

水安定同位体比を用いた東シベリア北極圏における凍土の氷の起源と形成過程

鷹野真也¹、岩花剛^{2*1}、I.ブラギン^{2*2}、鄭峻介^{2,3}、新宮原諒¹、杉本敦子^{1,2}、T. C.マキシモフ^{4,5}

¹北海道大学大学院環境科学院、²北海道大学大学院地球環境科学研究院

³国立極地研究所北極観測センター、⁴ロシア寒冷圏生物学研究所、⁵北東連邦大学BESTセンター

*¹現在、アラスカ大学国際北極圏研究センター、*²現在、ロシア科学アカデミー極東地質学研究所

Origin and formation process of the ground ice in Northeastern Siberia using stable isotopes of water

Shinya Takano¹, Go Iwahana^{2*1}, Ivan Bragin^{2*2}, Shunsuke Tei^{2,3}, Ryo Shingubara¹, Atsuko Sugimoto^{1,2}, Trofim C. Maximov^{4,5}

¹Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University,

²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³National Institute of Polar Research,

⁴Institute for Biological Problems of Cryolithozone, SB RAS, ⁵BEST center, NEFU, Yakutsk, Russia

*¹present address: IARC, University of Alaska, *²present address: Far East Geological Institute, FE RAS

Eastern Siberia is covered by permafrost which is the largest and the deepest in the world, and permafrost plays an important role for hydrologic cycles in the area. Degradation of permafrost system, therefore, may have a great impact on the hydrologic regime, consequently, on the material cycling including greenhouse gas emission, through vegetation changes. Isotopic composition of water is powerful tool for investigation of hydrological processes. Observations on the water isotope ratios of soil moisture and permafrost ice were conducted near Chokurdakh, Russia. River water and precipitation were also sampled, in order to know the hydrological processes such as melting and formation of permafrost in the area.

Landscape of the observational site consists of various types of wetlands (wet area) and hummocks which includes micro ridge growing larches (tree mound). At an intensive observation site (site K), 15m or 30m transect including different vegetation types were set and obtained permafrost cores down to 1m.

The water contents of permafrost soil depended on the surface vegetation. Ice rich layers were found below the tree mounds. The ice rich soil layer showed higher delta value than the layers above and below. This may be caused by an isotopic fractionation during freezing. Ice rich or pure ice layers at the top of the permafrost or the bottom of active layer showed low delta values, suggesting snow melt water infiltration and freeze on the top of permafrost layer.

ユーラシア大陸北東部に位置する東シベリアは世界最大・最深の永久凍土帯であるが、近年の気温上昇が最も大きい地域の1つであることが報告されており(Lemke et al., 2007)、地球温暖化による永久凍土の状態変化(凍結環境の攪乱)が懸念されている(Schuur et al., 2008; McGuire et al., 2009)。永久凍土は東シベリアの水循環システムの中で重要な役割(水の貯蔵源等)を担っており、また凍土中の氷の存在が地表面の微地形を構成しているため、凍土の形成・融解が水循環や物質循環、植生変化にまで影響を及ぼす可能性がある。しかし永久凍土帯での水循環システムや水の安定同位体比を用いた研究は報告されるようになってきたが、東シベリアでの研究例はまだ少なく、知見は極めて限られている。そこで本研究では、東シベリアタイガーツンドラ境界域における永久凍土の融解・凍結の現状把握及び凍土中の氷の形成過程を明らかにすることを目的として、2010~2012年にロシア連邦サハ共和国チョクルダにおいて河川水や土壌水、凍土の水(氷)、降水を採取し、その水素・酸素同位体比を測定した。また土壌水分や植生、微地形、比高も観測した。

チョクルダ周辺の観測サイトには湿地の景観のエリア(wet area)と、ヤナギ等の低木やカラマツが生育するハンモック(ここではtree moundと呼ぶ)が広がっている。観測サイトのうち集中観測を行ったKサイトにおいて、異なる植生・地形を含んだトランセクトを設定し、約1mの永久凍土コアを採取した。2011年は30mのトランセクトで6m毎、2012年は15mのトランセクトで3m毎に採取した。また2013年夏期には10mの永久凍土コアを採取し、そのポアホールにおいて地温測定を開始した。

融解層と永久凍土層の土壌水(氷)の同位体比は上部の植生と微地形に対応した特徴が見られた。サンプリングサイトごとに差が見られたが、全体として深度が増すにつれて低下する傾向が見られた。tree moundの地下には氷の豊富な層が見られ、wet areaの地下にはあまり見られなかった。氷が豊富で含水率が高い層では δ 値の上昇が見られ、これは凍結フロントに水が移動し、同位体分別が起こったためだと考えられる。2011年トランセクトではtree moundの融解層内の土壌水同位体比に特徴的なピーク(低い δ 値)が見られ、直下の凍土層の氷にも δ 値の低下が見られた。これは同位体比の低い水が表層から融解層下部へ浸透し、凍結層上部で再凍結した可能性を示唆している。一方、湿地においては全ての年で融解層や凍結層上部の水同位体が比較的強く、鉛直方向の変動

幅は小さかった。また、融解層及び凍結層上部の水同位体比が低い δ 値と高いd-excessを示したことで、それらの起源となる水が融雪水である可能性が示唆された。