

5. 都道に適用されている二層式低騒音舗装の騒音抑制性能

Present State of Noise Reduction Performance of Dual-layers Low-noise Pavements in Tokyo Way

技術支援課 田中 輝栄、上野 慎一郎（現 第五建設事務所）

1. はじめに

東京都（以下、都という）は、“今後の道路舗装整備（車道）の進め方（2004年3月19日 東京都技監 決定）”いわゆる“車道舗装体系”¹⁾を設定し、それまで夜間要請限度超過区間^{2),3)}に適用していた低騒音舗装を夜間環境基準超過区間に拡大適用することとした^{4),5),6)}。さらに、それまでの検証結果に基づき、さらなる騒音抑制性能を有する「二層式低騒音舗装（車道）設計施工要領（案）」⁷⁾を作成、2005年3月に局基準化し、2005年4月より、都内主要幹線道路である環状七号線や環状八号線など優先的対策道路区間⁸⁾に適用している。

本文は、道路管理部所管事業である路面補修工事（2005～2015年度）による二層式低騒音舗装（以下、二層低騒音という）の施工品質管理、および都土木技術支援・人材育成センター（以下、センターという）による二層低騒音の追跡調査において調査蓄積してきた騒音値を基礎とし、沿道騒音を抑制させることを目的として開発し導入してきた二層低騒音の現時点における騒音抑制性能を整理・検証・再評価した結果を報告するものである。

なお、本調査結果は、「低騒音舗装の設計施工と維持補修に関する要領（センター案）」の改訂のための基礎資料とするものである。

2. 導入の経緯と実績

(1) 導入経緯

都における騒音抑制性能を有する舗装に関する導入経緯は図-1のとおりであり、従来からの騒音抑制性

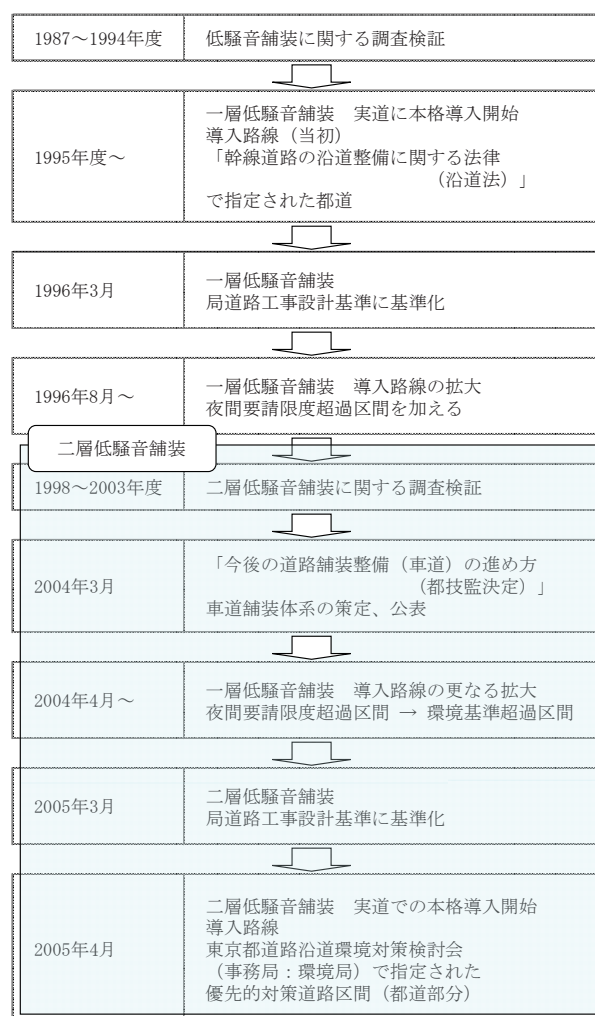


図-1 都における騒音抑制性能をもつ舗装の導入経緯

能を有する舗装である 13mmtop 低騒音舗装（以下、一層低騒音という）は1995年度本格導入後21年経過し、その後導入した二層低騒音は2005年度本格導入後11年経過している。

(2) 導入実績

二層低騒音の本格導入を開始した 2005 年度から 2014 年度までの 10 年間の施工実績(重複箇所を含む)は、施工延長が図-2、施工面積が図-3 に示すとおりである。なお、表-1 は、二層低騒音の適用対象としている優先的対策道路区間の対象路線と対策延長である⁸⁾。

① 施工延長は、2014 年度までの 10 年間で、累計 65km 余りである。

② 施工面積は、2014 年度までの 10 年間で、累計 780 千 m^2 余りである。

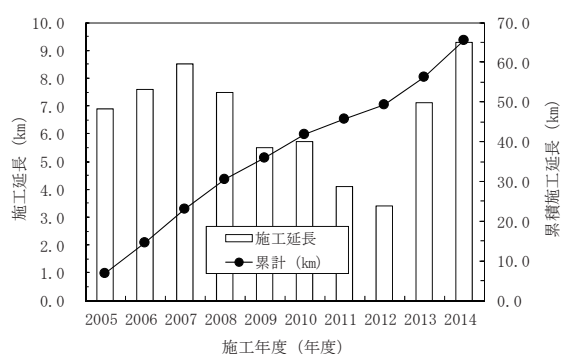


図-2 二層低騒音の施工延長

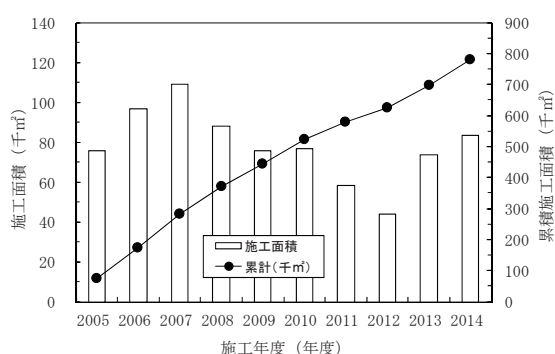


図-3 二層低騒音の施工面積

表-1 都知事管理道路の優先的対策道路区間

対象路線	対策延長 (km)
環状七号線	55.0
環状八号線	25.7
笹目通り	3.7
目白通り・新目白通り	9.8
中原街道	5.0
目黒通り	5.4
甲州街道	9.0
計	113.6

3. 調査概要

(1) 騒音抑制性能の評価指標

騒音抑制性能の評価指標は、タイヤと舗装路面の接触により発生するタイヤ/路面騒音とした。

タイヤ/路面騒音は、センター（正確には、旧・都土木技術研究所）が検証・導入してきた特殊タイヤを装着したタイヤ/路面騒音測定車によるタイヤ/路面騒音であり、路面補修工事の施工品質管理およびセンターの追跡調査で適用している騒音抑制性能の指標である。また、国土交通省直轄国道における騒音値を性能要件とした性能規定発注方式の工事において適用されている⁹⁾。

(2) タイヤ/路面騒音

1) 測定車

タイヤ/路面騒音を測定する測定車を写真-1 に、測定部を写真-2 に示す。



写真-1 タイヤ/路面騒音測定車の全景

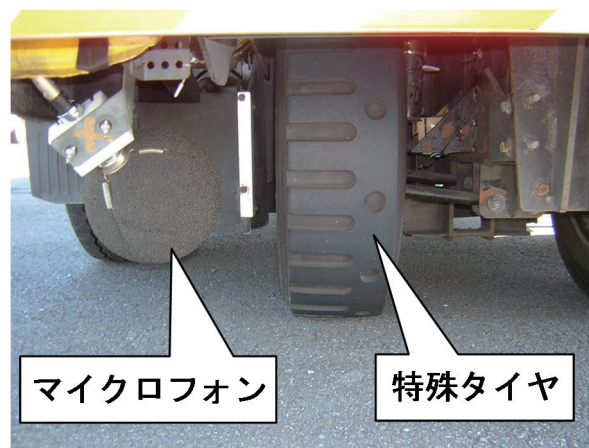


写真-2 タイヤ/路面騒音測定車の測定部

写真-2 に示す試験輪である特殊タイヤより発生するタイヤ/路面騒音は 30～60km/h 程度での測定が可能であり、また、市販リブタイヤに比べ広い周波数範囲で音圧レベル差が増幅されるので、街路における舗装路面に対して発生するタイヤ/路面騒音の変化を比較するのに適している。

2) 測定方法

測定は、舗装性能評価法（（社）日本道路協会）の「騒音値を求めるための舗装路面騒音測定車によるタイヤ/路面騒音測定方法」⁹⁾を基本とし、表-2 に示す測定条件により実施している。

① 測定する車線の全延長を対象に、測定車を一定速度で走行（写真-3）させ、舗装路面に対して特殊タイヤを 2.45kN の荷重でかけて発生するエアポンピング音（特殊タイヤ音）をタイヤ近接部に設置した単一指向性マイクロフォン（写真-2）で捉え、データレコーダに記録。

② タイヤ/路面騒音は各 3 回測定を行い、再現性を確認し、解析。

③ タイヤ/路面騒音は、周波数重み特性 A、時間重み特性 Fast の音圧レベルである。

④ 測定したタイヤ/路面騒音は、対象区間の約 100m ごとに 0.1 秒間隔でサンプリングし、サンプリングした全データをエネルギー平均した等価騒音レベル（LAeq）により解析。

3) 整理データ

① 2005～2015 年度に施工された二層低騒音施工箇所の品質管理タイヤ/路面騒音データ。

② 2008～2011 年度に施工された一層低騒音施工箇所の品質管理タイヤ/路面騒音データ。

③ センターによるタイヤ/路面騒音の追跡調査データ。

4) 検証項目

① 施工直後のタイヤ/路面騒音

- ・ 施工完了時期の違いによる二層低騒音タイヤ/路面騒音の比較

- ・ 二層低騒音と一層低騒音のタイヤ/路面騒音の比較

- ・ 二層低騒音工法の違いによるタイヤ/路面騒音の比較

② タイヤ/路面騒音の経年推移



写真-3 タイヤ/路面騒音測定車の測定状況

表-2 タイヤ/路面騒音の測定条件

項 目	適 用
走行速度	50 km/h を基本（平均 50±0.5 km/h）
測定位置	各車線の外側車輪通過位置（OWP）
測定回数	対象車線毎に 3 回測定を基本
サンプリング間隔	0.1 秒毎
サンプリング個数	約 70 個/100m
騒音計	周波数補正回路 A 特性（風切雑音の影響考慮）
評価値	サンプリングした全データを平均した等価騒音レベル（LAeq）
路面状態と天候	降雨後1日以上経過した路面乾燥状態の晴天時

- ・ 二層低騒音タイヤ/路面騒音のオールパスレベル（以下、AP レベルという）の経年推移

- ・ 二層低騒音タイヤ/路面騒音の周波数特性の経年推移

4. 調査結果

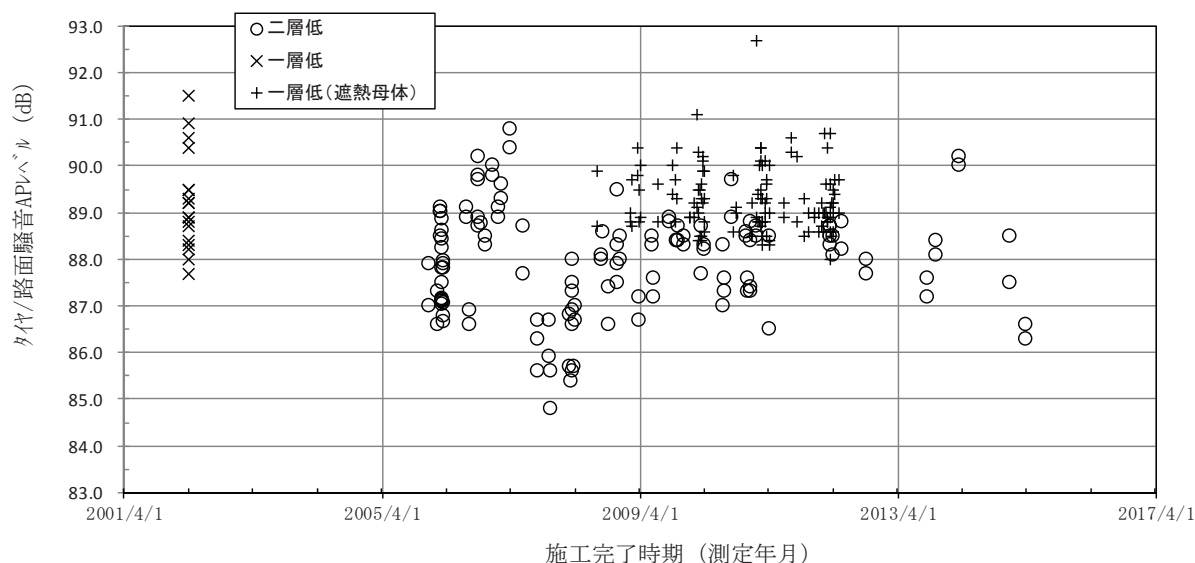
(1) 施工直後のタイヤ/路面騒音

1) 施工完了時期別の比較

2005 から 2015 年度の間の路面補修工事により施工された二層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音（すなわち、騒音抑制の初期効果）を対象として、施工完了時期の違いによる施工直後タイヤ/路面騒音について整理した。なお、比較のため、一層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音も整理した。

図-4に二層低騒音と一層低騒音の施工完了時期別施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル、表-3 に二層低騒音と一層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベ

ル基本統計量、図-5 に 2005-2015 年度の二層低騒音の施工完了年度別施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルを示す。



[図の説明]

