

技術展望

スパイクタイヤ問題と舗装路面

RECENT PROBLEMS ON STUDDED TIRES AND PAVEMENT CHARACTERISTICS

市原 薫*

By Kaoru ICHIHARA

1. ま え が き

雪氷路面の走行用としてスパイクタイヤが使用されている。スパイクタイヤはスノータイヤのトレッド面にスパイク（鋌）を打ち込んだものであり、積雪路面にも氷板路面にも有効であり、取り外しの必要がないので運転者には非常に重宝がられている。しかしスパイクタイヤは一冬を通じて使用するので雪氷のない路面を走行することも多く、その結果舗装面を摩耗することとなる。近年における冬期の舗装の摩耗は膨大な維持補修費を必要とするのみならず、発生した粉じんは人体にも悪影響を及ぼすことが懸念される。その対策として冬期路面の雪氷対策、耐摩耗性舗装の開発、スパイクタイヤの使用制限、さらに代替品の開発などの問題が生じている。一方スパイクタイヤの使用制限は交通の安全性に大きく関係するので簡単に決定することができない。これら両面からのスパイクタイヤの現状と問題点について述べる。

スパイクタイヤの問題と対策については最近日本道路協会内のスパイクタイヤ対策調査特別委員会^{1),2)}および国土開発技術研究センター内の舗装の冬期摩耗対策検討委員会^{3),4)}が鋭意調査検討しており、本報告も上記委員会の成果によったところが多いので特に報告しておく。

2. 路面のすべりと自動車の走行性⁵⁾

自動車が道路上を走行している場合、車両はタイヤと路面のすべり抵抗を介して路面上に安定している。直線走行中に制動した場合路面のすべり抵抗係数 f と走行速度 V 、制動停止距離 S の関係は $S = V^2/2 \cdot g \cdot f$ とな

る。

横すべり状態は曲線に沿って走行中に自動車に働く遠心力とタイヤの横すべり抵抗の問題である。一般に路面の横すべり抵抗係数を f 、曲線半径を R 、道路の横断勾配を i とすると、曲線走行中のつり合いは $g(i+f) \geq V^2/R$ となる。

自動車が発進駆動するときには発進抵抗 r （転がり抵抗 f_r + 加速抵抗 α + 勾配抵抗 i ）に対応したタイヤと路面の間のすべり抵抗が働く。発進可能な条件は $f > r = f_r + i + \alpha$ 、または $f \cdot \beta > f_r + i + \alpha$ である。ここで β は駆動輪に対する自動車全体荷重の配分係数である。

3. 雪氷路面の対策

雪氷のある路面を安全に快適に走行できるようにするには道路側、自動車側双方で対策をしなければならない。双方の対策は補完であると同時に組合せでもある。

(1) 道路側の対策

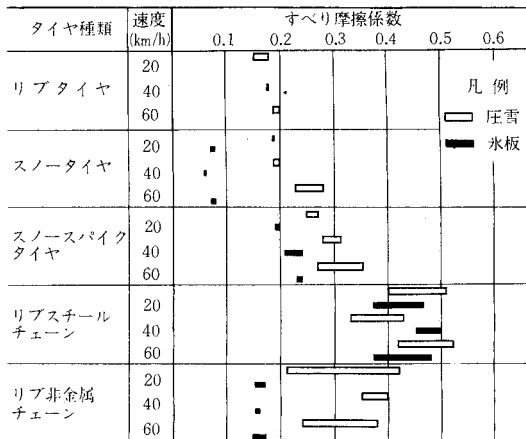
わが国では冬期の道路交通を確保するための雪氷対策が非常に重要でありかつ困難である。それはわが国が欧米諸国に比較して冬期の降雪量が異常に多いためである。そのため昭和31年には「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法」が制定され、以降降雪事業として除雪を中心に冬期交通対策事業が大きく取り上げられてきた。除雪をした場合初期には路面上のすべての雪を排除することができるが、降雪が多くなるとしだいに圧雪を生じさらに氷板、氷膜を生ずるようになる。この結果雪氷道路のすべり対策の問題が生じてくる。路面が凍結した場合タイヤと路面の間の摩擦係数を大きくするためには耐摩擦材として碎石粉、砂などを

* 正会員 工博 セントラルコンサルタント(株)社長
(〒180 武蔵野市吉祥寺南町 1-6-18-1007)

散布したり薬剤を散布する。碎石、砂は散布後圧雪中に沈降したり次の降雪で覆われたりするので比較的効果の持続時間が短い。融雪後は砂じんの原因となり、排水施設に詰まったりする。これらの理由で主として地方部道路に使用される。薬剤としては主として塩化物（塩化ナトリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウム）を使用するが、塩害のおそれが特に問題になるところでは尿素を使用する。しかし尿素は一部の舗装用骨材に悪影響を与えるので使用にあたっては注意しなければならない。薬剤は粉体散布の方が効率がよいが、散布の容易さおよび速効性の面から液体散布する場合もある。しかし液体散布は比較的温暖な地方に限られる。一般に薬剤は氷点を降下させるので、凍結防止、融雪としての効果がある。しかし実際に融雪しようとするとき多量に散布しなければならず、また融解熱を空中または地中から伝達しなければならぬので長時間を必要とする。したがって比較的温暖な地方では薬剤を融雪的に使用することもあるが、一般には融雪よりも凍結防止剤、すべり抵抗増加用として使用する。雪氷上に薬剤が散布された場合氷の結晶形が崩れ平滑に連結していた氷盤がばらばらになる。その結果すべり摩擦係数は増大する。また除雪を容易にする効果もある。そのほか路面の雪氷対策施設としてはロードヒーティング、散水消雪、スノーシェルターなどがある。

(2) 自動車側の対策

雪氷道路路上では自動車側でも当然対応措置をとることになる。道路交通法第71条に基づき都道府県公安委員会が定めるすべり止めの措置を講じなければならない。



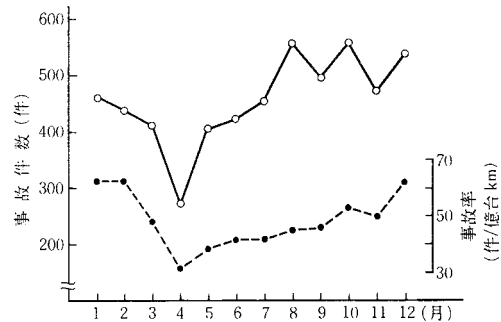
注) 氷板条件：路面温度 0℃～-2℃、人工凍結（土研走路）
 圧雪条件：路面温度 -3.8～-4.8、硬度 48kg/cm²～63kg/cm²
 なお、圧雪は日中の降雪が通過交通によって作られたもの（妙高高原地先）

図一 凍結および圧雪路面のすべり特性 (制動時のすべり摩擦係数)

対策の順序としてはスパイクレスタイヤ、スノータイヤ、非金属チェーン、スパイクタイヤ、金属チェーンなどである。一般にバイアスリブタイヤを標準にするとラジアルタイヤは路面の凹凸に対して順応性がよく、雪氷路面上でもすべり摩擦係数はいくぶん大きくなる。スパイクレスタイヤは低温になっても硬化しにくい特殊配合ゴムをトレッドに使用して性能向上を図っている。しかしいずれもあまり大きい改善効果は期待できない。スノータイヤはトレッドの溝を深くしたもので積雪路面ではよく雪を把握し、すべり摩擦係数を増大させることができる。しかし氷板上になるとその効果は減少する。スパイクタイヤは積雪上と氷板上の両方の性能向上を目的としたものであり、積雪上ではその深いトレッドが働き、氷板上ではスパイクが働く。タイヤチェーンは積雪上でも氷板上でもすべり摩擦係数を大きくするので効果的である。一方舗装路面を摩耗する程度も大きい。しかしスパイクタイヤは一冬を通じて装着使用するのに対しタイヤチェーンは雪氷のあるときのみ使用するのでスパイクタイヤほど舗装を摩耗することはない。これらスパイクタイヤとタイヤチェーンのそれぞれの欠点を補うために開発されたのが非金属チェーンである。しかしそれだけに問題がないわけでもない。耐久性は 500 km 前後でありスパイクタイヤよりは劣り、雪氷上のすべり摩擦係数はタイヤチェーンよりいくぶん小さい。これら各種のタイヤのすべり摩擦係数は雪氷の種類によって異なるので簡単な比較は困難であるが、3の実測結果を図一に示す。

