



瀬戸内海における藻場・干潟分布状況調査 調査結果（中部海域）

平成29年6月
環境省

調査実施の背景

- 瀬戸内海の水質環境保全については、瀬戸内海環境保全特別措置法等に基づく取組の結果、その水質は全体として改善傾向にある。一方で、「豊かな海」の観点から、生物多様性・生物生産性の確保等の重要性が指摘されている。
- そのため、瀬戸内海環境保全基本計画の変更(平成27年2月)、瀬戸内海環境保全特別措置法の改正(平成27年10月)において、藻場、干潟その他の沿岸域の良好な環境の保全、再生及び創出等の取組の推進が盛り込まれた。
- 瀬戸内海における最新の藻場・干潟分布域及び面積を、統一した客観的手法で把握するため、近年、技術向上が進んでいる衛星画像の解析手法を用いて、瀬戸内海における藻場・干潟分布調査を平成27年度より開始した。



アマモ(藻場)



干潟

瀬戸内海環境保全特別措置法及び同法施行令で定める瀬戸内海の範囲

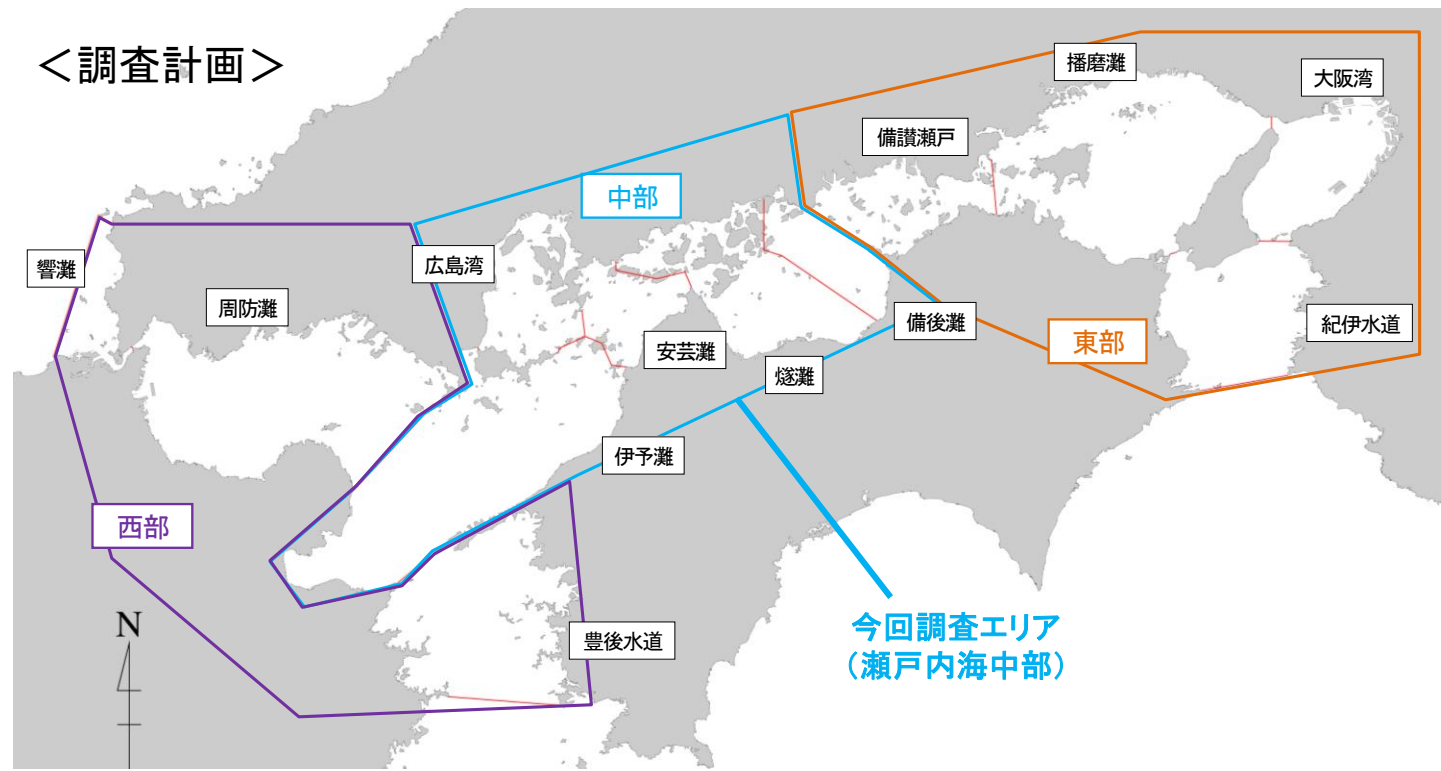
調査概要

調査海域：瀬戸内海全域（瀬戸内海環境保全特別措置法及び同法施行令で定める海域）

調査期間：平成27～29年度（3年間）

調査内容：藻場・干潟分布域及び面積

<調査計画>



平成27年度	瀬戸内海東部	紀伊水道、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸（一部海域は28年度実施）
平成28年度 (今回調査)	瀬戸内海中部	備後灘、燧灘、安芸灘、広島湾、伊予灘
平成29年度	瀬戸内海西部	周防灘、豊後水道、響灘

- ・ 瀬戸内海全域を効率的かつ定量的に調査を行う必要があることから、近年、技術向上が進んでいる衛星画像の解析手法を用いて調査を実施した。
- ・ 本調査では、画素(5m×5m)ごとに藻場・干潟の有無を解析するものであり、従来の手法(ヒアリング等)と比較して、より詳細な分布域を抽出することが可能である。一方、従来の手法では、分布面積がやや過大となる傾向がある。

《衛星画像解析の特徴(本調査)》

現地調査データを活用し、画素(5m×5m)ごとに藻場・干潟の有無を解析

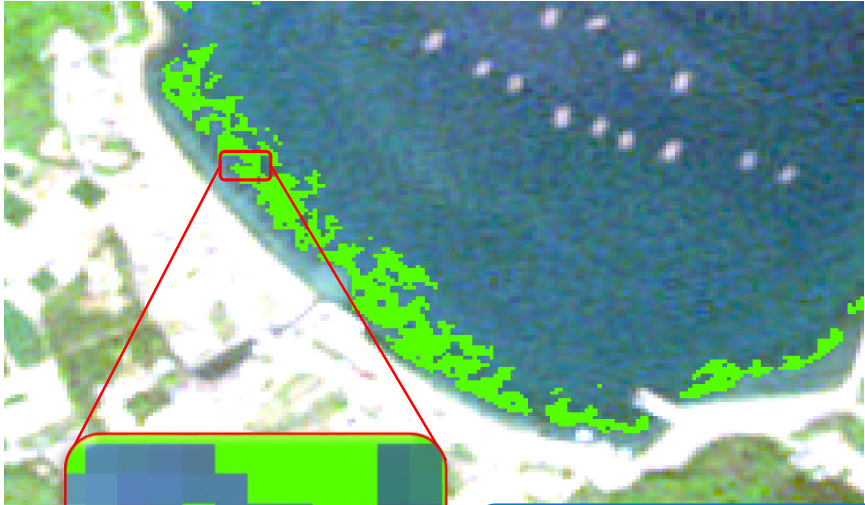
《ヒアリング調査の特徴(従来の調査)》

漁業関係者、学識経験者等にヒアリング等を行い、地図上に藻場・干潟の分布域を描画

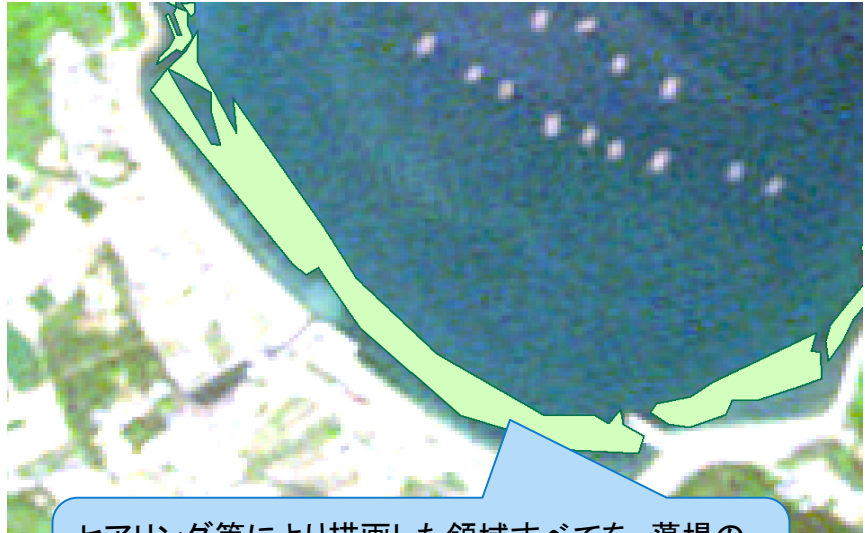
<藻場の解析結果(例)>

■ 画像解析による藻場分布域

■ ヒアリングによる藻場分布域



藻場分布を画素(5m×5m)ごとに抽出可能であり、**詳細なデータ**が得られる。



ヒアリング等により描画した領域すべてを、藻場の分布域として抽出しているため、**分布面積がやや過大**となる傾向がある。

※画像解析による手法の詳細は、P 8~14を参照下さい

調査結果(中部海域 藻場・干潟面積)

