

# 陸上養殖によるマダコ養殖の可能性

慶應義塾大学 経済学部

大沼あゆみ研究会 15 期

21721465

松本 和樹

## 要旨

タコは日本での消費率が世界の中で最も高い食材の 1 つであり、国内では毎年 35,000t ほどのタコが水揚げされている。また、国内だけでは需要を賄いきれず、中国やモロッコ、モーリタニアから輸入をするなど日本食には欠かせない食材となっている。しかし近年、日本でのタコ不漁や栄養価の高さによる海外需要増加により、日本で消費できるタコの量が減少する可能性が問題視されている。これを解決するため、マダコの養殖研究が進んだ。特に環境を汚さない閉鎖循環式陸上養殖を用いた養殖が進んでいる。

本論文では、養殖の概要や日本における陸上養殖に対する政策について整理し、研究段階であるマダコの陸上養殖において現在の技術では 1 匹あたりどのくらいの費用が必要か試算を行なった。また、試算を踏まえ、水産庁が 2020 年に発表している「養殖事業性評価ガイドライン」を参考に、マダコ養殖が養殖ビジネスとしてどのように評価されるのか検証した。最後に、今後陸上養殖による稚ダコの大量生産・大量飼育が可能となり、市場に出た場合、どのような項目が価格の変化をもたらす要因になるのか、他の養殖魚の生産量や価格変化から相関関係を確認し、考察を行った。

マダコは庶民の味として日本人に好まれていることやたこ焼き屋という大きな消費先があることから安定した需要が見込めると推測される。陸上養殖の課題でもあるコストの面を解決することで養殖マダコは日本の水産業に欠かせない存在になるのではないかと推測される。

キーワード：マダコ、養殖、閉鎖循環式陸上養殖、価格変動要因、

Ask not what your country can do for you,  
ask what you can do for your country.

John F. Kennedy(1917-1963)

## 目次

序章.....	4
第1章 タコ.....	4
タコの生態.....	4
マダコの特徴.....	5
マダコの問題.....	5
第2章 養殖.....	8
養殖業の現状.....	8
養殖の種類.....	11
海面養殖.....	11
陸上養殖.....	11
政策.....	12
国の養殖に対する政策.....	12
陸上養殖に対する官庁の取組.....	13
第3章 マダコの陸上養殖.....	14
マダコ養殖の目的.....	14
養殖対象としての魅力.....	15
マダコの費用分析.....	16
養殖業の評価方法.....	20
アンケート調査.....	22
第4章 養殖マダコの市場価格変化分析.....	23
養殖魚の価格変動要因.....	23
主要養殖魚の価格変動要因.....	25
ぶり.....	26
マダイ.....	28
終章.....	31
参考文献.....	33
あとがき.....	37

## 序章

マダコは日本の食文化にとって欠かせない食材となっており、関西地方ではたこ焼きとして多くの人に親しまれている。しかし現在、マダコの漁獲量は減少傾向にあり、価格も上昇している。また、アフリカでは漁獲量が増加傾向にある一方、日本への輸入量は減少している。これはアメリカなど今まで食べていなかった国や地域でマダコが食べられるようになったため、輸出が他国に流れているのである。日本はマダコ消費の多くを輸入に頼っている。このような状況が続くと日本で消費できるマダコの量が減少してしまい、消費が間に合わなくなってしまう。

このような日本で消費できるマダコの量が減少している対策として研究が進められているのが、陸上養殖によるマダコ養殖である。これまで長年の研究が行われてきたが、マダコの完全養殖には成功していなかった。しかし、2017年日本水産がマダコの完全養殖に成功。養殖マダコの発売に兆しを見せる発表がされた。マダコの養殖が成立することで減少しているマダコの消費量をまかなうことができるようになる。今後の日本のマダコ消費を支えるためにもマダコ養殖の実現は欠かせないと考える。しかし、マダコ養殖はまだ研究段階であるため、実際に市場に出た際に市場に対してどのような影響を与えるのか、養殖ビジネスとしてマダコ養殖は成り立つのかなど不明な点が多々ある。

本論文ではまず、マダコの特徴を紹介し、マダコが置かれている現状を漁獲量や価格から確認する。次に日本の養殖への政策や取り組みについて整理し、養殖業の現状を確認する。また、養殖マダコが現在の技術で採算を取るための市場価格を試算し、養殖マダコの可能性を検証する。その際、現状の技術でのマダコ養殖がビジネスとして成り立つのか、水産庁が出している「養殖事業性評価ガイドライン」やアンケートを参考に検証する。その後、他の養殖魚で価格変化の要因を確認し、養殖の価格変化要因を分析する。その要因がマダコに当てはまるかどうか考察し、養殖マダコの可能性について提言していく。

## 第1章 タコ

### タコの生態

タコ<sup>12</sup>の仲間は軟体動物門頭足綱八腕形目に属し、世界には約200種類の存在が確認されており、日本近海でも50種類以上が確認されている。タコは主な生息域によって浮

---

<sup>1</sup> 環境省, 「タコ (せとうちネット)」, [https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa\\_net/setouchiNet/seto/setonaikai/clm10.html](https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/setonaikai/clm10.html), 2021-1-24

<sup>2</sup> 刀禰勇太郎, 「ものと人間の文化史 74・蛸 (たこ)」, 財団法人法政大学出版局, 1994.

遊性と底棲性2つに分けられている。底棲性とは改定での生活に適応した体の構造を持っていることを指し、マダコ科が唯一当てはまる。一般に日本で食されているタコはこのマダコ科に当てはまるものがほとんどである。浮遊性のタコは陸から離れた外洋に生息するため、足の発達が少ない、その肉質が食用に適さないため、市場や我々の食卓では目にすることは少ない。

タコのオスメスの見分け方は2点あり、1点目は交接器の存在である。オスのマダコには8本ある足のうち、1本が交接器になっているため、先端には吸盤がついていない。一方メスには交接器がないため8本とも先端まで吸盤がついている。2点目は吸盤の並び方にある。オスは吸盤の大きさがそれぞれ異なり不揃いである。一方メスは吸盤の大きさが一定であり、綺麗に二列に並んでいる。オスは縄張りやメスを巡って喧嘩する際大きな吸盤を武器とするため、このような差が生まれている。

## マダコの特徴

マダコ(*Octopus sinensis*)<sup>3</sup>は日本をはじめ、オーストラリア、大西洋、地中海など温暖域の水深40mほどの砂泥底や岩礁域に生息しており、成熟したマダコは全長60cm、体重3.5kgほど成長する。繁殖期は春から夏で、メスのマダコは岩棚の下や岩穴に10cmほどの房状になった卵の塊を天井にぶら下げるように産み付ける。総産卵数は10~20万個にもなる。産卵後、エスのマダコは卵が孵化するまでの約1ヶ月間、餌も食わず外敵から卵を守り、海水を吹きかけ、掃除などを行う。孵化した稚ダコは3~4週間の間、ゾエアやオキアミを食べながら海中を浮遊する浮遊期間を経た後、着底し、海底での生活を送る。着底後は、昼は海底の岩穴や岩の割れ目に潜み、夜に活動して二枚貝や甲殻類を食べて成長する。マダコの寿命は約1~2年と考えられており、特にメスは卵が無事に孵化すると衰弱死する。

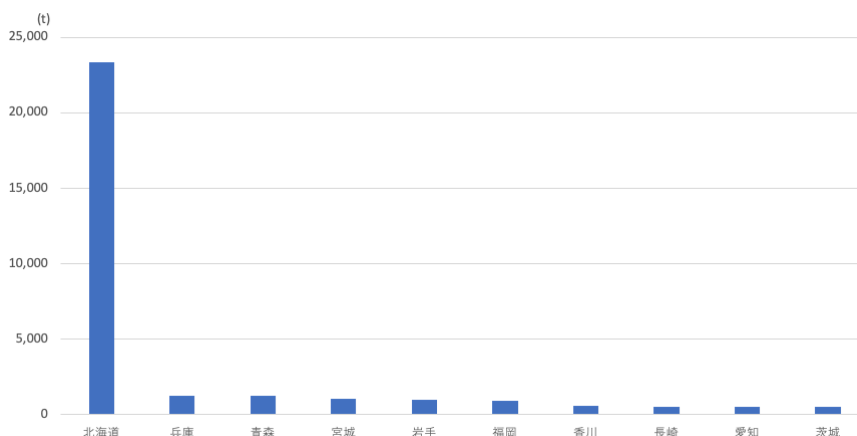
## マダコの問題

マダコは日本全国で水揚げされている。マダコは岩陰に潜みしがみつくタコの修正を活かしたタコつぼ漁が一般的である。他にも底びき漁やはえ縄漁などでも水揚げされている。漁獲量で言えば、2019年度において全体の約6割が北海道、ついで兵庫、宮城、岩手と続く。兵庫の明石ダコと言え、マダコの地域ブランドとして現在根付いている。明石海峡の付近は良質な餌が多く、激しい潮流がある地域であるため、弾力のある歯ごたえと旨

---

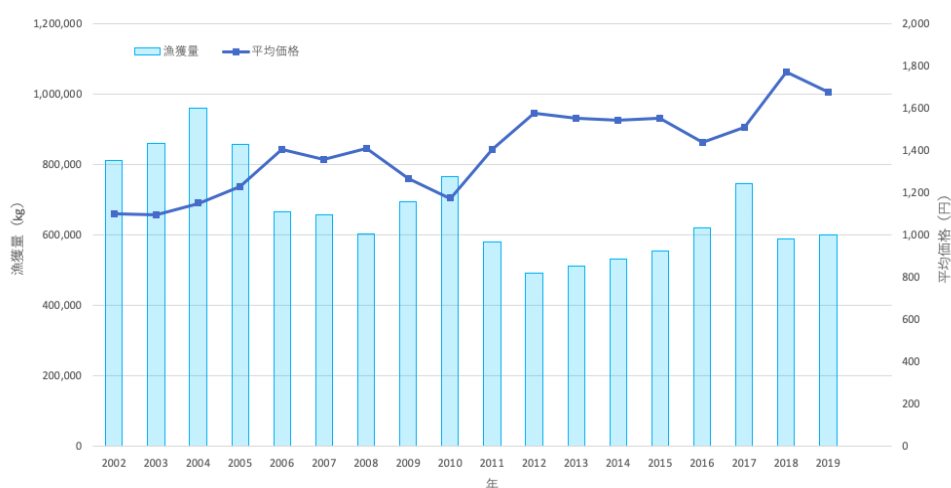
<sup>3</sup> 環境省、「タコ（せとうちネット）」、  
[https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa\\_net/setouchiNet/seto/setonaikai/clm10.html](https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/setonaikai/clm10.html),  
2021-1-24

味がある。



グラフ1：都道府県別たこ類の漁獲量（上位10件）

出典：農林水産省のデータ<sup>4</sup>を元に著者作成



グラフ2：日本国内におけるマダコの漁獲量と市場価格の推移

東京都中央卸売市場のデータ<sup>5</sup>を元に著者作成

グラフ2を見てもわかるように近年2004年をピークにマダコの漁獲量は減少傾向にある。2003年には全国で61,091tの漁獲量があったもののそれをピークに2011年まで漁獲量は年々減少傾向にあった。現在は約35,000tで横ばいであるが、このマダコの漁獲量減少に

<sup>4</sup> E-stat, 「海面漁業生産統計調査/確報例話元年漁業・養殖生産統計」, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500216&tstat=000001015174&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1=000001015175&tclass2=000001148733>, 2021-1-24

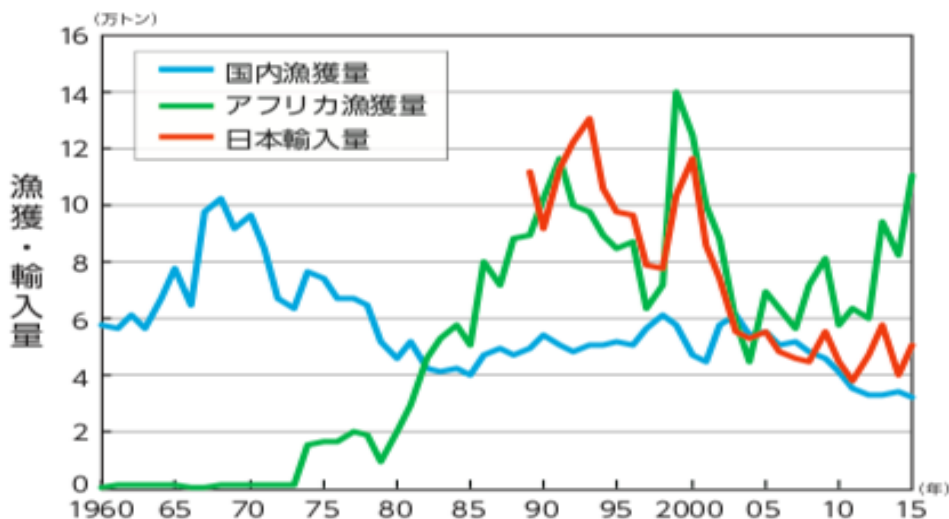
<sup>5</sup> 東京都中央卸売市場, 「市場統計情報」各年度より, <http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp>, 2020-11-7

