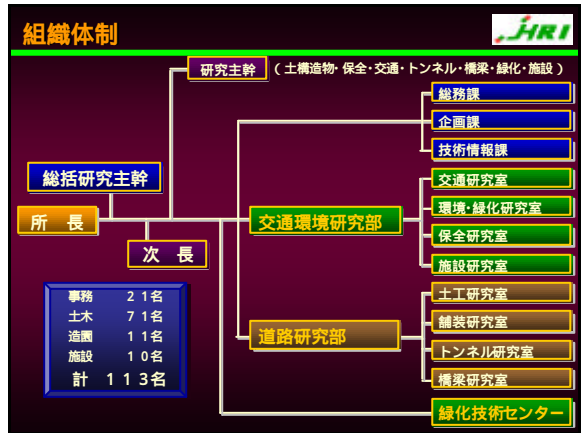


# 高速道路における舗装技術



日本道路公団 試験研究所  
道路研究部長 岩崎洋一郎



## 舗装研究室 研究テーマ

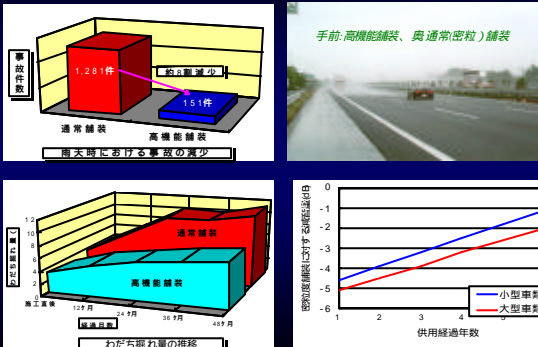
(目標)安全 快適で健全な舗装を目指して

- ◆ 高機能舗装に関する研究
  - 耐久性向上、機能評価
  - 補修工法・材料、リサイクル工法
- ◆ 舗装構造に関する研究
  - 理論設計法の確立、舗装構造の健全度評価
- ◆ 路面管理に関する研究
  - 新しい管理指標 (Q<sub>0</sub>ファイル、IRI)、路面性状の測定手法
  - すべり摩擦測定、舗装メンテナンスシステム
- ◆ 回転式舗装試験機による評価試験

## 本日の講義概要

- 高機能舗装の現状
- ハイブリッド舗装
- リサイクル技術
- コンポジット舗装
- 路面管理に関する研究
- 特殊舗装

## 高機能舗装のメリット



事前: 高機能舗装、(奥) 通常密粒舗装

通常舗装: 1,281件  
高機能舗装: 151件  
→ 目次数における事故の減少

通常舗装: 1.2  
高機能舗装: 0.8  
→ わたがら車線の推移

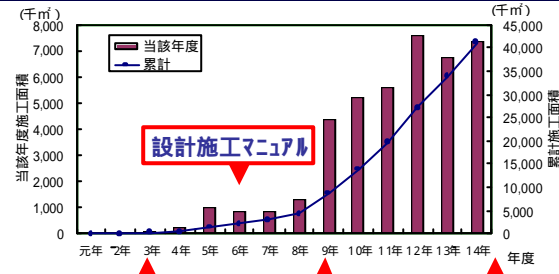
初期経過年数に対する凹凸深さ (mm)

経過年数	小型車線	大型車線
0	0	0
1	-1.5	-2.5
2	-3.0	-4.5
3	-4.5	-6.5
4	-6.0	-8.5

供用経過年数

## 高機能舗装の施工実績

約11,800千<sup>2</sup>車線 総車線延長の4割



(千<sup>2</sup>m) 当該年度施工面積 (左軸)

(千<sup>2</sup>m) 累計 (右軸)

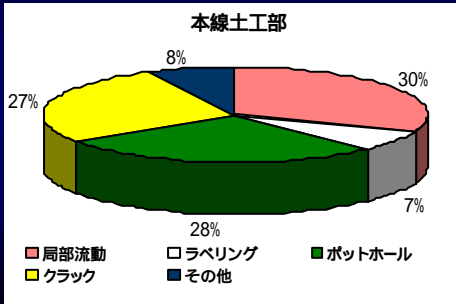
設計施工マニュアル

要領(案) 配合設計変更 設計要領改訂

# 高機能舗装の損傷実態



(H12調査実施：損傷報告件数約300)