(3) 冬期間の交通事故

冬期間の交通事故率は気象の影響を受けて相当大きくなることが予想されるが、実際には各種の路面対策があり、また運転も慎重になるのでそれほどではない。しかし月別の事故率の状況を見ると図二のようであり、他の季節と比較してやはり高い。同様に高速道路の月別事故率も図三のようであり、冬期間の方が相当高くなっている。タイヤ種別路面状態別事故の状況の一例は図



図二 交通事故の月別変動 (北海道・一般国道, 昭和55年)

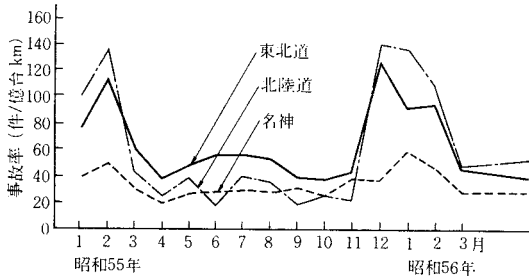


図-3 高速道路の路線別事故率の月変動

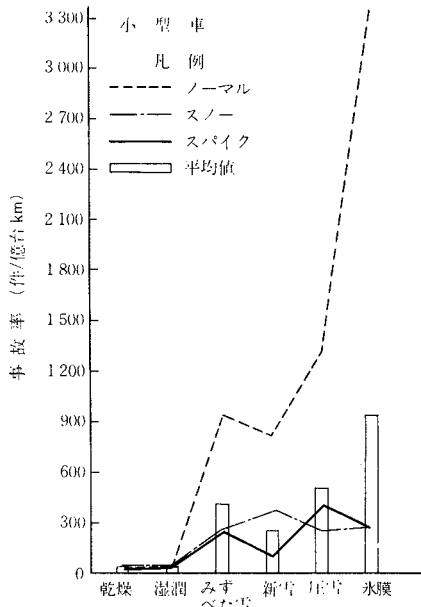


図-4 東北自動車道、北陸自動車道における路面状況別事故率 (56年冬期)

—4である。事故率で見るとノーマルタイヤが非常に多くスノータイヤとスパイクタイヤの差はこの調査結果でみる限りあまりない。路面状態別では氷膜時の事故率が最も多い。

4. スパイクタイヤ

(1) スパイクタイヤの歴史

スパイク的なものの始まりは1890年代未舗装道路の

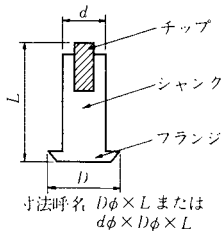


図-5 スパイクの部分名称

走行時のタイヤ保護材として金属片を打ち込んだのが最初で、次いでこれがスカンジナビア地方で雪上、氷上ラリー用に用いられた。1950年代に入りスチールワイヤを切って入れたもの、スタッドを着けたもの、スチールチェーンなどについて実験が行われた⁶⁾。この実験結果ではスチールチェーンは効果があるが他のものは効果が少ないと報告されている。1957年にはフィンランドでスパイクの特許が出願されている。その後Kullbergはタングステンカーバイドのチップ型スパイクを中心にした実験をしており⁷⁾、スパイクは効果があるが(+0.05~0.15)さらに検討を要すると報告している。同じ頃ドイツではスパイクによる舗装の摩耗の実験⁸⁾が行われ、すでに現在の問題を検討している。1967年のPIARC Tokyo Congressでもスパイクの問題が提起されており、この時点でスパイク使用許可の国はイギリス、西独、オランダ、スウェーデン、スイスであり、禁止されているのはベルギー、フランス、ポーランドである⁹⁾。米国においてもスパイクタイヤの効果¹⁰⁾と舗装の摩耗^{11),12)}の問題が取り上げられ数多くの研究報告がある。1971年のPIARC Prague CongressでもWear of Surfacing by Studded Tyres¹³⁾のテーマで論議されている。1970年代に入り米国においてもスパイクタイヤの見直し論が起き¹⁴⁾種々検討されている。1975年のPIARC XV th Mexico Congressではスパイクの摩耗に強い舗装が論じられ¹⁵⁾、主要な結論として骨材は0~10サイズより0~20 mmがよい、グースアスファルトがよい、針入度は40~50より80~100がよい、ロスアンゼルスすりへり試験では10のものがよい、スパイクの重量は10gよりも2.4gにすべきでありそれで摩耗は1/7になると報告している¹⁶⁾。なおわが国においては1962年にスパイクが輸入され1963年から市販されるようになり今日に至っている。

(2) 構造と使用状況

a) 構造 スパイクの一般的構造は図-5に示すとおりである。スパイクは路面に接触する部分をチップといい超硬合金で作られている。タイヤに埋め込まれるボディの部分をシャンク、底の部分をフランジという。スパイクは図-6に示すように大別してピンタイプとマカ

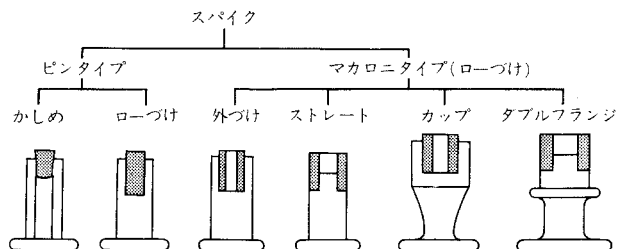
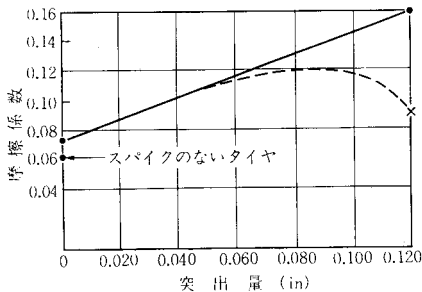


図-6 スパイクの種類

ロニタイプに分けられ、ピンタイプは主として小型車に用いられ、マカロニタイプは大型車に用いられる。チップの取付け方によってロー付けとカシメに分けられる。ロー付けのチップはタイヤの摩耗速度とチップの摩耗速度が合うように硬度が調整されている。カシメのチップはタイヤの回転によってシャンクの中に打ち込まれ、常に一定の突出長さを保つように設計されている。このような相違からチップの硬度はロー付けは比較的軟らかくカシメは硬く作られている。

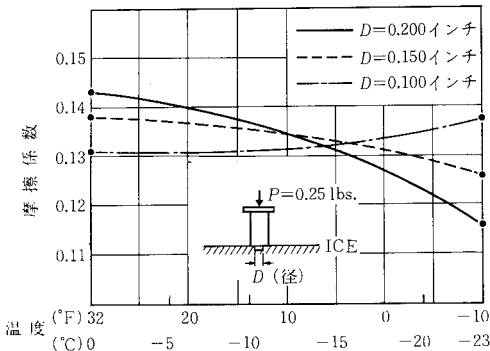
スパイクタイヤが凍結路面上で有効に働くためにはスパイクの突出長さが長く、打込本数が多く、チップの路面に対する圧力が大きいことである。これらの関係を図一7,8に示す¹⁷⁾。図一7はスパイクのトレッド面からの突出長さと摩擦係数の関係を示しており、新品時には突出長さが長いほど摩擦係数は大きいですが、長時間走行後のタイヤは0.05インチ以上の突出長さがあるとぐらついてしまう。図一8はスパイクのチップの径と氷温と摩擦係数の関係である。0°Cではチップ径の大きい方が摩擦係数は大きい。スパイク本数は多いほど摩擦係数は大きい。R. Cantz¹⁷⁾は100本を推せんしており、わが国でも100本前後が普通である。

スパイクタイヤはスノータイヤにスパイクを打ち込ん



● 新しいタイヤ
× --- × 5,000マイル走行後(0.05インチ以上突出)

図一7 スパイク突出長と摩擦係数



図一8 チップ径と摩擦係数

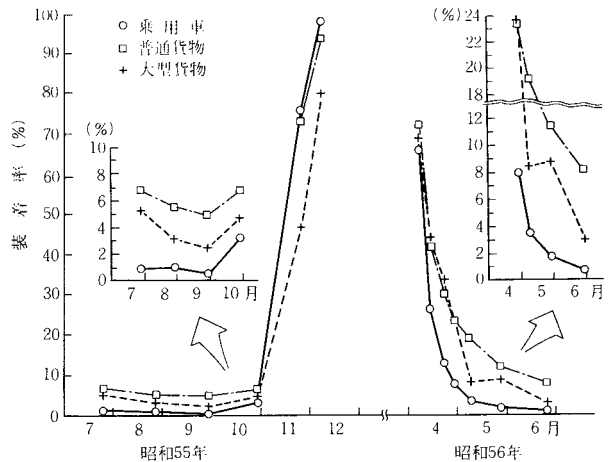
だものである。タイヤはカーカスを構成するコードがトレッドの中心線に対して斜めに配列されているバイアスタイヤと直角×放射状に配列されているラジアルタイヤに大別される。バイアスタイヤの接地部分は周方向に伸び横方向には収縮して、雪をかみしめてせん断力を働かせるのでスノータイヤの駆動、制動には効果的であるが、スパイクタイヤになると接地部の大きな動きによってスパイクと路面の間の摩擦が大きくなる。ラジアルタイヤは接地部が動かないようになっているので、トレッドゴムも打ち込んだスパイクも摩耗が少なく、路面損耗もバイアスタイヤに比べて少ない。このようなことからスパイクタイヤをラジアルタイヤに限定している国もある。舗装の損耗を軽減するためにはさらにスパイクの小型化、軽量化、本数の減少が必要であろう¹⁸⁾。

b) 使用状況 スパイクタイヤの全国的な装着状況を見るため主として積雪寒冷地域において一般国道、高速自動車道について昭和56年度に調査した結果を表一に示す。

また北海道開発局において積雪時以外のスパイクタイヤの装着実態調査が昭和55年8月から56年6月まで岩見沢市幌向で実施された。その結果を図一9に示す。図によると夏期を通してのスパイクの使用率は乗用車で1%、普通貨物で5~7%、大型貨物で3~5%程度であった。

(3) すべり摩擦係数

a) 雪氷路面のすべり性状 雪氷路面上のタイヤのすべりについて考える場合、まず路面の状況を明らかにしておかなければならない。わが国の標準的な路面積雪の分類は新雪、こな雪、つぶ雪、圧雪、氷板、氷膜、水べたとなっている。しかし実際には新雪、圧雪、氷板の3分類で述べられることが多い。タイヤについても種類に



図一9 車種別装着率の変動(幌向)

表一 主な調査地点のスパイクタイヤ装着率と降雪期間

県名	地点名	月別スパイクタイヤの装着率					初雪日		終雪日				
		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月				
北海道	道北	稚内	18	68(56)	66(61)			68(67)	50(55)	6	5(9)		
		留萌	25	99(95)	99(91)			98(92)	83(85)	25	7(3)		
		紋別	1	80(44)	96(29)			97(32)	72(33)	7	12(9)		
	道東	旭川	23	99(71)	98(79)			100(79)	95(74)	29	8(27)		
		帯広	31	98(97)	100(100)			97(95)	43(40)	26	15(82)		
		釧路	10	100(26)	100(31)			98(25)	60(25)	2	6(4)		
	道央	札幌	27	93(26)	87(46)			99(73)	91(81)	25	2(14)		
		岩見沢	27	91(56)	99(47)			99(90)	68(41)	25	1(9)		
		室蘭	31	86(75)	96(78)			87(69)	47(61)	22	7(21)		
	道南	函館	2	91(58)	97(85)			87(68)		20	0(2)		
青森県	青森	11	89(30)	99(97)	82(41)	98(43)	65(63)	3(8)		20	0(1)		
	八戸	14			95(67)	95(57)			19				
	岩手	盛岡	11		98(100)	99(86)	100(100)	69(80)		14		0(0)	
		宮古		5(5)	96(76)	100(93)	99(100)	51(44)		16		1(12)	
		大船渡		18						15			
	宮城県	仙台		27		91(39)	74(39)			11			
		福島		27		74(32)	82(24)			12			
	秋田県	若松		24		43(0)	79(25)			7			
		秋田	14	41(27)	84(37)	90(59)	96(21)	46(54)		11		2(2)	
		山形	酒田		18		65(12)	68(9)			7		
新庄				17		81(28)	82(12)			3			
新潟県	山形	14	6(2)	77(9)	75(3)	83(6)	91(6)		14		1(2)		
	新潟	高田		10(2)	52(15)	75(30)	74(36)	34(28)		2		5(2)	
		富山		25						26		1(0)	
		伏木		0(0)	45(16)	60(21)	37(2)	4(3)		26		1(2)	
	石川県	金沢	1(2)	30	38(17)	54(24)	40(20)	7(11)		25		2(5)	
		群馬		21	8(8)	18(11)	13(19)	5(4)		13			
	長野県	軽井沢	16		55(15)	79(16)	76(27)	35(9)		18			
		山梨	甲府			37(20)	59(23)	51(23)	22(12)		22		
			河口湖			9	45(12)	32(4)	22(8)		12		
	岐阜県	高山		20	68(31)	48(14)	72(39)	20(9)		18			
岐阜				12(1)	4(1)	1(5)	1(0)						
飯田			15				3						
長野県	飯田		24	58(23)	91(50)	82(41)	41(23)		9				
	福井		1		16(2)	18(15)	2(4)		16				
	彦根			5(1)	25(4)	4(0)	3(2)		16				
	滋賀			14									
京都府	京都			5(2)	11(3)	6(5)	2(5)		11				
	奈良			27									
	奈良			1(2)	3(3)	1(3)	0(1)		11				
兵庫県	豊岡			24									
	豊岡		12		16(12)	21(8)	21(19)		15				
鳥取県	鳥取		27										
	鳥取		30	0(0)	9(0)	8(0)	2(0)		14				
山口県	萩			2(2)	9(11)	12(11)	4(10)						
	萩			17									
		10/1	11/1	12/1	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1				

注) 1) 北海道は昭和55年度, その他は昭和56年度。
 2) スパイクタイヤ装着率は小型車, () は大型車。
 3) 初雪日, 終雪日は51年度~55年度の5か年の平均。
 4) スパイクタイヤの装着率は, 月1回, 日を定めて調査している。

応じてすべり性状は異なり, 一般にリブタイヤ, スノータイヤ, スパイクタイヤ, 金属チェーン付きタイヤ, 非金属チェーン付きタイヤに分類される。車種別には乗用

車と大型車でいくぶんすべり性状は異なるが, ここでは主として乗用車タイヤについて考える。

各種路面の状態別すべり摩擦係数は図-10のように

なる。雪氷上のすべり摩擦係数はいずれも小さくかつ速度によってあまり変化しない。次に氷板上のすべり摩擦係数と温度の関係は図-11 のようになる¹⁹⁾。一般に温

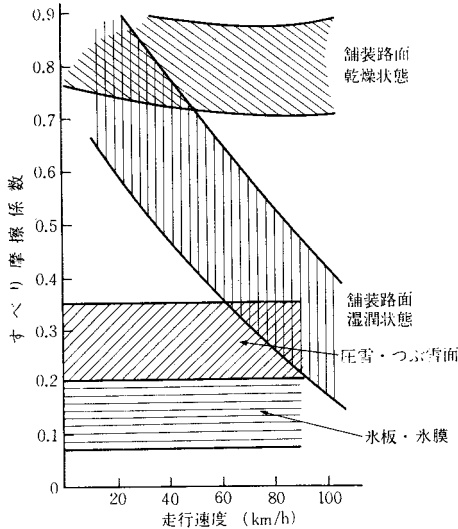


図-10 路面状態とすべり摩擦係数

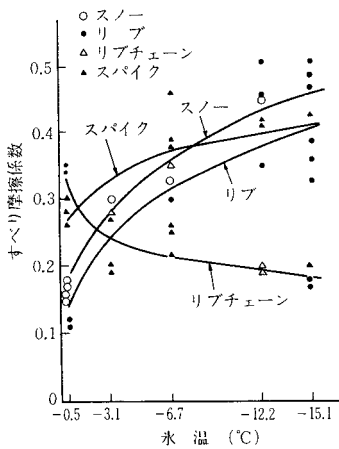


図-11 水温とすべり摩擦係数

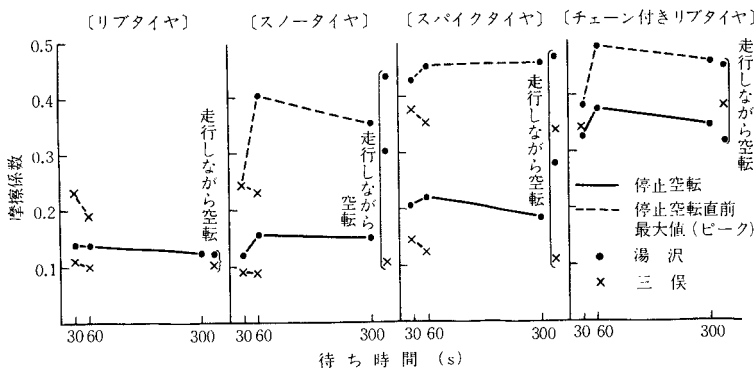


図-12 タイヤ種類別駆動時すべり摩擦係数 (湯沢, 三俣, 昭和43年)

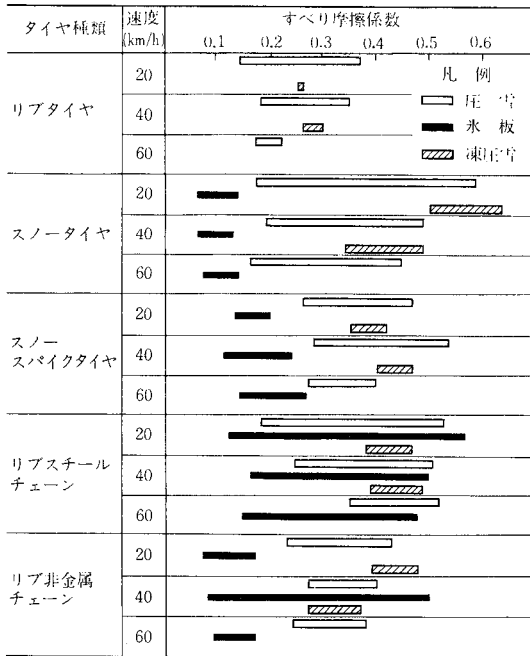
度が低下するとすべり摩擦係数は大きくなり0°Cに近いところで最も小さい。しかし金属チェーンは逆の傾向を示し、リブ、スノー、スパイクタイヤについても変化の状況はいくぶん異なる。駆動時の摩擦係数とタイヤ種類との一般的関係を示したものが図-12である。リブタイヤに比較してスノータイヤ、スパイクタイヤ、タイヤチェーンはいずれも摩擦係数は大きい。しかしチェーン付きリブタイヤは空転直前のピーク値と空転中の値の差が比較的小さいが、スパイクタイヤはこの差が大きい。実際に発進する場合にはこの中間の値を使用することになる。先にも述べたように雪氷路面上のすべり摩擦係数は雪氷の状態に応じて広く変化する。雪氷の種類とタイヤ種類に応じたすべり摩擦係数の範囲を図-13 (a), (b) に示す。タイヤの種類の評価はこの状況を総合して考えなければならない。

b) スパイクタイヤのすべり摩擦係数 最近実測されたスパイクタイヤを中心とした雪質別のすべり摩擦係数を図-14 (a)~(h) に示す²⁾。図-14 (a)~(c) をみるとスパイクタイヤの圧雪上のすべり摩擦係数はいずれも0.3~0.4程度であり、スノータイヤよりは大きく、走行上安全である。金属チェーンに比べると縦すべり摩擦係数はやや小さいが横すべり摩擦係数は大きい。図-14 (d)~(h) よりスパイクタイヤの氷板上のすべり摩擦係数は0.2前後でありスノータイヤよりは大きいが十分安全とはいえない。しかし氷板上であるのでやむを得ないと考えられる。図-14 (d), (e) をみると全体的に氷板上の縦すべり摩擦係数は温度の低いときにやや大きい。この傾向は駆動時に特に顕著であり図-14 (f), (g) にその状況を示す。図においてスノータイヤ、スパイクレスタイヤは特に温度の影響が大きい。スパイクタイヤの駆動時の摩擦係数は最大駆動力では非常に大きい为空転時には非常に小さくスノータイヤよりいくぶん小さい。これは図-13 (b) でも同様である。これは乾燥路面における場合と同様に空転時には硬い氷面に対してスパイクが接着を妨げている結果と考えられる。

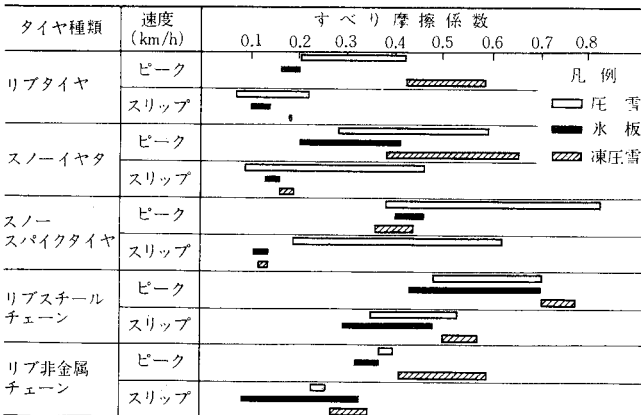
(4) スパイクタイヤの問題点

スパイクタイヤはすべり摩擦係数の増加という点でスノータイヤよりは効果があり、一般に冬期間は取り外しをしないので使用に便利である。しかしこのために不必要な路面状態にも使用するのでその弊害も大きい。以下に問題点を順次述べる。

a) 舗装の摩耗と維持補修 冬期間のアスファルト舗装の摩耗に



(a) 制動時



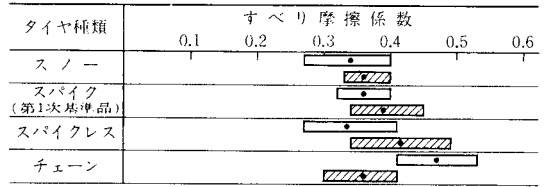
(b) 駆動時

図-13 すべり摩擦係数 (昭和41年から昭和57年度まで観測した結果を範囲で示したものである。タイヤサイズ5.60~13, および6.45~13.)

