

サハ南部の森林火災と気象条件

- 暖気塊との関連

早坂 洋史（道水文気候研）

1. はじめに

世界各地の森林には、500～1,000km 程度の範囲で同時多発的に燃える、広域森林火災地帯が存在する。これらの広域森林火災地帯での火災は、着火原因（焼き畑や雷など）にあまり関係なく、着火後の火災の活発化は、主に植生（燃料）、気象（降雨、風向、風速など）、地形（山、川など）の諸条件に依存している傾向がある。特に、林床に泥炭（熱帯の木質泥炭と北方林でのコケ類や落葉の堆積層）を有する地域での森林火災では、所謂、くん焼による地中火で火災が継続するので、火災に適した気象条件下で活発化し広域森林火災となる。最大級（数十年に一度）の広域森林火災は、火災年（主に降雨量が少ない年）の火災期の末期に起きることが多く、この時の気象条件を分析することで、特定地域での火災体制（fire regime）をより明確にできる可能性がある。著者らは、アラスカ北方林とインドネシア熱帯湿地林での解析結果^{1,2)}から、既に、両地域での火災体制についての知見を得ている。

本報では、広大なシベリア北方林の内、サハ共和国南部地域で森林火災について解析した結果を報告する。解析結果からは、火災体制の主要3要素（気候、植生、火災）のうち、アラスカとシベリア東部の植生（トウヒとカラマツ）の違いなどを検討できる。また、従前の気温や湿度による火災予報システムに加え、広域森林火災に対して、火災警報を事前に発令できる可能性がある。

2. サハ共和国での火災発生と気象条件

2.1 研究対象地域とホットスポット (HS)

図1にサハ共和国南部の地域を示した。研究対象地域は、火災発生が顕著な北緯58～65度、東経120～140度の範囲とした。サハ共和国の首都ヤクーツクは、図1のほぼ中央に位置している。図1には、火災の指標とした、衛星が検知した異常高温（ホットスポット、以後HSと略）の分布を示してある。使用したHSデータ³⁾は、NASAのテラとアクアの両衛星に搭載されたセンサMODISが検知した2002～2016年の15年分のデータである。年平均のHS数は、25,589個で、2002年の最大110,765個から2007年の最小569個と大きな差(195倍)があった。図1に、2002年と2012年(89,032個)のHSを図示した。2002年はレナ川西方の火災が、2012年はレナ川東方の火災が主であった。

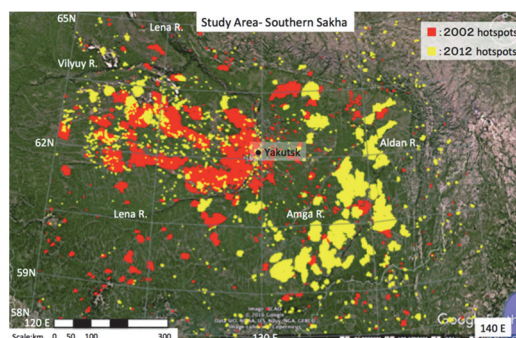


図1 サハ共和国南部の研究対象地域

2.2 火災年の火災発生と火災期間

年間のHS数が15年間(2002～2016年)の平均個数(25,590個)よりも大きな、火

災年である 2002、2012、2011、2014、2008 年の HS 数の日変化を図 2 に示した(この 5 年間の総 HS 数は、15 年間の総 HS 数の 83.2%)。図 2 より、火災は 7 月中・下旬に発生すること、特に、HS 数の多かった、2002 と 2012 年は 8 月上・中旬に日 HS が 8,000 個を越すピークを有する、活発な火災が起きていたことなどがわかる。各火災年から、日 HS 数が 300 個以上の連続する、所謂、火災期間を 7 期間抽出、各最大日 HS ピーク日を火災期間の名前の一部とし、表 1 にまとめた。

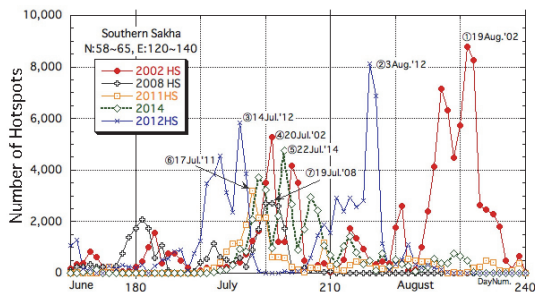


図 2 火災発生 (日 HS 数) の傾向

2.3 活発な火災期間の気象現象

表 1 と図 2 に示した 7 大火災期間の火災気象を明確にするため、高層 (500hPa) の天気図と低層 (925hPa) の天気図⁴⁾と温度分布図⁴⁾を作成した。HS 分布図は、NASA の Worldview⁵⁾ (2012 年以降の解析に使用)と CAD を使って Google Map 上にプロットして作成した。Worldview は、特定日の衛星画像上に火災 HS を図示できる。衛星画像なので、広大なシベリア各地の火災、火災からの煙、雲、晴天域なども把握できる。天気図と温度分布図は、必要に応じて、HS 分布図に重ね合わせた。以下に、活発な火災期間の形成過程を記述した。本報告では、7 大火災期間のうち、第 2 位の火災(②3Aug.'12)での結果を主に示した。

2.3.1 暖気塊の形成と北進

7 月 17 日にバイカル湖北西(中心 58N 100E, 5580m(500hPa))で発達した切離低気圧が弱まるに従って、アラル海付近

(45N 60E)からの気圧の尾根が 18 日には 60N 付近まで伸び始めた。20 日には、高気圧(中心 55N 80E, 5860m)が形成された。この後、高気圧は 23 日には、北東方向に進み、図 3(a)の天気図に示すように、中心 66N 98E で 5840m となり、60N 以北のシベリアを雲のない晴天域となった。一方、バイカル湖東方で発達した切離低気圧(中心 53N 117E, 5860m)は、バイカル湖東方から沿海州まで曇天域を形成した。偏西風の蛇行の目安として、図 3(a)で 5820m 線を太線で示した。

図 3(b)に、23 日の気温分布図を示した。この図から、尾根状の暖気塊(cTe: continental temperate)が 52N 78E 付近から 70N 110E 付近まで、温度 298K~295K で形成された。尾根の 60N 付近の東西域には、赤色の火災 HS が見られる。バイカル湖東方には、287K の北極海の低気圧からの冷氣塊(mA: maritime Arctic)がある。

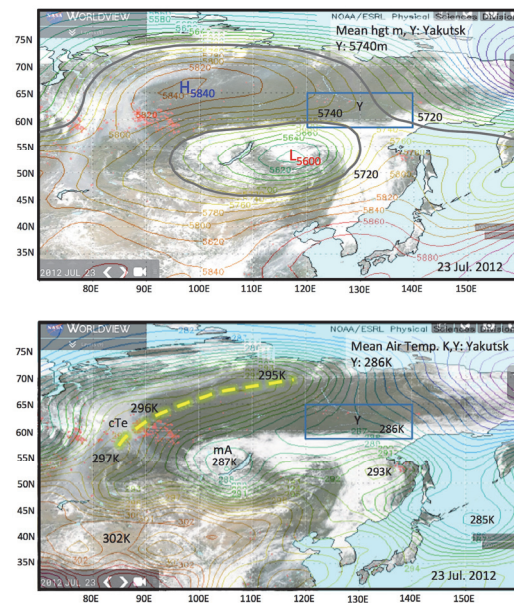


図 3 天気図と気温分布図 1. (a, 上段) 上層天気図(500hPa、7 月 23 日), (b, 下段) 下層気温分布図(925hPa、7 月 23 日)

2.3.2 暖気塊の東進と火災

図 3(a)の 66N 98E の高気圧は、東進し、7 月 26 日には、図 4(a)のように、バイカ

ル湖北東方の 66N 115E まで達した。その後、7 月 30 日頃まで停滞気味となった。これは、高気圧の進行方向に北極海から低気圧が南下したためと思われる(図 4(a)右上端の L5620)。

暖気塊(cTe)も高気圧の東進に追従し、図 4(b)のように、バイカル湖北方の 65N 107E 付近にまで達し、299~297K の閉じた等温線の暖気塊(cTe)を呈した。この暖気塊(cTe)からの伸びる気温の尾根が、サハ南部の研究対象域に達し、ヤクーツク島南部で、火災 HS(図 4(b)の赤色)が発生した。図 4(b)の図中に挿入した火災 HS の衛星画像から、火災 HS の煙の風向は主に北西と西の風向きと確認できるが、あまり明確ではない。これは、図 4(c)の下層

天気図(925hPa)で、等高線の間隔が比較的大きい($\Delta H=30m$)ためと思われる。

2.3.3 暖気塊の通過と大火災

火災(②3Aug.'12)では、8 月 3 日に最大の日 HS 数 8118 個が観測された。この日の高層天気図を図 5(a)に示した。シベリア北部を広く覆っていた高層の高圧帯は 7 月 31 日に消滅し、8 月 1 日には図 5(a)に破線で示した位置で気圧の尾根が形成された。その後、3 日には、樺太付近の上空まで移動した。

図 5(b)に示した気温分布図からは、暖気塊(cTe, 297K)がサハ南部の研究対象地域を通過していることがわかる。暖気塊は、

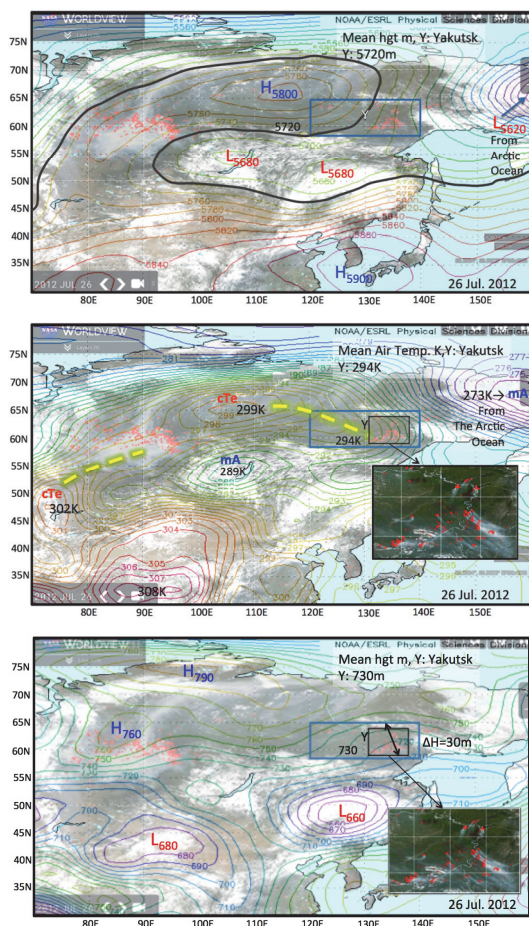


図 4 天気図と気温分布図 2. (a, 上段) 上層天気図(500hPa, 7 月 26 日), (b, 中段) 気温分布図(925hPa, 7 月 26 日), (c, 下段) 下層天気図(925hPa, 7 月 26 日)。

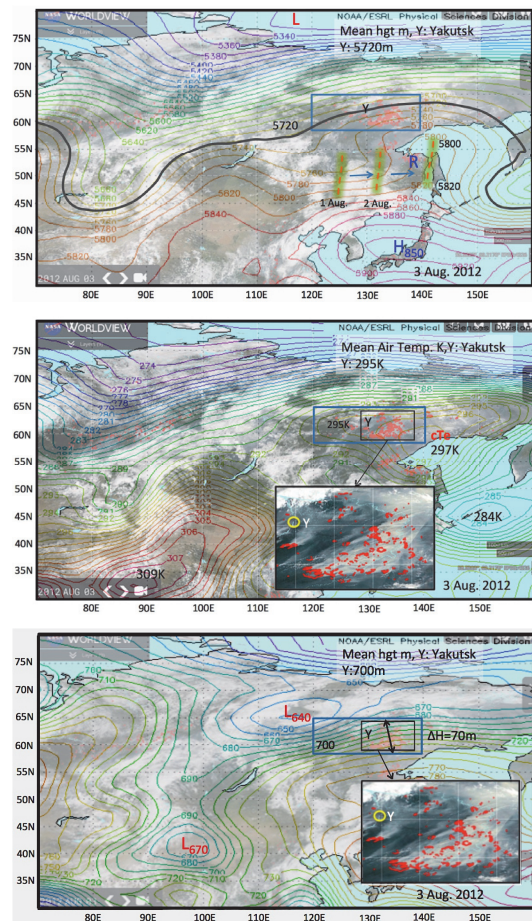


図 5 天気図と気温分布図 3. (a, 上段) 上層天気図(500hPa, 8 月 3 日), (b, 中段) 気温分布図(925hPa, 8 月 3 日), (c, 下段) 下層天気図(925hPa, 8 月 3 日)。

7月31日頃から、シベリア中央の北部から偏西風により東進を開始した。8月1日には、双峰型(眼鏡型)の暖気塊(298K)が研究対象地域の北西部と南東部を覆った。8月2日には294K以上の暖気塊が研究対象地域のほぼ全域を覆い、8月3日には、図5(b)のように、南東部の火災HS域が296K以上の暖気塊に覆われた。図5(b)中の衛星画像から、多くの火災HSが発生している事、火災の煙からは、西及び南西からの風が比較的強く吹いていることが見てとれる。図5(c)の低層天気図でも、研究対象地域での等高線の間隔が狭い($\Delta H=70m$)ことから類推できる。このように、HSピーク日には、暖気塊が火災域を広く覆ったことに加え、風速も比較的早くなったために、広域で大火災が発生したと言える。なお、ヤクーツク北西(65N 116E)の低気圧から東に伸びる前線に向かう風が研究対象地域での比較的強い風の状況を作り出している。

3. まとめ

サハ南部での森林火災気象を天気図と気温分布図を衛星画像とホットスポット(火災)分布を地図上にプロットできるWorldViewを使って分析した。2002年8月大火災の発生過程は、①高層で分離低気圧の南下と、約50N以南の低緯度からの高気圧の北上が始まる。②高層の高気圧が約65N付近の高緯度まで達し、暖気塊(cTe)も約65N付近まで北上する。③その後、高気圧と暖気塊が東進し、尾根状の暖気塊末端がサハ南部に近づき、火

災が徐々に活発化する。④高層の高気圧は消滅したが、サハ上空の偏西風により、暖気塊がサハ南部に到達する。⑤暖気塊の通過中に、北極海からの低気圧が発達しながらサハ西方に南下発達する。以上の2002年8月大火災に類似の過程が、他の火災期間でも見られた。表1に全7HSピーク日の気象条件などを纏めてある。上位5位までのHSピーク日の比較的に強い風は、低気圧、低気圧+前線、気圧の谷によるもので、残りは高気圧からの吹出しで発生している。何故、暖気塊通過時に風も強まるのか?は今後の解明すべき課題の一つである。

参考文献：

- 1) Hayasaka, H., Tanaka, H., Bieniek, P., Synoptic-scale fire weather conditions in Alaska, 10-3, Polar Science, pp. 217-226, 2016.など
- 2) Hayasaka, H., Noguchi, I., Putra, E.I., Nina Yulianti, N., Vadrevu, K., Peat fire-related Air Pollution in Central Kalimantan, Environmental Pollution, 195, pp. 257-266, 2014.ほか.
- 3) NASA MODIS, FIRMS Fire Archive Download for MODIS, <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/download/>
- 4) NCEP/NCAR Reanalysis data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA. (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>)
- 5) NASA Worldview, <http://worldview.earthdata.nasa.gov>

細氷63号 平成29年度第1回支部研究発表会要旨

表 1 7 大火災期間の特徴

火災期間名 (HSピーク日)	ピークHS数	火災域		火災域での強い風の主な要因			Y上空の高度m	
		ΔH m (925hPa)	風向 (衛星画像)	高気圧	前線	低気圧	925hPa	500hPa
①19Aug.'02	8,796	70	南東(南東)	(58N135E)		<u>LT</u> : 775m (63N110E),Y西	840	5,750
②3Aug.'12	8,118	70	南西(南西)	(57N129E)	Y 北東72N	(L: 640m (65N116E),Y北西)	720	5,725
③14Jul.'12	5,829	65	南東(南東)	(57N138E)	Y 北東69N	(L: 670m (65N1 30E),Y北)	675	5,710
④20Jul.'02	5,270	55	西(西)	(63N115E)		L: 700m (63N119E),Y北西	745	5,700
⑤22Jul.'14	4,755	80	北(北北西)	(68N121E)		<u>LT</u> : 540m (56N139E),Y南西	620	5,560
⑥17Jul.'11	3,205	40	南西(南西)	<u>HT</u> : 760m (53N120E),Y北東	(65N130E), Y 北東71N		725	5,800
⑦19Jul.'08	2,698	40	南(南南東)	<u>HT</u> : 855m (62N138E),Y東	不明瞭		730	5,780

HS:ホットスポット, ΔH:高度勾配, HT:背の高い高気圧, L:低気圧, LT:背の高い低気圧, T:気圧の谷, X:画像無, Y:ヤクーツク(62N129.7E)