

2) 簡易モデルを用いた環境収容力評価手法の検討

実施機関・担当者名：

国立大学法人 東京大学・北澤大輔 李僑 董書闖 周金鑫

三洋テクノマリン 馬込伸哉、高柳和史、奥村邦明、島田久子、岡部克顕、澤井雅幸、
日高光帆、信田亮輔、松村繁徳、北條優、田畑光太郎、渡辺葉月、
菊田昌義

【方法】

(1) 増産時の漁場環境予測手法の考え方

本事業では、環境収容力の範囲内で適正養殖可能数量を設定することを目的とした手法を検討するにあたり、前項で3県の養殖生産量及び環境指標の傾向を解析した結果、異なる海域間で比較した場合、養殖生産量と底質環境指標の悪化が比例しているとは言えず、漁場ごとに環境収容力が大きく異なることが示唆された。

環境収容力を決定する漁場特性としては水深、潮流の強弱、海水交換の頻度などが考えられるが、これらを定量的に評価することは難しく、養殖漁場の流向流速の測定も一般的に行われているとは言いがたい。環境収容力は、前述の通り、現状では日々変動、日内変動が激しい水質でなく、比較的それらの変動が少ない底質で判断することが妥当であると考えられること、また上述のように、研究事例は必ずしも豊富ではないが、海底への有機炭素フラックスと堆積物の硫化物濃度及びCODとの関係は、概ね線形と仮定することは既存研究の結果とも矛盾しない。養殖数量と海底への有機炭素フラックスとの関係については、当該海域の地形や物理環境に大きく依存するが、傾きが変化するものの線形関係にあると考えられるので、養殖数量と堆積物の硫化物濃度も線形関係にあると仮定できる。

(2) 適正可能数量の算定手法の開発

適正養殖可能数量の算定は、実際の運用上、各都道府県の水産部署ないしは養殖事業者自らが行うことが考えられるため、簡便な方法で算定できるものであることが望ましい。

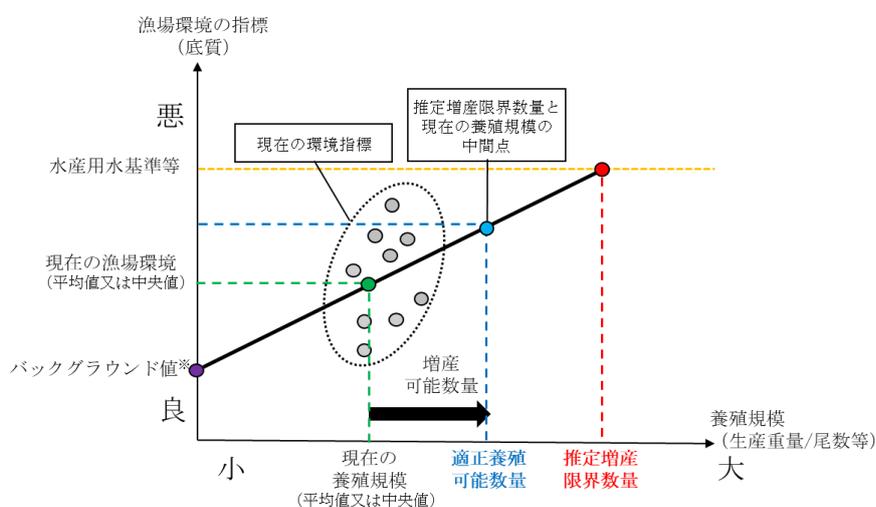


図 1. 本事業で検討した適正養殖可能数量計算手法

そのため本事業においては、増産時の漁場環境を予測し、適正養殖可能数量を算出する簡易的な方法を検討し、以下の図1に示した。適正養殖可能数量の算出養殖生産量の実績をX軸に、底質環境指標のモニタリング結果をY軸にXYプロットし、その平均値または中央値を求め、養殖生産量をゼロと仮定した値から前述の平均値または中央値を直線で結ぶことで、生産量と底質環境指標の回帰直線が想定される。この直線が環境基準値に達した際の養殖生産量をその漁場の推定増産限界数量と仮定した。これは簡易的なシミュレーションであり、推定増産限界数量をそのまま適正養殖可能数量として用いることは、不確実な環境変化により環境基準値を超過する負荷が漁場に生じる可能性もあり、リスクが大きいと考えられる。そのため安全マージンを設けることが妥当と考えられるため、推定増産限界数量と現在の生産量の中央値/平均値の中間の値をとり、適正養殖可能数量とした。

推定増産限界数量の設定に使用する環境指標は、現状では国内で養殖漁場の環境基準として一般的に用いられている水産用水基準の、底質COD（基準値：20 mg/g）と底質硫化物（基準値：0.2 mg/g）が適当であると考えられる。

なお、漁場によっては、養殖負荷以外の海域特性（地形、河川の影響等）により、底質の環境指標が元々高い場合が考えられる。それらの海域では漁場から離れた複数の測点を設定し、その最小値を対照区（バックグラウンド値）としてY軸の始点とすることを想定している。バックグラウンド値の測点としては対象漁場または付近の他の漁場から十分（500 m以上が望ましい）離れた場所の複数地点（例えば漁場の東西南北4か所、または漁場の流向が一定である場合は上流に当たる箇所複数箇所）を設定する。

