

中華民國音響學會
第九屆學術研討會論文集

The 9th Symposium of The Acoustical
Society of The Republic of China



中華民國音響學會
成功大學建築系 主辦

教育部
行政院勞工委員會
行政院勞委會安衛所 合辦
行政院環境保護署
臺灣省環境保護處

成功大學, 台南, 台灣
NCKU, TAINAN, TAIWAN
中華民國八十五年十二月十四日

中華民國音響學會 第九屆學術研討會論文集

The 9th Symposium of The Acoustical
Society of The Republic of China



中華民國音響學會
成功大學建築系 主辦

教育部
行政院勞工委員會
行政院勞委會安衛所 合辦
行政院環境保護署
臺灣省環境保護處

成功大學, 台南, 台灣
NCKU, TAINAN, TAIWAN
中華民國八十五年十二月十四日

序

中華民國音響學會成立之宗旨，為提高國內音響學術及相關技術水準，促進國際音響學術及相關科技之交流。而音響學術領域含蓋：基礎聲學、聽覺語言、動物聽覺、電氣音響、超音波、水中音響、噪音與振動控制、環境音響、建築音響、室內音響、樂器音響、語音、生理與心理音響、量測及訊號處理等有關聲波學術研究。

本學會自成立以來，今年已邁入第九年了，由於學會會員各來自學校、機關團體、民間機構，各會員在音響領域中各有專精，透過每年舉辦之「學術研討會」提出年度研究成果，促進交流，一步一步提升國內音響學術水準及累積音響實務經驗，為國內貢獻良多。

由於透過「學術研討會」之交流，促使各會員間相互了解彼此不同研究方向，期望將來能建立完整之音響領域研究體系，更樂見於各會員間能相互合作，整合各專業知識共同研究。

我們深自期許音響領域的研究，及加強協助民眾之需求，能改善目前生活環境中之不良條件；亦相信各位學者專家努力不懈之精神，將能創造適合下一世紀生活的優良環境。

學術研究之成果，是一點一滴匯集而成的，一天的學術研討會，卻蘊藏著無數的精華，期待珍惜。

中華民國音響學會

理事長 陳義男

中華民國音響學會第九屆學術研討會論文集

目 錄

專題演講

環境聽之事業—「值得保存日本聲音景點百選」之認定...	山下 充康	11
-----------------------------	-------	----

基礎聲學、水中音響、電氣音響、樂器音響、聽覺語言、生理與心理音響

聲致發光之研.....	陳泰偉、馬幼俠、許佳振	5
圓片聲波繞射場實驗研.....	黃清哲、吳漢傑、賴文傑	
	陳潮億	11
Sound Scattering for Wave Incident on Rigid Floating Body.....	王昭男、謝傳璋	21
表面聲波在液體負載之波傳特性.....	羅如燕、李明利	31
受週期橫向磁場與軸向負載的懸臂樑之振動及動態穩定性分析.....	吳貫遠、蔡瑞益、施延欣	39
螺旋諧振頻域水中聲訊受轉速影響之量測分析.....	張一屏、陸儀斌、周康樂	49
電話機在環境測試中之聲電頻率響應特性分析.....	鄭益昌、施家頤	57
應用類神經網路發展電腦樂譜識別器.....	林志蔚、陳孝武、邱創乾	65
壓電振動感測與主動式抑振控制.....	張興政、許毓珉	73
國語重要語音對比的聲學相關特性.....	劉惠美、曾進興	81
音感形成之內在理論探討.....	王潤婷	91

噪音與振動控制、環境音響

手持砸道機之振動與噪音測定與評估.....	劉玉文、何先聰、葉文裕	
	吳昭誠	99
各種車輛行進中之特性研究分析.....	張柏成、吳皇毅	107
The Aeroacoustic Analysis of Continuous Detonation System.....	Jin Wen Chen	
	Charlie S.F. Chang	115
噪音防治預估模式研究.....	汪島軍、周春元、葉文裕	125

The Study of an Adaptively Active Control on the

Acoustic Propagation in Pipe.....	陳國在、陳永祥、劉雲輝.....	135
引擎排氣噪音模擬與合成.....	許友維、樊潤武、盧昭暉.....	151
對衝床噪音調查及其控制成效現況探討.....	蘇德勝、蘇志雄.....	159
鐵路交通行駛列車噪音與振動特性分析.....	張柏成、江昇穎.....	169
道路、高速公路、鐵路及捷運等交通噪音防制之研究.....	王世傑.....	179
環境振動測定之研討.....	郭宏亮、盧天鴻、蕭金政.....	187
台灣地區第二期航空噪音監測網之規劃.....	陳淨修、王世傑.....	201

量測及訊號處理、室內音響、建築音響

斷裂物之影像及音響自動評估系統.....	汪仕倫、林宸生.....	213
建立熱鍛控制信號防干擾資料庫.....	張興政、蘇文彬、林信宏 鄭和明、蘇祥瑞.....	221
雙諧頻聲源之非線性特性之實驗量測.....	涂季平、王星賢.....	229
鈦酸鉛薄膜感音器之製作和測試.....	張忠誠、林文卿、湯欽昕.....	237
噪音計的研製.....	陳兩興、郭淑芬、盧奕銘 林學錦、楊長江、林弘濱 林東昌.....	243
教室聲響性能之改善.....	林子敬、徐茂濱.....	253
迴響室聲場特性分析.....	劉德源、湯耀期.....	261
殘響時間多目標規劃模式之研究.....	何友鋒、沈 昀、吳 垠.....	269
不同厚度與抗壓強度鋼筋混凝土樓版衝擊音特性之 比較研究—以小試體實驗方法探討.....	江哲銘、鍾松晉、蕭憲聰.....	277
Partition of Both Side Sound Absorber.....	森本徹、關谷正道 小池七郎、福原博篤.....	285
以現場演出為對象之演藝廳主觀性能評估.....	黃弘昌、江維華.....	291

專題：環境廳之事業－值得保存日本聲音景點百選」之認定

主講人：山下充康 博士

翻譯：江哲銘

總論

環境庁は今年の6月に「残したい日本の音風景百選」を発表した。

人々が音に対して関心を持つことによって、日常の生活環境から無駄な音、つまり騒音を低減しようとする意識を高めることを目的としたものである。

日本では環境庁が7つの環境破壊要素に注目し、これらを「典型7公害」と名付けて長年それらの低減と防止に取り組んでいる。

典型7公害とは、①大気汚染、②水質汚濁、③土壌汚染、④騒音、⑤振動、⑥地盤沈下、⑦悪臭である。これらの中で国及び地方自治体の環境担当窓口に寄せられる苦情の件数が最も多いのが騒音である。

とくに近年では高速道路網の充実、新たな鉄道の建設と高速化、空港を離発着する航空機の増加、工場の大規模化、生活様式の多様化などによって音環境は悪化の傾向にある。環境庁は、1971年「騒音に係る環境基準」を設定し、騒音を抑制する努力を続けてきているが、必ずしも満足な結果が得られていないのが実情である。

騒音の少ない生活空間を形成するためには、国民の一人一人が日常生活の中で音に対する関心を持つことが必要ではないだろうかとの考えから、「残したい日本の音風景百選」の事業を推進することになった。

これは、耳を澄ませば聞こえてくる様々な音の中に「好ましい音」、「将来に残したい音」があることを発見し、そのような音が騒音にかき消されて聞こえなくなるような環境を無くそうではないかという発想である。

「残したい日本の音風景百選」の選定検討会（委員長 山下充康）を環境庁の中に組織して全国から「残したい日本の音風景」を募集した。738件の応募があり、これらを審査して百件を選んだ。選ばれた音風景に対して環境庁長官から認定書を授与し、その音風景が将来的に保存されるように支援することとした。

環境庁の騒音問題に対する今までに無い新たな取り組みであったため、この審査結果は日本全国にテレビ、ラジオ、新聞などによって広く報道され、一般の国民から注目を集めた。この事業によって人々が音に対して関心を寄せることに気付くようになったことは、大きな成果であると考えられる。

1. 選ばれた「残したい日本の音風景百選」の内容

選定検討会では全委員が応募された総ての案件に目を通した上で全体討議を繰り返し選定に当たった。選定に当っては、生活とのかかわりと地域的なバランスを重視したので、寄せられた各案件の背景や周辺条件などの調査が必要であった。

因みに、過去において実施された音に関するアンケート調査では、「いやな音」としては、道路を走る車、オートバイの音、エンジンの空ふかし、暴走族の音などの自動車の走行や自動車の使用方法・マナーに起因する騒音が上位を占め、「好ましい音」としては、小鳥、虫、せせらぎ等の自然系の音が上位を占めていた。

