

# 緑化型ノイズリデューサーの 実用化とその効果の確認について

庄野 豊<sup>1</sup>・森 昭一<sup>2</sup>・落合博明<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 日本道路公団本社施設部 (〒100-0013 千代田区霞が関3-3-2)

<sup>2</sup>日本道路公団中国支社建設部 (〒730-0854 広島市中区土橋町7-1)

<sup>3</sup>(財)小林理学研究所 (〒185-0022 国分寺市東元町3-20-41)

現在まで継続して行ってきた、緑化型ノイズリデューサーの実物大実験結果と植栽ポットによる植栽のノーメンテナンス化の結果を統合し、今回初めて緑化型ノイズリデューサーの実用化を行った。また、その騒音低減効果を確認するために行った現地実験結果から、緑化型ノイズリデューサーは従来型と同程度の騒音低減効果が確認された。さらに境界要素法を用いた理論解析結果からも、緑化型ノイズリデューサーの騒音低減効果を確認することができた。

**Key Words** : noise barrier, planting type, boundary element method

## 1.はじめに

高速道路網の整備拡充により道路の利便性が向上する一方、道路周辺環境保全が重要な課題となってきた。道路騒音を低減するため道路沿いに遮音壁が設置されているが、交通量の増加に伴い従来より高い遮音壁の設置が求められるようになってきた。しかし、遮音壁高さの増加により周辺家屋への景観疎外、日照障害、電波障害などの新たな問題が発生する可能性がある。一方運転者側においても遮音壁高さの増加に伴い閉塞感や圧迫感を感じないことは否めない。近年では、騒音低減効果だけでなく日照不足や運転者の閉塞感解消を目的とした様々に工夫を凝らした新型の遮音壁が設置されるようになってきた。しかし、電波障害や景観疎外の問題も考えると、高さが低く騒音低減効果の大きい遮音壁が求められている。

このような問題点を解消するために、遮音壁や高欄の上に高さ50cm程度の吸音性の材料を設置することにより2m程度の遮音壁の高上げ効果を持つ騒音低減装置(以下これを「ノイズリデューサー」という。)が開発された<sup>1)</sup>。筆者らは、実物大野外実験を行いノイズリデューサーの低減効果の特性を把握し、現地実測調査によって、実際の道路交通騒音により円筒型とマッシュルーム型ノイズリデューサーの効果を確認した<sup>2)</sup>。また、景観を考慮したマッシュルーム型ノイズリデューサーを設置した場合について、境界要素法を

用いた理論解析を行い、理論解析の有効性を確認した<sup>3)</sup>。そして、これまで継続して行ってきた各々の実験結果を統合することにより、緑化型ノイズリデューサーを新しく開発した。緑化型ノイズリデューサーはマッシュルーム型ノイズリデューサーの内部空間を生かし、従来型よりもさらに景観に配慮している。各部分に実用化のための検討を加え、植栽試験を行った後、ノーメンテナンスという管理上の問題にも目途が付き高速道路上に実施施工を行ったものである。

本論文では、これまで筆者らが行ってきた緑化型ノイズリデューサーの実用化に関する一連の研究成果を総括してとりまとめて報告する。まずはじめに、緑化型ノイズリデューサーの型をした植栽ポットによる、植栽のノーメンテナンス試験の結果<sup>3)</sup>を述べる。次に、緑化型ノイズリデューサーの実用的な設置効果を確認するために行った現場における騒音測定結果と、境界要素法による理論解析の結果について述べる。

## 2.緑化型ノイズリデューサーの構造

写真-1に緑化型ノイズリデューサーを設置した高架道路の全景を、写真-2に緑化型ノイズリデューサーの近景を示す。緑化型ノイズリデューサーは、やわらかな落ち着いた形状をした従来のマッシュルーム型ノイズリデューサーの上部をやや上げ、開口部に植物



写真-1 緑化型ノイズリテューサー設置道路



写真-2 緑化型ノイズリテューサーの概観 (近撮)

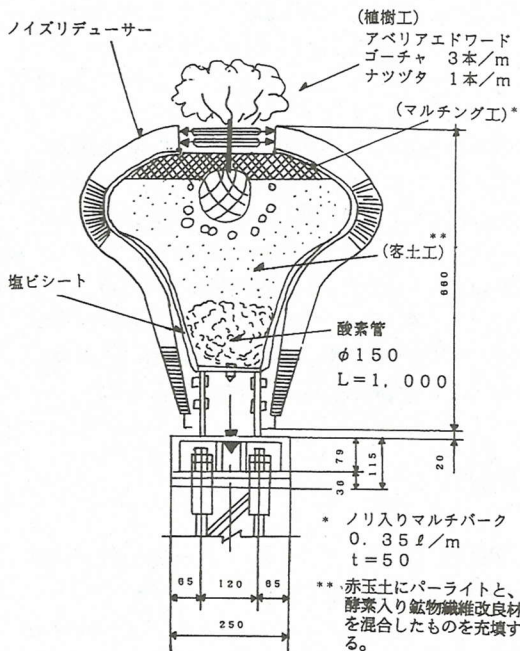


図-1 緑化型ノイズリテューサー構造図

表-1 植栽樹種

樹種名	生育形態			樹種特性		花色
	上昇	水平	下垂	耐乾性	耐霜性	
ハイバクシン		○	○	○	○	
ハマヒサカキ	○				○	
ヒベリカムカリンナム		○	○			黄花
アベリア	○	○		○	○	白花
ピラカンサ	○					
マツバギク			○	○	○	桃花
ヘデラカナリエンス			○	○	○	

を植えたものである。橋梁高架区間の高欄上などに設置すれば、遮音壁と道路の緑化対策を兼ね備えた有効な設備である。図-1に実験に用いた緑化型ノイズリテューサーの構造を示す。取付けパネルを介して高欄に設置しているため、ノイズリテューサー先端は高欄よりも79.5cmと従来型より高くなっている。植物の設置に際し、従来のマッシュルーム型ノイズリテューサーの先端を拡げているため、ノイズリテューサーの全幅は64.4cmと従来型より約15cmほど幅広がっている。

緑化型ノイズリテューサー内部については、水分蒸発を防ぐと共にノイズリテューサー本体の腐食防止を目的に今回は塩ビシートによる半密閉包装をしている。内部客土の通気性をもたせるため、底部には酸素管を設け植物の根腐れがおきないように考慮した。ノイズリテューサー内部に入れる客土については、保水力がある上に排水良好なため、根の発育に極めてよいことから、赤玉土を使用することとした。なお、植物の生育を活性化させるため基盤をパーライトと、酵素入り鉱物繊維改良材による土壌改良を行った。

### 3. 緑化型ノイズリテューサーの植栽

#### (1) 緑化型ノイズリテューサーの生育試験

##### a) 生育試験概要

ノーメンテナンスを前提に生育可能な植物と最適土壌配合を検討する目的で、JH緑化試験場内の管理用舗装道路上で植栽実験を実施し、2年間(1993年3月～1995年3月)生育状況の追跡調査を行った結果、植栽樹種や土壌配合を厳選することにより実用可能であることが確認されている。植栽試験は緑化型ノイズリテューサー試作品を用いて、自然降雨だけの条件で植物の生育が可能か否かについて試験を実施した。植栽樹種は耐乾性および修景効果を考慮して、表-1に示す常緑性の低木・草本(各樹種7株づつ)の7種類とした。また、土壌配合についてはマサ土等との配合組合せとした<sup>3)</sup>。

##### b) 生育状況試験

生育状況の試験を開始した1993年～1994年の気象

表-2 植種別生育状況

ハイビヤクシン  
当初形状寸法 20cm

試験区	6ヶ月後	17ヶ月後	24ヶ月後
No.1	57【健】	68【衰】	66【衰】
No.2	47【健】	67【衰】	枯死
No.3	40【健】	43【健】	64【健】
No.4	50【健】	59【健】	68【健】
No.5	30【衰】	50【健】	70【健】
No.6	49【衰】	枯死	
No.7	50【健】	枯死	
No.8	46【健】	113【健】	65【健】

ハマヒサカキ  
当初形状寸法40cm

試験区	6ヶ月後	17ヶ月後	24ヶ月後
No.1	50【健】	枯死	
No.2	40【衰】	枯死	
No.3	枯死		
No.4	43【衰】	52【健】	61【衰】
No.5	47【健】	52【健】	51【衰】
No.6	56【健】	枯死	
No.7	63【健】	枯死	
No.8	62【健】	枯死	

ヒペリカムカリシナム  
当初形状寸法 20cm

試験区	6ヶ月後	17ヶ月後	24ヶ月後
No.1	24【衰】	枯死	
No.2	枯死		
No.3	22【衰】	23【健】	31【健】
No.4	19【衰】	24【健】	23【健】
No.5	30【健】	36【健】	32【健】
No.6	27【健】	26【健】	26【衰】
No.7	16【衰】	24【衰】	枯死
No.8	33【健】	24【衰】	24【健】

アベリア  
当初形状寸法 20cm

試験区	6ヶ月後	17ヶ月後	24ヶ月後
No.1	28【健】	枯死	
No.2	30【健】	枯死	
No.3	37【健】	71【健】	64【衰】
No.4	45【健】	72【健】	72【健】
No.5	27【衰】	68【健】	63【衰】
No.6	43【健】	枯死	
No.7	枯死		
No.8	30【衰】	35【衰】	26【衰】

ピラカンサ  
当初形状寸法 55cm

試験区	6ヶ月後	17ヶ月後	24ヶ月後
No.1	56【衰】	枯死	44【衰】
No.2	枯死		
No.3	52【衰】	75【健】	枯死
No.4	59【衰】	枯死	
No.5	60【健】	27【衰】	32【衰】
No.6	75【健】	81【衰】	75【衰】
No.7	75【健】	40【衰】	43【衰】
No.8	97【健】	103【健】	103【健】

マツバギク  
当初形状寸法 5cm

試験区	6ヶ月後	17ヶ月後	24ヶ月後
No.1	80【健】	97【健】	56【健】
No.2	90【健】	104【健】	66【健】
No.3	60【衰】	61【衰】	28【健】
No.4	56【衰】	67【健】	35【健】
No.5	54【衰】	52【衰】	29【衰】
No.6	85【健】	89【衰】	47【衰】
No.7	80【衰】	93【衰】	55【健】
No.8	60【健】	73【健】	34【健】

ヘデラカナリエンス  
当初形状寸法 20cm

試験区	6ヶ月後	17ヶ月後	24ヶ月後
No.1	86【健】	90【衰】	43【健】
No.2	97【健】		
No.3	43【衰】	55【衰】	枯死
No.4	85【健】	90【衰】	65【健】
No.5	40【衰】	52【衰】	46【健】
No.6	86【健】	枯死	
No.7	60【衰】	枯死	
No.8	95【健】	101【衰】	28【健】

凡 例  
1. 枠内の数字は伸長さcm  
2. 樹勢は以下の3段階とした  
【健】…………健全  
【衰】…………衰弱  
枯死…………枯死

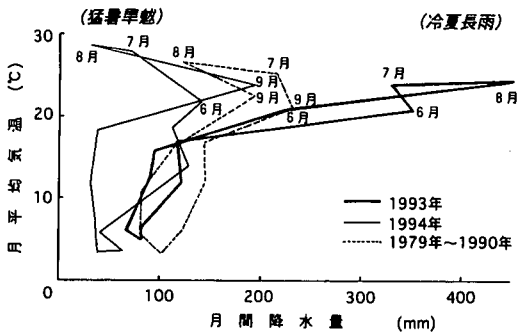


図-2 1993年～1994年の気象状況 (気象庁大津気象台)

状況を図-2に示す。1993年～1994年の夏は連続した異常気象年であり、記録的な冷夏長雨から一転して猛暑早乾となった。

この異常気象は植物生育に顕著な影響を及ぼしており、図らずも両極端の異常気象に対する適応性について検証する結果となった。

追跡調査は1993年10月・1994年8月・1995年3月の3回に渡って実施し、各植物の伸長さ・健全度を記録した。

なお、伸長さの計測は最長枝の長さとし、健全度は枯死・衰弱・健全の3段階とした。各植物毎の試験結果を表-2に示す。

c) 試験結果および考察

第1回追跡調査(1993年10月)結果を過湿に対する適応性、第2回追跡調査(1994年8月)結果を過乾に対する適応性という視点で表-2の調査結果をみると、

伸長さや健全度に及ぼす影響は、過湿よりも過乾の影響が顕著であった。

当初想定された半密閉植栽基盤での長雨による過湿害は、長期間湿潤状態が続いたにもかかわらず酸素透過管の機能により根腐れが抑制され、特定の植物種および配合土壤に被害が集中する傾向はみられなかった。

反面、猛暑早乾による過乾害は、植物種および配合土壤による較差が顕著であり、これを健全度指数で示したのが表-3である。ここでの健全度指数は表-2の結果を基に、健全固体を+1・衰弱固体±0・枯死固体-1として集計した。

生育試験の結果、供試植物7種類の中ではハイビヤクシン・ヒペリカムカリシナム・アベリア・ピラカンサ・マツバギクが、冷夏長雨および猛暑早乾時ともに健全度指数がマイナスとならず、適応性を有するものと認められた。

(2) 実用化にあたっての樹種選定

a) 植栽基準

今回緑化型ノイズリデューサーに植栽する樹種の選定は、橋梁景観・メンテナンス性・生育試験結果を評価の要因として行った。

ア) 橋梁景観評価：橋梁上にノイズリデューサーを設置することから、道路利用者や周辺地域からの景観が優れている樹種(見栄えのする樹種)であること。

イ) メンテナンス評価：緑化型ノイズリデューサーでは、十分な灌水が確保できないことから耐乾性に優れ

表-3 健全度指数の推移

樹種名	7種植物の健全度指数合計		
	6ヶ月後（冷夏長雨後）	17ヶ月後（猛暑早魃後）	24ヶ月後
ハイビャクシン	+7	+2	+2
ハマヒサカキ	+4	-3	±0
ヒベリカムカリシナム	+2	+2	+2
アベリア	+3	±0	±0
ピラカンサ	+4	+1	+2
マツバギク	+4	+6	+7
ヘデラカナリエンス	+5	-3	+3

表-4 実施施工に当たっての植栽選定総合評価

樹種名	橋梁景観 (※1)	メンテナンス (※2)	生育試験結果 (※3)	総合 (※4)
ハイビャクシン	○	◎	○	+4
ハマヒサカキ	△	○	△	+1
ヒベリカムカリシナム	○	△	○	+2
アベリア	◎	◎	△	+4
ピラカンサ	△	△	○	+1
マツバギク	××	◎	◎	+2
ヘデラカナリエンス	××	◎	◎	+2

※1 橋梁上での緑化型ノイズリデューサー景観に適した樹種を選定するための評価

※2 樹種の特性から灌水や塩害などのメンテナンスの評価

※3 日本道路公団緑化試験場において平成5年3月から緑化型ノイズリデューサー試験結果

※4 総合評価の採点は、※1～※3について◎を+2、○を+1、△を0、×を-1、××を-2として集計した

ていて、設置を行った場所が、海に近いことから耐潮性に優れているもの。

#### b) 評価の内容

実施施工に当たっての植栽選定総合評価の内容を表4に示す。

橋梁景観評価（※1）は、生育形態として上昇および水平指向が周辺景観に適しているため、表1の生育形態から、上昇かつ水平は◎、水平かつ下垂は○、上昇のみは△、水平のみは×、下垂のみは××として集計を行った。

メンテナンス評価（※2）は、緑化型ノイズリデューサーでは十分な灌水を得られず枯損などの被害が考えられるため耐乾性と、今回の設置場所が海に近い場所であり、塩害による枯損が想定されることから、耐潮性に強い樹種を表-1から選ぶこととした。集計は、耐乾性・耐潮性の双方に優れているものは◎、どちらか片方は○、双方適していないものは△として評価した。

生育試験結果（※3）は、表-3の7種植物の試験開始から2年後の健全度指数合計について、集計を行い、+2以上を◎、+1を○、±0を△とした。

#### c) 植栽樹木の選定結果（総合評価）

総合評価は、表4の※1・※2・※3の集計結果を単純加算により◎は+2、○は+1、△は±0、×は-1、××は-2として集計を行った。その結果、アベリアとハイビ

ャクシンが高い評価を得られた。

今回は緑化型ノイズリデューサー設置場所が住宅地に位置し、周辺景観に配慮する必要があることから、花の咲く樹種（表-1）を選定しアベリアに決定した。

なお、生育試験結果ではハイビャクシン・ヒベリカムカリシナム・アベリア・ピラカンサ・マツバギクが優れているが、今回は実用性を重視して景観とメンテナンスが高いアベリアを選定した。また、アベリア種の中でも特に耐乾性・耐潮性に優れているアベリアエドワードゴーチャにて植栽を行うこととした。

