

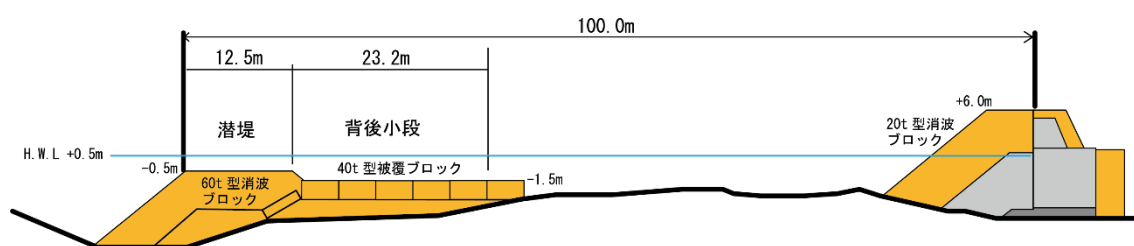
8.3 二重堤による藻場造成の取り組み（北海道久遠漁港）

(1) 事業整備の概要

久遠漁港では、南防波堤と南護岸に越波対策を図るとともに、周辺海域において磯焼けの進行に伴う藻場の消失を防ぐため、藻場造成機能を確保する背後小段付き潜堤の二重堤を築造した（図 8-3）。



図 8-3 背後小段付き潜堤



※着色は、整備・改良した箇所を示す。

図 8-4 背後小段付き潜堤（断面図）¹⁾

当海域における磯焼けの要因は、平成 20 年度から平成 25 年度にかけて実施された海域生態調査の結果から、以下の 3 つが挙げられる。

- 高水温および貧栄養化による海藻の生産性低下
- 磯焼けによる海藻のタネ不足
- キタムラサキウニによる食害

特に、平成 25 年度の調査では、キタムラサキウニが平均で 8～9 個/㎡と非常に高密度で分布していることが確認された。

このため、藻場造成の設計にあたっては、以下の点を重視した。

- 藻場の生長を促進するための適切なウニの侵入防止対策
- 過剰な摂餌を抑制するためのウニの密度および育成管理
- 周辺水域への栄養塩供給を目的とした施肥機能の導入

(2) ハード対策

潜堤の整備による効果（越波対策）は、天端水深を浅くすることで碎波点を強制的に沖側へ移動させ、背後に位置する防波堤や護岸に到達する波のエネルギーを低減する構造とした。また、潜堤背後に小段を設置することで背後の水流を妨げず、天端上の波浪流速を高めてウニの摂餌圧を減少させることを期待した。背後小段の天端高さは、コンブの初期生長期（1～3月）における月別有義流速の累加出現率が30～40%以下となる条件を満たすように、数値シミュレーションにより-1.5mに設定した（図 8-4）。

(3) ソフト対策

潜堤背後の1.1haを対象とし、ウニ密度適正管理および栄養塩の供給、母藻の育成管理を表 8-2 に示すとおり対策を表 8-3 のスケジュールで行うこととした。

表 8-2 ソフト対策内容

重点方針	課題	着眼点	対策
- 藻場の生長を促進するための適切なウニの侵入防止対策 - 過剰な摂餌を抑制するためのウニの密度および育成管理 - 周辺水域への栄養塩供給を目的とした施肥機能の導入	ウニの食害	- ウニの再加入の防止 - 摂餌圧の抑制 - コンブの繁茂	ウニフェンス ウニ密度管理
	海藻（コンブ）のタネ不足	- 天然コンブ場の有無 - 子嚢斑形成までのコンブの残存	母藻ロープの設置 （タネ付、タネなし）
	栄養塩不足	施肥ブロックパネルの有無による発芽を比較し、栄養塩不足を判断	施肥ブロックパネル※ ※栄養塩を添加したコンクリートパネル（39×39×15cm）
	石灰藻の付着による基質不足	石灰藻の剥離有無によるコンブの発芽を比較し、石灰藻による着生阻害を判断	岩盤剥離

