

北海道における改質 型アスファルトを用いた 耐流動対策舗装の適用条件について

丸山 記美雄* 高橋 守人**

1. はじめに

北海道開発局（開発土木研究所維持管理研究室）では、北海道に適した改質 型アスファルトを用いた耐流動対策舗装として、細粒度ギャップアスコン13F55（改質 型）について試験施工を行い、わだち掘れやひび割れについて継続調査をして適用性の検討をすすめていたところであるが^{1) 2)}、流動わだち抑制効果が確認されたことから、対策が必要な場所に適用していく事となった。

このため、実際の運用に当って「北海道における改質 型アスファルトを用いた耐流動対策舗装暫定指針（案）平成12年4月」を作成した。

この暫定指針（案）には、北海道開発局における改質 型舗装の適用条件及び適用路線区間が示されているが、本資料は、この適用条件及び適用路線区間を選定した根拠について解説するものである。

暫定指針（案）に示された路線区間以外でもわだち発生が著しい箇所は存在すると思われるが、暫定指針（案）における適用路線区間の選定根拠を踏まえ、そのような箇所に耐流動対策を行うか否か判断する際の参考となれば幸いである。

2. 適用条件と路線区間選定手順の概要

適用条件の決定と路線区間選定を行う手順の概要を図-1のフローに示す。各々の項目の詳細については以降の章で順次解説する。

要点は、流動わだちを予測する際に、大型車交通量と路面高温ポイントを指標とした点である。これは、流動わだちは大型車交通量だけでなく、路面温度とその出現時間数が大きく影響し、路面温度が高い時にどれだけ多くの車両が通過するかに影響されると考えられるからである。

平成7年の試験施工箇所の継続調査結果を基に、流動わだちの予測、摩耗わだちの予測をし、n年後のわだち量の予測式を算出する。

そして、この予測式を用いて、10年でわだち量が30mm以上となる箇所の大型車交通量と路面高温ポイ

ントの関係を求め、この条件に合致する路線区間をH9年交通センサスデータとH6年～H10年度アメダスデータを用いて選び出した。

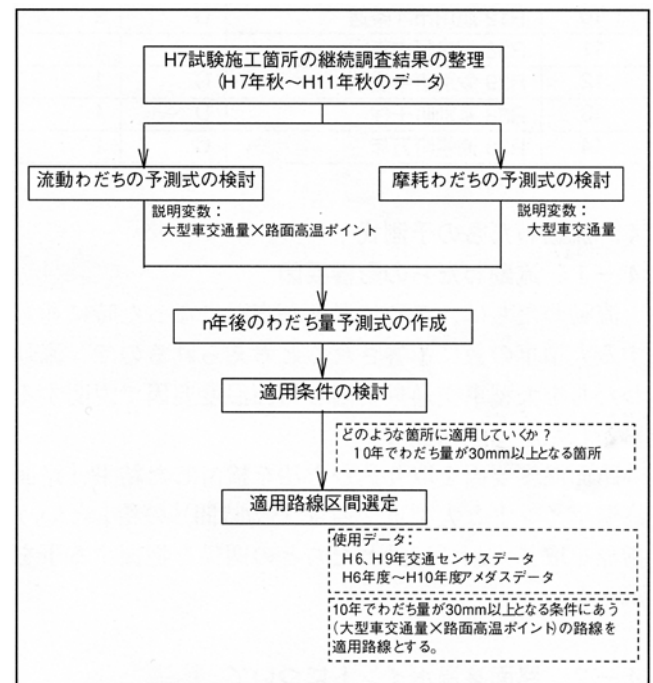


図-1 適用路線選定手順の概要フロー

3. H7年試験施工箇所データの整理

H7年試験施工は表-1に示す道内14箇所では改質 型混合物を舗設し、比較のためストアス混合物又はゴム入り混合物を舗設している。

施工後の継続調査は1調査箇所につき20mおきに3本の横断測線を設定し、側線の両端に高さの基準となるピンを打ち、この間の横断形状を横断プロフィルメータで測定しており、3側線の最大わだち量を平均してその地点のわだち量とした。極端に流動し、隆起を生じている場合は最大わだち量を隆起量分補正している。

舗装路面横断形状の測定は毎年5月と10月に行っており、5月から10月までの変形量を流動わだち量、10月から翌年5月までの変形量を摩耗わだち量とした。

用いた基礎データはH7年秋～H11年秋期間の継続

調査結果である。

表－１ 平成 7 年度 耐流動試験舗装箇所

施工箇所 No.	試験施工箇所	交通区分	片側車線数
1	R12 奈井江町奈井江	D	2
2	R36 恵庭市柏木	D	2
3	R275 新十津川町新十津川	C	1
4	R337 札幌市山口	D	2
5	R5 小樽市砬里	D	2
6	R5 小樽市若竹	D	2
7	R36 苫小牧市植苗	D	2
8	R36 苫小牧市樽前	D	1
9	R36 登別市栄町	D	2
10	R12 旭川市 4 条通	D	2
11	R38 富良野市東山	C	1
12	R39 愛別町中愛別	C	1
13	R38 幕別町千住	D	1
14	R38 浦幌町万年	C	1

4．流動わだちの予測式

4 - 1 流動わだちの影響要因

流動わだちは、舗装体温度が高温になった時に通過する大型車の数に影響されると考えられるので、流動わだちを大型車交通量要因と路面温度要因で説明する事とした。

路面温度要因を取り込む方法を検討した結果、「路面高温ポイントと大型車交通量(台/時間)の積」という指標を取り入れ、流動わだちとの関係を把握する事を試みた。

4 - 2 路面高温ポイントについて

大型車交通量要因と路面温度要因を取り込むために、各温度による流動変形への影響度把握（路温が高くなるとどれくらい流動変形しやすくなるのか定量化）路面温度の予測と温度出現累計時間の把握（舗装体温度を予測する手法、そして何時間くらい温度が高い状態が続くのかの把握）

大型車交通量要因と路面温度要因がわだち量に与える影響程度を表す指標の作成（舗装体温度が高くなった時に通過する大型車の数をどう指標化するか）の 3 点を考慮した。これらの検討内容を以下に詳しく述べる。

（１）温度による流動変形への影響度把握

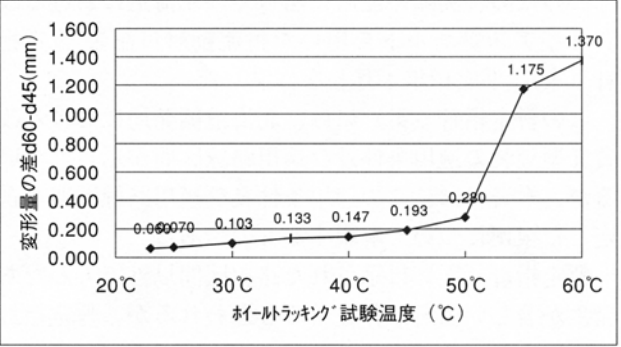
路面温度とアスファルト混合物の流動変形に関しては様々な報告がされているが、土木研究所資料第1213号³⁾によれば、舗装温度分布ごとの永久変形に与える影響度について、路面温度分布ごとの流動変形に与える影響比を表 - 2 のように報告している。

表－２ 路面温度が流動変形に与える影響比

路面温度範囲	流動変形に与える影響比
50～60℃	40
40～50℃	20
30～40℃	7
20～30℃	1

図 - 2 には、北海道の標準表層混合物である細粒度ギャップアスコン13Fを対象に、試験温度を変化させてホイールトラッキング試験を行い、載荷後45分から60分までの15分間の変形量を示した。また、この変形量を各温度範囲別に比率（影響比）で表すと、表 - 3 のようになる。

表 - 2 と表 - 3 を比較すると、影響比の値は各々異なるが、温度域が高くなると影響比が大きくなる傾向は同様であるので、本資料では表 - 2 に示す影響度を用いる事とした。



図－２ ホイールトラッキング試験温度と変形量の関係

表－３ ホイールトラッキング試験による変形量の比（影響比）

路面温度範囲	d60-d45の傾き	変形量の比率
50～60℃	1.090	25.35
40～50℃	0.133	3.09
30～40℃	0.044	1.02
20～30℃	0.043	1.00

（２）路面温度予測手法と温度出現累計時間の把握
路面温度の予測に関しても種々の報告がされているが、本資料では開発土木研究所維持管理研究室による成果を用いた⁴⁾。予測式を（式 - 1）に示す。

路面温度の算定式

$$R T = 1.275 A T + 9.095 A N + 0.48 \cdots \text{（式 - 1）}$$

RT：路面温度
AT：近傍のアメダス気温
AN：近傍のアメダス日照
これは、アメダス観測データの気温と日照時間から

表－４ 試験施工箇所近傍のアメダスポイントにおける路面高温ポイント

施工箇所 No.	観測地点名	緯度	経度	H6年度	H7年度	H8年度	H9年度	H10年度	平均値
1	美唄	43.21	141.49	14,063	8,458	7,626	8,805	9,224	9,635
2	恵庭島松	42.55	141.34	12,359	6,732	5,920	7,258	6,908	7,835
3	滝川	43.34	141.56	13,923	8,266	7,341	8,396	8,477	9,281
4	山口	43.08	141.13	15,579	8,358	7,994	9,338	8,968	10,047
5	小樽	43.1	141.01	14,903	8,021	8,081	8,755	8,606	9,673
6	小樽	43.1	141.01	14,903	8,021	8,081	8,755	8,606	9,673
7	苫小牧	42.37	141.33	9,873	6,099	5,201	5,087	5,653	6,383
8	苫小牧	42.37	141.33	9,873	6,099	5,201	5,087	5,653	6,383
9	登別	42.27	141.07	9,710	5,943	5,028	5,459	5,143	6,257
10	旭川	43.46	142.22	16,451	9,739	9,000	11,362	10,312	11,373
11	富良野	43.19	142.24	15,317	8,833	8,195	10,711	9,757	10,563
12	比布	43.52	142.29	14,334	8,249	7,986	9,676	9,757	10,000
13	帯広	42.55	143.13	13,379	8,417	6,774	8,073	7,277	8,784
14	浦幌	42.48	143.39	10,357	6,332	5,205	5,457	5,368	6,544
	平均値			13,216	7,683	6,974	8,016	7,836	8,745
	標準偏差			2,271	1,159	1,337	1,994	1,740	1,700

毎正時の路面温度を予測するものである。

さらに各時間ごとに算出した路面温度を、20～30、30～40、40～50、50～60 に分け、それぞれの温度域の年間累計出現時間を算出する事とした。

(3) 大型車交通量要因と路面温度要因がわだち量に与える影響程度を表す指標の作成

(1)、(2)での検討結果を基に、路面温度を各路面温度帯に分類し、その5月～10月の間の出現累計時間と表-2に示す流動変形に与える影響比の積を路面高温ポイントと定義した。その算出式を(式-2)に示す。

路面高温ポイント＝各路面温度帯の年間累計時間×影響比……(式-2)

路面高温ポイントが高い所ほど路面温度が高い時間

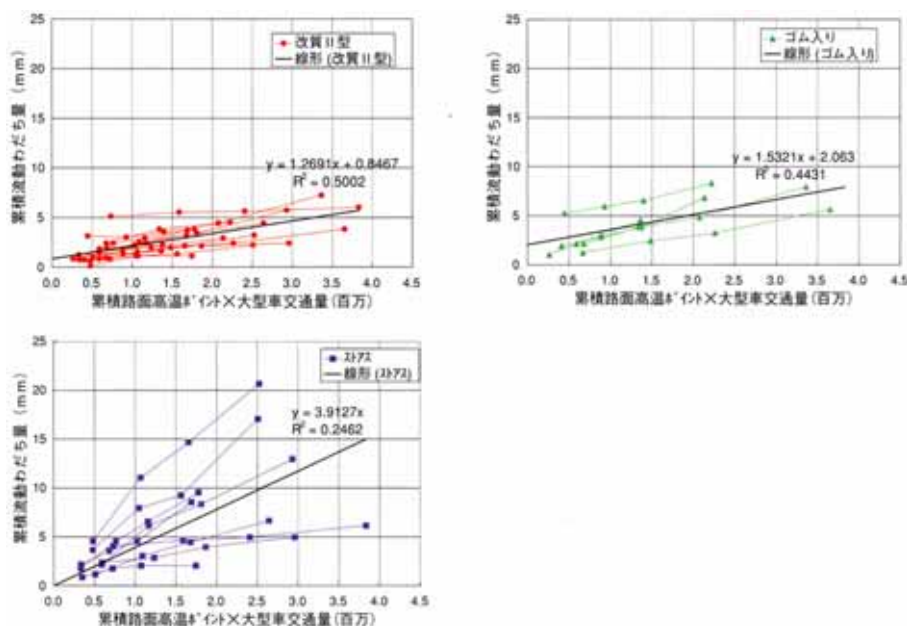
が長く、流動わだちを発生しやすい所と考えられる。

(式-2)により、試験施工箇所近傍のアメダス観測点の測定値(H6年～H10年度)から算出した路面高温ポイントを表-4に示す。

この路面高温ポイントに時間当たりの大型車交通量を掛けた値を、路面温度要因と交通量要因がわだち量に与える影響程度を表す指標として取り扱う事にした。

4-3 流動わだちの予測結果

図-3に、試験施工箇所における改質型、ゴム入り、スアスの流動わだちと路面高温ポイント×大型車交通量の関係を示す。また、それぞれの相関式を示す。この相関式を改質型、ゴム入り、スアスの流動わだち予測式とした。



図－３ 流動わだちの予測結果

5．摩耗わだちの予測式

5 - 1 摩耗わだちの影響要因

摩耗わだちは、通過する大型車の数に大きく影響されることから、大型車交通量との関係により説明するものとした。

5 - 2 摩耗わだちの予測結果

図 - 4 に、改質 型、ゴム入り、ストアスの摩耗わだちの計測結果とそれぞれの相関式を示す。この相関式が改質 型、ゴム入り、ストアスの摩耗わだち予測式と考えられるが、バインダー種別による違いはなくほぼ同じであるので、図 - 5 に示すように改質 型、ゴム入り、

ストアスで同一の摩耗わだち予測式とした。

6．n年後のわだち量の予測式

得られた流動わだち、摩耗わだちの予測式を表 - 5 に示す。ここで、流動わだちのX軸は「累計路面高温ポイント×時間当たり大型車交通量(単位:百万)」、摩耗わだちのX軸は「累積大型車交通量(単位:百万台)」である。

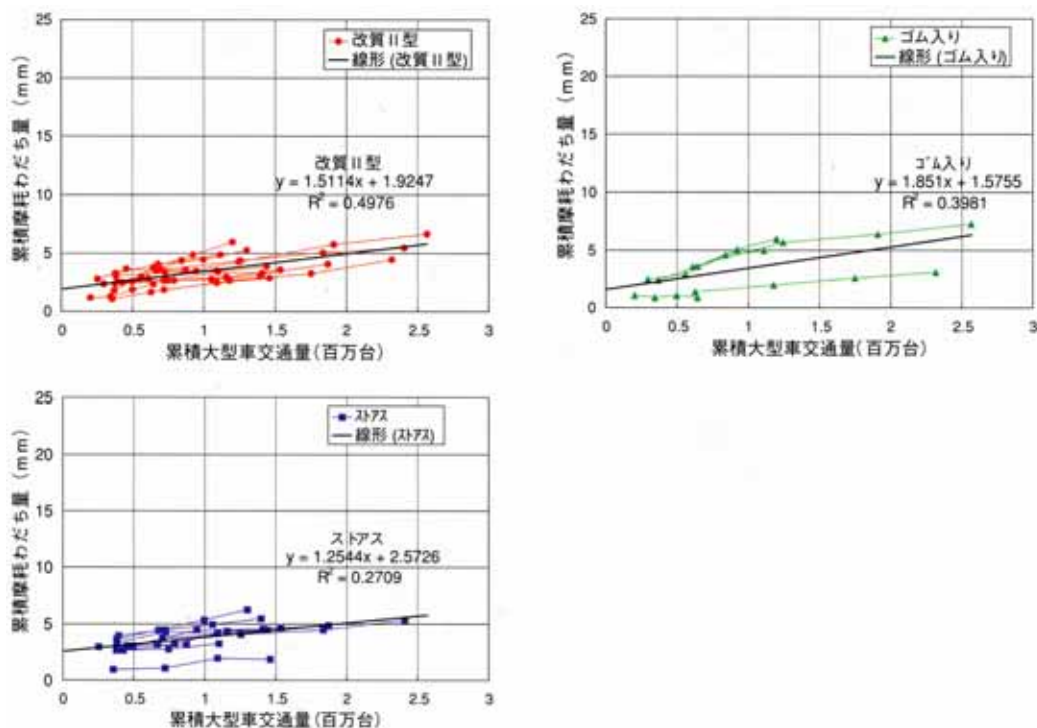


図-4 摩耗わだちの予測結果

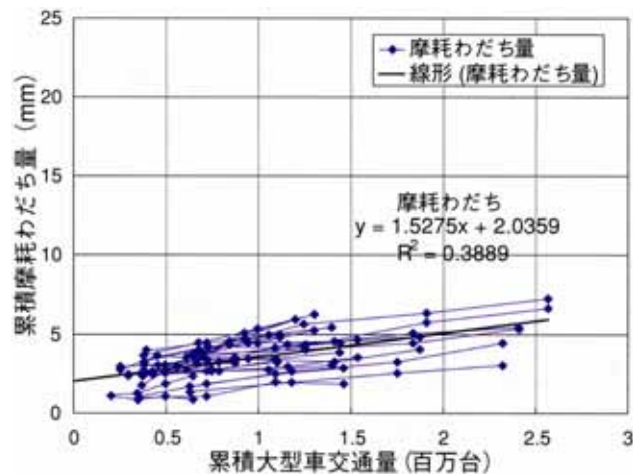


図-5 摩耗わだちの予測式

表一 5 流動、摩耗わだちの予測式

	予測式
流動わだち（改質Ⅱ型）	$Y=1.2691X+0.847$
流動わだち（ゴム入り）	$Y=1.5321X+2.063$
流動わだち（ストアス）	$Y=3.9127X$
摩耗わだち	$Y=1.5275X+2.0359$

この予測式を基に、それぞれの混合物のn年後のわだち量予測式を以下のようにして求めた。

n年後の累積流動わだち y_1 の予測式を

改質Ⅱ型： $y_1 = ax_1 + b$

ゴム入り： $y_1 = cx_1 + d$

ストアス： $y_1 = ex_1 + f$

n年後の累積摩耗わだち y_2 の予測式を

改質Ⅱ型：

ゴム入り：共通 $y_2 = gx_2 + h$

ストアス：

と表すと、全体のわだち量Yは

$Y = n$ 年後の累積流動わだち+ n 年後の累積摩耗わだち

$= y_1 + y_2$

と表す事ができる。

なお、上式において、

x_1 :累積路面高温ポイント×1時間当り大型車交通量(単位:百万)

つまり、 $x_1 = A \times n \times \frac{N}{24} \times 10^{-6}$

A:年間路面高温ポイント

N:日当り大型車交通量(台/日)

n:供用年数(年)

x_2 :日当り大型車交通量×冬期間日数×年数(単位:百万台)

つまり、 $x_2 = N \times B \times n \times 10^{-6}$

N:日当り大型車交通量(台/日)

B:冬期間日数(200日と仮定)

n:供用年数(年)

であり、また、表一5より、

$a=1.2691$ $b=0.847$ $c=1.521$ $d=2.063$

$e=3.9127$ $f=0$ $g=1.5275$ $h=2.0359$

である。

したがって、各々の混合物のn年後のわだち量は以下の式-3, 4, 5のように表す事ができる。

改質Ⅱ型： $Y = y_1 + y_2$

$= (ax_1 + b) + (gx_2 + h)$

$= (a \times A \times n \times \frac{N}{24} \times 10^{-6} + b) + (g \times N \times B \times n \times 10^{-6} + h)$

$= (\frac{a \times A}{24} + gB)nN \times 10^{-6} + a + b + h \dots \dots (式-3)$

ゴム入り： $Y = y_1 + y_2$

$= (cx_1 + d) + (gx_2 + h)$

$= (c \times A \times n \times \frac{N}{24} \times 10^{-6} + d) + (g \times N \times B \times n \times 10^{-6} + h)$

$= (\frac{c \times A}{24} + gB)nN \times 10^{-6} + d + h \dots \dots (式-4)$

ストアス： $Y = y_1 + y_2$

$= (ex_1 + f) + (gx_2 + h)$

$= (e \times A \times n \times \frac{N}{24} \times 10^{-6} + f) + (g \times N \times B \times n \times 10^{-6} + h)$

$= (\frac{e \times A}{24} + gB)nN \times 10^{-6} + f + h \dots \dots (式-5)$

7. 適用の条件に関する検討

7-1 適用の条件

改質型のわだち発生に対する耐久性はストアスの5倍であるという成果もあり²⁾、また、混合物の1m³当り単価の比率はストアス1に対して改1.2である。

したがって、わだちに対してのみの評価では北海道の国道のどの場所で使っても経済的であると考えられるが、舗装修繕を必要とする破損の要因は、

- ・わだち(摩耗、流動)
- ・ひびわれ
- ・剥離、骨材飛散
- ・平坦性
- ・凍結融解作用

などがあり、これらによる破損を考慮した上で適用を判断する必要がある。

特に、ひびわれに関しては試験施工を行った箇所では施工後4年の間にわだち部縦断クラックが発生している区間もある。全国的にもこの問題が顕在化しつつありその対策等が検討されている。

しかし現段階として、評価が可能なものはわだちに関してであるから、わだちが多いと思われる箇所や路線区間での使用に限定し、適用条件を設定するのが適当な方法であるといえる。

そこで、10年以内にわだち量が30mm以上となる場所を適用の条件とする事とした。

なお、10年及び30mmとしたのは、以下の理由からである。

- ・一般的に、舗装の設計期間が10年とされている事⁵⁾。
- ・北海道の国道延長約6,200kmに対し、平成10年度、11年度における年間の維持修繕実績延長は約660kmであり、全道的に約10年に一回維持修繕が行われることになる事。
- ・実際には維持修繕はC、D交通箇所に重点的に行われており、C、D交通箇所の修繕間隔は10年よりも短いものと思われる事。

わだち量30mmは維持修繕要否判断のためのわだち量の目安として道路維持修繕要綱⁶⁾に示されている事。

- ・維持修繕必要の目安とされる維持管理指数MCI=4.0はわだち量31mmの路面状態に相当する事。

したがって、10年以内にわだち量が30mm以上となる場所で改質型を用いた耐流動対策舗装を行う事により、全体の補修サイクルを伸ばす事ができ、コストの縮減に寄与できると考えた。

7 - 2 箇所選定基準について

10年以内にわだち量が30mm以上となる様な箇所の、路面温度と大型車交通量の条件を検討する事とした。

そこで、 n 年後のわだち量を求める予測式(式-3, 4, 5)を変形し、「年間路面高温ポイント: A 」と「日当り大型車交通量: N 」を変数と考え、式-6, 7, 8のようになる。

$$\text{改質Ⅱ型} : A = \frac{24}{a} \left(\frac{Y-b-h}{nN \times 10^{-6}} - gB \right) \quad \dots\dots\dots \text{(式-6)}$$

$$\text{ゴム入り} : A = \frac{24}{c} \left(\frac{Y-d-h}{nN \times 10^{-6}} - gB \right) \quad \dots\dots\dots \text{(式-7)}$$

$$\text{ストアス} : A = \frac{24}{e} \left(\frac{Y-f-h}{nN \times 10^{-6}} - gB \right) \quad \dots\dots\dots \text{(式-8)}$$

式-6, 7, 8の各氏において $n=10$ 年、 $Y=30$ mmの条件を代入し、その時の「年間路面高温ポイント: A 」と「日当り大型車交通量: N 」の関係を示すと、図-6のようになる。

このグラフにおいて、10年でわだち量が30mmとなる箇所の大型車交通量と年間路面高温ポイントの条件を表している。例えば、ストアスでは大型車交通量が2,000台/日で年間路面高温ポイントが6,703以上の箇所は10年でわだち量が30mm以上になると推測している。

このグラフから、ストア舗装が10年でわだち量30mm以上になるのは、表-6の条件に該当する箇所である。

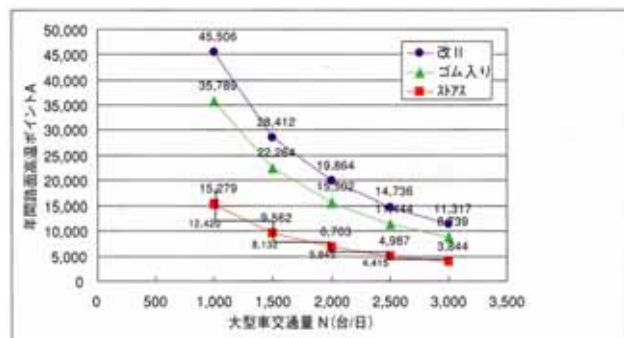


図-6 $n=10$ 年、 $Y=30$ mmの時の各条件の関係

表-6 10年以内にわだちが30mm以上になる条件

日当り大型車交通量(台/日)	年間路面高温ポイント
3,000以上	3,844以上
2,500以上 3,000未満	4,415以上
2,000以上 2,500未満	5,845以上
1,500以上 2,000未満	8,132以上
1,000以上 1,500未満	1,2420以上

8 . 適用路線区間選定に関する検討

8 - 1 適用路線区間選定手法

得られた適用条件に適合する路線区間を、道路交通センサデータとアメダス観測データを用いて検討した。

検討に使用したデータは

・交通センサデータ(H6, H9)

アメダス観測データ(H6年~H10年度)

である。

なお、路面高温ポイントは年度による変動が大きい(表-4参照)、H6年~H10年度のアメダスデータの平均を用いる事とし、全道アメダスデータポイント全162点における各年度の路面高温ポイントを算出し、その5年分の平均を、「年間路面高温ポイント」とし、北海道内の年間路面高温ポイントを把握した。

これにH6、9年センサデータを重ねあわせ、表-6の条件にあう路線を改質型適用路線とするのが望ましいと考えた。

8 - 2 路線選定作業手順

3,000台/日以上区間に対して

表-6より、3,000台以上の区間は平均年間路面高温ポイントが3,844以上なら適用路線となる。

図-7において、平均年間路面高温ポイントが3,900以上の市町村を色塗りしてあり、3,000台以上の区間(赤色)は38号釧路市部分以外は全部適用路線となる。

2,500~3,000台/日の区間に対して

表-6より、2,500台以上3,000台未満の区間は平均年間路面高温ポイントが4,415以上なら適用路線となる。

図-8において、平均年間路面高温ポイントが4,500以上の市町村を色塗りしてあり、2,500~3,000台の区間(ピンク色)は全部適用路線となる。

2,000~2,500台/日の区間に対して

表-6より、2,000台以上2,500台未満の区間は平均年間路面高温ポイントが5,845以上なら適用路線となる。

図-9において、平均年間路面高温ポイントが5,900以上の市町村を色塗りしてあり、2,000~2,500台の区間(オレンジ色)は38号釧路市~白糠区間以外は全部適用路線となる。

1,500~2,000台/日の区間に対して

表-6より、1,500台以上2,000台未満の区間は平均年間路面高温ポイントが8,132以上なら適用路線となる。

図-10において、平均年間路面高温ポイントが8,200以上の市町村を色塗りしてある。1,500~2,000台の区間(濃い緑色)かつ色塗りされた市町村区間が適用路線

となる。道東および道南の海岸線沿いの区間等が適用路線とならない。

1,000～1,500台/日の区間に対して

表 - 6 より、1,000台以上1,500台未満の区間は平均年間路面高温ポイントが12,420以上なら適用路線となるが、平均年間路面高温ポイントが12,420以上の市町村はない。

したがって1,000～1,500台の区間（薄い緑色）は適用路線とならない。

以上を総括した結果、図 - 11の路線を適用区間とした。なお、最終的な適用区間選定は、ある程度連続した路線区間として考えたため、条件に合致しない区間であっても連続的に見て適用区間とするのが望ましいと考えられる区間は適用路線区間とし、逆に適用条件に合致した区間であっても、前後の区間を考慮して適用区間外とするのが望ましいと考えられる区間は適用区間としていない。

9. おわりに

本資料においては、改質 型を用いた耐流動対策舗装の適用条件および適用路線の選定に関して解説を行った。

これら適用条件を検討し、本資料作成するにあたり、各開発建設部の担当者及び工事関係者の方々には多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

（参考文献）

- 1) 島多・高橋・野竹：改質アスファルトを用いた耐流動対策舗装について（中間報告）、開発土木研究所月報No.526、1997年3月
- 2) 丸山・下道・高橋：改質アスファルトを用いた耐流動舗装の試験施工結果、開発土木研究所月報No.550、1999年3月
- 3) 土木研究所資料第1213号：加熱アスファルト混合物の配合設計と施工に関する研究、昭和52年3月
- 4) 早坂・高橋：アスファルト舗装の表面温度予測と流動に関する一考察、土木学会北海道支部論文報告集 第55号（A）」
- 5) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱
- 6) 日本道路協会：アスファルト舗装維持修繕要綱

■路面高温ポイント3,900以上

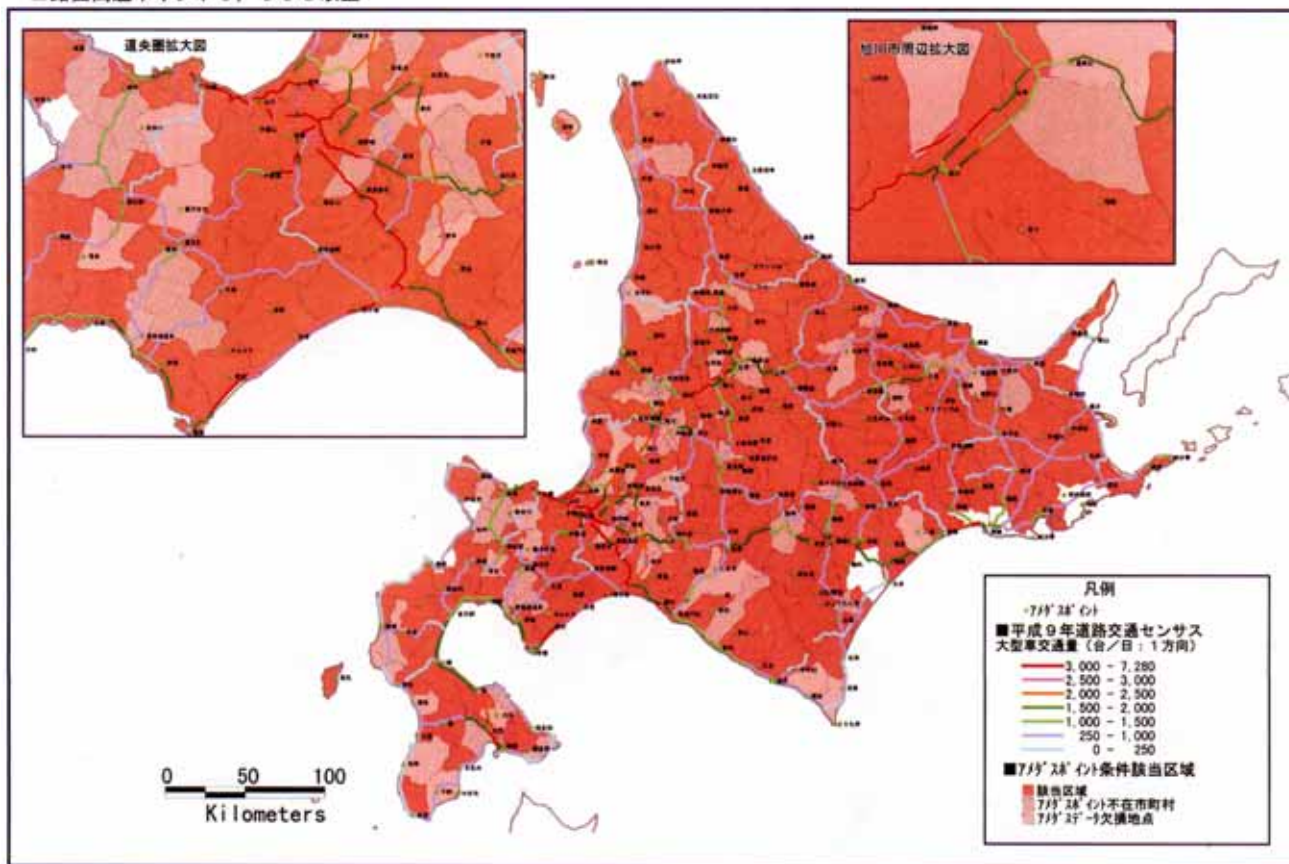


図-7 平均年間路面高温ポイント3,900以上

■路面高温ポイント4,500以上

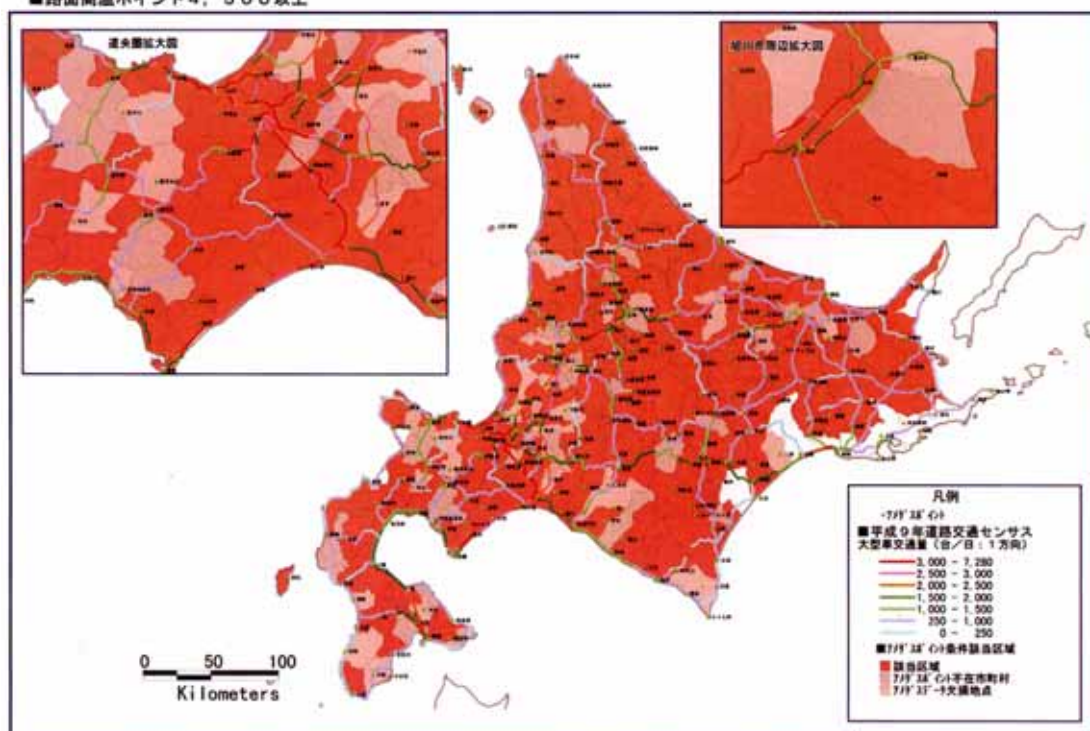


図-8 平均年間路面高温ポイント4,500以上

■路面高温ポイント5,900以上

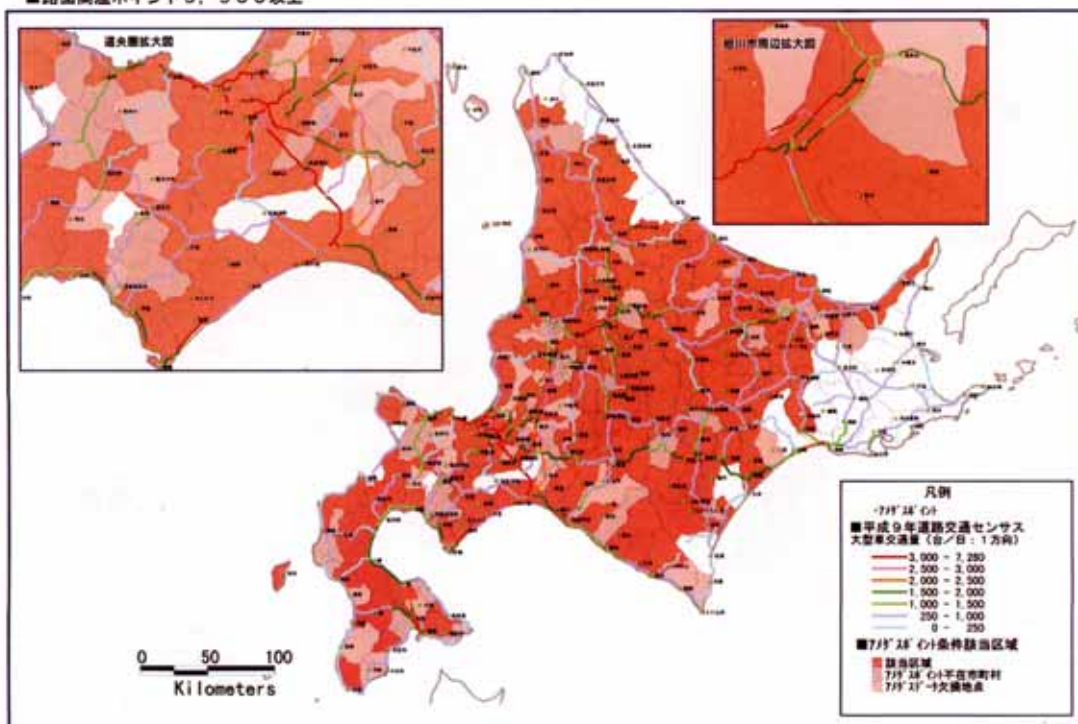
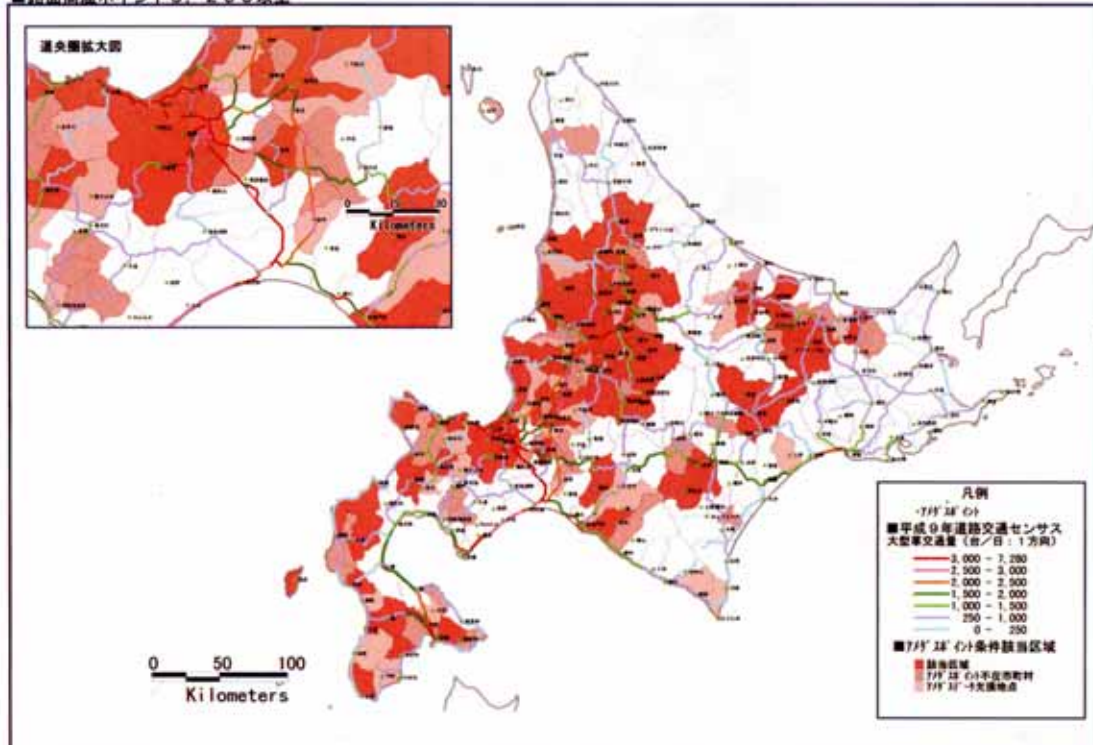


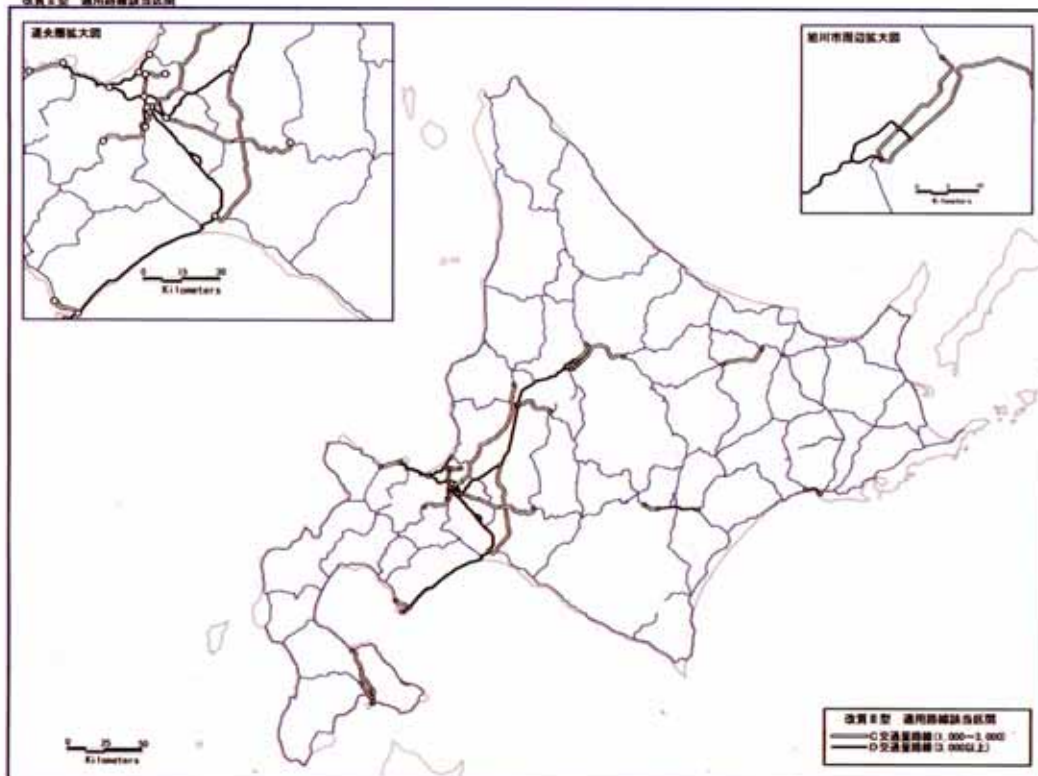
図-9 平均年間路面高温ポイント5,900以上

■路面高温ポイント8,200以上



図一10 平均年間路面高温ポイント8,200以上

改善Ⅱ型 適用路線該当区間



図一11 改良Ⅱ型適用路線図



丸山 記美雄*

開発土木研究所
道路部
維持管理研究室
研究員



高橋 守人**

開発土木研究所
道路部
維持管理研究室
室長