

5. 2 土壌・地下水汚染対応マップの試作

5. 1で提案した管理の考え方に基づいて、シミュレーションモデルによる計算結果を現場の管理に活用するためのツールとして、土壌・地下水汚染対応マップを試作した。試作にあたっては、汚染物質がどのような経路で、どのくらいの時間で拡散していくかを把握できるようにするため、対象フィールドにおける地下水の流動状況や、それに伴う汚染物質の拡散状況を、流線ベクトル線やコンターを用いて表示することとした。

本研究では、地下水流動や汚染物質の挙動把握などシミュレーションモデルによる計算結果を、土地利用やPRTRに基づく届出事業所位置など様々な情報と重ね合わせることによって汚染物質の管理に関する検討に活用できるように、計算から図示までの一連の作業をGIS上で行えるようにシステムを構築した。計算結果の表示方法を、巻末に参考資料として添付した。

(1) 地下水流動の計算

まず任意の地点を設定し、その地点から河川に向かってどのように地下水が流れているか（流線フォワード）、その地点にはどのような経路で地下水が流れ込んでいるか（流線バックワード）の2つの経路について計算を行った。地下水流動の概念図を図-5.2.1に示す。流線フォワードは、地表面に設定した設定地点から浸透し、三次元流動場に沿って地表水に到達する流線を表現している。一方、流線バックワードは、ある地点から浸透し、三次元流動場に沿って地表面に設定した設定地点に到達する流れを描いている。また、流線フォワードおよびバックワードは、設定地点が涵養域にあるか河川等湧出域にあるかによって描かれ方が異なる。

流線フォワードおよび流線バックワードそれぞれの結果を図-5.2.2および図-5.2.3に示す。

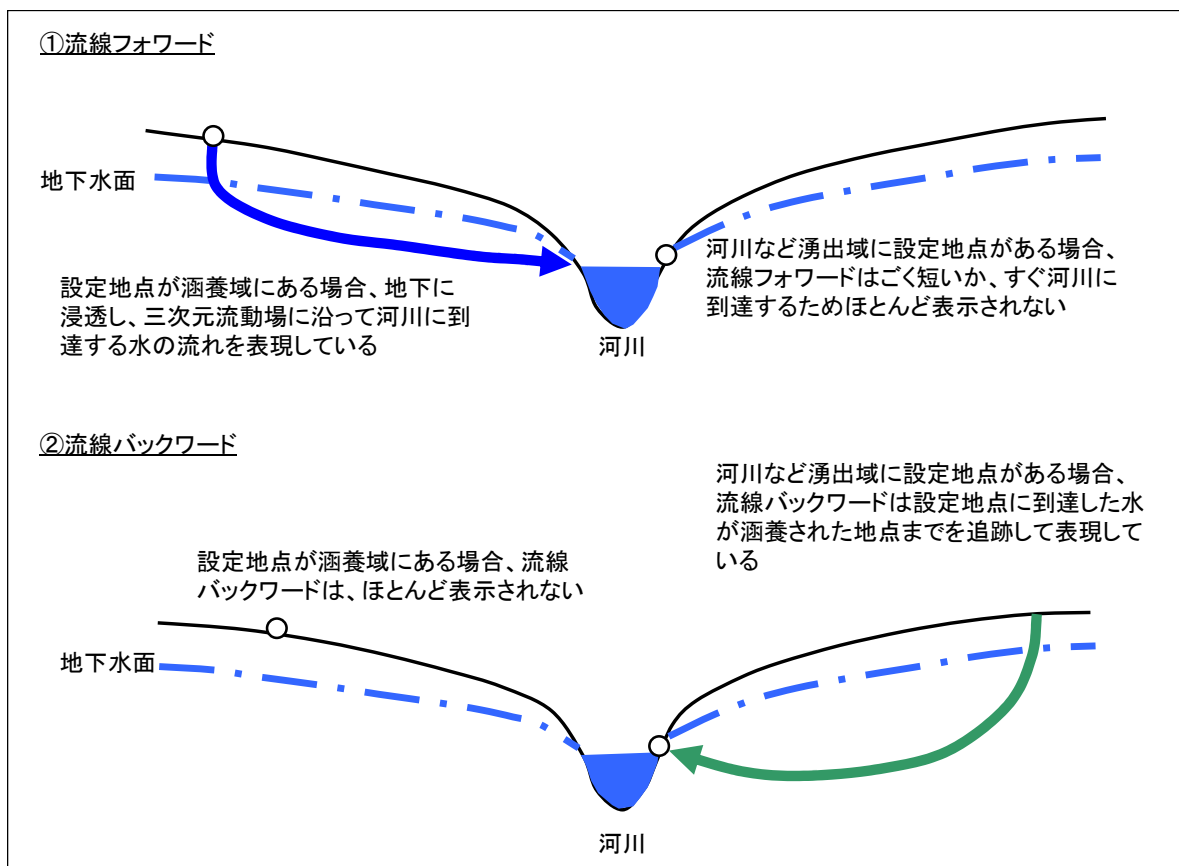


図-5.2.1 地下水流動の概念図

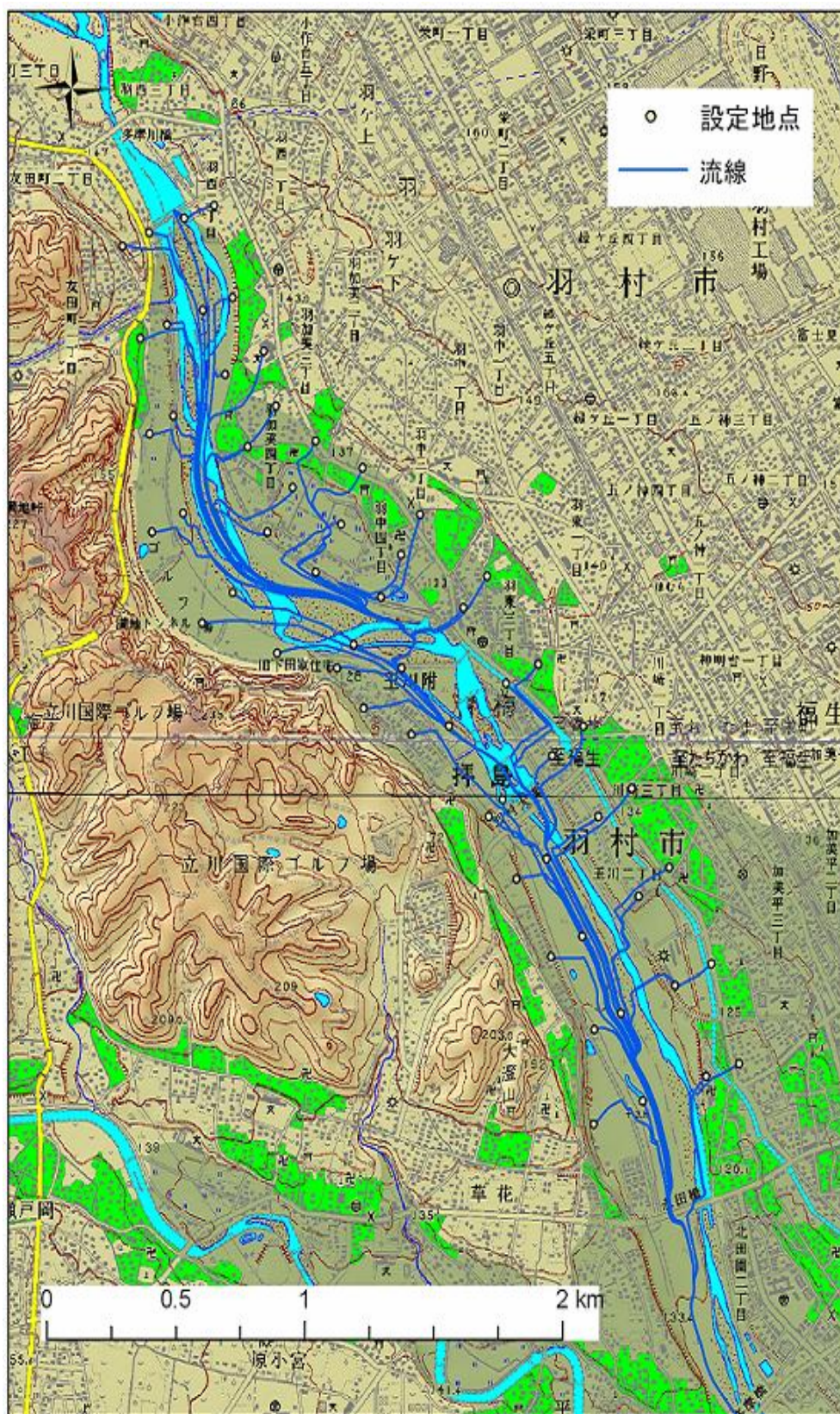


図-5.2.2 地下水流動図（流線フォワード）

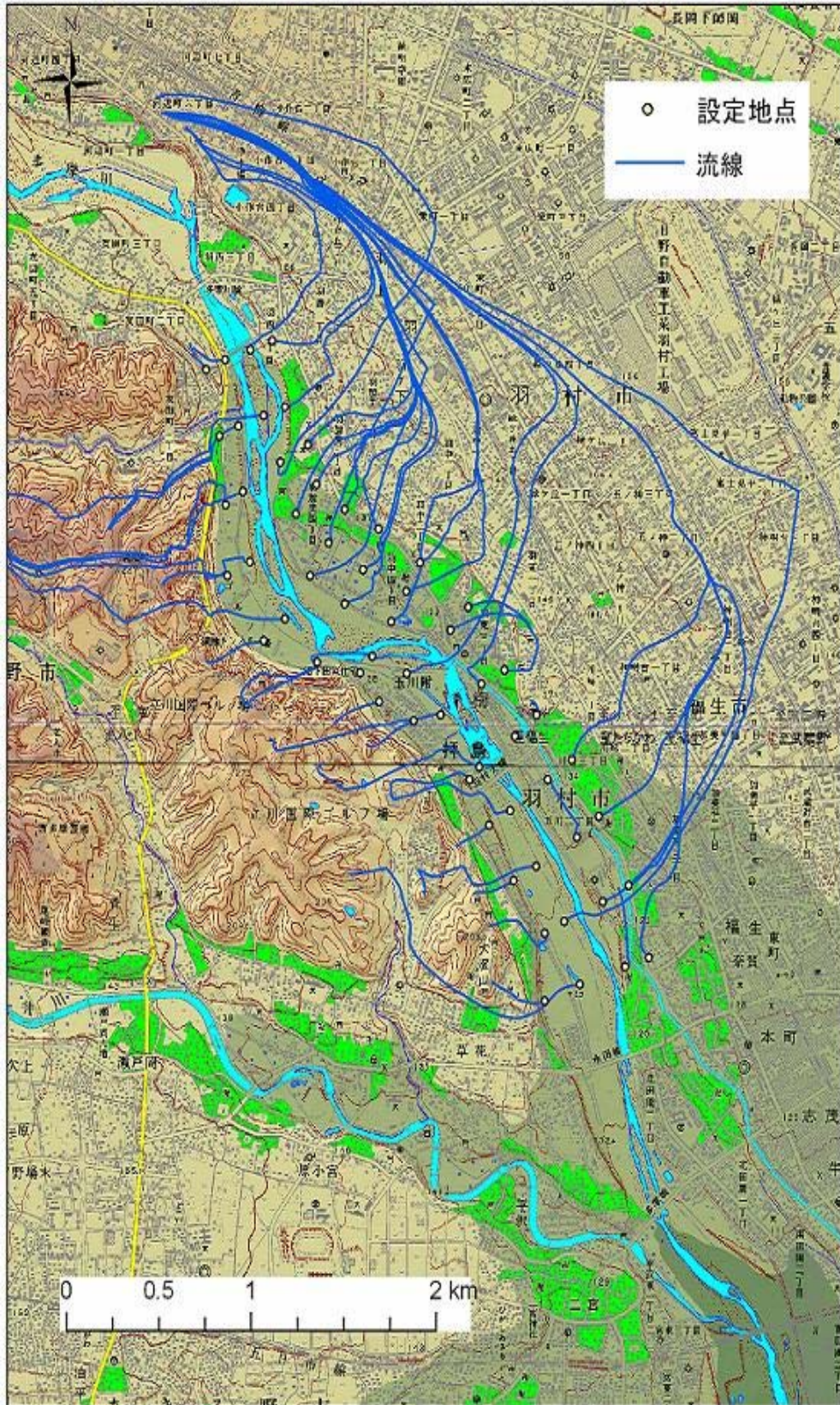


図-5.2.3 地下水流動図（流線バックワード）

(2) 汚染物質拡散状況

ヒ素、トリクロロエチレン、ベンゼンの拡散状況についてシミュレーション計算を行い、マップに示した。なお、ここで設定した物質流出点や流出物質量等は、マップを作成するために任意に設定したものであり、実際の汚染事故や、事業所で扱われている量をもとにしたものではない。

①ヒ素

まず、ヒ素が流出したと仮定する地点（流出点）を任意に設定した。また、河道内（図-5.2.2において地下水が収束している部分）の検出地点を設定した。流出点から流出したヒ素が検出地点で検出されるまでの時間が「河川への到達時間」となる。検出地点がまばらに分布していると、検出地点までの距離が長い流出点と短い流出点ができてしまう（図-5.2.4 参照）ため、検出地点は河道を埋めるように数多く設定した。

次に、物質量の設定を行った。ヒ素は水に易溶であり、地下水に溶けて拡散することから、表-5.2.1 中の「流出濃度」で示す濃度のヒ素水溶液が流出すると設定した。用いたシミュレーションモデルでは、水溶液濃度を用いる際に体積濃度で表現するため、表に示す体積濃度を設定した。この濃度の水溶液が 1 日にどのくらいの量流出したかを設定したものが表-5.2.1 中の流出ヒ素水溶液量である。設定した流出濃度、流出ヒ素水溶液量は、固体のヒ素に換算すると 1 日 50kg の流出に相当する。

さらに、検出地点にヒ素が到達したと判断する基準となる検出濃度を、表-5.2.1 で示すように 0.001mg/l（環境基準値の 1/10）と設定した。

設定した濃度・水溶液量で流出点 A から流出したヒ素が、検出地点のいずれかにおいて検出されるまでの時間が「(流出点 A から流出した) ヒ素の河川への到達時間」である。なお、今回のケースでは、検出地点で検出されるまでヒ素が流出し続けると仮定した。

流出点すべてにおいてヒ素の河川への到達時間を計算し、到達時間が同じ地点を色分けしたコーナー図が図-5.2.5 である。流出地点以外の場所については、使用した GIS ソフト(ESRI ArcGIS 9.0)の補間計算機能を用いて到達時間を推定した。

