

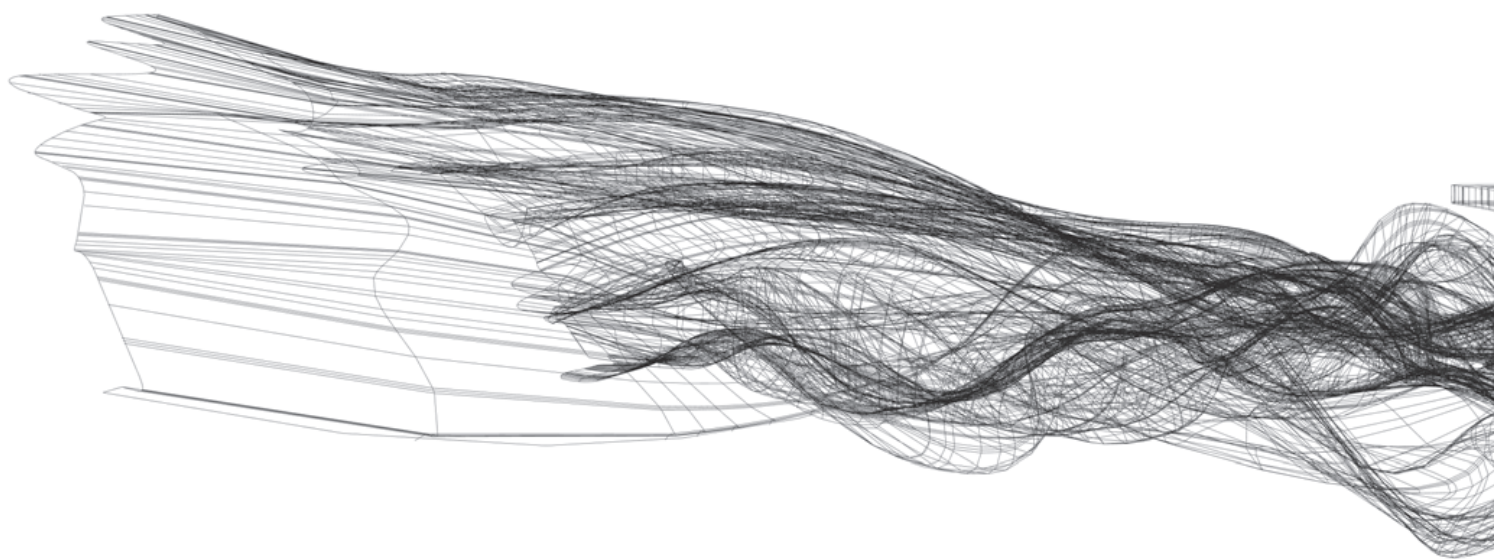
# tri-structure による藻場再生プログラムの研究

## 海浜環境における「からみ・ほぐし」造形論

A Study of tri-structure, Restoring Program of Seaweed Forest -The theory of "intertwist and disentangling" design.

丹 洋祐

主査 : 山下 秀之 (長岡造形大学教授)  
副査 : 曾宇 泰子 (元長岡造形大学教授)  
副査 : 小川 一行 (長岡造形大学非常勤講師)



The tri-structure is a structural framework that is analogous to a tree. To restore the abundant seashore environment destroyed during the development of harbors and bays, I propose a system of artificial seaweed forests.

In addition, tri-structure is made in a "intertwist and disentangling" design. This "intertwist and disentangling" design concept is one I discovered while studying the space geometry of seashore environments.

Keywords: tri-structure, seaweed forests, intertwist, disentangling, structural framework, carbonfiber  
tri-structure, 藻場、からみ、ほぐし、構造架構体、炭素繊維

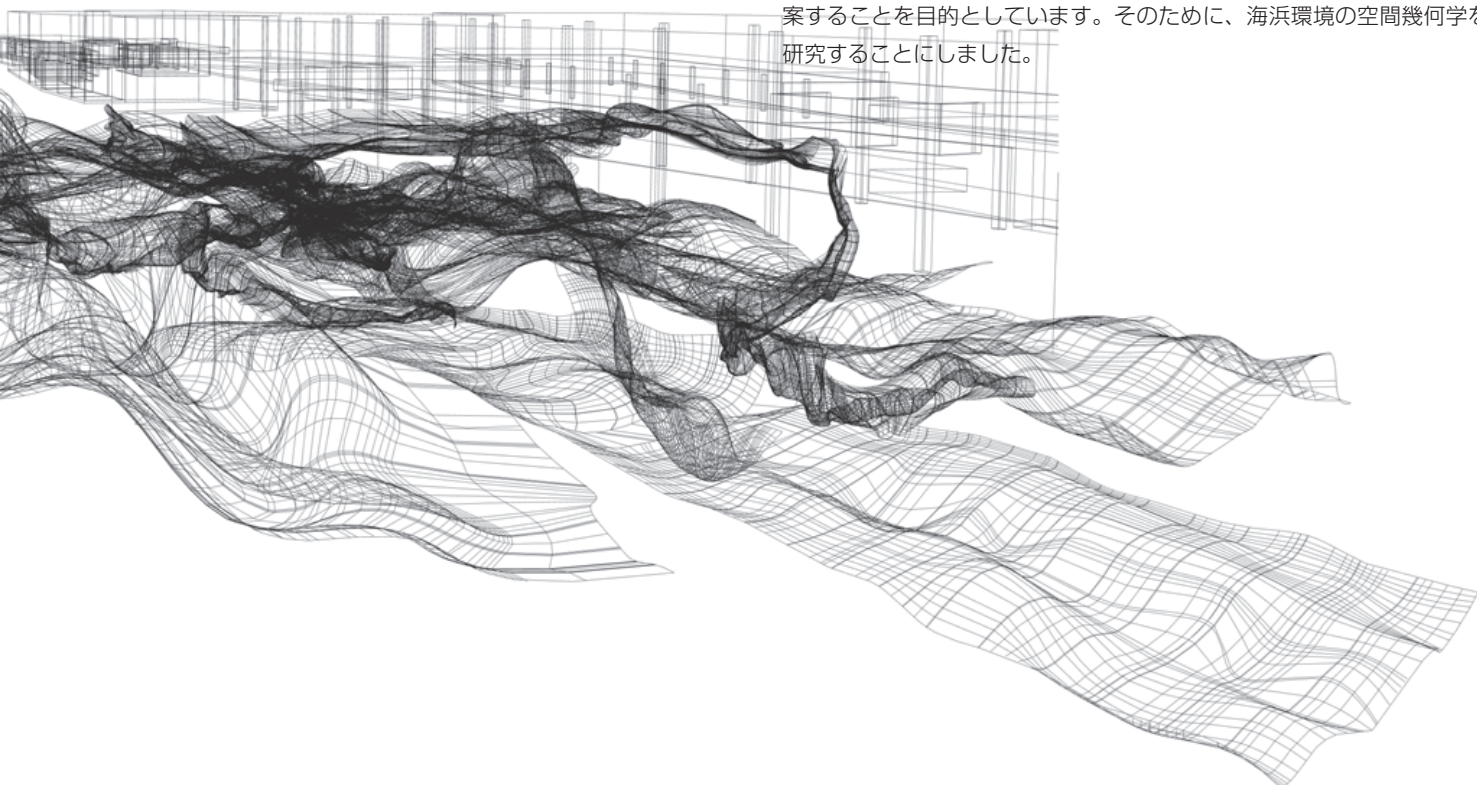
## はじめに

いま、「海が枯れている」ということをご存知でしょうか。実は、陸上だけでなく、海の中でも森林破壊と砂漠化の問題が起こっています。

海の森は、多種の海藻が繁茂し複雑にからみ合う豊かな森です。そこは水質浄化や生物多様性を維持する役割も果たしており、沿岸域の豊かな生態系を支えてきました。

豊かな海浜環境は、複雑に入り組んだ海岸地形と、寄せては返す水の流れが、スケールを問わず、からみ合うことと、ほぐされることを繰り返しています。そこは、まるで手編みのテキスタイルのように美しくゆらぎ、不均一な波打ち際によって、陸と海との境界が曖昧につながっています。対して、近代以降の海浜環境は、直線的にコンクリート護岸で整備され、どこも同じような灰色の風景が広がっていきました。そこでは、水の流れが産業的に制御された結果、陸と海は明確に分断されています。そこには、豊かな生態系が育まれることはありません。

この研究は、失われてしまった豊かな海の森を取り戻すための手法を考案することを目的としています。そのために、海浜環境の空間幾何学を研究することにしました。



tri-structure による海中ランドスケープのイメージ

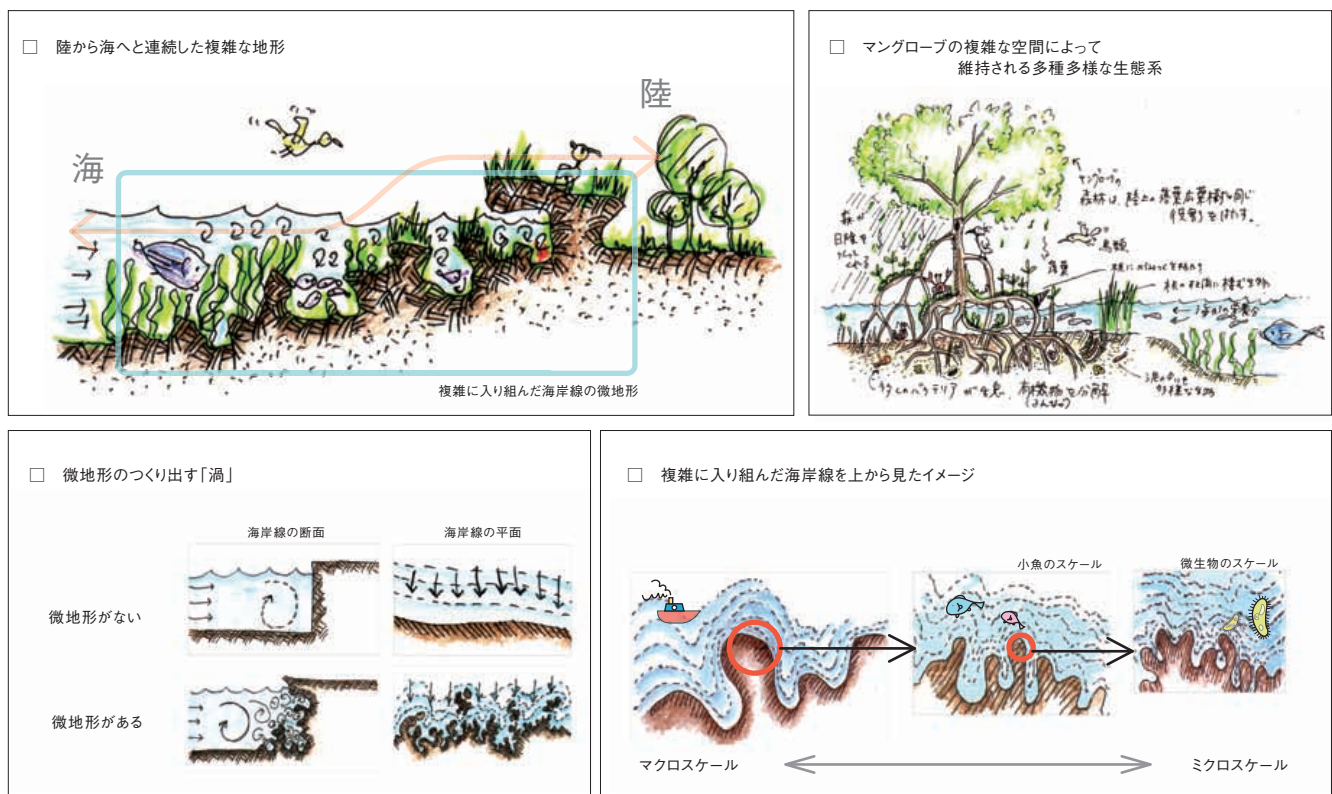
## 1 海浜環境の空間幾何学の分析

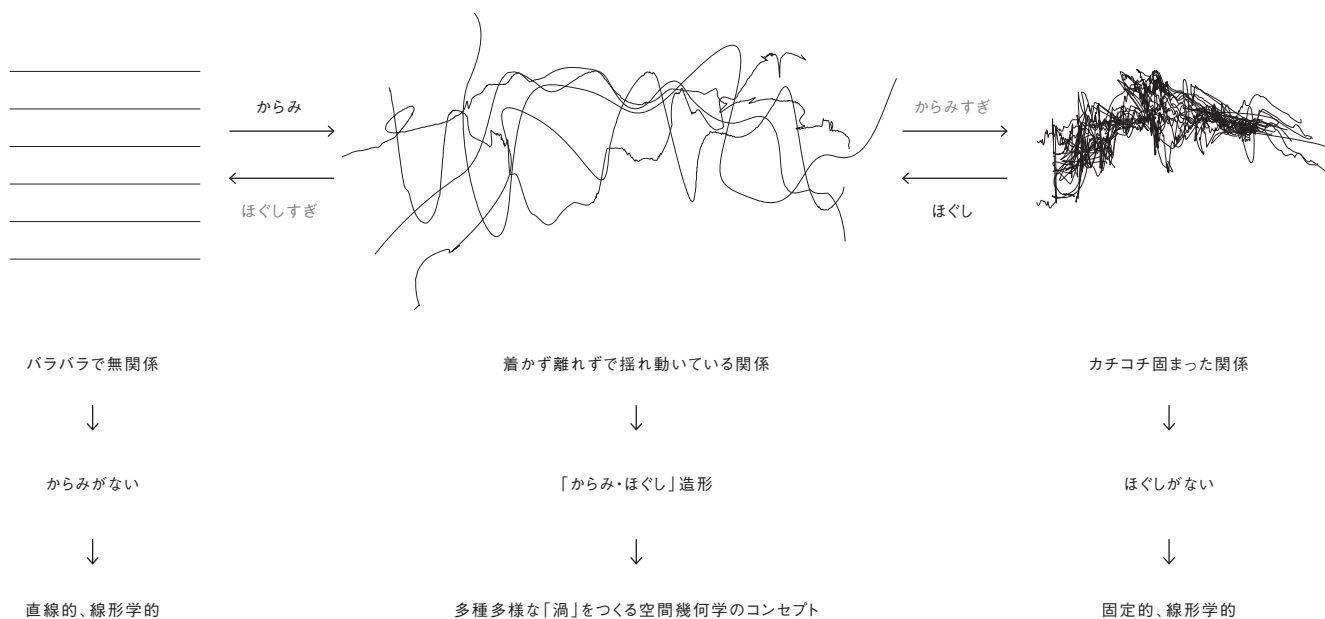
- 1 干潟
- 2 マングローブ
- 3 磯場
- 4 藻場
- 5 人工藻場
- 6 複合養殖の場

海浜環境の空間幾何学を理解するために、以上の6つの環境について分析を行った。これらの海浜環境には、共通点として「陸から海へ連続する複雑な地形」と「水流と地形の絡み合う関係」がみられる。それらの共通点は、陸と海との曖昧な境界と、常に揺れ動く波打ち際をつくり、水流と地形との着かず離れずで揺れ動いている関係をつくり出す。

さらに、海岸線の空間幾何学は、フラクタル構造をもち、マクロスケールから微生物のミクロスケールまで、複雑に入り組んだ微地形がある。そのような波打ち際は、水流に多種多様な「渦」をつくり出す。多種多様な「渦」によって、水中には多くの酸素が取り込まれ、微生物に供給される。微生物の活動は活性化し、物質循環が維持され、豊かな海浜環境が育まれることがいえる。

つまり、豊かな海浜環境は、陸から海へ連続する複雑に入り組んだ波打ち際と、水流と地形のからみ合う関係によって、水流に多種多様な「渦」をつくる空間幾何学をもつ。





「からみ・ほぐし」造形のダイアグラム

## 2 「からみ・ほぐし」造形について

海浜環境の分析から分かった豊かな海浜環境のもつ空間幾何学を「からみ・ほぐし」造形と名付け、定義を行う。

本研究では、

「からむ」とは、無関係だったものが関係をもつこと。  
「ほぐす」とは、固まった関係を緩めること。

と解釈する。2つの動きが同時多発的に起こっている中間の状態には、「着かず離れずで揺れ動いている関係」が生じる。それを、「からみ・ほぐし」造形と認識する。

これより、豊かな海浜環境を扱うための「からみ・ほぐし」造形とは、着かず離れずで揺れ動いている関係を持ち、多種多様な「渦」をつくり出す空間幾何学であると定義する。

したがって、次のことがいえる。

豊かな海浜環境は、「からみ・ほぐし」造形をもつ  
(環境学的側面についての結論)

「からみ・ほぐし」造形の基本形  
異なる2つの系が、からみ合い、ほぐされながら混じり合っている



### 3「からみ・ほぐし」造形の定性的検証

#### 「渦」についての基礎的実験

「からみ・ほぐし」造形の特性を定性的に検証するために、「渦」についての基礎的実験を行った。一般的な風洞実験では、空気抵抗を少なくすることを目的に行われる。しかし、今回の実験はその真逆で、いかに「渦」を多種多様に発生させるかを目的とする。

アクリルの筒を用いて実験装置を制作した。ドライアイスの煙と試験体がぶつかって発生する「渦」の様子をビデオカメラで撮影しながら観察を行った。

試験体は、メッシュで作ったもの、メッシュにガーゼを被せたもの、メッシュに紙を被せたものの3種類を制作し、透過性を変化させて行った。さらに、試験体の高さや角度、複数枚で間隔を変化させ、「渦」のでき方を観察した。

試験体の高さ変化から、適度な高さのとき、最も多様に「渦」が発生した。また、角度変化から、試験体が流れに逆らって傾斜しているとき、ニッチスペースに「渦」が発生し、試験体のそばで複雑に「渦」が発生した。ガーゼを用いて適度に透過性を妨げた場合、試験体にぶつかってできる大きな「渦」と、試験体に纏わり着くような微細な「渦」が複合的に発生した。

次に、ガーゼの試験体を流れに逆らって傾斜させた場合、大小の複合的な「渦」はより顕著に発生した。また、試験体を2枚にした場合にも、複合的に「渦」が発生した。さらに、試験体を3枚にすると「渦」はより多く、はっきりと発生した。

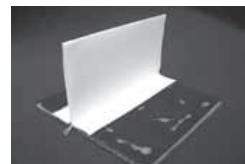
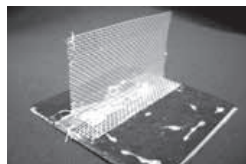
実験の結果から、試験体に以下の条件を組み合わせることで、「渦」が大小様々に、より多く複雑に発生すると考えられる。これが、豊かな海浜環境をつくる重要な方法を与えるものとなる。

- 1 適度な高さ
- 2 流れに逆らう角度
- 3 適度な透過性
- 4 複数で適度な間隔

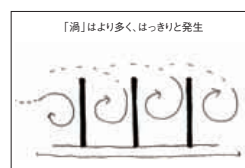
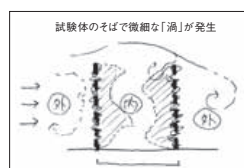
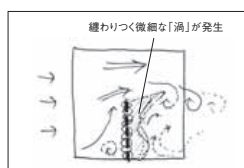
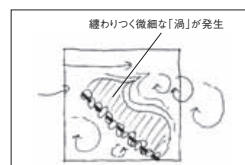
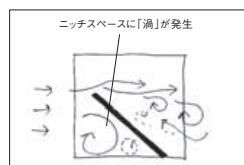
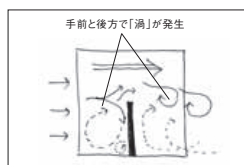
ドライアイス置くところ

