

# 流れ藻留め工の水理的検討

## STUDY ON DRIFT ALGAL TRAP WORKS BY HYDRAULIC MODEL TEST

長谷川 寛

Hiroshi HASEGAWA

正会員 財団法人 電力中央研究所 我孫子研究所 水理部 (〒270-1194千葉県我孫子市我孫子1646)

Parts of plant body of *Eisenia bicyclis* or *Ecklonia cava* are often torn off due to waves and/or marine animals' gnawing, thus become to drift along sea bottom as drift algae. The useful *Abalone* and *Sea Urchin* eat these drift Algae. But a considerable mass of drift algae will move and is diffused due to wave and tide without being eaten by useful marine animals. Accordingly, in Japan, the development of drift alga trap works has been tried since about ten years ago. The aim of the study is to show a new type of concrete blocks which are suitable for drift alga trap, and also to show the method of disposition and anti-wave design of the blocks.

**Key Words:** Drift algae, drift algal traps, field survey, hydraulic model test, anti-wave design

### 1. まえがき

アラメ・カジメは波浪作用や食害により海藻躯体から脱落し、流れ藻となる<sup>1)</sup>。このような流れ藻はアワビやウニなどの餌となるが、海底を拡散・移動するため捕食されることがなくアワビやウニの住み場から流出する場合が多くみられる<sup>2)</sup>。このため、近年、流れ藻を効果的に滞留させる藻留め工の研究・開発が進められてきている<sup>3)</sup>。しかし、海底での流れ藻の移動状況および流れ藻を効果的に集める藻留め工の構造については明らかにされていない。

本報告は実物海藻を用いた現地調査による流れ藻の移動状況および流れ藻をモデル化した水理模型実験により効果的に捕捉する藻留め工ブロックの開孔率と高さを明らかにする。また、実用的な藻留め工ブロックの水平・鉛直開孔による耐波浪性の差を水理実験により把握し、藻留め工ブロックの耐波浪設計法および平面配置について提案するものである。

### 2. 流れ藻の挙動

#### 2. 1 流れ藻について

アラメ (*Eisenia bicyclis*) やカジメ (*Ecklonia cava*) などの海藻は古い葉の脱落や主に高波浪来襲時に基盤から附着器ごと引きはがされ多量に発生する。このような海藻は流れ藻と呼ばれアワビやウニの餌となる。この流れ藻は高波浪の後に汀線に打ち上げられたり海底を移動しながら海底地形の谷やくぼ地に集積されるが、その間の移動状況に関しては研究例が少なく実態は不明である<sup>1)</sup>。

神奈川県水産試験場 (1988) では、このような流れ藻の移動状況を把握するために、三浦半島の水深8~10mの地点で200~500Kg程度の礫で作られたアワビ礁上に重

さ1~5 g/個、平均葉面積4 cm<sup>2</sup>/個程度の小さな標識海藻を放流して約15分間追跡し、標識海藻による流れ藻の平均移動速度は、調査地点の流れの平均流速11.3cm/sと同程度であるとの結果を得ている<sup>4)</sup>。

#### 2. 2 流れ藻移動の現地調査

##### (1) 調査の概要

本調査は1996年11月24日~27日の4日間に、図-1に示す三浦半島西海岸秋谷地先の水深10.5mの砂地海底で東西と南北方向が20m四方の範囲で実施した。調査の目的は神奈川水試の調査より実物の流れ藻の大きさに近い標識海藻を用いて、波高、流速、流向などの物理条件に対する標識海藻の移動状況を調べ、流れ藻の移動方向および移動速度を定量的に把握することである。

外力としての波高は調査地点中央から約20m離れた水深8mの人工藻場基盤に設置した超音波波高計で、流速は調査範囲の中央部の海底に設置した2成分電磁流速計で測定した。また、標識海藻の追跡調査と調査範囲の概略の流向を同時に得るために、調査範囲の外縁8箇所に取り付け長さ10cm程度の毛糸の向きを観測した。

##### (2) 標識海藻

標識海藻は実物の流れ藻と同様な移動状況を再現するために、実物海藻と同程度の沈降速度を有する食用のコンブを用いることにした。そのため、調査地点の人工基盤上より採取したカジメ11個体を千葉県我孫子市の電力中央研究所に搬入し、長さとお行きが3.6m、高さ2mの水槽内に投入して沈降速度を測定した。同様に標識海藻5個体についても沈降速度を測定した。

