

本論文

三重県北中部におけるアカウミガメ *Caretta caretta* の2000-2016年の上陸・産卵・孵化状況

古山 歩^{1), 2)}・津本航佑^{1), 2)}・長谷川奈緒^{1), 2)}・岡田経太^{1), 2)}・喜多晃平^{1), 3)}・
中島智優^{1), 3)}・長崎哲新^{1), 3)}・平井航大^{1), 3)}・澤井真澄^{1), 3)}・元林裕仁^{1), 2)*}

1) 〒514-8507 三重県津市栗真町屋町1577 三重大学ウミガメ・スナメリ調査・保全サークル「かめっぷり」

2) 〒514-8507 三重県津市栗真町屋町1577 三重大学大学院生物資源学研究科

3) 〒514-8507 三重県津市栗真町屋町1577 三重大学生物資源学部

キーワード: アカウミガメ, *Caretta caretta*, 産卵, 孵化, 三重県

Ayumu Furuyama, Kousuke Tsumoto, Nao Hasegawa, Keita Okada, Kouhei Kita, Chihiro Nakashima, Tesshin Nagasaki, Koudai Hirai, Masumi Sawai and Hirohito Motobayashi*. 2017. Landing, nesting and hatching of the loggerhead turtle *Caretta caretta* in North central region of Mie Prefecture, Japan from 2000 to 2016. Mie Prefectural Museum Research Bulletin, 3: 1-12.

*Corresponding author: Graduate school of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie 514-8507, Japan
(515d304@m.mie-u.ac.jp)

Abstract

Landing, nesting and hatching of loggerhead turtle *Caretta caretta* was surveyed in the North-central region of Mie Prefecture from 2000 to 2016. In this survey, 175 landings and 111 nestings were observed. Of the 76 nests in the last 12 years, 61 nests reached hatching, and 38 nests showed a high rate of hatching of more than 80%. These results suggest that beaches are a preferred environment for hatching loggerhead turtles. The number of landings and nesting greatly fluctuated among years. It may be due to the annual variation of reproduction in the loggerhead turtle in Japan. In this area, the most preferred nesting beach has changed from the first of the survey beginning. It may be due to environmental deterioration by man-made construction and typhoon, but the details are unknown. As large-scale tide embankment has been being constructed in this area, continuous investigation is necessary to assess its effect upon the reproduction of loggerhead turtle.

要旨

2000-2016年にかけての17年間、三重県の川越町から津市までの14海岸でアカウミガメの上陸・産卵および孵化状況を調査した。17年間で上陸が175件、産卵が111件確認された。詳細なデータが残っている2005-2016年の12年間では、76件の産卵巣のうち、61件で孵化・脱出が確認され、そのうち38件が孵化率80%以上であったことから、本調査地はアカウミガメの卵の発生に適した環境であると考えられた。各年の上陸・産卵数は年によって大きく変動した。これはアカウミガメ全体の周期的な産卵の増減に伴ったものであると考えられた。本調査地における、現在の主要な産卵海岸は、調査開始当初の2000-2003年と比べて大きく異なっており、工事や台風などによる浜の環境変化が考えられたが、原因は不明である。現在、調査地内で大規模な堤防改修工事が行われており、今後も

継続的な調査が必要である。

はじめに

三重県では、ウミガメ類の中で唯一アカウミガメ *Caretta caretta* が産卵を行うことが知られている（若林，1994）。アカウミガメはIUCNのレッドリストにおいて絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。三重県においては三重県レッドリストの絶滅危惧Ⅱ類に指定されていると同時に三重海区漁業調整委員会告示第3号によって採捕が制限されている生物である。筆者らが所属する三重大学ウミガメ・スナメリ調査・保全サークル「かめっぷり」では2000年より三重県北中部におけるアカウミガメの産卵状況を調査してきた。ウミガメ類の個体群推定には従来から上陸数や産卵巣数が用いられており（亀崎，2012），上陸数や産卵巣数を継続的に記録していくことはウミガメ類の保護・保全を検討する上で必要不可欠な情報である。当地域における

2000-2003年の上陸および産卵結果は岩本ら（2005），2015年の上陸および産卵の結果は元林ら（2016）で既報である。ウミガメ類の産卵周期は2-3年の短い周期での変動に加えて，10年単位の長い周期での変動が存在することが知られている（Hatase and Tsukamoto, 2008；松沢，2012）。また，調査開始当初から現在までに当地域の海岸は後背地を含めて変化してきている。しかし，調査開始当初の2000年から現在までの当地域におけるアカウミガメの上陸・産卵の長期的な変遷を体系立ててまとめた報告はない。そこで本稿では，岩本ら（2005）および元林ら（2016）で報告されている4年間の結果に2004-2014年，2016年の結果を加え，三重県北中部における上陸・産卵数の変遷と確認された産卵巣における孵化率について再度解析を行ったので報告する。

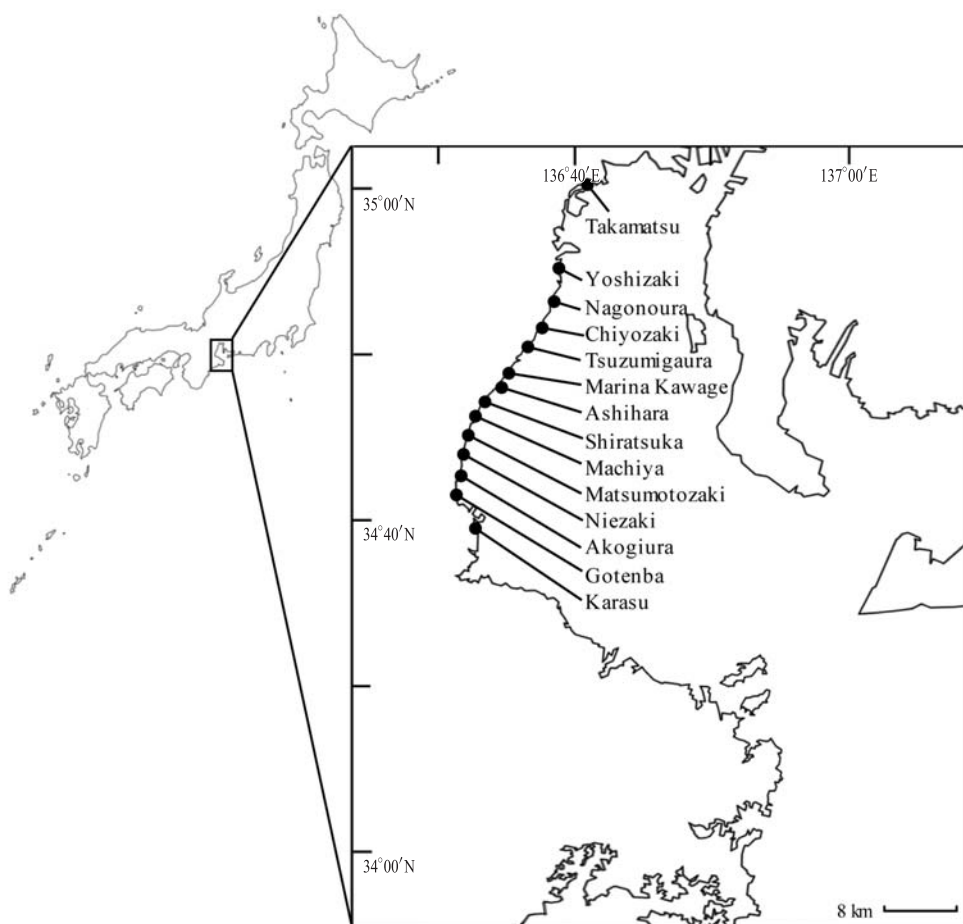


Fig. 1 Research area of the loggerhead turtle in this study.

材料と方法

調査地点 調査は三重県川越町高松海岸から津市香良洲海岸までの14地点の砂浜で行った (Fig. 1). 砂浜の名称は基本的に岩本ら (2005) および元林ら (2016) に従った. ただし, 隣接する吉崎海岸と北五味塚海岸は, 川や漁港によって区切られておらず, また北五味塚海岸は極端に短い浜であることから, まとめて吉崎海岸とした. 岩本ら (2005) にて"河芸マリーナ北"とされている海岸は, 元林ら (2016) では"マリーナ河芸"と表記されており, 両方で名称に齟齬があったため, 本稿では, 最新の元林ら (2016) に従い, "マリーナ河芸"とした. また, 岩本ら (2005) の"南長太海岸"は現在では"長太ノ浦海岸"と呼ばれているため, 後者の名称を用いた.

上陸・産卵調査 毎年5-8月に全調査地点を週1回程度踏査し, 上陸跡を探した. 2009年以降は主に鈴鹿市および津市の9地点 (鼓ヶ浦海岸-御殿場海岸) のみにおいて週1回程度の頻度で踏査を行い, 残りの6地点については不定期に踏査を行った. 踏査以外にも地元住民等から上陸の通報があった場合には調査を行った.

上陸跡の中に産卵巣を掘るための窪み (ボディピット) が発見された際は付近を手で掘り, 卵の有無を確認した. 卵が発見された場合は"産卵あり"とし, 獣および人避け用の保護柵を設置した. また, 2006年以降にボディピットが確認された上陸跡では, 最も陸側のボディピットの中心からドリフトライン (大潮満潮線) までの直線距離を測定した. 卵や上陸跡が発見できなかった場合でも, 獣害によって卵が発見されたり, 仔ガメの脱出が確認されたりした場合は"産卵あり"とした. なお, 産卵巣の移植は原則として行わず, 調査者によって産卵巣が冠水する危険性が非常に高いと判断された場合にのみ行った.

産卵巣の移植が必要な場合は亀崎・黒柳 (2000) の方法を参考に, 産卵確認から1日以内に行った. 転卵を避けるため卵の上部に印をつけ, その印が必ず上に来るように卵を移動させ, 静置した. また, なるべく産卵巣と同じ環境を再現するために, 地表から卵室下部までの距離を測定し, 同一深度まで掘った穴に卵を移動させた. 卵は産卵巣の上から順番に取り出し, それぞれの卵が産卵巣内となるべく同じ位置に来るよう

に, 下にあった卵から順番に埋め戻した. 移植後は通常の産卵巣と同様に保護柵を設置した.

これらの調査で得られた結果をもとに本調査地における上陸・産卵数の経年変化および産卵がみられた海岸の傾向変化を観察した. また, 上陸・産卵数の変動要因が, 本調査地固有のものを調べるため, 本調査地に近い三重県南部 (志摩半島野生動物研究会, 2001, 2002, 2004, 2016; 若林ら, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011a, 2011b, 2014, 2015) および愛知県豊橋市 (豊橋市, 2015), 近年アカウミガメの産卵数が減少傾向にある徳島県美波町 (美波町, 2016), 日本における主要なアカウミガメの産卵地である鹿児島県全体 (鹿児島県, 2016) について, 2001-2015年の上陸・産卵数を本調査地と比較した. 上陸数および産卵数は地域によってかなりの差があり, 比較が困難なため, 各地域, 各年の上陸数と産卵数を平均年間上陸数と産卵数で割り, 割合として表した. なお, 鹿児島県のデータはアカウミガメ, アオウミガメ *Chelonia mydas*, タイマイ *Eretmochelys imbricata* の上陸・産卵数を合計したものであった.

孵化率調査 アカウミガメの卵は産卵後45-75日程度で孵化することが知られているため (松沢, 2012), 仔ガメが脱出できるように産卵から45日後には保護柵のネットの海側を開放した. 産卵巣内のすべての仔ガメが脱出するには数日を要するため (Hays et al., 1992), 最初の脱出が確認されてから1-2週間後を目途に孵化率調査を行った. 孵化率調査では産卵巣を掘り返し, 全卵数, 孵化卵数, 未孵化卵数, 未脱出個体数を記録し, 工藤・松沢 (2002) に従い孵化率および脱出率を算出した. また未孵化卵はMiller (1985) を基準に未発生, 発生初期 (Stage6-22), 発生中期 (Stage23-27), 発生後期 (Stage28), 発生終期 (Stage29), ピップ (Stage30) の6段階に分類した. また卵殻表面に虫などの食害と思われる小孔が見られることがあり, これらの多くは胚が残っておらず, 発生段階が不明なものが多かったため, 原因生物の有無に関わらず虫害として記録した. なお, 産卵後90日が経過しても, 脱出が確認されない場合は, 孵化・脱出を待たずに孵化率調査を行った.

また産卵巣の冠水による影響を評価するために, 得られた孵化率と産卵巣からドリフトラインの距離の間

の相関性を検討した（スピアマン順位相関分析）。なお、移植を行ったもの、獣害にあったもの、台風によって流失したものは相関解析から除外した。

結果

2000-2016年の上陸数は175件であり、うち産卵数は111件であった。産卵後の産卵巣の記録が残っている2005-2016年についてみると、76件の産卵巣（Table. 1）のうち孵化・脱出まで確認されたのが61件、産卵後90日が経過しても孵化・脱出が確認されなかった産卵巣が2件、台風などで流失してしまったものが8件、記

録が残っておらず不明なものが3件、獣害によって産卵巣内の卵の一部またはすべてが食害をうけたものが2件あった。なお、移植は2005年に4回、2011年と2012年にそれぞれ1回ずつ行ったが、2012年のNo.34は台風により流失した。

2000-2016年の上陸・産卵数は年によって大きなばらつきがみられた。2001年、2012-2014年は産卵数が10件以上と相対的に多く、上陸数も15件以上であったが、それ以外の年は産卵数が10件未満であり、特に2004年と2007年の2年はまったく上陸・産卵が確認されなかった（Fig. 2）。また、2013年は上陸20件、産

Table. 1 List of observed nests from 2005 to 2016.

No.	Landing date	Beach	Range of drift line to body-pit (m)	Emergence date	Hatching success (%)	Emergence success(%)	Remarks
1	17-Jun-2005	Ashihara	ND* ¹	unknown-2005	82.0	82.0	Eggs transplanted
2	21-Jun-2005	Tsuzumigaura	ND	unknown-2005	93.6	93.6	
3	3-Jul-2005	Tsuzumigaura	ND	unknown-2005	93.8	93.8	
4	5-Jul-2005	Ashihara	ND	unknown-2005	95.4	95.4	Eggs transplanted
5	14-Jul-2005	Akogiura	ND	unknown-2005	90.4	90.4	Eggs transplanted
6	20-Jul-2005	Tsuzumigaura	ND	unknown-2005	85.3	85.3	Eggs transplanted
7	1-Aug-2005	Niezaki	ND	unknown-2005	80.5	80.5	
8	2-Aug-2005	Shiratsuka	ND	unknown-2005	75.8	75.8	
9	30-Aug-2005	Ashihara	ND	unknown-2005	96.5	96.5	Eggs transplanted
10	10-Jul-2006	Shiratsuka	15.0	4-Sep-2006	93.0	92.0	
11	21-Jul-2006	Akogiura	ND	unknown-2006	96.0	96.0	
12	18-Jun-2008	Machiya	ND	17-Oct-2008	89.4	89.4	Eggs transplanted
13	8-Jul-2008	Akogiura	ND	29-Aug-2008	79.3	74.1	
14	17-Jul-2008	Ashihara	18.5	10-Sep-2008	92.7	92.7	
15	17-Jul-2008	Ashihara	ND	12-Sep-2008	98.0	98.0	Eggs transplanted
16	29-Jul-2008	Ashihara	ND	26-Sep-2008	97.4	96.4	
17	31-Jul-2008	Machiya	ND	28-Sep-2008	88.4	88.4	
18	unknown-2008	Chiyozaeki	ND	28-Sep-2008	84.0	58.0	Eggs transplanted
19	29-May-2009	Ashihara	ND	22-Aug-2009	48.8	48.8	
20	18-Jun-2009	Shiratsuka	10.0	1-Sep-2009	20.7	19.6	
21	18-Jul-2009	Ashihara	ND	2-Sep-2009	89.6	88.1	Eggs transplanted
22	24-Jul-2010	Yoshizaki	ND	unknown-2010	91.4	89.4	
23	23-Aug-2010	Akogiura	ND	unknown-2010	15.3	5.6	
24	unknown-2010	Machiya	ND	unknown-2010			Eggs transplanted
25	10-Jun-2011	Machiya	13.0	21-Aug-2011	39.3	27.7	
26	8-Jul-2011	Shiratsuka	7.1	unknown-2011			
27	10-Jul-2011	Shiratsuka	5.4	Washout			Eggs transplanted
28	11-Jul-2011	Shiratsuka	-3.3	unknown-2011	10.2	10.2	
29	14-Jul-2011	Akogiura	16.1	unknown-2011			
30	23-Jul-2011	Akogiura	25.4	No emergence	0.0	0.0	Eggs transplanted
31	25-Jul-2011	Shiratsuka	17.4	unknown-2011	48.6	47.6	
32	29-Jul-2011	Machiya	17.8	unknown-2011	44.5	42.3	
33	4-Jun-2012	Machiya	14.7	20-Aug-2012	53.2	53.2	Eggs transplanted
34	8-Jun-2012	Machiya	13.7	Washout			
35	17-Jun-2012	Machiya	ND	Washout			
36	25-Jun-2012	Akogiura	29.0	30-Aug-2012	8.2	8.2	Eggs transplanted
37	29-Jun-2012	Gotenba	40.0	23-Aug-2012	81.1	81.1	
38	14-Jul-2012	Akogiura	48.2	unknown-2012	53.2	53.2	
39	15-Jul-2012	Machiya	18.2	unknown-2012	84.8	84.8	Eggs transplanted
40	18-Jul-2012	Machiya	27.8	unknown-2012	54.4	54.4	
41	22-Jul-2012	Akogiura	24.5	unknown-2012	78.0	74.0	

42	27-Jul-2012	Tsuzumigaura	13.0		Beast damage	
43	29-Jul-2012	Matsumotozaki	10.6		Washout	
44	23-May-2013	Shiratsuka	13.7	7-Aug-2013	83.5	81.2
45	27-May-2013	Akogiura	16.7	12-Aug-2013	69.2	65.9
46	8-Jun-2013	Chiyozaiki	11.1	10-Aug-2013	35.7	35.7
47	12-Jun-2013	Akogiura	22.8	unknown-2013	94.6	94.6
48	18-Jun-2013	Gotenba	10.6	unknown-2013	75.7	74.8
49	24-Jun-2013	Tsuzumigaura	18.5	20-Aug-2013	89.4	89.4
50	1-Jul-2013	Machiya	20.3	22-Aug-2013	97.5	97.5
51	1-Jul-2013	Machiya	34.7	18-Aug-2013	83.8	83.8
52	2-Jul-2013	Ashihara	16.8	22-Aug-2013	86.3	86.3
53	7-Jul-2013	Yoshizaki	12.9	22-Aug-2013	77.3	75.0
54	17-Jul-2013	Nagonoura	4.4		Washout	
55	20-Jul-2013	Akogiura	10.5	11-Sep-2013	97.5	97.5
56	2-Aug-2013	Nagonoura	9.7		Washout	
57	11-Aug-2013	Shiratsuka	24.0	6-Oct-2013	90.5	89.5
58	18-Jun-2014	Akogiura	27.1	29-Aug-2014	85.4	85.4
59	23-Jun-2014	Tsuzumigaura	17.1	1-Sep-2014	11.5	11.5
60	1-Jul-2014	Machiya	ND		Washout	
61	3-Jul-2014	Akogiura	40.9	8-Sep-2014	89.5	89.5
62	8-Jul-2014	Tsuzumigaura	46.1		Beast damage	
63	16-Jul-2014	Akogiura	26.0	17-Sep-2014	82.1	79.7
64	17-Jul-2014	Tsuzumigaura	12.1		Washout	
65	20-Jul-2014	Tsuzumigaura	ND	unknown-2014	96.4	96.4
66	27-Jul-2014	Yoshizaki	14.2	No emergence	0.0	0.0
67	28-Jul-2014	Akogiura	37.9	6-Oct-2014	66.7	60.2
68	1-Aug-2014	Machiya	ND	6-Oct-2014	83.7	82.9
69	1-Jun-2015	Machiya	14.8	26-Aug-2015	26.3	26.3
70	19-Jul-2015	Machiya	33.8	17-Sep-2015	58.6	58.6
71	30-Jul-2015	Machiya	23.4	4-Oct-2015	78.7	77.2
72	14-Jun-2016	Ashihara	29.2	19-Aug-2016	83.8	83.8
73	1-Jul-2016	Gotenba	31.5	28-Aug-2016	98.2	95.6
74	12-Jul-2016	Karasu	15.0	9-Sep-2016	96.1	95.3
75	12-Jul-2016	Akogiura	40.4	5-Sep-2016	82.9	82.9
76	26-Jul-2016	Karasu	6.2	9-Sep-2016	95.0	94.1

*1 ND : No data

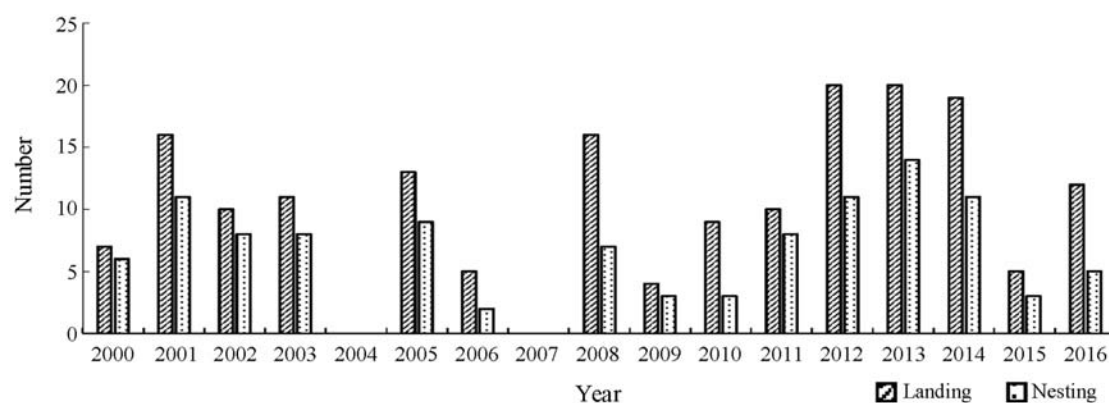


Fig. 2 Numbers of landings and nesting from 2000 to 2016.

卵14件と、上陸・産卵ともに最多であったが、2015年には急激に減少し、上陸数5件、産卵数3件のみとなった。上陸・産卵数の経年変化を三重県南部あるいは愛知県豊橋市、徳島県美波町および鹿児島県と比較したところ変動に相動性がみられた (Fig. 3)。

また、2000-2016年の間に、浜ごとの上陸・産卵の

傾向についても変化がみられた (Table. 2)。調査開始当初の2000-2003年の上陸・産卵における主要な海岸は芦原海岸、吉崎海岸および賛崎海岸であり、3つの海岸で上陸数全体の70%、産卵数全体の76%を占めていた。しかし、2013-2016年には3海岸合計で上陸数の14.3%、産卵数の12.1%を占めるだけとなり、割合

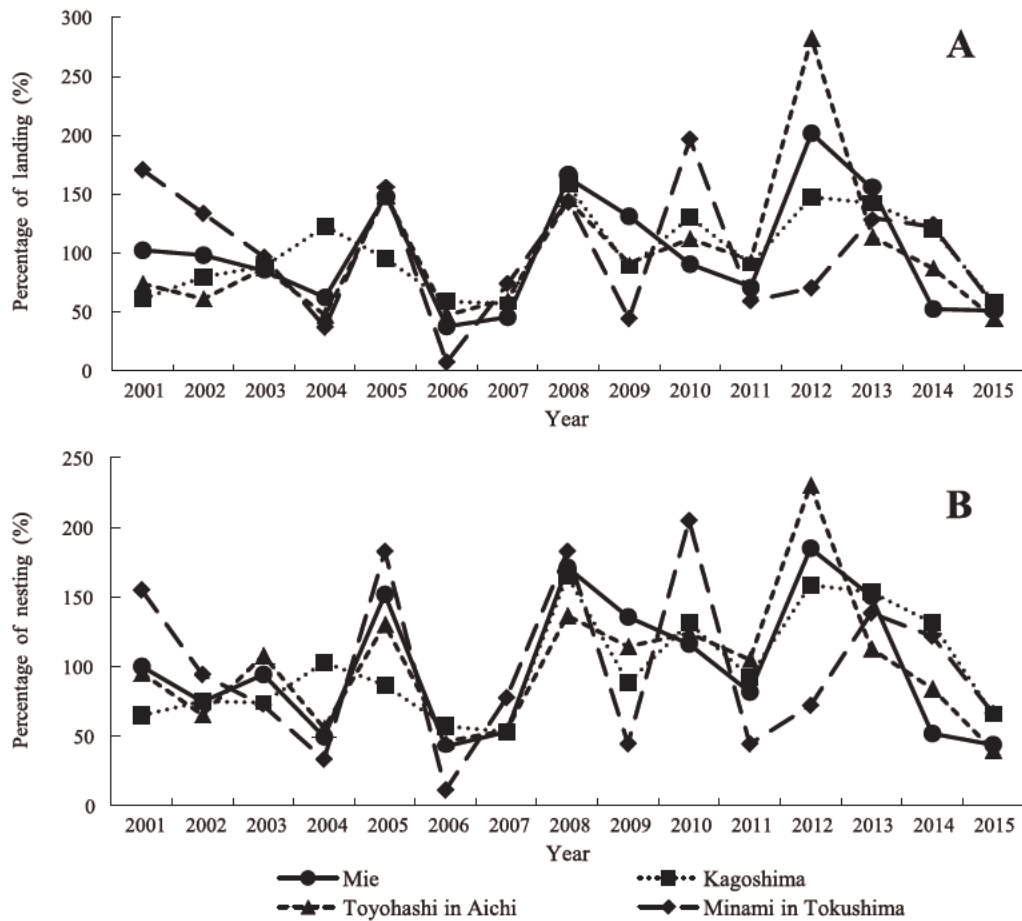


Fig. 3 Temporal variation of percentage of landing (A) and nesting (B) per average annual number of landing and nesting in Mie, Kagoshima, Toyohashi and Minami, respectively.

Table. 2 Numbers of landing and nesting in research area.

City		Landing																		
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total	
Kawagoe	Takamatsu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Yokkaichi	Yoshizaki	2	4	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	15	
	Nagonoura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	
Suzuka	Chiyoazaki	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	6	
	Tsuzumigaura	0	2	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	2	3	6	0	0	18	
Tsu	Marina kawage	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	Ashihara	3	7	4	4	0	3	0	0	7	2	1	0	2	1	1	0	1	36	
	Shiratsuka	1	0	0	0	0	1	3	0	1	1	1	6	1	2	0	0	0	17	
	Machiya	0	0	0	1	0	1	0	0	3	1	2	2	9	4	5	5	0	33	
	Matsumotozaki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
	Niezaki	0	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	
	Akogiura	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	2	2	3	3	5	0	4	24	
	Gotenba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	5	
	Karasu	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	
	Total	7	16	10	11	0	13	5	0	16	4	9	10	20	20	19	5	12	177	

City		Nesting																		
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total	
Kawagoe	Takamatsu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Yokkaichi	Yoshizaki	2	3	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	12	
	Nagonoura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	
Suzuka	Chiyoazaki	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	
	Tsuzumigaura	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	9	
Tsu	Marina kawage	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	Ashihara	3	6	4	1	0	3	0	0	3	2	0	0	0	1	0	0	1	24	
	Shiratsuka	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	4	0	2	0	0	0	10	
	Machiya	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	2	5	2	2	3	0	18	
	Mtsumotozaki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
	Niezaki	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	Akogiura	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	2	3	3	4	0	1	18	
	Gotenba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	
	Karasu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
	Total	6	11	8	8	0	9	2	0	7	3	3	8	11	14	11	3	5	109	

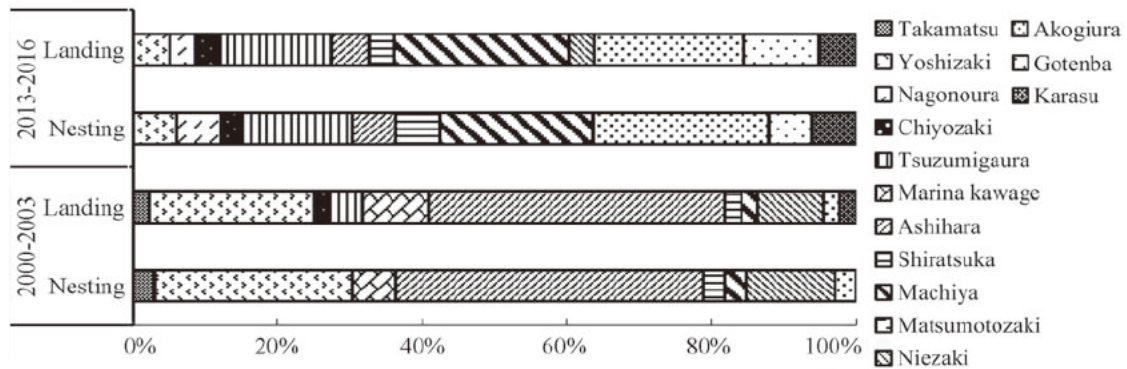


Fig. 4 Each beach, percentage of landing and nesting from 2000 to 2003 and 2013 to 2016.

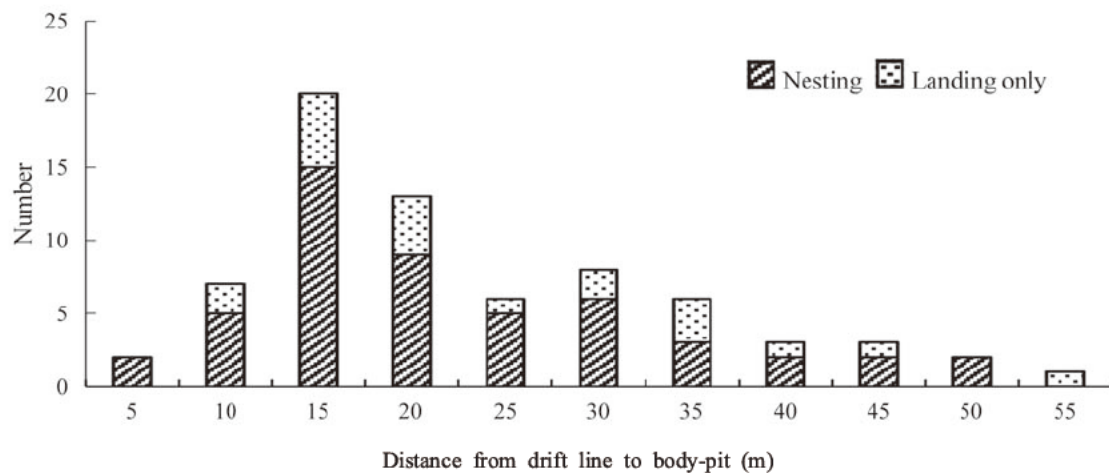


Fig. 5 Histogram of distance from drift line to body-pit.

が大きく減少した (Fig. 4). 一方, 2013-2015年では, 上陸数が町屋海岸, 阿漕浦海岸, 鼓ヶ浦海岸, 産卵数が阿漕浦海岸, 町屋海岸, 鼓ヶ浦海岸の順に多く, 3海岸で上陸数の62.5%, 産卵数の60.6%を占めた. 調査開始当初の2000-2003年に上陸・産卵数が最多であった芦原海岸は2008年に上陸が7件もあったにも関わらず, 産卵は3件のみであり, 2009年からは上陸数が減少し, 2010年からは産卵がほとんど見られなくなった. 賛崎海岸は2006年に上陸が1件あったが, 2007-2015年までの9年間上陸が確認されず, 2016年も2件上陸はあったものの産卵は認められなかった. 吉崎海岸では2004-2007年の間上陸が全く見られなかったが, 2008年から2年に1回程度の頻度で上陸が確認されるようになった. 一方, 上陸・産卵が増加した町屋海岸, 鼓ヶ浦海岸および阿漕浦海岸は調査開始当初から2007年までに, 1-3件ほど産卵が確認されていたが, 町屋海岸は2008年, 阿漕浦海岸は2010年, 鼓ヶ浦海岸は

2012年から上陸が頻繁に見られるようになり, 2012年ごろから上陸・産卵数がこれら3海岸で急激に増加した. また, 上陸・産卵数が少なかった2015年は上陸・産卵ともに町屋海岸においてのみ確認されたが, 翌年の2016年の町屋海岸では上陸が一切見られず, 阿漕浦海岸-香良洲海岸の調査地南部にて上陸・産卵が多かった.

ボディピットからドリフトラインまでの距離を測定した上陸跡71件のうち, 産卵が確認されたものは51件であった. 産卵はドリフトラインから5-50mまでの広い範囲で確認され, 最もドリフトラインからの距離が短かったものはNo.28の-3.3m, 最も長かったものはNo.38の48.2mであった. 産卵巣が流失した8件のうち5件でドリフトラインからの距離が記録されており, 10m未満が3件, 10m以上が2件であった (Fig. 5).

2005-2016年の孵化率調査では, 63件の産卵巣のうち, 孵化率が80%以上のものが38件と, 過半数 (60.3

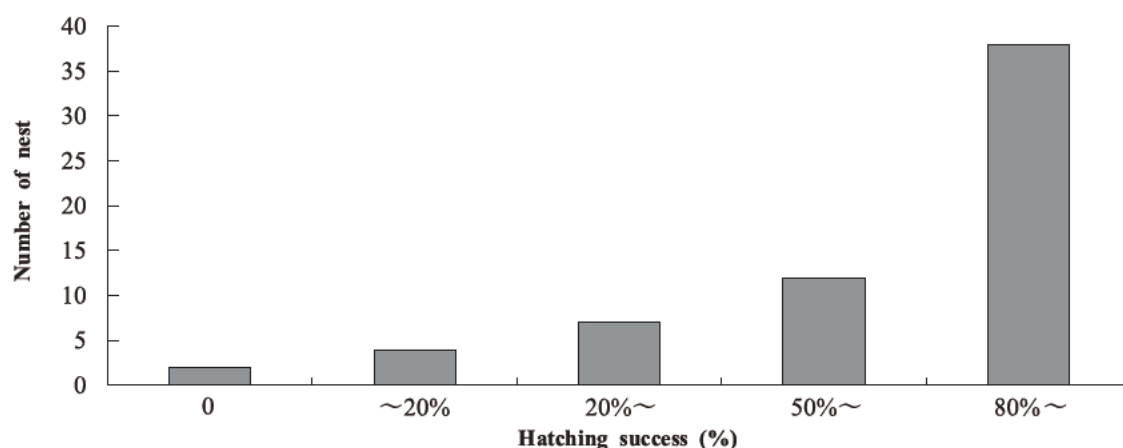


Fig. 6 Histogram of hatching success in the nest.

Table. 3 Result of developmental stage of all eggs from 2005 to 2016.

Total	Hatching	EU ^{*1}	Stage 6-22	Stage 23-27	Stage 28	Stage 29	pip (Stage 30)	Insect damage	unknown
6938	5021(72.4) ^{*2}	1105(15.9)	68(1.0)	53(0.8)	202(2.9)	43(0.6)	37(0.5)	339(4.9)	70(1.0)

^{*1}Embryo undeveloped

^{*2}()Percentage of eggs

Table. 4 Numbers of each developmental stage of non-hatching eggs in the nest with low hatching success (less than 50%).

No.	Hatching success	Total	Hatching	EU ^{*1}	Stage 6-22	Stage 23-27	Stage 28	Stage 29	pip (Stage 30)	Insect damage	unknown
19	48.8	127	62	52	5	3	3	0	0	2	0
20	20.7	92	19	57	0	2	8	0	0	4	2
23	15.3	124	19	51	1	0	3	16	18	16	0
25	39.3	112	44	38	4	5	7	0	0	12	2
28	10.2	148	15	99	1	0	1	0	0	30	2
30	0.0	114	0	110	0	0	0	0	0	4	0
31	48.6	105	51	23	0	0	29	2	0	0	0
32	44.5	137	61	60	0	0	5	0	1	9	1
36	8.2	73	6	16	0	0	2	0	0	49	0
46	35.7	129	46	70	5	6	2	0	0	0	0
59	11.5	139	16	9	1	11	91	1	0	10	0
66	0.0	127	0	123	0	0	0	0	0	4	0
69	26.3	95	25	39	2	2	5	2	12	0	8

^{*1}Embryo undeveloped

%を占めた (Fig. 6). 孵化率が50%以下であった産卵巣は孵化・脱出が確認されなかった2件以外に11件あった (孵化率: 8.2-48.8%). 平均孵化率は72.3%であった. 孵化率調査によって確認された卵の内訳をみると, 63件の産卵巣から合計6938個の卵が確認され, そのうち孵化卵は5021個であった (Table. 3). 1つの産卵巣における平均卵数は110±22個であった. 未孵化卵は全部で1917個確認され, 未発生が1105個 (15.9%), 発生初期が68個 (1.0%), 発生中期が53個 (0.8%), 発生後期が202個 (2.9%), 発生終期が43個 (0.6%),

ピップが37個 (0.5%), 虫害が339個 (4.9%), 不明が70個 (1.0%)であった. なお, 孵化が確認されなかったNo.30とNo.66はすべての卵が未発生ないしは虫害と分類された (Table. 4). なお, ドリフトラインからボディビットまでの距離と孵化率との間に有意な相関はみられなかった (スピアマン順位相関分析; $p>0.05$).

考察

アカウミガメの上陸・産卵数は年によって大きく変動した。ウミガメ類の上陸・産卵は2, 3年周期で増減が見られること (Hatase and Tsukamoto, 2008) や、本調査地の上陸・産卵数の増減について三重県南部と同様の傾向がみられたことから、年間上陸・産卵数の増減は本調査地固有の原因によるものではないと考えられる。さらに、愛知県や徳島県、鹿児島県の産卵地とも同様の変動パターンが見られたことから、上陸・産卵数の変動は、日本で産卵するアカウミガメ全体の周期的な増減に伴ったものであると考えられる。

一方、本調査地内において、上陸・産卵の集中する海岸が、調査開始当初の芦原海岸、吉崎海岸および賛崎海岸から、町屋海岸、鼓ヶ浦海岸および阿漕浦海岸に移り変わっていた。芦原海岸では2008年に、賛崎海岸では2002年に、それぞれ水路、堤防の改修工事が行われた。渡辺ら (2001) は徳島県蒲生田海岸において海岸堤防の設置後の上陸数の急激な減少を報告しており、加藤・鳥居 (2002) は海岸保全施設の設置によるウミガメの上陸阻害の可能性を示唆している。しかし、芦原海岸および賛崎海岸の工事は既存の水路や堤防の改修工事であり、海岸保全施設の位置や規模がウミガメの上陸を阻害するといった上記の知見には該当しない。賛崎海岸の海岸工事については、既存の砂浜を残すよう検討するなど、工事に際して海岸環境に留意されている (洞谷・豊饒, 2004; 沖田・佐々木, 2006)。このほか、筆者らが調査を開始して以降、調査地の海岸では、上記3件以外にも海岸工事は多く行われており、単純にこれらの海岸工事とウミガメの上陸の増減を結びつけることはできなかった。しかし、対策を施したとはいえ、整備された港が砂浜に影響を与えている可能性は否定できない。今回、これまで本調査地内において海岸の環境データは記録されていないため、上陸場所の変化要因を明確にすることはできなかった。今後は定期的に海岸環境の把握を行う必要があると思われる。岩本ら (2005) は本調査地でのアカウミガメの産卵地選択について夜間の灯火がほぼなく、静寂であることを要因の一つとして挙げており、灯火が全くない海岸として賛崎海岸を挙げている。賛崎海岸では中部国際空港と津市を結ぶ海上アクセス基地として、フェリーの運航が2005年から開始されている。フェリーの出発着のため夜間でもフェリー乗り場の灯りなどが

灯っており周囲は明るくなっていることから、近年、賛崎海岸で上陸が見られない要因として、後背地の光環境の変化による影響も考えられる。現在、上陸・産卵が多い町屋海岸、鼓ヶ浦海岸および阿漕浦海岸は浜幅が比較的広く、堤防と浜の間に水産加工場や松林が住宅地や堤防を通行する車の光を遮る構造となっており、岩本ら (2005) が産卵に好適と述べた環境に近いと考えられる。また、2016年にはこれまで産卵が一度も確認されていなかった香良洲海岸において上陸が3件、産卵が2件確認された。香良洲海岸は雲出川と雲出古川の間に形成された三角州であり、北端部は工場地帯の灯火が目立つものの、中央部の後背地は住宅街であり、夜間でも静寂かつ比較的暗い海岸である。本海岸は上陸・産卵がこれまでほとんどみられていなかったことから、積極的な踏査は行われてこなかったが、今後の調査では本海岸についても定期的な踏査が必要と思われる。

本調査地では、2005-2016年の間に獣害が2件確認された。本調査地周辺ではイヌ *Canis lupus familiaris* やタヌキ *Nyctereutes procyonoides*、アライグマ *Procyon lotor* などが確認されていることから、こうした獣によるものだと考えられる。このうちの1件 (2014年No.62) は上陸・産卵調査時に卵を発見することができず、獣避けの保護柵を設置することができなかったため、生じてしまったものと考えられる。もう1件 (2012年No.42) では、保護柵は設置してあったものの、人による掘り返しにより、副次的に獣害が誘発されたと思われる。しかし、獣害はこの2件だけであったことから、獣避け保護柵は十分に機能していたと思われる。

孵化率は80%を超える巣が全体の6割を占め、平均孵化率が72.3%と高いことから、本調査地は孵化環境として良好といえる。今回、調査した6938卵中、1917個は未孵化であった。これらの未孵化要因の解明と適切な環境管理により、孵化率の向上も期待できると思われる。孵化率が50%以下の産卵巣11件のうち、孵化率が0%であった産卵巣2件はほぼ全てが未発生卵であり、少数の孵化が確認された産卵巣についても総卵数に対する未発生卵の割合が40%以上のものが8件あった。未発生卵は未受精であるか受精していても発生が始まらなかったと考えられ、海岸環境の影響ではないと考えられる。また、孵化率が50%以下であった産卵巣11件のうち2011年のNo.28は移植を行ったもので

あり、孵化率が10.2%と低く、148個中99個が未発生卵であった。この産卵巣は移植の際に転卵などの不適切な作業、または急激な温度変化などの影響をうけた可能性も考えられる。

未発生に次いで、未孵化要因に占める割合が多いのが虫害であった。元林ら（2016）は、虫害を受けた卵の小孔から甲虫類の幼虫の関与を推察しているが、原因虫の特定はできていない。これらの虫害は発生途中の卵が被害を受けたものか、胚死亡後に被害を受けたものかは判っていない。しかし、Sénégas et al. (2009) は胚発生の進んだ卵における虫害を報告しており、本調査地においても虫害が直接孵化に影響を与えている可能性は否定できない。今後は、原因虫の特定および虫害を受けやすい条件などについて調査が必要である。死亡した胚の発生段階が揃っているとき、発生ステージから死亡推定日を求め、当時の気象記録から死亡原因を特定できることがある。本報ではNo.31とNo.59の死亡時発生ステージが比較的揃っていた。No.59は総卵数139個のうち91個が発生後期（Stage28）で死亡していた。No.59は6月22日に産卵、9月1日に脱出が確認されており、Stage28の未孵化卵は8月16日ごろに死亡したと推定された。本調査地では2014年のその直前の8月11日ごろに台風が接近しており、地元住民の証言によればNo.59は完全に冠水していた。荒天や高潮などによって産卵巣が冠水した際は、胚の溺死などにより孵化率が低下することが知られている（Ackerman, 1980）。そのため、No.59の孵化率低下の原因は8月11日に襲来した台風による産卵巣の冠水であることが示唆される。No.31も未発生卵を除く未孵化卵31個中29個が発生後期で死亡していた。これも何らかの環境ストレスによるものと考えられるが、当時の詳細な状況が記録に残っておらず、要因は不明である。また、台風によって流失した産卵巣も8件確認されており、本調査地において台風が産卵巣へ及ぼす影響は少なくないと思われる。本調査地においてはこれまで主観的な判断に基づき、台風の影響を軽減するための同一海岸内での移植を行ってきた。しかし、本調査地においては、ドリフトラインから産卵巣までの距離と孵化率との関係に有意な相関は認められなかった。このことは、伊勢湾内ではドリフトラインを超えていれば（常に冠水する状態でなければ）、波打ち際からの距離は孵化率に大きな影響を与えないことを示唆し

ている。実際に、台風によって流失した産卵巣の位置はドリフトラインから5m以内のものもあったが、10mを超えるものも見られた。また、No.59は台風に伴う大雨により孵化率が大幅に低下したが、この産卵巣のドリフトラインからの距離は17.1mであった。これらの結果から、海岸内における産卵巣の位置とは関係なく、台風等による孵化率低下ならびに流失の危険は存在すると考えられる。

2005-2016年までに確認された6938個の卵のうち発生初期～終期の未孵化卵は366個であり、全体の5.3%に過ぎず、本調査地において、高波による冠水や高温による熱死といったアカウミガメの孵化に影響を及ぼす環境的要因は少ないと言える。孵化率の向上のためには虫害対策が効果的であろう。

また、筆者らは2005-2014年までで移植を6回行ってきたが、そのうち2件では流失および孵化率の大幅な低下が生じており、移植場所の選定や移植時の不手際がこれらの原因となった可能性も考えられる。ドリフトラインからの距離と孵化率に有意な相関が見られず、距離が15mを超えても台風の影響を受けた産卵巣があることから、ドリフトラインよりも海側に産卵巣がない限り、本調査地において移植を行う意味は薄いと考えられた。むしろ、人の手が介入することによる孵化率などへの影響をなくすためにも、極力行わない方が望ましいと考えられる。

現在海岸に設置されている堤防は老朽化が危惧されており、大規模地震やそれに伴う津波などの自然災害への対策として改修工事が行われている。こうした工事は地域住民の安全確保の上で必要なものである。しかし近年、上陸・産卵数が多く見られていた町屋海岸は2015年度に大規模な堤防工事が行われており、今後は阿漕浦海岸でも同様の堤防工事が行われる予定である。なお、要因は不明であるが、2016年は町屋海岸にて上陸・産卵は見られなかった。工事後の上陸・産卵への影響評価および今後の適切なアカウミガメの保全のために、本調査地における海岸環境の詳細な記録およびアカウミガメの好適産卵環境の解明が必要である。

謝辞

本稿のデータは、三重大学ウミガメ・スナメリ調査・保全サークル「かめっぷり」が16年間に渡り収集したものであり、これまでに所属したすべての部員の調査

結果であることをここに記し、深く感謝する。本稿を執筆するにあたり神戸市立須磨海浜水族園研究員石原孝博士に多大なるご助言をいただいた。三重大学大学院生物資源学研究科吉岡基教授には、顧問として多くのご支援をいただいた。また、米川弥寿代氏を始めとする三重県ウミガメネットワークのみなさま、森一知氏をはじめとする四日市ウミガメ保存会のみなさま、岡田邦宏氏をはじめとする鼓ヶ浦おじさんセミナーのみなさま、加賀宮美智雄氏、三重県聾学校教諭戸高正喜氏には、アカウミガメの上陸情報の提供から調査に至るまで多岐にわたりご協力いただいた。さらに、地元住民、三重大学学生諸氏にも多くの情報をいただいた。四日市港湾管理組合、三重県港湾・海岸課のみなさまには過去の工事記録を教えていただいた。コンサベーション・アライアンス・ジャパンアウトドア環境保護基金様、一般財団法人セブソーイレブン記念財団様、日野自動車株式会社様、公益信託経団連自然保護基金／経団連自然保護協議会様、リコグリーンプロモーション様、三重環境県民会議／財団法人三重県環境保全事業団様、特定非営利活動法人日本ウミガメ協議会様、東洋ゴムグループ環境保護基金／株式会社東洋ゴム工業様には調査・活動に当たり資金の助成をしていただいた。これらの方々にも深く感謝申し上げる。

文献

- Ackerman, R. A. 1980. Physiological and ecological aspects of gas exchange by sea turtle eggs. *American Zoologist*, 20: 575-583.
- Hays, C. G., J. R. Speakman, and J. P. Hayes. 1992. The pattern of emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings on Cephalonia, Greece. *The Journal of Herpetological*, 48(4): 396-401.
- Hatase, H. and K. Tsukamoto. 2008. Smaller longer, larger shorter: energy budget calculation explain intra population variation in remigration intervals for loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Canadian Journal of Zoology*, 86: 595-600.
- 洞谷邦弘・豊饒智樹. 2004. 津松坂港贅崎海岸の整備方策について. 沿岸技術研究センター論文集, 4:4pp.
- 岩本太志・石原孝・林旦雄・木野将克・若林郁夫・亀崎直樹. 2005. 三重県北部沿岸におけるアカウミガメ (*Caretta caretta*) の出現記録. 爬虫両棲類学会報, 2005(2): 109-111.
- 鹿児島県. 2016. 「ウミガメ上陸産卵確認状況について」, 鹿児島県ホームページ, https://www.pref.kagoshima.jp/ad04/kurashi-kankyo/kankyo/yasei/umigame/documents/2666_20161201134951-1.pdf. (参照日: 2016年12月15日).
- 亀崎直樹. 2012. 日本産アカウミガメ. pp.281-298. ウミガメの自然誌, 東京大学出版会, 東京, 320pp.
- 亀崎直樹・黒柳賢治. 2000. ウミガメを教材として使う教育活動とその際の注意事項. ウミガメニュースレター, 44: 7-10.
- 国土交通省. 2010. 津松坂港海岸直轄海岸保全施設整備事業新規事業採択時評価, 交通政策審議会港湾分科会平成22年度第1回事業評価部会.
- 工藤宏美・松沢慶将. 2002. 孵化調査項目の標準化の用語と定義について. うみがめニュースレター, 52: 18-20.
- 松沢慶将. 2012. 繁殖生態. pp.115-140. ウミガメの自然誌, 東京大学出版会, 東京, 320pp.
- 美波町. 2016. ウミガメ情報, 美波町ホームページ, <http://www.town.minami.tokushima.jp/umigame/index.html>. (参照日: 2016年12月15日).
- Miller, J. D. 1985. Embryology of Marine Turtles. pp. 269-328. In *Biology of the Reptilia Vol.14A*. Academic Press, New York. 763 pp.
- 元林裕仁・古山 歩・喜多晃平・平井航大・長崎哲新・中島智優・米川弥寿代・津本航佑. 2016. 2015年三重県北中部の砂浜におけるアカウミガメ *Caretta caretta* の産卵・孵化状況と産卵巣内の死亡要因. 三重県総合博物館研究紀要, 2: 87-92.
- 沖田 寛・佐々木 葉. 2006. 津松坂海岸贅崎工区における海岸護岸の景観デザインに関する一連の取り組み. 景観・デザイン研究講演集, 2: 252-260.
- Sénégas, J., S. Hochscheid, J. M. Groul, B. Lagarriegue and F. Bentivegna. 2009. Discovery of the northern most loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) nest. *Marine Biodiversity Record*, 2: 1-4.
- 志摩半島野生動物研究会. 2001. 三重県のアカウミガメ産卵状況 (2001年). 三重の生きものだより, 11:1.
- 志摩半島野生動物研究会. 2002. 三重県におけるアカウミガメ上陸・産卵状況 (2002年). 三重の生きものだより, 15: 1.

- 志摩半島野生動物研究会. 2004. アカウミガメ産卵速報 (2004年). 三重の生きものだより, 23: 7.
- 志摩半島野生動物研究会. 2016. アカウミガメ産卵速報 (2015年). 三重の生きものだより, 53: 6.
- 豊橋市. 2015. 豊橋市におけるウミガメ保護調査活動に関する報告書. 豊橋市, 14pp.
- 若林郁夫. 1994. 三重県・全域. pp.82. ウミガメは減っているか-その保護と未来-, 紀伊半島ウミガメ情報交換会・日本ウミガメ協議会, 和歌山, 117pp.
- 若林郁夫・中村みつ子・半田俊彦・山本祥輝・岡由佳理・鈴木庸平・山中 貢・浜口益男・広山嘉彦・浜村京子. 2004. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2003年). 三重の生きものだより, 21: 2-4.
- 若林郁夫・中村みつ子・山本祥輝・岡由佳理・山中 貢・浜口益男・広山嘉彦・浜村京子・半田俊彦. 2006. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2005年). 三重の生きものだより, 28: 2-6.
- 若林郁夫・中村みつ子・山本祥輝・岡由佳理・山中 貢・浜口益男・広山嘉彦・浜村京子・半田俊彦. 2007. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2006年). 三重の生きものだより, 32: 2-6.
- 若林郁夫・中村みつ子・岡由佳理・山中 貢・浜口益男・広山嘉彦・浜村京子・半田俊彦. 2008. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2007年). 三重の生きものだより, 36: 2-6.
- 若林郁夫・中村みつ子・岡由佳理・山中 貢・浜口益男・広山嘉彦・浜村京子・半田俊彦. 2009. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2008年). 三重の生きものだより, 40: 2-7.
- 若林郁夫・中村みつ子・半田俊彦・岡由佳理・山中 貢・浜口益男・藤田和也. 2011a. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2009年). 三重の生きものだより, 46: 2-5.
- 若林郁夫・中村みつ子・半田俊彦・岡由佳理・山中 貢・浜口益男・広山嘉彦・浜村京子・福田太志. 2011b. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2010年). 三重の生きものだより, 47: 6-9.
- 若林郁夫・中村みつ子・半田俊彦・岡由佳理・井田なつき・福田太志. 2012. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2011年). 三重の生きものだより, 48: 2-5.
- 若林郁夫・中村みつ子・半田俊彦・岡由佳理・井田なつき・福田太志. 2014. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2012年). 三重の生きものだより, 50:8-11.
- 若林郁夫・中村みつ子・半田俊彦・岡由佳理・井田なつき・雨宮 俊. 2015. 志摩半島におけるアカウミガメの産卵状況 (2013・2014年). 三重の生きものだより, 52: 2-5.