表 8-3 ソフト対策スケジュール

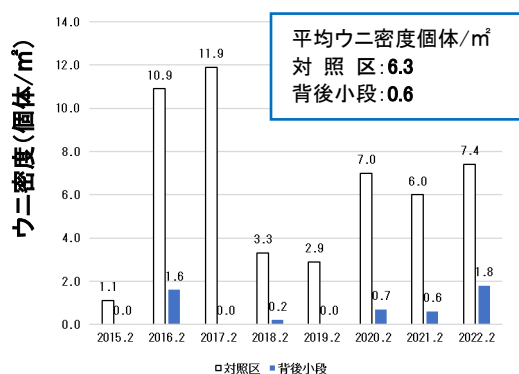
対策/年月日	2014 年		2015 年												2016 年	
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
ウニフェンス	●											○				
ウニ密度管理	●			●					●				●			
母藻ロープ	●		●	○				○	○			○				○
施肥ブロック	●			○				○	○			○				○
岩盤剥離	●			○				○	○			○				○
藻場調査				○				○	○			○				○

●：対策実施、○：モニタリング調査

(4) モニタリング調査

平成 26 年度から令和 4 年 2 月までの期間にわたり、背後小段周辺でモニタリング調査を実施した。その結果、海藻類の初期生長期において、背後小段では対照区（天然岩礁）に比べてウニの生息密度が低く抑えられていることが確認された（図 8-5）。さらに、背後小段ではホソメコンブとワカメの藻場が造成され、7 年間の 6・7 月平均現存量を見ると、対照区の 452.6g/㎡に対して、背後小段では 3 倍以上の 1,732.6g/㎡を記録した。また、対照区では海藻の生育が見られない年があった一方で、背後小段では藻場が継続的に造成されていた（図 8-6、図 8-7）。

これらの結果から、設計時に想定した通り、背後小段を高天端とすることで、海藻の初期生長期においてウニの摂餌行動を抑制する流動環境を創出し、コンブ場などの造成に適した環境が実現したと推察する。



対照区(天然岩礁): 水深-1.7~-6.0m

背後小段: 天端高-1.0~-2.3m

図 8-5 ウニ生息密度の推移 (2 月)

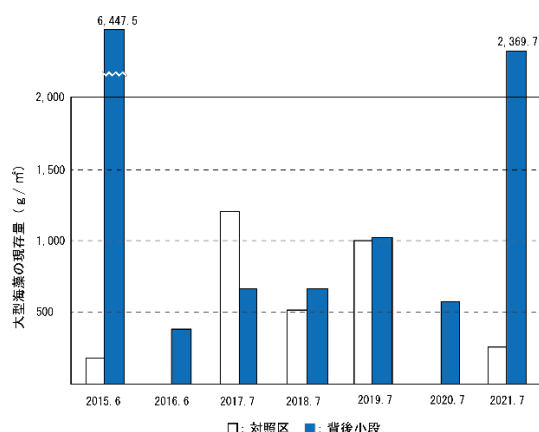


図 8-6 背後小段の大型海藻の現存量
(6・7 月)

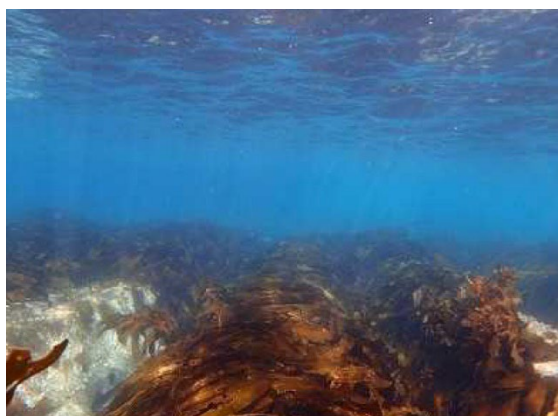
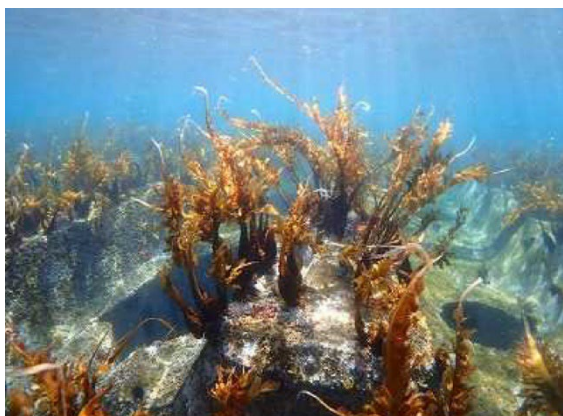


