

図-6.16.1.86 ジュゴン全個体の海域利用頻度【事業実施区域周辺】(平成19年8月～平成24年1月)

注) 追跡調査で得られた5分毎の確認位置(資料編参照)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ました(格子間隔は250m)。

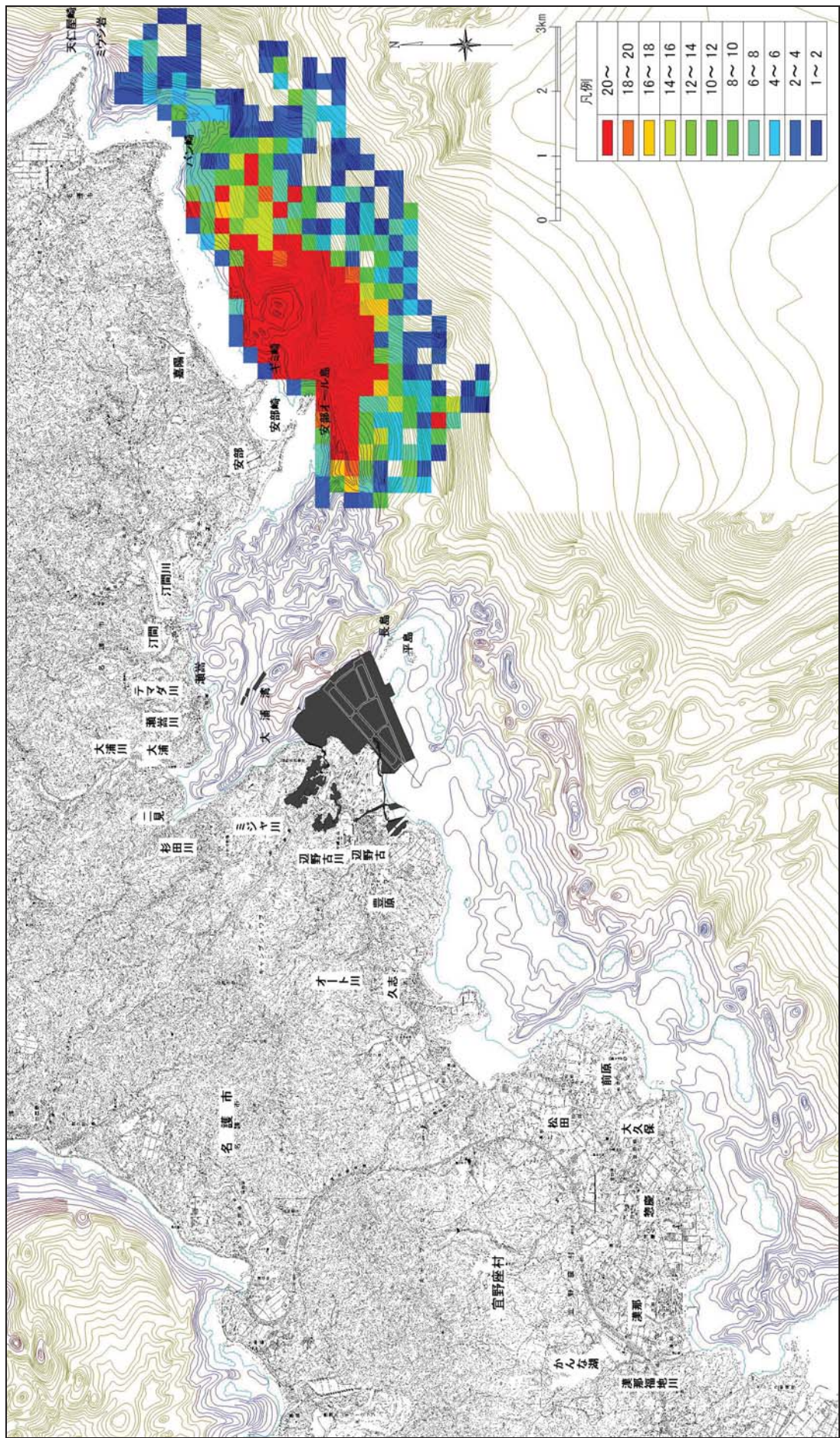


図-6.16.1.87(1) ジュゴン個体 A の海域利用頻度【事業実施区域周辺】(平成 19 年 8 月 ~ 平成 24 年 1 月)

注) 追跡調査で得られた 5 分毎の確認位置 (資料編参照) 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ました (格子間隔は 250m)。

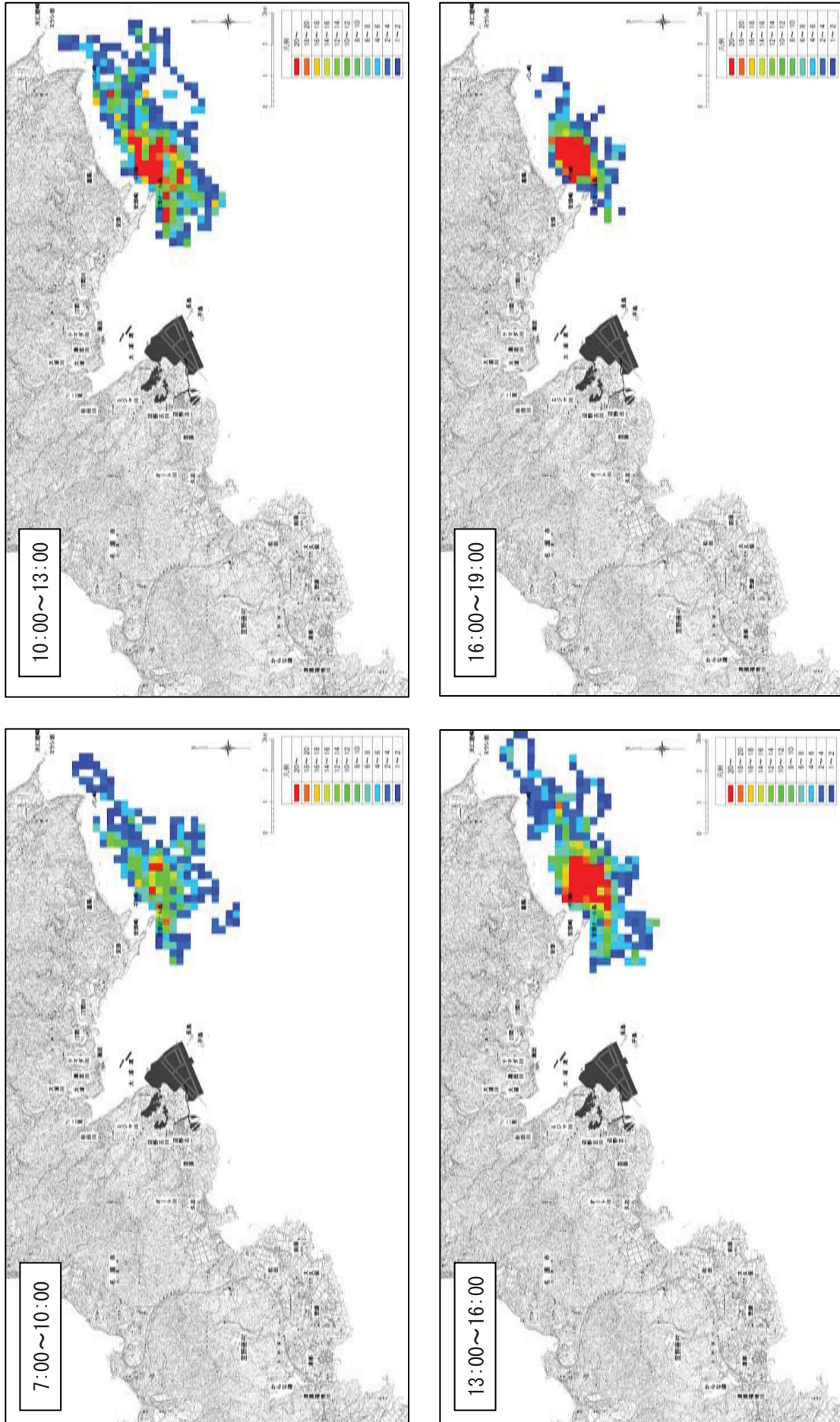


図-6.16.1.87(2) ジュゴン個体Aの海域利用頻度【事業実施区域周辺、時間帯別】(平成19年8月～平成24年1月)

注) 追跡調査で得られた5分毎の確認位置(資料編参照)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ました(格子間隔は250m)。

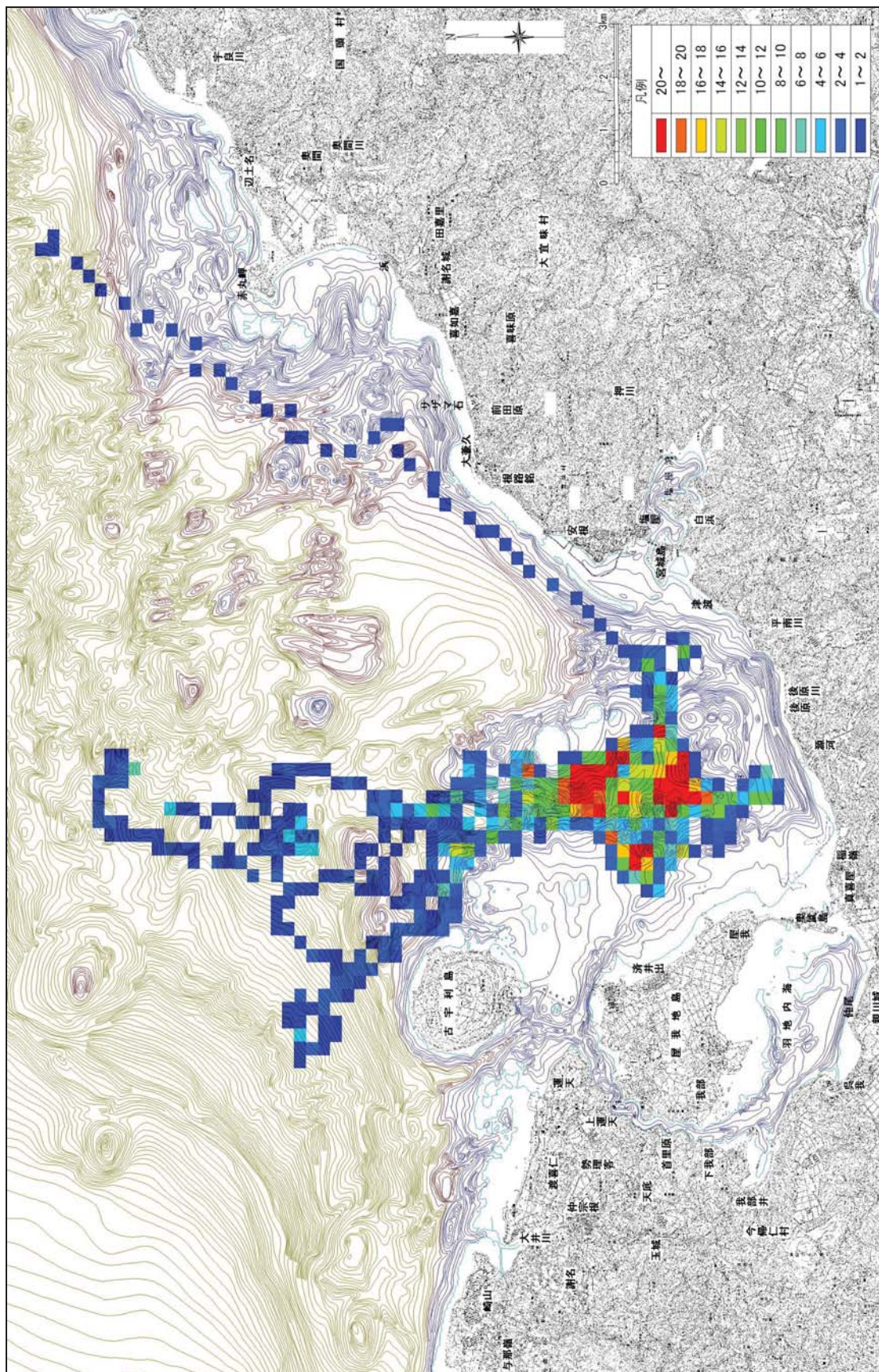


図-6.16.1.88 ジュゴン個体Bの海域利用頻度【古宇利島沖】(平成19年8月～平成24年1月)

注) 追跡調査で得られた5分毎の確認位置(資料編参照)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ました(格子間隔は250m)。

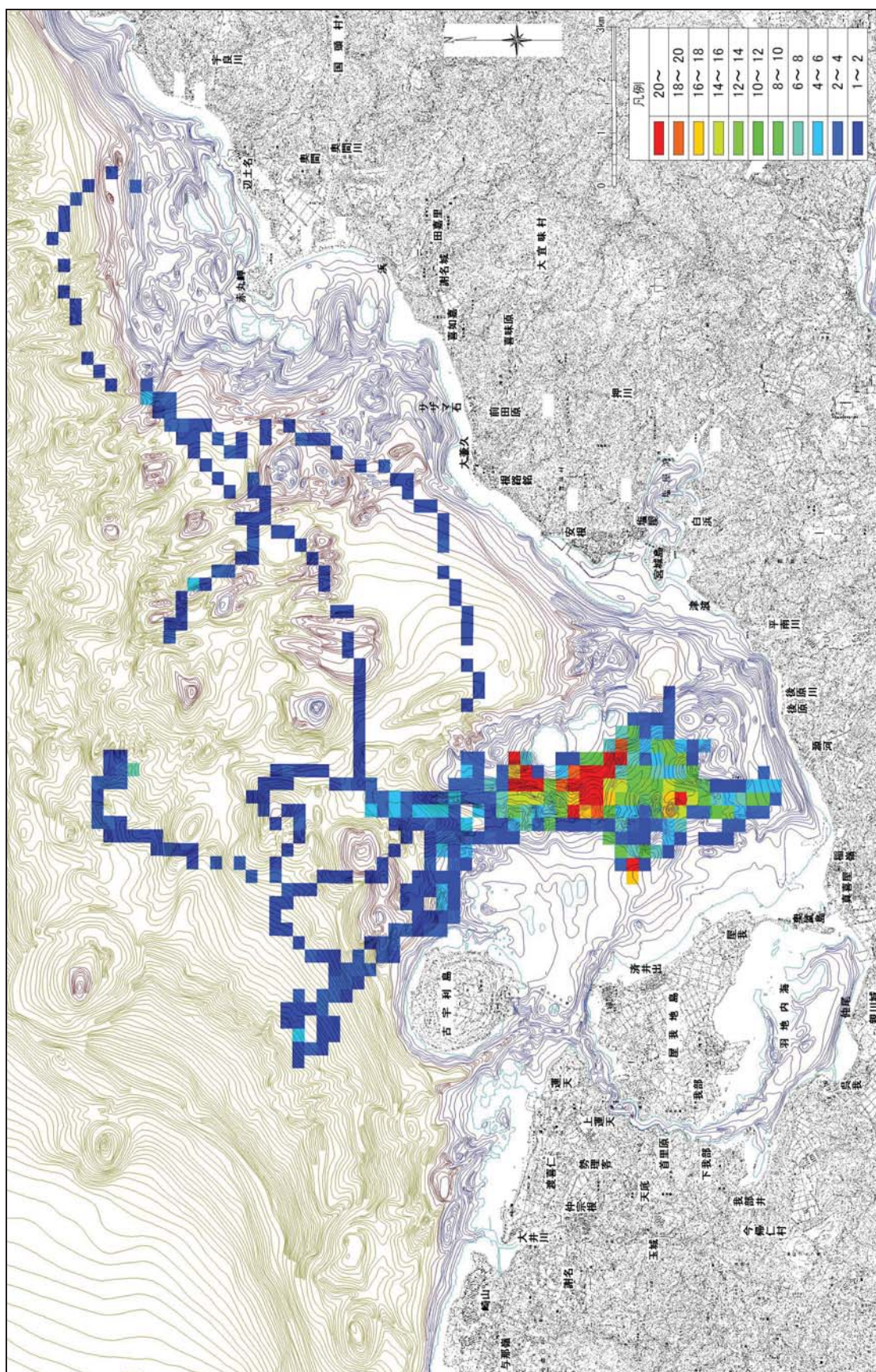


図-6.16.1.89(1) ジュゴン个体Cの海域利用頻度【古宇利島沖】(平成19年8月~平成24年1月)

注) 追跡調査で得られた5分毎の確認位置(資料編参照)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ました(格子間隔は250m)。

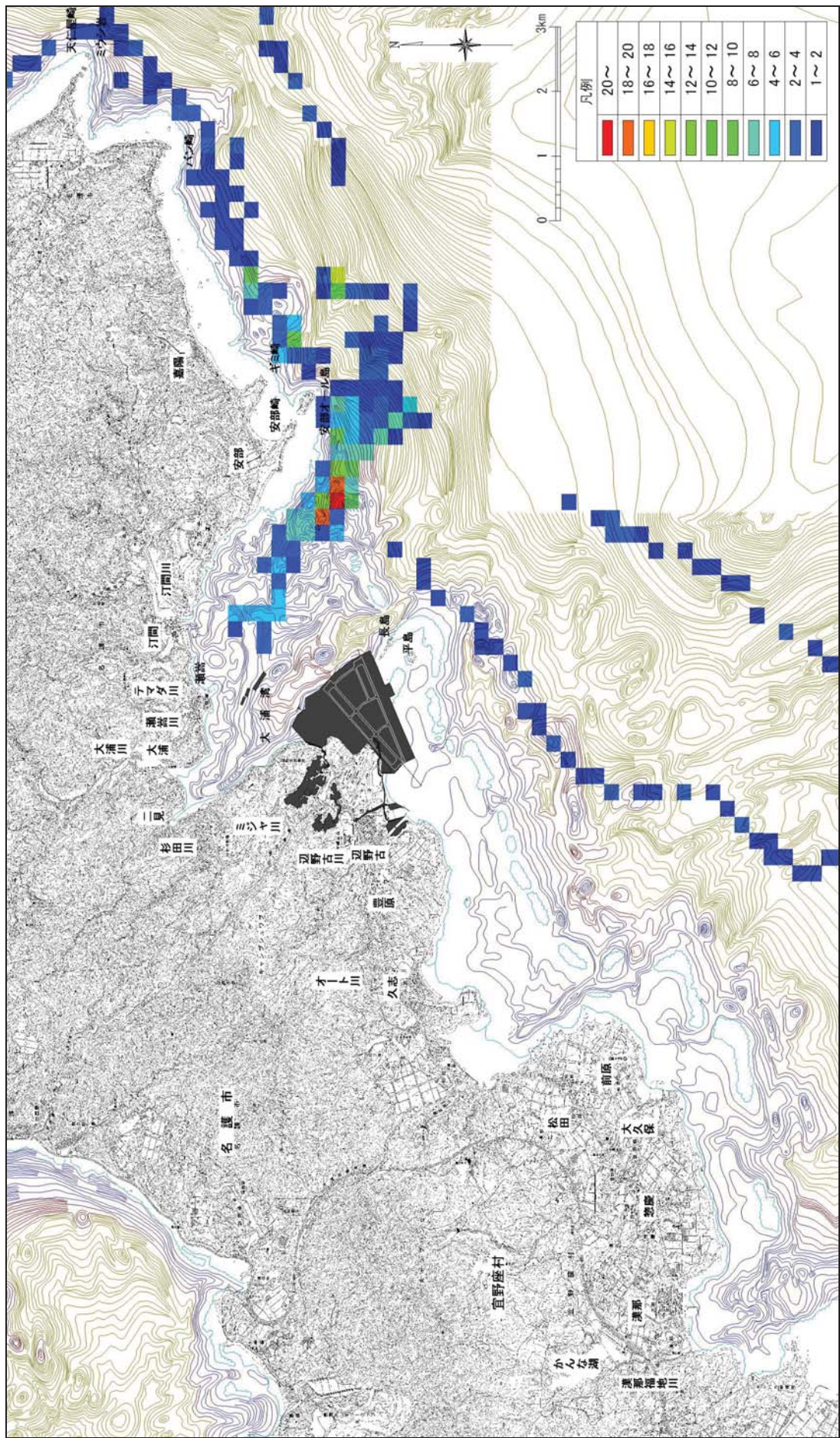


図-6.16.1.89(2) ジュゴン個体Cの海域利用頻度【事業実施区域周辺】(平成19年8月～平成24年1月)

注) 追跡調査で得られた5分毎の確認位置(資料編参照)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ました(格子間隔は250m)。

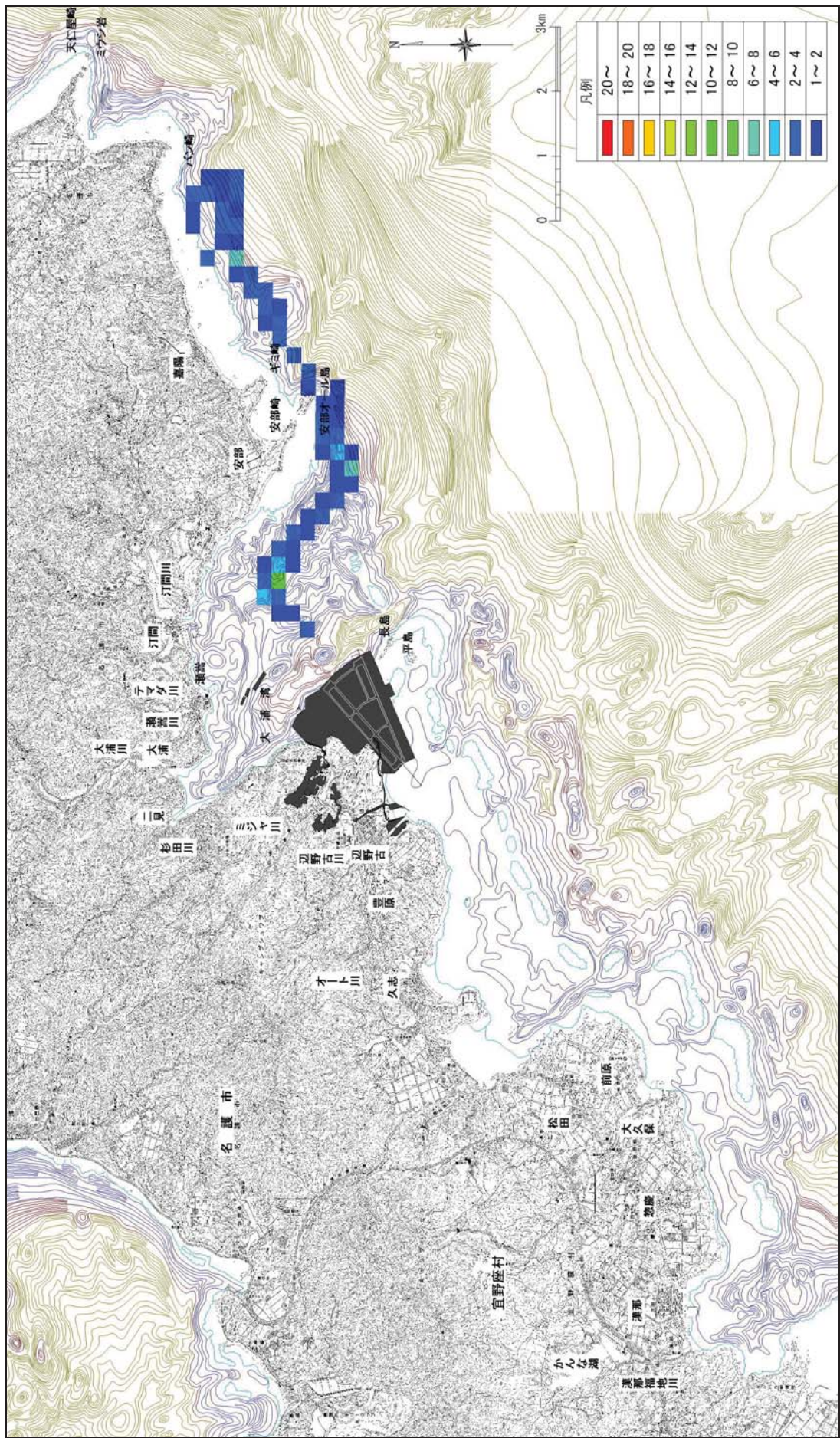


図-6.16.1.90 ジュゴン不明個体の海域利用頻度【事業実施区域周辺】(平成19年8月～平成24年1月)

注) 追跡調査で得られた5分毎の確認位置(資料編参照)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ました(格子間隔は250m)。

(b) 沖縄島沿岸に常在すると推定された3頭のジュゴンの個体別の特徴

前記の解析結果も踏まえると、沖縄島沿岸に常在すると推定された3頭のジュゴン（個体A～C）の個体別の特徴は以下のように推察されます。

a) 個体A

- ・当該個体が初めて尾鰭の欠損の特徴によって確認されたのは平成15年11月であり、その当時においてすでに十分な成体であると考えられたことから、現在の年齢は18歳以上であると考えられます。
- ・当該個体は、平成15年度の環境省による調査で嘉陽沖での生息が確認されて以降、平成19～23年度の調査においても嘉陽沖だけで観察されており、他海域に移動することはほとんどないと考えられます（図-6.16.1.82参照）。
- ・餌場は、食跡の確認状況より嘉陽地先のリーフ内に生育する海草藻場であると考えられます。
- ・嘉陽沖には礁縁近くの沖合側に浅瀬が存在し、その近くの礁原に水深が深く岸側に切れ込んだ地形の場所がみられます。追跡調査の結果によると、ジュゴンは昼間は沖合におり、夕刻になるとその浅瀬や切り込みの箇所に近づく行動が頻繁に観察されており、この付近が重要な移動経路となっているものと考えられます。また、夕刻になると食跡が確認されている浅場の海草藻場の方向に近づく行動を示していることは、嘉陽沖の個体が夜間に採食活動を行っている可能性を示しています。
- ・海草藻場への来遊を確認するための補足的な調査として、水中ビデオ及びパッシブソナーによる調査を実施しましたが、嘉陽沿岸域に設置した水中ビデオにより、夕方の時間帯にリーフ外からリーフ内へ遊泳していく様子や、早朝の時間帯にリーフ内からリーフ外へ遊泳していく様子が確認されるとともに、パッシブソナーにより、ジュゴンのものと思われる咀嚼音や鳴音が夕刻以降もしくは早朝の時間帯に収録されました。これらの結果は、上記の行動特性を裏付けるものと考えられます。
- ・当該個体はウミガメ類を執拗に追いかけて、前脚で捕まえるという雄が示す特徴的な行動が追跡調査により確認されていましたが、平成21年6月19日の追跡調査では生殖器が確認され、同個体が雄であることが判明しました。

b) 個体B

- ・初めて当該個体が確認されたのは平成17年2月です。十分に成熟し、後述する個体Cの親と推定できることから、現在は16歳以上であると考えられます。
- ・餌場は古宇利島東側の海草藻場であり、この場を離れることはほとんどありませんが、本調査では辺戸岬を越え、沖縄島北部の東側沿岸まで遊泳してい

たことが観察されています（図-6.16.1.83参照）。

- ・平成 20 年度までは個体 C と一緒に遊泳する状況が頻繁に観察されています。ジュゴンで群れを形成するのは雌とその子供とされているため、個体 C の母親と推定されます。
- ・古宇利島沖ではマツバウミジグサのような柔らかい海草が生育しており、地形的条件からみて波も穏やかであり、子供を保育するには適した場所であると考えられます。
- ・平成 19 年 6 月のテレビ報道によって嘉陽沖で撮影された 2 頭のジュゴンは、この親子の可能性が考えられ、古宇利島を主な生息域としていますが、嘉陽沖まで移動した可能性があります。

c) 個体 C

- ・当該個体は個体 B とともに平成 17 年 2 月に初めて確認され、その時すでに産出されて 2～3 年を経ているとみられ、9～10 歳であると考えられます。
- ・体長は、平成 17 年の発見時には母親と考えられる個体 B と顕著に体の大きさが異なっていました。平成 20 年度の現地調査では個体 B の 80～90% にまで成長していることが観察され、現在も成長の過程にあると考えられます。
- ・平成 20 年度までは、母親である個体 B とともに主に古宇利島沖の海草藻場を生息域としていましたが、平成 20 年度には時折大きく移動し、9 月には大浦湾東部海域にまで遊泳してきたことが確認されています（図-6.16.1.84参照）。
- ・平成 21～22 年度の調査では、個体 B とともに古宇利島沖で確認されることはなく、単独で、嘉陽沖を中心としたバン崎から安部崎を経て大浦湾内へ至る海域を遊泳していたことなどが確認されています（図-6.16.1.84(2)参照）。
- ・年齢が 9～10 歳となり、体も大きくなっており、現在は母親と考えられる個体 B から離れて単独で生活するようになってきていると推測されます。
- ・平成 21 年度には、大浦湾西部の辺野古地区及び大浦湾奥部において、個体 C によるものと考えられる食跡が確認されました。これらは平成 19 年度以降、安部・嘉陽地区以外で確認された初めての食跡です。また、嘉陽地区においても食跡数が増加しており、個体 C によるものであると推測されます。
- ・嘉陽沖における追跡調査結果によると、天仁屋崎周辺から大浦湾東側海域に至る範囲において、海岸線に沿って東側から南西方向に移動するパターンが多くみられ、安部崎周辺から大浦湾奥に移動する状況も観察されています。
- ・平成 23 年度には 5 月に嘉陽沖で、9 月には古宇利島沖で確認されています。
- ・平成 19 年度から 23 年度までの調査で確認されたジュゴンの出現状況は表-6.16.1.45に示すとおりであり、個体 C と識別された個体の出現頻度は 40 回で、うち古宇利島沖で 29 回、嘉陽沖で 11 回確認されていますが、平成 21 年

6.16.2 予測

6.16.2.1 工事の実施

(1) 予測の概要

対象事業における工事の実施がジュゴンに及ぼす影響の予測概要を表-6.16.2.1.1に示します。工事の実施がジュゴンに及ぼす影響については、工事中の水の濁り、騒音・振動、夜間照明及び作業船の航行によるジュゴンの生息環境及び行動に及ぼす影響を予測しました。

表-6.16.2.1.1 予測概要（工事の実施）

項目	内容
予測項目	工事の実施に伴うジュゴンの生息環境及び行動に及ぼす影響
影響要因	護岸の工事 ・代替施設本体の護岸工事 ・辺野古地先水面作業ヤードの工事 ・海上ヤードの工事 ・工事中仮設道路の工事 埋立ての工事 ・代替施設本体の埋立工事 ・埋立土砂発生区域における土砂の採取 ・工事中仮設道路の工事 ・美謝川の切替え工事 造成等の施工による一時的な影響 ・代替施設本体における造成等の施工 ・進入灯の工事
予測地域	ジュゴンの特性及び餌場となる海草藻場の特性を踏まえ、影響要因ごとにジュゴンに係る環境影響を受けるおそれがあると認められる地域としました。
予測対象時期	工事の実施に伴う水の濁り、騒音・振動、夜間照明、作業船の航行による影響が最大となり、ジュゴンに及ぼす影響が適切に予測できる時期としました。

(2) 予測方法

ジュゴンへの影響予測は、調査結果に基づくジュゴンの生息状況と、工事の実施による生息環境の改変の程度を踏まえて、既往知見等を参考にして行いました。

(3) 予測結果

1) 水の濁り

工事中の濁りの拡散状況については「6.7 土砂による水の濁り」で予測しています。予測結果によると、濁りは汚濁防止膜の開口部から拡散し、SS濃度が水産用水基準（(社)日本水産資源保護協会 2006）で定められている2mg/L以上となる範囲は施工区域の周辺に限られ、ジュゴンの生息が頻繁に確認されている嘉陽地先の海域には濁りはほとんど拡散しないものと予測されています。

また、嘉陽沖を主な生息域とする個体A及び平成20年度より嘉陽沖や大浦湾で確認されるようになった個体Cは、いずれも嘉陽地先のリーフ内の海草藻場を主な餌場に行っていると推察されていますが、濁りは嘉陽地先の海草藻場にはほとんど拡散しないものと予測されています。

このため、工事中の濁りがジュゴンの生息環境や餌場とする海草藻場の生育環境に影響を与えることはほとんどないと考えられます。

(資料)

社団法人日本水産資源保護協会(2006). 水産用水基準(2005年版).

2) 騒音

工事区域において発生される騒音のうち、空中音はほとんど反射して水中には入らないと考えられます。このため、ここでは工事に伴う水中音がジュゴンに及ぼす影響について予測しました。

(a) 水中音の評価基準

ジュゴンは音に対して敏感と言われていますが、ジュゴンに対する水中音の知見は少なく、逃避等の影響を及ぼす音圧レベルを直接的に調査した事例はほとんどみられません。ジュゴンと水中音に関する調査事例としては、オーストラリアのモートン湾において漁網への混獲防止を図るために行われた調査事例 (Hodgson 2004) があり、ピンガー (信号発信器) から発信した音圧レベル 133dB (音源より 1m) の音 (周波数 10kHz) を 10 分間発信し、発信前 10 分間と発信後 10 分間のジュゴンの位置を記録し比較した結果では、ジュゴンの行動に有意な変化を与えないことが確認されています。

また、ジュゴンは鳴音により他の個体とのコミュニケーションを図っていると考えられていますが、鳴音の周波数分析の結果によると、3~18kHz の帯域幅を含むと推察されています (Anderson & Barclay 1995)。さらに、タイ・タリボン島周辺海域においてジュゴンの鳴音を収録し距離減衰より音源音圧レベルを推定した結果によると、音源の音圧レベルは 114~130dB の範囲にあり、平均 121.8dB と報告されています ((社)日本水産資源保護協会, 2003)。

以上のように、ジュゴンに対する水中音の知見は少なく、ジュゴンに関する知見だけでは水中音の影響の評価基準を設定することが困難と考えられたため、クジラ類やイルカ類などの海産哺乳類の水中音に関する影響レベルの知見を収集整理し、それらを参考としてジュゴンの水中音の影響レベルを検討することとしました。

海産哺乳類の水中音による影響レベルについては、2007 年に米国海洋大気庁海洋漁業局の研究者らが、これまでのデータを総合的に整理し、クジラ目と鰭脚類に対する騒音の評価基準を提案しています (Southall et al, 2007)。

Southall ら(2007)による海産哺乳類に対する水中音の評価基準は、下記のような観点でとりまとめられています。

1. 水中音による影響は、「障害 (聴覚障害など)」と「行動阻害」の 2 つの観点から評価する。
2. 水中音の種類は、パルス音と非パルス音に区別する。
3. クジラ目については、各種の可聴域をもとに、3 つのグループ (低周波数帯域・中周波数帯域・高周波数帯域のクジラ目) に分け、それぞれの周波数

特性に応じた重み付けを行い、基準値を設定する（周波数重み付け関数は図-6.16.2.1.1参照）。

4. 基準値は、音圧レベル (SPL) と、曝露時間を考慮した騒音曝露レベル (SEL) により設定する。

この評価基準は、近年、洋上風力発電の建設による騒音が海産哺乳類に及ぼす影響を評価する際に用いられたり、オーストラリアでの海洋土木工事の環境影響評価ではこの基準を参考にしてジュゴンに対する影響を評価している事例がみられます。この評価基準は、海産哺乳類の可聴域の周波数特性を考慮して設定しており、ジュゴンに対しても、ジュゴンの可聴域に関する知見をもとにすることにより適用できるものと考えられます。そこで、本事業におけるジュゴンに対する水中音の影響を評価する基準について、この基準の考え方を参考にして設定することとしました。基準の設定方針を以下に示します。

1. 水中音による影響を、「障害」と「行動障害」の2つの観点から行います。
2. 本事業での主要な音源のうち、杭打ちはパルス音、捨て石、浚渫、船舶騒音は非パルス音として扱います。
3. ジュゴンの可聴音域は、鳴音の周波数特性 (Anderson and Barclay, 1995) から 3kHz から 18kHz の範囲を含むと推定されている (Hodgson, 2004) ことから、中周波数帯域のクジラ目について提案されている基準値を参考とします。Southall ら(2007)がとりまとめた海産哺乳類の評価基準のうち、ジュゴンに適用できると考えられる中周波数帯域のクジラ目の評価基準を表-6.16.2.1.2に示しました。ここでは、杭打ち工事による音は多数パルス音、捨て石、浚渫、船舶騒音は非パルス音として整理しました。
4. 基準値は、音圧レベル (SPL) と、曝露時間を考慮した騒音曝露レベル (SEL) により設定します。
5. 行動障害に関する影響レベルは、大浦湾内の水中音の測定結果による音圧レベルが 113~124dB (平均 119dB) (海面下 0.5m 層、等価騒音レベル (Leq)) であったこと、ジュゴンの鳴音の音圧レベルが平均 122dB 程度と推定されること、及び Southall ら(2007)が整理した行動障害に関する実験データを参考にして、120dB に設定します。

以上の方針にもとづき設定したジュゴンに対する水中音の評価基準を表-6.16.2.1.3に示します。

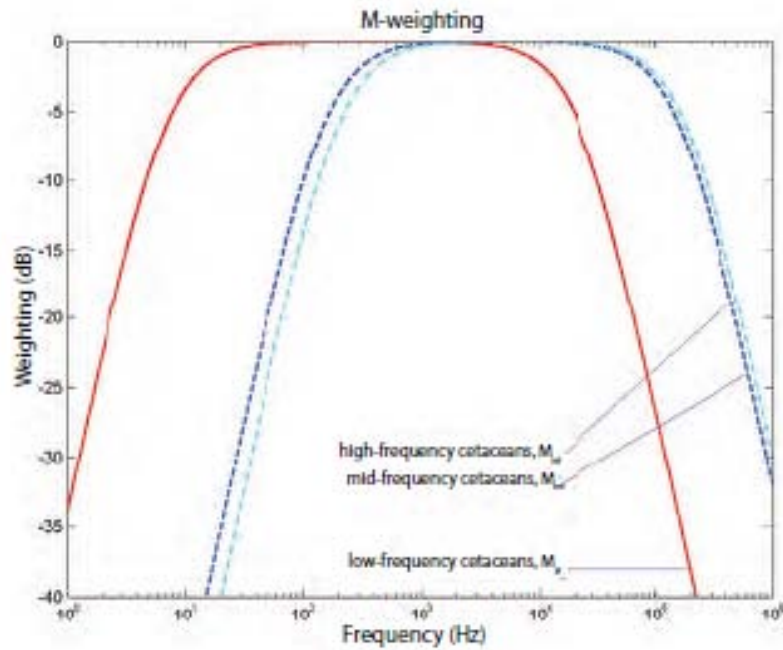


図-6.16.2.1.1 クジラ目の3つのグループに対する周波数重み付け関数

表-6.16.2.1.2 海産哺乳類（中周波数帯域のクジラ目）の水中音の評価基準

項目	多数パルス音		非パルス音	
	障害	行動阻害	障害	行動阻害
音圧レベル (SPL)	230 dB re : 1 μ Pa (ヒーク、重み付けなし)	別表-1 を参考に設定	230 dB re : 1 μ Pa (ヒーク、重み付けなし)	別表-2 を参考に設定
音響曝露レベル (SEL)	198 dB re : 1 μ Pa ² ·s (M特性周波数重み付け)	183 dB re : 1 μ Pa ² ·s (M特性周波数重み付け)	215 dB re : 1 μ Pa ² ·s (M特性周波数重み付け)	適用外

注) 1. Southall ら (2007) の評価基準を基に整理しました。

2. 「行動阻害」の影響レベルは、別表-1、2 にとりまとめられた行動阻害の実験結果を参考にして設定することになっています。

別表-1 多数パルス音に対する行動反応について報告された中周波数帯域のクジラ目の数 (太字)

Response score	Received RMS sound pressure level (dB re: 1 μ Pa)											
	80 to <90	90 to <100	100 to <110	110 to <120	120 to <130	130 to <140	140 to <150	150 to <160	160 to <170	170 to <180	180 to <190	190 to <200+
9												
8												
7												
6					0.17	0.17	0.17			1.3		
5												
4												
3												
2												
1												
0			0.25	0.25	3.0	4.0				6.7		

別表-2 非パルス音に対する行動反応について報告された中周波数帯域のクジラ目の数 (太字)

Response score	Received RMS sound pressure level (dB re: 1 μPa)											
	80 to < 90	90 to < 100	100 to < 110	110 to < 120	120 to < 130	130 to < 140	140 to < 150	150 to < 160	160 to < 170	170 to < 180	180 to < 190	190 to < 200
9												
8		1.0 (3)	7.0 (1)		5.0 (2)		1.0 (7)				5.0 (12)	1.5 (13)
7												
6				3.0 (2, 10)	1.0 (2)				1.0 (8)	6.0 (12)		
5					1.0 (11)							
4				1.0 (4)	2.0 (4)							
3	5.0 (1)		4.0 (3, 5)	13.4 (4, 6)	1.0 (4)							
2				15.0 (2, 3, 8)								
1			1.0 (4)	1.0 (2, 3)	1.0 (2, 4)							
0			8.0 (3, 4)	2.0 (2, 4)	1.0 (2, 4)		1.0 (2)				3.0 (13)	1.5 (13)

反応大



反応小

表-6. 16. 2. 1. 3 ジュゴンの水中音の評価基準

項目	杭打ち音		捨石・浚渫・船舶音	
	障害	行動阻害	障害	行動阻害
音圧レベル (SPL)	230 dB re : 1 μPa (ピーク、重み付けなし)	120 dB re : 1 μPa (RMS、重み付けなし)	230 dB re : 1 μPa (ピーク、重み付けなし)	120 dB re : 1 μPa (RMS、重み付けなし)
音響曝露レベル (SEL)	198 dB re : 1 μPa ² ·s (M特性周波数重み付け)	183 dB re : 1 μPa ² ·s (M特性周波数重み付け)	215 dB re : 1 μPa ² ·s (M特性周波数重み付け)	適用外

(資料)

Hodgson, A. J. (2004). Dugong behavior and responses to human influences. PhD thesis, School of Tropical Environment Studies and Geography, James Cook University, Townsville.

Anderson and Barclay (1995). Acoustic signals of solitary dugongs: physical characteristics and behavioural correlates. Journal of Mammology 76.

(社)日本水産資源保護協会(2003). 平成14年度ジュゴン保護対策事業報告書.

Southall et al (2007). Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations, Aquatic Mammals. 33(4).

(b) 工事中の水中音圧レベルの予測

工事中にジュゴンに対して影響を及ぼす可能性が考えられる水中音の主な発生源としては、海中土木工事による水中音と作業船による船舶騒音が考えられます。これらの音源から発生する水中音がジュゴンに及ぼす影響を予測するために、既存文献資料（(社)日本水産資源保護協会 1997）による同種の海中土木工事及び船舶騒音に関するデータをもとに、水中音の距離減衰及びリーフ等の地形による遮音効果等を考慮して工事中の水中音圧レベルを推定しました。

a) 騒音発生源

工事に伴う水中音の主な発生源を以下に示します。

○海中土木工事

・杭打ち工事

二重締切矢板式護岸工、進入灯（東側、西側）及び燃料棧橋の工事において、杭打船やクローラ式杭打機による打撃工法（油圧ハンマ）により鋼管矢板や本杭を打設する際に水中音が発生します。

・捨石投入工事

ケーソン式護岸及び海上作業ヤードでの基礎捨石工事において、ランプウェイ台船から捨石を投入する際に水中音が発生します。

・浚渫工事

揚土岸壁の築造及び埋立柱運搬のための作業船の水深の確保、及びケーソン式護岸におけるケーソンマウンド高及びケーソン据付時の安全性を確保するために、グラブ浚渫船が浚渫工事を行う際に水中音が発生します。

○船舶騒音

工事に用いる作業船が航行する際に水中音が発生します。ここでは、稼働隻数の多いガット船と土運搬船による水中音を対象としました。

b) 予測時期

水中音の発生する海中土木工事の実施時期及びガット船と土運搬船の稼働隻数を表-6.16.2.1.4、表-6.16.2.1.5に示します。海中土木工事の実施時期及びガット船と土運搬船が同時に稼働する隻数を踏まえて、水中音の予測時期は下記のように設定しました。

c) 予測項目

水中音の予測は、評価基準で示した下記の項目について行いました。

なお、音響曝露レベル(SEL)は、Southallら(2007)のM特性周波数重み付け関数を適用して周波数の重み付けを行い推定しました。

- ・音圧レベル（ピーク値）：瞬時の音による障害を評価する項目
- ・音圧レベル（RMS(実効値)）：瞬時の音による行動障害を評価する項目
- ・音響曝露レベル（SEL）：累積した音による障害及び行動障害を評価する項目

このうち、音圧レベルについては、最大時の影響を把握するために、各予測時期において実施される海中土木工事による水中音及びガット船、土運搬船からの船舶騒音からの水中音を合成した音圧レベルを予測しました。

また、音響曝露レベル（SEL）は、1日の工事時間中の累積した騒音曝露レベルを求めることとし、杭打ち工事は1日の打撃回数、捨石投入工事と浚渫工事は1日の施工時間、船舶騒音は大浦湾口域から施工区域までの航行時間を考慮し推定し、それらを合成した音響曝露レベルを予測しました。

d) 水中音の予測モデル

水中音の予測に用いるモデルは、水中音の距離減衰及びリーフ等の地形による遮音効果等を考慮し、次式で表されます。

$$SPL_R = SPL_1 + a \cdot \log_{10}(R) - \Delta L_d - \kappa_L$$

ここに、

SPL_R ：ある距離(R(m))における音圧レベル [dB]

SPL_1 ：発生源から1mの距離における音圧レベル [dB]

a：係数（実測データから求めた回帰係数：-23.5）

R：音圧レベルを測定した時の発生源と受音点との距離 [m]

ΔL_d ：リーフ等の地形による回折減衰値 [dB]

κ_L ：海況や底質に依存する近距離音場の不規則性 [dB]

海況と底質については、下記の状態を想定しました。

{ 海況：鏡のようになめらか～さざ波がある程度
底質：砂

なお、リーフ等の地形を障壁として設定しました。障壁は水深5mと10mの等深線を参考に-2.5m、-5m、-7.5mで設定しました。

e) 予測条件

水中音の予測条件について、海中土木工事における水中音の予測条件を表-6.16.2.1.6、船舶騒音による水中音の予測条件を表-6.16.2.1.7に示します。なお、1年次3~4ヶ月目の杭打ち工事については、水中音の保全対策を検討するために、杭打ち箇所を2箇所とした場合についても予測しました。

表-6.16.2.1.6 海中土木工事による水中音圧レベルの予測条件

項目		1年次3~4ヶ月目	2年次10ヶ月目	3年次12ヶ月目	
杭打ち工事	作業船の種類	杭打ち船 (H150、油圧ハンマー 15t)		杭打ち船 (H150、油圧ハンマー 15t)	
	稼働隻数	5隻		1隻	
	施工位置	二重締切矢板式護岸： 5箇所 (図-6.16.2.1.2参照)		燃料棧橋：1箇所 (図-6.16.2.1.4参照)	
	施工能力	1箇所あたりの打撃回数： 4455回/日		1箇所あたりの打撃回数： 1140回/日	
	発生源の音圧レベル	ピーク値	224 dB:rel μ Pa		224 dB:rel μ Pa
		RMS	204 dB:rel μ Pa		204 dB:rel μ Pa
	発生源の周波数特性	表-6.16.2.1.8に示す。			表-6.16.2.1.8に示す。
	発生源の水深	-7.5m			-5.0m
捨石投入工事	作業船の種類	ランプウェイ台船 (1100m ³ 積)	ランプウェイ台船 (1100m ³ 積)	ランプウェイ台船 (1100m ³ 積)	
	稼働隻数	3隻	1隻	1隻	
	施工位置	ケーソン式護岸設置区： C-1区 海上ヤード設置区： CDL-10m区、-17m区 (図-6.16.2.1.2参照)	ケーソン式護岸設置区： C-2区 (図-6.16.2.1.3参照)	ケーソン式護岸設置区： C-4区 (図-6.16.2.1.4参照)	
	施工時間	8時間	8時間	8時間	
	発生源の音圧レベル	ピーク値	194 dB:rel μ Pa	194 dB:rel μ Pa	194 dB:rel μ Pa
		RMS	194 dB:rel μ Pa	194 dB:rel μ Pa	194 dB:rel μ Pa
	発生源の周波数特性	表-6.16.2.1.8に示す。			表-6.16.2.1.8に示す。
	発生源の水深	-7.5m	-2.5m		-7.5m
浚渫工事	作業船の種類	グラブ浚渫船(鋼D23m ³ 積)			
	稼働隻数	3隻			
	施工位置	護岸区：3箇所 (図-6.16.2.1.1参照)			
	施工時間	8時間			
	発生源の音圧レベル	ピーク値	160 dB:rel μ Pa		
		RMS	160 dB:rel μ Pa		
	発生源の周波数特性	表-6.16.2.1.8に示す。			
	発生源の水深	-5.0m			

注) 1. 発生源の音圧レベル (RMS)は、既存文献資料 ((社)日本水産資源保護協会 1997)における杭打ち工事及び捨石投入工事等での実測データをもとに、音源から1mの音圧レベルを推定しました。

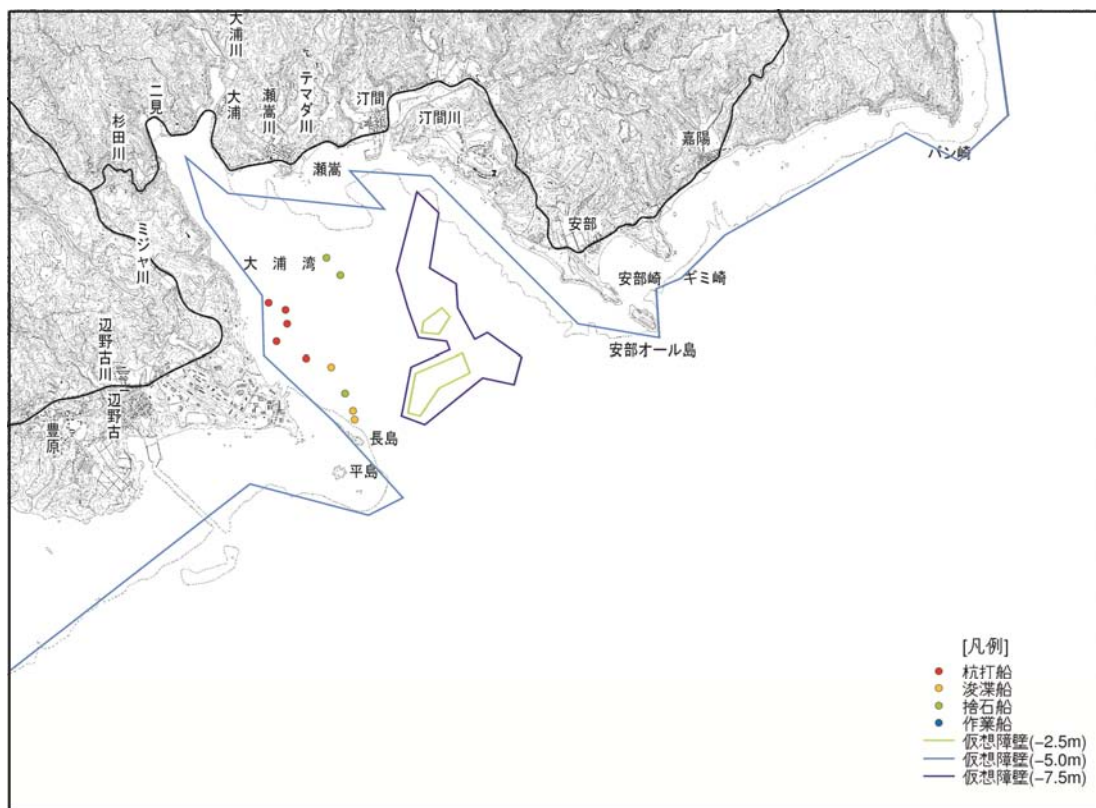
2. 杭打ち工事の発生源の音圧レベル (ピーク値)は、杭打ち音の音圧レベルのピーク値とRMSを同時に測定した事例を参考として、音圧レベル (RMS)に20dBを加えた値としました。なお、捨石投入工事と浚渫工事による水中音は非パルス音であるため、音圧レベル (ピーク値)は音圧レベル (RMS)と同じレベルとしました。

表-6. 16. 2. 1. 7 船舶騒音による水中音圧レベルの予測条件

工種		1年次3~4ヶ月目	2年次10ヶ月目	3年次12ヶ月目	
埋立工事	作業船の種類		ガット船 (2000m ³ 積)	ガット船 (2000m ³ 積) 土運搬船 (2000m ³ 積)	
	同時稼働隻数		ガット船 : 10 隻	ガット船 : 7 隻 土運搬船 : 6 隻 計 : 13 隻	
	施工位置		大浦湾口域から施工区域に至る航行を想定して、4区域 (①~④) に作業船が位置するパターンを設定しました。 音圧レベルの予測にあたっては、4区域のうち、作業船が湾口域にいる場合 (区域①) と施工区域周辺 (区域②) にいる場合の2ケースについて計算しました。 (図-6. 16. 2. 1. 3参照)	大浦湾口域から施工区域に至る航行を想定して、4区域 (①~④) に作業船が位置するパターンを設定しました。 音圧レベルの予測にあたっては、4区域のうち、作業船が湾口域にいる場合 (区域①) と施工区域周辺 (区域②) にいる場合の2ケースについて計算しました。 (図-6. 16. 2. 1. 4参照)	
	航行時間		湾口域から施工区域までの距離、航行速度をもとに、各区域を15分間で航行すると想定しました。 音響曝露レベル (SEL) の予測にあたっては、作業船が1日2往復することから、各区域に30分間航行しているとして計算しました。	湾口域から施工区域までの距離、航行速度をもとに、各区域を15分間で航行すると想定しました。 音響曝露レベル (SEL) の予測にあたっては、作業船が1日2往復することから、各区域に30分間航行しているとして計算しました。	
	発生源の音圧レベル	ピーク値		180 dB:rel μ Pa	180 dB:rel μ Pa
		RMS		180 dB:rel μ Pa	180 dB:rel μ Pa
	発生源の周波数特性			表-6. 16. 2. 1. 9に示す。	表-6. 16. 2. 1. 9に示す。
発生源の水深			-2. 5m	-2. 5m	

注) 1. 発生源の音圧レベル (RMS) は、既存文献資料 ((社)日本水産資源保護協会 1997) における杭打ち工事及び捨石投入工事等での実測データをもとに、音源から1mの音圧レベルを推定しました。
2. 船舶騒音による水中音は非パルス音であるため、音圧レベル (ピーク値) は音圧レベル (RMS) と同じレベルとしました。

(杭打ち箇所が5箇所の場合)



(杭打ち箇所を2箇所とした場合)

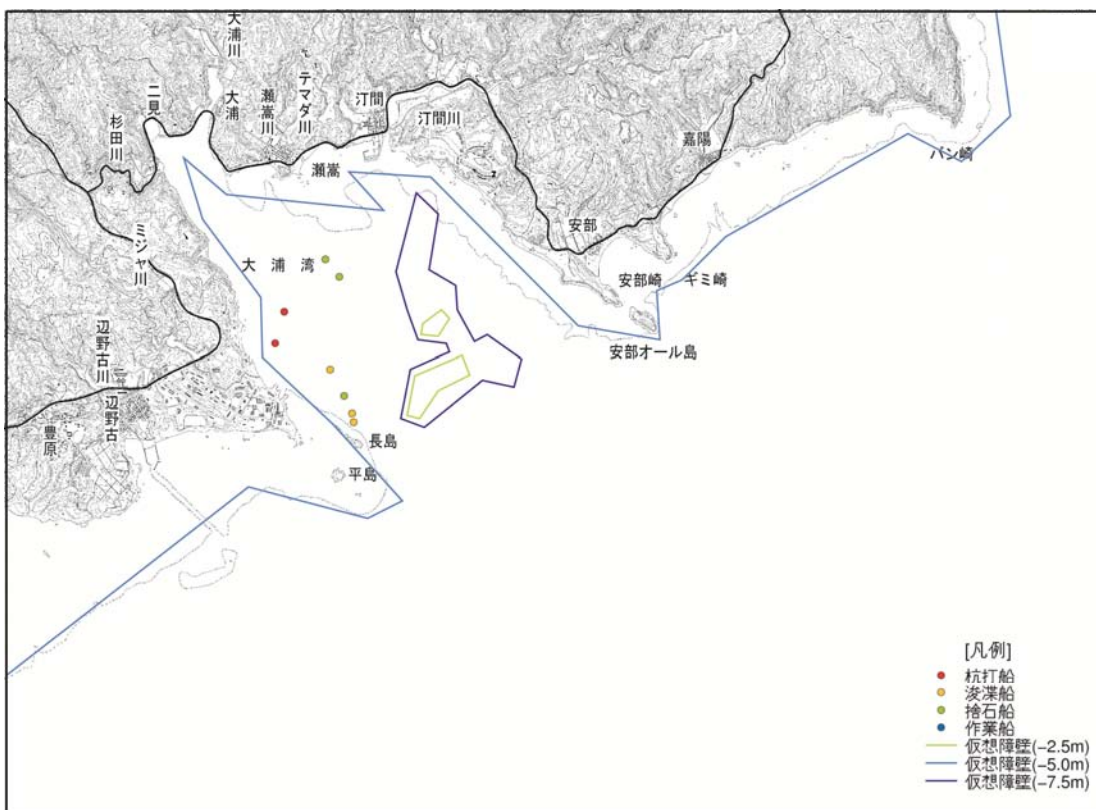
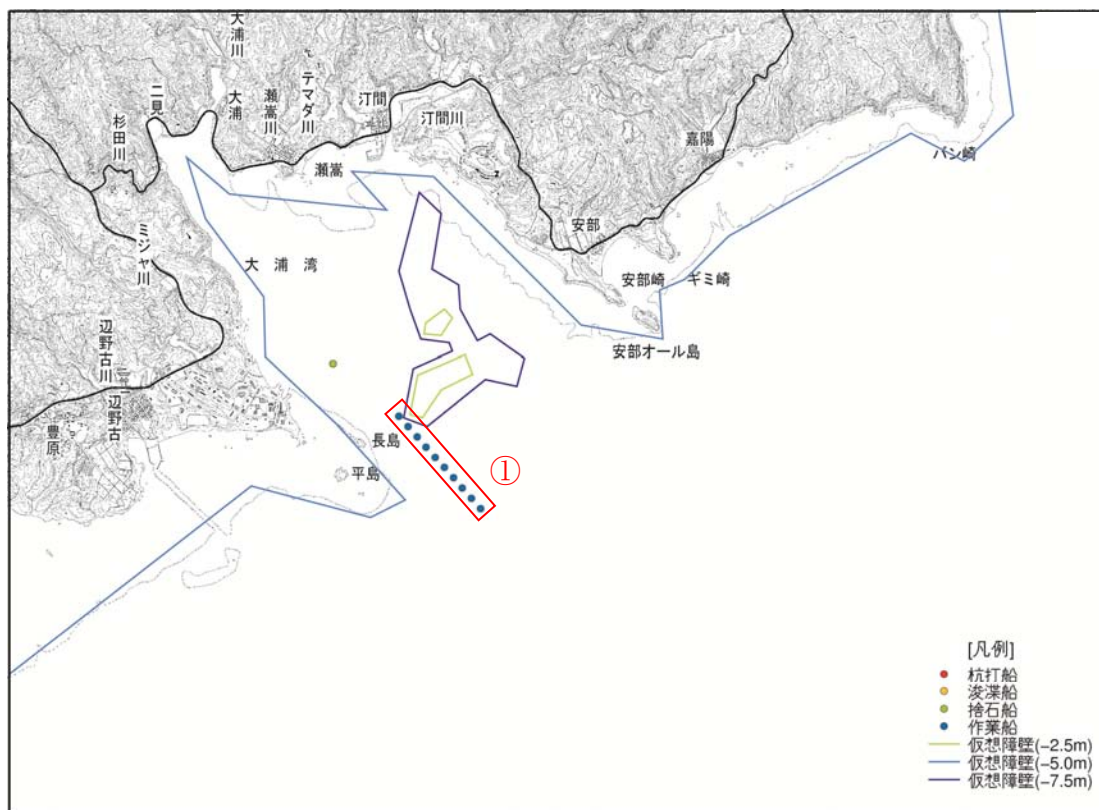


図-6.16.2.1.2 1年次3~4ヶ月目の水中音の発生源位置
(音圧レベル、音響曝露レベルの予測位置)

(作業船が湾口域に位置する場合)



(作業船が施工区域周辺に位置する場合)

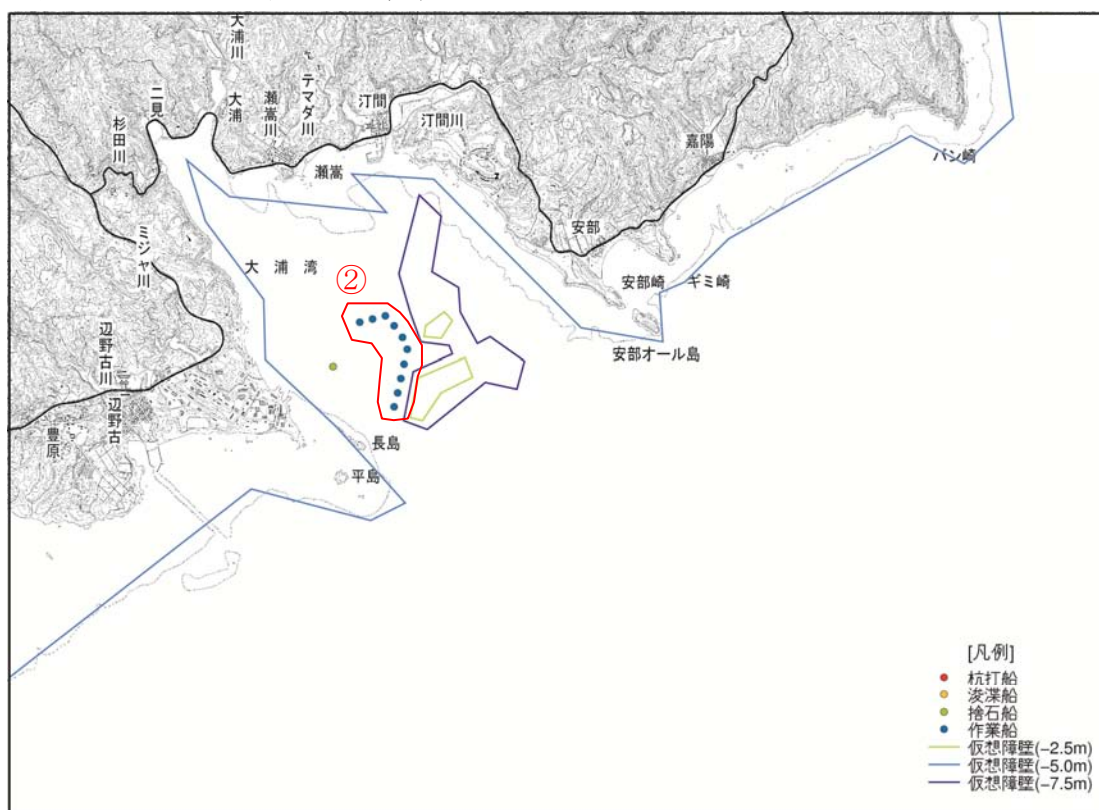


図-6.16.2.1.3(1) 2年次10ヶ月目の水中音の発生源位置
(音圧レベルの予測位置)

