

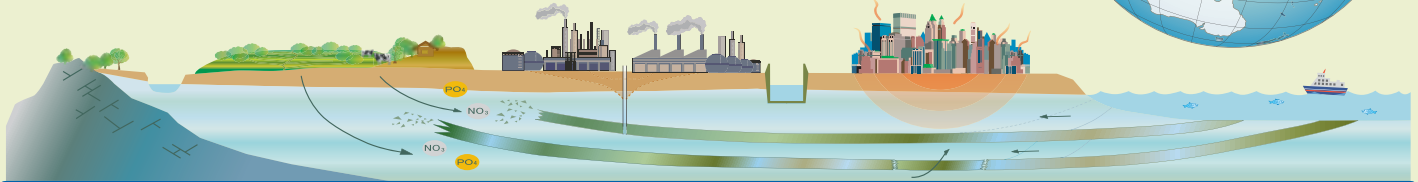
Human Impacts on Urban Subsurface Environment

「都市の地下環境に残る人間活動の影響」

Summary / 概要

This project assessed the effects of human activities on the urban subsurface environment in Asian coastal cities, an important aspect of human life in the present and future but not yet evaluated. The primary goal of this project is to evaluate the relationships between the development stage of cities and various subsurface environmental problems, including extreme subsidence, groundwater contamination, and subsurface thermal anomalies. We address the sustainable use of groundwater and subsurface environments to provide for better future development and human well-being.

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した。過剰用水による地盤沈下や地下水汚染、温暖化やヒートアイランドによる地下熱汚染は、アジアの沿岸都市で、繰り返し引き起こされています。変化する社会と環境、および自然許容量の統合指標をもとに、都市の発達段階と様々な地下環境問題との関係を統合的に解析しました。

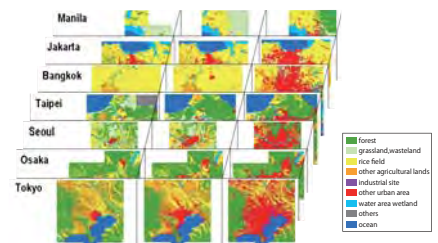


Integration of data based on GIS and comparative analysis of the seven cities

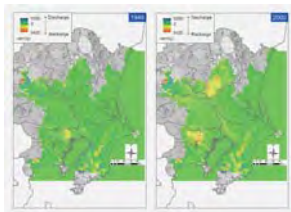
環境指標による過去100年の地下環境変化

Assessments of natural and social data in each city, and a database based on GIS have been made in Asian 7 cities (Tokyo, Osaka, Seoul, Taipei, Bangkok, Jakarta, Manila). Land cover/use maps based on GIS with 0.5 km mesh have been made at three development stages (1930's, 1970's, and 2000's) of seven cities. Changing society indices, such as population and income (Driving force), groundwater pumping and dependency (Pressure), groundwater level (State), land subsidence (Impact), and regulation of pumping (Response), have been made on a yearly basis for seven cities during the last 100 years.

アジア7都市（東京・大阪・ソウル・台北・バンコク・ジャカルタ・マニラ）の3時代区分（1930年、1970年、2000年）の土地利用・被覆9分類を、0.5kmメッシュのGISデータとして作成した。「変化する人間活動と環境指標」として、DPSIRフレームワークのもとに、地盤沈下、地下水汚染について解析した。地盤沈下については、駆動力(D)としての人口や所得、圧力(P)としての地下水揚水と地下水依存度、状態(S)としての地下水位、影響(I)としての地盤沈下、対応(R)としての揚水規制など、15項目の統合指標を構築した。自然許容量としては、ストックとしての地下水貯留量フローとしての地下水涵養量、両者から得られる滞留時間について評価した。



Land use · Cover change / 土地利用変化



Change of groundwater recharge rate / 地下水涵養量変化

Modeling of groundwater 地下水モデルによる過去100年の地下環境変化

Numerical modeling of the subsurface environment was established for Tokyo, Osaka, Bangkok, and Jakarta to evaluate the groundwater recharge rate/area, residence time, exchange of fresh/salt water. Using updated GRACE data, groundwater aging methods by CFCs and 85Kr, subsurface temperature analyses in urban and suburban area, and groundwater contamination analyses, revealed how deep did human impacts reach into the subsurface environment during the last 100 years.

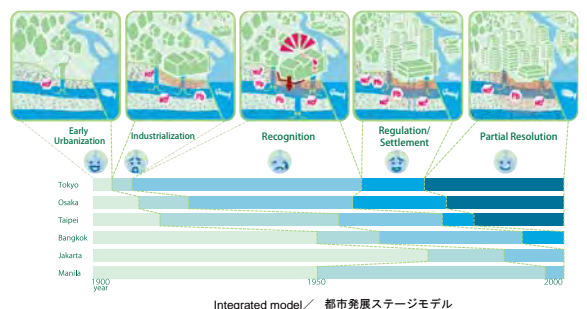
地下水詳細モデル (MODFLOW) を構築し、涵養域の変動や滞留時間、海水—淡水交換、水収支などを明らかにした。また衛星GRACEモデルのダウンスケールと流域モデルの比較を行い、地下水貯留量季節変化と経年変化を明らかにした。またCFCやクリプトンなどの地下水トレーサーの開発を行い、地下水揚水に伴う都市域での浅層と深層地下水の混合や、揚水規制後の涵養域の移動が明らかになった。また窒素・炭素・鉛などの安定同位体比から、有機物汚染や重金属汚染と社会・産業構造の変化との関係などを明らかにしたほか、汚染の蓄積と流動を基準に各都市の脆弱性を明らかにした。地下熱に関しては都市の発展段階を地下温度から復元できることが明らかになった。さらに市街地と郊外および周辺地での地下熱の解析により、都市化の拡大の歴史が地下熱に反映されていることが明らかになった。

Menus of suggestion based on natural capacity and social capability

自然許容量と社会のケーパビリティにもとづいた提言メニューの構築

A five-stage model and a DPSIR model revealed that Bangkok had the following benefit (relatively small damage with same driving force/pressure), Taipei had a higher natural capacity (higher groundwater recharge rate), and Jakarta had excessive development compared to Tokyo for land subsidence issue. Integral management beyond the boundaries of surface-subsurface and land-ocean are necessary based on natural capacity and use of social capability such as late comers benefit.

統合指標による都市の発達段階を東京を基準に5段階に分け、地盤沈下について他の都市と比較したところ、バンコクでは後発の利益が認められ、台北では大きな自然許容量(大きな地下水涵養量)の利益を得ていることが明らかになった。またジャカルタでは、東京以上のスピードで問題が深刻化しており、過剰開発が認められた。統合指標とモデルから、対象としたアジアの沿岸都市域では、適切な水・物質・熱の統合管理を行えば、地下環境の有効利用が可能であることが示された。



Integrated model / 都市発展ステージモデル

Publication / 出版物



Trends and Sustainability of Groundwater in Highly Stressed Aquifers



Groundwater Response to Changing Climate



From Headwaters to the Ocean



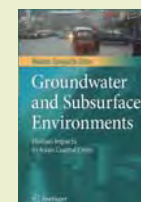
アジアの地下環境 - 殊なれた地球環境問題 -



Science of the Total Environment



アジアの都市と水環境



Groundwater and Subsurface Environments



アジア巨大都市



Urban Subsurface Environment in Asia