徳島水研報第13号
Bull. Tokushima Pref. Fish. Res. Ins. No. 13, 1-34 (2019)

徳島県南部海部郡沿岸の2007年から2017年における藻場の変遷

中西達也[*1], 棚田教生[*1], 北野慎容[*2], 蓑田仁美[*3], 安芸浩資[*3]

Transition of seaweed bed distribution from 2007 to 2017 along the coast of Kaifu district, southern Tokushima Prefecture

Tatsuya NAKANISHI[*1], Norio TANADA[*1], Shinyo KITANO[*2],
Hitomi MINODA[*3] AND Hiroshi AKI[*3]

We investigated seaweed bed distribution in May 2007 and from April to May 2017 in the coastal areas of Kaifu district, on the Pacific coast of Tokushima Prefecture. The area, degree of coverage and composition of seaweed beds were surveyed by boat observations along the Kaifu coast. Compared with the results surveyed in 2007, the distribution and characteristics of seaweed beds along the coast had changed in 2017, but the tendency and the degree of change differed among the parts of the coast as follows. In the northern part of the coast such as Izari, Abu, Shiwagi, composition and density of seaweed beds were similar in both survey years. In contrast, the vegetation patterns in 2017 changed clearly in the middle and southern parts. In these relatively warm coastal areas such as Hiwasa, Mugi, Asakawa, Tomoura, the kelp beds have declined remarkably not only in the area but also in density, and changed to *Gelidium* beds. The seawater temperatures at Hiwasa and Asakawa in this decade have increased during summer and autumn compared to past records. These results suggest that the rising seawater temperatures have directly or indirectly caused the transition of seaweed bed distribution along the Kaifu coast, southern Tokushima Prefecture.

Key words: seaweed bed 藻場, kelp bed アラメ・カジメ場, *Gelidium* bed テングサ場, distribution 分布, transition 変遷, seawater temperature 海水温, Kaifu district 海部郡, Tokushima Prefecture 徳島県

西日本の沿岸では，1990年代以降，アラメ・カジメ場に代表される大型褐藻の藻場が大きく衰退しており，衰退や消失の状況および要因に関して各地から多くの事例が報告されている（桐山ら 1999，寺脇ら 2002，Serisawa *et al.* 2004，平岡ら 2005，荒武ら 2007，秋本ら 2008，Tanaka *et al*. 2012，八谷ら 2014，清本ら 2018）。

一方，徳島県南部の海部郡沿岸では，過去に実施された藻場調査として，1978年および1989年に実施された第2回および第4回の自然環境保全基礎調査（徳島県 1979，環境庁 1994）がある。これらの調査は海域全体を網羅するものであったが，主に既存資料と漁業関係者へのヒアリングによるものであり，現地の藻場の状況については必ずしも確認されていない。太平洋に面する徳島県海部郡沿岸においても，西日本の他の暖流海域と同様に，1990年代以降にアラメ・カジメ場などの藻場の状況が大きく変化している可能性がある。しかし1990年以降は当海域の藻場調査が行われていないため，その実態は不明である。

そこで本研究では，海部郡沿岸における藻場の現状および変遷の概況を把握するため，2007年と2017年に沿岸域全体を対象とした藻場分布調査を実施した。本研究では現地の状況を把握するため，漁業関係者へのヒアリングに加え，船上からの目視調査を海岸線に沿って実施し，藻場の種類，被度および面積を実際に確認した。さらに一部の海域では2008年に補完的に潜水調査を実施した。これらの調査の結果，徳島県海部郡沿岸では南部海域を中心に顕著なアラメ・カジメ場の衰退とテングサ場の拡大が確認されるなど，2007年から2017年の10年間における藻場の変遷が明らかになったので報告する。

材料と方法

対象海域の概況

調査対象とした海部郡は徳島県南部に位置し，北東から南西方向に伸びる沿岸は南東方向に開け，太平洋に面している（図1）。このため海水の流動および透明度は総じて良く，冬季以外は比較的波浪の影響が強い海域である。海岸線は入り組み，岩礁域が大部分を占めるが，日和佐川，海部川，宍喰川等の河口周辺および浅川湾，那佐湾など地形的に奥まった場所では砂地もみられる。海

2019年3月15日受理
*1　徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課（Fisheries Research Institute, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Hiwasaura, Minami, Kaifu, Tokushima 779-2304, Japan）
*2　三洋テクノマリン株式会社東北支社（Sanyo Techno Marine, Inc., Wakabayashi, Sendai, Miyagi 984-0012, Japan）
*3　ニタコンサルタント株式会社（NITA Consultant Co., LTD., Kawauchi, Tokushima, Tokushima 771-0122, Japan）

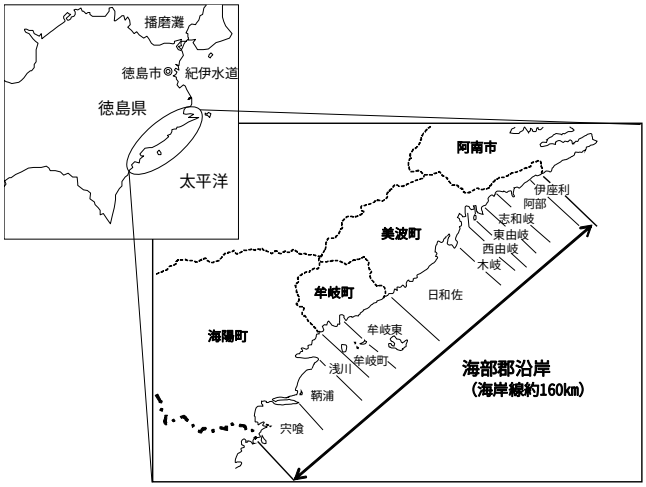


図1. 調査海域とした徳島県南部海部郡沿岸の12地区

表1. 両調査年における各地区の調査日

地区名	調査年	
	2007	2017
伊座利	5月14日	5月16日
阿部	5月11日	5月15日
志和岐	5月12日	4月27日
東由岐	5月12日	4月27日
西由岐	5月14日	4月27日
木岐	5月11日	4月14日
日和佐	5月16, 23日	5月15, 16日
牟岐東	5月13, 14, 15日	4月13日
牟岐町	5月12, 18, 19日	4月14日
浅川	5月20, 21日	5月17日
鞆浦	5月22日	5月17日
宍喰	5月9, 10, 11日	4月28日

表2. 被度の区分

区分	被度（%）	被度区分の基準
濃生	75<	海底面がほとんど見えない
密生	50〜75	海底面より植生が多い
疎生	25〜50	植生より海底面が多い
点生	<25	植生はまばら又はごく点生
なし	0	植生はない

部郡沿岸の海況は，黒潮の離接岸に支配される外海系水と，紀伊水道から南下する内海系水の影響を複雑に受ける。その動態は，これらの勢力の相互作用によって，長期的のみならず短期的にも大きく変動する（徳島県水産課 2001，棚田ら 2017）。このため，黒潮の影響下にある海部郡沿岸でも北部と南部では水温や塩分，透明度，栄養塩などの海洋環境に差異が認められる（鎌田ら 2009）。以上のような地形および海域の特性を反映して，海部郡沿岸では古くからアラメ・カジメ場に代表される豊かな岩礁性藻場が形成され，アワビ類などを対象とした採貝，イセエビなどを対象とした刺網，アオリイカなどを対象とした小型定置網などの沿岸漁業が基幹産業として営まれている。

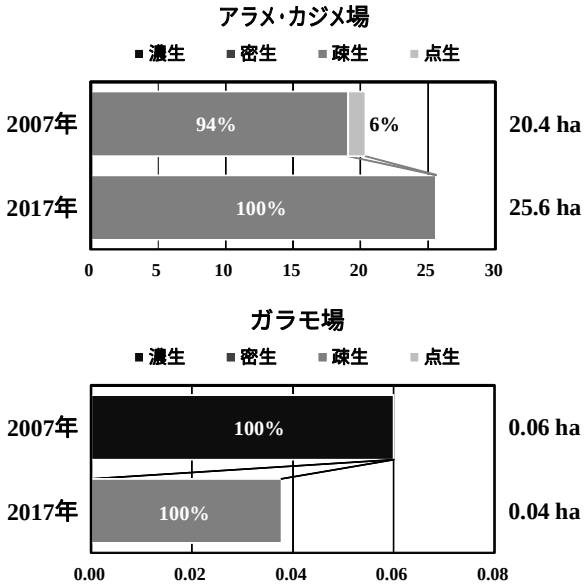


図 2．伊座利地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

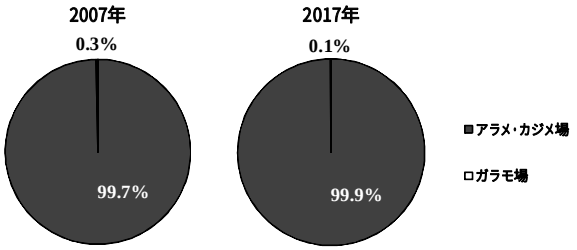


図 3．伊座利地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

1.現地藻場調査

現地調査は，台風が接近・上陸する前の海藻類の繁茂期を見計らい，2007年は5月中下旬に，2017年は4月中旬から5月中旬にかけて実施した（表1）。調査海域を12の漁業協同組合管内に区分し（図1），2007年，2017年ともに，漁業関係者から各地区の藻場の分布や変遷の状況およびその要因と考えられる事象（海況・食害生物の動向）等について聞き取りした。そして，それらの情報をもとに藻場分布調査を実施した。海岸線に沿って船で移動しながら，船上から箱メガネを用いて目視観察し，藻場の種類，被度および底質を記録した。藻場の種類については，アラメ・カジメ場（本海域では主にサガラメ*Eisenia arborea*（中西 2017），カジメ*Ecklonia cava*により構成），ガラモ場（ヒジキ*Sargassum fusiforme*，オオバモク*Sargassum ringgoldianum*，ヨレモクモドキ*Sargassum yamamotoi*，ヤツマタモク*Sargassum patens*，トゲモク*Sargassum micracanthum*，ジョロモク*Myagropsis myagroides*などのホンダワラ科により構成），テングサ場（主にマクサ*Gelidium elegans*により構成），ワカメ場（ワカメ*Undaria pinnatifida*，ヒロメ*Undaria undarioides*により構成），アマモ場（主にアマ

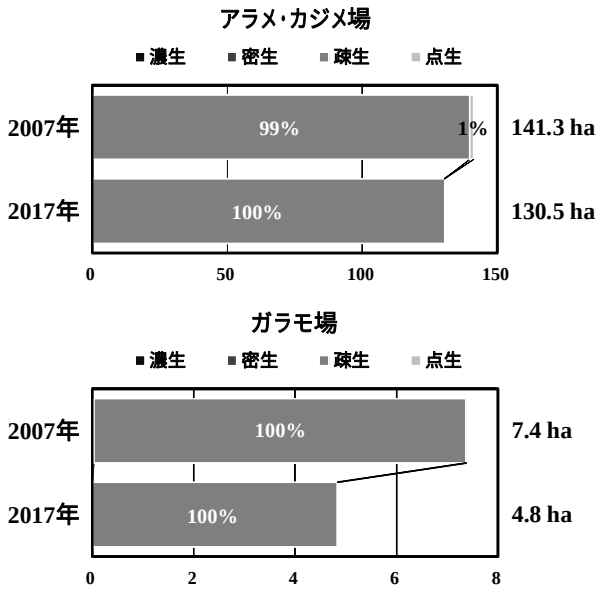


図 4．阿部地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

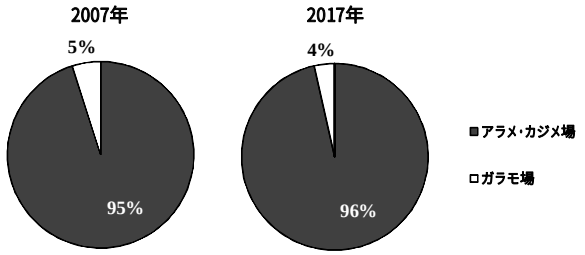


図 5．阿部地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

モ*Zostera marina*，コアマモ*Zostera japonica*により構成）の5種類に分類した。

海藻類の被度については，表2に示す基準により「濃生」から「なし」までの5段階に区分した。

現地における調査地点は，2007年はDGPSおよびGPS測位システムを，2017年は衛星測位システム（GNSS）を用いて確認および決定した。藻場の面積については，これらの座標データを用いて算出した。

以上の調査のほか，2008年5月16日から6月17日に，海部郡中南部海域における海底付近の藻場の状況を詳しく把握するため，日和佐，牟岐，浅川，鞆浦，宍喰地区の計10地点で潜水調査を実施した。

藻場面積の集計法

海部郡南部の日和佐地区から宍喰地区のエリアにおいては，同じ場所において複数の種類の藻場（例えばアラメ・カジメ場とガラモ場およびテングサ場）が重なって存在する場合が多く見受けられたため，それぞれの藻場の種類ごとに生育面積を算出した。このため，各藻場の面積の合計値は，実際の藻場面積よりも大きい値となる可能性があるが，2007年と2017年の数値を比較できるよう両調査年の集計法は統一した。

2.地先水温の推移

藻場の変遷に及ぼす水温の影響を検討するため，海部郡中部の美波町日和佐地区大浜地先および南部の海陽町浅川地区加島地先における定地水温観測データを解析した。日和佐地区大浜地先では県水産研究課美波庁舎における汲み上げ海水（付図12）の午前10時の観測値，浅川地区加島地先では県水産振興公害対策基金加島事業場における汲み上げ海水（付図20）の午前9時の観測値をそれぞれ用いた。なお，日和佐地区大浜地先については1987年1月から2016年12月までの30年間，浅川地区加島地先については1990年1月から2016年12月までの27年間の観測データを解析対象とした。

結　果

1.現地藻場調査

1）伊座利地区

当地区は外洋と面する岩礁域および砂礫浜の海岸線が東西に広がる。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図2に，藻場面積の種類別の組成を図3に，藻場分布図を付図1，2に示した。

アラメ・カジメ場は両調査年ともにサガラメとカジメで構成され，伊座利漁港西側の砂礫浜を除くほぼ全面の岩礁域に分布していた。サガラメおよびカジメの多くは成体であり，岩盤上やそれに続く斜面上では密生しているところもあったが（写真1），全体的には疎生の場所が多かった。ガラモ場は，伊座利漁港内で局所的な分布が認められた。2017年のアラメ・カジメ場の面積は5.2ha増加し（2007年比1.3倍），被度は2007年の疎生域94%，点生域6%から，2017年には疎生域100%になった。両調査年ともにアラメ・カジメ場が藻場全体のほぼ全域を占め，藻場の状況に大きな変化は認められなかった。

2）阿部地区

当地区は外洋と面する岩礁域および砂礫浜の海岸線が東西に広がる。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図4に，藻場面積の種類別の組成を図5に,藻場分布図を付図3，4に示した。

アラメ・カジメ場が両調査年ともに岩礁域の広範囲を占め，一部にガラモ場が認められた。アラメ・カジメ場はサガラメとカジメで構成され（写真2），伊座利地区との境界から阿部漁港東側の砂礫浜まで，および阿部漁港から西側の岩礁域に分布していた。2017年の鹿ノ首岬周辺では，成体のほか，幼体も多く見られた。ガラモ場は阿部漁港防波堤の消波ブロックおよび鹿ノ首岬の東側および西側に広がる砂礫浜に分布していた。

両調査年ともにアラメ・カジメ場，ガラモ場の被度はほぼ疎生で占められ，藻場全体に占める面積の割合にも大きな変化はなかった。しかし，それぞれの藻場の2017年の面積は，アラメ・カジメ場が0.92倍，ガラモ場が0.65倍となり，2007年と比べると減少していた。

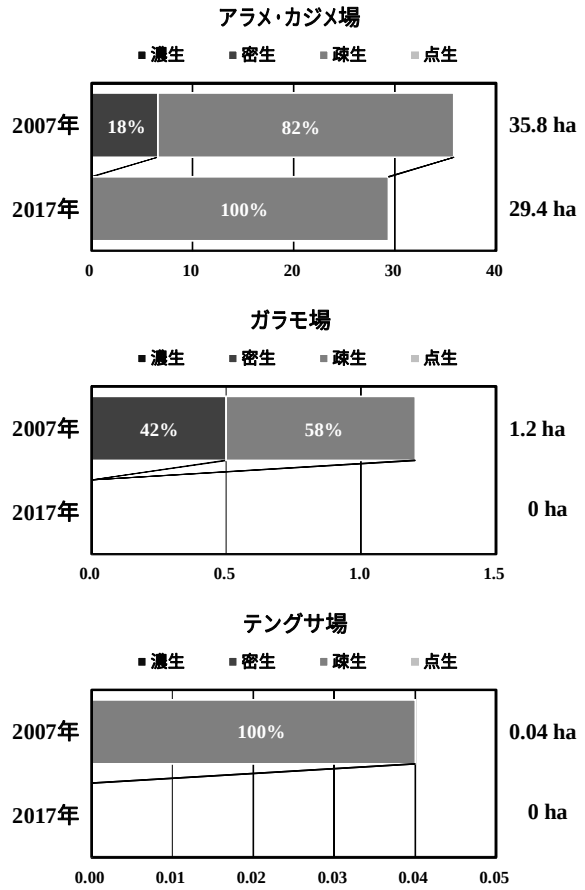


図 6．志和岐地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

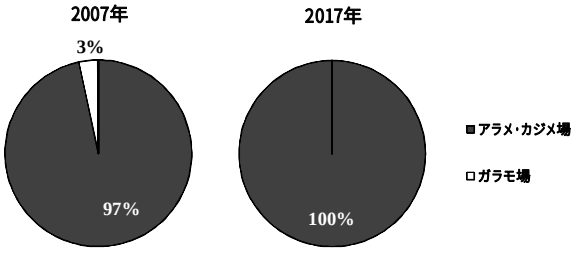


図 7．志和岐地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

3）志和岐地区

当地区は外洋と面する砂礫浜および岩礁域の海岸線が東西に広がる。志和岐漁港の東側は湾状の地形になっており，波浪の影響が比較的弱い。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図6に，藻場面積の種類別の組成を図7に,藻場分布図を付図5，6に示した。

アラメ・カジメ場は両調査年ともにサガラメとカジメで構成され（写真3），ほぼ全域に分布していた。2017年には潮吹岩から東側の岩礁域で局所的にガラモ場との混生がみられた。

2017年のアラメ・カジメ場の面積は6.4ha減少し（2007年比0.82倍），被度においては密生域は確認されず，疎生域100%へと全体としては低下した。2007年にわずかに分布していたガラモ場とテングサ場は2017年には確認できなかったため，藻場面積の組成はアラメ・カジメ場が100%となった。

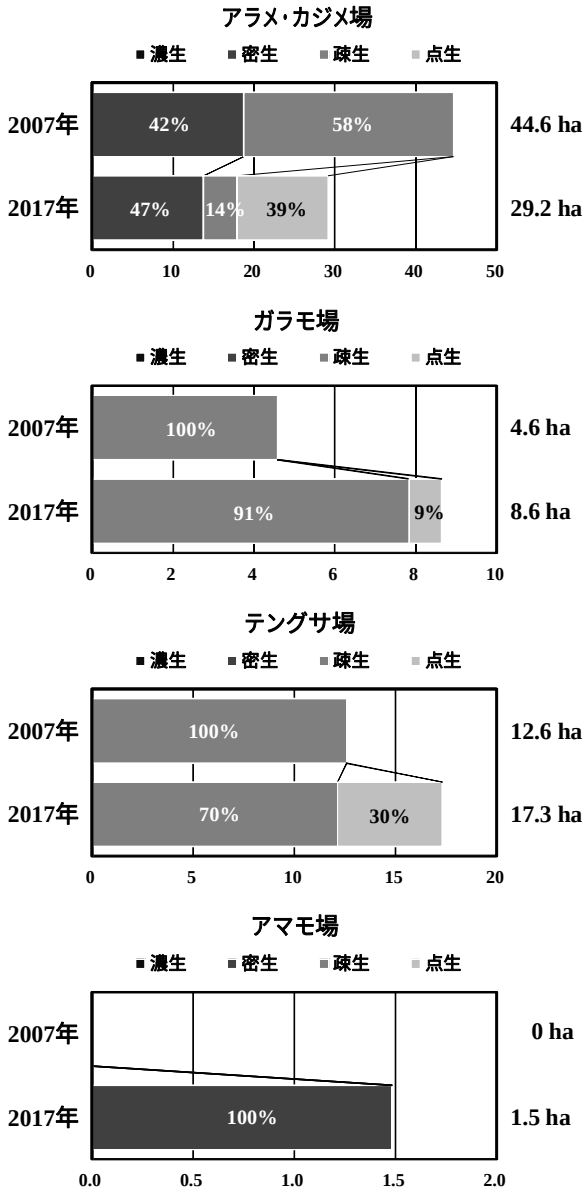


図 8．東由岐地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

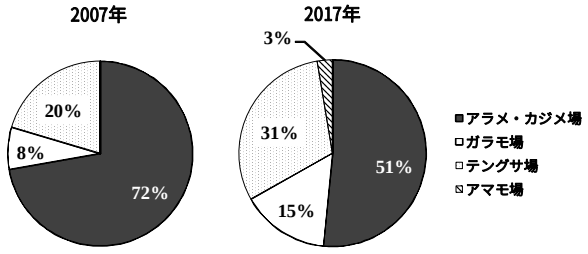


図 9．東由岐地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

4）東由岐地区

当地区は外洋に面する東部を除くと比較的静穏な海域であり，由岐漁港と沖合の篭野島（ぬのしま）に囲まれ

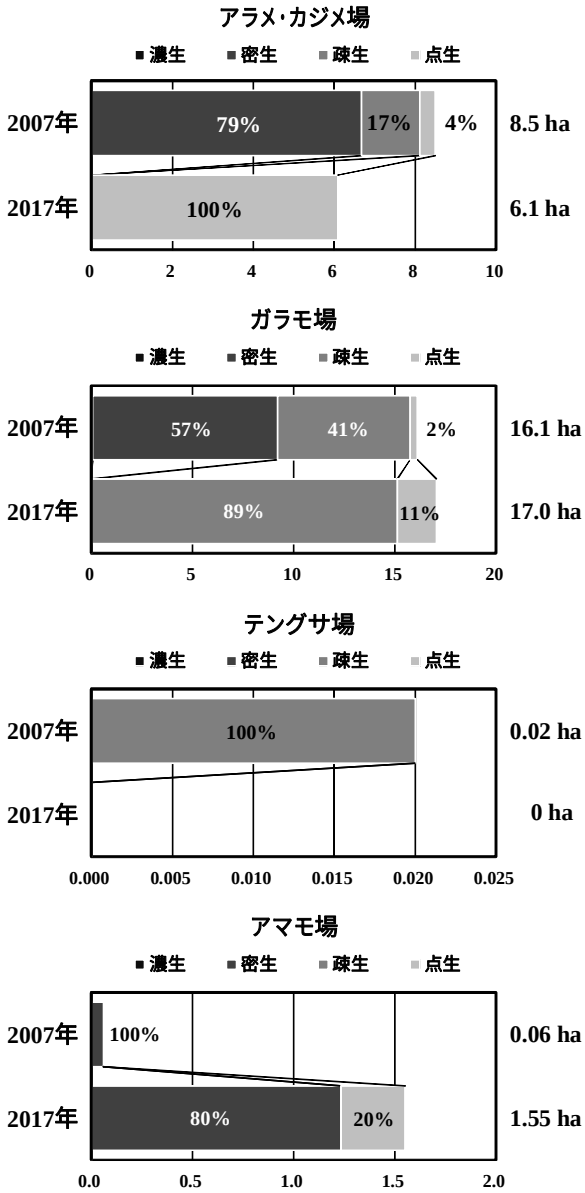


図 10．西由岐地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

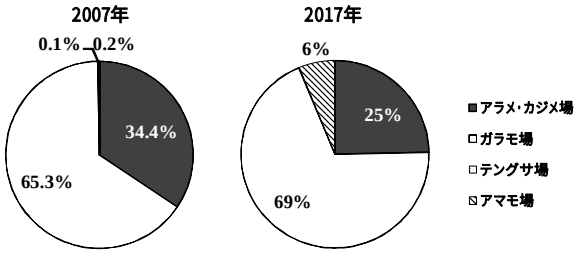


図 11．西由岐地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

た一帯は水深の比較的浅い砂地も広がる。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図8に，藻場面積の種類別の組成を図9に,藻場分布図を付図7，8に示した。

アラメ・カジメ場は両調査年ともにカジメとサガラメで構成され，外洋に面する地区の東側から南側および箆野島東側の比較的波浪が強い場所では主にサガラメが分布していた（写真4）。2017年の面積は15.4ha減少し（2007年比0.65倍），被度別では密生域と疎生域が減少し，点生域が39%と急増した。ガラモ場は，地区の西側および箆野島東側の砂礫浜沿岸の浅場に分布していた。2017年の面積は4.0ha増加し（2007年比1.9倍），特に箆野島の東側で拡大が認められた。テングサ場は，地区の南側から箆野島にかけての岩盤や巨礫に分布していた。2017年の面積は4.7ha増加した（2007年比1.4倍）。特に地区の南側で面積が増加し，被度も高くなった一方，箆野島東側に分布していたテングサ場は消失し，サガラメやホンダワラ類が生育していた。アマモ場はアマモで構成され，由岐漁港の内側に1.5haの分布を確認した（写真5）。

当地区では2007年はアラメ・カジメ場が優占していたが，2017年はガラモ場とテングサ場の割合が増加し，アラメ・カジメ場の割合は低下した。

5）西由岐地区

当地区は比較的静穏な海域であり，水深は5m未満の浅いところが多いが，箆野島の西側および南側は砂礫浜沿岸を除いて16～18mまで深くなる。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図10に，藻場面積の種類別の組成を図11に,藻場分布図を付図7，8に示した。