試験体を挿入

実験装置



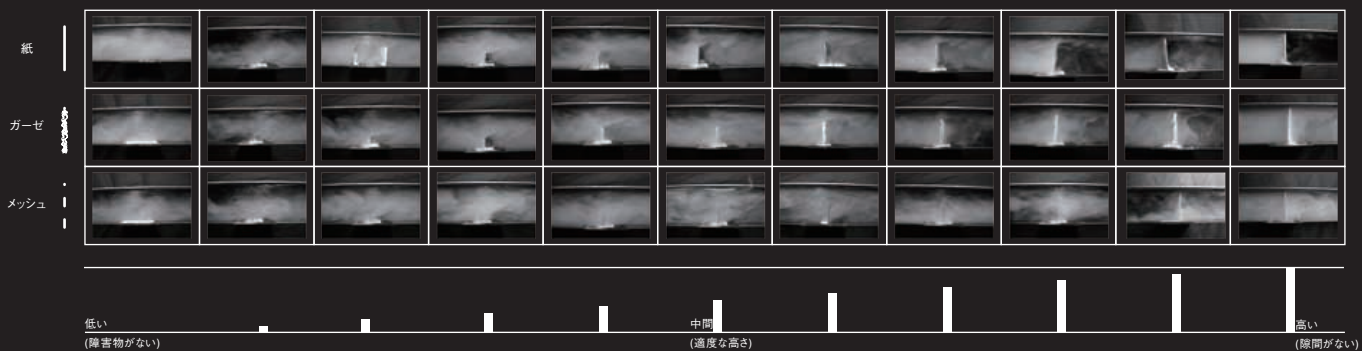
試験体  
メッシュのみ、ガーゼを被せたもの、紙を被せたもの



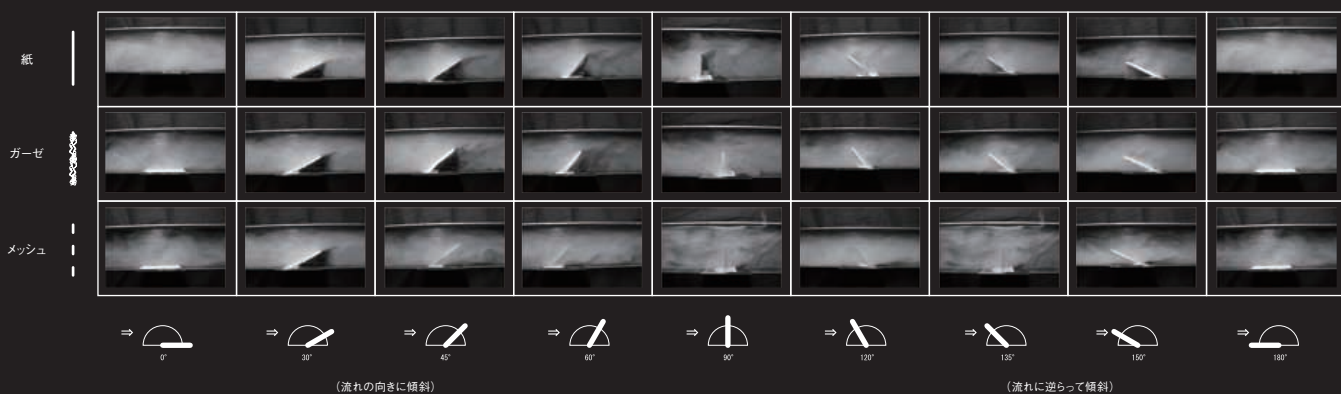
実験結果

上段 適度な高さの場合、角度を与えた場合、適度な透過性の場合  
下段 適度な透過性の場合、2枚の場合、3枚で透過性なしの場合

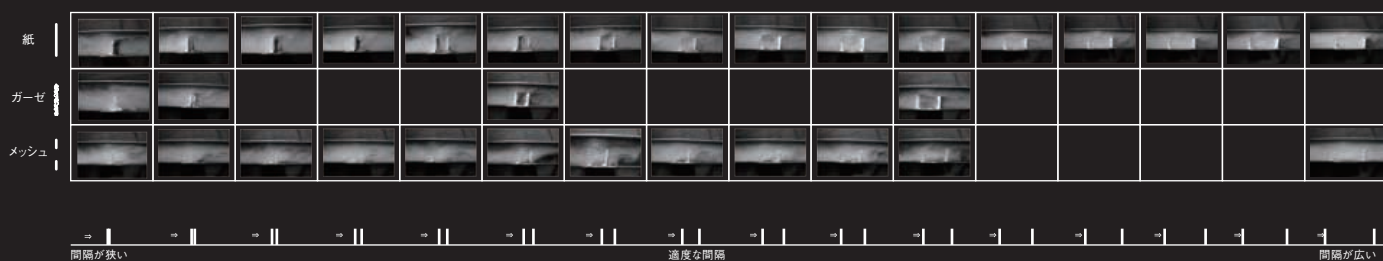
# 高さ×透過性



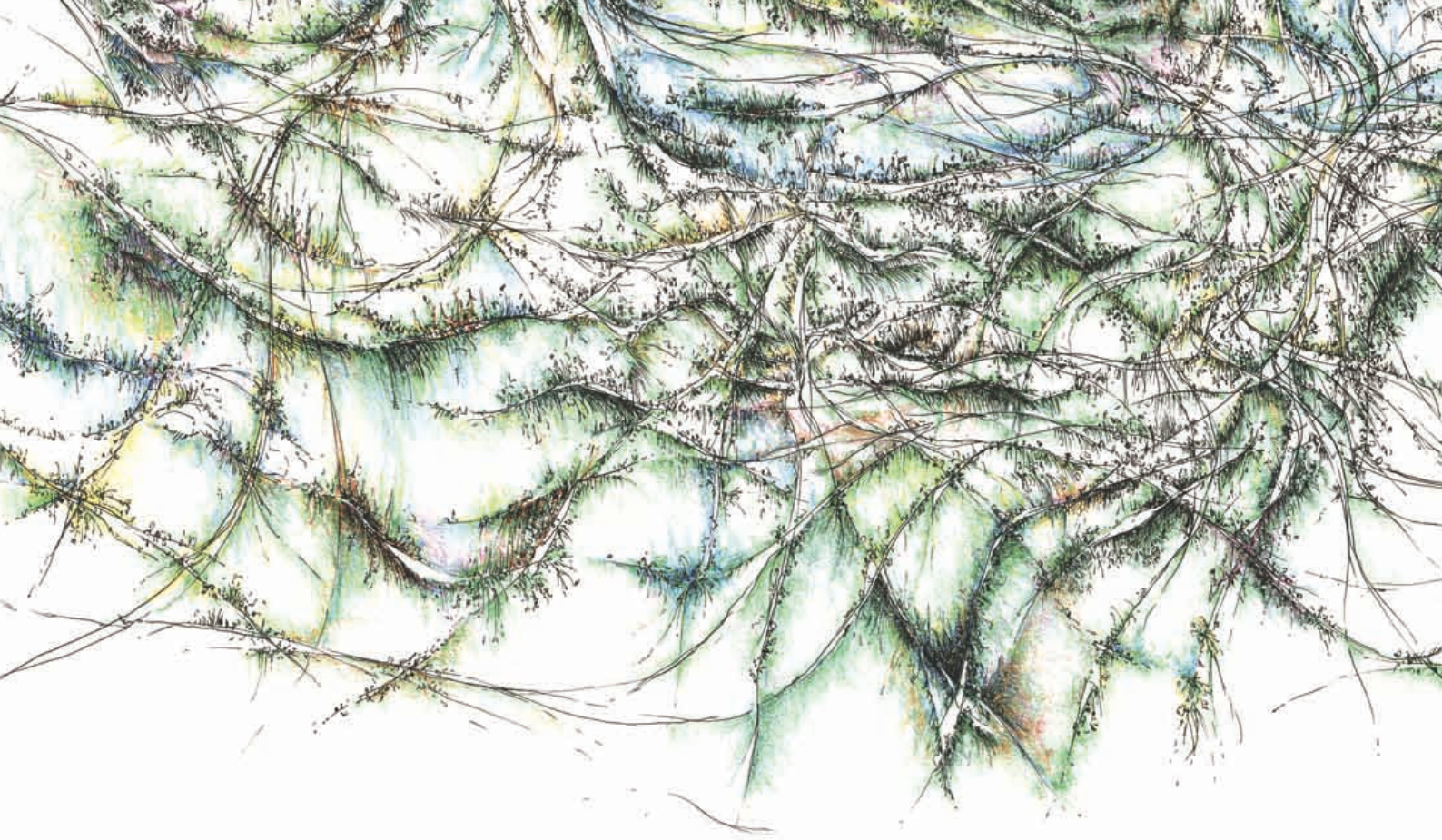
# 角度×透過性



# 複数の間隔×透過性







#### 4「からみ・ほぐし」造形のスタディ

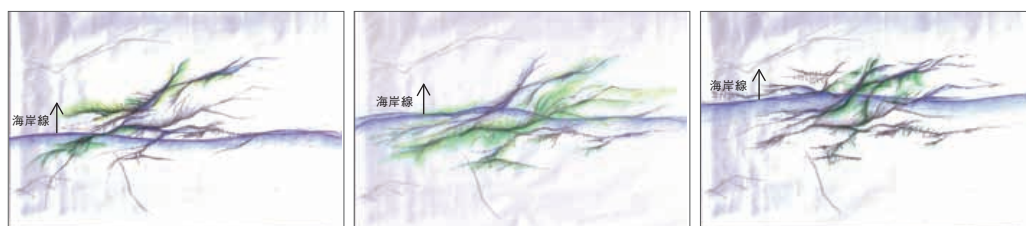
豊かな海浜環境は、波打ち際で潮の満ち引きが媒体となり、複雑に入り組んだ海岸地形と水の流れが、複雑にからみ合っている。海と陸は明確な境界線を持たず、曖昧に揺れ動いている。

