

ジュゴンに関する環境保全措置  
【ジュゴン監視・警戒システムによる監視計画(案)】

平成 27 年 6 月 5 日

沖 縄 防 衛 局



## 目 次

1. 目的.....	1
2. 環境保全措置の基本的考え方.....	1
3. ジュゴン監視・警戒システムの基本構成.....	3
4. 音響技術を用いた監視装置の検討.....	4
4.1 工事海域監視・警戒サブシステムにおける監視装置.....	4
4.1.1 監視装置の構成.....	4
4.1.2 ジュゴンの確認方法.....	4
4.2 生息・移動監視・警戒サブシステムにおける監視装置.....	5
4.2.1 監視装置の構成.....	5
4.2.2 ジュゴンの確認方法.....	5
4.3 監視装置の試作と機能の検証.....	6
4.3.1 試作した監視装置.....	6
4.3.2 検証試験結果.....	12
5. 監視システムによるジュゴン監視計画案.....	17
5.1 監視・警戒システムによるジュゴン監視の基本方針.....	17
5.1.1 工事海域監視・警戒サブシステム.....	17
5.1.2 生息・移動監視・警戒サブシステム.....	18
5.2 監視・警戒システムによるジュゴン監視計画案.....	19
5.2.1 工事海域監視・警戒サブシステム.....	19
5.2.2 生息・移動監視・警戒サブシステム.....	24



## 1. 目的

普天間飛行場代替施設建設事業に係る環境影響評価書（以下「評価書」という。）においては、事業の実施に伴うジュゴンへの影響を回避・低減するために、「ジュゴン監視・警戒システム」を構築してジュゴンの存在を確認するための事後調査を実施し、その情報をもとに適切な環境保全措置を講じることとしている。

本計画（案）は、ジュゴン監視・警戒システムを構成する機器の性能を踏まえて、監視・警戒システムの具体的な配置、運用計画、データの回収・処理方法を検討し、工事中の事後調査におけるジュゴン監視計画案をとりまとめたものである。

## 2. 環境保全措置の基本的考え方

ジュゴンに関する工事中の環境保全措置の基本的考え方を以下に示す。

### ① 施工面での環境保全措置

- ・海上工事は、日の出1時間程度後から日没1時間程度前の間に作業を行う。
- ・作業船の航行にあたっては、ジュゴンが頻繁に確認されている区域内を出来る限り回避し、沖縄島沿岸を航行する場合は、岸から10km以上離れて航行する。さらに、大浦湾の湾口域から施工区域に接近する場合は、施工区域に向かって直線的に進入する航路をとり一定速度で航行する。
- ・航行する工事用船舶に対して、ジュゴンとの衝突を回避するための見張りを励行するほか、ジュゴンとの衝突を回避できるような速度で航行する。
- ・杭打ち工事においては、極力騒音発生が少ない工法を採用する。
- ・杭打ち工事について、同時に打設する施工箇所数を調整するなどの対策を講じる。
- ・杭打ちの開始時は弱く打撃し、一定時間経過後に所定の打撃力で杭打ちを行うことにより、ジュゴンへの水中音の影響を低減する措置を講じる。

### ② ジュゴンの生息位置の監視による環境保全措置

- ・工事中はジュゴンの生息位置を監視し、工事の着手時にジュゴンが施工区域内で確認された場合は、施工区域から離れたことを確認したのち、工事に着手する。また、工事施工区域へのジュゴンの接近が確認された場合は工事関係者に連絡し、水中音の発する工事を一時的に休止するなどの対策を講じる。
- ・ジュゴンが確認された場合に工事を延期または休止する施工区域の範囲を「警戒監視区域」として設定する。その範囲は、公有水面埋立承認願書で示した施工区域Aの海域部分の範囲とする。（図-2.1参照）
- ・工事の実施後は、ジュゴンの生息範囲に変化がみられないかを監視し、変化がみられた場合は工事との関連性を検討し、工事による影響と判断された場合は速やかに施工方法の見直し等を行うなどの対策を講じる。
- ・上記の環境保全措置を確実に実行するために、工事中は表-2.1に示す事後調査

を実施する。

- ・ジュゴンの生息位置の監視にあたっては、音響技術を用いた監視装置を開発し、航空機からの生息確認調査と連携したジュゴン監視・警戒システムを構築して運用する。

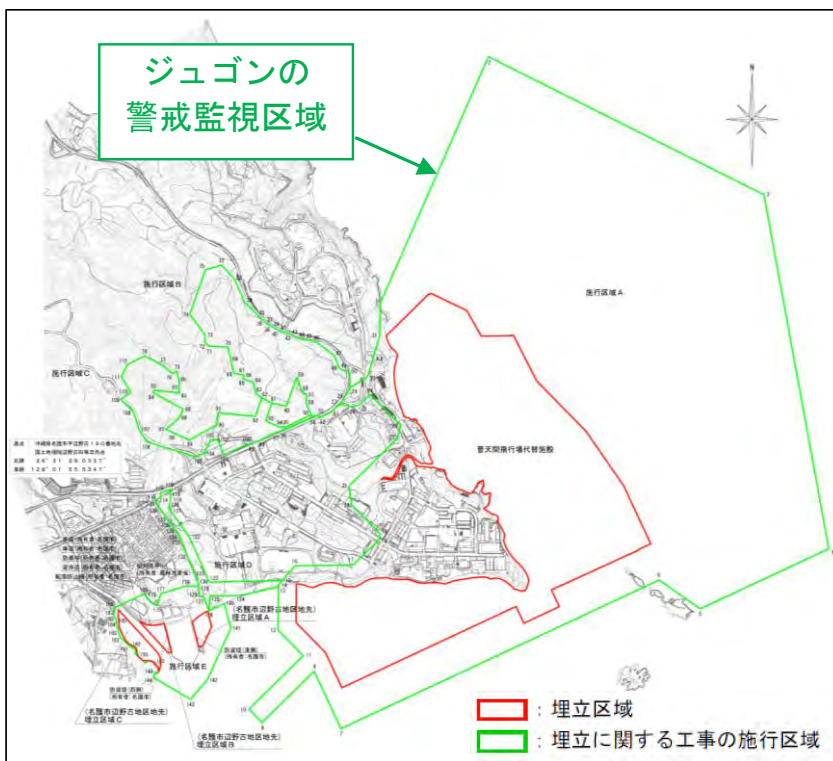


図-2.1 ジュゴンの警戒監視区域

表-2.1 工事中のジュゴンに係る事後調査の概要

調査項目		調査方法		調査範囲	調査時期等
ジュゴンの工事海域への来遊（接近）状況		監視・警戒システムによる監視 (工事海域監視・警戒サブシステム)	ヘリコプターからの生息確認	工事海域及びその周辺	工事期間中、毎月3～4回
			音響技術を用いた監視装置(監視用プラットフォーム)による監視		工事期間中、毎日
嘉陽周辺海域及び他の生息海域における生息状況	生息海域における生息状況	監視・警戒システムによる監視 (生息・移動・監視・警戒サブシステム)	ヘリコプターからの生息確認	嘉陽地先海域、古宇利島沖などこれまでジュゴンの生息・移動が確認されている海域	工事期間中、毎月3～4回
	嘉陽周辺海域における海草藻場の利用状況		音響技術を用いた監視装置(水中録音装置)による監視		工事期間中、毎日
	潜水目視観察(マンタ法)による食跡記録		安部及び嘉陽地先の海草藻場	工事期間中、毎月1～2回	

### 3. ジュゴン監視・警戒システムの基本構成

ジュゴン監視・警戒システムの基本構成を図-3.1に示す。

ジュゴン監視・警戒システムは、工事海域へのジュゴンの来遊状況を確認する「工事海域監視・警戒サブシステム」、ジュゴンが確認されてきた海域におけるジュゴンの生息・移動状況を確認するための「生息・移動監視・警戒サブシステム」、及び監視・警戒サブシステムにより得られたデータを一元的に管理する「データ解析センター」より構成される。

それぞれの監視・警戒サブシステムは、「航空機からの生息確認」と「音響技術を用いた監視装置による監視」より構成される。このうち、音響技術を用いた監視装置では、ジュゴンの鳴音から存在確認を行う受動的音響手法とスキヤニングソナーによりジュゴンの存在確認を行う能動的音響手法を用いる。