アラメ・カジメ場は両調査年ともにカジメとサガラメで構成され，箆野島周辺および由岐漁港の西から田井ノ浜にかけての岩盤・巨礫に分布し，2017年は広範囲でホンダワラ類と混生していた。2017年の面積は2.4ha減少し（2007年比0.72倍），被度においては密生域と疎生域が消失し，点生域100%へと全体としては低下した。ガラモ場は，由岐漁港の港内，西防波堤の外側，箆野島の西側から北側にかけて，および由岐漁港の西から田井ノ浜東側の岩盤と巨礫上に分布していた。面積は0.9ha増加したが（2007年比1.1倍），密生域は確認されず，疎生域89%，点生域11%へと全体の被度は低下した。アマモ場はアマモで構成され，由岐漁港内に1.55haの分布を確認した。ワカメ場はワカメとヒロメで構成され，由岐漁港西防波堤の外側でホンダワラ類と混生していた（写真6）。

当地区は2007年からガラモ場が優占する海域であったが，2017年はアラメ・カジメ場の割合が全体の25%へと低下し，ガラモ場が全体の7割を占める組成となった。

6）木岐地区

当地区は，外洋と面する砂礫浜および岩礁域の海岸線が南北に広がる。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図12に，藻場面積の種類別の組成を図13に,藻場分布図を付図9，10に示した。

アラメ・カジメ場は両調査年ともにカジメとサガラメで構成され（写真7），苫越周辺から赤碆にかけてのほ

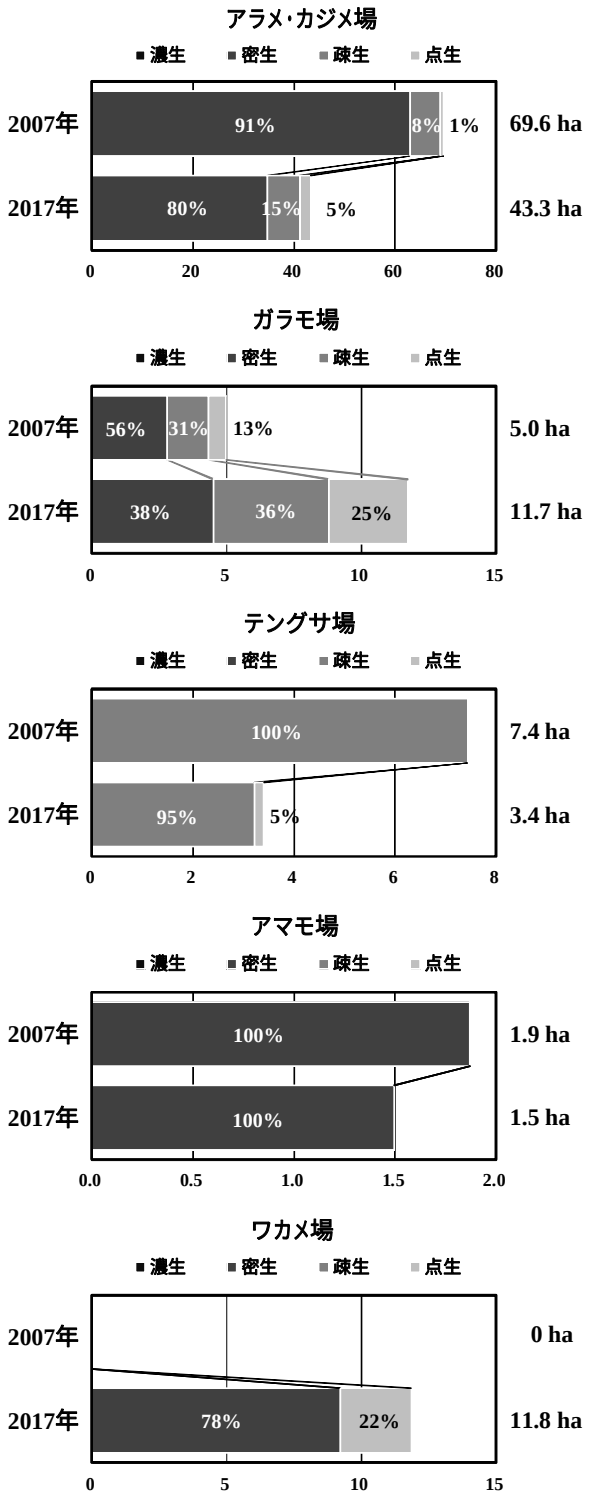


図 12．木岐地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

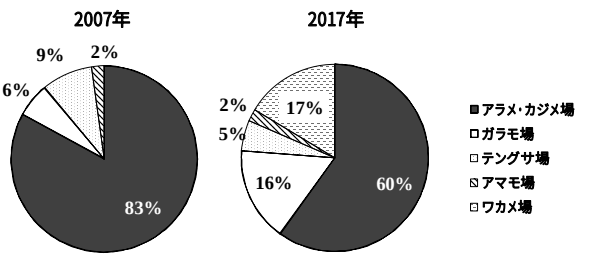


図 13．木岐地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

ぼ全域および木岐漁港の防波堤周辺にも分布していた。面積は26.3ha減少し（2007年比0.62倍），被別度では密生域が減少した結果，疎生域と点生域が増加した。ガラモ場は，苫越周辺（写真8）から中小島にかけての砂礫浜に分布し，広範囲でテングサ，ワカメと混生していた。2017年の面積は6.7ha増加した（2007年比2.3倍）。テングサ場は，木岐漁港西側の砂浜の沿岸および赤碆から中小島にかけての岩礁域に分布し，広範囲でアラメ・カジメ類やホンダワラ類と混生していた。面積は4.0ha減少した（2007年比0.46倍）。アマモ場はアマモで構成され，木岐漁港沖の砂地に分布していた。ワカメ場は2007年には認められなかったが，2017年にはワカメとヒロメの分布を11.8ha確認した。

当地区では2007年はアラメ・カジメ場が全体の面積の8割以上と優占していたが，2017年はその割合が6割に低下し，ガラモ場とワカメ場の割合が相対的に上昇した。

7）日和佐地区

当地区は日和佐港周辺から東の恵比須浜にかけての湾状のエリアと，同港沖の平家岩周辺から牟岐東地区との境界にかけての岩礁域と砂礫浜が連続する外洋に面した長い海岸線で構成される。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図14に，藻場面積の種類別の組成を図15に,藻場分布図を付図11，12に示した。

アラメ・カジメ場は両調査年ともにカジメとサガラメで構成され，恵比須浜から平家岩周辺にかけての岩礁域を中心に分布していた。丸島から牟岐地区との境界にかけての岩礁域には，2007年には密生のアラメ・カジメ場が広範囲に分布していたが，2017年にはその多くが消失し，密生のテングサ場へ変化していた。この一帯では2008年6月17日の潜水調査時においても良好なアラメ・カジメ場が残存していることを確認したが（写真9，11），2017年の調査時に同じエリア（No.104；付図11，12）を観察したところ，密生のテングサ場へと変わっていた（写真10）。2017年のアラメ・カジメ場の面積は1.7haの減少にとどまったが（2007年比0.93倍），被度でみると，濃生域と密生域が全体の70%を占めた組成から，点生域が100%へと著しく低下した。ガラモ場は恵比須浜周辺，日和佐浦北部周辺，稲船周辺に分布し，広範囲でアラメ・カジメ類，テングサ類と混生していた。面積は2.1ha減少し（2007年比0.84倍），被度は密生域20%，点生域80%へと全体としては低下した。テングサ場は，恵比須浜から日和佐浦にかけての北部エリアでは点生にとどまったが，丸島より南の南部エリアでは，上記のとおり牟岐東地区との境界まで分布域が大きく拡大した。面積は37ha増加した（2007年比7.4倍）。ワカメ場はワカメで構成され，ヒロメの生育は確認できなかった。ワカメは北部エリアの恵比須浜周辺から立島周辺および内ヶ磯周辺にかけての大浜海岸を除く岩礁域に分布し，外洋に面した長い海岸線では確認できなかった。面

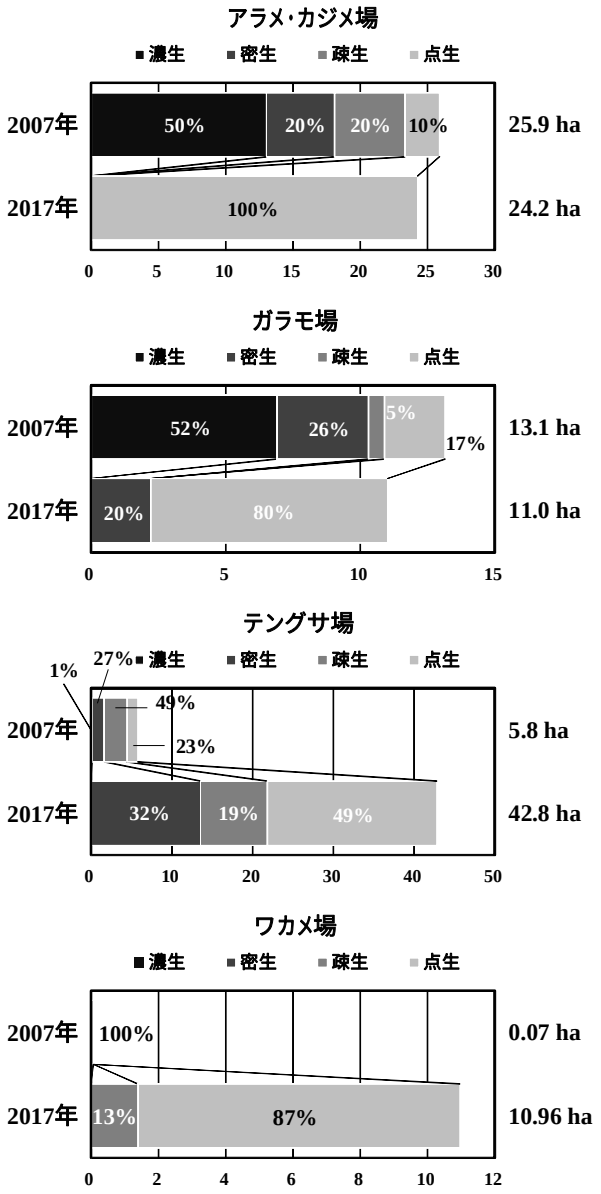


図 14．日和佐地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

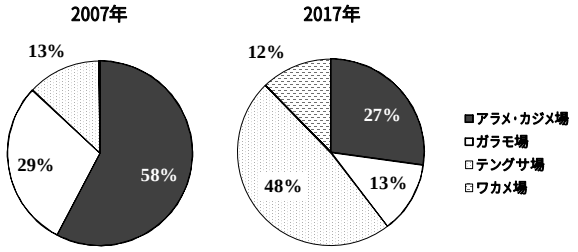


図 15．日和佐地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

積は10.9ha増加した（2007年比157倍）。

当地区では，2007年はアラメ・カジメ場が全体の面積の約6割，ガラモ場が約3割を占める大型褐藻が優占する藻場であったが，2017年はその割合がそれぞれ半分程度に低下するとともに，被度の面でも大きく低下した。一方，テングサ場が占める割合は，2007年の13%から2017年の48%へ急激に上昇した。

8）牟岐東地区

当地区は外洋と面する岩礁域および砂礫浜の海岸線が広がるほか，古牟岐漁港から牟岐漁港にかけては砂浜も存在する。沖合の牟岐大島周辺は急深な岩礁帯となっているが，西側の湾奥には砂泥地が形成されている。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図16に，藻場面積の種類別の組成を図17に，藻場分布図を付図13～16に示した。

アラメ・カジメ場は両調査年ともにカジメとサガラメで構成され，日和佐地区との境界から古牟岐漁港の東まで続く長い岩礁帯，および古牟岐漁港から牟岐漁港の間に点在する岩礁域に分布していた。また，牟岐大島の東側の一部や西側の入り江の岩盤および岩塊上にはアントクメ*Eckloniopsis radicosa*の生育を確認した。2017年のアラメ・カジメ場の面積は2.4ha増加したものの（2007年比1.03倍），被度でみると濃生域は確認されず，濃生域と密生域が全体の81%を占めた組成から，点生域が78%へと顕著に低下した。ガラモ場は，日和佐地区との境界から水落周辺まで，古牟岐漁港から牟岐漁港にかけて，および牟岐漁港沖防波堤の消波ブロックに分布していた。面積は28.8ha減少した（2007年比0.45倍）。テングサ場は，日和佐地区との境界から古牟岐漁港周辺まで，および牟岐大島の西側の一部を除く岸に近い範囲にのみ分布していた（写真12）。面積は41.8ha増加し（2007年比2.6倍），全体的な被度も高くなった。アマモ場はアマモで構成され，牟岐大島西側の湾奥に分布していた。ワカメ場はヒロメで構成され，日和佐地区との境界から水落周辺まで，および古牟岐漁港辺から小張崎周辺までの広範囲に分布していた。面積は52.7ha増加した。

当地区では2007年はアラメ・カジメ場が全体の面積の52%，ガラモ場が32%を占める大型褐藻が優占する藻場であったが，2017年はその割合がそれぞれ低下するとともに，アラメ・カジメ場は被度も大きく低下した。一方，テングサ場とワカメ場の面積および藻場全体に占める割合は増大した。

9）牟岐町地区

当地区は岩礁域および砂礫浜の海岸線が広がり，離島の出羽島周辺は岩礁帯および砂礫浜，小津島および津島の周囲は岩礁帯で構成される。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図18に，藻場面積の種類別の組成を図19に，藻場分布図を付図17，18に示した。

アラメ・カジメ場は主にサガラメで構成され，2007年の分布調査および2008年の潜水調査時には密生域も多く残存していたが（写真13），2017年には密生域が確認されなくなるなど被度が大きく低下した。2017年は牟岐漁港周辺および内妻海岸南部から浅川地区との境界付近にかけての岩礁域に分布していたが（写真14），面積は20.6ha減少した（2007年比0.37倍）。ガラモ場は，佛崎

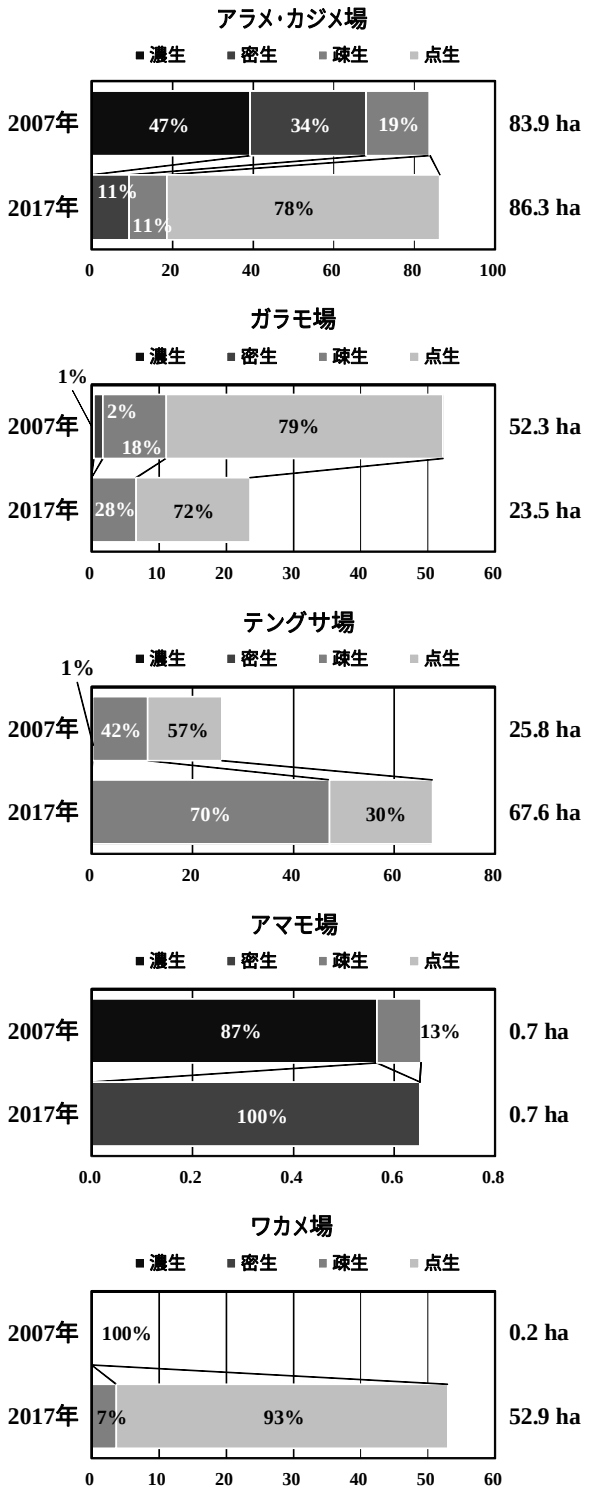


図 16．牟岐東地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

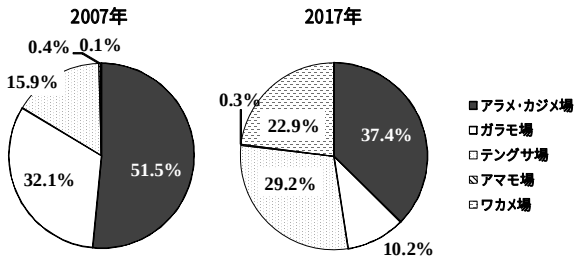


図 17．牟岐東地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

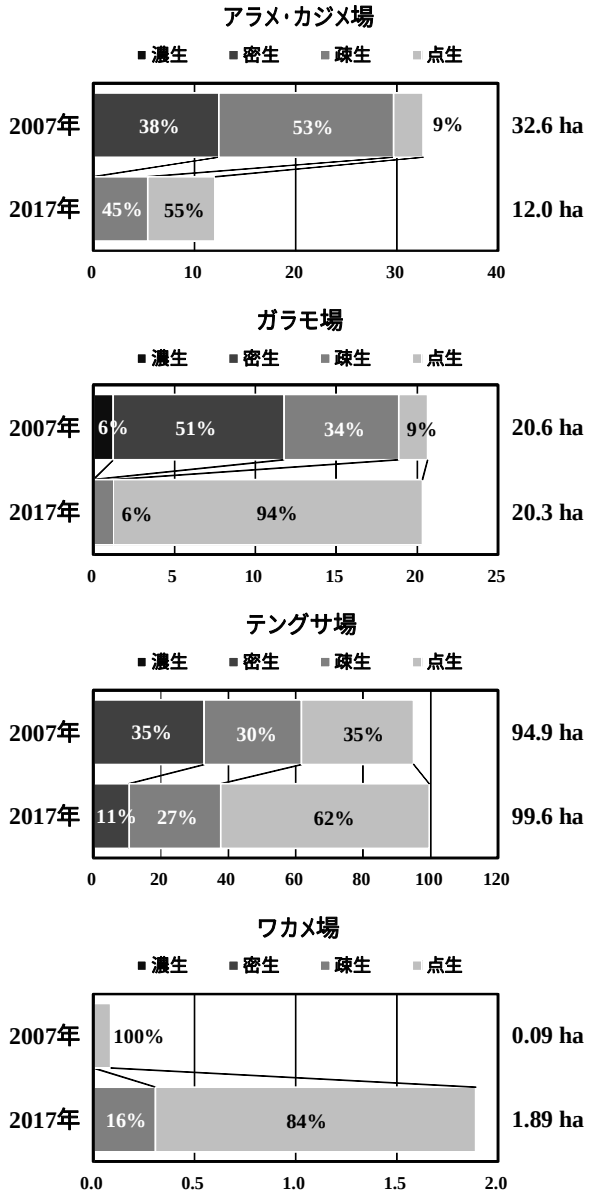


図 18．牟岐町地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

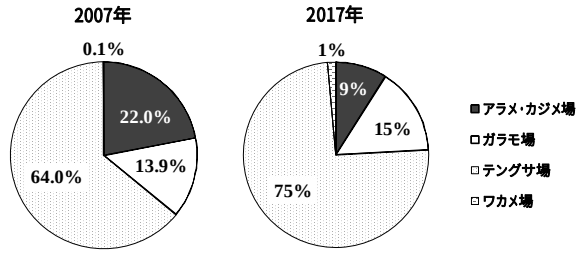


図 19．牟岐町地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

周辺から浅川地区との境界付近にかけての岩礁域に分布していた。面積は0.3ha減少し（2007年比0.99倍），点生域が全体の94%を占めるなど被度は大きく低下した。テングサ場は，牟岐漁港の南側と佛崎周辺，および沖合の出羽島・小津島・津島周辺に分布していた。これらの離島周辺では，2007年と比べると出羽島の南岸は被度が

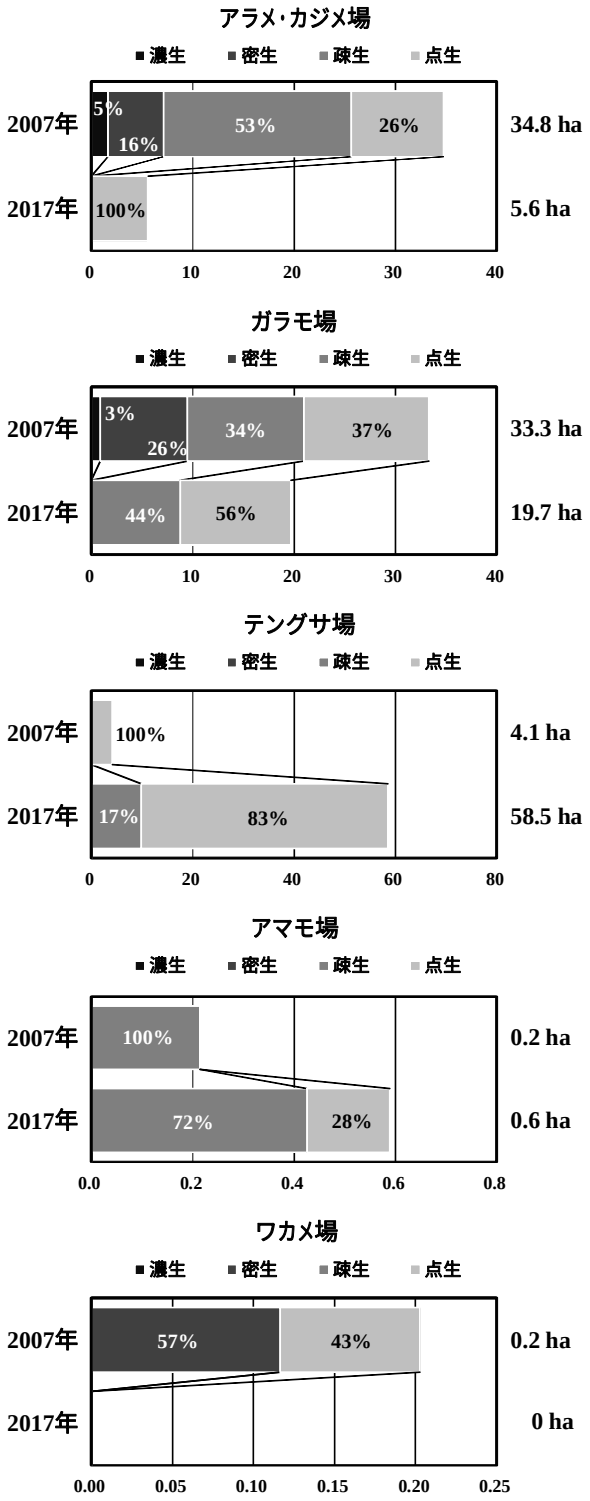


図 20．浅川地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

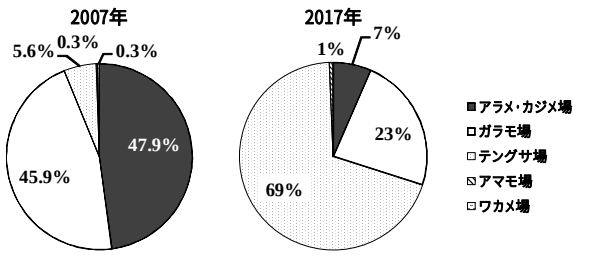


図 21．浅川地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

上昇して密生域となったが，それ以外の場所は全体的に疎生あるいは点生へと低下した。面積は4.7ha増加したが（2007年比1.1倍），被度は全体的に低下した。ワカメ場はヒロメで構成され，牟岐漁港防波堤の消波ブロックおよび内妻海岸南部に分布していた。面積は1.8ha増加した（2007年比21倍）。

当地区は2007年にはテングサ場が藻場全体の6割以上を占める海域であったが，2017年はアラメ・カジメ場の衰退により，その割合がさらに上昇した。

10）浅川地区

当地区は南北に岩礁帯の海岸線が広がるが，防波堤に囲まれた浅川湾内部は静穏である。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図20に，藻場面積の種類別の組成を図21に，藻場分布図を付図19，20に示した。

アラメ・カジメ場は2017年には八坂八浜周辺および加島周辺に分布を確認したが，被度は低く，幼体が多かった（写真17）。2017年の面積は29.2haと大幅に減少し（2007年比0.16倍），被度はすべて点生域へと低下した。ガラモ場は，八坂八浜周辺，加島周辺および浅川湾内に分布していた（写真18）。しかし，2007年に認められたガラモ場の多くはテングサ場へ変化していた。面積は13.6ha減少し（2007年比0.59倍），被度も低下した。テングサ場は，浅川湾内を除くほぼ全域の岩礁域に分布を広げ，2007年と比べ面積は54.4haと大幅に増加した（2007年比14.3倍）。鯖瀬地先（エリア235；付図19）では，2008年5月28日の潜水調査時にはサガラメとガラモが密生する混生藻場が形成されていたが（写真15），2017年の調査時にはこれらの大型褐藻が消失し，点生のテングサ場へと変わっていた（写真16，付図20）。アマモ場はアマモとコアマモで構成され，浅川湾内の波浪の穏やかな砂地に分布していた。面積は0.4ha増加した。ワカメ場は2007年には0.2ha認められたが，2017年には確認できなかった。

