

## 陸域から海域への汚濁負荷の影響

鷹野 洋 (水質第一科),  
 笹田康子\* (香川県保健環境研究センター),  
 吉川省子, 高橋英博\*\* (近畿中国四国農業研究センター),  
 高橋 暁, 三島康史, 湯浅一郎\*\*\* (産業技術総合研究所),  
 小野寺真一\*\*\*\* (広島大学)

【調査研究】

## 陸域から海域への汚濁負荷の影響

Influence of Water Pollutants from Ashore of Okayama Pref. to the Bisan Strait

鷹野 洋（水質第一科），  
笹田康子\*（香川県保健環境研究センター），  
吉川省子，高橋英博\*\*（近畿中国四国農業研究センター），  
高橋 暁，三島康史，湯浅一郎\*\*\*（産業技術総合研究所），  
小野寺真一\*\*\*\*（広島大学）

Hiroshi Takano, Yasuko Sasada \*, Seiko Yoshikawa \*\*, Hidehiro Takahashi \*\*,  
Satoru Takahashi \*\*\*, Yasufumi Mishima \*\*\*, Ichirou Yuasa \*\*\*,  
Shin-ichi Onodera \*\*\*\*

### 要 旨

備讃瀬戸地域における水質データベースを岡山県，香川県の公共用水域水質調査結果等から作成し，このデータベースと河川の水量観測結果から平成15，16年度に岡山県域から瀬戸内海の備讃瀬戸に流入するCODの汚濁負荷量を推定した。水質と水量から求めた河川からのCOD負荷量は約20,000t/年と推定された。また，各種調査データや原単位を用いた方法によりCOD負荷量を推定したところ約35,000t/年となり，産業系，自然系，生活系の順であった。産業系以外の負荷量は河川からの負荷量にほぼ等しかった。

[キーワード：栄養塩，汚濁負荷，瀬戸内海，備讃瀬戸，用水取水量]

[Key words : Nutrients, Influence of Pollutants, Seto Island Sea, Bisan Strait, Water Consumption]

### 1. はじめに

内海や湾などの閉鎖性海域では，赤潮等の発生による魚類の斃死等の水産業被害が頻発し，年によっては被害金額が数十億円に達する<sup>1)</sup>。栄養塩の濃度や比率等は赤潮の発生等と密接に関係していることがわかっており<sup>2)</sup>，その発生要因を検討するためには陸域から負荷される栄養塩の量など，様々な情報が必要とされている。

備讃瀬戸に面する岡山県・香川県では海域，河川，地下水を中心に公共用水域の継続的な環境モニタリング調査を実施し<sup>3~6)</sup>，水環境の水質汚濁の把握に努めている。また，瀬戸内海へ流出する汚濁負荷量の削減を目的とした汚濁負荷調査<sup>7)</sup>や児島湖の周辺環境を含めた調査<sup>8)</sup>等を継続的に実施している。しかしながら，それぞれの調査機関によってデータの媒体や書式が統一されておらず，有効活用が難しいのが現状である。

そこで，既存のデータを汎用的に使用可能な形でのデータベース化を検討するとともに，備讃地域における陸

域から海域へのCODや窒素，リン等の栄養塩の挙動を検討した。

今回の検討対象は多分野に渡ったため，共同研究者がそれぞれ担当を持って作業を行うこととし，ここでは岡山県が担当した部分について報告する。

### 2. 研究方法

#### 2.1 データベースの構築

岡山県・香川県の陸域・海域の長期の水質データ及び瀬戸内海へ流入する栄養塩負荷量に関するデータ，陸域・海域の定点調査地点データ等<sup>3~6)</sup>を，当研究のために使いやすい形に編集し，水質データベースを作成した。

#### 2.2 データの解析

2.1で作成したデータベースと各種調査データ<sup>7~10)</sup>を元に，陸域から海域までの連続した栄養塩挙動の解析や解析手法の検討を行うとともに，汚濁の発生状況や負荷状況を解析し，今後の汚濁負荷削減対策の検討資料とした。

