アサリ標識放流試験による環境評価手法の開発

Marked Clam Release-recaptured Test for Environmental Evaluation

越川義功・萩原清司・柵瀬信夫

Yoshinori Koshikawa, Kiyoshi Hagiwara and Nobuo Sakurai

Environmental evaluation to biological and ecological aspects of marine organism is an indispensable step for preserving coastal nature. To develop a new environmental evaluation method, release-recaptured test using marked shortneck clam was conducted at tidal flats in Hiroshima prefecture. The test results clarified ecological characteristics of the clam, in which could not be detected distinctly by analyses of water quality and hydraulic factors. Marked clam release-recaptured test was considered as a efficient method for environmental evaluation.

Key words; Shortneck clam, Environmental evaluation, Mitigation, Bio-monitoring.

1. はじめに

近年、沿岸開発では環境保全が最も重視され、環境評価とそれに関する対策が必要不可欠となっている。従来の沿岸開発における環境評価手法は、対象水域の物理的もしくは化学的特性に関する数値解析を中心に行うシュミレーションが主体で、生息している生物の特性や生息環境を総合的に把握し評価する手法は少ない。また、複雑かつ多様な流況・水質の数値情報からどのようなものが生物に影響しているかを定量的に見極めるのは困難である。そこで、本研究では複雑かつ多様な環境を評価するために、瀬戸内海に位置する複数の砂浜域を対象として、潜砂性二枚貝であるアサリの標識放流試験を行った。この放流した標識アサリから各地点における成長や生残、再生産の状況などの生物的情報と水温、塩分、底質、気象など物理的情報とあわせて検討することによって環境評価を行い、標識放流試験を取り入れた環境評価手法の有効性を検討した。

2. 環境評価手法の全体構成

アサリ標識放流による環境評価のフローを図-1に示した。この手法は、環境調査、天然アサリの生息調査、標識放流調査によって構成されている。

環境調査は水温・塩分・底質・気象条件といった生物の生息に関連する物理的情報を得ることが可能である。また、天然アサリの生息調査を行うことによって対象水域のアサリの稚貝の発生・成長、標識アサリの追跡調査によって成長・生残率・回収率といった生物学的情報についてそれぞれの得られた情報を基に環境評価を行うものである。

標識放流試験では、多くの標識個体を必要とし、その精度を上げるために標識の剥離・消失を避けなければならない。そのため、標識放流試験に使用するアサリに対し、大量処理が可能で剥離しにくい鉄さび標識法²⁾を採用して着色処理を行った。鉄さび標識法は、貝殻全体を鉄さびによってコーティングするため、貝殻の成長が非常にわかりやすい利点を有している(写真-1)。

図-1 アサリ標識放流による環境評価のフロー

* 正会員 鹿島建設 技術研究所葉山水産研究室 (240-01 神奈川県三浦郡葉山町一色2415)
 ** 鹿島建設 技術研究所葉山水産研究室
 *** 正会員 鹿島建設 技術研究所葉山水産研究室

写真-1 放流45日後の標識アサリ

写真-2 標識アサリの放流状況

3 方法

今回の調査地点は広島県沼隈郡内海町地先の釜谷、志垣、岩谷の3カ所の砂浜である（図-2）。

環境調査は調査地点において水温、塩分、底質（粒度組成、含水率、強熱減量）、間隙水中硫化物濃度などについて調査した。風向・風速と気温、降水量は、気象庁大阪管区気象台福山測候所の観測記録より集計した。

