

## 低層遮音壁の音響性能の測定

## Measurement of Sound Efficiency of Low-height Noise Barriers

山室成樹\* 山口和也\*

Shigeki Yamamuro, Kazuya Yamaguchi

高速道路近辺における自動車交通騒音対策として遮音壁が多く設置されている。しかし、一般道路周辺での対策は進んでいないのが現状である。国土交通省はこの現状に鑑み、平成12年に、一般道路と歩道との間に低層遮音壁を設置し、一般道路を走行する車両の交通騒音を低減することを提言し、その基本方針を公表した。当社ではこの方針に従って低層遮音壁を開発し、その音響性能を測定したので結果を報告する。

A noise barrier for reducing the road vehicle noise is placed along the expressway. But there are no noise barrier along urban roads. The Ministry of Land, Infrastructure and Transport made an announcement about the principle of low-height noise barriers which reduced the road vehicle noise of urban roads in 2000. We have developed a low noise barrier along the lines mentioned above and measured the effect of sound reduction of the low-height noise barriers. Here, we report the results of its performance test.

## 1. はじめに

道路交通騒音の低減対策として、高さが3 m～8 mの遮音壁が随所に設置されているが、高速道路周辺での騒音対策は進んでいても、一般道路周辺の騒音対策はなかなか進んでいないのが現状である。遮音壁を設置しようとしても、建築上の問題、周辺景観との調和、ドライバーや歩行者の視野の阻害による安全上の問題、日照阻害などの周辺住居への影響などを考慮すると、高さが高い従来の遮音壁は明らかに設置できる現状にはない。そこで国土交通省は、「都市内の一般道路周辺における騒音の低減を主な目的として歩道上の歩車道境界付近に設置される高さ1 m～1.5m程度の遮音壁」<sup>1)</sup>を低層遮音壁と定義し、その設計方法や、騒音低減効果の予測・評価方法についても基本的な考え方を示した。しかし、低層遮音壁そのものの音響性能の測定については細かな規定がないのが現状である。今回は低層遮音壁の性能測定方法を提示し、実際に挿入損失の測定を行った結果を以下に示す。

## 2. 実験について

遮音壁の音響性能についての明確な規定はない。一般の遮音壁については、音源の位置、観測点の位置、評価方法などについての統一された測定方法が規格化される動きもあるが、吸音板などのように、例えばJIS A 1409「残響室法吸音率の測定方法」のような規格はない。一般に遮音壁は透過損失や挿入損失で性能を表現するが、透過損失は音源室と受音室の室間音圧レベル差を表わすのに比べ、挿入損失は物体(この場合は壁)がある時とない時の音圧レベルの差を表し、低層遮音壁の場合は明らかに挿入損失で性能を評価する方が適切である。また、遮音壁に比べ、低層遮音壁は歩車道の道路側の端に設置され、高さも遮音壁の3 m～8 mと違い、1 m程度と低く、しかも受音点である民家は歩道の端から数m以内と

大変近接して建築されていることが多い。このような背景をもとに、以下の実験方法を採用することとした。

## 3. 実験内容

測定場所として九州芸術工科大学の多次元ホール(床面20m×20m×高さ約10m)をお借りして、延長10mの低層遮音壁を設置し、挿入損失を測定することにした。低層遮音壁単独での挿入損失も測定したが、現実の設置状況を想定した測定も行った。測定にはインパルスレスポンス測定器を使用し、音源にはM系列信号を用いた。サンプリング周波数は48kHz、信号長は $2^{17}$ (=131,072)個、 $2.73$ (= $2^{17}/48k$ )秒。測定した信号は時間軸上で周囲からの反射音を除去し、低層遮音壁を設置した場合と、しない場合の音圧レベルの差より挿入損失を求めた。なお、測定は10回の同期加算を行った。

## 1) 実験-1

多次元ホール中央に、低層遮音壁(幅2 m×高さ800mm×厚さ120mm)5体を型鋼H-150にて設置して、吸音面側に音源を配置、背面側に受音点を配置し、インパルスレスポンスを測定した。配置図は図1、図2のとおりとする。次に、低層遮音壁を撤去し、ホール内に何もない状態でのインパルスレスポンスを測定した。

## 2) 実験-2

実際の低層遮音壁設置状況を再現するため、多次元ホール内に図3、図4のように低層遮音壁を配置する。この測定時、ホール内壁は沿道建物とみなしている。また、音源のすぐ近くに、自動車とみなした木製の板(30mm厚)の下部50cmをグラスウールで吸音処理したものを配置し、インパルスレスポンスの測定を行った。比較のため、低層遮音壁がない場合、車がない場合、両方がない場合なども測定した。

\* 研究開発センター 技術開発部

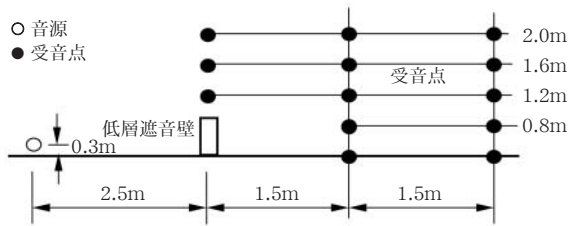


図1 音源、受信点の配置  
Fig. 1 Geometry of sound source and receiving point(at exp.1)

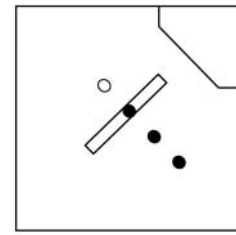


図2 ホール内の配置  
Fig. 2 Geometry of noise barrier in hall(at exp.1)

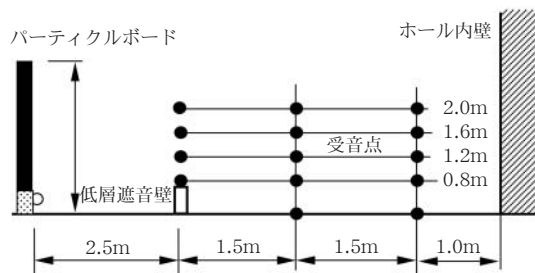


図3 音源、受信点の配置  
Fig. 3 Geometry of sound source and receiving point(at exp.2)

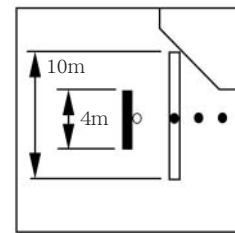


図4 ホール内の配置  
Fig. 4 Geometry of noise barrier in hall(at exp.2)

