

野外爆発実験における爆煙の運動と形状の観察

Movements and shapes of explosion columns on field explosion experiments

大場 司 [1], 吉田 真理夫 [2], 谷口 宏充 [3], 大島 弘光 [2], 火山爆発研究グループ 谷口 宏充

Tsukasa Ohba [1], Mario Yoshida [2], Hiromitsu Taniguchi [3], Hiromitsu Oshima [2], Taniguchi Hiromitsu Research Group on Volcanic Explosion

[1] 東北大・理・地球物質, [2] 北大・理・地球惑星, [3] 東北大・東北アジア研セ

[1] Petrol, Min, and Econ. Geol, Tohoku Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ, [3] CNEAS, Tohoku Univ

<http://www.ganko.tohoku.ac.jp/ganseki/>

火山爆発現象の機構を理解するため、北海道壮瞥町の町営牧場において野外火薬爆発実験を行った。本講演では、ビデオ画像をもとに爆発時の爆煙の運動とその形状の解析結果を報告する。爆煙の運動を解析した結果、スケール化時間と爆煙先端のスケール化位置との間には一定の関係があることが明らかになった。また、爆煙の形状と爆発のスケール化深度を比較した結果、同等なスケール化深度では爆煙の形状は相似形であり、爆煙形状はスケール化深度とともに系統的に変化することが示された。以上の結果から、火山噴火の噴煙の運動と形状から、噴火時の爆発深度などが推定できる可能性が示された。

火山爆発現象の機構を理解するため、北海道壮瞥町の町営牧場において野外火薬爆発実験を行った。爆発実験は1997年11月下旬に行われた。本講演では、爆煙（爆発に伴う気体+土砂からなる煙状物質）の運動とその形状について、主としてビデオ画像から解析した結果を報告する。野外実験で観察される爆煙の運動と形状は、火山噴火の際に生じる噴煙の運動や形状から噴火機構を理解するための重要なデータであると考えられる。

爆発実験は火薬量と爆発深度（地中深さ）を様々に変えて行った。実験の際にビデオ撮影を行い、その画像から運動と形状を調べた。なお、爆発に伴う各種の現象の広がりエネルギー量との間には、cube-root scaling則が成り立つことが分かっているため、時間、距離、深さなどのパラメータについては爆発エネルギー量の $1/3$ 乗で規格化した値（スケール化値）を用いて解析を行った。なお、規格化には火薬の公称エネルギー量（kgTNT）を用いた。

爆煙の運動を解析した結果、スケール化時間と爆煙先端のスケール化位置との関係について以下のことが分かった。

（１）地表爆破では、スケール化時間（秒 / $\text{kgTNT}^{1/3}$ ）と爆煙先端のスケール化位置（m / $\text{kgTNT}^{1/3}$ ）の間には一定の関係がある。地表実験は1996年11月にも行われており、このデータも併せて両者を対数図上にプロットすると、一本のマスターカーブに乗るようである。ただし、例外が二つあり、その両者は一致する。

（２）地下で爆破させた場合には、スケール化時間と爆煙先端のスケール化位置の関係は地表爆破の場合と異なった関係になる。対数図上でみると、地表爆発の場合より傾きが急である。

（３）地下爆破の場合、スケール化深度が最も大きい実験（E10）をのぞき、一本のマスターカーブにのるようである。

これらより、噴煙の運動には単純なスケール則が成立する可能性が示された。また、爆煙の形状と爆発のスケール化深度とを比較することにより、以下のことが明らかになった。

（１）スケール化深度に対して爆煙の形状は系統的に変化する。スケール化深度が同程度であれば、爆煙形状は相似形になるらしい。このことは3つの地表爆発実験と、スケール化深度0.7程度の二つの実験で確認された。

（２）地表爆破（スケール化深度 = 0）では爆煙は地面から空中に向かって漏斗状に広がる。地面に対する爆煙の最小飛び出し角度は、地表爆破の場合には 35° 、スケール化深度0.18の実験E7では 60° であった。スケール化深度0.7程度の場合には爆煙はほぼ垂直に立ち上がる（実験E5, E8）。少なくともスケール化深度0.7程度までは、スケール化深度が大きくなるほど地面に対する爆煙の最小飛び出し角度は大きくなる。

（３）爆煙の最大伸びの方向とスケール化深度との間にも一定の関係がある。爆煙は等方的ではなく、特定方向に伸びる傾向がある。爆煙が伸びる方向は爆煙先端の移動速度が最も大きい方向である。地表爆破(E3, E5, E9)の場合には、爆心から地表に対する角度 $40-60^\circ$ 方向に伸び、スケール化深度0.18のE7では $60-80^\circ$ 方向、スケール化深度0.7前後のE6とE8では垂直方向に伸びる。

この結果より、火山噴火の際に生じる噴煙の形状から、爆発のスケール化深度を推定することができる可能性が示された。言い替えると、地震学的に爆発深度が決定できるなら、エネルギー量が求められる可能性がある。

また、比較的スケール化深度の大きい実験の一つ(E6)では、垂直に立ち上がった爆煙（主に土塊）が再び地表に落下する際に、地面に沿って白煙が広がり、サージが発生している。サージの発生機構を考える上で重要なデータと思われる。