

糸魚川市大規模火災の出火当時の風速について

消防庁消防研究センター

篠原 雅彦
河関 大祐
高梨 健一

1. はじめに

2016年12月22日10時20分頃に発生した糸魚川市の大規模火災では、焼失面積約4 ha、焼損棟数147棟の被害が生じた¹⁾。延焼拡大の最大の原因は強風による飛火との見方が強い^{2, 3)}。実際、現場から1.4 km離れた気象庁観測点の風速データを見ると、表1に示すように、10分間最大瞬間風速が20 m/s前後の風が出火前から続いている。

表1 2016年12月22日の糸魚川アメダス観測点（測定高さ：地上10 m）での2時間毎の10分間平均風速と10分間最大瞬間風速の範囲（気象庁ホームページより作成）

時刻	平均風速 [m/s]	最大瞬間風速 [m/s]
10:10 ~ 12:00	12.1 ~ 13.9	18.8 ~ 22.0
12:10 ~ 14:00	10.5 ~ 13.6	16.7 ~ 24.2
14:10 ~ 16:00	8.2 ~ 11.9	14.3 ~ 20.9

一方、消防隊は現場到着時（10時35分¹⁾）は風がそれほど強いとは思わなかった、という記録がある²⁾。また、午前中は午後に比べて風が弱かったと取れる住民証言も得た。さらに、出火地点付近の写真には、午前中、火災からの煙が水平に倒れているものもあるが、上空に立ち上がっているものも複数の時間帯で見られる。

この火災に対し、消防は飛火警戒隊の配備を

行っていなかった⁴⁾。また、近隣消防本部へ応援要請した時刻は12時0分¹⁾、飛火からの火災が延焼拡大した時点での判断であった²⁾。

観測データは強風にもかかわらず、現場での消防隊員の体感風速、住民証言、写真に写った煙の傾きは弱い風を示しているという矛盾しているように思える事柄を説明しようとする、i) 火災初期の出火地点付近の風速は、風速観測点の風速とは大きく異なっていたのではないか、あるいは、ii) 火災初期の出火地点付近の風速が風速観測点の風速と同程度であったとしても、この風速は強いとは思わせない風であり、かつ、煙も立ち上がる風なのではないか、という仮説が浮かぶ。

火災現場における風速と消防隊員の体感風速は、飛火警戒の有無、応援要請の時期、規模を左右した可能性があり、大規模火災となった要因の一つかもしれない。

そこで、本火災の初期に出火地点付近の風速がどの程度だったのかということについて、写真に写った火災の煙の傾きを用いて推定を試み、上記の仮説の真偽を調べた。

2. 証言

消防隊が現場に到着した際の体感風速について

は、下記の記録が残っている。

「はじめの風速は14 m/s 程度だが、現場到着時ではそれほど強いとは思わなかったので、これほど飛び火するとは思わなかった。三連梯子にあがった段階で少し強いと感じ、沿岸部にいけばいくほど強くなっていた。²⁾」

また、2017年2月15～17日に住民に聞き取り調査を行った際、火災時の風や煙の傾きについて証言を得た⁵⁾。これによれば、出火地点付近の煙は、午前中は上に向かい、その後は傾いていたという証言の方が、火災初期から傾いていたという証言よりも多い。

3. 煙の傾きを用いた風速の推定

次に、写真に写った火災の煙の傾きから、出火地点付近の風速を推定する。推定には、火災からの上昇気流の傾きと、風速・火災の諸条件の間関係式を利用した。上昇気流の傾きを求める式はこれまで複数提案されてきたが、ここでは市街地火災からの上昇気流を対象とした山下の提案した方法⁶⁾を利用し、煙の傾き、火炎長、火炎温度、火炎周辺温度、火炎領域率から、風速を求めた。ここで、火炎領域率とは、火炎が燃焼範囲全体に占める割合のことで、火炎が合流している場合が1である。

風速を求めるのに用いた写真は、11時31分～11時34分の間に撮影された4枚である。このうちの、煙が最も立ち上がった写真を図1に示す。

煙は完全に風横から撮影されたものではないので、写真から煙の傾きをできるだけ正確に求めるためには、煙の向かう方位を知る必要がある。写真撮影時の風向と写真から、煙は北北西に向かっていると判断した。写真の撮影位置、火災の位置、煙の向かう方位の位置関係に基づいて、写真上で読み取った鉛直軸からの煙の傾き α から、実際の煙の傾き α' を求めた。

表2に、各写真から読み取った煙の傾き、実際の煙の傾き、推定風速を示す。推定風速は写真に写った煙の中間程度の高さである、高さ15mでの値である。様々な誤差を無視すれば、表2より、4枚の写真が撮影された3分間に少なくとも2～21 m/s の間の風速の変動があったことになる。

表2 写真から求めた煙の傾きと、煙の傾きなどから推定した高さ15mにおける風速

記号	時刻	鉛直軸からの写真上で の煙の傾き α [°]	鉛直軸からの 実際の煙 の傾き α' [°]	推定風速 U_{∞} [m/s]
a	11:31:35	50	59	8.0
b	11:31:52	60	67	18.1
c	11:34:09	65	71	21.3
d	11:34:40	30	38	2.1



図1 11時34分40秒の出火地点付近の煙（住民提供）

表2の α' と U_∞ の結果を図2に白丸で示す。図中の実線の曲線は、4つの点a～dに対して横軸 α' だけを変化させた時の風速を示す。風が弱く、上昇気流の傾きが小さいほうが、風速の変化に対して上昇気流の傾きは敏感に変化することがわかる。

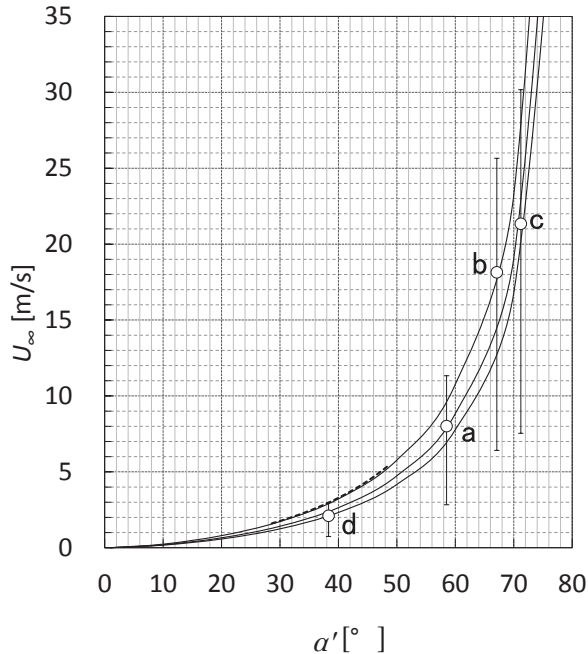


図2 火災からの煙の傾きから推定した出火地点付近の風速と煙の鉛直軸からの傾きの関係：実線は、a～dに対して α' のみを変化させたときの値。エラーバーは、プラス方向は火炎長を2倍にした時の誤差、マイナス方向は火炎長を1/2倍、火炎領域率を1/2倍にした時の誤差。点線は、dの火炎長を2倍にした時の値である3.0 m/sに対して、 α' に ± 10 度の範囲内の誤差を与えたときの値。

次に、a～dの推定風速の誤差について考える。字数の関係上、詳細は参考文献5を参照いただきたい。a～dの誤差範囲を図2にエラーバーで示す。推定風速の最低値である、表2のdの2.1 m/sは、写真からの読み取り誤差として火炎長が2倍だったとしても3.0 m/sという弱い風である。この3.0 m/sという値に対して、さらに、煙の傾きの読み取り誤差として、 ± 10 度内の誤差を与えると、推定風速は点線の曲線で示したように、1.6～5.3 m/sという値をとる。つまり、推定最小風速は、誤差を考えたとしても大きくても5.3 m/s

ということになる。ここで、3.4～5.4 m/sの範囲の風は軟風と呼ばれ、「髪が乱れ、衣服がばたつく、新聞が読みにくい」⁷⁾程度の風である。したがって、11時31分からの3分間は、平均的には強い風だったが、弱い風の時間帯もあったと考えて差し支えないであろう。

4. 出火現場付近の風速推定値と風速観測点での風速の比較

煙の傾きから推定した出火現場付近の風速は、風速観測点の風速とは大きく異なっていたのか、それとも同程度であったのか、ということについて調べる。比較に用いる風速観測値は、出火地点から約2.3 km西南西の地点である、姫川付近の新幹線高架橋上（以後、JR姫川と記す）で、11時30分～11時40分間に測定された値である。この値を用いる理由は、JR姫川の風速測定高さは、前節で風速を推定した高さと同じ15 mであり、上記の時間帯は前節の風速推定時刻を含んでいるためである。JR姫川のこの10分間の平均風速は13.5 m/s、最大瞬間風速は25.2 m/sである。

