



瀬戸内海における藻場・干潟分布状況調査 調査結果（西部海域）

平成30年9月
環境省

- 瀬戸内海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～29年度の3年間で実施した。

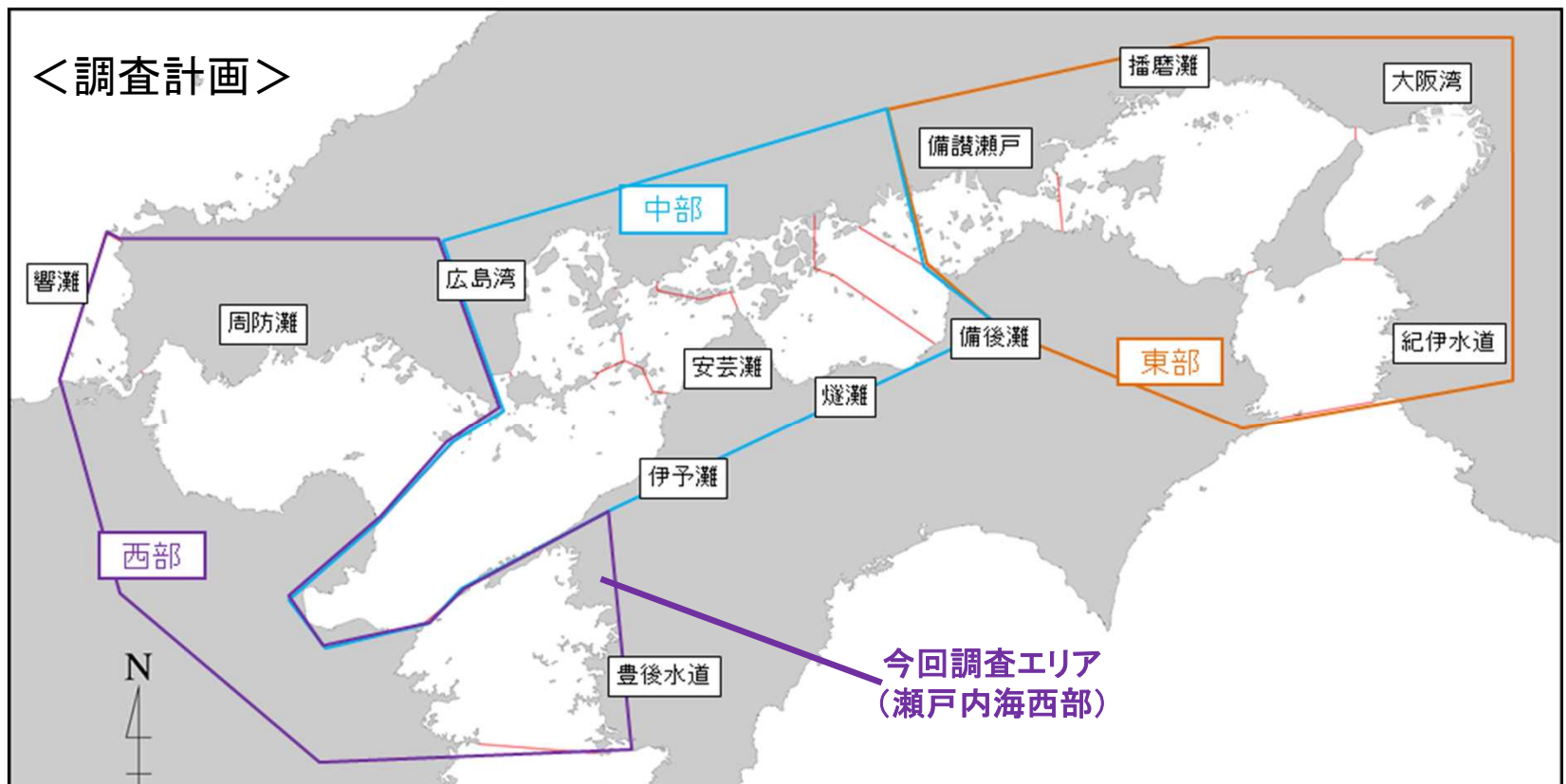


アマモ(藻場)



干潟

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



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	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 (今回調査)	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)》