その結果と両海藻の平均的な葉長、葉幅、葉数、展開葉面積、湿潤重量および比重を表-1に示す。この中で、展開葉面積は葉片を平面上に開いて写真に撮り、さらにスキャナーにかけてパソコンにより測定したものある。

この表によると、実物カジメの沈降速度は標識海藻のそれとほぼ同程度ある。展開葉面積に対する沈降速度は図-2のように展開葉面積に関わらず一定値を示している。また、測定に用いた実物カジメは標識海藻より葉長、葉幅、展開葉面積とも大きい、カジメが躯体から脱落して流れ藻になるとすると、葉幅や展開葉面積は小さくなり、標識海藻の形状に近づくと考えられる。このようなことから、流れ藻移動調査に用いる標識海藻は流れ藻の形状や沈降速度がほぼ同程度であるので、流れ藻の巻き上げ・沈降・移動などの現象を再現できると判断した。

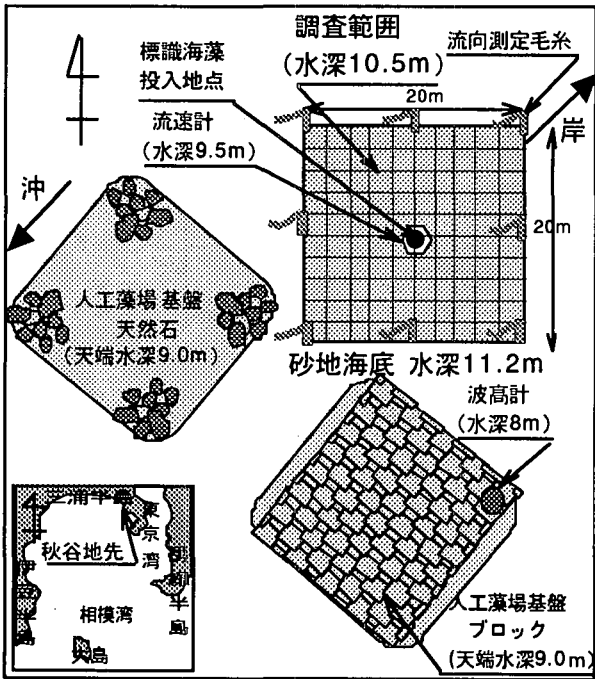


図-1 調査地点と測定器の配置

表-1 実物海藻と標識海藻の物理特性

| 海藻名   | 葉長            | 葉幅       | 葉数  | 展開葉面積                  | 湿潤重量       | 比重     | 沈降速度       |
|-------|---------------|----------|-----|------------------------|------------|--------|------------|
|       | $\ell_1$ (cm) | $b$ (cm) | $n$ | $A$ (cm <sup>2</sup> ) | $W_w$ (gf) | $\rho$ | $w$ (cm/s) |
| 実物カジメ | 54.7          | 41.4     | 10  | 871.6                  | 75.4       | 1.10   | 4.18       |
| 標識海藻  | 15.4          | 6.3      | 1   | 117.5                  | 17.0       | 1.02   | 3.31       |

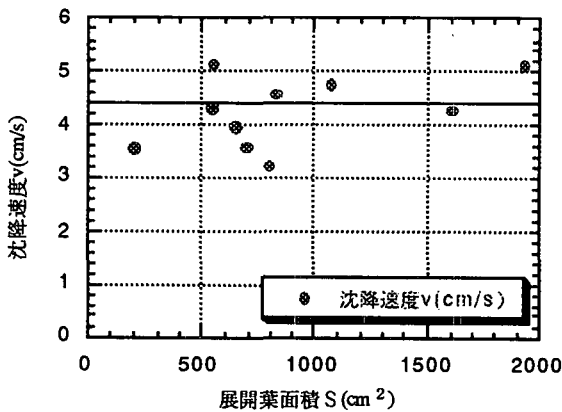


図-2 展開葉面積と沈降速度の関係

### (3) 調査方法

標識海藻を用いた移動調査では標識海藻の異なる重さと形状に対する移動状況を観測するために、コンブ1枚の標識海藻と1枚のコンブを2枚重ね、その端部で束ねた標識海藻の2種類用意し、調査開始時、調査範囲中央部に毎日それぞれ50個投入した。その後の標識海藻の移動状況は投入時刻から20分毎に約2時間後までダイバーにより調査範囲内を追跡して、各2mメッシュ内に含まれる標識海藻の個数を測定した。