【結果および考察】

(1) 適正養殖可能数量の計算結果

適正養殖可能数量を算出するために作成した計算用エクセルシートのイメージを図2に示した。また、宮崎県の漁協毎生産量と底質COD、底質硫化物のそれぞれの結果を用いて適正養殖可能数を計算した結果を図3に示した。

増産可能数量(適正養殖可能数量)が生産実績の平均または中央値から増産できる倍率を示した「増産倍率」に注目すると、CODで計算した結果1.19～2.71倍の範囲だったのに対して、硫化物では2.14～13.83倍と、大きな数値となった。最も増殖可能数量が多かったA漁協では、CODの平均値|中央値が4.72 mg/g|4.53 mg/gであったのに対し、硫化物は平均値|中央値が0.013 mg/g|0.008 mg/gとごく微量であった。一方増産可能数量が最も少なかったC漁協では、CODを用いた増産倍率は平均値|中央値が1.48 mg/g|1.64 mg/gであるのに対し、硫化物では平均値|中央値が2.14 mg/g|4.26 mg/gと比較的差が小さいが、CODの平均値|中央値は10.19 mg/g|8.76 mg/gと硫化物の平均値|中央値は0.06 mg/g|0.03 mg/gであった。

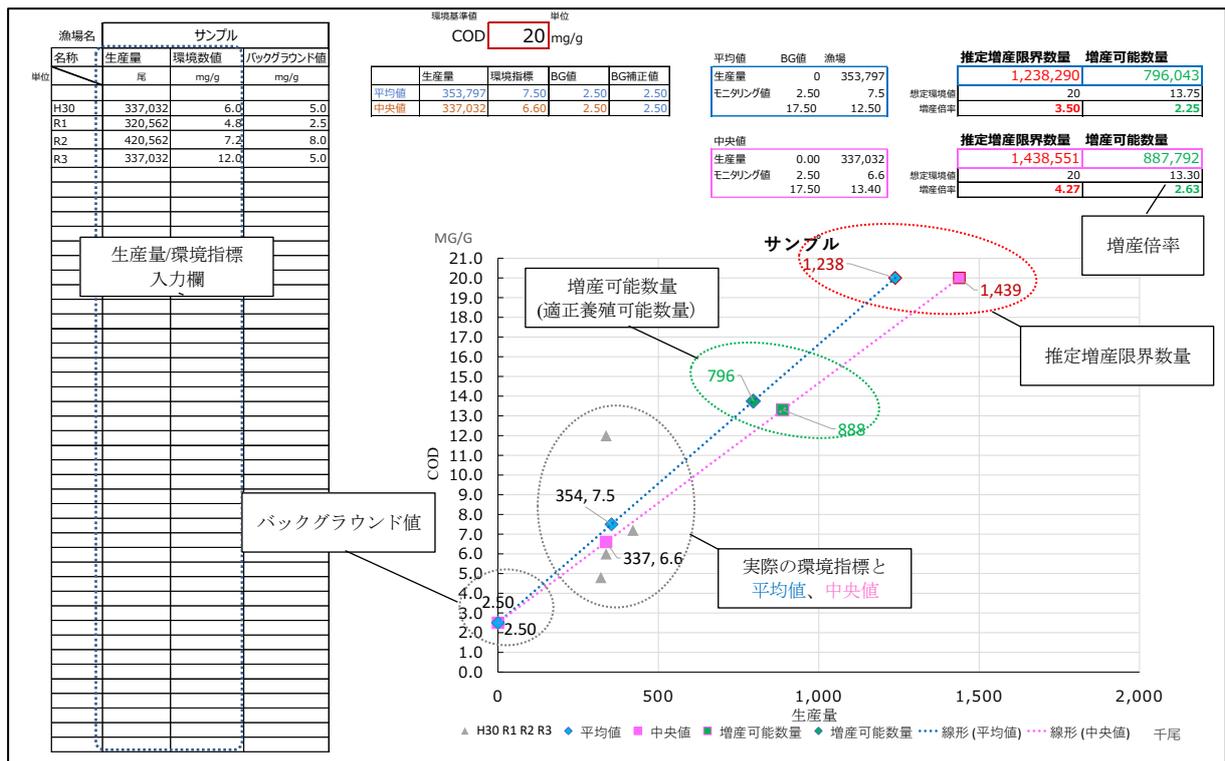


図 2. 適正養殖可能数量計算シートのイメージ

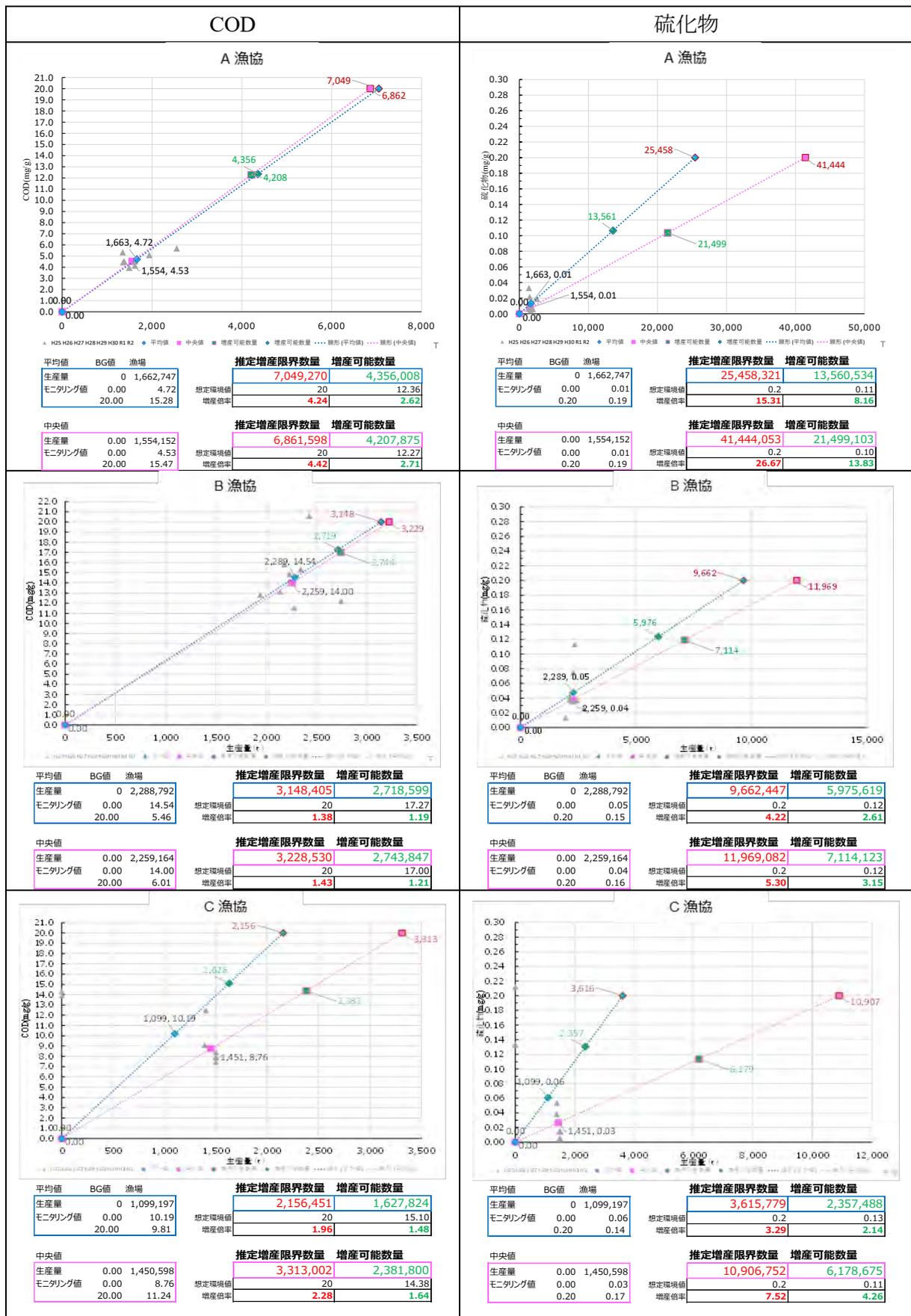


図 3 (1). 宮崎県の漁協毎生産量と漁場毎底質 COD、底質硫化物を用いた適正養殖可能数量の計算結果

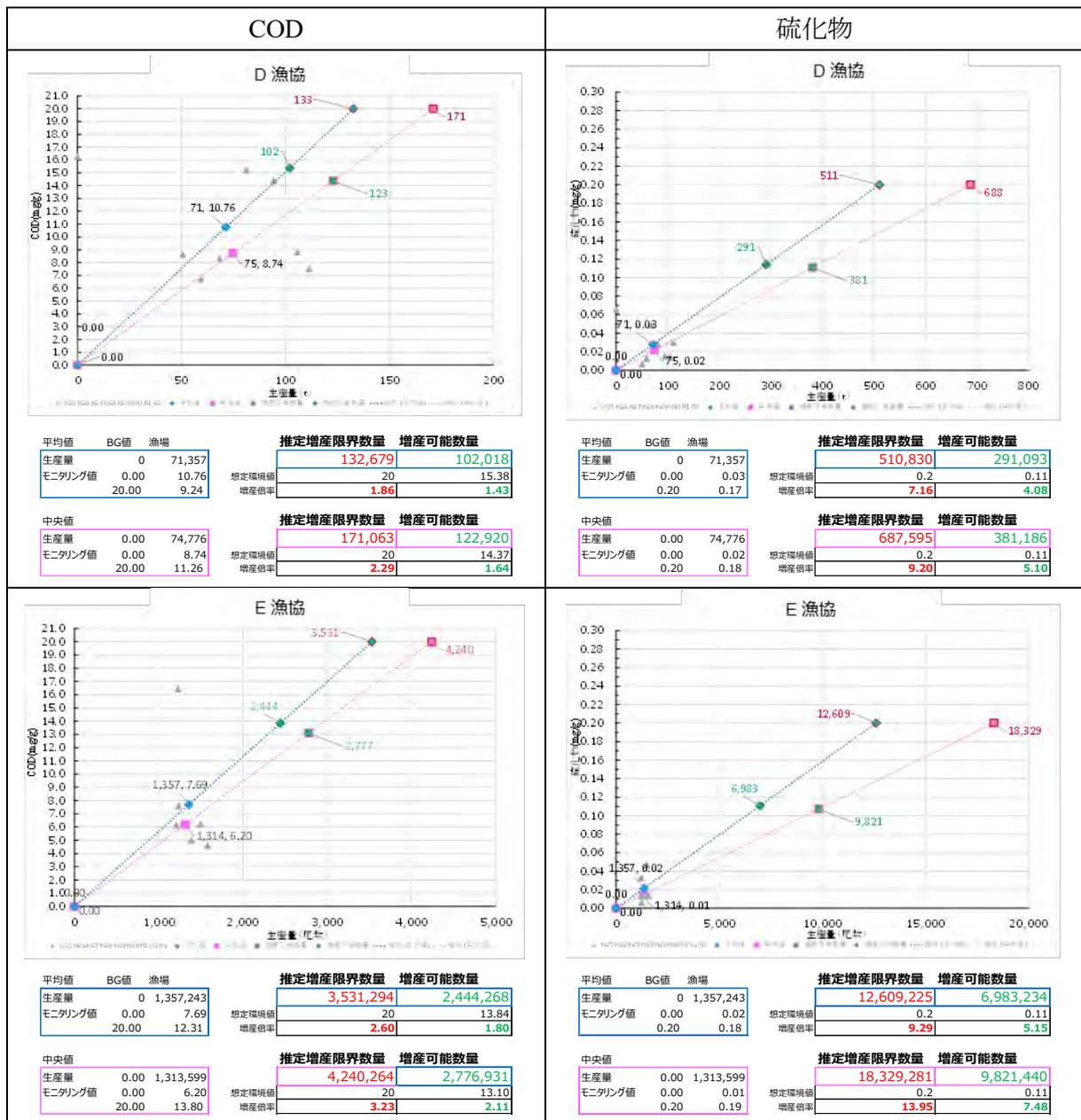


図 3(2). 宮崎県の漁協毎生産量と漁場毎底質 COD 底質硫化物を用いた適正養殖可能数量の計算結果 (E 漁協のみ生産量重量の結果が R2 年度のみ、H28 年～R3 年の生産尾数を用いた)

(2) 衛星データと公開データに基づく解析

本事業では、養殖漁場における生産量や底質データが鹿児島県、宮崎県、香川県から提供されたが、一部欠損しているデータがあることと、他の県のデータを入手できていないことから、衛星データを用いて生産量を推定するとともに、ウェブ等で公開されている底質データを入手し、生産量と底質との関係性を解析した。また、増産限界理論値と現生産量の 50%を上限とした増産可能数量についても試算した。

(1) では、宮崎県で提供されたデータを用いて適正養殖可能数量を計算した。本事業では、養殖漁場における生産量や底質データが鹿児島県、宮崎県、香川県から提供されたが、一部欠損しているデータがあることと、他の県のデータを入手できなかった。そこで、衛星データを用

いて生産量を推定するとともに、ウェブ等で公開されている底質データを入力し、適正養殖可能数量を試算した。

生産量のデータは、衛星データを活用して生簀の大きさや個数を調べて、生簀内の最大飼育密度と飼育期間を仮定して求めた。対象とした海域を表 1～表 5 に示す。また、対象とした時期は 2018 年としたが、適切な衛星データが存在しない場合はその前後の年の衛星データを使用した。各漁場の生産量は、想定される生簀の容積に最大飼育密度を乗じて、さらに生簀の個数を乗じた後、飼育期間で除すことによって求めた。ここでは、概略値として、ブリとマダイの最大飼育密度を 30 kg/m^3 、マグロの最大飼育密度を 3 kg/m^3 と仮定した。飼育期間はブリとマダイでは 2 年、マグロでは 3 年と仮定したが、香川県ではブリの飼育期間を 1 年と仮定した。これらの仮定に基づいて計算された生産量と各県の生産量の統計値と比較したところ、香川県のブリの生産量と愛媛県のマダイの生産量に比較的大きな誤差が見られたため、最大飼育密度をそれぞれ 16 kg/m^3 、 15 kg/m^3 として補正を行った。