当地区は2007年にはアラメ・カジメ場が藻場全体の5割近くを占めていたが，2017年にはアラメ・カジメ場が大きく衰退していた。またガラモ場も衰退しており，テングサ場が全体の7割を占める組成に大きく変化した。

11）鞆浦地区

当地区は大里海岸を挟んで南北に入り組んだ岩礁帯があり，静穏な那佐湾へ続く変化に富んだ海岸線で構成される。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図22に，藻場面積の種類別の組成を図23に，藻場分布図を付図21，22に示した。アラメ・カジメ場は2007年には3.9ha認められたが，2017年には確認することができなかった。ガラモ場は，2007年には網代崎周辺と那佐湾南岸の一部に分布していたが，2017年には那佐湾の奥部を除き，北岸・南岸のほぼ全域の岩礁域に分布していた（写真22）。2017年の面積は6.4haと大幅に増

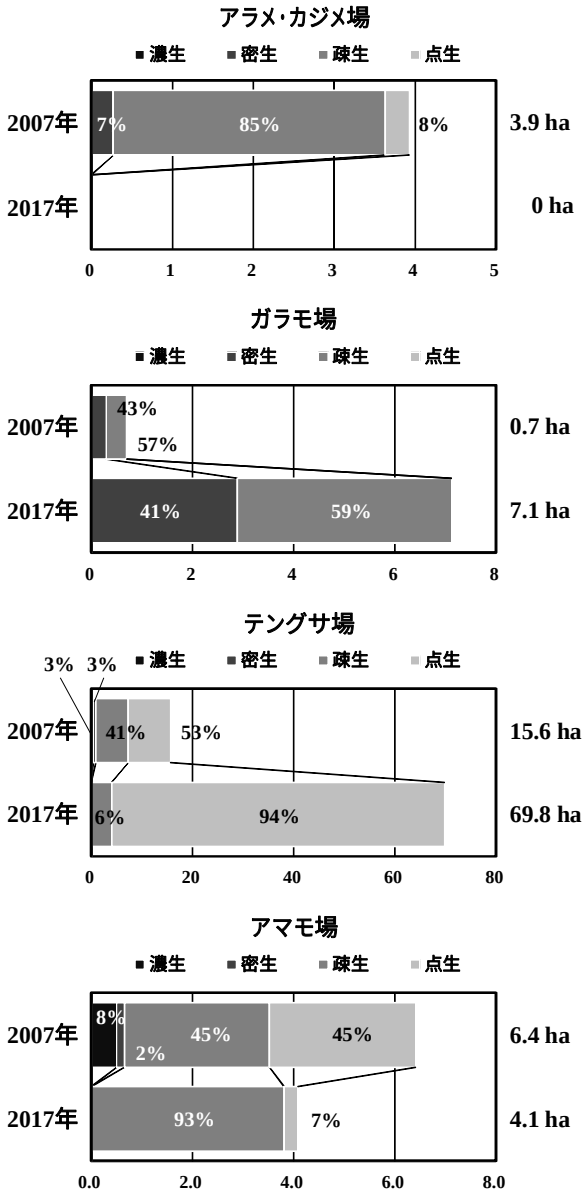


図 22．鞆浦地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

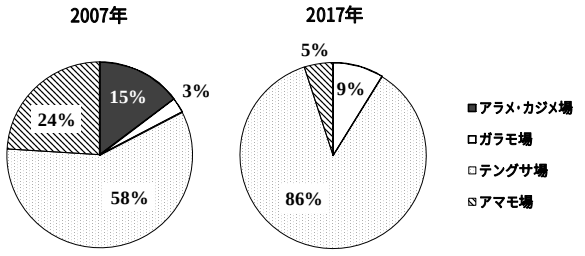


図 23．鞆浦地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

加した（2007年比10.1倍）。テングサ場は，大里海岸および那佐湾奥部を除いてほぼ全域の岩礁域に分布していた。網代崎南岸地先（エリア255；付図21）では，2008年5月27日の潜水調査時にはアラメ・カジメ場が残存していたが（写真19），2017年の調査時にはこれらが消失し，点生のテングサ場へと変わっていた（写真20，付図22）。2017年のテングサ場の面積は54.2haと大きく増加したが（2007年比7.0倍），被度は低下し，点生域が全体の94 %を占めるようになった。アマモ場は，アマモのほかにウミヒルモ類も確認された。面積は2.3ha減少した（2007年比0.64倍）。

当地区では2017年にアラメ・カジメ場の消失が確認されたが，一方でガラモ場とテングサ場の面積は拡大した。結果としてテングサ場が藻場全体の9 割近くを占める組成に変化した。

12）宍喰地区

当地区は大小の島が点在し，砂浜や小湾も存在するため海岸線は変化に富んでいる。徳島県の最南端に位置し，竹ヶ島周辺ではサンゴ類も生息している。2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図24に，藻場面積の種類別の組成を図25に，藻場分布図を付図23,24に示した。

アラメ・カジメ場の構成種は他の地区と異なりアントクメのみであり，小那佐湾から西側の岩礁，大手海岸地先および宍喰漁港の防波堤に分布していた（写真23）。ガラモ場は，小那佐湾内，宍喰漁港，水床湾，竹ヶ島漁港および金目周辺の防波堤に分布していた。ガラモ場は2017年に6.4ha増加したが（2007年比2.7倍），濃生域は確認されず，全体の被度は低下した。テングサ場は那佐半島の南岸を中心に分布していたが（写真24），2017年の面積は13.8ha減少し（2007年比0.59倍），被度も点生域が100%となった。アマモ場はアマモとコアマモで構成され，宍喰漁港の周辺，水床湾および金目の湾内に分布していた。2007年に認められた水床湾から四島周辺にかけてのアマモ場は規模が縮小したが，全体の面積は増減がなかった。ワカメ場はヒロメのみで構成され，大手海岸地先に分布していた。面積は0.9ha減少し（2007年比0.96倍），被度も点生域100%へと低下した。

当地区は2007年にはテングサ場が藻場全体の5割近くを占めていたが，2017年にはテングサ場が減少し，ガラモ場の割合が増加した。その結果，これらの藻場と，アントクメから成るアラメ・カジメ場およびヒロメから成るワカメ場が一定の割合で共存する組成となった。

海部郡全域（まとめ）

海部郡沿岸全体における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合を図26に示した。

アラメ・カジメ場は，2017年には郡全体で97ha減少した（2007年比0.81倍）。被度においても，2007年に11%あった濃生域が確認されなくなり，密生域も半減する一方で点生域が大幅に増えるなど全体的な被度は低下した。最北部に位置する伊座利，阿部，志和岐地区ではほぼ全域を疎生域が占めたものの，2007年と比べると面積および被度に大きな変化はなかった。その南に位置する東由岐から牟岐東地区では，濃生域と密生域が減少する

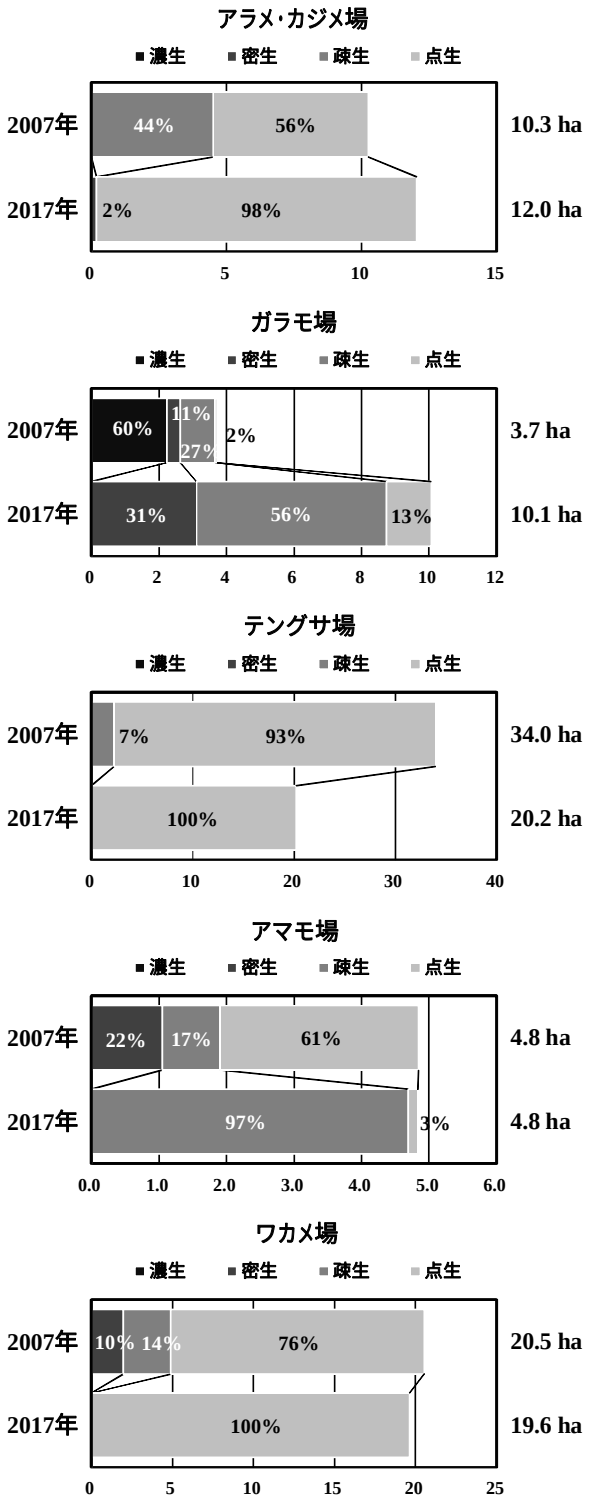


図 24．宍喰地区における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

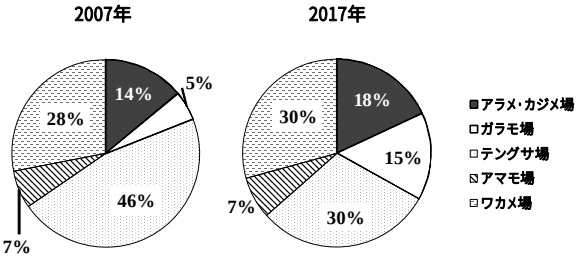


図 25．宍喰地区における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

一方で点生域の割合が上昇した。さらに南の牟岐町，浅川地区では面積が6割以上減少し，鞆浦ではアラメ・カジメ場が消失など，南下するほど衰退は顕著であった。また，最南端の宍喰ではアントクメによる藻場が形成されていた。

ガラモ場は，2017年には郡全体で24ha減少し（2007年比0.85倍），全体的な被度も低下した。北部の伊座利，志和岐地区ではわずかに生育が確認され，その南に位置する東由岐，西由岐，木岐地区では面積が増加した。しかし，さらに南の日和佐，牟岐東，牟岐町，浅川地区では面積が減少するとともに，被度も低下した。しかし最南部に位置する鞆浦，宍喰地区では，一転してガラモ場の面積は増加した。

テングサ場は，2017年には郡全体で180haと大幅に増加し（2007年比1.9倍），藻場の種類別では最も分布域が拡大した。北部の伊座利，阿部，志和岐および西由岐を除く地区で分布が認められ，最南端の宍喰地区で面積が減少したほかは，すべての地区で面積が増加した。特に南部の日和佐，牟岐東および浅川地区では面積の増加とともに被度も上昇した。

ワカメ場は，2017年には郡全体で76ha増加した（2007年比4.6倍）。日和佐から牟岐町地区では面積の大幅な増加と被度の上昇が確認された。西由岐および木岐地区ではワカメとヒロメを確認し，日和佐地区ではワカメのみ，牟岐東地区以南ではヒロメのみが確認された。

2007年と2017年の海部郡全体における藻場面積の種類別の組成を図27に示した。両調査年ともにアマモ場を除く岩礁性藻場の割合が98%以上を占めたが，岩礁性藻場を構成する種類の組成は大きく変化した。2007年にはアラメ・カジメ場とガラモ場の合計で全体の74%を占めていたが，2017年には合計で52%へ低下した。逆にテングサ場の割合は，2007年には全体の22%にすぎなかったが，2017年には37%に大きく上昇した。

2.地先水温の推移

1)日和佐地区大浜地先

日和佐地区大浜地先における月平均水温の1987年～2006年の過去20年間の平均値と，2007年～2016年の直近10年間の平均値を図28に示した。両者を比較すると，1月から7 月の期間はほとんど差異が認められなかった。しかし8月以降は12月まで，直近10年間の値が過去20年間を上回り，その傾向が大きいのは8月（+0.7℃），10月（+0.7℃）および11月（+0.7℃）であった。この結果から，日和佐地区大浜地先では直近10年間の平均水温が，夏季から初冬にかけて上昇していることが明らかになった。

次に，夏季の高水温に着目し，年間で28℃以上29℃未満，29℃以上30℃未満，30℃以上の水温を記録した日数の経年変化を図30に示した。当地先では30℃以上を記録

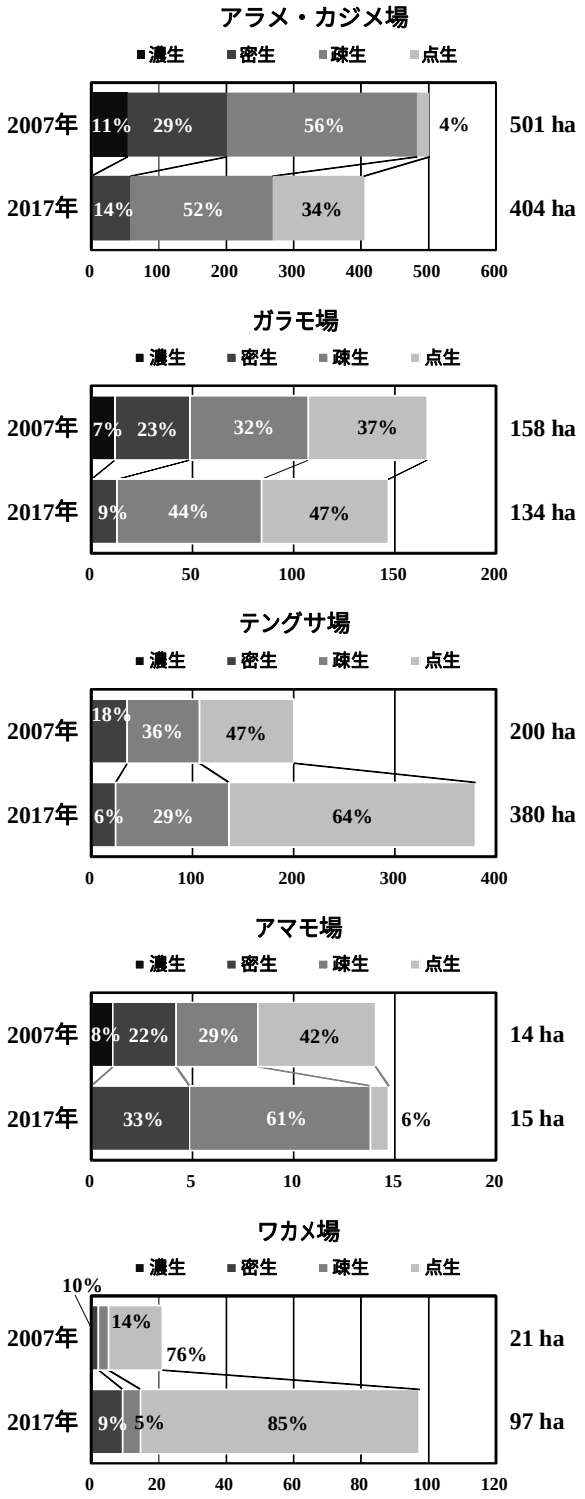


図 26．海部郡沿岸全体における2007年と2017年の藻場の種類別の面積および被度別の割合

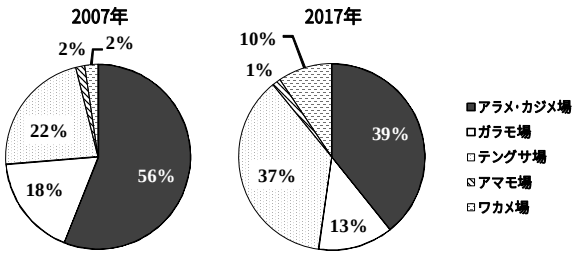


図 27．海部郡沿岸全体における2007年と2017年の藻場面積の種類別組成

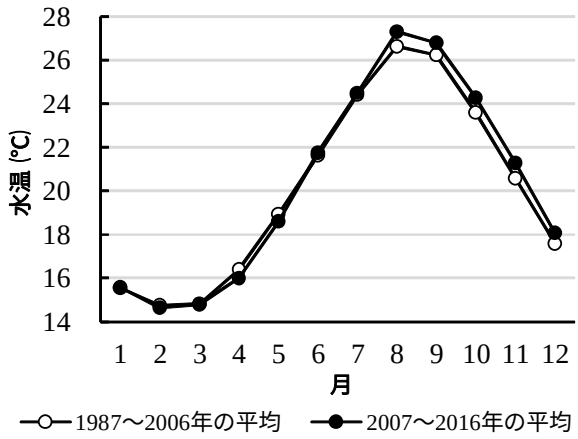


図 28．日和佐地区大浜地先における月平均水温の1987年～2006年の20年間の平均値と，2007年～2016年の10年間の平均値との比較

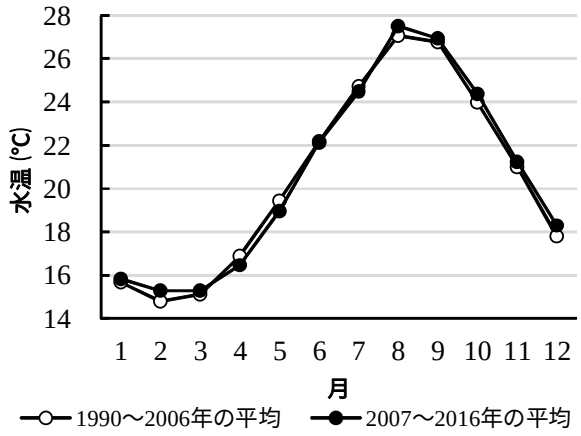


図 29．浅川地区加島地先における月平均水温の1990年～2006年の17年間の平均値と，2007年～2016年の10年間の平均値との比較

した日はなく，29℃以上を記録した日は1994年の2日のみであった。28℃以上を記録した日数は，1987年～1996年の10年間は，94年の41日（年平均4.1日）のみであったが，1997年～2006年の10年間は28℃以上を記録する日数が増加し，計57日（年平均5.7日）となった。さらに2007年～2016年の直近10年間では年間に10日以上記録する年が増え，計137日（年平均13.7日）となった。10年間ごとに28℃以上を記録した日数を比較すると，2007年～2016年の直近10年は，それ以前の10年と比べて2.4倍に増加していた。

2)浅川地区加島地先

浅川地区加島地先における月平均水温の1990年～2006年の過去17年間の平均値と，2007年～2016年の直近10年間の平均値を図29に示した。両者を比較すると，1月から3月および8月から12月の期間に，直近10年間の値が過去20年間を上回った。その傾向が大きいのは8月（+0.4℃），10月（+0.4℃），12月（+0.5℃）および2月（+0.5℃）であった。この結果から，浅川地区加島地先では直近10年間の平均水温が夏季から冬季にかけて上昇してい

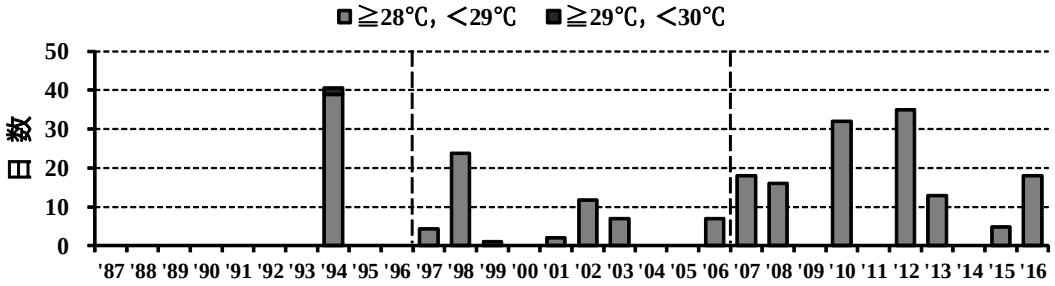


図 30．日和佐地区大浜地先における1987年以降の28℃以上の水温を記録した日数の経年変化

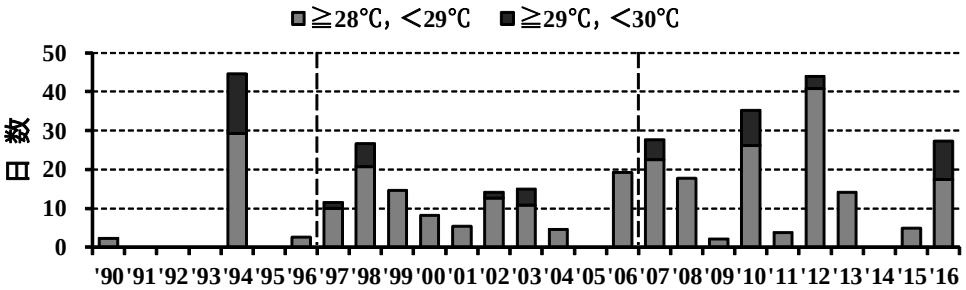


図 31．浅川地区加島地先における1990年以降の28℃以上の水温を記録した日数の経年変化

ることが明らかになった。

次に，日和佐地区大浜地先と同様に，年間で28℃以上29℃未満，29℃以上30℃未満，30℃以上の水温を記録した日数の経年変化を図31に示した。当地先でも30℃以上を記録した日はなかったが，29℃以上を記録した日は27年間で計54日にのぼり，日和佐地区大浜における30年間で計2日と比べて明瞭に多かった。28℃以上および29℃以上を記録した日数を集計すると，1990年～1996年の7年間はそれぞれ計49日（年平均7.0日）と計15日であったが，1997年～2006年の10年間は計119日（年平均11.9日）と計12日，2007年～2016年の10年間は計177日（年平均17.7日）と計27日となり，1997年以降は毎年のように28℃以上を記録する年が発生した。10年間ごとに水温が28℃以上および29℃以上を記録した日数で比較すると，2007年～2016年の直近10年は，それ以前の10年と比べて，28℃以上の日数が1.5倍，29℃以上の日数が2.3倍に増加していた。

考　察

本研究の結果，海部郡沿岸ではアラメ・カジメ場の衰退をはじめとする藻場の変遷が広範囲で起こっていることが明らかとなった。海部郡沿岸の12地区における藻場の変遷は，藻場の種類，被度，面積の変化の傾向および程度から次の5つのグループに大きく分けることができたので，まずそれぞれのグループごとに考察する。

グループⅠ（伊座利，阿部，志和岐）

海部郡沿岸で最北部に位置するこの海域は，両調査年とも藻場のほぼ全域をアラメ・カジメ場が占め，後述する他のグループと比べると現在も安定したアラメ・カジメ場が維持されていた。漁業者へのヒアリングにおいても，アラメ・カジメ場が減少した印象は特にないとの回答が多かった。しかしながら地区ごとに詳しくみると，2017年におけるアラメ・カジメ場の面積は，2007年と比べて伊座利で1.3倍，阿部で0.92倍，志和岐で0.82倍と南下に伴い減少幅が大きくなっており，志和岐では密生域が確認されなくなるなど被度の低下も認められた（図2，4，6）。

当海域は海部郡沿岸では最も内海系水の影響を強く受け，冬季の最低水温は12℃前後まで低下する（棚田，中西 2018，棚田ら 2017）。食害生物に関する漁業者への聞き取りでは，当海域には昔からアイゴ*Siganus fuscescens*が生息するが，低水温期には群れで見かけることは少なく，ウニ類の生息数も近年増加していないとの情報が得られた。しかし，筆者の棚田と中西は，2016年12月15日に志和岐地区の潮吹岩北東部地先のサガラメ・カジメ群落周辺において，全長20cm前後のアイゴの500個体を超える大群を観察しており，葉状部の消失した藻体もわずかながら確認している（野田ら 2018）。また2012年の夏季から秋季には，海部郡の北部に位置する紀伊水道沿岸の阿南市福村地先において，カジメとサガラメの群落の大規模な磯焼けが初めて確認された。藻体に残された食痕から，磯焼けの発生要因はアイゴの食害によるものと判定された（野田ら2018）。これらのことから，当海域においても，夏季から初冬にかけてはアイゴの食害を受ける可能性は充分に考えられる。特に当グループでは南方に位置する志和岐地区においては，冬季においても水

温が相対的に高いことが想定されるため，本県沿岸のアイゴの低水温耐性（上田，棚田 2018）等を考慮すると，今後は冬季のアイゴの動向についても警戒が必要であろう。

グループⅡ（東由岐，西由岐，木岐）

この海域は，アラメ・カジメ場が面積・被度の両面で衰退した一方で，ガラモ場が増加したエリアと位置づけることができた。2017年におけるアラメ・カジメ場の面積は，2007年と比べて東由岐で0.65倍，西由岐で0.72倍，木岐で0.62倍と概ね3割程度の減少となった。また東由岐および西由岐地区では点生域が大幅に増加するなど被度の低下もグループⅠと比べて明瞭であった。一方，ガラモ場の面積は東由岐で1.9倍，木岐で2.3倍に大きく増加した（図8，10，12）。

漁業者からの情報によると，アラメ・カジメ類は現在も水深8m前後までは生育するが，衰退は水深が深い所から，また地形的に黒潮の影響が強い場所から進行している印象があるという。一方で山林からの水が流入するような地点の周辺は比較的藻場が残っているとの意見も聞かれた。また，アラメ・カジメ場が衰退した一方で，ウミウチワ*Padina arborescens*が5年ほど前から急増しており，その周辺にはアワビ類などの磯根生物がいなくなったとの声もあった。当海域における藻場衰退の要因としては，水温上昇などの海況の変化，アイゴ，ブダイ*Calotomus japonicus*，ニザダイ*Prionurus scalprum*などの植食性魚類による食害が可能性として挙げられた。なお，これらの魚類は近年増加して周年見られるようになったとのことであり，アイゴの群れがサガラメを食べる行動を目撃したという漁業者もいた。

アラメ・カジメ場からガラモ場へ変化した事例については，国内の他の海域で複数の報告がある。寺脇，新井（2000）は，横須賀市地先のカジメ場の一部で1年間，アラメ・カジメ藻体のみを選択的に除去した結果，そこにはヨレモクモドキが繁茂するガラモ場が形成されたことを報告している。また，和歌山県美浜町沿岸では，黒潮系水の長期流入と植食性魚類の食害等が原因と考えられるアラメ・カジメ場の高齢群の衰退に対して，トゲモクの現存量は前年の2 倍に増加した事例がある（木村，難波 1996）。今回当海域でアラメ・カジメ場が衰退した要因については特定できていないが，これらの事例と同様に，アラメ・カジメ場が衰退した結果としてガラモ場が増加した可能性がある。

グループⅢ（日和佐，牟岐東）

この海域は，アラメ・カジメ場の面積は維持されたものの被度が大きく低下し，テングサ場が増大したエリアと位置づけることができた。2017年のアラメ・カジメ場の面積は，2007年と比べて大きく変わらないものの，濃生域が消失し，密生域と疎生域も減少した結果，全体の8割以上が点生域となるなど被度が著しく低下した。一方，テングサ場の面積は日和佐地区で7.4倍，牟岐東地区で2.6倍と急増し，被度も全体的に高くなった。藻場分布図からも，2007年にはアラメ・カジメ場の濃生域であった場所が2017年には消失するとともに，密生・疎生域であった場所も含めて，広範囲にテングサ場へと変化した状況が明瞭となった（付図11～14）。

漁業者の情報によると，20年ほど前まではアラメ・カジメが密生している場所が多かったが，近年衰退が著しく，波浪で仮根部が容易に剥がれる個体や，葉状部が消失した茎のみの個体が多く見られるようになった。さらに近年はテングサ場が拡大し，転石帯だけではなく岩盤にまで分布域を広げているという。藻場変遷の要因としては，夏季や11月～12月の水温上昇が挙げられたが，食害生物では10年ほど前まで多かったウニ類は5年ほど前から減少し，今は少ないということであった。

グループⅣ（牟岐町，浅川，鞆浦）

この海域はアラメ・カジメ場が面積と被度の両面において著しく衰退し，テングサ場へ変遷したエリアと位置づけることができた。2017年におけるアラメ・カジメ場の面積は，2007年と比べて牟岐町で0.37倍，浅川で0.16倍，鞆浦では消失するなど，南下するほど縮小した。被度においても濃生域と密生域が消失した結果，残存するアラメ・カジメ場の大半が点生域となった。これとは対照的にテングサ場の面積は浅川地区で14倍，鞆浦地区で45倍になるなど急増した。その結果テングサ場は各地区の藻場全体の面積の69～86%を占め，現存する藻場の大半がテングサ場の海域となった（図18～23，付図17～22）。

当海域は，今回の2回の分布調査によって最も劇的な藻場の変化を認識できたエリアであった。当海域におけるアラメ・カジメ場の衰退などの要因については，後述する。

グループⅤ（宍喰）

最南端の宍喰地区は，グループⅢおよびⅣのようにテングサ場が増大せず，逆に減少したことに加え，ガラモ場が拡大したエリアと位置づけることができた。当地区は2007年にはテングサ場が全体の面積の半分近くを占める海域であったが，2017年にはその面積が0.59倍に縮小した。一方，ガラモ場の面積は2.7倍に拡大した（図24，25）。

ガラモ場の構成種については，船上からの目視観察であったため同定ができなかったが，グループⅣまでの地区で確認した種とは外観が異なるホンダワラ類も観察された。これらについては今後精査する必要があるが，高知県との県境に位置する宍喰地区には，温帯性種に加え，高知県などに生育する亜熱帯性種（平岡ら 2005，清本ら 2018，島袋ら 2018）が生育している可能性がある。

アラメ・カジメ場については，宍喰地区では両調査年

ともにサガラメやカジメ類は生育しておらず，確認できたのはアントクメのみであった。

漁業者からの情報によると，藻場は全般的に減少傾向であり，食害生物ではウニ類は少ないものの，魚類はニザダイ，ブダイのほか，宍喰地区ではイスズミ類が多く，近年は水温上昇の影響で冬季も活発に活動し，食害が認められるということであった。

ワカメ場に関する調査結果

今回の調査結果から，ワカメは西由岐から日和佐地区北部の沿岸にかけて確認されたが，日和佐港周辺から南のエリアではワカメは観察されずヒロメのみが確認された。本調査は船上からの目視によるものであるため，当日の波浪や透明度など海況の影響も考慮すると，局所的に数個体規模で生育しているワカメ類を見落としている可能性は否定できない。一方，日和佐地区では天然ワカメが漁獲されているが，漁協への聞き取りでは主要な漁場は恵比須浜周辺から大浜海岸北部にかけての岩礁海岸と日和佐港沖の立島周辺とのことであった。このように漁場として利用できるワカメ場の場所は，本調査結果における分布域（付図12）と一致していた。これらのことから，2017年現在，ワカメの生育が一定規模の群落として確認できる地点の南限としては，本県沿岸では日和佐地区北部の日和佐港周辺と考えるのが妥当であろう。

ワカメ場については，2017年の調査において，木岐地区から牟岐町地区にかけての郡中部海域で面積の大幅な増加と被度の上昇が確認された。漁業者からは，アラメ・カジメ場が衰退した場所でワカメが増えてきているとの情報も聞かれ，前述のガラモ場やテングサ場と同様に，ワカメ場も増加した可能性は考えられる。一方で，今回の現地調査の郡中部海域における実施時期は，2007年が5月中旬であったのに対し，2017年は日和佐地区を除いて4月中旬と1か月程度早く，2007年よりも水温が低い時期であった。このため2007年5月中旬の調査時にはワカメ類の葉状部の枯死流失がより進行し，船上からの観察では分布域や被度を過小評価していた可能性がある。また，2017年は冬季から春季の水温が平年よりも低く推移したため，ワカメの生育量・収穫量が例年よりも多かったという情報が西由岐，木岐，日和佐地区の漁業者から聞かれた。このように一年生海藻のワカメに関する本調査結果については，両調査年の調査時期の差異や資源量の年変動を考慮する必要がある。

アラメ・カジメ場の南限地の北上

本研究の結果，アラメ・カジメ場がこの10年間で南部海域を中心に大きく衰退したことが，分布面積と被度の両面から明らかになった。ここでは，2007年と2017年におけるアラメ・カジメ場の南限地の変化に着目して考察する。両調査年の分布調査はいずれも船上からの目視によるものであったため，南限地の判定にあたっては，被度が「密生」と判断されたアラメ・カジメ場を安定した藻場が形成されていたものとして扱った。

2007年には，海陽町鞆浦地区の網代崎南岸から南方にかけての広範囲にわたって疎生から濃生のアラメ場が形成されていた（付図21）。この場所では2008年5月27日の潜水調査時にも，幼体を中心としたサガラメ群落が存在したことを確認している（写真19，付図21）。しかし，2017年の調査時にはサガラメ群落は消失しており，点生のテングサ場へと変化していた（写真20，付図22）。そこで2017年における密生のアラメ・カジメ場の南限地を分布図上で調べると，サガラメの密生が確認された牟岐町地区の灘地先となった（付図14）。

これらの結果から，この10年間で密生のアラメ・カジメ場の南限地が鞆浦地区の網代崎南岸から牟岐東地区の灘地先まで北上したことになり，その距離を地図上で試算すると，直線距離で9.3km（年平均930m），垂直（南北）方向では6.4km（年平均640m）となった。この試算結果からも，10年間で海部郡沿岸のアラメ・カジメ場の衰退が明瞭に進行していることが示された。

アラメ・カジメ場の衰退要因

2007年におけるアラメ・カジメ場の南限地と判断された鞆浦地区網代崎南岸地先では，前述のとおり2008年の潜水調査時においてもサガラメ群落は残存していた。このとき，水深3．0 m の地点では幼体が多数生育していたが，成体は葉状部を失って茎のみの状態になった個体が多かった（写真19）。さらに水深5.0mの地点では，茎のみの状態でかつ生長点まで失われた成体が多く，残された茎には魚類の摂食痕と考えられる痕跡が確認された（写真21）。また幼体の生育密度も水深3.0mの地点と比べて低い傾向が見られ，一部の個体には食害が疑われる欠損も見受けられた。これらの現象については食害以外の要因が関与している可能性も否定できないが，当地先では2008年の時点において魚類の食害を受けていた可能性が高いと考えられ，既に藻場衰退の兆候が見られていた。これに対して，鞆浦地区よりも北部に位置する日和佐，牟岐，浅川の各地区では，2008年の同時期に潜水調査を実施したにもかかわらず，このような食害と推察される現象は確認されず，良好なアラメ・カジメ場が維持されていた（写真9，11，13，15）。しかし，2017年の調査時には日和佐，牟岐，浅川地区でもアラメ・カジメ場は大きく衰退していた（写真10，14，16）。

海部郡沿岸では2011年秋季以降にアイゴが記録的に漁獲されるなど大量に出現しており（和田，棚田 2013），その後海中でのアイゴの観察事例も多い（棚田ら 2013，野田ら 2018）。また牟岐町地先では2010年～2011年におけるヒジキの生育不良の要因として，ブダイやアイゴによる食害が疑われている（中西 2012）。鞆浦地区で2008年に既に観察されていた食害と推察される現象が，その後も継続的に発生していた可能性は通常の条件下でも考えられることであり，さらに2011年以降はアイ

ゴの大量出現も相まって食圧が強くなり，鞆浦地区より北部の海域まで食害が拡大していった可能性が示唆される。ただし，藻場の衰退要因が食害かどうかの判定には，食害生物の出現状況や採食行動および藻体に残された食害痕の調査といった裏付けが不可欠であるため，これらの状況証拠についても今後検証していきたい。

次に，水温環境の面から考察する。鞆浦地区の北部に隣接する浅川地区の加島地先における水温データを解析した結果，2007年～2016年の直近10年間の水温は，過去20年間と比べて，8月から3月の期間に上昇していることが明らかになった（図29）。また夏季の28℃以上の高水温発生日数に着目すると，1996年までは，1994年の特異的な1年を除いてほとんど発生がなかったが，1997年以降の10年間は年間の発生日数が10日を超える年が6か年と急増した。さらに2007年以降の直近10年間は年間の発生日数が20日を超える年が4か年となり，高水温が夏季に長期間継続するようになった。28℃以上の高水温発生日数の年平均値でみても，1990～1996年は7.0日であったが，1997～2006年は11.9日と10日を超え，2007～2016年は17.7日となり，直近10年間は過去と比べて明瞭に増加していた（図31）。

田中，木村（2009）は，培養実験の結果から，和歌山県産カジメの幼胞子体の生育上限温度が28℃であることを報告している。また村瀬，野田（2018）は，山口県産アラメ*Eisenia bicyclis*とクロメ*Ecklonia kurome*の成体から得られた葉片を用いた培養実験の結果から，生育上限温度はそれぞれ29℃と28℃であるとしている。上記の浅川地区加島地先の水温観測データを詳しくみると，2010年と2016年の夏季は29℃以上の日がそれぞれ9日間と10日間発生していた。特に2016年には8月下旬に29.5℃以上の日が少なくとも3日以上発生し，最高水温は29.8℃を記録した。また，浅川地区加島地先の水温は，水深9 m 付近から汲み上げた海水を午前9時に測定している。このため，当地先より南方に位置する鞆浦地区網代崎南岸地先で，サガラメ群落が消失した水深3～5m付近の日中における水温は，さらに高くなっていた可能性もある。

以上のことから推察すると，鞆浦地区網代崎南岸地先で2008年以降にアラメ場が衰退・消失した要因としては，前述の食害のほか，2010年以降の夏季の高水温による生理的な障害も考えられる。さらに，長崎県で発生した磯焼けの事例（八谷ら 2014，清本ら 2018）のように，これらの要因が連鎖的あるいは複合的に影響した可能性もある。

テングサ場の拡大

テングサ場は，2017年において，宍喰地区を除く日和佐地区以南の南部海域で顕著な増大が認められた。これらの海域では，2007年にもテングサ場は存在していたが，アラメ・カジメ場の衰退に伴い，その分布域を急激に拡大させた（付図11～14，17～22）。

アラメ・カジメ場からテングサ場へ植生が変化する事例については，四国西岸の豊後水道沿岸でも確認されている。四国東岸の海部郡沿岸と同様に，四国西岸の豊後水道沿岸も南下に伴い黒潮の影響が強くなるため，緯度による明瞭な水温勾配が生じている（吉田ら 2011）。その結果，北部海域ではアラメ・カジメ場を構成するクロメおよび複数種の温帯性ホンダワラ属が混生する良好な大型褐藻藻場が形成される。しかし南下するにつれてまずクロメが消失し，続いて温帯性ガラモ場の衰退が起こり，次にマクサなどの小型紅藻類が優占するようになる。さらに南下するとマクサも消失して磯焼けの状態となり，亜熱帯性のホンダワラ属やサンゴが分布する景観となる（島袋ら 2018）。

海部郡沿岸においても，北部は依然として良好なアラメ・カジメ場が残存するが（グループⅠ），南下に伴い，アラメ・カジメ場の衰退とガラモ場の増大が見られ（グループⅡ），日和佐地区以南のグループⅢおよびⅣでは顕著なアラメ・カジメ場の衰退とテングサ場の増大が認められた。しかし最南端の宍喰地区ではテングサ場が減少し，亜熱帯性種の可能性があるホンダワラ類も観察されている。これらの現象は豊後水道における事例と類似しており，特にテングサ場の衰退傾向が認められ，サンゴ類も生息する宍喰地区の現状については磯焼けの兆候と捉えることもできるだろう。2017年の調査で新たにアラメ・カジメ場の消失が確認された鞆浦地区も含めて，海部郡最南部海域の藻場および水温環境の動向についてはこれまで以上に注視する必要があると思われる。

本研究は，1990年以降実態が不明であった海部郡沿岸の藻場の現状および変遷の概況を把握することに主眼をおいて実施した。その結果，日和佐地区以南の南部海域でアラメ・カジメ場が顕著に衰退するなど，この10年間で劇的な変化が起こっていたことが明らかになった。しかしながら本研究では調査法の精度等の理由により，藻場の構成種やそれらの垂直分布，また食害生物の分布および食害状況などの衰退要因および衰退時期に関する詳細な調査は行っていない。そのため，得られた結果や考察の精度についても限界があることは否めない。これらの残された課題については，別途筆者らが潜水調査により実施している海部郡沿岸3 地点における長期モニタリング調査等の結果と併せて解析し，今後報告することで対応していきたいと考えている。

徳島県海部郡では古くからアワビ類，イセエビ，アオリイカなどを対象とした沿岸漁業が基幹産業となっており，豊かな藻場に育まれたこれらの水産物は地域の特産であるだけでなく，関西・関東市場でも高い評価を受けてきた。ところが本研究の結果から，この10年間で密生のアラメ・カジメ場の南限地が6.4km北上したことなどが明らかになった。仮に今後も同じ速度で藻場の衰退が進行すれば，藻場に強く依存するこれらの水産生物を対

象とした海部郡沿岸の漁業にとって深刻な打撃となることは避けられない。まずは藻場の現況を正確に把握し，過去との比較から今後の予測に資するために，同一手法による藻場モニタリング調査を継続実施することが不可欠である。そして得られた調査結果を現地の漁業関係者とともに検討し，各海域の現状に適応した藻場の保全・造成技術の開発および現場導入へと展開していきたい。

謝　辞

本研究のとりまとめにあたり，懇切な御指導と原稿の校閲を賜りました徳島県水産研究課長上田幸男博士に衷心より御礼申し上げます。また，株式会社シャトー海洋調査の寺脇利信博士および株式会社海藻研究所の新井章吾氏には，これまで本県沿岸での現地調査等を通じて，本稿のとりまとめに有益な多くの貴重な御助言と情報および示唆を賜りました。この機会に記して感謝の意を表します。最後に，現地調査およびヒアリングにご協力くださった海部郡沿岸各漁業協同組合の組合長はじめ漁業関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

文　献

秋本恒基，中本崇，渡辺大輔，渕上哲，筑紫康博．筑前海における藻場の遷移と現状．福岡水海技セ研報 2008; **18**: 65-75.

荒武久道，清水博，渡辺耕平，吉田吾郎．宮崎県南部串間市沿岸のホンダワラ藻場の変遷．宮崎水試研報 2007; **11**: 1-13.

平岡雅規，浦吉徳，原口展子．土佐湾沿岸における水温上昇と藻場の変化．海洋と生物 2005; **160**: 485-493.

鎌田信一郎，吉村晃一，上田幸男．紀伊水道における透明度の長期変動Ⅱ　徳島・和歌山両県観測データを用いた統合解析．黒潮の資源海洋研究 2009; **10**: 15-26.

環境庁.第4回自然環境保全基礎調査．海域生物環境調査報告書,1994; 1-228.

木村創，難波武雄．磯根漁場生産環境総合対策事業．和歌山県水産増殖試験場報告 1996; **28**: 72-76.

桐山隆哉，藤井明彦，吉村拓，清本節夫，四井敏雄．長崎県下で1998年秋に発生したアラメ類の葉状部欠損現象．水産増殖 1999; **47**: 319-323.

清本節夫，門田立，種子田雄，吉村拓．九州西岸域における藻場の変遷．海洋と生物 2018; **236**: 210-219.

村瀬昇，野田幹雄．水温の変動が藻場構成種および植食性魚類に与える影響．海洋と生物 2018; **236**: 226-232.

中西達也．牟岐町地先におけるヒジキの生育不良原因．徳島水研報 2012; **8**: 23-26.

中西達也．美波町伊座利地先におけるサガラメのAge-length keyと漁業者が試験伐採した個体群の年齢組成の推定の試み．徳島水研報 2017; **11**: 1-4.

野田幹雄，木下淳司，棚田教生，村瀬昇．短期間で発生したカジメ科海藻の磯焼けにおけるアイゴの食痕の特徴．水産大学校研究報告 2018; **66**: 111-122.

Serisawa Y, Imoto Z, Ishikawa T, Ohno M. Decline of the *Ecklonia cava* population associated with increased seawater temperatures in Tosa Bay, southern Japan. *Fisheries Science* 2004; **70**: 189-191.

島袋寛盛，吉田吾郎，加藤亜記，郭新宇．今後100年間に生じる水温と藻場生態系の変遷を予測する．海洋と生物 2018; **236**: 233-242.

棚田教生，亀井いずみ，石川侃．潜水観察からみた徳島県宍喰周辺海域におけるアイゴの分布および行動．徳島水研報 2013; **9**: 7-12.

棚田教生，中西達也．徳島県鳴門市北灘町折野産の種苗を用いた養殖ヒジキの記録的生長．徳島水研報 2018; **12**: 7-10.

棚田教生，岡直宏，浜野龍夫．徳島県太平洋沿岸由岐地先に適したワカメ養殖種苗の検討．徳島水研報 2017; **11**: 25-30.

Tanaka K, Taino S, Haraguchi H, Prendergast G, Hiraoka M. Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy-forming seaweeds. *Ecology and Evolution* 2012; **2**: 2854-2865.

田中俊充，木村創．カジメ属の生物特性－和歌山県沿岸－．「カジメ属の生態学と藻場造成」（能登谷正浩編著）恒星社厚生閣，東京. 2009; 31-52.

徳島県．第2回自然環境保全基礎調査.干潟・藻場・サンゴ礁分布調査報告書,1979; 1-28.

徳島県水産課.沿岸漁場等の自然条件.「徳島の水産」徳島県印刷企業組合，徳島.2001; 9-12.

寺脇利信，新井章吾．藻場の景観模式図 3．神奈川県横須賀市秋谷沖・尾ヶ島地先．藻類 2000; **48**: 33-36.

寺脇利信，吉川浩二，吉田吾郎，内村真之，新井章吾．南西日本の磯焼け海域における海底景観の特徴．水産工学 2002; **39**: 29-35.

上田幸男，棚田教生．飼育下のアイゴの生残および摂餌に及ぼす冬季の低水温と餌の影響．徳島水研報 2018; **12**: 11-19.

和田隆史，棚田教生．徳島県沿岸におけるアイゴの大量出現とその利用．黒潮の資源海洋研究 2013; **14**: 109-114.

八谷光介，桐山隆哉，清本節夫，種子田雄，吉村拓．2013年に発生した長崎県壱岐市郷ノ浦町地先におけるアラメ・カジメ場の衰退過程について－夏季の高水温による発生と秋季の食害による拡大－．*Algal Resources* 2014; **7**: 79-94.

吉田吾郎，寺脇利信，山下亜純，新井章吾，樽谷賢治．瀬戸内海から豊後水道にみるガラモ場の変化と水温勾配の関係．海洋と生物 2011; **195**: 337-343.

