

黒田英司*

そのために、ここでは、長年にわたって得てきた地表上爆発からの大気振動測定データと、各種影響の測定及び調査結果によって、爆発騒音と爆発超低周波音の影響の発生限界値を定め、爆発大気振動の影響範囲を検討する。

我々は、昭和54年度以来、100gから100kgまでの薬量の、各種火薬類からの大気振動を、300m~4kmの距離範囲にわたって測定してきた^{3), 4)}。そして同時に、爆発音の評価アンケート調査^{5), 6)}を実施したことも、

爆発超低周波音の影響は、それによって励起された建具、家具また壁等の家屋構成要素の振動による不快感、またそれらの振動、特にガタガタ振動によって生じる二次発生騒音が与える不快感、そしてそれらによって、びっくりするとか驚くとかいう反応が主である。

TEL 0248-22-3111

また、強い振動によって、家屋に何らかの被害がでるのではないかという恐れを抱かせることも、苦情の一因となっている¹⁸⁾。

強い大気振動の場合には、壁にかけてある額縁のかたむき、家具や棚の上の装飾品の移動そして落下等を生じることがあり、さらにまれではあるが、窓ガラスの破壊、壁のひびわれ、カワラのずれ、タイルの落下等の物理的被害を生じることがある¹⁷⁾⁻¹⁹⁾。

爆発超低周波音の影響のうちで、最も鋭感に感じられ、そして苦情の始まりとなるのは、家屋内騒音によるものであり、これは家屋との相互作用によって生ずる^{8), 20)}。爆発超低周波音は、屋外にいる人よりも屋内にいる人に特に強い影響を与え、屋外にいる人は音をほとんど感じないのに、屋内にいる人は強い衝撃性の音を感じることがしばしば起こる^{10), 18)}。屋外と屋内の騒音は、その性質が全く異なっており、屋外騒音は100~800Hzの周波数成分が主であるのに対して、屋内騒音は、ほとんど1kHz以上の周波数成分が主となっている¹⁰⁾。そして、その屋内騒音の周波数と強さが、屋外大気振動レベルと密接な関係があることを、過去の実験で明らかにしてきた¹⁰⁾。もう一つの特徴的な影響は、音はあまり聞こえないのに、窓ガラスが割れるといった窓ガラスの破壊であり、これは大気振動の過圧と最も関係があることが知られている²¹⁾⁻²³⁾。

3. 爆発大気振動の影響の評価量

爆発大気振動、すなわち爆発音の普通に知られている影響は、インパルス性騒音を耳で聞くことによって生ずる。また、爆発超低周波音の主要な、そして最も感じられ易い影響は、屋内における二次発生騒音にもとづくものである。このような騒音の評価は、現時点では、従来から一般になされているように、A特性レベルで評価するのが、最も妥当であると考えられる^{2), 24)}。

また、家屋内騒音は、家屋構成要素に対する超低周波音の圧力による物理的作用によって生じるために、その音圧が主要な因子となる。実際、屋内騒音と音圧とは、密接な関係があることは、過去の実験において確かめられた^{8), 10), 20)}。1

A特性振幅や音圧(リニア振幅—大気振動の主要周波数域をそのリニア応答周波数帯域内に十分に含んでいる計器で測定したときの音圧)の振幅は、実効値で表わすのが普通であるので、ここでも実効値で表わすことにし、その動特性はインパルス(時定数35msec)とした^{2), 9), 13)}。

この方法は、Aインパルスレベルによる評価方法が、現在のところ全くないという点において、また超低周波音に対しては、真の意味の実効値とはならないとい

う点において、問題がある²⁵⁾。しかしながら、現在容易に入手できる市販の測定器で、測定器毎の測定不一致が、最も少ないデータを得ることができ、両測定値を同じdB単位(インパルスレベル)で表示できるという点において、このインパルスレベルを採用することが、最も都合がよい^{2), 20)}。

4. 爆発大気振動の各種影響と評価量の関係

爆発騒音や爆発超低周波音の各種影響の許容限度や発生限界レベルに関しては、まだ一般的に使用できるものはない。そのために、主として、通産省主催の火薬類の保安技術実験で行ってきた調査と実験の結果によって、まだ満足できるものではないが、一応の目安を知るために、以下の基準を定めてみた。

爆発騒音の影響と評価量との関係については、昭和54年度相馬ヶ原実験において実施した「爆発音の評価アンケート調査」の結果^{9), 6)}によって、Table 1のように定めた^{9), 13)}。そのアンケート調査は、アンフォ爆薬とスラリー爆薬、100g~4.75kgを合計24回爆発させて、100~630m間の5地点にいた36名の人の回答

Table 1 Threshold levels of the effects from air vibration

Effects by explosion noise	
70 dBAimp : probable public reaction	
90 dBAimp : frequent public reaction	
Effects by explosion infrasound	
100 dBLimp : probable public reaction	
120 dBLimp : frequent public reaction	
135 dBLimp : probable damage	

(回答数750)の集計によって行った。このアンケート調査には、いくつかの点で問題のあることがわかったが^{9), 6)}、他に適当な資料が見当らなかったため、ここに採用したものである。

爆発超低周波音の影響のうちで、最も敏感に感じられるものは、家屋内の二次発生騒音であり、これは主として、ガラス窓のような建具のガタガタ振動によって生じる。木枠窓ガラスは、0.1g以下の加速度の場合でもガタガタ振動を生じ、そして0.1g以上では、家屋内騒音の卓越周波数は、1kHz以上となる^{10), 20)}。0.1~0.2gを、ガタガタ振動にもとづく二次発生騒音による問題が生じる下限値値としてとることは、他でも考えられている^{22), 26)-28)}。

木枠窓ガラスが0.1gのときの、また家屋騒音の卓越周波数が1kHz以上となるときの大気振動レベルは、約100dBLimpであった。ガラス窓の種類によ

ては、特にアルミサッシ窓では 125 dBLimp でも 0.1 g に達しないが、木枠ガラス窓の場合には、ほとんどの場合 110 dBLimp までに、0.1 g に達した^{7), 8)}。

100 dBLimp の場合の家屋内騒音の強さは、前述アンケート調査のときの、苦情発生の可能性のある騒音レベル 70 dBAimp とほぼ同等の騒音と考えられた。この場合の騒音レベルは 60~65 dBAimp であり、これは風のない時の屋外の騒音レベルよりも、数 dB ないし 10 dB 低い値であった¹⁰⁾。

このようなことから、この 100 dBLimp を、超低周波音に対する苦情発生の可能性のあるレベルにとることは妥当であると考えられる。ただ、前に例をあげたように、アルミサッシ窓など別のタイプの建具、また別のタイプの家屋であれば、この限界値はかなり高くなることに、注意を払う必要がある⁸⁾。

次に、苦情がしばしば発生するレベルとしては、120 dBLimp の値を採用した。この場合には、木枠窓ガラスは 1 g 以上の加速度となり、ひどいガタガタ振動を生じ、壁中心の加速度も 0.2 g 以上となり、棚や家具の上の装飾品の移動、そして落下の可能性もある^{8), 22)}。屋内騒音は、屋外の騒音レベルよりも高くなり（一見増幅したように見える）¹⁰⁾、かなりひどく感じられ、また振動も不快に感じられるようになる。このような

こと、および 文献^{22), 26)~28)}によって、120 dBLimp を、苦情がしばしば発生するレベルとして、採用した。

被害の発生の可能性があるレベルとしては、広い窓ガラス、歪のはいったガラスまたは傷のはいったガラスが割れる場合がある過圧 0.029 psi^{21)~23)} すなわち 140 dB の波高値を採用し、それにほぼ相当するリニアインパルスレベル 135 dBLimp とした。

