

水中ビークル製作に必要な入門者向け技術

以下については、中高生だけが対象ではなく、大学生や研究者にも呼びかけたい。なにかのアイデア・工夫をブラッシュアップして成立しうることを立証するために、実海域に出かける以上に、もっとスイミングプールを活用しよう。水深1～2mのプールで必要な技術は、ポイントさえ抑えておけばかなりの略式で済む。浦先生もおっしゃっていたが、なによりも自らシュノーケルを身に付けて水中の世界に馴染むことも大切なことのように思える。

スイミングプールでの技術開発というと海域実験を主体に開発を行っている研究者からすると後ろ向きのように見えるかもしれないが、実海域ではまずは亡失防止が重要であり、水密性・耐圧性・信頼性にかなり神経を尖らさざるを得ず、アイデアを存分に育てるような開発がやりにくいことはないだろうか。

他方、これまでの水中ロボコン／ロボフェスで大学等の参加作品の稼働率は低い。プールではポイントさえ押さえておけば、意外に簡単な方法で解決できるものであるが、それが見えないまま自己流で取り組んで苦労していることはないだろうか。そんな点も踏まえて、水中ロボコン／ロボフェスの運営サイドで基本的な技術情報の提供と、重要なパーツの供給ができれば、水中ロボコンとしても、水中ロボット開発の面でも、もっと活性化できるのではないだろうか。

ここでは自律型制御などの心臓部は避けて、その周辺の共通技術的なものについて、水中ビークル・フリーミーティングの面々から得た耳学問もあわせて素人考えを述べる。

(1) 水密容器

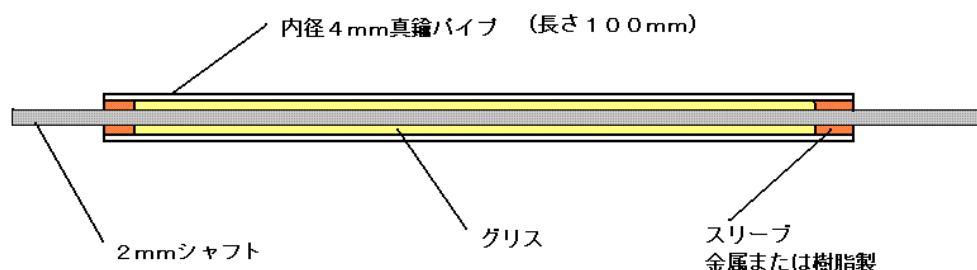
本格的には透明なアクリルパイプの両端にOリング付きキャップをはめるが、このキャップはなかなか手が掛かりコツもいるので、パーツ供給されるとよいかも。貫通部が片側のみであればネジ締め用のピンでも事足りる。パッキン付きのランチボックスを使う例をよく見掛けるが、圧力でフタが変形してパッキンが用をなさなくなることが多い。フタの剛性が十分にあるものを選ぶというところさえ押さえておけば問題なく使えるのではないだろうか。

(2) 推進装置

プロペラ軸が水密容器を貫通する部分の水密で苦労する人が多い。ラジコン潜水艦愛好者の間では「すべるゴム」のOリング等と転がり軸受を組み合わせた水密シールを使う人が多いが、これを自作するのは大変かと思われる。G4シールを利用したものもよく使われているが、これだと軸系が4mmに限定される。磁石カップリングはトルクによって回らない場合もあるという。

実はそれほど手のこんだものを作らなくても水深5mまでなら簡単な構造のもので大丈夫らしい。下図のように市販の真鍮パイプやステンレスシャフトの両端に樹脂製スリーブを瞬

間接着剤で固着し、中にシリコン・グリスを充填する。真鍮パイプは各サイズがあるので組み合わせでサイズが調整でき、スリーブ間の長ささえ十分あれば（数cm以上）、グリスの粘性でもって水密が確保され、水深5mでも大丈夫なようだ。



よみうり号の防水軸受け

・リンケージの場合は内径2mmの真鍮パイプだけで大丈夫です

スクレュープロペラを自作するには、切り抜いたプラバンを何枚もずらして接着のうえ削り出したり、高温のロウ付け作業が必要なのだが、今では市販品が良心的な価格で買うことができる。

このプロペラを水中に適したトルクと回転数で回すためにはギアボックスが必要だが、ラジコン自動車や飛行機用のものはトルクと回転数が違うので使えない。タミヤ工作シリーズなどのパーツを利用して自分で設計・製作する必要がある。

このプロペラやギアボックスの製作を省略できるのが市販の風呂ポンプや灯油ポンプを利用する方法である。このパーツ供給があると便利である（別添7）。

(3) スラストと舵

水中ビークルの運動方向を変えるには、前進速度がなくても方向転換できるサイドスラストなどを設けるのが水中ビークルの流儀であるが、小型の水中ビークルでサイドスラストを自作するのは大変である。玩具用の水中モーターを利用したパーツを供給できるとよい。

舵をサーボとリンケージロッドで操作する方式の場合、リンケージロッドが水密容器を貫通する部分はラジコンボート用の防水ブーツが使えるが、それを使わなくても、ロッドの外径と同じ内径のパイプに十分な長さがあれば、シリコン・グリスで水密性が保てるらしい。風呂用ポンプの場合は、流路を切り替えたり、同じくリンケージロッドで射出口の向きを変える方法もある。

(4) 浮力変化機構

浮力を変化させる仕組みは最も難しい。圧縮空気をバラストタンクに注入する方式ではブローできる回数に限度がある。シリンダー／ピストン方式で浮力を変化させるものをパーツ供給できるとよい。

一例として、ギアポンプと注射器からなるポンプピストンバラストをテストしてみた。

<http://www.youtube.com/watch?v=VKyvHsoGygg>

モーターは ABC ホビーの 130 モーターを使用しており、5 V で駆動している。注射器は 25ml のものになる。動画を見てわかるとおり、結構なスピードでピストンが動く。それにかかなりの圧がかけられるようで、放っておくとピストンが勢いよく飛んでいく。また、シリンダーに水が入っている状態でピストンを押してもなかなか水が排出されない。よほど内圧が高くない限りは、水の逆流は考えなくてもよさそう。

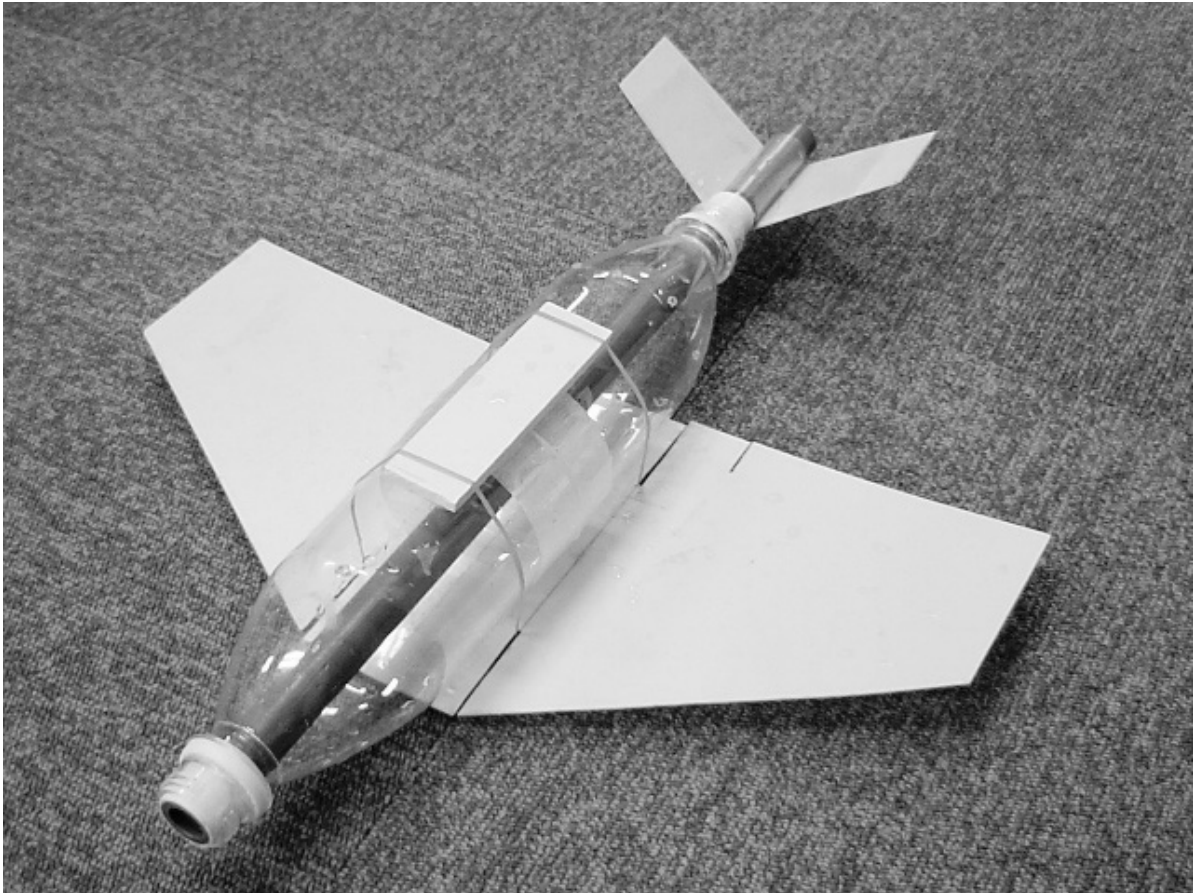
(5) 浮力材

中性浮力と水中姿勢を微調整するための浮力材について、スチレンボードを浮力材に使うと水圧で縮んで浮力が減少し、プール底に着底すると浮上できなくなってしまう。アクリルサリナー製の FOREX (低発泡塩ビ板) の 5 mm 厚のものがなんと比重 0.5 で、しかも水深 5 m 程度の水圧でも平気である。

(6) 外殻

流体抵抗を少なくするための流線型の外殻を作ろうとすると、一般にはスタイルフォームなどでメス型を作り、石膏などでオス型を作り、それに樹脂とガラス繊維マットを重ねる FRP 成形が必要。しかしガラス繊維が飛散するなど一般には奨められるものではない。社会人は自分の好きな市販プラモデルを使うが、学校では資金的に厳しいし、同じ外観ばかりでは個性がない。

例えば図 6 のような丈夫な炭酸飲料系のペットボトルを繋ぐことで簡単に流線型とすることができる。これは動力なし、制御なし。釣り糸を船尾に結び付けておき、水中を滑空させてその距離を競い、どのような翼形状、翼の配置が有利かを試行錯誤させる。中学生レベルで学校のオフシーズンのプールを使って実験できる。釣り糸が抵抗になるように思えるかもしれないが、この釣り糸を適宜操ることによって方向やトリム角を調整できる。回収時はリールを巻き取る。



(7) 種類が異なるプラスチックの接着方法

① よく使われるプラスチックには次のようなものがある。

- PET樹脂（ポリエチレン・テレフタレート）：ペットボトル材料
- PVC（（硬質）塩ビ／塩化ビニル／ポリ塩化ビニル）：塩ビパイプ、FOREX（低発泡塩ビ）
- ABS樹脂（アクリロニトリルブタジエンスチレン共重合体）
- PS（ポリスチレン／スチロール樹脂）：プラモデル素材の代表。プラ板（田宮模型、エバーグリーン）、プラバン（タミヤ楽しい工作）
- PMMA（アクリル樹脂／メタクリル樹脂）：透明なアクリルパイプなど。

② 接着剤には大きく分けて3種類ある。

- 溶かすタイプ：プラスチック母材を溶かして接着する。このため異種プラスチック同士の接着には不向き。
- 瞬間接着剤：異種プラスチック同士でも接着可能だが、固化する際に体積が縮むので、接着面がぴったりくっつく場合でないといけない。
- エポキシ系：2種類の樹脂を混ぜるタイプ。固化時に体積が変わらないので、ぴったり合わさらない場合も接着良好。

以上，筆者が分かる部分だけを述べたが，実際にはもっとさまざまな技術が必要であろう．International ROV CompetitionとUnderwater Robotics Competitionの公式サイトにはさまざまな技術情報やパーツ等の入手先情報がリンクされており，それを日本で入手できるものに改訂する必要があるだろう．

(8) 材料入手先

アクリルパイプ <http://www.takamasa-jyushi.co.jp/index.html> <http://www.hazaiya.co.jp/>

チューブポンプ <http://www.putio.co.jp/>

安全弁 <http://www.yast.co.jp/>

真鍮棒、真鍮版、ステンレス棒 <http://www.ss-musen.co.jp/>

ABS、POM等 <http://torokoromoko.fc2web.com/>