表1 水質データベースの格納項目

地点番号, 地点名, 採水年月日, 採水回数, 絶対番号, 西暦年度, 県コード, 水域コード, 地点コード, 北緯, 東経, 調査区分, 西暦年, 月日, 時分, 採取位置, 天候, 流況, 臭気, 色相, 気温, 水温, 流量, 採取水深, 全水深, 透明度, 干潮時間, 満潮時間, pH, DO, BOD, COD, SS, 大腸菌群数, n-ヘキサン抽出物質, 全窒素, 全リン, 全亜鉛, クロロホルム, フェノール, ホルムアルデヒド, カドミウム, 全シアン, 鉛, 六価クロム, ヒ素, 総水銀, アルキル水銀, PCB, ジクロロメタン, 四塩化炭素, 1,2-ジクロロエタン, 1,1-ジクロロエチレン, シス-1,2-ジクロロエチレン, 1,1,1-トリクロロエタン, 1,1,2-トリクロロエタン, トリクロロエチレン, テトラクロロエチレン, 1,3-ジクロロプロペン, チウラム, シマジン, チオベンカルブ, ベンゼン, セレン, 硝酸性窒素, 亜硝酸性窒素, フッ素, ホウ素, トリハロメタン生成能, ブロモジクロロメタン生成能, ジブロモクロロメタン生成能, ブロモホルム生成能, クロロホルム, トランス-1,2-ジクロロエチレン, トランス-1,2-ジクロロエチレン, p-ジクロロベンゼン, イソキサチオン, ダイアジノン, フェニトロチオン, イソプロチオラン, オキシ銅, クロロタロニル, プロピザミド, EPN, ジクロロボス, フェノブカルブ, イプロベンホス, クロロニトロフェン, トルエン, キシレン, フタル酸ジエチルヘキシル, ニッケル, モリブデン, アンチモン, 塩化ビニルモノマー, エピクロルヒドリン, 1,4-ジオキサン, 全マンガン, ウラン, 銅, 亜鉛, 溶解性鉄, 溶解性マンガン, クロム, 透視度, 塩素イオン, クロロフィル-a, 陰イオン界面活性剤, アンモニア性窒素, 有機性窒素, リン酸態リン, 濁度, 電気伝導度, 有機リン, フェオフィチン a, TOC, ろ過性COD, 塩分, ケイ酸イオン, 塩素量, DO飽和度
--

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 水質データベースの作成

岡山県では海域, 河川, 地下水を中心に公共用水域の継続的な環境モニタリング調査を実施し, 毎年度製本化して公表している<sup>3)</sup>が, 紙上に印刷されたアナログデータであり, シミュレーション等に必要なデジタルデータとして公表されていない。これは, 岡山県のシステムでは数字も含めてすべて文字列として記憶されているためであり, 取り扱いが極めて不便である。

一方, 大学等の研究者や一般住民からも水質データ利用についての問い合わせが寄せられており, 必要とされる紙面のコピーを行うなど, 煩雑かつ時間を要している。

そこで, 汎用のデータベースソフトであるマイクロソフト社製の Access を用いてデータベースを構築し, 必要とする研究者等が簡便に利用できる形態を構築した。入力書式については, 共同研究者の香川県が早くから Access での入力を行っており<sup>4)</sup>, また, お互いに備讃瀬戸を調査区域の一部に持つことから, 香川県の書式に合わせることにした。表1に水質データベースに格納した項目を示した。

#### 3.2 データ解析

##### 3.2.1 主要河川の流量

国土交通省岡山河川事務所が観測している一級河川下流部<sup>11)</sup>, および岡山県が観測している二級河川<sup>12)</sup>と指定湖沼の児島湖<sup>13)</sup>について, 水量または水位観測結果を入手した。一級河川の検討地点は河川河口部の潮止堰より上流部に位置し, 各種用水取水口より上流に位置する地点として西から高梁川の酒津, 旭川の牧山, 吉井川の御休を選択した。一級河川の水量は1時間ごとに観測されているため, これを月単位の平均流量へ変換した。同じ

