資料５（別添）

底質・底生生物（ベントス）の変化状況について（詳細版）

【その1】

【その1】

1．底質の変化状況（中部海域）・・・

1. 底質の変化状況（中部海域）

1.1 定期調査（底質）の実施状況

瀬戸内海全域における底質調査は、「瀬戸内海環境情報基本調査(環境省)」において過去に3回実施されている(第1回:昭和 56～昭和 60 年度、第2回:平成 3～6 年度、第3回:平成 13～16 年度)。

また、過年度の調査結果との整合性に留意しつつ、第4回調査を平成 27 年度から開始した。第4回調査では、瀬戸内海を図 1-1 に示す3ブロック(東部、中部、西部)に区分し、1年につき1ブロックの調査を実施した(平成 27 年度:東部海域、平成 28 年度:中部海域、平成 29 年度:西部海域)。

図 1-1 瀬戸内海環境情報基本調査(第4回)調査海域及び調査地点

今回は、平成 28 年度に実施した中部海域(備讃瀬戸、備後灘、燧灘、安芸灘、広島湾、伊予灘)について、第1回～第4回の調査結果をもとに、底質の変化傾向を整理した。なお、中部海域における調査概要を表 1-1 及び図 1-2 に示す。

なお、備讃瀬戸は、昨年度の調査で未実施となっていた西部の 3 地点で実施した。

表 1-1 平成 28 年度瀬戸内海環境情報基本調査(底質調査)の調査概要

区分	底質調査
調査位置	135 地点(備讃瀬戸(3)・備後灘(17)・燧灘(34)・安芸灘(12)・広島湾(20)・伊予灘(49))(図 1-2 参照)
調査項目	現場測定項目:調査位置、天候、気温、水深、泥温、外観、臭気、色相、酸化還元電位(Eh) 分析項目 :含水率、粒度組成、IL、COD、TOC、T-N、T-P、T-S
採取箇所	海底の表層土

※備讃瀬戸は平成 27 年度に 18 地点を実施済み。平成 28 年度に未実施の 3 地点を実施。

図 1-2 平成 28 年度瀬戸内海環境情報基本調査(底質調査)の調査地点

(1) 現地調査手法

調査位置は、GNSS(Differential GPS または MSAS-GPS(位置精度約 5m 未満))を用いて決定した(参考;第 3 回調査時の GPS の位置精度は約 15m)。

地点決定後、スミス・マッキンタイヤ型採泥器(採泥面積:0.05 ㎡)を用いて海底表層土(表層から 5cm)を 3 回採泥(底質調査方法:平成 24 年環境省、に準拠)し、船上観察を行い、性状(外観等)を確認した後、船上で混合して試料とした。採取した試料は保冷し分析室に搬入した。

なお、当該地点の水深、採取泥性状が既往調査結果と異なる際には、周囲の状況のほか変化要因と推測される事項を併せて記録するなど、過年度調査との整合性に留意した。

(2) 底質分析方法

底質分析方法は、表 1-2 に示すとおりとした。

表 1-2　底質分析方法

項　目	分析方法	単位	定量下限値
泥温	水質汚濁調査指針(1980 年) 5.2.2.4(水銀棒状温度計)	℃	-
外観	水質汚濁調査指針(1980 年) 5.2.2.2(目視観察)	-	-
臭気	水質汚濁調査指針(1980 年) 5.2.2.3(嗅覚による感知)	-	-
色相	水質汚濁調査指針(1980 年) 5.2.2.1(新版標準土色帳)	-	-
酸化還元電位	底質調査方法(平成 24 年) Ⅱ4.5(白金電極による測定) 使用予定機器:カスタニーACT pH メーター『D-22』	mV	-
粒度組成	JIS A 1204 (2009 年)	%	0.1
強熱減量(IL)	底質調査方法(平成 24 年) Ⅱ.4.2	%	0.1
化学的酸素要求量(COD)	底質調査方法(平成 24 年) Ⅱ.4.7	mg/g 乾泥	0.5
全有機炭素(TOC)	底質調査方法(平成 24 年) Ⅱ4.10	mg/g 乾泥	0.1
全窒素(T-N)	底質調査方法(平成 24 年) Ⅱ4.10 に準拠	mg/g 乾泥	0.1
全りん(T-P)	底質調査方法(平成 24 年) Ⅱ4.9.1	mg/g 乾泥	0.01
全硫化物(T-S)	底質調査方法(平成 24 年) Ⅱ4.6	mg/g 乾泥	0.01

過去に実施されている第 1 回～第 3 回の瀬戸内海環境情報基本調査での底質分析方法は強熱減量、TOC、T-N を除き、現在海洋の底質分析で一般的に採用されている方法(底質調査方法:平成 24 年環境省)と異なる方法である(表 1-3 参照)。第4回調査では分析結果に汎用性を持たせるため、表 1-3 に示す底質調査方法に準拠した分析方法を用いることとした。

なお、底質分析方法を変更したことにより、本調査結果と第 3 回調査以前の底質調査結果を比較する際、分析方法の違いが結果に影響を及ぼす可能性があるため、下記の対応を行った。

【泥分率について】

第 3 回調査以前の泥分率の区分は 63μm が用いられていたが、JIS A 1204 により粒度組成を測定した場合、泥分率の区分は 75μm となり、区分の違いが結果に影響を及ぼす可能性がある。そこで、粒度組成の分析方法は JIS A 1204 を基本とするが、泥分率については 63μm 以下の泥分率も併せて測定を行った。JIS 規格である 75μm 以下の泥分率と 63μm 以下の泥分率の比較結果を図 1-3 に示す。

比較の結果、泥分率は概ね 20%以上の地点で、旧法より新法が若干高い値を示した。

【COD、T-P、T-S について】

分析方法による分析値の差異が生じると思われる COD、T-P、T-S について、全調査地点数の1割程度を任意に選定し(シルト・粘土分の占める割合が高い調査地点から低い調査地点までができるだけ均等に含まれるように配慮)、過年度調査で用いられてきた分析方法で分析を行い、分析方法の違いによる分析値の差について確認した。分析方法の違いによる分析値の

差を比較した結果を図 1-3 に示す。

比較の結果、COD は、20mg/g 程度以上の範囲で旧法と比較して新法ではやや高い値を示す傾向がみられた。一方、5mg/g 以下の範囲ではほとんど変化はなかった。T-P は新法と旧法で大きな差異や傾向はみられなかった。T-S は、旧法では検出限界未満だったものが新法では検出された地点が数点あった。また、全海域では新法の方が旧法より高くなる傾向がみられたが、播磨灘では旧法の方が新法より値が高い地点がみられた。

図 1-3 分析方法による差

表 1-3　底質分析方法の主な相違点

分析項目	第１～３回調査での分析方法	今回調査での分析方法
粒度組成、泥分率	2000μmのふるいを通過し、63μmのふるい上に残った試料を砂質分とする。泥質分は63μmのふるいを通過した試料を用い、2時間2分後に一定量の試料を採取し乾燥後秤量する。	2000μmのふるいを通過し、75μmのふるい上に残った試料を砂質分とする。泥質分は75μmのふるいを通過した試料を用い、24時間後まで沈降する浮ひょうの目盛を読む。
化学的酸素要求量(COD)	加熱終了後、ヨウ化カリウム(10W/V%)溶液を25mL加え室温まで冷却後、硫酸(3+7)10mLを加える。 チオ硫酸ナトリウム(0.25mol/L)溶液で滴定する。	加熱終了後、しゅう酸ナトリウム(50mmol/L)溶液を100mL添加後、硫酸(3+7)10mLを加え室温まで冷却する。500mLに定容しろ過後100mLを分取し、過マンガン酸カリウム(20mmol/L)溶液10mLを加え、放置後ヨウ化カリウム(100g/L)溶液5mLを加える。 チオ硫酸ナトリウム(0.1mol/L)溶液で滴定する。
全有機炭素(TOC)	相違点無し	
全窒素(T-N)	相違点無し	
全りん(T-P)	分解操作は硝酸-硫酸分解法で行う。 発色試薬:モリブデン酸アンモニウム溶液とアスコルビン酸溶液を別々に添加する。(溶液内の成分、濃度も異なる。)	分解操作は硝酸-過塩素酸分解法、硝酸-硫酸分解法のいずれかで行う。 発色試薬:モリブデン酸アンモニウム溶液とアスコルビン酸溶液の混合溶液を添加する。
全硫化物(T-S)	検知管法による。ガス発生管内の試料に硫酸を滴下し、発生した硫酸酸性ガスを検知管で計測する。	亜鉛アンミン溶液で硫化亜鉛アンミン錯塩として現地固定した後、水蒸気蒸留により硫化水素を分離し、よう素滴定法により定量する。

●底質調査方法(平成24年、環境省)に準拠した分析方法の採用について

＜メリット＞

- 現在一般的に採用されている方法であるため、他の調査結果と併せて瀬戸内海底質の分布や変動の特性を評価することが可能となる。(汎用性)

＜デメリット＞

- 第3回調査以前の底質分析方法と異なるため、本調査結果と第3回以前の底質調査結果を比較する際、分析方法の違いが結果に影響を及ぼす可能性がある。(過去調査との不統一)