5. 爆発大気振動レベルデータ

爆発大気振動の影響の評価値としては、前述のように、A 特性インパルスレベルとリニアインパルスレベルを選んだ。影響範囲を検討するためには、これらのレベルと、爆発薬量、爆源からの距離、爆源条件等との関係データを必要とする。このようなデータは、通産省主催の火薬類の保安技術実験において、地表上爆発に対しては、広範囲の爆発薬量と広い距離範囲にわたって¹²⁾、また地中爆発に対しては、限られた条件のもとで、得てきた⁴⁾。

これらのデータは、地形条件と気象条件、特に風の影響によって大きく変動する。5 ケ所の実験場で、15 ケ所の観測点で得た地表上爆発からの大気振動レベルデータ⁴⁾について大多数のデータがおさまった範囲、地形の影響によって高くでた上限値、及び気象条件で高く出た上限値を、それぞれ、A 特性インパルスレベ

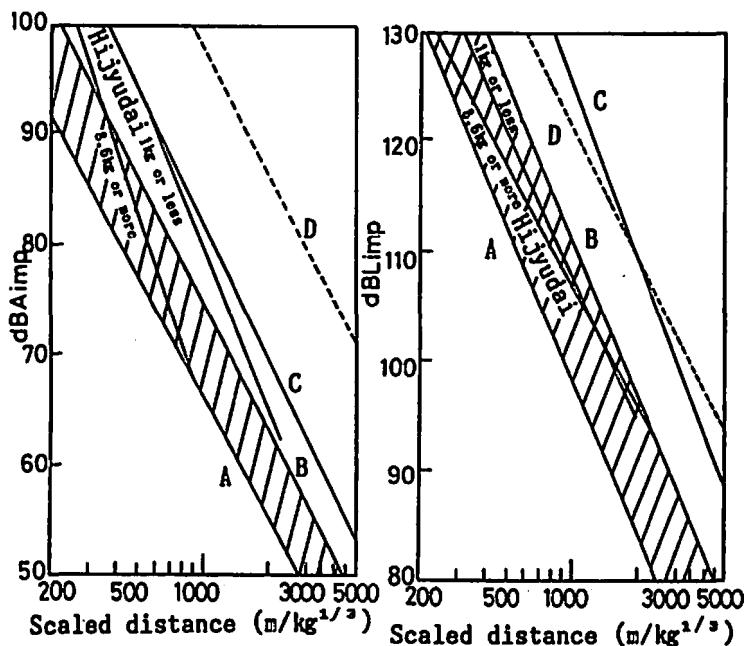
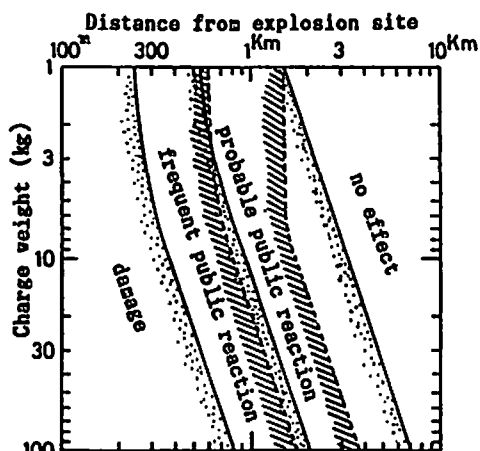


Fig. 1 Linear and A weighted impulse levels vs scaled distance relation for surface explosions
Space between A and B : Range containing the greater parts of data
C : Upper limit due to topographical conditions
D : Upper limit due to meteorological conditions
Hijyuudai : Data obtained by 1981 Hijyuudai experiment



① Range of effects by explosion noise

② Range of effects by explosion infrasound

Fig. 2 Ranges of effects from air vibrations caused by surface explosions.

ルについては、Fig. 1 左側、リニアインパルスレベルについてはFig. 1 右側に示す。

また、Fig. 1 に書き込んである昭和56年度の日出生台実験のデータは、4 観測点の測定データが、相似グラフ上で、同一の直線上にのり、地形条件の影響が大きいときの代表的データと考えられるので、特別に記した。なお、一般に爆発薬量が少ないと相似関係

から逸脱するが、日出生台実験の場合には、図示のように、薬量が8.6kg以上と1kg以下では、異なった適合直線となった。

このような相似グラフ上に示されたデータによって地表上爆発の場合には、地形条件と気象条件の影響を推定することによって、大気振動レベルを予測することができる。

6. 爆発大気振動の影響範囲

Table 1 の各種影響の発生レベルと、Fig. 1 の大気振動レベルと相似距離の関係から、各種影響の影響距離範囲が定まる。Fig. 2 は、日出生台実験測定データから求めた影響範囲を示している。横軸は爆発から対称点までの距離、縦軸は爆発薬量で、いずれも対数目盛で示している。点線と斜線で示している範囲が、爆発騒音としての影響範囲、実線と点領域で示している範囲が、超低周波音としての影響範囲である。なお、この場合には、Fig. 1 に示されていない中間薬量範囲については内挿によって求め、また卓越周波数を考慮に入れて適当に補正して示した^{9), 12)}。

この図には、爆発薬量が少ない場合には、爆発騒音としての影響の方が、より大であること、そして爆発薬量が大となり、また爆発から遠く離れ、普通に公害として問題となる距離範囲では、超低周波音としての影響が、より大となること示されている。

同じように、Fig. 1 の下限データ、地形条件による

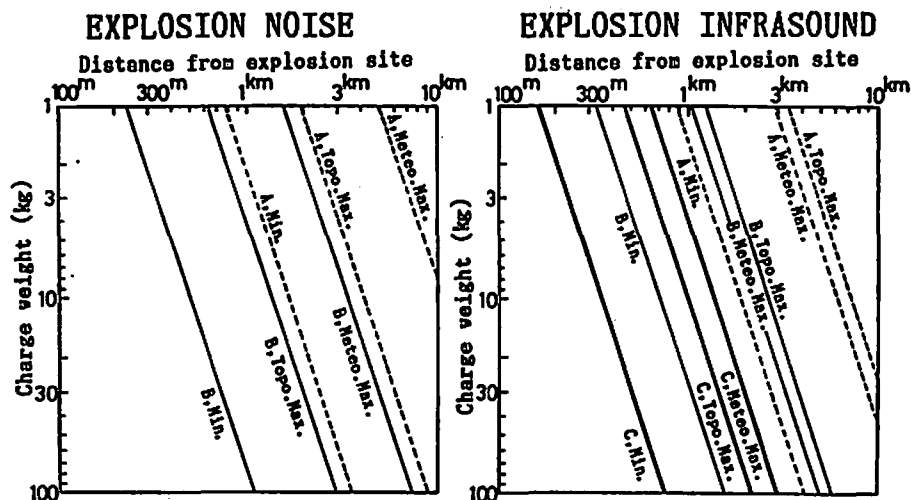


Fig. 3 Minimum and Maximum ranges of effects from air vibrations caused by surface explosions

A : under limits of probable public reaction

B : under limits of frequent public reaction

C : under limits of propable damage

Min. : minimum ranges of effects

Topo. Max : maximum ranges due to topographical conditions

Meteo Max : maximum ranges due to meteorological conditions

上限データ及び気象条件による上限データについても、影響範囲を定めることができる。爆発騒音による影響範囲、及び爆発超低周波音による影響範囲を、Fig. 3に示す。両影響とも、地形条件と気象条件によって大幅に変動し、最小の影響範囲の3倍から7倍まで、かなり大幅に影響範囲がかわることが示されている。すなわち、地形と気象条件によっては、普通には考えられないような遠方で、苦情や被害が生じることがわかる。

逆にいえば、地形及び気象条件が適当であれば、非常に近いところでも、苦情や被害はないということになる。地形条件や気象条件を人為的にかえることはほとんど不可能であるが、それらをうまくつかんで利用することは、爆発大気振動の影響を少なくするための、非常に有効な手段であることがいえる。

また、爆発騒音としての影響の方が、気象条件の影響を受けやすく、超低周波音としての影響は気象条件と同程度か、それ以上に地形条件の影響を受けやすいことも示されている。この場合の気象条件とは、主として風であり、地形条件とは、爆発位置が周囲の影響の考えられる地域よりも高い位置にあるということである。

なお、Fig.3では、小葉量での相似関係の逸脱を無視し、また単にピークレベルだけによって、影響範囲を決定した。当然、それらによって影響範囲は不適当にゆがめられていることが考えられる。

爆発騒音は、以前報告したように、葉量、距離、爆発源条件、地形及び気象条件によって、周波数成分、持続時間、立上り時間、騒音レベルの時間変化状況等、その性質が大幅に異なる。そのために、大葉量、遠方と小葉量、近距離の場合、また既に述べたように屋内騒音と屋外騒音は、そのピークレベルが同じであっても、人に対する影響は異なる。

一方、超低周波音の影響は、家屋との相互作用によって生じ、家屋構成要素の固有振動数と、大気振動の卓越周波数が一致したときに、大きな影響が現われる。小葉量、近距離の場合は、その卓越周波数は、20~30 Hz以上となり、周波数が高くなるほど、その影響は生じなくなる。もちろん持続時間も関係する。

ピークレベルだけでなく、このような爆発大気振動の性質を考慮に入れた補正ができれば、その影響をもっと正確に決定できるようになる。もちろんそれらの性質を含んだ測定及び評価量が見出されることが、最も望ましい。これらは、今後の重要な検討課題である。

最後に、爆発大気振動による公害防止のために、重要と考えられる事項について述べておく。爆発大気振動は、その振幅が急激に変化し、持続時間が短く、頻

度が低いという点で、その影響は一般騒音の場合とは大きく異なる。そのために、直接利害関係のある住民や、経済的、社会的にその爆発が必要なものであり、避けられないものであると認める住民にとっては、高いレベルまで許容することが知られている。これを言い換えれば、逆の立場の住民にとっては、許容限度は著しく低くなるということである。

したがって、爆発大気振動の影響を少なくするためには、技術的対策とともに、公報活動など公共関係対策を重視する必要性のあることがいえる。また、基本的なこととして、家屋の振動は、爆発大気振動、すなわち爆発音によっても生じ、特に屋内にいる人に強い影響を与えることを認識し、苦情の引き合となる窓ガラスの破壊などの物理的被害を絶対に出さないようにすることが重要である。

7. 結 言

爆発大気振動の影響に関しては、まだ未知の部分が多く、爆発大気振動の測定及び評価方法は、まだほとんどないといった状態である。そこで、測定及び評価方法、そして各種影響の発生限界値について一つの提案をなし、それによって、爆発大気振動の影響範囲を検討した。これらは、十分に実用性のあるものと考えているが、今後もっと検討を加えていく必要がある。

文 献

- 1) 黒田英司、吉田忠雄、伊藤清蔵、小林直太；工業火薬協会誌、43、225 (1982)
- 2) 黒田英司、小林直太；工業火薬協会誌、43、233 (1982)
- 3) 小林直太、長谷川淳、黒田英司；工業火薬協会秋季研究発表講演会要旨 p9 (1984.10)
- 4) 黒田英司、長谷川淳、小林直太；同上 p11 (1984.10)
- 5) 黒田英司、小林直太、伊藤清蔵、吉田忠雄；工業火薬協会秋季研究発表講演会要旨 p41 (1979.10)
- 6) 通産省立地公害局保安課、工業技術院化学技術研究所保安環境化学部編、昭和54年度相馬ヶ原（群馬県）爆発実験報告書（1980.3）
- 7) 黒田英司、長谷川淳、小林直太、吉田忠雄、日下部正夫；工業火薬協会昭和59年度年会講演要旨集 p29 (1984.5)
- 8) 黒田英司、長谷川淳、小林直太、日下部正夫；工業火薬協会昭和60年度年会講演要旨集 p39 (1985.5)
- 9) 黒田英司、長谷川淳、小林直太、日下部正夫、吉田忠雄；工業火薬協会昭和58年度年会講演要旨集 p33 (1983.5)
- 10) 黒田英司、長谷川淳、小林直太、吉田忠雄、日下

- 部正夫, 7) と同じ, p 27 (1984.5)
- 11) 黒田英司, 小林直太, 吉田忠雄 ; 9) と同じ, p 35 (1983.5)
 - 12) 黒田英司, 長谷川淳, 小林直太, 日下部正夫, 吉田忠雄 ; 工業火薬協会誌 46, 32 (1985)
 - 13) 黒田英司, 長谷川淳, 小林直太, 吉田忠雄 ; 工業火薬協会秋季研究発表会講演会要旨 p 57 (1982.10)
 - 14) 黒田英司, 加々美茂, 小林直太, 日下部正夫, 伊藤清蔵, 田村昌三, 吉田忠雄 ; 工業火薬協会昭和55年度年会講演要旨集 p 66 (1980.5)
 - 15) 黒田英司, 中川政之, 小林直太, 吉田忠雄, 伊藤清蔵, 日下部正夫 ; 工業火薬協会昭和57年度年会講演要旨集 p 73 (1982.5)
 - 16) 黒田英司, 中川政之, 小林直太, 吉田忠雄, 伊藤清蔵, 日下部正夫, 15) と同 p 71 (1982.5)
 - 17) 黒田英司, 工業火薬協会誌 42, 192 (1981)
 - 18) 黒田英司, 火薬と保安 16, 36 (1984)
 - 19) 黒田英司, 工業火薬協会誌 42, 56 (1981)
 - 20) 黒田英司, 中川政之, 小林直太, 吉田忠雄, 伊藤清蔵, 日下部正夫, 15) と同, p 75 (1982.5)
 - 21) A. G. Taylor, L. G. Kende and D. S. Scott, Proc Tech Program NOISEXPO 3rd, 34 (1975)
 - 22) D. E. Siskind, V. J. Stachura, M. S. Stagg and J. W. Kopp ; Bureau of mines RI 8485 (1981)
 - 23) Clark Buhr and Nexen, NASA CR-227 13p (1965)
 - 24) 黒田英司, 火薬と保安 17, 27 (1985)
 - 25) 黒田英司, 長谷川淳, 小林直太, 日下部正夫 ; 8 と同じ, p 21 (1985.5)
 - 26) du Pont 社資料 "Some Suggestions for Control and Forecasting of Blast Effects from Ppen- Pit mining". June (1964) 出典不明
 - 27) C. W. Nixon and P. N. Borsky ; J. A. S. A 39, S51 (1966)
 - 28) W. H. mays and P. W. Edge, JR, Materials Research & Standards, 588 (1964)

On the Ranges of Effects from Air Vibrations Caused by Explosions (I)

by Eishi KURODA

Air vibrations caused by explosions of explosives often give environmental bad effects by their noises and infrasounds. In the investigation of the environmental problems and the countermeasures against them, it is important for us to know the effects from the air vibrations in various ranges.

In this paper, we discuss on these problems on the basis of own data having been measured and surveyed for a long time.

(*Shirakawa Plant, Nippon Koki Co., Ltd., Nishigoh-mura,
nishishirakawa-gun, Fukushima, Japan)