

アラスカにおける冬季地表面の冷却過程の観測

中村文彬, 榎本浩之 (北見工業大学), 金 龍元 (アラスカ大学),
佐々木孔明 ((株) 日立プラントテクノロジー)

1. はじめに

アラスカは永久凍土が存在することによって, 温度上昇が抑制される. さらに, 積雪の融解により土壌に水分が供給される. それにより積雪が地表面にどのような影響を与えるのかを見る必要がある. 本研究では森林, 山岳, ツンドラなどの様々な地形や気候に特徴あるアラスカを対象にして温度計, 水分計を設置し観測した. それにより, 多地点での同時観測を行うことができた. 観測により凍結時期, 凍結期間, 積算寒度についてアラスカ北部の特徴を見ることができた. さらに, 得られたデータにより, 凍結・融解と地中の水分量との関連を調べた.

2. 現地観測

2. 1 観測サイト

図-1 に示すようにフェアバンクスから北極海沿岸の町プルード・ベイまでの約 1000 km をダルトン・ハイウェイ沿いに沿って 7 か所のサイトを設けて観測を行った. フェアバンクスからプルード・ベイまでの道のりには起伏の多い森林帯, ユーコン川, 北極圏の境界線, 1000m を越える岩山からなるブルックス山脈を超えると海岸まで続く平原のツンドラが広がる. この平原は約 100 km を 800m しか下らない平野でノーススロープと呼ばれている. さらに, ツンドラには海岸近くに湖や沼地などが広がる海岸ツンドラ帯がある.

2. 2 観測データ

各サイトで図-2 のようなデータを取ることができた. 図-2 は 2008 年から 2009 年にかけてのサイト BC1 データを示している. 黒い実線を気温 (AT100) とし, 高さごとに気温センサーを設けてある. 灰色に塗りつぶされているのはインターバルカメラによる目視での積雪深を示している. 2008 年から 2009 年にかけてのサイト BC1 の特徴は積雪深の高さが 110 cm 以上を示しているのがわかる. これは他のサイトの中でも多い結果になった. 気温は最低気温が -43.1°C で積算 $3728^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$ になっていて積算寒度, 最低気温はほかの北方森林帯のサイトと変わらない結果になった. 他のサイトについては表-1 にまとめた.

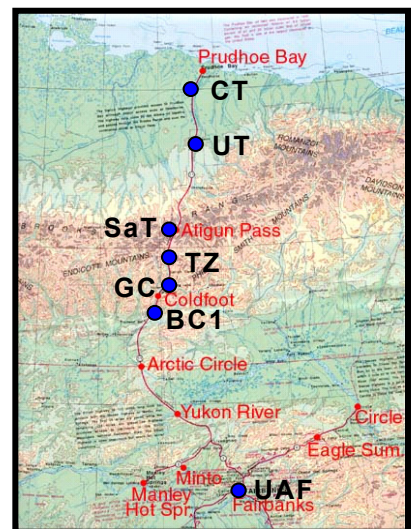


図-1 アラスカ州北部の観測域

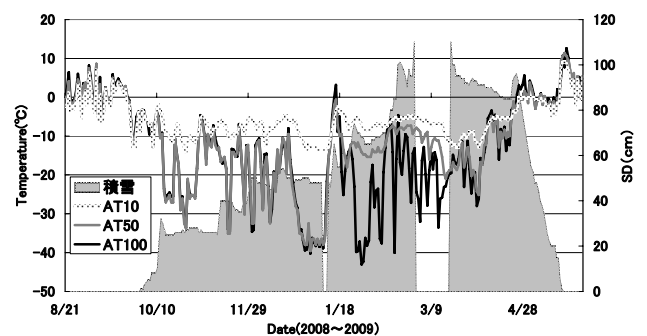


図-2 温度と積雪深の取得データ例 (北方森林BC-1)

表-1 気温、積雪、凍結に関する観測結果 (2008-2009)

2009年	北方 森林帯				ツンドラ帯		
	UAF	BC1	GC	TZ	SAT	UT	CT
標高(m)	247	348	433	692	1060	424	40
最低気温(°C)	-49.1	-43.1	-46.0	-39.6	-42.1	-45.4	-43.2
積算寒度(°C・day)	3731	3729	4594	3866	3866	4624	4573
最大積雪深(cm)	66*	110以上	72*	93	66*	36.5*	25
積雪時期	2008/9/22	2008/9/30	2008/10/4	2008/9/30	2008/10/2	2008/10/1	2008/10/5
積雪期間(日間)	201	231	211	228	207		206
凍結時期(日)	2008/9/25	2008/9/28	2008/9/30	2008/9/27	2008/9/19	2008/9/15	2008/9/27
融解時期(日)	2009/4/24	2009/4/27	2009/5/6	2009/4/28	2009/4/30	2009/6/2	2009/6/16
凍結期間(日間)	208	211	218	215	223	270	272
地温最低温度(°C)	-9.9	-5.7	-8.1	-7.9	-8.2		-19
停滞期間(凍結時)	38	19	4	14	39	32	56
停滞期間(融解時)	11	23	15	22	16		19

*は断面間即時の積雪深
#は仮の値(平均値)

各サイトを比較した表を見る。積算寒度が一番低いのはサイト UT の 4624°C・day でその次がサイト CT の 4572°C・day だった。ツンドラ帯の積算寒度はほぼ同じ値を示した。しかし、ツンドラ帯なのに山岳ツンドラのサイト SaT は積算寒度が 3866°C・day と高くなっている。この積算寒度は北方森林帯の積算寒度と似ていることがわかった。北方森林帯のなかでもサイト GC は積算寒度が 4594°C/day に示していてツンドラ帯に近くなっているのがわかる。積算寒度が低いのは最低気温が低いからというわけではない。最低気温を見てみると北方森林帯のサイト UAF が一番低くその次にサイト GC、サイト UT と続いているのがわかる。本来なら最低気温一番低いサイト UAF が一番低くなるはずだがサイト UAF の積算寒度は 3730°C・day ほどになっている。これは、他の北方森林帯のデータとあまり変わらない結果となった。

積雪深と積雪開始時期を見てみると積雪開始時期はこのサイトも同じように9月の後半から10月の前半に降り始めている。この雪は愉快時期の4月～5月まで残っている。積雪深が一番多かったのはサイト BC1 で 110 cm を超える積雪がある。北方森林帯はすべてのサイトで 60 cm 以上と多雪なのができる。反対にツンドラ帯は積雪深が1番多いサイトでも 40 cm くらいで雪が少ないのがわかる。場所による積雪深の違いがわかる。

凍結期間はツンドラ帯が北方森林帯よりも長いのがわかる。特にサイト UT は一番短いサイト GC と比べると二ヶ月近くの差があるのがわかる。サイト GC とサイト UT は積算寒度も最低気温も場所による環境も比較的似ているのにこのような差が出る。この二つを比べると凍結時期に一ヶ月、融解時期に一ヶ月の差があるのがわかる。

地温のデータをみてみると最低地温が一番低いのはサイト CT になっている。この地温はサイト UT が観測できなかったが北方森林帯と比べると約倍くらいの差がある。北方森林帯とサイト SaT は地表面平均地温が-2°C～-5°Cの間に収まっているがサイト CT は-9.2°Cと平均地温も倍くらいの差ができています。

土壌水分量を見てみると(図-3)海岸ツンドラとツンドラには 15～20%の差がある。海岸ツンドラが湖や沼地の多い湿地帯に対してツンドラ帯は乾燥して広大な平野が広がっているためだと考える。しかし、サイト UAF は海岸ツンドラ帯と同じような水分量を示している。これはサイト UAF が地面一面をコケなどで覆われていてそのため水分

量が多くなっていると考えられた。

3. 考察

3.1 凍結日数と積算寒度

凍結日数と積算寒度について調べた(図-4)。その結果積算寒度が大きい方が凍結期間が長く、高緯度のほうが凍結期間が長い傾向があるのがわかった。サイト SaT が他のツンドラ帯のサイトに比べて積算寒度が低いのは山の中腹にあるため斜面温暖帯(近藤 他, 1992)の影響を受けたためだと考えられる。北方森林帯のサイト GC は積算寒度がツンドラ帯と同じくらいになっている。サイト GC は谷地形になっているため他の森林帯よりも大きくなったと考えられる。

3.2 凍結時期と凍結日数

凍結時期と凍結日数について調べた(図-5)。高緯度ほど凍結日数が長く、海岸ツンドラ帯(CT)は他のツンドラ帯の中で1番遅く北方森林帯と同じ時期に凍結しているのを示した。これはツンドラ(UT)、山脈ツンドラ(SaT)と凍結していくのはサイトCTよりも夏季の気温が低いためだと考えられる。さらに、北方森林帯は凍結期間が緯度に関係なくまとまりがある。

3.3 凍結・融解時期

凍結時期と融解時期について調べた(図-6)。ツンドラ帯の3サイトは凍結・融解時期に差があり、高緯度になるほど融解が遅いのがわかった。これは、凍結時期には夏季の気温、融解時期には氷が融解するときの時間の差だと考えられる(Shulski and Wendler, 2007)。北方森林帯の4サイトは凍結・融解時期にまとまりがある。北方森林帯は元々積雪が多く融解しやすく、融け始めが早い。融け始めた後は温度上がる。

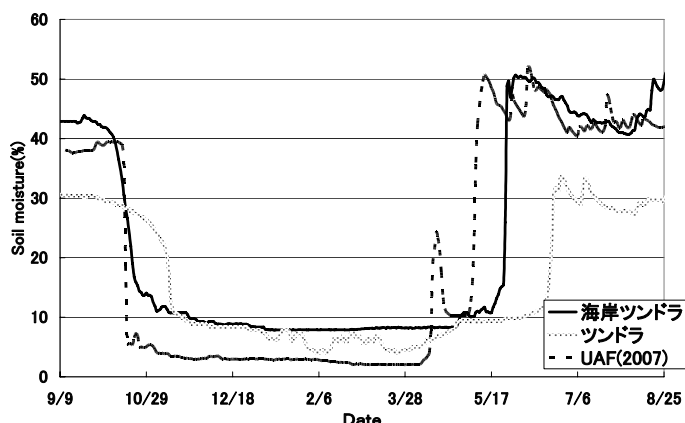


図-3 土壌水分量

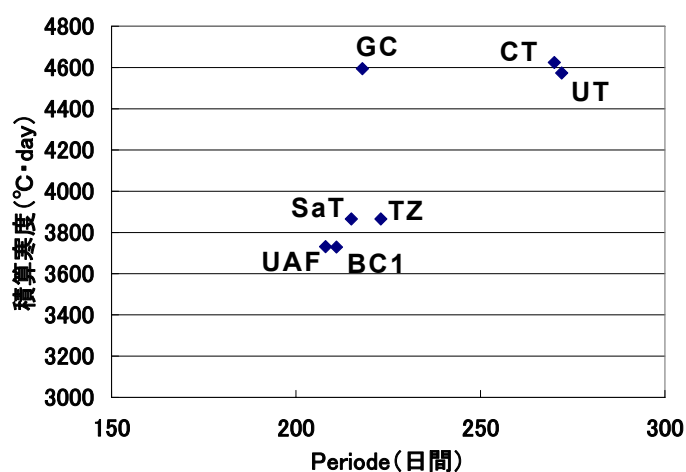


図-4 凍結日数と積算寒度

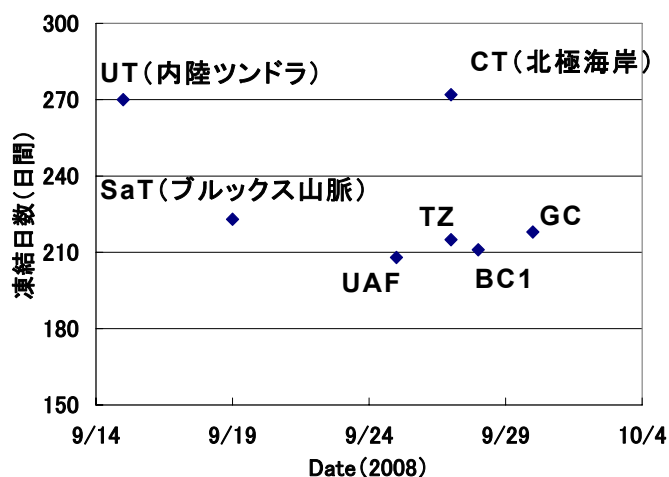


図-5 凍結時期と凍結日数

さらに、北方森林帯の4サイトには全面に永久凍土がないため水分が地面に浸透しやすいため融解時期が早くなったのだと考えられる。

4. まとめ

本研究ではアラスカの森林、山岳、ツンドラなどの地形や気候に違いのある7ヶ所に温度計、水分計を設置し冷却、融解、積雪を観測した。最大積雪深は北方森林帯のサイトが多く、ツンドラ帯のサイトが少なくなっていた。北方森林帯のサイト GC はツンドラ帯と同じような積算寒度になっていて、山の中腹にあるサイト SaT は斜面温暖帯の影響を受けたため積算寒度が他のツンドラ帯よりも小さくなった。凍結期間は北方森林帯で218日～235日、ツンドラで223日～270日であった。海岸付近のツンドラ帯の凍結時期は0℃付近で停滞して(56日間)その後急激に凍結する。融解時期の0℃付近停滞期間は森林帯で短く場所による差が小さかったのに対して、ツンドラ帯は長く、場所による差が大きかった。地中の水分量がこれに関係すると予想され、地中の水分量は海岸ツンドラ帯や森林帯で多く、内陸のツンドラ帯では少なかった。

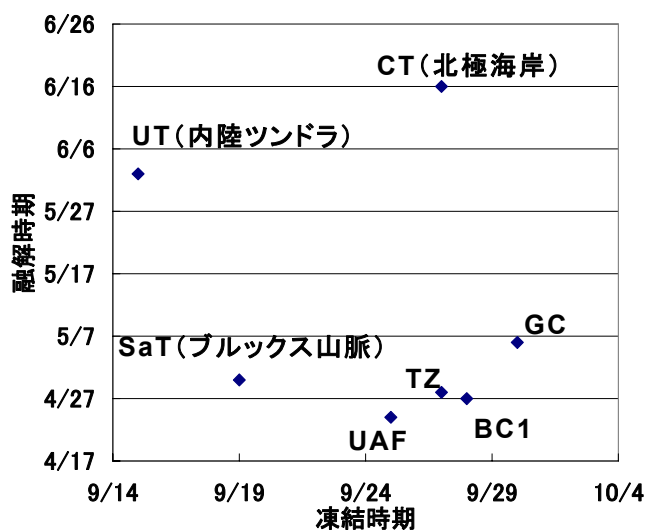


図-6 凍結時期と融解時期

謝辞

本研究はJAXAおよびアラスカ大学国際北極圏研究センター(IARC)との共同研究の一環として行いました。ご協力いただき感謝致します。

【参考・引用文献】

- 1) 近藤昭彦, 菅野洋光, 三上岳彦, 1992: ランドサットTM夜間熱赤外面像とDTMの重ね合わせによる斜面温暖帯の解析, 日本リモートセンシング学会誌, 12, 169-178.
- 2) Shulski, M. and G. Wender, 2007: The Climate of Alaska, University of Alaska Fairbanks Press, 216pp.