図 8-7 背後小段の海藻の繁茂状況 (令和 3 年 7 月)

(5) 施肥パネルの効果

背後小段の被覆ブロックに施肥ブロックパネル（39×39×15cm）を設置した結果、施肥パネルに着生したコンブの平均長さは 90.5cm となり、対照区の約 20cm を大きく上回る生長が確認された。これにより、施肥パネルに着生したコンブの方が生長速度が速いことが明らかとなった。

(6) 母藻ロープの効果

母藻ロープへの海藻繁茂状況を調査した結果、タネ糸付きロープではタネ糸なしロープに比べてコンブの着生本数が多く、一定の効果が確認された。なお、タネ糸なしのロープにもコンブが着生することが分かったが、設置時期によっては着生する種が異なることが明らかになった。

(7) ユニフェンスの効果

刺し網素材を使用したユニフェンスは、ウニの駆除を併用することで、対照区（未対策）と比較してウニの個体数を約 3 分の 1 に抑制する一定の効果が確認した。しかし、刺し網は海底面との擦れによる損傷が酷く、効果の持続期間が約 8 ヶ月と短いことが判明した。

そこで、ウニフェンスで侵入を防止するのではなく、侵入してきたウニを効率的に捕捉し、捕捉後は再び外に逃げない仕組みの「カゴ式試験礁」を開発した。この試験礁は、水深の深い場所でのウニ駆除を行う漁業者にも役立つことが期待されている。

試験の結果、試験礁にコンブを投餌することでウニを効率的に収集・捕獲できることを確認した。また、ウニが再びカゴ外に逃げないように取り付けた「防鳥針」は、千鳥に配置し、針の間隔よりも殻径、殻高が大きいウニは、逃走を防げることが明らかになった。

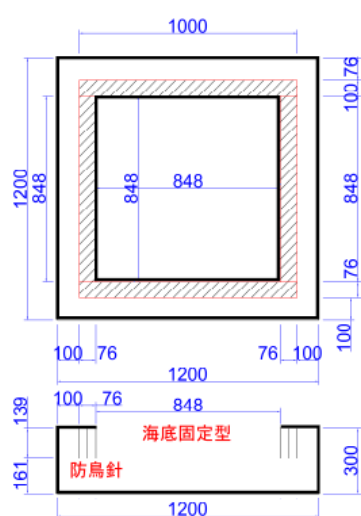
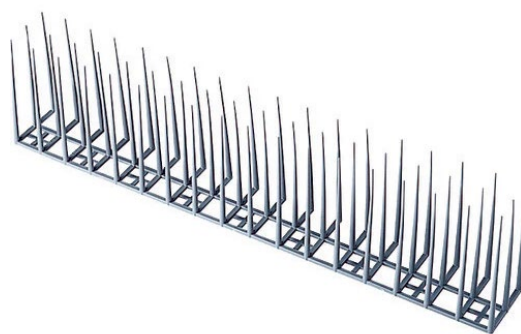


図 8-8 ウニ捕獲用力ゴ式試験礁



防鳥針:ハトプロテクターⅡ型

針本数:54本

針 高:142mm

寸 法:幅 76mm×長さ 600mm×トゲ高さ 146mm

図 8-9 防鳥針の規格

8.4 防波堤の腹付け工による藻場造成の取り組み

高知県須崎港は、リアス式海岸に位置する天然の良港であり、津波の影響を受けやすい地域である。過去には大きな津波被害を受けており、東日本大震災後には粘り強い構造への補強の改良工事により、防波堤背後に浅場が創出されたので、平成26年から令和3年度にかけて藻場造成の実証試験が実施した。