【対応方針】

- 第3回調査以前の泥分率の区分は63μmが用いられていたが、JIS A 1204により粒度組成を測定した場合、泥分率の区分は75μmとなり、区分の違いが結果に影響を及ぼす可能性がある。そこで、粒度組成の分析方法はJIS A 1204を基本とするが、泥分率については63μm以下の泥分率も併せて測定を行った。
- その他の項目については、分析方法による分析値の差異が生じると思われるCOD、T-P、T-Sについて、全調査地点数の1割程度を任意に選定し(シルト・粘土分の占める割合が高い調査地点から低い調査地点までができるだけ均等に含まれるように配慮)、過年度調査で用いられてきた分析方法で分析を行い、分析方法の違いによる分析値の差について確認した。

1.2 底質調査結果

(1) 底質分析結果の概要

底質分析結果の概要を表 1-4 に示す。

《備讃瀬戸》

備讃瀬戸は平均水深が 18.1m と今回調査した海域の中では最も浅く、性状は砂が多かった。泥分率の平均値は 33.2%と今回調査した他の海域より低く、硫化物を除く他の分析項目の平均値も低かった。

※備讃瀬戸については、昨年度の調査結果も含めた評価である。

《備後灘》

備後灘は全ての地点の性状がシルトか粘土であり、泥分率の平均値は今回調査した他の海域と比較して最も高かった。他の分析項目の平均値も、他の海域と比較して高いが、広島湾よりはやや低い値であった。

《燧灘》

燧灘は位置的にも性状的にも備後灘と安芸灘の中間である。性状はシルト・粘土が多いものの、砂の地点も多かった。分析項目の平均値も、全て備後灘と安芸灘との間の値であった。

《安芸灘》

安芸灘は性状が砂礫分の地点が半数以上であり、泥分率や含水率の平均値が比較的低かった。また、他の分析項目の平均値について比較的低い値の項目が多く、COD、TOC、T-N、硫化物の平均値は今回調査した海域の中では最も低かった。

《広島湾》

広島湾はシルト・粘土の性状の地点がほとんどであり、泥分率を除く全ての項目で、平均値が今回調査した他の海域より高かった。

《伊予灘》

伊予灘は平均水深が 47.5m と今回調査した海域の中では最も深く、性状は砂が多かった。泥分率や含水率の平均値は備讃瀬戸や安芸灘と同様に低く、他の項目についても低い値であった。

表 1-4(1) 底質分析結果基本統計量(備讃瀬戸)

備讃瀬戸	含水率(生試料)(%)	含水率(湿試料)(%)	IL(%)	COD(mg/g)	TOC(mg/g)	T-N(mg/g)	T-P(mg/g)	硫化物(mg/g)	粒度組成			泥分率(%)
									礫(%)	砂(%)	シルト・粘土(%)	
最大値	68.2	62.1	10.00	28.00	16.00	2.20	0.59	0.33	43.30	97.60	98.20	98.20
最小値	19.5	19.5	0.90	0.50	0.10	0.10	0.07	0.01	0.00	1.50	0.60	0.60
算術平均値	36.9	34.1	4.00	9.62	5.15	0.91	0.29	0.15	5.07	61.75	33.18	33.18
幾何平均値	33.7	31.6	3.26	5.63	2.13	0.63	0.24	0.11	−	43.46	13.34	13.34
中央値	30.4	28.8	3.10	5.10	2.70	0.60	0.22	0.17	0.90	67.70	13.40	13.40
標準偏差	16.5	14.4	2.59	8.85	5.30	0.70	0.17	0.09	10.58	32.79	35.07	35.07
変動係数(%)	44.6	42.2	64.77	92.08	102.91	77.48	59.89	63.70	208.66	53.11	105.70	105.70

表 1-4(2) 底質分析結果基本統計量(備後灘)

備後灘	含水率(生試料)(%)	含水率(湿試料)(%)	IL(%)	COD(mg/g)	TOC(mg/g)	T-N(mg/g)	T-P(mg/g)	硫化物(mg/g)	粒度組成			泥分率(%)
									礫(%)	砂(%)	シルト・粘土(%)	
最大値	74.1	66.6	9.50	32.00	17.00	2.60	0.61	0.22	4.50	49.70	99.80	99.80
最小値	32.8	26.3	2.80	7.10	5.70	0.60	0.18	0.02	0.00	0.20	45.80	45.80
算術平均値	64.2	56.2	7.74	22.65	13.62	1.94	0.48	0.14	0.31	6.03	93.66	93.66
幾何平均値	62.7	54.4	7.44	21.26	13.08	1.83	0.46	0.12	−	1.08	92.09	92.09
中央値	70.0	62.1	8.60	25.00	15.00	2.20	0.54	0.15	0.00	0.60	99.40	99.40
標準偏差	12.5	13.1	1.89	7.07	3.40	0.57	0.14	0.05	1.08	13.97	14.90	14.90
変動係数(%)	19.5	23.2	24.44	31.19	24.99	29.45	28.25	39.50	354.65	231.74	15.91	15.91

