

アスファルト

第37巻 第182号 平成7年1月発行

182

特集・脱スパイクへの対応

脱スパイク後の対応策の研究	久保 宏	1
脱スパイクの経緯と現状について	鈴木 捷二	2
脱スパイクが舗装にもたらした新たな課題とその対応	村井 貞規	10
凍結路面对策試験舗装	武市 靖・川端 隆・足立 敬允	13
札幌市の冬期道路交通対策	川端 隆	18
タイヤ性能から見た脱スパイクへの対応	林 宏	23
運転技術と車の装備から見た脱スパイクへの対応	相川 潔	29
外国における冬季の路面管理の現況	久下 晴巳	34

＜石油ミニ知識＞

～原油の埋蔵量と可採年数～	長谷川 宏	39
---------------	-------	----

＜報 文＞

SHRPアスファルト技術会議に出席して	片 脇 清 士	42
---------------------	---------	----

＜アスファルト舗装技術研究グループ・第19回報告＞

舗装の路面性状に関する海外の研究動向	峰 岸 順 一	47
--------------------	---------	----

第2回路面性状に関する国際シンポジウム

セッションA：タイヤ／道路騒音一騒音測定

セッションB：タイヤ／道路騒音一路面

北澤 弘 明・村田 信 之 48

セッションC：交通安全一すべり抵抗

セッションD：交通安全一キメ，平坦性

鈴木 秀 輔・水野 卓 哉 54

セッションE：舗装の評価とマネジメント

セッションF：道路ユーザーコスト，タイヤのパフォー

マンスと路面反射，水しぶき

鈴木 康 豊・南沢 輝 雄 60

＜用語の解説＞

機能回復（排水性舗装）	小 島 逸 平	66
-------------	---------	----

MSDS（製品安全データシート）	青 木 秀 樹	67
------------------	---------	----

＜統計資料＞石油アスファルト需給統計資料		69
----------------------	--	----

ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会
JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

第70回 アスファルトゼミナール開催のご案内

社団法人 日本アスファルト協会

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

さて、恒例の弊協会主催の「アスファルトゼミナール」を下記要領にて開催致します。

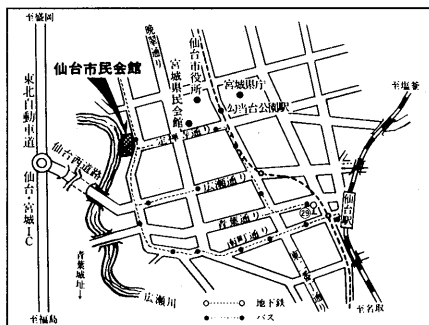
内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

敬 具

記

1. 主 催 社団法人 日本アスファルト協会
2. 協 賛 社団法人 日本アスファルト乳剤協会、日本改質アスファルト協会
3. 後 援 建設省、社団法人 日本道路建設業協会、社団法人 日本道路建設業協会 東北支部、
社団法人 日本アスファルト合材協会、東北地区アスファルト合材協会連絡協議会、東北道路舗装協会
4. 開催月日 平成7年2月16日(木)～17日(金)
5. 開催場所 仙台市 仙台市民会館「大ホール」(案内図参照) 仙台市青葉区桜ヶ丘公園4番1号 ☎022-262-4721
6. 内 容 裏面「プログラム」参照
7. 申込方法 平成7年1月31日までに下記参加申し込み書に必要事項をご記入のうえ参加費を添えて現金書留でお申し込み下さい。申し込み受付次第受講券、領収書をお送り致します。
8. 申 込 先 社団法人 日本アスファルト協会 アスゼミ係
〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 和孝第10ビル ☎03-3502-3956 F A X 03-3502-3376
9. 参加費 6,000円
10. 参加人数 600名 (締切日以前でも定員になり次第締め切らせていただきます。)
11. そ の 他 ①払い込み済みの参加費は、不参加の場合でも払い戻し致しません。参加者の変更をすることは差し支えありません。なお、不参加者には後日テキストをご送付致します。
②宿泊のあっ旋は、勝手ながら弊協会では致しませんので、各自にてお願いします。
③会場には駐車設備がありませんので、車でのご来場はご遠慮願います。

会 場 案 内 図



交 通 案 内

仙台市地下鉄 勾当台公園駅下車 徒歩10分
 仙台市営バス 仙台駅前→市民会館前 (所要15分)
 交通局・大学病院前行 (広瀬通一番町又は定禅寺通経由)
 のりば ②⑨ 番 (庄内銀行前) 約5分毎
 中央循環線 (青葉通一番町経由)
 のりば ②⑤ 番 (仙台ホテル前) 約15分毎
 タクシー JR仙台駅 → 仙台市民会館 約2.5km 10分

第70回 アスファルトゼミナール 参加申込書

勤 務 先			
所 在 地	〒 Tel		
連絡先部課・氏名			
参 加 者 氏 名	役 職 名	参 加 者 氏 名	役 職 名

プログラム

開催月日 平成7年2月16日(木)～17日(金)

開催場所 仙台市 仙台市民会館「大ホール」仙台市青葉区桜ヶ丘4番1号 ☎022-262-4721

第1日目 平成7年2月16日(木) 13:30～16:40

1. 挨拶 13:30～13:42

社団法人 日本アスファルト協会会長

新 美 春 之

建設省東北地方建設局長

坂 本 忠 彦

宮城県土木部長

加賀田 晋 成

仙台市建設局長

大根田 清

2. 講演にあたって 13:42～14:00

社団法人 日本アスファルト協会名誉会長

谷 藤 正 三

3. 舗装工学の発刊とその意義 14:00～14:40

日本大学理工学部土木工学科教授

阿 部 頼 政

4. 東北地方における道路整備について 14:40～15:40

建設省東北地方建設局道路部長

志 摩 茂 嘉

5. 村おこし(仮称) 15:40～16:40

岩手県田野畑村村長

早 野 仙 平

第2日目 平成7年2月17日(金) 9:00～15:40

6. 平成7年度道路予算案 9:00～10:00

建設省道路局企画課道路経済調査室長

佐 藤 信 秋

7. 凍結抑制舗装の現状 10:00～11:10

北海道開発局開発土木研究所

小笠原 章

道路部維持管理研究室長

8. バスレーンのカラー化の設計施工 11:10～12:20

建設省道路局国道第二課課長補佐

永 田 哲 郎

(昼食休憩 12:20～13:20)

9. アスファルト乳剤の現況と今後の展望 13:20～14:30

建設省土木研究所材料施工部化学研究室長

坂 本 浩 行

10. 改質アスファルトと舗装技術 14:30～15:40

日本大学生産工学部土木工学科助教授

栗谷川 裕 造

(講師は都合で変更することがあります)

脱スパイク後の対応策の研究

久保 宏

北海学園大学工学部土木工学科教授・工博
(元北海道開発局開発土木研究所長)

1. 道路の摩耗被害の始まりと対策

北海道において道路舗装の摩耗被害が初めて問題になったのは、昭和28年の札幌～千歳間の国道36号でのタイヤチェーンによるものであった。そのために舗装に使用される材料の検討や配合設計法の確立、さらにはアスファルト混合物の摩耗抵抗性を調べるラベリング試験機の開発が当時の北海道開発局土木試験所で活発に行われた。これによる貴重な研究成果はわが国はもとより世界各国からも高い評価を受けるまでになったのである。

その後、昭和33年頃スウェーデンを中心とした北欧で初めてスパイクタイヤが開発され、瞬く間に世界中に広まった。わが国には昭和47年頃から輸入された生産もされるようになって爆発的に使われたのである。しかし、日本と同じ時期に導入された欧米ではいち早く使用期間規制、スパイクの構造規制、大型車使用規制、全面使用規制等の各種規制によってこの問題は、使われ始めて数年にして解決されたのである。

特に、印象的なのは北海道と同じ積雪寒冷地にあるカナダの例であろう。モントリオール大学のカイザー教授が、まだケベック州の政府研究機関に在職中に北欧でスパイクによる道路舗装の摩耗被害が発生したことを聞きつけ、早速スウェーデンに飛んでその状況を徹底的に調査したことである。そしてスパイクによる舗装の摩耗について研究を行い、その使用規制をいち早く打ち出した。

わが国でのタイヤチェーン、その後のスパイクタイヤの摩耗対策は、いかにより強い舗装をつくるか、であった。スパイクに少しでもより強い舗装を研究すれば、その一方ではさらにより強力なスパイクが開発されてくる。その結果として世界にも例をみない強力なスパイクと舗装、さらに鏡のような平滑で滑りやすい道路ができ上がったのである。このスパイクタイヤ問題には多くの反省点が含まれている。その最大のものは、カナダの故カイザー教授が行なったように、北欧で開発されたスパイクがわが国に輸入され使用され始めた時点で、諸外国での道路摩耗被害を調査し、それについて学問的な見地からの問題点をスパイクタイヤが一般に普及する前に指摘すべきであった。

2. 脱スパイク後の対応策の研究

雪氷が舗装路面に付着してできた非常に滑りやすい氷盤や氷膜（一般につるつる路面と呼ばれている）ではス

タットレスタイヤでの走行は極めて困難である。その対応策としては、①道路舗装面の改良、②運転技術も含めたスタットレスタイヤ性能、③除排雪を含む冬の路面管理、の3つの方面からのアプローチ研究が必要である。

道路舗装面の改良では、基本的には表層の種類を早急に耐摩耗舗装から冬の路面に氷膜ができにくく滑りにくい舗装に転換することである。坂道の雪氷対策としてはロードヒーティングや融水剤入りの凍結抑制舗装などが現在研究され実施されているが、これらの研究には欧米で盛んに行われているような費用効果（効果に対する費用の割合）の概念を導入する必要がある。

スタットレスタイヤについては、最近のタイヤトレッド部分の改良によってその性能は急激に向上したが滑りやすい氷盤にあってはスパイクタイヤには及ばないし、将来的にも摩擦機構からして大きな期待は望めない。スパイクタイヤ使用規制の2年目の昨冬は交通事故が北海道全域では増加しているのに、札幌市周辺では明らかに減少している。これはスタットレスタイヤでの冬道運転に慣れてきたためと警察は分析しているが、一方ではスピードダウンによる交通渋滞が日常化するようになったのも確かである。

3番目の対策は、欧米で一般的に行われているような徹底した除排雪を含んだ冬の路面管理である。気象情報をもとに路面上に厚い氷盤が生じないように塩害のない環境にやさしい凍結防止剤を坂道など危険箇所にも少量を散布（Anti-icing）する、あるいは砂や小碎石等の滑り止め材（Abrasives）の散布、さらに凍結防止剤と滑り止め材の混合物の散布等が考えられる。しかし、多雪で寒冷なわが国で路面上の雪氷をすべて融解するために欧米のように大量の塩類を散布（Deicing）することは、橋梁等構造物の腐食や環境への影響（水質・土壤汚染、樹木の枯れ等）を考えると不可能なことで欧米での苦い轍は踏みたくないものである。

低温多雪地域にこれほど多くの人々が生活しているところは世界中どこを探しても見当たらない。冬の気象条件が極めて厳しく、しかも交通量の多いわが国の積雪寒冷地域にあって脱スパイク後の冬の道路交通をどのように安全でスムーズに確保するか、という問題は我々道路技術者・研究者が早急に取組まなければならない研究課題である。

脱スパイクの経緯と現状について

鈴木 捷 二*

1. はじめに

スパイクタイヤが初めて登場したのは、1890年代の北欧にさかのぼる。当時は、自動車の一部階級だけの高額な所有物であった頃悪路からタイヤ自身の摩耗防止のため開発されたのであったが、凍結路面で効果のあることがわかり、冬場のラリー用として使用された。

しかしながら、金属片（スパイクピン）の摩耗が早く、一般用タイヤまでは普及しなかった。

1950年代に入るとタングステンカーバイトを芯とした実用的なスパイクピンが出現し、1960年代には品質、形状とも改良が進み、欧州で急速に普及した。

日本には1962年（昭和37年）に初めて輸入され、翌年には国産品が販売されている。

スパイクタイヤとは、接地面に超硬合金のピンを百数十本打込んだもので凍結路面や、積雪路面において、制動距離や登坂能力を上げるために開発されたタイヤである。

従来使用していたタイヤチェーン・スノータイヤは制動距離が劣り、耐久性がなくまた、振動による不快感、脱着等の不便がともなった。

これらを解消したのがスパイクタイヤである。しかしながら、ピンの材質が超硬合金であるため摩耗しにくく、このタイヤを冬期間常時使用することにより、舗装道路が削られ、その結果生活環境や人の健康を脅かし、大きな社会問題を引き起こすに至った。

2. スパイクタイヤの影響

2.1 道路への影響

スパイクタイヤの使用による道路の影響については、種々考えられているが主に舗装面を著しく摩耗することによる路面の「わだち掘れ」の発生、路面に標示されている白線等のペイント類の塗装の標識の消滅、またそれらが「ほこり」となり道路に付着することによる環境の悪化等が、車の安全な走行に重大な障害の原

因となっているばかりでなく歩行者も視覚が阻害され、等の交通安全上の由々しき問題が発生している。

これらの現状は、道路が本来具備している機能を著しく低下させ市民生活を直接的に脅かしている。

このような実態を良く把握しそれらの障害を取り除くことは道路を管理するものの責務であると考えているが、道路補修費の増大は通常の道路予算を圧迫し、特に北海道、東北、北陸、山陰地方の積雪寒冷地区の道路管理者はその対応に苦慮しているのが現状であった。

スパイクタイヤ使用のプラス、マイナス面の比較であるが一般的には下記ようになる。

(1) スパイクタイヤの悪影響

- ①わだち掘れの発生
- ②ハイドロプレーニング現象
- ③滑りやすい面が出来る（わだち部分の水、雪）
- ④舗装のマーキング消失
- ⑤車の走行位置の変化（わだち掘れをさけるため）
- ⑥騒音の増加
- ⑦水はねの増加
- ⑧補修費、清掃費の増大

(2) スパイクタイヤの有効な点

- ①制御距離の減少
- ②ハンドル操作性の向上
- ③牽引力の向上
- ④脱着の解消
- ⑤スリップ事故の防止

ここで「わだち掘れ」の現象についてふれさせていただくと、宮城県、仙台市が国道286号線で行った路面性状調査における「わだち掘れ量」の推移について説明しますが、昭和61年、平成元年、平成4年の過去3回の測定結果から、「わだち掘れ」の増加量について検討しました。

まず管内全体の「わだち掘れ」量（平均値）の比較

*すずき しょうじ 仙台市建設局道路部道路維持課長

をすると次のとおりである。(表-1 参照)

この表からは各年度の実測値(平均値)の比較は出来るが、その測定期間に舗装補修工事実施区間等が含まれているため、「わだち掘れ」の増加量を比較することは出来ない。

表-1 調査年度別わだち掘れ平均値

測定年度	S61	H元	H4
わだち掘れ量 (平均値)	28.0 mm	28.0 mm	28.0 mm

そこで道路延長100m毎の「わだち掘れ」量(平均値)を個々に比較し昭和62年度から平成元年度まで(3ヵ年)に増加した区間(黒色)と平成2年度から平成4年度まで(3ヵ年)に増加した区間(薄色)をレベル図に表示し、その増加した箇所における平均増加量を導いた。(図-1 参照)

レベル図より、昭和62年度から平成元年度におけるわだち掘れ増加量が明らかに大きいことがわかる。

また、表-2 より3ヵ年経過によるわだち掘れ増加量を、増加量別(1mmきざみ)に表した結果から、次のことがわかった。

- ① 昭和62年度から平成元年度の期間において、わだち掘れが増加した区間は74箇所(1箇所100m)

表-2 わだち掘れ増加区間の平均増加量

測定年度間	S62~H元	H2~H4
わだち掘れ 平均増加量	9.7 mm (年間 3.2mm)	5.1 mm (年間 1.7mm)

に対し、平成2年度から平成4年度の区間においては48箇所となっており35%もの箇所減となった。

- ② わだち掘れ増加区間の平均増加量は、表-2の結果から加重平均で導くと、昭和62年度から平成元年度までの平均増加量9.7mm(年間3.2mm)に対し平成2年度から平成4年度までの平均増加量は、5.1mm(年間1.7mm)とおおよそ半減していることがわかる。

これらの事から、脱スパイクによるわだち掘れ増加量の低下が、路面性状データに表れている事が分かった。

ただし、わだち掘れに与える要因としては、このスパイクタイヤ装着率の他、交通量の増加(特に大型交通量)も重要な要因となるため、一概に結論付けられないと思われる。

参考-1

スパイクタイヤ装着率(年間最大:市役所前)

昭和57年度	91.3%	昭和62年度	21.7%
昭和58年度	50.9%	昭和63年度	18.5%
昭和59年度	55.3%	平成元年度	13.4%
昭和60年度	34.0%	平成2年度	4.7%
昭和61年度	35.1%	平成3年度	1.2%

参考-2

国道286号線の交通量(12時間:西多賀)

昭和60年度	24,480台
昭和63年度	26,269台
平成3年度	30,583台

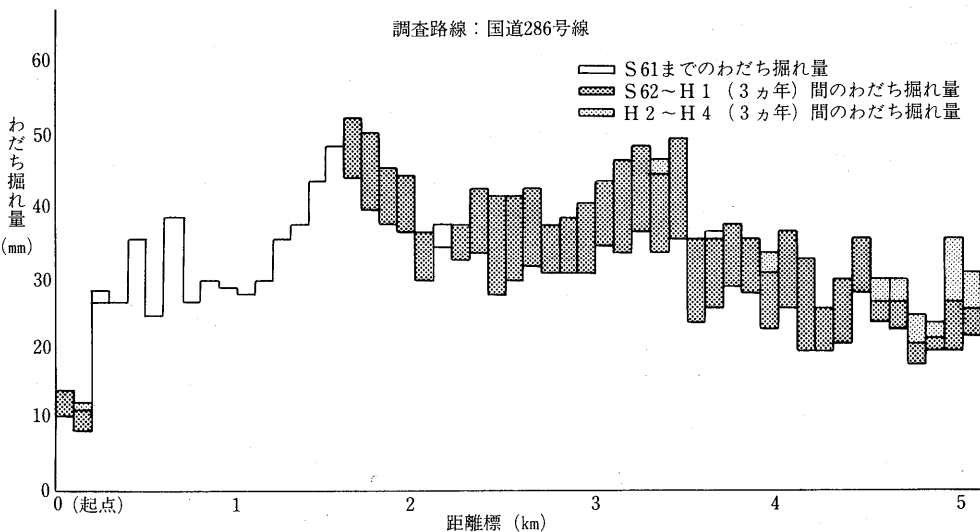


図-1 路面性状調査におけるわだち掘れ量の経年変化

2.2 環境への影響

スパイクタイヤ使用によって道路粉じんが発生し、それが降下ばいじんとなり大気を汚染している。

過程については、仙台市を例にとると降下ばいじんに関しては、スパイクタイヤ普及以前の昭和38年11月より継続調査を30年余り実施している。これらの経年変化を見ると昭和40年代前半には石炭燃料が一因と考えられる高い数値を観測しているが、石油への燃料転換や各種規制とともに減衰傾向となっている。しかしながら、昭和50年をすぎたあたりから増加に転じスパイクタイヤ使用全盛期の昭和58年2月には、56.5トン/㎢/月と最大となっている。

降下ばいじんが著しく増加した原因については、中国の“黄砂”によるものか、近郊から車が持ち込んだ“土砂”なのか、あるいは、スパイクタイヤによって削られた“道路粉じん”によるものか、当初はその実態が良くとらえられていなかった。

それらをふまえ、市長の指示に基づく「道路粉じん問題研究会」を庁内に発足させ、原因の解明と対策の方向を探らせることになった。

その調査研究の中で道路粉じんとスパイクタイヤとの因果関係について次のことが明らかになった。

- (1) 道路ばいじんは、地理的(雪国)・季節的(冬期間)に偏在し、また道路端ほど局在すること。
- (2) 道路粉じんはスパイクタイヤの普及とともに年々増加、降下ばいじん量とスパイクタイヤ装着率は相関関係にあること。
- (3) 冬季と夏期に採取した道路端の堆積土砂を分析することにより、冬季の方がカルシウムやアスファルトテン、タール分等が多く含まれ、白線やアスファルトが削り取られることによるものと判明したこと。
- (4) スパイクタイヤラベリング試験機によってつくられたモデルの粉じんと道路粉じんの成分組成がかなり類似していたこと。
- (5) 冬季の道路端の堆積土砂を実態顕微鏡によって観察したところ、白線に使用されているガラスビーズや、アスファルト摩耗物が確認されたこと。

このような調査研究の結果、降下ばいじんは道路摩耗が原因で発生した粉じんによるものであることが判明した。

3. 脱スパイクタイヤとその対策

3.1 生活環境の悪化と健康被害

国は公害対策基本法に基づいて各種の環境基準を定

めているが、粉じんに関しては、大気中に浮遊する物質を測定し一定の濃度をもって環境の悪化を図る方法である。

環境庁の定めた浮遊粒子状物質の環境基準は下記の通りである。

(環境基準値)

①連続する24時間の1時間平均値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下

②1時間値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下

両条件が常に満足しなければならない。

※「浮遊粒子状物質」とは $10\mu\text{m}$ (100分の1mm)より小さい物質を言う。

微粒子のみ測定する基準を設けた理由は、医学的知見に基づき粒径 $10\mu\text{m}$ 以上の粒子状物質は鼻腔及び咽頭部で捕捉されて、痰などとともに体外に排泄されるが、それより微細になると呼吸によって気道や肺に入り健康に直接影響を与えるからとされている。

仙台市の浮遊粉じん量を例にとると環境庁が昭和58年度の秋と冬に調査したところによれば12時間の交通量が23,000台の道路端で浮遊粒子状物質濃度は3月で $128\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達し札幌市と同様に10月の3.8倍になっている。

降下ばいじん量について木町通小学校敷地内の経年変化を見ると、昭和58年度で $112\text{トン}/\text{km}^2/\text{月}$ であったが昭和60年度で $57.8\text{トン}/\text{km}^2/\text{月}$ に減少している。

この間スパイクタイヤの装着率が50.9%から34%に減少していることに対応して降下ばいじん量も減少している。(図-2参照)

仙台市は少雪地域であるため厳冬期においても乾燥路であることが多く、そのため札幌と異なり冬期中粉じん量が高濃度のまま春を迎えるといった特徴がある。これらの実態を重視した仙台市では、昭和57年2月に従来の「道路粉じん問題研究会」を「道路粉じん対策委員会」と名称を変え道路粉じんに関する各種防止対策や健康影響等を調査検討することになった。

それを踏まえ、昭和57年12月東北大学医学部、仙台市医師会及び市衛生局の専門家からなる「道路粉じん健康影響調査専門委員会」を分科会として設置した。

どのように生活環境を脅かしているのかと言えば、一日中ほこりっぽく、洗濯物は汚れ、窓は開けられず、髪はザラザラし、沿道はうすぎたく汚れ、口の中はジャリジャリし、眼や喉が痛くなり、マスクをかけなければ外を歩けないような毎日であった。

折しも、仙台の野犬の肺からスパイクピンの一部と見られる道路粉じんが発見され、センセーショナルに

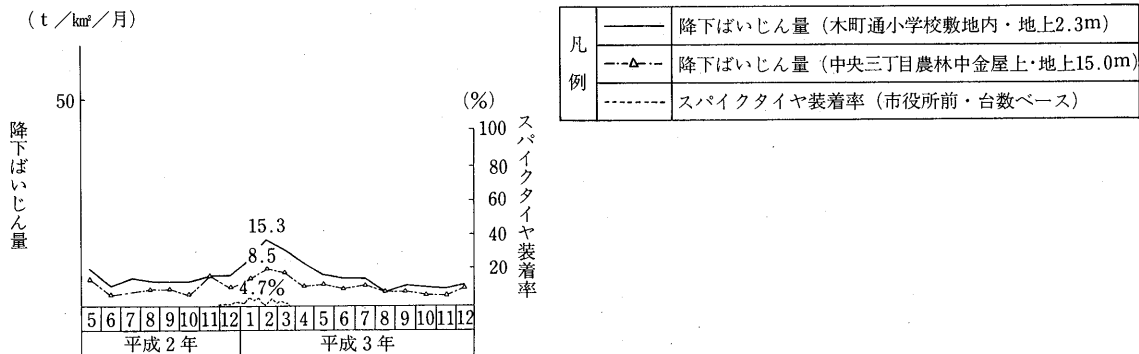
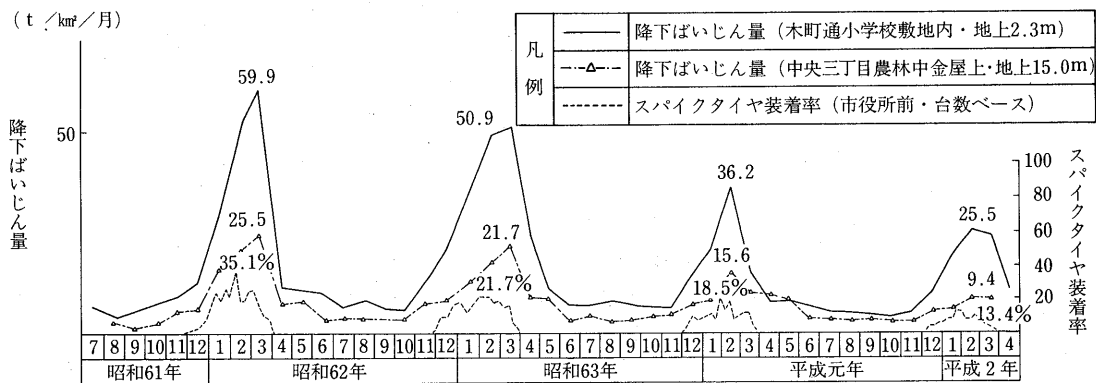
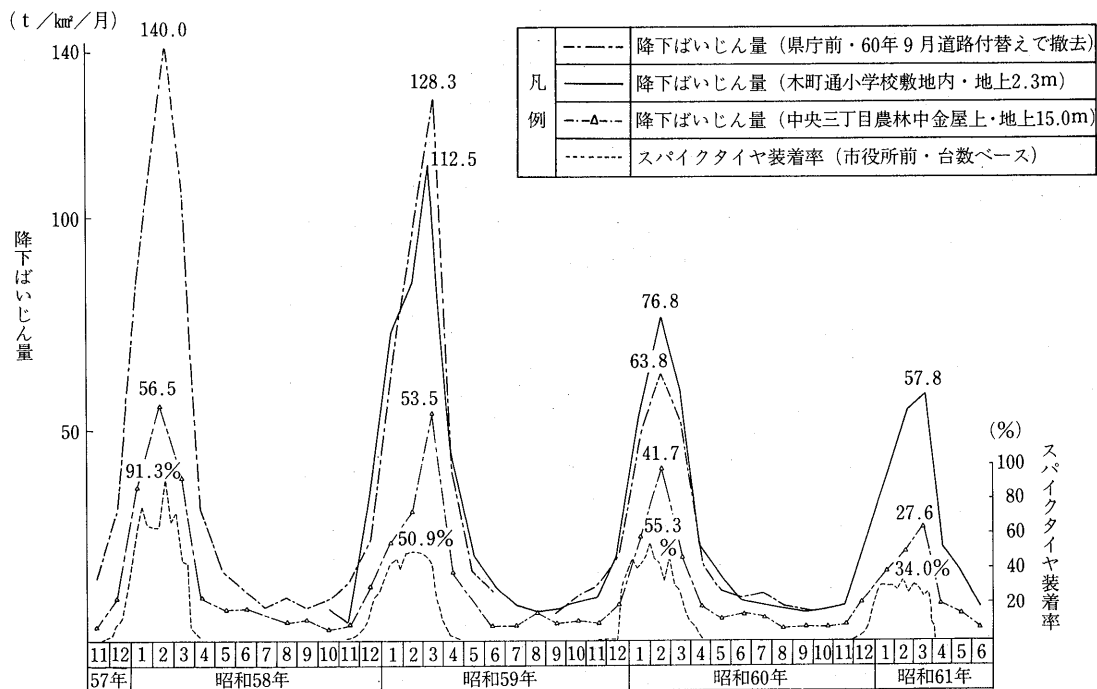


図-2 降下ばいじん量とスパイクタイヤ装着率の経過変化

報道され、市民の間に今までのような感覚的あるいは定性的な問題としてとらえられた道路粉じんがにわかに健康被害として脚光を浴びその観点から論じられるようになった。

上記の専門委員会で3年の間に延べ58回の委員会を意欲的に開催し検討を重ね、次のような結論に達した。

- (1) 道路粉じんが、短期的には耳鼻科・眼科領域並びに上気道を直接刺激して症状をもたらし、また、喘息児童においては発作を誘発せしめること。
- (2) 道路粉じんが、上気道だけでなく肺深部へも吸入され、吸入された道路粉じんは、蓄積する傾向が見られること。
- (3) 道路粉じんには遊離珪酸が高率で含まれ、その長期吸入はじん肺症発症への危険性をはらんでいること。
- (4) 道路粉じんには各種の発がん性物質が含まれ、また、じん肺症には肺がん合併率の高いことから、肺がん発症率も考慮されねばならないこと。
- (5) 道路粉じんは、小児・高齢者・呼吸器疾患患者など呼吸器に脆弱性をもつ市民に障害を起こしやすいこと。
- (6) これらの各症状もしくは発症に対処するには、予防的処置しかないこと。

以上の指摘を受けて市民の健康を守る立場の行政側としては、早急な対応が求められた。

3.2 脱スパイク運動とその対策

市民の間より、スパイクタイヤ使用の各種功罪から始まって「健康か安全か」などの議論がマスコミを巻き込んで昭和56年から昭和58年にかけて盛んに繰り広げられたが各種団体、町内会、事業所等が率先して立ち上りスパイク運動に取り組むようになった。

昭和57年1月仙台市宮町商店会では「ほこりだらけになった商品は売り物にならないだけでなく商店街そのもののイメージダウンにもつながる」としてスパイク自粛を決議した。その後市内でも降雪の多い町内会である、八木山、向山、国見等が「脱スパイク宣言」を行い自主的に参加し、また厳しい気象、地形条件の折立地区も「脱スパイク推進モデル地区」として積極的に脱スパイク運動を展開した。

一方、交通量の多い国道4号線に接している東二番丁小学校、国道45号線に接する東六番丁小学校では道路粉じん問題を学校教育の中に持ち込み、粉じん被害の実態を調査するなど「公害教育」の導入を図ったのである。

このような多彩な市民活動に動かされていた脱スパイク運動であったが、先の「道路粉じん健康影響調査専門委員会」での、目、鼻の自覚症状による疫学調査、喘息児童への影響調査、肺磁界装置による肺内粉じん量の測定などの調査成果の結論としては「道路粉じん」は人々に重大な健康被害の恐れがあると指摘されたことが脱スパイクの原動力になった。

このような中で昭和58年6月に仙台市では市長を本部長とする「スパイクタイヤ対策本部」を設け全市を挙げて積極的な対策に乗り出した。これは道路粉じん問題を単なる「社会問題」としてとらえるのではなく一段高い「都市問題」としてとらえることにより、生活環境や道路環境として交通安全等の錯綜した各種問題の解決を目指そうとするものであった。

その具体策としては

- ・道路対策
- ・安全運転対策
- ・発生源対策
- ・健康対策
- ・推進運動

を講じることになった。特に道路対策としては

- ・除雪融雪基準の引き上げ
- ・除雪融雪24時間体制の確立
- ・冬道情報の提供
- ・道路清掃の強化

等であった。

4. 規制と法案成立

4.1 規制の方向

スパイクタイヤ使用による「道路粉じん」公害は従来の企業型公害とは異なり加害者も被害者も共に市民であり、かつ加害者が同時に被害者であるという、錯綜した新しい類型であるところに非常にむずかしい問題が内在していたが、仙台市弁護士会は昭和57年4月から当時の公害対策委員会でこの問題を取り上げ「道路粉じん問題小委員会」を設置した。

採り上げることとした理由は主に2つの点にあった。

- (1) 当時粉じん問題は具体的な健康被害の発生につながるという指摘はなかったものの環境特に大気汚染が甚だしく健康に悪影響を及ぼしていることは明らかであり放置すべきでないこと。
- (2) 各種の論争を見ている、例えば道路粉じんとスパイクタイヤとは無関係とか、道路の清掃を強化すればよい等の議論が錯綜しており、これらを整理し問

題解決に向けての指針を提示して社会的合意を形成する主体が必要であること……

一方札幌市においても昭和57年2月に札幌市が「スパイクタイヤ使用にかかる指導基準」を制定して使用自粛を呼びかけたのが、やがて全国の自治体が自粛要項をつくる発端となった。

仙台市のような少雪地帯に次いで多雪地帯の札幌市が脱スパイクに積極的な取り組みをした社会的影響は大きく、全国に脱スパイクが普及する大きな要因となったといえよう。

4.2 条例制定と法案成立

4.2.1 自粛と条例

積雪凍結路における交通安全の確保上、スパイクタイヤの使用は事故防止に役立っているとの県警の判断等もあったが、宮城県は住民、業界、行政等、各種各層から成る「宮城県スパイクタイヤ問題懇親会」の提言を受け県内を四地域に分けてスパイクタイヤの使用自粛期間を設定した「宮城県スパイクタイヤ対策推進要綱」を決定するにいたった。

しかしながら、強制力の伴わない行政指導では一定の効果を上げるのには限界のあることも事実であった。

そのような一方、県民の健康影響への懸念、仙台市弁護士会や「政党的スパイクタイヤ問題懇談会」による提言を受けて昭和60年12月、罰則を伴う「宮城県スパイクタイヤ対策条例」が全国に先駆けて制定されたのである。

条例の骨子は

- (1) 4月から11月までの間は、県内全域においてスパイクタイヤを使用禁止とすること。
- (2) 12月から翌年3月までの間は、県内を「重点地域」と「推進地域」とに分け、「重点地域」はスパイクタイヤを極力使用しないこと、並びに「推進地域」は不必要な場合には使用しないこととすること。

なお、実効性を確保するため「宮城県道路交通規則」が同時改正され違反者には反則金を課すこととしたのである。

これらの各自治体の動きより、自粛要綱や、行政処分を伴う条例制定の動きは国による法制化を押し進める弾みとなった。

4.2.2 公害調停の成立

また、昭和62年4月に長野県在住の弁護士62名が国内大手タイヤメーカー7社を相手方とするスパイクタイヤ粉じんの発生防止のために「被申請人らは長野県内においてスパイクタイヤを販売し、または販売させ

てはならない」ことを求めて長野県知事に対し公害調停を申請した。

それを受けた相手方（タイヤ業界）は道路粉じんによる健康被害のおそれは深刻であり大きな社会問題となっているとの認識から一定の猶予期間をもうけたうえででの中止に応じる姿勢に転じた。申請人も3シーズン後の製造販売中止と委員会の調停案に同意し昭和63年6月2日に成立した。

(1) 調停条項

① 当事者双方及び参加人らは、スパイクタイヤの使用による粉じんの発生が、地域住民の生活環境を悪化させるのみならず健康への影響も憂慮され、さらには道路施設の摩耗及び道路標示の消失を招くなど、社会的にきわめて重要な問題を引き起こしているため、これを解決するために、国及び地方公共団体、タイヤメーカー、ドライバー、住民などが一体となって取り組むことが必要であるとの共通認識に立ち、被申請人は、昭和65年（平成2年）12月末日限り、スパイクタイヤの製造を中止し、昭和66年（平成3年）3月末日限り、同タイヤの販売を中止するものとする。

② 申請人及び参加人らは、国や地方公共団体に働きかけ、スパイクタイヤの使用禁止に関する法制化及び行政施策が図られるよう最善の努力をするものとする。

③ 被申請人は、スタッドレスタイヤ等の開発・普及を図るとともに、タイヤ性能等に関する資料を申請人及び参加人らに提供する。

この調停の意義の大きさは、成立によって平成2年4月1日から大手国内タイヤメーカー7社のスパイクタイヤが販売されなくなり市場より消えるという、全面的脱スパイクタイヤの流れを決定づけたこと。

また2条で、この問題の解決のためには「スパイクタイヤの使用禁止に関する法制化」が必要であることを強く示している点でこれらの公害調停の成立はスパイクタイヤ使用禁止法の制定を必要不可欠とする状況をつくりだしたのである。

4.3 立法

環境庁は、国の公害等調整委員会での調停の成立を受けてスパイクタイヤの使用を禁止するための法律等を平成元年1月26日策定し、関係省庁との協議に入った。法案策定の詳細は省略させていただきますが、法律案は「スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律」という名称で全文10条付則4条から成っていた。

本法律案は一次二次と修正されたが、一次案では使用禁止の実効性を確保するための手段として用意したのは、命令違反には罰則を科することとされていて実効性を担保している。

平成元年5月に一旦一次案の国会提出を見送った環境庁は翌平成2年1月15日までに一次案の修正案（二次案という）を策定して、省庁間の折衝に入った。

一方、平成2年4月5日環境庁長官は中央公害対策審議会に対し「スパイクタイヤ粉じん発生防止のための制度の基本的なあり方について」との標題の諮問を行った。この答申を受けて5月8日に策定した法案の閣議決定を得て国会に提出し全文8条付則3条から成る法案は平成2年6月18日に原案どおり両院を通過可決し法律として成立した。

5. 脱スパイクの効果と今後の課題

5.1 効果

平成2年6月27日法律第55号として成立、直ちに施行されそれに基づく指定地域も年々拡大し全国で18道県（平成5年2月現在指定地域は積雪寒冷地における人工の約80%）となり、スパイクタイヤは急速に姿を消す状況となった。

脱スパイクタイヤの効果について仙台市の場合には降下ばいじん量の激減がまずあげられます。国道48号線と主要幹線である晩翠通にはさまれている沿道環境の

木町通小学校は昭和59年3月に113トン/㎢/月にまでスパイクタイヤ装着率の減少とともに激減している。

（図-3、4参照）

また、それより環境庁主催の「どこまで見える青空観察コンテスト」への参加、平均視距離が26.3kmという良好な数値を得ている事実がある。その結果全国39市町村とともに環境庁より「あおぞらの街」の選定を受けている。

一方ハード面の道路補修費では、宮城県で行った摩耗影響分析によれば、昭和58年度の道路摩耗は年間で約5.2ミリ、平成3年度では1.7ミリで装着率の低下に伴い約3.2ミリ分の摩耗がくい止められた。この摩耗低下率と県内各地域の装着率、交通量などを基に県全体について道路摩耗状況を試算したところ県が管理している国県道（総延長約2,600km）で年間1万3千トン分のアスファルトが摩耗せずに済んだことがわかった。これを補修費に換算して約3億円となり補修費全体で約8分の1が節約された勘定で、また、センターラインの引き直し区間は昭和58年当時に比べ約3分の2の1km程度に縮小されたと報告されている。

これからもわかる通りその結果、仙台砂漠から「青い澄んだ空」が戻り、また余分な予算の支出も止められその効果は身体健康等を考慮すると計り知れないものがあると思われます。

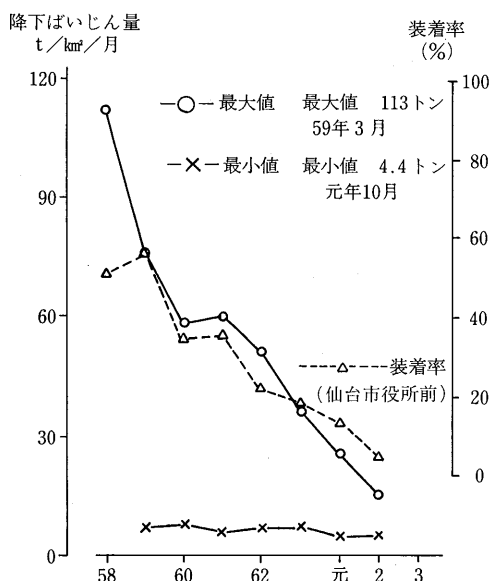


図-3 木町通小学校における降下ばいじん量の最大・最小値の経年変化（昭和58年10月より平成3年3月まで）

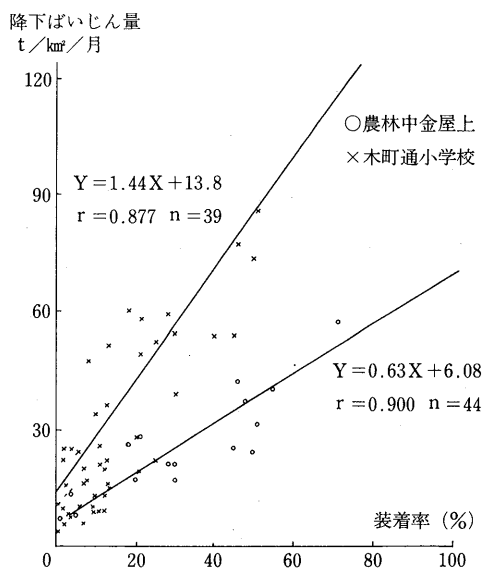


図-4 降下ばいじん量と装着率の相関関係（昭和57年12月より平成3年3月まで）

5.2 今後の課題と対策

平成4年の4月より罰則が適用されるにいたり、スパイクタイヤの使用はほとんど見られなくなり代わりにスタッドレスタイヤが普及したわけであるがその分、冬期道路の安全管理についての十分な対応が求められているのが現状である。

しかしながら一概に道路といってもその持っている役割によって重要度も違っていてその対応も区別されなければならない。またすべての道路を除雪・凍結防止の作業、消融雪設備の設置をすることは予算、人員、機械力等から不可能であることは明らかであり、それらの事態をふまえ、基本的にはその道路機能（交通量等）を十分に把握し住民の理解などを得て選定することが大切と思われます。特に配慮すべきは市民活動や経済活動が阻害されない路線を選ぶことが肝要である（例えば早朝に市場に通ずる道路、バス路線など）。

仙台市においては昭和58年12月より除融雪体制を組んで約1余年を経過したのであるが現在今後の課題としては、除雪車両等は準備はできるが、オペレーターの確保が難しく、また高齢化しているなど対応に苦慮している現状であるので今後は特殊な除雪車の他は操作が簡単で、運転席の居住性の優れた除雪トラックの開発が必要である。

また、除融雪車の効率的な運用を図るために主要道路には道路付属構造物として是非、車両待機場所の確保、また融雪剤のタンクを適正に配置することも考慮すべきである。

一方ロードヒーティングを設置する場合に高压電力を電源とすると常時電気技術者をしておかなければならないなどの規則があるのですべて低压で使用できるよう電力会社に理解を求めよう働きかけたい。

また、それと共に今後も凍結抑制舗装の開発をなお一層進め、交差点や坂道などに施工し交通安全を図るよう努めるべきだと思われる。

また、除融雪作業を適正に実施するためにはどうしても降雪や路面の凍結を気象予報と連動し、その道路の状況を予測する装置、例えばサーマルマッピング図や自動路面監視システムを採用し効率的な作業を実施

することが今後は必要で且つそれらの作業実施状況を適正に「冬道情報」としてドライバーに周知させることも肝要である。

現在大きな社会問題として取りあげられている冬道の現象としてのいわゆる「つるつる路面」であるが、これらの発生メカニズムは完全に解明されてはいないが仙台市のような少雪地域では見られない現象で、秋田県や札幌近郊の交差点付近で多く発生する特殊な冬期路面現象と思われます。これらについても現在建設省を中心として関係する道県で構成する冬道管理充実計画策定委員会（仮称）を設置し対策を講じていくべく検討しています。

次に、環境影響についてであります。仙台市では昭和58年の冬期より凍結防止剤散布に伴う環境影響調査を実施して約11年を経過しその期間毎年植物、土壌、道路構造物、水質、水中生物の項目について追跡調査を行いました。結論的に申し上げますと経年概要報告書によれば現在の時点では大きな変化や影響は見受けられません。それらの詳細な内容については他の機会に譲りたいと思います。

ただ、凍結防止剤の成分は現在のところ、塩化カルシウムや塩化ナトリウムが大部分を占めているので長期間使用すれば必ず何らかの影響が出ることは必然であり、今後はC.M.Aのような環境に優しく、低廉な融雪剤の開発が求められている。

6. おわりに

道路の本来持っている効用を冬期においても最大限に発揮させることは管理者としての責務であります。今まで述べてきましたように、そのためにはいろいろと課題があり、また、今後の解決に待たなければならない事項も沢山あることも事実であります。道路の主役はあくまでも人であるという視点に立ち、自動車中心の除融雪作業でなく、今後は高齢化の進展等を考えると歩道の除雪などのきめ細かい対策が求められ、また、地球環境に配慮した施策の展開が絶対の条件となり道路を管理する我々の責任は重くなると考えられます。

— 参考文献 —

1) 仙台市弁護士会編著：スパイクタイヤ粉じん防止法

2) 仙台市：さらば仙台砂漠

脱スパイクが舗装にもたらした新たな課題とその対応

村 井 貞 規*

1. 舗装から見た脱スパイクへの対応

平成4年4月から我が国においてはスパイクタイヤが原則禁止され、車両の冬期路面における環境が大きく変わった。昭和30年代においてモータリゼーションの著しい進展にともない、チェーンによる舗装の破壊が問題になり、一旦装着すれば煩わしい作業を必要としないスパイクタイヤが寒冷積雪地に普及し、冬期の交通を支えてきた。昭和50年代後半になると、環境問題への関心が高まる中、特に都市部において、路面をスパイクが削ることによる粉塵問題が表面化するようになった。さらにその後のスタッドレスタイヤの改良に伴う信頼性の向上を受けて、スパイクタイヤが廃止されるに到った。

しかしながらスタッドレスタイヤはスパイクタイヤに比べると性能的にはやや劣ることは否めず、スパイクタイヤ使用下では見られなかった「つるつる路面」の出現など、以前とは異なる問題も含めて新たな対応が必要になってきた。すなわちスタッドレスタイヤとともに路面管理を併わせて冬期路面に対処しなければならなくなったといえる。

そのためのいくつかの手段が考えられているが、ここではその対策と実際の現状についてまとめることとする。ただしここに挙げた手段の多くは以前から開発、利用されてきたものが中心であり、スタッドレスタイヤの普及に伴ないその重要性がさらに増したと考えるべきであろう。

2. 冬期路面対策

雪や氷を除去する冬期の路面対策にはいくつかの種類がある。それを大きく分けると、雪を排除する機械除雪と、なんらかのエネルギーを加えたり、融雪剤により雪氷を溶かす融雪に分けることができる。後者については散水車により路面に融雪剤を散布するものと、舗装自体に融雪、消雪機能を持たせたものがあるが、

ここでは舗装自体に関するものを取り上げることとする。これらを分類整理すると

- (1) 凍結抑制舗装
- (2) 消雪舗装
- (3) 融雪舗装
- (4) 雪氷剥離舗装

に分けることができよう。これらについてさらに詳しく説明する。

(1) 凍結抑制舗装

これは以前からアスファルト舗装において試みられていた舗装であり、コンクリート舗装においても実験的にその効果は確認されている^{1),2)}。この舗装は舗装構成材料の中に塩化物などの凍結抑制剤を混入し、これが溶出することにより氷点の降下を期待するものである。ただし効果を発現する路面表層にのみ抑制材を混入することが困難なこと、スパイクタイヤの禁止により、舗装表面の摩耗による薬剤の溶出を期待することが困難なこと、また無雪期にも塩化物が溶出することなどが問題であるといえよう。

(2) 消雪舗装

消雪パイプを舗装内に埋め込み、道路中央から路側に地下水（他に河川水や温泉の湯を利用する場合もある）を流下させることにより、雪を溶かすもので、気温があまり低下しない上信越から東北地方で利用されている（図-1）。路側部の滞水や、地下水を用いることによる地盤沈下、地下水位の低下が問題になるが、

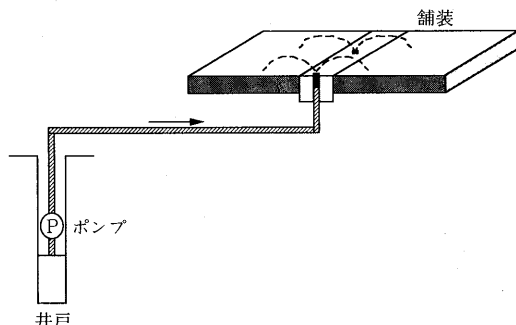


図-1 消雪パイプ

*むらい さだのり 東北工業大学土木工学科教授・工博

センサー制御による節水などの改良が加えられつつある³⁾。

(3) 融雪舗装

路面下に電熱線や温水パイプを通し、必要に応じてエネルギーを供給して路面の雪水を溶かすものである(図-2)⁴⁾。現在のところ最も効果が高いといえるが、エネルギーや施設に対する費用と共に、路面の下に埋め込むための施工の困難さや施設の維持などについて費用がかかる点に最も問題があり、広い範囲に用いるのは難しい。従ってトンネルの出入口付近や、主要道の勾配部など特に重要な部分に用いられている。上述の他に地中の熱源や、海水を熱源とするヒートパイプ(図-3)、温泉の湯などを熱源とする熱交換機を用いた融雪装置が実用化されている。

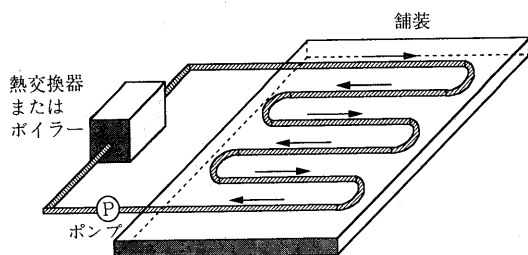


図-2 温水パイプ

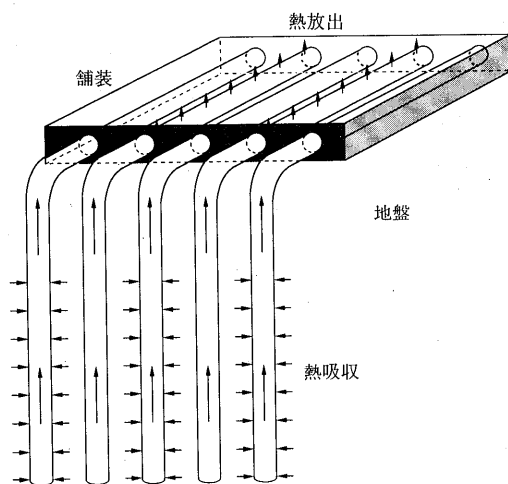


図-3 ヒートパイプ

(4) 雪氷剝離舗装

この名称は正式なものではなく、(1)の凍結抑制舗装に分類される場合もあり、最近着目されている舗装である。これは舗装表面や内部にゴム粒子やゴムシリンドーなどを埋め込むことにより、車輪が載ったときに路面と雪氷が剝離し、路面が露出しやすくなる性質

を利用したものである(図-4)⁵⁾。特にエネルギーを必要とせず、広い面積にわたって用いることができる点や、融雪剤などによる環境問題を引き起こさない点で魅力があるが、ある程度氷層が厚いときの有効性など検討しなければならない点もある。また表層材料としての強度の低下や、無雪期の路面の摩耗などの影響についても検討が必要である。

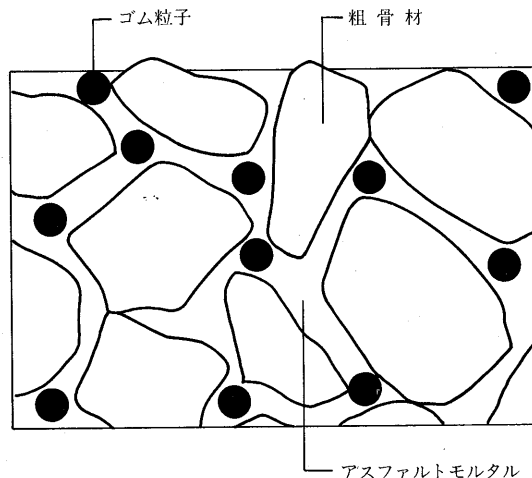


図-4 ゴム粒子を添加したアスファルト舗装

3. 積雪寒冷地における対応

こうした脱スパイクの流れを受けて、東北地方、北海道などでは各自治体が対策に取り組んでいる。その現状についてのアンケート調査結果を紹介する⁶⁾。

このアンケート調査は平成6年度に北海道、東北地方、新潟県の新潟県全724市町村について行なったものであるが、回収数は265で、回収率は36.6%であった。調査内容はそれぞれの地域の道路延長、一般会計、除雪機械台数と稼働日数、雪処理費用などグローバルなものから排雪・融雪手法など道路に関連する技術的なものまで、多岐にわたっているが、ここでは道路の雪処理に関する部分について示すこととする。

表-1は消雪舗装を有する自治体の数だが、新潟県が最も多く解答数のほぼ60%に達している。次いで秋田が多く、福島、山形の順になっている。すなわち積雪地帯の中でもどちらかという暖かい地域が利用する手段であるといえる。

表-2はロードヒーティングを実施している自治体数を示したもので、北海道が最も多く解答数の約60%を占めている。次いで青森、新潟が15%となっている。表-1に比べると、寒冷な地域が利用する手段の中心となっていることがわかる。

表-1 消雪舗装を有する自治体の数

地 域 名	新潟県	福島県	山形県	宮城県	秋田県	岩手県	青森県	北海道
市町村数	27	4	4	0	7	2	0	1
割 合	0.6	0.09	0.09	0	0.16	0.04	0	0.02

表-2 ロードヒーティングを実施している自治体の数

地 域 名	新潟県	福島県	山形県	宮城県	秋田県	岩手県	青森県	北海道
市町村数	5	1	0	1	0	1	5	20
割 合	0.15	0.03	0	0.03	0	0.03	0.15	0.61

表-3 は用いられている雪氷処理技術について消雪パイプ、ロードヒーティングを除いたものについて整理したものである。ここでは対象としていないが、融雪剤散布が最も多い。凍結抑制舗装は新潟と北海道で多く用いられている。温水パイプなどの融雪舗装は北海道で多く見られる。消雪パイプ以外の路面流水による消雪舗装は新潟県が主で、凍結の厳しくない地域での補足的な手段となっている。またこれらの他に除排雪に関連した流雪溝、流雪柵などを利用している地域も多い。

このアンケートは全数の結果が得られているわけではなく、全体に対する割合も実際の状況の一部を反映

したものではあるが、現在の市町村の雪処理の現状を表わしているといえよう。

寒冷積雪地域の発展においては、冬期の交通の高速性、安全性の確保が大きな課題であることはいうまでもない。そして脱スパイクという潮流の中で、これらを実現していくために、寒冷積雪地はより高水準の冬期の路面管理という大きな負担を負うことになった。最近の我が国の経済の低迷の中で、こうした要求に対処していくのは確かに難しくなっているが、道路技術者は時代の要請に答え、より経済的で、有効な路面を提供する努力をいっていく必要がある。

表-3 雪氷処理技術

	新潟県	福島県	山形県	宮城県	秋田県	岩手県	青森県	北海道
融雪剤散布	10	0	1	1	3	0	3	4
凍結抑制舗装	3	0	0	0	0	0	0	5
路面流水	6	0	0	0	0	0	1	0
温水パイプ	1	0	1	1	0	0	0	3
ヒートパイプ	0	0	0	0	1	0	0	1
流雪柵・槽	0	0	0	0	0	0	0	3

— 参考文献 —

- 1) ニノ宮秀彦他：アスファルト混合物の着氷力測定，土木学会年次学術講演会講演概要集，1993，p. 868.
- 2) 中丸貢他：凍結抑制材を使用したセメントコンクリートおよびセント系スラリーの性状，土木学会年次学術講演会講演概要集，1994，p.114.
- 3) 宮本重信：積雪センサー制御による消雪用地下水の節水効果，第10回日本雪工学会大会論文報告集，1994，p.61.
- 4) D.M.Gray, D.H.Male:Handbook of Snow, Pergamon Press, 1981, (松田益義編訳，築地書館，1990.)
- 5) 大橋 紀他：ルビット舗装の凍結抑制メカニズムについて，第20回日本道路会議論文集，1993，p. 754.
- 6) 堀井雅史他：積雪地域における道路の雪処理に関する実態について，第11回日本雪工学会大会論文報告集，1994.

凍結路面対策試験舗装

武 市 靖* 川 端 隆** 足 立 敬 允***

1. まえがき

北海道では、スパイクタイヤの使用禁止に伴い、冬期間の路面管理への社会的要請が高まってきており、滑りやすい凍結路面、いわゆる“つるつる路面”対策は、大きな検討課題となっている。それと同時に、路面管理の財政負担も年々、増加している。

欧米の諸外国では、冬期の道路管理は多額の費用がかかるのは当然であるという考えがほぼ定着している。しかし、塩散布を前提とした“Bare Pavement Policy (無雪氷路面管理政策)”は、塩害という高い代償を支払う結果となり、見直しが迫られてきた。1980年代後半から米国ではSHRP、欧州では11ヵ国共同のCOST等、国家レベルのプロジェクトにおいて雪氷管理の技術開発を進めてきた。その結論は、「塩散布に代わる有効な路面管理方法が見いだされていない現状では、散布量の最適化を図るための各分野の技術開発、管理担当者の教育等が重要である」という内容に止どまっている。SHRPの技術開発の目玉の一つであった“路面と雪氷との付着破壊”の研究も実用化には至らず、雪氷管理の技術開発は容易でないことを示している。

札幌市では、平成5年度から冬期路面管理のコスト低減と凍結防止剤の依存度の軽減を図るために、産学官の共同研究により凍結路面対策舗装の開発に取り組んでいる。8種類の試験舗装の施工後、冬期と夏期の現場観測や現場採取供試体の室内実験を実施し、凍結抑制効果と耐久性について評価を行った。

本文は、凍結抑制効果が現れた舗装を中心に観測結果の概要を紹介するものである。

2. 凍結路面対策舗装の種類と観測の概要

凍結路面対策舗装は、凍結抑制効果の発現方法により大きく2つタイプに分類して開発を進めた。1つは、舗装面のたわみ性状を大きくして、交通荷重により雪

氷の付着破壊を助長する“たわみ系”のタイプである。他は舗装面の粗度を粗くした“粗面系”のタイプで、路面雪氷が薄層の初冬期、融解期、また、厳寒期でも気象・交通作用により雪氷が消耗して路面が見え隠れする状態において、タイヤと路面との滑り摩擦係数を少しでも上昇させることを目的としている。

両者とも舗装面性状の改良と交通荷重との相乗作用によるパッシブな凍結抑制効果をねらったものであるが、たわみ系はスポット管理的な特徴をもっている。粗面系は、脱スパイク後の耐流動対策としての細粒ギャップから密粒ギャップへの移行、排水性舗装の寒冷地での適用性等をも考慮したものである。

表-1に示すように、たわみ性状を増加させた舗装(たわみ系と呼ぶ)と、表面の粗度を粗くした舗装(粗面系と呼ぶ)の8種類をそれぞれ交差点間において、延長40~90m、片側2~3車線の試験施工をした。

現場観測は、施工後の1993年12月~1994年2月において毎月1週間の連続観測(朝・昼・夜の3回、路面露出率、路面撮影、道路雪氷状態)を行った。1月と2月に1回ずつ12時間集中観測(7am~7pm)において、滑り摩擦係数、路面の露出率、道路雪氷状態、積雪厚、アルベド、路面/雪氷面温度、雪氷硬度、雪氷の薬剤濃度、12時間交通量等について観測した。

3. 集中観測による凍結抑制効果の評価

3.1 1月の集中観測

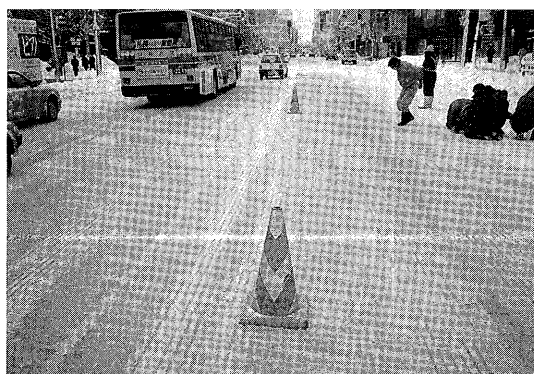
観測当日の1月18日の気温は-6~-9℃の真冬日で、前日の濡れ雪(気温0℃前後で降雪量30cm)が交通車両によって濡れ圧雪となり、夜半の冷え込みによって氷板に変化した。写真-1の密粒度Gal3F舗装に示すように、市内全域が一日中厚い氷板に覆われ、今年の冬で最も厳しい凍結路面となった。写真-2は、そのような路面状態にありながら道路雪氷の剝離、消耗

*たけいち きよし 北海学園大学工学部土木工学科教授・工博 **かわばた たかし 札幌市土木技術センター主幹

***あだち よしのぶ 凍結路面対策技術小委員会委員長、大成ロテック(株)営業課長

表－１ 各試験舗装の種類と特徴

	種 類	特 徴
た わ み 系 舗 装	ゴ ム 粒 子 混 入 舗 装	廃タイヤを粉砕したゴムチップをアスファルト混合物に混入し、敷均し後表面にもアスファルトコーティングしたゴムチップを転圧入したもので、交通荷重により舗装表面がたわみ、路面の雪水を破壊する。
	グルーピングウレタン舗装	舗装表面に溝を切って、弾力性のあるウレタン樹脂を埋め込んだものである。弾力性のある部分となない部分が舗装表面に交互にできるため交通荷重によって雪水の剝離・破壊が起きやすい。
	マジックサークル舗装	舗装面に直径5cm、深さ2.5cmの穴を多数空けて弾力性のあるゴムを充填し、交通荷重による雪水の剝離・破壊を助長するものである。
	ウレタン樹脂浸透舗装	開粒度アスコン舗装にウレタン樹脂を圧入したもので、表面の付着力の低減と弾力性により雪水の剝離を促進するものである。
粗 面 系 舗 装	半開粒度アスコン舗装	空隙率10～20％、高粘度アスファルト使用の開粒度タイプのアスコンで粗面による滑り抵抗の増加と排水機能によるブラックアイス形成を抑制すると同時に、耐流動性をもたせたものである。
	密 粒 度 Ga13F 舗 装	今回の試験舗装では基準となる混合物である。ギャップ粒度で細粒分を少なくして表面の粗面化により滑り抵抗を増加させたものである。
	密 粒 度 Ga25F 舗 装	最大粒径25mmの骨剤を使用することにより、舗装表面をさらに粗くして滑り抵抗の増加を図ったものである。
	カラーホットロールド舗装	アスファルト混合物を敷均した直後に、プレコートした粒径20mmの人工骨剤を散布・転圧入して、滑り抵抗の増加を図ったものである。



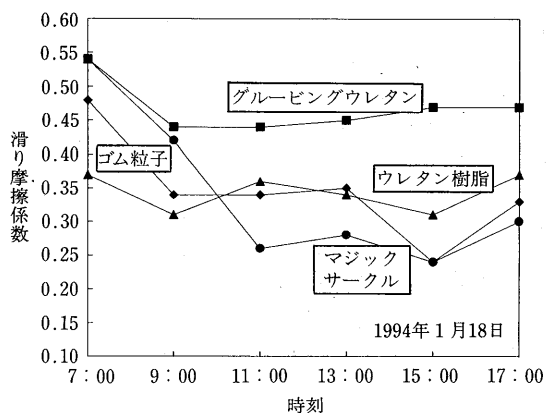
写真－１ 市内全域が厚い氷板に覆れた路面状態 (密粒Ga13F舗装)



写真－２ 雪水の剝離効果が現れたグルーピングウレタン舗装

効果が現れたグルーピングウレタン舗装の路面状態を示したものである。

図－１は、たわみ系舗装について路面の滑り摩擦係数の変化を、図－２はその時の交通量を示したものである。滑り摩擦係数は、試験車に設置した滑り止め抵抗測定器により30～40km/hの速度で測定した結果である。滑り摩擦係数は、グルーピングウレタン舗装では0.45前後を維持しているが、他の舗装は0.25～0.35で変化している。また、各舗装の7～9時の滑り摩擦係数の低下を交通量との関係でみると、ほぼ400～500台の交通量（試験舗装は片側断面であるので、観測値の1/2と仮定）で0.1程度低下している。従って、短時間のうちにわずかの交通量で滑りやすい凍結路面が形成



図－１ たわみ系舗装の滑り摩擦係数の変化

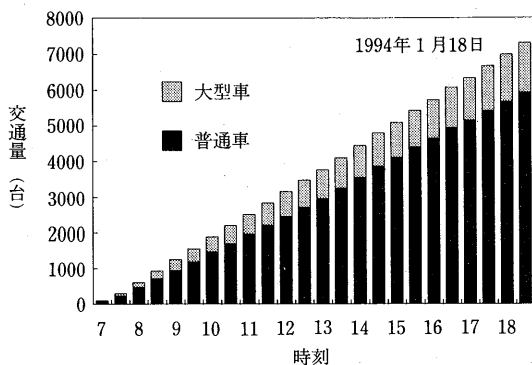


図-2 試験舗装区間の12時間交通量

されることが分かる。

マジックサークル舗装では、直径5cmのサークル内の雪氷が破壊して、横断歩道の歩行者には足掛りとなって歩きやすくなったが、走行車両に対する滑り抵抗の増加には至らなかった。粗面系の舗装は氷板路面のままでほとんど変化は見られなかった。

3.2 2月の集中観測

観測当日の2月17日は1日中断続的に濡れ雪が降り、13時に気温は1.5℃に上昇し、路面／雪面温度は0℃前後で推移したので、舗装の種類による雪氷の消耗状態に違いが出やすい気象条件であった。

図-3は、たわみ系舗装4種類の道路雪氷の消耗過程と滑り摩擦係数との関係を示したものである。滑り

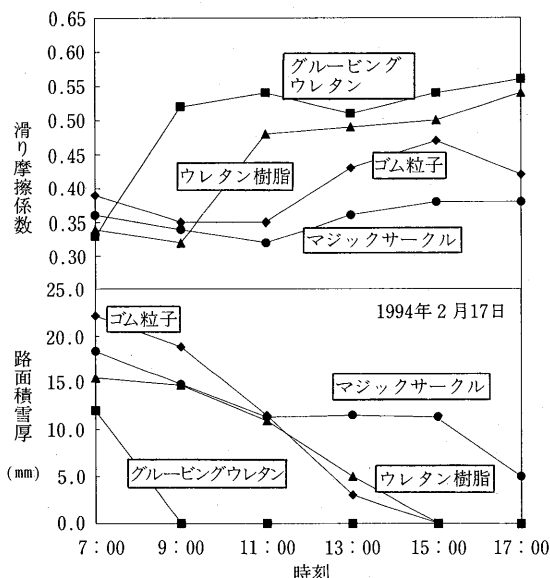


図-3 道路雪氷の消耗過程と路面の滑り摩擦係数との関係

摩擦係数は、路面積雪の消耗過程と対応している。

路面積雪の消耗はグルーピングウレタン舗装が最も早く、9時にはほとんど剝離して路面が露出／水べた雪状態になった。これは、ウレタン樹脂を充填したグルーピング箇所の変形しやすい部分とそうでない部分が交互に路面に出現する効果によるものと考えられる。7～9時の交通量は上記と同様に考えると、400～500台の交通量で雪氷が剝離・消耗したと推定される。次にウレタン樹脂、ゴム粒子混入の順に消耗が進み、マジックサークルではサークル内の雪氷は、写真-3に示すように、走行車両で簡単に剝離・破碎されるが、その周辺の雪氷がいつまでも路面に付着していた。しかし、サークル内の剝離・破碎効果は確認されたので、今後の改良に期待できるものである。

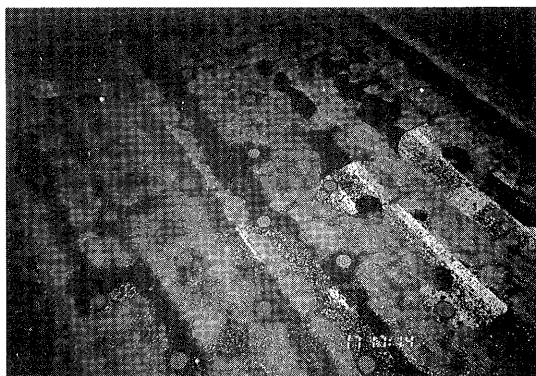


写真-3 ゴム充填部の周辺で雪氷の剝離・破碎効果が現われたマジックサークル舗装

12月～2月の観測期間を通じた路面露出率ではグルーピングウレタン、ウレタン樹脂、マジックサークル、ゴム粒子混入の順に低下し、ルービット舗装タイプのゴム粒子混入舗装は降雪量の多い地域では十分な雪氷の剝離効果が得られないことが分かった。粗面系の舗装は、初冬期や融解期の路面が水べた雪／湿潤露出状態では車の制動・駆動力が増加するが、雪氷の付着はたわみ系舗装に比べて頑固である。

4. 一面セン断試験による付着破壊性状の評価

4.1 試験の概要

8種の試験舗装路面に対する雪氷の付着破壊性状を定量的に評価するために、氷板とアスコンの複合供試体を図-4に示すように設置して、低温室内で土質試験に準じた以下の条件で一面セン断試験を行った。

- (1) 供試体の形状：直径6cm、厚さ5cm（アスコン部と氷板部の厚さは各々2.5cm）

- (2) 試験温度：-1℃，-3℃，-5℃
- (3) 垂直応力：0.3kgf/cm²
- (4) 変位速度：1/100mm/分
- (5) 試験装置：土質実験用の一面セン断試験機のセン断力の容量を1tに改良

4.2 試験結果

図-4は、-3℃における4種のたわみ系舗装と比較のために粗面系の密粒Ga13F舗装供試体のセン断応力と水平変位の関係を示したものである。マジックサークルは、ゴム埋設のサークル部上に氷板を作成したので最も剥離しやすく、ゴム粒子はたわみ系のなかで氷板の付着力が大きい。密粒Ga13Fはセン断応力と水平変位との関係が直線的で、氷板がアスコンに強固に付着し両者が一体となってセン断力に抵抗していることが分かる。

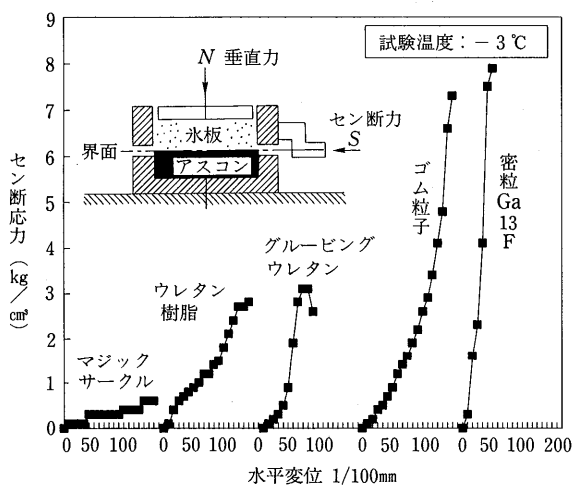


図-4 氷板/アスコン供試体のセン断応力と水平変位との関係

以上から、室内実験においても集中観測で確認された雪氷と路面との付着破壊性状とほぼ同様の結果が得られた。今後、繰返し垂直荷重に対する性状についても調べる必要がある。

5. 供用性、耐久性の評価

5.1 調査の概要

各試験舗装の供用性や耐久性の評価を行うために、施工直後の平成5年11月と一冬経過後の平成6年9月にわだち掘れ深さ、平坦度、滑り抵抗等の路面性状の測定を実施した。更に、同年10月には目視調査により、舗装面の肌理(きめ)・荒れ、充填・埋設しているウレタンやゴムの定着状態、圧密・流動の形態等を調べた。

平成6年7月～8月の札幌の夏は、過去30年の気象統計による平年値と比較すると、日最高気温の月平均が2.4℃高く、30℃以上の真夏日が13日も多い等、例年になく猛暑となり、各試験舗装は過酷な気象条件にさらされたと考えられる。

5.2 PSI等による評価

図-5と図-6には、それぞれ、各試験舗装路面のわだち掘れ深さ、平坦度を示した。図-7は、路面性状の測定結果と目視調査に基づいて算出した供用性指数(PSI)をまとめたものである。

PSIは次式で示される。

$$PSI = 4.53 - 0.518 \cdot \log \sigma - 0.371 \sqrt{C} - 0.174 D^2$$

σ ：縦断方向の凹凸の標準偏差 (mm)

C：ひび割れ率 (%), D：わだち掘れ深さ (cm)

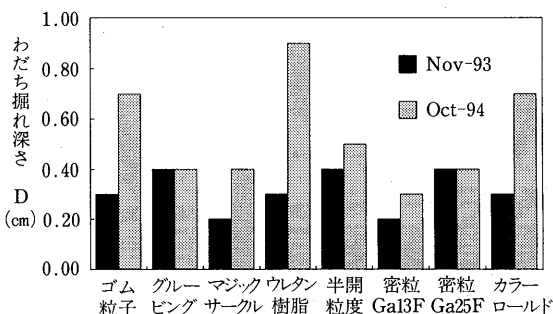


図-5 わだち掘れ深さの年変化

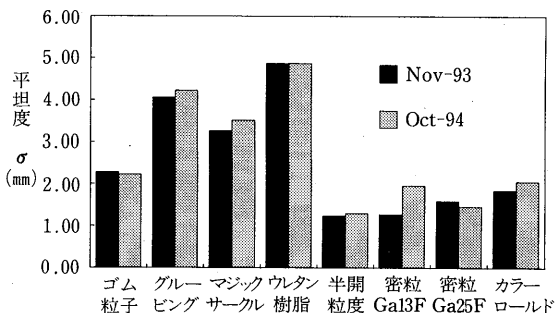


図-6 平坦度の年変化

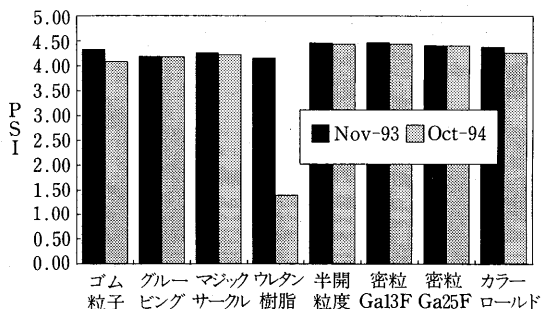


図-7 供用性指数 (PSI) の年変化

わだち掘れ深さは、たわみ系舗装でウレタン樹脂とゴム粒子、粗面系舗装ではカラーロールドが1年経過後やや大きくなっている。平坦度では、施工直後の時点で、たわみ系舗装が粗面系舗装に比べてσが大きくなっているが、1年経過後の変化は小さい。維持修繕要綱による修繕要否判断の目標値は、わだち掘れ深さが3～4cm、平坦度が4mm前後で、わだち掘れ深さは目標値をかなり下まわっている。たわみ系舗装の平坦度は、目標値に近い値になっているが、グルーピングやコア一抜きを行ってウレタン、ゴム等を充填・埋設しているため、その路面特性がかなり影響していると考えられる。また、PSIに関しては、剝離やズレが発生したウレタン樹脂舗装を除いて4以上で、供用1年後の時点では大きな低下は見られない。

図-8は、ポータブルテストによる路面の滑り抵抗の測定結果で、BPN値は各路面とも60～75の範囲である。英国道路研究所での指針では(a)一般単路部≧45、(b)やや線形が厳しい区間≧55、(c)線形が厳しいあるいは交差点間隔が短い区間≧65が望ましいとされているので、指針値を満足している。ただし、粗面形のカラーロールド舗装はプレコートチップ(粒径20mm)がベースアスコン内にやや沈み込む現象が見られ、BPNの低下あるいはわだち掘れの増加の原因となっている。

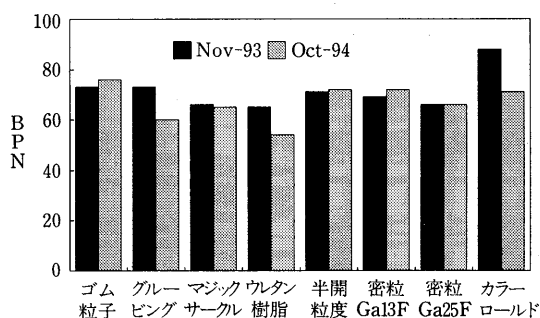


図-8 路面の滑り抵抗 (BPN) の年変化

5.4 目視調査による評価

たわみ系舗装では、ウレタン樹脂舗装を除き、各試験舗装の路面は安定しており、供用性に大きな支障となる現象は出ていない。特に、施工当初から懸念されたマジックサークルの剝離による欠損は3,350個のうち36個で、欠損率は1%程度にとどまった。しかし、路面状態を細かく観察してみると、舗装から剝離した状態でゴムがサークル内にとどまっているものもあり、グルーピングウレタン舗装ではウレタンの剝離、飛び出し、グルーピング箇所角欠け等も確認された。現

在、雪氷の剝離、消耗に大きな役割を果たす充填あるいは埋設材料の定着方法について改良の検討が行われている。

粗面系舗装では、密粒ギャップタイプのアスコンが耐摩耗を重視した寒冷地仕様の配合になっているため、一部、粗面の特徴が十分に出ていない面も見られた。しかし、路面全体は安定しており、耐久性における問題はなく、特に、半開粒度舗装は一般的な粗面を維持していた。

6. まとめ

積雪路面の鏡面化、いわゆる“つるつる路面”の抑制を目的とした試験舗装の現場観測と室内実験により、凍結路面対策舗装の雪氷の剝離・破碎効果を把握することができた。たわみ系ではグルーピングウレタン舗装とマジックサークル舗装にその効果が確認された。

粗面系に関しては、今回の現場調査では粗面化による効果を確認できなかったが、半開粒度舗装は冬期間の排水機能の維持を図ることができれば、粗面系の対策舗装として今後位置づけることができると考えられる。また、脱スパイク後の舗装としての密粒Ga13F舗装も良好な路面状態を維持しているが、わだち部に集中しやすい路面凍結をできるだけ防止するには、耐流動性能をさらに向上させる必要があると考えられる。

現在、夏期・冬期の調査結果に基づき、改良を加えた試験舗装の施工を完了し、再度、追跡調査を実施して、路面凍結の抑制効果と耐久性について調査を行う予定である。

なお、凍結路面対策舗装の技術開発を行っている凍結路面対策技術小委員会の各委員は、以下の通りである。

吉毛利 哲 史	東晃道路株式会社
山 崎 勤	道路工業株式会社
直 江 准 司	三井道路株式会社
浜 口 三 甫	大林道路株式会社
渡 辺 優	岡本興業株式会社
佐 藤 裕	大同舗道株式会社
伊勢田 盛 幸	東亜道路工業株式会社
林 正 敏	日本道路株式会社
池 田 清 治	日本舗道株式会社
松 本 光 久	前田道路株式会社
酒 井 佑 一	丸彦渡辺建設株式会社

札幌市の冬期道路交通対策

川 端 隆*

1. はじめに

札幌市は、創建120年余にして、人口170万人を越える都市となった。年間の平均気温は8℃、総降水量は1,130mmだが、ひと冬の降雪量は5mに達し、最深積雪は1mである。

このような気候条件をもつ札幌市にとって、冬の問題はさけて通れない大きな課題となっている。市民を対象とした市政世論調査によると、昭和53年から連続して雪対策のテーマが市政要望の1位となっている。

雪や寒さは市民生活や社会活動に大きな制約を与えるとともに、都市発展の基盤となる経済活動までも阻害する。特に、今日のように経済活動が活発で、道路が経済活動の動脈として重要な役割を受け持つ時代では、冬期における道路交通の確保が不可欠な課題となっており、雪や寒さがもたらすマイナス面を取り除く

ため、道路サービス水準の向上が求められている。

また、深刻な都市環境問題となっていたスパイクタイヤによる粉じん公害を解決するために、札幌市ではこれまで様々な脱スパイク対策を行ってきたが、平成2年6月に「スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律」が制定され、ようやくスタッドレス社会が定着してきた。

しかし、ひとつの問題が解決したのと引換えに、札幌市では新たな課題も発生している。いわゆる「つるつる路面」問題と称されもので、それは平成4年12月から非常に滑りやすい凍結路面が都心部を中心として頻繁に出現し、交通渋滞やスリップ事故が多発したことから社会問題となっており、今日における札幌市の最大級の課題となっている。

本稿では、脱スパイクの進展にともない、これまで札幌市が冬期の道路交通の確保に向け、どのように取り組んできたか、また、現在における課題と対策について概要を述べるものである。

2. 脱スパイク対策

スパイクタイヤは国内において昭和38年に国産品が販売されてから、札幌オリンピックの昭和47年頃には装着率が60%になり、昭和58年には乗用車においてほぼ100%になった。これはタイヤチェーンに比べ耐久性・操縦性・乗り心地の面で優れ、煩雑な脱着がいらないといった便利さが要因となっている。

このスパイクタイヤはドライバーに安全性や利便性を提供する一方で、社会環境に様々な悪影響を与えてきた。当初の昭和40年代後半には道路舗装の摩耗問題として取り上げられただけだが、交通量の増大とともに昭和50年代前半から、札幌市や仙台市などの大都市で車粉問題が提起された。

この問題は加害者が同時に被害者であるという、これまでの公害問題と異なる側面をもっていたが、市民

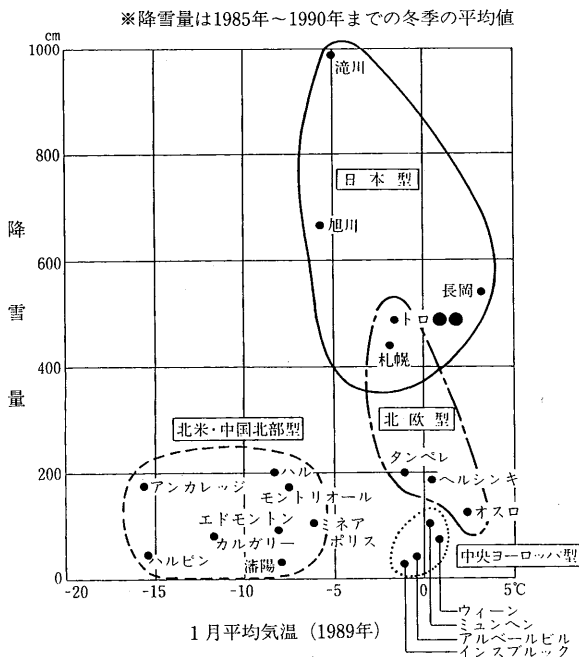


図-1 北方都市の1月の平均気温と年間降雪量

*かわばた たかし 札幌市建設局土木技術センター主幹

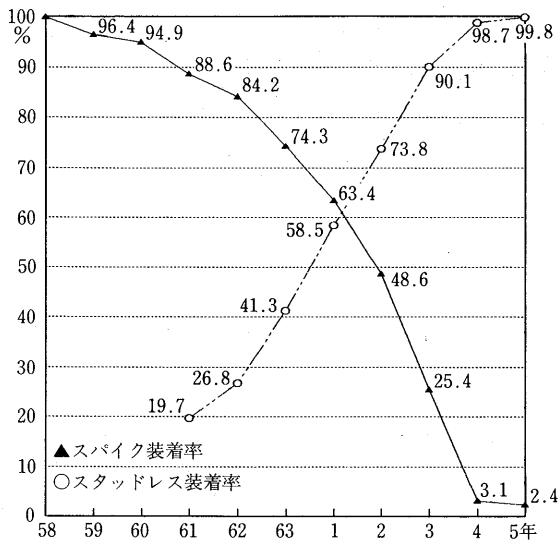


図-2 札幌市内のタイヤ別装着率

運動を中心に生活環境重視の観点から、スパイクタイヤ禁止の動きが拡がり、昭和63年の公害調停で平成3年度をもってスパイクタイヤの製造販売中止が決定され、更に平成2年6月には「スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律」が制定され、スタッドレス社会が現実のものとなった。

2.1 脱スパイク以前の対策

脱スパイク時代以前の札幌市の課題は、増えつづける道路や車に対処するため、先ず除雪延長を拡大し除雪率を向上させることにあった。

政令指定都市になった昭和47年当時の除雪率は45%程度であったが、昭和54年には92%に達している。また、この時代は冬季オリンピックを契機に都市基盤整備に弾みがつき、市域の拡大に伴う道路延長の急速な

伸びや車社会の進展などによって、冬期交通の円滑化が求められており、除排雪体制の拡充と強化が必要とされていた。ともかく物理的に道路空間を確保することが最優先の時代であり、路面管理はスパイクタイヤを前提としていたため、極端な轍ばれを解消する以外は路面管理をしていなかったといえる。

2.2 脱スパイクに向けての対策

札幌市では、昭和60年に「札幌市スパイクタイヤ問題対策審議会」を設置し、本格的に脱スパイク対策にのりだした。

冬の路面管理の面からは、昭和61年度から従来の除雪体制期間であった厳冬期(12/25～3/6)に初冬期と初春期を加え、体制期間を11/1～4/10までとし除排雪体制の強化を図っている。具体的には主要幹線・幹線・補助幹線の1000kmについては初冬期は3cm以上の降雪で、初春期には5cm以上の降雪で出動する体制とした。さらに、初冬・初春期における車粉の舞い上がりを抑えるため、上記の1000kmについて道路清掃も対策の一つとして実施している。

また、スタッドレス化を推進するために路面管理の高度化を図る必要から、車道除雪や運搬排雪を強化するとともに、スタッドレスタイヤの走行で難のある坂道の交差点・急カーブにロードヒーティングを整備することにした。

昭和63年度から始まったこの坂道ヒーティング事業は、勾配4%以上の坂道253kmの中から主要幹線・幹線道路を対象に、①道々及び幹線市道、②バス路線、③日交通量が千台以上のいずれかの基準を満たしている交差点や急カーブを167箇所選定し、平成4年度までに53億円の事業費をもって整備を終えている。

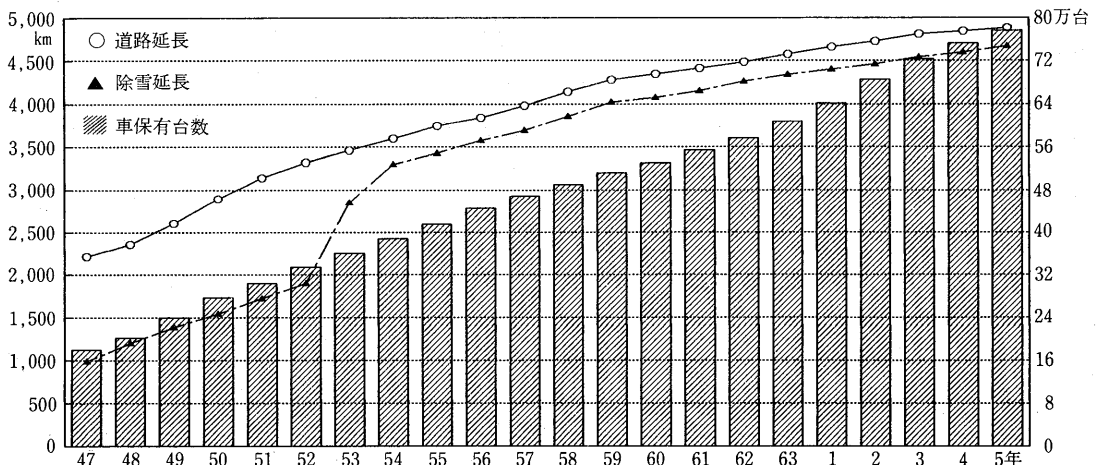


図-3 札幌市の道路延長・除雪延長・車保有台数の推移

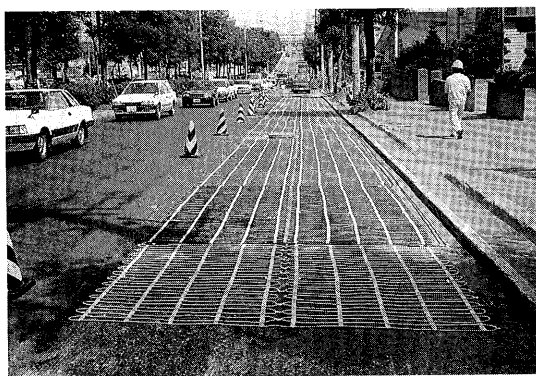


写真-1 ロードヒーティング設置状況

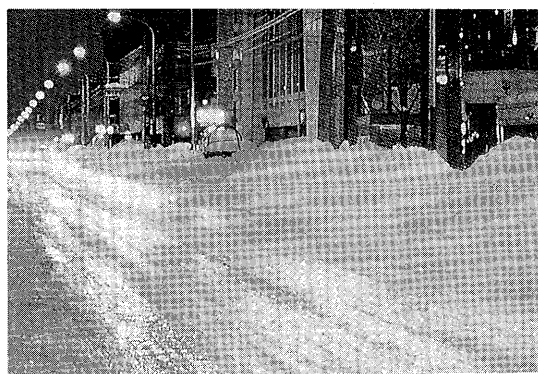


写真-2 平成4年に発生した「つるつる路面」

平成5年度からは第2次整備事業として、補助幹線道路を対象に、①道路幅員が10m以上の補助幹線道路、②歩道が設置済みの道路、③交通量が多い地域内幹線の三つの基準を全て満たしている坂道150箇所を選定し、40億円の事業費で平成8年度を目標に整備中である。この他では、補助的ではあるが坂道対策として砂箱を設置（746基）したり、凍結防止剤の散布（100km）を行っている。

このようなハード対策と併せ、昭和59年からスパイクタイヤの無料ピン抜きを開始しており、昭和62年にはスタッドレスタイヤによる冬道安全運転実技講習会などのソフト対策も行っている。

昭和59年度から平成4年度まではスパイクタイヤからスタッドレスタイヤへの移行期であり、スタッドレス化を推進するために道路管理者として最大限の対策を行ってきた。

そのポイントをまとめると次のとおりである。

- ▷除雪体制の期間を初冬・初春期まで拡大した。
- ▷初冬期は3cm以上、初春期は5cm以上の降雪で出動。
- ▷車道除雪・運搬排雪を強化。
- ▷初冬・初春期に道路清掃を実施。
- ▷勾配4%以上の坂道にロードヒーティングを整備。
- ▷坂道に砂箱を設置。
- ▷スパイクタイヤの無料ピン抜き。
- ▷冬道安全運転実技講習会の実施。

このような道路管理者側からの様々な取り組みとドライバー側の協力により、札幌市においては平成4年度に脱スパイク化がほぼ完了した。

3. 脱スパイク後の課題

これまで率先して脱スパイク対策を推進し、ようやくスタッドレス社会が定着してきた札幌市にとって、

突然、新たな状況が発生した。平成4年度の冬、特に12月に都心部を中心として、大規模に発生した非常に滑りやすい凍結路面により、追突事故や交通渋滞が多発したことから、マスメディアにより「つるつる路面」というありがたくない名称をつけられ、この状況を予想していなかった札幌市にとって新たな課題を与えられることになった。

また、この年はスタッドレスタイヤの装着率がほぼ100%になったこともあり、タイヤ原因説が高まったが、一方では歩道路面にもこの現象が顕著だったことから、気象の要因も大きいと考えられ、抜本的解決策を見いだすためにも発生要因の特定と形成メカニズムの解明が急務となっている。

札幌市の気象はここ数年暖冬傾向となっている。これは年平均気温がわずかではあるが上昇している上に、12月において真冬日が10日を割り、凍結促進日が15日以上となっている年度が多いことからわかる。

前記のような冬が、ここ10年間で5回も発生してい

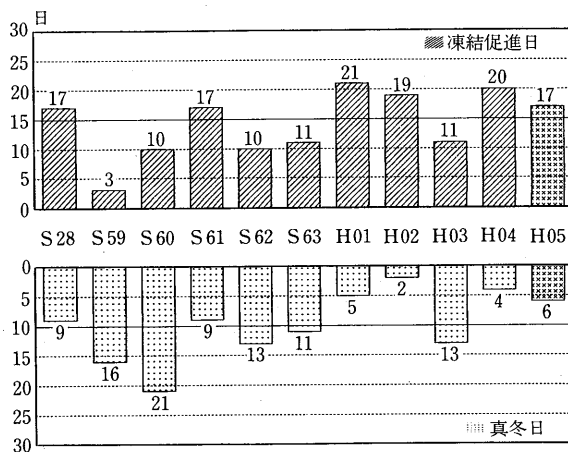


図-4 各年12月の真冬日と凍結促進日

るにもかかわらず、滑りやすい凍結路面が数多く出現したのは平成4年度の冬が初めてである。このことから平成4年度の現象が1年かぎりの特異な現象なのか、それともスタッドレスタイヤの普及により、恒常的に発生すると考えるかで、その対策は大きく変わってくる。

札幌市としては、スタッドレスタイヤ普及の影響を無視することが困難であり、さらに「つるつる路面」が発生したときの社会的影響の大きさを重視し、今後も発生する可能性があることを前提として、そのメカニズムの解明を急ぐとともに、具体的な対策の検討を行うことにした。

4. 凍結路面対策

4.1 対策の方針

平成4年度の凍結路面の発生状況を踏まえ、平成5年度の対策としては機械除雪の強化・凍結対策の拡充・道路情報の活用・調査研究の充実の4つの項目を柱に組み立てた。しかし、これらの対策は中長期的なものが多く、5年度におけるまったなしの状況を見ると効果的で即効性のある短期的な対策の実施が不可欠となっていた。

このため、凍結路面対策の拡充をより一層具体化する必要があると判断し、特に凍結防止剤の散布を緊急対策の柱とすることにした。この場合、どのような場所にどのような材料を散布することが効果的なのか十分な検討を要した。

まずどのような場所に散布する必要があるかは、北海道警察本部が平成4年度に行ったスリップ事故の発生状況調査が貴重な資料となった。これによると札幌

圏の冬期における全人身事故は横ばいだが、スリップ事故は5割増しとなっている。しかも、平坦な箇所です特に市街地の交差点付近で追突事故が急増している。その上、時速30km未満という低速領域で顕著に発生していることが判明した。

これらのことから、対策の初年度としては主要な交差点にターゲットを絞り凍結防止剤の散布を行う計画とした。札幌市には約2500箇所の信号交差点があるが、このうち4車線同士の交差点・4車線と2車線のバス路線の交差点及び踏切を加えて570箇所の主要交差点を散布対象とした。

4.2 凍結防止剤の散布

凍結防止剤は非塩化物系のCMA（カルシウム・マグネシウム・アセテート）を用いることにした。CMAは金属腐食や植物への影響がないなど環境にやさしい凍結防止剤として、10年ほど前にアメリカ連邦政府によって開発された材料である。塩害に悩むアメリカが塩化ナトリウムの代替物質として開発し、効果は同等であるが価格が高いことから塩化ナトリウムの使用を変えるまでに至っていない。

しかし、札幌市では多少コストが高くて中長期的には国産化によるコストダウンが可能と考え、平成5年12月から試験散布を開始した。

また、冬季路面管理の考え方として、年間5mもの降雪がある札幌市では、舗装面を常に露出させる欧米型の路面管理を行うことは環境面からも財政面からも困難である。路面にある程度雪が残ることを前提とした路面管理を行っている札幌市には、以下の特性を持つCMAが有効と考えた。なお、CMAの凍結防止剤としての特性は次のとおりである。

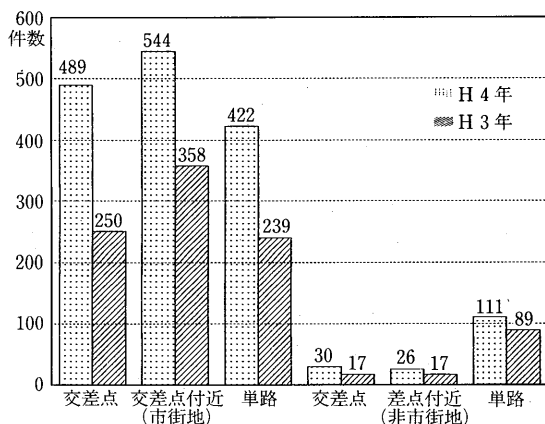


図-5 スタッドレス装着車の場所別事故数

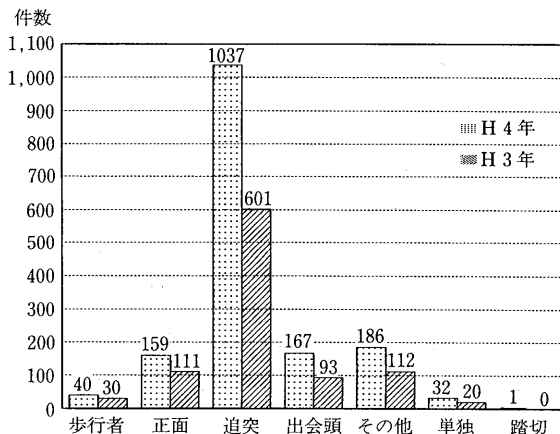


図-6 スタッドレス装着車の類型別事故数

◆雪水を水気の少ないサクサク状態に変える。

⇒氷盤の発生を防止

⇒発進・制動の滑り止め

◆効果に持続性がある。

⇒事前散布が可能

⇒危険な路面の発生を予防

◆塩素イオンやナトリウムイオンを含まない。

⇒環境にやさしい

また、交差点散布計画の概要は、

◆散布期間

⇒H 5 年12月6日～H 6 年3月10日

◆散布対象

⇒主要交差点・踏切・立体交差

◆散布量

⇒490 t

◆散布箇所

⇒570 か所

◆事業費

⇒1億8千万円

4.3 対策の結果

様々な対策の中から凍結防止剤の交差点散布を重点方策として凍結路面対策を行ってきたが、4年度に問題となった12月は凍結促進日が17日とほぼ前年同様となり、また、シーズンを通して滑りやすい凍結路面の発生頻度は高かったといえる。

このような条件下で北海道警察本部が発表したスリップ事故の結果では、事故総数、スリップ事故件数ともにスパイクタイヤ規制の2次指定地域が大幅に増加している中で、札幌圏はスリップ事故が16%の減少となり2年目にして歯止めが掛かったといえる。なお、スリップ事故の増減率は次のとおりである。

3年度⇒4年度⇒49%増、4年度⇒5年度⇒16%減

平成5年度に行った機械除雪の強化と凍結防止剤の散布により一定程度の効果をあげることができたと考えている。

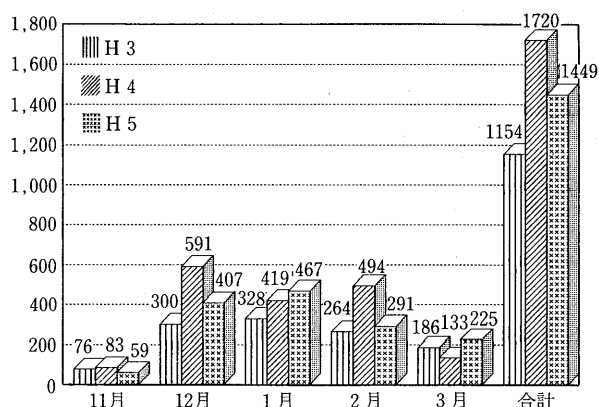


図-7 スリップ事故の経年変化

5. おわりに

凍結路面は同時にしかも広範囲に発生する。このような状況を解消する手段として、連続的な対応が可能なロードヒーティングは財政面から不可能であり、機械除雪は間欠的な対応しかできないため十分とはいえない。

この中間的な部分をカバーするのが凍結防止剤の散布であり、ロードヒーティングと機械除雪とリンクさせながら、今後、経験をつむことで現実的な解決を目指す必要がある。こうした現実的な対応を行いながら、中長期的には滑りづらい舗装や未利用エネルギーを使ったヒーティングの開発を推進する必要がある。

いずれにしても現状では、機械除雪を徹底したうえで凍結防止剤の散布を行い、路面管理の高度化に努めることが一番必要と思われる。

すべての道路利用者が冬でも安心して通ることができる道路環境ができた時、さっぽろは冬と調和した街になる。

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

タイヤ性能から見た脱スパイクへの対応

林 宏*

1. はじめに

わが国に於けるスパイクタイヤは、1963年発売以来、積雪寒冷地を中心に急速に需要は拡大し、1985年には、販売本数が800万本に達した。

冬期交通の安全確保に寄与することを目的としたスパイクタイヤであったが、1970年代には騒音問題が取り上げられ、1980年代には道路損傷、粉塵問題が大きな社会問題として取り上げられ、1988年6月、国の公害等調整委員会で、北海道、東北、長野の弁護士、市民グループと自動車タイヤメーカー7社との間にスパイクタイヤの製造、販売中止の調停が合意に達し、1990年12月製造中止、1991年3月販売中止となり、わが国のスパイクタイヤは発売以来27年間で姿を消すこととなった。1990年6月には、「スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律」が制定、施行された。

タイヤメーカーは、1959年スノータイヤ発売当初からゴムだけで雪氷路上の性能向上を図る研究をスパイクタイヤの出現で中断していたが、粉塵問題が発生するとともに直ちに研究を再開、スパイクタイヤに代わる雪氷路用タイヤとして1989年スタッドレスタイヤが本格的に製造、販売され、脱スパイク運動に本腰が入るようになった。(図-1参照)

このような背景から、脱スパイクタイヤの先進国ド

イツが10年かかったのに対し、わが国は僅かに3年間で脱スパイクを達成した。

以下に脱スパイクを早急に可能にしたスタッドレスタイヤのメカニズム、性能等について述べる。

2. スタッドレスタイヤとは

2.1 スタッドレスタイヤのネーミング

スパイクタイヤによる粉じん問題が社会的に大きく取り上げられ、タイヤメーカーは再びスパイクがなくても雪氷上での性能のよいタイヤの開発に努力し、1982~1983年に粉塵多発地区仙台を中心に販売を開始した。このとき、スパイクがなくても雪上は勿論、氷上でも良い性能を発揮する特殊なタイヤのイメージを強力にアピールする手段として、わが国では聞き慣れない「スタッドレスタイヤ」とし、スノータイヤと異なるジャンルのタイヤであることを強調、命名した。

欧米ではスパイクタイヤ (Spike Tire) よりもスタッドドタイヤ (Studded Tire) がスパイクタイヤの通称名であるが、スタッドレスタイヤ (Studless Tire) という言葉はなく、和製英語である。

2.2 スタッドレスタイヤのメカニズム

ゴムと路面間の摩擦力は、次の三つの要素から成る。

① ヒステリシス摩擦力

路面の凹凸でトレッドゴムが変形することによって生ずるエネルギーロス。

② 粘着摩擦力

路面とトレッドゴムの粘着によって生ずるエネルギーロス。

③ 掘り起こし摩擦力

路面をトレッドゴムが引っかくことによるエネルギーロス。

スパイクタイヤは、氷上ではスパイクで氷を引っかき、雪上ではトレッド溝が掘り起こし摩擦力を発揮するのに対して、スタッドレスタイヤは全てトレッドゴ

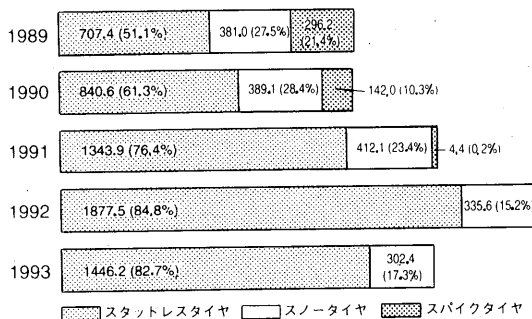


図-1 補修用冬用タイヤ種類別販売本数 (単位: 万本)

*はやし ひろし (株)日本自動車タイヤ協会技術部長

ムでこれらの摩擦力を得なければならない。雪上性能についてはスパイクタイヤ同様、雪を掘り起こし、トレッドの溝で締め固め、雪柱せん断力（図-2参照）で駆動、制動力を発揮するが、氷上では粘着摩擦力と掘り起こし摩擦力をトレッドゴムだけで得なければならない。特に氷上では0℃～-16℃で観察される疑似液体層が粘着摩擦力を阻害する。疑似液体層の厚みは0.01～0.001ミクロンで、0℃に近いほど厚くなるので、先ず最初にトレッドにサイピング（細かい切り込み）を入れる等除排水措置を講じた上に氷との粘着力を増すための特殊ゴム（低温でもしなやかさを保つゴム）を使い、掘り起こし摩擦力を得る為にサイピングの方向性を工夫したパターン設計を行い、氷上での走行性能を可能にしている。（図-3参照）

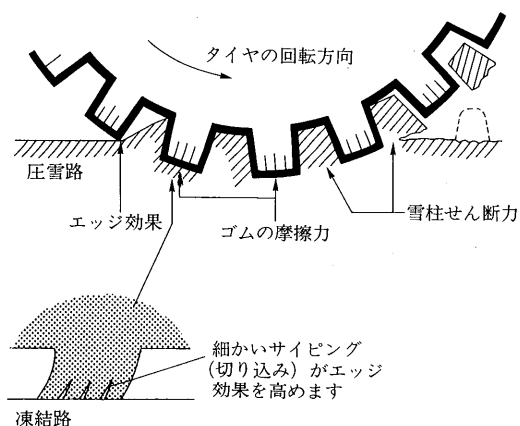


図-2 雪上走行の概念

3. スタッドレスタイヤの設計

3.1 トレッドパターンの設計

スタッドレスタイヤといえども冬用タイヤである以上、雪上性能も氷上性能も満足させなければならない。しかし、雪上性能はトレッド溝を広く深くとり、雪柱せん断力を得るように設計するに対し、氷上性能は氷

との接触面積をできるだけ大きく取り摩擦力を大きくしたいという二律背反の関係にある。二律背反を如何に調和させるかが大きな課題となる。

① 氷上性能を向上させるパターン

氷との粘着摩擦力を得るには、実接地面積を拡大しなければならない。それには溝面積を縮小すると共にトレッド幅をできるだけ広くとることが重要となる。しかし、前述の疑似液体層から発生する水膜が潤滑油のような働きをするので、この水膜を切断、排吸水するパターンが必要となる。それには、パターンを形成するブロックの形状、そのブロックに入れられるサイピングの形状が大きな効果を発揮する。また、これらのブロックやサイピングのエッジは掘り起こし効果を発揮する。しかし、サイピングの入れ方によっては、ブロックの剛性を弱め、実接地面積を低下させることになる。

② 雪上性能を確保するパターン

氷上性能を向上させるパターンは溝面積を縮小することになり、雪上性能を低下させることになるが、ブロックやサイピングのエッジ効果が雪上性能にも効果があることが実験の結果判明し、ブロックやサイピングのエッジ効果分だけ溝幅を縮小することが可能となり、氷上性能向上に寄与することができるようになった。

3.2 ゴム配合の設計

スタッドレスタイヤのゴム配合は、大別して二つに分けられる。一つは粘着摩擦力を得るためのもの、もう一つはミクロのエッジ効果、除排水効果を得るための掘り起こし摩擦力である。

① 粘着摩擦力を得る配合

低温になっても硬化し難いゴム（ゴムは低温になると硝子状に堅くなってしまふ）、つまり天然ゴム、ポリブタジエンゴム、最近では要求特性を強化したソリュ

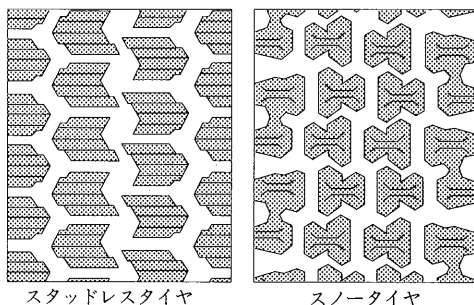
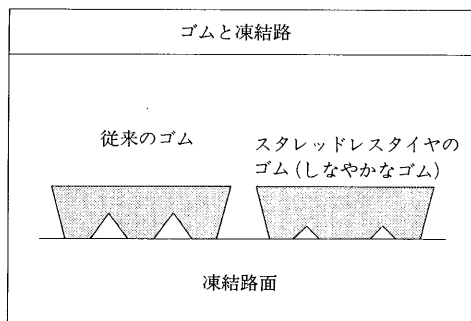


図-3 ゴムの硬度とパターン

ウションSBR等をベースとした特殊配合ゴムを使用し、氷表面のミクロの凹凸にフィットするように工夫されている。

② 掘り起こし摩擦力

上記のゴムをベースに有機物、短繊維等を混入したり、発泡剤を使ってゴムの中に細かい泡を入れ、ミクロのエッジ効果や氷から出る水分の吸入、除去効果を向上させる工夫をしている。(図-4 参照)

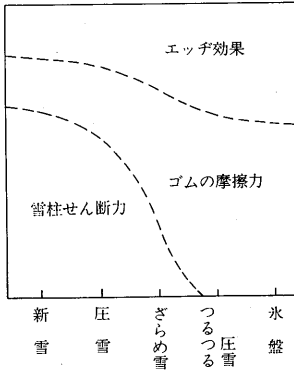


図-4 氷雪路面のタイヤ摩擦力寄与率(概念図)

4. 性能評価試験

スタッドレスタイヤのゴムの設計、トレッドパターンの設計時に種々の評価試験を行うが、タイヤとなっても、タイヤ単体試験、車に装着して行う実車試験がある。

4.1 室内試験

① テストピースによる試験

低温室でトレッド配合のゴムと氷、雪との滑り摩擦係数を測定。主として振り子式の摩擦係数測定器(BTN)が使用される。

② タイヤによる試験

装置は大きかりになるが、低温室内にタイヤに所定の荷重をかけて氷、雪の上で駆動力、制動力等を測定するもので、次のような型式がある。

i 平板式

平板の上に氷、雪を張りつけ、タイヤまたは平板を動かして測定する。

ii ターンテーブル式

円盤状のテーブルに氷、雪を張りつけて、円盤またはタイヤを回転、停止させながら測定する。

iii ドラム式

縦型ドラムの内面に氷、雪を張りつけて測定する。

4.2 屋外試験

自動車タイヤメーカーは各々独自の冬期タイヤテストコースを北海道に設置している。コースは直線路、旋回路、登坂路、フィーリングコース等、氷上、雪上別に設け、さらに独自のアイデアで種々のコース(凹凸、非常に滑りやすい路面等)を設け、実車でテストを実施している。

わが国に於ける冬期テストは12月後半から翌年3月中旬までと期間が限定されるため、一部は室内試験で代用する他、夏期はニュージーランドで、初秋は北欧等へ遠征し、実車試験をするタイヤメーカーもある。

5. スタッドレスタイヤの性能

スタッドレスタイヤの性能を評価するには、雪氷路上における駆動、制動、旋回、登坂、操縦性、安定性、耐久性等多岐に亘り、更に雪氷のない路面に於ける同様の評価をしなくてはならない。

しかし、一般ユーザーの方々に判り易いのは制動距離や登坂性能という一部の評価項目であり、これがスタッドレスタイヤの性能評価の全てと見られる可能性がある。屋外の実車試験では、気温、雪氷の質等により滑り摩擦係数が時々刻々と変化するので、制動距離の長短で比較することは誤解を生ずるので、指数でその差を表す方法が実際の性能差に近い。ここでは試験時の測定制動距離を参考まで付記した表を掲載する。

(表-1, 2 参照)

表-1 乗用車用タイヤ

(1) 圧雪路・凍結路における制動性能

(40km/h)

供試タイヤ	圧雪路		凍結路	
	制動距離	スノータイヤを100とした場合の指数	制動距離	スノータイヤを100とした場合の指数
スタッドレスタイヤ	20.9m	109	55.4m	119
スノータイヤ	22.7m	100	66.1m	100

注) 1. 試験: 1990年2月、士別市テストコース

2. タイヤ: 乗用車165SR13

3. 車 両: 乗用車(1800ccFF車)

通商産業省のスタッドレス
タイヤ性能確認テスト結果

(2) 滑りやすい圧雪路における登坂性能

項目	登坂勾配		
	4%(2.3°)	8%(4.6°)	11%(6.3°)
タイヤの種類			
スタッドレスタイヤ		○	×
スノータイヤ	○	×	

注) 1. 試験: 1989年2月、札幌市白石区

2. タイヤ: 乗用車155SR13

3. 車 両: 乗用車(1500ccFF車)

4. データ: 複数タイヤの平均値

5. スノータイヤの4%登坂は推定値

6. ○=登坂可 ×=登坂不可 空欄=試験実施せず

表－2 大型車用タイヤ

(1) 圧雪路・凍結路における制動性能

供試タイヤ	スパイクタイヤ指数	
	圧雪路	凍結路
	40km/h	30km/h
氷上重視型スタッドレスタイヤ	95	78
摩耗重視型スタッドレスタイヤ	92	71
スパイクタイヤ	100	100

注) 1. 試験：1991年2月、士別市西士別町
 2. タイヤ：大型車用スタッドレスタイヤ10.00R20
 3. 車両：2D2、積載量10t
 (財)日本交通管理技術協会
 「大型トラックの安全運行に関する調査研究報告書」

(2) 滑りやすい圧雪路における登坂性能

供試タイヤ	登坂勾配			
	8% (4.6°)		10% (5.7°)	
	定積載	空車	定積載	空車
氷上重視型スタッドレスタイヤ	○	○	○	×
摩耗重視型スタッドレスタイヤ	○	△	○	×
スパイクタイヤ	○	△	○	×

注) 1. 試験：1991年2月、士別市西士別町
 2. タイヤ：大型車用スタッドレスタイヤ10.00R20
 3. 車両：2D2、積載量10t
 (財)日本交通管理技術協会
 「大型トラックの安全運行に関する調査研究報告書」

また、年次別にスタッドレスタイヤの性能向上の状況をスパイクタイヤ対比で、氷上における制動性能指数でみると表－3の通りとなっている。

表－3 スタッドレスタイヤの凍結路面に於ける制動性能指数の向上
 (スパイクタイヤを100としたときの指数)

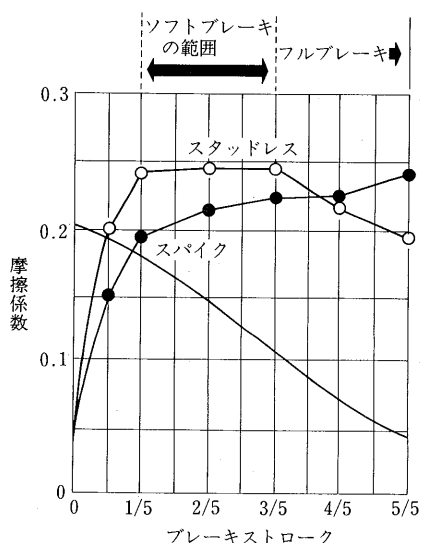
	乗用車用タイヤ	大型車用タイヤ
1986	78	—
1987	—	—
1988	—	70
1989	85	—
1990	90	—
1991	—	78

制動性能試験は、試験に人的要素（ドライバーによる運転操作の優劣）が入らないように、また、データの再現性を重視して一定初速度からタイヤが完全に停止するフルロックブレーキをかけ、滑った距離を測定しているが、この方法では、スタッドレスタイヤがスパイクタイヤの制動距離より短くなることはない。つまり制動のメカニズムが、スタッドレスタイヤはタイ

ヤトレッド面と路面の摩擦で、スパイクタイヤは超硬合金のピンで路面を削って止まるという大きな違いがあるからである。

それでは永久にスタッドレスタイヤの制動はスパイクタイヤを越えることはできないのか、という疑問が出てくるが、スタッドレスタイヤとスパイクタイヤの制動メカニズムの異なる事を運転操作の中で生かし、路面との摩擦係数の一番高いところを利用することにより、スパイクタイヤに優る制動効果が得られる場合がある。

つまり、スパイクタイヤはフルロックで最大制動力が得られるが、スタッドレスタイヤは、ABSのようにハーフブレーキ状態で最大摩擦力が得られるので、これを利用することにより、スパイクタイヤと同等又はそれ以上の制動効果が得られる。(図－5 参照)



※スタッドレスタイヤでは、ブレーキの踏み込みがフルブレーキの5分の1から5分の3の間で、スパイクタイヤのフルブレーキに劣らない高い制動効果を発揮する。また、横方向にがんばる力が作用するので、横滑りがしにくくなる（北海道工業大学堀内教授による実験データ）。

○ ○ } 縦方向にがんばる力
 ● ● }
 ————— 横方向にがんばる力

図－5 ブレーキの踏み込み方と制動力の関係

ここ2～3年、札幌市を中心に非常に滑り易い凍結路面が出現、マスコミでミラーバーン、ツルツル路面等センセーショナルに報道され、あたかもスタッドレ

スタイヤが、凍結路を研磨して出現したという解説をされているが、車両の通過する範囲以外の路面もつるになっているので、タイヤが責任というのは当を得ていない。市街地で気温が高い所で（人口密集地）日中プラス、夜マイナスの日が続いたり、凍結路ができていて、暖気が入った時等に凍結路表面が溶けて出現する。この時の摩擦係数は0.1を切ることもある。

タイヤメーカーは、このような滑り易い路面に配慮した新型スタッドレスタイヤを今冬から上市した。

6. スタッドレスタイヤによる冬期のスリップ事故

北海道警察本部では、毎年11月から翌年3月までの5ヵ月間、冬期スリップ事故の調査を行っているが、この統計から次のことが言える。

- ① 一次指定地域（粉じん防止法によるスパイク使用禁止地域で2度目の冬を迎えた札幌市を中心とした7市町）は、ほとんどスタッドレスタイヤとなったにもかかわらずスリップ事故は前年対比16%減となった。

二次指定地域は初めての冬を迎え、スタッドレスタイヤの装着率は90%まで進んだが、スリップ事故は52%増となった。（図-6参照）

- ② スタッドレスタイヤは走行経験を積むほど事故は激減している実態にある。（表-4）

表-4 スタッドレスタイヤ経験年数とスリップ事故の発生

運転経験	経験年数	スタッドレスタイヤ経験年数				計	
		1年未満	2年未満	3年未満	3年以上		構成率
免許経験	無免許	14				14	0.4
	1年未満	293				293	9.1
	2年未満	125	137			262	8.1
	3年未満	110	89	73		272	8.4
	3年以上	728	640	612	406	2,386	73.9
計		1,270	866	685	406	3,227	100.0
構成率		39.4	26.8	21.2	12.6	100.0	—

- ③ スリップ事故の大半は、市街地では交差点、非市街地（郊外）では、カーブまたは直線で発生している。
- ④ 凍結路面とスリップ事故は密接不可分の関係にある。スリップ事故は凍結路面で86%、積雪路面で14%の割合となっている。
- ⑤ 死亡事故は減少している。

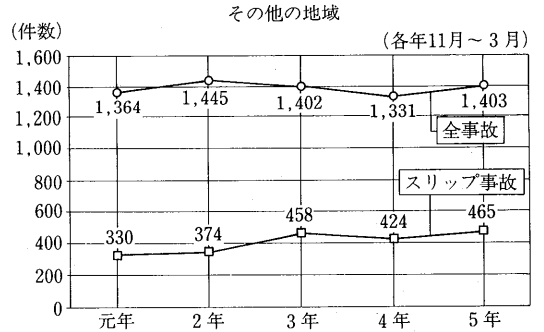
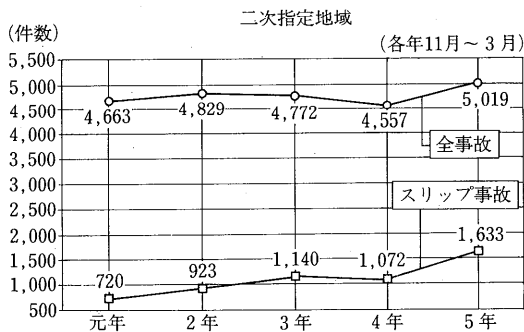
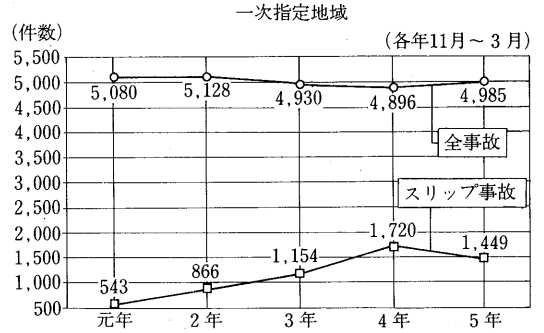
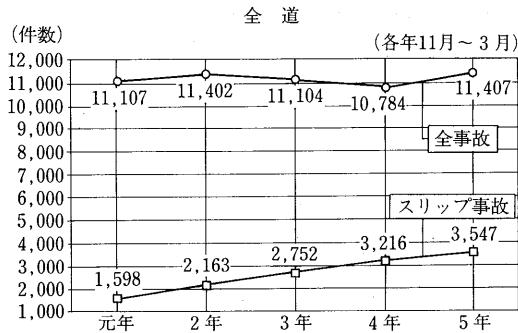


図-6 北海道に於ける年次別冬期スリップ事故

- ⑥ スリップ事故直前の速度は30km/h以下が70%を占め、軽微な追突事故が多い。

7. スタッドレスタイヤでの運転方法

スタッドレスタイヤだからといって特殊な運転方法があるのではなく、前述のスタッドレスタイヤとスパイクタイヤのメカニズムの違いを頭に入れ、急のつく運転操作（急発進、急加速、急旋回、急停止等）を避け、基本に忠実な運転に心掛けることが重要なポイントである。

滑り易い凍結路面（ミラーバーン、ツルツル路面）で摩擦係数が0.1を切るようなところでは、チェーンを併用する等の配慮も必要である。

要は、スタッドレスタイヤの特長を生かした運転を会得してもらう事が肝要である。

8. おわりに

スタッドレスタイヤの開発も究極の域に近づいてきた。併せて冬期道路の維持管理も進んできており、あとは“いかにスタッドレスタイヤの特長を生かす運転をするか”ということで、三位一体の対応が重要であり、これが冬期交通安全確保の基本でもある。

滑り易い凍結路面の出現は暖冬、地球温暖化等で今後の発生状況がどうなるのか予測はつきかねるが、摩擦係数が0.1以下の路面への対応はどんなタイヤを持ってきたとしても、難しいので、砂をまくなり、チェーンを装着するなり臨機応変の対応が望まれる。

日本のスタッドレスタイヤは北欧、カナダでも好評を得ており、地球上からスパイクタイヤがなくなる日もそう遠くないように思える。

—— 参考文献 ——

- 1) (社)日本自動車タイヤ協会 “冬の快適安全ドライブのために” 1994年
- 2) 坂本孝雄, 平田靖: 日本ゴム協会誌 VOL65/1992. 12. p.713
- 3) 林 宏: 日本ゴム協会誌 VOL65/1992. 12. p.753
- 4) 北海道警察本部交通部: 平成5年度冬期のスリップ事故発生状況, 平成6年5月

石油アスファルト統計月報

B5:16ページ ¥500 (送料は実費) 毎月1日発行

アスファルトに関する統計資料を網羅し、毎月発行する統計月報です。

広くご利用いただけるよう編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
和孝第10ビル
社団法人日本アスファルト協会
アスファルト統計月報係

—— 目 次 ——

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト地域別月別販売量
- 石油アスファルト品種別通産局別月別販売量
- 石油関係諸元表

運転技術と車の装備から見た脱スパイクへの対応

相 川 潔*

1. はじめに

スタッドレスタイヤの性能向上により、雪道の走行は安全でずいぶん楽になりました。そして、雪道を安全に走行できる装備を付けた車も一般的になりつつあります。しかし、どんなにタイヤの性能があがろうと、装備の充実した車であっても雪道が滑るということに変わりはありません。

雪道では、急ハンドル、急ブレーキ、急加速といった「急の付く操作」は厳禁とされています。このことを知らないドライバーは、いないといってもよいでしょう。しかし、普通の道を運転しているときの操作が雪道では「急の付く操作」になってしまうのです。

雪道経験の浅いドライバーだけでなく、雪国のドライバーでもシーズン初めにはうっかりして「急の付く操作」をしてしまうことがあるという話も聞きます。

雪道の運転には細心の注意を払うことはもちろんですが、道路状況が極端に悪いときは「運転をしない」という勇気と心構えも必要なのではないでしょうか。

2. 雪道でのブレーキング

雪道など滑りやすいところでブレーキをかけるときは軽い力でブレーキペダルを踏み、さらにペダルを何回にも踏み分けるポンピングブレーキをかけるようにいわれています。

2.1 ポンピングブレーキの誤解

ポンピングブレーキはブレーキペダルを踏んだり離したりして、ストップランプを点滅させるブレーキ操作のように思われていることが多いようです。

雪道でこうしたブレーキ操作をすると軽い力といっても加減がわかりませんので、どうしてもブレーキを踏みときの力が強くなり、ブレーキが効くたびにタイヤがロックしてスリップし車の姿勢が乱れます。普通の道路でブレーキを踏むときの力は10kgf ぐらいですが、雪道ではこのぐらいの力で踏んでもタイヤがロッ

クしてしまいます。

2.2 雪道でのブレーキの踏み方

雪道になれている雪国のドライバーと雪道走行経験の少ない都会のドライバーでは、ブレーキペダルの踏み方が次のように違います。

2.2.1 雪道のベテランドライバー

雪国のドライバーは1秒間に2～6回も小刻みにペダルを踏む力を変えていました。踏み込んだときのピークの力は強くて7.5kgf くらい、弱いときは1kgf 以下でした。タイヤのロックはほとんどなく停止するまで車の姿勢は安定しています。

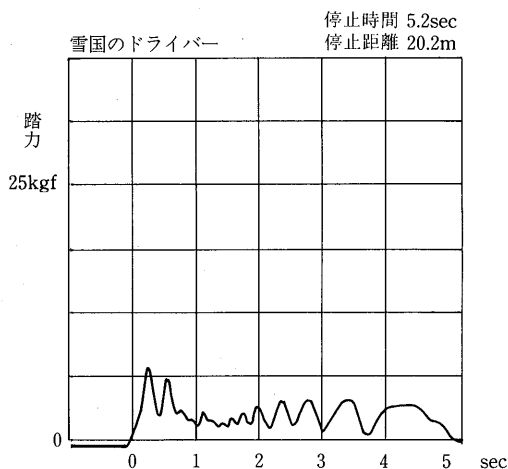


図-1 踏力と停止時間

2.2.2 雪道経験の浅いドライバー

雪道走行経験が年に2～3回の都会のドライバーがペダルを踏む力を変えているのは1秒間に1回程度であり、力は強いときは30kgf、弱いときでも14kgf前後でした。ブレーキがかかるとタイヤはロックしましたが途中で2～3回解け、停止時にはタイヤのロックはありませんでした。しかし、ロックするたびに車の姿勢は不安定になり、制動距離は雪国のドライバーより長くなっています。

* あいかわ きよし JAF MATE 技術映像部課長

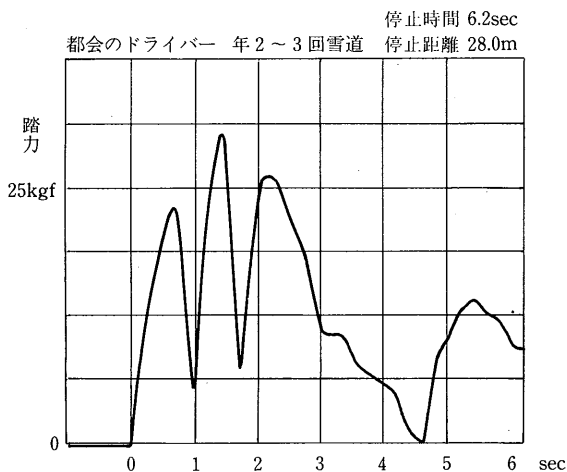


図-2 踏力と停止時間
(都会のドライバー 年2～3回雪道)

2.2.3 雪道のビギナードライバー

雪道走行経験のほとんどないドライバーは踏む力を変えるのが2秒に1回程度で、最初に30kgfを超える力で踏んだあとペダルの力が0になるようなポンピングブレーキになっていました。タイヤのロック時間は長く停止時もロックしたままで、車の姿勢は大きく乱れて傾いたまま停止しました。制動距離はいちばん長くなっています。

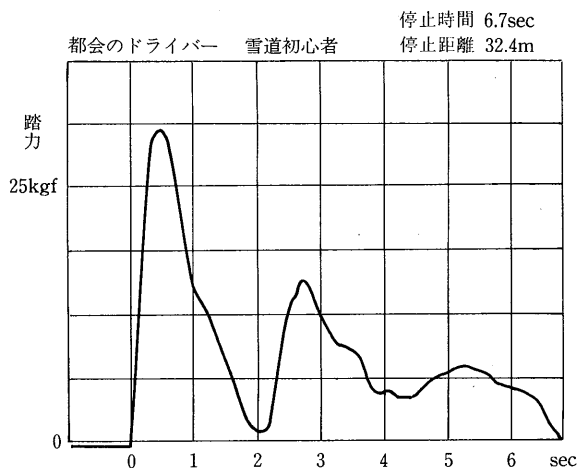


図-3 踏力と停止時間
(都会のドライバー 雪道初心者)

2.2.4 雪道の知識と実践

都会のドライバーは、いずれも雪道でのブレーキングの方法を知識としては知っているが、早く止まろうとして力を入れすぎてしまうようです。一方、雪国のドライバーは短い距離で止まろうとするだけでなく、姿勢を乱さないようにブレーキをかけています。

◎雪道で40km/hからの急ブレーキ時の制動距離 (m)

雪国のドライバー 雪道走行は熟練	20.2
都会のドライバー 雪道走行は年に2～3回	28.0
都会のドライバー 雪道走行はほとんどなし	32.4

○1500ccのFF車

○圧雪路のコースで、スタッドレスタイヤを使用。

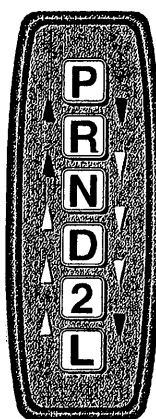
○制動距離はブレーキを踏んでから、車が停止するまでの距離である(以下同じ)。

2.3 AT車のテクニック

AT車はアクセルを離してもDレンジではクリープによる駆動力があります。この駆動力もブレーキで抑えなければならないので、停止寸前の微妙なブレーキ操作がしにくくなってしまいます。

そこで、AT車のブレーキのコツは、シフトをNレンジにします。こうするとエンジンからの駆動力が完全にカットされますのでグッとブレーキが効き、Dレンジのときよりも早く安定して止まることができます。

なお、DレンジからNレンジにするとシフトレバーのロックボタンを押してしまうと、RやPレンジに入ってしまう危険があります。ロックボタンを押さずに動かせばNレンジで止まります。



▼▲ シフトレバーのボタンを押して操作

▽△ シフトレバーのボタンは押さずに操作

図-4 シフトレバーの操作

2.4 エンジンブレーキ

雪道ではアクセルを離したときにかかるエンジンブレーキを有効に使い減速します。

しかし、エンジンブレーキを強く効かそうと低いギアに切り換えるシフトダウンをするとスリップしてし

まい危険です。

そこで、4速のAT車ではDレンジでOD（オーバードライブ）をOFF、5速のMT車ならば4速というように1段低めのギアにしておくと安全に走行できます。

3. アンチロックブレーキシステム（ABS）

ABSは一般には短い距離で止まったり、急ブレーキをかけても障害物を回避できると思われるようですが、本来の目的は急ブレーキをかけても車の姿勢が乱れるのを防ぐ装置です。

急ブレーキをかけてもタイヤがロックしないため、とくに高速走行や滑りやすい路面では、安定して止まることができます。

3.1 雪道でのABS

普通の道路ではブレーキペダルをよほど強く踏まなければABSは作動しませんが、雪道では普通にもABSが作動します。つまり、滑りやすい路面ほど、軽く踏んでもABSがすぐに作動するのです。

3.1.1 雪道初心者とABS

雪道走行の経験があまりないドライバーが、雪道でブレーキをかけると車の姿勢は乱れ制動距離はかなり伸びますが、ABS付きの車では制動距離が短くなり安定して止まることができます。

◎雪道で40km/hからの急ブレーキ時の制動距離（m）

ABS作動	23.8
ABS非作動	32.4

○雪道経験のほとんどないドライバーが運転。

○1500ccのABS付きFF車で、ABS非作動は電源回路をカットした。

○圧雪路のコースで、スタッドレスタイヤを使用。

3.1.2 雪道での注意

ABS付きの車でも極端に滑りやすい路面では停止時に姿勢が不安定になることがあります。こういったときには、止まる寸前にブレーキを踏む力を少し緩めることによって、姿勢の乱れは防げます。

ABSが作動するとペダルに細かい反動があり、さらに音が出ます。これに驚きペダルを踏む力を緩めてしまうとブレーキは効かなくなりますので、強く踏み続けることが大切です。ABS付きの車を運転していたドライバーが雪道の下り坂でペダルの振動と音を故障と思い、ブレーキを緩めてしまったので途中で止まらず、苦情になったというケースも起きています。

3.2 ABSの限界

タイヤがロックしないため、障害物の回避もある程度は可能ですが、スピードが出ているときや滑りやすい路面では急な回避は不可能です。制動距離も多くの場合は短くなるのですが、低速時には距離が延びることもあります。また、新雪路や砂利道など一部の路面では制動距離が長くなることもあります。

しかし、このような道路でもブレーキをかけているときも止まったときも姿勢は安定しています。

◎50km/hからの急ブレーキ時の制動距離（m）

路面条件	乾燥路面 (舗装)	湿潤路面 (舗装)	雪道路 面相当	凍結路 面相当	砂利道
ABS作動	10.7	10.2	12.8	59.7	18.9
ABS非作動	12.4	11.8	16.1	84.8	15.9

○2000ccのABS付きFR車で、ABS非作動は電源回路をカットした。

○ノーマルのラジアルタイヤを使用。

○乾燥路面と湿潤路面はコースが違うため、一般に いわれる数値と逆になっている。

○雪道路面相当と凍結路面相当は滑りやすさが同じ特殊なコースでのデータである。

◎ABS非作動のときの急ブレーキ時の制動距離を100とし、同じ条件でABSを作動させたときの制動距離の比率

路面速度 (km/h)	乾燥路面 (舗装)	湿潤路面 (舗装)	雪道路 面相当	凍結路 面相当	砂利道
10	113	95	124	117	106
30	125	102	85	87	139
50	86	86	80	70	119
80	94	87	89	—	123

○車両、タイヤ、テストコースは上記と同じ。

○100を超える部分（網かけ部）は、ABS作動のほうが制動距離が延びている。

○凍結路面での80km/hは危険なため実施せず。

4. 4WD車の性能

4WD車は路面状況が悪くても走行性能が優れてい

ますので雪道でもスピードを出して走れます。しかし、ブレーキ性能とコーナリング時の旋回性能は普通の車と変わりませんので、安全速度を超えてしまうこともあります。

4.1 4WD方式の違い

ジープなどのパートタイム4WD車は、レバーの切り替えなどで4輪駆動にします。しかし、乗用車の4WD車はこれとは違い、特別な操作をしなくても常時4輪駆動になっています。

フルタイム4WDと呼ばれる車は、前後の回転差を吸収するためにセンターデフが付いていて、常に4輪のタイヤに駆動力がかかっています。しかし、どれか1輪でもタイヤがスリップすると、ほかのタイヤには駆動力が伝わらなくなってしまいます。このため、そういったときにはセンターデフの働きを止めて、ほかのタイヤに駆動力を伝えるようになっています。

この働きを止めるには、スイッチ操作をする車もありますが、ほとんどがセンターデフ内部で自動的に切り替わるようになっています。

一部には車輪の回転状態をコンピュータが判断してセンターデフの働きを止めたり、前後輪に必要な駆動力を配分する電子制御式の4WD車もあります。

リアルタイム4WDのフルオートフルタイム4WDなどと呼ばれるものはセンターデフがなく、前後の回転差が大きくなったときだけ4WDの状態になる簡易型の4WD車です。

このように4WD車といってもいろいろな種類があり、滑りやすいところを走る性能は違うのです。

4.2 ブレーキ性能

走行性能がよいため、ブレーキをかけたときの止まる性能も優れているように誤解されています。しかし、4WD車でも特別なブレーキが付いているわけではなく2WD車と同じブレーキですし、ブレーキがかかるタイヤは4本しかないのですから止まる性能は変わりません。

◎雪道で40km/hからの急ブレーキ時の制動距離 (m)

4WD	29.9
2WD	30.1

○パートタイム4WD車で、4WDと2WDを切り替えた。

○圧雪路のコースで、スタッドレスタイヤを使用。

4.3 エンジンブレーキ

エンジンブレーキの効きもよいと思われていること

もありますがさほど違いません。

RV車のように重量のある車は、乗用車より効きが悪いこともあります。

◎エンジンブレーキで70km/hから60km/hに減速するまでの時間 (秒)

4WD	4.9
2WD	5.2

○ATのパートタイム4WD車 (OD・OFF) で、4WDと2WDを切り替えた。

○舗装路

4.4 コーナリング性能

アクセルを踏んだまま無理なコーナリングをすると、FR車は後輪が流れ、FF車では前輪が流れます。

しかし、4WD車はこのようなとき、4輪が横滑りを起こします。

5. 雪道でのコーナリング

雪道でのスタッドレスタイヤのコーナリング性能はラジアルタイヤより格段によいのですが、通常路面のラジアルタイヤの性能よりかなり低下します。

なお、通常の路面ではラジアルタイヤよりグリップが悪くなりコーナリング性能は低下するということを知っておく必要があります。

5.1 コーナリング性能の低下

スタッドレスタイヤを付けた車でも、雪道は無論のこと、通常路面でも同じ速度で回ることができるコーナーは、ラジアルタイヤでの普通の走行時より大きくなります。また、同じコーナーならば低い速度でなければ回ることはできません。

◎40km/hで回ることができたコーナーのおおよその半径 (m)

路面	タイヤ	半径
舗装ウェット	ラジアル	20
	スタッドレス	25
圧雪路	スタッドレス	50

○この半径でならべたパイロンの外側を回った。

○50km/hではパイロンから大きく離れてしまう。

○FF車を使用。

5.2 スタッドレスタイヤは4輪に

駆動輪だけにスタッドレスタイヤを付ける人もまだいるようですが、雪道ではFF車は後輪のグリップが悪くオーバーステア、FR車では前輪のグリップが悪

くアンダーステアになります。通常の路面ではこの逆にFF車はアンダーステア、FR車ではオーバーステアの特性が現われます。

このことを知らずFR車の後輪だけにスタッドレスタイヤを付けていたため、高速道路でスピンして全損事故を続けて2回起こした人もいます。

雪道、通常の路面ともにグリップを同じにするため、スタッドレスタイヤはかならず4輪に同じ銘柄のものを付けるようにします。

6. 雪道での発進

MT車は普段より1段高い2速ギアで、微妙な半クラッチとアクセル操作をして発進をします。しかし、AT車はアクセルだけで、ギアの選択とクラッチ操作がありませんので、発進がラフになりがちです。

6.1 AT車の発進テクニック

通常、AT車はDレンジでも自動的に1速からの発進になりますので、アクセルを無造作に踏むと駆動力が大きすぎてタイヤがスリップしてしまいます。

AT車はギアを入れるとアクセルを踏まなくてもタイヤに小さな駆動力がかかり、ブレーキを離せば車は

ゆっくり動きだします。この現象をクリープといい、雪道での発進に便利です。クリープで動きだしてからアクセルを徐々に踏めばスムーズな発進ができます。

車によってはスノーモードなどと呼ばれる、ATの切り替えスイッチが付いています。このモードにすると2速からの発進になりタイヤにかかる駆動力が抑えられますので、さらにスムーズな発進ができます。

なお、ATの取り扱いにはメーカーや車種により異なりますので、車の取扱書をよく読んで理解しておくことです。

6.2 トラクションコントロールシステム

滑りやすい雪道では発進のときアクセルを少しでも踏みすぎるとタイヤがスリップしてしまいます。

TCSなどと呼ばれるトラクションコントロールシステムは、タイヤが少しでもスリップするとアクセルを踏んでいても、タイヤがスリップしないように自動的にエンジンの出力を下げます。タイヤのスリップが自動的に抑えられますので、滑りやすい雪道でも発進しやすくなります。

ABSと組み合わせられ、スリップがひどいときはブレーキをかけてタイヤの回転を落とすトラクションコントロールシステムもあります。

7. タイヤチェーンの携行

雪道におけるスタッドレスタイヤの性能は年々向上していますが、道路の状態や勾配によっては走行が困難なこともあります。また、積雪状態によってはスタッドレスタイヤでもチェーンを付けないと通行できない規制のかかることもあります。

そこで、スタッドレスタイヤを付けていてもタイヤチェーンを携行することは必要です。

4WD車にチェーンを付けるときは、同じタイプの普通の車がFF車のときは前輪、FR車であれば後輪に付けます。

なお、携行するチェーンは高価な非金属製でなく、昔ながらのラダー型の金属チェーンでも十分効果はあります。

データはJAFユーザーテストでの結果です。



写真-1 FF車4輪スタッドレスタイヤ



写真-2 FF車前輪のみスタッドレスタイヤ

外国における冬季の路面管理の現況

久下晴巳*

1. まえがき

我が国でも、粉じん問題や、摩耗によるわだち掘れ問題等の顕在化から、一部の地域でスパイクタイヤの使用が廃止され、ほぼ1年を経過した。廃止された当初はスリップ事故が増える等の問題も発生したが、舗装技術、タイヤ性能、運転技術、路面管理等の観点から、種々の対策が検討されている。

一方、北欧を代表するスウェーデンでは、15年ごとにスパイクタイヤの使用を継続するか廃止するかを討議しており、1992年に使用の継続を決めたところである。この理由は、スウェーデンでは交通量が少ないので粉じんはそれ程問題にならないが、交通の安全を確保するためである。スウェーデンの交通量をみると、道路延長は日本のほぼ1/3であり、自動車台数は約1/15である。もっとも、1993年は暖冬であったこともあり、スパイクタイヤ装着率は、首都のストックホルムで約60%、スウェーデンの南端に位置する第三の都市マルメ (Malmö) で5%であった。1991年の平年並の寒さの時でもマルメにおける装着率は24%であった。スウェーデンの南部地域では、スタッドレスタイヤやノーマルタイヤ使用者の方が多く、私もマルメの近くで2冬を過ごしたが、スタッドレスタイヤで十分であった。また、スウェーデンでは、冬期の路面管理に塩を散布してきたが、土壌汚染等の環境問題、自動車のボディの腐食の問題のために、都市によっては、塩の使用を禁止したり、気象予報システムの改良により使用量を減らす傾向にある。

このように、国が異なれば冬季の路面管理方法も異なるが、ここでは、我が国よりも検討が先行している北欧諸国、特にスウェーデンについてその現状、課題と対策について述べてみたい。

2. 路面管理による交通安全と車輛走行性

路面管理によって、交通安全はどの程度確保され、



写真-1 高速道路における冬季の路面管理の現状
(スウェーデン)



写真-2 都市内道路における冬季の路面管理の現状
(スウェーデン)



写真-3 住宅地における冬季の路面管理の現状
(スウェーデン)

*くげ はるみ 日本道路(株)技術研究所主任研究員

また、車輛の走行性はどのように変化するかについて、スウェーデンの調査結果を述べてみたい¹⁾。

図-1は、スウェーデン第二の都市ヨーテボリ(Göteborg)における、3年間の路面状態の観察結果と事故の報告を示したものである。未凍結・無積雪路面の事故率を1とすると、図-1の結果から、凍結あるいは積雪路面の事故率は次式より計算される。

凍結あるいは積雪路面の事故率＝

$$\frac{\text{凍結あるいは積雪路面の事故の割合 (\%)}}{\text{凍結あるいは積雪路面の状態の割合 (\%)}} \div \frac{\text{未凍結・無積雪路面の事故の割合 (\%)}}{\text{未凍結・無積雪路面の状態の割合 (\%)}}$$

この式より、事故率を計算すると、1986～87年の冬で4.5、1987～88年で5.1、1988～89年で5.7となる。すなわち、凍結あるいは積雪路面の事故は、未凍結・無積雪路面に比べて約5倍多いという結果となる。

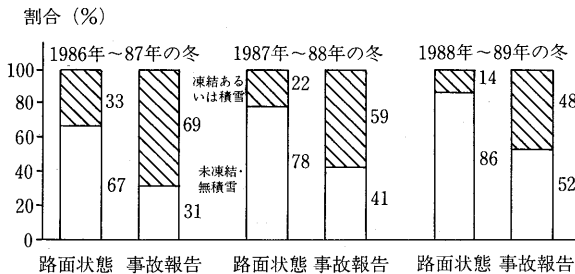


図-1 路面状態及び事故報告に占める凍結あるいは積雪路面と未凍結・無積雪路面の割合 (スウェーデン・ヨーテボリ市)

一方、図-2は、同じくヨーテボリにおける、降雨(降雪を含む)がない日と降雪があった日の朝の交通量

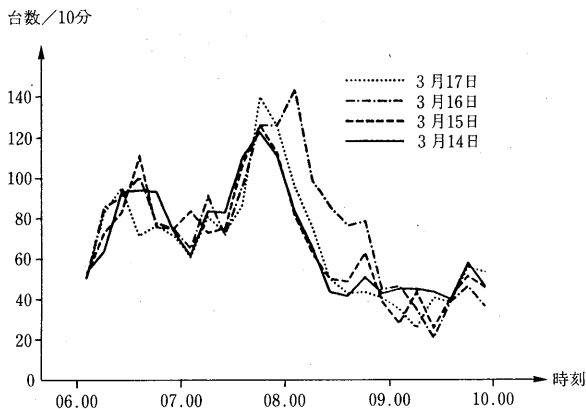


図-2 朝の交通量 (スウェーデン・ヨーテボリ市)
1988年3月14, 15日 降雪無し
1988年3月16, 17日 降雪10cm

を示している。この図より、ドライバーは、路面状態や天候によって、特に出発時間を変えないということが言えそうである。また、図-3, 4は、それぞれ、ヨーテボリにおける未凍結・無積雪路面の車輛速度のパーセンタイルおよび、凍結あるいは積雪路面の車輛速度のパーセンタイルを示している。これらの図では、例えば50%のラインは、平均速度を表わし、85%のラインは、車輛の85%がこのラインより低い速度で走行したことを表わしている。図-4では、測定技術上の理由により41km/hが信頼できる限界の値であり、実際の平均速度は41km/h以下となっている。図-3, 4から、凍結や降雪によるすべり易い路面では車輛速度が極端に低下することが明らかである。

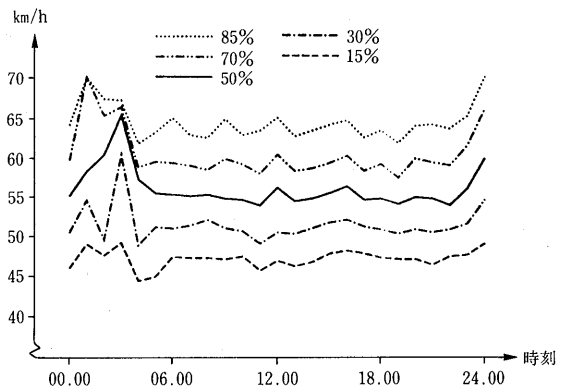


図-3 未凍結・無積雪路面における車輛速度のパーセンタイル (スウェーデン・ヨーテボリ市)

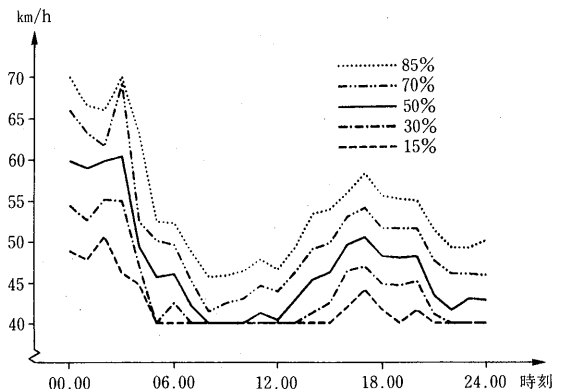


図-4 凍結あるいは積雪路面における車輛速度のパーセンタイル (スウェーデン・ヨーテボリ市)

3. スウェーデンにおける冬期の路面管理の現状と課題

ここでは、スウェーデンにおける冬期の路面管理の現状と課題について述べてみたい。なお、スウェーデ

ンも日本と同じく南北に長い国であり、地方によって寒さの程度がかなり異なること、また、地方自治体に強い自治権が与えられていることから、自治体によって路面管理の方法も違っている。そこで、マルメ市を中心に現状を述べてみたい。マルメ市は北緯55°に位置し、緯度的にはサハリンの最北部に相当するが、近くを流れるメキシコ湾流のおかげで緯度の割には冬期も暖かく、日本で言えば札幌、函館程度の気温である。

なお、ここで現状として述べる方法以外にも、除雪が冬期の路面管理の中心であることは間違いない。しかし、除雪の技術は特に日本と変わらないと思われることから、除雪については、後に機械の改良について述べるに留めたい。



写真-4 除雪機械（スウェーデン）



写真-5 除雪機械（スウェーデン）

3.1 スパイクタイヤの使用

前述したように、スウェーデンではスパイクタイヤが現在も使われており、マルメ市では、昨年の装着率が5%、3年前が24%であった。ただ、スウェーデンでは、スパイクタイヤのピンとして、舗装に対するダメージが小さく、舗装とのグリップ力が大きいフィン

ランドで開発されたLight Pinを使用しており、またスパイクタイヤを使用しない車輛は多くの場合スタッドレスタイヤを使っている。

3.2 塩の散布

スウェーデンでは、交通量が今より少なかった時代には、砂が冬期の路面管理に用いられ、砂が固まらないようにしばしば塩を砂と混ぜて使用していた。しかし、交通量の増加に伴って、1960年代から、塩が融雪剤として使用されるようになった²⁾。塩は主にドイツの岩塩を破碎したものをそのままの状態で行っており、成分は塩化ナトリウムである。マルメ市では凍結が予想される時に事前に5 g/m²、また、降雪が予想される時に事前に10 g/m²、降雪後は最大で40 g/m²の塩を散布しており、11月初旬から4月中旬までの散布回数は約60回である。

しかしながら、塩の散布により車輛のボディを腐食させたり、コンクリート舗装や道路周辺の鉄の構造物にダメージを与えたり、周辺の植物や土壌に悪影響を与える等の弊害が出てきた。その結果、現在、スウェーデンにある280の都市の中で210の都市と国道では塩の使用が禁止され、また残りの70の都市でも塩の使用量を減らす傾向にある。

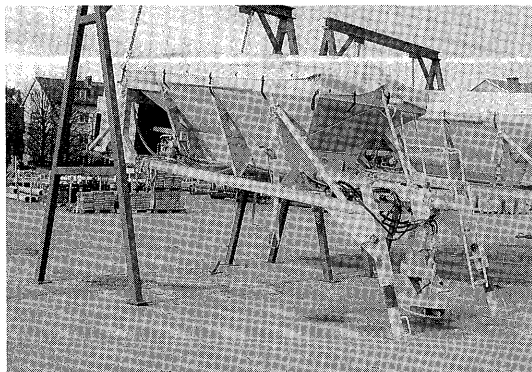


写真-6 塩の散布装置

トラックによって牽引され、アームの先端が回転して塩を道路幅に散布する。ホッパーには乾燥塩が入っているが、塩が確実に道路幅に散布されるようアームの途中で加水する。

3.3 舗装の現状

スウェーデンでは、スパイクタイヤが使われていることから、粗骨材として硬い材料を用いるようにしている他、摩耗量を少なくするため、Split Mastic Asphaltの技術をドイツから導入し、徐々に使用しつつある²⁾。

4. 冬期の路面管理の課題に対する対策

スウェーデンにおける冬期の路面管理の課題として大きなものは、塩の散布によって腐食や環境汚染等の弊害が発生していることであり、この課題を解決するために、塩の散布方法の改良、塩に代わる融雪剤の開発、適確な気象予報システムの構築などが検討されている。以下ではこれらの対策について述べてみたい。

4.1 湿潤塩の使用

塩は融雪剤として使用される場合、一般に乾燥状態（サイズ2～5mm）で用いられてきた。しかし、以下の様な理由で湿潤塩が検討されており、結果的に塩の使用量を減らすことができるようになった²⁾。湿潤塩の散布装置としては、特別なものでなくても、図-5の様な簡易なものも使用できる。

- (1) 塩が一様に散布され、ムダが少ない。
- (2) 塩が路面によく付着する。
- (3) 塩の効果が早く表われ、効果が持続する。
- (4) より低い温度でも効果がある（通常は-6℃まで）。
- (5) 散布速度が速い（50～60km/h）。

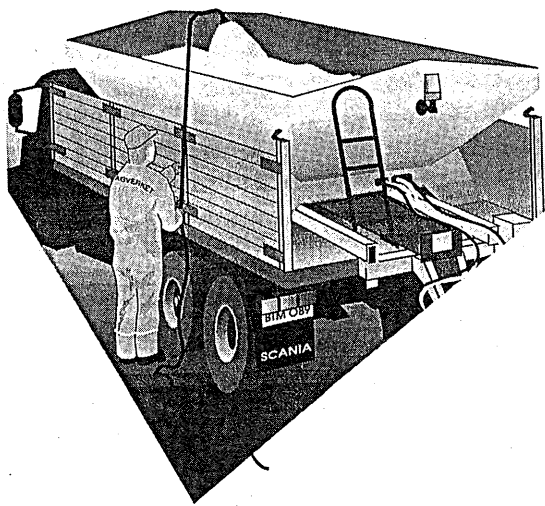


図-5 簡易な湿潤塩散布装置（参考文献²⁾より抜粋）

4.2 塩化ナトリウムに代わる化学融雪剤

塩化ナトリウムに代わる化学融雪剤として、カルシウムマグネシウム酢酸塩（Calcium Magnesium Acetate=CMA）が検討されている²⁾。CMAは、腐食の問題、環境上の問題がなく、また、図-6に示すように、コンクリートの凍結・融解試験の結果でも、CMAによるダメージは他の塩に比べて小さい。さらに、塩化ナトリウムを用いた場合に融解が生ずる最低温度は-21℃

であるが、CMAでは、カルシウムとマグネシウムの割合により、-10℃～-28℃である。このように、CMAは他の塩に比べて多くのすぐれた特徴を持っているが、CMAは現状では塩化ナトリウムに比べて15～20倍高価である。ただ、日本で製造すればこれ程高くならないようである。

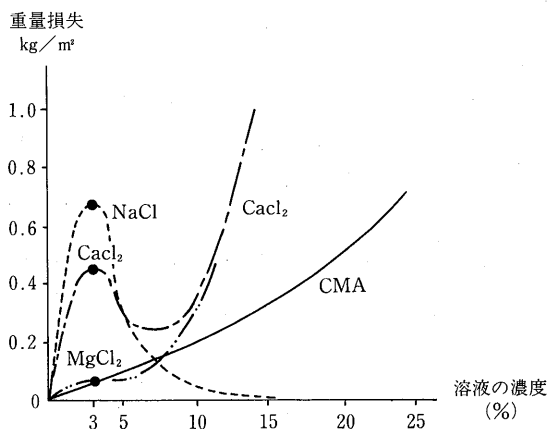


図-6 スウェーデンの方法によるコンクリートの凍結試験結果

〔NaCl, CaCl₂, MgCl₂は3%溶液, CMAは3～25%溶液で56サイクル後の重量損失を示している。NaCl, CaCl₂, MgCl₂の3%溶液以外の傾向は1957年の報告を参考としている。〕

4.3 除雪機械の改良

除雪機械および削氷機械の改良も種々試みられてきた²⁾。一例として、雪を溶かす除雪機が開発され、削氷機と組合せたプロトタイプ機が既に試作されている。また、道路グレーダーのブレードの形状、厚さ等も種々検討されている。

4.4 道路気象情報システム

路面の状態が適確に、またタイムリーに得られれば、塩の使用量を確実に減らすことができ、さらに除雪を効率的に行うことができることから、気象予報から路面の状態を予測するシステムの研究がさかんに行われている²⁾。

道路気象情報システム(VViS=Road weather information system)は、多くの場所に設置されたセンサーと進んだソフトを持つコンピュータからなり、当初は温度情報を収集するために使われてきたが、近年、道路の凍結と降雪を予測するのに使われるようになった。

VViSのセンサーによって現在次の情報を得ることができ、気温と湿度から露点が計算される。

・路面温度・気温・湿度・降雪・風向・風速

また、次の情報を得るセンサーも試験中である。

- ・路面状態（乾燥あるいは湿潤）
- ・凍結温度

5. おわりに

主にスウェーデンを中心として、冬期の路面管理の

現状、その課題と対策について述べた。スウェーデンでは現在もスパイクタイヤが使われているが、南部ではスパイク装着率は低く、スタッドレスタイヤが主に用いられている。従って、ここで述べた「課題に対する対策」として検討されている種々の技術が我が国にとっても参考になると思われる。

— 参考文献 —

1) Möller S., Wallman C.G.and Gregersen N.P. :
Winter road maintenance in urban areas -road
safety and trafficability. TFB & VTI research.
2:2A, 1991

2) Öberg G., Gustafson K. : More effective de-icing

with less salt, Final report of the MINSALT-
project, VTI rapport, 369 SA, 1991

3) 久下：世界の道路事情－北欧－，アスファルト，
Vol.36,No.176,1993

日本のアスファルト事情 1994年版

A 5・52ページ・実費頒価 ¥800（送料実費）

当面するアスファルト事情を
わかりやすく解説した資料です。
広くご利用いただけるよう編
纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。
申込先 社団法人 日本アスファルト協会
105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
和孝第10ビル

目次

★需 要	★参考資料	世界の国別原油確認埋蔵量
用 途	品質規格、試験法、品質管理	道路財源の推移
需要の推移	アスファルト舗装の特長	原油・石油製品のCIF単価
★供 給	アスファルト関連統計	OECD諸国のアスファルト生産量・内需量
生 産	道路投資額の推移	OECD諸国のアスファルト輸入量・輸出量
流 通	年度別舗装延長	地域国別原油輸入状況
施 策	主要諸国の道路事情	平成5～9年度石油需給計画
★課 題		

～ 原油の埋蔵量と可採年数 ～

1. はじめに

前号の「石油の歴史」で、石油の成因がお分り頂けたと思います。今回は、その石油が地球上にどの位存在するのかを見ていきたと思います。

2. 埋蔵量と可採年数

埋蔵量の用語の定義を大別しますと、原始埋蔵量 (Original Oil-In-Place) と可採埋蔵量 (Recoverable Reserves) に分けられます。原始埋蔵量とは、その油層内に存在する原油総量をいい、可採埋蔵量とは原始埋蔵量のうち技術的、経済的に生産可能なものをいいます。単に「埋蔵量」といった場合にはこの可採埋蔵量を指します。可採埋蔵量は通常原始埋蔵量の平均20～30%程度といわれています。

また可採埋蔵量は、確定度の高い順に3ランクに分別されます。確認埋蔵量 (Proved Reserves) とは最も確定度の高い分類で、以下推定埋蔵量 (Probable Reserves)、予想埋蔵量 (Possible Reserves) となります。

原油埋蔵量を評価する手法として、ある年の年末の確認埋蔵量 (R) をその年の生産量 (P) で除した数値が使われ、この数値を可採年数 (R/P) といいます。

3. 世界の原油確認埋蔵量の推移

1975年から1993年の地球別確認埋蔵量の推移を表-1に、世界の確認埋蔵量の推移を図-1に示します。世界の確認埋蔵量は、毎年原油を採掘しているにも拘わらず中近東、中南米地域での新たな油田の発見によって年々増加する傾向にありますが、アフリカ、東欧、北欧および西欧では減少の傾向にあります。

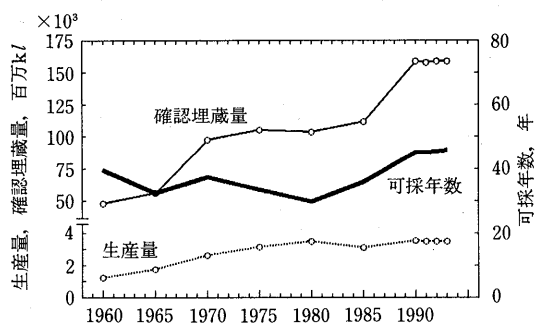


図-1 世界の原油確認埋蔵量、生産量および可採年数の推移

4. 世界の原油生産量の推移

地域別生産量の推移を表-2に、世界の生産量の推移を図-1に示します。

表-1 地域別原油確認埋蔵量の推移

(単位: 百万k l)

西 暦	中近東	中南米	アフリカ	東 欧	アジア	北 米	西 欧	世 界
1975	58,577	5,624	10,349	12,784	6,556	6,376	4,053	104,731
1980	57,569	11,049	8,769	10,017	6,381	5,215	3,671	103,115
1985	63,286	13,395	9,021	9,699	5,627	5,486	4,200	111,322
1990	105,353	19,253	9,523	9,358	7,989	5,082	2,302	158,859
1991	105,190	19,043	9,618	9,345	7,008	5,062	2,306	157,571
1992	105,225	19,686	9,838	9,412	7,087	4,766	2,517	158,530
1993	105,396	19,874	9,852	9,408	7,099	4,586	2,646	158,861
1993	66.3%	12.5%	6.2%	5.9%	4.5%	2.9%	1.7%	100.0%

表-2 世界の原油生産量の推移

(単位: 百万k l)

西 暦	中近東	中南米	アフリカ	東 欧	アジア	北 米	西 欧	世 界
1975	1,180.0	252.3	282.3	545.5	263.9	569.9	31.3	3,125
1980	1,056.1	325.8	348.1	699.3	283.7	587.3	142.0	3,463
1985	595.8	367.5	280.9	690.9	324.1	601.9	216.1	3,104
1990	974.1	401.6	350.4	679.2	363.2	515.0	233.3	3,517
1991	943.0	423.6	364.2	610.8	374.7	516.2	245.0	3,477
1992	1,011.4	421.4	366.9	534.0	374.3	509.3	265.1	3,482
1993	1,063.4	424.3	357.8	469.8	376.7	497.9	270.1	3,460
1993	30.7%	12.3%	10.3%	13.6%	10.9%	14.4%	7.8%	100.0%

1980年代はそれまで高騰を続けた原油価格が石油需要の減少・低迷を招き、非オペックの原油生産量増大でオペックの市場支配力が低下し、原油価格が暴落してオペックの生産量が低下しました。

しかし、世界のエネルギー需要は1983年以降上昇に転じ1990年まで増勢をたどり原油の生産量も増大しました。1990年以降は、世界的な景気後退と旧ソ連、東欧の経済的混乱によりエネルギー消費量は停滞し、原油生産量はほぼ横ばいとなっています。

5. 各国の原油確認埋蔵量、生産量、可採年数

図-2に、1993年の国別原油確認埋蔵量、生産量、可採年数を示します。

世界の確認埋蔵量は158,861百万k l で、そのうち76.2%がオペックで占められています。また、サウジアラビアは26%で世界の約4分の1を占めています。ちなみに、確認埋蔵量を分かりやすく表現するため、例えば富士山(高さ3,776m、底面の直径40kmの円錐型と考える)を逆さまにして盃状の容器と考えると原油を注ぐと、底から約3分の2程度の深さしか入りません。

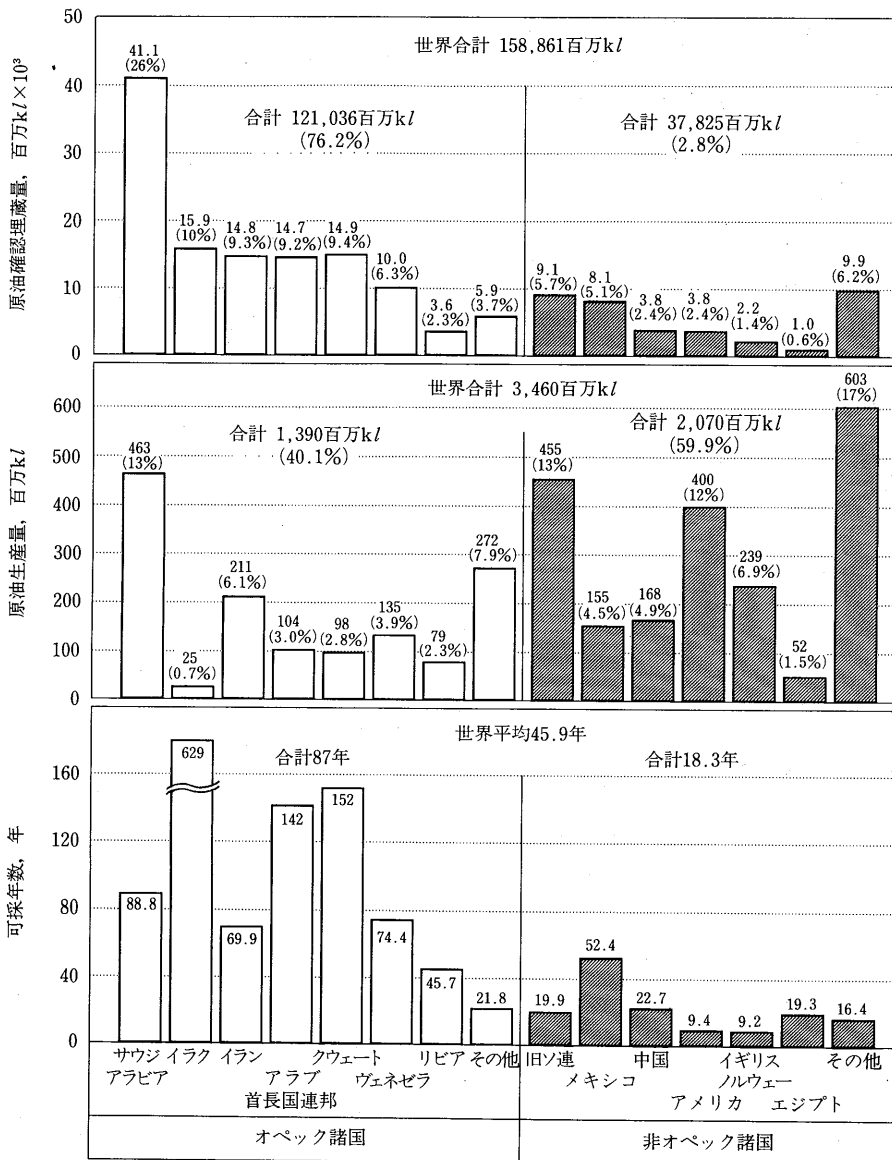


図-2 各国の原油確認埋蔵量、生産量、可採年数 (1993年)

生産量は、世界合計3,460百万k^lのうち、オペックが1,390百万k^lで40.1%、非オペックが2,070百万k^lで59.9%となっています。

可採年数は、現在国連の経済制裁を受けているイラクを別としてもオペックの可採年数が圧倒的に長く、世界平均でも45.9年となっています。

6. あとがき

新たな油田の発見により確認埋蔵量が徐々に増えていっているとはいえ、石油は生産地域が偏った有限の資源であり、今後世界の人工増、アジアを中心とした経済が着実に増大することを考えると世界の石油需要は必ず

しも楽観できない状況です。

また、日本の原油国内生産量は92年度で98万k^lで国内の総供給量のわずか0.4%にすぎませんが、日本は全世界の石油の8.5%を消費する世界第3位の石油消費国です。限りある資源を大切に使っていきたいものです。

以上のデータは、Oil & Gas Journalの各年末号、石油便覧（1994年版）、石油連盟発行（1994年4月）の「今日の石油産業」、（財）日本エネルギー経済研究所石油情報センター発行（1994年3月）の「OIL NOW '94」を参考にさせていただきました。

〔長谷川 宏 日本石油中央技術研究所主管研究員〕

☆1994年版発行のお知らせ☆

皆様からご好評をいただいている下記出版物は、毎年改訂発行しております。
ただいま発売中です。

日本アスファルト協会・発行

『アスファルト・ポケットブック』 1994年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文84ページ・実費領価1部 800円（送料実費は申込者負担）
ハガキにてお申込み下さい。

主 な 内 容

- 石油アスファルトの生産実績
- 石油アスファルトの需要推移
- 石油アスファルトの需要見通し
- 石油アスファルトの製造及び流通
- 石油アスファルトの生産場所及び油槽所
- 石油アスファルトの製造原油
- 石油アスファルトの品質規格
- 石油アスファルトの用途
- アスファルト合材の製造実績
- 改質アスファルトの出荷実績
- アスファルト乳剤の出荷実績
- 道路投資額とアスファルト需要

- 平成6年度の道路予算
- 道路の現況
- 第11次道路整備5ヵ年計画
- 参考資料
- 石油供給計画
- 世界の石油アスファルト生産量
- 主要諸国の道路事情
- データーシート
- 住所録
- 会員名簿
- 関連官庁・関連団体

SHRPアスファルト技術会議に出席して

片 脇 清 士 *

まえがき

平成6年10月に米国ネバダ州リノ市にて行われたSHRPアスファルト技術会議に参加した。(写真-1)

この会議はSHRPアスファルト技術の成果報告と、現在米国全土で展開中のアスファルトプロジェクトについて、州政府関係者や道路技術者、アスファルトメーカー、合材製造者などに紹介する目的で連邦道路庁と州政府などが主催して開催したものである。

この9月に土木研究所において第三回日米道路先端技術に関するワークショップが行なわれたが、その際にも、FHWA(連邦道路庁)のメンバーから、日本からも政府関係者の出席が求められていたものであるが、

土木研究所からは私が参加することにした。

FHWA(連邦道路庁)はカーソン長官以下、主要メンバーが出席され、SHRPの普及の責任者、LTPPプロジェクトの担当者、米国道路研究所の研究者など、これまで、日本および米国でお会いした方々とも、再度お会いすることができた。

しかも現地に行ってみると、日本からも、道路技術者、大学の研究者などが参加されており、関心が高いことを改めて認識した。

ここでは、会議の印象やSHRPアスファルト技術の進捗状況などについて紹介したい。

1. SHRPアスファルト技術会議の位置づけ

米国では、現在、科学技術のなかでも、特に公共事業に関する技術展開が積極的になされていることは、新聞などでも報道されている。

現在、米国の道路技術は2つの法律によって、実施されている。一つは、ISETEA法(交通効率化法)であり、もう一つは、Clean Air Act(空気浄化法)である。

前者は、交通体系の効率化を目指すもので、インターモデル法案ともよばれ、新しい国道の開設や、州際道路の改築などが盛り込まれている。後者は、自動車の、円滑な交通が空気の浄化に役立つとの観点から、円滑な陸上交通設備や道路の合理的設計を支援するものである。

現在、普及が推進されているアスファルトプログラムは、前者の道路に関する技術開発のひとつであるが、先導的に行なわれたSHRPアスファルト研究をうけてものであり、重要な技術進展があったと位置づけられているものである。

このことから成果の普及のために必要な組織と予算がFHWAに設定されている。たとえば、適用部門、普及部門、長期舗装試験部門、国際協力部門などであり、

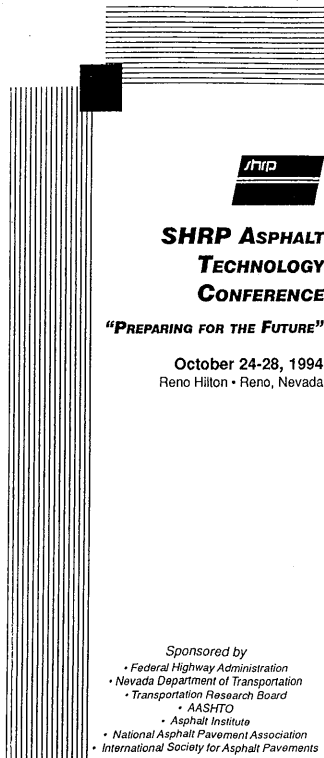


写真-1 SHRPアスファルト技術会議

*かたわき きよし 建設省土木研究所新材料開発研究官

また、これらを総括する、マネージメント部門とアドバイザリー委員会が設置されている。

SHRPアスファルト技術会議は、この適用部門、普及部門、長期舗装試験部門などが主となって開催したものであり、成果の普及のために重要な機会として設定されたとのことである。

ところで会議は月曜日の朝8時より、平日は午後6時まで連日、しかも水曜日は午後10時までという、みっちりと、時間だけでなく内容も濃いプログラムとなった。連日晴天であり、夜になっても明るく、行動的な町であるためか、米国人の仕事のための会議とはこんなものかと、感心する会議運営となった。

このほか、月曜日夕刻には、ネバダ大学アスファルト舗装材料施設の見学、火曜日夕刻には、最近開設されたばかりの、舗装材料リファレンスセンターの視察があった。これらには、幸い参加できたが、もう一つの、来年にかけて設置が予定されている、試験舗装トラック地点の見学はプログラムの関係で参加できなかった。

このように、大学、FHWA（連邦道路庁）支援施設、実験施設などがあることからわかるように、ネバダ州は、アスファルト舗装分野について特に熱心な州であり、上記の機関をこの州の道路局がバックアップしている。

2. 会議プログラム

SHRPアスファルト技術会議のプログラムは表-1の通りであった。

大きく分けると、本会議の位置づけ、バインダーに関する研究成果、混合物に関する研究成果、Superpave、普及計画と評価計画、試験舗装のケーススタディとなるであろう。

会議の位置づけでは、連邦政府責任者、AASHTO、製造業者、などがおのおのSHRPアスファルト研究やSuperpaveの成果の重要性和自分達の役割や関係を述べた。

バインダーに関する研究成果では、アスファルトに関する新しい知見と試験方法を紹介した。

混合物に関する研究成果では、

混合物に関する新しい各種の試験方法の紹介と、耐久性の予測がどのようにして可能かの紹介、その有用性についての試験結果が報告された。

Superpaveについては、具体的な配合設計の手順とそれらの内容が報告された。

普及計画と評価計画については、今後の計画が詳しく紹介されるとともに、技術者への強力が要請された。

試験舗装のケーススタディとしては、ケンタッキー州とバージニア州の例が、スライド中心に紹介された。これには、Superpave地域センターと移動アスファルト実験室が活用されている。

3. 移動アスファルト実験室の実物展示

SHRPアスファルト技術会議ではモービルトレーラーに試験装置一式を搭載して、実物展示した。これにはバインダー試験関係一式とジャイレトリーとマーシャル試験機を搭載している。さらに、会場でデモンストレーションしていたものは、混合物のためのSST, IDTを搭載したものが1台あった。これらは、比較的小パクトで、供試体製作機を組み合わせても、トレーラーに十分納まるものであった。(写真-2, 3, 4)

表-1 SHRPアスファルト技術会議プログラム

日曜日 レジストレーション	木曜日 午前
月曜日 午前 歓迎のあいさつ 目的 SHRPアスファルト FHWA/SHRPアスファルト AASHTO/SHRPアスファルト アスファルトメーカーとSHRPアスファルト 合材メーカーとSHRPアスファルト 化学研究プログラム 午後 バインダー研究	普及計画 トレーニングと教育 バインダー環境試験 供給管から見たSHRPバインダー仕様 議論 試験方法の標準化 午後 混合物現場試験 促進的評価 LTPPとSuperpave ユーザーとプロデューサー 混合物生産者からの観点 州政府道路局の観点
火曜日 午前 混合物研究 午後 力学的特性を配慮した耐久性予測	金曜日 午前 ケーススタディー：ケンタッキー州 配合設計 州政府道路局 ケーススタディー：バージニア州 配合設計 州政府道路局 将来計画
水曜日 午前 Superpave SHRP アスファルト成果物 午後 Superpave SHRP アスファルト成果物	



写真-2 移動アスファルト実験室
(バインダー試験用トレーラー)

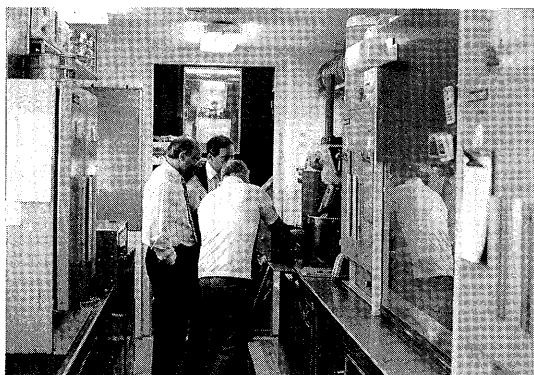


写真-3 移動アスファルト実験室の内部



写真-4 移動アスファルト実験室
(混合物試験用トレーラー)

4. ネバダ大学アスファルト舗装研究室の見学

ネバダ大学は、学生数1200人、工学部などエンジニアリングが強い、ロッキー地方の名門大学である。ネバダ大学アスファルト舗装研究室はTTセンターとして、最近リノベーションしたばかりである。このため会議室、プレゼンテーション室なども十分に設備され

ており、舗装技術者へのコンサルティングも大きな役割となっている。

アスファルト試験設備も、SHRPアスファルト試験設備がフルに装備されている。さらに、独自に研究を進めているTSRTS試験設備が設置され、アスファルトだけでなく、熱劣化を含めたアスファルト混合物の試験方法も検討している。(写真-5)



写真-5 ネバダ大学アスファルト舗装研究室

骨材試験室など、塵埃の発生する機械には防塵処理が丁寧に施されているなど、作業環境改善が図られ、実験室のレイアウト、パイプラインレイアウトも使いやすい設計であった。私もつくば移転の時に、実験室群の設計と設備の設置を担当したが、大学の設備レベルとしても程度の高いものとなっていて、アスファルト試験施設のあり方として大いに参考になった。しかし、私達が普段使っている60℃粘度計や伸度計などが倉庫のような場所に収められていたのが、時代の変遷を感じさせて印象的であった。

5. 材料リファレンスセンター

火曜日夕刻には、最近開設されたばかりの、材料リファレンスセンターの視察があったので参加した。

材料リファレンスセンターでは、米国の主要骨材、アスファルトを収集して保管している。Spark市の、高速道路沿いにある倉庫群の一つである。説明者はKreggさん。センターの壁に米国地図と世界地図があり、アスファルトを送付した場所にはマークがしてある。アジアでは、日本にマークがしてある。(写真-6)丁度明日、日本向けのアスファルトが送付されるところで、丁寧に梱包がしてあった。私達がお願いしていた土木研究所向けとのことで、厚く礼を述べた。

倉庫の中は完全に空調され、アスファルトと骨材が

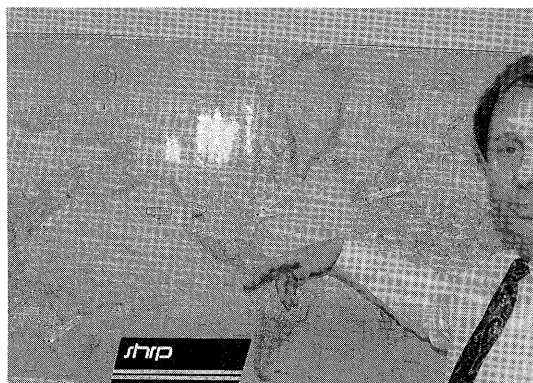


写真-6 材料リファレンスモニター
(アスファルトリファレンスを送付した国にマーク)

ぎっりと並べられていた。(写真-7) 当初テキサス州オースティンにあったものを特別列車で運んだとのことであった。アスファルトリファレンスの管理はコンピューターで行い、バーコードで間違いを防いでいるとのこと。リファレンスの取扱いマニュアルも整備され、システム化されている。

SPS9試験舗装で用いた骨材、アスファルト、そして試験舗装から採取したアスファルトコアもここに保管されている。

このようなリファレンスセンターをわざわざ作ったのは、アスファルトなどの標準サンプルを大量に保管するためであり、材料試験の再現性を担保するためのものである。もっとも標準となるコアアスファルトは、ここから、政府機関や大学に提供され、その物理的特性、化学的特性が明らかにされている。

最近、米国だけでなく、ヨーロッパのアスファルトに関する研究レポートに、コアアスファルトの番号がよく目につくが、ここで保管しているコアアスファルトの番号である。

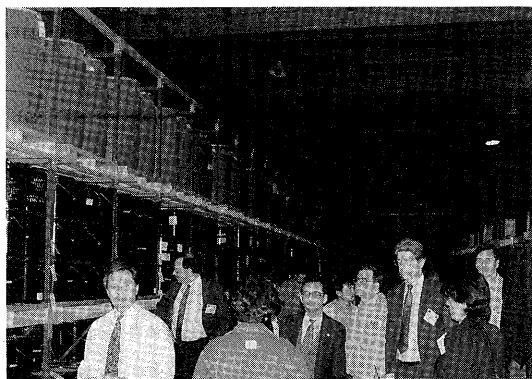


写真-7 移動リファレンスセンターの内部

6. 普及の進捗状況

すでに広く知られているように、SHRPはすでに、その主要な機能を終えている。では、SHRPアスファルト技術は現在、どのような普及段階になっているのだろうか。

SHRPアスファルトの組織と成果は、現在FHWA(連邦道路庁)に移管され、FHWAのイニシアティブのもとで、研究段階から普及段階に入っているとのことである。

たとえば、アスファルト試験方法においても、SHRPのいわば暫定の規格から、正式の規格(というのも少し変だが)である、AASHTOの規格やASTMの規格に移行するための手続き作業中である。

この手続き作業には、操作性の改良や、誤差となる要因の改良などいわゆる試験法を洗練させるための研究が含まれる。この中心となっているのがFHWA(連邦道路庁)ターナーフェアバンクス研究所である。この作業も、アスファルトバインダーについてはほぼ最終段階に入っているとのことであり、一部はアスファルト混合物に関しての作業に入っている。

SHRPアスファルト技術は、Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement) として、パッケージ化されている。

さて、Superpave普及計画は以下の内容から構成される。

・バインダー試験機械供与

米国を5つに区分して、その区分毎に、地域センターを設置しているが、このセンターにバインダー試験機械を供与し、技術者教育と試験のために用いている。この供与した試験機械はバインダー試験機械一式とアスファルト混合物機械一式である。アスファルト混合物機械一式には、ジャイレトリコンパクター、SST、IDTからなる。

第一回めの供与ではバインダー試験機械一式を25州に供与済み。第二回めの供与(1995年3月を予定)では、バインダー試験機械一式をのこり25州に供与する予定。なお今回供与時には当初のバインダー試験機械の一部は改良されている。改良されたものは、PAV、DTTである。

ジャイレトリコンパクターは、メーカー2社が規定されており、これまでのものとは作動条件などが多少異なっている。SSTでは、作動試験中であり、この評価が終わってから、配布が始まる。配布予定先は、ペンシルバニア、アラバマ、インディアナ、ネバダ、

テキサス州と、ターナーフェアバンクス研究所である。IDTはSSTを供与した同じ州に配布される。

・国立アスファルト教育センター

FHWA（連邦道路庁）の契約のもとで、アスファルト協会はケンタッキー州レキシントンに国立アスファルト教育センターを設立した。ここでは、バインダー試験等のトレーニングコースと州政府関係者への技術的援助を担当している。ほぼ月一回のバインダー試験のためのトレーニングコースが実施されており、既に200人の終了生が出ている。

（ここでは外国からのトレイニーも受け入れており、日本からは、既に2人が終了している。）

混合物試験についても現在ほぼ月一回のトレーニングコースが実施されている。

このような新しい試験方法にもとづく舗装材料カリキュラムは、アーバン大学やロードアイランド大学など、大学においても設定されはじめている。

・移動アスファルト実験室

移動アスファルト実験室とは、モービルトレーラーに試験装置一式を搭載して、建設サイトなどに赴き、そこで試験できるようにしたものである。

FHWA（連邦道路庁）が所有するトレーラーにはバインダー試験関係一式とジャイレトリーとマーシャル試験機を搭載している。さらに混合物のためのSST、IDTを搭載したものも提案されている。これのトレーラ

ーはSPS9試験舗装、NCHRP 9-7試験舗装に優先的に配置されるそうである。

・Superpave地域センター

ペンシルバニア、アラバマ、インディアナ、ネバダ、テキサス州はその地域の大学と協力してSuperpave地域センターを構成する。共通試験を担当するだけでなく、その州および近在の州のSPS9試験舗装のための材料試験も行う。

・スペック等の動き

SHRPで提案された試験方法は順次AASHTOの試験方法に規定しなおされている。10月現在の規定状況を表-2に示す。規定にあたってはSHRPで提案された試験方法を、確認試験、操作性向上試験等を経て修正している。

あとがき

今回のSHRPアスファルト技術会議は、研究成果の発表と同時に、普及に関する方針や具体的な手順を紹介する効果的な場を提供するものであり、私達のような外国人にも、全体系を理解させやすくする、オープンなプラットフォームのひとつとなった。

快く受け入れてくれた、米国関係者に感謝するとともに、本紹介がわが国の舗装技術の進展に参考になれば幸いである。

表-2 SHRP試験法とAASHTO規定との関係

	SHRP成果物	AASHTO 規定等
ASPHALT PRODUCTS		
1002	BENDING BEAM RHEOMETER	AASHTO TP1 Issued, Pool Fund - 25 States, Ruggedness Complete
1003	PRESSURE AGING OF BINDERS	AASHTO PP1 Issued, Pool Fund - 25 States, Ruggedness Underway
1005	LOW-TEMPERATURE DIRECT TENSION	AASHTO TP3 Issued, Pool Fund - on hold
1006	HIGH-TEMPERATURE VISCOSITY TEST	ASTM D4402, Pool Fund - 25 States
1007	DYNAMIC SHEAR RHEOMETER	AASHTO TP5 Issued, Ruggedness complete
1012	SUPERPAVE MIX DESIGN SYSTEM	Software & Manual due May 94. Bets testing scheduled for March 94 for all three levels
1014	GYRATORY COMPACTION METHOD	AASHTO TP4 Issued Pool Fund - 25+ States by end 12/94
1017	SHEAR DEVICE AND TEST	AASHTO TP7 Issued, Pool Fund - deferred, Procuring loaner equip
1022	INDIRECT TENSILE CREEP AND STRENGTH TEST	AASHTO TP9 Due, Pool Fund - deferred

舗装の路面性状に関する海外の研究動向

今回の研究報告は、1992年6月にベルリンで開催された路面性状に関する国際シンポジウムの発表論文50編の総括である。シンポジウムの発表論文は、A～Fの6セッションに分れており、最近の舗装の路面性状に関する調査研究が発表されている。本報告では、タイヤと道路騒音について騒音特性と路面との関係から論じたもの、交通安全とすべり抵抗およびキメ・平坦

性の関係について論じたもの、舗装の評価とマネジメントおよび道路利用者コストについて論じたものの3つに分類し、その概要をまとめたものである。

シンポジウム後2年を経過し少し古い動向となってしまったが、舗装の路面性状に関する海外の研究動向ということで参考にして頂ければ幸いと考えています。

(研究グループ代表幹事：峰岸順一)

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

峰岸順一 東京都土木技術研究所技術部

*は班長 **は副班長

阿部 長門 東亜道路工業(株)技術研究所
飯田 健一 鹿島道路(株)技術研究所
池田 和則 世紀東急工業(株)技術研究所
伊藤 達也 日瀝化学工業(株)技術研究所
遠藤 桂 日本道路(株)技術本部技術研究所
大竹 和彦 福田道路(株)技術研究所
岡藤 博国 世紀東急工業(株)技術研究所
小笠 幸雄 大林道路(株)技術管理部
金井 利浩 鹿島道路(株)技術研究所
川端 浩平 日本舗道(株)技術研究所
北沢 弘明 日瀝化学工業(株)総務部
久保 知裕 昭和シェル石油(株)東京支店アスファルト課
佐々木 巖 建設省土木研究所材料施工部化学研究室
佐藤 雅規 世紀東急工業(株)技術研究所
**菅野 伸一 常盤工業(株)技術研究所

杉内 正弘 飛鳥道路(株)技術研究所
**鈴木 秀輔 大成ロテック(株)技術研究所
鈴木 康豊 (株)パスコ道路技術センター
高橋 修 長岡技術科学大学建設系
田中 耕作 鹿島道路(株)技術研究所
田中 秀明 東亜道路工業(株)技術研究所
* 谷口 豊明 大林道路(株)技術研究所
深沢 邦彦 大成ロテック(株)技術研究所
**増山 幸衛 (株)道路保全技術センター保全部
水口 浩明 前田道路(株)技術研究所
水野 卓哉 福田道路(株)技術研究所
* 南沢 輝雄 (株)パスコ道路技術センター
村田 信之 日本舗道(株)企画部
森久保道生 昭和シェル石油(株)中央研究所
* 吉村 啓之 前田道路(株)技術研究所

計 31 名

第2回路面性状に関する国際シンポジウム

セッションA：タイヤ／道路騒音－騒音測定

セッションB：タイヤ／道路騒音－路面

北 澤 弘 明*

村 田 信 之**

セッションA Tyre/Road noise, acoustic measurements (タイヤ／道路騒音－騒音測定)

論文 番号	論 文 名	著 者 (国 名)	概 要
A 1	The influence of texture and sound absorption on the noise of porous road surfaces	Meier,A. Blokland,G.J. Descornet,G. (ベルギー)	低速時におけるポーラスアスファルト路面の騒音低減のための舗装構造について検討している。
	ポーラスアスファルト路面の交通騒音にきめと吸音性が及ぼす影響		
A 2	Tyre/Road Noise Measurements in the Near-field and in the Far-field for the Evaluation of the Acoustic Properties of Road Surfaces	Springborn,M. (ドイツ)	トレーラー式計測車(LMA)と2箇所の異なる高さに設置したマイクロフォンを使用する2つの方法でタイヤ／道路騒音を測定し、その結果について考察を行っている。
	路面の音響特性を評価するための路側と遠隔地でのタイヤ騒音の測定		
A 3	Optimising Traffic Noise Measurements on Road Pavements	Goeman,Th. Houdt,J.J. (オランダ)	様々な条件における騒音特性について、パス・バイ測定法を改良した幾つかの試験方法を紹介しながら述べている。
	道路舗装における交通騒音の効果的測定方法		
A 4	Influence of the pavement wearing course on vehicle noise in road traffic	Steven,H. (ユーゴスラビア)	「路面の騒音の低減化に関する研究」の現状を報告している。路面騒音の中の2つのメカニズム(トレッドの共振とタイヤの振動)によって発生する騒音を十分に分離する手法がないため解析が困難である事が問題とされている。
	摩耗層が自動車騒音に及ぼす影響		
A 5	Tyre/Road noise of vehicles on cement concrete surfaces with transverse texturings	Ullrich,Dr.S. (ドイツ)	セメントコンクリート舗装のタイヤ騒音の原因についての研究。最近のセメント舗装のタイヤ騒音は、横グルーピングや横方向の平坦性の欠如による波やきめによって引き起こされる事が述べられている。
	横グルーピングしたセメントコンクリート舗装の交通騒音		

*きたざわ ひろあき ニチレキ㈱情報システム室

**むらた のぶゆき 日本舗道㈱企画部

セッションB Tyre/Road noise, road surfaces (タイヤ/道路騒音-路面)

論文 番号	論 文 名	著 者 (国 名)	概 要
B 1	Low noise road surface - design guidelines	Sandberg,U. (スウェーデン)	低騒音舗装の設計についてのガイドラインが提案されており、路面のキメ、透水性、骨材最大寸法、層厚といった各種のパラメーターと騒音との関係が総括されている。
	低騒音道路表層 - 設計のガイドライン		
B 2	Technology and field testing of various sound absorbing highway pavement designs	Hiersche,U. Hilsdorf,H.K. (ドイツ)	ポーラスな厚い舗装構造について試験施工が行われ、厚さ45cmのフルデプス構造では5～7 dB(A)の騒音低減効果を得ることができた。供用2年半後に実施された路面性状や軟化点の変化に関する追跡調査の結果も報告されている。
	高速道路の舗装設計における各種の吸音性舗装の技術と現場試験		
B 3	Rolling noise and morphological analysis of porous asphalt	Serfass,J.P. Bense,P. Soulage,D. (フランス)	吸音特性は連続空隙に依存しているとの観点から、これの特性付けと定量化が医学用スキャナーを用いたX線解析によって行われている。さらに空隙の形態と騒音との関連付けも試みられたが、定量的な結論を得るまでには至っていない。
	ポーラスアスファルトの路面騒音と形態学的解析		
B 4	Noise abating pavement wearing courses on Federal Highways	Kamplade,J. Halfman,U. (ドイツ)	アウトバーンで試用されたポーラスアスファルトについて騒音低減効果を主眼に報告されており、ポーラスアスファルトの骨材最大寸法と騒音低減効果の関係などが示されている。
	連邦道路における騒音低減用摩耗層		
B 5	Noiseless Pavement Structures	Meunier,Y. (フランス)	フランスで実施されたポーラスアスファルトの試験施工が紹介されており、都市部の雨水貯留構造としても用いられる厚いポーラスな舗装構造が騒音低減効果、供用性とも良好と報告されている。
	低騒音の舗装構造		
B 6	Low noise road surfaces - problems and new results	Jacker,M. (ドイツ)	低騒音路面の現況と課題について述べられており、騒音低減にはポーラスアスファルト、厚いポーラスな舗装構造が有効であるが、効果の持続性などが今後の課題としている。
	低騒音の舗装表層 - 問題点と最近の成果		
B 7	High-adhesion low-noise surfacing of 0/6 bituminous microconcrete with modified binder	Le Duff,M. Verhee,M. (フランス)	最大寸法が6mmでギャップ粒度の骨材と改質バインダーを用いたフリクションコースは、すべり抵抗性の改善だけでなく、騒音に対してもポーラスアスファルトと同等の低減が可能と述べられている。
	改質バインダーを用いた骨材最大寸法6mmの高滑り抵抗性低騒音表層		

1. はじめに

セッションA「タイヤ/道路騒音-騒音測定」には4カ国から5編、セッションB「タイヤ/道路騒音-路面」には3カ国から7編の論文がそれぞれ収められている。

全体的な傾向としては、騒音と路面のキメやポーラスアスファルトなどとの関係、騒音測定技術の紹介に関する論文が多い。ここでは、騒音に影響する各種の要因と、騒音および騒音に影響を及ぼす因子の測定と

に大別し、各論文の概要を紹介する。

2. 騒音に影響する各種の要因

交通騒音における路面の影響は通常9 dB (A)程度、ケースによっては15dB (A)となり、これは自動車及ぼす影響と同程度であるといわれる(B1)。今後は自動車自体の機械的騒音の低減に加え、タイヤ/道路騒音の低減が必要であり、タイヤだけでなく路面も改善されなければならない。そのためには、路面のキ

メ、ポーラスアスファルトの透水性、骨材最大寸法、層厚といった各種の要因と騒音との関係を明らかにすることが必要である。

(1) 通常の舗装のキメと騒音

通常の舗装と騒音の関係は、路面のキメと騒音の関係として扱われている。路面のキメについては、その定義が明らかにされ、騒音に及ぼす影響が報告されている(A1, B1)。

キメは振幅(垂直方向の差)と波長(水平方向の周期)によって表現され、PIARCではキメを波長により区分し、次のように定義している。

- ・マイクロテクスチャ: 0.5mm以下の波長
- ・マクロテクスチャ: 0.5~50mmの波長
- ・メガテクスチャ: 50~500mmの波長

また、舗装のキメがタイヤ/道路騒音に及ぼす影響として、高周波数域(1,000Hz以上)での騒音レベルはマクロテクスチャの振幅に比例して減少し、低周波数域(1,000Hz未満)での騒音レベルはメガテクスチャの振幅に比例して上昇することを示している。

これに対し、Sandberg(B1)は、上記マクロ、メガテクスチャに対応する波長の範囲をそれぞれ0.5~10mm, 10~500mmとし、総合的な騒音レベルは両者の影響の和として現れることを提示している。

一方、Meierら(A1)は、キメが特に低周波数域の騒音に影響を及ぼし、その影響は低速時のほうが高速時に比べ著しいことを指摘している。

(2) ポーラスアスファルトと騒音

多くの国において、騒音の低減を目的としたポーラスアスファルトの適用が増加し、騒音低減効果と透水性、骨材最大寸法、層厚などとの関係について数多くの報告がみられる(A1, B1, B2, B3, B4, B5, B6)。

1) 透水性と騒音低減効果

透水性は、騒音に対する影響要因の中で最も重要なパラメーターといえる。透水性を有する路面の長所としては、1,000Hz以上の騒音の放射を著しく低減する(A1)、雨天時の水はねおよびスキミングによって生じる騒音を低減する(B5)、などが挙げられる。さらにタイヤ/道路騒音以外の自動車騒音を様々な騒音伝達の段階で吸収すること(B1)も可能である。

透水性は通常空隙率に左右され、両セッションに報告されているポーラスアスファルトの空隙率は20~30%の範囲となっている。Sandberg(B1)

は、空隙率が20%以下では十分な騒音低減効果が得られないとしているほか、現状では空隙率28%が許容可能な強度特性をもつ混合物の上限値としている。

Serfass(B3)は、透水性が空隙率だけでなく連続空隙の形態(形状や分布)にも依存していることを主張し、コア・サンプルのX線画像を基に、連続空隙の形態による特性づけと定量化を行っている。さらにタイヤ/道路騒音への影響についても解析を試みているが、その影響を定量化するまでには至っていない。

2) 骨材の最大寸法と騒音低減効果

ヨーロッパで一般的に用いられるポーラスアスファルトの骨材最大寸法は10~16mmであり、フランスでは10mmが最適と考えられている(B3)。

Sandberg(B1)は、騒音低減には路面のキメの最適化、特に表層の骨材最大寸法を選択することにより、所定のマクロテクスチャを得ることが重要であると述べている。具体的な骨材の最大寸法として8mmを推奨し、より望ましくは4~6mmとしている。

Kampladeら(B4)は、ドイツ連邦道路における試験施工の結果から、骨材最大寸法が16mm, 11mm, 8mmのポーラスアスファルトの騒音低減効果は、通常用いられる混合物に比べそれぞれ3dB(A), 4dB(A), 5dB(A)であることを確認している。

Meierら(A1)は、ポーラスアスファルトを用いた舗装では、低速時に低周波数域の騒音レベルが密粒度アスファルトコンクリートに比べ上昇することを考慮して、低速時でも高速時と同等の騒音低減効果が得られる舗装構造を提案している。この提案では、表-1および図-1に示す試験結果から明らかなように、表層の骨材最大寸法(8mm)に比べ、基層の骨材最大寸法が大きい(16mm)ことが騒音低減に有効であると結論づけている。

3) 層厚と騒音低減効果

ポーラスアスファルトの厚さは通常4cm程度であるが、厚いポーラスな舗装構造が騒音低減に有効との報告も多い。

Meierら(A1)は、前述した舗装構造について低周波数域で最大の騒音低減効果が得られる厚さの組み合わせを考慮すべきであると指摘している。これに関し表層と基層がそれぞれ1.5cmと3.5cm,

表-1 試験路の仕様

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
タイプ	z.o.a.b. 8/11	z.o.a.b. 8/11	z.o.a.b. 6/16	d.a.b. 0/16 比較例	d.a.b. 0/8 ISO路面	p. c. a. b. 4/8-11/16 2層	p. c. a. b. 4/8-11/16 2層	p.c.a.b. 4/8	p.c.a.b. 8/11
舗装構造	1層 d = 4 cm	1層 d = 4 cm	1層 d = 4 cm	1層 d = 4 cm	1層 d = 4 cm	2層 d 1 = 1.5cm d 2 = 3.5cm	2層 d 1 = 2.5cm d 2 = 4.5cm	1層 d = 4 cm	1層 d = 4 cm
骨材最大寸法	11mm	11mm	16mm	16mm	8 mm	8 mm 16mm	8 mm 16mm	8 mm	11mm
骨材種別	碎石 (斑岩)	碎石 (Ned.)	碎石 (Ned.)	標準仕様 (密粒度アスコン)		碎石 (斑岩,Ned.)	碎石 (斑岩,Ned.)	碎石 (斑岩)	碎石 (斑岩)
バインダー	St.As 80/100 4.5 %	St.As 80/100 4.5 %	St.As 80/100 4.5 %			ゴム入り As 5.0 % 4.2 %	ゴム入り As 5.0 % 4.2 %	ゴム入り As 5.0 %	ゴム入り As 5.0 %

*ISO/DIS 10844

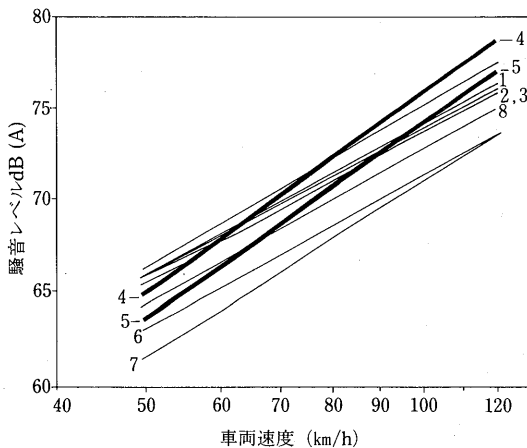


図-1 車両速度と騒音レベルの関係

2.5cmと4.5cmの組み合わせによる比較試験を行い、後者のほうが良好な騒音低減効果が得られるとしている(表-1, 図-1)。

フランスでは、Meunier(B5)が都市部の雨水貯留構造としても用いられる厚さ15cmで骨材の最大寸法が30mmの自由排水型アスファルトコンクリート(DRAINOBASE)上に、厚さ4cmで骨材の最大寸法が10mmのポーラスアスファルトを設けた舗装構造について試験施工を行い、通常のポーラスアスファルト舗装より良好な透水性、吸音性および供用性が得られたと報告している。

ドイツでは、厚さ45cmのポーラスアスファルト混合物を用いたフルデプス舗装をアウトバーンで施工し、従来の舗装に比べタイヤ/道路騒音を7dB(A)低減できたこと、2年半後に実施された追跡調査の結果から供用性も良好であることなどが確認されている(B2, B6)。

(3) その他の舗装と騒音

ポーラスアスファルト舗装以外に、フリクションコース(B7)、ゴム粒入り表層(B1)、セメントコンクリート(A3, A5, B1)について騒音との関係が報告されている。

1) フリクションコースと騒音

Duffら(B7)は、低騒音舗装として最大寸法が6mmでギャップ粒度の骨材と改質バインダーを用いた混合物を15~25mmの厚さで敷きならすフリクションコースを提案している。この舗装を適用する主目的はすべり抵抗の改善にあるが、騒音レベルも密粒度アスファルトコンクリートに比べ2dB(A)以上低減され、ポーラスアスファルトと同程度の騒音低減効果が得られると報告している。

2) ゴム粒入り表層と騒音

ゴム粉末あるいはゴム粒をアスファルトコンクリートへ混入することにより、騒音レベルの低減が可能であることがゴム入りアスファルトメーカーによって提示されている。Sandberg(B1)は、この主張は現在までの研究結果と一致していない点を指摘しているが、一方では大きなゴム粒を主体にした表層材(たとえば全骨材を廃タイヤで構成)は、騒音を低減できる可能性があるとし唆している。しかし、そのような表層材の開発は不十分で、基層との接着性、難燃性、耐摩耗性などが解決すべき問題点として挙げられる。

3) セメントコンクリート舗装と騒音

Ullrich(A5)は、最近のセメントコンクリート舗装の騒音は横グルーピングや横断方向の平坦性の欠如といった路面の波状特性に起因している

ことを指摘している。

Sandberg (B 1) は、こうしたセメントコンクリート舗装に対する騒音対策として路面のキメと騒音の関係から、セメントコンクリート舗装の上に骨材最大寸法の小さなチップシールを施すこと、研掃技術を利用して縦断方向に細かな凹凸を設けることを提案している。

一方、Goemanら (A 3) は、ポーラスコンクリートの騒音低減効果を測定し、評価しており、ポーラスコンクリートはポーラスアスファルトに比べ通常 1 dB (A) 程度高い騒音レベルを示すが、路面のすべり抵抗を改善することによって大幅な騒音低減が可能であると述べている。特に表面の目荒らしを行ったポーラスコンクリートでは、騒音レベルがポーラスアスファルトに比べ 0.8 dB (A) 程度低くなるとの測定結果も示されている。

3. 騒音および騒音に影響を及ぼす因子の測定

騒音測定については、ISOによって自動車の騒音を測定する場合の路面が規格化 (ISO/DIS 10844) されるなど、測定手法を改善し、統一化する動きが活発化している。

(1) 騒音の測定

騒音の測定技術としては、パス・バイ測定の改良、連続測定が可能なトレーラーなどが紹介され、これらの比較・評価についても報告されている (A 2, A 3)。

1) パス・バイ測定の改良

実路での騒音測定には、走行路から 7.5 m 離れた位置に固定したマイクロフォンによって通過車両の騒音を測定するパス・バイ測定方法が広く用いられている。

Goemanら (A 3) は、パス・バイ測定に影響を与える外的要因を表-2 に示したように気象、周辺環境、交通、道路、解析といった項目に分類し

表-2 騒音測定に影響を及ぼす外的要因

気 象	・ 風向, 風力 ・ 日照時間	・ 気温 ・ 降雨量
周辺環境	・ 道路の幾何構造と遮蔽状態 ・ 土質状態 (硬軟)	・ 草木
交 通	・ 車両の構成 (車種, 年式) ・ 走行特性 (速度など)	
道 路	・ 舗装 (種別, 供用年数, 温度)	
解 析	・ 測定誤差	

て整理し、これらの要因を低減あるいは削除し、測定精度を向上させる改善策を提案している。まず異なるタイプの舗装が隣接する路線 (一方がアスファルト舗装, もう一方がセメントコンクリート舗装など) を選定して騒音を連続的に測定することを挙げ、これにより気象条件などの外的要因を考慮する必要がなくなるとしている。第2にテスト車の標準化 (ドライバー, テスト車の特定など) を挙げ、一般通行車両による測定に比べ安定した測定結果を得ている。

Springborn (A 2) は、1.2 m と 5.0 m の高さに固定したマイクロフォンを使用する測定方法を提案し、双方の測定データを比較評価している。その結果、異なった高さのマイクロフォンから測定したデータには良好な相関関係があることを確認している。

2) トレーラー測定

LMA (Lärmmeßanhänger) と呼ばれるトレーラーを用いる測定方法が Springborn (A 2) および Goemanら (A 3) によって紹介されている。このトレーラーはベルリン工科大学で設計され、測定タイヤの近傍部 (前部, 後部, 側部) にマイクロフォンを取り付けて走行騒音を連続的に測定するもので、マイクロフォンやタイヤは外的影響を受けないようにカバーで覆われている。装置の概要は図-2 に示すとおりである。

Goemanら (A 3) は、トレーラー測定とパス・バイ測定の測定精度について比較試験を行っている。試験では路面性状の異なる 4 つの測定ポイントからデータを収集し、それらの最大差を求めて比較しており、パス・バイ測定では騒音レベルの最大差が 0.3 dB (A) であったのに対し、トレーラー測定では 1 dB (A) と、精度に明らかな差があることを確認している。このことから、トレーラー測定は路面性状のわずかな違いをより顕著に騒音レベルの差として現すことができ、パス・バイ測定に比べ精度の高い測定結果が得られるとしている。

(2) 騒音に影響するその他の因子の測定

騒音に影響する各種要因は前述したとおりであるが、これらの中でキメと連続空隙の測定手法が紹介されている (A 1, B 3)。

1) キメの測定

騒音の影響因子の 1 つである路面のキメの測定

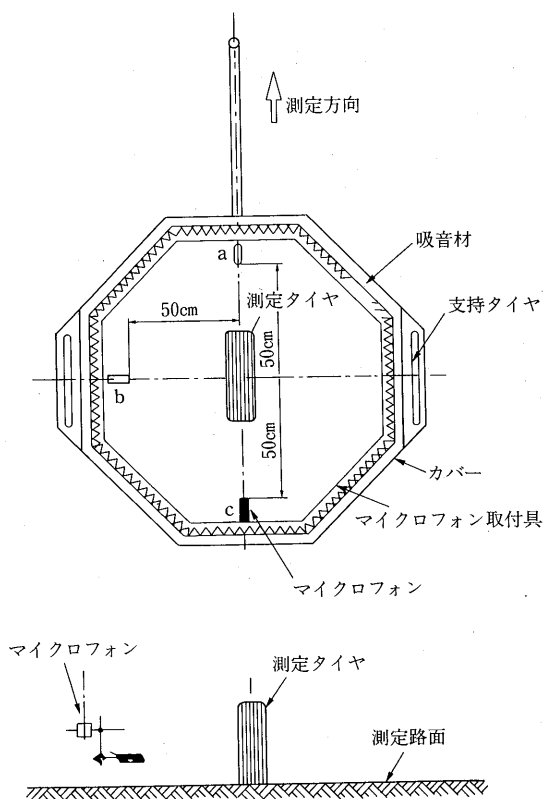


図-2 騒音測定用トレーラーの概要

方法の一例としては、固定式のレーザープロファイルメータの利用が挙げられる(A1)。路面の形状によってはレーザー光を受光できず、現実のマクロテクスチャを再現することはできないが、測定データからキメがタイヤ／道路騒音に及ぼす影響を表すことが可能である。キメの測定については、ハードウェア的な問題のほか、測定データの評価方法も今後の課題として挙げられる。

2) 連続空隙の測定

Serfassら(B3)は、騒音測定を行った現場から採取したコア・サンプルについて、医学用スキャナーを用いたX線解析を行っている。この手法によれば、コア・サンプルの内部形状を図示でき、空隙率の大きさだけでなく空隙の形状や分布に基づく形態的な解析が可能であると述べている。なお、前述したように空隙の形態とタイヤ／道路騒音との関連づけも試みられているが、定量的な結論を得るまでには至っていない。

4. おわりに

セッションA, B「タイヤ／道路騒音」に関する論文の概要を取りまとめて紹介してきた。これらを総括すると次の点が挙げられる。

まずタイヤ／道路騒音の低減に関しては、①3dB(A)の低減が低騒音の目標とされている、②この目標を達成するため、各国ともポーラスアスファルトの適用が増加し、騒音低減に有効な骨材最大寸法や層厚などが提案されている、③さらに路面のキメの定義が明確化し、タイヤ／道路騒音に及ぼす影響が明らかにされた、などを挙げることができる。

一方、騒音測定に関しては、こうした騒音低減効果を定量的に把握する各種の騒音測定技術が紹介され、パス・バイ騒音測定との比較・評価から、より精度の高い測定方法が提案された、などを挙げることができる。

残された課題としては、騒音低減という視点から捕らえたポーラスアスファルトの耐久性、騒音測定における測定因子(タイヤ、測定装置、測定手法)の最適な組み合わせなどを挙げることができ、これらの課題に対する今後の研究成果に注目していきたい。

セッションC：交通安全－すべり抵抗 セッションD：交通安全－キメ，平坦性

鈴木 秀 輔*
水 野 卓 哉**

セッションC Traffic safety, skid resistance (交通安全－すべり抵抗)

論文 番号	論 文 名	著 者 (国 名)	概 要
C 1	The Development of a Test Equipment for Measuring Pavement Skid Resistance Based on the Method of Differential Wheel Rotation Speed	K.Saito A.Ksahara N.Konagai (日 本)	回転速度の異なった2つの車輪間に生じるねじれを測定する差動回転方式によるコンパクトな舗装のすべり抵抗測定装置の開発を試みた。これはロックホイール方式の測定器との相関性も高いものである。
	車両の差動回転方式によるすべり抵抗測定器の開発		
C 2	Models to Harmonize Methods for Measuring Road Friction	J.J.Henrty M.Marasteanu (アメリカ)	舗装面の摩擦を測定するための様々な方法に関するモデルを調査すると共に結果を一致させるために必要な注意を示したものである。
	道路の摩擦を測定するための様々な方法に一致するモデル		
C 3	Evaluation of driving safety as a function of the locked wheel coefficient	J.Eisenmann W.Wüst (ドイツ)	試験調査ならびに数学的な統計手法を用いて、湿潤路面のすべり摩擦係数による道路の欠陥の確率と走行の安全性について述べている。
	ロック時の車輪制動係数を関数とした走行安全の評価		
C 4	Development of a Wet Pavement Index to Assess the Risk of Skidding Accidents	B.T.Kulakowski C.E.Antle D.J.Jacobs C.Lin J.M.Mason J.C.Wambold (アメリカ)	308箇所で得られたすべり抵抗測定と事故データを基に、WPI (Wet Pavement Index) によるモデルを考案した。これは、事故の発生原因としてすべり抵抗の他、車、人、環境要素を取り込んだ確率論的なモデルであり決定論的なモデルに比較して優れていることが確認できたとしている。
	すべりによる事故のリスクを評価するための湿潤舗装指数の開発		
C 5	Aircraft/Runway Friction Performance Studies	T.J.Yager (アメリカ)	タイヤと滑走路間の摩擦に影響を及ぼす多くの要因を理解するためのNASAの取り組みについて示している。
	航空機／滑走路の摩擦性能の研究		
C 6	United States participation in establishing inter-national guidelines on the use of friction measuring equipment at airports	Th.H.Morrow C.E. P.E. (アメリカ)	合衆国連邦航空管理局 (FAA) の経験についての概略を示したものである。
	空港における摩擦測定装置の使用に関する国際的なガイドライン		

*すずき しゅうすけ 大成ロテック(株)技術研究所

**みずの たくや 福田道路(株)技術研究所

C 7	A new Stuttgarter Reibungsmesser(SRM) in Austria	M.Fuchs (オーストリア)	シュトットガルトすべり抵抗測定器は、3種類のスリップ状態でのすべり抵抗の測定が可能な試験装置である。
	オーストリアにおけるシュトットガルトすべり測定器の新型タイプ		
C 8	Evaluation basis for skid resistance measurements on German autobahns by means of SCRIN	W.Becker (ドイツ)	湿潤状態で路面が十分なすべり抵抗を持つことは重要である。本文は、ドイツ、アウトバーンで測定したすべり抵抗値について述べたものである。
	SCRIMによるドイツアウトバーンのすべり抵抗測定		
C 9	Dynamic Friction Tester (DF Tester)	K.Ichihara H.Abe N.Sangyo (日 本)	コンパクトで初期費用、運用費用が低く異なった速度でのすべり抵抗測定装置としてD. F. テスターを開発した。本装置による測定結果はトレーラータイプの測定装置によるものと高い相関を示したと述べている。
	D. F. テスター		
C10	Influence of quality of chippings and of various hydrocarbon binders on skid resistance and durability of surface dressings	J.-U.Breuer (ドイツ)	試験施工により、チップング骨材およびバインダーが舗装表面のすべり抵抗、耐久性に与える影響を確認したもの。結果、骨材のすべり抵抗が路面のすべり抵抗ならびに耐久性に関連することが確認できたとしている。
	チップングならびに各種バインダーの質が表面処理のすべり抵抗、耐久性に与える影響		
C11	Past and present studies on pavement friction macrotexture and aggregate polishing in India	T.Muraleedharan S.D.Sharma Sudesh Kumar & P.K.Nanda (インド)	インドでは、すべり抵抗性の研究と関連調査は最近まで低レベルで行われていた。ここでは、舗装のマクロテクスチャと骨材のポリッシングについての過去と現在の取り組みについて示すものである。
	インドにおけるマイクロテクスチャと骨材ポリッシングの過去現在の研究		

セッションD Traffic safety, texture, unevenness (交通安全・キメ・平坦性)

論文番号	論 文 名	著 者 (国 名)	概 要
D 1	Smoothness Specifications for Flexible and Rigid Pavements	C.Claros Harrison,R Hudson,W.R. (アメリカ)	テキサス州において、施工直後の表層の平坦性の仕上がり程度により、支払いに対して工事費にボーナス/ペナルティシステムを導入している。その評価システムの設定について、種々の調査・検討を行っている。
	たわみ性舗装と剛性舗装の、平坦性の評価仕様について		
D 2	Effects of Road Roughness on Dynamic Loads and its Reaction on Road Structures	Kawamura,A (日 本)	路面の2次元プロフィール表示の必要性とその算定法を紹介し、複雑な車両の運動解析シミュレーションを行っている。その結果車両の動的荷重が舗装構造に及ぼす影響を理論的に解析することが出来たとしている。
	動的荷重と道路構造が、道路のラフネスに与える影響について		

D 3	Public Acceptability of the Riding Quality of Unpaved Roads in Namibia	Byrnes,J Haddow,P.M Poolman,F.W (ナミビア)	ナミビアの未舗装道路に関して、観客的に測定されるラフネス値 (IRI) と、道路ユーザが主観的に評価したラフネス値について集計を行い、両者により相関を見いだすことが出来たとしている。
	ナミビアの未舗装路における、一般人民が受け入れられる乗り心地について		
D 4	Development of a New Data Acquisition System for Measuring Pavement Surface Profile	Ichihashi,S Himeno,K Fukuhara,T (日 本)	レーザー変位計を用いた、高速走行型非接触プロファイルメータを開発し、路面の縦横断プロファイルの連続精密測定、および舗装表面のマクロテクスチャの解析が可能としている。
	新方式による路面プロファイル測定装置の開発		
D 5	Impact of Pavement Undulations on Vehicle Stability at road curves	Mouratidis,A Tsohos,G (ギリシャ)	実際の道路の線形データを収録し、これを基に車両と路面との関係を数式モデルによって示し、道路のカーブ部における車両の挙動のシミュレーションを行っている。
	道路のカーブ部における、車両安定性に与える起伏の影響		
D 6	The Study of Man-Vehicle-Road System by means of random vibration theory	Zhong,Y Wang,Z Zang,X (中 国)	舗装路面の凹凸のために車両振動が発生し、さらにその車両振動は新たに舗装表面に新たな凹凸を発生させる。このような現象を舗装表面の周波数分析を行うことにより解析・検討を行っている。
	(人間-車両-道路) システムの、ランダム振動理論による解析		
D 7	The Correlation between the polishing resistance of mineral aggregates and the skid resistance of road surfaces	Dames,J (ドイツ)	異なった鉱物骨材に対し、骨材の粒度を3種類に分類し、「骨材粒径」と「ポリッシング抵抗」の測定を行っている。その結果良質な鉱物骨材を適正な粒度範囲 (1/5mm size) に選別して使用すれば、路面のすべり抵抗を改善する可能性を示していることが述べられている。
	鉱物骨材のポリッシング (研磨コンクリート抵抗と、路面のすべり抵抗との関係)		
D 8	Relationship between macrotexture and skid resistance on surface dressings	Aussedat,G Menard,J (フランス)	表面仕上げを行った自動車道路・最新の試験走行路・フランスの路面性状のマスターファイルより、コンクリート舗装路面や、アスファルト舗装路面のすべり抵抗の調査を行っている。
	表面仕上げを行った路面の、マクロテクスチャとすべり抵抗との関係		
D 9	Comparison of stochastic and periodic road unevenness	Steinauer,B (ドイツ)	「通過交通荷重と走行時間」「走行速度と周期的な振動の発生」を考慮し、路面凹凸の規則性の評価・解析を行い、路面凹凸のスペクトル密度に関する多くの関係が明らかになったとしている。
	不規則な路面凹凸と、周期的な路面凹凸の比較		

1. はじめに

セッションCおよびDでは、交通安全をテーマに、すべり抵抗、舗装のキメおよび平坦性について報告されている。

発表論文を内容で分類すると、セッションCは、①装置・器具に係わる論文が5編、②材料、試験、測定に係わる論文2編、③評価、解析に係わる論文4編、④その他1編は11編 (一部重複) である。また、セッションDは、①装置・機械に係わる論文3編、②材料、試験、測定に係わる論文4編、③評価、解析に係わる論文6編の9編 (一部重複) で構成されている。ここでは、発表論文の中からいくつかのものを選り、共通

した観点で分類しその概要を紹介する。なお、装置・器具についてはその概要を詳細に示すが、その他の項目については簡単な紹介にとどめる。

2. すべり抵抗およびキメ・平坦性測定装置

ここでは、すべり抵抗測定装置4種、キメ・平坦性測定装置1種について紹介する。

(1) すべり抵抗測定装置

ここで紹介するすべり抵抗測定装置は、フィールドで使用するものとして①測定輪差動方式によるすべり抵抗測定装置 (日本)、②シュトットガルトすべり抵抗測定装置 (オーストリア)、⑤Tatra (チェコ

スロバキア), また室内レベルでの評価も可能なものとして④D.F.テスター(日本)の4種である。以下にこれらの概略を示す。

1) 測定輪差動方式によるすべり抵抗測定装置 (C

1) 測定輪差動方式とは、牽引される2つの測定輪に回転差を与えて、任意のすべり率において、路面の縦すべり抵抗値を測定するもので、概要は図-1に示すとおりである。

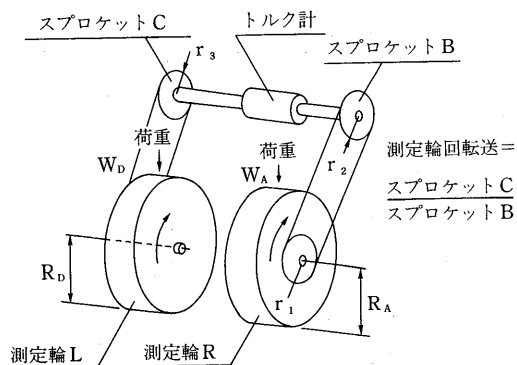


図-1 測定輪差動方式によるすべり抵抗測定法 (齊藤他, 第19回日本道路会議一般論文集, P.1186)

このすべり抵抗測定装置を牽引することで、測定輪間ですべりが発生するため、すべり抵抗値の大きさに応じて各車輪の回転に抵抗が生じる。このときのトルクをTとすると、すべり抵抗 μ は次のように算出される。

①スリップ比法による測定

$$\mu = \frac{2 \cdot T \cdot r_1}{r_3 \cdot (W_A \cdot R_A + W_D \cdot R_D)} \dots (1)$$

ここで、 R_A, R_D = 測定輪のタイヤ動的半径(m)
 W_A, W_D = 測定輪の静的荷重(kg)
 T = 検出トルク(kg・m)
 $r_1 (=r_2), r_3 (<r_2)$ = スプロケット半径(m)

②車輪ロック法による測定

$$\mu = \frac{T \cdot r_1}{r_3 \cdot (W_D - \Delta W_D)} \dots (2)$$

ΔW_D = 牽引した時に生じる W_D に対する反力(kg)

ここで、 $\Delta W_D = T \sin \theta / r_3$

θ = チェーンが水平となす角度

当該試験装置を用い、圧雪路および氷盤路でリブタイヤ、スタッドレスタイヤ(2種)およびスタッドタイヤによるすべり抵抗と速度の関係を確認した。これによると、圧雪および氷盤の両路面において、すべり抵抗値の速度依存性はあまりないが、タイヤ種別による特性が明確に示されている。圧雪路面ではスタッドレスタイヤがスタッド

タイヤより高いすべり抵抗を示すが、氷盤路では逆の結果となる。北海道開発局開発土木研究所で使用されているCERIテスターとの比較試験も実施したが、高い相関を示した。

2) シュートットガルトすべり測定器 (C7)

本測定装置は図-2に示す構造で、1) 車輪が完全にロックされた状態、2) アンチロックシステムが作動した状態および3) すべり率が一定の状態の3種類で、120km/hまでの測定が可能である。なお、この装置の特徴としては、すべり抵抗の測定と同時に横断形状の測定も行える。

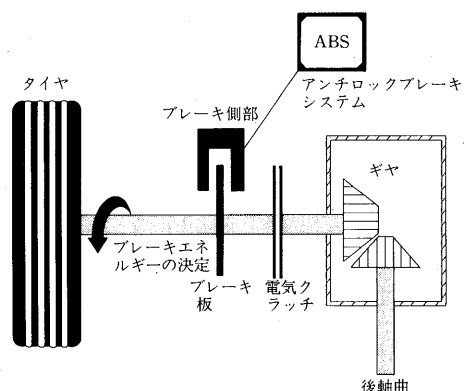


図-2 シュートットガルトすべり測定装置の概要

速度を変えて3種類のブレーキング状態で摩擦係数 μ を測定した結果を図-3に示すが、各速度ともすべり率が一定の状態ではブレーキが働いた場合の μ が大きく、ついでアンチロックシステムが作動した状態、ロック状態でブレーキが働いた場合が最も小さな値を示した。また、舗装の種類を変化させ、ロック状態およびすべり率が一定の状態ではブレーキが働いた場合の μ の比較を行ったものが図-4であるが、排水性舗装は共に高い μ を示している。

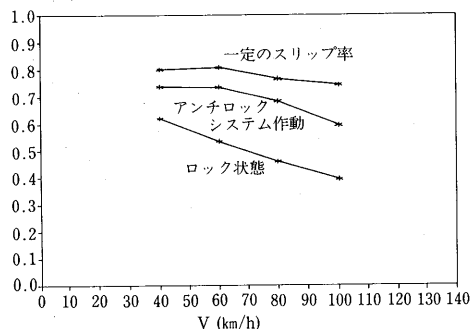


図-3 シュートットガルトすべり抵抗装置による測定例(速度と摩擦係数)

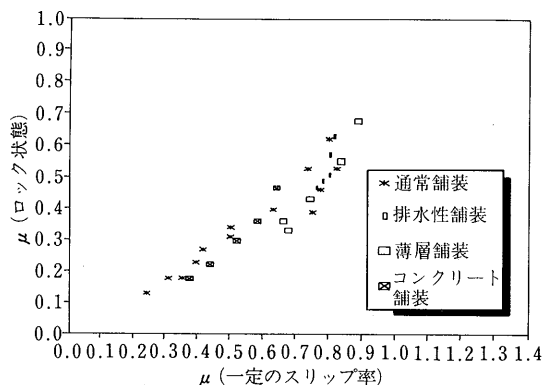


図-4 シュットガルトすべり抵抗装置による測定例 (摩擦係数と舗装種類)

3) Tatra (C5)

本試験装置は、空港滑走路で用いるすべり抵抗測定装置の1つとして紹介されている。外観は図-5に示すとおりで、特別な試験タイヤを装着している。

本装置では、操縦者が試験タイヤの垂直荷重やすべり係数を自由に変化させることが可能なほか、散水装置も備えており湿潤状態でのすべり抵抗測定が可能である。

各種試験装置との比較試験も実施したが、良好な結果が得られたと報告されている。

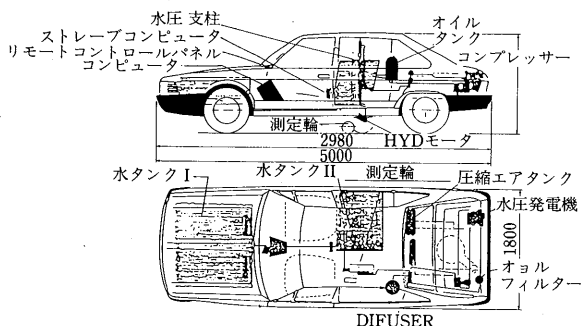


図-5 Tatraの外観

4) D.F.テスター (C9)

D.F.テスターはコンパクトでイニシャルコスト、ランニングコストが安く、タイヤと路面間のスピードによる摩擦を測定できる装置として開発された。

D.F.テスターの測定原理を以下に示す。

図-6に示すように、接地荷重 W で路面に押さえつけられているタイヤゴムが V の速度で引っ張られたとき、摩擦力 F が生じる。

F を測定することで、摩擦係数 μ を以下に示す式(3)で求めることができる。

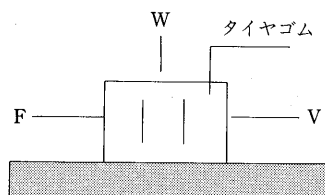


図-6 D.F.テスターの測定原理

$$\mu = F / W \quad \text{..... (3)}$$

W が上記の式(3)一定の時、 μ は式(4)に示すように F と比例関係にある。

$$\mu = K \cdot F \quad \text{..... (4)}$$

ここで、 K は定数である。

この原理により、D.F.テスターはタイヤゴムから与えられた摩擦力 F と一定荷重 W のもとで回転するディスクに押し当てられる载荷タイヤゴムチップの直線的な速度 V (ディスクの回転速度)を測定することで μ を求める。

この測定装置による測定値と走行タイプの測定装置(すべりトレーラ)による測定値とでは高い相関性を示した。

(2) キメ・平坦性測定装置

キメ・平坦性測定装置としてここでは非接触型高速プロフィールメータについて紹介する(D4)。

本装置は、レーザ変位計を用いた走行型非接触プロフィールメータで、計測速度0～60km/hで1mm間隔、精度 ± 1.2 mmで路面の縦断形状の測定が可能である。その外観を図-7に示す。レーザタイプの変位センサが測定車の進行方向に沿って100mm間隔で2個、測定車の両側に搭載されており、これによってOWP(外側車輪走行位置)とIWP(内側車輪走行位置)

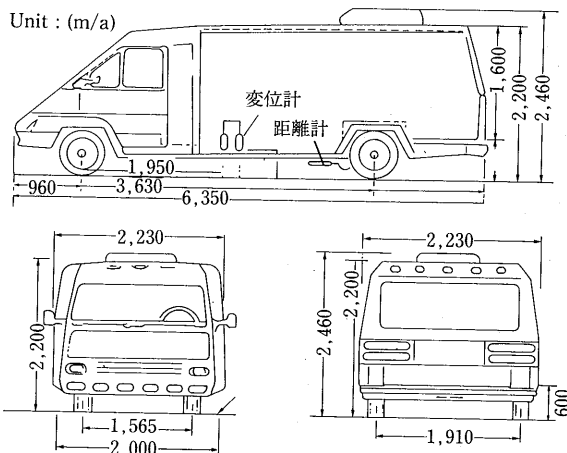


図-7 走行型非接触プロフィールメータの外観

置)の路面形状を測定できる。

データはコンピュータに自動的に取り込まれ、舗装表面のテクスチャの解析が可能である。

3. 材料、試験、測定

舗装の表面性状、骨材の粒径・品質等がすべり抵抗におよぼす影響因子という内容でCセッションで2編、Dセッションで2編の報告がなされた。

表面性状が平滑でMTD(路面のキメ深さ測定結果)の値が小さな方が、小さなすべり抵抗値(BPN)を示す(C11)。また、良質な骨材を分級・単粒化し、最大粒径を小さなものにすれば、路面のすべり抵抗は向上すると示されているほか、使用バインダーの種類による影響についても示されている(D7, D8)。

4. すべり抵抗およびキメ・平坦性の評価と解析

(1) すべり抵抗の評価と解析

すべり抵抗の評価・解析に関しては、ロックされた車輪のすべり摩擦、一定のすべり率でのすべり摩擦、および車の動きに関係するタイヤの側方摩擦の3者を考慮した解析モデルが示されている(C2)ほか、新しい評価手法として、WPI(Wet pavement index)の使用が示されている(C4)。WPIは湿潤路面における事故が、単にすべり抵抗だけによるものではないという観点から考え出されたもので、以下の式(5)で示される。この中には路面のすべり抵抗や、粗さ等の形状によるものに加え、運転の困難さや、制限速度等のその他の要素を取り込んでいるところに特徴がある。

Kulakowskiらは、事故の発生には偶然が係わるためWPIを用いた評価が有効としている。

$$WPI = \delta_1 WA + \delta_2 WAR + \delta_3 WSR + \delta_4 SN + \delta_5 RUT + \delta_6 IPM + \delta_7 PS + \delta_8 ADT + \delta_9 TTP + \delta_{10} HC + \delta_{11} VA + \delta_{12} DO \dots (5)$$

WA : 1マイルあたりの湿潤事故の数

WAR : 雨の日の事故数/事故の合計

WSR : 事故の合計に対する傷害の数の割合による事故の重大さ

SN : スキッドナンバー

RUT : わだち

HC : 水平曲率

IPN : 路面の粗さ

VA : 垂直路線設定

PS : 制限速度

DO : 運転の困難さ

ADT : 交通量の日平均

TTP : トラックの割合 δ : 重要さの要素

(2) キメ・平坦性の評価と解析

キメ・平坦性の評価・解析に関しては、①舗装の平坦性の評価手法と客観的な乗り心地との関連付けについて示した論文(D3)、②平坦性の重要性に対する建設者への意識向上を図った論文(D1)、③車両モデルと舗装の表面形状のシミュレーションを行った論文(D2)を紹介する。

①はプロフィールメータを用いて測定された客観的な平坦性の評価とドライバーへのアンケート調査による主観的な平坦性の評価を比較検討したもので、両者の相関(プロフィールメータによる平坦性評価とドライバーによる乗り心地評価がおおむね一致する)を見出した。これを用い、ユーザコスト、メンテナンスコスト、トータルコストによる道路補修計画を作成し、道路維持計画を策定しようとするものである。

②は施工直後の平坦性の測定結果により、工事の支払いに対して、ボーナス/ペナルティシステムを導入し、平坦性の向上と建設者の意識の向上を狙ったものである。

③はこれまでの1次元路面形状のシミュレーションに対し2次元でのシミュレーションを試みたもので、これにより車両の動的荷重が舗装構造におよぼす影響を、理論的に検証しようとするものである。

5. その他

上記のほか、空港関連の摩擦測定装置の使用に関する国際的なガイドラインに関する発表があった(C6)。これは、合衆国連邦航空管理局(FAA)の経験に基づいたもので、様々な摩擦測定装置による測定が空港のメンテナンスや冬期の航空機の運航上重要であることを示し、摩擦測定等に関する国家間の国際協力が、安全な航空機運航上重要であるとしている。

6. おわりに

路面のすべり抵抗については、できるだけ実車に近い条件での測定、評価が検討されているものの、本セッションのテーマである交通安全に言及したものが少なかった。また、路面の平坦性の評価に関しては、様々な機関より多様な評価指標が提唱されているが、「各評価指標間の相関が確認されていない」、「統一された評価指標が定められていない」等の現状が把握できた。今後、交通安全に直接結びつけたものとしての評価・解析が必要と考えられる。

セッションE:舗装の評価とマネジメント

セッションF:道路ユーザーコスト,タイヤのパフォーマンスと路面反射,水しぶき

鈴木 康 豊* 南 沢 輝 雄**

セッションE Pavement Evaluation and Management (舗装の評価とマネジメント)

論文 番号	論 文 名	著 者 (国 名)	概 要
E 1	The Development of Roadway Evaluation - the Multifunction SIRANO Machine -	Boulet,M. Caroff,G. Leycure,P. (フランス)	フランスの道路局と高速自動車道路団体は、共同で新道路評価装置 (SIRANO) を設計・開発をした。この装置は、デジタルと光学解析により道路を点検するもので、様々な測定を同時に行え、道路利用者に対する障害の軽減も図られている。
	多機能装置SIRANOの開発		
E 2	Road condition monitoring and surveying using inertial navigation and GPS (Global Positioning System)	Larsen,B.K. (デンマーク)	真のX-Y-Z座標の位置は、ハイレベルな舗装管理システムのデータベース構築のために不可欠であるとし、ナビゲーションを応用したプロフィールメータとGPSとを併用し、迅速かつ正確な道路の調査に利用が可能であることを提案している。
	ナビゲーションとGPSを使用した道路状況の監視と調査		
E 3	Effect of Roughness on Pavement Evaluation and Pavement Management in Croatia	Keller,M. (クロアチア)	クロアチアの主要道路において、ラフネスの測定を行いメンテナンスの必要性を世界銀行のHDM-IIIモデルを用いて解析した。解析した道路に対する舗装の補修基準は、3.5IRI (m/km) としている。
	ラフネスがクロアチアの舗装の評価とマネジメントに及ぼす影響		
E 4	First condition survey and rating of German motorways	Burger,W. Sulten,P. (ドイツ)	ハイスピードモニタリングシステムにより、舗装管理状態と総合評価点を導き、道路網図に警告箇所や明確な位置をカラー表示によりあらわしている。
	ドイツアウトバーンの路面調査と評価		
E 5	Data needed for the evaluation of maintance effectiveness and development	Al-Quadi,I.L. Sebaaly,P.E. Wambold,J.C. (アメリカ)	補修の効果を評価するために、それぞれの補修工法を評価するための測定の必要性とその測定の優先度を決定している。また、舗装のパフォーマンスの開発に必要な骨組みの紹介について述べられている。
	補修効果の評価に必要なデータとその開発		
E 6	Predicting the development of road surface conditions for flexible pavements within pavement management	Kohler,M. Gerlach,A. Lorenzl,H. (ドイツ)	必要予算や異なった補修工法による適切な評価を事前に行うために、路面性状の進行予測が要求される。そのため、アスファルト舗装の路面性状の実用的な予測モデルの開発を行った研究結果について述べられている。
	舗装マネジメントにおけるアスファルト舗装の路面性状の進行予測		

*すずき こうゆう (株)パスコ道路技術センター

**みなみさわ てるお (株)パスコ道路技術センター

E 7	A study on the causes of low initial functional serviceability levels of highways in India and recommended corrective measures	Mitter,J. Jhingan,J.K. Srivastava,R.K. Nanda,P.K. (インド)	舗装のサービス性能が低いレベルにあるのは、舗装の下層部の不十分な仕上げがその上層部に影響するためで、舗装の各層を平坦に仕上げることににより舗装のサービス性能を引き上げることができるとしている。
	インドにおける道路の初期機能が低い原因の研究とその対策のための測定		
E 8	General pavement evaluation	Caroff,G. Layerle,E. Leycure,P. (フランス)	フランスにおける舗装の評価手法について報告している。PMSの運用システムARGUSは、①建設作業モニタリング、②メンテナンスモニタリング、③舗装調査の3つのサブシステムより構成している。
	舗装の評価		
E 9	An Investigation of Applicability of a Combined Pavement Condition Index for the Evaluation of the Surface Condition of Flexible Road Pavements of the Greek Network	Loizos,A. Kondou,M. (ギリシャ)	ギリシャにおけるアスファルト舗装の路面状態を評価するために、他機関の評価指数(DI, PCI)の適用性について検討している。
	ギリシャにおけるアスファルト舗装の路面状態を評価する舗装状態指数の適用性の検討		
E 10	Surface characteristic of roads in relation to serviceability	Stevuska,I. (チェコスロバキア)	道路のサービス性能を調査し、交通事故への影響を把握するために、道路特性の解析を行っている。調査、解析結果より、舗装のサービス性能の評価基準を決定する事が可能となっている。
	道路の路面特性とサービス性能との関連		
E 11	A low cost pavement distress survey and analysis system	Figueroa,J.L. Mullen,R.L. Acosta,J.A. (アメリカ)	舗装の損傷の程度を評価するために、パソコンを使用したビデオイメージによる舗装損傷解析システムについて紹介している。
	簡易舗装の損傷調査と解析システム		

セッション F Road User Costs, Tyre Performance Light Reflection, Splash and Spray
(道路ユーザーコスト、タイヤのパフォーマンスと路面反射、水しぶき)

論文番号	論文名	著者 (国名)	概要
F 1	The Influence of Porous Wearing Course Materials on Tyre Performance	Walker,J.C. (イギリス)	湿潤路面でのグリップ、騒音、しぶき、ころがり抵抗及び乗り心地について、ポーラス表層材料とタイヤのパフォーマンスとの関係を検討している。ポーラスアスファルトは、表層の吸音特性により騒音が小さいことを示している。
	ポーラス表層材料がタイヤのパフォーマンスに及ぼす影響		
F 2	Spray Suppression on Pervious Macadam	Nicholls,J. Daines,M.E. (イギリス)	ポーラスアスファルトとロールドアスファルト上の車両による水しぶきを測定し、路面の水しぶきの発生モデルについて述べている。水しぶきに対する影響度合の順位は、路面の透水性、降雨量、走行速度、路面の粗さ、全降雨量の順であるとしている。
	透水性マカダムの水しぶき低減		

F 3	Road User Costs as a Function of Pavement Unevenness	Youness,H. Gaspar,L. (ハンガリー)	ハンガリーにおけるプロジェクトレベルのPMSの考え方と道路ユーザーコスト（車両走行費用、旅行時間費用、事故費用）の算定方法について述べている。PMSの重要な要素は、舗装のパフォーマンス予測モデルであり、道路ユーザーコストは、平坦性の関数として推定することができるとしている。
	舗装の平坦性を要因とした道路ユーザーコスト		
F 4	Effects on the economy and accidents of brightening Pavement surfaces	Weseberg,H.H. (ドイツ)	舗装路面の明色特性の測定、評価について述べている。明色アスファルト舗装やコンクリート舗装は、通常のアスファルト舗装に比べ、道路照明費用と道路事故の危険性を低減できるとしている。
	明色舗装路面の経済性と事故への影響		
F 5	Pavement evaluation and estimation of road user costs	Ressel,W. (ベルギー)	路面特性による舗装のパフォーマンスカーブと道路ユーザーの時間損失及び燃料消費費用をXY-ゲイグラム図から求める簡便手法について述べている。
	舗装の評価と道路ユーザーコストの推定		
F 6	Surface characteristics of concrete block pavements	Shackel,B. (オーストラリア)	コンクリートブロック舗装（CBP）の表面特性を色合い、平坦性、すべり抵抗、騒音特性、摩耗すりへり及び透水性について、文献調査により整理している。CBPは、色や透水性をコントロールしやすく、すべり抵抗や騒音特性についても、通常舗装に匹敵する性状を示している。
	コンクリートブロック舗装の路面性状		
F 7	The importance of pavement condition on the economy of pavement maintenance	Oefner,G. (ドイツ)	舗装状態と燃料消費費用との関係を検討し、舗装補修の経済評価について述べている。経済分析結果によると、舗装状態の許容限界レベルは交通量に依存し、質の高い補修を行うことにより、燃料消費費用を低減させることができるとしている。
	舗装補修の経済性に及ぼす舗装状態の重要性		

1. はじめに

セッションEでは、舗装の評価とマネジメントに関して9カ国から11編、セッションFでは、道路ユーザーコスト等に関して5カ国から7編、合計12カ国から19編の論文が報告されている。

全体的な傾向としては、評価とマネジメントに係わるデータベース、パフォーマンス、マネジメントシステム、経済評価等の必要性の指摘や開発事例の紹介に関する論文が多い。ここでは、①機能評価、②経済評価、③運用システム、④特殊な舗装の評価、の4つに分類し、各論文の概要を紹介する。

2. 機能評価

舗装の維持管理では、舗装マネジメントシステム(PMS)の実施が最優先とされている。PMSは、一般にネットワークレベルとプロジェクトレベルに分けられる。ネットワークレベルのPMSでは、現在のパフォーマンスレベルを維持するためにはどのくらいの資金が必要か、資金の増加または減少の原因は何かということを提供し、プロジェクトレベルのPMSでは、補修

の効果を予測し最適な補修方法を提供するとしている(E5)。それを実現するためには、舗装の機能評価として、パフォーマンスの予測(E5、E6、F3、F5)とサービス性能の水準(E3、E7、E9、E10)が必要となる。

(1) パフォーマンスの予測

A1-Quadiら(E5)は、PMSに必要な情報として、舗装のパフォーマンスカーブがあり、その開発手順として、①データベースの開発、②合理的なモデルの開発、③データの選択と最終モデルの評価、の3つを提案している。パフォーマンスモデルの1例として、シールコートのすべり抵抗の変化(ΔSN)を以下のように示している。

$\Delta SN = f$ (バインダータイプ、バインダー量、骨材タイプ、荷重、現在の舗装状態、表層材の準備、養生、環境状態)

Kohlerら(E6)は、事前にパフォーマンスを予測し、補修工法の効果を把握するため、横断勾配、疲労ひびわれ、温度ひびわれの要因を用いたアスファルト舗装の路面性状予測モデルについて報告している。

また、Younessら(F3)は、プロジェクトレベルのPMS構成について紹介しており、平坦性のパフォーマンスは、アスファルト層厚と交通量により決定されるとしている。

(2) サービス性能の水準

Keller(E3)は、クロアチアの道路網において、平坦性を乗り心地としてとらえた国際ラフネス指数(IRI)により、補修の必要性を世界銀行のハイウェイ設計メンテナンスモデル(HDM-III)を用いて解析している。解析結果から補修の実施を決定する平坦性の判断基準は、3.5IRI(m/km)としている。また、3.5IRI(m/km)以上では交通量に応じて40~60mmのオーバーレイ、5.5IRI(m/km)以上では、構造的な補強が必要としている。

Mitter(E7)の報告では、インドの道路の一般的な平坦性は4~7IRI(m/km)であり、悪い箇所では11IRI(m/km)以上もある。彼らは、道路の建設当初からインド道路会議(IRC)の基準にそって舗装の各層を平坦に仕上げることで、舗装のサービス性能を向上させることができるとしている。

Stevuska(E10)は、路面特性と交通事故との関係から路面のサービス性能の基準値を示している。評価の項目としては、①縦すべり摩擦抵抗、②わだち堀れ、③平坦性、④これらの総合評価、⑤すべりによる交通事故件数、であり、各評価項目毎に5段階の基準値を提案している。

また、Loizosら(E9)は、ギリシャにおけるサービス性能の評価手法を確立するために、他機関の評価指標であるDI(カナダオンタリオ州)、PCI(アメリカShahin)との比較検討を行っている。

これらの論文に共通している評価項目は平坦性であり、舗装の機能評価として乗り心地を重要視していることがうかがえる。

3. 経済評価

経済評価として道路ユーザーコストに関する論文は、3編(F3, F5, F7)ある。

道路補修の主要な経済便益は、補修が実施されない場合または遅れた場合にもたらされる道路ユーザーコストの増加を避けることである。道路ユーザーコストは、車両走行費用(燃料消費費用、タイヤ損耗費用、車両整備費用)、旅行時間費用、事故費用から構成し、各々は路面性状の悪化とともに増加する。路面性状が悪いと、平均走行速度が遅くなり、道路ユーザーコス

トが増加する。また、路面性状の悪化は、交通の安全にも影響を及ぼし、事故費用として損失費用を引き起こす(F3)。道路ユーザーコストは、乗り心地特性として考えられている平坦性を含めた種々の要因の関数として扱われ調査研究が行われている。

Younessら(F3)は、舗装の平坦性を関数とした道路ユーザーコストの算定モデルについて報告している。車両走行費用と時間損失費用は、世界銀行のHDM-IIIを使用して、舗装の平坦性の関数として推定している。その時間損失費用は、式(1)より求めている。

$$ETC = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N CTVi (Vo^{-1} - Vt^{-1}) \times 365 \times No, i(1 + g_1/100)^t \dots\dots\dots (1)$$

ここで、ETC = ライフサイクル期間T年内の1km当たりの旅行時間損失費用

CTVi = 車両タイプiの単位時間当たりの旅行時間費用

Vo = 車両タイプiの建設直後の速度

Vt = 車両タイプiのt年の速度

No.i = 車両タイプiの初期の日交通量

gi = 車両タイプiの年間交通量増加係数

N = 車両タイプ数

また、事故費用については、ハンガリーにおける5カ年の事故データより、事故件数と平坦性との関係进行分析し、図-1に示す事故費用と平坦性の関係を誘導している。なお、死亡事故、重傷事故、軽傷事故を別々に検討した結果、軽傷事故は平坦性との相関関係はなかったとしている。

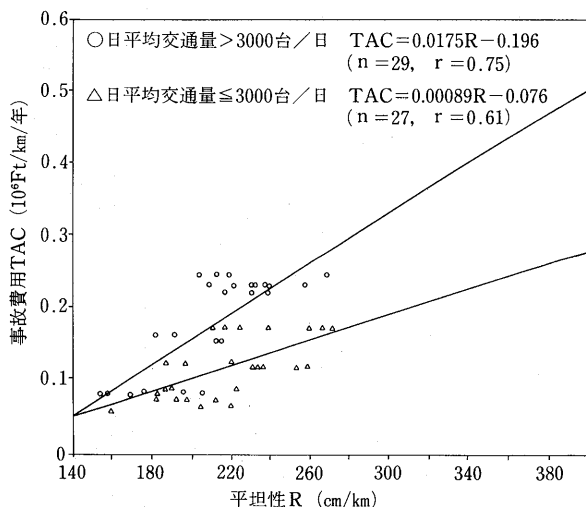


図-1 事故費用と平坦性の関係

Ressel (F 5)は、日平均交通量、大型車混入率、補修サイクルから、道路ユーザーコスト（燃料消費費用と時間損失費用）を推定する手法について紹介している。

また、Oefner (F 7)は、すべり抵抗、平坦性、路面の水膜と燃料消費費用との関係について調査し、交通量別に補修サイクルと補修費用との関係について報告している。

これらの論文によると、経済評価においては交通量、平坦性、補修サイクルが重要な要因であり、ライフサイクルコストを考慮すると、建設及び補修時に耐久性の高い舗装を構築し、良好な平坦性を維持することにより、道路ユーザーコストを最小にすることが最も経済的であると考えられる。

4. 運用システム

舗装を評価するために必要なデータやそれを調査収集するための装置、システムに関する論文は6編 (E 1, E 2, E 4, E 5, E 8, E 11) ある。

Al-Quadri (E 5)は、維持を行うことにより舗装の損傷スピードを遅らせ、パフォーマンスカーブを伸ばすことができるとし、維持工法の効果を評価するために必要な測定項目とその優先度について報告している。1例として、薄層オーバーレイの評価項目の優先度を示すと、①アスファルト混合物の密度、②ひびわれ、③すべり抵抗、④わだち掘れ、⑤たわみ、⑥厚さ、⑦水分量、⑧はがれ、⑨テクスチャ、としている。

また、舗装状態を調査する装置として、Bouletら (E 1)は、道路評価装置SIRANOを紹介している。この装置では、①基準となる位置、構造物、施設、交差点、②GERPHO装置 (35mmフィルム) による路面損傷、③レーザーセンサによるわだち掘れ、マクロテクスチャ、④APL装置 (プロファイルメータ) による2車線分の縦断凹凸、⑤ジャイロスコープによる10m毎の縦断勾配と曲率半径、を同時記録できる多機能装置である。路面損傷以外の測定結果は、マイクロコンピュータによりデジタルで記録、処理され、フィルムに記録される路面損傷は自動画像解析システムにより処理される。

また、Larsen (E 2)は、ナビゲーションユニット (3個の加速度計と2個のジャイロスコープ)とGPS (汎地球測位システム) を利用して、道路網の調査を実用化している。図-2に示す測定車は、ナビゲーションユニットと車幅方向にレーザーセンサが取り付けられており、平坦性、わだち掘れ、横断勾配を測定するこ

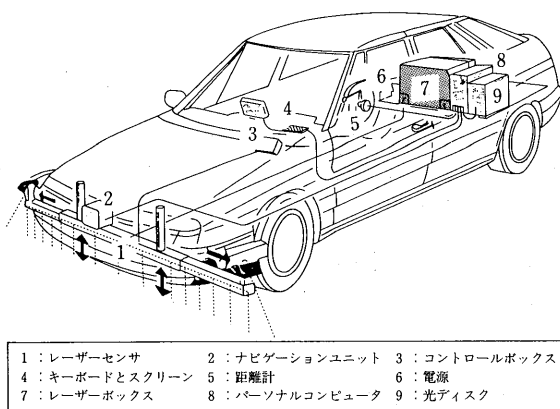


図-2 道路状況の測定車 (スキャンジナビアRODECO)

とができる。これとGPSを組み合わせ、X-Y-Z方向の3次元座標で管理することにより、地図データとの関連づけを行い、付加価値を高めている。

舗装の損傷状態のデータを解析するシステムとして、Figuerola (E 11)らは、パーソナルコンピュータとビデオ映像による舗装損傷解析の簡易システムを開発している。このシステムでは、ビデオ映像の色 (濃いグレーから薄いグレー) から3つの路面状態 (良好な路面、損傷した路面、その中間) を判断できるとしている。また、このシステムは、主にアスファルト舗装を対象として開発されたが、コンクリート舗装でも良好な結果が得られている。

Caroff (E 8)らは、PMSの運用システムARGUSについて紹介している。このシステムは、①建設作業モニタリング、②メンテナンスモニタリング、③舗装調査、の3つのサブシステムより構成している。

これらの運用システムに関する論文では、測定及びデータ処理、解析を多機能化、自動化することにより、測定コストの省力化、測定精度の向上を図っている。

5. 特殊な舗装の評価

特殊な機能をもつ舗装の路面特性に関する論文としては、ポーラスアスファルト舗装 (F 1, F 2)、明色舗装 (F 4)、コンクリートブロック舗装 (F 6) が挙げられる。

(1) ポーラスアスファルト舗装

イギリスにおけるポーラスアスファルトの最初の施工は、1967年空港舗装で使用され、その後1970年代より多くの試験舗装が行われ改良されている。ポーラスアスファルトは、降雨時の交通、特に大型車交通による水しぶきを低減させるための表層材料として開発さ

れたものであり、湿潤時の安全性を向上させるとともに、騒音や路面反射を低減させる効果もある（F2）。

Walker（F1）は、イギリスにおいて増加傾向にあるポーラスな表層材料とタイヤ特性との関係を、湿潤路面でのグリップ、騒音、しぶき、ころがり抵抗及び乗り心地の項目について比較検討している。その結果、①湿潤路面でのグリップは、通常舗装の場合トレッド深さが最も大きく影響するが、ポーラスな表層ではトレッド深さの影響は小さい、②ポーラスな表層は、その吸音特性により騒音が小さい、③ころがり抵抗は、粗さが小さい路面では小さくなりエネルギーを節約する、としている。

また、Nichollsら（F2）は、路面の水しぶきの発生に関する数学的モデルについて報告している。走行車両の左後輪の後で水しぶきを測定する光学式後方散乱装置を開発し、ポーラスアスファルトまたはロールドアスファルトで施工した33箇所の試験区間で水しぶきの測定、解析を行っている。その結果、①水しぶきの発生モデルでは、線型回帰分析により式（2）が得られ、水しぶきに対する影響度合の優先順位は、透水性、降雨量（直近1時間）、走行速度、粗さ、全降雨量（直近2時間）の順である。②ポーラスアスファルトは、目づまりなどの影響があっても、水しぶきの抑制効果は長年にわたって維持され、その水しぶきはロールドアスファルトの半分程度である、③ポーラスアスファルト舗装は通常の舗装に比べ、雨天時の速度減速が3 km/h 少なく、このことは、13,000台/日の交通量の車道では、雨天時の1時間当たり約60ポンド/kmまたは年間30,000ポンド/kmの旅行時間の節約に相当する、としている。

$$Sv = 49 + 10.2r + 1.8ra + 0.44v - 30td - 412Hc \dots (2)$$

ここで、Sv=水しぶき（mV）

r = 降雨量（mm/h）

ra = 直近2時間の降雨量（mm）

v = 走行速度（km/h）

td = 粗さ（mm）

Hc = 透水性（/s）

☆

☆

☆

☆

☆

☆

以上のことより、ポーラスアスファルト舗装は、走行の安全性や騒音低減には効果的であるが、今後、舗装の耐久性や施工性等の調査研究が望まれるとしている。

（2）明色舗装

Meseberg（F4）は、明色舗装の経済性と事故への影響として、明色アスファルト舗装やコンクリート舗装の使用による道路照明費用の節約及び道路事故の危険性の低減効果について報告している。

（3）コンクリートブロック舗装（CBP）

Shackel（F6）は、CBPの表面性状に関する文献調査結果について報告している。CBPの利点は、①舗装設計者の選定した色、きめ、パターンによって美的センスが調整できる、②重い静荷重や制動荷重、曲げ荷重に耐える、③耐油性に優れる、④開削や復旧が容易である、⑤すべり抵抗性が高い、⑥騒音発生が少ない、⑦透水性をコントロールできる、点を挙げている。

本論文では、CBPの表面上の美的な面だけでなく、アスファルト舗装やコンクリート舗装との性状比較についても項目毎に検討している。

6. おわりに

以上、セッションE、Fで紹介された舗装の評価、運用管理に関する論文の概要について述べた。これらの要点を整理すると、①舗装の機能評価及び経済評価においては、路面の平坦性による乗り心地特性が重要な評価要素とされている、②運用システムでは、測定の多機能化や自動化と3次元データの有効利用が図られている、③特殊な舗装では、安全性や環境保全を考慮したポーラスアスファルトが着目されている、等が挙げられる。

本セッションは、12カ国からの報告で構成されており、各国の道路とその環境や財政事情等が多様である。しかし、各国共通の最終的な目標は、最小のコストで最大のサービス性能をいかに保つか、つまり最適なコストパフォーマンスを導き出すことと考えられる。

機能回復（排水性舗装）

排水性舗装が試験的に実施されたのは、1987年の東京都の例が始めとされており、以来7年を経過し全国での実施は累計で200万㎡を越えるまでに至っている。

しかし、これまでの経験から、イ) アスファルトや添加材等に特殊な材料を使用するので、コストパフォーマンスが厳しく問われる、ロ) 骨材の粒径は一般の道路用碎石よりはさらに単粒化したものが適しているが、その品質と入手に工夫を要する。ハ) 供用後に目詰まり等を起こして機能が低下することへの対応（機能回復措置）が必要である。等の問題が派生して来ている。

ここで、目詰まりによって、透水能が低下したものを回復させる手法を機能回復と称されている。

国内で実施されている機能回復の手法には次のようなものがある。

①高圧水による方法

高圧水（40kg/cm²～100kg/cm²程度）を路面に噴射し、アスファルト混合物の空隙にくい込んでいる夾雑物（主に土砂やタイヤ摩耗粉など）を除去する方法。噴射によって除去された汚れ水を吸引する方式を組み合わせる方法もある。この場合、汚れ水を沈澱槽やフィルターを利用して夾雑物と水を分離し、水を再利用する仕組みを取入れる例が多い。

②圧縮空気による方法

圧縮空気をブロアーから路面に吹き付けて、路面にくい込んでいる夾雑物等を浮上げて吸い上げる方式のものをいう。

乾き路面ばかりではなく、水で夾雑物分を湿めらせて吸い上げる事もある。

この場合でも夾雑物分と空気を分離し、圧縮空気は循環させる方式としている。

③吸引による方法

バキュームによる夾雑物分を除去する方法

④過酸化水素水による方法

濃い過酸化水素を路面に散布し、H₂O₂が分解して発生するO₂とH₂Oを利用してガス分を浮上がらせ除去する方式である。濃い過酸化水素は劇薬指定であるため取扱いに注意を要することや、未分解ものの排水には問題があるが、最近では5%濃度のものと発泡剤を併用するものがある。

この内①～③は洗浄車として完成しているものである。

建設省関東地方建設局では、5つの工事事務所の管内において関東地建仕様による排水性舗装の試験舗装を平成2年から4年かけて5現場実施し、追跡調査を行って来ている。このうち、目詰まりが進行して現場透水量が測定不能な箇所、可成り悪い所、および未だ十分機能している3現場について前述の①～③方式による機能回復を行い、前後の透水能を評価し、図-1の結果を示している。

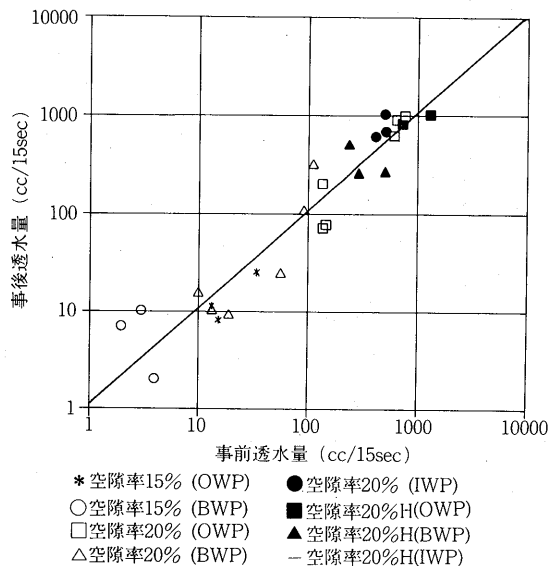


図-1 機能回復前後の透水量の関係¹⁾

これにより、以下のことを指摘している。

(イ) 現場透水量が5分間で30cc未満のような箇所では、機能回復前後の透水量は若干回復するが、値(cc/15秒)が低すぎる、このことからほとんど機能を有していないような所での機能回復は効果が得られない。

(ロ) 機能回復前後で確実に透水量が回復し、値も大きくなるのは400cc/15秒以上の箇所であることから、機能回復を運用する際の透水量の下限の目安は100cc/15秒と考えられる。

(ハ) 機能回復措置を行った後の追跡調査から2～3ヶ月後には再び透水量が低下するので、機能回復は一時的な現象であり、現状の仕組みのままでは根本的な対策となっていない。

— 参考文献 —

- 1) 財先端建設技術センター、平成5年度、道路舗装改良の研究開発報告書、平成6年3月

(小島逸平 (株)ガイアートクマガイ技術研究所)

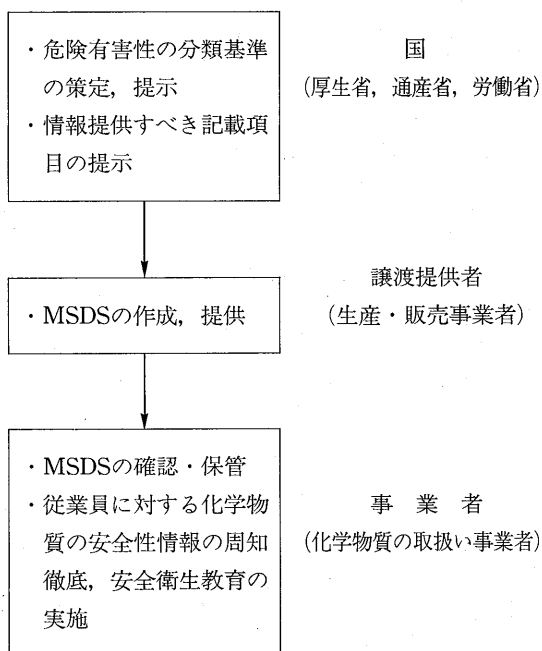
MSDS（製品安全データシート）

1. MSDSの制度

平成5年度より厚生省、通産省、労働省の行政指導により化学物質の安全性に関わる情報提供の制度ができた。この制度に基づき、平成6年4月から事業者に取り関係のある石油会社より石油製品の安全性に関する情報を取りまとめたMSDS（製品安全データシート）が配布されることになった。

MSDSは行政指導であり、法律ではないために罰則はない。ただし、目的は、危険有害物質の情報を取り扱う事業者に提供し、安全な取扱いを促進し、労働災害の防止、国民の健康を保護するためであるから積極的にMSDSを提供する義務があるといえよう。

制度の仕組み



石油製品のMSDSの様式は下記に示すとおりである。

2. 石油製品のMSDS

(1) MSDSの様式

石油製品の安全性に関する情報は、厚生省、通産省、労働省3省の指導により、(社)日本化学工業協会が定めた様式に基づいて提供される。

製品安全データシート	
製造者情報	会社 ○○○○株式会社 作成改訂 年 月 日
製品名（化学名、商品名）	
物質の特定	単一製品・混合物の区分 化学名等
危険有害性の分類	化学の名称 危険性 有害性等
応急措置	目に入った場合 皮膚に付着した場合等
火災時の措置	消化方法等
漏出時の措置	
取扱い及び保管上の注意点	取扱い 保管
暴露防止措置	管理濃度 許容濃度 設備対策 保護具
物理化学的性質	
危険性情報	外観等 沸点 蒸気圧等
有害性情報	引火点等 皮膚腐食性 刺激性 急性毒性 がん原性 その他
環境影響情報	
廃棄上の注意	分解性 蓄積性等
輸送上の注意	
適用法令	
引用文献	

(2) MSDSの解説

このMSDSは、記載した通り、危険有害性情報、これらに対する防止措置、注意などに関する16項目から構成されている。

(A) 製品名

・石油製品として、MSDSが作成されているのは次のものである。

自動車ガソリン、工業ガソリン、ナフサ、ジェット燃料油、灯油、軽油、A重油、C重油、潤滑油、LPG、BTX、アスファルト、硫黄

・石油製品については製品名、または商品名で記載されている。

(B) 危険有害性の分類

危険有害性の「分類の名称」については、厚生省、通産省の連名による告示、労働省の告示のなかでそれぞれ示されているが、3省では分類が異なる。そこでこのMSDSは(独)日本化学工業協会が上記3省の指導を受けてまとめた「MSDSの作成指針」の分類基準を採用している。

「分類の名称」

爆発性物質、高圧ガス、引火性液体、可燃性固体または可燃性ガス、自然発火性物質、禁水性物質、酸化性物質、自己反応性物質、急性毒性物質、腐食性物質、その他の有害物質

「分類基準と石油製品」

分類基準に該当する製品は表－1の通りである。

(3) アスファルト製品におけるMSDS

アスファルトは表中の分類によると危険有害性物

表－1 分類基準と石油製品

分類基準	該当するもの	該当しないが作成するもの
高圧ガス	L P G	
引火性液体	自動車ガソリン、灯油、工業ガソリン、ナフサ、ジェット燃料、軽油、BTX、一部潤滑油	A重油、C重油、潤滑油類(グリースを含む) アスファルト
可燃性固体 又は 可燃性ガス	硫黄	
急性毒性物質	工業ガソリン(1～3号) ナフサ	

質にはあてはまらないが、化学物質の安全確保の観点からすれば、需要家に提示していく必要があると考えられる。今後、更に改質アスファルトの需要が多くなってくることを考えると、ポリマー、添加剤など、アスファルト製品についても、積極的にMSDSを提示すると同時に、製品カタログや技術資料中にも、取扱中の注意や不慮の事故の際の応急措置法や火災時の措置等を記載することや、実際の施工時の安全確保を行っていくことが必要になってくると思われる。

—— 参考資料 ——

・製品安全データシート、石油連盟

(青木秀樹 昭和シェル石油アスファルト部)

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

<石油アスファルト需給統計資料> その1

石油アスファルト需給実績 (総括表)

(単位: 千 t)

項 目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対 前 年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対 前 年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
57 年 度	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,575	(100.3)	18	4,593	213	4,806
58 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60 年 度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,035	(96.4)	0	5,035	215	5,250
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,695	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63年度上期	274	2,754	(100.3)	3	3,031	2,734	(102.0)	1	2,735	287	3,022
63年度下期	287	3,150	(100.1)	0	3,437	3,219	(101.2)	0	3,219	219	3,438
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元年度上期	219	2,895	(105.1)	1	3,115	2,732	(99.9)	1	2,733	372	3,105
元年度下期	372	3,170	(100.6)	0	3,542	3,258	(101.2)	3	3,261	276	3,537
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年度上期	276	3,046	(105.2)	0	3,322	2,974	(108.9)	5	2,979	323	3,302
2 年度下期	321	3,231	(101.9)	1	3,553	3,231	(99.1)	3	3,234	310	3,544
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年度上期	310	2,844	(93.4)	0	3,154	2,841	(95.5)	6	2,847	302	3,149
3 年度下期	302	3,129	(96.8)	0	3,430	3,103	(96.0)	12	3,115	313	3,428
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	18	5,962	313	6,275
4 年度上期	313	2,969	(104.4)	0	3,282	2,893	(101.8)	59	2,952	326	3,278
4 年度下期	326	3,152	(100.7)	1	3,479	3,216	(103.6)	17	3,233	244	3,477
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
7 月	310	521	(105.5)	0	831	509	(98.5)	0	509	323	832
8 月	323	502	(97.3)	0	825	492	(111.3)	8	500	326	826
9 月	326	494	(98.2)	0	820	484	(94.5)	9	493	329	822
7～9月	310	1,517	(100.3)	0	1,827	1,485	(101.0)	17	1,502	329	1,831
5 年度上期	244	2,910	(98.0)	1	3,155	2,803	(96.9)	26	2,829	329	3,158
10月	329	570	(113.5)	0	899	563	(112.8)	15	578	325	903
11月	325	556	(100.5)	0	881	559	(97.9)	12	571	312	883
12月	312	547	(92.1)	0	859	569	(95.8)	13	582	279	861
10～12月	329	1,673	(101.5)	0	2,002	1,691	(101.6)	40	1,731	279	2,010
6. 1 月	279	410	(113.9)	0	689	359	(105.3)	20	379	312	691
2 月	312	465	(101.1)	0	777	441	(96.5)	12	453	325	778
3 月	325	660	(96.6)	0	985	742	(98.4)	7	749	238	987
1～3月	279	1,535	(102.1)	0	1,814	1,542	(99.4)	39	1,581	238	1,819
5 年度下期	329	3,208	(101.8)	0	3,537	3,233	(100.5)	79	3,312	238	3,550
5 年 度	244	6,118	(100.0)	0	6,362	6,036	(98.8)	104	6,140	238	6,378
6. 4 月	238	597	(101.0)	0	835	510	(98.5)	10	520	316	836
5 月	316	426	(93.2)	0	742	383	(108.8)	8	391	352	743
6 月	352	395	(97.5)	0	747	450	(100.4)	11	461	288	749
4～6月	238	1,418	(101.8)	0	1,656	1,343	(101.9)	29	1,372	288	1,660
7 月	288	542	(104.0)	0	830	532	(104.5)	12	544	285	829
8 月	285	488	(97.2)	0	773	420	(85.4)	6	426	348	774

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 6年8月確報

(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<石油アスファルト需給統計資料> その2

石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千 t）

年 度	項 目	内 需 量					対 前 年 度 比						
		ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	ブロー ンアス フアル ト	合 計	ストレート・アスファルト			燃焼用 アスフ アルト	ブロー ンアス フアル ト	合 計
		道路用	工業用	計				道路用	工業用	計			
57 年 度		3,943	185	4,128	187	260	4,575	96.6	91.6	96.4	467.5	94.5	100.3
58 年 度		3,951	177	4,128	540	253	4,921	100.2	95.7	100.0	288.8	97.3	107.6
59 年 度		4,000	162	4,162	805	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.1	100.4	106.1
60 年 度		3,739	139	3,878	911	246	5,035	93.5	85.8	93.2	113.2	96.9	96.4
61 年 度		3,979	241	4,220	1,238	237	5,695	106.4	173.4	108.8	135.9	96.3	113.1
62 年 度		4,252	360	4,612	995	255	5,862	106.9	149.4	109.3	80.4	107.6	102.9
63年度上期		1,987	166	2,153	464	117	2,734	101.9	169.4	105.2	89.2	102.6	102.0
63年度下期		2,319	255	2,574	504	141	3,219	100.7	98.1	100.4	106.1	100.0	101.2
63 年 度		4,306	421	4,727	968	258	5,953	101.2	117.3	102.5	97.3	101.2	101.6
元年度上期		2,043	151	2,194	423	115	2,732	102.8	91.0	101.9	91.2	98.3	99.9
元年度下期		2,317	296	2,613	509	136	3,258	99.9	116.1	101.5	101.0	96.5	101.2
元 年 度		4,360	447	4,807	932	251	5,990	101.2	106.2	101.7	96.3	97.3	100.6
2 年度上期		2,149	269	2,418	432	124	2,974	105.2	178.1	110.2	101.9	108.7	108.9
2 年度下期		2,267	337	2,604	497	130	3,231	97.8	113.9	99.7	97.6	95.6	99.2
2 年 度		4,416	606	5,022	929	254	6,205	101.3	135.6	104.5	99.7	101.2	103.6
3 年度上期		2,090	268	2,358	372	111	2,841	97.3	99.6	97.5	86.1	89.5	95.5
3 年度下期		2,226	323	2,549	424	130	3,103	98.2	95.8	97.9	85.3	100.0	96.0
3 年 度		4,316	591	4,907	796	241	5,944	97.7	97.5	97.7	85.7	94.9	95.8
4 年度上期		2,153	253	2,406	372	115	2,893	103.0	94.4	102.0	100.0	103.6	101.8
4 年度下期		2,406	315	2,721	369	126	3,216	108.1	97.5	106.7	87.0	96.9	103.6
4 年 度		4,559	568	5,127	741	241	6,109	105.6	96.1	104.5	93.1	100.0	102.8
	7 月	367	56	423	67	19	509	93.4	140.0	97.7	104.7	95.0	98.5
	8 月	326	61	387	88	17	492	101.6	169.4	108.4	129.4	100.0	111.3
	9 月	352	43	395	67	22	484	94.4	78.2	92.3	106.3	104.8	94.5
	7～9 月	1,045	160	1,205	222	58	1,485	96.1	122.1	98.9	113.8	100.0	101.0
	5 年度上期	2,022	265	2,287	404	112	2,803	93.9	104.7	95.1	108.6	97.4	96.9
	10月	405	72	477	64	22	563	101.3	313.0	112.8	118.5	100.0	112.8
	11月	408	57	465	70	24	559	97.1	101.8	97.7	97.2	104.3	97.9
	12月	412	55	467	82	20	569	94.3	83.3	92.8	117.1	95.2	95.8
	10～12月	1,224	184	1,408	216	67	1,691	97.4	126.9	100.4	110.2	101.5	101.6
6.	1 月	213	53	266	74	19	359	100.0	98.1	99.6	134.5	100.0	105.3
	2 月	284	55	339	83	19	441	88.8	83.3	87.8	162.7	95.0	96.5
	3 月	594	44	638	83	21	742	96.6	88.0	95.9	123.9	95.5	98.4
	1～3 月	1,091	152	1,243	240	59	1,542	95.0	89.4	94.3	138.7	96.7	99.4
	5 年度下期	2,315	336	2,651	456	126	3,233	96.2	106.7	97.4	123.6	100.0	100.5
5 年 度		4,337	601	4,938	860	238	6,036	95.1	105.8	96.3	116.1	98.8	98.8
6.	4 月	389	18	407	86	17	510	98.0	60.0	95.3	119.4	89.5	98.5
	5 月	269	35	304	61	18	383	103.9	166.7	108.6	113.0	100.0	108.8
	6 月	321	42	363	67	20	450	100.0	79.2	97.1	119.6	111.1	100.4
	4～6 月	979	95	1,074	214	55	1,343	100.2	91.3	99.4	117.6	100.0	101.9
	7 月	358	78	436	77	19	532	97.5	139.3	103.1	114.9	100.0	104.5
	8 月	305	14	319	83	18	420	93.6	23.0	82.4	94.3	105.9	85.4

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 6 年 8 月確報

(2) 工業用ストレート・アスファルト、燃焼用アスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。

(3) 道路用ストレート・アスファルト＝内需量合計－（ブローンアスファルト＋燃焼用アスファルト＋工業用ストレート・アスファルト）

(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
出光興産株式会社	(100) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3 1 3 4
エッソ石油株式会社	(107) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9 4 3 8
鹿島石油株式会社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9 5 5 6
キグナス石油株式会社	(104) 中央区八重洲2-8-1	03 (3276) 5 3 2 5
キグナス石油精製株式会社	(210) 川崎市川崎区浮島町3-1	044 (288) 8 4 4 5
九州石油株式会社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03 (5512) 8 6 0 6
極東石油工業株式会社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3270) 0 8 4 1
興亜石油株式会社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03 (3241) 8 6 3 1
コスモ石油株式会社	(105) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3 1 2 1
三共油化工業株式会社	(105) 港区新橋1-7-11	03 (5568) 6 4 1 1
株式会社 ジャパンエナジー	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6 0 0 0
昭和シェル石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03 (3503) 4 0 7 6
昭和四日市石油株式会社	(510) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2 1 1 1
西部石油株式会社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03 (3215) 3 0 8 1
ゼネラル石油株式会社	(105) 港区西新橋2-8-6	03 (3595) 8 4 1 0
東燃株式会社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03 (3286) 5 1 1 1
東北石油株式会社	(985) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1 1 2 2
日本石油株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
日本石油精製株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
富士興産株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3 5 7 1
富士石油株式会社	(100) 千代田区大手町1-2-3	03 (3211) 6 5 3 1
三井石油株式会社	(101) 千代田区霞が関3-3-2	03 (5512) 3 6 0 5
三菱石油株式会社	(105) 港区虎ノ門1-2-4	03 (3595) 7 4 1 3
モービル石油株式会社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3244) 4 6 9 1

〔ディーラー〕

● 北海道

コスモアスファルト(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通り西10-4	011 (281) 3 9 0 6 コ ス モ
株式会社 トーアス札幌販売支店	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2 3 6 1 J O M O
東光商事株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7-2	011 (241) 1 5 6 1 三 石
中西瀝青株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5 日 石
株式会社 南部商会札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7 5 8 7 日 石
株式会社 ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6 コ ス モ

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
株式会社 男 鹿 興 業 社	(010-05)男鹿市船川港船川字埋立地1-18-2	0185 (23) 3 2 9 3 J O M O
カ メ イ 株 式 会 社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6 1 1 1 日 石
コスモアスファルト(株)仙台支店	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1 1 0 1 コ ス モ
正興産業株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区国分町3-3-5	022 (263) 5 9 5 1 三 石
竹中産業株式会社 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2 7 7 0 昭和シェル
株式会社 トーアス仙台販売支店	(980) 仙台市青葉区大町1-1-10	022 (262) 7 5 6 1 J O M O
常盤商事株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区錦町1-10-11	022 (224) 1 1 5 1 三 石
中西瀝青株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-30	022 (223) 4 8 6 6 日 石
株式会社 南部商会仙台営業所	(980) 仙台市青葉区一番町1-1-31	022 (223) 1 0 1 1 日 石
ミヤセキ株式会社	(980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1 2 3 1 三 石
菱油販売株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-1	022 (225) 1 4 9 1 三 石
● 関 東		
朝日産業株式会社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7 8 7 8 コ ス モ
アスファルト産業株式会社	(104) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3 0 0 1 昭和シェル
伊藤忠商事株式会社	(107) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6 5 4 8 九 石
伊藤忠燃料株式会社	(107) 港区赤坂2-17-22	03 (3584) 8 5 2 1 J O M O
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7 5 4 1 コ ス モ
エムシー・アスファルト株式会社	(100) 千代田区内幸町1-3-3	03 (5251) 2 0 6 0 三 石
株式会社 木 畑 商 会	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3 1 9 1 J O M O
共立石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6 6 4 0 J O M O
株式会社 ケイエム商運	(103) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1 6 3 1 三 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8 0 1 1 コ ス モ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8 2 3 1 出 光
株式会社澤田商行関東支店	(104) 中央区入船町1-7-2	03 (3551) 7 1 3 1 コ ス モ
三徳商事株式会社 東京支店	(101) 千代田区神田紺屋町11	03 (3254) 9 2 9 1 昭和シェル
新日本商事株式会社	(170) 豊島区南大塚3-32-10	03 (5391) 4 8 7 0 昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 港区浜松町2-3-31	03 (3578) 9 5 2 1 出 光
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0 1 8 5 昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿2-6-5	03 (3356) 8 0 6 1 モービル
株式会社 トーアス	(160) 新宿区西新宿2-7-1	03 (3342) 6 3 9 1 J O M O
東京富士興産販売株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3591) 3 4 0 1 富 士 興
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (3496) 8 6 9 1 富 士 興
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋2-1-4	03 (3274) 2 7 5 1 三 石
東新瀝青株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3 5 5 1 日 石
株式会社 トーメン	(107) 港区赤坂2-14-27	03 (3588) 7 9 5 5 昭和シェル
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3552) 8 1 5 1 コ ス モ
東和産業株式会社	(174) 板橋区坂下3-29-11	03 (3968) 3 1 0 1 三共油化
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3 4 7 1 日 石
株式会社 南 部 商 会	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5 8 7 1 日 石
日石丸紅株式会社	(105) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0 7 7 7 日 石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7 1 5 1 昭和シェル
日東石油株式会社	(104) 中央区八丁堀1-11-3	03 (3551) 6 1 0 1 昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4 9 5 1 モービル

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3580) 5 2 1 1 富 士 興
富 士 鉱 油 株 式 会 社	(105) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2 8 9 1 コ ス モ
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3 5 0 1 富 士 興
丸紅エネルギー株式会社	(101) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4 1 7 1 モービル
ユニ石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6 6 1 6 昭和シェル
菱 東 商 事 株 式 会 社	(101) 千代田区神田和泉町1-13-1	03 (5687) 1 2 8 1 三 石
菱 油 販 売 株 式 会 社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (3345) 8 2 0 5 三 石
瀝 青 販 売 株 式 会 社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7 6 9 1 出 光
● 中 部		
コスモアスファルト (株)名古屋支店	(460) 名古屋市中区錦2-14-21	052 (223) 0 7 1 1 コ ス モ
株式会社 澤 田 商 行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (353) 5 1 1 1 コ ス モ
三徳商事株式会社静岡支店	(420) 静岡市伝馬町5-3	054 (255) 2 5 8 8 昭和シェル
三徳商事株式会社 名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2 7 8 1 昭和シェル
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7 7 2 1 コ ス モ
静 岡 鉱 油 株 式 会 社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1 1 9 5 モービル
新東亜交易株式会社名古屋支社	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3 5 1 4 富 士 興
竹中産業株式会社 福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0766 (22) 1 5 6 5 昭和シェル
株式会社 田 中 石 油 店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1 7 2 1 昭和シェル
株式会社 トーアス名古屋販売支店	(450) 名古屋市中村区名駅4-2-12	052 (581) 3 5 8 5 J O M O
富 安 産 業 株 式 会 社	(939) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2 2 9 8 昭和シェル
中西瀝青株式会社名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5 0 1 1 日 石
松 村 物 産 株 式 会 社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6 1 2 1 三 石
丸 福 石 油 産 業 株 式 会 社	(933) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2 8 6 0 昭和シェル
● 近 畿		
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2 2 7 1 モービル
飯野産業株式会社 神戸営業所	(650) 神戸市中央区海岸通り8	078 (333) 2 8 1 0 J O M O
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0 0 3 1 出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7 2 1 2 コ ス モ
共 和 産 業 株 式 会 社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1 5 0 0 J O M O
コスモアスファルト(株)大阪支店	(550) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2 7 3 1 コ ス モ
コスモアスファルト(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6 2 6 2 コ ス モ
三 徳 商 事 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1 5 5 1 昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2 6 1 1 J O M O
信 和 興 業 株 式 会 社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3 6 9 1 三 石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5 5 1 0 昭和シェル
正 興 産 業 株 式 会 社	(650) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3 3 0 1 三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	0864 (73) 0 3 5 0 富 士 興
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (358) 5 5 3 1 三 石
ドーロ商事株式会社	(542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5 8 5 6 富 士 興
中西瀝青株式会社 大阪営業所	(530) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (316) 0 3 1 2 日 石
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2 5 5 1 J O M O
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5 1 9 5 富 士 興
富 士 商 株 式 会 社	(756) 小野田市稻荷町6539	0836 (83) 3 2 1 0 昭和シェル
平 和 石 油 株 式 会 社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2 7 7 1 昭和シェル

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
株式会社 松 宮 物 産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1 6 0 8 昭和シェル
丸 和 鉱 油 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区塚本 2-14-17	06 (301) 8 0 7 3 コ ス モ
横 田 瀝 青 興 業 株 式 会 社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0 5 5 5 J O M O
株式会社 菱 芳 礦 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台 7-140	0792 (39) 1 3 4 4 J O M O

● 四国・九州

伊藤忠燃料株式会社 九州支社	(812) 福岡市博多区博多駅前 3-2-8	092 (471) 3 8 5 1 J O M O
今 別 府 産 業 株 式 会 社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4 1 1 1 J O M O
大 分 九 石 販 売 株 式 会 社	(870) 大分市中央町 1-1-3	0975 (34) 0 4 6 8 九 石
株式会社 カ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町 1-3	0992 (24) 5 1 1 1 昭和シェル
株式会社 九 菱	(805) 北九州市八幡東区山王 1-17-11	093 (661) 4 8 6 8 三 石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区大名 2-4-30	092 (771) 7 4 3 6 コ ス モ
三 協 商 事 株 式 会 社	(770) 徳島市万代町 5-8	0886 (53) 5 1 3 1 富 士 興
サ ン ヨ ウ 株 式 会 社	(815) 福岡市南区玉川町 4-30	092 (541) 7 6 1 5 富 士 興
株式会社 トーアス高松営業所	(760) 高松市番町 1-6-6	0878 (21) 8 8 8 0 J O M O
中西瀝青株式会社 福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神 4-1-18	092 (771) 6 8 8 1 日 石
株式会社 南部商会福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神 3-4-8	092 (721) 4 8 3 8 日 石
西 岡 商 事 株 式 会 社	(764) 仲多度郡多度津町家中 3-1	0877 (33) 1 0 0 1 三 石
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町 1-40	093 (871) 3 6 2 5 コ ス モ
平和石油株式会社高松支店	(760) 高松市番町 5-6-26	0878 (31) 7 2 5 5 昭和シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前 4-3-22	092 (431) 7 5 6 1 昭和シェル

〔賛助会員〕

岡谷鋼機株式会社東京本店	(100) 千代田区丸の内 1-5-1	03 (5323) 3 2 0 2
--------------	---------------------	-------------------

編集顧問

多 田 宏 行
藤 井 治 芳
松 野 三 朗

編集委員

委 員 長 : 河 野 宏	副 委 員 長 : 真 柴 和 昌
青 木 秀 樹	菅 野 善 朗
阿 部 忠 行	栗 谷 川 裕 造
荒 井 孝 雄	小 島 逸 平
安 崎 裕	佐 々 木 政 彦
	田 井 文 夫
	七 五 三 野 茂
	野 村 敏 明
	長 谷 川 宏
	半 野 久 光
	姫 野 賢 治
	室 賀 五 郎

アスファルト 第182号

平成7年1月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門 2-6-7 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座 8-2-9 TEL 03-3571-0997(代)

印刷所 アサヒビジネス株式会社

〒107 東京都港区赤坂 1-9-13 TEL 03-5563-0123(代)

ASPHALT

Vol.37 No.182 JANUARY 1995

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION