

ジュゴンと藻場の広域的調査
平成 13 年～15 年度 結果概要

環境省

目次

． 調査目的	2
． 調査手法	2
． 3年間（平成13～15年度）の調査結果と考察	4
はじめに	4
1． ジュゴンの分布（過去・現在）の状況	5
1) 日本における過去のジュゴンの生息域について	
2) 沖縄本島周辺における現在のジュゴンの分布について	
2． 海草藻場の分布とジュゴンが利用する海草藻場の確認	11
1) 海草藻場分布図の作成について	
2) 食跡調査について	
3) 深場の海草藻場の分布とジュゴンの餌場としての利用可能性について	
3． ジュゴンの食性等の知見の収集	21
4． ジュゴンの遺伝的特性の把握	25

． 調査目的

本調査は、環境省が平成 13 年度から 15 年度までの 3 年間、沖縄本島周辺に生息するジュゴン及びジュゴンの餌場である海草藻場の現状等について調査を行ったものである。沖縄本島周辺に生息するジュゴンについては、世界的な分布の北限といわれているが、個体数は非常に限られているとされており、その保護の必要性が指摘されている。しかしながら、その生息数、生態、分布等について、総合的に調査された事例はほとんどない。こうした背景から、ジュゴンの保護に資する情報を収集することを目的に、以下の 4 つの項目について調査を実施した。

- 1．ジュゴンの分布（過去・現在）の把握
- 2．海草藻場の分布とジュゴンが利用する海草藻場の確認
- 3．ジュゴンの食性等の知見の収集
- 4．ジュゴンの遺伝的特性の把握

以下は沖縄のジュゴン及び海草藻場の現状等について、既存の他の調査結果や文献からの情報等も併せて、調査結果の概要を取りまとめたものである。

． 調査手法

本調査では、目的に応じて以下の調査項目を設定し、調査を行った（各調査項目の詳細な調査手法については、別途各年度の調査結果報告書を参照）。

目的	調査項目・手法
1. ジュゴンの分布の把握	
過去のジュゴンの分布の把握	・ 文献・出土・聞き取り調査
現在のジュゴンの分布の把握	・ 航空機調査
2. 海草藻場の分布とジュゴンが利用する海草藻場の確認	
海草藻場の分布の把握	・ 航空写真による海草藻場の判読
ジュゴンが利用する海草藻場の確認等	・ 食跡調査による分布範囲確認 ・ 深場の海草分布の確認（ジュゴンの利用可能性の検討） ・ 海草藻場のモニタリング調査 ・ ジュゴンの 24 時間行動観察調査
3. ジュゴンの食性等の知見の収集	・ 食性調査（胃内容物調査） ・ 海草群落構造調査
4. ジュゴンの遺伝的特性の把握	・ 遺伝的特性調査

本調査を行うに当たっては、生物学的・科学的知見を有する専門家からなる「ジュゴンと藻場の広域的調査手法検討会」を設置し、具体的な手法等について検討した。

「ジュゴンと藻場の広域的調査手法検討会」の検討委員は以下の6名の方をお願いした。

- | | | |
|-------|--------------------|---------|
| 相生 啓子 | 青山学院女子短期大学講師 | (海草類) |
| 井田 齊 | 北里大学水産学部教授 | (沿岸生態系) |
| 内田 詮三 | 沖縄美ら海水族館館長 | (海生哺乳類) |
| 粕谷 俊雄 | 帝京科学大学理工学部教授 | (海生哺乳類) |
| 香村 眞徳 | 財団法人沖縄県環境科学センター副会長 | (藻類) |
| 山田 格 | 国立科学博物館第一研究室長 | (海生哺乳類) |

3 年間（平成 13～15 年度）の調査結果と考察

はじめに

ジュゴン (*Dugong dugon*) は海牛目、ジュゴン科に属する海洋に生息する草食性哺乳類である。ジュゴン科に属する生物としては他にステラーカイギュウ (*Hydrodamalis gigas*) が挙げられるが、ステラーカイギュウは 1741 年にベーリング海で発見されてからわずか 27 年で乱獲の末、絶滅した。海牛目には、他にマナティー科 1 属 3 種（アフリカマナティ *Tichechus senegalensis*、アマゾンマナティ *T. inunguis*、アメリカマナティ *T. manatus*）が現存するが、マナティーは主に大西洋沿岸を生息域とする生物であり、ジュゴンと生息域（太平洋、インド洋）を異にしている。

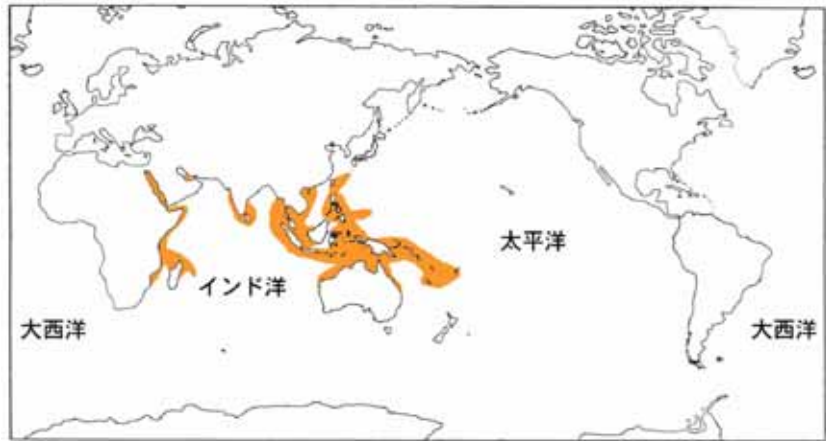


図 1 世界のジュゴンの分布

ジュゴンの分布は広く、アフリカ東海岸から中央太平洋のバヌアツまでの北緯 30 度から南緯 30 度の範囲の浅海域を中心に生息しており（図 1）沖縄近海に生息するジュゴンがその分布の北限とされている。現在、世界的な生息数は約 10 万頭と推定されており、そのうち、オーストラリアに 8 万 5 千頭が生息している (Marsh *et al.*, 1999)。オーストラリア沿岸では、ジュゴンは比較的安定した生息数を保っているものの、アジア、アフリカ、ミクロネシア等の海域に生息するジュゴンはいずれも危機的状況にある。

そのため、ワシントン条約（絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約）において、ジュゴンは付属書 I に掲載されている。自然保護連合 (IUCN) のレッドデータブックでは危惧種 (VU) に区分されている。また、国連環境計画 (UNEP) の報告書では、平成 14 (2002) 年 2 月にジュゴンの生息と保全管理の状況が各国別に取りまとめられている。

日本国内では、ジュゴンは日本水産資源保護協会 (1998) の「日本の希少な野生水生生物に関するデータブック (水産庁編)」により絶滅危惧種とされている。現在の日本での法的規制としては、昭和 47 (1972) 年に文化財保護法に基づき、国の天然記念物として指定されたほか、水産資源保護法により、平成 5 (1993) 年以降、北緯 30 度から南緯 30 度の海域において採捕が禁止されている。さらに、鳥獣保護法が改正され、平成 15 (2003) 年 4 月から、ジュゴンについても他の鳥獣と同様に、捕獲及び殺傷が原則禁止とされている。

1. ジュゴンの分布（過去・現在）の状況

1) 日本における過去のジュゴンの生息域について

我が国のジュゴンについては、奄美諸島の周辺海域では昭和 35（1960）年以降は記録がなく、沖縄本島沿岸域が分布の北限と考えられている（内田, 1998）。しかしながら、ジュゴンはかつては沖縄本島を中心に、沖縄諸島、八重山諸島、奄美諸島等に分布していたと考えられている。ジュゴンの過去の分布をより詳細に把握するため、過去の文献、遺跡、出土資料等についての調査を行った。また近年のジュゴンの分布については、ヒアリングによる調査を行った。

ジュゴンの骨や歯は縄文時代以降の沖縄県の多くの貝塚、遺跡等から出土しており（鹿野, 1946）、かつては食料として、また骨製品の素材としても使用されていた。遺跡などから出土したジュゴンは奄美諸島域で 4 例、沖縄諸島域で 62 例、宮古諸島域で 5 例、八重山諸島域で 3 例の記録がある（環境省, 2002）。また、愛知県渥美郡渥美町保美貝塚（大山, 1944；酒詰, 1961）、佐賀県唐津市菜畑遺跡（渡辺, 1982）でも出土していることから、ジュゴンは黒潮暖流に乗り、九州や四国、本州にも漂流や迷行した可能性がある^{*1}。

ジュゴンの肉は、琉球王朝時代（1453～1879 年）には新城島（八重山諸島）で御用物として賦課させられており、八重山諸島近海にジュゴンが広く分布していたことが伺える（図 3）。また、江戸時代には屋久島（三國名勝図会 巻五）でも捕獲した記録がある。

近代に入ってからジュゴンの分布については、捕獲情報等の文献及び、漁業者等からのヒアリングにより調査した。ジュゴン以外の動物の可能性が高い情報を除いて整理した結果、南西諸島では、1800 年代後半から 1960 年代頃までは、目撃、刺し網での捕獲及び死体の漂着の記録が多くある。特に、八重山諸島（石垣島、西表島）では明治後期から大正初期までの捕獲の記録が多いが、農商務省水産局（1989）の「水産調査予察報告第一巻第一冊」、著者不明（1893）の「宮古郡八重山郡漁業調査書」及び沖縄県の「沖縄県統計書」によれば、1800 年代後半～1900 年代初頭に南西諸島では合計 200 頭前後のジュゴンが捕獲された（図 2）。沖縄本島を除くその他の海域では、1965 年頃を境に、ほとんど捕獲情報がなくなる。宇仁（2003）も指摘しているように、この時期のジュゴンの捕獲が南西諸島のジュゴンの個体群の減少に大きな影響を与えたと考えられる。

このように、これまでジュゴンの目撃・捕獲情報は 1965 年頃を境としてほぼ沖縄本島周辺に限定されるようになったと考えられてきた（内田, 1994）。本調査による広範囲な聞き取り調査の結果では、1965 年以降も、ジュゴンが沖縄本島以外（西表島や久米島など）で、少数の目撃証言または死体漂着が確認されたという証言がある。さらに、2002 年 10 月～2003 年 4 月まで、奄美大島の笠利湾でジュゴンの目撃情報がある。

^{*1}宮崎県の縣油津付近でも捕獲した記録（江崎, 1935）が残っている。平成 14 年 10 月に熊本県牛深市の定置網に混入し、放流されたが、その後死体が漂着したジュゴンも同様の迷行事例と考えられる。

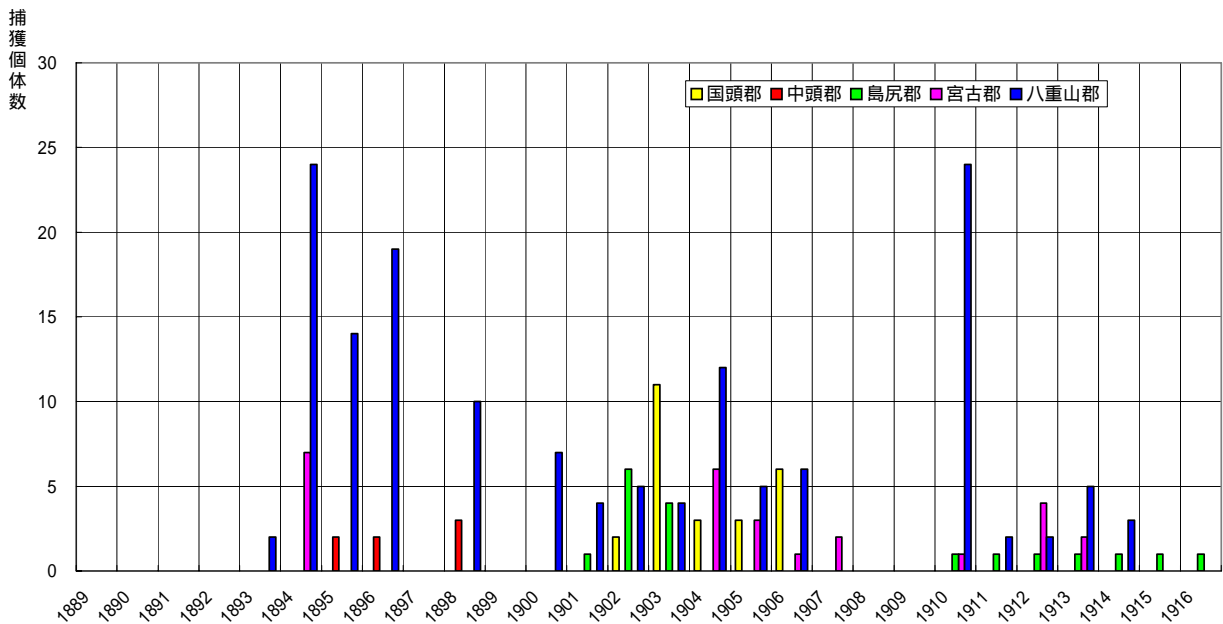


図2 国頭郡、中頭郡、島尻郡、宮古郡、八重山郡におけるジュゴンの捕獲数
80～120斤を1頭と仮定して、沖縄県統計書のデータから求めたジュゴンの推定捕獲個体数。

我が国のジュゴンについては、追跡調査を行った事例がないことから、季節移動や移動距離に関しては判断できる材料はないが、オーストラリアでは、ジュゴンが5日間で600kmの移動を行った例があり (Preen, 1995c)、またジュゴンが直線距離で140km離れた2地点を6週間の間に3回行き来した事例が報告されている (Marsh and Rathbun, 1996)。また、オーストラリアのモートン湾やシャークベイでは、ジュゴンは季節移動を行うことが報告されている (Preen, 1993)。