なお、緑化型ノイズリデューサーを実施後約1年経過した現在でも植栽が正常に成育し、ノーメンテナンス機能を果たしている。

#### 4.緑化型ノイズリデューサーの騒音低減効果の測定

緑化型ノイズリデューサーは、建物の屋上を高架道路の路面に見立てたフルスケールモデル実験の結果、同一高さの直壁に対して約2.6dB～3.6dBの減音効果があることが確認されている<sup>1)</sup>。今回は自動車専用道路の高架橋の高欄上に緑化型ノイズリデューサーを設置し、ノイズリデューサー設置前後に実車走行実験を行い、現場での騒音低減効果を調べた。

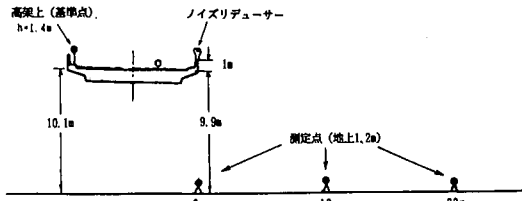
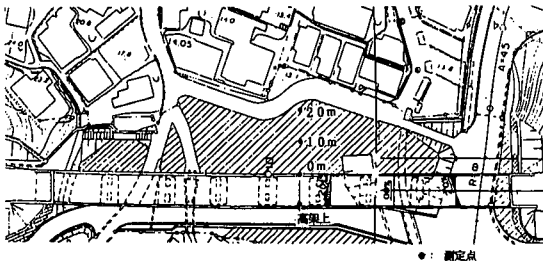


図3 緑化型ノイズリデューサーの現場実験の測定点

表5 試験車走行音のピーク騒音レベルより求めたノイズリデューサー設置前後のレベル差と計算結果の比較

	0m点	10m点	20m点
回折減衰量の差(計算値)	0.9dB*	2.3dB*	3.0dB*
音圧レベル差(実測値)	3.9dB	6.8dB	7.0dB
実測値 - 計算値	3.0dB	4.5dB	4.0dB

\* 反対側からの回り込みを考慮

### (1) 測定点の配置と測定方法

実験を行った高架橋は上下2車線で高さは10m、緑化型ノイズリデューサーは測定点側の設置延長約173mの区間に設置した。測定点の配置を図3に示す。測定現場周辺の家屋等の制約があったため、測定点は高架上および、高架下の道路端より0m、10m、20mの計4点とした。各測定点で観測された騒音の出力信号をレベルレコーダでモニターしながら、DAT（デジタルオーディオテープレコーダ）に録音し、持ち帰ってテープを再生して分析を行った。その際、騒音計の聴感補正特性はA特性とした。試験車には20tダンプトラックを用い、高架下の測定点側車線中央を80km/hで数回ずつ走行させて測定を行った。

### (2) 試験車走行音のピーク騒音レベルと設置効果

ノイズリデューサー設置前後の試験車走行音の騒音ピークレベルの平均値から音圧レベル差を求め、表5に示した。それによると、騒音低減量は高架下道路端より0m点で3.9dB、10m点で6.8dB、20m点で7.0dBであった。

ノイズリデューサーを単なる塀と見なして、ノイズリデューサーの設置前（高欄のみ）と設置後の回折減衰量の差を計算し、表中に合わせて示した。計算に際しては道路交通騒音の予測計算に現在最も広く用いられている日本音響学会の回折効果計算方法<sup>4)</sup>を用いて、測定点側

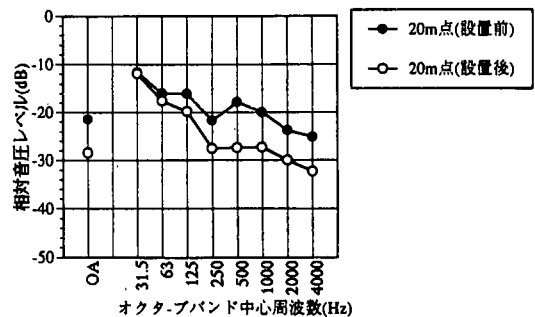
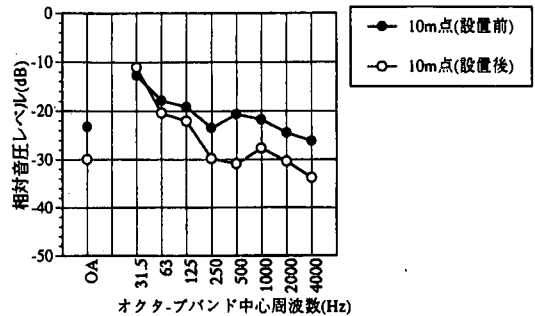
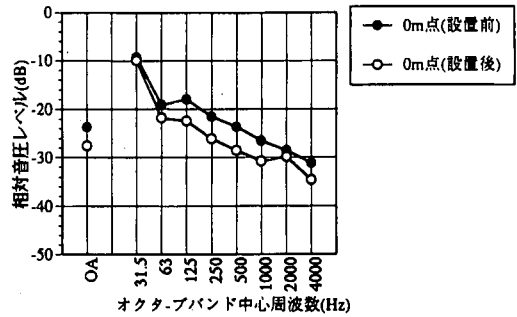


図4 試験車走行音の周波数特性の比較

（図の高架橋より右側）だけでなく遮音壁を設置していない高架橋の反対側からの回り込みも考慮した。計算で求めたノイズリデューサーの設置前後の音圧レベル差は0m地点で0.9dB、10m点で2.3dB、20m点で3.0dBであった。

実測値と計算値の差は0m点で3.0dB、10m点で4.5dB、20m点で4.0dBであった。元来、行路差が大きいほどノイズリデューサーによる騒音低減効果は大きくなるはずであるが、0m地点の低減量が最も小さいのは、反対側からの音の回り込みによるものと考えられる。

### (3) ノイズリデューサー設置前後の試験車走行音の周波数特性

試験車走行音の1/1オクターブバンドの周波数特性を図4に示した。ノイズリデューサー設置前後における騒音低減効果を比較するにあたり、発生源側の測定点（高

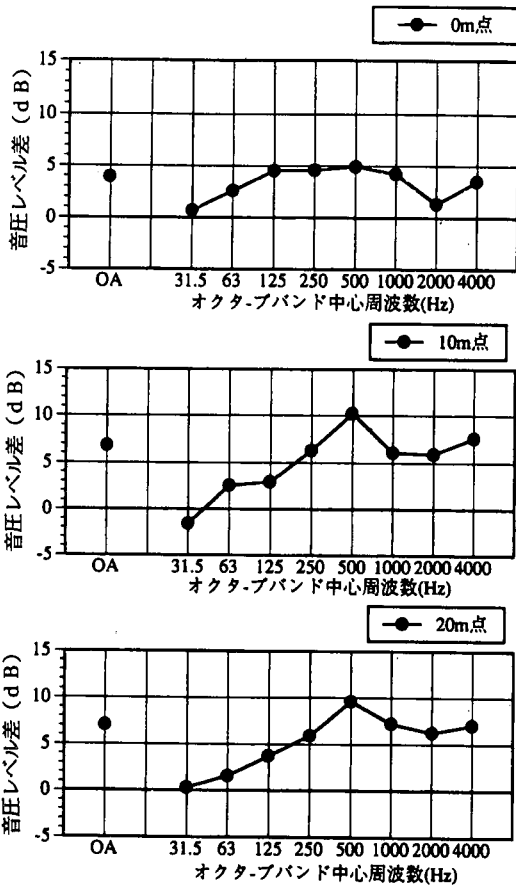


図5 緑化型ノイズリデューサ設置前後の音圧レベル差

架上測定点を基準点として高架下の各測定点との音圧レベル差（いわゆる伝達関数）を求めた。図より各測定点とも高上げによる効果がみられ、特に10m点、20m点では500Hz以上の周波数帯域で効果が大きく現れた。

図5は、ノイズリデューサ設置前後の周波数別の音圧レベルの差を示したものである。ノイズリデューサ設置による低減量は、0m点では125～1kHzで5dB程度、10m点と20m点では250Hz以上で5～10dBであった。既存の調査結果によると、周波数が高くなるにつれてノイズリデューサの設置効果が大きくなる傾向がある。しかし、今回の実測結果のうち回り込みの影響の少ない10m点、20m点では、500Hzで設置前後のレベル差が最も大きかった。

(4) ノイズリデューサ設置前後の試験車走行音のユニットパターンの比較

ノイズリデューサ設置前後の試験車走行音のユニットパターンを比較し、図6に示した。図より、高架

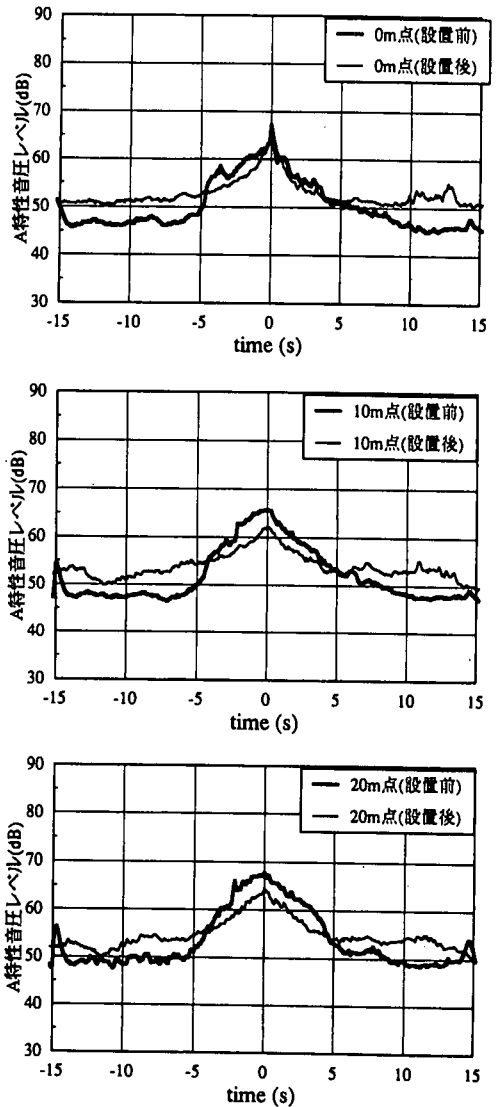


図6 ノイズリデューサ設置前後の試験車走行音のユニットパターンの比較

下の各測定点では、試験車が測定断面から遠方を走行している区間では設置後のほうが設置前より騒音レベルが大きくなっている。測定時の暗騒音レベルを比較すると、設置前の46～50dBに対して設置後は周辺の工場騒音により52～55dBと5dB程設置後のほうが大きかった。したがって、設置後は走行音が暗騒音に埋もれてしまい、見かけ上騒音レベルが大きみえるだけである。次に試験車が測定断面を通過する前後5秒間の走行音のユニットパターンを比較すると、0m点ではノイズリデューサの設置前後でレベル差がはっきりと現れていない。この原因は高架反対側からの音の回り込みによるものと考えられる。一方10m点、20m

表6 試験車走行音のエネルギー積分値より求めたノイズリ  
 デューサー設置前後の挿入損失

	0m点	10m点	20m点
ノイズリデューサー設置前	-21.2dB	-18.8dB	-16.6dB
ノイズリデューサー設置後	-24.8dB	-24.0dB	-22.1dB
挿入損失(エネルギー積分)	3.6dB	5.2dB	5.5dB

