で、上記の70%という値に概ね該当しており、一つの裏付けとなり得る。ただし、堆積層中における底質の変質状況については知見が不十分であり、過去の底質条件の推定には、今後さらなる検討が必要である。

次に、平成7年及び昭和35年における流域における発生負荷量(外部負荷)と底泥溶出量(内部負荷)及び両時点間の増分は図-5の通りとなる。外部負荷の増分に対しては、CODについては面源系と水産系、TNについては生活系、TPについては生活系と水産系の寄与が大きいこと、底泥溶出の増分はCOD,TN,TP全ての項目について、外部負荷と同程度あるいはそれ以上に寄与している。霞ヶ浦の水質変化を負荷量の変化から概観し

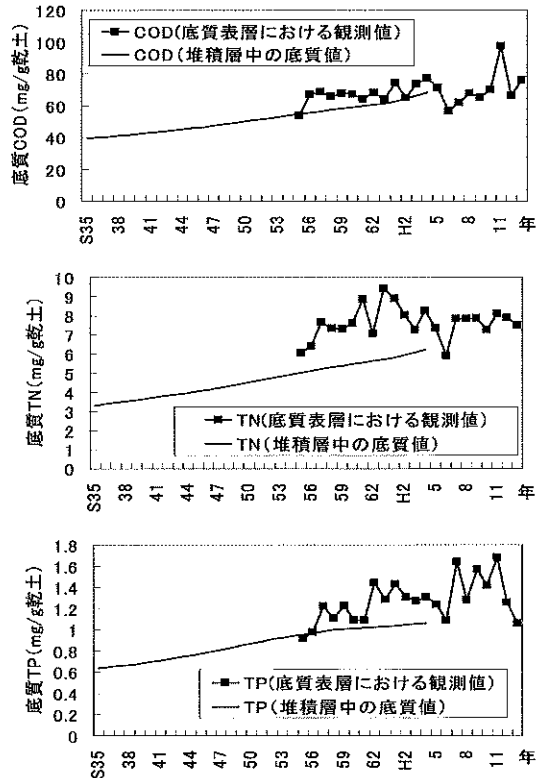


図-4 底質(表層)の経年変化と底質(堆積層)

た場合、上記のような負荷量の変化が水質の悪化を生じさせたと考えられる。

5. 霞ヶ浦の水質改善のための政策の立案と評価

霞ヶ浦の水質汚濁進行過程の理解を踏まえて、①陸域汚濁負荷の削減、②底質対策、導水、コイ養殖負荷対策といった水域内対策、③生物作用や湿地等による自然浄化機能の強化、④一部水域の囲み込みと導水による重点的な水質改善(重点再生エリア)の4つの視点から、種々の施策について水質改善効果、それに伴う費用や労力等の生活・社会への影響について評価する。なお、各施策は平成7年の流域及び湖沼条件に対して講ぜられるものとし、施策が機能するための経過時間(事業期間)は考慮しない。

①については、a) 下水道の整備、b) 高度処理合併浄化槽の整備¹⁵⁾、c) 生活雑排水対策、d) 環境保全型農業、e) 家畜し尿の農地還元、f) 下水処理水の再利用について、それらの施策を個々に最大限実施した場合の効果等を表-3に示した。ただし、高度処理合併浄化槽の整備は、平成7年の下水道未整備人口割合67%全てに対しての整備を、生活排水対策は下水道未整備人口の生活排水負荷の削減を意図する。陸域対策を最大限実施(a+d+e+f又はb+c+d+e+f)するとCOD1.2mg/l

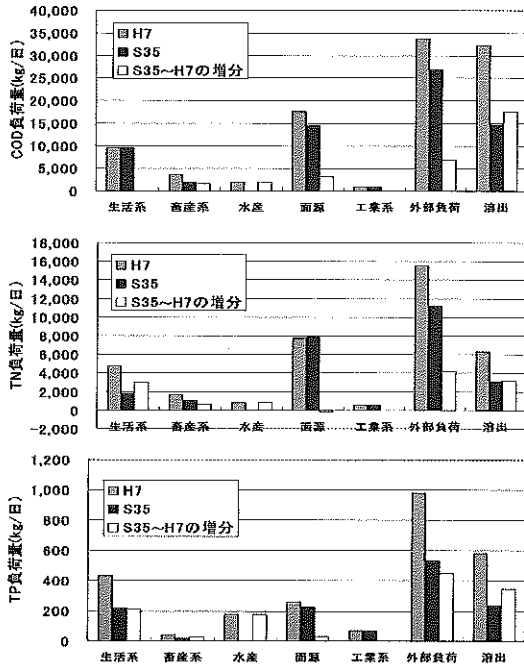


図-5 霞ヶ浦における負荷量の変化 (S35, H7)