海域		藻場面積 (ha)	干潟面積 (ha)
備後灘	広島県	415	125
	愛媛県	17	0
	香川県	38	213
	計	470	338
燧灘	広島県	1,535	618
	愛媛県	1,714	826
	香川県	2	0
	計	3,251	1,444
安芸灘	広島県	108	97
	愛媛県	341	79
	計	449	176
広島湾	広島県	415	413
	山口県	238	417
	愛媛県	15	3
	計	668	833
伊予灘	山口県	420	135
	愛媛県	590	87
	大分県	424	372
	計	1,434	594
瀬戸内海(中部)合計		6,272	3,385

※小数点以下を四捨五入しているため、合計値が合致しない場合がある

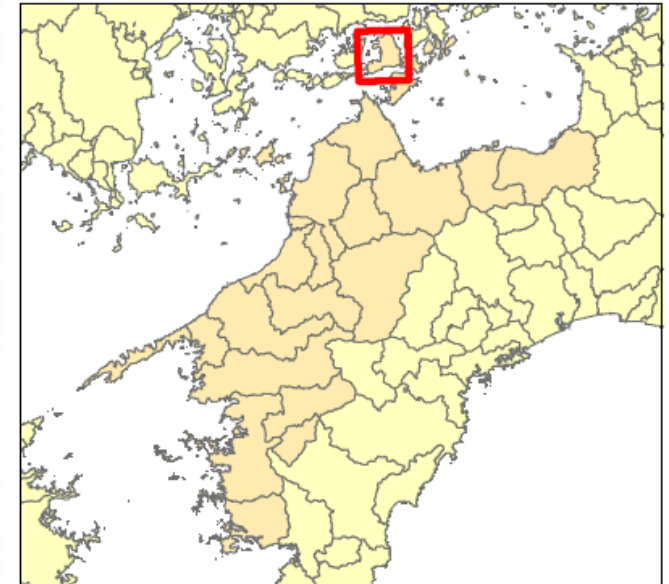
調査結果(東部海域 藻場・干潟面積<確定値>)

※平成27年度の調査において未実施であった備讃瀬戸の一部(広島県海域)で今回調査を行い、東部海域の分布面積を以下のとおり確定した。

海域		藻場面積 (ha)	干潟面積 (ha)
紀伊水道	和歌山県	185	83
	兵庫県	358	1
	徳島県	257	119
	計	800	203
大阪湾	和歌山県	44	0
	大阪府	97	38
	兵庫県	195	8
	計	335	47
播磨灘	兵庫県	289	97
	岡山県	510	212
	香川県	583	58
	徳島県	13	0
	計	1,395	367
備讃瀬戸	岡山県	846	173
	香川県	543	233
	広島県 (今回調査実施)	46	0
	計	1,435	406
瀬戸内海 (東部) 合計		3,965	1,023

※小数点以下を四捨五入しているため、合計値が合致しない場合がある

藻場・干潟分布図の例 (愛媛県大三島)



