

# 北海道工業開発試験所報告

REPORTS OF THE GOVERNMENT INDUSTRIAL  
DEVELOPMENT LABORATORY, HOKKAIDO

第56号

平成4年3月

## 特別研究報告書

### 脱スパイク化支援技術に関する研究

#### 目 次

序	.....	(1)
第1章	室内ドラム型冬用タイヤ試験機の試作及び開発	(2)
第2章	冬用タイヤの氷盤路面での性能特性 (室内ドラム型冬用タイヤ試験機による評価試験)	(7)
第3章	冬用タイヤの圧雪路面での性能特性 (室内ドラム型冬用タイヤ試験機による評価試験)	(14)
第4章	雪氷路タイヤの高性能化研究 (すべり止材入りトレッドコムブロックの圧縮及び摩擦特性)	(21)

工業技術院

北海道工業開発試験所

特別研究報告書

脱スパイク化支援技術に関する研究

研究期間

昭和63年度 ～ 平成2年度

研究担当者

河端淳一・広木栄三・窪田 大・池上真志樹・鈴木良和

# 脱スパイク支援技術に関する研究

## 目 次

序

はじめに	1
1. 研究の背景と概要	1
第Ⅰ章 室内ドラム型冬用タイヤ試験機の試作及び開発	2
Ⅰ-1 はじめに	2
Ⅰ-2 室内ドラム型冬用タイヤ試験機	2
Ⅰ-2-1 冬用タイヤ試験機の構造	2
Ⅰ-2-2 主要機械と計測制御装置	3
Ⅰ-2-3 試験用氷盤走行路面の作製法	4
Ⅰ-2-4 試験用圧雪走行路面の作製装置及び方法	4
Ⅰ-2-5 氷盤路面及び圧雪路面温度の測定法	4
Ⅰ-2-6 氷盤路面の温度差による氷盤路面硬度及び氷盤路面の結晶粒子について	5
Ⅰ-3 試験方法と測定項目	6
Ⅰ-3-1 制動時の $\mu$ -S測定方法	6
Ⅰ-3-2 コーナリング測定方法	6
Ⅰ-3-3 制動時のコーナリングフォース性能特性試験法	6
第Ⅱ章 冬用タイヤの氷盤路面での性能特性 (室内ドラム型冬用タイヤ試験機による評価試験)	7
Ⅱ-1 実 験	7
Ⅱ-1-1 供試タイヤ及び試験条件	7
Ⅱ-1-2 試験装置	7
Ⅱ-1-3 試験方法	7
Ⅱ-2 実験結果と考察	8
Ⅱ-2-1 供試タイヤのトレッド面の接地形状	8
Ⅱ-2-2 スタッドレスタイヤの氷盤路面温度依存性	9
Ⅱ-2-3 スパイクタイヤの氷盤路面温度依存性	10
Ⅱ-2-4 スノータイヤの氷盤路面温度依存性	12
Ⅱ-3 結 論	13
第Ⅲ章 冬用タイヤの圧雪路面(凍結状態側)での性能特性 (室内ドラム型冬用タイヤ試験機による評価試験)	14
Ⅲ-1 はじめに	14
Ⅲ-2 実 験	14
Ⅲ-2-1 供試タイヤ及び試験条件	14
Ⅲ-2-2 室内ドラム型冬用タイヤ試験機	14
Ⅲ-2-3 圧雪路面(凍結状態)の作製	14
Ⅲ-3 実験結果と考察	14

Ⅲ-3-1	スタッドレスタイヤの凍結路面温度依存性	14
Ⅲ-3-2	スパイクタイヤの凍結路面温度依存性	15
Ⅲ-3-3	スタッドレスタイヤの凍結路面粗さによる依存性	16
Ⅲ-3-4	スパイクタイヤの凍結路面粗さによる依存性	16
Ⅲ-3-5	スタッドレスタイヤとスパイクタイヤの $\mu$ -S特性の差	18
Ⅲ-3-5-1	平滑凍結路面の場合	19
Ⅲ-3-5-2	デコボコ凍結路面の場合	19
Ⅲ-4	結    論	19
Ⅲ-4-1	平滑凍結路面による性能特性	19
Ⅲ-4-2	デコボコ凍結路面による性能特性	19
第IV章	雪氷路タイヤの高性能化研究	
	(すべり止材入りトレッドゴムブロックの圧縮及び摩擦特性)	21
IV-1	はじめに	21
IV-2	供試材料及び成形方法	21
IV-2-1	素材及び成形方法	21
IV-2-2	ゴム硬度試験	21
IV-2-3	ゴム圧縮試験	22
IV-2-4	ゴム摩擦試験	22
IV-3	実験結果及び考察	23
IV-3-1	各試料の硬度特性	23
IV-3-2	各試料の圧縮特性	23
IV-3-2-1	繊維素材による圧縮特性への影響	23
IV-3-2-2	粉末素材による圧縮特性への影響	25
IV-3-2-3	球状素材による圧縮特性への影響	25
IV-3-3	各試料の摩擦特性	26
IV-3-3-1	標準試料の摩擦特性	26
IV-3-3-2	繊維素材を添加した試料の摩擦特性	27
IV-3-3-3	粉末または球状素材を添加した試料の摩擦特性	28
IV-4	ま    と    め	29

# 脱スパイク化支援技術に関する研究

(F Y 1988~1991)

広木 栄三, 窪田 大, 池上真志樹, 鈴木良和, 河端 淳一

## 目 次

第Ⅰ章 室内ドラム型冬用タイヤ試験機の試作及び開発…………… (2)	第Ⅲ章 冬用タイヤの圧雪路面での性能特性試験 (室内ドラム型冬用タイヤ試験機の圧雪路面での試験) …… (14)
広木 栄三, 窪田 大	広木 栄三, 窪田 大
第Ⅱ章 冬用タイヤの氷盤路面での性能特性試験 (室内ドラム型冬用タイヤ試験機の氷盤路面での試験) …… (7)	第Ⅳ章 雪氷路タイヤの高性能化研究 (すべり止材入りトレッドゴムの圧縮及び摩擦特性) …… (21)
広木 栄三, 窪田 大	窪田 大, 広木 栄三

### 1. 研究の背景と概要

脱スパイクタイヤの支援化技術に関する研究  
わが国の広い地域においてスパイクタイヤは、自動車の交通安全の確保及び物資輸送等の円滑化に役立ってきました。しかし、スパイクタイヤは道路舗装面を削り、その粉塵が大気を汚染し生活環境を悪化させています。特に大都市の自動車の交通量の多い所では、深刻な車粉塵公害問題となっています。

行政側では、環境庁を中心にした国の関連機関及び地方自治体等と脱公害化対策を進めてきた。

また、日本自動車タイヤ協会及び国内タイヤメーカーでは、スパイクピンの無い無公害型のスタッドレスタイヤを開発し販売してきました。

スタッドレスタイヤの性能も年々向上し、平成3年4月1日から乗用車スパイクタイヤの製造販売を中止、冬期道路の整備、自動車のアンチロックブレーキ、等安全対策の推進等により、国も平成2年6月にスパイクタイヤの使用禁止に関する法律を制定した。

当所でも脱スパイク化が円滑にできるようにするためスタッドレスタイヤの高性能化材料の開発及びスパイクタイヤとスタッドレスタイヤの性能特性の差異に関しての基礎データの特性試験と、雪氷路タイヤの性能特性をを通年で精度よく測定できる室内型試験機の開発研究を行ってきた結果についての報告。

# 第 I 章 室内ドラム型冬用タイヤ試験機の試作及び開発

広木 栄三, 窪田 大

## I-1 はじめに

冬期間の道路は、最も滑り易い氷盤状路面から滑りに難易差のある凍結及び圧雪路面までである。更にその性状は、路面硬度差、表面状態、温度差、日射の有無、気温等によりその性能は著しく相異なる。

このような自然条件の中で、国内外のタイヤ及び自動車関係のメーカーでは、テストコース及び道路で工夫しながら性能評価試験を行っている。

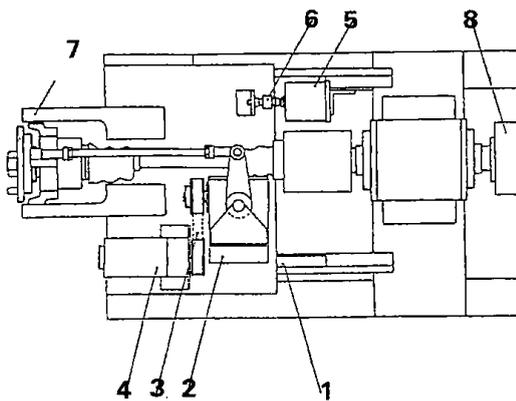
当所では、試験条件を一定して冬用タイヤの性能特性を評価できる室内ドラム型タイヤ試験機を試作及び開発するため、試験用走行路面に氷盤及

び圧雪路面の作製法とその性状、試験機の構造、計測及び測定方法等について検討した。

## I-2 室内ドラム型冬用タイヤ試験機

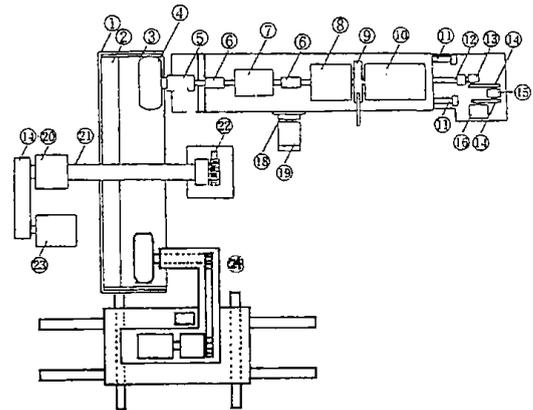
### I-2-1 冬用タイヤ試験機の構造

本試験機は、図 I-1 に示した走行試験用水盤路面及び圧雪路面を設定するドラム装置部と、試験タイヤに任意の変角速度でスリップ角を設定して制動及び駆動するタイヤ動力装置と試験条件を制御及び計測してデータの取込みを行う計測制御装置部から構成されている。



#### 供試タイヤ支持及びスリップ角装置

- 1 リニヤースライドベアリング
- 2 ウォーム減速機
- 3 タイミングベルト
- 4 可変速ブレーキモーター
- 5 ロードセル
- 6 ダブリングボール
- 7 テーパーローラーベアリング
- 8 トルク計



#### 〔各部品名〕

- ① ドラム
- ② ゴム路面
- ③ 雪氷路面
- ④ タイヤ
- ⑤ ユーバーサルジョイント
- ⑥ カップリング
- ⑦ タイヤ主軸受
- ⑧ タイヤトルク計
- ⑨ 手動ブレーキ
- ⑩ 制、駆動モーター及び  
タイヤ回転計
- ⑪ タイヤ送り台
- ⑫ タイヤ送りネジ
- ⑬ クラッチ
- ⑭ ベルト
- ⑮ 送り用無段変速機
- ⑯ タイヤ送りモーター
- ⑰ タイヤ支持
- ⑱ タイヤ接地荷重計
- ⑲ エアシリンダー
- ⑳ ドラム主軸受
- ㉑ ドラム主軸
- ㉒ ドラム回転計
- ㉓ ドラム駆動用モーター
- ㉔ 雪氷路面作製機

図 I-1 室内ドラム型冬用タイヤ試験機

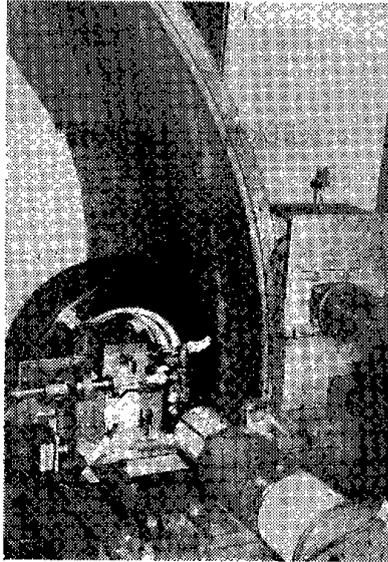


写真 I-1 室内ドラム型冬用タイヤ試験機  
(主要部分)

### I-2-2 主要機械と計測制御装置

主要計測機及び制御機器の仕様とその関連図を図 I-2 に示す。各計測器からの計測値を A-D で変換して、PC-9801型パーソナルコンピュータで連続的にデータを取込み処理する。

#### I-2-2-1 試験タイヤのスリップ角測定装置

スリップ角の設定方法は、スイッチの ON-OFF によって自動運転モードと手動運転モードで操作が可能である。

試験タイヤのスリップ角は下記の変角速度及び変角範囲条件で設定できる。

#### 手動運転モード

スイッチを上下操作で任意のスリップ角設定。自動運転モードは次のとおりである。

“START” ——— 測定開始角度の設定  $-12^{\circ}$   
 $\sim +12^{\circ}$

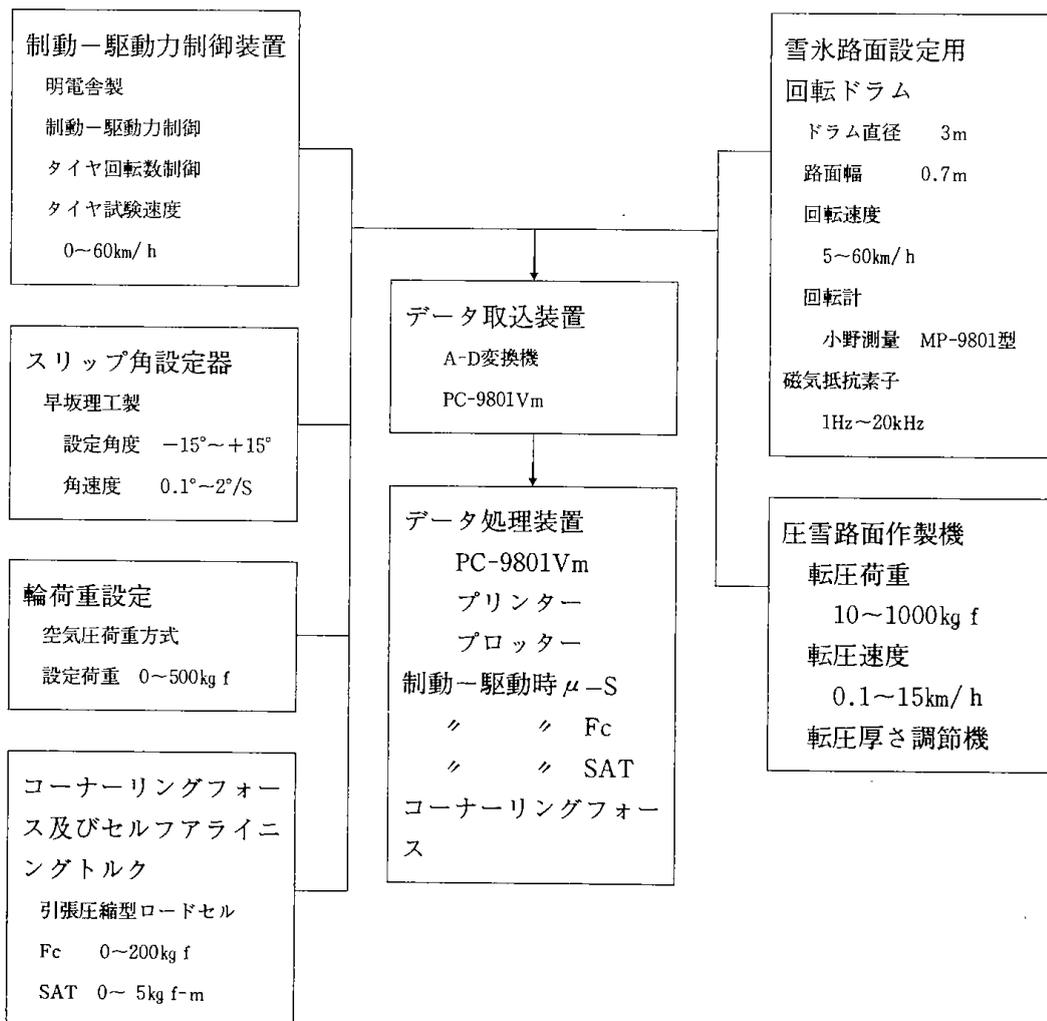


図 I-2 計測機の関連図及び仕様

- “STOP” ——測定停止角度の設定
- “DEG/SEC” ——測定変角測度の設定 0.3°/秒～2.0°/秒
- “RUN” ——設定条件でスタートする
- “STOP” ——自動運転中に強制停止

#### I-2-2-2 回転ドラムの試験用走行路面

直径3mで幅70cmのドラム内側に氷盤面では厚さ5cm、圧雪路面では厚さ15cmの曲率試験用路面が設定することができるインサイド型回転ドラムである。

ドラム回転速度の設定は、タイヤ走行速度として5km/h～60km/hの任意の一定速度の設定が可能で、その速度検出はドラム回転軸端に歯数198の歯車を取付けMP-981型回転計（小野測器製）により計測して行う。

また、0～15km/hの低速度試験用としては、圧雪路面作製のインバータモータと減速機を組合せた駆動用タイヤに荷重を加え走行させドラムの回転動力源として使用して試験することができる。