表-2 舗装の摩耗量 (昭和56年度) (単位: mm)

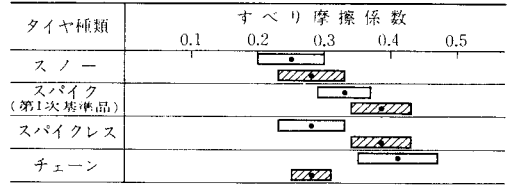
地区	工区数	路面形状								摘要
		一冬凹凸		一年凹凸		二冬凹凸		二年凹凸		
		平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
北海道	30	3.0	5.1	0.8	1.1	3.2	4.8	0.8	1.1	摩耗量のみの2年分=3.0+3.2=6.2mm
東北	103	2.9	6.2	0.7	1.2	1.4	2.9	0.6	0.9	2.9+1.4=4.3
		2.9	6.2	3.6	7.4	5.0	10.3	5.6	11.2	
北陸	27	4.3	6.8	3.7	4.6	1.7	1.7	1.6	2.3	4.3+1.7=6.0
		4.3	6.8	8.0	11.4	9.7	13.1	11.3	15.4	

注) 1) 建設省技術管理業務連絡会舗装部会摩耗分科会資料より。
 2) 上段は、冬期間、夏期間の摩耗量を示す。
 3) 下段は累積摩耗量を示す。
 4) 摘要欄は冬期間のみの摩耗量の二冬分の合計を示す。
 5) 冬期間とはおおむね11月~3月を指す。



使用タイヤ 165SR-13 輪荷重 395kg, 速度 40km/h
 圧雪硬度 30~120 kg/cm²
 ● 縦すべり (棒は±1σを示す)
 ■ 横すべり

図-14(a) 圧雪路面におけるすべり摩擦係数 (土木研究所, 昭和58年)



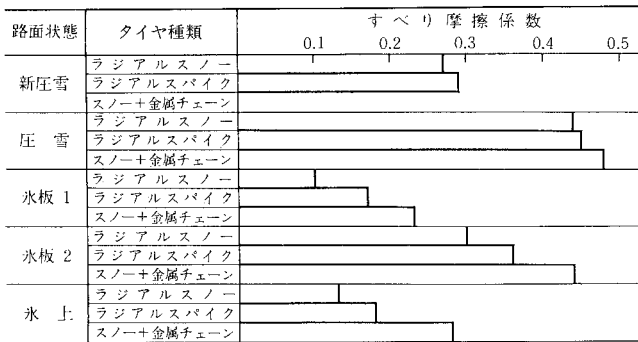
使用タイヤ 165SR-13 輪荷重 395kg, 速度 40km/h
 圧雪硬度 40~220kg/cm²
 ● 縦すべり (棒は±1σを示す)
 ■ 横すべり

図-14(b) 圧雪路面におけるすべり摩擦係数 (北陸地方建設局技術事務所, 昭和58年度)

ついて昭和56年度一般国道直轄区間について調査した結果は表-2のとおりである³⁾。摩耗量は車道の横断形状より1車線当たりの摩耗断面積をとり、これを車線幅で除した値を平均摩耗量、施工直後の路面よりの下りで最大のものを最大摩耗量とした。表によると一冬の平均摩耗量の平均値は3.2mm、最大摩耗量の平均値は6.1mmである。各地域別に最大摩耗量と累積交通量との相関を求め、これから累積交通量が1車線当たり100万台のときの最大摩耗量を推計すると、各地域平均でストレートアスファルト区間で7.3±0.4mm、ゴム入りアスファルト区間で6.8±0.7mmとなり、平均摩耗量の値はその1/2程度になる。

昭和52~54年に雪寒地域の主として道県道を対象とした舗装の摩耗実態調査が行われた。この結果をみると、冬期間の舗装の平均摩耗量は11.9~0.4mmの範囲にあり、平均2.5mmである。最大摩耗量は20.0~1.0mmの範囲にあり、平均6.7mmである。これは先の直轄区間ともほぼ同じである。

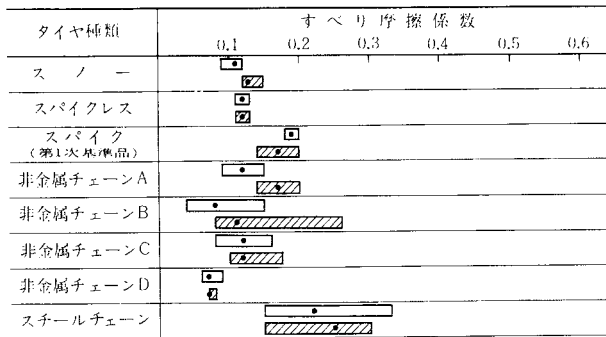
舗装の摩耗について回転舗装試験器による室内実験が日本道路公団試



スパイクタイヤは第1次基準品
 輪荷重 350kg
 速度 40km/h

すべり摩擦係数の範囲
 氷板1,2は一般道路で自然にできたもの。
 氷上は白鳥湖上にてきたもの。

図-14(c) 各種路面における縦すべり摩擦係数 (北海道開発局 土木試験所, 昭和58年度)

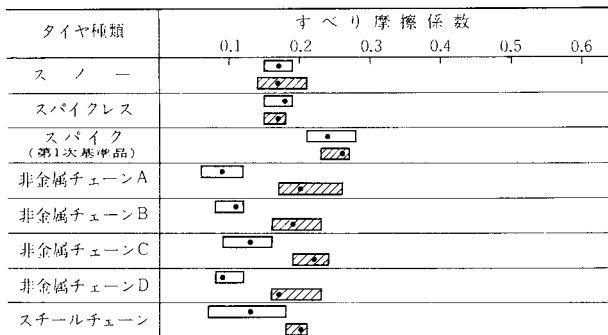


使用タイヤ: 165SR-13
 輪荷重 395kg, 速度 40km/h
 ● 水温-0°C
 ■ 水温-10°C

チェーン、非金属チェーンは
 スノータイヤに装着
 (棒は測定値の最大・最小)

氷板は凍結装置で人工的に作ったもの。

図-14(d) 氷板上における縦すべり摩擦係数 (土木研究所, 昭和58年)



使用タイヤ: 165SR-13
 輪荷重 395kg, 速度 40km/h
 ● 水温-0°C
 ■ 水温-10°C

チェーン、非金属チェーンは
 スノータイヤに装着
 (棒は測定値の最大・最小)

氷板は凍結装置で人工的に作ったもの。

図-14(e) 氷板上における横すべり摩擦係数 (土木研究所, 昭和58年)

験所および土木研究所で行われている。これらの試験結果から細粒度アスコン、細粒ギャップアスコンのスパイクタイヤ20万回走行時の摩耗量と輪荷重の関係を比較すると、乗用車タイヤと輪荷重2tの大型車タイヤでは細粒度アスコンで15/4≒3.8倍、細粒ギャップアスコンで14/3.7≒3.7倍となっている。維持補修の状況について維持修繕工事の調査結果をみると一般地域では重交通になるに従って切削工法の割合が非常に多くなるが、雪寒地域では切削を伴わない表面処理工法の割合が非常に多く、しかもオーバーレー2層工法の割合がオーバーレー1層工法の割合より多い。

舗装の摩耗の実態調査の結果を利用して雪寒地域内の直轄管理区間における舗装の摩耗量の推計をした結果は表-3のとおりである。表によると雪寒地域内の直轄管理区間の冬期の舗装の摩耗量は約17万m³と推計される。補修費として摩耗を単純に補填すると考えると約90億円と推計される。

b) 区画線の摩耗 積雪寒冷地域の区画線は冬期のスパイクタイヤおよびタイヤチェーンなどによって摩耗し春さきには区画線の機能を果たせない状態になるのはよくみかけることである。雪寒地域の区画線の摩耗、視認性などによる総合評価点を調査したものを図-15に示す。一般地域では総合評価点は長期にわたって3点以上を示しているが雪寒地域では施工後1年で3点以下となり、地域の差が明らかである。

c) 騒音問題 スパイクタイヤに関係する騒音の問題には2種類ある。一つはスパイクタイヤそのものの騒音の問題であり、他の一つはスパイクタイヤによって舗装が摩耗した結果生ずる騒音の増大である。タイヤ種別と騒音の関係について仙台市が東北大学に委託して調査した結果は図-16のとおりである。乗用車でノーマルタイヤとスパイクタイヤのパワーレベルの差は6~9dBである。一方冬期と夏期の騒音の差を表わしたものが図-17である²⁰⁾。この場合の騒音の差は必ずしもスパイクタイヤのみによるものではないが3.5m地点でコンクリート舗装で3dB、アスファルト舗装で9dBも高くなっている。

d) 粉じん問題 スパイクタイヤ等が舗装面を摩耗した結果は道路周辺に粉じんを発

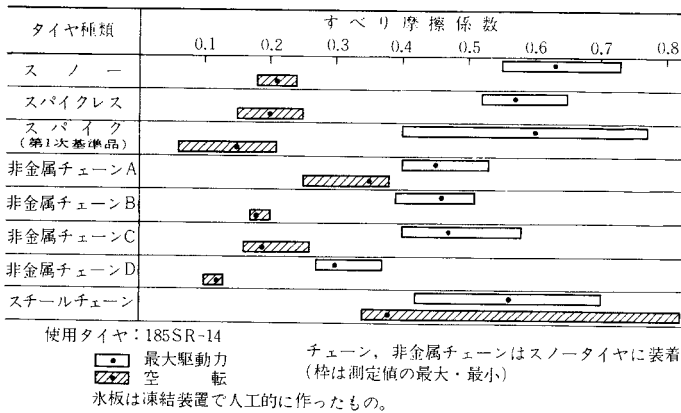


図-14(f) 氷板上での駆動時のすべり摩擦係数 (-10°C) (土木研究所, 昭和58年)

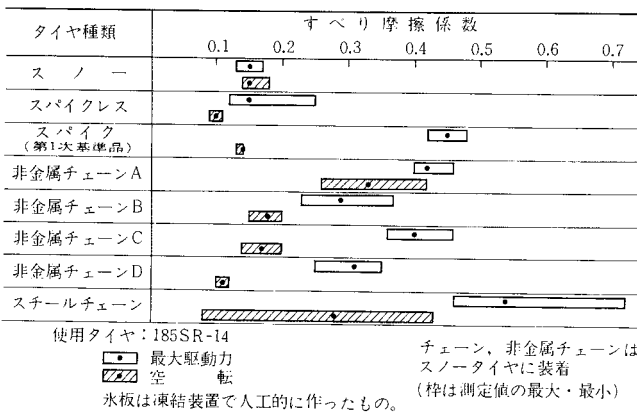


図-14(g) 氷板上での駆動時のすべり摩擦係数 (0°C) (土木研究所, 昭和58年)

タイヤ種類	すべり摩擦係数
スパイクタイヤ(第1次基準品) (ピン本数 80本 フランジ直径 10mm 突出量 1.5mm)	0.1 ~ 0.2
スパイクタイヤ(試作品) (ピン本数 80本 フランジ直径 8mm 突出量 1.0mm)	0.1 ~ 0.2
スノータイヤ	0.1 ~ 0.2

使用タイヤ：バイアス、スノータイヤ 6.45-134PR
 □ 速度=20km/h
 ▨ 速度=20km/h
 (棒は測定値の最大・最小)

図-14(h) 白鳥湖での水上すべり摩擦係数 (北海道開発局土木試験所, 昭和58年度)

生し生活環境へも影響する。仙台市や札幌市等では特に大きく粉じんの問題が取り上げられている。都市部における降下ばいじん量の月別変化をみるとスパイクタイヤを使用しない地域の都市は年間を通じてばいじん量は少

ないが、スパイクタイヤを使用する北海道、東北の都市でスパイク装着の冬期に多量のばいじんを記録している。図-18は仙台市における降下ばいじん量とスパイク装着率の関係である²¹⁾。相関性は非常に強いことを示している。降下ばいじんの粒度は20~50μが多い。浮遊粉じんについても札幌市、仙台市では明らかに冬期スパイク装着時に多いが、全国的には明瞭な傾向は認められない。

e) その他の問題 スパイクタイヤ使用に関係するその他の問題として舗装のわだち掘れと走行性、走行速度、燃費等の問題がある。

わだち掘れが大きくなると走行車が水はねを起こして他車に迷惑をかけるのみならず、高速走行時には自転車もドロプレッシングを起こす危険性がある。

スパイクタイヤを装着した場合の走行速度は一般にリブタイヤの場合に比して小さくすべきである。わが国の実態をみると特に減速走行している状況は認められない。スパイクタイヤでは走行中にピンが脱落する問題もある。雪寒地域的高速道路を融雪時に点検すると相当数のピンが落下している。しかし今までのところ飛散したピンによる被害は報告されていないようである。自動車の燃費はチェーン装着の場合最も多

く、スパイクの場合もいくぶん多い。

(5) スパイクタイヤ対策と効果

スパイクタイヤは以上述べたとおり雪氷路面の走行対策としては長所もあるがまた弊害も目立っている。その対策としてはスパイクタイヤ自身の改良または代替品の開発と同時に舗装の改良の問題もある。また一方スパイクタイヤの使用制限についても各方面で論議されている。

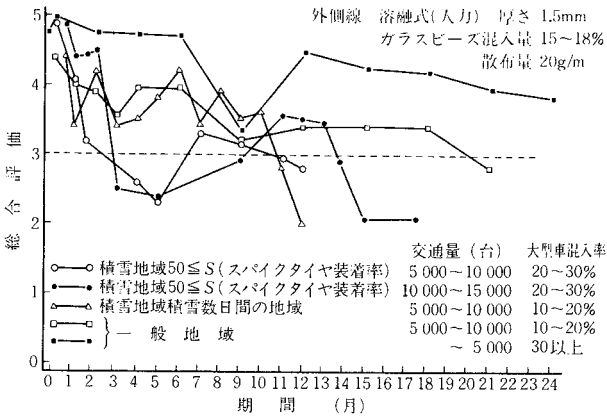
表-3 摩耗量推計結果

地 建 名	延 長 (km)	面 積 (1000 m ²)	摩 耗 量 (m ³)	平均摩耗深さ (cm)
北 海 道	5595	37887	81200	0.21
東 北	2438	18079	45800	0.25
北 陸	973	9054	17400	0.19
関 東	259	1977	4500	0.23
中 部	435	3999	5700	0.14
近 畿	596	4444	6700	0.15
中 国	521	3781	4700	0.12
計	10817	79221	166000	0.21