凡例

-  藻場分布域
-  干潟分布域



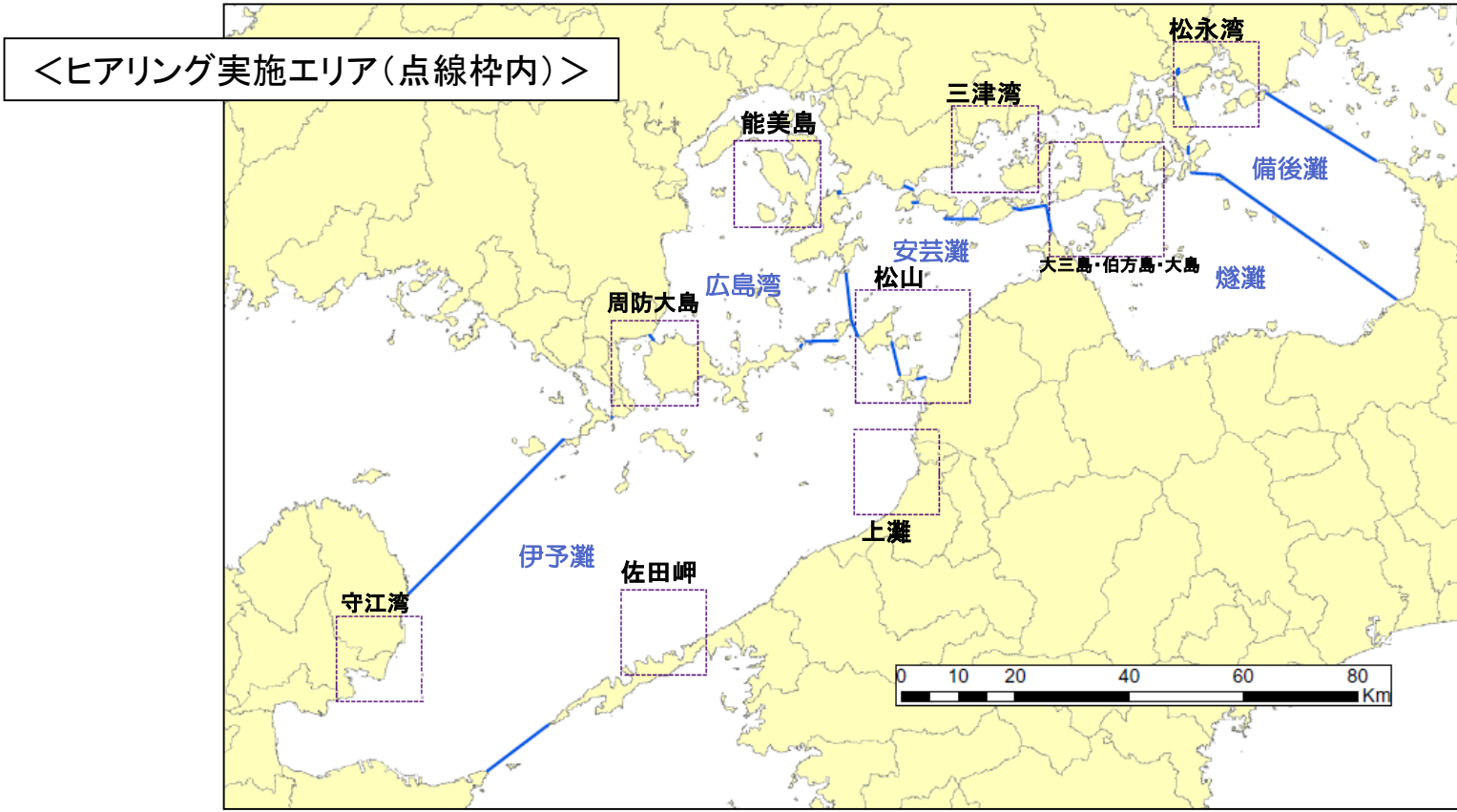
0 0.5 1 2 3 4 Km

※瀬戸内海全域の分布図及びGISデータは、環境省HPにて公開中

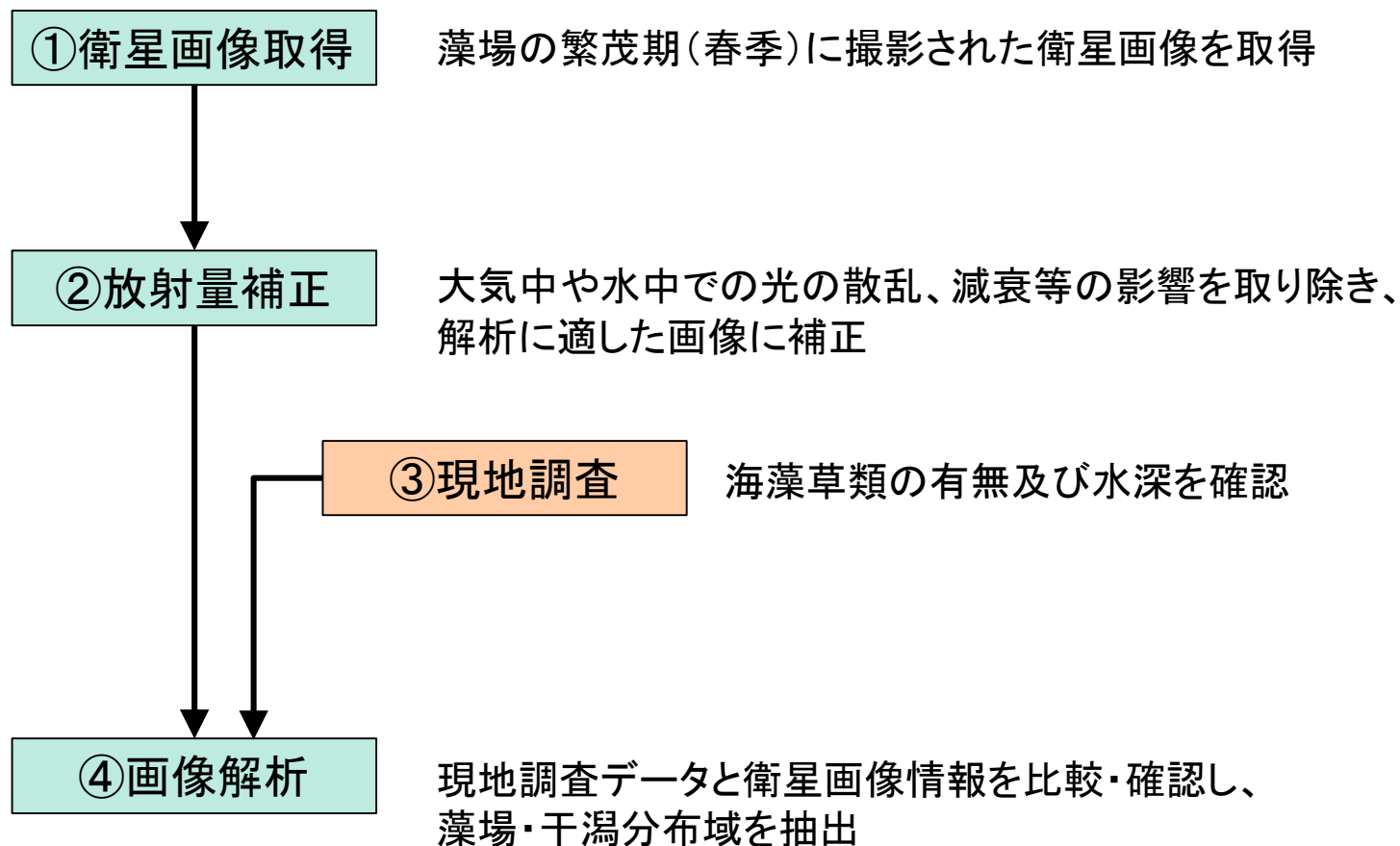
http://www.env.go.jp/water/heisa/survey/result_setonaikai.html

分布面積の変化状況(既往ヒアリング調査結果との比較)

- ・ 既往調査(第4回自然環境保全基礎調査(平成元~2年度 環境庁))では、関係者ヒアリング等の手法を用いて藻場・干潟の分布を調査しており、本調査と調査方法が異なる。
 - ・ 既往調査との経年変化を比較するため、衛星画像解析手法とは別に、9エリア(下図参照)において既往調査と同様の方法(ヒアリング)により調査を実施し、藻場・干潟面積の経年変化を試算した。試算の結果、既往調査(平成元~2年度)と比較して今回調査(平成28年度)では、藻場面積で約17%、干潟面積で約5%の増加が見られた。
- なお、ヒアリング実施エリアの選定にあたっては、環境要因(波浪や光条件等)、既往知見による藻場・干潟の有無及び府県のバランス等を考慮した。



Ministry of ※試算結果の詳細については、p15~19をご参照ください

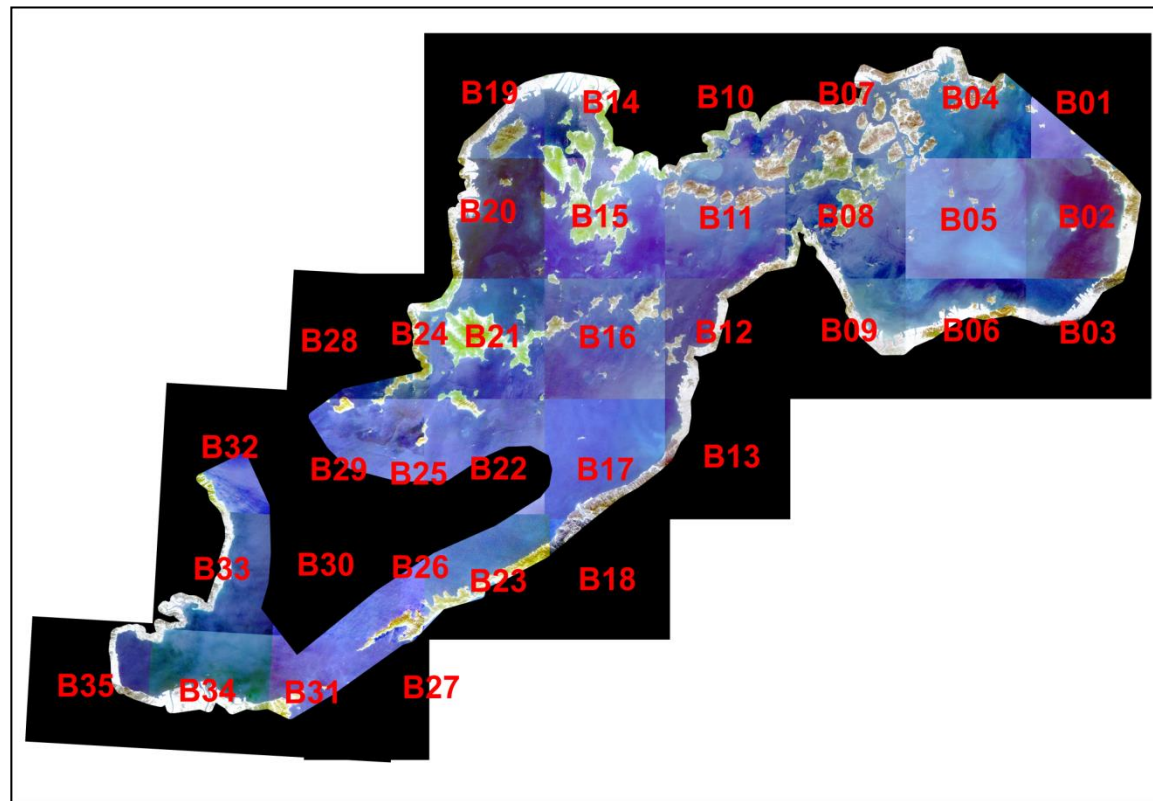


<参考> 調査方法 ①衛星画像取得

取得衛星画像: RapidEye Earth Observation Constellation (解像度: 5m)

撮影時期: 藻場繁茂期(春季)

平成26~28年の期間内に撮影された、雲量が少なく海水透明度の高い画像を選定



画像番号	撮影日	画像番号	撮影日	画像番号	撮影日	画像番号	撮影日	画像番号	撮影日
B01	2014/4/25	B08	2015/4/17	B15	2015/5/5	B22	2016/3/20	B29	2016/3/26
B02	2016/3/15	B09	2016/3/21	B16	2016/3/20	B23	2016/3/3	B30	2016/3/26
B03	2016/2/18	B10	2015/5/5	B17	2016/3/3	B24	2016/3/26	B31	2016/3/2
B04	2016/3/15	B11	2016/3/20	B18	2016/3/20	B25	2016/3/26	B32	2016/4/14
B05	2016/3/15	B12	2016/3/3	B19	2016/3/26	B26	2016/3/26	B33	2016/3/2
B06	2016/3/21	B13	2016/3/3	B20	2016/3/26	B27	2016/3/2	B34	2016/3/2
B07	2016/3/21	B14	2015/5/5	B21	2015/5/5	B28	2014/5/2	B35	2016/3/2

<参考> 調査方法 ②放射量補正

・ 衛星画像には、解析に必要な情報(海底からの反射光)以外に、水や大気の影響が含まれているため、これらの影響を取り除く放射量補正を実施

<放射量補正のイメージ>

補正前

衛星画像(上空から)

解析に必要な情報(海底からの反射光)以外の影響を受けるため、底質の違いが明瞭でなく、解析に適さない。

衛星で受け取る光の情報

取り除く

水中と大気中からの光の情報

海面下からの反射光

砂 藻場

底質の状況

太陽光 衛星の方向

海面

海底

水中における光のイメージ(補正前)

補正後

衛星画像(上空から)

