

対馬における長期的な沿岸海藻類資源量の動態

山下 優子¹・富田 宏²・清野 聡子³

¹学生会員 九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻（〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744）
E-mail:2TE14224N@s.kyushu-u.ac.jp

²元・九州大学大学院工学研究院環境社会部門（〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744）
E-mail:htomida99@gmail.com

³正会員 九州大学大学院工学研究院環境社会部門（〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744）
E-mail:seino@civil.kyushu-u.ac.jp

長崎県対馬では海洋保護区の設定に向けて、水産資源の資源量、利用実態の評価が行われている。しかし沿岸の海藻資源量の動態については、各海藻類の定量的なデータに基づいた長期的な動態は十分に理解されていない。本研究では長崎県漁港港勢調査結果を利用し、てんぐさ類・のり類・ひじき・ふのり類・わかめ類の5種類の海藻類について対馬全土の資源量動態を推定した。その結果、各海藻類の資源量は過去約40年間で減少していることが明らかになった。この要因としては藻場の衰退、藻食性魚類による摂食の活性化や、採藻業を営んだ経営体数の変化やオイル漏れ事故等の影響が考えられる。今後は海洋保護区設定に向けて、水産統計による資源量動態と各地域の資源利用実態を照応させ、時間的・空間的な海洋保護区計画に反映させていく必要がある。

Key Words : seaweed, generalized linear model, Tsushima island, seashore, marine protected area

1. はじめに

長崎県対馬（図-1）は韓国と九州北部の間に位置し、周辺は対馬暖流の影響で好漁場となっており、東シナ海及び日本海の水産資源の保全にとって重要な役割を担っている。



図-1 対馬市と市内の各町について

対馬市では2010年から沿岸から12海里について海洋保護区を設置する取り組みが行われている。海洋保護区は「海洋生態系の健全な構造と機能を支える生物多様性の保全および生態系サービスの持続可能な利用を目的として、利用形態を考慮し、法律又はその他の効果的な手法により管理される明確に特定された区域」と環境省で定義されている¹⁾。中でも保護区の効果的な設定と適切な管理を通して、水産資源の持続的な利用を実現することは最も期待される役割の一つである。

対馬で利用される水産資源の中で海藻類は近年危機的な状況にあることが知られている。対馬では1998年頃から磯焼けが見られ始め、2008年では島の北西部などの一部を除く全域で磯焼けや藻場の消失が記録されている²⁾。また市民へのヒアリング調査からも海藻類の生育が悪く十分に収穫できないという認識が見られることが報告されている³⁾。しかし対馬における海藻資源の長期的な動態について定量的な評価はなされていない。そこで本研究では、水産統計資料に基づいて沿岸の海藻類の収穫量の経時的な変化を評価するために、沿岸の海藻類であるてんぐさ類(*Gelidiales*)、のり類(*Porphyra*)、ひじき(*Sargassum*)、わかめ類(*Undaria pinnatifida*)の5種類の海藻類の資源量の変化について経時的な変化を推定した。

2. 調査対象と方法

(1) 長崎県漁港港勢調査について

漁港港勢調査は漁港の利用状況等の実態を明らかにし、漁港行政及び水産基盤整備事業の実施に必要な基礎資料とするため、都道府県からの報告を取りまとめたもので、漁港の利用状況や陸揚量の変動を評価するため水産庁によって毎年集計されている。長崎県漁港港勢調査は漁港港勢調査のうちの長崎県の港勢についてとりまとめたものである。本研究では、この調査の1970年～2012年分の調査結果の中で、対馬島内53漁港の漁港別魚種別陸揚量を利用した。なお、漁港別魚種別陸揚量は当該漁港地区内に陸揚された生鮮水産物の数量（属地）をカテゴリー別に集計したものであり、名は農林水産省「漁業・養殖業生産統計年報」記載の魚種分類による。そのため、本研究で用いたてんぐさ類、のり類、ひじき、ふのり類、わかめ類の5種類については、ひじきを除き、1カテゴリーに数種が含まれており、下記のようにまとめられる。

てんぐさ類…マクサ (*Gelidium elegans*) ・ヒラクサ (*Pilophora subcostata*) ・オニクサ (*Gelidium japonicum*) 等。
のり類…アサクサノリ (*Porphyra tenera*) ・ヒトエグサ (*Monostroma nitidum*) ・ヒラアオノリ (*Enteromorpha compressa*) 等。
ふのり類…マフノリ (*Gloiopeltis tenax*) ・フクロフノリ (*Gloiopeltis furcata*) 。
わかめ類…ワカメ (*Undaria pinnatifida*) ・ヒロメ (*Undaria undaruoides*) ・アオワカメ (*Undaria peterseniana*) 。

(2) 各海藻類資源量の動態の調査

漁港別魚種別陸揚量の海藻類の項目にある、てんぐさ類、のり類、ひじき類、ふのり類、わかめ類の5種類について資源量の推定を行った。一般的に統計データを用いてその真の動態を評価する場合には、動態に影響を及ぼす環境要因や人為的要因を考慮し、推定することが必要である。水産統計資料については、環境要因は水温・海流の変化・台風などの攪乱の有無・気象条件等、人為的要因は卸値の変化・嗜好の変化・漁業者の高齢化・オイル漏れ事故の有無等が挙げられる。こうした問題に対して、一般化線形モデル (Generalized linear model) を用いて、応答変数に CPUE (単位努力当たり漁獲量) や漁獲尾数を置いた推定等是有効な手法と考えられている⁵⁾⁶⁾。本研究ではこれに準じて、環境要因・人為的要因を組み込んだ一般化線形モデルを構築し、解析を行った。モデルの応答変数には、対馬島内53漁港の漁港別魚種別陸揚量から対馬市内の上対馬町、上県町、峰町、豊玉町、美津島町、厳原町の6つの町 (図-1) について海藻類5

種の陸揚量をそれぞれまとめたものを用いた。また各町が有している漁港の数と漁港の種類は表-2のようにまとめられる。なお、漁港漁場整備法に基づき、表中の漁港の種類とは以下のように記述される。第一種漁港…その利用範囲が地元の漁業を主とするもの。第二種漁港…その利用範囲が第一種漁港よりも広く、第三種漁港に属しないもの。第三種漁港…その利用範囲が全国的なもの。第四種漁港…離島その他辺地にあつて漁場の開発又は漁船の避難上特に必要なもの。

表-2 対馬市内各町が有している漁港の種類と数について

	第一種 漁港	第二種 漁港	第三種 漁港	第四種 漁港	合計
上対馬町	8	2	0	1	11
上県町	5	0	0	1	6
峰町	7	1	0	0	8
豊玉町	5	0	0	1	6
美津島町	9	2	0	1	12
厳原町	9	0	0	1	10
合計	43	5	0	5	53

また海藻類の漁港別魚種別陸揚量については、養殖によるものが含まれている。海藻類の資源量動態を推定する際は人為的要因による影響を可能な限り減らすために、養殖による陸揚は除外し解析することが望ましいと考えられる。そのため本論文は長崎県漁港港勢調査の漁法別属地陸揚量の項目から陸揚量が明らかになっているのり類の養殖について、陸揚量を差し引いた。また応答変数である陸揚量が連続値となること、0になる年があることから、応答変数の誤差分布として正規分布を仮定した。なお Link 関数には線形を用いた。つまりモデルは正規線形モデルとなる。信頼区間の推定はプロファイル尤度から求めた。そして説明変数は以下のものを用いた。

年…1970～2012年を名義変数として
場所…上対馬町、上県町、峰町、豊玉町、美津島町、厳原町の6町を名義変数として。
営んだ漁業種類別経営体数…農林水産省が実施している、全国で5年周期で実施されている漁業センサスの1973年～2013年の対馬島内6町の、採藻業を営んだ漁業種類別経営体数。ただしデータの無い年については近い年のデータ (1970年～1973年は1973年、1974年～1978年は1978年、1979年～1983年は1983年、1984年～1988年は1988年、1989年～1993年は1993年、1994年～1998年は1998年、1999年～2003年は2003年、2004～2008年は2008年、2009年～2012年は2013年) を用い、さらに2008年以降の調査では採貝業と採藻業の延べ数のみが明らかのためそれを利用した。
海水温…気象庁が発表している、東シナ海北部における海面水温の長形変化傾向 (日本近海)⁷⁾

また各海藻類の標本の大きさはてんぐさ類、のり類、ひじき、ふのり類、わかめ類の順番にそれぞれ228, 258, 228, 258個となった。

3. 結果

解析対象とした5種類の海藻類について、経営体数や水温という外的な要因を説明変数として推定した。その結果、海水温は特異な分散を持つとして今回はどの海藻

類についても式に組込むことができなかった。そのため本論文の結果には説明変数として年、場所、経営体数のデータを利用した。各年ごとの資源量の推定値は、種別にまとめると以下ようになった(図-2)。ただし、推定値はてんぐさ類、ひじき、ふのり類、わかめ類については初年度を1とした初年度比をとり、のり類については1990年を1とした。また図-2には各海藻類の推定値の95%信頼区間を示す線も示した。

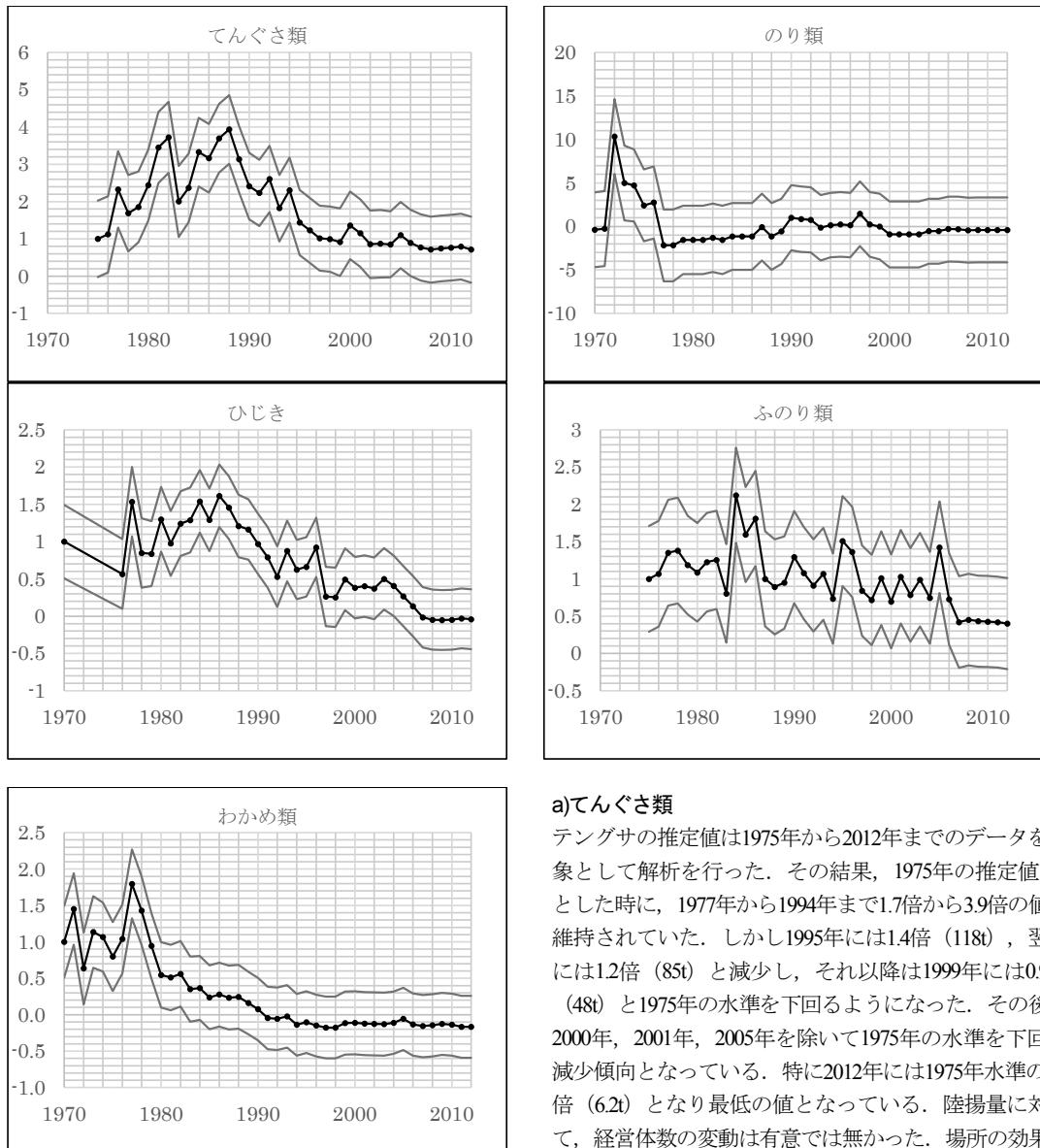


図-2 各海藻類の推定値の推移と95%信頼区間(各図ともにマーカーのある線は推定値を示し、横軸は年である)

a)てんぐさ類

テングサの推定値は1975年から2012年までのデータを対象として解析を行った。その結果、1975年の推定値を1とした時に、1977年から1994年まで1.7倍から3.9倍の値で維持されていた。しかし1995年には1.4倍(118t)、翌年には1.2倍(85t)と減少し、それ以降は1999年には0.9倍(48t)と1975年の水準を下回るようになった。その後も2000年、2001年、2005年を除いて1975年の水準を下回り、減少傾向となっている。特に2012年には1975年水準の0.7倍(62t)となり最低の値となっている。陸揚量に対して、経営体数の変動は有意では無かった。場所の効果については、峰町・豊玉町と上県町が陸揚量の変動に対して有意な効果を持っていた(峰町・豊玉町： $p<0.001$,

上県町： $p<0.01$ ）。

b)のり類

ノリの推定値は1970年から2012年までのデータを対象として解析を行った。しかし、陸揚量が0となる年が多かったため、推定値がマイナスとなる年が多くなってしまった。対象期間の中で、1990年の推定値を1とした時に、1972年は推定値が10倍（159t）と記録されている。しかしその後1973年の5倍（94t）から1976年の2.7倍（61t）に減少し、1977年には陸揚量が1tとなっている。その後は1978年から1997年の1.5倍（19t）まで推定値はわずかに増加している。陸揚量に対して経営体数の変動は有意だった（ $p<0.05$ ）。場所の効果については、美津島町が陸揚量の変動に対して有意な効果を持っていた（ $p<0.05$ ）。

c)ひじき

ひじきは1970年に調査の集計が得られているが、1971年から1975年までの5年間は集計が得られていない。1976年は初年度比0.6倍（1130t）の陸揚があり、1977年に推定値が1.5倍（2828t）に増加、翌年に推定値が初年度比0.8倍（1622t）に減少するものの、1980年から1986年まで1倍から1.6倍の間で推定値が推移している。しかし、1993年と1996年に増加があるものの、1986年から1997年まで減少を続け、5年間の間に推定値が初年度比1.6倍（2981t）から0.23倍（648t）へ78%減少した。その後1999年から2003年まで推定値は横ばいに推移し、2004年から再度減少に転じた。2003年から2007年の間に推定値は0.5倍（1046t）からほぼ0倍（154.7t）に減少し低い値で2012年まで推移している。陸揚量に対して、経営体数の変動は有意では無かった。場所の効果については、上対馬町と峰町が陸揚量の変動に対して有意な効果を持っていた（上対馬町： $p<0.001$ ，峰町： $p<0.05$ ）。

d)ふのり類

解析は1975年から2012年まで集計が得られている。1975年に初年度比0.23倍（63t）をとり、1977年と1978年にかけて推定値はどちらも初年度比1.4倍を示した。その後推定値は減少し1983年に0.8倍（43t）に急減した。その翌年の1984年には推定値が初年度比2.1倍（178t）に増加し1985年、1986年にそれぞれ1.6倍（124t）、1.8倍（146t）の陸揚が得られている。しかし1987年には推定値が初年度比1.0倍（63t）に減少した。その後は1990年には推定値が初年度比1.3倍（93t）に増加し、2004年の0.7倍（37t）にかけてゆるやかに減少した。2005年に再度推定値が1.4倍（106.5t）に増加するが、翌年には0.7倍（35.2t）、0.4（3.7t）に急減し、その後は低い値で推移している。陸揚量に対して経営体数の変動は有意だった（ $p<0.05$ ）。陸揚量に対して経営体数の変動は有意では無かった。

e)わかめ類

わかめは1970年から2012年までを解析の対象としている。推定値は1977年の初年度比1.8倍（1818t）をピークに経時的に減少を示している。特に1977年から1991年には推定値が1.8倍（1818t）からほぼ0倍（102t）に陸揚量が94%減少した。その後1992年から2012年にかけてはほぼ横ばいに推移している。陸揚量に対して経営体数の変動は有意だった（ $p<0.05$ ）。場所の効果については、上対馬町と豊玉町が陸揚量の変動に対して有意な効果を持っていた（上対馬町： $p<0.001$ ，豊玉町： $p<0.05$ ）。

4. 結論と考察

(1) 各海藻類資源量の動態

a)てんぐさ類

1981年から1988年まで1983年、1984年を除き初年度比3.2倍以上推定値があった。1983年は前後の期間に高い推定値が求められているにも関わらず、推定値が2倍と顕著に低下していた。また1999年以降は推定値が減少し続け、2006年以降は1975年の水準を下回り続けている。この要因を考察すると、対馬では1980年代から、ヒジキの局所的な衰退が生じるなどの藻場の衰退が報告されている⁹⁾¹⁰⁾。そのためてんぐさの推定値についてもてんぐさ場の衰退を受け、遅れをとるように減少してきたと考えられる。また他町と比べるとてんぐさ類の対馬全体の陸揚量に対して占める割合が経年的に低い、峰町・豊玉町の変動が有意ということが明らかとなった。

b)のり類

陸揚量が0となり推定の困難な年が多かった。しかし1972年は推定値が1990年比10倍（159t）と顕著に高い値が記録されている。しかしその後1973年から減少し続け、1977年以降、1990年～1992年と1994年～1998年の期間を除き、推定値が1990年の基準を下回り続けている。この要因を考察すると先述の1980年代からの藻場の衰退との相関があることが考えられる。さらに陸揚量に対して経営体数の変動が有意であったことから、漁獲努力量の変化がのり類の資源動態に影響を与えていると考えられる。

c)ひじき

1979年から1986年まで初年度比0.8倍から1.6倍の間で推定値が推移している。そして1987年は1986年と比較して急減し、その後1992年までと1987年～1992年、2004年～2012年の期間で減少している。このようにひじきでは3回の資源量の急減を示す時期があった。この要因として1998年以降アイゴやイトスズミ等の藻食性魚類によるアラメ・カジメやヒジキ等の大型褐藻類への影響が確認

されているが²⁾、1980年代からの藻場の衰退の影響はもちろん、1998年以降の落ち込みはこのことと相関があると考えられる。さらに1997年には前年と比較して急減しているが、これは1997年の4月に韓国沖でタンカーが沈没した事故が、その年の収穫には直接の大きな影響を与えていると考えられる¹¹⁾¹²⁾。また陸揚量に対して、上対馬町の地点が有意な効果をもっていた。これは上対馬町の鰐浦を代表として長くて細い良質のひじきが採られ最大の陸揚量を誇ることから、島内の資源量の変動に大きな影響を与えていると考えられる。

d)ふのり類

1985年と1986年、1995年と1996年、2005年に資源量の急増を示す期間が得られた。しかし1983年、1987年～1989年、1991年～1994年、そして2007年以降の期間では資源量が減少している。この要因については特定することができなかった。また陸揚量に対して経営体数の変動が有意だったことから、ふのり類は漁獲努力量の変化がふのり類の資源動態に影響を与えていると考えられる。

e)わかめ類

1977年には初年度比1.8倍を記録している。しかし1979年以降は、2012年まで1975年の水準を下回り減少し続けている。この要因を考察すると、1980年代からの藻場の衰退と大きな相関があると考えられる。また経営体数の変動が応答変数である陸揚量を少し説明していたことから、漁獲努力量の変化がふのり類の資源動態に影響を与えていると考えられる。また陸揚量に対して上対馬町の変動が有意だったことから、アオワカメが自生している海栗島の資源量の変動が対馬全土の資源動態に影響を与えていると考えられる¹³⁾。

(2) 沿岸海藻類資源量の動態と海洋保護区

対馬では各地域の漁協によって“口開け”と呼ばれる海藻を採取することが可能な時期が毎年決められている。そして口開けの期間になると漁協の組合員が沿岸に採集に出かける。海藻類の中で最も一般的に採集される種の一つがヒジキである。ヒジキは沿岸の潮間帯に繁茂するため、その採取は干潮時に鎌をもって手で収穫されている。こうした採集は慣習的に集落ごとに決まった場所で毎年行われている。そのためヒジキを採集するという行為は場所が固定的であり、さらに定期的に行われ、採集は定量的に陸揚量という量で表されるという性質を持っている。そのため海藻類を採集する人達はこうした海藻の採集という行為から海洋環境の変化を感じとっている。対馬で実施したヒアリング調査では具体的にヒジキの成長量の低下、根付きの状態などについて変化を感じていることが明らかにされている⁴⁾。本研究では対馬における海藻類の陸揚量について少なくとも2回の急激な

資源量の減少が起きていることが示唆されたが、今後資源量の変動の原因についてより詳細に検討していく必要がある。併せて、資源量の変動と地域住民による海藻類の採集を通じた感覚的な環境の変化との接点を解明していくことは、海洋保護区の効果的な管理にとって必須となる海洋環境のモニタリングへ活用していくことが可能だと考えられる¹⁴⁾。

謝辞：本論文の執筆につきまして、以下の方々にお世話になりました。長崎県漁港港勢調査結果の提供では対馬市、長崎県立長崎図書館の方々。対馬滞在にあたってはMITの方々。また環境省環境研究推進費S-13、漁港漁場漁村総合研究所助成のご支援をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省：海洋生物多様性保全戦略、2011。
- 2) 長崎県水産部：長崎県における磯焼け対策ガイドライン、pp.1-73、2012。
- 3) 対馬市海洋保護区科学委員会：対馬市海洋保護区科学委員会報告書、2014。
- 4) 山下優子、富田宏、清野聡子：対馬志多留地域における住民の海岸の自然資源利用と海洋保護区設定の検討、環境システム研究論文発表会講演集、pp.387-392、Vol.42、2014。
- 5) 平松一彦：統計モデルによるCPUEの標準化、漁業資源研究会議北日本底魚部会報、pp.87-97、Vol.28、1995。
- 6) 庄野宏：CPUE標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説、水産海洋研究、pp.1-85、Vol.68、No.2、2004。
- 7) 気象庁：海面水温の長期変化傾向（日本近海）、http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html、20150828 現在
- 8) 長崎県水産試験場：昭和56年度漁場油濁影響調査報告書、財団法人漁場油濁被害救済基金、pp.340-357、1982。
- 9) 四井敏雄：対馬沿岸でみられたヒジキの生育不良現象について、長崎県水産試験場研究報告、pp.15-18、No.12、1986。
- 10) 四井敏雄：対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復実験、水産増殖、pp.67-70、Vol.41、No.1、1993。
- 11) 朝日新聞社：沿岸30キロにわたり重油漂着 長崎・対馬（1997年4月11日朝刊1総）、1997。
- 12) 朝日新聞社：将来にわたり生物死滅ない 対馬油漂着事故で県／長崎（1997年4月11日朝刊長崎）、1997。
- 13) 西日本新聞社：巨大ワカメ自生 通称「コンブ」 本名「アオワカメ」（2003年7月8日長崎版朝刊）、2003。
- 14) 清野聡子：対馬から始まる日本の海洋保護区、BIOCITY、No.58、pp.10-21、2014。

(2015.8.28 受付)

LONG-TERM DYNAMICS OF COASTAL SEAWEED RESOURCES IN TSUSHIMA

Yuko YAMASHITA, Hiroshi TOMIDA, and Satoquo SEINO

Ocean area around Tsushima Island is vital fishery field, and regard as key area for marine biodiversity in East China Sea. Recently, and importance of Marine Protected areas (MPA) are widely accepted according with marine ecosystem degradation. Marine Protected Area defined as a spatial area on ocean that aiming to conserve the biodiversity on marine ecosystem. In Tsushima, a committee of Marine Protected Area was established in 2010. Maturing scientific evidences are essential part of MPA planning. To establish a MPA, a local government of Tsushima researching a dynamics of useful species and also making an effective special planning of MPA based on natural resources catches and management. However, the long-terms dynamics of costal seaweeds are not well understood. We analyzed long term yielding data of sea weed in Tsushima Island among 1970 to 2010. We applied a generalized linear model (GLM) to analyze. As a result for estimation, we revealed the the long-terms dynamics of costal seaweeds are constantly changing. The reason for the each changing, we presume the decline of seagrass beds, activation of feeding by algae-eating fish, or oil leakage accident and changing of the number of management body are giving the influence.