表 1-4(3) 底質分析結果基本統計量(燧灘)

燧灘	含水率(生試料)(%)	含水率(湿試料)(%)	IL(%)	COD(mg/g)	TOC(mg/g)	T-N(mg/g)	T-P(mg/g)	硫化物(mg/g)	粒度組成			泥分率(%)
									礫(%)	砂(%)	シルト・粘土(%)	
最大値	71.7	65.2	8.60	23.00	15.00	2.10	0.68	0.17	53.60	90.90	99.90	99.90
最小値	18.2	18.2	1.50	1.00	0.30	0.20	0.05	0.01	0.00	0.10	3.40	3.40
算術平均値	50.9	44.0	5.65	13.47	9.02	1.24	0.44	0.09	5.84	25.88	68.29	68.29
幾何平均値	47.7	41.6	5.15	10.12	6.68	1.02	0.40	0.07	−	6.00	47.98	47.98
中央値	57.0	46.5	6.00	16.00	10.50	1.30	0.51	0.10	0.20	7.30	92.60	92.60
標準偏差	16.4	13.7	2.06	7.41	4.85	0.62	0.15	0.05	12.69	30.72	37.64	37.64
変動係数(%)	32.2	31.2	36.49	54.99	53.81	49.71	34.25	52.39	217.36	118.72	55.12	55.12

表 1-4(4) 底質分析結果基本統計量(安芸灘)

安芸灘	含水率(生試料)(%)	含水率(湿試料)(%)	IL(%)	COD(mg/g)	TOC(mg/g)	T-N(mg/g)	T-P(mg/g)	硫化物(mg/g)	粒度組成			泥分率(%)
									礫(%)	砂(%)	シルト・粘土(%)	
最大値	61.9	51.2	7.80	20.00	12.00	1.70	0.49	0.15	18.50	89.70	99.00	99.00
最小値	20.0	20.0	1.50	1.40	0.80	0.20	0.16	0.02	0.00	0.80	3.60	3.60
算術平均値	38.1	34.7	4.28	7.53	4.93	0.78	0.36	0.07	5.32	55.76	38.93	38.93
幾何平均値	35.7	33.3	3.78	5.26	3.10	0.58	0.34	0.06	−	30.75	21.33	21.33
中央値	36.1	35.1	4.00	5.85	4.30	0.60	0.41	0.06	2.15	69.85	22.00	22.00
標準偏差	14.3	10.3	2.11	6.31	4.21	0.56	0.12	0.05	6.54	33.82	37.84	37.84
変動係数(%)	37.6	29.7	49.24	83.83	85.50	72.81	32.49	66.37	122.98	60.65	97.21	97.21

表 1-4(5) 底質分析結果基本統計量(広島湾)

広島湾	含水率(生試料)(%)	含水率(湿試料)(%)	IL(%)	COD(mg/g)	TOC(mg/g)	T-N(mg/g)	T-P(mg/g)	硫化物(mg/g)	粒度組成			泥分率(%)
									礫(%)	砂(%)	シルト・粘土(%)	
最大値	74.7	66.4	10.00	37.00	22.00	3.20	0.76	0.35	31.30	62.40	99.90	99.90
最小値	26.2	26.2	2.00	3.10	1.20	0.30	0.25	0.02	0.00	0.10	7.80	7.80
算術平均値	64.2	55.7	8.43	23.83	15.45	2.20	0.53	0.15	2.21	9.98	87.82	87.82
幾何平均値	62.8	54.5	7.98	21.47	13.76	2.01	0.52	0.13	−	1.90	79.73	79.73
中央値	67.1	57.8	9.10	26.00	16.50	2.35	0.56	0.16	0.15	1.35	98.25	98.25
標準偏差	11.4	10.4	2.14	8.06	5.10	0.67	0.11	0.08	7.12	19.16	24.27	24.27
変動係数(%)	17.8	18.7	25.37	33.85	33.03	30.70	21.42	52.33	322.72	192.09	27.64	27.64

表 1-4(6) 底質分析結果基本統計量(伊予灘)