解析に必要な情報(海底からの反射光)のみを抽出し、増幅することで、底質の違いが明瞭になる。

衛星で受け取る光の情報

増幅する

砂 藻場

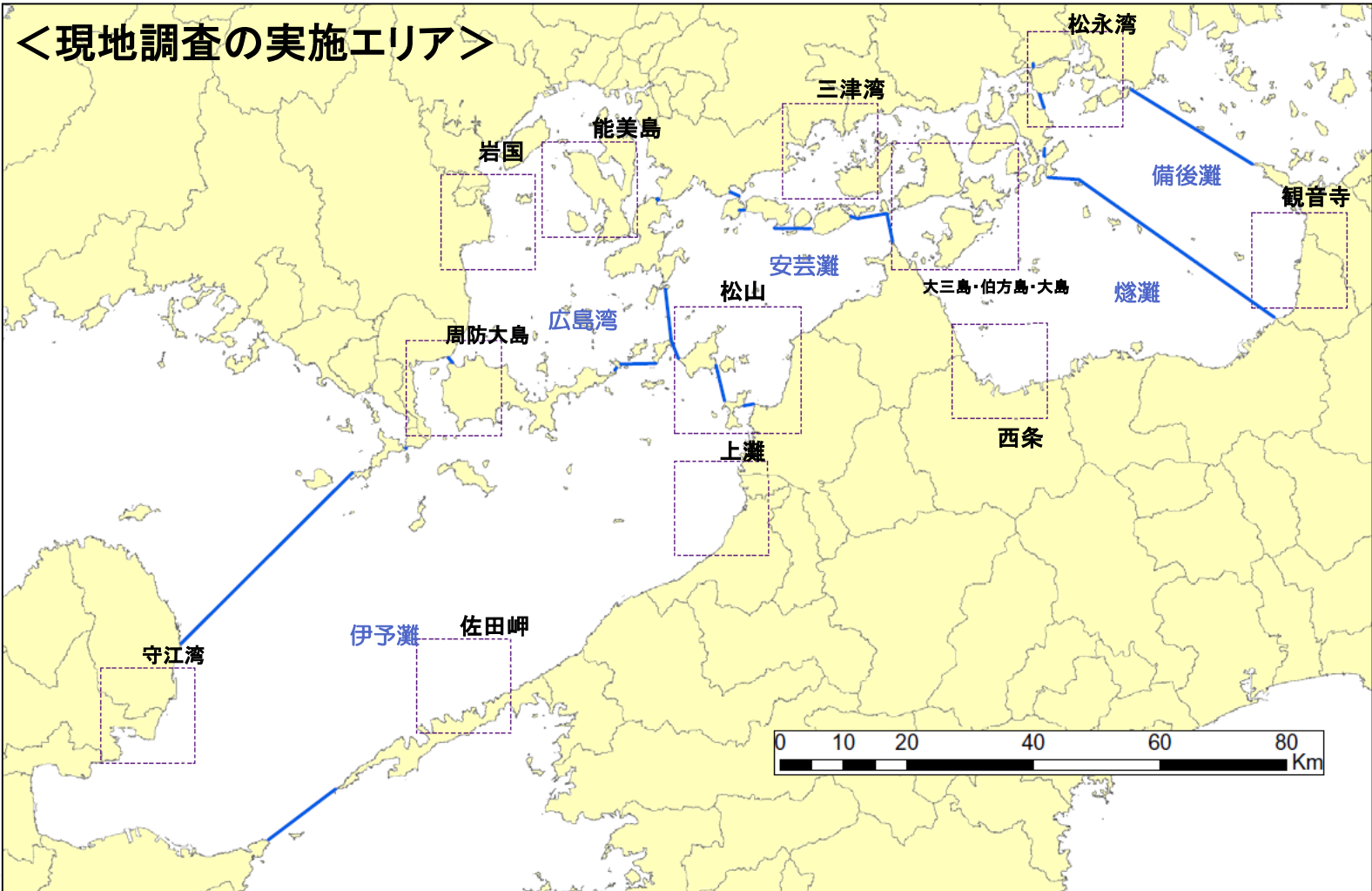
底質の状況

※水中での光の散乱、減衰等の影響を除去

水中における光のイメージ(補正後)

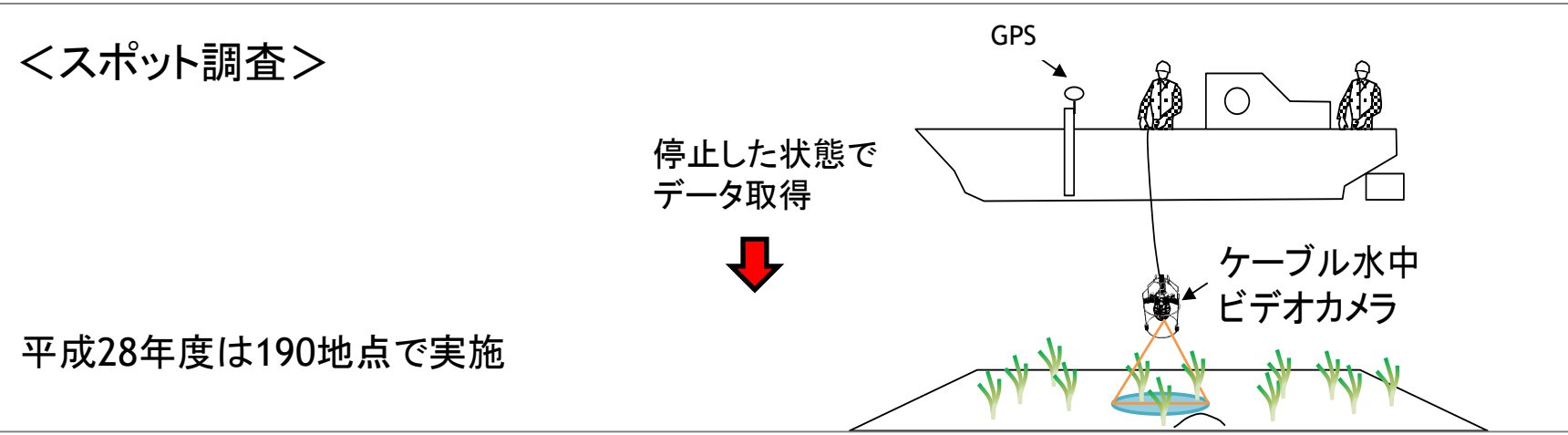
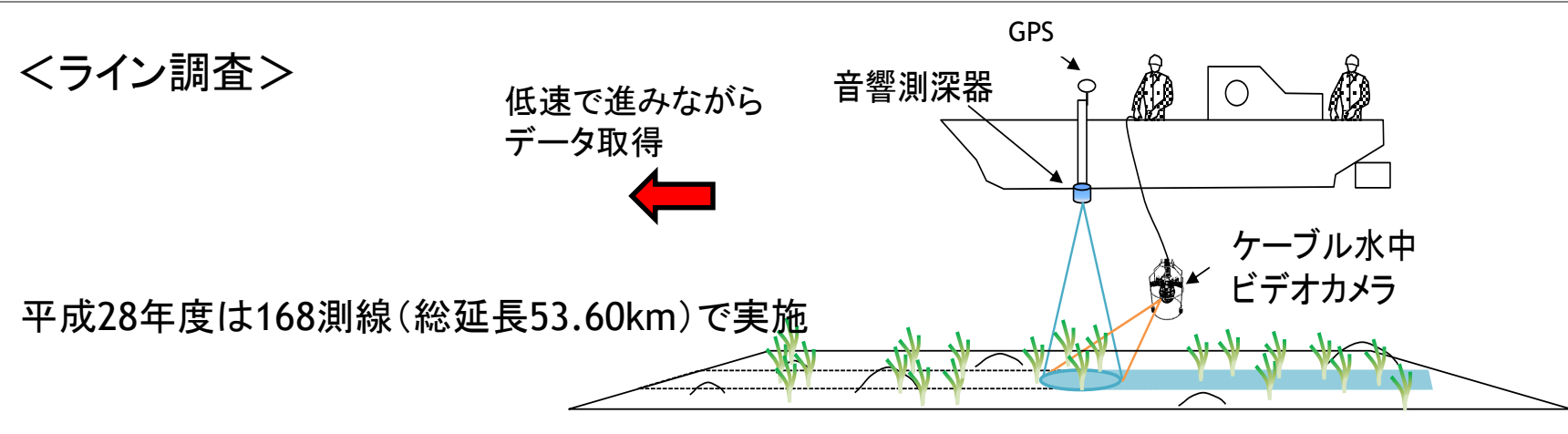
<参考> 調査方法 ③現地調査(エリア選定)

- ・平成28年度の調査では、備後灘、燧灘、安芸灘、広島湾及び伊予灘のうち12エリア(下図点線枠内)において現地調査を実施
- ・調査エリアの選定にあたっては、環境要因(波浪や光条件等)及び既往知見による藻場・干潟の有無を考慮



<参考> 調査方法 ③現地調査(調査手法)

- ・ 画像解析に必要な基礎情報を得るため、海藻草類の有無及び水深を現地で確認 (実施時期:平成28年5月～6月)
- ・ 地形や藻場の分布状況に応じて、ライン調査とスポット調査を併用

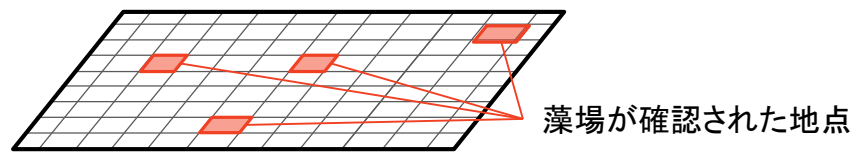


<参考> 調査方法 ④画像解析(藻場)

・ 現地調査データと衛星画像情報の比較・確認により画像解析を行い、藻場に該当する輝度(光の明るさ)の画素を藻場として分類

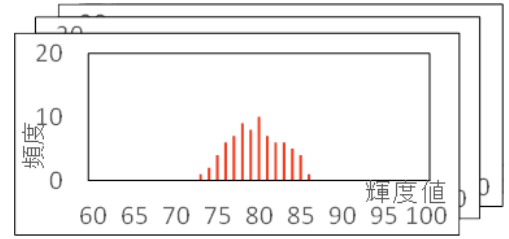
<藻場に係る画像解析>

①現地調査において、藻場が確認された地点の画素を抽出
 小型海藻類については、被度(海底を覆う面積割合)が5%以上の地点を、大型海藻類、海草類については被度に関わらず確認できた地点を藻場とした。



