

機関番号：14101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19310154

研究課題名（和文） 沿岸域の水環境に残る大規模公害の痕跡の解明と環境復元モデルの構築

研究課題名（英文） Modeling and Analysis of Environmental Restoration on the Water Environment in the Coastal Area where remains the Polluted- trace

研究代表者

朴 恵淑 (Park Hye-Sook)

三重大学・人文学部・教授

研究者番号：10273343

研究成果の概要（和文）：対象地域における環境実態について、四日市地域および韓国・麗水地域において、大気－地表・地下水の物質移動についての検討を行った。その結果、各地域における自然環境条件が地域の環境変化を抑制する働きを持っていることが認められた。

環境復元モデルについては韓国麗水産業団地での生態効率性指標を開発した。電力消費量、工業用水使用量及び排水排出量を環境指標とした場合、2015年には指数が2004年比で1.158となり、約15%改善されることが予測できた。

研究成果の概要（英文）：Environmental features in the target areas where are Yeosu industrial complex region in Korea and Yokkaichi petrochemical complex region in Japan, was investigated for the interaction atmosphere-surface and mass transfer of groundwater. The result showed that environmental changes have been found to suppress the local physical environment conditions in each area.

Developed a model for environmental restoration of the ecological efficiency indicators Yeosu industrial complex region in Korea. Power consumption, when the environmental index and the industrial water consumption and wastewater emissions, by 2015 compared to 2004 figure becomes 1.158 to about 15% was expected to be improved.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2008年度	5,500,000	1,650,000	7,150,000
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：地域研究・地域研究

キーワード：涵養域、水質管理、環境実態、水管理システム、環境復元モデル、環境経済効率指数、麗水、四日市

1. 研究開始当初の背景

四日市公害は、発生から40年余りを経過しようとしている。日本において高度経済成長期に発生した大規模公害は、その多くが現在は環境回復し、既に過去の話として社会一般にはとらえられているのが現状である。しか

しながら、四日市では、当時の煤煙による公害病患者は実際に地域で生活しており、そのような住民にとっては、現在でも公害との戦いは続いているといえる。また、現在の生活空間には、過去の痕跡は殆ど認められないものの、公害発生時に大量に噴出された物質は、

現在地下の地層中に吸着されていることが考えられ、さらにそれらの物質が地下水に溶出して移動することにより沿岸海域の水質にも何らかの環境負荷を与えていることが考えられる。このように自然環境の立場に立ったとき、四日市公害問題は現代の問題としても考えなければならず、将来に向けて環境の改善・保全戦略を構築していくためには、その実態を解明することが極めて重要である。研究代表者の朴は、「まちの大気環境測定局」(朴恵淑, 長屋祐一. 三重県人権問題研究所, 80p, 2000年)において、地域の小中学校の協力を得て、三重県内の大気環境の実態を解明し、現在の大気環境が実際は四日市公害が発生していた時点での濃度レベルと余り変わっていない地域が存在することを示し、四日市公害問題が完結していないことを示した。また、「環境快適都市をめざして—四日市公害からの提言」(上野達彦, 朴恵淑. 中央法規, 342p, 2004年)や、「四日市学—未来をひらく環境学へ—」(朴恵淑, 上野達彦, 山本真吾, 妹尾充史. 風媒社, 232p, 2005年)では、環境学としての四日市学発展の可能性について言及している。これらの文献から、四日市公害を題材にした学際研究の中で、現時点では自然環境に関する実態の提示の部分が欠落していることは明らかであり、その意味でも本研究の遂行は、学際的な方向性を持って四日市公害を題材にした地域学として発展させるために必要不可欠なものであるということが出来る。

さらに近年では、従来の工業地域としての位置づけと平行して、名古屋のベッタウンとしての機能を強く持ち始めた。都市化によってよきおこされる熱量の変化は、局所的な大気循環や水循環の変化など、自然環境に対して新たな人為的負荷がかかっている可能性が指摘される。このような大気環境の変化によって、物質濃度レベルは低下していると考えられる工場から空中に排出される物質も、局所的には高濃度に滞留してしまうところが存在することが考えられ、その意味では、四日市公害を体験した四日市地域は、現在でもしっかりとした環境モニタリング体制が整えられることを必要としている地域なのである。

四日市地域では夏季と冬季で季節風の吹き方が大きく異なる。夏季には南東からの季節風によって、都市域で大気中に排出された物質は内陸部に輸送され、地上に降下し地中に浸透していく。地中に浸透し土壌に吸着した物質は、地下水を介して再び沿岸域に輸送され湧出し、沿岸海域の水質や生態系に影響を及ぼすことが考えられる。一方、冬季には北西からの季節風によって、大気中に排出された物質は沿岸海域に直接降下し、海底に沈殿すると考えられる。このように、四日市公

害については、総合的に地域における環境復元プロセスを考えた場合、単に大気循環のみを対象とするのではなく、大気や地表水と比較して、その影響が長期に及ぶ地下水循環についても焦点をあてることは極めて重要であり、そのような視点から環境実態を明らかにしたうえで環境復元プロセスを構築しようとする試みはほとんどない。

地下水については、UNESCO-IGRAC (international Groundwater Resources Assessment Center)-WMO の国際共同研究 GRAPHIC Project「気候変動と人間活動の圧力下による地下水資源管理」が組織され、2006年4月には GRAPHIC 国際シンポジウムを開催し、今後の水資源として地下水の重要性をユネスコ発足以来、初めて明らかにしている。沿岸域における地下水—海水の相互作用については、数年前から海域の環境に関して地下水からの負荷が重要であることが指摘されており、AGU, IAHS, 日本地下水学会などの国内外の主要学会ではユネスコの動きに呼応するように種々の委員会が組織されはじめており、さらに学術大会では、地下水—海水相互作用に関するセッションが単独で開催されるまでになっており、研究分担者である宮岡は、これらの委員会の一部に参画すると共に、伊勢湾沿岸域における地下水—海水相互作用について、既に幾つかの研究発表を行っている。本研究では、化学分析や生態関係を専門とする研究者を分担者として加えることによって、地域における汚染の状況や生態系への影響をさらに詳細に解明できることが期待され、本研究の最終的な目的である、現実に公害被害を被った地域における環境実態の解明をベースに、将来に向けた環境復元プロセスを構築するうえで、充実したメンバー構成である。

さらに現在、東北アジアの諸地域では、四日市公害発生当時と同様の社会および自然環境に直面しているところが少なくない。なかでも韓国南部に位置する蔚山および麗水といった都市では、石油化学コンビナートがつくられ、現在の環境はかつての四日市に匹敵する状況となっている。四日市はすさまじい大気汚染から見事に環境回復を果たした実績を持っており、この経験を同様の問題を抱えるアジアの諸地域に転用することは、極めて意義のあることである。さらに過去の公害の爪痕が現在表れている可能性がある地下水や海底の底質を四日市において調査することで、アジア地域において将来への環境対策を含めて自然環境および汚染に関する実態を解明しておくことは不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、過去に悲惨な公害を経験した四日市地域において、大気循環および水文循環

に焦点をあて、以下の事項の検討及び解明に挑戦する。

(1) 四日市地域において、現在、どのような形で沿岸域地下水や海底底質中に過去の公害の痕跡が残っているか、沿岸域の生態系への環境負荷についての再評価と、公害発生から現在に至るまでの環境復元プロセスを構築する。

(2) 現在、四日市公害発生当時と同様の社会および自然環境に直面している韓国蔚山・麗水地域において、環境汚染の実態解明を行うとともに、その結果に基づいて、四日市における環境復元プロセスを転用することにより、将来、深刻な環境負荷を受けた地域における環境改善・保全戦略について提言を行う。

3. 研究の方法

初年度には、四日市地域における環境調査を実施した。現地調査及び分析は以下の項目である：①土壌サンプリングと土壌水の採取・分析、②降水の採取と分析、③河川水・地下水の採取と分析、④地域における日常生活に残る公害の影響調査。

