

図 7.3.1-20 ベニアジサシの確認地点 (令和2年)

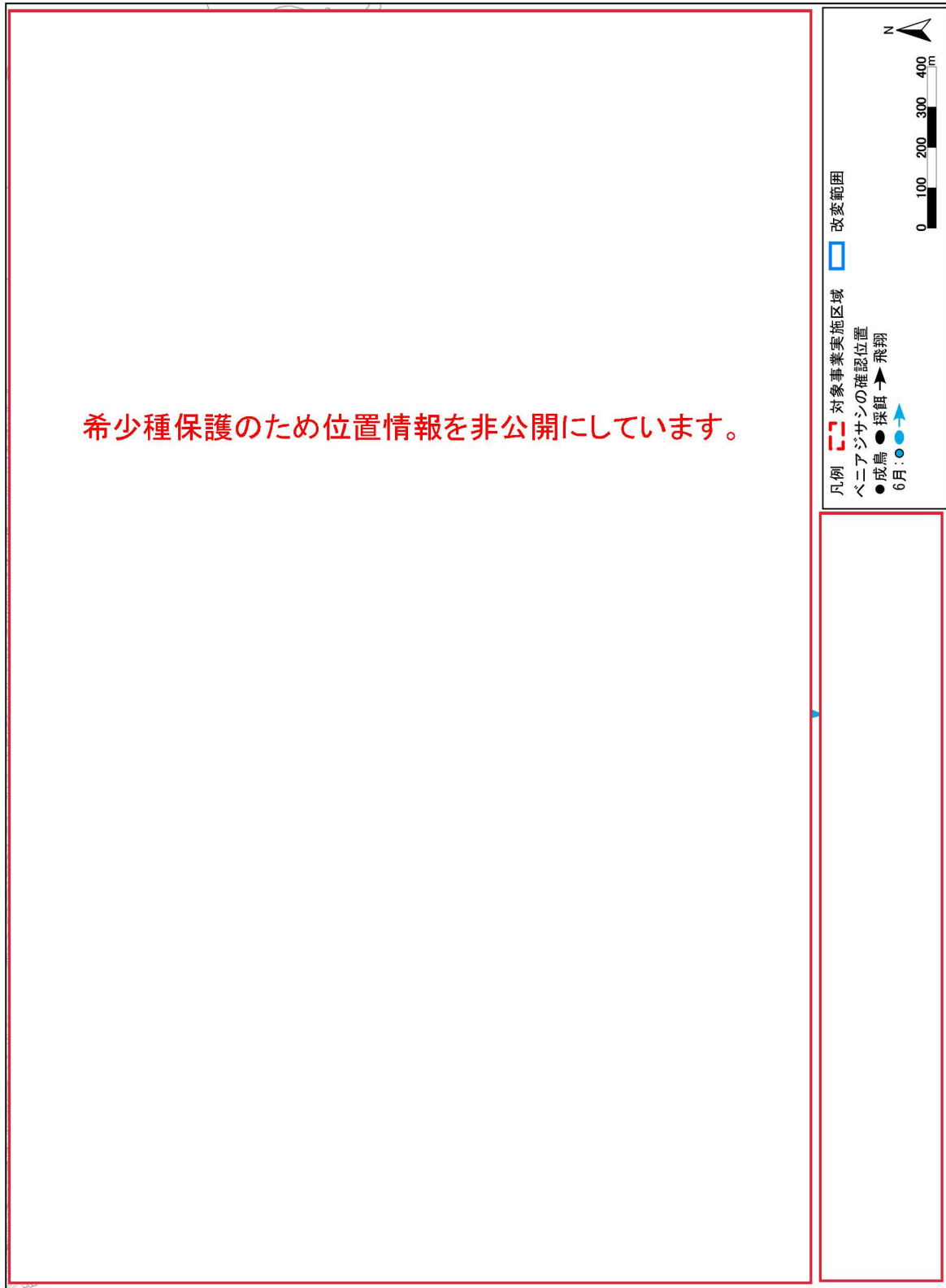


図 7.3.1-21 ベニアジサシの確認地点（令和3年）

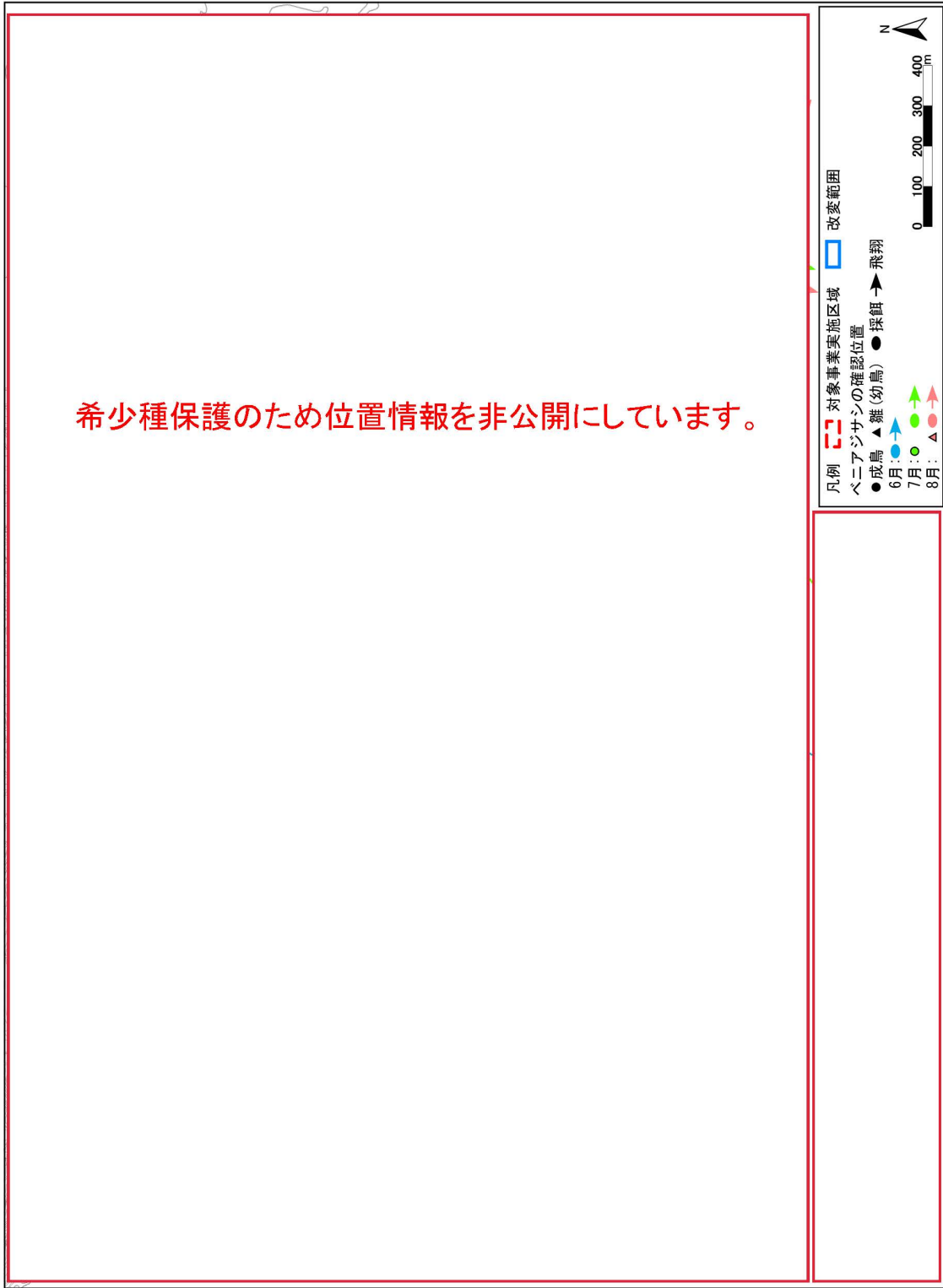


図 7.3.1-22 ベニアジサシの確認地点 (令和4年)

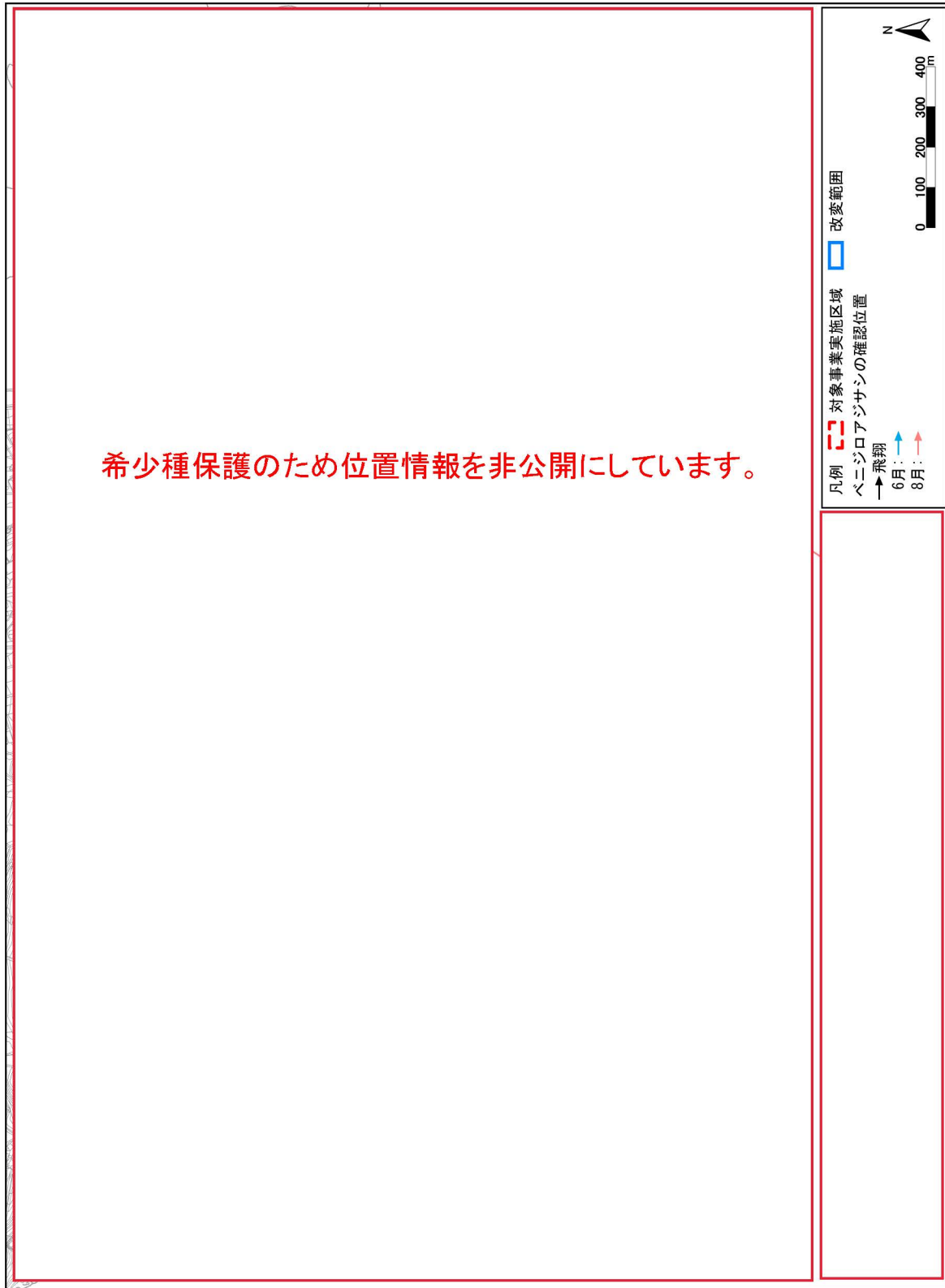


図 7.3.1-23 ベニアジサシの確認地点 (令和5年)

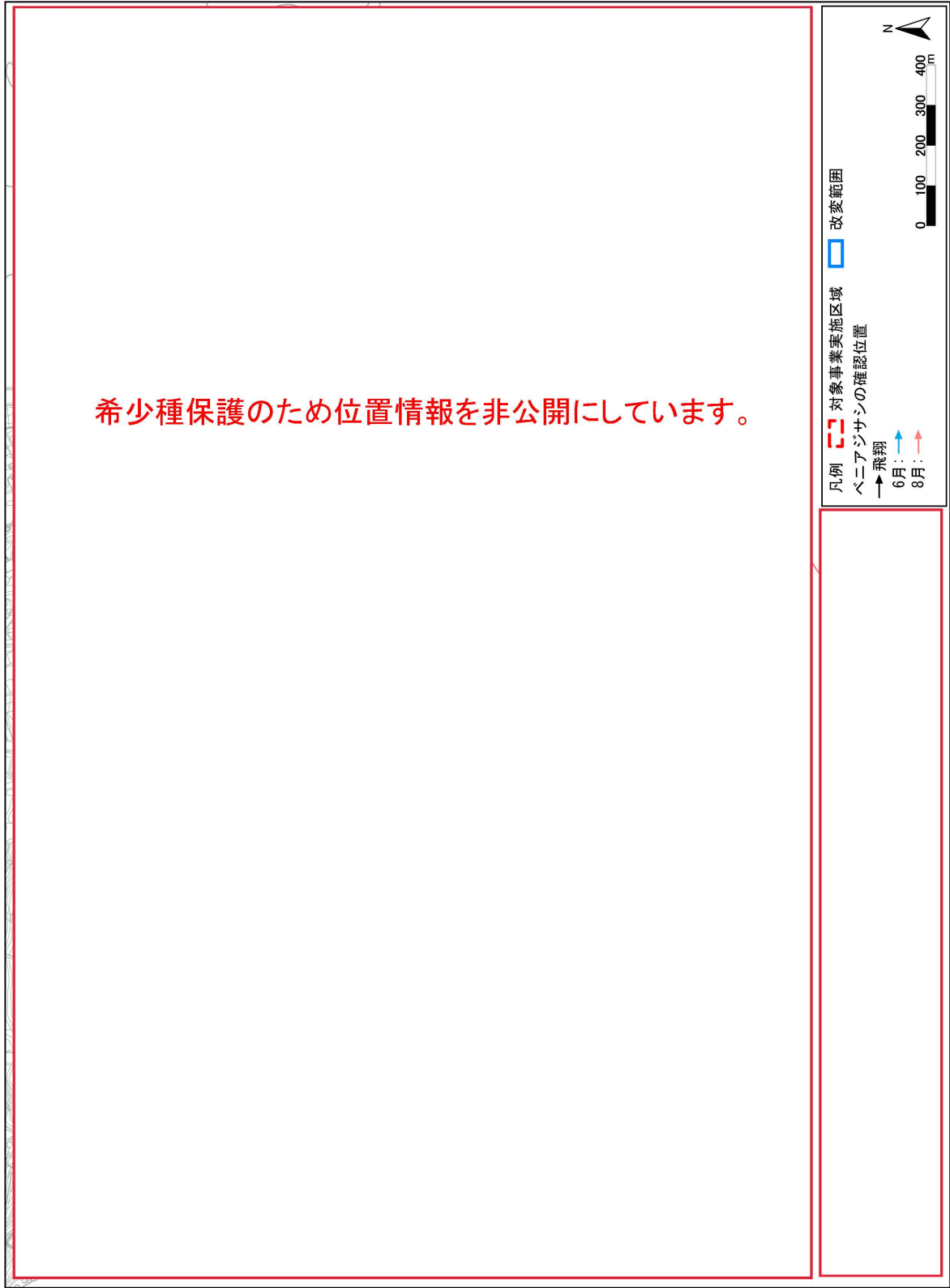


図 7.3.1-24 ベニアジサシの確認地点（令和6年）

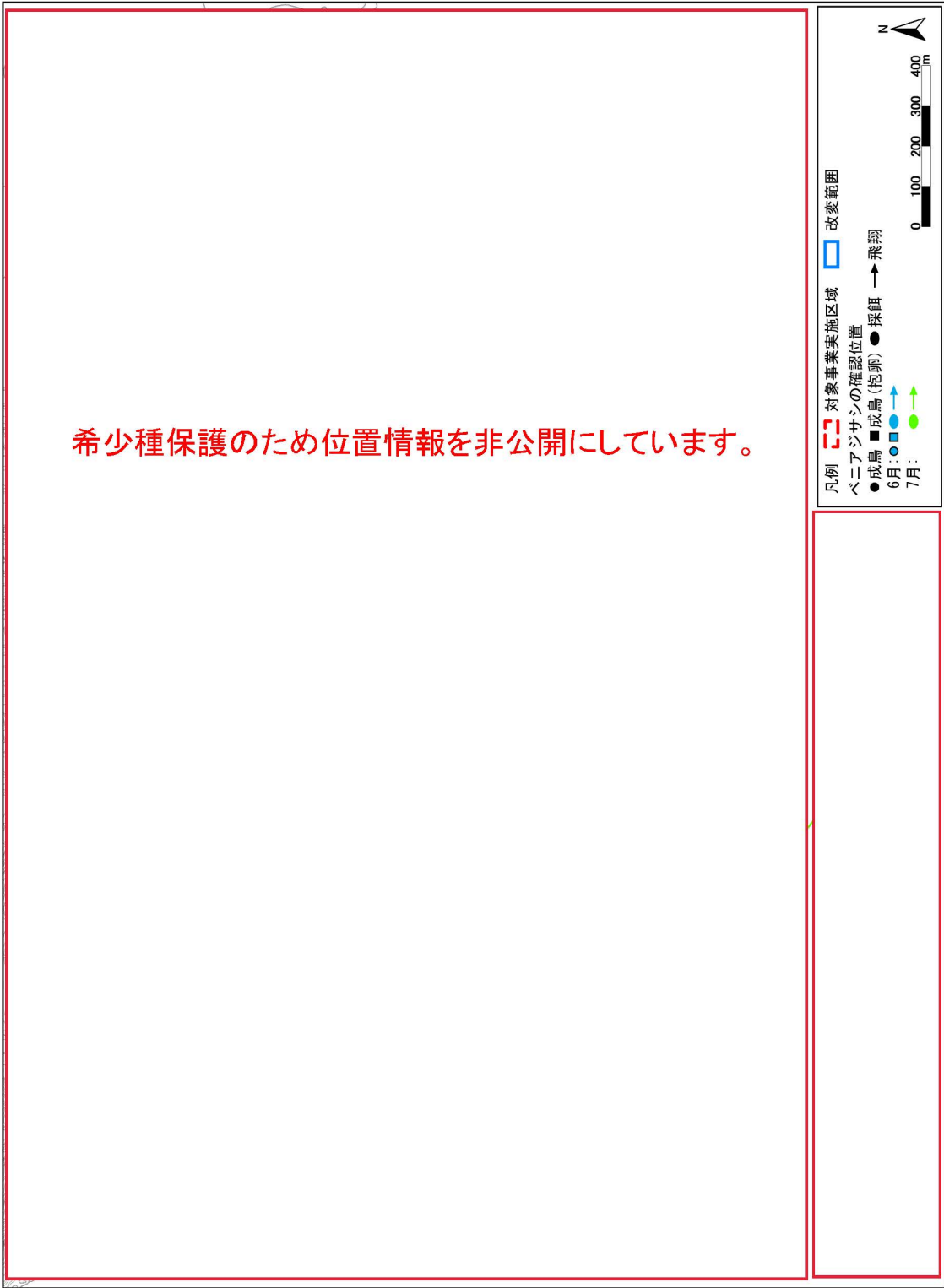


図 7.3.1-25 ベニアジサシの確認地点 (令和 7 年)