②藻場が確認された画素の輝度のヒストグラムを作成

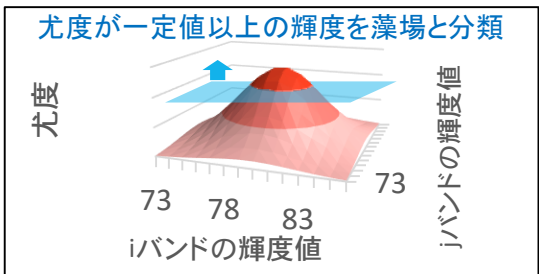
衛星画像(Rapid Eye)で観測された3種類の波長帯について、それぞれヒストグラムを作成。



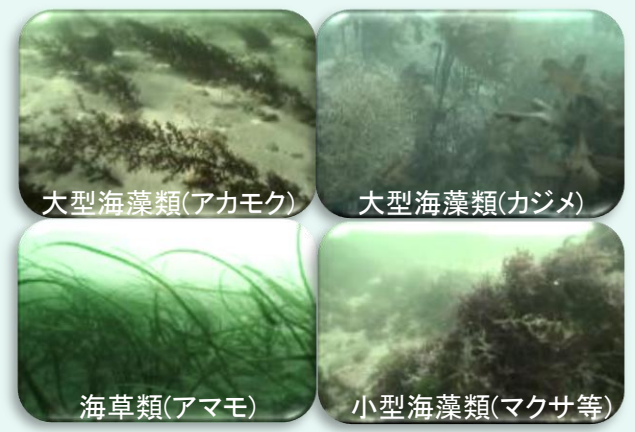
③輝度と尤度(藻場である確率)の関係を整理

藻場に該当する輝度の範囲を抽出するため、それぞれの波長帯の輝度を変数とする、輝度と尤度の関係を整理。

※右図はイメージのために、iバンドとjバンドの2種類の波長帯を変数としているが、実際には3種類の波長帯の輝度を変数としている。

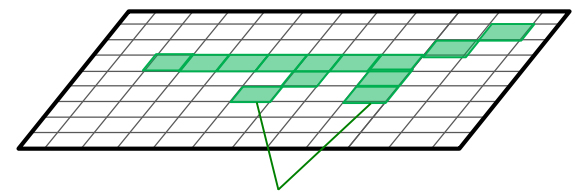


<水中ケーブルカメラで撮影した画像>



④尤度が一定値以上の輝度を持つ画素を藻場と分類

現地調査を実施していない海域においても、藻場である確率が一定値以上の画素については、藻場と分類。



画像解析により藻場と分類した地点

<参考> 調査方法 ④画像解析(干潟)

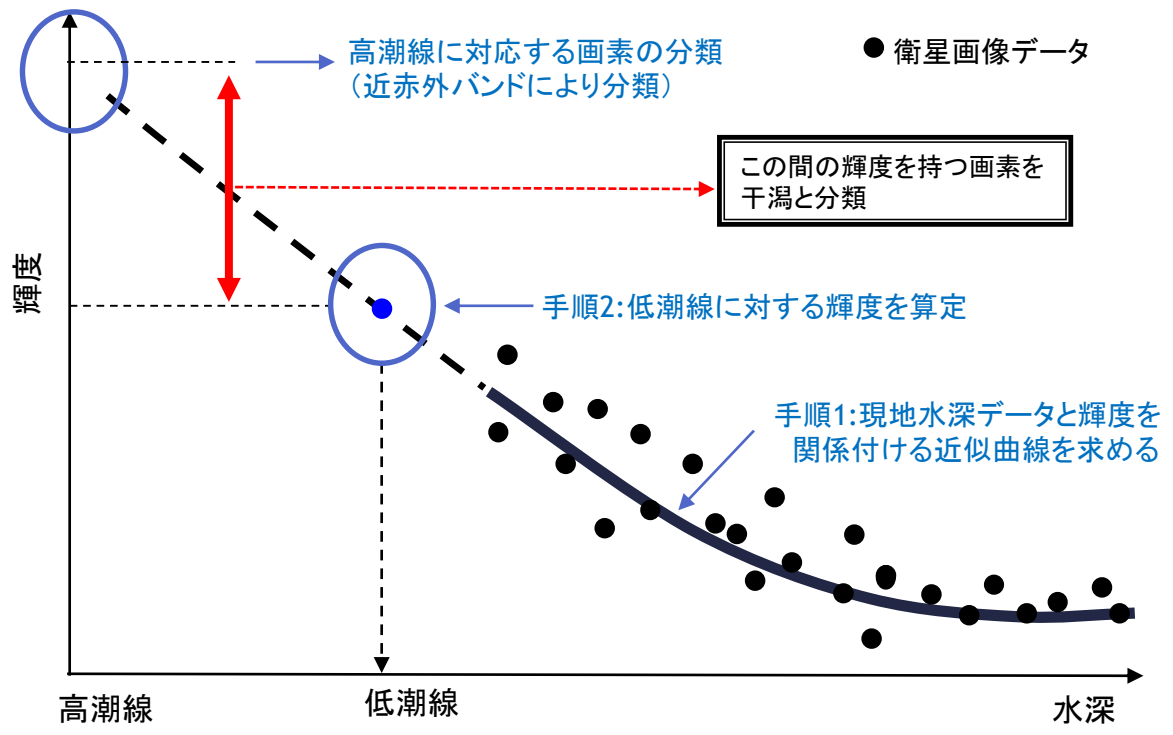
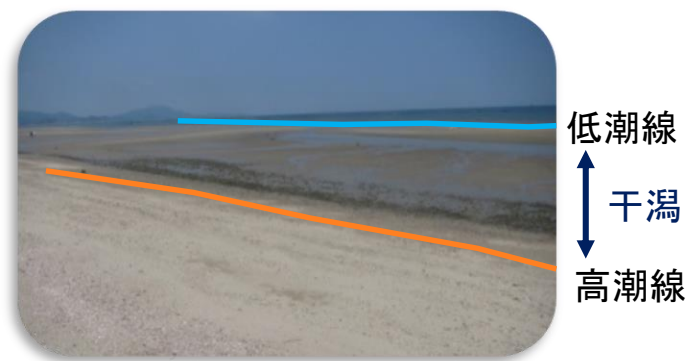
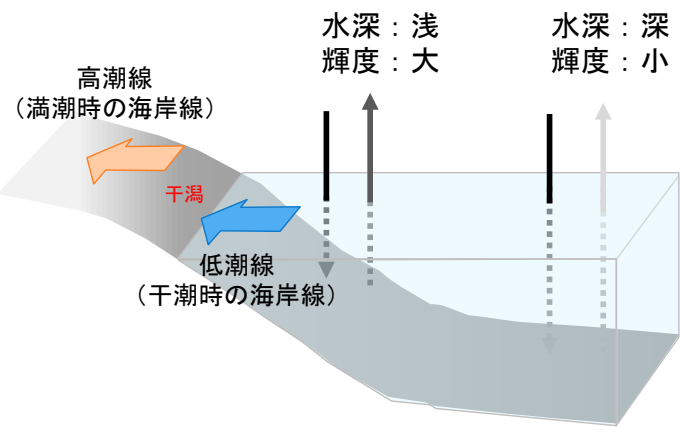
・ 現地調査データと衛星画像情報を比較・確認して画像解析し、干潟に該当する輝度の画素を干潟として分類

※干潟の抽出条件

高潮線(満潮時の海岸線)と低潮線(干潮時の海岸線)に囲まれた干出域が1ha以上で、移動しやすい底質(砂、礫、砂泥、泥)である地形。ただし、河口干潟については、河口から第1橋までを対象とした。

<干潟に係る画像解析>

高潮線は、近赤外バンド(水分の有無を判別できる)の衛星画像から分類
 低潮線は、水深と輝度(光の明るさ)の関係から、低潮線の輝度を算定
 高潮線と低潮線の間を干潟として分類



<参考> 既往ヒアリング調査結果との比較(藻場)

- ・ 9エリアで実施したヒアリング調査をもとに、藻場面積の経年変化を試算した。
- ・ 試算の結果、既往調査(平成元~2年度)と比較して、海草藻場(アマモ)は7エリアで増加、2エリアで減少となった。一方、海藻藻場(ガラモ等)は、4エリアで増加、3エリアで減少(2エリアは変化無し)が見られた。
- ・ 9エリア全体では、同期間で約17%の面積増加が見られた。
- ・ また、平成28年度に実施したヒアリング結果と衛星画像解析結果では、調査手法の差が見られた。