また、風鈴、鐘の音等の人工系の音についても比較的好ましく感じられる傾向が見られることが報告されている。

今回の事業の公募に応じて寄せられた音風景の内容を音源別に整理して表1に示した。

表-1 音源種別「音風景百選」

音源種別	応募総数	選定数
生き物	208	31
鳥の声	93	12
昆虫の声	40	7
カエルの声	23	2
その他の動物	13	2
植物	29	5
これらの複合	10	3
自然現象	164	19
川、滝等陸水の音	93	10
波等海の音	41	9
その他の自然現象	21	0
これらの複合	9	0
生活文化	291	37
祭り等行事の音	69	9
鐘等信号的な音	65	10
産業・交通の音	74	11
その他の生活文化	73	6
これらの複合	10	1
以上の複合音	52	12
その他（静けさ、分類不能等）	23	1
合 計	738	100

2. 「残したい日本の音風景百選」に類似の環境保全事業

環境庁が実施した「百選事業」は今回の「音風景」が初めてではない。

1984年には水質保全局の担当で「日本の名水百選事業」が行われた。「全国に存在する湧水などの清澄な水について、その再発見に努め、広く紹介して啓蒙普及を図るとともに、水質保全への認識を深め、併せて優良な水環境を積極的に保護することによって水質保全行政の進展に資する」ことを目的とした事業である。

この事業の成果として82件の湧水と18件の河川が選ばれ、名水百選のガイドブックが出版されるなど、当時、全国的に大きな反響を呼んだ。

これとは別に、類似の事業に大気保全局が担当した1986年の「あおぞら観察コンテスト」、1987年の「星空の街コンテスト」がある。これらの事業が契機となって平成元年度から「星空の街・あおぞらの街」全国大会の開催、全国継続観察（スターウォッチング・ネットワーク）が実施されるなど、大気保全の必要性に関する啓蒙普及活動が進行している。

小林理学研究所の在る台地からの湧き水が日本名水100選の一つに指定されている。国分寺市は湧水の流れに沿って自然石を敷いた遊歩道を整備した。どうということのない細い流れだったが、この湧水が名水100選に指定されて以来、流れにごみが捨てられなくなった。

環境美化には「ごみヲ投げ入レルベカラズ」と立て札するよりも名水100選に指定したことの方が効果的であったことになる。

3 おわりに

耳を覆いたくなるような騒音が増え続ける中にあって、耳を傾けたいくなるような音、大切にしたい音、将来に残したい音が少なくない。

100件の音風景を選定したが、これらの他にも沢山の残したい音風景が身近に存在している。日常生活の中で触れる様々な音風景に関心を寄せる意識が無駄な音の排除を実現するものと考え、この事業が新しいコンセプトの音環境保全対策のスタートとなることを強く希望する次第である。

聲致發光之研究

A Study on Sonoluminescence

陳泰偉^{*1} ◎馬幼俠^{*2} 許佳振^{*3}

摘要

本研究是利用一電子共振迴路，並經由一組壓電換能器 (Piezoelectric transducer) 在一個小體積球形燒瓶中心產生共振聲場，製造空化氣泡，進而使其產生聲致發光 (Sonoluminescence) 現象。

其次，運用雷射光源和檢光儀器，量測於固定角度來自氣泡之散射光強度，並利用 Mie-Scattering 的散射公式及程式計算找出聲致發光時的氣泡平均半徑。

一、前言

聲致發光是由流體中聲場產生的能量匯聚在一點使得發光的現象。換句話說，在一共振聲場中發生連續而有規律的閃光現象。

在一般的標準狀態下，體積由大變小之圓球狀空化氣泡是作絕熱收縮的，而氣泡收縮的能量將會傳給氣泡中的氣體分子。因為這種能量的傳遞，導致氣體分子重組時由於光化學 (Chemiluminescence) 作用產生了發光的現象。

雖然與聲致發光的相關研究早自三零年代即已開始 [Frenzel and Schultes, 1934]，然而由於此發光現象過於隨機(不易控制其發生之時間及位置)，加上造成發光的氣泡也十分地不穩定，因而相關的研究並無太大進展。

藉實驗儀器及方法進步之賜，前述之問題在八零年代中被逐步克服。由於聲光效應的多方應用性，聲致發光成為近年來研究高聲能聚集於流體中某定點的一個具挑戰性的非線性聲學課題 [Hiller and Barber, 1995; Putterman, 1995; 丁致良, 1996]。

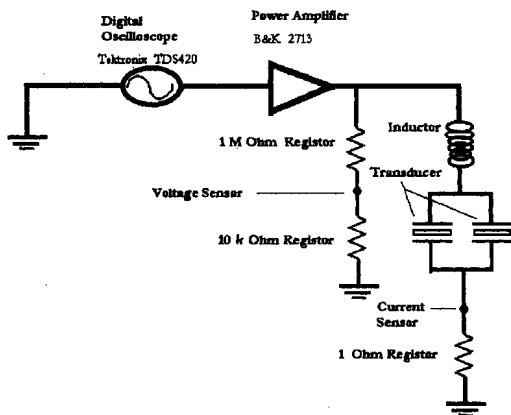
*1 國立中正大學應用地球物理研究所 碩士班研究生

*2 國立中正大學應用地球物理研究所 教授

*3 國立中正大學物理系 副教授

二、實驗設置

本研究是利用圖一的配置產生一共振迴路，在一個100毫升的球形燒瓶中心點運用一組壓電換能器所產生之聲場，製造空化氣泡使其產生發光現象。



圖一 產生聲致發光的電路配置。

三、理論分析

對於一平行 $\phi = 0$ 平面之入射光強度可以表示為

$$I_{\theta} = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 r^2} |S_2| \cos^2 \phi \quad (1)$$

其中 λ 表示入射光的波長， r 為距待測氣泡之中心點的長度
 ϕ 是入射角。散射方程式 S_2 為：

$$S_2 = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n+1}{n(n+1)} [a_n \tau_n(\cos \theta) + b_n \pi_n(\cos \theta)] \quad (2)$$

其中 θ 為散射角，上式中與其相關之方程式可以表為：

$$\pi_n(\cos \theta) = \frac{P_n^{(1)}(\cos \theta)}{\sin \theta} \quad (3)$$

$$\tau_n(\cos \theta) = \frac{d P_n^{(1)}(\cos \theta)}{d \theta} \quad (4)$$

其中 $P_n^{(1)}(\cos \theta)$ 為 associated Legendre function，參數 a_n 及 b_n 為：

$$a_n = \frac{\psi_n(\alpha) \psi'_n(\beta) - m \psi_n(\beta) \psi'_n(\alpha)}{\zeta_n(\alpha) \psi'_n(\beta) - m \psi_n(\beta) \zeta'_n(\alpha)} \quad (5)$$

$$b_n = \frac{m \psi_n(\alpha) \psi'_n(\beta) - m \psi_n(\beta) \psi'_n(\alpha)}{m \zeta_n(\alpha) \psi'_n(\beta) - \psi_n(\beta) \zeta'_n(\alpha)} \quad (6)$$

其中， $m = k_1/k_2 = m_1/m_2$ ， m_1, m_2 分別為空氣與水之折射係數，另外 $\alpha = k_2 a = 2\pi m_2 a / \lambda_0$ ， a 為氣泡半徑， λ_0 為空氣中之雷射波長， $\beta = \alpha m$ ，

$$\psi_n(\alpha) = \alpha j_n(\alpha) \quad (7)$$

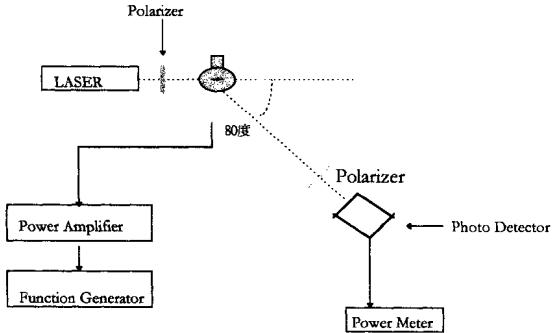
$$\zeta_n(\alpha) = \alpha h_n^{(2)}(\alpha) \quad (8)$$

為球面座標系之 Ricatti-Bessel 函數。

其中只有氣泡之半徑為未知數，其它數值皆可求得，因此可經由上述方程式計算得知氣泡半徑 r ，並可找出散射光強度與氣泡半徑之間之關係。

四、結果

在圖二中我們先用一個極化方向平行桌面之氦氖雷射穿越氣泡，並在固定角度(通常為79至81度)利用偏光鏡，photo detector 和 power meter，量測其經氣泡散射後之極化方向平行桌面之雷射光之強度。



圖二 散射實驗配置。

因此，在本實驗中，我們量得經散射後雷射光之強度。在與其未經散射前之強度來作比較後得到所謂的相對強度，再經由式 (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)的運算 [Holt and Crum, 1990]，可以求得表一中之氣泡半徑。

由表一我們可知在不同相對強度，會有不同的半徑。在本實驗中我們可以觀察到瓶中之氣泡在未發光前之大小與發光時之氣泡大小，相差甚距。因此，為使實驗數據正確，我們必須控制當氣泡發光時，才去記錄散射強度。

此外，本實驗所採用之 Power Meter 其量測時距遠大於聲致發光發生之週期(通常發生週期為50 微秒)，因此表一所列之氣泡半徑所指的是氣泡之平均半徑，而非某一瞬間之氣泡半徑。因此，使用更加精確快速之量測儀器，相信可以對聲致發光一週期內半徑變化作更精確之分析，這是未來之課題。

表一 相關實驗數據

	結果一	結果二	結果三	結果四	結果五
散射後之 強度單位	4.8 nW	3.45 nW	5.37 nW	3.2 nW	4.45 nW
未經散射之 雷射強度	4.5 mW	4.5 mW	4.5 mW	4.5 mW	4.5 mW
相對強度	1.067^{-15}	7.67^{-16}	1.19^{-15}	7.11^{-16}	9.89^{-16}
所求半徑	0.0000448 m	0.000039 m	0.0000468 m	0.000038 m	0.0000434 m

參考文獻

H. Frenzel and H. Schultes, Z. Phys. Chem., Vol. 27B, p. 421(1934).

R. A. Hiller and B. P. Barber, "Producing light from a bubble of air," Scientific American, p. 96, February (1995).

S. J. Putterman, "Sonoluminescence: Sound into light," Scientific American, p. 46, February (1995).

R. G. Holt and L. A. Crum, "Mie scattering used to determine spherical bubble oscillation," Applied Optics, Vol. 29, No. 28, p. 4182, October (1990).

丁致良,「聲光效應」,科學月刊,第27卷,第9期,第712頁(1996)。



圓片聲波繞射場實驗研究

Experimental Study on the Diffracted Acoustic Field about a Circular Disk

黃清哲^{*1}、吳漢傑^{*2}、賴文傑^{*2}、陳潮億^{*3}

摘 要

本研究主要是在實驗水槽中量測聲源在圓片附近的繞射場，不同聲源頻率、圓片表面材料音質及圓片厚度對繞射場的影響作了有系統的比較。實驗結果並經與解析解比較以確定其可信度。實驗結果顯示，聲波在不銹鋼片附近的繞射場與全硬圓片繞射場的特性相當接近，亦即在圓片對著聲源的區域，由於入射聲波與反射聲波的交互作用，會有干涉(interference)的現象，而在圓片背後的陰影區，靠近圓片下方中心時，會出現聲壓之極大值。當圓片表面貼上保麗龍片時，則圓片繞射場的特性接近全軟圓片的繞射場。此外：圓片厚度對繞射場的特性基本上影響不大，但聲壓的分佈則會改變。

ABSTRACT

The purpose of the present study is to measure the diffracted acoustic field about a circular disk due to a point source in the water tank. Effect of different parameters on the acoustic field have been studied systematically. These parameters include the wave number and the location of the acoustic source, the thickness and the acoustic impedance of the circular disk. The experimental results have been compared with analytical results to verify their accuracy. Experimental results show that in the illuminated side of the steel-disk, due to the superposition of the incoming and the reflected sound waves, the interference phenomena can be easily observed. On the shadow region along the axis parallel to the surface of the disk, there are local maxima and minima of sound pressure. These phenomena become more apparent as the wavenumber increases. When both the upper and the lower surfaces of the steel-disk are covered by a polyfoam sheet, the diffracted acoustic field behaves like that about a perfectly soft disk.

一、前言

圓片聲波繞射場的特性一直是聲波繞射理論上一個重要的課題，主要原因有二：一、當圓片厚度為零時，幾何上其可視為扁球體(oblate spheroid)的一個特例，因此可由扁球體的聲波繞射場求出圓片的聲波繞射場。二、在計算聲波通過開有圓孔的平面擋板(plane baffle)的繞射場時，可直接利用Babinet原理，將圓片聲波繞射場轉換為圓孔的繞射場。Babinet原理當應用於具圓形開孔的擋板時可說明如下：聲波通過一全

國立成功大學 水利及海洋工程研究所

^{*1} 副教授 ^{*2}大四學生 ^{*3}碩士班研究生

軟(硬)圓片的繞射場可轉換為通過一具有圓孔的全硬(軟)擋板的繞射場(Bouwkamp, 1954)。上述聲學上所謂的全硬物體(perfectly hard bodies)是指入射聲波在物體表面被完全反射,亦即流體質點在物體表面法線方向上的速度分量為零。全軟物體是指物體表面之聲壓(excess sound pressure)為零,或常稱為pressure-released surface。

文獻上已有不少學者研究圓片的聲波繞射場,像Leitner (1949)計算平行入射聲波在全硬圓片上之聲壓分佈並與Wiener(1949)的實驗結果比較。Sleator (1987)利用分離變數法求出聲源及平行入射聲波在圓片附近繞射場的數學解。要注意的是應用分離變數法計算圓片繞射場時,其解是寫為球體波函數(spheroidal wave functions)級數和的形式,數值計算非常繁雜。有關圓片聲波繞射場量測實驗方面;上述Wiener的實驗主要是量測平行入射聲波作用下,全硬圓片及方形片表面之聲壓分佈,圓片繞射場之物理特性在文中未加以討論。Primakoff et al. (1947)量測聲源在全軟圓片附近所形成陰影區內之聲壓分佈。其實驗中的全軟圓片有兩種不同的模型,一種係由0.25吋厚的鋼片、3吋厚的網狀組織(wire mesh)及蓖麻油(castor oil)及1.25吋厚的橡皮所組成;另一種為中間隔有1.25吋厚的石棉(rock wool, 主要為空氣)的兩個鋼片。由上述兩個有關圓片聲波繞射場量測的文獻中,尚無法對圓片聲波繞射場有完整的認識。近年來Huang and Chwang (1994)和黃及其他(1994)開始利用積分方法計算全軟及全硬圓片的聲波繞射場,對圓片聲波繞射場作了較有系統的研究。但囿於數值方法的限制,任意改變圓片表面材料音阻,或圓片厚度等所造成的影響,仍無法準確地模擬出來。

本文的目的主要是在實驗水槽中量測聲源在圓片附近的繞射場。不同聲源頻率、圓片厚度及圓片表面材料音阻對繞射場的影響,將作有系統的量測與比較。實驗結果將與利用Kirchhoff逼近法所得到的近似值及解析解比較,以驗證實驗方法及結果的可信度。

二、實驗佈置與方法

本研究之實驗是在成功大學水利及海洋工程系水中聲學實驗室的實驗水槽中進行。該實驗水槽為一長1.5公尺,寬0.9公尺,高1.0公尺的強化透明玻璃水槽,詳細實驗配置如圖一所示。聲源信號主要是藉由一信號產生器(function generator, HP 33120A)產生,該儀器可調整信號之頻率、形式及振幅。為便於信號之分析處理,發射之信號形式採用正弦波。此信號由信號產生器輸出至柵門系統(gating system, B & K 4440),信號至此由原本連續信號轉換為脈衝信號(參閱圖二)。由圖二所示可知藉由柵門系統可控制脈衝信號之發射頻率(rate)及寬度(width)。由柵門系統調整出所需之信號後,輸入功率放大器(power amplifier, B & K 2713)。由於高頻聲波在水中衰減速率較大,因此利用功率放大器增加其能量,避免在水中消散太快且與水中雜訊混合而難以量測。柵門系統有兩個輸出端,其一為將信號輸出至功率放大器,另一輸出端則將信號輸出至示波器。示波器上可顯示柵門系統中連續的正弦波被調整成怎樣寬度的脈衝信號及觸發頻率。示波器的觸發控制係由柵門系統之觸發信號來輸入;因此在示波器上看到的,即是一穩定的、有一定寬度的正弦波信號,而信號之寬度由柵門系統控制,如此我們不會因觸發頻率的不同而忙於抓取信號。此外;此項觸發控制也同樣控制接收信號之觸發頻率。信號經由功率放大器無失真地放大後即由水中發音器(hydrophone, B & K 8104)發射出去,再由同一型號之水中收音器由量測位置接收信號。水中收音器接收到