

東京湾の水質改善

～廃棄された牡蠣殻のリサイクルによる水質浄化政策の検討～

慶應義塾大学経済学部経済学科 4 年 26 組

大沼あゆみ研究会 13 期生

学籍番号:21315882

手塚 達也

2017/2/3

要旨

現在の東京湾は埋め立てや開発が盛んに行われていた高度経済成長の時に比べ水質は改善されている。しかし赤潮や青潮の発生や開発前の生物多様性の達成には至らず、東京湾内でほとんどの区域で遊泳が禁止されている現状である。本論文では東京湾の三番瀬に焦点を絞り、持続的な水質改善と生物多様性を達成するために、燃焼牡蠣殻を使い、その費用調達のため、宮城県内の用途が確立せずに堆積した牡蠣殻を使用する政策を考察した。政策実現のため、宮城県内で廃棄物処理した時の費用と三番瀬に牡蠣殻を輸送し水質浄化のため加工した時の輸送加工費用を比べた結果、輸送加工費が処理費用の約 1/2 の費用で行えることが試算によって分かった。これにより処理する費用よりも安価に東京湾の水質を改善し、さらに宮城県の牡蠣堆積物の処理が出来るという結果を得ることが出来た。

人は、個人的な狭い関心事を越え、人類全体に関わる広い関心事に向かうようになって初めて本当の人生を歩み始めるのである。

キング牧師

目次

序章

第1章 東京湾について

第1節 東京湾の概要

第2節 東京湾の歴史

第3節 東京湾の現状

第2章 干潟について

第1節 干潟とは

第2節 干潟の機能

第3節 干潟と漁業

第4節 干潟の生態系

第5章 干潟の現状

第3章 これまで干潟で行われてきた政策

第1節 人工干潟の増設計画

第2節 アマモの養殖

第4章 問題提起

第1節 これまでの対策と課題

第2節 問題提起に対する提言

第5章 牡蠣の機能

第1節 牡蠣について

第2節 牡蠣の機能

第3節 牡蠣殻の浄化機能

第4節 牡蠣殻の廃棄物問題

第6章 宮城県内の堆積牡蠣殻輸送による三番瀬の水質改善についての考察

終章

参考文献

序章

本論文の目的は、2020年に東京オリンピック開催が予定される中で、東京湾で行われる競技〈トライアスロン、競泳、カヌーなど〉の環境を整えるために東京湾の水質を課題にして、東京湾の水質浄化のための政策を考察し、分析していくことである。

日本でオリンピックが開催されるのは1964年以来実に56年ぶりとなる。そして東京オリンピックが行われることで大きな経済効果が期待される。現在、各競技の開催地の検討や予算の妥当性など様々な話題がニュースで取り上げられている。

その開催地の中でも東京湾に焦点を絞って考察をした。1964年に開かれた東京オリンピックでは東京湾で行われた種目は一種目も無かった。東京湾は戦後からの高度経済成長により、東京一帯が産業の町として盛んになり、工業廃水や人口過密による生活排水によりかつて江戸前といわれ豊かな干潟を形成していた海岸を消失してしまった。そして現在の人と海とを完全に切り離してしまうような堤防が造設され、海とのつながりが無くなってしまったのである。それと同時に東京湾の漁獲量の低下や、水質環境は悪化が進行したのである。2020年の東京オリンピックへの期待がある反面、昨年開催されたリオオリンピックと同じように水質の問題が懸念されている。

現在、東京湾は戦後の開発や埋め立ての増加により、90%の干潟が埋め立てられてしまった。しかし近年、干潟の持つ機能が注目されている。干潟は生物多様性を保ち、水質浄化を行う機能がある。このような機能を持った干潟減少したことが、漁獲量の低下、赤潮・青潮の発生の1つの要因となっている。

この水質悪化や生物の減少の問題を解決するために牡蠣殻の水質浄化効果に注目した。牡蠣殻は熱風乾燥させることにより硫化水素や窒素、リンを吸収する効果があり、水質浄化や水質環境を良くする働きがあることが明らかになった。またこの牡蠣殻は宮城県においてごみ問題になっており、リサイクルするのも限られた用途しかなく野積みになっている現状であった。この野積みみされていた牡蠣殻の現状を利用して東京湾の水質を改善させる政策を立てていく。その過程で、試算を行い牡蠣殻が野積みにされることでかかる費用と牡蠣殻を東京に輸送し利用できる形に加工する費用を比較することで、宮城県の牡蠣殻を東京湾の水質浄化に利用する実現可能性について論じていく。

第1章 東京湾について

第1節 東京湾の概要

東京湾は私たちの最も身近な海への玄関口である。その面積は約 1380 km²、容量は 62.1 km³である。¹我が国における代表的な閉鎖性海域であり、京都臨海部、三浦半島、房総半島に囲まれた水域である。東京湾は東京都、神奈川県、千葉県の3県に囲まれた湾であることが分かる。東京湾の流域・臨海部には人口・産業が極度に集中・集積し、大きな都市・産業が形成されている。さらに三大湾と比べてみると、東京湾の水面面積に占める港湾区域の割合が他の2湾に比べて2倍近くの港湾区域である。このことから東京湾が日本の産業に大きく貢献していることが分かる。その反面、日本の産業や人口が集積・集中することから、ヒートアイランドや水質汚染、廃棄物問題、ゲリラ豪雨など様々な環境問題が懸念されている。

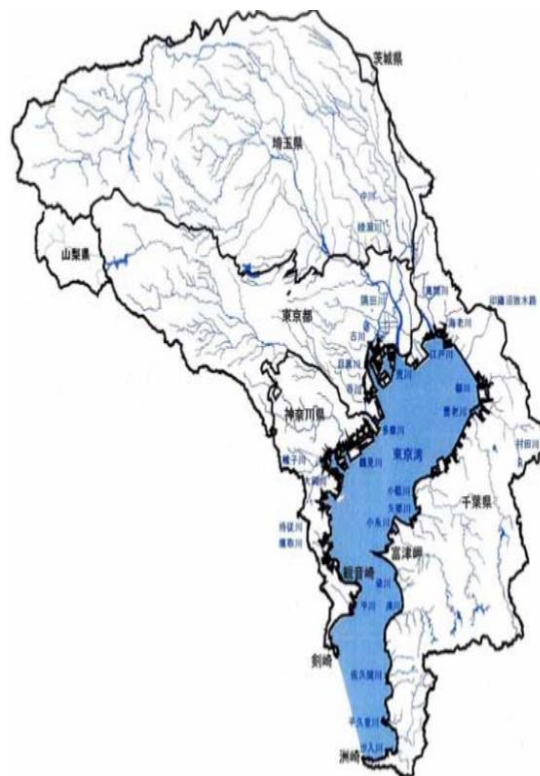


図 1-1 東京湾とその流域

出典：「東京湾及びその流域の概要」（国土交通省 関東地方整備局）

¹ http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000010108.pdf

表 1-1 三大湾における港湾区域占有率

項目	東京湾	伊勢湾	大阪湾
水面面積	1380 km ²	2130 km ²	1400 km ²
港湾区域の水面面積	530 km ²	440 km ²	312 km ²
水面面積に占める港湾区域の割合	40.6%	20.7%	22.3%

出典：「港湾行政のグリーン化」(国土交通省港湾局編、2005)を元に著者作成

第2節 東京湾の歴史

東京湾の歴史はとても長くその前身は江戸時代まで遡る。東京湾の前身である江戸湊は江戸庶民に必要な消費資の流通拠点として近世海運史上重要な役割を果たしてきた。大正12年、関東大震災が転機となり東京湾は近郊湾としての歩みを開始し、昭和16年5月20日、開港が実現した。しかし太平洋戦争により戦争が激化し、開港後の機能はしばらく停止状態となった。本格的に国威貿易港として機能し始めたのは戦後からである。戦後の高度経済成長を経て、東京湾は大きく変化した。その中でも埋め立てと開発は大規模に行われていた。戦後から「東京湾改定湾計画」という名目で7度も開発が行われたのである。² 開発が行われたことにより1959年から現在にかけて約9割の海岸や多数の川筋が作る湿地帯やそれに続く湿地帯が消滅してしまった(図1-2)。図を見てみると東京都から神奈川にかけて大規模に埋め立てが行われていることが分かる。