エリア名	藻場面積 (ha)			比較 (%)		
	藻場の種類	平成元~2年	平成28年度		経年変化 H1~2→H28 (B/A)	調査手法差 ヒアリング→ 画像解析結果 (C/B)
		第4回自然環境 保全基礎調査 (A)	ヒアリング調査 (B)	衛星画像解析 (C)		
松永湾	海草	45	62	-	137.8	-
	海藻	30	63	-	210.0	-
	合計	75	125	129	166.7	103.2
三津湾	海草	623	838	-	134.5	-
	海藻	5	5	-	100.0	-
	合計	628	843	941	134.2	111.6
大三島・伯方島・大島	海草	886	933	-	105.3	-
	海藻	460	674	-	146.5	-
	合計	1,345	1,607	1,422	119.5	88.5
能美島	海草	180	193	-	107.2	-
	海藻	51	69	-	135.3	-
	合計	231	261	133	113.0	51.0
周防大島	海草	250	235	-	94.0	-
	海藻	21	21	-	100.0	-
	合計	271	255	248	94.1	97.3
守江湾	海草	72	150	-	208.3	-
	海藻	231	141	-	61.0	-
	合計	302	291	300	96.4	103.1
松山	海草	431	283	-	65.7	-
	海藻	342	635	-	185.7	-
	合計	773	918	273	118.8	29.7
上灘	海草	0	3	-	(皆増)	-
	海藻	195	62	-	31.8	-
	合計	195	65	39	33.3	60.0
佐田岬	海草	0	12	-	(皆増)	-
	海藻	508	440	-	86.6	-
	合計	508	452	113	89.0	25.0

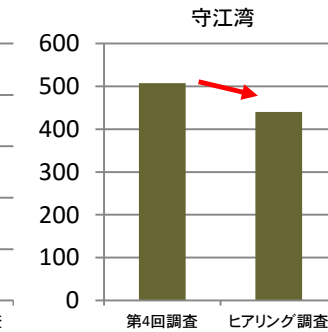
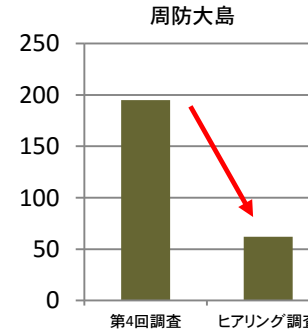
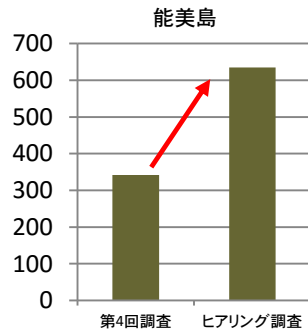
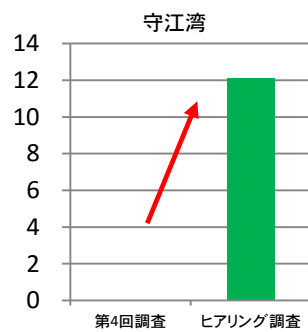
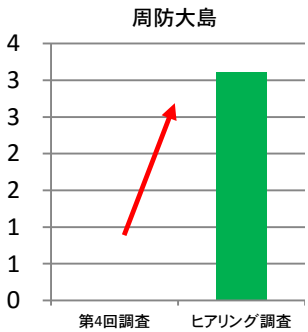
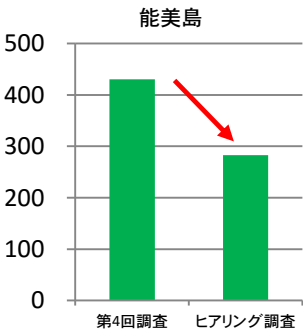
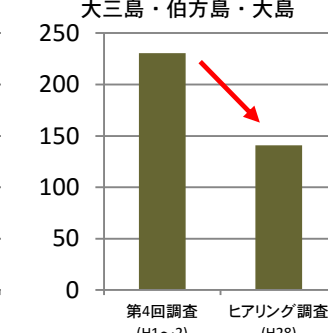
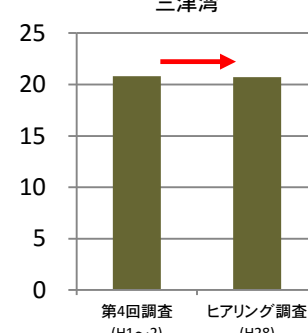
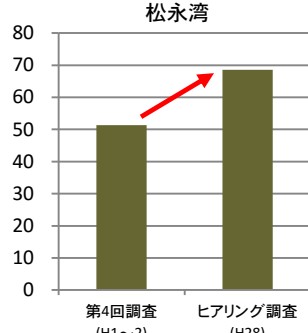
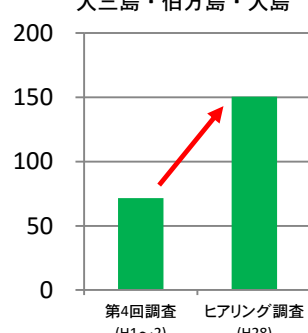
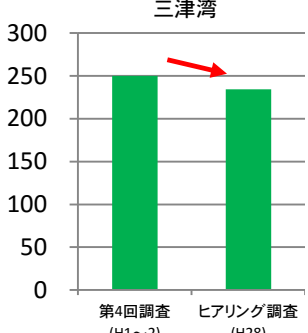
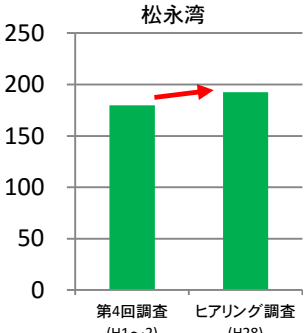
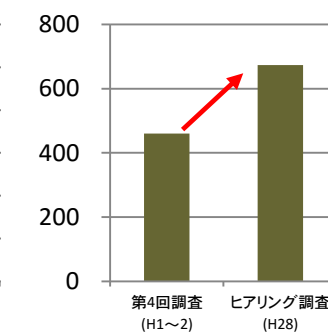
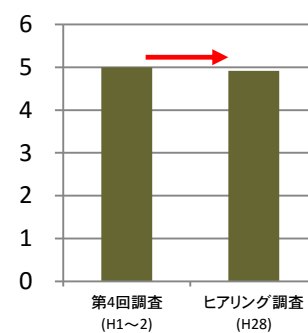
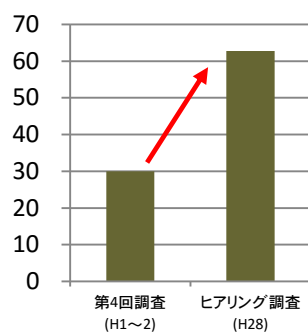
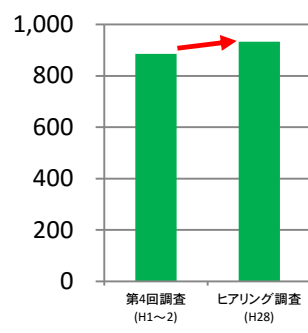
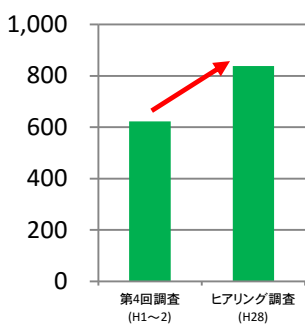
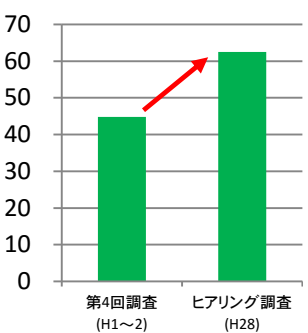
※第4回自然環境保全基礎調査は、GISデータより面積集計 ※『海草藻場』・・・アマモ場 『海藻藻場』・・・ガラモ場、アラメ場、ワカメ場、テングサ場、アオサ場
 ※衛星画像の解析手法では、海藻草類による輝度の違いが明瞭でないため、藻場の種類は分類していない

<参考> 既往ヒアリング調査結果との比較(藻場)

《経年変化の比較》

海草藻場(ha)

海藻藻場(ha)



松山

上灘

佐田岬

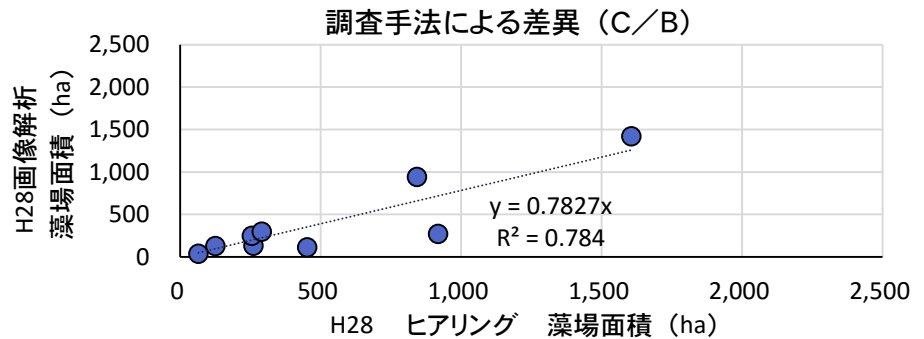
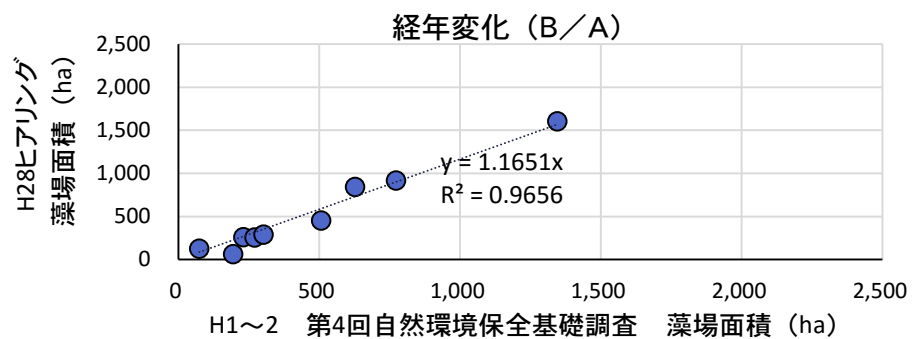
松山