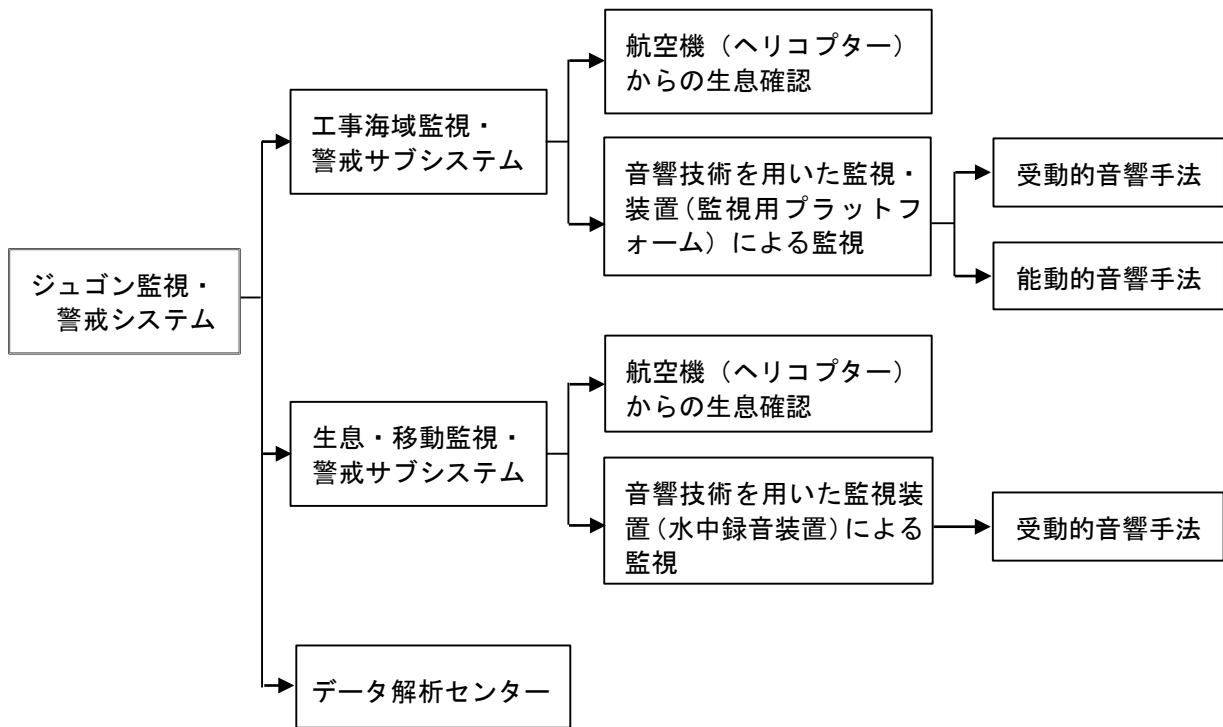


図-3.1 ジュゴン監視・警戒システムの基本構成

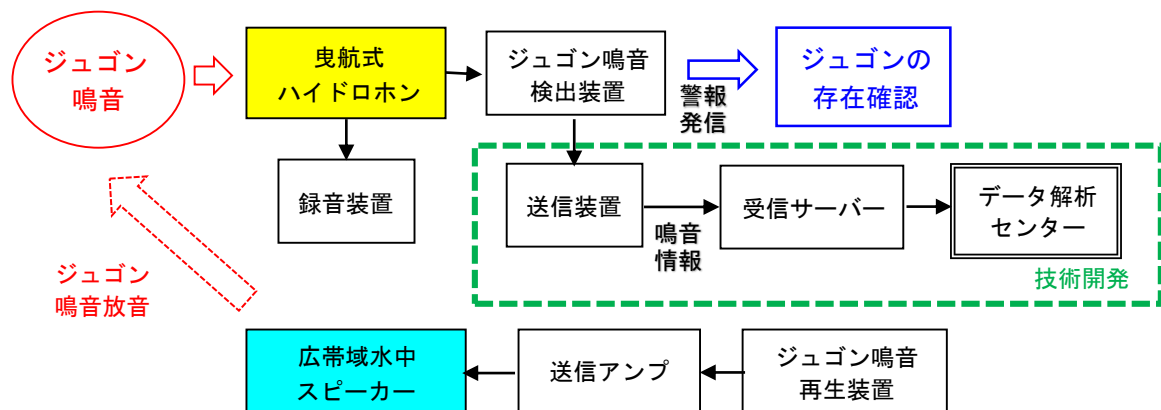
## 4. 音響技術を用いた監視装置の検討

### 4.1 工事海域監視・警戒サブシステムにおける監視装置

#### 4.1.1 監視装置の構成

図-4.1.1 に示す受動的音響監視装置及び能動的音響監視装置を装備したジュゴン監視用プラットフォーム船を工事海域周辺に配置し、ジュゴンの工事海域への来遊状況を監視・警戒する。監視用プラットフォーム船には、高台から目視によりジュゴンを監視するための見張り櫓も設置する。

#### ○受動的音響監視装置



#### ○能動的音響監視装置

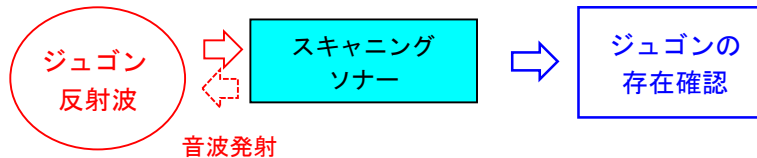


図-4.1.1 工事海域監視・警戒サブシステムにおける監視装置の構成

#### 4.1.2 ジュゴンの確認方法

##### (1) 受動的音響監視装置

監視用プラットフォーム船を航走させながら、曳航式ハイドロホンで水中音をモニターし、ジュゴンの鳴音が検出された時（ジュゴンの鳴音カタログに合致した音が検出された時）に警報を発信する鳴音検出装置により、ジュゴンの存在を確認する。また、広帯域水中スピーカーより予め録音したジュゴンの鳴音を放音して、積極的に鳴き返させることにより存在の検出率の向上を図る。

さらに、付加機能として、警報発信時にジュゴンの鳴音情報をリアルタイムでデータ解析センターに伝達する送信システムについて技術開発を行い、タイ国での試験運用により実用性を検証した。

## (2) 能動的音響監視装置

監視用プラットフォーム船を航走させながら、スキャニングソナーから音波を発射し、反射波からジュゴンの存在を確認する。

### 4.2 生息・移動監視・警戒サブシステムにおける監視装置

#### 4.2.1 監視装置の構成

ジュゴンの生息または移動が確認されている海域に図-4.2.1 に示すハイドロホン、受信アンプ及びデータ保存装置を内蔵した水中録音装置を設置して、水中音響データを録音し、定期的に回収した録音データよりジュゴンの鳴音を検出し、各海域でのジュゴンの存在確認を行う。

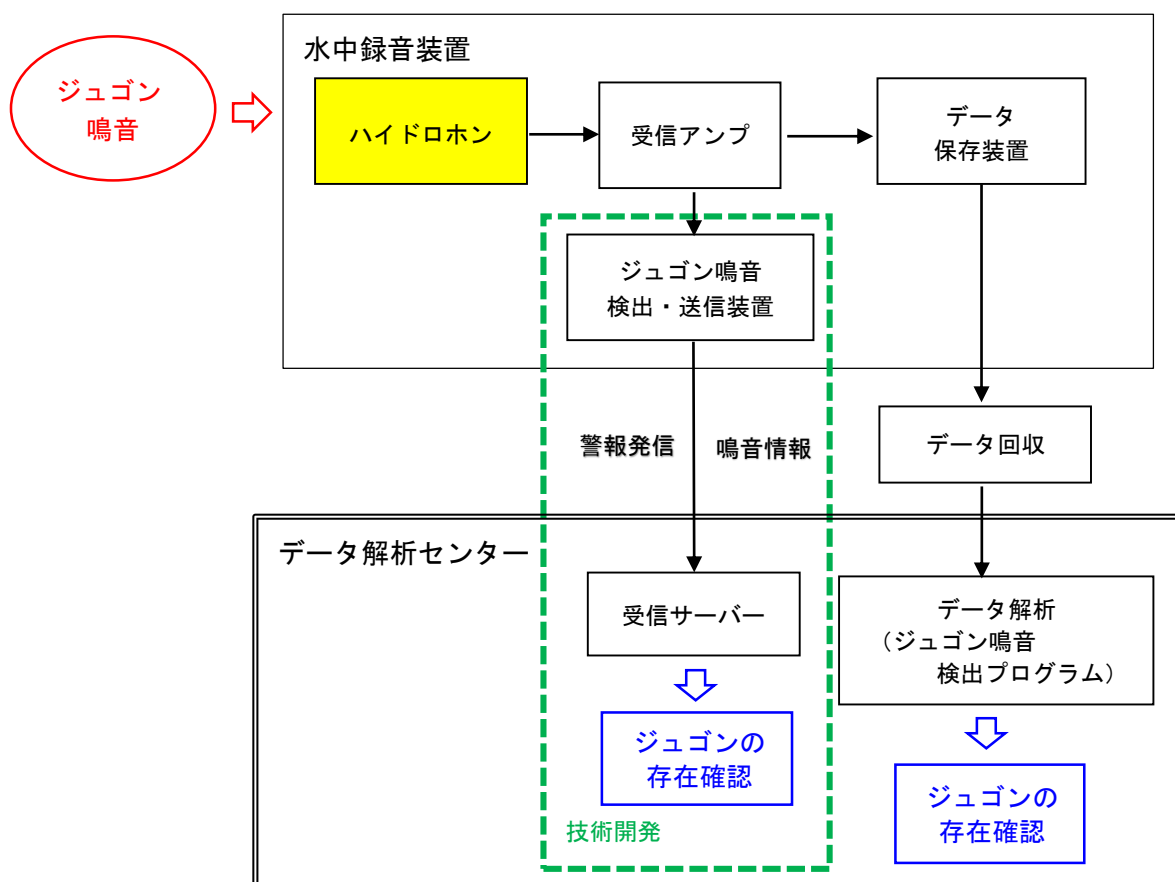


図-4.2.1 生息・移動監視・警戒サブシステムにおける監視装置の構成

#### 4.2.2 ジュゴンの確認方法

各海域に設置した水中録音装置により録音された水中音響データを定期的に回収し、録音データからジュゴンの鳴音を検出することにより、ジュゴンの存在確認を行う。

なお、本装置についても工事海域監視・警戒サブシステムと同様に、ジュゴンの鳴音を検出された時（ジュゴンの鳴音カタログに合致した音を検出された時）に、ジュゴンの鳴音情報をリアルタイムでデータ解析センターに伝達するためのジュゴン鳴音検出・送信システムについて技術開発を行い、実用性を検証した。