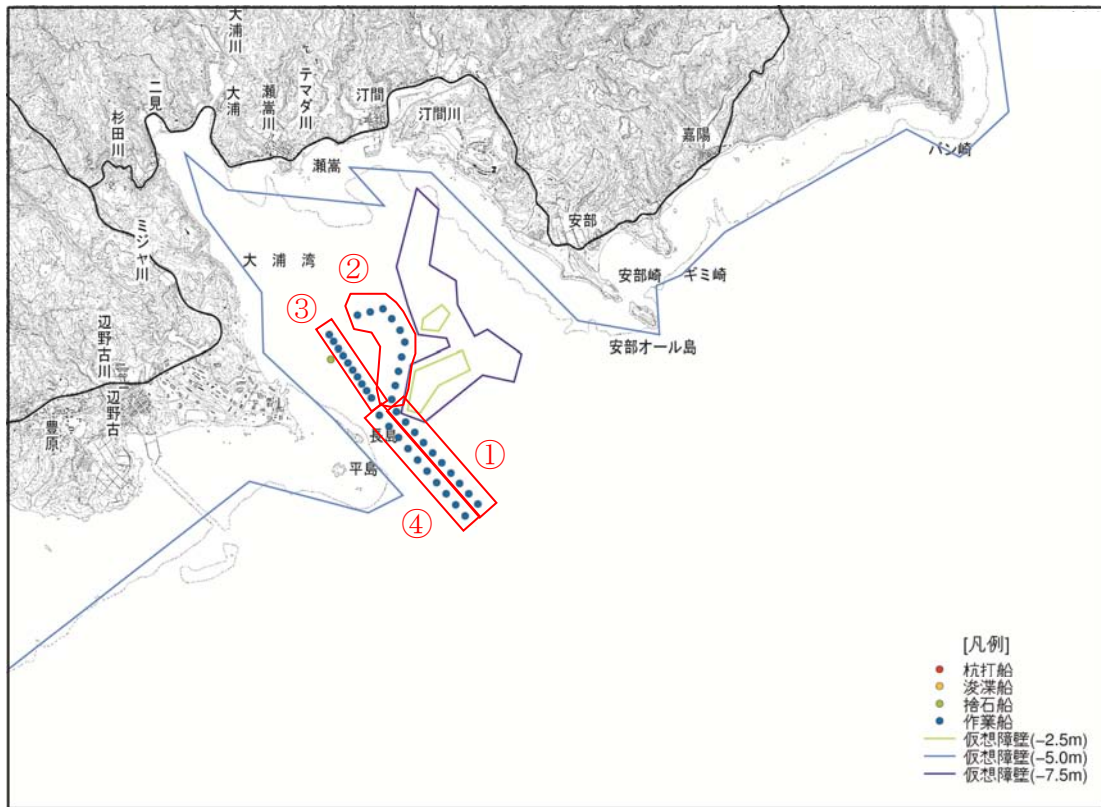
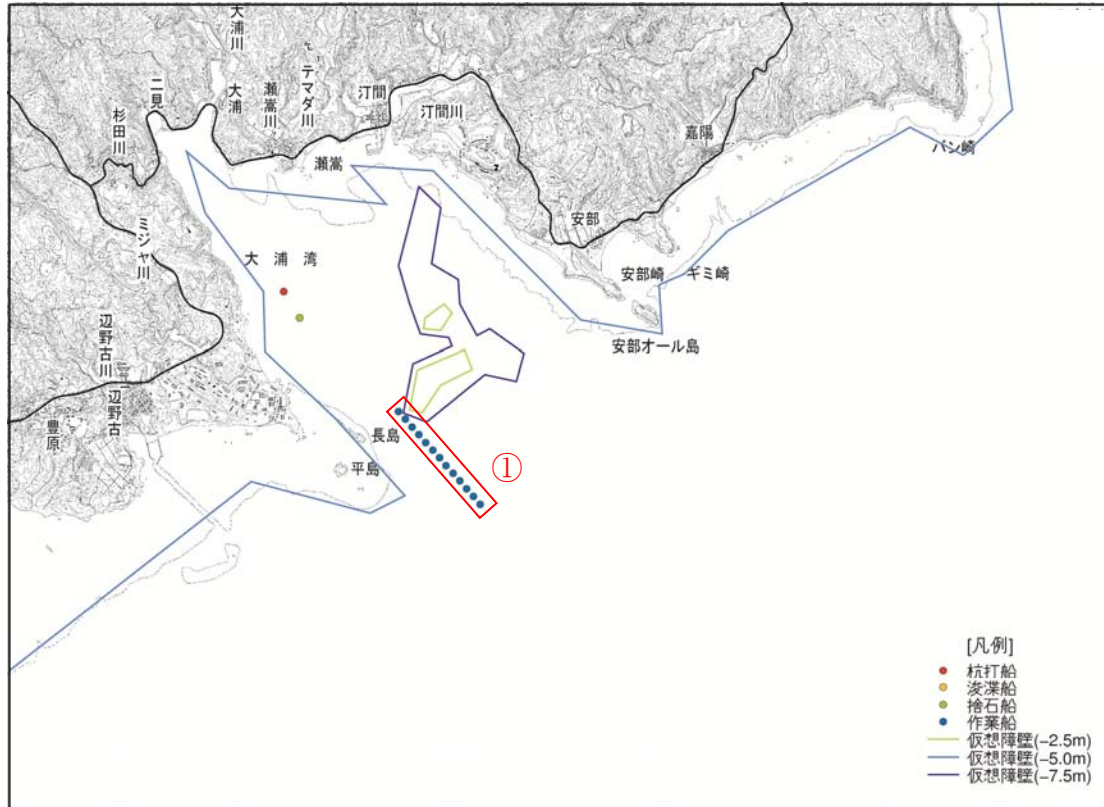


図-6.16.2.1.3(2) 2年次10ヶ月目の水中音の発生源位置
(音響曝露レベルの予測位置)

(作業船が湾口域に位置する場合)



(作業船が施工区域周辺に位置する場合)

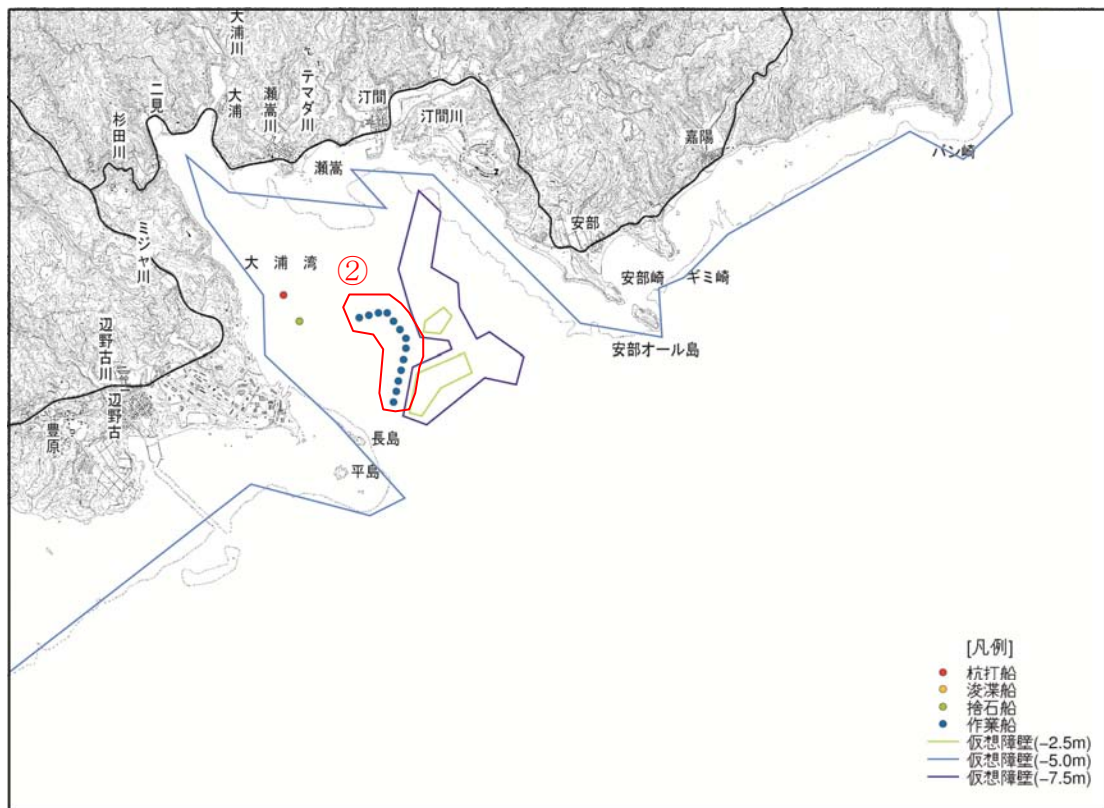


図-6.16.2.1.4(1) 3年次12ヶ月目の水中音の発生源位置
(音圧レベルの予測位置)

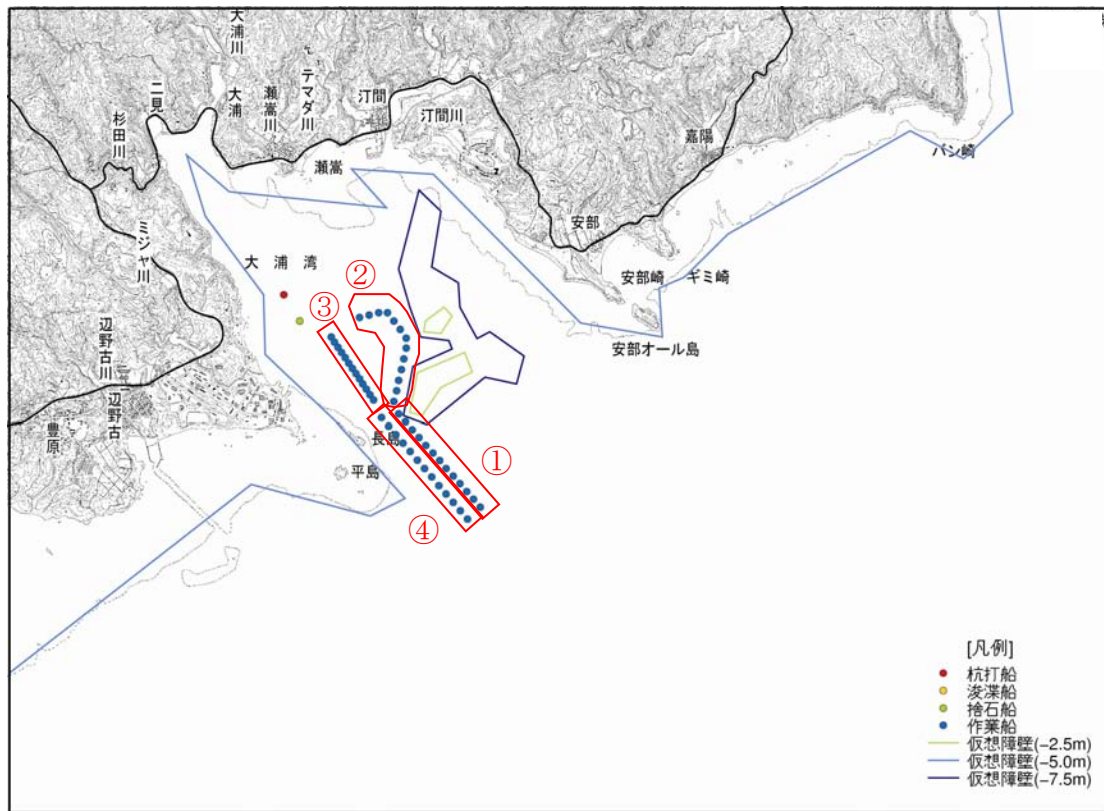


図-6.16.2.1.4(2) 3年次12ヶ月目の水中音の発生源位置
(音響曝露レベルの予測位置)

表-6. 16. 2. 1. 8 杭打ち工事及び捨石投入工事の発生源における水中音圧レベル (RMS) 及び周波数特性 (1m の距離)

周波数 (Hz)	水中音圧レベル (dB:rel μ Pa)		
	杭打ち工事	捨石工事	浚渫工事
31.5	174.5	143.2	137.6
63.0	181.9	158.7	144.6
125.0	191.1	181.1	139.2
250.0	193.2	190.7	143.4
500.0	199.7	188.5	146.8
1000.0	199.4	182.9	155.7
2000.0	192.7	181.5	154.2
4000.0	189.8	181.5	153.3
8000.0	188.4	173.0	145.7
A.P	204.0	194.0	160.0

注) 1. 既存文献資料 ((社)日本水産資源保護協会 1997) における杭打ち工事及び捨石投入工事等の実測データをもとに整理しました。

2. A.P: オールパスレベル (すべての周波数成分の音圧レベルを合成したもの)

3. 音圧レベル (ピーク値) の周波数特性は、RMS での周波数特性と同等とみなしました。

表-6. 16. 2. 1. 9 ガット船及び土運搬船の発生源における水中音圧レベル (RMS) 及び周波数特性 (1m の距離)

周波数 (Hz)	水中音圧レベル (dB:rel μ Pa)
31.5	178.8
63.0	172.7
125.0	166.7
250.0	160.6
500.0	154.5
1000.0	148.5
2000.0	142.4
4000.0	136.3
8000.0	130.2
A.P	180.0

