

## 5.7 NBC 災害拡散推定技術（三菱重工業）

### 5.7.1 研究の概要と目標

- ・ 本サブテーマの目的は、核兵器・生物兵器・化学兵器テロ（NBC テロ）が発生した場合の被害予測ツールを開発し、その予測結果情報を共有プラットフォームへ提供することによって、防災訓練立案や発災時の対策検討に役立てることである。
- ・ 3ヵ年かけて情報共有プラットフォームと連携可能なNBCテロ時の被害予測シミュレータを構築するが、今年度は次年度以降のシミュレータ製作のための基礎検討として以下を行う（図5.7-1にシミュレータの概念図を示す）。
- ・ NBCテロ時の発災想定の見直し及び各発災に対応できる屋外拡散モデルの構築
- ・ 半閉鎖空間における拡散モデルを複数抽出
- ・ 発災時の被害進展モデルの構築及び次年度開発プロトタイプシステムの概念設計

本年度の研究内容は以下のとおりである。

- 1) NBC兵器の特性調査及びプロトタイプシステムで考慮すべき発災想定の見直し
- 2) NBC剤散布時の被害進展モデル調査・構築（死傷者数、感染者数、感染拡大予測モデル）
- 3) 気流・気象予測モデル及び拡散モデルの構築：拡散モデルへの重力沈降モデルの導入、建物影響モデルの見直し、半閉鎖空間における拡散モデルの調査。
- 4) 次年度作成のプロトタイプシステムの概念設計。情報共有プラットフォーム（防災科研作成のデータベース）との連携について関係諸機関と調整

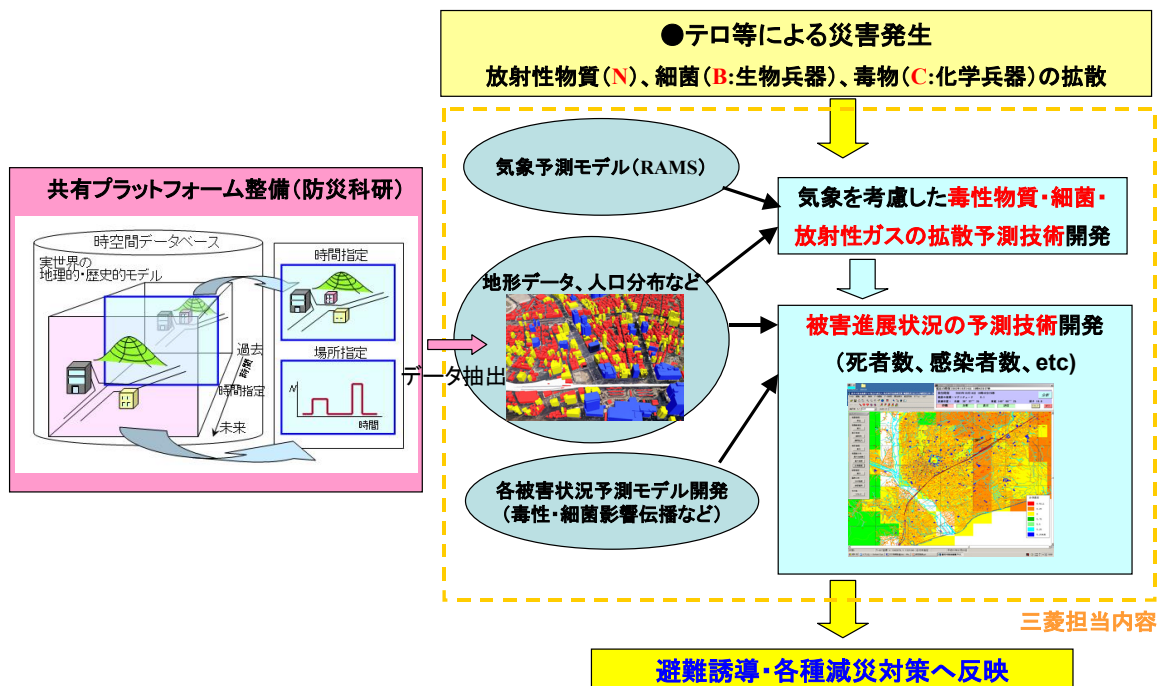


図 5.7-1 被害予測シミュレータの概念図

## 5.7.2 気象モデル及び拡散モデルの構築

気象モデルRAMS<sup>1)</sup>と拡散モデルHYPACT<sup>2)</sup>は被害予測シミュレータで使用される予定であるが、NBC剤の拡散予測に適用する為には以下の3項目の改良が必要であった。

### (1)重力沈降の効果について

HYPACTに重力沈降の効果を機能追加した。沈降速度 $w_T$ には以下の終端速度を用いた。

$$w_T = -\frac{1}{18} \frac{(\gamma_p - \gamma_a) g}{\gamma_a} \frac{d_p^2}{\nu} \quad \text{..... (式 5.7-1)}$$

$\gamma_p, \gamma_a$  : specific weight of particle and air       $g$ :重力加速度

$d_p$  : diameter of particle ,  $\nu$  : dynamic viscosity

6種類の粒径でテスト計算を実施し、重力沈降効果を確認した。図5.7-2に、地上濃度分布の比較を示す。粒径が大きい粒子ほど早めに落下して風上側で地上濃度が上がり、粒径が小さい粒子ほど落下が遅く且つ地上に達しない粒子が増加する為、地上濃度が低くなる、という傾向を捕らえることができた。

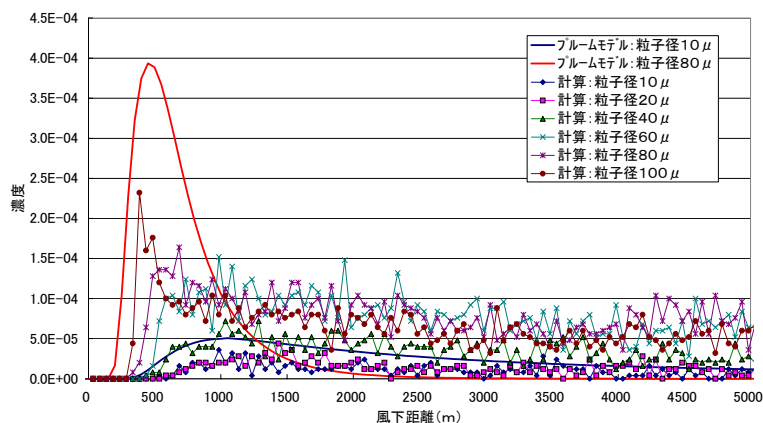


図 5.7-2 地上濃度分布（粒径の違いによる重力沈降効果）

### (2)建物の再現について

市街地での解析を可能にする為、RAMSに組み込まれている建屋再現機能<sup>3)</sup>を整備した。まず単一建屋を対象にテスト計算を実施し、ハンブルグ大学の風洞実験値<sup>4)</sup>と比較した。

図5.7-3に、流跡線及び地上濃度分布の結果を、また、図5.7-4に風速の鉛直分布結果を示す。RAMS（従来）の結果では、建屋内部に空気抵抗係数を与えて建物を近似する手法を使った<sup>5)</sup>。今回の結果は従来の結果より実験値に近づき、風速分布の改善がみられる。

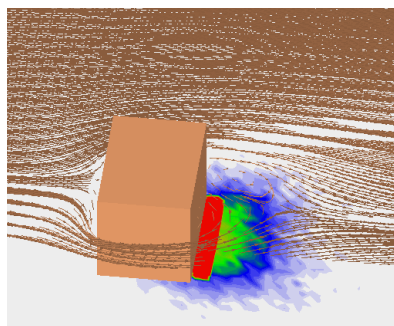


図 5.7-3 流跡線と濃度分布結果

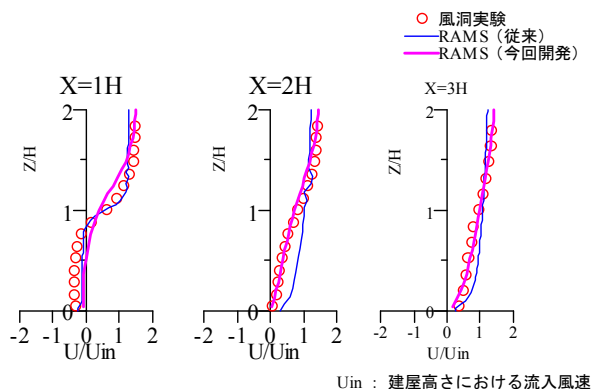


図 5.7-4 風速分布結果（H:建物高さ）

次に、複数建屋（21ヶ）の気流・拡散計算を実施した。計算条件はハンブルグ大学の

風洞実験<sup>4)</sup>にあわせた。図 5.7-5 に建屋半分の高さにおける流跡線を、また、図 5.7-6 に地上濃度結果を示す。現時点で定量的な評価には至っていないが、定性的にはマルチブロックの効果は現れている。即ち、通路中央部は吹き抜けによって加速され、その為に周辺（南北）からの流入が見られる。また、ブロック間での渦が観察され、それらは、規模の大きさは別として、ハンブルグ大学での観察結果にも対応している。

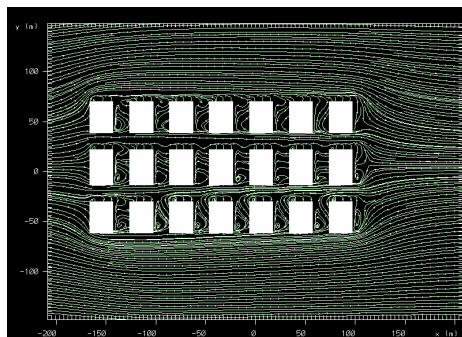


図 5.7-5 流跡線 水平分布 (Z=0.56H)

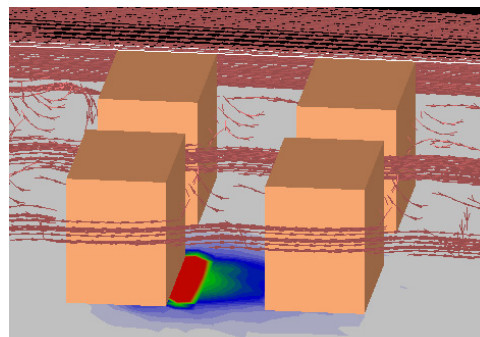


図 5.7-6 流跡線と濃度分布結果

### (3) 暴露量の評価について

HYPACT に本来備わっている平均濃度評価機能を利用し、平均化の代わりに経過時間（時間幅）を濃度値にかけるようにモデルを変更した。暴露量は、以下の式のようになる。

$$\text{暴露量} = \sum_{t=0}^{t_m} C * t^p \quad \dots\dots\dots \text{(式 5.7-2)}$$

t : 暴露時間, tm : 積算時間, C : 濃度, p : 定数 (暫定 1)

平地を対象に、直径 80 $\mu$  の粒子を複数放出するテスト計算を実施した。地上暴露量の 1 時間積算値と 2 時間積算値を比較した結果を図 5.7-7 に示す。2 時間積算値は 1 時間積算値の約 2 倍になっており、暴露量の評価機能は正常であることがわかる。

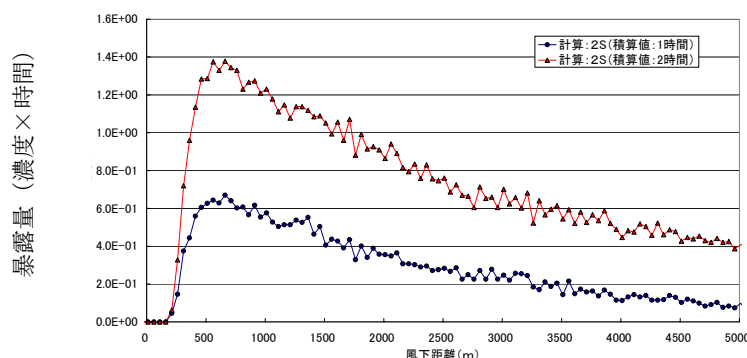


図 5.7-7 平地における暴露量評価

### 5.7.3 半閉鎖空間内拡散モデルの調査

NBC テロについては、広域における検討モデルに検証は多数見られるが、1995 年の東京地下鉄におけるサリン事件のように、地下街やビル内等の半閉鎖空間における検討が必要となる。モデルとしては、煙の拡散に類似しており、物性を変更することによって計算が可能であると思われる。そこで、半閉鎖空間における NBC テロに伴うガス、および煙の拡散問題について、文献を調査した。代表的な文献を表 5.7-1 にまとめた。

表 5. 7-1 半閉鎖空間のNBC テロに伴うガス、煙の拡散問題に関する文献

| 著者 (所属)   | 題名   | 出展  | 計算法 | コード名         | モデル化           | 対象                             | 現象         |
|---|--|---|-----|--------------|----------------|--------------------------------|------------|
| ①<br>KUKKONEN J,<br>RIIKONEN K, NIKMO<br>J, (Finnish<br>Meteorological Inst.,<br>Helsinki, FIN)<br>JAEPPINEN A,<br>NIEMINEN K, (Defence<br>Forces Res. Inst.<br>Technol., Laskiaala, FIN) | Modelling aerosol<br>processes related to the<br>atmospheric dispersion of<br>sarin.                     | J Hazard Mater, VOL.<br>85, NO. 3, pp165-179,<br>2001.8   |     |              | AEROCLOUD<br>E | オープンスペース                       | 有毒ガスの拡散    |
| ②<br>KARLSSON E, (National<br>Defence Res.<br>Establishment, Umea,<br>SWE) HUBER U,<br>(AC-Lab., Spiez, CHE)  | Influence of desorption on<br>the indoor concentration<br>of toxic gases.                                | J Hazard Mater, VOL.<br>49, NO. 1, pp15-27,<br>1996.7   |     |              | Langmuir理<br>論 | 実験との比較                         | 有毒ガスの付着と脱着 |
| ③<br>渡部勇市, (消防研)  | 地下への挑戦 地下鉄火災<br>における駅構内の煙流動シ<br>ミュレーションの試み—韓<br>国大さきゅう市地下鉄中央路<br>駅の場合—                                   | 土木施工, VOL. 45, NO.<br>2, pp14-19, 2004.2  | CFD | PHOENIC<br>S |                | 韓国大さきゅう(テグ)市<br>の地下鉄火災の追解<br>析 | 煙流動・拡散     |
| ④<br>NAESLUND E,<br>(National Defence Res.<br>Establishment, Umea,<br>SWE)  | Simulation of a terrorist<br>attack with chemical<br>substances in a<br>department store.                | Proc 6th Topical Meeting<br>on Emergency<br>Preparedness and<br>Response San Francisco,<br>Calif. 1997, pp159-162,<br>1997. | CFD |              |                | 2階建ての百貨店を想<br>定                | サリンの拡散     |
| ⑤<br>若松孝旺, (東京理大 工)   | 地下街における煙制御に関<br>する研究   | 災害の研究, VOL. 23,<br>pp90-108, 1992.3   |     |              | 一層モデル          | 1/20モデルの実験と<br>比較              | 煙流動・拡散     |
| ⑥<br>WONG N H, CHEW M Y<br>L, HO J C L, (National<br>Univ. Singapore, SGP)  | A Study of Fire in a<br>Concealed Basement<br>Using Computational<br>Fluid Dynamics (CFD)<br>Simulation. | Archit Sci Rev, VOL. 44,<br>NO. 4, pp449-460,<br>2001.12.   | CFD | PHOENIC<br>S |                | 実験との比較                         | 煙流動・拡散     |

#### 5.7.4 発災想定を検討

次年度にテロによるNBC剤散布の影響予測システムを試作するが、今回の研究において、すべての発災想定（散布物質、散布形態、など）に適用できるシステムを構築することは困難であるため、典型的な発災想定に絞ったシステム構築を目指す。ここでは、NBC兵器の特徴<sup>6~10</sup>をとりまとめた上で、想定すべきテロ事象について検討した結果を示す。

##### (1) 化学兵器の特性調査

化学剤はその特徴により、幾つかのカテゴリーに分類できる。

過去にテロとして使用された実績や、WHO で検討された実績、毒性を考慮すると、テロ対策として考慮すべき典型的な事象は神経ガス（サリン及びV X）を用いたテロであると考えられる。（各化学剤の特徴については、表 5.7-2 参照）

##### (2) 生物兵器の特性調査

米国疾病管理センター（CDC）では、生物兵器（生物剤）をリストアップし、それらを感染性・伝染性、公衆に与える影響（致死率など）、認知度、特別な準備の要否などの基準に基づいて3種類のカテゴリーに分類している。

今回の開発システムでは、優先度が高いカテゴリーAの病原体のなかの数種類について発災想定を行う。過去にテロとして使用された実績や、使用時の影響の大きさを勘案すると、テロ対策として考慮すべき事象は炭疽菌、天然痘であると考えられる。（各生物剤の特徴については、表 5.7-3 参照）

##### (3) 核兵器テロ（ダーティボム使用）の特性調査

ダーティボムはダイナマイトに代表される従来の爆弾と、使用済み核燃料棒或いは医療用放射性各種を組み合わせたものである。ダーティボムによる被害は、爆風による影響（従来爆弾による影響）と放射性物質拡散による被ばく影響が挙げられる。しかしながら、被ばく影響に関して言えば、重大な被害に至る可能性は低いことが文献<sup>10</sup>によって指摘されている。よって、今回は、ダーティボム使用は発災想定<sup>(\*)</sup>としては考慮しないこととした。

(\*) 今回のシステムは核爆弾によるテロは考慮しないものとする。

##### (4) 発災想定

(1)～(3)を勘案し、予測シミュレータで想定すべきテロの形態は以下のとおりとする。

###### <化学剤散布>

- ・ 種類：サリン、V X→実際使用された実績もあり、過去のレポートでも試算例がある。
- ・ 散布形態：点源によるエアロゾル噴霧（粒径は100 μm）→上空及び地上源

###### <生物剤散布>

- ・ 種類：炭疽菌及び天然痘
  - 炭疽菌：実際使用された実績もあり、過去のレポートでも試算例がある。また、生物兵器として最も理想的であり使用される可能性が高い。ヒトからヒトへの伝染がないため、伝染がない場合のモデル構築の対象とする。
  - 天然痘：その影響の大きさから最も危惧されている。ヒトからヒトへの伝染もあり、伝染モデルの構築の対象とする。
- ・ 散布形態：点源によるエアロゾル噴霧（粒径は1～5 μm）→上空及び地上源

表 5.7-2 化学兵器剤の特徴

| カテゴリー | 主な化学剤                  | 特徴  | 備考  |
|-------|------------------------|---|---|
| 神経剤   | G 剤<br>(サリン, タブン, ソマン) | 毒性が強く, 致死的. 揮発性が高い. 蒸気やエアロゾルで散布.                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>農薬を製造する能力があれば神経剤の製造は可能. 実際の多くの国が保有していると思われる. サリンはオウム心理教テロ (噴霧と液体) で使用.</li> <li>WHO レポートには VX とサリンを上空から 4ton 散布した時の影響評価について記述. スプレータンクなどのよって生じるエアロゾル粒径は 100<math>\mu</math>m 程度 (WHO レポート 1970)</li> </ul> |
|       | V 剤<br>(VX)            | 毒性が強く, 致死的. 揮発性は低く, 液体で撒かれた場合は持続性が高いが, エアロゾル状態でまかれた場合は持続性が低くなる. |   |

表 5.7-3 生物兵器 (CDC分類: カテゴリー-A) の特徴

| 生物剤 | 特徴   | 備考   |
|-----|--|--|
| 炭疽菌 | エアロゾル感染する. ヒトからヒトへの感染はない. 無治療では致死率は 90%に及ぶ. 生物兵器として理想的な病原菌 (環境変化に強く, エアロゾル化が容易) と言われており, テロに用いられる可能性は高い. | オウム心理教が炭疽菌を用いたテロ (散布) を計画. 米国では郵便物によるテロが発生. WHO 報告では炭疽菌エアロゾル散布の影響試算例がある. |
| 天然痘 | 感染力, 致死率が高い. エアロゾル感染のほか, ヒトからヒトへの感染もある. 天然痘テロが人口密集地で起これば, 数百万人の患者・死者が予測される. エアロゾルとして安定している.              | エアロゾルで散布されるテロが最も危惧されている. 米国ではテロ対策上, 最も重要として位置づけられている.                    |

・生物剤の散布形態としては噴霧器を利用したエアロゾル化, 白い粉を散布し舞い上がり効果をねらう, 食品に添加などがある. エアロゾルで霧される場合は粒径 1 $\mu$ m $\sim$ 5 $\mu$ m として散布される. (最も効果的のため.)

## 5.7.5 被害進展推定モデル

### (1) 化学兵器使用時の被害推定モデル

化学剤（神経ガス）が使用された場合の被害予測モデルの概要を表 5.7-4 に示す。なお、ステップ 3 中の化学剤の暴露量の閾値は、文献 11)を参照のこと。

表 5.7-4 化学剤による影響予測モデル概要

| 手順    | 内容   | 備考・問題点                             |
|-------|--|------------------------------------|
| STEP1 | 発災条件の設定 <ul style="list-style-type: none"> <li>化学剤の放出量[kg/s]または[kg]</li> <li>化学剤の放出位置，放出粒径</li> <li>気象条件</li> </ul>  | 入力条件とする                            |
| STEP2 | 気流・拡散計算 <ul style="list-style-type: none"> <li>各地点における生物剤の濃度[kg/m<sup>3</sup>]の時刻歴を予測</li> </ul>   | 第 2 章で記述したモデルを用いる。                 |
| STEP3 | 暴露量評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>濃度値を基に各地点での暴露量 (mg・min/m<sup>3</sup>) を推定</li> </ul>  | 第 2 章で記述したモデルを用いる。                 |
| STEP4 | 死亡者発生領域特定 <ul style="list-style-type: none"> <li>暴露量の閾値により死亡有無を判定</li> </ul> 死亡者数推定 <ul style="list-style-type: none"> <li>上記領域と人口密度データを基に死亡者数を推定</li> </ul> | 人口分布データを情報共有プラットフォームからインプットする必要あり。 |

### (2) 生物兵器使用時の影響評価モデル

化学剤（神経ガス）が使用された場合の被害予測モデルの概要を表 5.7-5 に示す。生物剤の種類によっては、一次感染だけではなく、ヒトからヒトへの二次感染を考慮する必要がある。なお、ステップ 4 中の生物剤の吸入量の閾値は文献 11)を参照のこと。

表 5.7-5 生物剤影響予測モデル概要

| 手順                | 内容  | 備考・問題点  |
|-------------------|---|---|
| STEP1             | 災害条件の設定 <ul style="list-style-type: none"> <li>生物剤の放出量[kg/s]または[kg]</li> <li>生物剤の放出位置，放出粒径</li> <li>気象条件</li> </ul> | 入力条件とする   |
| STEP2             | 気流・拡散計算 <ul style="list-style-type: none"> <li>各地点における生物剤の濃度[kg/m<sup>3</sup>]の時刻歴を予測</li> </ul>                    | 第 2 章で記述したモデルを用いる。  |
| STEP3             | 吸入量評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>各地点での吸入量推定</li> </ul>  | 濃度から吸入量への換算   |
| STEP4             | 一次感染者数推定 <ul style="list-style-type: none"> <li>吸入量の閾値により感染有無を判断</li> <li>人口密度と感染有無から感染者数を推定</li> </ul>             | 一次感染は場所毎の吸入量によって決定されると仮定。<br>人口分布データを情報共有プラットフォームからインプットする必要あり。 |
| STEP5<br>(天然痘の場合) | 二次感染者数推定 <ul style="list-style-type: none"> <li>一次感染者数を初期値とし，二次感染者数を予測 (SIR モデル[後述]又はその他の適当モデルにより推定)</li> </ul>     | SRI モデル中のパラメータ設定<br>他の適当なモデルの選定                                 |

(3) 吸入量評価 (STEP3) について

空気中の生物剤濃度  $C$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] は拡散計算モデルを用いて推定可能である。  $C$  が既知の場合に、吸入量 (spores(菌の株数), orgs(細胞数)) を推定するには以下の方法を用いる。

- <方法案> 1) 天然痘 (及びペスト), 炭疽菌の 1org あるいは 1spore の重量を  $W$  とする。  
 2) 吸入量 = 濃度  $C \times$  単位時間あたり呼吸量  $Q \times$  暴露時間  $t \times 1/W$

(4) 二次感染モデル (STEP5) について

天然痘を対象とした場合は、初期の一次感染者の他人との接触による二次感染を考慮した予測が必要となる。二次感染者数の変動を予測するモデルとしては SIR モデル<sup>12)</sup> が挙げられる。SIR モデルの概要は以下のとおりである。

<SIR モデル>

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \cdot S \cdot I \quad \frac{dI}{dt} = -\gamma \cdot I + \beta \cdot S \cdot I \quad \frac{dR}{dt} = -\gamma \cdot I \quad N = I + R + S$$

..... (式 5.7-3)

ここで、 $N$  : 総人口  
 $S$  : 感受性人口 (まだ未感染の人口)  
 $I$  : 現時点の感染者数  
 $R$  : 隔離された人口 (または死亡者数, 感染したが回復して免疫ができた人数)  
 $\beta$  : 感染率  
 $\gamma$  : 隔離率

すなわち、未感染者数は感染率及び感染者数に比例して減少し、感染者数は感染率・感染者数に比例して増加すると共に、隔離率・感染者数に比例して減少するモデルである。

(式 5.7-3) で表現される SIR モデルを用いて感染者数の増減を試計算した結果を図 5.7-8 に示す。感染者数は時間と共に増加するが、やがて感受性人口が減少してくるためにその増加率は頭打ちになり、やがて感染が収束していく様子が再現できている。

このような SIR モデルを用いた感染者数の増減がある程度、実現象を再現できることも報告されている。(文献 13))

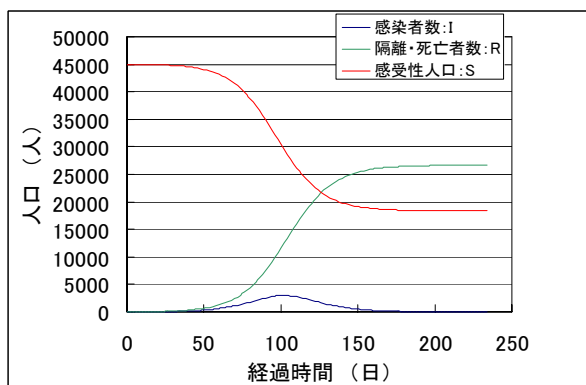


図 5.7-8 SIR モデルによる試計算結果

(計算条件 :  $N=45000$ ,  $\beta=5E-6$ ,  $\gamma=0.15$ , 初期感染者数=10)

次年度製作するシステムには基礎的なモデルとして SIR モデルを導入する予定であるが、その際の課題としては以下の点が挙げられる。次年度に詳細設定を行う予定である。

- ・ SIR モデル中の各パラメータ (天然痘に対する  $\beta$ ,  $\gamma$ ) の値
- ・ SIR モデルを天然痘に適用する場合の、モデルの妥当性の検証方法



## 5.7.6 被害予測シミュレータシステムの概要

### (1) システムの概要

次年度製作すべき被害予測シミュレータの特性は以下のとおりである。また、システム の概念図を図 5.7-9 に示す。

- ・ 前述のとおり、本システムは都道府県ベースで整備できる程度の安価なものを想定する必要がある。そこで、今回開発するシステムはパソコンを使用し、短時間で影響評価が可能なシステムとする。なお、次年度開発するシステムは東京都を対象として開発するものとする。（付録 1 参照）
- ・ 地点が限定できるため、各気象条件における気流場は気象モデルを用いてあらかじめ予測しておき、気流データベースとしてパソコンに内蔵しておく。
- ・ 発災があった時点で、漏洩量、漏洩位置を入力し、拡散計算を実施し、その結果を基に被害状況を推定する。
- ・ 計算に必要な地形データ、人口分布データはプラットフォームから入手する。
- ・ 計算の出力はプラットフォームを通じて他のユーザーへ web 経由で配信する。

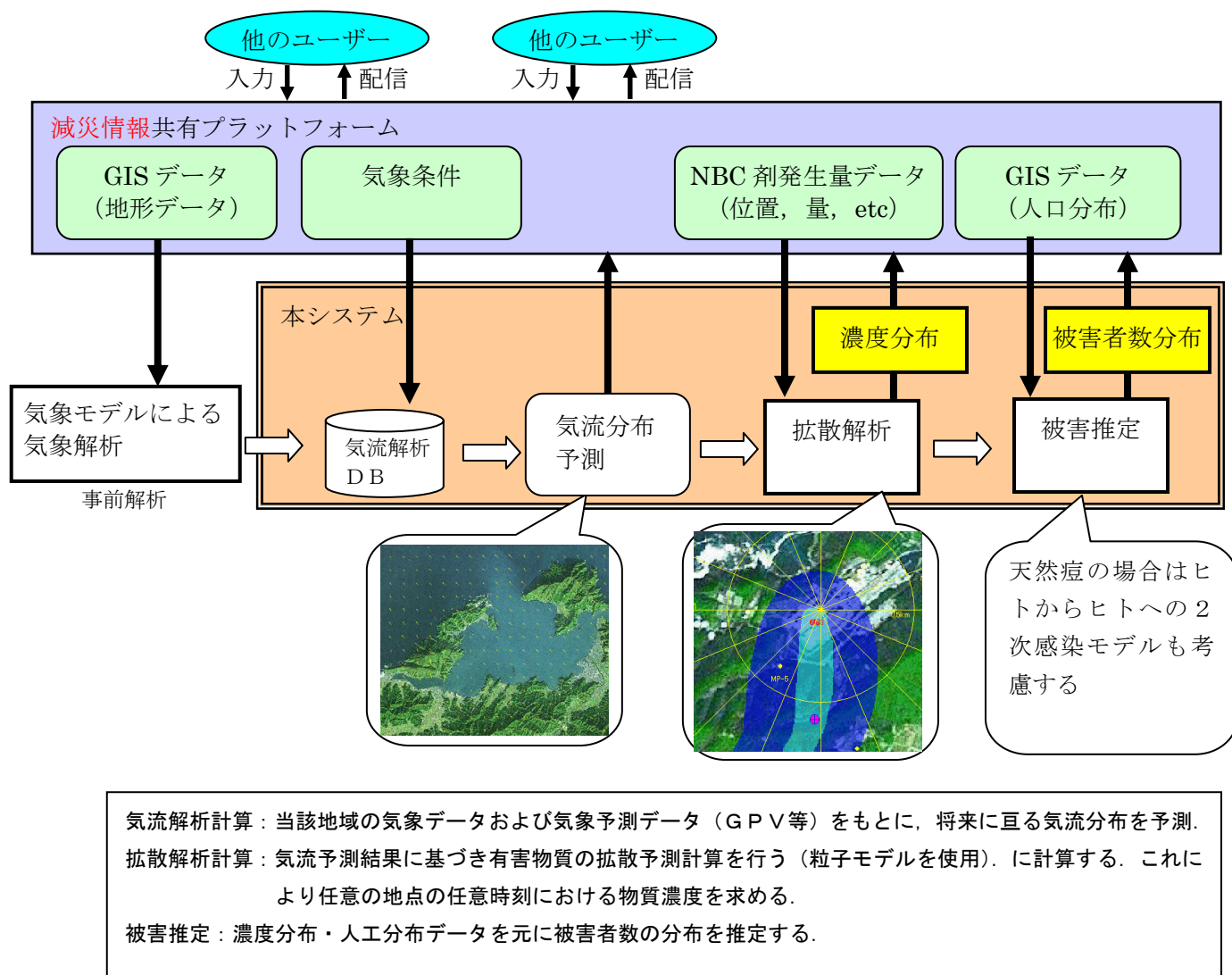


図 5.7-9 被害予測システムの基本構成

本システムの主な入出力項目は以下のとおりである。

#### <入力項目>

- ①気象予測データ（GPV データをオンライン入力または手入力）
  - ・ 解析対象地域を含む気象データを使用
- ②汚染物発生源データ（手入力）
  - ・ 汚染物種別，発生源位置，発生量（時系列データ）
  - ・ オペレータが解析時に設定する。
- ③GISデータ（データベース）
  - ・ 解析対象地域を含む地形データ（標高データ）
  - ・ 建屋データ

#### <出力項目>

以下の各地点，各時刻における数値データに基づき，ベクトル図等を表示する。

- ①気象解析結果
  - ・ 風向，風速，気温データ
- ②濃度解析結果
  - ・ 濃度データ
  - ・ 暴露量（暴露時間×濃度）データ
- ③死傷者数分布予測結果
  - ・ 被害者数データ

## (2) 情報共有プラットフォームとの接続について

防災科研ならびに産総研が策定した「減災情報共有プロトコル」が，被害予測シミュレータの入出力処理に適用可能かの検討を行った。表 5.7-6 に，被害予測シミュレータの入出力項目と，入出力先，想定されるデータ形式を示す。被害予測シミュレータが他のサブシステムに提供するデータ項目は，解析結果の画像データであるが，減災情報共有プロトコルのファイル添付機能を用いて実装可能の見込みである。

なお，被害予測シミュレータでの解析オペレーションは，自システムの端末画面で行い，解析結果は他システムから参照できるよう時空間GISへ登録するという運用を想定している。（図 5.7-10 のように本シミュレータは災対本部に設置されるため）

表 5.7-6 被害予測シミュレータの入出力方式

| 種別 | 入出力項目          | 入出力先（形式）  |
|----|----------------|---|
| 入力 | 気象予測データ        | 気象庁（単独でインターネットより取得）   |
|    | 汚染物発生源データ      | 自端末（画面で手入力）   |
|    | 解析対象地域を含む地形データ | P F（範囲指定で標高値検索取得，または地形データファイルの取得）<br>※解析対象が決まっている場合は，データファイル内蔵でも可 |
|    | 建屋データ          | P F（範囲指定で検索取得）  |
|    | 人口分布           | P F（範囲指定で検索取得）  |
| 出力 | 気象解析結果         | 自端末へ表示  |
|    | 汚染物濃度分布        | P F（分布図画像データとしてファイル添付）  |
|    | 暴露量（暴露時間×濃度）分布 |   |
|    | 死傷者数分布予測結果     | 自端末へ表示<br>P F（分布図画像データ・範囲指定の数値・行政区画別数値）                           |

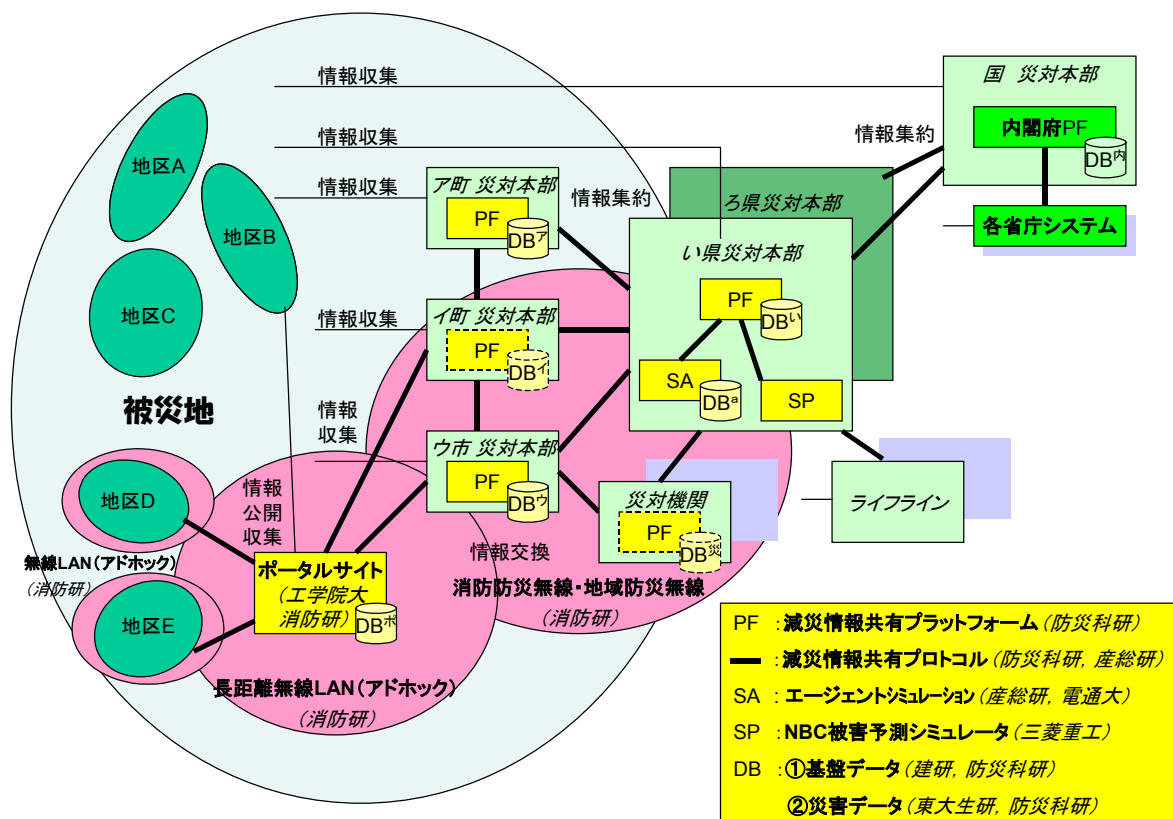


図 5.7-10 被害予測シミュレータの位置付け

来年度は以上の検討結果をもとに，被害予測シミュレータと情報共有プラットフォームをつなぐインターフェース部を作成する予定である。

### 5.7.7 NBC 災害拡散推定技術のまとめ

今年度の成果と次年度の課題を以下にまとめる。

#### <今年度の成果>

- 1) NBC剤の特性を調査し、シミュレータ試作時に、想定すべき代表事例を検討した。  
→神経剤（サリン・VX）散布，天然痘・炭疽菌散布
- 2) 被害者数推定モデルを構築した。
  - ・ 生物・化学剤の人体影響閾値調査及びモデル構築
  - ・ 既存人口データベース調査
  - ・ 二次感染モデル調査・構築：SIRモデルの基礎検討
- 3) 気象・拡散モデルの構築
  - ・ 生物・化学剤の散布形態を考慮した拡散モデル構築（エアロゾルの沈降モデルの導入）
  - ・ 気象モデルRAMSによる建物周り計算手法の導入予測精度の検証
  - ・ 半閉鎖空間モデルの調査し，特徴について整理
- 4) 情報共有プラットフォームとの接続方法の概念設計

#### <次年度の課題など>

- 1) 次年度では，システムの試作，情報共有プラットフォームとのインターフェース部作成が課題となる。
- 2) システム試作にあたっては東京都との連携を図ると共に，安全・安心に関する情報交換を行う。
- 3) 生物剤影響・二次感染モデルの詳細パラメータ設定・妥当性検討については引き続き検討を続ける。

#### 参考文献

- 1) RAMS Technical Description, <http://www.atmet.com/>
- 2) HYPACT Technical Description, <http://www.atmet.com/>
- 3) Adcroft ら, Representation of Topography by Shaved Cells in a Height Coordinate Ocean Model, Mon. Wea. Rev., 125, pp.2293-2315, 1997
- 4) ハンブルグ大学風洞実験データベース <http://www.mi.uni-hamburg.de/cedval/>
- 5) 原ら, 原子力緊急時対応システムにおける気象／拡散解析モデルの高度化に関する研究, 第18回風工学シンポジウム論文集, pp.47-50, 2004
- 6) WHO:Public health response to biological and chemical weapons WHO guidance, 2004.
- 7) 生物化学テロ災害対処研究会:必携 生物化学テロ対処ハンドブック, 診断と治療社, 2003.
- 8) 井上尚英:生物兵器と化学兵器, 中央新書, 2003.
- 9) WHO: Health aspect of chemical and biological weapons, 1970.
- 10) アンジェロ・アクィスタ著, 楡井浩一訳:生物・化学・核テロから身を守る方法, 草思社, 2003.
- 11) 生物化学テロ災害対処研究会:必携 生物化学テロ対処ハンドブック, 診断と治療社, 2003.
- 12) 稲葉寿:人口と伝染病の数理, 応用数理, Vol12, No.3, 2002.
- 13) 小林宣道:感染症のダイナミクス, 札幌医学雑誌, 第72巻, 3-6号, pp23-29, 2003.