

コンクリートカヌー製作の概要

代表者氏名	所属	カヌーの愛称
武田 字浦	立命館大学大学院 総合理工学専攻	Biwaco-sun

○設計のコンセプトおよび構造上の工夫

カヌーの構造上（形状、補剛部材の配置、浮力体の配置、浮力計算の結果等）の特徴、工夫した点やアピールしたい点などを図や写真を用いて記入して下さい。

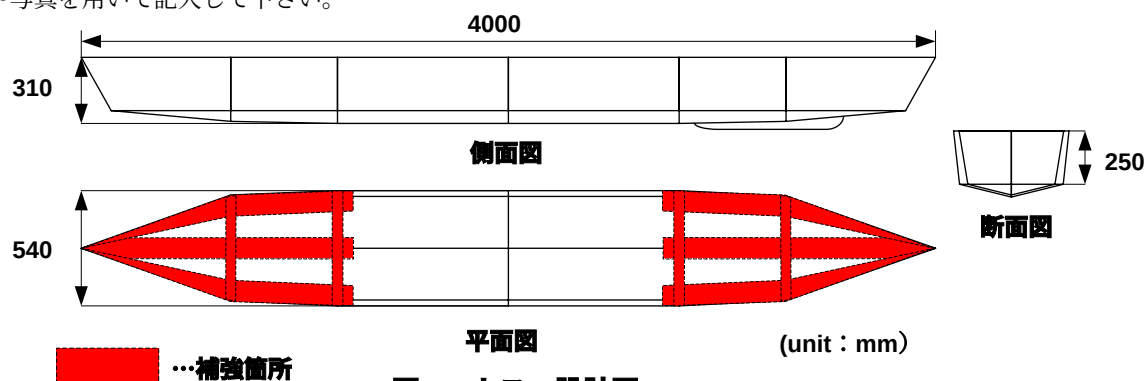


図 1 カヌー設計図

艇の形はカナディアンカヌーをモデルとし、バランスが取れる範囲で幅を狭くすることにより、直進性を得られるように設計した（図 1）。そして、カヌーの性能を語る上で最も重要なのが、その長さであり、全長が 200mm 変わるだけでも、その性格は大きく変わると言われている。カヌーは長いほど、直進性が増し、スピードも速く、楽に水面を滑ることができる。そこで、全長を競技基準の上限値である 4000mm とした。また、船底にキールを設けることで直進性と横風への抵抗力を向上させた。

骨組みの補強材として図 2 に示す、3 次元中空構造ガラス織物成形体（以下、3D-GFRP）を使用した。躯体本体は、厚さ 10mm の 3D-GFRP を拘束体として、中空部に膨張セメントペーストを充填することにより、ケミカルプレストレスを導入し、ひび割れ発生を抑制することが可能である。また、3D-GFRP の拘束効果により、薄型ながら曲げ強度が非常に高い。

3D-GFRP が一体となっていない接合部（図 3）に関しては、図 1 に示すようにガラスマット（マット）、ロービングクロス（クロス）で補強し強度低下を防止した。また、3D-GFRP が一体となっていることにより、容易に 3D-GFRP の中空部に均一に膨張ペーストを流し込むことが可能で、非常にバランスの良いカヌーを完成することができた。

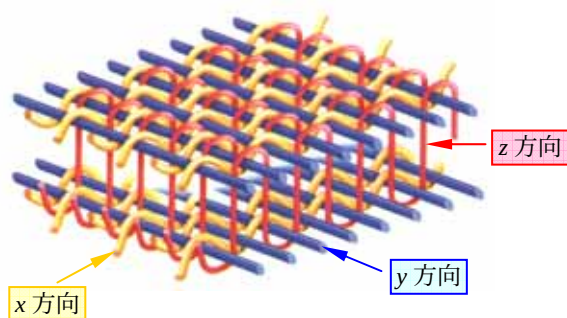


図 2 3次元中空構造

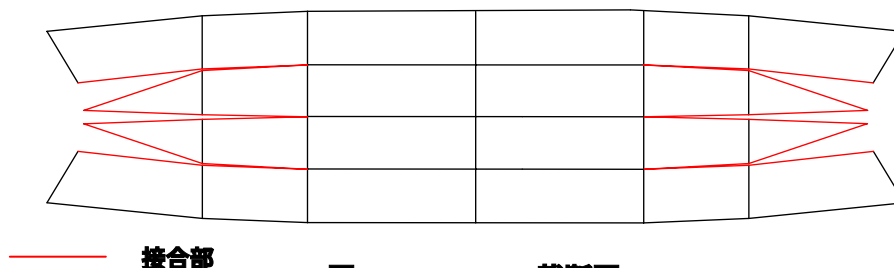


図 3 3D-GFRP 截断面図

○使用材料の工夫

使用材料（躯体の主材料、補強材、浮力体等）の特徴、主材料の配合、工夫した点やアピールしたい点などを図表や写真を用いて記入して下さい。

Biwaco-sun の一番の特徴として挙げられるのが、**組みの補強材として 3D-GFRP** を使用したことである。
表 1 に 3D-GFRP の特性を示す。3D-GFRP は上下 2 層

表 1 3D-GFRP の特性

厚み (mm)	10
全繊維目付量 (g/m ²)	1430
質量 (kg/m ³)	3.01

の織物を厚さ方向の繊維で連結したサンドイッチ構造を有するガラス織布である。樹脂含浸前のガラス基布の状態（図 4）では、柔軟性が高く、賦形性や可動性に優れた材料である。このガラス基布に、熱硬化性樹脂を含浸させると、ガ

表 2 膨張ペーストの示方配合*

W/C (%)	EP/C (%)	単位量 (kg/m ³)			
		W	C	EP	F
50	26.3	380	760	200	807

* C: 早強ポルトランドセメント (密度: 3.14g/cm³)
EP: エトリンガイト系膨張材 (密度: 2.90g/cm³)
F: 砕石粉 (密度: 2.70g/cm³, 比表面積 3900±300cm²/g)
SP: 高性能 AE 減水剤 (主成分: ポリカルボン酸系特殊高分子界面活性剤)

ラス織物の持つスプリングバック（成形時に絡まりあったガラス繊維が、弾性回復力によって立ち上がる現象）特性と樹脂の毛

表 3 膨張ペースト充填後曲げ強度試験結果

ひび割れ発生強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
11.6	63.52

細管現象の相互作用により、厚さ方向のガラス繊維が所定の長さまで自然に立ち上がり、中空構造（図 1）になるのが特徴である。本研究室では、厚さ 10mm の 3D-GFRP を拘束体として、中空部に膨張ペーストを充填することにより、薄型部材の開発を行ってきた。

3D-GFRP の拘束効果により、薄型ながら**曲げ強度が約 64N/mm²**（表 3）と非常に高い強度を有する。表 2 に膨張ペーストの示方配合と使用材料を示す。膨張材の単位量は 200kg/m³ である。また、**環境への配慮と資源の有効利用**を考慮して**砕石粉**を使用した。砕石粉は砕石、砕砂の生産に伴い発生する副産物で、資源の有効利用と環境保全につながり、処理費用の削減にもなる。

キール部分はポリマーセメントモルタル（PCM）を使用し、変成シリコーン樹脂系接着剤で躯体の船底に接着した。



写真 1 曲げ強度試験

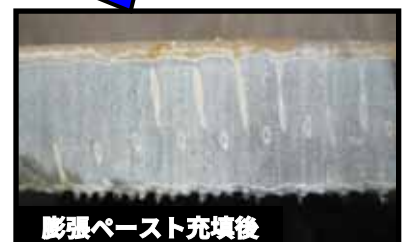
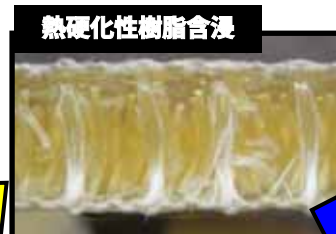


図 4 膨張ペースト充填までの流れ

○製作過程の工夫

製作方法に関する特徴、工夫した点やアピールしたい点などを図や写真を用いて記入して下さい。また、制作期間、製作に要した人数を示して下さい。



- ① 型枠作製
- ② 型枠を組立て、L字金具で固定
- ③ ガラスマット、ロービングクロスを樹脂で含浸し、接合部に接着
- ④ 3D-GFRP を裁断し、型枠に設置
- ⑤ 3D-GFRP に樹脂を含浸
- ⑥ 3D-GFRP の接合部をガラスマットで補強
- ⑦ 3D-GFRP を型枠より外し、端部を成形
- ⑧ 3D-GFRP の中空部にペーストを注入
- ⑨ 船尾下部にキール（PCM）を防水接着材により取付け
- ⑩ カラーリング
- ⑪ 躯体内部に発泡スチロール（浮体）をウレタンフォームにより接着
- ⑫ Biwaco-sun 完成!!

製作人数…7 名
製作所要期間…3 週間

○その他

その他、特に強調したい点等を記入して下さい。

① カヌーの形状

カヌーの安定性を維持できるレンジで幅を落とした。**スタイリッシュ**な形状で直進性に長けている。
また、船底にキールを取付けることによって、直進性と横風への抵抗力を兼ね備えている。

② 3D-GFRP（補強材）

カヌーの躯体骨組みに **10mm 厚の 3D-GFRP** を使用し、一枚の 3D-GFRP を切り抜き組み立てることによりカヌー全体を一体のものとしている。また、膨張ペーストを充填材とすることでケミカルプレストレスを導入し、ひび割れの抑制が可能となる。

③ 名前の由来

Biwaco-sun は本研究室が作製した 3 代目のカヌーであり、太陽のように大会当日中で**最も輝くカヌー**であってほしいと願っている。

○完成写真

完成後の写真を数シーン載せて下さい。

