

1. ベンゼンの漏えい(プール火災など)

【概要】

ALOHA でどのようなことができるか実際に使って理解していただくために例題を用意しています。本例題では有害性および可燃性をもつ化学物質の大気拡散と火災による被害影響の予測を行います。

1) 事故について

ルイジアナ州バトンルージュ (Baton Rouge, Louisiana 州) 郊外の小さな工業団地で、1.9 立方メートル(1900 リットル)、直径 1.2 メートルの縦型円筒タンクに液体ベンゼンが貯蔵されていました。2006 年 8 月 20 日現地時間 22 時 30 分、警備員がタンクの底から 0.25 メートル上の直径 0.15 メートルの穴から液体が漏えいし、さらに工業団地西の舗装したところまで液体が流出していることを発見しました。その日の夕方タンクが満杯になっていたことを警備員は思い出しました。

気温は 27°C、南西の風が秒速 3 メートル (高度 10 メートルの現地気象観測塔値)、空は半分以上雲に覆われており、湿度は約 75%でした。雷雨が南西より接近してきますが、逆転層はありません。工業団地の建物は少なく、北東には草原が広がっています。

地区緊急計画委員会 (LEPC) は、ベンゼンの危険性を解析するため、ERPG-2 を判定値として用いることを要求しています。

2) 問題

本例題のシナリオで、以下の項目について決めてください。

1. パドルから蒸発した毒性の蒸気雲が ERPG-2 の範囲になる距離
2. パドルが雷で着火し、発生したプール火災による輻射熱による被害

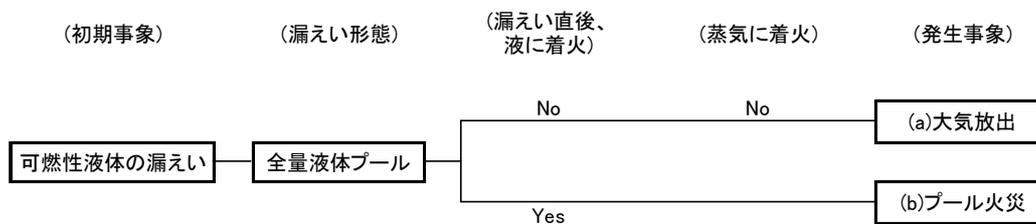


図 シナリオのイベントツリー

3) 解答手順

評価の前の設定事項

- i) 「SetUp」 → 「Calculation Options」
「Calculation Options」 → 「Let ALOHA decide」 クリック → 「OK」 クリック
- ii) 「Display」 → 「Display Options」
「Display Options」 → 「Metric units」 (グラム、メートル単位) 選択 → 「OK」 クリック

A) データの整理

1. 都市と日時

Louisiana 州 Baton Rouge 2006 年 8 月 20 日 現地時間 22 時 30 分

2. 化学物質 液体ベンゼン

3. 気象状況 天候、風速、風向、地形、雲量、大気安定度、逆転層の高さ、湿度

天候：曇り 空は半分以上雲に覆われている 雷雨が南西より接近

気温：27°C 湿度：約 75% 逆転層：なし

風速・風向：南西の風 秒速 3 メートル(高度 10 メートルの現地気象観測塔値)

