

都市の地下環境に残る人間活動の影響

このプロジェクトでは、現在および将来の人間社会にとって重要であるがまだ評価されていない「地下環境」に与える人間活動の影響を、特に人口の増加・集中が激しいアジア沿岸都市において評価します。様々な地下の環境問題が、都市の発達に応じて、アジアの各都市で時間遅れを伴って次々と発生していることから、都市の発達段階と地盤沈下・地下水汚染・地下熱汚染など様々な地下環境問題を、地上と地下の環境を統合することによって明らかにし、地下環境を地上の気候変動や人間活動に対する「適応・代替・回復」力と捉え、将来の発展と人間の幸せのために、地下環境との賢明な付き合い方・共存のありかたについて提言します。



プロジェクトリーダー

谷口真人 総合地球環境学研究所教授
専門は水文学。人と水のつながりを紐解く研究に従事。ユネスコプロジェクト「気候変動と人間活動の圧力下での地下水資源管理」代表。国際地下水委員会副代表。

コアメンバー

吉越昭久 立命館大学文学部
山野 誠 東京大学地震研究所
福田洋一 京都大学大学院理学研究科
金子慎治 広島大学大学院国際協力研究科

嶋田 純 熊本大学大学院自然科学研究科
小野寺真一 広島大学大学院総合科学研究科
中野孝教 総合地球環境学研究所
遠藤崇浩 筑波大学大学院生命環境科学研究科

地下環境問題とは

これまで扱われてきた地球環境問題は、大気汚染・地球温暖化・海洋汚染・生物多様性の減少など、地表より上の問題のみを主に対象としてきました。これに対して地下の環境問題は、現在及び将来の人間社会にとって非常に重要であるにもかかわらず、目に見えにくく評価しにくい現象であるため、長い間放置され続けてきました。地上と地下の環境は繋がっているにもかかわらず分断されてきたのが実情です。過剰揚水による地盤沈下・地下水汚染・地下熱汚染などの地下の環境問題は、都市の発達に応じて、アジアの各都市で時間遅れを伴って次々と

発生しています。したがって、アジア沿海都市の都市発展過程のドライビングフォースと典型的な段階、地下環境問題と経済成長との関係を明らかにすることにより、地上の環境とリンクした地下環境と、地下水の持続可能な利用についてのシナリオを提言することができます。その際、将来の発展と人間の幸せのために、社会制度・宗教などの地域の叡智や社会・文化の多様性と、最新の技術による問題解決の両者の観点から問題を俯瞰します。本プロジェクトでは、以下の4つのサブテーマ・研究方法に基づいて研究を進めます。

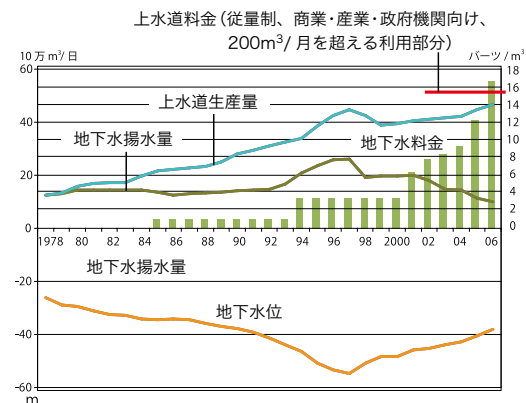


図1 クロスカッティング 法制度

バンコクは1970年代後半から地下水の過剰汲み上げによる地盤沈下に悩まれましたが、上水道網を整備し、地下水料金を上水道料金より高く引き上げたことで、沈下の鎮静化に成功しました

- ①都市の発達段階と様々な地下環境問題との関係を、社会経済学的指標による解析と、歴史資料を用いた都市と水環境の復元により明らかにします。
- ②水文地球化学データと現地及び衛星 GRACEを用いた重力観測によって、地下水流動系と地下水貯留量の変動を明らかにし、可能地下水涵養量を評価することによって持続可能地下水利用量を評価します。
- ③地中水と堆積物中の水文化学・同位体分析とトレーサビリティによって、地下環境の蓄積汚染量の評価と、地下水流動による物質輸送を含めた沿岸域への汚染物質負荷を評価します。
- ④孔内地下水温度の逆解析を用いた地表面温度履歴の復元と気象データを用いて、都市化に伴うヒートアイランド現象による地下熱汚染について評価します。

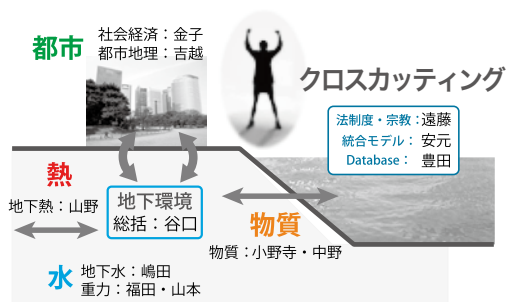


図2 各班構成図

統合指標と地下水モデルによる過去100年の地下環境変化

①変化する社会と環境に関する15指標を過去100年にわたって7都市で構築し、自然の許容量に関する指標と合わせて、地下環境に関する統合指標を完成させました。また、GISを基にしたデータベースの構築を継続し、アジア7都市の3時代区分