天然アサリ生息調査は調査地点付近においてコドラートサンプリングによってアサリを採集、研究室に持ち帰り、個体数、殻長、殻高、殻幅、体重を集計した。

標識放流試験は1994年7月に調査地点の一つである志垣地先の砂浜域で採集した殻長15～26mmのアサリを鉄さび標識法¹⁾で貝殻全体を茶褐色に着色して使用し、各調査地点に2ヶ所ずつ1m×1mの木製の枠を砂中に設置し、この中に着色した標識アサリを300個体ずつを収容することによって行った（写真-2）。放流後にそれぞれ45日、90日、180日、270日、360日経過後に、枠内の砂を全て4mmメッシュのステンレス製の篩でふるい分け標識アサリを掘り出した。そして、掘りだした全てのアサリについて生存個体、死亡個体数を計数し、標識アサリの放流個体数と回収した標識アサリの個体数から生残率、回収率を算出した。計数後の標識アサリは、再度枠中に放流して試験を継続した。また、標識アサリの成長を追跡するために、回収した標識アサリの中から15～20個体を無作為に抽出し実験室へ持ち帰り、殻長、殻高、殻幅、体重を測定し、貝殻の大きさの指標としてSLHW値（殻長×殻高×殻幅）を算出した。

図-2 調査地点（広島県内海町）

4. 結果

4-1 環境

図-3に水温と塩分の測定結果を示した。水温は、各調査地点において夏季は26～29℃を示し、冬季には5℃前後まで低下した。塩分は、通年25～36‰で変化し夏季に低く、冬季に高い傾向を示した。水温、塩分とも各調査地点間では明確な差はみられなかった。表-1に各調査地点における底質環境を示した。釜谷は他の2地点に比較すると、泥分が多く底泥中の有機物量も多いが、志垣、岩谷の両地点は、砂礫質で底泥中の有機物量は少ない。底泥中の硫化物量も底質を反映して、釜谷が最も高い値を示した。

図-4に調査期間中における風向・風速と降水量を示した。期間中の風向・風速は、6～10月には、南東から南西の風が卓越するが、11月から2月にかけては北東から西よりの季節風が卓越し、風速も大きくなった。期間中の降水量は1994年7月から1994年12月にかけて、降水量が平年の20～66‰と少なかった。

4-2 天然アサリの生息状況

釜谷、志垣における天然アサリの生息状況を図-5に示した。釜谷、志垣の両地区では、調査期間中アサリの生息が確認されたのに対し、岩谷では1995年2月までアサリの生息を確認することができなかった。しかし、1995年5月以降稚貝が出現し始めた。

アサリの生息数は9月に釜谷732個体/m²、志垣を232個体/m²を最高にそれ以降減少した。そして、最も水温が低下する2月には釜谷で189個体/m²、志垣で117個体/m²、岩谷で0個体/m²となり、9月のピーク時の約25～50‰となった。しかし、95年5月以降は再び増加傾向となり、95年8月には釜谷で272個体/m²、志垣で241個体/m²に

表－１ 調査地点における底質環境

粒度組成(%)	釜谷	志垣	岩谷
≥0.840 (mm)	50.8	58.7	59.0
0.840～0.251	32.6	36.4	31.7
0.250～0.150	7.3	3.4	4.6
0.149～0.075	4.3	0.7	2.8
≤0.074	4.8	0.4	1.7
含水率 (%)	20.8	17.2	16.2
強熱減量 (g / kg)	14.9	4.2	5.0
硫化物濃度 (ppb)	356	51	124
均等係数	9.7	5.5	7.4

図－３ 調査地点における水温と塩分の測定結果

図－４ 福山市における風向・風速および降水量の観測結果

図－５ 標識放流試験期間中における天然アサリの生息状況 (左；釜谷, 中央；志垣, 右；岩谷)

まで回復し、前年には生息が確認されなかった岩谷でも稚貝の発生が見られ8月には30個体/㎡となった。

各調査地点におけるアサリの殻長組成は、釜谷では小型個体（殻長10～20mm）の割合が高く、中型個体（殻長20～30mm）、大型個体（殻長30mm～）の順に低くなるが、水温が低下するに伴い、この比率が逆転する。そして、産卵期を迎える春期（95年5月）には産卵群となりうる殻長20mm以上の中・大型個体が80%を占めた。一方、志垣では大型個体は周年見られず、小型および中型個体のみで、特に冬期（95年2月）には小型個体の減耗等で個体数が減少した。