2年度以降は、これらの調査の継続と韓国・麗水地域に四日市での成果を当てはめることにより、麗水地域においても調査を開始した。3年度目より環境復元モデルの構築に着手し、不足データ取得のための補足調査を実施しつつ、モデルの完成に努めた。

4. 研究成果

各年度における成果を以下に示す。

平成 19 年度

初年度は、基礎データの蓄積に努めた。四日市地域の地形地質条件、地下水流動形態、地表水-地下水の交流関係など、今後の調査研究に関する基礎データの収集を行った。約 40 年前に発生した公害の痕跡を地下環境から明らかにすることを目的に、三滝川旧流路にあたる地質構造を呈する地点に、深度 5m, 10m, 15m の観測井を掘削した。観測井には水位・水温センサーを設置し、平成 20 年 3 月下旬より 15 分間隔で長期モニタリングを開始し、沿岸地域の地下水が深度や地点によってポテンシャル分布や水質が全く異なることを明らかにした。このことは、深度によって地下水の涵養域や滞留時間が異なることを示しており、今後の詳細な水質分析により、本研究の目的の一つである季節風によって内陸に輸送された物質の降下→浸透→地下水を媒介とした下流への輸送についての議論が出来ることが期待される。また、掘削時に得られたボーリングデータから、本地域の地質構造には海成層と陸成層が存在することが分かった。

さらに、対象地域の地下水流動形態を把握するために、灌漑の影響が小さい冬季に地下

水・河川水の測水調査を実施した。その結果、四日市平野部の地下水面標高は非常に浅く、地域によっては自噴している地域が存在した。

次年度以降、四日市の観測結果を基に比較研究を行う予定である韓国の調査地域について、地形地質などの情報収集を行った。

平成 20 年度

四日市地域において、以下の研究実績が得られた。

1) 日本の森林土壌中の硫黄動態については研究例が少なく、四日市周辺のような硫黄酸化物が大量に供給された森林土壌で実態を明らかにしようとした研究報告はほとんどない。今年度は、過去四日市地域から排出された硫黄酸化物が、現在の森林土壌の硫黄動態に与えている影響を明らかにするために、森林土壌中の形態別硫黄含有量、硫黄安定同位体比、硫黄蓄積に関わる土壌因子について調査を行った。その結果、四日市地域では化石燃料起源硫黄の影響が強いことが明らかになった。

2) 水・物質循環プロセスを把握するため、前年度に掘削した観測井における地下水水位・水温連続観測を行った結果、以下のことが明らかになった。流出域にあたるコンビナート周辺の地下水流動形態と水質は地域や深度によって大きく異なることが明らかになった。すなわち、直上流部において近年まで化学工場があった地域では、浅層部地下水に水温の高い傾向が見られ、油分の混入も認められた。また、より海岸部に近い地域では、還元状態にあり、海域からの水圧の影響が陸域地下水の水質や流動形態に強く影響している。

また、韓国における予備的な調査を行い、雨量計や降水採水装置の設置と観測、対象地域における地下水・河川水の測水・採水調査を行った。

平成 21 年度

前年度に得られた成果を基に、さらに現地でのデータ収集および環境調査に重点を置いた。四日市において明らかになってきた成果を参考に、地下水流動形態の詳細について調査解析を進めるとともに、韓国・麗水においても研究サイトにおける降水量のモニタリングと毎月の採水、民家井戸において毎月の採水を行い、それらの試水を分析することにより、陸域における降水-地下水の連続性の解明を試みた。また、大気環境についても、韓国・麗水において、冬季におけるコンビナートから排出される物質の内陸への拡散状況を解明するための現地調査を行った。

徐々に現地におけるデータが蓄積されてきている状況を踏まえ、韓国・中央大学との連

携により、麗水地域における環境実態を踏まえた大気・水循環の実態について解析を行うとともに、将来予想される環境変化が地域経済に与える影響と健全な環境管理についてのモデル構築に向けた準備を開始した。

