

## 多点地温観測による土壤凍結深の推定 - 道東地方における事例 -

### Estimation of ground freezing depth in eastern Hokkaido, using large numbers of temperature sensors

曾根 敏雄<sup>1</sup>, 原田 敏一郎<sup>2</sup>  
Toshio SONE<sup>1</sup>, Koichiro Harada<sup>2</sup>

Corresponding author: tsone@pop.lowtem.hokudai.ac.jp (T. Sone)

土壤凍結深の観測には、現地でも Frost Tube による測定が一般的であるが、現場での自動観測は困難である。そこで地温観測からの推定が行われるが、地温測定の点数が少ないと精度が低くなる。今回、道東地方において深度 2cm おきに地温観測を行い、土壤凍結深の推定を行った。その結果を Frost Tube による現地での観測結果と比較したところ、最大凍結深に大きな違いはみられなかった。

#### 1. はじめに

アウトリーチプログラムの一環として、筆者らは北海道内の小中学校等で土壤凍結深の観測を実施している<sup>1,2)</sup>。凍結深の観測は児童らが Frost Tube (凍結深度棒) を用いて現場で測定を行なうため、凍結期の連続的なデータが得られる。一方、土壤凍結深は自動観測が容易ではなく、地温から推定することが多い。しかし、地温の測定点数が少ないと信頼性の高いデータは得られない。そこで深度 2cm おきに地温を多点で測定することで、凍結深の推定精度を高めた。この結果をアウトリーチプログラムでの現場観測のデータと比較を行った。ここでは十勝地方、池田小学校の 2016-17 年の冬期のデータについて報告する。以前の事例については別に報告した<sup>3,4)</sup>。

#### 2. 観測方法

現地での小学生らによる観測は基本的に登校日に 1 日 1 回 Frost Tube を用いて行うが、土日や冬休み中は欠測となる。多点地温計の温度センサーには 1-Wire 方式の DS18B20+ を用いた。このセンサーの精度は 0.5°C、分解能は 0.0625°C である。今回の地温測定に際して温度センサーは 1cm おきに配置できる幅 8mm 長さ 150mm の特製基板を 4 枚用いて、0 から 58cm 深まで 2cm おきに配置した。このセンサー基板を内径 12mm の管に挿入し、さらに塩ビ管に挿入した。今回用いた多点地温観測装置は、センサー部と記録部を塩ビ管で一体化し、記録は 1 時間おき

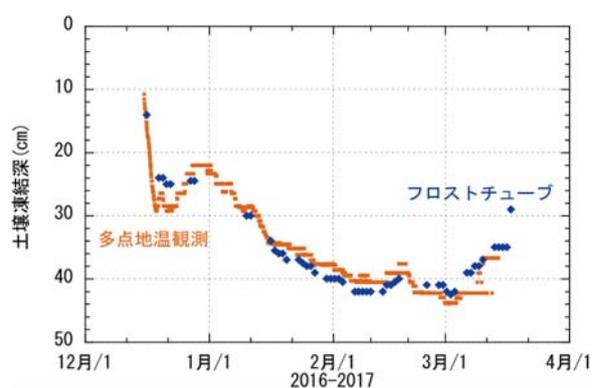


図 1 池田小学校における土壤凍結深

に行った。多点地温観測装置と Frost Tube は、約 1m の間隔をあけて、池田小学校校庭にある百葉箱の近くに設置した。温度センサーは氷温検定を行ない、0°C となる深度を内挿して求め凍結深とした。

#### 3. 観測結果と考察

池田小学校では、機材を設置した 2016 年 12 月 15 日には積雪深は 3cm で、既に約 8cm 深まで土壤凍結が進んでいた。ここでは、12 月の中旬までは多点地温計で観測した凍結が Frost Tube による観測値よりも大きく約 30cm に達したが、12 月下旬には 23cm と凍結深が Frost Tube による観測値よりも浅くなった (図 1)。その後両者は 2cm 程度の差で深くなっていき、2 月初旬から中旬に Frost Tube で 42cm と極大値をとり、その後凍結深は 2cm 浅くなった。多点

<sup>1</sup>北海道大学低温科学研究所

<sup>2</sup>宮城大学

Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University  
Miyagi University

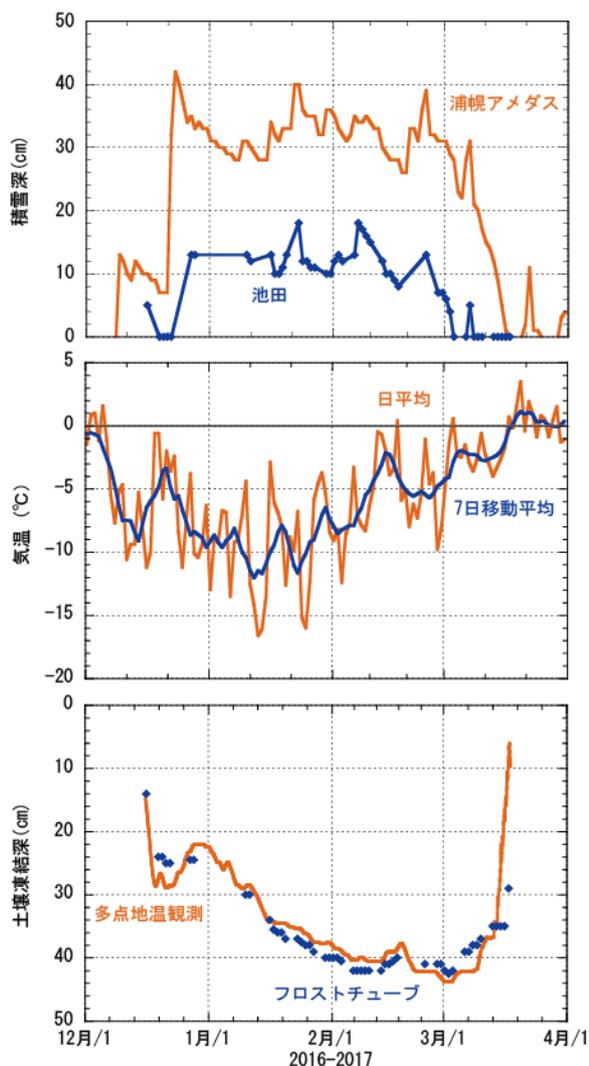


図2 池田小学校における16-17年の凍結深(下)と積雪深(上)の観測結果および池田アメダスの気温(中)と浦幌アメダスの積雪深(上)

地温計では一旦凍結深が浅くなった後、3月初めの最大凍結深44cmにかけて再び凍結深は増大し2月下旬にはフロストチューブでの観測値よりも深くなった。3月初旬以降には凍結深は浅くなっていったが、地温は不安定となった。フロストチューブと地温観測による凍結深の値は、融解期を除いて最大で約5cmの違いがみられることもあったが、最大凍結深では両者の差は1.5cmであった。

次にこの年の積雪深と気温とを合わせて、土壤凍結深の変化を考察する。池田小学校における16-17年の凍結深と積雪深の観測結果および池田アメダスの気温と幌糠アメダスの積雪深を図2に示す。ここでは地温計からの凍結深の推定値は24時間の移動平均をとった。池田小学校の積雪

深は、近隣のアメダス観測地点の値と比較して浅い傾向がみられた。12月中旬に地温観測で凍結深が約30cmに達した後に浅くなるような変化がみられたが、これは気温変化に対応している(図2)。12月の初旬から中旬にかけて気温は低下しており、積雪深も10cm以下と浅かった。その後気温は上昇し積雪深は10cm以上になった。12月中旬の気温の極小値にやや遅れて凍結深の極大値が現れ、12月20頃の気温の極大値から1週間程度遅れて凍結深の極小値が現れた。また2月中旬の気温の極大値とその後の気温変化にも、凍結深の変化が対応することが読み取れる。地温計では水の相変化がないことに加えて、構造上センサー部に上下方向の熱移動が生じるので、12月の変化に見られたように、実際の土壤よりも反応が速く凍結深の極大・極小の変化が大きく現れることがあると考えられる。

#### 4 まとめ

多点地温観測により推定した土壤凍結深は、フロストチューブに比べて最大5cm程度異なることがあるが、最大凍結深については両者がほぼ一致することがわかった。

#### 【謝辞】

本研究は北海道大学低温科学研究所共同研究(16G029,17G028)の補助を受けた。また池田小学校には観測に協力して頂いた。

#### 【参考文献】

- 1) 原田 敏一郎, 吉川 謙二, 岩花 剛, Julia Stanilovskaya, 澤田 結基, 曾根 敏雄, 2017: 北海道における冬季土壤凍結深の測定を通じたアウトリーチ活動. 北海道の雪氷, **36**, 7-8.
- 2) 原田 敏一郎, 吉川 謙二, 曾根 敏雄, 2018: 北海道の土壤凍結深の測定: 2011~2017年冬季, 東北の雪と生活, **33**, 29-32.
- 3) 曾根 敏雄, 森 淳子, 2014: 北海道置戸町における多深度地温測定装置を用いた凍結深観測, 雪氷研究大会(2014・八戸)講演要旨集, 178.
- 1) 曾根 敏雄, 原田 敏一郎, 森 章一, 2016: 多深度地温測定装置を用いた凍結深観測—2016年十勝・釧路地方の例—, 雪氷研究大会(2016・名古屋)講演要旨集, 283