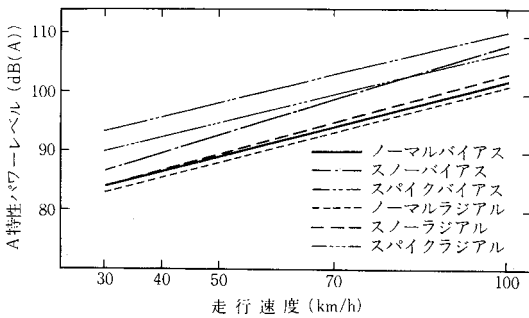
a) スパイクタイヤの改良 スパイクによる舗装の摩耗量の推定式として $U = R \cdot \phi^3 / l \cdot p \cdot d \cdot N / D \cdot K \cdot P$ または $U = 5.146 \times 10^{-3} (N \cdot T \cdot \phi^3)^{0.744}$ がある。前者は European Tire Stud Manufacturers Association の提案であり、後者は北海道開発局試験所の提案である。いずれもチップ径の ϕ の影響が最も大きく、次いで突出量 $T(d)$ 、通過回数 N の影響が大きい。さらにチップの圧力、材質と硬度および形状であろう。日本自動車タイヤ

協会ではスパイクタイヤに関する調査研究を行うとともに、弊害を少なくするよう、スパイクタイヤの基準（表一4）を設定している。さらに現在もこの基準について検討中である。

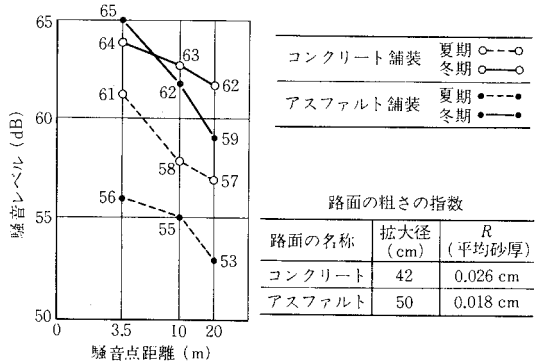
b) 耐摩耗性舗装 積雪寒冷地域の舗装に対する摩耗対策を目的とした研究開発は各種の機関で実施されている。建設省で取り上げているテーマには①アスファルト舗装とコンクリート舗装の耐摩耗性の比較、②アスファルト舗装の摩耗実態調査、③骨材のすりへり減量とアスファルト舗装の摩耗、などである。日本道路公団においても回転式舗装試験機を用いた試験を中心に寒冷地用表層混合物の検討を行い、骨材の最大粒径、混合物の粒度、アスファルト量、アスファルトの種類等の影響を調査している。北海道開発局試験所でもラベリング試験を中心にスパイクと舗装摩耗の相関について研究している。アスファルト舗装とコンクリート舗装の摩耗量を比較すると、東北地方建設局が行った結果では岩手でアスファルト舗装の摩耗がコンクリート舗装の7.3倍、山形では3.0倍、酒田では9.5倍となり、3地点の2年間の平均では6.6倍となっている。



図一15 区画線の地域による総合評価の差



図一16 各タイヤの乗用車におけるPWL (A) と速度の回帰直線



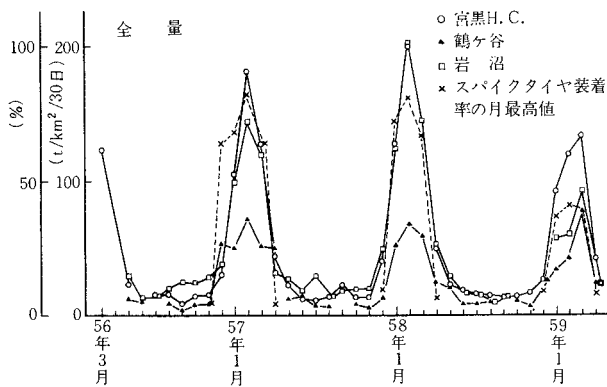
図一17 受音点距離と騒音レベル

表一4 スパイクタイヤ基準

種類	リム径	項目	規制		打込本数最大(本)		突出寸法最大 (mm)	
			形状	現行	改訂	現行	改訂	
								構造
乗用車用	全	ラジアル	ピン	154	122	2.0	1.5	
		バイアス	ピン	126	80	2.0	1.5	
小型トラック用	14以下	ラジアル	ピン	136	122	2.0	1.5	
		バイアス	ピン	104	80	2.0	1.5	
	15以上	ラジアル	ピン	134	102	2.5	1.5	
		マカロニ	102	72	2.5	1.5		
トラックおよびバス用	全	ラジアル	マカロニ	96	72	2.5	1.5	
		バイアス	マカロニ	94	72	2.5	1.5	
		マカロニ	92	80	2.5	1.5		

表—5 アスファルト舗装のスパイクタイヤによる摩耗に対する各種要因の影響

No.	要 因	摩耗への影響	相 対 摩 耗	試 験 者
1	アスファルトの針入度 Pen 60 対 Pen 300	有 意	1:1.3	Thurmann-Moe.
2	アスファルト含有量 5%対7%	非常に有意	1:1.8	
3	混合物の種類 特殊混合物対シートアスファルト	非常に有意	1:1.8	Keyser
4	骨材の種類 lamprophyre 対石灰岩	非常に有意	1:1.6	
5	骨材の種類 閃緑班岩対石灰岩	非常に有意	1:2.1	Peffekoven
6	粗骨材含有量 60%対40%	有 意	1:1.3	
7	粗骨材の最大粒径 13 mm 対 6 mm	非常に有意	1:2	
8	骨材の種類, ロサンゼルス値 17%対32%(重量)	有 意	1:1.4	Tappert/Kohler
9	フィラーの種類 極端な種類	有 意	1:1.5~3	Kluge
10	セメントコンクリート, 9 mm よりも粗粒の骨材の変化 砕石+砂利対石灰岩+蛇紋岩	非常に有意	1:1.5~3	Springenschmidt/Sommer
11	混合物の空隙率 3%対7%(容積)	有 意		
12	混合物の空隙率 3%対6%(容積)	有 意	1:1.2~1.5	Tröger/Helferich
13	混合物の空隙率 3%対6%(容積)	有 意	1:1.3	Tappert/Kohler
14	試験温度 +10℃ 対 -10℃	非常に有意	2.5:1	
15	試験温度 +10℃ 対 10℃	—	1:1.1	
16	試験温度 0.0℃ 対 +10℃	非常に有意	1:1.5	lluhtala
17	試験条件 ウェット+凍・融対ドライ	非常に有意	1:1.7~2.1	Tröger/Helferich
18	前処理 空気対凍・融 25回(混合物空隙率6%)	有 意	1:1.3	Kohler/Tappert
19	スリップ(スパイクの) ノースリップ対5%	—	1:1.5	Springenschmidt/Sommer
20	タイヤ圧	非 有 意	—	Thurmann-Moe
21	車両重量 乗用車対トラック	非常に有意	1:1.9	
22	車両速度 40~50 mph	非 有 意	—	
23	車両速度 40~70 mph	非常に有意	1:1.5	Schulze
24	車両速度 40 mph 対制動	有 意	1:1.3	
25	車両速度 40 mph 対加速	有 意	1:1.1~1.6	
26	操 縦 直線対曲線(定速)		1:1.1	Schulze/Beckmann
27	定速対加速	有 意	1:1.4	
28	定速対制動	非常に有意	1:2.8	



図—18 降下ばいじんの月変動

る。日本道路公団が北陸自動車道のトンネル内舗装で比較した結果ではアスファルト舗装の摩耗量はコンクリート舗装の1.5~4.0倍となっている。

諸外国においても数多くの試験研究が行われており摩耗に関する研究結果から各種要因を整理したものが表—5²²⁾である。

c) スパイクタイヤの制限 諸外国におけるスパイクタイヤの使用規制については、①路面に雪氷のある冬期間のみ使用を許可する期間規制、②大型トラックなど重量車のスパイクピン装置を禁止する大型車禁止、③スパイクタイヤを装着した車両のスピードを抑制する速度制限、④スパイクピンの構造、本数などを規定したスパイクピン規制、ならびに、⑤すべてのスパイクタイヤの使用を禁止する全面禁止などがある。各国の規制状況は表—6のとおりである。一般に諸外国の規制はわが国の現状に比べるとかなり強いものであり、しかも相当古く10年以前から議論され、その対策が実施されている。

わが国のスパイクタイヤ問題は昭和50年代に入る頃から取り上げられ、昭和54年頃から北海道において摩耗、粉じん問題が議論された。昭和56年頃より仙台市や宮城県において道路粉じん問題が関心を集め、昭和57年頃には雪寒地域共通の問題となった。昭和58年9月には環境庁より積雪寒冷地域の23道府県に対して使

表一 7 スパイクタイヤの使用制限にかかわる要綱等の制定状況

自治体名	要綱等の名称 (施行日)	対象区域	スパイクタイヤ の使用制限期間	違反に対する 処	備 考
北海道	スパイクタイヤ使用自粛指導実施要綱 (59.4.1)	全 道 道内を道央・道南地区、道東地区、道北地区の3地区に区分し、それぞれに自粛期間を設定	(自 粛 期 間) 道央・道南 4.15～10.31 道 東 5.1～10.31 道 北 5.1～10.15	な し	道、市町村および住民の役割を明示
秋 田 県	スパイクタイヤ使用自粛指導要綱 (58.11.7)	全 県	(自 粛 期 間) 4.1～11.30	な し	県および市町村の役割を明示
宮 城 県	宮城県スパイクタイヤ対策推進要綱 (58.11.1)	全 県 県内を4地域に区分し、それぞれに自粛基準を設定	(自 粛 期 間) 4.1～11.30	な し	県、市町村および住民の役割を明示
新 潟 県	スパイクタイヤ不使用に関する実施要綱 (58.11.1)	全 県	(不使用期間) 4.1～11.30	な し	県の役割を明示
長 野 県	スパイクタイヤ使用自粛推進要綱 (58.11.1)	全 県	(自 粛 期 間) 4.1～11.30	な し	県、市町村の役割を明示
富 山 県	スパイクタイヤ使用自粛要綱 (59.1.18)	全 県	(自 粛 期 間) 3.15～12.10	な し	県、市町村および住民の役割を明示
石 川 県	スパイクタイヤ使用自粛推進要綱 (58.12.1)	全 県	(自 粛 期 間) 3.15～12.10	な し	県および市町村の役割を明示
札 幌 市	スパイクタイヤ使用期間制限 (はきかえ時間の明示)に係る 指導基準 (58.4.1)	全 市	(制 限 期 間) 4.20～11.20	あ り 口頭または 文書で警告	市の責務を明示

表一 6 スパイクタイヤ規制状況 (世界各国, 1983)

規制種別	国 名	
全 面 禁 止	ヨーロッパ	西ドイツ, 東ドイツ, オランダ, ポルトガル, ルクセンブルグ, チェコスロバキア, ルーマニア, ユーゴスラビア
	米 国	ミネソタ, イリノイ, ペンシルバニア等10州
	カナダ	オンタリオ州
期 間 制 限	上記以外の各国 米国では27州, カナダは5州	
大型車使用禁止 (除バス)	オーストリア, ベルギー, フランス, イタリア, カナダ(ケベック州)	

注) 速度規制, タイヤ種類規制, スパイクの規格規制もある。

用期間制限などのスパイクタイヤ自粛対策を進めるよう通知が出され、これを契機に各道県市町村ともにスパイクタイヤ自粛の方向を打ち出し(表一7)現在に至っている。

5. む す び

スパイクタイヤの長所、短所については先に述べたとおりである。しかし諸外国の状況をもて何らかの規制対策が必要なことは明らかである。むしろわが国の対策は遅きに失しているといえよう。スパイクタイヤの問題は自動車の走行性と舗装路面の特性、自動車工学と道路工学の境界にある問題である。わが国に与えられた困難な気象条件を克服すべく、この対策のための調査研究がさらに必要であろう。

参 考 文 献

- 1) スパイクタイヤ対策調査報告書, 日本道路協会スパイクタイヤ対策調査特別委員会, 昭和58年3月。
- 2) スパイクタイヤ対策調査報告書, 日本道路協会スパイクタイヤ対策調査特別委員会, 昭和59年3月。
- 3) 舗装の冬期摩耗対策調査報告書, 国土開発技術研究センター, 昭和58年3月。
- 4) 舗装の冬期摩耗対策調査の概要, 国土開発技術研究センター, 昭和59年3月。
- 5) 市原 薫: 路面のすべり抵抗と自動車の運動, 土木研究所報告143号の1, 昭和46年10月。
- 6) Kullberg, G. och Kihlgren, B.: Investigation of friction properties of winter tyres and anti-skid devices, Statens Väginstitut, Rapport 36, Stockholm, 1960.
- 7) Kullberg, G. and Ohlsson, E.: Dubbade Däck, Väginstitut Specialrapport 38, Stockholm, 1965.
- 8) Wehner, B.: Beanspruchung von Strassen oberflächen durch winterreifen mit Spikes, Strasse und Autobahn, No.7, 1964.
- 9) Report by Technical Committee on Slipperiness: XIIIth Congress Tokyo, PIARC, 1967.
- 10) Jensen, P.A. and Korfhage, G.R.: Preliminary Studies of Effect of Studded Tires on Highway Pavements, Highway Research Record, No.136, HRB, 1966.
- 11) White, O.A. and Jenkins, J.C.: Test of Steel Studded Snow Tires, Highway Research Record, No.136, HRB, 1966.
- 12) Bird, K.O. and Haselton, F.R.: Evaluation of Studded Tire Performance, Cornell Aeronautical Laboratory Report, No.159, 1967.
- 13) Technical Committee on Slipperiness: Wear of Surfac-

- ings by Studded tyres, XIVth Congress, Prague, PIARC, 1971.
- 14) Skid Resistance, National Cooperative Highway Research Program 14, HRB, 1972.
 - 15) Technical Committee on Slipperiness and Evenness : XVth Congress, Mexico City, PIARC 1975.
 - 16) Lucas, Requirand and Chevet : Test on wear under the action of studded tyres and heavy lorries, International Research Symposium on Pavement Wear, Oslo, 1972.
 - 17) Rolf Cantz : New Tire-Stud Developments, Highway Research Record, No.418, 1972.
 - 18) John C. Cook : The Effect of Reduced Flange Diameter Light Weight Tire Studs on Severity of Pavement Wear 1980-81. Washington State University Report, No.81, 1981.
 - 19) 日本建設機械化協会：路面圧雪に関する調査研究，昭和55年2月。
 - 20) 赤代恵司・彼谷 潔・奥平 聖：道路舗装面が交通騒音に及ぼす影響について，第20回北海道開発局技術研究発表会論文集，昭和51年。
 - 21) 宮城県：スバイクタイヤ対策推進事業実施概要，昭和59年8月。
 - 22) Kohler, G. and Tappert, A. : Resistance to wear of different bituminous mixtures for surface course, Asphalt Paving Technologist, Vol.41, 1972.

(1984.10.9・受付)