1時間程度以下の時間の風速分布は正規分布で比較的よく近似できることが知られている⁸⁾。そこで、このJR姫川の10分間の風速も正規分布に従うと仮定する。JR姫川のデータは1秒間隔で測定されているので、10分間に600データ収集されている。600データ中の最大値が度数1の25.2 m/sとなり、平均風速 U が13.5 m/sとなる正規分布の標準偏差 σ を求めると4.2となった。度数1の最低風速 U_{\min} は1.8 m/sとなる。

したがって、表2に示した出火現場付近の推定風速2.1～21.3 m/sは、JR姫川の同時時間帯の U_{\min} (1.8 m/s)～ $U+2\sigma$ (21.9 m/s)の範囲内の風速であることがわかる。つまり、煙の傾きから推定した出火地点付近の風速は、出火地点付近の風速がJR姫川の風速測定値と同じだったとした時、矛盾しない値といえる。

ちなみに、正規分布の性質より、 $U-\sigma \sim U+\sigma$ の間にはデータの68.3%が、 $U-2\sigma \sim U+2\sigma$ の間には95.5%が入る。よってこの場合は、 U_{\min} (1.8 m/s) $\sim U-2\sigma$ (5.1 m/s) の風が10分中の2.3%である14秒間、 U_{\min} (1.8 m/s) $\sim U-\sigma$ (9.3 m/s) の風が10分中の15.9%である95秒間吹くことになる。

5. まとめ

本火災初期の出火地点付近の風速を、4枚の写真に写った火災の煙の傾きから推定した。その結果、写真の撮影時刻である11時31分からの3分間の高さ15 mでの風速は、誤差を無視すれば2.1~21.3 m/sの範囲と推定された。推定最小風速である2.1m/sは、誤差を考えても、大きくても5 m/s程度であり、この風速は軟風 (3.4~5.4 m/s) と呼ばれる風である。2.1~21.3 m/sという推定風速範囲は、同じ時間帯にJR 姫川で測定された10分間の風速の度数分布を正規分布と仮定した時の、最低風速から平均風速 $+2\sigma$ の範囲内であった。つまり、煙の傾きから推定した出火地点付近の風速は、出火地点付近の風速がJR 姫川の風速測定値と同じだったとした時、矛盾しない値である。よって、出火地点付近の風速がJR 姫川の風速観測点の風速と同程度であったとしても、煙の写真が撮影された11時31分からの3分間については、出火地点付近の風は煙が図1のように立ち上がる風であったといえる。

今回の考察により、この火災の初期は、出火地点付近では数 m/s の風の時間帯もあった可能性があり、このことが、飛火警戒の有無、応援要請の時期、規模を左右する一因となった可能性がある。だとすれば、この火災初期の数 m/s の風は、本火災が酒田大火以来40年ぶりの通常時大規模市街地火災となった要因の一つなのかもしれない。

さらに言えば、消防隊出動時から強風が吹いている時の火災に比べて、出動時は風が弱く、途中から強風が変わるといった気象状況は、消防隊の判断を上回る事態を引き起こしかねず、より大火への危険性をはらんでいる可能性がある。

謝辞

JR 西日本には気象データを提供していただいた。糸魚川市民には聞き取り調査に協力いただき、火災写真も提供いただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 糸魚川市消防本部：糸魚川市駅北大火記録（概要版）、2017、
http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h28/itoigawa_daikibokasai/01/shiryu2.pdf
- 2) 糸魚川市：糸魚川市大規模火災 (H28.12.22) について、糸魚川市大規模火災を踏まえた今後の消防のあり方に関する検討会、第1回資料18、pp.1-13、2017、
http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h28/itoigawa_daikibokasai/index.html
- 3) 関澤愛：糸魚川市大規模火災について考える、季刊 消防防災の科学、No.128、pp.43-47、2017。
- 4) 糸魚川市大規模火災を踏まえた今後の消防のあり方に関する検討会：糸魚川市大規模火災を踏まえた今後の消防のあり方に関する検討会報告書、2017、
http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h29/itoigawa_daikibokasai/06/houkokusyo.pdf
- 5) 篠原雅彦、河関大祐、高梨健一：火災初期の出火地点付近の風について、第21回消防防災研究講演会資料、2017。
- 6) 山下邦博：火災上昇気流の傾きに関する一考察、消防研究所報告、No.50、pp.34-43、1980。
- 7) 亀井勇、丸田栄蔵：各国における「ビル風」の研究動向とわが国の紛争事例調査、災害の研究、第10巻、1979。
- 8) 光田寧、林泰一：日本における風のエネルギーの評価、天気、Vol.26、No.10、pp.3-14、1979。