# 局部流動の発生事例



# 局部流動の発生事例

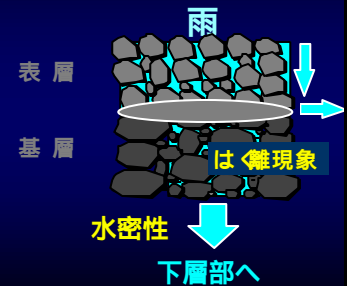


基層等の健全度調査を追加実施  
 ・混合物の劣化  
 ・クラック等

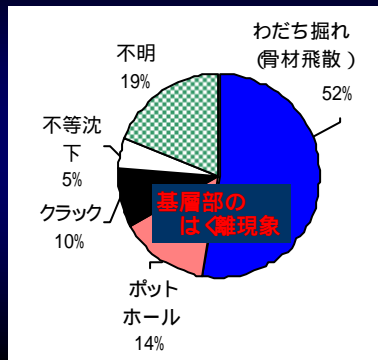
# 基層部のはく離現象



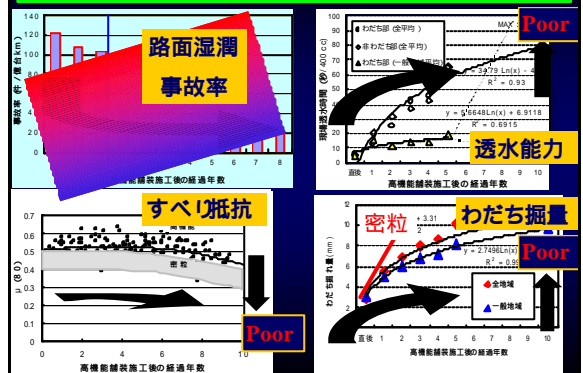
舗装体内に水を取り込んだため、従来では考えられなかった基層以下のアスファルト混合物のはく離現象が発生



# 追跡調査 69箇所の打換理由



# 雨天時の事故率低減との関係



## 雨天時の事故低減



高機能舗装の追跡調査 (69箇所)  
結果から、雨天時の事故低減効果は、  
**すべり摩擦係数  $\mu$  (80) の高さ**と**わだち掘れの少なさ**が卓越しているものと推察される。

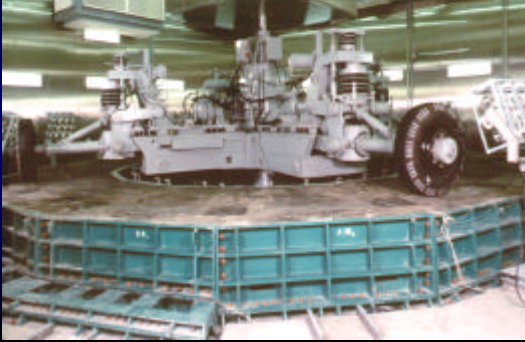
## 高機能舗装の現況



その1 表層だけを高機能舗装へ改良してきた **基層混合物等のはく離現象の発生** 基層からの改良が必要、コスト増大

その2 高機能舗装の雨天時の事故低減効果は、**すべり摩擦係数  $\mu$  (80) の高さ**と**わだち掘れの少なさ**が卓越しているものと推察される。

## ハイブリッド舗装の研究開発



## ハイブリッド舗装の概念



表面は高機能舗装と同等のきめ深さ

内部はSMAと同等の水密性



表層断面図

特殊な舗設機械を使用せず、1層施工可能

極めて難題

## 研究開発の当面の適用 :TN 内

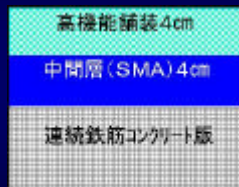


高機能舗装の採用理由

明り部とトンネル内で路面のテクスチャの連続性を保つ

黒路面による白線の視認性向上など

- トンネル内は降雨がないため排水機能は不要



建設のトンネル内の舗装構造

## ハイブリッド舗装 (TN 内) の開発

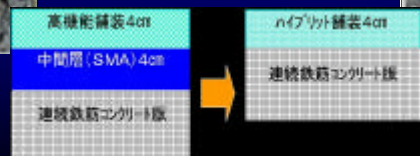


表面は高機能舗装と同等のテクスチャ

内部はSMAと同等の防水性

2層 (6cm) が1層 (4cm) になる

約5割のコスト節減



## 開発のコンセプト

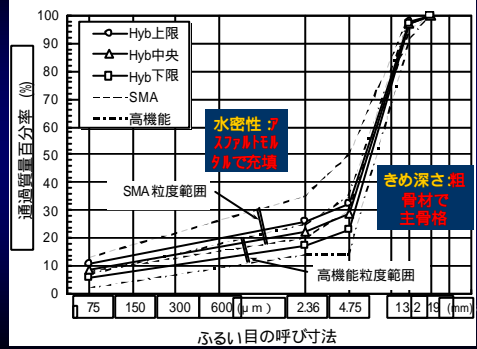


高機能舗装とSMAの機能を併せ持つハイブリッド舗装に求められる性能としては、

高機能舗装同等のすべり抵抗性 (きめ深さ) 骨材飛散抵抗性、耐流動性

SMAと同等の耐摩耗性、水密性  
たわみ (ひび割れ) 追従性

## 粒度の検討



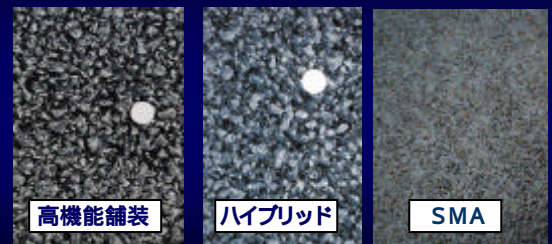
## 配合設計推奨基準値



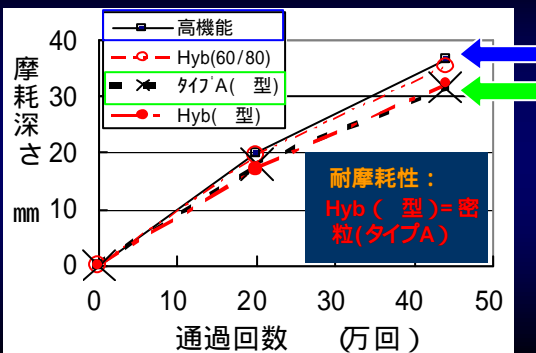
項目	特性値
4.75mm通過量 (%)	30
2.36mm通過量 (%)	25以下
0.6mm通過量 (%)	20
0.075mm通過量 (%)	10
AS量 (%)	5.8以上
F/A	1.8
VMA (%)	16.0 ~ 16.5
飽和度 (%)	85
空隙率 (%)	3.0以下

ピンポイントの配合  
実施工が可能?

## 表面きめ深さの比較 (現場)



## 回転式舗装試験



## 敷き均し及び転圧試験



## 試験施工結果



	すべり摩擦 係数 ( $\mu_{80}$ )	タイヤ近接音 ( $\Phi 0\text{km/h}$ ) dB(A)
高機能舗装	0.46	99.0
ハイブリッド舗装	0.45	100.3
密粒度舗装	-	102.6

## 4.まとめと今後の課題



高機能舗装と同等のきめ深さと共に、SMAと同等の防水性を有するハイブリッド舗装の原型配合が得られた。原型配合を通常の施工機械で舗設することができた。目標とする路面性状が得られた。

## 4.まとめと今後の課題



標準化に向けたプラントでの材料管理方法を検討する必要がある。



原型配合を基に、排水機能を有する配合検討へ移行して行く

## 高機能舗装のリサイクル



## 研究の流れ

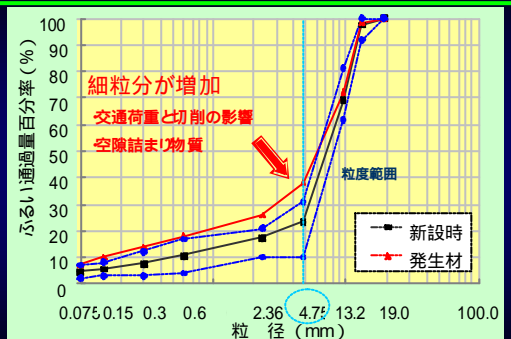


### ・高機能舗装の再生に関する共同研究

目的 : 高機能舗装を対象とした再生工法の確立  
構成 : プラント再生工法・路上再生工法各 3社

平成 11年度	現地発生材の性状確認試験 再生剤の開発及び配合検討
↓	
平成 12年度	再生混合物の評価 (室内試験・シミュレータ試験)
↓	
平成 13年度	試験施工及び追跡調査

## 切削発生材の特徴




路上再生を想定した加熱切削では粒度範囲に留まる範囲

### 開発 試作した再生剤の特徴


**再生剤 A (プラント用)** 再生用アスファルト

再生用高粘度  
改質アスファルト




**再生剤 C (プラント用)** 再生添加剤

再生添加剤：オイル系  
(改質材入り:熱可塑性樹脂)




**再生剤 B (プラント用)** 再生添加剤

再生添加剤：オイル系  
改質剤：エマルジョン系  
(ゴム系改質材)



**再生剤 D (路上用)** 再生添加剤

再生添加剤：オイル系  
改質剤：エマルジョン系  
(熱可塑性エラストマー)



**再生剤の効果**

高粘度改質アスファルト = アスファルト分(ストレートアスファルト) + ポリマー分(改質材+ストレートアスファルト)

