

機関番号：33603

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21810032

研究課題名（和文） 傾斜地における火炎・熱気流性状の計測とモデリング

研究課題名（英文） Measurement and Modeling of the Properties of Flame and Hot Current on the Sloped Level

研究代表者

今村 友彦 (IMAMURA TOMOHIKO)

諏訪東京理科大学 システム工学部 助教

研究者番号：50450664

研究成果の概要（和文）：林野火災など、傾斜地で発生した火災による火炎の形状は、水平面におけるそれとは異なり、火炎が斜面へ倒れ込み、延焼拡大を助長する要因となる。そのため、傾斜地における火炎形状を把握・予測することは、防火対策上非常に重要であるが、現在までに詳細な研究はなされていない。本研究では、傾斜地における火炎性状を体系的に解明することを目的とし、その第 1 段階として、火炎形状に及ぼす傾斜角度の影響を実験的に検討した。その結果、(1) 傾斜面における火炎は、周囲空気の巻き込みが不均一であることから、負圧になりやすい斜面上方向へ吸いつき、斜面上を這うこと、(2) 斜面における火炎は、全体としての長さは発熱速度のみに依存して決まり、傾斜角度によって決まる長さ分だけ斜面上を這い、その後、発熱速度と傾斜角度のつりあいに応じた長さだけ立ち上がる。発熱速度に対する依存性は、水平面上で発生した火炎同様 $Q^{*2/5}$ に比例すること、が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The shape of flame generated on the sloped level such as forest fire is different from that generated on the horizontal flat level, and that leads to the spread of fire. In order to study and clarify the flame shape generated on the sloped level is very important for field fire protection, but the useful and applicable research reports hardly. The purpose of this study is to clarify the flame shape generated on the sloped level to obtain, experimentally to know the influence of the slope angle on the flame shape as the first step. Based on this study, following new knowledge is clarified: (1) The flame generated on the sloped level inclined to the sloped surface and run along the sloped surface because the less entrainment of the air to the flame carried out behind flame side, (2) The total flame length on the sloped level is depended on only the heat release rate. The length which is run along the inclined surface is depended on the sloped angle, then the flame rose a certain length which depends on the balance of the heat release rate and the sloped angle. The total flame length is in proportional to $Q^{*2/5}$, and this behavior is the same as the dependence of the flame length on the heat release rate on the horizontal surface.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,080,000	324,000	1,404,000
2010 年度	980,000	294,000	1,274,000
総計	2,060,000	618,000	2,678,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム工学

キーワード：火災，防災，熱気流，傾斜地，モデル化

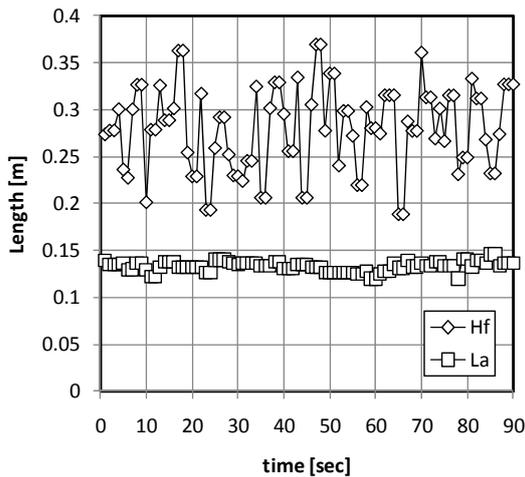


図3 H_f 及び L_a の経時変化
($Q = 4.5\text{kW}$, 傾斜角度 20°)

プロットした。 Q^* は無次元発熱速度であり、(1)式で与えられる。鈴木らは線火源を用いているため、 Q^* は(2)式で求める。

$$Q^* = Q / (C_p \rho g^{1/2} T_\infty D^{5/2}) \quad (1) \text{ (正方火源)}$$

$$Q^*_{\text{rec}} = Q / (C_p \rho g^{1/2} T_\infty W D^{3/2}) \quad (2) \text{ (線火源)}$$

ただし C_p : 比熱[kJ/(kg·K)], D : 火源径[m], 線火源では火源の短辺[m], g : 重力加速度[m/s²], Q : 発熱速度[kW], W : 線火源の長辺[m], ρ : 密度[kg/m³]である。図4(a), (b)より、 L_f は Q^* が

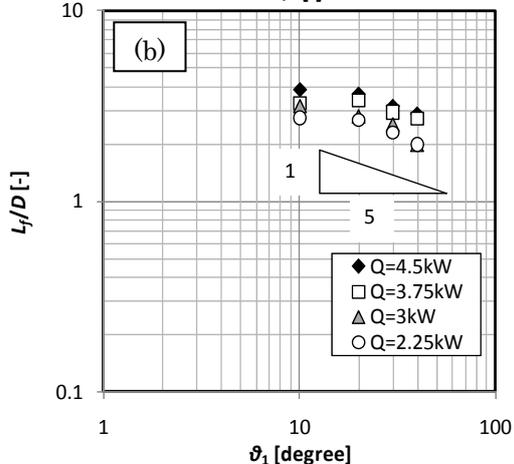
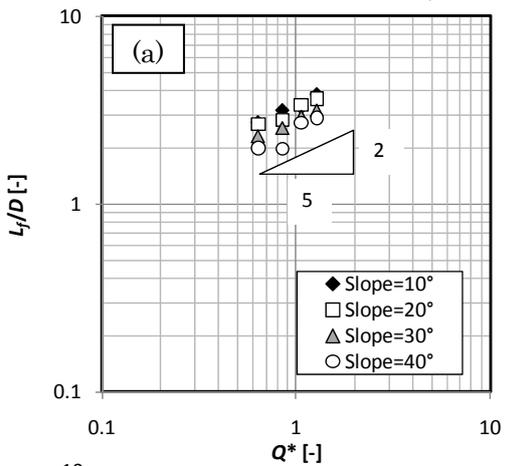


図4 L_f/D と無次元発熱速度および傾斜角度の関係

大きくなるにつれて $Q^{*2/5}$ に比例して大きくなる傾向を示しており、また傾斜角度が大きいほど短くなる傾向を示し ($L_f \propto \theta_1^{-0.2}$)、火炎が斜面へ倒れ込んで這うことが読み取れる。付着距離については図5(a), (b)に示したように、発熱速度にはほとんど依存せず、傾斜角度のみによって決まっている。これは、鈴木らの実験と同様の結果であり、両者とも $\theta_1^{2/3}$ に比例している。しかし鈴木らの実験結果とは L_a/D の値に3倍程度の差がある。これは、鈴木らの結果が線火源を用いたものであることが1つの原因と考えられる。

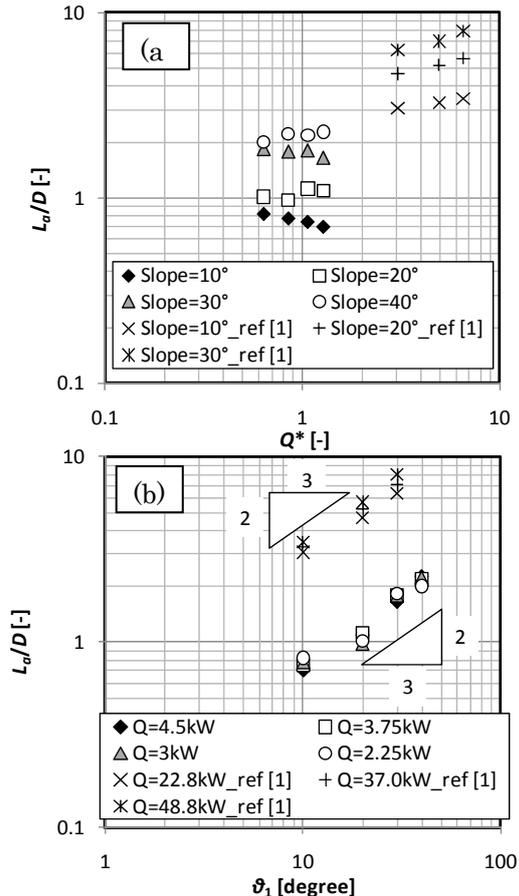


図5 L_a/D と無次元発熱速度および傾斜角度の関係

本実験のように燃料の初速度がほとんど無視できるような場合、火炎の形成方向は主として火炎自身が作り出す浮力の方、すなわち鉛直方向に決定される。本実験の火炎は拡散火炎であるから、火炎は周囲の空気を対称的に巻き込んで成長するが、火源極近傍に注目すると、斜面上方向からの空気巻き込みは斜面が壁の効果を発揮して、阻害される。そのため、斜面上方向は斜面下方向よりも先に負圧状態となり、その結果斜面を火炎が這う。火炎極近傍では、McCaffrey [2]が示しているように中心軸上の温度が発熱速度によらずほぼ一定であるとすれば、発熱速度によらず火炎基部で生み出される浮力はほぼ一

定であり、そのため発熱速度によらず火炎が斜面に這う距離がほぼ一定になったと推測される。

水平面で形成された火炎の場合、 L_a が存在せず L_f がそのまま火炎高さとして整理できる。そこで、傾斜面の場合も共通して取り扱える火炎長さとして L_f と L_a の和をとり、これを Q^* 及び θ_1 に対してプロットした。これを図6に示す。水平面で形成された火炎の高さと比較するために、Zukoski [3], Heskestad [4], McCaffrey [2]が提案した結果も合わせてプロットした。水平面上で既往の関係よりも火炎が伸びている傾向を示しているのは、実験棟の標高が海拔約900mの位置にあるため、気圧が平均90hPa程度低いので、燃焼反応に必要な酸素量を確保するために火炎が伸びたと推測される。 $L_f + L_a$ の値は、 Q^* に対しては、水平面上と同じくほぼ $Q^{*2/5}$ に比例しており、

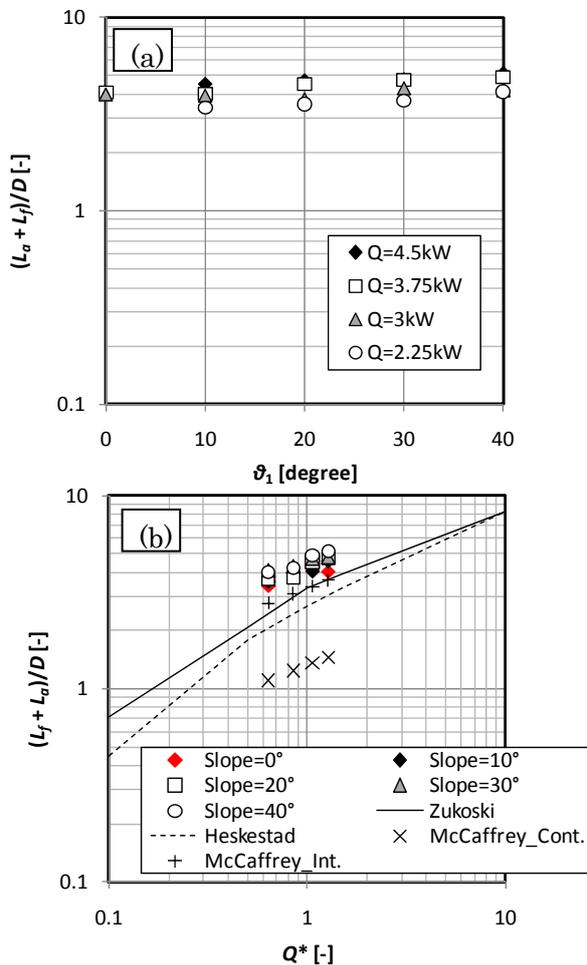


図6 $(L_f + L_a)/D$ と無次元発熱速度および傾斜角度の関係

傾斜角度に対しては、 L_a が伸びる効果と、その結果 L_f が短くなる効果が合わさって、結果として傾斜角度に対する依存性はほとんど失われた。すなわち、傾斜面上での火炎は、全体の長さは傾斜角度に依らず発熱速度に

のみ依存して決まり、傾斜角度に依存してある決まった量だけ斜面上を這い、傾斜面から立ち上がった後は、発熱速度と傾斜角度のつりあいに応じた長さだけ立ち上がる傾向があると推測される。

4.3 まとめ

本実験により、傾斜面における火炎の長さについて以下の事項が明らかとなった。

- (1) 傾斜面における火炎は、周囲空気の巻き込みが不均一であることから、負圧になりやすい斜面上方向へ吸いつき、斜面上を這う。
- (2) 斜面における火炎は、全体としての長さは発熱速度のみに依存して決まり、傾斜角度によって決まる長さだけ斜面上を這い、その後、発熱速度と傾斜角度のつりあいに応じた長さだけ立ち上がる。発熱速度に対する依存性は、水平面上で発生した火炎同様 $Q^{*2/5}$ に比例する。

(参考文献)

- [1] 鈴木秀和, 土橋常登, 田中哮義: “斜面上における線火源の火炎形状に関する実験”, 平成22年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.358-359, 2010.
- [2] McCaffrey, B.J. “Purely Buoyant Diffusion Flame - Some Experimental Results-”, NBSIR79-1910, 1979.
- [3] Zukoski, E.E., Kubota, T. and Cetegen, B.: “Entrainment in Fire Plume”, Fire Safety Journal, Vol.3, pp.107-121, 1980/81.
- [4] Heskestad, G.: “Luminous Height of Turbulent Diffusion Flames”, Fire Safety Journal, Vol.5, pp.103-108, 1983.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

- 1) 今村友彦, 山崎裕太, 大原達也, 上矢恭子, 須川修身: 傾斜面における火炎形状, 第43回安全工学研究発表会, 東京, 2010.11.
- 2) 山崎裕太, 今村友彦, 大原達也, 上矢恭子, 須川修身: 傾斜面における火炎プルームの温度分布性状, 第43回安全工学研究発表会, 東京, 2010.11.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕(計0件)

〔その他〕(計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

今村 友彦 (IMAMURA TOMOHIKO)

諏訪東京理科大学・システム工学部・助教
研究者番号: 50450664

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし