

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：82617

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21710248

研究課題名（和文） 東アジア海草相の遺伝的構造に影響する生態及び海洋環境要因の解明と保全への適用

研究課題名（英文） Genetic structure of East Asian seagrasses and their environment and ecological factors.

研究代表者

田中 法生（NORIO TANAKA）

国立科学博物館・植物研究部・多様性解析・保全グループ・研究主幹

研究者番号：10311143

研究成果の概要（和文）：

日本近海固有種のうち、コアマモにおいては、種内に2つの系統グループが存在し、それが南北に棲み分けており、ヨーロッパ近海固有種はコアマモの一部が隔離分布しているもの、という極めて重要な知見が得られた。一方、スゲアマモについては、遺伝子流動の特性が広域分布種のアマモと類似していることが明らかになったものの、オオアマモとタチアマモともにその遺伝的構造の環境や地理との関係性は明確にできなかったため、今後さらなる研究が必要と考えられる。

研究成果の概要（英文）：

Of the endemic *Zostera* species around Japanese archipelago, phylogenetic analysis revealed that *Z. japonica* include two phylogenetic groups, which separately inhabit Southern and Northern area and an European species *Z. noltii* is ingroup of *Z. japonica*. However, in *Z. asiatica*, *Z. caespitosa* and *Z. caulescens*, the genetic structure related with environmental and geographical factors were not detected. Future study will be needed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学、生物多様性保全

キーワード：海草、遺伝的多様性、固有種

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 海草は、沿岸生態系の重要な構成要素である。しかし、その広域な生育面積に対して種数は少ないため、個々の種が沿岸生態系の中で果たす役割は大きく、それが消失した時の影響も極めて大きい。

(2) 保全指針作成には、遺伝的多様性、

遺伝子流動、集団間遺伝的分化などの遺伝的構造を把握する必要がある。

(3) 代表者らの先行研究により、広域種のアマモでは、海流や地理的要因が遺伝子流動に影響することがわかってきた。

(4) 日本近海固有種における遺伝的構造はほとんど不明であった。

## 2. 研究の目的

生態系構成要素としての重要性は認識されていたにも関わらず、生育情報が少ないなどの原因で研究が進まなかった日本近海固有海草種について、最近得られた生育地情報を駆使することで、種全体の遺伝的構造を分子系統および集団遺伝学的解析によって解明することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) コアマモのハプロタイプ解析

コアマモ *Zostera japonica* (アマモ科) は、日本列島を中心にサハリンからベトナムまでの潮間帯～潮下帯、沿岸の汽水域などに生育する。海草の中では最も広い生育温度域を持ち、葉などの形態変異も大きい。種内分類群や生態型が示されることもあった。そこで、分布域全体からの60集団について、葉緑体 DNA (*psbA-trnH*, *trnL-F*) と核 DNA (*phyB*) の塩基配列を決定し、種内の遺伝的構造を解析した。

### (2) コアマモのマイクロサテライト解析

コアマモの分布域全体から採集した60集団1157個体についてマイクロサテライト7座 (B3、H10、B8、E7、D6、B1、H8; Reusch2001) を検出し集団遺伝学的解析を行った。

### (3) タチアマモ・オオアマモ・スゲアマモのハプロタイプ解析

タチアマモ *Z. caulescens* 19地点、オオアマモ *Z. asiatica* 13地点、スゲアマモ *Z. caespitosa* 22地点のサンプルに関して、葉緑体 DNA (*psbA-trnH*, *trnL-F*) と核 DNA (*phyB*) のシーケンスを決定した。

### (4) 三陸地方のスゲアマモのマイクロサテライト解析

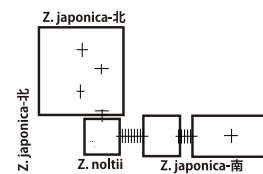
広域な分布域を持つアマモに対して、スゲアマモ *Zostera caespitosa* (アマモ科) は、日本の北部、朝鮮半島、中国の北東部の沿岸にのみ生育する。アマモ用に開発されたマイクロサテライト12座 (Reusch et al. 1999, Reusch 2000) について有効性を確認したところ、そのうち4座 (ZosmarCT-3, ZosmarGA-1, ZosmarGA-2, ZosmarGA-6; Reuschら 1999, Reusch 2000) が使用できることがわかった。北海道から岩手県にかけての9地点167個体について、マイクロサテライト4座を検出し、集団遺伝学的解析を行った。

## 4. 研究成果

### (1) コアマモのハプロタイプ解析

ハプロタイプ解析では、葉緑体と核のいずれにおいても、本州中部地域から主に北に分

布するハプロタイプ群と南に分布するハプロタイプ群が存在し、系統的に起源の異なる2つの系統群にあたること明らかになった (図1, 2)。系統的に姉妹種にあたりヨーロッパに分布する *Zostera noltii* は、コアマモの内群となることがわかり、遺伝的な変異も非常に小さいことがわかった。これにより、*Z. noltii* は系統的にも遺伝的多様性の面でもコアマモの一部が長距離分散によってヨーロッパに定着したものである可能性が高いことが明らかになった。アジアのコアマモは、本州中部地域から北方に分布する系統群と南方に分布する系統群に分かれ、お互いの隔離は完全ではないが遺伝子流動は制限さ



れていることがわかった。

図1 コアマモで検出された DNA ハプロタイプ間のネットワーク

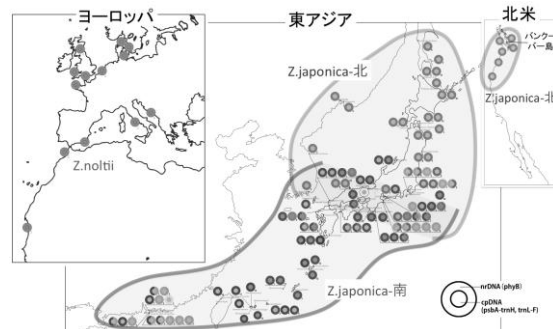


図2 コアマモの DNA ハプロタイプの分布

### (2) コアマモのマイクロサテライト解析

*Z. japonica*-北と *Z. japonica*-南それぞれのクラスター内で、いくつかの地理的なまとまりが見られた (図3)。しかし、アマモで見られたような地理的要因と遺伝的構造の明確な関係性は検出されなかった。種子が花茎と共に海流散布されるアマモに対して、コアマモでは干潟に生息する水鳥による種子散布が海域のまとまりを崩している可能性が考えられた。

北アメリカ西岸に分布するコアマモは、宮城県の集団から移入したことが強く示された。これは輸出されたカキとともに移入したとする文献に基づく推測を、分子データが支持するものとなった。

地点	リンパ ル数	遺伝子 型数	クローン 多様度	アリル 数	アリル 多様度	固有ア リル数	ヘテロ接 合体(報 察値)	ヘテロ接 合体(報 察値)
岩手県大槌海岸浜	8	7	0.88	8	1.77	0	0.500	0.453
岩手県大槌海岸地崎	19	13	0.68	11	1.98	0	0.500	0.411
岩手県大槌海岸宮浜	21	12	0.57	10	1.74	0	0.429	0.379
岩手県山田海岸地崎	24	20	0.83	15	2.03	0	0.375	0.343
岩手県山田海岸宮浜	17	16	0.94	16	2.30	0	0.456	0.436
岩手県山田海岸大槌	21	18	0.86	16	2.46	1	0.571	0.501
山形県湯沢	24	20	0.83	17	2.25	2	0.417	0.392
山形県野辺地	10	10	1.00	14	2.33	1	0.600	0.544
北海道雄略段湖	23	11	0.48	10	1.82	0	0.435	0.420
平均	18.6	14.1	0.79	13.0	2.08	0.4	0.476	0.431

表1 スゲアマモ集団の遺伝的多様性

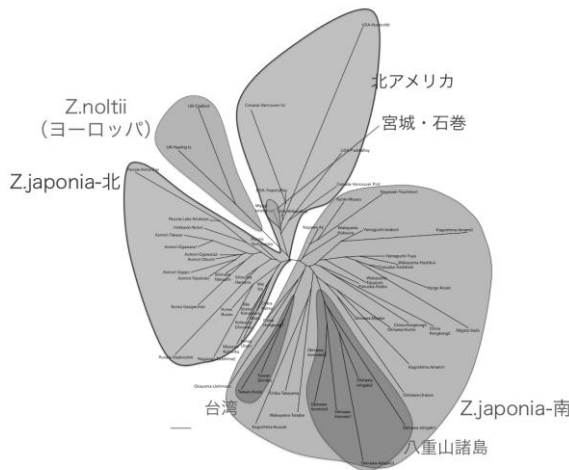


図3 コアマモのマイクロサテライト7座 (Reusch 2001, Coyer et al, 2004)から算出した  $F_{ST}$  に基づく近隣結合樹。

(3) タチアマモ・オオアマモ・スゲアマモのハプロタイプ解析

各種について4~7種類のハプロタイプが検出されたが、コアマモのような地域特性は検出できなかった。このことから、より変異速度の速い領域を用いての解析が必要であると考えられた。

(4) 三陸地方のスゲアマモのマイクロサテライト解析

各集団の遺伝的多様性には、集団間および湾間において、大きな差異は検出されなかった(表1)。また、 $F_{ST}$  に基づく近隣結合樹(図4)において、9地点は湾ごとにクラスターを形成した。その一方で、大槌湾と山田湾内の地点間には、IBD(距離による隔離)は検出されなかった。これらから、地域による遺伝的隔離は起きているが、湾内のような半閉鎖空間では強い遺伝子流動が起きていることが明らかになった。この点においてはアマモと同様な傾向を持つと考えられる。

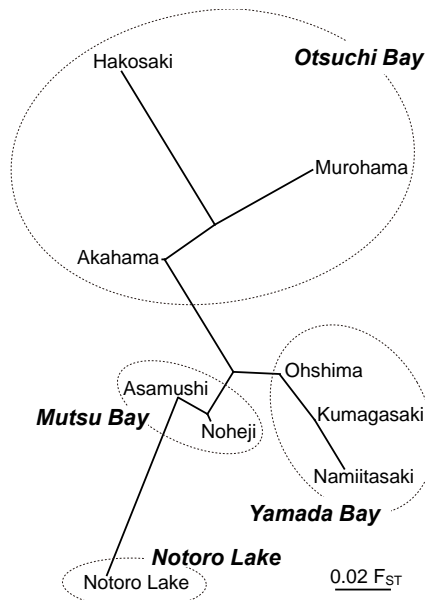


図4 スゲアマモのマイクロサテライト4座から算出した  $F_{ST}$  に基づく近隣結合樹。

(5) 総合考察

日本近海固有種のうち、スゲアマモについては、遺伝子流動の特性が広域分布種のアマモと類似していることが明らかになったものの、その遺伝的構造の環境や地理との関係性については明確にできなかった。オオアマモとタチアマモについても同様であった。一方で、コアマモにおいては、種内に2つの系統が存在し、それが南北に棲み分けている、という極めて重要な知見が得られた。

これは、アマモで報告されている海域ごとの遺伝的グループが形成される状況と異なり、その系統的起源が強く影響しているという結果であった。これは、保全に際してはそれぞれを明確な分類群として認識した上で、さらに生理的性質を明らかにした上で対応していく必要があることを示している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

① Yoshikuni Hodoki, Kako Obayashi, Norio Tanaka and Hidenobu Kunii. 2013. Evaluation of genetic diversity in *Zostera japonica* (Aschers. et Graebn.) for seagrass conservation in brackish lower reaches of the Hii River system, Japan. *Estuaries and Coasts* 36: 127-134. (査読有)

② 程木義邦、大林夏湖、宮本康、田中法生、國井秀伸. 鳥取県のコアマモ (*Zostera japonica* et Graebn.) 個体群の遺伝的多様性の評価と自家受粉と他家受粉に由来する再生加入率の比較. *陸水学雑誌* 73:81-87. (査読有)

③ Norio Tanaka, Masahiro Nakaoka, Yuji Omori and Keiko Aioi. 2012. Genetic diversity and gene flow of East Asian seagrass, *Zostera caespitosa* Miki (Zosteraceae), in northeast Japan. *Natl. Bull. Natl. Mus. Nat. Sci.*, 38: 29-36. (査読有)

④ Tanaka, N., Demise, T., Ishii, M., Shoji, Y. and Nakaoka, M. 2011. Genetic structure and gene flow of eelgrass *Zostera marina*

population in Tokyo Bay, Japan: implications for their restoration. Marine Biology 158(4): 871-882. (査読有)

[学会発表] (計 8 件)

①田中法生, 2012. 陸上から水中へ～水草の進化と水中環境への適応～. 国立科学博物館国際シンポジウム 2012. 植物と菌類の環境への適応と進化, 東京. 要旨集 p.6-7. 2012.10.6

②田中法生・伊藤優・平山裕美子・斉藤憲治・仲岡雅裕. 2012. 東アジア固有海草コアマモの起源と分散. 日本植物分類学会第 11 回大会 (大阪) 研究発表要旨集, p.111. 2012.3.24

③Tanaka, N, Ito, Y., Hirayama, Y., Saitoh, K. & Nakaoka, M. 2011. Origin and Genetic Structure of *Zostera japonica* (Zosteraceae), a Seagrass Distributed over a Wide Water-Temperature Range. XVIII International Botanical Congress. Melbourne. p.676 オーストラリア 2011.7.25

④大林夏湖・程木義邦・田中法生・國井秀伸, 2011. 斐伊川水系におけるコアマモ個体群の空間的遺伝構造. 日本陸水学会第 76 回大会 (松江). 研究発表要旨集, p. 225 2011.9.23

⑤Tanaka, N, Ito, Y., Hirayama, Y., Saitoh, K. and Nakaoka, M. 2011. Phylogeny and genetic structure of *Zostera japonica* (Zosteraceae), a seagrass distributed over a wide water-temperature range. East Asian Botany: International Symposium 2011, Tsukuba, Japan. 2011. 3. 18

⑥田中法生・伊藤優・仲岡雅裕. 2010. 広水温域分布海草コアマモの遺伝的構造. 日本植物分類学会第 9 回大会 (愛知) 2010. 3. 26

⑦田中法生. 2010. 日本列島近海におけるアマモ類の遺伝的構造. 東京大学海洋研究所共同利用研究集会「沿岸海洋生物の広域動態研究の最前線」(東京) 2010. 1. 5

⑧程木義邦、大林夏湖、宮本康、田中法生、國井秀伸. 2009. 斐伊川水系におけるコアマモ群落の遺伝的多様性と集団構造の評価 第 13 回応用生態工学会(埼玉)2009. 9. 26

[図書] (計 1 件)

田中法生 2012 異端の植物「水草」を科学する ベレ出版 315p

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

①一連の成果を、国立科学博物館ホームページに掲載した。

(<http://www.kahaku.go.jp/research/researcher/researcher.php?d=ntanaka>)

②一連の成果を、企画展「水草展」(場所: 国立科学博物館筑波実験植物園、期間: 2011 年 8 月 13 日～28 日) において展示した。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 法生 (TANAKA NORIO)

国立科学博物館・植物研究部・多様性解析・保全グループ・研究主幹

研究者番号: 10311143

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号: