

14. 潜水調査船用油圧ポンプの雑音特性

中西 俊之*¹ 土屋 利雄*¹ 坂倉 勝海*¹ 加藤 洋*¹
對馬 克己*¹ 山本 三夫*² 黒川 武彦*³

2,000 m 潜水調査船システムでは、各種の音響機器が使用される。特に水中通話機や音響トランスポンダ航法装置は、潜水調査船の潜航、海底作業において不可欠の機器であり、常時良好な作動が保たねばならない。そのためにシステム全体から水中に放射される雑音の低減対策を構じている。ここでは、その一つである油圧ポンプに対する対策を行うため雑音測定を行った結果を述べる。

機器が発生する雑音の低減対策は、騒音規制に伴ない、逐次、着手されているが、家庭機具の範囲にとどまっており、油圧ポンプなどがうるさいのは当然といった認識は依然、強いものがある。また測定の実施には相当な経費を要するので、測定結果が報告されている例も少ない。この報告では3種類のポンプに対する測定結果を提示するにとどまるが、やがてこれらの蓄積を基に優秀な低騒音油圧ポンプが開発されることが強く望まれる。

Acoustic Noise Characteristic Test of an Hydraulic Pump for a Deep Submergence Research Vehicle

Toshiyuki Nakanishi*⁴, Toshio Tsuchiya*⁴, Katsumi Sakakura*⁴,
Hiroshi Katoh*⁴, Katsumi Tsushima*⁴, Mitsuo Yamamoto*⁵,
Takehiko Kurokawa*⁶

Many acoustic equipments are adopted in the 2,000 m deep submergence research vehicle system. Especially, an underwater telephone and transponder navigation devices are indispensable for operation of this sumersible, and thus, they must always be kept in good condition. Therefore, we are considering ways to cope with noise which is emitted from ships into the water. This report is the result of noise measurements of the hydraulic pump in order to reduce noise within the system.

Along with noise regulations, noise reduction measures are being carried out successively, but only concern domestic instruments. We still generally recognize hydraulic pumps to be noisy, but very few reports on noise measurements are submitted due to the high cost of the test.

*¹ 深海開発技術部

*² 川崎重工業株式会社神戸造船所

*³ 三菱重工業株式会社神戸造船所

*⁴ Deep Sea Technology Department

*⁵ Kobe Shipyard, Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

*⁶ Kobe Shipyard, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

This report is the measurement results of three types of pumps. We strongly hope that a quiet hydraulic pump will be developed based on such measurement data.

1. まえがき

2,000 m 潜水調査船システムにおいて、潜水調査船と支援母船との間の通信連絡や船位測定などには、種々の音響機器が用いられており、潜水船が効率よく作業を行うためには、これらの音響機器に負うところは大きい。

しかし船体から発生する雑音に、はばまれては、その役割を果たすことはできない。特に潜水調査船は、高圧環境下で使用に耐える適当な防振遮音材がないので、放射雑音レベルの小さい機器を選び、全体の雑音を減少させる努力が必要である。このような目的で潜水調査船用機器で雑音を発生すると予測される機器に対して雑音低減対策を講じようとしている。

この報告では、その一つである油圧ポンプの選択のため、音響的に検討した結果について述べる。

小形油圧ポンプとして、ベーン型、歯車型ねじ型、プランジャー型など方式の異なるものがある。

しかし、可変容量型のものとなると、大きさや流量制御など、使用上の制約があるようである。このようなことから最も使いやすいアキシャルプランジャー可変容量型ポンプを選び、回転数と吐出量をパラメータとして雑音測定を行い、雑音低減方法を検討した。

この調査および検討にあたっては“潜水調査船開発研究会”および“同音響専門部会”の委員各位に適切なご助言、ご指導を得たことに対して深く謝意を表する次第である。

2. 基本的な考え方

油圧ポンプの選定において、前述のとおり基本的には使用上の配慮からアキシャルプランジャー型のものを用いることとして、音響機器に妨害を及ぼす周波数帯での雑音を、可能な限り低減させることを考えた。

このようなプランジャー型の構造のものが発する雑音を周波数分析すると、(1)式で表わされる周波数帯に雑音スペクトルがスパイク状に現われる。

$$\frac{N \cdot n \cdot H}{60} \quad (\text{Hz}) \quad (1)$$

ただし、 N ； 軸回転数 (rpm)

n ； プランジャーの数

H ； 高調波の次数 ($= 1, 2, 3, \dots, h$)

潜水調査船システムで使用される音響機器の使用周波数帯は 6 kHz 以上であるので、雑音は 6 kHz 以下の周波数帯に閉込めたい。

このことについて、プランジャーの往復運動によって生じる雑音のパルス幅および繰返し周期が回転数に比例する単純なパルス列のフーリエ成分を考えてみる。このパルスの振幅が回転数が変化しても一定であると仮定すると、(1)式で表わされるスペクトルの同じ次数の高調波の振幅は等しい。しかし、スペクトルの周波数は回転数に比例するから、このようなパルス性雑音による雑音スペク

トルは、回転数を減少させると、低周波域に寄ることになる。実際にはパルス列のパルス幅、形状はここで仮定したとおりにはないだろうが、ある程度の類似性はあるだろうし、低回転の方が騒音が小さいことも、常識的に考えられることであるので、これを実験によって確かめた。

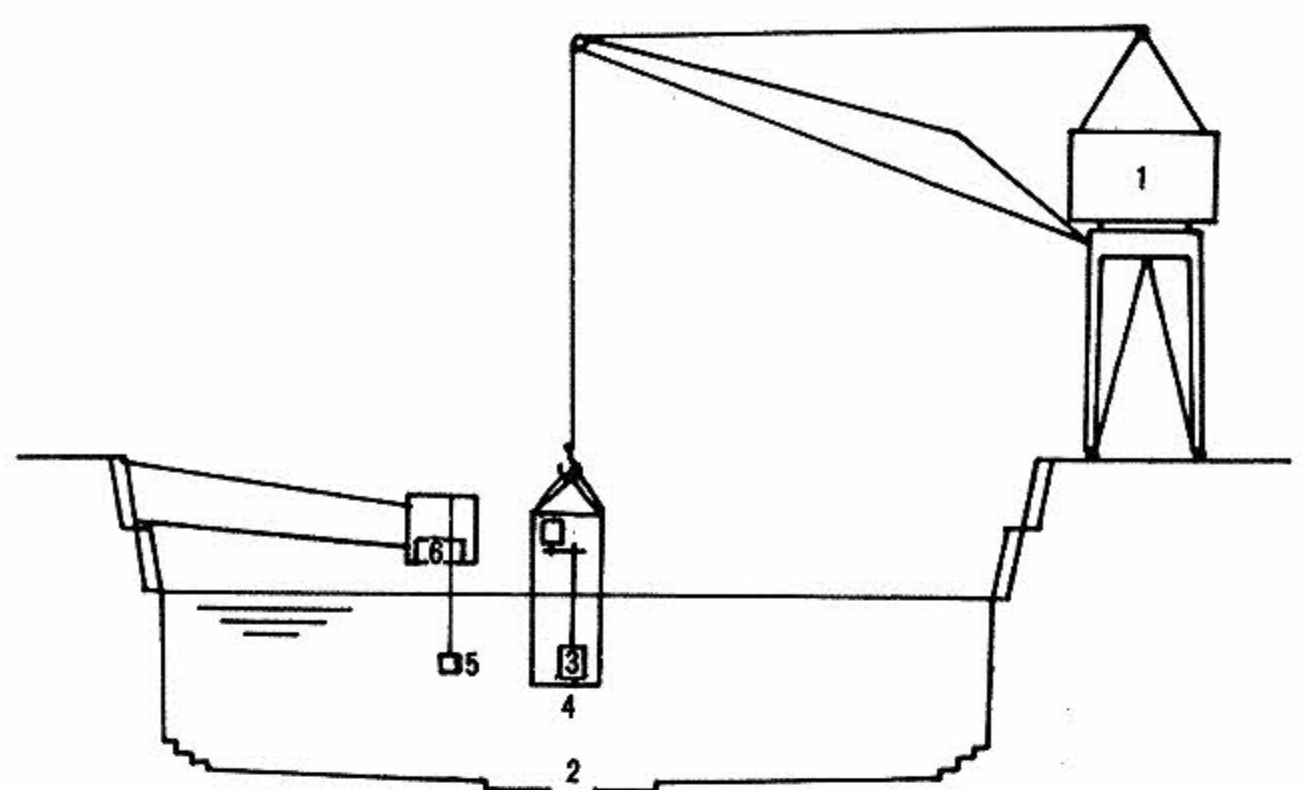
3. 測定および分析

雑音測定は、川崎重工神戸造船所および三菱重工神戸造船所のドックで行われた。

測定は図1に示すように、架台に取りつけた油圧ポンプをクレーンで、ドック中央付近の水面に吊下して行った。油圧ポンプは、水面から 2 m または 3 m の深さに吊下し、油圧ポンプを所定の回転数、油圧および吐出流量を調整して測定を行った。

図2は油圧ポンプを架台に取付けた状態を示す。

油圧ポンプは、電動機でプーリーと伝達軸を介して駆動させ、伝達軸は、油圧ポンプを水中に十分深く浸して回転させうるだけの長さを用意し、油圧ポンプ本体は真水タンクに入れた。したがって雑音は油圧ポンプ本体から直接水中に放射されるのではなく、タンクに覆われており、実際の場合も、これとほぼ同様である。なお伝達軸がたわ



1. クレーン, crane
2. ドック, dock
3. 油圧ポンプ, hydraulic pump
4. 取付台, frame
5. 受波器, hydrophone
6. 測定器, measuring apparatus

図1 雑音測定要領
Procedure of noise measurement

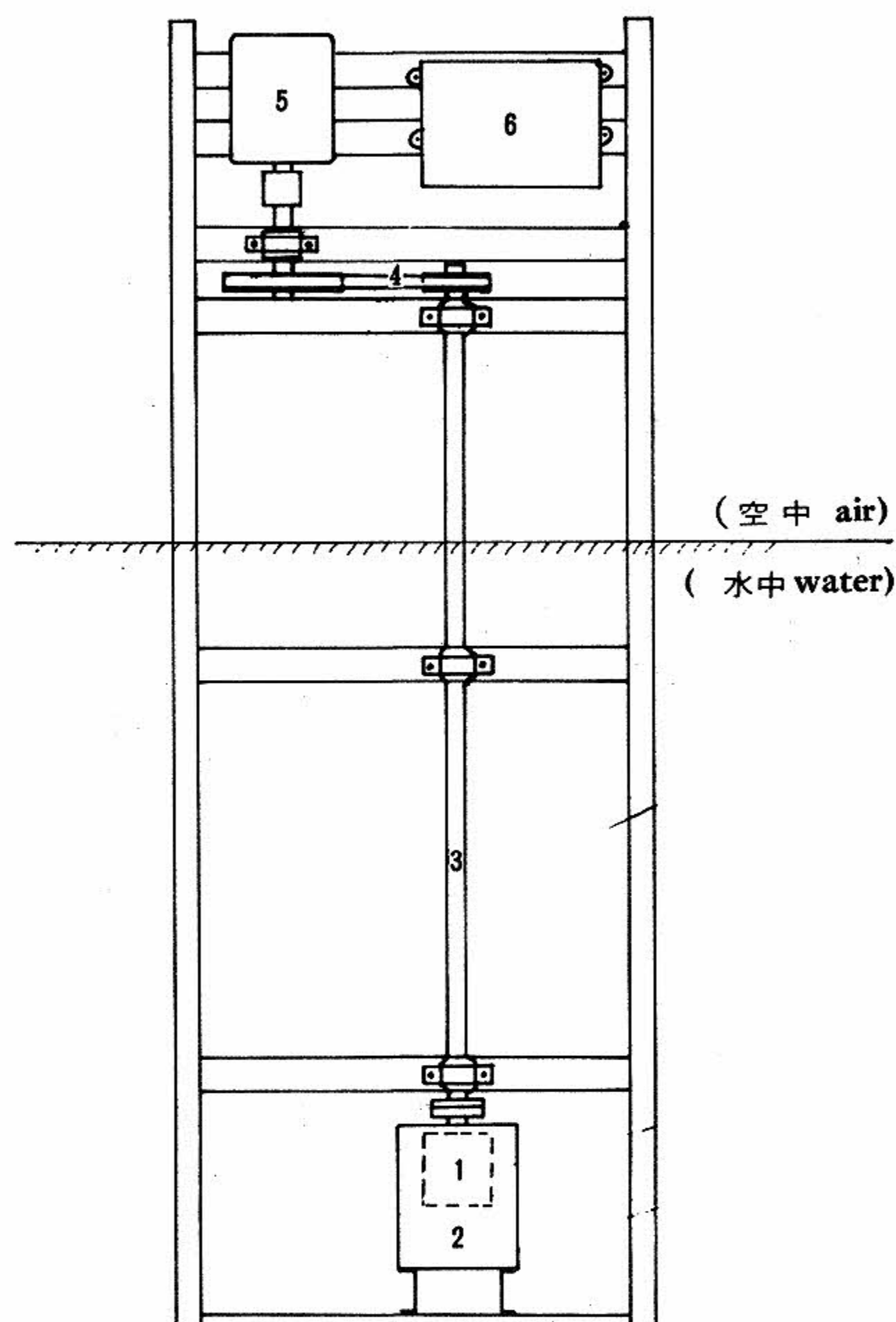
表1 ドックの寸法概要
Dimension of docks

ドック	奥行 (m)	幅 (m)	水深 (m)	被測定ポンプ 名称
川崎重工業株 神戸造船所	約161	約22	約45	PV3-044
三菱重工業株 神戸造船所	306	44	10	PV3-011 PVB-5

(注) 水深は測定時の水深である。

表2 油圧ポンプの測定条件
Types of noise measured hydraulic pump
and noise measuring parameter

型番	製造グレード	ブランジャー の数	測定時の条件		
			回転数 (rpm)	吐出圧 (kg/cm ²)	吐出量 (l/min.)
VV3-011	航空機用	7	3500	134	4.7
				140	0
				0	6.6
PVB-5	産業用	7	3500	134	9.4
			1790	134	4.7
				142.5	0
PV3-044	航空機用	7	3500	0	5.9
				211	0
			1700	0	24
				211	0
				0	12



1. 油圧ポンプ, hydraulic pump.
 2. 油圧ポンプ用真水タンク, fresh water tank
 3. 油圧ポンプ回転伝達軸, driving shaft
 4. ベルト, belt
 5. 電動機, motor
 6. 油タンク, oil tank
- (注) PV3-011 および PVB-5 の測定時には、
真水タンクを除去し、海水中に入れて測定した。

図2 油圧ポンプの固定要領
Installation of hydraulic pump

むと雑音発生の原因となるので、軸受けを用いて振動を防止した。

測定を行ったドックの寸法の概要を表1に示す。

なお、いずれのドックも、測定前に伝搬減衰特性と壁面および水面からの反射の影響等の測定を行い、球面拡散減衰を行っている距離内で、かつ遠距離音場であることを確認の上測定を行った。

測定した油圧ポンプはビッカー社製 PV 3-011, PVB-5 および PV 3-044 の3種類である。測定時の条件は表2に示す。

表2に示した条件で測定して周波数分析した結果を図3に示す。この図は1/3オクターブフィルター（ブリュエル・ケア社製）を用いて分析した結果を基に、加算で、それぞれの周波数帯のレベルを求めたものである。

この周波数帯域にわたったのは、水中通話機の通話帯（約7～11 kHz）、トランスポンダ航法装置の周波数帯（6～18 kHz）などの帯域雑音、0.1～22 kHz 帯に対して3.6～18 kHz 帯の雑音レベルがどの程度減少するかを知る必要があったためである。

図4は比較的狭い帯域幅で周波数分析した結果を示す。

この分析は(1)式に起因し、その周波数帯に成分を持つ雑音スペクトルの大きさを知るために行ったもので、これが信号周波数の近傍に生じると、その妨害度は大きいので、そのような雑音はあらかじめ除去しておかねばならない。

4. 分析結果の検討

図3によって、つぎのことがわかる。

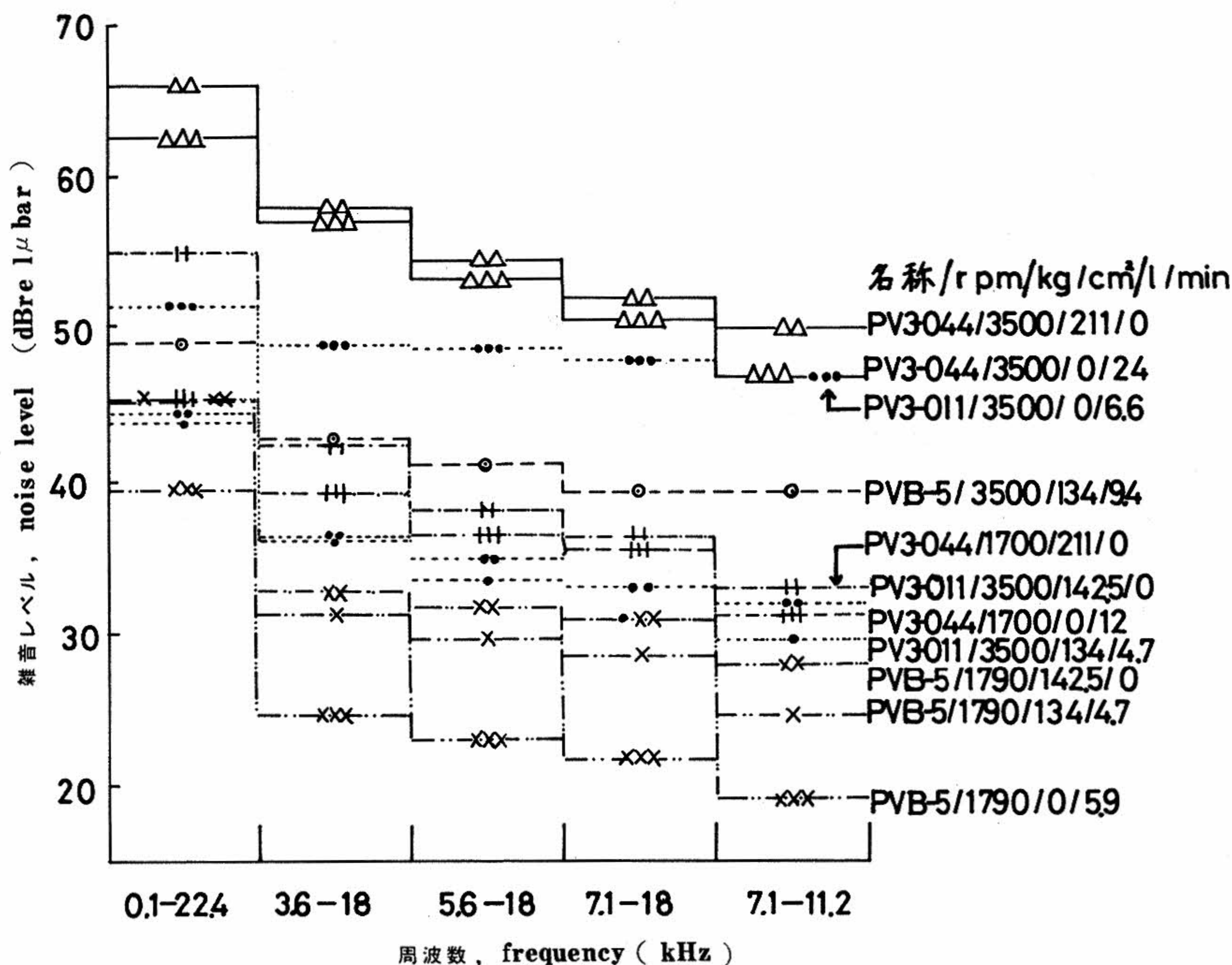


図3 油圧ポンプの雑音分析結果
Noise analysis of hydraulic pump

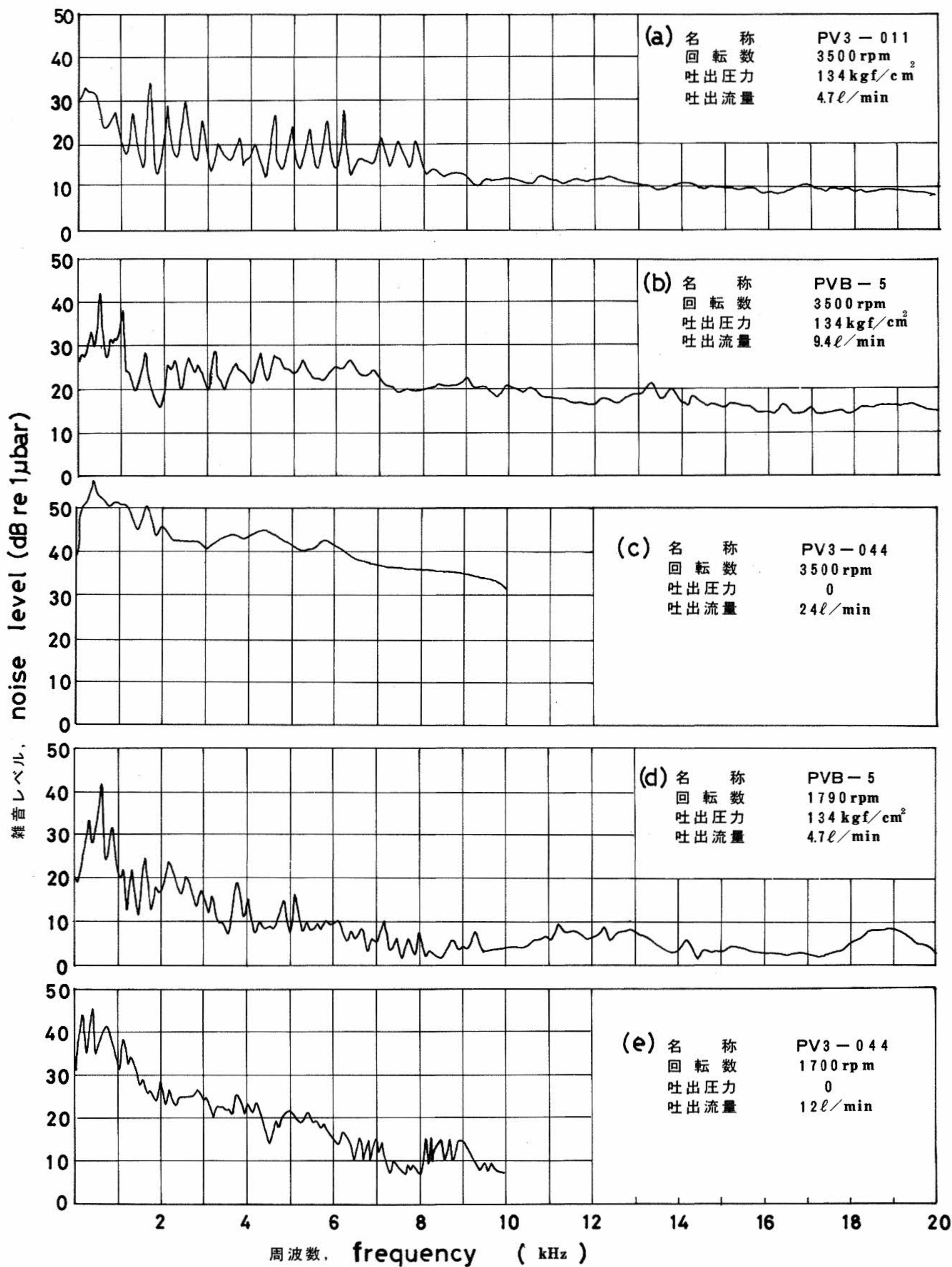


図4 油圧ポンプの50 Hz バンドフィルターによる分析結果
Noise analysis of hydraulic pump by 50 Hz band filter

- (1) 1,700rpmは 1,790rpm (以下約1,700rpmと表わす) で使用する場合に比べ, 3,500rpmの方が雑音レベルは大きい。
- (2) 0.1~22.4 kHz 帯と 3.6~18 kHz 帯のレベル差は, 3,500rpm 場合 8dB 以下であるのに対して, 約 1,700rpm では一例を除き, 12dB 以上の差があり, 前述の 2 項例のように, 回転数を減少させることによって, 雑音を低周波帯によせることができる。
- (3) 同一機器で 3,500rpm と約 1,700rpm で使用する場合には, PV3-044 型と PVB-5 型の結果によれば, いずれも約 10 dB 以上の差で低回転で使用する方が低雑音レベルとなる。
- (4) PVB-5 型と PV3-011 型の結果は, いずれも吐出量を同一にした場合には, 0.1~22.4 kHz のレベルではほぼ同一であるが, 5.6~18 kHz および 7.1~11.2 kHz 帯では PVB-5 型の方が小さい。
- (5) 図 4 によれば, 3,500rpm の場合は約 1,700

rpm の場合に比べ, (1)式で表わされる雑音スペクトルが高い周波数域で現われる以外に, 高い周波数帯で雑音レベルが大きくなっているのが認められる。

以上の実験結果によれば, 大容量のものを低速回転で使用するのがよいということがわかる。しかし, 電動機の減速や重量増加などとも関係するので, そのことも含めて用法を検討せねばならない。

5. あとがき

油圧ポンプの雑音測定は, 測定方法で説明したように, 大変な作業である。しかし音響機器がうまく作動するか, 否かは, 潜水調査船システムの死活にかかわる問題であるので, あえて行い, 音響機器との関連で明かるい見通しを得た。

このような測定結果はほとんどなく, またこのような型式の油圧ポンプが低雑音であるかも不明であるので, 今後, これらの資料の蓄積が必要である。