### 4.3 監視装置の試作と機能の検証

ジュゴンの存在を確認するために求められる要件をもとに、監視・警戒装置を試作し、ジュゴンの生息海域（タイ国）において検証試験を行った。

#### 4.3.1 試作した監視装置

工事海域監視・警戒サブシステムの監視装置に求められる要件と構成機器の基本性能を表-4.3.1に、生息海域監視・警戒サブシステムの監視装置に求められる要件と構成機器の基本性能を表-4.3.2に示す。

これらの基本性能を満たす監視装置を試作し、タイ国において試験運用し、各装置の性能の検証を行った。試作した監視装置を構成する機器の種類と数量を表-4.3.3に、主要機器の写真を図-4.3.1に示す。

表-4.3.1 工事海域監視・警戒サブシステムの監視装置に求められる要件と基本性能

機器名	求められる要件		基本性能
曳航式ハイドロホン	探知範囲	背景雑音が存在する中で、約 150m の範囲内のジュゴンの鳴音が検出できること。	受波感度はできるだけ高感度とし、現在製品化されている高感度ハイドロホンの受波感度(-195dB(re:1V/ $\mu$ Pa)程度)以上とし、探知範囲が約 150m 以上であることをタイ国での調査において確認した。
	周波数帯域	ジュゴンの鳴音の周波数帯域の音を収録できること。	周波数帯域は 500Hz~18kHz の範囲をカバーする。
	構造・材質	ジュゴンの鳴音の音源方向の推定が可能であること。	ハイドロホンを 2 本装備し、ステレオ(2チャンネル)で受信するシステムとする。
		10 ノット程度の速度で曳航可能であり、船舶騒音の影響が排除できる構造とする。	10 ノット程度の曳航張力に耐える曳航ケーブルを用い、タイ国での調査において耐久性を確認した。 曳航ケーブルの長さを約 60m 以上とする。
ジュゴン鳴音検出装置	検出方式	背景雑音が存在する中で、ジュゴンの鳴音を探知し、ジュゴンの存在をリアルタイムで確認できること。	ジュゴン鳴音の音声カタログを内蔵し、鳴音の自動検出が可能なものとする。 ジュゴン鳴音の音声カタログは新たに得られた鳴音データをもとに、随時更新可能なものとする。
	検出率	鳴音の検出精度が高確率であること。	鳴音の自動検出率は 80%以上とする。
ジュゴン鳴音再生装置、広帯域水中スピーカー	再生周波数帯域	ジュゴンの鳴音帯域の音を水中で大きく出せること。	周波数帯域は 500Hz~18kHz の範囲をカバーする。
	出力音圧レベル		出力音圧は 120~160dB(re 1 $\mu$ Pa)(スピーカーから 1m 地点)とする。
スキャニングソナー	使用周波数	ジュゴンに影響を与えない周波数(ジュゴンの可聴範囲外)であること。	使用周波数は 40kHz 以上とする。
	探知方式	全周 360 度の範囲を探知できること。	全周型スキャニングソナーまたはサーチライトソナーとする。
	探知範囲	広範囲・遠距離(100m 以上)を探知できること。	出力は 0.8kW 以上とする。
	分解能	分解能の高いクリアな映像が得られること。	表示部は 640 $\times$ 480 画素以上の高精細なカラー液晶モニターとする。
送信装置	送信信号	ハイドロホンで受信した信号をフーリエ変換し、周波数分析を行い、ジュゴンの鳴音の検出を行う。ジュゴン鳴音が検出されると警報信号及び周波数情報を送信する。	2400Hz~5600Hz の周波数分析を行い、ジュゴン鳴音を検出する。
	通信システム	既存の通信システムを活用し、安価なシステム構築ができること。	既存の携帯電話回線を利用したシステムとする。

表-4.3.2 生息・移動監視・警戒サブシステムの監視装置に求められる要件と基本性能

機器名		求められる要件		基本性能
水中録音装置 (海底設置型)	ハイドロホン	受波感度	背景雑音が存在する中で、約150mの範囲内のジュゴンの鳴音が検出できること。	受波感度はできるだけ高感度とし、現在製品化されている高感度ハイドロホンの受波感度（-195dB (re:1V/ $\mu$ Pa) 程度）以上とし、探知範囲が約150m以上であることをタイ国予備調査において確認する。
		周波数帯域	ジュゴンの鳴音の周波数帯域（4kHzと8kHzを中心とする）の音を収録できること。	周波数帯域は500Hz～18kHzの範囲をカバーする。
			特定周波数を遮断する機能を有すること。	ジュゴン鳴音の周波数帯域に合わせたフィルターが内蔵されている。
	データ保存装置	データ記憶媒体	大容量記憶媒体であること。	大容量SDカードを用いる。
		データ記憶容量	10日間以上のデータが記憶できること。	128GB以上とする。
	電池寿命	連続録音電池寿命	10日間以上連続で録音できること。	連続録音電池寿命は10日以上とする。
構造材質	構造材質	水深50mまで使用可能なこと。	SUS316と同等以上のステンレス鋼材による耐圧容器に機器類を収納する。	
		データ回収時の操作性が優れていること。	空中重量が約10kg以内とする。	
水中録音装置 (表層係留型) (送信機能付)	ハイドロホン	(水中録音装置(海底設置型)と同じ)		
	データ保存装置	(水中録音装置(海底設置型)と同じ)		
	電池寿命	(水中録音装置(海底設置型)と同じ)		
	構造材質	構造材質	通信ユニット部が海上に出るよう、浮力を有すること。	樹脂製容器に機器類を収納する。
	ジュゴン鳴音検出装置	検出方式	背景雑音が存在する中で、ジュゴンの鳴音を探知し、ジュゴンの存在をリアルタイムで確認できること。	ジュゴン鳴音の音声カタログを内蔵し、鳴音の自動検出が可能なものとする。 ジュゴン鳴音の音声カタログは新たに得られた鳴音データをもとに、随時更新可能なものとする。
		検出率	鳴音の検出精度が高確率であること。	鳴音の自動検出率は80%以上とする。
	送信装置	送信信号	ハイドロホンで受信した信号をフーリエ変換し、周波数分析を行い、ジュゴンの鳴音の検出を行う。ジュゴン鳴音が検出されると警報信号及び周波数情報を送信する。	2400Hz～5600Hzの周波数分析を行い、ジュゴン鳴音を検出する。
通信システム		既存の通信システムを活用し、安価なシステム構築ができること。	既存の携帯電話回線を利用したシステムとする。	

表-4.3.3 試作した監視装置を構成する機器の種類と数量

○工事海域監視・警戒サブシステムにおける監視装置

機器名		数量	試作方法	備考
曳航式 hidroホン (船上受波機を含む)		1	既製品を利用	
ジュゴン鳴音検出装置		3	新たに試作	
通信装置		1	既製品を利用	
広帯域水中 スピーカー	水中スピーカー	1	既製品を利用	
	送信アンプ	1	既製品を利用	
スキャニングソナー		1	既製品を利用	サーチライトソナーを使用した。

○生息・移動監視・警戒サブシステムにおける監視装置

機器名		数量	試作方法	備考
水中録音装置	海底設置型	5	新たに試作	
	表層係留型 (送信機能付)	2	新たに試作	アンテナ部を海面に浮上させるために、表層係留型の装置を試作した。



曳航式ハイドロホン



ジュゴン鳴音検出装置及び通信装置



水中スピーカー及び送信アンプ

図-4.3.1(1) 試作した監視装置の主要機器の写真



サーチライトソナー



水中録音装置 海底設置型

注) 海底設置のための架台を含む。



水中録音装置 表層係留型

注) 送信機能付き。

図-4.3.1(2) 試作した監視装置の主要機器の写真

#### 4.3.2 検証試験結果

平成 26 年 11 月及び平成 27 年 1～3 月にタイ国トラン県タリボン島周辺海域（図-4.3.2 参照）において、試作した監視・警戒装置の試験運用を行い、機能の検証試験を実施した。