#### I-2-2-3 試験タイヤの荷重設定

試験タイヤの荷重は、リニアレールの上に設置されているタイヤ装置架台を空気圧シリンダーで加圧し、空気圧シリンダーの先端部に設置してあるロードセルで輪荷重を測定しデータ取込装置で処理しフロッピーデスクに取込む。

#### I-2-2-4 試験タイヤの制動力及び駆動力制御装置

サイリスターレオナード方式制動及び駆動トルク制御装置（明電社製）で、3相純ブリッチ接続の整流回路を使用している。したがって整流出力のリップル分が小さく電流制御の応答が速い。可逆運転が可能で回生制動、高精度、高応答性等、シャープな電流制限特性が有る。

また、チノー製 Kp 3-40-1300のプログラム設定器と併用すると、制動及び駆動時の試験タイヤの回転数をプログラム制御することができる。

#### I-2-2-5 試験タイヤの制動及び駆動トルクの測定

タイヤの制動及び駆動トルクは、タイヤと制動及び駆動用直流モータの間に設置してある共和電業製 TP-100KMCB 型の容量100kgf-mの軸トルク計で測定する。

#### II-2-2-6 試験タイヤの回転速度の測定

試験タイヤの回転速度は、タイヤ制動力及び駆

動力装置の直流モータが回転する時に出る回転パルスを検出し測定する。

#### I-2-3 試験用氷盤走行路面の作製法（氷上路面）

タイヤ試験機のドラムの走行面に小穴がある鉄板のカバーを取り付け、ドラム回転速度10km/hで回転させながらドラム温度を-10℃以下まで冷却する。次にドラムを30～35km/hの回転速度で回転させながら、水を鉄板カバーとドラム走行面間に入れる。注入後ドラム回転速度を35km/hの一定速度で約12時間回転させ氷結させた。

ドラム内走行面に作製した厚さ約45mmの氷盤を、真円状氷盤走行面に作製するため、タイヤ固定支持台に取り付けた切削バイトにより、平滑な真円状氷盤走行面に作製する。さらに試験タイヤを同一条件で測定するために、ドラム氷盤路面を40km/hで回転させ、スタッドレスタイヤに輪荷重300kgfを加えて、スリップ比50～80%で氷盤路面の表面層を一度溶かし表面処理を行う。

#### I-2-4 試験用圧雪走行路面の作製装置及び方法

室内ドラム型冬用タイヤ試験機の圧雪及び凍結路面の作製機械部は、試験タイヤの走行する反対側のドラム内側の走行路面に、最大転圧荷重が1000kgで左右方向に任意の速度で横移動できる転圧用タイヤ部と、転圧タイヤの下側に雪の転圧厚さ調整用切削刃部とその下側に雪の補助転圧タイヤ部より構成されている。

圧雪及び凍結路面作製方法は、ドラムを一定速度で回転させながら、雪をドラム走行路面の底部に投入して、最初の補助転圧タイヤで軽く転圧して、次に厚さ調整用切削刃で一定に切削調整してから転圧用タイヤで締め固めて圧雪及び凍結路面を作製する、その路面性状は、転圧条件の温度、荷重、速度、転圧厚さ、雪質の状態等によって異なる。

#### I-2-5 氷盤路面及び圧雪路面温度の測定法

氷盤路面温度の測定は、①法としてチノー製 PI-100-N 型デジタル温度指示計に厚さ0.07mmの薄いシート状熱電対をスタイロホームに張付け試験路面に直接熱電対の金属部分を接触させて測定する。

②法としては、0℃以上の温度に保持してあるチノー製 AI-260-NNN 型サミスター温度計にフィラメント状温度センサーの細い金属線部を接着樹脂で薄く皮膜して絶縁し薄いアルミホイールで挟んでスタイロホームに固定させた状態の接触式温度センサーを作製して使用した。

0℃の温度補正は、氷水で行って、測定温度補正を行った。

#### 木下式硬度計

品名	重さ(kgf)	直径(mm)
錘	1	50
金属棒	0.48	12
円筒	0.195	25
円盤	0.105	10

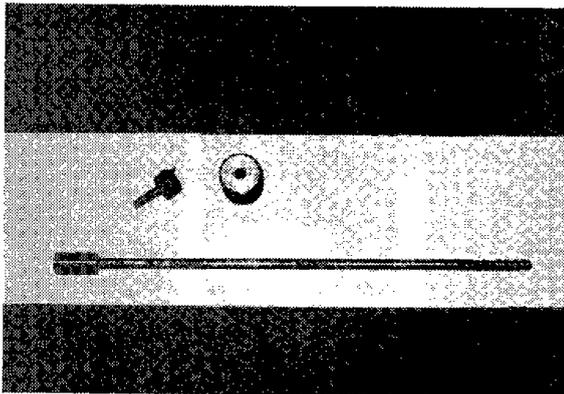


写真 I-2 木下式硬度計

#### I-2-6 氷盤路面の温度差による氷盤硬度及び氷盤路面の結晶粒子について

氷盤路面温度が内部まで充分均一の設定温度になってから写真 I-2 に示した先端部径が10mmの木下式硬度計で、高さ35cmから1kgfの分銅を氷盤路面に落下させてきた穴の深さを測定して、次式を用いて氷盤路面硬度を計算した。

$$H_s = \frac{1}{S} \times \left\{ m \left( 1 + \frac{h}{d} \right) + M \right\}$$

H<sub>s</sub> : 氷盤路面硬度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

S : 先端部の面積 (cm<sup>2</sup>)

m : 分銅の重量 (kgf)

d : 先端部の沈下量 (cm)

h : 分銅の落下距離 (cm)

M : 桿部の重量 (kgf)

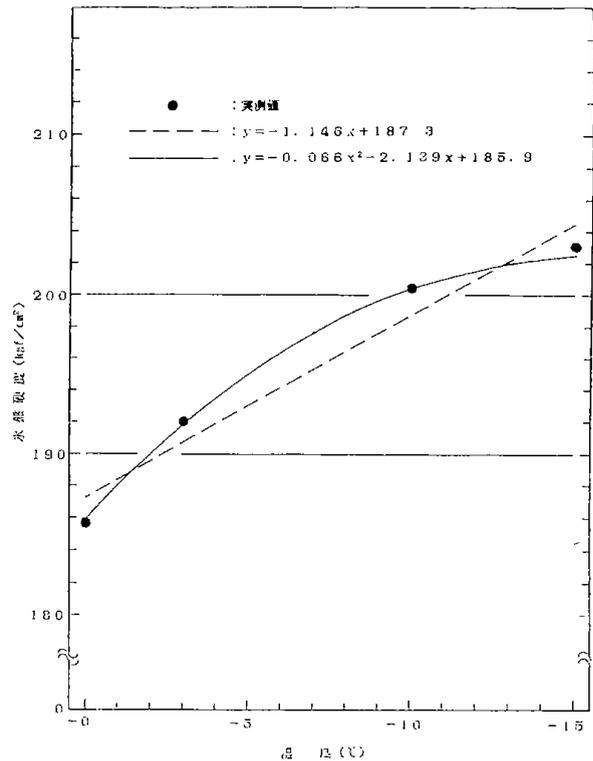


図 I-3 温度別氷盤硬度

この実測値を最小二乗法を用いて計算し、氷盤路面硬度H<sub>s</sub>をY軸、氷盤路面温度TをX軸にしてプロットすると図 I-3 に示したとうりで、そのX-Yの関係は次式に示したとうりである。

$$H_s = -0.063T^2 - 2.0T + 186.9$$

H<sub>s</sub> : 氷盤硬度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

T : 氷盤温度 (°C)

雪氷路タイヤの最も滑り易い極限側の状態での性能評価法として、古くから氷上性能試験が行なわれている。北海道ではウトナイ湖や白鳥湖等の氷上で行なわれていたが、最近では平地面に水を散水して作製した氷盤路面で走行試験を行っている。

このような氷上試験コースにおいては、一般的に湖や沼に作る時の気温と散水量等によって氷上の滑り易さに差があると言われている。

機械技術研究所では、氷の作り方による氷結晶粒子の差による雪氷路タイヤの性能特性についての研究論文<sup>1)</sup>がある。当所の氷盤路面の氷の結晶状態について調べ比較検討した結果、結晶粒子の大きさ等は写真 I-3 に示した士別市の寒冷地技術研究会のテストコースの氷盤路面の氷とほぼ同じ状態であると考えられる。

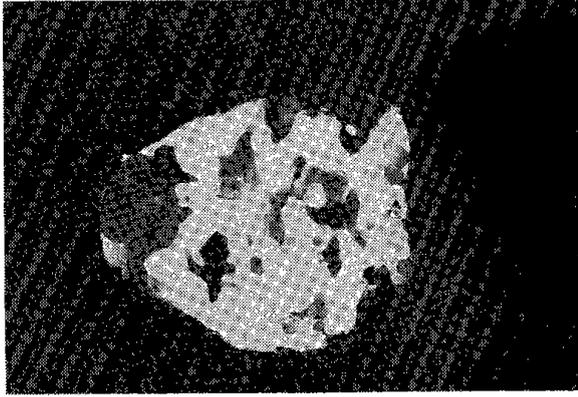


写真 I-3 本室内タイヤ試験機の水盤路面の結晶粒子

### I-3 本室内タイヤ試験機による試験方法と測定項目

冬用タイヤについて次の性能特性の評価試験ができる。

#### I-3-1 制動時の $\mu$ -S測定方法

試験用雪氷路面が設定してある回転ドラムを5 km/h~60km/h間の設定条件速度で回転保持する。試験タイヤは自由回転状態で左右横方向に連続移動状態にさせながら空気圧調整用バルブで設定荷重を加える。試験タイヤにブレーキをかけスリップ比を0~100%間の回転数の制御は、手動ドラムブレーキ又は制動及び駆動用モータをプログラム発信機で設定して行うことができる。

ドラム回転速度、タイヤ回転速度、荷重、タイヤ回転トルクの計測は、サンプリングクロック50Kz~2 Hzの間での任意の条件で取り込みフロッピーディスクに入る。

試験タイヤのスリップ比の計算は、測定時において試験タイヤが回転ドラムの試験用走行路面上を自由回転状態で走行しているときの回転比を基にして行う。制動力は測定時のトルク値及び輪荷重と静止状態でのタイヤ半径を用いて計算により行う。

#### I-3-2 コーナリングフォース測定方法

制動時の $\mu$ -S性能の測定と同じ方法で、雪氷路面が設定してある回転ドラムに試験タイヤをスリップ角が0°の状態から左右横方向の移動させながら設定荷重を加え、スリップ角設定器でスリップ角が±15°度、変角速度0.3°/秒~2.0°/秒での範囲の設定条件で、試験タイヤを左右横移動又は停止状態でRunさせ、スリップ角に対するコーナ

リングフォースを測定して性能試験を行う。

#### I-3-3 制動時のコーナリングフォースの測定方法

試験用雪氷路面が設定してある一定回転速度の走行ドラムに、試験タイヤをスリップ角が0°度の状態で、ドラム回転速度と同じ回転速度（試験タイヤがスリップしていない状態）の状態又は、自由回転状態で左右横方向に移動させながら設定荷重を加える。次にコーナリングフォース測定方法と同じ操作でスリップ角設定器をRunさせて試験タイヤにスリップ角を設定させる。次に制動時の $\mu$ -S測定方法と同じ操作で、試験条件に基づいて試験タイヤを手動式ドラムブレーキまたはプログラム発信器で制動—駆動用モータでスリップ比0~100%まで行ない一定スリップ角でのスリップ比に対するコーナリングフォース測定する。

#### 引用文献

1. 二瓶光弥, 清水健一: 雪水路タイヤの室内試験(第5報)自動車技術会秋期大会前刷集 1992.

## 第Ⅱ章 冬用タイヤの氷盤路面での性能特性

### (室内ドラム型冬用タイヤ試験機による評価試験)

広木 栄三, 窪田 大

#### Ⅱ-1 実 験

国内の冬用タイヤとしては、スノータイヤ、スパイクタイヤ、スタッドレスタイヤの順に開発されてきたが、その性能特性を十分に把握するために必要な基礎データが不足している。当所で開発した室内ドラム型冬用タイヤ試験機で、氷盤路面温度差及び走行速度差による制動時における $\mu$ -S特性について測定し性能特性の差異について検討した。

#### Ⅱ-1-1 供試タイヤ及び試験条件

供試タイヤは、国内大手タイヤメーカーの同一社製のスタッドレスタイヤ（略STL）とスパイクタイヤ（略SPK）及びスパイクタイヤからスパイクピンを抜き取ったスノータイヤ（SNO）を使用した。

また、供試タイヤを自動車の駆動輪に取り付け、舗装路面で速度0～40km/hで300m走行させ、タイヤトレッド表面調整及びスパイクピン突出寸法、突出力等の調整を行って供試用タイヤとした。供試タイヤ及び試験条件は表Ⅱ-1に示した。

表Ⅱ-1 供試タイヤ及び試験条件

#### 供試タイヤ

- スタッドレスタイヤ (STL-165-80R-13)
- スパイクタイヤ (SPK-165-SR-13)
  - スパイクピン114本
  - フランジ径8mm
  - 平均突出寸法0.91mm
- スノータイヤ (SNO-165-SR-13)
  - SPK-165-SR-13の同等品からスパイクピン114本を抜き取ったもの

#### 試験条件

- 速度20km/h 40km/h
- 輪荷重300kgf
- 空気圧1.8kgf/cm<sup>2</sup>
- 氷盤路面温度0°～-12℃範囲
- タイヤ横移動速動
  - 20km/h時 60mm/ドラム回転(回)
  - 40km/h時 120mm/ドラム回転(回)

#### Ⅱ-1-2 試験装置

第1章の室内ドラム式冬用タイヤ試験機を使用して、供試タイヤの試験を行った。

を5～10km/hの低速度で回転させながら試験条件温度に設定する。氷盤路面温度の測定は、試験前にドラム奥側、中間、前側の3箇所を測定して±0.3℃の範囲内で試験した。

#### Ⅱ-1-3 試験方法

室内ドラム型冬用タイヤ試験機のドラム走行面

供試タイヤを同一条件で測定するため、最初ドラム氷盤路面を40km/hで回転させスタッドレス

タイヤに輪荷重300kgfを加えて、スリップ比50～80%で氷盤路面の表面層を溶し表面処理を行った。

ドラム氷盤路面を一定速度で回転させた状態で、供試タイヤをドラム一回転に対して60mmの割合で左右方向移動させながら設定輪荷重を加えてドラム式ブレーキで徐々にブレーキを加え供試タイヤの回転数を減速させながらタイヤをロック状態にさせ2～3秒間ロック状態を保持して制動 $\mu$ -S値を1秒間に20Hzでデータを取込み、測定後は供試タイヤ表面及び氷盤面に附着している水分を取りのぞくため、測定後の供試タイヤをフリー転動状態で左右方向に移動させて測定終了とした。

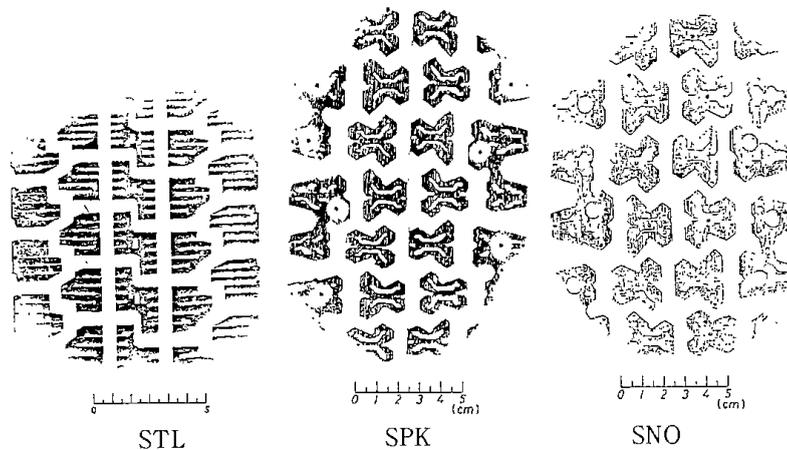
## II-2 実験結果と考察

### II-2-1 供試タイヤのトレッド面の接地形状

室内ドラム型冬用タイヤ試験機は、直径3mの曲率氷盤路面であるため、道路のような平面と比べ、輪荷重によるタイヤトレッドの接地形状に接地面圧が異なると考えられる。

STL及びSPKとスパイクピンの抜いたSNOの供試タイヤについての静止輪荷重300kgf、空気圧1.8kgf/cm<sup>2</sup>での曲率氷盤路面及び平面路でのトレッド接地形状を図II-1～II-2に示した。

