

アメダスデータに基づく北海道内の 凍結－融解出現頻度分布について

° 福田正己（北大低温研）、岩崎一孝（北大文学部）

1. はじめに 1987年6月9日未明に、層雲峡の切り立った崖を形成する溶結凝灰岩が突然崩落し、3名死亡を含む重大な事故が発生した。その後の緊急事故調査の結果、直接的な崩落原因は不明なものの、冬季から春季にかけての凍結－融解の繰り返しは岩体を脆くさせたと推定された。（勝井ほか1988）。このように、寒冷条件にある北海道では、凍結－融解の繰り返しは基盤岩体を劣化させ、崩落などの原因となることが多い。そこでこうした野外で発生する凍結－融解の繰り返し出現頻度の分布を描き、加えて岩石への水分供給条件を考慮することで、野外での岩石風化破碎の発生日数を推定することが出来る。

2. 算出の方法 岩石が1日の間に凍結－融解を繰り返す場合、ある一定の温度変動幅を超えると、有効に破碎されることが実験で確認されている。（福田1984）。

すなわち、凝灰岩を用いた凍結－融解実験で、その凍結温度を変えて10サイクルの凍結破碎実験を行ったところ、 -4°C 以下までの凍結条件で有効に破碎されることが分かった。そこで、1日の温度変動が -4°C と $+4^{\circ}\text{C}$ を超える場合の出現頻度が、岩石の凍結破碎の条件として重要であるとする。ところで、一般には基盤岩体の表面温度が測定記録されることはないので、北海道全域の凍結－融解出現頻度分布を得るためには、気温情報に依らざるを得ない。気温と地表面温度の違いを補正するには、凍結指数の算出に用いる $n\text{-factor}$ が有効である。また、実際の観測事例が示しているように、北海道では気温変動幅よりも岩体表面温度変動幅は大きい。岩体の表面のアルベードなどを考慮すれば、直達日射を受ける場合にはより高温側へ、夜間の天空への放射がある場合には低温側へずれる。そこで、気温の変動幅をとれば、その時の露出した基盤岩体の表面温度変動幅の出現しうる最小値となる。以上の点を考慮して北海道各地のアメダスデータから凍結－融解の繰り返し出現頻度を算出した。

算出には1981年から1986年の5冬シーズンについて北海道内182箇所のアメダス観測データを用いた。原データは各点の毎1時間値である。これらのデータから日最高（ T_{max} ）・最低気温（ T_{min} ）をとり、さらにその値が 0°C を上下して変動するかどうかで、出現頻度を各点ごとに算出する。 0°C を上下する場合、 $T_{\text{max}} \geq +1^{\circ}\text{C} \& T_{\text{min}} \leq -1^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\text{max}} \geq +2^{\circ}\text{C} \& T_{\text{min}} \leq -2^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\text{max}} \geq +3^{\circ}\text{C} \& T_{\text{min}} \leq -3^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\text{max}} \geq +4^{\circ}\text{C} \& T_{\text{min}} \leq -4^{\circ}\text{C}$ について各々出現頻度を得た。これらの結果のうち、2例を図1と図2に示す。図1を見ると、白老付近、浦河から日高山脈の西側斜面地域、道東白糠丘陵地域で100回以上の出現頻度となっている。これらの地域の冬季の天候には、好天であり積雪の少ないという共通性が見られる。道北及び石狩北部にかけては50回程度と少ない。福田（1984）が小樽市で野外での実測をした結果によれば、51回の出現頻度となっており、

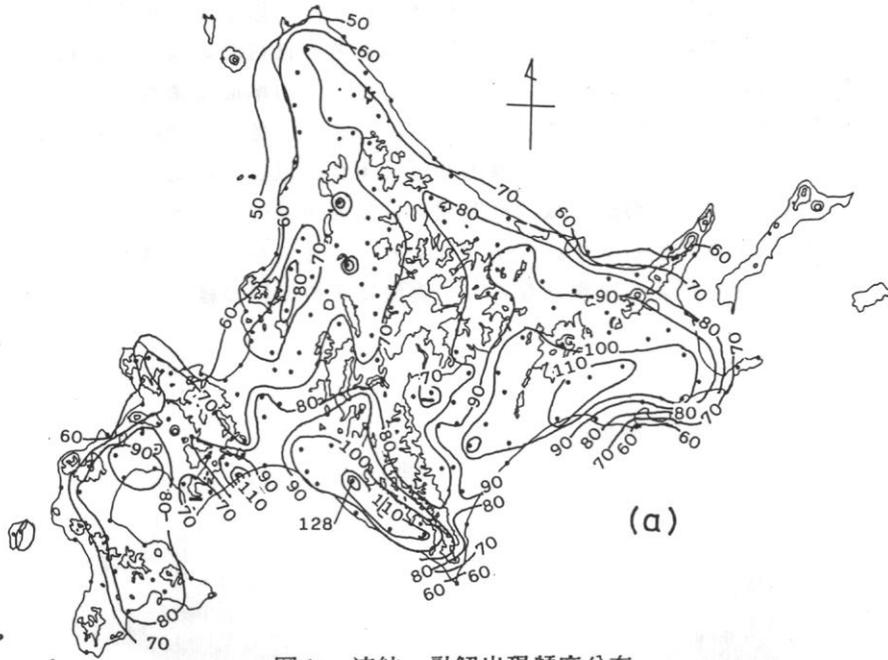


図1. 凍結-融解出現頻度分布
 ($T_{max} \geq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$)

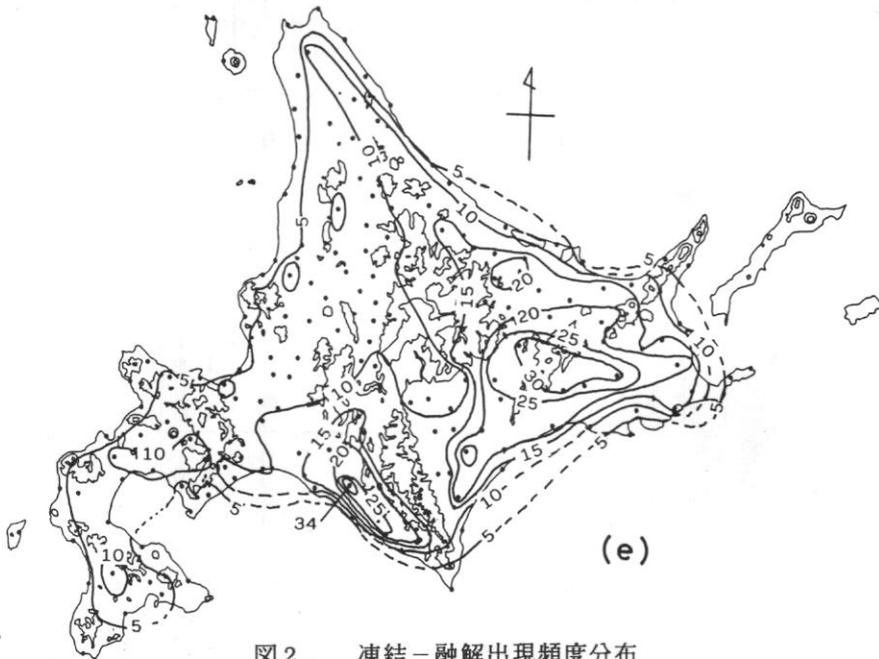


図2. 凍結-融解出現頻度分布
 ($T_{max} \geq +4^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{min} \leq -4^{\circ}\text{C}$)

この分布図の値にほぼ等しい。次に最低気温が -4°C 以下で、最高気温が $+4^{\circ}\text{C}$ 以上となる場合の出現頻度分布を見ると、30回を越えるのは日高の西側と道東の陸別地域に限られ、北海道の西側では10回以下となっている。この地域は積雪の多い地域とも重なっており、好天日の出現の少ないことが分かる。この1冬30回の出現頻度は本州の北関東地域(50回以上)や九州の大分県山間部(40回以上)に比べて、少ない度合となっている。その理由は、北海道では、最寒期には気温が常時 0°C となり、日中に $+4^{\circ}\text{C}$ 以上となることはあまり発生しない。本州では1月-2月にかけてほぼ連日この条件を満たしているので50回を超える出現となる。実際にその出現の経時変化を陸別を例として図3と図4に示す。

図3 陸別
(0°C を上下して変動)

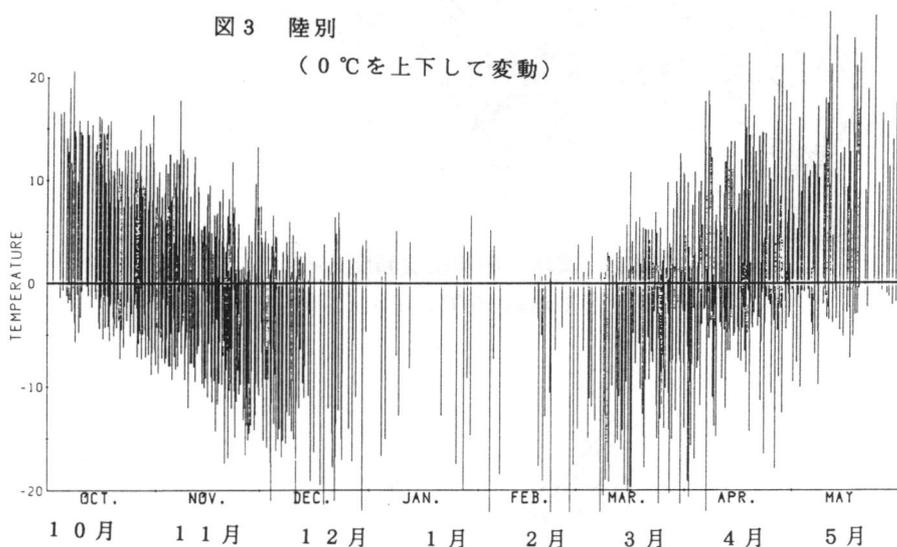
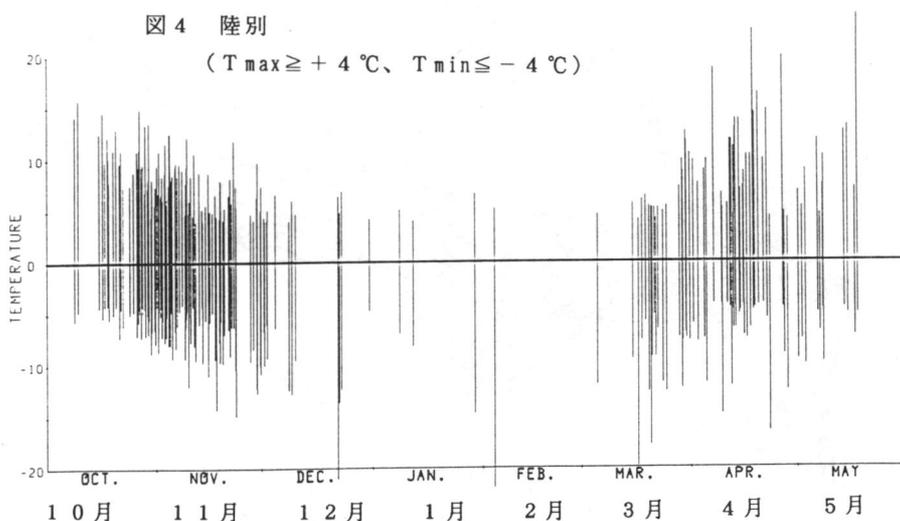


図4 陸別
($T_{\max} \geq +4^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{\min} \leq -4^{\circ}\text{C}$)



3. 考察 図3と図4ではいずれの場合にも、1月-2月には出現頻度の少ないことが分かる。陸別においては、野外での岩石の凍結-融解破碎にかかわるような温度変動は、冬の初め(10月末-11月)と冬の終わり(3月中旬-4月)に多く出現している。一般に10月-11月では陸別での降雪量は少なく、またそれが日中融解しても、融雪量自身が少ない上に蒸発が卓越するために、基盤岩石に水分が浸透する機会は少ない。春先には、好天日には融雪量が多くまた好天日の夜間には基盤岩体は強く冷却されるので、凍結-融解による破碎が生じやすい。従って凍結-融解による岩石の破碎にとっては、冬の終わりの頃の繰り返し回数とその作用強度を示すことになる。陸別では20回程度である。小樽での実測では2回に過ぎない。こうした凍結-融解の及ぶ深さは、温度変動が1日1周期であり、岩石の温度拡散率の値を考慮すれば、表面から20-30cm深さに過ぎない。しかし、凍結-融解による岩石の破碎は、岩石中の水の凍結膨張のみによるのではない。むしろ土の凍上現象と同じ水分移動によることが多いので、凍結の深さが破碎の受ける領域とはならない。しかし、大きな岩塊を生産するような破碎作用は、こうした温度の日変動では発生しない。むしろ、岩体の表面から数cm-数mmづつ剝離するような破碎を受けることが多い。

4. まとめ 北海道各地の冬季間の凍結-融解の繰り返し出現頻度分布をアメダスデータから算出した。北海道全体の分布の特徴は、冬季に好天となる東側に出現頻度の高い地域が分布する。しかし、本州の出現頻度の高い地域と比較すると、発生の時期は冬の初めと終わりに集中する特徴がある。日中の融雪量が多く、夜間に強く冷却される冬の終わりの時期での凍結-融解の繰り返しは、凍結破碎に有効となる。最も出現頻度の多い陸別で20回程度で、少ない地域では1-2回である。今後、岩体への有効水分の存在量を適当な気象要素から推定し、凍結-融解の繰り返し頻度分布と重ね合わせる必要があろう。

文献

- 勝井義雄(1988) 1987年北海道層雲峡溶結凝灰岩崩壊とその災害に関する調査研究、科学研究費突発災害研究成果報告書 No.B-62-1 56PP.
- 福田正己(1982) 北海道における凍結-融解の繰り返し頻度の分布-ソリフラクションに関連して-、昭和54-56年北海道大学特定研究成果報告書,76-86.
- 福田正己(1984) 小樽市手宮洞窟面遺跡の凍結破損防止にかかわる基礎研究、低温科学、43,171-180.