### 2. 3 現地調査結果と考察

#### (1) 調査期間の波・流れ

標識海藻の移動調査が行われた4日間の20分毎の最高波高、有義波、有義周期、平均流速の測定値を2時間の観測時間で平均した結果を表-2に示す。なお、平均流速は流速計の時系列データから計算したものである。

表-2 現地調査時に潮位と波浪

| 調査日    | 潮位変化          | 最高波高   | 有義波高           | 周期   | 平均流速       |
|--------|---------------|--------|----------------|------|------------|
| 1996年  | T.P.(m)       | Hm(cm) | $H_{1/3}$ (cm) | T(s) | $v$ (cm/s) |
| 11月24日 | (-0.41~-0.21) | 39.7   | 22.2           | 5.3  | 2.12       |
| 11月25日 | (-0.01~-0.31) | 36.0   | 21.2           | 5.1  | 9.89       |
| 11月26日 | (-0.41~-0.31) | 40.3   | 23.7           | 6.0  | 4.18       |
| 11月27日 | (-0.01~-0.31) | 41.5   | 24.2           | 5.4  | 2.87       |

この結果、調査期間は平均有義波高が23cmで静穏であり、平均有義周期は5.5sと短い。また、波高と周期の変動は少ない。平均流速は、11月25日の下げ潮時で約10cm/sと最も早い、その他の調査日は数cm/s以下で遅い。流れの方向は汀線に平行な東南東(N105°E)から沖に向かう南南西(N188°E)の範囲の流れである。一方、8個の毛糸で測定した流向はN100°EからN224°Eで、流速計のデータより若干広い範囲となっているが、ほぼ流速計の値の範囲内である。

#### (2) 標識海藻の移動

20分毎の各2mメッシュ内に含まれる標識海藻の個体数から、1枚と2枚の標識海藻の重心位置を求め、それから標識海藻の移動方向、移動速度を計算した。その結果を表-3に示す。また、標識海藻の移動ベクトル、調査範囲の平均流向および毛糸の向きによる平均流向を図-3に示す。この図から、1枚と2枚の標識海藻の移動

表-3 標識海藻の移動状況

| 調査日時        | 1枚標識海藻 |        | 2枚標識海藻 |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
|             | 移動方向   | 移動速度   | 移動方向   | 移動速度   |
| 11月26日      | Nから(°) | (cm/s) | Nから(°) | (cm/s) |
| 11:20~11:40 | 171    | 0.081  | 127    | 0.033  |
| 11:40~12:00 | 180    | 0.078  | 196    | 0.054  |
| 12:00~12:20 | 196    | 0.091  | 203    | 0.083  |
| 12:20~12:40 | 198    | 0.110  | 213    | 0.080  |
| 12:40~13:00 | 208    | 0.122  | 218    | 0.103  |
| 13:00~13:20 | 208    | 0.137  | 218    | 0.104  |

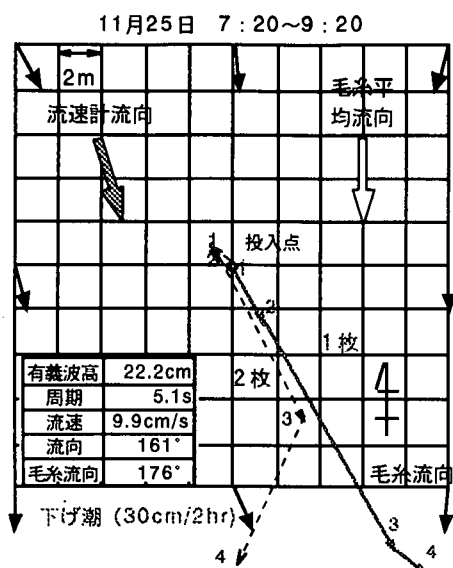


図-3 標識海藻の移動状況 (11/25)

方向は概ね調査範囲の流れの方向に一致することが判る。

図-4は標識海藻の平均流速に対する移動速度を示したものである。これによると、標識海藻の移動速度は調査地点の平均流速に比例し、平均流速10cm/sの場合、展開葉面積150cm<sup>2</sup>、空中重量20gの1枚の標識海藻では約0.12cm/s (平均流速の12%)、展開葉面積300cm<sup>2</sup>、空中重量40gの2枚の標識海藻では約0.08cm/s (平均流速の8%)となり、1枚の標識海藻は2枚の標識海藻より移動速度が早い。これは1枚の標識海藻は2枚より軽いため海底との摩擦が小さく、そのため移動速度が2枚より早くなると考えられる。

以上の結果に基づいて、波浪が静穏 (有義波25cm程度) で海域の平均流速が10cm/s程度における実物カジメの1日当たりの流れ藻の移動速度は、空中重量20gでは約100m、空中重量40gでは約70m移動すると推定できる。

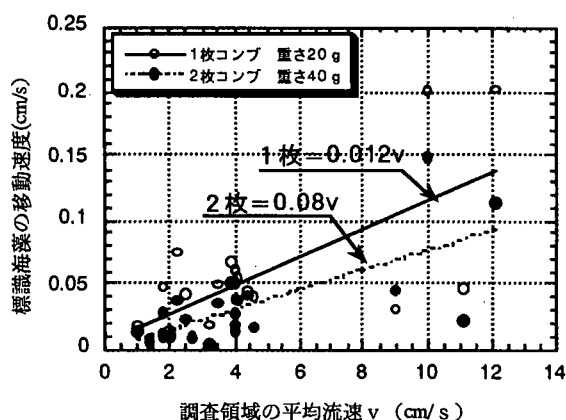


図-4 標識海藻の移動速度

### 3. 藻留め工の流れ藻捕捉効果

#### 3.1 藻留め工について

流れ藻を効果的に集める構造物として藻留め工が研究・開発されている。その藻留め工は構造で分類され、海底

の水平の流れをコンクリートブロックで遮り、ブロック基部と背後に流れ藻を滞留させるブロック型、流れを変化させず流れ藻の移動を留めるスクリーン型の2つに分類される。また、流れ藻の捕捉方法からは、海藻群落全体を囲う囲い方式と、海藻群落から生産され、海域の流れに移動する流れ藻を捕捉・滞留させるトラップ方式の2種類がある。

図-5はトラップ方式に分類される梯形藻留め工で、これは現在フィールドでその効果を確認する試験が実施されている<sup>3)</sup>。スクリーン型については一様流中および波動場における模型海藻を用いた二次元水理実験を行い、スクリーンの開孔率と高さに対する模型海藻の滞留効果を検討し、適用場所、最小高さおよび配置方法について提案されている<sup>5)</sup>。

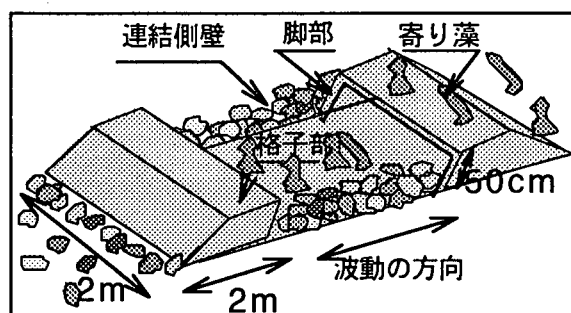


図-5 藻留め工のトラップ方式の例<sup>3)</sup>

本研究では藻留め工の形式は流れを透過させるスクリーン型、流れ藻を捕捉・滞留させるトラップ方式とする。そのため、最初に模型海藻を用いた二次元水理実験によりスクリーンの開孔率と高さに対する流れ藻の滞留効果を明かにする。さらに、その結果に基づいて、実際の海域に設置できるブロック構造物を提案し、次章で耐波浪安定性について検討する。

#### 3.2 流れ藻捕捉効果の水理実験

##### (1) 実験の目的

スクリーンを模擬した透過板と流れ藻を模型化した模型海藻を用いた水理模型実験により、種々の波浪条件と定常流に対して定性的な模型海藻の移動状況を調べ、静穏時に流れ藻を効果的に集める藻留め工の開孔率と高さを明らかにする。

##### (2) 実験の方法

水理模型実験は模型縮尺を1/25とし、図-6に示す当所の長さ50m、幅0.9m、高さ1.2mの二次元水路を用いて行った。

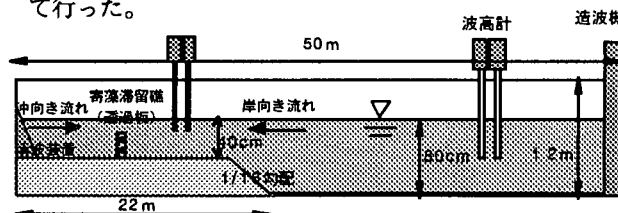


図-6 二次元造波水路と実験装置概要

透過板は厚さ 2 cm（現地換算50cm）の木製板を用いて、直径 2 cm（現地換算50cm）の孔を不規則に開けた透過板とし、透過板面積に対する開孔率  $\sigma$  は 0, 10, 30 %, 透過板の高さを現地換算（以後の数値は現地換算とする）で 1 m, 2 m, 4 m とした。

外力としての波浪は透過板設置水深 10 m において、有義周期  $T_{1/3} = 7.0$  s と 13 s に対して有義波高  $H_{1/3} = 1.0$  m, 2.0 m, 有義周期  $T_{1/3} = 9.0$  s に対しては有義波高  $H_{1/3} = 0.5$  m, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m を作用させ、容量式波高計により測定した。定常流は水路の外に配管した管路とポンプにより、現地換算流速 5 cm/s の冲向き流れを発生させ、電磁流速計によりその流速を測定した。上記の透過板条件、波浪条件などの実験ケースを表-4 に示す。

表-4 透過板の水理模型実験ケース

| 実験  | 透過板高 | 開孔率          | 定常流 | 周期            | 波高              |
|-----|------|--------------|-----|---------------|-----------------|
| Cas | r(m) | $\sigma$ (%) | 有無  | $T_{1/3}$ (s) | $H_{1/3}$ (m)   |
| 10  | 無し   |              | 無,有 | 7,9,11        | 0.5,1.0,1.5,2.0 |
| 20  | 1.0  | 0,10,30      | 無   | 7,9,11        | 0.5,1.0,1.5,2.0 |
| 30  | 2.0  | 0,10         | 無,有 | 7,9,11        | 0.5,1.0,1.5,2.0 |
| 40  | 4.0  | 0,40         | 無   | 7,9,11        | 0.5,1.0,1.5,2.0 |

### (3) 模型海藻

模型海藻は川俣の実験<sup>6)</sup>のアイデアに倣い厚さ 0.02 mm のセロハンを用い、それを長さ 6 cm, 幅 2 cm の長方形に切り、さらに長さ方向に 5 cm の刻みを 3 つ入れた形状で、重さ 37.6 mgf, 沈降速度 0.8 cm/s である。なお、この流れ藻の模型は模型縮尺 1/25 であるので、フルードの相似則により現地換算すると葉長 1.5 m, 葉幅 50.0 cm, 沈降速度 4 cm/s の海藻に相当する。この模型海藻の形状と沈降速度について、表-1 の実物カジメと比較すると、平面積当たりの重量は模型海藻の方が大きい、平面形状はオーダー的に相似で、沈降速度もほぼ同程度である。実験の観察では模型海藻は流れの向きに移動し、また、流れの速度が増加するに従って変形が大きくなり、流れに対して柔軟性が見られた。このようなことから、定性的ではあるが、初期の目的に適合していると判断した。

実験は、最初に、構造物がない海底上に 10 数個の模型海藻を撒布し、波・流れ作用後に模型海藻の移動状況を目視により観測した。次に、水路内に種々の透過板を設置し、透過板から沖側と岸側に 20 m 相当地点に模型海藻を撒布し、構造物がない場合と同様にその移動状況を目視により観測した。

模型海藻の移動状況は、撒布した模型海藻が元の位置から全く移動しない場合を停滞、元の位置から約 20 m 岸側または沖側に移動した場合を流出、元の位置から透過板基部にトラップされた場合を滞留、元の位置から透過板基部にトラップされず透過板の天端を超えた場合を飛び越えと判定した。

### 3. 3 水理実験結果と考察

表-5 は模型海藻の移動状態の結果を概略まとめたも

のである。以下に透過板の高さと開孔率に対する流れ藻の移動状況について述べる。

最初に、透過板が無い自然海浜における波と定常流に対する模型海藻の移動状況を見る。周期が 9 s で波高が 0.5 m 以下の場合、模型海藻は移動せず元の位置に停滞している。これに対して、波高が 1.5 m 以上になると、停滞していた模型海藻は波により輸送され岸方向に流出する。また、波高が 0.5 m で停滞していた模型海藻は沖方向への一様な定常流が作用すると、岸方向の輸送力と冲向きの流れが釣り合い、そのため元の位置に停滞する。

表-5 透過板の実験結果

| 実験  | 透過板高 | 開孔率          | 潮流 | 周期            | 波高            | 模型海藻    |
|-----|------|--------------|----|---------------|---------------|---------|
| Cas | r(m) | $\sigma$ (%) | 有無 | $T_{1/3}$ (s) | $H_{1/3}$ (m) | 移動状況    |
| 11  | 無し   |              | 無し | 9.0           | 0.5           | 停滞      |
| 12  | 無し   |              | 無し | 9.0           | 1.5           | 岸方向へ移動  |
| 13  | 無し   |              | 有り | 9.0           | 0.5           | 沖方向へ移動  |
| 14  | 無し   |              | 有り | 9.0           | 1.5           | 停滞      |
| 21  | 1.0  | 0.0          | 無し | 9.0           | 1.5           | 飛び越え岸側へ |
| 22  | 1.0  | 10.0         | 無し | 9.0           | 1.5           | 沖側基部に滞留 |
| 23  | 1.0  | 30.0         | 無し | 9.0           | 1.5           | 沖側基部に滞留 |
| 31  | 2.0  | 0.0          | 無し | 9.0           | 1.5           | 沖側基部に滞留 |
| 32  | 2.0  | 0.0          | 有り | 9.0           | 1.5           | 停滞      |
| 33  | 2.0  | 10.0         | 無し | 9.0           | 1.5           | 沖側基部に滞留 |
| 34  | 2.0  | 10.0         | 有り | 9.0           | 1.5           | 沖側基部に滞留 |
| 35  | 2.0  | 30.0         | 有り | 9.0           | 1.5           | 停滞      |
| 41  | 4.0  | 0.0          | 無し | 9.0           | 1.5           | 沖側基部に滞留 |
| 42  | 4.0  | 30.0         | 無し | 9.0           | 1.5           | 沖側基部に滞留 |

次に、透過板を海底に設置した場合における透過板の高さ、開孔率に対する流れ藻の挙動について見る。周期 8 s, 波高 1.5 m に対して開孔率 10 %, 高さ 1 m の透過板は透過板が無い場合岸方向に流出した模型海藻は透過板基部に滞留する。しかし、高さが同じ 1 m で開孔がない場合は透過板を飛び越え、岸側に移動・流出する。同様の波浪条件に対して、開孔が無く高さ 3 m の透過板では、透過板の滞留効果が見られるが、沖方向への一様な定常流が作用すると、模型海藻は沖側に流出する。

このような結果から、静穏時に流れ藻を効果的に滞留させる藻留め工の開孔率は 10 ~ 30 % の範囲であり、その高さは  $r/h = 0.2$  程度であると判断した。

## 4. ブロック型藻留め工の耐波浪安定性

### 4. 1 耐波浪安定水理実験

ここでは前章の透過板の流れ藻滞留効果の結果を踏まえ、現地に適用できるトラップ方式による藻留め工ブロックの耐波浪安定性を検討するために、透過板の実験と同じ二次元造波水路を用いて模型縮尺 1/25 の不規則波の水理模型実験を実施する。水路内には海底勾配 1/30 の斜面上に図-7 に示す天端幅 1.2 m, 法勾配 1/2, マウンド孔率 20 %) を作成し、その開孔部を水平方向と鉛直方向としてマウンド上に一層で並べ、開孔の向きに対する耐波浪安定性の差の検討を実施した。

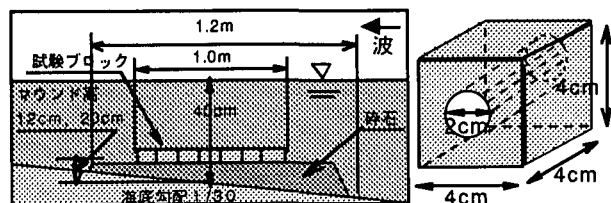


図-7 実験用マウンド断面 図-8 開孔立方体

耐波浪安定実験は周期 ( $T_{1/3} = 8.2s, 12.0s, 13.7s$ ) を固定して、試験ブロックが移動する波高まで順次増大させ、移動する波高の最高値を求めた。その後、マウンドの高さを変化させ、同様の実験を繰り返した。

試験ブロックの耐波浪安定性については、波作用に対して最も不安定な沖側最前列のブロックに着目し、波作用中と作用後の試験ブロックの挙動を目視により次の4つに分類して評価した。

- (a) 安定：試験ブロックの総てが波作用中不動状態。
- (b) 微動：試験ブロック 2～3 個が微かな上下動をし、作用後初期の位置にある状態。
- (c) 動揺：試験ブロック数個以上が大きな上下動をし、作用後初期の位置にある状態。
- (d) 移動：ブロック数個が初期位置から移動する状態。

#### 4. 2 水理実験結果と考察

### (1) 耐波浪安定性の評価法

試験ブロックの耐波浪安定性は、流れに対する被覆石の所要重量を与える米国のShore Protection Manual<sup>7)</sup>の算定式を変形した式(1)で評価することにした。因みに、規則波実験による移動限界流速から方塊は1.01、被覆石は1.42の値が得られている<sup>8)</sup>。なお、(2)式の $U_{max}$ は微小振幅波理論で計算される試験体直上の最高水平流速振幅である。

$$\text{Fr} = \frac{\gamma r^{1/6} \cdot U_{\max}}{g^{1/2} (S_L - 1)^{1/2} W^{1/6}} \quad (1)$$

$$U_{\max} = \pi H_{\max} / T \sinh(2\pi d/L) \quad (2)$$

ここに、 $W$ は試験体の重量、 $\gamma_t$ は試験体の単位体積重量、 $H_{\max}$ は最高波高、 $g$ は重力の加速度、 $d$ はマウンド水深、 $Fr$ は試験体の安定係数、 $S_r$ は海水に対する試験体の比重である。

## (2) ブロックの安定係数

図-9と図-10は、試験ブロックの相対水深 $H/d$ に対する $F_{rc}$ を安定評価の記号でプロットしたものである。これらの図から、試験ブロックの安定限界係数 $F_{rc}$ は最小の移動限界値とすると、鉛直開孔ブロックは $F_{rc}=1.25$ で水平開孔の $F_{rc}=1.10$ より安定性が高い。このことから、流れ藻を効果的に集めるためのブロック中に水平開孔は耐波浪安定性を低くする構造であると考えられる。

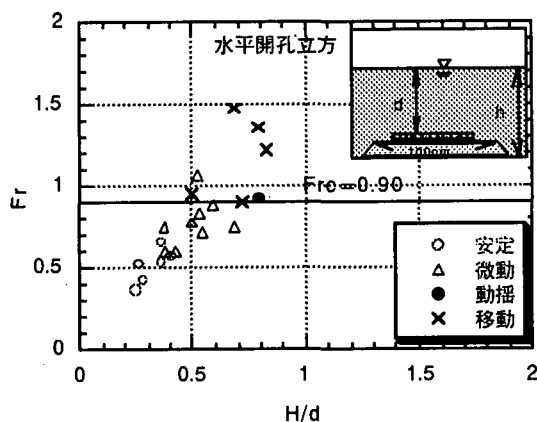


図-9 水平開孔立方体ブロック

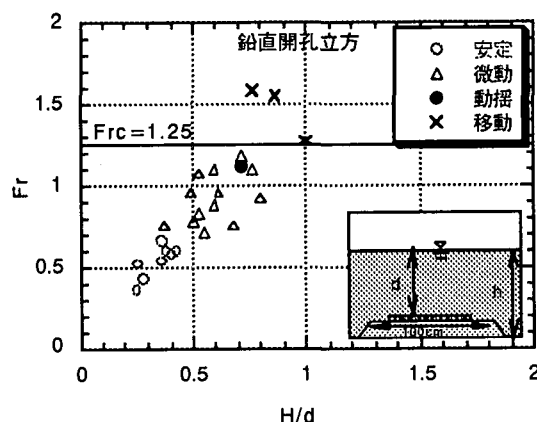


図-10 鉛直開孔立方体ブロック

従って、実用的な藻留め工ブロックの構造は耐波浪性観点からブロックの開孔は鉛直開孔を有し、また、耐波浪性と流れ藻を効果的に集める観点から開孔部はブロックの中に水平開孔を作るのではなく、ブロック底面の4角に脚を取り付けるなどして、水平方向の開孔を作る方が良いと考えられる。

#### 4. 3 藻止めエブロックに作用する海藻經由の波力

設計波に対するブロックの所要重量は(1)式を変形した次の(3)式により計算することができる。

$$W = \frac{\gamma_i \cdot U_{\max}^6}{g^3 (Sr - 1)^3 Fr^6} \quad (3)$$

ここに、 $U_{\max}$ は最大水平流速振幅、 $W$ はブロックの所要重量、 $\gamma_r$ はブロックの単位体積重量 ( $2.3 \text{ tonf/m}^3$ )、 $g$ は重力の加速度、 $Frc$ はブロックの安定限界係数、 $Sr$ は海水に対する試験体の比重である。

しかし、このような藻留め工ブロックに海藻が着生すると海藻を経由した波力も基盤へ働くため、ブロックに直接作用する波力に対する安定性のみで設計された重量では不安定になる可能性がある。

そのため、藻留め工ブロックの耐波浪安定設計では従

1.0m  
0.75m  
6m  
側面開孔率 10~30%  
潮流  
波向  
海中林  
藻留め工  
藻留め工ブロック  
長さ約10m  
ブロック拡大図

$$F_z = 0.25 C_d (w_0 S u_p^2) / (2g) \quad (4)$$

$$S/A = 0.9 \times \text{EXP} \{-w/20 \text{ (cm/s)}\} + 0.1 \quad (5)$$

$$u_n = \{ \pi H \cosh(2 \pi d / L) \} / \{ T \sinh(2 \pi h / L) \} \quad (6)$$

反比例する。

(3) 静穏時に流れ藻を効果的に集める流れ藻藻留め工の構造は開孔率が10～30%程度、高さは水深の約2割程度必要である。

(5) 流れ藻を効果的に集める水平方向の開孔はブロックに孔を設けるよりブロックよりブロックに脚を取り付けた形状の方が耐波浪安定性が高い。

謝辞：本研究は通産省資源エネルギー庁の委託研究で行なったものである。ここに、関係各位に厚く感謝します。

## 参考文献

1) 大野正夫：21世紀の海藻資源－生態機構と利用の可能性－，水産学叢書2，緑書房，1996.

2) 川俣 茂：餌料としての流出海藻とその滞留施設，  
月刊海洋科学，20pp.369～376，1988.

3) 川俣 茂：磯根漁場における流れ藻の挙動とその捕捉装置の開発，海岸工学論文集，第39巻，pp.891～895，1992.

4) 神奈川県水産試験場：放流魚場高度利用技術開発事業，神水試資料No.346，pp.1-25，1988.

5) 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針：全国沿岸漁業振興開発協会，pp.172～179，1993.

6) 川俣 茂・萩野静也：二次元一様流中における平板型流れ藻滞留施設について，水産土木，23 (2)，pp. 1~11, 1987.

7) SHORE PROTECTION MANUAL : U.S.ARMY  
COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER ,  
VOLUME II. pp.249~253. 1984.

8) 長谷川寛, 平口博丸, 寺脇利信, 川崎保夫: 海中林の造成基盤設計について, 土木学会, 海洋開発論文集, Vol.8, pp.379~384, 1992.

9) 長谷川寛: 藻場基盤に作用する海藻經由の波力について, 土木学会論文集No.621/Ⅱ-47(印刷中), 1999.

流れ藻の移動現地調査、模型海藻を用いた藻留め工構造に対する捕捉効果実験および耐波浪水理模型実験から以下のことが判った。

(1999.4.19 受付)