

寺田竜太^{1,2}・Celia M. Smith¹：米国ハワイ諸島における移入海藻の増加と地域社会の対応

ハワイ諸島は太平洋中央部に位置し、太平洋を取り囲む大陸や島々から地理的に隔離された島嶼域である。ハワイ諸島では、当地で原記載されて以降に他の地域より報告のない固有種 (Endemic species) が多く知られている。海藻類にも固有種が多く記載されており、沿岸域の海藻群落は地域固有の海藻生態系として重視されている。しかし近年、フシクレノリ *Gracilaria salicornia* (紅藻綱オゴノリ目) や *Gracilaria tickvahiae* (同左), トゲノリ *Acanthophora spicifera* (紅藻綱イギス目), *Hypnea musciformis* (紅藻綱スギノリ目), *Kappaphycus* spp. (同左), クサビガタハウチワ *Avrainvillea amadelpha* (アオサ藻綱イワズタ目) 等の「移入種」と考えられる海藻 (注1) が各地において大群落を形成し、地域固有の種多様性を脅かす現象として危惧されている。特に、フシクレノリは、オアフ島南部やハワイ島 Hilo 市近郊の一部地域において生育水深帯 (水深 1-5 m) の基質をほぼ覆い尽くす被度で群落を形成しており、既存種の生育場所が著しく減少している (Fig. 1)。この現象に関しては、移入種の出現や群落構造等について多くの研究者によって報告されている (Russell 1983, 1987, Smith *et al.* 2002, 2004, 他)。また、研究者はハワイ固有の生態系を保全する重要性を地域社会に啓発しており、ボランティア団体が本種の駆除活動に取り組んでいる。本稿では、ハワイ諸島における「移入」海藻の問題と固有の生態系を保全するための地域社会の活動について紹介する。

ハワイ諸島の海藻については、University of Hawaii (UH) の Doty 博士 (故人) や Abbott 博士により体系的に整理されており、Abbott (1999) や Abbott and Huisman (2004) 等により紅藻 345 種、緑藻 107 種、褐藻 62 種の計 514 種が報告されている。その中には、*Gracilaria abbotiana* (紅藻綱オゴノリ目) や *Laurencia mcdermidiae* (紅藻綱イギス目) など、ハワイでのみ知られている固有種が多数記載されている。また、ガラモ場を構成するホンダワラ属藻類 (褐藻綱ヒバマタ目) が東アジアから東南アジアにかけて 150 種以上知られているのに対し、ハワイ諸島では *Sargassum echinocarpum*, *Sargassum hawaiiensis*, *Sargassum polyphyllum*, *Sargassum obtusifolium* の固有種 4 種しか生育していない (注2) など、コスモポリタンの少ない海藻群落は植物地理学的に非常に興味深い。

移入種とされる海藻は、移入の経緯が明らかになっている種類とそうでない種類に分けられる。*Gracilaria tickvahiae* や *Hypnea musciformis*, *Kappaphycus* spp. は前者であり、1970 年代から 1980 年代にかけてフィリピンやフロリダ等からオアフ島北東部の Kaneohe 湾に養殖目的で持ち込まれたとされている。特に *G. tickvahiae* は、ハワイ産の有用種

Gracilaria coronopifolia (紅藻綱オゴノリ目) や *Gracilaria parvispora* (同左) の資源量が乱獲等で減少したことに伴う需要に対応するために持ち込まれており、現在も養殖された *G. tickvahiae* が鮮魚店等で販売されている (Fig. 2)。一方、フシクレノリは後者にあたり、1970 年代にオアフ島の Kaneohe 湾や Waikiki ビーチ、ハワイ島 Hilo 市近郊で頻りに採集されるようになり、急速に分布を拡大した。本種は、インド洋および東南アジア各地、中国南部、オーストラリア、ミクロネシア、マリアナ諸島等に分布し、日本では南西諸島に分布する海藻である (Abbott 1985, Tsuda 1985, Yamamoto 1985, Meneses and Abbott 1987, Silva *et al.* 1987, 1996, Withell *et al.* 1994, Millar and Xia 1997, Tseng and Xia 1999)。一般には、1970 年代にハワイに移入した見方が多勢だが、Honolulu 市の Bishop Museum には 1953 年に Hilo 市で採集された Doty 博士の標本 (BISH 489394: MSD#17292) が収蔵されており、Abbott (1999) も 1946 年にオアフ島で採集した標本 (IA#1243, University of California Berkeley 収蔵) について言及していることから、1970 年代以前に本種が生育していた可能性もある (Figs. 3, 4)。しかし、1970 年代以前の標本はこの 2 点のみであり、採集記録や文献等から 1970 年代に急速に資源量が増加したことが察せられる。移入種とした場合、本種の由来について興味を持たれるが、Abbott 博士 (UH)、寺田、Gurgel 博士 (Smithsonian Institution, Fort Pierce) らのグループが東南アジア各地と日本から採集した材料を基に分子系統解析をおこなっており、別途論文を発表する予定である。

フシクレノリは、内湾域やサンゴ礁リーフの礁池、人工ビーチ等の水深 1-5 m に多く生育している。本種は、単独で基質から直立する個体と複数の個体によるマット状の群体が知られている (Yamamoto 1991)。ハワイでは、密度の低い場所で単独の個体が多く見られ、密度の高い場所でマット状の群体が多く見られる傾向にある (Figs. 1, 5)。特に静穏な内湾域や礁池では基質から遊離した群体が海底を漂っており、干潮時には海岸に大量に打ち上げられる。日本人観光客も多い Waikiki ビーチ周辺は、マット状のフシクレノリが最も多い場所であり、砂浜に打ち上げられた大量のフシクレノリは観光地としての景観も著しく損ねている。

ハワイ州は米国本土と異なる自然環境と歴史・文化的土壌を有し、地域の文化や自然環境の保全に関する住民の意識が非常に高い場所である。移入種の増加による地域固有の生態系への影響については、研究者による啓発活動によって地域住民に広く浸透しており、現在では UH と Hawaii Department of Land and Natural Resources (HDLNR: ハワイ州政府の部局) の研究者、学生、行政関係者を中心とし

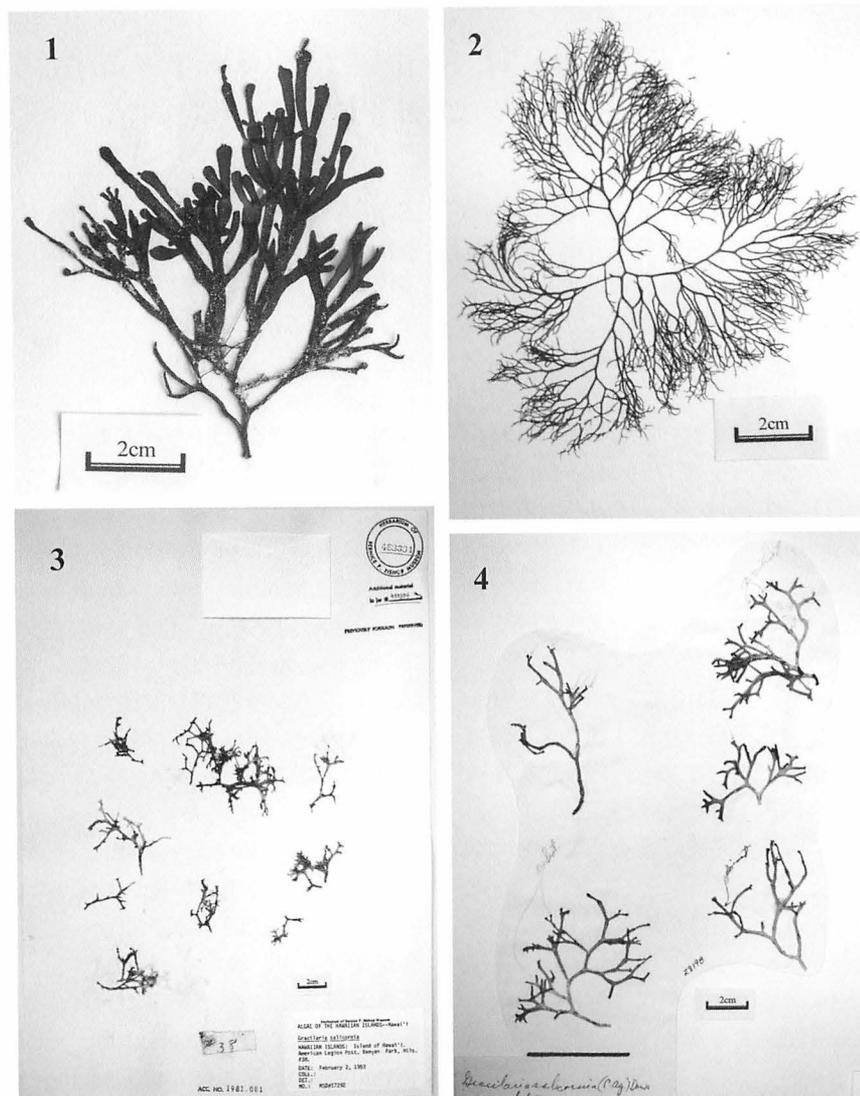


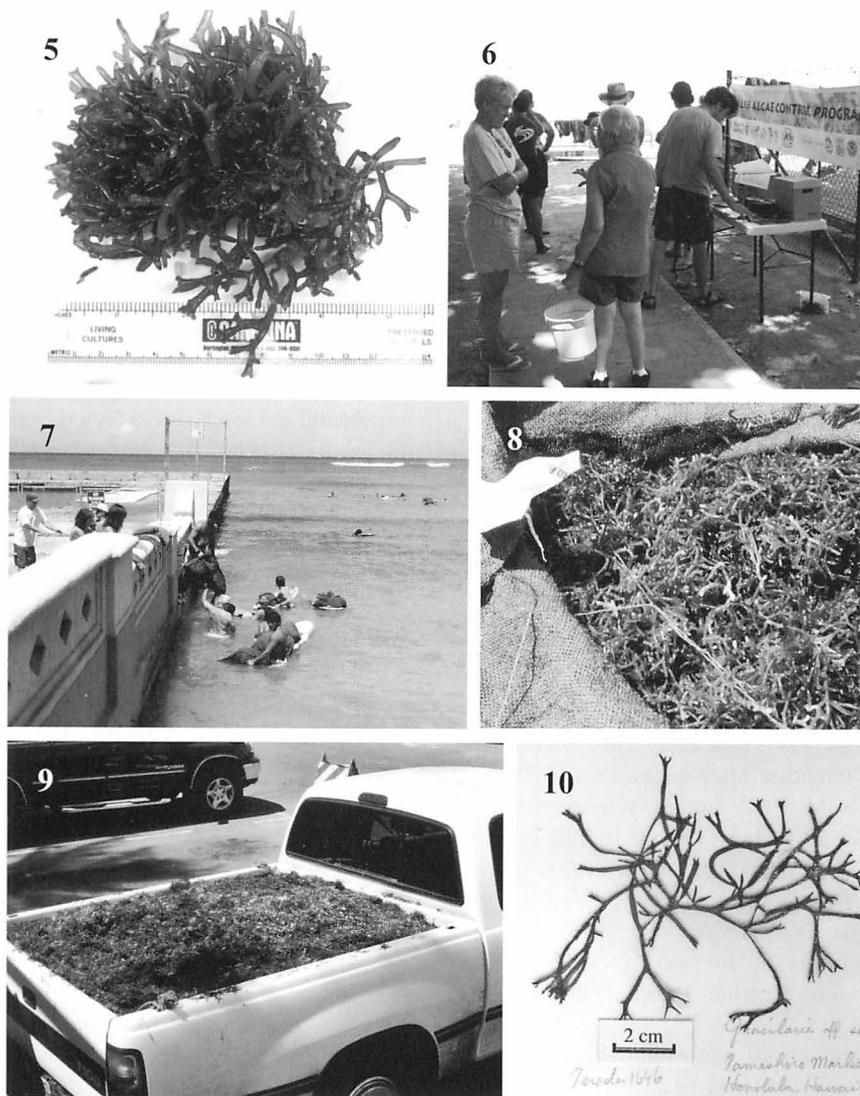
Fig. 1. フシクレノリ *Gracilaria salicornia* 直立体 (オアフ島 Honolulu 市 Waikiki ビーチ Natatorium にて 2005 年 1 月 4 日採集, Terada#2062) . Fig. 2. *Gracilaria tikvahiae* (オアフ島 Kahuku にて 1979 年 12 月 4 日採集, BISH 561635 (MD#2892)) . Fig. 3. 1950 年代に採集されたフシクレノリ (ハワイ島 Hilo 市にて 1953 年 2 月 2 日採集, BISH 489394 (MSD#17292)) . 1970 年代に採集されたフシクレノリ (ハワイ島 Hilo 市にて 1974 年 8 月 31 日採集, BISH577350 (MSD#28198)) .

た「Alien Algae Control Program」と称するボランティアプログラムが地域住民に参加を呼びかけて移入海藻の除去・清掃活動をおこなっている (Figs. 6-9)。除去・清掃活動は主に Waikiki ビーチからホノルル水族館の周辺約 3 km の範囲でおこなわれており、一般市民を含む数十名のボランティアが SCUBA や素潜りでフシクレノリを採集している。活動は 3-4 週間に一度の間隔でおこなわれているが、本種の繁殖力は非常に高く、毎回 5-6 トン程度が採集されている。一年間の観察をととして本種の成熟体が殆ど確認されなかったことから、当地では栄養繁殖により繁茂していることが示唆される。

ハワイには海藻を食用として利用する食文化があり、フシクレノリも食用として利用されている。Poke と呼ばれる海産物のマリネに短く刻んだ生のフシクレノリ (や他のオゴノリ科藻類) を混ぜて食し、ハワイ系やアジア系住民の郷土

食となっている。このため、鮮魚店では Molokai 島等で養殖されたフシクレノリも販売されている (Fig. 10)。養殖された本種は形態が著しく変異し、一見フシクレノリに見えない。しかし、分子系統解析の結果、養殖個体群はハワイ諸島に生育している個体群と同じ塩基配列を示し、ハワイに移入した個体群を母藻として養殖していることが示唆されている (Abbott・寺田・Gurgel 未発表)。このように、本種は食用として利用することで沿岸域の資源量の低減に貢献できると考えるが、需要に限界があり、沿岸域で大発生している分を消費するに至っていない。なお、駆除・清掃活動で採集された本種は砂や小石の付着も多いことから食用に供されておらず、肥料等に利用されている。しかし、肥料としての利用にも限界があり、駆除・清掃物の有効利用に関する研究が期待される。

ハワイ州では、1970-1980 年代にかけて養殖に適した海



Figs. 5-9. Waikiki Clean Up Champaign (Honolulu 市, 2004 年 8 月 24 日). 5: マット状を呈するフシクレノリ (Honolulu 市 Waikiki ビーチ Natatorium にて採集). 6: 受付の様子. 7: 採集されたフシクレノリを陸揚げするボランティア. 沖には作業中の人々も見える. 8: 採集されたフシクレノリ. 9: トラックで運び出されるフシクレノリ. Fig. 10. 鮮魚店で販売されている Molokai 島産養殖フシクレノリ (Honolulu 市の Tamashiro Market にて 2004 年 6 月 30 日購入, Terada#1646).

藻を他地域から持ち込み、試験研究がおこなわれた。しかし、1990 年代以降は、人為的な持ち込みによる地域生態系の攪乱を防ぐ重要性が研究者間で十分に理解されている。*Kappaphycus* spp. も試験研究目的で持ち込まれたが、海面養殖中に遊離した本種が Kaneohe 湾各地で栄養繁殖しており、社会問題化している。日本でも、異なる地域に生育する海藻を試験研究目的で持ち込む場合があるが、天然海域に移入した際の在来生態系への影響等を研究者が十分に認識する必要があり、天然海域への藻体の遊離や胞子が放出されないような綿密な対応が求められると考える。

日本は、ワカメ *Undaria pinnatifida* (褐藻綱コンブ目) やタマハハキモク *Sargassum muticum* (褐藻綱ヒバマタ目) など、移入種とされる海藻を「輸出」する側の国として諸外国より指摘されている。一方で、我が国の大都市圏の港湾付近で既存の日本産海藻ではない種が採集されており、今後とも

移入海藻が増える可能性もある。しかし、地域固有の海藻類の種多様性を保全する重要性について、一般市民の意識は必ずしも高くない。ハワイにおける移入海藻に対する駆除・清掃活動は、研究者による啓発活動を基に地域住民が主体となって対策を講じ、行政が資金面で支援する体制になっている。我が国においても、沿岸環境に対する一般市民の意識をさらに高めることが重要であり、研究者による啓発活動がさらに望まれるところである。

謝辞

ハワイ産フシクレノリの研究に際し有益なご助言を下さいました Isabella A. Abbott 博士 (University of Hawaii at Manoa) に謝意を表す。

注 1: 人為的に持ち込まれた記録のある海藻を除き、移入種と考え

られている海藻が当該地に「分布していなかった」事実を客観的に立証することは非常に難しい。しかし、ハワイ諸島では、同一の場所でモニタリングに近い状況で採集調査をおこなっている場合があり、採集された海藻が Bishop Museum に整理保存されていることから、1) 過去に採集記録がない点、2) 一時期より頻繁に採集されるようになった点、から移入種として位置づけている。しかし、移入種の定義については異論もある。

注2: 移入種として世界各地に分布を拡大しているタマハハキモク *Sargassum muticum* (褐藻綱ヒバマタ目) が近年オアフ島から報告され、今後の分布動向が危惧されている (Abbott and Huisman 2004)。

引用文献

- Abbott, I. A. 1985. *Gracilaria* from Hawaii: key, list and distribution of the species. In: Abbott, I. A. and Norris, J. N. (eds.) Taxonomy of Economic Seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species. I, pp. 85-87. California Sea Grant College System, University of California, La Jolla, California.
- Abbott, I. A. 1999. Marine red algae of the Hawaiian Islands. Bishop Museum Press, Honolulu.
- Abbott, I. A. and Huisman 2004. Marine green and brown algae of the Hawaiian Islands. Bishop Museum Press, Honolulu.
- Meneses, I. and Abbott, I. A. 1987. *Gracilaria* and *Polycavernosa* (Rhodophyta) from Micronesia. *Micronesica* 20: 187-200.
- Millar, A. J. K. and Xia, B. M. 1997. Studies on terete species of Australian *Gracilaria*. In: Abbott, I. A. (ed.) Taxonomy of Economic Seaweeds. with reference to some Pacific species. VI, pp. 103-109. California Sea Grant College System, University of California, La Jolla, California.
- Russell, D. J. 1983. Ecology of the red imported seaweed *Kappaphycus striatum* on Coconut Island, Oahu, Hawai'i. *Pac. Sci.* 37: 87-107.
- Russell, D. J. 1987. Introductions and establishment of alien marine algae. *Bull. Mar. Sci.* 42: 641-642.
- Silva, P. C., Meñez, E. G. and Moe, R. L. 1987. Catalog of the benthic marine algae of the Philippines. Smithsonian Contributions to Marine Sciences 27: 1-179.
- Silva, P. C., Basson, P. W. and Moe, R. L. 1996. Catalogue of the benthic marine algae of the Indian Ocean. University of California Publications in Botany 79: 1-1259.
- Smith, J. E., Hunter, C. L. and Smith, C. M. 2002. Distribution and reproductive characteristics of nonindigenous and invasive marine red algae in the Hawaiian Islands. *Pac. Sci.* 56: 299-315.
- Smith, J. E., Hunter, C. L., Conklin, E. F., Most, R., Sauvage, T., Squair, C. and Smith, C. M. 2004. Ecology of the invasive red alga *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) on O'ahu, Hawai'i. *Pac. Sci.* 58: 325-343.
- Tseng, C. K. and Xia, B. M. 1999. On the *Gracilaria* in the western Pacific and southeastern Asia region. *Bot. Mar.* 42: 209-218.
- Tsuda, R. T. 1985. *Gracilaria* from Micronesia: key, list and distribution of the species. In: Abbott, I. A. and Norris, J. N. (eds.) Taxonomy of Economic Seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species. I, pp. 91-92. California Sea Grant College System, University of California, La Jolla, California.
- Withell, A. F., Millar, A. J. K. and Kraft, G. 1994. Taxonomic studies of the genus *Gracilaria* (Gracilariales, Rhodophyta) from Australia. *Australian System. Bot.* 7: 281-352.
- Yamamoto, H. 1985. *Gracilaria* from Japan: Vegetative and reproductive keys and list of the species. In: Abbott, I. A. and Norris, J. N. (eds.) Taxonomy of Economic Seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species. I, pp. 77-80. California Sea Grant College System, University of California, La Jolla, California.
- Yamamoto, H. 1991. Life history of *Gracilaria salicornia* (C. Ag.) Dawson (Gracilariales, Rhodophyta) *in vitro*. *Jpn. J. Phycol.* 39: 55-56.

(¹Department of Botany, University of Hawaii at Manoa, 3190 Maile Way, Honolulu, 96822, USA; ²現所属: 鹿児島大学水産学部, 〒 890-0056 鹿児島市下荒田 4 丁目 50-20)