く, 二級河川の里見川と指定湖沼の児島湖は岡山県によって水位の観測が行われており, 水位-水量曲線から水量へ変換した。

表2に平成15年度と平成16年度の岡山県内の主要河川下流部の流量を示した。平成15年度の降雨量は平年並みの約1,150mm<sup>14)</sup>であり, 河川流量は7月に増大する傾向が見られ, 梅雨の影響と考えられる。5月も多いが, 水田の代掻き, 田植え等の農業用のダム放流によるものと考えられる。一方, 16年度の降水量は約1,500mm<sup>14)</sup>であり, 河川水量も表2に示すように8月から10月まで毎月100t/s以上の流量を示した。平成16年度は台風が岡山県にも多数接近し, 集中豪雨による浸水被害も発生している<sup>15)</sup>。水量の増加率は平年の約1.4倍程度であり, 降雨量の増加がそのまま水量の増加になっており, 平年とは異なる流れ方をしたことが容易にわかる。

##### 3.2.2 主要河川の河口放流量

河口からの流出量に大きな影響を与える取水権水量について調査を行った<sup>16)</sup>。工業用水取水量は年間をとおしてほぼ一定であったが, 農業用水取水量は灌漑期と非灌漑期で取水量が大きく変動したので, 月平均値に変換して計算に用いた。河川下流部の観測地点水量から用水取水量を差し引き河口放流量とした。表3に平成15年度と平成16年度の結果を示した。表の左から一級河川の高梁川霞橋, 旭川桜橋, 吉井川永安橋である。この3地点は公共用水域の調査<sup>3)</sup>が行われている河川最下流の地点である。用水取水量は夏期の渇水時には取水制限により取水量が低下していた<sup>17)</sup>が, 豊水時にはほとんど制限はかかっていなかった。

##### 3.2.3 主要河川水量と河口放流量

図1に一級河川の下流部と河口部の水量の変化を示し

表2 岡山県内主要河川下流部の流量（単位：t/s）

(a) H15年度

(b) H16年度

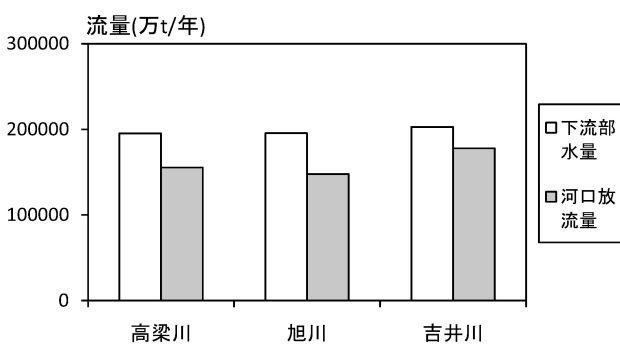
H15年度	高梁川(酒津)	旭川(牧山)	吉井川(御休)	児島湖	里見川	H16年度	高梁川(酒津)	旭川(牧山)	吉井川(御休)	児島湖	里見川
4月	72.73	69.60	80.09	15.87	0.37	4月	32.91	33.60	40.38	12.76	0.17
5月	94.70	87.91	75.60	18.04	0.51	5月	153.74	101.00	145.92	30.59	0.97
6月	61.37	65.44	59.56	22.20	0.26	6月	82.90	89.75	87.59	32.87	0.62
7月	223.02	158.20	198.87	39.08	1.06	7月	23.26	33.51	17.93	15.72	0.22
8月	64.18	99.70	135.52	25.14	0.41	8月	118.19	87.19	90.86	32.05	0.38
9月	36.93	58.89	48.59	21.20	0.26	9月	165.65	117.56	166.17	27.66	0.61
10月	15.50	28.50	21.83	11.78	0.17	10月	178.43	159.38	186.36	35.02	1.38
11月	25.05	26.57	29.61	16.16	0.36	11月	44.22	44.81	33.18	12.55	0.41
12月	36.62	32.70	31.39	12.43	0.25	12月	68.98	53.26	82.42	17.95	0.56
1月	31.61	28.18	24.08	8.25	0.13	1月	40.05	37.52	34.86	9.95	0.27
2月	28.45	34.52	25.56	10.42	0.13	2月	52.58	56.23	58.37	14.66	0.35
3月	47.54	49.57	35.36	9.91	0.15	3月	66.67	58.67	53.43	12.92	0.31
年平均	61.48	61.65	63.84	17.54	0.34	年平均	85.63	72.71	83.12	21.23	0.52

表3 岡山県内主要河川河口からの放流量（単位：t/s）

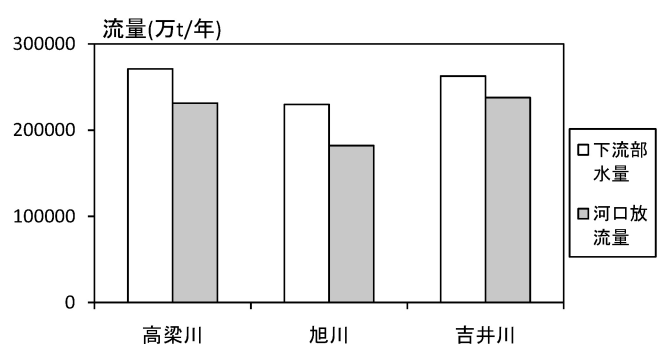
(a) H15年度

(b) H16年度

H15年度	高梁川(震橋)	旭川(桜橋)	吉井川(永安橋)	児島湖	里見川	H16年度	高梁川(震橋)	旭川(桜橋)	吉井川(永安橋)	児島湖	里見川
4月	58.00	58.43	73.29	15.87	0.37	4月	18.18	22.43	33.58	12.76	0.17
5月	86.05	76.74	68.61	18.04	0.51	5月	145.09	89.83	138.93	30.59	0.97
6月	48.44	45.67	45.81	22.20	0.26	6月	69.97	69.98	73.84	32.87	0.62
7月	211.80	134.13	189.91	39.08	1.06	7月	12.04	9.44	8.97	15.72	0.22
8月	51.30	75.63	126.56	25.14	0.41	8月	105.31	63.12	81.90	32.05	0.38
9月	28.08	34.82	39.63	21.20	0.26	9月	156.80	93.49	157.21	27.66	0.61
10月	4.22	17.33	15.03	11.78	0.17	10月	167.15	148.21	179.56	35.02	1.38
11月	10.45	15.40	22.81	16.16	0.36	11月	29.62	33.64	26.38	12.55	0.41
12月	17.66	21.53	24.59	12.43	0.25	12月	50.02	42.09	75.62	17.95	0.56
1月	15.52	17.01	17.28	8.25	0.13	1月	23.96	26.35	28.06	9.95	0.27
2月	16.87	23.35	18.76	10.42	0.13	2月	41.00	45.06	51.57	14.66	0.35
3月	38.05	38.40	28.56	9.91	0.15	3月	57.18	47.50	46.63	12.92	0.31
年平均	48.87	46.54	55.90	17.54	0.34	年平均	73.03	57.60	75.19	21.23	0.52



(a) 平成15年度



(b) 平成16年度

図1 主要河川の下流水量と河口放流量

た。高梁川と旭川での河口放流量の減少が大きく、河川からの取水量が大きいのことがわかる。高梁川と旭川の河口部にはコンビナートが発展して工業用水の取水が大きいこと、岡山市、倉敷市の両市で約110万人分の生活用

水が必要とされており<sup>9,10)</sup>、その他に児島湖周辺や県西部への農業用水としての取水もある<sup>16)</sup>。図1は年間総量での比較であるため非灌漑期に用水取水量が減少した影響で河口放流量も大きくなっているが、表3(b)の平成16年

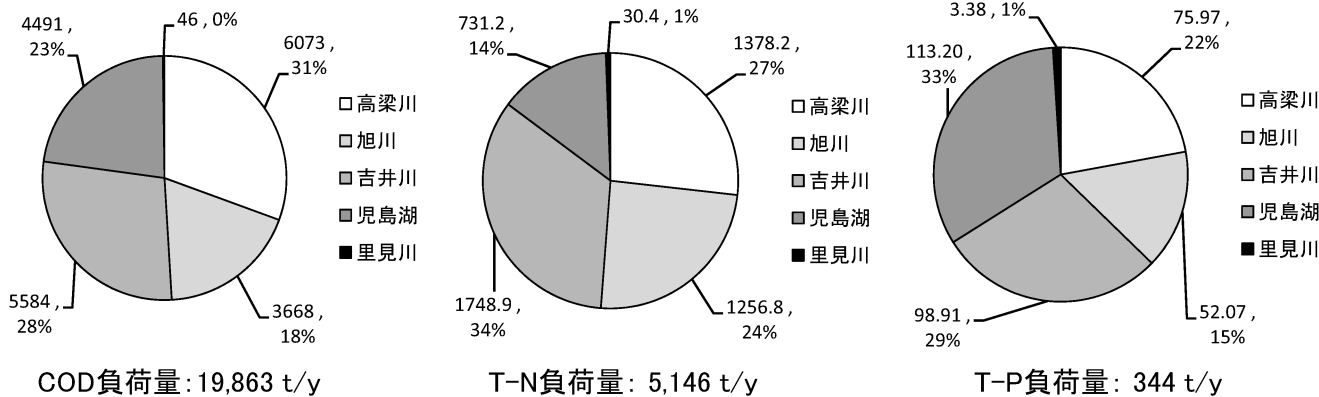


図2 主要河川河口部での負荷量（平成15年度）

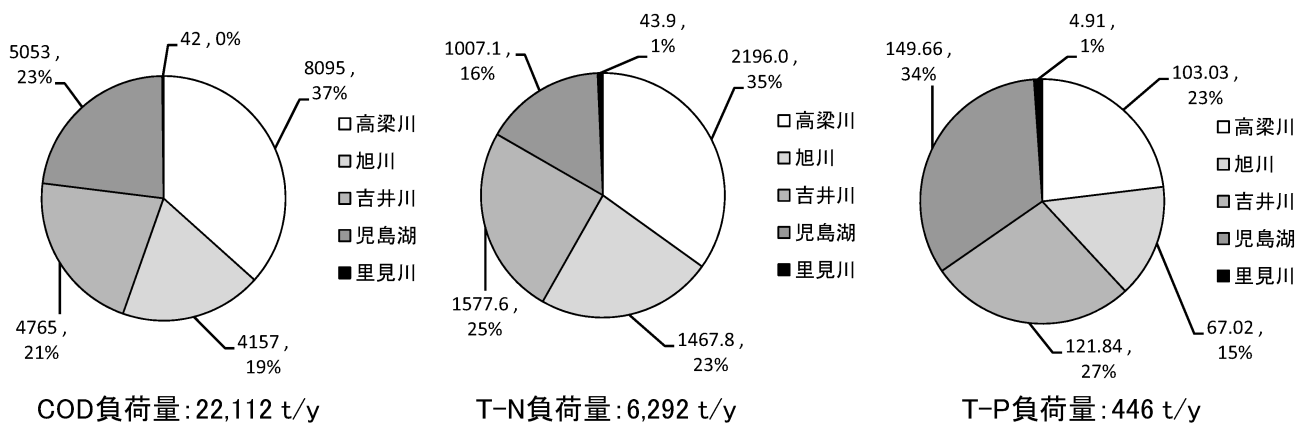


図3 主要河川河口部での負荷量（平成16年度）

7月のように灌漑期に河川水量が極端に減少して取水制限が行われるなど<sup>17)</sup>、灌漑期には大量の河川水が取水されていた。

これらの取水量のうち工業用水として工場等から海域へ直接放流される部分を除くと、およそ50%以上の水は灌漑用水として利用されたあと児島湖へ放流され、残りの部分は県東部や西部の灌漑用水などとして利用され海域へ放流されている<sup>16)</sup>。

### 3.3 流域別負荷量

水量は1時間ごとの常時監視<sup>11)</sup>であり、水質は毎月1回の調査<sup>3)</sup>であるが、両者から河川河口部におけるCODや栄養塩等の平均的な河川負荷量を推定した。表4に河川別の負荷量の推定値を、図2に平成15年度、図3に平成16年度を示した。なお、里見川ではCODの観測が行われていないため、BODの値を用いた<sup>3)</sup>。

表4に示すが、平成15年度と平成16年度を比較すると、CODの総負荷量は1割、窒素は2割、リンは3割程度それぞれ増加していた。河川別に見ると吉井川のCOD

表4 項目別の河川負荷量の変化

	高梁川(霞橋)	旭川(桜橋)	吉井川(永安橋)	児島湖	里見川	合計
COD(t/年)						
H15	6073	3668	5584	4491	46	19863
H16	8095	4157	4765	5053	42	22112
増加率	133.3	113.3	85.3	112.5	90.8	111.3
T-N(t/年)						
H15	1378.2	1256.8	1748.9	731.2	30.4	5145.6
H16	2196.0	1467.8	1577.6	1007.1	43.9	6292.3
