

## W. V(ウォーター ビークル)の低騒音化の研究

Study on Technique of Lowering Water Vehicle Noise Level

伊藤 和正\*

Kazumasa Ito

小谷野 敏\*\*

Satoshi Koyano

## 要旨

WVはモーターボートなどと異なり、岸辺に非常に接近した運転が可能な乗り物の為、岸にいる第3者に対する音への配慮を充分行う事が大切になって来ている。

WVの騒音が大きいと言われる要因には大きくわけて、"ハード面(WVの音圧の絶対値)とソフト面(使われ方による騒がしさ)"の2つがある。

我々はこの2つの騒音の要因と低減方法を明確にするため、"現状把握・要因分析・改良手段の模索・改良手段の検証・騒音値と聴感の関係調査・今後の展開検討"というステップを踏んで先行開発に取り組み、その内容の一部を1993年のSETCにて発表した。ここではその中から、音圧の絶対値の現状把握および要因調査について紹介させていただく。

## Abstract

Unlike motorboats, water vehicles can be driven close to the shore at a high speed. It is, therefore, becoming increasingly important that we give enough consideration to the people on the shore who might get bothered by the noise.

The noise problem that people often complain about water vehicles can be attributed to roughly two factors; one is the absolute noise level of the water craft, and the other is the noise level depending on the way the driver operates it.

In order to identify the exact cause of noise and find solutions to reduce it, we pursued the following steps in designing new models;

- measure noise levels of current models,
- analyze noise factors,
- explore new methods to reduce noise,
- verify newly discovered noise-reduction methods,
- study correlations between actual noise level and auditory impression,
- and
- examine future plans.

We presented some parts of this study at SETC held in 1993. In this report, we will explain the part where we measured absolute values of sound pressures and analyzed different factors of noise problem.

## 1 はじめに

WVの概略を説明する。図1に構造、表1に代表的なWVの諸元を示す。

E/Gとジェットポンプ(以後J/P)の間は減速機がなく1:1でありJ/Pが負荷吸収しているため、E/Gの回転上昇はボートや車などより圧倒的

に速く、初心者でも簡単に全開運転できることから、車や二輪に比べ全開かつ最高回転数で使用される比率が非常に高い。

## 2 寄与率調査

全体音に対する各部の発生割合を求めるべく、消去法による寄与率測定を、代表的なモデルで全開の通過音において行なった。

方法としては、各モデルで全遮音仕様(100%遮

\* 三信工業(株) 第3技術部

\*\* マリンエンジン事業部 WV部

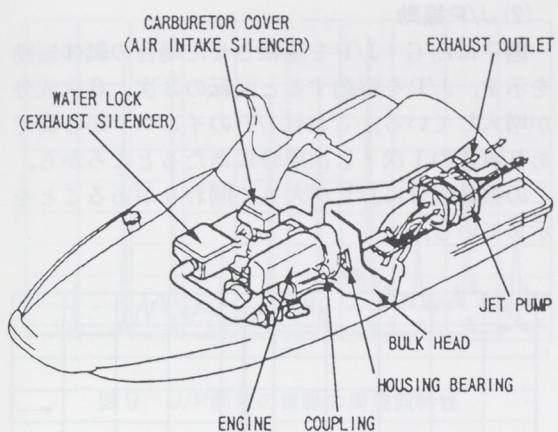


図1 WVの構造概略図

表1 代表的WVの諸元

ITEM		SPECS
Hull	Length	2.77 m
	Dryweight	172 kg
	Max Speed	60.5 km/h
Engine	Type/cylinders	2 cycle/2 cyl.
	Displacement	633 cm <sup>3</sup>
	Max output	36.8kw/6000rpm
Jet Pump	Impeller blades	3

