

れるケースがある。例えば、群落名フィールドには牧草地だけでなく、ゴルフ場やスキー場などが含まれる場合もある。そのため、自然環境情報 GIS では、ゴルフ場やスキー場ではない牧草地を示すことはできるが、それが放牧場を表示している保証はない。また、植生調査のファイルとしての提供は第 2 回調査から始まって第 7 回まで行われているが、第 6 回以降は未だ全国的に整備されていない。図 1(b)に示すとおり B 牧場周辺の植生調査年度は第 5 回 (1998 年) までであり、現状の牧場 (ポイント情報) がある場所でも牧草地がないという結果もあった。

図 2 は、牧場 (ポイント情報) と国土数値情報ダウンロードサービスで提供されている平成 3 年度土地利用メッシュ (ファイル名 L03-03M) とを表示している。なお背景図には、全国基盤地図を使用している。土地利用メッシュでは、CODE 名が「その他の農地」で放牧場の広がりをつかえることができるように見える。また、自然環境情報 GIS で牧草地としていた箇所の土地利用も把握できるようになった。しかし、「その他の農地」とは普通畑、果樹園、桑園、茶園、その他の樹園、苗木畑、牧場、牧草地、採草放牧地、畜舎、温室等の畑及びその他の農地を意味している。したがって、牧場 (ポイント情報) 周辺に広がる「その他の農地」というメッシュが放牧場であるという確証はない

図 3 は、A 牧場 (ポイント情報) と Google Earth による衛星画像とを表示し、図 4 は、A 牧場 (ポイント情報) と国土交通省によるオルソ化空中写真ダウンロードシステム (<http://orthophoto.mlit.go.jp/>) からダウンロードできる画像とを表示したものである。A 牧場の空中写真撮影年度は 1974 年である。なお背景図には、全国基盤地図を使用している。図 3、図 4 どちらの画像を用いても面的な広がりを確認できるが、どこまでが牧草地なのかを同定することは難しい。また、これらの画像にはいくつかの問題がある。まず Google Earth では画像解析度が良い地域と悪い地域があったり、撮影年度が様々であったりと、汚染要因を詳細に把握するために使用するのには難しい。オルソ化空中写真については、Google Earth より解析度が良く、全国的に撮影されているが、これも撮影年度が古いことが問題である。両者とも現状を把握するうえではふさわしくないとされる。

図 5 は、A,B の牧場 (ポイント情報) と ESRI JAPAN 社から販売されている ArcGIS データコレクションスタンダードパック 2009 の全国広域地図を表示したものである。地図データの作成年度は 2008 年で、現状をつかえることができる地図である。図 5 で緑色に表示しているものは、施設面レイヤー内のポリゴンで、属性値が自然・緑地施設面のものである。自然・緑地施設面に分類されるものには、牧草地だけでなくスキー場や高原も含まれており、このデータではこれ以上の分類ができない。そのため、放牧場を含む牧草地を面的に表すことはできるが、放牧場の位置を同定することはできないと考えられる。しかし、このデータを用いることで他のデータの短所を改善できる点がいくつかある。一つは、このデータにはゴルフ場を示すレイヤーがあるため、自然環境情報 GIS で牧草地とな

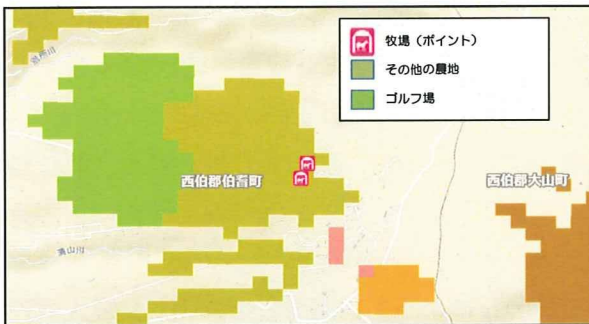


(a)A 放牧場

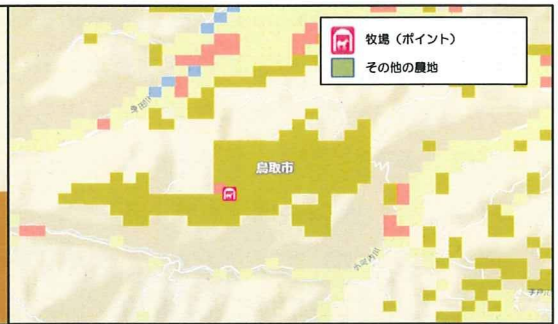


(b)B 放牧場

図1 自然環境情報GISと牧場 (ポイント)



(a)A 放牧場



(b)B 放牧場

図2 土地利用メッシュと牧場 (ポイント)



図3 Google Earthによる衛星画像

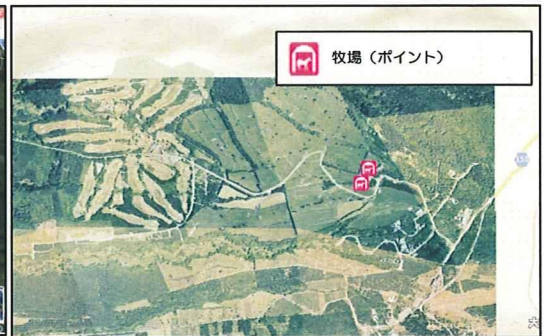


図4 オルソ化空中画像と牧場(ポイント)



(a)A 放牧場



(b)B 放牧場

図5 全国広域地図 (自然緑地施設面) と牧場 (ポイント)

っていた場所をゴルフ場と区分することが可能となることである。また、アノテーションとして施設名を表示するレイヤーが準備されているため、そこに名称が収録されている場合にはスキー場や高原を区分し、放牧場を同定できる場合もある。なお、同じ ArcGIS データコレクションスタンダードパック 2009 に収録されている全国基盤地図の場合には、放牧場に関連する植生や公共施設などの情報がなく、面的に情報を捉えることができなかつた。

ところで本検討では、鳥取県がホームページで公開している放牧場の名称情報より「牧場」が放牧場であるかどうかを決定したが、このような情報がない地域では、まず牧場が放牧場であるか放牧場以外の畜産場（畜産施設）であるかの区分をしなければならず、個々に調査し判断することは非常に手間がかかることになると思われる。水道水源上流の面的汚染源を容易かつ的確に把握するためには、放牧場を代替し得る情報ソースの探索もしくは放牧場関連機関による情報の整理・公開が必要であると考えられる。