増加率	159.3	116.8	90.2	137.7	144.1	122.3
T-P(t/年)						
H15	75.97	52.07	98.91	113.20	3.38	343.53
H16	103.03	67.02	121.84	149.66	4.91	446.46
増加率	135.6	128.7	123.2	132.2	145.2	130.0

と窒素、里見川のCODは平成16年度に負荷量が減少したが、その他の河川や項目は平成16年度には1割から6割程度増加していた。

平成16年度の降雨状況を見ると、岡山県全域で台風などによって降水量が増加しており<sup>15)</sup>、図1にもあるように主要河川の水量も増加している。吉井川の水量も約3割増加しており、増加量が少ないことはなかった。しがしながら、吉井川の負荷量が減少したのは、吉井川には最上流部にある大規模ダム1基以外は本流にダムがほとんど存在せず、降雨がそのまま流出して汚濁物を洗い流

した<sup>18)</sup>と思われる。それに対して、高梁川、旭川は中流部から上流部に大規模ダムが数基存在し、蓄積された汚濁物が洪水と共に放流されて下流に到達したと考えられる<sup>18)</sup>。里見川の負荷量減少は河川水量の増加による希釈効果の影響が大きいと思われる。

### 3.4 備讃海域への流入負荷量の推定

岡山県には備讃海域に面した水島と岡山にコンビナートがあり、また備讃瀬戸に近い県南部に人口が集中している<sup>9)</sup>。これらから排出される負荷量を把握するため水質汚濁防止法の立ち入り調査が行われた工場・事業場等の排出負荷量について調査した<sup>7)</sup>。また、国勢調査<sup>9)</sup>や農林業センサス<sup>10)</sup>のデータを元に河川流域ごとのフレームを算出し、それぞれに原単位<sup>19)</sup>を乗じて発生源別負荷量を算出した。図4に一例としてCODの結果を示したが、岡山県から排出されるCODの負荷量は約35,000t/年と見積もられた。内訳は産業系が約15,000t/年と最も大きく、次いで自然系が約12,000t/年、生活系が約5,300t/年であり、産業系以外の負荷量は大部分が河川経由で海域へ負荷されていた。

