



漏洩や燃焼反応による ガス拡散の予測 ～ LPガス・一酸化炭素ガスの ふるまいの可視化～

研究・開発機関 : 株式会社計算流体力学研究所
 利用施設 : 自社製WS
 計算規模 : 400GFLOPS/8 core計算機で数時間
 利用ソフトウェア : Nagare+ (ながれぶらす) / ParaView

Before

- 実際のガス拡散は、温度、圧力、風などの様々な要因によって複雑に変化するため、実験のみでその全体像を把握することは困難でした。
- また、有毒ガス、可燃性ガスや高圧ガスの拡散を実験で検証することは、安全上のリスクが伴いました。

After

- シミュレーション技術を用いることで、複雑なガス拡散現象を詳細に可視化できるようになりました。また、危険なガスの拡散を安全に予測できるようになりました。
- 事故発生時のガスの拡散状況を事前に予測し、避難経路の最適化や換気システムの設計など、効果的な対策を講じることが可能です。

背景と目的

ガス漏洩あるいは化学反応が発生すると、ガスは流れに乗って大気中を拡散します。ガス拡散などの現象について目視することは難しいですが、シミュレーション技術や可視化技術の活用により現象の理解を深めることで状況改善や問題解決につなげていくことが可能です。本稿では、LPガスに限られた空間の中で漏洩し、拡散・充満する様子を、一酸化炭素ガスについては、発生・充満から換気扇による排気までを、流体シミュレーションにより解析しガス拡散を予測した2つの事例をご紹介します。

利用成果

LPガスの漏洩と拡散

LPガス(液化石油ガス)は、ガスコンロや給湯器などの燃料として広く普及しています。LPガスのボンベや容器では、ガスを圧縮することで液化させて保管しています。そのため、経年劣化等の原因でボンベや容器からLPガスが漏洩すると、直ちに気化して、ガスが勢いよく噴出する可能性があります。そして、空気中のガス濃度がある濃度に達すると、静電気などがきっかけで爆発する恐れがあります。今回、シミュレーションの設定として、ガスボンベの破損はピンホールのような極めて小さいものを想定し、ガスの噴出条件としては、あらかじめ実験で計測した噴出孔周辺の速度分布と濃度分布を用いました。図1は、路地のような細い空間でガス漏洩が発生した場合のガス濃度の変化を表しています。勢いよく噴出したガスは、周囲の空気と混ざ

り、すぐに濃度が低下します。この現象は乱流拡散と呼ばれ、無数の渦がもたらす効率的な拡散現象です。図2では、噴出孔の前に保護パネルを設置した状況を表しています。この場合は図1とは異なり、噴出したガスはパネルに遮られて上下方向に向かいます。ここでは天井がないため、上方に向かったガスは拡散しますが、下方に向かったガスは地面付近に滞留します。時間がたてば、空気より重いガスは沈降し軽いガスは浮上しますが、高圧での漏洩では、噴出に伴う乱流拡散により瞬時にガス濃度が低下するため、比重の影響は限定的で、ガスのふるまいはダイナミックな流れ(乱流)になります。このような場合には、流体解析によるガス拡散予測が効果的であり、障害物の設置状況など、任意の解析条件を与えた上での、ガスのふるまいやガス溜まりの発生過程を予測できます。

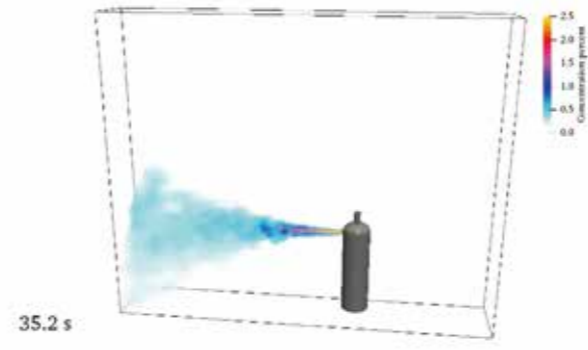


図1 細い空間でガス漏洩が発生した場合のガス濃度の変化

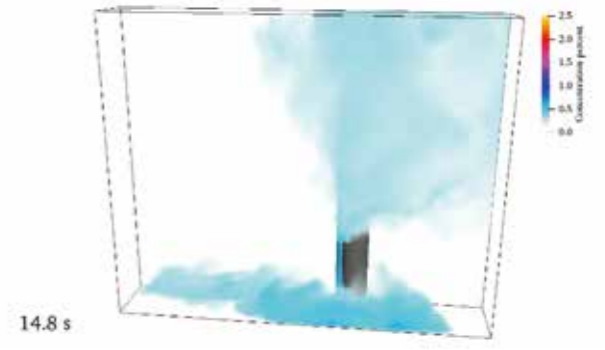


図2 噴出孔の前に保護パネルを設置

一酸化炭素ガスの充満と換気

換気が不十分な厨房などでガスを使用すると、酸素が不足して不完全燃焼となり、一酸化炭素が発生します。一酸化炭素は常温では空気と同程度の重さですが、高温のガスは大きな浮力を持ち、勢いよく上昇します。その結果、ガス濃度は天井付近ほど高くなります。一酸化炭素を吸引すると一酸化炭素中毒の危険性がありますが、無色無臭のため気づきにくく、警報器の設置が推奨されています。図3では、室内中央で発生した一酸化炭素がやがて室内に充満し、換気・給気により排出されていく様子を時系列で示しています。発生した一酸化炭素は室内に充満していき(180秒後)、やがて部屋中に広がり濃度が上がることで、右側の壁に設置されている警報器が高濃度の一酸化炭素を検知します(1114秒後)。そこで、ガスを止めて天井付近の2基の換気扇を稼働させ汚染された空気を排気し、同時に下部の給気口から新鮮な空気を取り込みます。換気が進むにつれ一酸化炭素の濃度は徐々に低下していきます(1487秒後)。不完全燃焼により生じた高温の一酸化炭素は天井付近に留まるため、天井付近に設置された換気扇により、ガスを迅速に排気しています。ここでは、時間経過による一酸化炭素濃度の分布と変動を可視化できています。

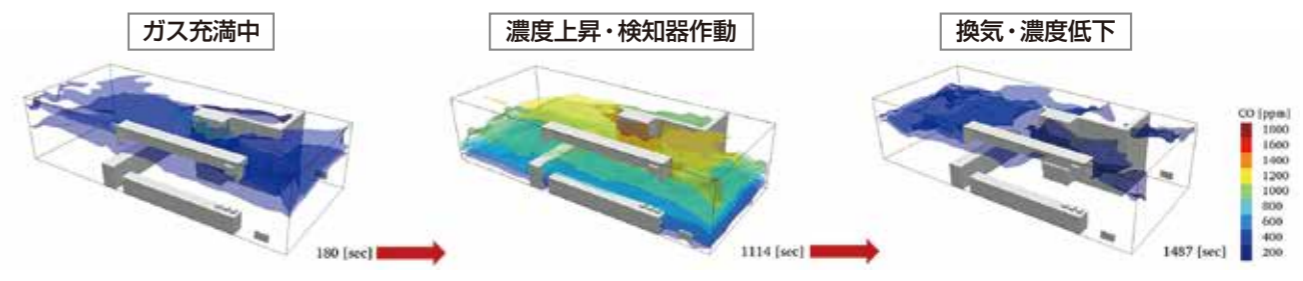


図3 室内で一酸化炭素が発生・充満し、換気されていく様子

出典：計算流体力学研究所/ガス拡散予測 <https://icfd.co.jp/archives/1296>
 他の拡散予測も掲載しています。ぜひ動画もご覧ください。