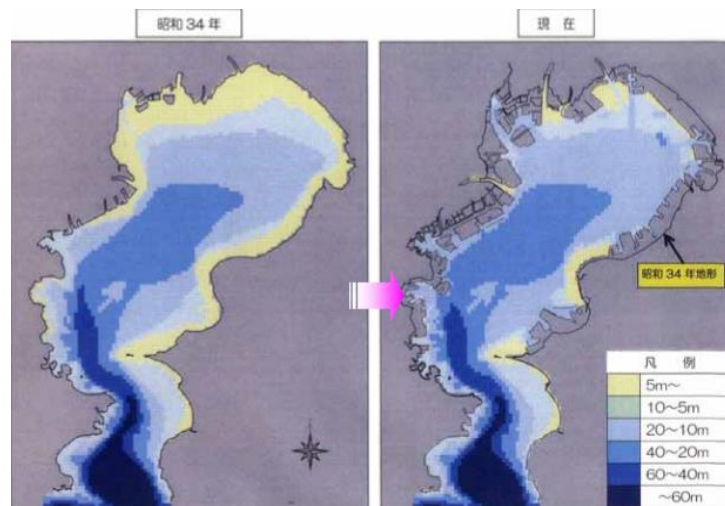


図 1-2 海岸地形・海底地形の変化

出典：「干潟ネットワークの再生に向けて」(国土交通省港湾局・環境省自然環境局、2004)

² 東京湾の埋立と開発の歴史について

<http://www.toreiso.gr.jp/library/parts/pdf/history.pdf>

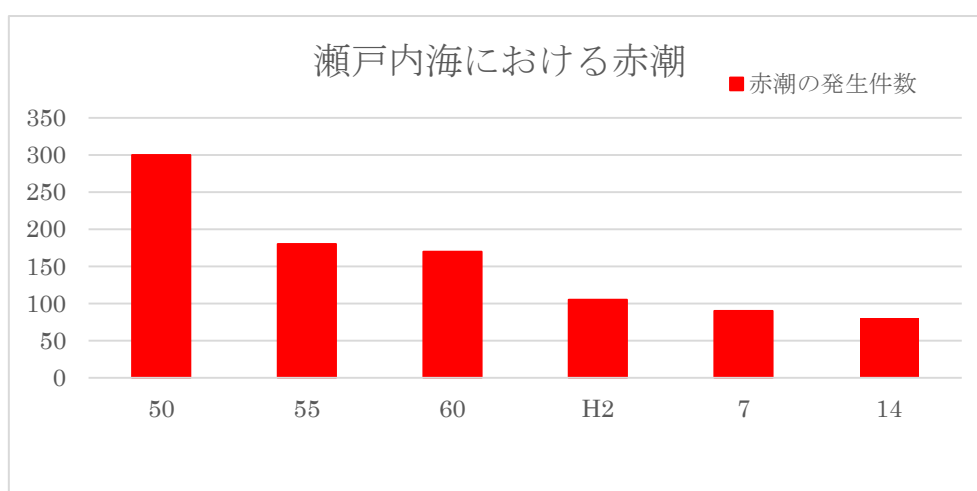
第3節 東京湾の現状

東京湾は埋め立てによって湿地や干潟の大部分が消失してきた。これにより環境問題が懸念されるようになった。その中でも、現在日本全土の海で問題になっているこの赤潮・青潮に少し詳しく述べていきたいと思う。

①赤潮

赤潮は生活排水や工場排水などが海に流れ、海水内の栄養塩が高まることによっておこる富栄養化が要因となる現象である。富栄養化がおこると海水内の植物プランクトンが異常に多くなる。この植物プランクトンの異常発生により海水面が赤く染まり、赤潮と呼ばれるようになったのである。この植物プランクトンが酸素を大量に消費することにより海水内の酸素が欠乏し、大量の魚が死滅してしまうこともある。日本では1960年頃から瀬戸内海などに多く発生していた。

図1-3



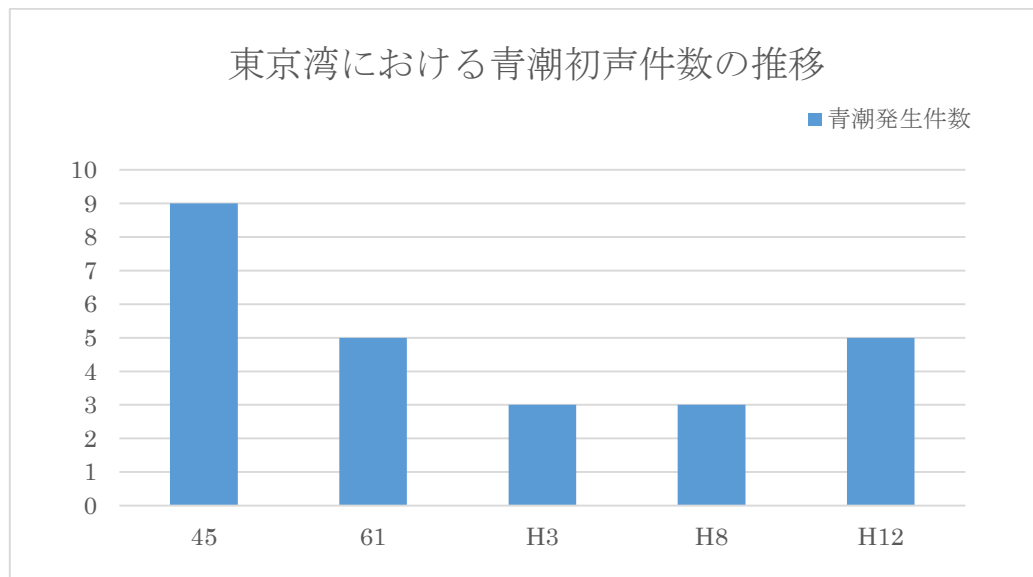
資料：「瀬戸内海の赤潮」

(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所) より著者作成

②青潮

青潮は赤潮と同様に生活排水や工業廃水によるプランクトンの大量発生により発生する。プランクトンが異常発生したことにより、その死骸が海底に沈み分解されると硫化水素が発生する。分解されると大量の酸素が消費されるので貧酸素状態となる。³これが台風や波によって海面に巻き上げられることで海水面が青く見え、青潮と呼ばれるようになった。貧酸素状態では貝や魚は生きていくことが出来ないので大量に死滅してしまうのである。

図 1-4



資料：「千葉県環境研究センター」より著者作成

青潮・赤潮も私たちの生活によって引き起こされているものである。そして、それは巡って、漁業や生態系に大きな影響を及ぼしているということが分かる。かつては「江戸前」と言われ、豊かな生態系がはぐくまれていた東京湾であったが、現在では遊泳が禁止されている現状である。発生率がピークであったころから比べると赤潮の発生率は減少しているが、青潮は増減を繰り返している。2014年には東京湾沿岸である葛西臨海公園で期間限定ではあるが遊泳禁止が解放された。しかし、問題は長期的にみて東京湾の水質を改善可能であるかであるかだ。2020年に東京オリンピックが開催され、いくつかの種目の開催地に東京湾が挙げられている点においても問題解決が必要になることである。

青潮や赤潮の問題以外にも、雨天時の大腸菌増加という問題も東京湾には存在する。東京湾の下水処理は合流式下水道という方法をとっている。合流式下水道とは汚水と雨水を一つの下水道に集め、水再生センターに運ぶというものである。東京都の約8割がこの方式を採用している。この方式は大雨が降ると水再生センターで処理しきれない下水の一部が河川に流出してしまうのである。これにより汚水も河川に流入し、大雨の時は東京湾に大腸菌が大量に発生してしまうのである。実際にリオオリンピックでもセーリングの選手が水質によって体調不良になったというニュースもあった。さらに2013年8月30日付の英国タイムズ紙が2020年の東京オリンピックでトライアスロンの会場となるお台場海浜公園の海水は安全基準の数百倍を超える大腸菌の数値であると報じた。このような課題を解決するためにはどうすればよいのであろうか。私は東京湾の干潟に注目した。次の章では干潟に機能について紹介する。

第2章 干潟について

第1節 干潟とは

干潮の時に干上がり、満潮の時には海面下に没する潮間帯において砂や砂の浅場が広がる場所を「干潟」という。ここは潮干狩りでよく使われる場所である。日本の干潟は千葉県や四国、九州に分布している。⁴日本列島は入り組んだ海岸地形になっており、瀬戸内海、伊勢湾、陸奥湾、鹿児島湾など大小様々な湾が存在する。私たちは干潟から豊かな水産資源やレジャーという恩恵を享受してきた。

干潟と聞いて身近に感じる方は少ないのではないか。東京湾の発展により埋め立てが進んだことで東京湾の約9割の干潟が消失してしまったことが原因になっているであろう。図2-1は東京湾に残された数少ない干潟の1つである。この谷津干潟も現在では周りには柵が設けられ立ち入りが規制されているが、以前は東京近郊のレジャー施設と言えば谷津遊園というほど人気の施設であった。埋め立てにより干潟が失われたことにより人々と海の間わりが少なくなったのである。

図 2-1 谷津干潟のようす



著者撮影

⁴ 水産庁/干潟の働きと現状

http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/moba/higata_genjou/

第2節 干潟の機能

沿岸域に広がる干潟は水質浄化や生物多様性の維持などの機能を果たしているこの機能は海の水質を維持し、改善していく上で重要な役割を果たしている。特に内湾(周りを陸に囲まれた波静かな半閉鎖的な海)の干潟に関しては、外湾に比べて、生物生産力がとても高い場所になっている。これらの内湾に川の上流から運ばれてきた砂や泥が堆積することによって水際に干潟が形成されるのである。海と陸の境界にある干潟は内湾の豊かさの支えになっているのである。本節では干潟の2つの機能について紹介していく。

① 宝の海

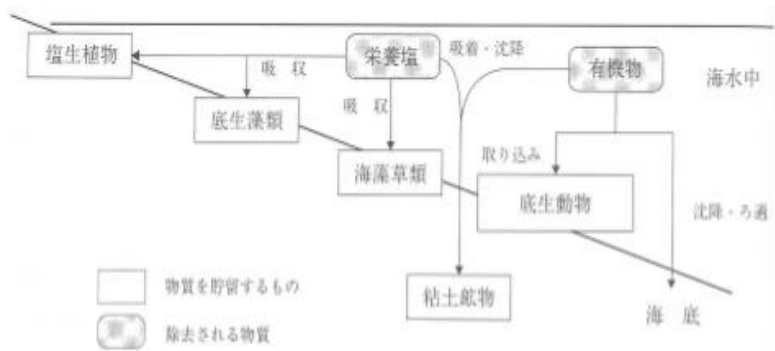
干潟には栄養塩や光エネルギーが豊富に存在する。干潟は川と海の間、つまり汽水域に存在し、陸の生態系に由来する豊富な栄養塩(窒素、リンなど)が河川を通じて絶えず供給されていることにある。さらに、平坦な干潟の表面はソーラーパネルのように太陽エネルギーをふんだんに吸収できる。⁵これにより干潟はプランクトンやアサリ、海藻などが豊富に存在する海の中で最も生産力の高い場所の1つになっている。さらに、陸上から得られた有機物や栄養塩が植物プランクトンや海藻の餌になり、それらを底生生物や魚介類が捕食するといった食物連鎖を使うことによって栄養塩は運搬されるため、干潟全体が豊かな生態系を育んでいるのである。

② 人の手では真似できない水浄化作用

干潟は物質を干潟内で一時的に貯留する作用と物質を干潟の系外に運び出す作用の二つの作用により、水質浄化作用がなされている。干潟の機能によって周辺には塩生植物、底生藻類、海藻類、底生生物と海底に進むにつれて多様な生物に巡り合う。これにより陸から流入する栄養分をリレー方式で受け継がれていくことが可能になるのである。この食物連鎖とは別に水中の窒素の一部は、砂泥中の細菌たちの働きにより気体になり、大気中に出ていく。この機能を脱窒という。このリレー方式があることによって、水質が浄化されていくのである。この浄化作用を人工的な下水処理で行うと水中に懸濁している粒子だけを排除することになり、水に溶けている栄養塩や窒素はそのまま海に流すことになる。この栄養塩を除去するとなると膨大な費用がかかってしまうのである。干潟は浄化機能を果たし、栄養塩の沈殿を防ぎ、食物連鎖によって栄養物質の運搬を行ってくれる代替が不可能なものなのである。

⁵ 干潟・湿地の重要性と生物多様性
<http://www.jawan.jp/rept/rp2013-j105/07.html>

図 2-2 物質を貯留する仕組み



出典：「海の自然再生ハンドブック」国土交通省港湾局監修

地球の表面の 7 割を占める海洋の大部分は水深 200m 以上の外洋域である。その表層部では光が利用できるが、そこで生産された生物体や排泄物はやがて分解しながら深い海底に沈むので、表層の海水は栄養不足になり易い。それに比べて、深海では表層からの有機物の分解生成物である栄養塩が豊富に蓄積される。しかし深層部分では光が届かないことから光合成をすることが出来ない。このことから深海の生物生産力は表層部分に比べてとても低くなっているのである。⁶干潟の機能が無くなってしまうと、表層部分で行われていた栄養塩の運搬作用や、光合成が出来なくなってしまう、生物生産力が落ちてしまう。これにより深海への栄養も行き届かなくなり、海全体へ影響を及ぼしてしまい、青潮・赤潮の原因になり、生物多様性を損ねてしまう恐れがあるのだ。

第3節 干潟と漁業

干潟の影響は浅瀬だけでなく、もっと広い範囲の漁業も支えている。干潟から遠く離れた沖合で収穫される魚介類の中には栄養が豊富で、環境が整っている内湾の干潟を産卵場所に使うことや、稚魚が育つ場所として利用している所も少なくない。干潟をなくしてしまうと漁業にも大きな影響を与えることになる。

第4節 干潟の生態系

干潟では豊富な栄養の運搬が行われていることで、生物生産力が高いことを述べてきた。では、干潟にはどのような生物がいるのであろうか。

干潟の生態系で最も重要な役割をしているのが水底に生息する珪藻である。珪藻は太陽エネルギーと栄養塩を用いて光合成を行い、有機物を生成して成長する。この珪藻が干潟の食物連鎖の一次生産者になっているのである。また光合成により二酸化炭素を吸収し、酸素を生成する役割も果たしているのである。

この珪藻を干潮時にはムツゴロウが、満潮時には二枚貝などが食べる。アサリなどの二

6 「海をよみがえらせる 諫早湾の再生から考える」 佐藤 正典

枚貝はろ過作用があり、水質浄化の機能も果たしている。そのほかにも貝やカニやゴカイなどの底生動物が数多く生息しており、その多くは巻貝や二枚貝などの軟体動物、エビやカニなどの節足動物甲殻類、環形動物やウニやナマコなど多種多様である。

干潟の生物の特徴として比較的小型なものが多く、普段は砂泥に潜り生活をしているので干潟を見渡していてもそれほど多くの生物が生活しているとは分らない。しかし多様性が分かる証拠として多くの渡り鳥が干潟に飛来している。渡り鳥たちは干潟上で様々な底生生物を捕食している。日本に立ち寄る渡り鳥たちは干潟でエネルギー補給することが必要である。これらの渡り鳥にとって干潟は重要な役割をはたしているのだ。

第5節 干潟の現状

前節では私たちの生活の中で重要な役割を果たす干潟の機能を考察してきたが、現在の干潟は大部分が失われてきた。東京湾では90%以上の干潟が失われ、伊勢湾でも60%の干潟が失われて、かつては「鶴」も飛来していた場所も今では埋め立てられ都心部となっている。日本最大の内湾である瀬戸内海でも53%の干潟が失われ、昔の干潟の風景を見られる場所はほとんど限られている状況である。本節では諫早湾と三番瀬を中心に述べていく。

① 諫早湾の干潟

多くの干潟の中でも経済活動によって事業開拓がされ、干潟の生態系を全滅させてしまった諫早湾について詳しく取り上げていこうと思う。諫早湾は有明海奥部の西に位置している。その干潟の面積は29 km²になり、有明海の12%の面積を誇り、日本全体の干潟全体の面積の6%を占める巨大な干潟であった。この干潟の水浄化作用や生物多様性は、貴重なものであった。一例をあげると、シギ、チドリ類の日本最多の飛来数は諫早湾の干潟で記録されており、1988年の春には渡り鳥の最大数が約1万3500羽に達した。⁷諫早湾の生産力が最大級であることや渡り鳥によって食物連鎖が適切に行われることで、栄養物質の運搬が行われ、水質浄化作用最大級であったことが分かる。