漁場の底質の観測データとしては、鹿児島県、宮崎県、香川県については本事業を通じて各県から提供されたデータを使用した。衛星データに合わせて 2018 年頃の底質データを使用した。大分県と愛媛県の底質観測データは、ウェブで公開されているデータを使用した。愛媛県のデータは 2018 年のデータであるが、大分県のデータは豊富に得られている 2017 年のデータを使用した。また、適正養殖可能数量を計算するために、参照地点の底質観測データを用いる場合がある。各県から提供されたデータ、およびウェブで公開されているデータは、すべて漁場内で観測されたデータであると考えられる。そこで、香川県と大分県については、瀬戸内海の広域の観測データから参照地点のデータを抽出することとし、愛媛県については、県独自に実施した漁場環境の報告書に記載されていた沖合のデータを使用した。鹿児島県と宮崎県については、参照地点のデータが得られなかったため、使用していない。

表 1. 解析対象とした鹿児島県の漁場一覧

衛星データ ID	漁場 ID	衛星データ ID	漁場 ID	衛星データ ID	漁場 ID
AOI_01	46_06	AOI_02	46_14	AOI_04	46_27
	46_07		46_15		46_28
	46_08		46_16		46_29
	46_09		46_17		46_30
	46_10		46_18		46_31
	46_11		46_19		46_32
	46_12		46_20		46_33
			46_21		46_34
					46_35
					46_36

表 2. 解析対象とした宮崎県の漁場一覧

衛星データ ID	漁場 ID
AOI_03	45_01
	45_02
	45_03
	45_04
	45_05

表 3. 解析対象とした香川県の漁場一覧

衛星データ ID	漁場 ID
AOI_05	
AOI_06	

表 4. 解析対象とした大分県の漁場一覧

衛星データ ID	漁場 ID	衛星データ ID	漁場 ID	衛星データ ID	漁場 ID
AOI_08	44_05	AOI_09	44_12	AOI_10	44_19
	44_06		44_13		44_20
	44_07		44_14		44_21
	44_08		44_15		44_22
	44_09		44_16		44_23
	44_10		44_17	AOI_11	44_24
	44_11		44_18		44_25
					44_26
					44_27
					44_28

表 5. 解析対象とした愛媛県の漁場一覧

衛星データ ID	漁場 ID	衛星データ ID	漁場 ID	衛星データ ID	漁場 ID
AOI_12	49_75	AOI_15	49_55	AOI_17	49_14
	49_76		49_56		49_15
	49_77		49_57		49_16
	49_78		49_58		49_17
	49_79		49_59		49_18
	49_80		49_60		49_19
	49_81		49_61		49_20
	49_82		49_62		49_21
	49_83		49_63		49_22
	49_84		49_64	AOI_18	49_23
	49_85		49_65		49_24
	49_86		49_66		49_25
AOI_13	49_87		49_67		49_26
	49_88		49_68		49_27
	49_89		49_69		49_28
	49_90		49_70	AOI_19	49_29
	49_91	AOI_16	49_01		49_30
	49_92		49_02		49_31
	49_93		49_03		49_32
	49_94		49_04		49_33
	49_95		49_05		49_34
AOI_14	49_71		49_06		49_35
	49_72		49_07		49_52
	49_73		49_08		49_53
	49_74		49_09		49_54
			49_10		
			49_11		
			49_12		
			49_13		

表 6 に鹿児島県の漁場の解析結果を示す。鹿児島県では、漁場の堆積物の化学的酸素要求量 (COD) の値が分かっているため、推定生産量から参照地点のデータが無い場合の増産限界理論値と適正養殖可能数量を推定した。鹿児島県で観測された堆積物の COD の値は、一部で 10

mg/g dry wt を超える場合があるが、多くの漁場で 10 mg/g dry wt 以内であった。したがって、増産限界理論値は現生産量の 2 倍以上となる漁場が多い。その結果、各漁場が最大限増産を申請した場合の適正養殖可能数量は現生産量の約 2.9 倍となった。

表 6. 底質データが存在する鹿児島県の漁場の解析結果

漁場 ID	生簀数	推定生産量	COD	増産限界理論値 (参照なし)	適正養殖可能数量
	基	トン	mg/g dry wt	トン	トン
46_06	77	606	4.1	2957	1781
46_07	345	2716	3.2	16974	9845
46_08	133	1047	1.0	20940	10993
46_11	74	583	1.0	11651	6117
46_12	42	331	1.2	5510	2921
46_14	33	260	2.0	2598	1429
46_16	250	2491	11.0	4529	3510
46_17	139	1710	10.0	3419	2565
46_18	110	866	7.8	2220	1543
46_19	58	457	5.8	1574	1015
46_20	8	98	2.3	856	477
46_21	18	221	4.9	904	563
46_27	22	555	4.4	2524	1540
46_28	56	689	11.0	1252	971
46_29	98	732	4.8	3050	1891
46_30	112	1050	5.5	3818	2434
46_31	27	495	3.5	2830	1663
46_32	41	544	4.3	2532	1538
46_33	54	926	3.7	5003	2964
46_34	361	5988	5.5	21775	13881
46_35	274	4203	4.2	20016	12110
46_36	229	2840	12.0	4733	3786
合計		29407		141665	85536

表 7 に宮崎県の漁場の解析結果を示す。宮崎県では、公表されているデータとしては参照地点のデータが見当たらなかったが、COD と全硫化物濃度 (AVS) の値が観測されているため、それぞれの値から増産限界理論値を求めて、小さい方の値を増産限界理論値とした。ただし、生産量等のデータは、①で示したデータとは相違が見られるため、注意が必要である。AVS の観測値が 0.045 mg/g dry wt 以下と低いため、AVS の値をベースとして増産限界理論値を推定し

た値は大きくなる。また、COD も比較的低いため、増産限界理論値が大きくなる傾向にあった。全体としては、各漁場が最大限増産を申請した場合の適正養殖可能数量は現在の推定生産量の約 3.2 倍となった。

表 7. 底質データが存在する宮崎県の漁場の解析結果

漁場 ID	生簀数	推定生産量	COD	AVS	増産限界理論値 (参照なし)	適正養殖可能数量
	基	トン	mg/g dry wt	mg/g dry wt	トン	トン
45_01	9	221	12.21	0.045	363	292
45_02	167	2958	14.04	0.038	4214	3586
45_04	276	3395	6.7	0.006	10134	6764
45_05	160	2834	1.61	0.002	35204	19019
合計		9408			49914	29661

表 8 に香川県の漁場の解析結果を示す。香川県では、COD が 20 mg/g dry wt、AVS が 0.2 mg/g dry wt を超えている漁場があり、該当する漁場では適正養殖可能数量を現状のままとした。また、参照地点における COD のデータを使用した増産限界理論値も計算したが、AVS のデータがある漁場では AVS による増産限界理論値の方が小さくなっているため、参照地点の COD を用いる場合と同じ値を示している。また、一つの漁場では、参照地点の COD の値が漁場の COD の値より大きくなっており、増産限界理論値を計算することができなかつたため、参照地点の観測値を用いない場合の増産限界理論値を使用した。既に一部の漁場で底質の基準値を超えているものの、いくつかの漁場で適正養殖可能数量が大幅に増加するため、全体としては、各漁場が最大限増産を申請した場合の適正養殖可能数量は現在の推定生産量の約 2.4 倍となる。

表 8. 底質データが存在する香川県の漁場の解析結果

漁場 ID	生簀数	推定生産量	COD	AVS	参照地点	COD	増産限界理論値 (参照なし)	増産限界理論値 (参照あり)	適正養殖可能数量
	基	トン	mg/g dry wt	mg/g dry wt		mg/g dry wt	トン	トン	トン
37_12	12	166	8.7	0.1	Ha-1015	3.7	333	333	249
37_13	14	165	11.9	0.29	Ha-1015	3.7	-	-	165

37_14	73	862	24.8	0.57	Ha-1015	3.7	-	-	862
37_15	16	222	10.4	0.2	Ha-1015	3.7	-	-	222
37_16	39	540	14.2	0.34	Ha-1015	3.7	-	-	540
37_17	25	295	11.2	0.34	Ha-1015	3.7	-	-	295
37_18	10	139	4.2		Ha-1015	3.7	660	5543	2841
37_19	38	449	3.2		Ha-1015	3.7	2804	-	1627
37_05	23	354	7.6	0.24	Ha-1002	1.8	-	-	354
37_06	13	180	7.1	0.15	Ha-1002	1.8	240	240	210
37_07	36	499	4.7		Ha-1002	1.8	2123	3441	1970
合計		3871							9335

表 9 に大分県の漁場の解析結果を示す。大分県の漁場でも、COD が 20 mg/g dry wt、AVS が 0.2 mg/g dry wt を超えている場合があり、該当する漁場では適正養殖可能数量が現状のままとなる。また、いくつかの漁場では、参照地点の COD の値が漁場の COD の値より大きくなっており、増産限界理論値を計算することができなかつたため、参照地点の観測値を用いない場合の増産限界理論値を使用した。既に一部の漁場で底質の基準値を超えているため、全体としては、各漁場が最大限増産を申請した場合の適正養殖可能数量は現在の推定生産量の約 1.3 倍となる。

表 9. 底質データが存在する大分県の漁場の解析結果

漁場 ID	生簀数	推定生産量	COD	AVS	参照地点	COD	増産限界理論値 (参照なし)	増産限界理論値 (参照あり)	適正養殖可能数量
	基	トン	mg/g dry wt	mg/g dry wt		mg/g dry wt	トン	トン	トン
44_05	21	258	29.11	0.26	Bu-66	15	-	-	258
44_07	30	369	9.36	0.02	Bu-66	15	788	-	579
44_08	38	467	31.6	0.64	Bu-66	15	-	-	467
44_09	28	568	37.18	1.24	Bu-66	15	-	-	568
44_10	18	221	37.18	1.24	Bu-66	15	-	-	221
44_11	70	861	14.54	0.43	Bu-66	15	-	-	861
44_12	13	102	11.94	0.18	Bu-67	13	114	-	108
44_13	5	62	14.61	0.05	Bu-67	13	84	246	154
44_14	5	62	14.61	0.05	Bu-67	13	84	246	154
44_15	41	504	31.81	1.35	Bu-67	13	-	-	504
44_16	98	1205	6.85	0.05	-		3519	-	2362