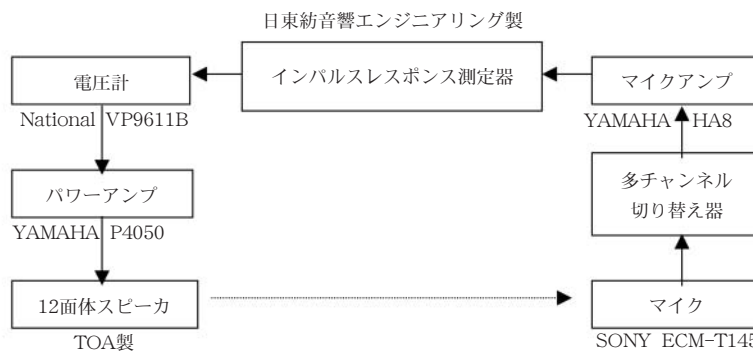


図5 計測装置  
Fig. 5 Measurement system

4. 計測装置

使用した計測装置を図5に示す。

5. 解析方法

遮音壁の挿入損失を測定するには、無限に設置した遮音壁と、遮音壁以外に音の反射物が周囲に存在しないことが望まれ、遮音壁の上部を乗り越えて回折した音や壁を透過した音だけで性能を判断することが望ましい。そのためには、遮音壁が無制限に設置され、図6に示すような遮音壁の側方からの回り込み音や、遮音壁とは無関係な物体からの反射音が存在しないことが必要である。しかし、現実には有限長に設置して性能を測定せざるを得ない。インパルスレスポンスを測定する場合、回り込み音や反射音は、測定時の配置などから受信点にいつ到来するかが簡単に求められるので、応答波形から時間軸上で回り込み音や反射音を除いて必要な部分だけを切り出して計算することができる。今回の実験では、遮音壁の側方からの回り込み音が受信点に到達した後で、ホー

ル内壁などでの不要な反射音が到達するので、回り込み音が到達する前までをデータとして採用し、回り込み音到達後の測定データはカットして、ゼロを代入するものとした。図6の場合、例えば車と建物との間で多重反射が考えられるので、切り離れたデータの中にも、本来は必要なデータが含まれているが、多重反射による距離減衰のため十分に小さいとして無視した。

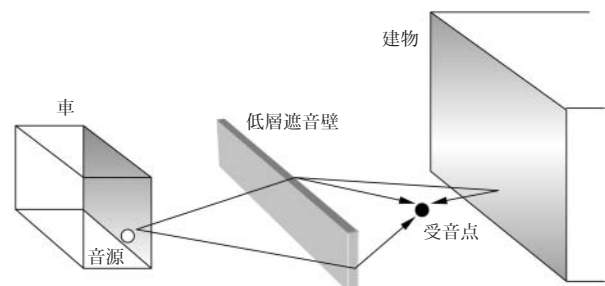


図6 回り込み音のイメージ  
Fig. 6 Image of diffracted sound

6. 結果

測定時は図7のように、音源から受音点に直接到達した音に続き、さまざまな反射音が到達し、それらを合成した図8のような波形が測定される。この波形から、5章で述べた処理を行なった後、得られた低層遮音壁のあ

る場合とない場合の相対音圧レベルを、1/3オクターブバンドごとにまとめた。結果をb3とc3について図9、図10に示す。また、現実の状況に近い実験-2の場合の結果をb3とc3について図11、図12に示す。

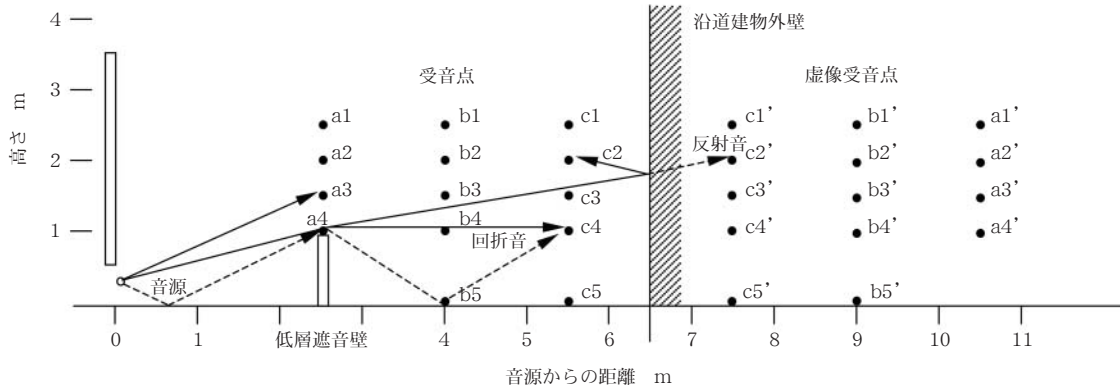


図7 音の伝搬状況  
Fig. 7 Situation of borne sound around barrier

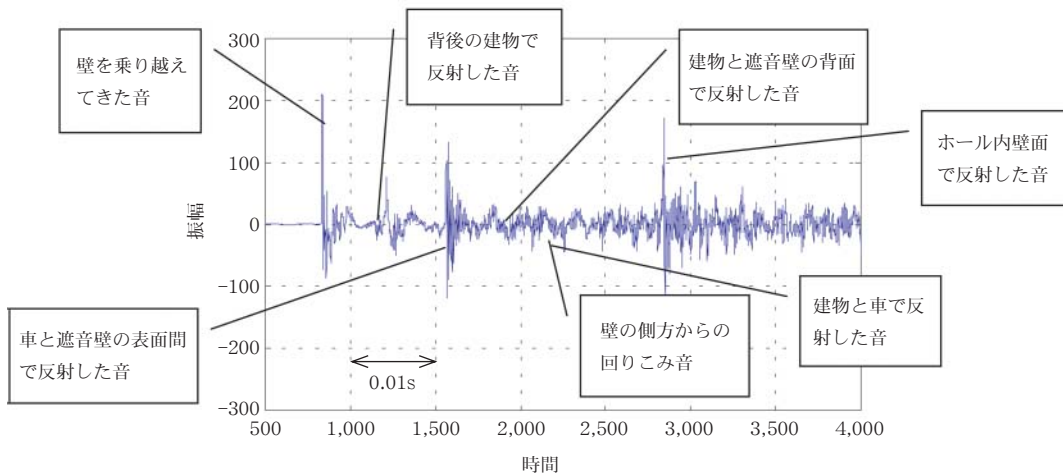


図8 c3における測定された音の到達ポイント  
Fig. 8 Time when sounds reached at receiving point c3 and measured

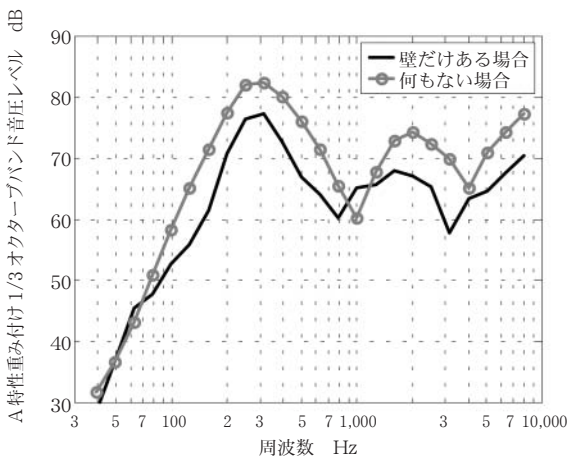


図9 測定点b3における相対音圧レベル(実験-1の場合)  
Fig. 9 Relative sound pressure level at point b3 on exp.1

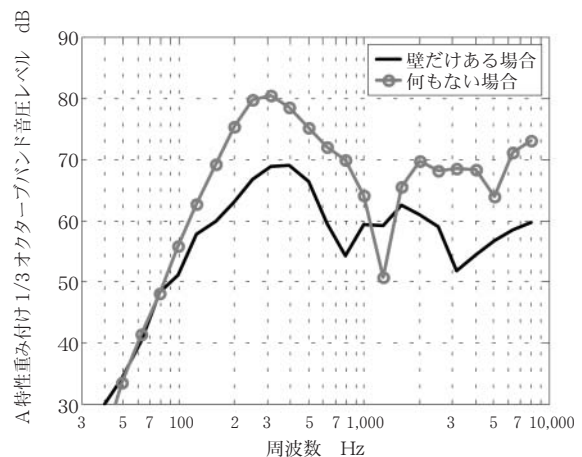


図10 測定点c3における相対音圧レベル(実験-1の場合)  
Fig. 10 Relative sound pressure level at point c3 on exp.1

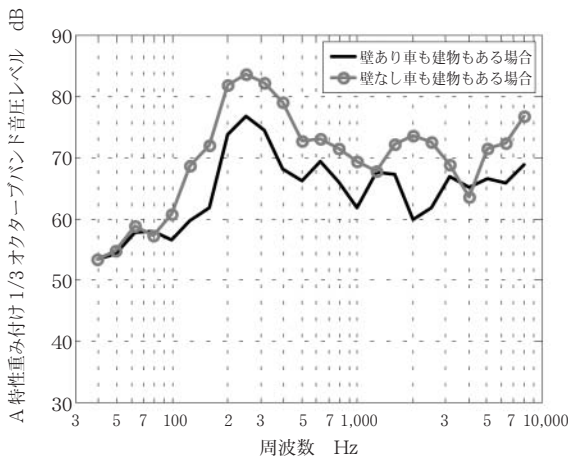


図11 測定点b3における相対音圧レベル(実験-2の場合)  
Fig. 11 Relative sound pressure level at point b3 on exp.2

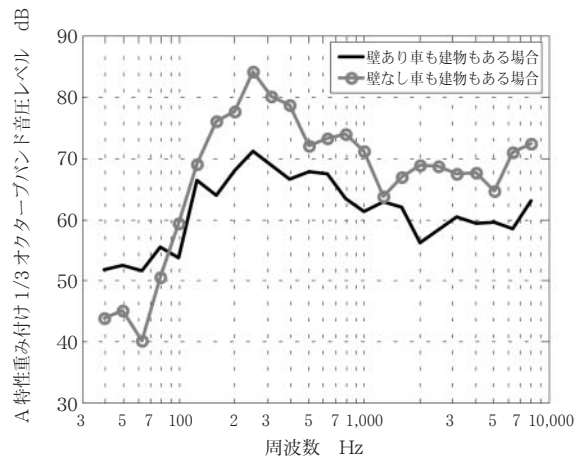


図12 測定点c3における相対音圧レベル(実験-2の場合)  
Fig. 12 Relative sound pressure level at point c3 on exp.2

測定各点での挿入損失について、ASJ Model 1998<sup>2)</sup>による自動車走行騒音のパワースペクトルにA特性を考慮した補正を1/3オクターブバンド毎(中心周波数50Hz~5 kHz)に行い合成挿入損失を求めた。結果を図13、図14に示す。補正は下記の式によった。

$$\Delta L_{WA,i} = \Delta L_{Li,i} + \Delta L(f) + \Delta L_V(f) + \Delta L_{A-weight,i} + \Delta L_{adj}$$

$\Delta L_{WA,i}$  : i 番目の周波数におけるA特性1/3オクターブバンドパワーレベル [dB]

$\Delta L_{Li,i}$  : 測定した i 番目の周波数における1/3オクターブバンドパワーレベル [dB]

$\Delta L(f)$  : 自動車走行騒音の中心周波数 f におけるバンドの相対レベル

$$\Delta L(f) = -10 \log_{10} \left[ 1 + \left( \frac{f}{2000} \right)^2 \right]$$

$\Delta L_V(f)$  : 自転車の速度 V < 80km/h の場合の補正值 [dB]

$$\Delta L_V(f) = - \left( \frac{10}{4} \right) \log_{10} \left( \frac{f}{1000} \right)$$

$\Delta L_{A-weight,i}$  : i 番目の周波数におけるA特性補正值 [dB]

$\Delta L_{adj}$  : A特性相対スペクトルのパワー合成を 0 dB とするための補正值 [dB]

$$\Delta L_{adj} = -10 \log_{10} \sum 10^{(\Delta L(f) + \Delta L_V(f) + \Delta L_{A-weight,i})}$$

$$= -8.4$$

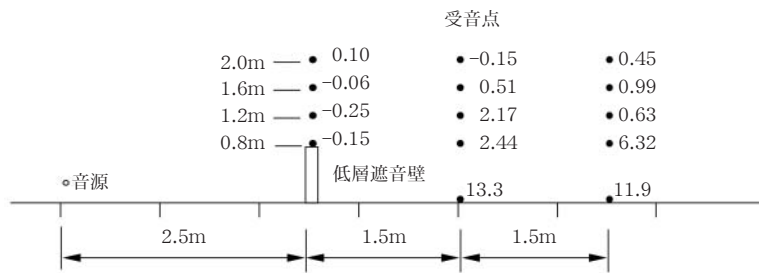


図13 低層遮音壁の挿入損失(dB)(実験-1の場合)  
Fig. 13 Attenuation of low noise barrier on exp.1

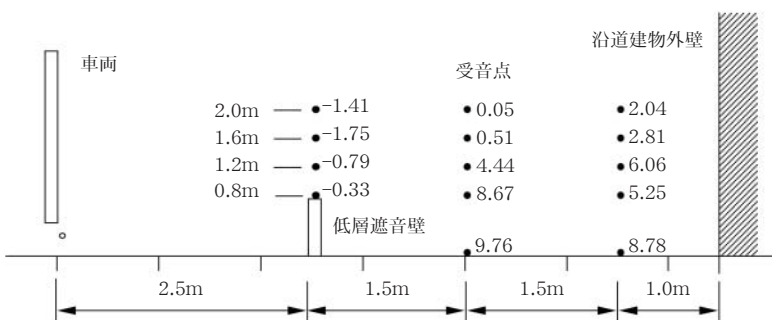


図14 低層遮音壁の挿入損失(dB)(実験-2の場合)  
Fig. 14 Attenuation of low noise barrier on exp.2

| 周波数 Hz | 補正值 dB |
|--------|--------|
| 50     | -30.2  |
| 63     | -26.2  |
| 80     | -22.5  |
| 100    | -19.1  |
| 125    | -16.1  |
| 160    | -13.4  |
| 200    | -10.9  |
| 250    | -8.6   |
| 315    | -6.6   |
| 400    | -4.8   |
| 500    | -3.2   |
| 630    | -1.9   |
| 800    | -0.8   |
| 1,000  | -0.0   |
| 1,250  | 0.6    |
| 1,600  | 1.0    |
| 2,000  | 1.2    |
| 2,500  | 1.3    |
| 3,150  | 1.2    |
| 4,000  | 1.0    |
| 5,000  | 0.5    |



## 7. 考察

### 7.1 測定配置について

旧建設省土木研究所がまとめた「低層遮音壁の設計方法に関する研究」<sup>1)</sup>によれば、評価地点の高さは原則として歩道面から1.2mとなっており、住居などを保全対象とする場合は建物の壁面位置、歩行者を対象とする場合は歩行者動線上高さ1.5mと定めている。今回の測定における評価点は、高さ1.2mのb3とc3とした。ただし、c3は建物壁面から1m離して設置している。

試作した低層遮音壁の高さは1m～1.5mが望ましいとされるのに対し0.8mとしたのは、車道と歩道の高低差0.2mと合わせて高さ1mと考えたからである。今回の受音点では音源から見えない評価対象として有効な領域にあるものは、わずかにb4、b5、c3、c4、c5であり、床面上の点を除けばb4とc3、c4だけである。b3とc2は音源が半分見える程度の位置である。音源には12面体スピーカを用いたが、構造上、地面からの高さが30cmであった。実際の低速走行車両の音源位置はエンジン音が支配的とされ、高さは0.5m程度とされているので、歩車道の落差を考慮すれば音源高さは妥当と考える。

### 7.2 測定波形より

測定したインパルスレスポンス波形を観察しているとさまざまなことが分かった。まず、音源から受音点に到達する音は、

- ・音源から直接到達する音、または遮音壁上端で回折して直接到達する音
- ・音源近傍の床面で反射して到達する音、またはその音が遮音壁上端で回折して到達する音
- ・低層遮音壁を乗り越えて背後の建物で反射して到達する音
- ・車と低層遮音壁との間で多重反射をして到達する音
- ・遮音壁側方からの回り込み音
- ・ホール内壁で反射して到達する音

などがあげられる。これらの音のうち、直接音が最も大きなパワーを示し、その大きさは回折角が大きくなるに従って小さくなり、到達点が時間的に遅れていくことが分かる。遮音壁と音源の間の床面で反射した音は、直接音からわずかずつれて到達し、波形を見ても直接音と床面反射音との区別はほとんどできなかった。音源横に車に見立てたボードを設置すると、音源からの音がボードにあたって壁の方へ反射され、ボードを設置しない場合に比べて明らかに直接音の振幅が大きくなる。また、遮音壁表面とボードの間で多重反射が起こり、時間遅れを伴ってこの反射音が現れるが、意外に大きな振幅のものであり、低層遮音壁の吸音性能をさらに高める必要がありそうだ。

### 7.3 低層遮音壁の効果

遮音壁の陰の領域(受音点から音源が見えない領域)では、遮音壁の有無によって明らかに直接到達音の振幅の差が見られ、低い遮音壁といえども、陰の領域ではかなりの効果があることがわかった。この時の挿入損失は図9～図12より周波数によっては10dB程度もある。補正後の合成挿入損失では遮音壁背後3m、高さ0.8mで約5dBであった。

実験-1では、地面からの反射音との干渉より、特定の周波数で挿入損失が低下する傾向にあったが、実際の設置状況に近い実験-2では、さまざまな反射音が影響し合い、この現象は薄れているようである。

## 8. おわりに

低層遮音壁の挿入損失をインパルスレスポンス測定器を用いて測定を行ったところ、壁背後では5dB程度の減音量が確認できた。今後はこの値を用いて実際の施工時における騒音予測なども行い、この予測値と実測値とを比較・検証し、一般道路周辺における騒音対策に貢献できることを期待する。

最後に、今回の測定において、九州芸術工科大学 音響設計学科 藤原教授には終始、適切な助言を賜った。また、音響設計学科の皆様には実験の補助、データ解析の補助など、ご協力頂いた。ここに深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) 上坂、大西、木村、鉢嶺：低層遮音壁の設計方法に関する研究、土木研究所資料、第3705号、2000
- 2) 日本音響学会道路交通騒音調査委員会：道路交通騒音の予測モデル、日本音響学会誌、55(4)、pp.281-324、1999

## 執筆者

### 山室成樹

Shigeki Yamamuro

昭和63年入社

吸音板の研究・開発に従事



### 山口和也

Kazuya Yamaguchi

平成9年入社

吸音板の研究・開発に従事



## 栗本トピックス

## 世界最大級 電動水中サンドポンプ完成

この度当社住吉工場において、現代建設株式会社殿(大韓民国)向けの電動水中サンドポンプ2基が完成した。同型ではクリモト製としては最大の能力を有し、世界的にも最大クラスのものである。

本機は現在シンガポールで進行中の「ジュロンアイランド計画」の埋め立て工事のための海砂採取用に使用されるもので、海砂採取船に積載され、今夏頃から活躍する予定である。

「ジュロンアイランド計画」は、エレクトロニクス分野に過度に依存する産業体質を改善するために、シンガポール政府が国策として実施する石油化学産業高度集積化政策の中心として実施され、シンガポール本島南西沖合4kmに点在する7つの島の間を埋め立て、2,600haの広大な土地に巨大な石油精製、石油化学、精密化学品の一大生産拠点を築こうというものである。

プロジェクトの完成は2005年11月。本機は稼動し始めると人目に付くことはなくなるが、工事の基盤となる大黒柱として異国の海で活躍することをおおいに期待している。

## 仕 様

型 式：KSP-2700ESP

ポンプ吐出口径：800mm

揚 水 量：11,200m<sup>3</sup>/h

全 揚 程：37m

水中電動機仕様：AC6.6kV 60Hz 2,000kW

作 業 水 深：60m

ポンプ総重量：約80トン



電動水中サンドポンプ装置外観