

## 【資料】

ALOHAの気体拡散予測の距離のcutoff  
及び時間のcutoffに対する扱いについて梅津 隆弘<sup>1</sup>Treatment for 10 km Distance Cutoff and 1-hour  
Time Cutoff of Footprint of ALOHATakahiro Umetsu<sup>1</sup>

## Abstract

In response to accidents of Hazardous and Noxious Substances (HNS), the ALOHA, which is an atmospheric dispersion model developed by the Environmental Protection Agency (EPA) in the USA, is used in order to evaluate releases of hazardous chemical vapors. The calculation capacity of the ALOHA is within the limits of 10 km in the range and one hour from the release. Under the assumption that there is a probability of HNS accidents at sea which exceeds the capacity of the ALOHA in case of a large quantity of HNS released or with the high vapor pressure, this paper proposes an additional spread sheet to supplement the present ALOHA.

**Keywords:** ALOHA. Concentration of vapor

## 1 はじめに

危険・有害物質(HNS)事故対応等において、海上に漏洩した浮遊性の有害液体から生じる有毒な蒸気が風下にどのように拡散するのかを予測するとき、米国EPAが開発した蒸気拡散予想ソフトであるALOHAが使用される。しかしながら、海上漏洩した化学物質の量が多い場合又はその蒸気圧が大きい場合など、ある種の条件下ではALOHAの計算上限である10 km又は1時間を超えて蒸気が拡散することがある。10 km先の地形及び風速並びに1時間先の未来の風速は、ALOHAが拡散計算で使用している値と異なることがあるため、10km及び1時間を超えての計算を行っていないとALOHAのマニュアルには記述がある。しかしながら、それでも、10 km先及び1時間を超える未来の濃度がどのようになるのかについて、大まかな目安がほしいことがある。特に、海上で危険・有害物質を運送しているケミカル・タンカーは、陸上運送で使用するタンク車の数倍～数百倍の量を1つのタンク内に積載していることから上のような状況が生じる可能性が高い。このような場合の10 kmを超えた場所又は1時間を超えた場合における濃度を推定する支援スプレッド・シートをALOHAの風下距離と濃度との関係から作成した。

## 2 ALOHAによる蒸気の拡散予測

## 2.1 一定強度の連続放出の場合の拡散予測の例

海上漏洩した浮遊し、水に溶けず、蒸発する有害・危険物は、重力・浮力又は表面張力により広がり、海上に液溜まりを形成しつつ、蒸発することになる。どこまで広がるかについては、参考文献1)のノモグラムを利用することにより半円の最大半径を予測することができる。これにより得られた半円の面積と等しい面積を有する円の直径が200 m以内であれば、ALOHAのSource選択からPuddle (液溜まり)を使用することにより、円の直径が200 mを超える場合は、参考文献1)のノモグラムから最大半径到達時間を求め、この時間を10倍することにより求められる消失時間で漏出した液体からのおおよその蒸気放出速度をALOHAのSource選択からDirect (直接の放出)を使用することにより、蒸気の拡散を予測することができる。

ALOHAによる拡散予測の例を、10 kmのcutoffが行われていないもの及び10 kmのcutoffが行われているものについて以下に掲げる。いずれも、同一の化学物質(benzene)、同一のsource強度(Direct、連続放出60分、蒸気放出速度5208 kg/min(benzene 1000 kLが水温25.6℃の海面に流出した場合に相当、source強度は図1の通り))、同一の場所・日時(広島県福山

Received May 30, 2014

<sup>1</sup> 海上保安大学校 umetsu@jcga.ac.jp

市近郊の海上、 $34^{\circ} 29' N$   $133^{\circ} 22' E$ 、2014 年 8 月 23 日 1400)、風速を除く同一の気象条件(水面上、雲量 3、気温  $30^{\circ}C$ 、相対湿度 75%、大気安定度クラス E、気温の逆転層の存在なし)を用いており、作図の関係上、風速のほか、表示される濃度条件(LOC)も変えてある。

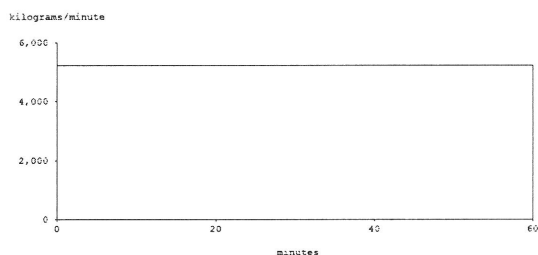


図1 一定強度の連続放出の場合の source 強度

(1) 距離の cutoff がないもの

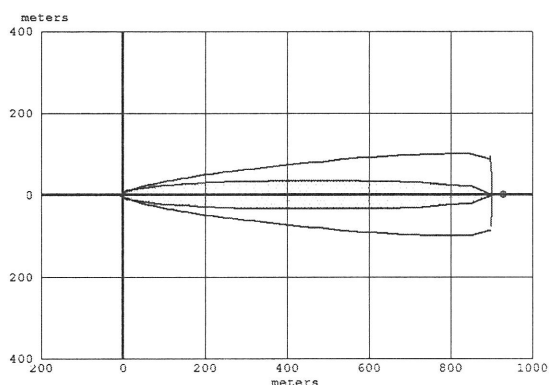


図2 距離の cutoff がない拡散予測図(1)

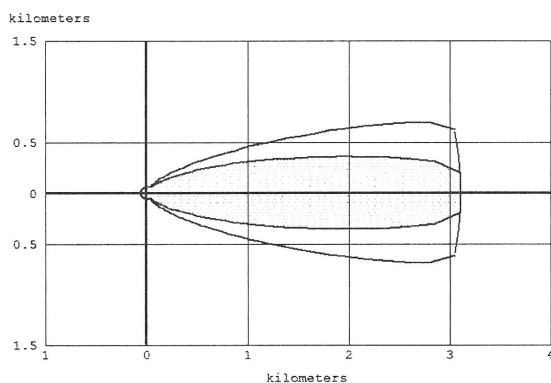


図3 距離の cutoff がない拡散予測図(2)

距離の cutoff がない場合の拡散予測図は風下側の末端が図 2 に示されるように紡錘状となる場合と図 3 に示されるように風下端が風横方向で切断されている様相を示す場合がある。図 3 の場合、一見不自然であるように思えるが、特に問題なく使用できる。

(2) 距離の cutoff があるもの

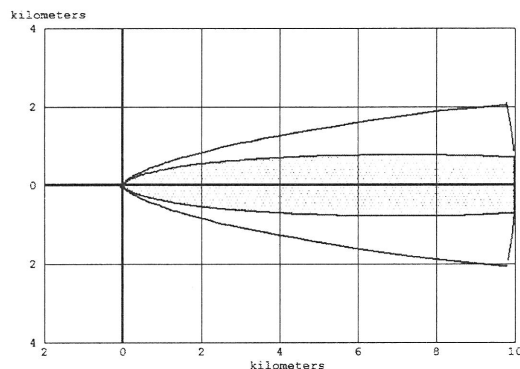


図4 距離の cutoff がある拡散予測図

距離の cutoff がある場合の拡散予測図は、図 4 に示されるように、10 km 以遠は表示されない。

source 強度は一定であるため、風下の任意の場所における濃度は、図 5 に示されるようにある時間が経過するとある最大値を取り、一定となる。

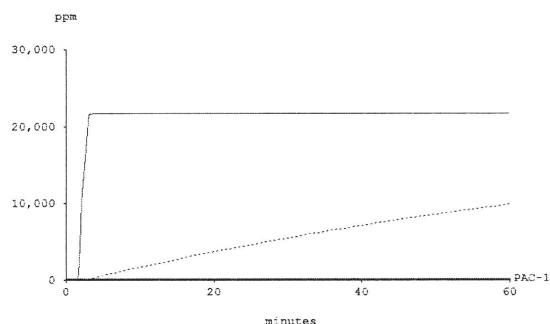


図5 ある地点における時間に対する濃度変化

## 2.2 強度が変化する放出の場合の拡散予測の例

短時間の放出期間を有するもの又は放出強度が時間と共に変化するもの(例えば、LPG の海上流出など)の場合については、特定の場所における濃度変化は図 4 のように一定とならず、変化する source 強度に応じて変化する。一定強度の連続放出と同じように距離の cutoff が生じるほか、source 強度のピークが後ろにある場合には、時間の cutoff が生じることがある。例えば、2.1 と同じ場所・同じ時間、同じ気象条件で、タンクからベンゼン 3000 kL が漏出した場合、ALOHA による source 強度は図 6 のようになる。

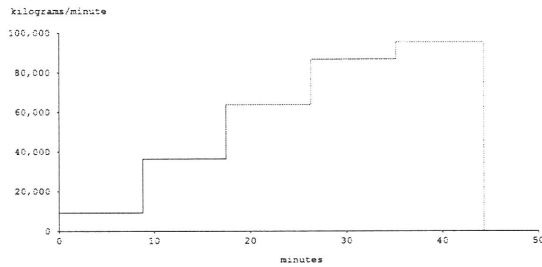


図6 タンクの開口から流出する場合の source 強度の例

このような場合の拡散予測図は、図7のようになる。

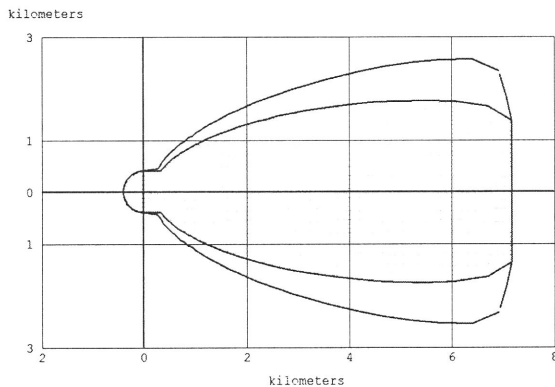


図7 図6の source 強度の場合の拡散予測図

図3に類似している拡散予測図となるが、時間の cutoff が存在している。風下距離約5 km 付近までの時間に対する濃度変化は図8のようになり、濃度ピークが現れているが、それより遠方では図9のようになり、濃度ピークが現れず計算が終了している。

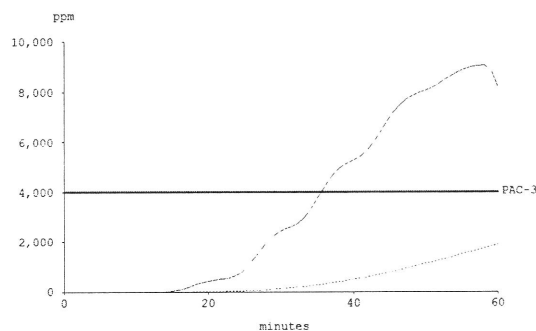


図8 風下距離5 km での時間に対する濃度変化

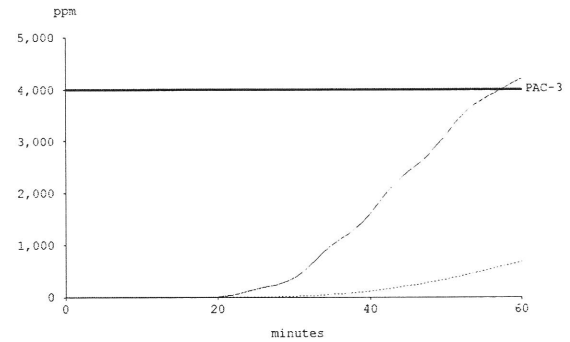


図9 風下距離7 km での時間に対する濃度変化

このような時間の cutoff が存在している場合、実際には拡散予測図よりもさらに風下側に高い濃度ピークが存在していることとなる。

### 3 ALOHAにおける風下距離と濃度との関係

一定強度の連続放出の場合の距離の cutoff 及び強度が変化する場合で時間の cutoff が存在する場合、cutoff 以降の場所における濃度を推定する必要があることがある。

ALOHA では、風下の任意の場所における時間に対する濃度の変化を知ることができる。その方法は、拡散予測図上で濃度変化を知りたい場所にマウス・カーソルを移動させて左ダブル・クリックするもの及び中心からの風下方向及び風横方向の相対座標を入力するものがある。前者は拡散予測図上で行えるため感覚的に使用できるが、正確な位置を指定することが困難であり、後者は正確な位置を指定することはできるが、予測図のどのあたりになるかは座標入力後、再度、拡散予測図を表示するまではっきりしないものとなっている。今回の目的のため、後者の方法で、図4の場合(一定強度の連続放出で距離の cutoff があるもの)及び図7の場合(強度が変化する放出で、時間の cutoff があるもの)の風横方向の距離を0とした風下距離と濃度の関係を求めた。図4の場合の10 km までの風横距離0での距離と濃度との関係を図10に、図7の場合の時間の cutoff の効果が現れない距離までの風横距離0での距離と濃度の関係を図11に示す。

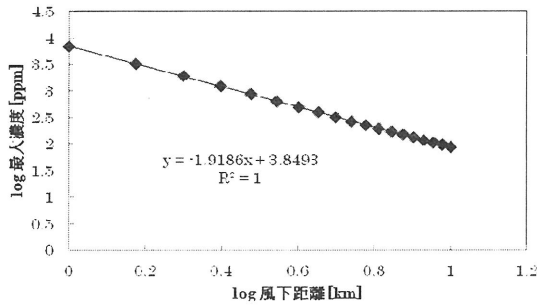


図 10 図 4 の場合における風下距離に対する最大濃度の関係

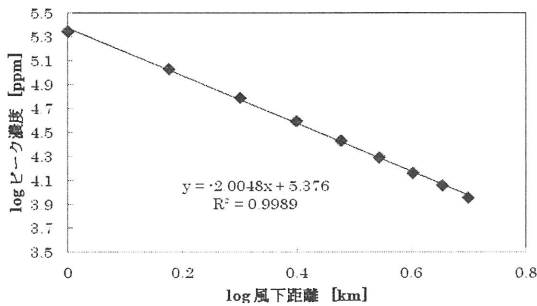


図 11 図 7 の場合における風下距離に対するピーク濃度の関係

図 10 及び図 11 に示されるように、両対数グラフ上では風下距離に対する最大濃度及びピーク濃度の関係はほぼ直線で表される。

#### 4 Excelのスパレッド・シート上での処理

ALOHA の拡散予測図で、10 km の距離の cutoff がある場合は、10 km の距離限界を超えているように表示されるため、その存在は一目瞭然である。強度が変化する場合(特に放出強度のピークが後半にある場合)には、拡散予測図上で、時間に対する濃度変化を調べ、風下距離が大きいところで 2.2 のように濃度のピークが表示されなくなっているかを調べる必要がある。

上での確認作業の結果として、cutoff の存在が認められた場合の処理について述べる。

距離の cutoff の場合は、風横距離 0 での風下距離 1 ～10 km での距離と濃度の表を作る。時間の cutoff の場合は、風横距離 0 での風下距離 1 km から濃度のピークが表示されている距離までの距離と濃度の表を作る。

この表から、距離と濃度のそれぞれの対数を取った表を作成する。これから、散布図グラフを作り、近似式と R<sup>2</sup> 値を表示させた線形近似曲線を追加する

か又はデータ分析の回帰分析を行う。これらの操作により、log 風下距離と log (最大又はピーク)濃度との関係式が次のような形で得られる。

$$\log(\text{風下濃度}) = a \log(\text{風下距離}) + b \quad (1)$$

ここで、a は近似直線の傾き、b は近似直線の切片である。

この関係から、最大又はピーク濃度の値(LOC)を指定すれば、次式のようなになる。

$$\log(LOC) = a \log(\text{風下距離}) + b \quad (2)$$

これを変形すれば、cutoff された先の拡散距離が次式から推定できることになる。

$$\text{風下距離} = 10^{\left( \frac{\log(LOC) - b}{a} \right)} \quad (3)$$

#### 5 おわりに

ALOHA の制約の一つである距離及び時間の cutoff が存在する場合の処理は、ALOHA のマニュアルにあるように 10 km 以遠又は 1 時間以降の条件が、拡散予測に使用されたものと同じである保証がないため、信頼性に欠けるものではある。しかしながら、どれだけ拡散するのかの情報は、危険物事故対応に当たる者にとり必要とされることがあると考えられる。

本資料で紹介した方法がその一助になることを望む。

#### 参考文献

- 1) 海上災害防止センター編, 海上防災の調査研究報告書 有毒性ガスの防護対策に関する調査研究, 海上防災事業者協会, 1988.