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℃、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) $\lceil \text{SetUp} \rfloor$ → $\lceil \text{Calculation Options} \rfloor$ $\lceil \text{Calculation Options} \rfloor$ → $\lceil \text{Let ALOHA decide} \rfloor$ $2 \lor 2 \lor 2 \rightarrow \lceil \text{OK} \rfloor$ $2 \lor 2 \lor 2 \rightarrow \rceil$
- 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℃ 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

場所:「SiteData」→「Location」
 「BATON ROUGE, LOUISIANA」を選択 「Select」クリック

Locati	ion Information	
Locati BAK BAL BAF BAF BAT BAT BEA BEA BEA BEA BEA BEA BEA BEA BEA BEA	CERSFIELD, CALIFORNIA TIMORE, MARYLAND RWELL, SOUTH CAROLINA STOW, CALIFORNIA AVIA, ILLINOIS TAVIA, ILLINOIS TAVIA, NEW YORK TON ROUGE, LOUISIANA SWONT, TEXAS VVERTON, OREGON LEVILLE, ILLINOIS VSON, NORTH CAROLINA RKELEY, CALIFORNIA LINGS, MONTANA	Cancel Add Modify Delete
BIR BIS	MINGHAM, ALABAMA MARCK, NORTH DAKOTA	✓ Help

日時: $[SiteData] \rightarrow [Date&Time]$

「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
----------	--------------------	----

Date and Time Options				
You can eithe and time, or s	You can either use the computer's internal clock for the model's date and time, or set a constant date and time.			
c i	C Use internal clock 🛛 🕫 Set a constant time			
Input a consta	Input a constant date and time :			
Month	Day	Year	Hour	Minute
8	20	2006	22	30
(1 - 12)	(1 - 31)	(1900)	(0 - 23)	(0 - 59)
OK Cancel Help				

化学物質:「SetUp」→「Chemical」
 「Pure Chemicals」を選び「BENZEN」を選択 「Select」クリック



3.	気象	ā状況:「SetUp」→「Atmospheric」→「User Input」		
		[Atmospheric Options]画面		
	\bigcirc	「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 <u>中間</u> をクリック		
		自動的に「7」が表示		
	6	「OK」クリック		
		Atmospheric Options		
		Wind Speed is : 7 C knots • mph C meters/sec Help Wind is from : SW Enter degrees true or text (e.g. ESE)		
		Measurement Height above ground is: Help		
	○ 👬 ° . OR ○ enter value : 10 C feet reters			
		Ground Roughness is <u>Help</u> © Open Country © Urban or Forest OR © Input Roughness (Zo) : © Open Water		
		Select Cloud Cover : Help OR Center value : Complete partly clear complete cloudt		

※参考画像は単位が違います。

OK

Cancel

[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

Atmospheric Options 2			
Air Temperature is : 80 Degrees 🏾 F 🗠 C 🛛 Help			
Stability Class is : Help CACBCC OCE CF Override			
Inversion Height Options are : Help			
⑦ No Inversion ○ Inversion Present, Height is: ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○			
Select Humidity : Help			
○ ● ○ ○ ○ 0R ○ enter value : 75 %			
wet medium dry (0 - 100)			
OK Cancel			

※参考画像は単位が違います。

[Text Summary]画面の確認

Text Summary	
SITE DATA: Location: BATON ROUGE, LOUISIANA Building Air Exchanges Per Hour: 0.58 (Time: August 20, 2006 2230 hours CDT ((unsheltered single storied) (user specified)
CHEMICAL DATA: Chemical Name: BENZENE ERPG-1: 50 ppm ERPG-2: 150 ppm IDLH: 500 ppm LEL: 12000 ppm Carcinogenic risk - see CAMEO Ambient Boiling Point: 176.1° F	Molecular Weight: 78.11 g/mol ERPG-3: 1000 ppm UEL: 80000 ppm
Vapor Pressure at Ambient Temperature: Ambient Saturation Concentration: 134,8 ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA) Wind: 7 miles/hour from SW at 10 meters Ground Roughness: open country Air Temperature: 80° F No Inversion Height	0.13 atm 835 ppm or 13.5% 5 Cloud Cover: 7 tenths Stability Class: D Relative Humidity: 75%
SOURCE STRENGTH: - (SELECT SOURCE)	

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

Chemical State and Temperature			
Enter state of the chemical: [©] Tank contains liquid [©] Tank contains gas only [©] Unknown	Help		
Enter the temperature within the tank: Help			
ок С	ancel		

[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

Liguid Mass or Volume			
Enter the mass in the tank OR volume of the liquid			
The mass in the tank is: 1.82 C pounds tons(2,000 lbs) kilograms			
0R			
Enter liquid level OR 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:		
$f \circ$ Leaking tank, chemical is not burning and forms an evaporating puddle		
$^{\circ}$ Leaking tank, chemical is burning and forms a pool fire		
\odot 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

Area and Type of Leak			
Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting			
	width —length>		
© Circular opening C I	Rectangular opening		
	Inches		
Opening diameter: 6	C feet		
	C centimeters		
C meters			
ls leak through a hole or short pipe/valve?			
Hole	hort pipe/valve		
OK Cancel	Help		

※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

「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

Height of the Tank Opening		
liq.level The bottom of the leak is:		
	10 Fin Citt Citt Citt above the bottom of the tank	
	OR	
	 15.7 % of the way to the top of the tank 	
ОК	Cancel Help	

※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**」クリック

Select ground type Help C Default soil (select this if unknown) C Concrete Sandy dry soil Moist sandy soil Water Input ground temperature Select this if unknown) Ground temperature (select this if unknown) Ground temperature is 80 deg. F C C Input maximum paddle diameter or area Help Maximum diameter Maximum diameter is C yds Maximum area is C meters	Puddle Parameters			
 ○ Default soil (select this if unknown) ○ Concrete ○ Sandy dry soil ○ Moist sandy soil ○ Water Input ground temperature Help ○ Use air temperature (select this if unknown) ○ Ground temperature is 80 deg. ○ F ○ C Input maximum paddle diameter or area Help ○ Unknown ○ Unknown ○ yds ○ meters 	Select ground type	Help		
 Concrete Sandy dry soil Moist sandy soil Water Input ground temperature (select this if unknown) Ground temperature is 80 deg. F C Ingat maximum paddle diameter or area Help Maximum diameter Maximum diameter Maximum area Maximum area 	C Default soil (select this if unknown)			
 Sandy dry soil Moist sandy soil Water Input ground temperature (select this if unknown) Ground temperature is 80 deg. F C Ingat maximum paddle diameter or area Help Maximum diameter Maximum diameter Maximum area Maximum area 	Concrete			
C Moist sandy soil C Water Input ground temperature Help C Use air temperature (select this if unknown) C Ground temperature is 80 deg. C F C C Inget maximum puddle diameter or area Help C Unknown C ft C Maximum diameter C yds C meters	Sandy dry soil			
∩ Water Input ground temperature ○ Use air temperature (select this if unknown) ○ Ground temperature is 80 0 Ground temperature is 80 deg. ○ F ○ C Input maximum puddle diameter or area ○ Unknown ○ ft ○ Maximum area is ○ ○ or cel	Moist sandy soil			
Input ground temperature Help © Use air temperature (select this if unknown) © Ground temperature is 80 deg. © F © C Inget maximum puddle diameter or area Help © Unknown © ft Maximum diameter is © yds © Maximum area is © 0 correl	○ Water			
Image: maximum pendule diameter or area Help Image: maximum pendule diameter or area Help Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum pendule diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area Image: maximum diameter or area <	Input ground temperature Help			
C Ground temperature is 80 deg. ○ F ○ C Inget maximum paddle diameter or area Help ○ Unknown ○ ft ○ Maximum diameter ○ Maximum area is ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	• Use air temperature (select this if un	nknown)		
Ingut maximum paddle diameter or area Help C Unknown Maximum diameter Maximum diameter Maximum area I G yds C meters	C Ground temperature is 80 deg.	F . C C		
Unknown Oft Maximum diameter Maximum area is Ometers	Ingut maximum peddle diameter or area			
Maximum area is Cyds	© Unknown	⊙ft		
C meters	C Maximum diameter	⊖ yds		
		O meters		
	ОК	Cancel		

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。

📟 Text Summary		
SOURCE STRENGTH:		^
Leak from hole in vertical cylindrical	tank	
Flammable chemical escaping from tank	(not burning)	
Tank Diameter: 1.2 meters	Tank Length: 1.68 meters	
Tank Volume: 1900 liters		
Tank contains liquid	Internal Temperature: 27° ()
Chemical Mass in Tank: 1,655 kilograms		
Tank is 100% full		
Circular Opening Diameter: 15 centimet	ers	
Opening is 25 centimeters from tank bo	ttom	
Ground Type: Concrete		
Ground lemperature: equal to ambient		
Max Puddle Diameter: Unknown		_
Release Duration: 47 minutes	1273 Sat 65 St	
Max Average Sustained Release Rate: 34 (averaged over a minute or more)	.7 kilograms/min	
Total Amount Released: 1,412 kilograms		
Note: The chemical escaped as a liquid	and formed an evaporating pu	uddle. 🗌
The puddle spread to a diameter of 19.	9 meters.	~
<		>

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」クリック
- ② 「**OK**」クリック

Hazard To Analyze
Scenario: Flammable chemical escaping from tank. Chemical is NOT on fire.
Choose Hazard to Analyze:
Toxic Area of Vapor Cloud
C Flammable Area of Vapor Cloud
© Blast Area of Vapor Cloud Explosion
OK Cancel Help

[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**」クリック

Toxic Level of Concern
Select Toxic Level of Concern:
Red Threat Zone
LOC: ERPG-3: 1000 ppm 🔽
Orange Threat Zone
LOC: ERPG-2: 150 ppm 🔹
Yellow Threat Zone
LOC: ERPG-1: 50 ppm 🔹
Show confidence lines:
 only for longest threat zone for each threat zone
OK Cancel Help

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えいし、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

Thermal Radiation Level of Concern	
Select Thermal Radiation Level of Concern:	
Red Threat Zone	
LOC: 10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec 💌	
Orange Threat Zone	
LOC: 5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec 🔹	
Yellow Threat Zone	
LOC: 2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec	
OK Cancel Help	
ř	

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。