

217 2-P-I (4) -14:36 pp. 236

灸頭鍼から輻射される光の皮膚吸収特性

大塚 信之¹⁾, 半田 由美子²⁾

1) 蛭東洋医学研究所, 2) 明治東洋医学院専門学校

灸頭鍼による皮膚の加熱は、燃焼時に輻射される光 (輻射光) の吸収量に依存するため、皮膚各層での吸収特性を明らかにする

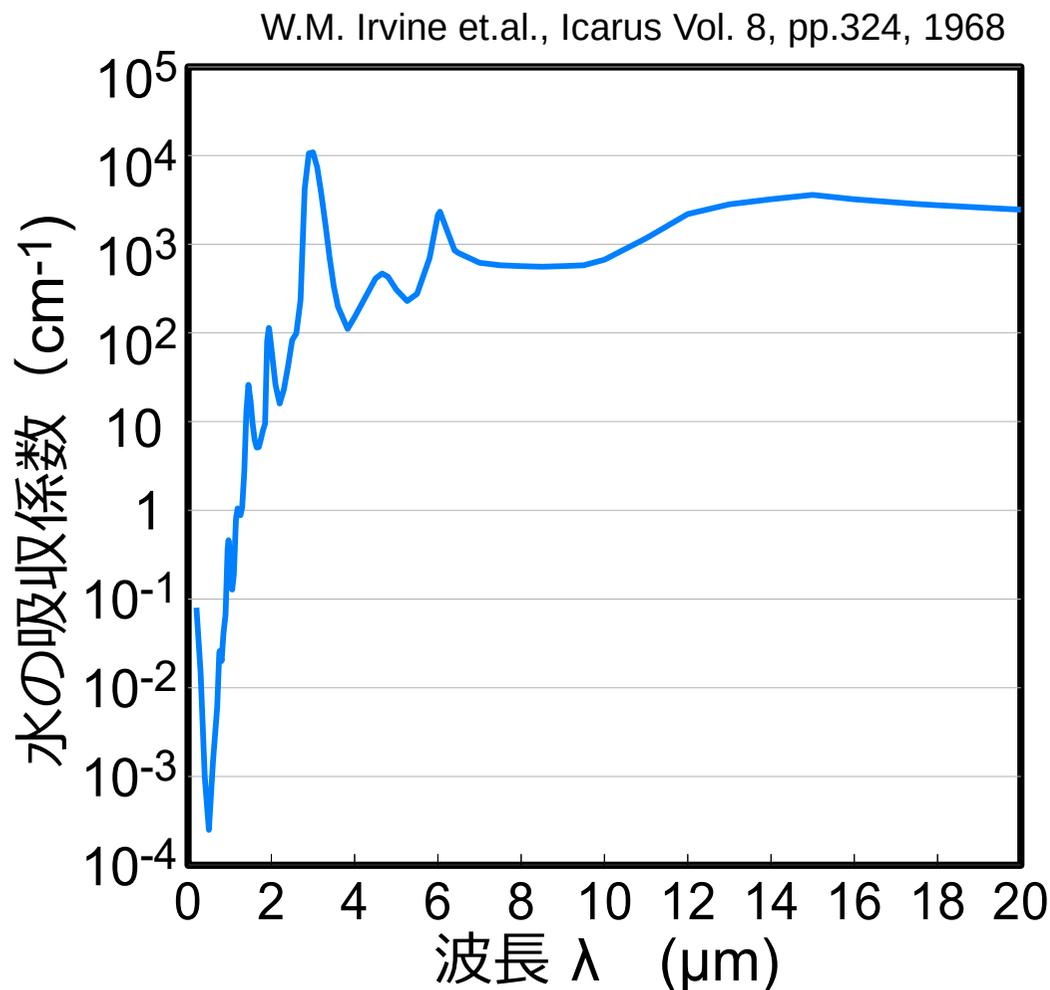
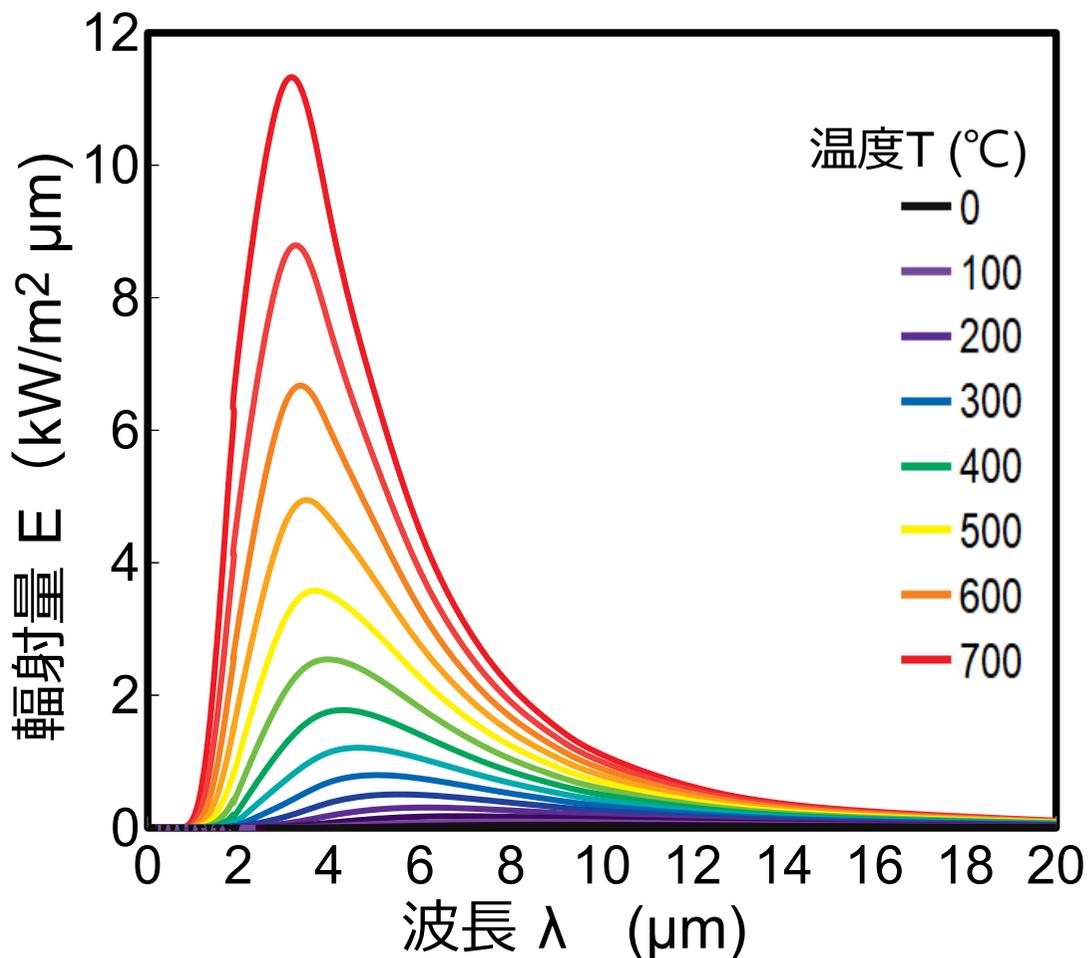
- 皮膚の加熱に最も影響する艾燃焼部位の解明
- 艾の直下部の温度と輻射量の関係式の導出
 - ➔ 輻射量の点火位置依存性
- 皮膚各層での輻射光の吸収量の関係式の導出
 - ➔ 吸収量の点火位置依存性

- 灸頭鍼の手技には様々な報告がある
- 皮膚での輻射光の吸収特性の報告は認められない
- **点火位置**
上部[1,18], 両端[2], 下部[3,4,7,11,12,14,17,19], 表面全体[20]
- **艾球の直径**
10mm[12], 18-20mm[2,4,7,11,13,15], 21-25mm[5,17],
20-30mm[20]
- **艾と皮膚の距離**
20mm[12], 25mm[4,7,11,13], 30mm[5], 40mm[13],
30-50mm[19]
- **艾を取り去るタイミング**
煙消失時[4,7,11]、燃焼終了時[12,17,19,20]

2. 背景 ～ 輻射量と水の吸収係数 ～

輻射量は温度とともに増加し、ピーク波長は短波長化

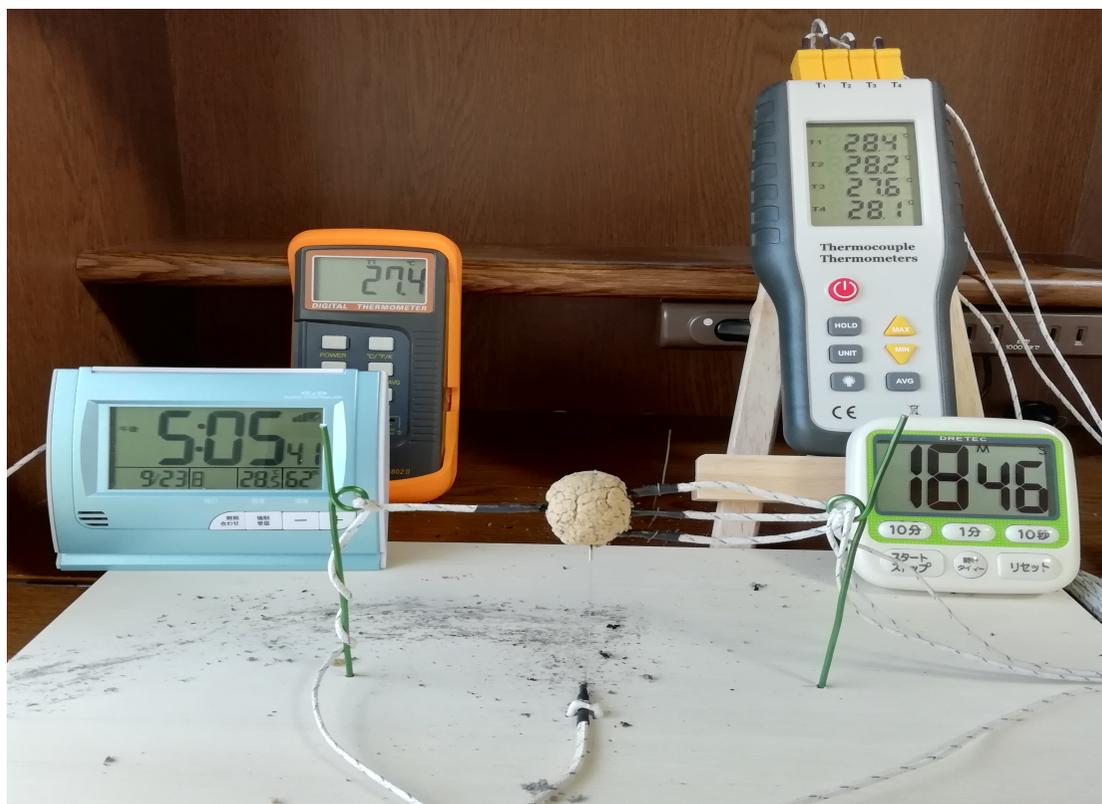
$$\text{黒体輻射量 } E = 3.74 \times 10^8 / \{ \lambda^5 [\exp(1.44 \times 10^4 / (\lambda(T+273))) - 1] \}$$



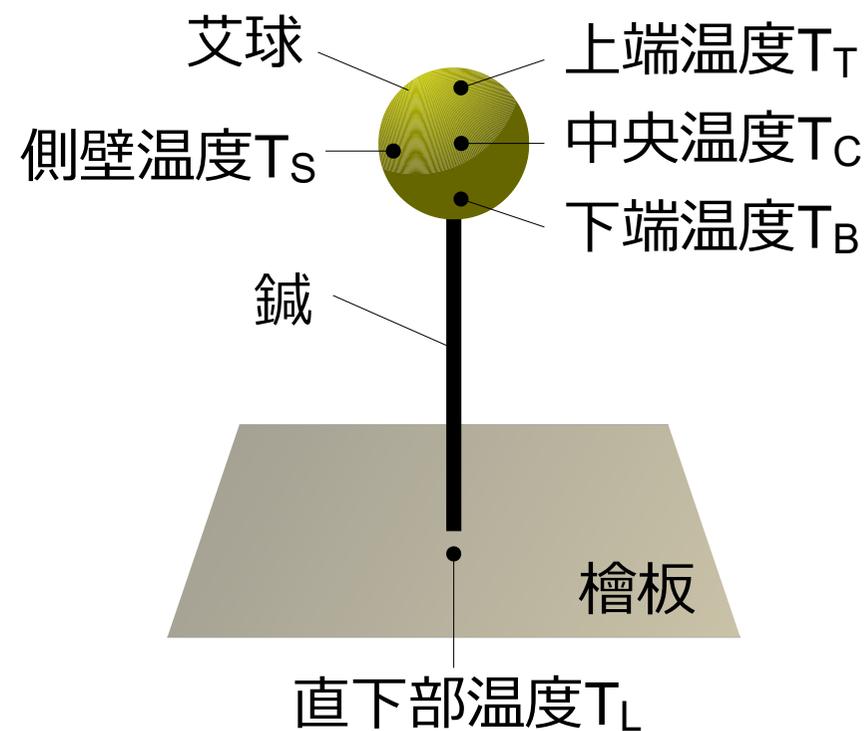
3. 方法 ～ 測定方法 ～

4

温度・時間測定機器



温度測定位置



3. 方法 ～ 測定・解析条件 ～

艾球 : 重量1g、直径20mm、灸頭鍼用中級品, 若草印, 山正

鍼 : 長さ50mm、直径0.25mm、Lタイプ, セイリン

艾の高さ : 30mm, 40mm, 50mm

点火位置 : 艾の上部、下部、上下、左右

温度測定器 : K型熱電対(アルメルクロメル)、デジタル温度計

測定回数 : 各5回

皮膚の構造 : 表皮(厚み0.1mm, 水分量30%)

[21, 22] 真皮(厚み1.9mm, 水分量70%)

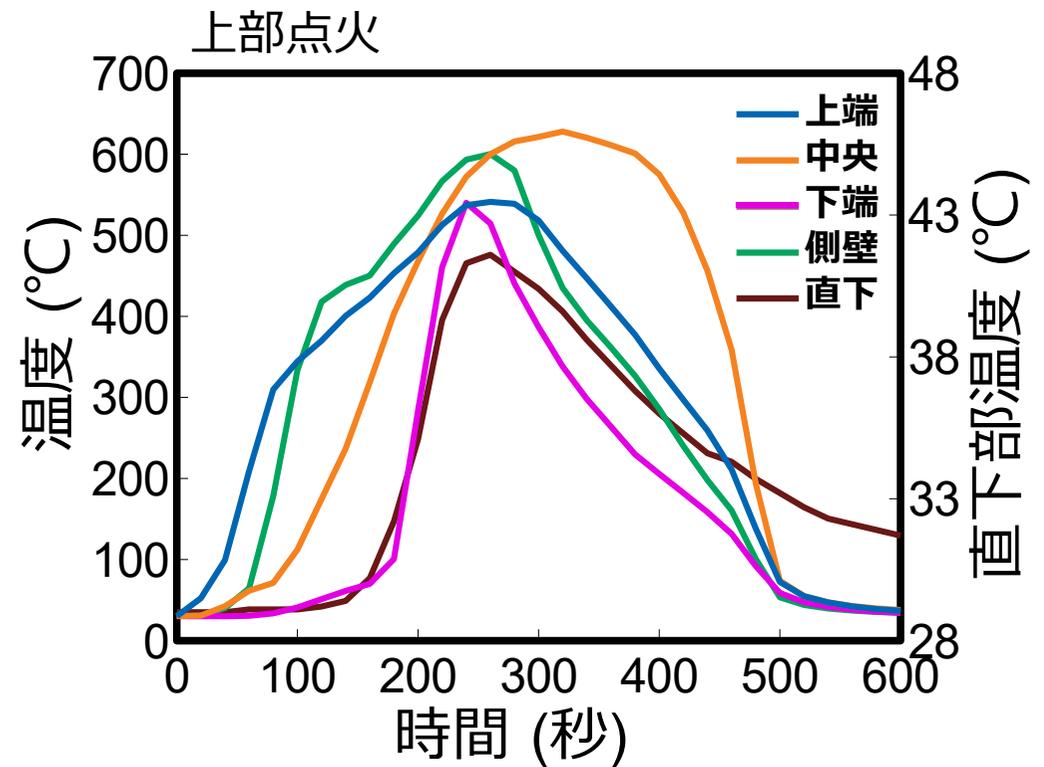
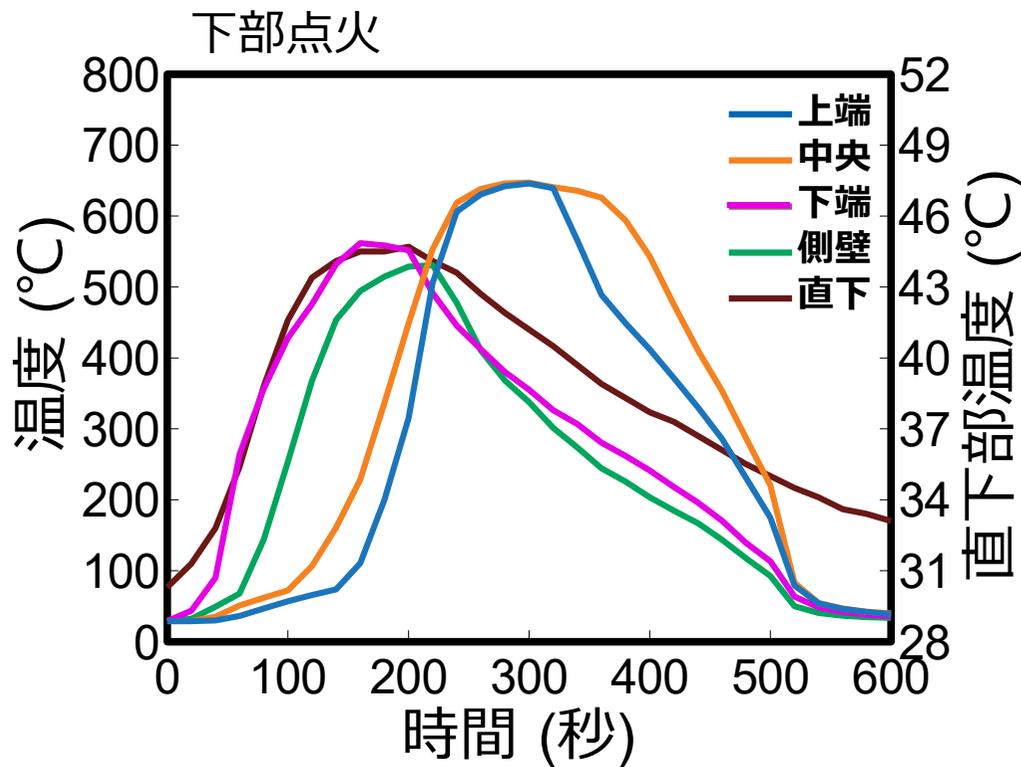
皮下組織

優位水準 : 5%

4. 結果 ～直下部温度の決定因子～

直下部温度は、艾の下端からの輻射量に依存

最高温度となる時間が、直下部温度 T_L に最も近いのは、
点火部位に係らず下端温度 T_B (相関係数 $r=0.82$, 時間差 19 ± 15 秒)

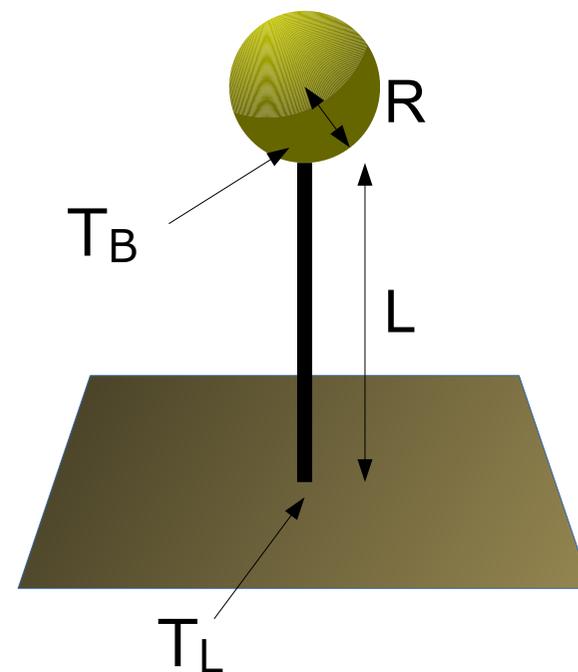
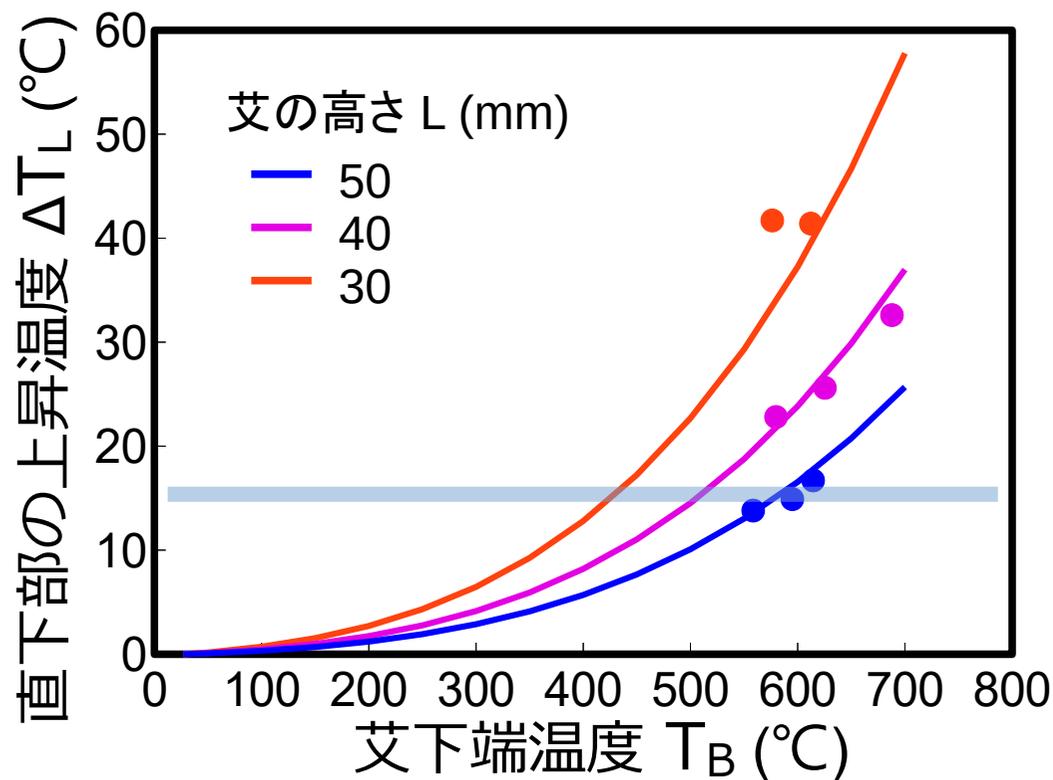


	上端 T_T	中央 T_C	下端 T_B	側壁 T_S
相関係数, 時間差(秒)	0.15, 50±35	0.23, 80±29	0.82, 19±15	0.43, 26±24

4. 結果 ～直下部温度と艾の高さの関係～

艾の高さ L が高いほど直下部温度 T_L が低下

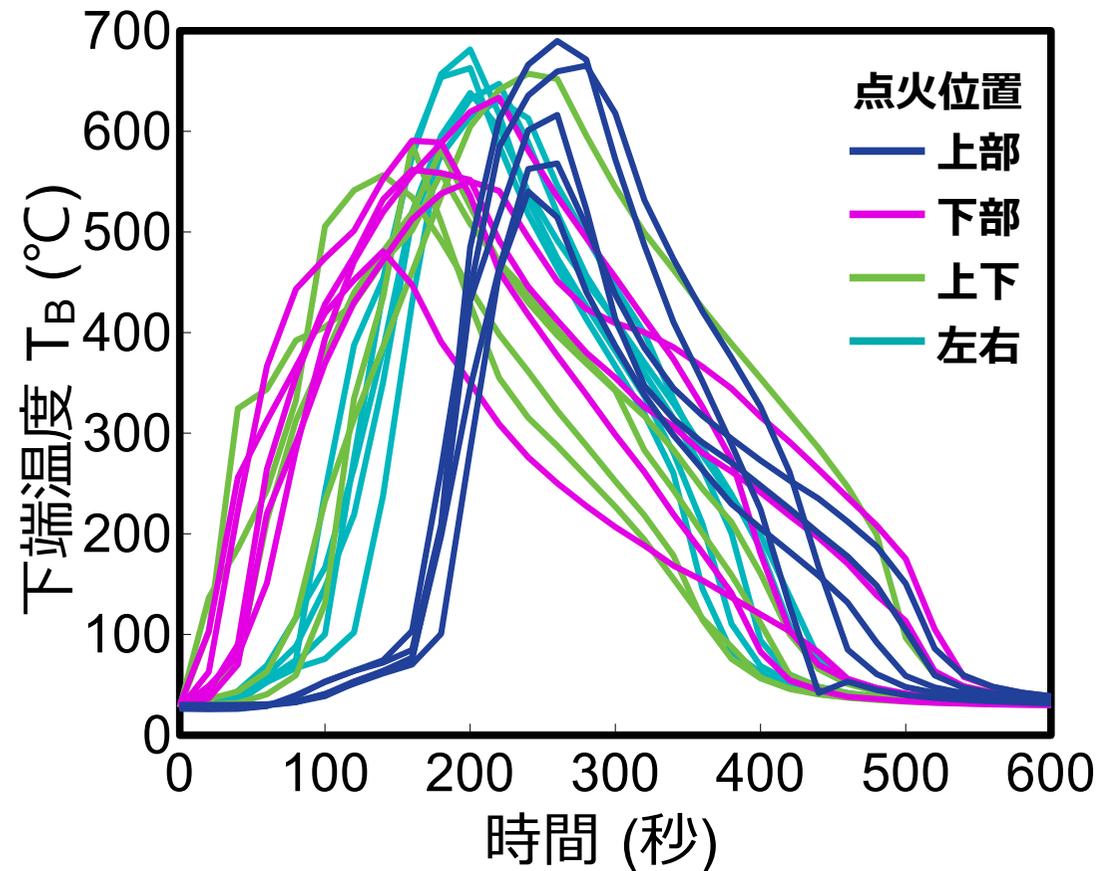
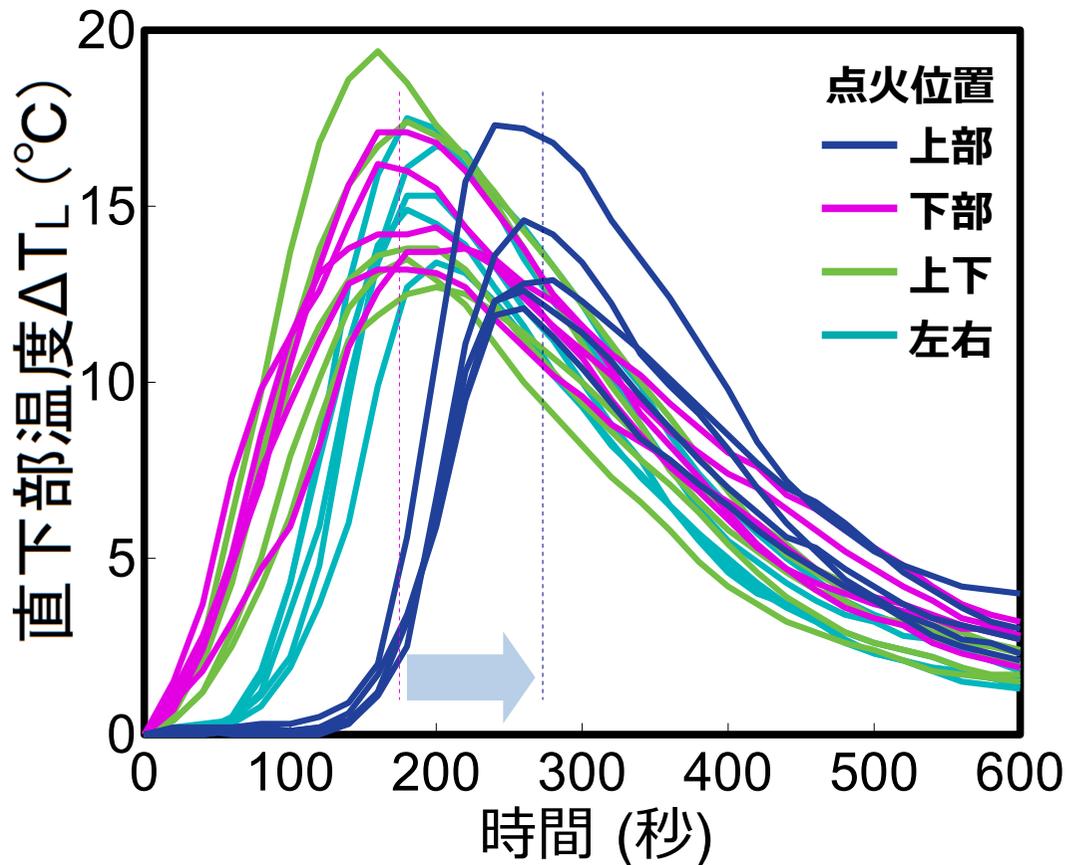
- 直下部温度 $\Delta T_L = 1.04 \times 10^{-9} \{ (T_B + 273)^4 - (T_0 + 273)^4 \} R^2 / (R + L)^2$
 T_B : 下端温度($^{\circ}\text{C}$), T_0 : 周囲温度($^{\circ}\text{C}$), R : 艾の半径(mm), L : 艾の高さ(mm)
- 以降の検討は、熱痛を感じない $\Delta T_L \sim 15^{\circ}\text{C}$ となる $L = 50\text{mm}$ とした



4. 結果 ～最高温度の点火位置依存性～

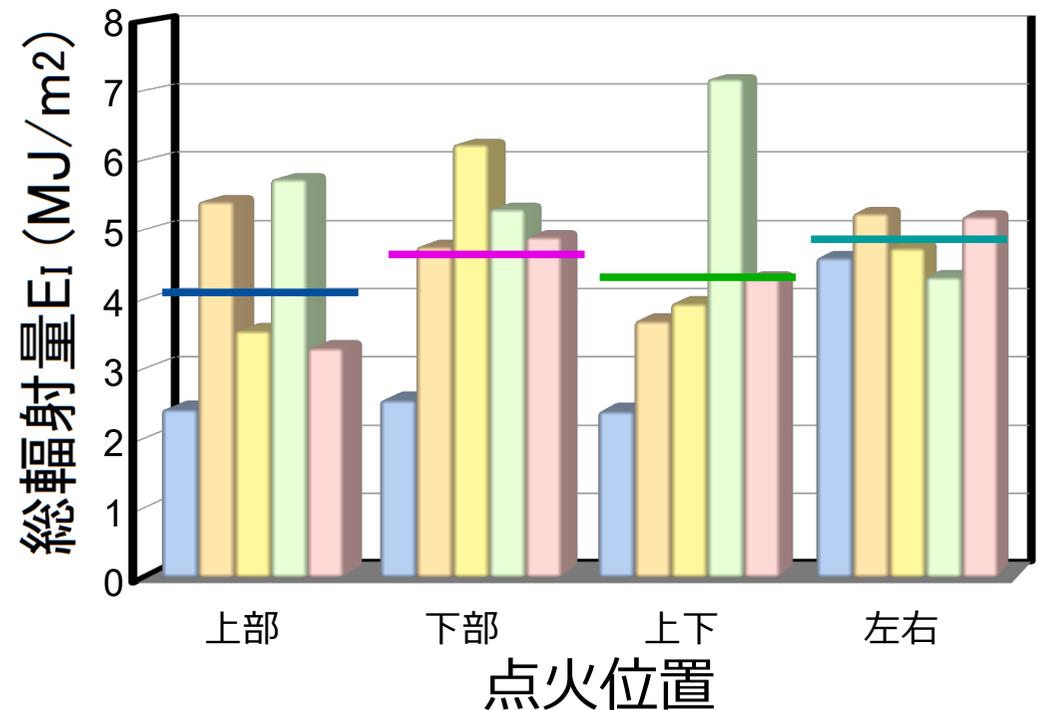
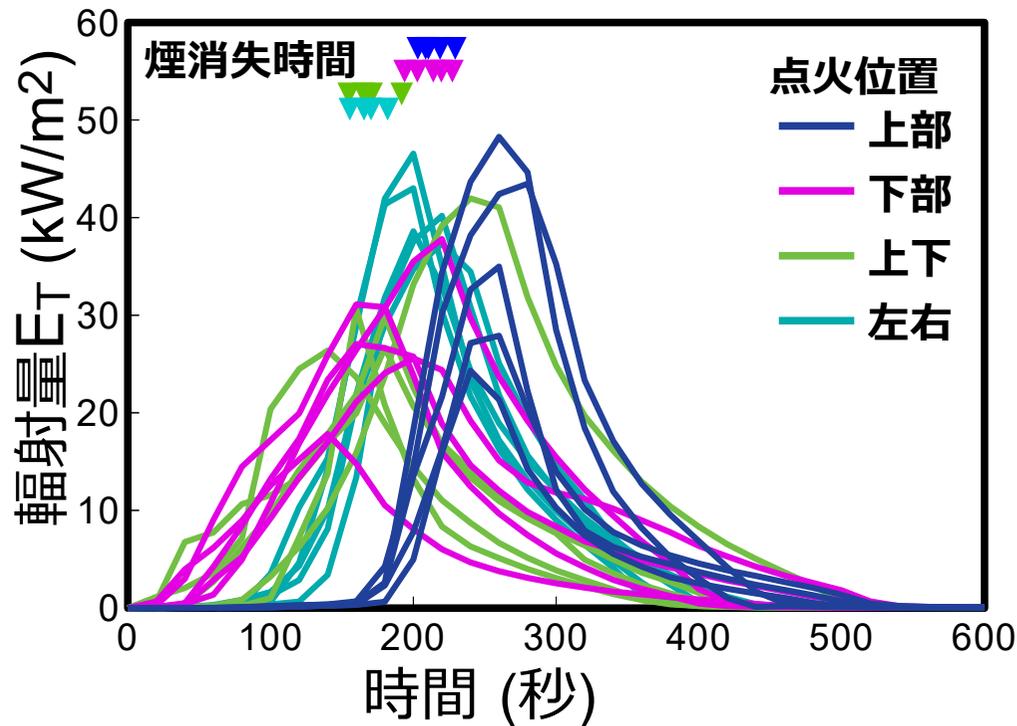
直下部温度や下端温度は、点火位置に有意な差は無い

上部点火は、下部点火に比べて直下部温度 ΔT_L の最高値到達が 79 ± 9 秒遅延



4. 結果 ～輻射量の点火位置依存性～

- 輻射量 E (W/m^2)= $\varepsilon E_T R^2 / (R+L)^2$, 放射率 $\varepsilon \sim 0.9$, $E_T = (T_B + 273)^4$
- E_T 最大値の平均値は左右点火が最高、点火位置に有意な差は無い
上部: 35 ± 9 , 下部: 28 ± 7 , 上下: 31 ± 6 , **左右: 41 ± 3**
- 総輻射量 E_I (時間積分値: MJ/m^2)も左右点火が最高、有意な差は無い
上部: 4.1 ± 1.3 , 下部: 4.7 ± 1.2 , 上下: 4.3 ± 1.6 , **左右: 4.9 ± 0.3**



最高温度となる時間

- 下端温度 T_B と直下部温度 T_L との間に有意な差は無い [全点火位置]
- 上端温度 T_T と中央温度 T_C は、又直下部 T_L より有意に長い ($p < 0.001$) [下部点火、上下点火]

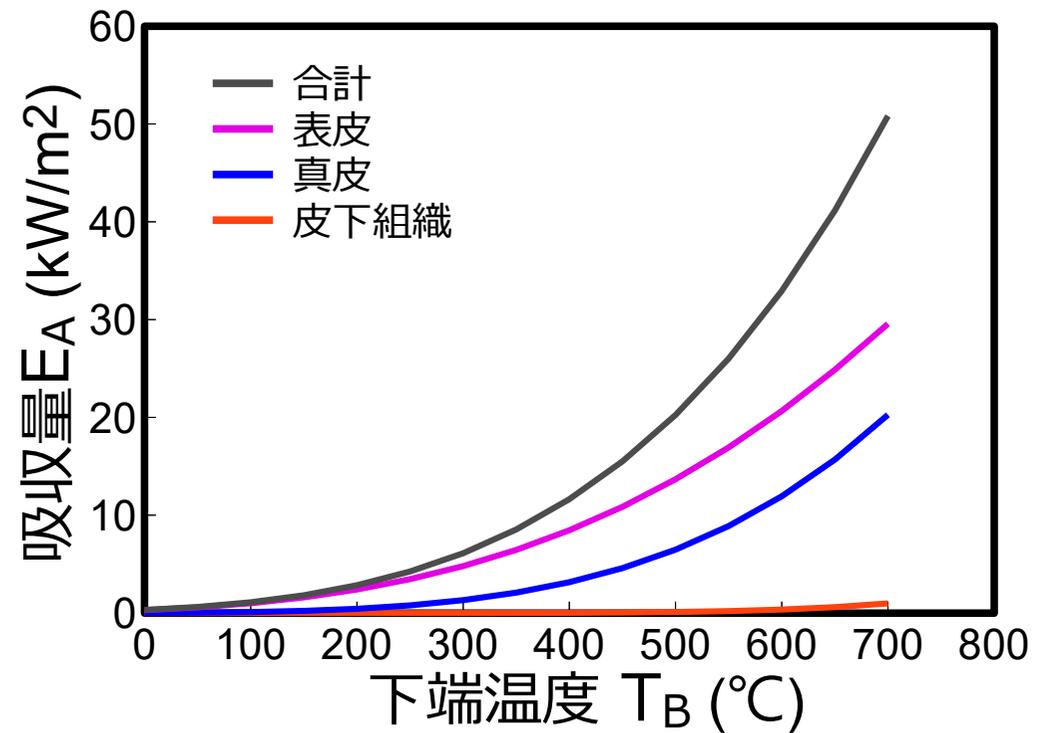
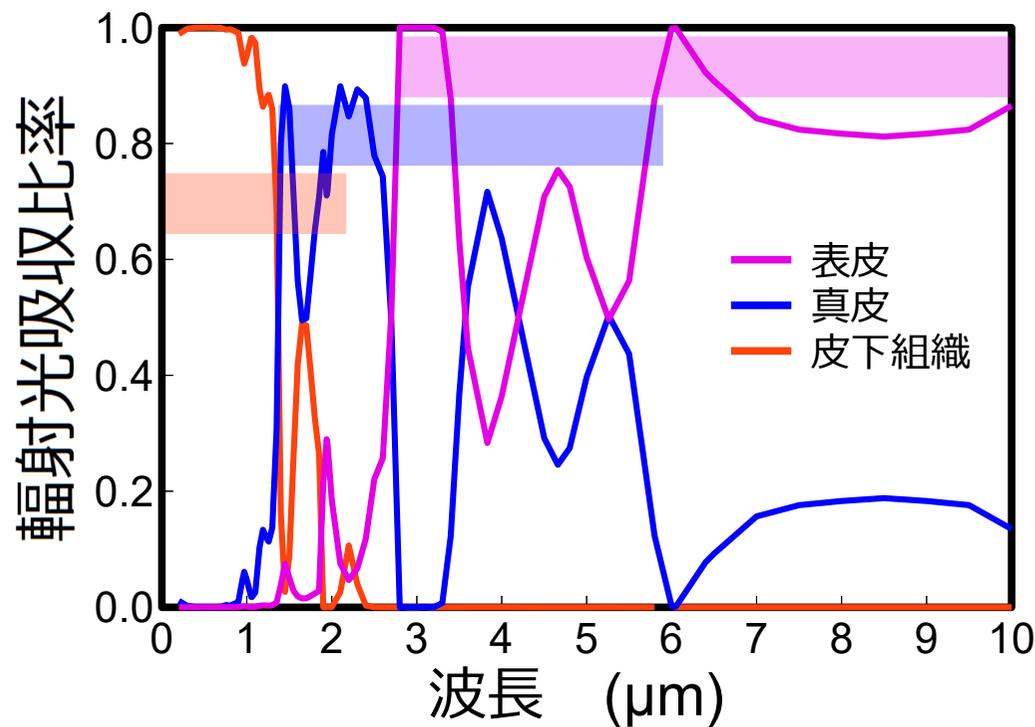
煙消失時間

- 1点点火(上部点火, 下部点火) 214 ± 10 秒に対して、
2点点火(上下点火, 左右点火) 168 ± 11 秒は有意に短い ($p < 0.001$)
- 下端温度 T_B のピーク後の煙消失は、下部点火のみ
上部:煙消失 46 ± 17 秒後, **下部: 33 ± 22 秒前**, 上下: 11 ± 28 秒後, 左右: 44 ± 12 秒後
- 煙消失30秒後に77%の輻射量となる下部点火では煙消失が目安となる
煙消失時点 上部: $15 \pm 5\%$, 下部: $68 \pm 10\%$, 上下: $43 \pm 11\%$, 左右: $23 \pm 12\%$
煙消失30秒後 上部: $40 \pm 7\%$, **下部: $77 \pm 7\%$** , 上下: $61 \pm 12\%$, 左右: $48 \pm 8\%$

5. 考察 ～皮膚での輻射光吸収特性～

表皮は2.8μm以上、真皮は1.4～6μm、皮下組織は2.4μm以下を主に吸収

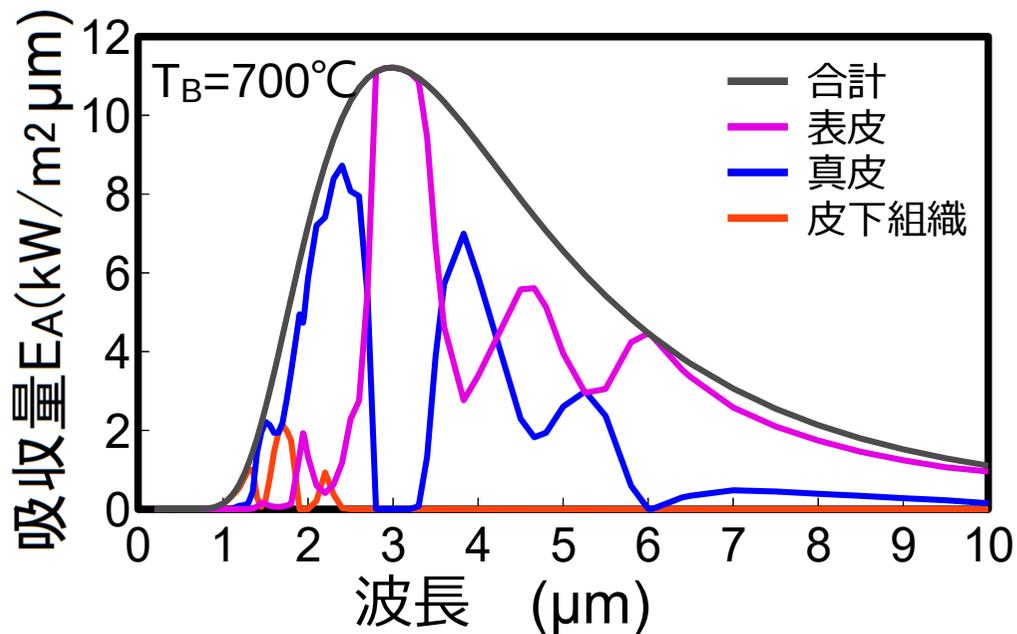
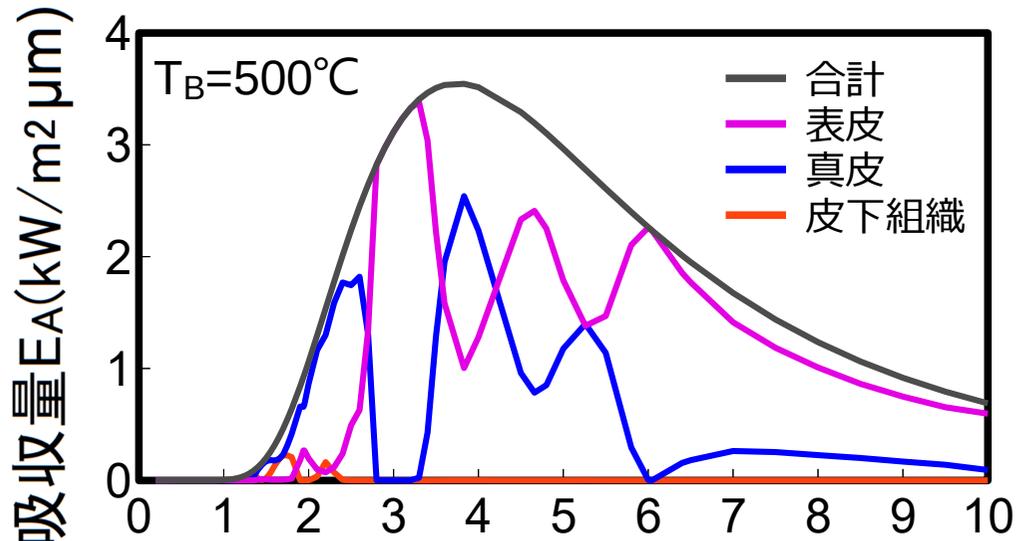
- 各層の吸収量 $E(W/m^2) = \epsilon E_A R^2 / (R+L)^2$, $E_A = \exp(-a + b \times \ln(T_B + 273))$
- 表皮で最も吸収され(59%)、皮下組織には僅かに達する(2%) : $T_B = 700^\circ C$



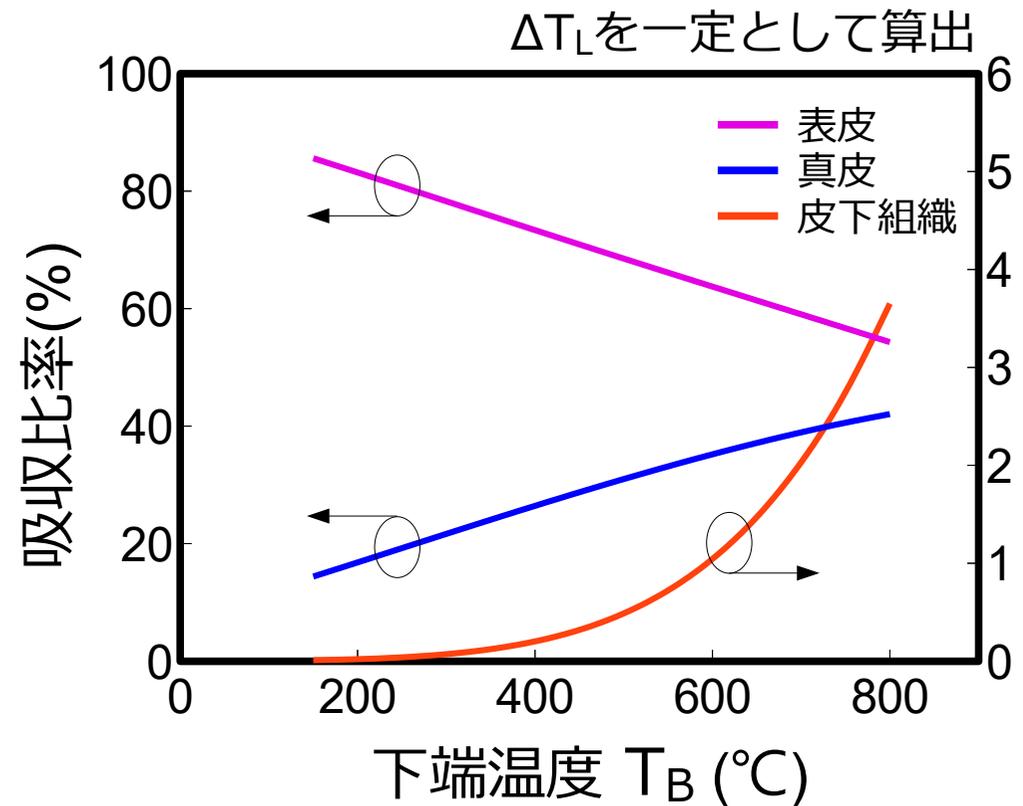
輻射量の係数	合計	表皮	真皮	皮下組織
a	16.7	13.1	24.8	63.3
b	4.00	3.40	5.04	10.21

5. 考察 ～吸収量の波長・温度特性～

高 T_B で皮下組織の吸収比率が増大、0.8~2.4 μm の波長帯を主に吸収

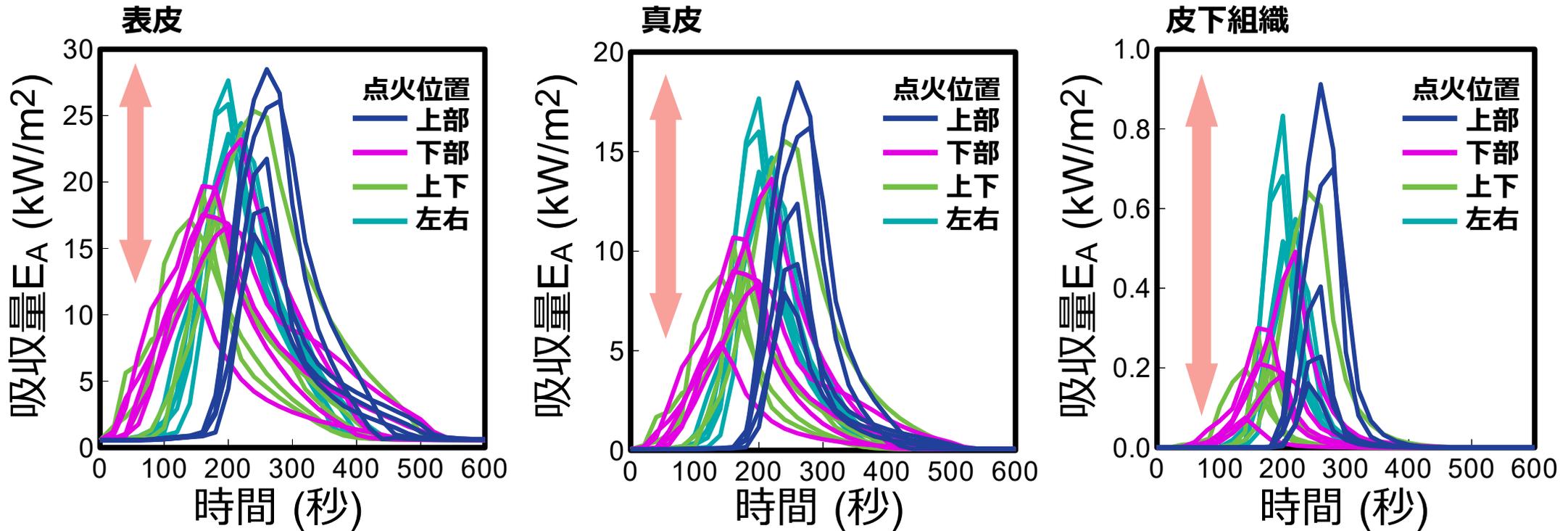


- 真皮1.3倍, 皮下組織4.1倍に増大
- T_B が高いほど皮膚深部での吸収が増加し、加熱効果が期待される



5. 考察 ～吸収量の点火位置依存性～

吸収量 E_A は、皮膚深部ほど下端温度 T_B の影響を受ける
各層の最高吸収量と総吸収量ともに、点火位置による有意な差は無い



最大輻射量 E_T (kW/m ²)	最大吸収量 E_A (kW/m ²)			総輻射量 E_T (MJ/m ²)	総吸収量 E_A (MJ/m ²)		
	表皮	真皮	皮下組織		表皮	真皮	皮下組織
上部点火	22±5	13±4	0.48±0.28	上部点火	3.0±0.7	1.3±0.5	0.033±0.023
下部点火	18±4	9±3	0.25±0.14	下部点火	3.5±0.7	1.4±0.4	0.023±0.013
上下点火	19±3	11±3	0.32±0.16	上下点火	3.2±1.0	1.3±0.5	0.024±0.019
左右点火	25±2	15±2	0.62±0.13	左右点火	3.5±0.2	1.6±0.1	0.041±0.005

- 直下部温度 ΔT_L は、艾の下端温度 T_B と相関が高い
- 下端温度 T_B が高いほど、皮膚深部の加熱効果が期待される
- 下部点火時は、煙消失が終了の目安となる
(煙消失30秒後の輻射量は78%に達する)
- 輻射量や吸収量の最大値および時間積分量には、点火位置に関して有意な差は無い

謝辞：灸頭鍼法をご指導いただいた田中博先生に感謝します

1. 針灸治療の新研究, 長濱善夫, 創元社 2版, 1977
2. 灸頭鍼法, 赤羽幸兵衛, 医道の日本社 4版, 1977
3. 針灸学, 上海中医学院編, 刊々堂出版社 7版, 1979
4. 医道の日本 灸頭鍼入門, 田中博, 医道の日本, (1) 6, (2) 8, (3) 9, (4) 11, 1984, (5) 11, 1985, (6) 5, (7) 10, (8) 11, (9) 12, 1986
5. 特集 灸頭鍼法の実際, 鍼灸OSAKA, 1986
6. 経絡治療 鍼灸臨床入門, 小野文恵, 医道の日本社 3版, 1987
7. 灸頭鍼入門, 田中博, オリエン特出版社, 1991
8. 日本鍼灸医学(経絡治療・基礎編), 経絡治療学会 3版, 2001
9. はりきゅう理論, 東洋療法学校協会, 2002
10. 図解 鍼灸臨床手技マニュアル, 尾崎昭弘, 医歯薬出版, 2003
11. 鍼灸療法, 鈴木信他, 医道の日本社, 2006
12. はりきゅう基礎技術学, 有馬義貴, 南江堂, 2007
13. 直接灸および灸頭鍼刺激が表皮局所に及ぼす影響, 渡邊勝之他, 全日本鍼灸学会雑誌, 58, 2008
14. 灸法実践マニュアル, 藤井正道, BABジャパン, 2009
15. 図解 鍼灸療法技術ガイド, 矢野忠, 文光堂, 2012
16. 灸頭鍼における艾球の中心温度と落下地点の温度, 長岡里美他, 全日本鍼灸学会雑誌, 63, 2013
17. 温灸読本, 宮川浩也, 医道の日本社, 2014
18. 効果的な灸頭鍼を行うための条件に関する検討, 矢島道子他, 全日本鍼灸学会, 2015
19. まるごと灸百科, 岡田明三・上村由美子, 医道の日本社, 2017
20. 逆子の鍼灸治療, 形井秀一, 医歯薬出版 2版, 2017
21. 解剖学, 東洋療法学校協会編, 医歯薬出版 2版, 2014
22. 皮膚と水, 安部隆, 油化学, 34, 1985

蜚東洋医学研究所



灸頭鍼から輻射される光の皮膚吸収特性 大塚 信之 蛭東洋医学研究所, 半田 由美子 明治東洋医学院専門学校

【目的】灸頭鍼による皮膚の加熱は、燃焼時に輻射される光(輻射光)の吸収量に依存するため、皮膚各層での吸収特性を明らかにする。

【方法】艾球(1g、半径 $R=10\text{mm}$ 、灸頭鍼用中級品、若草印、山正)を鍼柄(Lタイプ、50mm、0.25mm、セイリン)に装着。K型熱電対を用いて艾内部の温度(上端、中央、下端、側壁)と艾の直下部の檜板上の温度 T_L 及び煙消失時間を測定した。艾最下部と檜板の距離 $L=30\sim 50\text{mm}$ 。点火位置は艾の上部、下部、上下、左右の4種類。各5回測定し、有意水準は5%とした。

【結果】上昇温度 ΔT_L の最高値に点火位置の有意な差は無く、最高値を示す時間の相関が最も高い測定点は艾下端温度 T_B であった(相関係数 $r=0.82$)。

$\Delta T_L(^{\circ}\text{C})=1.04\times 10^9((T_B+273)^4-(T_0+273)^4)R^2/(R+L)^2$ となった(周囲温度 T_0)。以降は熱痛を感じない温度となる $L=50\text{mm}$ とした。 T_B より求めた輻射光の量(輻射量)の最大値と時間積分値(総輻射量)は左右点火時が最も高いが、点火位置に有意な差は無い。煙消失30秒後迄の輻射量は下部点火では総輻射量の77%と高く煙消失が目安となるが、上部(40%)、上下(61%)、左右(48%)では難しい。

【考察】ヒトの皮膚構造(表皮[厚み 0.1mm 、水分量30%]、真皮[1.9mm 、70%]、皮下組織)に基づく水の吸収特性から、輻射光($T_B=700^{\circ}\text{C}$)は表皮で最も吸収され(59%)、皮下組織に僅かに到達(2%)。主な吸収波長は表皮 $2.8\mu\text{m}$ 以上、真皮 $1.4\sim 6\mu\text{m}$ 、皮下組織 $0.8\sim 2.4\mu\text{m}$ と赤外線領域となる。

各層の吸収量は $E(\text{W}/\text{m}^2)=\epsilon E_A R^2/(R+L)^2$ 、 $E_A=\exp(-a+b\times \ln(T_B+273))$ 、放射率 $\epsilon\sim 0.9$ 、表皮($a=13.1$ 、 $b=3.40$)、真皮(24.8、5.04)、皮下組織(63.3、10.21)。 $T_B=500^{\circ}\text{C}$ に対して 700°C では真皮1.3倍、皮下組織4.1倍に E_A が増加。 ΔT_L が同じでも T_B が高いほど皮膚深部での吸収が増加し、加熱効果が期待される。

【結語】灸頭鍼の直下部温度 ΔT_L は艾下端温度 T_B と相関が高い。輻射光の皮膚吸収量 E_A の計算から、 ΔT_L が同じでも T_B が高いほど皮膚深部の加熱効果が期待される。 キーワード 灸頭鍼、輻射光、皮膚、吸収量、点火位置