図-4.3.2 タイ国トラン県タリボン島周辺海域の位置

## (1) 工事海域監視・警戒サブシステムの監視装置の検証試験結果

現地の調査船1隻にサーチライトソナー、曳航式ハイドロホン、鳴音検出装置、通信装置、水中スピーカー、GPSを装備し、停船状態で調査船周辺に遊泳するジュゴンの探知、航行状態でのジュゴンの探知を試行し、ジュゴンの鳴音検知信号の送信状況を確認した。

### 1) サーチライトソナーによるジュゴンの探知

- ・ジュゴンのエコー探知は、120m程度まで明瞭に確認できることが検証された。明瞭なジュゴンエコーの例を図-4.3.3に示す。また、停船中及び航行中において、ソナー画面上での追跡が可能であったことから、ジュゴン個体の泳いでいく方向や行動予測に実用できることが確認された。
- ・ソナーによる探査調査では、ソナー画面の連続キャプチャーによる記録保存によって、ジュゴン出現時の再確認が可能となることが確認された。

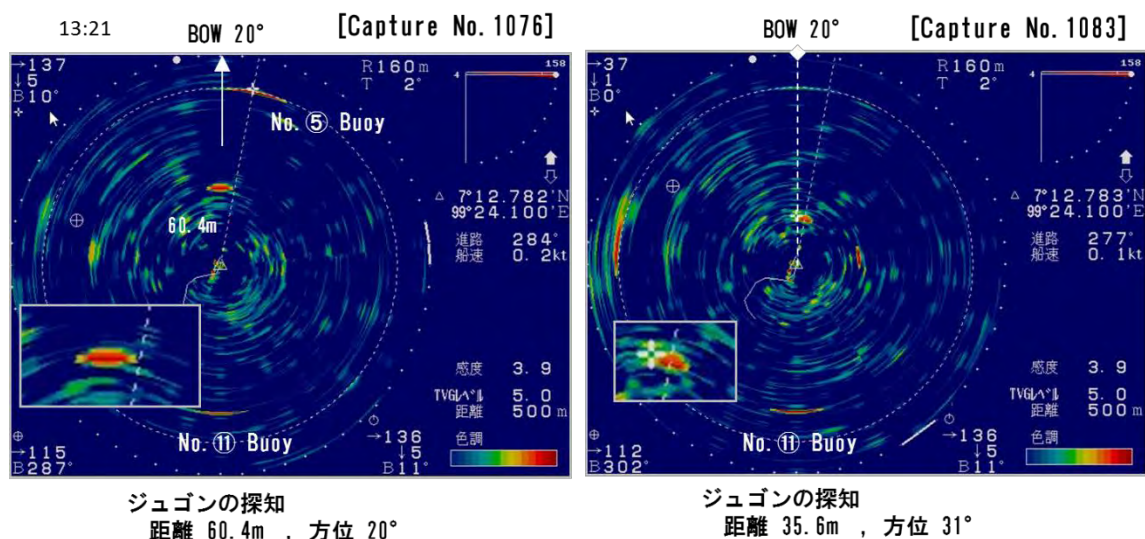


図-4.3.3 サーチライトソナーにより探知されたジュゴンエコーの例  
(平成 27 年 2 月 19 日、停船中)

### 2) 曳航式ハイドロホンによるジュゴン鳴音の探知

- ・曳航式ハイドロホンを調査船から約 50m 流しながら、約 4 ノットの船速で曳航した結果、ジュゴンの鳴音を確認することができた。曳航式ハイドロホンによるジュゴン鳴音の録音例を図-4.3.4に示す。
- ・曳航中には同時にソナー探査も行ったが、サーチライトソナーの作動音の干渉による影響は小さく、ハイドロホン部をソナーから 30m 程度離すことでソナー作動音の影響を低減することができた。
- ・曳航式ハイドロホンで録音された水中音は、同時にジュゴン鳴音検出装置と通信装置を介して検知信号と FFT 解析データがタイ国から日本のサーバーに送られ、データ送信については問題ないことが確認された。

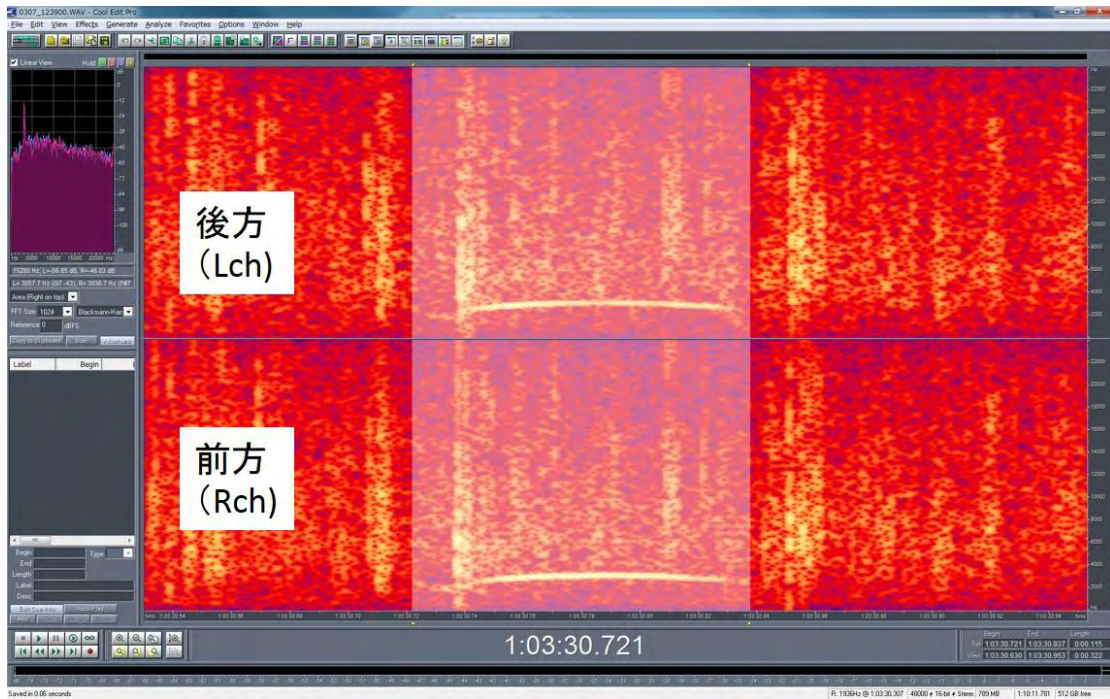


図-4.3.4 曳航式ハイドロホンにより確認されたジュゴン鳴音の録音記録例  
(平成 27 年 3 月 7 日)

### 3) 水中スピーカーを用いたジュゴンの鳴き返し調査

- ・録音したジュゴン鳴音を水中スピーカーから放音した結果、近傍のジュゴンからの鳴き返しが確認された。このことから、沖縄海域においても水中スピーカーによるジュゴン鳴音の放音は有効であることが予想される。

## (2) 生息・移動監視・警戒サブシステムの監視装置の検証試験結果

ジュゴン生息海域に 500m×500m の方形観察区を設け、水中録音装置を 5 台設置して連続観測を行った（図-4.3.5）。また、日中の一定時間、試験海域を見下ろせる高台（岩山（標高約 90m））上からジュゴンの行動を目視で観察し、観察区内で確認されたジュゴンの位置と時刻を記録した。

