

4. 現場施工における追跡調査

4. 現場施工における追跡調査

本章では、二層式排水性舗装の騒音低減効果と路面性状の経年変化の把握を目的として、全国 7 箇所の国道の施工現場にて平成 14 年度から平成 19 年度まで実施した追跡調査の結果を示す。

本調査は、平成 13 年度に道路環境研究室から各地方整備局へフィールド実験を依頼し、二層式排水性舗装が施工された平成 14 年度以降順次、各地点で年 1 回の騒音測定及び路面性状の追跡調査を実施してきたものである。

4.1 調査内容

4.1.1 調査箇所及び諸元

各調査箇所に二層式排水性舗装の敷設年月及び諸元、現地測定の実施月、さらに敷設後の経過月数を整理して表 4-1 に示す。なお、本章において以降は各調査箇所を表 4-1 の「通称」で呼ぶ。

二層式排水性舗装の Top 粒径が 5mm の箇所は、R7 由利本荘、R16 野田、R139 富士、R2 山陽小野田である。Top 粒径が 8mm の箇所は、R6 土浦、R8 上越、R11 新居浜である。

測定実施月の欄の網掛けと注記とで路面性状を表すデータに関する測定データの有無を記載している。平成 14 年度の R7 由利本荘について垂直入射吸音率の測定データは A 管のみである。平成 15 年度の R8 上越ではコア抜きが行われていないため、垂直入射吸音率及び空隙率のデータがない。また、平成 14 年度は全ての測定箇所において MPD の測定は実施されていない。

なお、平成 19 年度の調査時点で二層式排水性舗装敷設後の経過月数は 40～66 ヶ月の範囲である。

表 4-1 各調査箇所の敷設年月及び諸元、測定年月の一覧

整備局	通称	住所	舗装厚 (mm)		Top 粒径 (mm)	設計 空隙率 (%)	理論密度 (g・cm ³)	合成 理論密度 (g・cm ³)	敷設 年月	測定実施月 (敷設後の経過月数)					
										H14	H15	H16	H17	H18	H19
東北	R7 由利本荘	秋田県由利本荘市 西目町海士剥	上	20	5	20	2.469	2.485	H14.11	H14.12	H16.3	H16.11	H17.10	H18.10	H19.10
			下	30	13	30	2.496			(1)	(16)	(24)	(35)	(47)	(59)
関東	R16 野田	千葉県野田市 横内	上	15	5	25	2.462	2.478	H14.11	H14.12	H16.2	H16.11	H17.11	H18.11	H20.1
			下	35	13	25	2.489			(1)	(15)	(24)	(36)	(48)	(62)
関東	R6 土浦	茨城県土浦市 荒川沖	上	20	8	23	2.506	2.516	H16.9	—	—	H16.11	H17.11	H18.11	H20.1
			下	30	13	20	2.523					(2)	(14)	(26)	(40)
北陸	R8 上越	新潟県上越市 大潟区九戸浜	上	20	8	21	2.444	2.445	H14.10	H14.12	H15.11	H16.11	H17.11	H18.10	H19.11
			下	30	13	21	2.445			(2)	(13)	(25)	(37)	(48)	(61)
中部	R139 富士	静岡県富士市 伝法	上	20	5	23	2.515	2.525	H15.2	H15.3	H16.1	H17.1	H18.1	H19.2	H20.1
			下	30	13	20	2.531			(1)	(11)	(23)	(35)	(48)	(59)
中国	R2 山陽小野田	山口県山陽小野田市 西下津	上	20	5	20	2.499	2.504	H16.3	—	—	H16.7	H17.8	H18.11	H19.11
			下	30	13	24	2.508					(4)	(17)	(32)	(44)
四国	R11 新居浜	愛媛県新居浜市 船木	上	20	8	23	2.467	2.468	H14.5	—	H15.12	H16.10	H17.10	H18.11	H19.11
			下	30	13	20	2.469				(19)	(29)	(41)	(54)	(66)

注 1. ■：垂直入射吸音率 A 管のみ実施

注 2. ■：コア抜きが行われていないため、垂直入射吸音率・空隙率データなし

注 3. 平成 14 年度は MPD の測定は行われていない

注 4. 合成理論密度 = (2 × A + 3 × B) / (3 + 2)

A：上層混合物の理論密度、B：下層混合物の理論密度

各調査箇所の交通状況として、平成 17 年度道路交通センサス箇所別基本表と舗装敷設からの経過月数を用いて、1 車線あたりの累積大型車交通量を算出した。算出は 1 ヶ月（30 日）のうち平日を 25 日、休日を 5 日として計算した。

各調査箇所の大型車交通量を表 4-2 及び図 4-1 に示す。

1 車線あたりの大型車総交通量が最も多いのは R16 野田であり、次に R6 土浦が続いている。R8 上越、R11 新居浜、R139 富士は概ね同じ大型車総交通量である。最も少ないのは R2 山陽小野田であるが、これは全通前のバイパスであることによる（平成 19 年度の調査（11 月）の後、平成 20 年 1 月に全通し、交通量はほぼ倍増している）。

表 4-2 各調査箇所の大型車交通量 （単位：台／車線）

整備局	通 称	平日 大型車 混入率	1 日当たり 大型車 交通量	測定年度毎の大型車総交通量					
				H14	H15	H16	H17	H18	H19
東北	R7 由利本荘	18.5%	約 2,000	59,168	946,681	1,420,021	2,070,864	2,780,874	3,490,912
関東	R16 野田	41.3%	約 4,700	138,176	2,072,637	3,316,218	4,974,328	6,632,437	8,566,912
関東	R6 土浦	22.3%	約 3,000	—	—	178,783	1,251,479	2,324,175	3,575,660
北陸	R8 上越	23.0%	約 2,500	146,197	950,280	1,827,462	2,704,644	3,508,728	4,459,009
中部	R139 富士	16.0%	約 2,300	68,433	752,761	1,573,954	2,395,147	3,284,773	4,037,547
中国	R2 山陽小野田	29.9%	約 1,000	—	—	115,654	491,528	925,230	1,272,194
四国	R11 新居浜	22.1%	約 2,500	—	1,384,716	2,113,514	2,988,072	3,935,509	4,810,066

※平成 17 年度道路交通センサスの「バス」と「普通貨物車」の台数を使用して算出

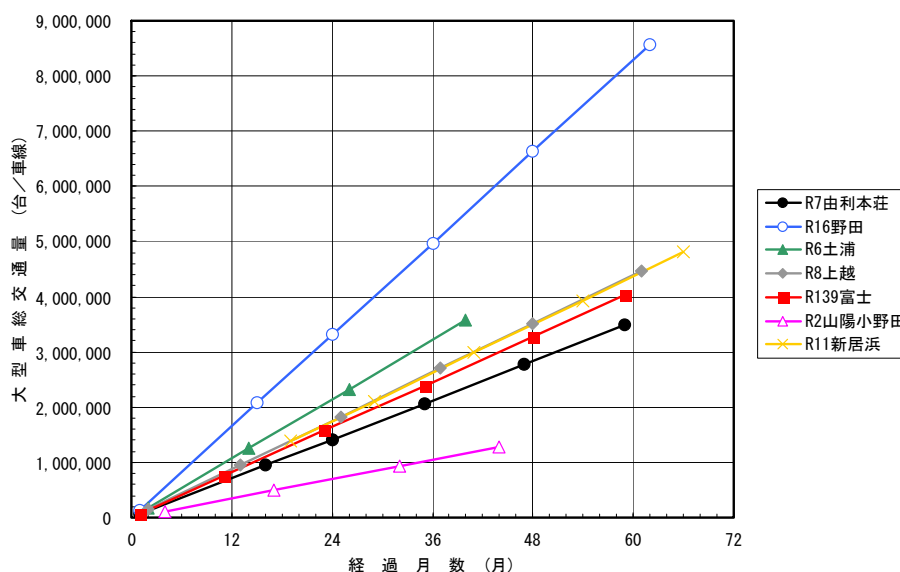


図 4-1 大型車総交通量（1 車線あたり）

4.1.2 測定項目・測定方法

二層式排水性舗装の現場施工箇所における調査内容を表 4-3 に示す。

表 4-3 調査内容

測定項目	測定・分析方法
①単独車 ¹⁾ のパワーレベル測定	近車線中心より側方 7.5m、高さ 1.2m の位置にマイクを設置し、単独車のパワーレベルと走行速度を測定する。単独車は大型車、中型車、小型貨物車、乗用車の 4 車種別 ²⁾ に整理し、測定数は大型車類・小型車類 ²⁾ 共に 150 台程度とする。
②乗用試験車と大型試験車のパワーレベル測定 ³⁾	近車線中心より側方 7.5m、高さ 1.2m の位置にマイクを設置し、50km/h で定常走行する乗用試験車と大型試験車のパワーレベルを測定する。測定回数は 3 回とする。
③コアサンプルの採取	直径 98mm 及び直径 28mm のコアサンプルを 8 本ずつを基本として採取する。コアサンプルは、舗装の空隙つまりや空隙潰れの進行状況を代表する地点とし、その位置の目安を図 4-2 に示す。採取したコアサンプルから空隙率 ⁴⁾ と吸音率 ⁵⁾ を測定する。
④路面テクスチャーの測定	わだち部の路面テクスチャーを 1mm ピッチで測定する。測定地点は舗装の空隙つまりや空隙潰れの進行状況を代表するわだち部 5 地点とし、その位置の目安を図 4-2 に示す。ISO13473-1 に従い、測定した路面テクスチャーから MPD (Mean Profile Depth) を算出する。(図 4-3)
⑤路面写真撮影	空隙詰まりや空隙潰れの進行状況が確認できる路面近接写真及び測定点近傍の周辺状況が確認できる写真をデジタルカメラにより記録する。
⑥縦断凹凸量の測定	舗装試験法便覧「舗装路面の平坦性測定方法」に従って、縦断凹凸量を測定する。測定位置は OWP とする。
⑦横断凹凸量の測定	舗装試験法便覧「舗装路面のわだち掘れ量測定方法」による。20m 毎の測定を原則とする。
⑧現場透水量試験	舗装試験法便覧別冊「現場透水量試験方法」に従って、現場透水量を測定する。測定場所は、OWP、BWP それぞれ 5 箇所ずつとし、測定回数は 1 箇所につき 3 回とする。

- 1) 先行車及び後続車との距離が 50m 以上離れていて、他車線にも走行車両が無い状態で定常走行している車両と定義
- 2) (社)日本音響学会の道路交通騒音の予測モデル“ASJ RTN-Model 2008”(日本音響学会誌 vol. 65 NO. 4 2009) を参照
- 3) 試験車は毎年同じ車両を、タイヤは新品を使用している。諸元は巻末の参考資料に示す。
- 4) 全体空隙率：舗装調査・試験法便覧((社)日本道路協会)の B008-2 開粒度アスファルト混合物の密度試験方法を参照
連続空隙率：舗装調査・試験法便覧の B011 連続空隙率の測定方法を参照
- 5) JIS A 1405 管内法による建築材料の垂直入射吸音率測定方法を参照

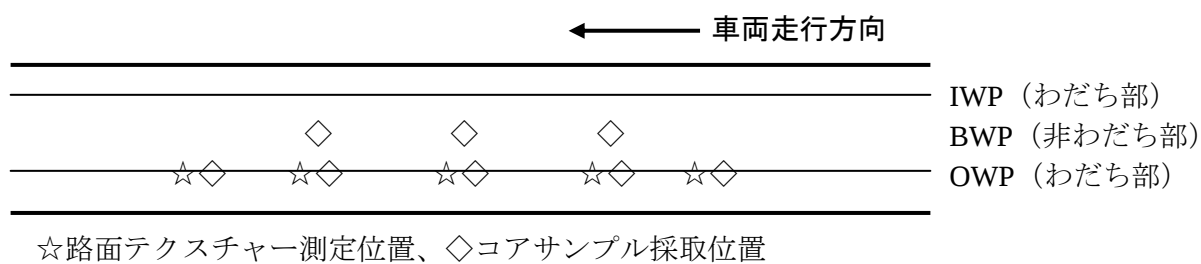
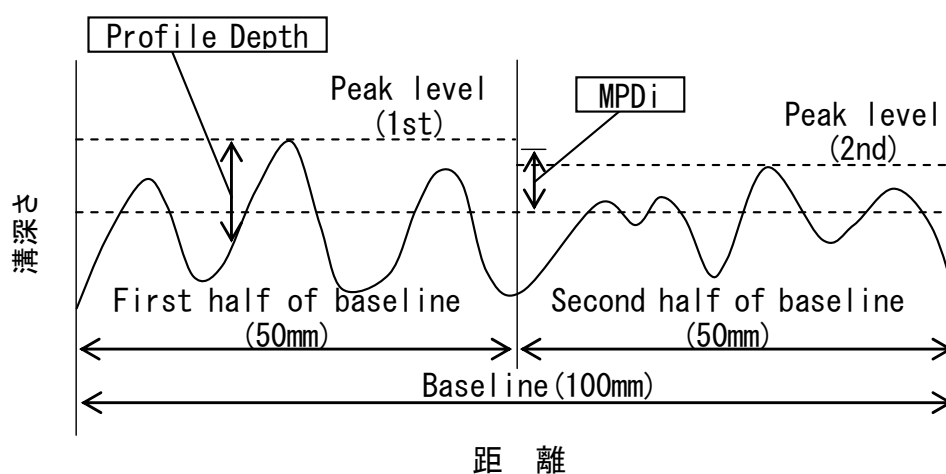


図 4-2 コアサンプル採取位置と路面テクスチャー測定位置の目安



$MPDi = \{ (\text{前半の最大値} + \text{後半の最大値}) / 2 \} - \text{全区間の平均値}$
 $MPD = MPDi \text{ の平均値}$

図 4-3 ISO13473-1 による MPD の算出方法

4.2 現場施工における騒音測定

本節では単独車及び試験車の騒音測定結果について示す。

4.2.1 単独走行車のパワーレベル

(1) 測定データ数

単独走行車騒音の各調査箇所の測定データ数を測定年度毎に表 4-4 に示す。大型車は測定データ数が少なくとも 22 データ以上、乗用車は測定データ数が少なくとも 36 データ以上であり、おおむね十分なデータ数と考えている。中型車は少なくとも 9 データである。また、小型貨物車は多くの測定で 10 データ未満であり、測定データ数が少ない。

なお、パワーレベルの算出に際しては、以下の方法で測定データを選定した。

- ① 「周波数特性の波形が異常である」
- ② 「99%信頼区間外のデータである（測定データと算術平均値の差が標準偏差の 3 倍以上ある）」

表 4-4 測定データ数一覧

整備局	通称	大型車						中型車						小型貨物車						乗用車					
		H14	H15	H16	H17	H18	H19	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H14	H15	H16	H17	H18	H19
東北	R7 由利本荘	54	88	131	143	139	128	9	17	23	30	25	0	3	2	3	6	4	6	36	108	167	174	159	148
関東	R16 野田	26	56	28	61	58	61	25	44	27	64	46	66	1	0	8	5	9	6	55	100	133	162	131	116
関東	R6 土浦	—	—	67	81	81	95	—	—	33	45	42	40	—	—	10	8	4	7	—	—	163	164	145	133
北陸	R8 上越	41	76	61	86	108	100	11	35	60	73	47	71	2	6	5	7	5	9	56	98	146	153	146	158
中部	R139 富士	22	75	99	119	109	139	9	37	51	35	42	30	0	4	5	5	4	0	74	134	145	153	157	169
中国	R2 山陽小野田	—	—	54	92	102	86	—	—	35	75	62	23	—	—	21	18	23	6	—	—	82	146	143	163
四国	R11 新居浜	—	75	106	95	115	73	—	33	46	63	47	82	—	7	6	2	2	4	—	122	153	152	164	155

注 1. “—” は舗装敷設前であり測定を実施していない年度であることを示す。

注 2. “0” は測定を実施しているが、測定データ数が 0 個であることを示す。

(2) A 特性音響パワーレベル測定結果の速度依存性の確認

単独走行車騒音の A 特性音響パワーレベルの測定結果を図 4-4 に示す。なお、図 4-4 は R16 野田における平成 14 年度および平成 17 年度測定結果から作成した一例である。また、図 4-4 には A 特性パワーレベルの計算式を式 4-1 としたときの回帰分析による曲線および回帰式もあわせて示している。

$$L_{WA} = a + b \cdot \log_{10} V \quad (\text{式 4-1})$$

L_{WA} : A 特性音響パワーレベル (dB)

a : 定数、 b : 速度依存性を表す係数

V : 走行速度 (km/h)

乗用車については b の値が 29～31 であり、A 特性音響パワーレベル算出式における速度依存性の係数は 30 で代表できる。

一方、大型車については b の値が 13～14 であり、定常走行区間の速度依存係数よりも小さい。しかし、図 4-4 に示すように、走行速度の範囲が 40～80km と比較的狭い範囲であり、データのばらつきを考えると b の値を 13～14 にとられる理由はなく、ここでは、“ASJ RTN-Model” の定常走行区間の速度依存係数 30 を前提とした方が、先々の展開において扱いやすいと考えられる。

以上のことから、以降の分析では速度依存性の係数を“30”としてデータ分析を行った。

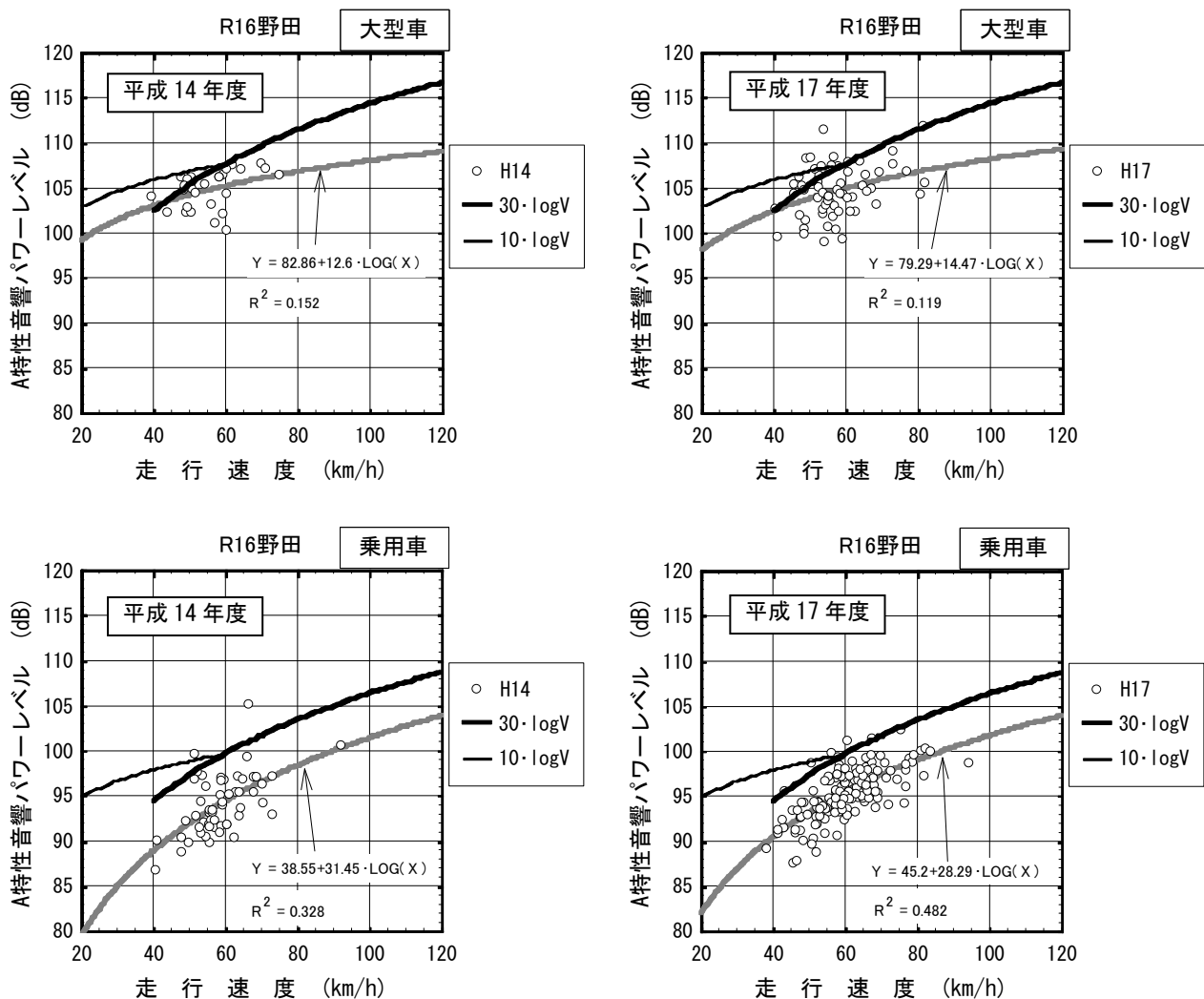


図 4-4 単独走行車騒音の A 特性音響パワーレベル測定結果

(3) 測定データの分析・整理

単独走行車騒音の A 特性音響パワーレベルの測定結果と経過月数との関係を図 4-5 に示す。なお、各測定箇所の平均値の算出にあたっては、パワー平均値（真数での平均値）とした。また、試験車の走行速度が $V = 50 \text{ km/h}$ であることから、単独走行車 i についても式 4-2 により 50 km/h のときの A 特性音響パワーレベル a_i を求めた。

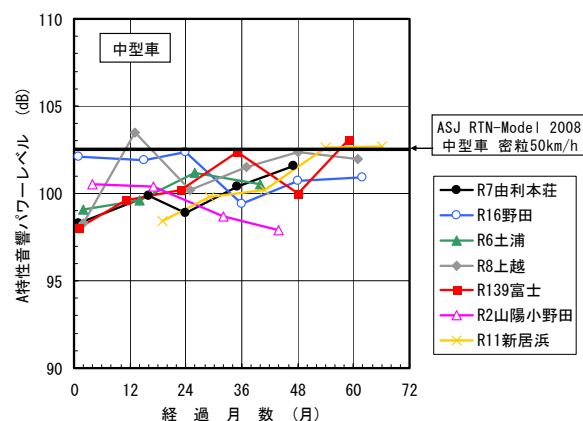
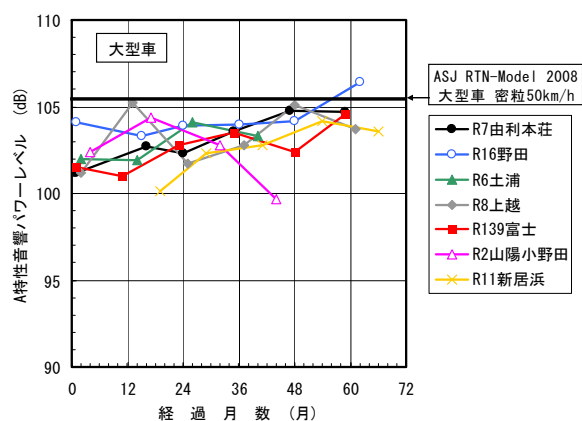
$$a_i = L_{WA,i} - 30 \log_{10} \frac{V_i}{50} \quad (\text{式 4-2})$$

ここで、 $L_{WA,i}$ は単独走行車 i の A 特性音響パワーレベルの測定値 (dB)、 V_i は実際の走行速度 (km/h) である。

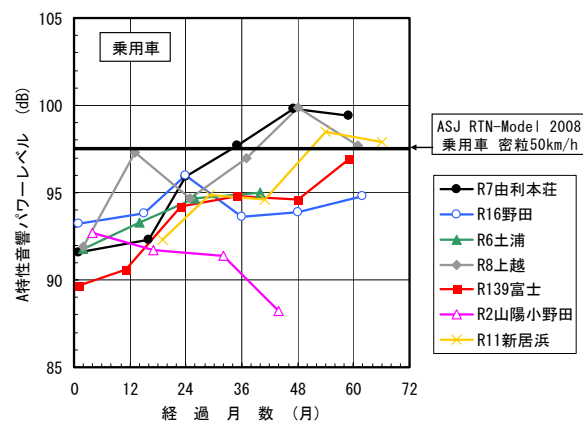
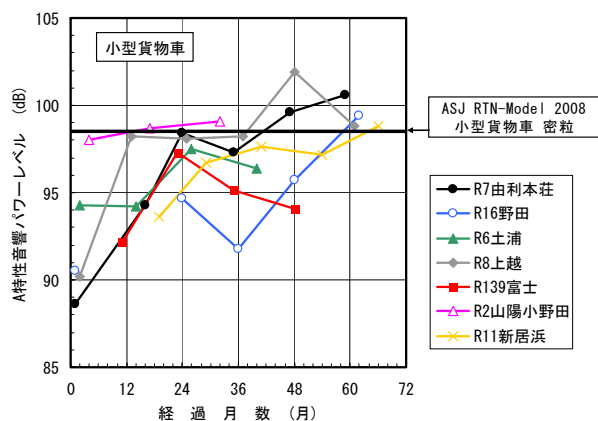
図 4-5 から A 特性音響パワーレベルの推移について以下のことが把握される。なお、各測定年度の平均値の算出にあたってはパワー平均としている。

- ①大型車の A 特性音響パワーレベルは微増傾向である。R16 野田では施工から 62 ヶ月後の調査で“ASJ RTN-Model 2008”の密粒舗装時の A 特性音響パワーレベルを超える。
- ②中型車については R16 野田と R2 山陽小野田は横這い、その他の測定箇所は微増傾向である。R11 新居浜では施工から 54 ヶ月後、R139 富士では施工から 59 ヶ月後の調査で“ASJ RTN-Model 2008”の密粒舗装時の A 特性音響パワーレベルを超える。
- ③小型貨物車は年度毎の測定データ数が少ないため、ばらつきが大きい。
- ④乗用車は R16 野田と R2 山陽小野田では横這い、その他の測定箇所は増加傾向である。R7 由利本荘は施工から 35 ヶ月後、R8 上越は施工から 48 ヶ月後、R11 新居浜は施工から 54 ヶ月後の調査で“ASJ RTN-Model 2008”の密粒舗装時の A 特性音響パワーレベルを超える。
- ④Top 粒径が 8mm であるのは R6 土浦、R8 上越、R11 新居浜であるが、その他の測定箇所のデータに比べて顕著な違いは見られない。

単独走行車騒音の A 特性音響パワーレベルの周波数特性を図 4-6 (1) ～ (4) に示す。また、単独走行車騒音の標準偏差及び外れ値を図 4-7 (1) ～ (7) に示す。



注) H19 : R7 由利本荘はデータなし



注) H19 : R139 富士はデータなし、R2 山陽小野田は除外

図 4-5 単独走行車騒音の A 特性音響パワーレベル測定結果と経過月数との関係

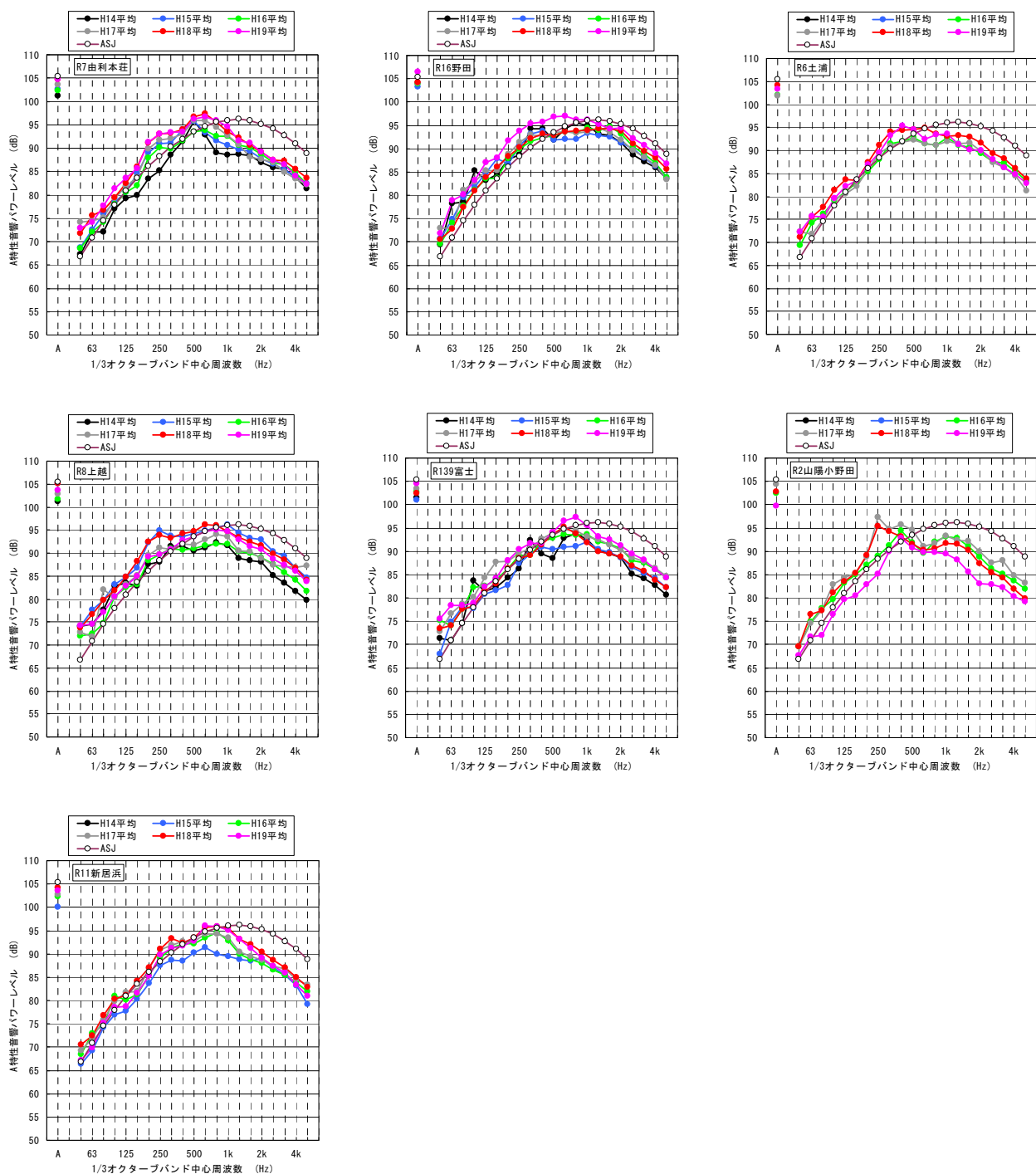
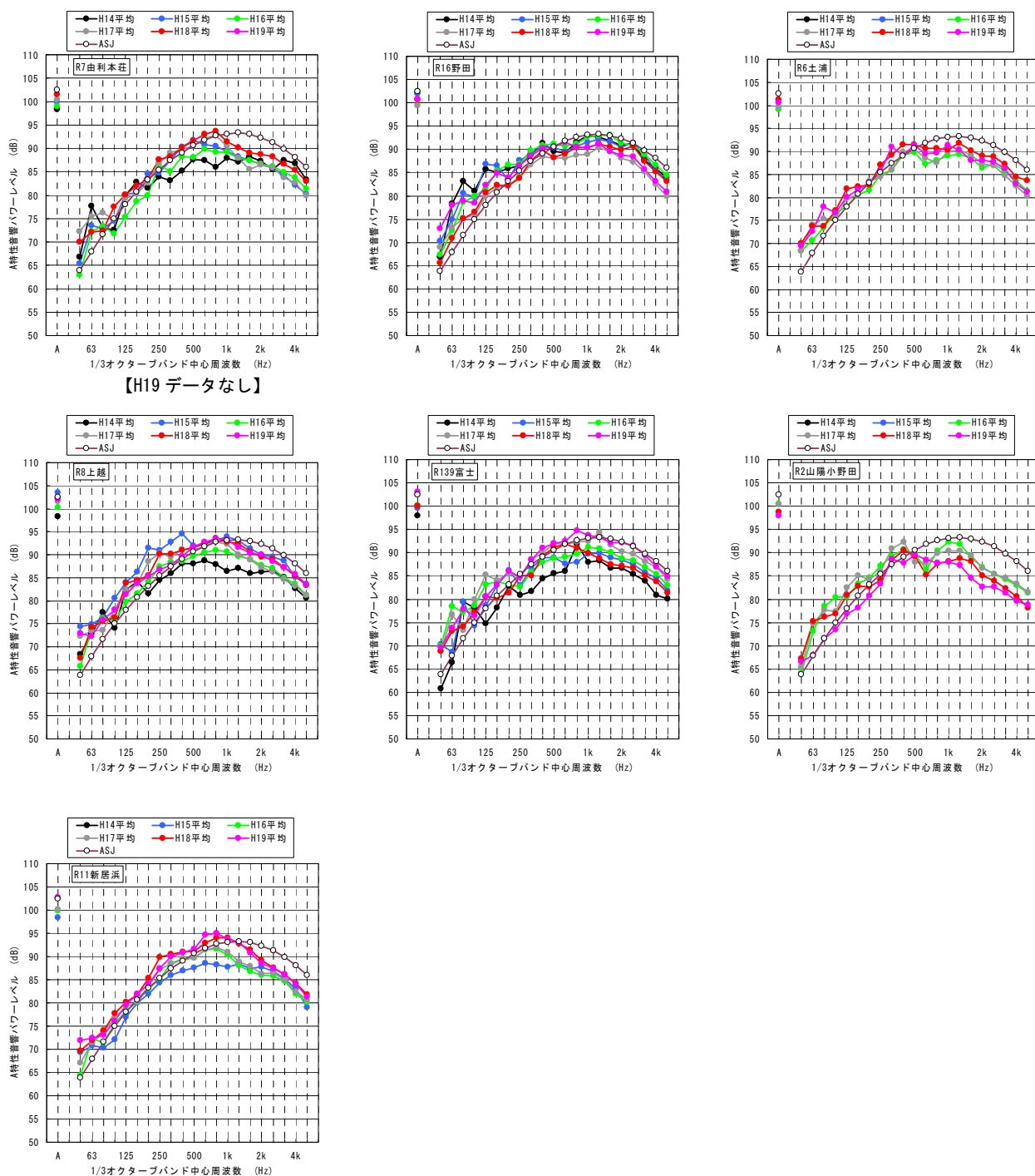


図 4-6(1) 大型車の A 特性音響パワーレベルの周波数特性（年度毎のパワー平均値）



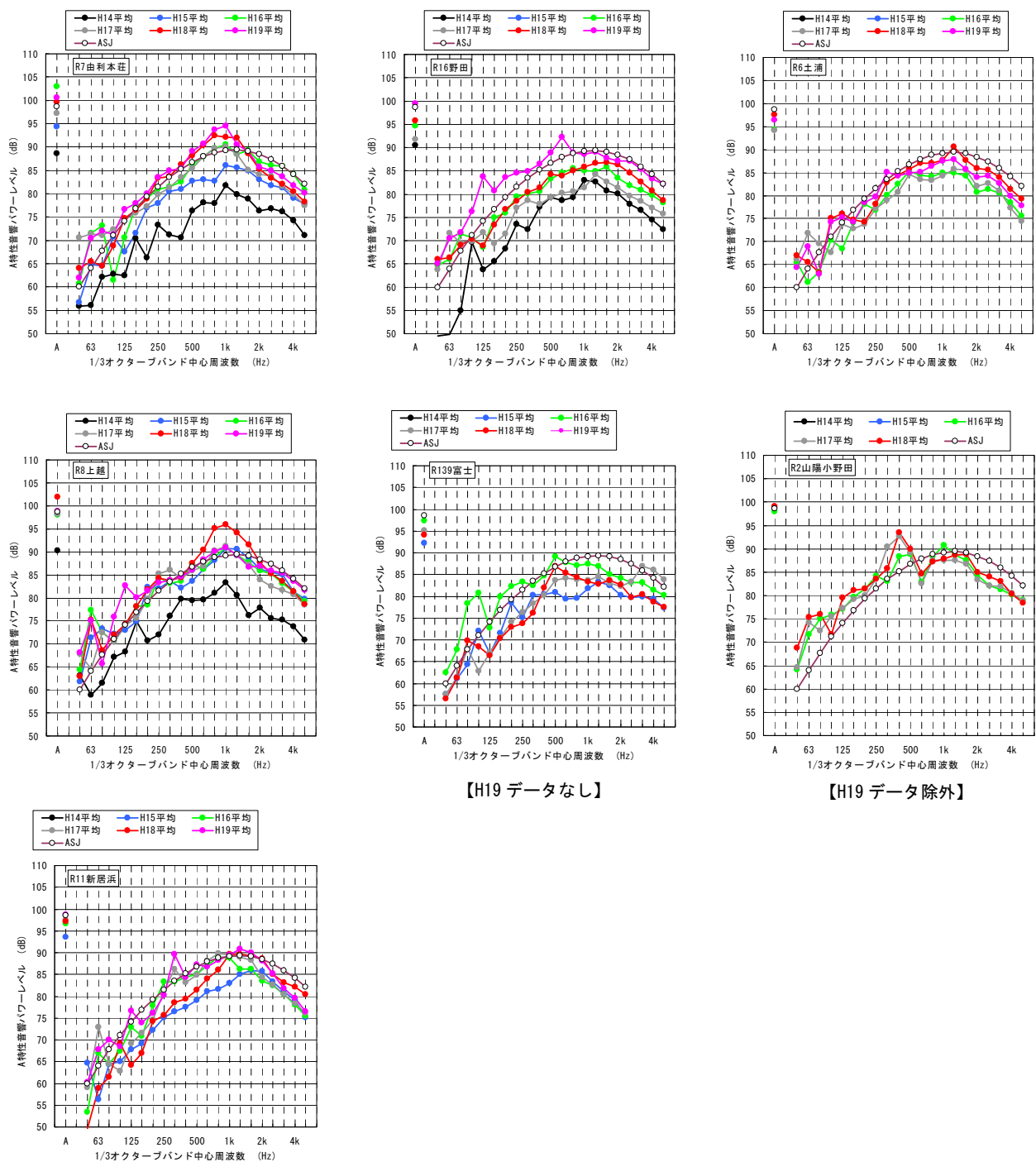


図 4-6(3) 小型貨物車の A 特性音響パワーレベルの周波数特性（年度毎のパワー平均値）

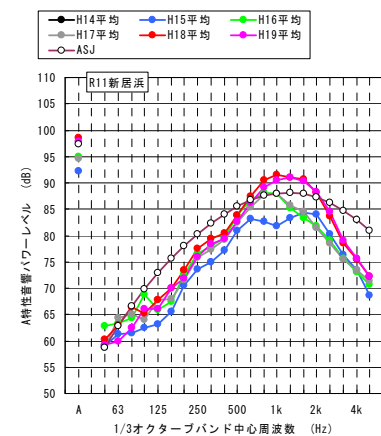
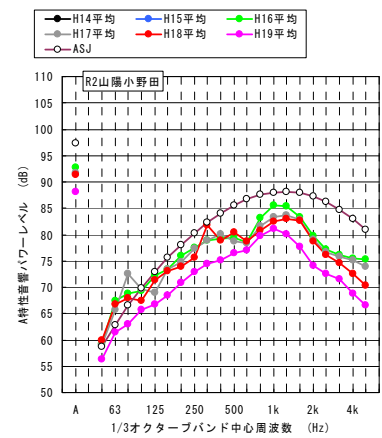
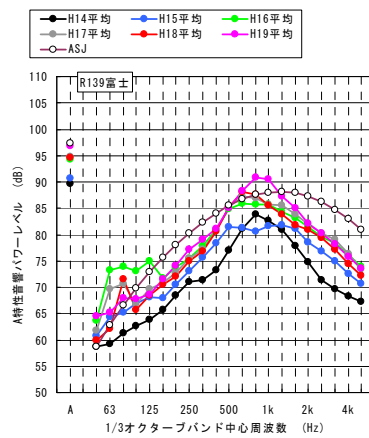
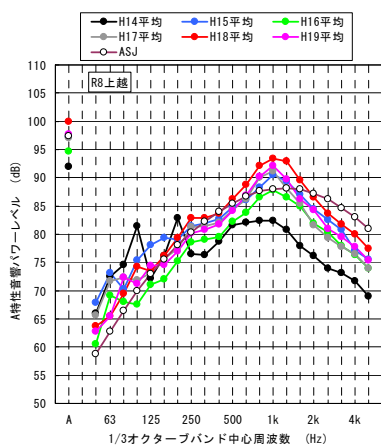
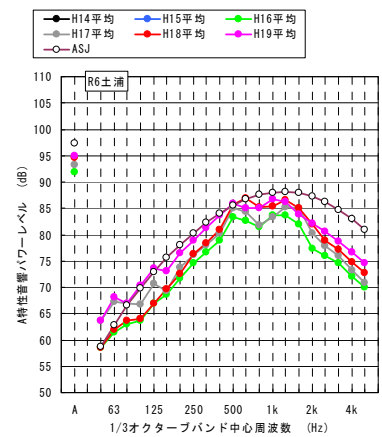
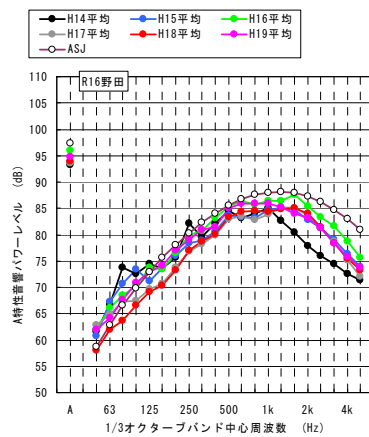
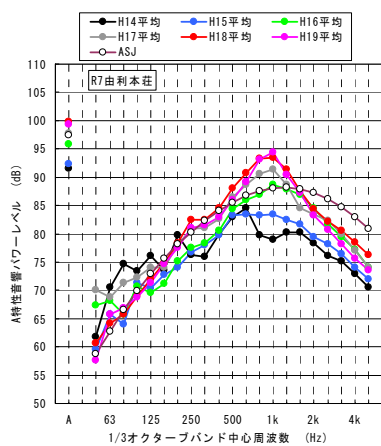


図 4-6(4) 乗用車の A 特性音響パワーレベルの周波数特性（年度毎のパワー平均値）

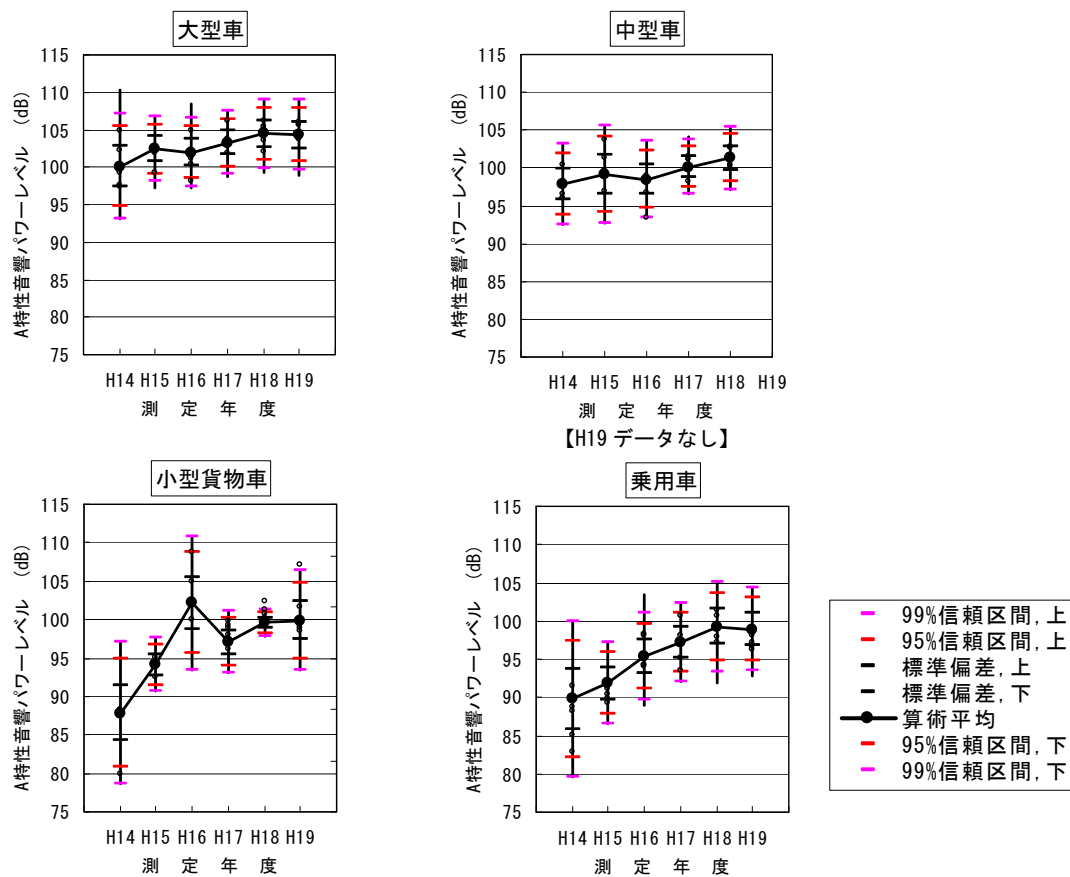


図 4-7(1) 測定年度毎の A 特性音響パワーレベル測定データの標準偏差及び外れ値 (R7 由利本荘)

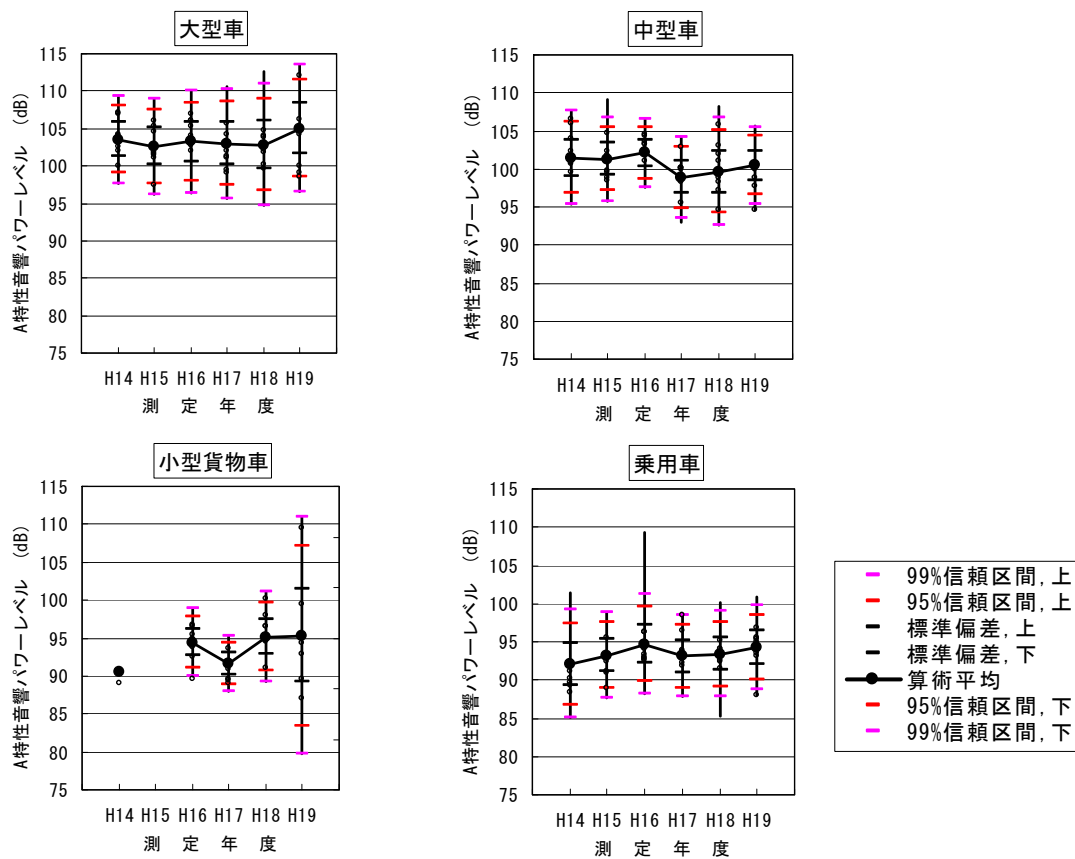


図 4-7(2) 測定年度毎の A 特性音響パワーレベル測定データの標準偏差及び外れ値 (R16 野田)

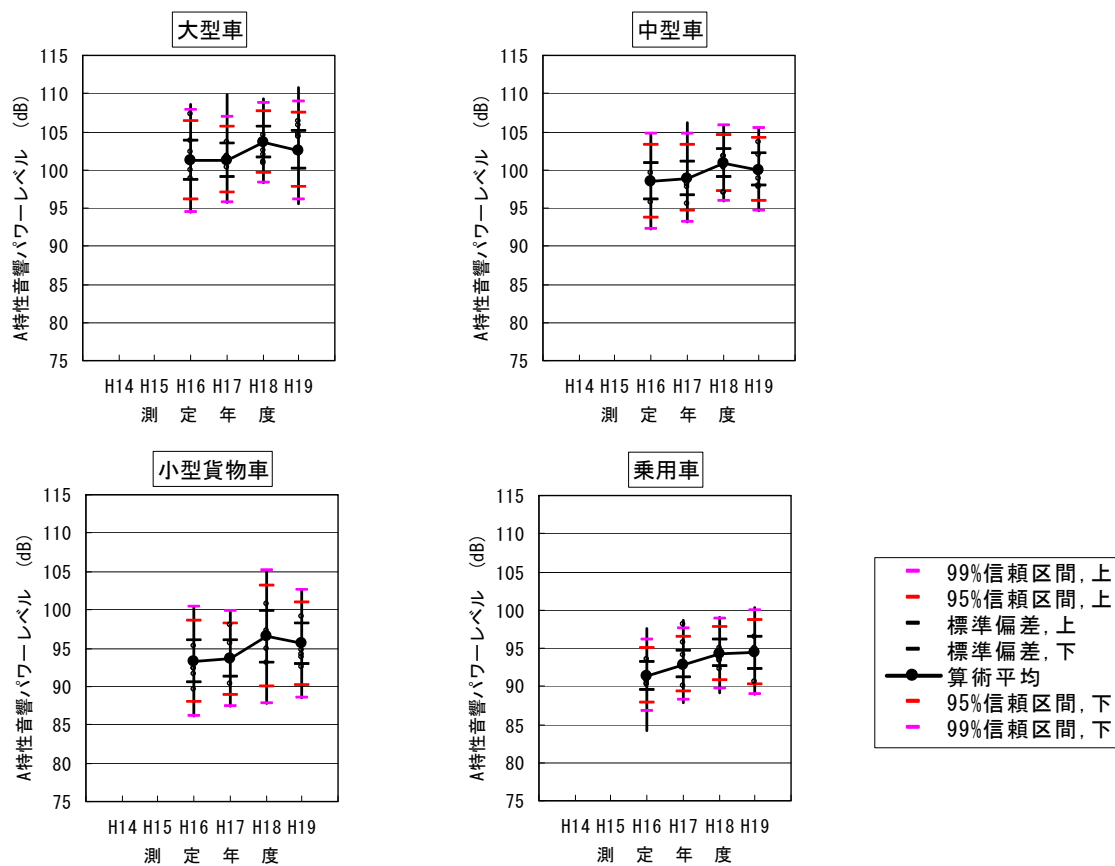


図 4-7(3) 測定年度毎の A 特性音響パワーレベル測定データの標準偏差及び外れ値 (R6 土浦)

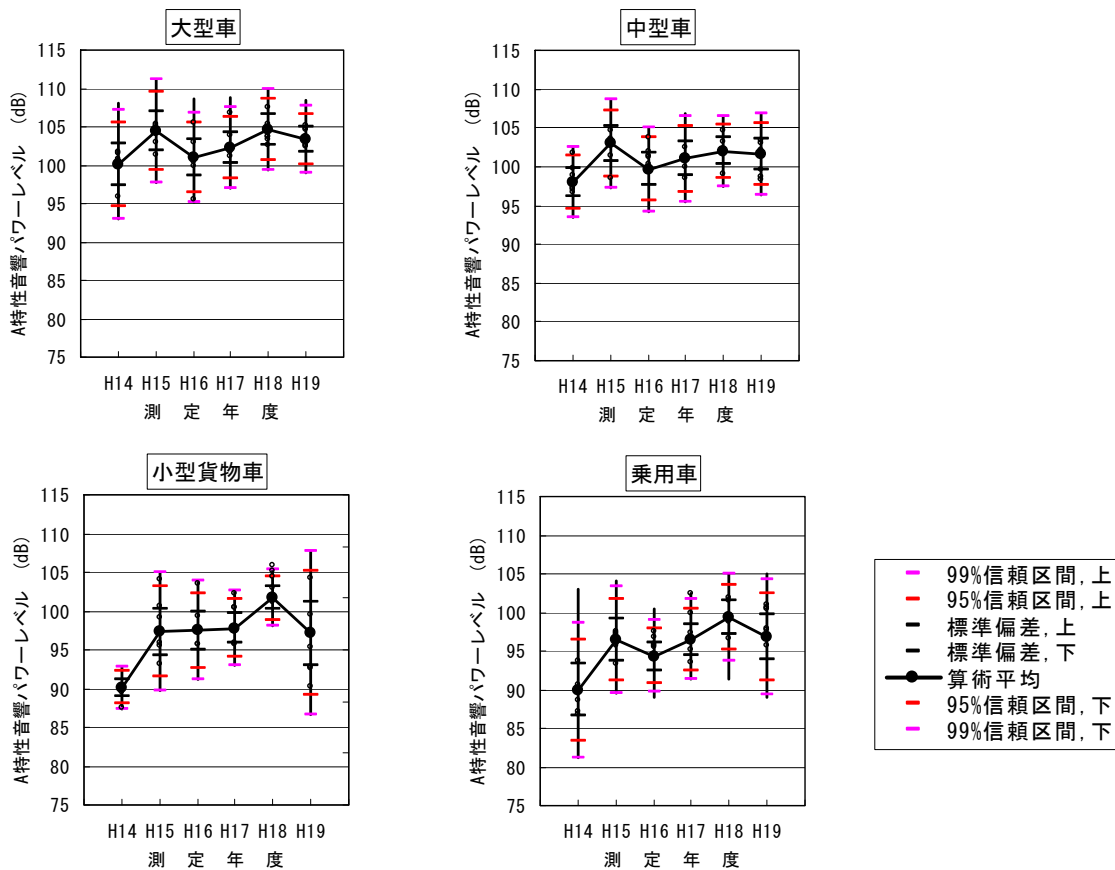


図 4-7(4) 測定年度毎の A 特性音響パワーレベル測定データの標準偏差及び外れ値 (R8 上越)

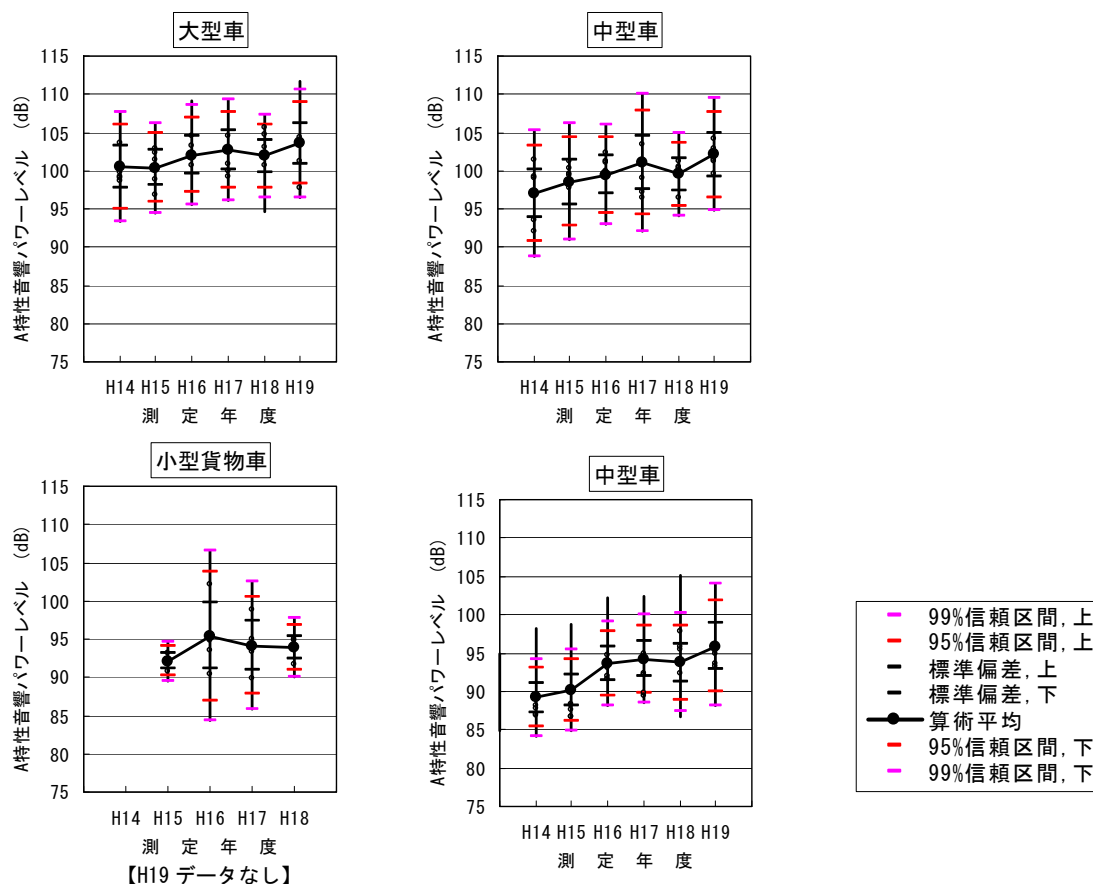


図 4-7(5) 測定年度毎の A 特性音響パワーレベル測定データの標準偏差及び外れ値 (R139 富士)

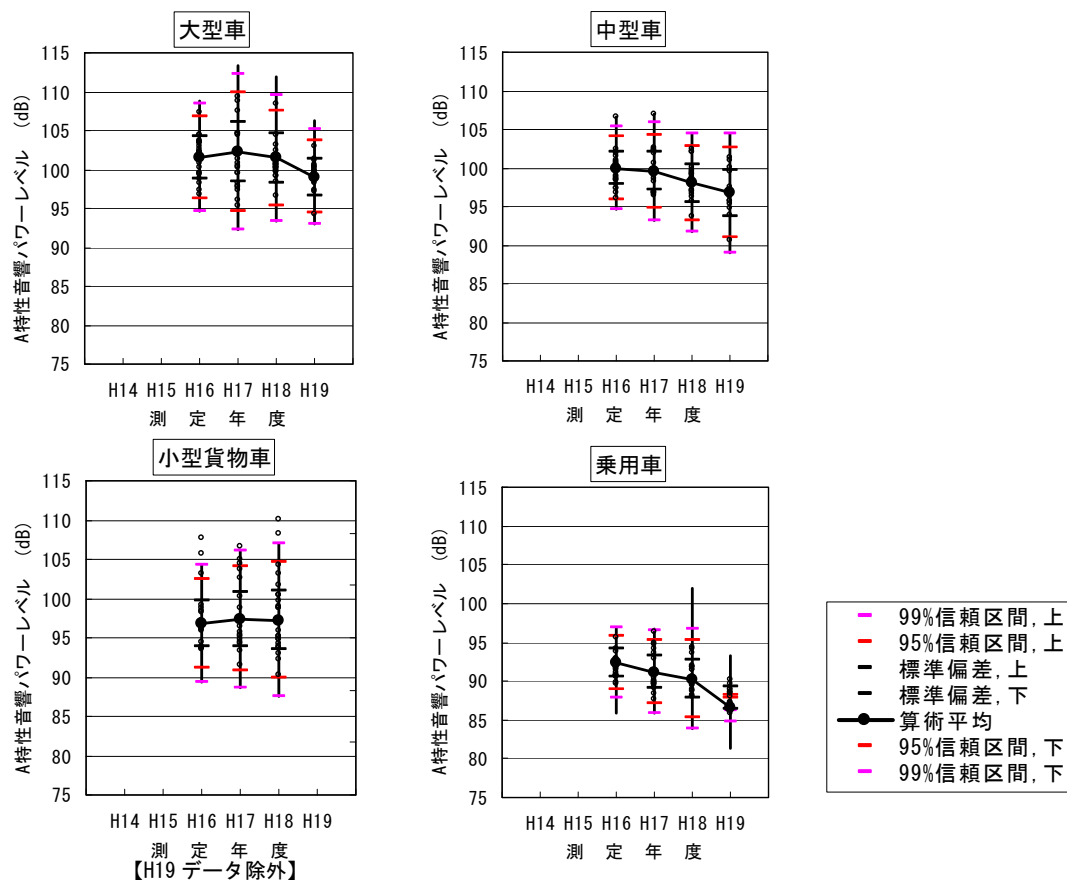


図 4-7(6) 測定年度毎の A 特性音響パワーレベル測定データの標準偏差及び外れ値 (R2 山陽小野田)

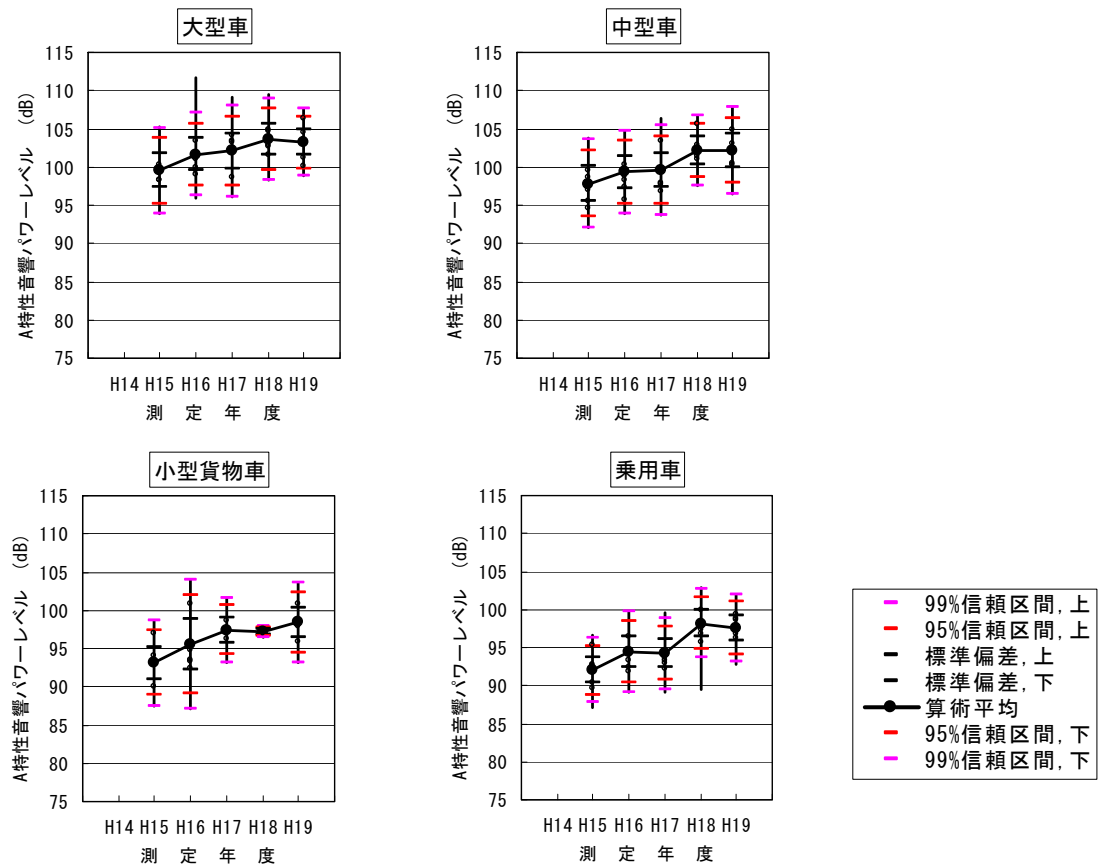


図 4-7(7) 測定年度毎の A 特性音響パワーレベル測定データの標準偏差及び外れ値 (R11 新居浜)

4.2.2 試験車のパワーレベル

本項では、毎年同じ試験車と新品のタイヤを用いたパワーレベル測定の結果を示す。大型試験車及び乗用試験車とそれぞれの使用タイヤの諸元は巻末の参考資料に示す。

試験車の状態を確認するため、本追跡調査の各調査箇所における現地測定の前を基本として、国総研試験走路（密粒舗装）にて試験車の A 特性音響パワーレベルを測定した。各測定日を表 4-5 に、測定結果を年度毎に整理して図 4-8 に示す。測定値の平均はパワー平均とし、周波数特性等から判断される異常値はあらかじめ除外している。比較的不バラツキがある年度もあるが、試験車は経年的に一定の状態が確保できていると考えられる。

表 4-5 国総研試験路における試験車走行騒音の測定日

整備局	通 称	測定年度					
		H14	H15	H16	H17	H18	H19
東北	R7 由利本荘	H15.1.25	H16. 3.23	H16.11. 2	H17.10.12	H18.10.16	H19.10.29
関東	R16 野田		H16. 3.19	H16.11.21	H17.11.24	H18.11.21	H20.1.10
関東	R6 土浦	—	—				
北陸	R8 上越	H15.1.25	H15.10.31	H16.10.12	H17.11. 4	H18.10.12	H19.10.29
中部	R139 富士		H15.12.25	H17. 1.26	H18. 1.23	H19. 2. 5	H20.1.17
中国	R2 山陽小野田	—	—	H16. 7.26	H17. 8. 4	H18.11. 1	H19.12.6
四国	R11 新居浜	—	H15.12.25	H16.10.11	H17.10.12	H18.11. 1	H19.10.29

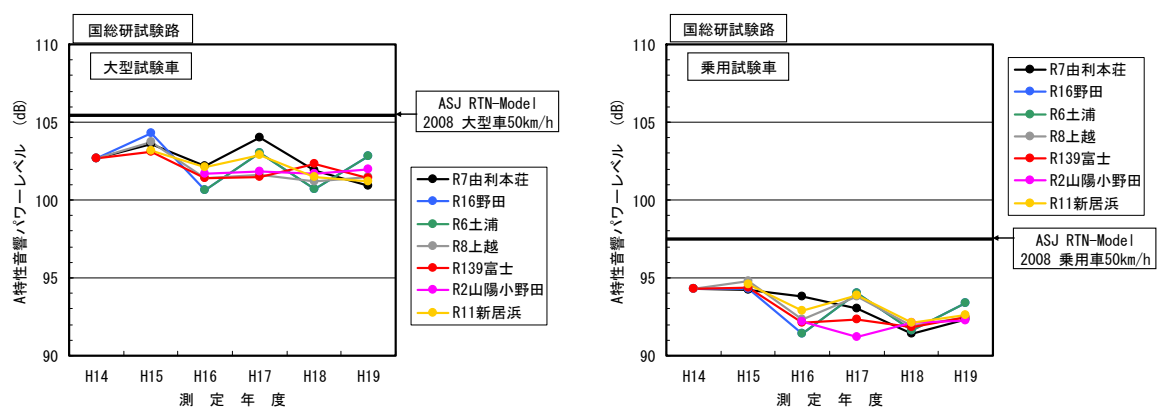


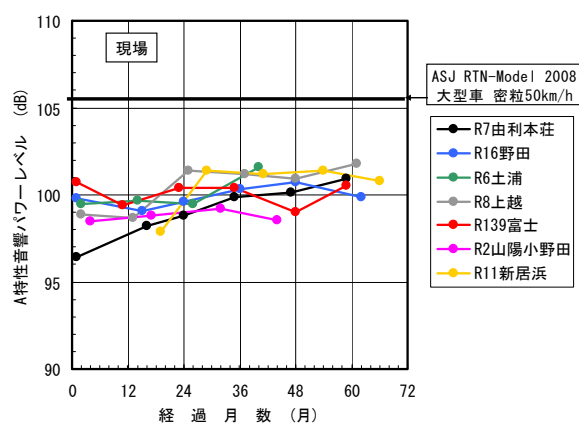
図 4-8 国総研試験路における年度毎の試験車走行騒音の A 特性音響パワーレベル測定結果

図 4-9 に各調査箇所における大型試験車と乗用試験車の A 特性音響パワーレベル測定結果を示す。横軸は二層式排水性舗装敷設後の経過月数である。

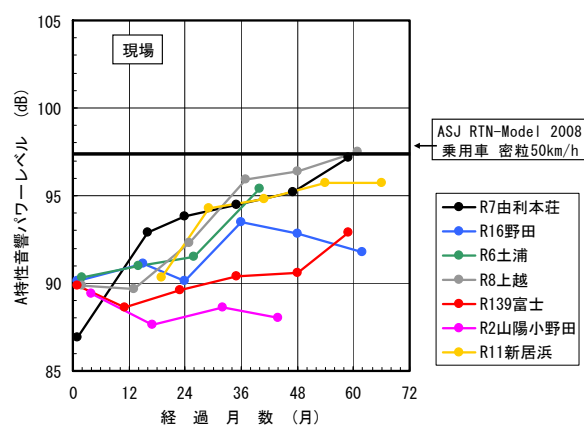
図 4-9 から以下のことが把握される。

- ①現場測定結果はデータの若干のバラツキはあるが、大型試験車・乗用試験車ともに R6 土浦・R139 富士・R2 山陽小野田については横這い、R7 由利本荘・R16 野田・R8 上越・R11 新居浜については経過月数に従い増加傾向である。

また、試験車走行騒音の A 特性音響パワーレベルについて、国総研試験路及び現場測定の周波数特性を図 4-10 (1)～(4)に示す。なお、各測定年度の平均値の算出にあたっては、パワー平均とした。



1) 大型試験車



2) 乗用試験車

図 4-9 試験車の A 特性音響パワーレベル測定結果



図 4-10(1) 大型試験車の A 特性音響パワーレベルの周波数特性（国総研試験走路）

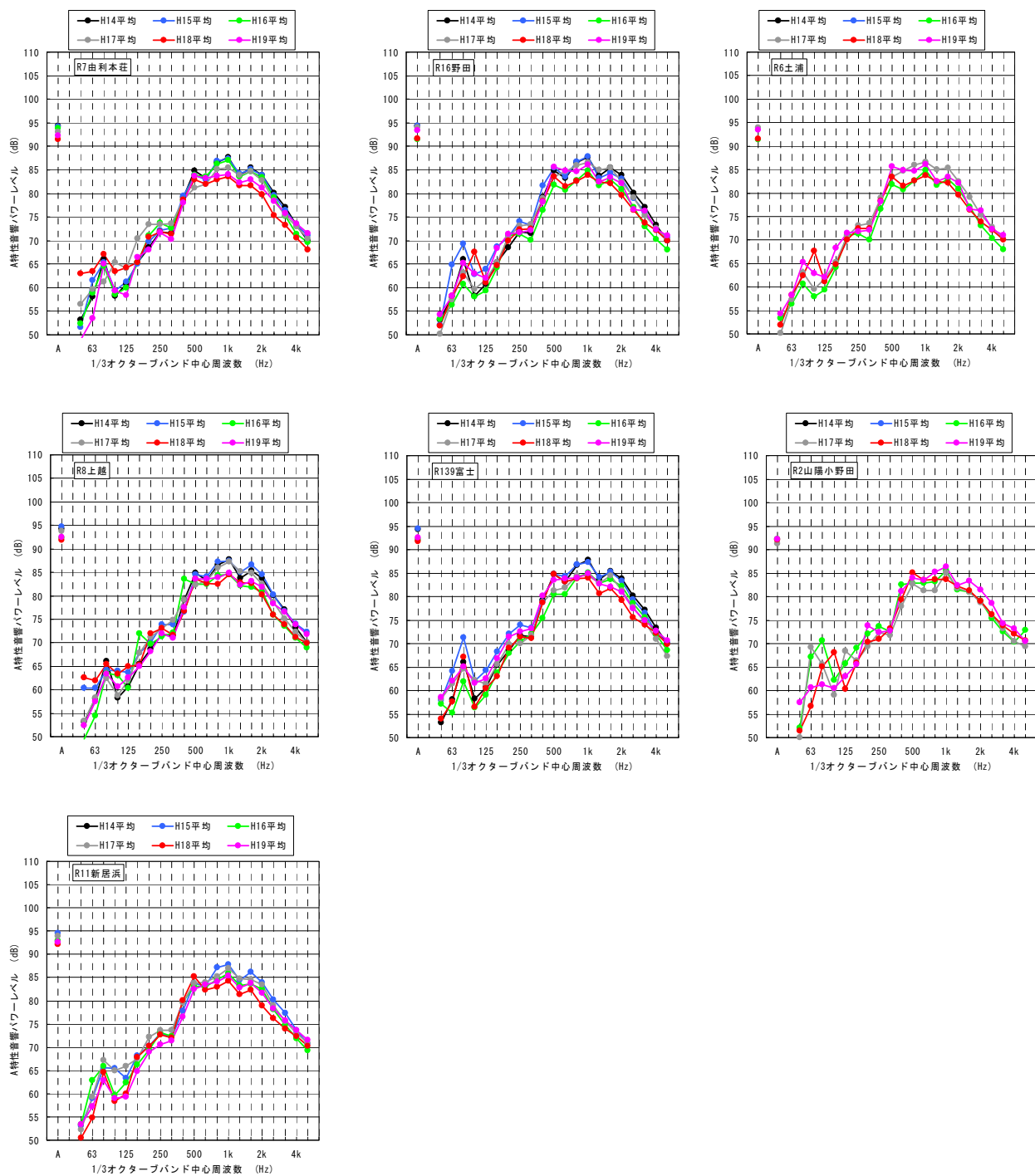


図 4-10(2) 乗用試験車の A 特性音響パワーレベルの周波数特性（国総研試験走路）

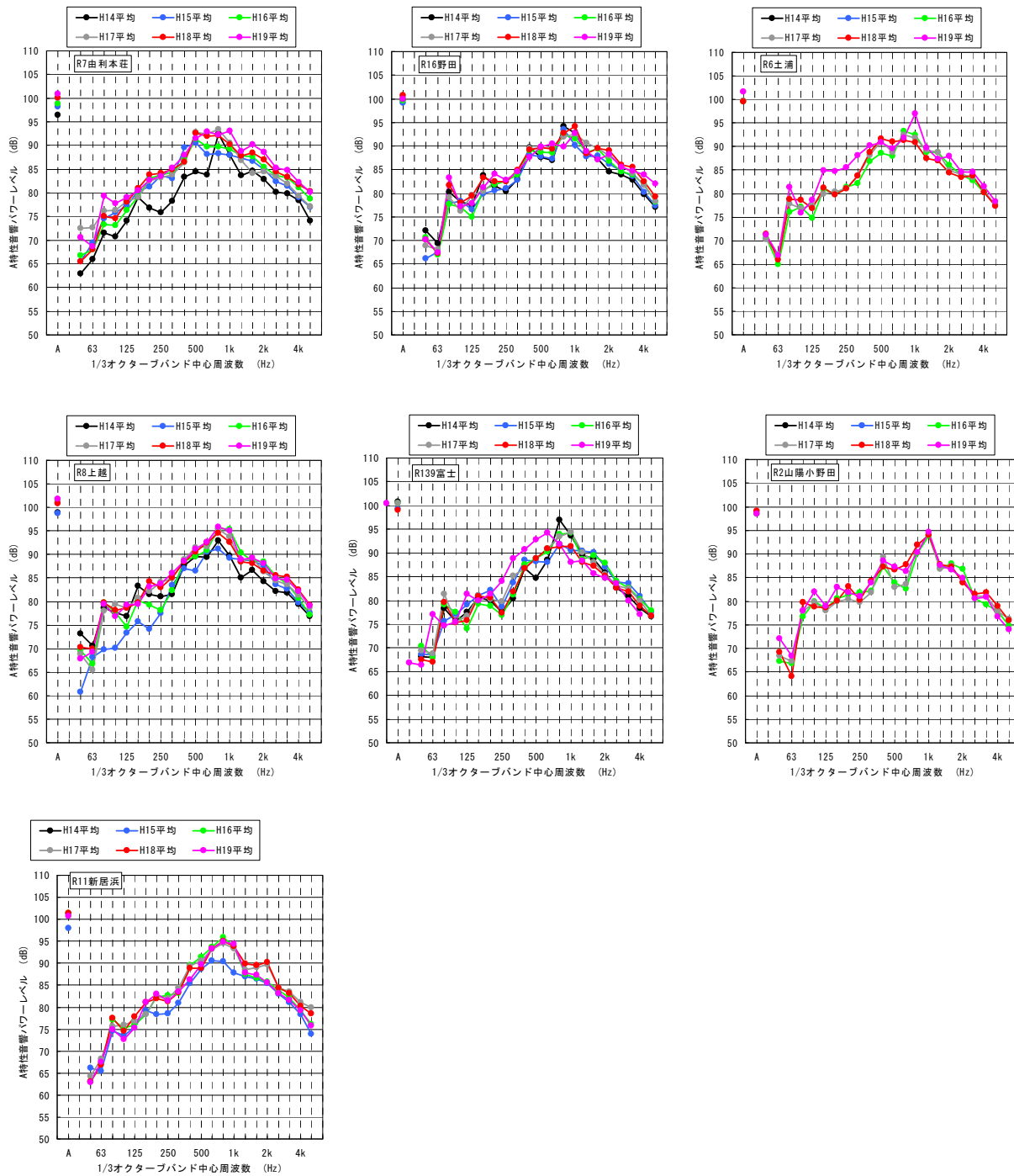


図 4-10(3) 大型試験車の A 特性音響パワーレベルの周波数特性（現場測定）

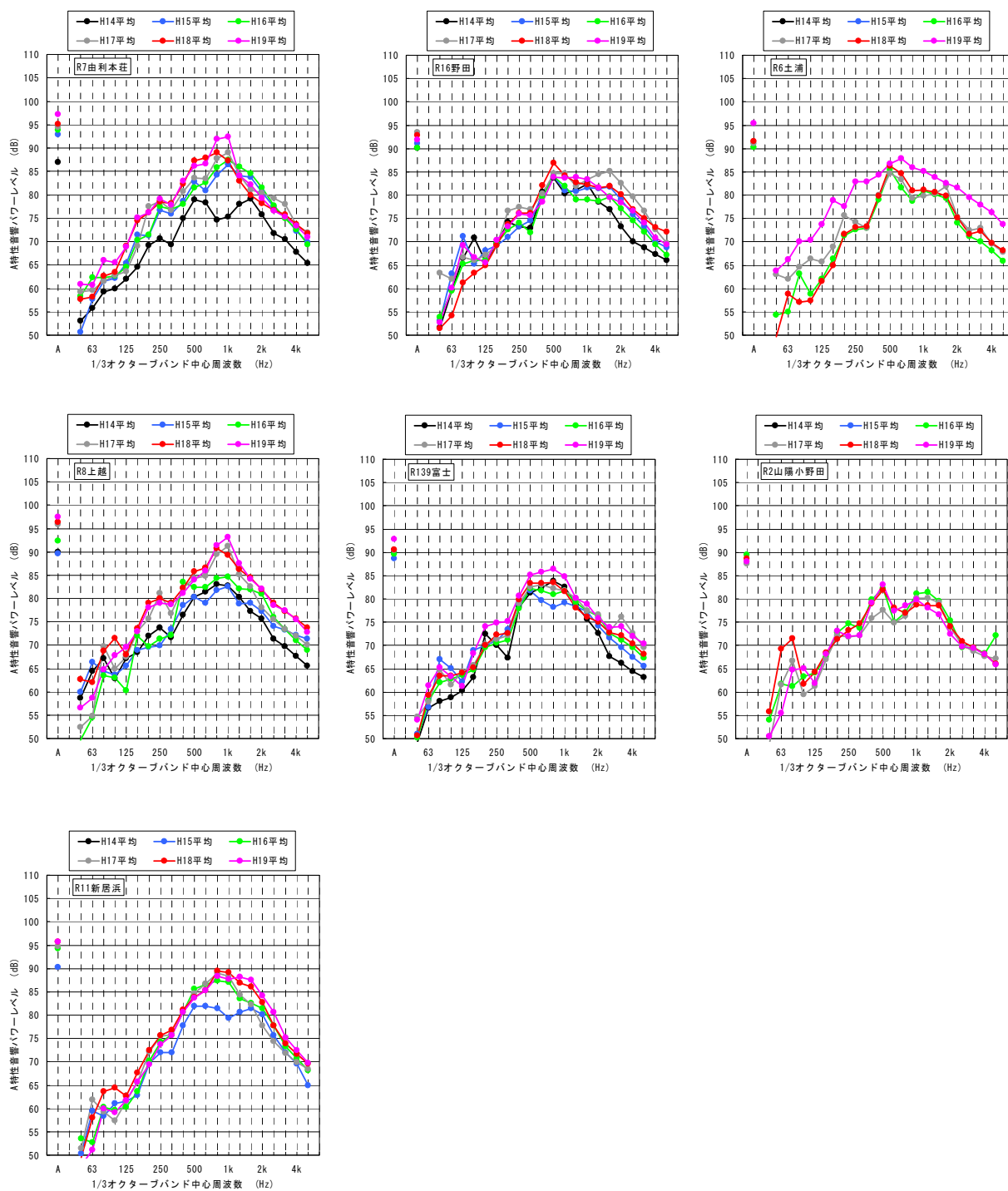


図 4-10(4) 乗用試験車の A 特性音響パワーレベルの周波数特性（現場測定）

4.2.3 騒音低減効果の経年変化

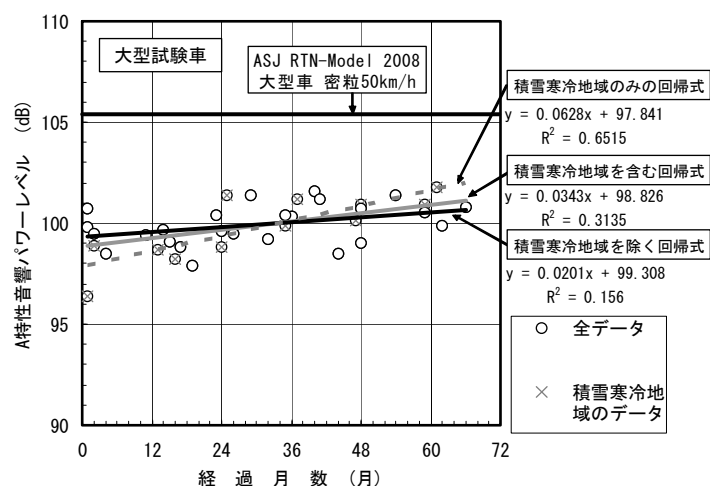
本項では、前項までの結果を基に二層式排水性舗装の騒音低減効果の経年変化について整理する。

試験車の A 特性音響パワーレベルの経年変化を図 4-11 に示す。また、図 4-12 に単独車の A 特性音響パワーレベルの経年変化を示す。なお、図 4-11 及び図 4-12 の各プロットは各調査箇所の年度毎のパワー平均値（図 4-9 及び図 4-5 に示したもの）である。

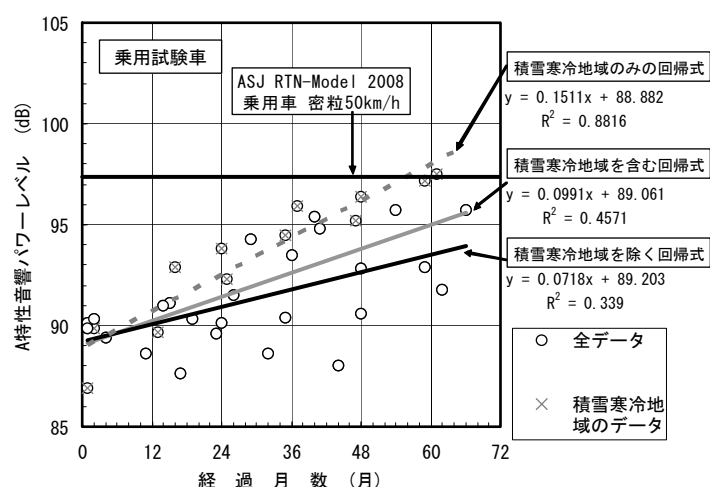
全データについての大型車と乗用車の回帰式（灰色実線）の傾きは試験車と単独車でほぼ同じである。単独車において、大型車の回帰式の傾きは 0.037dB/月（0.44dB/年）、乗用車の回帰式の傾きは 0.090dB/月（1.1dB/年）である。

積雪寒冷地域である R7 由利本荘と R8 上越のデータを除いた場合についても大型車と乗用車の回帰式（黒実線）の傾きは試験車と単独車でほぼ同じである。単独車において、大型車の回帰式の傾きは 0.032dB/月（0.38dB/年）、乗用車の回帰式の傾きは 0.071dB/月（0.85dB/年）である。また、中型車の回帰式の傾きは 0.028dB/月であり、大型車とおおむね同じ値である。小型貨物車の回帰式の傾きは 0.061dB/月であり、大型車と乗用車の間である。ただし、小型貨物車については測定データ数が少ないため、さらにデータの蓄積が必要である。

単独車のパワーレベルを表す図 4-12 には、参考として、(社)日本音響学会が提案する道路交通騒音の予測モデル ASJ RTN-Model 2003（赤線）及び 2008（青線）の排水性舗装路面に関する補正式を示した。これらのモデルは積雪地を除くデータで作成されているとされており、一層式排水性舗装の経年変化を表すものとして参考比較できると考えられる。

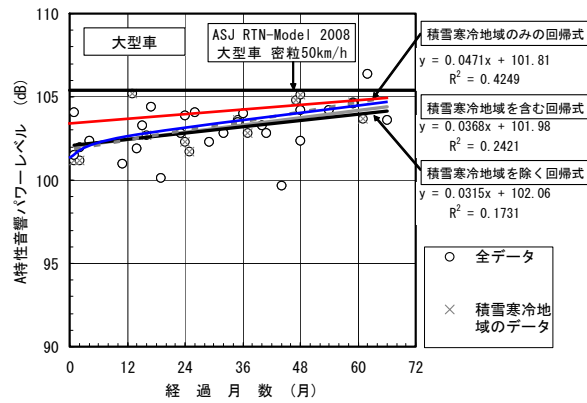


(a). 大型試験車

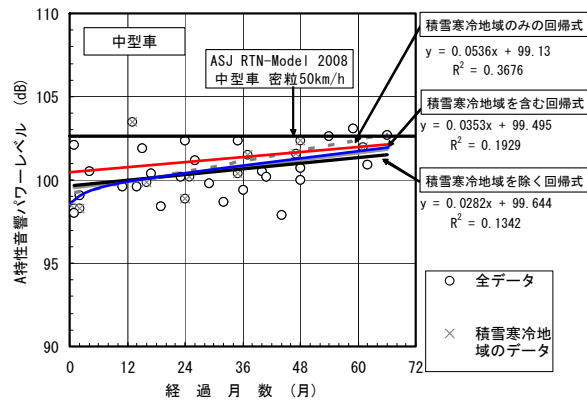


(b). 乗用試験車

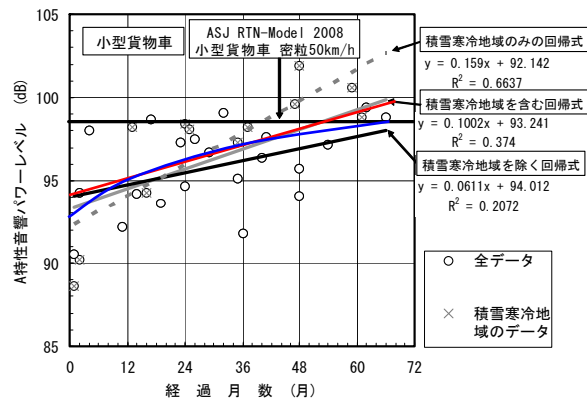
図 4-11 試験車走行騒音の A 特性音響パワーレベルの変化



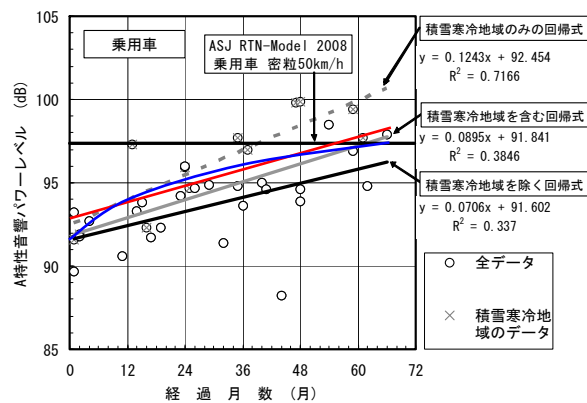
(a) 大型車



(b) 中型車



(c) 小型貨物車



(d) 乗用車

— ASJ RTN-Model 2008 排水性舗装
- - - ASJ RTN-Model 2003 排水性舗装

図 4-12 単独走行車騒音の A 特性音響パワーレベルの変化

4.3 現場施工箇所の路面性状

本節では路面性状の追跡調査結果を示す。

4.3.1 MPD (Mean Profile Depth)

路面テクスチャーの現場測定データから算出した MPD (Mean Profile Depth) と経過月数との関係を図 4-13 に示す。各プロットは調査箇所及び測定時期毎の算術平均値である。

R7 由利本荘 (5mmTop) のデータを除けば、5mmTop の MPD 値は経過月数に依らず横這い、8mmTop の MPD 値は経過月数に従い微増している。

そこで、5mmTop と 8mmTop 別に MPD 値を回帰分析した結果を図 4-14 に示す (ただし、R7 由利本荘のデータは除く)。この図からも、5mmTop の MPD 値は経過月数によらず横這いであり、8mmTop の MPD 値は経過月数に従い大きくなっている。

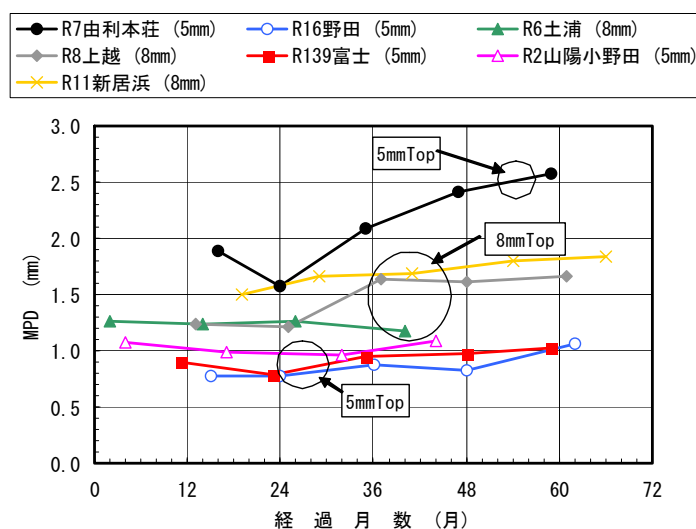


図 4-13 MPD の平均値と経過月数

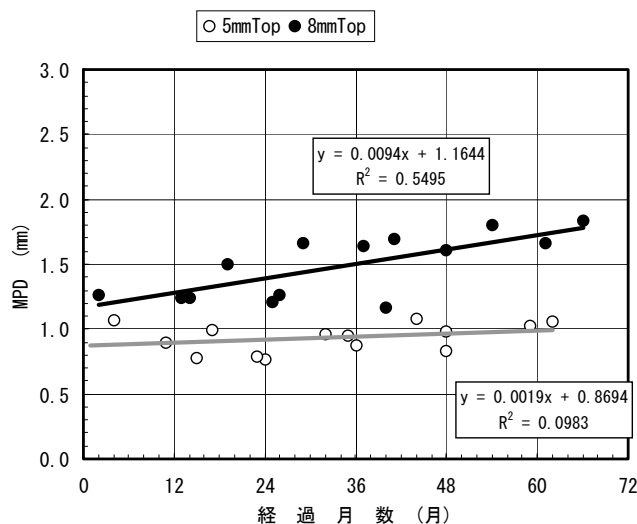


図 4-14 5mmTop と 8mmTop の MPD データ (R7 由利本荘 (5mmTop) のデータを除く)

また、MPD の調査箇所毎のデータを図 4-15 に示し、MPD の標準偏差及び外れ値を図 4-16 に示す。信頼区間 95%を基準とした場合、過年度データ、今年度データを含め、外れ値はなかった。

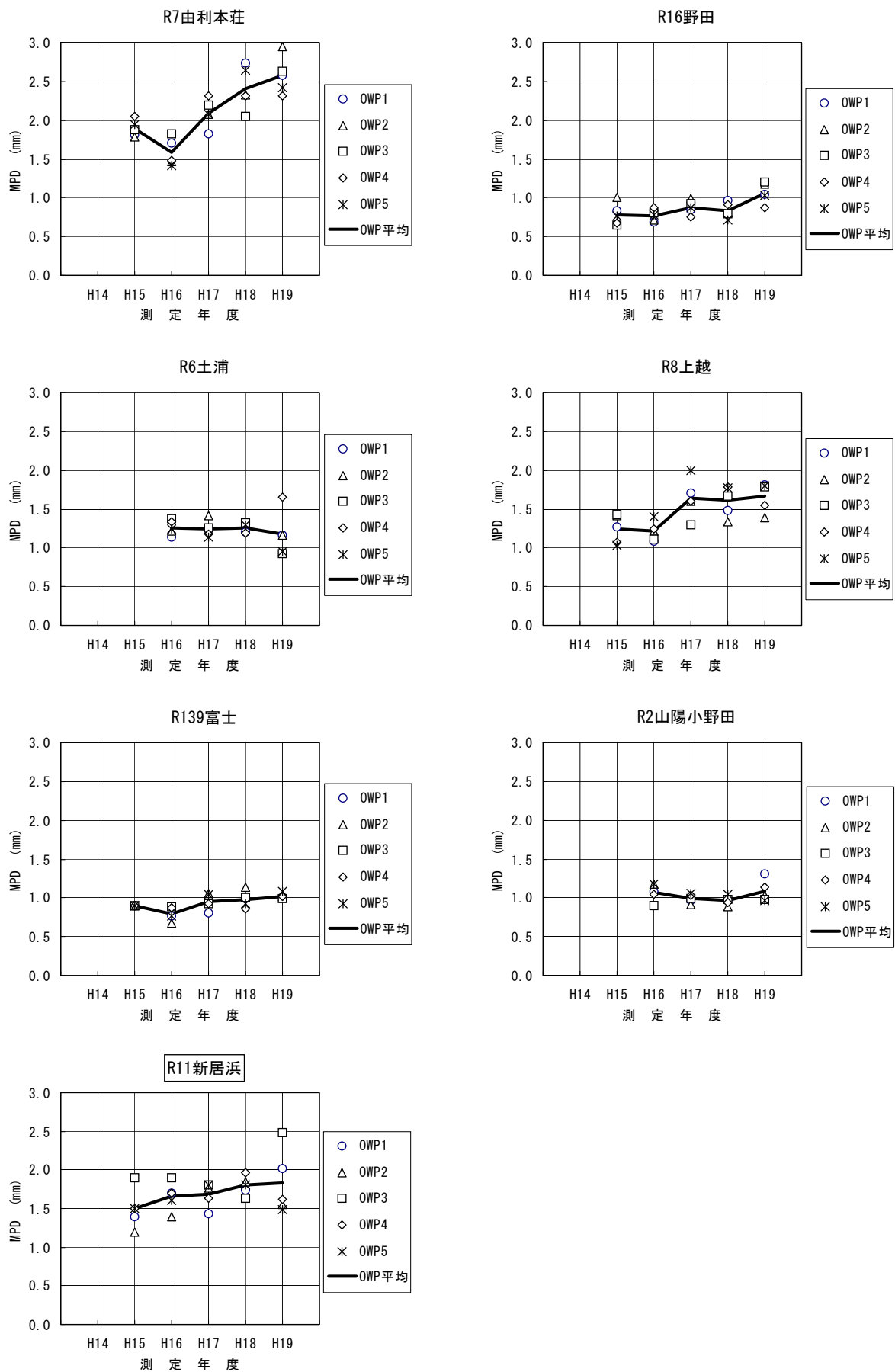


図 4-15 測定年度毎のMPD 測定データ

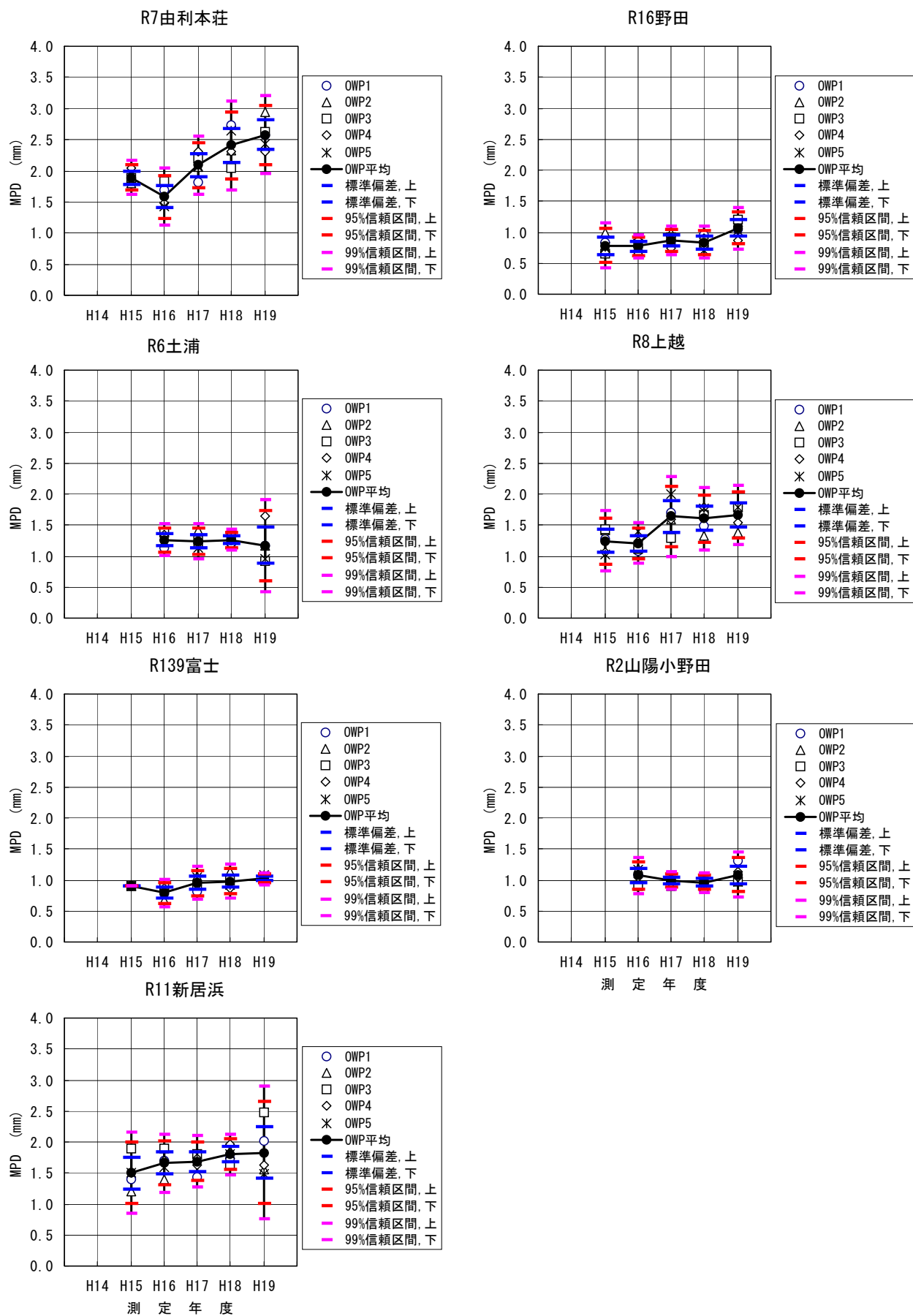


図 4-16 測定年度毎の MPD 測定データの標準偏差及び外れ値

4.3.2 現場透水試験値

現場透水試験値の現場測定データと経過月数との関係を図 4-17 に示す。各プロットは調査箇所及び測定時期毎の算術平均値である。また、現場透水試験値の調査箇所毎のデータを図 4-18 に示し、標準偏差及び外れ値を図 4-19(1)～(2)に示す。信頼区間 95%を基準とした場合、過年度データ、今年度データを含め、外れ値はなかった。

図 4-17～図 4-19 から以下のことが把握される。

- ①R7 由利本荘、R16 野田、R8 上越、R139 富士の現場透水量 (ml/15sec) はおおむね経過月数に従い小さくなる。
- ②R2 山陽小野田の現場透水量 (ml/15sec) は経過月数に依らず横這いである。
- ③R11 新居浜の現場透水量 (ml/15sec) は経過月数 41 月まで横這いであるが、その次の測定では大幅に小さくなっている。
- ④OWP と BWP の測定値は R16 野田、R6 土浦、R8 上越、R139 富士、R2 山陽小野田ではほぼ同じ値である。しかし、R7 由利本荘と R11 新居浜では OWP と BWP の測定値に大きな差がある。
- ⑤Top 粒径が 8mm であるのは R6 土浦、R8 上越、R11 新居浜であるが、その他の調査箇所のデータに比べて顕著な違いは見られない。