注) 1. 既存文献資料 (URICK 1976) による船舶の周波数分析データをもとに整理しました。

2. A.P: オールパスレベル (すべての周波数成分の音圧レベルを合成したもの)

f) 水中音圧レベルの予測結果

(ア) 音圧レベル（ピーク値）

瞬時の音による障害への影響を評価するために、工事中的水中音圧レベル（ピーク値）（単位：dB（re：1 μ Pa））を予測しました。

○1年次 3～4ヶ月目

1年次 3～4ヶ月目における水中音圧レベル（ピーク値）を図-6.16.2.1.5に示します。水中音圧レベルは、杭打ち工事の施工箇所近傍で最も高く、180dB以上となり、施行区域から離れるとともに音圧レベルは低下し、大浦湾東側海域で150～160dB程度、ギミ崎沖で140～145dB程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、130～150dB程度の音圧レベルになっています。

また、1年次 3～4ヶ月目においては、水中音の保全対策を検討するために、杭打ち箇所を2箇所に減らした場合の水中音圧レベルも予測しました。予測結果は図-6.16.2.1.6に示したように、水中音圧レベルは、杭打ち工事が5箇所の場合と比較して全体的に5dB程度低下し、大浦湾東側海域で145～155dB程度、ギミ崎沖で135～140dB程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、125～145dB程度の音圧レベルになっています。

○2年次 10ヶ月目

2年次 10ヶ月目における水中音圧レベル（ピーク値）の予測結果を図-6.16.2.1.7及び図-6.16.2.1.8に示します。この施工時期については、作業船が湾口域に位置している場合と施工区域周辺に移動している場合との2ケースについて予測しました。水中音圧レベルは、捨石工事の施工箇所では145dB以上、作業船の航行区域では140dB以上となっています。

施工区域周辺の水中音圧レベルの分布は、作業船の航行位置の違いによりやや変化がみられますが、大浦湾東側海域では115～125dB程度、ギミ崎沖で105～110dB程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、105～115dB程度となっています。

○3年次 12ヶ月目

3年次 12ヶ月目における水中音圧レベル（ピーク値）の予測結果を図-6.16.2.1.9及び図-6.16.2.1.10に示します。この施工時期についても、2年次 10ヶ月目と同様に、作業船が湾口域に位置している場合と施工区域周辺に移動している場合との2ケースについて予測しました。水中音圧レベルは、杭打ち

工事と捨石工事の施工箇所では 175dB 以上、作業船の航行区域では 145～150dB 程度となっています。

施工区域周辺の水中音圧レベルの分布は、2年次 10 ヶ月目と同様に作業船の航行位置の違いによりやや変化がみられますが、大浦湾東側海域で 140～150dB 程度、ギミ崎沖で 125～135dB 程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、130～145dB 程度となっています。

(イ) 音圧レベル (RMS)

瞬時の音による行動阻害への影響を評価するために、工事中的水中音圧レベル (RMS) (単位: dB (re: 1 μ Pa)) を予測しました。

○1年次 3～4 ヶ月目

1年次 3～4 ヶ月目における水中音圧レベル (RMS) を図-6.16.2.1.11に示します。水中音圧レベルは、杭打ち工事の施工箇所近傍で最も高く、160dB 以上となり、施行区域から離れるとともに音圧レベルは低下し、大浦湾東側海域で 130～140dB 程度、ギミ崎沖で 120～125dB 程度となっています。また、ジュゴンが高頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、105～125dB 程度の音圧レベルになっています。

また、1年次 3～4 ヶ月目においては、水中音の保全対策を検討するために、杭打ち箇所を 2箇所減らした場合の水中音圧レベルも予測しました。予測結果は図-6.16.2.1.12に示したように、水中音圧レベルは、杭打ち工事が 5箇所の場合と比較して全体的に 5dB 程度低下し、大浦湾東側海域で 125～135dB 程度、ギミ崎沖で 115～120dB 程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、100～120dB 程度の音圧レベルになっています。

○2年次 10 ヶ月目

2年次 10 ヶ月目における水中音圧レベル (RMS) の予測結果を図-6.16.2.1.13及び図-6.16.2.1.14に示します。この施工時期については、作業船が湾口域に位置している場合と施工区域周辺に移動している場合との 2 ケースについて予測しました。水中音圧レベルは、捨石工事の施工箇所では 145dB 以上、作業船の航行区域では 140dB 以上となっています。

施工区域周辺の水中音圧レベルの分布は、作業船の航行位置の違いにより変化がみられますが、大浦湾東側海域で 115～125dB 程度、ギミ崎沖で 105～110dB 程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から

嘉陽地先西側の範囲においては、105～115dB 程度となっています。

○3 年次 12 ヶ月目

3 年次 12 ヶ月目における水中音圧レベル (RMS) の予測結果を図-6.16.2.1.15 及び図-6.16.2.1.16に示します。この施工時期についても 2 年次 10 ヶ月目と同様に、作業船が湾口域に位置している場合と施工区域周辺に移動している場合との 2 ケースについて予測しました。水中音圧レベルは、捨石工事の施工箇所 で 155dB 以上、作業船の航行区域では 145dB 以上となっています。

施工区域周辺の水中音圧レベルの分布は、作業船の航行位置の違いによりやや変化がみられますが、大浦湾東側海域で 120～130dB 程度、ギミ崎沖で 110～120dB 程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、105～120dB 程度となっています。

(ウ) 音響曝露レベル

工事時間中の累積した音が障害及び行動阻害に及ぼす影響を評価するために、音響曝露レベル (SEL) (単位 : dB (re 1 μ Pa²·s)) を予測しました。

○1 年次 3～4 ヶ月目

1 年次 3～4 ヶ月目における音響曝露レベル (SEL) の予測結果を図-6.16.2.1.17に示します。音響曝露レベルは、杭打ち工事の施工箇所近傍で 205dB 以上となり、施工区域から離れるとともに曝露レベルは低下し、大浦湾東側海域で 175～185dB 程度、ギミ崎沖で 160～170dB 程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、150～170dB 程度の曝露レベルになっています。

また、1 年次 3～4 ヶ月目においては、水中音の保全対策を検討するために、杭打ち箇所を 2 箇所に減らした場合の音響曝露レベルも予測しました。予測結果は図-6.16.2.1.18に示したように、音響曝露レベルは、杭打ち工事が 5 箇所の場合と比較して全体的に 10dB 程度低下し、大浦湾東側海域で 160～175dB 程度、ギミ崎沖で 140～155dB 程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、140～160dB 程度の曝露レベルになっています。

○2 年次 10 ヶ月目

2 年次 10 ヶ月目における音響曝露レベル (SEL) の予測結果を図-6.16.2.1.19 に示します。音響曝露レベルは、捨石工事の施工箇所 で 190dB 以上、作業船の航行区域では 175dB 以上となっています。

施工区域周辺の水中音圧レベルの分布をみると、大浦湾東側海域で 160～170dB 程度、ギミ崎沖で 140～155dB 程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、140～155dB 程度となっています。

○3 年次 12 ヶ月目

3 年次 12 ヶ月目における音響曝露レベル (SEL) の予測結果を図-6.16.2.1.20 に示します。音響曝露レベルは、捨石工事の施工箇所では 190dB 以上、作業船の航行区域では 180dB 以上となっています。

施工区域周辺の水中音圧レベルの分布をみると、大浦湾東側海域で 160～170dB 程度、ギミ崎沖で 145～155dB 程度となっています。また、ジュゴンが高い頻度で確認されている安部崎から嘉陽地先西側の範囲においては、140～155dB 程度となっています。

