

## 小型打ち上げ花火騒音に関する実験的研究

井奈波良一<sup>1)</sup>, 日置 敦巳<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>岐阜大学大学院医学系研究科産業衛生学分野

<sup>2)</sup>松波総合病院診療局

(2019年9月5日受付)

**要旨:**【目的】花火師の小型花火音への曝露レベルを把握し, 花火師の音響性外傷の予防に資する。

【方法】実験的に種々の小型花火(2号玉, 3号玉および4号玉)を打ち上げ, 花火打ち上げ地点から5m, 10m, 20m, 50mおよび100mの5地点で花火騒音を測定した。

【結果】3号玉および4号玉の打ち上げ音は, すべての地点において, 2号玉より有意に大きかった( $p < 0.01$ )。3号玉および4号玉の打ち上げ音の平均は, 打ち上げ地点から20m地点まで, 105dB(A)を超え, 100m地点でも85dB(A)を超えていた。一方, 2号玉の打ち上げ音の平均は, 打ち上げ地点から10m地点まで, 100dB(A)を超え, 50m地点でも85dB(A)を超えていた。4号玉の開花音は, 概してすべての地点において, 2号玉および3号玉より有意に大きかった( $p < 0.05$ または $p < 0.01$ )。4号玉の開花音の平均は, 打ち上げ地点から100m地点まで, 100dB(A)を超えていた。一方, 2号玉および3号玉の開花音の平均は, 打ち上げ地点から100m地点まで, 95dB(A)を超えていた。

【結論】小型花火による花火師の音響性外傷を予防するためには, 耳栓等の防音保護具の着用が推奨される。

(日職災医誌, 68:262—265, 2020)

### —キーワード—

打ち上げ花火, 騒音, 実験的研究

### はじめに

花火の音によって, 音響性外傷が引き起こされることが指摘され, その予防のために耳栓等の着用が求められている<sup>1)</sup>。著者らの調べた限りでは, 花火師の音響性外傷に関する学術的報告はない。著者<sup>2)</sup>は, 花火打ち上げ時に耳栓等を着用させている花火打ち上げ業者の割合が, 2012年の時点で50%に達していなかったことを報告した。この原因のひとつとして, 花火師が花火打ち上げにともなって曝露する騒音レベルが十分明らかにされていないため, 花火師が騒音の健康影響を重視していないことが考えられる。

そこで著者らは, これまで, 花火師が花火打ち上げ従事中に曝露する騒音レベルを明らかにする目的で, 花火大会の花火打ち上げ地点近傍の家屋や観覧席で花火騒音を測定し, 騒音の距離減衰式<sup>3)</sup>を用いて花火師の花火音への曝露予測を行ってきた<sup>4)5)</sup>。

花火打ち上げ騒音は, 打ち上げ音と開花(花火の爆発)音から成る<sup>4)5)</sup>。著者らの先行研究<sup>5)</sup>では, 花火大会におけ

る花火騒音測定では, 花火打ち上げ音については, 騒音測定地点が花火打ち上げ地点から遠い場合, 測定地点の雑踏の音と区別がつかず, 同定できないことがあった。さらに, 騒音の距離減衰式を用いるにあたって, 花火打ち上げ地点から開花地点までの距離について, 日本の花火ホームページの資料<sup>6)</sup>に基づいた假定値を用いた点も問題点と考えた。

本研究への協力を依頼した花火打ち上げ会社へ聞き取りを行ったところ, 一般の花火大会では, 2号玉(直径約6cm), 3号玉(直径約9cm)および4号玉(直径約12cm)の花火が概して1:2:2の割合で打ち上げられるとのことであった。さらに, 花火を大きさで, 小型花火(4号玉以下)と大型花火(5号玉(約15cm)以上)に分類しているとのことであった。

