

# 橇搭載型電磁誘導式氷厚計を用いた南極昭和基地周辺における 定着氷厚の経年変化に関する観測

北桃生<sup>1</sup>、館山一孝<sup>2</sup>、下田春人<sup>3</sup>、宇都正太郎<sup>3</sup>、牛尾収輝<sup>4</sup>

<sup>1</sup>北見工業大学大学院工学研究科

<sup>2</sup>北見工業大学

<sup>3</sup>海上技術安全研究所

<sup>4</sup>国立極地研究所

## The Measurement about Interannual Variability of Landfast Ice Thickness Using An Electromagnetic Induction Device onboard A Sled at Syowa Station, Antarctica

Momoi Kita<sup>1</sup>, Kazutaka Tateyama<sup>2</sup>, Haruhito Shimoda<sup>3</sup>, Shotaro Uto<sup>3</sup> and Shuki Ushio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Kitami Institute of Technology

<sup>2</sup>Kitami Institute of Technology

<sup>3</sup>National Maritime Research Institute

<sup>4</sup>National Institute of Polar Research

Observations of sea-ice extent with satellites have been continued since 1979 in the Antarctic region<sup>1</sup>. Ice thickness as well as the extent data is much important to understand heat/salt budgets in polar oceans and the global change, however, the thickness measurements are not fully established yet. The present study focuses on interannual variability of the Antarctic landfast ice region using an electromagnetic induction device (EM) onboard a sled. Around Syowa Station, we obtained the values ( $Z_E$ ) as total ice thickness (ice thickness plus snow depth) and height of the EM sensor as apparent conductivity ( $\sigma_a$ [mS/m]) with the Geonics EM31mkII. The regression curve has been derived from data collected for the 9-year observations. We made the equation for  $\sigma_a$  to  $Z_E$  through the regression analysis. Then, the error between the drillhole and the EM measurements is about 6% of the average of total ice thickness. According to our analysis, total ice thickness has increased as about 0.43 m/yr during the period from 2006 to 2015. The accumulated freezing index does not have a tendency to increase for the observation period, then sea ice cannot grow more downward. Also, the maximum snow depth is getting deep there. We consider that snow ice growth is made, consequently, such a heavy snow cover contributes to increase the total ice thickness through the upward ice growth processes<sup>2</sup>.

1979年に気象庁による海氷観測が始まって以降、南極域では長期的に海氷域面積が増加している<sup>1</sup>。現在、衛星リモートセンシングを用いた海氷面積測定手法は確立されつつあるが、海氷厚測定に関しては研究段階である。しかしながら地球環境の変化を知るためには海氷総量を把握することが重要であり、そのためには海氷厚測定の精度を向上させることが必要不可欠である。本研究は従来から行われているドリル掘削による氷厚測定と比較してより広範囲かつ効率的に観測できる非破壊方式の電磁誘導式氷厚計(Electro-Magnetic induction device, 以下 EM)に着目し、低コストで観測を実施できる橇搭載型 EM を用いて南極における定着氷の経年変化を調査した。

昭和基地周辺では日本南極地域観測隊によって2005年より継続的に橇搭載型EMによる海氷厚観測が行われている。EMセンサはGeonics EM31mkIIを使用した。EMの測定原理は、送信コイルから周波数9.8kHzで一次磁場を変化させ、海氷と海水の境界面に誘導電流を発生させる。その誘導電流によって二次磁場が誘起され、二次磁場の強さを受信コイルが感知して、みかけの電気伝導度 $\sigma_a$  [mS/m]として記録される。この $\sigma_a$ より、受信コイルから海氷と海水の境界面までの距離 $Z_E$ が求められるため、 $Z_E$ からEMセンサの雪面上の高さを引くことによって、全氷厚(積雪深と海氷厚の総和)を求めることができる。

各年の $\sigma_a$ と $Z_E$ の実測値を用いて回帰分析を行った。回帰分析結果をFigure 1に示す。この回帰分析により、観測が行われた各年の $Z_E$ と $\sigma_a$ の関係式を得た。そして、関係式を変換することにより各年の全氷厚換算式を求めた。ドリル測定とこれらの全氷厚換算式を用いて求めたEMの推定誤差は全氷厚の約6%であった。

全ての年の $\sigma_a$ と $Z_E$ の実測値を用いて回帰分析を行った。回帰分析結果をFigure 2に示す。この回帰分析により、観測が行われた9年間(観測が実施されたのは2008/09年、2009/10年を除く7年)の $Z_E$ と $\sigma_a$ の関係式(1)を得た。そして、関係式を変換することにより各年の全氷厚換算式(1)'を求めた。(1)'を使用することで、これまで年ごとに行う必要のあったキャリブレーションを行わずに全氷厚を求めることが可能となる。

$$\sigma_a = -19.34 + 816.9 \exp(-0.3990 Z_E) \quad (1)$$

$$Z_E = 16.80 - \ln(\sigma_a + 19.34)/0.3990 \quad (1)'$$

ドリル測定とこれらの全氷厚換算式を用いて求めたEMの推定誤差は全氷厚の約6%であった。

前述の換算式から求めた昭和基地周辺における各年（計測は夏季）の全氷厚平均値の経年変化をFigure 3に示す。図中のエラーバーは標準偏差を示している。解析結果より、全氷厚が増加傾向にあり、EM観測の結果による2014/15年と2005/06年との差は3.6mで、過去9年間で1年あたりで約40cm増加していることがわかった。

