

エルニーニョ現象時のHuaynaPotosiWest氷河のエネルギー交換の解明

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○紺野 大
 日本大学工学部土木工学科 正会員 朝岡 良浩
 東北大学大学院理学研究科 非会員 山崎 剛

1. はじめに

アンデス地域の山岳都市の多くは氷河の融解水を生活用水、農業用水、発電に使用している。さらに消費電力の約70%を氷河融解水の水力発電に依存している年もある。しかし、年々氷河が減少している傾向にあり、水資源減少が懸念されている。氷河の消失はアンデス地域の山岳都市にとって大きな問題である。そのため氷河が消失する事前に代替策、適応策を講じる必要がある。さらに近年では異常気象が多く発生している。アンデス地域ではエルニーニョ現象時に異常気象が多発している。氷河の融解は大気と雪氷面のエネルギー交換によって融解エネルギーが決定する。そのため、極端気候時のエネルギー交換は通常気候時のエネルギー交換と異なる可能性がある。しかし、エルニーニョ現象時のエネルギー交換についてはまだ解明されていない。そこで本研究では、エルニーニョ現象時のエネルギー交換を解明するために、通常気候時のエネルギー交換と比較した。

2. エネルギー交換について

大気と雪氷面のエネルギー交換を式(1), (2)に示す。放射収支、長波放射収支の符号は大気から雪氷面に入力する向きを正、雪氷面から大気に放出する向きを負とした。潜熱輸送量、顕熱輸送量、雪中伝達熱は、雪氷面から放出する向きを正、雪氷面に入力する向きを負とした。これは次式(1), (2)に示すとおり短波放射、長波放射による放射収支に対して潜熱輸送量、顕熱輸送量、雪中伝達熱がどのように分配されるかを検討するためである。

$$Rn=(S\uparrow-S\downarrow)+(L\uparrow-L\downarrow) \quad (1)$$

$$Rn=Le+H+G \quad (2)$$

ここで、放射収支: $Rn(W/m^2)$ 、短波放射: $S(W/m^2)$ 、長波放射: $L(W/m^2)$ 、潜熱輸送量: $Le(W/m^2)$ 、顕熱輸送量: $H(W/m^2)$ 、雪中伝達熱: $G(W/m^2)$ 、融解熱: $M(W/m^2)$ である。また、表面温度が $0(^{\circ}C)$ に達したときに雪中伝達熱の一部が融解熱量に分配され融解が起こる。

3. 対象地域および対象期間

対象の氷河はHuaynaPotosiWest氷河であり、熱帯氷河に分類され、5050(m)の地点で気象観測が行われている。対象期間は通常気候時を2012年6月1日から2013年7月31日としエルニーニョ現象時を2014年9月1日から2015年9月31日とした。

4. 研究方法

研究方法はHuaynaPotosiWest氷河上の気象観測データと多層氷河積雪モデルTSMM¹⁾を使用し、通常気候時のエネルギー交換とエルニーニョ現象時のエネルギー交換を計算した。気温、湿度、風速、短波長放射、長波長放射、降水量の観測データをTSMMに入力し、放射収支、顕熱輸送量、潜熱輸送量、表面温度、雪中伝達熱、融解熱量を再現した。また、降雪の密度も考慮した。降雪の密度を $0.2(g/cm^3)$ 、 $0.15(g/cm^3)$ 、 $0.1(g/cm^3)$ の3ケースに設定して、この3ケースの中で表面温度の計算精度が最も高い降雪密度 $0.15(g/cm^3)$ を用いた。以上の方法を使い、通常気候時とエルニーニョ現象時のエネルギー交換を推定した。

5. 研究結果及び考察

5. 1 放射収支

通常気候時の結果(図-1 上段)から、放射収支は乾季に長波放射収支が減少、短波放射収支が増加していて雨期にはその反対の動きをしていることが分かった。放射収支は乾季(2, 3月)と雨期(7~9月)で比較すると約 $7(W/m^2)$ で雨期のほう

キーワード 多層氷河積雪モデル、放射収支、熱帯氷河、表面温度、氷河融解

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 TEL 024-956-8372

が大きく、雪中伝達熱は約 $12(\text{W}/\text{m}^2)$ で雨期のほうが大きい結果となった。これは乾季と雨期で雲量の増加による短波放射収支の減少量よりも、長波放射収支の増加量の方が大きいためであると考えた。エルニーニョ現象時の結果(図-1 下段)からも通常気候時の放射収支の関係も同様の結果が得られた。エルニーニョ現象時の放射収支は雨期と乾季を比較するとどちらも約 $23(\text{W}/\text{m}^2)$ 、雪中伝達熱は約 $15(\text{W}/\text{m}^2)$ で雨期が大きい結果となった。通常気候時とエルニーニョ現象時を比較すると雨期で約 $50(\text{W}/\text{m}^2)$ 、乾季で約 $65(\text{W}/\text{m}^2)$ とエルニーニョ現象時の方が低い値となった。

5. 2 潜熱輸送量, 顕熱輸送量

通常気候時の潜熱輸送量, 顕熱輸送量の結果(図-2 上段)から潜熱輸送量と顕熱輸送量はほぼ打ち消し合っていることが分かった。乾季と雨期を比較すると潜熱輸送量は乾季の方が高くその差は約 $11(\text{W}/\text{m}^2)$ 、顕熱輸送量は雨期の方が約 $19(\text{W}/\text{m}^2)$ 高い。その熱輸送量は月平均表面温度と、月平均気温の差が大きいときはそれに比例して熱輸送量も大きくなるのが要因と考えた。しかしエルニーニョ現象時の潜熱輸送量, 顕熱輸送量の結果(図-2 下段)は通常気候時と比較すると潜熱輸送量は雨期で約 $12(\text{W}/\text{m}^2)$ 乾季で約 $12(\text{W}/\text{m}^2)$ 、顕熱輸送量は雨期で約 $15(\text{W}/\text{m}^2)$ 、乾季で約 $27(\text{W}/\text{m}^2)$ の差がありどちらも乾季の方が大きい結果になった。以上より、通常気候時とエルニーニョ現象時では放射収支に対して潜熱輸送量, 顕熱輸送量, 雪中伝達熱の分配が異なるということである。さらにエルニーニョ現象時は潜熱と顕熱の和の年間輸送量は通常気候時に比べ、下向きに働いていることも分かった。通常気候時には潜熱と顕熱が打ち消しあうように働いていたが、エルニーニョ現象時では潜熱と顕熱の和が下向き、すなわち負の方向に働くことにより、雪氷面に入力するエネルギー要素そのものが変化していると考えることができる。エルニーニョ期間中は顕熱, 潜熱による雪氷面へのエネルギー輸送が大きくなる。これは、通常気候と比較して大気中の温度が高いこと、雪氷面の温度が大気中の温度と比較して低下することが要因と考えられた。

謝辞

本研究はJSPS科研費(17K06587, 代表: 朝岡良浩)およびJSPS二国間交流事業の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。
参考文献

- 1) Yamazaki, T. : A One-dimensional Land Surface Model Adaptable to Intensely Cold Regions and Applications in Eastern Siberia, *J. Meteorol. Soc. Japan*, Vol. 79, pp. 1107-1118. 2001

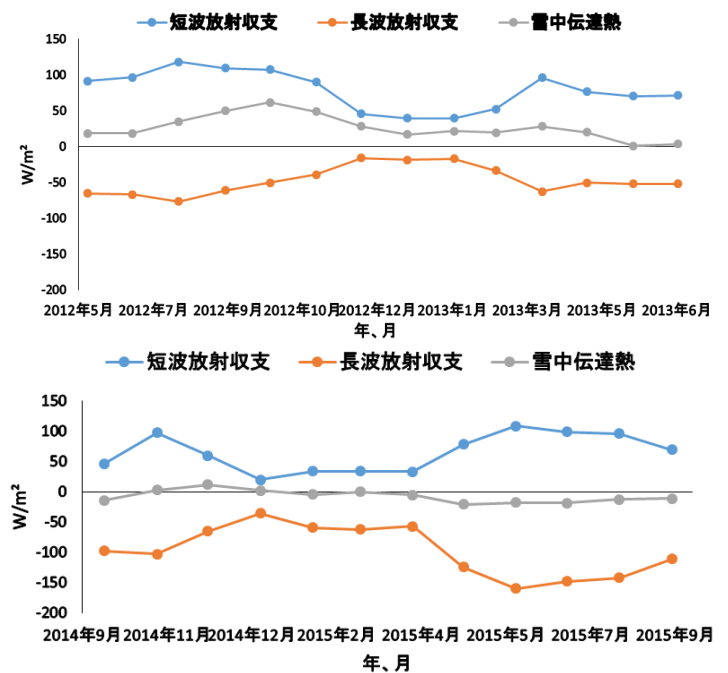


図-1 放射収支, 雪中伝達熱
上段 通常気候時
下段 エルニーニョ現象時

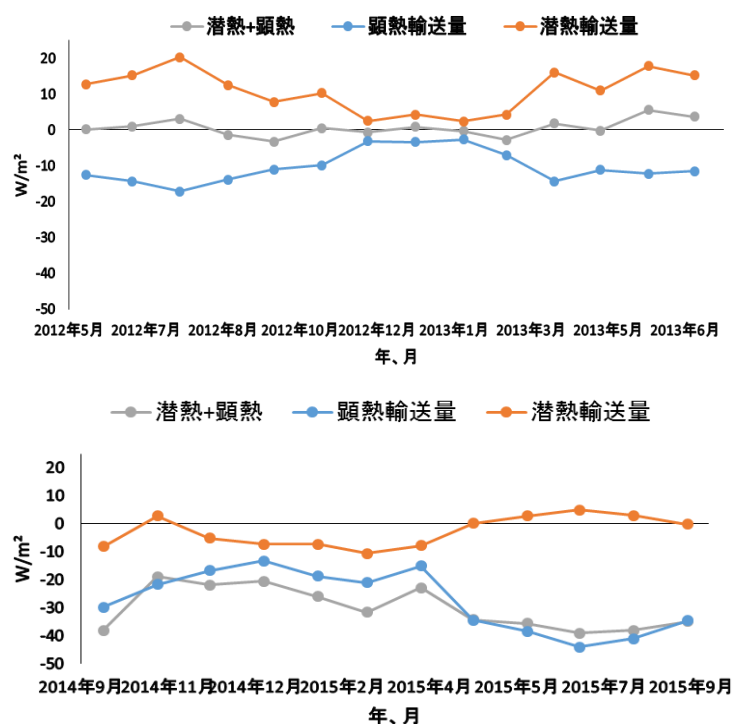


図-2 潜熱輸送量, 顕熱輸送量
上段 通常気候時
下段 エルニーニョ現象時