また、そのトレッドパターン形状及び接地面積

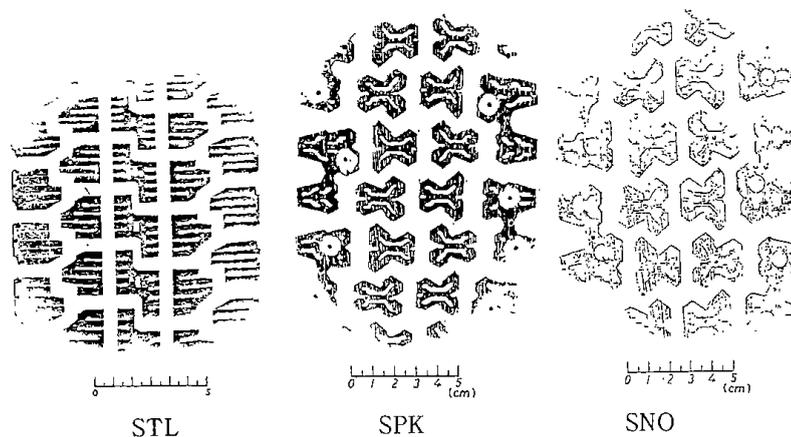


タイヤサイズ 165/80R13

空気圧 1.8 (kgf/cm<sup>2</sup>)

輪荷重 300kgf

図II-1 トレッド接地形状(曲率路面)



タイヤサイズ 165/80R13

空気圧 1.8 (kgf/cm<sup>2</sup>)

輪荷重 300kgf/cm<sup>2</sup>

図II-2 トレッド接地形状(平路面)

の大きさ、曲率氷盤路面と平面路の面積及び単位面積による荷重差について、表Ⅱ-2に示す。

タイヤ接地面圧  $P$  (kgf/cm<sup>2</sup>) は、次式により求めた。

$$P \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{\text{輪荷重 (kgf)}}{\text{トレッド接地面積 (cm}^2\text{)}}$$

室内ドラム型冬用タイヤ試験機は、直径3mの曲率走行路面であるため、平面路と比べるとタイヤトレッド接地形状及び面積が若干大きくなる。

STLでは4.1%、SPKでは8.0%、SNOでは1.6%大きくなる。これはドラム走行面とタイヤの両方が曲率のため荷重分布が均一になり易く形状変形を小さいためと考える。また、SPKとSNOとの面積を比較するとSPKは曲率走行面では約30%、平面では約34%小さくなっている。これはスパイクピンがタイヤトレッド表面より突出しているため、スパイクピンが輪荷重をより大きく受けるためである。

表Ⅱ-2 各タイヤの単位面積当たりの面圧

タイヤ名		STL	SNO	SPK
面積 (cm <sup>2</sup> )	平面 A	62.9	73.7	48.9
	ドラム走行面 B	65.5	74.9	52.3
面積比	$\frac{A-B}{A} \times 100$	4.1	1.6	8.0
接地面圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	平面 C	4.8 (0.47)	4.1 (0.40)	6.1 (0.60)
	ドラム走行面 D	4.6 (0.45)	4.0 (0.39)	5.7 (0.56)
カッコ内は (MPa)				
両圧比	$\frac{C-D}{C} \times 100$	4.2	2.4	6.6

STLは、氷盤路面の平滑な路面においては、トレッドの接地面積及び接地面圧もSPKとSNOの中間の値である。氷盤路面のような低 $\mu$ 路面では接地面積が大きいほど $\mu$ は高くなる。圧雪路面のような高 $\mu$ 路面では、剪断及びエッジによる制動一駆動力を大きくするために接地面圧及びゴム硬度が高くなっている。

したがってSTLは、粘着摩擦力による低及高 $\mu$ 路での低スリップタイプで良く、SPKは低 $\mu$ 路ではスパイクの剪断摩擦力を大きくして高スリップでよく、高 $\mu$ 路では剪断力、エッジ力を高して低及び高 $\mu$ 路を併ねた高S側で性能がよいトレッドパターン及び形状であると考えられる。

## Ⅱ-2-2 スタッドレスタイヤの氷盤路面温度依存性

STLの速度20km/h及び40km/h走行時にお

ける氷盤路面温度差による $\mu$ -Sグラフを図Ⅱ-3及び図Ⅱ-4に、スリップ比Sが10%、50%、100%の $\mu$ -Tグラフを図Ⅱ-5に示した。これらの結果をまとめると、次のようになる。

- 1) 20及び40km/hでは5~8%Sに最大ピーク $\mu$ がある。Sに対する $\mu$ 値はSが大きくなるに従って $\mu$ は低くなり、最小 $\mu$ 値は100%Sのタイヤロック状態である。氷盤路面温度が低下するほどSに対する $\mu$ 値は大きくなる。
- 2) 時速が20km/hでは、-8℃以上の低い温度になると、低S側で特に $\mu$ は高くなるため0~100%S間での $\mu$ の性能変化が大きい。

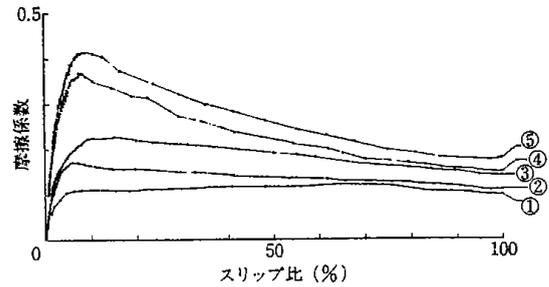
また、氷盤路面温度が-6℃まで温度が高くなると、0~100%S間での $\mu$ の性能変化は小さくなる。このような傾向は速度40km/hとなると、-8℃ぐらいの温度附近から現れてくる。さらに-1

℃まで温度が高くなると、20km/h及び40kmでも0~100%Sでの $\mu$ は全体に低くほぼ一定の値となる。

- 3) タイヤ速度が40km/hと速くなると、20km/hと比べSに対する $\mu$ は全体に低くなるが、-3~-1℃間の高い氷盤路面温度では余り変わらない。
- 4) 速度が20及び40km/hで、Sが10, 50, 100%についての氷盤路面温度依存性についてみると、氷盤路面温度が-1.0℃から-12.0℃と低くなるに従って $\mu$ 値は比例して大きくなっている。その氷盤路面温度が1℃に対する $\mu$ 値の高くなる割合( $\mu/^\circ\text{C}$ )は、Sが大きくなるほど小さく、また、速度が早くなるほど小さくなっている。

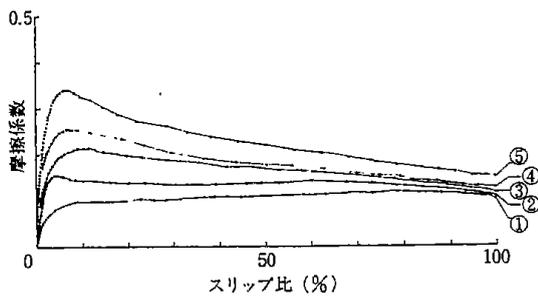
但し、速度20km/hでSが10%については、氷盤路面温度が-8.0℃附近で $\mu$ 値

は急に高くなっている。



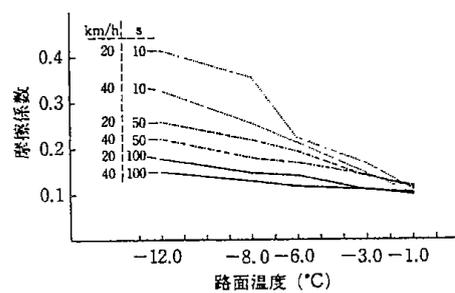
温度 (℃)	タイヤ: STL
-1	① サイズ: 165-80R-13
-3	② 路面: 氷盤
-6	③ 内圧: 1.8kgf/cm <sup>2</sup>
-8	④ 輪荷重: 300kgf
-12	⑤ 速度: 20km/h

図II-3 氷盤路面摩擦係数—スリップ比(1)



温度 (℃)	タイヤ: STL
-1	① サイズ: 165-80R-13
-3	② 路面: 氷盤
-6	③ 内圧: 1.8kgf/cm <sup>2</sup>
-8	④ 輪荷重: 300kgf
-12	⑤ 速度: 40km/h

図II-4 氷盤路面摩擦係数—スリップ比(2)



タイヤ: STL
サイズ: 165-80R-13
路面: 氷盤
内圧: 1.8kgf/cm <sup>2</sup>
輪荷重: 300kgf

図II-5 氷盤路面摩擦係数—路面温度(1)

### II-2-3 スパイクタイヤの氷盤路面温度依存性

SPK の速度20km/h及び40km/h走行時における氷盤路面温度差による $\mu$ -Sグラフを図II-6及び図II-7に、スリップ比(S)が10%, 50%, 100%の $\mu$ -Tグラフを図II-8に示した。これらの結果をまとめると、次のようになる。

- 1) 氷盤路面温度が-1~-12℃間においては、0~100%S変化しても $\mu$ の値の変化は全体

的に小さく一定している。

- 2) 氷盤路面温度が-12℃と温度が低くなると、低S側で低く、高S側になるに従って $\mu$ は高く、100%Sで最大 $\mu$ 値となる。

氷盤路面温度が-12℃から-1.0℃側になるに従って低S側の $\mu$ は高くなり、高S側ではわずかであるが低くなる傾向がある。

-6℃附近では、-1~-12℃間で低S側

で最も $\mu$ が高くなるが、更に温度が $-1.0^{\circ}\text{C}$ 側になると $0\sim 100\%$ Sで最も低 $\mu$ になる。

- 3)  $20\text{km/h}$ と $40\text{km/h}$ のスリップ速度の差による $\mu$ は $-1\sim -12^{\circ}\text{C}$ 氷盤路面で $0\sim 70\%$ S間ではほぼ同じだが、しかし、 $-3\sim -12^{\circ}\text{C}$ 温度で $80\sim 100\%$ Sでは $40\text{km/h}$ の高速の方が約 $11\%$ ほど $\mu$ は高くなる。
- 4) 速度が $20$ 及び $40\text{km/h}$ で、 $S$ が $10, 50, 100\%$ についての $-1.0^{\circ}\text{C}\sim -12.0^{\circ}\text{C}$ 間の氷盤路面温度依存性についてみると、 $S$ が $10\%$ での $\mu$ 値は、氷盤路面温度が $-1.0^{\circ}\text{C}$ から低くなるに従って高くなり、 $-6.0^{\circ}\text{C}$ 付近でピーク $\mu$ 値となる。さらに温度が低くなると逆に $\mu$ 値は低下し、 $-12.0^{\circ}\text{C}$ まで低下すると $-1.0\sim -12.0^{\circ}\text{C}$ 間で最低 $\mu$ となる。

$S$ が $50\%$ については、速度 $20\text{km/h}$ と低速度で氷盤路面温度が $-1.0^{\circ}\text{C}$ から低くなるにしたがって $\mu$ 値は高くなり、 $-8.0^{\circ}\text{C}$ で最大 $\mu$ 値となる。さらに温度が低くなると逆に $\mu$ 値は低くなり、 $-12.0^{\circ}\text{C}$ と $-1.0^{\circ}\text{C}$ とほぼ同じの $\mu$ 値となっている。

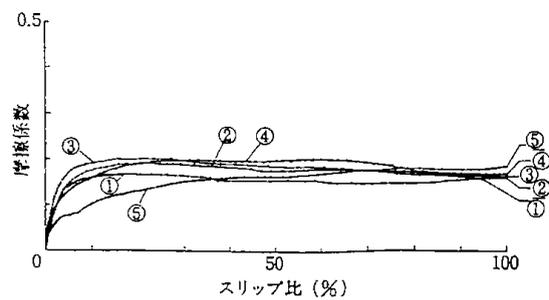
また、 $S$   $50\%$ で速度が $40\text{km/h}$ では、氷盤路面温度が $-1.0^{\circ}\text{C}$ から低くなるにしたがって $\mu$ 値は高くなり、 $-6.0^{\circ}\text{C}$ で最大 $\mu$ 値となる、さらに温度が $-8.0^{\circ}\text{C}$ まで低くなるにしたがってやや少し $\mu$ 値低下するが、再び $-12.0^{\circ}\text{C}$ まで $\mu$ 値は少しずつ高くなっている。

$S$ が $100\%$ になると、速度 $20\text{km/h}$ 及び $40\text{km}$

$/\text{h}$ で氷盤路面温度が低くなっていくにしたがって $\mu$ 値は少しずつ高くなっていく。その割合は速度が $40\text{km/h}$ と早いほど大きくなっている。

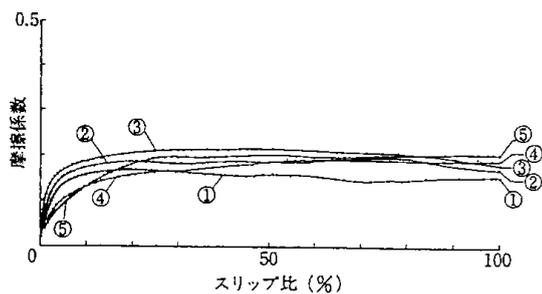
以上のことからSPKは、 $S$ が $100\%$ と大きい場合は氷盤路面温度が $-1.0^{\circ}\text{C}$ から $-12.0^{\circ}\text{C}$ と低くなるに比例して $\mu$ 値は少しずつ高くなる。

また、氷盤路面温度が $-1.0^{\circ}\text{C}$ から $-6.0\sim -8.0^{\circ}\text{C}$ 付近まで $\mu$ 値は低 $S$ になるにしたがって高くなるが、さらに温度が低くなると、低 $S$ 側になるほど $\mu$ 値の温度に対する低下割合は大きくなる。



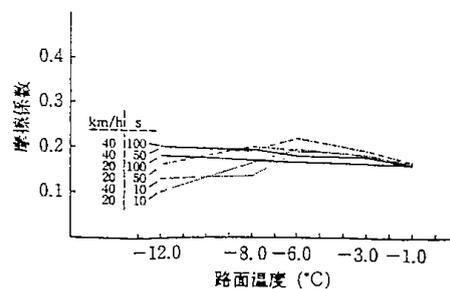
温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	タイヤ: SPK
-1	① サイズ: 165-SR-13
-3	② 路面: 氷盤
-6	③ 内圧: $1.8\text{kgf}/\text{cm}^2$
-8	④ 輪荷重: $300\text{kgf}$
-12	⑤ 速度: $20\text{km/h}$

図II-6 氷盤路面摩擦係数—スリップ比(3)



温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	タイヤ: SPK
-1	① サイズ: 165-SR-13
-3	② 路面: 氷盤
-6	③ 内圧: $1.8\text{kgf}/\text{cm}^2$
-8	④ 輪荷重: $300\text{kgf}$
-12	⑤ 速度: $40\text{km/h}$

図II-7 氷盤路面摩擦係数—スリップ比(4)



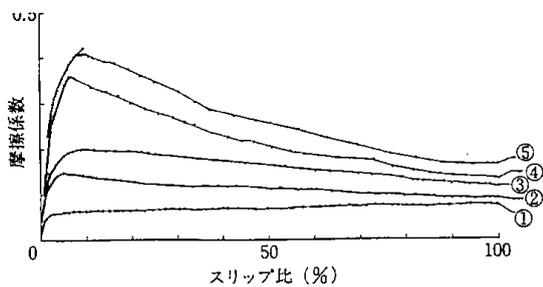
タイヤ: SPK
サイズ: 165-SR-13
路面: 氷盤
内圧: $1.8\text{kgf}/\text{cm}^2$
輪荷重: $300\text{kgf}$

図II-8 氷盤路面摩擦係数—路面温度(2)

## II-2-4 スノータイヤの氷盤路面温度依存性

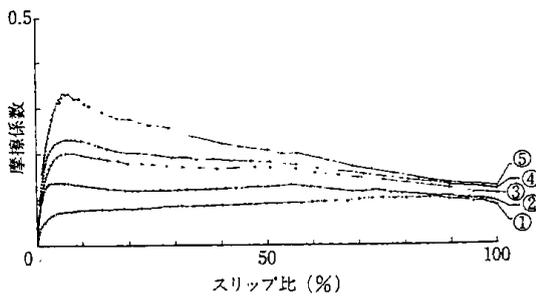
SNO の速度20km/h及び40km/h走行時における氷盤路面温度差による $\mu$ -Sグラフを図II-9及び図II-10に、スリップ比が10%, 50%, 100%の $\mu$ -Tグラフを図II-11に示した。これをSTL及びSPKと比較すると次のようになる。

- 1) 氷盤路面温度差による $\mu$ -Sは、氷盤路面温度が $-12^{\circ}\text{C}$ と低い場合で、速度が20km/hで、0~70%S間では $\mu$ 値はSTLとほぼ同じだが、しかし、速度が40km/hと速くなるとSNOの $\mu$ は低くなる。



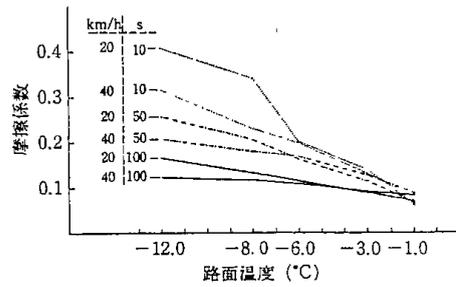
温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	①	②	③	④	⑤	タイヤ: SNO
-1	①					サイズ: 165-SR-13
-3		②				路面: 氷盤
-6			③			内圧: 1.8kgf/cm <sup>2</sup>
-8				④		輪荷重: 300kgf
-12					⑤	速度: 20km/h

図II-9 氷盤路面摩擦係数—スリップ比(5)



温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	①	②	③	④	⑤	タイヤ: SNO
-1	①					サイズ: 165-SR-13
-3		②				路面: 氷盤
-6			③			内圧: 1.8kgf/cm <sup>2</sup>
-8				④		輪荷重: 300kgf
-12					⑤	速度: 40km/h

図II-10 氷盤路面摩擦係数—スリップ比(6)



タイヤ: SNO  
 サイズ: 165-SR-13  
 路面: 氷盤  
 内圧: 1.8kgf/cm<sup>2</sup>  
 輪荷重: 300kgf

図II-11 氷盤路面摩擦係数—路面温度(3)

- 2) 氷盤路面温度が $-10.0^{\circ}\text{C}$ から $-1.0^{\circ}\text{C}$ 側になるにつれてSTLより0~100%間で $\mu$ は低くなり、氷盤路面温度が $-1^{\circ}\text{C}$ になると最も差が大きくなる。特に20km/hの遅いタイヤ速度では、ロック $\mu$ で約20%, 10~50%Sでは約70%ほど $\mu$ は低くなっている。40km/hの速度での、ロック $\mu$ で約23%, 10~50%Sで約25~30%ほど $\mu$ は低くなっている。
- 3) SPKと比較すると、氷盤路面温度が $-8.0^{\circ}\text{C}$ から $-12^{\circ}\text{C}$ と低い温度の場合、速度が20km/h及び40km/hで、Sが60~70%以下ではSPKより $\mu$ が高く性能は良い。特に20km/hと低速の場合は0~50%では特に良い。

しかし、氷盤路面温度が $-6^{\circ}\text{C}$ から $-1.0^{\circ}\text{C}$ 側になると速度40km/hでSが10~15%以下を除くと0~100%S間でSPKの方が $\mu$ 値が高くなり性能は良くなる。この傾向は40km/hとスリップ速度が大きくなるほど大きい。

速度が20km/h及び40km/hでSが10, 50, 100%について、 $-1.0^{\circ}\text{C}$ から $-12.0^{\circ}\text{C}$ までの氷盤路面温度依存性については、STLタイヤとほぼ同じような傾向があるが $\mu$ -S値で比べると、氷盤路面が $-12.0^{\circ}\text{C}$ 側と低温度になると差がなくなるが、 $-1.0^{\circ}\text{C}$ 側になると $\mu$ 値に大きな性能差ができる。

また、SPKと比べると氷盤路面温度が $-12.0^{\circ}\text{C}$ 側になると、低S側でSNOの $\mu$ 値は高く大きな差ができる。これはSPKのスパイクピンが、氷盤路面温度が低くなったため

硬くなることにより、スパイクピンが低速度での状態では、突きささる深さが小さく剪断摩擦力が弱くなるためである。さらにスパイクピンで受ける荷重が大きくなるためタイヤのトレッドと氷盤路面の密着面積及び面圧力も弱く、低S及び低温度側で大きくなり粘着摩擦力が小さくなるためである。

### II-3 結 論

(1) スタッドレスタイヤは、氷盤路面温度が低温になるほど氷盤路面摩擦係数 $\mu$ は高くなり、0℃に近くなるほど $\mu$ は低くなる。この傾向は低いスリップ比で特に大きくなる。

また、タイヤ速度及びスリップ比が大きくなると、氷盤路面摩擦係数は低くなる。したがってスタッドレスタイヤは、氷盤路面温度差によってタイヤの性能の変動が大きくなるため、路面状態及び気温等に十分注意する必要があるが、しかし、全体的に低S側で良く、高S側で悪くなるため、アンチロックブレーキと一対で使用すると、STLの性能の良い低S側を使用することができるため、良い安全対策と考えることができる。

(2) スパイクタイヤは、氷盤路面温度が0～-12℃範囲では、タイヤ速度及びスリップ比に対する氷盤路面摩擦係数の変化は小さく、一定の性能を持っているため、氷盤路面状態及び気温の変化による性能依存性はSTLに比べ少ない。

また、自動車にブレーキをかける場合、氷盤路面のような低摩擦路面では、わずかなブレーキ力操作でもタイヤがすぐロック状態になりやすく、方向安定性等が悪くなる。

$\mu$ -S曲線でSが大きくなるに従って、 $\mu$ が大きくなる上り勾配曲線のタイヤは、ブレーキ操作が容易である。

$\mu$ -S曲線で下り勾配のタイヤの操作は、タイヤがすぐロックされる制動 $\mu$ 値は低下しかつ、コーナリング性能も低下するため、ブレーキを緩めて戻す操作が必要である。

(3) スノータイヤは、STLより氷盤路面温度依存性が大きい。特に-1℃と高い氷盤路面で著しく劣る。したがって、スタッドレスタイヤのように、サイピング、トレッドゴムの軟質化、気泡入等があると、氷盤路面温度が0℃と高いとき、滑り易い路面及び高速度スリップでより効果があることが明らかになった。

一方、スパイクタイヤのスパイクピンの作用は、高速度及び氷盤路面温度が-1.0℃と高いときは粘着摩擦が小さく滑り易い路面でスパイクも突きささり易くなりスパイクピンによる剪断摩擦力が大きな作用をしていることが明らかになった。氷盤路面温度が低くなり路面硬度が硬くなるとスパイクピンは突き刺り難くなり、低Sでは逆にマイナスの作用をしている。

### 参考文献

- 1) 清水健一，池谷忠司：自動車技術，Vol.43，No.11(1989)
- 2) 酒井：タイヤ工学，p.396～397，グランプリ出版
- 3) 広木栄三，窪田 大，鈴木良和：北海道工業開発試験所報告，第48号，P.60～72

## 第Ⅲ章 冬用タイヤの圧雪路面での性能特性

### (室内ドラム型冬用タイヤ試験機による評価試験)

広木 栄三, 窪田 大

#### Ⅲ-1 はじめに

第Ⅱ章では、当所で試作開発した室内ドラム型雪氷路タイヤ試験機で冬用タイヤが最も滑り易い極限路面として、氷盤路面（氷上路面）で冬用タイヤの性能特性とそのタイヤ種類間の差異について検討した。

本試験研究では、第Ⅲ章では雪を使用した冬期道路路面で最も硬く滑り易い路面状態を想定し、その硬い圧雪路面の表面が平滑な路面及びスパイクタイヤを走行させてデコボコにしたデコボコ路面でスタッドレスタイヤ及びスパイクタイヤの路面状態とタイヤ間の性能特性の差異について試験し検討した。

#### Ⅲ-2 実 験

##### Ⅲ-2-1 供試タイヤ及び試験条件

供試タイヤは、第Ⅱ章. 1と同じスタッドレスタイヤ及びスパイクタイヤを使用した。

試験条件は、速度40km/h、輪荷重300kgf、空気圧1.8kgf/cm<sup>2</sup>であるが、圧雪路面については硬度が硬く滑り易いため凍結路面とした、凍結路面温度は-3℃、-5℃、-10℃、で行った。

タイヤ左右横移後は60mm/ドラム1回転の割合で移動させて測定した。

##### Ⅲ-2-2 室内ドラム型冬用タイヤ試験機

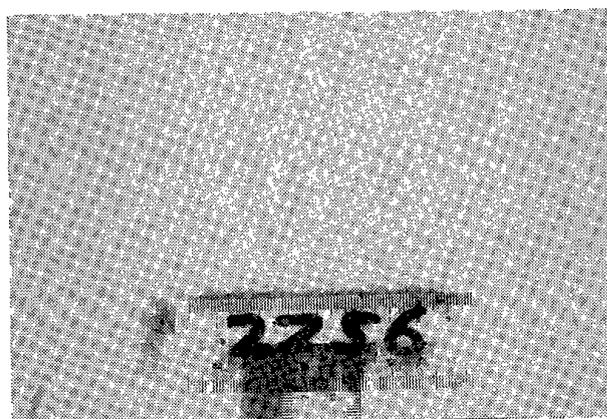
第Ⅰ章の試作室内ドラム型冬用タイヤ試験機を使用した。

##### Ⅲ-2-3 圧雪路面（凍結状態）の作製

室内式雪氷路タイヤ試験機の回転ドラムを-5℃まで十分に冷却してから、タイヤ試験機の室内温度を-1℃~-2℃まで高くして、タイヤ走行回転ドラムを25km/hの速度で回転させながら雪を回転しているドラム走行面に投入し、均一の厚さに分散させながら転圧するため、65cm幅の切削用刃を走行面に平行にあて厚さ調整を行いながら、転圧用スムースタイヤでドラム1回転毎に平均して20~30mmの割合で連続的に横移動させ転圧し約6cmの厚さの凍結状態硬度の路面を作製した。こ

れを真円状の平滑な凍結路面にするため、ドラムを回転させながら切削して試験用平滑凍結路面とした。

また、デコボコ凍結路面の作製は、平滑凍結路面を-5℃に冷却し試験用SPKで接地荷重300kgf、タイヤ速度10km/hでSPKを連続横移動させながら40分走行させて路面を荒して作製したデコボコ凍結路面を図Ⅲ-1に示した。試験室内の温度を-1℃~-2℃で作製した圧雪路面は表面が輝きのある反射率の高いもので、木下式硬度計で硬度を測定すると、80~160kgf/cm<sup>2</sup>であった。均一の表面硬度の圧雪路面を作ることはできなかったが、表面組織はテカテカした凍結路面であった。したがって、本実験において雪で作製した硬度80~160kgf/cm<sup>2</sup>のものをすべて凍結路面とした。



図Ⅲ-1 デコボコ凍結路面

#### Ⅲ-3 実験結果と考察

##### Ⅲ-3-1 スタッドレスタイヤ (STL) の凍結路面温度依存性

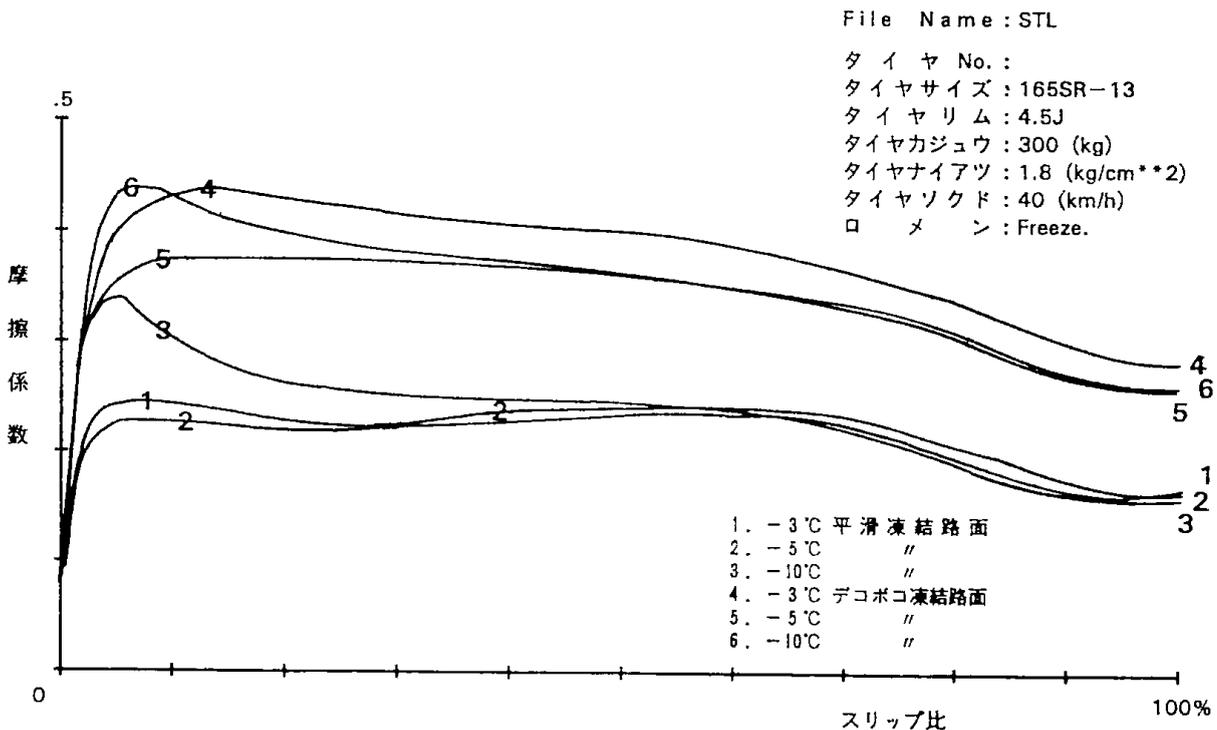
凍結路面の表面がデコボコのない平らな平滑凍結路面とスパイクタイヤで平滑凍結路面をデコボコにしたデコボコ凍結路面の両方の路面でSTLの速度40km/h走行時における凍結路面温度差による $\mu$ -S特性を測定した、その平均した $\mu$ -Sグラフを図Ⅲ-2に示した。

この結果をまとめると次のようになる。

- 1) 平滑凍結路面では、路面温度が $-10^{\circ}\text{C}$ と低いと $\mu$ はスリップのはじまる立ち上がりで急に高くなり、5% S付近で $\mu$ が最大ピークとなる。さらにSが大きくなると急に $\mu$ は低くなるが、20% Sあたりからは徐々に低くなる。また50~100% S間では、 $-3^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ 路面温度では $\mu$ -S値はほぼ同じ値で凍結路面温度差の影響は小さくなる。
- 2)  $-3^{\circ}\text{C}$ ~ $-5^{\circ}\text{C}$ での平滑路面温度での $\mu$ -Sはほぼ同じ値を示したが、デコボコ凍結路面になると路面温度が $-3^{\circ}\text{C}$ と高くなると、 $-5^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ の低い路面温度に比べ10~100% S間で $\mu$ は高くなった。
- 3) デコボコ凍結路面では、 $-10^{\circ}\text{C}$ と路面温度が低いとスリップのはじまる立ち上りの5~8%

S付近で最大ピーク $\mu$ があるが、Sが大きくなるとしたがって $\mu$ は低くなり、30~100% Sでは $-5^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ の路面温度では $\mu$ -S値はほぼ同じであった。

- 4) 以上の結果から雪で作製した最もすべり易い平滑凍結では、 $-10^{\circ}\text{C}$ のSが約40%以下の低スリップ比の一部を除くと、 $-3^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ の路面温度差による $\mu$ -S特性の差が小さいと考えることができる。
- 5) デコボコのすべりにくい凍結路面では、 $-3^{\circ}\text{C}$ と路面温度が高いほうが、タイヤブレーキによりデコボコ凍結路面からのタイヤエッチによる雪の削り取れた量が多くなっていた。 $\mu$ -S測定でも $\mu$ が高いことから、デコボコ凍結路面では路面温度が高くなると剪断摩擦力によりすべりにくい。



図III-2 STLの凍結路面温度依存性(平滑及びデコボコ凍結路面)

### III-3-2 スパイクタイヤ (SPK) の凍結路面温度依存性

SPKの速度40km/h走行時における平滑凍結路面及びデコボコ凍結路面の路面温度差による凍結路面温度依存性の平均した $\mu$ -Sグラフを図III-3に示した。

この結果をまとめると次のようになる。

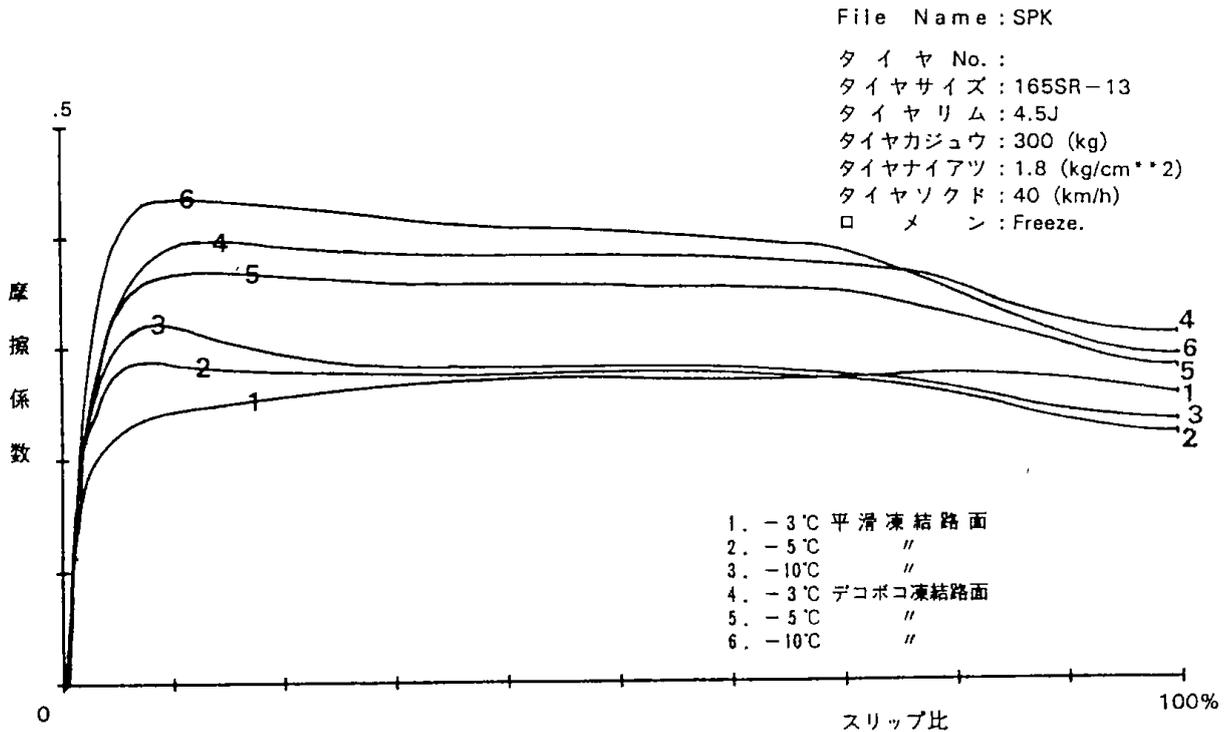
- 1) 平滑凍結路面では、スリップのはじまる立ち上りでは路面温度が低いほど $\mu$ は高くなっているが、30~75% Sになると $-3^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ の路面温度での $\mu$ はほぼ同じ値となっている。75% S付近から100% Sまで少し $-5^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ では

$\mu$ が低くなる、 $-3^{\circ}\text{C}$ 路面温度ではスリップ比が大きくなっても $\mu$ の低下はなく30~100Sではほぼ一定の $\mu$ である。

2) デコボコ凍結路面では、 $-10^{\circ}\text{C}$ 路面温度で0~80% Sまで高い $\mu$ であるが、80~100% Sで $\mu$ の低下が大きくなるため、 $-3^{\circ}\text{C}$ と比べると高S側では路面温度が高い時のほうが $\mu$ が高くなっている。

また、 $-5^{\circ}\text{C}$ の路面温度では0~100% Sで全体的に低くなっている。

3) 平滑及びデコボコ凍結路面では、路面温度が $-3^{\circ}\text{C}$ と高くなると80% S以上の高いスリップ状態では $\mu$ が高く、タイヤエッジによる路面の削り取られている雪の量も多く剪断摩擦力によりすべりにくくなる。



図III-3 SPKの凍結路面温度依存性(平滑及びデコボコ凍結路面)

### III-3-3 スタッドレスタイヤ(STL)の凍結路面粗さによる依存性

雪で作製された表面にデコボコのない平滑凍結路面と平滑凍結路面をスパイクタイヤでデコボコにした $-5^{\circ}\text{C}$ の凍結路面上でSTLの速度40km/hのすべり摩擦係数—スリップ比( $\mu$ -S)を測定した凍結路面粗さ依存性のグラフを図III-4に示す。

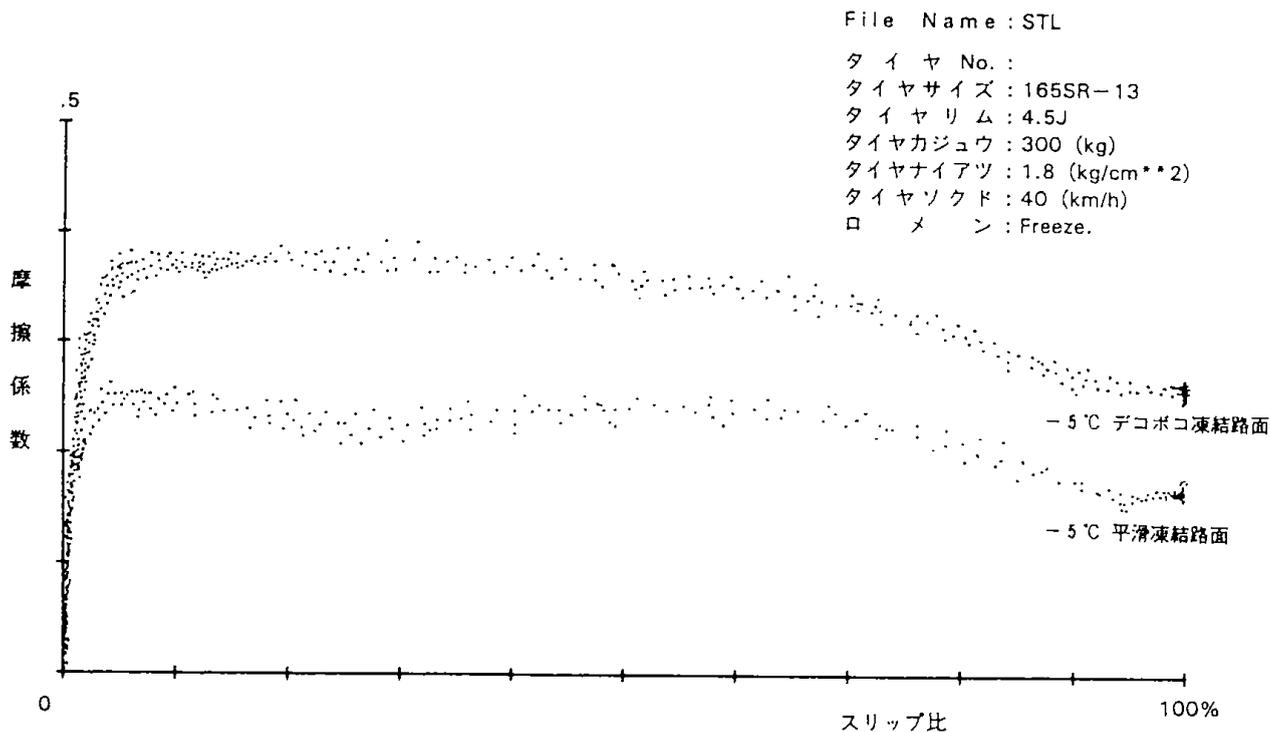
平滑路面では、0~100% S間では、10% Sと60% Sのところに、2つのなだらかなピークのある山型の曲線となっている。また、70% Sの付近あたりから、Sが高くなるにしたがって $\mu$ の低下率は大きくなるが、95% Sから100% Sにかけては $\mu$ の低下はない。凍結路面が平滑からデコボコ路面になると全体的に $\mu$ -S曲線は0~100% S間では、60~70%ほど $\mu$ は高くなる。最も低い100%

S値では約 $0.164\mu \rightarrow 0.261\mu$ と路面がデコボコになると59%高くなり、凍結路面の粗さによるタイヤ性能の差は大きい。

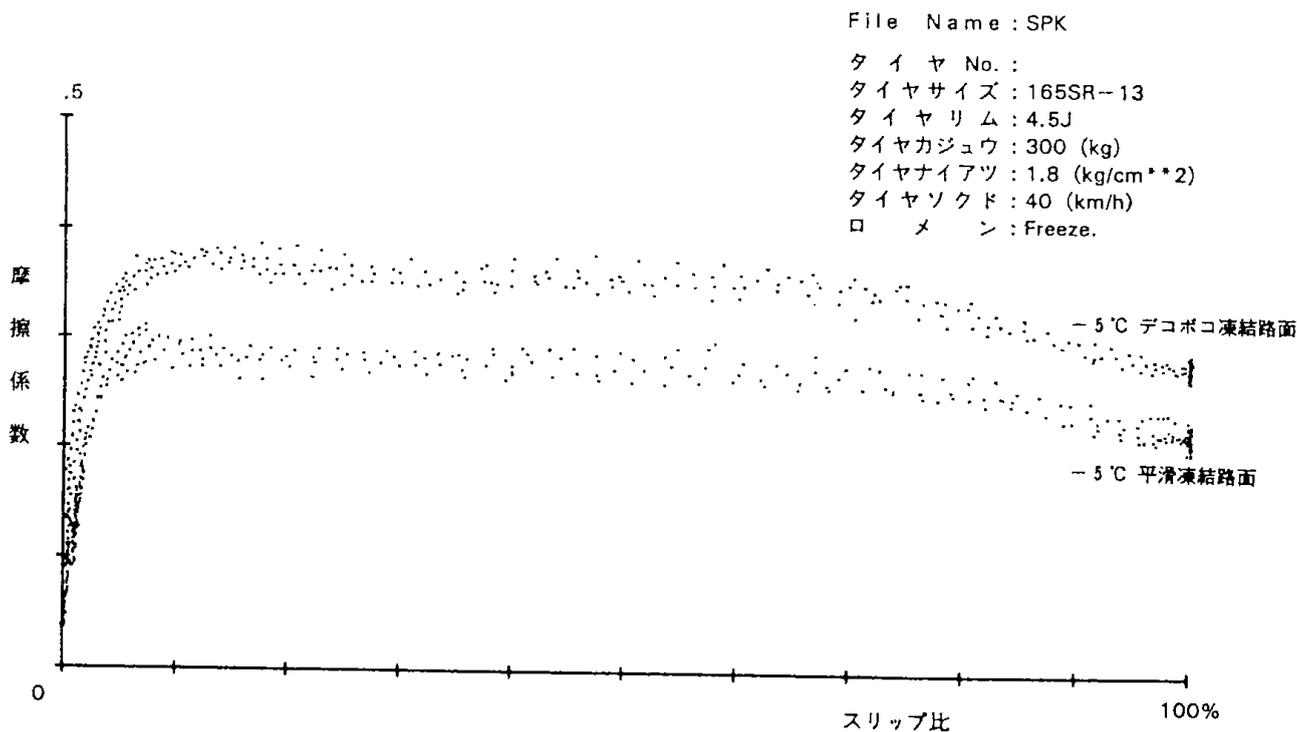
### III-3-4 スパイクタイヤ(SPK)の凍結路面粗さによる依存性

SPKの速度40km/hの $-5^{\circ}\text{C}$ 平滑凍結路面とデコボコ凍結路面の粗さ依存性の $\mu$ -Sグラフを図III-5に示す。

平滑及びデコボコ凍結路面の40km/hの速度におけるSPKの $\mu$ 値は、全体的に0~100% Sとスリップ比が変化しても $\mu$ -S曲線の型はほぼ同じである。5~70% S間では、Sが変化してもほぼ一定の $\mu$ 値で、70%付近から高スリップ比になるにしたがって徐々に $\mu$ は低下している。凍結路面が平滑からデコボコ路面になると、40km/hの $\mu$ -S曲



図Ⅲ-4 STL の凍結路面粗さを依存性 (平滑及びデコボコ凍結路面)



図Ⅲ-5 SPK の凍結路面粗さ依存性 (平滑及びデコボコ凍結路面)

線は全体的に約30%ほど $\mu$ は高くなる。

また、タイヤロック状態の最も $\mu$ の低い100% S値では、40km/hの速度の平滑凍結路面で0.216 $\mu$ 、デコボコ凍結路面で0.276 $\mu$ となり、路面が

デコボコに荒れることにより約28%ほど $\mu$ 値は高くなる。凍結路面の粗さによるタイヤ性能差はSTLに比べ小さい。

### Ⅲ-3-5 STLとSPKの $\mu$ -S特性の差

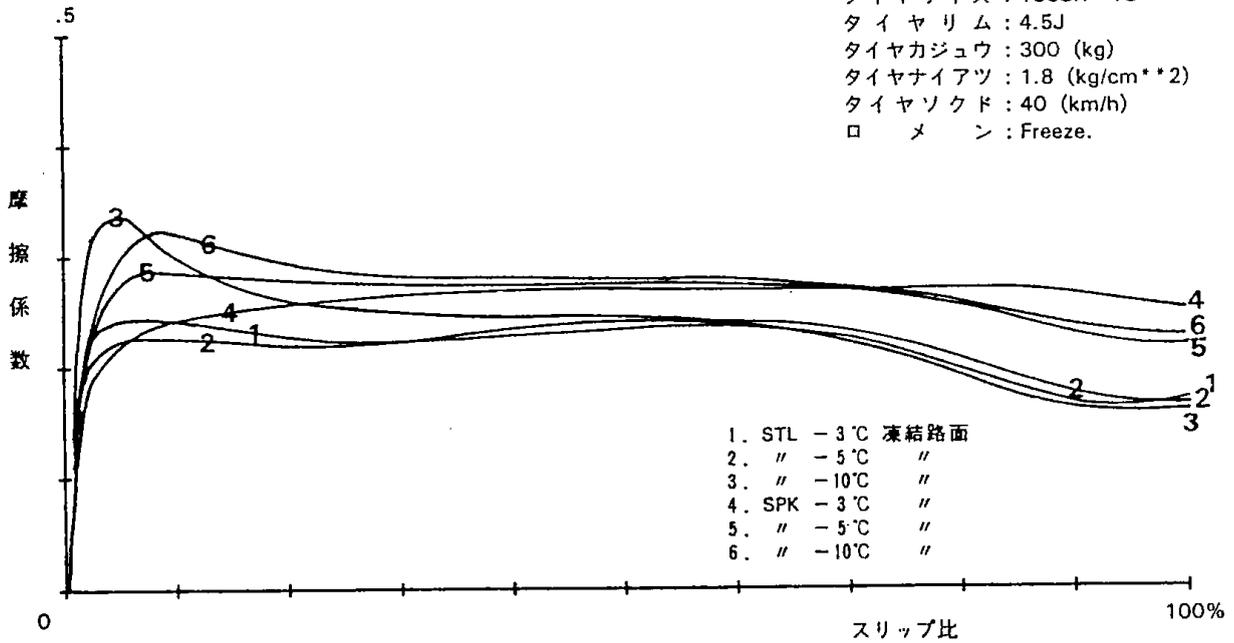
STL及びSPKの $-3^{\circ}\sim-10^{\circ}\text{C}$ の平滑凍結路面及びデコボコ凍結路面における速度40km/hにおける $\mu$ -S特性差の平均した値のグラフを図6及び

7に示す。

また、これらの結果をまとめると次のようになる。

File Name : STL,SPK

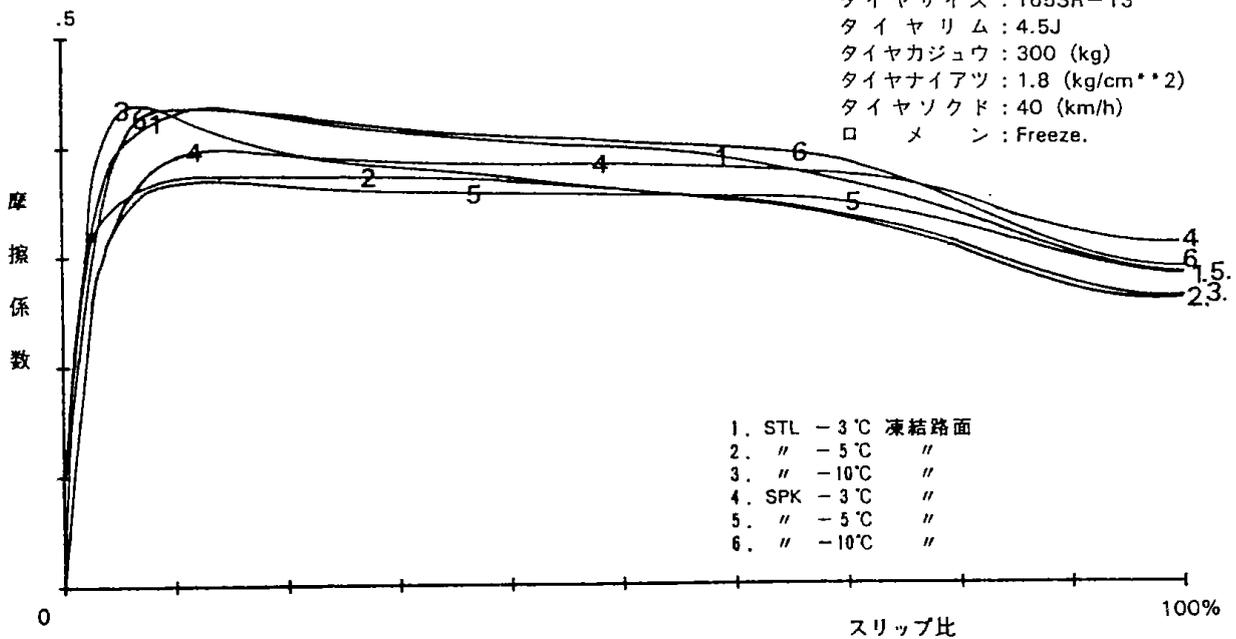
タイヤ No. :  
 タイヤサイズ : 165SR-13  
 タイヤリム : 4.5J  
 タイヤカジュウ : 300 (kg)  
 タイヤナイアツ : 1.8 (kg/cm<sup>2</sup>)  
 タイヤソクド : 40 (km/h)  
 ロ メ ン : Freeze.



図Ⅲ-6 平滑凍結路面の $\mu$ -S特性差 (STL-SPK)

File Name : STL,SPK

タイヤ No. :  
 タイヤサイズ : 165SR-13  
 タイヤリム : 4.5J  
 タイヤカジュウ : 300 (kg)  
 タイヤナイアツ : 1.8 (kg/cm<sup>2</sup>)  
 タイヤソクド : 40 (km/h)  
 ロ メ ン : Freeze.



図Ⅲ-7 デコボコ凍結路面の $\mu$ -S特性差 (STL-SPK)

### Ⅲ-3-5-1 平滑凍結路面の場合(図Ⅲ-6)

- 1)  $-3^{\circ}\text{C}$ の凍結路面では、SPKは低Sから高S側にSが高くなるにしたがって $\mu$ は少しであるが高くなる、STLは5~8%と60% S付近に2つのなだらかな小さい粘着とすべり摩擦によると考えられるピーク $\mu$ 値があるが $\mu$ 値ではSPKの $\mu$ は13~25%ほど高くなっている。STLは70%以上の高S側では $\mu$ はだんだんと低下していくのに対し、SPKはほぼ一定であるため、100% SではSTLが $0.170\mu$ 、SPKは $0.251\mu$ でSPKのほうが48%ほど高い。
- 2)  $-5^{\circ}\text{C}$ の凍結路面では、STLは $-3^{\circ}\text{C}$ の凍結路面とほぼ同じ $\mu$ -S特性である。SPKとの差は、50% S付近で最も小さく約10%~12%、低S側及び高S側では約25~35%ほどSPKのほうが高い $\mu$ となっている。
- 3)  $-10^{\circ}\text{C}$ の凍結路面では、スリップのはじまる立ち上り付近ではSTLの方が $\mu$ が高いが10% SをこえるとSPKの方が $\mu$ が高くなる。15~65% S間では13~15%ほど高くなる。70% S以上からは、高S側になるほど差が大きくなり、100% SではSTLが $0.158\mu$ 、SPKは $0.228\mu$ で約44%ほどSPKが高くなる。

### Ⅲ-3-5-2 デコボコ凍結路面の場合(図Ⅲ-7)

STLとSPKの $-3^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ のデコボコ凍結路面での40km/hにおける $\mu$ -S特性の差は次のようになる。

- 1)  $-3^{\circ}\text{C}$ の凍結路面では、0~65% S間においては、低SでSTLが高く、高SになるにしたがってSTLとSPKの $\mu$ に差はなくなるが、65% Sから高Sになるにしたがって少しずつ逆にSPKの $\mu$ が高くなり差が生じ、100% SでSTLが $0.281\mu$ 、SPKは $0.307\mu$ でSPKのほうが約9%ほど高い。
- 2)  $-5^{\circ}\text{C}$ の凍結路面では、STLとSPKの $\mu$ -S特性は $-3^{\circ}\text{C}$ 凍結路面とやや同じような傾向であるがその差は小さい。55% Sでの $\mu$ の差はなくなる。100% SでSTLが $0.261\mu$ 、SPKは $0.276\mu$ でSPKのほうが約6%ほど高い。
- 3)  $-10^{\circ}\text{C}$ の凍結路面では、平滑凍結路面と同じ傾向でスリップのはじまる立ち上り付近ではSTLの方が $\mu$ が高いが、10% SをこえるとSPKが高くなりはじめ、20%~100% S間では約8~14%ほど $\mu$ が高くなる。100% SではSTL  $0.257\mu$ で、SPKは $0.286\mu$ でSPKのほうが約11%ほど

高い。

## Ⅲ-4 結 論

雪で作製した硬度80~160kgf/cm<sup>2</sup>(木下式硬度計)の最もタイヤが滑りやすい平滑凍結路面と、その平滑凍結路面をスパイクタイヤで走行させて作ったデコボコ凍結路面で、STL及びSPKを輪荷重300kgf、速度40km/h、凍結路面温度 $-3^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ 条件で行った、室内ドラム式雪氷路タイヤ試験機による $\mu$ -S特性試験の結果をまとめると次のようになる。

### Ⅲ-4-1 平滑凍結路面による性能特性

- 1) STL及びSPKは、平滑凍結路面温度変化による $\mu$ -S特性の変化は低Sを徐いて小さいため、温度依存性の小さい雪氷路タイヤである。
- 2) SPKはSTLと比べると、10% S以下の低スリップ比を除くと、10~70% S間では約13~20%、70~100% S間では約30~45%ほど $\mu$ は高くなり、高スリップ比になるにしたがって性能差が大きくなる。このように高S側で $\mu$ の差が大きくなるのは、STLが水膜による $\mu$ の低下が高Sで大きくなるため、一方SPKはスパイクピンの作用が高Sで大きくはたらくからである。しかしSTL及びSPKは雪で作製した平滑凍結路面では、スケートリンク状の氷盤路面より $\mu$ -S路面温度依存性が小さく、かつ $\mu$ の値も高く滑りにくい。

### Ⅲ-4-2 デコボコ凍結路面による性能特性

- 1) STLは、デコボコ凍結路面になると路面温度が $-6^{\circ}\text{C}$ 以上高くなると20% S以下の低スリップ比では $\mu$ に差があるが、20% S以上になると路面温度変化による $\mu$ に差が少なく路面温度依存性が小さい。しかし、凍結路面温度が $-3^{\circ}\text{C}$ と高くなると $\mu$ が高くなり制動性能はよくなる。
- 2) SPKは、凍結路面温度により $\mu$ -Sには差がある。 $-10^{\circ}\text{C}$ と低い温度では70% S以下の低スリップ比側で $\mu$ は高く、それ以上の高スリップ側で $\mu$ は低くなる。 $-3^{\circ}\text{C}$ と高い路面温度のときは、0~100% S間で平均に高く、特に高Sで $\mu$ は高い。
- 3) 平滑凍結路面からデコボコ凍結路面になると、STLは大幅に $\mu$ はよくなる。またSTLとSPKの $\mu$ -S性能特性の差は平滑凍結路面に比べ全体的に小さくなっている。高S側で特に $\mu$ の差が小さくなっている。

### 参考文献

1. 酒井：タイヤ工学，グランプリ出版
2. 日本自動車タイヤ協会：スタッドレスタイヤ試験結果報告書（昭和61年5月）
3. 河端淳一ほか：昭和63年度公害特別研究報告書  
平成元年9月，42-II-13
4. 矢田ほか：昭和61年度度公害特別研究報告書  
昭和62年8月，45-1-5
5. 広木栄三，窪田大：スパイクタイヤ及びスタッドレスタイヤの性能特性，産業公害 Vol. 26,  
No. 2, 1990.

## 第IV章 雪氷路タイヤの高性能化研究

### (すべり止材入りトレッドゴムブロックの圧縮特性と摩擦特性)

窪田 大, 広木 栄三

#### IV-1 はじめに

積雪寒冷地の雪氷路面で使用するタイヤなどの交通関連材は走行時に十分な安全性を確保するために、雪氷路面でのすべり摩擦係数が高く、耐久性のある材料の開発がどうしても必要である。

当研究室では昭和60年度以来、インサイドドラム型室内試験機を用いて雪氷路面における各種氷雪路用タイヤの摩擦特性等の研究<sup>1)・2)</sup>を行い各方面の方々に利用され現在に至っている。

本報告はゴム素材に各種繊維素材や充填材などを加えて成形した各種ゴム系複合材料（ゴムブロック）の硬度試験や圧縮試験のほか、試作したターンテーブル型摩擦特性測定装置を用いて氷盤面

におけるすべり摩擦特性の実験を行ったので報告する。

#### IV-2 供試材料および実験方法

##### IV-2-1 素材および成形方法

成形にはゴム硬度の異なる2種類のゴム素材であるゴム練生地を用いた。ゴム硬度（JIS-A）が58～61のものを、以後ゴム素材Aとする。またゴム硬度が64～65のものを、以後ゴム素材Bとする。

成形に使用した繊維素材および充填材をまとめて表IV-1に示す。

表IV-1 各種繊維素材と充填材

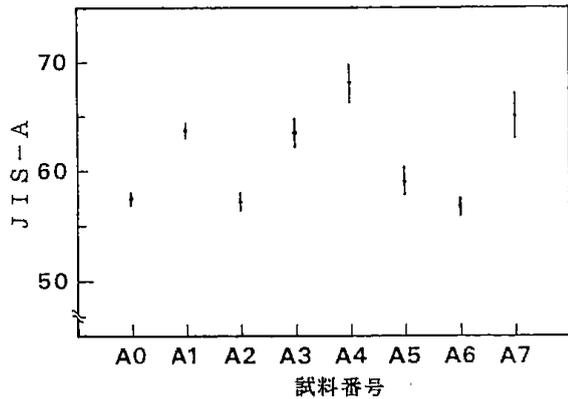
	素材名	添加量	成形試料名
試料1素材	カーボン繊維(10mm L)	1 g	A 1-1, B 1-1
試料2素材	ガラスビーズ(297~420 μm)	4 g	A 2-4, B 2-4
試料3素材	アラミド繊維(10mm L)	1 g	A 3-1, B 3-1
試料4素材	ガラスマット(10mm×10mm)	4 g	A 4-4, B 4-4
試料5素材	ゲル用粉末	0.5, 2 g	A 5-0.5, A 5-2 B 5-0.5, B 5-2
試料6素材	亜鉛末	2 g, 4 g	A 6-2, A 6-4 B 6-2, B 6-4
試料7素材	PEEK繊維	1 g	A 7-1, A 7-1

成形方法は、まず上記のゴム素材Aまたはゴム素材Bに表IV-1に示した繊維素材や充填材を混練するため、試験用ロールをあらかじめ100～110℃前後に熱したロール間でゴム素材（80 g r）をまず延伸してから、各種繊維素材などを入れてよく混練させて未加硫ゴムとして取り出し、これを卓上プレスの上盤と下盤間で150℃に熱してある金型内に入れて、一定圧（20kg f/cm<sup>2</sup>）のもとで一定時間（20分）保持した後に、加硫成形ゴム（ゴムブロック板）として取り出し、これを供試験体とした。なおゴム素材およびゴム素材Bのみで加

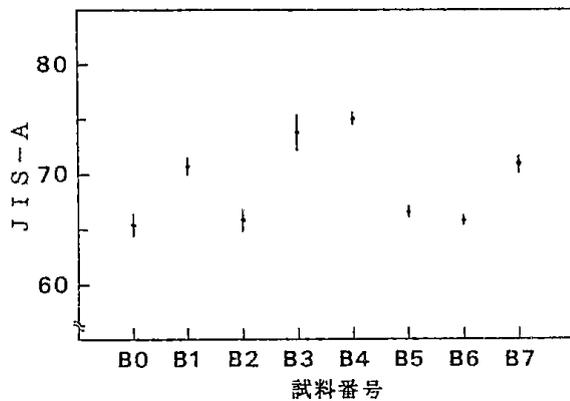
硫成形したものを標準試料A-0およびB-0とする。

##### IV-2-2 ゴム硬度試験

加硫成形した各種ゴムブロック板（70×70×15mm）を恒温恒湿室内（23±3℃，50±5%RH）で1週間以上の状態調節を行った後、ゴム硬度計（高分子計器製Type-JA）を用いてゴムブロック板の5ヶ所のゴム硬度（JIS-A）を測定し、その平均値で示したのが図IV-1および図IV-2である。



図IV-1 各試料のゴム硬度



図IV-2 各試料のゴム硬度

#### IV-2-3 ゴム圧縮試験

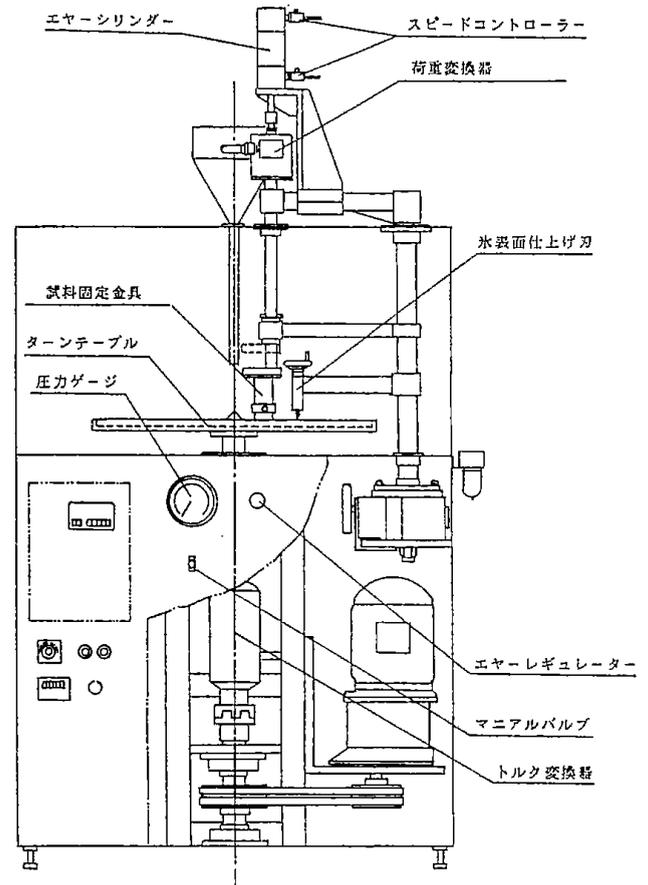
加硫成形して作製したゴムブロック板 (70×70×15mm) から圧縮試験用 (15×20×25mm) として帯鋸を用いて切り出し、端面をエメリーペーパー (400番) で仕上げて試験片とした。

圧縮試験はインストロン万能材料試験機を使用して、上記の試験片を恒温恒湿室 (23±3℃, 50±5%RH) で1週間以上の状態調節を行った後、試験速度が5mm/分、圧縮荷重を0~50kg fまで繰り返し (1回) 負荷した時の各試験片の圧縮荷重 (P kg f) - ゴム変形量 (ε mm) を求めた。

#### IV-2-4 ゴム摩擦試験

加硫成形して作製したゴムブロック板 (70×70×15mm) から摩擦特性試験用 (15×20×25mm) として帯ノコを用いて切り出し、端面をエメリーペーパー (400番) で仕上げて試験試料 (氷接触面は20mm×15mm) とした。

ターンテーブル型摩擦特性測定装置の概略図を



図IV-3 ターンテーブル型摩擦測定装置

図IV-3に示す。

本装置は図IV-3に示すように低温槽内には氷盤面を作製するためのターンテーブル (600mm φ), 試料固定金具および氷盤面の切削のための刃を配置してある。また槽外にはターンテーブルを一定速度で回転させる駆動部, 試料が氷盤面に任意の押し付け荷重で負荷するためのエアーシリンダーおよび荷重変換器, 試料と任意の回転数でターンテーブル上面の氷盤面間に発生するトルクをトルク変換器から動歪測定器を介してサーマルアレイリコーダーで荷重と同時に計測している。その他、槽内温度と路面温度用熱電対端子を取り付けて温度記録している。

いまゴム摩擦試験用試料 (ただし、繊維素材を含む試料はロール圧延方向を使用した。) とターンテーブル (氷盤面) 間に慣性力が働かないものと仮定して、しかも試料と氷盤面が直角に作用するものとして、試料と氷盤面間にはたらく摩擦係数 (以後、 $\mu$  と略記する) を次式から求めた。

$$T = F R \quad (1)$$

$$F = \mu W \quad (2)$$

$$T = \mu W R \quad (3)$$

$$\mu = T / W R \quad (4)$$

ただし、R：ターンテーブル中心から試料中心までの距離 (m)

T：トルク値 (kg f - m)

W：試料押し付け荷重 (kg f)

F：試料に発生する力 (kg f)

$\mu$ ：摩擦係数 (-)

いま、 $R=0.17\text{m}$ とすると、

$$\mu = T / 0.17W \quad (5) \text{となる。}$$

### IV-3 実験結果および考察

#### IV-3-1 各試料の硬度特性

図IV-1および図IV-2から標準試料 (A-0, B-0) と表IV-1に示した繊維素材などを添加して成形した各試料のゴム硬度を比べると、ゴム素材に繊維素材を加えて成形した各試料のゴム硬度の方が標準試料より大きく増加している。特に試料4はガラスマットのため試料内部でランダムに混合しており非常に高い値を示した。これに次いで長さ10mmの短繊維を加えて成形した試料1, 試料3および試料7が大きかった。またゴム素材Aに繊維素材を加えて成形した各試料Aの方が各試料Bよりばらつきが大きくなっている。

これはゴムブロック板の成形圧盤側のゴム硬度を測定しているため、ゴム硬度の低いゴム素材Aを用いて成形した各試料ではゴム硬度計で押し込む際に、繊維素材の積み重ねられた部分では硬度が高く、ゴムの多い部分では硬度が低くなるためにばらつきが大きくなっている。これに対しゴム硬度の高いゴム素材Bを用いて成形した各試料ではゴム自体の硬度も高く、しかもゴムと繊維素材の積み重ねられた部分が一体となって動くためにゴム硬度のばらつきが小さかったものと考えられる。

ガラスビーズを加えて成形した試料2では、試料B2の方が標準試料よりもわずかに増加しているが、試料A2では逆に標準試料よりわずかに硬度が低下している。

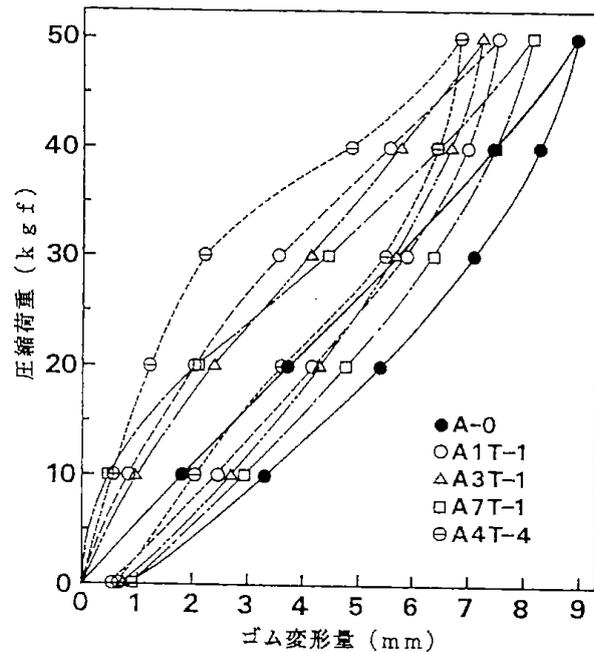
ゲル粉末を加えて成形した試料5では標準試料よりも増加傾向を示している。

亜鉛末を加えて成形した試料6では逆にわずかであるが低下している。

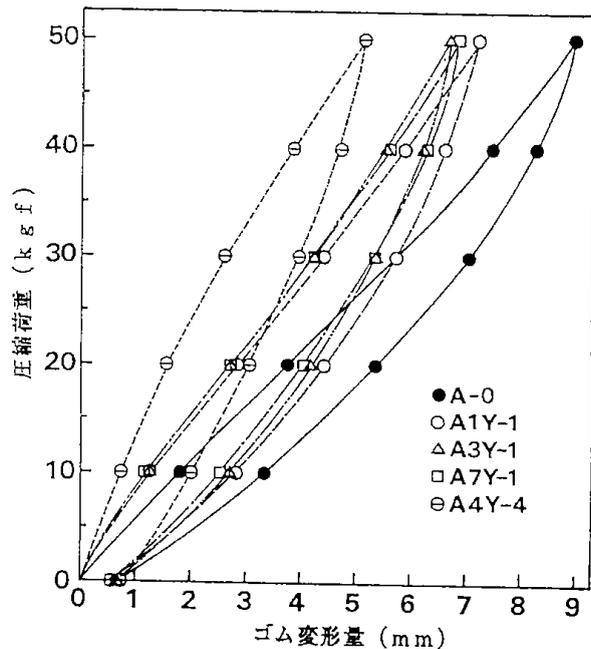
#### IV-3-2 各試料の圧縮特性

##### IV-3-2-1 繊維素材による圧縮特性への影響

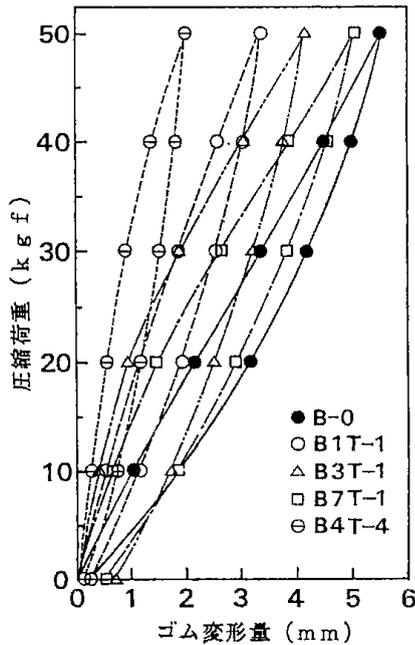
ゴム素材 (AまたはB) に種類の違う繊維素材 (カーボン, アラミド, ガラスマットおよびPEEK) を補強して成形した各ゴムブロック材 (AおよびBの試料1-1, 試料3-1, 試料4-4および試料7-1) のロール圧延方向 (以後, T方向と略記する) およびロール軸方向 (以後, Y方向と略記する) の圧縮荷重 (P) - ゴム変形量 ( $\epsilon$ ) の挙動をそれぞれ図IV-4~図IV-7に示す。



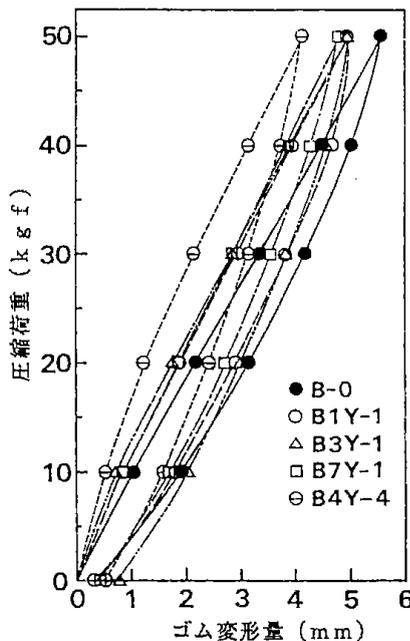
図IV-4 各試料の圧縮荷重とゴム変形量



図IV-5 各試料の圧縮荷重とゴム変形量



図IV-6 各試料の圧縮荷重とゴム変形量



図IV-7 各試料の圧縮荷重とゴム変形量

いま標準試料の各荷重値でのゴム変形量を基準として各試料のT方向およびY方向の各荷重値でのゴム変形量の変化で比較することにする。

図IV-4から、試料A 7 T-1は圧縮荷重が10kgfの時にゴム変形量がA-0の約74%と大きく低下した後で座屈が見られたのに対し、試料A 4 T-4は30kgfで約61%に低下後に座屈を示している。しかし試料A 1 T-1および試料A 3 T-1には試料A 7 T-1などに見られたような座屈は

生じていない。

特に、試料A 4 T-4はガラス繊維含有量が4grと他の繊維より多く、しかもマットのため試料全体にランダムになっており、また試料7 T-1も表IV-1には示していないが他の繊維より細い繊維のため混練中に配向が進み、圧縮荷重の増加とともに繊維部分に座屈を生じて試料全体が耐えられなくなったものと考えられる。

図IV-5から、試料A 4 Y-4を除いた他の試料では、試料間の差は小さいがそれでも繊維素材を添加することによって標準試料A-0のゴム変形量に比べると荷重の増加とともにかなりゴム変形量が低下していることがわかる。

特に、試料A 4 Y-4は上述したようにガラス繊維がランダム化しているため他の試料より大きなゴム変形量の低下を示しているが、各試料とも繊維が方向性を持って積み重ねた様に成形されるため、ほぼ圧縮荷重の増加に比例して座屈もなくゴム変形していることがわかる。

図IV-6から、ゴム素材に繊維素材を添加して成形した各試料には明らかにB-0よりゴム変形量が低下している。また繊維素材の違いによって圧縮特性に相違が見られる。特に試料B 4 T-4はマットでガラス繊維量が他の試料より多いことや試料B 1 T-1がカーボン繊維とゴム素材との混練中に繊維のせん断が起り微細化してゴム素材と良く混練されたため、圧縮荷重が増加してもゴム変形量の低下を大きく保持していることが考えられる。

図IV-7から試料B 4 Y-4を除いて、繊維素材の違いによる試料間のゴム変形量の差が小さいようである。しかし各試料(B 4 Y-4を除く)のゴム変形量はB-0と比べると約25~35%に低下している。

以上のことから、ゴム素材に繊維素材を添加して成形することによって各試料のT方向およびY方向のゴム変形量は標準試料(A-0, B-0)に比べると荷重の増加とともにいずれの試料もゴム変形量が低下している。そのうちT方向の試料の方がY方向よりゴム変形量の低下が大きく明らかに方向性による影響がみられる。また各試料が硬度試験のところで述べた様に繊維素材の添加によって硬度が増加していることと一致する。なお試料の中には荷重が増加するとゴム変形量が大きく低下した後、座屈を生じて大きく増加を示して

次第に標準試料に近い小さな低下になっている。

#### IV-3-2-2 粉末素材による圧縮特性への影響

ゴム素材 (A, B) に粉末素材 (発泡材, 亜鉛末) を加えて成形したゴムブロック板 (A および B の試料 5-2, 試料 6-2) の圧縮特性 ( $P-\epsilon$ ) について以下に述べる。なお標準試料や繊維素材を含まない各試料は方向性が小さかったので各試料の一方向のみの圧縮試験結果である。

試料 A 5-2 のゴム変形量は 10kg f の時は A-0 の約 22%, 50kg f の時には約 17% の低下しているのに対し, 試料 A 6-2 では 10kg f で約 7% の低下, 50kg f で約 4% に低下している。

試料 B 5-2 のゴム変形量は 10kg f および 50kg f の時で B-0 のそれぞれ約 11% に低下している。これに対して試料 B 6-2 では 10kg f の時で約 2% に低下しているが, 50kg f では逆に B-0 より約 1% のゴム変形量が増加していることから, ゴム素材に亜鉛末を添加することによって試料の硬度が低下していることが考えられる。これは硬度試験の結果とも一致する。

そこでゴム素材に亜鉛末を添加して成形した試料に標準試料よりゴム変形量が少し大きくなったものがあつたので, 亜鉛末の添加量を 4 g r に増やして成形した試料の圧縮荷重-ゴム変形挙動を示したのが図 IV-8 および図 IV-9 である。

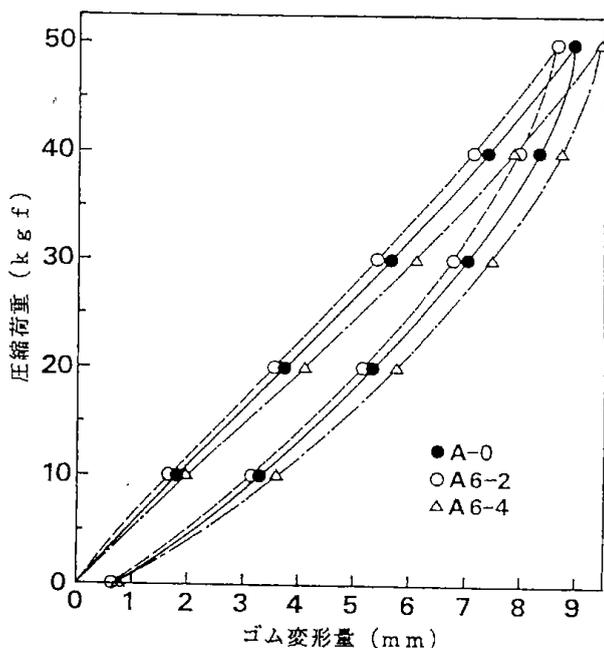


図 IV-8 各試料の圧縮荷重とゴム変形量

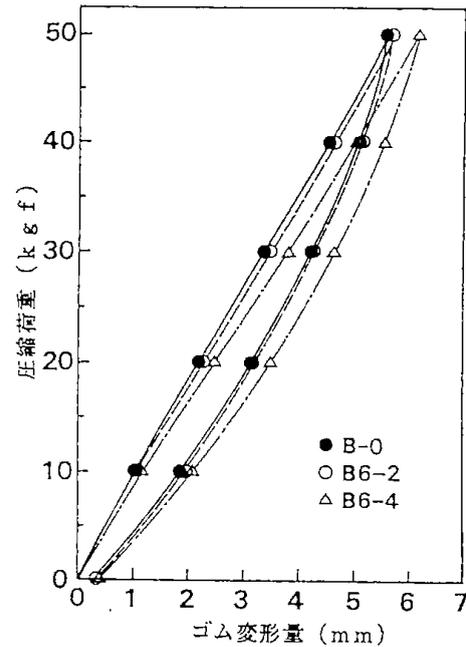


図 IV-9 各試料の圧縮荷重とゴム変形量

図 IV-8 から, 試料 A 6-4 のゴム変形量が明らかに添加量の増加によって A-0 より大きくなっていることがわかる。例えば, 試料 A 6-4 では 10kg f の時で A-0 の約 11% の増加, また 50kg f の時も約 5% の増加を示しているから試料が軟化していることがわかる。

図 IV-9 から, 試料 B 6-4 は図 IV-8 の試料 A 6-4 と同じく, B-0 に比べてゴム変形量が添加量の増加によって大きくなっていることがわかる。

いま, 試料 B 6-4 の圧縮荷重が 10kg f の時のゴム変形量が B-0 の約 14% に増加, また 50kg f の時も約 10% に増加していることから, この試料が軟化していることがわかる。

#### IV-3-2-3 球状素材による圧縮特性への影響

ゴム素材 (A, B) に球状素材 (ガラスビーズ) を加えて成形した試料 A 2-4 および試料 B 2-4 の圧縮特性について以下に述べる。

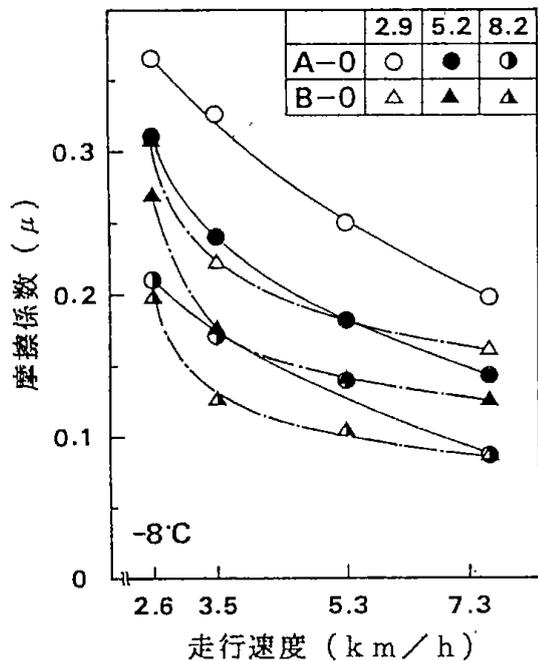
試料 A 2-4 のゴム変形量は A-0 に比べて, 10kg f および 50kg f の時はそれぞれ約 7% と約 5% に低下している。

試料 B 2-4 のゴム変形量は B-0 に比べてわずかであるが増加傾向が見られる。すなわち, 圧縮荷重が 10kg f および 50kg f の時はゴム変形量がそれぞれ約 2% と約 1% に増加している。

### IV-3-3 各試料の摩擦特性

#### IV-3-3-1 標準試料の摩擦特性

氷盤面温度が $-8^{\circ}\text{C}$ または $-3^{\circ}\text{C}$ の条件のもとで、標準試料(A-0, B-0)の押し付け応力(2.9, 5.2および $8.2\text{ kg f/cm}^2$ )とターンテーブルの走行速度(2.6, 3.5, 5.3および $7.3\text{ km/h}$ )を変えて行った時の摩擦係数( $\mu$ )の変化を図IV-10および図IV-11に示す。

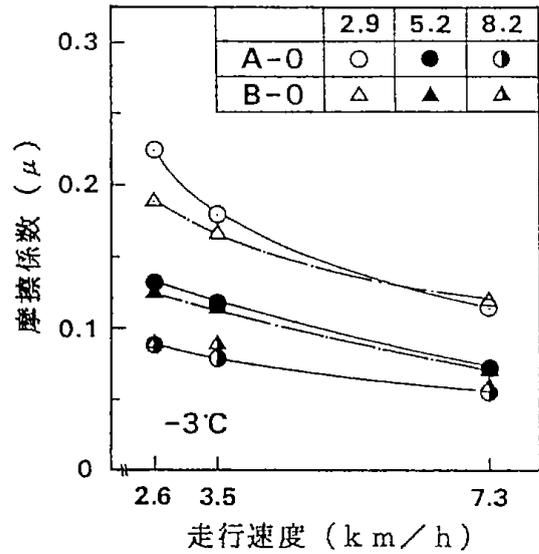


図IV-10 走行速度と標準試料の摩擦係数

図IV-10から、氷盤面温度が $-8^{\circ}\text{C}$ の時の試料A-0と試料B-0の $\mu$ で比べると、遅い速度( $2.6\text{ km/h}$ )で小さい押し付け応力( $2.9\text{ kg f/cm}^2$ )ほど図中には示していないが $\mu$ のばらつきも大きいと明らかに両試料間の差も大きくなっているのに対し、早い速度( $7.3\text{ km/h}$ )で高い応力( $8.2\text{ kg f/cm}^2$ )ほどばらつきも両試料間の差も小さくなっている。

図IV-11から、 $-3^{\circ}\text{C}$ の時は低い応力で遅い速度の時でも両試料間の $\mu$ の差が小さくなっている。

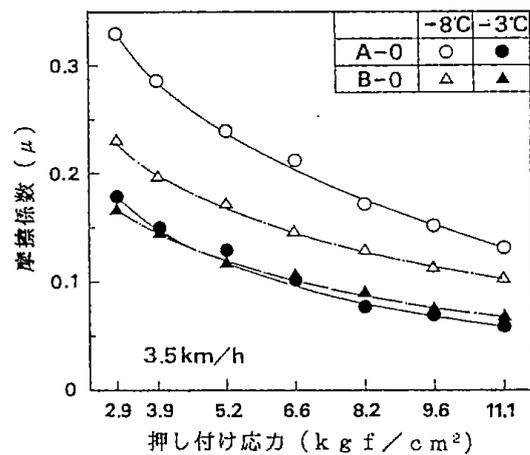
これらの図から両試料の $\mu$ はともに氷盤面温度の低い $-8^{\circ}\text{C}$ の方が $-3^{\circ}\text{C}$ より高くなっていることがわかる。



