

# 四万十川におけるコアマモの近年の減少要因の分析

## 目次

1. これまでの経緯と経年的なコアマモの生育状況.....	1
1.1 これまでの経緯と検討事項.....	1
1.2 生育環境に関する既往の知見.....	1
1.3 四万十川・竹島川でのコアマモの分布状況の変化.....	1
2. 四万十川・蛸瀬川のコアマモの生育環境と生育状況の比較.....	2
2.1 現地調査（令和6-7年度）によるコアマモの生育環境と生育状況の比較.....	2
2.2 生育環境（日射量）の比較.....	5
3. 四万十川のコアマモの減少要因分析.....	6
3.1 コアマモの生育面積と水質の関係.....	6
3.2 コアマモの生存における水温と塩分の複合的影響に関する知見.....	7
3.3 水温と塩分の複合的影響に関するコアマモの減少要因分析.....	7
4. 四万十川河口域における近年の水温上昇の要因.....	12
5. 南方の地域におけるコアマモ類の生育状況.....	13
6. 気候変動の将来予測と適応の基本的考え方.....	13
6.1 気候変動の将来予測.....	13
6.2 生物多様性分野における気候変動への適応の基本的考え方.....	13
7. 現状のまとめ.....	14

令和8年2月

国土交通省四国地方整備局 中村河川国道事務所



# 1. これまでの経緯と経年的なコアマモの生育状況

## 1.1 これまでの経緯と検討事項

- ・実崎再生工事箇所におけるコアマモの適切な生育環境を把握するため、生育が良好である蛸瀬川の個体を用いた四万十川での試験移植を提案したが、異なる水系への移植による遺伝子攪乱が懸念される点から実施を中止した。
- ・コアマモの好適生育条件や現在の四万十川のコアマモの健全性を把握するべきとの専門家の意見を踏まえ、令和6、7年度は、四万十川と、コアマモの生育が良好である蛸瀬川を対象に、生育実態調査及び水温塩分観測を実施し、蛸瀬川と四万十川のコアマモの生育環境の違いを詳細に把握することとした。
- ・上記の調査結果と、竹島川の経年的な水温・塩分データをもとに、四万十川におけるコアマモの減少要因を分析した。

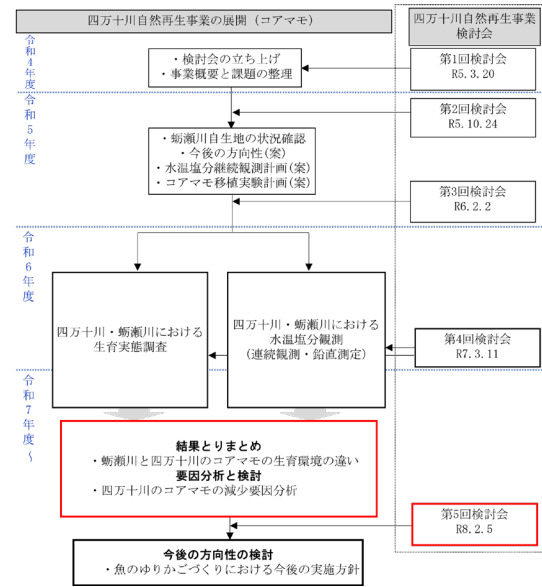


図 1-1 これまでの経緯と検討事項

## 1.2 生育環境に関する既往の知見

- ・これまでに、コアマモの生育に関する水温、塩分のほか、栄養塩や底質等の環境条件が研究されてきた。
- ・コアマモの生育環境について、既往の知見を表 1-1 に整理する。
- ・既往の生育環境条件を踏まえ、四万十川及び蛸瀬川のコアマモ生育状況と、生育地周辺の環境を把握した。(既往の生育環境に対する調査結果についてはp3,4に示す。)

表 1-1 コアマモの生育環境条件に関する既往の知見

コアマモの生育環境条件		条件下	参考文献
水温	・通年で 10~15℃。	室内実験	No.1
	・30℃を超えると地下茎等の分岐に影響し、さらに高くなると枯死する。	屋外実験	No.2, No.3
	・10℃では淡水処理をしなくても種子は発芽する。	室内実験	No.1
塩分	・好適塩分は通年で 7.5~15。	室内実験	No.1
	・塩分が 5~10 でよく発芽する。発芽体の成長はこれより高塩の方が良い。	室内実験	No.4
干出・水深	・四万十川河口域における群落付近では、干潮時には 4.3~23.6、満潮時には 8.4~28.4 の間を推移し、干潮時においても 10 以上の塩分が観測。	野外観測 (四万十川河口域)	No.5
	・潮間帯の中でも平均水位より深い領域に分布。	野外観測 (東京湾)	No.6
栄養塩	・干出時間が概ね 2~9 時間の間に生育限界水深がある。	屋外実験	No.2
	・良好な成長には、底質間隙水中の DIN 濃度 (溶存無機態窒素) が 0.15mg-N/L 以上、DIP 濃度 (溶存無機態リン) が 0.015mg-P/L 以上であり、かつ、AVS (酸揮発性硫化物) が高くなりすぎないことが必要。	屋外実験	No.2
底質	・底土内部への酸素供給などがあり底土が嫌気化しない。	室内実験	No.1
	・砂泥の堆積厚が 6cm 以下である。	野外観測 (紀伊半島田辺湾)	No.7

【参考文献】

- No.1: コアマモ場再生を目指した草体増殖および種子発芽特性の検討, 越川義功他, 2007, 海岸工学論文集第 54 巻, 土木学会, 1076-1080
- No.2: コアマモの地下茎分枝に及ぼす地盤高と底質の影響, 国分秀樹他, 2010, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.66, No.1, 1205-1210
- No.3: コアマモ移植株の生長と生残におよぼす底質中の水温と干出時間の影響, 森田見央他, 2010, 水産増殖 (Aquaculture Sci) 58 (2), 261-267
- No.4: アマモ, コアマモの生態 (II), 新崎盛敏, S25, 日本水産学会誌, 第 16 巻第 2 号
- No.5: 河口域の密林◆コアマモ群落の生態, 田井野清也, 2004, 海洋と生物 155, vol.2no.6
- No.6: コアマモの生育に適した物理環境について, 島谷学他, 2004, 海岸工学論文集第 51 巻 土木学会, 1031-1035
- No.7: コアマモにおける地下茎の伸長位置, 村上達哉他, 2011, 土木学会論文集 G (環境), Vol.67, No.7, III375-III381

## 1.3 四万十川・竹島川でのコアマモの分布状況の変化

- ・四万十川において、令和 4 年以降、これまでの減少要因であった大きな出水がないにもかかわらず、コアマモの分布状況は、被度・面積ともに減少傾向である。また、令和 4 年以降は、被度 3 以上の群落は確認されておらず、面積も令和 3 年から令和 4 年にかけて半分程度に減少するなど、衰退が顕著であり、令和 6、7 年は、2 年連続で過去からの継続的な記録の中で、過去最低の面積であった。
- ・竹島川においては、上流部から下流部まで、近年、コアマモの分布面積と被度は減少傾向であり、令和 6 年には下流部で被度 1 の群落がわずかにみられるのみである。
- ・四万十と竹島川のコアマモは、令和 4 年に顕著に減少しており、同様の傾向が見られる。

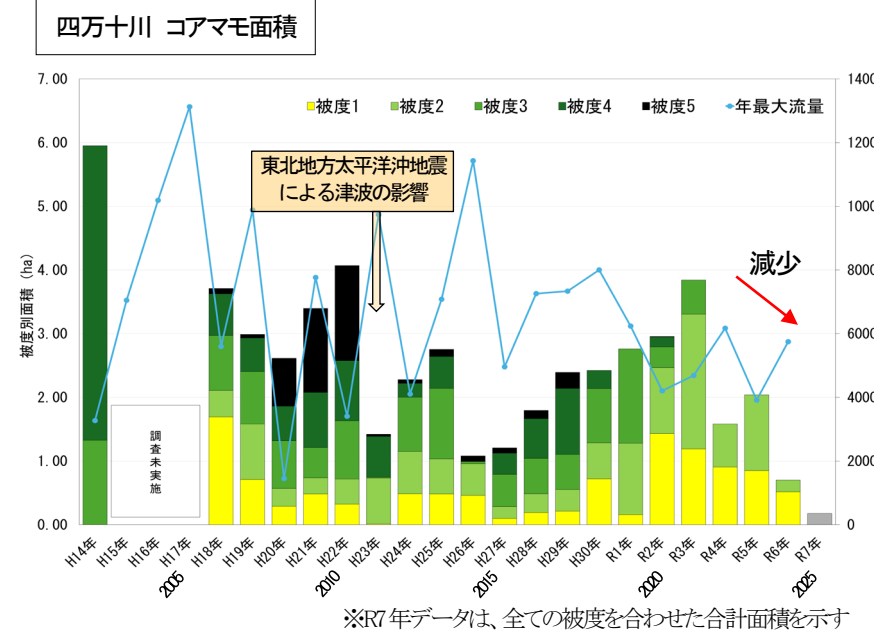


図 1-2 四万十川コアマモの被度別生育面積と年最大流量の推移

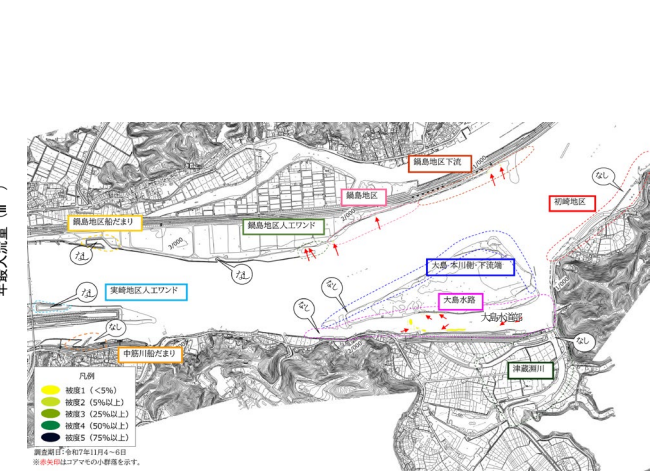


図 1-3 四万十川におけるコアマモの分布状況 (R7)

令和 7-8 年度 四万十川下流部環境調査業務 藻類分布調査(コアマモ)調査 結果概要より引用、一部改変

## 竹島川 コアマモ面積

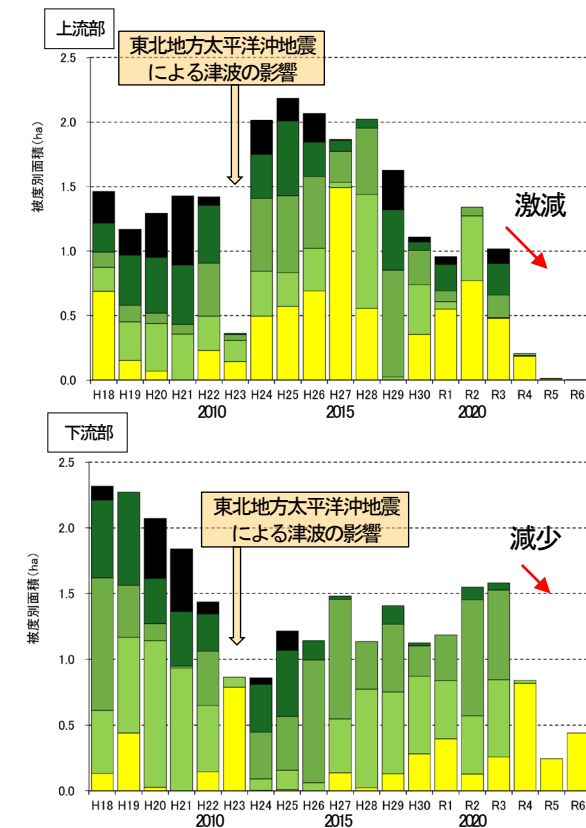
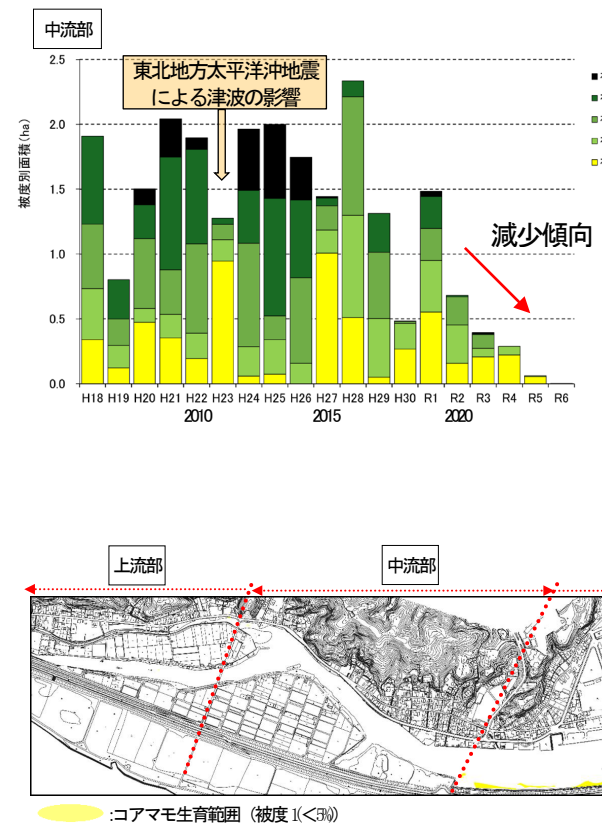


図 1-4 竹島川における区別コアマモの生育面積と被度の経年変化と分布状況 (R6)

(R6)R5 港改宗(防安重)第 13-01-5 号 下田港改宗(地方)環境影響調査委託業務 報告書より引用、一部改変



● : コアマモ生育範囲 (被度 1 (<3%))

## 2. 四万十川・蛸瀬川のコアマモの生育環境と生育状況の比較

### 2.1 現地調査(令和6-7年度)によるコアマモの生育環境と生育状況の比較

#### (1) 調査目的

・四万十川と蛸瀬川のコアマモの生育環境の違いを詳細に把握することを目的とし、四万十川、蛸瀬川及び竹島川において、生育実態調査及び水温塩分観測を実施した。

#### (2) 調査方法

・実施した調査および調査方法について、概要を以下に示す。

表 2-1 令和6-7年 調査項目と方法

調査項目		調査方法	調査地点と調査時期
生育実態調査	生活史と健全性の把握	・被度、群度・葉長・開花、結実状況の記録	・四万十川3地点(大島水道部深み、上流、下流) ・蛸瀬川3地点(上流、中流、下流) ・竹島川1地点(竹島川) R6.10月~R7.9月(1~2か月に1回程度 計11回)
	好適生育環境の把握	・底層水・間隙水の栄養塩(リン、窒素) ・底質条件(粒度組成、強熱減量、COD、全硫黄化物)の分析	・四万十川3地点(実崎奥部、大島水道部上流、下流) ・蛸瀬川3地点(上流、中流、下流) ・竹島川1地点(竹島川)* (栄養塩 秋期:R6.12.5-6、冬期:R7.2.12、春期:R7.4.9-11、夏期:R7.6.11-12、底質条件 R7.4.9-11)
水温塩分観測	水温・塩分連続観測	水温・塩分データの連続観測(10分間隔)	・四万十川6地点(実崎奥部、入口、大島水道部深み、非生育地、上流、下流) ・蛸瀬川3地点(上流、中流、下流) 【4回/年:秋期、冬期、春期、夏期】
	水温・塩分鉛直測定	表層~底層の水温・塩分データの鉛直測定(0.1m間隔)	・四万十川3地点(実崎奥部、大島水道部深み、上流) ・蛸瀬川2地点(馬野々橋、蛸瀬橋) ・竹島川1地点(鍋島大橋) 【4回/年:秋期、冬期、春期、夏期】

※竹島川は、R7.4月以降の追加地点のため、生活史と健全性の把握は4月以降の6回、好適生育環境の把握は春期、夏期の2回のみ実施。

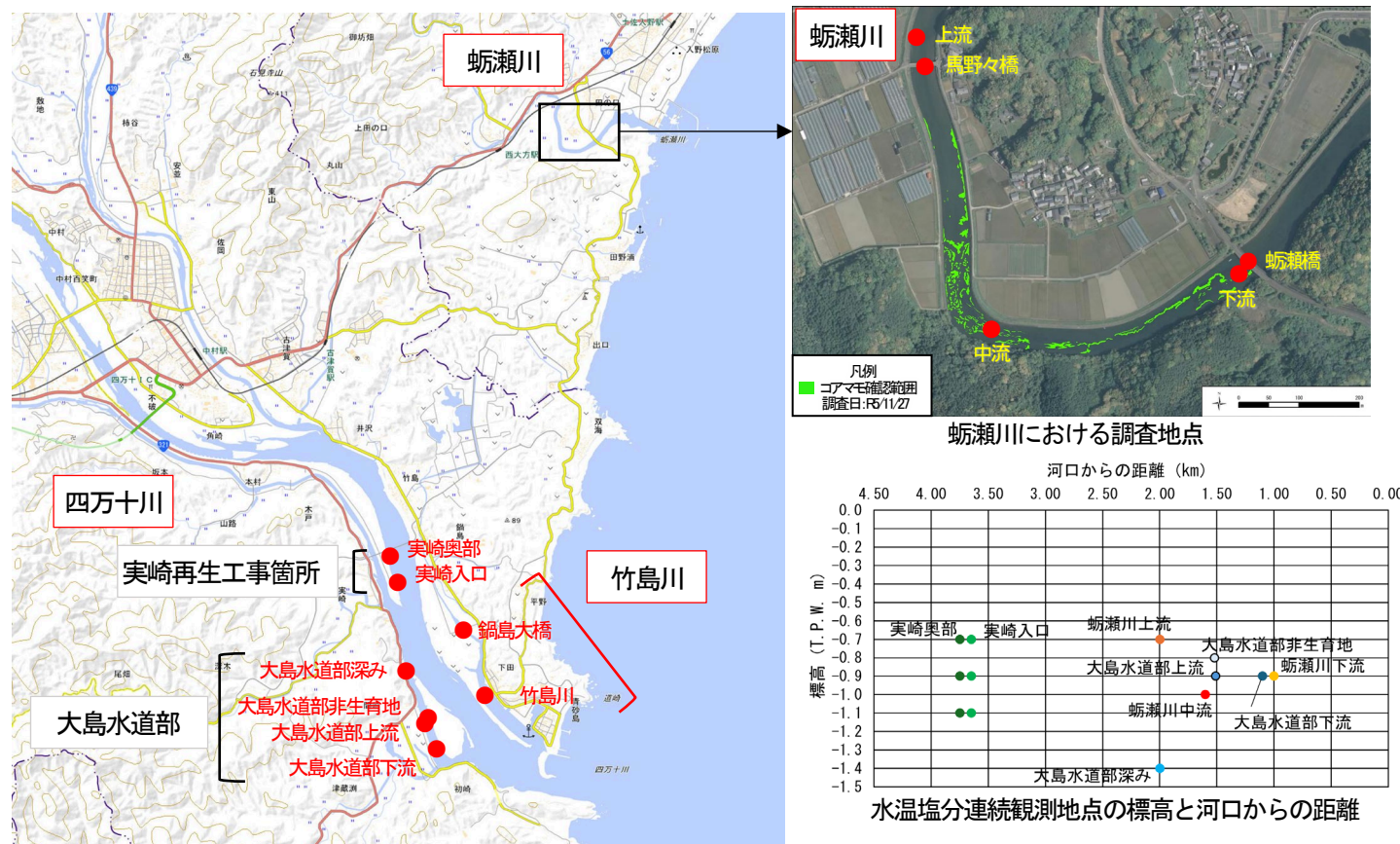


図 2-1 調査地点位置

#### (3) 調査結果概要

・調査結果について、概要を以下にとりまとめた。

・各調査結果の詳細については、資料編にとりまとめた。

#### 1) 四万十川と蛸瀬川の生育状況の違い(生活史と健全性の把握)

・蛸瀬川中流では、1月から4月にかけて、被度・葉長は低い値であったが、6月以降は回復し、春から夏にかけて成長が良好であった。

・蛸瀬川中流以外の地点では、年間を通して10%以下と低い被度であった。

・10月、6月~9月には、蛸瀬川上流及び中流において、開花・結実個体が確認された。

・蛸瀬川では生育状況が良好であったのに対し、四万十川では、どの地点でも年間を通して生育が不良であった。

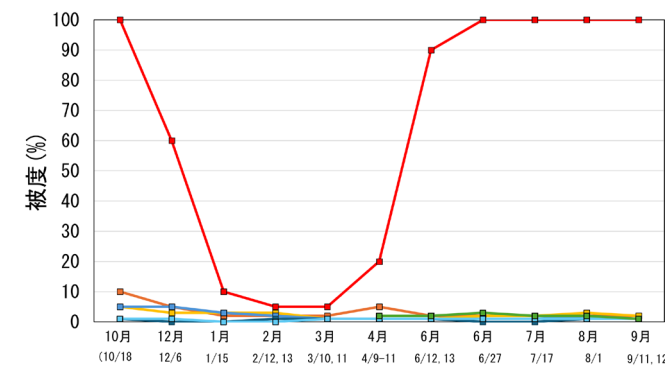


図 2-2 コアマモの被度の変化

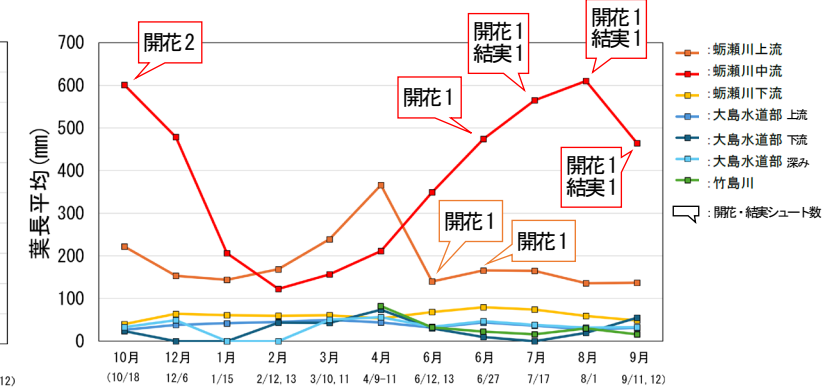


図 2-3 コアマモの葉長平均の変化

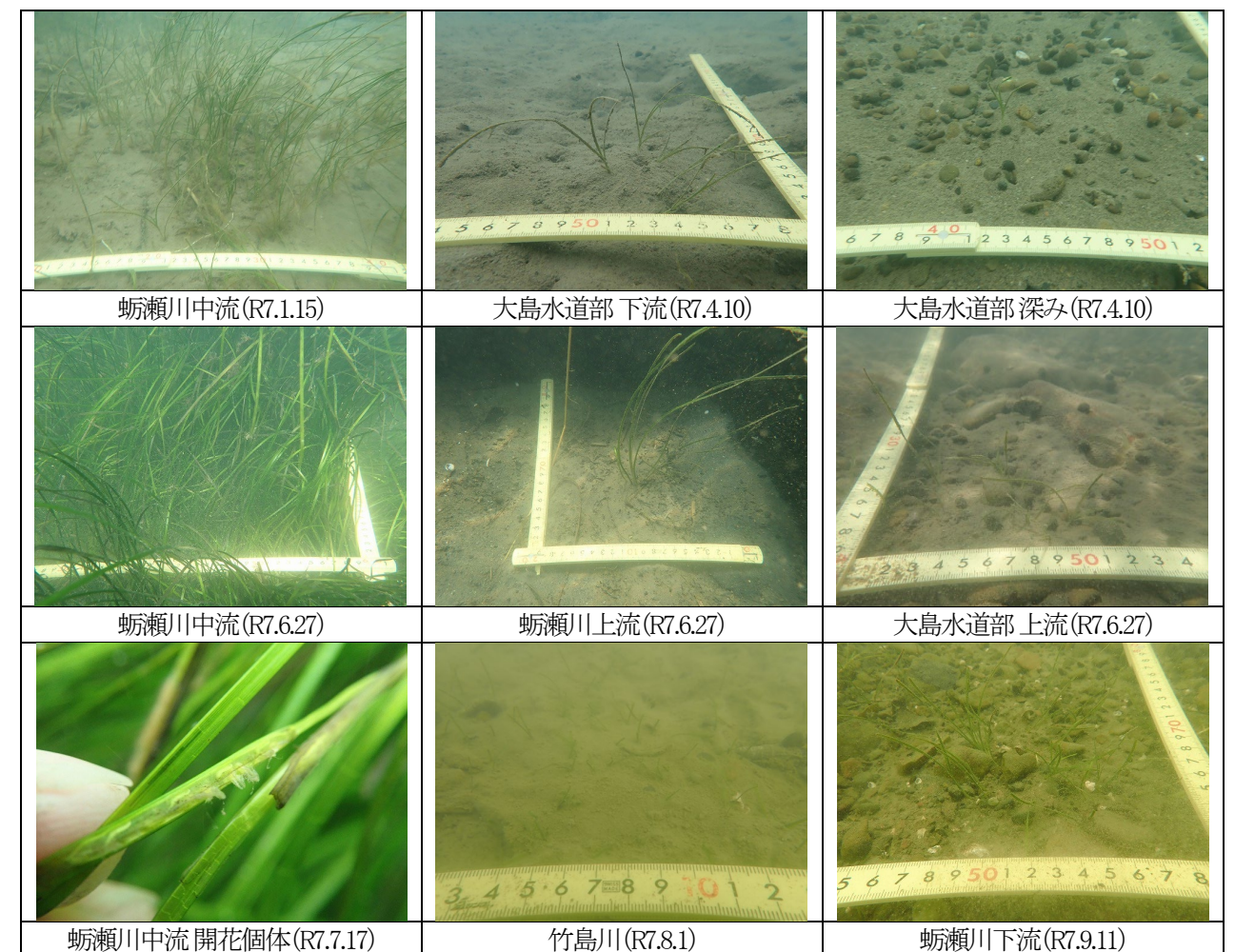


写真 2-1 コアマモの生育状況

※調査回ごとの各地点の生育状況写真は資料編に整理した。

2) 蛸瀬川と四万十川の生育環境の比較(水温塩分観測、好適生育環境の把握)

- 調査結果をもとに、蛸瀬川と四万十川の代表地点における、水温、塩分、栄養塩、底質の違いと、既往の生育環境条件に対する結果について、以下の表にまとめた。
- 水温: 春期、秋期、冬期は、四万十川は蛸瀬川より高水温の傾向だが、夏期では逆転し、蛸瀬川の方が高水温の傾向であった。
- 塩分: 春期と冬期では、四万十川と蛸瀬川はほぼ同様の傾向。夏期と秋期では、四万十川は蛸瀬川より低塩分の傾向であった。
- 水温、塩分に関する既往の生育条件で示された通年の好適環境は、四万十川、蛸瀬川ともに、ほぼみられなかった。
- 干出: 四万十川において、秋期、冬期の夕方～夜間において最長4時間程度の干出がみられた。大島水道部下流では、夏期の昼間に0.5時間程度の干出がみられた。蛸瀬川では干出はみられなかった。

表 2-2(1) 四万十川と蛸瀬川のコアマモ生育環境の比較

調査項目	生育環境条件	参考文献	結果(既往の生育環境条件に対する結果)		蛸瀬川と四万十川の比較
			蛸瀬川中流	四万十川(大島水道部上流、大島水道部下流)	
水温・塩分連続観測	水温	No.1 No.2 No.3	春期: 12.0℃～20.0℃がほぼ全体を占める 10～15℃の割合: 約3割 夏期: 30.0℃超過が6割 10～15℃の割合: ほぼ0 最高水温は35.2℃ 高水温期: 30.0℃超過が5.5割 10～15℃の割合: 0 最高水温は37.0℃ 秋期: 18.0℃～24.0℃がほぼ全体を占める 10～15℃の割合: ほぼ0 冬期: 10.0℃～16.0℃がほぼ全体を占める 10～15℃の割合: ほぼすべて	春期: 20.0℃～24.0℃が0.5～1割 10～15℃の割合: 約2割 夏期: 30.0℃超過が1～3割 10～15℃の割合: ほぼ0 最高水温は35.7℃ 高水温期: 30.0℃超過が2.5～4.5割 10～15℃の割合: 0 最高水温は44.7℃(干出の可能性) 秋期: 24.0℃～26.0℃が2割 10～15℃の割合: ほぼ0 冬期: 16.0℃～20.0℃が5～6割 10～15℃の割合: 約3～4.5割	①蛸瀬川中流 ②大島水道部上流 ③大島水道部下流 夏期のみ蛸瀬川の方が高水温の傾向
	塩分	No.1 No.4	春期: 22.5～35.0がほぼ全体を占める 7.5～15の割合: ほぼ0 夏期: 17.5～35.0がほぼ全体を占める 7.5～15の割合: ほぼ0 秋期: 22.5～35.0がほぼ全体を占める 7.5～15の割合: ほぼ0 冬期: 22.5～35.0がほぼ全体を占める 7.5～15の割合: ほぼ0	春期: 22.5～35.0が9割程度 7.5～15の割合: ほぼ0 夏期: 17.5以下が2.5～3割 7.5～15の割合: 1割 秋期: 2.5～22.5が2.5～3割 7.5～15の割合: 1割 冬期: 22.5～35.0がほぼ全体を占める 7.5～15の割合: ほぼ0	①蛸瀬川中流 ②大島水道部上流 ③大島水道部下流 夏期、秋期は四万十川の方が低塩分の傾向
	干出	No.2	春期: 干出はみられない 干出時間0時間/日 夏期: 干出はみられない 干出時間0時間/日 秋期: 干出はみられない 干出時間0時間/日 冬期: 干出はみられない 干出時間0時間/日	春期: 干出はみられない 干出時間0時間/日 夏期: 干出はほぼみられない 干出時間約0.5時間/日(1日間) 秋期: 1.5～3.5時間程度の干出が連続でみられる 干出時間約1.5～3.5時間/日(7日間) 冬期: 0.5～4時間程度/日の干出がみられる 干出時間約0.5～4時間/日(5～7日間)	蛸瀬川では干出はみられず、四万十川では秋期、冬期の夕方～夜間に4時間程度、夏期の昼間に0.5時間程度の干出がみられた 春期(3/12～3/27) 夏期(6/28～7/13) 秋期(11/8～11/22) 冬期(1/20～2/4)

赤字: 生育環境条件から、生育に不利と考えられるもの  
 青字: 生育環境条件から、生育に適していると考えられるもの

×: 生育環境条件を満たさないもの  
 ○: 生育環境条件を満たすもの

- ・間隙水の栄養塩・底質: 四万十川においてのみ、溶存無機態窒素と強熱減量で、既往の生育環境条件を満たしていない時期がみられた。
- ・既往の生育環境条件に対する結果は、各項目で、四万十川と蛸瀬川に大きな違いはなかった。

表 2-2(2) 四万十川と蛸瀬川のコアマモ生育環境の比較

調査項目	生育環境条件	参考文献	結果(既往の生育環境条件に対する結果)			蛸瀬川と四万十川の比較
			蛸瀬川中流	大島水道部上流	大島水道部下流	
好適生育環境の把握	栄養塩(間隙水) ・溶存無機態リン: 0.015mg/L以上	No.2	春期	× (0.005)	× (0.003)	・どちらも夏期のみ溶存無機態リンは条件を満たしており、その他の時期では不足している
			夏期	○ (0.025)	○ (0.019)	
			秋期	× (0.003未達)	× (0.007)	
			冬期	× (0.011)	× (0.005)	
			春期	○ (0.860)	○ (0.350)	
			夏期	○ (0.840)	× (0.110)	
	底質 ・溶存無機態窒素: 0.15mg/L以上	No.5	春期	○ (0.12)	○ (0.01)	・蛸瀬川は全ての時期において溶存態窒素は条件を満たしているが、四万十川では春期と秋期で条件を満たしている
			夏期	○ (0.860)	○ (0.970)	
			秋期	○ (1.00)	○ (0.28)	
			冬期	○ (1.20)	× (0.12)	
No.6	春期	○ (7.6)	○ (5.6)	・強熱減量は、四万十川で条件を満たしていない ・CODとT-Sは、どちらも底質における生育条件を満たしている		
	冬期	○ (0.12)	○ (0.01)			
No.5	春期	○ (4.0)	× (1.9)	× (3.3)	・強熱減量は、四万十川で条件を満たしていない	
	冬期	○ (4.0)	× (1.9)	× (3.3)		
No.6	春期	○ (7.6)	○ (1.2)	○ (5.6)	・CODとT-Sは、どちらも底質における生育条件を満たしている	
	冬期	○ (0.12)	○ (0.01)	○ (0.01)		
-	No.5	春期	シルト分+粘土分: 17.0%	シルト分+粘土分: 1.0%	シルト分+粘土分: 24.8%	・蛸瀬川中流と大島水道部下流は、砂が多い組成であり、類似していたが、大島水道部上流は礫が多い組成で、異なる傾向であった
		冬期	砂分: 53.7%	砂分: 12.4%	砂分: 58.6%	
-	No.6	春期	礫分: 19.3%	礫分: 86.6%	礫分: 16.6%	
		冬期	礫分: 19.3%	礫分: 86.6%	礫分: 16.6%	

※アマモの生育条件  
 赤字: 生育環境条件から、生育に不利と考えられるもの  
 青字: 生育環境条件から、生育に適していると考えられるもの  
 ×: 生育環境条件を満たさないもの  
 ○: 生育環境条件を満たすもの

【参考文献】  
 No.1: コアマモ場再生を目指した草体増殖および種子発芽特性の検討、越川義功他、2007、海岸工学論文集、第54巻、土木学会、1076-1080  
 No.2: コアマモの地下茎分枝に及ぼす地盤高と底質の影響、関分秀樹他、2010、土木学会論文集B2(海岸工学) Vol. 66, No.1, 1206-1210  
 No.3: コアマモ移植株の生長と生残におよぼす底質中の水温と干出時間の影響、森田晃央他、2010、水産増殖(Aquaculture Sci.) 58(2), 261-267  
 No.4: アマモ、コアモの生態(II)、新崎盛敏、S25、日本水産学会誌、第16巻第2号  
 No.5: コアマモの生育に適した物理環境について、島谷学他、2004、海岸工学論文集、第51巻土木学会、1031-1035  
 No.6: アマモ類の自然再生ガイドライン、水産庁・マリノフォーラム21、2007