上灘

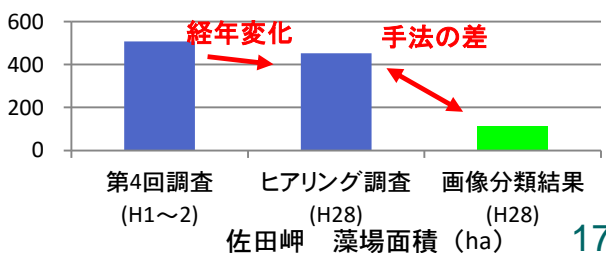
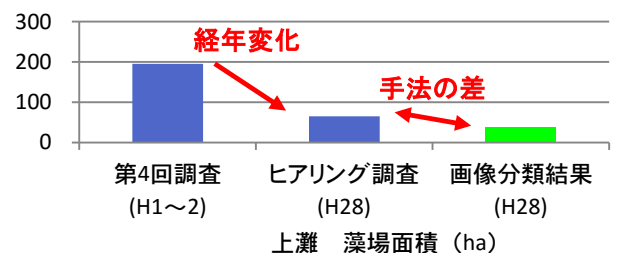
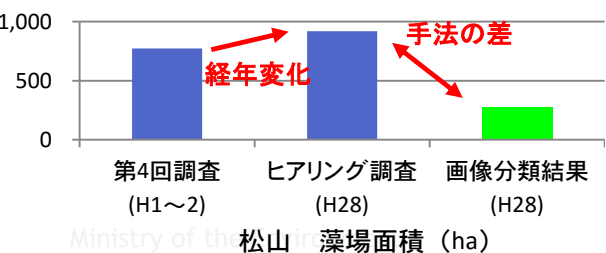
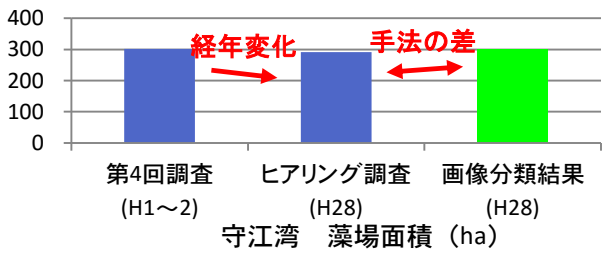
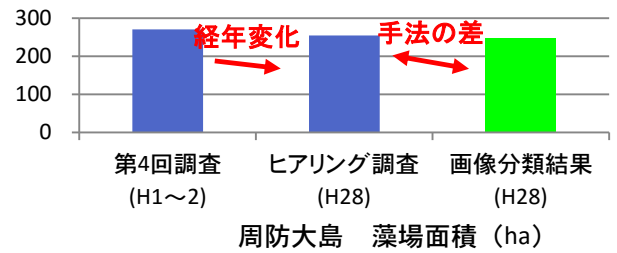
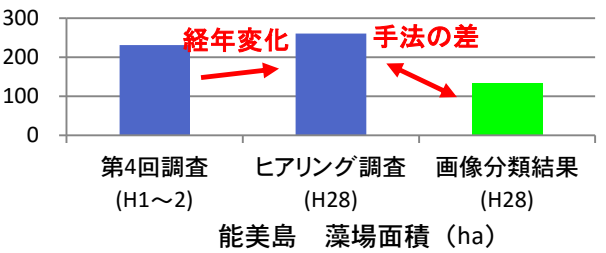
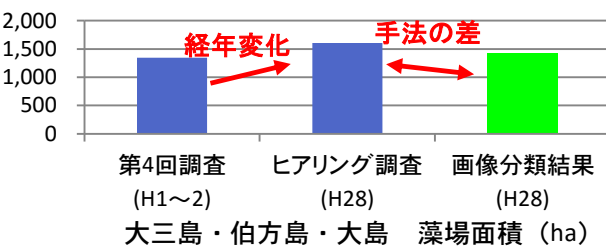
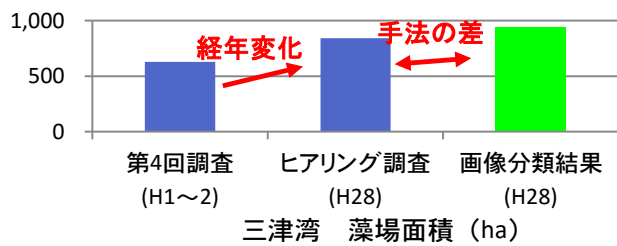
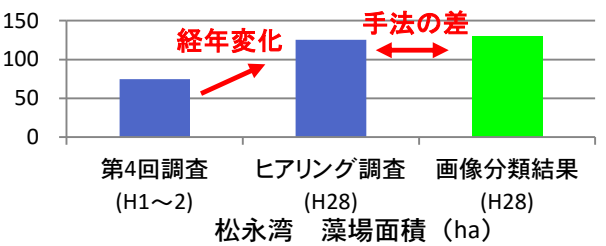
佐田岬

<参考> 既往ヒアリング調査結果との比較(藻場)

・ 藻場面積の経年変化及び調査手法差を試算した結果、経年変化(H1~2→H28)は約1.2倍、調査手法差(ヒアリング→衛星画像解析)は約0.8倍であった。



<<経年変化(H1~2→H28)、調査手法差(ヒアリング→衛星画像解析)>>



<参考> 既往ヒアリング調査結果との比較(干潟)

- ・ 9エリアで実施したヒアリング調査をもとに、干潟面積の経年変化を試算した。
- ・ 試算の結果、既往調査(平成元~2年度)と比較して、2エリアで増加、7エリアで変化無しであった。9エリア全体では、同期間で約5%の面積増加が見られた。
- ・ また、平成28年度に実施したヒアリング結果と衛星画像解析結果では、調査手法の差が見られた。

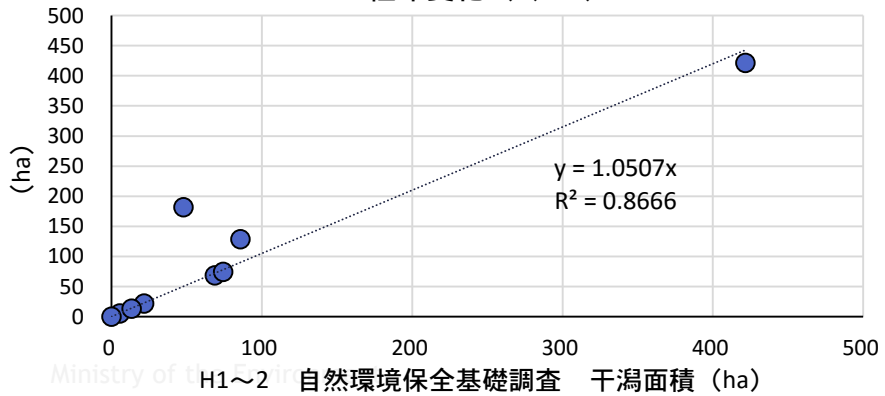
エリア名	干潟面積(ha)		
	平成元~2年	平成28年度	
	第4回自然環境保全基礎調査(A)	ヒアリング調査(B)	衛星画像解析(C)
松永湾	69	69	22
三津湾	74	74	507
大三島・伯方島・大島	48	182	57
能美島	86	129	129
周防大島	22	22	121
守江湾	422	422	360
松山	5	5	82
上灘	13	13	48
佐田岬	0	0	0

比較(%)	
経年変化	調査手法差
H1~2→H28 (B/A)	ヒアリング→衛星画像解析 (C/B)
100.0	31.9
100.0	685.1
379.2	31.3
150.0	100.0
100.0	550.0
100.0	85.3
100.0	1640.0
100.0	369.2
-	-

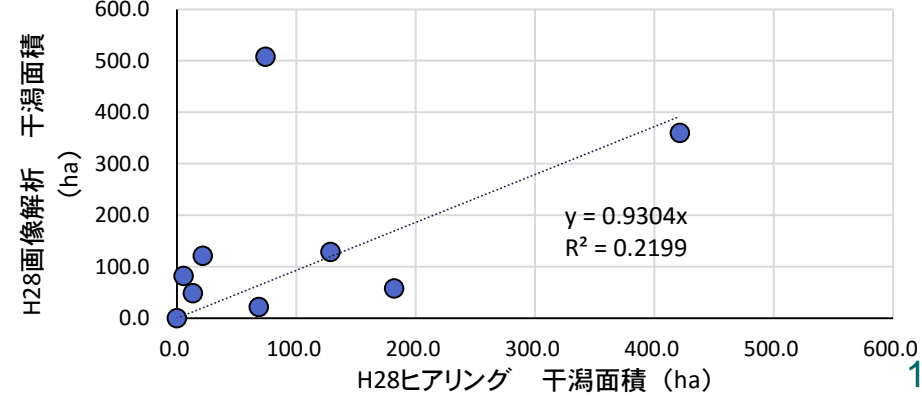
※第4回自然環境保全基礎調査は、GISデータより面積集計

H28ヒアリング 干潟面積 (ha)

経年変化 (B/A)

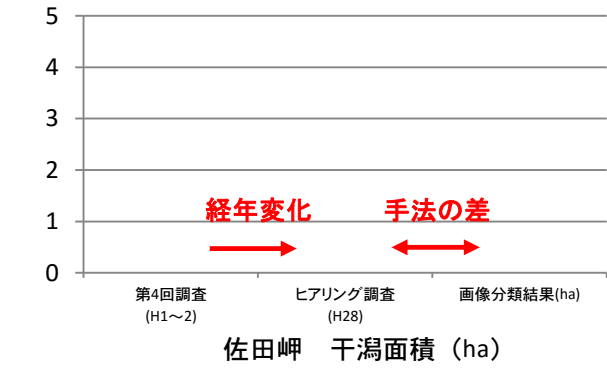
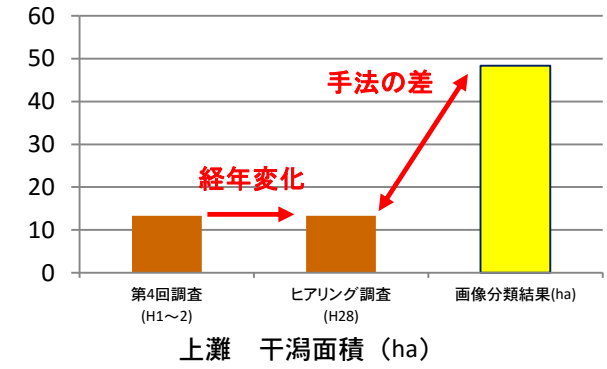
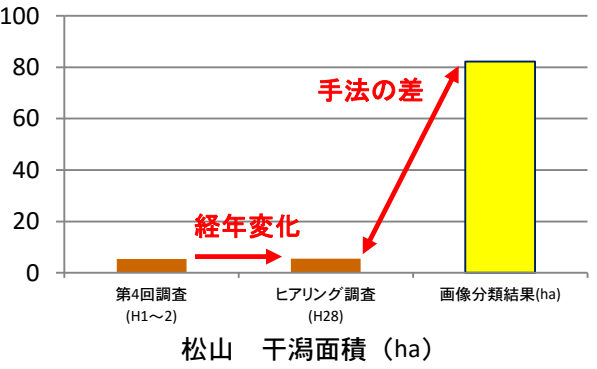
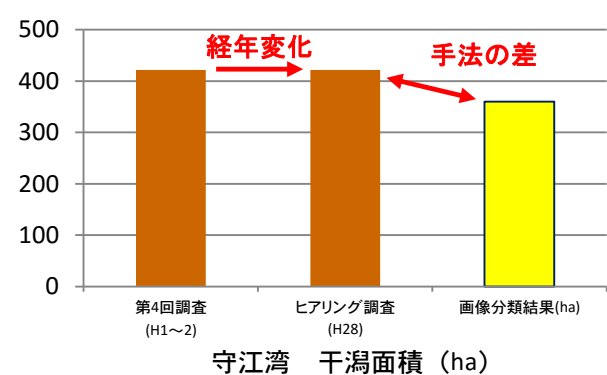
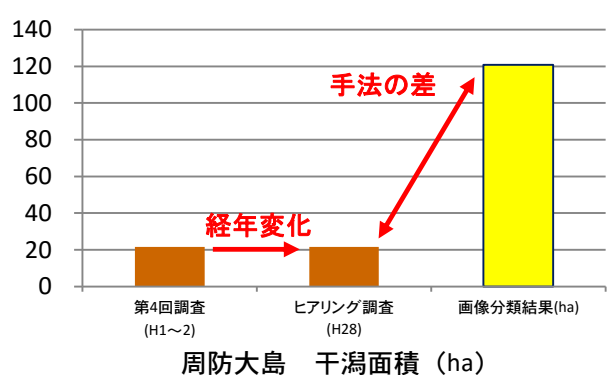
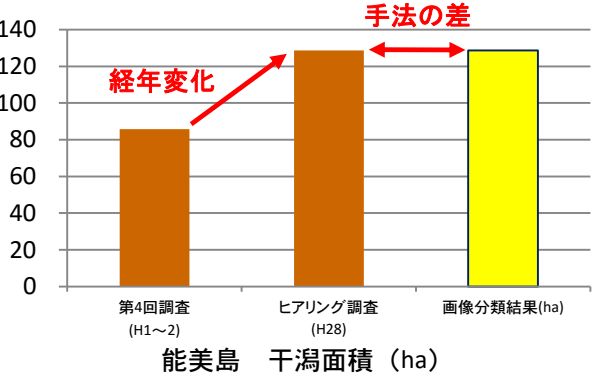
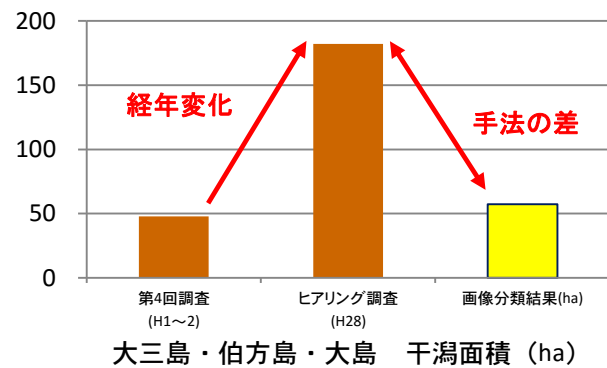
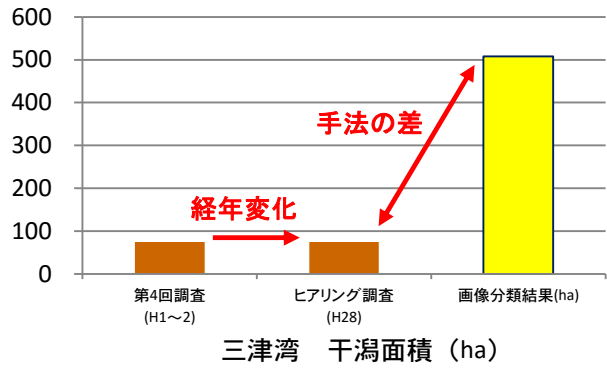
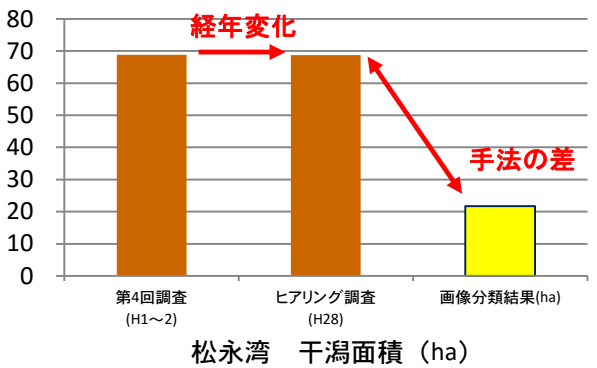


調査手法による差異 (C/B)



<参考> 既往ヒアリング調査結果との比較(干潟)

《経年変化の比較》



<参考> 衛星画像解析の精度

- 本調査における衛星画像解析精度を検証するため、現地調査結果との比較により精度の検証を行った。
- 藻場の解析結果の精度は71%、干潟の解析結果の精度は90%と良好であった。

※精度 = (現地調査結果と衛星画像解析結果の一致地点数) / (全地点数) として算定

[藻場の解析精度]

(地点数)

衛星画像解析結果	現地調査結果		
	藻場	藻場以外	計
藻場	2,693	130	2,823
藻場以外	1,500	1,237	2,737
計	4,193	1,367	5,560

藻場の解析精度: $(2,693 + 1,237) / 5,560 = 71\%$

[干潟の解析精度]

(地点数)

衛星画像解析結果	現地調査結果		
	干潟	干潟以外	計
干潟	3,749	179	3,928
干潟以外	337	1,047	1,384
計	4,086	1,226	5,312

干潟の解析精度: $(3,749 + 1,047) / 5,312 = 90\%$

* 衛星リモートセンシング技術を用いて作成した沿岸域の生息分布図(藻場等を含む)について、合理的な精度は60~80%であるといわれている (Mumby et al.,1999)