は原因がつかめておらず、今後安定的にマダコの漁獲量を維持できるかは不明である。

それに伴い、価格も年々上昇していき、東京都中央卸売市場では 2003 年には 1kg あたりの平均価格が 1,095 円だったマダコも 2019 年では 1,676 円と約 1.5 倍になっている。庶民の味として関西ではたこ焼きに使われていたが、マダコの価格上昇によってたこ焼き屋を営む人々にとっては大きな打撃となっている。

一方、世界的なマダコの産地として、中国、モロッコやモーリタニアが挙げられる。国内で流通するタコの大半はアフリカからの輸入で賄っている。輸入タコの価格は国内と比べて安く、2019 年では 1kg あたり約 1012 円<sup>6</sup>である。

また近年では海外需要も増えている。もともと海外では、鱗のない魚介類は汚らしいものとされ「デビルフィッシュ」の名を持つタコは宗教上の理由から食べられている国は少なかった。アジア圏内では韓国やタイ、ヨーロッパではイタリアやスペイン、ギリシャなどで食されている。しかし、タコは表を見てわかる通り、高タンパクで低カロリーであり、タウリンが含まれているため、健康的な食材として、中国やアメリカで注目されている。グラフを見てもわかる通り、アフリカでの漁獲量は増加しているのも関わらず、日本への輸入量は減少している。減少した分はアメリカなどに輸出され消費されている。このままの状況では、日本へのマダコ供給が減少してしまい、国内のマダコ不足が発生してしまう可能性がある。マダコ不足を解消するために近年注目されているのがマダコの養殖である。まず現在の日本の養殖業についてまとめていく。



グラフ 3：マダコの輸入量とアフリカ漁獲量の変化

<sup>6</sup> 財務省貿易統計、「概況品別推移表」,  
<https://www.customs.go.jp/toukei/srch/index.htm?M=79&P=1,2,,,2,,,2,,1988,2020,,,3,00701135,,,,,,1,,,,,,1,> 2021-1-24

出典：水産研究・教育機構広報誌<sup>7</sup>から引用

	エネルギー (kcal)	水分 (g)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	灰分 (g)	食塩相当量 (g)
マダコ (生)	76	81.1	16.4	0.7	0.1	1.7	0.7
マダコ (ゆで)	99	76.2	21.7	0.7	0.1	1.3	0.6
コウイカ	75	83.4	14.9	1.3	0.1	1.3	0.7

表1：マダコとコウイカの栄養素

出典：文部科学省のデータ<sup>8</sup>を参考に著者作成

## 第2章 養殖

### 養殖業の現状

現在我々は第二次養殖ブームの最中である。第一次養殖ブームは約10年前に始まった。東日本大震災の影響により人口増加や食生活の改善、異常気象による減産や輸出規制に寄る貿易量減少などの食のリスクを管理するためにも食料自給率の向上に力を入れるようになったためである。<sup>9</sup>水産業界も食料自給率向上を目指し、行動していたが失敗に終わった。その原因として2つ挙げられる。1つ目は採算が取れないことである。パナソニックなどの他分野の企業も養殖業に参入していたが、設備やイニシャルコストが多くかかるため採算が取れず、どの企業も諦めてしまった。2つ目は国内消費が少なかったことである。世界的には人口は増加傾向にあり、食料問題が騒がれている。しかし、日本では2011年<sup>10</sup>から人口が減少傾向にある上、水産物にはすでにある程度高い需要があったため、国内消費が伸びなかった。これら2つの理由から第一次養殖ブームは幕を閉じた。しかし、現在の

<sup>7</sup> 国立研究開発法人水産研究・教育機構, 「FRA NEWS 水産業の未来を拓く vol.54」 p12, <https://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/news/fnews54.pdf>, 2021-1-10

<sup>8</sup> 文部科学省, “食品成分データベース”, [https://fooddb.mext.go.jp/result/result\\_top.pl?USER\\_ID=18888&MODE=0](https://fooddb.mext.go.jp/result/result_top.pl?USER_ID=18888&MODE=0), 2020-12-12

<sup>9</sup> 農林水産省, 「平成24年度 食料・農業・農村白書『第2節 我が国の食料自給率の動向』」, [https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/h24\\_h/trend/part1/chap2/c2\\_2\\_00.html](https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h24_h/trend/part1/chap2/c2_2_00.html), 2021-1-10

<sup>10</sup> 総務省統計局, 「人口推計(2019年(令和元年)10月1日現在)結果の要約」, <https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2019np/index.html>, 2021-1-10



第二次養殖ブームは日本だけでなく、世界的な養殖ブームとなっている。そのきっかけとして挙げられるのは世界的な動物性タンパク質の需要である。FAO は 2011 年に発表された「World Livestock 2011」<sup>11</sup>で、2050 年までに増加した人口が現在の 3 分の 2 の動物性タンパク質を消費してしまうと発表している。この人口増加に合わせてタンパク質の増産するためには生物を育てることが必要になってくる。動物性タンパク質は魚の他に牛や豚、鶏に含まれるが、その中でも以下の 3 つの理由から魚の養殖が一番注目されている。1 つ目に水の問題である。現在、地球上に存在する我々が消費する水には限りがある。我々が使用する水は畜産を行う際も大量に使用する。動物性たんぱく質を増産するために貴重な水を大量に使ってしまうと、我々が使用する水がなくなってしまう。一方、養殖では使用する水は主に海水である。地上の 7 割が海水に覆われている地球では、海水は無限にあると言っても良い。そのため我々が使用する貴重な水を消費することなく、動物性タンパク質の増産が可能になることから畜産より養殖が注目されている。2 つ目に CO<sub>2</sub> の問題である。地球温暖化の原因とされる CO<sub>2</sub> は人間だけでなく動物も排出する。ニュージーランドでは家畜のげっふやおならによるメタンガスが問題になっているほどである。<sup>12</sup>畜産により動物性タンパク質を増産することを行うと CO<sub>2</sub> の排出量が増加し、地球温暖化が促進してしまう。一方、魚も CO<sub>2</sub> を排出するものの、水の中に閉じ込めることができるので空気中には排出されず、地球温暖化の促進に直接的に繋がらないメリットがある。3 つ目に飼料効率<sup>13</sup>である。飼料効率とは与えた餌に対してどれほど増重したかの比重を示したものである。養殖は畜産に比べて飼料効率がよく、少ない餌で動物性たんぱく質を生産することができる。

以上の点から畜産より養殖が注目されており、世界的に養殖ブームが到来しているのである。FAO によると 2030 年までに世界の水産物に占める養殖の割合は 6 割以上であるとされている。<sup>14</sup>

現在日本には 1,392 経営体<sup>15</sup>の海面養殖業者が存在し、2018 年度では約 100 万 t の出荷を担っている。これは全体の総生産量の 23%にあたる。グラフ 4 のように養殖の占める割合を緩やかな上昇傾向にあるが、これは全体の生産量が減少していることが原因と考えられ、養殖業が拡大しているわけではない。

---

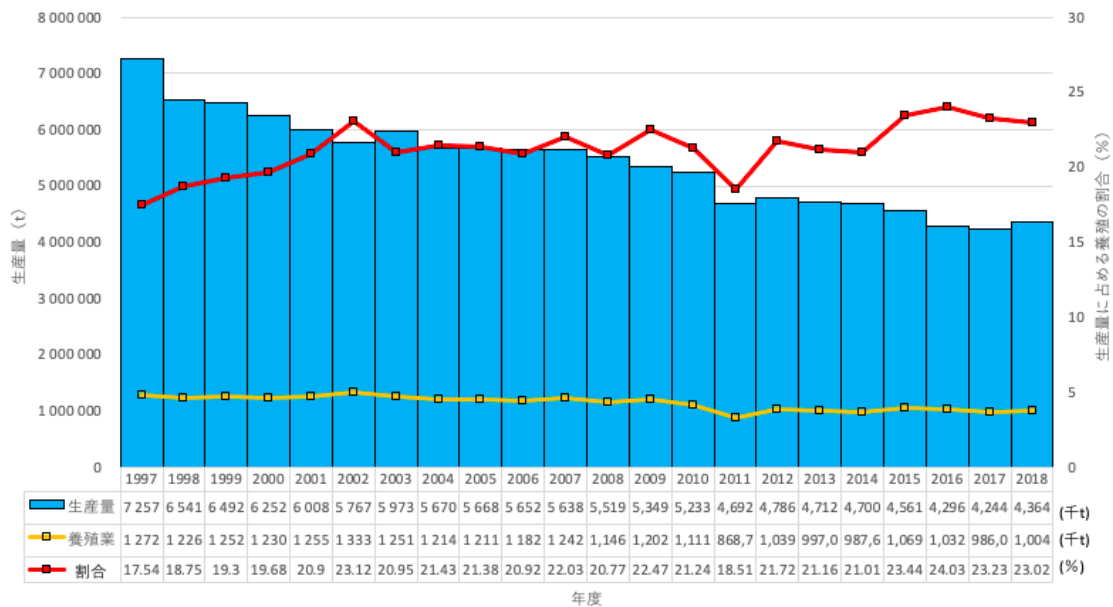
<sup>11</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 「World Livestock 2011」, <http://www.fao.org/3/i2373e/i2373e00.htm>, 2021-1-11

<sup>12</sup> 朝日新聞 DIGITAL, 2018 年 10 月 9 日「温暖化もたらず数千万のげっふ…排出抑える研究進む」, <https://www.asahi.com/articles/ASL9K5V6VL9KUHBI01Q.html>, 2021-1-10

<sup>13</sup> 宮城県, 「水産関係用語集 (飼料効率)」, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/suishin/yogo2213.html>, 2021-1-10

<sup>14</sup> 水産庁, 「第 I 章特集養殖業の持続的発展」, <https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h25/attach/pdf/25suisan1-1-1.pdf>, 2021-1-24

<sup>15</sup> 農林水産省, 「養殖業成長産業化総合戦略」, [https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/attach/pdf/seityou\\_19-28.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/attach/pdf/seityou_19-28.pdf), 2021-1-10



グラフ4：日本におけるマダコの漁獲量と養殖の割合の推移

出典：農林水産省のデータ<sup>16</sup>を参考に著者作成

一方FAOによると世界全体の漁業生産は2018年に1.79億tに達したと推計している。そのうち1.56億tは我々の消費用である。また、養殖による生産は8200万t、全体の46%であり、我々の消費用としては8112万t、消費用のうち52%を占めている。消費用以外では魚粉や魚油生産などに使われている。<sup>17</sup>

このことから日本は世界に比べて養殖業が遅れていることがわかる。この理由として東京海洋大学の廣野育生教授によると日本のマーケットが特殊であることが挙げられる。日本人は海外と異なり天然の方が安全で美味しいという考えを持っている。昔は、養殖魚の管理が甘く残留基準値を超えても市場に提供されたこともあった。またそのことを週刊誌などが取り上げ、養殖魚は薬漬けというイメージを根付かせてしまったのである。そのイメージをまだ持っている方々が養殖を毛嫌いしているため、世界から遅れているのである。現在は技術も上がり、残留基準値を上回る魚を排除したり、罰則規制を設け守らない団体には罰則を課したりしているため養殖魚は安全である。海外ではむしろ養殖の方が安全であると考えられている。どこの海を泳ぎ、何を食べたかわからない天然魚よりもしっかり管理されている養殖魚の方が安全であることは明らかである。このことから養殖魚は薬漬けというイメージを払拭することができれば日本での養殖魚需要は大きく拡大すると考えられる。

<sup>16</sup> 農林水産省、「海面漁業生産統計調査」各年度より、

[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/), 2021-1-10

<sup>17</sup> 国際農研, 飯山みゆき, 「62. 食糧農業機関(FAO)2020年世界漁業・養殖業白書」,

[https://www.jircas.go.jp/ja/program/program\\_d/blog/20200611](https://www.jircas.go.jp/ja/program/program_d/blog/20200611), 2021-1-11

## 養殖の種類

現在魚類の養殖には海面養殖と陸上養殖の2つの方法が存在する。

### 海面養殖

海面養殖とは海面に生簀を作り、稚魚を生簀内で人口的に成長させ、出荷する方法である。主な海面養殖の魚類としてブリ、マダイ、スズキ、イシダイなどが挙げられる。海面養殖には大きく4種類に分けられる。<sup>18</sup>

- ・小割り式

海面上を網で区切り、魚を養殖する方法。浜から離れた沖合に設置されることが多く、ハマチや鯛など回遊魚の養殖に用いられる。

- ・垂下式

貝類や海藻類をいかだや浮きに繋ぎ、海中に吊るして養殖をする方法。海中のプランクトンを餌とする。牡蠣やホタテ、ワカメなどの養殖に用いられる。

- ・築堤式

堤防を作り、湾を網で仕切って養殖をする方法。

- ・地まき式

砂浜に貝をまいて、大きくする方法。

海面養殖のメリットとしては割安で養殖魚を生産できる点である。海という自然環境を用いた生簀で飼育を行うため管理が簡単であり、設置のコストも抑えられる。

一方でデメリットとしては養殖が可能な地域に限られる、天候や季節、災害による影響を大きく受けてしまう、食べ残した餌や排泄物が周辺の水質悪化を引き起こしてしまうなどが挙げられる。

### 陸上養殖

陸上養殖とは陸上に生簀を作り、水が循環するシステムの中で稚魚を成長させ、出荷する方法である。主な陸上養殖の魚類としてヒラメ、トラフグ、クルマエビなどが挙げられる。海面養殖と比べて、原価が高い魚が扱われることが多い。陸上養殖には水の循環システムによって大きく2つに分けられる。<sup>19</sup>

- ・掛け流し式養殖

近くの家・川からポンプにより、水をくみ上げ、生簀の水を補充する方法。水槽から汚れた水を浄化したのち、また海・川に流す。

---

<sup>18</sup> 水産庁、「陸上養殖勉強会のとりまとめについて」,

<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sanki/pdf/251010si1.pdf>, 2020-12-25

<sup>19</sup> 同上

#### ・閉鎖循環式陸上養殖

生簀内の汚れた水を浄化して再度生簀に入れ水を循環させる方法。

陸上養殖のメリットは以下の 6 点ある。(1) 飼育環境の人為的管理が可能。陸上の室内で行うため、赤潮や台風、季節による影響を全く受けず、養殖魚に適した環境で飼育が可能である。そのため脂がのった高い品質の提供が可能になる。(2) ブランド化が可能。魚種によって飼育環境などの立地条件がないため、その地域に合わせた魚種での地域ブランドを確立することが可能である。(3) これまでの養殖のイメージを脱却。現在、養殖は人口的なもので魚を薬品で成長させているなど養殖に対して悪いイメージを持っている人も少なくない。陸上養殖に関しては、薬品をほとんど使わず養殖するため、これらのイメージを脱却することが可能になる。(4) トレーサビリティーへの対応が容易。陸上養殖は閉鎖的に行っているため、トレーサビリティーへの対応が容易にできる。(5) 環境負荷が少ない。閉鎖循環式陸上養殖において、排水処理などの管理をしっかりと行うことができるため、養殖による周辺への水質悪化などの問題を解決することができる。(6) 作業量が少ない。海面養殖と異なり、漁船・漁具を用いた作業がないため、人件費を削減することができる。また、近年では AI の技術を用いて、自動での餌やりや水質管理を行うシステムも確立しつつあるため、更なるコスト削減が考えられる。

一方、デメリットはイニシャルコスト・ランニングコスト共に莫大な費用がかかることである。陸上養殖において、導入時のシステムの設備費用や電気使用によるコストが大きくかかってしまう。主に陸上養殖の一番の問題点として費用の問題が挙げられる。また、複数の機材を用いるため、故障した際のリスクもある。

## 政策

### 国の養殖に対する政策

2018 年 6 月 24 日に改訂された「農林水産業・地域の活力創造プラン」<sup>20</sup>の中で生産から販売・輸出に至る総合戦略を立て、養殖業の復興に取り組むこととしている。国はこれを受け、「養殖業成長産業化総合戦略」<sup>21</sup>を策定するとともに、養殖業成長産業推進協議会を発足し、2020 年 8 月までに 5 回の協議会が開催された。2020 年 7 月 27 日に行われた第 5 回協議会では、第 4 回までに協議されてきた養殖業成長産業化総合戦略の報告がなされた。その報告の中で、国は国内市場向けの取組と海外始業向けの取組の 2 つの取組方向に分け、養殖業の推進を考えている。国内市場向けの取組では品質の高い養殖魚への需要や漁船漁業による漁獲物では対応できない需要への対応、輸入養殖水産物に代替する商品の

---

<sup>20</sup> 農林水産業・地域の活力創造本部、「農林水産業・地域の活力創造プラン」,  
[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/saisei/jikou\\_honbu/attach/pdf/index-13.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/saisei/jikou_honbu/attach/pdf/index-13.pdf), 2021-1-11

<sup>21</sup> 農林水産省、「養殖業成長産業化総合戦略」,  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/attach/pdf/seityou\\_19-28.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/attach/pdf/seityou_19-28.pdf), 2021-1-11

提供により国内市場でのシェア拡大を試みている。一方、海外市場向けの取組では寿司市場や和食以外での料理での食材として提供を可能とするとともに、日本ブランドの確率と国際競争力の強化によりシェア拡大を試みている。また、これら2つの取組を達成する際に重要になってくる我が国の特性である定質・定量・定時・定価格の生産物の提供を最大限に活かすために、プロダクト・アウトからマーケット・イン型養殖業への転換も視野に入れている。その中で生産者協業・産地事業者協業・生産者型企业・1社統合企業・流通型企业の5つの基本的な経営隊の例を示している。さらに、養殖業の成長産業化を図るため、関係者が連携・協力して取り組むべき4つの項目が挙げられている。

#### ①養殖産業成長産業化の枠組の構築

一連の養殖ビジネスでの関係者の連携の強化やサプライチェーンの統合、先端的養殖モデル地域の重点開発の取組やプロジェクト型事業の活用を推進し、枠組みを構築する。

#### ②養殖生産物の新たな需要創出・市場獲得の推進

世界でも最高レベルである養殖生産物の強みを生かしたマーケティングやトレーサビリティの普及、日本ブランド養殖生産物の販売により、新たな需要創出・市場獲得を推進する。

#### ③持続的な養殖生産の推進

生産性・収益性等の向上や魚病対策の迅速化への取組、漁場の拡大化や労働環境の整備による持続可能な養殖業の推進。

#### ④研究開発の推進

研究機関の連携強化や養殖製品の品質保持、スマート水産業の推進や配合飼料等の水産資材の維持によりこれからの養殖業を発展させるために推進。

## 陸上養殖に対する官庁の取組

一般社団法人マリノフォーラム21は1998年度から2002年度までの5年間、養殖物のイメージチェンジと海洋環境の保全を目指して閉鎖循環式陸上養殖システムの研究開発を始めた。<sup>22</sup>1つの調査チームと3つの開発チームを組み、養殖の動向調査やシステムの開発・改良、採卵技術の向上などを行なった。この研究には九州電力やジャパンアクアテックなど11の企業がグループごとに研究を行なった。

水産庁は約8,000億円<sup>23</sup>をかけて2014年度から2016年度までの三年間、一般社団法人マリノフォーラム21や長崎県をはじめ、6つの企業に次世代型陸上養殖の技術開発事業を委

---

<sup>22</sup> 社団法人 マリノフォーラム21、水産養殖研究会(2003)、「平成14年度閉鎖循環式陸上養殖システムの開発(環境創出型養殖技術)に関する報告書(要約)」,

<sup>23</sup> 農林水産省、「平成28年度 委託調査費の支出状況(年間)」,

[https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan\\_kansi/sikkou/tokutei\\_keihi/attach/pdf/index-13.pdf](https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikkou/tokutei_keihi/attach/pdf/index-13.pdf),  
2021-1-12

託事業として開発を進めた。<sup>24</sup>この事業では閉鎖循環式陸上養殖の先進事例を創出し、水産物の安定供給に貢献することを目指し、大島グループと長崎グループの2つに分け、閉鎖循環式陸上養殖システムの実証実験を行ない、結果を公表した。

## 第3章 マダコの陸上養殖

### マダコ養殖の目的

マダコ養殖の目的は前途の通り、漁獲量の減少や海外需要に対して安定的にマダコを供給することである。現在、完全養殖の技術は確立している。この章ではマダコの養殖環境について見ていきたい。

マダコの陸上養殖は大きく分けて、稚ダコが着底するまでの期間とその後省スペースで飼育する期間の2つの段階に分けられる。この章では本論の作成に伴い、ヒアリングを行った国立研究開発法人、水産研究・教育機構の研究結果を元に説明していく。

前途の通り、マダコは生まれてから3~4週間の間、海中を漂ってプランクトンを食べながら生活している。陸上養殖でも同様にマダコの着底まで飼育しなければならない。しかし、養殖ならではの酸素を送るためのポンプによってできる水流により2つ問題点が挙げられる。1つ目はその水流により稚ダコが餌を離してしまうことである。図1の右側のような水槽では酸素ポンプを設置すると水流ができる関係で上から下への下降水流ができる。稚ダコは水中に浮かぼうとしているので餌を捕まえた間下降水流に巻き込まれた場合、浮上するために捕まえた餌を離してしまう。そのため餌を十分に食べることができず、死んでしまう稚ダコが発生した。2つ目にそこから出てくる酸素の泡を吸い込み水面で動けなくなることがある。マダコは外套膜に水を吸い込み吐き出すことで水中を移動している。稚ダコもそうである。しかし、この際、酸素の泡を吸い込んでしまうことがあり、水面で動けなくなり死んでしまうマダコが発生した。この2点を解決すべくできたシステムが図1のような2つの水槽を用いる方法である。別の水槽で酸素を供給し、その水をポンプで飼育の水槽のそこから下向きに吹き出すことで上昇水流を作り、以上2点の問題を解決した。この時期の稚ダコの主な餌は天然のゾエアやオキアミである。いずれも生き餌であり、大きなコストとなっている。

---

<sup>24</sup> 一般社団法人マリンフォーラム 21 他, 「[水産庁委託]平成 28 年度次世代型陸上養殖の技術開発事業 報告書」,  
[https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan\\_kansi/sikkou/tokutei\\_keihi/h28itaku/h28ku\\_seika\\_ippan/attach/pdf/h28taku\\_seika\\_ippan-96.pdf](https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikkou/tokutei_keihi/h28itaku/h28ku_seika_ippan/attach/pdf/h28taku_seika_ippan-96.pdf), 2021-1-12

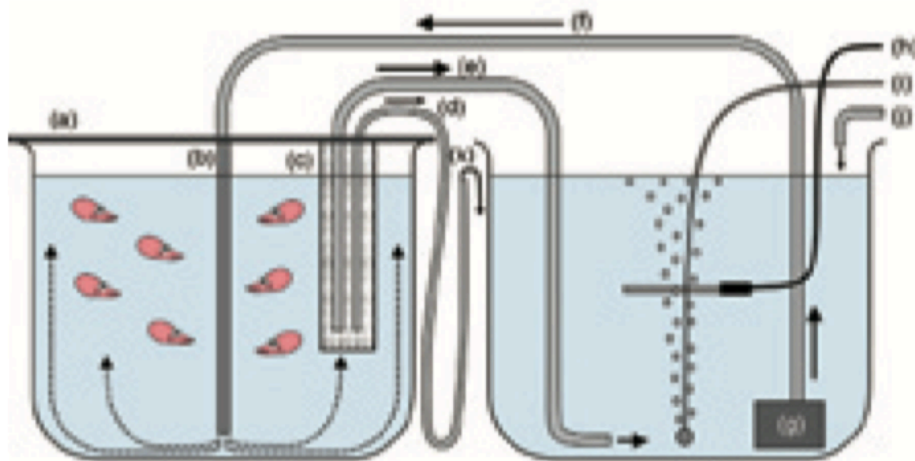


図1：稚ダコ養殖の水槽

出典：水産研究・教育機構のデータ<sup>25</sup>から引用

一方、着底後の問題点として2つ挙げられる。1つ目はマダコ同士の共食いである。マダコは十分に餌を食べられなかったり、ストレスを抱えたりしてしまうと共食いをしてしまう。さらに着底後のマダコは成長速度によって個体差が大きく出る時期である。そのため同じ水槽に成長したマダコを入れると成長した体の大きいマダコが体の小さいマダコを共食いしてしまう可能性があり、同水槽で飼育することが困難である。2つ目にマダコの脱走である。マダコは「脱走の名人」と呼ばれるほどとても賢い生き物であり、軟体動物であるため、小さな隙間から向け出すことができってしまう。一般でよく見る陸上養殖のような大きな水槽で飼育してしまうと脱走してしまう可能性がある。以上2点を解決するために水産研究・教育機構は個別ケースでの飼育を行った。吸盤がくっつきすぎないようにメッシュの容器を開発し、1匹1匹をケースに入れ飼育し、以上2点の問題を解決した。しかし、この方法は容器を用意するコストはもちろん、餌やりや掃除に多大な人件費を要してしまう。

## 養殖対象としての魅力

大分海洋科学センター長に行ったヒアリングによると、マダコの養殖のメリットとして3点挙げられる。1点目は飼料効率の良さである。具体的な数字は不明であるが、魚類に比べて糞が非常に少ない。無駄な餌が少なく、糞が少ないため水質汚染が発生する確率も低いことが言える。2点目に可食部分の比率がとても高い点である。マダコは軟体動物のため骨はなく、内臓と口球部を除いた箇所が全て食べられる。可食部分の比率は81%である。

<sup>25</sup> 水産研究・教育機構, “マダコの新たな育て方”-マダコ養殖の実現に向けて-, <https://www.fra.affrc.go.jp/topics/20180216/01.pdf>, 2021-1-2

<sup>26</sup>一般的な魚の可食部分の比率は35%~85%<sup>27</sup>とされており、この値と比べてもマダコは上位に属していることがわかる。3点目に短時間で成長する点である。マダコは約1年弱で出荷サイズの1kg以上に成長することが現在の研究で確認されており、ぶりやマダイに比べて早い。

以上の3点からマダコは養殖対象として魅力的であることがわかる。

## マダコの費用分析

水産研究教育機構のヒアリング結果や平成29年3月に発表された「平成28年度次世代型陸上養殖の技術開発事業報告書」(以下報告書と略す)<sup>28</sup>を参考に、マダコの陸上養殖場を建設し養殖事業を始める場合のコスト分析を行う。マダコの陸上養殖は研究段階であり、今回は稚ダコの大量生産と成長技術が確立したと仮定を置き分析を行う。また、算出できなかったコストは変数として置くこととした。

まず今回想定する陸上養殖場について述べる。この養殖場では1万匹のマダコを養殖する。水槽は省スペースを用いての個別養殖ができるよう大きさを考えた。省スペースを30×40×70(cm)とし1m<sup>2</sup>あたり8区画できると想定する。よって1万匹養殖するために必要な面積は1,250m<sup>2</sup>である。この面積を確保するために直径が15m、高さが1mの水槽を7つ用意することとした。また、稚ダコの段階での養殖では1×1×1(m)の水槽を4つ使用することとした。

では費用を考えていく。初期投資として、陸上養殖に必要な建屋・水槽・陸上養殖システム・水の4つが挙げられる。まず、建屋だがこれは報告書を参考にし、392,530,000円を耐用年数30年、定額法で減価償却することとする。

$$392,530,000 \div 30 = 13,084,333.333... \approx 13,085,000 \dots (1)$$

次に水槽に関してだが、大小異なる2種類の水槽を使用する。稚ダコの状態では1×1×1(m)の水槽を4つ、着底後省スペースで養殖する際は直径15mほどの水槽を7個使用する。前述の通り、マダコの養殖には稚ダコの段階で2つの水槽が必要とされており、3つを飼育用、1つを酸素供給用とする。水槽は耐用年数20年、定額法で減価償却することとする。

$$\alpha \div 20 = \frac{\alpha}{20} \dots (2)$$

次にマダコを個別で飼育するための省スペースだが、素材に関してはまだ研究のため

---

<sup>26</sup> 飯田訓之、信太茂春他、「釧路水試だより 第78号『タコの加工について』」,  
<https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/kushiro/section/kakou/att/c7skn30000001jbn.pdf>, 2021-1-11

<sup>27</sup> 金田尚志、「魚兄ついで基礎知識」,  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/cookeryscience1968/1/4/1\\_215/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/cookeryscience1968/1/4/1_215/_pdf), 2021-1-11

<sup>28</sup> 一般社団法人マリンフォーラム21他、「[水産庁委託]平成28年度次世代型陸上養殖の技術開発事業報告書」,  
[https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan\\_kansi/sikkou/tokutei\\_keihi/h28itaku/h28ku\\_seika\\_ippan/attach/pdf/h28taku\\_seika\\_ippan-96.pdf](https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikkou/tokutei_keihi/h28itaku/h28ku_seika_ippan/attach/pdf/h28taku_seika_ippan-96.pdf), 2021-1-14



価格は $\beta$ とし、耐用年数5年、定額法で減価償却する。

$$\beta \div 5 = \frac{\beta}{5} \cdots (3)$$

次に陸上養殖システムだが、具体的に必要なシステムの一覧として以下の表にまとめた。なお価格については、報告書を参考に水槽の大きさに合わせて調節が必要な物には使用する水量に合わせて価格を調整した。具体的には7つの水槽と4つの水槽を合わせて $1,229 m^3$ の水を使用する。報告書では合計 $1,400 m^3$ の水を使用しているので $1,229/1,400=0.87785\cdots \approx 0.878$ をかけて調整する。

装置	価格(円)
濾過槽	42,980,000
物理濾過槽	22,000,000
水循環装置	5,057,280(調節済み)
泡沫分離装置	38,106,000
加温冷却装置	22,500,000
脱窒装置	37,200,000
合計	167,843,280

表2：陸上養殖システムに必要なシステム一覧

陸上養殖システムは耐用年数15年で減価償却する。

$$167,847,280 \div 15 = 11,189,818.666\cdots \approx 11,190,000 \cdots (4)$$

最後に水であるが、閉鎖循環式陸上養殖の場合、初期段階で水を導入し、蒸発などにより減ってしまう水に関して1日1%の継ぎ足しを行うことにする。継ぎ足しの価格に関してはランニングコストとして計算する。今回使用する水は前途の通り $1,229 m^3$ である。報告書によると $1 m^3$ あたり1,500円であるため、 $1,299 \times 1,500 = 1,843,500$ 円かかるとする。なお、この金額に関しては陸上養殖を行う地域によって変化するだろう。

$$1,843,500 \cdots (5)$$

次に、経常費用についてである。マダコの陸上養殖において人件費と電気代、ガス代が大きなランニングコストとして考えられる。今回の養殖場では6人で1日8時間勤務、時給1200円、年間200日とする。ヒアリングにより飼育の際の仕事として、餌やり・省スペースの清掃・温度管理などが挙げられる。これらに関して特別な知識は必要としないが清掃など生き物を扱う上で衛生面など1つ1つ丁寧に慎重に行わなければいけないと考え、

日本の平均賃金 902 円<sup>29</sup>の 1.3 倍である 1,200 円(端数切り上げ)として設定した。陸上養殖は海を必要としないため、全国で行うことができることから日本全体の平均賃金を選択した。

$$6 \times 8 \times 1,200 \times 200 = 11,520,000 \dots (6)$$

次に電気代としては「報告書」を参考に規模を調整し、4,927,000 円とする。また、加熱冷却装置を動かすためのガス代は電気代と同様に考え、4,549,000 円とする。

$$8,876,000 \dots (7)$$

営業費はマダコのためのエサ代とした。しかし、現在マダコ養殖に適切な餌が開発されておらず、研究段階であるためエサ代は  $\gamma$  円とする。

$$\gamma \dots (8)$$

以上より、(1) 式から (8) 式を合計し、1 匹あたりのコストは

$$\begin{aligned} p &= (36,514,500 + \frac{\alpha}{20} + \frac{\beta}{5} + \gamma) / 10,000 \\ &= 3,651.45 + \frac{\alpha + 4\beta + 20\gamma}{200,000} \dots (9) \end{aligned}$$

となる。

ここで  $\alpha = 60,000,000$ 、 $\beta = 1,000,000$ 、 $\gamma = 29,056,000$  と仮定して計算を行う。

$\alpha$  については報告書内では大小 2 種類の水槽を使い、計 8 基  $1,400m^3$  の水槽を使用し、58,400,000 円であるため、大きい水槽が多いことから少し値段を上げて 60,000,000 と仮定した。

$$\alpha = 60,000,000 \dots (10)$$

$\beta$  については省スペースの開発は進んでいることから大量生産が可能と考え、1 個あたり 100 円とすると、 $\beta$  は

$$\beta = 100 \times 10,000 = 1,000,000 \dots (11)$$

とする。

$\gamma$  については稚ダコと着底後の 2 つに分けて考えた。稚ダコの場合、1 匹に必要なゾエア幼生は 1,800 頭<sup>30</sup>という研究結果がある。長崎県水産試験場研究報告<sup>31</sup>によると栽培漁業センターからの供給単価が 1.3 円/尾であることから、今回必要なゾエア幼生の費用として

$$1.3 \times 1,800 \times 10,000 = 23,400,000 \dots (12)$$

<sup>29</sup> 厚生労働省, 「地域別最低賃金の全国一覧」, [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou\\_roudou/roudoukijun/minimumichiran/](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/minimumichiran/), 2021-1-11

<sup>30</sup> Shigeki Dan and Hiraku Iwasaki et al.(2019) "Effects of co - supply ratios of swimming crab *Portunus trituberculatus* zoeae and *Artemia* on survival and growth of East Asian common octopus *Octopus sinensis* paralarvae under an upwelling culture system", *Aquaculture Research* Volume 50, Issue 4, 1361-1370

<sup>31</sup> 長崎県水産試験場研究報告、宮崎隆徳、鈴木洋行他, 「ガザミ大型種苗中間飼育時の小割生簀における適正収容密度について」, <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010893077.pdf>, 2021-1-18

とした。しかし、栽培供給センターから供給されるゾエア幼生は4.8mmあり、稚ダコの餌としては大き過ぎるため、段茂樹らの研究のように稚ダコ養殖と平行でガザミを飼育し、同タイミングで孵化させることが望ましい。<sup>32</sup>

一方、着底後だが門脇秀作らの研究<sup>33</sup>によると、マダコの増肉係数は5.6であり、垂下式籠養殖の際には冷凍のカタクチイワシを与えていたことから、今回はこれを参考に試算する。増肉係数は

$$\text{増肉係数} = \frac{\text{餌の量(kg)}}{\text{増えた体重(kg)}}$$

で求められるので、出荷サイズ1kgになるまでに1匹あたり5.6kgの餌が必要である。つまり1万匹の養殖には56,000kgのイワシが必要になる。農林水産省のデータ<sup>34</sup>によると2018年度のカタクチイワシは漁獲量111,226t、産出額1,115,800万円であることから1kgあたり、

$$\frac{11,158,000,000}{111,226,000} = 100.3182 \dots \approx 101(\text{円/kg}) \dots (13)$$

となることから、着底後にかかる餌の費用は

$$56,000 \times 101 = 5,656,000(\text{円}) \dots (14)$$

となる。

よって、 $\gamma$ は(11)式と(12)式を合計し、

$$\gamma = 23,400,000 + 5,656,000 = 29,056,000 \dots (15)$$

とする。この時、(10)式と(11)式と(15)式の結果を(9)式に代入し、1匹あたりのコスト  $p$  は、

$$p = 3,651.45 + \frac{60,000,000 + 4,000,000 + 581,120,000}{200,000} = 6,877.05 \approx 6,878$$

となる。

つまり、現在の技術でマダコの養殖を行なった場合、1匹あたり6,878円以上で販売することで利益を出すことができる。

ここでマダコの東京都中央卸売市場の近年の市場価格を比較する。前途の通り2019年の1kgあたりの平均価格は1,676円であることから今回試算した養殖マダコは約4倍の価格となっている。現在の養殖技術では天然の価格と差がついてしまい、余程の付加価値をつけなければ販売することは難しいだろう。

<sup>32</sup> Shigeki Dan and Hiraku Iwasaki et al.(2019) "Effects of co - supply ratios of swimming crab *Portunus trituberculatus* zoeae and *Artemia* on survival and growth of East Asian common octopus *Octopus sinensis* paralarvae under an upwelling culture system", *Aquaculture Research* Volume 50, Issue 4, 1361-1370

<sup>33</sup> 鹿児島大学水産学部紀要、門脇秀策、藤原裕明他、「園芸ポットを用いたマダコの垂下式籠養殖と適環境」, <https://core.ac.uk/download/pdf/196150123.pdf>, 2021-1-18

<sup>34</sup> 農林水産省, 平成30年度「海面漁業生産統計調査」 「産出額」, [https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html), 2021-1-18

## 養殖業の評価方法

水産庁が2020年4月に出している「養殖事業性評価ガイドライン」<sup>35</sup>には他業界、特に金融機関が養殖業者の経営や販売の方法について支援策を考察できるよう6つの項目を定めている。その6つの事業性評価項目に沿って、稚ダコの大量生産に成功した際、マダコ養殖が養殖業ビジネスとしてどれほど当てはまるか確かめ、最終評価結果を出してみる。

### 1 市場動向

事業性を評価する前提として、対象の養殖魚の市場規模とその動向を知る必要がある。マダコにおいて、前途の通り、国内の漁獲量以上の輸入を行なっている上、国内の年々減少傾向にある一方、栄養面から今まで消費されていなかった海外での消費が増加すると考えられている。また、単価に関しても年々上昇傾向にあることや、「明石ダコ」のように地域ブランドとして全国に知られるほどの影響力があることから未来の需要トレンドとしては当てはまると考えられる。

### 2 経営事業継続力

養殖業は天然物の水揚げ量や輸入量の変化に影響を受けやすく、複数年での養殖事業を営む事業継続力が求められる。マダコにおいてまだまだ未開発の項目である。前途の通り、生産性において、マダコは歩留まりが高く、事業サイクルが約1年と他の養殖魚と比べて短い優良魚であり、陸上養殖を行うので漁場環境の維持は容易にできると考えている。またITの活用など生産力向上させる手段がたくさん存在する。しかし、マダコ養殖が成立した際のバリューチェーンを構築することやマダコ養殖に関わる関係者が少ないことから人材育成には問題があると考えられる。

### 3 販売力

養殖業の事業継続のためには、安定した販路を維持することが大切である。また商品開発力や加工販売力など売り方にも工夫が必要である。マダコにおいて一番の販路として考えられるのは関西を中心に展開されているたこ焼き店である。天然ものと同等の価格まで抑え、安定して質の高いマダコを供給することはたこ焼き店においてプラスのことだと考えている。また、陸上養殖においてブランド力や質の高いマダコを提供することは天然物よりも容易であると考えられる。

### 4 動産価値

対象の養殖魚そのものの価値について換金容易性・換金率・在庫バランス・物量・将来予想価格の5点の観点から評価される。マダコにおいて、たこ焼き屋など天然と味の遜色がない養殖マダコの需要は高いと考え、換金は容易である。在庫バランス・物量では、陸上養殖で水温の管理が容易であるため、一年中出荷することが可能になると考える。しかし、稚ダコの確保の技術がどこまで上がるか不明であるため、出荷先のニーズにどこまで答えられるかわからない。将来予想価格としては現在技術では前節で求めた6,878円である。

---

<sup>35</sup> 水産庁、「養殖業事業性評価ガイドライン」,  
<https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/attach/pdf/jigyoseihyoka-4.pdf>, 2021-1-11

## 5 品質生産管理

食の安全性確保のため、品質生産管理に関しては重要な評価点になる。マダコにおいて陸上養殖であるため、マダコの管理や生簀の清掃は海面養殖に比べて容易であると考えられる。出荷時の能力であるが、マダコ養殖は1匹ずつ飼育しているため、事前にネットなどを貼ることにより容易に出荷ができると考える。また、認証に関してマダコに関わる認証はない。しかし、養殖魚として優秀なマダコが今後広がれば、陸上養殖を用いているため、ASC認証など取得できる認証は多いと考えている。

## 6 リスク管理・対策

自然災害などのリスクに対する回避策や事業継続のための備えがどこまで考えられているか重要な評価点となっている。マダコの陸上養殖において、自然災害や外部環境の変化に対するリスクはほとんどないと考えられる。また、市場リスクにおいて、陸上養殖のメリットを活かし、高付加価値商品の提供などの回避策を持っている。しかし、電力供給の停止や疫病などのリスクがないとは言えない。共済に関しては漁業施設共済の対象になり得ると考える。<sup>36</sup>漁業施設共済は養殖施設を対象とし、その供用中の破壊等による損害を補償してくれる。現在陸上養殖は対象となっていない。対象になるためには漁業者からのニーズ、十分な母集団の確保などの条件がある。

以上のことから水産庁の例を参考に最終評価結果を出す。評価の方法として各評価項目に対して、5点ずつあり、0（できない・不明）・1(できる可能性が低い)・3（できる可能性が高い）・5（現在の技術で可能である）の4段階で評価をする。マダコの陸上養殖の現在の技術において最終評価結果を出すと表3のようになる。

大項目	評価項目	各得点	合計	平均点
1. 市場動向	1 過去・現在将来の動向 2 市場規模	5 1	6	3
2. 経営事業 継続力	3 養殖事業計画・経営基盤 4 漁場環境 5 養殖事業継続実績 6 採算管理の実施 7 経営者の経営能力・手腕 8 人材育成	1 5 0 3 3 3	15	2.5
3. 販売力	9 販路先の確保 10 商品開発力・加工販売力	3 3	6	3
4. 動産価値	11 換金容易性 12 換金性 13 在庫バランス 14 物量	3 3 5 1	13	2.6

<sup>36</sup> 水産庁, 「養殖業の現状と課題について」,  
<https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/arikata/pdf/1-2docu.pdf>, 2021-1-20

	15 将来予想価格	1		
5.品質生産管理	16 品質管理 17 生産管理全般 18 出荷時能力 19 加工技術・物流 20 認証・知財取得	5 5 3 3 5	21	4.2
6.リスク管理・ 対策	21 天災回避対策 22 病気対策 23 環境変化への対応力 24 共済加入有無 25 任意損害保険加入有無	5 5 5 1 1	17	3.4
	各 5 点 合計 125 点		78	3.12

表 3：マダコの陸上養殖の最終評価結果

評価基準が少し異なるため、単純な比較はできないが、決して低い結果ではないと考える。

## アンケート調査

最後に日本人が養殖・マダコに対して、どのような印象を抱いているのか確認すべく、10代から80代の男女103名にアンケート調査を行い、マダコにはどのような需要があるか考察を行う。アンケートでは、以下の2点の回答を得た。

- ①養殖の良さを知った上で養殖マダコを購入する場合、100gあたりいくらで購入するか。
- ②タコの料理として一番に思いつくものは何か。

以上の質問に対する回答をまとめ、考察を行う。

①の結果では、購入すると回答したのが97.1%、購入しないが2.9%であった。この結果からもマダコの需要の高さが伺える。金額においては表5のようになった。

金額(円)	割合(%)
100	25.2
200	39.8
300	26.2
400	2.9
500	1
600	1.9

表 5：①のアンケート結果

一番回答が多い結果となったのは200円、次に300円、100円であった。現在、スーパーマーケットなどに売られている天然のマダコは100gあたり250円から300円で売られて

いることから天然の価格より安い、もしくは同等の値段で購入したいという方が多いことがわかる。

②の結果では 62.1%がたこ焼き、26.2%が刺身、4.9%がお寿司であった。日本でのマダコの食べ方としてあるたこ焼きは関西地方では多くのお店があるが関東地方では少ない。しかし、これほど普及しているということは、日本ではたこ焼き屋の需要があり、たこ焼き屋には養殖のマダコの需要があると考えられる。

以上のアンケート調査の結果からマダコの養殖が成功するためには2つの条件があると考えられる。1つは価格を安くすることである。養殖の良さを伝えた後、天然価格より安く買いたいと回答した人が全体の 65%であり、庶民の味として親しみのあるマダコを高価格で売ることは容易ではない。養殖ならではのブランド力をつける、もしくは天然の価格と同等な価格で採算がとれるような技術開発が必要である。2つ目に養殖マダコの供給先としてたこ焼き屋との取引ルートを構築することである。日本人が好むたこ焼き屋を供給先に用いることで大きな消費先を確保することができる。しかし、ヒアリングによると築地銀だこでは年間約 4,000t、あはやでは約 96t 使用している。これらの店舗で養殖マダコを使用するにはある程度の漁獲量がなければいけない。しかし、安定した価格や供給量、安全性を兼ね備えた陸上養殖は飲食店にとって希望の光になると考える。これら2つの条件を満たすことでマダコ養殖がビジネスとして成り立つと考える。

## 第4章 養殖マダコの市場価格変化分析

### 養殖魚の価格変動要因

他の養殖魚の価格変化から、養殖の価格変動にはどのような要因があるのか確認する。養殖の価格変化に関係のある要因について14の項目で相関関係を調べた。今回要因としてあげた項目は大きく分けて(1)養殖に直接関係するもの、(2)日本水産市場の変化、(3)環境の変化の3つに分けられる。その項目は表6の通りである。

項目	内容
(1)輸入魚粉	輸入魚粉の価格変化
(1)配合飼料価格	配合飼料の価格変化
(1)燃料価格	船舶に用いる燃料の価格変化
(1)ガソリン代	輸送に用いるガソリン代の価格変化
(2)天然価格	天然魚の価格変化
(2)天然漁獲量	天然魚の漁獲量変化
(2)養殖漁獲量	養殖魚の漁獲量変化

(2)日本魚介類供給	国民一人当たりの魚介類供給の変化
(2)国内消費仕向量	国内市場に出回った食料の量
(3)水温平年差	日本近海における水温の平年差
(3)降水平年差	日本における降水量の平年差
(3)台風発生率	台風の発生数
(3)台風上陸数	国内に上陸した台風の数
(3)人口	日本の人口の変化

表6：相関関係調査に用いた要因の項目

分析の前に仮説を立てておく。養殖の価格決定において重要になってくる項目は養殖漁獲量と降水平年差であると考え。漁獲量は増加すればその分市場に供給できる量が増えるので需要と供給の関係から価格を低下する。<sup>37</sup>そのため、強い負の相関を示すと考える。一方、降水平年差は海水面にある養殖場において雨が多く降るということは海水の塩分濃度の変化させることに繋がり、漁獲量が変化するのではないかと考えた。

これらを仮説とし、表の項目と日本の主な養殖9種（ぶり、マダイ、ふぐ、マアジ、ヒラメ、ホタテガイ、車海老、昆布、わかめ）の価格推移の約30年間分の相関関係を調べたところ表7のようになった。

	ぶり	マダイ	ふぐ	マアジ	ヒラメ	ホタテ	車海老	昆布	わかめ
輸入魚粉	0.67037848	0.0796582	0.24597846	0.66883045	0.56497357	0.7033642	0.50235773	0.2780555	0.02509431
配合飼料	0.69251488	-0.0964593	0.55251071	0.73289631	0.61928768	0.81712486	0.61596574	0.57557977	0.38911797
燃料価格	-0.3976076	-0.3186608	-0.8049604	0.57285255	-0.7183541	0.24866812	-0.5697933	0.3768538	0.08796792
ガソリン	-0.3456361	0.05355449	-0.6367746	0.4996966	-0.4763801	0.34985718	-0.2361452	0.47403531	0.08339058
天然価格	0.65014886	0.75815662	0.39569234	0.41034009	0.82176142	0.91356597	0.28363287	0.83353803	0.89002766
天然漁獲量	0.01777185	-0.3387786	0.77246756	-0.483074	0.26045182	-0.5355455	0.78771028	-0.5834224	-0.8141771
養殖漁獲量	0.71928382	-0.4489963	0.02822148	-0.6783822	0.65230681	-0.6167065	-0.0183251	-0.6193604	-0.2953194
魚介類供給	0.66607308	0.4506885	0.69132654	-0.6269291	0.69662117	0.08318433	0.5820128	-0.5196528	-0.1070047
国内消費仕向量	0.44960684	0.51422888	0.66903718	-0.5604272	0.66721774	-0.1238319	0.54790274	-0.5207812	0.35639513
水温平年差	0.24793468	-0.0956665	-0.324154	0.52192322	-0.4273944	-0.0288976	-0.156482	0.40870864	0.58455697
降水平年差	0.03424986	-0.0841251	-0.2444495	0.23143724	-0.2196233	0.02130744	-0.2859474	0.38225454	0.13690254
台風発生数	-0.3179951	0.50626097	0.23435675	-0.0079368	0.28228526	0.13072055	0.402122	0.0464786	-0.2810033
台風上陸数	-0.0215225	0.10356009	-0.0726603	-0.0014443	-0.1468611	-0.1278011	-0.2342016	0.05884192	0.06053702
人口	0.65133644	-0.8413801	-0.7120959	0.03736736	-0.8686647	-0.3483104	-0.8879121	0.23149514	0.86778867

表7：各項目と養殖9種価格推移の相関係数

出典：参考文献<sup>38</sup>を参照

相関係数の絶対値が0.6を超えたものを相関があるとすると、一番どの養殖にも相関があったものは天然価格、次に配合飼料、魚介類供給・養殖漁獲量であった。それぞれについて

<sup>37</sup> 小野征一郎, 「魚類養殖業の経済分析」, 農林統計出版, 2013.

