

氏 名 (本籍) 木 戸 一 博
学位の種類 博 士 (医 学)
学位記番号 医 第 2 4 3 8 号
学位授与年月日 平 成 4 年 2 月 26 日
学位授与の条件 学位規則第 4 条第 2 項該当
最 終 学 歴 昭 和 47 年 3 月 10 日
東北薬科大学薬学部薬学科卒業

学位論文題目 テトラクロロエチレンによる地下水汚染とその健康におけるリスク評価に関する研究
1. Correlation of Tetrachloroethylene in Blood and in Drinking Water : A Case of Well Water Pollution
(テトラクロロエチレン汚染地区の井戸水および住民の血中テトラクロロエチレン濃度)
2. Statistical Approach towards Point Sources of Groundwater Pollution with Tetrachloroethylene : A Field Study
(テトラクロロエチレンによる地下水汚染とその汚染源推定に関する研究)

(主 査)

論文審査委員 教授 佐 藤 洋 教授 久 道 茂

教授 濃 沼 信 夫

論文内容要旨

地下水は、飲料水など生活用水の約25%を占め、重要な水源となっている。近年、各種産業で使用されているテトラクロロエチレン（PCE）による地下水汚染が明らかとなり、大きな社会問題となっている。PCEは肝腎などの臓器に対する毒性に加えて、動物実験によって発癌性が認められており、このような化学物質による地下水汚染は、それを利用する集団へ重大な健康影響を与えることが考えられる。地下水はいったん汚染されるとそれが継続し、その除去は困難であるため、汚染地下水を利用する限り人への曝露を0とすることは不可能である。したがって、PCEの曝露による健康へのリスクを正しく評価し管理しなければならない。健康へのリスク評価のためには、曝露の量的把握、すなわち汚染源とその拡がり、および人での曝露量を明らかにする必要がある。本研究では、実際に発生した二件のPCEによる地下水汚染の調査において、生物学的モニタリングと環境モニタリングの双方から、人体への曝露量を明らかにすることと、汚染源の推定方法の確立を試みた。

1. 生物学的モニタリングによる曝露の評価

PCEの汚染がみられた地区内の23カ所の井戸水中PCE濃度と、その井戸水を飲用している住民74名の血中PCE濃度の測定を行い、井戸水と血中のPCE濃度との関係について検討した。また同時に血液・一般生化学検査を行い、PCEの肝機能障害等についても検討した。

血中PCEが低濃度であることが予想されたため、ヘッドスペース・ECDガスクロマトグラフ法により、2mlの血液を用いて0.5 μ g/lの低濃度まで高感度に分析する方法を確立した。この方法を用いて血中PCE濃度を測定し、井戸水中のPCE濃度との関係について検討したところ、両者には直線関係が存在することが明らかとなった。このことは住民の血液中に検出されたPCEが、汚染井戸水からの曝露によるものであり、今回用いた方法が曝露を量的に把握する生物学的モニタリングの有用な指標であることが明らかとなった。また、同時に行った血液・一般生化学検査では一部に軽度の異常がみられたものの、PCEとの直接的な関係は見い出されず、この事例のPCE汚染は比較的軽度のものであったと判断された。

これまで生物学的モニタリングは産業衛生分野で、比較的高濃度曝露（ppmレベル）の作業環境において利用されてきた。そのため、PCEのモニタリングは尿中の代謝物を測定することによって行われている。しかし、PCEの代謝率は全取り込み量の約3%以下であり、生物学的半減期が約70時間と比較的長いことや地下水汚染による曝露が低濃度曝露であることから、この事例では試料として血液を用いた。

このようにして、血液を試料とし、低濃度曝露（ppbレベル）での生物学的モニタリングを行っ

たのは産業衛生の分野のみならず環境汚染の調査においても初めてである。

2. 環境モニタリングによる汚染源の推定

PCE 汚染の認められた地域において、汚染の範囲と汚染源を推定するため、41本の浅井戸から、繰り返し91検体を採取し、PCEと一般水質項目の分析を行った。汚染源の調査法として、一般水質のクラスター分析、地下水位調査、PCE濃度のコンター（等濃度曲線）表示法を組み合わせた統計的手法を開発し、それを適用した。すなわち、一般水質項目のクラスター分析と地下水位調査から、調査井戸の帯水層のグループ分けを行い、その上で、井戸水中のPCE濃度のコンター表示法による分析を行った。

