

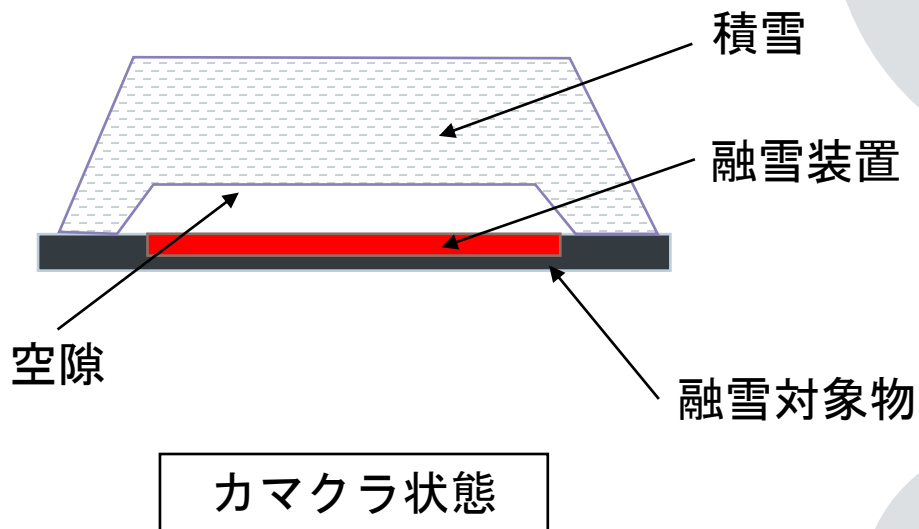
融雪技術資料

カマクラ現象について

株式会社Fabtech 鳥居彰夫
北海道科学大学寒地未来研究所 学外研究員

カマクラ現象

歩道車道、屋根などの平面などを融雪する場合に起こる現象として「カマクラ」になると呼ばれる現象が発生します。電気発熱体を利用した融雪装置を設置しているにも関わらず積雪した状態になってしまい、時間が経過しても融雪しない状態になります。この時、融雪面と積雪の間には空間が発生しています、この状態が「カマクラ」に似ていることからこの名称になっています。

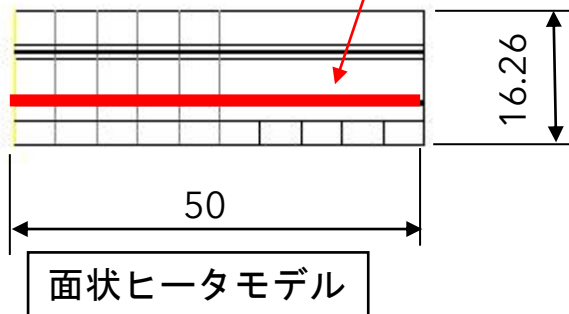


実際のカマクラ

熱伝導計算

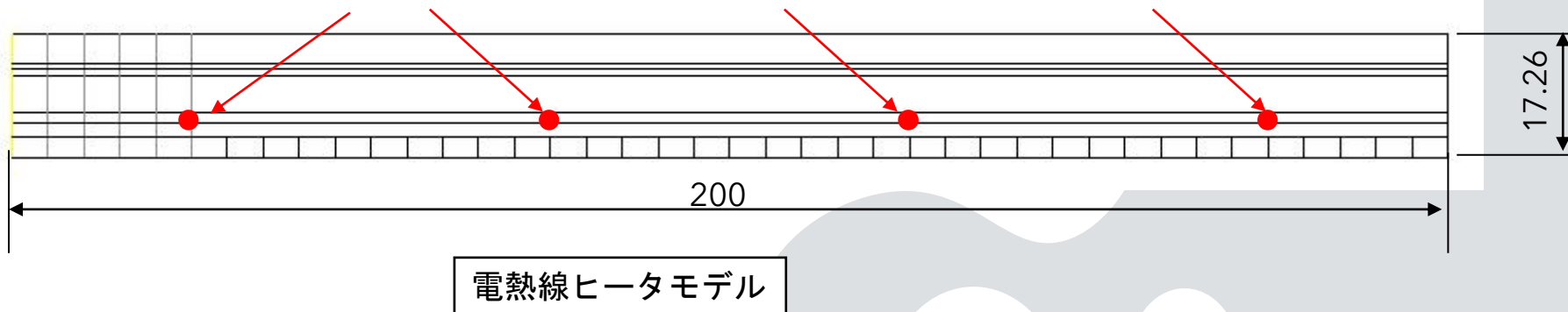
面状発熱体と電熱線を使用した融雪マット内の熱伝導状態を有限要素法による計算により確認してみました。（計算ソフト：ANSYS FULMENT12.1）

