

## 論文の内容の要旨

論文題目 Ecology of *Sargassum* species distributed in the northeast coast of the Gulf of Thailand  
(タイランド湾北東沿岸に分布するホンダワラ類の生態)

氏 名 チダラー ノイラクサル

褐藻類ホンダワラ科ホンダワラ属の海藻は、おもに温帯および熱帯の沿岸に分布し、海の森林ともいえるべき大型の群落をつくり、環境形成作用を通じて固有の海洋環境を形成し、多くの海洋生物の生息場として沿岸生態系において重要な役割を果たしている。この群落は海洋生物の産卵場、生育場、索餌場としての機能を持つこと、繁茂期を過ぎるとホンダワラ類は流れ藻となって漂流し、この流れ藻に多くの稚魚などが随伴すること、などを通じて多くの商業的に重要な種に関係する。熱帯域では、アルギン酸、フコイダンなどの原料として近年天然のホンダワラ類を採集して出荷するという産業が活発化し、ホンダワラ類は水産的に非常に重要な種となっている。しかし、経済発展と人口増加の著しいASEANでは、海域の富栄養化や埋め立て、採集などの人為的な影響がホンダワラ類の藻場にも及んでいる。ホンダワラ類の保全、修復、増殖のためには、それらの分布、生物量の季節的な変化、成熟時期、生活史などについての知見が必要であるが、熱帯域のホンダワラ類についての研究は進んでいない。タイでは、タイランド湾で12種およびアンダマン海で8種、タイ海域では15種のホンダワラが、タイランド湾北東の沿岸には *Sargassum aquifolium*、*Sargassum baccularia*、*Sargassum oligocystum*、*Sargassum polycystum*、*Sargassum swartzii* の5種が分布し、濃密な藻場を形成している。しかし、この沿岸域においても、開発が進んでいる。

このような背景から、本論文においては、ホンダワラ類の藻場が多く分布しているタイランド湾北東沿岸のチョンブリ県サタヒップ地先に生育するホンダワラ類藻場を対象として、衛星リモートセンシングによる分布マッピングの可能性について検討した。また、サタヒップ地先のホンダワラ類藻場の優占構成種であるホンダワラ類数種の生態について生物量の季節変化、初期生活史について検討することにした。

今までの藻場分布マッピングの代表的な手法は、潜水によるトランセクト調査であるが効率が悪く、広域の藻場やパッチ状の藻場を対象とすることは困難であった。陸上のハビタットマッピングには衛星リモートセンシングが多く用いられているが、常に海面よりも深い潮下帯に分布する小規模あるいはパッチ状の海藻藻場のマッピングに適用した研究は少ない。非商業衛星の LANDSAT のマルチバンド画像の空間解像度は 30m と低く、パッチ状に広がる藻場の検出は困難である。日本の JAXA が打ち上げた非商業衛星 ALOS 衛星のマルチバンドセンサ AVNIR2 の画像は 10m とより高解像度である。そこで、この画像を用いて、サタヒップ地先のホンダワラ群落を対象に衛星リモートセンシングによるマッピングの可能性について検討した。2012 年 2 月 27-28 日および同年 10 月 4 日に、小型船からロープを曳航し、そのロープに防水ケースに入れた GPS と水中デジタルカメラをもったダイバーがつかまり、連続的に撮影し、位置と底質のグランドトゥルースデータを取得した。画像解析では、2008 年 1 月 15 日に ALOS AVNIR2 画像を取得し、ホンダワラ類とそれ以外に分類するために、赤、緑、青の 3 バンドを用いた①最小距離法による分類、②最尤法による分類、③緑と青バンドを用いた Lyzenga(1981)による水深の影響を除去する Depth Invariant Index による放射量補正を行った後、最小距離法による分類の 3 種の方法で教師付き分類を行った。その結果、全体精度および Kappa 係数の両方において③の方法が最もよく、全体精度は実用上問題ないとされる 0.7 以上であった。これらの結果は、赤色のバンドは、海水でよく吸収されるために、ホンダワラ類とその他を分類するときに、赤色バンドを用いると誤分類の原因となること、放射量補正が有効であることを示している。このように、地上分解能 10m と高い衛星画像を用いることでホンダワラ類の分類は可能であった。分類したホンダワラ類の空間分布と潜水による坪刈で採集した乾燥重量をもとに、サタヒップ地先の藻場面積は 129,600 m<sup>2</sup>、バイオマスは 7.4 t dw と推定された。広域の藻場の分布とバイオマスの推定に衛星リモートセンシングが有効であることが示された。

タイランド湾北東沿岸では、雨と強い波をもたらす 5 月から 9 月の南西モンスーン期、晴れと、高水温、静穏な海況をもたらす 11 月から 2 月の北東モンスーン期および 3 月から 4 月の第 1 インターモンスーン期、10 月の第 2 モンスーン期がある。このような環境下にあるタイランド湾北東沿岸部において、モンスーンの季節変化にともなうホンダワラ類の現存量の季節変化や成熟時期について調べた研究はなかった。そこで、2006 年 1 月から 2007 年 1 月まで隔月でサタヒップ地先、ナンロンビーチの潮間帯から潮下帯に生育する *S.*