この図から、川をはさんで左右 250m ほどの範囲では、ヒ素が流出した場合 1 ヶ月以内に河川に到達することが分かる。

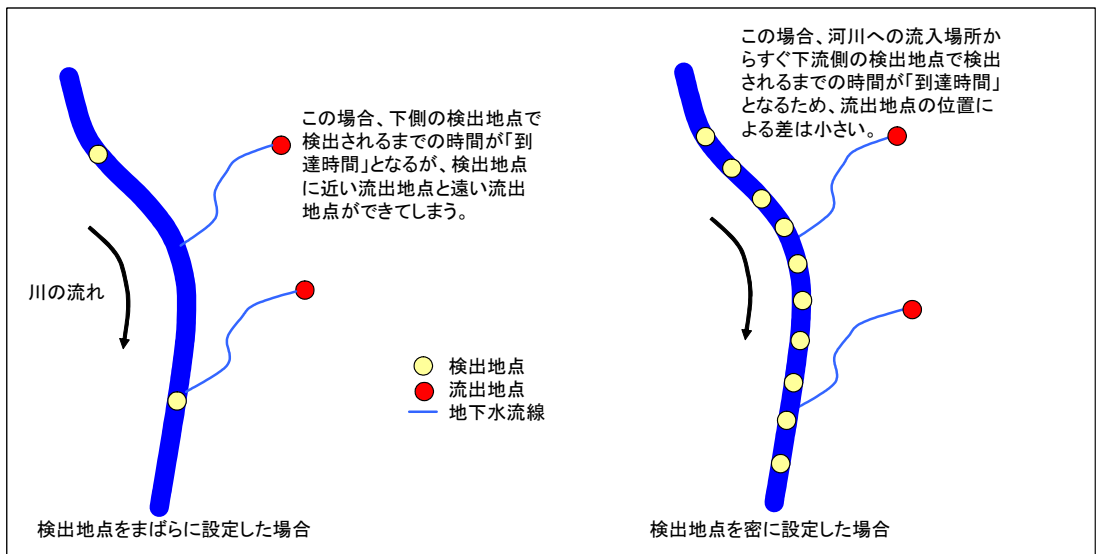


図-5.2.4 検出地点の設定

表-5.2.1 設定したヒ素の物質量の値

流出濃度	0.17452 m ³ /m ³
流出ヒ素水溶液量	0.05 m ³ /day
検出濃度	0.001 mg/l

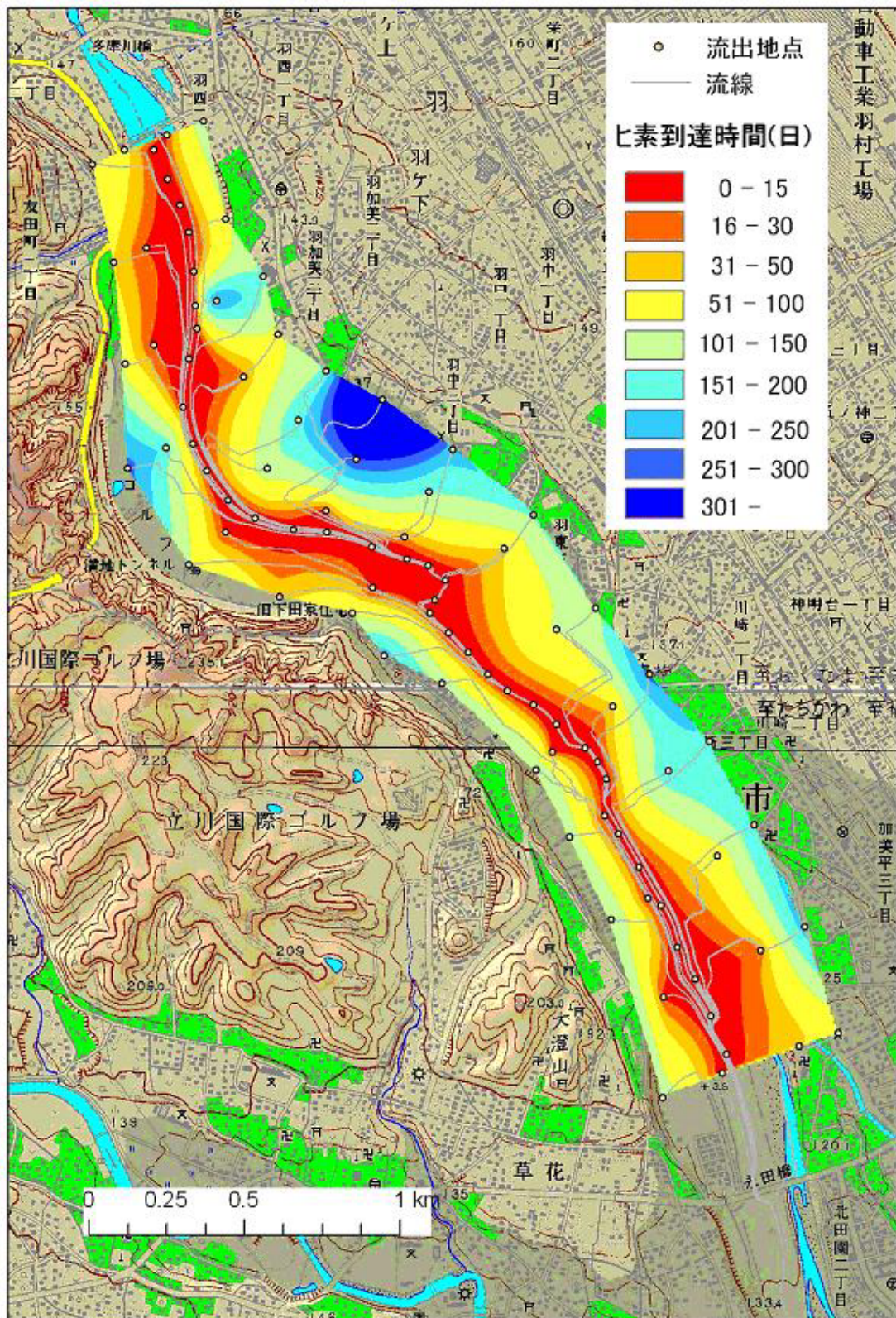


図-5.2.5 ヒ素の河川への到達時間
 (流出濃度 $0.17452 \text{ m}^3/\text{m}^3$, 流出ヒ素水溶液量 $0.05 \text{ m}^3/\text{day}$, 検出濃度 0.001 mg/l)

②トリクロロエチレン

トリクロロエチレンの拡散には、原液のまま拡散するものと、ごくわずかに水に溶けて拡散するものの2つのパターンがあるため、それぞれについて河川への到達時間を計算した。流出点や検出地点、濃度等の設定方法、計算手順はヒ素と同じであるが、トリクロロエチレンは原液で流出するため流出濃度は設定していない。

また、ヒ素のケースと同様に、検出地点において検出されるまでトリクロロエチレンが流出し続けるケースについて計算した。

a.地下水に溶けて拡散するケースについて

流出物質量と検出濃度は、表-5.2.2 に示す値を用いた。検出濃度については、まずヒ素のケースと同様に、検出濃度を環境基準値の 1/10(0.003mg/l)に設定したケースでシミュレーション計算を行った。しかし、ほとんどの流出地点で 500 日以上経過してもトリクロロエチレンが河川に到達しないという結果となった。そこで、場所による到達時間の違いを見るため、検出濃度として表-5.2.2 に示すように環境基準値の 1/300 である 0.0001mg/l という非常に低い値を設定したケースについて計算を行った。

ヒ素と同様に、流出点すべてにおいて河川への到達時間を計算し、到達時間が同じ地点を色分けしたコンター図が図-5.2.6 である。流出地点以外の場所についてもヒ素のケースと同様に、GIS ソフトの補間計算機能を用いて到達時間を推定した。

河川敷では、1 ヶ月程度以内にトリクロロエチレンが河川へ到達することが分かる。

b.原液のまま拡散するケースについて

流出物質量については、a のケースと同じ値を用いて計算を行った。a のケースと同様にして作成したコンター図が図-5.2.7 である。短期間にトリクロロエチレンが河川に到達する場所がわずかに見られるものの、ほとんどの場所では 300 日以上経過しても河川に到達しないという結果となった。

