

### 3. 塩素の漏えい(複合シナリオ)

#### 【概要】

**ALOHA** では、流出源から風下方向における化学物質濃度を予測することが可能です。ここでは、地図ソフトウェア **MARPLOT** を組み合わせることで任意地点における有害性物質の濃度を予測します。本例題では、**MARPLOT** を導入しておく必要があります。

#### 1) 事故について

2006年6月4日現地時間15時30分、バージニア州マナサス(Manassas, Virginia州)の近郊で、Southern Railway 鉄道の列車が高速道路(Lee Highway)に止まっているトラックと衝突しました。トラックの荷台に積まれた70キログラムの塩素ボンベ3本が損傷を受け、中に入っていた塩素が一度に流出しました。

流出のときの気象条件は、東の風が秒速2.7メートル(高度3メートルの現地観測値)、空は3分の1が雲に覆われており、湿度は80%、気温は22°Cでした。また、逆転層もありません。

事故現場から高速道路(Lee Highway)と一般道(Gallerher Road)の交差点までは平らで障害物はありません。この交差点にできた穴を補修する二人の作業員は塩素蒸気を吸い込みぐったりし、地元の病院で塩素ガスに対する手当を受けています。どの程度の濃度の塩素ガスを吸ったのでしょうか。

#### 2) 問題

本シナリオでは、作業員が吸った塩素ガス濃度を計算します。

1. **ALOHA** を使って塩素ガスの放出量を求め、危険領域を表示する
2. **MARPLOT** を使って地図上に危険領域を重ね合わせ、作業員が被害を受けた地点での塩素濃度を計算する

### 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

Virginia 州 Manassas 2006 年 6 月 4 日 現地時間 15 時 30 分

##### 2. 化学物質 塩素

##### 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 3 分の 1 が雲に覆われている

気温：22°C 湿度：80% 逆転層：なし

風速・風向：東の風 秒速 2.7 メートル(高度 3 メートルの現地観測値)

地形：事故現場から高速道路と一般道の交差点までは平らで障害物なし

##### 4. 流出状況 70 キログラムの塩素ボンベ 3 本

##### 5. **ALOHA** による解析

- ① **ALOHA** を使って塩素ガスの放出量を求め、危険領域を表示する
- ② **MARPLLOT** を使って地図上に危険領域を重ね合わせ、  
作業員が被害を受けた地点での塩素濃度を計算する

## B) データの入力

### ★新しく都市を登録する

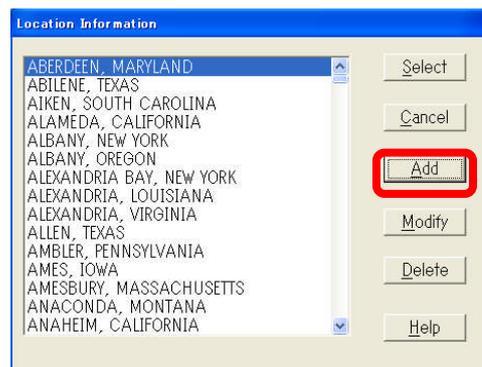
マナサスは、**ALOHA** の地名一覧には登録されていません。

ここでは、新しく都市を登録する方法を学びます。

マナサスは、アメリカ合衆国ヴァージニア州の都市で、海拔 60 メートル、北緯 38 度 50 分、西経 77 度 30 分に位置します。

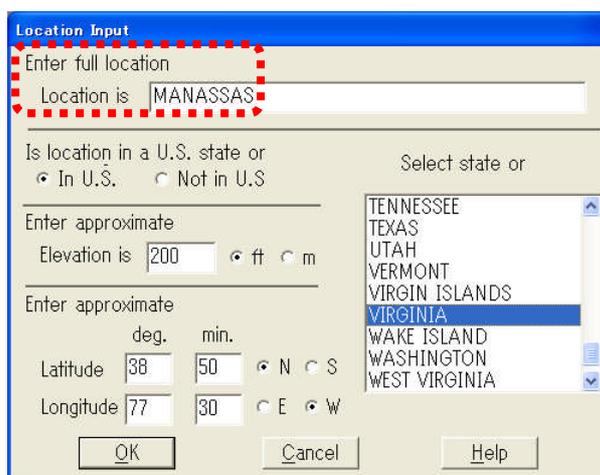
「SiteData」 → 「Location」

- ① 地名の一覧画面で、右に並ぶ 6 つのボタンの上から 3 番目の「Add」を選択



**[Location Input]**画面

- ② 「Enter full location name:」 (都市名) : 「Location Is」 に「**MANASSAS**」入力
- ③ 「Is location in a U.S. state or territory?」 : 「**In U.S.**」を選択
- ④ 「Enter approximate elevation」 (海拔) :  
「Elevation is」の右に「**60**」入力 「**m**」をクリック
- ⑤ 「Enter approximate location」 (緯度、経度) :  
「Latitude」 (緯度)の右に「**38**」と「**50**」を入力 「**N**」 (北緯)をクリック  
「Longitude」 (経度)の右に「**77**」、「**30**」を入力 「**W**」 (西経)をクリック
- ⑥ 「Select state of territory」 (州の選択) : 「**Virginia**」を選択
- ⑦ 「**OK**」をクリック

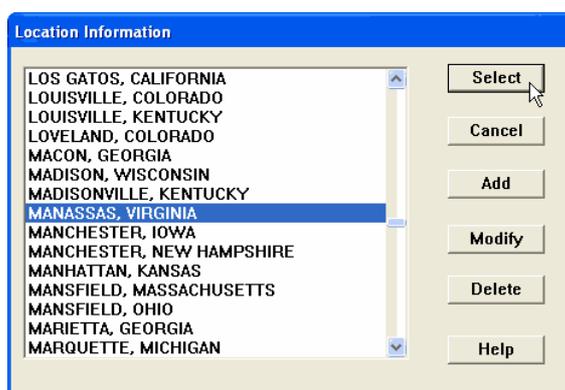


入力が完了し、問題が無ければ

「Location Information」に「MANASSAS」が追加表示される

1. 場所 : 「SiteData」 → 「Location」

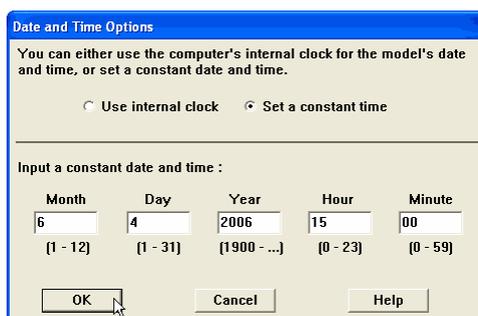
「MANASSAS, VIRGINIA」を選択 「Select」クリック



日時 : 「SiteData」 → 「Date&Time」

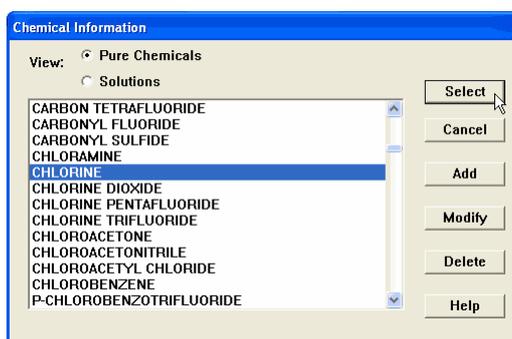
「Set a constant time」の下段「Input a constant date and time」に

「2006年6月4日現地時間15時30分」入力



2. 化学物質 : 「SetUp」 → 「Chemical」

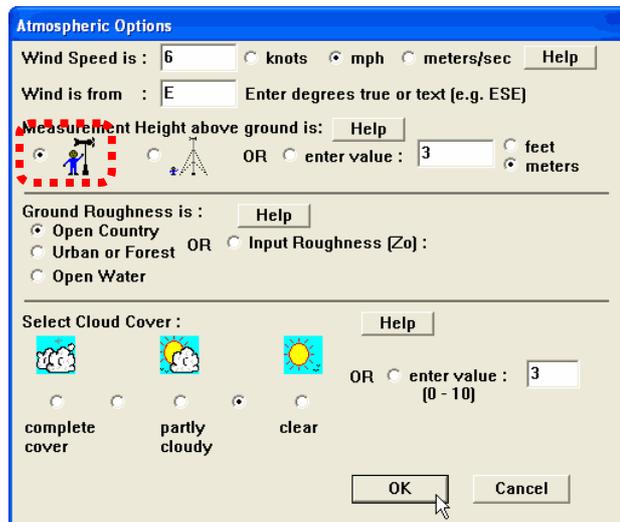
「Pure Chemicals」を選び「CHLORINE」を選択 「Select」クリック



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

[Atmospheric Options]画面

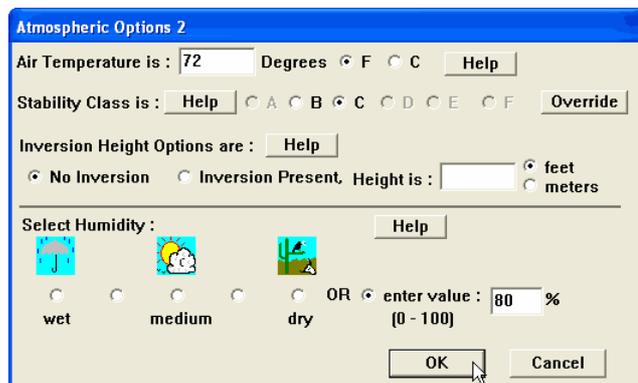
- ① 「Wind Speed」(風速)：「2.7」を入力 単位「meters/sec」をクリック
- ② 「Wind is from」(風向)：「E」を入力
- ③ 「」をクリック 右側に「3」が自動入力され「meter」にチェック  
※ここでの風向風速は、観測塔ではなく簡易観測である。
- ④ 「Ground Roughness」(表面粗度)：「Open Country」選択
- ⑤ 「Select Cloud Cover」(雲量)：  
「partly cloudy」(部分的曇り)と「clear」(快晴)の中間をクリック  
自動的に「3」が表示
- ⑥ 「OK」をクリック



※参考画像は単位が違います。

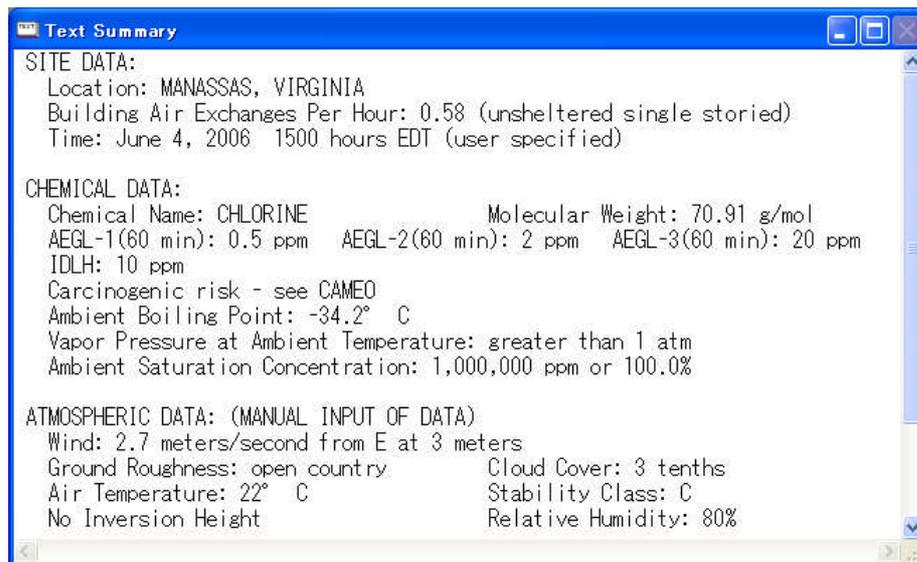
[Atmospheric Options 2]画面

- ① 「Air Temperature」(気温)：「22」を入力 摂氏を示す「C」をクリック
- ② 「Stability Class is」(大気安定度)：「C」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 Inversion」を選択
- ④ 「Select Humidity」(湿度)：「80」を入力
- ⑤ 「OK」をクリック



※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 「Direct」 選択

##### [Direct Source]画面

- ① 「Select source strength units of mass or volume」 : 「kilograms」 を選択
- ② 「Select an instantaneous or continuous」 : 「Instantaneous source」 を選択
- ③ 「Enter the amount of pollutant ENTERING THE ATMOSPHERE」 : 「210」 を入力
- ④ 「Enter the source height」 : 「0」 を入力
- ⑤ 「OK」 クリック

Direct Source

Select source strength units of mass or volume: Help

grams  kilograms  pounds  tons(2,000 lbs)

cubic meters  liters  cubic feet  gallons

Select an instantaneous or continuous source: Help

Instantaneous source  Continuous source

Enter the amount of pollutant ENTERING THE ATMOSPHERE: Help

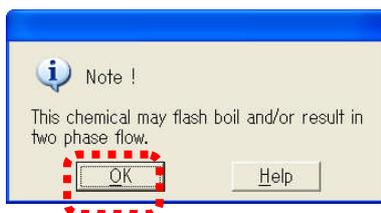
450 pounds

Enter source height (0 if ground source): Help

0  feet  meters

OK Cancel

次の警告が現れる。ここでは「OK」を選択



#### 5. [Text Summary]の確認

Text Summary

SITE DATA:

Location: MANASSAS, VIRGINIA  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.58 (unsheltered single storied)  
Time: June 4, 2006 1500 hours EDT (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE Molecular Weight: 70.91 g/mol  
AEGL-1(60 min): 0.5 ppm AEGL-2(60 min): 2 ppm AEGL-3(60 min): 20 ppm  
IDLH: 10 ppm  
Carcinogenic risk - see CAMEO  
Ambient Boiling Point: -34.2° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2.7 meters/second from E at 3 meters  
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 3 tenths  
Air Temperature: 22° C Stability Class: C  
No Inversion Height Relative Humidity: 80%

流出状況として、以下の表記が追加されたことを確認する。

##### SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 210 kilograms

Source Height: 0

Release Duration: 1 minute

Release Rate: 3.5 kilograms/sec

Total Amount Released: 210 kilograms

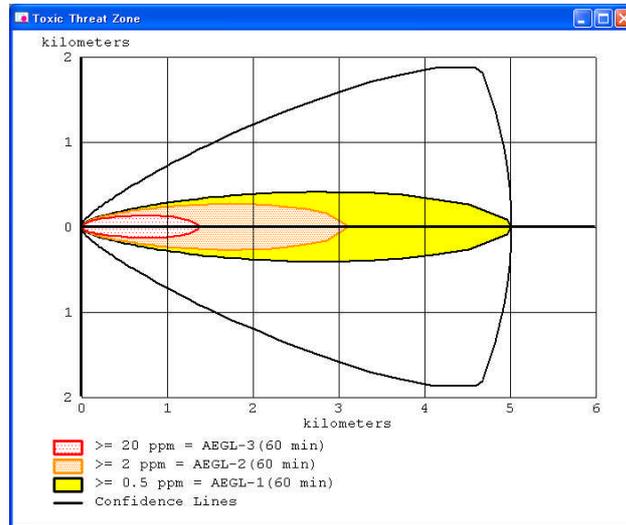
Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

## C) 評価：作業員が吸った塩素ガス濃度の計算

1. **ALOHA** を使って塩素ガスの放出量を求め、危険領域を表示する

「Display」 → 「Threat Zone」 (危険領域)

- ① [**Toxic Level of Concern**]画面で **ALOHA** のデフォルト値が表示される
- ② 「**OK**」 クリック



[**Text Summary**]の最下部に、「Threat Zone」の項目が追加され、瞬間漏えいによる毒性塩素ガスの危険領域は以下の距離と計算される。

最も危険性の高い赤色の領域は、風下方向に **1.4** キロメートルまで広がることわかる。

### THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 1.4 kilometers -- (20 ppm = AEGL-3(60 min))

Orange: 3.1 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2(60 min))

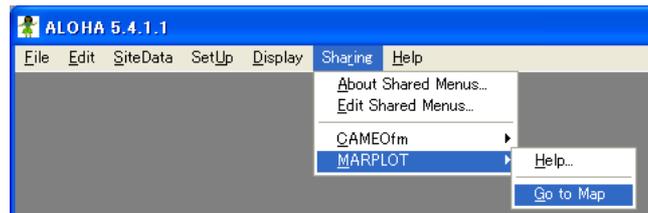
Yellow: 5.0 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1(60 min))

2. **MARPLOT** を使って地図上に危険領域を重ね合わせ、作業員が被害を受けた地点での塩素濃度を計算する

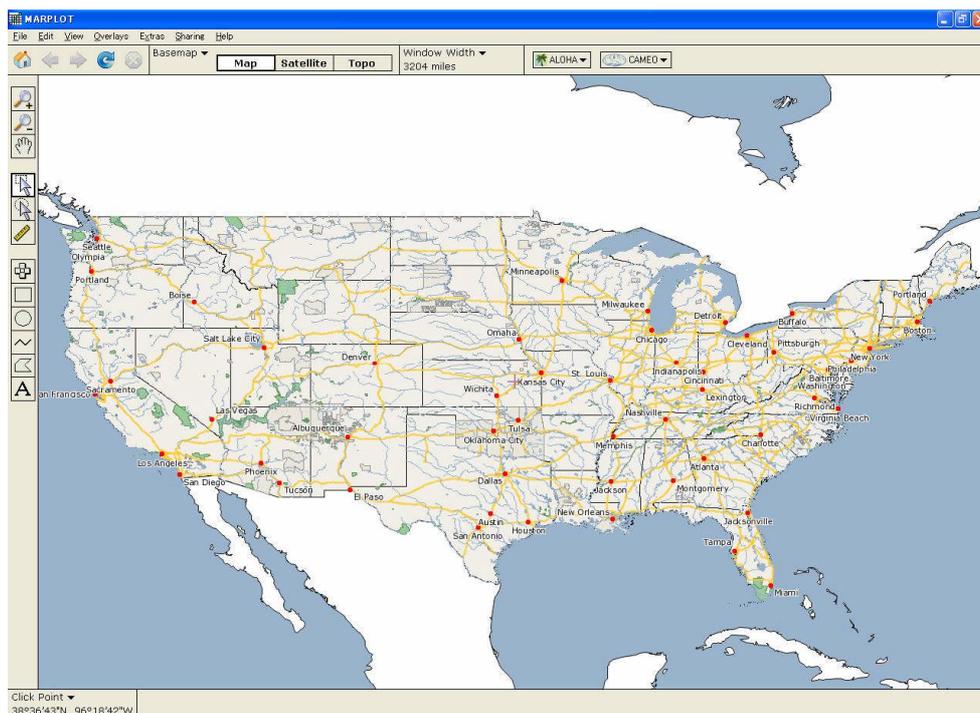
**ALOHA** による評価結果を地図上に展開して、住宅、学校や病院などの施設と、毒性の化学物質の漏えいや、可燃性を有する化学物質の火災・爆発によって生じる危険領域の位置関係を知ることができます。

### I. **MARPLOT** の地図の設定

1. 地図を表示させる：「Sharing」 → 「**MARPLOT**」 → 「Go to MAP」



「**MARPLOT**」がインストールされていれば起動し米国の地図が表示される



2. バージニア州マナサス(Manassas, Virginia)を表示させる：

「View」 → 「Go to Lat/Long」を選択



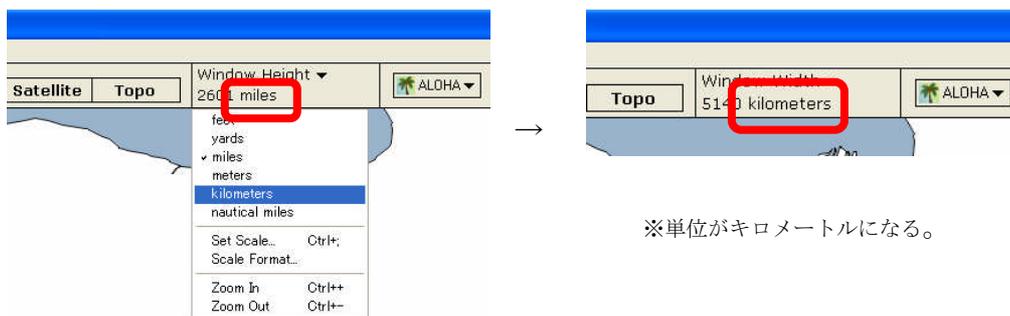
[Go to Lat/Long] (事故発生地点の緯度と経度を入力) 画面

- ① 「Latitude」(緯度): 「Deg」(度): 「38」、「Min」(分): 「47」、「Sec」(秒): 「46」  
北緯を示す「North」を選択
- ② 「Longitude」(経度): 「Deg」(度): 「77」、「Min」(分): 「36」、「Sec」(秒): 「37」  
右端の箱は西経を示す「West」を入力
- ③ 「OK」 クリック



3. 地図全体の設定する :

「Window Height(もしくは Width)」(使用する単位を設定) → 「kilometers」を選択



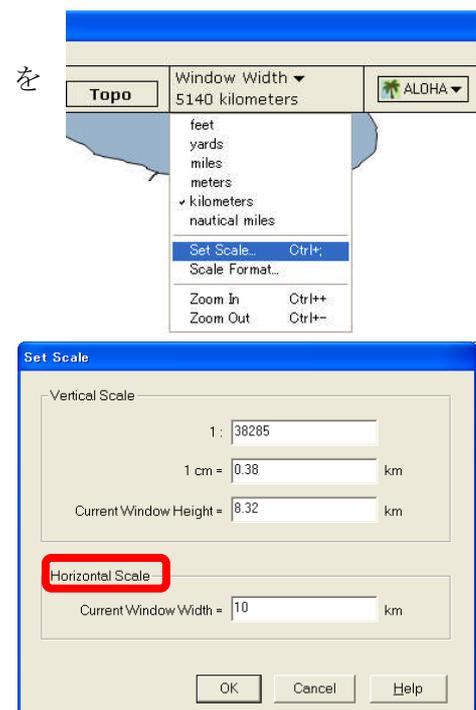
4. 事故発生地点の単位の変更を行う :

「Window Height(もしくは Width)」 → 「Set Scale」を選択

[Set Scale]画面

- ① 「Horizontal Scale」: 「10」 km を入力

- ② 地図が拡大されて表示される



## 5. 詳細な地図画面を表示させる

上部に「**Click here to download additional map features**」の黄色いバーが出現するので、このバーをクリックすると更に詳細な地図データをインターネットから入手できる。



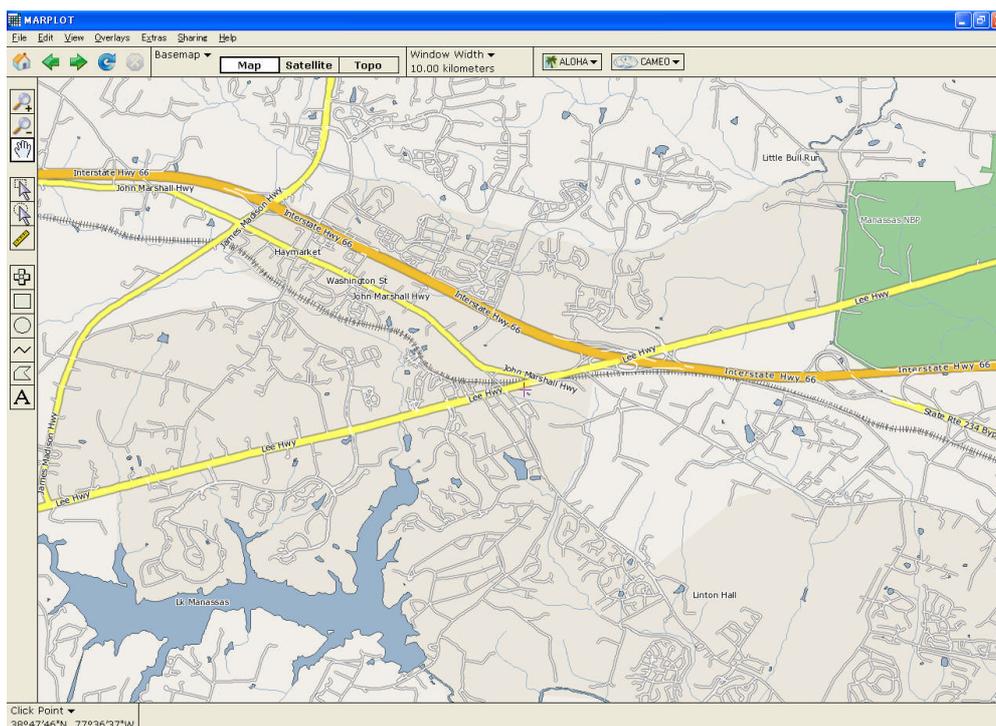
ここではクリック

### [MARPLOT – Download County – Level Roads, Railroads・・・]画面

- ① 「Check Counties to Download」: 「**Prince William County, VA**」が表示
- ② 左のチェックボックスにチェック
- ③ 「**Download**」ボタンをクリック
- ④ 自動的にダウンロード開始