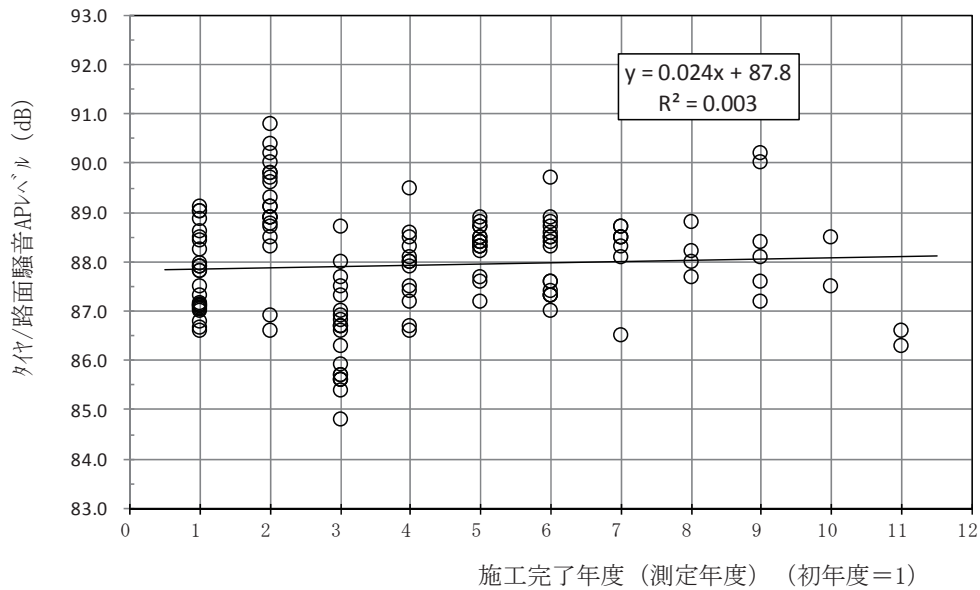
- 図-4 は、2005～2015 年度の二層低騒音 134 サンプル、2003 年度以前および 2008～2011 年度の一層低騒音 140 サンプルによる施工完了時期別施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル。
- 図-4 の縦軸は施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル、横軸は施工完了時期。
- 図-4 における○マークが、2005～2015 年度における二層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル。
- 図-4 における×マークは、2003 年度以前に計測した一層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル。
- 図-4 における+マークは、2008～2011 年度における遮熱材塗布前遮熱性舗装の母体アスファルト舗装（すなわち、一層低騒音）の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル。

図-4 二層低騒音と一層低騒音の施工完了時期別施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル

表-3 二層低騒音と一層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルの基本統計量

対象とする舗装 基本統計量	一層低騒音				二層低騒音		
	遮熱母体一層低 (遮熱材塗布前) 2008-2011年度	遮熱 (遮熱材塗布後) 2008-2011年度	過去一層低 2003年度以前	過去一層低 2003年度以前 + 遮熱母体一層低 2008-2011年度	二層低 2005-2015年度	二層低 MAP工法 2005-2015年度	二層低 DL工法 2005-2015年度
サンプル数	122	122	18	140	134	87	47
平均値 (dB)	89.3	88.8	89.2	89.3	87.9	88.0	87.9
不偏分散	0.49	0.38	1.09	0.56	1.27	1.03	1.74
標本標準偏差 (dB)	0.7	0.6	1.0	0.7	1.1	1.0	1.3
中央値 (dB)	89.1	88.7	89.1	89.1	88.1	88.0	88.1
最頻値 (dB)	89.0	88.5	89.5	88.8	88.5	88.5	88.5
範囲 (dB)	4.7	3.8	3.8	5.0	6.0	5.4	5.4
最小値 (dB)	88.0	87.7	87.7	87.7	84.8	85.4	84.8
最大値 (dB)	92.7	91.5	91.5	92.7	90.8	90.8	90.2
変動係数	0.008	0.007	0.012	0.008	0.013	0.012	0.015

注) 表-3 における二層低 MAP 工法および二層低 DL 工法は、表-6 に示すとおり。



[図の説明]

- a) 図-5 は、2005～2015 年度の二層低騒音 134 サンプルによる施工完了年度別の施工直後タイヤ/路面騒音。
- b) 図-5 の縦軸は施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル (dB)、横軸は施工完了年度。
- c) 図-5 の横軸は、「本格施工初年度(2005 年度)=1」～「2015 年度=11」としている。

図-5 二層低騒音の施工完了年度別施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル

- ① 図-4 および表-3 より、本格施工開始 2005 年度から 2015 年度までの二層低騒音 134 サンプルによる施工直後タイヤ/路面騒音は、平均値 87.9 dB (標本標準偏差 1.1 dB) である。また、最小値は 84.8 dB、最大値は 90.8 dB である。
- ② 2003 年度以前に計測されている一層低騒音 18 サンプルの施工直後タイヤ/路面騒音の AP レベルは、平均値 89.2 dB (標本標準偏差 1.0 dB) である。また、最小値は 87.7 dB、最大値は 91.5 dB である。
- ③ 図-4 および表-3 より、2008～2011 年度の遮熱材塗布前遮熱性舗装の母体アスファルト舗装 (すなわち、一層低騒音) 122 サンプルの施工直後タイヤ/路面騒音は、平均値 89.3 dB (標本標準偏差 0.7 dB) である。また、最小値は 88.0 dB、最大値は 92.7 dB である。
- ④ 図-4 および表-3 より、2008～2011 年度の遮熱材塗布後一層低騒音 (すなわち、遮熱性舗装) 122 サンプルの施工直後タイヤ/路面騒音は、平均値 88.8 dB (標本標準偏差 0.6 dB) である。また、最小値は 87.7 dB、最大値は 91.5 dB である。

- ⑤ 図-4 および表-3 より、2003 年度以前の一層低騒音および 2008～2011 年度の遮熱材塗布前遮熱性舗装の母体アスファルト舗装 (すなわち、一層低騒音) 140 サンプルの施工直後タイヤ/路面騒音は、平均値 89.3 dB (標本標準偏差 0.7 dB) である。また、最小値は 87.7 dB、最大値は 92.7 dB である。
- ⑥ なお、②と③より、2003 年度以前の一層低騒音のタイヤ/路面騒音 AP レベル平均値と 2008～2011 年度の遮熱材塗布前遮熱性舗装の母体アスファルト舗装 (すなわち、一層低騒音) の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル平均値には、表-4 に示すとおり、生起確率 0.376 (片側)、0.753 (両側) で有意な差 (Student の t 検定) は認められない。すなわち、両者の騒音抑制効果には、差は認められない。
- ⑦ 図-5 において、二層低騒音 1 (2005 年度)～3 (2007 年度) にかけて、平均的な施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルが大きく上下しているが、2005～2015 年度を通して、施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルの施工完了時期の違いによる有意な差は認められない。

表-4 2003 年度以前一層低騒音と遮熱母体一層低騒音

の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルの有意差

	遮熱母体一層低	過去一層低
平均値 (dB)	89.3	89.2
不偏分散	0.49	1.09
標本数	122	18
プールされた分散	0.56	
帰無仮説	0	
自由度	138	
t	0.316	
P(T<=t) 片側	0.376	
t 境界値 片側 (危険率 5%)	1.656	
P(T<=t) 両側	0.753	
t 境界値 両側 (危険率 5%)	1.977	

2) 二層低騒音と一層低騒音の施工直後騒音抑制効果の比較

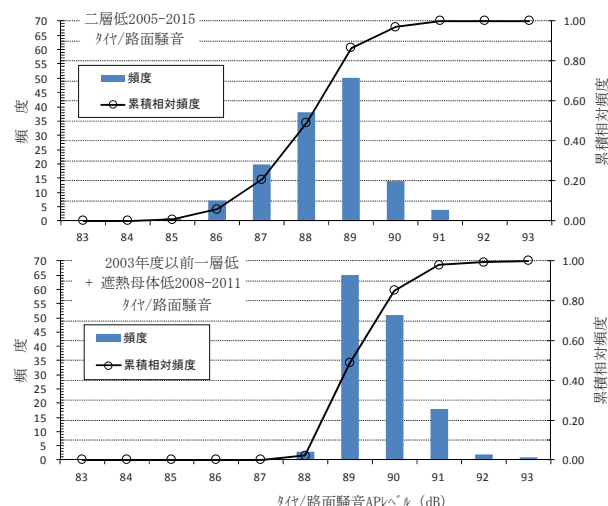
二層低騒音および一層低騒音に対する施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルのヒストグラムを図-6 に示す。表-5 は、二層低騒音と一層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルの有意差の検定 (Melch の t 検定) の結果である。

① 図-6、表-3 より、本格施工開始 2005 年度から 2015 年度までの二層低騒音 134 サンプルの施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルは、平均値 87.9 dB (標本標準偏差 1.1 dB) である。また、最小値は 84.8 dB、最大値は 90.8 dB である。

② 同様に、2003 年度以前の一層低騒音および 2008 ~2011 年度の遮熱材塗布前遮熱性舗装の母体アスファルト舗装 (すなわち、一層低騒音) 140 サンプルの施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルは、平均値 89.3 dB (標本標準偏差 0.7 dB) である。また、最小値は 87.7 dB、最大値は 92.7 dB である。

③ ①と②より、二層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル平均値 87.9 dB は、一層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル平均値 89.3dB を 1.4 dB 下回っている。

④ 図-6 における累積相対頻度に注目すると、二



[図の説明]

- a) 図-6 の横軸は施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル (dB)、左側縦軸は頻度、右側縦軸は累計相対頻度。
b) 図-6 において、上段は 2005~2015 年度の二層低騒音 134 サンプル、下段は 2003 年度以前の一層低騒音および 2008~2011 年度の遮熱材塗布前遮熱性舗装の母体アスファルト舗装 (すなわち、一層低騒音) 140 サンプルのヒストグラム。

図-6 二層低騒音と一層低騒音 施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルのヒストグラム

表-5 二層低騒音と一層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルの有意差 (Melch の t 検定)

	一層低	二層低
平均	89.3	87.9
不偏分散	0.56	1.27
標本数	140	134
帰無仮説 平均との差異	0	
自由度	230	
t	11.50	
P(T<=t) 片側	8.85E-25	
t 境界値 片側 (危険率 1%)	2.34	
P(T<=t) 両側	1.77E-24	
t 境界値 両側 (危険率 1%)	2.60	

層低騒音は 87 dB ままで 0.21、88 dB ままで 0.49、89 dB ままで 0.87 である。

⑤ 同様に、一層低騒音は 87 dB までで累積相対頻度 0.88 dB までで 0.02、89 dB までで 0.49 である。

⑥ 以上の計測結果に対する、二層低騒音と一層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル平均値の差についての統計的検定（Melch の t 検定）結果は、表－5 に示すとおり、 t 値＝11.50 $>$ $t_{0.01;230}=2.60$ であり、高度に有意な差が認められる。したがって、二層低騒音は、一層低騒音より騒音抑制効果を有すると評価する。

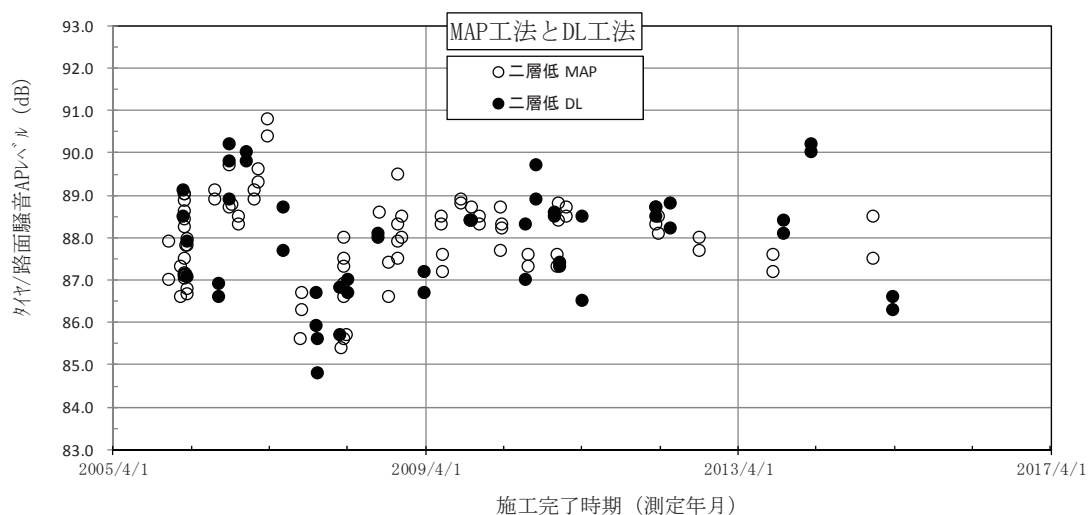
3) 二層低騒音工法別の比較

都における二層低騒音は、「二層式低騒音舗装(車道)設計・施工要領(案)」¹⁰⁾において二層を同時に舗設する工法としている。本工法は、2種類の混合物を貯蔵するための2組のホップ、それぞれ敷きならすための2組のスクリードを装備した二層同時舗設式アスファルトフィニッシャを使用し、1回の施工で2種類の混合物を上下層に分けて敷きならし、締固めて仕上げるものである。二層同時舗設式アスファルトフィニッシャには、表－6 に示すとおり、MAP (Multi Asphalt Paver) (以下、MAP 工法という) と DL (Dual Layers) (以下、DL 工法という) があり¹¹⁾、1998～2003 年度試験施工は、全て MAP 工法によるものである。2005

年度以降の実施工では、MAP 工法だけではなく、DL 工法での施工も適用されている。そのため、MAP 工法と DL 工法によるタイヤ/路面騒音の施工直後抑制効果の差の有無を検証した。

表－6 二層同時舗設アスファルトフィニッシャ

二層同時舗設 アスファルトフィニッシャ	概 要
マルチアスファルトペーバ Multi Asphalt Paver による施工 (MAP工法)	ダンプトラックからアスファルト混合物を受けるホップを装備。分配装置を介してベルトコンベアにより、アスファルト混合物を貯蔵用ホップに供給。
DLペーバ Dual Layers による施工 (DL工法)	アスファルト混合物を貯蔵用ホップに投入する材料供給機（アスファルトローダ）と二層同時舗設型敷きならし機械（DLペーバ）の編成。 材料供給機は、荷受用ホップと投入用ベルトコンベアを装備した自走式車両。



[図の説明]

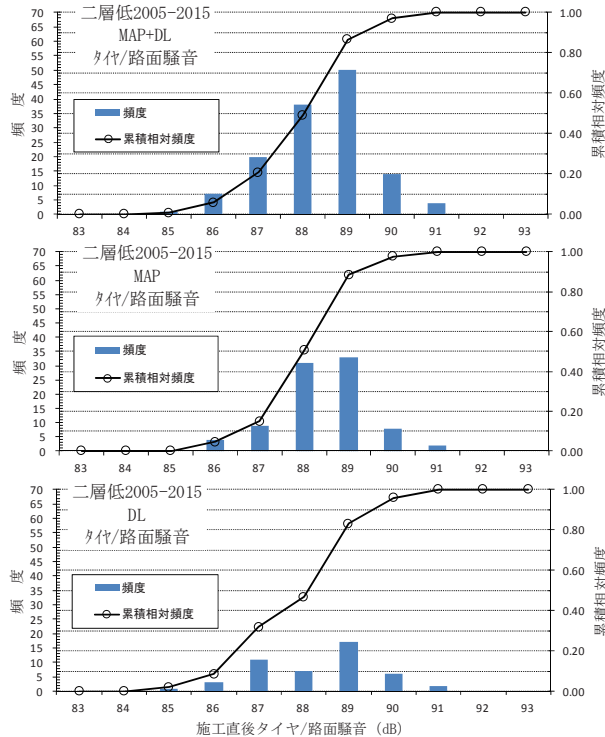
- 図－7 の縦軸は施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル (dB)、横軸は施工完了時期。
- 図－7 における○マークが、2005～2015 年度の MAP 工法による施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル。
- 図－7 における●マークが、2005～2015 年度の DL 工法による施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル。

図－7 MAP 工法と DL 工法 二層低騒音の施工完了時期別施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル

表-7 MAP 工法と DL 工法の施工直後タイヤ/路面騒音

AP レベルの有意差 (Melch の t 検定)

	MAP 工法	DL 工法
平均値 (dB)	88.0	87.9
不偏分散	1.03	1.74
標本数	87	47
帰無仮説	0	
自由度	76	
t	0.237	
P(T<=t) 片側	0.407	
t 境界値 片側 (危険率 1%)	2.376	
P(T<=t) 両側	0.814	
t 境界値 両側 (危険率 1%)	2.642	



[図の説明]

- 図-8の横軸は施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル (dB)、左側縦軸は頻度、右側縦軸は累計相対頻度。
- 図-8において、上段は抽出全施工箇所 (=MAP 工法 +DL 工法: 134 サンプル)、中段は MAP 工法 (87 サンプル)、下段は DL 工法 (47 サンプル) のヒストグラム。

図-8 MAP 工法と DL 工法 施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルのヒストグラム

MAP 工法および DL 工法に対する施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルの施工完了時期別推移を図-7に、施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルのヒストグラムを図-8に示す。表-7は、MAP 工法と DL 工法の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルの有意差の検定 (Melch の t 検定) の結果である。

- 図-7、8、表-3より、本格施工開始 2005 年度から 2015 年度までの二層低騒音 134 サンプルによる施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルは、平均値 87.9 dB (標本標準偏差 1.1 dB) である。また、最小値は 84.8 dB、最大値は 90.8 dB である。
- 同様に、MAP 工法 87 サンプルの施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルは、平均値 88.0 dB (標本標準偏差 1.0 dB) である。また、最小値は 85.4 dB、最大

値は 90.8 dB である。

- 同様に、DL 工法 47 サンプルの施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルは、平均値 87.9 dB (標本標準偏差 1.3 dB) である。また、最小値は 84.8 dB、最大値は 90.2 dB である。

④ なお、②と③より、MAP 工法と DL 工法の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル平均値には、表-7に示すとおり、生起確率 0.407 (片側)、0.814 (両側) で、有意な差 (Melch の t 検定) は認められない。すなわち、両者により施工された二層低騒音の騒音抑制効果には、差は認められない。

(2) タイヤ/路面騒音の経年推移

1) 二層低騒音および一層低騒音のタイヤ/路面騒音 AP レベルの経年推移

二層低騒音および一層低騒音の騒音抑制性能の指標としたタイヤ/路面騒音 AP レベルに対する供用性曲線を、図-9に示す¹²⁾。

- 一層低騒音のタイヤ/路面騒音の供用性曲線

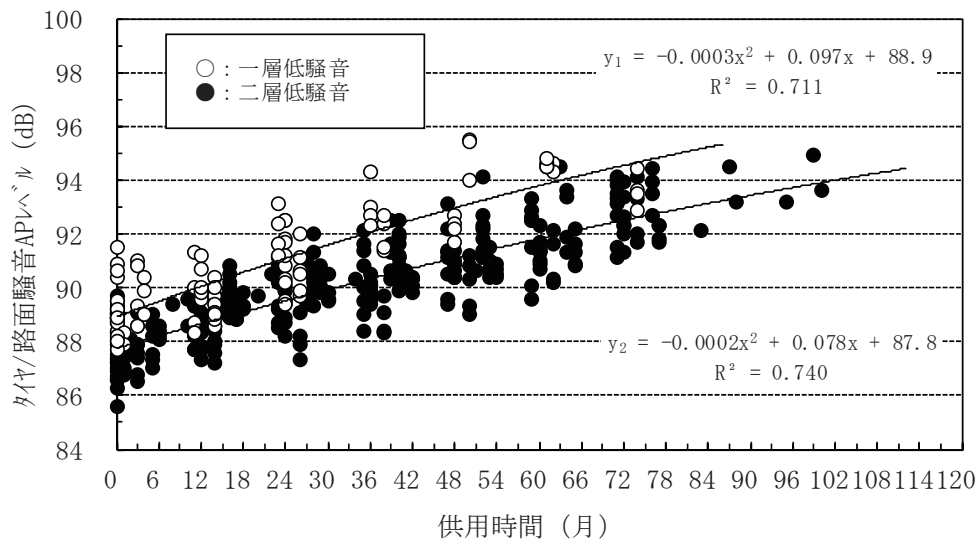
$$y_1 = -0.0003 \cdot x^2 + 0.097 \cdot x + 88.9 \quad (\text{式-1})$$

x : 供用時間 (月)

- 二層低騒音のタイヤ/路面騒音の供用性曲線

$$y_2 = -0.0002 \cdot x^2 + 0.078 \cdot x + 87.8 \quad (\text{式-2})$$

x : 供用時間 (月)



[図の説明]

- a) 図-9 は、横軸が供用時間（月）、縦軸がタイヤ/路面騒音 AP レベル（dB）。
 b) 図-9 において、一層低騒音は ○、二層低騒音は ●。

図-9 二層低騒音と一層低騒音のタイヤ/路面騒音 AP レベルの供用性曲線

- ③ 100 か月（8 年程度）供用した時点でも、二層低騒音が、供用開始直後の二層低騒音と一層低騒音とのタイヤ/路面騒音の差 1~2 dB を維持し、下回っている。
 ④ 二層低騒音および一層低騒音のタイヤ/路面騒音の供用性変化の割合（経時変化の割合）は、同程度である。

2) 二層低騒音と密粒度アスファルト舗装のタイヤ/路面騒音の比較

図-9 に示した二層低騒音のタイヤ/路面騒音から、標準的なアスファルト舗装である密粒度アスファルト舗装（以下、密粒度という）の「①供用時間ゼロか月（施工直後）のタイヤ/路面騒音平均値を差し引いた供用性曲線」および「②供用中のタイヤ/路面騒音平均値を差し引いた供用性曲線」を図-10 に示す。言い換えれば、図-10 は、密粒度をベースとした二層低騒音の 2 種類の残存タイヤ/路面騒音抑制効果を示すものである。

密粒度の供用時間ゼロか月（施工直後）のタイヤ/路面騒音 AP レベルは、これまでの調査結果から得られた密粒度の供用時間ゼロか月（施工直後）のタイヤ/路面騒音平均値 95.5dB¹³⁾ から、95dB とした。

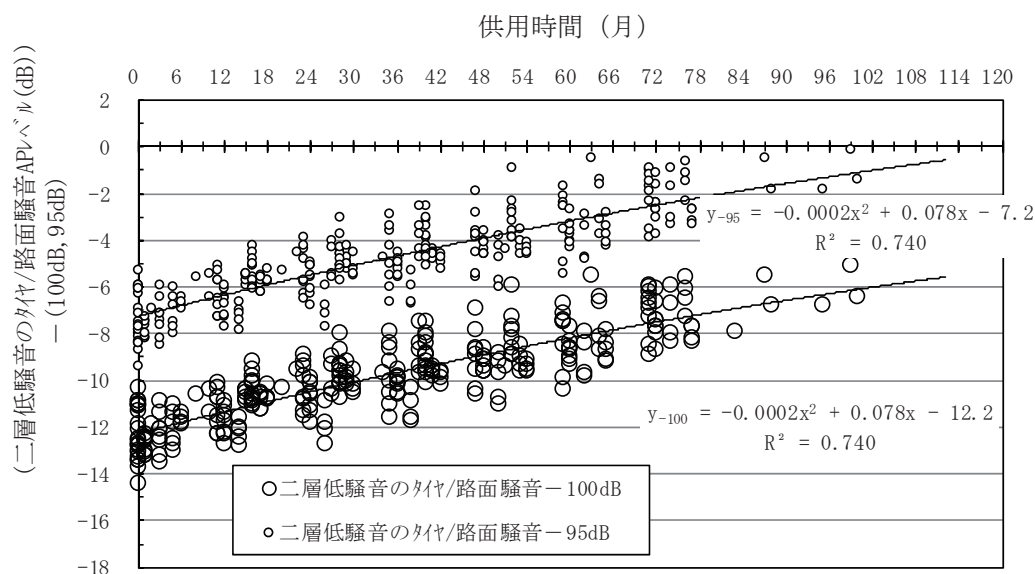
同様に、供用中の密粒度タイヤ/路面騒音 AP レベル

平均値は、これまでのタイヤ/路面騒音の調査結果から得られた図-11 に示す供用中のタイヤ/路面騒音 AP レベル平均値 100.7dB¹³⁾ から、100dB とした。

① 「二層低騒音タイヤ/路面騒音 AP レベルー100dB」に対する供用性曲線では、二層低騒音の残存タイヤ/路面騒音抑制効果は、約 100 か月（8.3 年）で、-6.4dB である。すなわち、二層低騒音は、密粒度供用中タイヤ/路面騒音平均値と比較して、供用時間約 8 年で約 6dB 小さい。

② 「二層低騒音タイヤ路面騒音 AP レベルー95dB」に対する供用性曲線では、二層低騒音の残存タイヤ/路面騒音抑制効果は、約 100 か月（8.3 年）で、-1.4dB である。すなわち、二層低騒音は、密粒度施工直後タイヤ/路面騒音と比較して、供用時間約 8 年で約 1dB 小さい。

③ 「二層低騒音タイヤ/路面騒音 AP レベルー95dB」に対する供用性曲線では、外挿すると、二層低騒音のタイヤ/路面騒音が密粒度の施工直後タイヤ/路面騒音と同程度になるのは、150 か月（12.5 年）であり、この時点で、二層低騒音の残存タイヤ/路面騒音抑制効果がゼロとなることを示している。



[図の説明]

- a) 図-10 は、横軸が供用時間（月）、縦軸がタイヤ/路面騒音 AP レベル（dB）。
- b) 図-10 において、大きい○ は「タイヤ/路面騒音 AP レベル-100 dB」、小さい○ は「タイヤ/路面騒音 AP レベル-95 dB」。

図-10 （二層低騒音タイヤ/路面騒音 AP レベル）-（100dB, 95dB）の供用性曲線

3) 二層低騒音タイヤ/路面騒音の周波数特性の経年推移

2005～2015 年度まで追跡調査した 3 箇所の二層低騒音のタイヤ/路面騒音に対する 1/3 オクターブバンド分析による周波数特性の経年推移を図-12 に示す。調査箇所は、主要地方道環状七号線（第 318 号）環七通り（目黒区柿の木坂 1、板橋区小茂根 3）、主要地方道王子金町江戸川線（第 307 号）環七通り（足立区栗原 3）の 3 箇所である。図-12 には、比較として、供用後 1 年に調査した密粒度アスファルト舗装のタイヤ/路面騒音に対する 1/3 オクターブバンド分析による周波数特性を示す。

また、図-13 に、3 か所の二層低騒音タイヤ/路面騒音 AP レベルの経年推移を示す。

- ① 各箇所とも、経年とともに 1000Hz 以上の周波数帯で音圧レベルが増加している。
- ② 各箇所とも、2005 年度すなわち施工直後の 1/3 オクターブバンド周波数特性卓越周波数は 800Hz 付近であるが、経年とともに高い周波数へ移行し、10 年経過後の 2015 年度には 1250Hz 付近が卓越周波数となっている。

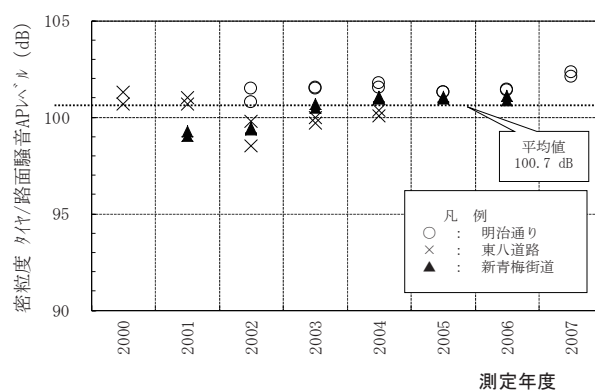
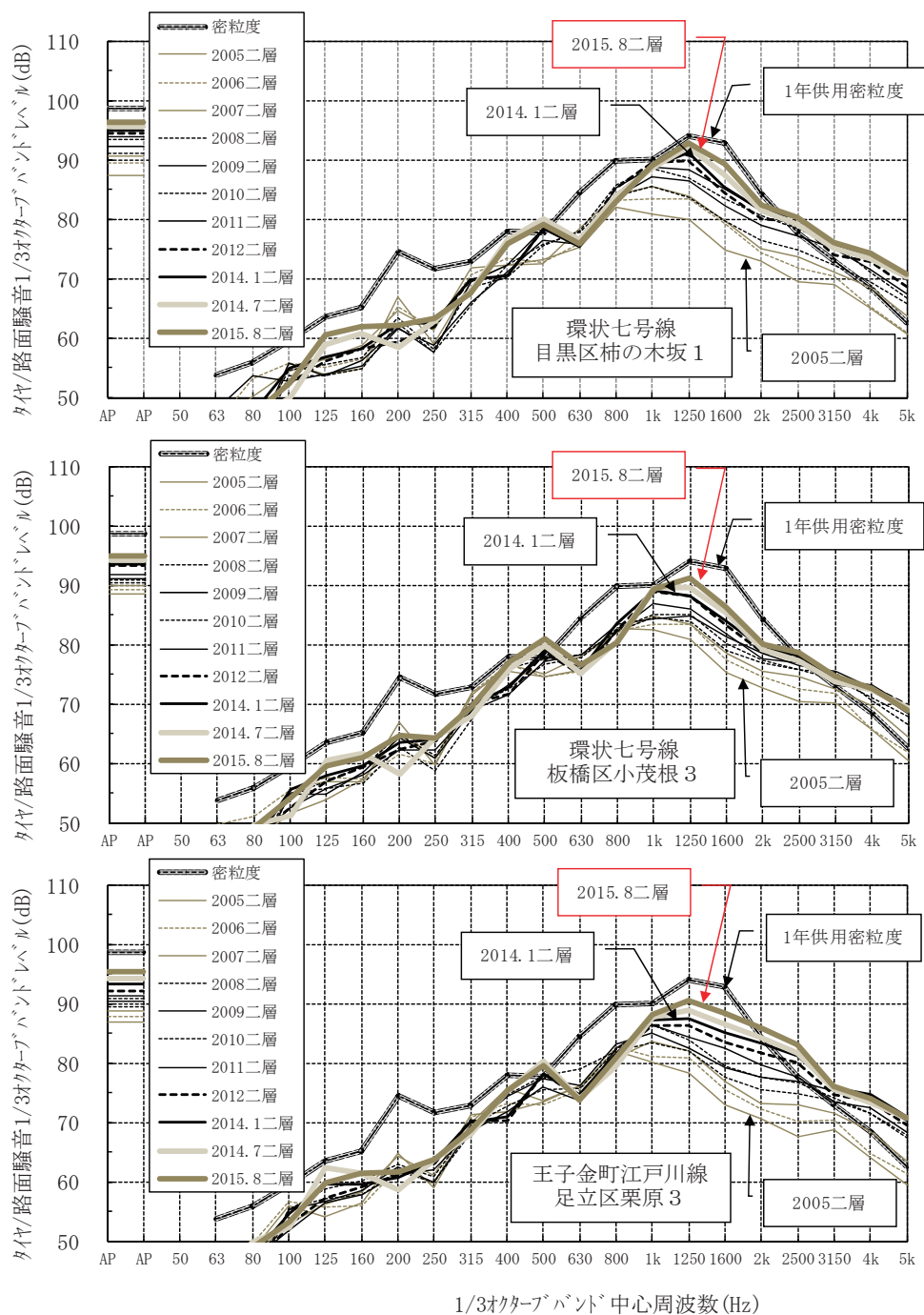


図-11 供用中の密粒度におけるタイヤ/路面騒音 AP レベルの経年推移

③ 低騒音舗装用アスファルト混合物を吸音材料として見た場合、その吸音程度は、吸音率試験により測定・計算される周波数別吸音率で表すことができ、一層低騒音用アスファルト混合物に対する垂直入射吸音率試験結果から、次の知見が得られている。供用期間の短い舗装からの抜取り供試体は、ピーク吸音率を示す周波数が高い領域にあり、かつ大きい吸音率を示している。逆に、供用期間の長い舗装からの抜取り供試体は、ピーク吸音率を示す周波数が低い領域にあり、かつ小さい吸音率を示している¹⁴⁾。すなわち、経年とともに、



[図の説明]

- a) 図-12 の横軸は、1/3 オクターブバンド中心周波数、縦軸はタイヤ/路面騒音の 1/3 オクターブバンドパスの音圧レベルである。
- b) 図-12 の横軸である周波数帯の左端に示す AP は、各調査年度のタイヤ/路面騒音 AP レベルである。

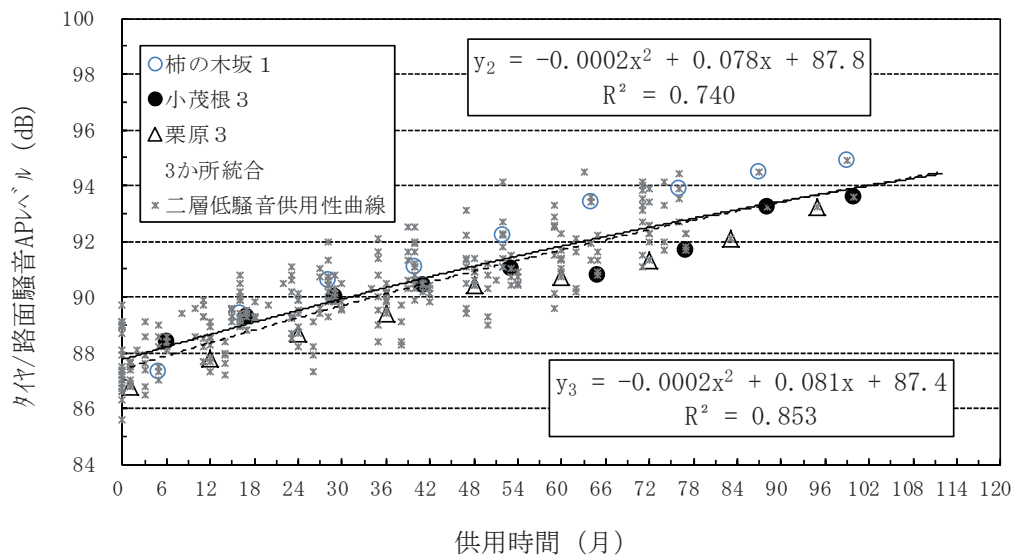
図-12 二層低騒音のタイヤ/路面騒音周波数特性

卓越周波数は高い周波数へ移行し、AP レベルは増大する。

④ 以上より、タイヤ/路面騒音の増大は、低騒音舗装用アスファルト混合物の供用による空隙詰まりおよび空隙潰れによる空隙の減少により引き起こされた

エアポンピング音の増大によるものであると判断する。

⑤ なお、図-13 に示すように、周波数特性を示した 3 箇所を統合したタイヤ/路面騒音 AP レベルの供用時間に対する回帰曲線は、二層低騒音抽出データ全体の供用性曲線と同等である。



[図の説明]

- 図-13 は、横軸が供用時間（月）、縦軸がタイヤ/路面騒音 AP レベル（dB）。
- 図-13 において、柿の木坂 1 は ○、小茂根 3 は ●、△は栗原 3、*は 2005-2015 年度抽出データ。
- 図-13 において、実線（ y_2 ）は二層低騒音供用性曲線、破線（ y_3 ）は 3 箇所統合回帰曲線。

図-13 二層低騒音 3 箇所のタイヤ/路面騒音 AP レベルの経年推移

5. まとめ

(1) 施工直後のタイヤ/路面騒音

- 2005～2015 年度を通して、施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルの施工完了時期の違いによる有意な差は認められず、施工完了時期の違いによる騒音抑制性能に差はないと評価する。
- 二層低騒音施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル平均値と一層低騒音施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベル平均値は、高度に有意な差が認められ、二層低騒音は一層低騒音より騒音抑制性能を有すると評価する。
- 都で採用している二層低騒音工法の MAP 工法と DL 工法で施工された二層低騒音の施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルは有意な差は認められず、両工法による二層低騒音の騒音抑制性能は差が認められないと評価する。

(2) タイヤ/路面騒音の経年推移

- 施工後 100 か月（8 年程度）供用する間、二層低騒音は、一層低騒音より低いレベルで推移している。施工直後の二層低騒音と一層低騒音とのタイヤ/路面騒音 AP レベルの差 1～2 dB を維持している。
- 二層低騒音タイヤ/路面騒音 AP レベルの供用性曲

線と密粒度のタイヤ/路面騒音 AP レベルを比較すると、外挿であるが、150 か月（12.5 年）で、二層低騒音タイヤ/路面騒音 AP レベルが密粒度施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルと同程度になる。

- 経年とともに 1000Hz 以上の周波数帯で音圧レベルが増加している。また、施工直後の 1/3 オクターブバンド周波数特性卓越周波数は 800Hz 付近であるが、経年とともに高い周波数へ移行し、10 年経過後、1250 Hz 付近が卓越周波数となっている。すなわち、経年とともに、卓越周波数は高い周波数へ移行し、AP レベルは増大している。

6. おわりに

本文は、沿道環境騒音を抑制させることを目的として開発し導入してきた二層低騒音の騒音抑制性能について調査、整理、検証し、現時点における再評価を行ったものである。

第一は、施工直後タイヤ/路面騒音 AP レベルについて検証した結果、施工完了時期の違いによる騒音抑制性能の差異は認められない、二層低騒音の騒音抑制性能は一層低騒音の性能を上回る、二層低騒音工法の違

いによる騒音抑制性能の差異は認められないことが明らかとなった。

第二は、タイヤ/路面騒音の経年推移を検証した結果、二層低騒音タイヤ/路面騒音 AP レベルは一層低騒音との施工直後の差がそのまま変わることなく経年推移している、周波数特性は 1000Hz 以上の高い周波数帯のレベルが経年とともに増大し卓越周波数も高い周波数帯へ移行していることが明らかとなった。

一層低騒音は、1987 年度検証開始、1995 年度本格施工開始し沿道整備道路に適用、同年度に夜間要請限度超過区間に適用拡大、2004 年度より夜間環境基準超過区間に拡大適用している。本格施工の適用実績は 21 年、試験施工追跡調査期間を加えれば 28 年に及んでいる。二層低騒音は、1998 年度検証開始、2005 年度より本格施工開始し優先的対策道路区間に適用している。本格施工の適用実績は 11 年となり、優れた騒音抑制性能を有する舗装として適用している。

道路敷地内での沿道環境騒音抑制の技術として遮音壁や環境緑地帯などあるが、現在、構築しやすい抑制技術としては本文で取り上げた騒音抑制性能をもつ舗装である。しかし、空隙を有する舗装であるがゆえに発生しやすいポーラスアスファルト混合物のはく脱飛散、性能維持のための方法、舗装修繕時に発生するアスファルト混合物廃材の再生など克服すべき

課題を抱えており、さらなる技術の向上が望まれる。

また、環境影響評価において適用されている（一社）日本音響学会の道路交通騒音予測式 ASJ RTN-Model 2013¹⁵⁾ には、パワーレベルの舗装路面による補正量として、排水性舗装（一層低騒音）は考慮されているが、二層式排水性舗装（二層低騒音）は蓄積データが十分でないため参考資料に留まっている。

以上の認識の下に、今後も引き続き騒音抑制性能を有する舗装の性能維持向上のため調査検討を実施していく。

最後に、二層低騒音の構築にご努力いただいている東京都建設局各建設事務所補修課、およびこの調査に関する当センターとの合同検証者として多大なるご協力をいただいている東京都建設局道路管理部保全課の各位に対して、深甚なる感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 東京都建設局(2016):平成 28 年度道路工事設計基準、平成 28 年 4 月
- 2) (1968):騒音規制法、昭和 43 年法律第 98 号
- 3) 東京都(2000):騒音規制法の規定に基づく自動車騒音の限度を定める区域等、平成 12 年 3 月 15 日東京都告示第 279 号
- 4) (1993):環境基本法、平成 5 年 11 月 19 日法律第 91 号
- 5) 環境庁(1998):騒音に係る環境基準、平成 10 年 9 月 30 日環境庁告示第 64 号
- 6) 東京都(2000):環境基準と地域類型の当てはめ、平成 12 年 3 月 31 日東京都告示第 420 号
- 7) 東京都建設局道路管理部(2004):二層式低騒音舗装(車道)設計・施工要領(案)、平成 16 年 12 月
- 8) 東京都環境局ホームページ: <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp>
- 9) (社)日本道路協会(2006):舗装性能評価法―必須および主要な性能指標の評価法編一、54-62、平成 18 年 1 月、丸善(株)
- 10) 東京都建設局道路管理部(2009):二層式低騒音舗装(車道)設計・施工要領(案)、平成 21 年 12 月
- 11) 二層同時舗設式アスファルトフィニッシャー: (一社)日本道路建設業協会ホームページ、
<http://dohkenkyo.net/pavement/kikai/nisodoji.html>

- 12) 田中輝栄、上野慎一郎(2015)：記録的積雪に見舞われた二層式低騒音舗装の積雪後の騒音低減性能、平 27 都土木技術支援・人材育成センター年報、45-56
- 13) 田中輝栄(2008)：騒音低減性能をもつ舗装のタイヤ/路面騒音、平 20 都土木技術センター年報、51-62
- 14) 田中輝栄、阿部忠行(1998)：低騒音舗装におけるタイヤ発生音と吸音率、平 10 都土木技研年報、63-72
- 15) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会(2014)：道路交通騒音の予測モデル “ASJ RTN-Model 2013”、日本音響学会誌 70 巻 4 号 (2014)