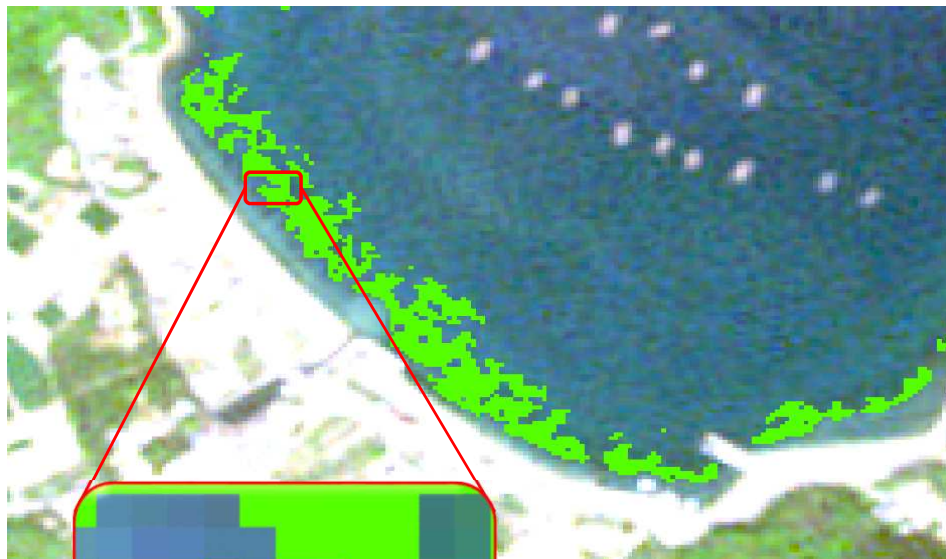
現地調査データを活用し、画素(5m×5m)ごとに藻場・干潟の有無を解析

《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

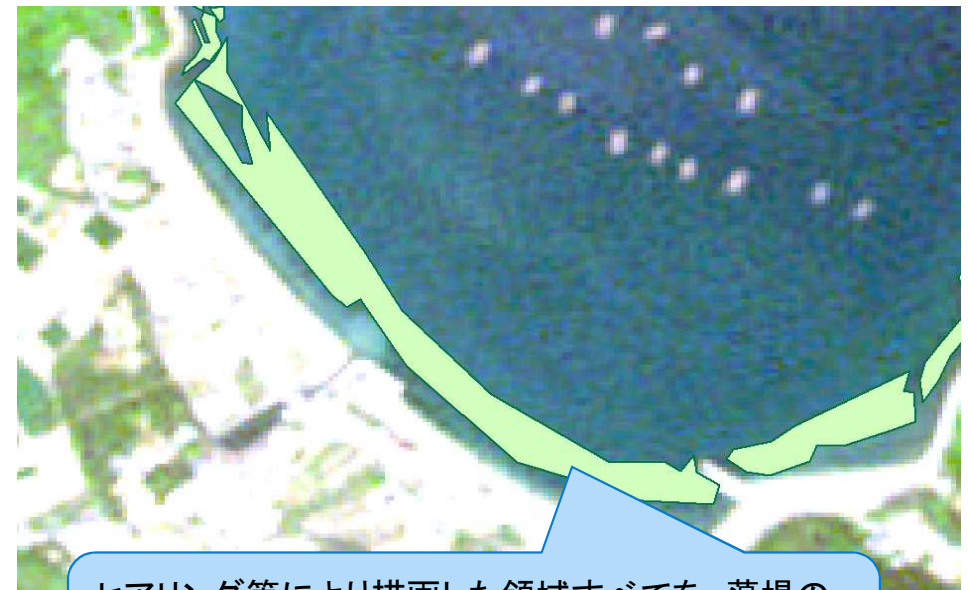
＜藻場の解析結果(例)＞

 画像解析による藻場分布域



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。

 ヒアリングによる藻場分布域



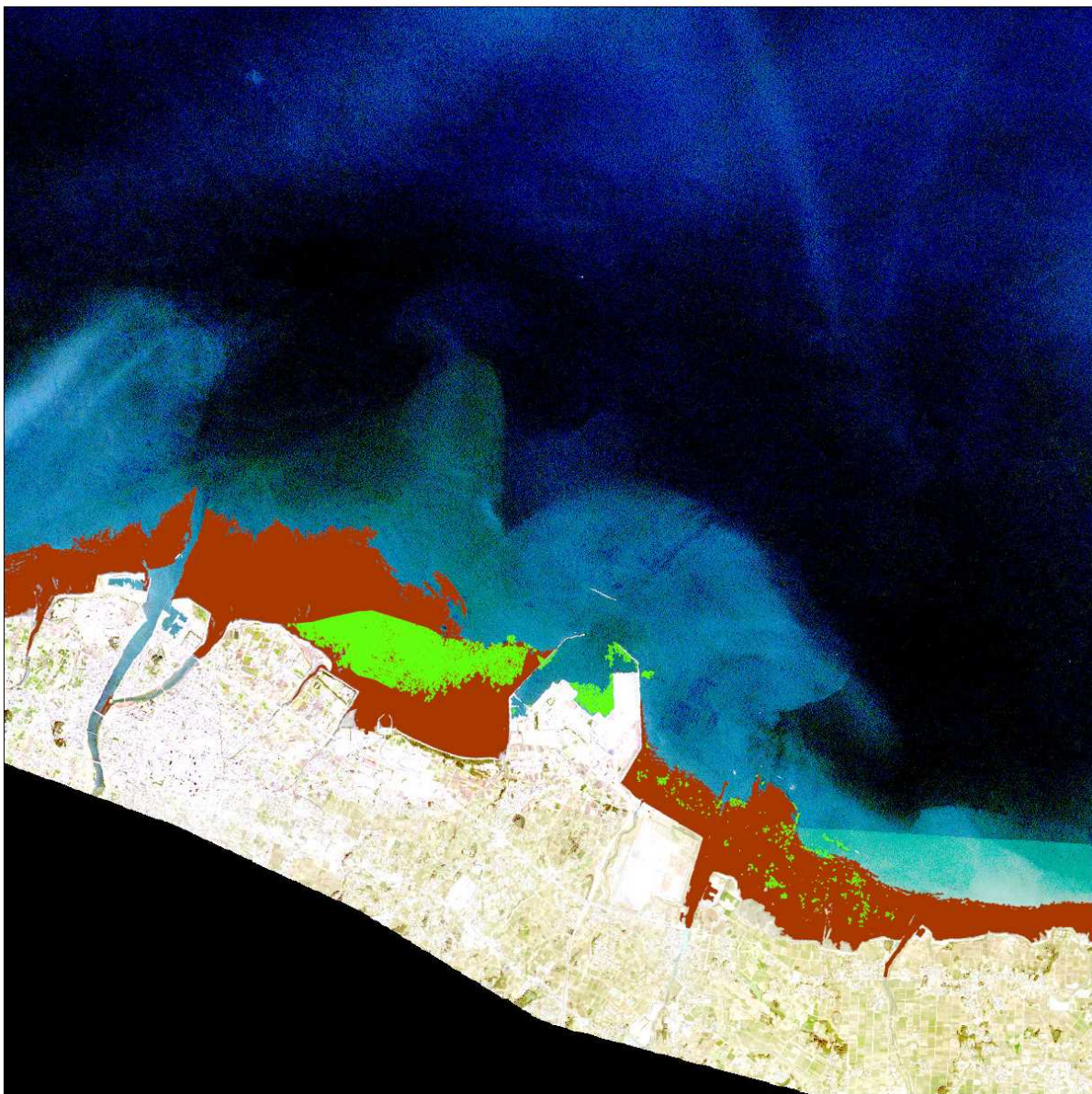
ヒアリング等により描画した領域すべてを、藻場の分布域として抽出しているため、**分布面積がやや過大**となる傾向がある。

※画像解析による手法の詳細は、P 7～13を参照下さい




海域		藻場面積 (ha)	干潟面積 (ha)
響灘	山口県	1,297	46
	福岡県	921	-
	計	2,218	46
周防灘	山口県	1,386	1,832
	福岡県	22	1,827
	大分県	517	2,883
	計	1,925	6,541
豊後水道	愛媛県	705	41
	大分県	519	28
	計	1,224	69
瀬戸内海(西部)合計		5,367	6,657

※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 (大分県中津の例)



凡例

-  藻場分布域
-  干潟分布域
-  湾灘境界

※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

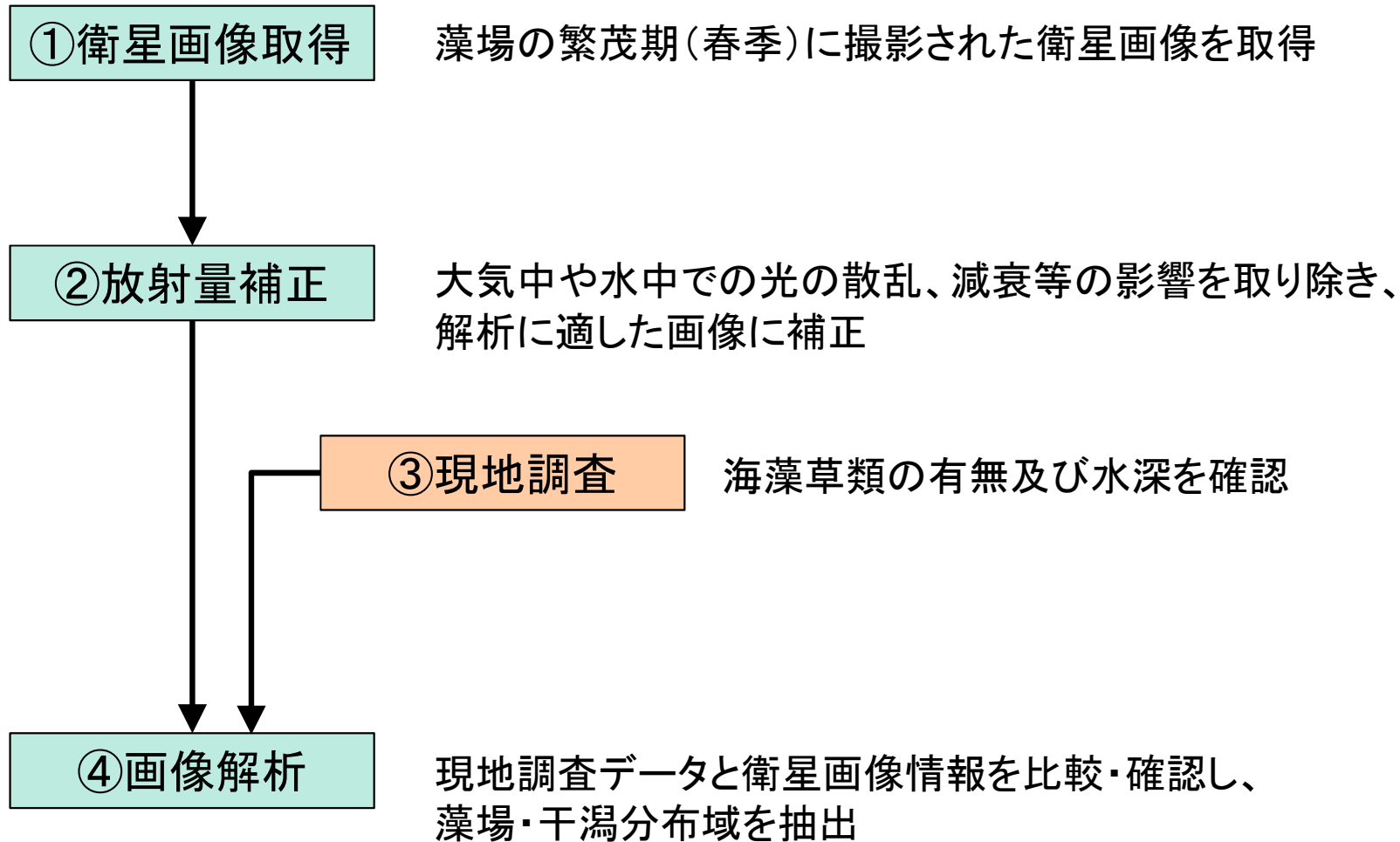
http://www.env.go.jp/water/heisa/survey/result_setonaikai.html

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、8エリア(下図枠内)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29年度)では藻場面積は約10%の減少が見られたが、海藻藻場(アマモ)については、ヒアリング調査を実施した8エリアのうち3エリアで増加、1エリアで減少(4エリアは変化無し)、海藻藻場(ガラモ等)については、3エリアで増加、5エリアで減少となった。干潟面積は変化が見られなかった。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・干潟の有無及び県のバランス等を考慮した。



※試算結果の詳細については、
p14~18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:

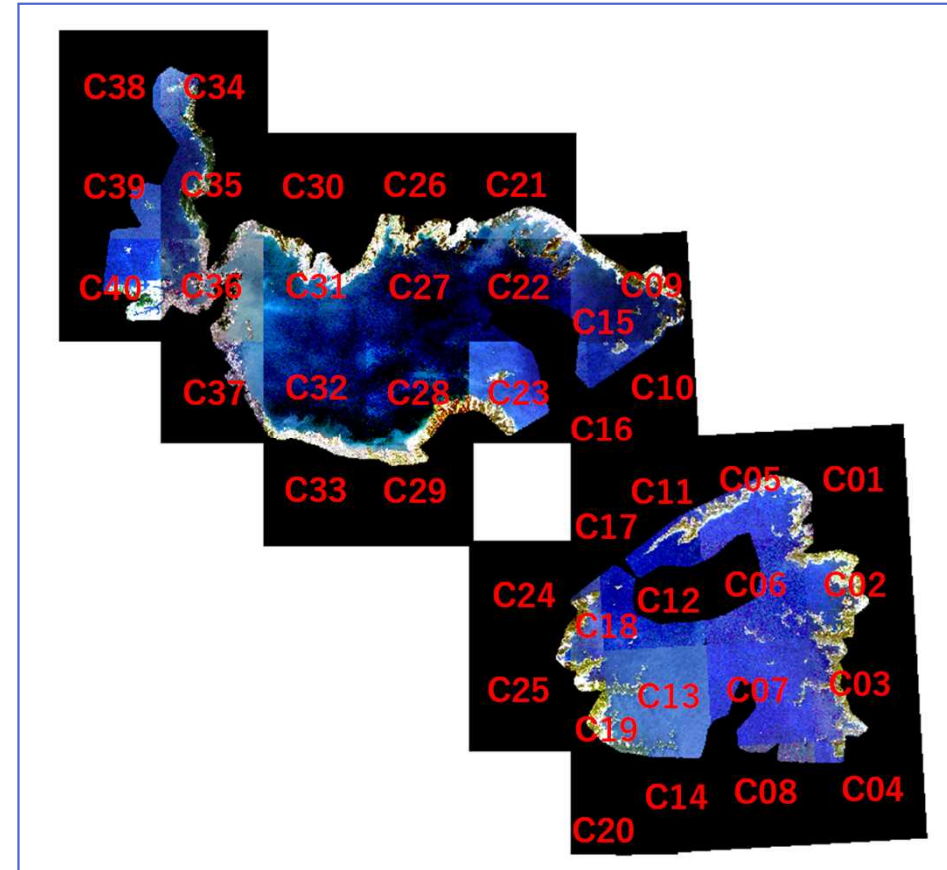
RapidEye Earth Observation Constellation

(解像度:5m)

撮影時期:

藻場繁茂期(2~5月)

平成27~29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




ID	撮影日	ID	撮影日	ID	撮影日	ID	撮影日
C01	平成28年3月3日	C11	平成28年3月2日	C21	平成28年3月15日	C31	平成28年3月15日
C02	平成28年3月3日	C12	平成28年3月2日	C22	平成28年3月15日	C32	平成28年3月15日
C03	平成28年3月3日	C13	平成28年3月26日	C23	平成28年3月15日	C33	平成28年3月15日
C04	平成28年3月3日	C14	平成28年3月26日	C24	平成29年3月17日	C34	平成28年2月28日
C05	平成28年3月3日	C15	平成29年3月17日	C25	平成29年3月17日	C35	平成28年4月19日
C06	平成28年3月3日	C16	平成28年3月26日	C26	平成28年3月15日	C36	平成28年4月17日
C07	平成28年3月3日	C17	平成29年3月17日	C27	平成28年3月15日	C37	平成28年4月17日
C08	平成28年3月20日	C18	平成29年3月17日	C28	平成28年3月15日	C38	平成28年4月19日
C09	平成29年3月17日	C19	平成28年3月26日	C29	平成28年3月15日	C39	平成28年4月19日
C10	平成28年3月26日	C20	平成27年5月5日	C30	平成28年3月15日	C40	平成28年4月19日

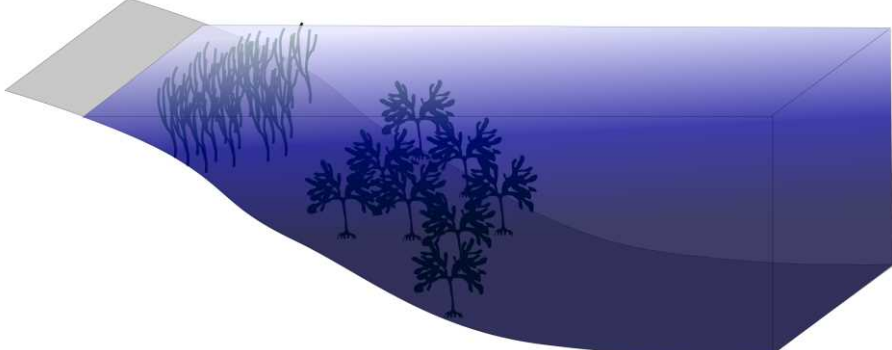
・ 衛星画像には、解析に必要な情報(海底からの反射光)以外に、水や大気の影響が含まれているため、これらの影響を取り除く放射量補正を実施

<放射量補正のイメージ>

補正前

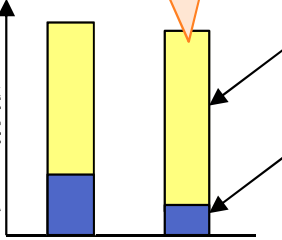


衛星画像(上空から)



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。

取り除く

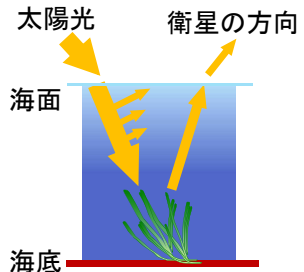


水中と大気中からの光の情報

海面下からの反射光

砂 藻場

底質の状況



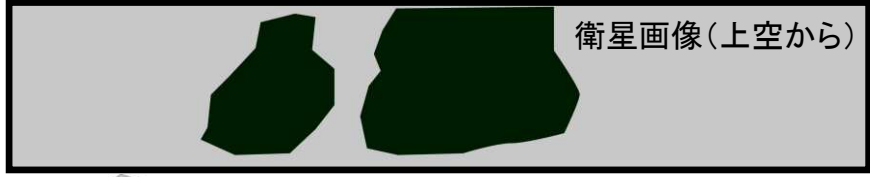
太陽光 衛星の方向

海面

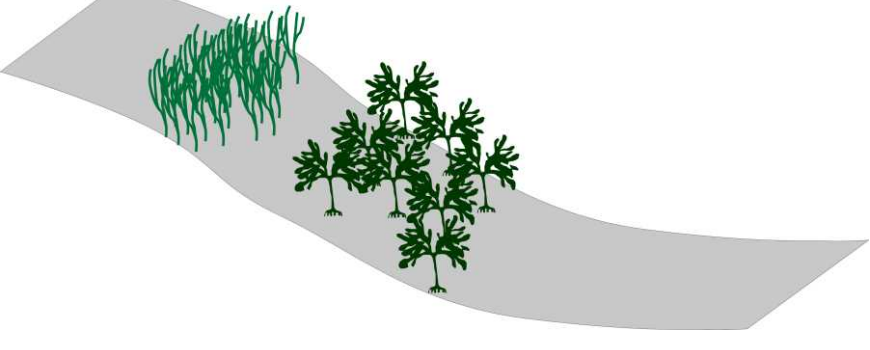
海底

水中における光のイメージ(補正前)

補正後

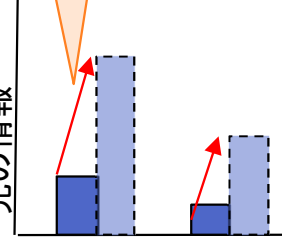


衛星画像(上空から)