その結果、三地点の汚染源を推定し得た。汚染源自体の確認調査は行えなかったが、これらの三地点には、有機溶剤を使用した工場が過去に存在し、本方法は、汚染源を推定する上できわめて有用であると考えられた。

多くの地下水汚染調査では、汚染源が不明であるとともに、汚染帯水層や地下水の流動方向などの情報が不足しており、正確な汚染状況の把握は困難であった。本研究では、汚染源の調査法として汚染物質のコンター表示法を用いた。これは従来、汚染源から汚染物質の拡散をシミュレートする際に用いられてきた方法であるが、本研究ではこれを逆に用い、一般水質のクラスター分析、地下水位調査を組み合わせた統計的手法を用いた。このような方法で汚染源の推定を試み妥当な推定を行い得たのは本研究が初めてである。

本研究によって確立した血液を用いた生物学的モニタリング法と統計的解析による汚染源推定法は、PCEのみならず、その他の低沸点有機物質による地下水汚染と人への曝露量を把握するためにも応用しうるものであり、今後も起こり得る地下水汚染における予防医学的対策にとって重要な手法であると考えられる。

審査結果の要旨

大気や河川・湖沼の地域的な環境汚染は、法律の整備や、企業体・地域住民の努力により、この10年間に大きく改善された。その一方で、酸性雨や温暖化等地球規模の、あるいは、難分解性化学物質の広域にわたる汚染が注目されるようになった。各種産業で大量に使用される塩素系有機溶剤もそのひとつで、広範な地下水汚染が1982年に発見されて以来問題となっている。地下水は、いったん汚染されるとその浄化は不可能であり、その地下水を利用している集団は曝露され続ける。これらの物質の汚染濃度は、作業環境や過去の公害に比較すれば低濃度であるが、発癌性物質もあり、また、曝露が長期間持続するため、生体影響への懸念は大きい。しかし、曝露の濃度や様式から、曝露量や健康影響の把握、量-影響関係を確立することは困難で、汚染の評価や管理が不可能な状態にある。本研究は、各種産業で大量に使用され、動物実験で発癌性の認められているテトラクロロエチレン（PCE）による汚染事例で、地下水汚染におけるリスクアセスメント（曝露評価と汚染源の推定）を検討したもので、以下の結果を得た。

1. 生物学的モニタリングによる曝露の評価：汚染井戸水を飲用している人での曝露量把握のため、生物学的モニタリング（血中 PCE 濃度測定）を適応した。高感度分析を可能とするため、ヘッドスペース・ガスクロマトグラフ法による測定法を確立した。この方法で、汚染井戸水とその水を飲用している住民の血中 PCE 濃度を測定したところ、両者の PCE 濃度間に直線関係が存在することを見だし、汚染井戸水からの曝露を量的に明らかにした。産業保健の分野で利用されている生物学的モニタリングが、一般環境下での低濃度曝露でも応用可能であることを初めて示したものである。
2. 環境モニタリングによる汚染源の推定：PCE 汚染地域で、井戸水中の PCE 濃度と一般水質項目の測定を行ない、水質のクラスター分析から帯水層を区分した上で、地下水位と PCE 濃度の等濃度曲線表示法による分析を行い、汚染源を推定した。汚染拡散のシミュレーションである等濃度曲線表示法を逆に用い、帯水層の統計学的区分と組み合わせて、妥当な推定結果を得たのは本研究が初めてである。

これらの調査研究により、地下水の PCE 汚染における曝露量評価と汚染源を推定する方法を確立し、地下水汚染の評価と管理の可能性を示した。さらに、この方法は、有機溶剤のみならず他の地下水汚染物質の場合も適応可能であり、今後起こり得る汚染における予防医学的対策にとっても重要である。よって本論文は学位に値するものと考えられる。