面状ヒータ発熱部



	密度	比熱	熱伝導度
	[kg/m ³]	[j/kg.k]	[W/m.k]
ガラス	2500	840	1.000
樹脂材	1380	1050	0.240
空気	-(温度変化)	1006	0.024
ゴム材	960	1510	0.167

電熱線発熱部

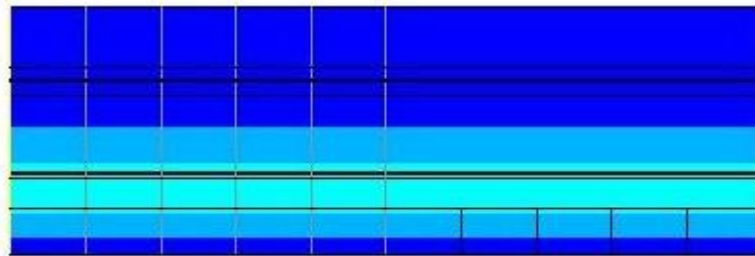


温度分布（面状発熱体）

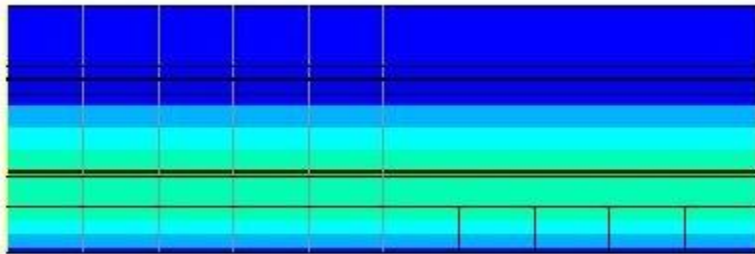
上下方向に均一に熱伝導していることが確認できます。
尚、発熱エネルギーにより温度が変わります。

[°C]

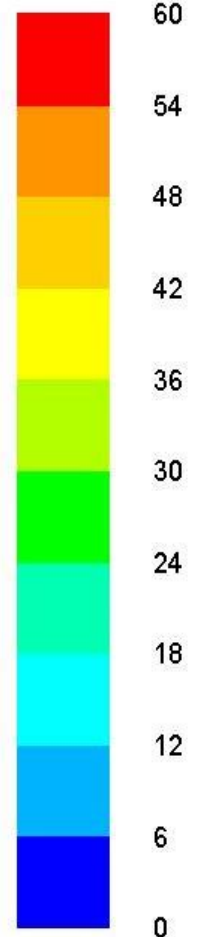
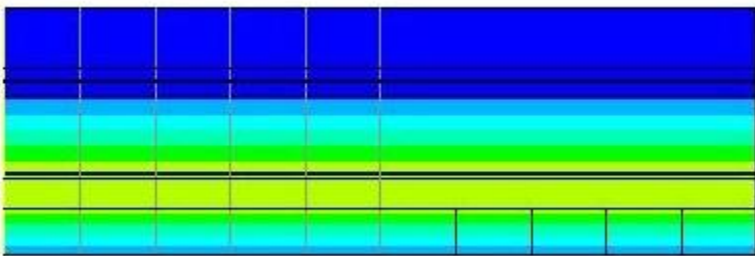
150[W/m²]



250[W/m²]



350[W/m²]



