

CAMEO/ALOHA の市販ツールとの比較結果

【概要】

本プラットフォームでは、米国 EPA および NOAA が開発した ALOHA を影響評価ツールとして用いることを提案しています。ここでは、従来用いられてきた商用ツールと評価結果の比較を行い、ALOHA の予測精度について調査した結果を以下に示します。

影響評価を行なうには、大気拡散・火災・爆発の統合評価ツールが利用しやすく、従来、高価な市販品を購入するしかありませんでした。しかし、最近、米国 EPA・NOAA から、CAMEO ソフトウェアシステムの影響評価ツールである ALOHA に、火災・爆発の評価機能が追加されたため、無料でインターネットからダウンロードできる統合影響評価ツールが出現しています。

この統合評価ツールは、化学物質、漏えい量、漏えい時間、開口部の面積、漏えい高さ、タンク・配管の形態など、発生源情報を入力する「発生源モジュール」、配管から有害ガスの漏えいなどを評価する「大気拡散モジュール」、化学物質の漏えいで発生する火災・爆発を評価する「火災・爆発モジュール」、その他の機能として、化学物質、判定値、特定対象、気象情報の入力機能、さらに計算結果を表示する地理情報システムなどから構成されています。表 1 に、化学物質のフィジカルリスクの主な影響評価ツールを示します。

表 1 化学物質フィジカルリスクの主な影響評価ツール

項目	Risk Manager	CAMEO/ALOHA	PHAST	TRACE
物質数	(入力が必要)	約 760 (DIPPR 等)	約 1680 (DIPPR)	約 760 (DIPPR)
言語	画面・マニュアル(日)	(日本語翻訳中)	画面・マニュアル(英)	画面(日)・マニュアル(英)
大気拡散	○	○	○	○
火災	○	○	○	○
爆発	○	○	○	○
GIS	-	○	○	○
費用	有料	無料	有料	有料
備考	日化協	米国 EPA・NOAA	DNV	SAFER Systems

以下に、無料で入手できる ALOHA による評価結果と、市販品の TRACE による評価結果とを、大気拡散、火災、爆発の事例で比較して示します。

<臭素の大気放出シナリオの比較>

横型円筒形タンクの直径 2m、長さ 5m に 35 トンの液体臭素(タンク容量の 62%)が貯蔵されています。タンクモデルを用い、タンク底部から 50cm 上の開口径 1.5mm、2.0mm の穴から漏えいすると想定。防液堤面積 21m²、風速 1.5m/s、大気安定度 D(中立)、気温 25℃、湿度 50%とし、臭素の ERPG1 を 0.1ppm、ERPG2 を 0.5ppm、ERPG3 を 5.0ppm とします。

計算結果を表 2 に示す。ALOHA の設定にできるだけ TRACE を合わせて計算しました。例えば、ALOHA では大気濃度を定めるための平均化時間を 10 分に固定しており、TRACE では、この値を変更できます。さらに、臭素は常温で液体であるので、タンクから漏えいした後にプールを形成して蒸発して大気拡散します。プール設定条件の一つの「最低プール深さ」を TRACE では決める必要があるため、今回は、0.1cm～0.5cm まで幅を持たせ TRACE で計算しました。開口径が大きくなると差が生じる傾向にあるが、開口部が小さいときは比較的良好に一致していました。

表 2 ALOHA と TRACE の風下への最大到達距離の比較

開口径	判定値	臭素の最大到達距離	
		ALOHA	TRACE
1.5mm	ERPG1 (0.1ppm)	649m	589m～955m
1.5mm	ERPG2 (0.5ppm)	278m	254m～411m
1.5mm	ERPG3 (5.0ppm)	83m	75m～133m
2.0mm	ERPG1 (0.1ppm)	863m	790m～1.07km
2.0mm	ERPG2 (0.5ppm)	369m	341m～414m
2.0mm	ERPG3 (5.0ppm)	108m	101m～113m

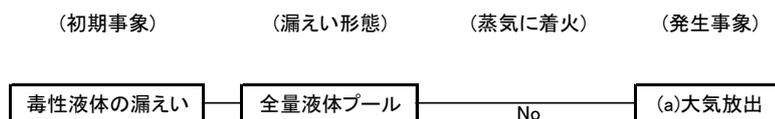


図 1 臭素の大気放出シナリオのイベントツリー

<ベンゼンのプール火災シナリオの比較>

ALOHA の「例題 1」のプール火災シナリオについて比較します。2006 年 8 月 20 日、ルイジアナ州 Baton Rouge の化学工業団地で、ベンゼン 1.82 トンがフルに入った 500 ガロン(1.893kl)の縦型円筒形タンク(直径 1.62m、高さ 1.22m)の底部から 25.4cm に、開口径 15.24cm の穴があきベンゼンが漏えいしプールを形成して火災を起こしました。風速 3.0m/s(測定高さ 10m)、南西の風、大気安定度 D、湿度 75%とします。輻射熱 2.0kw/m²、5.0kw/m²、10.0kw/m² を判定値として、その影響範囲を比較しました。

表 3 に示すように、プール火災による影響範囲の計算結果は、ALOHA の方がやや大きな数値となるが、比較的良好に一致しました。図 2.3.1.2.3 にこのシナリオのイベントツリーを示します。漏えい直後に形成されたプールに着火すればプール火災となります。

表3 ALOHA と TRACE のプール火災影響範囲の比較

開口径	輻射熱の判定値	ベンゼンプール火災の影響範囲	
		ALOHA	TRACE
15.24mm	2kw/m ²	70m	59.0m
	5kw/m ²	45m	40.3m
	10kw/m ²	31m	28.2m

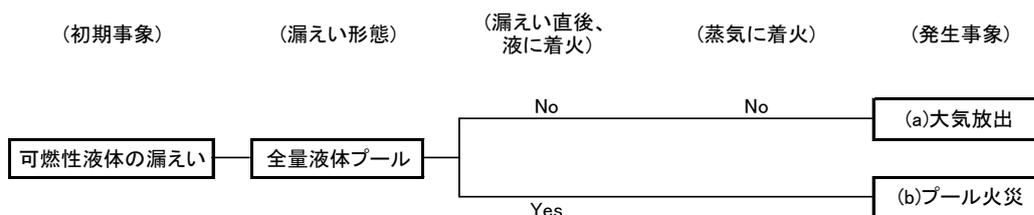


図2 ベンゼンのプール火災シナリオのイベントツリー

<液化プロパンの火災シナリオなどの比較>

ALOHA の「例題 2」の火災シナリオなどについて比較します。2006 年 8 月 20 日 22:30 に、ルイジアナ州の Baton Rouge で液化プロパンを積んだタンク貨車が脱線したため、プロパンガスが漏えいする可能性が生じたため、貨車を切り離す作業を実施しようとしています。横型円筒型のタンクは直径 2.7m、長さ 21.3m で容積 127.9kl(33,800Gallon)で、70F でタンク容量 100%の液化プロパン 70.1 トンが積載されている。気象条件は、北風 4.2m/s で、大気安定度 D(中立)、気温 21.1℃(70F)、湿度 67%、表面粗度を 1.0m とします。

a) BLEVE

BLEVE によりファイアボール火災が発生したときの輻射熱を比較しました。判定値の 2.0kw/m²は、60 秒間で痛みを感じる程度の輻射熱、5.0kw/m²は火傷を負う程度の輻射熱、10.0kw/m²は死亡する可能性のある輻射熱です。下図に示すように、両ツールの評価結果は比較的よく一致しています。

表4 ALOHA と TRACE のファイアボール火災影響範囲の比較

漏えい	判定値	ファイアボール火災の影響	
		ALOHA	TRACE
プロパン	2.0kw/m ²	1126.0m	1208.0m
	5.0kw/m ²	722.4m	778.9m
	10.0kw/m ²	512.1m	556.8m

b) 蒸気雲爆発・ジェット火災

シミュレーション条件は、ALOHA より TRACE の方が細かく設定できるため、ALOHA の「例題 2」に記載されたシナリオで両影響評価ツールを比較することは困難でした。

この「例題 2」のシナリオの発生経路を下図のイベントツリーで示します。前出のプール火災より複雑な事象が発生します。まず、タンクから外に放出されるのが気相か液相かで異なったシナリオとなり、

気相の場合にはジェット火災、蒸気雲爆発が発生し、液相ではプール火災などが発生する。タンクが火災であぶられ、強度が低下すると BLEVE が生じます。

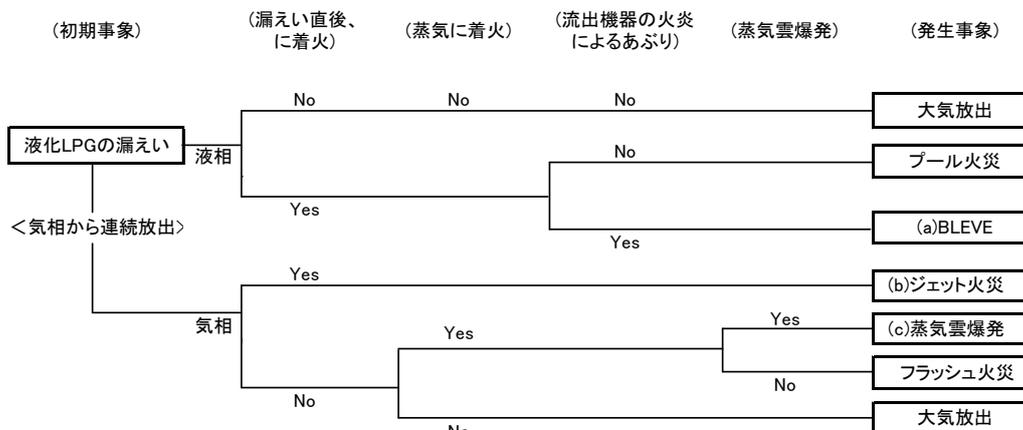


図3 液化プロパンの火災シナリオなどのイベントツリー

この種の影響評価ツールで注意すべき点として次の項目が挙げられます。

- ・非常に風速が小さいとき、大気が非常に安定なときは使用できません
- ・風向の変化、3次元の地形図への対応は考慮していません
- ・漏えい発生源近くでは使用できません
- ・化学反応は考慮せず、爆発による飛翔破片も考慮していません