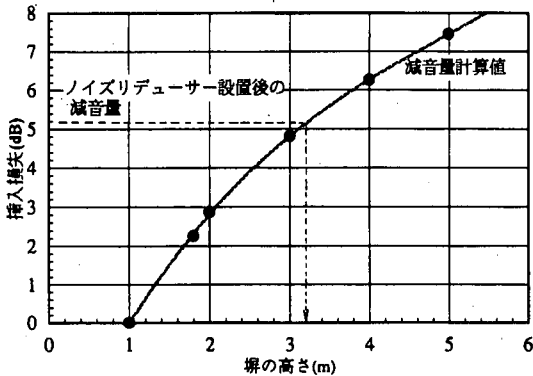


図7 逆解析によるノイズリデューサーの遮音壁等価高さ  
 (緑化型ノイズリデューサー高欄上に設置)

点では設置後の騒音レベルが設置前を下回っており、壁のかさ上げ効果が現れている。このうち0m, 10m点では設置前には測定断面を通過前の騒音レベルが大きくなっているが、進入側の丘の斜面による反射の影響と考えられる。

試験車が測定断面を通過する前後5秒の範囲の騒音のエネルギー積分値を求め、ノイズリデューサー設置前後について比較し、表6に示した。結果は高架上の基準点の値をもとにした相対レベルで示した。この結果をもとにノイズリデューサー設置前後の挿入損失を求め、表中に合せて示した。それによると、0m点では3.6dB、10m点と20m点では5.2～5.5dBの設置効果が得られた。

#### (5) 塀のかさ上げ効果相当量の算出

今回観測されたノイズリデューサーの設置による騒音低減量は従来から報告されているノイズリデューサーの低減量よりも大きい。大きくなった要因として、①音源から遮音壁までの距離の違い、②ノイズリデューサーのサイズの違いが考えられる。

このうち①については、既存の現場実測調査・モデル実験<sup>1)</sup>では音源から壁までの距離が5～10mであるのに対し、今回の測定では試験車走行位置が地上に設置した測定点側車線の中央であったことから、音源から壁までの距離が3.5mと短く、既存の実測調査・モデル実験の場合より行路差が大きくなっている。②については、従

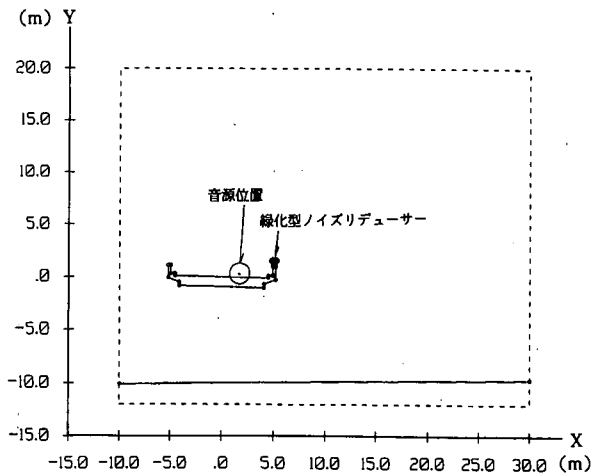


図8 計算範囲(道路中央部原点)

来型のマッシュルーム型ノイズリデューサーは高さか50cmであるのに対して、緑化型ノイズリデューサーは高さ約80cmで従来型より30cmほど高さが高くなっている。

そこで、ノイズリデューサーの設置効果が音響的にみて壁を何m高上げたことに相当するかを検討した。検討にあたっては、日本音響学会式の回折効果計算方法<sup>4)</sup>を用いて、道路端から10m、高さ1.2mの位置で5.2dBの低減効果に相当する壁の高上げ高さを逆算で求め、図7に示した。これによると5.2dBの低減効果に相当する壁の高さは3.2mとなり、高さ80cmの緑化型ノイズリデューサーの設置により壁を2.2m高上げたのと同等の効果がわかる。

以前に行った実測調査より、従来のマッシュルーム型ノイズリデューサー(高さ50cm)を設置したことによる効果は、壁を1.9m高上げたのと同等であるという結果が得られている<sup>1)</sup>。マッシュルーム型ノイズリデューサーと緑化型ノイズリデューサーの高さの違いを考慮に入れると、緑化型ノイズリデューサーはマッシュルーム型ノイズリデューサーと同等の騒音低減効果が得られることがわかった。

#### 5.緑化型ノイズリデューサーの設置効果の理論解析

筆者らは、高架道路上壁高欄先端に設置したマッシュルーム型ノイズリデューサーの設置効果について、境界要素法を用いて音場解析を行い、境界要素法を用いた音場解析手法が遮音壁背後の音場を再現する有効な解析手法であることを報告した<sup>2)</sup>。本報告では、マッシュル

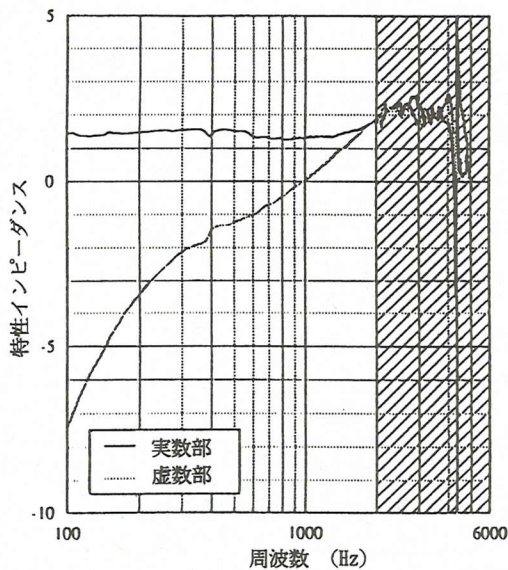


図-9 ノイズリデューサーに使用する吸音パネルのインピーダンス

ム型ノイズリデューサーの改良型である緑化型ノイズリデューサーについて境界要素法による解析を行い、実測結果に基づき解析手法の有効性について検討を行った。

### (1) 境界要素法による数値解析

道路交通騒音を無限に続く点音源列から放射される騒音（すなわち無限長の線音源）と近似的にみなし、道路や遮音壁などの構造物の断面形状が奥行き方向に変化しない二次元空間を対象に Helmholtz の境界積分方程式<sup>2)</sup>をもとに、境界要素法により数値解析を実施した。

### (2) 計算条件

本解析では、図-8 に示すように現場実測調査を行った高架橋梁部測定断面を対象に、 $x=10\text{m} \sim +30\text{m}$ 、 $y=-10\text{m} \sim +20\text{m}$  の範囲を計算範囲として設定した。測定側車線中央に音源を配置し、測定側の高欄上に緑化型ノイズリデューサーを設置した場合と設置しない場合について計算を実施した。計算にあたっては高架橋梁部道路中央を原点とし、高欄は原点の両側 4.95m の位置に設定した。

本調査では現場実測調査結果との整合性を調べる目的で、「高架下測定点側」車線中央の路面上から 0.3m の高さに音源を設定した。

音源周波数には高架上測定点の実測で得られた試験車；20tトラックの騒音データ（200～2kHz、1/3オクターブバンド中心周波数）を用いた。

計算要素長は  $\lambda/8$  とした。ただし、遮音壁のような細長い構造物を境界に含める場合は境界の幅を要素長以

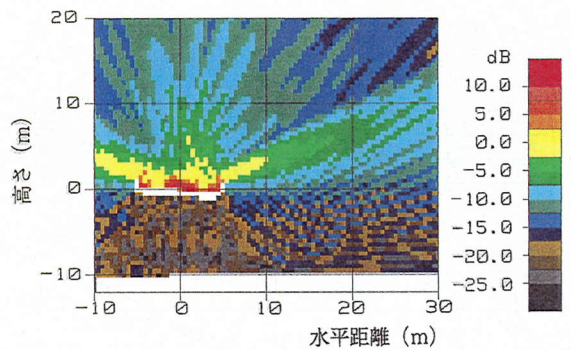


図-10 音圧レベル分布図（高欄のみ 高さ1m）

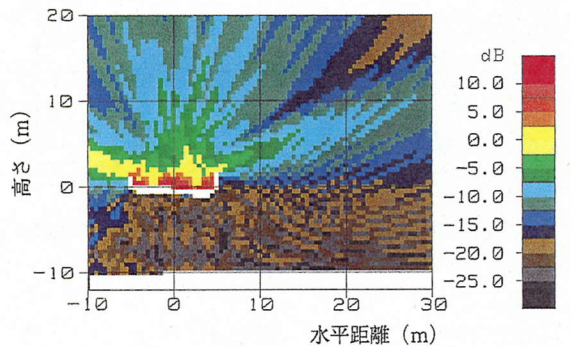


図-11 音圧レベル分布図  
（緑化型ノイズリデューサー付 高さ1.8m）

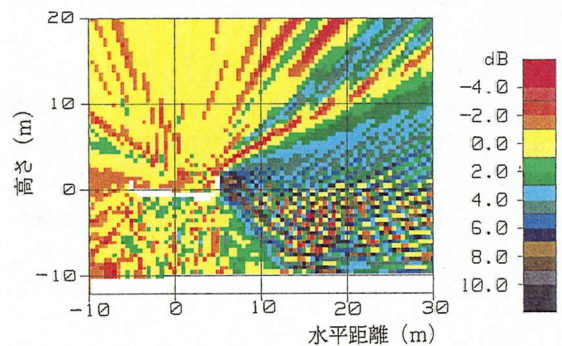


図-12 挿入損失分布図  
〔高欄のみ 高さ1m）  
-（緑化型ノイズリデューサー付 高さ1.8m）〕

上にするのが求められることから、遮音壁の厚さが  $\lambda/8$  より小さくなる周波数範囲では要素長を遮音壁の厚さ（10cm）として計算した。

境界条件は次のように設定した。橋面および高欄は完全反射とした。ノイズリデューサー部分はグラスウール+ガラスクロス+パンチングメタルの音響インピーダンスを実験値（図-9）に基づき設定している。

植栽部分は土の実効の流れ抵抗（1250cgs-rays；こ



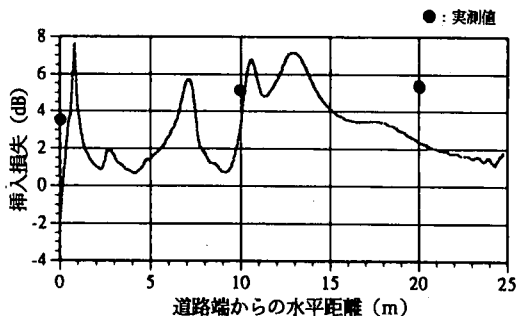


図-13 緑化型ノイズリデューサー設置前後における道路端からの距離による挿入損失の変化

で  $\text{cgs-rayls} = \text{dyne} \cdot \text{sec} / \text{cm}^2$  は流れ抵抗の単位) に基づく音響インピーダンスを設定している<sup>9)</sup>。また、地盤面については、ここでは完全反射として計算した。

### (3) 計算ケース

計算ケースは次の2ケースとした。

- ・ケース1：高架下測定点側の障壁が高欄のみの場合
- ・ケース2：高架下測定点側の障壁が高欄上に緑化型ノイズリデューサー付障壁の場合

### (4) 解析結果

図-10、図-11はケース1、ケース2について境界要素法に基づき計算した音圧レベルを表したものである。音源から発生した音圧の分布を、音源からの距離1mの点の音圧レベルを基準(0dB)として、基準点の音圧レベルに対する各地点の相対レベルを等圧線を用いて表したものである。いずれの条件においても音源から発生した音が障壁によって大幅に減音する様子が再現されている。

ノイズリデューサー設置前後の音圧レベル差をとり、図-12に示した。これによると、斜め上方の減音効果とともに斜め下方にも2~5dB程度の減衰効果が認められた。特に高架道路周辺の住宅が位置する道路端から10m~20mの範囲で減衰量が大きくなっている。図-13は  $py=1.2\text{m}$  の高さにおけるノイズリデューサー設置前後の挿入損失と道路端からの水平距離の関係を示したものである。図中の●印は現場実測調査の結果である。高架橋の高欄直下付近では、わずかな場所の違いで回折条件が大きく異なるため、挿入損失も大きく変化している。道路からの距離が離れるにつれて、ノイズリデューサーの挿入損失も増加し、道路端から13m付近で最大となっている。計算結果と実測調査結果を比較すると、20m点では両者の結果に若干の差があるものの、全般的には解析結果は実測調査結果の傾向をとらえていると考えられ

る。

## 6. まとめ

高欄や遮音壁先端に取付けることにより設置高さ以上の騒音低減効果が得られるノイズリデューサーを改良し、景観面にも配慮した緑化型ノイズリデューサーを開発した。緑化型ノイズリデューサーの先端部に植える植物のメンテナンスについて2年間にわたる放置試験を行い、実用化のために各部分に検討を加えた後、今回高速道路に実施し初めて実用化を行った。そして、緑化型ノイズリデューサーの実施施工を行った現場において騒音測定を行い、さらに境界要素法により騒音の理論解析を行った。その結果、以下のような結論を得た。

- (1) 緑化型ノイズリデューサーの生育試験では、調査を行った2ケ年の夏は連続した異常気象であり、第1回追跡調査は冷夏長雨で、第2回追跡調査では猛暑早魃であった。その結果、伸長度や健全度に及ぼす影響は過湿より過乾の影響が顕著であったが、供試植物7種類の中では、ハイビャクシン・ヒペリカムカリシナム・アベリア・ピラカンサ・マツバギクが適応性を有することが認められた。
- (2) 緑化型ノイズリデューサーに植栽を行う樹種の選定にあたっては、橋梁景観・メンテナンス性・生育試験結果を評価の要因として実用化にあたっての総合的な検討を行い、アベリア種の中でも特に耐乾性・耐潮性に優れているアベリアエドワードゴーチャを選定した。
- (3) 今回実測を行った測定点位置(道路端から0m、10m、20m)での緑化型ノイズリデューサー設置による挿入損失は4~5dBである。
- (4) 現場実測結果を従来のマッシュルーム型ノイズリデューサーの実測結果と比較したところ、緑化型ノイズリデューサーはマッシュルーム型ノイズリデューサーと同等の遮音壁を2m程度高上げしたのに相当する騒音低減効果が得られることがわかった。
- (5) 境界要素法を用いた理論解析結果からも、緑化型ノイズリデューサーによる騒音低減効果が確認された。

以上、筆者らが継続して行ってきた各実験の統合により、緑化型ノイズリデューサーの初めての実用化を行い、その騒音低減効果を確認することができた。現在狭少空間に対する緑化工法の一つとしての緑化型ノイズリデューサーに対する高速道路のお客様による評価を行っており、心理評価等による客観的な調査結果については別途報告したい。

謝辞：今回の研究開発とその実用化にあたり、植栽試験とその解析を担当していただいた日本道路公団の豊田正夫氏と宇治正人氏、現場の実用実験に協力いただいた広島県道路工事事務所の各位に感謝いたします。また、実物実験と数値解析の企画にご協力いただいた小林理学研究所の山下充康理事長および担当していただいた同研究所の研究員各位に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 庄野 豊, 吉田幸信, 山本貢平：道路遮音壁先端に設置する騒音低減装置の開発, 土木学会論文集, No.504/VI-25, pp.81 ~ 89, 1994.12.
- 2) 庄野 豊, 吉村義朗, 山本貢平：道路騒音低減装置(ノイズリデューサー)の騒音低減効果に関する境界要素法による解析, 土木学会論文集, No.574/VI-36, pp.15 ~ 20, 1997.9.
- 3) 庄野豊, 豊田正夫：半密閉植栽工(緑化型ノイズリデューサー等)ノーマンテナンス試験結果について, 道路と自然, 1995 夏号, pp.45 ~ 47.
- 4) 石井聖光：道路交通騒音予測計算方法に関する研究(その1) - 実用的な計算式について -, 日本音響学会誌 31 巻 8 号, pp.507 ~ 517, 1975.
- 5) 高木興一, 山本貢平, 吉久光一：道路交通騒音予測における伝搬計算方法, 日本音響学会誌 50 巻 3 号, pp.240 ~ 249, 1994.

(1997.4.1 受付)

## PRACTICAL USE AND VERIFICATION TESTS OF NOISE ABATEMENT DUE TO ABSORPTIVE DEVICES AT THE TOP OF HIGHWAY NOISE BARRIERS

Yutaka SHONO, Syouichi MORI and Hiroaki OCHIAI

A new type improved barrier called "Planting Type Noise Reducer", which integrates the results of full scale model field tests and two-years nomenclature planting tests, was actually mounted on highway barriers. This paper describes the results of countermeasure and analysis by Boundary Element Method (BEM) for the efficiency of the improved barrier. The results show that the insertion loss of this device is the same as that of the previous device.