地形：建物が少なく、北東に広い草原

4. 流出状況

流出元 (タンク、パイプラインなど)、形状 (円筒形、球体など)、大きさや容量

縦型円筒タンク、1.9 立方メートル(1900 リットル)、直径 1.2 メートル

穴の大きさ、穴の高さ

タンクの底から 0.25 メートル上部

穴径 0.15 メートル

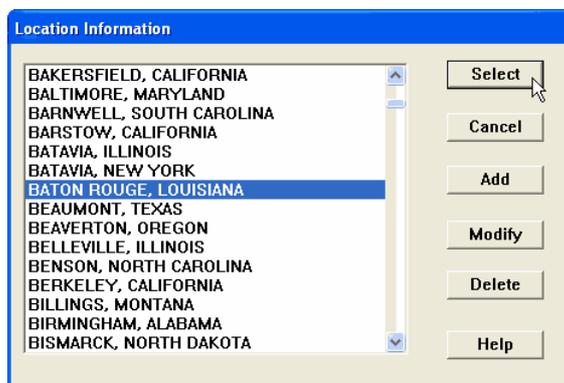
5. ALOHA による解析

- ① パドルから蒸発した毒性の蒸気雲が ERPG-2 の範囲になる距離
- ② パドルが雷で着火し、発生したプール火災による輻射熱による被害

B) データの入力

1. 場所 : 「SiteData」 → 「Location」

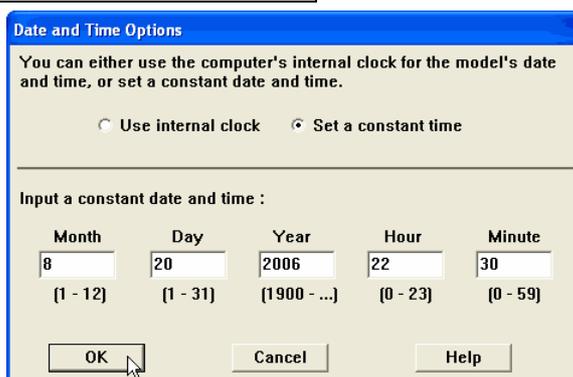
「BATON ROUGE, LOUISIANA」を選択 「Select」 クリック



日時 : 「SiteData」 → 「Date&Time」

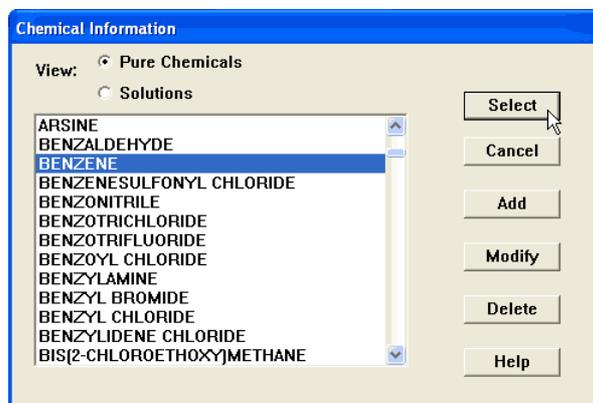
「Set a constant time」の下段「Input a constant date and time」に

「2006年8月20日現地時間22時30分」入力



2. 化学物質 : 「SetUp」 → 「Chemical」

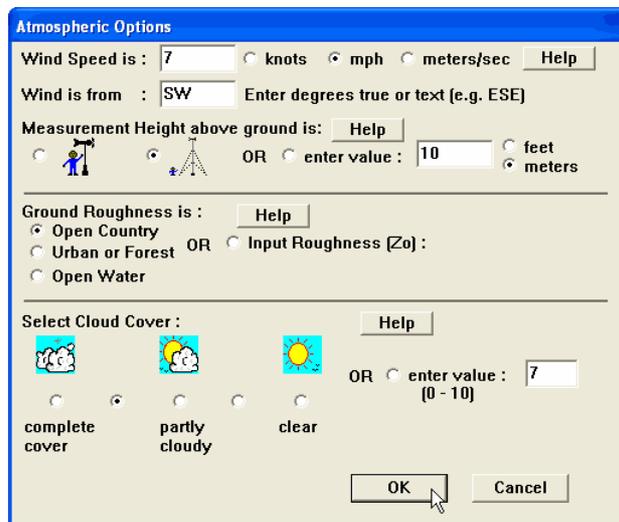
「Pure Chemicals」を選び「BENZEN」を選択 「Select」 クリック



3. 気象状況 : 「SetUp」 → 「Atmospheric」 → 「User Input」

[Atmospheric Options]画面

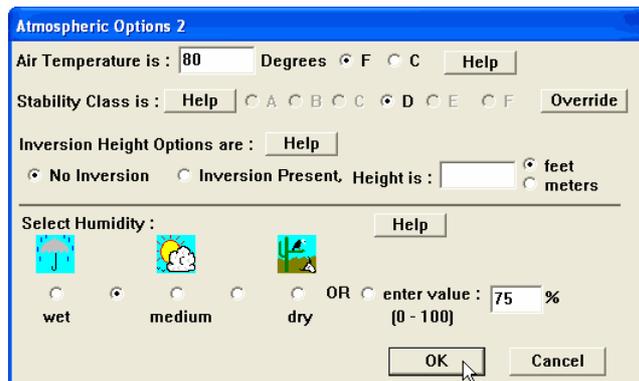
- ① 「Wind Speed」(風速) : 「**3**」を入力 単位「**meters/sec**」クリック
- ② 「Wind is from」(風向) : 「**SW**」を入力 例)「南西」は「SW」(South West)
- ③  をクリック 右側に「**10**」が自動入力され「**meter**」にチェック
- ④ 「Ground Roughness」(表面粗度) : 「**Open Country**」選択
- ⑤ 「Select Cloud Cover」(雲量) :
「**complete cover**」(全天曇り)と「**partly cloudy**」(部分的曇り)の**中間**をクリック
自動的に「**7**」が表示
- ⑥ 「**OK**」クリック



※参考画像は単位が違います。

[Atmospheric Options 2]画面

- ① 「Air Temperature」(気温) : 「**27**」を入力 摂氏を示す「**C**」クリック
- ② 「Stability Class is」(大気安定度) : 「**D**」が自動的に指定されていることを確認
- ③ 「Inversion Height Options are」(逆転層の高さ) : 「**No Inversions**」を選択
- ④ 「Select Humidity」(湿度) : 「**75**」を入力
- ⑤ 「**OK**」クリック



※参考画像は単位が違います。

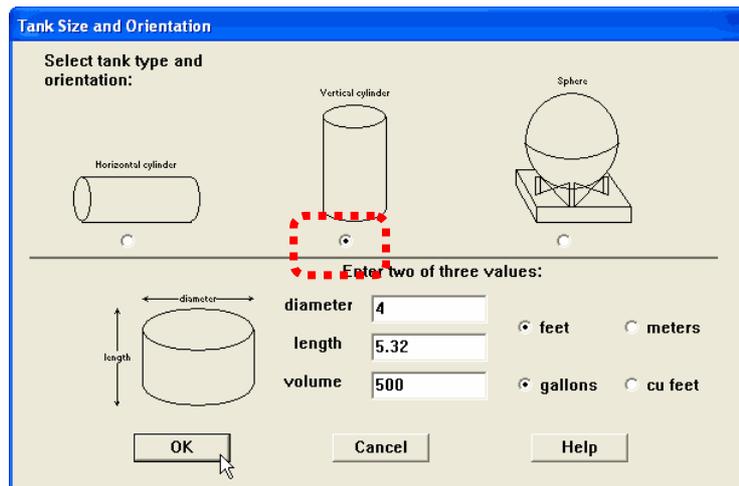
[Text Summary]画面の確認



4. 流出状況(Source Strength) : 「SetUp」 → 「Source」 より 「**TANK**」 選択

[**Tank Size and Orientation**]画面

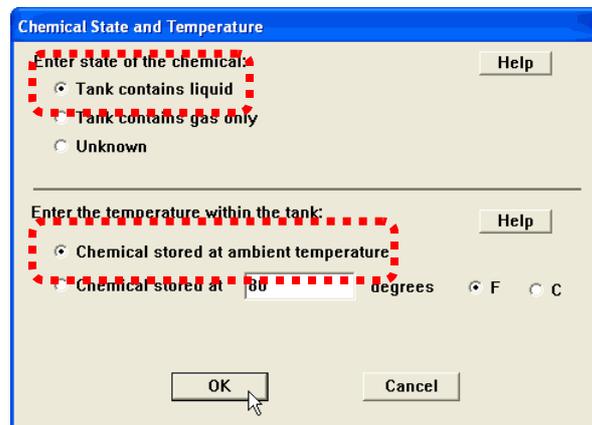
- ① 「Select tank type and orientation」 : 「**Vertical cylinder**」 (縦型円筒タンク) を選択
- ② 「diameter」 (円筒の外径) : 「**1.2**」 を入力 単位は 「**meters**」 を選択
- ③ 「volume」 (容積) : 「**1900**」 を入力 単位は 「**liter**」 を選択
- ④ 「length」 (円筒の長さ) : 自動的に 「**1.68**」 が表示
- ⑤ 「**OK**」 クリック



※参考画像は単位が違います。

[**Chemical State and Temperature**] 画面

- ① 「Enter state of the chemical」 (物質の状態) : 「**Tank contains liquid**」 (液体) を選択
- ② 「Enter the temperature within the tank」 (タンク内温度) : 「**Chemical stored at ambient temperature**」 (常温) を選択
- ③ 「**OK**」 クリック



[Liquid Mass or Volume](液体の重量または体積)画面

- ① 下段「Enter liquid level OR volume」(液量レベルまたは体積) :
「% full by volume」の右欄に「**100**」を入力
※タンク容積の100%がベンゼンで満たされていることになる
- ② 「**OK**」クリック

Liquid Mass or Volume

Enter the mass in the tank OR volume of the liquid

The mass in the tank is: 1.82

pounds
 tons(2,000 lbs)
 kilograms

OR

Enter liquid level OR volume

The liquid volume is: 500

gallons
 cubic feet
 liters
 cubic meters

100 % full by volume

OK Cancel Help

[Type of Tank Failure](タンクの事故タイプ)画面

- ① 本シナリオでは初めにタンクからベンゼンが漏えいしパドルを形成して蒸発
「**Leaking tank, chemical is not burning and forms an evaporating puddle**」を選択
- ② 「**OK**」クリック

Type of Tank Failure

Scenario:
Tank containing an unpressurized flammable liquid.

Type of Tank Failure:

Leaking tank, chemical is not burning and forms an evaporating puddle
 Leaking tank, chemical is burning and forms a pool fire
 BLEVE, tank explodes and chemical burns in a fireball

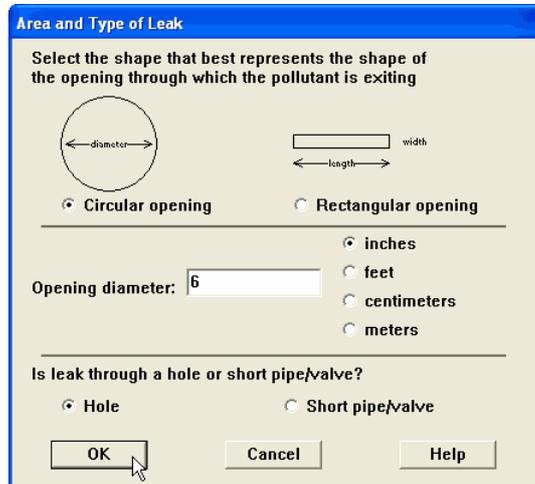
Potential hazards from flammable chemical which is not burning as it leaks from tank:

- Downwind toxic effects
- Vapor cloud flash fire
- Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

OK Cancel Help

[Area and Type of Leak](漏えいのタイプ)画面

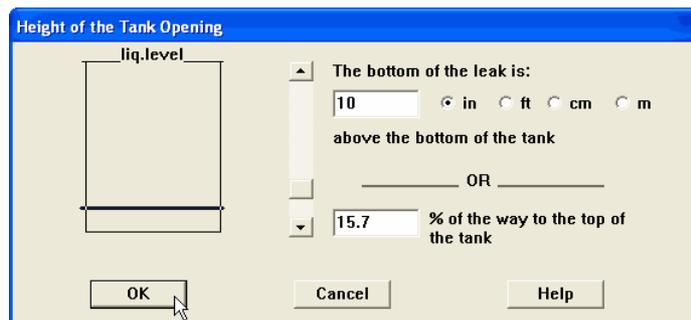
- ① 「**Circular Opening**」 (円形)選択
- ② 「Opening diameter」 (穴径) : 「**15**」 を入力 「**centimeters**」 を選択
- ③ 「In leak through a hole or short pipe/valve?」 : 「**Hole**」 を選択
- ④ 「**OK**」 クリック



※参考画像は単位が違います。

[Height of the Tank Opening](タンクの穴の高さ)画面

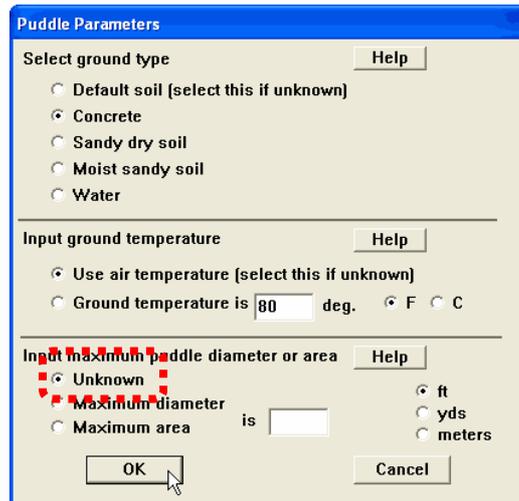
- ① 「The bottom of the leak is」 (タンク底部からの穴の高さ) : 「**25**」 を入力 「**cm**」 (センチメートル)選択
下段の値の入力欄に 「**14.9**」 の値が自動的に表示される
- ② 「**OK**」 クリック



※参考画像は単位が違います。

[Puddle Parameters](パドルの条件)画面

- ① 「Select ground type」(地面のタイプ): 「**Concrete**」(コンクリート)を選択
- ② 「Input ground temperature」(地面温度の入力):
本シナリオでは地面の温度は与えられていないので
「**Use air temperature**」(大気温度)を選択
- ③ 「Input maximum puddle diameter or area」(パドル径および広さ):
「**Unknown**」(未知)を選択
- ④ 「**OK**」をクリック



5. [Text Summary]の確認

「The puddle spread to a diameter」(パドル径)に「**19.9**」が表示される

※タンクからのベンゼンの漏えいによって、直径約 20 メートルのパドルができることを計算結果は示しています。

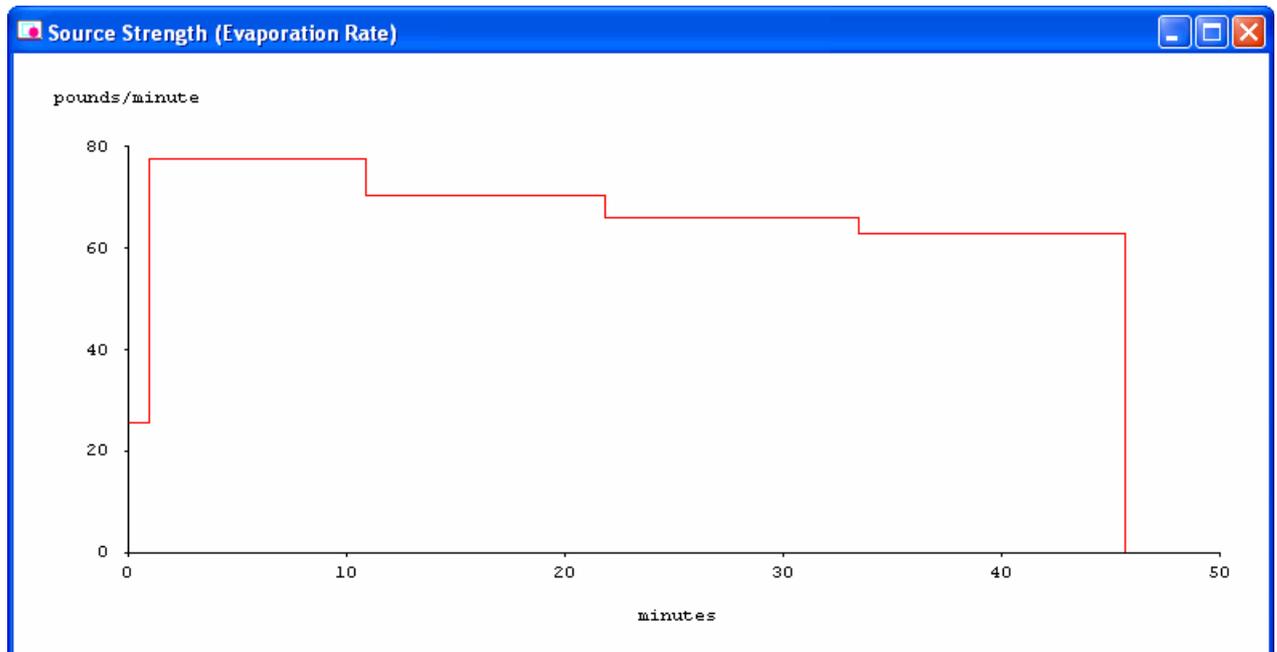


6. 漏えいのグラフ表示

「Display」→「Source Strength」を選択

「Source Strength(evaporation rate)」(流出速度と時間の図)が表示される

※これは、漏えい発生後 1 時間の平均流出速度の予測値を示したもので、このシナリオでは、最大平均流出速度は、毎分 34.7 キログラムとなり、流出時間は 47 分間になります。



C) 評価

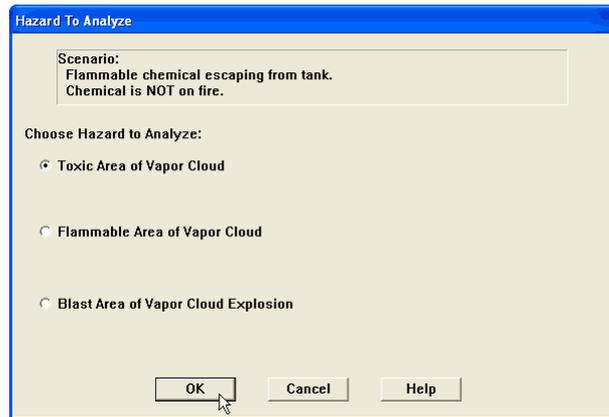
I. 危険領域の表示(毒性による危険領域の評価)

1. 「Display」 → 「Threat Zone」 (危険領域)を選択

[Hazard analyze]画面

ベンゼンのパドルから発生する蒸気雲による、毒性の影響範囲を評価

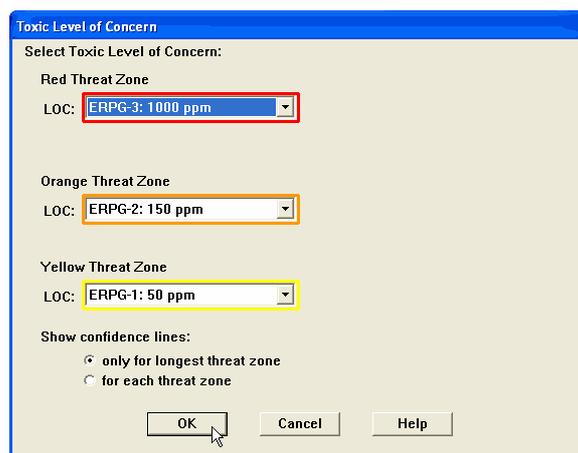
- ① 「Choose Hazard to Analyze」より「Toxic Area of Vapor Cloud」をクリック
- ② 「OK」をクリック



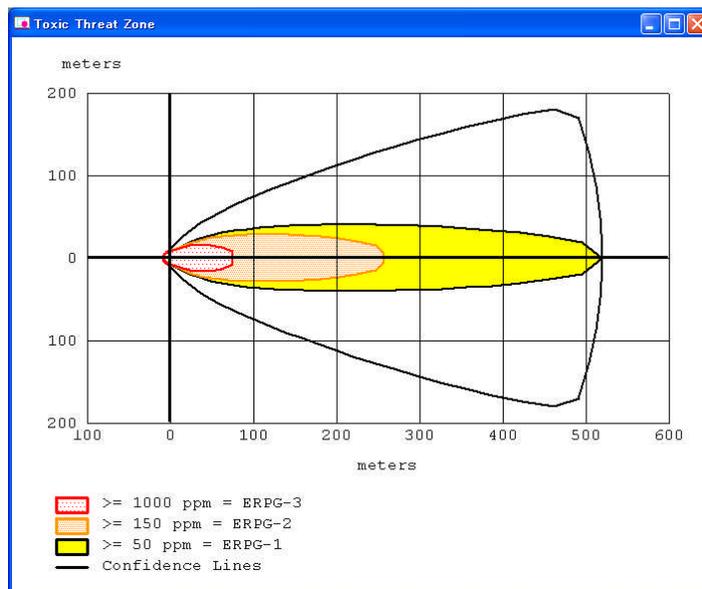
[Toxic Level of Concern]画面

ERPG の値を用いて評価を行う

- ① 「Red Threat Zone」: 「ERPG-3 : 1000 ppm」を選択
- ② 「Orange Threat Zone」: 「ERPG-2 : 150 ppm」を選択
- ③ 「Yellow Threat Zone」: 「ERPG-1 : 50ppm」を選択
- ④ 「OK」をクリック

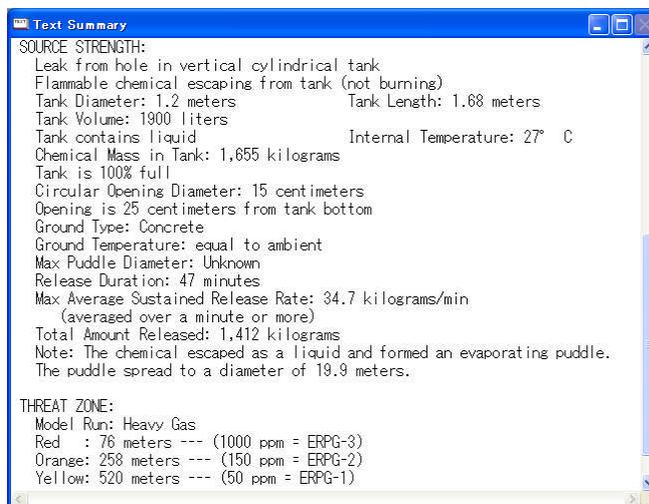


2. 危険領域の画面が現れる



※赤の領域はもっとも危険性が高く、オレンジ色、黄色になるにしたがって危険性が低下します。

3. [Text Summary]の最下部に「Threat Zone」の項目が追加



THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 76 meters --- (1000ppm = ERPG-3)

Orange: 258 meters --- (150ppm = ERPG-2)

Yellow: 520 meters --- (50ppm = ERPG-1)

注) 新しい影響評価を始めると、前の評価結果は消えてしまいます。

「File」 → 「Print All」 で、評価結果を印刷してください。

「File」 → 「Save As」 で、「保存場所」と「ファイル名」を入力して保存してください。

II. 危険領域の表示(プール火災による危険領域の評価)

ここまで、タンクからベンゼンが漏れ出し、形成したパドルからの蒸気による毒性影響の評価を行いました。一方で、ベンゼンは可燃性であるため発生した蒸気は空気と混合して可燃性混合ガスとなります。そこで、パドルを形成した後、雷などの着火源で火災が起きた場合、輻射熱による影響を次に評価します。

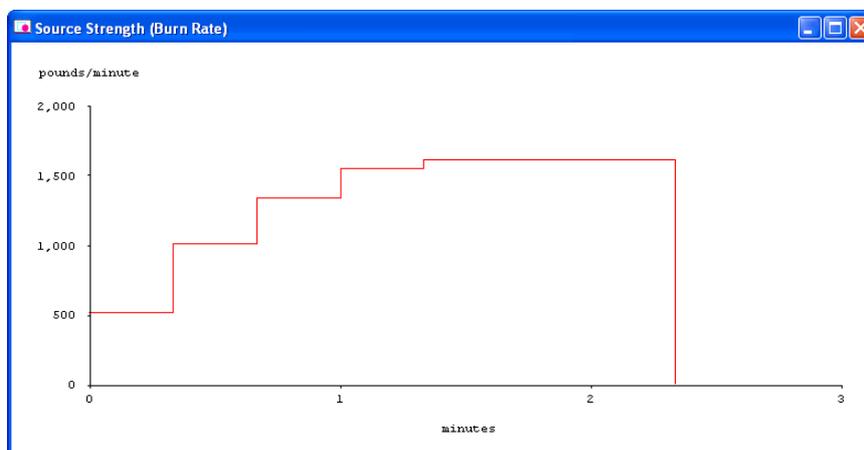
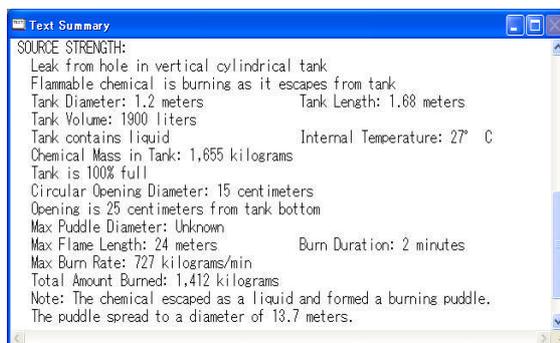
1. 設定の変更

「SetUp」→「Source」→「Tank」を選択

- ① [Tank Size and Orientation]画面→変更なし「OK」クリック
- ② [Chemical State and Temperature]画面→変更なし「OK」クリック
- ③ [Liquid Mass and Volume]画面→変更なし「OK」クリック
- ④ [Type of Tank Failure]画面
「Leaking tank, chemical is burning and forms a pool fire」を選択
「OK」クリック
- ⑤ [Area and Tank of Leak]画面→変更なし「OK」クリック
- ⑥ [Height of the Tank Opening]画面→変更なし「OK」クリック
- ⑦ [Maximum Puddle Size]画面→「Unknown」を選択「OK」クリック

※[Text Summary]の「Source Strength」の欄が変更される

毒性評価では、ベンゼンのパドル径は 19.9 メートルだったのに対して、プール火災のときのパドル径は 13.7 メートルになります。また、燃焼持続時間は 2 分となっており、プール火災が 2 分間続くことになります。

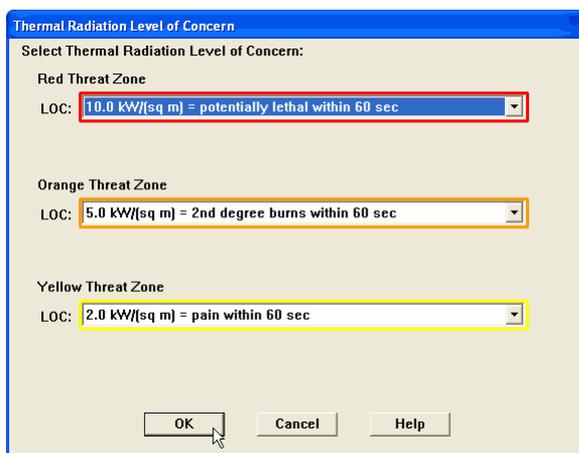


2. 危険性の判定値の設定と輻射熱による被害の予測

「Display」 → 「Threat Zone」 を選択

[Thermal Radiation Level of Concern]画面

- ① 「Red Threat Zone」 : 「10kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec」 を選択
- ② 「Orange Threat Zone」 : 「5.0kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec」 を選択
- ③ 「Yellow Threat Zone」 : 「2.0kW/(sq m) = pain within 60 sec」 を選択
- ④ 「OK」 クリック



3. 結果の表示

毒性評価と同様に、赤の領域はもっとも危険性が高く、オレンジ色、黄色になるにしたがって危険性が低下します。

[Text Summary]にこれらの危険領域が以下の距離であると表示されます。

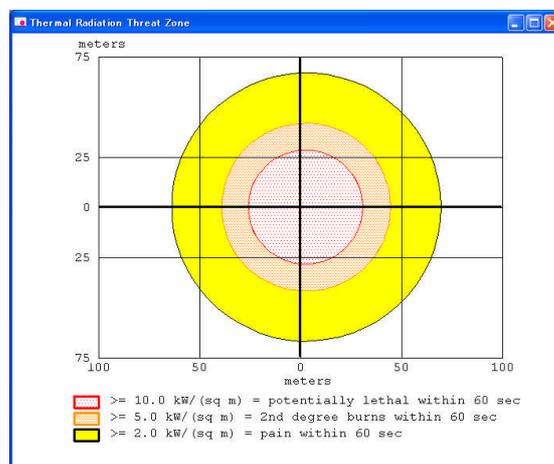
THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from pool fire

Red : 31 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Orange: 45 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

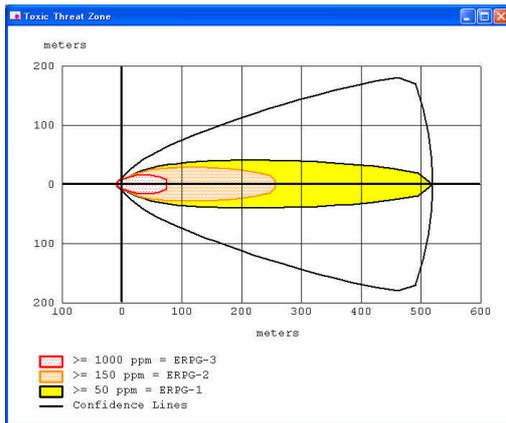
Yellow: 70 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)



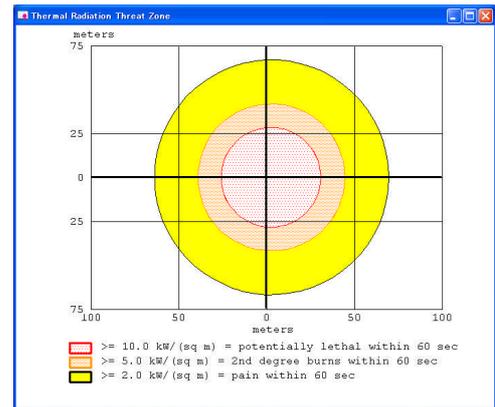
4) 解答

ALOHA に表示させる条件

1. パドルから蒸発した毒性の蒸気雲が ERPG-2 の範囲になる距離
2. パドルが雷で着火し、発生したプール火災による輻射熱による被害



毒性の及ぶ範囲



プール火災時の輻射熱の及ぶ範囲

5) 解説

毒性の危険性評価では、パドルから主に風下方向に危険性が及ぶのに対して、輻射熱による危険性評価ではパドルを中心に全方向に危険性が及び、風下方向はあまり変わりません。このように、2つの危険性が及ぶ範囲の特性として、毒性による危険性は風の影響を強く受け、輻射熱の危険性評価ではあまり風の影響を受けないことを本例題シナリオは示しています。