

# 路上表層再生工法による環境負荷低減

## —見直される路上表層再生工法—

細川 恒・五味 篤 樹

日本における路上表層再生工法はすでに関心の外になった感が強い。一方、地球温暖化問題や廃棄物問題の深刻化に伴い環境に対する問題意識は一層高まっており、その取組みの必要性は大きい。本報文では機械技術の進歩を踏まえた当該工法による環境負荷低減効果を具体的機械技術とその実用例により検証する。当該工法の環境負荷低減効果は、施工に伴う環境汚染物質排出量、アセットマネジメントとしての評価および広く外部環境負荷評価の視点から把握することが可能であり、いずれも従来技術に比しその効果は大きいと、今後一層の定量的研究と問題認識の共有化が求められる。

キーワード：路上表層再生工法、環境負荷低減、路上表層再生機械、加熱保温機能、掻き解し機能、攪拌混合機能、骨材の破損防止

### 1. 見直される路上表層再生工法

日本における路上表層再生工法（HIR（Hot In-Place Recycling））による年間施工面積の推移は年々施工実績が減少していることから（図—1）、日本ではこの工法による施工はすでに関心の外にあるようにみえる。しかし、地球温暖化問題など環境に対する問題意識の高まりとそれに対する取組みの必要性を背景として、国際的に HIR は改めて関心を集め始めている。

世界で最初に地球温暖化問題を取上げた国際会議が1992年に開かれたブラジルのサン・パウロ市で、2005年3月に舗装再生に関する国際シンポジウムが

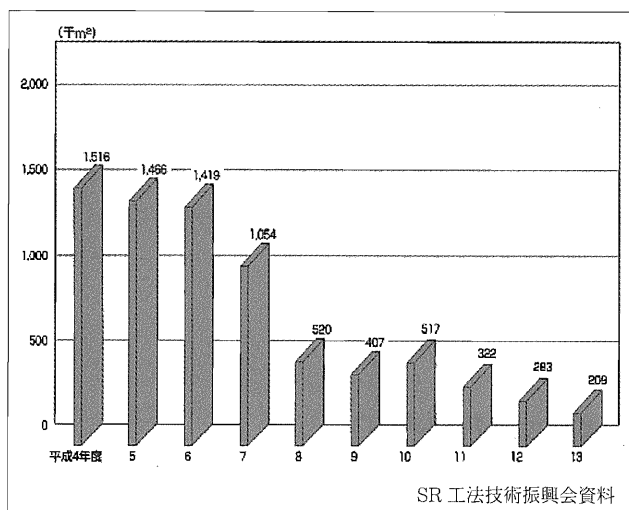
開催されたが、カナダの企業 Martec 社が発表した<sup>1)</sup>、同社の路上表層再生機械 AR 2000 技術による HIR 工法の実績は各国からの参加者の大きな関心と呼んだという。

グリーンアーム株式会社（以下、当社）は Martec 社とのライセンス契約により、AR 2000 を日立建機社で必要な改良を加えながら2002年以来製造しているが、日本製機械によって日本の外、中国、インドおよびイタリアにおいて試験施工を行ってきており、一部では商業施工段階に達している。なお、カナダでは、ブリティッシュ・コロンビア州の大手道路建設企業ピーター・ブラザーズ社がオリジナルタイプの AR 2000 によりすでに5年以上にわたり安定した事業実績と資源節約などの環境上の成果を誇っている。

### 2. AR 2000 による施工と特長

AR 2000 は加熱機能を持つプリヒータ、加熱保温機能と路面の掻き解し機能を有するヒータミラーおよび加熱保温機能と新旧アスファルト混合物の攪拌混合機能を有するヒータミキサーから成る。図—2に示すとおり、基本コンセプトは在来の HIR 工法と同じであり、日本企業が取得した特許技術（特許第1524756号）を基本としている。しかし、加熱システムと加熱能力に特長を持つ。

AR 2000 の各ユニットには国際特許技術（日本での特許第3466621号）である熱風循環システム（図—



図—1 HIR 工法による施工実績の推移

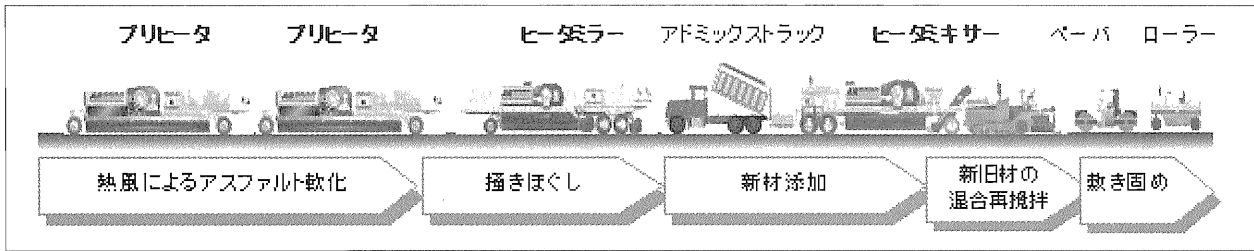


図-2 工事の流れ

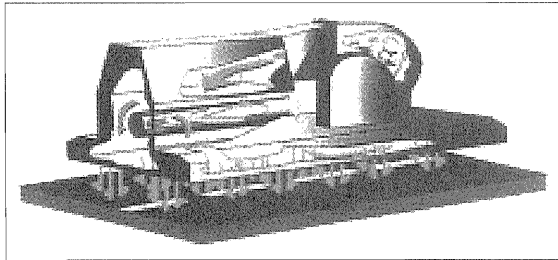


図-3 熱風循環システム

3) を搭載し、アスファルト混合物に対する効率的熱浸透が図られている。

図-4 は熱風循環システムの一部を構成するヒーティングベッドの、路面への熱風吹付け部分を示すが、点在する多数の穴から吹出る熱風と遠赤外線の効果により、表面からの熱浸透度が大きくなるよう設計されている。さらに、多数の熱風吹出し用の穴を点在させることにより、路面に対するマッサージ効果が出るよう工夫されている。

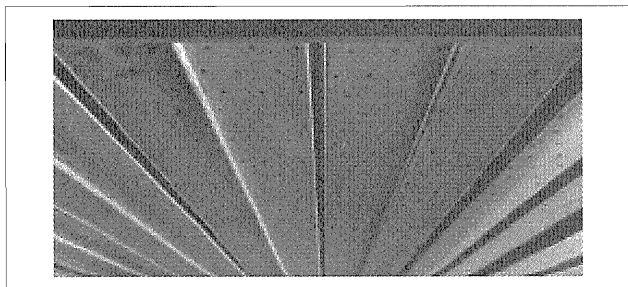


図-4 高速熱風/遠赤外線吹付け部

この結果、加熱される表層は効率的に軟化し、図-5 に示すように、手先で容易に掻き解すことが可能になる。また、通常過熱による発火はない。

もう一つの特長は、新旧混合物の攪拌混合に当たり路面を広く活用し、国際特許技術（日本での特許第3293626号）である攪拌機能（Stir Invention と呼ばれる（図-6））により攪拌効率を上げ、水分の効率的除去が図られている。

### 3. 骨材の破損防止

路面の掻き解しの性能が既存の骨材の破損を防止し、

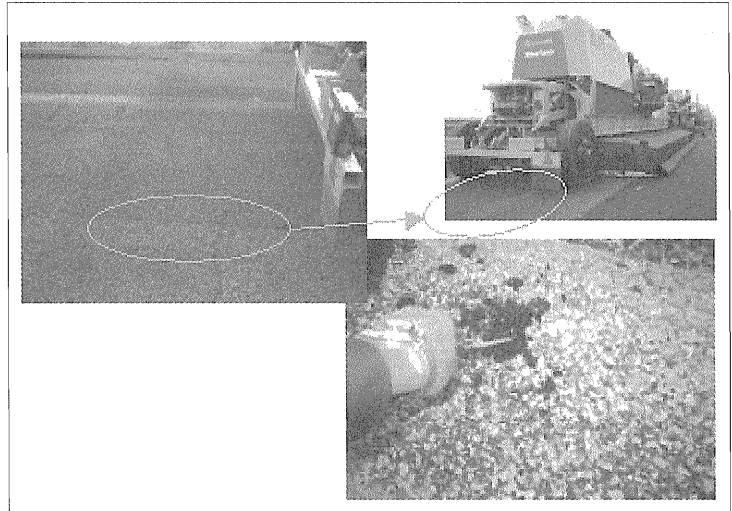


図-5 熱風と遠赤外線によるアスファルト軟化

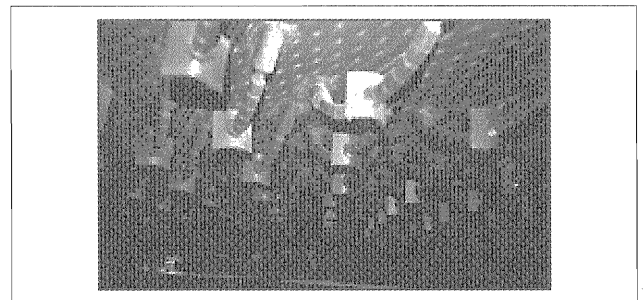


図-6 攪拌機能付き加熱混合システム

路面再生に当たり既存混合物を 100% 再利用可能とする。表-1 は AR 2000 による路面掻き解し後の既存混合物の粒度試験結果と設計粒度の比較を、表-2 は敷均し後の再生混合物の粒度試験結果と設計粒度の比較を、表-3 は 1 年使用後の当該再生混合物の粒度試験結果と設計粒度の比較を、それぞれ表にしたものである。

図-7 に試料採取箇所を示す。また、図-8～図-10 は表-1～表-3 をそれぞれグラフ化したものである。図-8～図-10 に示される点線による粒度範囲はアスファルト舗装要綱（指針）が定める許容範囲である。

これらの表および図から明らかなように、それぞれの粒度試験結果は良好な結果を示し、許容範囲に入っていることが分かる。

表-1 かきほぐし後の既設混合物の粒度

	抽出結果	設定粒度
通過質量百分率 (%)	19 mm	100.0
	13.2	100.0
	4.75	65.6
	2.36	47.4
	0.6	27.8
	0.3	15.8
	0.15	13.6
	0.075	8.1

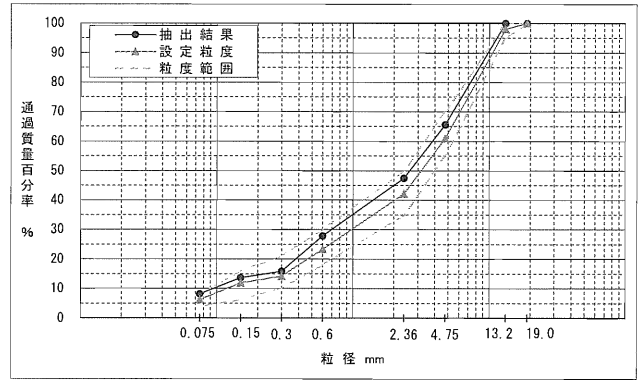


図-8 かきほぐし後の粒度分布

表-2 敷均し後の再生混合物の粒度

	抽出結果	設定粒度
通過質量百分率 (%)	19 mm	100.0
	13.2	99.8
	4.75	65.6
	2.36	43.1
	0.6	27.6
	0.3	20.7
	0.15	14.0
	0.075	7.4

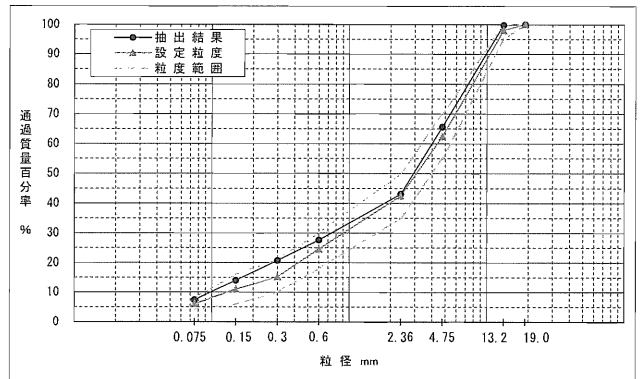


図-9 敷均し後の粒度分布

表-3 1年経過後の粒度

	抽出結果	設定粒度
通過質量百分率 (%)	19 mm	100.0
	13.2	100.0
	4.75	65.6
	2.36	47.4
	0.6	27.8
	0.3	15.8
	0.15	13.6
	0.075	8.1

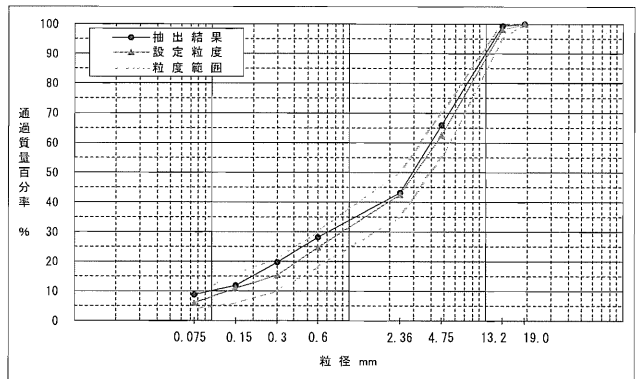


図-10 1年経過後の粒度分布

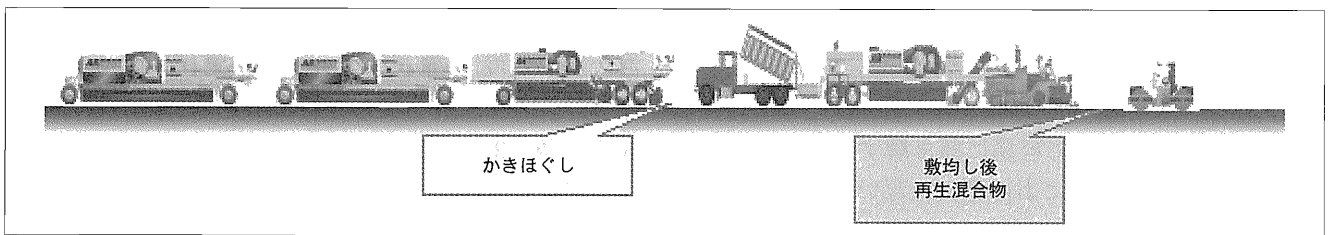


図-7 試験試料採取箇所

#### 4. 各地における試験施工の概要

グリーンアーム社が日本製の AR 2000 を使用して路上表層再生を実施した試験施工の概要は表-4 に示すとおりである。

2004年8月末～9月初めには、現在大きな課題になっているポーラスアスファルトの再生を路上で実現し、共同プロジェクトのパートナーであるイタリア ANAS 社（前イタリア道路公団）総裁は、大規模なポーラスアスファルト路上表層再生としては世界初の成功例であると高く評価した。その結果は、2005年

表—4 AR 2000 の実績 (日本, イタリア, インド)

施 工 場 所			施 工 年 月 日	施 工 面 積	旧 材 ↓ 新 材	平均速度 (m/min)	最大速度 (m/min)	深 さ (mm)	混合物 (mm)	幅 (m)
日 本	新潟県新井市	国道 18 号線	2003 年 9 月 2 日～9 日	5,180 m <sup>2</sup>	密 ↓ 粒 ↓ 密 粒	1.69	3.89	25	25	3.7
イタリ	Perugia 市郊外	SS 318 号線	2004 年 8 月 27 日～9 月 6 日	20,600 m <sup>2</sup>	ポー ラス ↓ ポー ラス	2.71	4.80	30	20	3.90
イ ン ド	Jharkhand 州 Jamshedpur 市	TATA 製鉄所管轄道路 JUSOO 管轄道路	2004 年 12 月～2005 年 4 月	約 70,000 m <sup>2</sup>	密 ↓ 粒 ↓ 密 粒	2.93	5.54	10	20	3.50

夏北アイルランドで開催される舗装の国際会議 Mairepav 4 において発表の予定である。

### 5. 環境負荷低減

HIR 工法による環境負荷低減については、今後詳細に調査し検討すべき点を多く残している。ここでは、従来工法との比較において、三つの視点から検討する。

第 1 点は施工に伴う環境汚染物質排出量の比較の視点、

第 2 点はアセットマネジメントの視点、

第 3 点は第 1 点および第 2 点以外の外部環境負荷評価の視点、である。

第 1 点については、日本における調査実績はないが、ブラジル・サンパウロ市での国際会議で Martec 社が発表した論文<sup>9)</sup>に引用された、米国環境庁による各種アスファルト敷設設備からの排出物質質量比較を参考としたい。表—5 に示すとおりであるが、AR 2000 による環境負荷は一段と低いことが明らかになっている。

表—5 環境汚染物質質量の比較<sup>9)</sup>

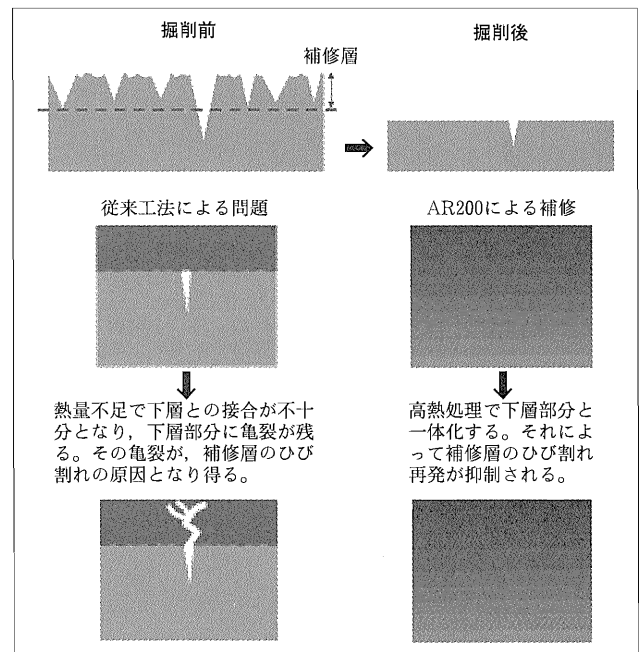
環境汚染物質	AR 2000 (HIR 工法) (kg/ton)	従来の HIR 工法 (kg/ton)	従来プラント 再生による工法 (kg/ton)
CO	0.0085	0.290	0.19
NO <sub>x</sub>	0.014	0.015	0.018
SO <sub>x</sub>	0.017	—	0.146
粉 塵	0.009	0.02	—
炭化水素総量	0.007	0.13	0.14

U.S. EPA Report<sup>9)</sup>

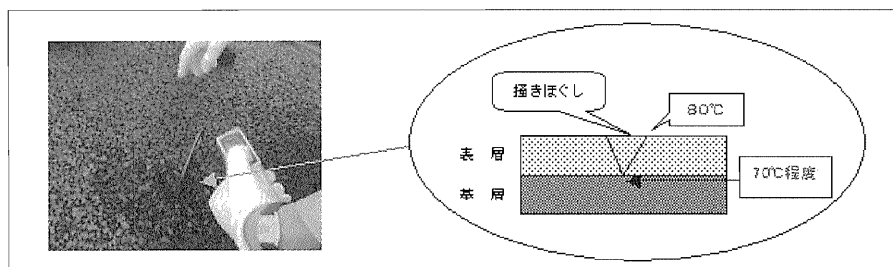
第 2 点については、仕上がり状況である。再生混合物とその下層との接着面の耐久力について、図—11 は AR 2000 による工法と在来の熱量の小さい工法との比較を模式図として表わしたものであり、図—12 は実測値を示している。また、仕上がり状況に影響する初転圧の温度は、再生アスファルト要綱(指針)が望ましい温度とする 110°C 以上を常に達成していることが実測されている。

カナダ・オンタリオ州政府は再生補修後 4 年経過した AR 2000 による補修事業成果を高く評価している<sup>10)</sup>。

即ち、耐久性により頻繁な補修を回避することが可能となり、補修のたびにもたらされる環境負荷を低



図—11 従来の HIR 工法と AR 2000 による接着面の比較



図—12 表層-基層間の加熱温度実測

減することになる。

第3点については、少し説明を要する。企業が事業活動を行えば外部経済に環境負荷を生じることは言うまでもない。その内、新規混合物量の節約など直接コスト減の効果が出るものは従来から損益計算書の対象となり把握されている。

第3点の視点として評価しようとするものは、従来の損益計算書では捉えられない、企業の事業活動から生ずる外部経済に対する環境負荷低減効果を数量的に把握しようとするものである。ただし、前2点に当たるものは、分類上ここでは含まない。具体的には、路上表層再生工法によらず、従来型の切削オーバーレイ工法を採用した場合に生じる外部経済に対する環境負荷との比較を行うものである。

言うまでもなく、従来型施工方法では補修対象の表層をすべて剥ぎ取り、表面処理を施した上で、新しい混合物を持込み、敷均す。剥ぎ取られた旧混合物は日本国内の場合は建設リサイクル法の適用によりリサイクルが義務付けられている。この結果、新規骨材の節約による採石場の保全、混合物輸送用ダンプトラック

表-6 イタリア ANAS 社との共同プロジェクトにおける外部経済に対する環境負荷試算

		従来工法	ANASとの共同プロジェクト	削減効果
ダンプ CO <sub>2</sub> 排出量		25 トントラック 191 台： 1,788 kg-c	25 トントラック 32 台： 300 kg-c	25 トントラック 159 台： 1,488 kg-c
(参考) 輸送用ダンプの 運搬台数	搬出	25 トントラック 104 台	0	25 トントラック 159 台
	搬入	25 トントラック 87 台	25 トントラック 32 台	
新規骨材の使用量		骨材 1,995 t アスファルト 105 t	骨材 641 t アスファルト 34 t	骨材 1,354 t アスファルト 71 t
新規混合物の製造に伴う CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-c)		295,890	94,967	200,923
(参考) 新しいアスファルト混合物の使用量	搬入	2,100 t (100%)	674 t (32%)	1,426 t (68%)
旧いアスファルト混合物のリサイクル		2,100tのリサイクルに伴う CO <sub>2</sub> 排出量	0	2,100tのリサイクルに伴う CO <sub>2</sub> 排出量

CO<sub>2</sub> 排出量原単位：

アスファルト混合物製造プラント<sup>※1</sup>：140.9 (kg-c/ton)

軽油<sup>※2</sup>：0.7212 (kg-c/L)

※1：出典は土木研究所「社会資本整備における CO<sub>2</sub> 削減に関する研究」

※2：出典はエネルギー経済研究所による

数の削減による排気ガス量の大幅削減、古い混合物のリサイクル事業無用化に伴う排気ガス量の全廃、新規混合物の必要量の減少に伴う混合物製造過程から生ずる排気ガスの低減、さらに、施工速度の速さに伴う交通渋滞改善による排気ガス量の低減が実現する。

表-6 は、上述したイタリア ANAS との共同プロジェクトの結果をもとに外部経済環境負荷低減効果を検討したものである。あらためて、その効果の大きさが明らかになる。

## 6. まとめ

HIR 工法による環境負荷低減を総合的にかつ定量的に測定した事例はない。本報文では考え方を整理した。現在、筆者らは、事業会社、監査法人および学識経験者とともに、HIR 工法のみならず広く企業一般の事業活動による外部経済効果の評価・測定方法を実用に耐えるものとして開発中である。

関係各方面においても地球温暖化対策の観点からも HIR 工法の果たす環境負荷低減の研究が真剣になされるべきものとする。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) Joharifard, Mostafa, Marina Kaplun, and John Emery, Martec's Approach to Road Maintenance for Sustainable Pavements through Hot In-Place Recycling Technology, Paper 064-01, 2005 International Symposium on Pavement Recycling, Sao Paulo-SP-Brazil, 2005.

### 【筆者紹介】

細川 恒 (ほしかわ ひさし)  
グリーンアーム株式会社  
代表取締役兼 CEO



五味 篤樹 (ごみ あつき)  
グリーンアーム株式会社  
エンジニアリング部長