44_17	19	234	6.85	0.05	-		682	-	458
44_18	21	258	16.58	0.11	-		312	-	285
44_19	223	2743	9.84	0.32	-		-	-	2743
44_20	206	2534	2.89	0.14	-		3620	-	3077
44_22	26	320	9.15	0.1	-		640	-	480
44_23	70	861	55.2	2.74	-		-	-	861
44_24	113	1390	16.34	0.21	-		-	-	1390
44_25	32	394	3.29	0	-		2393	-	1393
44_26	170	2091	10.65	0.05	-		3927	-	3009
44_27	91	1119	26.9	0.4	-		-	-	1119
44_28	15	185	13.61	0.07	-		271	-	228
合計		16808							21280

表 10 に愛媛県の漁場の解析結果を示す。愛媛県の漁場では、COD のデータが見当たらなかったため、AVS のみから増産限界理論値などの推定を行った。すべての地点で AVS が 0.2 mg/g dry wt を下回っており、増産限界理論値は大きくなる傾向が見られた。参照地点の観測値が存在する場合は、増産限界理論値はさらに大きくなる。その結果、増産可能数量はほぼ現生産量の 50% を上限とした値となるため、各漁場が最大限増産を申請した場合の生産量は現在の推定生産量の約 11.6 倍となる。

表 10. 底質データが存在する愛媛県の漁場の解析結果

漁場 ID	生簀数	推定生産量	AVS	参照地点	AVS	増産限界理論値 (参照なし)	増産限界理論値 (参照あり)	適正養殖可能数量
	基	トン	mg/g dry wt		mg/g dry wt	トン	トン	トン
49_75	8	62	0.001	-		12300		6181
49_76	43	331	0.001	-		66113		33222
49_77	40	443	0.001	-		88560		44501
49_78	19	210	0.001	-		42066		21138
49_79	48	531	0.011	-		9661		5096
49_91	93	715	0.013	-		10999		5857
49_93	100	769	0.069	-		2228		1499
49_94	36	623	0.049	-		2542		1582
49_95	80	886	0.028	-		6326		3606
49_56	12	133	0.004	12	0.001	6642	8856	4494
49_57	16	177	0.004	12	0.001	8856	11808	5993

49_58	29	223	0.155			288		255
49_59	6	66	0.155			86		76
49_60	127	1406	0.006	12	0.001	46863	56236	28821
49_61	102	1129	0.006	12	0.001	37638	45166	23147
49_62	1	5	0.155	12	0.001	6	6	6
49_63	94	874	0.03	12	0.001	5829	6030	3452
49_08	7	211	0.008	-		5280		2746
49_09	111	1229	0.008	-		30719		15974
49_10	142	1572	0.008	-		39299		20435
49_11	69	530	0.008	-		13261		6896
49_12	94	874	0.042	-		4164		2519
49_13	232	2568	0.042	-		12230		7399
49_14	104	1151	0.007	-		32894		17022
49_15	80	886	0.007	-		25303		13094
49_18	25	554	0.017	46	0	6512	6512	3533
49_19	4	62	0.005	46	0	2460	2460	1261
49_23	56	523	0.004	46	0	26150	26150	13337
49_29	244	1538	0.068	33	0.001	4524	4591	3065
49_30	314	2944	0.062	33	0.001	9497	9652	6298
49_32	184	1415	0.131	-		2160		1787
49_33	9	167	0.131	-		256		212
49_52	109	2413	0.021	18	0.008	22983	37127	19770
49_53	133	2945	0.021	18	0.008	28044	45302	24123
		30164						348396

以上のように、5つの県で衛星データを用いて生産量を推定するとともに、ウェブ等で公開されている底質データを入手し、生産量と底質との関係性を解析した。また、参照地点の観測データがある場合も含めて増産限界理論値を算出した後、適正養殖可能数量を推定した。まず、生産量の推定については、高解像度の衛星データを用いたものの、実際に使用されていない生簀、浮沈式生簀などの判別は困難であること、また本来地域ごとにバラツキのある最大飼育密度や飼育期間等において一般的な仮定を置いたことなどから、推定精度は十分ではなく、概略値であることに留意する必要がある。また、観測データについても、実際に提供された値、ウェブ上で公開されている値を参照したが、各県で存在するデータの種類が異なり、また観測地点の生簀からの距離など、詳細な情報も考慮していない。参照海域についても、通常は生簀から500m程度の距離で、生簀設置海域の水深と同程度の水深の海域を抽出するのが望ましいが、本事業で利用した瀬戸内海の広域の観測データは漁場の参照海域の環境調査を主目的として行われたものではないため、必ずしも望ましい地点での観測値とはなっていない。以上の前提のもとで結果をまとめると、鹿児島県、宮崎県、愛媛県の底質データは比較的良好であり、特に愛媛県では各漁場が最大限増産を申請した場合の適正養殖可能数量が現在の生産量の約11.6倍

と傑出して大きな値となった。鹿児島県と宮崎県では、各漁場が最大限増産を申請した場合の適正養殖可能数量が現在の生産量の3倍程度であった。一方、香川県、大分県では、一部の漁場でCODやAVSの基準値を超えているところがあるか、あるいは基準値内でも基準値に近い場合があった。香川県では、一部の漁場で適正養殖可能数量を大きく設定することが可能であり、各漁場が最大限増産を申請した場合の適正養殖可能数量が現在の生産量の約2.4倍となった。大分県では、適正養殖可能数量を大きく設定する余地は比較的小さく、各漁場が最大限増産を申請した場合の適正養殖可能数量が現在の生産量の約1.2倍となった。ただし、より精緻な分析を行うためには、各漁場の生産量を正確に把握することと、観測項目や観測地点の生簀からの距離、観測時期等を統一することなどが必要である。

(3) 適正可能数量の算定に係る検討事項及び課題

(i) 適切な指標の選択

硫化物は、前述の通り0.01 mg/g以下のきわめて微小な値となる場合があり、微小な値を計算に用いると増産可能数量が過大になることに留意が必要である。また硫化物は分析機関によっては検出限界以下として処理される例や、報告下限値が高く設定されている(0.1 mg/gなど)例もあり、計算に用いることができない可能性もあることに注意を要する。

また、図3で示したCODと硫化物の相関では、CODが5 mg/g以下の地点においては硫化物が微小な値しか検出されない傾向や、CODが高くとも硫化物の値は低い地点が見られた。これはCODが底泥中の有機物(有機炭素フラックス)の量を反映すると考えられるのに対して、硫化物は有機物の分解により嫌気的な環境が生じることで生成されるため、有機物量の不足、または海水交換により嫌気的環境が発生しにくい等の漁場特性によって、CODと硫化物量が比例しない場合があると考えられる。

これらのCODと硫化物の特性を踏まえた上で、硫化物がほとんど検出されない、または外洋性の養殖場など硫化物の値が低いと考えられる海域ではCODを用い、硫化物の値が高いまたは閉鎖性の高い内湾域では硫化物の使用も可能とするなど、海域特性に応じた指標の使い分けが必要である。

本事業では水産用水基準による上限値が定められ、データを収集した自治体で計測されていたことから、底質CODと底質硫化物に絞って解析を行ったが、定量的な評価や環境基準値の設定が可能であれば、他の指標として酸化還元電位(ORP)やpHの利用も可能と考えられる。

(ii) モニタリング頻度及び時期について

潮通しや、ベントス・バクテリアによる有機物分解は季節により異なることが考えられるため、季節変化を考慮し、特定の時期のスポット的な状況ではなく、年間を通しての状況を把握することが必要である。また、調査頻度は、季節変動等を把握し、自然浄化能力を見極めることが可能なデータを揃える。

(iii) 対象区及びバックグラウンド値の設定と課題

モニタリング時は漁場外に対照点を設けることが望ましい。対照点は養殖活動の影響を受けない場所として、養殖海域から500 m以上離れた3~4箇所、または漁場の流向が一定である場合は漁場の潮上が適当である。前述の通り、養殖生産による負荷以外の漁場特性により底質

の環境指標が高い地点では、複数の対照区の値の最小値を用いてバックグラウンド値を設定することも可能と考える。一方で、傾きが小さくなり過大な適正養殖可能数量の結果が過大となる場合や、バックグラウンド値が漁場区画内の環境数値を上回る場合もありうるため、その処理方法が課題である。

(iv) 平均値と中央値の選択

今回開発した様式では平均値と中央値それぞれを計算に用い、抑制的な観点からは基本的にはより低い値を選択することが望ましいが、どちらの値を選択するかは、外れ値の排除の必要性の有無など漁場環境に合わせて選択されるべきである。

(v) 適正養殖可能数量に対して考慮すべき他の要因

一次関数による線型近似から得られた数量は有機物負荷の観点から推定したものであり、飼育魚の生理、生態を考慮していない。疾病蔓延防止のために生簀の距離をあける、飼育魚の健全な成育のために生簀内の飼育尾数を制限する等、飼育魚の健康管理の面にも留意し、適切な数量を求める必要がある。

また、生簀の大きさ、生簀の配置、網目の大きさ等により養殖漁場の水の流れが変化することにも留意する必要がある。さらに、底質の指標が適正な範囲にあっても、養殖漁場の流れ場の特性に加え、陸域からの富栄養物質の流入や海域の閉鎖度の状況によって、赤潮や貧酸素水塊が出現して養殖事業に大きな被害が発生する可能性がある。有機物負荷と赤潮発生との因果関係は必ずしも明確ではないが、対象海域の過去の赤潮発生状況等に留意し、赤潮発生リスクが高い海域であると考えられる場合には、安全係数（マージン）をより大きく取るなど、対象魚種、海域の環境特性を考慮して養殖可能数量を設定することが望ましい。

【事業推進上の問題点】

特になし。

【成果の公表】

なし。