

# 積雪寒冷地における再生アスファルトの品質管理について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○三田村 宏二  
熊谷 政行  
安倍 隆二

再生アスファルト混合物を繰り返し利用するための品質管理基準の検討を目的として、積雪寒冷地において使用されているストレートアスファルト 80-100 について、再生骨材の旧アスファルトの規格下限値である 20(1/10mm)まで劣化させ、繰り返し再生を行い、性状に及ぼす影響について検討した。その結果、北海道で用いられているストレートアスファルト 80-100 は、本州等で用いられているストレートアスファルト 60-80 よりも、繰り返し再生の影響を大きく受け、化学性状および物理性状に大きな変動が見られた。

キーワード：リサイクル、循環型社会、アスファルト混合物、品質管理

## 1. はじめに

近年、国際的に環境保全への関心が高まり、あらゆる分野で循環型社会の構築に向け対策<sup>1)</sup>が進められている。

道路舗装分野も例外ではなく、我が国でも本州等で 1980 年代からアスファルト舗装材料のリサイクルが本格的に行われている<sup>2)3)</sup>。

積雪寒冷地である北海道では、1998 年度から表層用アスファルト混合物にアスファルト再生骨材（以下、再生骨材）が利用されてきており、今後、再生を繰り返した舗装材料の発生に伴い、劣化の進行した硬く脆いアスファルト分を含む再生骨材の発生が予想される。

現在、再生骨材に含まれる旧アスファルト分の規格として針入度 20(1/10mm)以上が舗装再生便覧<sup>4)</sup>に示されている（針入度とは、アスファルトの硬さを示す指標で、所定の条件で針をアスファルトに貫入させたときの貫入量を 1/10mm で読み取るものである）。

上記の規格は本州等で使用されている針入度規格 60~80(1/10mm)のストレートアスファルト（以下、ストアス 60-80）等を用いた舗装の発生材を使用した試験舗装の結果から決定されたものである<sup>5)</sup>。しかし、積雪寒冷地である北海道では、低温時の横断亀裂現象等の問題を考慮し、針入度規格 80~100(1/10mm)のストレートアスファルト（以下、ストアス 80-100）を使用している。

また、再生アスファルトは、新規の材料と同等の品質が求められるため、北海道では針入度 90(1/10mm)を目標に<sup>6)</sup>、劣化により硬化したアスファルトに軟化剤である再生添加剤（以下、添加剤）を加え針入度を回復させている。これに対し、本州

等の一般地域では針入度 50(1/10mm)を目標に劣化したアスファルトの針入度を回復させており、本州の積雪寒冷地では針入度 70(1/10mm)を目標に針入度を回復させている<sup>4)</sup>。

規格下限値である針入度 20(1/10mm)まで劣化したアスファルトを前記の条件で回復させて繰り返し劣化、再生を行った場合、劣化および再生に伴う針入度の変動幅は表-1 に示すように地域によって差がある。このため、北海道の舗装材料は本州等の舗装材料と比較して針入度の変動幅が大きく、舗装材料に蓄積する劣化の影響、および添加剤の性質の影響が反映され、アスファルト性状が大きく変動することが予測される。

また、改質材を含んだ排水性舗装や耐流動対策舗装の切削材が混入されることによりアスファルト再生骨材の性状が多様化してくることも予測される。

本報告では、積雪寒冷地におけるアスファルト舗装材料の長期的再生利用方法の検討を目的として、2 種類のスストアスを用いた繰り返し再生時のアスファルト性状比較や、再生時の混合率を変化させたことによる性状への影響について室内試験により検討した結果について報告する。

表-1 繰返し劣化・再生における針入度の変動幅

|           | 再生アスファルトの設計針入度 | 旧アスファルトの針入度規格下限値 | 針入度の変動幅    |
|-----------|----------------|------------------|------------|
| 北海道       | 90 (1/10mm)    | 20(1/10mm)       | 70(1/10mm) |
| 本州(積雪寒冷地) | 70 (1/10mm)    | 20(1/10mm)       | 50(1/10mm) |
| 本州(一般地域)  | 50(1/10mm)     | 20(1/10mm)       | 30(1/10mm) |

## 2. 北海道における再生骨材の現状

ストアス 80-100 を使用している北海道の再生骨材の現状を把握するため、北海道開発局が所有するアスファルト舗装の品質管理データより旧アスファルトの針入度の整理を行った。図-1 は 2001～2006 年度の旧アスファルトの針入度分布を示している。平均針入度は 35.9(1/10mm)となっており、針入度の規格値 20 以下より大きな値となっている。また、北海道内におけるアスファルトプラントを対象に平成 18 年度に使用された再生骨材の旧アスファルトの針入度について行った、アンケート調査結果を図-2 に示す。これによると、各アスファルトプラントの日常の品質管理における針入度の最低値が 30 以下のプラントが 48 あり、針入度が低下している理由として、アスファルトの劣化の他に排水性舗装切削材等の改質材の混入が考えられる。

北海道内における再生骨材の発生量を図-3に示す。平成9年度までは再生骨材の受入量が使用量を上回っているため、ストック量が増加しているが、近年は受入量と使用量は同程度で推移しており、再生資源化施設のストック量は200万tで推移している。

次に北海道内におけるアスファルト混合物の生産量を図-4に示す。アスファルト混合物の生産量については平成10年度以降減少傾向にあり、新規の材料のみを用いたアスファルト混合物は平成8年度から平成20年度の間420万tから88万tまで減少しているが、アスファルト再生骨材を利用した再生アスファルト混合物の生産量は近年、250万トンから300万トンの間で推移しており、その生産量はアスファルト混合物の出荷量全体に占める再生混合物の比率（図中の再生材率）は年々上昇し、平成8年度では39%程度であったものが平成20年度では72%となっているが、現在ストックされている再生骨材の有効利用のため、再生混合物のさらなる利用促進が必要と思われる。

## 3. アスファルトの品質規格違いによる長期性状の比較

### (1) 評価方法

室内試験より、積雪寒冷地で用いられているストアス 80-100、およびストアス 60-80 に対し、劣化、および再生を繰り返し行い、図-5 に示す 6 段階においてアスファルトの性状評価を行い、物理性状、および化学性状を評価した。なお、これ以降各評価段階については図中の右段に示す呼び名を使用する。劣化方法、再生方法、および評価試験について以下に示す。

#### a) 劣化方法

アメリカ全州道路運輸行政官協会（AASHTO）の試験規格に採用されている RTFOT 試験<sup>7)</sup>（以下、RTFOT）、および PAV 試験<sup>7)</sup>（以下、PAV）を用いた。

RTFOT とは、試験温度 163℃、試験時間は 85 分の条件下でアスファルトを薄膜で加熱する劣化試験であり、プラント混合時の熱劣化を想定している。

Kouji Mitamura, Masayuki Kumagai, Ryuji Abe

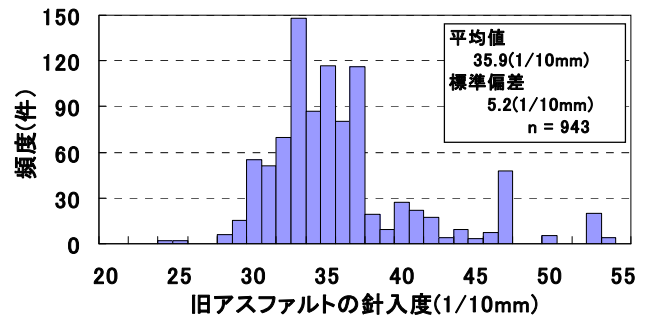


図-1 旧アスファルトの針入度(2001～2006 年度)

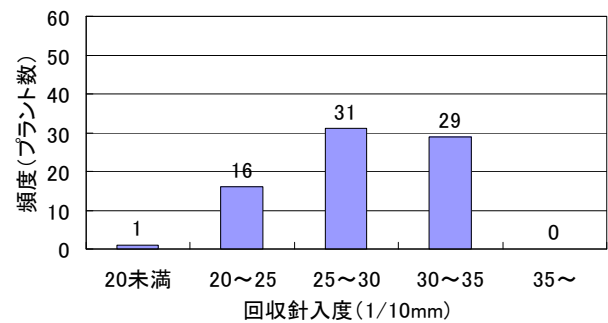


図-2 回収アスファルトの針入度（最低値）

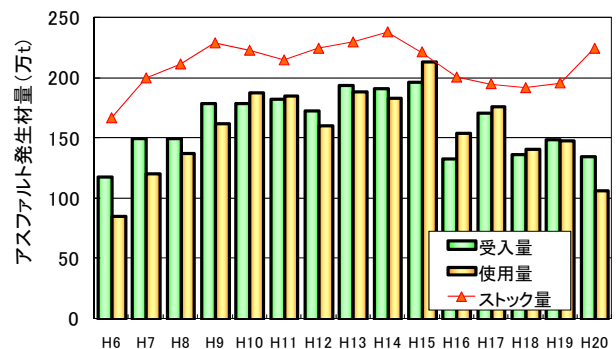


図-3 北海道内における再生骨材の発生量および使用量

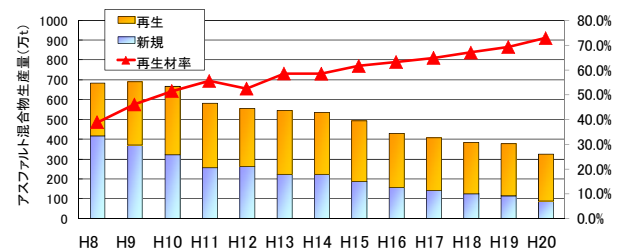


図-4 北海道内におけるアスファルト混合物の生産量

一方 PAV とは、圧力 2.1MPa（空気）、温度 100℃ の条件で加圧劣化を行う試験であり、長期供用時の劣化を想定している。

本試験では RTFOT 試験終了後の試料に対して PAV 試験を行った。

**b) 再生方法**

舗装再生便覧<sup>4)</sup>に示される、添加剤による針入度の調整を行い、それぞれの針入度規格を満足するよう旧アスファルトを回復させ、さらに新規アスファルトを加え、Ⅲ型プラントを想定した再生混合率 50%の条件で再生を行った。

ストアス 80-100 は目標針入度を 90(1/10mm)<sup>6)</sup>に設定し、ストアス 60-80 では本州等の積雪寒冷地を想定し目標針入度を 70(1/10mm)<sup>4)</sup>とした。

**c) 評価試験**

図-5 に示す 6 段階において、表-2 に示す物理性状試験 3 項目と化学性状試験 1 項目の計 4 試験を実施した。針入度試験、軟化点試験、および組成分析試験は舗装調査・試験法便覧<sup>7)</sup>に準拠し、森吉脆化点試験については森吉らによる「低温領域のアスファルト性状の亀裂試験法」<sup>8)</sup>を参考に実施した。

森吉脆化点試験とは、低温におけるアスファルトの熱応力による破壊温度を直接測定する熱応力試験であり、図-6 に示すように、直径 14cm のステンレス製容器に約 50g のアスファルトを取り、厚さ約 3mm の試料を作製し、これをメタノール低温水槽内に浸して、写真-1 のようにアスファルトが熱応力により破壊する温度（以下、森吉脆化点）を求めるものである。

**(2) 物理性状の評価結果**

**a) 軟化点試験結果**

各条件における軟化点試験結果を図-7 に示す。ストアス 80-100、ストアス 60-80 とともにサイクルを繰り返す毎に軟化点が上昇する傾向が見られた。特に、ストアス 80-100 では軟化点の上昇幅が大きく、2 サイクル以降では 80℃を超える結果となり、ストアス 60-80 よりも軟化点の上昇傾向が大きく現れた。これは、針入度の低下幅がストアス 60-80 よりもストアス 80-100 のほうが 20(1/10mm)程度大きいことに起因しているものと考えられる。

**b) 森吉脆化点試験結果**

各条件における森吉脆化点試験結果を図-8 に示す。低温下においては脆化する温度が低いアスファルトほど、舗装の損傷を防ぐため<sup>9)</sup>、積雪寒冷地ではこの森吉脆化点の低いアスファルトが望まれる。

1 サイクルまでは、ストアス 80-100、ストアス 60-80 とともに同程度の値を示しているが、再生以降は異なる傾向を示している。

ストアス 60-80 における森吉脆化点は、劣化による上昇よりも添加剤の影響と見られる降下が大きく現れ、針入度を調節しながら再生を繰り返した場合、新材の森吉脆化点よりも徐々に値が低くなり、結果的に低温性状が向上している。ストアス 80-100 はストアス 60-80 よりも再生、再々生における脆化点

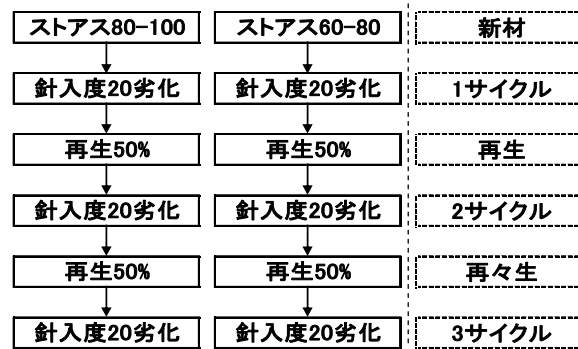


図-5 性状評価のフロー図

表-2 評価試験

| 試験項目    | 試験方法            |
|---------|-----------------|
| 針入度試験   | 舗装調査・試験法便覧 A041 |
| 軟化点試験   | 舗装調査・試験法便覧 A042 |
| 森吉脆化点試験 | 別途記述            |
| 組成分析試験  | 舗装調査・試験法便覧 A055 |

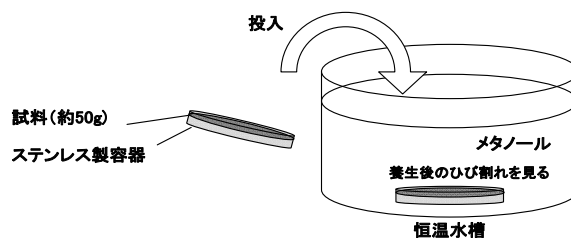


図-6 森吉脆化点試験の概略



写真-1 熱応力によるアスファルトの破壊

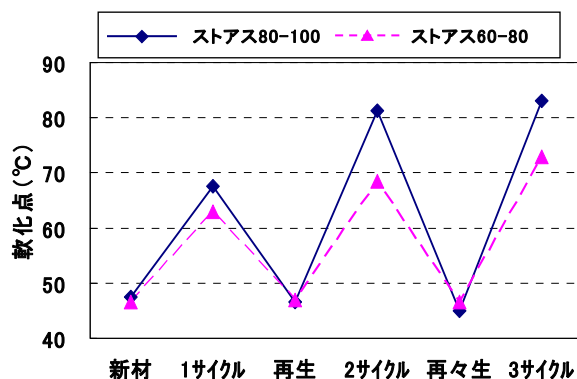


図-7 軟化点試験結果

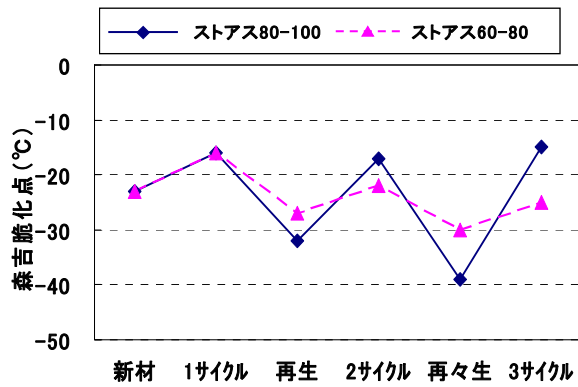


図-8 森吉脆化点試験結果

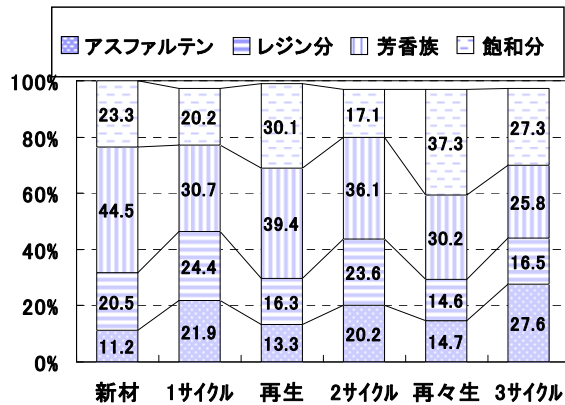


図-9 組成分析試験結果(ストアス 80-100)

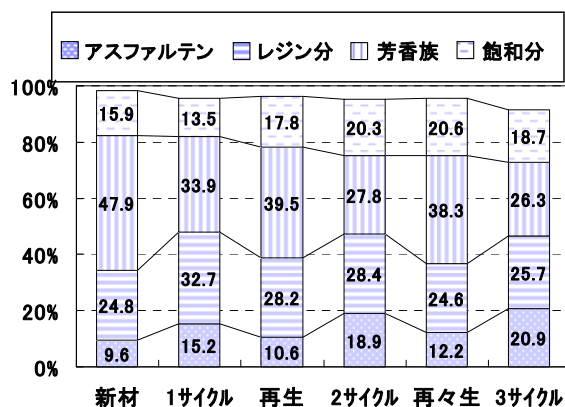


図-10 組成分析試験結果(ストアス 60-80)

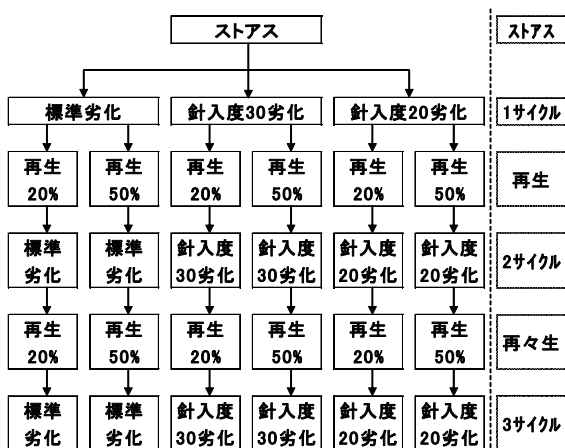


図-11 繰り返し劣化・再生の検討概要

の降下幅が大きい、劣化時の森吉脆化点の上昇幅も大きく現れ、各サイクルでの森吉脆化点は、新材よりも 8°C程度高い-16°C前後となっており、ストアス 60-80 とは異なる傾向を示した

### (3) 化学性状の評価結果

各条件におけるアスファルト組成成分の分析結果をアスファルトの種類別に図-9、10 に示す。一般に、劣化によりアスファルテン、レジン分が増加し、芳香族、飽和分が減少し、再生により芳香族、飽和分を主とする添加剤を加えることにより、組成成分の構成割合が回復することが報告されている<sup>10)</sup>。

今回の試験結果では、ストアス 80-100、ストアス 60-80 とともに、飽和分が約 60%を占める添加剤の組成の影響を受けて繰り返し再生することにより飽和分の割合が増加する傾向が見られた。特にストアス 80-100 では新材で 23.3%であった飽和分が、再々生では 37.3%となっており、再生を繰り返すことにより飽和分の割合が大きく増加している。また、ストアス 80-100、ストアス 60-80 とともに、劣化を繰り返すことによりアスファルテンが蓄積する傾向が見られた。特に、ストアス 80-100 はストアス 60-80 と比較してアスファルテンの蓄積傾向が顕著に見られる。

以上から、針入度規格の高いストアス 80-100 は、針入度規格の低いストアス 60-80 と比べて、劣化の前後、および再生の前後で組成割合の変動が大きく、繰り返し再生を行うほど新材と同程度の組成割合に回復することが難しくなると考えられる。

## 4. 積雪寒冷地に適した再生骨材の品質基準の検討

### (1) 評価方法

積雪寒冷地である北海道で用いられているストレートアスファルト 80-100 に対して繰り返し劣化、および再生を経験させ、アスファルトバインダの軟化点の推移を評価した。検討方法を図-11 に示す。

劣化条件は、現在の再生骨材の旧アスファルトの品質規格下限値である針入度 20(1/10mm)<sup>6)</sup> (以下、針入度 20 劣化)、針入度 30(1/10mm)、そして RTFOT 後の PAV 時間を 20H に固定した標準劣化の 3 条件とした。これにより、品質管理条件の違いによるアスファルトバインダの性状への影響を評価する。また、再生条件は、設計針入度を 90(1/10mm)とし、再生混合率は 20%、50%とした。

### (2) 物理性状の評価結果

#### a) 軟化点試験結果

針入度 20 劣化では、サイクルを繰り返す毎に軟化点が増加し、2 サイクルで 80°Cを越える結果となった。高速道路における調査<sup>11)</sup>では軟化点が 60~63°Cとなるとひび割れが多くなると報告されており、針入度 80-100(1/10mm)のストレートアスファルトが針入度 20(1/10mm)に至る劣化を受けたケースを、図-12 に示す。標準劣化、および針入度 30 劣化で

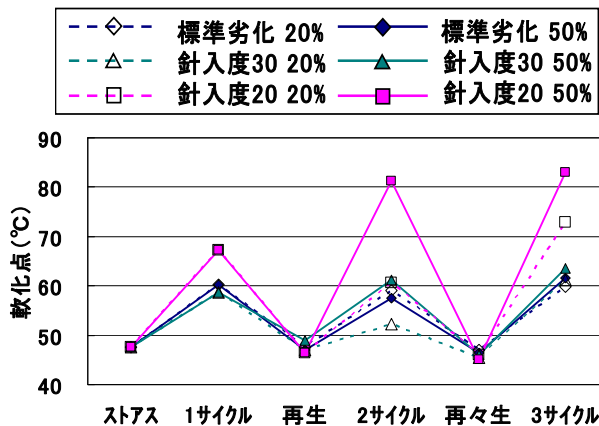


図-12 軟化点試験結果

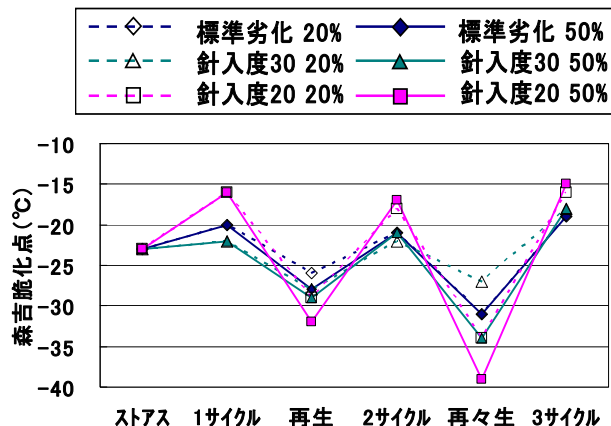


図-13 森吉脆化点試験結果

は、再生混合率、劣化回数によらずサイクル終了後の値は 60℃前後となった。しかし、針入度 20 劣化では、サイクルを繰り返す毎に値が上昇し、再生混合率 50%では 2 サイクルで 80℃を越え、再生混合率 20%でも 3 サイクルで 70℃を越える結果となった。針入度 80-100 のアスファルトにとって、針入度 20(1/10mm)に至る劣化は、極めて厳しい条件であると考えられる。

b) 森吉脆化点試験結果

各条件における森吉脆化点を図-13 に示す。積雪寒冷地のアスファルト舗装では、冬期間のひび割れや剥離による破壊を防ぐために、できるだけ脆くないもの、つまり脆化点が高いものが望まれるが、試験の結果から、針入度の調整による再生を繰り返し行った場合、再生添加剤の影響によりかえって脆化点が低くなり、低温性状が向上する傾向が見られた。

ただし、針入度 20 劣化では、劣化および再生を繰り返すことにより、標準劣化と比較して著しく高い値を示していることから、供用に伴い低温クラックが発生しやすい材料であると考えられる。

(3) 化学性状の評価結果

各条件におけるアスファルト組成成分の分析結果を再生混合率 50%の試料について劣化条件別に図-14、15、16 に示す。劣化によりアスファルテン、レジン分が増加し、芳香族、飽和分が減少し、再生により芳香族、飽和分を主とする再生添加剤を加えることにより、減少した成分が補われ、組成成分の構成比率の回復が見られる。

一般的に、再生を繰り返すことにより、徐々にアスファルテン、およびレジン分が増加することが知られているが、図-14、15 に示した標準劣化、針入度 30 劣化ではその傾向が見られる。

一方、針入度 20 劣化では、図-16 に示すように他の条件よりアスファルテンの大きな増加が見られ、劣化の影響を大きく受けており、さらに、針入度の回復のため再生添加剤を多量に加えたことによる飽和分の大きな増加が見られる。これらのことから繰り返し再生することにより組成成分の比率が著しく変化している。

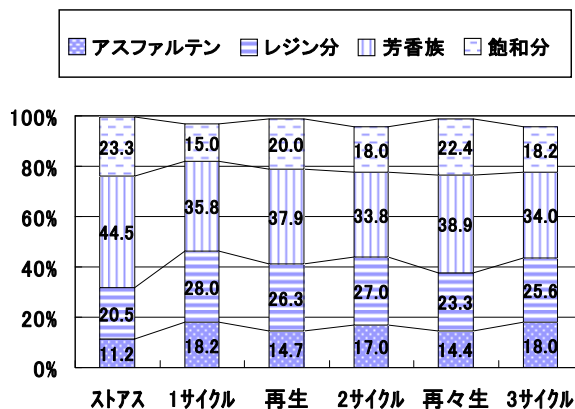


図-14 組成分析試験結果(標準劣化)

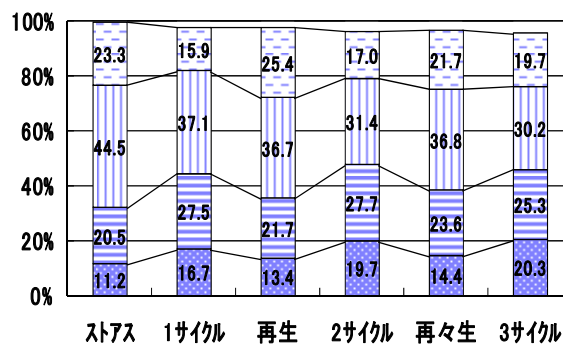


図-15 組成分析試験結果(針入度 30 劣化)

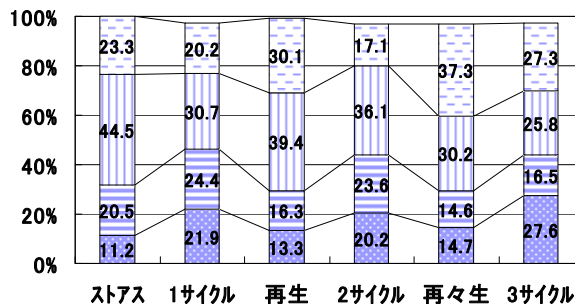


図-16 組成分析試験結果(針入度 20 劣化)

## 5. まとめ

本検討では、再生アスファルト混合物を繰り返し利用するための品質管理を目的として、ストアス 80-100 とストアス 60-80 の繰り返し劣化、再生時のアスファルト性状の比較と、再生時の混合率を変化させたことによる性状への影響について検討を行った。本検討で得られた知見を以下に示す。

- (1) 北海道内における再生骨材の旧アスファルトの針入度の平均値は36(1/10mm)程度であり、現在の規格値20(1/10mm)以上を大きく上回っている。しかしながら、各プラントにおける日常の品質管理の中では、多くのプラントで再生骨材の旧アスファルト針入度の最低値は20~30程度であることが確認された。
- (2) 針入度 20(1/10mm)まで劣化した材料を繰り返し再生した場合、ストアス 80-100 は、ストアス 60-80 に比べ、物理性状、および化学性状の変動が顕著となり、劣化による影響が大きい。
- (3) ストアス 80-100 は針入度の調整幅が大きく、再生回数が増えるほど、添加剤の性質がアスファルトの物理性状および化学性状へ及ぼす影響は大きくなる。
- (4) 針入度 20 の劣化に再生骨材を 50%で繰り返し再生すると、ひび割れや低温クラックが発生しやすくなる再生アスファルト混合物となり、供用中の品質を確保できなくなることが懸念される。

## 6. 今後の課題

現在、北海道における再生骨材に含まれる旧アスファルト分の針入度は 36(1/10mm)程度であり、規格値である針入度 20(1/10mm)と比較すると高い値となっている。しかしながら、近い将来に劣化が進行したアスファルトや改質材が混入した20(1/10mm)程度の再生骨材の発生が予想されることから、品質管理基準の早急な検討が必要であると考えられる。

ストレートアスファルト 80-100 を使用している北海道において、現在の再生骨材に含まれる旧アスファルト分の規格下限値である針入度 20(1/10mm)で品質管理を行った場合、アスファルトの軟化点の大幅な上昇、および組成割合の大幅な変動を引き起こす懸念がある。

今回の検討では、再生アスファルト混合物の作成時における品質管理の目標針入度を現在の規格値よりも引き上げることや、混合率を抑制することにより、軟化点、および組成割合の変動を抑えられるという可能性が見出されたため、今後、アスファルト混合物としての力学的性状、および室内試験結果と供用中の再生アスファルト舗装の性状との比較等を行い、再生混合物の混合率や配合設計条件等の品質管理基準を提案したい。

## 参考文献

- 1) 環境省：平成 20 年度版環境循環型社会白書、2008.
- 2) 日本道路協会：プラント再生舗装技術指針、1992.
- 3) 新田弘之、西崎 到：繰り返し再生したアスファルト性状、第 26 回日本道路会議、2005.
- 4) 社団法人日本道路協会：舗装再生便覧、2004.
- 5) 安崎 裕、片倉弘美、高木信幸：再生加熱アスファルト混合物の供用性評価、土木技術資料、31-9 pp48-53、1989.
- 6) 北海道開発局：平成 20 年度版北海道開発局特記仕様書、2008.
- 7) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、2007.
- 8) 森吉昭博、高橋将、張肖寧：低温領域におけるアスファルトの亀裂試験法、石油学会誌、第 30 巻 第 4 号、pp273-276、1987.
- 9) 松野三郎、南雲貞夫、三浦裕二、山之口 浩：アスファルト舗装に関する試験、pp166-174、1971.
- 10) 谷口豊明、伊藤達也：アスファルトの劣化、ASPHLT, Vol. 33 No. 164, pp67-82, 1990.
- 11) 遠西智次、新田弘之、坂本浩之、片脇 清：アスファルトバインダーの劣化試験方法に関する研究、舗装 30-6, pp. 3-7, 1995.