



Title	道路雪氷の熱収支特性
Author(s)	石川, 信敬; ISHIKAWA, Nobuyoshi; 成瀬, 廉二 他
Citation	低温科学. 物理篇, 46, 151-162
Issue Date	1988-03-10
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18555">https://hdl.handle.net/2115/18555</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	46_p151-162.pdf



## 道路雪氷の熱収支特性\*

石川信敬・成瀬廉二・前野紀一

(低温科学研究所)

(昭和62年10月受理)

### I. ま え が き

道路上に雪氷が存在すると路面の滑り抵抗は著しく減少し、車輛の安全走行に大きな影響を与える<sup>1)</sup>。そこで道路管理においては道路上の雪氷の状態を把握し、予測することが重要である。道路上の雪氷といってもその種類は多く、複雑な様相を呈している(木下ら<sup>2~4)</sup>は現地調査に基づいて道路上の雪氷を分類した)。道路上の雪氷の変化とは、その状態(物性)の変化を指す場合と、その質量の変化(消耗量)を指す場合がある。道路雪氷の単位面積あたりの消耗量  $\Delta M$  は道路表面上の積雪の厚さの変動量  $\Delta h$  の測定から、

$$\Delta M = \rho_s \Delta h \quad (1)$$

で求められる。 $\rho_s$  は道路雪氷の密度である。道路雪氷の厚さの変化には、気象条件と車輛による影響が複雑に作用しているが、便宜的に次のように分離できるであろう。

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4 \quad (2)$$

ここで  $\Delta h_1$  は気象条件による雪面低下量、 $\Delta h_2$  は車輛の放熱による融解量、 $\Delta h_3$  は車輛による削剝量、 $\Delta h_4$  は車輛の圧密による雪面低下量である。雪の自重および焼結による圧密は無視できる程に小さい。なお道路上の新雪は車の走行によって速やかに密度が  $500 \sim 550 \text{ kg/m}^3$  となり、それ以上の圧密は仲々進まない<sup>5)</sup>。又、通常の市街地では多量の降雪があると直ちに除雪車が投入されて、路面内は一様な圧雪となり、 $\Delta h_4$  の項は無視できる場合が多い。結局、このような路面状態において、道路雪氷の表面低下量は

$$\Delta h = \Delta h_1 (\text{気象}) + \Delta h_0 (\text{車輛}) \quad (3)$$

とみなすことができる。ここで  $\Delta h_0 = \Delta h_2 + \Delta h_3$  である。気象条件は短時間に急激に変化することがあり、しかも路面内では必ずしも一様ではない。さらに路面内では車の走行部分とそうでない部分があるため、道路雪氷の変化に対する車輛の影響も一様ではない。今回、著者らは道路雪氷の短時間変化について総合的な調査を行なった。ここでは気象観測に基づいた道路雪氷の熱収支特性を明らかにし、路面内における道路雪氷の不均質な変動について考察する。なお、道路雪氷の状態、構造、分類については前野ら<sup>6)</sup>を、消耗過程については成瀬ら<sup>5)</sup>を参照されたい。

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第3101号

## II. 調査の概要

### 1. 調査方法

融雪時期及び融雪が生じない時期の、道路雪氷の熱収支特性を調査するために、観測は1987年1月19日～1月23日(調査期間I)と2月27日～3月4日(調査期間II)の時期に行なわれた。札幌市近郊篠路町の生活道路を調査道路に設定して、路面上(本論文内では道路雪氷面という)及び道路から約30m離れた平坦な自然積雪面上(ここでは自然雪面という)において同時気象観測を行ない熱収支成分を求めた。調査道路における両期間中の交通量は日中(12時間)平均して約500～650台であった。なお道路雪氷面上では連続測定が困難なので、一定時間(1～1.5時間)毎に車輛の通行を止めて測定を行なった。両地点における測定項目と測定方法を第1表に示した。道路雪氷の消耗過程については、測定方法及びその結果は成瀬ら<sup>5)</sup>が報告しているが、道路上では両期間ともに観測後半に融雪がみられ、自然雪面上ではほとんど融雪は生じなかった。

第1表 道路雪氷面及び自然雪面上の気象観測の概要

場 所	測 定 項 目	測 定 方 法
道路雪氷面 (隔測: 日中1～1.5時間毎)	気 温 $T_r$ 表 面 温 度 $T_0$ 雪 温 $T_s$ 反 射 率 $\alpha_r$	通風アスマン温度計 サーミスター温度計 サーミスター温度計 反射率計(アルベドメータ)
自然雪面 (隔測: 日中1～1.5時間毎)	気 温 $T_a$ 風 速 $V_a$ 反 射 率 $\alpha_a$	通風アスマン温度計 三杯風速計 反射率計(アルベドメータ)
自然雪面 (連続: 自記)	気 温 $T'_a$ 日 射 量 $I_a$ 放 射 収 支 量 $NR_a$	抵抗温度計(自然通風) 全天日射計 放射収支計

### 2. 道路雪氷面の熱収支算定法

自然雪面上において水平面日射量  $I_a$  と放射収支量  $NR_a$  は全天日射計及び放射収支計を用いて連続測定が行なわれた。自然雪面上及び道路雪氷面上では、アルベドメータを用いて随時反射率  $\alpha$  を測定し、それぞれの場所における反射量  $R (= \alpha I)$  を得た。自然雪面における実測された放射収支量  $NR_a$  は、日射吸収量と長波長放射収支量の和である。

$$NR_a = (1 - \alpha_a) I_a + \Delta L_a \quad (4)$$

添字 a は自然雪面を表わし、 $\Delta L_a$  は長波長放射収支量である。道路雪氷面における放射収支量  $NR_r$  は実測されなかった。しかし道路雪氷面と自然雪面とで日射量と長波長放射収支量が等しいと仮定すると、 $NR_r$  は(4)式を用いて

$$\begin{aligned} NR_r &= (1 - \alpha_r) I_r + \Delta L_r \\ &= NR_a + (\alpha_a - \alpha_r) I_a \end{aligned} \quad (5)$$

となり、自然雪面の放射収支量を両地点の反射率で補正することによって求めることができる。

道路雪氷面上の顕熱伝達量  $S_r$  は

$$S_r = K(T_r - T_0) V_r \quad (6)$$

式から求めた。 $K$  は経験定数、 $T_r$  は道路雪氷面上 1.0 m の気温、 $T_0$  は表面温度、 $V_r$  は風速である。なお風速は自然雪面上で測定された風速  $V_a$  に等しいとし、経験定数  $K$  は著者ら<sup>7)</sup> が融雪面上で求めた値を用いた。

道路雪氷内の伝導熱量  $C_r$  は

$$C_r = k \frac{T_s - T_0}{\Delta Z} \quad (7)$$

式から求めた。ここで  $T_s$  は深さ  $\Delta Z$  における雪温、 $\Delta Z$  は道路雪氷の厚さであり期間中 4~9.6 cm の範囲で変化した。道路雪氷の熱伝導率  $k$  はこれまで測定例がない。そこで積雪の熱伝導率を使用することにした。しかし積雪の熱伝導率も研究者によって大きく異なる値が報告されており<sup>8)</sup>、しかも高密度領域の測定例が少ない。ここでは前野ら<sup>9)</sup> がとりまとめた報告の中から Devaux の式を用いて  $k=0.91 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  (但し  $\rho_s=550 \text{ kg/m}^3$ ) を採用した。

気象条件のみによる道路雪氷の熱収支式は

$$Q_M = NR_r + S_r + C_r \quad (8)$$

と置くことができる。なお積雪期間中の凝結 (蒸発) による潜熱伝達量は少ない<sup>10)</sup> ので、本報告では省略した。右辺 3 成分の符号は、道路雪氷に熱が与えられる場合に正とした。さらに  $Q_M$  は右辺 3 成分の収支が正であれば融雪熱量となる。そこで気象条件だけによる融雪量  $\Delta M_1$  (又は雪面低下量  $\Delta h_1$ ) は

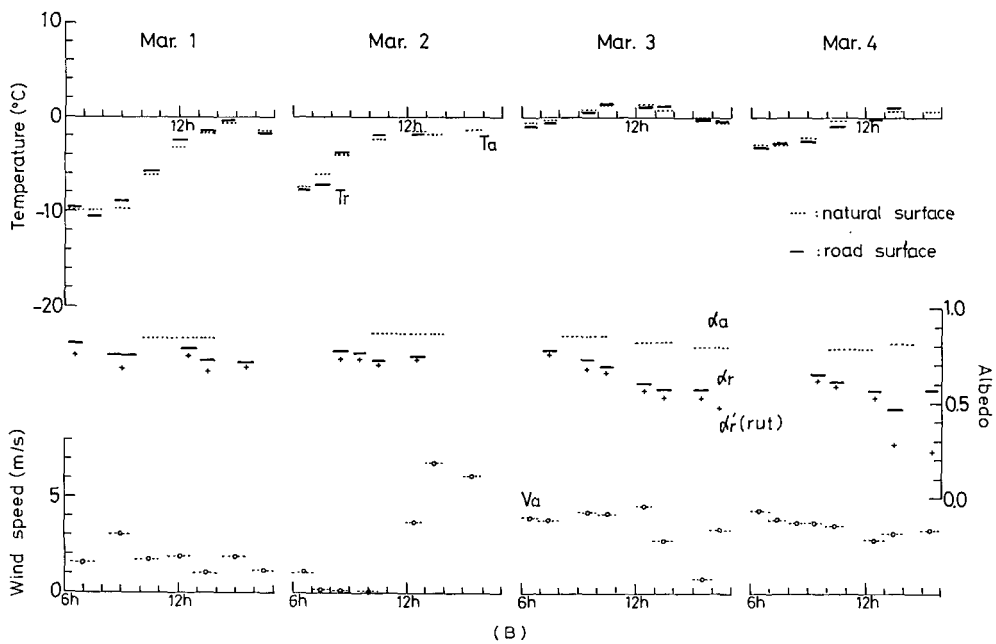
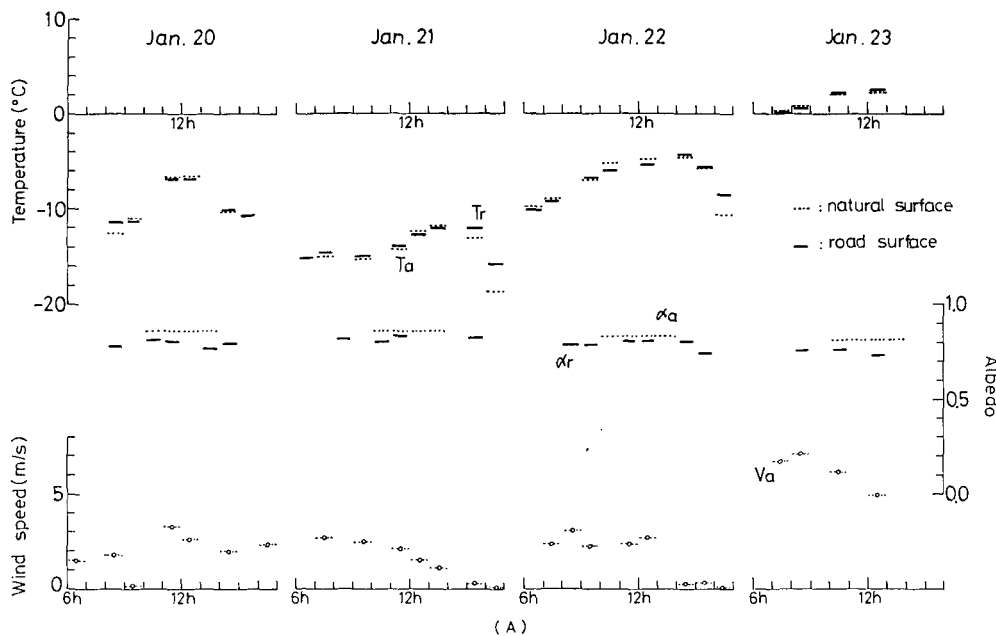
$$\Delta M_1 = \rho_s \Delta h_1 = \frac{Q_M}{L} \quad (9)$$

式から求められる。 $L$  は融解潜熱である。

### III. 観測結果

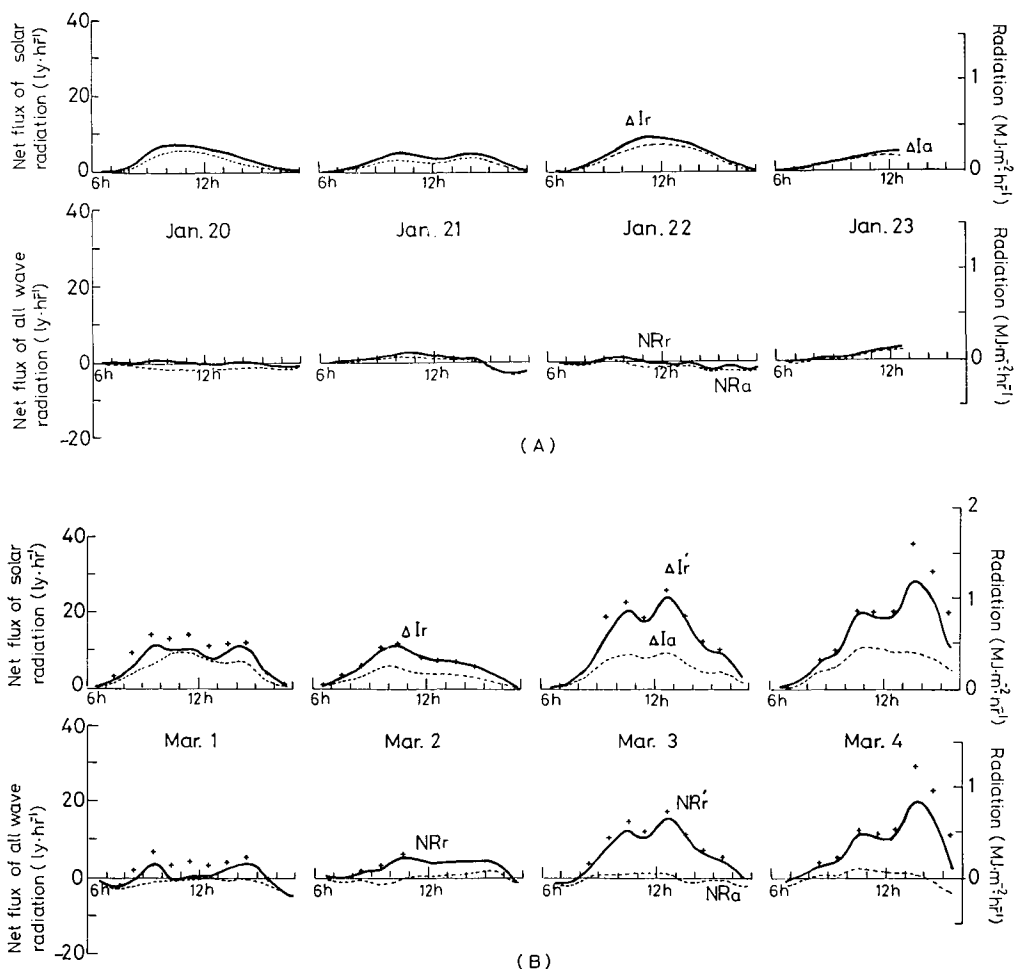
#### 1. 道路雪氷面と自然雪面の気象要素の比較

道路雪氷面と自然雪面における気象要素の変化を第 1 図に示した。(A) は調査期間 I, (B) は調査期間 II である。1 月の調査期間中の前半は両地点ともに気温は低く、日中でも  $-10^\circ\text{C}$  以下の日があったが、後半には上昇して最終日にはプラスになった。3 月の気温は比較的高いが、しかし日最高でも  $+1^\circ\text{C}$  前後であった。1 月の自然雪面における反射率は、ほぼ一定の高い値 ( $\alpha_a \approx 0.82$ ) を示した。道路雪氷面の反射率も、自然雪面よりはやや小さい値であったが変動は少なかった ( $\alpha_r \approx 0.72 \sim 0.78$ )。3 月になると自然雪面における反射率はやや減少しているが、依然としてほぼ一定の値 ( $\alpha_a \approx 0.77 \sim 0.82$ ) であった。一方、道路雪氷面の反射率の様相は大きく変化している。すなわち観測期間前半は 0.7 前後の値であったが、後半には急激に小さくなって 0.5 以下となった。特にわだち部分の反射率は路面内で最も低い値を示し、車輛の走



第1図 道路雪氷面と自然雪面における気温 ( $T$ ), 反射率 ( $\alpha$ ), 風速 ( $V$ ) の時間変化 ((A) 調査期間 I, (B) 調査期間 II)

添字 r: 道路雪氷面 (ダッシュはわだち部分)  
 添字 a: 自然雪面

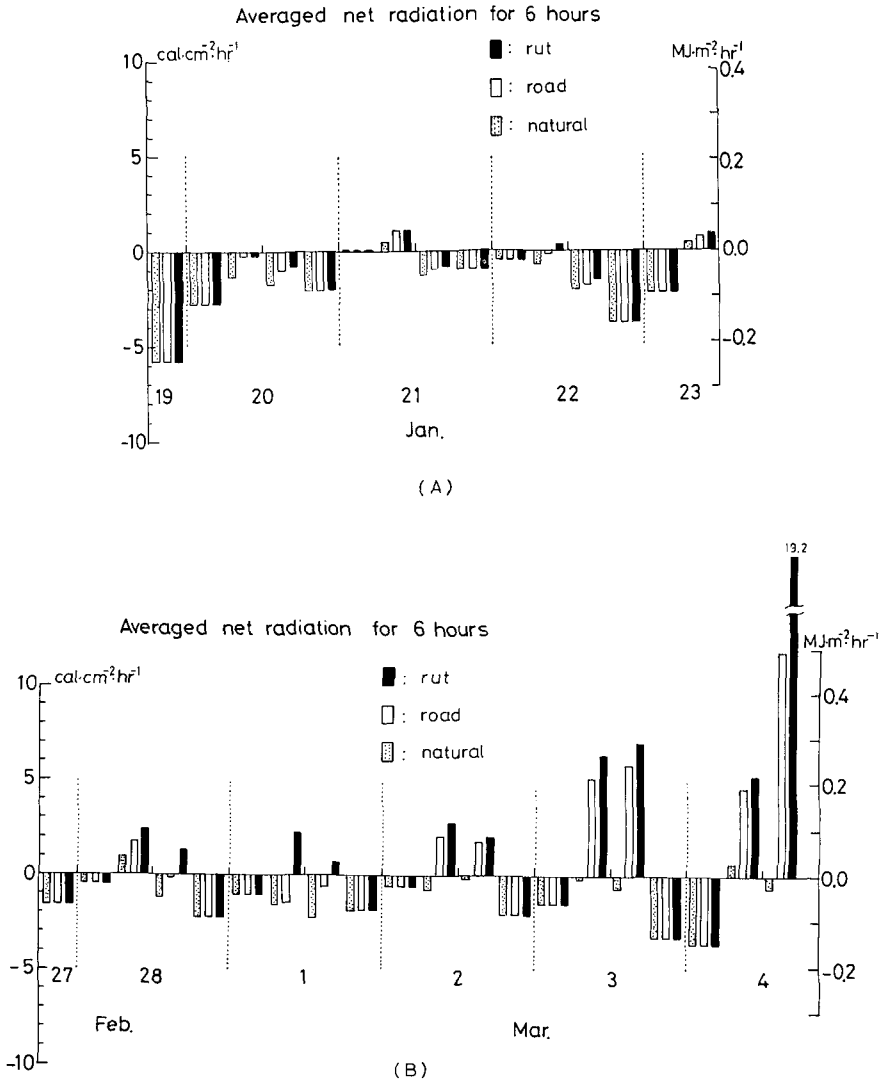


第2図 日中(6時~17時)における道路雪氷面と自然雪面上の日射吸収量( $\Delta I$ )と放射収支量( $NR$ )の時間変化 ((A) 調査期間 I, (B) 調査期間 II)

添字 r: 道路雪氷面(グッシュはわだち部分)  
 添字 a: 自然雪面

行による雪面の汚染が推察される。風速は自然雪面上で測定されたが、1月23日と3月2日午後5時以上強い風速を観測した他は、ほとんど2~4 m/sであった。

第2図は日中(6時~17時)の日射吸収量 $\Delta I$ と放射収支量 $NR$ の時間変化を示したものである。1月(図A)には両地点ともに反射率が高いために $\Delta I$ は小さい(0.4 MJ/m<sup>2</sup>·hr以下)。そのため $NR$ も小さくなっており、日中でもほとんどゼロであった。3月(図B)になると道路雪氷面では、反射率の減少と伴に日射吸収量 $\Delta I_r$ が増加し、それにつれて $NR_r$ も大きくなった。一方、自然雪面における $\Delta I_a$ は1月よりやや増加した程度であり、 $NR_a$ も依然として小さな値であった。第3図は自然雪面と道路雪氷面2箇所(一般路面とわだち部分)の3地点における放射収支量 $NR$ を6時間毎の平均値で示したものである。道路雪氷面における夜間(18時~6時)の放射収支量は(5)式によって自然雪面と同じ値になっている。1月(図A)には21日と



第3図 3個所の異なる雪氷面における放射収支量の6時間平均値

(A): 調査期間 I, (B): 調査期間 II

ドット部分: 自然雪面, 白抜部分: 路面積雪, 黒抜部分: わだち面

23日の6~12時に3地点とも放射収支は正になっているが、その値は $0.05 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{hr}$ 以下と小さく、その他の期間は3地点ともに負の値を示した。3月(図B)になると放射収支量は日中(6時~18時)にはほとんど正となっており、特にわだち部分は3地点内で最も大きな値を示し、最終日の午後には $0.80 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{hr}$ になった。自然雪面では3月においても1月とほとんど同じ値であり、日中でも負になることがあった。このように、放射収支量の増加には日射吸収量の増加、すなわち雪氷表面の反射率の減少が大きく影響していることが分った。特に放射収支量が小さい時には、反射率のわずかな変化で放射収支の符号が正になったり負になった。

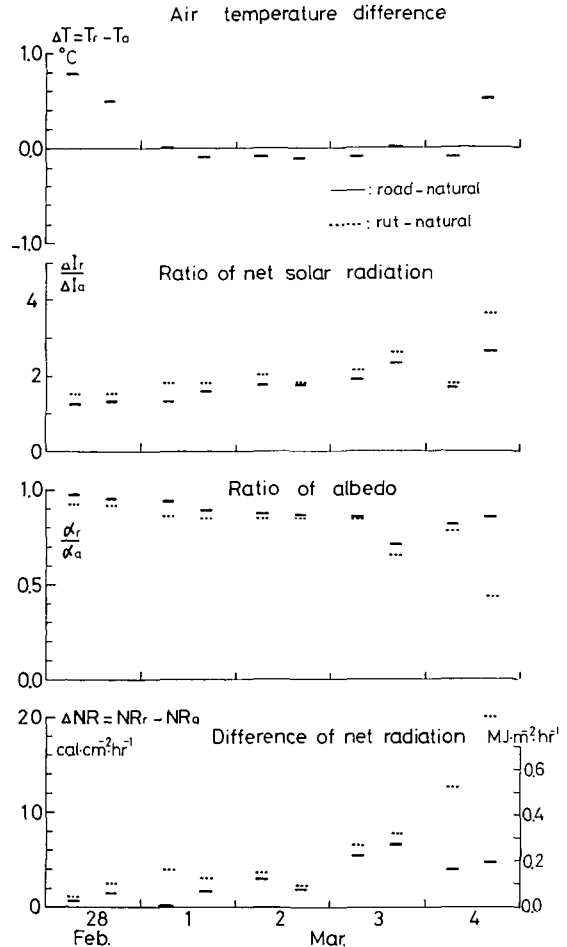
自然雪面では調査期間 I, II いずれもほとんど融雪が観測されず、道路雪氷面では期間 I

の最終日、期間 II の後半に顕著な融雪が生じた。気象観測の結果から融雪が生じる条件は気温が0°C 付近まで上昇し、さらには日射吸収量が增大する時であることが分る。第4図は調査期間 II における自然雪面と道路雪氷面の気象要素を比較したものである。ここで気温  $T$  と放射収支量  $NR$  については、両地点間のそれぞれの差 ( $\Delta T$ ,  $\Delta NR$ )、反射率  $\alpha$  と日射吸収量  $\Delta I$  についてはそれぞれの比をとり、温度差以外はわだち部分の値も比較してある。値はいずれも日中6時間(6時~12時, 12時~18時)の平均値である。両地点間で気温の差はほとんどなく、最大でも0.8°Cであった。反射率は道路雪氷面において約5~15%程小さくなっており、わだち部分はさらに5%程小さい。特に最終日の午後には50%も減少した。道路雪氷面における日射吸収量  $\Delta I_r$  及び放射収支量  $NR_r$  は、常に自然雪面上の  $\Delta I_a$  や  $NR_a$  より大きな値であった。特にわだち部分においてそれらの差は著しく、観測最終日には日射吸収量で2倍以上、放射収支量では3倍以上の値が得られた。

2. 道路雪氷面の熱収支

調査期間 I, II における道路雪氷の熱収支特性を求めた(第5図)。図中の記号 b はわだち部分の値である。熱収支成分は6時間平均値で表わされている。なお夜間(0時~6時, 18時~24時)は放射収支量だけを

示した。いずれの期間においても、正の熱源はほとんどの場合、放射によるものであり、負の熱源は雪中伝導熱である。顕熱は気温と表面温度の高低によっていずれの符号もとる。1月21日には雪氷面に熱が供給されてはいるが、奪われる熱も多く、収支計算を求めると融雪にはほとんど寄与していない。1月23日には顕熱伝達量が放射収支量よりも大きな熱源となっているがこれは、暖かく強い風が吹いたためである。なお顕熱が卓越する時には、路面内では走行部分とそうでない部分の熱収支にあまり差がなく、わだちの形成は少なかった。調査期間 II (図 B) においては、日中の放射収支がほぼ供給熱源となっており、顕熱も3日以降供給熱源で

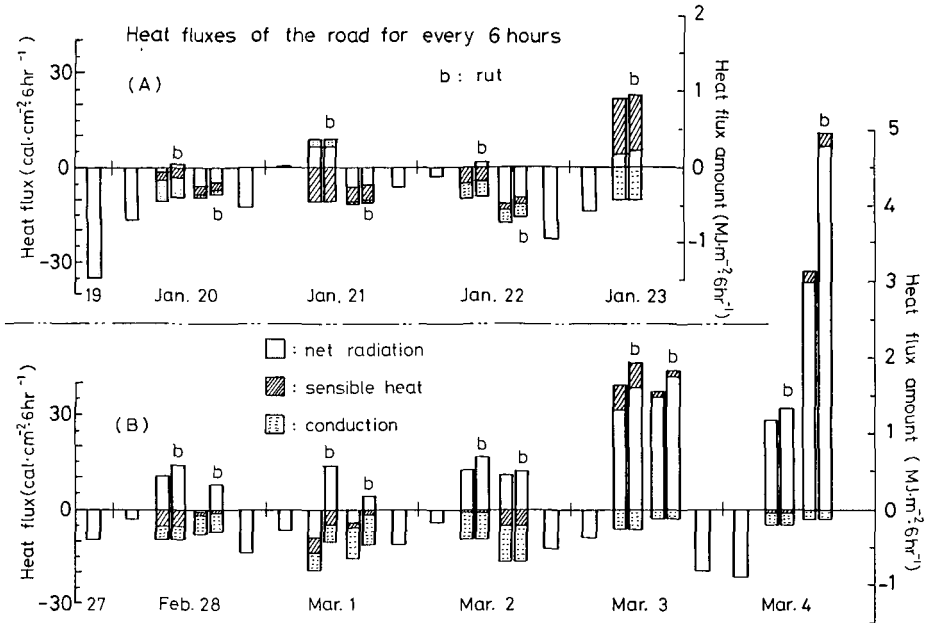


第4図 調査期間 II における2地点間の気象要素の比較

気温 ( $T$ ) と放射収支量 ( $NR$ ) は両地点間の差、  
反射率 ( $\alpha$ ) と日射吸収量 ( $\Delta I$ ) は両地点間の比