写真1．伊座利地区（エリア1）のアラメ・カジメ場（2017年5月16日）

写真2．阿部地区（エリア6）のカジメ・サガラメ群落（2017年5月15日）

写真3．志和岐地区（エリア12）のアラメ・カジメ場（2017年4月27日）

写真4．東由岐地区（エリア14）のサガラメ群落（2017年4月27日）

写真5．東由岐地区・由岐漁港内（エリア32）のアマモ場（2017年4月27日）

写真6．西由岐地区・由岐漁港外側（エリア40；ガラモ場と混生）のワカメ場（2017年4月27日）

写真7．木岐地区（エリア47）のアラメ・カジメ場（2017年4月14日）

写真8．木岐地区（エリア46）のガラモ場（2017年4月14日）

写真9．日和佐地区南部（エリア104）に密生していたアラメ・カジメ場（2008年6月17日）

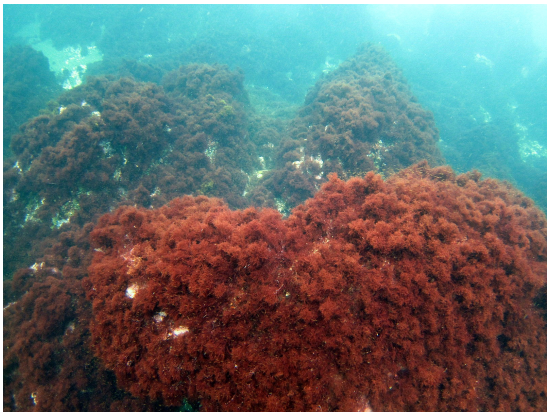


写真10．日和佐地区南部（エリア104）で密生するテングサ場（2017年5月15日）

写真11．日和佐地区南端（エリア111）の水深7.6mに密生していたアラメ・カジメ場（2008年6月17日）

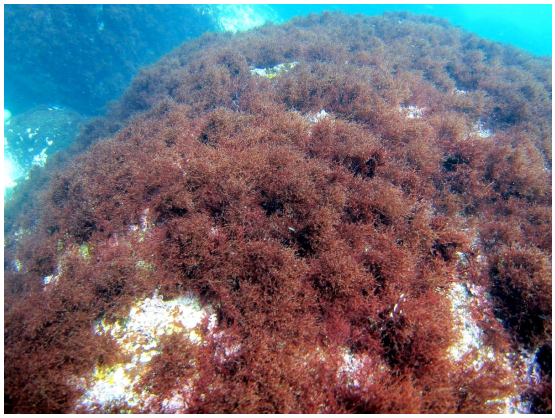


写真12．牟岐東地区・牟岐大島（エリア174）のテングサ場（2017年4月13日）

写真13．牟岐町地区・内妻地先（エリア192）に密生していたサガラメ群落（2008年6月16日）

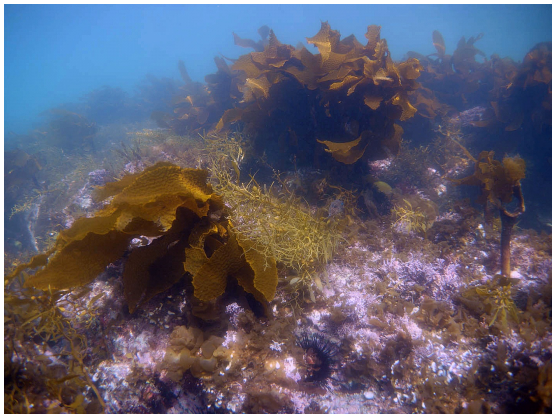


写真14．牟岐町地区・古江地先（エリア201）に残存するサガラメ（2017年4月14日）

写真15．浅川地区・鯖瀬地先（エリア235）の水深3.5mに密生していたサガラメとホンダワラ類（2008年5月28日）

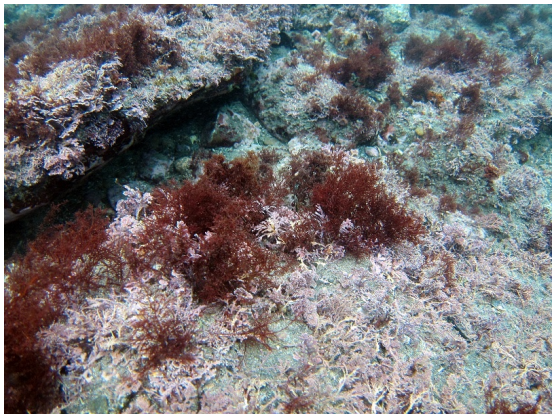


写真16．浅川地区・鯖瀬地先（エリア235）のテングサ場（2017年5月17日）

写真17．浅川地区・加島地先（エリア240）に残存するアラメ・カジメ類の幼体（2017年5月17日）

写真18．浅川地区・浅川湾（エリア251）のガラモ場（2017年5月17日）

写真19．鞆浦地区・網代崎南岸（エリア255）水深3.0mに残存していたサガラメ群落（2008年5月27日）

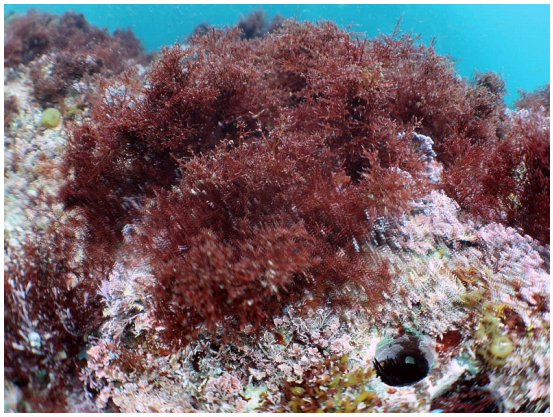


写真20．鞆浦地区・網代崎南岸（エリア255）のテングサ場（2017年5月17日）

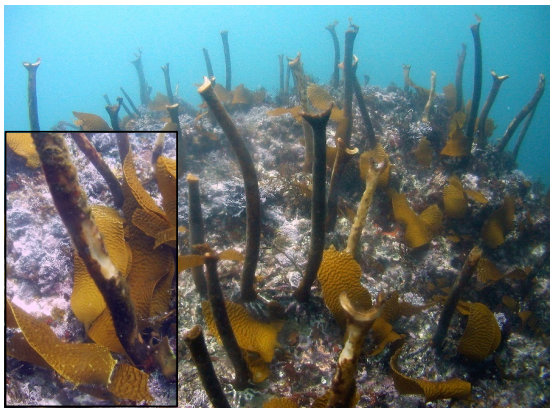


写真21．鞆浦地区・網代崎南岸（同上）水深5.0mの葉状部が消失したサガラメ群落（2008年5月27日）

写真22．鞆浦地区・那佐湾北岸（エリア266）のガラモ場（2017年5月17日）

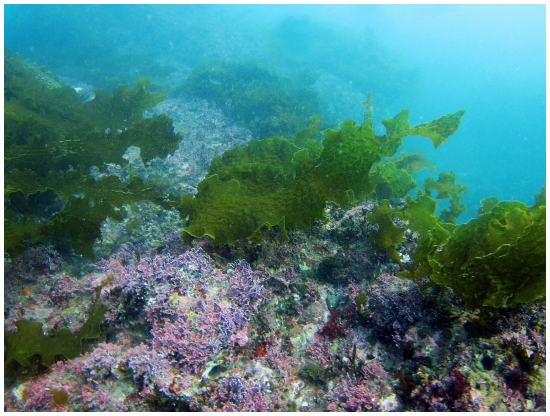


写真23．宍喰地区・大手海岸地先に生育するアントクメ（2017年4月28日）

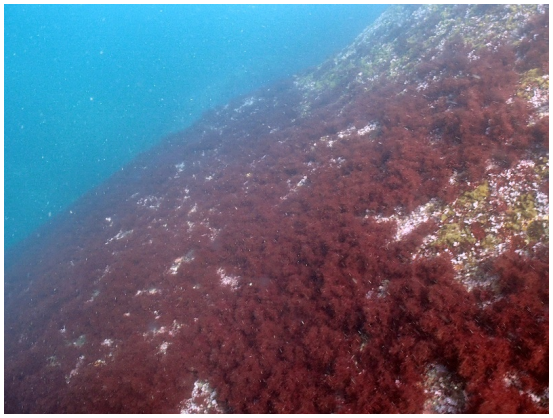
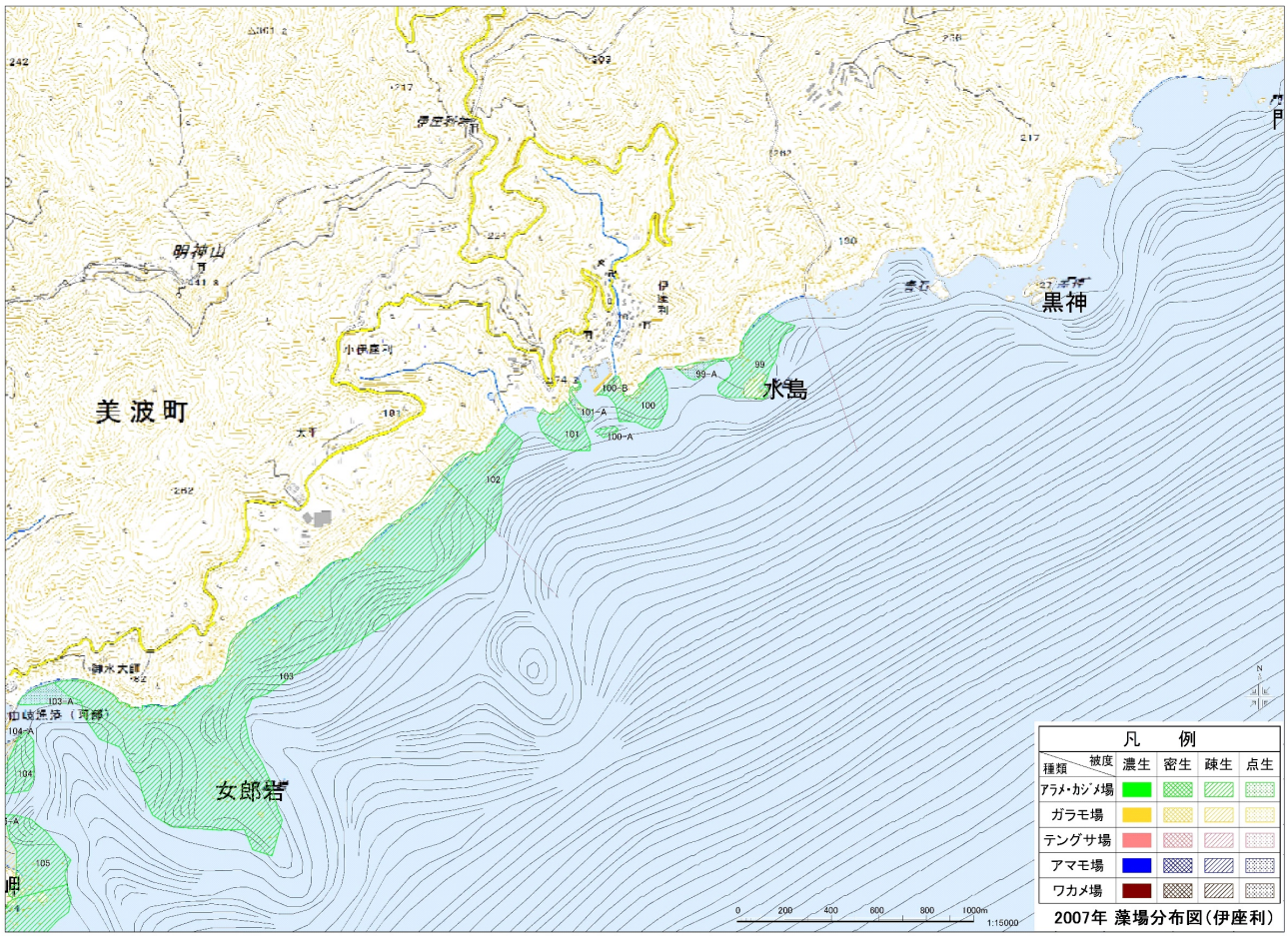
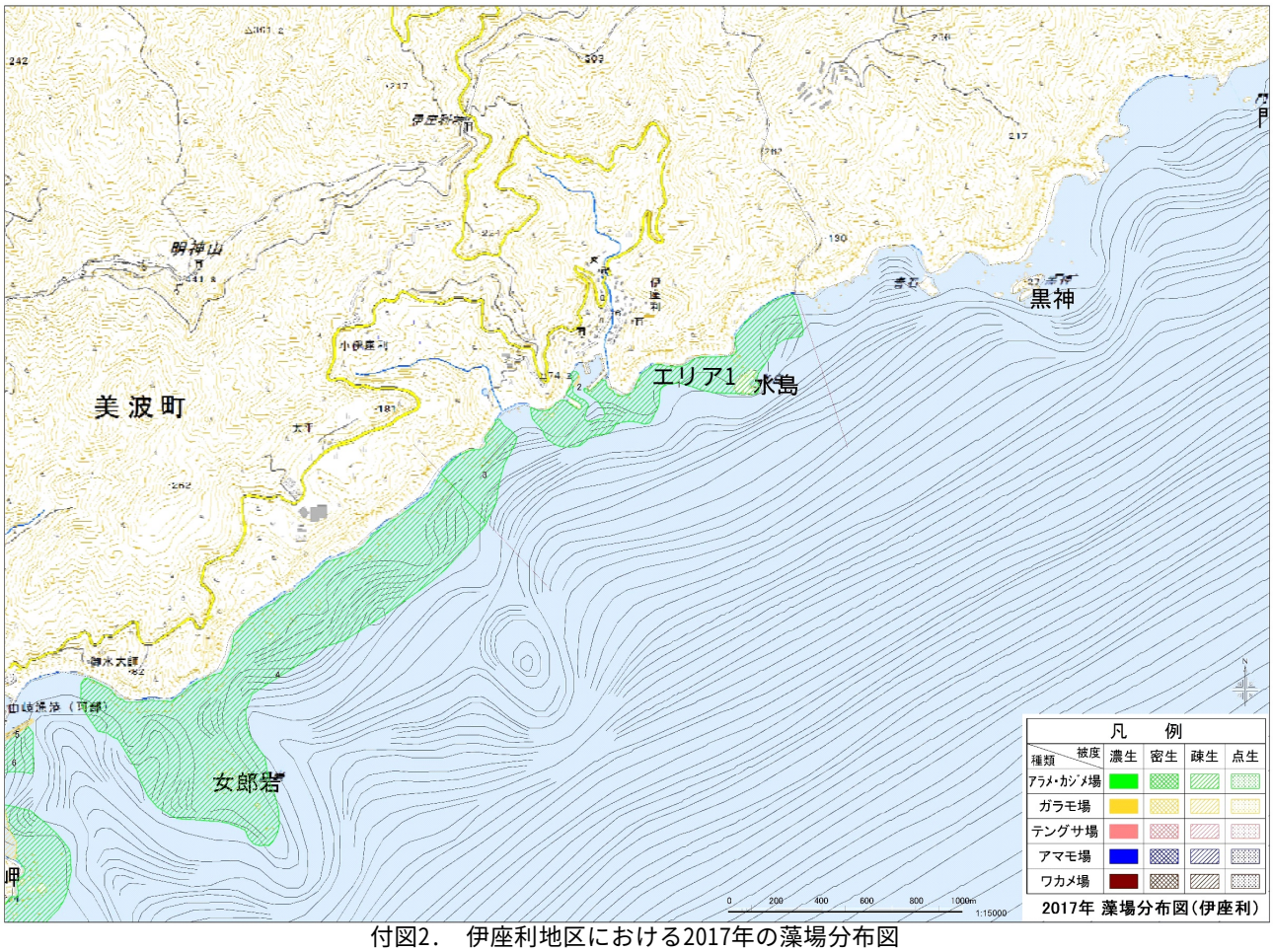


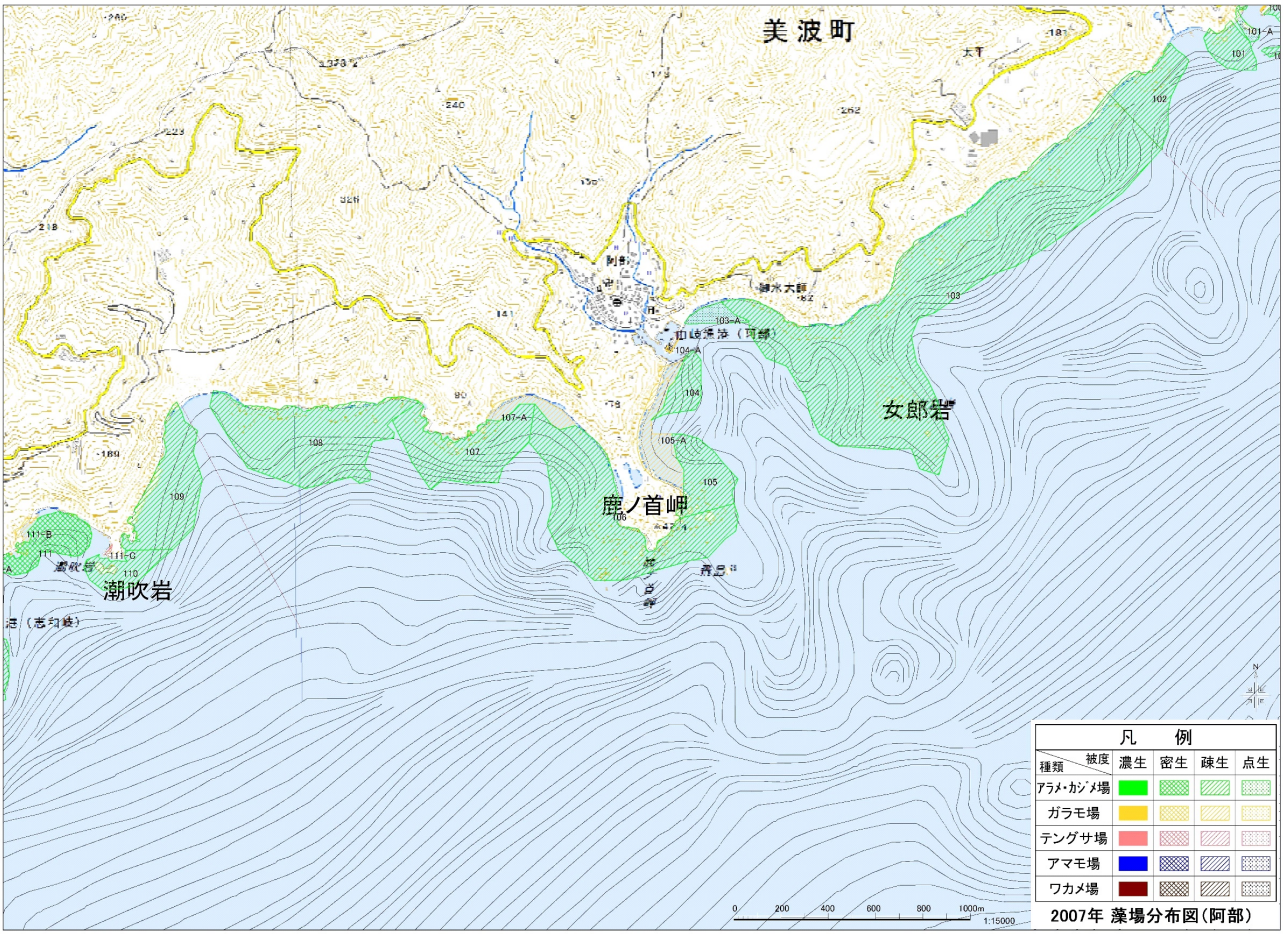
写真24．宍喰地区・那佐半島南岸（エリア276）のテングサ場（2017年4月28日）