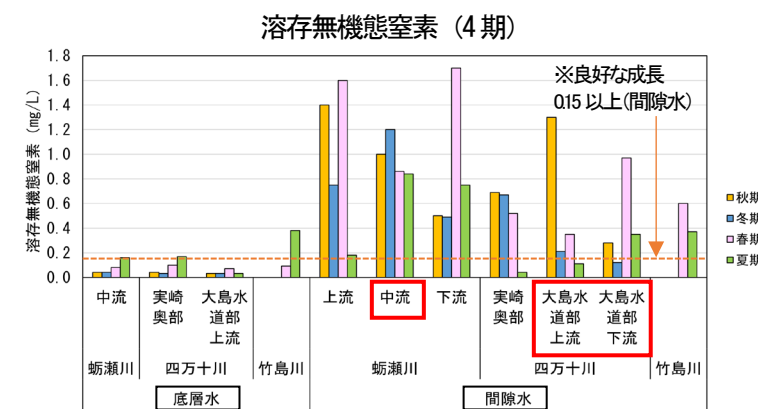
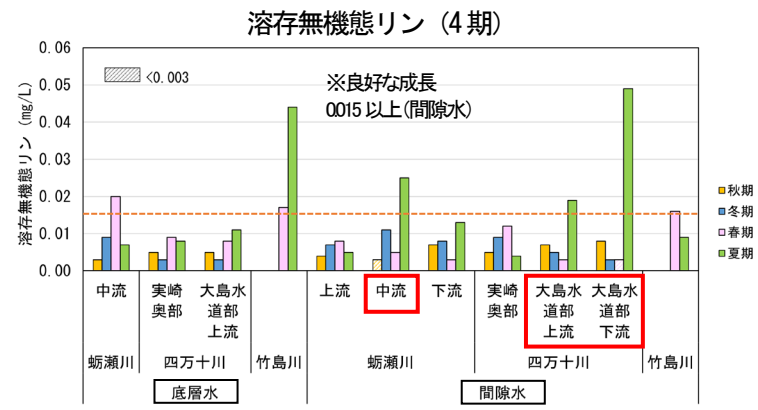


図 2-4 底層水及び間隙水の栄養塩分析結果グラフ

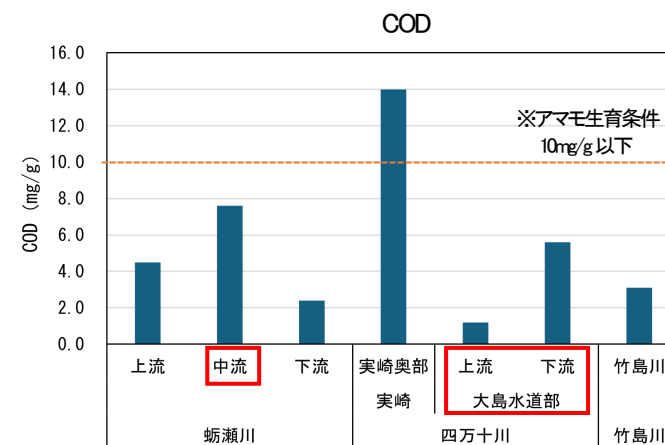
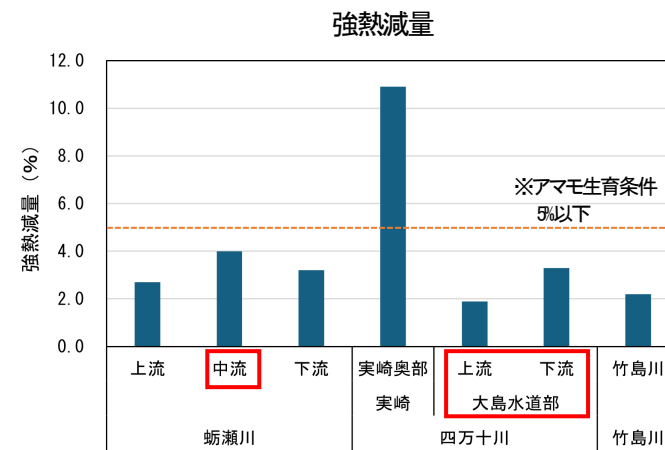
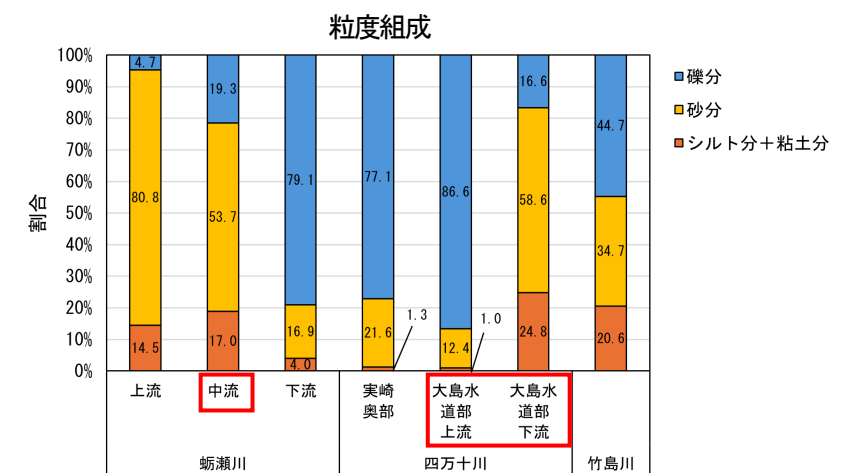
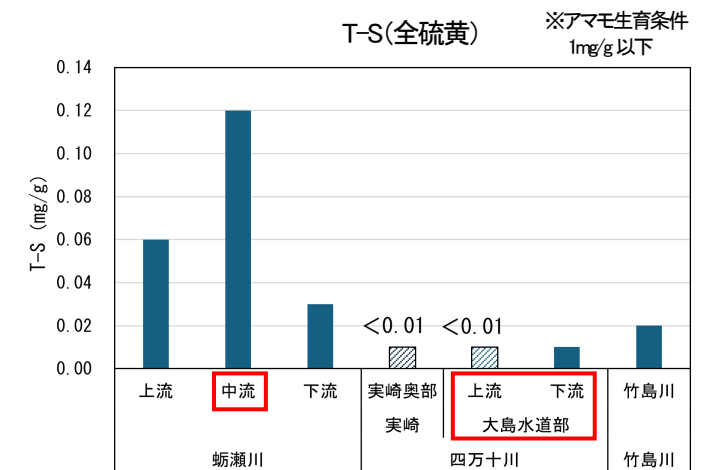


図 2-5 底質分析結果 (採取日: R7年4月9-11日)



## 2.2 生育環境(日射量)の比較

### (1) 目的

- 四万十川と蛸瀬川における、コアマモ生育への日射の影響を把握するため、夏場(7月から9月)の日射状況について分析した。

### (2) 解析の概要

- 河川周辺の標高データをもとに、地形、方位、標高を考慮し、河川内における全天日射量(直達日射量+散乱日射量)を算出。

※気候条件は考慮しておらず、期間内全日快晴を想定した値を算出。

- 使用ソフトウェア: ArcGIS Pro (Esri 社)
- 使用ツール Feature Solar Radiation (エリアの日射量)

#### 主な設定条件

- 標高モデル: DEM 5m (基盤地図情報 国土地理院)
- 解析対象期間: 令和7年7月1日~9月30日
- 時間分解能: 0.5時間

※河川の範囲では、蛸瀬川中流のコアマモが生育する底層の標高(-1.0T.P.Wm)を、仮の標高として一律に設定している。

### (3) 結果

- 算出された3か月間の日射量は、四万十川は大島水道部深みで451(kWh/m<sup>2</sup>)、それ以外の地点で456(kWh/m<sup>2</sup>)であった。蛸瀬川3地点では、蛸瀬川中流で446(kWh/m<sup>2</sup>)、それ以外の地点で452(kWh/m<sup>2</sup>)であった。

- 蛸瀬川中流で日射量が若干低い傾向であったが、河川間及び河川内において日射量に大きな違いはなかった。

【参考: 四万十川及び蛸瀬川における1日当たりの平均日照量 約4.9kWh/m<sup>2</sup>/日】

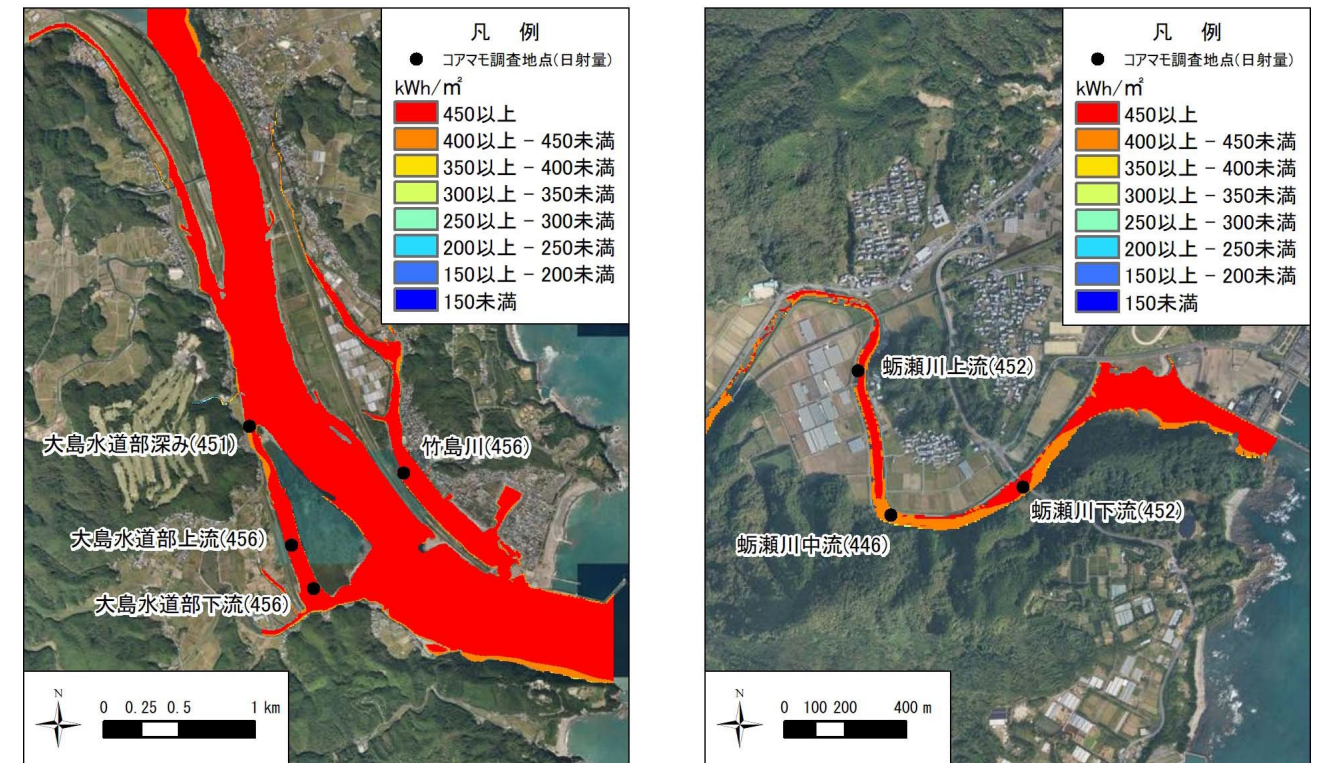


図 2-7 四万十川及び蛸瀬川の日射量 (kWh/m<sup>2</sup>) (7月~9月の合計値)

四万十川と蛸瀬川において、日射量に大きな違いはみられなかった。

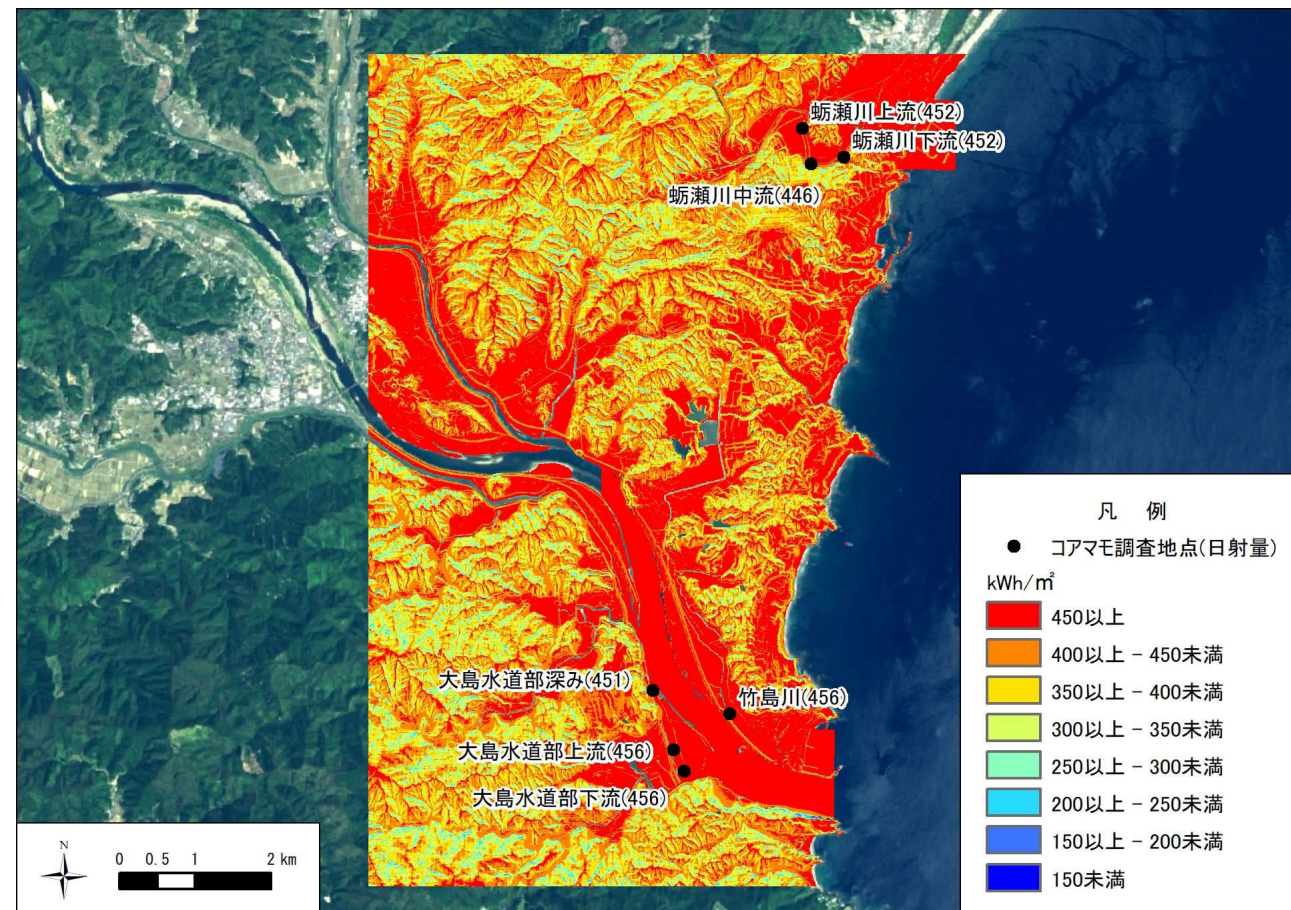


図 2-6 四万十川及び蛸瀬川周辺の日射量 (kWh/m<sup>2</sup>) (7月~9月の合計値)

### 3. 四万十川のコアマモの減少要因分析

#### 3.1 コアマモの生育面積と水質の関係

- 四万十川において、近年コアマモが減少している要因を分析するため、具同および下田観測所での水質観測結果(水温、塩化物イオン、全リン、全窒素、BOD、COD)と、コアマモの生育面積の相関関係について分析した。
- 分析期間は、大きな出水がみられなくなった平成27年以降とした。
- 具同と下田において、相関関係がみられたいずれの項目においても、有意性は確認されなかった。

表 3-1 四万十川におけるコアマモの生育面積と水質の相関関係

水質項目	分析時期	具同				下田			
		相関係数	相関関係	危険率	有意性	相関係数	相関関係	危険率	有意性
水温	通年	0.12	相関なし	5%より大きい	なし	0.12	相関なし	5%より大きい	なし
	7-9月	-0.28	弱い負の相関	5%より大きい	なし	-0.35	弱い負の相関	5%より大きい	なし
塩化物イオン	通年	-0.028	相関なし	5%より大きい	なし	0.42	やや強い正の相関	5%より大きい	なし
	7-9月	-0.32	弱い負の相関	5%より大きい	なし	0.35	弱い正の相関	5%より大きい	なし
全リン	通年	-0.30	弱い負の相関	5%より大きい	なし	-0.62	やや強い負の相関	5%より大きい	なし
全窒素	通年	-0.33	弱い負の相関	5%より大きい	なし	-0.34	弱い負の相関	5%より大きい	なし
BOD	通年	-0.17	相関なし	5%より大きい	なし	-0.26	弱い負の相関	5%より大きい	なし
COD	通年	-0.55	やや強い負の相関	5%より大きい	なし	0.25	弱い正の相関	5%より大きい	なし

データは定期採水における測定結果

測定回数 具同:水温、BOD、CODは11-31回/年、塩化物イオンは11-16回/年、全リン、全窒素は4-10回/年

下田:水温、BOD、CODは12-15回/年、塩化物イオン、全リン、全窒素は6-11回/年

- 注) ・相関関係:相関係数が、0.7以上→強い相関、0.4~0.7→やや強い相関、0.2~0.4→弱い相関、0.2未満→相関なし  
 ・危険率:相関関係が偶然であると判断される確率(相関関係にあてはまらない確率)  
 ・有意性の判断:自然科学の分野では、上記の危険率を1%(P=0.01)以下とする場合があるが、今回は一般的な統計上の有意水準である5%(P=0.05)を有意性の有無の判断基準とし、危険率5%以下の場合に統計的に有意とした。

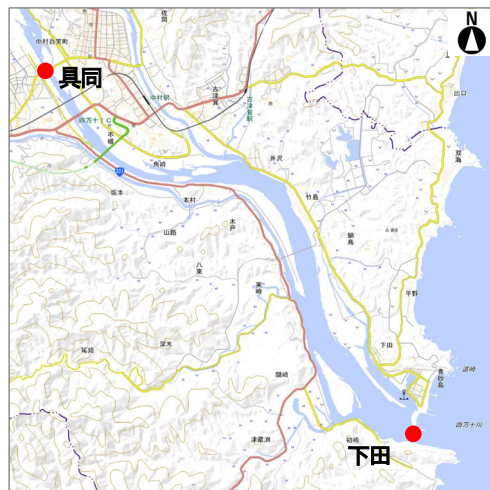


図 3-1 水質項目の観測地点 (具同・下田)

コアマモの生育面積と各水質項目(水温、塩化物イオン、全リン、全窒素、BOD、COD)に有意な相関はみられなかった。

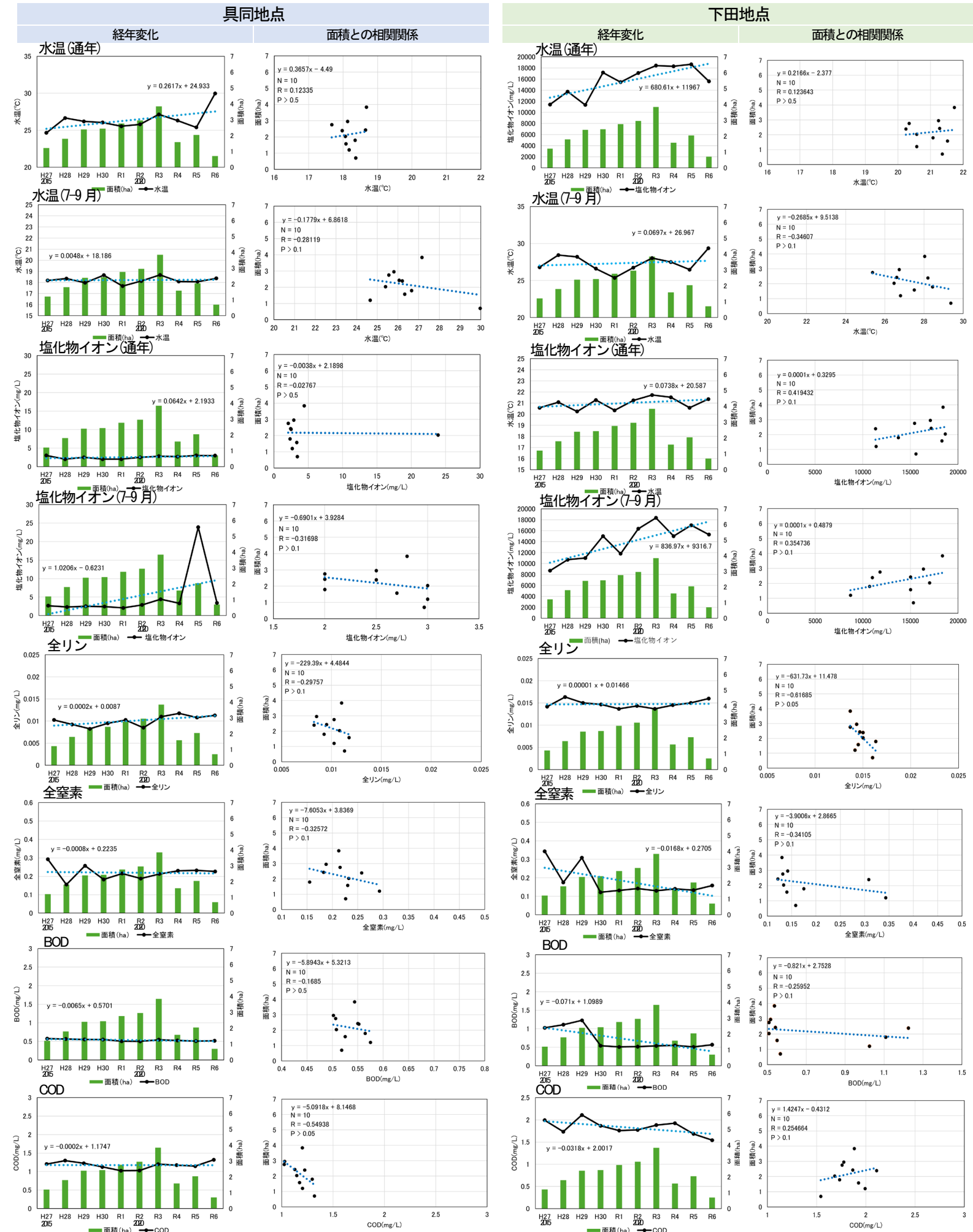


図 3-2 水質項目とコアマモの生育面積の経年変化と相関

### 3.2 コアマモの生存における水温と塩分の複合的影響に関する知見

- ・具同と下田における各水質項目と、コアマモの生育面積に相関はみられなかったため、新たな減少要因について検討した。
- ・Kaldy and Shafer (2012)<sup>※</sup>によると、コアマモは、慢性的な高水温かつ低塩分環境には耐性が低いことが指摘された。

※Effects of salinity on survival of the exotic seagrass *Zostera japonica* subjected to extreme high temperature stress. Botanica Marina

#### 【概要】

- ・野外(ワシントン州及びオレゴン州3箇所の湾)から採取したコアマモを水温 15°C、35°Cの条件下で、塩分 5、20、35 それぞれで栽培。
- ・7 日後のシュートの生存率を比較すると、水温 15°Cでは塩分の違いによる生存率に有意な差はなかった。
- ・一方で、水温 35°Cでは、塩分 5 のとき、塩分 20、35 に比べて有意に低い生存率であった。

表 3-2 実験結果概要

	塩分 5	塩分 20	塩分 35
水温 15°C	高い生存率 (60%のポットで密度増加)	高い生存率 (他の塩分と有意差なし)	高い生存率 (他の塩分と有意差なし)
水温 35°C	生存率約 6~13% (塩分 20 より有意に低い)	生存率約 7~28% (塩分 35 と有意差なし)	生存率約 10~42%

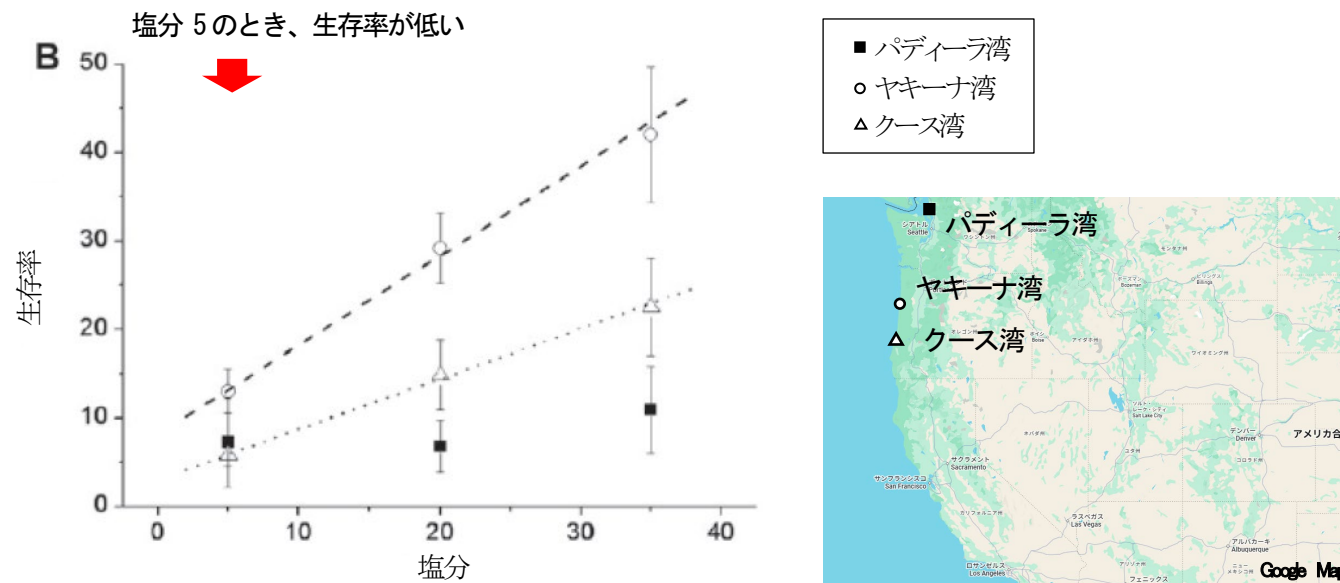


図 3-3 水温 35°Cにおける3つの塩分条件における生存率  
文献より引用、一部改変



図 3-4 サンプルング地点 (アメリカ合衆国西岸部)

低塩分下において、コアマモの生育への高水温による悪影響は、より大きくなることが確認された。

### 3.3 水温と塩分の複合的影響に関するコアマモの減少要因分析

- ・コアマモへの水温と塩分の複合的影響について分析するため、竹島川、四万十川および蛸瀬川の水温・塩分連続観測データを用い、夏期における高水温、低塩分の状況と、蛸瀬川、四万十川のコアマモの生育状況、および竹島川における経年的なコアマモの分布状況について分析した。

#### 3.3.1 分析に使用したデータ

- ・竹島川、四万十川及び蛸瀬川の水温・塩分に関する分析について、使用したデータを以下に示す。

表 3-3 水温・塩分に関する分析に使用したデータ

河川	種類	期間	観測方法	地点	標高(T.P.W m)
四万十川	水温・塩分データ(単年)	R7年 6月10日~7月30日	連続観測 (10分毎)	大島水道部上流 大島水道部下流	-0.9 (コアマモ生育地点高)
蛸瀬川	水温・塩分データ(単年)	R7年 6月10日~7月30日	連続観測 (10分毎)	中流	-1.0 (コアマモ生育地点高)
竹島川	水温・塩分データ(経年)	R1~R6年 7月1日~9月30日	連続観測 (10分毎)	上流 下流	-0.15 (ヒトエグサ養殖網高)

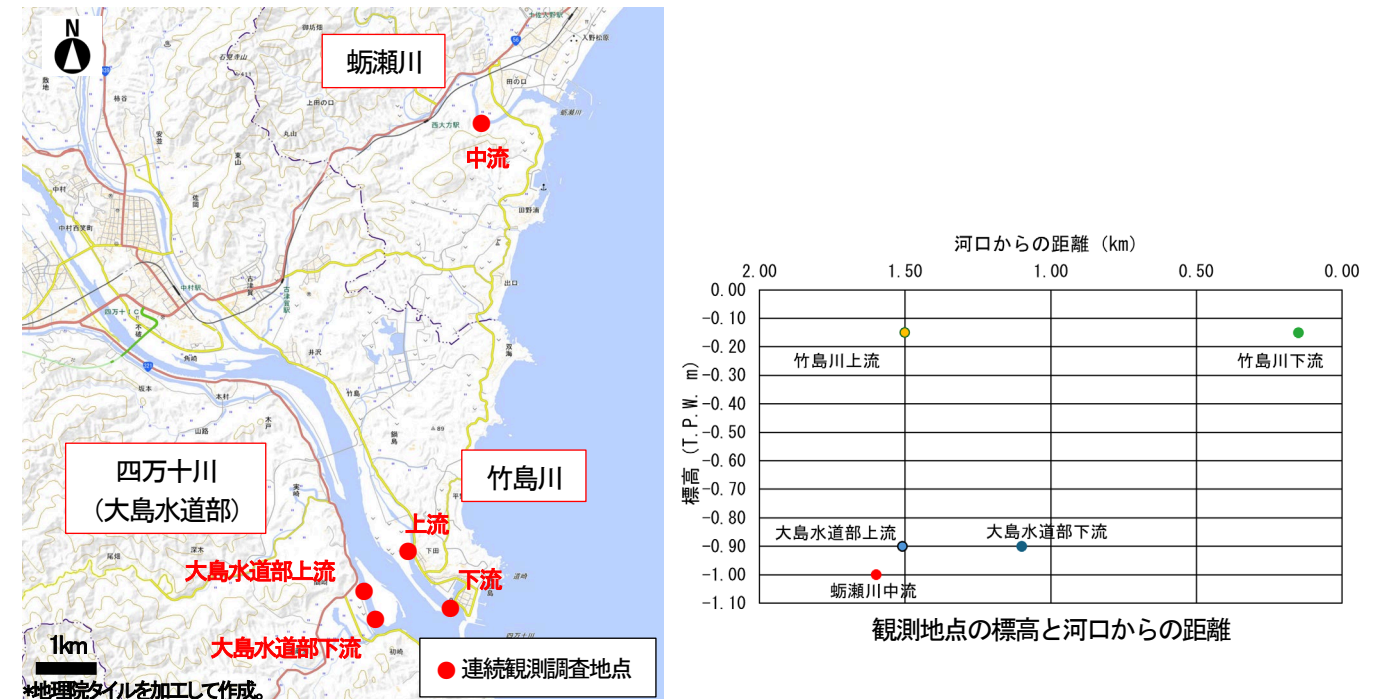


図 3-5 分析データ観測位置

### 3.3.2 四万十川と蛸瀬川における水温と塩分の複合的影響に関する解析

#### (1) 解析データ

- 夏期における、四万十川と蛸瀬川のコアマモへの水温と塩分の複合的影響を把握するため、四万十川2地点(大島水道部上流、大島水道部下流)及び蛸瀬川中流における水温と塩分の状況について解析をおこなった。
- 解析には、令和7年6月13日～7月30日の水温塩分連続観測データを用いた。(10分間隔:約6,912回分)

#### (2) 連続観測期間中の気温と降水量

- 期間中は、6月14日、23～24日、7月9日～21日、25～26日付近において、まとまった降水がみられた。
- 期間中の日最高気温は、35℃を超える日もみられた。

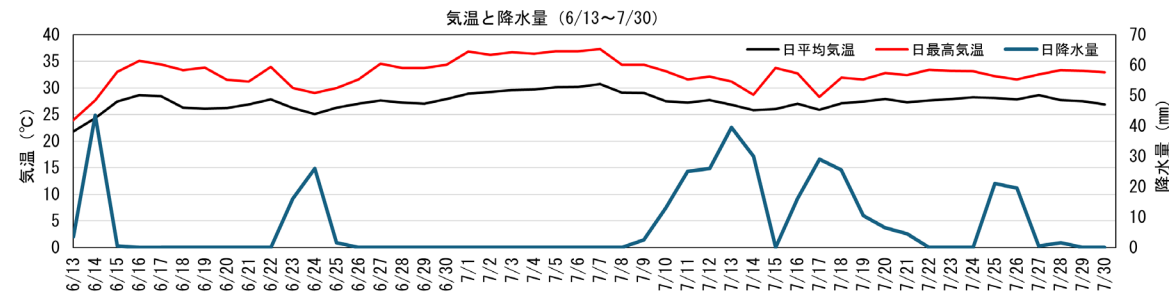


図 3-6 R7.6/13～7/30の日降水量(mm)と日平均気温(中村観測所)

#### (3) 水温・塩分連続観測結果

- 6月13日から7月30日の蛸瀬川中流、四万十川大島水道部上流、及び下流の3地点における水温・塩分連続観測結果を示す。
- 3地点において、6月中旬ごろと、7月中旬ごろに、塩分の低下が確認され、これは降水の影響と考えられる。
- 6月25日付近の新月による大潮のときには、大島水道部下流で5日間ほどの干出が確認された。

月の状態 ■:朔(新月) ●:上弦の月 ●:望(満月) ●:下弦の月  
【参考:潮位表 高知下田(気象庁)】

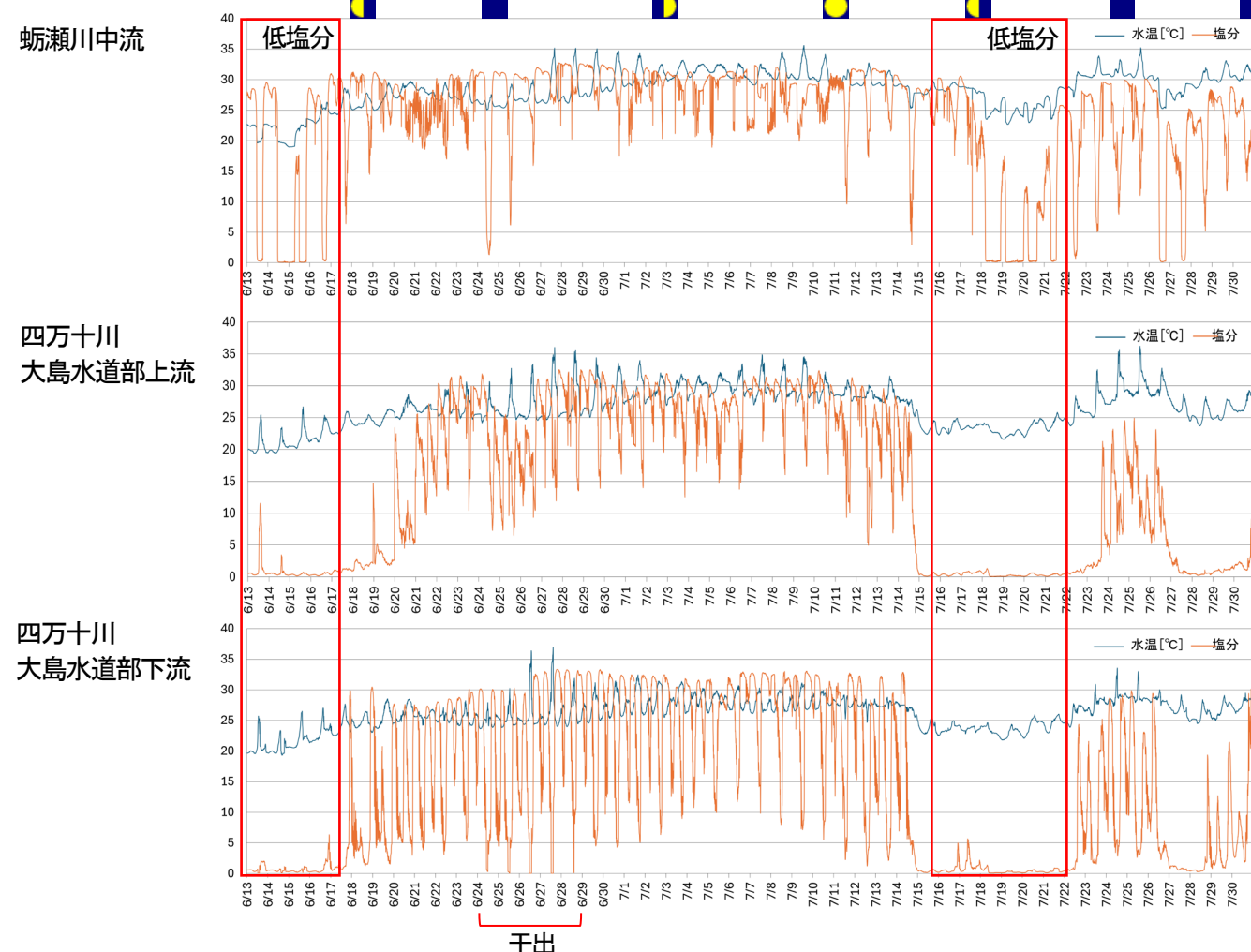


図 3-7 R7.6/13～7/30の3地点における水温塩分連続観測結果

#### (4) 干出時間

- 夏期(6/13～7/30)における各地点の一日あたりの干出時間を示す。
- 大島水道部下流において、6月24～28日の昼間に0.5時間～2.7時間程度の干出がみられた。
- 大島水道部下流では、干出中、夏期の昼間の強い日差しにさらされ、高温のダメージを受けている可能性が考えられる。

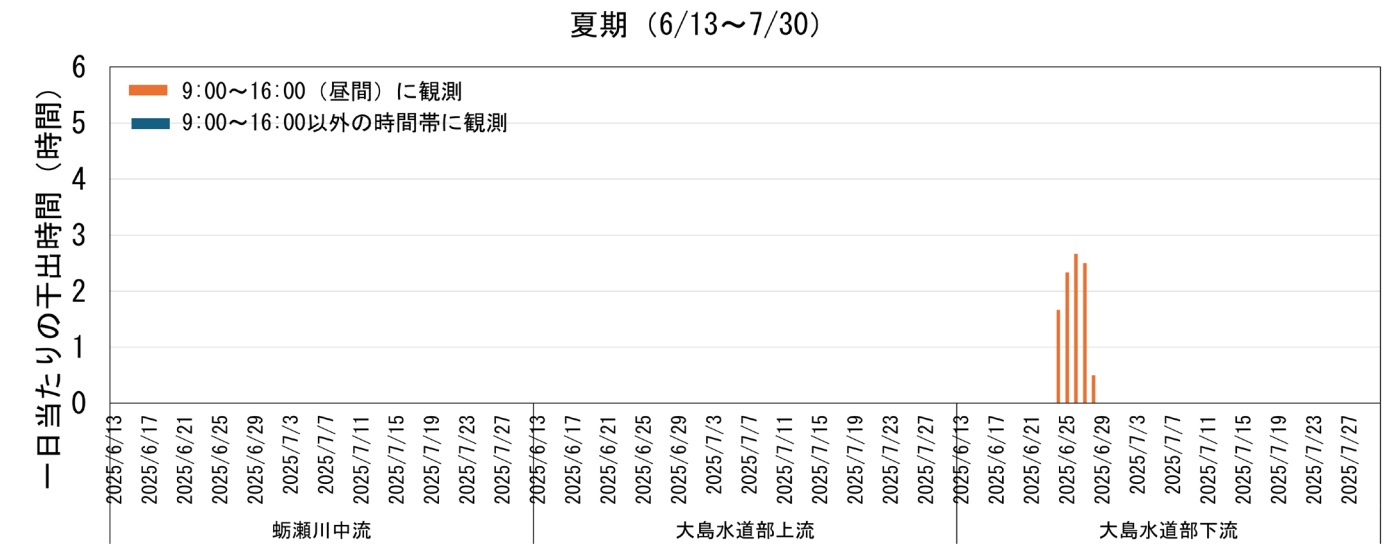


図 3-8 四万十川及び蛸瀬川における夏期の一日あたりの干出時間

#### (5) 水温と塩分の傾向の比較

- 夏期(R7.6月13日～7月30日)における、蛸瀬川中流と四万十川2地点(大島水道部上流、大島水道部下流)の水温と塩分の連続観測データの分布を示す。
- 蛸瀬川は、四万十川と比較し、高水温、高塩分の傾向にある。一方で、四万十川では、低塩分の頻度が高く、低塩分時の水温は、低水温から高水温まで広くみられる。
- 高水温かつ低塩分(水温30℃以上かつ塩分5以下)のデータを比較すると、蛸瀬川中流と比較し、四万十川2地点では高水温かつ低塩分の頻度がやや高いことが確認された。

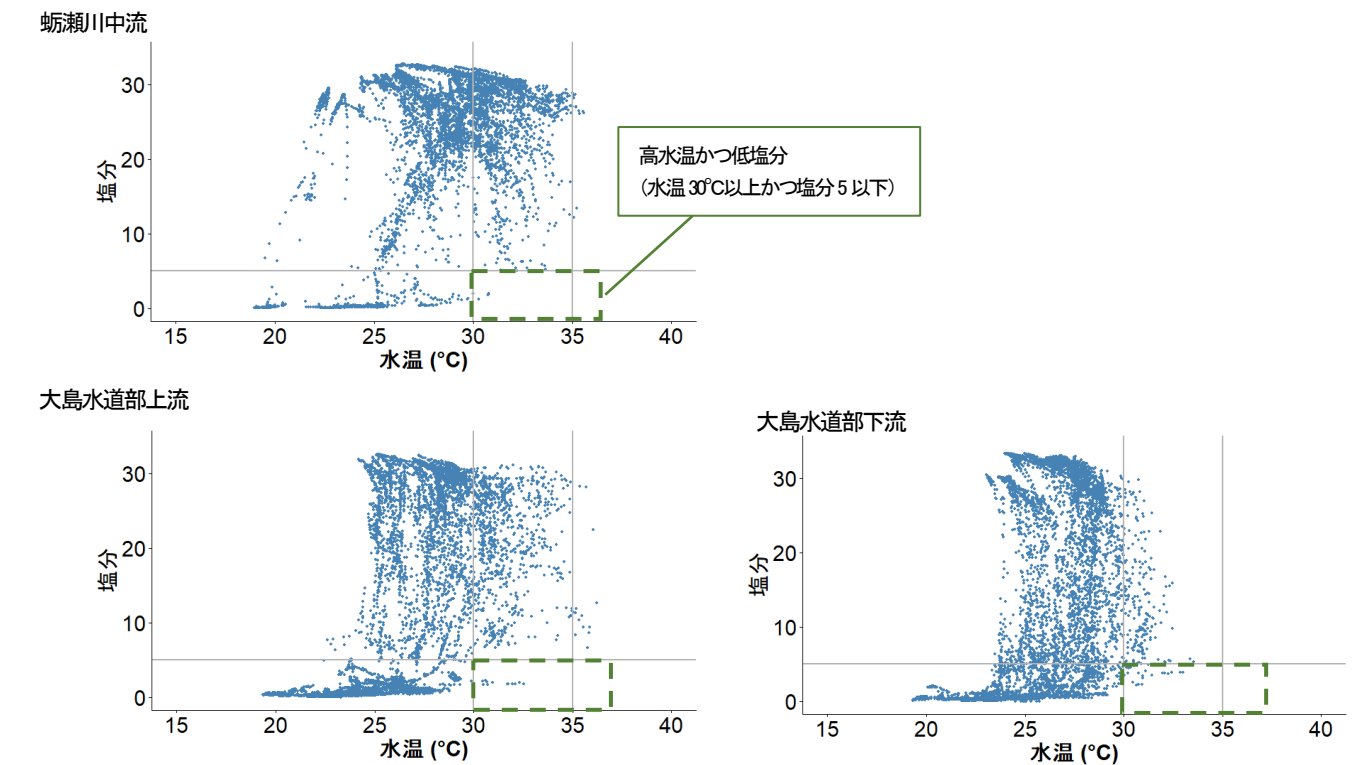
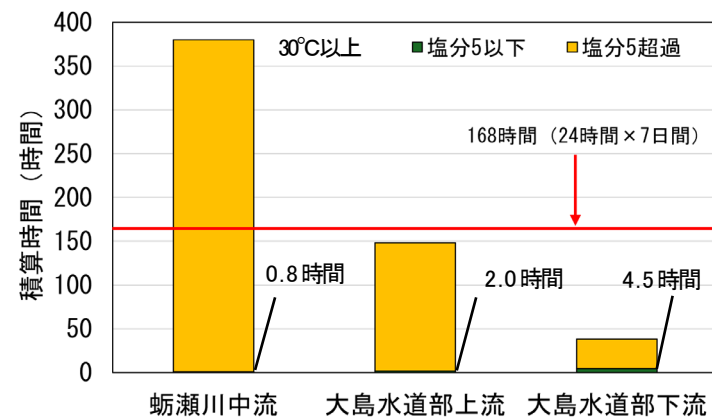


図 3-9 四万十川及び蛸瀬川における夏期の水温と塩分の分布

(6) 高水温かつ低塩分の積算時間の比較

期間中(R7.6/13~7/30)の積算時間

- 3 地点における水温塩分連続観測結果のうち、高水温(水温 30℃以上)及び、高水温かつ低塩分(水温 30℃以上かつ塩分 5 以下)の観測期間中の積算時間を示す。
- 3 地点において、高水温であったのは 38~380 時間であった。
- 高水温かつ低塩分の時間は、蛸瀬川中流で 0.8 時間、大島水道部上流で 2.0 時間、大島水道部下流で 10 時間であり、蛸瀬川に比べて四万十川の地点で、より長時間確認された。
- なお、本解析は 7 月までの結果であり、8 月(未調査)のデータは含まれていないため、夏場における高水温・低塩分にさらされる時間は、実際にはさらに多いことが推測される。



参考: 既往の知見では、高水温低塩分(水温 35℃かつ塩分 5)に 7 日間(168 時間)さらされた場合、生存率 6~13%であった。

図 3-10 四万十川及び蛸瀬川における夏期の高水温かつ低塩分の積算時間 (R7. 6. 30~7. 30)

注) Kaldy and Shafer (2012)では、高水温のストレス条件として、35℃を設定しているが、他の既往の知見では、生育に影響を与えると考えられる水温として、30℃が挙げられている\*。このことから、水温 30℃以上の環境も高水温のストレス条件となる可能性が考えられるため、水温 30℃以上かつ塩分 5 以下の状態をストレス環境とし、分析をおこなった。

※「30℃を超えると地下茎等の分岐に影響し、さらに高くなると枯死する」

【参考】コアマモ再生を目指した草体管理による種子発芽特性の検討、越川駿功他、2007、海洋工学論文集第54巻、土木学会、106-109、コアマモの地下茎分枝と地盤高と底質の影響、国分秀樹他、2010、土木学会論文集B(海洋工学)Vol. 106-B-120

日ごとの積算時間

- 夏期(R7.6月13日~7月30日)の、四万十川2地点(大島水道部上流、大島水道部下流)と蛸瀬川中流における、高塩分かつ低塩分(水温 30℃以上かつ塩分 5 以下)の日積算時間の分布を示す。
- 四万十川2地点では、6月下旬~7月上旬と、7月下旬において、高塩分かつ低塩分が観測された。
- 蛸瀬川においても7月下旬に高塩分かつ低塩分がみられたが、四万十川2地点と比較し、短時間であった。
- なお、本解析は 7 月までの結果であり、8 月(未調査)のデータは含まれていないため、夏場における高水温・低塩分にさらされる時間は、実際にはさらに多いことが推測される。

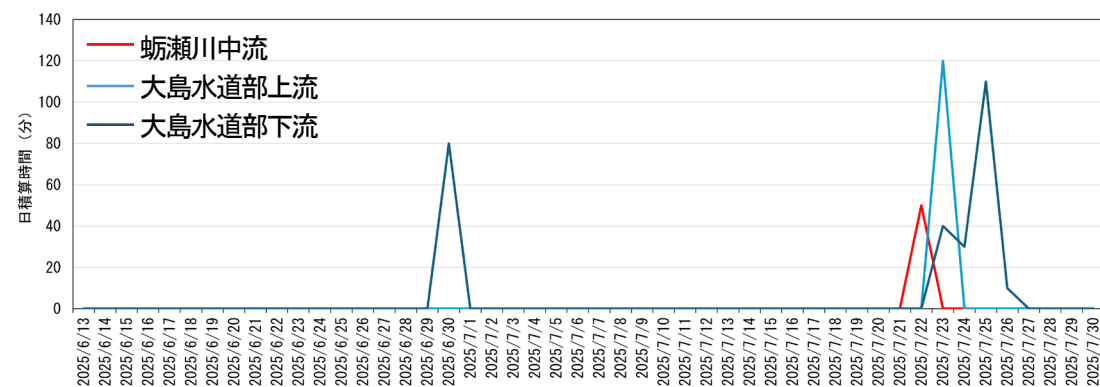


図 3-11 四万十川及び蛸瀬川における夏期の高水温かつ低塩分(水温 30℃以上かつ塩分 5 以下)の日積算時間の推移

四万十川と蛸瀬川におけるコアマモの生育の違いは、夏場における高水温かつ低塩分の環境下にさらされる時間の違いに起因する可能性がある。

3.3.3 四万十川と蛸瀬川で塩分に違いが生じる要因

• 四万十川と蛸瀬川において、塩分の違いが生じる原因として、四万十川と蛸瀬川の河川特性の違いが考えられる。具体的には、流域面積や流量、流入河川の有無、河口部周辺の地形や、これに伴う、降雨の影響が継続する期間等が考えられる。

■ 四万十川と蛸瀬川の降水の影響の継続期間の違いについて

- 四万十川周辺における降水量と、四万十川2地点及び蛸瀬川の夏期(6月13日~7月30日)の水温塩分連続観測結果を示す。
- 四万十川は、蛸瀬川に比べ、降水後の塩分の回復が遅く、より降水の影響を受ける期間が長いことが確認できる。
- また、四万十川では、大島水道部上流の方が、大島水道部下流に比べて、降水の影響を受ける期間が長い。

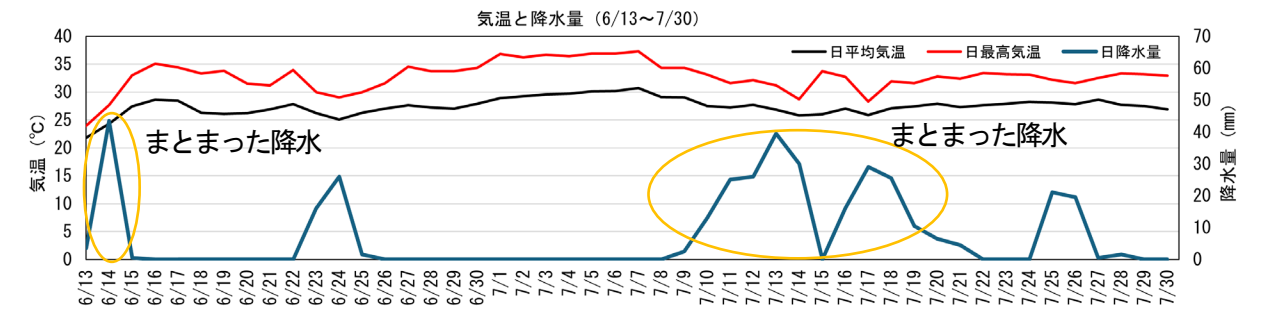
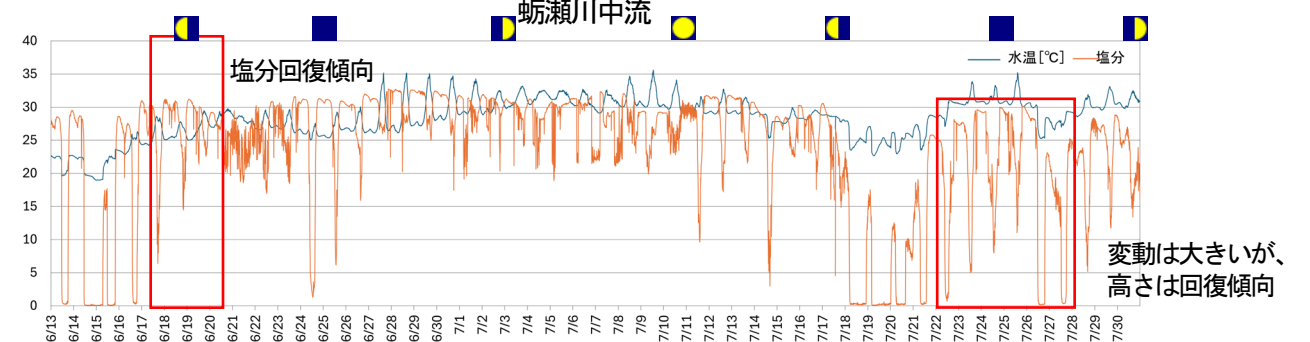
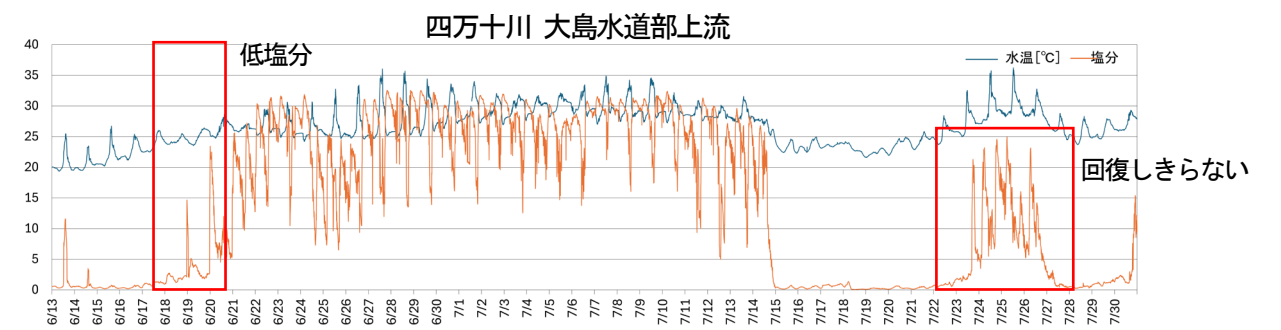


図 3-12 R7. 6/13~7/30 の日降水量 (mm) と日平均気温 (中村観測所)

月の状態 ■: 朔(新月) ■: 上弦の月 ●: 望(満月) ■: 下弦の月  
【参考: 潮位表 高知下田(気象庁)】



変動は大きい、高さは回復傾向



回復しきらない

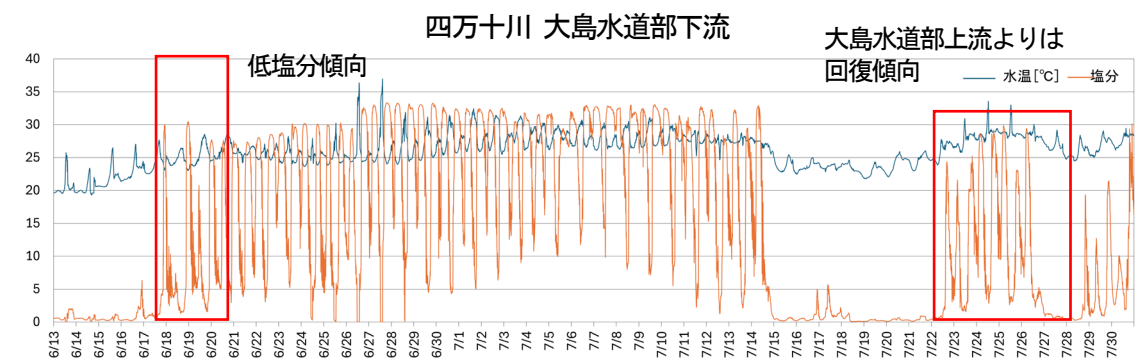


図 3-13 R7. 6/13~7/30 の蛸瀬川と四万十川の水温塩分連続観測結果

### 3.3.4 竹島川における水温・塩分とコアマモの生育状況との関連性の分析

- 竹島川では、以下の2地点において、経年的な水温・塩分連続観測を実施している。
- 実際にコアマモが生育する場所より0.8m程度高い標高(T.P.W.-0.15m)での観測データであるが、経年的な変化傾向の把握のために整理した。

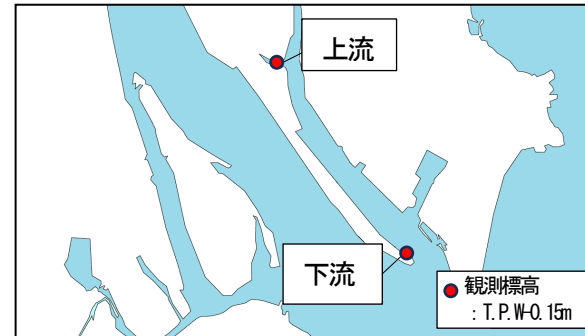


図 3-14 竹島川における連続観測位置

(令和6年度 港改修(防安重)第13-01-3号 下田港改修(地方)水質調査委託業務 一部改変)

#### (1) 竹島川における経年的な水温の変化

- 夏期(7月~9月)における、過去6年間の竹島川の日最高水温の経年変化を示す。
- 上流及び下流ともに、夏期の日最高水温の平均値は上昇しており、また令和6年の日最高水温の最大値と最小値は令和元年と比較し上昇している。

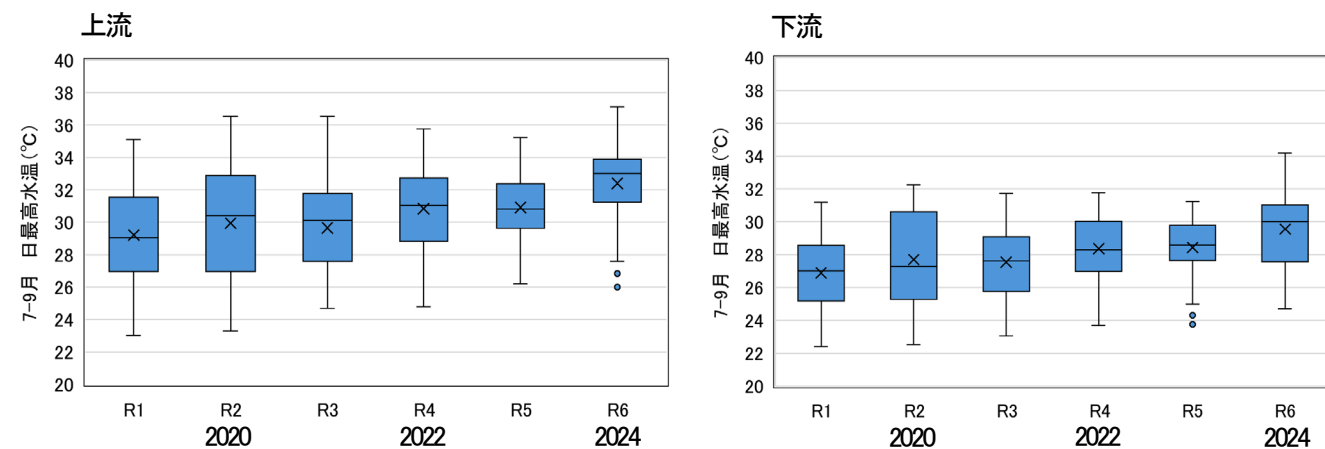


図 3-15 竹島川における7月~9月の日最高水温の経年変化(上:上流、下:下流)

- 夏期(7月~9月)における、過去6年間の竹島川の水温データの割合を示す。
- 上流及び下流において、近年、25℃以上の割合が増加しており、水温は上昇傾向がみられる。

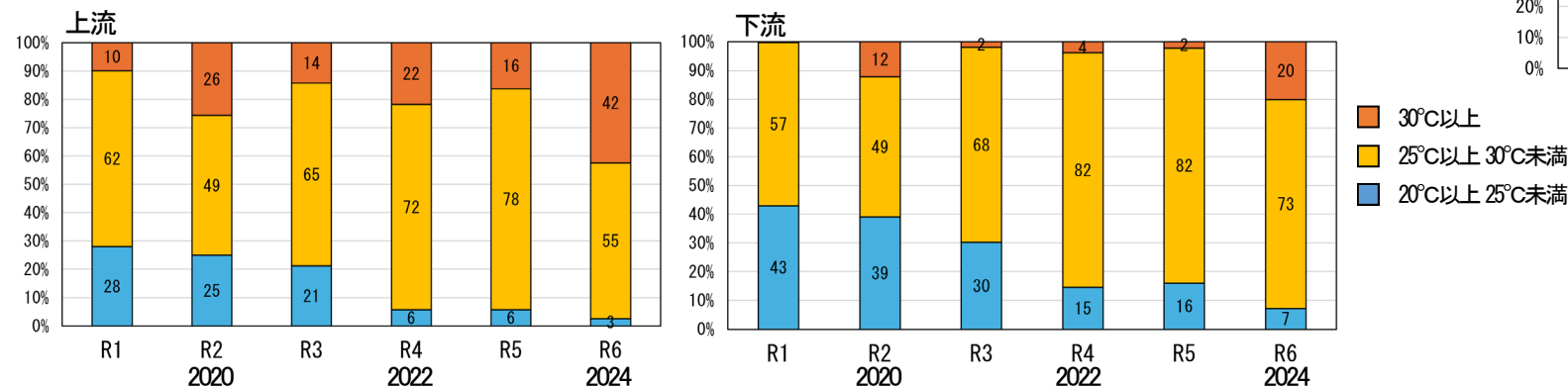


図 3-16 竹島川における7月~9月の水温の割合(左:上流、右:下流)

#### (2) 竹島川における経年的な塩分の変化

- 夏期(7月~9月)における、過去6年間の竹島川の日平均、日最低、日最高塩分の変化を示す。
- 6年間で大きな変化は見られないが、令和5、6年の7月においては、過年度と比較し、若干高塩分の傾向がみられる。

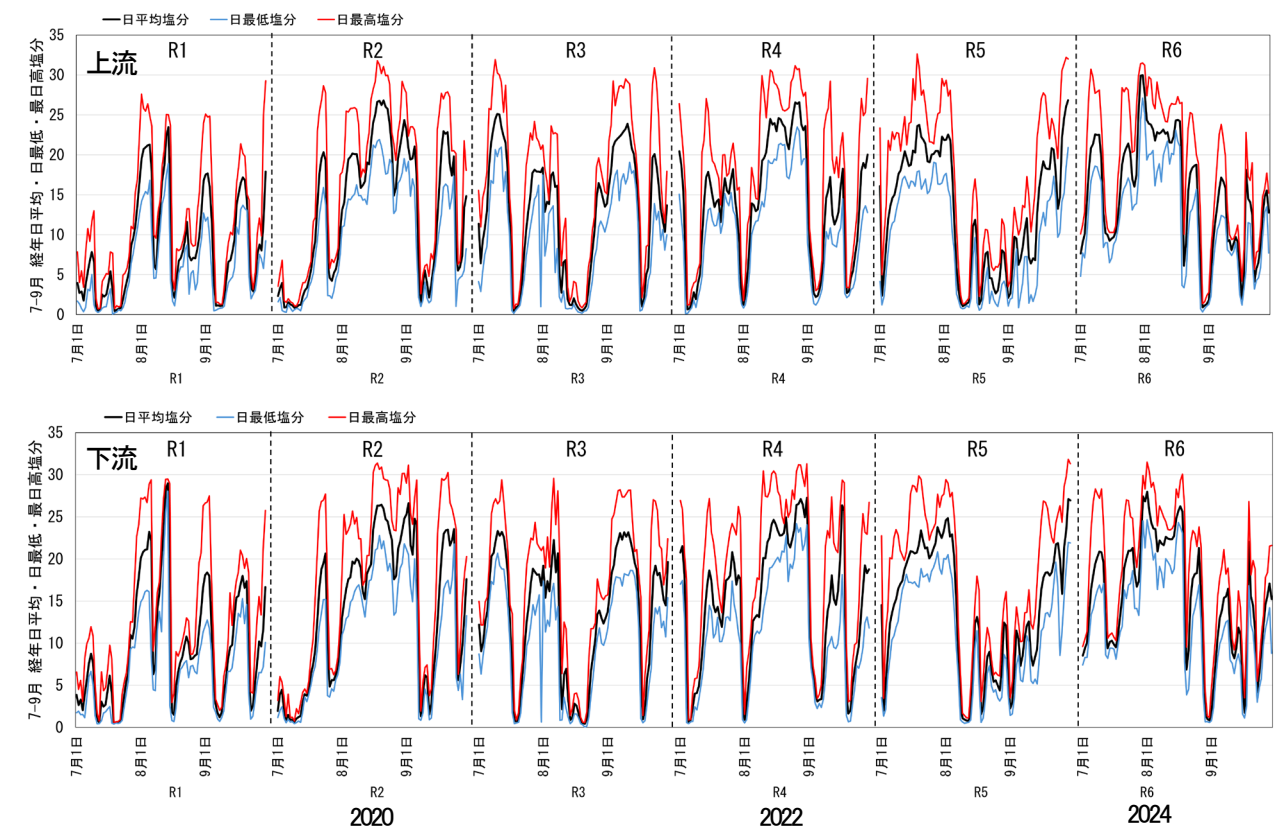


図 3-17 竹島川における7月~9月の塩分の変化(上:上流、下:下流)

- 夏期(7月~9月)における、過去6年間の竹島川の塩分データの割合を示す。
- 上流及び下流において、近年、若干の塩分の上昇傾向がみられる。

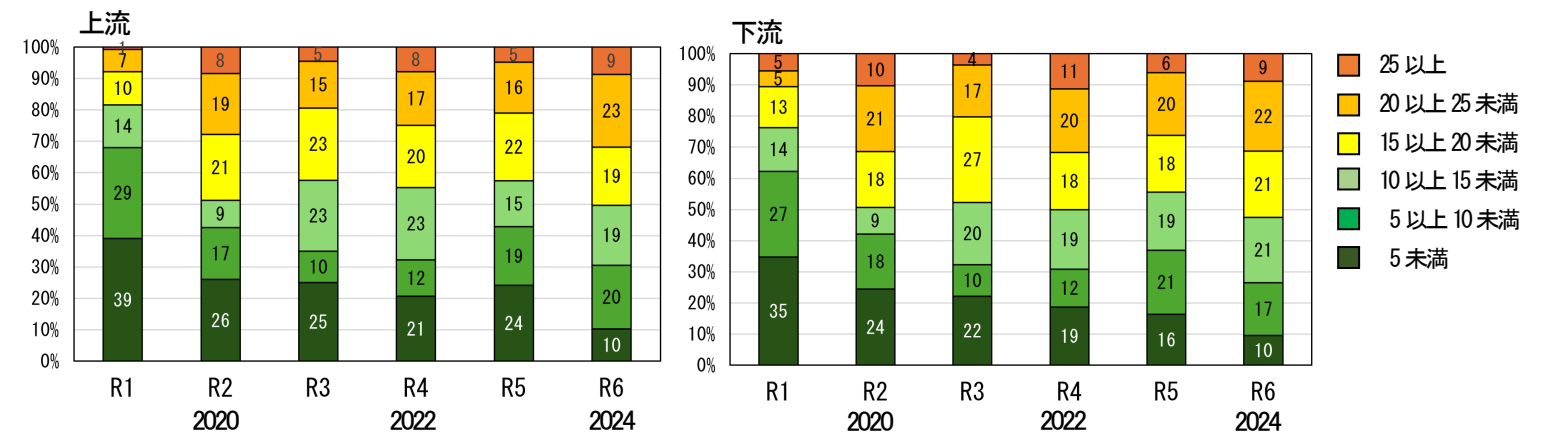


図 3-18 竹島川における7月~9月の塩分の割合(左:上流、右:下流)

(3) 竹島川における水温と塩分の傾向の経年変化

1) 水温と塩分の傾向

- 夏期(7月～9月)の竹島川上流と下流における、過去6年間の水温と塩分の連続観測データの分布を示す。
- 高水温かつ低塩分(水温 30℃以上かつ塩分 5 以下)のデータをみると、上流では、令和元年、令和 4 年及び 5 年において、比較的、頻度が高いことが確認された。一方で、下流ではほとんどみられなかった。

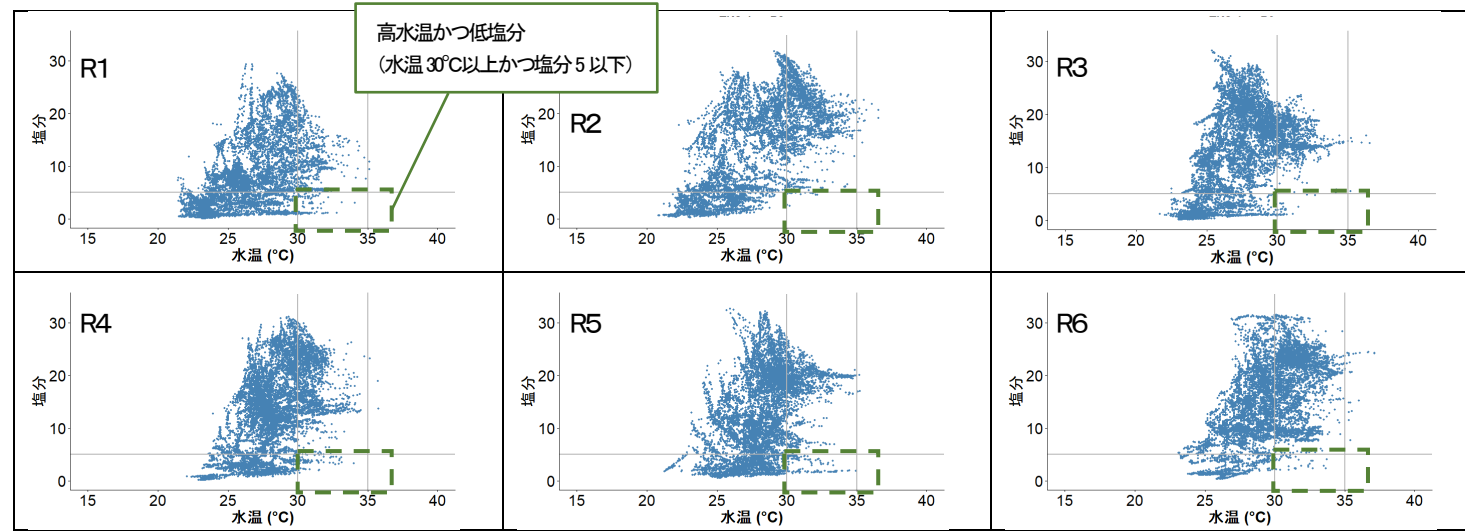


図 3-19 竹島川上流の水温と塩分の分布

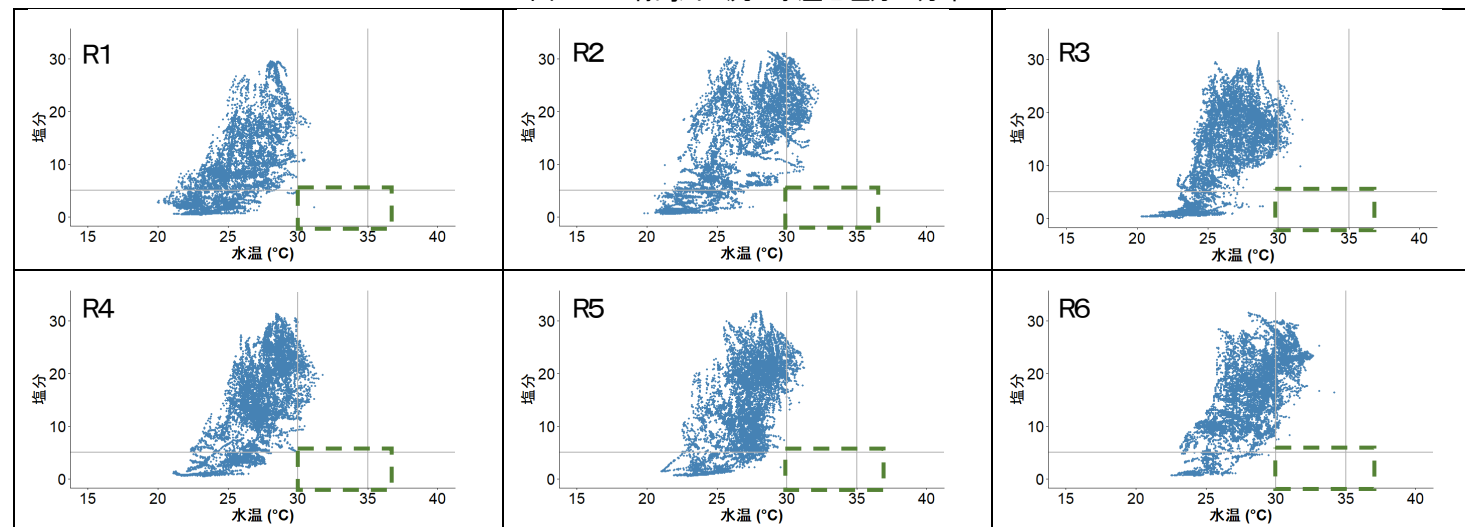


図 3-20 竹島川下流の水温と塩分の分布

2) 高水温かつ低塩分の積算時間の比較

期間中(7/1～9/30)の積算時間

- 夏期(7月～9月)における、過去6年間の竹島川の高温(水温 30℃以上または 35℃以上)の積算時間と、そのうちの低塩分(5 以下)が占める積算時間を示す。
- 竹島川上流においては、令和 2 年以降、168 時間を超える 30℃以上の高温の積算時間が確認された。
- 令和 2 年からは徐々に高水温かつ低塩分(水温 30℃以上かつ塩分 5 以下)が増加している。
- 竹島川下流においては、令和元年に高水温かつ低塩分が短時間みられたが、それ以降は確認されなかった。30℃以上の高温の時間は上流と比較し、短時間であった。

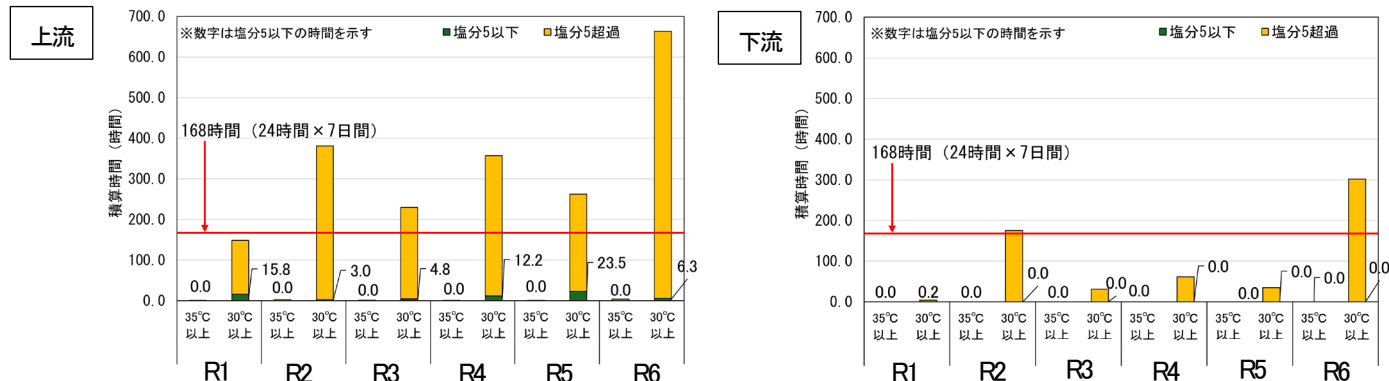


図 3-21 竹島川における夏期(7月～9月)の高水温かつ低塩分の積算時間

日ごとの積算時間

- 夏期(7月～9月)の竹島川上流において、コアマモの生育が比較的良好であった令和 3 年までの 3 年間で、生育面積が減少した令和 4 年以降の 3 年間の、それぞれの高水温かつ低塩分(水温 30℃以上かつ塩分 5 以下)の日積算時間の分布状況を示す。
- どの年においても高水温かつ低塩分が確認され、令和元年と令和 4 年において、最も長時間の日積算時間(350 分/日)が観測された。
- 令和 5 年においては、8 月中旬から 9 月上旬にかけて、長時間の連続的な高水温かつ低塩分が観測された。

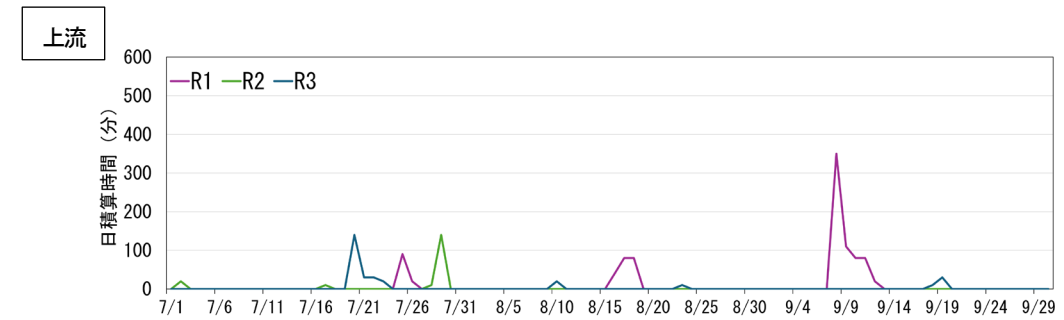


図 3-22 竹島川上流における夏期(7～9月)の高水温かつ低塩分(水温 30℃以上かつ塩分 5 以下)の日積算時間分布状況(R1～R3)

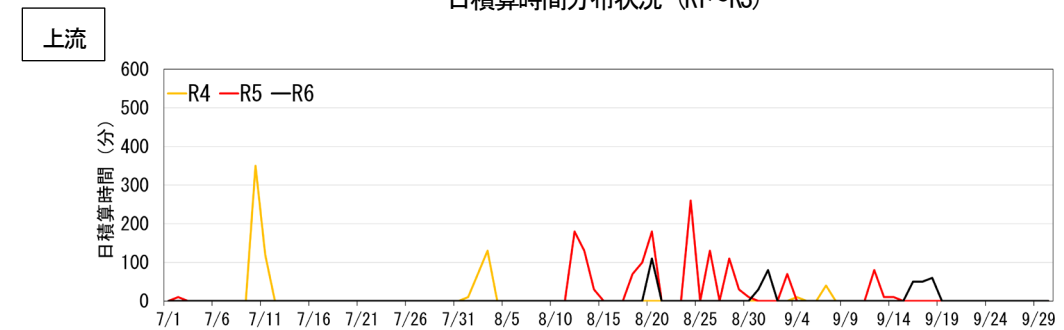


図 3-23 竹島川上流における夏期(7～9月)の高水温かつ低塩分(水温 30℃以上かつ塩分 5 以下)の日積算時間分布状況(R4～R6)

- なお、竹島川下流においては、令和 2 年から令和 6 年の間に、夏期における高水温かつ低塩分は確認されなかった。

竹島川上流において、近年、高水温および、高水温・低塩分の時間が徐々に増加していることと、コアマモの生育面積が徐々に減少していることから、高水温や、高水温かつ低塩分環境の増加とコアマモの減少の間に関連性がうかがえる。

3.3.5 まとめ

- 既往の知見から、コアマモは、高水温下において、低塩分である場合に、より生育への悪影響が大きくなることが示唆された。
- 四万十川では、蛸瀬川と比較し、夏場に高水温かつ低塩分下にさらされる時間が長いことから、四万十川と蛸瀬川におけるコアマモの生育の違いは、夏場における高水温かつ低塩分の時間の違いに起因する可能性がある。
- 竹島川では近年、高水温の傾向がみられ、高水温かつ低塩分下にさらされる時間が増加していることから、竹島川におけるコアマモ減少の要因は、夏場における高水温かつ低塩分の時間の増加に起因する可能性がある。
- 四万十川河口部においても、近隣河川である竹島川と同様の傾向があると推測され、四万十川河口部におけるコアマモ減少の要因は夏場における高水温かつ低塩分の時間の増加に起因する可能性がある。

## 4. 四万十川河口域における近年の水溫上昇の要因

・近年の河口域の水溫上昇の要因として、主に以下の4点が考えられる。

- ①気温の上昇 ②海水温の上昇 ③河川水溫の上昇 ④河川流量の減少

①日本の年平均気温の経年変化を、図4-1に、四万十市の年平均気温の経年変化を図4-2に示す。年平均気温は、過去から上昇傾向であり、四万十市における年平均気温も、近年徐々に上昇傾向である。

②四国・東海沖の海域平均海面水溫の経年変化を図4-3に示す。近年、四国・東海沖の海水温は上昇傾向にある。

③具同と下田における夏期(7~9月)の経年の水溫を図4-4に示す。いずれにおいてもR4から水溫の上昇傾向がみられ、特にR6における8月の気温は過去最高である。また、直近3年間の7月の気温も上昇傾向である。

④H14からの四万十川における経年の流量を図4-5に示す。近年、四万十川における流量は減少傾向にある。

### ①気温の上昇

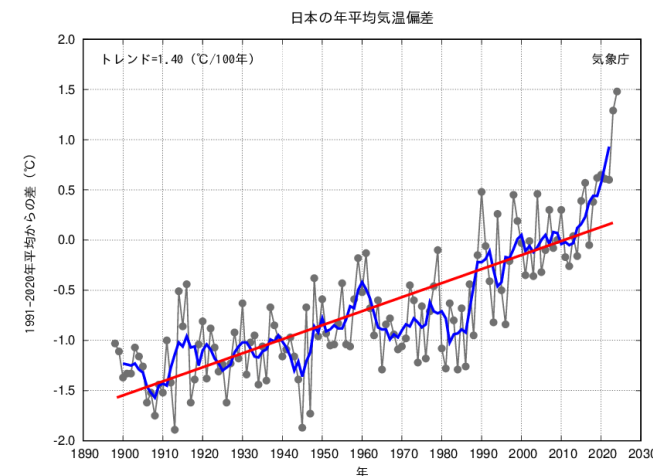


図4-1 日本の年平均気温の経年変化  
(引用:日本の年平均気温偏差(°C),気象庁,2025)

近年、日本の年平均気温は上昇傾向である

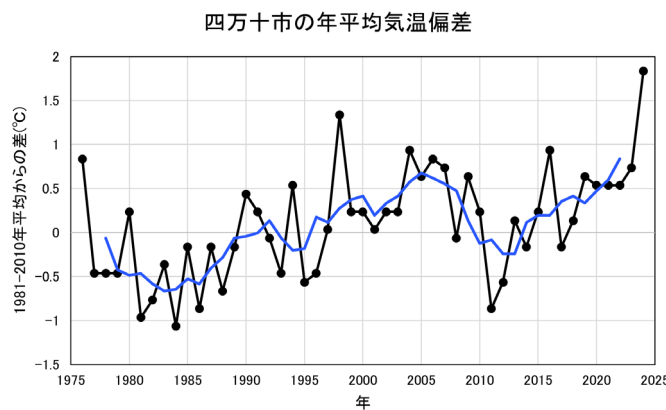


図4-2 四万十市の年平均気温の変化  
参考データ:気象庁(中村観測所)

四万十市においても年平均気温は上昇傾向である

### ②海水温の上昇

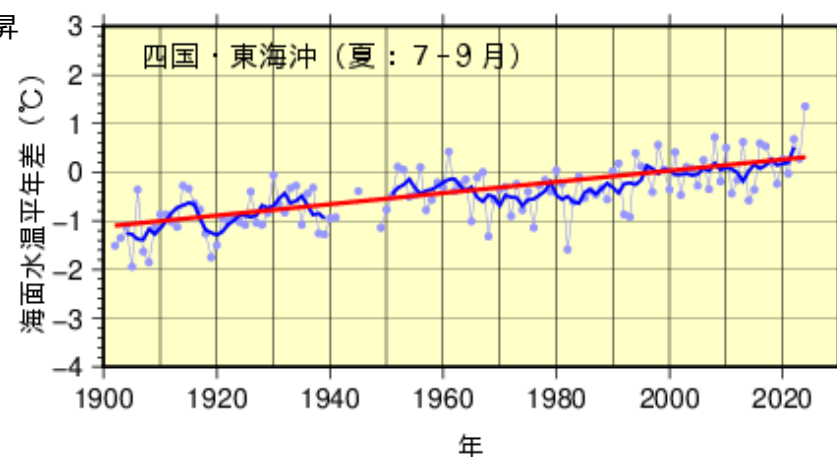


図4-3 四国・東海沖における海水温の経年変化(7~9月)  
(引用:海面水溫の長期変化傾向(四国・東海沖),気象庁,2025)

近年、海水温は上昇傾向がみられる

●上昇率  
+1.59±0.27 (°C/100年)

### ③河川水溫の上昇

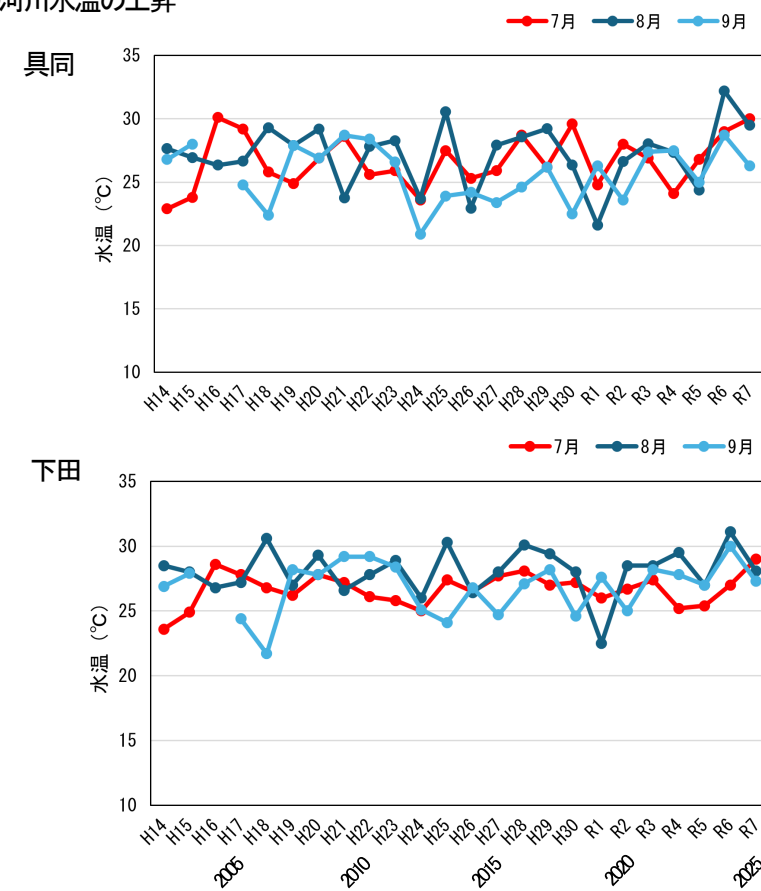


図4-4 具同と下田における水溫の経年変化  
参考データ:水文水質データベース(具同・下田)



### ④河川流量の減少

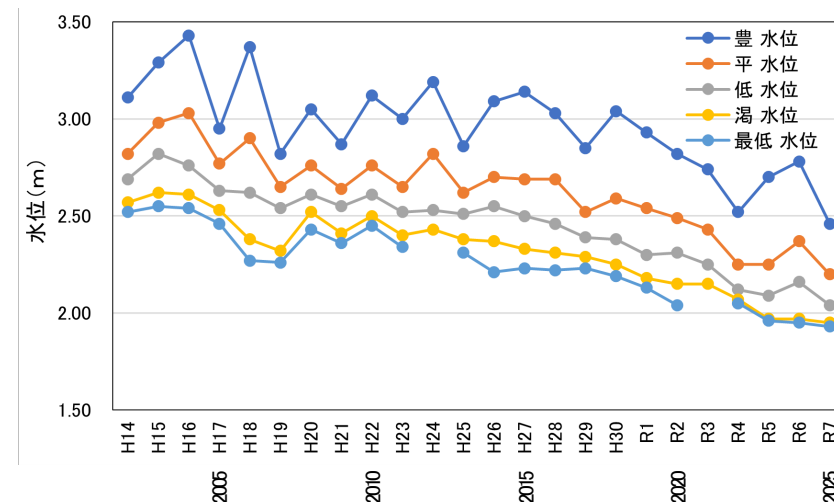


図4-5 具同第二水位流量観測所における経年的な水位的な変化  
参考データ:水文水質データベース(具同第二)

近年、四万十川の流量は減少傾向がみられる

※R7データは、12/26までのデータを参考に値を算出

## 5. 南方の地域におけるコアマモ類の生育状況

・温暖化の影響がより大きいと考えられる南方の地域のアマモ類の近年の動向を確認するため、経年的に実施されている調査結果等の概要について、以下に示す。

### ①鹿児島湾のアマモ場

【概要】2021年に湾内外77地点で調査した結果、湾内のアマモ場の面積は1978年から経年的な減少がみられた。

【結果】湾内73地点中45地点、湾外4地点中すべての地点において、アマモ、コアマモ、ヤマトウミヒルモ、オオウミヒルモ、カワツルモの計5種の生育を確認。(調査期間:2021年2月15日～7月5日)

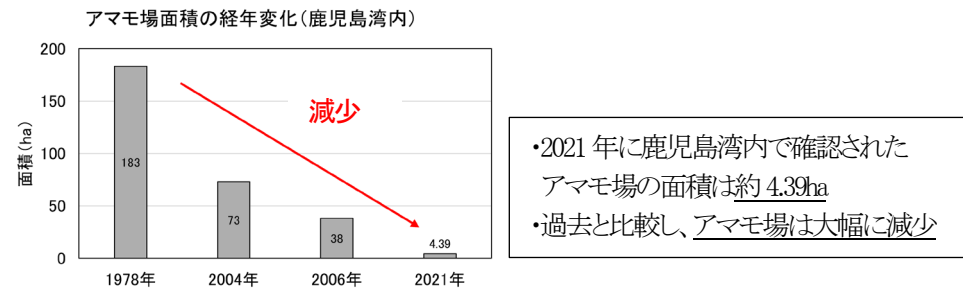


図 5-1 鹿児島湾内におけるアマモ場面積の経年

### 【考察(減少要因)】

- ・夏季水温が28℃以上の日が24日間にも及んだ。  
→アマモの光合成や生長における限界水温に近く、夏季の消失要因のひとつである可能性。
- ・また、1972年から2010年の38年間の夏季水温と冬季水温、年間平均水温の直線回帰の傾きがいずれも正。特に冬季水温は1℃上昇。

(参考:鹿児島湾のアマモ場:2021年の分布状況と長期的な衰退, 新北, 寺田, 2023)

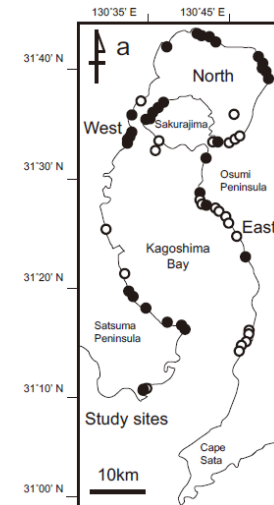


図 5-2 調査地点

### ②鹿児島西部(笠沙)のアマモ場

【概要】2022年から継続的な調査を実施(アマモ、コアマモ、ウミヒルモ類が生育)。アマモ:2022年から被度の減少が確認、2024年に消失。コアマモ:2023年に被度の減少、2024年に被度の増加がみられた。

### 【結果】

- ・2023年:コアマモの被度の減少、アマモの被度の減少が確認。アマモは草丈や密度、株あたりの種子数等も低下。
- ・2024年:アマモは消失し、コアマモとウミヒルモのみ生育。コアマモとウミヒルモは被度の増加がみられた。



図 5-3 アマモ場調査位置

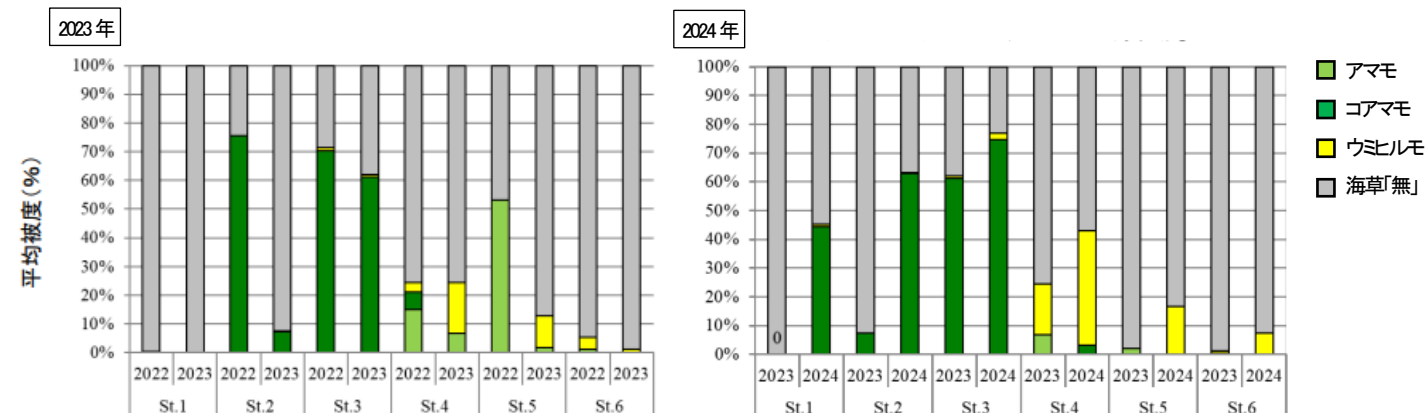


図 5-4 各サイトにおける種ごとの平均被度 (%)

(参考:モニタリングサイト1000 アマモ場・藻場 調査報告書, 環境省自然環境局 生物多様性センター, 2024年, 2025年)

## 6. 気候変動の将来予測と適応の基本的考え方

### 6.1 気候変動の将来予測

・世界規模の変化予測:気候モデルによると、将来的に世界地表平均気温は上昇すると予測されている。

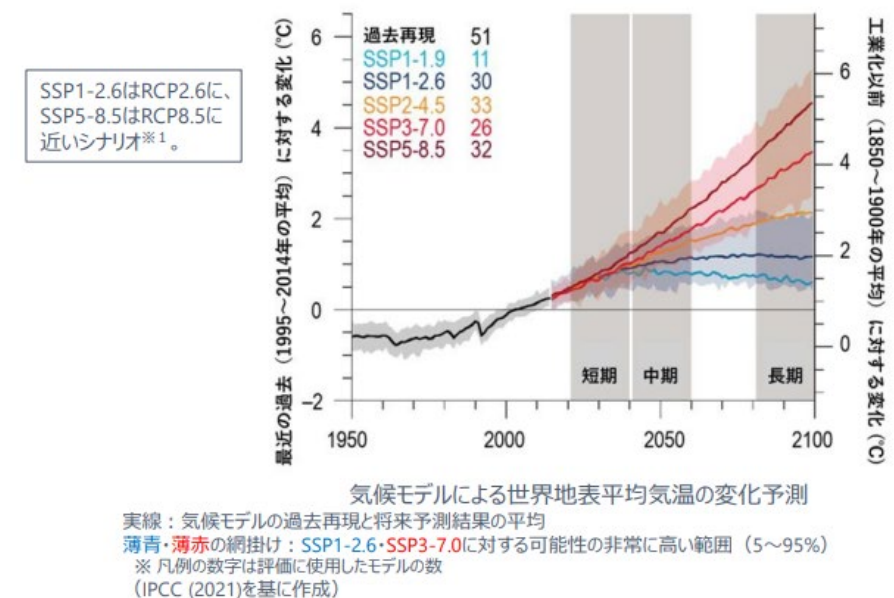


図 6-1 気候モデルによる世界地表平均気温の変化予測

引用:日本の気候変動2025(文部科学省 気象庁, 2025年3月)

・日本の変化予測:2100年頃には、日本における気温は約1.4～4.5℃、高知県南部近海における海水温は1.0～3.0℃上昇すると予測されている。

表 6-1 日本の気候変動2025における将来予測

項目	2℃上昇シナリオによる予測	4℃上昇シナリオによる予測
年平均気温	約+1.4℃	約+4.5℃
海水温(高知県南部近海)	+1.01℃	+3.04℃

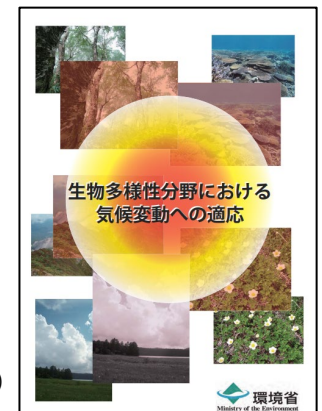
※予測の数値は、2076～2095年(21世紀末)の平均値を1980～1999年(20世紀末)の平均値と比較したもの

参考:日本の気候変動2025(文部科学省 気象庁, 2025年3月)

### 6.2 生物多様性分野における気候変動への適応の基本的考え方

・生物多様性分野における、気候変動への適応の基本的考え方として、「気候変動に対し生態系は全体として変化するため、これを人為的な対策により広範に抑制することは不可能」であり、「気候変動以外の要因によるストレスの低減や生態系ネットワークの構築により、気候変動に対する順応性の高い健全な生態系の保全と回復を図る。」とされる。

引用:生物多様性分野における気候変動への適応(環境省)



- ・上記を踏まえると、気温上昇のトレンドは変化しない可能性が高く、四万十川の河口域についても、今後は気候変動を踏まえ、事業の方向性を再検討していく必要がある。
- ・関係機関や学識者等へのヒアリングにより、今後の方向性の妥当性について、確認する。

## 7. 現状のまとめ

- 四万十川における近年のコアマモの減少要因を明らかにするため、四万十川と蛸瀬川におけるコアマモの生育環境の比較、四万十川における経年的な水質データと生育面積の関係、及び竹島川における経年的な環境の変化について分析した。
- 四万十川と蛸瀬川の生育環境について、水温、塩分、間隙水の栄養塩及び底質の環境条件の、既往の生育環境状況に対する結果に大きな違いはみられなかった。また、四万十川と蛸瀬川の日射量についても違いはみられなかった。
- コアマモの生育面積と水質(塩化物イオン、全リン、全窒素、BOD、COD等)には有意な相関はみられなかった。
- 水温と塩分の複合的な影響に関する分析の結果、高水温かつ低塩分がコアマモの生育に影響を与えている可能性が示唆された。このことから、四万十川河口域におけるコアマモの減少は、気温や海水温、河川水温の上昇等によって、夏場における河口域の水温が上昇し、高水温かつ低塩分にさらされる時間が増加したことで、コアマモが大きなダメージを受けたことが要因である可能性が考えられる。
- 日本の気温や周辺の海水温は、近年明瞭な上昇傾向であり、将来、世界規模での気温上昇が予測されている。このことから、四万十川の河口域の水温上昇は避けられないものであり、四万十川におけるコアマモの生育環境はますます厳しいものとなっていくことが推測される。
- 魚のゆりかごづくり(コアマモの生育場づくり)の背景と目標を踏まえ、四万十川の河口域の現状と今後の気候変動の動向を考慮し、今後の事業の方向性を検討する必要がある。

### 魚のゆりかごづくり(コアマモの生育場づくり)の背景と目標

#### 事業背景

- 四万十川の汽水域の浅場は、地域の重要な水産資源であるスジアオリやヒトエグサ、また、魚類の仔稚魚の成育場となるコアマモが生育。また、浅場を含む四万十川の汽水域は、約200種類に及ぶ魚類が生息している貴重な空間。
- このような浅場の環境は、昭和40～50年代前半にかけて行われた砂利採取に伴う河床低下によって減少し、回復のスピードは非常に遅い。さらには平均河床高が回復しても砂州や深掘れが残るなど、洪水など自然の営力のみによる回復は期待できない。
- このような背景のもと、スジアオリ場の再生計画及びコアマモ場の再生・創出計画を平成22年度に策定。

#### 事業目標

- 昭和41年から平成17年(四万十川自然再生事業計画検討時点)の間に失われたスジアオリやコアマモが生育できる浅場は27ha(T.P.W.-0.3～-1.5m、平水位-0.6～+0.6mに相当)と推定。このうち16haをスジアオリの生育場として、11haをコアマモの生育場として再生または創出。

(引用:第1回 四万十川自然再生事業検討会 資料-3)

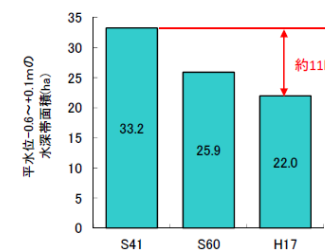
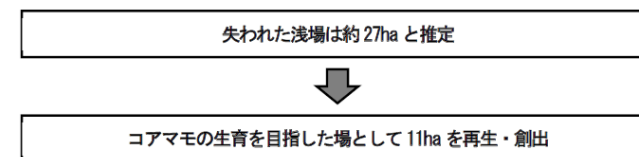


図 7-1 コアマモ生育水深帯面積の推移