

東西シベリア水循環の過去 200 年の長期変動要因

大島和裕^{1*}, 緒方香都^{2,3}, 朴昊澤¹, 立花義裕²

¹ 海洋研究開発機構, ² 三重大学, ³ 気象庁

A factor controlling long-term variations of the Siberian water cycles during the past 200 years

Kazuhiro Oshima¹, Koto Ogata^{2,3}, Hotaek Park¹ and Yoshihiro Tachibana²

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

²Mie University, ³Japan Meteorological Agency (JMA)

Among all the rivers flowing into the Arctic Ocean, the three great Siberian rivers; Lena, Yenisei and Ob, are the three largest in terms of discharge (R), and they are sources of freshwater, organic matters and heat into the Arctic Ocean. While long-term variation and trend of water cycles in the Siberian rivers have been examined in many previous studies (e.g., Fukutomi et al. 2003, Zhang et al. 2012, Oshima et al. 2015, Park et al. 2015), causes of the variabilities of Siberian R s are still unclear. Fukutomi et al. (2003) indicated a negative correlation between the R s of the Lena and Ob Rivers during the 1980s to mid-1990s. Precipitations (P s) over the two basins were also negatively correlated. These negative correlations were affected by an east-west seesaw pattern of moisture transport over Siberia. Based on this study, we examine long-term variations of R s and P s of the Lena and Ob Rivers during the past 200 years and aim to reveal a factor controlling the variations.

As in the previous study, the observed R s and P s of the Lena and Ob were negatively correlated during 1980s to mid-1990s, whereas the correlation becomes weak after the mid-1990s and it was positive during the mid-1950s to 1960s. This indicates that the relationships of the R s and P s between the Lena and Ob differed in each epoch during the past seven decades. Reconstructed R s based on the tree-ring also showed positive and negative correlations in each of the epochs during the past two centuries. Interestingly, the correlations of the reconstructed R s tend to be distributed on the negative side (Figure 1). This implies that the east-west seesaw pattern frequently appeared over Siberia. A 300-yr control simulation with an atmospheric general circulation model (AGCM) indicated that correlations between simulated P s over the eastern and western Siberia were negative in most of the epochs. This suggests that the east-west seesaw pattern appears as an atmospheric natural internal variability over Siberia.

シベリアを流れる三大河川（レナ、エニセイ、オビ）は、北極海へ流入する河川流量（ R ）の上位3位を占め、北極海への淡水や有機物、熱の供給源となっている。先行研究（例えば Fukutomi et al. 2013, Zhang et al. 2012, Oshima et al. 2015, Park et al. 2015）では、シベリア河川における水循環の変動やトレンドに関する調査が行われているものの、その変動要因は明らかになっていない。Fukutomi et al. (2003) では、1980年代から90年代半ばまでのデータ解析から、レナ川とオビ川の秋の R が負相関であったことを示した。2つの流域における降水量 P も同期間に負相関であった。これらの負相関には東西シーソーパターンの水蒸気輸送が影響していた。本研究では、これらの結果を踏まえ、観測と年輪復元による河川流量とAGCM実験による長期データを解析し、東西シベリアにおける河川流量の長期変動を調べた。

過去70年間に河口で観測された秋の R は、先行研究で報告されたように、1980年代から90年代半ばにレナ川とオビ川で負相関を示し、この流量に回帰した水蒸気フラックスや500hPa高度場は東西シーソーパターンを示した。一方で1990年代後半以降は相関が弱く、1950年代から60年代は正相関であった。よって、過去70年間のレナ川とオビ川の流量は年代ごとに異なる関係であった。

より長期の関係をみるため、過去200年間の年輪復元による R を解析した。観測の R と同様に、年輪復元の R においても1980年代から90年代半ばは負相関、1950年代から60年代は正相関を示した。さらにさかのぼると、負相関（1810や1860, 1890, 1920, 1980年代）や正相関（1880や1950年代）の時期がみられた（Figure 1）。興味深いことに、過去200年間の年輪復元による R の相関係数は負に偏っていた。よってレナ川とオビ川は負相関になりやすい傾向がある。レナ川とオビ川の流域を囲むシベリア域における夏の500hPa高度場のEOF解析を行った結果、EOF第2モードに前述の東西シーソーパターンによく似た偏差が現れた。このEOF2のスコアは R の負相関と対応していた。

さらにAGCMコントロール実験の結果から、夏季シベリアの東部と西部の P 変動は負相関になる傾向があることがわかった（Figure 2）。観測や年輪復元の R の解析結果では年代によっては正相関の時期もみられたが、AGCMコントロール実験の結果では正相関の時期はほとんどみられず、負相関の時期が大半であった。これら結果は、東西シーソーパターンと東西シベリアにおける P の負相関が大気の内変動による影響を受けていることを示唆する。