実証試験箇所は、春から初夏にかけて、南方系のホンダワラやテングサ等の藻場が造成されるが、周辺は植食動物の食害による磯焼けが問題となっているため、水産多面的機能発揮対策事業と連携し、ウニ除去を行うことで藻場の保全が進められている(図8-10)。また、造成された約0.2haのガラモ場は、年間約1.3tの二酸化炭素(CO₂)を固定すると見込まれている。

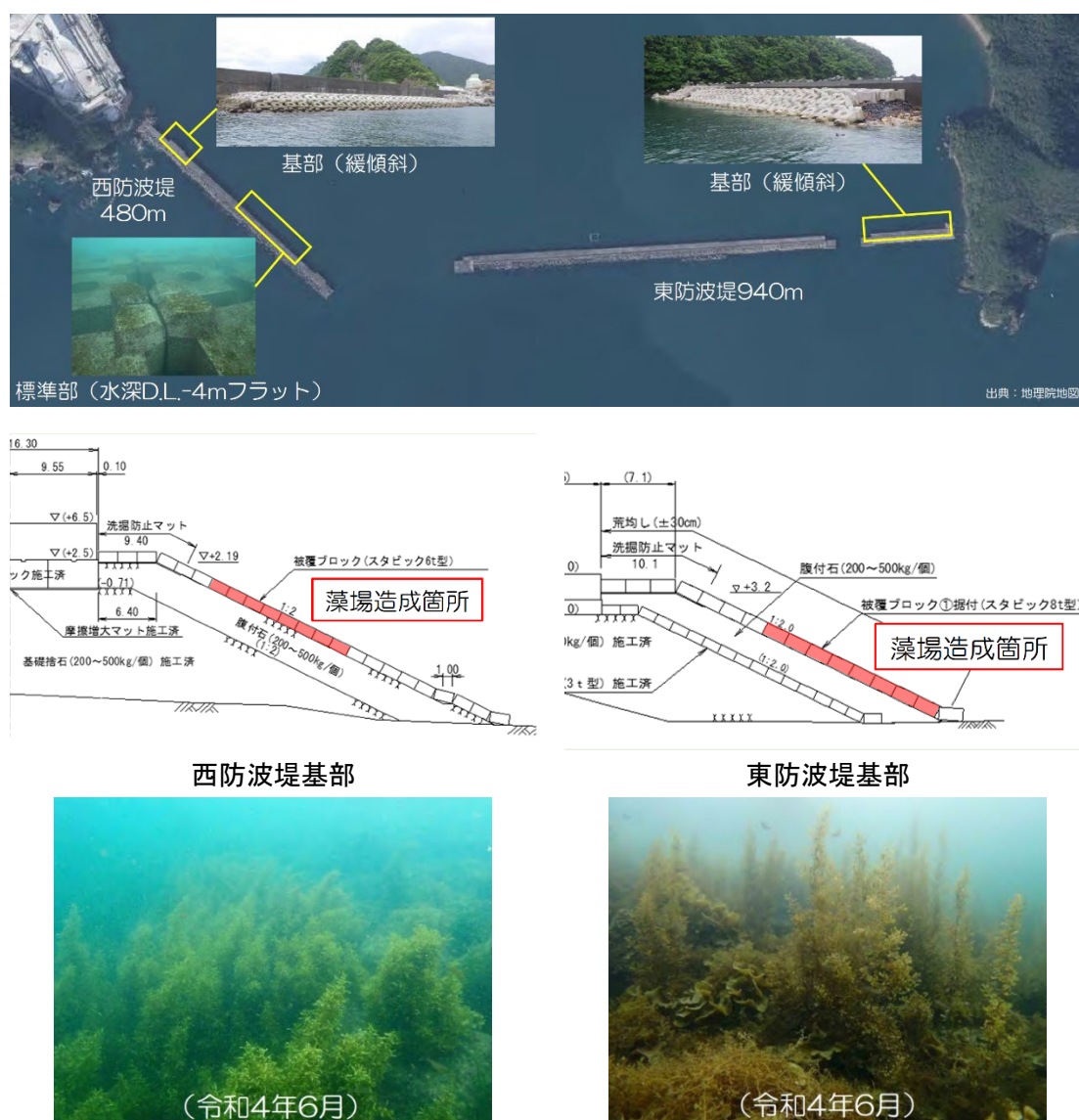


図 8-10 須崎港の藻場造成実証試験箇所

8.5 流れと海藻のタネの到達範囲の関係

防波堤の整備に伴い消失する天然藻場の代替藻場として、潜堤付き幅広捨石マウンド混成堤を整備した。藻場マウンドには、比較的浅い水深帯から海藻が繁茂したが、深い水深帯（-8m）では繁茂が遅れていた。この原因を解明するため、藻場マウンド周辺の流況を観測し、海藻幼胚の到達距離と藻場マウンドの位置関係について数値的な検討を行った。

現地調査では、海藻のタネが放出される時期の遊水部の流況を把握するための流況調査と、藻場分布調査を実施した。また、母藻を採取して海藻のタネの沈降速度を測定した。数値計算では、以下の計算式を用いて、代表的な海藻のタネを任意の位置から一定の時間間隔で放出させ、実測流速データを用いて、水平2方向への移流と沈降をシミュレーションし、着底地点を推定した。

$$X = \int_{\tau}^{\tau_{\max}} u(t) dt \quad \text{----- (式 8.1)}$$

X : 着底地点までの距離 (m)

$u(t)$: 実測流速時系列

t : 観測時刻

τ : 幼胚の放出時刻

$\tau_{\max}$: 幼胚が海底面に到着する時刻

調査の結果、深場で優占するノコギリモクは、遊水部の端部でわずかに確認された。数値計算の結果では、イソモクとノコギリモクの代表的な繁茂位置から幼胚を放出した際のタネの着生分布を図 8-11 に示す。この図から、深場に優占するノコギリモクのタネは、遊水部の端部までしか届かず、その平均到達距離は 8.2m と短い。一方、浅場に優占するイソモクは、潜堤の沖側先端付近まで輸送されている。この結果は、藻場分布と概ね一致しており、流動が比較的弱い領域では、ホンダワラ類の海藻のタネが重いため、沈降速度が速く、深場に生育する種ほど拡散範囲が狭いことが考えられる。

したがって、ガラモ場を造成する場合は、天然藻場と整備予定箇所の位置関係やホンダワラ類の成熟時期の流動環境に留意し、藻場マウンドまで海藻のタネが輸送される可能性を検討する必要がある。海藻のタネが届かない場合は、スポアバック等の積極的なタネ供給を検討することが有効である。タネの供給方法については、「磯焼け対策ガイドライン 第 7 章 D4. 海藻のタネの供給」を参考にするとよい。