C-2 GISにおいて容易に利用可能な情報を用いた計算手法の検討

(1) 同定された上流集水域の違いが汚染源抽出に与える影響

取水源の上流として識別された集水域が、その取水源の本来の集水域と異なることが生じる場合があった。そのような場合には手動で取水源の位置を本来の集水域内に位置する河川上に動かすことで、補正した集水域（実際の集水域）を作成し、同定される集水域の違いが汚染源抽出に与える影響の検討を行った。

補正前の集水域を Case a、補正後の現実の集水域を Case b とし、それぞれの水源上流域を図 6 に示す。図には Case a と Case b の差は判別しにくい一部集水域において現実の集水域と異なる結果が示されている。また、水源上流域に抽出される汚染要因数の比較を行った結果を図 7 に示す。なお、ここでは汚染要因を浄化槽や下水処理場などの生活排水処理施設などとし、図 7 には補正を要した集水域のみを対象に汚染源抽出の結果の差を示した。図 7 よりこれらの集水域では、Case b では Case a よりも多くの汚染要因数が抽出されていることがわかる。特に上水道の水源では非常に大きな差が生じており、補正を行っていない集水域 Case a は過小評価につながるケースがあることが明らかとなった。これらのケースでは、補正前の集水域が現実の集水域より極端に小さくなる場合があることが理由であった。集水域同定結果が現実のものと異なる理由については後述するが、その理由からすると補正前の集水域が現実の集水域より大きくなることもあり得ることから、汚染要因抽出結果を過大に評価することもあると考えられる。

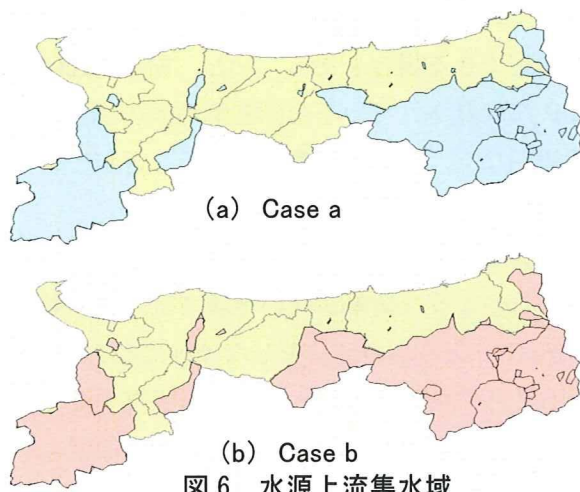


図6 水源上流集水域

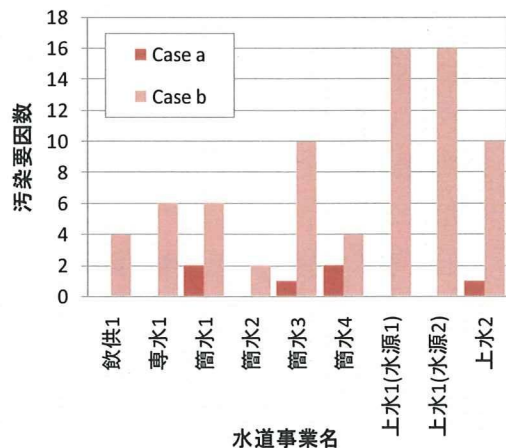
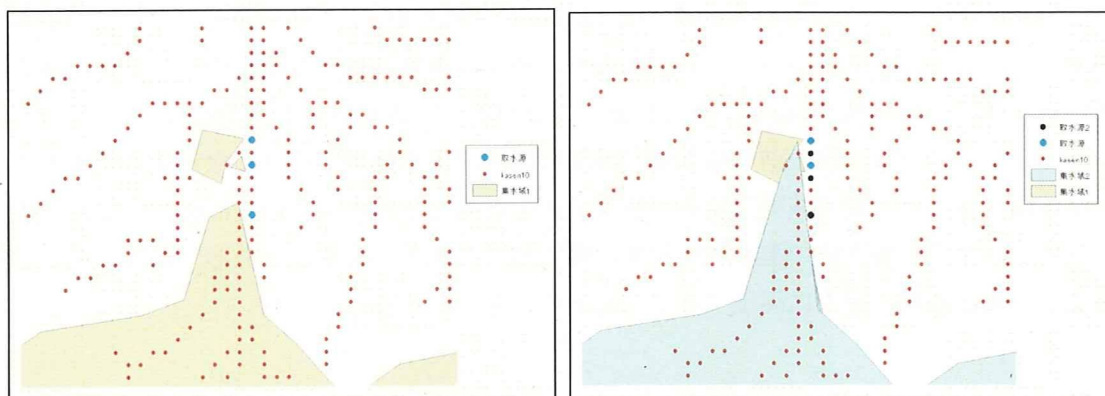


図7 水源上流に抽出される汚染要因数

(2) 集水域同定法の問題点の検討

水源上流の河川や集水域は、水道地図（縮尺 50000 分の 1）の取水点データおよび 50m メッシュの標高 DEM データ（数値地図 50m メッシュより作成）、河川のベクターデータ（数値地図 25000 空間データ基盤）を用いて自動的に識別される仕組みを作成したが、この仕組みにより識別される水道水源の集水域が、図 8 に示すように実際の集水域とは一致しない場合があった。本手法では図 8(a)に示すとおり取水地点に最も近い河道メッシュを探し、その上流域を取水点の集水域とすることになっているが、この手法のように水道地図と標高データ、河川データを用いた集水域の自動識別では、水道の取水点がどの集水域を下ってきた河川から取水しているのかを正しく判別できず、その結果として上流汚染源の情報を正確に抽出できないことにつながることを示している。



(a) 自動識別した集水域

(b) 実際の集水域（補正後）

図8 水源上流の集水域同定における問題点

この理由を検討したところ、水道地図から取得した取水源の位置が、自動識別された河道メッシュの河川位置からずれていたためと判明した。これは、水道地図の縮尺が 50000 分の 1 と粗いため取水源の位置を精度良く示すことができていないことや、50m メッシュ程度の DEM では河川の形状を再現できない部分があること、あるいは、河川ベクターデータの入力誤差に起因し河川形状を再現できていない場合があることが原因と判明した。

原因が水道地図や河川データ、標高 DEM の空間精度による位置のずれであることより、水道地図や標高データのような位置的データセットのみに頼るのではなく、取水源と取水対象河川との関係性を示すようなデータセットをあらかじめ準備し、間違った上流識別を行わないような仕組みを考案する必要があると思われる。

D. 結論

水道水源流域における汚染リスク要因に関する情報を簡便かつ一元的に処理する手段として地理情報システム (GIS) を用いることと、全国どこの水道事業者であろうと同様の方法を用いることができるように一般に利用可能かつ GIS への取込みが比較的容易な流域情報や河道などの情報を活用することを前提とし、システムに利用可能な情報源や水源上流の集水域を同定する計算手続きについての検討を行った。以下に本検討によって得られた知見と今後の課題を示す。

1) 表流水の汚染評価の際に利用可能な統計情報、地図情報を整理し、特に面的汚染源や上流土地状況の情報源として利用可能と考えられた地図情報、衛星画像、航空写真の利用可能性を明らかにした。放牧場を直接同定できる情報源は存在しておらず草地とゴルフ場などが区分されている民間会社の地図情報やその他の複数の情報を組み合わせて利用することで同定が可能と考えられた。

2) 取水地点から上流を同定し汚染源情報を抽出する手続きを検討したところ、河道データおよび水道地図データは相互の整合性を踏まえて作成されていないため、水道取水地点から上流の集水域同定については著しく現実と異なることがあるとわかった。水道地図と 50m メッシュ標高データ、1/25000 精度の河川データを用いた上流域の識別では、汚染要因を正確に抽出できない場合があることを示した。原因はデータ相互の位置のずれであることがわかった。位置データのみに頼るのではなく、取水源と取水対象河川との関係性を示すデータセットを準備することで回避できると考えられる。

E. 参考文献

秋葉道宏, 山田俊郎, 増田貴則 (2009) 地理情報システムを活用した飲料水危機管理手法の開発, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業「飲料水に係る健康危機の適正管理手法の開発に関する研究」平成 20 年度総括・分担研究報告書, pp.57-59

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

増田貴則，田中春樹，山田俊郎，秋葉道宏，細井由彦：GIS を活用した水道原水の汚染リスク要因抽出に流域情報の形態が与える影響について，環境工学研究論文集，第 46 巻，pp.241-247, 2009

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

該当なし

研究成果の刊行物・別刷

(29) GISを活用した水道原水の汚染リスク要因抽出に流域情報の形態が与える影響について

増田貴則^{1*}・田中春樹¹・山田俊郎²・秋葉道宏²・細井由彦¹

¹鳥取大学大学院工学研究科 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101)

²国立保健医療科学院水道工学部 (〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6)

* E-mail:masuda@sse.tottori-u.ac.jp

WHOにより提唱されている水安全計画では、水源から給水栓までの水道システム全体を通して水道事業者がリスク要因を重点的かつ総合的に管理する計画を立てることが求められる。しかし、リスク要因情報が一元的に管理されていない現状では、小規模な水道管理者自らがリスクを主体的に評価することは技術面・費用面で困難と思われる。そこで本研究は、病原微生物による水道原水リスク要因に関する情報を地理情報システム (GIS) を用い、一般に利用可能な統計等のみを情報源とし、リスク要因の種類や大きさなどを簡易に抽出する解析手法を提案した。また、元情報の空間精度の違いがリスク要因の抽出結果へ与える影響を検討した結果、抽出される水源数や汚染要因数に大きな影響を与えることがわかった。都道府県などから個票データを入手して整理することで要因抽出の精度は向上するが、各水道事業者が個票データを整理することは非効率と考えられるため、これらの情報の関係機関に利用環境を整備するように働きかけることが必要と考えられた。

Key Words : *waterworks, drinking water, geographic information system, pathogenic microorganism*

1. 背景および目的

厚生労働省は飲料水による健康被害の発生予防と拡大防止を図るため、平成9年に「飲料水健康危機管理実施要領」を策定し、水道水だけではなく水道法非適用の小規模水道水や飲用井戸水を原因とする健康危機事象を対象として、事故などがあつた場合の対応等の措置を定めた。この実施要領に基づいて、飲用井戸や簡易水道における大腸菌やノロウイルスなどによる集団感染が報告されており¹⁾、その報告件数、影響人口は多数に渡っていることから、適切な発生予防策を講じることが求められる。また、WHOにより、水道水に起因する健康被害の未然防止のために水安全計画の考え方が提唱されている。水安全計画の策定では、水源から給水栓までの水道システム全体を通して水道事業者がリスク要因を重点的かつ総合的に管理する計画を立てることが求められている²⁾。これらのことから、過去の健康危機事例を分析するとともに、水源流域のリスク要因について抽出・把握する必要があると思われるが、リスク要因情報が一元的に管理されていない現状では、水道事業者や小規模水道管理者自らがリスクを主体的に評価することは技術面・費用面で困難と思われる。

そこで本研究グループでは、水道水源流域におけるリスク要因に関する情報を一元的に管理する手段として地理情報システム (GIS) を用いることとし、一般に利用可能な統計やデータベース、電話帳、地図データ等のみを情報源として、水道および小規模水道を対象とした病原微生物による飲料水汚染要因を水源別に把握する手法を開発することとした。これは、全国どここの水道事業者であっても同様の方法を用いることで汚染要因抽出できることを目指したものである。しかし、同様にこれまでも GIS を水道原水の管理や評価に役立てようとする研究事例は報告されているが³⁻⁴⁾、情報の質や形態が評価結果にどのような影響を与えるかは検討されていない。そこで本研究では、リスク要因に関する詳細な数値情報を得られる地域を対象とした場合についてもリスク要因を抽出し、それらを比較することで抽出結果の評価精度について検討することとした。これらを通じて、簡便にリスク要因情報を抽出するための情報と手法を明らかにするとともに、リスク要因情報の空間精度や集計精度が汚染要因の抽出に与える影響を明らかにすることを目的としている。

2. 研究方法

水道水源流域の汚染状況、汚染の発生源の情報（生活排水処理施設、畜舎等）について、病原微生物による原水汚染要因の把握をGIS上で行う際に利用可能と考えられる統計やデータベースに関する情報とGISへの取り込み方法を整理した。本研究で用いるデータは、汎用的な利用、簡易な手続きで利用することを念頭に、全国規模で調査されており、かつ、一般に入手しやすいものを対象に整理を行う。また、これらの情報の元データの状態でGISに取り込む方法、取り組んだ後のフィーチャー種類、属性値、元データの更新頻度などの情報について整理を行う。

さらに、これらの情報を元に、GISの同心円解析、および、上流解析機能にオーバーレイ解析機能を組み合わせて病原微生物による原水汚染要因を抽出する。

また、元情報の空間データ精度が汚染要因抽出結果に与える影響を検討するために、同一の汚染要因に対して、空間精度の異なる複数の情報を準備し、開発した手法により抽出される原水汚染要因の比較を行った。

3. 結果および考察

(1) 原水汚染要因の情報整理

本研究で情報源整理の対象とした原水汚染要因とその結果を整理したものを表1に示す。

対象とする原水汚染要因は、病原微生物に対する過去の汚染事例⁵⁻⁸⁾、水源管理事例⁹⁾を参考に整理した。病原性微生物の排出源としては、主に家庭排水の処理施設である下水道終末処理場、農業集落排水処理施設、し尿処理施設、コミュニティプラント、家庭用し尿浄化槽などがある。牛・豚などの家畜飼育、病院、動物園、ペットショップなども排出源として注目する必要がある⁸⁾。それに加えて、過去に感染事例のあるキャンプ場やプール、災害発生の影響も考慮し、これらの要因を原水汚染要因とした。対象とした原水汚染要因は、「し尿起因」、「畜産・動物起因」、「医療起因」、「レクリエーション起因」、「災害起因」の5項目30種類以上となった。これらの要因を「点源」と「面源」に分類するとともに、水源に常に影響を及ぼすと思われる要因を顕在要因とし、天災や管理不十分による事故など様々な起因が重なって水源に影響を及ぼすと思われる要因を潜在要因として分類した。

また、本研究でGISに取り込んだ元データに関する情報を整理したものを表2に、鳥取県内の汚染要因数を表3に示す。

整理の結果、大半の情報がポイント情報であり、住所を入力しアドレスマッチングを行うことで容易にGISに

表1 対象とした原水汚染要因

要因種別	原因	原因	原因
顕在要因	し尿起因	△下水処理場 ○L尿処理施設	△農業集落排水処理施設 ○コミュニティプラント
	畜産・動物起因	△畜舎、畜産農家	×畜産農家処理施設
	レクリエーション起因	○温泉、公衆浴場	○プール
	し尿起因	△浄化槽	×し尿・濃縮汚泥還元施設
	畜産・動物起因	△牧場 △野生動物	×家畜糞尿還元施設
	レクリエーション起因	△キャンプ場	△サファリパーク
潜在要因	災害起因	×洪水危険地域	
	し尿起因	○下水汚泥処理施設、コンポスト施設	○L尿など高濃縮肥化施設
	畜舎・動物起因	○ペットショップ	○家畜保健衛生所
	医療起因	○診療所 ○動物病院 家畜保健衛生所	○診療所、衛生検査所 ×感染性廃棄物処理、処分施設
	レクリエーション起因	△し尿汲み取り槽	×汚水・汚泥中埋施設
	災害起因	○地滑り地域、地湧り危険地域	○活断層

○：データベースあり、△：データベースはあるが、場所の特定に困難あり、×：一般に利用可能なデータなし

表2 汚染要因のGISへの収録方法及び収録情報

要因種別	原因	GISへの収録方法	フィーチャー種類	使用する属性	更新頻度	
し尿起因	下水処理場	住所調査→住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	放流水量、処理人口	毎年更新	
	農業集落排水処理施設	地区名入力 →アドレスマッチング	ポイント	処理方式、処理人口、戸数	毎年更新	
	農業集落排水施設	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	処理方式、処理人口	毎年更新	
	し尿処理施設	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	処理方式、規模	毎年更新	
	コミュニティプラント	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	処理方式、規模、汚水処理量	毎年更新	
畜産起因	下水汚泥コンポスト施設	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	処理方式、処理人口、コンポスト量	毎年更新	
	畜舎・畜舎	地図データ +テーブル結合	ポリゴン	各畜舎別頭数	5年更新	
	牧場	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	毎年更新	
	畜舎保健衛生所	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	毎年更新	
	動物園、サファリパーク	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	毎年更新	
医療起因	ペットショップ	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	毎年更新	
	病院	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	診療科目、病床数	更新	
	診療所	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	毎年更新	
	動物病院	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	毎年更新	
	医療研究機関、病原微生物を扱う研究施設	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	更新	
レクリエーション起因	保健所	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	毎年更新	
	キャンプ場、温泉、プール	住所入力 →アドレスマッチング	ポイント	無し	毎年更新	
	活断層	そのまま収録可能	ライン	活断層	更新	
	災害起因	地滑り地域	ネットからダウンロード そのまま収録可能	移動体、ポリゴン 滑降線、ライン 移動方向、ポイント	移動体の移動頻度、滑降区分	更新
	地形・地盤	そのまま収録可能	ポリゴン	傾斜、起伏量、露岩	更新	
水道	水道施設、取水位置	ポイント +属性入力	ポイント	水道区分、水源の種類	5年更新	

表3 鳥取県内の汚染要因数

要因種別	原因	該当数
し尿起因	下水処理場	37
	農業集落排水処理施設	197
	農業集落排水施設	8
	し尿処理施設	6
	コミュニティプラント	7
畜産起因	下水汚泥コンポスト施設	1
	畜舎頭数	牛(頭) 13635 豚(頭) 2205 採卵鶏(百羽) 659 ブロイラー(百羽) 6440
	牧場	26
	畜舎保健衛生所	3
	動物園、サファリパーク	0
医療起因	ペットショップ	84
	病院	46
	診療所	241
	動物病院	43
	医療研究機関、病原微生物を扱う研究施設	3
レクリエーション起因	保健所	5
	キャンプ場	7
	温泉	35
災害起因	プール	19
	活断層	22
	地滑り地域	8275
地形・地盤	傾斜、起伏量、露岩	3119
	移動体	0

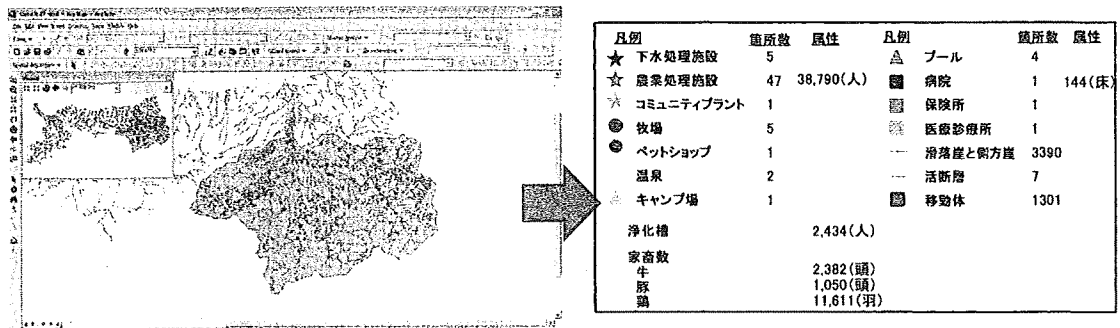


図1 上流解析による水源上流の汚染要因抽出結果

取り込むことができるとわかった。ただし、下水処理場や集落排水処理施設などについては、一般に利用可能な統計情報では住所不明であったため、施設の位置を特定しGISに取り組むことに多大な時間を要する。そのため、統計作成段階での改善が必要であると考えられた。

浄化槽やし尿汲み取り槽については、個人の位置情報が特定されることから戸別にポイント情報として整備、公表されていない。そのため、都道府県や市町村が示す集計を用いており、集計単位が市町村単位と粗く、原水汚染要因として判断するには空間精度面で不十分である。畜産頭数については、農業集落単位で集計されているが、最新の統計では秘匿とされるケースが増えており、汚染要因を把握しめやす可能性がある。牧場やサファリパークについては、本来水源であるのに、面的なデータ整備がなされていないためポイント情報として取り扱わざるを得ない。また、水道地図や水道台帳については、これら双方の情報の整合性が欠けており、情報の整合をとるために水道台帳を確認する労力が必要であった。各都道府県が水道地図を作成するに当たっては、厚生労働省から「平成17年度版水道地図作成要領」が示されているが、GISやその他データベースソフトなどとの連携利用を前提としたものになっていないため、紙地図上にID番号を附すこととなっていない。そのため地図上の水源と水道統計や水道台帳のデータとの間で相互参照ができないという問題点がある。水道地図と水道統計の整備に際しては、連携を図る必要があると考えられた。

(2) GISを用いた原水水源汚染要因の抽出

上流解析では、河川、湖沼、標高、取水源のレイヤーより、一連の手続きを経て水源上流の集水域を同定した。さらに、GISの標準的機能であるオーバーレイ解析機能を用いて、同定した集水域の汚染要因を抽出した。集水域をまたぐ汚染要因については面積按分を行い、その属性値とともに抽出した。

図1に鳥取県東部のある水源に対して上流解析を行った結果を示す。鳥取県内の上水道、簡易水道、専用水道

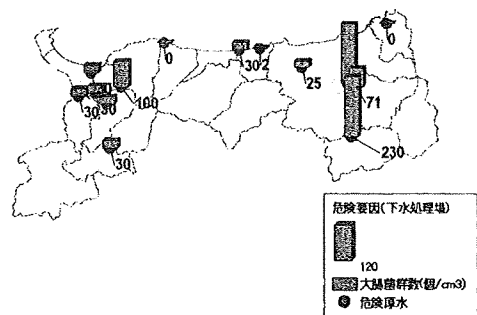


図2 同心円解析による水源近傍の汚染要因抽出結果

および飲用井戸等508か所の水源のうち、表流水と伏流水を水源とする92か所に対して上流解析を行い、各水源上流域の汚染要因を抽出することができた。その結果を利用することで、ある水源に対して水源上流に存在する汚染源位置および浄化槽使用人口や家畜数など汚染要因の属性情報も抽出できるようになった。この解析機能を実行することにより、地図上で水源上流に存在する汚染源とその要因の種類、大きさを示すことができる。

同心円解析では、一般的な地下水実流速の下で地下水汚染が到達すると考えられている距離(80m~1km)のうち、その最高値である1km¹⁰をバッファ距離とし、オーバーレイ解析機能を用いて取水源から1km以内に存在する汚染要因の数とその要因の属性値を抽出した。同心円をまたぐ汚染要因については面積按分を行った。図2は、汚染要因を下水処理施設とし、近傍に汚染要因が存在する危険水源と、下水処理施設からの放流水中の大腸菌群数(個/cm³)を棒グラフで示している。鳥取県内の508か所の水源のうち下水処理場近辺にある水源は21か所あり、大腸菌群数の高い水源が県東部に多く存在していることがわかる。このように、近傍に汚染要因を複数箇所以上もつ水源が同定され、その場所を地図上に表示することができた。

これらの解析を各水源に対し行い、抽出された汚染要因の延べ件数について内訳を図3に示す。これより、水源周辺あるいは水源上流域には、し尿起因と災害起因が

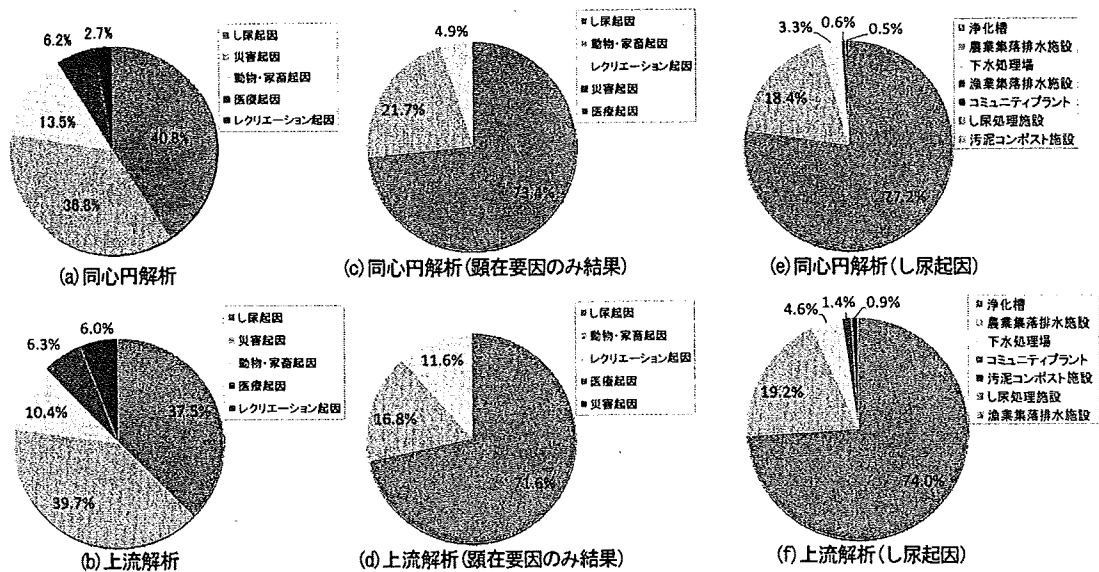


図3 抽出された汚染要因の内訳

全汚染要因件数の7割以上を占めることがわかった。潜在要因である医療起因、災害起因等の潜在要因を除くと、し尿起因が7割以上を占めた。し尿起因の大半を浄化槽が占めているため、一般に利用可能な浄化槽情報の空間精度を検討する必要がある。

(3) 情報形態の違いが汚染要因抽出結果に与える影響

a) 浄化槽

一般に利用可能な情報を用いた場合と都道府県または市区町村が管理している浄化槽の基数、下水処理区域など詳細情報を用いた場合での汚染要因抽出の違いを検討した。表4に、空間精度(集計単位)が異なるデータを組み合わせて浄化槽使用人口の分布を推定した方法の概略を示す。

Case1とCase2は全国で一般に利用可能な情報のみを用いた場合の推定方法を示し、Case3~Case6は都道府県が所有する(本研究では鳥取県所有)浄化槽の詳細情報を用いた場合となっている。Case4およびCase5では、集合処理区域には浄化槽が設置されていないこととして求めている。Case6では、さらに詳細な浄化槽情報として鳥取県の浄化槽台帳のデータを用いることで集合処理区域内に残存している浄化槽も反映させている。Caseの番号が大きくなるほど、空間的に詳細な推定を行っていることになる。なお、Case1~Case4までは既存のデジタルデータに基づいているため比較的短時間で推定できるが、Case5、Case6については地図入力や台帳データの整理が必要のためCase4までと比べると多大な時間を要する。

図4にCase1~Case6までの浄化槽人口分布推定結果を

表4 浄化槽分布人口の推定方法

	浄化槽使用人口算出方法	使用データ	空間精度
Case1	字単位人口 ×市町村別水洗化率(浄化槽人口)	H17国勢調査小地域集計 環境省浄化槽処理技術情報	字 市町村
Case2	メッシュ単位人口 ×市町村別水洗化率(浄化槽人口)	H17国勢調査小地域メッシュ集計 環境省浄化槽処理技術情報	メッシュ 市町村
Case3	メッシュ単位人口 ×市区町村別浄化槽普及率	H17年国勢調査地域メッシュ集計 鳥取県生活排水処理施設普及状況	メッシュ 市町村
Case4	メッシュ単位人口(集合処理区域を除く) ×市区町村別浄化槽普及率	H17年国勢調査地域メッシュ集計 鳥取県生活排水処理施設普及状況 主要水系調査利水施設位置データ	メッシュ 市町村 主要水系処理区
Case5	メッシュ単位人口(集合処理区域を除く) ×市区町村別浄化槽普及率	H17年国勢調査地域メッシュ集計 鳥取県生活排水処理施設普及状況 鳥取県生活排水処理施設管理図	メッシュ 市町村 処理区
Case6	メッシュ単位人口 ×大字別浄化槽普及率	H17年国勢調査地域メッシュ集計 鳥取県大字別浄化槽基数	メッシュ 大字

示す。Case1では、フレーム値として字の人口分布を用いたため対象範囲に広く浄化槽が存在してしまう結果となった。一方、フレーム値としてメッシュの人口分布を用いたCase2では、浄化槽使用人口0人の箇所が多くなり、空間精度はCase1よりも優れているといえる。また、鳥取県が示す浄化槽普及率を使用したCase3以降では、Case2と比べて明らかに浄化槽使用人口が減少する傾向が示された。この理由は、Case1,Case2で用いた環境省のデータでは、水洗化率データ、水洗化人口から公共下水道整備人口を差し引いた値を浄化槽人口としており、戸別浄化槽のみならず農業集落処理施設等の集合処理浄化槽もその使用人口に加えられてしまい、その結果として浄化槽使用人口を多く見積もってしまうからであった。鳥取県の浄化槽台帳を用いたCase6では、下水処理区域や集落処理区域内でも戸別の浄化槽を使用している実際の状況を考慮していることより、より詳細な浄化槽使用人口の分布を示すことができた。

このCase1~Case6までの浄化槽人口分布データを用いて、水源同心円解析および水源上流解析を行いCase毎

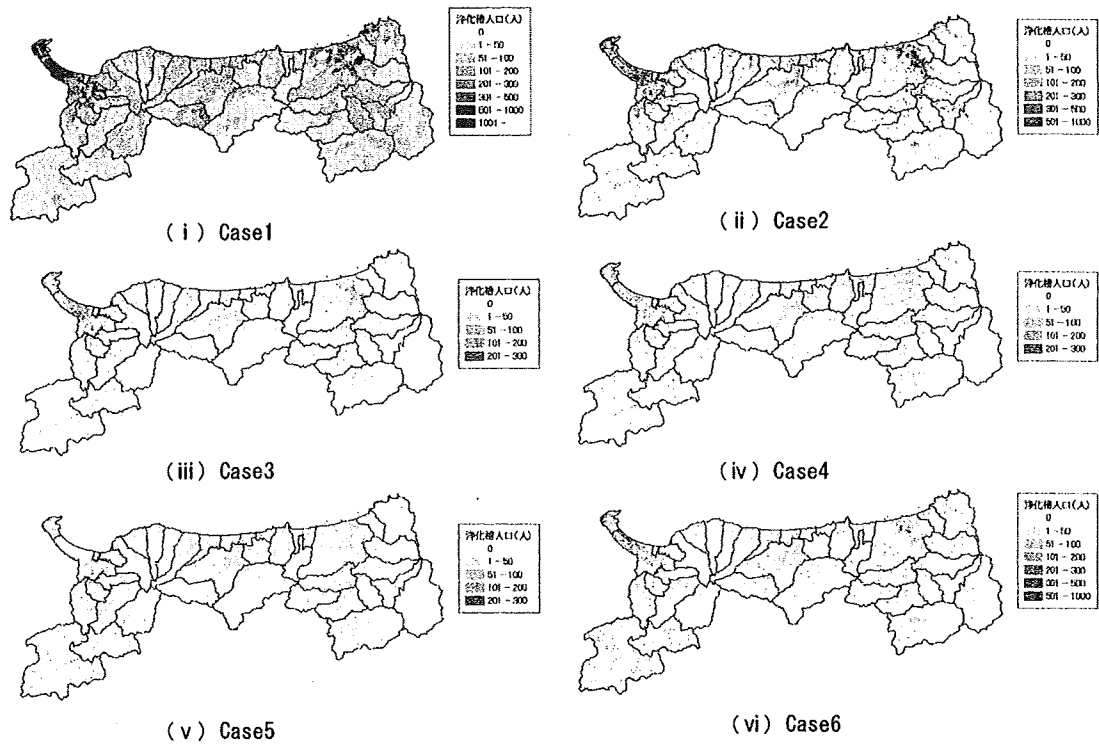


図4 浄化槽人口分布の推定結果

に抽出される危険水源数とその浄化槽人口の延べ数を集計した結果を図5に示す。Case1とCase2を比較すると、水源から半径1km以内または水源上流に存在する浄化槽人口の総数は増加するのに対して、危険水源数は減少を示している。これは、フレーム値にメッシュ人口を用いたことにより、字より細かい空間区分で浄化槽の分布を考慮することができたからである。また、Case3以降でCase2と比較して危険水源数、浄化槽人口が大きく減少したのは、先に述べたように環境省の統計の取り方と県の統計の取り方が異なっているためである。なお、Case3~Case6については、危険水源数の変化がほとんど見られないが、水源から1km以内または水源上流に存在する浄化槽人口の総数には若干の変化が見られる。これらは、集合処理区域について考慮したことによりみられる変化である。さらに、Case6では、集合処理区域内でも実際には浄化槽が存在している状況を考慮しているため、浄化槽人口の総数が増加している。グラフには示さないが、個別水源についてみていくと、同心円内や集水域内に集合処理区が多い場合には、Case6の方が多く見積もられ、逆の場合にはCase6の方が少なく見積もられる傾向を示した。Case6がより現実に近いと考えられるので、Case3~5では浄化槽人口を過小あるいは過大に評価してしまうことが明らかとなった。

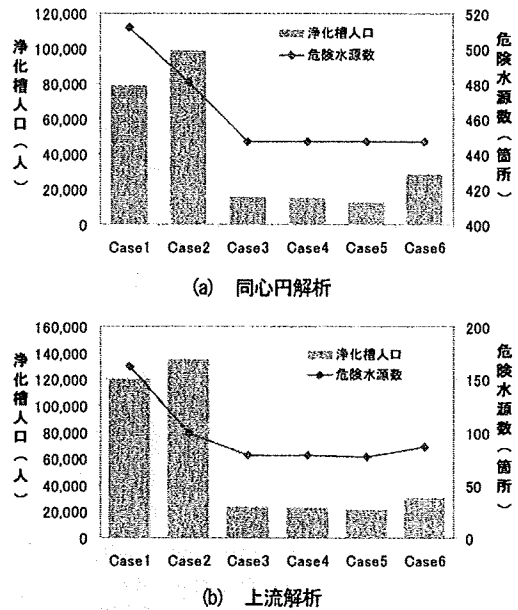


図5 汚染要因として抽出される危険水源数と浄化槽人口

b) 畜産頭数

畜産頭数分布の精度を検証するため、一般に利用可能なデータとして2000年度世界農林業センサスのデータ

を用いた畜産頭数 (Case A) と家畜排せつ物対象飼養状況個票 (鳥取県畜産課提供情報) をもとに農業集落別に集計した畜産頭数 (Case B) を用い、同心円解析および上流解析を行った。Case Aは、経営主体の情報保護の観点から畜産経営者主体数が少ない農業集落のデータは秘匿である。一方、Case Bは、個票に基づく集計結果で、全ての畜産経営主体のデータが収録されている。

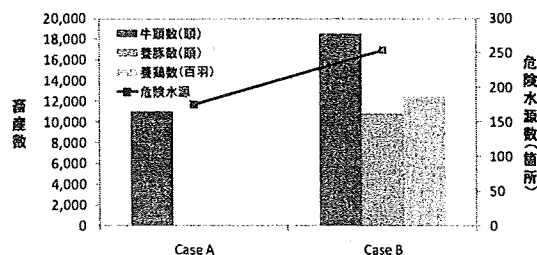
水源から半径 1km 以内または水源上流に存在する畜産頭数と危険水源数を図 6 に示す。Case A と Case B の畜産頭数に大きな違いがみられる。Case A では養豚、養鶏ともにほとんど存在していないが、Case B では多くの養豚、養鶏が抽出された。危険水源数も Case B のほうが Case A より多くなっている。これは、一般に利用可能である Case A のデータでは秘匿とされているデータが多くあり、実際に県が把握している畜産頭数と比べ、過小に公表されているからである。

以上の結果から、一般に利用可能な情報のように空間精度や集計精度が劣る情報を用いた場合、汚染要因抽出結果に大きな影響を与えることがわかった。一般に利用可能な情報源を用いるか、詳細な情報を用いるかについては、手間と評価精度のトレードオフの関係として捉えられるため、詳細情報を用いるための手間を低減することや、詳細情報を用いた場合の抽出結果の利用価値を明確にしておくことが重要と考えられる。

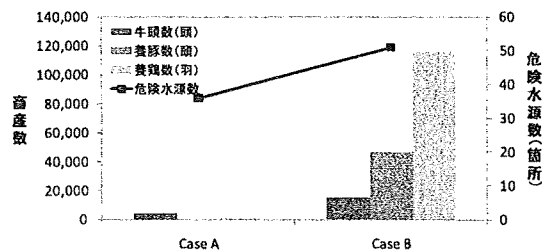
c) 上流識別の精度

本研究では、水源上流の河川や集水域は、50mメッシュの標高DEMデータおよび河川のベクターデータ (数値地図25000空間データ基盤) を用いて自動的に識別される仕組みを作成したが、この仕組みにより識別される河川が、実際に存在する河川位置とは一致しない場合があった。50mメッシュのDEMでは再現できない部分、または河川ベクターデータの入力誤差に起因するものである。また、水道地図から取得した取水源の位置が識別された集水域や実際の河川位置からずれていることもあった。このため、ある取水源の上流として識別される集水域が、その取水源の本来の集水域と異なることが生じる場合があった。そのような場合には手動で取水源の位置を本来の集水域内に位置する河川上に動かすことで、補正した集水域を作成し用いている。ここで、元の集水域をCase a、補正を行った集水域をCase bとし、それぞれの水源上流域で抽出される汚染要因数の比較を行った結果を図 7 に示す。図には補正を要した集水域の結果のみを示している。

Case bでは、Case aよりも多くの汚染要因数が抽出された。特に上水道の水源では非常に大きな差が生じており、補正を行っていない集水域Case aは過小評価につな



(a) 同心円解析



(b) 上流解析

図 6 汚染要因として抽出される危険水源数と畜産頭数

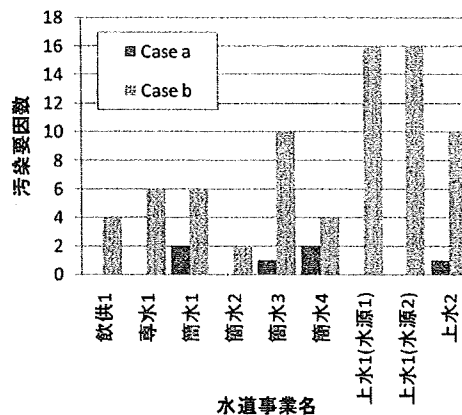


図 7 水源上流に抽出される汚染要因数

がるケースがあることが明らかとなった。本手法のように、水道地図と標高データ、河川データを用いた集水域の自動識別では、水源がどの集水域を下ってきた河川から取水しているのかを正しく判別できず、その結果として汚染要因を正確に抽出できない場合があることを示している。また、その原因は50mメッシュ程度の標高DEMや水道地図、河川データの空間精度による位置のずれであることがわかった。水道地図や標高データのような位置的データのみには頼るのではなく、取水源と取水対象河川との関係性を示すようなデータセットをあらかじめ準備し、間違った上流識別を行わないような仕組みを考案する必要があると思われる。

4. まとめ

本研究では、一般に利用可能な地理情報や統計のみで、GISを用いて各水源の同心円内距離および上流域の汚染要因を抽出する場合の元情報の問題点を整理するとともに、抽出される汚染要因数やその属性の大きさに対して、流域の汚染要因の情報形態が与える影響について検討した。以下にそのまとめを示す。

- 1) 下水処理場、集落排水処理施設に関する情報や、水道地図、水道統計については位置に関する情報が不十分なため、施設の位置を特定しGISに取り込むことに多大な時間を要した。特に水道地図や水道統計については、相互の情報の整合性に欠けており、情報の整合を取るために水道台帳を確認する労力が必要であった。これらの統計や地図情報の作成段階での改善が必要と考えられる。
- 2) 浄化槽や畜産頭数については、一般に利用可能なデータでは、空間精度が粗い点、秘匿データが存在する点から、GISを用いた汚染要因抽出結果に大きな影響を与える。都道府県などから個票データを入手して整理することで汚染要因抽出の精度は向上するが、各水道事業者が個票データを整理することは非効率と考えられるため、これらの情報の関係機関に利用環境を整備するように働きかけることが必要と考えられる。
- 3) 水道地図と50mメッシュ標高データ、1/25000精度の河川データを用いた上流域の識別では、汚染要因を正確に抽出できない場合があることを示した。原因はデータ相互の位置のずれであることがわかった。位置データのみにも頼るのではなく、取水源と取水対象河川との関係性を示すデータセットを準備することで回避できると考えられる。

謝辞：本研究の一部は、平成21年度厚生労働科学研究費補助金「気候変動に対応した飲料水管理手法の開発に関

する研究」により実施した。また、研究を遂行するにあたり、鳥取県生活環境部水・大気環境課よりデータの提供をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 山田俊郎, 秋葉道宏, 浅見真理, 島崎大, 国包章一: 我が国における健康被害事例, 環境工学研究論文集, Vol.45, pp.563-570, 2008.
- 2) 社団法人日本水道協会: WHO 飲料水水質ガイドライン第3版 (第1巻), pp.47-82, 2008
- 3) 国包章一: 地理情報システムを用いた水道原水の保全に関する研究, 厚生労働科学研究費補助金厚生労働科学特別事業平成15年度総括・分担報告書, 2004
- 4) 森一晃, 国包章一, 津野洋: 水道原水保全における地理情報システム (GIS) の活用, 第55回全国水道研究発表会, pp.118-119, 2004
- 5) 国包章一: 飲料水中のウイルス等に係る危機管理対策に関する研究, 厚生労働科学研究費補助金厚生労働科学特別事業平成17年度総括・分担報告書, 2006
- 6) 山田俊郎, 秋葉道宏: 最近10年間の水を介した健康被害事例, 保健医療科学, Vol.56, No.1, pp.16-23, 2007
- 7) 金子光美: 水道のクリプトスポリジウム対策 (改訂版), ぎょうせい, 1999
- 8) 金子光美: 水道水の病原微生物対策, 丸善出版, pp.24, 2006.
- 9) 厚生労働省健康局水道課: 平成17年度流域水質の総合的な保全・改善のための連携方策 (緊急時の水質リスクに対応した連携方策) 検討調査報告書, 2006
- 10) 環境省: 土壌汚染対策法の施行について, 環水土20号, pp.18, 2003

(2009.5.22受付)

Influence of Spatial Data Accuracy on Extraction of Contamination Risk Factors in Drinking Water Sources by pathogenic microorganism using GIS.

Takanori MASUDA¹, Haruki TANAKA¹, Toshiro YAMADA²,
Michihiro AKIBA² and Yoshihiko HOSOI¹

¹ Dept. of Management of Social Systems and Civil Engineering, Tottori University
² National Institute of Public Health

Management of risk factors through the whole waterworks system is required in the water safety plans advocated by WHO. However, it seems difficult for small-scale water supply administrators to evaluate risk due to lack of technique or budget, because various kinds of information of risk factors are not collectively managed in Japan. In this research, some simple methods are proposed to extract and visualize kind and size of risk factors by pathogenic microorganism on each drinking water source, by only using widely used statistics, digital maps, database and GIS. In the methods we found out difference in spatial accuracy of the information has a big influence on the extraction results of risk factors. It was also found that detailed spatial data makes extraction results improve.