3.3において河川からのCODの流入負荷量を推定したが、平水年であった平成15年度は約20,000t/年であったが、平成16年度は前述したように台風等による水量増加に伴い約22,000t/年であった。この結果は原単位から推定した産業系以外の負荷量とほぼ同等であった。

単年度だけの計算結果ではあるが、産業系を除いた人口や面積等の基礎データに原単位を乗じた負荷量と、河川水量と水質濃度から推定した負荷量がほぼ等しくなっていたことから、今後これらの計算結果を用いて海域での栄養塩等の状況についても考察していく予定である。

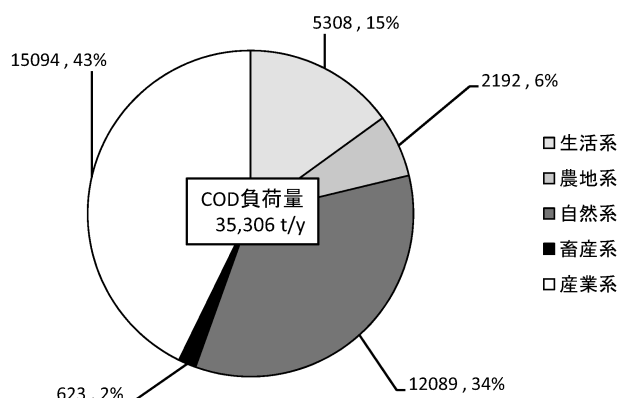


図4 COD排出負荷量（平成15年度）

## 4 まとめ

岡山県と香川県の公共用水域調査結果等を基に水質データベースを作成した。このデータベースと河川水量を用いて岡山県から備讃瀬戸へ流入する負荷量を算出したところ、河川からのCOD負荷量は約20,000t/年と推定された。また、各種調査データと原単位を用いた方法で発生源別のCOD負荷量を求めたところ約35,000t/年であり、このうち海域へ直接放流されている産業系の負荷量は約15,000t/年、自然系が約12,000t/年、生活系が約5,300t/年と見積もられ、産業系以外の負荷量は河川からの負荷量とほぼ等しかった。

なお、この報告は平成19年度先端技術を利用した農林水産研究高度化事業：課題番号1947「備讃地域陸海域の水・栄養塩動態解明と農業への再利用技術の開発」における共同研究の一部である。

## 引用文献

- 1) 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所：瀬戸内海の赤潮，2006
- 2) 岡市，小森，中西：瀬戸内海の生物資源と環境，恒星社厚生閣，1996
- 3) 岡山県：平成7年度～平成17年度公共用水域水質測定結果
- 4) 香川県：公共用水域水質データベース
- 5) 岡山県：1981年度～2005年度広域総合水質調査結果
- 6) 香川県：1981年度～2005年度広域総合水質調査結果
- 7) 岡山県：平成16年度汚濁負荷削減状況調査結果
- 8) 岡山県：平成3年度～平成18年度指定湖沼汚濁負荷削減状況調査報告書
- 9) 総務省：平成15年度国勢調査結果
- 10) 農林水産省：2005年度農林業センサス調査結果
- 11) 国土交通省岡山河川事務所：高梁川，旭川，吉井川，河川水量観測結果，2003～2005
- 12) 岡山県：平成6年度～平成17年度里見川水位調査結果
- 13) 岡山県：平成15年度～平成16年度児島湖締切堤防樋門操作月報
- 14) 気象庁：気象統計情報，2004～2006

- 15) 岡山地方気象台：「岡山の気象」月報，2004～2006
- 16) 国土交通省中国地方整備局：平成18年度水利状況調査
- 17) 山陽新聞：2004年7月28日朝刊
- 18) 國松孝男，村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，1990
- 19) 岡山県：児島湖水環境改善対策推進事業報告書，2006