

超軽量動力機のための木製双フロートの設計と製作 (第1報)

First report: A design and built of wooden floats for micro-light-airplane

伊藤 宏一¹⁾ 宮城 調春²⁾ 大久保 富彦³⁾ 村田 光一⁴⁾ 春山 浩之⁵⁾ 菅野 哲夫⁶⁾

Hirokazu Itoh¹⁾ Chohshun Miyagi²⁾ Tomihiko Ookubo³⁾ Koichi Murata⁴⁾

Hiroyuki Haruyama⁵⁾ Tetsuo Kanno⁶⁾

Keywords: design, built, wooden floats, micro-light, airplane

1. ま え が き

わが国において輸送手段としての航空機は一般的になったが、空を自由に飛んでみたいという個人の願望に対しては、欧米に比べ格段の遅れがあると言わざるを得ない。

航空法第10条第4項は、耐空証明を受けなければ航空の用に供することが出来ないと規定しているが、地上の人および他の航空機に対する危険や環境問題などを惹起せず、搭乗者の安全を確保しうるものについては、同法第11条第1項但し書きの適用により、国土交通大臣の許可および制限の範囲内で飛行を可能とする特例がある。スポーツあるいはレクリエーションとしての飛行を目的とする超軽量動力機¹⁾は、本但し書きにもとづく航空機であり、わが国における航空活動のすそ野を構成し、その健全な発達によって航空思想の普及と進歩発展に寄与することが期待されている。

一方、この種の航空機のための飛行場用地の確保が課題となっているが、水上飛行機に関しては、国土交通大臣が離着水を禁止している水面以外では、水面管理者の承諾を得れば、離着水が可能である。

そこで、著者らは、超軽量動力機を水上機に改造し、航空局より試験飛行許可を取得、実際に飛行することを目的として超軽量動力機のための双フロートを設計製作することにした。

2. 設 計 方 針

欧米では自作航空機を個人でも製作可能なほど関連市場が充実しており、必要な技術教育が行われ、設計・製作・運用に必要な情報が提供されている。また、カナダのフルータス社は、超軽量動力機に装着可能な軟質ゴムフロートを製造しており、アマチュア・ホームビルダーによるデザイン・プランも公開されている。これに対して、わが国において超軽量動力機に自作フロートを装着し、水上機に改造して航空局より試験飛行許可を取得した前例はない。

供試機体には著者らが操縦技量認定を取得済みのマック

スエアー社製ドリフターXP-R503Lを使用した。単フロートの場合、翼端に補助フロートが必要となり、主翼の改造を伴う。一方、双フロートの場合、既存の主脚支持部を利用して装着可能であることから双フロート式を採用し、左右同一形状とすることで製作工数を削減した。材質には金属、FRP、木材が考えられるが、製作の難易度や完成後の改造が容易な点などを考慮して木製を選択した。

木製双フロートの設計においては、実機既存フロートおよびカナダのCresswell Walker²⁾の設計プランを参考とし、耐水合板での製作を考慮して直線および単純曲線でフロート外形を構成した。断面形状は五角形とし、デッキは平面、ハルはV形として造波抵抗の低減および着水衝撃の緩和を狙った。内部構造は、8個の水密区画を7枚の隔壁で構成し、各隔壁の頂点を檜の縦通材で結合した。各隔壁がフロート形状を定め、水密区画を構成するとともに、荷重を分散させる主要構造体を構成し、これに外板を接着することで面構造体とした。

設計には三次元CAD(AutoCad Inventer)を利用することでフロート形状の歪みを設計段階で修正することが可能になった。さらに、完成時の重量、重心位置、体積、慣性主軸などを検討しながら設計を行うことが出来た。また、三面図を原寸大で印刷することで正確な製作用テンプレートが得られたことは加工精度を確保するうえで大きな効果があった。

3. 木製双フロートの設計

3.1. 耐空性審査要領

水上用超軽量動力機の飛行安全を確保するため、耐空性審査要領第II部(耐空類別が普通N類の飛行機)の「2-9 地上および水上特性」、「3-8 水上荷重」、「4-6 フロートおよび艇体」を適用して解析を行い、設計結果の妥当性を検証し、製作過程および今後の水上試験方法、飛行規程(運用限界指示)の策定指針とした。

付表1は、木製双フロートの設計検討の流れである。実際

1) 東京都立産業技術高等専門学校 教授 2) 新東洋機械工業株式会社 常務取締役
3) 東京都立産業技術研究センター 主任研究員 4) 富士重工業株式会社航空宇宙カンパニー 主事
5) ムーニーフライングクラブ 6) 木製フロート同好会

して、E tguuy gm Y cmgt の設計プランは、最大離水重量 476mi の o l p k 0 C Z 用である。そこでまず、双フロート 3 本あたりの排水量をドリフターの最大離水重量と同じ 5:4 リットルとし、浮力余裕 322' を目安とした。具体的には、排水量体積比の三乗根で寸法を拡大し、フロート形状を決定した。つぎに木材の構造重量を考慮した有効浮力を算出した結果、593mi となった。

最大離水重量に対する浮力割合は下式より 3:1' となり、耐空性審査要領 6/8/3/3 における「:2' 以上の浮力の余裕」を満たすことが分かった。

$$\text{浮力割合} = \frac{\text{有効浮力}}{\text{最大離水重量}} \times 322' \\ = \frac{\{5:4\text{mi} - (57 \times 264 + 34 \times 207)\text{mi}\} \times 4\text{本}}{5:4\text{mi}} \times 322 = 3:1'$$

フロート破損による浸水拡大を防ぐために、耐空性審査要領 6/8/3/4 では、「6 個以上の水密区画」を設けることを求めている。表 3 は、真水中(比重 3Q とする)、喫水線がデッキ面まで上昇した場合の各水密区画の内部体積をフロート 3 本あたりで求めた結果である。第 5 水密区画(E/F)の内部体積は 93 リットルで全内部体積の 43'、第 6 水密区画(F/G)は 79 リットル、39' となる。

5G0 転覆限界

片側のフロートの 4 区画に浸水した場合を想定して転覆の可能性を検討した。フロートが最も浮力を失う状況は、第 5 および第 6 水密区画に同時浸水した場合であり、当該区画の排水体積の和は 368 リットルとなる。3 本のフロートの浮力が 593mi であるため、片側だけ浮力を 368mi 失った場合、浸水した方のフロートの浮力は 447mi となる。よって、下式より

$$\text{浮力割合} = \frac{\text{片側浸水後の浮力}}{\text{最大離水重量} / 4\text{本}} \times 322' = \frac{447\text{mi}}{5:4\text{mi} / 4\text{本}} \times 322 = 337'$$

想定した状況でも浮力余裕は 37' あるため転覆は回避できることが分かった。しかし、喫水線が下がるとともに最大離水重量を超過するため離水は不可能となることも分かった。

他にも耐空性審査要領を満たすために検討すべき事項があるが、第 4 報で報告する。

60 木製双フロートの製作⁵⁺

工程 3 図 3 参照。ECF から原寸大で出力した断面図をテンプレートとして、マリン用シナ合板から隔壁を糸鋸盤で切り出した。縦通材が嵌合する切り欠き部の加工精度は、完成時の外板の歪みの原因となるので丁寧に手仕上げした。

隔壁はすべて厚さ 600 のマリン用シナ合板を使用した。バウ隔壁 C、ステップ隔壁 G およびスターン隔壁 K は、最終的に 4 枚張りしており、00 材を推奨する。

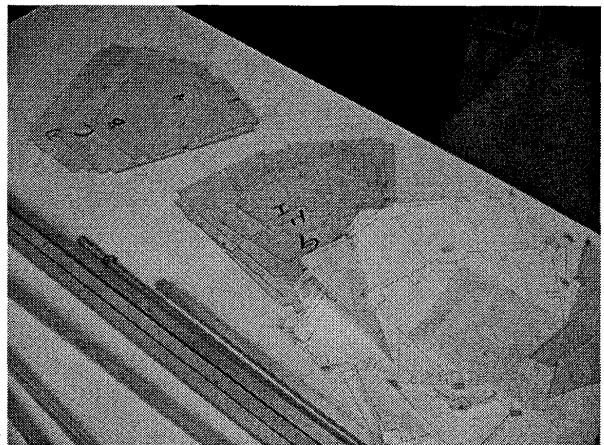


図 3 原寸大で出力した断面図と切り出した隔壁

工程 4 図 4 参照。組み立て台は、厚さ 4200 のスプルー材を使用して製作し、作業面に接着剤の付着防止のためにマイラーフィルムを貼った。組み立て台は、後工程で縦通材の曲げ応力がかかるため、出来る限りしっかりしたものが良い。

接着剤には、接着強度に優れる二液混合タイプのエポキシ接着剤(セメダイン 3722)を使用した。この接着剤の使用上の留意点は、混合比率を正確に守ること、使用量だけ調合し、調合容器(紙コップを用いた)は使い捨てにすることである。

まず、組み立て台に中心線とこれに直交する隔壁線を引き、デッキ縦通材をまっすぐに固定した。固定には、もくねじを使用し、外板を接着した後、もくねじを抜けるように組み立て台の裏側からねじ込んだ。フロートの中心をバウからスターンまで貫通するデッキ縦通材が隔壁配置の基準となる。

次に、位置決め用の直角三角板を用いて各隔壁を所定の位置に配置し、デッキ縦通材とエポキシ接着剤で接着した。接着剤が硬化するまでの仮固定には釘を利用したが、全ての縦通材を接着した後に抜くことを想定して打ち込み方向を考慮しておく必要がある。なお、位置決め用の直角三角板の固定にはもくねじを使用した。

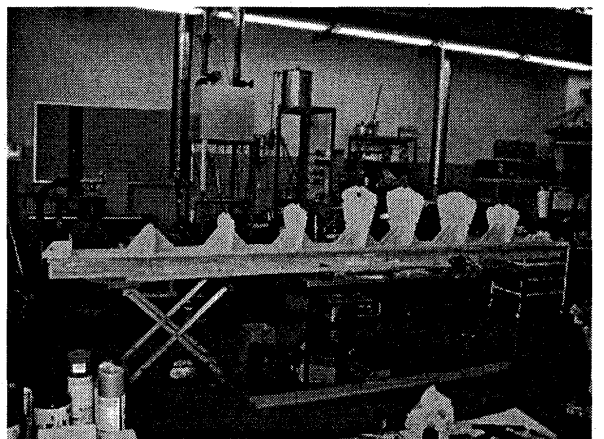


図 4 組み立て台と位置決め用の直角三角板を用いて所定の位置に配置した隔壁

表3 水密区画の体積（三次元ECFで求めた設計値）

水密区画		C/D	D/E	E/F	F/G	G/H	H/I	I/J	J/K	合計
区画間の距離	00	696	696	696	594	696	696	696	696	5952"
排水量（水密区画の外部体積）	概	4:	87	:3	87	7:	67	54	3:	5:4
浮力体積（水密区画の内部体積）	概	47	79	93	79	73	62	4:	38	567
隔壁および縦通材の体積 （檜、エゾマツ、乙種、比重2.64）	概	—	—	—	—	—	—	—	—	57
外板（厚さ500）の体積 （3類耐水ラワン合板 比重約2.0）	概	—	—	—	—	—	—	—	—	34

工程5 図5参照。縦通材をエポキシ接着剤で隔壁に接着した。直線部分の多い縦通材からはじめ、左右対称に作業を進めていった。ナイロンロープやクランプで仮固定しながら、隔壁側面との擦り合わせを済ませてから接着作業を行った。

縦通材には檜の角材を使用した。キールCは4608200、フレアDとガンネルFは3404600、デッキH、ストリンガーGおよびチェーンEは4604600を使用した。図5では前部キールの接着準備をしており、フレアはすでに接着されている。

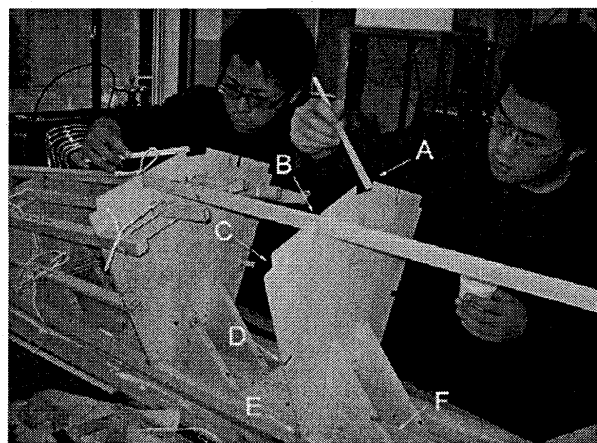


図5 隔壁と縦通材の接着作業

工程6 図6参照。前部キールなど曲率半径の小さい縦通材は、過熱蒸気で軟化させながら、荷重をかけて曲げ加工した。カヌーの製作では厚さ8200が必要な場合、厚さ3200材を8枚張り合わせる工法がある。接着作業を8回繰り返す必要があるが、曲げ加工がほとんど不要となるため作業性は大幅に改善されると思われる。

工程7 図7、8参照。すべての縦通材の接着が終わったら、位置決め用の直角三角板を取り外すが、デッキ縦通材のもくねじは残しておいた。次に、縦通材の補強を行った。縦通材は、ステップ部で前後に分かれているが、ステップ後部側の縦通材を前部側に貫通させておき、くさび状の部材を挿入接着した。機体への装着は、デッキ面上にC8238/V8製角材（フロ

ート側支持部、図32のC）をボルト締結し、このフロント側支持部とスプレッダー（図32のD）をボルト締結した。このフロント側支持部は、隔壁E/FおよびH/I間でボルト締結されるため、両隔壁間に補強板を接着した。図7は、左右のストリンガー間の補強材である。図8は、隔壁E/F間およびH/I間のフロント支持部のための内部補強板であり、スプレッダーとの締結ボルト（08）はこの補強板に裏側から圧入接着した。

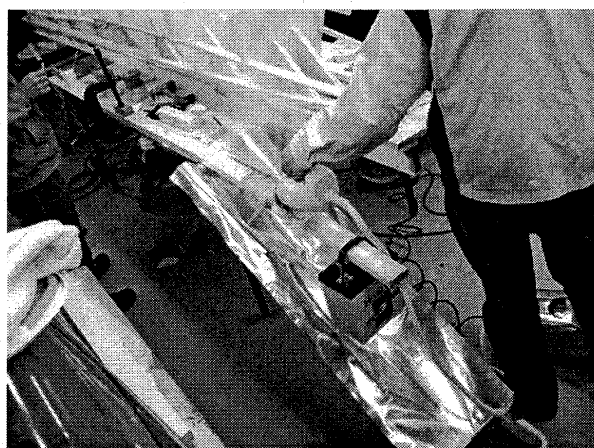


図6 キール材の曲げ加工

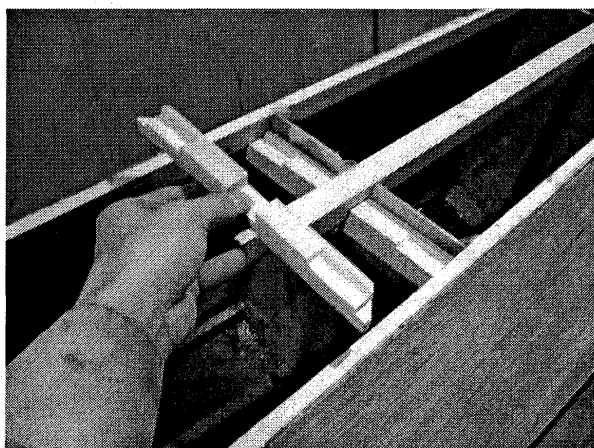


図7 フロント支持部の内部補強



図8 フロート支持部のための内部補強板の製作。スプレッダーとの締結ボルトはこの補強板に裏側から圧入接着した。

工程8 図9参照。内壁面にエポキシレジン塗布し、防水処理を行ったのち、順次外板を接着していく。仮止めには当て板をかませた細釘を用いた。外板には厚さ500の3類耐水ラワン合板を使用し、合わせ面が隔壁から外れるように現合し、外板を接着したあとで裏打ちをした。

工程9 図：、；参照。外板の合わせ部など浸水の恐れのある箇所、着岸時に磨耗の恐れのあるキール面、着水時に衝撃荷重がかかる前部ハルなどにHRT補強を行ったのち、フロート全面にエポキシレジン塗布し、耐水保護を施した。仮止めの細釘を抜いたあとの穴は、爪楊枝を挿入、接着して前処理した。なお、各水密区画のデッキ面に、水抜き用のサービスホール(図32のE)を装着した。

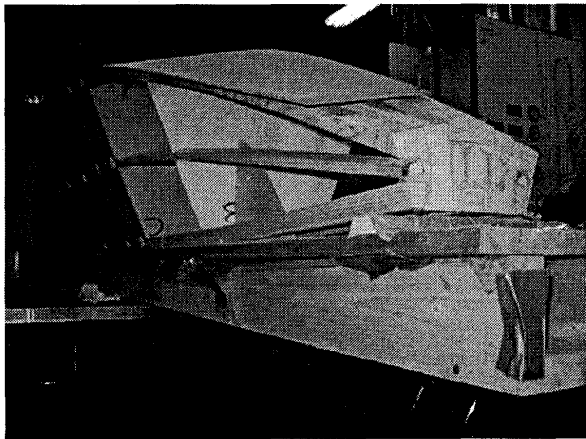


図9 外板の接着作業



図： 外板を仮止めした細釘穴の処理



図： 外板合わせ部のHTR補強

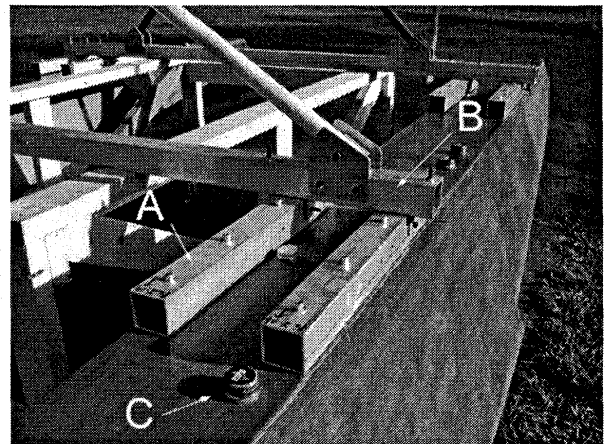


図32 フロート側支持部とスプレッダー

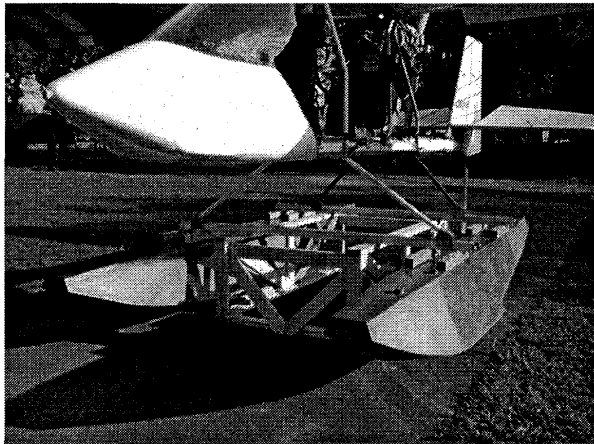


図 33 フロートの装着状況



図 34 完成写真

70 あとがき

平成 3: 年 34 月、木製双フロートを装着した供試機は霞ヶ浦で進水し、設計通りの喫水を確認、離岸・着岸試験、アイドルタクシー、: の字滑走を行った。現在、第 3 段階(ジャンプ飛行)の試験飛行許可を東京航空局に申請準備中である。許可申請に必要な荷重検討結果、フロート支持部の強度検討など、追って第 4 報で報告したい。

航空工学を学ぶ学生はおろか、その教員でさえ飛行機の操縦経験がない現状は、欧米の大学の航空宇宙工学科とあまりに隔たりが大きく、わが国の航空産業の発展を促すうえで是正すべき事態である。超軽量動力機に自作フロートを装着し、水上機に改造して航空局より試験飛行許可を取得した前例はない。本報告が後進の参考になることを期待する。

最後に、製作に協力して頂いた都立産業技術高専の学生諸君、野島工業株式会社 代表取締役 野島幸雄氏、貴重なご助言を頂いた守谷飛行連盟理事長 樋口今朝信氏、はじめ関係各位にこの場を借りて御礼申し上げます。

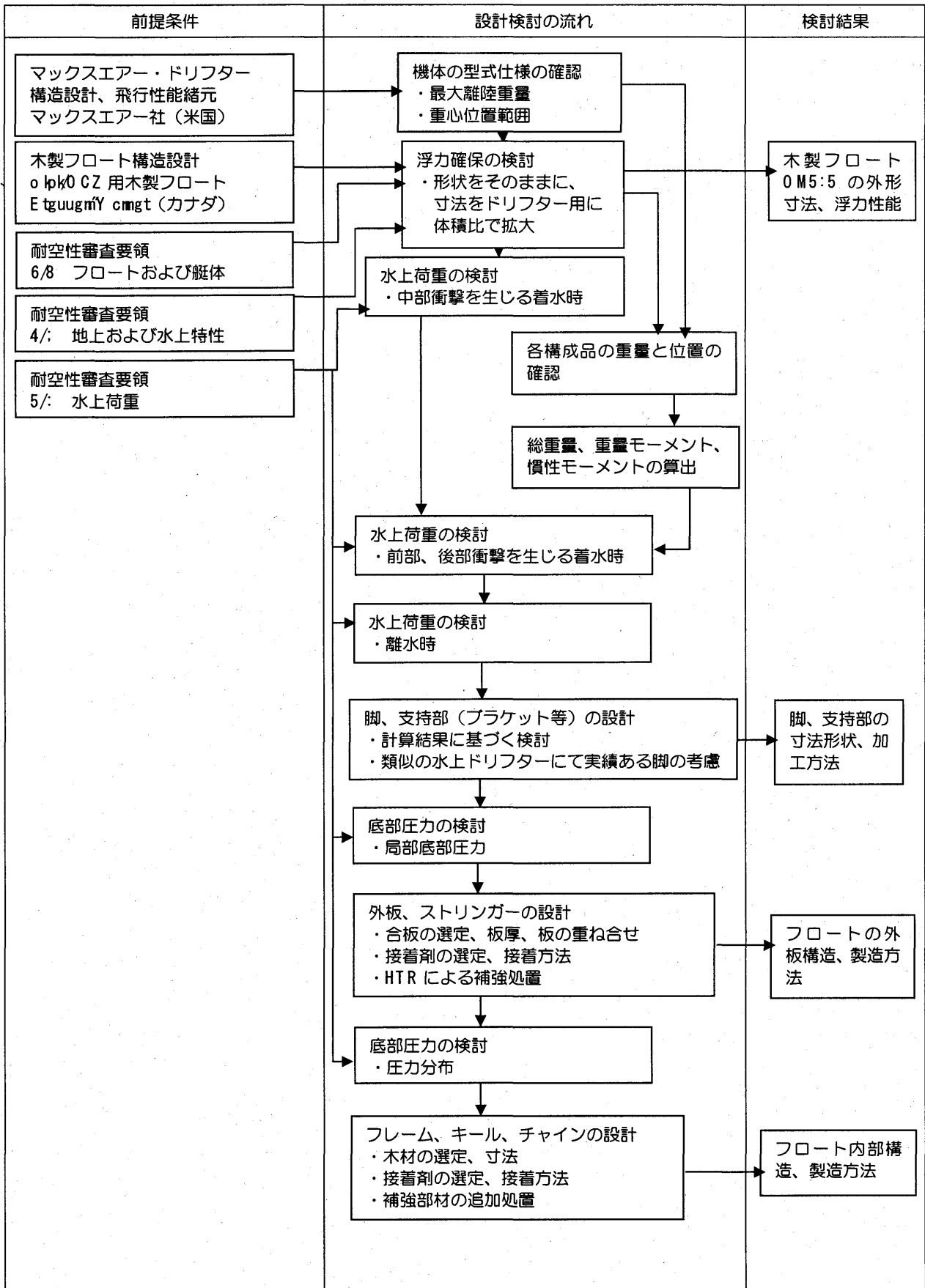


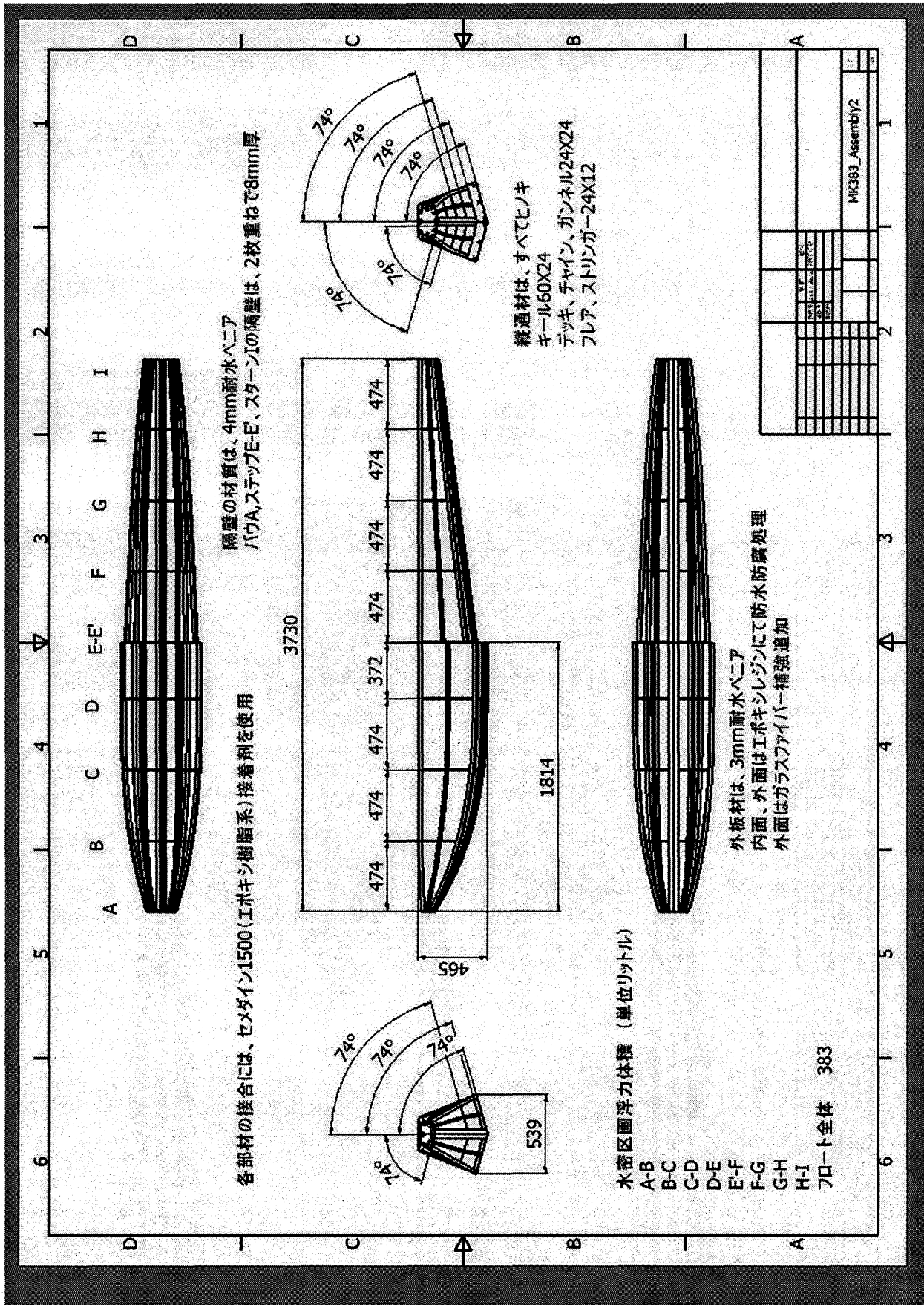
図 35 進水時の水上タクシー

参考文献

- 1) 国土交通省 航空局航空機安全課、“国空機第 3364 号「超軽量動力機又はジャイロプレーンに関する試験飛行等の許可について」、4228 年 4 月 35 日
- 2) E tguuy gmY cmgt “D wm/VwmVcmgu“q“vjgY cvgt.” MWRNCPGU.WUC.D c{.3.;9.r98/9:”
- 3) NR c|o cp[著、阿部郁重訳、“アマチュアのための軽飛行機製作法”、日本航空技術協会、3:96 年

付表3 設計検討の流れ





付図3 三面図