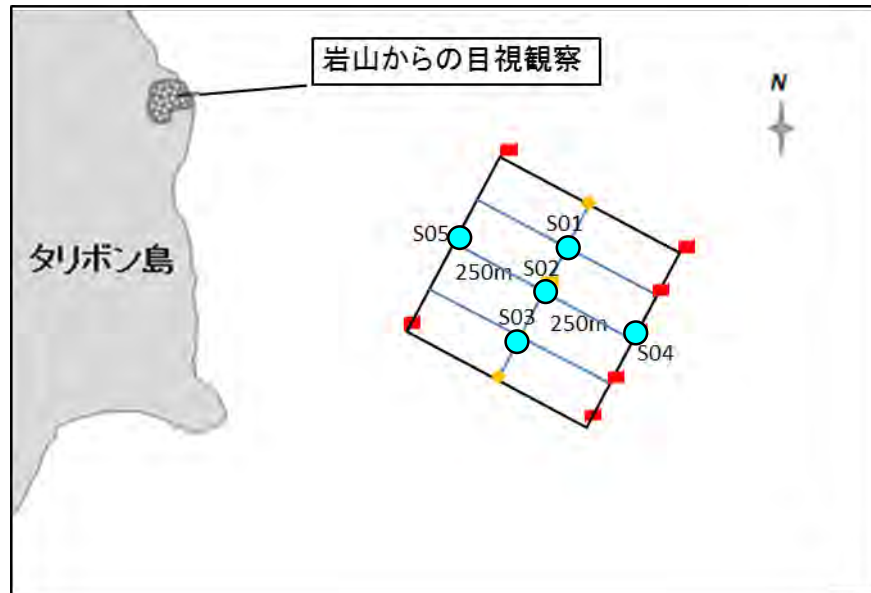


図-4.3.5 方形観察区の設定と水中録音装置の配置

【凡例】 ●：水中録音装置（S01～S05）、 ■ ■：目印ブイ

- 1) 水中録音装置による水中音響データの録音及びジュゴン鳴音の検出
  - ・水中録音装置により連続観測を2回（1回目：11日間、2回目：12日間）実施した結果、データ収容量はすべての機器で128GBに収まり、電池電圧も機器動作の保証電圧3.6Vを上回ったことから、10日間の連続使用に対して問題のないことが確認された。
  - ・送信機能付の表層係留型水中録音装置については、海面での波の干渉が大きいため、現状では使用できない状況にあることが確認された。改善策として、アンテナ部だけを海面に浮上させ、 hidroホン部が付いた本体は海底あるいは中層に設置する方法が考えられるが、これらは今後の検討課題とする。
- 2) 岩山上からのジュゴン目視観察
  - ・岩山上からのジュゴン目視観察（平成27年2月19日～3月6日）により、延べ84回ジュゴンを確認した。観察中に録音された水中音響データから、ジュゴンが確認された時刻の前後2分間に検出されたジュゴン鳴音を、当該ジュゴンの鳴音とみなしたところ、ジュゴンの目視確認数に対する鳴音による検出率は、全期間の平均で66%であった。
  - ・録音したジュゴン鳴音を水中スピーカーから放音（プレイバック）した期間で

のジュゴンの鳴音による検出率は、平均で74%となり、ジュゴンの鳴音による検出率を高めるためには、プレイバック放音が効果的であると考えられた。

### 3) 水中録音装置のジュゴン鳴音検知範囲の推定

- 方形観察区内において確認されたジュゴン鳴音と水中録音装置の配置位置との関係をもとに1台の水中録音装置のジュゴン鳴音検知範囲を検討した結果、タイ国においては、150mの範囲を十分にカバーしており、250mの範囲でも検知可能であることが検証された。そのため、沖縄海域での監視区域において5台の運用を行うにあたっては、背景ノイズの確認が必要となるものの、タイ国と同レベルであれば300～500m間隔での配置も可能と考えられる。

## 5. 監視システムによるジュゴン監視計画案

### 5.1 監視・警戒システムによるジュゴン監視の基本方針

監視・警戒システムによる工事中のジュゴン監視の基本方針を以下に示す。

#### 5.1.1 工事海域監視・警戒サブシステム

##### (1) 工事着手前における施工区域全域の監視

これまでの調査結果によると、個体Cが午後の時間帯を中心に大浦湾東側沿岸に沿って大浦湾の湾内に進入する行動がみられているとともに、大浦湾西側の施工区域内の海草藻場において春季を中心に確認されているジュゴンの食跡は、個体Cによる夜間の採食活動によるものと推察されている。

このため、工事を着手する早朝には、大浦湾西側の施工区域内の海草藻場において夜間から採食活動を行っていた個体Cが施工区域周辺に滞在している可能性があると考えられ、工事によるジュゴンへの影響を回避するために、工事の着手前に施工区域全域を面的・網羅的にできるだけ短時間に調査し、ジュゴンの存在確認を行うこととする。

##### (2) 工事着手後における大浦湾東側海域を中心にした連続監視

個体Cがこれまで大浦湾内に進入した際は、大浦湾東側沿岸に沿って移動する傾向がみられ、時間帯については午後4時頃以降に湾内に移動するケースが多いが、午前10時頃から湾内に移動したケースもみられている。

このため、工事の着手後においては、着手直後から大浦湾東側海域を中心に大浦湾内への移動の有無を終日継続して監視することとする。

##### (3) 監視システムを構成する機器の特性を踏まえた効果的な監視

鳴音による存在確認は、ジュゴンが鳴音を発した時にのみ可能となるが、水中では音が伝わりやすいため、広域的にジュゴンの存在確認が行うことができる利点がある。一方、スキャニングソナーによるジュゴンからの反射波による探知範囲は、鳴音に比べて狭域になると考えられるが、ジュゴンが探知範囲内にいる間は常時映像によって追跡、確認することができる。

このため、監視システムによるジュゴンの探知にあたっては、ジュゴンの鳴音から広域的な探知を行い、鳴音により存在が確認された場合はスキャニングソナーでジュゴンをとらえ、継続的に監視を行うなど、監視システムを構成する機器の特性を踏まえた運用を行うこととする。また、タイ国での調査結果から、プレイバック法（予め録音したジュゴンの鳴音をスピーカーから放音することにより、ジュゴンの鳴き返し音を確認する方法）によるジュゴンの鳴音探知も有効な手段となると考えられるため、監視システムの運用に取り入れる方針とする。

##### (4) ヘリコプターからの生息確認調査との連携による効率的で効果的な監視

ヘリコプターによる生息確認調査では、ジュゴンを個体識別することができ、

個体ごとの位置情報を得る上で有効な方法となっている。

このため、監視システムによるジュゴンの探知にあたっては、ヘリコプターからの生息確認調査による3頭のジュゴンの定期的な生息位置情報を逐次、監視用プラットフォーム船に伝達するとともに、ヘリコプターにより工事海域周辺でジュゴンが確認された場合には、監視用プラットフォーム船にジュゴンの生息位置を伝達することにより、効率的かつ効果的なジュゴン監視を行うこととする。

## 5.1.2 生息・移動監視・警戒サブシステム

### (1) ジュゴンの生息状況の変化が適切に把握できる配置計画

これまでの調査結果によると、3頭のジュゴンのうち、個体Aは嘉陽沖、個体Bは古宇利島沖の一定範囲の海域内に常在する傾向がみられたのに対し、個体Cは行動範囲が広く、古宇利島沖と嘉陽沖との間を往き来するとともに、大浦湾内への進入も確認されるなど、各個体のそれぞれの生息範囲及び移動状況に関する情報が蓄積されている。

このため、ジュゴンの生息・移動状況の変化を監視するためには、生息・移動に関してこれまで蓄積されてきた情報を踏まえて、ジュゴンの利用頻度の高い場所での利用状況に変化がないかを把握するように配慮することとする。

### (2) 各調査の情報を集約した効率的で効果的な監視

工事海域周辺で確認されるジュゴンのうち、個体Aは嘉陽沖の海域に常在して他海域に移動することはほとんどなく、餌場も嘉陽地先のリーフ内の海草藻場を利用していることが判明している。しかし、評価書による工事中の環境変化の予測結果によると、杭打ち工事等の水中音を発生する工事の実施時においては、ジュゴンの行動に変化を与える可能性のあるレベルの水中音が嘉陽地先海域の生息範囲の一部に及ぶと推察されていることから、個体Aに対しては、嘉陽地先海域の生息環境の保全が重要であり、工事の実施後において、個体Aの生息範囲や採餌場所に変化がみられないかを監視することが重要となる。

また、個体Bについては、工事の実施に伴う影響が直接及ぶ可能性は少ないが、沖縄島周辺において3頭にまで減少したジュゴン個体群の保全にあたっては、個体Bの生息状況についても常時把握しておくことが望まれる。

個体Cについては、行動範囲が広く、まだ定住する傾向がみられず、さらに、採餌場所として利用していると推察される大浦湾西側の海草藻場が消失することから、工事の実施後の行動範囲について広範囲に監視する必要がある。

このため、ヘリコプターによる生息確認調査による各個体の確認情報、海草藻場の利用状況調査による採食状況に関する情報、並びに生息海域に設置する水中録音装置によるジュゴンの存在確認情報を集約して、これまで生息が確認されてきた海域での行動範囲や行動生態の変化を効率的かつ効果的に把握していくこととする。

## 5.2 監視・警戒システムによるジュゴン監視計画案

### 5.2.1 工事海域監視・警戒サブシステム

#### (1) システムの具体的な配置

##### 1) 工事着手前

工事の着手前においては、日の出後1時間程度までに、3隻のプラットフォーム船により警戒監視区域の全域を監視する。警戒監視区域以内は、フロートブイや停泊中の船舶、汚濁防止膜が設置されているため、工事開始当初は、図-5.2.1に示すように、基本的に1隻が埋立区域内を監視し、残り2隻が埋立区域外の警戒監視区域内をライントランセクト法(約300m間隔)で監視する。なお、ヘリコプターからの監視が実施される日においては、ヘリコプターからの確認情報に基づいて適宜配置を変更することとする。また、監視プラットフォーム船の配置は、工事の進捗に応じて、各時期での適切な配置に随時変更することとする。

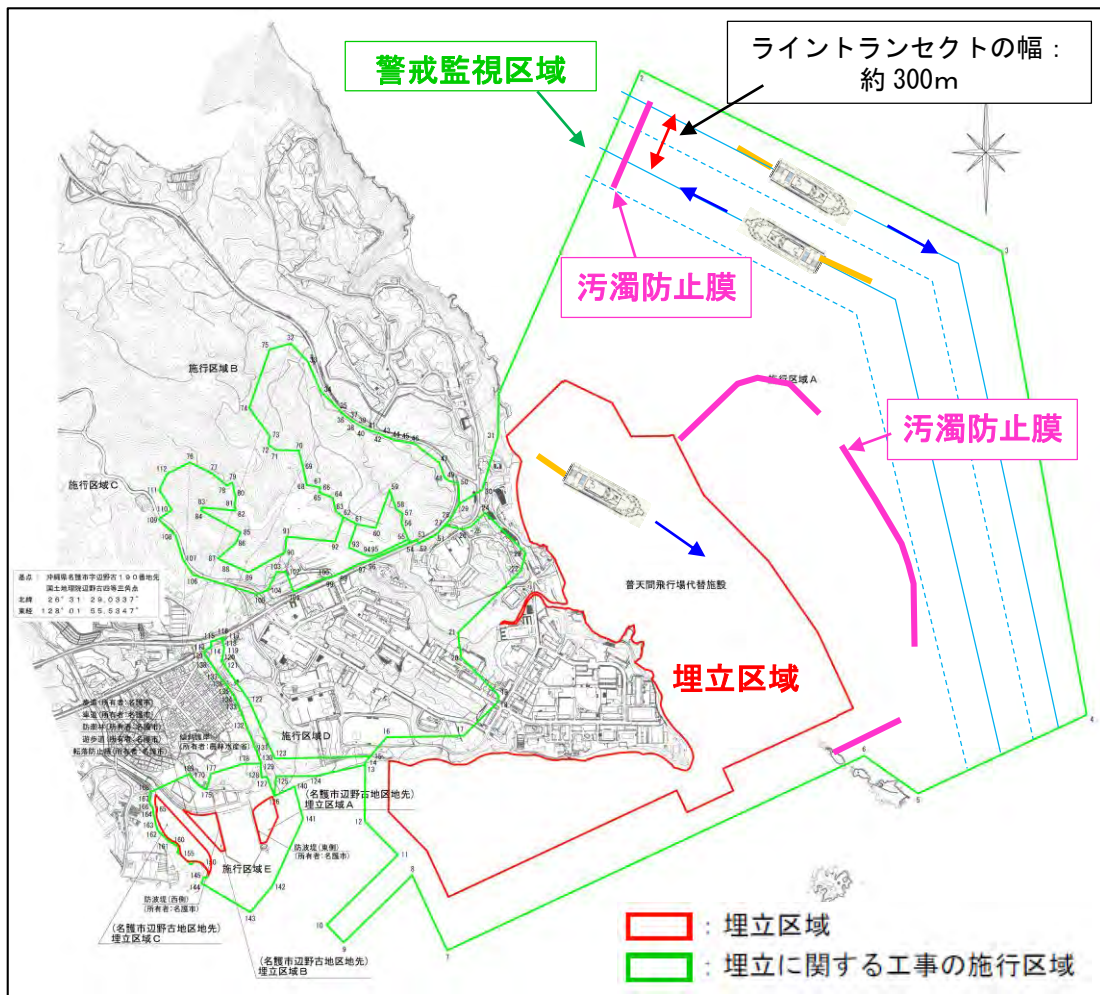


図-5.2.1 工事海域監視・警戒サブシステムの監視用プラットフォーム船の配置案 (工事着手前)

注) 本図は、工事開始当初の時期における配置案のイメージを示す。工事の進捗に応じて適切な配置に随時変更することとする。

## 2) 工事着手後

工事着手後は、警戒監視区域外の大浦湾全域及び嘉陽地先西側海域を含む海域を監視区域とし、図-5.2.2 に示したように監視区域内を3つに区分して3隻の監視用プラットフォーム船が各区域内をラインランセクト法（幅約300m）で移動しながら監視する。なお、ヘリコプターによる生息確認調査が実施される日においては、ヘリコプターからの確認情報に基づいて適宜配置を変更することとする。また、ジュゴンの大浦湾内への来遊がよく確認される時間帯（午後2時頃以降）は、大浦湾東側でのライン上に監視用プラットフォーム船を固定し監視する方法についても検討し実施する。（図-5.2.3 参照）

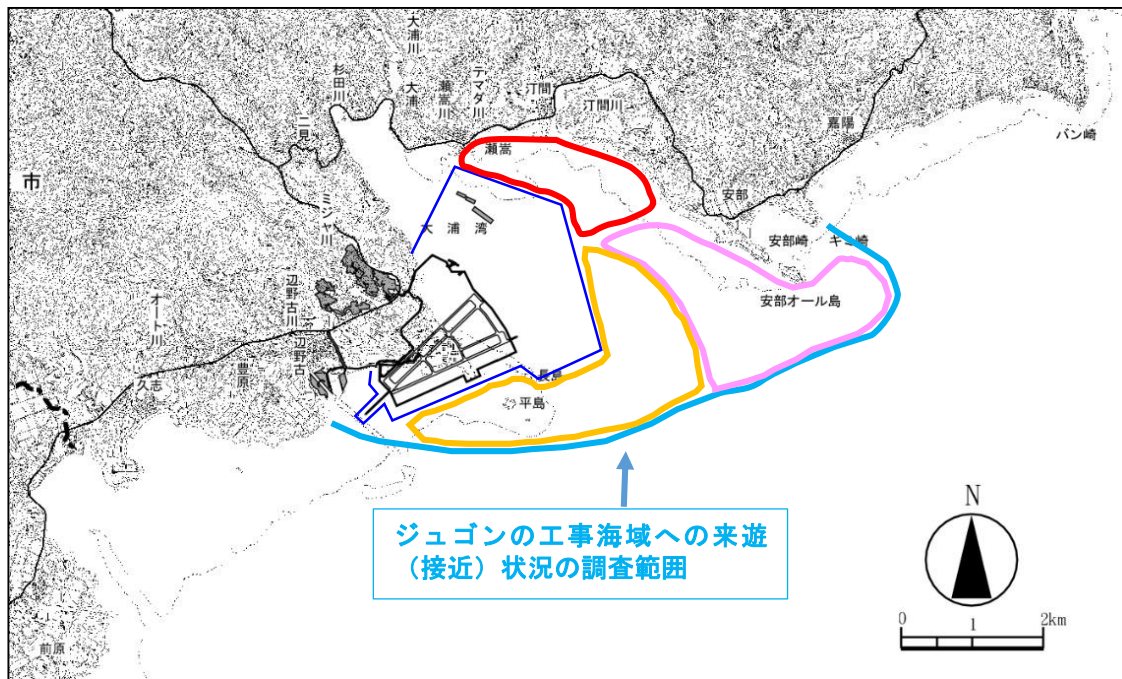





図-5.2.2 工事海域監視・警戒サブシステムの監視用プラットフォーム船の配置案（工事着手後、移動監視）

【凡例】    : 各プラットフォーム船の監視範囲

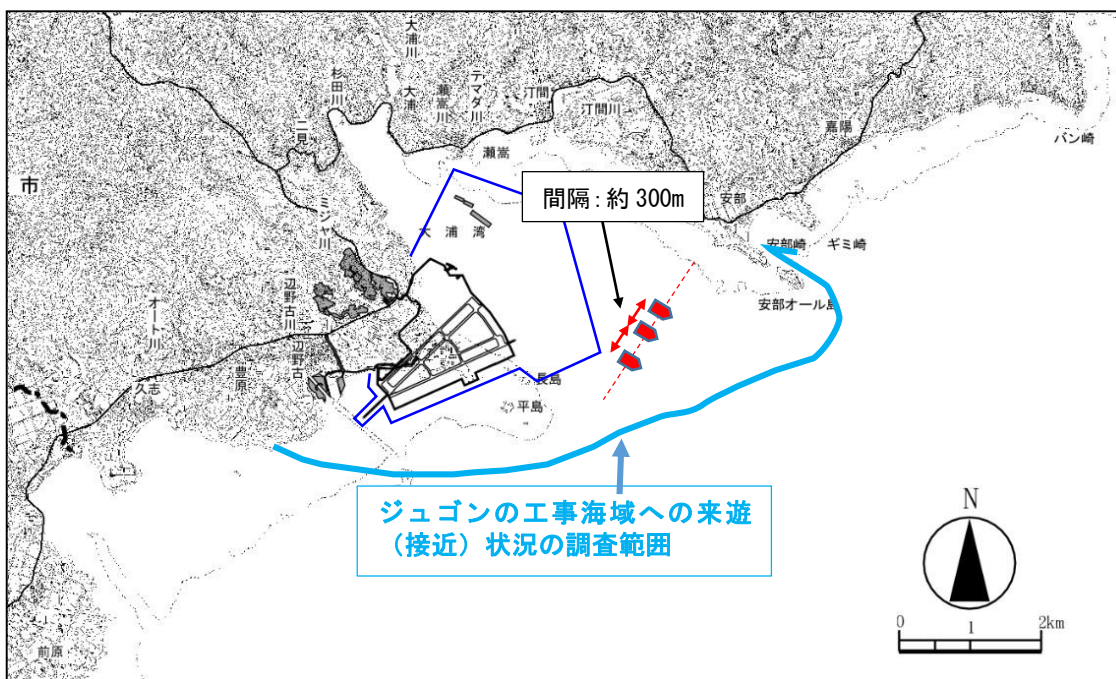



図-5.2.3 工事海域監視・警戒サブシステムの監視用プラットフォーム船の配置案  
(工事着手後、固定点での監視)

【凡例】  : 監視用プラットフォーム船

## (2) システムの運用計画

### 1) 工事着手前

工事着手前の監視・警戒システムの運用計画案を以下に示す。なお、システムの運用は、事業実施後に現地で運用しながら、適宜修正を加えることとする。

- ① 各監視用プラットフォーム船がライントランセクト法により、警戒監視区域内の所定のラインに沿って曳航式 hidroホンにより水中音を録音しながらモニターする。
- ② ジュゴンを積極的に鳴き返させることにより存在の検出率の向上を図るため、監視中、一定時間ごとにジュゴンの鳴音を放音する。
- ③ hidroホンで集音した水中音は船上の監視員がヘッドホンによりモニターするとともに、船上に装備したジュゴン鳴音検出装置にかけ、ジュゴンの鳴音探知を行う。
- ④ 鳴音が警戒監視区域内で探知された場合、その情報をデータ解析センターで待機する情報集約者に連絡するとともに、情報集約者は工事監督官に連絡する。工事監督官は、施工責任者と協議し、当日の工事の内容を踏まえて、工事開始の延期等の判断を行う。
- ④ 鳴音を探知した監視用プラットフォーム船は継続してジュゴンの鳴音探知とスキヤニングソナーによるジュゴン映像の探知を行う。他の監視用プラットフォーム船は、データ解析センターからの連絡により、鳴音探知した監視用プラットフォーム船の周辺に移動し、ジュゴンの鳴音探知とスキヤ

ニングソナーによるジュゴン映像の探知を行う。

- ⑤ ジュゴンが警戒監視区域の外に出たことが確認された段階で、監視用プラットフォーム船は情報集約者に連絡し、情報集約者は工事監督官に連絡する。工事監督官は、施工責任者と協議し、当日の工事の内容を踏まえて、工事開始の判断を行う。

## 2) 工事着手後

工事着手後の監視・警戒システムの運用計画案を以下に示す。なお、システムの運用は、事業実施後に現地で運用しながら、適宜修正を加えることとする。

- ① 工事着手後は、大浦湾全域及び嘉陽地先西側海域を含む海域を調査範囲とし、3隻の監視用プラットフォーム船が曳航式 hidroホンによりライントランセクト法で水中音をモニターするとともに、スキヤニングソナーによるジュゴン映像の探知を行う。
- ② ジュゴンの大浦湾内への来遊がよく確認される時間帯（午後 2 時頃以降）は、大浦湾東側でのライン上に監視用プラットフォーム船を固定し監視する方法も検討し実施する。
- ③ hidroホンで集音した水中音は、船上の監視員がヘッドホンによりモニターするとともに、船上に装備したジュゴン鳴音検出装置にかけ、ジュゴンの鳴音探知を行う。
- ④ 鳴音が探知された場合は、データ解析センターで待機する情報集約者に確認位置情報を伝え、情報集約者は、ジュゴン確認情報を工事監督官に連絡する。
- ⑤ 鳴音を探知した監視用プラットフォーム船は継続してジュゴンの鳴音探知とスキヤニングソナーによるジュゴン映像の探知を行う。他の監視用プラットフォーム船は、データ解析センターからの連絡により、鳴音探知した監視用プラットフォーム船の周辺に移動し、ジュゴンの鳴音探知とスキヤニングソナーによるジュゴン映像の探知を行う。
- ⑥ ジュゴンが警戒監視区域内への接近が確認された場合は、情報集約者に連絡し、情報集約者は工事監督官に連絡する。工事監督官は、施工責任者と協議し、当日の工事の内容を踏まえて、工事の休止等の判断を行う。
- ⑦ 監視用プラットフォーム船は、継続して水中音とスキヤニングソナーによるジュゴン映像の探知を行い、ジュゴンが警戒監視区域から離れたことが確認されると、情報集約者に連絡する。情報集約者から連絡を受けた工事監督官は、施工責任者と協議し、当日の工事の内容を踏まえて、工事再開の判断を行う。

### (3) データの回収・処理方法

工事海域監視・警戒サブシステムにより得られたデータの回収・処理方法を以下に示す。

#### 1) 水中音（鳴音）データの処理

- ① 水中音データを収録した SD カードをデータ解析センターに運び、ハードディスクに転送・保存する。
- ② 鳴音検出装置でジュゴン鳴音と探知した音（警報発信時）を調査員が聴き、ジュゴンの鳴音であったかの判断を行い、警報発信時にジュゴン鳴音と正しく探知された率を算定する。
- ③ ジュゴンの鳴音と判断された部分の録音データを別途保存し、ジュゴンの音声カタログ作成のために保存する。

#### 2) ソナー映像の処理

- ① スキャニングソナーでの映像を RGB 出力させて PC に取り込んだデータをデータ解析センターに運び、ハードディスクに転送・保存する。
- ② ジュゴン個体の反射画像がとらえられた際のスキャニングソナーの設定条件（レンジ、俯角、感度等）を整理し、監視区域におけるソナー使用の最適設定の検討を行う。

#### 3) 鳴音データとソナー映像によるジュゴン確認位置情報の統合

- ・鳴音データによるジュゴンの推定位置及びスキャニングソナーによるジュゴンの推定位置を同一図面に落とし、毎日の確認位置情報データベースに保存する。

## 5.2.2 生息・移動監視・警戒サブシステム

### (1) システムの具体的な配置

生息・移動監視・警戒サブシステムについては、海域ごとに以下のような配置を想定しているが、工事海域監視・警戒サブシステムの運用開始後、その運用状況を踏まえて、改めて具体的な設置場所の検証をした後に設置することとする。

#### 1) 嘉陽地先海域

嘉陽地先海域における生息・移動監視・警戒サブシステムの配置位置案を図-5.2.4に示す。

嘉陽地先海域においては、追跡調査によるジュゴンの確認情報を踏まえて、確認頻度が高い安部崎沖、嘉陽西部、嘉陽中央部に各々1地点を配置するとともに、大浦湾内に進入した場合を想定して警戒監視区域の外周部（フロート・ブイの設置箇所）に2地点の計5地点を配置する。

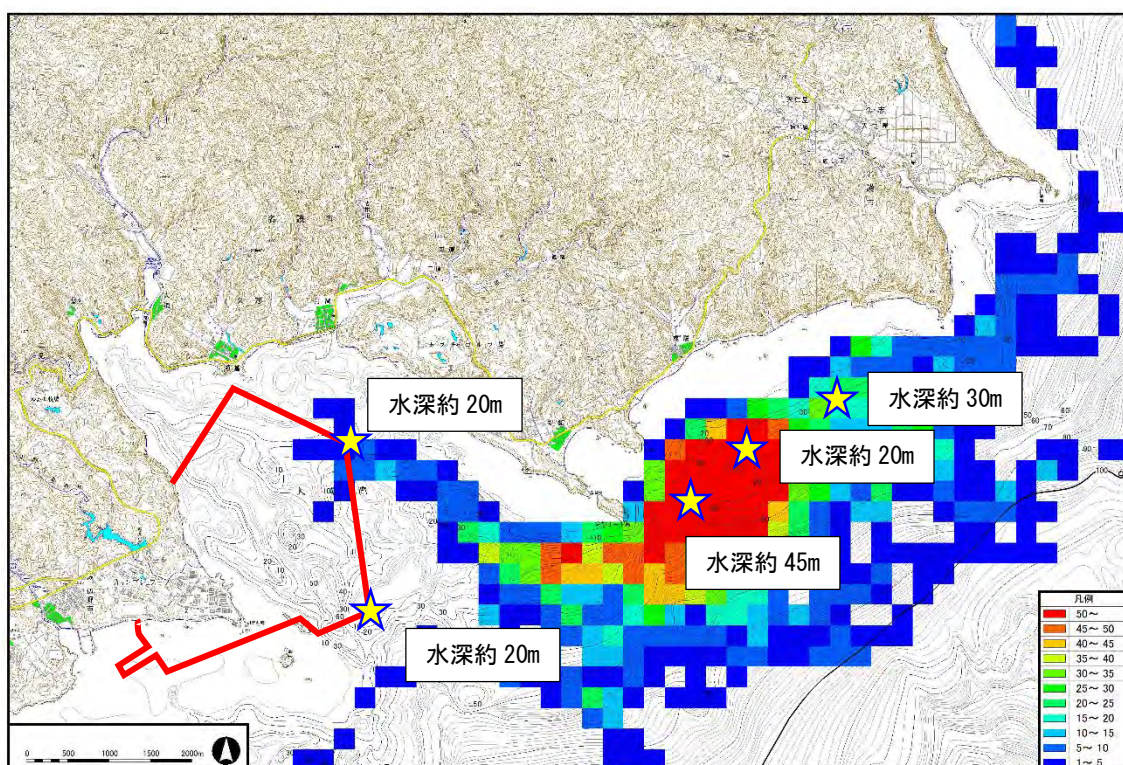


図-5.2.4 生息・移動監視・警戒サブシステムの配置位置案  
(嘉陽地先海域)

【凡例】★：水中録音装置設置地点

注) 本図のメッシュ図は、嘉陽地先海域周辺での追跡調査（平成19年8月～平成24年1月）で得られた5分毎の確認位置を1回の利用とみなして、ジュゴンの確認回数を格子毎に積算した結果を示す。格子間隔は250m。

2) 安田地先及び辺戸岬地先海域

安田地先及び辺戸岬地先海域における生息・移動監視・警戒サブシステムの配置位置案を図-5.2.5に示す。

安田地先及び辺戸岬地先海域においては、これまでジュゴンの移動が確認されている経路上に5地点配置することとする。

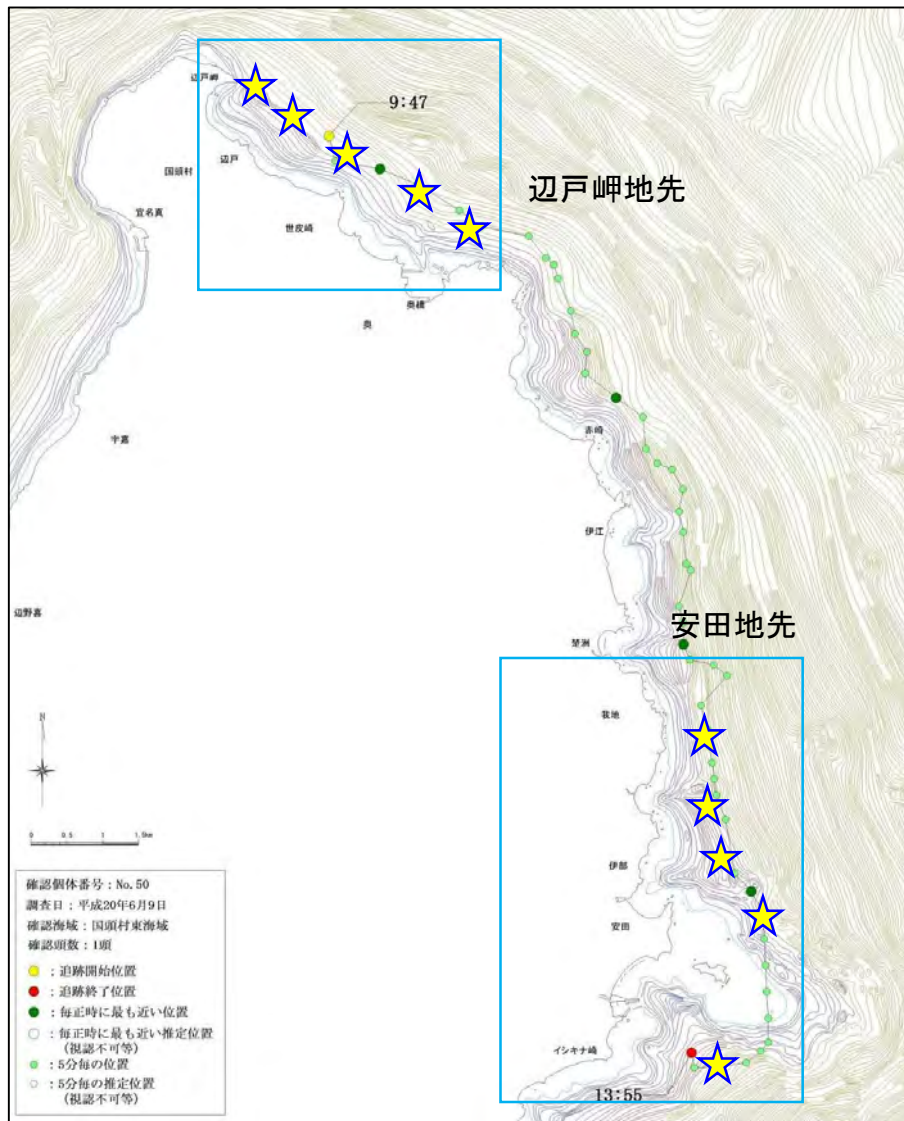


図-5.2.5 生息・移動監視・警戒サブシステムの配置位置案  
(安田地先・辺戸岬地先海域)

【凡例】★：水中録音装置設置地点

### 3) 古宇利島沖

古宇利島沖における生息・移動監視・警戒サブシステムの配置位置案を図-5.2.6に示す。

古宇利島沖においては、追跡調査によるジュゴンの確認情報を踏まえて、確認頻度の高い区域内に南北方向に5地点を配置する。

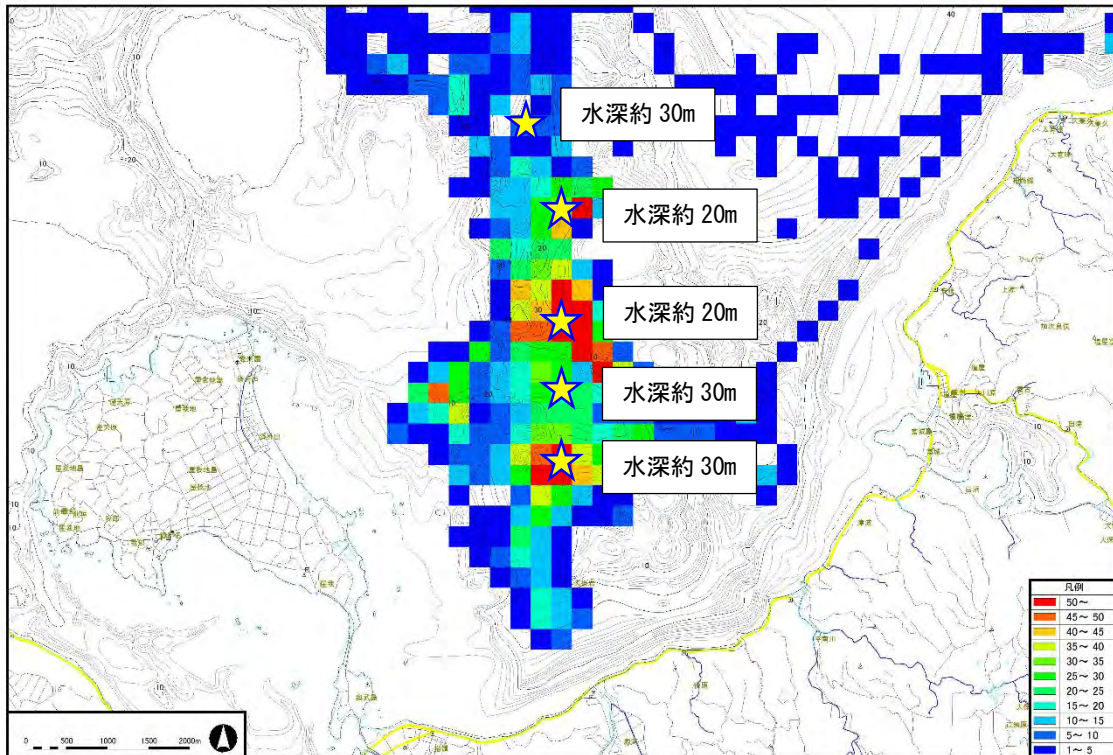


図-5.2.6 生息・移動監視・警戒サブシステムの配置位置案（古宇利島沖）

【凡例】★：水中録音装置設置場所

注) 本図のメッシュ図は、古宇利島沖周辺での追跡調査（平成19年8月～平成24年1月）で得られた5分毎の確認位置を1回の利用とみなして、ジュゴンの確認回数を格子毎に積算した結果を示す。格子間隔は250m。

### (2) システムの運用計画

生息・移動監視警戒サブシステムの運用計画案を以下に示す。なお、システムの運用は、事業実施後に現地で運用しながら、適宜修正を加えることとする。

- ① 各地点に水中録音装置を設置する。
- ② 水中録音装置は、海中設置方式（中層立ち上げ式）で設置する。
- ③ 10日毎に水中録音装置を回収し、磁気記録(SDカード)の回収と電池の交換を行う。

### (3) データの回収・処理方法

生息・移動監視・警戒サブシステムにより得られたデータの回収・処理方法を以下に示す。

- ① 水中音データを収録した SD カードをデータ解析センターに運び、ハードディスクに転送・保存する。
- ② 保存した水中音データをジュゴン鳴音検出装置にかけ、ジュゴン鳴音の有無を探知する。
- ③ ジュゴンの鳴音と判断された部分の録音データを別途保存し、ジュゴンの音声カタログ作成のために保存する。
- ④ ジュゴンの鳴音と判断されたデータを確認地点毎に整理するとともに、同一図面に日毎のジュゴン確認情報及びヘリコプターによる確認情報を整理し、ジュゴンの生息・移動状況を把握する。