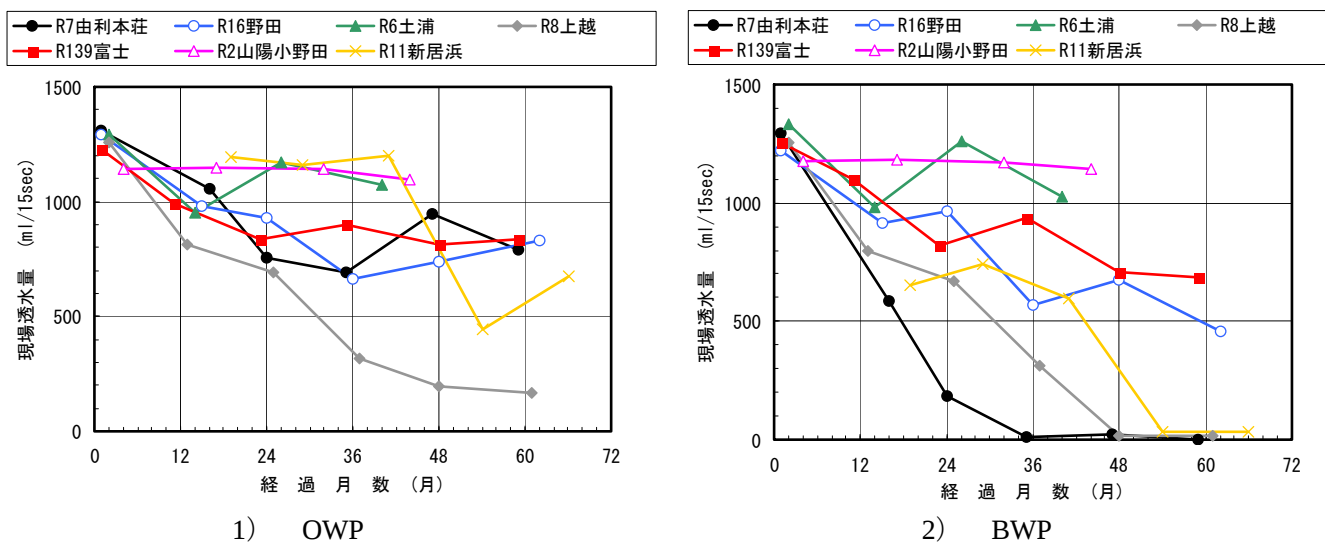
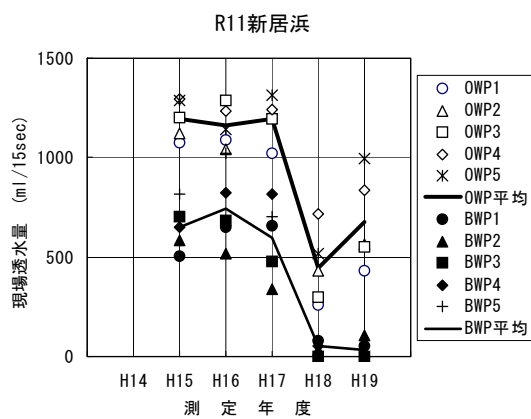
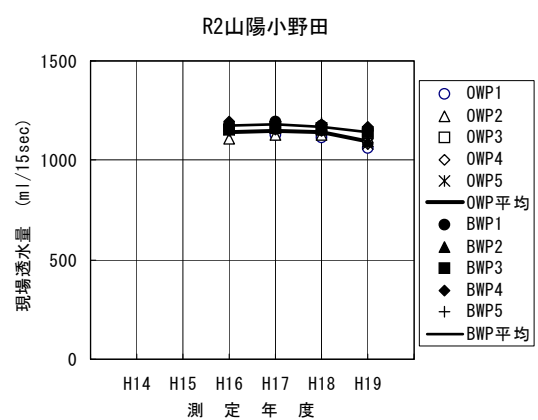
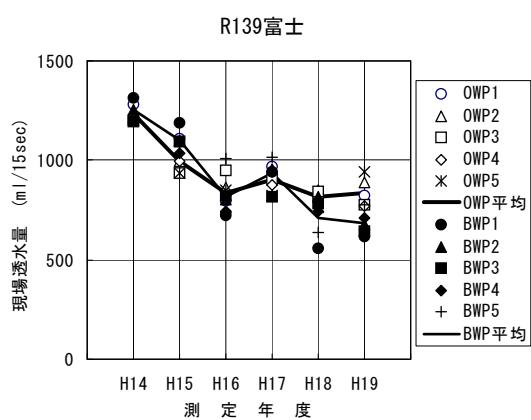
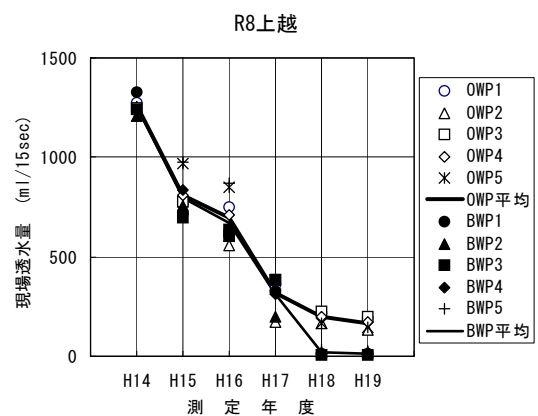
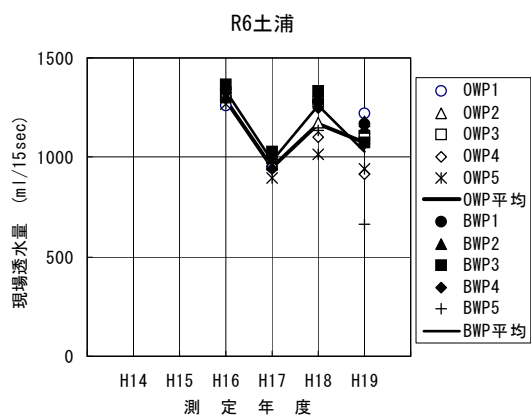
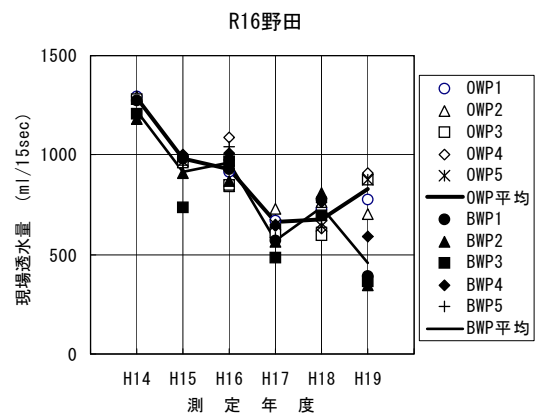
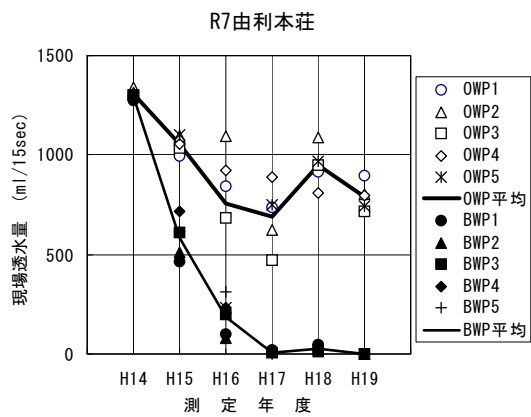


図 4-17 現場透水試験値の平均値と経過月数



※R7 由利本荘の H19 年データは、OWP 位置のひび割れが多く、そのひび割れから水が流れている。そのため測定結果が正確ではないと判断されている。

図 4-18 測定年度毎の現場透水試験値測定データ

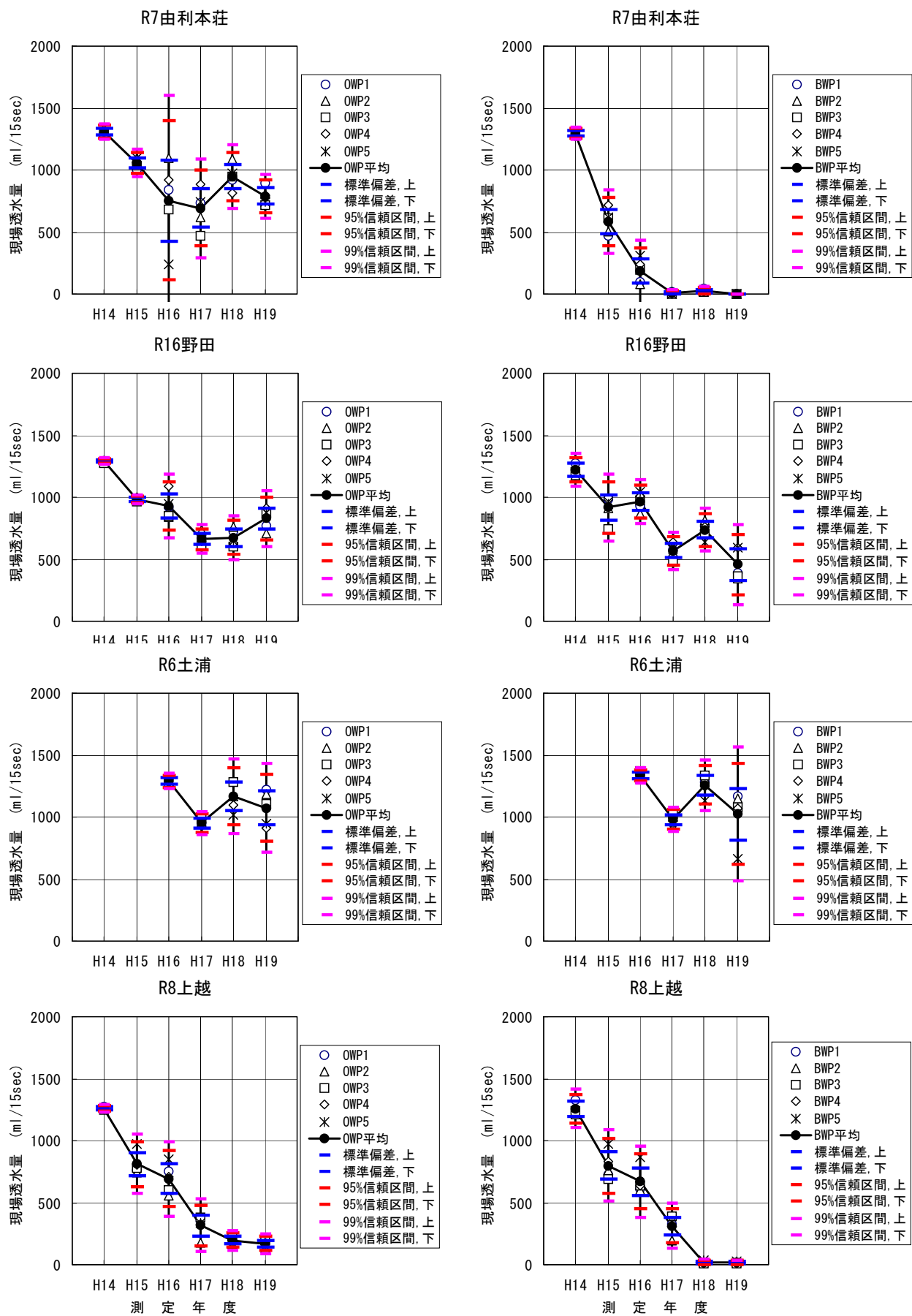


図 4-19(1) 測定年度毎の現場透水試験値測定データの標準偏差及び外れ値(1)

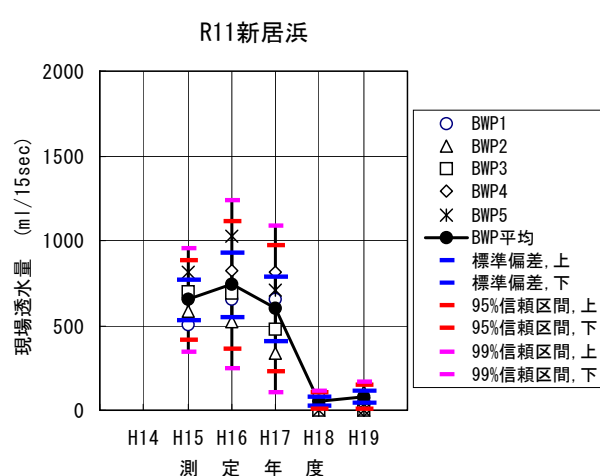
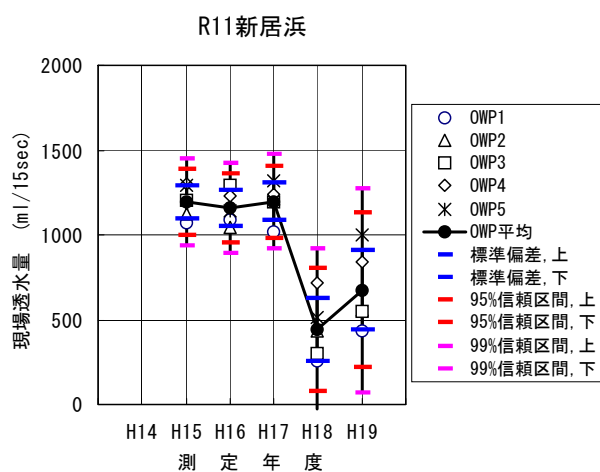
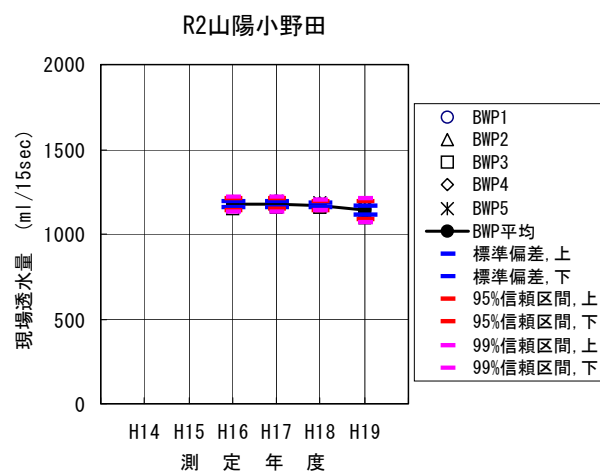
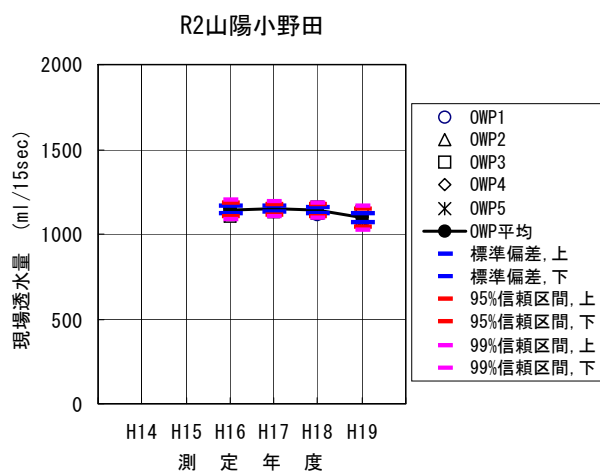
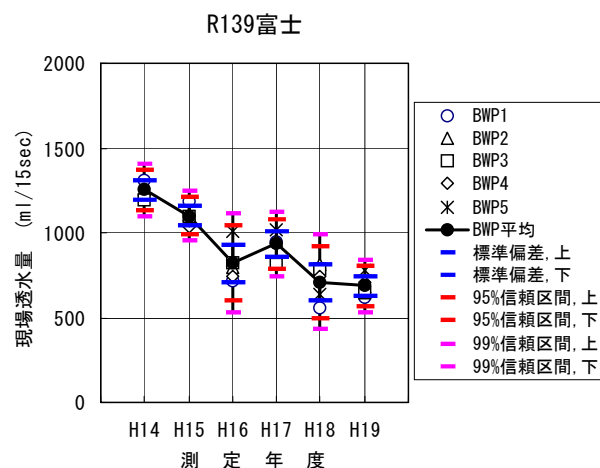
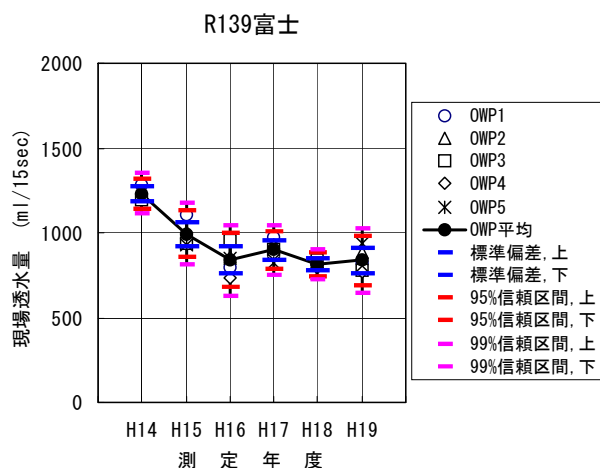


図 4-19(2) 測定年度毎の現場透水試験値測定データの標準偏差及び外れ値(2)

4.3.3 空隙率

全体空隙率、連続空隙率の測定データと経過月数との関係を図 4-20 に示す。なお、各プロットは調査箇所及び測定時期毎の算術平均値である。また、全体空隙率、連続空隙率の調査箇所毎のデータを図 4-21 に示し、連続空隙率の標準偏差及び外れ値を図 4-22 に示す。信頼区間 95%を基準とした場合、過年度データ、今年度データを含め、外れ値はなかった。

さらに、全体空隙率と連続空隙率との間の関係（回帰分析）について図 4-23 に示す。

図 4-20～図 4-23 から、以下のことが把握される。

- ①OWP の全体空隙率と連続空隙率は、経過月数に従い概ね小さくなる傾向であった。また、連続空隙率に比べ全体空隙率の方が、経過月数に従い小さくなる割合が大きい。
- ②BWP の連続空隙率はほとんどの調査箇所で横這いである。全体空隙率は、36 ヶ月程度まではほとんど横這いであるが、その後、減少傾向である。
- ③全体空隙率は連続空隙率よりおおむね 5%程度大きい。
- ④全体空隙率と連続空隙率の相関は、R16 野田、R6 土浦、R2 山陽小野田で相関が高く、それ以外では低い結果となった。相関が高い箇所は、現場透水試験においてある程度の透水量を有する箇所であった。なお、空隙率の中には貯水にも通水にも寄与しない独立空隙（無効空隙）が存在し、連続空隙はこれらを除いた評価に用いられることが多い。

なお、敷設後の経過月数が 60 ヶ月程度経過した時点の調査においては、連続空隙率が全体空隙率を上回る場合が生じている。全体空隙率の算出には合成理論密度（P. 48 参照）を用いており、設計上の舗装厚を仮定しているが、敷設後 60 ヶ月が経過した調査時点では路面（二層式の上層）に摩耗が生じており、仮定が成立していないことに起因していると考えられる。

- ⑤Top 粒径が 8mm、R8 上越、R11 新居浜であるが、その他の測定箇所のデータに比べて顕著な違いは見られない。

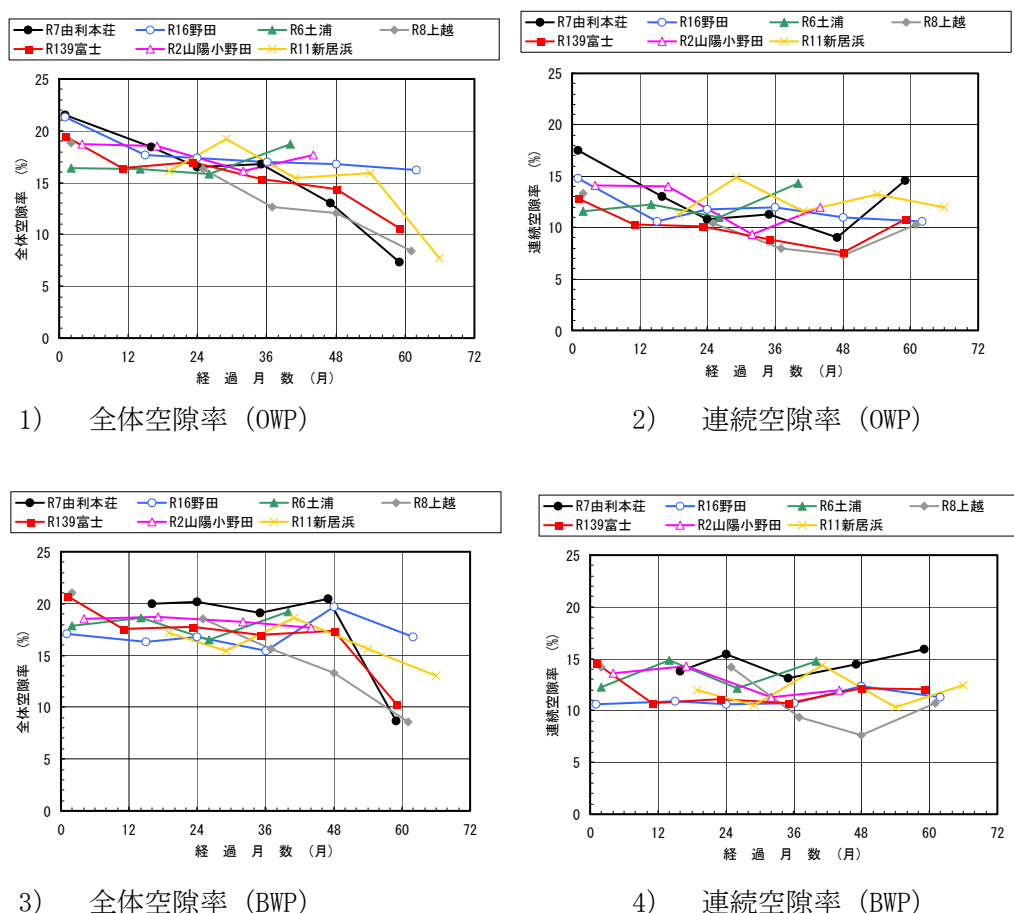


図 4-20 全体空隙率、連続空隙率の平均値と経過月数

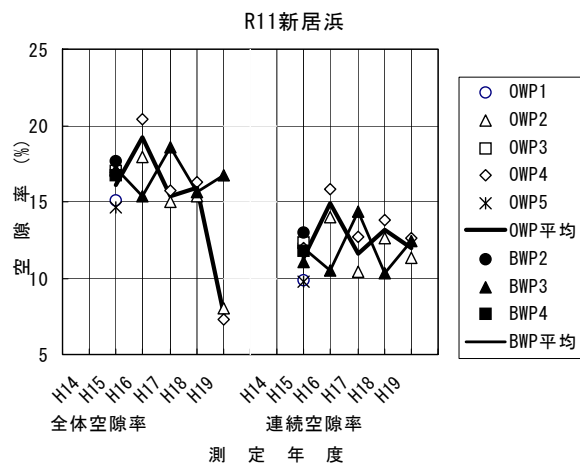
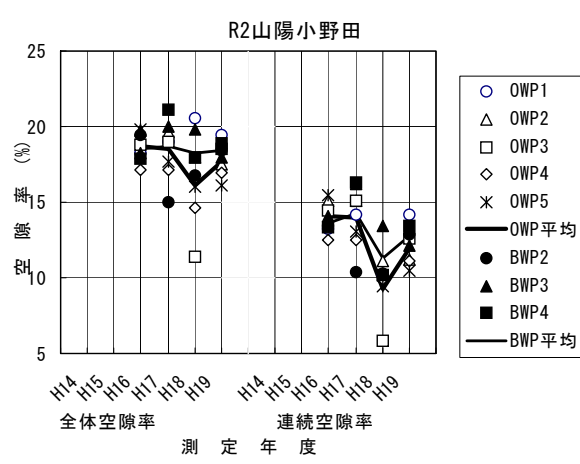
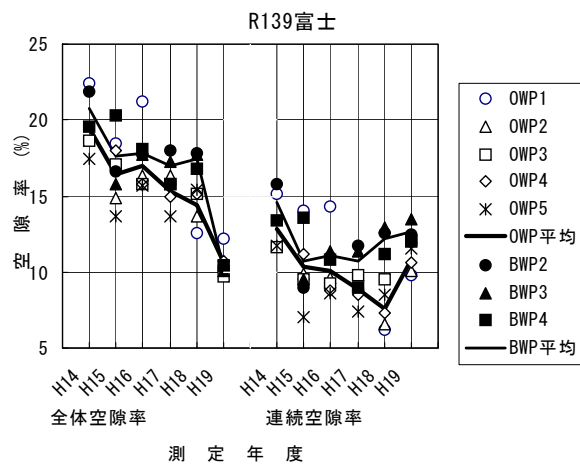
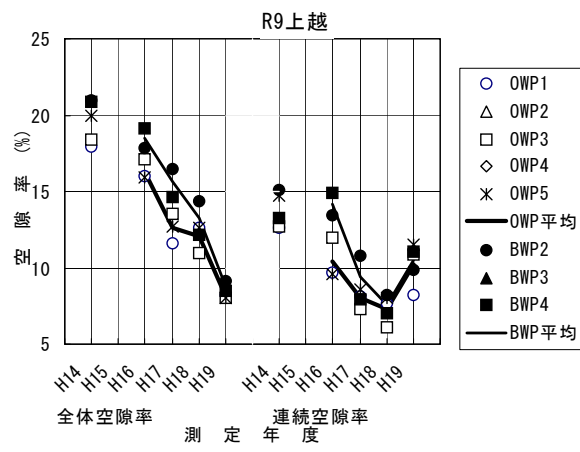
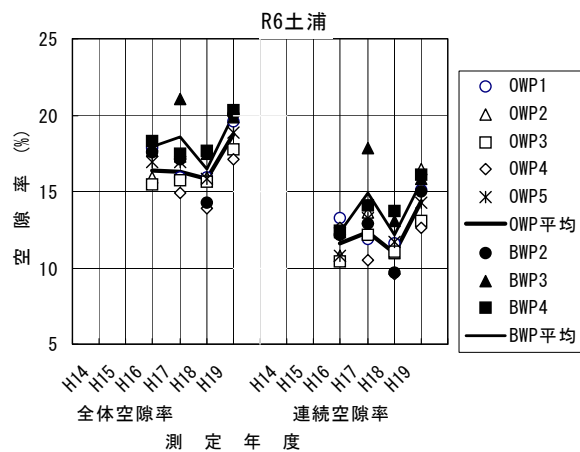
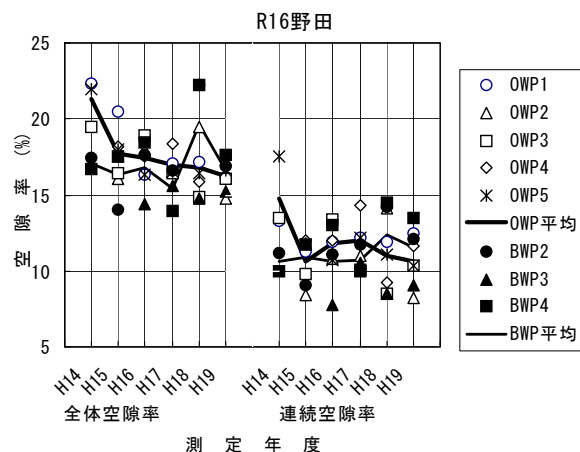
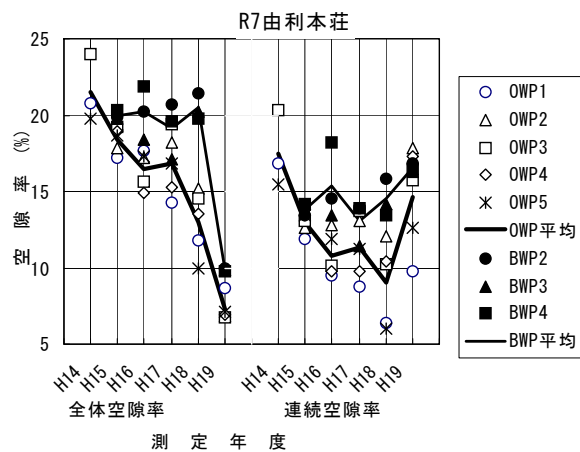


図 4-21 測定年度毎の全体空隙率、連続空隙率測定データ

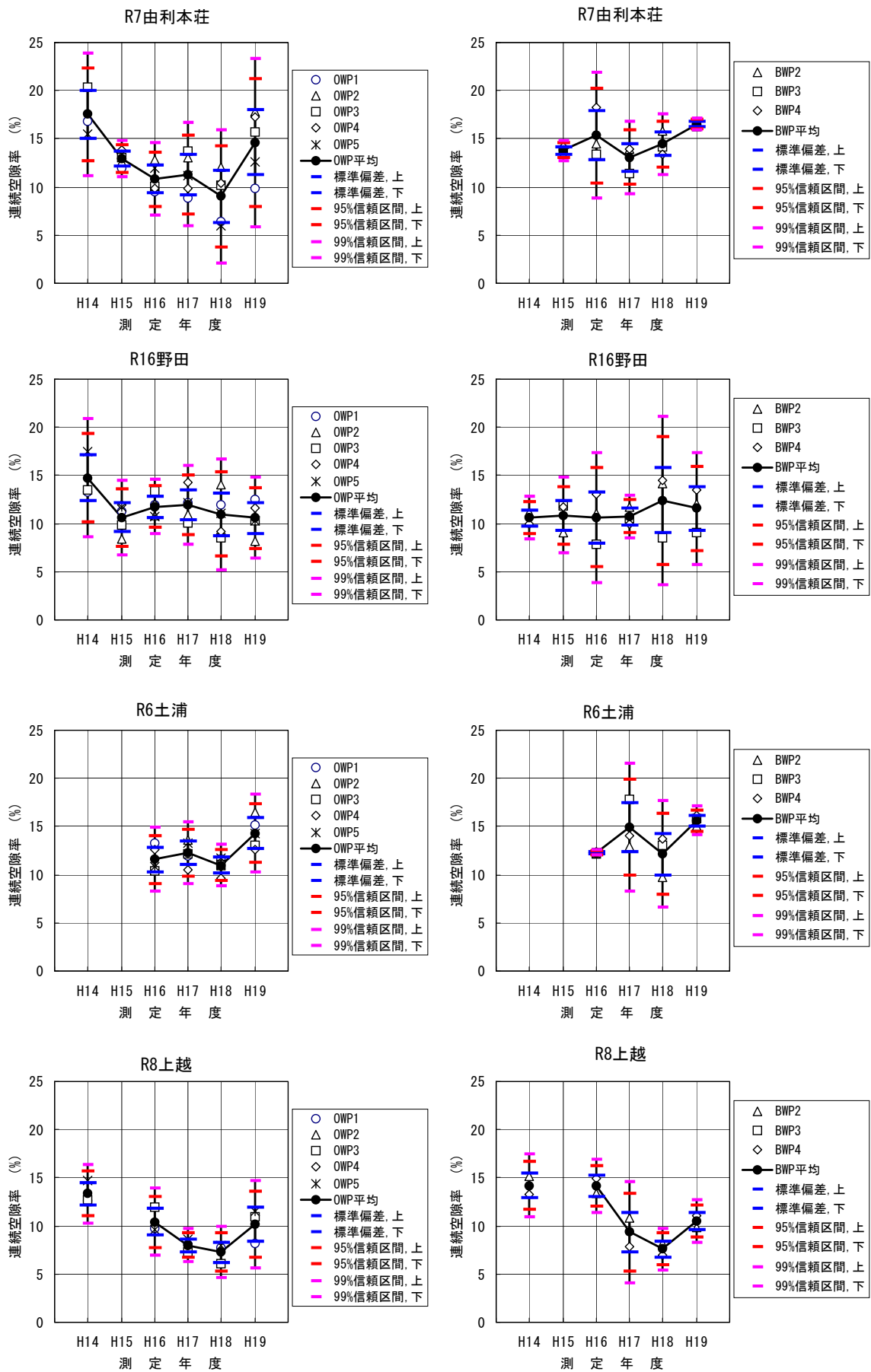


図 4-22(1) 測定年度毎の連続空隙率測定データの標準偏差及び外れ値(1)

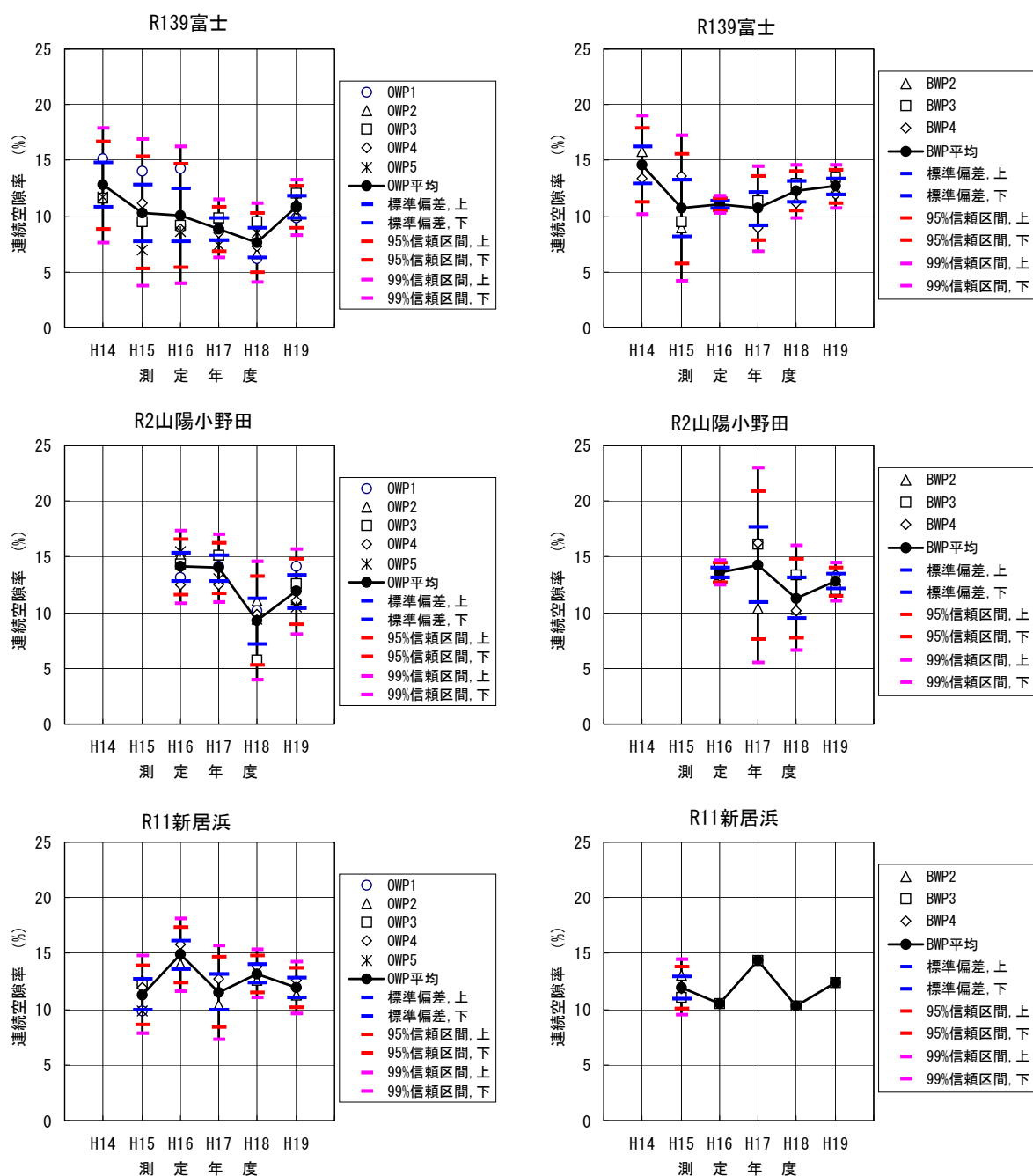
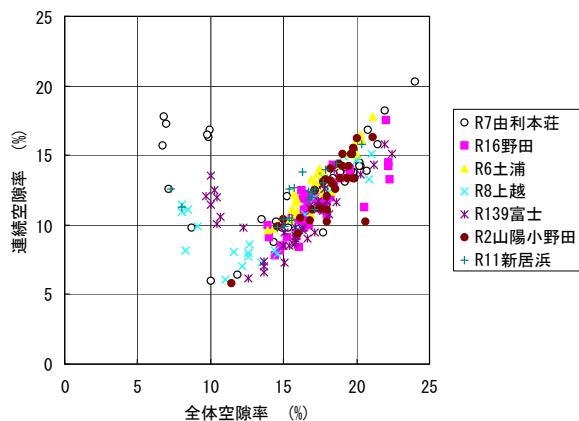
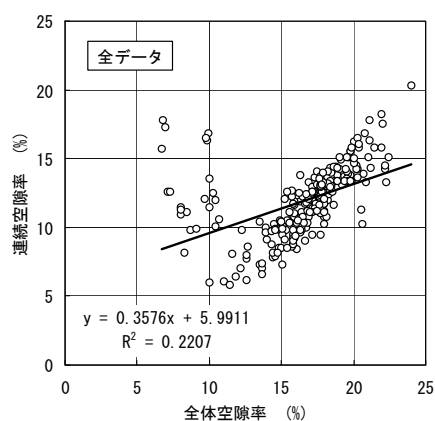


図 4-22(2) 測定年度毎の連続空隙率測定データの標準偏差及び外れ値(2)



1) 測定箇所毎のデータ



2) 全データの対応

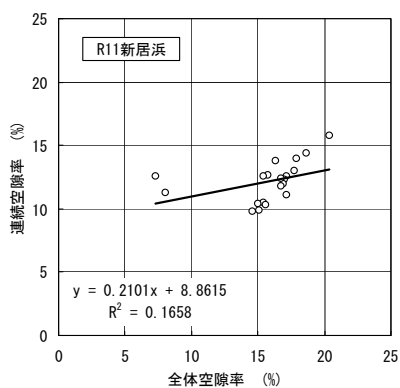
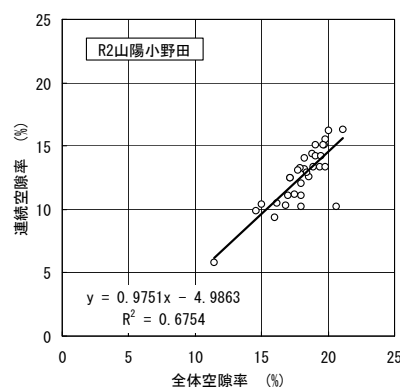
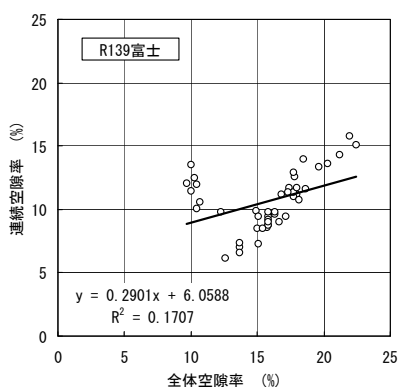
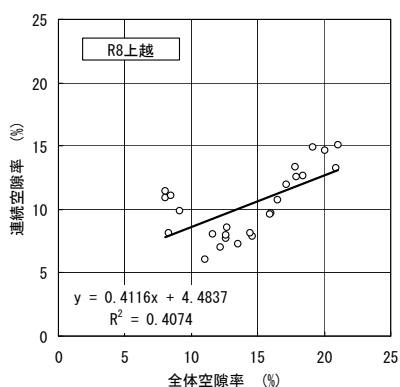
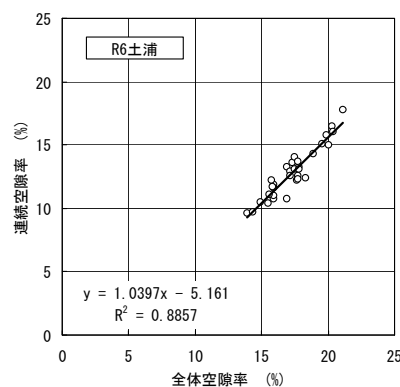
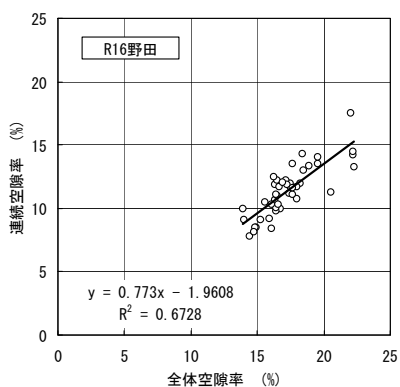
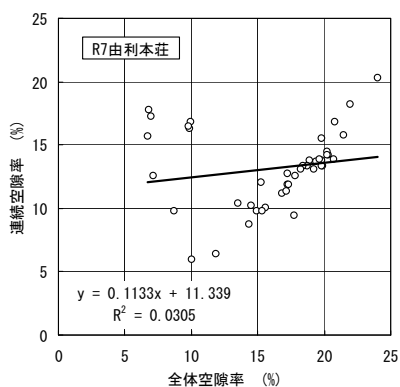


図 4-23 全体空隙率と連続空隙率の関係

4.3.4 吸音率

垂直入射吸音率（平坦特性の算術平均値）と経過月数との関係を図 4-24 に示す。なお、図 4-24 は OWP と BWP を合わせた平均値である。さらに、垂直入射吸音率のデータから密粒舗装に対する周波数毎のスペクトルを重み付けして求めた吸音率を図 4-25 に示す。両者の相関は高い。

また、垂直入射吸音率の調査箇所毎のデータを図 4-26 に示す。なお、データは A 管と B 管のデータが重複する部分を重み付き平均して合成したデータである。

これらの結果から以下のことが言える。

- ①垂直入射吸音率の平坦特性の平均値は、R6 土浦と R2 山陽小野田は経過月数に依らず吸音率が維持されている。
- ②その他の測定箇所は経過月数に従い、緩やかであるが吸音率が小さくなる傾向がある。
- ③Top 粒径が 8mm なのは R6 土浦、R8 上越、R11 新居浜であるが、その他の測定箇所の垂直入射吸音率と比較して顕著な違いは見られない。

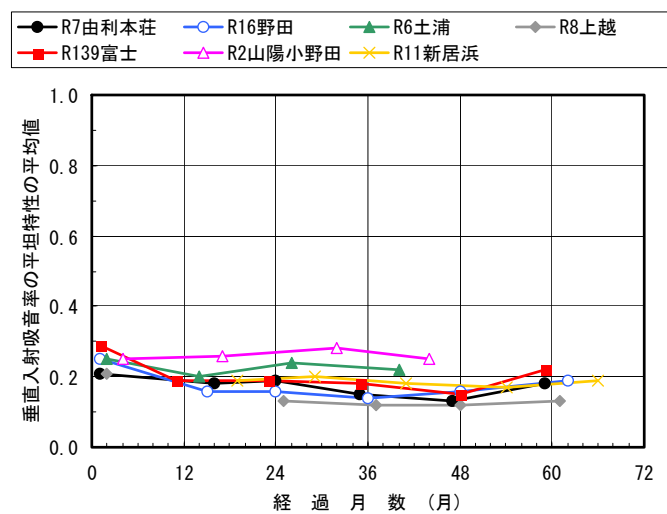


図 4-24 垂直入射吸音率（平坦特性の平均値）と経過月数

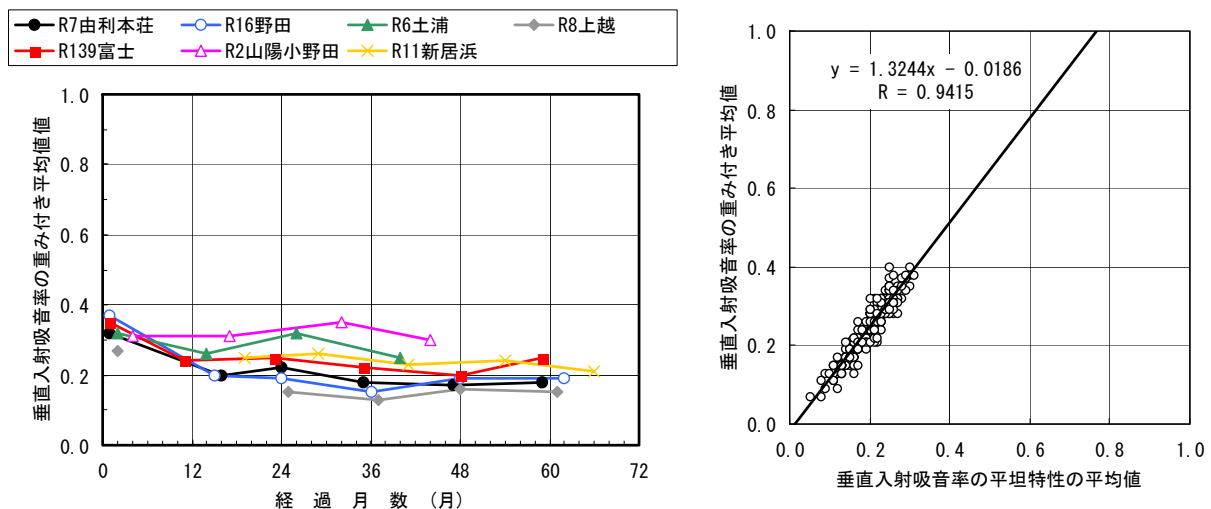


図 4-25 垂直入射吸音率の重み付き平均値と経過月数及び平坦特性の平均値との関係

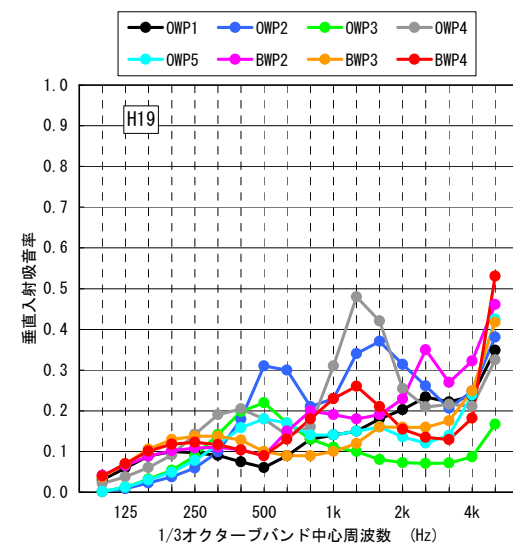
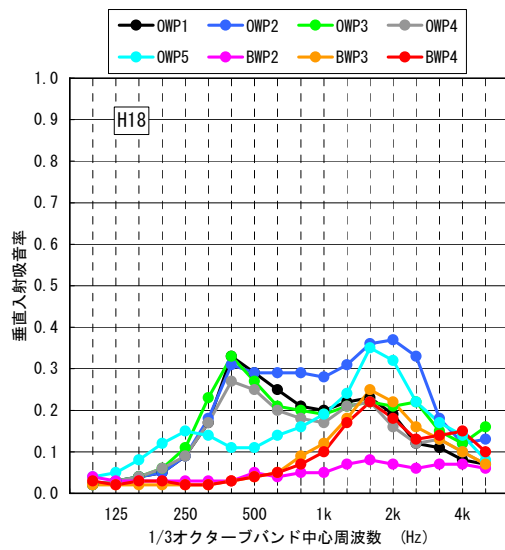
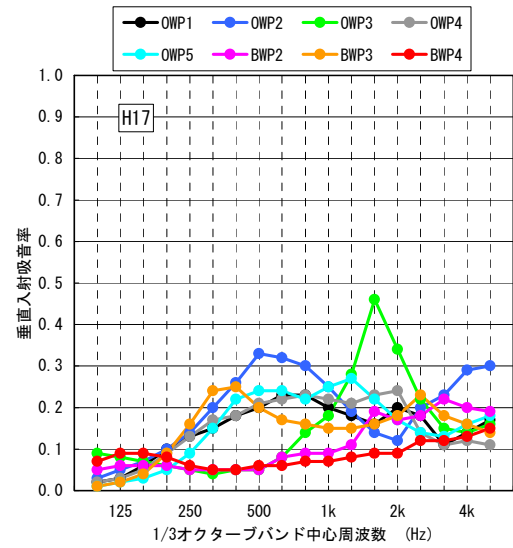
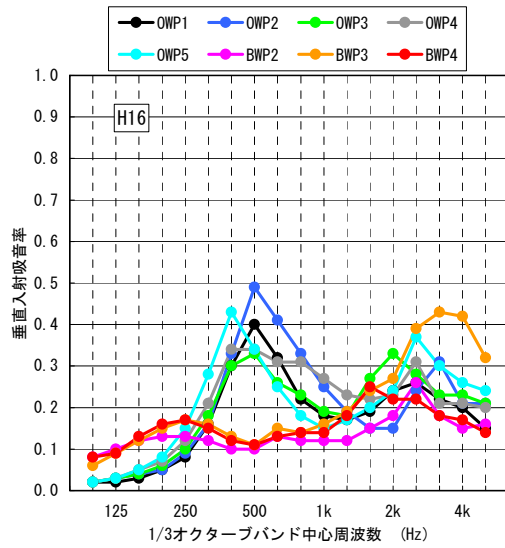
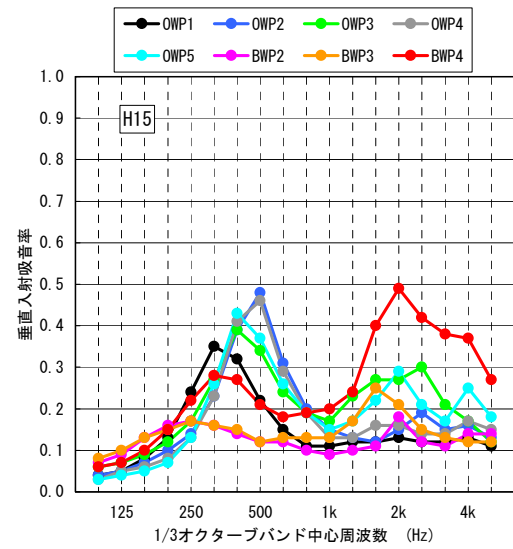
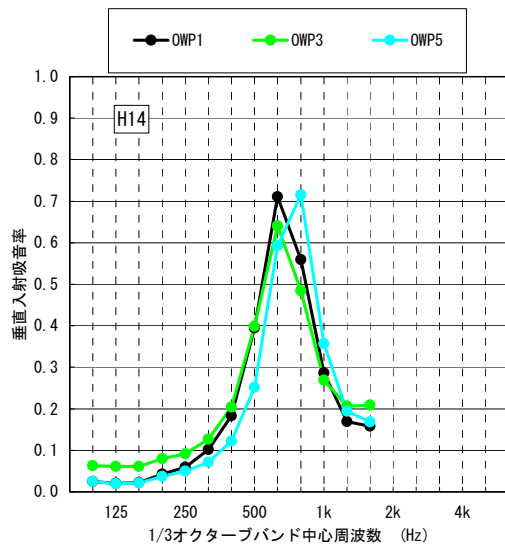


図 4-26(1) 垂直入射吸音率のデータ (R7 由利本荘)

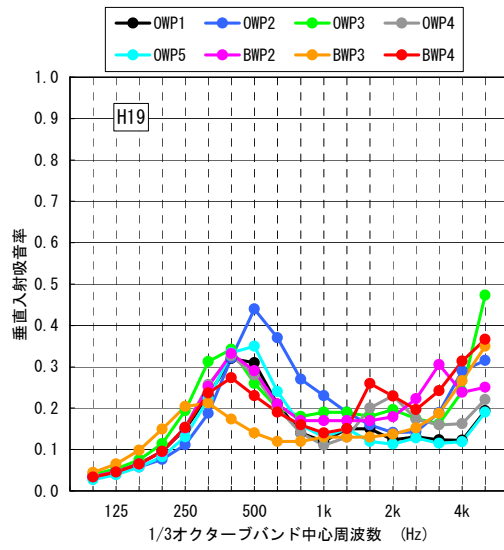
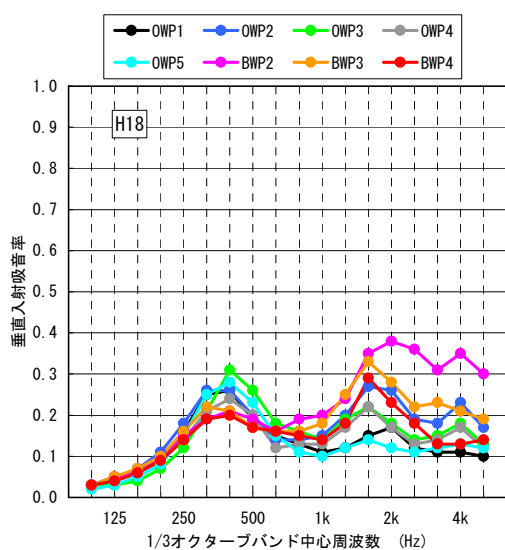
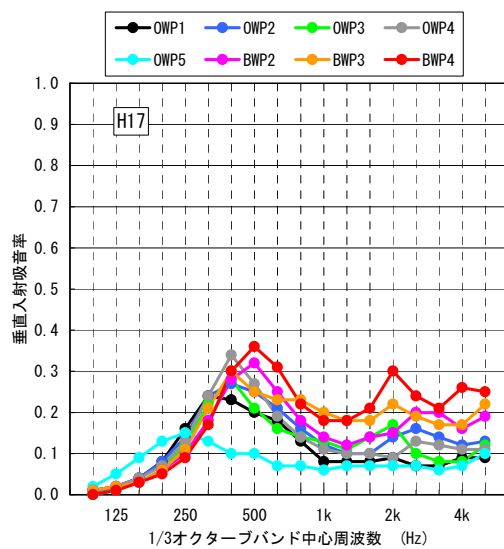
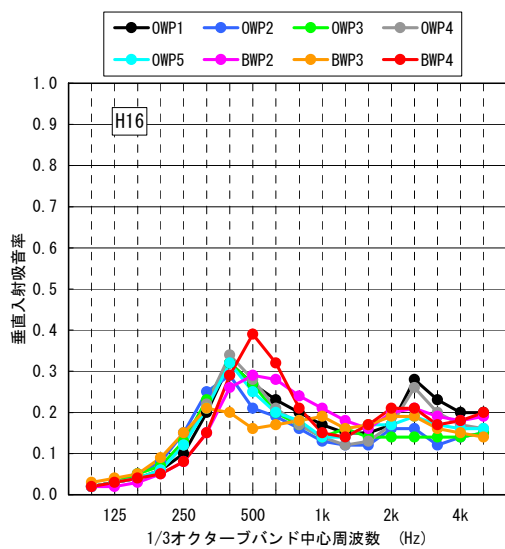
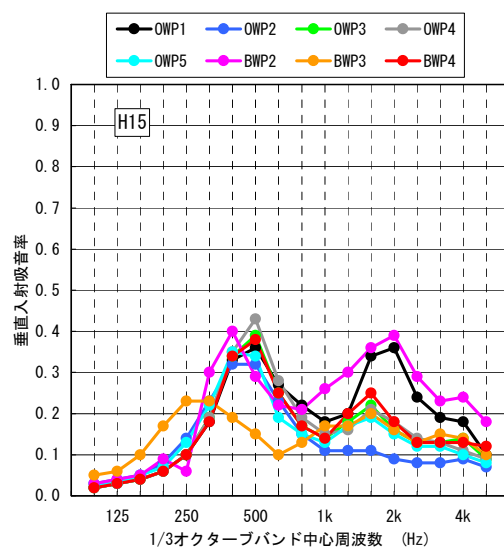
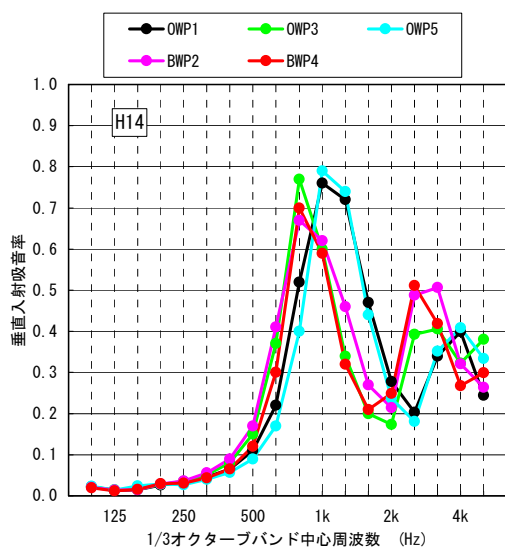


図 4-26 (2) 垂直入射吸音率のデータ (R16 野田)

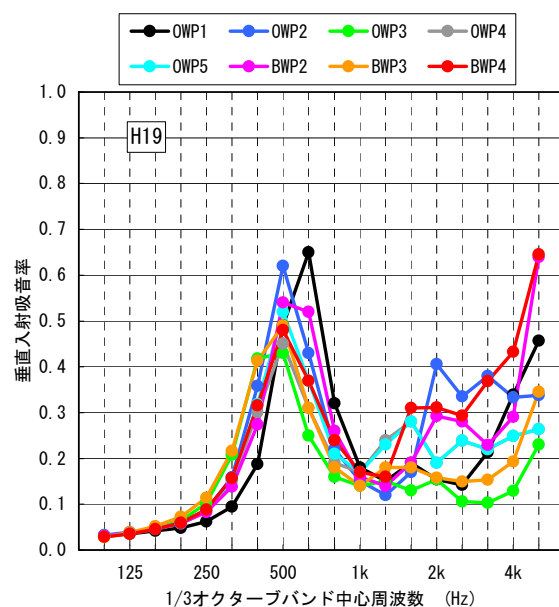
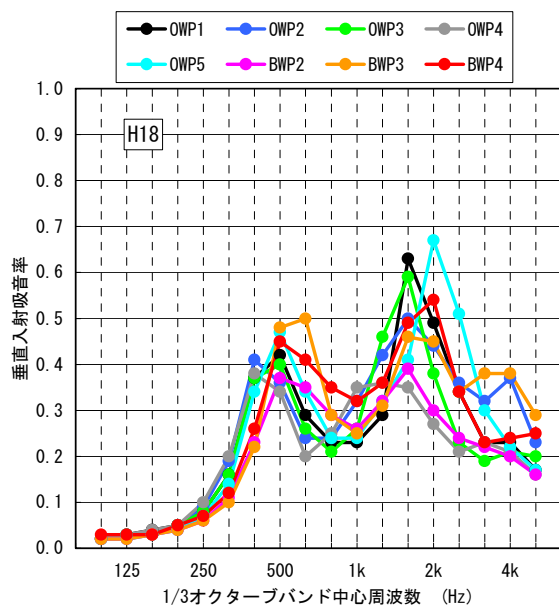
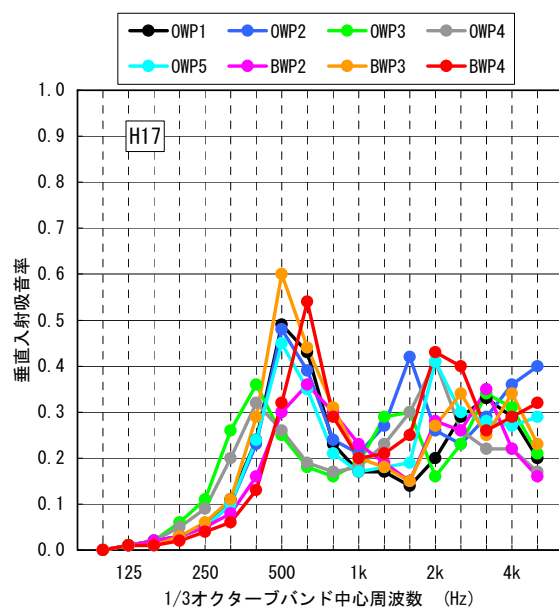
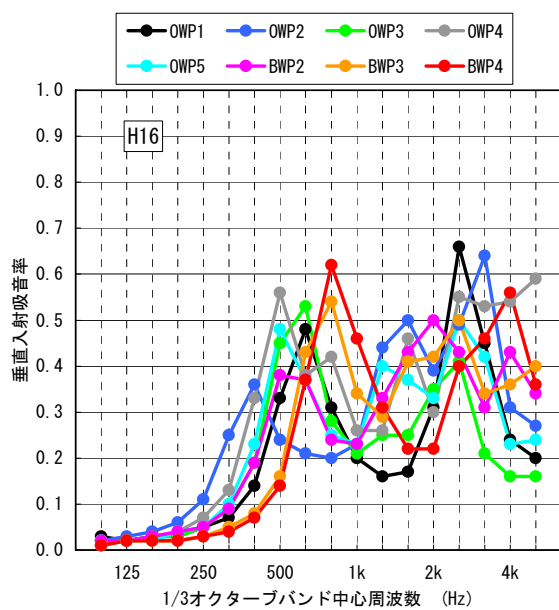


図 4-26 (3) 垂直入射吸音率のデータ (R6 土浦)

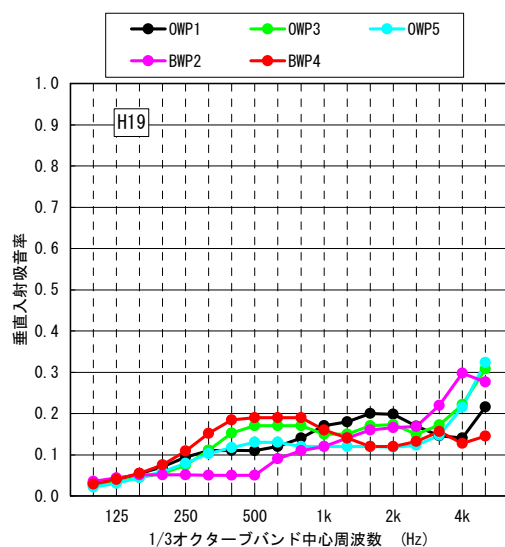
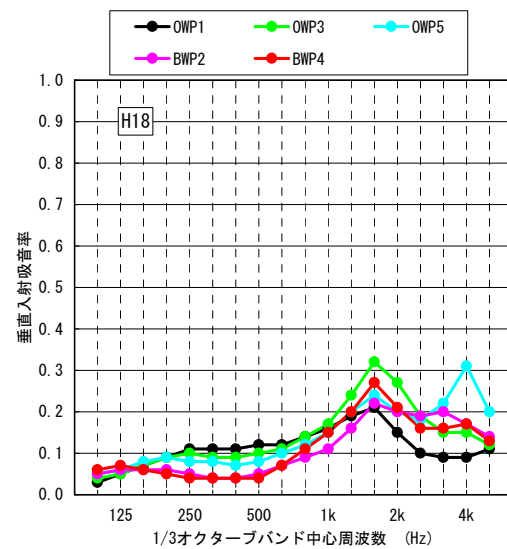
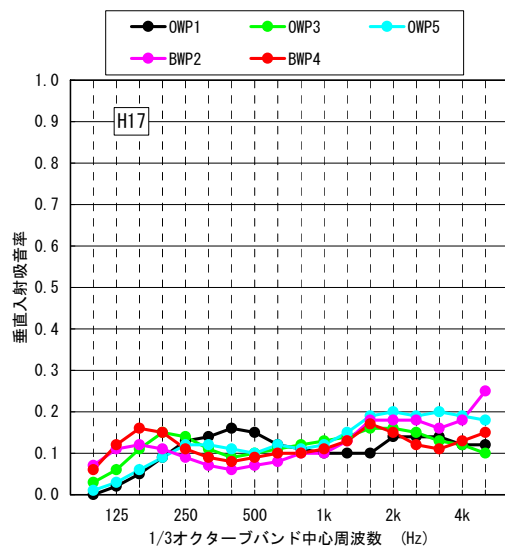
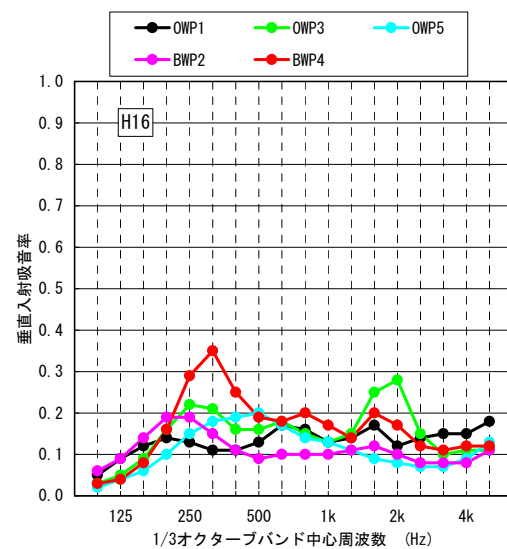
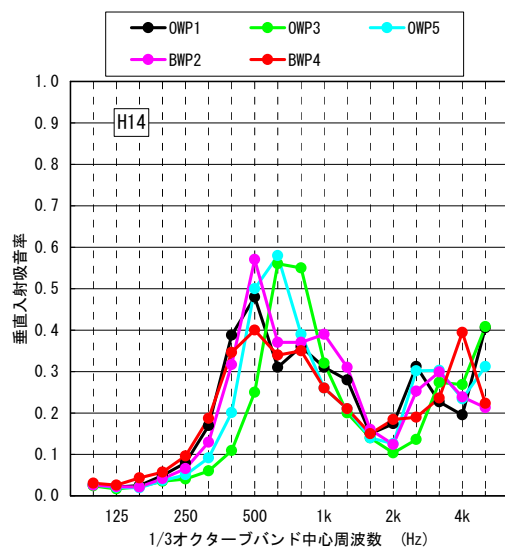


図 4-26 (4) 垂直入射吸音率のデータ (R8 上越)

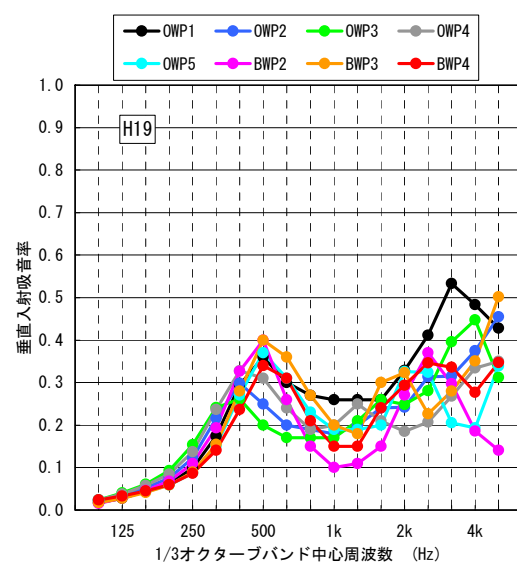
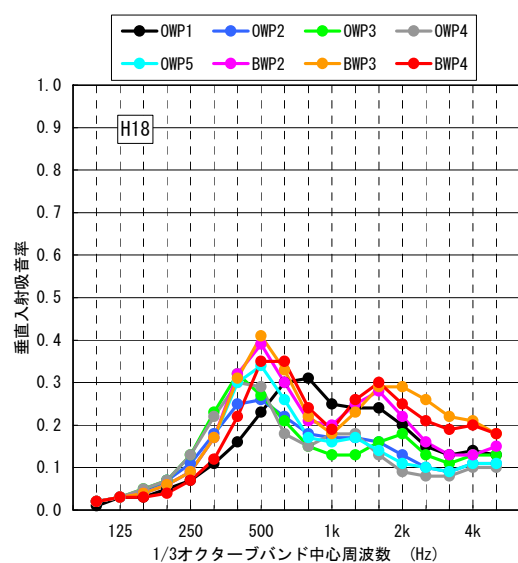
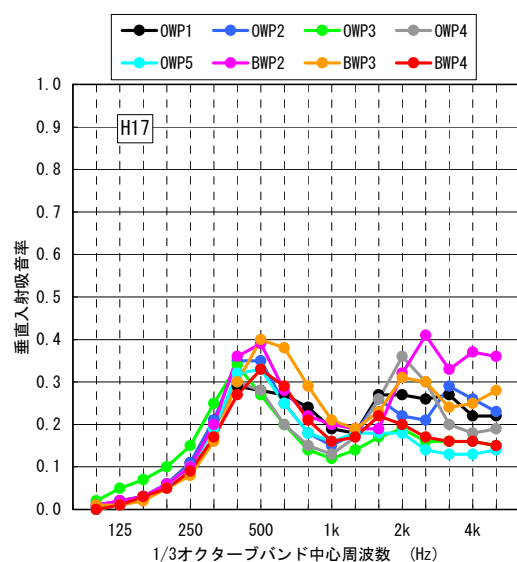
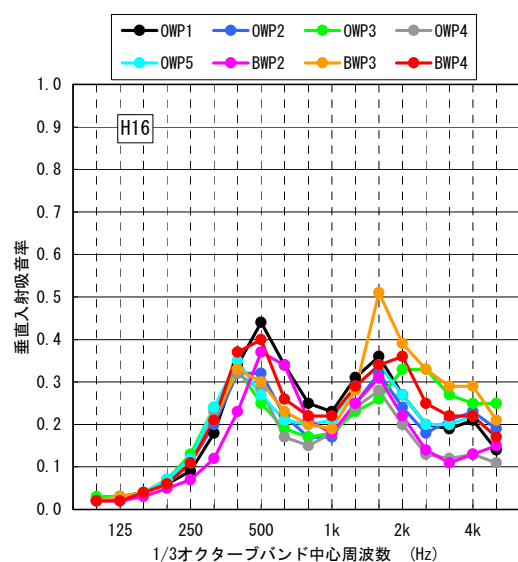
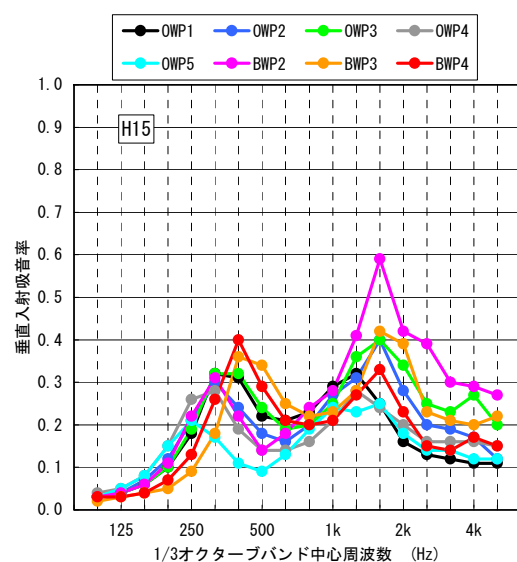
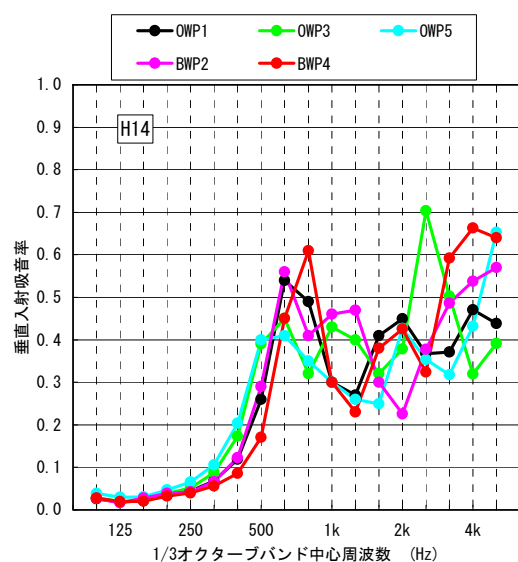


図 4-26 (5) 垂直入射吸音率のデータ (R139 富士)

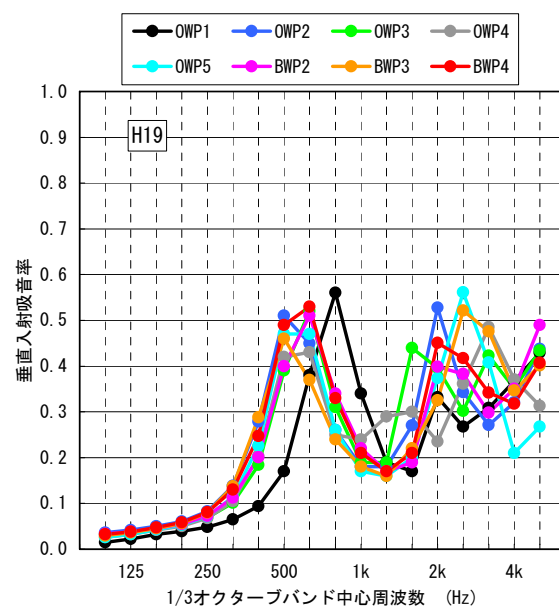
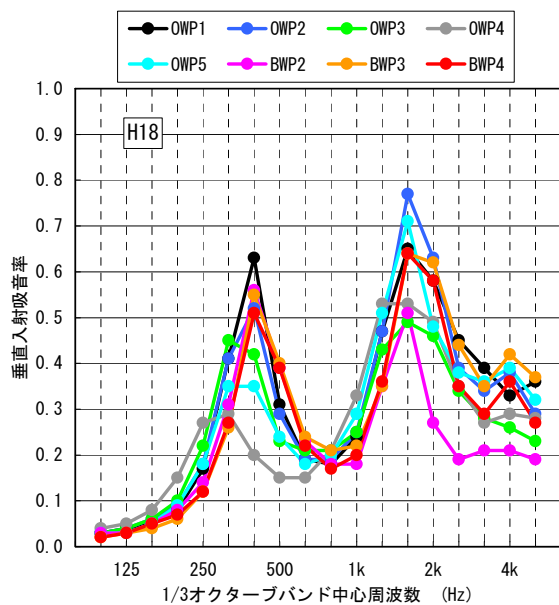
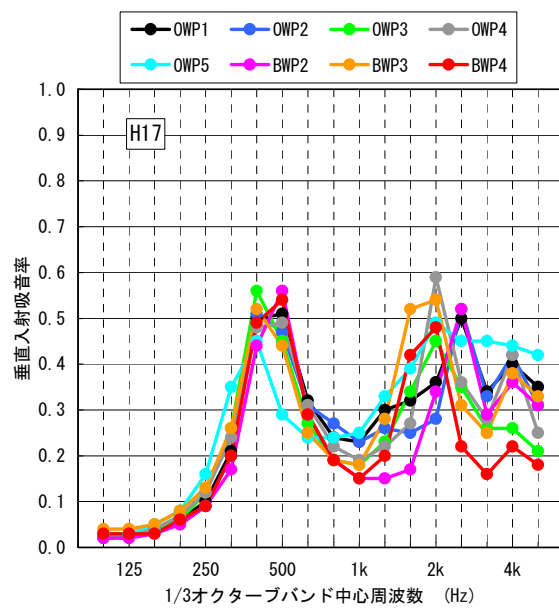
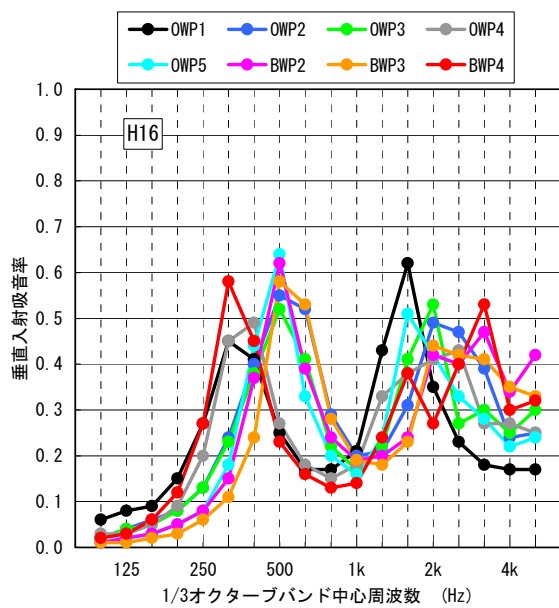


図 4-26 (6) 垂直入射吸音率のデータ (R2 山陽小野田)

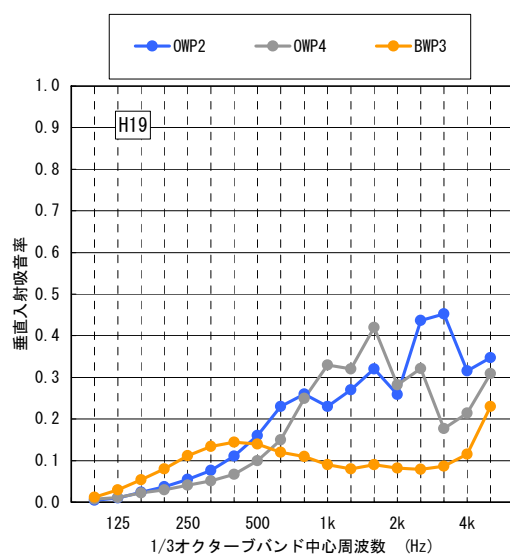
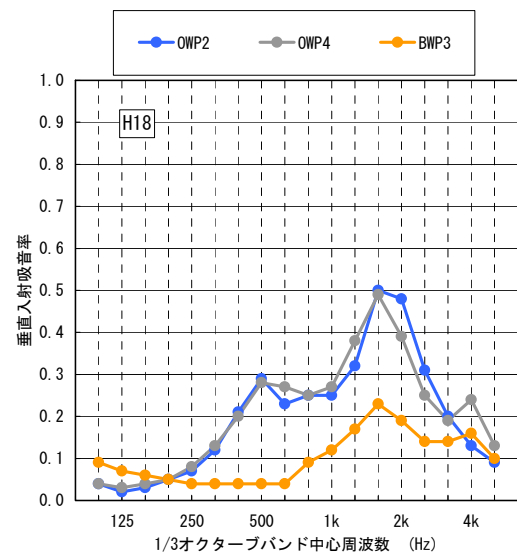
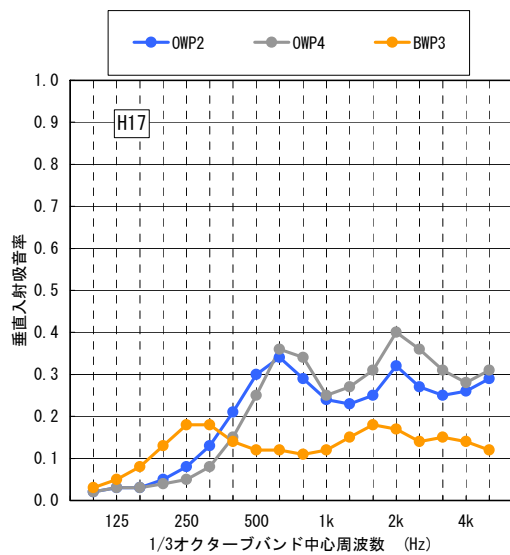
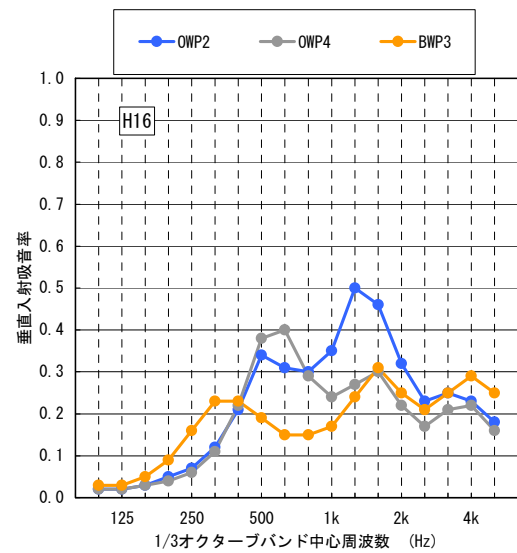
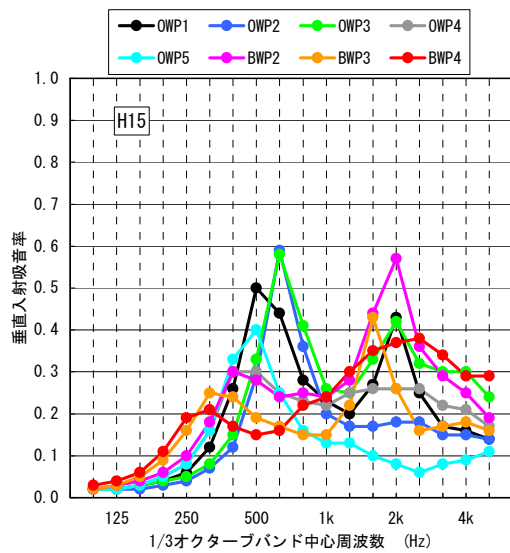


図 4-26(7) 垂直入射吸音率のデータ (R11 新居浜)

4.3.5 縦断凹凸量（平坦性）

縦断凹凸量の現場測定データと大型車総交通量との関係を図 4-27 に示す。各プロットは調査箇所及び測定時期毎の算術平均値である。参考として横断凹凸量の現場測定データと経過月数の関係を図 4-28 に示す。調査箇所毎のデータは図 4-29 である。

R7 由利本荘(5mmTop)データを除けば、5mmTop と 8mmTop 共に経過月数に従い微増傾向である。

図 4-27～図 4-29 から以下のことが把握される。

①R7 由利本荘は、経年変化量が他地点に比べて振れが大きい。

②R16 野田、R6 土浦、R8 上越、R139 富士、R2 山陽小野田、R. 11 新居浜は、経過月数が増すにつれ、概ね標準偏差の値が緩やかに大きくなっており、増加幅も同程度である。

注) R2 山陽小野田の H19 年（大型車総交通量約 130 万台、施工後 44 ヶ月）のデータは下部構造に生じた段差の影響を受けていると考えられる値であるため、ここでは除外した。

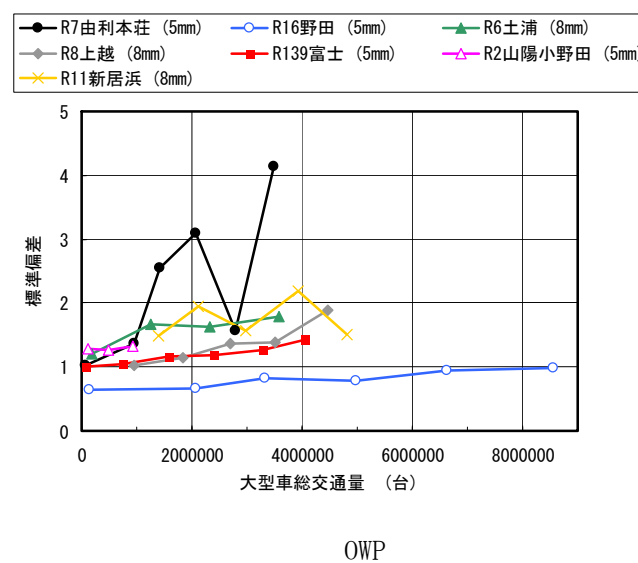


図 4-27 縦断凹凸量の平均値と大型車総交通量

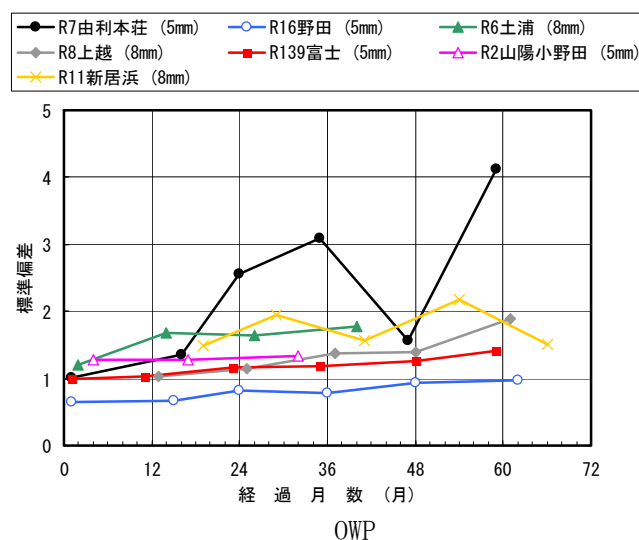


図 4-28 縦断凹凸量の平均値と経過月数

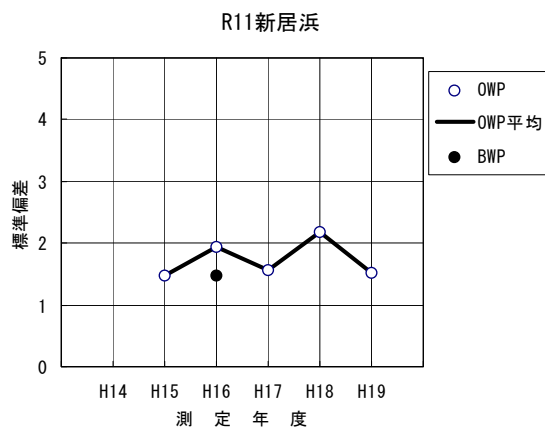
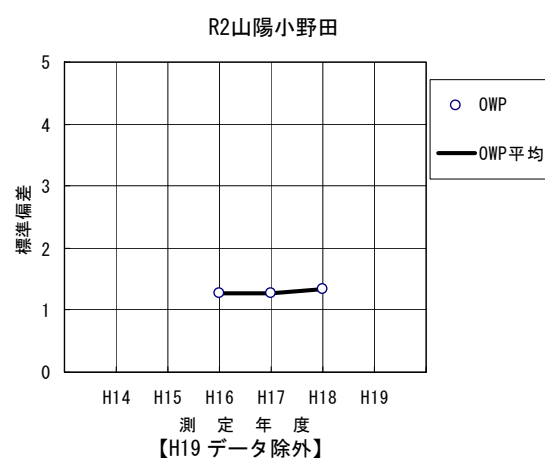
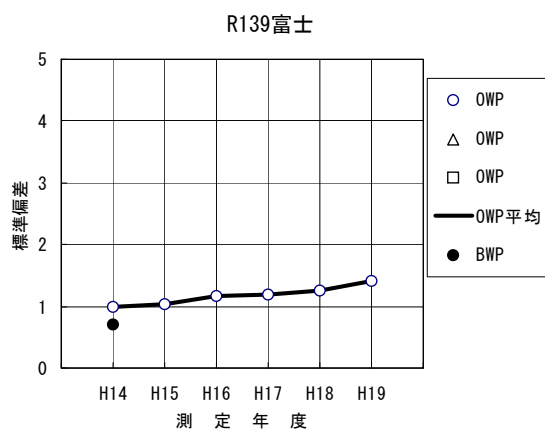
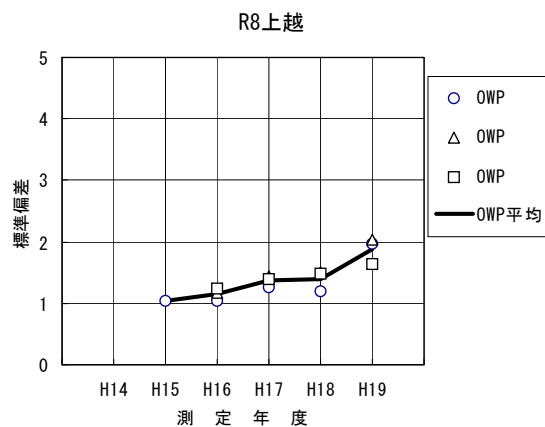
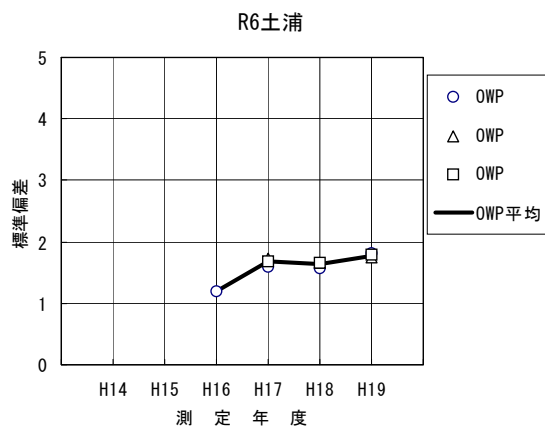
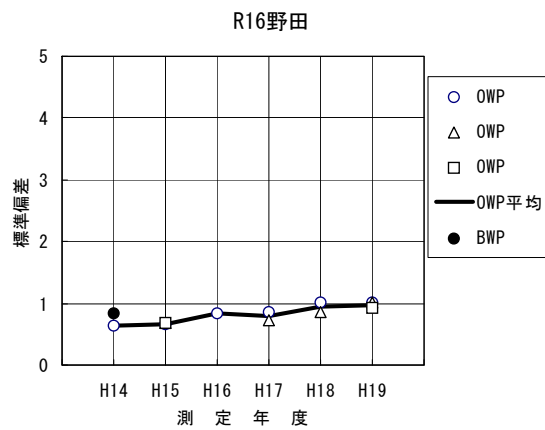
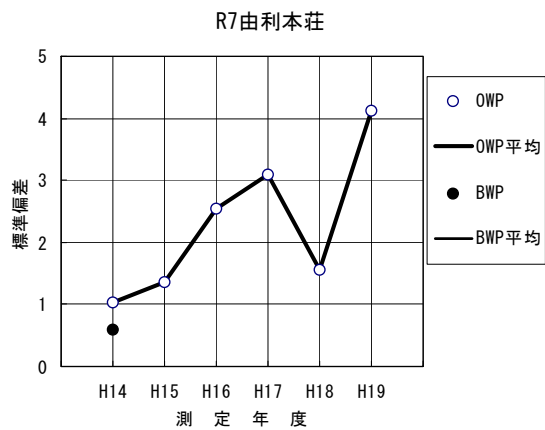


図 4-29 測定箇所毎の縦断凹凸量の測定データ

4.3.6 横断凹凸量（わだち掘れ量）

横断凹凸量の現場測定データと大型車総交通量との関係を図 4-30 に示す。各プロットは調査箇所及び測定時期毎の算術平均値である。参考に横断凹凸量の現場測定データと経過月数の関係は図 4-31 に示す。調査箇所毎のデータは図 4-32 である。

図 4-30～図 4-32 から以下のことが把握される。

①R7 由利本荘、R11 新居浜でわだち掘れ量の増加が大きい。

②その他の地点では著しいわだち掘れは生じていない。

注) R2 山陽小野田の H19 年（大型車総交通量約 130 万台、施工後 44 ヶ月）のデータは下部構造に生じた段差の影響を受けていると考えられる値であるため、ここでは除外した。

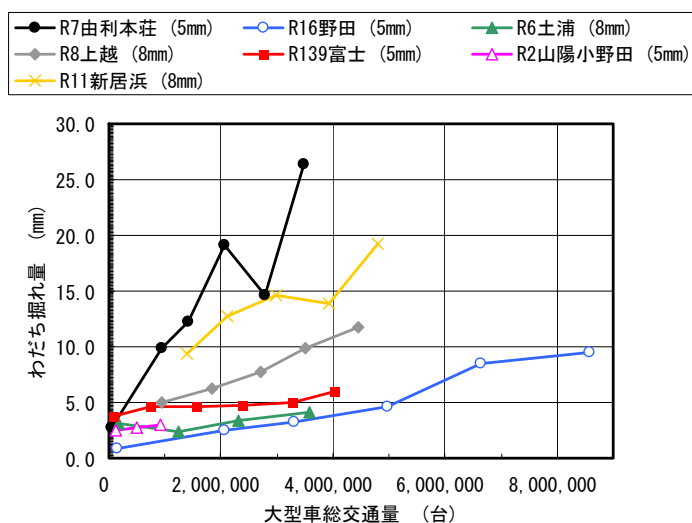


図 4-30 横断凹凸量の平均値と大型車総交通量（R6 土浦は、外れ値を除く）

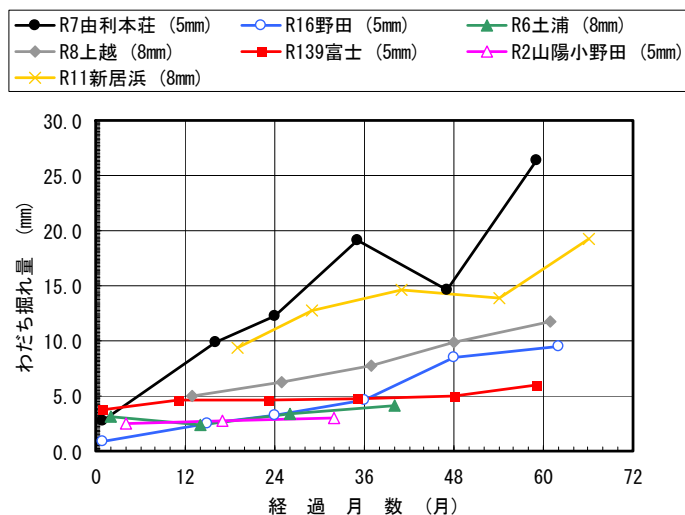


図 4-31 横断凹凸量の平均値と経過月数（R6 土浦は、外れ値を除く）

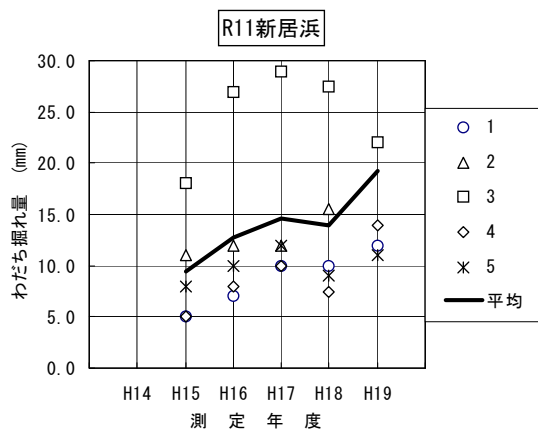
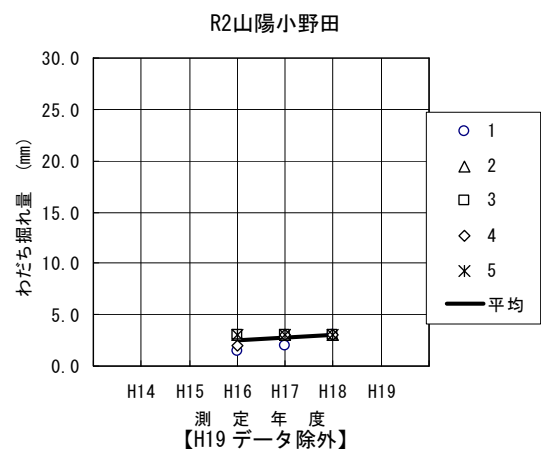
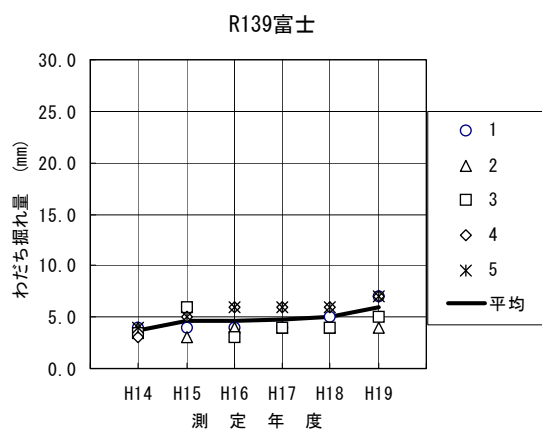
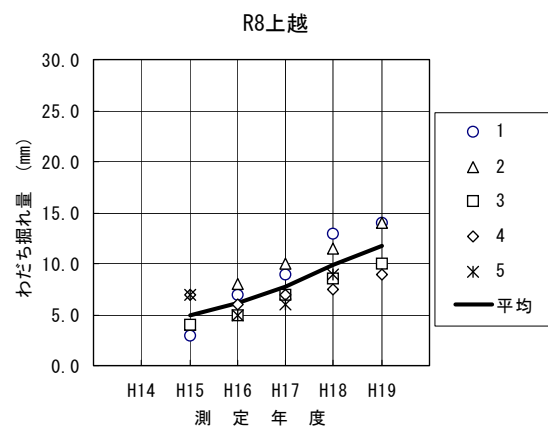
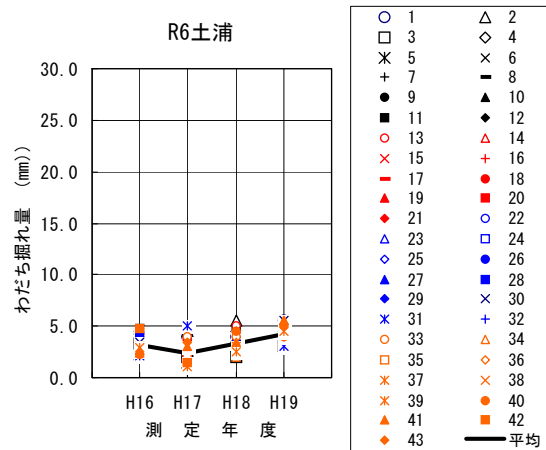
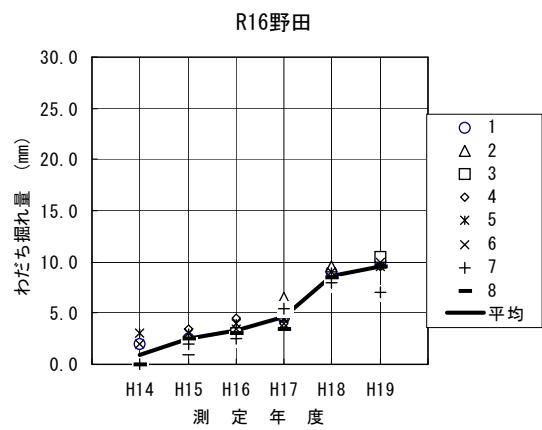
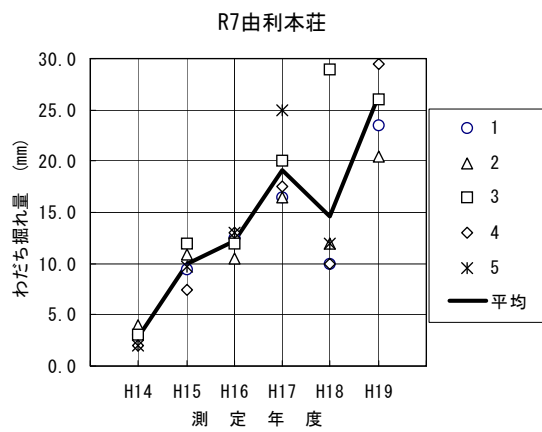


図 4-32 測定箇所毎の横断凹凸量の測定データ (R6 土浦は、外れ値を除く)

4.4 まとめ

全国7箇所国道にて平成14年度から平成19年度に実施した二層式排水性舗装の騒音低減効果と路面性状の追跡調査により、下記が把握された。

(1) 騒音低減効果

- ・単独車のA特性音響パワーレベルの上昇（回帰式の傾き）は以下のとおりであった。

＜全データ（7地点）による回帰＞

大型車 : 0.037dB/月 (0.44dB/年) 中型車 : 0.035dB/月 (0.42dB/年)
小型貨物車 : 0.10dB/月 (1.2dB/年) 乗用車 : 0.090dB/月 (1.07dB/年)

＜積雪寒冷地を除くデータ（5地点）による回帰＞

大型車 : 0.032dB/月 (0.38dB/年) 中型車 : 0.028dB/月 (0.34dB/年)
小型貨物車 : 0.061dB/月 (0.73dB/年) 乗用車 : 0.071dB/月 (0.85dB/年)

＜積雪寒冷地のみのデータ（2地点）による回帰＞

大型車 : 0.047dB/月 (0.57dB/年) 中型車 : 0.054dB/月 (0.64dB/年)
小型貨物車 : 0.16dB/月 (1.9dB/年) 乗用車 : 0.12dB/月 (1.5dB/年)

- ・試験車についても以下の結果となり、単独車と同等であった。

＜全データ（7地点）による回帰＞

大型試験車 : 0.034dB/月 (0.41dB/年) 乗用試験車 : 0.099dB/月 (1.2dB/年)

＜積雪寒冷地を除くデータ（5地点）による回帰＞

大型試験車 : 0.020dB/月 (0.24dB/年) 乗用試験車 : 0.072dB/月 (0.86dB/年)

＜積雪寒冷地のみのデータ（2地点）による回帰＞

大型試験車 : 0.063dB/月 (0.75dB/年) 乗用試験車 : 0.151dB/月 (1.8dB/年)

- ・これらは(社)日本音響学会の道路交通騒音予測モデル ASJ RTN-Model の排水性舗装路面に関する補正式と同等の値であり、二層式排水性舗装の騒音低減効果の経年変化は、本調査結果を見る限りでは一層式排水性舗装と同等である。
- ・ただし、積雪寒冷地では、積雪やタイヤチェーンの影響によると考えられる路面の劣化が早く、騒音低減効果が持続する期間は短い。

(2) 路面性状

MPD : 積雪寒冷地や8mmTOPの箇所では増加傾向が見られた。他は横ばいである。
現場透水試験値 : 経年とともに低下傾向であるものの、多くの箇所で施工から48～60ヶ月の時点で700ml/15秒以上の透水量を確保している。ただし、積雪寒冷地においては24ヶ月以降の低下が著しい。
空隙率 : 全体空隙率、連続空隙率ともにOWPでは低下傾向、BWPでは横ばいであった。
吸音率 : 緩やかな低下傾向であった。
縦断凹凸量 : 微増傾向であるが、1地点（積雪寒冷地）を除き、目立った値の変化は見られていない。
横断凹凸量 : 微増傾向であるが、一部の地点を除き、目立った値の変化は見られていない。