伊予灘	含水率(生試料)(%)	含水率(湿試料)(%)	IL(%)	COD(mg/g)	TOC(mg/g)	T-N(mg/g)	T-P(mg/g)	硫化物(mg/g)	粒度組成			泥分率(%)
									礫(%)	砂(%)	シルト・粘土(%)	
最大値	79.3	69.1	12.00	38.00	22.00	3.90	0.69	0.28	28.40	98.30	99.90	99.90
最小値	19.9	19.9	1.10	0.90	0.20	0.10	0.15	0.01	0.00	0.10	1.00	1.00
算術平均値	37.1	33.8	4.41	8.52	4.99	0.83	0.40	0.08	4.12	62.23	33.65	33.65
幾何平均値	34.6	32.1	3.81	5.86	2.79	0.58	0.37	0.06	−	36.60	17.58	17.58
中央値	33.9	30.1	3.90	5.50	3.20	0.60	0.41	0.06	0.10	74.00	20.40	20.40
標準偏差	15.1	12.4	2.58	8.65	5.34	0.77	0.13	0.07	7.54	30.67	33.11	33.11
変動係数(%)	40.8	36.5	58.44	101.42	107.08	93.02	33.92	85.49	183.10	49.29	98.40	98.40

(2) 底質の水平分布

底質分析結果の概要底質分析項目の水平分布図を図 1-4 に示す。

各項目の分布図は概ね同様の傾向を示しており、備後灘、広島湾及び伊予灘西部(別府湾)で酸化還元電位が低く、その他の底質項目は値が高い傾向がみられた。

《備讃瀬戸》

備讃瀬戸は、東部では酸化還元電位が高く、その他の底質項目はいずれも値が低かった。一方、北西部では酸化還元電位が低く、その他の底質項目はいずれも値が高くなっており、岸に近い地点で特に顕著であった。

※備讃瀬戸については、昨年度の調査結果も含めた評価である。

《備後灘》

備後灘は、全体的に酸化還元電位が低く、その他の底質項目はいずれも値が高かった。底質含有量は岸側よりも沖側の方が値が高い傾向にあった。一方、酸化還元電位は南岸側で低く、沖側(灘中央部)で比較的高い地点がみられた。広島湾、伊予灘西部(別府湾)と比較すると、含水率は同程度であるが、IL や TOC、T-N の値は低く、有機物は少なかった。

《燧灘》

燧灘は、南東部で酸化還元電位が低く、その他の底質項目はいずれも高い値を示した。また、海域中央の海峡部で酸化還元電位は高く、その他の底質項目はいずれも低い値を示した。北西部(大崎上島西部沖)は海峡部よりも酸化還元電位はやや低い値、その他の底質項目はやや高い値であった。

《安芸灘》

安芸灘は、南部で酸化還元電位が高く、その他の底質項目はいずれもの値が低かった。一方、北部は南部より酸化還元電位がやや低く、その他の底質項目はやや高い傾向がみられた。

《広島湾》

広島湾は、今回調査した他の海域と比較して酸化還元電位を除くいずれの項目も値が高く、備後灘や伊予灘西部(別府湾)と同程度であった。酸化還元電位は、備後灘南部や燧灘南東部よりも高く、伊予灘西部(別府湾)と同程度であった。ただし、厳島と能美島に挟まれた海峡部の地点は、広島湾奥の他の地点と比較して、酸化還元電位は高く、その他の底質項目はいずれも値が低かった。

《伊予灘》

伊予灘は、酸化還元電位を除くいずれの項目も今回調査した他の海域より値が低く、特に佐田岬の北西部の海域で最も値が低くなる傾向がみられた。酸化還元電位は他の海域よりも高い傾向があり、特に佐田岬の北西部の海域で顕著であった。その一方で、伊予灘最西部の別府湾は、酸化還元電位が低く、その他の底質項目ではいずれも高い値を示し、伊予市沖の

海域や周防灘との接続海域の北部周辺でも高い値を示していた。

※水平分布図は調査地点の底質調査結果を基に作成しており、底質分布の傾向を示したものである。調査地点より沿岸の海域は、調査結果の変化傾向から外挿している。

図 1-4(1)　含水率(%)の水平分布図

図 1-4(2)　泥分率(%)の水平分布図

図 1-4(3) IL(%)の水平分布図

図 1-4(4)　COD(mg/g)の水平分布図

図 1-4(5)　TOC(mg/g)の水平分布図

図 1-4(6)　T-N(mg/g)の水平分布図

図 1-4(7)　T-P(mg/g)の水平分布図

図 1-4(8)　硫化物(mg/g)の水平分布図

図 1-4(9)　酸化還元電位(mV)の水平分布図