表-5.2.2 設定したトリクロロエチレンの物質量と濃度の値

流出物質量	1.00 m ³ /day
a のケースにおける検出濃度	0.0001 mg/l

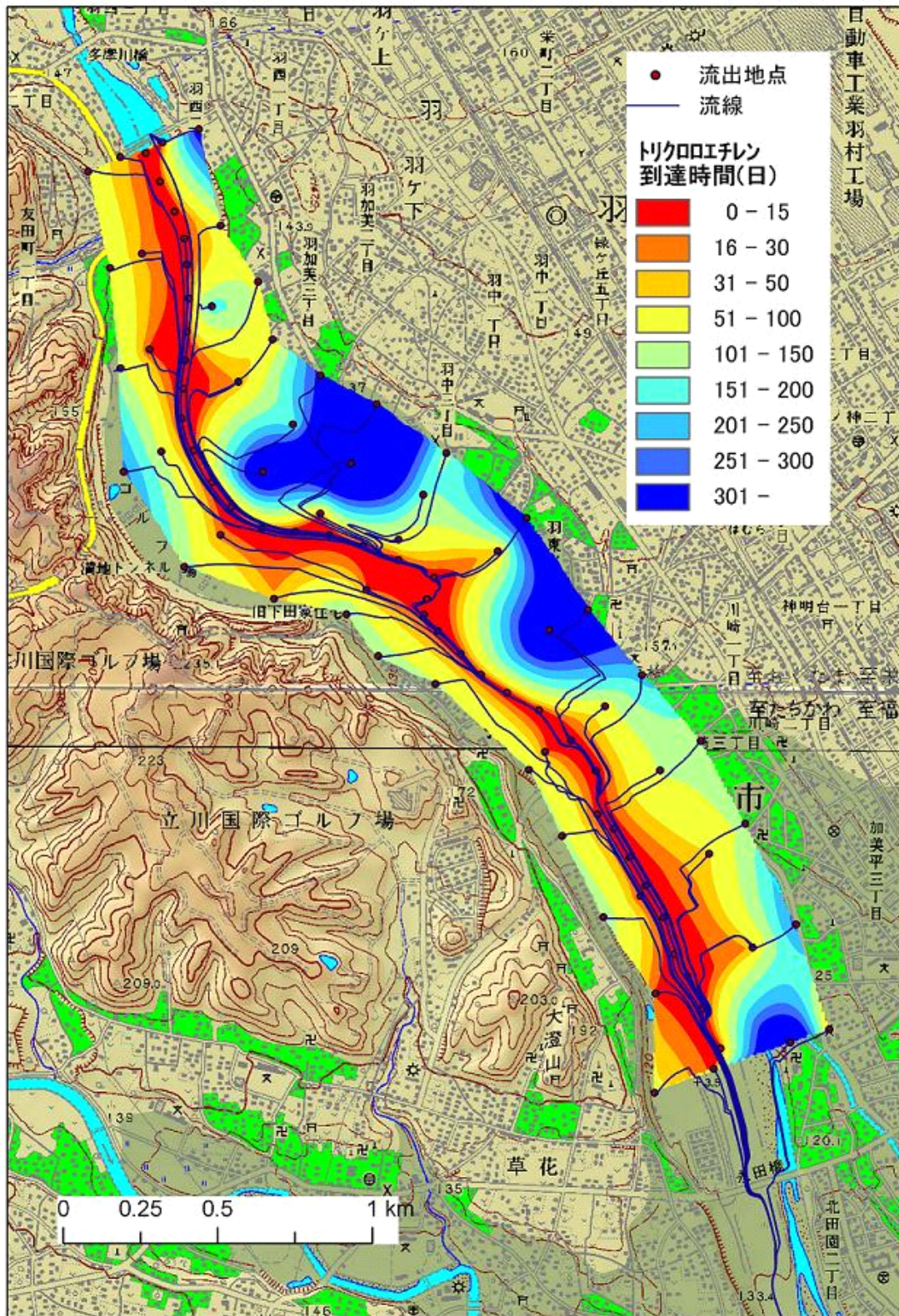


図-5.2.6 地下水中に溶けたトリクロロエチレンの河川への到達時間図
(流出物質質量 1.00 m³/day, 検出濃度 0.0001 mg/l)

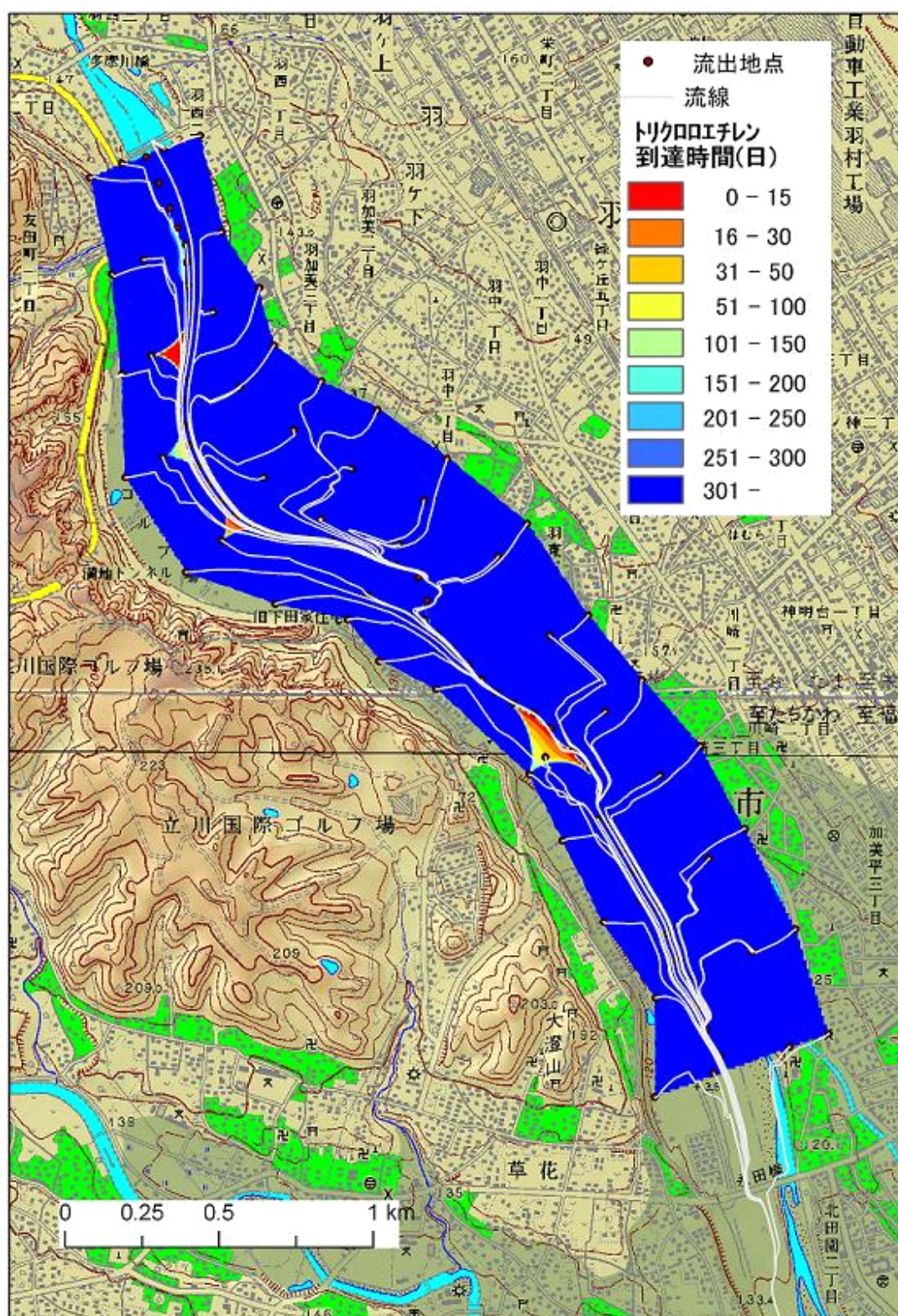


図-5.2.7 トリクロロエチレン（原液）の河川への到達時間図
 （流出物質質量 1.00 m³/day）

③ベンゼン

ベンゼンの拡散についてもトリクロロエチレンと同様、原液のまま拡散するものと、ごくわずかに水に溶けて拡散するものとの2つのパターンがあるため、それぞれについて河川への到達時間を計算した。流出点や検出地点、濃度等の設定方法、計算手順はトリクロロエチレンと同じである。

また、ヒ素やトリクロロエチレンのケースと同様に、検出地点において検出されるまでベンゼンが流出し続けるケースについて計算した。

a. 地下水中に溶けて拡散するケースについて

流出物質量、検出濃度については、表-5.2.3 に示す値を用いた。検出濃度については、まず環境基準値の1/10である0.001mg/lと設定したケースについてシミュレーション計算を行った。しかし、ほとんどの流出地点で500日以上経過しても河川に到達しないという結果となった。そこで、環境基準値の1/100である0.0001mg/lと設定したケースについて計算を行った。

河川への到達時間について作成したコンター図を図-5.2.8に示した。流出地点以外の場所についてはヒ素やトリクロロエチレンのケースと同様に、GISソフトの補間計算機能を用いて到達時間を推定した。この地下水中に溶解して拡散するケースについては、ベンゼンの河川への到達時間はトリクロロエチレンより遅く、より多くの場所で河川到達までに300日以上を要するという結果となった。これは、トリクロロエチレンは比重が重いいため地下水中を沈降して水面の下側に潜り込むのに対し、ベンゼンは比重が軽いいため地下水上面に停滞することから、地下水との接触面はベンゼンの方が小さくなり、地下水に溶解する量がトリクロロエチレンより少なくなることが理由として挙げられる。

b. 原液のまま拡散するケースについて

aのケースと同じ流出物質量を設定して計算した結果をもとに作成したコンター図を図-5.2.9に示した。流出地点以外の場所の補間計算についても、aのケースと同じである。

河川敷付近を見ると、ベンゼンが100日以内に河川に到達する結果となり、トリクロロエチレンより到達時間が短い。これは、トリクロロエチレンが地下水の下部に停滞しやすいのに対し、ベンゼンは比重が軽く、地下に浸透して地下水面に到達した後、地下水面上を地下水の流れに乗って移動するためであると考えられる。

しかし、河川敷から離れた場所では、トリクロロエチレンと同様に300日以上経過してもベンゼンが河川に到達しないという結果となった。

表-5.2.3 設定したベンゼンの物質量と濃度の値

流出物質量	1.00 m ³ /day
aのケースにおける検出濃度	0.0001 mg/l

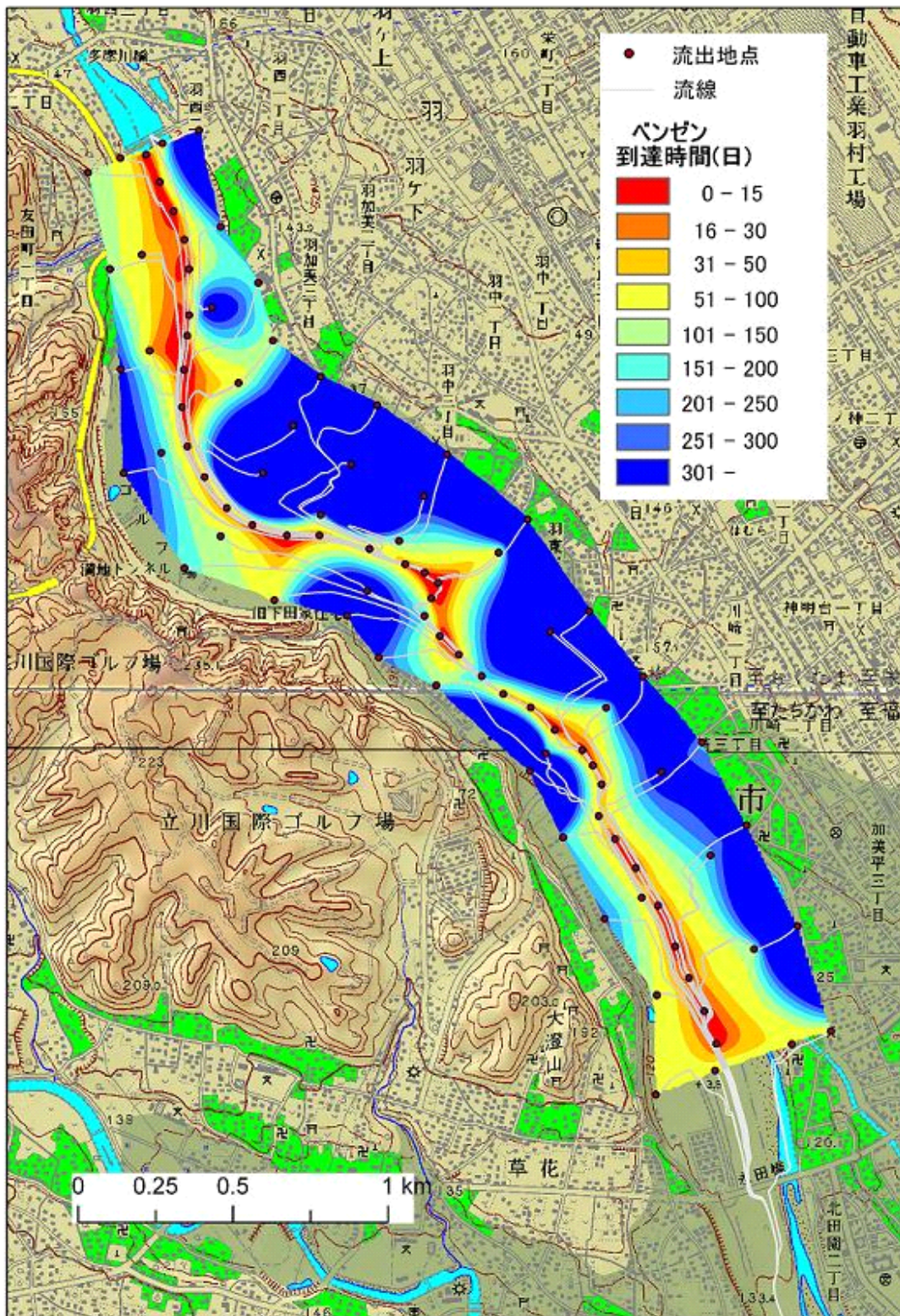


図-5.2.8 地下水中に溶けたベンゼンの河川への到達時間図
 (流出物質質量 1.00 m³/day, 検出濃度 0.0001 mg/l)

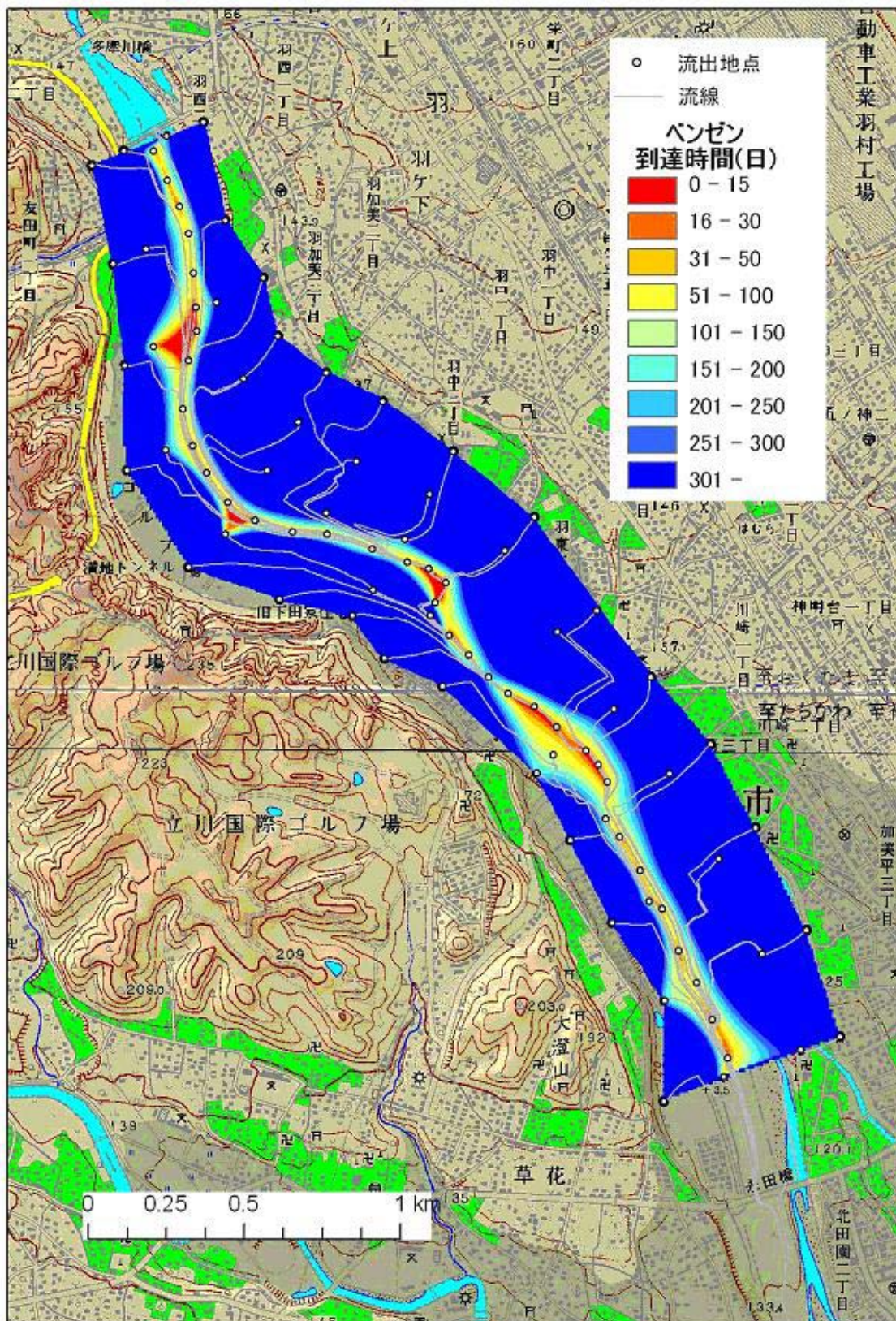


図-5.2.9 ベンゼン（原液）の河川への到達時間図
 （流出物質量 1.00 m³/day）

(3) 様々な情報の重ね合わせ

土地利用状況や地形・地質構造、PRTR データ等の情報を GIS データベースとして整理し、計算結果と共に各情報をレイヤーとして表示することにより、任意の情報を重ね合わせて表示し、施策の検討などに活用できるようにした (図-5.2.10)

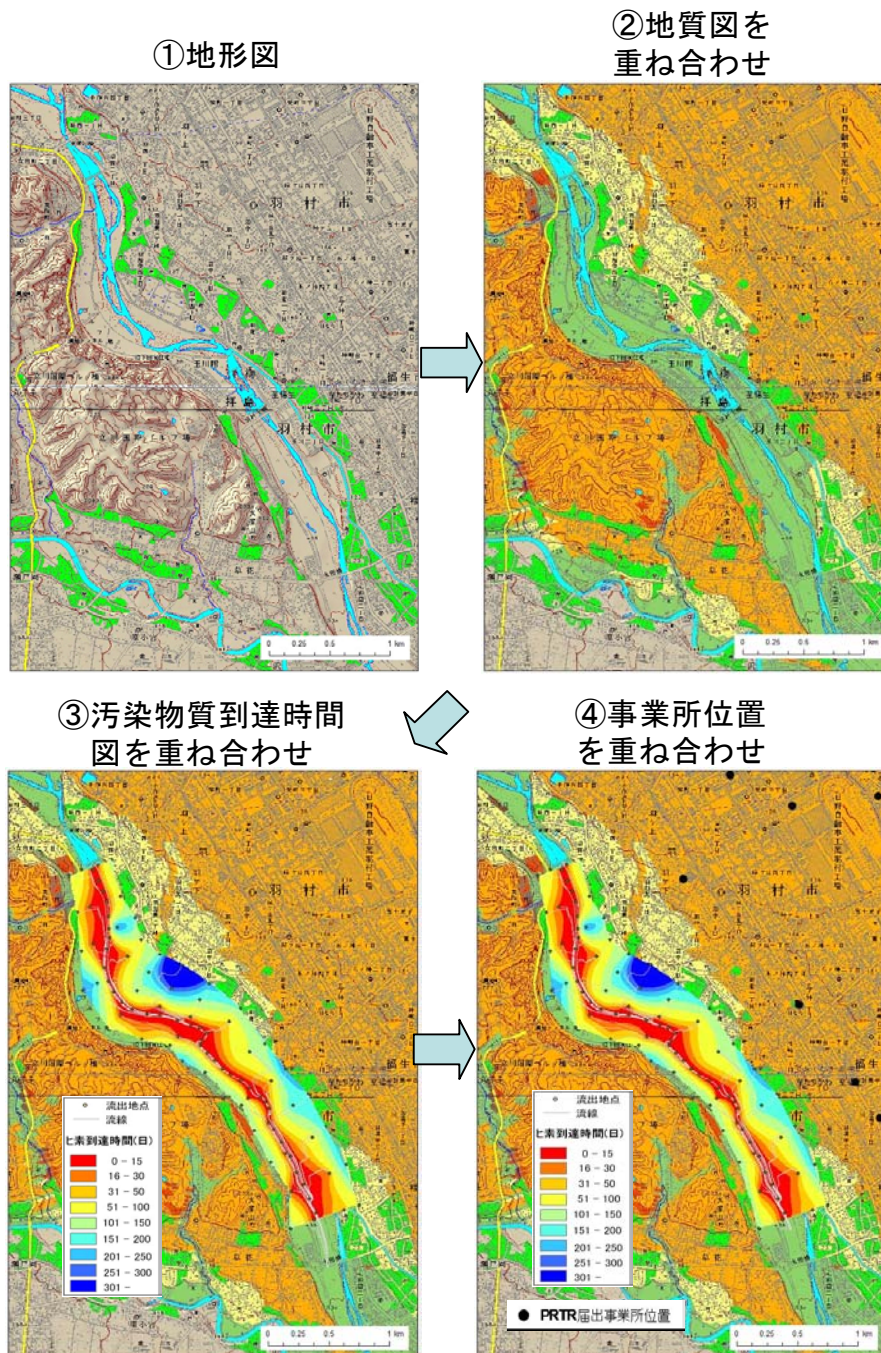


図-5.2.10 各情報の重ね合わせ