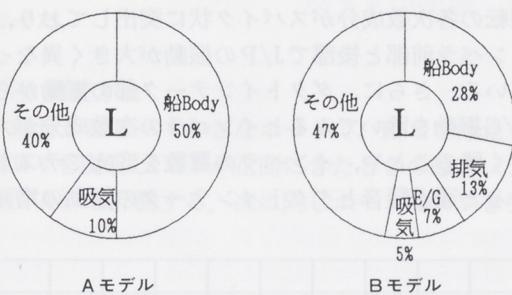


図2 寄与率の結果

音可能ではないが) から遮音部位を1つ1つ取り除き寄与率を求めた。ちなみに、全遮音仕様とはE/Gを鉛遮音し、吸気・排気にはそれぞれ消音BOXを追加、艇体においては水上に出ている全面に、制振材・吸音材を貼付けた仕様である。

図2に寄与率の結果を示す。円グラフからわか

る様に、低減できる音の中で艇体BODYからの音の比率が一番高い。次に高いのは、吸・排気系からの音であるが、それほど比率は高くなくBモデルの排気音の比率はほとんどなかった。

又、最も注目すべき点は、どちらのモデルも低減できないその音の比率が50%近くもあることである。

### 3 要因調査

上の寄与率調査からわかった艇体BODYからの音、およびその他の音について行なった調査結果の一部を述べる。

#### 3.1 艇体BODYからの音の調査

制振材の有無で、騒音レベルの大巾な変化があることから、艇体が振動して音を出しているという推測をたて加振源調査のために、E/G、J/Pと艇体各部の振動の関係を調査した。

#### (1) E/G振動

調査方法としては、E/GのみをWVに載せて運転した場合と、E/Gと動力伝達軸をつないだ状態 (J/Pは接続) で運転した場合、E/G、J/Pを正規につなぎ両方の加振力がある状態で運転した場合3つのパターンに分けて艇体の振動がどのように変化するか調べてみた。

図4にE/G振動、図5にE/GのみをWVに載せた場合の艇体振動、図6にE/Gと動力伝達軸 (カップリング) をつないだ場合の艇体振動を示す。

これらよりE/Gの加振周波数に対し艇体の振動

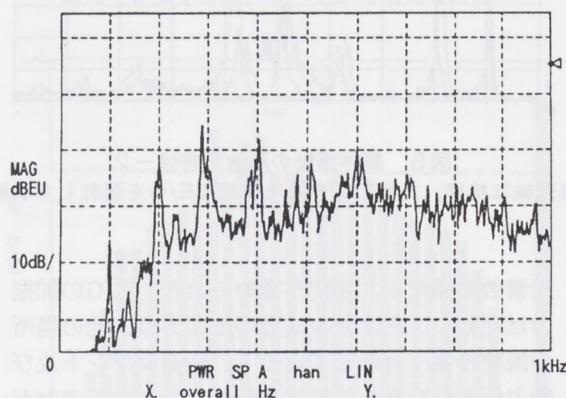


図3 通過騒音のナロ一周波数特性

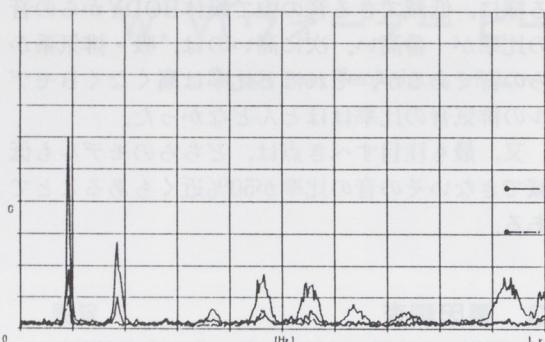
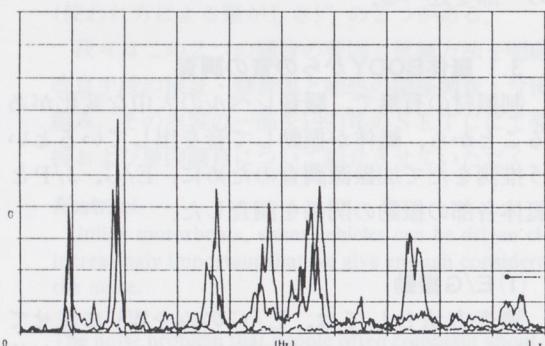
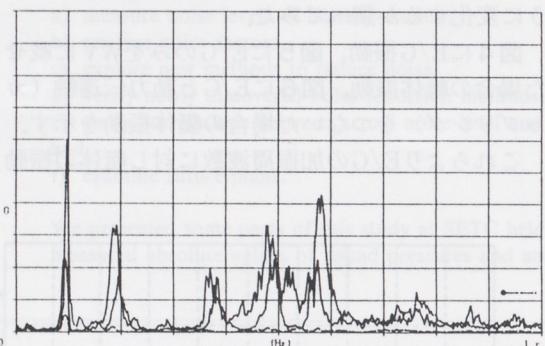


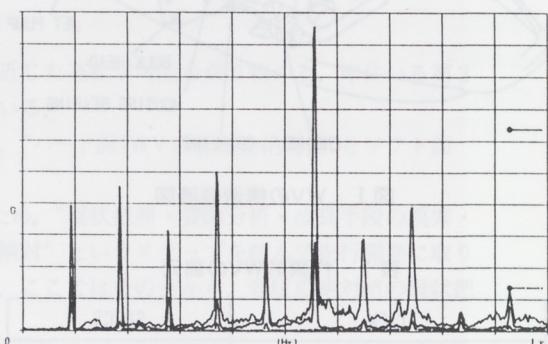
図4 E/G振動の周波数特性

図5 艇体振動の周波数特性-1  
(伝達軸を接続せずE/Gのみ運転した状態)図6 艇体振動の周波数特性-2  
(伝達軸は接続, ただしJ/Pは未接続でE/Gを運転した状態)

周波数の間には、相関が認められた。E/Gの加振力は回転の1次、2次成分が主であり、他の場所の振動特性 合わせてみると、E/Gマウント及び動力伝達軸を介して艇体に伝達されていくことがわかり、通過騒音の100, 200Hzには、E/G振動が関わりがあることがわかった。

## (2) J/P振動

図7にE/G+J/Pを運転させた場合の艇体振動を示す。J/Pを駆動すると回転の3次、6次成分が増大している。これはJ/Pのインペラが3翼であり翼数の1次・2次成分にあたるところから、この振動成分にJ/Pが大きく関わりがあることを示している。

図7 艇体振動の周波数特性-3  
(E/G, J/Pを駆動させた状態)

そこでJ/Pの振動計測を行なったところ、インペラ後部のJ/P本体は図8の様に主成分は、ホワイトノイズであり、所々に小さなスパイク状の成分が含まれる振動である。

それに対して、インペラ前部のダクトインテーク（船底からJ/Pへの導水部分）は、図9の様に回転の各次成分がスパイク状に突出しており、インペラ前部と後部でJ/Pの振動が大きく異なっている。さらに、ダクトインテーク部の振動からE/G振動を除いてみるとインペラの次数成分が大きく残ることや、インペラの翼数を変えてテストすると通過騒音とダクトインテークの振動の増減

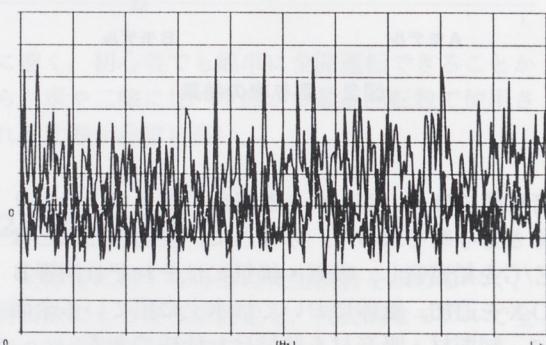


図8 J/P後部の振動の周波数特性

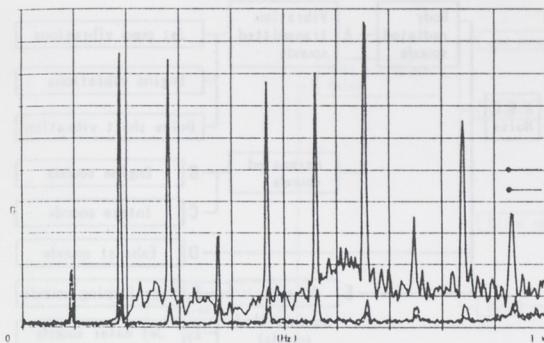


図9 J/P前部の振動の周波数特性

する周波数に相関がみられ、これらからJ/Pの振動としては、ダクトインテーク部からのインペラ翼数の次数成分の要素が大きく影響していることがわかった。

### 3.2 その他(低減できない)の音の調査

本来ならば要因がつかめた成分の改良に取り組むのであるが、寄与度調査であまりにも比率が高いことがわかり低減できなかった音について調査したところ、おもしろい結果が得られた。

先にも述べたように、WVは水面を滑走しているため水を切りスプレーを上げて走っている。我々はこの水を切るときの音(造波音又は、波切音)が、低減できない音ではないかと推測をし、造波音の計測をトライすべく図10のようなテストを行なった。

#### (1) 調査方法

騒音がなるべく小さなボートで、E/Gを停止しWVを曳航し、WVが正面にきたときの騒音(データA)を計測する。次に同じボートでWVを曳

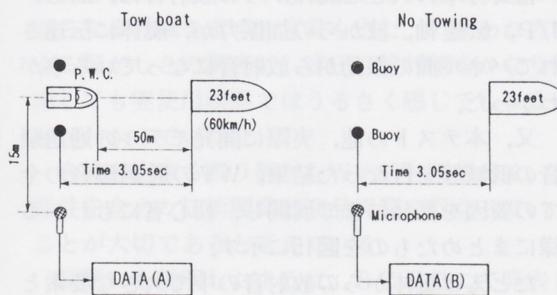


図10 造波音測定方法の概略

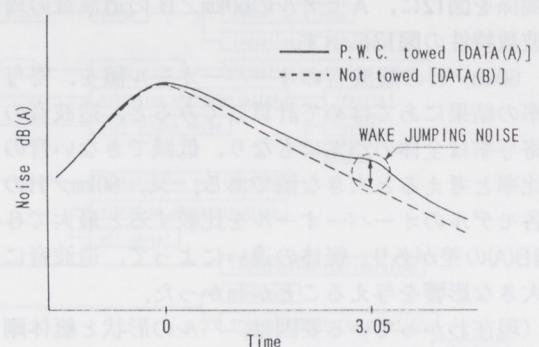


図11 WV曳航の有無によるO. A.の違い

航せずに、同一スピード、同一位置の騒音(データB)を計測する。これらを数回行ない平均をし、データAからデータBを引いた値を求め、これを造波音と考えた。

### (2) 結果

代表的な3モデルのスピードに対する造波音の

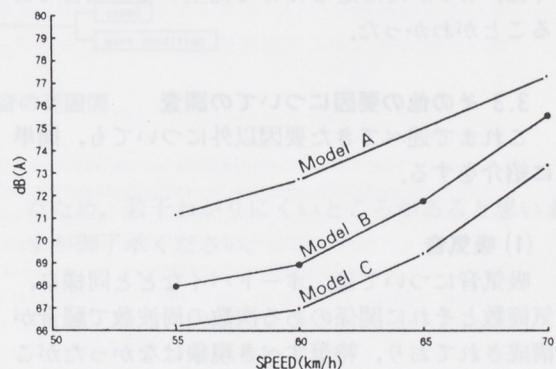


図12 各モデルのスピードと波切音の関係

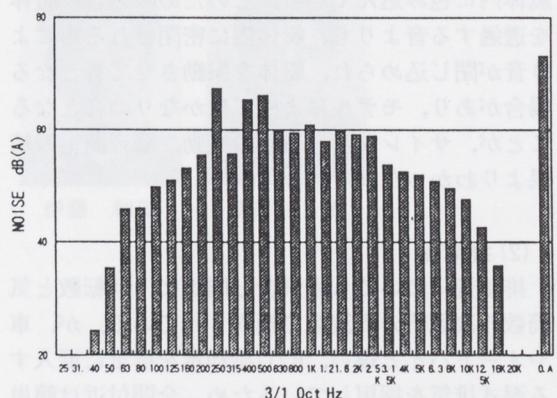


図13 Aモデル波切音の周波数特性

関係を図12に、Aモデルの60km/Hの造波音の周波数特性の図13に示す。

60km/Hの造波音のオーバーオール値を、寄与率の結果にあてはめて計算してみると、造波音の寄与率は全体の23%にもなり、低減できない音の比率を考えると大きな値である。又、60km/Hの各モデルのオーバーオールを比較すると最大で6dB(A)の差があり、艇体の違いによって、造波音に大きな影響を与えることがわかった。

(現在わかっている要因は、ハルの形状と艇体剛性の違いである。)

又、このテスト方法からわかるように、ここで述べている造波音には、波を切ったときの音(水の音)と、波からの加振力によって艇体が発する音の両方が含まれている。ちなみに図13を見ると、中心周波数で250, 400, 500Hzのレベルが他に比べ突出しており、これは、波からの加振力によって艇体がパネル共振して音を発している可能性を示している。

上記の調査結果より、低減できない音の半分近くは、WVがただ走るだけで発生する造波音であることがわかった。

### 3.3 その他の要因についての調査

これまで述べてきた要因以外についても、簡単に紹介をする。

#### (1) 吸気音

吸気音については、オートバイなどと同様に、気筒数とそれに関係のある次数の周波数で騒音が構成されており、特筆すべき現象はなかったがここでは興味をひいたところを記述しておく。

WVは、吸気サイレンサーを含むE/G全体を、艇体内に包み込んでいる。このため吸気音が艇体を透過する音よりも、艇体内に密閉される事により音が閉じ込められ、艇体を振動させて音となる場合があり、モデルによってはかなりの音となることが、サイレンサー有無の振動、騒音測定の結果よりわかった。

#### (2) 排気音

排気音についても吸気音と同様に、回転数と気筒数の次数倍の周波数で構成されている。が、車やオートバイと違い、E/G冷却水を排気に混入する湿式排気を採用しているため、全開付近は簡単な構造でかなり消音効果をもたせることが出来る。

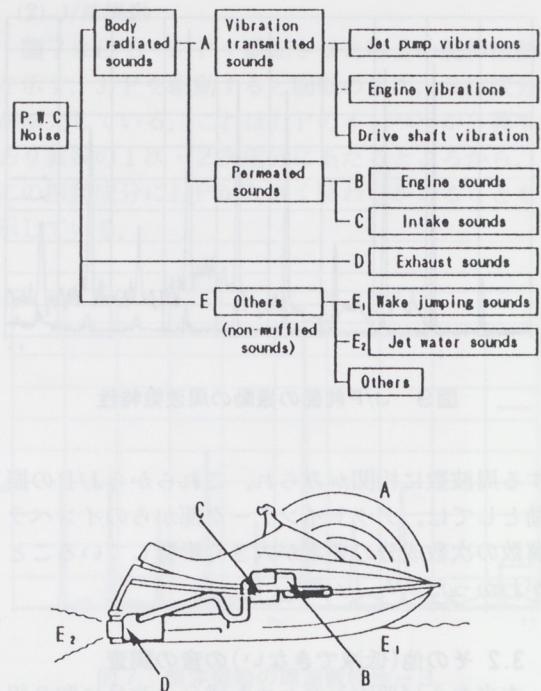


図14 WV騒音の概略図

寄与度調査からわかる様に、現在生産しているWVの騒音レベル程度では、排気音の通過騒音への寄与率はかなり少ないことがわかった。

## 4 要因のまとめ

今回紹介した内容に加え、各種要因調査を行なった結果、WV本体から放射される音の伝達経路を模式図に表したもののが図14である。

WVの通過騒音は、大きく分けて①艇体パネルの放射音、②艇体内部からの透過音、③吸・排気音、④その他』からなり、低減できる音の中で一番寄与率の大きな艇体からの放射音は、E/G, J/P, 伝達軸、波からの加振力が、艇体に伝達されてパネル面の振動から放射音になっている事がわかった。

又、本テストの他、実際に開発モデルの通過騒音の低減等を行なった結果、WVの通過騒音の全ての要因を部品にまで展開し、初心者にもわかる様にまとめたものを図15に示す。