気象庁によって測定された昭和基地における Figure 3 と同じ時期の積算寒度と最深積雪深の経年変化を Figure4に示す。積算寒度は過去 9 年間で明瞭な増大傾向は認められないため十分に成長した海水が下部方向にさらに成長を続ける可能性は低い。一方で、最深積雪深は増加傾向にあることから、積雪深の増加により海氷上で形成された雪ごおりが上部方向への海氷の成長をもたらしたことが全氷厚増加原因の一つであると考えられる<sup>2</sup>。

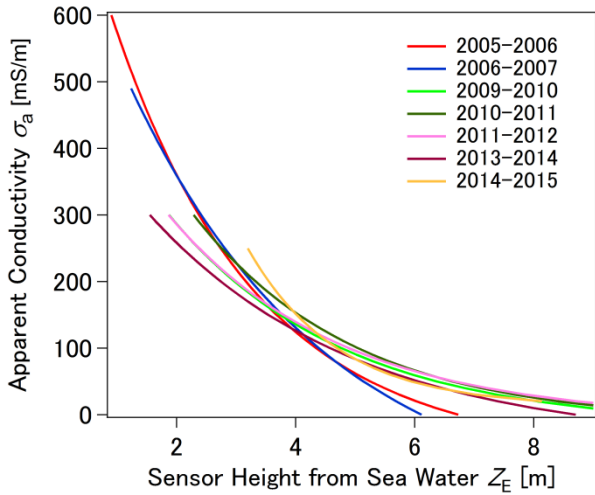


Figure 1. The regression curve each year

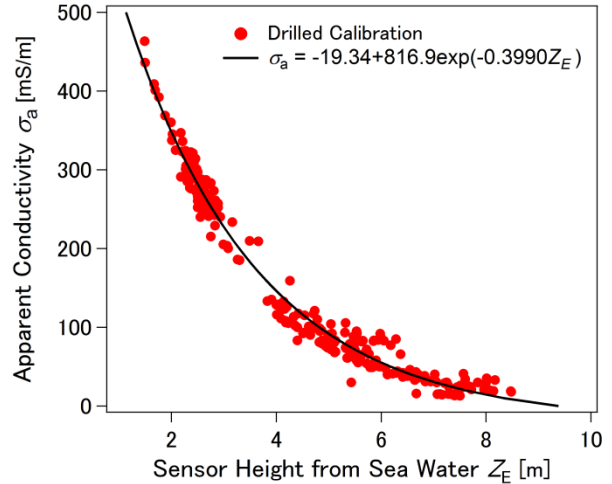


Figure 2. The regression curve for 9 years

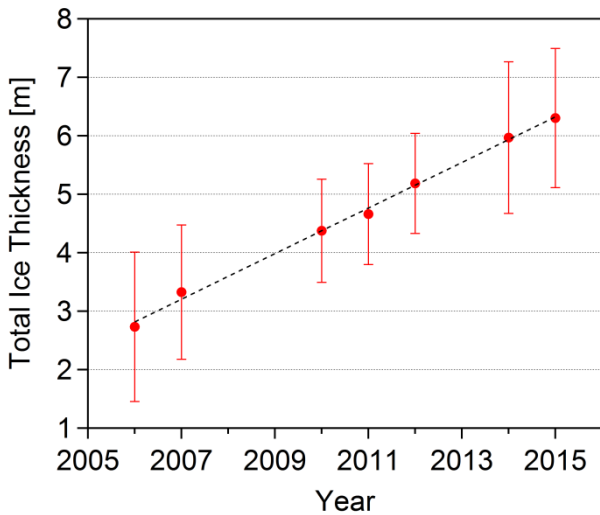


Figure 3. Interannual variability of total ice thickness around the Syowa station

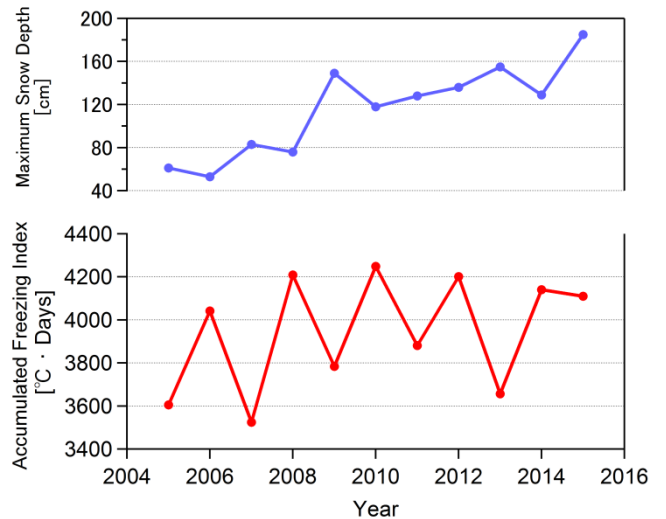


Figure 4. Maximum snow depth and accumulated freezing index for 9 years (from The Japanese Meteorological Agency)

**References**

- 1) The Japanese Meteorological Agency, 2015  
[http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shhindan/a\\_1/series\\_global/series\\_global.html](http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shhindan/a_1/series_global/series_global.html)
- 2) Kawamura, T., Ohshima, K. I., Takizawa, T., Ushio, S., Physical, structural, and isotopic characteristics and growth processes of fast sea ice in Lutzow-Holm Bay, Antarctica., *J. Geophys. Res.* **102**, 3345-3355, 1997.