人工的に海浜環境をつくるうえで、重要となる「波打ち際の造形スタディ」を行った。豊かな海浜環境の波打ち際が持つ「からみ・ほぐし」造形のイメージから、線によるスタディを繰り返した。さらに、線にボリュームを与え、3次元的に模型のスタディやスケッチを重ね、有り得べき海岸域の姿を描いた。

スタディを通して、水流と複雑な微地形とがからみ、多種多様な「渦」をつくり出す造形は、読み替えると、多種多様な「渦」を媒体として、水流と複雑な微地形とが複雑に接している造形であるといえる。

そして、豊かな海浜環境を人工的につくるためには、波打ち際の海岸地形の造成に「からみ・ほぐし」造形を導入することが望ましいと考えた。

さらに、有機的な形状の構造体を重ね合わせることと、不均一な隙間を多種多様につくるように構造体を裂いて広げながら、絡み合わせる造形手法が有効であると考えに至った。

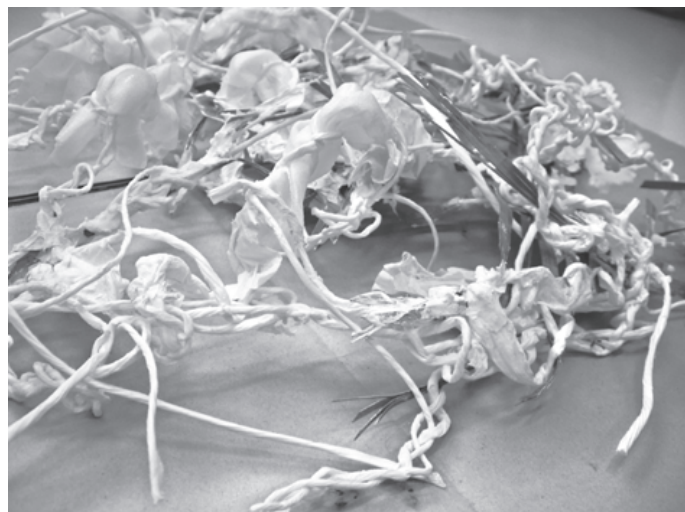


豊かな海浜環境の波打ち際を上から見たイメージスケッチ

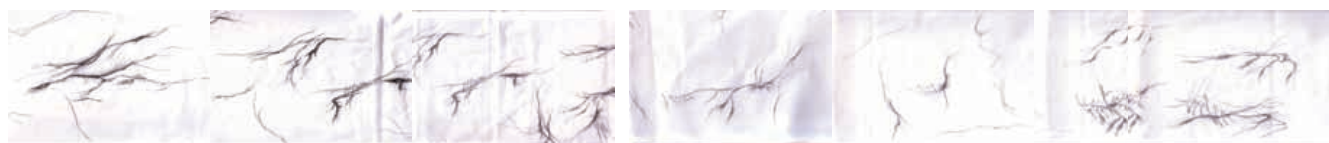




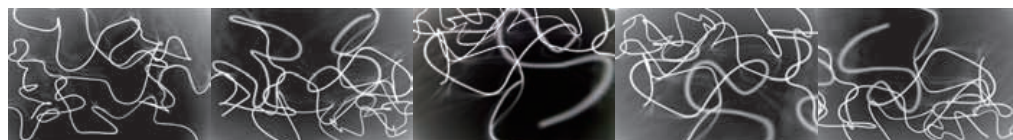
「からみ・ほぐし」造形の海岸地形に海藻が繁茂するイメージ



「からみ・ほぐし」造形の模型によるスタディ

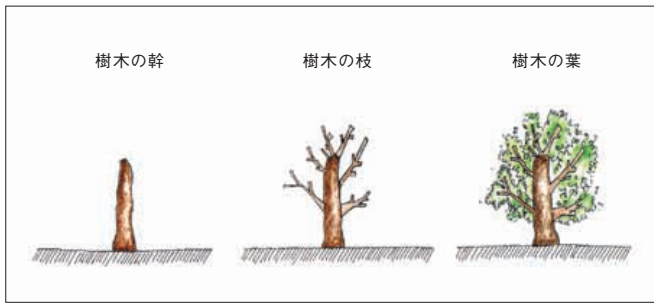


「からみ・ほぐし」造形の線によるスタディ

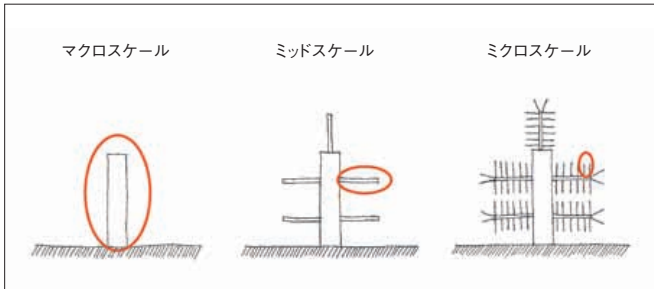


「からみ・ほぐし」造形のフレーム模型によるスタディ

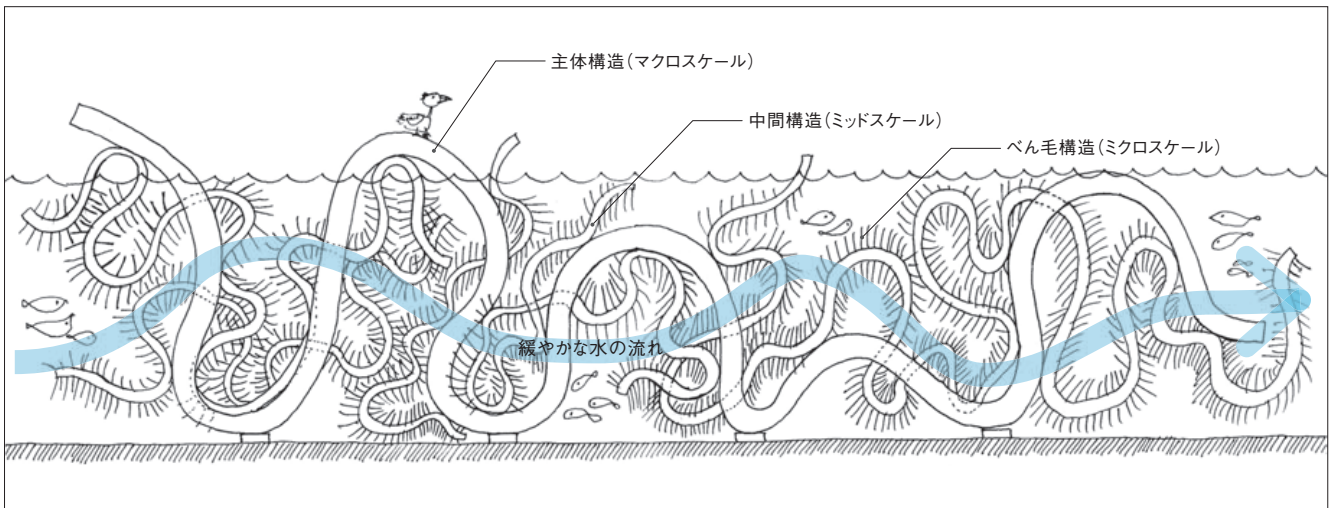




tri-structureのもつ樹木のアナロジー



構造架構体の3つのスケールの基本概念



tri-structure (3つのスケールに分節された構造架構体)の基本形

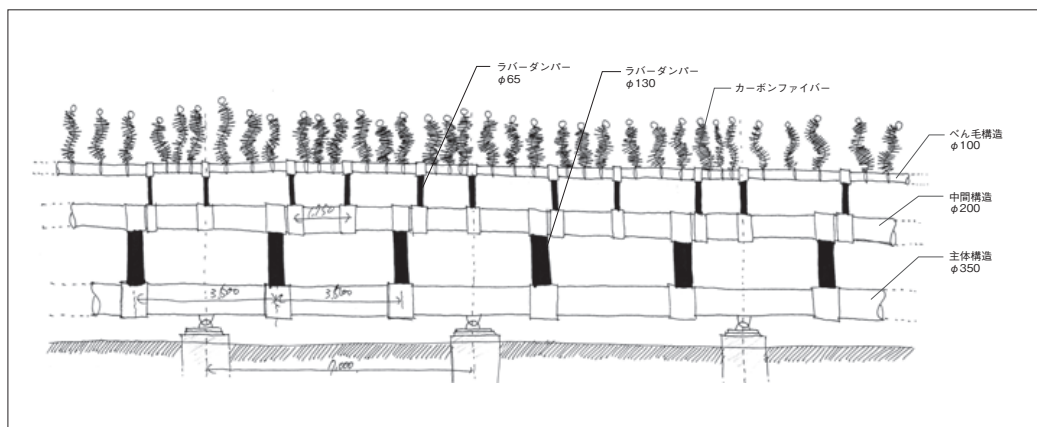
## 5 tri-structure による水中ランドスケープの考案

豊かな海浜環境をとり戻す方法として、「からみ・ほぐし」造形による藻場再生のための人工海中林のシステムを考案する。私の考える人工海中林は、樹木のアナロジーをもつ tri-structure (3つのスケールに分節された構造架構体) によって、水中ランドスケープをつくる方法である。

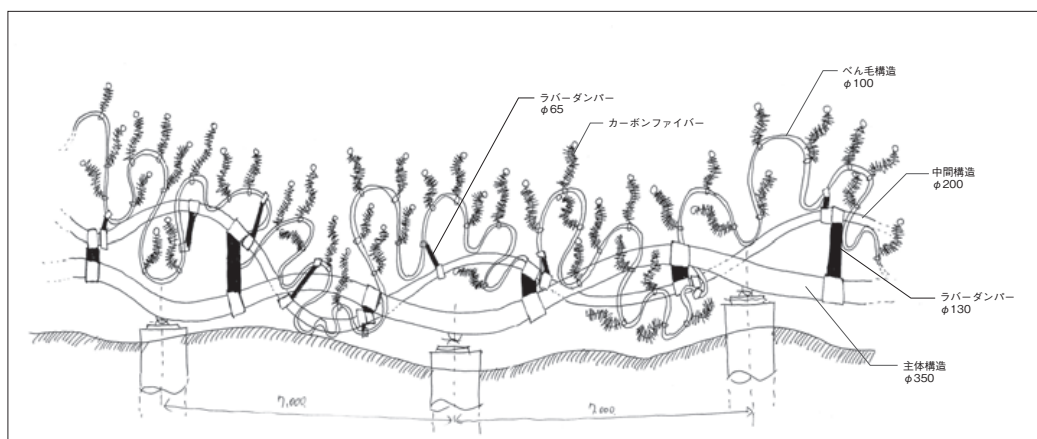
マクロスケールは、主体構造である。樹木の幹のアナロジーとしてあり、tri-structure 全体を支持する重要な役割を果たす。ミッドスケールは、中間構造である。マクロスケールに重なるようにあり、樹木の枝のアナロジーとしてある。

そして、水流に大小の「渦」を複合的に起こす役割を果たす。ミクロスケールは、べん毛構造である。ミッドスケールに重なっており、樹木の葉のアナロジーとしてある。そして、水流に微細な「渦」を起こし、微生物に酸素を供給する。

tri-structure は、3つのスケールを一体化することで、多種多様な「渦」をつくり出すことができると考えられる。



tri-structureをつくる3つのスケールに分節された構造架構体の基本構成



tri-structureによる水中ランドスケープへの展開構成



旧芝川の再生プロジェクト  
炭素繊維ユニットのメンテナンス作業の様子

## 6 tri-structure をつくる素材として炭素繊維

tri-structure をつくる素材として、私は「炭素繊維」に着目した。炭素繊維は水の中できれいに分散し、緩やかな水の流れによって、適度に揺れ動く。そうして、環境微生物を速く、かつ大量に固着することが分かっており、水質浄化と藻場形成のための素材として研究されている。

私は、炭素繊維を用いた水質浄化と藻場形成による生態系の回復についてより実践的な知識を深めるために、現在進行中の「埼玉県旧芝川の再生プロジェクト」に参加し、炭素繊維浄化ユニットのメンテナンス作業を行った。

さらに、全国の水辺で炭素繊維を用いた水質浄化と藻場形成による生態系の回復について実践されており、先プロジェクトも行っている小島昭先生（群馬工業高専教授）にお会いし、お話を伺った。

フィールドワークでの経験と、小島先生のお話を伺い、自身の tri-structure について思案した。そして、緩やかな水の流れの中で、tri-structure そのものが、しなやかに揺れ動き、構造自体が人工海中林となるように、水中ランドスケープを設計することが有効であると考えた。したがって、主体構造にいたるまで全て炭素素材でつくるべきだと判断した。



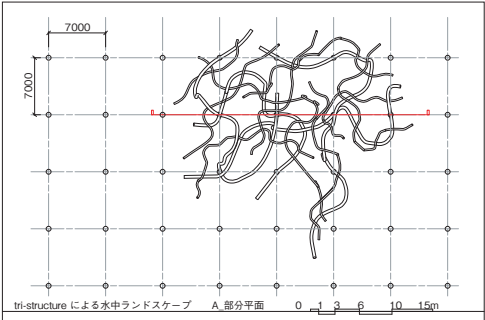
7 tri-structure による藻場再生プログラムの適用

廃棄された漁港を豊かな海浜環境に再生する実験的プロジェクトの提案  
ー福島県いわき市四倉漁港を対象地としてー

tri-structure による水中ランドスケープを適用し、荒廃した漁港を豊かな海浜環境に再生する試みを行う。現在、磯荒れの状態にある漁港の堤防内に、tri-structure による水中ランドスケープを展開する。

堤防内は、失われた豊かな生態系を tri-structure による水中ランドスケープによって回復するための継続的な研究を行う場として、実験フィールドと研究棟を計画する。

ランドスケープ部門 tri-structureによる水中ランドスケープ		
堤防内全面積	約22.1	ha
tri-structure の設置面積	約14.0	ha
基礎杭	計2978本	841.4 m <sup>3</sup>
研究棟部門 tri-structure研究所		
敷地面積	158,625	m <sup>2</sup>
延床面積	13,028	m <sup>2</sup>



8 「からみ・ほぐし」造形論の提言

「からみ・ほぐし」造形の設計学的な側面について、以下の提言を行う。

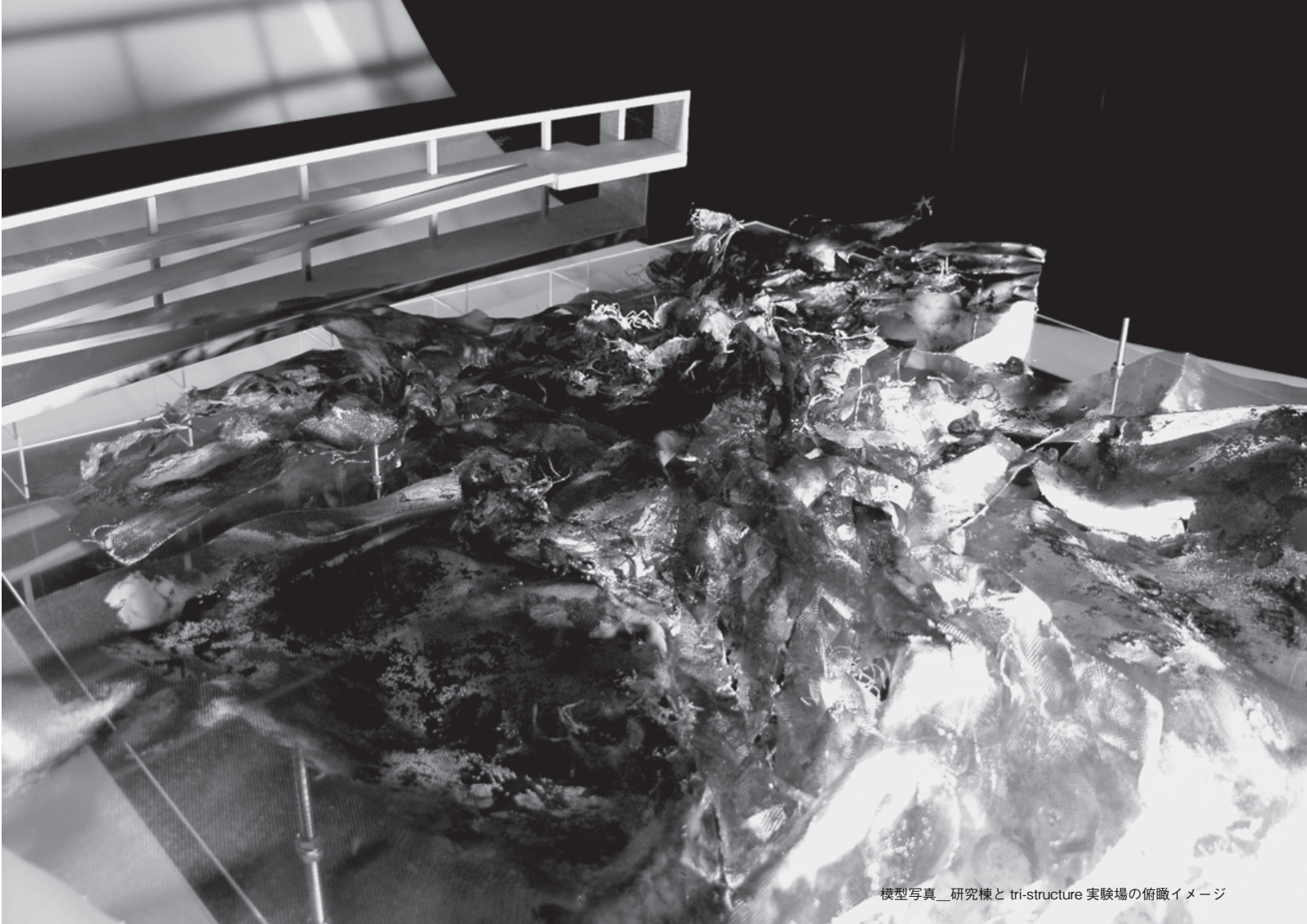
「からみ・ほぐし」造形は、tri-structure でつくられることが望ましい。  
(設計学的側面についての提言)

さらに、tri-structure による藻場再生プログラムの適用から、

tri-structure による水中ランドスケープは、  
豊かな海浜環境を回復する有効な手段となる

以上より、「からみ・ほぐし」造形論の提言を行う。

失われてしまった豊かな海浜環境は、tri-structure で修復できる。  
(「からみ・ほぐし」造形論の提言)

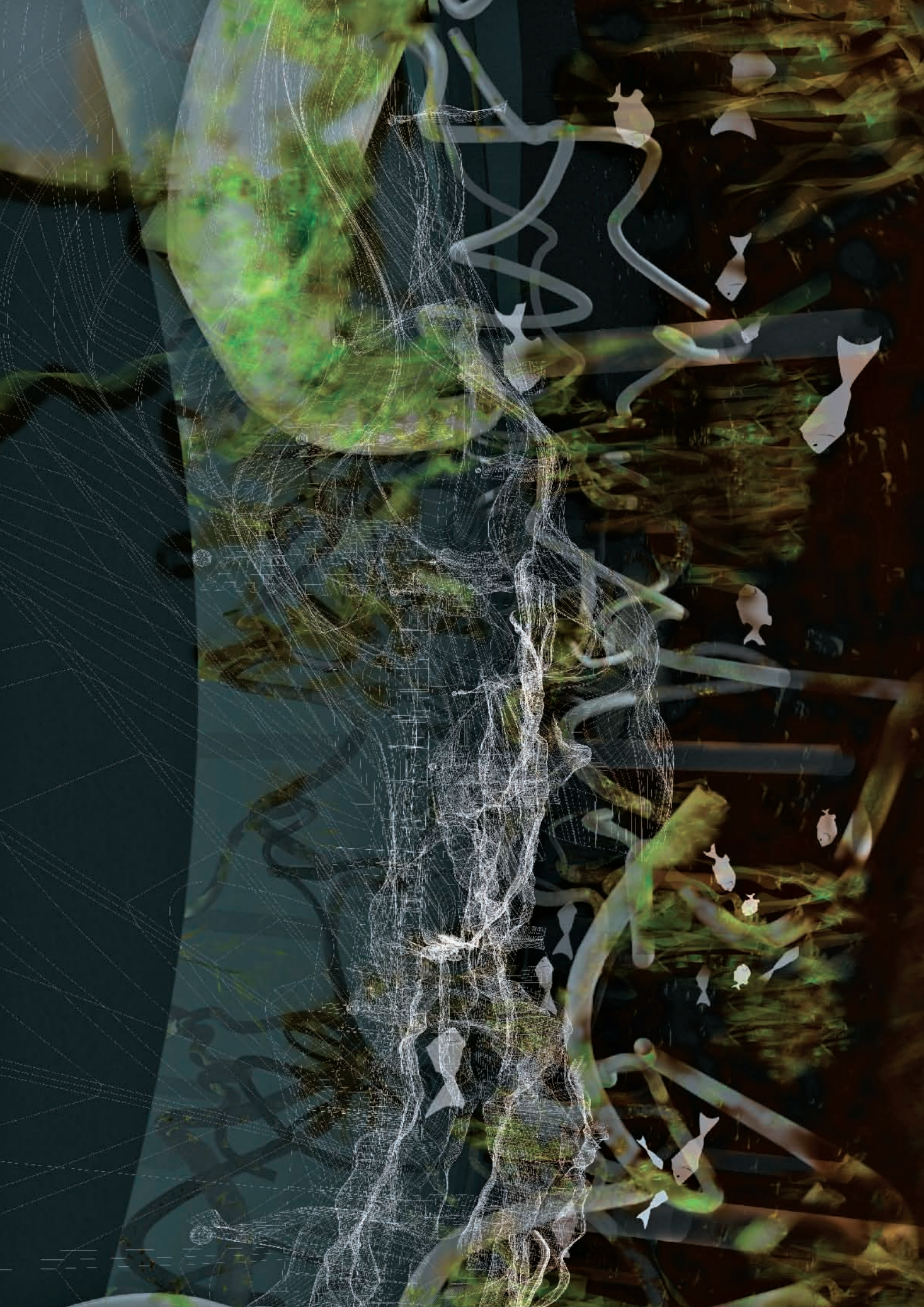


模型写真\_\_研究棟と tri-structure 実験場の俯瞰イメージ

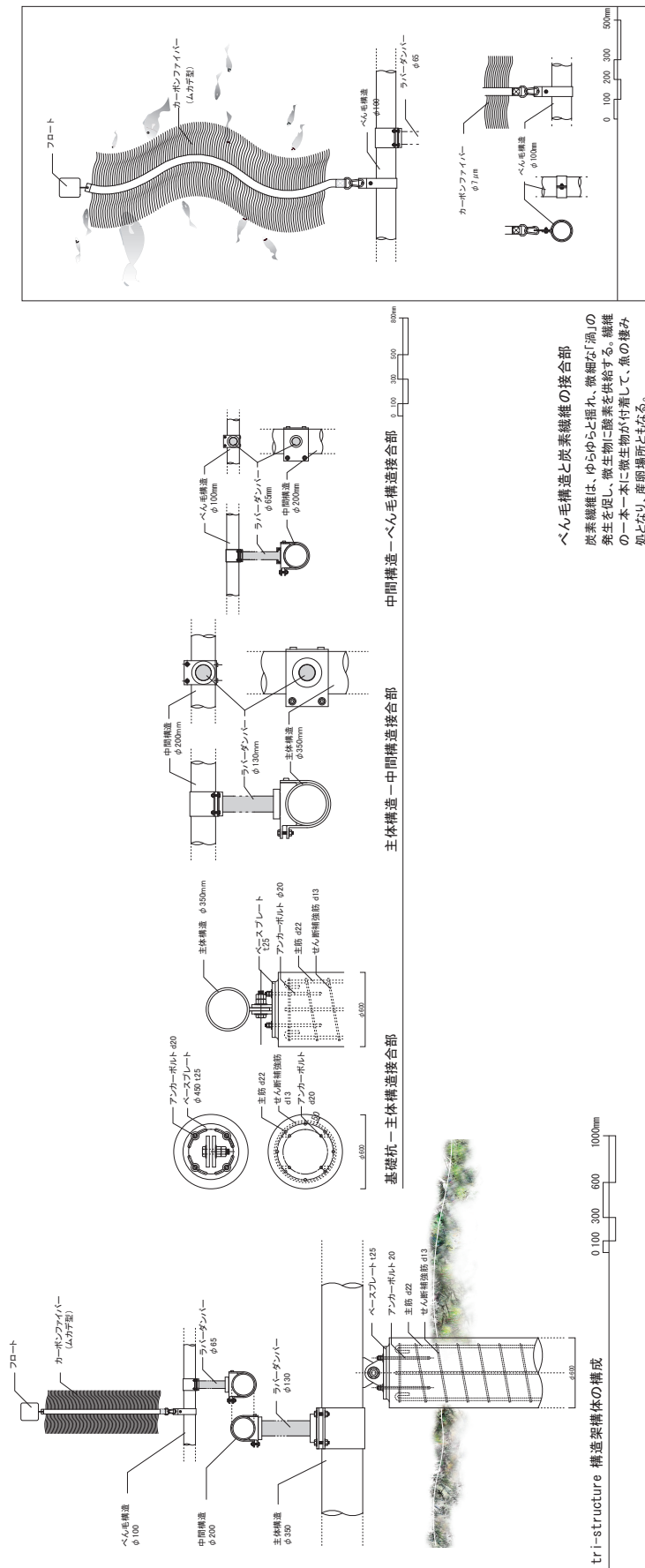


模型写真\_\_ tri-structure 実験場的水中イメージ





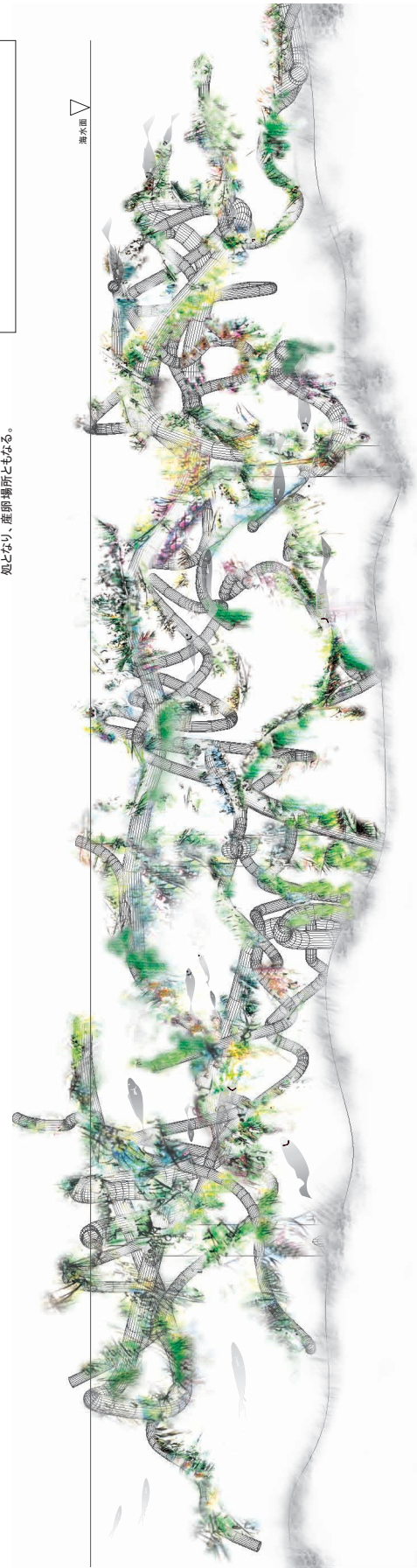




べん毛構造と炭素繊維の接合部

炭素繊維は、ゆらゆらと揺れ、微細な「渦」の発生を促し、微生物に酸素を供給する。繊維の一本一本に微生物が付着して、魚の棲み処となり、産卵場所ともなる。

tri-structure 構築架構体の構成



tri-structureによる海中ランドスケープの断面イメージ