たとえば艇体からの放射音の中で大きな要素としてJ/Pの振動があるが、その発生要因としてダクトインテークの水の脈動があり、関係のある部

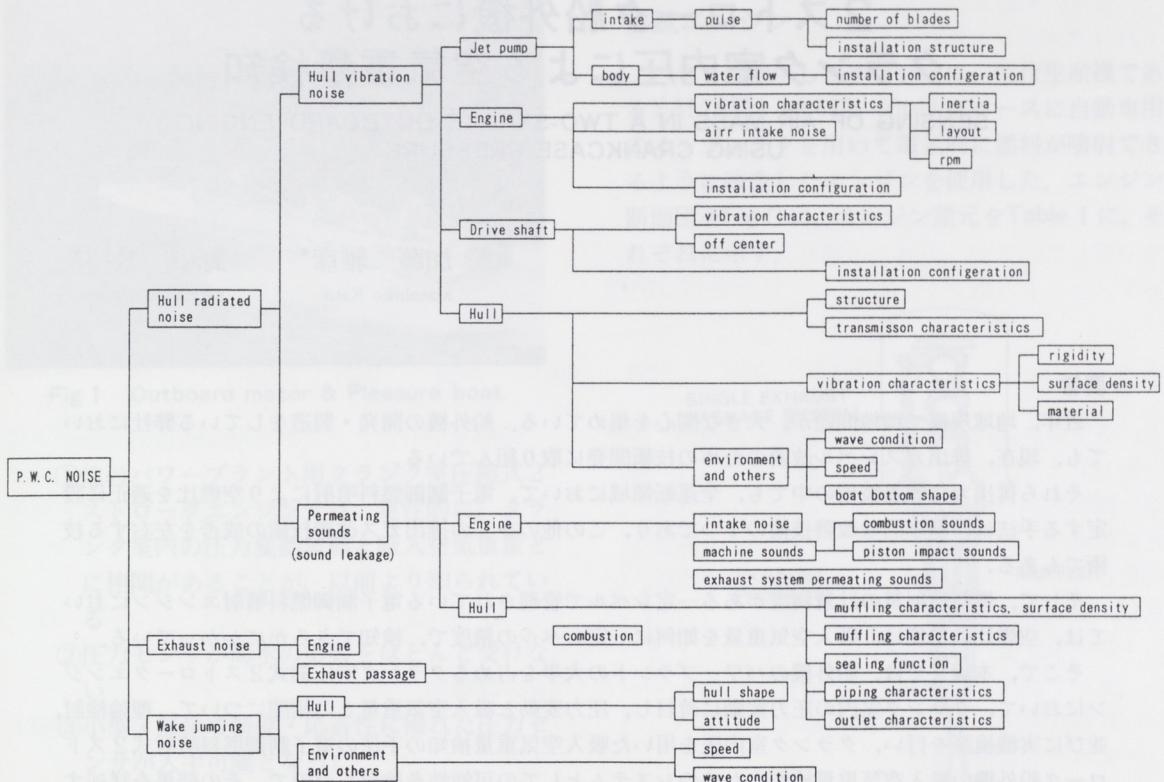


図15 WV騒音の要因図

品及び要件として「インペラの翼数」と「ダクトインテークの構造」がわかる。

たため、若干わかりにくいところがあると思いま  
すが御了承ください。

## 5 おわりに

我々は要因調査結果をもとに、いくつかの効率的な騒音低減手段をみつけだし、かつその検証として実際に通過騒音を5dB(A)低減したWVを試作し、試聴会を行なった。試聴会では、まづまづの評価を得られたが、予想した通り実使用状態では、さらなる低減を求める意見も出た。（使われ方による騒がしさの調査で、音圧の絶対値をかなり低減しても実使用状態ではうるさく感じてしまうことがわかつっていた。）

今後も出来る限り静かなWVを生産すべく、生産性を含めた技術開発と商品展開を行なっていくことが大切であると考えている。

冒頭にも説明したように、STECにて発表した論文をベースに、今回ヤマハ技報用に再編集し

## ■著者



伊藤 和正



小野谷 敏