そこで, 花火師の音響性外傷の予防に資するために, 周囲に騒音源のない場所で, 花火打ち上げ会社の協力を得て, 独自に種々の小型花火(大きさは2号, 3号および4号)を打ち上げ, 騒音を花火打ち上げ地点から離れた5地点で測定したので, その結果について報告する。

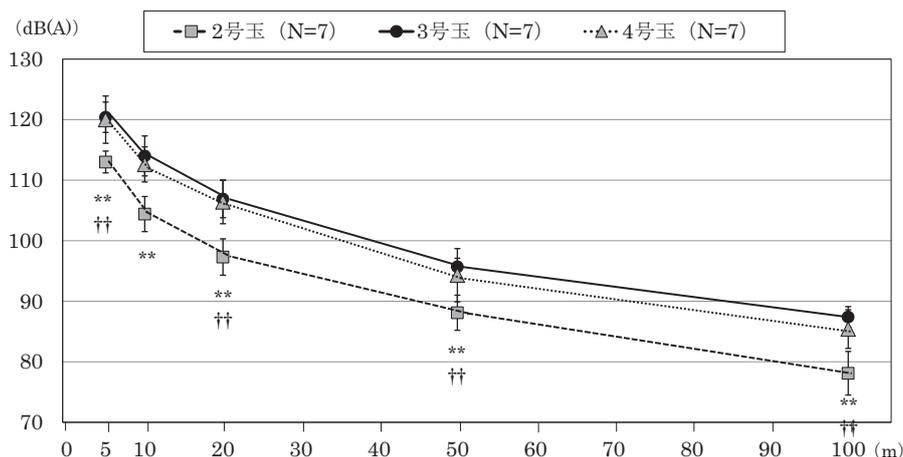


図1 花火打ち上げ音と打ち上げ地点からの距離の関係  
(平均値±標準偏差, 2号玉と3号玉との差: \*\* $p<0.01$ , 2号玉と4号玉との差: †† $p<0.01$ )

## 方 法

2016年4月上旬, A川河川敷において3種類の大きさ(2号玉, 3号玉および4号玉)の花火を, B花火打ち上げ会社に依頼してガラス繊維製の打ち上げ筒を用いて, 19時44分30秒から30秒おきに打ち上げ, 地上1.4mの騒音レベルをA特性で測定した。花火の号数は, 打ち上げ筒の内径(1号が尺貫法の寸, 約3.03cm)を示す。花火打ち上げ順は, 2号玉, 3号玉, 4号玉の順とし, 各7発打ち上げた。打ち上げた花火玉の種類<sup>7)</sup>は, 牡丹, 菊, 柳および千輪菊であった。

騒音測定地点は, 花火打ち上げ地点から東に向かって直線上に5m, 10m, 20m, 50mおよび100mの5地点とした。なお, 花火打ち上げ地点での測定は, 2009年に花火打ち上げの保安上の問題から, 花火の遠隔点火が義務化された<sup>8)</sup>関係で, 現状では打ち上げ地点から20~30mの遠隔操作が行われている<sup>9)</sup>ことになっているためと騒音測定機器が損傷する恐れがあるため実施しなかった。

花火打ち上げ現場の気温は14.0℃, 湿度は85%, 風速は南東0.5m/sであった。

騒音測定への協力を依頼した機関が同じ種類の普通騒音計を5台所有していなかったため, 今回の騒音測定には, データを自動保存できるリオン社製の3種類の普通騒音計(NL-06(5m, 10m地点で使用), リオン株式会社, 国分寺), NL-22(20m, 50m地点で使用)およびNL-42(100m地点で使用)を用いた。騒音のサンプリング間隔は200ms(1/5秒), 時間重み特性Fast(125ms)で測定した。

騒音測定後, 保存されたデータをグラフ化し, 花火打ち上げ音および開花音を同定した。

結果は, 平均値±標準偏差で示した。統計ソフトとしてSPSS(22.0版)を用いた。有意差検定には, 一元配置分散分析をおよびその後の多重比較にはScheffeの方法

を用い,  $p<0.05$ で有意差ありと判定した。

## 結 果

図1に花火打ち上げ音と打ち上げ地点からの距離の関係を示した。3号玉および4号玉の打ち上げ音の平均は, すべての地点において, 2号玉より有意に高かった( $p<0.01$ )。3号玉および4号玉の打ち上げ音の平均は, 打ち上げ地点から20m地点まで, 105dB(A)を超え, 100m地点でも85dB(A)を超えていた。3号玉の打ち上げ音の平均は, 4号玉の打ち上げ音の平均を全ての測定地点で上回り, 最大であった。一方, 2号玉の打ち上げ音の平均は, 打ち上げ地点から10m地点まで, 100dB(A)を超え, 50m地点でも85dB(A)を超えていた。

図2に花火開花音と打ち上げ地点からの距離の関係を示した。4号玉の開花音の平均は, 2号玉より10m地点以外の地点で有意に高く( $p<0.05$ または $p<0.01$ )。3号玉よりすべての地点において有意に高かった( $p<0.05$ または $p<0.01$ )。4号玉の開花音の平均は, 打ち上げ地点から100m地点まで, 100dB(A)を超えていた。一方, 2号玉および3号玉の開花音の平均は, 打ち上げ地点から100m地点まで, 95dB(A)を超えていた。2号玉の開花音の平均は, 3号玉の開花音の平均を打ち上げ地点から5mおよび10m地点で上回った。

## 考 察

本研究で, 著者らは, 花火を打ち上げ, 花火打ち上げ地点から5m, 10m, 20m, 50mおよび100mの5地点で, 花火打ち上げ音および開花音を測定した。花火の打ち上げ時に風が強いと花火玉は真っ直ぐ上昇せず, 開花地点がずれてくるおそれがある。しかし, 今回の測定中には風がほとんどなく, 測定気象条件としては良好であったと考えられる。花火打ち上げ音の平均は, 3号玉および4号玉では打ち上げ地点から20m地点まで, 105dB(A)

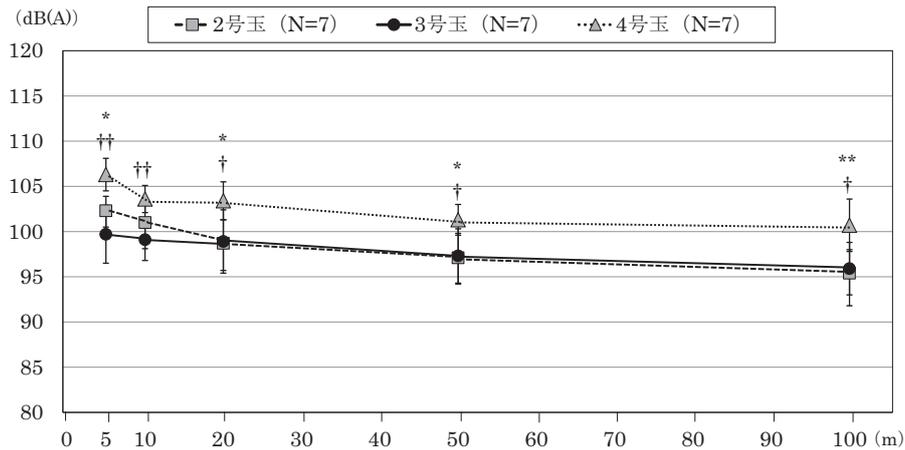


図2 花火開花音と打ち上げ地点からの距離の関係

(平均値±標準偏差, 4号玉と2号玉との差: \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , 4号玉と3号玉との差: † $p<0.05$ , †† $p<0.01$ )

を超え、100m地点でも85dB(A)を超えていた。また、すべての地点で打ち上げ騒音レベルが3号玉および4号玉より有意に低かった2号玉でも、打ち上げ音の平均は打ち上げ地点から10m地点まで100dB(A)を超え、50m地点でも85dB(A)を超えていた。一方、花火開花音の平均は、4号玉では打ち上げ地点から100m地点まで、100dB(A)を超えていた。また、概してすべての地点で開花騒音レベルが4号玉より有意に低かった2号玉および3号玉でも開花音は打ち上げ地点から100m地点まで、95dB(A)を超えていた。したがって、小さな号数の花火音でも注意する必要がある。本研究への協力を依頼した花火打ち上げ会社へ聴き取りを行ったところ、遠隔操作は費用が高いため、現状でも業者によっては直接点火が行われているとのことであった。遠隔操作の場合、花火師の作業位置は、打ち上げ地点から20~30m離れることになるが、直接点火ならさらに近くなる。さらに騒音曝露が短時間であっても、騒音レベルが100dB(A)を超えていると、疲労や睡眠不足があるときは音響性外傷を引き起こすことがあるとされている<sup>9)10)</sup>。花火師は、特に夏期には各地で花火を打ち上げるため出張が多く、しかも夜遅くまで危険度の高い業務であるため過労や睡眠不足に陥る可能性が高いと推測される。以上のことから、小型の花火でも、花火打ち上げ地点より20mから30m離れた地点で作業する花火師においても難聴が発症する危険性が高いと考えられる。したがって、花火師には、花火打ち上げ作業時には耳栓などの防音保護具の使用が推奨される。

著者らは、以前、花火大会の花火打ち上げ現場から約100mに位置する地点で騒音を測定し、花火打ち上げおよび開花騒音レベルの予測を行った<sup>4)</sup>。その結果、打ち上げ地点から20m地点における小型花火打ち上げ音の平均は、3号玉で96dB(A)、4号玉で99dB(A)と予測された。また、同じ地点における開花音の平均は、3号玉が

103dB(A)で、4号玉(102dB(A))よりやや高く予測された。しかし、打ち上げ地点から20m地点における打ち上げ音の実測値は、3号玉と4号玉で差がなく、予測値より7~11dB(A)高かった。また、同地点における開花音の実測値は、4号玉が3号玉より有意に大きく、予測値より3号玉で4dB(A)低く、4号玉では1dB(A)高かった。したがって、騒音予測式を用いた騒音予測は、特に花火打ち上げ音については、過小評価になるおそれがあると考えられる。以上により、実測が大事である。

本研究で、花火騒音の実測値の平均は、打ち上げ音では3号玉が最も大きく、開花音は2号玉が3号玉より大きかった。この結果は、騒音の大きさは必ずしも号数順ではないことを示している。この結果の原因として、花火の号数による火薬の量や花火打ち上げ筒の大きさ等の相違の影響が推定されるが、今後さらに検討する必要がある。

本研究の問題点として、花火打ち上げ順をランダムでなく、2号玉、3号玉、4号玉の順としたことがあげられる。ただし測定時間中に風向、風速に変化はなく、他の大きな音の発生を認めていないことから、打ち上げ順についての問題はないと考える。また、本研究では、花火の打ち上げ筒としてガラス繊維製を使用した。打ち上げ筒にはこの他に鉄製やステンレス製もある。今回、種々の花火を打ち上げ騒音測定したが、打ち上げ花火の種類によって騒音レベルが異なる可能性がある。実際、花火師からの聴き取りでは、今回、打ち上げなかった号砲花火<sup>7)</sup>がとりわけ騒音レベルが高いとのことであった。したがって、小型花火打ち上げ騒音については、今後さらに実験的に検討する必要がある。

謝辞：花火騒音測定にご協力いただいた岐阜県公衆衛生検査センターの大澤誠氏および杉山正和氏に感謝の意を表す。また、データの整理を手伝ってくれた奥村まゆみ氏に感謝する。