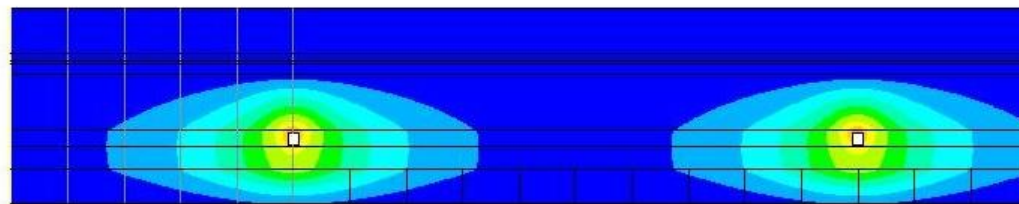
温度分布（電熱線）

熱源を中心に同心円状に熱電伝導しており、熱源間には温度の低い部分が存在することが確認できます。

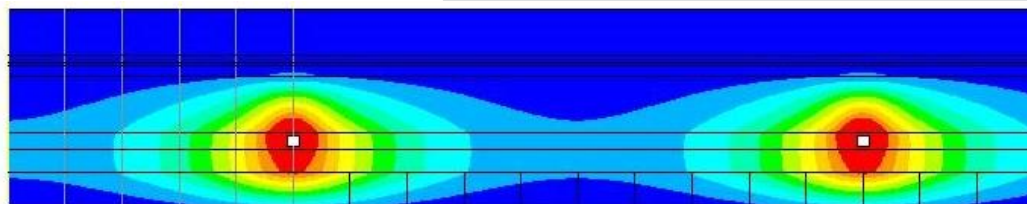
尚、発熱エネルギーにより温度が変わります。

[°C]

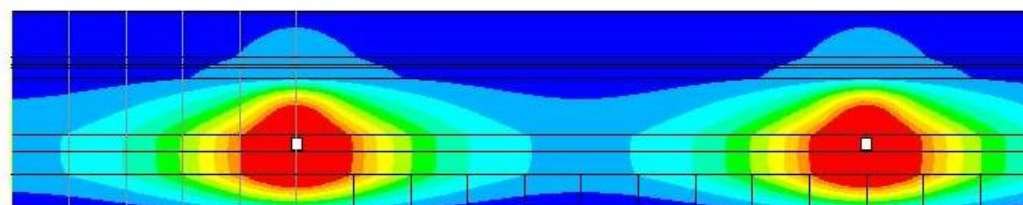
150[W/m²]



250[W/m²]



350[W/m²]



60

54

48

42

36

30

24

18

12

6

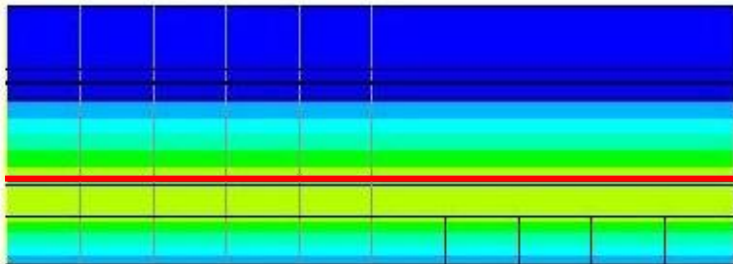
0

温度勾配

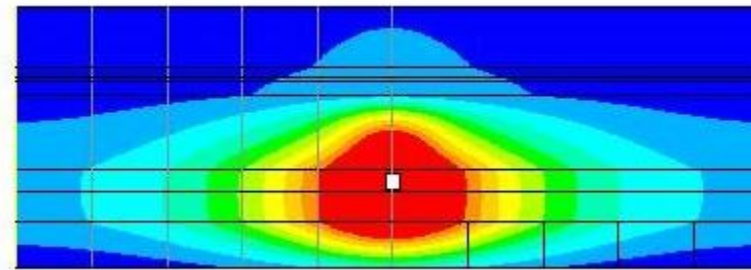
- ① 面状発熱体と電熱線の最高到達温度には大差がある。
- ② 表面に熱伝導した場合、電熱線の場合は温度ムラが生じる。

発熱量 (W/m ²)	150	250	350
面発 (°C)	15	25	55
線発 (°C)	50	90	125

面状発熱体 350 (W/m²)



線状発熱体 350 (W/m²)



6mm

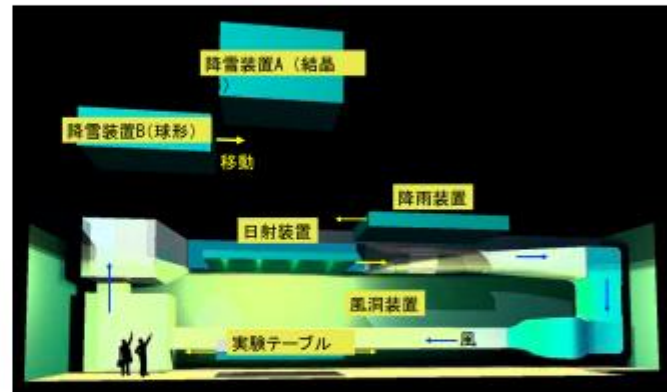
雪氷環境を再現する ー雪氷防災実験棟ー

雪氷防災実験棟は、天然に近い結晶形の雪を大量に降らせることができる、人工降雪装置を備えた世界唯一の施設です。大型の低温室の中で、雪氷圏に起こる様々な現象を再現することにより、雪氷災害の発生メカニズムの解明などの実験研究が行われています。



人工降雪

樹枝状(顕微鏡写真)、または氷球状の雪を降らせることができます。



低温室内の実験装置

降雪、気温、日射、降雨、風速(風洞装置内)を制御します。



姿を変える新雪

低温室においても新雪のまま保存しておくことができないため、新雪を用いる実験を行うときはそのつど造る必要があります。

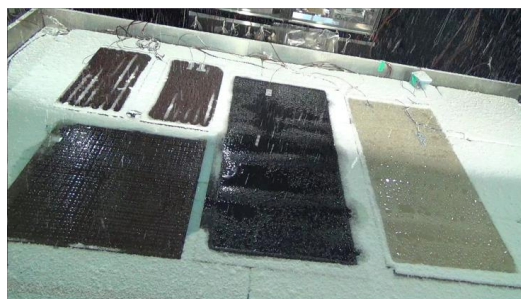
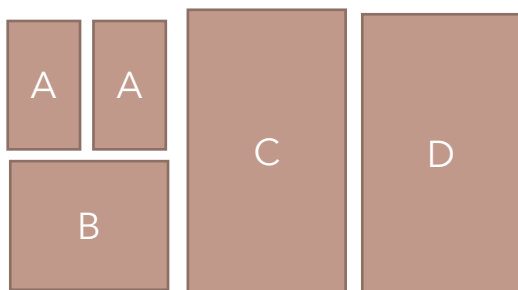
その他市販融雪マットとの融雪性能比較試験

防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄雪氷環境実験所にて、降雪強度3cm/時間、環境温度 -5°C で、市販融雪マットと導電性繊維からなる新素材融雪マットの性能比較を実施。

中央写真は、降雪開始から約10分経過、Aマットは電熱線の空隙に積雪が見れる。さらに約30分経過するとA、Bの電熱線タイプは積雪しまった。しかし、全面融雪のC、Dは積雪することなく融雪面を維持していました。

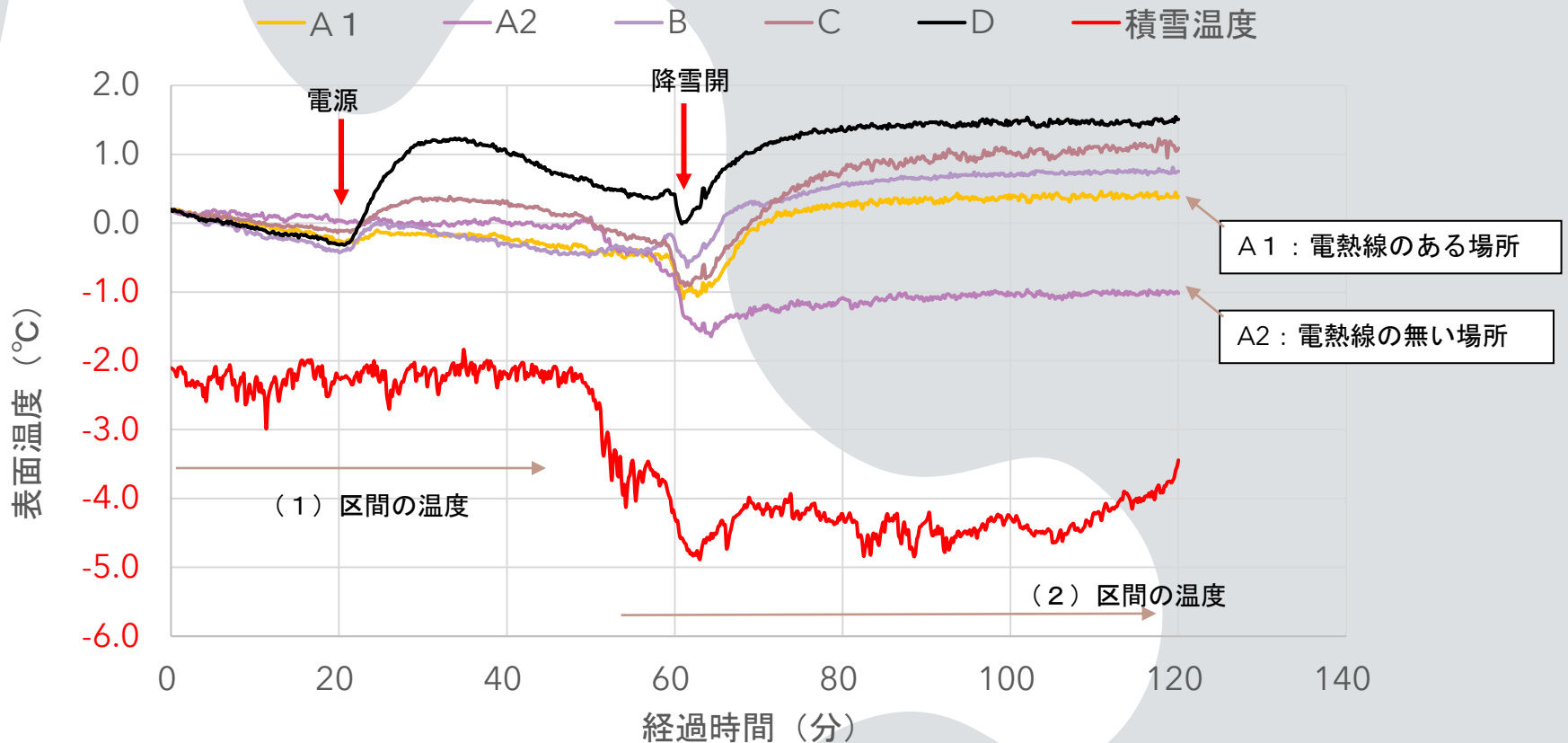
ファブリックヒーターの融雪性能が高いことが確認できました。（試験はNEXCO中日本との共同試験）

融雪マット	A	B	C	D (面状発熱体)
寸法 (m)	0.5×1.0	1.0×1.0	1.0×2.0	0.8×2.0
発熱量 (whr/m ²)	500	270	220	220
発熱体	電熱線	電熱線	導電性樹脂	導電性繊維
発熱体配置	約8cm間隔	約3cm間隔	全面	全面
市場価格 (万円/枚)	5～6	7～10	7～10	7～10



電熱線方式は熱源間に低温部が生じて融雪能力が低い部分が生じることが確認できます。ここに積雪すると雪がブリッジ状態になり、さらにその下には空隙が生じて「カマクラ」になります。

融雪マット発熱方式の違い



備考

区間 (1) は、試験室マイナス3°C設定

区間 (2) は、人工雪は-10°Cで作られるの積雪した雪の温度は-6°C近くになっています。

尚、自然の雪は地上に到達するまでに外気温まで温まりますので、厳しい条件下の試験です。

面状発熱体の融雪試験

下記の写真は2022年1月から2月中旬まで、札幌市内の空き地で面状発熱体を設置して融雪状況を記録したものです。左右の違いは右が一定温度（表面約10℃）、左は電力制御しています。いずれも、融雪面にはカマクラが生じていません。



1月11日 11時（再設定後、稼働）

27cmの
降雪あり



1月12日 14時

さらに
7cmの降雪
風も強い



カマクラが生じると融雪からの熱が上部の積雪に伝導しない為、融雪しないでそのままの状態になってしまいます。

融雪面を広くした場合は、カマクラ状態を作る積雪が重力により崩壊することがあり、時間をかければ融雪面が露出することもあります。

しかし、降雪量が多い地域では完全に露出することは難しいです。

融雪面に温度ムラを発生させないことが「カマクラ」を作らないことが重要です。