

ロードヒーティングの断熱に関する一考察

岩本欣也 (株)北海道融雪研究所)

佐山惣吾、山口宗宏、西川泰則 (北海道工業技術研究所)

1. 緒 言

北海道においては、ロードヒーティングにおける断熱材の効果については従来2つの見解がある。¹⁾ すなわち1つはヒーターの熱を地中に逃がさない効果があるというものの、もう1つは地中からの熱(地熱流)を遮断する逆効果になるというものである。一方ロードヒーティングに供する断熱材は、①水の浸透を遮断できるもの、②強度が十分あるもの(交通の重圧と振動に耐える強度を有するもの)、③熱伝導率が小さいもの(気孔率の大きいもの)、④耐熱性のあるもの(アスファルト施工温度約180℃)等の要素を兼ね備えている必要があり、より優れた材質の開発が必要な課題である。本報告では、ゴムチップをポリウレタン樹脂の中に混入して発泡させた弾性を有する新しい断熱材と従来の発泡ウレタン断熱材をコンクリート製融雪パネルの下に敷き、ロードヒーティングの運転時及び運転停止時の温度変化を測定した。その結果材質による断熱効果の差異と、運転時と運転停止時の温度変化の差異を明らかにし、断熱材を敷設した場合しない場合のロードヒーティング構造と、地温、気温の変化と熱の出入りについて検討した。

2. 実験装置及び方法

2-1 実験装置

実験に用いた温水融雪パネルの構造は、1m×1mのコンクリート製パネルの中に10cmピッチでφ12.7mmの銅管が埋設されている。パネル1は下に断熱材としてゴムチップウレタン複合材(20mm厚さ、熱伝導率 $\lambda=0.0700\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$)を敷いたもの、パネル2は下に断熱材として発泡ウレタン材(20mm厚さ、 $\lambda=0.0412\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$)を敷いたものであり、そしてパネル3は下に断熱材を敷かず地面に直にパネルを置いた。それぞれに約15℃の温水(不凍液)を流量1.5ℓ/分を通して実地の運転試験を行った。また、地温分布を測定するために土中の鉛直方向に4点を選び(GL-5cm、GL-10cm、GL-30cm、GL-50cm)、各点にPt100(測温抵抗体)を埋設して温度変化を測定した。

2-2 実験方法

* RUN 1 冬季の融雪運転試験

1995年3月9日16時より3月10日16時まで連続運転して、パネル各点の温度と気温を測定した。

* RUN 2 春先の自然融雪試験

RUN1の後、10日間運転を停止したが3月22日に降雪があり、この雪がパネル上で自然に融ける状況を観察し、気温変化と対照させた。(1995年3月21日より3月27日まで)

* RUN 3 融雪運転をした場合の地温分布変化測定

1994年1月10日より1月20日まで温水パネルの融雪運転をした後1月20日から2月1日まで運転を停止した。このときの地温分布の変化を測定した。

* RUN 4 春先の地温分布変化測定

1995年4月22日より4月26日まで自然の地温分布変化を測定した。

3. 実験結果

3-1 融雪運転時の断熱材の効果 (RUN 1)

3月10日午前2から午前3時の各パネルの温度と伝熱熱量を図1に示した。(RUN 1) その時の外気温は1℃であった。温水が13～15℃で各パネルに共通に供給されている。ゴムチップウレタン複合断熱材と発泡ウレタン断熱材を比較すると、ゴムチップウレタン断熱材の方が断熱性能が劣るため、断熱材下の地温が約1℃高くなり、パネル表面温度は逆に0.5℃低くなった。一方断熱材無しでは、断熱材有に比べて4～5℃パネル表面が低くなり、地温は逆に5～6℃高い値を示した。

3-2 自然融雪と断熱材の影響 (RUN 2)

RUN 2では運転停止時の自然融雪の状況を観察した。(写真1) 3月22日に降雪があり、3月23日に断熱材なしのパネル上の雪が融けた。3月24日にはゴムチップウレタン複合断熱材を下に敷いたパネル上の雪が融けた。さらに3月26日に発泡ウレタン断熱材を下に敷いたパネル上の雪が融けた。この間の気温変化とまたこの間のパネル1(発泡ウレタン断熱材有り)及びパネル3(断熱材無し)のパネル表面、断熱材下(地温)の温度変化を図2に示した。

3-3 地温分布の変化 (RUN 3、RUN 4)

RUN 3の結果を図3に示す。融雪運転時にGL-5cmの地温が3℃程度まで上昇したが運転停止後0℃以下まで低下した。それ以外は下に深くなる程地温は高くなり融雪運転の影響は小さかった。

RUN 4の結果を図4に示す。気温が地温より高い春先では表面に近い程地温は高くしかもGL-10cmまで気温の日周期の影響を受け、また全体に季節の傾向変動の影響も受けた。

4. 考 察

- ① RUN 1より断熱材はヒーターの下への熱流を遮断し、上への熱流を相対的に大きくすることで融雪効率を向上させる。
- ② RUN 2より自然融雪に対する断熱材の逆効果が現れた。地温が気温より相対的に高いと地表付近の地熱流が下から上に向くために、この時期には断熱材はそれを阻害して自然融雪には不利になる。
- ③ RUN 3よりロードヒーティングを運転するとGL-5cm程度までの地温を上昇させるが、それ以深にはすぐには影響しない。
- ④ RUN 4より気温が地温より高い時期は(春先以降)、GL-10cmまでの地温の動きのレンジは気温の日周期のレンジの1/5程度で連動している。
- ⑤ RUN 3、RUN 4より冬季(気温が地温より低い時期)と春先(気温が地温より高い時期)で地表付近(GL-50cmまで)の地温分布は逆転する。

5. 結 言

春先に断熱材が地熱流を遮断するために自然融雪に逆効果を示したことは、北海道ではあまり報告されていない現象で（本州では普通言われる）注目される事例が得られた。

本報告では、気温が地温より低い期間を冬季として、それ以外の時期（春先以降）と地温の挙動が違ふことを明らかにした。また地温の挙動には、日周期と季節による傾向変動の要素がある他、さらに地球レベルの大気への放熱（ 1 W/m^2 といわれる）の要素があり、これら3要素の熱挙動を統合してモデル化する必要がある。また、自然系の中で融雪のための人為的な操作（加熱、断熱）がどう影響しているのかという逆の視点も必要と思われる。なお、実用上のモデル化については継続して解析中であり、続報等で報告する。

参考文献 1) ; 佐山惣吾他『ロードヒーティングの断熱効果について』
北海道の雪氷No.13(1994)

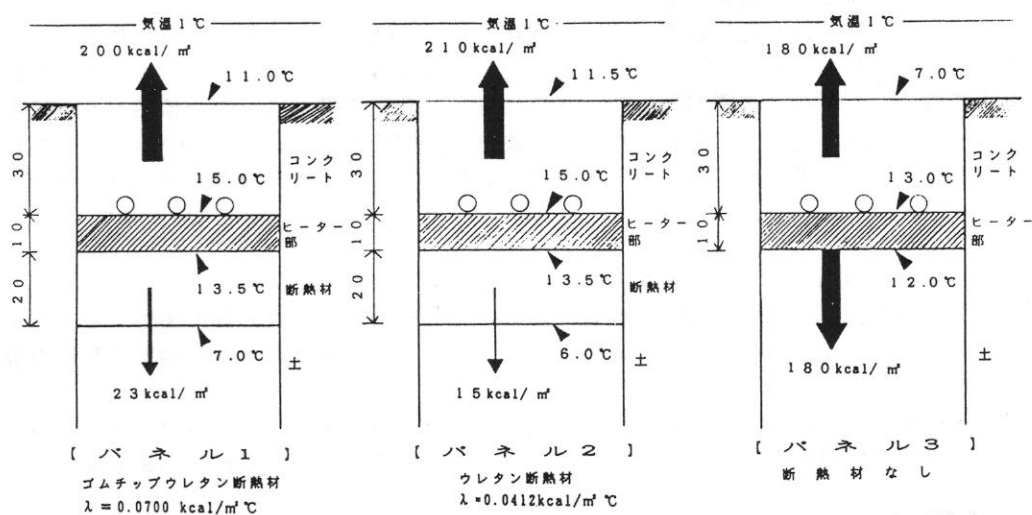


図 1 温水パネル各点の温度 (RUN 1) (3月10日 : 午前2~3時)

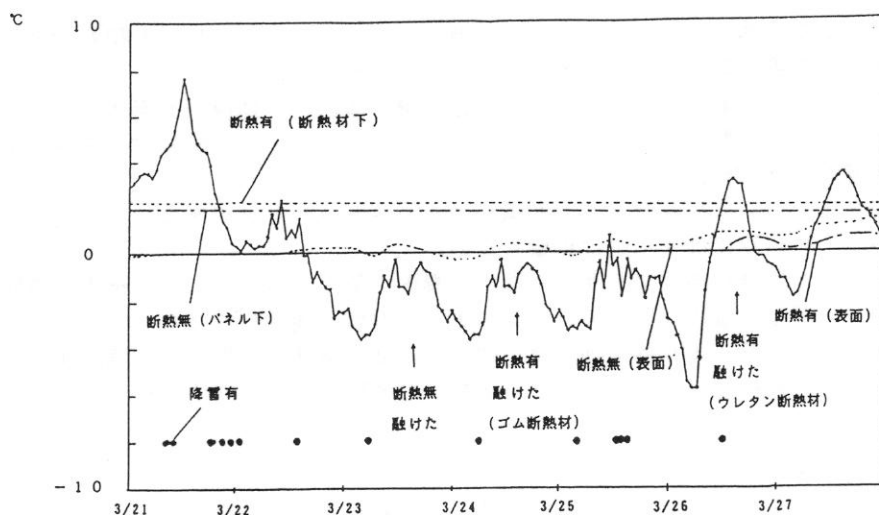


図 2 自然融雪時の
気温変化と地温変化 (RUN 2)