<sup>38</sup> 参考文献に一覧記載



て考察を行う。

天然価格は全ての種類が正の相関を示していた。つまり日本の養殖魚において天然の価格が上昇すると養殖の価格も上昇することになる。日本では養殖の方が安く販売されている傾向にあり、養殖の価格競争相手である天然物が不漁などにより価格が上昇した場合、安い養殖に需要が高まるため、多少値段を上昇しても販売可能であると考ええる。

配合飼料や輸入魚粉は養殖魚の価格に直接関係するものであることから当然相関は強い。魚介類供給に関して、魚介類供給が高いということは魚介類の需要が高いことを示しており、特に日本の刺身など生で魚介類を食べる特殊なマーケットにおいて国内で撮れる新鮮な魚介類は特に需要が高まり価格が上昇すると考える。

養殖漁獲量において漁獲量が増えれば価格も下がるという仮説を満たしきらない結果となった。ぶりやヒラメは正の強い相関を示している。これは技術が進むことで質の高い養殖魚を生産できるようになったり、ヒラメにおいては陸上養殖など新たなブランドかによる付加価値をつけるようになったりしたことに関係してくると考える。

以上のことから日本の養殖の価格変化において天然価格と配合飼料、魚介類供給の変化が強い影響を及ぼすことがあることがわかった。これらに関しては陸上養殖による養殖マダコの価格にも影響してくるものであると考える。天然価格において養殖マダコは一年中取れる天然と差別化することが難しい。そのため前途のように養殖マダコの価格は安定供給ができていても天然の価格に合わせて変化すると考える。次には配合飼料であるが、現在生き餌を与えている養殖マダコであるが、養殖ビジネスを成立させるためにも配合飼料の使用は不可欠であると考ええる。そのため養殖マダコの価格にも大きく影響を及ぼす一因である。最後に魚介類供給であるが、前途の通り刺身など生で食す機会が増えれば新鮮な状態で供給できる養殖マダコの需要は高まる。そのため価格も上昇すると考える。

今回仮定としておいた降水平年差であったが、養殖を行う上で強い相関を示すものは1つもないという結果になった。自然界では降水量の変化により植物プランクトンの量が増減し、それを餌にする動物プランクトンが増減し、それを食べる魚介類が増減するというスパイラルが起きてしまい、変動すると考える。<sup>39</sup>しかし養殖の場合、餌の量が増減することはないので降水平年差は相関がないと考えられる。

## 主要養殖魚の価格変動要因

さらに詳しく要因を確認するため、日本の主要養殖魚であるぶりとマダイについてどのような価格変化をしているのか考察を行うことで特徴をつかんでいく。

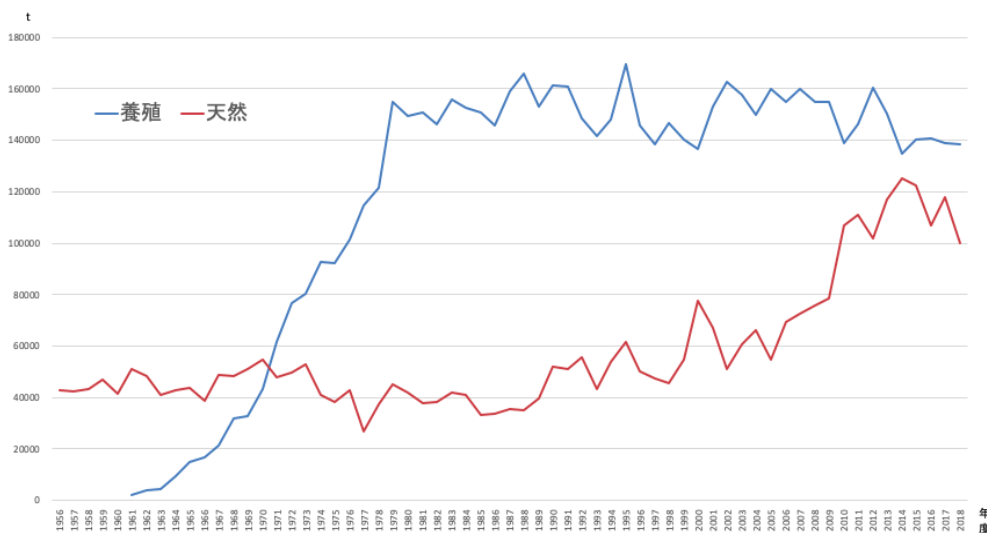
---

<sup>39</sup> 爐英治・菊池知彦, 「相模湾沿岸域における植物プランクトン現存量と海洋環境の季節変動」,

[https://ynu.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=1786&item\\_no=1&page\\_id=59&block\\_id=74](https://ynu.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=1786&item_no=1&page_id=59&block_id=74), 2021-1-25

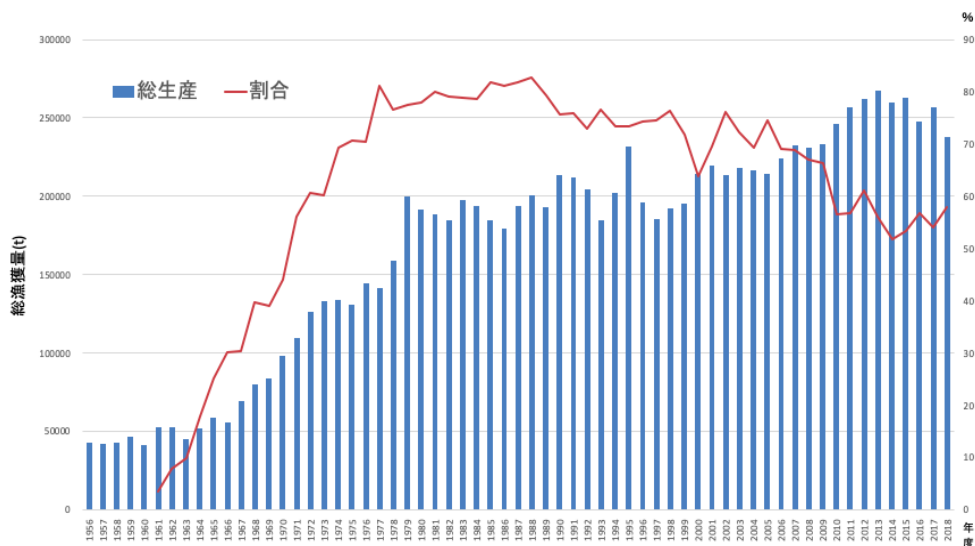
## ぶり

ぶり養殖が本格的には始まったのは 1955 年<sup>40</sup>以降である。今回は農林水産省にデータが残っている 1961 年以降の漁獲量と価格の変化を考察する。グラフ 5・6 はぶりの天然と養殖の漁獲量の推移と総漁獲量に占める養殖の割合の推移を示したものである。



グラフ 5：漁獲量の推移（ぶり）

出典：農林水産省のデータ<sup>41</sup>を元に筆者作成



グラフ 6：総生産量と養殖の割合の推移（ぶり）

出典：農林水産省のデータ<sup>42</sup>を元に筆者作成

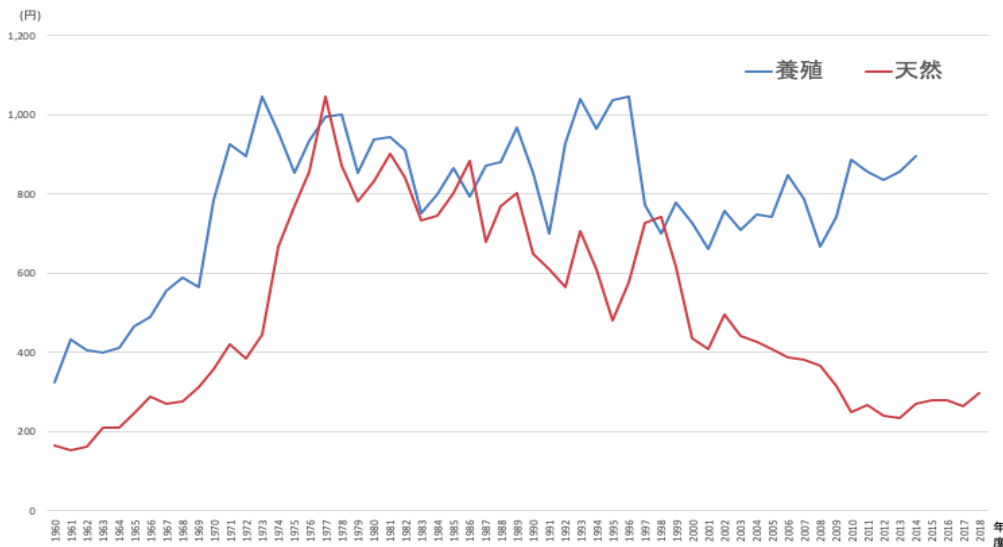
<sup>40</sup> 国立研究開発法人科学技術振興機構, 「日本における海水魚養殖の来歴と現状」, [https://spc.jst.go.jp/hottopics/0906sustainedprod\\_food/r0906\\_murata.html](https://spc.jst.go.jp/hottopics/0906sustainedprod_food/r0906_murata.html), 2021-1-13

<sup>41</sup> 農林水産省, 「海面業生産統計調査」各年度より,

[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html), 2021-1-13

<sup>42</sup> 同上

1961年以降、ぶり養殖の漁獲量は1979年頃まで飛躍的に伸びていき、その後上下はあるものの14万tから16万tの安定した漁獲量を推移している。一方日本全国で水揚げされる天然のぶりは2010年頃を皮切りに近年漁獲量が増加している。この漁獲量増加の原因としては海水温の上昇により資源量が増加したと考えられている。<sup>43</sup>特に北海道などの寒い地域での水揚げが増加しており、生息域が拡大したことも漁獲量増加の原因とも考えられている。しかし、天然ぶりの漁獲量増加に伴い、養殖ぶりの漁獲量が減少してはいないことから、ぶりは一定の需要がある、もしくは確立した消費先があることが考えられる。次に価格について考察する。グラフ7は天然と養殖の市場価格の推移である。



グラフ7：天然と養殖の市場価格の推移（ぶり）

出典：農林水産省のデータ<sup>44</sup>、農林水産省からの提供データを元に筆者作成

農林水産省に記録が残っていた1960年以降の1kgあたりの価格をそれぞれグラフに示した。ぶりにおいては全体的に養殖の値段の方が高く推移している。1975年から10年間は同額ほどの価格で推移していたが1998年以降大きく差が開き、現在では養殖の方が天然よりも約3倍の値段がつけられている。これは近年天然ぶりの水揚げ量が増えていることが原因だと考える。前途の通り天然ぶりは増加傾向にある。そのため市場に並ぶ量が多いため価格が下がっている。また天然ぶりは水分量が多いため商品価値が劣る個体や小型魚の割合が多いなど仕入れが不安定な魚である。そのため、たとえ豊漁だったとしても安定した個体の供給を続ける養殖の価格は影響を受けず、天然ぶりの価格のみに影響してくる。<sup>45</sup>養殖物と天然物の価格が別の要因で変化している養殖魚である。また、表6を見てもわ

<sup>43</sup> 水産庁、「ぶりの資源・漁業及び資源管理について」,  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s\\_kouiki/taiheiyo/pdf/t18-3-2.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_kouiki/taiheiyo/pdf/t18-3-2.pdf), 2021-1-13

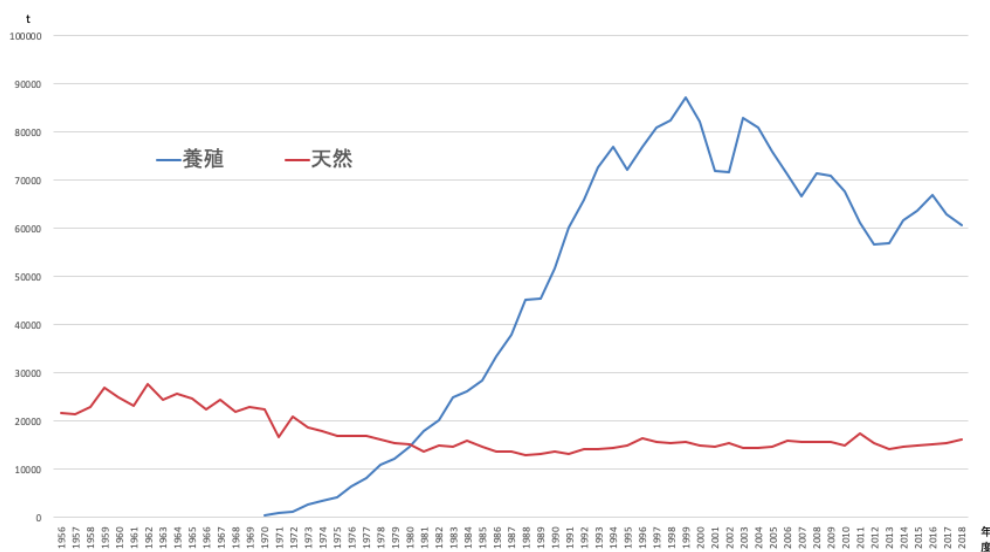
<sup>44</sup> 農林水産省、「漁業産出額」各年度より,  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyo\\_seigaku/index.html#r](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyo_seigaku/index.html#r), 2021-1-14

<sup>45</sup> 水産庁、「第2節 養殖生産をめぐる課題」,

かるようにぶりの価格は養殖ぶりの漁獲量に強い相関を示している。このことからぶりは漁獲量によって価格が変化すると考えられる。

## マダイ

マダイ養殖は歴史上で最も古くから増養殖に関する研究が行われていたとされている。しかし、本格的に事業として始まったのは1965年<sup>46</sup>以降である。今回は農林水産省にデータが残っていた1970年以降の漁獲量と価格の変化を考察する。グラフ8・9はマダイの天然と養殖の漁獲量の推移と総漁獲量に占める養殖の割合の推移を示したものである。



グラフ8：漁獲量の推移（マダイ）

出典：農林水産省のデータ<sup>47</sup>を元に筆者作成

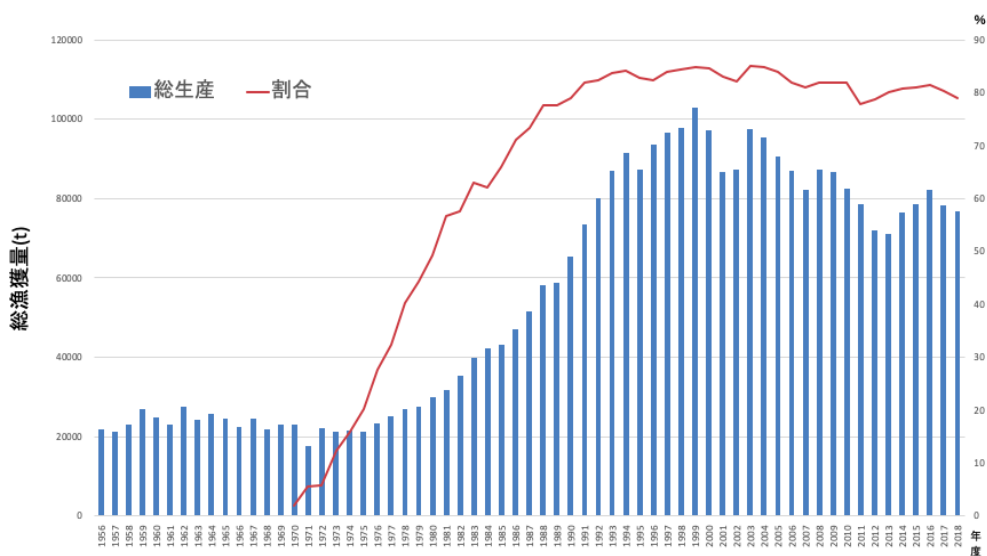
[https://www.jfa.maff.go.jp/e/annual\\_report/2013/pdf/25suisan1-1-2.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/e/annual_report/2013/pdf/25suisan1-1-2.pdf), 2021-1-14

<sup>46</sup> 国立研究開発法人科学技術振興機構, 「日本における海水魚養殖の来歴と現状」,

[https://spc.jst.go.jp/hottopics/0906sustainedprod\\_food/r0906\\_murata.html](https://spc.jst.go.jp/hottopics/0906sustainedprod_food/r0906_murata.html), 2021-1-13

<sup>47</sup> 農林水産省, 「海面業生産統計調査」各年度より,

[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html), 2021-1-13



グラフ 9：総生産量と養殖の割合の推移（マダイ）

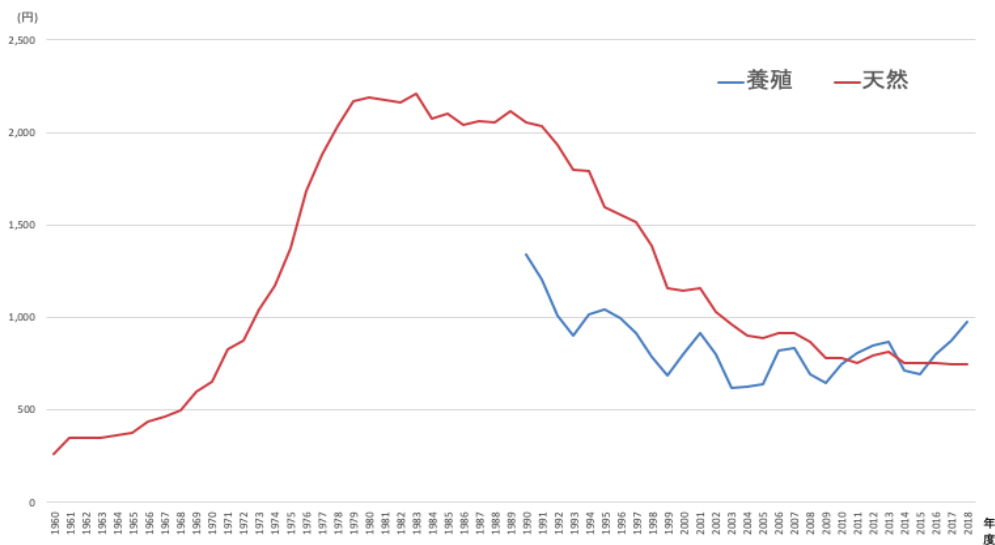
出典：農林水産省のデータ<sup>48</sup>を元に筆者作成

1970年以降、マダイの養殖は1994年まで飛躍的に伸びていき、その後緩やかな減少傾向を示している。好調だったマダイ養殖のブレーキとなった出来事の1つとして1994年におきた養殖マダイのイリドウイルス感染症の発生が挙げられる。1990年9月に四国西岸の養殖場にて発生したイリドウイルス感染症はマダイの大量死を発生させた。<sup>49</sup>その後の天然マダイの漁獲量は横ばいにも関わらず、養殖マダイは増加の予兆が見られない。しかし、1990年以降もマダイ市場の多くを占めているのは養殖マダイである。次に価格について考察する。グラフ10は天然と養殖の市場価格の推移である。

<sup>48</sup> 農林水産省、「海面業生産統計調査」各年度より、

[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html), 2021-1-13

<sup>49</sup> 三重県水産技術センター、「養殖マダイのイリドウイルス感染症の発生条件と対策について」, <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010652008.pdf>, 2021-1-13



グラフ 10：天然と養殖の市場価格の推移(マダイ)

出典：農林水産省のデータ<sup>50</sup>、農林水産省からの提供データを元に筆者作成

養殖に関しては農林水産省に記録が残っていた 1990 年以降の 1kg あたりの価格をそれぞれグラフに示した。天然マダイは漁獲量の変化がそこまでなかったものの 1990 年以降価格が減少傾向にあり、近年は養殖マダイと同額を推移している。これは 1990 年以降市場に安価な養殖マダイが出回るが増え、供給量の多い養殖マダイの価格がマダイの基準価格になったためである。<sup>51</sup>また、近年では市場に出回るマダイの 8 割以上を養殖がまかなっている。マダイは養殖の供給が増えることで基準が養殖になり、天然の価格が下がった養殖魚である。

ぶり、マダイの養殖と天然の比較から価格変化についてマダコが当てはまるか考えていく。ぶりの価格変化として養殖物と天然物の価格が別の要因で変化していることである。マダコにおいてぶりのように天然物に小型魚が多いことや旬によって油の乗り具合が異なることは考えられない。マダコの旬は夏とされているが、一年中取れるマダコに対して夏が旬という印象は薄い。そのため養殖マダコが市場に出た場合、養殖の価格は天然の漁獲量の影響を大きく受けると考えられる。次にマダイであるが、マダイの価格変化要因として養殖の供給が増えることで基準が養殖になり、天然の価格が下がることである。マダコにおいて養殖が市場に出回った後も天然物が全く取れなくなることはないとする。また、試算にもあるように養殖マダコの現在の技術では 6,878 円であり天然よりはるかに高い。今後技術が開発されたとしても天然より安い価格で市場に出ることは考えにくいことから

<sup>50</sup> 農林水産省, 「漁業産出額」各年度より,

[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou\\_seigaku/index.html#r](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou_seigaku/index.html#r), 2021-1-14

<sup>51</sup> 水産庁, 「第 2 節 養殖生産をめぐる課題」,

[https://www.jfa.maff.go.jp/e/annual\\_report/2013/pdf/25suisan1-1-2.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/e/annual_report/2013/pdf/25suisan1-1-2.pdf), 2021-1-14

養殖の値段が基準になることはない。しかし、1990年にあったウイルスによるイメージダウンによって価格が下がることは考えられる。陸上養殖において閉鎖式なのでウイルスが入り込むことは少ないが、入り込んだ際の被害は大きなものである。

以上のことからマダコの価格変化の要因として天然価格・配合飼料・魚介類供給が考えられる。また、マダイのようにウイルスが入り込むことにより漁獲量の低下に合わせて価格も低下する可能性は考えられる。しかし、今回考察を行ったぶりやマダイのように天然の価格に左右されない変化や養殖の価格が基準となり、天然の価格が変化するような価格変化の動きには当てはまらなないと考えた。

## 終章

本論文では、研究段階であるマダコの陸上養殖の可能性について現在の技術での1匹あたりの費用を試算し、マダコ養殖のビジネス化について考察を行なった。試算の結果、現状の技術では1匹ずつ省スペースに入れての飼育により大量生産が厳しいこと、陸上養殖のシステム維持に費用がかかることから価格が上昇してしまい、採算を取るには難しい価格となった。しかし、水産庁が出している「養殖事業性評価ガイドライン」をもとに行なったビジネス化についての考察では可能性が低い結果は出なかった。マダコの飼料効率の良さや成長スピードの速さなどの性質が養殖を行う上でメリットになることや陸上養殖の品質管理の良さが高く評価されている。費用の問題さえ解決すれば優良な養殖魚として成り立つ可能性を示唆できた。問題の費用であるが、陸上養殖のシステムにかかる費用に関しても現在、多くの研究が進められている。システムを動かす電気代には太陽光や風力など自然エネルギーを用いることや地熱を用いた飼育水の加温、温泉水をそのまま飼育水に用いることにも成功している。

多くの研究が進められているが、陸上養殖システムの費用を下げるのにも限界があり、やはり対象養殖魚の価格上昇にも取り組むべきだと考える。アンケート結果からもわかるようにマダコは高級食材としての認識は低く、養殖が市場に出たとしても、天然と同価格、またはそれ以下の値段で購入したい割合が多く、現状では採算を取るために高値で販売することが難しい。しかし、栄養素が高いことからの需要の拡大、飼育環境の変化による質の向上、陸上養殖のメリットを用いたブランド化など市場価格を上げるための未開発要因がたくさんある食材である。これらの未開発要因の研究にも今度力を入れるべきである。

また本論文の執筆を通して、養殖に関しても日本人の意識は海外とは異なり安全・安心の魅力が伝わっていないことも問題視すべきだと感じた。養殖は一匹一匹がいつ生まれ、何を食べたか管理された食材である。日本人の安心を求める考え方と合致する生産方法であると考えますが、過去のイメージを払拭しきることができず、「天然の方が美味しい」「安い」などの考えを持っている人が多くいたこともアンケート調査から確認できた。四季があり台風がよく発生する日本において海水面だけでなく、陸上に養殖場を作ることはい今後の水産供給量を維持するためにも大切なことだと考える。過去のイメージを払拭し養