*aquifolium* と *S. oligocystum* の 2 種を対象に岸に直交するトランセクトを 4 本設定し、岸から沖に 300m のメジャーを張って、50m 間隔で 0.5x0.5m の方形枠を用いて坪刈を行った。南西モンスーンの卓越する 7 月と 9 月は海況が悪く危険なため採集できなかった。*S. aquifolium* は、底深度 0.5 から 6.2m に分布し、その現存量は、3 月に最大、5 月に最小となった。成熟個体の占める割合は、3 月に最大で 80%の個体が、1 月と 5 月は最低で 20%の個体であった。生殖器床の状態を観察したところ、3 月に放出卵が生殖器床の表面に付着していた。*S. oligocystum* は、底深 0.5 から 3.4m に分布し、その現存量は、1 月に最大、3 月に最小となった。成熟個体の占める割合は、3 月に最高で 100%の個体が、1 月に最低で 40%の個体であった。生殖器床の状態を観察したところ、1 月と 3 月に放出卵が生殖器床の表面に付着していた。このように、両種とも現存量が最大となり成熟する時期が、北東モンスーン期および第 1 インターモンスーン期の 1 月から 3 月であった。*S. aquifolium* は南西モンスーン期で現存量が減少し、*S. oligocystum* は 3 月の成熟率が 100%であったことから、ほぼ衰退時期になったいたと考えられる。したがって、*S. oligocystum* は *S. aquifolium* よりも北東モンスーン期の早い時期に現存量が最大となり、成熟する。このように、タイランド湾北東沿岸では、海況の安定する北東モンスーンの時期に両種とも生長し、成熟し、時期的に少しがえるという戦略をとっているものと思われる。

*S. polycystum* は、タイランド湾北東沿岸のホンダワラ類の群落で優占する種の 1 種であるが、季節的生長、成熟などの生態学的な知見は今まで十分にはなかった。そこで、サタヒップ地先のサマエサーン島の藻場において、*S. polycystum* を対象に、3 本のトランセクトを 30m 間隔で設置し、0.5 x 0.5 m の方形枠を用いトランセクト上 10m 間隔で 110m、計 12 枠、合計 36 枠の坪刈を 2014 年 1 月から 2015 年 12 月まで毎月行った。*S. polycystum* の現存量は、2014 年は 1 月に、2015 年は 2 月に最大、両年とも 7 月に最小となった。成熟個体の割合は 1-2 月に最高となり、幼体の占める割合は、7-8 月に最高となった。これらの幼体は、1-2 月に生まれた個体であると考えられる。*S. polycystum* の場合も、北東モンスーン期から第 1 インターモンスーン期の海況の安定した時期に現存量が最大となり、成熟することが示された。1-2 月に生まれた個体は、南西モンスーンの時に幼体となるため、荒天が続き、波浪が大きいこの時期が、その後の生き残りの critical point になっていると考えられる。

サタヒップ地先において優占する *S. oligocystum* は、タイランド湾における重要な種であるが、初期の形態形成と生長について今まで調べられていなかった。そこで、培養により、

これらの変化を調べた。また、幼体については、栄養塩を添加した海水での生長と加えない海水での生長も比較した。成熟した野生株の生殖器官上から採取した受精卵を培養し、発育を観察した。受精卵は、連続的に、大きな細胞と小さな細胞の2つに分割した。小さな細胞は数回の分割後、仮根となった。培養後1日で、小さな細胞から生じた細胞は仮根を伸長させ、幼体の基部となり、大きな細胞から生じた細胞は生長点になった。幼体は3日で多数の仮根を伸長させた。7日で第1茎葉を生じ、30日で第4茎葉を生じた。幼体は、60日ではへら型から倒卵型の茎葉を、90日で広いへら型の茎葉を生じた。3か月齢の幼体を海水または尿素を  $4\text{ g t}^{-1}$  の割合で混ぜた海水で満たした 500L のグラスファイバー製のタンクを屋外において、半透明の光取り込み窓を持つ屋根の下で培養した。2条件下で幼体を5週間培養したところ、海水で培養した *S. oligocystum* の週ごとの比成長率は、尿素を混ぜた海水よりも常に高かった。これは、*S. oligocystum* が、栄養塩の少ない環境に適応している種であるためと考えられた。

以上、本論文は、タイランド湾北東沿岸のチョンブリ県サタヒップ地先に生育するホンダワラ類藻場を対象として一連の生態学的研究を行った。広域に分布するホンダワラ類の藻場のマッピングに Depth Invariant Index による放射量補正を行うことで、衛星リモートセンシングによりホンダワラ類の分布を実用的に抽出できることを示した。同地先で優占する *S. aquifolium*、*S. oligocystum*、*S. polycystum* のフェノロジーを調べ、3種とも生長と成熟が北東モンスーン期に生じることを示した。幼体の密度が高くなる南西モンスーン期は、波が荒く、この時期の幼体の生き残りが個体群の維持にとって重要である。さらに、*S. polycystum* の受精卵の培養を行い生活史初期の形態形成について記述した。さらに、幼体の生長では、尿素を添加した場合に、海水だけの培地よりも生長が悪く、この海域において富栄養化が生じると本種に負の影響を及ぼすという結果が得られた。以上のタイランド湾北東沿岸のホンダワラ類に関する基礎的知見を得た本論文は、水産学上意義のある研究で、今後のこれらの種の保全・修復に役立つと期待される。