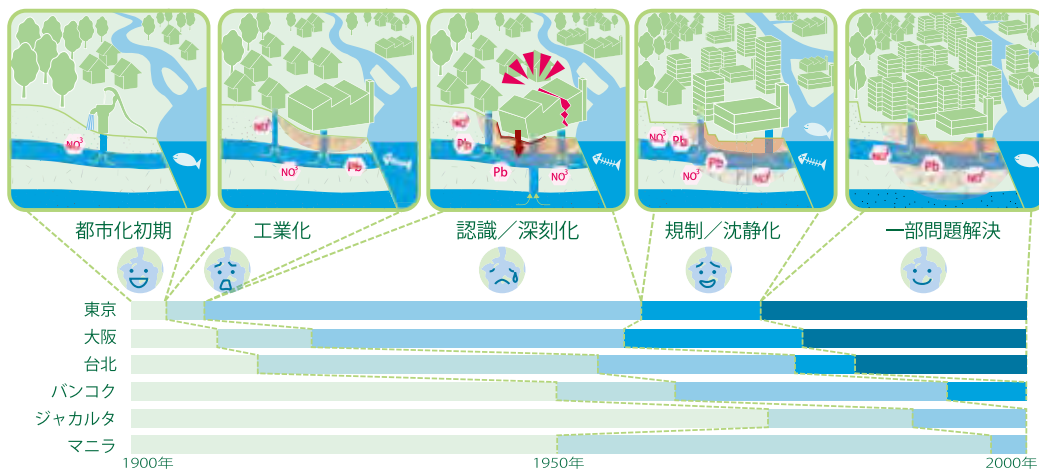


図3 都市の発展ステージモデル

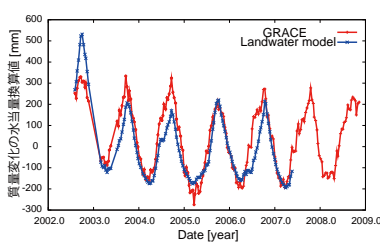
7都市の発展と地下環境への影響を定量的に評価するため、観測・収集データを統合し、共通した指標・分析方法を用いて比較分析を行います。左図は東京を基準にした地盤沈下問題に対するステージを表します

(1930年、1970年、2000年)の土地利用図を0.5kmメッシュで完成させました。

- ②東京・大阪・バンコク・ジャカルタにおいて地下水詳細モデルを構築し、涵養域の変動や水収支などを明らかにしました。また地下水貯留量変動評価のための衛星 GRACEモデルのダウンスケールと流域モデルの比較を行いました。
- ③宗教と地下水に関する調査をバンコクで行い、寺院の存在と地下水流出の関係、標高・土壌と宗教施設との関係を明らかにしました。また、都市の発展段階を5つのステージに分け、後発の利益と地下水涵養量/貯留量等の自然許容量を加味した統合モデルを構築しました。
- ④ IAHS/IAH国際会議でプロジェクト研究成果を発表し、IAHSPressから出版の“Trends and sustainability of groundwater in highly stressed aquifers”などに成果を公表しました。また第3回地下環境プロジェクト国際シンポジウム(台湾)を開催し、プロジェクトの成果統合を行いました。この内容は“Human impacts on urban subsurface environment”として Springerから出版予定です。

後発の利益と自然許容量に基づいた提言メニューの構築

- ①成果公表に向けて、データベースのプラットフォームを構築するとともに、法・制度と地表水(公水)・地下水(私水)問題を中心に、将来の地下環境のあるべき姿に関する提言メニューの構築をめざします。
- ②統合モデル・社会経済指標・土地利用/被覆 GISデータによるクロスカッティングを継続し、地下水涵養量・地下熱貯留量・地下汚染要因としての物質負荷量の変動解析を行うとともに、社会経済・水資源・環境負荷・対策/政策に関する地下環境統合指標の確立を行います。
- ③アジアでのプロジェクト研究成果を、国際機関プロジェクト(ユネスコ GRAPHICなど)をとおして発信し、問題解決のための国際対応へとつながる枠組みを模索します。



(上) GRACE衛星から観測されたチャオプラヤ川流域の質量の時系列変化(流域平均値)と陸水モデルとの比較。両者は良い相関を示しているのがわかります

(右) GRACE衛星から観測された質量の経年変化トレンド(2002-2009年)陸域の質量変化は地下水を含む陸水の総貯留量の変化を示しています。チャオプラヤ川下流域のバンコク周辺で質量が減少しているのがわかります。左端の大きな正負のシグナルは、スマトラアングマン地震に伴う固体地球の質量変化です

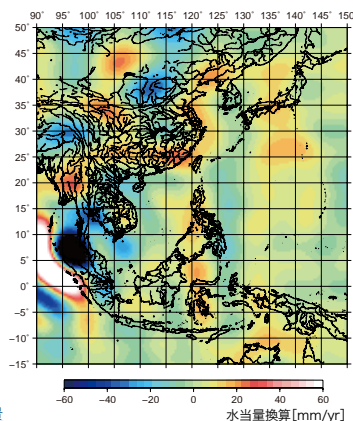
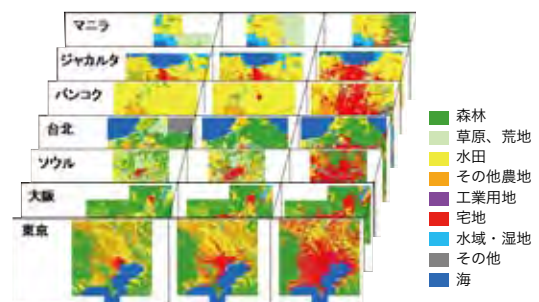


図4 陸水貯留量変動の解析



7都市3時代の土地利用変化(1930年代、1970年代、2000年代)都市の発展に伴い、市街地面積が拡大し、地下環境への影響が変化しています



研究対象にしている都市の帯水層をモデル化し、地下水流動解析を実施しました

図5 クロスカッティング 土地利用変化と地下水統合モデル