

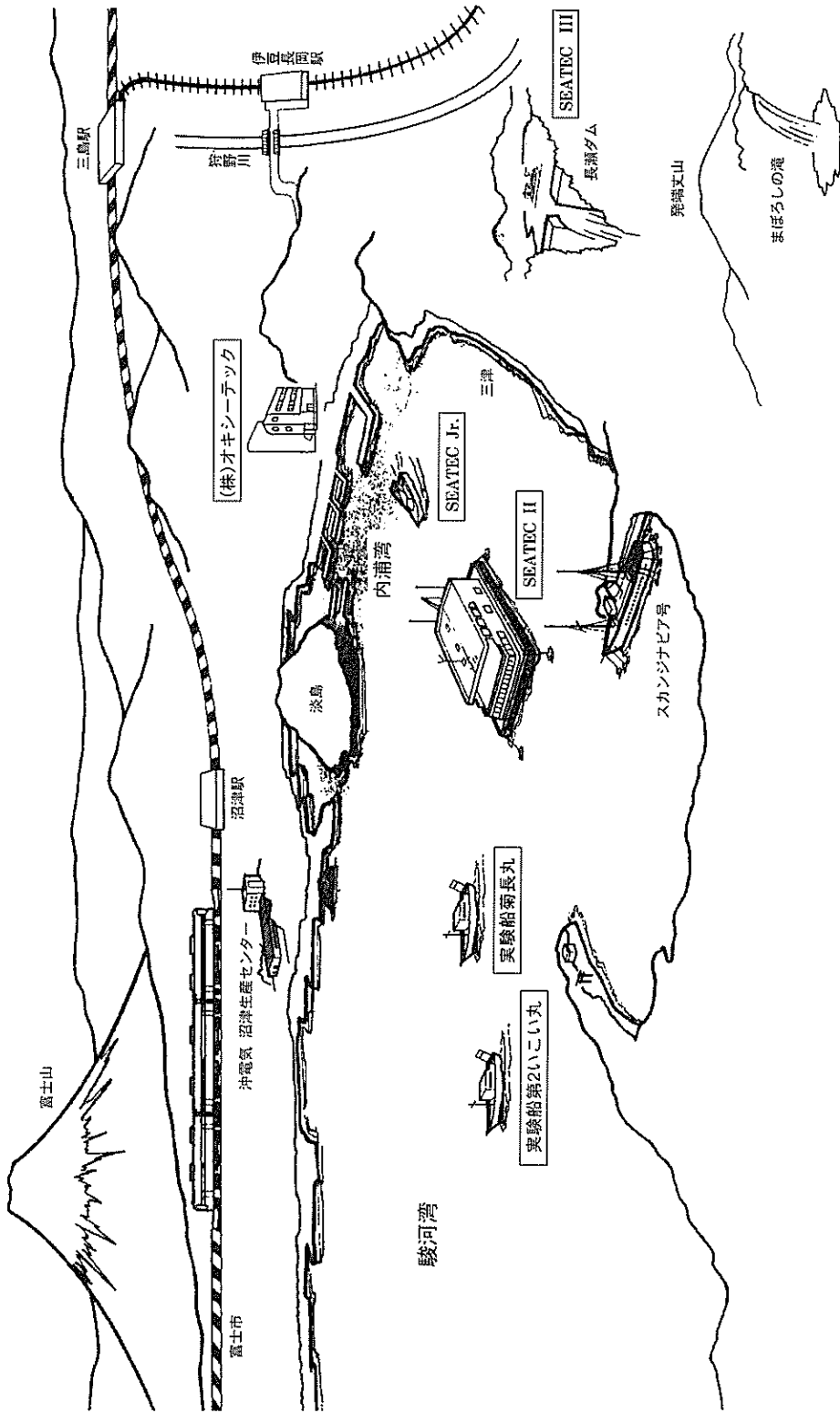
海

NO. **26**

2004年4月

オキシーテック
ニュースレター

OKI SEATEC

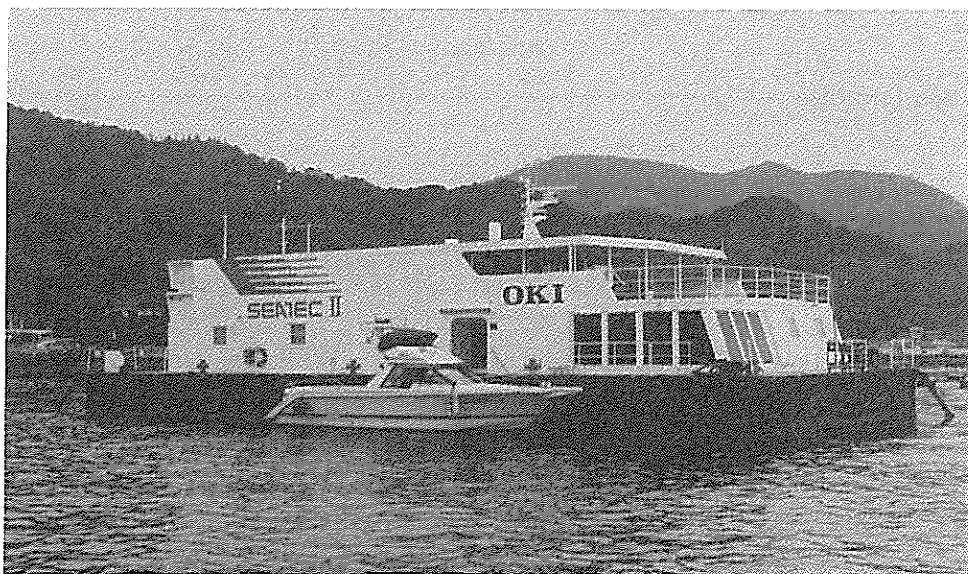


(株)オキシレーターの海洋実験施設とそのロケーション 注) □印はオキシレーターの施設



社 屋

“海”の可能性にチャレンジ



SEATEC II 近景

目 次

1. オキシテックと私	
	横浜ゴム株式会社 堀井 浩 5
2. 汚れた鳴き砂の音響特性	
	東海大学海洋学部 木村正雄 9
3. 音との出会い	
	海上保安大学校 桑原信也13
4. ポール・ランジュバン ー教育改革と超音波研究ー	
	同志社大学工学部教授 大谷隆彦15
5. 主要設備のご紹介	
大型作業船 新辰丸18
6. Sea Paradise19
7. 営業内容20

オキシテックと私

横浜ゴム株式会社 堀 井 浩

1. 海上自衛官と民間人

私事で非常に恐縮であるが、私は20年間海上自衛官として勤務し、技術系の業務に関わった。この間、実用実験隊（当時）をかわきりに、造修所（現造補所）（横須賀、舞鶴、佐世保）、防衛大（理工学研究科）、技本（第5研究所）、海上幕僚監部（技術部、防衛部）と勤務地が度々変更になったが、全体を通してソーナー等の装備品開発の分野が多かった。そのテーマを列挙すると、X-BT（投下式水温計測器）、潜水艦用聴音機、大型遠距離ソーナー（T-101）、発泡式欺瞞装置、ソーナー探知予察器、海中音波伝搬状況を計測するデータロガー、急展開型ソノブイ（LQT）、鹿児島島の音響測定装置、DSRVソーナーシステム（輸入品）、潜水艦救難母艦用3次元ソーナー、秘レベルが高い特殊装置等々である。

これらの開発品は、オキシテック（当時は、沖電気臨海実験所であったが、ここでは、すべてオキシテックと称する）で実計測に立ち会う装置も少なくなかった。初めてオキシテックを訪れたのは、実用実験隊勤務当時であったが、その後何度か訪れる機会があった。

頻繁に出かけるようになったのは、平成時代になって、横浜ゴムに籍を移し、各種吸音材（くさび型、平板積層型、単層型）、遮音材、ラバードーム、ラバーウィンドウ等の開発を担当してからである。特に、潜水艦用吸音材の開発については多くの時間を投入し、音響性能確認のため駿河湾に通うこととなった。

通う頻度が多かったため、相模湾の漁船をチャーターして音響計測ができないかと弊社上層部から指摘を受けたことがあったが今でも反対して

いてよかったと思っている。豊富な経験に基づく計測技術、長い時間をかけて蓄積された海上運用作業のノウハウ、それとなにより重要な現地漁業関係者との友好な関係維持など、とても一朝一夕には手にすることができない積み重ねがあってこそこの種の計測業務が仕事として成り立つのだと今も理解している。

2. オキシテックの思い出

1) 大瀬崎沖

吸音材開発には、駿河湾の深海部に進出する必要があるが、限られた予算と時間の条件下ではいつも穏やかな海面である保証はない。わずか17トンの「第2いこい丸」（図1参照）に計測器材とサンプルを搭載し、少し風向きを心配しつつ出港した。ところが大瀬崎をかわしたとたん、外洋からの大きなうねりを受け、船は木の葉のようにゆれ、計測はおろか回頭することすら危険を感じるような状況に遭遇したことがある。その光景は、今もはっきりと脳裏に浮かんでくる。

当時の計測は、重いサンプル、送波器、受波器



図1：第2いこい丸

を計測用治具に装着し、ケーブル索で所定の水深に一部ウインチの力を借りながら、人力で投入、揚収する方式で、特に冬季などは海象、気象的に非常に厳しいものがあつた。よく、何度も出かけたものだといふと、今、当時を振り返ってみると、つらい思いをされた多くの関係者の顔が浮かんでくる。

2) 音響材測定高圧装置

潜水艦用吸音材の開発は、前述したように「第2いこい丸」方式で開始されたが、試験の危険性、効率等を考慮すると決して望ましいやり方でなかつた。そこで、弊社の設備投資会議にはかつて、サンプルを同時に2ヶ計測でき、かつ深海まで一気に投入、揚収できる高速ウインチを採用した装置の実現をめざした。

名称を「音響材測定高圧装置」と大げさにしたのは、設投会議で認可を受け易くする意図があつた。実際の高圧条件は、治具を深海に吊下するだけで得られるのである。装置の概要は、図2に示す通りかなり大型の装置でウインチ、ケーブル及び大型プーリーは、海上での実績を重視して米国製とした。

装置そのものは、仮設方式で大型の台船（長さ26m、幅10mでクローラクレーンと計測室を搭載し、曳船で海面を移動する）に装備する。その写真がニュースレター「海」の25号20ページに掲載されている。

この装置の実現によって、人的にも、コスト的にも運用の安全性の点でも大幅に改善でき、特に

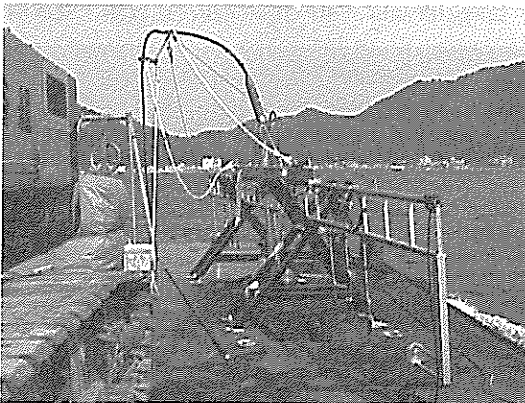


図2：音響材測定高圧装置

海象条件が安定している時間が限定しているような場合に一気に計測できるメリットは大きいものがあつた。やがて、次世代吸音材の開発は別の者が担当するようになり、台船や第2いこい丸に私が乗船する機会はめっきり少なくなつていった。

3) 掃海艇用ラバードーム

掃海艇用ラバードームの研究は、研究期間を十分に確保できない状態での緊急開発となり、2～3ヶ月で見通しをつけ、1年足らずで製品化するという厳しいものであつた。その見通しを早期につけるための試作品として弊社で当時短期間に製作可能な方法で、実物大のラバードームを試作した。ドーム内部に実機の機雷探知機を仮設しての探知性能試験を実施したのもオキシーテック沖の海面であつた。その試験は、非常に大掛かりなもので、ソーナーメーカーが中心になって実施されたが、オキシーテックがそのメーカーの臨海実験所になつたような錯覚に陥る状況であつた。その後、実運用中の掃海艇にラバードームを装着し、オキシーテック沖で音響性能試験が実施されたと聞いている。

4) 低周波数用くさび型吸音材

つい先日、事故で故人となられた笹島元技本1研所長から当時、大型水槽の低周波数用吸音材の話が、それとなくあつた。別に予算がつくといつた具体的な要請でなかつたが、これより数年前に弊社で低周波数用吸音材として、内部に金属製の支柱を内在して自立させた平板くさび型吸音材を某社に納入した実績があつたので、これを参考に支柱なしで自立する吸音材を試作した。

問題は、音響性能の確認であつた。低周波数で遠距離音場を確保するため、サンプルと受波器との間隔を十分確保する必要がある。ターゲットストレングスの定義では、音源及び受波点からの距離は、サンプルの大きさに比べて十分遠方であること、サンプルに入射する音波はほぼ平面波、また、受波点に到達する反射波も球面拡散の遠距離音場（すなわち平面波を形成している）であることとなっている。そこで、サンプルを水面付近に

下向きに吊下し、その下部5mに受波器、さらに1m下に送波器と縦にケブラー索で固定するという縦型計測治具を開発し、これを、台船のクローラクレーンで投入、揚収する方式とした。但し、ケブラー索方式であるため、音響軸が安定しにくい点が問題であった。そこで、音響性能の絶対値計測でなく、低周波数での吸音性能には定評のある松くさび吸音材との相対比較で性能を検討する実験とした。低周波数で大出力送信可能な送波器と大型パワーアンプ(2筐体)を準備して頂き、本邦初公開の試験に臨んだ。

試験の結果は、松くさび型吸音材とほぼ同等の性能を有していることを確認でき、その後の研究に貴重な示唆を与えてくれたが、駿河湾などの海面を使用した計測では、遠方から殆ど減衰せずに伝搬してくる低周波数成分がサンプルからの受波信号をマスクし、そのS/Nが確保できないという問題が発覚した。当然予測されたことであったが、海上での低周波数計測には限界があることが明確になった。

3. 長瀬ダムとの出会い

長瀬ダムは伊豆長岡と三津との境界にある農業用水確保のためのダムで、幅約70m、奥行き約100m、最大水深約9mで底面がほぼ平坦であるというもので、その中央には、「シーテックⅢ」と命名された計測用のバージが浮かんでいる。バージは、長さ約7m、幅約6mで計測用ハウスが常設されている。(図3及び図4参照)



図3：長瀬ダムの全景

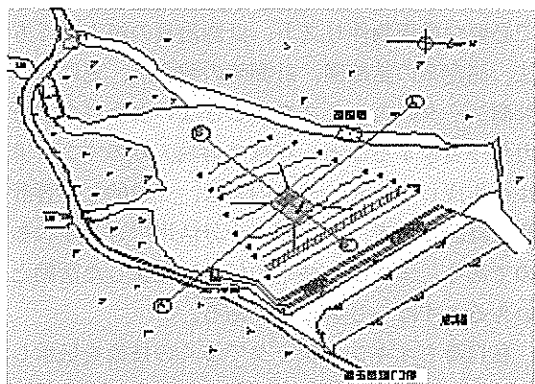


図4：長瀬ダムの形状と水深

低周波数の計測は、海上で困難であることが判明したため、長瀬ダムでの試験の可能性検討に着手した。その水中背景雑音レベルは、200Hzで約50dB (dB re $\mu\text{Pa} \sqrt{\text{Hz}}$) とオキシテック沖の内浦湾内の海中雑音レベルの約1/30といわれている。また、長瀬ダムは、発端丈山ハイキングコースの途中で、車はダムで行き止まりという静かな環境で人家もない。

オキシテック所有の2トンユニック車で器材を輸送、電力はユニック車上に発電機を仮設し、バージにケーブルで供給するという方式でさらなる雑音低減に配慮している。また、バージには、1トンまで可能なクレーンを備えている。器材やサンプルの搬入、撤収時は、バージを荷揚場まで寄せて実施するので作業が容易である。このように条件としては、一応良好な状況であった。

極力、反射を抑制し、小型でかつ低周波数での計測が可能な専用計測治具を開発し、実験を重ねた結果、500×500mm程度のサンプルで約2kHz付近までの吸音性能計測は確実に実施可能であることを見出した。計測場所が確保できたことは、その後の研究開発の有力な武器となった。ただ、この計測場所の難点は、水深が浅いこと、田んぼに水を引くため突然水位が低下していることがあること、大型計測治具や供試体を搬入する場合多少困難を伴うことである。

更に、問題点といえる事件が最近あった。長瀬ダムは流入する河川が非常に小さくこのため、沢

からの雑音も入らないという利点がある。ある時くさび型吸音材（ゴム製）を吊下して直ちに計測し、1晩吊下したまま放置し、（吸音材表面の微小な気泡除去とゴムと水とのなじみをよくすることを狙う）、翌朝計測を試みた。今までの経験では、1晩経過すると飛躍的に吸音性能が向上するがこの時は、吸音性能が良くならない。今回のサンプルは、やはり失敗作だったのかと殆ど諦めて揚収してみると、吸音材が泥をかぶって薄茶色になっていた。早速、強制的に水をかけて洗浄し、再計測した結果、良好な性能が確認できた。泥が吸音性能をマスクしていたのである。実は、昨晚、伊豆長岡では珍しいほどの集中豪雨が合ったとのこと。ダムの水が大分澄んでいたのに気にしていなかったのだが、自然の中にある試験場の宿命ともいべき小さな問題点である。

4. 技術の伝承

「技術とは、他の者が同じように使えるようになってきていることである。」とどこかで聞いた。

我々、技術屋は、自分たちが行った研究開発や商品化の技術をきちんと記録に残し、伝承していく責務を負わされている。弊社の中堅社員で、会議や出張時必ずPDAを持参、その場で報告書を作成、帰社してすぐPCに接続して報告書をメール、検索可能な状態で保存する方式を励行している者がいる。

常々、私もかくありたいと思っているが、実態はまだまだ程遠い。

オキシテックでも例えば、長瀬ダムでの計測に必要な準備物件リスト、計測治具の組み立て方法、測定系の結線図、計測時の留意点、更には、計測データの入力ミスを起こさないように文字をカラー表示するなど、写真や解説入りのマニュアルを作成している。その内容は、一般的な音響計測を経験した者であれば、十分活用できる優れたものである。まさに、技術の伝承に配慮した活動といえる。すばらしいことである。

私自身もオキシテックで多くの技術を伝承して頂いた。その中で、いつもビニールテープを手にすると思い出すことがある。それは、些細なこと

あるが、後からそのテープを剥がす予定の時は、必ず最後に折り返しておき、後の準備をしておく心掛けや細かい部分にテープを巻く際は、テープを巻き込んでからニッパーで2分割し、幅の狭いテープを別につくることなど運用作業にまつわるものが多い。

作業中は、常に先を読んで先手先手で準備をし、問題点を早めに処理しておくことも、オキシテックの運用者が実践している場面から学んだ。これらは、その後、私の人生の多くの場面で役に立った。

海象、気象の変化を先手で読み取ることも、海上作業者の技量の一つである。波、うねり、雲の形状、雲の動きを読む方法を何度も教わった。しかし、実際運用する場面が少ないこともあって、この技術は、ついに身につけなかった。

5. 終わりに

これからの研究開発は開発効率、コストダウンを当初から意識し、PCの活用による性能予測計算と、有効かつ最適な実測測定の実施が重視される。特に、コストダウンは、量産が始まってからの検討では十分な成果を上げられない場合が多い。とはいえ、マस्पログダクションのシステムで試作品を作るというのも現実的でないため、音響性能を確認するための試作品と量産品（納入品）で性能が一部異なってくることをよく経験した。研究開発では一番悩ましいところである。

厳しい経済環境の時代であるが、常に実力を蓄えておき、要請があればすぐに全力投球できるような日頃からアンテナを張って情報収集すること、基礎研究の手をゆるめないことが重要である。

僭越ながら、我が人生の一端をご紹介したが、オキシテックと関係した仕事が多めに多いことに今更ながら驚くと共にその協力体制を続けて頂いたことに感謝したいと思う。

海洋開発は、音響トモグラフィ、水中映像送受信装置、超低周波送波器、人工頭脳をもった各種海中ロボット、海洋牧場といずれも夢、ロマンあふれるテーマが多い。

海中の音を計測するという特異な分野を開拓する“オキシテック”に栄光あれ!!

汚れた鳴き砂の音響特性

東海大学海洋学部 木村正雄

まえがき

砂が鳴くという現象は、かなり古くから知られている。日本では島根県の琴ヶ浜、京都府の琴引浜、宮城県十八鳴浜が特に有名である。日本の鳴き砂地図を図1に示す。

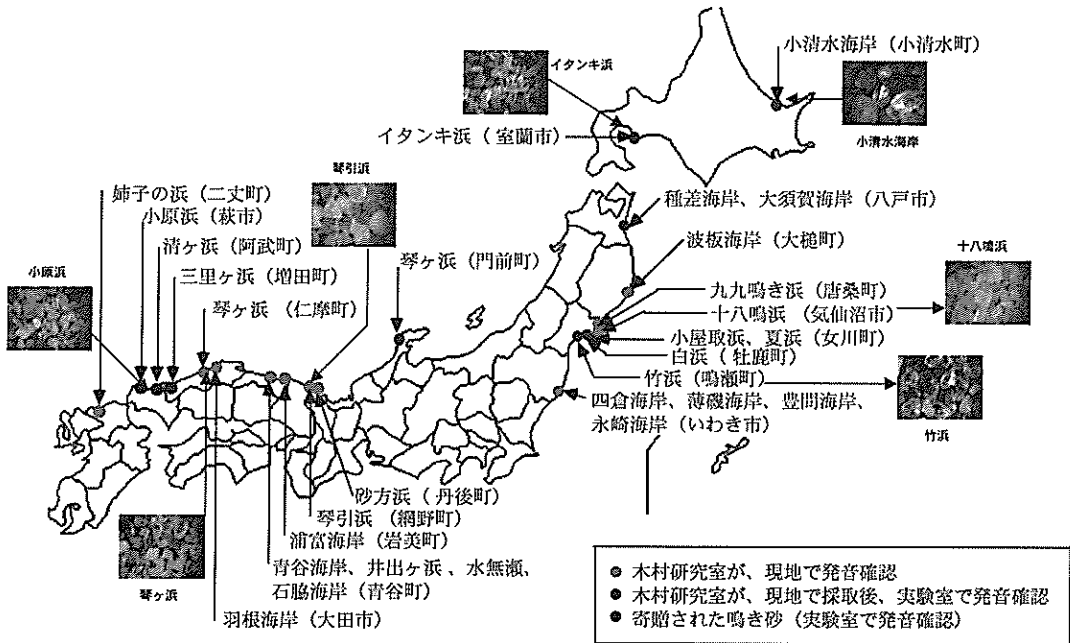


図1：日本の鳴き砂海岸地図

この図をみると、鳴き砂の海岸は、宮城県や山陰の海岸に多いことがわかる。外国に目を向けると、著者が調べた範囲でも鳴き砂の海岸はオーストラリア、アメリカ本土、ハワイ、イギリス、中国、ベネズエラ、モザンビークなどにある。オーストラリアの海岸について、1992年には、ニュー・サウス・ウェールズ州の北から南まで総延長1,700kmの中での主な海岸、およびタスマニア島の東海岸を訪ねた。また2000年には、西オーストラリアの都市パースから南オーストラリ

アのアデレード、ビクトリアのメルボルン、次にタスマニア島の東海岸、さらにシドニーの海岸をレンタカーで総延長6,500km走りし海岸の砂を採取し調べた。その結果2/3以上の海岸の砂が鳴き砂であることがわかった。日本では鳴き砂の海岸は大変珍しいが、オーストラリアではごく普通のことであるようだ。今まで調べた鳴き砂の中で、最も感動した鳴き砂は、タスマニア島のフレンドリービーチの鳴き砂で、細かい純白の砂であった。雨が降った後に訪れたが、非常によい音が

した。水に濡れても音がする自然の鳴き砂の経験は、この海岸の砂だけであった。

鳴き砂に関する研究は、古くから行われているが、その数はあまり多くない¹⁻³⁾。鳴き砂音の解析も多少行われているが、定量的なデータは少ないように思われる⁴⁻⁸⁾。鳴き砂を調べてみると、通常の海岸の砂と比べて、以下に示す特徴をもっている。

- (1) 粒と粒との摩擦が大きい
- (2) 粒の表面がつるつるしている
- (3) 配位数が多い（一粒が他の粒と接触している数が多い）
- (4) 間隙率が小さい（粒が詰まっている）
- (5) 石英の粒が多い
- (6) 静電気を帯びやすい
- (7) 砂の中を伝わる音波の速度が速い

鳴き砂が何故鳴くかという、発音メカニズムについては、いくつかの説があるようであるが、著者を十分納得させる説は未だに示されていない。いつまでも謎であった方が、ロマンがあるのかもしれない。

この鳴き砂は汚染に大変敏感であり、海洋汚染などの影響を受けると鳴かなくなると言われているが、その定量的な検討はほとんど行われていない。ここでは、鳴き砂を洗剤で人工的に汚したときの鳴き砂音の発音時間、周波数特性と縦波、横波音速を測定により求めた。それらの測定結果と洗剤の濃度との関係について解説する。

汚れた鳴き砂試料の作製

人工的に鳴き砂を汚すために、家庭用洗剤を用いた。すなわち、0.001%、0.00316%、0.01%、0.0316%、0.1%、0.316%、1%および3.16%の8種の重量濃度の各洗剤水を1リットルの円筒容器の中に入れ、さらに400gの琴引浜（京都府網野町）の鳴き砂を加えた。鳴き砂に洗剤水を十分馴染ませるために、この容器を回転装置に乗せ、24時間回転させた。その後鳴き砂を乾燥器に入れ、105℃で24時間乾燥させてから、鳴き砂音の発音時間、周波数特性と縦波、横波音速の各測定を行なった。

鳴き砂の発音特性

鳴き砂の特性の中で最も基本的なものは、その発音特性である。ここでは鳴き砂400gを鳴き砂発音容器（セハラブルフラスコ）の中に入れ、鳴き砂の表面から直径20mm、重量736gのステンレス棒を自然落下させることにより発音させた。（図2）

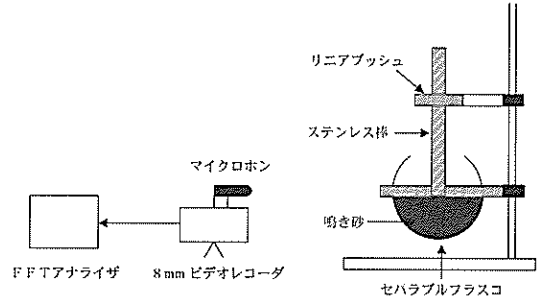


図2：鳴き砂音の発生および収録装置

この鳴き砂音をマイクロホンで検出した信号をFFTアナライザに入力し、その波形と振幅の周波数特性を調べた。各洗剤濃度の鳴き砂の発音波形および振幅の周波数特性を図3に示す。

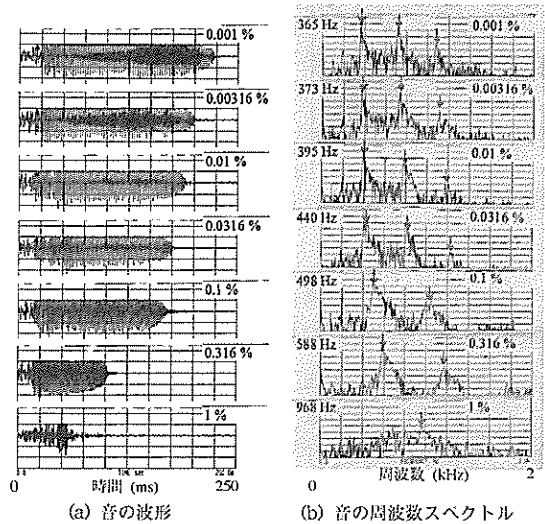


図3：鳴き砂より発生した音の波形と周波数スペクトル

これらの図より、発音時間および発音の基本周波数を求め、それらの洗剤濃度に対する変化を求めた結果を、図4および図5に示す。これらの図より、洗剤濃度が大きくなるにしたがい、発音時間は短く、また基本周波数を高くなっていくことがわかる。それらの変化は、重量濃度が0.01%を越えてから大きくなり、0.1%以上になると急激な変化がみられる。重量濃度が1%になると、もはや鳴き砂ではなくなることがわかる。

鳴き砂中の縦波および横波音速測定

縦波音速測定には、圧電振動子を用い、測定周波数は11.8 kHzとした。横波音速測定には、圧電バイモルフ型振動子を用い、測定周波数は3.5 kHzとした。縦波と横波音速測定において、音速測定容器内の鳴き砂をバイブレータで振動させることにより、密詰め状態とした。また測定深度は20 mm一定とした。洗剤の重量濃度の変化に対する縦波および横波音速の変化を図6および図7に示す。これらの図より、縦波音速、横波音速ともに、洗剤濃度が大きくなるにつれ大きくなっていることがわかる。これは、鳴き砂に洗剤をなじませることにより、砂表面になんらかの膜のようなものができ、砂の骨格体積弾性率が大きくなったと考えられる。

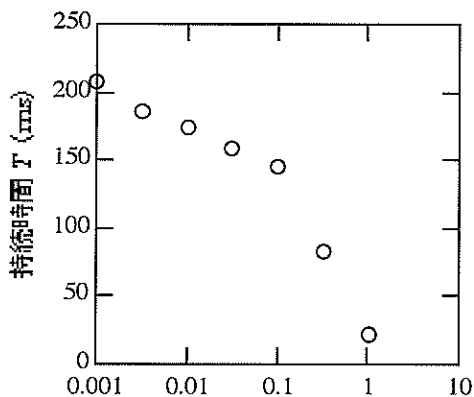


図4：洗剤の重量濃度と鳴き砂音の持続時間との関係

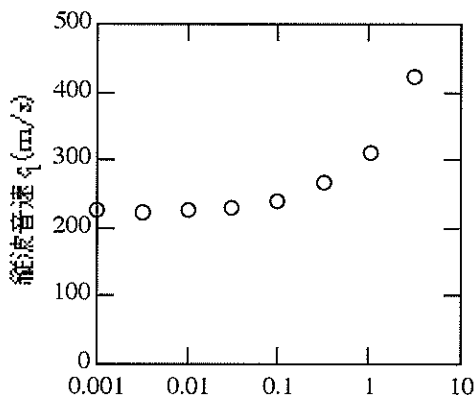


図6：洗剤の重量濃度と縦波音速との関係

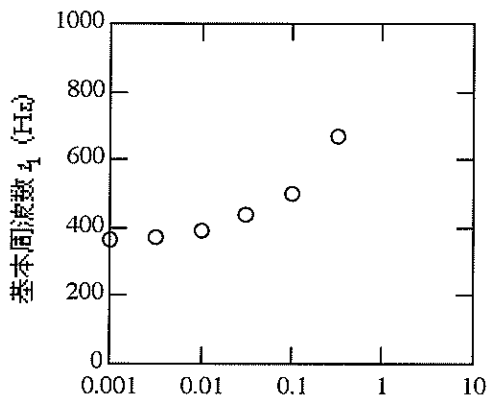


図5：洗剤の重量濃度と鳴き砂音の基本周波数との関係

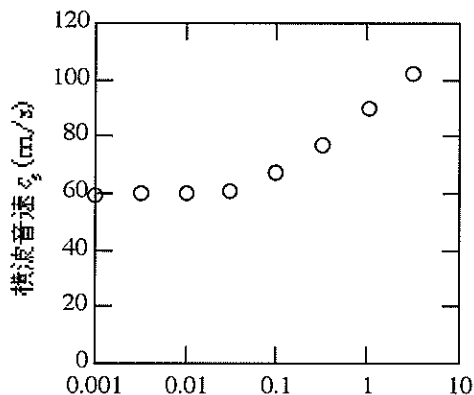


図7：洗剤の重量濃度と横波音速との関係

むすび

鳴き砂を洗剤で人工的に汚したきの発音時間、周波数特性および縦波、横波音速を測定し、これらの測定値と洗剤濃度との関係を示した。これらの結果から、音速測定値を用いることにより、洗剤濃度の推定が可能であると思われる。これをさらに発展させることにより、鳴き砂の海岸のみならず通常の海岸においても、海岸砂の音速測定結果より、海岸砂の汚染度合が推定できるようになることが期待される。

参考文献

1. J.F.Lindsay, D.R.Criswell, T.L.Criswell, and B.S.Criswell, "Sound-producing dune and beach sands," *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87, 463-473 (1976).
2. D.E.Goldsack, M.F.Leach, and C.Kilkenny, "Natural and artificial 'singing' sands," *Nature*, 386, 29 (1997).
3. 宮田雄一郎, 高下昌也, "鳴り砂と粒子間摩擦," *地質学雑誌*, 109, 41-47 (2003).
4. 木村正雄, 松下真人, 川口浩一, "鳴き砂中の縦波および横波音速測定," *東海大学紀要*, 38号, 29-41 (1994).
5. 木村正雄, 渡辺秀和, "鳴き砂の音響特性," *日本音響学会講論集*, 885-886 (1996).
6. 木村正雄, "鳴き砂の音—オーストラリアの鳴き砂の発音特性—," *超音波テクノ*, U05-03, 33-36 (1996).
7. M.Kimura and S.Miwa, "Acoustic properties of contaminated singing Sand," *Environmental Geotechnics*, 115-120 (1996).
8. 木村正雄, "汚れた鳴き砂の音響特性," *日本音響学会講論集*, 1071-1072 (2002).

音との出会い

海上保安大学校 桑原 信也

夜のとばり

きれぎれの雲のあいまに月は輝き、ゆれる海間にキラキラとひかる。夏とはいっても、夜のさえた大気からは露が舞い降り、そよそよとした風に運ばれてまとわりついてくる。夜の冷気にさられながら、水中音の測定は始まる。淡い光に照らされた沖電気の水音圧計SW-1020のメータ針はこきみよく振れ続け、シュルシュルとささやきながらデータレコーダのテープは単調にリールに巻取られる。測定を始める前の喧噪はすぎ、淡々と録音は続き、時は静かに流れていく：眠気とたたかいながら測定に没頭する我を夢に見ながら。

体育

呉湾は安芸の大地と江田島・倉橋島にかこまれた波静かな内海である。適度の海の深さと適度の交通の不便さから、長く軍港として存在し続ける。まさに、山紫水明の地である。

測定は海で行なうとしても、測定器は実験棟にしまいこんである。測定の目的にあわせた必要な機材をそろえ、測定器が消費する電力をまかなう蓄電池を準備する。BNCケーブル、テストケーブル、電源ケーブル、コードリール、さまざまな工具、数々のロープや小索。いったん海に出てしまえば、なかなか取りに戻るこのできない実測環境にあっては、ありとあらゆる条件・状況を想定して、思いつく限りの大道具・小道具をそろえなければならない。

あと必要なのは“あらゆる困難に立ち向かう強靱な体力”である。当然のごとく要求される海上保安庁職員にあっては、おさおさおこたりはない。

測定器などをつめこんだ段ボール箱をひたすら力にまかせてかかえおろすだけである。TTL-ICやトランジスタを取扱う者にとって、エレベータのない建物の4階から、電動ウィンチで荷物を上げ下ろしする知恵はなかなかかわいてこない。なまじ体力があるばかりに多くの汗を流し続けた：それでも“知育・徳育・体育”をかかげて海上保安大学校教育は続いている。

海へ

国道2号線は、関西を起点として、山陽をぬけ九州へとむかう。日本の基幹産業をになう大型・小型のトラックから、日々の生活を維持する通勤・買出しの大小の乗用車まで通り過ぎてゆく。不規則信号を相手にしながらデジタル信号処理を研究対象として学んできた。しかれども、“道路交通騒音が研究対象です。”とは、さすがに海上保安大学校にあっては言いだしづらい。

海中遊泳にいそむレジャーダイバーの事故も目立ってくれば、海上保安庁のおでましである。ならば、水中音響・水中聴覚を対象とすれば、まさに水を得た研究となる。

“大きくすって、止める。”レントゲンも驚くばかりの水中X線撮影もどきである。大気中にあっては、意識することもない呼吸が、水中にあってはままならない。シュー・シューとレギュレータを通してゆく高圧空気の音は騒がしく、ポコポコと音をたてながら上っていく排気の泡は耳ざわりだ。水中音や水中聴覚を研究しようとするれば、ひたすら息をこらえるしかない。目標は15秒から30秒へと少しずつのばされながら、気力と忍耐を涵養する海中実験は続いていく。

赤と黒

赤はプラス、黒はマイナス：すべての直流用電源ケーブルは色分けしてある。完全である。

南風にふきよせられる波と東航西航のフェリーやタグがひきおこす波がひたひたと押寄せ、ピンとアンカーロープを張りつめたボートをゆらす。岸壁にあげた5トンのボートは見上げるばかりの大きな船体であっても、海に浮べばなんとも頼りなくゆれ続ける。されば、頭はもうろうとなり、赤と黒の見さかいもない。かくして、水中音圧計のヒューズは吹き飛び、大騒ぎとなる：我身のあさはかさをのろうばかりである。それでも、この時とばかりは我が世の春を満喫しながら、工具箱のなかから満面の笑みをうかべて予備ヒューズが飛び出してくる。

ボートのせまい空間のあちこちに置かれた測定器とそこかしこに這いまわる信号ケーブル・電源ケーブルで足の踏場もない。ゆれるボートによろよると足をとられれば、水中音圧計は蹴飛ばされ、水中マイクは踏みつけられる。日常のできごとである。

陸へ

夏になれば海に潜っても、プールで泳いでも、楽しみの1つも見つけ出すことはできる。もみじが色づき、柿の葉がカサカサと大地をかけぬけていく時季ともなれば、あたたかい室内に逃込まねばならない。

ガスストーブをがらがん焚いて、熱帯雨林もみまがうばかりの暑さと湿気にみちた温室状態を作り出してはみても、水槽の水は冷たいままである。手が切れるほどの冷たい水ではないとしても、水中聴覚の実験にあんばいの良い水温とはいえない。かくして、水槽を用いた超音波の実験テーマを見い出さねばならず、水中通信の研究へと続いていた。

それから

日常的に±15Vの電圧と数mAの電流を使う電子回路を取扱う者にとっては、三相220V5kWの水中ヒータを見い出すまでに、しばらくの時間を要した。そのパワーにいたっては、実験用水槽も一晩のうちにわか温泉へと変身する。かくして、夏場の季節労働者も、1年をとおしてこき使われる身となった。

空気中の電波や音波にかわって、水中超音波へとひたすら潜り続け、海・プール・水槽を実験環境へと取込みながら聴覚・通信の研究を続けている。そばにはいつも、けなげに働き続ける満身創痕の水中音圧計SW-1020がいた。

ポール・ランジュバン

—教育改革と超音波研究—

同志社大学工学部教授 大谷 隆彦

1. はしがき

フランスの町を歩くと、パリ市でも地方の都市でもポール・ランジュバン通り、ポール・ランジュバン公園、ポール・ランジュバン高校などに出会うことがある。日本では海洋音響学および超音波関連分野の研究者、技術者はランジュバン型振動子の発明者としてポール・ランジュバンの名が良く知られているが、フランスでは教育改革家、平和運動家、人権擁護運動家、偉大な物理学者として良く知られている。ランジュバンの教育者としての一面を紹介したい。

2. 教育者、ポール・ランジュバン

丁度1年前、岩波ジュニア新書として山崎美和恵著「パリに生きた科学者 湯浅年子」が出版され、その中で湯浅年子がジョリオ＝キュリー博士夫妻の指導を希望してフランス政府招聘留学生試験の難関を突破して渡仏した事情とポール・ランジュバン教授との出会いが述べられている。新書では頁数の都合で簡略化されているので湯浅年子ご自身の著書「パリ随想—ら・みぜ—る・ど・りゅくす」（みすず書房1973年）を参考に渡仏の事情をご紹介します。

1934年に東京文理大を卒業し、同大学の助手として研究の道に踏み出した湯浅年子は女性への差別や研究条件の不十分さ、自分の能力の限界を感じていた時、大学の図書室でジョリオ＝キュリー夫妻の人工放射能の発明、確認について連続的に発表された論文をフランス科学学士院の紀要で見つけ、夫妻のもとで研究したい決心をした。フランスへの出航予定の1939年9月8日の2日前にドイツの第2次世界大戦の宣戦布告があり、出



図1：Paul Langevin (1872-1946年)

航延期となった。5ヶ月近く遅れてフランス大使館から「生命の保証はできないが、自身の責任において渡仏するなら、その旨を申し出るように」との通知を受けた。その間に父上が胃ガンの宣告を受けて入院し、渡仏を断念していたが「たとえ思うような研究生活ができなくても、外国へ行って外から自国を見ることは見解を広めることになる」との父上の言葉で留学を決心した。1ヶ月余りの船旅で1940年3月1日にマルセイユに到着、戦争による戒厳令下のパリで、かねて予定していたラジウム研究所は国防省の方針で外国人の研究者の入所が困難となり途方に暮れていた。「パリ随想」では「それからしばらく待つて何の通知もないままに、私はかねてジョリオ教授がポール・ランジュバン (Paul Langevin) 教授のお弟子で

同教授を大変尊敬しておられることを読んでいたので、同教授が校長をしておられるパリ市立物理化学学校—ここでキュリー夫妻がラジウムを発見された—を紹介状なしに訪れた。教授はすぐに会って下さって、「はたして可能かどうか受けあえないが、明日さっそくジョリオ氏に話してみましよう」と言って下さり、翌日すぐ、ジョリオ先生のところへ行くように、という手紙を下された。こうして、はじめてジョリオ先生をコレージュ・ド・フランスに訪れたのは3月29日であった」と述べられている。

その後、湯浅年子は悲劇的な状況を乗り越えて核物理学の研究で業績を上げた。国際的に活躍した日本女性で最初の物理学者である。

このポール・ランジュバン教授は海洋音響技術、超音波技術関係者なら誰でも知っているランジュバン型振動子の発明者その人である。

ランジュバンは将来性のある若い才能を見つけると支援せずにはおれない性格であることが伺える。若い研究者の才能を見つけると、極く自然に支援の手を差し延べ若者の才能を最大限まで開花させる努力をいとわなかったと聞いている。

私が今から30数年前、在仏中に学位論文を準備し、指導を受けたMaurice JESSEL博士は次の様に語っておられた。「私の学位論文は超音波の波動現象に関する内容でLouis de Broglie教授に主査を引き受けていただいた。そのド・ブロイ先生からお聞きしたところによると、ド・ブロイ先生の場合、多くの学者が先生の波動理論を理解できず、懐疑的な目で見られたため学位論文の審査を引き受ける先生がおられず苦勞した。ランジュバン先生だけが内容を完璧に理解し論文審査を喜んで引き受けていただき、また内容の理解のため説得にまわられた。おかげでド・ブロイ先生は博士学位の審査が実現し、学位を得ることができた。」このあたりの事情の一端はカピッツァ著（金光不二夫訳）「科学・人間・組織」（みすず書房1974年）にも紹介されている。この様にして育てられた弟子の中でも最も著名な方がルイ・ド・ブロイとジョリオ=キュリーの2人である。

ランジュバンは1905年から1906年にかけてコレージュ・ド・フランスでの講義において、相対性理論の基本的関係となる質量とエネルギーの同等性について述べていた。同じ頃に発表されたアインシュタインの相対性理論を高く評価し、精力的に支持したのもランジュバンである。またナチス党や国粋主義団体からの圧力に対しアインシュタインを擁護するために力をつくした。ランジュバンが若い研究者や学生にも丁寧な接する様子や、ランジュバンから勇気と希望を与えられた体験をイタリアの物理学者（1959年ノーベル物理学賞）セグレ（Emilio Gino Segrè）も著書「X線からクォークまで」（久保亮五、矢崎裕二訳みすず書房1982年）の中で述べている。

3. 行動の人・ポール・ランジュバン

物理学者としてのPaul Langevinの業績は常磁性体と反磁性体の理論（ランジュバン関数）、気体の電離現象、ブラウン運動（ランジュバン方程式）、相対性理論と多岐にわたり、高く評価されている。これらの多くの業績の中で超音波および水中音響学に関する研究は第1次世界大戦時の1915年から1918年の極めて短期間の業績で、その成果の産業化にも成功している。この点で彼の業績の中では特異なものである。

ランジュバンはフランスでは社会運動家、すなわち教育改革家、人権擁護運動家、反戦運動家として知られている。ランジュバンは若い人にとつ



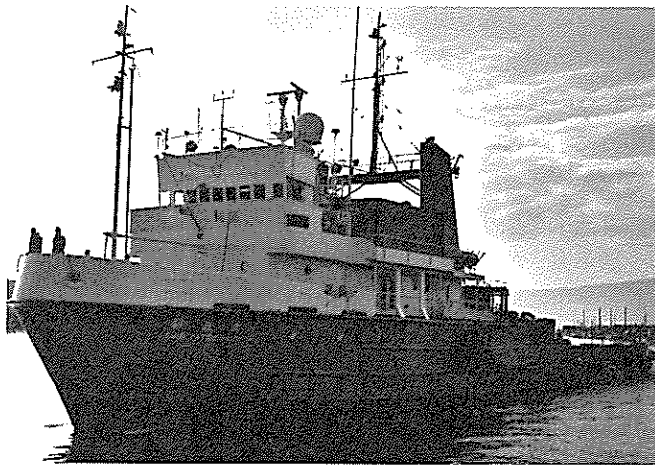
図2：Toulon湾での海中探知実験（1919年）

て非常に包容力のある教育者であったが、この特質は根底に弱者に対するいたわり、人間性の尊重、強い正義感があったと考えられる。このために敢えて困難な道を選んだ人である。「ドレフュス事件」(1894-1906)で弁護に立ったエミール・ゾラが亡命を余儀なくされたとき、彼を弁護する立場をとって以来、一貫して人権擁護の立場から社会正義のために反ファシズム、反戦運動、教育改革を推進した。1904年に科学教育論、教育改革論を発表、1920年代にはフランス教育学会会長、1924年の左翼政権では教育関係の委員、委員長、国際新教育連盟のフランス支部、新教育協会の名誉会長、人権擁護連盟議長に選ばれ積極的に社会活動に関わった。終戦直後に省令に基づいて設置された教育改革研究委員会(1946年)で委員長を務め、1947年6月に最終答申「ランジュバン・ワロン改革案」が文部大臣に提出された。ランジュバンは戦中に反ファシズム運動のためにドイツ軍に逮捕され投獄の後に地方に幽閉された。戦争末期(1944年5月)に教え子ジョリオ＝キュリー教授が用意した偽造パスポートを携帯しアルプスの国境を徒歩で越えスイスへ逃れた。これらの苦勞で体力を消耗したため、最終答申を目前にして1946年12月19日に死去した。この偉大な物理学者、教育者、人権擁護運動家に対しフランス政府は国葬で報いた。道路にあふれる人の波は告別式場のコレージュ・ド・フランスからペールラシェーズ墓地まで続いた。後に遺骸はPanthéon(フランスの自由に貢献した偉人の霊廟)に移された。

主要設備のご紹介

大型作業船 新辰丸

無人水中作業ビークルを搭載した大型作業船「新辰丸」(新日本海事(株))をチャーターし、湾内から近海まで広範囲の敷設・係留・揚収作業に対応できます。無人水中作業ビークルは、ケーブルルート調査・確認、吊下ワイヤー取り付け・切断、敷設物の着底状態調整・確認などの作業が行えます。



[新辰丸 外観]



[後部甲板作業風景]



[無人水中作業ビークル はくよう2000試験状況]

長さ	57.5 m	航行区域	近海区域 (国際航海)
幅	11.7 m	総トン数	657 t
深さ	5.6 m	ウインチ	150t×2台、8t×2台
定員	25名	船級	NK

Sea Paradise

観天望気、「かんでんぼうき」と読む。この言葉は一般的にあまり耳にしない。船舶免許を取得するための教科書を開くと若干の記載があり、目にすることが出来る。岩波科学百科（1989年11月11日発行、P202）によれば、「太陽、月、星などの天体や雲のようす、あるいは風の向きとか空気の湿りぐあいなどから、天気の変化を予測すること」と説明されている。人類は有史以来、空の色、山と雲等自然現象を肌身で感じたり、言い伝えを参考にしたり、実際に目視確認して天候を予測してきた。天気図をもとにした科学的な天気予報が始まったのは約140年前です。観天望気による天気予報は、紀元前のギリシャや中国の文献にも見ることが出来る。

オキシテックはその業務の主体が駿河湾、内浦湾を中心として船舶を用いた海上試験が多い。即ち、日常的に海上で仕事をしている会社である。海上での作業に従事する際、新聞、テレビ等の天気予報で事足りることが多いが、内浦湾に限定した局地予報や突発的な気象、海象の変化については、いわゆる「観天望気」に頼らざるを得ない場面がけっこう多い。しかし、我々以上にこの「観天望気」が必要で、経験も豊富なのが漁業関係者であろう。特に内浦湾の「観天望気」についてはこの道の先人である地元の漁業従事者や、海上作業経験者からの教えを受けて我々の業務で活用し、大いに助かっている。海上作業では風の情報が大事である。富士山と雲の関係から風の予測をする言い伝えが多い。その一例として、

- ・「富士山にかき雲がかかると西風が吹く」
- ・「西の風が強いと富士山の東側の雲が霞のように飛ぶ」
- ・「富士山に霞が掛かって（1～4月）蝶々雲が飛び出した時、突風が吹く」

- ・「富士山の前に雲が飛び出したら、駿河湾に低気圧が出来て突風が吹く」等々

この他、遠磨山にまつわる現象など数多く言い伝えられているがここでは省略する。今まで「観天望気」として書き物としてまとめた物でなかったため、オキシテックではこれらの「観天望気」にまつわる情報を地元の漁業従事者から収集し、またインターネットからも集め、「観天望気」集としてまとめた。現在はこれを日常的に活用している。私たちはこの「観天望気」を自分のものとするべく業務を通じて一流のSEAMANを目指しています。

営業内容

- ★ 長年培ってきた送受波器校正技術で、お客様のよりよい水中音響計測のお手伝いをいたします。
 - 1. 各種送受波器の感度測定・校正
 - ・相互校正・比較校正（海上、水槽、カプラ）
 - ・指向性計測
 - ・インピーダンス計測
- ★ 水中音響機器の開発・運用に必要な条件を正しく把握されるためのお手伝いをいたします。
 - 2. 水中音響計測
 - ・海中雑音測定・解析
 - ・船舶航走雑音計測・解析
 - ・艦船水中放射雑音計測・解析
 - ・吸音材等の反射損失・透過損失計測
 - ・各種標的のターゲットストレングス計測
- ★ 豊富な実績と洗練された技術力で、お客様がご希望される海上試験を実現いたします。
 - 3. 海上試験の企画・施工・工法開発
 - ・各種海上試験のコンサルティング、実施
 - ・旋回機構・昇降機構等測定用機材の開発、製作、設置
 - ・各種センサー等の海中設置工事
 - ・係留系の敷設、揚収作業
 - ・海上試験用各種治工具の設計、製作
- ★ 水中音響を熟知したスタッフと、直ちに評価が行える充実したテストサイトを用意して、お客様の水中音響開発のお手伝いをいたします。
 - 4. 送波器・受波器の設計
 - 5. 各種回路設計
 - ・アナログ回路全般
 - ・デジタル回路全般
 - 6. 計測用プログラム設計
 - 7. 音波応用機器の設計製作
 - ・音響馴致装置
 - ・自動感度校正装置
 - ・無響水槽の音響設計
 - 8. 環境試験
 - ・水圧試験
 - ・温水寿命試験

編集発行 (株) オキシーテック

〒410-0223 静岡県沼津市内浦三津537-5

Tel. 055-946-1111

早川 向海

・ホームページ：<http://www.seatec.jp>

・E-Mail：info@seatec.co.jp

平成16年4月 発行

© 2004