程度の水質改善となる。また、下水道と同程度の効果を持つ高度処理合併浄化層については、機能維持のために定期的な清掃が必要であり、住民の負担は小さくない。下水処理水還元は、下水処理水質と湖沼水質が同程度である現況において効果は小さいが、湖沼水質が改善された時点では、有効な対策となり得る。

②については、g) 底質対策、h) 那珂川からの導水 (COD:2mg/l, TN:1.44mg/l, TP:0.038mg/l)、i) コイ養殖負荷対策について評価した。底質対策は高い効果が得られるものの、短期間の底質改善を行うことは容易でない。また、浚渫及び覆砂について、新たな汚濁堆積により溶出量が回復するといった研究報告¹⁶⁾もあり、効果が維持できない恐れがある。導水は水資源確保の一環として既に事業が進んでおり、効果も高い。コイ養殖についてはKHV問題により存続が困難となっており、養殖負荷が減少する可能性がある。これら水域対策を最大限講じた場合は、COD5.0mg/lの改善効果が見込まれる。

③については、j) 雨水貯留浸透施設の整備¹⁷⁾、k) 道路の浸透性舗装化、l) 河口湿地復元による河川流出汚濁除去¹⁸⁾、m) 湖内植生浄化、n) シジミ浄化について評価した。湖内植生・シジミ浄化が比較的高い効果を示すが、家屋敷地の貯留・浸透機能や河口湿地等を回復させるような方向ではほとんど効果がない。シジミ浄化については、現在は塩分環境が昭和35年頃と変化しているが、霞ヶ浦湖水による飼育試験も行われており¹⁹⁾、漁業振興との相乗効果が期待できる。一方、植生浄

化については湖岸帯の再生や波浪対策等を併せて行う必要があることから相当の初期投資が予想されるが、生物生息場機能を有し、生態系の保全・再生や漁業にも効果を有すると期待できる。

④については、例えば上浦の一角に透過堤による囲い込み水域を設け、那珂川からの導水15m³/sのうち0.1m³/sの導入を行い、局所的ではあるが速やかに良好な水域の形成を図るものであり、他の水域には影響を及ぼさず、囲い込み内ではCOD2.1mg/lと極めて水質の良好な水域が形成される。この水域を利用して水道取水、希少動植物の再生、観光拠点整備等を併せて行うことにより、水質改善の効果が速やかに実感でき、住民の関心を喚起する効果も有している。

上記の施策を組み合わせることにより、湖沼水質を指標とした霞ヶ浦流域・社会の再生像を示す。

(1) 再生像1

先に事業が進められている導水と比較的効果の高いコイ養殖対策を実施するものであり、湖沼水質はCOD6.5mg/lと昭和50年代前半頃の水質となる。公共投資として、導水の事業費・管理費等が必要であるが、住民にとってはその他の負担はない。

(2) 再生像2

導水、コイ養殖対策に加えて、陸域対策を強化するものであり、下水道未整備区域における下水道の完備もしくは高度処理合併浄化槽の完備と生活雑排水対策、環境保全型農業を実施する。CODは5.5mg/lと、昭和40年代後半の水質となる。当時は、水質が急激に悪化し、遊泳が禁止となったが、この程度の水質であれば、水遊び等の水辺活動はかなり促進されると考えられる。一方で、下水道又は高度処理合併浄化槽の整備費用が必要となるほか、生活排水対策や農地施肥の削減における流域住民や農業関係者の協力や高度処理合併浄化層の場合は定期的な維持管理が必要となる。施肥量の削減においては、農家への協力要請だけではなく、環境保全型農作物としての認定制度や、不作時の補償制度等の仕組みの構築も必要と考えられる。また、長期的には外部負荷の削減により底質の改善、底泥溶出の削減につながることも考えられ¹⁶⁾、さらに水質が改善することも期待される。また、陸域対策は長期間を要するため、流域住民のモチベーションを形成・維持するため、並行して④の重点再生エリアを形成することも考えられる。この場合、囲い込み堤建設等の費用がさらに必要となるが、短期間で良好な水域と水道原水 (COD2.1mg/l) が得られる他、希少植物の再生エリアや観光拠点としての活用等の効果も期待できる。