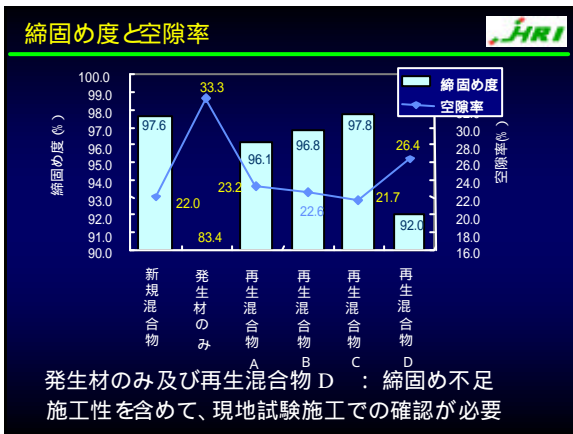
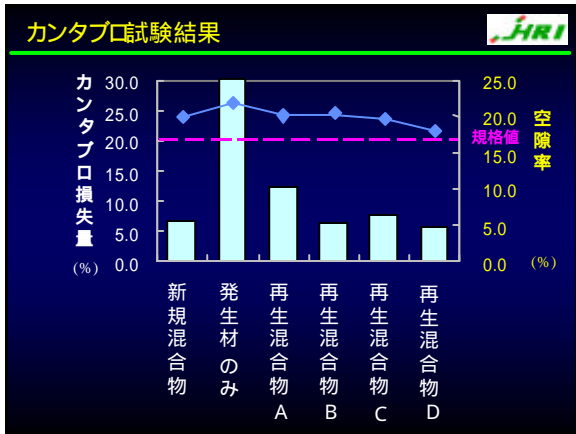
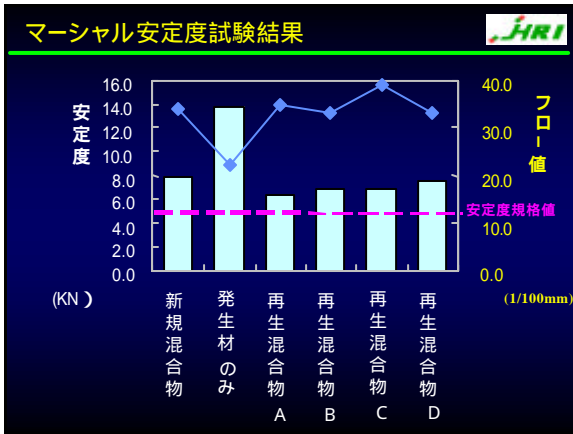
**再生効果** → 劣化したアスファルト分の性状を回復

**改質効果** → 低下したポリマー分の改質効果を補填

### 配合検討

	プラント再生工法	路上再生工法
目標空隙率	20%	
新規骨材	50%	0%
発生材 (13-0mm)	50%	100%
		実施工において 粒度調整が難しい。
添加物	(A)再生用アスファルト (B,C)再生剤及び 高粘度改質アスファルト	(D)再生剤

発生材 :中央自動車道 (供用後 6年経過)



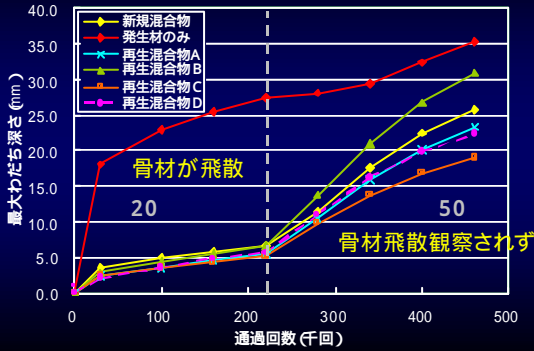
### 流動試験

目的 : 耐流動性・骨材飛散状況

項目	試験条件
タイヤ	ダブルタイヤ (ノーマル)
速度	80 km/h
軸荷重	49KN
路面温度	20 and 50
路面状況	乾燥状態



## 流動試験結果



## 摩耗試験

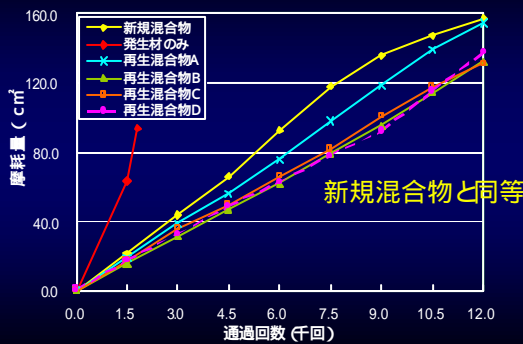


### 目的 : 耐摩耗性・骨材飛散状況

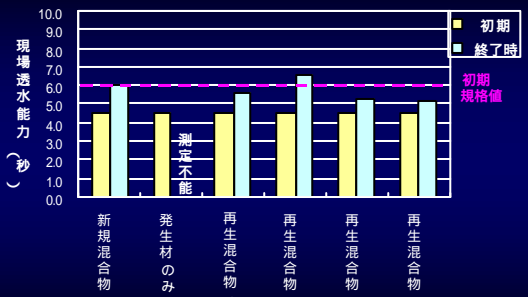
項目	試験条件
タイヤ	シングルタイヤ (フェーン)
速度	40 km/h
軸荷重	24.5KN
路面温度	0
路面状況	湿潤状態 (散水)



## 摩耗試験結果



## 現場透水試験結果

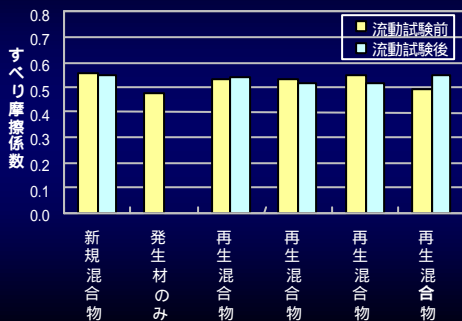


発生材のみ及び再生混合物 D : 締固め不足により目標空隙率を大きくうわまっているため結果、透水能力が大き出ている。

## すべり抵抗測定結果



### DF テスターによる ( $\mu$ 80)



## まとめ (室内試験)



### 発生材の粒度

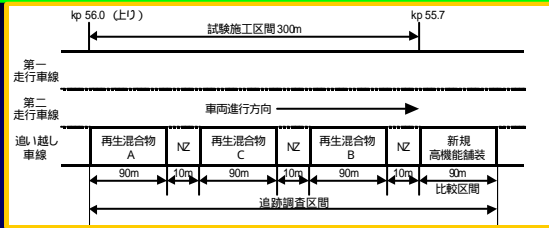
- ・ プラント再生工法の作業過程で建設時の粒度に比べ、4.75mmの通過質量百分率で20%程細粒化し、発生材のみの骨材配合で空隙率20%は確保不可能。
- ・ 路上再生工法における加熱切削では、ほとんど細粒化しない。

### 配合検討

プラント再生工法で、発生材を13-5mmのサイズに分級し、**発生材の配合割合が50%以内**であれば空隙率20%を確保出来る。

再生混合物は、新規混合物と同程度の耐久性及び排水機能を有することが確認出来た。

## プラント再生工法の試験施工



施工箇所：中央自動車道 大月工～上野原工間  
上り線 追越し車線

施工規模：施工延長：300m 幅員：3.6m 厚さ：4cm  
各社当り 延長：90m 面積：約320㎡

## 発生材 (使用材料)



発生材履歴：同路線内の舗装改良工事で発生した切削材  
高機能舗装 (供用後8年5ヶ月経過)  
発生材処理：クラッシング及び分級 (13-5mm, 5-0mm)  
発生材使用サイズ：13mm - 5mm (6号砕石相当)

## 施工機械編成 (プラント再生)



施工体制：通常の切削オーバーレイ工と同じ



## 試験施工結果 (プラント再生)



	JH規格値 目標値	再生混合物			新規 高機能舗装	
		A	B	C		
施工直後	密度( $g/cm^3$ )	-	1.982	1.965	2.038	1.966
	空隙率(%)	20程度	21.3	21.6	19.2	21.3
	締固め度(%)	96以上	98.8	101.4	100.5	98.8
	現場透水能力(秒)	6以下	4.79	4.69	4.89	4.68
	わだちぼれ量(mm)	-	0.0	0.0	0.0	0.0
4箇月後	密度( $g/cm^3$ )	-	2.042	1.963	2.039	1.962
	空隙率(%)	-	19.0	21.7	19.1	21.4
	現場透水能力(秒)	-	4.80	4.72	4.80	4.66
	わだちぼれ量(mm)	25以下	0.0	0.0	0.0	0.0

施工直後の調査結果から

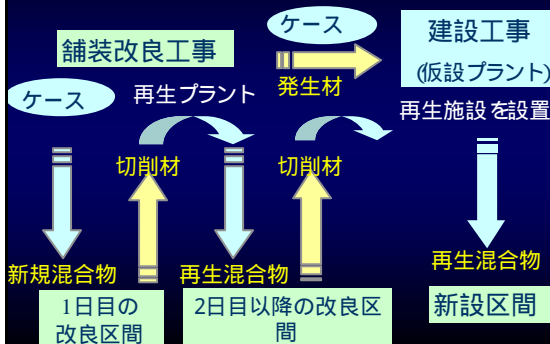
➡ 品質管理の規定値を全て満足している。

・4ヶ月、1年経過後も良好な状況である。

## 高機能舗装プラント再生の当面の運用 (案)



当面は、高速道路からの発生材を対象



## まとめ (プラント再生工法試験施工)



再生混合物は、新規混合物と変わらず施工が可能であり、同程度の耐久性及び排水機能を有することが確認出来た。

### 今後の課題

長期的な耐久性の確認

劣化現象 (気象条件・紫外線等)

品質管理手法・配合設計手法の確立

発生材の品質を安定される品質管理手法及び配合設計手法の確立



## 路上再生工法の試験施工



項目	内容	
施工箇所	中央自動車道 大月IC~上野原 旧上り線廃線敷き	
発生材履歴	高機能舗装 高粘度改質アスファルト使用 平成5年5月施工(供用後 8年5ヶ月経過)	
工区	A区間	B区間
混合方法	路面上で混合	リミキサ内で混合
施工延長 幅員	L = 220m, B = 3.2m 1工区当たり L = 60m	L = 220m, B = 3.3m 1工区当たり L = 60m
区間及び配合割合	工区 : 配合 発生材 : 新材 = 50 : 50 (2cm事前切削) 工区 : 配合 発生材 : 新材 = 75 : 25 (1cm事前切削) 工区 : 配合 発生材 : 新材 = 100 : 0 (事前切削なし)	

中央道 6車改築区間 (上り大月 ~ 上野原)  
切替完了後の廃線区間で実施 (H13.10)

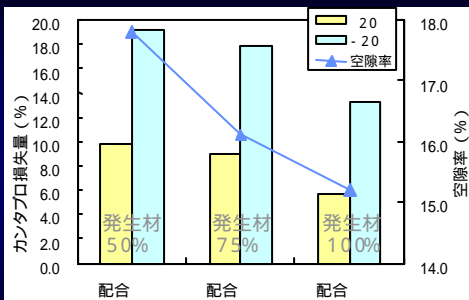
## 配合設計 (路上表層再生工法)



工区 配合	標準粒度 範囲 (一般用)	工区	工区	工区	
		配合	配合	配合	
発生材混入率		50%	75%	100%	
通過 質量 百分率 (%)	19.0mm	100	100	100	100
	13.2	92~100	90.2	95.0	99.4
	9.5	62~81	68.8	75.2	81.2
	4.75	10~31	24.8	29.5	33.8
	2.36	10~21	18.6	23.4	27.8
	0.6	4~17	14.0	17.4	20.5
	0.3	3~12	13.4	15.5	17.6
	0.15	3~8	10.0	12.3	14.6
	0.075	2~7	8.4	10.4	12.4

事前切削による既設合材撤去により新材量を確保し、粒度改良を計画

## 各配合の空隙率とカンタプロ試験結果



新規混合物同等はプラント再生同様発生材 50%

## 施工状況 (路上表層再生工法)



	A区間			B区間			
	工区	工区	工区	工区	工区	工区	
施工速度 (m/min)	0.49	0.55	0.48	0.53	0.46	0.45	
温度測定結果 (°C)	加熱直後	211	240	284	191	201	216
	かきほくし前	177	169	183	-	-	-
	排出時	-	-	-	131	122	119
	敷きならし直後	130	122	126	127	115	107
発生材	50	75	100	50	75	100	

施工速度は密粒施工時の1/3~1/4  
必要加熱温度 (+30 °C) と施工規模が影響  
標準機械編成では路面加熱能力が限界

## 路上表層再生工法試験施工状況



## まとめ (路上表層再生工法)



現有機械では、単独運行では新規混合物による粒度の調整に制約があり、高機能舗装を初期能力まで再生するには、事前切削等を検討する必要がある。

従来の機械編成・能力では面的な品質のばらつきが生じやすく、加熱、混合方式等路上再生機の改良の粒度調整機能と併せて検討する必要がある。

なお、再生の配合設計において、機能の再生を押さえることにより、路上表層再生工法を適用する手法もあると考えられる。

## まとめ (高機能舗装のリサイクル)



長期的な耐久性の確認

劣化現象 (気象条件・紫外線等)

施工性の確認

路上再生工法における機械編成・施工方法の改良

配合設計手法の確立

発生材の配合割合・再生剤の添加量決定手法の整理

高機能舗装発生材のリサイクルシステム

排水性舗装系混合物を採用する機関と協力して当該発生材の供給システムを構築

## コンポジット舗装の構造概念図



アスファルト舗装 + コンクリート舗装 = コンポジット舗装

第二東名・名神の一部区間に採用

## コンポジット舗装のわだち進行量 (山陽道)

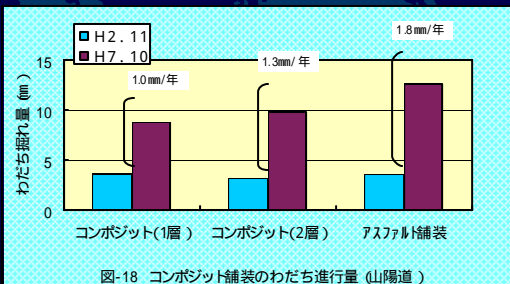


図-18 コンポジット舗装のわだち進行量 (山陽道)

## CRC版の施工



鉄筋の敷設

コンクリート打設 (リップフォーム)



## 第二東名・名神におけるコンポジット舗装



## 第二東名・名神におけるコンポジット舗装





## 現在の路面管理目標

項目 道路種別	わだち差れ (mm)	段差 (mm)		すべり 摩擦係数 (μ80)	縦断方向の 凹凸 (mm)	ひびわれ率 (%)
		橋梁 取付部	横断構造物 取付部			
高速自動車国道 自動車専用道路	25	20	30	0.25	3.5	20

管理目標値は、昭和50年代に設  
 定歩化 車輛技術や舗装技術の進  
 道路利用者ニーズの多様

➡ **JHの基本理念・経営方針に基づき、  
 舗装に求める性能(指標)を検討**

## 平坦性評価手法

8mプロフィールメータ:PrI  
(建設時の出来形確認)

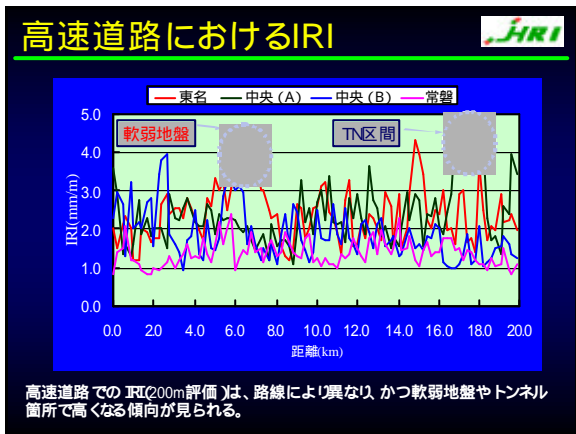
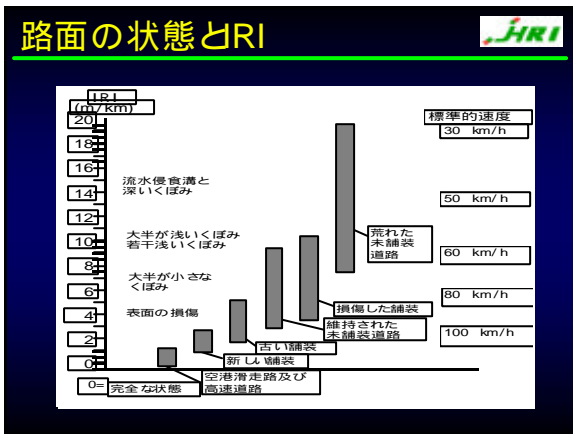
3mプロフィールメータ:  
(補修時の出来形 路面管理)

課題 機器により数値特性が異なる  
 出来形確認が主 海外との比較が不可

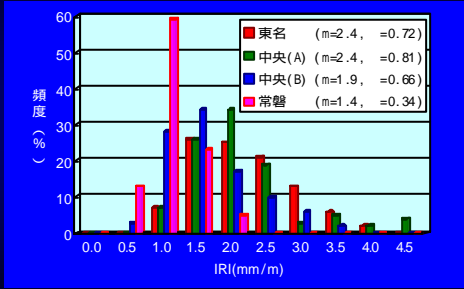
## IRI (国際ラフネス指数)

$$IRI = \frac{L}{L} \left\{ \int \frac{|Z_2 - Z_1|}{dt} dt \right\} / L$$

通常用いられている2軸4輪の乗用車の1輪だけを取り出して抽象化された仮想車両をクォーターカーと呼び、このクォーターカーを一定速度で路面上を走行させたときの車が受ける上下方向の運動変位の累積値(m)と走行距離(km)との比をもって、その路面のラフネスとするものである。



## 高速道路におけるIRIの頻度分布



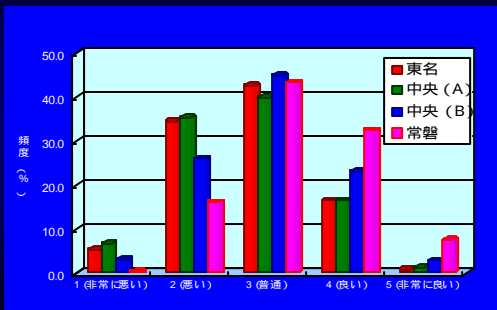
## 高速道路の乗り心地評価



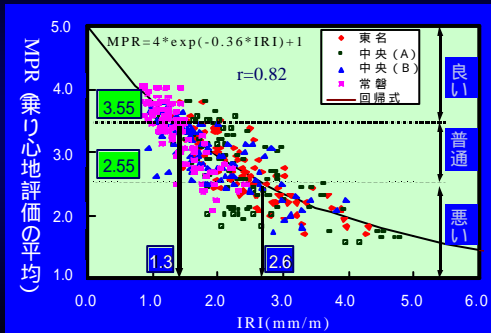
乗り心地の主観評価を行うため、AASHO道路試験などを参考に以下のような5段階評価による乗り心地主観評価を実施した。

項目	内容	
評価回数	1回	
評価速度	80 km/h	
評価区間	200m毎	
判定	5段階	評価 1: 非常に悪い
		評価 2: 悪い
		評価 3: 普通
		評価 4: 良い
		評価 5: 非常に良い
パネラー (被験者)	16名 (1名/台)	20代 男女各2名
		30代 男女それぞれ
		40代 免許有1名
		50代 免許無1名

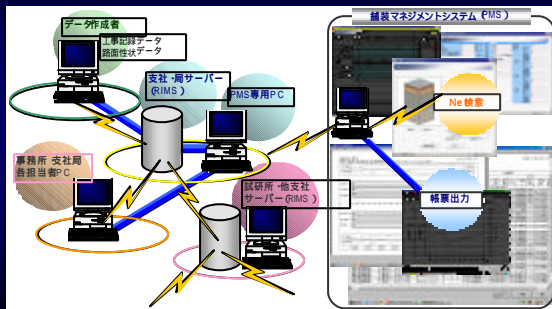
## 高速道路の乗り心地評価の分布



## 高速道路の乗り心地評価



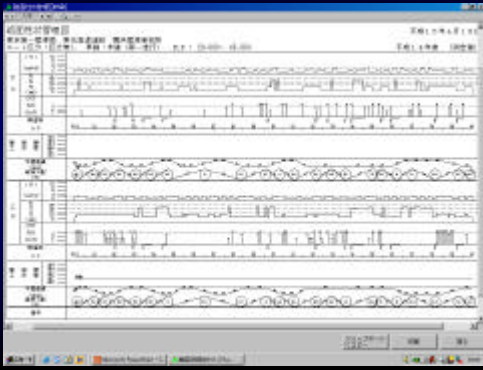
## 舗装マネジメントシステムの概要



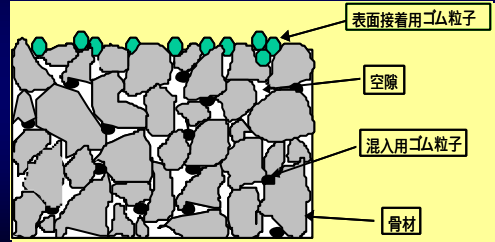
## PMS 帳票出力例 (現況及び将来予測図)



## PMS 帳票出力例 (路面性状管理図)



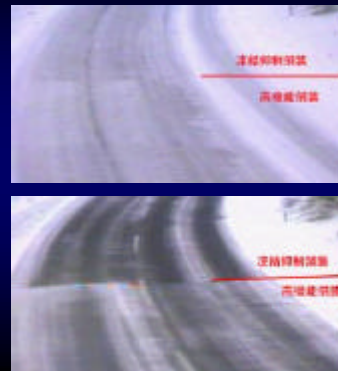
## 凍結抑制舗装の概念



## 凍結抑制舗装の表面状況



## 凍結抑制舗装の効果



機械除雪作業前の  
路面状況

機械除雪作業後の  
路面状況

## 遠赤外線舗装の概念



高機能舗装 (遠赤外線素子)

基層 (遠赤外線素子)

赤外線面状ヒータ

上層路盤 (アスファルト安定処理)

遠赤外線は物質の分子運動を活性化し温度を上げる働きをする。

電極等に使用したカーボンの削りくずをセラミック状に焼き固めクラッシュし舗装用骨材として使用する。

積雪時のロードヒーティングの効果を高めることが期待される。

## 遠赤外線舗装の効果



素子入り

素子無し

## RCCPの供用状況



松山道 山根トンネル 平成3年1月供用 (平成13年撮影)  
-目地間隔30m箇所におけるクラック発生状況

## 表面状況写真



## ポーラスコンクリート舗装の採用



料金所部分は、

制動、急発進が発生しやすい

車両からの油脂漏れ

補修がしにくい

などの理由からコンクリート舗装としていた。



料金所箇所も高機能化を目指し**ポーラスコンクリート舗装**の採用検討

## 供用状況写真



松山道 内子五十崎IC (H12.7供

## 表面性状



-モルタルは硬くはがりにくい (水でぬらすと若干すべりやすい)

安全で快適な路面をめざして