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。

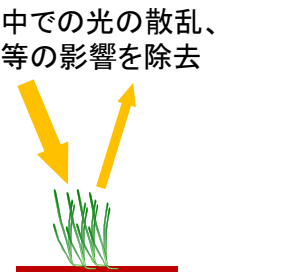
増幅する



砂 藻場

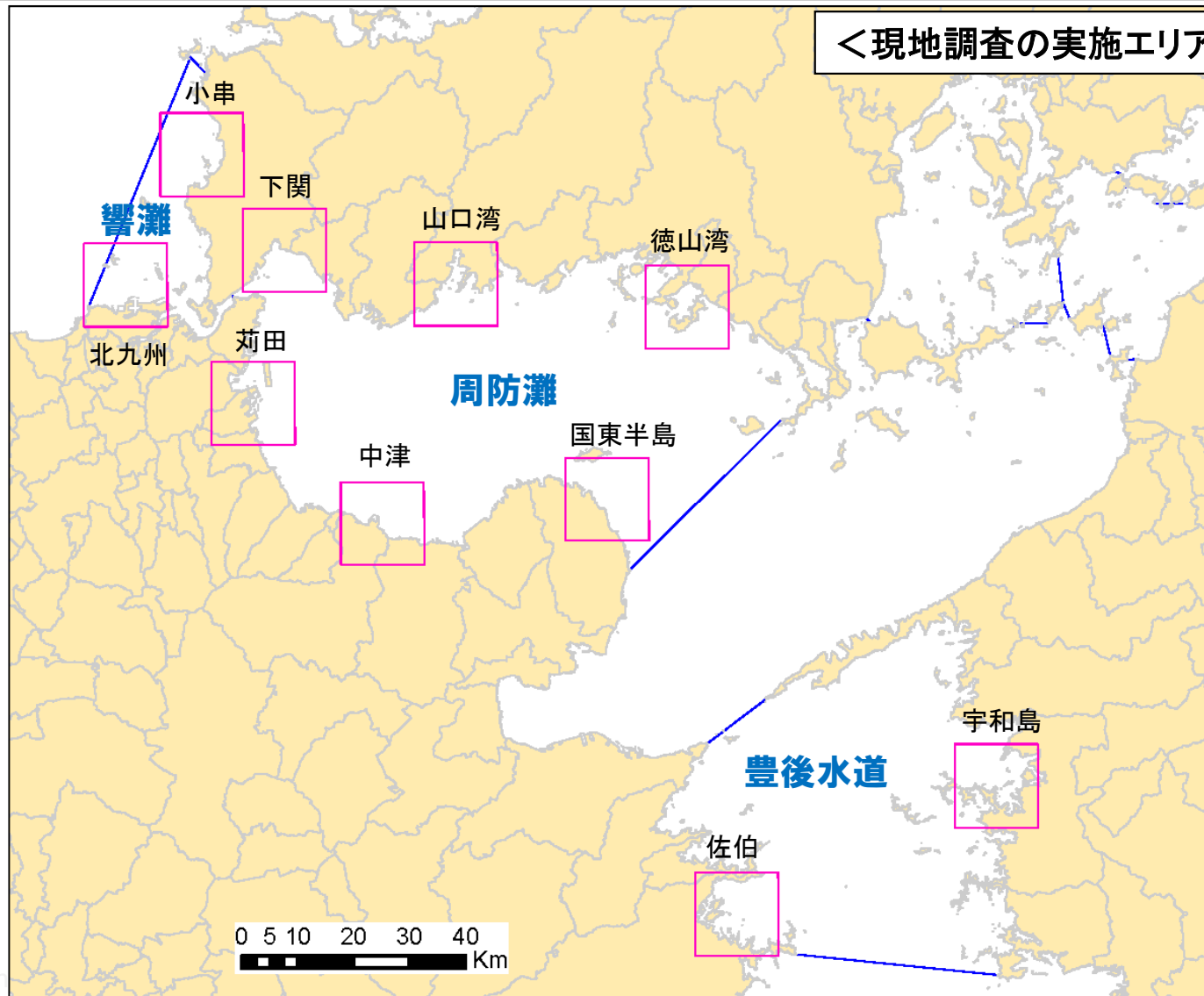
底質の状況

※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)

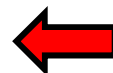
- 平成29年度の調査では、豊後水道、周防灘、響灘のうち10エリア(下図枠内)において現地調査を実施
- 調査エリアの選定にあたっては、環境要因(波浪や光条件等)及び既往知見による藻場・干潟の有無を考慮



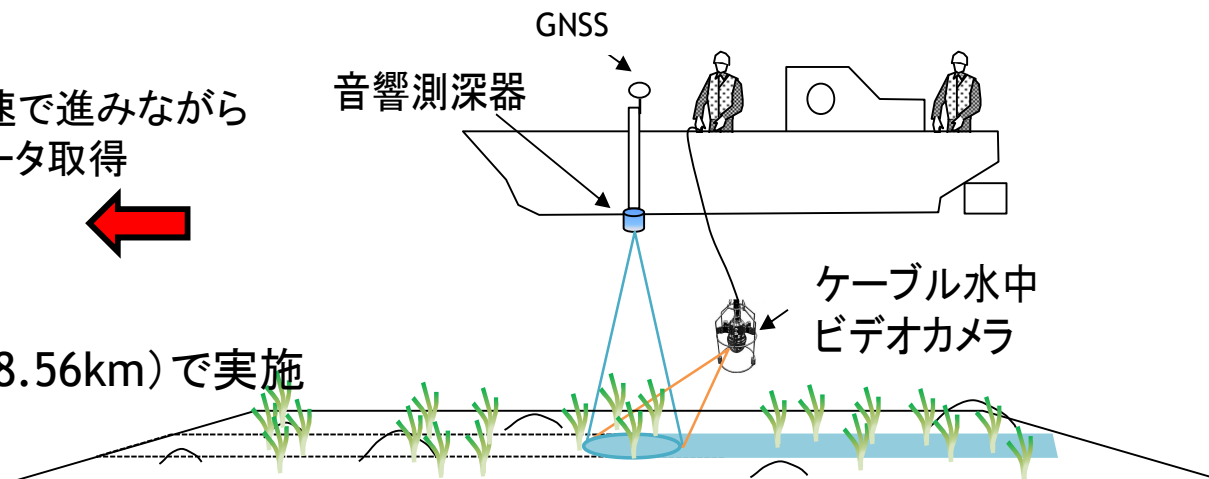
- 画像解析に必要な基礎情報を得るため、海藻草類の有無及び水深を現地で確認
(実施時期:藻場:平成29年5月15~30日、干潟:平成29年7月6、7日)
- 地形や藻場の分布状況に応じて、ライン調査とスポット調査を併用

<ライン調査>

低速で進みながら
データ取得



平成29年度は156測線(総延長78.56km)で実施

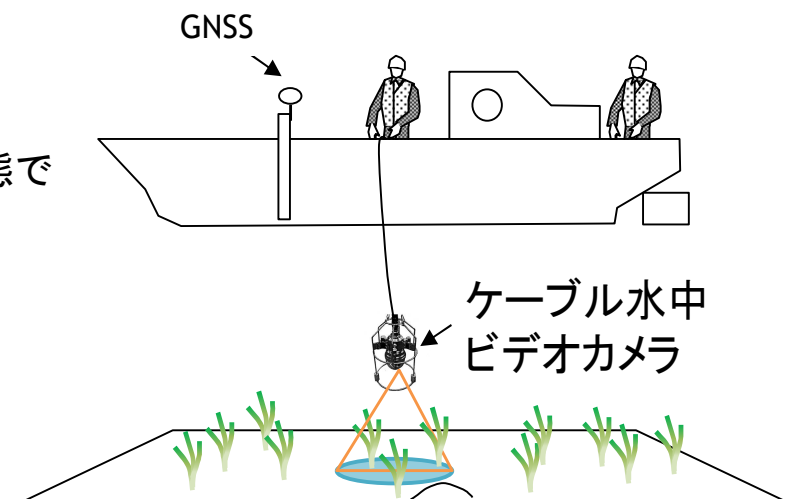


<スポット調査>

停止した状態で
データ取得



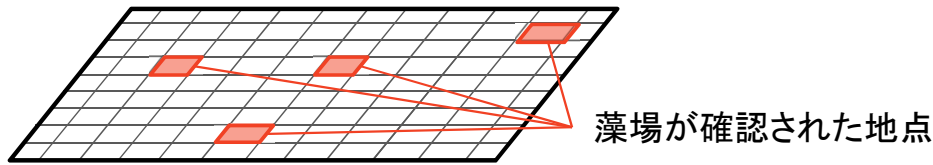
平成29年度は149地点で実施



・ 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

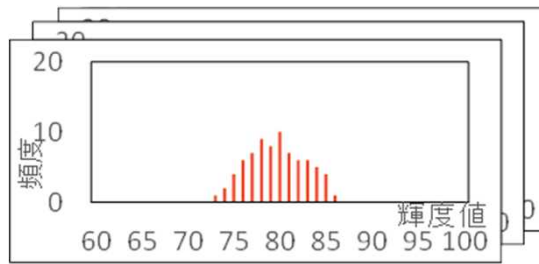
<藻場に係る画像解析>

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

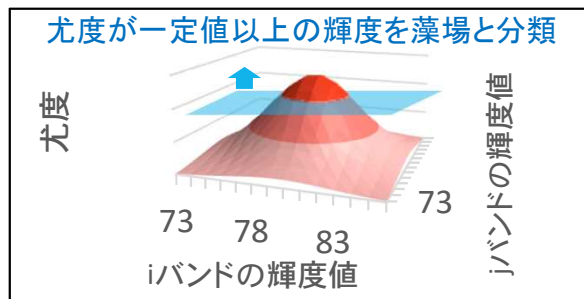
衛星画像(Rapid Eye)で観測された3種類の波長帯について、それぞれヒストグラムを作成。



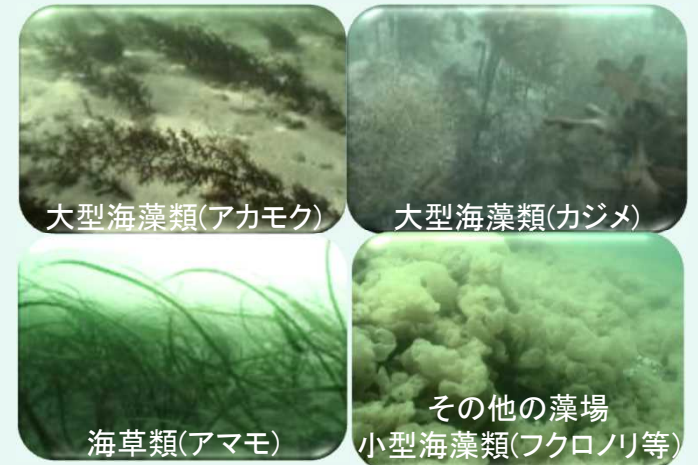
③輝度と尤度(藻場である確率)の関係を整理

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。

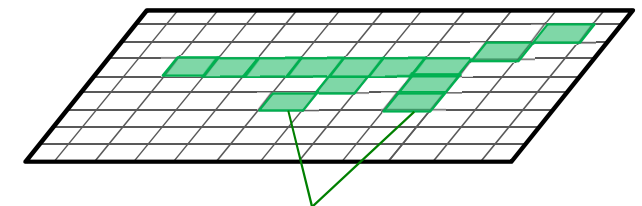


<水中ケーブルカメラで撮影した画像>



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

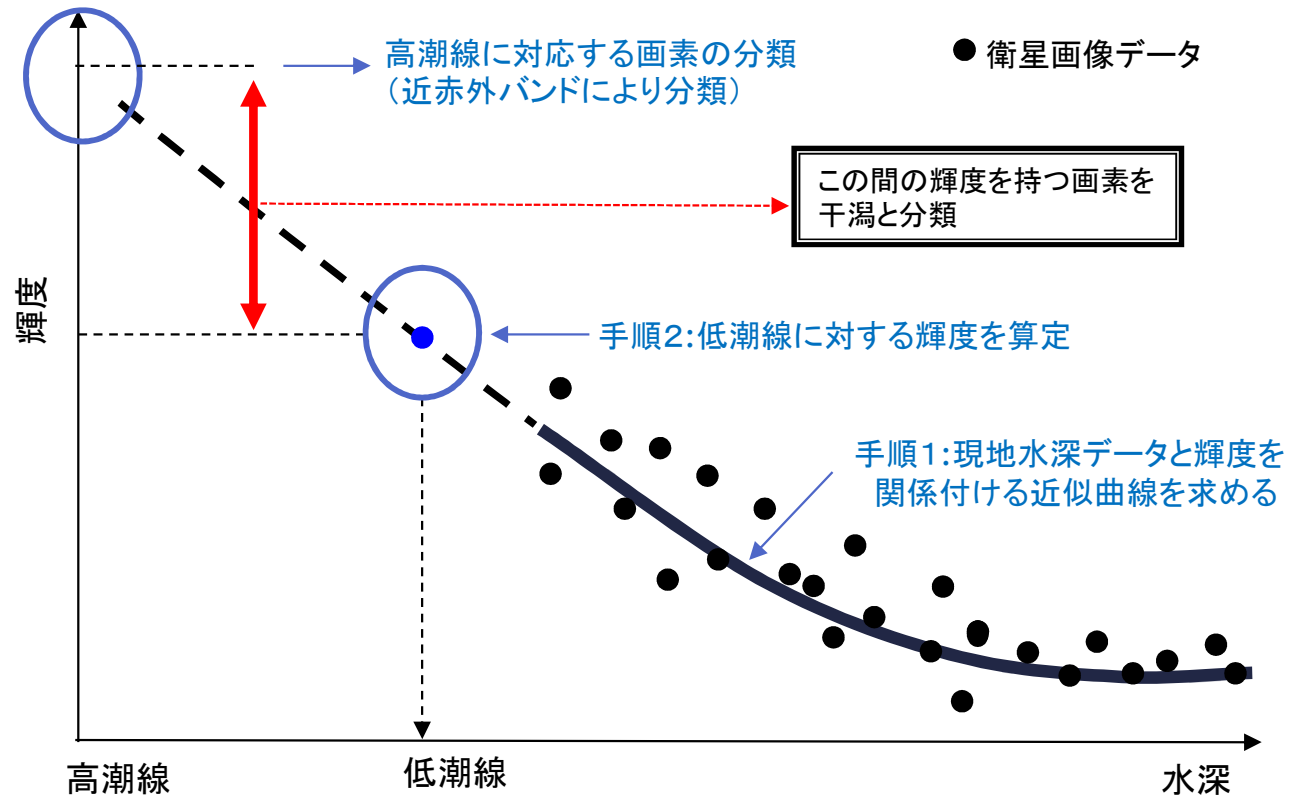
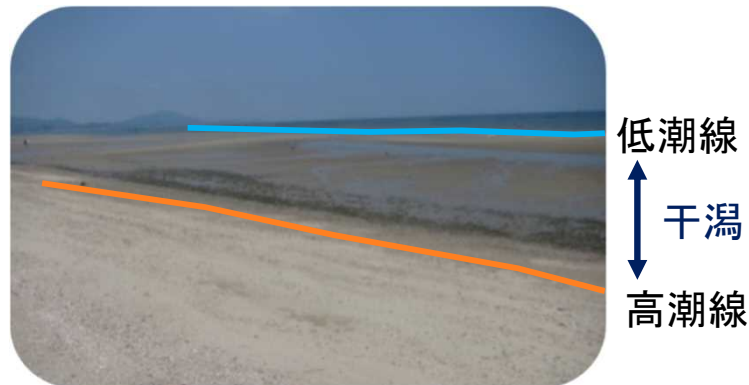
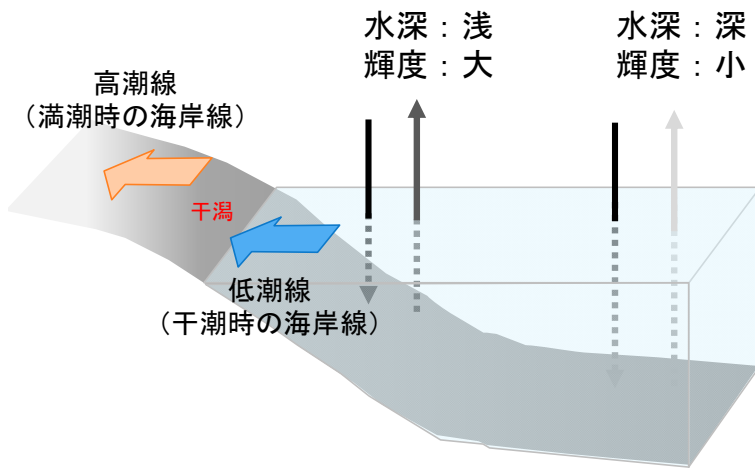
- ・ 現地調査データと衛星画像情報を比較・確認して画像解析し、干潟に該当する輝度の画素を干潟として分類

※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)

- 8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、藻場面積は約10%の減少が見られたが、海草藻場(アマモ)については、ヒアリング調査を実施した8エリアのうち3エリアで増加、1エリアで減少(4エリアは変化無し)、海藻藻場(ガラモ等)については、3エリアで増加、5エリアで減少となった。
- また、平成29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29年度		経年変化 H元~2→H29 (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)		
徳山湾	海草	108.2	193.8	-	179.1	-
	海藻	430.0	297.1	-	69.1	-
	合計	538.2	490.9	294.2	91.2	59.9
山口湾	海草	0.0	286.2	-	(皆増)	-
	海藻	230.8	173.3	-	75.1	-
	合計	230.8	459.5	570.7	199.1	124.2
小串	海草	0.0	0.0	-	-	-
	海藻	404.0	368.2	-	91.1	-
	合計	404.0	368.2	692.9	91.1	188.2
北九州	海草	0.0	0.0	-	-	-
	海藻	2005.0	2013.4	-	100.4	-
	合計	2005.0	2013.4	934.3	100.4	46.4
中津	海草	0.0	516.1	-	(皆増)	-
	海藻	1093.9	0.0	-	(皆減)	-
	合計	1093.9	516.1	210.5	47.2	40.8
国東半島	海草	125.5	49.0	-	39.0	-
	海藻	54.0	128.1	-	237.2	-
	合計	179.5	177.1	95.4	98.7	53.9
佐伯	海草	0.0	0.0	-	-	-
	海藻	220.7	242.2	-	109.7	-
	合計	220.7	242.2	115.0	109.7	47.5
八幡浜	海草	0.0	0.0	-	-	-
	海藻	181.5	156.6	-	86.3	-
	合計	181.5	156.6	29.7	86.3	19.0

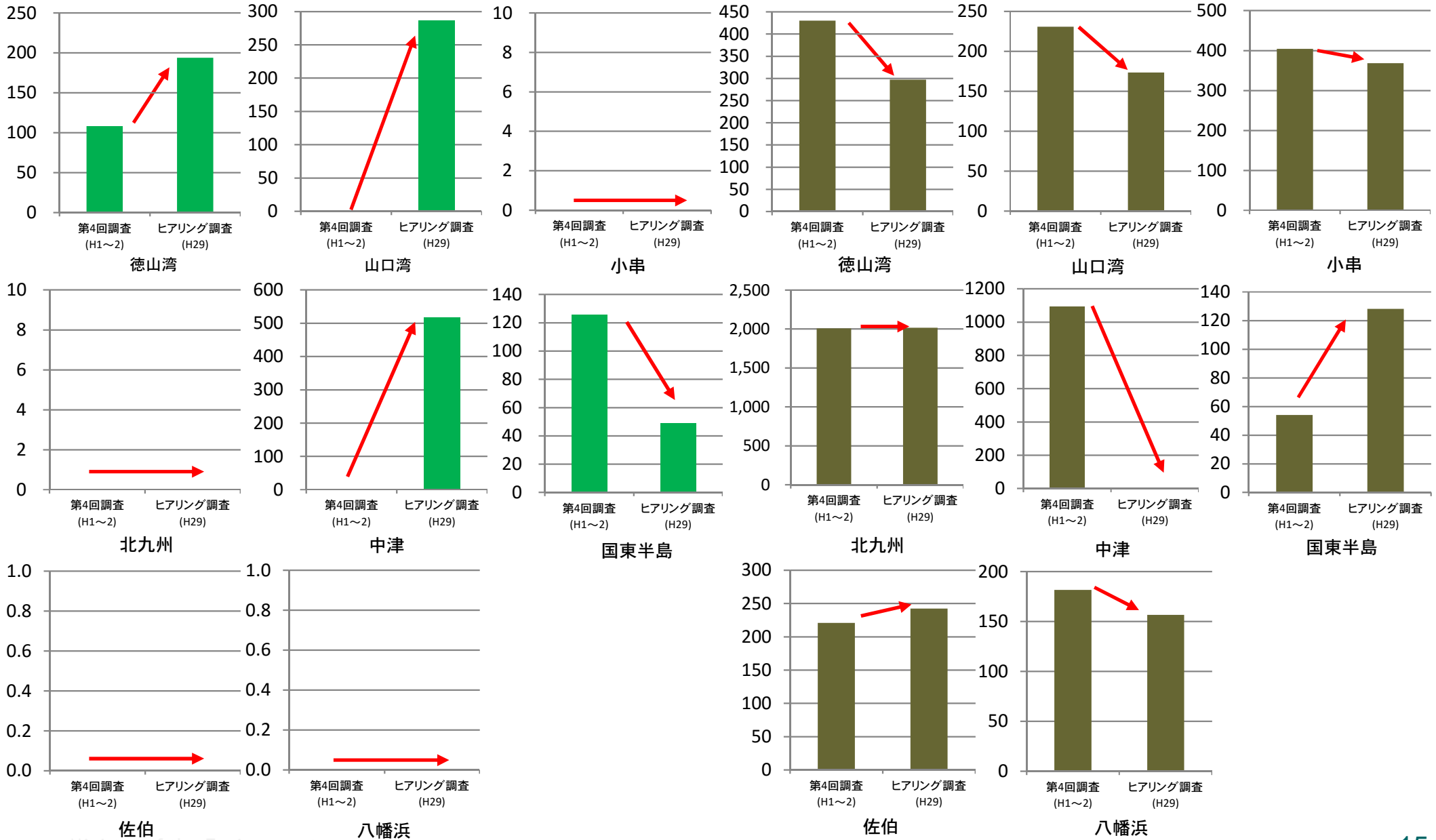
※第4回自然環境保全基礎調査は、GISデータより面積集計 ※『海草藻場』…アマモ場 『海藻藻場』…ガラモ場、アラメ場、ワカメ場、テングサ場、アオサ場
 ※衛星画像の解析手法では、海藻草類による輝度の違いが明瞭でないため、藻場の種類は分類していない

<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》

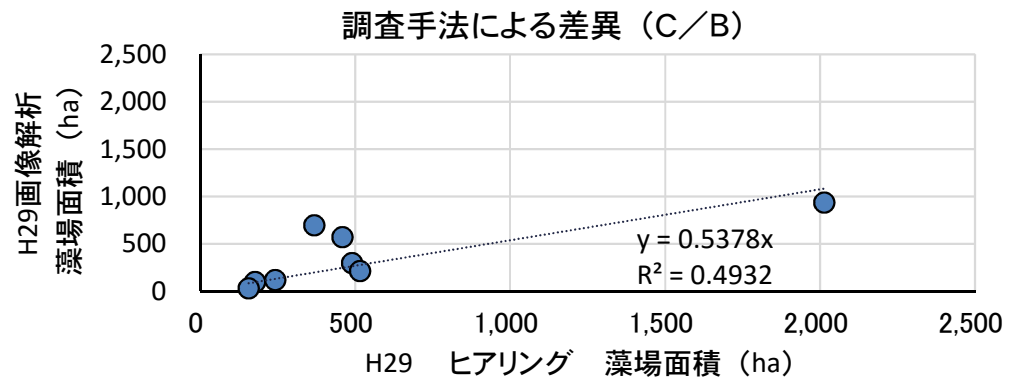
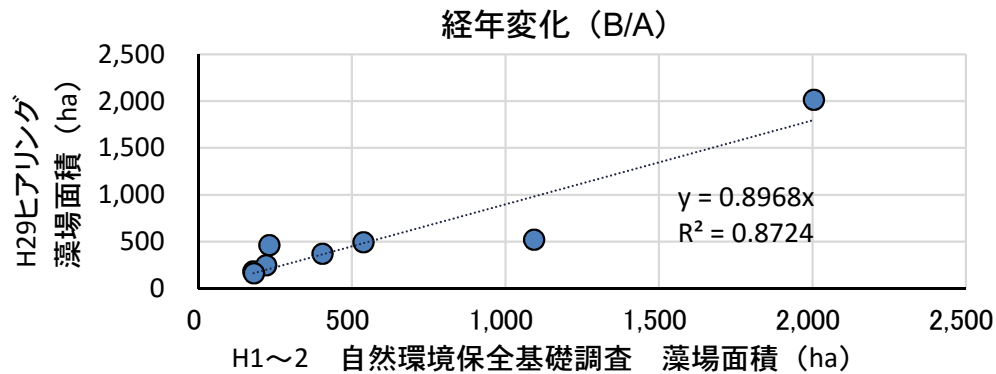
海草藻場 (ha)

海藻藻場 (ha)

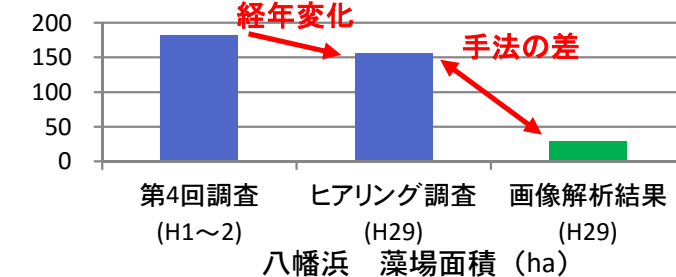
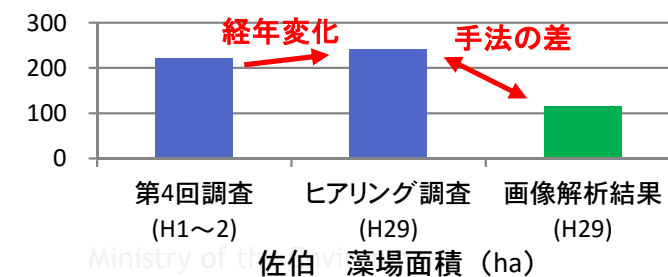
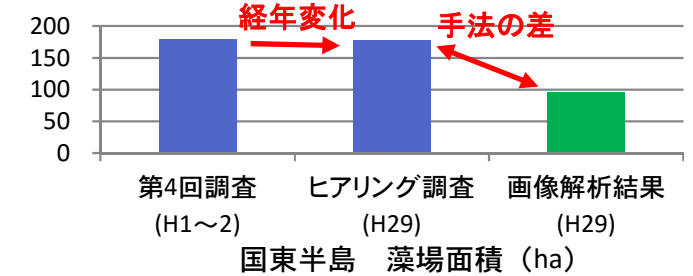
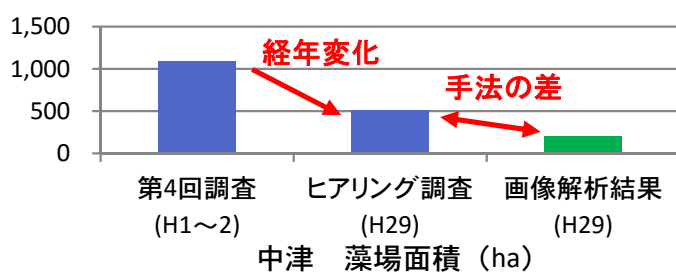
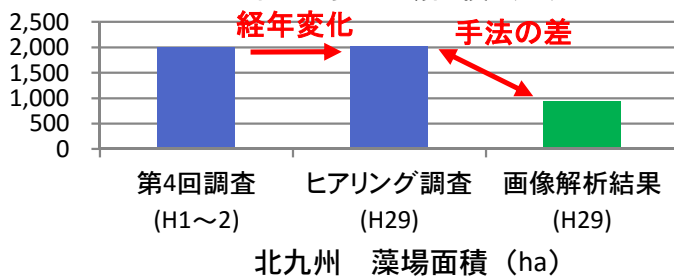
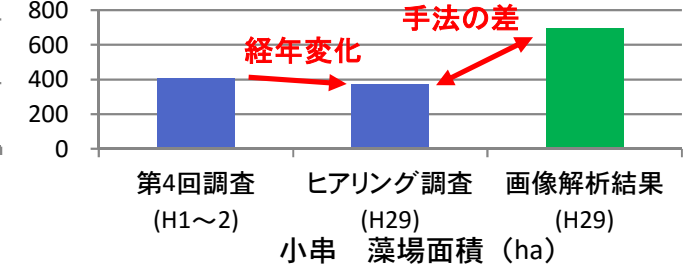
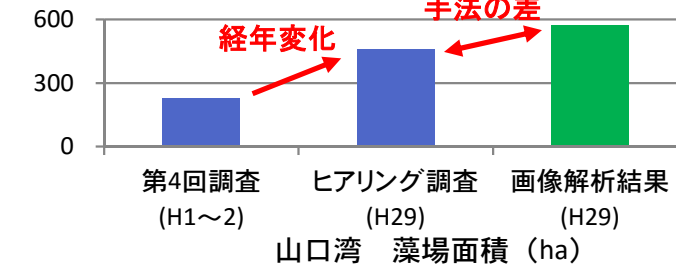
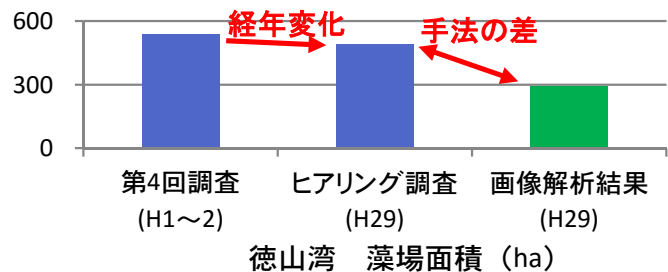


<参考> 既往ヒアリング調査結果との比較(藻場)

- 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(H元~2→H29)は約0.9倍、調査手法差(ヒアリング→衛星画像解析)は約0.5倍であった。



《経年変化(H1~2→H29)、調査手法差(ヒアリング→衛星画像解析)》



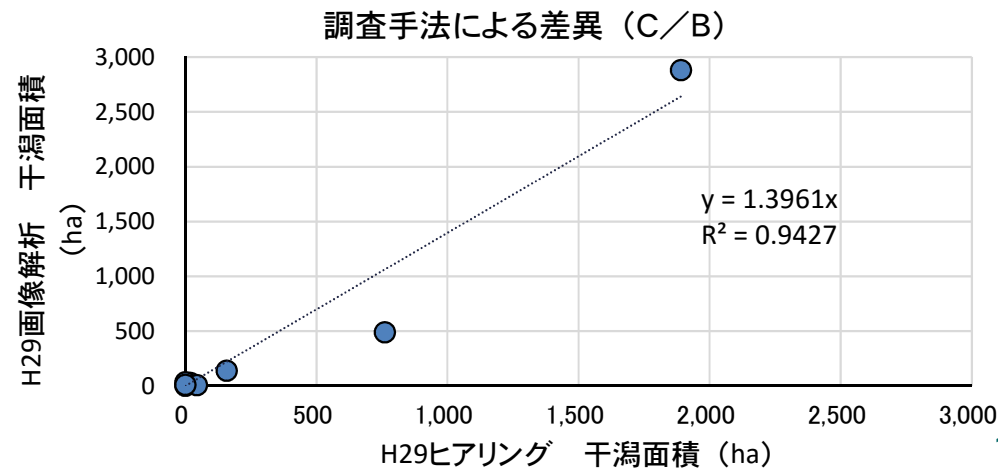
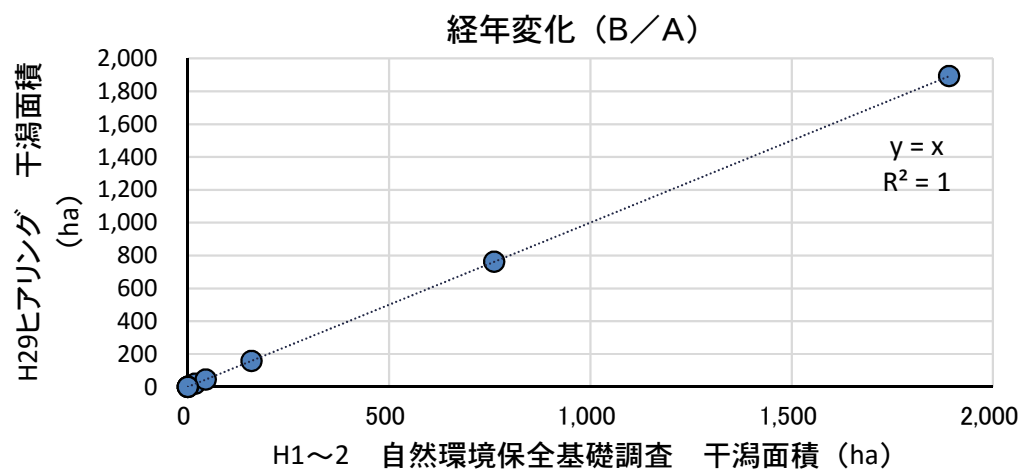
<参考> 既往ヒアリング調査結果との比較(干潟)

- 8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)と比較すると、全てのエリアで変化は見られなかった。
- また、平成29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。

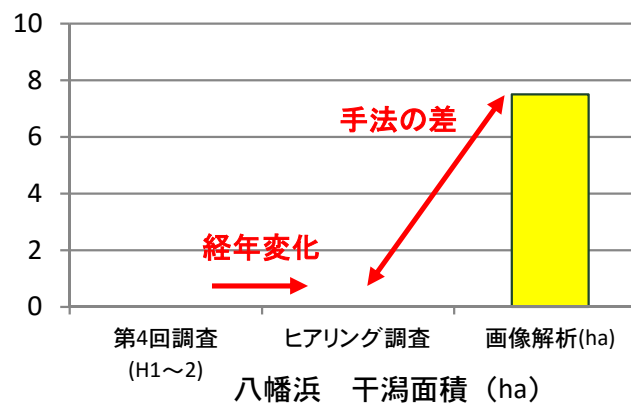
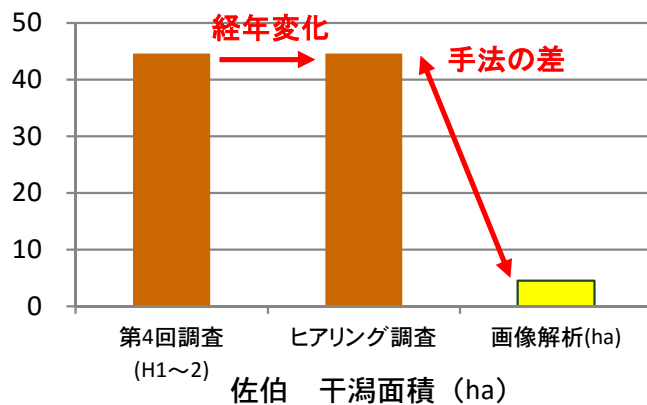
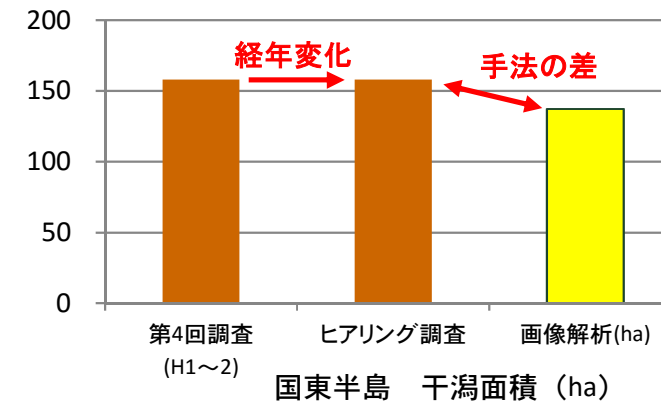
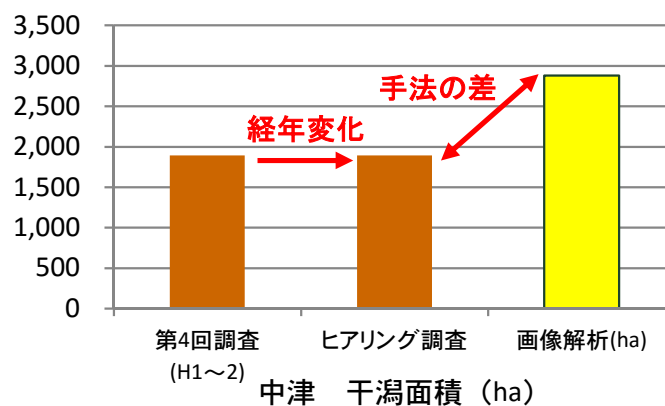
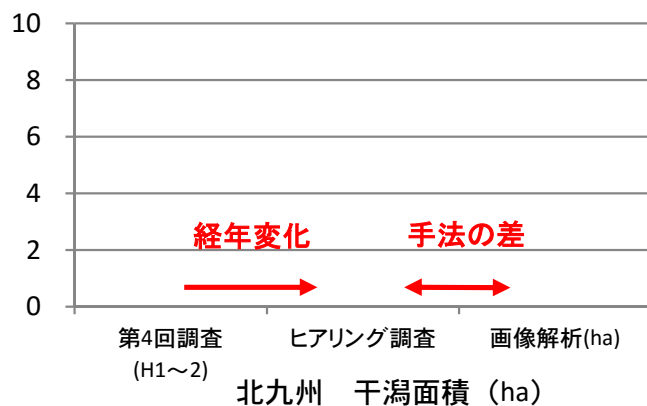
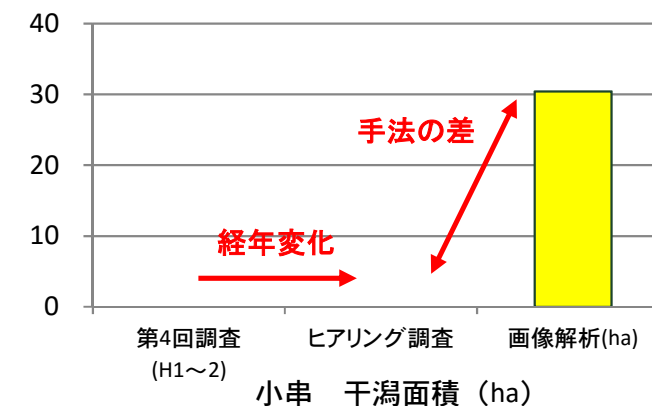
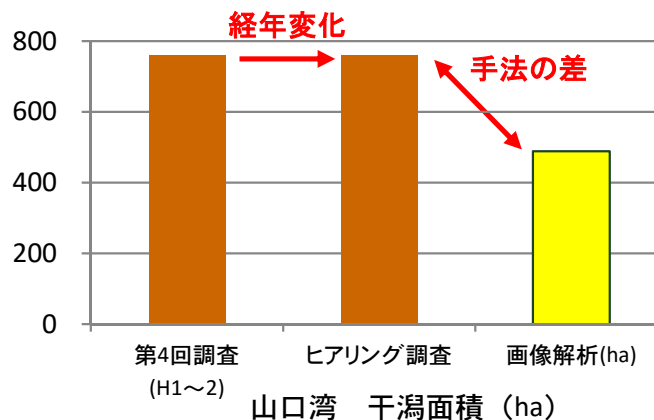
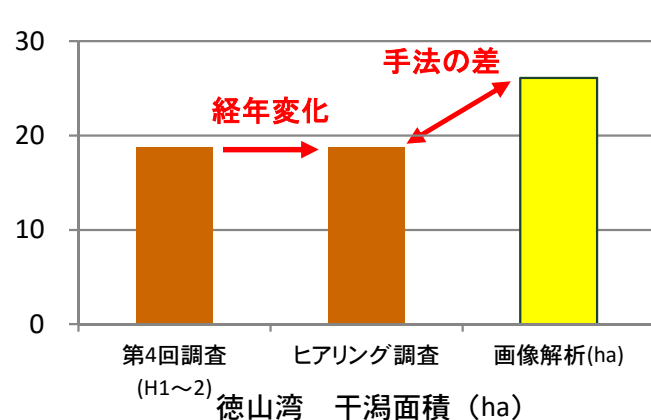
エリア名	干潟面積(ha)		
	平成元～2年	平成29年度	
	第4回自然環境保全基礎調査(A)	ヒアリング調査(B)	衛星画像解析(C)
徳山湾	18.7	18.7	26.1
山口湾	761.1	761.1	488.3
小串	0.0	0.0	30.4
北九州	0.0	0.0	0.0
中津	1891.1	1891.1	2879.7
国東半島	158.0	158.0	137.2
佐伯	44.6	44.6	4.5
八幡浜	0.0	0.0	7.5

比較(%)	
経年変化	調査手法差
H元～2→H29(B/A)	ヒアリング→衛星画像解析(C/B)
100	139.6
100	64.2
-	(皆増)
-	-
100	152.3
100	86.8
100	10.1
-	(皆増)

※第4回自然環境保全基礎調査は、GISデータより面積集計



《経年変化の比較》



- 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79%、干潟の解析結果の精度は87%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] ※現地調査結果のうち「その他の藻場」を除いた精度

(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	9,261	1,070	10,331
藻場以外	12,854	42,412	55,266
計	22,115	43,482	65,597

藻場の解析精度: $(9,261 + 42,412) / 65,597 = 78.8\%$

[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	8,381	1,200	9,581
干潟以外	970	6,457	7,427
計	9,351	7,657	17,008

干潟の解析精度: $(8,381 + 6,457) / 17,008 = 87.2\%$

* 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)

Mumby, P. J., Green, E. P., Edwards, A. J. and Clark, C. D. 1999. The cost-effectiveness of remote sensing for tropical coastal resources assessment and management. J. Environ. Management 55: 157-166.