(3) 再生像3

外部負荷の削減を進める一方で、内部負荷の削減を短期的に行うため底質対策を実施するほか、生態系の保全・再生と漁業振興を兼ねて、湖岸植生帯の復元やシジミ養殖を行うものであり、COD2.2mg/lと環境基準を満足するとともに、昭

表-3 水質改善施策の効果評価 (①、②、③：湖心における COD の改善値、④：囲い込み内の水質値)

施 策	△ COD (mg/l)	費用、労力等の生活・社会への影響
a) 下水道整備 (流域内の下水道処理人口比率を 33%から 100%まで向上)	0.8	施設整備費は大きい、維持費等は浄化槽より小さく、手間も少ない。高度処理により効果はさらに向上する。
b) 高度処理合併浄化槽整備 (下水道未整備の全人口に対して 100% 整備)	0.7	下水道より整備費は小さいが、効果を維持するため、住民による汚泥の処理等、適切な維持・管理が必要。
c) 生活雑排水対策 (下水道未整備人口の生活雑排水から COD: 14%、TN: 3%、TP: 9%削減)	0.1	住民による継続的な手間と忍耐が必要となる。
① d) 環境保全型農業 (農地で施肥量を COD: 48%、TN: 60%、TP: 56%削減)	0.4	収穫量や質への影響があり得る。補償制度等の整備や食料政策との整合等が必要。
e) 家畜し尿の農地還元 (流域内の家畜し尿の全てを農地還元)	0.1	家畜し尿の保管・堆肥化等のための施設整備、流通システム等の整備が必要。悪臭、病原菌、採算性等も懸念される。
f) 下水処理水再利用 (全下水処理水全を再利用)	0	導水路の整備費用が必要。また、農地利用する場合は処理水中の病原性微生物等が問題となる場合がある。
①を最大限実施 (a+d+c+f) (b+c+d+e+f)	1.2 1.2	-
g) 底泥溶出削減 (溶出量の COD:75%、TN:50%、TP:60%削減)	3.6	対策費用は大きい。汚濁負荷の流入が多い場合、効果の維持が技術的に困難。
② h) 導水 (那珂川より 15m ³ /s を上浦に導入)	1.2	事業費は大きい水資源安定供給を兼ねており、既に事業化されている。
i) コイ養殖負荷の削減 (負荷を 0 にする)	1.1	養殖業者の支援が必要。また、地域産業・文化の消失。
②を最大限実施 (g+h+i)	5.0	-
j) 雨水貯留施設 (流域内全戸に整備)	0	都市洪水対策を兼ねる。
k) 浸透性舗装 (流域内全路面を浸透化)	0	道路耐久性が劣り、維持管理が増加する恐れ。
l) 湿地復元 (主要 10 河川の河口部で湿地確保)	0.1	湿地再生費用の他、堆積物の除去等の維持管理が必要。
③ m) 植生浄化 (昭和 35 年時の植生を再生)	0.4	湖岸帯再生が必要。生態系再生、漁業振興等効果あり。
n) ヤマトシジミによる浄化 (昭和 35 年時の生息状況を回復)	0.3	湖水による飼育は試験段階。底質の改善等生息場の整備、漁業との連携等が必要。
③を最大限実施 (j+k+l+m+n)	0.8	-
④ 重点再生エリア (透過堤による囲い込み 9ha と導水 0.1m ³ /s)	2.1 (囲内)	根本的な改善ではないが、水道原水の改善等が図れる他、湖沼再生のシンボルとして社会的な効果を有する。

昭和 30 年代の湖岸環境や生態系がほぼ再生されると考えられる。(2)に加えて底質対策や植生帯再生のための公共事業や地域活動が必要となるが、生態系の保全・再生や漁業振興、観光振興等の社会的効果も大きいと見られる。

6. まとめ

今回、シミュレーションモデルを活用して、霞ヶ浦の水質汚濁過程の構図の理解と、水政策検討を行った。その検討過程で得られたことを述べる。
(1) 良好な水質が維持されていた昭和 35 年当時の水質再現を図り、当時の外部負荷や内部負荷の

様子を推定することができたが、当時の流域条件や汚濁負荷原単位に係わる情報や、底質に係わるデータが不足しており、当時の水質形成機構の全容解明には至らなかった。環境再生には、良好な環境が維持されていた頃のシステムの理解が重要であり、このため、過去の流域条件等に係わる既存資料の収集・整備や、過去の条件を類推する手法の開発等が望まれる。

(2) 湖沼の水質形成機構は大変複雑であるが、今回のように湖沼内流動や河道内流達過程等が単純化されたモデルでも、湖沼水質について有益な情報を提供する場合がある。シミュレーション結果

には当然誤差が内在するが、そのことを理解した上で様々なタイプのモデルの適用を試み、それらの結果をもとに議論を行うことにより、水質形成機構の全体の構図や課題の所在が明らかになるという面もある。

(3) (2) により全体の構図の理解を図る一方で、モデルの精緻化のためには基礎研究の進展が望まれる。ただし、やみくもに基礎研究を進めるのではなく、(2) の検討から解明すべき課題や優先順位を明らかにし、重点的に調査・研究を進めることが期待される。

シミュレーションモデルは、既往の知見を集積・連関させて一つの答えを導くものであり、モデルの構造(採用される知見・意見の内容)が明らかであれば、関係者の意見集約を支援し、議論を効率化する有効なツールになり得るものである。このため、政策検討等に積極的に活用することにより、活発な議論が展開されるとともに、モデルのさらなる向上にもつながると期待する。

参考文献

- 1) 千葉県：印旛沼流域水循環健全化緊急行動計画書、印旛沼再生～恵みの沼をふたたび～、2004年2月
- 2) 辻倉裕喜、安蔭和雄、大八木豊、田中伸治：湖沼流域管理のための総合的な水循環・物質流動モデルの構築、水工学論文集、第47巻、pp217-222、2003年
- 3) 安田佳哉、藤田光一、大沼克弘、田中伸治、鈴木宏幸、辻倉裕樹：流域を単位とした水循環・物質循環モデルの開発、土木技術資料45-5、pp38-41、2003年
- 4) 茨城県生活環境部霞ヶ浦対策課：霞ヶ浦に係わる湖沼水質保全計画(第3期)策定関係資料、平成11年
- 5) 水資源開発公団霞ヶ浦開発事業建設部：霞ヶ浦開発事業誌、平成8年3月
- 6) 富山 暢：よみがえる霞ヶ浦、生成 過去 現在 将来、1994年6月
- 7) 国土交通省水資源部：http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/actual03.html
- 8) 国土地理院：水環境 GIS に関する研究作業(霞ヶ浦地区)報告書、平成13年3月
- 9) 根元隆夫・杉浦仁治・古丸 明：利根川・霞ヶ浦北浦における外来シジミの分布について、茨城県内水面水産試験場調査研究報告第36号、pp32-41、平成13年3月
- 10) 霞ヶ浦水質浄化プロジェクト：http://www.i-step.org/kasumi/index.shtml
- 11) 国土交通省国土計画局：国土数値情報KS-202-1、1/10区画土地利用分類、1989年
- 12) 田畑真佐子・加藤聡子・川村晶・鈴木潤三・鈴木静夫：ヨシ植栽水路における河川水中の窒素・リンの除去効果、水環境学会誌19(4)、pp.331-338、1996年
- 13) 根岸正美・松本俊一・岡野三郎：湖沼におけるヤマトシジミの生育環境及び水質浄化機能、第30回環境保全・公害防止研究発表会、2003年
- 14) 霞ヶ浦河川事務所：霞ヶ浦底泥調査業務報告書、平成5年3月
- 15) 茨城県生活環境部霞ヶ浦対策課：http://www.pref.ibaraki.jp/closeup/cl0312_01.htm
- 16) 島谷幸宏・細見正明・中村圭吾：エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化・持続的な水環境の保全と再生、pp102-109、ソフトサイエンス社、平成15年
- 17) 榊原 隆：雨水貯留施設に関する実態調査、第32回下水道研究発表会講演集、1995年
- 18) Sherwood C.Reed, Ronald W.Crites, E.Joe Middlebrooks 著、自然システムを利用した水質浄化 土壌・植生・池などの活用、(財)ダム水源地環境整備センター企画、平成13年8月
- 19) 高島葉二、坂本正義：霞ヶ浦湖水によるヤマトシジミの飼育、茨城県内水面水産試験場調査研究報告第36号、pp42-45、平成13年3月

藤田光一*



国土交通省国土技術政策
総合研究所環境研究部河
川環境研究室長、工博
Dr. Koichi FUJITA

伊藤弘之**



国土交通省国土技術政策
総合研究所環境研究部河
川環境研究室主任研究官
Hiroyuki ITO

小路剛志***



国土交通省国土技術政策
総合研究所環境研究部河
川環境研究室研究官
Tsuyoshi ORO

安間智之****



国土交通省国土技術政策
総合研究所環境研究部河
川環境研究室交流研究員
Tomoyuki ANMA