ダウンロードが終了すると、より詳細な地図が表示される。

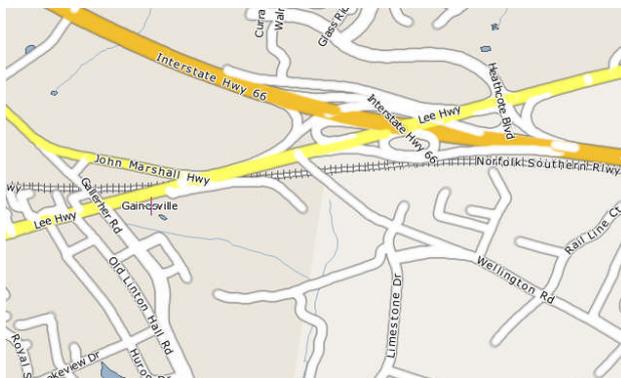


6. 更に詳細な地図に変更する：

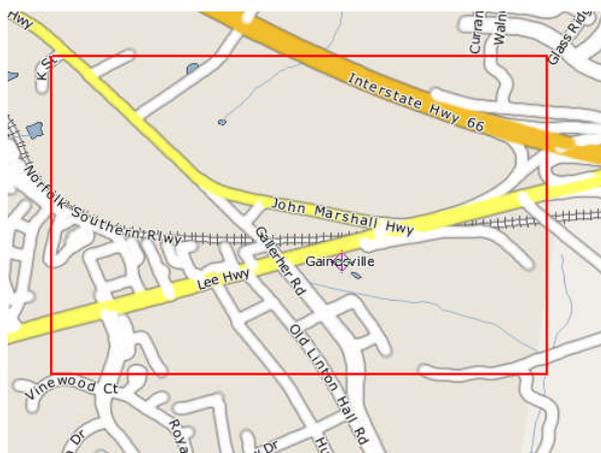
① 「Window Width」 → 「Set Scale」 を選択

② 単位を「5」 km に設定

※作業員が働いていた「Gallerher Road」と「Lee Highway」の交差点付近が表示される。



③ 左のメニュー欄上部にあるルーペマーク(+)  をクリックし、下の画像のように「Gallerher Road」と「Lee Highway」の交差点および、「Norfolk Southern Railway」と「Lee Highway」が交差している部分を含む範囲を拡大する。

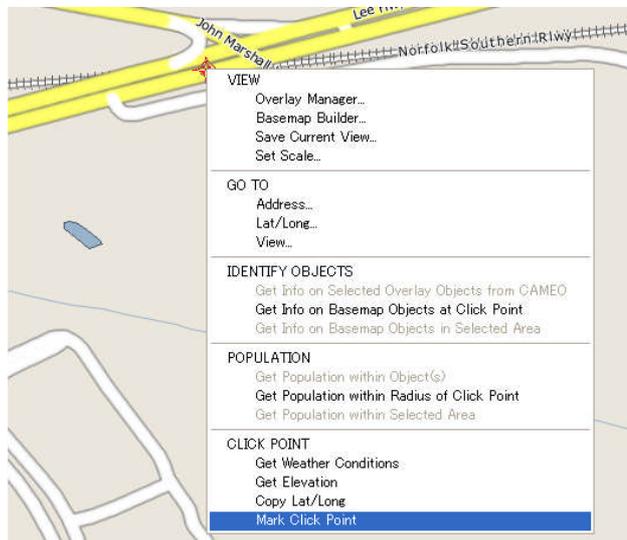
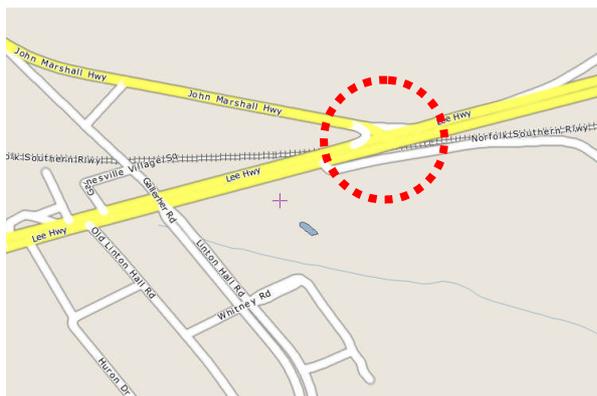


④ 事故発生地点を設定する

「Norfolk Southern Railway」と「Lee Highway」が交差している部分であるので、交差している地点でクリックするとメニューが現れる。

「Click Point」 → 「Mark Click Point」

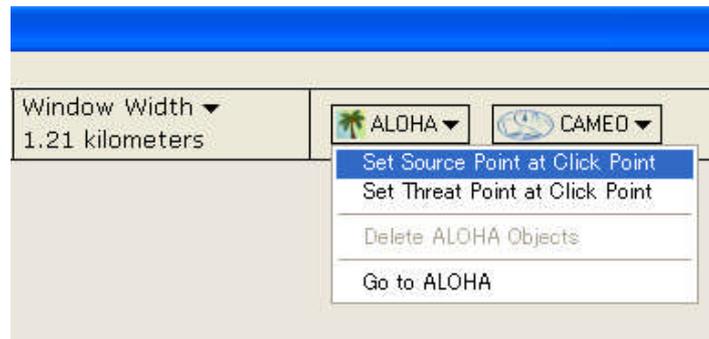
クリック



## II. ALOHA で得られた「Threat Zone」を MARPLOT の地図上に重ね合わせる

1. 上部「ALOHA」の欄をクリックすると、以下の項目が表示される。

① 「Set Source Point at Click Point」を選択



② ALOHA で評価された結果と地図が重なって表示



③ 交差点の作業員が曝露する濃度を知る

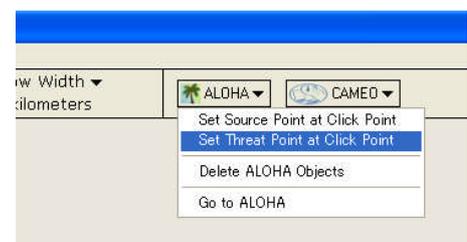
「Gallerher Road」と「Lee Highway」の交差点で右クリック

「Click Point」欄の「Mark Click Point」を左クリック

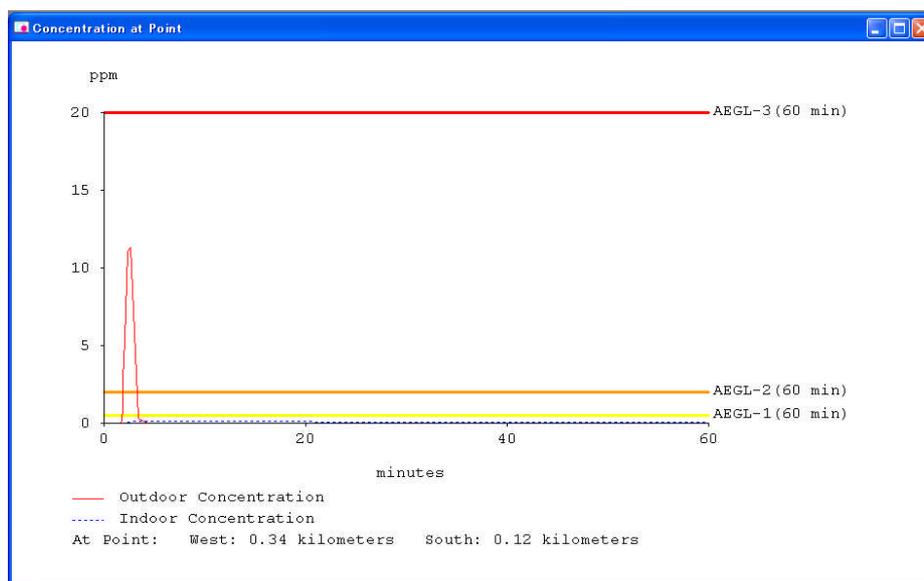
上部の「ALOHA」のボタンを左クリック

「Set Threat Point at Click Point」を左クリック

(マークした地点における化学物質濃度の経時変化を表示)



### III. 交差点付近における塩素濃度の経時変化を表示



[Text Summary]に以下の記述が加わります。

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:

West: 0.34 kilometers

South: 0.12 kilometers

Max Concentration:

Outdoor: **11.3** ppm

Indoor: 0.106 ppm

## 4) 解説

交差点付近における最大塩素濃度は、11.3ppmに達し、作業員は数分間にわたり塩素ガスを吸入する可能性のあることがわかります。しかし、風向は時々刻々と変化しますので実際にこの濃度になるとは限りませんが、もし漏えい事故が発生するとこのような危険性が想定されることがわかります。