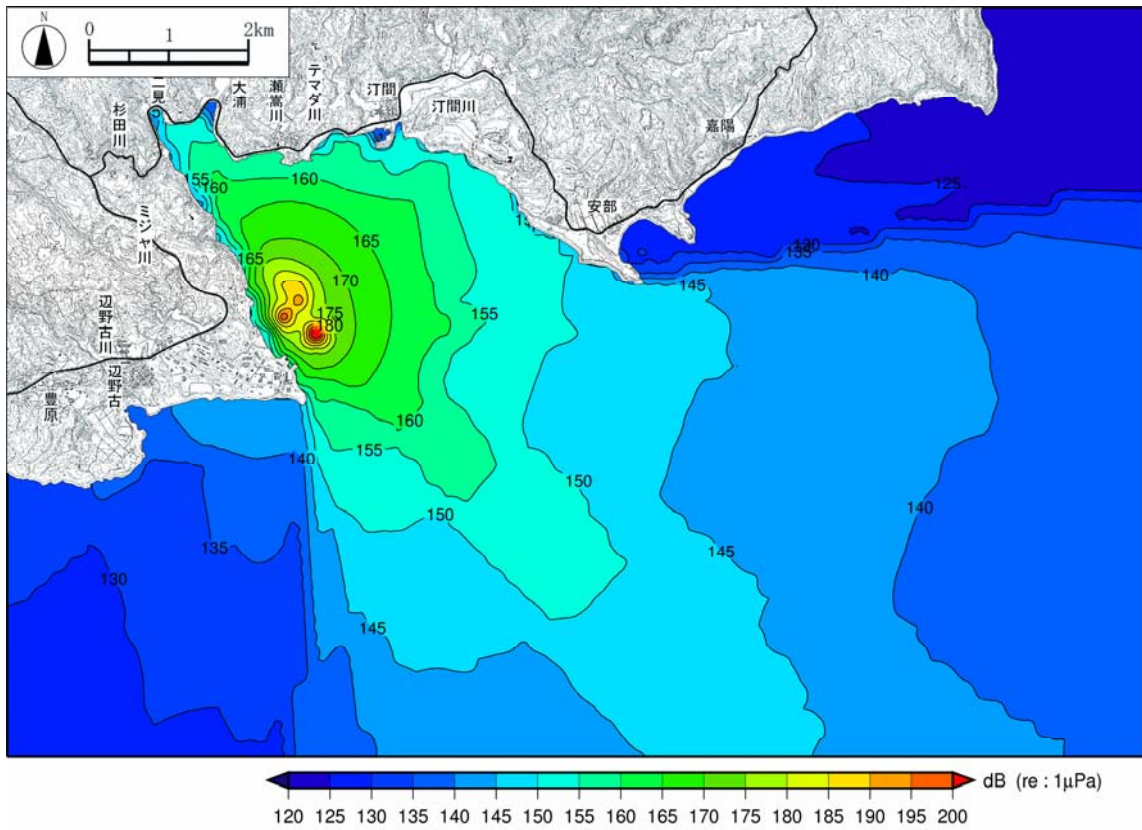


図-6.16.2.1.5 音圧レベル（ピーク値）の予測結果
（1年次3～4ヶ月目）

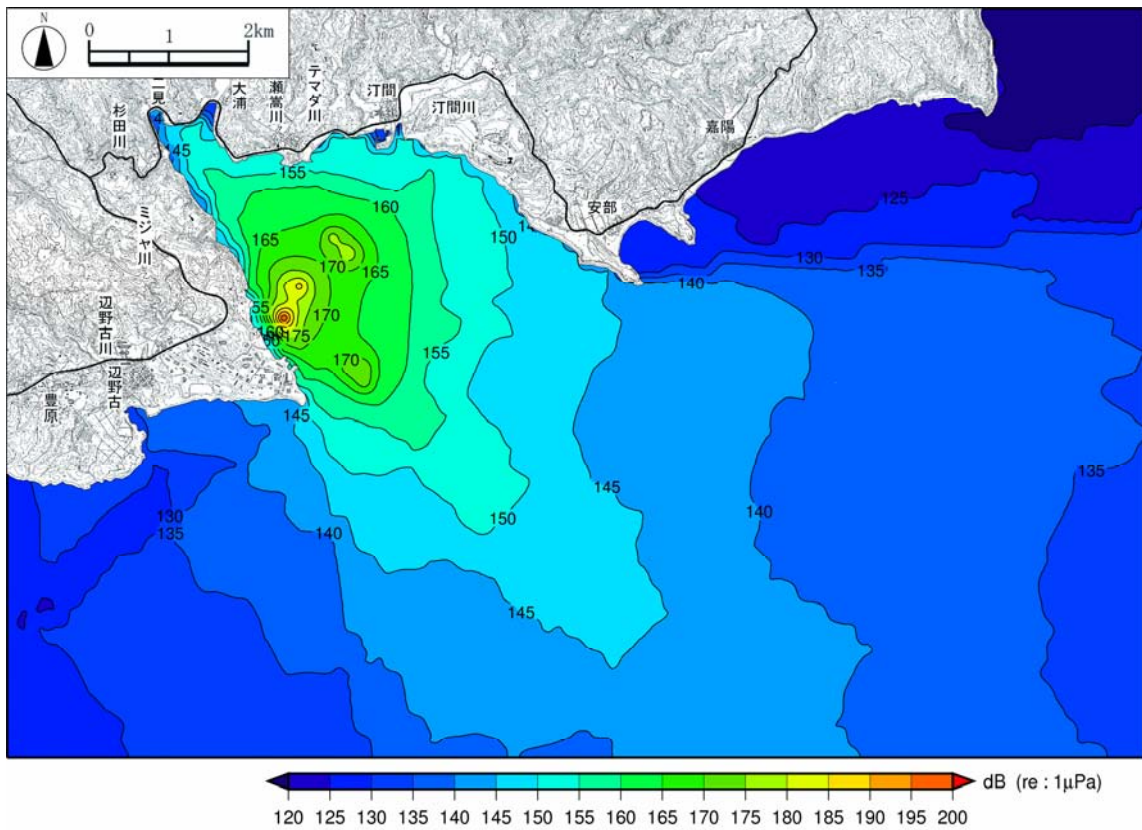


図-6.16.2.1.6 音圧レベル（ピーク値）の予測結果
（1年次3～4ヶ月目、杭打ち箇所を2箇所にした場合）

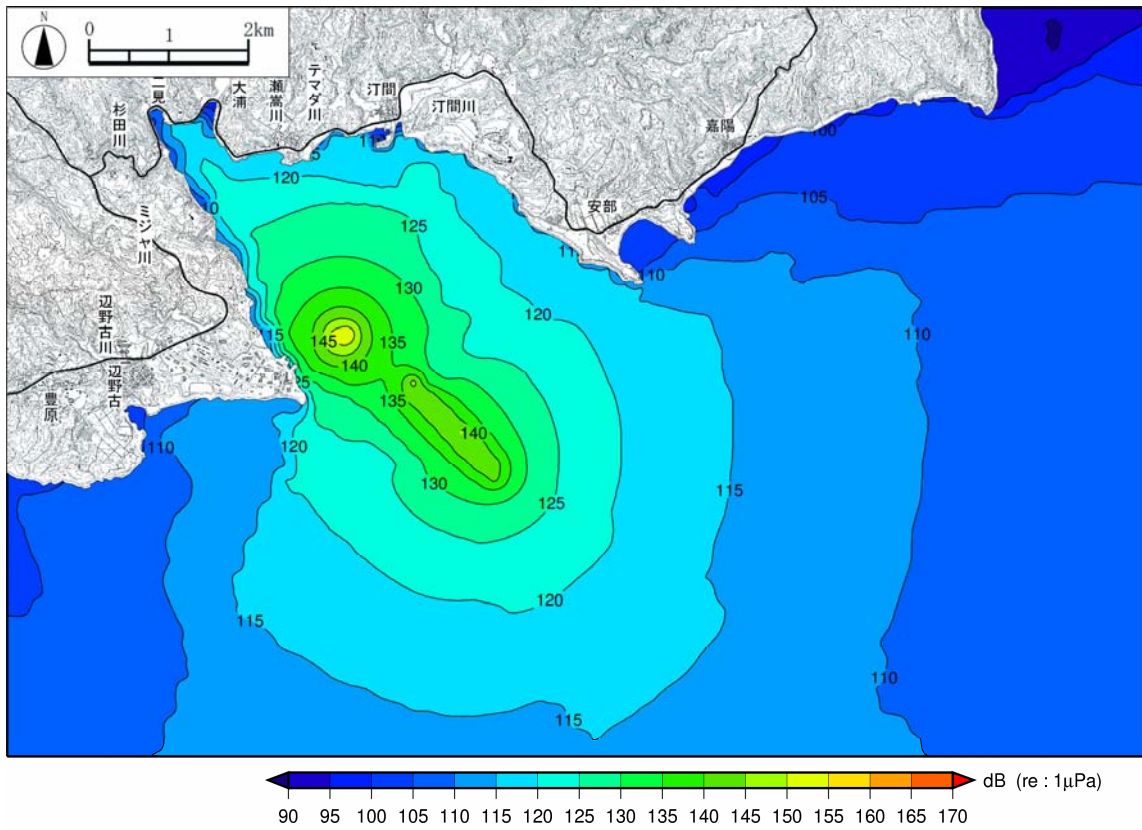


図-6.16.2.1.7 音圧レベル（ピーク値）の予測結果
 (2年次10ヶ月目、作業船が湾口域に位置する場合)

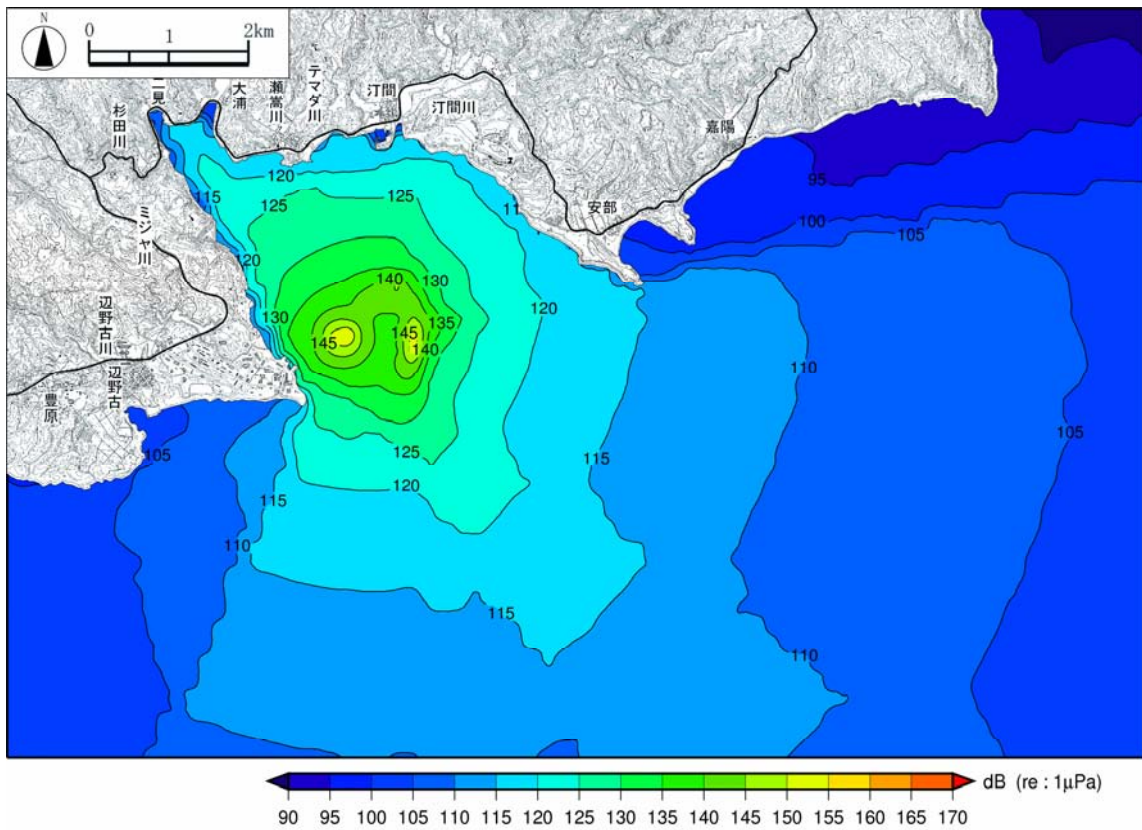


図-6.16.2.1.8 音圧レベル（ピーク値）の予測結果
 (2年次10ヶ月目、作業船が施工区域周辺に位置する場合)

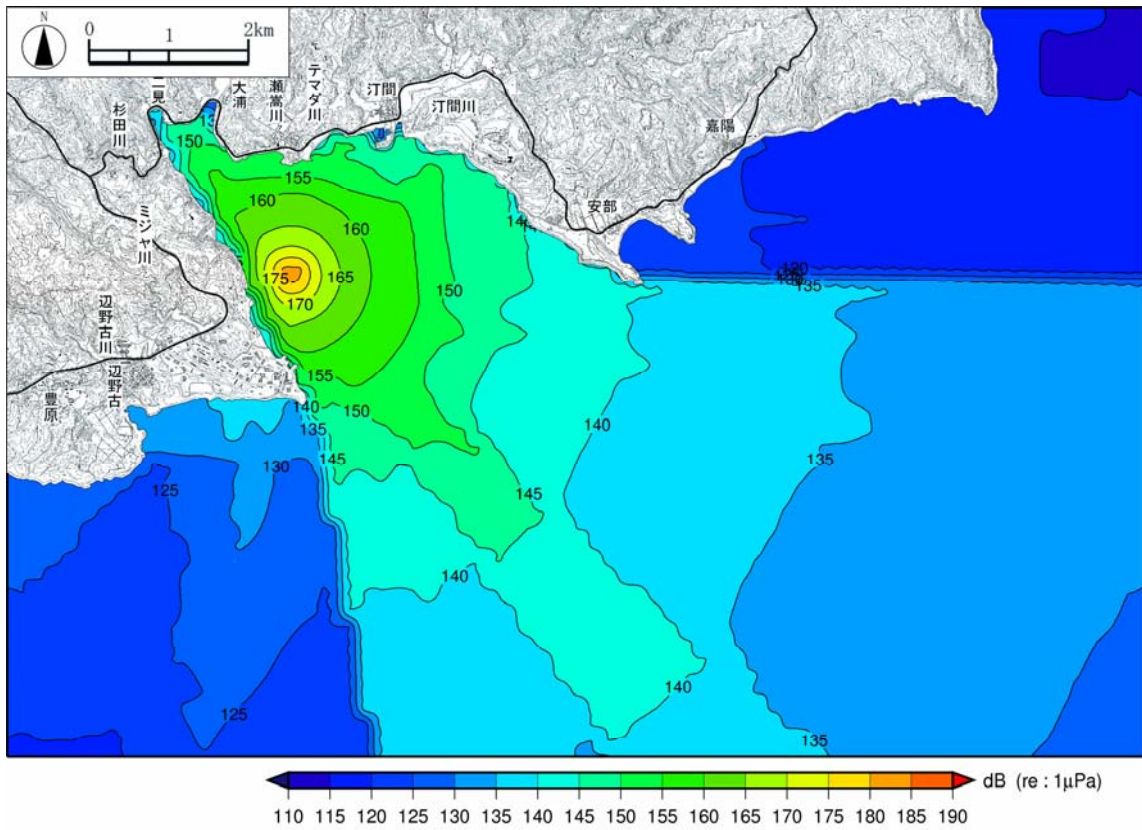


図-6.16.2.1.9 音圧レベル（ピーク値）の予測結果
 (3年次12ヶ月目、作業船が湾口域に位置する場合)

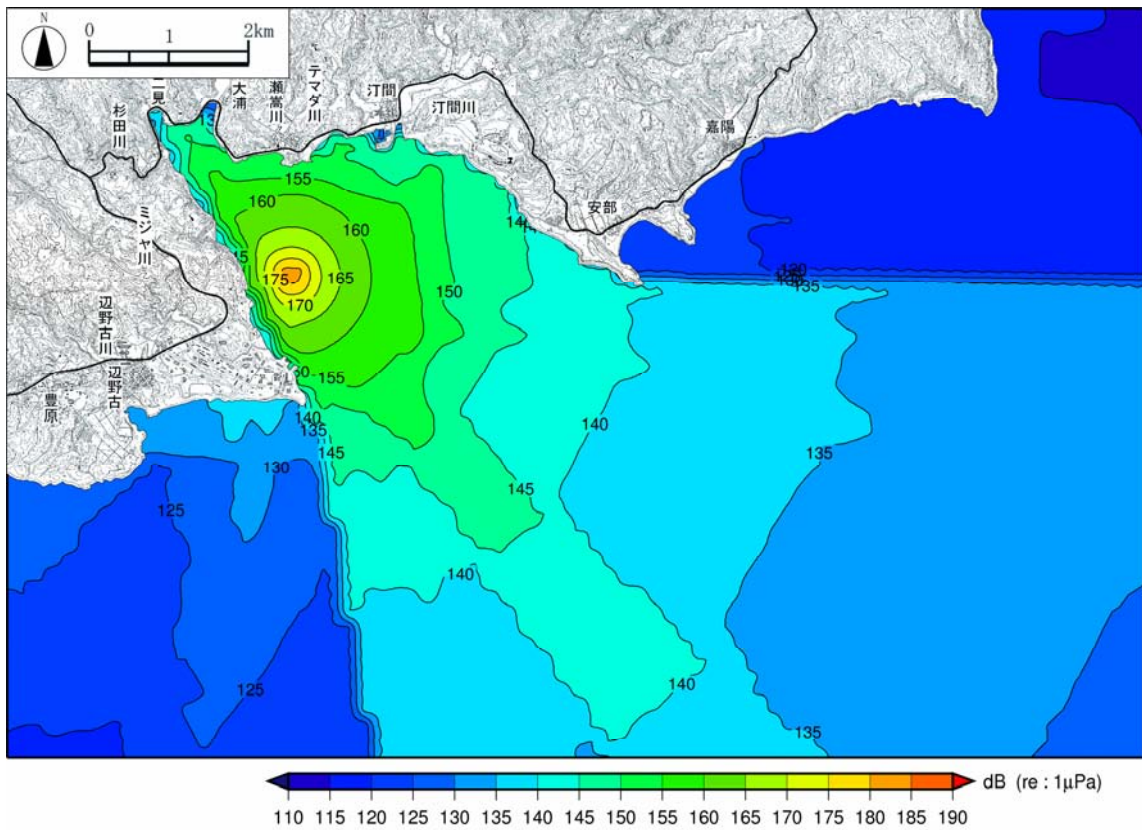


図-6.16.2.1.10 音圧レベル（ピーク値）の予測結果
 (3年次12ヶ月目、作業船が施工区域周辺に位置する場合)