以上の過去 200 年間の年輪復元データと AGCM コントロール実験の解析から、レナ川（東）とオビ川（西）の流量や降水量といった水循環の関係は年代によって異なることがわかった。しかしながらその関係はランダムではなく、夏季シベリア上空には大気内部変動として東西シーズンパターンが現れやすく、東西シベリアの降水量変動は負相関となり、その結果として河口から北極海へ流れるレナとオビの河川流量は負相関になる傾向がある。

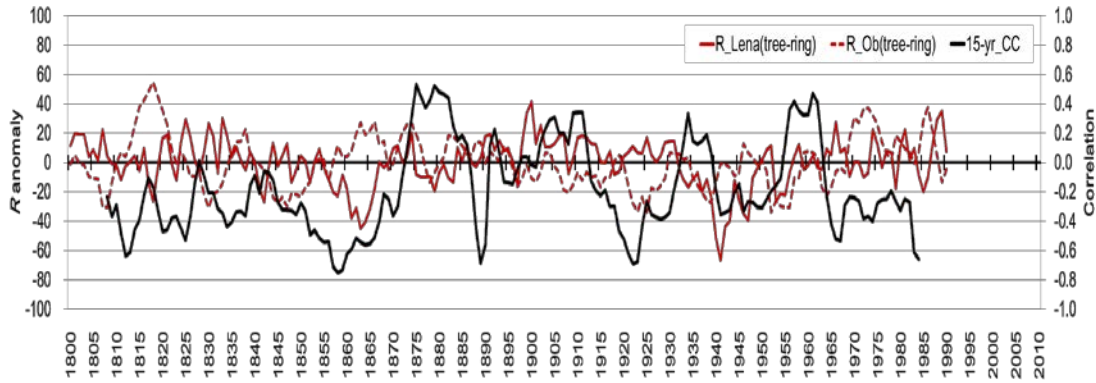


Figure 1. Time series of reconstructed R_s of the Lena (red solid line) and Ob (red dashed line) based on the tree-ring during the past 200 years. Black line shows 15-year running window correlation.

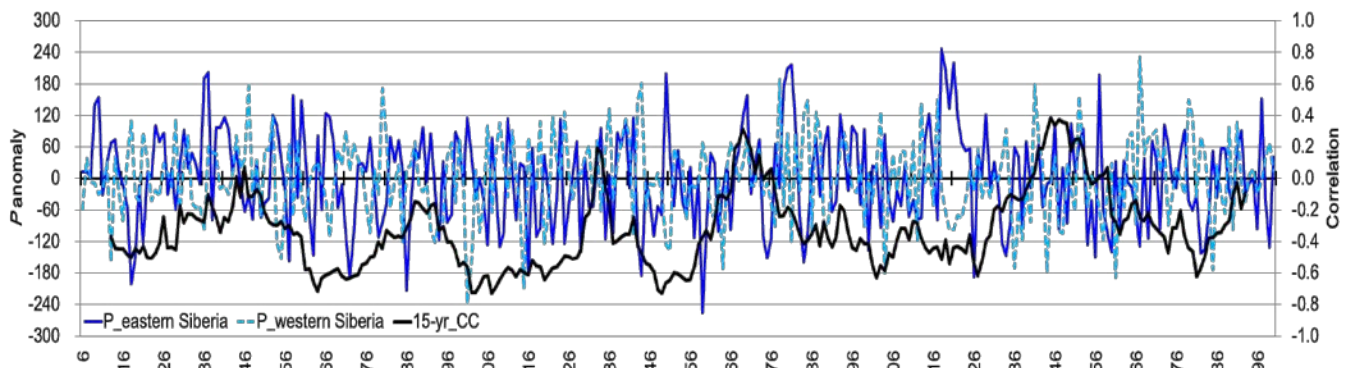


Figure 2. Same as in Figure 1, but for simulated P_s over the eastern (blue solid line) and western (blue dashed line) Siberia by using an AGCM control run. Black line shows 15-year running window correlation.

References

- Fukutomi, Y., H. Igarashi, K. Masuda and T. Yasunari (2003), Interannual Variability of Summer Water Balance Components in Three Major River Basins of Northern Eurasia, *Journal of Hydrometeorology*, 4, 283–296, doi:10.1175/15257541(2003)4<283:IVOSWB>2.0.CO;2.
- Oshima, K., Y. Tachibana and T. Hiyama (2015), Climate and year-to-year variability of atmospheric and terrestrial water cycles in the three great Siberian rivers. *Journal of Geophysical Research: Atmosphere*, 120, 3043–3062, doi:10.1002/2014JD022489.
- Park, H., Y. Yoshikawa, K. Oshima, Y. Kim, T. Ngo-Duc, J.S. Kimball and D. Yang, Quantification of warming climate-induced changes in the terrestrial Arctic river ice thickness and phenology. Submitted to *Journal of Climate* on August 13, 2015.
- Zhang, X., J. He, J. Zhang, I. Polaykov, R. Gerdes, J. Inoue and P. Wu (2012), Enhanced poleward moisture transport and amplified northern high-latitude wetting trend, *Nature Climate Change*, 3, 47–51, doi:10.1038/nclimate1631.