図2-3 有明海とその周辺の干潟



出典：WWF

<http://www.wwf.or.jp/activities/2007/04/633714.html>

⁷ 「海をよみがえらせる 諫早湾の再生から考える」 佐藤 正典 p 37

この国内有数の機能を誇る諫早湾の干潟は 1997 年 4 月 14 日、およそ 3500 ヘクタールに及ぶ範囲で巨大な潮受け堤防によって締め切られてしまった。この背景として畑作地の開拓があった。漁業者はこの事業に猛反対したが、「防災」という開拓目的が追加されたことで押しとどめられてしまったのである。

この開拓によってかつて多様性に富んでいた干潟の生物は姿を消してしまった。開拓の影響は堤防が建てられた湾内だけではなく、有明海全体の自然や漁業に大きな影響を及ぼし、「有明海異変」と呼ばれ、現在でもそれが続いている状況であるのだ。これは干潟の機能を止めたことによる潮の流れの弱まりや赤潮・青潮の発生頻度を高めてしまったことが原因に挙げられる。漁業面でいうと、堤防着工以前は 6 万トンあった海面漁獲量が着工後は 2 万トンに減り、さらに佐賀海苔を中心に日本一の生産量を誇る有明海の海苔も 2000 年大凶作が起これ、社会的な問題になった。このことから干潟の機能の重要性や失った時の被害の大きさが分かる。

図 1-4：堤防着工後の干上がった諫早湾



出典：WWF

<http://www.wwf.or.jp/activities/2007/04/633714.html>

② 三番瀬の干潟

三番瀬は浦安市・市川市・船橋市・習志野市の四市に 3 方に囲まれたおよそ 1300 ヘクタールに及ぶ浅瀬と干潟である。約 9 割の干潟が消失してしまった東京湾の残された数少ない干潟の 1 つである。この浅瀬は水深が 1～2 メートルと浅く、貝類の稚魚の生息地になっている。船橋漁業は県全体の三分の一の漁獲生産額を誇り、その三分の一は海苔とアサリであり、その漁場が三番瀬である。このことから三番瀬の生産量の高さが分かる。

かつて存在していた広大な干潟は生物の生息空間、漁場のみならず、浄化作用も果たしていた。しかし大正時代から戦前にかけてその沿岸の埋め立や開発が進行していき、4km 以上あった干潟のなだらかな傾斜はなくなり、直線的に人工化し拡張した海岸は海に接すると急に深くなる形に変わってしまった。これにより諫早湾の様に潮流の変化や青潮・赤潮の発生で環境が悪化してしまったのであった。三番瀬では 1959 年から埋め立てが計画されていたが地域の人々の保全活動により結論に至っていない状況である。しかし、青潮などの問題はまだ解決していない。環境省が発表した国内の干潟の浄化機能や生産機能を経

済的価値に置き換えた計算値⁸によると、日本の干潟は 1ha、1 年あたり約 1242 万円の価値があると試算されている。戦前から消失した干潟の面積は約 3 万 ha に上る。つまり、戦後から年間約 3700 億円、一日に換算すると約 10 億の損失になるのだ。これまで干潟の価値は無視され続けていた。さらに、環境省の調査により一世帯が干潟再生に出しても良い金額は 4431 円と推計され干潟に対する人々の関心も高まってきていると言えよう。

⁸ 環境省 平成 26 年 5 月 23 日 湿地が有する経済的な価値の評価結果について
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=18162>

3 章 これまで干潟で行われていた政策

第 1 節 人工干潟の増設計画

人工干潟とは人の力で干潟を造り、干潟に生息する多くの生物を呼び戻す取り組みである。人工干潟の造設はコンクリートなどの護岸で海と陸を仕切られている場所に、沖側に潜堤を造り、その間に砂や泥を入れることによってなだらかな場所を造成することによって人工的に干潟を作る。実際に人工干潟造成の例として、尾道糸崎港の干潟を例に挙げよう。昭和 59 年度から平成 8 年において、尾道糸崎港における土砂を使って、国内最大規模の約 60 ヘクタールの干潟造成を行った。その後の干潟調査では干潟での底生生物は 165 種類、造成された干潟のうち 100 種以上の生物が発見され、周辺の自然干潟での 7 割の生物種が確認された。⁹さらに東京湾でも葛西臨海公園に人工干潟が造成された例がある。しかし、人工干潟と自然干潟の機能を差は大きい。底生生物による水質浄化量は 1994 年から 4 年間の平均で、東なぎさが 77g/m²、西なぎさが 37g/m²であり造成前の数値に達していない現状である。さらに底生生物の 26 種類に対して造成前の種類数が回復していない状況である。

さらに人工干潟造成の費用についてみると広島では 25ha の干潟を造成するために総事業費として 42 億円を必要とし、その後のメンテナンス等に年間数千万円が使われている。¹⁰このような事業費や維持費として膨大な費用がかかるのである。干潟は上流から流れてきた土砂や浸食作用によって、自然発生的にできるものである。そこに人工干潟を造成するのであるから、本来そこに存在しないものを造成するための費用は当然大きくなるのだ。人工干潟は短期的に見れば利益が得られる可能性があるが、長期的な課題が残されている。

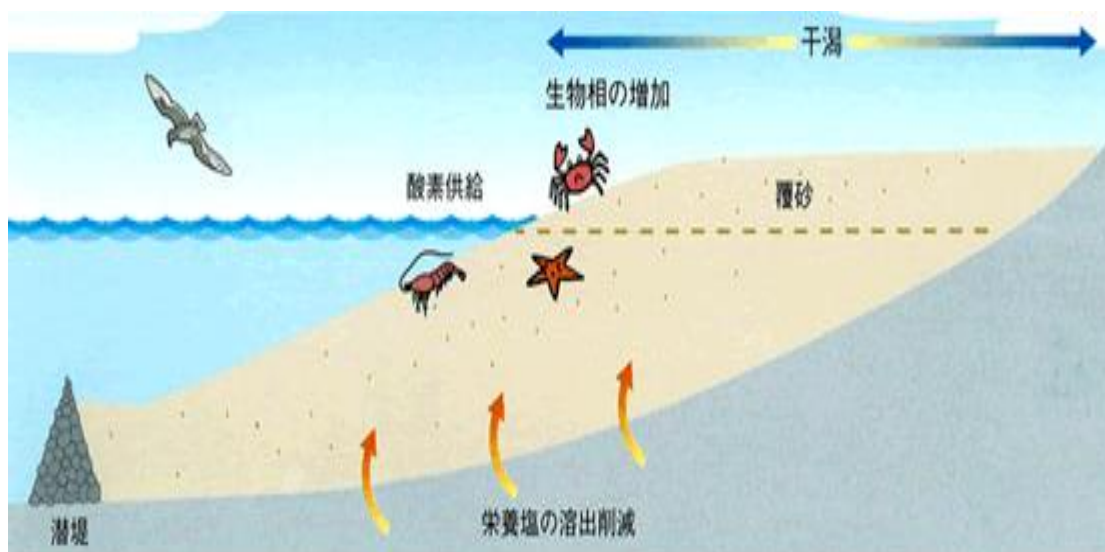
⁹ 環境省 藻場と干潟

https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/setonaikai/zousei-5.html

¹⁰ 人工干潟の現状と問題点

www005.upp.so-net.ne.jp/sanbanze/sanban65.html

図 3-1：人工干潟とその造成図



出典：水産省

http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/moba/higata_genjou/

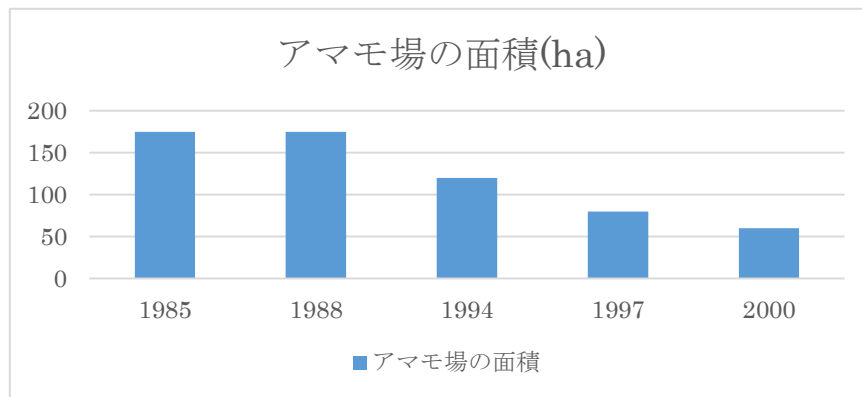
第2節 アマモの養殖

アマモとはアマモ科の海産顕花植物であり、砂泥域に地下茎を伸ばして生育する多年生の草本である。砂中や海水中のリンや窒素を栄養分として成長している。また、沿岸域の主要な一次生産者でありこれらが束となり、多様な生物の生息場所となり、アマモ場を形成する。その中でもこのアマモ場は幼少期の生き物の生息場になっており「生き物のゆりかご」とも呼ばれている。