図IV-11 走行速度と標準試料の摩擦係数

次に、氷盤面温度( $-8^{\circ}\text{C}$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$ )下で、走行速度( $3.5\text{ km/h}$ )を一定にして、標準試料の押し付け応力を変えた時の $\mu$ の変化を図IV-12に示す。

図から明らかなように、 $-8^{\circ}\text{C}$ では両試料の押し付け応力の小さいところでは $\mu$ も大きく、しかも両試料間に差も大きくなっている。しかし、 $-3^{\circ}\text{C}$ では両試料とも押し付け応力を変えても $\mu$ の差が小さかった。



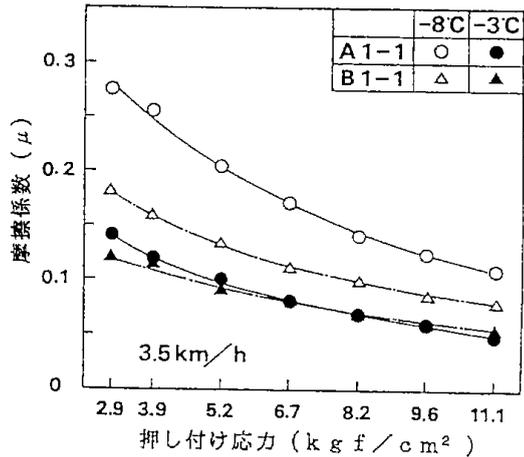
図IV-12 標準試料の押し付け応力と摩擦係数

なお、各ゴム素材に繊維素材、粉末素材および球状素材などを加えて成形した各試料の $\mu$ については、すべて氷盤面温度( $-8^{\circ}\text{C}$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$ )の条

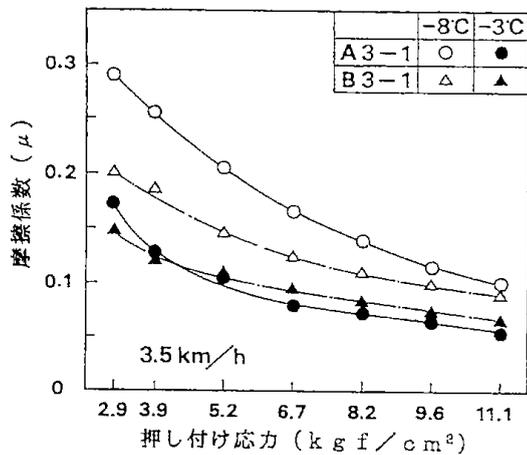
件下で、走行速度 (3.5km/h) を一定にして、試料押し付け応力を変えた時の $\mu$ の変化で示す。

#### IV-3-3-2 繊維素材を添加した試料の摩擦特性

ゴム素材に繊維素材を添加して成形した各試料の $\mu$ をそれぞれ図IV-13~図IV-16に示す。



図IV-13 各試料の押し付け応力と摩擦係数



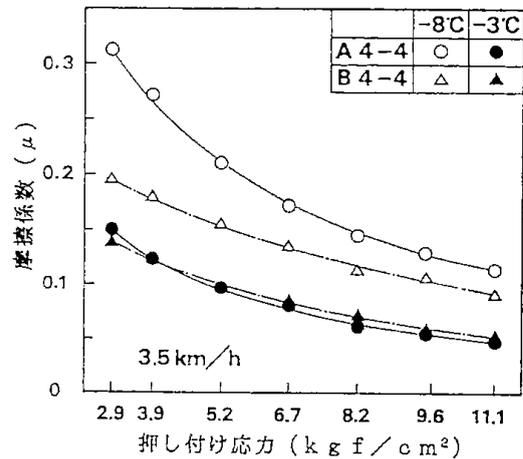
図IV-14 各試料の押し付け応力と摩擦係数

これらの図から、いずれの試料の $\mu$ も図IV-12に示した標準試料より大きく低下していることがわかる。

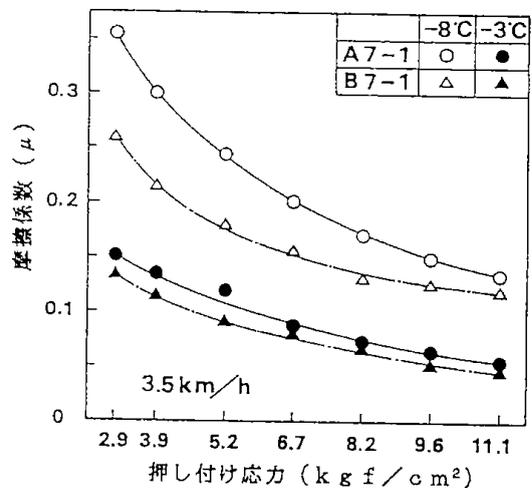
いま図IV-13を例に説明すると、 $-8^{\circ}\text{C}$ の時は試料押し付け応力が増加すると試料間の $\mu$ に大きな差が認められるが、 $-3^{\circ}\text{C}$ の時は試料押し付け応力の小さい ( $2.9\text{kgf}/\text{cm}^2$ ) ところで試料A1

-1の方が試料B1-1より少し高くなっている。その後、押し付け応力の増加とともに両試料間の差はほとんどなくなっている。他の各試料についても図IV-14~図IV-16に示したように図IV-13と同じ様な $\mu$ の変化を示していることから、ゴム素材に各繊維素材を添加して成形した試料では、前述したように標準試料よりゴム硬度の増加やゴム変形量が大きく低下しており、氷盤面でのゴム粘着性が低下し、そのため $\mu$ が低下したものと考えられる。

また、 $-3^{\circ}\text{C}$ の時は、特に試料押し付け応力が増加するとゴムと氷盤面との接触部分に摩擦熱のため氷の融解が起こり易く、水の発生のために両試料間の $\mu$ の差が小さくなったものと考えられる。



図IV-15 各試料の押し付け応力と摩擦係数



図IV-16 各試料の押し付け応力と摩擦係数

### IV-3-3-3 粉末または球状素材を添加した試料の摩擦特性

ゴム素材にゲル用粉末の添加量 (0.5 g r または 2 g r) を加えた成形した試料の  $\mu$  の変化を図 IV-17 および図 IV-18 に示す。

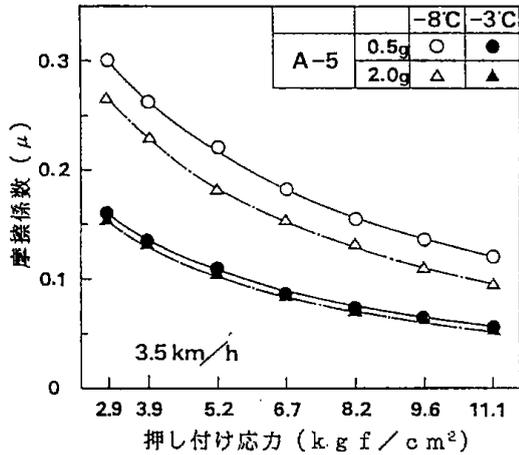


図 IV-17 各試料の押し付け応力と摩擦係数

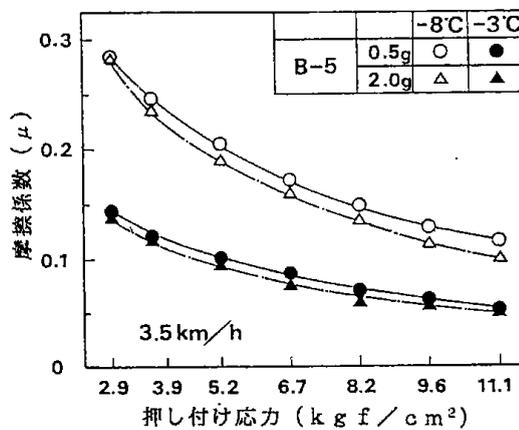


図 IV-18 各試料の押し付け応力と摩擦係数

図 IV-17 から、ゴム素材 A に添加量を増加することによって、 $-8^{\circ}\text{C}$  の時には試料 A 5-2 の  $\mu$  の方が試料 A 5-0.5 よりも低くなっており、また  $-3^{\circ}\text{C}$  の時も両試料間の  $\mu$  に差がほとんどないことから、ゲル用粉末の添加量増加による影響が見られない。

図 IV-18 から、両試料 (B 5-0.5 および試料 B 5-2) の  $\mu$  については、両氷盤面温度での  $\mu$  に

差が小さかったが、特に  $-8^{\circ}\text{C}$  の時の両試料の  $\mu$  については図 IV-12 に示した標準試料 B-0 より大きくなっているのに対し、 $-3^{\circ}\text{C}$  の時には B-0 より小さくなっている。その原因については氷盤面状態によるのかゴム硬度の違いによるゴム内部でゲル粉末がどんな作用をしているものか不明のため今後検討する考えである。

次にゴム素材に亜鉛末 (2 g r または 4 g r) を加えて成形した試料の  $\mu$  の変化を図 IV-19 および図 IV-20 に示す。

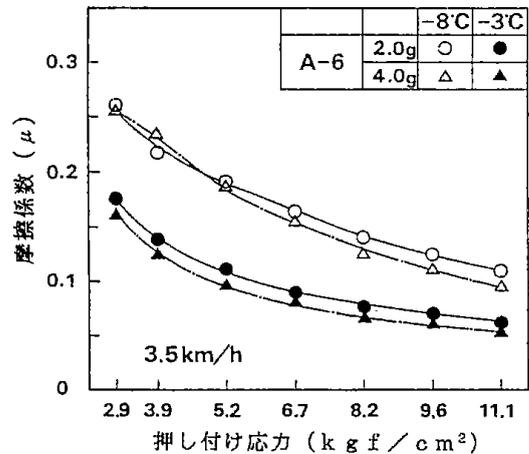


図 IV-19 各試料の押し付け応力と摩擦係数

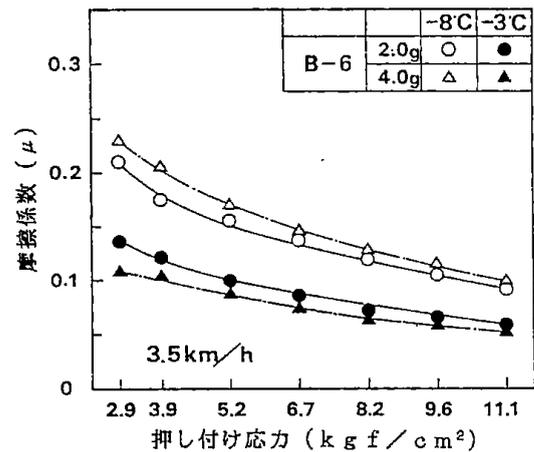
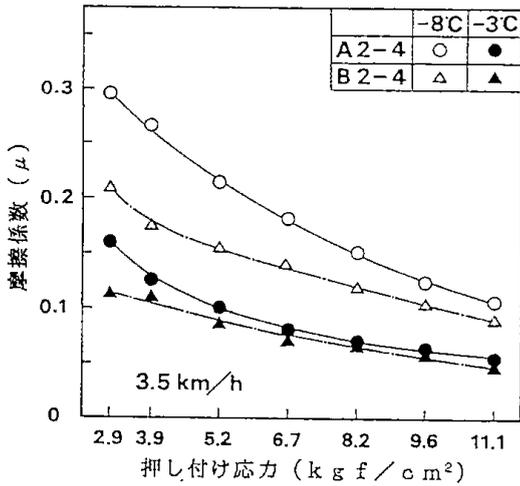


図 IV-20 各試料の押し付け応力と摩擦係数

図 IV-19 から、両試料 (A 6-2 および A 6-4) の  $\mu$  は添加量の増加によって、試料 A 6-4 の  $-8^{\circ}\text{C}$  の時の低い押し付け応力を除いて、両氷盤面温度でともに  $\mu$  の差が小さくなっている。

図IV-20から、両試料(B 6-2およびB 6-4)の $\mu$ は、 $-8^{\circ}\text{C}$ の時は添加量の増加で試料B 6-4の方が $\mu$ が大きくなっているが、 $-3^{\circ}\text{C}$ では逆に $\mu$ が小さくなっており複雑な挙動を示している。

次に、ゴム素材にガラスビーズを加えて成形した両試料の $\mu$ の変化を図IV-21に示す。



図IV-21 各試料の押し付け応力と摩擦係数

図IV-21から、 $-8^{\circ}\text{C}$ での両試料(A 2-4, B 2-4)間の $\mu$ の差は大きいですが、 $-3^{\circ}\text{C}$ の時は試料A 2-4の低い押し付け応力では試料B 2-4より $\mu$ が高いが、その後、押し付け応力の増加とともに両試料間の差は小さくなっている。

#### IV-4 まとめ

2種類の異なるゴム素材といろいろな繊維素材や充填材を添加して成形した各種ゴム系複合試料の硬度特性及び圧縮特性を求めたほか、試作した摩擦特性測定装置での氷盤面における各試料のすべり摩擦係数を求めた結果、次のことがわかった。

(1) 繊維素材を加えて成形した試料のゴム硬度は、標準試料に比べて硬度が高くなった。また粉末素材や球状素材を添加した試料は標準試料に比べてわずかな硬度の増減であった。

(2) 繊維素材を加えて成形した試料の圧縮特性については、標準試料に比べて圧縮荷重の増加とゴム変形量の低下が見られ、方向性を示した試料が多かった。また粉末素材や球状素材を添加した試料はわずかにゴム変形量が大きくなる試料や小さくなる試料があった。

(3) 各種ゴム系複合試料の摩擦係数( $\mu$ )は氷盤面温度の低い $-8^{\circ}\text{C}$ の方が $-3^{\circ}\text{C}$ よりも高い値を示しており、滑りにくくなっている。

(4) ゴム硬度の異なる成形試料では硬度の低い試料の方が $\mu$ が高い値を示したものが多かった。

(5)  $-8^{\circ}\text{C}$ の氷盤面では試料押し付け応力が低く、走行速度の遅い方がバラツキも大きくなるが $\mu$ も高くなっている。

(6) 今回の実験では平滑なゴム表面を使用したため、標準試料の $\mu$ に比べて各種繊維素材等を加えた各試料には顕著な効果が見られなかったが、粉末試料の一部に $\mu$ が高くなるものがあった。

(7) この摩擦測定装置を用いて、少量のゴム系複合試料で氷盤面におけるすべり摩擦特性の知見を得ることが出来た。

#### 付 記

本報告は、第7回寒地技術シンポジウムで発表したものに加筆したものである。

#### 参考文献

- 1) 広木ら：北海道工業開発試験所報告，第48号，P.60（平成元年度）
- 2) 河端ら：環境庁公害特別研究報告集，昭和63年度版～平成2年度版

Evaluation Method of Low-Pollution  
Tire for Ice and Snow  
(FY 1988—1990)

Junichi Kawabata, Eizo Hiroki, Hiroshi Kubota, Mashiki Ikegami  
Yoshikazu Suzuki

Government Industrial Development Laboratory, Hokkaido  
Agency of Industrial Science and Technology  
Ministry of International Trade and Industry

Tire manufacturers in Japan and overseas have carried out many performance evaluation tests on tires designed for wintertime use on outside test courses and regular streets. However the tests could not be conducted with complete accuracy because there was a great deal of difficulty in setting up the conditions necessary for proper evaluation. Such as conditions of the natural environment, the road surface subject to snow pressure, freezing the temperature and other facts.

We have developed a tire testing machine of an indoor type that is suitable for the testing of wintertime driving conditions.

On the assumption that a wide variety of traveling conditions are required for the tire, and based on the differences of performance and problems between tires, the testing machine is used to test both the spiked tires and the studless tires.

We performed basic tests to ensure the operating and handling methods most suitable to both types of tires.

We examined some methods of creating ice-covered and packed snow road conditions for the indoor-type drummed tire testing machine and studied tire properties on the test road surface using this machine. This experiment was conducted, under reproducible test road surface conditions, in order to analyze the performance properties of winter tires with regard to different road conditions and different characteristics, physical properties, and other aspects of winter tires, and to obtain the basic data on the performance evaluation method of indoor-type winter tire testing machine.

Experimental results on the hardness and the compression test of rubber materials with fibers and fillers (rubber block) and on the slip friction properties on ice plane with a turn table type testing machine for the purpose of the development of high quality rubber material for stud tire.

---

北海道工業開発試験所報告  
第 56 号

平成 4 年 3 月 31 日 印刷  
平成 4 年 3 月 31 日 発行

発 行 所 工学技術院北海道工業開発試験所  
札幌市豊平区月寒東 2 条 17 丁目 2 番 1 号  
電 話 011 (851) 0151  
東 日 本 印 刷 株 式 会 社  
札幌市中央区南 6 条西 17 丁目  
電 話 011 (551) 1120

---

**REPORTS OF  
THE GOVERNMENT INDUSTRIAL DEVELOPMENT  
LABORATORY, HOKKAIDO**

**No. 56 March 1992**

---

**Reducing Environmental Pollution and Road  
Damage Due to Studded Tire**

**Junichi KAWABATA**

**Eizo HIROKI**

**Hiroshi KUBOTA**

**Mashiki IKEGAMI**

**Yoshikazu SUZUKI**

---

**Published by**

**The Government Industrial Development Laboratory, Hokkaido  
2-Jo 17-Chome, Tsukisamu-Higashi, Toyohira-ku, Sapporo, Japan**