

## 北極気候変動にともなう東シベリア陸域環境の変化

飯島慈裕<sup>1</sup>、朴昊澤<sup>1</sup>、Alexander N. Fedorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構・北極環境変動総合研究センター

<sup>2</sup> ロシア科学アカデミーシベリア支部・永久凍土研究所

### Terrestrial environmental change in eastern Siberia in relation to Arctic climate change

Yoshihiro Iijima<sup>1</sup>, Hotaek Park<sup>1</sup> and Alexander N. Fedorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Arctic Climate and Environment Research, JAMSTEC

<sup>2</sup>Melnikov Permafrost Institute, SD RAS

In eastern Siberia, the abrupt soil warming within upper permafrost layer has observed under wet hydro-climatic conditions during the warming period after 2000s. According to climatological analyses, the large positive anomalies of both rainfall and snow accumulation in eastern Siberia are caused by strengthened cyclonic pattern in these years which induce more water vapor advection. These anomalies are more enhanced than those before 1990s. The precipitation increase in the last decade led to deepening active layer accompanying with remarkable increase in soil moisture. The perennially waterlogged conditions had exacerbated the boreal forest habitat; that is, larch trees had widely withered and died in eastern Siberia detected by field observation and satellite (ALOS-PALSAR) remote sensing analyses. The change in hydro-thermal regime could have important consequences on permafrost degradation with ecosystem and landscape changes in eastern Siberia.

21 世紀に入り、東シベリアでは地温の上昇と地表付近の永久凍土の融解（活動層の深化）が進行している。この地温上昇は土壤水分の増加と同調しており、気温上昇の効果に加えて、気候変動にともなう大陸上の水文気候変化が大きく影響していることが示されている。GRENE 北極研究事業期間における、現地観測、陸面モデルおよび、大気場の解析を通じて、近年の気候湿潤化の特徴とその永久凍土環境に与える影響が明らかになってきた。

気候データ解析によって、東シベリアでは、2004～2008 年にかけて、7～9 月の夏季降水量の大幅な増加と、引き続き積雪の増大が連続して進行したことが示された (Iijima et al., accepted)。これは、北極海上に現れる気圧場のダイポール構造にともなう、シベリア沿岸域の低気圧活動の強まりと対応していた。ダイポール指標の長期変化から、低気圧強化は 1998 年以降に顕著であり、2004～2008 年の 5 年間にピークとなっていた。合わせて、東シベリア上での水蒸気フラックスの収束が強まり、夏季降水および初冬の積雪の増加となったと考えられた。1997 年以前の東シベリアの夏季湿潤年と比較すると、低気圧強化域と水蒸気収束域は北極海沿岸から東シベリアに広がっており、降水増加地域の拡大と対応していた。

20 世紀後半から現在にかけて、降水量と地温変動との関係を現地観測結果から見たところ、冬季積雪とは常に正の相関（積雪による冬季の地温低下抑制が永久凍土地域で顕著に効く：Park et al., 2014）であるのに対し、夏季降水とは、1990 年代を境として前半は負相関、後半は正相関となる変化を示した。20 世紀中は降水の多→寡はその夏の冷→暑と対応しており、気温による影響を反映しているものと考えられ、2000 年以降は、多降水年がかつ暑夏年となる事例が増加しており、土壤水分の異常増加と合わせて気温上昇と複合して地温上昇に寄与しているものと考えられた。環北極域を対象にした陸面過程モデル (CHANGE) による、地温と夏季降水量との関係を見たところ、東シベリアの広範囲（永久凍土域）で、同様に負相関から正相関へ転じた地域が広がっており、降水に対する陸面環境応答が変化した地域が無視できない規模で広がっていることが示された。

このような、気候湿潤化による陸面環境変化として、現地に広く分布する永久凍土の表層（活動層：地表面の夏季の融解層）が多年にわたり過湿・湛水状態となり、その後、カラマツを主要樹種とするタイガ（北方林）のいたるところで、樹木の葉が枯れ、枯死する現象が広く現れた。水域・森林バイオマス・土壤水分に感度を有する ALOS-PALSAR を用いて、この地域の広域変化の特徴を検出したところ、レナ河中流域全体の約 7% が湿潤ストレスによる影響を受けて、森林荒廃が進んだとみなされる変化域として抽出された。森林変化域は、サーモカルスト湖が発達する地域や、段丘の谷沿いに沿って分布しており、永久凍土荒廃に伴う地形変化域とよく対応することが示された。以上の結果から、2000 年代以降の北極気候変動に伴う東シベリアでの水文気候変化が、陸域表層の永久凍土景観に広域かつ長期的に影響を及ぼす実態が明らかとなった。

#### References

Iijima, Y., T. Nakamura, H. Park, Y. Tachibana, and A. N. Fedorov, Enhancement of Arctic storm activity in relation to permafrost degradation in eastern Siberia, *International Journal of Climatology*, accepted.

Park H., A.B. Sherstiukov, A.N. Fedorov, I.V. Polyakov and J.E. Walsh, An observation-based assessment of the influences of air temperature and snow depth on soil temperature in Russia, *Environmental Research Letters*, 9, 064026, 2014.