殖の魅力を感じ、マダコの陸上養殖の実現の後押しをしてほしい。



## 参考文献

- E-stat, 「海面漁業生産統計調査/確報例話元年漁業・養殖生産統計」, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500216&tstat=000001015174&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1=000001015175&tclass2=000001148733>, 2021-1-24
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 「World Livestock 2011」, <http://www.fao.org/3/i2373e/i2373e00.htm>, 2021-1-11
- Shigeki Dan and Hiraku Iwasaki et al.(2019) "Effects of co - supply ratios of swimming crab *Portunus trituberculatus* zoeae and *Artemia* on survival and growth of East Asian common octopus *Octopus sinensis* paralarvae under an upwelling culture system", *Aquaculture Research* Volume 50, Issue 4, 1361-1370
- 一般社団法人マリソフォーラム 21 他, 「[水産庁委託]平成 28 度次世代型陸上養殖の技術開発事業 報告書」, [https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan\\_kansi/sikkou/tokutei\\_keihi/h28itaku/h28ku\\_seika\\_ippan/attach/pdf/h28taku\\_seika\\_ippan-96.pdf](https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikkou/tokutei_keihi/h28itaku/h28ku_seika_ippan/attach/pdf/h28taku_seika_ippan-96.pdf), 2021-1-12
- 一般社団法人マリソフォーラム 21 他, 「[水産庁委託]平成 28 度次世代型陸上養殖の技術開発事業 報告書」, [https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan\\_kansi/sikkou/tokutei\\_keihi/h28itaku/h28ku\\_seika\\_ippan/attach/pdf/h28taku\\_seika\\_ippan-96.pdf](https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikkou/tokutei_keihi/h28itaku/h28ku_seika_ippan/attach/pdf/h28taku_seika_ippan-96.pdf), 2021-1-14
- 環境省, 「タコ（せとうちネット）」, [https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa\\_net/setouchiNet/seto/setonaikai/clm10.html](https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/setonaikai/clm10.html), 2021-1-24
- 宮城県, 「水産関係用語集（飼料効率）」, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/suishin/yogo2213.html>, 2021-1-10
- 金田尚志, 「魚兄についての基礎知識」, [https://www.jstage.jst.go.jp/article/cookeryscience1968/1/4/1\\_215/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/cookeryscience1968/1/4/1_215/_pdf), 2021-1-11
- 厚生労働省, 「地域別最低賃金の全国一覧」, [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou\\_roudou/roudoukijun/minimumichiran/](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/minimumichiran/), 2021-1-11
- 国際農研, 飯山みゆき, 「62. 食糧農業機関(FAO)2020 年世界漁業・養殖業白書」, [https://www.jircas.go.jp/ja/program/program\\_d/blog/20200611](https://www.jircas.go.jp/ja/program/program_d/blog/20200611), 2021-1-11
- 国立研究開発法人科学技術振興機構, 「日本における海水魚養殖の来歴と現状」, [https://spc.jst.go.jp/hottopics/0906sustainedprod\\_food/r0906\\_murata.html](https://spc.jst.go.jp/hottopics/0906sustainedprod_food/r0906_murata.html), 2021-1-13
- 国立研究開発法人科学技術振興機構, 「日本における海水魚養殖の来歴と現状」, [https://spc.jst.go.jp/hottopics/0906sustainedprod\\_food/r0906\\_murata.html](https://spc.jst.go.jp/hottopics/0906sustainedprod_food/r0906_murata.html), 2021-1-13
- 国立研究開発法人水産研究・教育機構, 「FRA NEWS 水産業の未来を拓く vol.54」 p12, <https://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/news/fnews54.pdf>, 2021-1-10
- 財務省貿易統計, 「概況品別推移表」,

<https://www.customs.go.jp/toukei/srch/index.htm?M=79&P=1,2,,,2,,,2,,1988,2020,,,3,00701135,,,,,,1,,,,,,1,> 2021-1-24

- 三重県水産技術センター, 「養殖マダイのイリドウイルス感染症の発生条件と対策について」, <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010652008.pdf>, 2021-1-13
- 鹿児島大学水産学部紀要、門脇秀策、藤原裕明他, 「園芸ポットを用いたマダコの垂下式籠養殖と適環境」, <https://core.ac.uk/download/pdf/196150123.pdf>, 2021-1-18
- 社団法人 マリノフォーラム 21、水産養殖研究会(2003), 「平成 14 年度閉鎖循環式陸上養殖システムの開発(環境創出型養殖技術)に関する報告書(要約)」,
- 小野征一郎, 「魚類養殖業の経済分析」, 農林統計出版, 2013.
- 水産研究・教育機構, “マダコの新たな育て方”-マダコ養殖の実現に向けて-, <https://www.fra.affrc.go.jp/topics/20180216/01.pdf>, 2021-1-2
- 水産庁, 「ぶりの資源・漁業及び資源管理について」, [https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s\\_kouiki/taiheiyo/pdf/t18-3-2.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_kouiki/taiheiyo/pdf/t18-3-2.pdf), 2021-1-13
- 水産庁, 「第 2 節 養殖生産をめぐる課題」, [https://www.jfa.maff.go.jp/e/annual\\_report/2013/pdf/25suisan1-1-2.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/e/annual_report/2013/pdf/25suisan1-1-2.pdf), 22021-1-14
- 水産庁, 「第 2 節 養殖生産をめぐる課題」, [https://www.jfa.maff.go.jp/e/annual\\_report/2013/pdf/25suisan1-1-2.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/e/annual_report/2013/pdf/25suisan1-1-2.pdf), 22021-1-14
- 水産庁, 「第 I 章特集養殖業の持続的発展」, <https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h25/attach/pdf/25suisan1-1-1.pdf>, 2021-1-24
- 水産庁, 「養殖業の現状と課題について」, <https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/arikata/pdf/1-2docu.pdf>, 2021-1-20
- 水産庁, 「養殖業事業性評価ガイドライン」, <https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/attach/pdf/jigyoseihyoka-4.pdf>, 2021-1-11
- 水産庁, 「陸上養殖勉強会のとりまとめについて」, <https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sanki/pdf/251010si1.pdf>, 2020-12-25
- 総務省統計局, 「人口推計 (2019 年 (令和元年) 10 月 1 日現在) 結果の要約」, <https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2019np/index.html>, 2021-1-10
- 朝日新聞 DIGITAL, 2018 年 10 月 9 日「温暖化もたらず数千万のげっぶ…排出抑える研究進む」, <https://www.asahi.com/articles/ASL9K5V6VL9KUHBI01Q.html>, 2021-1-10
- 長崎県水産試験場研究報告、宮崎隆徳、鈴木洋行他, 「ガザミ大型種苗中間飼育時の小割生簀における適正収容密度について」, <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010893077.pdf>, 2021-1-18
- 刀禰勇太郎, 「ものと人間の文化史 74・蛸(たこ)」, 財団法人法政大学出版局, 1994.
- 東京都中央卸売市場, 「市場統計情報」各年度より, <http://www.shijou-tokei.metro.tokyo.jp>, 2020-11-7
- 農林水産業・地域の活力創造本部, 「農林水産業・地域の活力創造プラン」,

- [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/saisei/jikou\\_honbu/attach/pdf/index-13.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/saisei/jikou_honbu/attach/pdf/index-13.pdf), 2021-1-11
- 農林水産省, 「海面業生産統計調査」各年度より,  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html), 2021-1-13
  - 農林水産省, 「漁業産出額」各年度より,  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou\\_seigaku/index.html#r](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou_seigaku/index.html#r), 2021-1-14
  - 農林水産省, 「平成 24 年度 食料・農業・農村白書『第 2 節 我が国の食料自給率の動向』」,  
[https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/h24\\_h/trend/part1/chap2/c2\\_2\\_00.html](https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h24_h/trend/part1/chap2/c2_2_00.html), 2021-1-10
  - 農林水産省, 「平成 28 年度 委託調査費の支出状況(年間)」,  
[https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan\\_kansi/sikkou/tokutei\\_keihi/attach/pdf/index-13.pdf](https://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikkou/tokutei_keihi/attach/pdf/index-13.pdf), 2021-1-12
  - 農林水産省, 「養殖業成長産業化総合戦略」,  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/attach/pdf/seityou\\_19-28.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/attach/pdf/seityou_19-28.pdf), 2021-1-11
  - 農林水産省, 平成 30 年度「海面漁業生産統計調査」「産出額」,  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html), 2021-1-18
  - 飯田訓之、信太茂春他, 「釧路水試だより 第 78 号『タコの加工について』」,  
<https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/kushiro/section/kakou/att/c7skn3000001jbn.pdf>, 2021-1-11
  - 文部科学省, “食品成分データベース”,  
[https://fooddb.mext.go.jp/result/result\\_top.pl?USER\\_ID=18888&MODE=0](https://fooddb.mext.go.jp/result/result_top.pl?USER_ID=18888&MODE=0), 2020-12-12
  - 爐英治・菊池知彦, 「相模湾沿岸域における植物プランクトン現存量と海洋環境の季節変動」,  
[https://ynu.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=1786&item\\_no=1&page\\_id=59&block\\_id=74](https://ynu.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=1786&item_no=1&page_id=59&block_id=74), 2021-1-25

#### 相関係数に用いたデータ一覧

- ガソリン：経済産業省資源エネルギー庁, 「石油製品価格調査」,  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum\\_and\\_lpgas/pl007/results.html](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html), 2021-1-27
- 降水平年差：国土交通省気象庁, 「日本の年平均降水量偏差(mm)」,  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/list/an\\_jpn\\_r.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/list/an_jpn_r.html), 2021-1-17
- 国内消費仕向量：同上水温平年差：国土交通省気象庁, 「北太平洋の海面水温平年差の推移」,  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/climate/glb\\_warm/npac\\_trend.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/climate/glb_warm/npac_trend.html), 2021-1-17
- 人口：総務省統計局, 「人口推計の結果の概要」各年度より,  
<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2.html#annual>, 2021-1-17

- 台風上陸数：国土交通省気象庁，「台風の上陸数（2019年までの確定値と2020年、2021年の速報値）」，  
<https://www.data.jma.go.jp/yoho/typhoon/statistics/landing/landing.html>, 2021-1-17
- 台風発生率：国土交通省気象庁，「台風の発生数（2019年までの確定値と2020年、2021年の速報値）」，  
<https://www.data.jma.go.jp/yoho/typhoon/statistics/generation/generation.html>, 2021-1-17
- 天然価格：農林水産省，「漁業産出額」各年度より，  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou\\_seigaku/index.html#r](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/gyogyou_seigaku/index.html#r), 2021-1-14
- 天然漁獲量：農林水産省，「海面業生産統計調査」各年度より，  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html), 2021-1-13
- 配合飼料：同上燃料価格：日本内航海運組合総合連合会，「内航燃料油価格」各年度より，  
<http://www.naiko-kaiun.or.jp/datastock/data-stock03.php>, 2021-1027
- 輸入魚粉：水産庁，「平成29年度水産白書（2）漁業経営の動向」，  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29\\_h/trend/1/t1\\_2\\_2\\_2.html](https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29_h/trend/1/t1_2_2_2.html), 2021-1-27
- 養殖漁獲量：同上魚介類供給：水産庁，「平成29年度水産白書（1）水産物需要の動向」，  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29\\_h/trend/1/t1\\_2\\_4\\_1.html](https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29_h/trend/1/t1_2_4_1.html), 2021-1-17

## あとがき

私が環境経済学の道を選んだ理由の1つに、海の生き物と人間の関係に関心があったことが挙げられる。特に記憶にあるのが小学生の時に読んだイルカの人口尾びれプロジェクトである。当時誰もやったことない未知の領域で言葉の通じない飼育しているイルカのために何人もの人が研究を重ね、人口尾びれを作っていく様子は本で読み感激した。その後実際に人口尾びれをつけたイルカが飼育されている美ら海水族館まで足を運び、元気よく泳いでいる姿を見たときは私も生物の役に立つことがしたいと考えるようになった。どんな研究を行うにもお金がかかる。採算が取れないものにはお金は出せない。私は環境経済学を学ぶことで環境とお金のメカニズムを知り、それに対する対策を学びたいと思っていた。卒業論文では私の関心がある研究内容を選ばせていただき、途中で方向転換しようか悩んだが、最後までマダコに集中し研究を進めることができた。養殖魚の市場の動きを確認できたことには満足しているが、費用分析では仮定が多く、現実に近い価格を導くことはできなかった。生物を養殖するには様々な要因が絡み合っていることを痛感した。養殖マダコが実現するためには10年、20年とまだ先の話であるが、今後のマダコ養殖研究に少しでもこの論文が貢献できたら本望です。

さて最後になりましたが、今回本論文の作成にあたりヒアリングをさせていただいた大分海洋科学センター長の森島様、水産研究・教育機構の山田様・関澤様、東京海洋大学廣野様には、深く感謝申し上げます。また、本研究のみならず、2019年から2年間に渡り、三田論文作成やゼミ授業にて丁寧に指導して下さった大沼先生、三田論文や就職活動などを一緒に乗り越えた大沼ゼミ15期のみんなには感謝を述べたいと思います。ありがとうございました。この場所で2年間、学び得た経験を力に変え、卒業後も頑張りたいと思います。