破線： わだち部分と自然雪面の比較

実線： 道路雪氷と自然雪面の比較



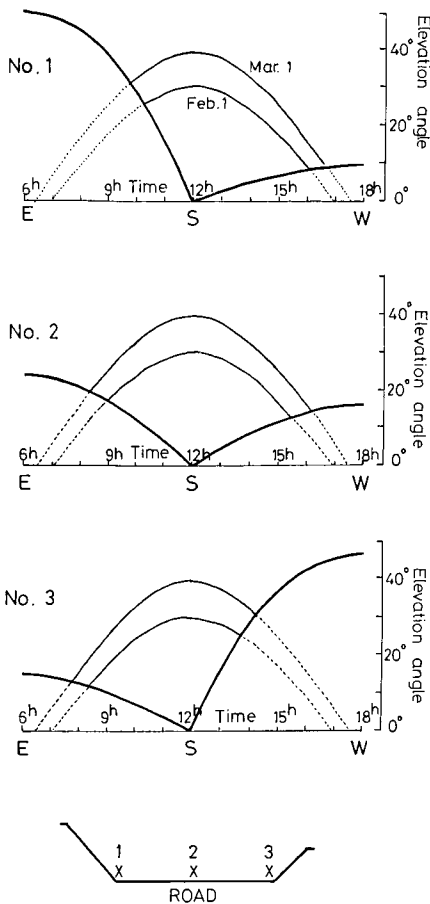
第5図 道路雪氷面における熱収支3成分の6時間値 ((A): 調査期間 I, (B): 調査期間 II)。夜間 (0~6 時, 18~24 時) は放射収支量だけを示す

白抜部分: 放射収支量, 斜線部分: 顕熱伝達量, ドット部分: 雪中伝導熱量

あった。一方、雪中伝導熱は常に負になっていた。熱収支を求めると、期間中前半は供給熱量が少なく、しかも顕熱と伝導熱でほぼバランスしていた。しかし3日以降放射熱が急増し、その大部分が融雪熱源になったことが分った。路面内において走行部分の融雪熱量が極めて大であった。これは反射率の低下(すなわち日射吸収量の増大)によるものであり、熱収支的にも走行部分の融雪が促進されて、増々わだちが成長することが説明される。

### 3. 路面内の日照条件

これまででは道路雪氷面における日射量は自然雪面と同じであると仮定した。しかし多くの場合、道路の近くには雪堤等の障害物が存在し、路面内に日陰ができて、日射量は必ずしも自然雪面と同じではない。道路各点の日照条件は、太陽高度と障害物の規模に依存する。第6図は調査道路上の3地点における2月1日と3月1日の太陽高度を示したものである。なお調査道路は南北に走っており、道路幅は約7m、雪堤の高さは東側2.5m、西側1.7mであった。障害物のない平坦な路面では、2月1日の日の出7時、日没17時頃で日照時間は約10時間であるが、調査道路では道路中央部から東側では午前中日照がなく、西側は午後日照がなくなる。太陽高度が高くなる3月1日には日照時間がやや増加している。道路上各地点における日照時間の違いを、障害物のない平坦な路面と比較して第2表に示したが、道路中央部で72%、東側64%、西側61%であった。但し太陽高度が低い時間帯には日射量が少ないために、早朝や夕方の日照時間の減少は、必ずしも同じ割合で日射量の減少をもたらすものではない<sup>11)</sup>。道路各点における日射量の減少も表2(a)に示したが、障害物のない平坦路面に対して道路中央部91%、



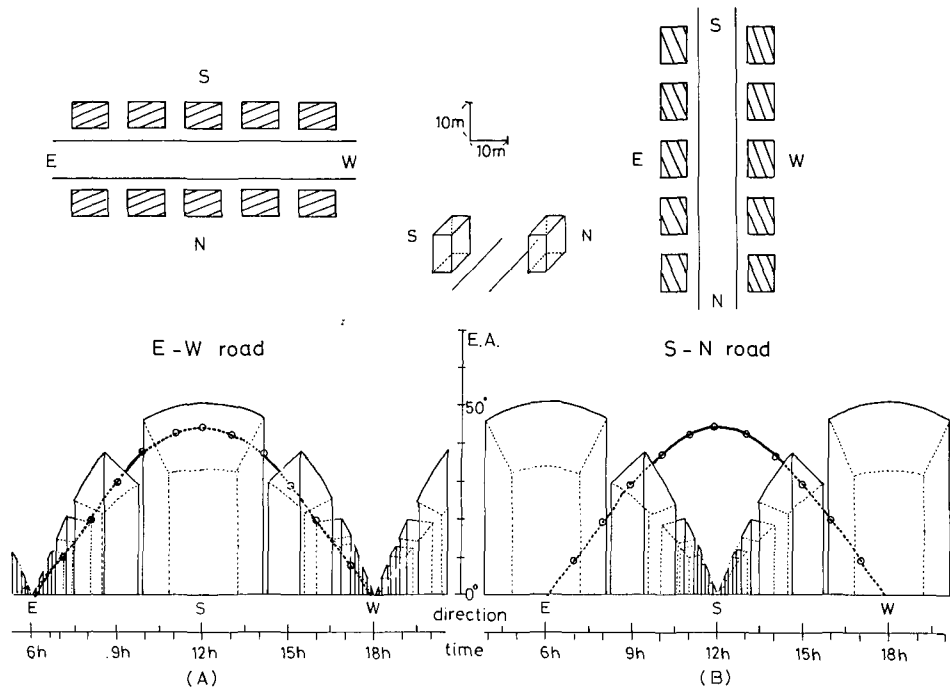
第6図 調査道路各点における太陽高度の変化と日照時間  
 縦軸：高度角  
 横軸：時間(上), 方位(下)  
 最下段は道路及び雪堤の横断面図  
 No. 1: 道路の東端, No. 2: 道路の中央部, No. 3: 道路の西端

第2表 道路の方向及び障害物による日照時間と日射量の変化(障害物のない平坦路面との割合)

(a) 調査道路	中央部	東端	西端	平地
日照時間の割合(%)	72	64	61	100
日射量の割合(%)	91	78	78	100
備考	3月1日, 篠路調査道路: 南北道(幅7m) 障害物: 雪堤(東側2.5m, 西側1.7m)			
(b) 東西道路	中央部	南端	北端	平地
日照時間の割合(%)	9	0	69	100
日射量の割合(%)	15	0	89	100
備考	3月15日 東西道(幅10m, 歩道3m) 障害物: 建物(高さ10m, 幅10m, 奥行7m) 道路の南北両側に5m間隔で並ぶ			
(c) 南北道路	中央部	東端	西端	平地
日照時間の割合(%)	40	37	37	100
日射量の割合(%)	60	51	50	100
備考	3月15日, 南北道(幅10m, 歩道3m) 障害物: 建物(高さ10m, 幅10m, 奥行7m) 道路の東西両側に5m間隔で並ぶ			

東側78%, 西側78%であった。

日照条件は道路の走行方位にも依存する。第7図は東西道と南北道を設定し、それぞれの両側に家が並んでいる状態で日照条件を考察したものである。ここでは市街地を単純化するために、道路幅10m, 歩道3mの両側に大きさ10m(高さ)×10m(幅)×7m(奥行)の障害物が間隔5mで続いているとする。3月15日の札幌における東西道の中央部においてはほとんど日照がなく、一方、南北道中央部では日中約5時間日照がある。表2(b), (c)に道路上各点における日照時間及び日射量の減少を、障害物のない平坦な路面に対する割合で示した。東西道の南側では全く日射がなく、中央部でもわずか15%であるが、北側では89%になった。南北道においては場所による変化は少なく、いずれの地点でもほぼ50~60%の日射量があった。実



第7図 東西道路及び南北道路の模型家屋を設置した時の道路中央部における太陽高度の変化と日照時間(3月15日)  
 道路幅 10 m, 歩道 3 m  
 建物の規模: 10 m (高さ)×10 m (幅)×7 m (奥行)

第3表 熱収支から算定した1日あたりの道路雪氷融解量

調査期間	月 日	補正なし (g/cm <sup>2</sup> ) (最大~最小)	補正 (g/cm <sup>2</sup> ) (最大~最小)
I	1月23日	0.16~0.14	0.14~0.11
	2月28日	0.07~0.02	0.01~0.00
II	3月1日	0.01~0.00	0.00
	3月2日	0.09~0.04	0.02~0.00
	3月3日	1.00~0.83	0.75~0.64
	3月4日	1.78~1.19	1.40~0.91

際の路面でも南北道と東西道における道路雪氷の融雪量の顕著な違いがしばしば認められる。

4. 熱収支から算定した道路雪氷の融解量

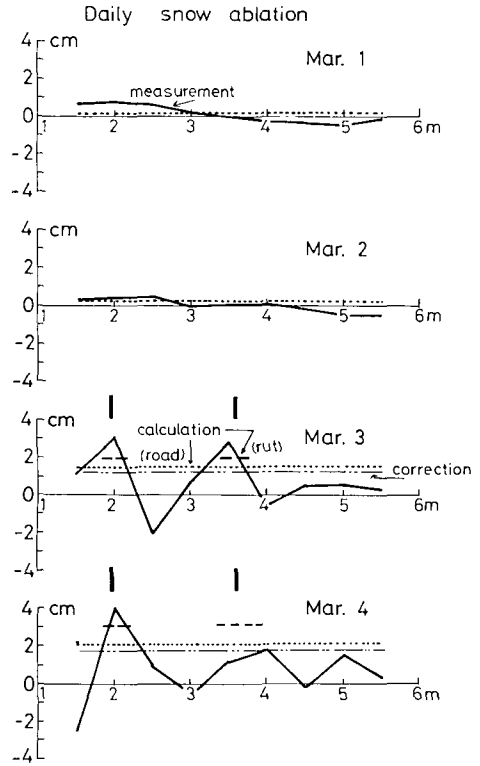
道路雪氷の融解のうち気象条件による融解量を(9)式を用いて求めた。なお熱収支成分の中で放射に関しては、前述の雪堤による遮蔽効果を考慮して日射量を補正する場合と補正しない場合のそれぞれについて路面内の数地点で融雪量を求めた。第3表は計算で求めた日融雪量の路面内における最大値と最小値を示したものである。1月23日には0.11~0.14 g/m<sup>3</sup> (補正), 0.14~0.16 g/cm<sup>2</sup> (補正なし) の融雪量を得た。両者には大きな差がほとんどないことから、この時の融雪は顕熱によるものであることが分る。調査期間 II では3月2日まではほとんど融雪

は生じなかったが、後半になって顕著な融解がみられ、3月3日には $0.64\sim 0.75\text{ g/cm}^2$  (補正),  $0.83\sim 1.00\text{ g/cm}^2$  (補正なし), 3月4日は $0.91\sim 1.40\text{ g/cm}^2$  (補正),  $1.19\sim 1.78\text{ g/cm}^2$  (補正なし)であった。この期間中には日射を補正した場合の融解量は75~78%に減少し、さらには路面内での融解量の非一様が顕著に現われている。なお融解量の最大値は車輛の走行部分で得られた。第8図は3月1日~4日における道路雪氷の融解量の実測値(実線)と熱収支による計算値(破線)を比較したものである。いずれも雪面低下量で表わした(密度 $550\text{ kg/m}^3$ )。実測値は7時~17時の総量を道路横断方向0.5m毎に示した。計算値はわだち部分とその他の部分に分けてそれぞれの日平均値である。なお縦軸は消耗量であるが、マイナスは質量の増加(雪面上昇)を意味する。3月1日と2日は道路雪氷の消耗はほとんど観測されなかったが、熱収支計算からも融雪量は極めて少なかった。3日、4日には大きな融解量が計算から得られた。道路東端から2m及び3.5mの地点は、車の走行部分であったが、両日ともにこの地点では特に融解量が多く、他の地点に較べて約50%程高い値を示した。一方、実測値の分布をみると路面内での消耗量は一様でないことが分る。

すなわち車の走行部分では、気象条件から求めた融解量よりも大きな消耗量が測定されたが、これは(3)式からも分るように車輛の影響であると推察される。わだち以外の場所では計算値より少ない消耗量や、逆に質量が増加する場合がみられたが、これは車の走行によって道路雪氷が複雑に再配分されたためであろう。

#### IV. ま と め

道路雪氷の融雪量を気象観測による熱収支測定から求めた。その結果融解熱のほとんどは放射によるものであることが分った。なお道路雪氷の融解量は路面上で一様ではない。これは道路雪氷面の反射率と路面内の日照条件が場所によって大きく異なることによっている。道路雪氷の消耗過程には、以上の気象条件に加えて、車輛の影響が複雑に作用している。しかし成瀬ら<sup>5)</sup>が求めたように道路雪氷の消耗過程を詳細に調査し、次いで本報告で行なった気象条件による影響を考慮することにより、道路雪氷の消耗過程に及ぼす車輛の影響がより明確になるであろう。



第8図 熱収支計算と実測による道路雪氷消耗量の比較

- 実線: 0.5m毎に実測された消耗量の日総量
- 点線: 一般路面の計算値(補正なし)
- 2点鎖線: 一般路面の計算値(補正)
- 破線: わだち部分の計算値

## 謝 辞

本研究において低温科学研究所成田英器氏、西村浩一氏、ジーノカサッサ氏、及び北海道大学工学部武市靖氏には観測の援助を受け、さらに有意義な討論をして頂いた。ここに記して感謝いたします。なお本研究費の一部は文部省科学研究補助金によった。

## 文 献

- 1) 日本建設機械化協会 1977 新防雪工学ハンドブック, 1.2.5. 路面積雪. 森北出版, 33-38.
- 2) 木下誠一, 秋田谷英次 1969 北海道における路面積雪調査 I. 一路面積雪分類試案—低温科学, 物理篇, **27**, 163-179.
- 3) 木下誠一, 秋田谷英次, 田沼邦雄 1970 道路上の雪氷の調査 II. 低温科学, 物理篇, **28**, 311-323.
- 4) Kinoshita, S. and Akitaya, E. 1970 Classification of snow and ice on roads. In Snow Removal and Ice Control Research. *Highway Res. Board. Spec. Rept.*, **115**, 8-16.
- 5) 成瀬廉二, 石川信敬, 武市 靖, 前野紀一 1987 道路雪氷の消耗過程の特性. 低温科学, 物理篇, **46**, 135-149.
- 6) 前野紀一, 西村浩一, 成田英器 1987 道路雪氷の構造と新分類. 低温科学, 物理篇, **46**, 119-133.
- 7) 石川信敬, 小林俊一, 小島賢治 1982 融雪期の顕熱フラックス I. 低温科学, 物理篇, **41**, 109-116.
- 8) Mellor, M. 1977 Engineering properties of snow. *J. Glaciol.* **19**, 15-66.
- 9) 前野紀一, 黒田登志雄 1986 雪氷の構造と物性. 基礎雪氷学講座第1巻, 古今書院, 173-178.
- 10) Ishikawa, N., Motoyama, H. and Kojima, K. 1986 Estimations of snowmelting rate in a small experimental site. Gold Regions Hydrology Symposium. American Water Resources Association, 305-312.
- 11) Wendler, G. and Ishikawa, N. 1974 The effect of slope, exposure and mountain screening on the solar radiation at McCall Glacier, Alaska. *J. Glaciol.*, **13**, 213-226.

## Summary

It is very important to detect surface conditions of road snow for safety driving in winter. The thickness of road snow is dependent on weather conditions and vehicle actions. The paper shows a comparison of meteorological parameters measured at several different snow surfaces (natural snow cover, road snow, etc.) in January and March in 1987, and describes the heat balance characteristics of road snow. The net radiation constituted the largest heat source for snowmelt among various heat balance components. Surface albedo on road snow, especially at vehicle trails, was much lower than that on the natural snow surface. Pronounced snowmelt was observed on the road when little snowmelt occurred on the natural snow cover. Uneven snowmelt occurred across the road surface due to the uneven distributions of albedo and insolation. The snow ablation at the rut parts (vehicle trails) was larger than the estimated amounts by heat balance calculations. The difference could be explained as was caused of vehicle actions as erosion.