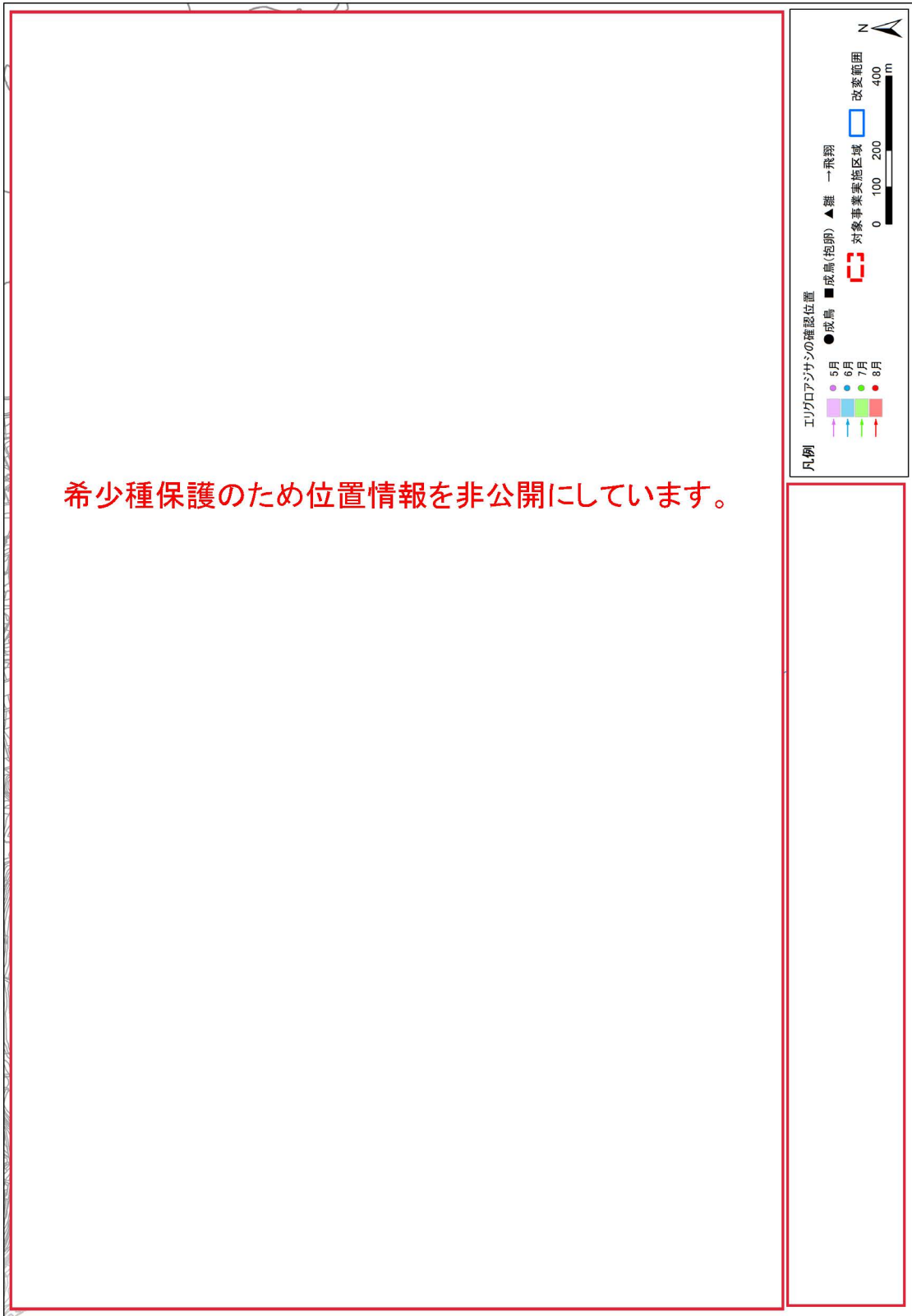


図 7.3.1-26 エリグロアジサシの確認地点（平成30年）

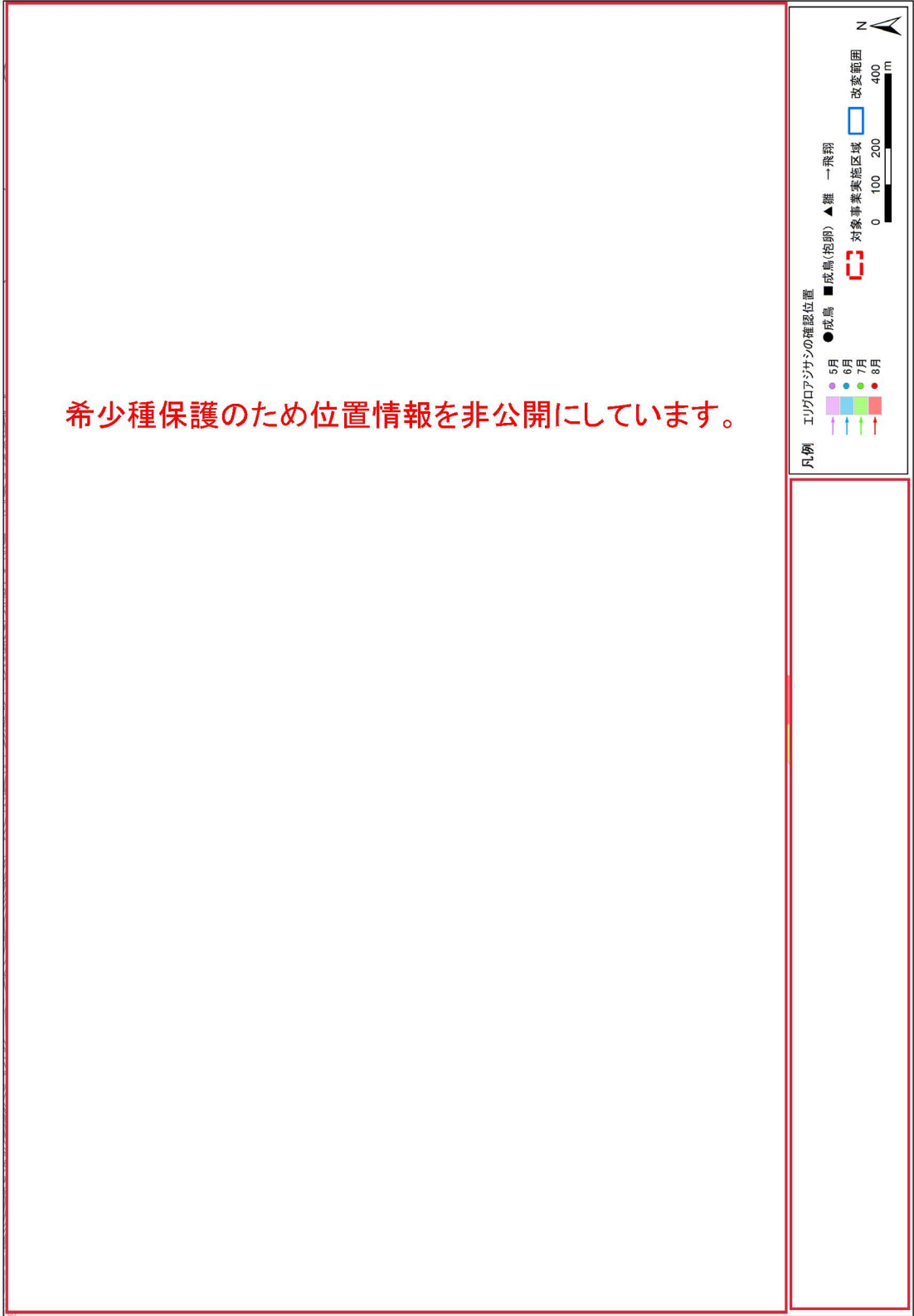


図 7.3.1-27 エリゲロアジサシの確認地点 (令和元年)

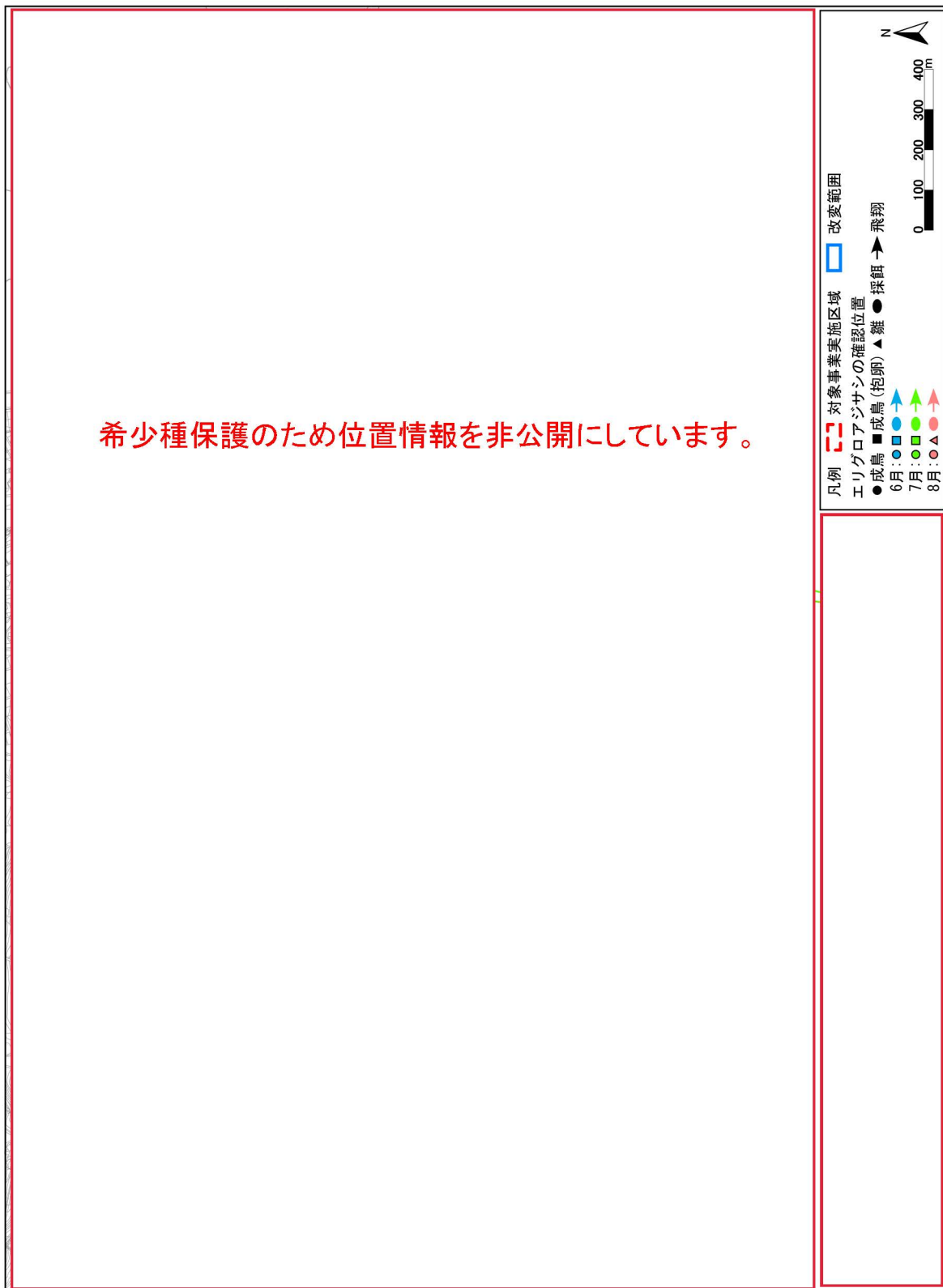


図 7.3.1-28 エリグロアジサシの確認地点 (令和2年)

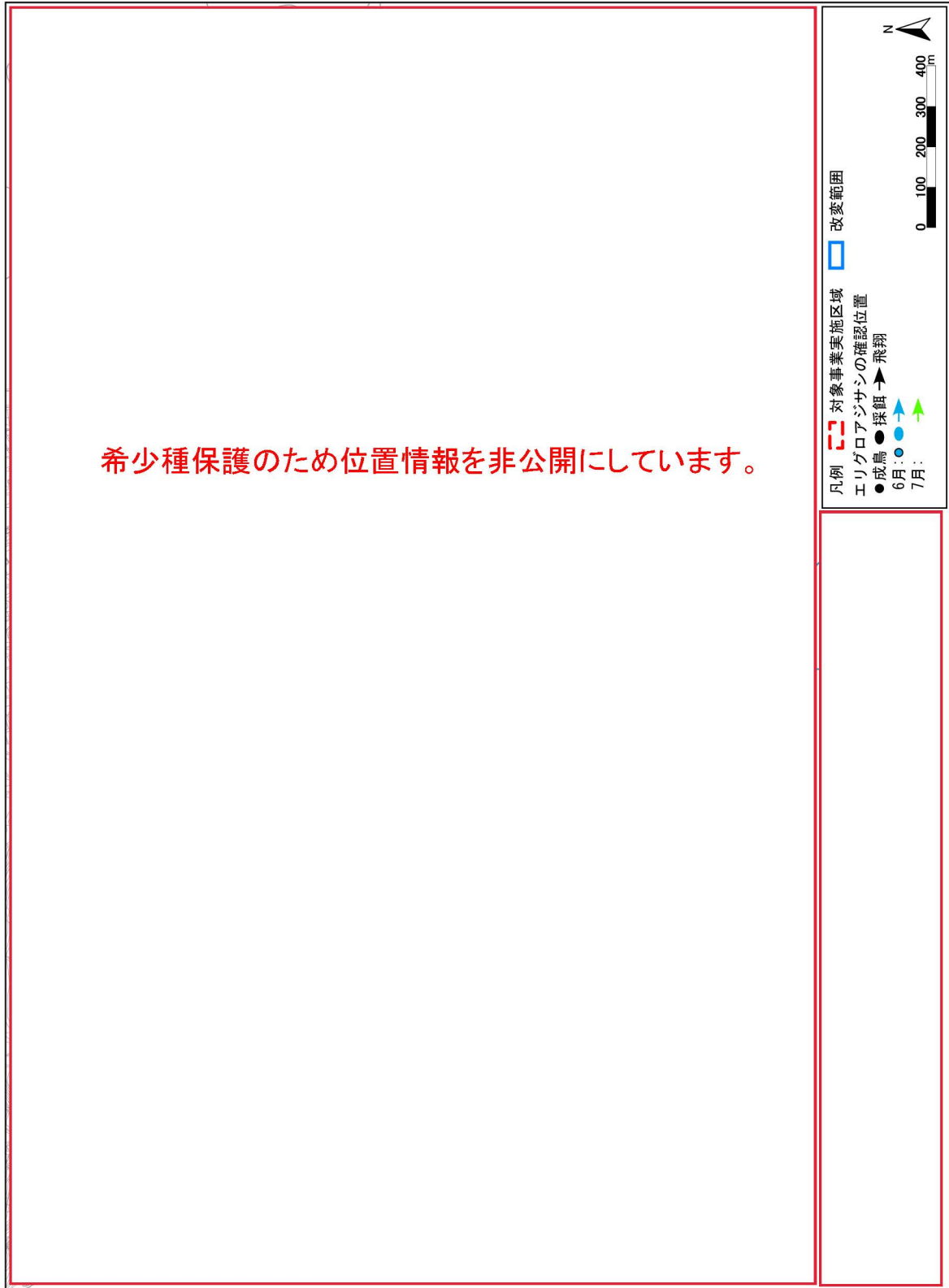


図 7.3.1-29 エリゴロアジサシの確認地点 (令和3年)

希少種保護のため位置情報を非公開にしています。

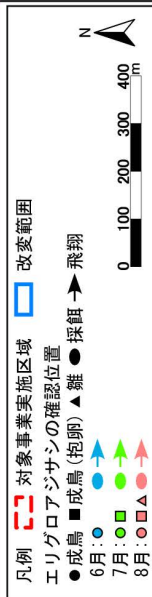


図 7.3.1-30 エリグロアジサシの確認地点 (令和4年)

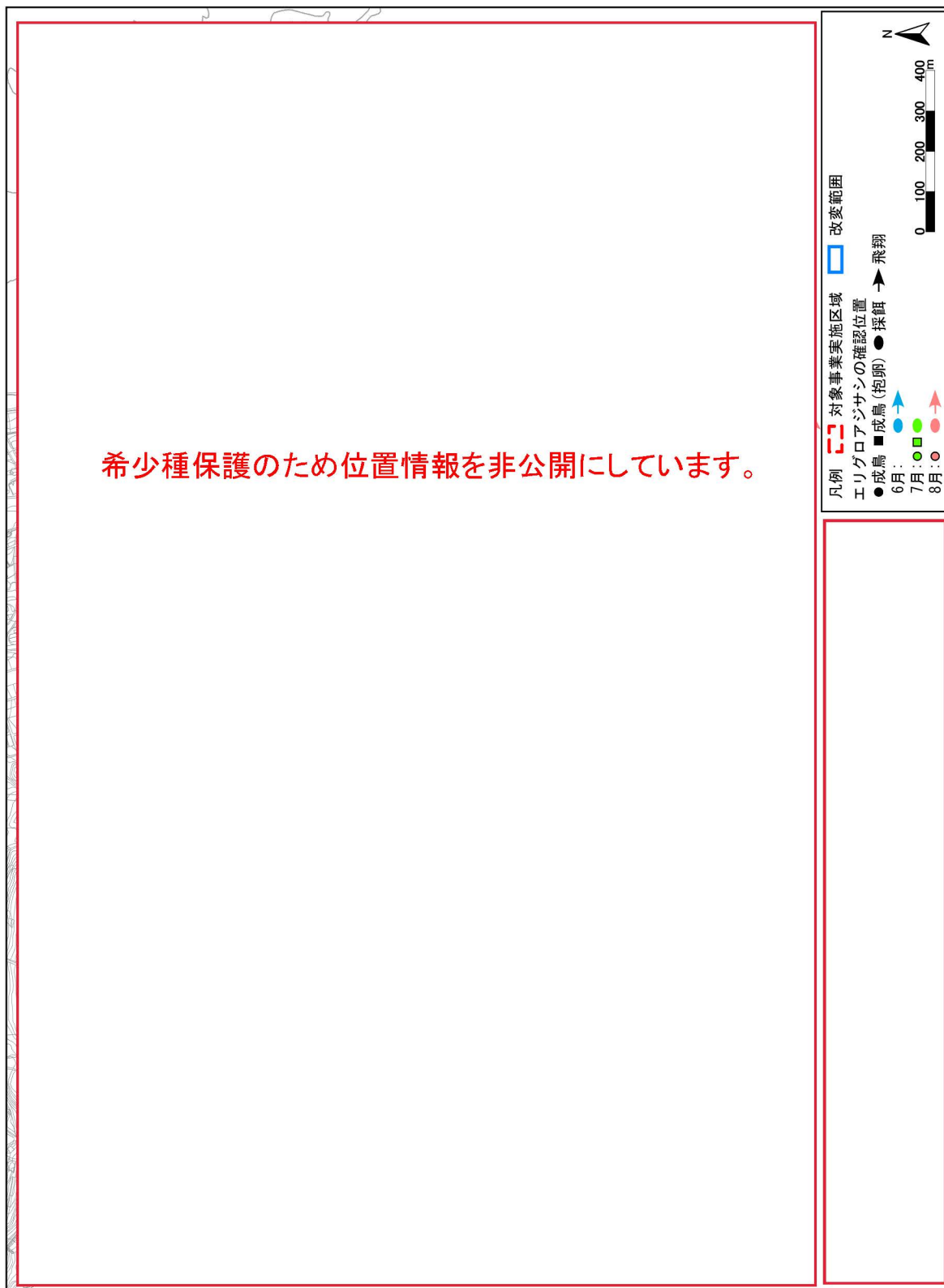


図 7.3.1-31 エリグロアジサシの確認地点 (令和5年)

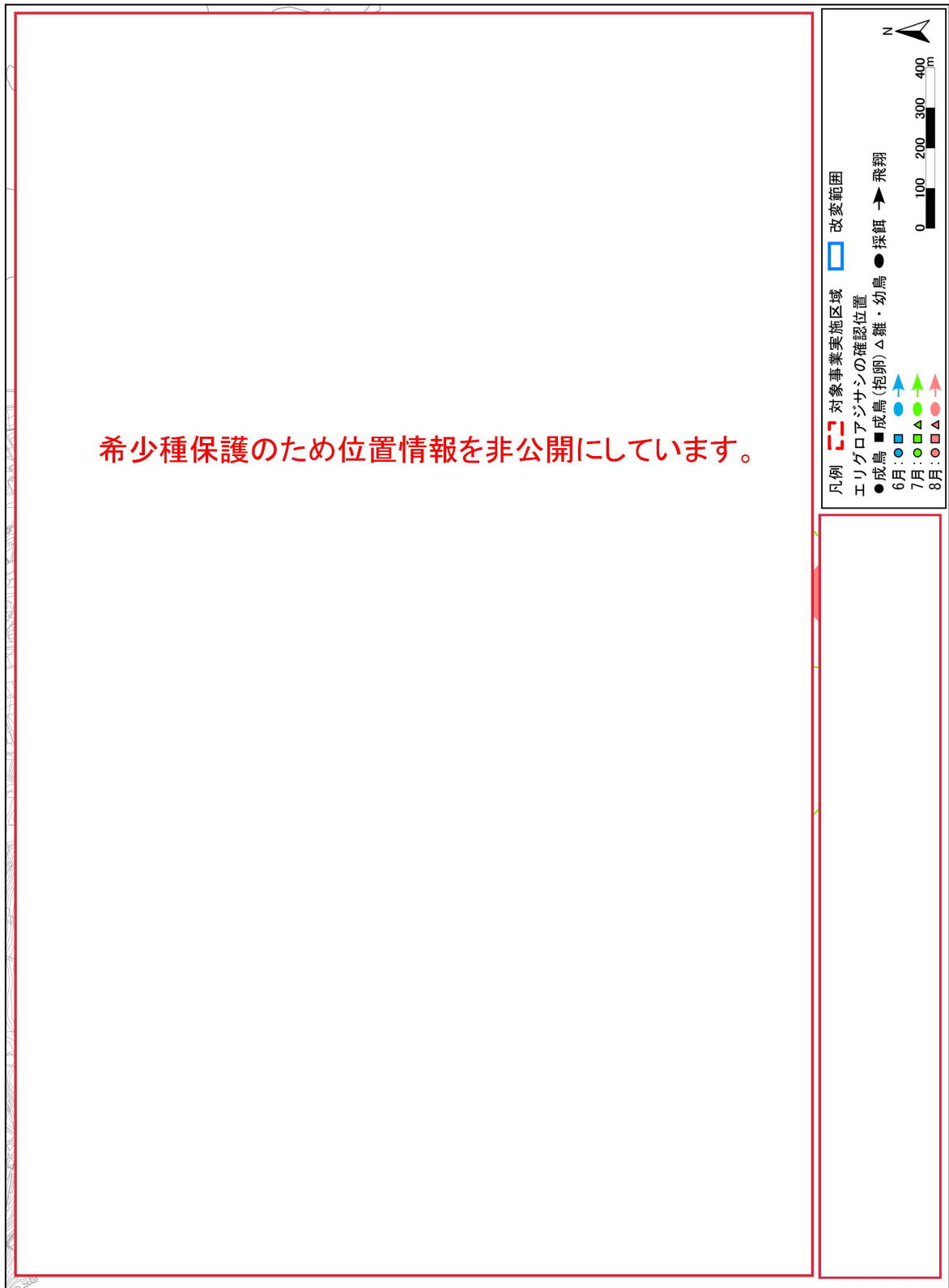


図 7.3.1-32 エリグロアジサシの確認地点 (令和6年)

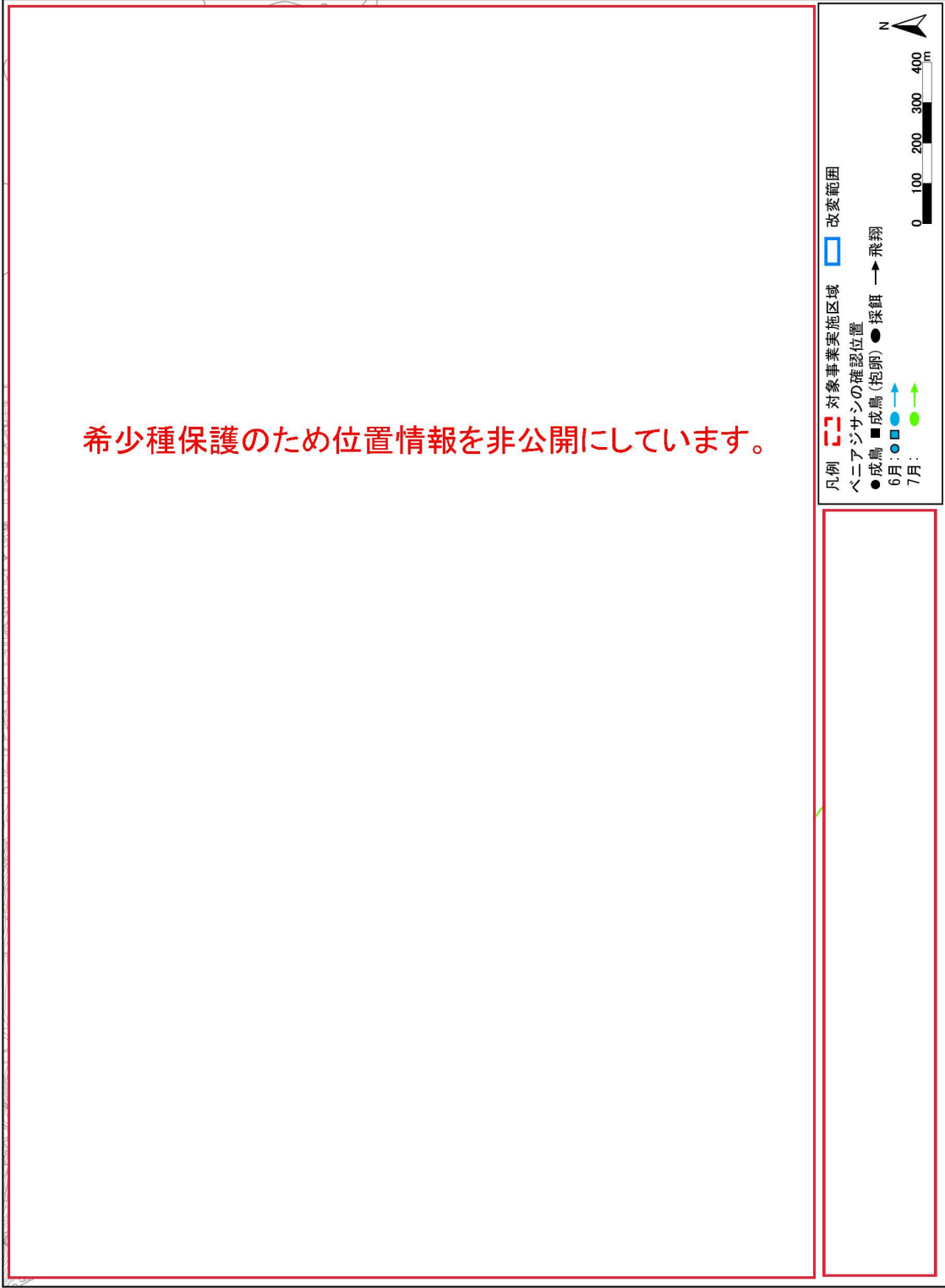


図 7.3.1-33 エリグロアジサシの確認地点 (令和7年)

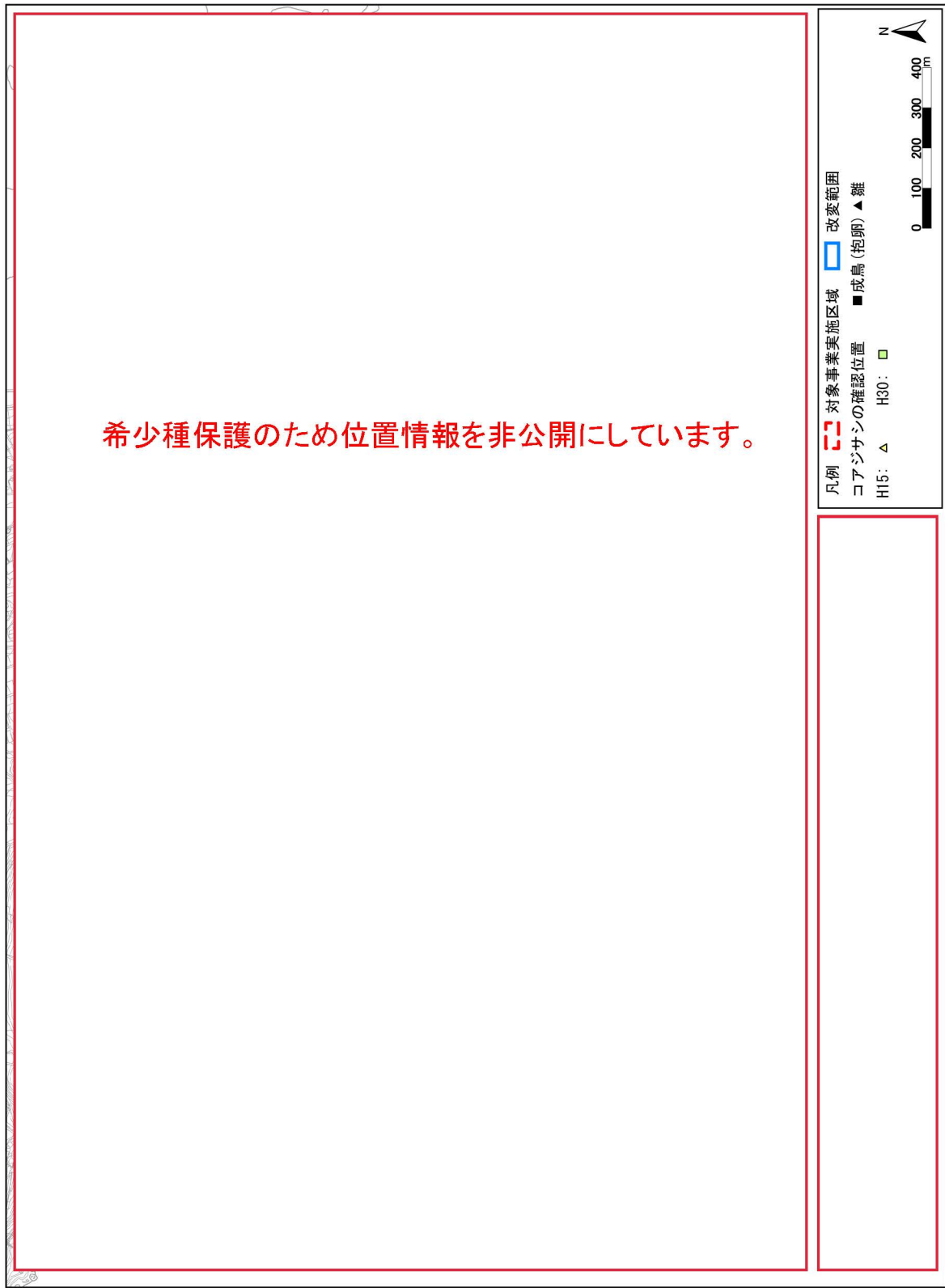
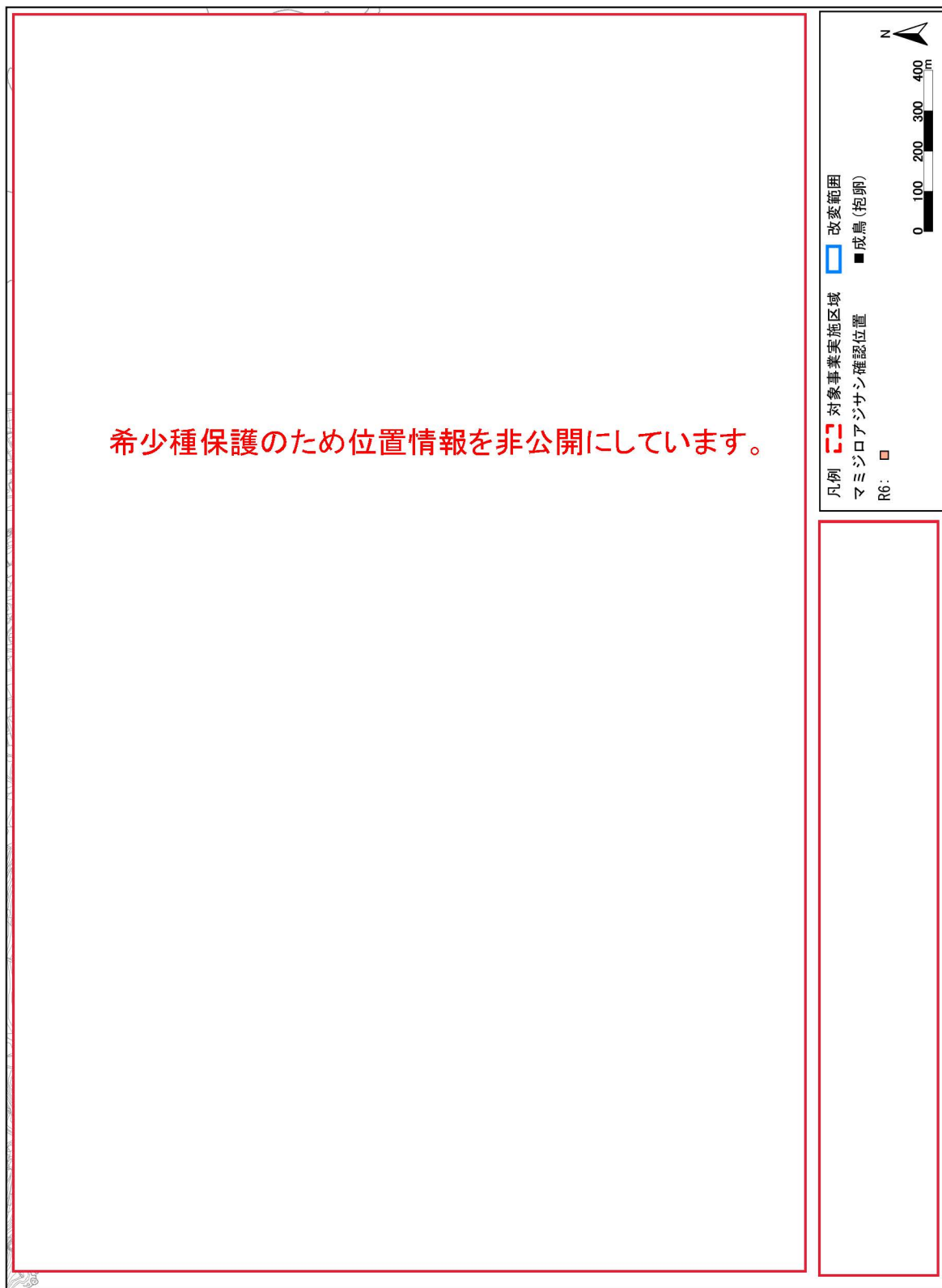


図 7.3.1-34 コアシサシ営巣地の経年変化



希少種保護のため位置情報を非公開にしています。

凡例
 対象事業実施区域
 マミジロアジアシ確認位置
 R6: □

変更範囲
 成鳥(抱卵)

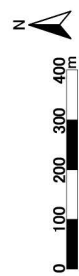


図 7.3.1-35 マミジロアジアシ営巣地の経年変化

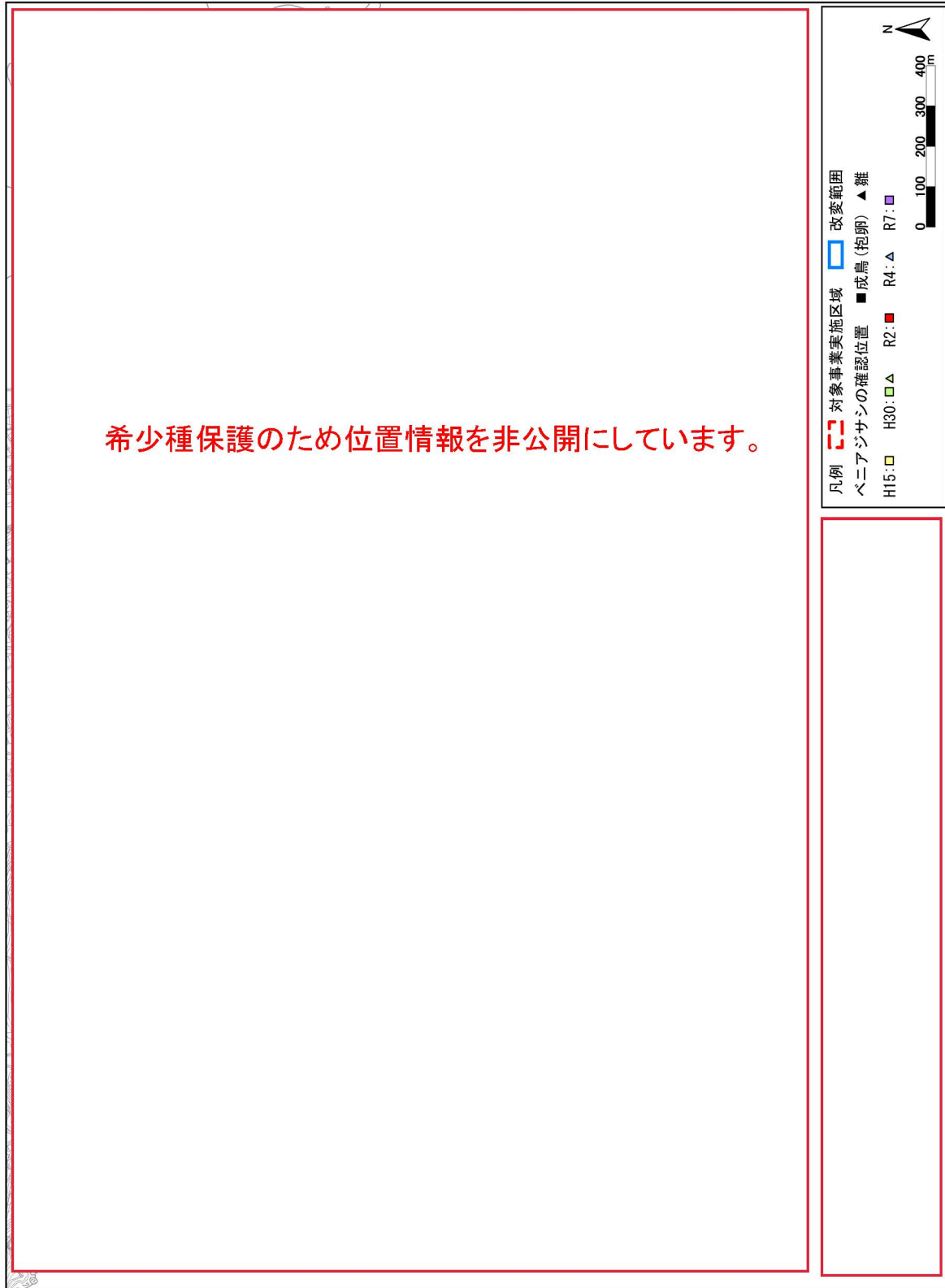


図 7.3.1-36 ベニアジサシ営巣地の経年変化

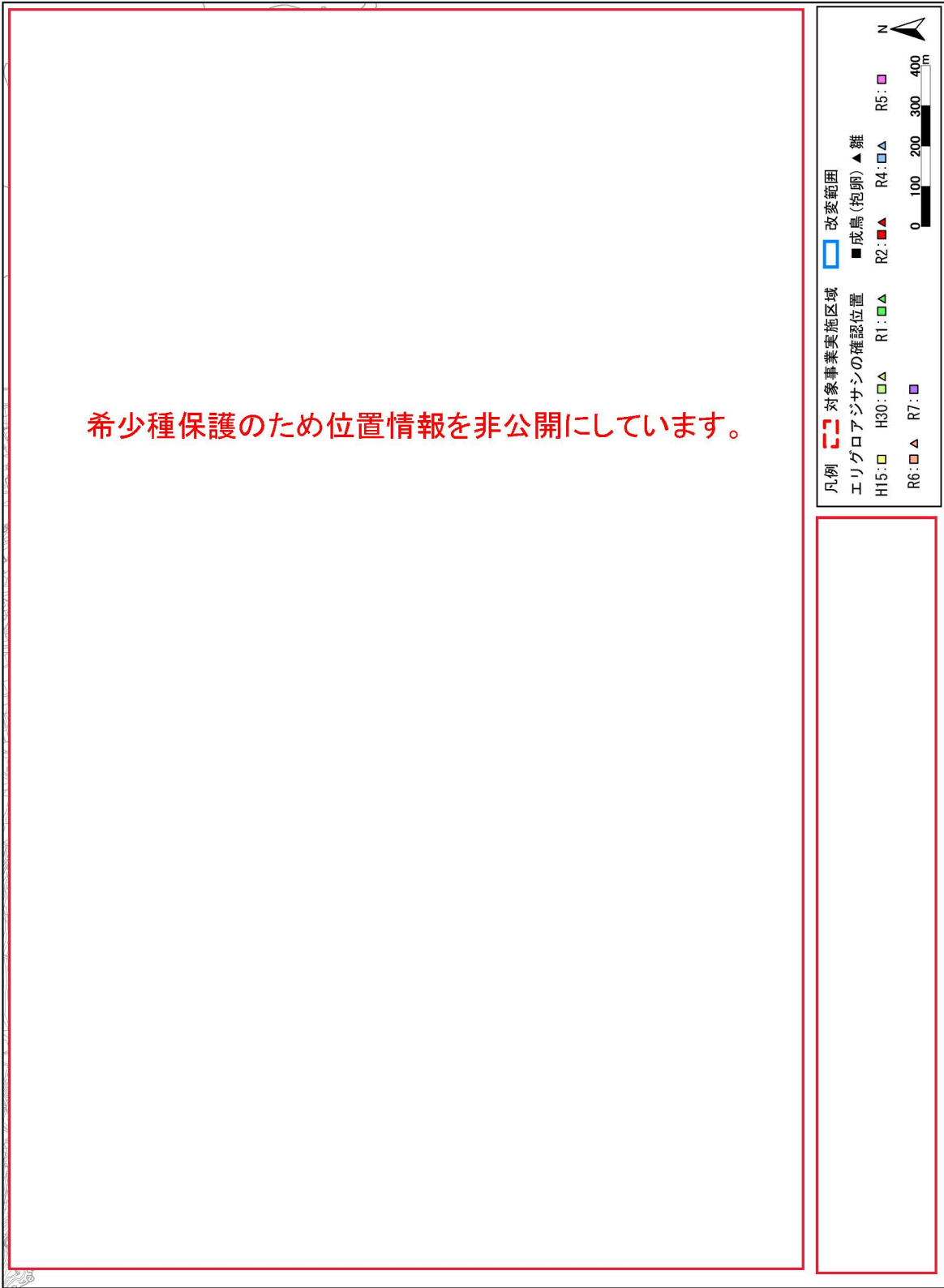


図 7.3.1-37 エリグロアジサシ営巣地の経年変化

7.3.2 ヒジキ(特殊性)

1) 水平分布及び測線調査

被度別の水平分布(生育範囲)の経年変化は表 7.3.2-1 及び図 7.3.2-1 に、測線調査結果(生育幅)の経年変化は表 7.3.2-2 及び図 7.3.2-2 に示すとおりです。

生育範囲について、環境影響評価時の平成 15 年は約 1km の範囲にわたり生育していました。その後、再評価時の平成 25 年が約 600m、工事前が約 550m、工事中が 281~605m、存在時が 346m、供用時が 86~295m の範囲で推移し、被度及び分布範囲ともに減少傾向にありました。令和 7 年度は夏季 86m、冬季 231m であり、夏季に過去最低の分布範囲を記録したが、冬季には昨年度と同程度まで回復していました。

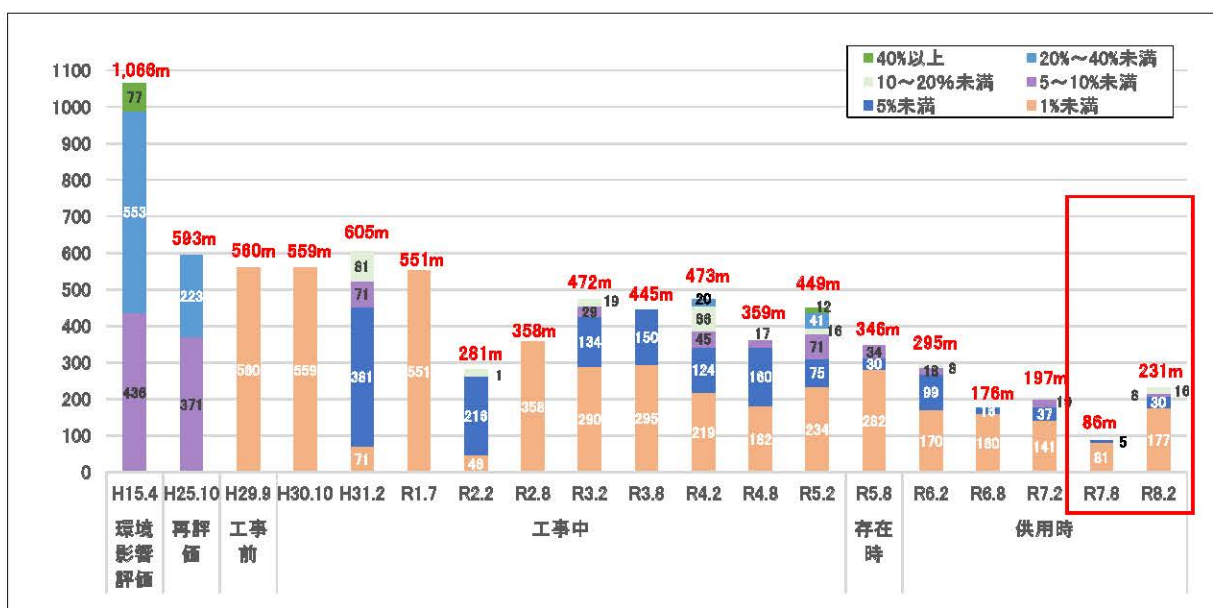
測線調査における測線上の生育幅は、環境影響評価時が 3~15m であったが、工事前が 1~2m、工事中が 0.1~4m、存在時が 0.2~0.8m、供用時が 0~1.0m の範囲で推移しており、水平分布と同様に減少傾向にありました。令和 7 年度は夏季 0m、冬季 0~0.2m であり、夏季の 0m からは回復しているものの、依然として狭い生育範囲に留まっています。これらの減少要因として、令和 5 年度に確認された藻食性魚類の食害と令和 5 年度後半から続く高水温による生育不良による影響が考えられました。次項「4) ヒジキの減少要因の検討」において考察を示しました。

表 7.3.2-1 被度別の水平分布の経年変化

被度区分(%) H29.9~	被度区分(%) H15.4~H29.9	被度区分(%) H29.9~	環境影響 評価	再評価	工事前	工事中										存在時		供用時			
						H15.4	H25.10	H29.9	H30.10	H31.2	R1.7	R2.2	R2.8	R3.2	R3.8	R4.2	R4.8	R5.2	R5.8	R6.2	R6.8
1%未満		1%未満	-	-	560	559	71	551	46	358	290	295	219	182	234	282	170	160	141	81	177
5%未満	10%未満	5%未満	-	-	0	0	381	0	216	0	134	150	124	160	75	30	99	16	37	5	30
5~10%未満		5~10%未満	436	371	0	0	71	0	0	0	29	0	45	17	71	34	18	0	19	0	8
10~20%未満		10~20%未満	-	-	0	0	81	0	19	0	19	0	66	0	16	0	8	0	0	0	16
20~40%未満	10%~40%未満	20%~40%未満	553	223	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	41	0	0	0	0	0	0
40%以上	40%~80	40%以上	77	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
合計			1,066	593	560	559	605	551	281	358	472	445	473	359	449	346	295	176	197	86	231

注 1) 平成 15 年~令和 2 年 2 月は、評価書、再評価書及び事後調査報告書の図面より被度別の距離を算出。

注 2) □は本業務で実施した調査結果を示した。



注) □は本業務で実施した調査結果を示した。

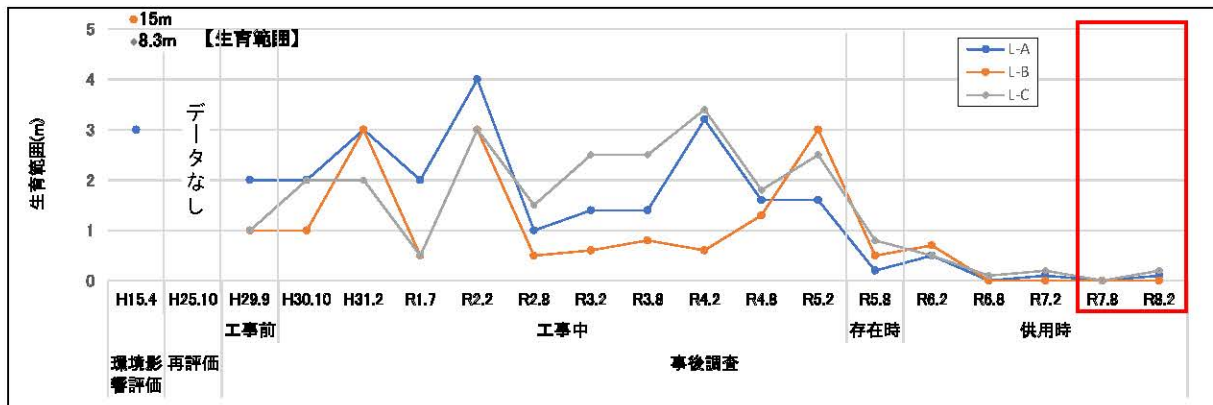
図 7.3.2-1 被度別の水平分布の経年変化(グラフ)

表 7.3.2-2 測線調査結果(生育幅)の経年変化

調査時期	環境影響 評価	再評価	事後調査						
			工事前	工事中					
				H29.9	H30.10	H31.2	R1.7	R2.2	R2.8
調査地点	H15.4	H25.10	H29.9	H30.10	H31.2	R1.7	R2.2	R2.8	R3.2
L-A	3.0	-	2.0	2.0	3.0	2.0	4.0	1.0	1.4
L-B	15.0	-	1.0	1.0	3.0	<1	3.0	0.5	0.6
L-C	8.3	-	1.0	2.0	2.0	<1	3.0	1.5	2.5

調査時期	事後調査									
	工事中				存在時		供用時			
	R3.8	R4.2	R4.8	R5.2	R5.8	R6.2	R6.8	R7.2	R7.8	R8.2
調査地点	R3.8	R4.2	R4.8	R5.2	R5.8	R6.2	R6.8	R7.2	R7.8	R8.2
L-A	1.4	3.2	1.6	1.6	0.2	0.5	0.0	0.1	0.0	0.1
L-B	0.8	0.6	1.3	3.0	0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0
L-C	2.5	3.4	1.8	2.5	0.8	0.5	0.1	0.2	0.0	0.2

注) □は本業務で実施した調査結果を示した。



注 1) 令和元年 7 月の L-B、L-C で確認された<1m については図面上では 0.5m として表示した。

注 2) □は本業務で実施した調査結果を示した。

図 7.3.2-2 測線調査結果(生育幅)の経年変化(グラフ)

2) 坪刈り調査

坪刈り調査結果の最大藻長の経年変化は表 7.3.2-3 及び図 7.3.2-3 に、湿重量の経年変化は表 7.3.2-4 及び図 7.3.2-4 に、被度の経年変化は表 7.3.2-5 に示しました。

坪刈り調査結果における最大藻長と湿重量の経年変化は、いずれも夏季に減少し、冬季に増加する傾向が見られており、これはヒジキの生活史に応じた季節変化と考えられました。ヒジキの一般的な生活史として、冬季から春季にかけて藻体が大きくなり、生殖器床を付け、卵を放出すると藻体が脱落・流出し、夏季に肉眼で見ることができる幼体となる生殖繁殖と岩盤に残された仮根より発芽する栄養繁殖を行いながら季節的な消長が繰り返されることが知られています。令和6年度までの結果は概ね上記の傾向が見られていました。

ただし、令和7年度の夏季では測線上で確認されておらず、過年度と比較すると大幅に少ない結果となっており、水平分布及び測線調査結果の減少要因と同様の要因であることが考えられました。

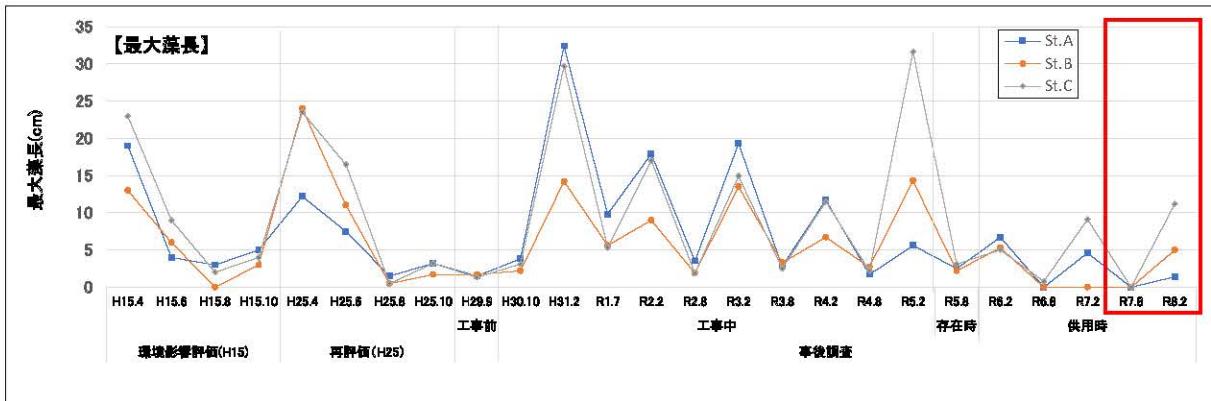
表 7.3.2-3 坪刈り調査結果(最大藻長)の経年変化

調査時期	環境影響評価(H15)				再評価(H25)				工事前
	H15.4	H15.6	H15.8	H15.10	H25.4	H25.6	H25.8	H25.10	
調査地点									
St.A	19.0	4.0	3.0	5.0	12.2	7.5	1.5	3.2	1.5
St.B	13.0	6.0	0.0	3.0	24.0	11.0	0.5	1.7	1.7
St.C	23.0	9.0	2.0	4.0	23.5	16.5	0.5	3.2	1.3

調査時期	工事中								
	H30.10	H31.2	R1.7	R2.2	R2.8	R3.2	R3.8	R4.2	R4.8
調査地点									
St.A	3.8	32.4	9.8	17.9	3.5	19.3	2.8	11.7	1.7
St.B	2.2	14.2	5.6	9.0	1.9	13.5	3.3	6.7	2.7
St.C	3.1	29.7	5.3	17.0	1.9	14.9	2.5	11.5	2.2

調査時期	工事中	存在時	供用時					
			R5.2	R5.8	R6.2	R6.8	R7.2	R7.8
調査地点								
St.A	5.6	2.5	6.7	0	4.6	0	1.4	
St.B	14.3	2.2	5.3	0	0	0	5	
St.C	31.6	3.1	5	0.8	9.1	0	11.2	

注) □は本業務で実施した調査結果を示した。



注) □は本業務で実施した調査結果を示した。

図 7.3.2-3 地点別の最大藻長の経年変化(環境影響評価～事後調査)

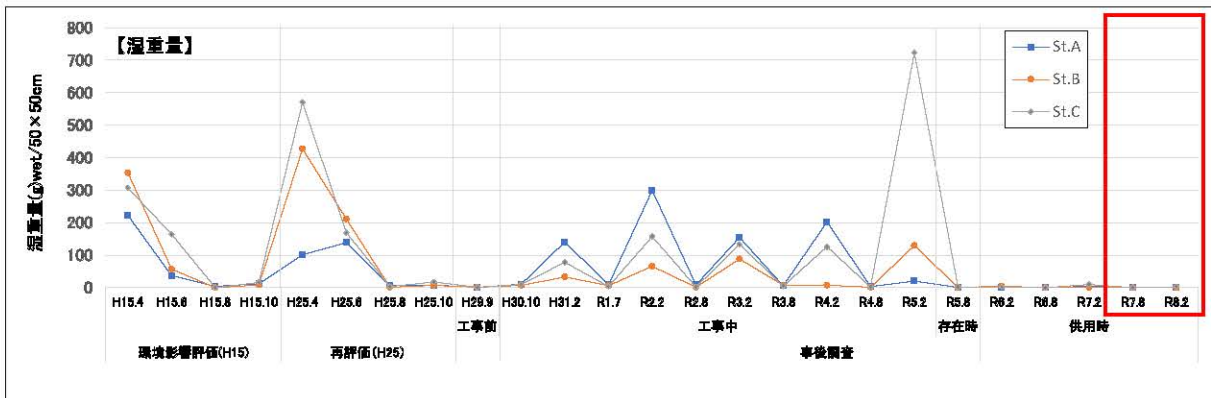
表 7.3.2-4 坪刈り調査結果(湿重量)の経年変化

調査時期	環境影響評価(H15)				再評価(H25)				工事前
	H15.4	H15.6	H15.8	H15.10	H25.4	H25.6	H25.8	H25.10	H29.9
St.A	222.0	36.8	4.2	11.3	101.0	138.0	5.2	7.4	0.9
St.B	353.0	57.1	0.0	7.8	427.0	211.0	0.8	6.9	1.3
St.C	307.0	164.0	0.0	15.5	571.0	169.0	3.3	16.9	1.1

調査時期	工事中								
	H30.10	H31.2	R1.7	R2.2	R2.8	R3.2	R3.8	R4.2	R4.8
St.A	10.5	140.5	8.9	299.5	7.9	154.3	5.2	201.9	3.1
St.B	6.7	32.7	6.3	65.5	1.3	87.8	7.4	7.3	1.1
St.C	9.2	77.8	3.3	157.5	1.8	132.6	4.4	125.4	1.9

調査時期	工事中	存在時	供用時				
	R5.2	R5.8	R6.2	R6.8	R7.2	R7.8	R8.2
St.A	20.0	0.5	1.4	0.0	4.6	0.0	0.1
St.B	128.9	0.6	4.4	0.0	0.0	0.0	0.5
St.C	723.1	1.8	2.1	0.01	9.6	0.0	2.7

注) □は本業務で実施した調査結果を示した。



注) □は本業務で実施した調査結果を示した。

図 7.3.2-4 地点別の湿重量の経年変化(環境影響評価～事後調査)

表 7.3.2-5 坪刈り調査結果(50cm×50cm内の被度)の経年変化

調査時期	環境影響評価(H15)				再評価(H25)				工事前
	H15.4	H15.6	H15.8	H15.10	H25.4	H25.6	H25.8	H25.10	
調査地点									
St.A	-	-	-	-	-	-	-	-	<1%
St.B	-	-	-	-	-	-	-	-	<1%
St.C	-	-	-	-	-	-	-	-	<1%

調査時期	工事中								
	H30.10	H31.2	R1.7	R2.2	R2.8	R3.2	R3.8	R4.2	R4.8
調査地点									
St.A	<1%	20%	5%	30%	<5%	10%	<5%	20%	<5%
St.B	<1%	<5%	5%	<5%	<1%	<5%	<5%	<1%	<1%
St.C	<1%	10%	1%	10%	5%	30%	<5%	10%	<5%

調査時期	工事中	存在時	供用時					
			R5.2	R5.8	R6.2	R6.8	R7.2	R7.8
調査地点								
St.A	<5%	<1%	<1%	0%	<5%	0%	<1%	
St.B	20%	<1%	<5%	0%	0%	0%	<1%	
St.C	50%	<1%	<5%	<1%	<5%	0%	<5%	

注) □は本業務で実施した調査結果を示した。



出典) 当真武 (2019) サンゴ礁の植物 沖縄の海藻と海草ものがたり より一部抜粋

図 7.3.2-5 ヒジキの生活史

3) ヒジキ生育箇所における全窒素、全燐(補足)

ヒジキ生育箇所において補足的に実施した全窒素、全燐の経年変化を表 7.3.2-6 に示しました。

令和7年度におけるヒジキ生育箇所でのT-N(全窒素)は夏季0.13mg/L、冬季0.06mg/L、T-P(全燐)は夏季0.014mg/L、冬季0.008mg/Lであり、令和5年9月の供用前と比較して夏季に増加していましたが冬季には同程度でした。また、供用時の結果については、水質汚濁に係る環境基準や水産用水基準を満足する結果であったため、し尿処理施設の処理水の放流による周辺海域での全窒素、全燐の変化による影響は小さいと考えられました。

表 7.3.2-6 ヒジキ生育箇所における全窒素(T-N)、全燐(T-P)の経年変化

項目	存在時	供用時					環境基準	水産用水基準
	R5.9	R6.2	R6.9	R7.2	R7.8	R8.2		
T-N	0.08mg/L	0.13mg/L	0.15mg/L	0.10mg/L	0.13mg/L	0.06mg/L	0.2mg/L	0.3mg/L
T-P	0.007mg/L	0.008mg/L	0.006mg/L	0.006mg/L	0.014mg/L	0.008mg/L	0.02mg/L	0.03mg/L

4) ヒジキ減少要因の検討

これまでの結果からヒジキの減少要因として、し尿処理施設の供用に伴い発生する排水による影響は、殆どないと考えられたことから、その他の要因として「藻食性魚類による食害」、「高水温による生育不良」について以下に検討を行いました。

(1) 藻食性魚類による食害

藻食性魚類による食害は、令和5年4月(春季)に当該海域の広範囲で確認されました。同年2月に実施した冬季調査では食害が確認されなかったことから、2月から4月の間に生じたと考えられます。また、残存するヒジキの状況から人為的に刈り取られたものではないこと、摂餌痕の切断面の形状からアイゴ類やイスズミ類の摂餌痕に近いと考えられました。それ以降も摂餌痕は確認されたものの、令和5年度ほどの規模ではありませんでした。

また、令和7年度は食害や生育状況の変化がホワイトビーチ海域だけの事象なのかを確認するために、図 7.3.2-7 に示す沖縄島の生育地())でもホワイトビーチ海域と同時期に同様な補足調査を行いました。

水平分布の結果は図 7.3.2-8 に示すとおり、当添の夏季を除いて各地点とも同様の変動をしていました。ただし、ホワイトビーチ海域は他の地点と比べ低被度で推移していました。これは先に述べたように、令和5年度に生じた藻食性魚類の食害による影響が考えられ、食害前の令和5年2月ではホワイトビーチ地区でも被度40%を超える分布範囲が確認されていました(図 7.3.2-1 参照)。このようにホワイトビーチ海域では食害や後述する高水温による影響などで、生育状況が減少傾向もしくは減少からの回復途上にあるものと考えています。

なお、についても藻食性魚類による食害は確認されましたが、分布や被度に影響するほどではありませんでした。



図 7.3.2-6 令和5年に確認された藻食性魚類による食害

希少種保護のため位置情報を非公開にしています。

図 7.3.2-7 ヒジキ生育地での補足調査位置

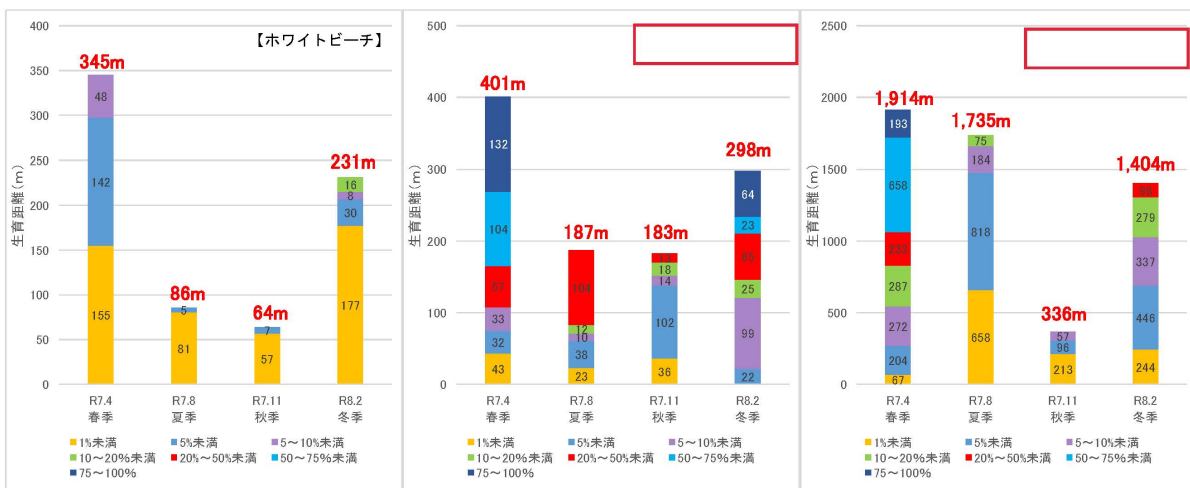


図 7.3.2-8 各地区におけるヒジキの被度別水平分布距離

(2) 高水温による生育不良

高水温による生育不良については、與那嶺ら(2001)による当添と宇堅での1997年から1998年にかけての水温連続観測とヒジキの藻体観察より、夏季の高水温により同年の秋季及び翌年の春季におけるヒジキの生育が著しく減少していたこと、その年には世界的に水温が高くサンゴの白化現象が確認されていることを報告しています。また、村瀬ら(2015)によるひじきの培養実験では水温25℃で、相対生長率が最も高く、生育上限温度は32℃で、それより高温になるほど早期に枯死する傾向が認められたと報告しています。

そこで、ホワイトビーチ海域における海水温の連続観測を行い既存文献との比較を行いました。調査は図6.3.2.1に示すSt-c付近の常時冠水箇所に水温計を設置し、30分に1回連続観測を行いました。令和7年4月から令和8年2月までの観測

結果は図 7.3.2-9 に示すとおり、16.8～33.5℃の間で推移しており、ヒジキの生育上限水温である 32℃を超える水温は 376 回を、7 月～10 月にかけて観測しました。

また、気象庁が観測している沖縄本島東における海面水温では、令和 6 年(2024 年)、令和 7 年(2025 年)は年間を通して平年値より高い傾向にありました(図 7.3.2-10 参照)。さらに、両年ともに夏場の高水温によるサンゴの白化現象が確認されており、高水温がヒジキの生育にも影響を及ぼしていた可能性が考えられました。

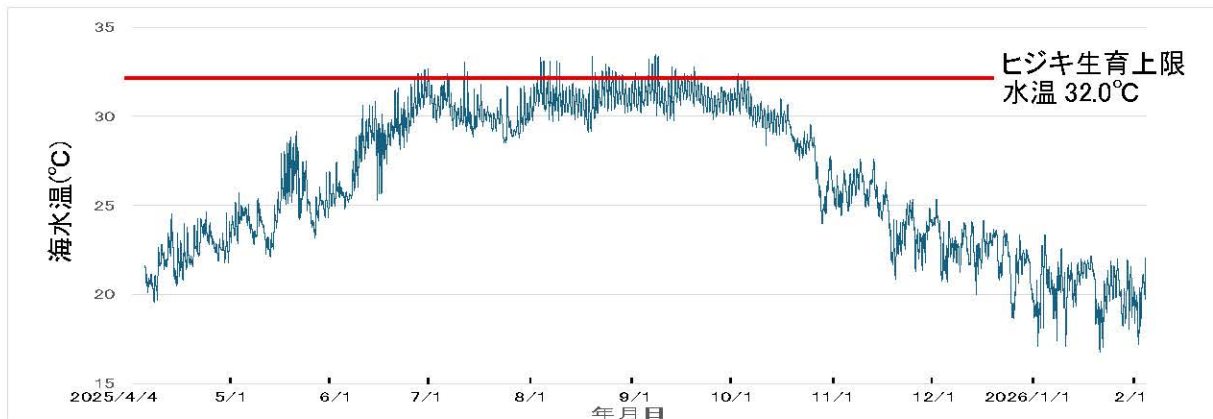
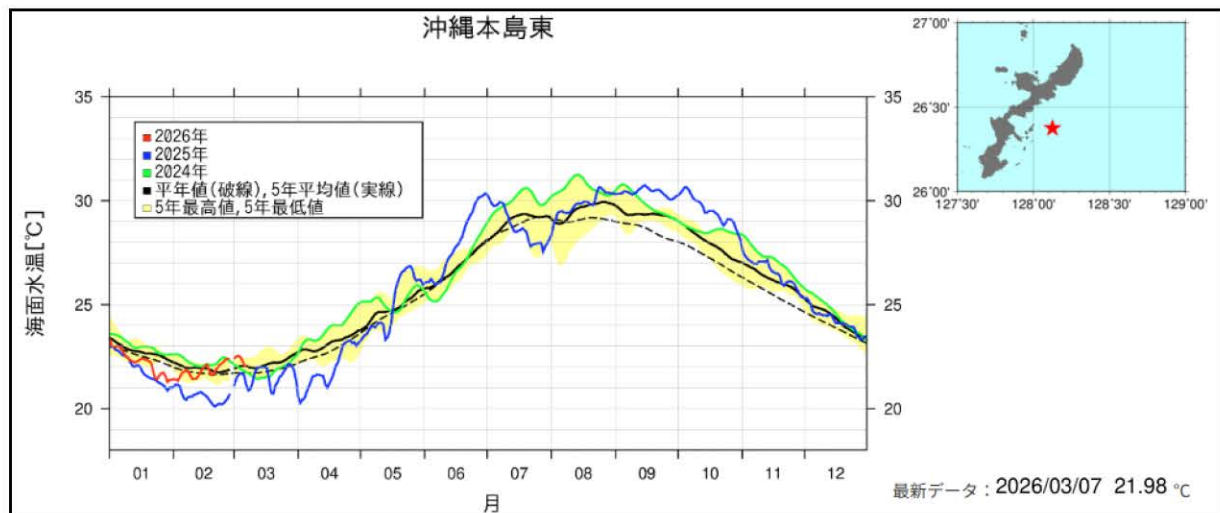


図 7.3.2-9 ホワイトビーチ海域における年間の水温変動(2025 年)



※気象庁 HP より

図 7.3.2-10 沖縄本島東の海面水温

参考文献) 與那嶺盛次・新里貴信・岩井憲司・小川一人 (2001) ヒジキの生長に及ぼす水温の影響Ⅱ.
 平成 11 年度沖縄県水産試験場事業報告書
 村瀬昇・阿部真比古・野田幹雄・杉浦義正 (2015) 山口県沿岸のヒジキの生育適温と生育上限温度
 水産大学校研究報告. 63 巻 4 号. p. 238-243.

第8章 事後調査の結果により必要となった環境の保全のための措置及び環境保全措置の変更

8.1 再評価書に記載した環境保全措置

当該事業においては、令和5年6月を以て工事が終了したことから、存在・供用時の事後調査へと移行しており、令和8年度の事後調査期間も引き続き存在・供用時の事後調査を継続すると共に、再評価書に記載された存在・供用時の環境保全措置についても実施します。

再評価書に記載された存在・供用時の環境保全措置は表 8.1-1 に示すとおりです。

表 8.1-1 再評価書に記載された存在・供用時の環境保全措置

項目	環境保全措置
騒音	○異常な騒音が発生しないように機械の保守点検を米軍に申し入れます。
悪臭	○し尿処理施設からの排気は、脱臭装置（生物脱臭装置→活性炭吸着装置）を通して排気する計画です。
底質/ 水の汚れ	○し尿処理施設の処理方法の検討にあたっては、最新の膜分離処理方式を採用し、水質汚濁防止法（上乘せ排出基準を含む）の排出基準より低い濃度で排出し、底質への影響を回避・低減します。 ○し尿処理施設の管理・運営に関しては、既設の生活排水処理施設と同様に、専門の維持・管理業者に委託し、定期的に水質検査等を実施し、底質への影響を回避・低減します。
水象	○事業計画策定にあたっては、既設の放流管を使用するなど海域への施設配置は行わない計画であるため、海域の改変を回避します。
地形・地質	○事業計画策定にあたっては、既に人工的な改変が行われている道路、施設、造成地、裸地などを中心に施設配置計画を行いました。このように、地形・地質の改変を回避するための検討を行います。
陸域植物	○重要な種などの生育状況を周知し、生育環境に配慮するように米軍に申し入れます。
陸域生態系	○生態系を特徴づける基盤環境に配慮するよう、米軍に申し入れます。
海域生態系	○施設からの排水は、周辺海域に水環境の変化による影響がないように排水処理計画を行い、海域生態系への環境要素の変化を低減します。
廃棄物等	○余剰汚泥、し渣及び引抜油分は、既設の生活排水処理施設と同様に、県の許可を受けた廃棄物処理業者に委託し、適正な処理を行います。

資料：「ホワイト・ビーチ地区艦船し尿処理施設建設事業（仮称） 事後調査報告書 第4章 自主的な環境調査の実施」（令和2年3月・沖縄防衛局）

8.1.1 変更となった環境保全措置

該当する項目はありません。

8.1.2 変更となる基準

該当する項目はありません。

8.2 事後調査の結果の検討に基づき必要となった環境の保全のための措置

海域生態系の特殊性であるヒジキについては、事業の影響は無いと考えられましたが生育状況の減少が確認されたことから、事業者の実行可能な範囲において当該海域のヒジキを保全するための、追加の保全対策を実施しました。なお、実施に際しては専門家の助言を受けて実施しました。

追加の環境保全措置は表 8.2-1 に示す内容について行っており、効果や効果の不確実性等については表 8.2-2 に示すとおりです。また、追加の環境保全措置及びその結果については次頁から示しました。

表 8.2-1 事後調査結果に基づき実施した追加の環境保全措置の内容

環境保全措置	追加の環境保全措置の内容等
食害防護籠の設置	現存するヒジキの株を藻食性魚類からの食害による影響を低減するために、株にステンレス製のカゴを被せるように設置しました。設置後は生育状況調査時に籠の洗浄および籠内外のヒジキについて、藻長、成熟度として生殖器床の有無等について記録しました。
種苗生産～現地海域への設置	採集した母藻を栽培、得られた卵をコンクリート片(着生基質)に着生させ育苗した後、現地海域に据え付けました。余剰の卵については現地海域に散布するとともに、一部の範囲については、散布前に海藻類を除去しました。経過について生育状況調査時に着生基質上のヒジキの生息状況などを確認しました。

表 8.2-2 追加の環境保全措置の効果等

環境保全措置	効果	措置後の環境状況の変化	効果の不確実性の程度
食害防護籠の設置	現存株の生長を保全することで、有性生殖からの増加が期待できます。	防護籠を設置することで、藻類の付着等により流水環境に変化が生じる可能性があるが、定期的に清掃等を行うことで低減されると考えます。	摂餌痕から藻食性魚類による食害と考えられるが、貝類等の食害については本防護籠では防ぐことはできないため、効果の不確実性はあります。
種苗生産～現地海域への設置	ヒジキの現存量を増加させることで、当該海域でのヒジキ生育維持が期待できます。	母藻の採集に当たっては仮根を残して刈り取っているため採集地への影響は低減されると考えます。また、卵の散布前に海藻類の除去を行っているが、一部の範囲且つヒジキが生育するはずの地盤高に限って実施します。着生基質の設置についても生育地のごく一部に限って実施しているため、環境状況の変化は小さいと考えられます。他海域からの導入により遺伝的攪乱の懸念がありますが、沖縄のヒジキは遺伝的多様性が低いことが示されており、攪乱の影響は小さいと考えられます。	県内で公表されている同事例はなく、効果の不確実性はあります。

追加の環境保全措置は令和7年4月～5月にかけて実施しており、その後は着生基質の設置1週間後に状況確認を行った以外は、ヒジキの生育状況調査にあわせてモニタリングを実施しました。

実施場所は図8.2-1に示すとおりであり、現状でヒジキが生育する箇所や過去に生育していた箇所で行いました。実施状況については図8.2-2に示すとおりです。

食害防護籠の設置は5カ所に実施しており、途中での消失を除いた4つについて、防護籠内外の藻長を測定しました。冬季調査までヒジキが生息していた防護籠内外の藻長は表8.2-3に示すとおり、防護籠内外で有意な差はありませんでした。また、令和7年度は全体的に生育するヒジキに食痕が殆ど見られなかったことから、藻食性魚類による食害は少なかったと考えられます。

種苗生産は採卵したヒジキの卵を108個の着生基質(10cm四方のコンクリート片)に260万粒を播種しました。播種後は順調に生育し約1ヶ月後の発芽体の状態(藻体約1mm)で現地海域に設置しました。しかし、現地海域でのヒジキは1週間後に8個、3ヶ月後に1個まで減少しており、それ以降は確認できませんでした(図8.2-4参照)。設置1週間までに大幅に減少した要因としては、専門家の意見を踏まえると、魚類や貝類からの食害、乾燥、日射などが考えられました。

種苗生産で得られた余剰の卵はSe.1:海藻類の除去範囲340万粒、Se.2: 380万粒を播種しました。その後は冬季調査時にSe.2において被度1%未満で確認されました。

希少種保護のため位置情報を非公開にしています。

図8.2-1 環境保全措置の実施範囲