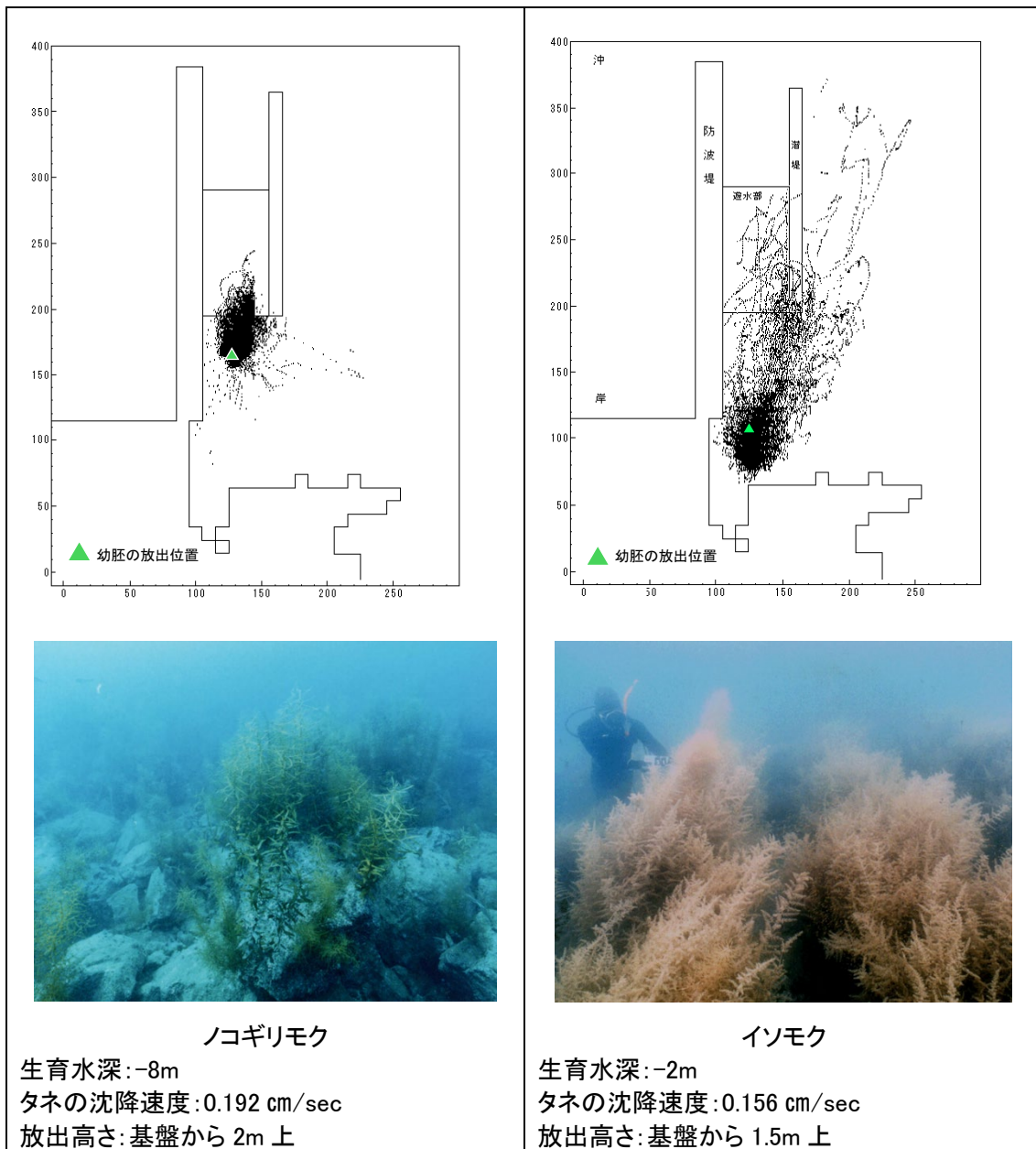


図 8-11 海藻のタネの到達範囲予測

8.6 施工時期と藻場造成の関係

富来漁港では、潜堤部の被覆ブロックの据付時期により、海藻の遷移に差が確認された。5月に据付されたブロックでは、イソモクが早期に入植し、その後ヤツマタモクやマメタワラが順調に遷移して安定した。9～10月に据付されたブロックでは、カキが優占し、小型海藻のアオサやフクロノリが一時的に繁茂するのみであった(図 8-12)。ホンダワラ類が成熟する直前の3月、ダイバー2名がスクレーパを用いて被覆ブロックのカキ殻を削り取った。同年10月にはホンダワラ類の幼体が確認され、その後も順調に遷移が進んだ。

ブロックに海藻を定着させるには、海藻の成熟期を考慮して施工時期を決定する必要がある。競合する付着生物が優占する場合は、海藻の成熟期前に付着生物を除去することが有効である。付着生物除去の有効性については、「磯焼け対策ガイドライン コラム 7-D5-2 付着生物の除去による海藻の繁茂」を参考にするとよい。

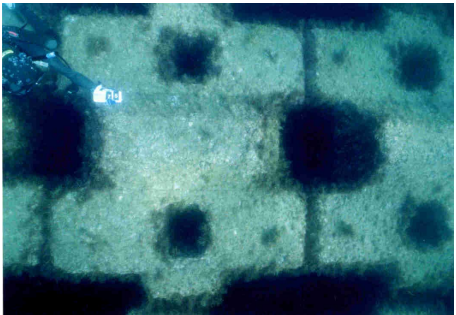
撮影年月	1998 年 5 月据付	1998 年 7 月据付
2000.10 2 年後		
2002.10 4 年後		
2015.5 17 年後		

図 8-12 施工時期の違いによる海藻遷移の違い（同型ブロック）