生物の生育場所を提供する以外にもこのアマモ場は2つの機能がある。1つ目に、水質浄化の機能である。窒素とリンの吸収による栄養過多の防止や透明度の増加の役割を果たしているのである。さらにアマモは植物なので、水中の有機物を分解し、栄養塩類や炭酸ガスを吸収し、生物に必要不可欠な酸素の供給を行っている。2つ目に生物多様性の維持である。これは藻場の産卵場所の提供や多様な生物種の保全を行っていることで生物の保全に役立っている。

このようにアマモには干潟の機能を補う役割がある。しかし高度経済成長の沿岸域の開発・埋め立てによって、沿岸域お藻場は大幅に減少した。瀬戸内海では30年間に7割のアマモ場が減少し、三番瀬でも開発に伴いその面積が減少している。

図 3-2：三番瀬の富津干潟におけるアマモ場の変化



出典：三番瀬におけるアマモ場造成に関する研究

<https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/shikenkenkyuu/documents/62.pdf> より、著者作成

このような干潟に匹敵する機能をもつアマモの減少に対して、アマモの養殖をしようという取り組みが三番瀬で行われていたのである。このプロジェクトにより、試験的ではあるが 50 株から 1647 株に育てることに成功したという結果が出ている。しかし、その後突然、消失してしまい長期的な養殖には至らなかった。その原因としてあげられるのが、アマモと漁業者との関係である。

その前例を紹介しよう。岡山県下の藻介養殖者がその養殖場に生息していたアマモを除去しないと貝類の漁獲量を上がらないため藻を刈り取り除去しようとしたが、それに対し、藻打瀬網漁業者が藻を刈り取ることで稚魚の養殖を害し、漁業の荒廃をさせるとして両者間に紛争が起こったことがあった。¹¹アマモを養殖させることで水質浄化や生物多様性の効果が期待されるが、その一方アマモがあることにより、漁業が困難になり生産量が挙げられないことからアマモを除去する漁業者も出てくるのである。さらにアマモの養殖は、本来何らかの環境変化によって消失してしまった場所に新たに養殖するので、アマモ自体が環境の変化に対応することが困難なことから、長期的に生育させるには維持費も大きなものになってしまうのである。

図 3-3：アマモ場



資料：環境省

https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/setonaikai/mb1.html

¹¹ 岡山県水産試験場 1922 - 1925 藻場魚類育成状況調査報告書 第 1-4 冊

第4章 問題提起

第1節 これまでの対策の課題

前節までは、日本と東京湾の干潟の現状やその干潟の機能や役割を説明し、東京湾の水質や生物多様性を改善するためにこれまで行われてきた干潟での活動を述べてきた。4章ではその問題点を説明し、どのような方向性で解決していくかを述べていこうと思う。

まず人工干潟の造成、アマモ場の再生に共通する問題点は、造成や維持にかかる費用が膨大であることが挙げられる。費用の問題を考えなくても人工干潟の場合は、自然干潟との効果が少ない。アマモに関しても漁業者との関係があり、政策を実行するまで、長期的なスパンで考えなければ行えないであろう。東京オリンピックまであと3年と考えると、短期的に効果があり、かつ費用を回避できるような政策を考えていく必要があると考えた。

第2節 問題提起に対する提言

前節の短期的効果、費用という問題提起から「牡蠣殻を使った水質効果」を政策として提言していく。そしてこれにかかる費用調達として、宮城県の牡蠣殻のゴミをリサイクルという形で利用する。つまり、宮城県で放置された牡蠣殻を使った三番瀬水質効果である。この政策によって宮城県の牡蠣殻の廃棄物や野積みの問題と東京湾の水質の問題を同時に解決する政策を立てていく。次章で牡蠣殻の機能について述べていく。

第5章 牡蠣の機能

第1節 牡蠣について

① 牡蠣の概要

牡蠣とはウグイスガイ目イタボガキ科とベッコウガキ科に属する二枚貝のことである。海の岩から「かきおこす」ことから「カキ」という名前が付けられたと言われている。日本は世界的に見ると中国、大韓民国に続き世界第3位の生産量を誇る。2008年には3万52トン(むき身)の漁獲量があり、そのうち1万7497トン(全体の58.2%)を広島県が占めており、他の県に比べて4倍以上の生産量を誇っている。

表 5-1：2008 年度牡蠣の生産量

順位	都道府県名	生産量(t)
1	広島県	17497
2	宮城県	4504
3	岡山県	2514
4	岩手県	1403
5	兵庫県	988
6	三重県	882
7	北海道	638
8	福岡県	356
9	石川県	300
10	香川県	254

出典：農林水産省 漁業・養殖業生産統計年報より著者作成

② 日本における牡蠣

牡蠣の歴史は長く、古くから世界各地の沿岸地域で食べられており、薬品や化粧品、建材として利用されてきた。その中で欧米では生で食べられてきた唯一の魚介類であった。ローマ時代にはすでに牡蠣の初歩的な養殖が行われていたと伝えられ、牡蠣の別名である「海のミルク」という言葉もその栄養の豊富さから付けられたと言われている。現在、日本食としてもカキは多くの料理として使われ、生食、フライ、焼き様々な場面で使われている。

第2節 牡蠣の機能

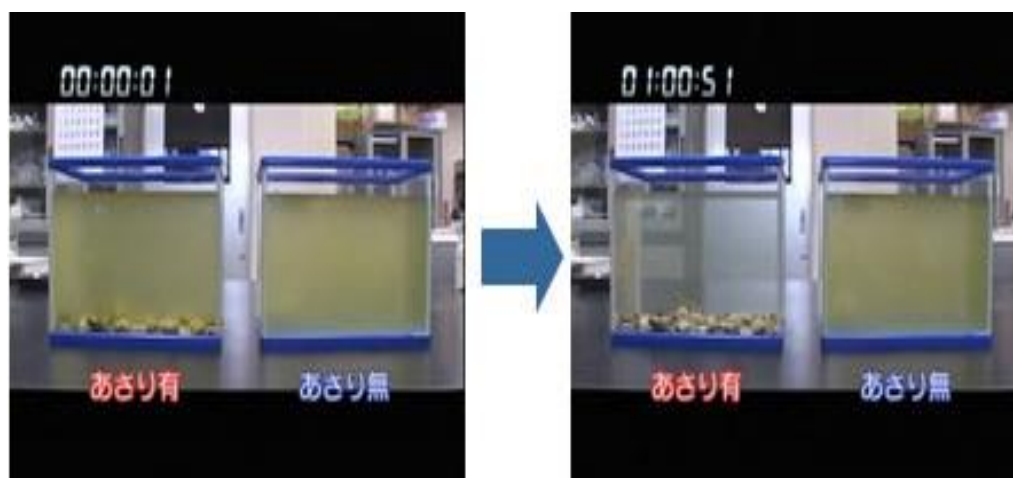
牡蠣などの二枚貝には水質浄化をする機能もある。本節では二枚貝の水質浄化と牡蠣殻の水質浄化効果を先行研究に基づきながら説明していく。

中沢公士 五味愛由伽 井上佐緒里 三森勇太 中村梓実 吉澤一家 宮崎淳一(2013)
『淡水二枚貝を用いた水質浄化方法の検討Ⅱ(予報)』Vol 15 p249~262

この論文では日本全国の淡水域の池や湖沼の水質の悪化、透明度の低下が問題となっている中で、二枚貝類の濾過摂食活動を利用した水質浄化方法を確立するため、大型水槽を用いた室内実験により二枚貝の水質浄化効果を検証しようというものである。大型水槽を用いた室内実験では、小型水槽を用いた実験と同様に室温条件下でイシガイ目の在来3種のうちタテボシガイとヨコハマシジラガイの濾過効率が低いことを追証した。本研究では、クロレラを用いた場合を除いて二枚貝類が餌として利用できないカオリンを使用して水槽実験を行ったが、すべての実験で二枚貝を入れた場合に対照実験よりも濁度が減少し、透明度が向上していた。そのため、餌として利用できない懸濁物質の多い水系であっても、二枚貝は水系の透明度を高めることができ、水質浄化に貢献すると考えられる。

この論文から、二枚貝には海水を濾過し、水質浄化をする機能があることが分かった。これより牡蠣やアサリなどの二枚貝には海水を濾過し、プランクトンなどを餌にすることによって海水を浄化する働きがある。瀬戸内海などで多く見られる養殖の牡蠣やホタテ貝、アヤコ貝などは筏からカーテンのように吊るされているため、効率よく海水をろ過する機能を果たしている。さらに一個の牡蠣が一日に濾過する海水は約 400 リットルと言われており、広島湾の海水を約 5 日で濾過することが出来るほどの浄化作用である。

図 5-1:アサリの水質浄化効果



出典：水産庁/漁業活動による環境保全

http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/gyogyou_katudou/

第2節 牡蠣殻の浄化機能

本節では牡蠣殻の水質浄化機能を述べ、さらにその牡蠣殻の具体的な利用方法について先行研究を中心に考察していく。

前節では、牡蠣などの二枚貝には水質浄化作用があると述べたが、牡蠣殻自体にも水質浄化効果があることが分かっている。

浅岡聡 山本民次 増山 悦子(2011)

『熱風乾燥牡蠣殻片による閉鎖性水域の環境改善』 Vol.53 No.5 p41-48

閉鎖性水域の富栄養化が世界各地で問題になり、特に大都市では栄養塩の過剰な流入負荷によって植物プランクトンが大増殖している。このことから、研究では、閉鎖性水域の富栄養化対策として底泥の改善が必要だとして、熱風乾燥し破砕した牡蠣殻片を使って海水の環境改善を検討している。熱風乾燥し破砕した牡蠣殻には硫化物イオンに対して優れた吸着能を持つことが明らかにされている。牡蠣殻の水質・底質改善効果を明らかにすることを目的として、現場の閉鎖性水域を模倣した大型水槽を用いて牡蠣殻片の添加が硫化物イオン、リン、窒素に及ぼす影響を考察した。実験方法として、まず材料として乾燥させた牡蠣殻を水分量は6～7%になるまで熱風乾燥させ、細かく破砕させる。この牡蠣殻片を閉鎖性水域から採取した底泥に混合させる。

この結果、硫化物イオンの酸化や底泥からのリン酸の溶出抑制が確認され、これらは牡蠣殻片を混合することに伴う溶存酸素の維持や底泥の還元電位の上昇によって引き起こされる間接効果であると考えられた。

この先行研究から牡蠣殻片には水質浄化効果があると考えられる。実際に、論文著者の山本民次氏によると、牡蠣殻の水質浄化効果として、牡蠣殻を撒いた区画の硫化水素の濃度は20 ppm から0 ppm に減少し、さらに牡蠣殻を撒いていない周辺の区画でも濃度は20 ppm から10 ppm に減少したとの実験結果がある。さらに生物量も牡蠣殻を撒いた後では5倍に増えたのである。

第3節 牡蠣殻の廃棄物問題

牡蠣の収穫量はむき身で3万トンを超えると述べてきたが、水揚げ量は15万トンと予想できる。これは牡蠣の重量の約8割は牡蠣殻であるためである。つまり牡蠣の重量の大半は食べられず捨てられてしまうのである。

牡蠣殻の利用状況は地域較差があり牡蠣の収穫が日本一の広島県では飼料・肥料等に全量が利用されているのに対して、宮城県では相当量が堆積上等に廃棄されており、平成7年時点では堆積場には約32万トン、さらにそれ以外の場所に25万トンが野積みされてい

ると推定されている。¹²牡蠣殻は水産廃棄物ということで法律では普通に廃棄することが出来ないのである。

図 5-2:宮城県石巻市の牡蠣殻山



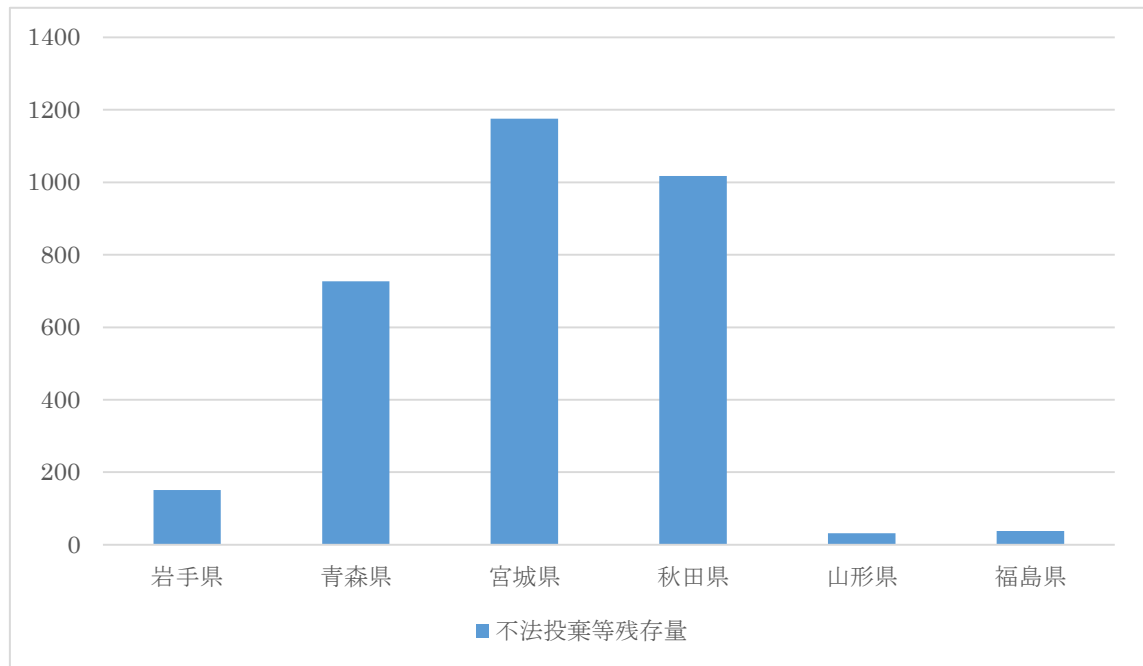
出典：女川&石巻(2011 年 4 月 24 日黎明)

<http://blogs.yahoo.co.jp/gyuuhomura/62207108.html>

宮城県では、道路のそばに野積みにされた牡蠣殻がある。水産業は沿岸、沖合、遠洋とかなり広範囲な水域の中で漁獲水揚げされ、その漁獲物が漁港に集積された後、その漁獲物から出た廃棄物として埋め立て処分されている。埋め立て処分の場合には魚介類に付着する海水塩分や肉身に含まれるカドミウム・重金属などの集積によって周辺土壌の環境汚染を引き起こす懸念がある。さらに廃棄物中の水分の影響によって、焼却炉内の燃焼温度が十分に上がらないことで有害物質ダイオキシンの発生も懸念される。このような健康面・環境面などに加え、沿岸部から埋立地への輸送費の問題も懸念されている。これらの問題により、宮城県では広島県のように有効な解決策が見つかっていない状況であるのだ。

¹² 国土交通省/港湾・空港等整備におけるリサイクル技術のとりまとめ
<http://www.mlit.go.jp/kowan/recycle/2/13.pdf>

図 5-3:東北地方 6 県における不適正処分の残存量(単位：千 t)



出典：財団法人 産業廃棄物処理事業復興財団(2008) 『日本の産業廃棄物』
より著者作成

図 5-3 は東北地方における不適切処分廃棄物の残存量を表したグラフである。現在宮城県にどのくらいの牡蠣殻が野積みされているか正確な量は判明しなかったが、グラフからも読み取れるように、宮城県の不法投棄量は、他の東北地方の地域と比べても大きなものになっている。このことから不法投棄として牡蠣殻が捨てられる可能性が非常に高いことが分かるであろう。宮城県は全国的に見ても千葉県(3968 千 t)、三重県(1551 千 t)に次いで三番目の残存量であることからその量の大きさがうかがえる。

第 6 章 宮城県内の堆積牡蠣殻輸送による三番瀬の 水質改善についての考察

第 2 章で干潟の消失の影響による富栄養化や水質浄化作用の低下によって、海の環境が悪化し、それが漁業にも影響し、人と海との関係を切り離すことに繋がってしまったことを述べてきた。そして第 4 章ではその水質改善のために、牡蠣殻の機能を用いて水質を浄化する方法を紹介した。これらを元にして本章では、宮城県内の堆積牡蠣殻の輸送による三番瀬の水質改善について試算を基に考察を行っていく。

試算方法としては、宮城県における野積みや堆積されている牡蠣殻の量を測定し、その牡蠣殻の撤去費用と、三番瀬に運搬し牡蠣殻を水質改善にしようとしたと仮定したときにかかる加工運搬費用を比較する方法を用いていく。始めに計算する過程において計算の要素をそれぞれ求めていく。

①野積みされた牡蠣殻量

宮城県内での野積み・不法投棄された牡蠣殻の総数を推算していく。

平成 7 年 3 月の時点において野積みされた牡蠣殻は 25 万 t であった。さらに牡蠣重量の約 8 割が牡蠣殻として処理されるため、宮城県での牡蠣生産量から推算した牡蠣殻の発生量は約 4 万 t である¹³(震災前 5 万 t、震災後 2 万 t と震災前後で偏りがあるので、簡略化のために 4 万 t に設定)。これにより年間の牡蠣殻の発生量は 3.2 万 t であり、そのうちの相当量(ここでは 8 割と仮定)が堆積場、野積みされているので、2.6 万 t が廃棄されているとする。そして堆積量と野積み量を 1:1 と仮定すると、およそ 1.3 万 t の牡蠣殻が毎年野積みされていると推計できる。

したがって、平成 7 年から現在までの 22 年間で野積みされた牡蠣の総量は 28.6 万 t に上り、合計すると現在、宮城県には 53.6 万 t の牡蠣殻が野積みされていると予想される。

¹³ カキ殻を利用した総合的な底質改良技術ガイドライン
http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/338186_1621075_misc.pdf

②不法投棄の処理費用

宮城県で野積みや不法投棄された牡蠣殻を処理する場合の費用を求めていく。

図 6-1:平成 10 年 6 月以降の不法投棄への事業費(産廃措置法に基づくもの)

年度	件数	撤去量(t)	総事業費(万円)
平成 15 年度	3 件	14,964	3,485
平成 16 年度	5 件	70,201	3,601
平成 17 年度	8 件	106,156	7,790
平成 18 年度	6 件	121,262	8,597
平成 19 年度	6 件	142,831	9,419
合計		455,414	32,893

出典：財団法人 産業廃棄物処理事業復興財団(2008) 『日本の産業廃棄物』
より著者作成

計算の簡略化のため、不法投棄にかかる撤去量を 45.5 万 t と設定する。これにより、1 万 t あたりの処理費用は約 722 百万円/万 t と計算できる。

さらに不法投棄は、水質汚濁や土壌汚染等の環境面での影響に加えて、原状回復費用等(香川県豊島：総額 447 億円、青森・岩手県境：総額 655 億円)の経済損失をもたらすほか、周辺地域のコミュニティーを破壊するなどの社会的な影響も極めて大きい。これにより宮城県における不法投棄の処理費用はさらに大きいものになると考えられるが、ここでは処理費用に絞って考察していく。

③牡蠣殻の加工方法及び、その費用

三番瀬に牡蠣殻を輸送した時の加工にはチェーン方式破碎乾燥装置を使用する。この装置では先行研究によって、比較的安価に牡蠣殻の乾燥、破碎が出来ることが証明されている。¹⁴この装置での具体的な加工・乾燥費用が不明であったので、類似した装置の費用を代替費用にして試算していく。

チェーン方式破碎乾燥装置(推定)の費用

燃料費(重油換算)：5~7 円/kg

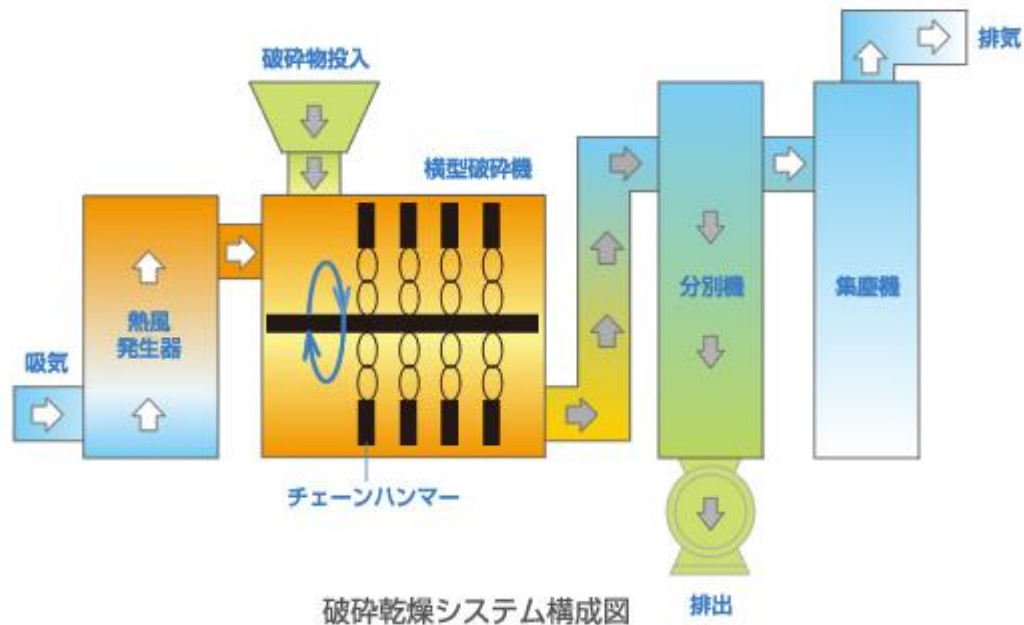
電気代：1~2 円/kg

これにより牡蠣殻の乾燥・破碎することにかかる費用は約 10 円/kg と推定できる。

¹⁴ カキ廃棄物の有効利用法に関する研究

<http://www.fitc.pref.fukuoka.jp/kenkyu/report/h22/22-03.pdf>

図 6-2:チェーン方式破碎乾燥装置



出典：テクニカル機工株式会社

<http://www.technical-m.jp/>

試算

以上の要素を用いて、宮城県における野積み牡蠣殻の宮城県内で処理費用と三番瀬に輸送し牡蠣殻を加工した時の費用の比較分析の試算していく。

〈前提条件〉

- ・ 現在の三番瀬の干潟(浅瀬を除く)面積・・・・・・・・・・123ha
- ・ 牡蠣殻の散布範囲・・・・・・・・・・1200t/ha

よって今回の試算に使う野積み牡蠣殻の量は

$123 \times 1200 = 147,600\text{t}$ とする。

①野積み牡蠣殻の県内での処理費用

- ・ 野積み牡蠣殻・・・・・・・・・・14.76 万 t
- ・ 不法投棄の撤去事業費・・・・・・・・・・722 百万円/万 t

【処理費用】

$14.76(\text{万 t}) \times 722(\text{百万円/万 t}) = 10,656.72 \text{ 百万円}$

よって、処理費用は 106 億 5672 万円

②宮城の野積みされた牡蠣殻を三番瀬に輸送し、水質浄化のため加工した時の費用(以下、輸送加工費)

(1)総運搬費(運搬費+燃料費+人件費)

- ・全自治体の平均収集運搬費用¹⁵ 27,250 円/t
- ・使用牡蠣殻 147,600t
- ・トラック積載量 25t/台
- ・燃料 (トラック 1 台) 10 km/L
- ・トラック台数 100 台
- ・輸送距離 740km(東京～宮城 往復)
- ・ガソリン料金 120 円/L
- ・人件費 300 万円/年

以上の要素より

《運搬費》

$$147,600(t) \times 27,250(\text{円}) = 4,022,100,000 \\ = 40 \text{ 億 } 2210 \text{ 万円}$$

《燃料費》

往復 74L のガソリンを必要とし、さらに一度に 2500t の牡蠣殻を運ぶと仮定すると、宮城～東京を約 60 往復することになり

$$74(L) \times 120(\text{円}) \times 60(\text{回}) \times 100(\text{台}) = 5328 \text{ 万円と求まる。}$$

《人件費》

トラック 1 台に対し、1 人の雇うとすると

$$3,000,000(\text{円}) \times 100(\text{人}) = 3 \text{ 億円}$$

よって、総運搬費は

$$40 \text{ 億 } 2210 \text{ 万円} + 3 \text{ 億円} = 43 \text{ 億 } 7538 \text{ 億円} \cdots i$$

(2)牡蠣殻加工費用

- ・牡蠣殻加工費 10 円/kg
- ・使用牡蠣殻 147,600t

以上の要素より

$$147,600,000(\text{kg}) \times 10(\text{円/kg}) = 1,476,000,000 \\ = 14 \text{ 億 } 7600 \text{ 万円} \cdots ii$$

i + ii より

58 億 5138 万円のコストがかかることが分かった。

¹⁵山本雅資 (2009) 「一般廃棄物の収集運搬費用の経済分析」『環境経済・政策研究』Vol2 No.1

ここで処理費と輸送加工費を比べてみると、

処理費 106 億 5672 万円＞輸送加工費 58 億 5138 万円

となり、輸送加工費のほうがより安価に事業を行えることが分かった。この結果により宮城県内で不法廃棄物として処理することに比べ、三番瀬で水質浄化の材料として運搬、加工を行うことがよりインセンティブが高いことが分かった。さらに不法投棄の処理は社会的損失や経済的損失も伴うため、この数値以上の差が予想される。

終章

東京湾の水質は高度経済成長の開発・埋め立てが行われている頃に比べ確実に良くなっている。2013年には葛西海浜公園で東京湾において50年ぶり海開きが行われたように改善の兆しがある。しかし、一度消失してしまった干潟の機能を完全に復元することは難しく、赤潮・青潮の問題は引き起こされている。水質改善に向けて、アマモの増殖や人工干潟の造設なども検討され、実施された政策もあるが費用対効果や漁業関係者との問題など持続的な解決には至っていない。この課題に対して本論文では、乾燥牡蠣殻の水質浄化効果に注目し、その牡蠣殻が堆積し問題になっている宮城県に焦点を絞り、その牡蠣殻を三番瀬に輸送し水質浄化効果のため加工することによって、持続的な水質浄化効果があるかを検証した。この結果、単純試算ではあるが、宮城県内で牡蠣殻を不法廃棄物として処理する費用に比べ、牡蠣殻を三番瀬に輸送し、加工することで水質浄化効果に使う費用がより安価なものになり、処理費用を輸送加工費に充てることで、牡蠣殻の有効活用さらに費用の削減につながり、牡蠣殻リサイクルへのインセンティブ上昇になることが分かった。よって政策の実現が可能であると結論付けることが出来た。

本論文での政策を分析していくにあたり、2つの行動パターンによる費用を単純計算で算出することで政策の実現可能性を検証したが、第5章でも述べた、牡蠣殻の不法投棄の処理費用を算出するときにかかる社会的損失、経済的損失への費用を具体的に算出することでより正確な比較ができると考える。さらに牡蠣殻の輸送加工費用については、第3章で述べた三番瀬のアマモの養殖と漁業者との関係と同じように、牡蠣殻を輸送し、散布することにより漁業に障害が起きるといった問題が発生する可能性があり、この問題についても検証するため、漁業関係者へのヒヤリングやフィールドワークも必要であろう。これらの問題が今回の課題となった。

参考文献

- 山本雅資 (2009) 「一般廃棄物の収集運搬費用の経済分析」『環境経済・政策研究』Vol2 No.1
- 鈴木覚 磯部雅彦 工藤孝浩 (2010) 「東京湾の生業利用における価値について」『沿岸域学会誌』
- 浅岡聡 山本民次 増山 悦子(2011)『熱風乾燥牡蠣殻片による閉鎖性水域の環境改善』
Vol.53 No.5 p41-48
- 小林光代(2003). 「海は、干潟は」『歴史地理教育』 652 126 - 132
- 高橋徹(2016) 「海を再生させた世界的事例を作ろう」『有明海の環境と漁業』 1 26
- NPO 法人三番瀬環境市民センター(2008) 「海辺再生」築地書館
- 佐藤正典(2014)「海をよみがえらせる 諫早湾の再生から考える」岩波書店
- 財団法人 産業廃棄物処理事業復興財団(2008) 『日本の産業廃棄物』大成出版社
- 人工干潟における環境の変遷について
〈 http://www.water.go.jp/honsya/honsya/torikumi/gijyutu/kenkyuhappyou/pdf/h19_nagara.pdf〉(最終アクセス 2017/1/10)
- 市川市 HP
〈 <http://www.city.ichikawa.lg.jp/gyo06/1111000045.html>〉(最終アクセス 2017/1/10)
- 日本自然保護協会 HP
〈<http://www.nacsj.or.jp/katsudo/sanbanze/1996/01/post-3.html>〉
(最終アクセス 2017/1/10)
- 赤潮及び青潮の発生件数の推移
〈https://www.env.go.jp/council/09water/y097-02/mat02_5.pdf〉
(最終アクセス 2017/1/10)
- WWF HP
〈<http://www.wwf.or.jp/activities/2007/04/633714.html>〉(最終アクセス 2017/1/14)
- 市川市 HP
〈<http://www.city.ichikawa.lg.jp/gyo06/1111000002.html>〉(最終アクセス 2017/1/14)
- 千葉県 HP 三番瀬の歴史
〈<https://www.pref.chiba.lg.jp/kansei/sanbanze/keii/documents/101rekishi.pdf>〉
(最終アクセス 2017/2/3)
- 環境省 生物多様性センター
〈https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/valuation/pu_e01.html〉
(最終アクセス 2017/1/14)
- 人工干潟の現状と問題点
〈www005.upp.so-net.ne.jp/sanbanze/sanban65.html〉(最終アクセス 2017/1/16)

アマモ場・干潟の現状と役割

〈<http://okayama.coop/kankyounet/sinnpo/10.2.27.amamo/a.fukuda.pdf>〉(最終アクセス 2017/1/16)

環境省 平成 26 年 5 月 23 日 湿地が有する経済的な価値の評価結果について

〈<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=18162>〉(最終アクセス 2017/1/16)

共立工業株式会社

〈<http://kyo-ri-tsu.com/kyoritsukogyo/kankyou.html>〉(最終アクセス 2017/1/17)

テクニカル機工株式会社

〈<http://www.technical-m.jp/>〉(最終アクセス 2017/2/3)

水産庁/漁業活動による環境保全

〈http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/gyogyo_katudou/〉
(最終アクセス 2017/2/3)

あとがき

今回、論文の内容として東京湾の水質に取り組んだ理由は、私がトライアスロンというスポーツを通じて、スポーツ選手にとって競技環境を整えることの重要性を身近に感じていたことがきっかけでした。さらに 2020 年に東京オリンピックが開催されることから、これを機会に水質改善の重要性が少しでも理解してもらえればという思いもあり、本論文を執筆するに至りました。政策を模索する中で、干潟の機能の再生に焦点を絞って考察しましたが、一度埋め立てで失われてしまった干潟の機能は人工干潟の造設やアマモの増殖などの代替的な政策ではコスト面などの問題もあり、長期的な改善は困難であることが分かっていました。その中で、フィールドワークで谷津干潟自然観察センターの方にお話を聞きに行ったことで、牡蠣殻の水質浄化機能を知り、政策に取り入れようと考えました。そして今まで行われてきた政策同様、牡蠣殻をどこから持ってくるのか、牡蠣殻を水質浄化できるように加工する費用はどうやって算出するのかという問題に対して、宮城県の牡蠣殻の廃棄物問題をリサイクルして利用することで、政策の「持続可能性」を示すことが出来ました。

本論文を執筆するにあたり、私が一番熱中できることは何かと考えた時、大学 4 年間取り組んできたトライアスロンのさらなる競技力の向上のためにできることであるという思いがありました。政策が上手く定まらず、テーマを根本から変えたほうが良いと思うときもありましたがこのような軸があったことで最後まで執筆することが出来ました。

本論文の政策を進める中で、協力していただいた、谷津干潟自然観察センターの方、お電話という形にも関わらず、加工牡蠣殻の水質浄化について対応してくださいましたテクニカル機工株式会社の方々、心より御礼申し上げます。

最後になりましたが、この 2 年間、環境経済学の指導のほか、プレゼンの仕方も含め、学業を総合的に指導していただきました大沼あゆみ先生、大学院生の金井さん、邵さん、橋本さん、13 期の同期生たち、お世話になりました、心より感謝しております。