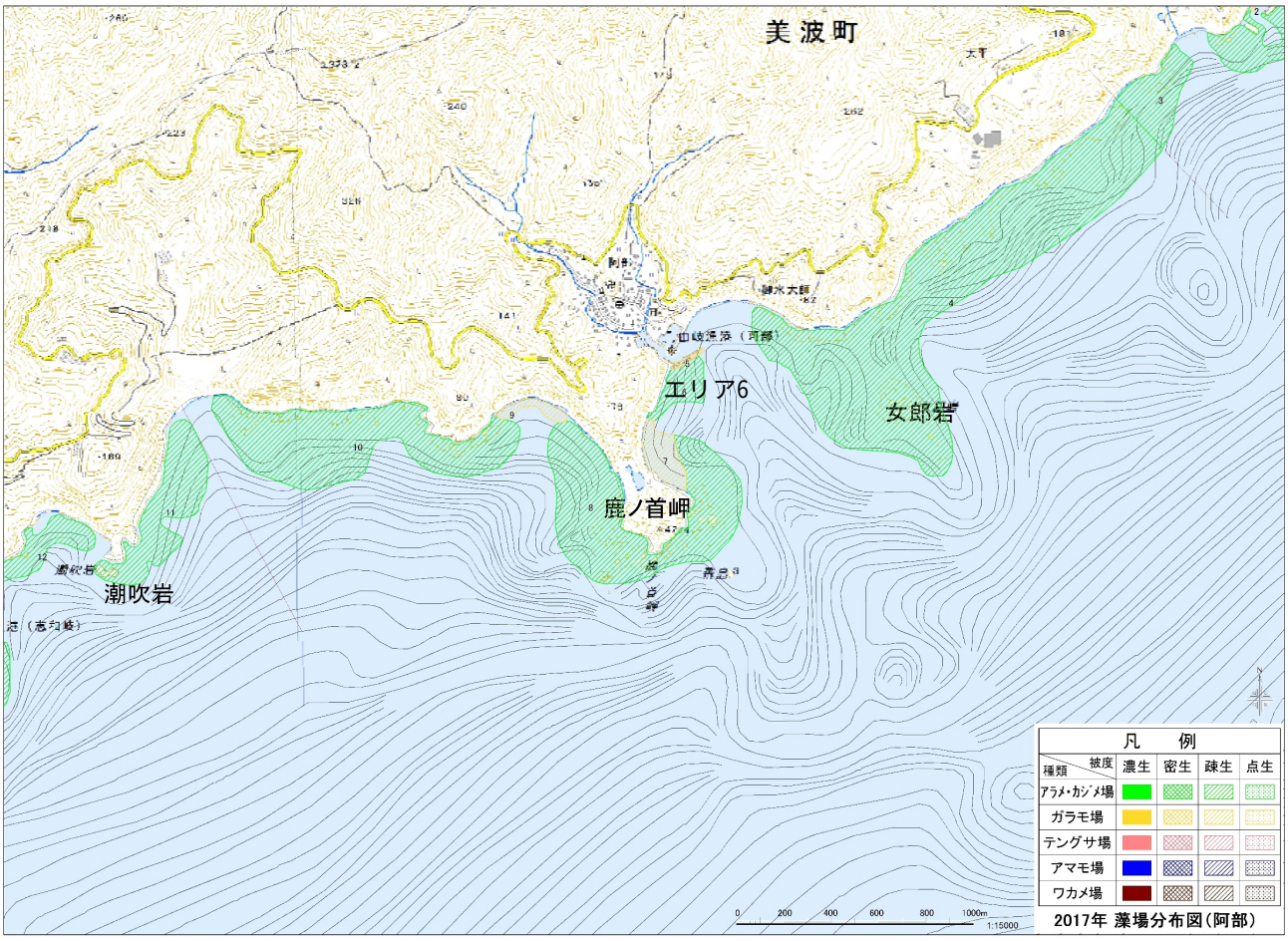
付図1.　伊座利地区における2007年の藻場分布図



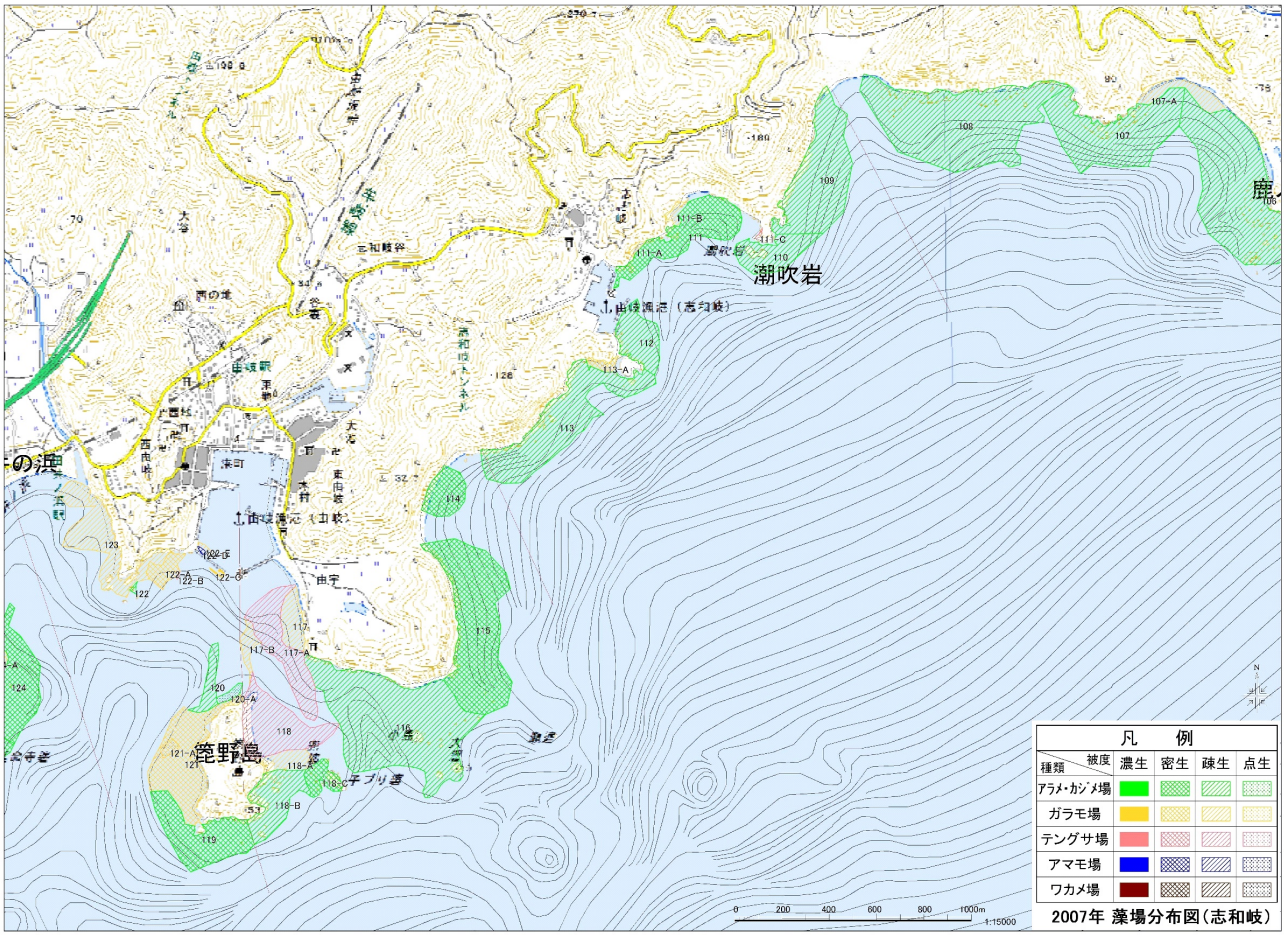
付図2.　伊座利地区における2017年の藻場分布図



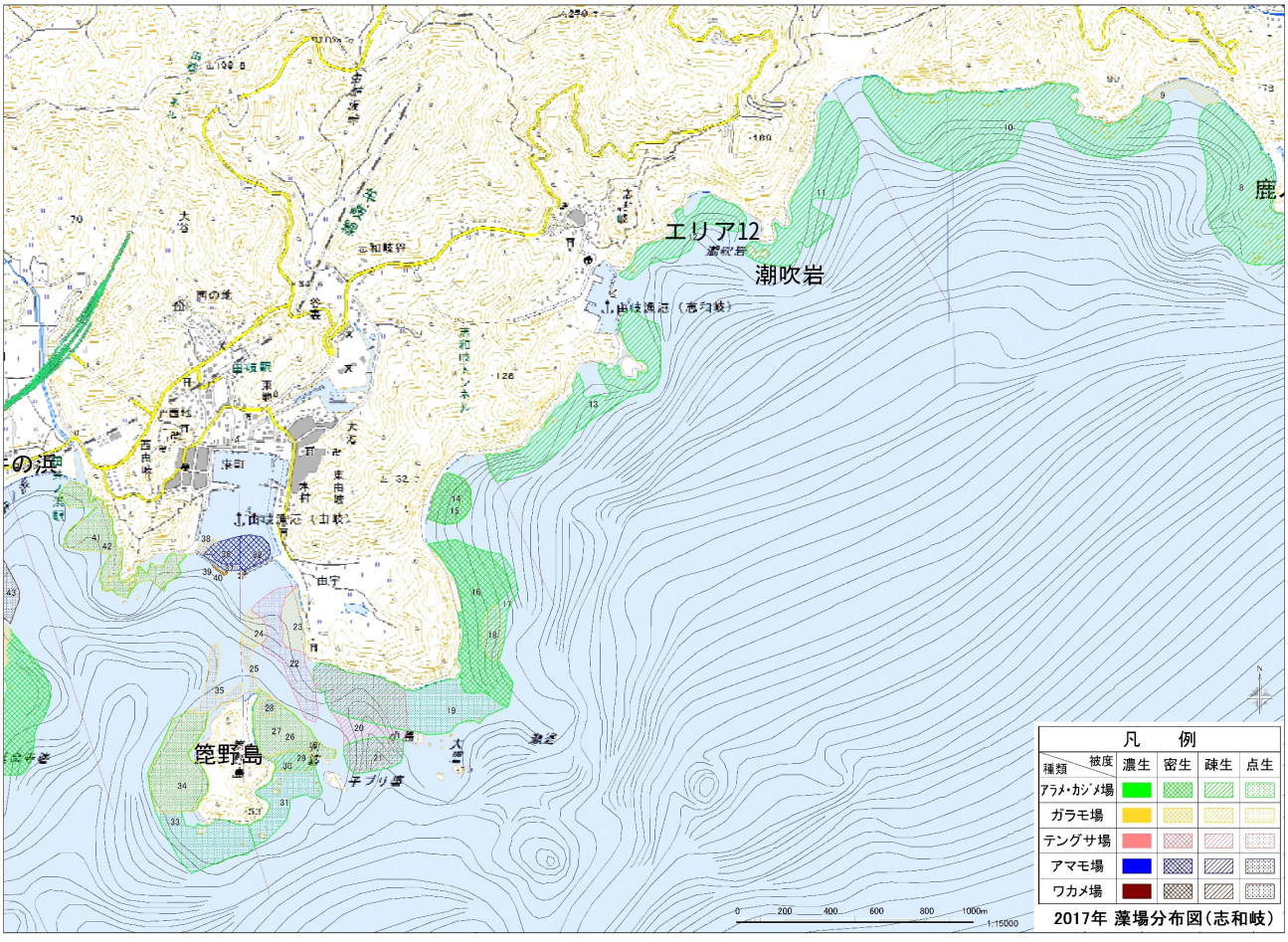
付図3．　阿部地区における2007年の藻場分布図



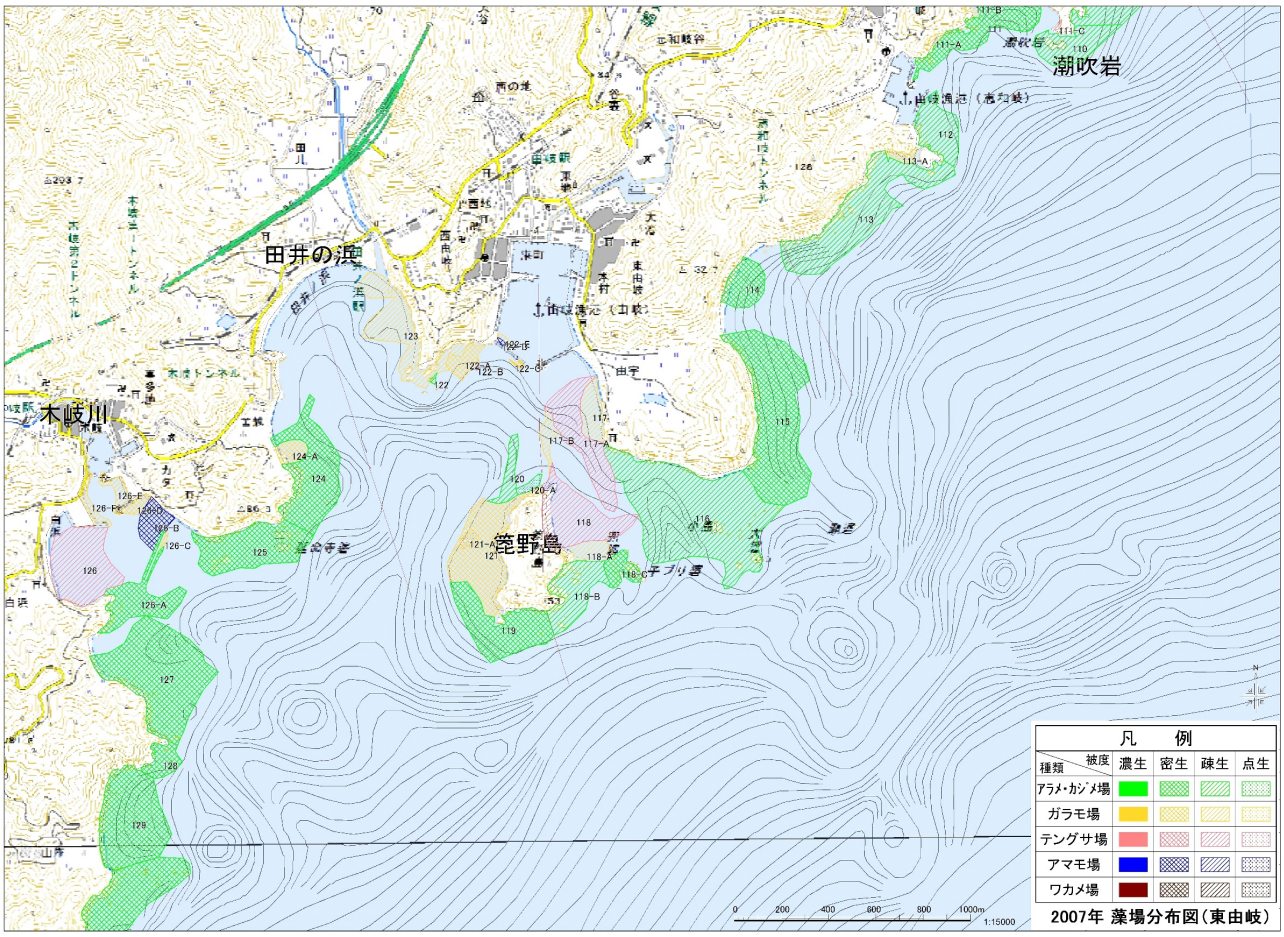
付図4．　阿部地区における2017年の藻場分布図



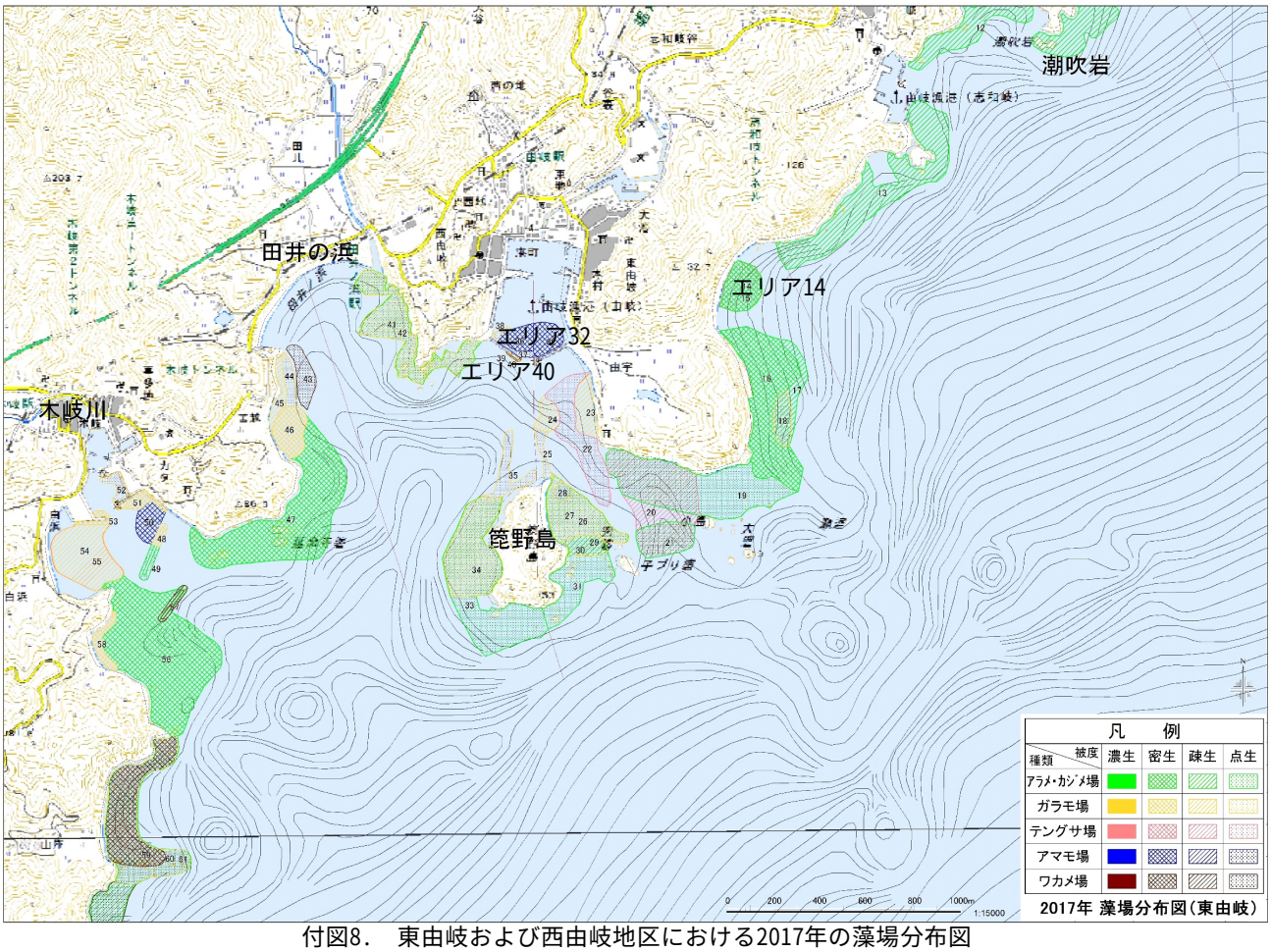
付図5.　志和岐地区における2007年の藻場分布図



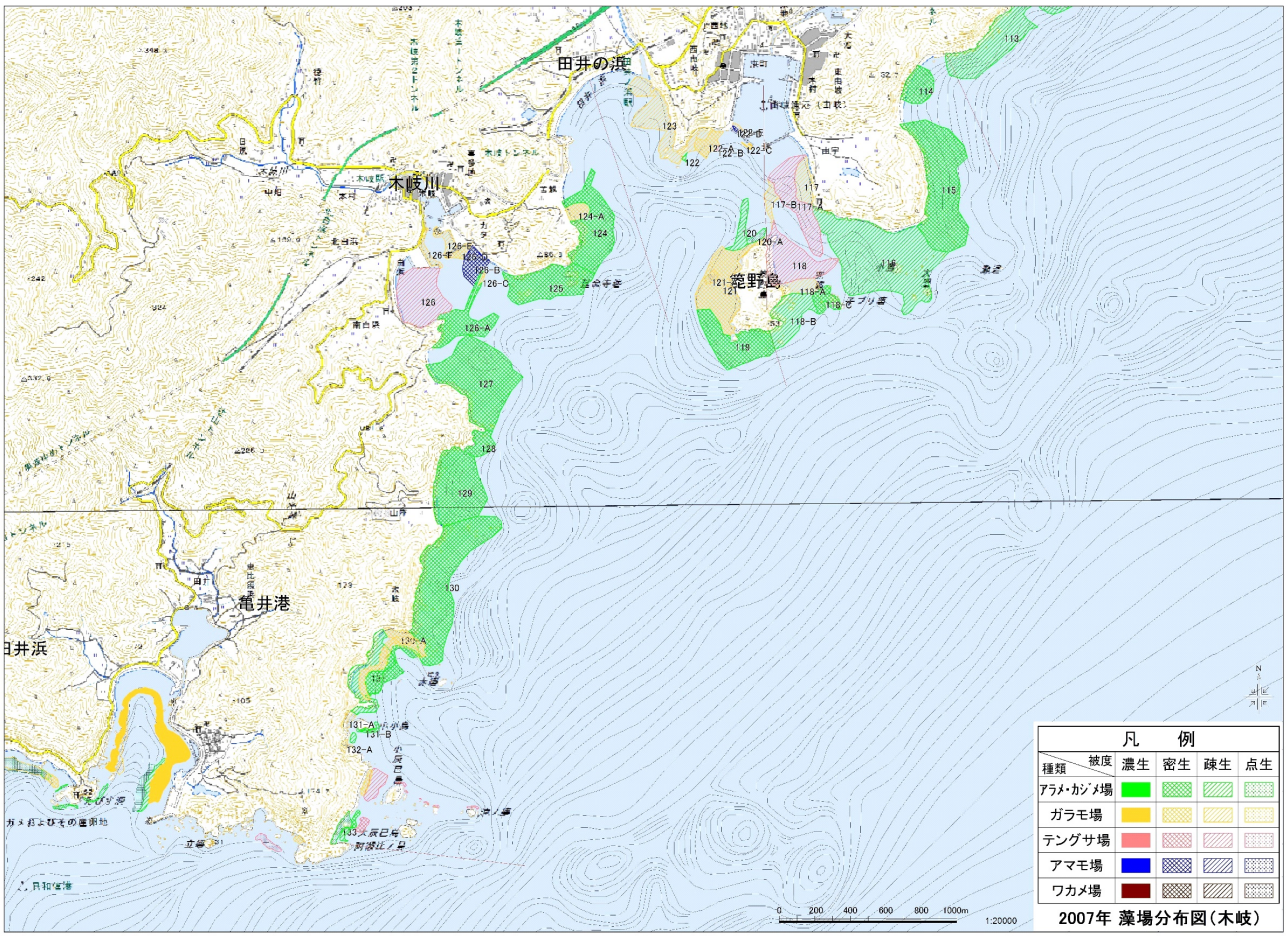
付図6.　志和岐地区における2017年の藻場分布図



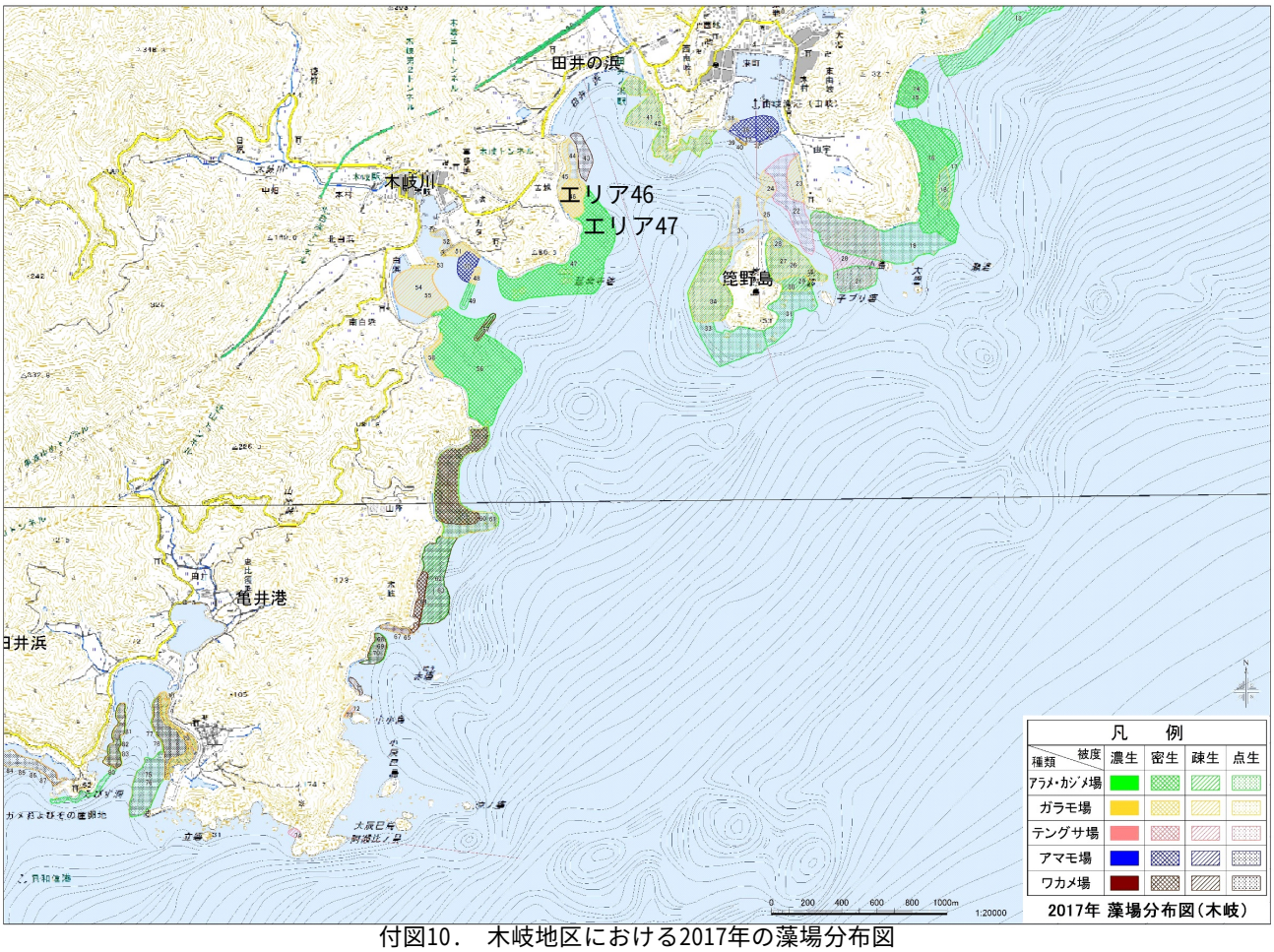
付図7.　東由岐および西由岐地区における2007年の藻場分布図



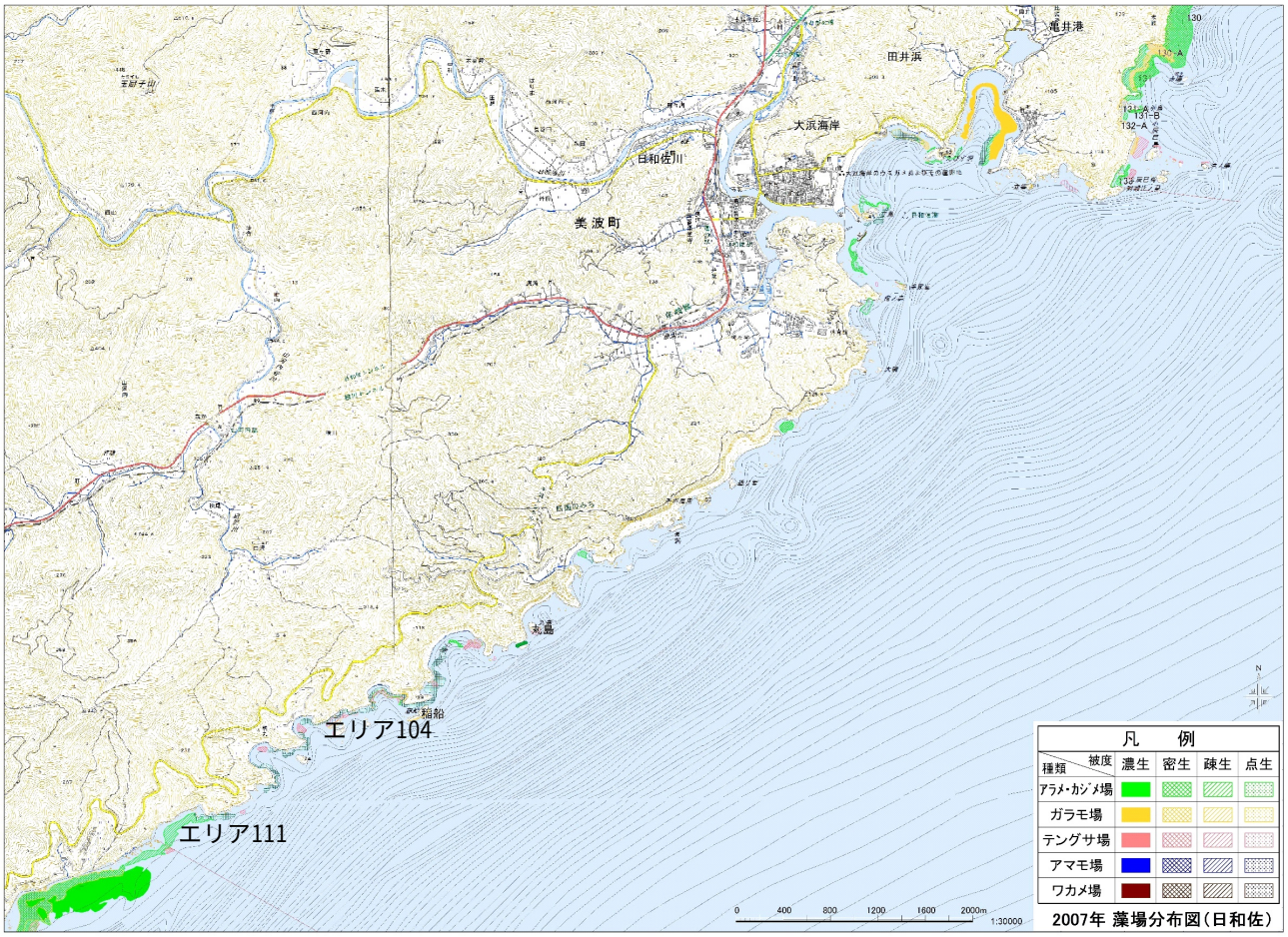
付図8.　東由岐および西由岐地区における2017年の藻場分布図



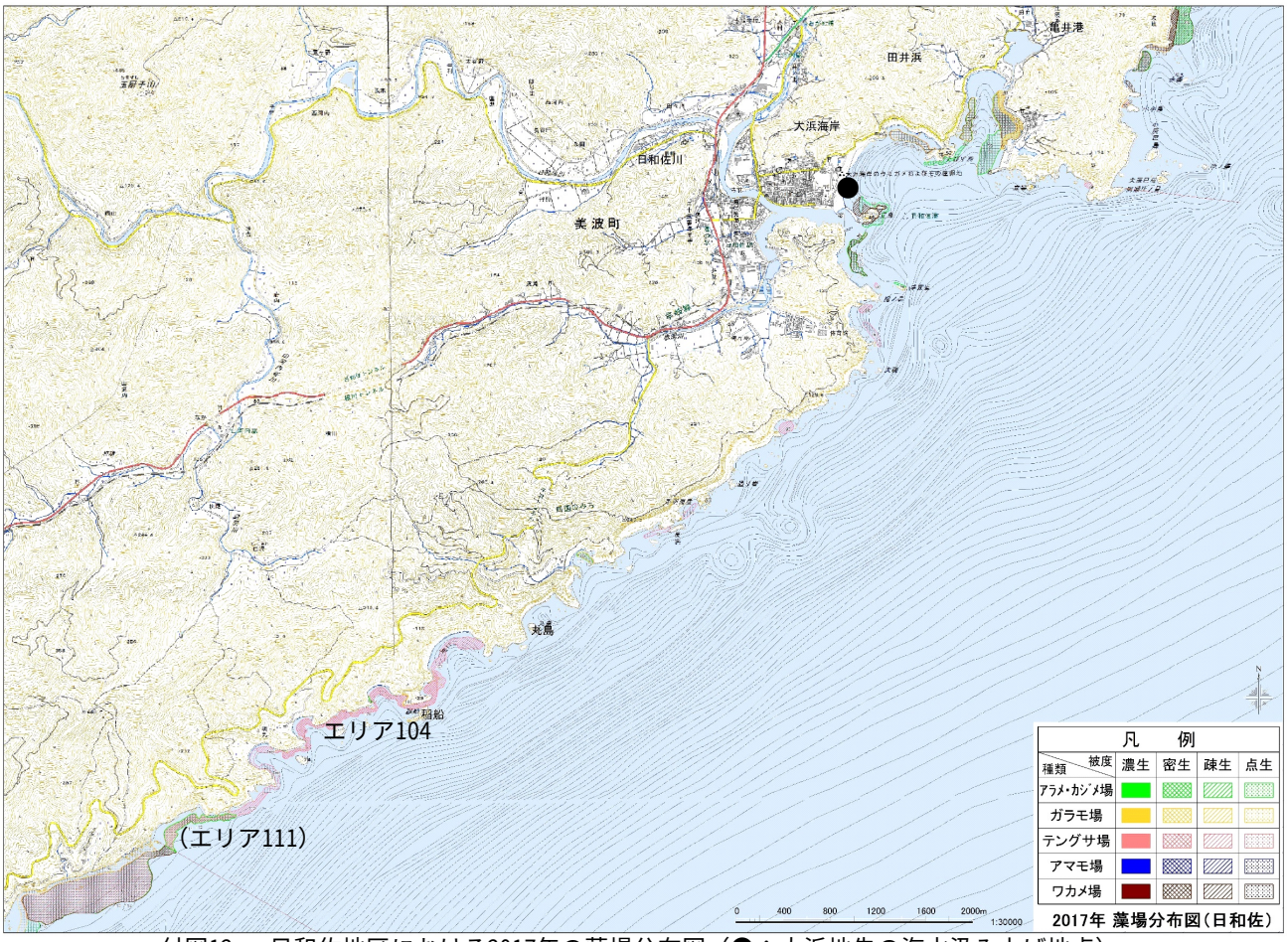
付図9．　木岐地区における2007年の藻場分布図



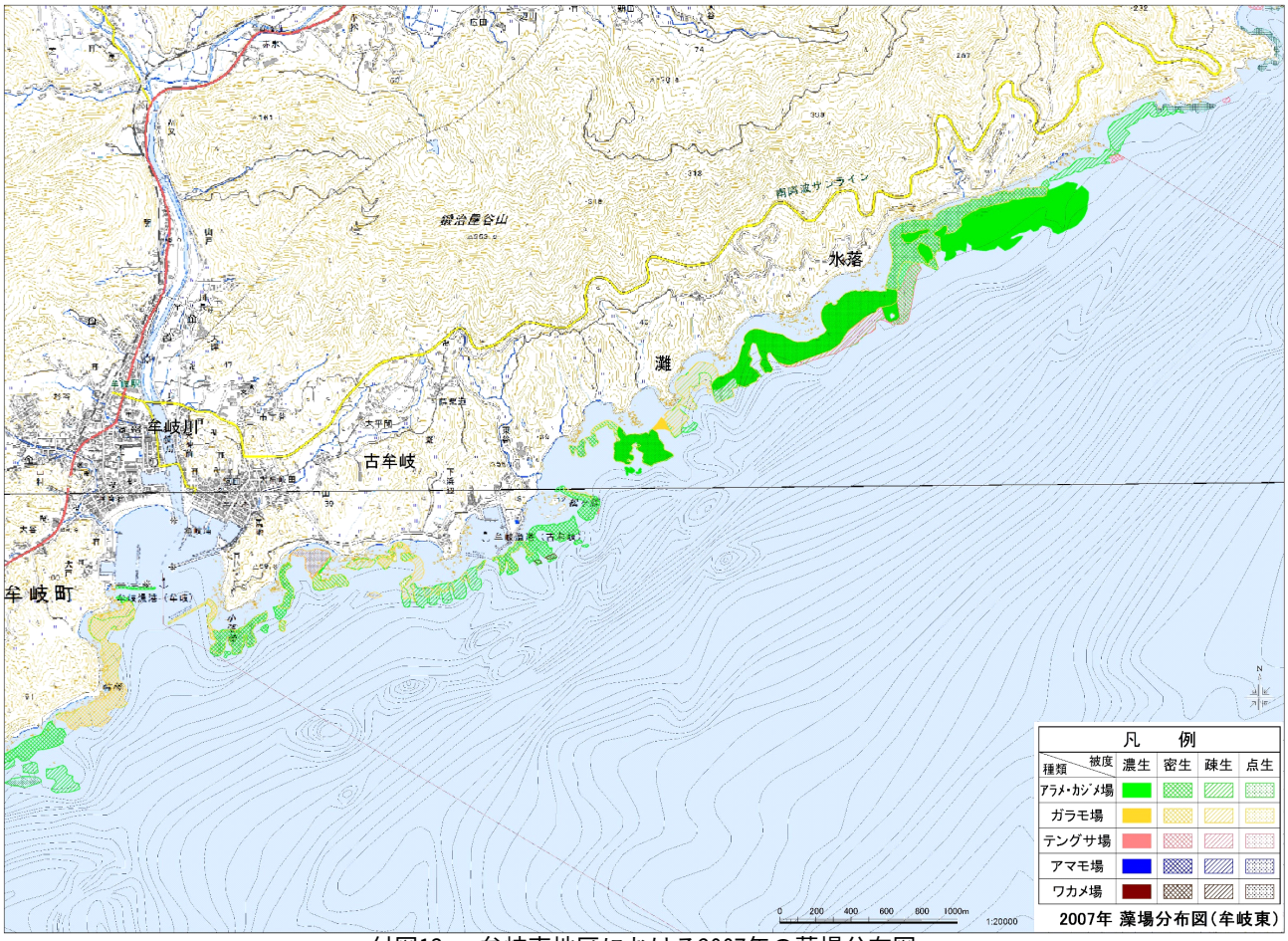
付図10．　木岐地区における2017年の藻場分布図



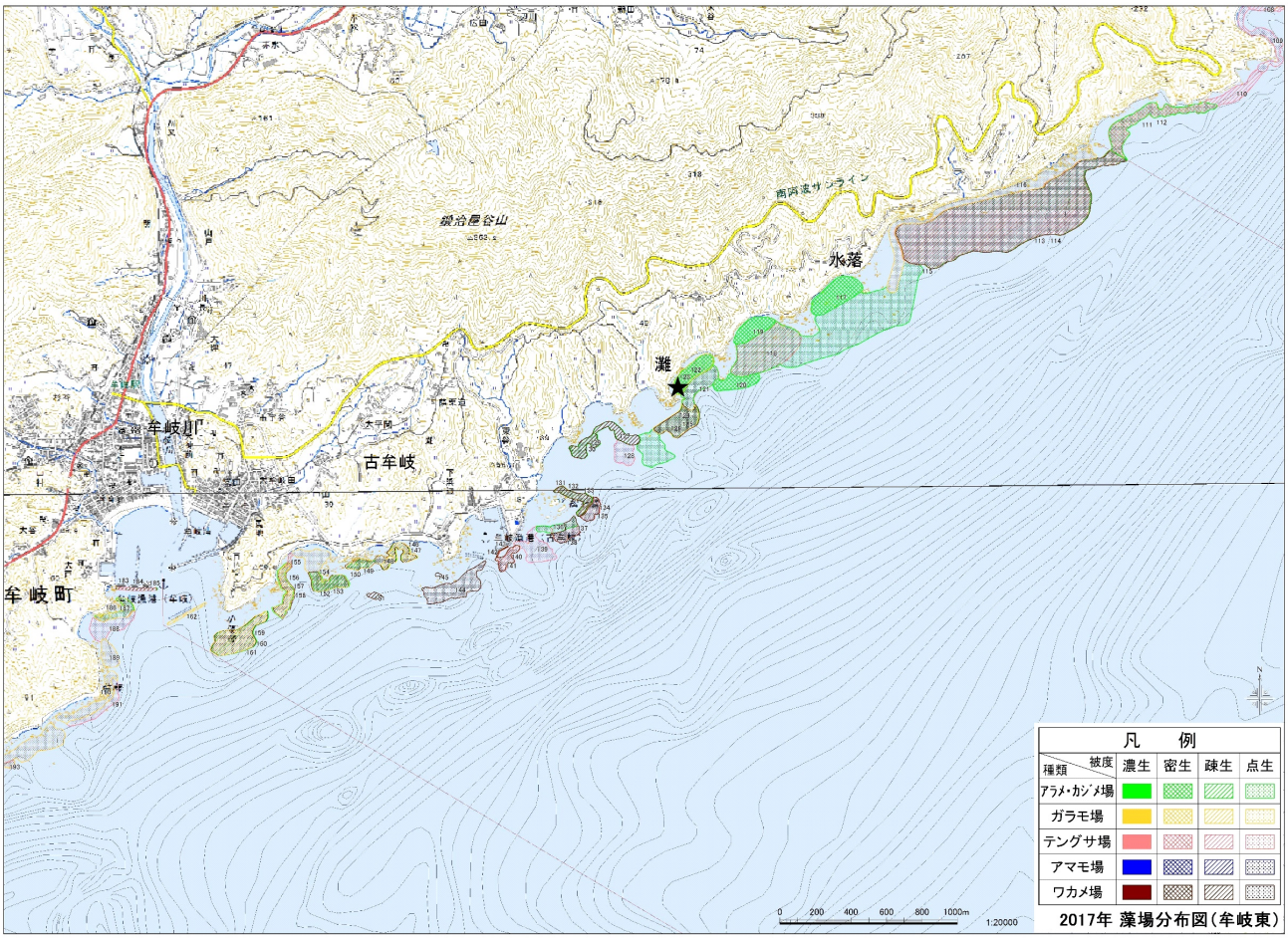
付図11．　日和佐地区における2007年の藻場分布図



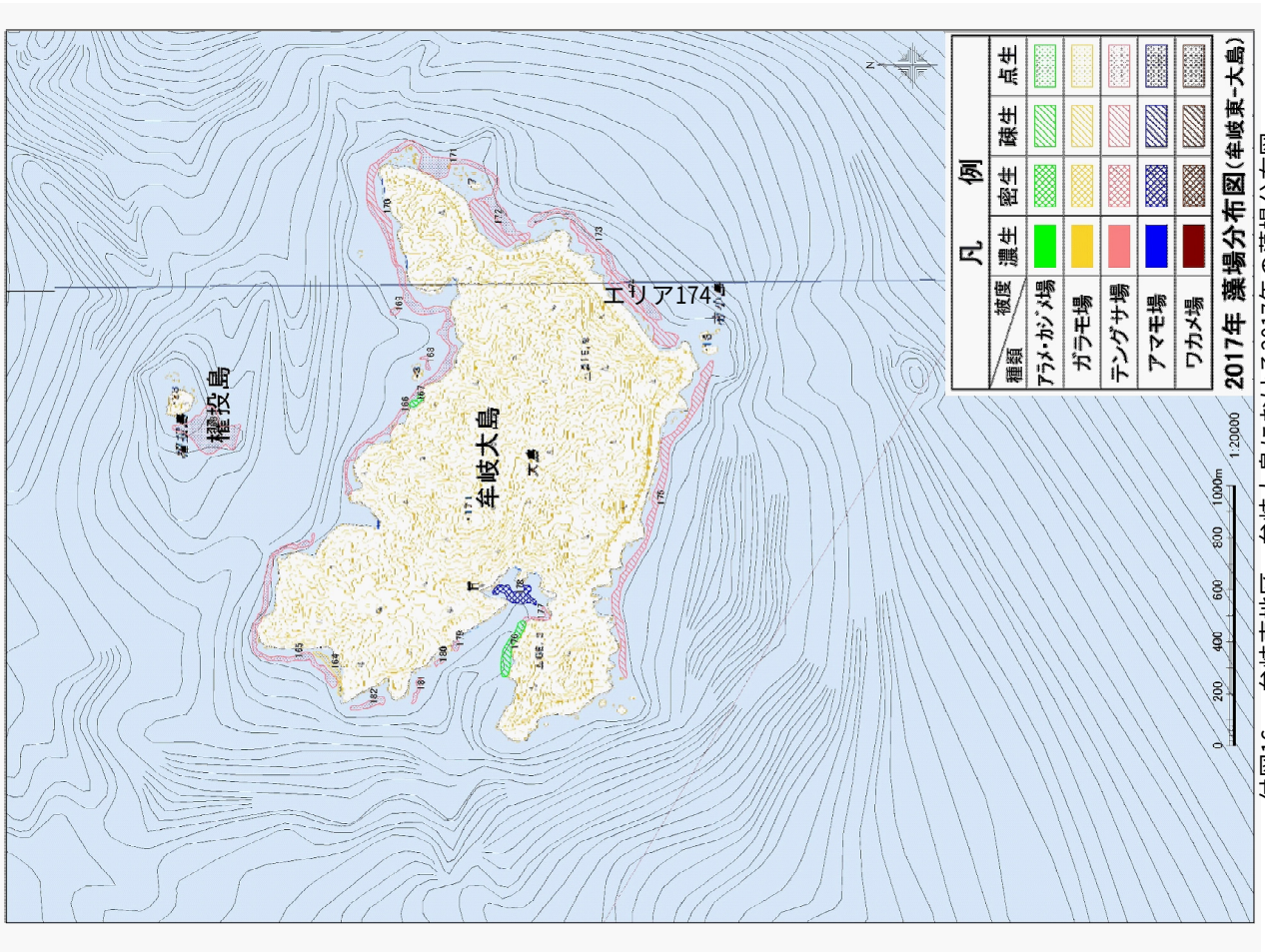
付図12．　日和佐地区における2017年の藻場分布図（●：大浜地先の海水汲み上げ地点）



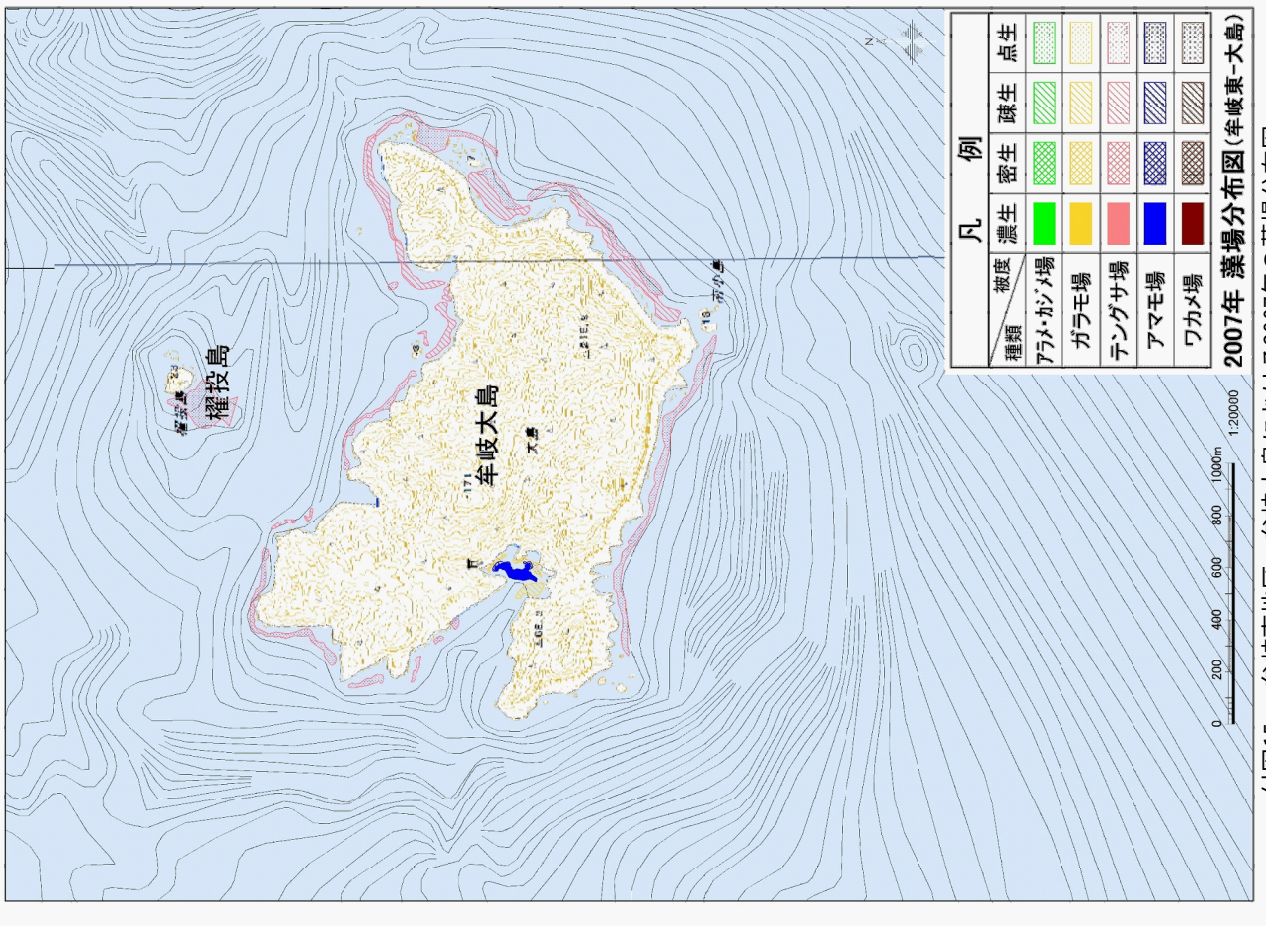
付図13.　牟岐東地区における2007年の藻場分布図



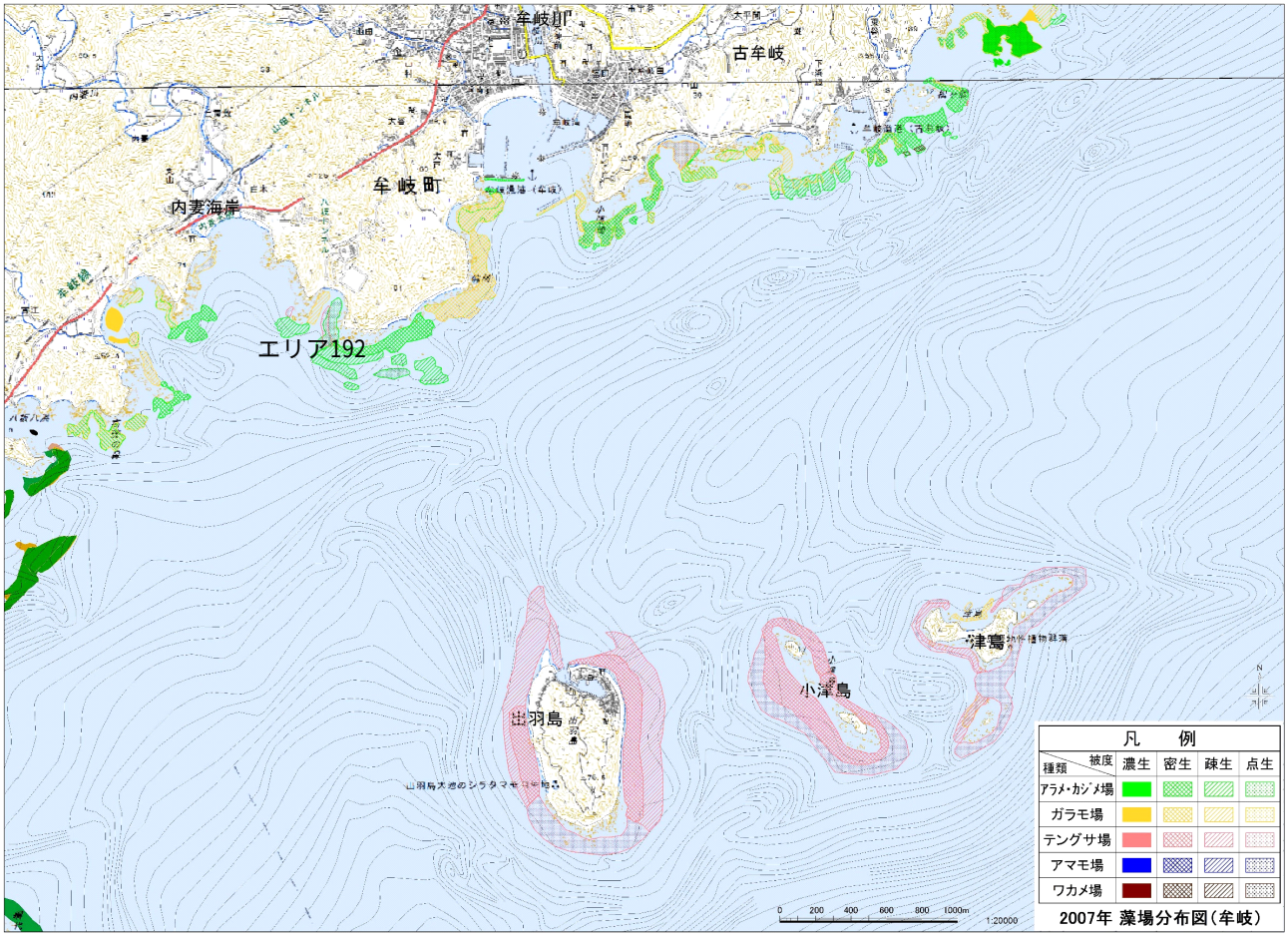
付図14.　牟岐東地区における2017年の藻場分布図（★：2017年における密生アラメ・カジメ場の南限地）



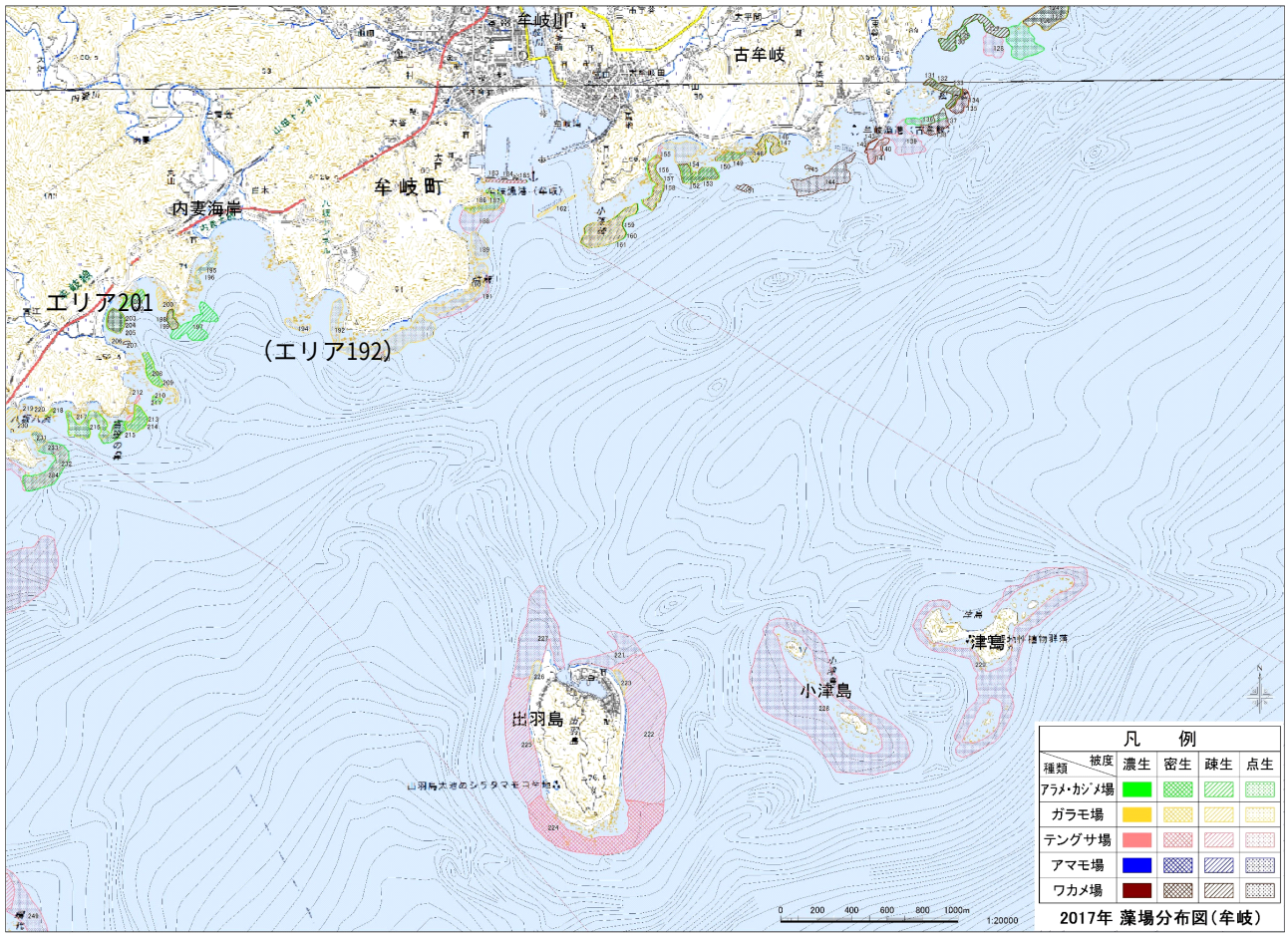
付図16．牟岐東地区・牟岐大島における2017年の藻場分布図



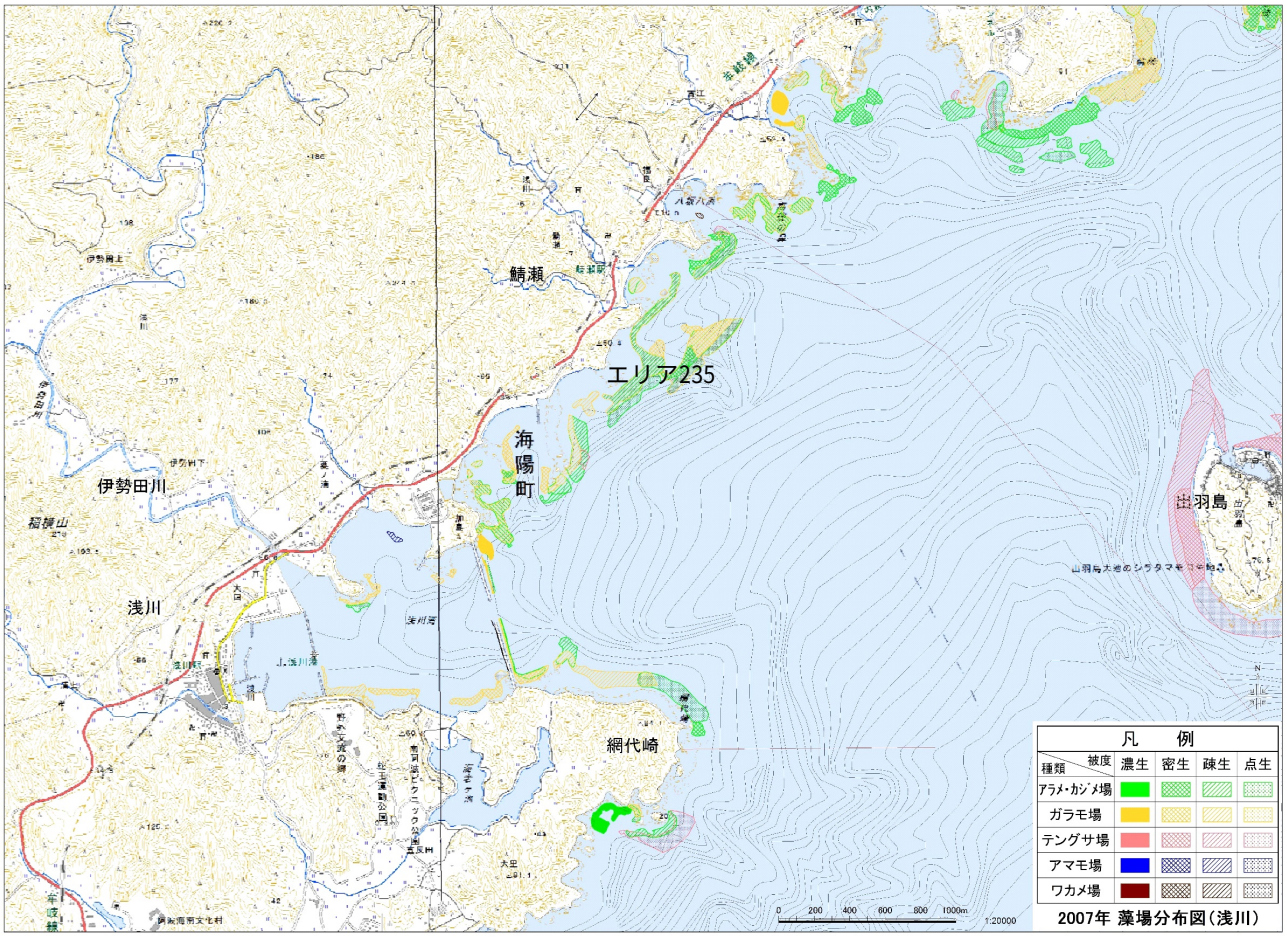
付図15．牟岐東地区・牟岐大島における2007年の藻場分布図



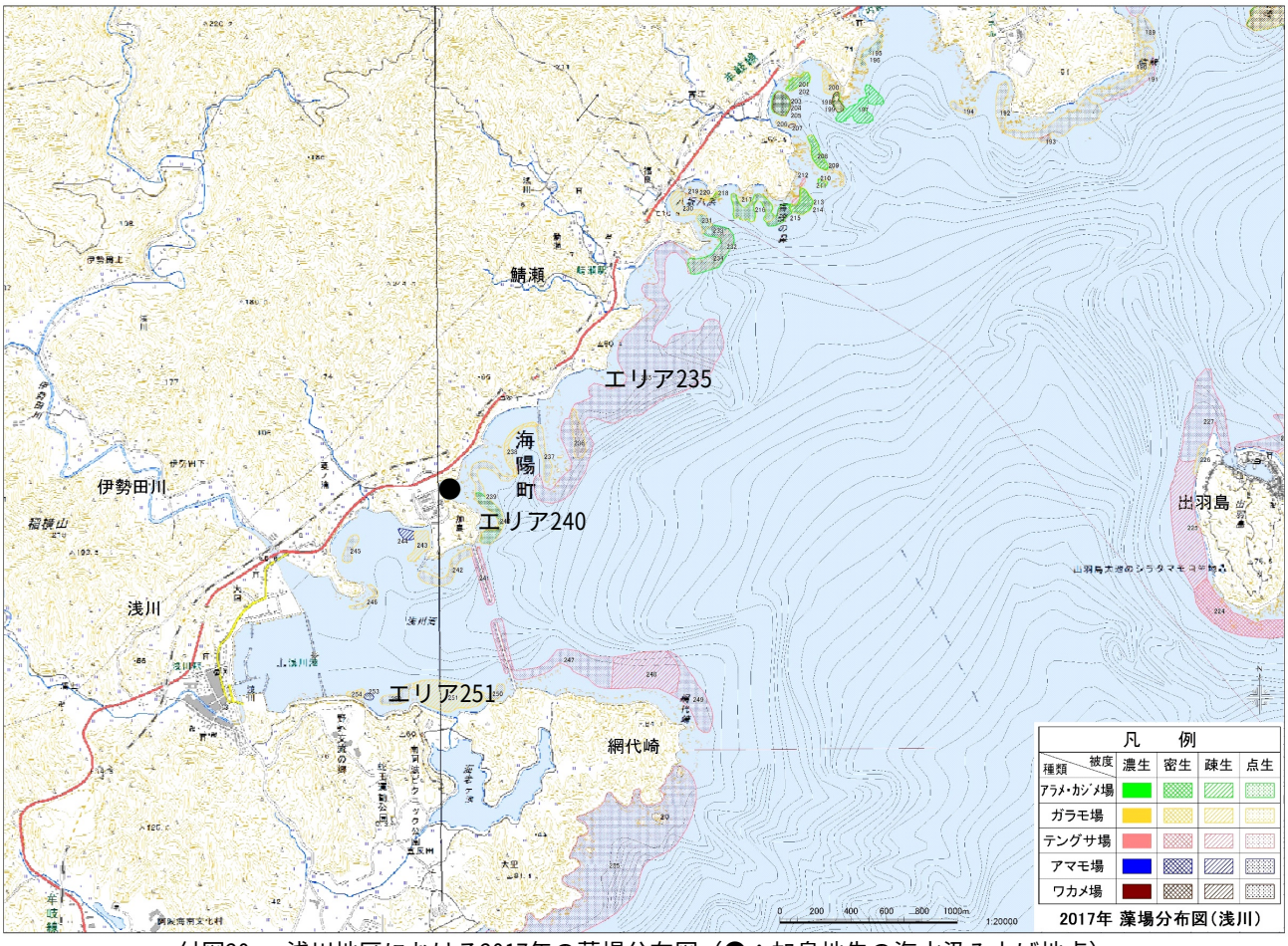
付図17.　牟岐町地区における2007年の藻場分布図



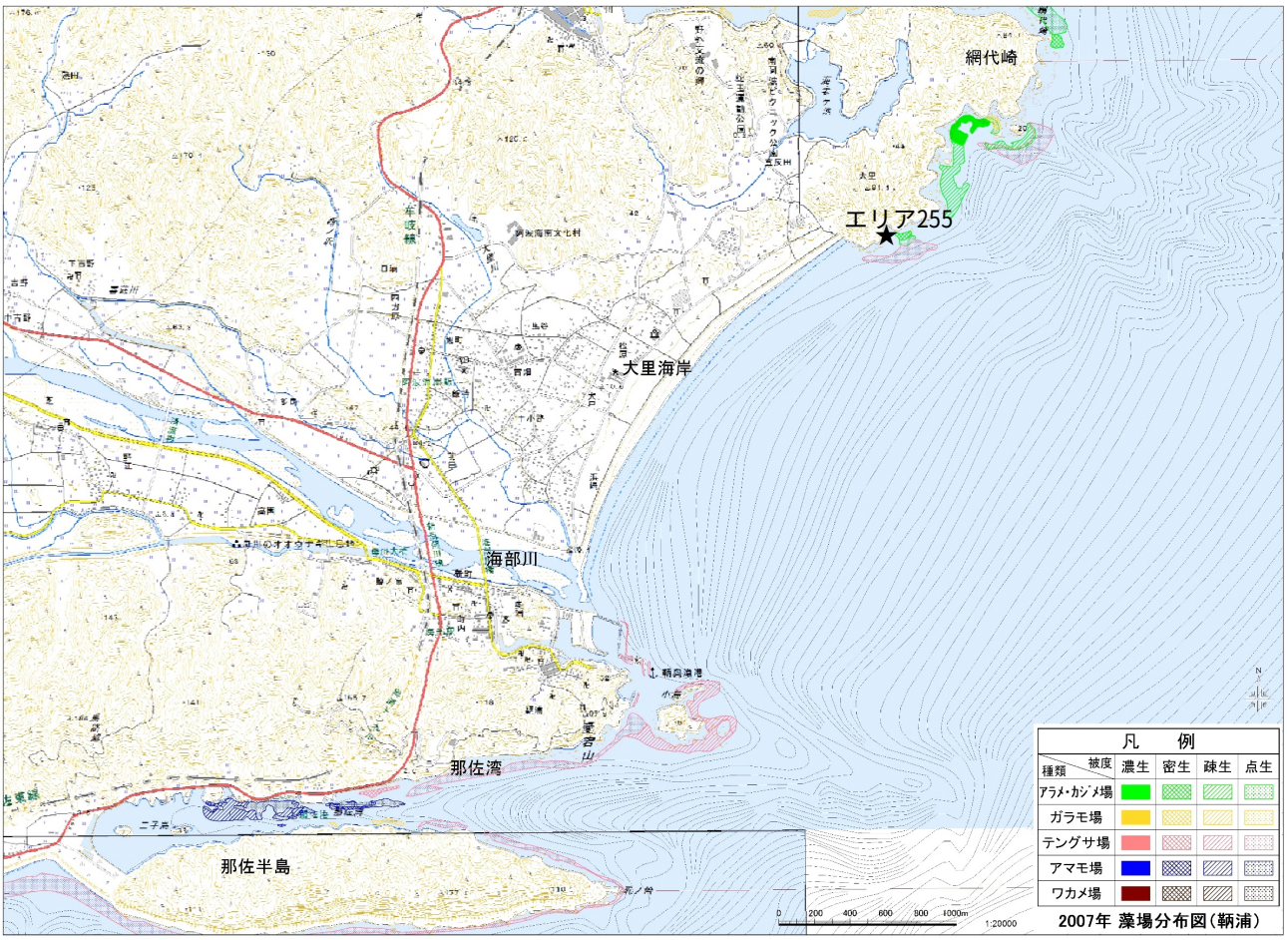
付図18.　牟岐町地区における2017年の藻場分布図



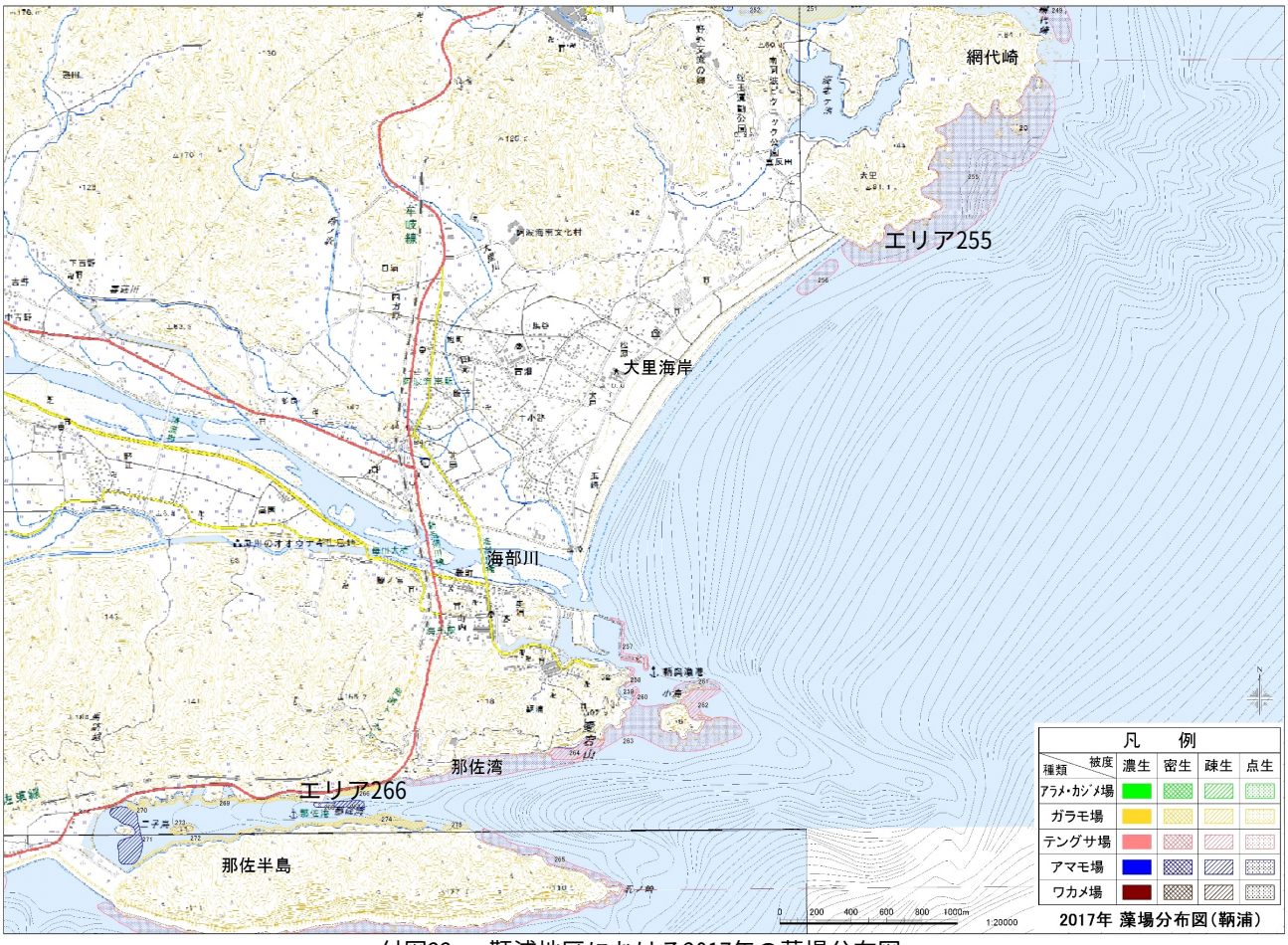
付図19． 浅川地区における2007年の藻場分布図



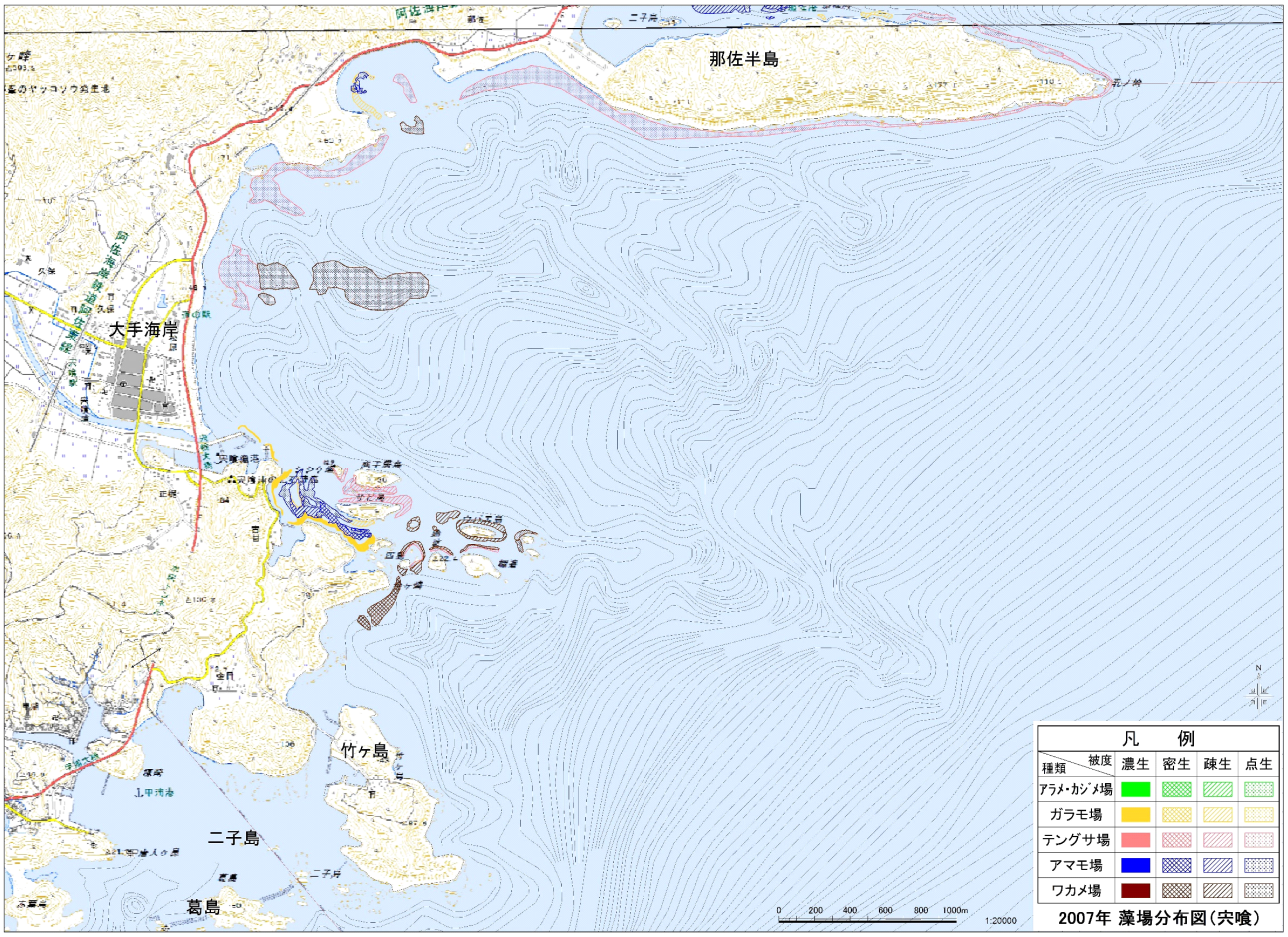
付図20． 浅川地区における2017年の藻場分布図（●：加島地先の海水汲み上げ地点）



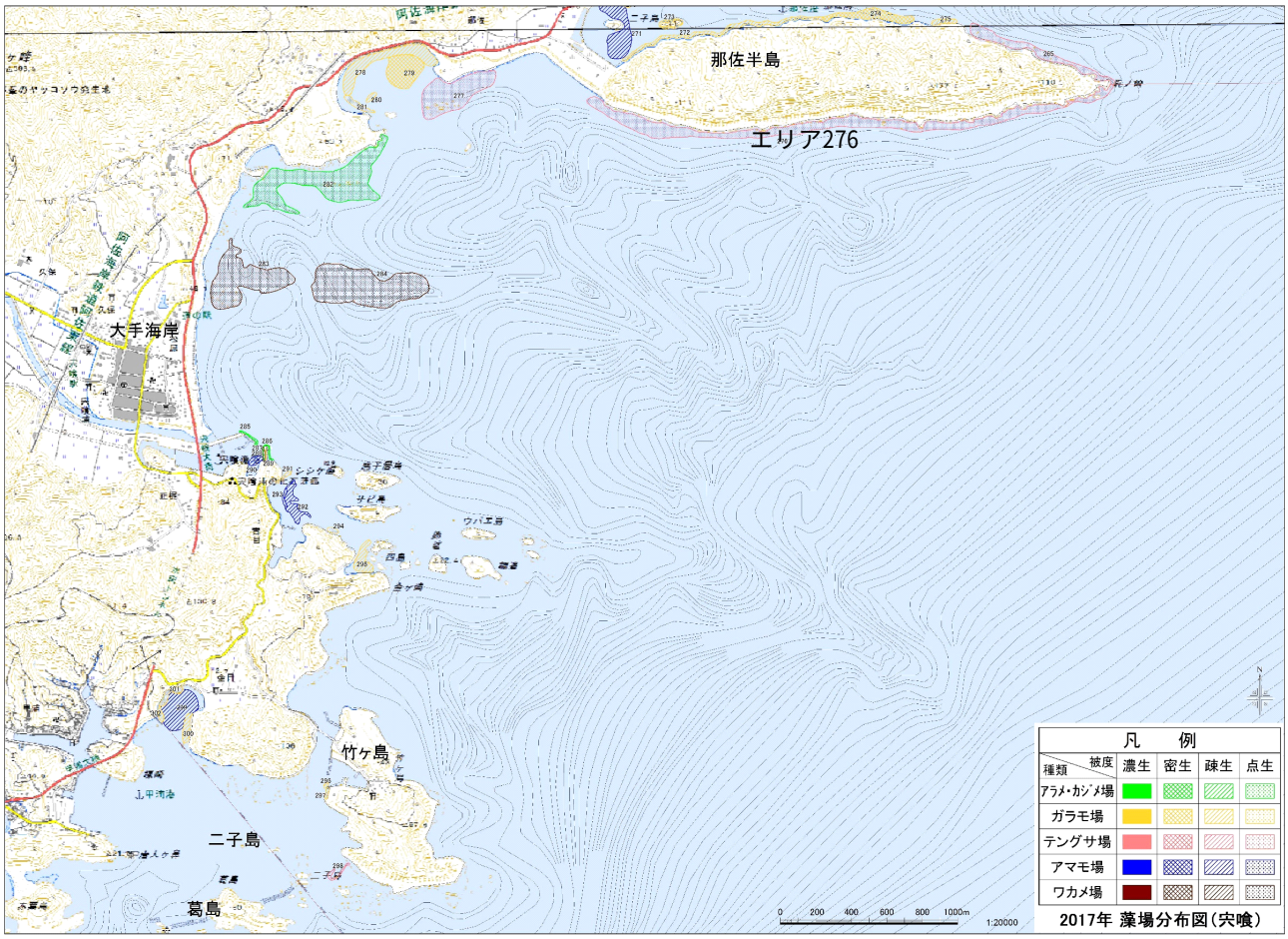
付図21.　鞆浦地区における2007年の藻場分布図（★：2007年における密生アラメ・カジメ場の南限地）



付図22.　鞆浦地区における2017年の藻場分布図



付図23．　宍喰地区における2007年の藻場分布図



付図24．　宍喰地区における2017年の藻場分布図

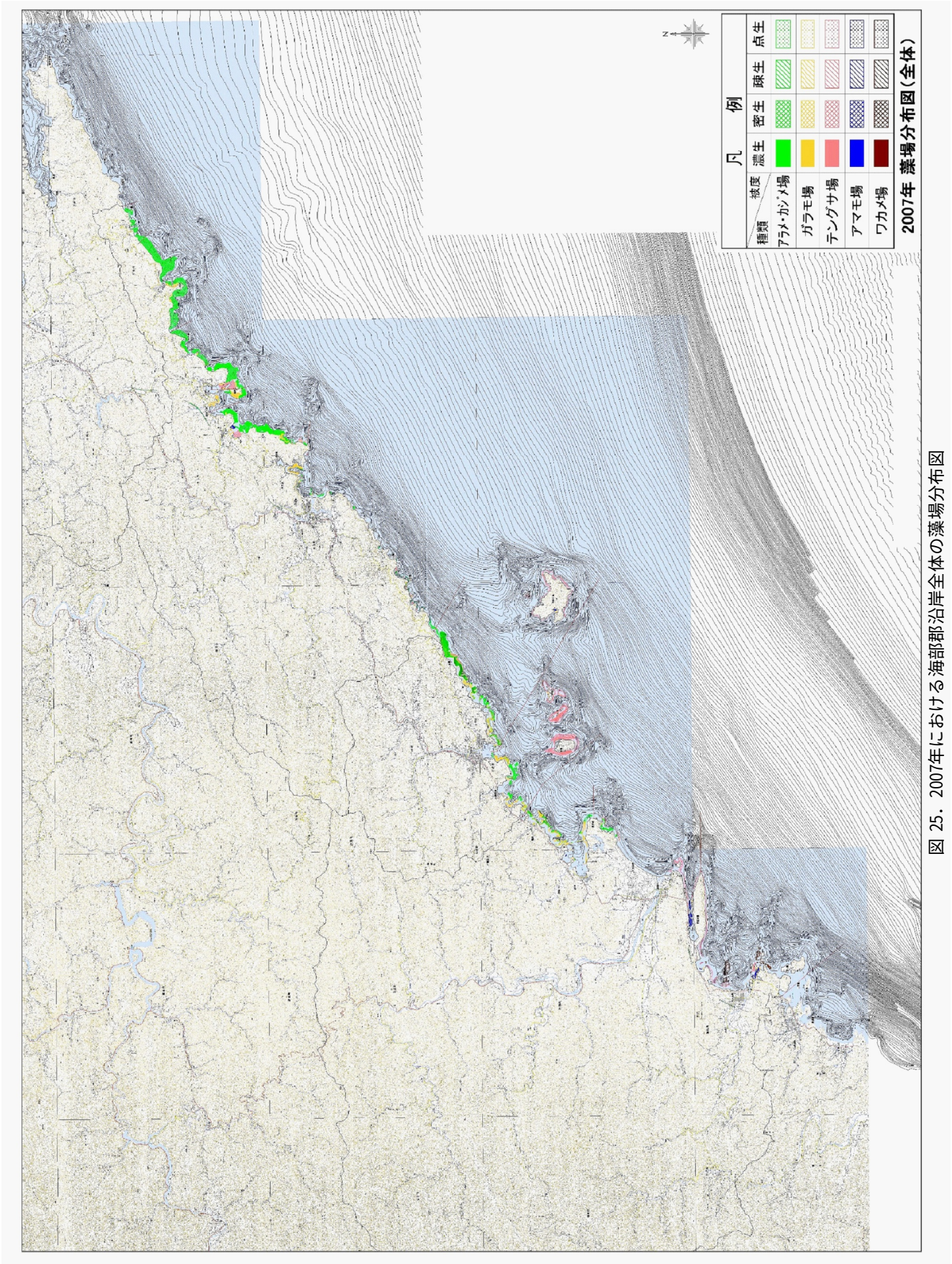


図 25．2007年における海部郡沿岸全体の藻場分布図

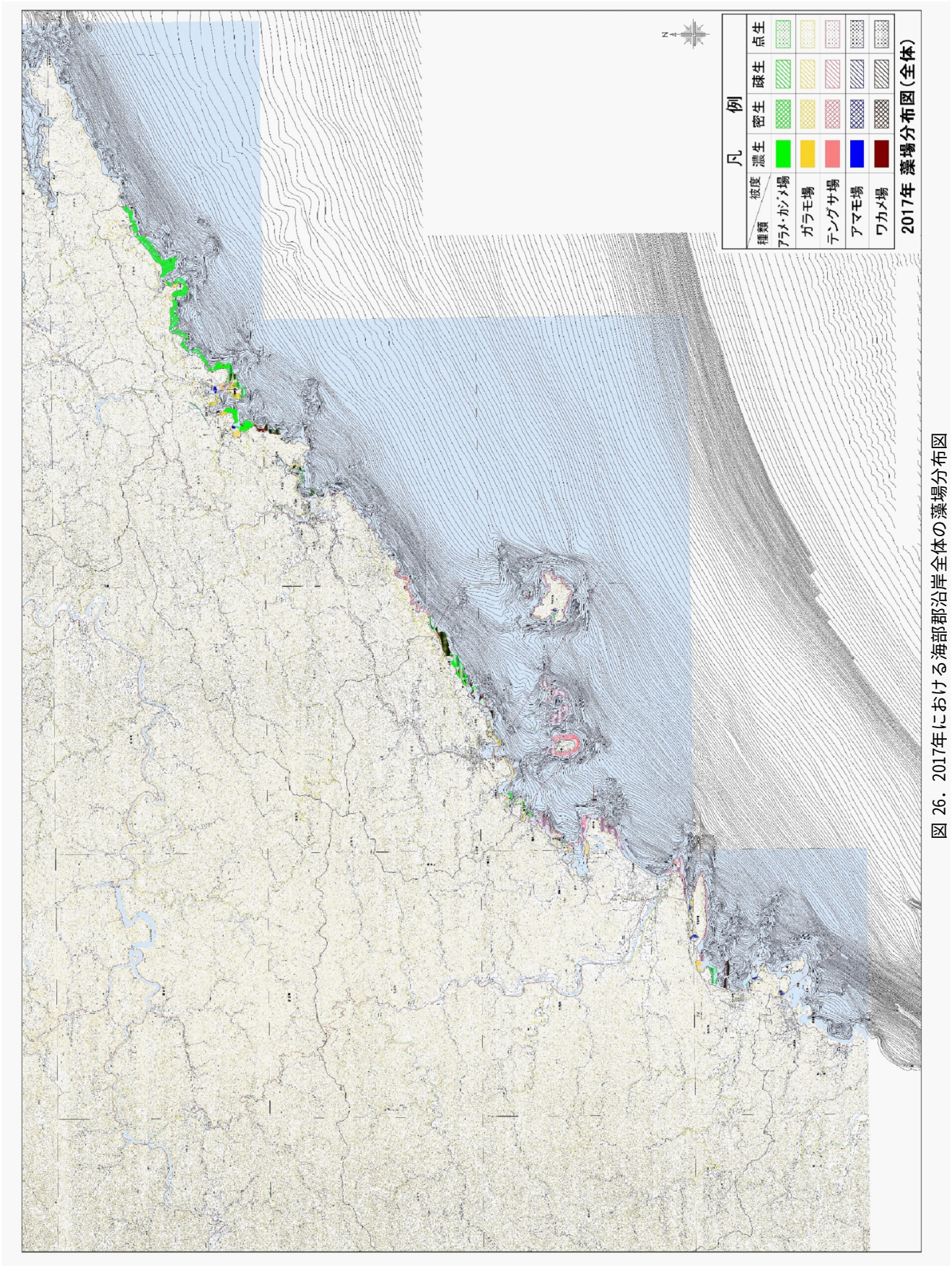


図 26．2017年における海部郡沿岸全体の藻場分布図