平成 22 年度

最終年度に当たる本年度は、主に前年度までに得られたデータを使用した解析と補足の調査を行った。韓国・麗水では、降水の水質の季節変化を追うために、降水量のモニタリングとひと月毎の採水・試水の化学分析を行うことで、大気から降水によってもたらされる物質の把握を試みた。さらに、日本・四日市地域では、水道水源井から地下水を採水することで、涵養域を明らかにするとともに、涵養域から水道水源井までの滞留時間や流動経路、土地利用形態の地域的差異が水道水源井に及ぼす影響を推定することで、過去に排出された物質の動態評価を行い、環境復元モデルおよび将来に向けた理想的な水管理システム構築に必要な環境実態を明らかにした。韓国・日本の調査から、沿岸域において排出された化学物質は、主に山地斜面の麓の部分において降下する傾向があることがわかり、この地域が海岸に向かって広がる沖積地を流動する地下水の涵養域になっていることから、水資源の安定的な供給や水質管理を考えたとき、この地域における土地利用計画などの行政サイドからの施策が必要であることが導き出された。

環境復元モデルについては、韓国麗水産業団地での生態効率性指標を開発した。麗水産業団地の生産高は、貨幣 (Won) の価値と原料の輸出・輸入の原価変動幅が大きいため、製品部分においては、総生産額、エチレン生産量を基本データとし、電力消費量、工業用水使用量及び排水排出量を環境指標として経済モデルを開発した。2004 年を基準年度とし、2006 年の環境経済効率指数を計算した結果、0.954 で指数が悪化した。しかし、麗水産業団地において、新しい試みである生態産業団地事業が成功する場合、2015 年には指数が 1.158 となり、約 15%改善されることが予測できた。

このように、現地における環境実態を明らかにし、その結果とともに環境シミュレーションを行いモデル化することは、環境条件の大きく異なる地域に対応した形でその後の対策を講じられるというメリットがあることから、きわめて重要な研究手法であることが確認できた。

総括

研究期間内におおむね予定通りの調査と成果を得られたが、海域における地下水-海水相互作用の調査については、3 年度目の 3 月

に予定していた調査が、初日の移動中の事故により中止になってしまった。しかしながら、この年度に予定していた調査経費については、時期的な問題という理由により次年度への繰り越しが認められなかったことから、最終年度を迎える来年度での調査が経費的に不可能な状況になり、結局、この時期のデータが最終年度においても取得することが出来なかった。このことは、自然環境の季節変化をモデルに組み込む際に大きな支障を及ぼす事態を招いた。今後、不測の事態に対応した柔軟な事務対応が望まれる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1. Kim, Jeongin(2010) : Korean Climate Change Assessment Report 2010. Ministry of Environment National Institute of Environmental Research, 165-175. (査読有)
2. Kim, Jeongin(2010) : The Green Growth and Korean Movement. ERINA REPORT, 98, 22-23. (査読有)

[学会発表] (計 4 件)

1. 朴 恵淑・宮岡邦任 韓国国家産業団地における大気-水文環境(1) 日本地理学会 2009 年 10 月 24 日 (琉球大学)
2. 宮岡邦任・朴 恵淑 四日市地域における地表水-地下水の交流関係(1) - 地形地質と地下水位・水温の季節変化 - 日本地理学会 2009 年 3 月 28 日 (帝京大学)
3. 石田卓也, 竹中千里, 宮岡邦任 他 2 名 (ア) 過去大量排出された硫黄化合物の森林土壌における痕跡 日本森林学会 2009 年 3 月 27 日 (京都大学)
4. 宮岡邦任・朴 恵淑 日本における運河の発達と現状 (The Characteristics of Canals in Japan) 第 7 回韓国江の日羅州大会 2008 年 8 月 21 日 (韓国羅州, 東新大大学校)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朴 恵淑 (Park Hye-Sook)

三重大学・人文学部・教授

研究者番号 : 10273343

(2) 研究分担者

竹中 千里 (Takenaka Chisato)
名古屋大学・生命農学研究科・教授
研究者番号：40240808

宮岡 邦任 (Miyaoaka Kunihide)
三重大学・教育学部・准教授
研究者番号：70296234

長屋 祐一 (Nagaya Yuichi)
三重大学・生物資源学研究科・准教授
研究者番号：50303756

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

金正仁
韓国中央大学校・産業経済学科・教授