今後の課題としては、八重山諸島や奄美諸島など近年にジュゴンがほとんど見られなくなった地域において、個体群回復の制限となっている要因を検討する必要がある。

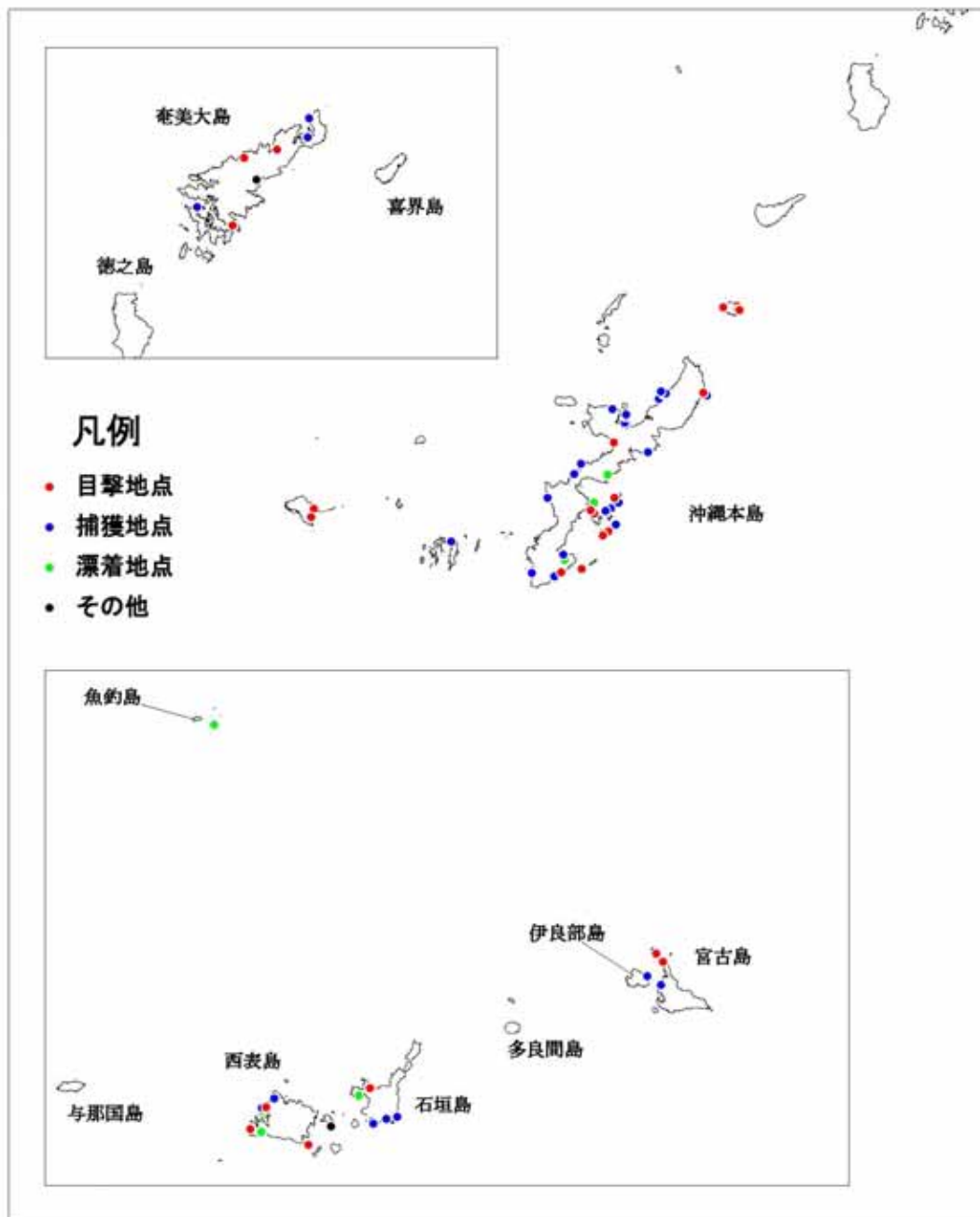


図3 南西諸島における過去(1800年代後半～1965年)のジュゴンの分布

2) 沖縄本島周辺における現在のジュゴンの分布について

沖縄本島周辺のジュゴンの分布に関して近年に行われた主要な科学的調査としては、ジュゴン研究会(粕谷ほか,1999;2000)及び防衛施設庁(2001)のものが挙げられる。ジュゴン研究会の調査では、1998年4月に沖縄本島東海岸の天仁屋～金武湾海域及び安波～伊部海域の2海域において小型セスナ機による航空調査を実施し、東海岸で合計10回ジュゴンを確認している(粕谷ほか,1999)。また、防衛施設庁が平成12(2000)年10～12月に沖縄本島周辺海域において行った「ジュゴンの生息状況に係る予備的調査」では、沖縄本島全域を対象として、小型セスナ機による航空調査を行い、計3回ジュゴンを確認しており、また同時期にヘリコプターから、2回(計3頭)ジュゴンを確認している。これらの調査はジュゴンの分布を知る上で重要な調査ではあるが、粕谷ほか(1999)は、かねてから目撃情報の多かった2海域についての調査であり、沖縄本島全体の分布傾向を必ずしも示しているわけではない。防衛施設庁(2001)は小型セスナ機によって全域を1回、ヘリコプターによって本島中部域を1回調査している。

本調査では、沖縄本島全域におけるジュゴンの地理的分布の傾向を把握することを目的に沖縄本島全域を対象として^{*2}小型セスナ機(6人乗り)を使った航空調査を5回行った(平成13年は予備調査として沖縄本島の西海岸のみ(1回)、平成14・15年度は、沖縄本島全域を各年2回調査)。ヘリコプターによる個体識別調査は平成15年にのみセスナ機による分布調査を補足するために行った。

その結果、平成14年度の調査では金武湾中央部で2頭、安部海域で1頭の合計3頭のジュゴンを確認した。平成15年の航空機調査では東海岸では嘉陽、安部海域において3回、金武湾中央部において2回(計3頭)、西海岸では名護湾において1回(2頭)、屋我地島東において2回、ジュゴンを確認した(表1、図4)。整理すると、平成14・15年度に行った計4回の調査のうち、3回(4頭)が名護市東海岸の嘉陽・安部海域で確認されており、また同様に、4回の調査中3回(5頭)が沖縄本島中部東海岸の金武湾内で確認された。防衛施設庁の調査においても、確認されたジュゴン6頭中3頭が嘉陽・安部海域で確認されており、金武湾北部の宜野座沖で2頭が確認されている。

本調査における航空機調査では平成15(2003)年7月の調査で確認された6頭のうち、発見日やジュゴンの発見位置から最小観察個体数は5頭と算定された。

上記の航空機調査の結果と、2の2)の藻場での食跡調査の結果、ジュゴン研究会による目視調査結果(粕谷ほか,1999)、防衛施設庁の調査結果(防衛施設庁,2001)及び一般情報(ジュゴンネットワーク沖縄によりとりまとめられている、航空機のパイロット、漁業者、報道関係者、NGO、観光客などによる目撃情報(1997～2002年分))との重ね合わせを行った(図4)。

東海岸中北部については、過去にジュゴンの目撃情報などが多くあったことから、他の海域に比べて報道関連の飛行や、ヘリコプター遊覧が多い傾向がある。そのため、本海域は他の海域と調査努力

^{*2} 一部区間(嘉手納基地及び那覇空港周辺海域)については那覇空港及び米軍嘉手納基地を発着する航空機の低空飛行ルートで、飛行許可を得ることが困難であり、また調査実施に危険を伴うため調査を行えなかった。

表1 環境省の調査におけるジュゴンの確認状況

日時	時間	調査年度	場所	頭数	状況など備考
2002.9.19	10:39	H14 第1回調査	金武湾中央部	2	成獣 ある程度離れて遊泳
2003.1.31	15:09	H14 第2回調査	安部崎リーフ付近	1	成獣 ウミガメと遊泳
2003.7.2	10:39	H15 第1回調査	安部オール島南東	1	成獣
2003.7.2	15:34	H15 第1回調査	恩納村瀬良垣ビーチ	2	成獣 数m離れて同方向に遊泳
2003.7.3	8:20	H15 第1回調査	屋我地島東	1	成獣
2003.7.3	10:11	H15 第1回調査	屋我地島東	1	成獣
2003.7.5	9:52	H15 第1回調査	金武湾中央部	1	成獣 ウミガメと遊泳
2003.11.7	14:59	H15 第2回調査	安部オール島東北東	1	成獣? ウミガメにマウンティング
2003.11.8	15:39	H15 第2回調査	金武湾中央部	2	成獣 時折マウンティングらしい行動
2003.11.12	14:29	H15 第2回調査	安部オール島東	1	成獣

量（目視努力量）が異なるため、結果の扱いには注意が必要である。しかしながら、これらの努力量の多さを差し引いても、海草藻場での食跡調査結果でも本海域からジュゴンの食跡が多く発見されており、嘉陽沖から金武湾に至る沖縄本島の東海岸はジュゴンによく利用されている海域である。

一方、本調査及び防衛施設庁の調査では、西海岸北部（名護湾海域、屋我地・古宇利島海域）でもジュゴンの分布が確認されている。当該海域においては、古宇利島南東部の海草藻場でジュゴンの多数の食跡が発見され、古宇利島の小型定置網でジュゴン（1頭）が混獲されている（1996年1月）。また、古宇利大橋付近でジュゴン（1頭）が漁船から確認され（2003年7月・9月）、ジュゴンの目撃例等（1970年代）西海岸北部でのジュゴンに関する情報があることから、西海岸北部、その中でも特に古宇利島、屋我地島、大宜味村に囲まれた湾内も、ジュゴンによく利用されている海域である。

一方、1999年から2000年の冬には、国頭郡瀬底島付近の海草藻場で複数回ジュゴンが確認され（ジュゴンネットワーク沖縄,2000）、2004年4月26日には読谷町比謝川沖の定置網に入ったジュゴンがリリースされ、（沖縄タイムズ、琉球新報）同じく2004年4月に屋嘉田沖の無人島近辺でもジュゴンが目撃されている（小澤,私信）。

これらを総合的に考え併せると、ジュゴンは沖縄本島周辺の海域で見られるが、東海岸の中北部と西海岸の北部を主として利用していると考えられ、保護対策の検討に当たっては、このことに充分配慮する必要がある。

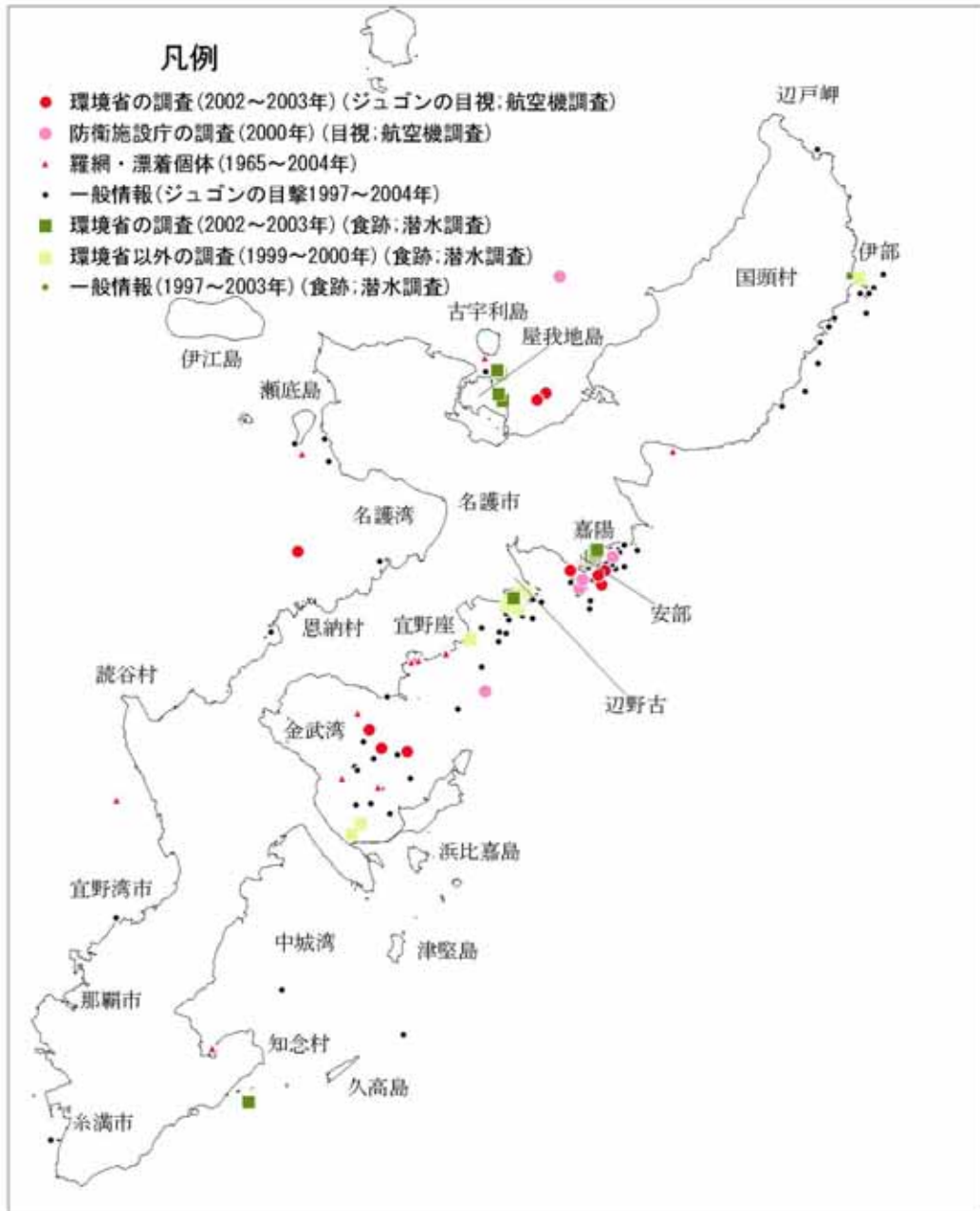


図4 沖縄本島周辺海域におけるジュゴンの目視地点と食跡の分布状況(1965～2004年)
 一般情報については、主にジュゴンネットワーク沖縄提供

2. 海草藻場の分布とジュゴンが利用する海草藻場の確認

沖縄本島は亜熱帯に位置し、その沿岸域には海草藻場が発達している。ジュゴンはこれらの海草のみを常食している大型哺乳類である。ジュゴンが海藻等の海草以外の物質を摂餌する報告は、海草藻場が広範囲に消失^{*3}したり、何らかの原因によって、ジュゴンが十分な量の海草を摂餌できない場合の特異的な例である (Spain and Heinsohn, 1973)。また、ジュゴンはたとえ海藻を摂餌しても、それらを消化することができない (明田, 2003b)。これは平成 14 (2002) 年に熊本県牛深市で定置網に混入し、放流されたものの、その後死体漂着したジュゴンの例でも示されている (環境省, 2002)。こうしたことから、海草はジュゴンの生存のために必要不可欠であり、海草藻場の保全はジュゴン保護の観点からも重要である。

南西諸島における海草藻場の広域な分布については、当真(1999)が沖縄本島及び八重山諸島の数島について報告しており、また、環境省が第 4 回自然環境保全基礎調査 (環境庁, 1997) によって、沖縄本島及び周辺諸島の海草藻場の分布を取りまとめている。しかしながら、これまでに沖縄本島沿岸において、海草藻場の詳細な分布状況やジュゴンがどの海域の海草藻場を利用しているのか、といった情報について、ジュゴンの分布情報と同様、全域にわたって調査された例はほとんどない。

ジュゴン研究会 (粕谷ほか, 1999) は、沖縄本島中部の金武湾南部に位置する海中道路西側・松田東岸・久志・辺野古漁港～辺野古岬・嘉陽海岸の南半分、本島北部の伊部地先等の、過去にジュゴンの目撃例があった海域の海草藻場においてジュゴンの食跡調査を行い、その数力所で食跡を確認している。また、防衛施設庁(2001)は、沖縄本島沿岸の主要な海草藻場数力所の調査を行った結果、西海岸 1 力所 (沖縄県名護市西海岸の屋我地島東側、済井出) 及び東海岸 1 力所 (沖縄県名護市東海岸の辺野古海域 4 地点) で食跡を確認している。

しかしながら、両調査とも、沖縄本島全域の海草藻場の調査ではなく、局所的な調査にとどまっております。沖縄本島周辺の藻場の網羅的調査ではない。本調査では、沖縄本島周辺海域における海草藻場の分布状況を把握し、ジュゴンが利用している海草藻場を確認することを目的に、海草藻場分布図を作成し、その海草藻場分布図を基に食跡調査及び深場^{*4}の海草藻場調査を行った。

1) 海草藻場分布図の作成について

沖縄本島周辺では既知種として 3 科 7 属 10 種^{*5}の海草の分布が確認されている (当真, 1999)。海草藻場の分布を確認するため、2002 年 2 月に航空機^{*6}より、新たに沖縄本島沿岸域の航空写真を撮り^{*7}、

^{*3} オーストラリアで 1971 年に生じたハリケーンによる大規模な藻場の消失などの例がある。

^{*4} 本調査では概ね水深 15m 以深を深場と定義した。

^{*5} 近年、新種あるいはウミヒルモ属の一つと考えられる種が新たに確認されている。

^{*6} 人工衛星を使用した手法では、解像度、撮影時期の指定に問題があることから、航空機写真による判読を採用した。

^{*7} 新たに撮影した航空写真は全体の 46% で、残りは沖縄県所蔵の航空写真 (OKT-93-1) を使用した。

デジタルモザイク（画像の正規化手段としての簡易オルソ化）を作成した。ただし、既存の航空写真（1993年撮影）がある海域は、それを利用した。その後、潜水による現地調査を行った地点情報をGIS上で整理したあと、RGB^{*8}256階調の解析により、海草藻場、アオサ場、ガラモ場、小型藻類ごとの分布特性を把握した。階調値の平均濃度値は、海草藻場でR:127、G:154、B:141、アオサ場でR:109、G:133、B:117、ガラモ場でR:80、G:101、B:116、また、小型藻類でR:111、G:145、B:143であった。これらの平均値をRED濃度を基準とし、GREEN及びBLUEの濃度値の差を得た海草藻場の特性を全海域に当てはめ、これにより沖縄本島での海草の分布を解析・判読した。また、RGB256階調の解析値にて分類が困難であった海域などについては、底質や画像上の濃度の凹凸（計測距離と濃度値の関係）等により藻場の判別を実施した。

航空写真の判読にあたっては、マツパウミジグサやウミヒルモなどの群落で被度が比較的低い場所では、現地調査時には海草は確認できたものの、画像解析時には砂地として分類され、判別が困難な箇所があり、サンゴ礁の外縁から水深が急に深くなっていく場所では色調が暗転するため海草類が生育していると判読された箇所があった。これらの箇所においては随時修正を加えたり、判読不能として処理を行った。また、沿岸部の約半分については、沖縄県所蔵の海岸線が撮影されている航空写真（1993年）を使用しており、時間差があるため海草藻場の消失または増加などがある場合がある点に留意が必要である。また、写真の色調の微妙な違いや天候、光による反射等の理由から、海草藻場が過大に抽出されている可能性が指摘され、諸修正を試みたがRGB色調特性からの判読のみでは精度の向上は難しかった。このような処理による航空写真の判読の結果、過大評価としながらも、1995haを伊江島を含めた沖縄本島沿岸の海草藻場として算定した（図5、表2）。この海草藻場は、リーフとの関係からさらに表2のように区分された。この海草藻場分布図を食跡調査を行う基礎資料とした。

表2 沖縄本島周辺の浅場の海草藻場の区分

藻場の面積(ha)	水路と藻場の状態		備考
1,995.0	ピクセル(1m×1m)から判別した藻場の総面積		
1137.3	リーフ内に形成される海草藻場		
679.0		ジュゴンが自然の水路を通過して藻場に到達できるリーフの切れ目(港湾施設や工事現場などの人工物が近くにある場合でも対象とした)がある海草藻場	平成14年度調査対象海域(調査藻場面積187ha)、リーフの切れ目(水路)の本数38本
248.1		完全にリーフや浅瀬に囲まれてジュゴンの進入が不可能と推測される海草藻場	平成15年度追加調査対象海域(調査藻場面積13.64ha)、リーフの切れ目(水路)の本数0本
168.2		船舶の往来の多い人工水路(航路)のみを通らなければ到達できない海草藻場	リーフの切れ目(水路)の本数12本
857.7	リーフの内側に形成されていない、外洋に開けた海草藻場		平成15年度調査対象海域(調査藻場面積616.9ha)

*8 R:赤、G:緑、B:青の三原色。

2) 食跡調査について

平成 13 年度で作成した海草藻場分布図を基に、平成 14 年度^{*9}はサンゴ礁のリーフの内側に発達した海草藻場 35 ヶ所を対象に、平成 15 年度^{*10}にはリーフに囲まれていない外洋に開けた海草藻場 33 ヶ所を対象として、水泳又は潜水によりジュゴンが海草を食べた後に残る食跡(図 6)の食跡調査を行った(図 7)。

その結果、平成 14 年度の食跡調査では名護市東海岸の嘉陽地先の海草藻場で 8 月に 24 本、同じく東海岸の辺野古地先の海草藻場で 2003 年 1 月に 1 本の食跡を確認した。さらに、辺野古地先では大型動物の糞を 2003 年 1 月及び 2 月に 2 カ所で確認した(表 3)。

平成 15 年度の食跡調査では、平成 14 年度と同様に嘉陽地先の海草藻場で多数の食跡を確認したほか、今帰仁村古宇利島南東の海草藻場で 2003 年 9 月に 10 食跡群(計 139 本)、2004 年 3 月に 4 食跡群(計 129 本)を確認した。また古宇利島の南に位置する名護市屋我地島東の海草藻場でも 2 カ所(計 4 本)で食跡を確認した。さらに、沖縄本島南東部の知念村志喜屋沖で 2 本の食跡を確認した(表 3)。

食跡調査による確認の他に、ラジコンヘリによる海草群落構造調査、ジュゴンの 24 時間行動観察調査等でも、食跡を確認し、また大型動物の糞も採取した(表 3)。

ジュゴンの食跡は東海岸で多く確認され、また西海岸でも少数確認された。これは、航空機によるジュゴンの分布調査の結果とおおむね類似の傾向となった。また、本調査において、これまで目撃事例等が少ない沖縄本島南部の知念村志喜屋漁港沖の海草藻場にてジュゴンの食跡が確認されたことは、興味深い。

オーストラリアのジュゴンはある一定期間同一海域にとどまって摂餌したあと、移動をすること(Masini *et al.*, 2001)から、沖縄本島周辺海域に生息するジュゴンも、ある海草藻場を一定期間利用して、他の海草藻場に移動することを繰り返している可能性がある^{*11}。今後、ジュゴンの食跡が多く観察された古宇利島南東部の藻場や名護市嘉陽地先の海草藻場などでは、海草藻場の利用に関する長期的なモニタリングが重要であると思われる。また、本調査の調査対象以外の沖縄本島周辺の離島にも広大な海草藻場が発達していることから(環境庁, 1997)、離島海域へのジュゴンの移動も想定される。沖縄本島周辺の離島でも海草藻場の把握、食跡の確認、航空機によるジュゴンの分布確認といった調査が今後必要と思われる。



図 6 ジュゴンの食跡例

^{*9} 平成 14 年度の調査手法としては、リーフの中にある藻場で、リーフの切れ目(水路)からジュゴンがアクセスし摂餌する傾向があることを予備調査で確認し、水路付近の藻場にコドラート(50m×50m、20個)を設置し、調査した。

^{*10} 平成 15 年度の調査手法としては、2名の観察員をタグボートでゆっくり曳航し観察するマンタ法で調査した。

^{*11} 沖縄本島周辺でも瀬底島付近の同一海域で数ヶ月ジュゴンが確認された事例や、伊部海域で 1、2ヶ月親子のジュゴンが目撃された事例がある(ジュゴンネットワーク沖縄, 2000)。

表3 ジュゴンの食跡及び大型動物の糞の確認状況

日時	場所	本 / 個	調査項目
平成 14 年			
2002/8/5	嘉陽地先の海草藻場	24	食跡調査の手法検討予備調査
2003/1/31	辺野古海草藻場中央部の海草藻場	1	食跡調査
2003/2/1	辺野古海草藻場中央部の海草藻場	1	食跡調査
2003/2/3	辺野古海草藻場中央部の海草藻場	1	食跡調査
平成 15 年			
2003/5/28	安田地区、伊部海岸地先の海草藻場	2	食跡調査の手法検討予備調査
2003/5/28	嘉陽地先の海草藻場	6	食跡調査の手法検討予備調査
2003/8/13	屋我地島東の済井出南東側の海草藻場	3	食跡調査
2003/8/14	屋我地島東の済井出東側の海草藻場	1	食跡調査
2003/9/4	古宇利島南東部の海草藻場	113	食跡調査
2003/9/5	古宇利島南東部の海草藻場	21	食跡調査
2003/9/14	古宇利島南東部の海草藻場	5	食跡調査
2003/9/30	嘉陽地先の海草藻場	4	ジュゴンの 24 時間行動観察調査
2003/10/1	嘉陽地先の海草藻場	20	ジュゴンの 24 時間行動観察調査
2003/10/3	嘉陽地先の海草藻場	2	ジュゴンの 24 時間行動観察調査
2003/10/5	嘉陽地先の海草藻場	15	ジュゴンの 24 時間行動観察調査
2003/10/6	嘉陽地先の海草藻場	11	ジュゴンの 24 時間行動観察調査
2003/10/10	嘉陽地先の海草藻場	3	ジュゴンの 24 時間行動観察調査
2003/10/12	嘉陽地先の海草藻場	5	ジュゴンの 24 時間行動観察調査
2003/10/13	嘉陽地先の海草藻場	6	ジュゴンの 24 時間行動観察調査
2003/11/13 ~ 20	嘉陽地先の海草藻場	50 以上	ラジコンヘリ/海草群落構造調査
2003/11/20	安部地先岸約 50m の海草藻場	5-10	ラジコンヘリ/海草群落構造調査
2003/11/27	知念村志喜屋漁港の南東の海草藻場	2	食跡調査
2004/3/21	古宇利島南東部の海草藻場	129	食跡追加モニタリング調査

: 大型動物の糞。

3) 深場の海草藻場の分布とジュゴンの餌場としての利用可能性について

オーストラリアではジュゴンの食跡が水深 33m の場所で確認されている (Lee Long *et al.*, 1996)。沖縄でもどれくらいの深さまでジュゴンが潜水し、海草を利用しているのか、また、ジュゴンが利用できるほどの海草群落が深場に存在するのかを確かめることは重要と考えられる。しかし、沖縄本島沿岸の深場 (水深 15m 以深) の海草藻場における、海草の分布 (被度) や、ジュゴンの利用状況に関

してはほとんど資料がない。このため沖デオカメラシステムの曳航調査（カメラ機材をソリ状の機材の上に設置し曳航しながら、船上モニターで確認する。）による深場の藻場調査をおこなった。

その結果、水深 20～30m までの深さであっても、内湾で、底質が砂質やシルト質であるという環境が整った場所であれば、被度 5%未満の低い被度ではあるが、海草の分布が確認された。それらの海草分布が確認された地点のうち、最も海草被度が高かった名護湾（水深 18m）の海草現存量は乾燥重量で $1.82\text{g}\cdot\text{dw}/\text{m}^2$ であった。浅場の海草の地上部の現存量（ウミショウブを除く）が $45\sim 305\text{g}\cdot\text{dw}/\text{m}^2$ 、地下部で $150\sim 1426\text{g}\cdot\text{dw}/\text{m}^2$ （当真, 1993）であることと比較すると、深場の海草藻場の現存量は非常に少量であり、たとえ海草が生育していても、ジュゴンが深くまで潜水して摂餌するには非効率的であると考えられた。

ジュゴンの餌場である海草藻場の調査については、今後、食跡調査等でジュゴンによる摂餌が確認された主要な海草藻場でその利用状況を定期的にモニタリングするとともに、また、利用が確認されなかった海域の海草藻場については、利用を制限している要因について、整理することが必要である。

また、人為の影響や自然条件の変化等による海草藻場の消長などの動態も同時にモニタリングしていく必要がある。

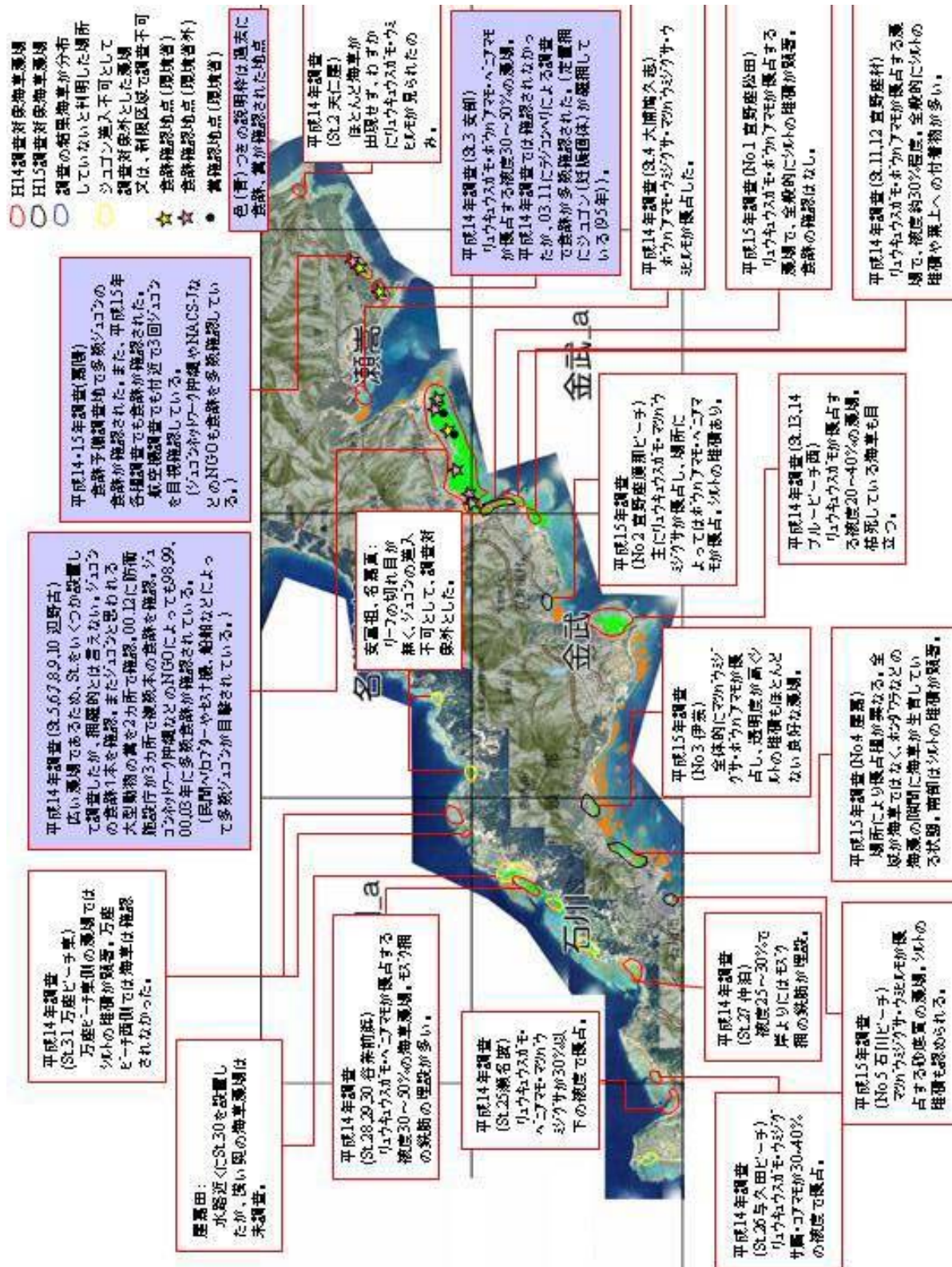


図7 食跡調査の概観(2/4)

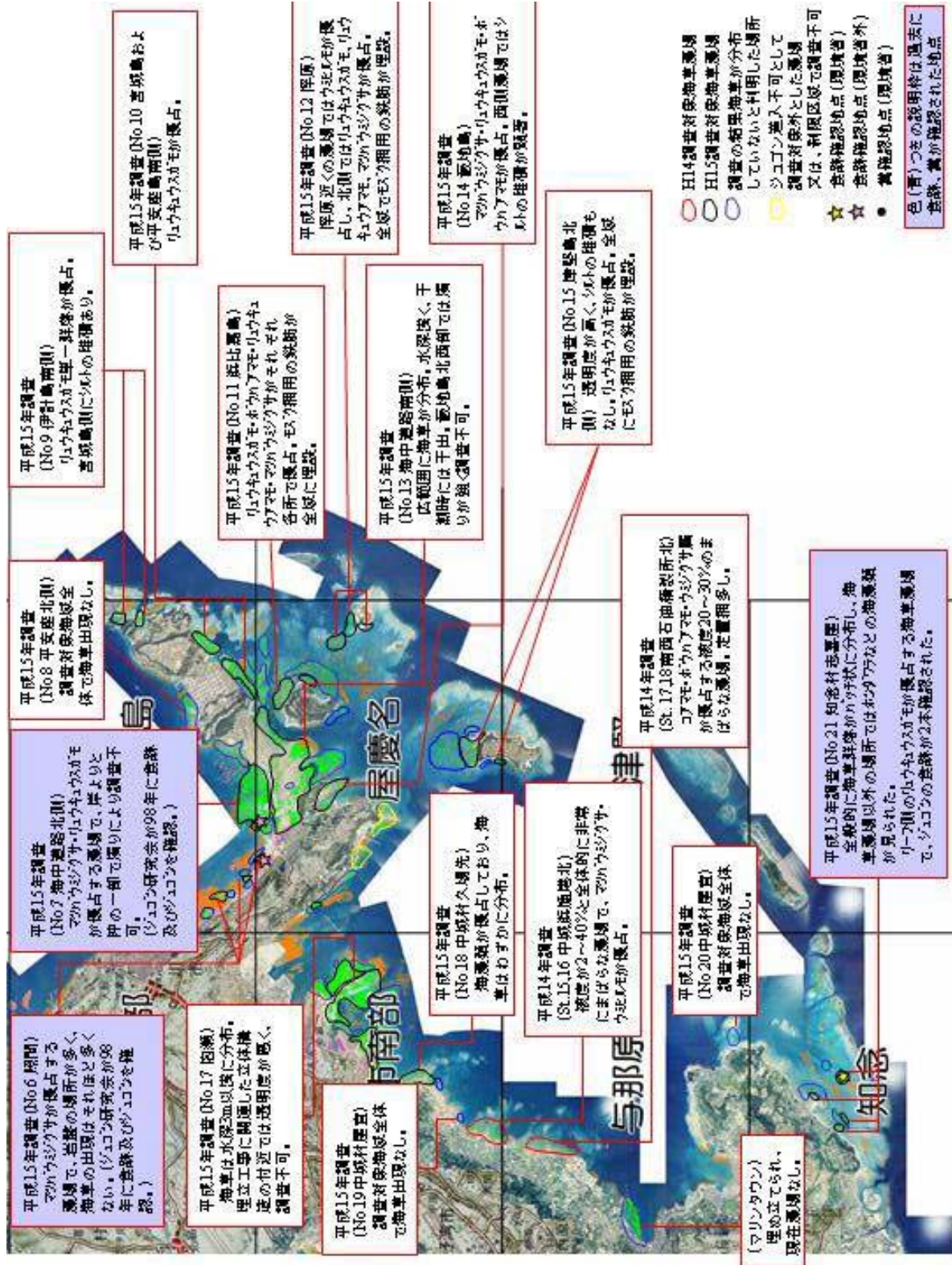


図7 食跡調査の概要 (3/4)

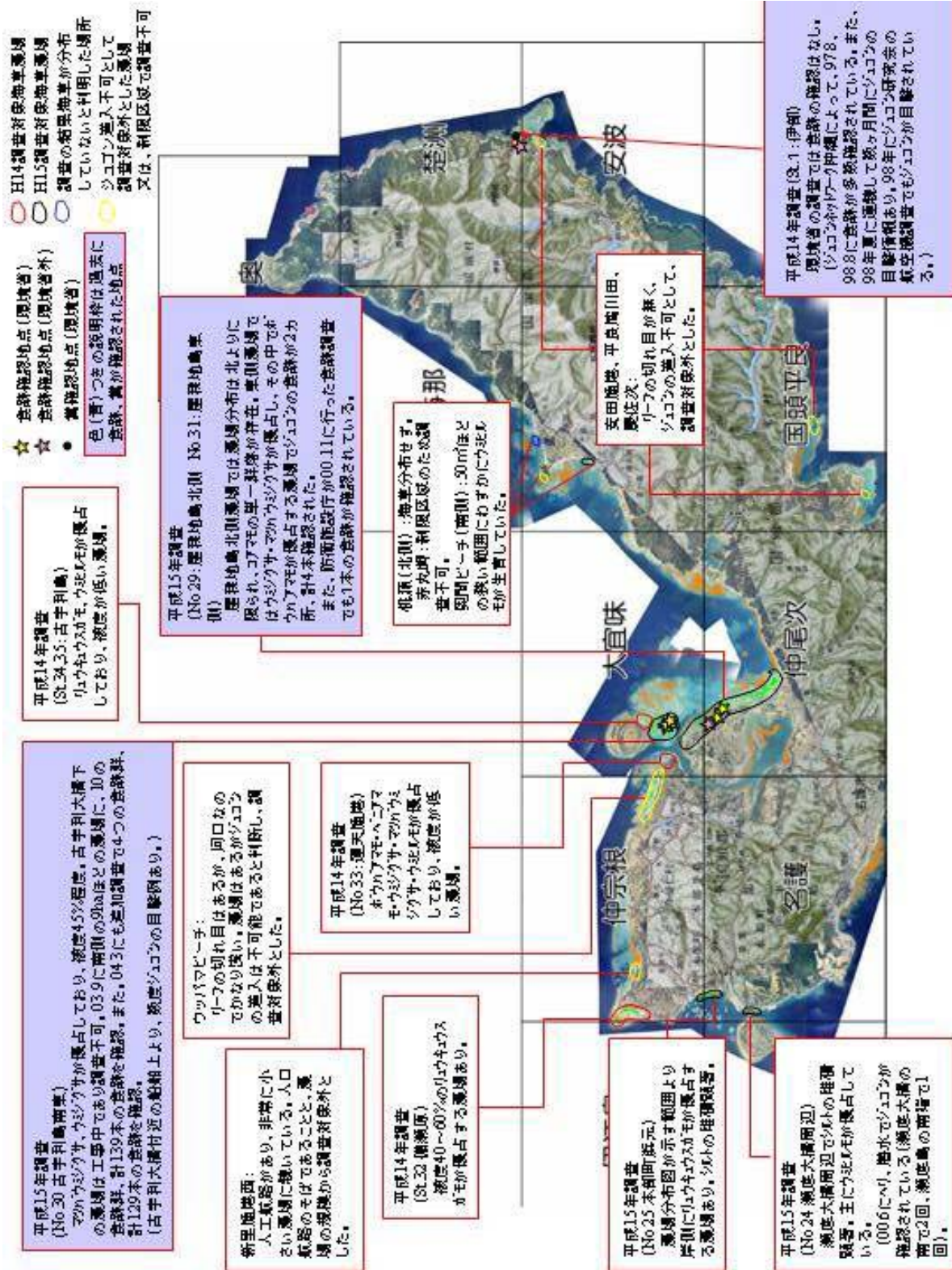


図7 愈跡調査の概要(4/4)

3. ジュゴンの食性等の知見の収集

世界で4科12属60種の既知種の海草のうち、ジュゴンは4科9属18種を摂餌していることが報告されている(Heisohn and Birch, 1972; Marsh *et al.*, 1982)。琉球列島周辺には、これら18種のうち、3科7属10種が生育すると報告されており(当真, 1999)。そのうち、7種(ベニアマモ、リュウキュウアマモ、マツバウミジグサ、ウミジグサ、ボウバアマモ、ウミヒルモ、リュウキュウスガモ)をジュゴンが摂餌することが、胃内容物の調査から確認された(明田, 2003a; 環境省, 2002; 2003)(表4)。摂餌が確認されなかったコアアマモやヒメウミヒルモは、沖縄本島周辺の海域では分布が狭い範囲に限られていることや、ウミショウブについては、その生育が西表島、石垣島及び波照間島に限られるため、これまでの調査では胃内容物から確認されていない可能性がある。

表4 琉球列島に生育する海草とジュゴンによる摂餌が確認された海草

科名	種名	和名	生育する種 ^a	摂餌が確認された種 ^b
Potamogetonaceae ^c	<i>Cymodocea rotundata</i>	ベニアマモ		
	<i>C. serrulata</i>	リュウキュウアマモ		
	<i>Halodule pinifolia</i>	マツバウミジグサ		
	<i>H. uninervis</i>	ウミジグサ		
	<i>Syringodium isoetifolium</i>	ボウバアマモ		
Hydrocharitaceae	<i>Enhalus acoroides</i>	ウミショウブ		
	<i>Halophila decipiens</i>	ヒメウミヒルモ		
	<i>H. ovalis</i>	ウミヒルモ		
	<i>Thalassia hemprichii</i>	リュウキュウスガモ		
Zosteraceae	<i>Zostera japonica</i>	コアアマモ		

a: 当真(1999)、b: 明田(2003a)、c: 環境省発行のレッドデータブックの分類に沿って Potamogetonaceae (ヒルムシロ科)とした。

沖縄に生息するジュゴンの胃内容物については、明田(2003a)を含め、これまで沖縄本島にて定置網に羅網又は死体が漂着したジュゴン(表5)のうち、8個体(表5で茶色(環境省調査個体)と緑色(明田(2003a)調査個体)で示した個体)について調査が行われた。ただし、環境省の調査で行ったNo.8については空胃であり、また、No.15についても、幼獣であったことから、胃内容物が非常に少なかったため、分析に使用することが困難であった。また、No.20の熊本県牛深市にて死体漂着した個体については、胃内容物のほとんどが海藻類で占められており、特殊なケースであると考えられるため、比較検討には含めなかった。そのため、本調査では、明田(2003a)で調査した4個体(No.10, 13, 17, 18)と環境省(2003)で行った1個体(No.12)を食性調査の比較検討の対象とした(表5、図8, 9)。

表5 沖縄県及び熊本県で保護、回収されたジュゴンの記録

No.	捕獲日	捕獲地	性	体長 (cm)	体重 (kg)	発見状態	サンプル
1	1965/10/25	池間島・東海岸	M	203	約 349	刺網羅網	×
2	1967 (1968) ^a	伊良部島・佐良浜	M	約 260	約 300	不	×
3	1979/ 1/18	沖縄島・名護市・嘉陽	F	159	95	刺網羅網	×
4	1982/ 3/27	沖縄島・宜野座村・漢那	M	251	267	死体漂着	×
5	1984/ 4/24	沖縄島・具志川市・金武湾	M	262	-	死体漂着	?
6	1988/ 1/ 4	沖縄島・佐敷町・富祖崎	F	251	290	死体漂着	×
7	1988/ 1/14	沖縄島・宜野座村・漢那古知谷	M	187	146	死体漂着	
8	1990/ 5/16	沖縄島・名護市・嘉陽	M	117	39	刺網羅網	
9	1992/ 5/ 9	沖縄島・金武町	M	200	173	定置網・保護	×
10	1992/ 5/ 9	沖縄島・金武町	F	266	374	定置網・死亡	
11	1993/12/ 4	沖縄島・金武町	M	196	-	定置網・放流	×
12	1995/12/28	沖縄島・名護市・安部	F	296	560	定置網・死亡	
13	1996/ 1/15	沖縄島・今帰仁村・古宇利島	M	約 300	-	定置網・死亡	
14	1997/ 1/22	沖縄島・宜野座村・漢那	M	267	-	定置網・放流	×
15	1998/11/13	沖縄島・与那城村・平安座島	M	110	31.7	刺網羅網	
16	1999/ 4/ 1	沖縄島・東村	-	約 300	-	死体漂着	×
17	2000/ 4/ 5	沖縄島・宜野座村・慶渡茂原	M	266	190	死体漂着	
18	2000/ 8/27	沖縄島・本部町・瀬底島沖	F	298	395	死体漂着	
19	2000/11/13	沖縄島・宜野座村・漢那	F	218	243	定置網・死亡	?
20	2002/10/ 9	熊本県・牛深市	M	230	158	死体漂着	
21	2004/4/26	沖縄島・読谷村比謝川定置網	不	200-300	不	定置網・放流	×

内田詮三氏所有資料(2001/12/1)を改変。a: 1967年もしくは1968年に捕獲(詳細年月日は不明) ×: サンプルなし、
: 分析済み、: サンプル使用不可、不: 不明。網掛は既に胃内容物調査を終了したもの。No.8, 12, 15, 20 は環境省
調査で、No.10, 13, 17, 18 は明田(2003a)で調査した個体。

明田(2003a)に従い、5体のジュゴンの胃内容物中の海草を属ごとに各部位(葉部、地下茎・根部)に分け、その乾燥重量を求めた。部位毎の割合(図8)から、沖縄本島周辺のジュゴンがオーストラリアやインドネシアなどで研究された事例(Marsh *et al*, 1982; Erftemeijer P. *et al*, 1993; Lawlar I. and J. Andre, 2000)と同様に、葉部、地下茎・根部とも摂餌していることがわかる。多少の個体差はあるものの、胃内容物の95.5%が海草であり、そのうち、52.2%が葉部、43.2%が地下茎・根部であった。海草種及び摂餌部位の摂餌選択性については、分析したサンプル数が非常に少なく、その傾向を把握することは困難であるが、少なくとも本調査では顕著な傾向は見いだされなかった(図9)。

また、平成14・15年度の食跡調査により摂餌が確認された海草藻場の優占種(表6)からジュゴンの海草種による摂餌選択性を検討したが、明らかな選択性が伺えるような傾向は見受けられなかった。

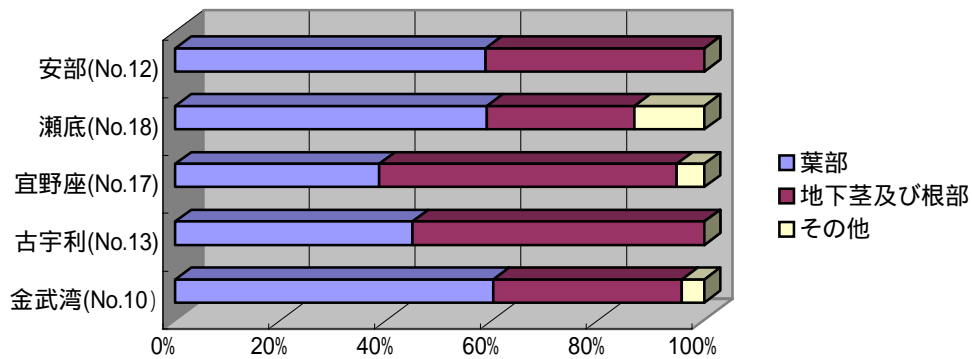


図8 胃内容物の部位構成（乾燥重量比%）の個体比較

No. 12 以外のデータは明田（2003a）より改変。番号は表 5 を参照。

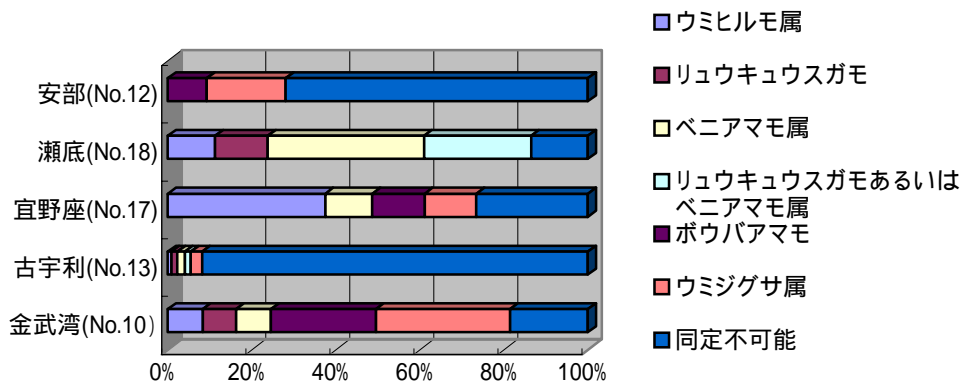


図9 胃内容物の葉部の種構成（乾燥重量比%）の個体比較

No. 12 以外のデータは明田（2003a）より改変。番号は表 5 を参照。

一海域に限定して詳細にジュゴンの摂餌選択性を検討した海草群落構造調査(平成 14・15 年度実施)においても、摂餌選択性は認められなかった。この理由として沖縄本島の海草藻場は、オーストラリアやタイで報告されているような単一群落ではなく、多くの海草種が生育する混生群落が多く、ジュゴンが特定の種を選んで摂餌することは物理的に困難と思われる。そのためジュゴンはその各藻場において利用可能な海草を、非選択的に摂餌していると考えられる。ジュゴンは主に 5m 以浅の海草藻場で、海草の地下茎ごと掘り起こし、摂餌すると言われている(明田・河村, 2001)。しかしながら、海草の種によっては非常に強健な地下茎を持ち、堅い砂礫底などの場所に地下茎が深く伸長するため、ジュゴンが地下茎ごと摂餌できないものもある。ウミショウブ^{*12}やリュウキュウスガモはそのような種の一例で、地下茎を摂餌しにくい(明田・河村, 2001)。ところが、ウミジグサ、リュウキュウアマモ、ウミショウブ、ボウバアマモ、ウミヒルモ及びヒメウミヒルモの栄養成分は、その部位によって

*12 沖縄本島には生育していないが、インドネシアには生息し、ジュゴンに摂餌されている (Erftmeijer *et al.*, 1993)。

異なり、単位重量当りのカロリー値は地下茎の方が葉部よりも高い(Birch,1975)。そのため、ジュゴンはウミヒルモなどの繊維質が少なく、栄養価(窒素含有量)が高い種を地下茎ごと好んで摂餌すると考える研究者も多い(Lanyon,1991; Preen,1993; Aragonés,1994)。また比較的海草の被度が粗で地下茎が利用しやすい群落を好むともいわれている(Preen, 1995a)。海草群落構造調査の結果、ジュゴンの食跡のほとんどが被度 60%以下の比較的粗な海草群落に分布していたことも、この見解を支持している。一方、Marsh *et al.*(1982) やErftemeijer *et al.*(1993)は、ジュゴンは生息域内で得ることのできる海草を非選択的に摂餌しており、特定の海草に対する選択性はないとしており、ジュゴンによる海草種の選択性については研究者により見解が分かれるところである。

表 6 食跡直近の海草優占種

日時	場所 ¹	本数	優占種
平成 14 年度			
2002/8/5	嘉陽	24	リュウキュウスガモ、ボウバアマモ
2003/1/31	辺野古	1 ²	リュウキュウスガモ
2003/2/1	辺野古	1 ²	リュウキュウスガモ
2003/2/3	辺野古	1	ボウバアマモ、マツバウミジグサ
平成 15 年度			
2003/5/28	伊部	2 ²	リュウキュウスガモ、ベニアマモ
2003/5/28	嘉陽	6 ²	リュウキュウスガモ
2003/8/13-14	屋我地島	4	ボウバアマモ、リュウキュウスガモ
2003/9/4-14	古宇利島	139	ウミジグサ、ボウバアマモ、ウミヒルモ、マツバウミジグサ
2003/9/30-10/3	嘉陽	66	ボウバアマモ、リュウキュウスガモ、ウミジグサ
2003/11/13~20	嘉陽	50 以上	リュウキュウスガモ、ベニアマモ
2003/11/20	安部	5-6?	ボウバアマモ
2003/11/27	知念村志喜屋	2	ウミジグサ、ボウバアマモ、リュウキュウスガモ
2004/3/21	古宇利島	129	マツバウミジグサ、ウミジグサ、ウミヒルモ、

1: 詳細は表 3 参照、2: 大型動物の糞。

4. ジュゴンの遺伝的特性の把握

広い生息範囲を有する生物の個体群動態及び各個体群間の関係を調べる場合、対象生物の遺伝情報を利用した集団解析が有効な方法の一つとして用いられている。ジュゴンのDNAは骨標本からも抽出可能であることが平成13年度の本調査で確認できており、平成14・15年度は琉球列島各地の遺跡から発掘された試料及び東南アジアからオーストラリア海域で採集されたジュゴンの骨標本、乾燥組織標本、糞及び死体標本を試料に用いて、DNA分析を行った。

平成14年は18サンプル、平成15年は11サンプルを分析し、ミトコンドリアDNA(mtDNA)の塩基対の決定を行った。この結果とTikel *et al.* (1996)、Arnason *et al.* (2001)の報告しているジュゴンmtDNAの同一領域との比較を行ったところ、全35個体155塩基対中20箇所の塩基置換が検出された。これら置換箇所のうち、6箇所(6、17、20、24、27、43番目。すべてトランジション^{*13})は沖縄とフィリピンの個体間で特徴的な置換パターンを示した。

各標本から得られた塩基配列からSaitou and Nei(1987)の近隣結合法^{*14}(Neighbor Joining method; NJ法)を用い、分子系統樹を作成した(図10)。系統樹の確からしさを検定するブートストラップ^{*15}は1000回の試行をおこなった。各クラスターの分岐におけるブートストラップ値は、オーストラリア個体(A)とその他の海域の個体(B~F)の分岐点においては100%(1000/1000)と高い値を示したが、それ以外のクラスターの分岐点におけるブートストラップ値は11~78%と著しい差があった。各クラスター内においても、それぞれの個体間のブートストラップ値は14~97%と大きな差が見られた。

そのため、分子系統樹上では、1)オーストラリアの個体からなるクラスター(A)がまず他の個体から分岐し、次に2)タイ・アンダマン海、パラオ産^{*16}個体とトウバル遺跡の個体からなるクラスター(B)が分岐した。その後、3)沖縄の2個体と台湾及びフィリピンの個体のクラスター(C)、4)スラヴェシとタイ・アンダマン海及びシャム湾、パラオの個体によるクラスター(G)、5)フィリピン、タイ・シャム湾個体のクラスター(D)、6)フィリピンと沖縄の個体から形成されるクラスター(E)、(F)の計7つに分岐したが(図10)、ブートストラップ値を考慮すると、クラスター(C)~(G)の分岐は、クラスター(A)、(B)と比べて明確ではない。

今回の遺伝的差異解析結果は、沖縄近海に生息する個体群とフィリピン近海に生息する個体群には、生息域によって分かれているいくつかの小さな母系集団、あるいは比較的遺伝的多型性に富む母系集団が存在し、両個体群は若干の相違はあるものの、同様もしくは同じ塩基配列の組成を持った非常に

^{*13} T (thymine; チミン) C (cytosine; シトシン) はピリミジンと呼ばれ、A (adenine; アデニン) G (guanine; グアニン) はプリンと呼ばれている。TからCもしくはCからTへのピリミジン同士、AからGもしくはGからAへのプリン同士の置換をトランジションという。

^{*14} 無根系統樹において、それぞれの個体情報で最も相似(近隣)なものを同士を接合してゆくことで、系統樹を作成する方法。

^{*15} 得られた系統樹の確からしさを検定する方法で、データを無作為に抽出し、同じ形の系統樹(分岐)がどのくらいの割合で得られるかを表す。得られた値が高いほど得られた系統樹の信頼度が高い。

^{*16} パラオ産の試料といわれているが、不確かなものがある。

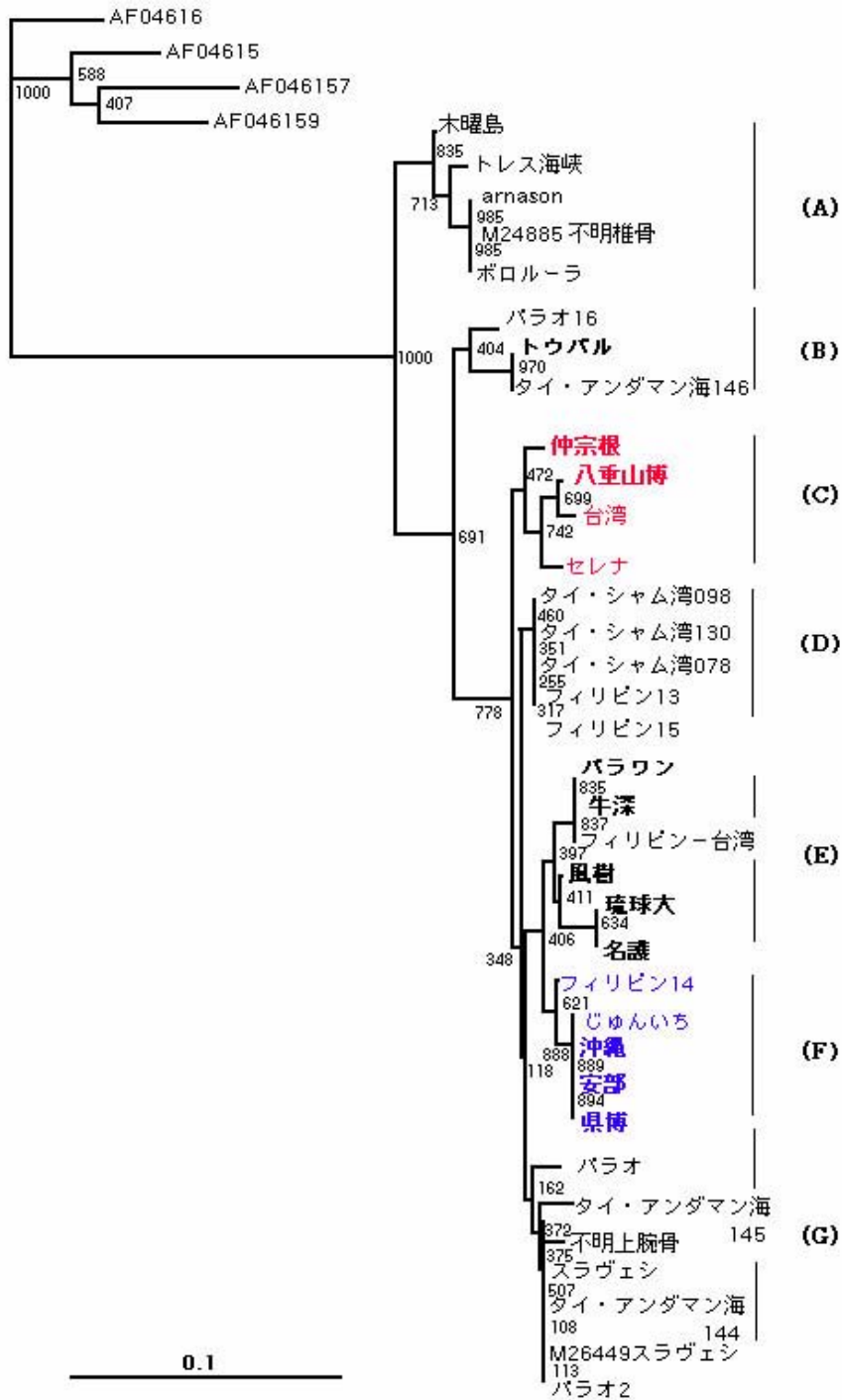


図 10 ミトコンドリア DNA・D ループの一部配列によるジュゴン各地域個体群の分子系統樹
 青、赤：フィリピン、沖縄個体の塩基配列の比較で特徴的な置換を表していると考えられる個体、各分岐点における数字：ブートストラップ値^{*17}。AF04157-AF04160：アメリカマナティ (Garcia-Rodriguez *et al.*, 1998) “セレナ”、“じゅんいち”：フィリピンにて捕獲され、鳥羽水族館で飼育されている雌雄個体。系統樹の横方向の枝の長さは塩基置換の割合を示す。

*17 1000 回行った無作為検定の内、同じ形の系統樹（分岐）得られた回数を表す。得られた値が高いほど得られた系統樹の信頼度が高い。

近縁か同一の母系集団を共有している可能性を示唆した。すなわち、沖縄とフィリピンそれぞれに生息している個体が、それら海域間を往来している可能性を示唆している。

また、タイ・シャム湾沿岸の3個体とフィリピン13、15の塩基配列は、全て同じであった。これはシャム湾に生息する個体とフィリピン近海に生息する個体において、非常に近縁か、同一の母系集団が存在する可能性を示唆している。

本調査では、沖縄個体とフィリピン個体が近縁な祖先に由来することが示唆された。しかし、このことは沖縄個体群の系統を示してはいるが、必ずしも最近の個体の交流を物語るものではない。また、フィリピン近海のジュゴンの移入が現在も続いているのか、あるいは過去の分散の結果なのかを検討するため、ジュゴンの試料の年代ごとに、詳細に検討していくことも今後の課題と思われる。

ミトコンドリアDNAは、骨格標本や排泄物からも比較的容易に抽出が可能であるが、母系の系統関係しか推定できないことや、個体間の差異がきわめて小さい場合には、それら個体間の関係を明確に示すことが難しいといった限界がある。今後、本調査では成功しなかったジュゴンの糞などを試料としたミトコンドリアDNAの採集・分析技術の検討が課題である。

一方、核DNAには、ミトコンドリアDNAよりもさらに詳細な個体の違い（個体識別が可能なマイクロサテライト領域）も含まれており、個体間の関係を把握するためには有効である。核DNAは、骨標本からの抽出は困難であるが、保存状態の良い組織サンプルや糞サンプルからは抽出可能であることが報告されていることから（Vandenberg and van Oorschot, 2002）、今後、さらに多くの沖縄産個体とフィリピン産個体の核DNAも含めた遺伝子解析を進めることで、より詳細な両海域間あるいは同海域内における遺伝的差異の推定が可能になると考えられる。

引用/参考文献

- Abal, E. G. and W. C. Dennison. 1996. Seagrass depth range and water quality in southern Morton bay, Queensland, Australia. *Marine and Freshwater Research*, 47, 763-771.
- 明田佳奈. 2003a. 海牛類の摂餌特性と消化機構に関する研究. 三重大学大学院生物資源学研究科博士論文, 110pp.
- 明田佳奈. 2003b. 海牛類の消化率. *勇魚*, 38, 20-31.
- 明田佳奈・河村章人. 2001. 海牛類の消化機構について(総説). 三重大学生物資源学部紀要, 27, 85-103.
- 明田佳奈・浅野四郎・若井嘉人・河村章人. 2001. アマモを摂取したジュゴンの消化率. *哺乳類科学*, 41, 23-34.
- Anderson P. K. and A. Birtles. 1978. Behavior and ecology of the dugong, *Dugong dugon* (Sirenia): Observation in Shoalwater and Cleveland Bay, Queensland. *Australian Wildlife Research*, 5, 1-23.
- Anderson, P. K. 1981a. Dugong behavior: observations, extrapolations, and speculations. In "The Dugong. Proceedings of a Seminar/workshop held 8-13 May 1979 (Ed. by H. Marsh)", pp 9-11, James Cook University, Townsville.
- Anderson P. K. 1981b. The behavior of the dugong (*Dugong dugon*) in relation to conservation and management. *Bulletin of Marine Science*, 31, 640-647.
- Anderson, P. K. 1982. Studies of dugongs at Shark Bay, Western Australia. Surface and surface observations. *Australian Wildlife Research*, 9, 85-99.
- Anderson, P. K. 1994. Dugong distribution, the seagrass *Halophila spinulosa*, and thermal environment in winter in deep waters of eastern Shark Bay, western Australia. *Wildlife Research*, 21, 381-388.
- Annandale, N. 1905. Notes on the species, external characters and habits of the dugong (*Halicornia dugong*). *Journal of Asiatic Society*, 1, 238-243.
- Aragones, L. V. 1994. Observations on dugongs at Calauit Island, Busuanga, Palawan, Philippines. *Wildlife Research*, 21, 709-717.
- Aragones, L. and H. Marsh. 2000. Impacts of dugong grazing and turtle cropping on tropical seagrass communities. *Pacific Conservation Biology*, 5, 277-288.
- 新井章吾・斎賀守勝・島袋寛盛・棚原盛秀・池田和子. 2003. ラジコンヘリで撮影されたアマモ場の景観とジュゴントレンチの分布特性. 国際景観生態学会日本支部会第13回北九州大会講演要旨集, 10.
- Arnason U., J. Adegokke, A. Gullberg, M. Nilsson, X. Xu and A. Janke. 2001. Mammalian relationships and the mitogenomic root of the eutherian tree. Unpublished. GenBank Accession No. AJ421723.
- Asano, N. 1938. On the dugong of Palau. *Botany and Zoology*, 6, 49-58.
- 浅野四郎・森拓也・柴田輝和・北村秀策・関戸勝・山本清・片岡照男. 1978. ジュゴンの飼育について. *動物園水族館雑誌*, 20, 78-35.
- Bay, D. 1984. A field study of the growth dynamics and productivity of *Posidonia oceanica* in Calvi Bay, Corsica, France. *Aquatic Botany*, 20, 43-64.
- Birch W. R. 1975. Some chemical and calorific properties of tropical marine angiosperms compared with those of other plants. *Journal of Applied Ecology*, 12, 201-212.
- Blessing, M. H. 1972. Studies on the concentration of myoglobin in the sea-cow and porpoise. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 41, 475-480.
- 防衛施設庁. 2001. ジュゴンの生息状況に係る予備的調査報告書. 防衛施設庁, 東京, 41pp.
- Burn, D. M. 1986. The digestive strategy and efficiency of the West Indian manatee, *Trichechus manatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 85, 139-142.
- Dennison, W. C. 1987. Effects of light on seagrass photosynthesis, growth and depth distribution. *Aquatic Botany*, 27, 15-26.
- Duarte, C. M. 1991. Seagrass depth limits. *Aquatic Botany*, 40, 363-377.
- Farmer, M., R. E. Weber, J. Bonaventura, R. C. Best and D. Domning. 1979. Functional properties of hemoglobin and whole blood in an aquatic mammal, the Amazonian manatee (*Trichechus inunguis*). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 62, 231-238.
- Fonseca, M. S. 1987. The management of seagrass systems. *Tropical Coastal Area Management*, 2, 5-7.
- Encalada, S. E., P. N. Lahanas, K. A. Bjorndal, A. B. Bolten, M. M. Miyamoto and B. W. Bowen. 1996. Phylogeography and population structure of the Atlantic and Mediterranean green turtle *Chelonia mydas*: a mitochondrial DNA control region sequence assessment. *Molecular Ecology*, 5, 473-483. GenBank Accession No. AJ276329.
- Erftemeijer P. L., A. Djunarlin and W. Moka. 1993. Stomach content analysis of a dugong (*Dugong dugon*) from

- South Sulawesi, Indonesia. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 44, 229-233.
- 江崎梯三. 1935. 八重山遊記 4. ザンノ魚. ドルメン, 4, 305-311.
- Garcia-Rodriguez A. I., B. W. Bowen and D. Domning. 1998. Phylogeography of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*): how many populations and how many taxa? Molecular Ecology, 7, 1137-1149. GenBank Accession Nos. AF04157-AF04160.
- Gohar, H. A. F. 1957. The Red Sea dugong, *Dugong dugon* (Erleben). Publication of the Marine Biological Station, Al Ghardaqa, 9, 3-49.
- Hartman, D. S. 1979. Ecology and behaviour of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. Special Publication of the American Society of Mammalogists, 5, 1-153.
- Hartog, den C. 1970. The sea-grass of the world. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 276pp.
- Harry, R. R. 1956. "Eugenie", the dugong mermaid. Pacific Discovery, 9, 21-27.
- Heinsohn, G. E. and W. R. Birch. 1972. Foods and feeding habits of the dugong, *Dugong dugon* (Erleben) in Northern Queensland, Australia. Mammalia, 36, 414-422.
- Heinsohn, G. E. and A. V. Spain. 1973. Effects of a tropical cyclone on littoral and sub-littoral biotic communities and on a population of dugongs (*Dugong dugon* (Müller)). Biological Conservation, 6, 143-152.
- Hirasaka, K. 1932. The occurrence of dugong in Formosa. Faculty of Scientific Agriculture of Taihoku University, 7, 1-4.
- Hudson, J. E., B. S. Rector, W. C. Ellis and M. L. Allen. 1986. Dynamics of digestion in cattle, sheep, goats and deer. Journal of Animal Science, 62, 208-215.
- 市川光太郎・伊藤万祐子・三谷曜子・K. Adulyanukosol・原武史・細谷誠一・新家富雄・荒井修亮・赤松友成. 2003. 鳴いたジュゴンの方位を知る～新しい野外行動観察手法～. 日本動物行動学会第22回大会講演要旨, 74.
- Johnstone, I. M. and B. E. T. Hudson. 1981. The dugong diet: mouth sample analysis. Bulletin of Marine Science, 31, 681-690.
- ジュゴンネットワーク沖縄. 2000. 沖縄のジュゴン保護のために(資料集), ジュゴンネットワーク沖縄, 沖縄, 94pp.
- 環境庁. 1997. 日本の干潟、藻場、サンゴ礁の現況 第2巻 藻場. 環境庁自然保護局, 東京, 400pp.
- 環境省. 2002. 平成13年度ジュゴンと藻場の広域的調査報告書. 環境省, 東京, 114pp.
- 環境省. 2003. 平成14年度ジュゴンと藻場の広域的調査報告書. 環境省, 東京, 308pp.
- 粕谷俊雄・白木原美紀・吉田英可・小河久朗・横地洋之・内田詮三・白木原国雄. 1999. 日本産ジュゴンの現状と保護. 第8期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成成果報告書, 8, 6-13.
- 粕谷俊雄・小河久朗・横地洋之・細川太郎・白木原美紀・東直人. 2000. 日本産ジュゴンの現状と保護. 第9期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成成果報告書, 9, 29-36.
- 片岡照男. 1997. ジュゴン・人魚学への招待. 研成社, 東京, 179pp.
- 片岡照男・浅野四郎. 1997. ジュゴンの生活. 「海の哺乳類(宮崎信之・粕谷俊雄編)」, pp. 206-217, サイエンス出版社, 東京, 311pp.
- Kenworthy, W. J. and D. Haurert. 1991. Result and recommendation of a workshop convened to examine the capacity of the water quality criteria, standards and monitoring programs to protect seagrass from deteriorating water transparency. NOAA's Coastal Ocean Program, Estuarine Habitat Studies, NOAA Workshop Report, 181pp.
- Lanyon, J. M. 1991. The nutritional ecology of the dugong (*Dugong dugon*) in tropical North Queensland, Ph.D Thesis, Monash University, Australia, 337pp.
- Lanyon, J. M. and H. Marsh. 1995. Digesta passage times in the dugong. Australian Journal of Zoology, 43, 119-127.
- Larkum, A. W. D., A. J. McComb and S. A. Sheperd. 1989. Biology of seagrasses. A treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian Region. Elsevier, Amsterdam, 841pp.
- Lawler I. and J. Andre. 2001. Analysis of stomach contents of dugongs stranded in the central region of the Great Barrier Reef Park: May-August 2000. Great Barrier Reef Marine Park Authority Research Publication, Australia, 7pp.
- Lee Long, W. J., R. G. Goles and L. J. McKenzie. 1996. Deepwater seagrass in Northeastern Australia How deep? How meaningful? In "Seagrass Biology (Eds. by Kuo, J., R. C. Phillips, D. I. Walker and H. Kirkman)", pp 41-50, Proceeding of an International Workshop. Science UWA. 385pp.
- Lee Long, W. J., R. G. Coles and L. J. McKenzie. 2000. Issues for seagrasses conservation management in Queensland. Pacific Conservation Biology, 5, 321-328.
- Lipkin, Y. 1975. Foods of the Red Sea dugong (Mammalia: Sirenia) from Sinai. Israel Journal of Zoology, 24,

81-98.

- Marsh, H. 1980. Age determination of the dugong (*Dugong dugon*) (Müller) and its biological implications. Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 3), 3, 181-201.
- Marsh, H., P. W. Channelis, G. E. Heinsohn and J. Morrissey. 1982. Analysis of stomach contents of dugongs from Queensland. Australian Wildlife Research, 9, 55-67.
- Marsh, H., G. E. Heinsohn and L. M. Marsh. 1984. Breeding cycle, life history and population dynamics of the dugong, *Dugong dugon* (Sirenia: Dugongidae). Australian Journal of Zoology, 32, 767-788.
- Marsh, H., W. J. Freeland, C. J. Limpus and P. C. Reed. 1986. The stranding of dugongs and sea turtles resulting from Cyclone Kathy, Marsh 1984 : a report on the rescue effort and the biological data obtained. Conservation Commission of the Northern Territory Technical Report No.25.
- Marsh, H. and G. B. Rathbun. 1996. Development and application of conventional and satellite radio-tracking technique for studying dugong movement and habitat usage. Australian Wildlife Research, 17, 83-100.
- Marsh, H., C. Eros, P. Corkeron and B. Breen. 1999. A conservation strategy for dugongs: implication of Australian research. Marine and Freshwater Research, 50, 979-990.
- Masini, R. J., P. K. Anderson and A. J. McComb. 2001. A *Halodule*-dominated community in a subtropical embayment: physical environment, productivity, biomass, and impact of dugong grazing. Aquatic Botany, 71, 179-197.
- 宮城鉄行. 1993. 国頭村安田の歴史とシヌグ祭り. あげぼの印刷, 沖縄県, 258pp.
- 向井宏・豊原哲彦・K. Lewmanomont・C. Supanwanid・仲岡雅裕・相生啓子・鈴木孝夫・松政正俊・野島哲. 2000. タイ国トラン県国立公園における海草藻場とジュゴン - ジュゴン生息に必要な藻場の広さ - . 第 47 回日本生態学会大会講演要旨, 広島, 204.
- 中原喜久子. 1993. ザンノイユのはなし - その 1. チリモス, 4, 27-33.
- 中原喜久子. 1994. ザンノイユのはなし - その 2. チリモス, 5, 15-17.
- Nakaoka, M., H. Mukai and S. Chunhabundit. 2002. Impacts of dugong foraging on benthic animal communities in a Thailand seagrass bed. Ecological Research, 17, 625-638.
- 日本水産資源保護協会. 1998. 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック (水産庁編). 日本水産資源保護協会, 東京, 437pp.
- Norman J. A., C. Moritz and C. J. Limpus. 1994. Mitochondrial DNA control region polymorphisms: genetic markers for ecological studies of marine turtles. Molecular Ecology, 3, 363-373. GenBank Accession No.S76889.
- 農商務省水産局. 1889. 水産調査予察報告第一巻第一冊. 農商務省農務局, 東京.
- 岡村金太郎. 1923. 日本藻類図譜. 風間書房, 東京, 474pp.
- 沖縄県. 1880. 沖縄県統計書. 沖縄県内務部, 沖縄.
- 沖縄県. 1883. 沖縄県統計書. 沖縄県内務部, 沖縄.
- 沖縄県. 1890-1896. 沖縄県統計書. 沖縄県内務部, 沖縄.
- 沖縄県. 1900-1926. 沖縄県統計書. 沖縄県内務部, 沖縄.
- 沖縄県農林水産行政史編集委員会編. 1983. 沖縄県農林水産行政史第 17 巻 (水産業資料編). 沖縄県, 沖縄.
- 沖縄県文化環境部自然保護課. 2003. ジュゴンのはなし - 沖縄のジュゴン -. 沖縄県文化環境部自然保護課, 那覇, 25pp.
- O shea, T. J., C. A. Beck, R. K. Bonde, H. I. Kochman and D. K. Odell. 1991. An epizootic of Florida manatees associated with a dinoflagellate bloom. Marine Mammal Science, 7, 165-179.
- 大山柏. 1944. 基礎史前学. 弘文社, 東京, 359pp.
- Pfeffer, P. 1963. Remarques sur la nomenclature du dugong, *Dugong dugon* (Erxleben) et son status actuel en Indonésie. Mammalia, 27, 149-151.
- Poiner, I. R. and C. Peterken. 1996. Seagrasses. In "The state of the marine environment report for Australia. Technical Annex: 1: the marine environment (Eds. by Zann, L. P. and P. Kailola)", Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia, 193pp.
- Preen, A. 1993. Interactions between dugongs and seagrasses in a subtropical environment. Ph.D. Thesis, Department of Zoology. James Cook University of North Queensland, Australia, 265pp.
- Preen, A. 1995a. Impacts of dugong foraging on seagrass habitats: observational and experimental evidence for cultivation grazing. Marine Ecology Progress Series, 124, 201-213.
- Preen, A. 1995b. Diet of dugongs: Are they omnivores? Journal of Mammalogy, 76, 163-171.
- Preen, A. 1995c. Dugong, hot spots and meta-herd. In "Proceedings of the 1995 Scientific Meeting of the Australian Mammal Society and Mammal of the Wet Tropics Symposium", September 1995, Townsville, Queensland.

1.

- Reynolds, J. E. . 1980. Aspects of the structural and functional anatomy of the gastrointestinal tract of the West Indian manatee. Ph.D. Thesis, University of Miami, Florida, 259pp.
- 琉球研究会 . 1974 . 沖縄文化史料集成 5 . 琉球読み下し編 , 角川書店 , 東京 , 793pp .
- 斎賀守勝・棚原盛秀・島袋寛盛・木村匡・新井章吾・香村眞徳 . 2003 . ラジオコントロールヘリコプターによるジュゴン
ントレンチ撮影の試み . 日本水産工学会 . 学術講演会要旨 , 179-182 .
- Saitou, N. and M. Nei . 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology*, 6, 514-525.
- 酒詰仲男 . 1961 . 日本縄文石器時代食料総説 . 土曜会 , 京都 , 117pp .
- 瀬川宗吉・吉田忠生 . 1961 . 天草臨海実験所近海の生物相 . 第3集海草類 . 九州大学印刷所 , 福岡 , 24pp .
- Shepherd, S. A., A. J. McComb, D. A. Bulthuis, V. Neveravskas, D. A. Steffensen and R. West. 1989. Decline of seagrasses. In "Biology of Australian seagrasses an Australian perspective (Eds. by Larkum, A. W. D., A. J. McComb and S. A. Shepherd) ", Elsevier, Amsterdam, 841pp.
- 鹿野忠雄 . 1946 . 火焼島における先史學的豫察 . 東南亞細亞民族學先史學研究第一卷 . 矢島書房 , 東京 , 398-424 .
- Spain, A. V. and G. E. Heinsohn. 1973. Cyclone associated feeding changes in the dugong (Mammalia: Sirenia). *Mammalia*, 37, 678-680.
- Spain, A. V. and G. E. Heinsohn. 1975. Size and weight allometry in a North Queensland population of *Dugong dugon* (Müller) (Mammalia: Sirenia). *Australian Journal of Zoology*, 23, 159-168.
- 田中剛・野沢恰治・野沢ユリ子 . 1962 . 本邦産海産顕花植物の分布について . 植物分類地理 , 20 , 180-183 .
- Tas'an, D. S. and S. Hendrokusumo. 1981. Some biological notes on two male dugongs in captivity at Jaya Ancol Oceanarium, Jakarta. *Oceanology*, 32, 28-30.
- 当真武 . 1993 . 八重山諸島・宮古諸島の海草藻場《沿整基礎調査・藻場造成試験》 . 平成3年度沖縄県水産試験場事業報告書 , pp 105-116 , 糸満印刷 , 沖縄 , 267pp .
- 当真武 . 1999 . 琉球列島の海草 . 種類と分布 . 沖縄生物学会誌 , 37 , 75-92 .
- 当真武・玉木俊也・具志堅剛 . 1991 . 沖縄島及び周辺離島の海草・ホンダワラ藻場 (沿整基礎調査) . 平成元年度沖縄県水産試験場事業報告書 , pp 131-142 , 光文印刷 , 沖縄 , 269pp .
- 当山昌直・小野まさ子 . 1997 . 伊藤篤太郎琉球八重山列島動植物採集雑記の翻刻と解題 . 沖縄県史研究紀要 , 3 , 55-64 .
- Thompson J D., T. J. Gibson, F. Plewniak, F. Jeanmougin and D. G. Higgins. 1997. The Clustal X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleus Academic Research*, 24, 4876-4882.
- Tikel D., D. Blair and H. D. Marsh. 1996. Marine mammal faeces as a source of DNA. *Molecular Ecology*, 5, 456-457.
- 坪田敏男 . 1998 . 哺乳類の生物学 3 生理 . 東京大学出版会 , 東京 , 125pp .
- 内田詮三 . 1998 . ジュゴン . 海域自然環境保全基礎調査 海棲動物調査報告書 (環境庁自然保護局) , pp 292-293 , 東京 , 253pp .
- 内田詮三 . 1994 . 4. ジュゴン . 「日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料() (小達繁編)」 (水産庁) , pp 569-583 , 東京 , 696pp .
- 内田詮三・鳥羽山照夫・吉田征紀 . 1979 . ジュゴンの生理値 . 動物園水族館雑誌 , 21 , 49-53 .
- 宇仁義和 . 2003 . 沖縄県のジュゴン *Dugong dugon* 捕獲統計 . 名護博物館紀要あじまあ , 11 , 1-14 .
- Vandenberg N., R. A. H. Van Oorschot. 2002. Extraction of human nuclear DNA from feces samples using the QIAamp DNA stool mini kit. *Journal of Forensic Sciences*. 47,5, 993-995.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- 渡辺誠 . 1982 . 動物遺体 1 ・哺乳類 . 菜畑遺跡 - 佐賀県唐津市における初期稲作遺跡の調査 - 分析・考察編 - . 唐津市教育委員会 , 唐津 , 309-419 .
- Wake, J. A. 1975. A study of the habitat requirements and feeding biology of the dugong, *Dugong dugon* (Müller). B.Sc. thesis, James Cook University of North Queensland, Australia, 132pp.
- Yendo, K. 1907. The Fucaceae of Japan. *Journal of the College of Science, Tokyo Imperial University*, 21, 1-174.
- Yoshida, T. 1983. Japanese species of *Sargassum* subgenus *Buctrophycus* (Phaeophyta, Fucales). *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 5 Botany*, 13, 99-246.
- 照屋健吉 . 1997 . 南西諸島資源調査団の「調査日程」の紹介 . 沖縄県史研究紀要 , 3 , 65-88 .