[COI開示] 本論文に関して開示すべきCOI状態はない

## 文 献

- 1) American Hearing + Audiology: Fireworks can cause hearing damage. <https://www.americanhearing.us/fireworks-can-cause-hearing-damage/>, (accessed 2019-8-30).
- 2) 井奈波良一：花火打ち上げ事業場における熱中症予防対策実施状況. 日職災医誌 61 (6) : 393—399, 2013.
- 3) 笈 博行：騒音予測計算の紹介. 出光技報 50(1) : 21—28, 2007. <http://www.idemitsu.co.jp/content/100136813.pdf>, (参照 2019-8-30).
- 4) Tanaka T, Inaba R, Aoyama A: Noise and low-frequency sound levels due to aerial fireworks and prediction of the occupational exposure of pyrotechnicians to noise. J Occup Health 58 (6): 593—601, 2016.
- 5) 井奈波良一, 青山温仁, 田中 耕：花火師の大型花火開花音への曝露予測. 日職災医誌 65 (3) : 107—110, 2017.
- 6) 小野里公成：日本の花火をもっと知りたい—花火玉の大きさのいろいろ. 日本の花火. <http://japan-fireworks.com/basics/size.html>, (参照 2019-7-23).
- 7) 日本煙火協会：1. 打揚花火 (1) 花火の種類と仕組み, 花火入門. 令和元年度版. 東京, pp 11—15. <http://www.hanabi-jpa.jp/data/>, (参照 2019-8-30).
- 8) 井奈波良一：花火と事故. 日職災医誌 61 (5) : 319—323, 2013.
- 9) 水川敦裕, 佐藤宏昭：予防医学からみた音響外傷, 騒音性難聴. JOHNS 25 (12) : 1731—1733, 2009.
- 10) 水足邦雄：音響外傷と急性音響性外傷. JOHNS 35 (5) : 563—565, 2019.

別刷請求先 〒501-1194 岐阜市柳戸 1—1  
岐阜大学大学院医学系研究科産業衛生学分野  
井奈波良一

**Reprint request:**

Ryoichi Inaba  
Department of Occupational Health, Gifu University Graduate School of Medicine, 1-1, Yanagido, Gifu, 501-1194, Japan

**Experimental Study on the Noise of Small-Scale Fireworks**

Ryoichi Inaba<sup>1)</sup> and Atsushi Hioki<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Occupational Health, Gifu University Graduate School of Medicine

<sup>2)</sup>Clinical Division, Matsunami General Hospital

This study was designed to evaluate the levels of sound exposures among pyrotechnicians during small-scale launching fireworks. Sounds of various small-scale fireworks (shell sizes of 2, 3 and 4) were measured at the points of 5 m, 10 m, 20 m, 50 m and 100 m from the launch point. Launching sound levels of size 3 and size 4 fireworks were significantly higher than those of size 2 fireworks at all measurement points ( $p < 0.01$ ). The mean launching sound levels of size 3 and 4 fireworks were over 105 dB (A) up to 20 m from the launch point and over 85 dB (A) at the point of 100 m from the launch point. On the other hand, the mean launching sound levels of size 2 fireworks were over 100 dB (A) up to 10 m from the launch point and over 85 dB (A) at the point of 50 m from the launch point. Explosion sound levels of size 4 fireworks were significantly higher than those of size 2 and 3 fireworks generally at all measurement points ( $p < 0.05$  or  $p < 0.01$ ). Mean explosion sound levels of size 4 fireworks were over 100 dB (A) up to 100 m from the launch point. The mean explosion sound levels of size 2 and 3 fireworks were over 95 dB (A) up to 100 m from the launch point. These results suggest that it is necessary for pyrotechnicians to wear protection equipment such as earplugs to prevent noise-induced hearing loss induced by the exposure to small-scale fireworks.

(JJOMT, 68: 262—265, 2020)

**—Key words—**

fireworks, noise, experimental study