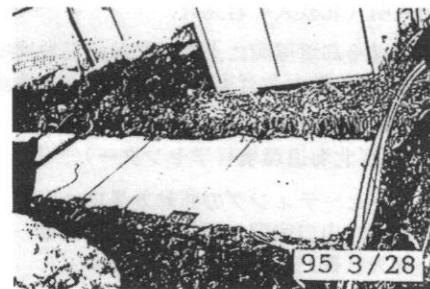
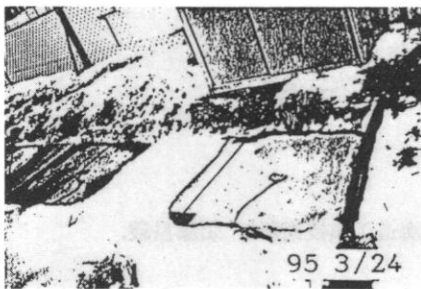
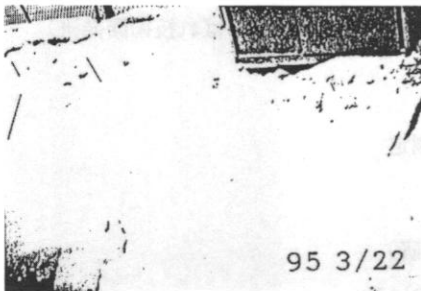
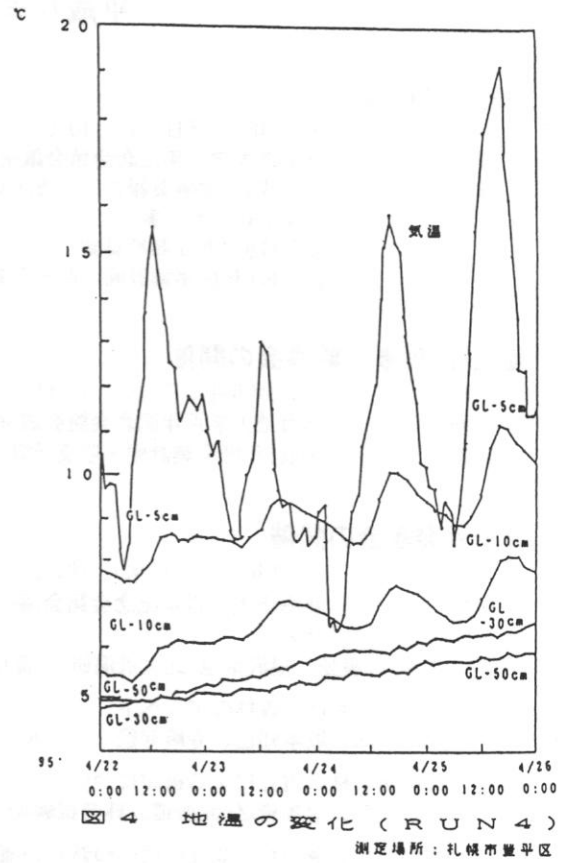
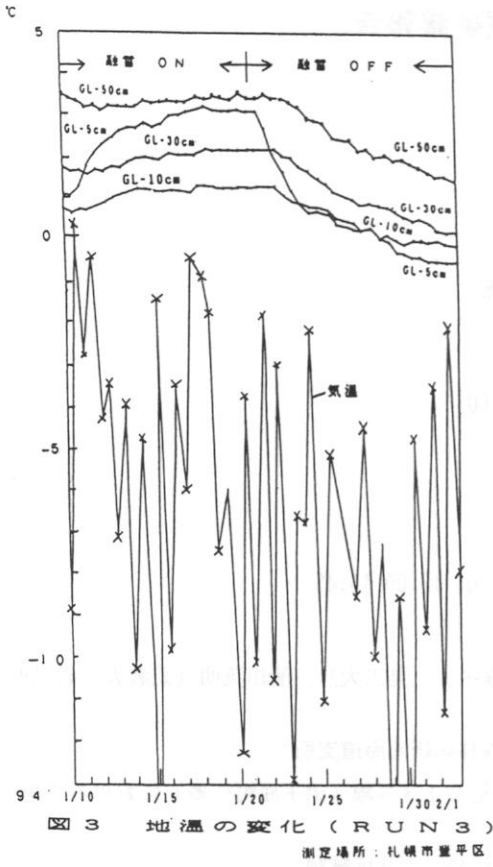


写真 1 自然融雪進行状況 (RUN 2)