4-3 標識アサリの放流再捕試験

標識アサリの成長の指標である平均SLHW値の経時変化を図-6に示した。放流45日後には各地点でSLHW値は増加したが、90日後から180日後にかけてはその伸びは停滞気味になった。同時に各地点間で差が出始めた。270日後以降、水温の上昇に伴い標識アサリの平均SLHW値は再び増加し、岩谷、釜谷の順で高くなっており、その傾向は水温が高い場合は上昇し、水温が低下すると停滞する傾向にあった。

各地点における標識アサリの初期放流個体数に対する回収率の変化を図-7に示した。360日後における標識アサリの回収率は平均13%で、最高が釜谷の27.5%、最低が志垣0%であった。特に、志垣は減耗が著しく、270日後には標識貝の再捕はできなくなった。また、釜谷、岩谷における確認した標識貝の死貝から算出した死亡率は10%以下であったが、志垣における標識貝の死亡率は21.8%であった。

図-6 標識アサリのSLHW値の経時変化

図-7 標識アサリの回収率

5. 考察

アサリの成長には、水温、塩分、餌料、底質、波浪などの環境要因が影響を及ぼす^{2,5)}とされている。今回の標識放流試験の結果では、標識アサリのSLHW値の傾向は岩谷、釜谷、志垣の順で高く、水温や塩分には明確な違いがみられないことから、各調査地点での標識アサリのSLHW値の差は餌料、底質、波浪などの環境要因によると考えられる。懸濁物食者であるアサリは、底泥の泥分の多いところで成長がよく、^{6,7)}アトライタスを中心とした微細粒子でも成長可能とされ、^{8,9)}表-1に示したように底泥有機物量を示す強熱減量および泥分率は釜谷が最も高く、成長に反映されSLHW値も高い。しかし、標識アサリのSLHW値は岩谷についても釜谷と同じ成長がみられた。これは多くのアサリが生息する釜谷では餌料摂取の競争により成長が抑制されるためと考えられる。

各地点における標識アサリの回収率は各地点間で差異があらわれた。特に、志垣では1994年11月から1995年2月にかけて回収率が急激に低下して、標識アサリの流出が考えられた。この時期、志垣では護岸基部にみられるように大幅な砂の移動が生じており（写真-3）、標識アサリを放流した木製の枠も標識放流直後のそれと比較しても（写真-2）著しく損傷を受けていた（写真-4）。護岸における付着生物の状況から護岸付近における砂面の上下移動は1m程度と推定され、季節風による波浪が激しかったことを示唆している。この現象は11月から2月にかけての北東から西よりの季節風が卓越し、瞬間最大風速10m/sec以上の風が吹く日数が多くなった時期と一致していた。アサリは水温が10℃以下になると潜砂能力が大幅に低下する¹⁰⁾といったことから、北岸に位置している志垣では季節風に伴う波浪による転動に加え、低水温による濾水量の低下による体力の消耗、成長の停滞によって減耗、流出につながったと考えられる。また、このことは標識放流における標識アサリの回収状況が波浪・砂移動を反映することを示唆している。

写真-3 後背護岸における砂面浸食状況

写真-4 標識アサリ放流枠の損傷 (95年2月, 志垣)

標識放流試験によって、その場所における成長・生残・餌量・静穏度などの多くの情報を得ることが可能であるが、天然の生息個体を調査することによってミチゲーション事業の成否を決定づける再生産について検討することも可能である。内海町沿岸の砂浜におけるアサリ殻長組成は、秋期発生群は初夏から大きく成長し、翌年の春には産卵可能な殻長20mm以上に達しており、瀬戸内海沿岸の山口・大海湾¹¹⁾と同様に秋期発生群が資源に寄与していることを示している。一方、各調査地点で春期発生個体群の定着が少ない原因は、供給される浮遊幼生が少ないことと沈着後の環境による減耗の2つが考えられるが、環境による場合、初期稚貝は水中での巻き上げ浮遊転動がへい死の主要因¹²⁾とされ、生き残ったとしても成長が良くないために冬の低水温などによって活力が低下し減耗する¹³⁾ため加入が少ないと考えられる。また、稚貝期(殻長15mm以下)は、殻も薄く保水性も少ないので、短時間でも干出すると呼吸や高温等の影響を受けやすく耐性の幅が狭い。特に37℃以上では2時間以内に死亡するとされており、¹⁴⁾保水性が少ない(均等係数が小さい)志垣、岩谷では夏の干出も春期発生個体群の加入の制限因子のひとつになっている。このように、内海町沿岸のアサリ資源は秋期発生群によって個体群を維持しているが、産卵可能な殻長20mm以上の個体数はアサリ漁場のそれと比較しても少なく、再生産に不可欠な浮遊幼生の供給は外部から主であると推定される。

6. まとめ

今回の内海町地先におけるアサリ生息場数地点における調査は、鉄さび標識法による放流試験と生息実態調査を併用することで、水理・水質データに差が現れにくい生物を支える環境特性、特に波浪に影響する風向・風速の影響、再生産の違いを明確に現した。底生生物相はその水域の環境要因の累積的な特性を反映しやすい¹⁵⁾とされ、アサリ貝殻の成長は水温、塩分、餌料、底質、波浪などの環境要因を一元化した総合指標的なものであり、標識放流は環境評価手法としての有効であると考えられる。

参考文献

- 1) Yoshinori Koshikawa, Kiyoshi Hagiwara, Boon Keng Lim and Nobuo Sakurai: A new marking method to short necked clam *Ruditapes philippinarum* with rust. Fisheries Science, (1997) (in press).
- 2) 秋山章夫; 底生動物の挙動と食物連鎖, 潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究, 昭和59年度研究成果報告書, 東海区水産研究所・南西海区水産研究所, pp.99-104, (1985).
- 3) 熊本のり研究所; 大規模増殖場造成事業調査総合報告書, 玉名地区, アサリ一, 水産庁 (1979).
- 4) 倉持英次郎; アサリの生態研究, 特に環境要素について, 水産学集成, 東京大学出版会, pp.611-655, (1957).
- 5) 柿野純, 古畑和哉, 長谷川健一; 東京湾盤洲干潟における冬季のアサリのへい死要因について, 水産工学, 32 (1), pp.23-32, (1995).
- 6) 沼口勝之; 菊池川河口域におけるアサリ漁場の餌環境とアサリの成長, 西海ブロック資源増殖部会 藻類・貝類研究会報, 8号, pp.59-63, (1992)
- 7) 福岡県豊前水試(水産庁編); 昭和58~59年度大規模増殖場造成事業調査総合報告書(行橋地区), pp.1~46, (1986).
- 8) 黒倉寿, 黒田信行, 笠原正五郎; 芦田川河口域におけるアサリの生き残り条件に関する研究, 水産増殖, 35

- (4), pp.223-228., (1988) .
- 9) 伊藤絹子, 吉田晋, 鈴木あや子, 狩谷貞二; 超音波振動を利用した二枚貝類への投餌方法, 水産増殖, 37 (4), pp.241-246, (1989) .
- 10) 櫻井泉, 瀬戸雅文, 中尾繁; ウバガイ, バカガイおよびアサリの潜砂行動に及ぼす水温, 塩分および底質粒径の影響, 日本水産学会誌, 62 (6), pp.878-885, (1996).
- 11) 井上泰; 山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について, 水産土木, 16 (2), pp.29-35, (1979) .
- 12) 渡辺栄一; 波浪及び埋没によるホッキガイ稚貝の減耗機構に関する実験的考察, 土木試験所月報, 351, (1981) .
- 13) 網尾勝; アサリの増殖について, 水産資源保護協会月報, 217, pp.4-10
- 14) 桑原連; 平潟湾の底生動物相とその分布・季節変化 (昭和57年度平潟湾底生生物調査報告), 横浜市公害研資料, 68, pp.67-90, (1986) .