

課題名	R F - 0 6 7 アジア大都市周縁における循環型社会を基調とした都市農村融合と戦略的土地利用計画		
課題代表者名	原 祐二（東京大学サステイナビリティ学連携研究機構・特任助教）		
研究期間	平成18－19年度	合計予算額	19,304千円（うち19年度 9,307千円） ※上記の合計予算額には、間接経費4,454千円を含む
研究体制	<p>(1) アジア大都市周縁における循環型社会を基調とした都市農村融合と戦略的土地利用計画（東京大学）</p>		
研究概要	<p>1. 序（研究背景等）</p> <p>アジア大都市における人間活動は、他の大陸を凌駕した地球規模の環境負荷を生み出している。都市域は周辺の農村地帯に急速に拡大し、都市廃棄物の大量排出・不法投棄といった環境問題、さらには都市農村所得格差の拡大といった経済問題も生じている。こうした複層的な諸問題を解決していくためには、都市と農村を別個のものとしてとらえずに、循環型社会を基調として、両者をいかに調和的に融合させるかを考えていかななくてはならない。</p> <p>アジア大都市のほとんどは低湿地に立地しており、水田に代表される都市化以前の農地利用パターンの影響を受け、都市農村土地利用の「混在」が特徴的である。都市と農村を切り離す欧米型土地利用計画では、絶え間なく創出される環境問題には政策的に対応できない。アジア的土地条件と農地開拓史を十分考慮した都市農村計画が必要とされている。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>本研究では、それらアジア大都市の代表として、大河川のデルタに立地するバンコクと天津の都市農村混在地域を取り上げる。これらは空間スケールおよび人口規模が類似している一方で気候や水利条件が異なっており、比較研究には最適である。また、これまでの共同研究等を通じて現地の研究機関並びに行政機関と良好な関係を維持しており、既存データ入手、現地調査、研究結果の活用において優位性がある。</p> <p>研究内容としては、これら2都市について「土地利用等の地理情報」「土建材、水、廃棄物等、ものの流れ」「人口移動」をフィールド調査により把握し、地理情報システム（GIS）を用いて整理する。GISの利用によって、それらの情報をコミュニティ・市区・都市圏等の様々なスケールで、相互に関連させながら見ることができる。これを基礎的なデータとして、それぞれのコミュニティ・市区・都市圏等の各範囲を管轄する行政主体に対し、<u>ものの流れを循環させ、土地への環境負荷を抑える土地利用シナリオを具体的に提言する。</u></p> <p>本事例研究成果は、地球規模の環境負荷を創出しているアジア都市に適した都市農村計画論の確立にむけた、パイロットスタディとして位置づけられる。</p>		

3. 研究の方法及び結果

(1) バンコク首都圏郊外ノンタブリ県バンメナン地区における事例研究

2006年～2007年にかけてのベニヶ月程度現地調査を実施し、各種一次・二次データを取得した。フロー指標毎の具体的な研究方法および結果について、以下より記述する。

1) ミクロな人口データの取得・解析

対象地域の詳細な人口動態の把握は、土地利用予測・都市農村循環社会ビジョン提示を目指す上で、最も基本的かつ不可欠な作業である。本調査は、公表されている人口統計資料の全収集、現地役場・世帯訪問インタビューによる人口原単位データの現場収集により進められた。

その結果、対象地バンメナン地区では、バンコク中心部からの軌道交通延伸計画を見込んで、近年デベロッパーによるサブディビジョン開発が加速化、人口が急増していた(図1)。現地踏査および聞き取りによれば、開発形態のほとんどが建売住宅地であり、未売却家屋も見られることから、現状では住宅供給過多であることが推測された。

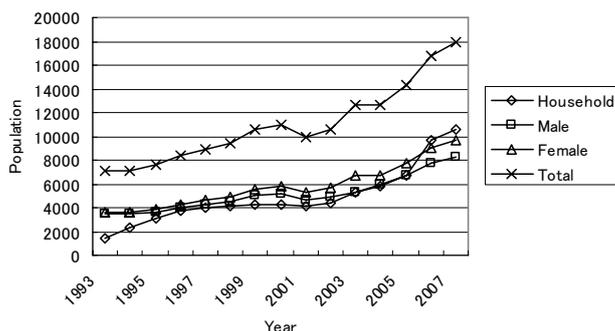


図1：対象地の人口増加と新興住宅地開発

2) 灌漑農地の転用による住宅地開発の地形改変測量調査

対象地域の農地開拓史・都市化による都市農村土地利用混在化プロセスを理解することは、都市農村計画立案の前提条件となる。本研究では、地理情報の収集とそれらのデジタル化、宅地開発現場での測量調査、土木業者へのインタビューによる土石フローの遡上調査を実施した。

その結果、当地区では、農地開拓と宅地開発双方に、凹凸地形改変が不可欠であることが分かった。また、上物と宅盤材質にも相関があった。軽量負荷の低層住宅では、開発地近傍の掘削粘土で宅盤を造成しているが、重量負荷建築の場合、主に砂材により基盤造成される。土石フロー調査により、そうした砂材は対象地から100kmも上流の古チャオプラヤデルタの自然堤防地帯にて掘削され、陸送・水送されていることがわかった(図2)。

さらには、開発予定地の農地利用パターンによっても、投入される土材に差が生じることがわかった(図2)。多くの幹線運河網が残存している果樹園優占地区では、水送による低コストでの砂材搬入が可能であるため、砂の使用率が高い。一方通船不能な灌漑水路に囲まれている水田地区では、高コストの陸送による砂材搬入には消極的であり、獲得が容易な地元粘土を用いている。

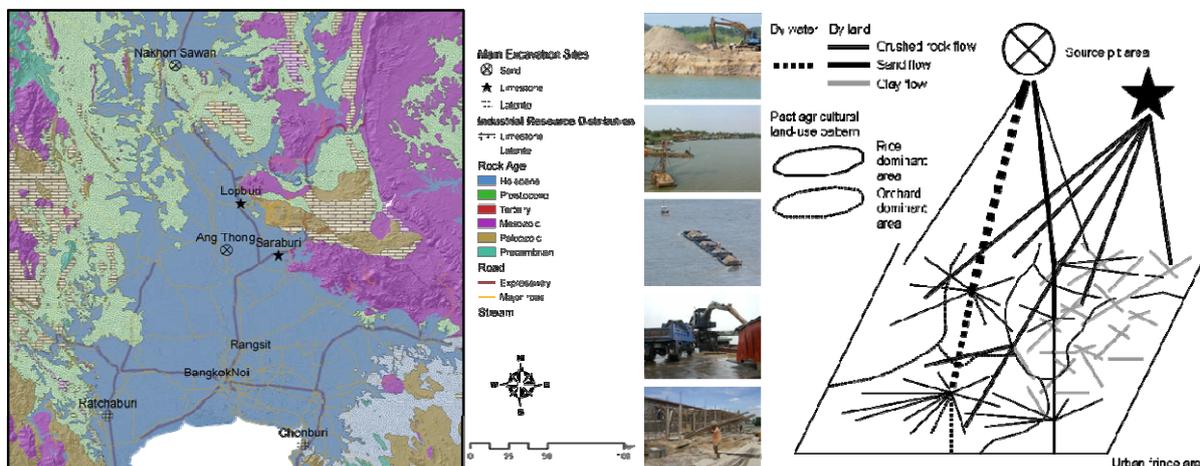


図2：土石掘削地分布と土石フローモデル

3) 家庭廃棄物発生・回収量および空間分布の把握

対象地では宅地開発の進展にともない、家庭廃棄物の発生量増加も見込まれる。都市農村混在地域での適正な物質循環を考究する上で、持続的な廃棄物管理と資源の循環的有効利用は不可避の課題である。本調査は、各家庭や廃棄物関連セクターに対する、ごみの排出実態や廃棄物処理に関するインタビュー調査、サンプル世帯におけるごみ発生原単位計量調査、GPSを用いたごみ収集車回収経路・回収率調査により進められた。

その結果、対象地の廃棄物フローは、公的・民間セクターが複層的に介在した構造を持つことが分かった(図3)。また、ごみ収集車のGPS計測結果によれば、公的収集セクターは水路沿いの旧集落農家にはほとんど行っておらず、新興住宅地の一部に回収が限られていることが分かった(図3)。さらには、排出計量調査の結果より、世帯からの廃棄物排出量・質についても、家屋形態により差があることがわかった。例えば旧集落農家の排出量は、新興住宅地のそれよりかなり小さいが、これは犬を飼っていたり池を持っていたりする家が多く、残飯を餌として与えるためではないかと思われた。

以上のデータをGISにより統合し、バンメナン地区内の家庭ごみ総排出量を原単位世帯からの外挿により求めたところ、27898kg/週、対する回収率51.1%の値を得た。

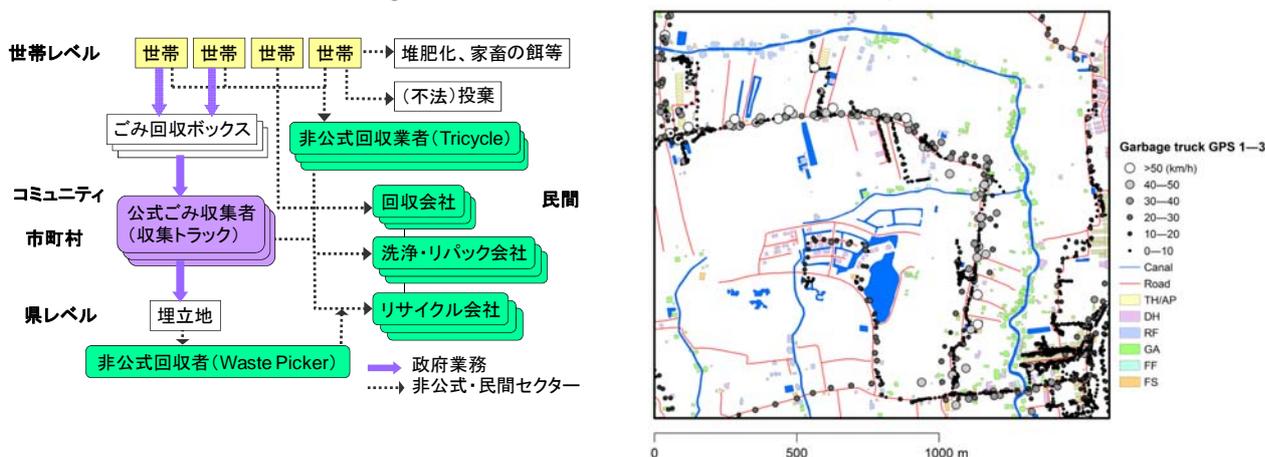


図3：廃棄物フロー構造およびごみ収集車GPS測位調査の例

4) 新興住宅地開発による運河への栄養塩負荷の把握と運河を介した住宅地・農地間の栄養塩循環フローの把握

本項目は、新興住宅地開発が運河への栄養塩排出負荷量に与える影響を定量化するとともに、流域における運河を介した栄養塩フローを把握することを目的とした。調査は、関係機関における二次資料の収集、現地水質・水位・雨量観測、栄養塩負荷量およびフロー量算出用原単位の決定、栄養塩負荷量およびフロー量の算出により進められた。

新興住宅地の多いBang-Kra-Boo運河沿いでは住宅地からの負荷が大きな割合を占め、住宅地からの窒素・リンの負荷量は2003年から2007年の4年間で50%増加していた(図4)。リンのフローにおいて最も多いものは、圃場への肥料投下で、土壌・植物への固定が二番目に大きなフローとなった。Bang-Kra-Boo運河では住宅地からのリン排出がそれにつづいて大きかった。

Bang-Kra-Boo運河流域では、住宅地からの栄養塩負荷が大きく、運河の水質悪化を予防するためには、これらの負荷の低減が急務であると考えられた。特に、この運河で制限因子になると推測される窒素負荷の制御が必要であると考えられる。

(a) 2003年

(b) 2007年

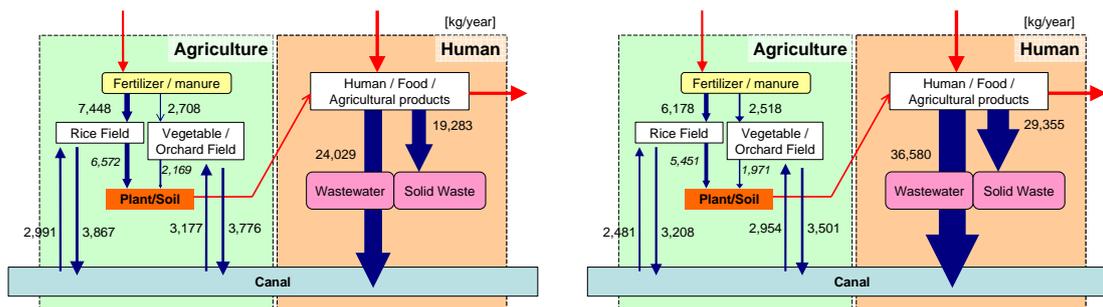


図4：Bang-Kra-Boo運河流域における窒素フローの変化(2003年～2007年)

5) 指標統合化と2020年+5000人のシナリオプランニング

以上1)～4)にて得られたデータを基に、対象地域の灌漑水路区を物質循環空間原単位と認定、都市－農村間の現状の有機物フローを窒素基準で定量化し、適正循環をもたらす人口密度上限値を推定した。さらには、2020年に5000人加増した場合を想定し、①現在の道路網の主要交差点において高層高密開発、②現在の水路網および道路網に沿って低層分散開発の二つのシナリオを、約1:3000スケールにてデジタル図化した。①②両シナリオにおける「物質投下蓄積量」「物質域外搬出量」「物質域内移動量」について、GISを用いて計算し、①と②の比較により適度な都市農村混在ビジョンについて検討した。

人口密度変化にともなう生活廃棄物発生量と農地の肥料需要の変化予測を、図5に窒素換算値で示した。これによれば、堆肥による窒素供給可能量と農地の堆肥需要ポテンシャルが一致するのは、人口密度が約1200人/km²となる時であった。

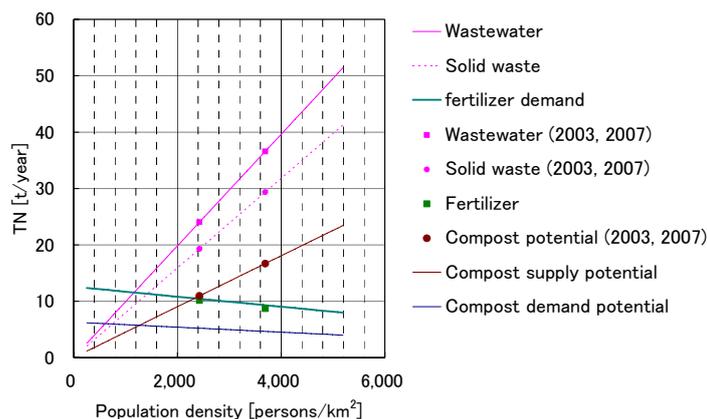


図5：生活廃棄物発生量と農地の肥料需要の変化予測

次に、2020年の両シナリオについて、物量ベースでの環境負荷量分布を図6として示す。なお各量の定義は次の通りである。

- ◆ 物質投下蓄積量＝比重1.7にて計算した搬入砂重量＋回収されない廃棄物重量
- ◆ 物質域外搬出量＝回収されサイノイ最終処分場に陸送・水送される廃棄物重量
- ◆ 物質域内移動量＝生成堆肥のうち自己水区内で消費できず他水区内に運送・利用される重量

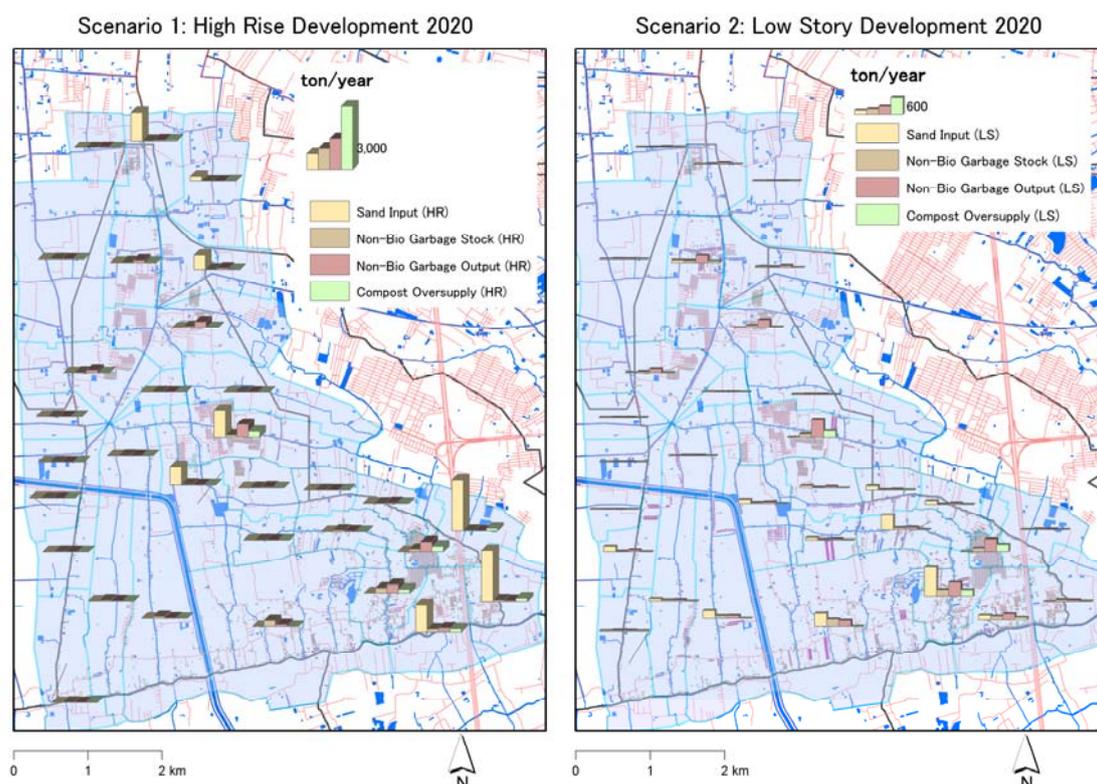


図6：両シナリオの物量ベースでの環境負荷量分布

砂投入量については、シナリオ①の高層開発集中区にて顕著である。一方、域内に蓄積される廃棄物量、処分場に運搬される廃棄物量については、両シナリオ間で明瞭な空間分布差はみられない。域内総廃棄物蓄積量は、シナリオ①の1574ton/年に対し、シナリオ②も1677ton/年と大差なかった。堆肥の域内移動必要量については、シナリオ①の高層建築集中地区において主に発生する。一方シナリオ②では南東部の住宅集中地区で供給超過が発生するものの、全般的には原単位水区内で堆肥処理が可能となった。

以上のシナリオ比較をまとめると、現行施設・技術の継続を前提にした場合、低層分散型のシナリオの方が、物質蓄積量の面からは環境負荷が小さいと考えられる。一方で高密度開発の場合、中間処理施設の導入などによる環境負荷改善効率は高いと想定される。今後は、施設導入シナリオの検証も含め、適切な開発密度について議論を深化させていく必要がある。

(2) 天津市郊外4区における事例研究

2006年～2007年にかけてのベニヶ月程度現地調査を実施し、各種一次・二次データを取得した。フロー指標毎の具体的な研究方法および結果について、以下より記述する。

1) 人口統計の取得

社会主義体制下の中国では、都市と農村の戸籍が厳しく分離されている。そのため、近年の急速な沿海部の経済発展にともなって、都市部に盲流入している多くの農村出身者を含む流動・実人口を把握することは困難であるとされる。この点を考慮し、本研究では、公開人口統計の収集、鎮役所の長および土地利用指針担当官への質問票調査を通じた現場末端レベルでの人口動態の概要把握を行った。

天津統計年鑑より抽出された、最新2005年の郊外4区の人口・人口密度は、各区とも30万人・700人/km²規模であった。しかしながら郊区統計年鑑では、年代によって人口の急増や急減がみられ、戸籍調整の影響や、データ自体の信頼性の低さが考えられた。この証左として、鎮役所訪問調査の結果より、高い浮動人口率が明らかとなった(図7)。

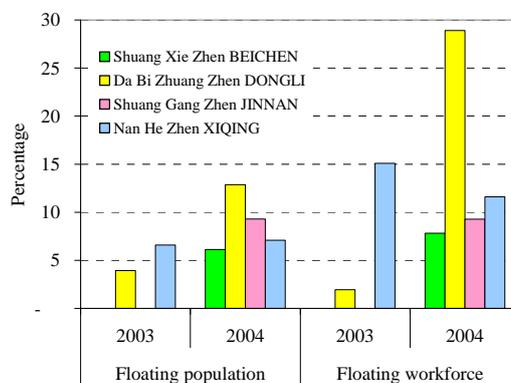


図7：質問票調査鎮の出稼ぎ人口率

2) 近年の土地利用動向の把握

中国では地図情報が軍事・国家機密であり、その利用が著しく制限されている。したがって本調査は、現地各機関で入手可能な地図類および衛星画像の収集と、それらを基にしたデジタル土地利用図の整備、現地鎮役所を訪問し、長および担当官への土地利用動向に関する聞き取り調査により遂行された。

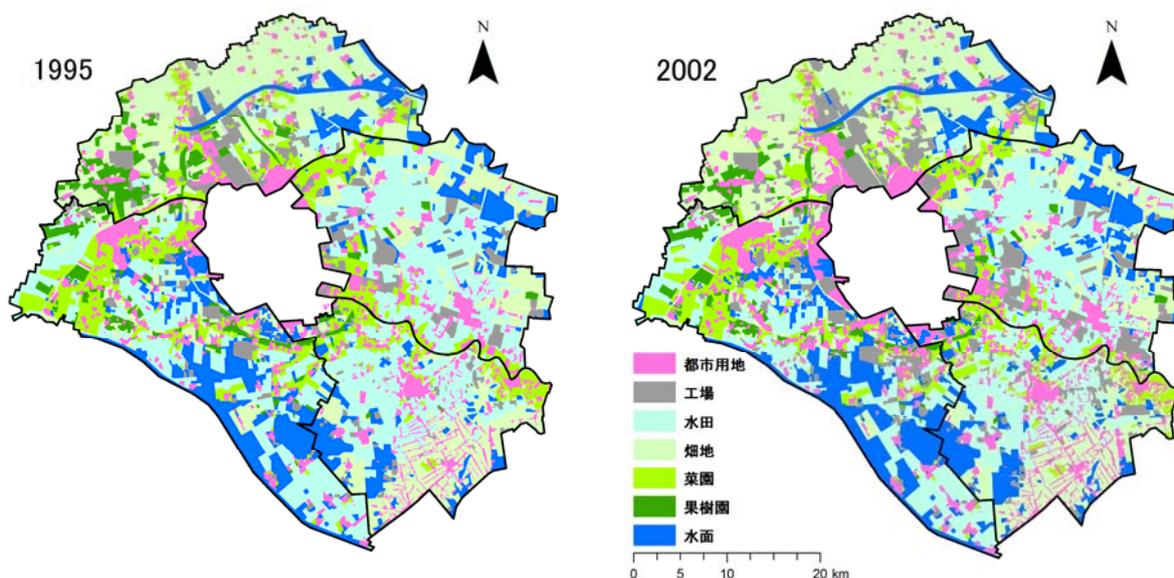


図8：天津市郊外4区土地利用図

図8に土地利用図を示す。両年代を比較して抽出された土地利用変化は、畑地の宅地・工場転用と周辺水域の増加、野菜畑の増加、水田の養殖池への転用の3傾向に要約された。これらはいずれもアジア各都市で見られる、高付加価値作物（輸出用も含む）の生産を主体とした、都市近郊農地への変貌プロセスだと考えられる。

中央政府は食糧自給率の維持を目的とした基本農田（主穀物作付農地）保護法を施行しているが、現場では輸出用商品作物ハウス栽培の増加、それを梃子にした農地総量確保義務の履行表明も認められた。

3) 廃棄物管理に関する二次データの収集

中国における情報公開上の問題から、世帯レベルでの廃棄物原単位発生量調査や、各種廃棄物関連セクターの実態調査は困難をともなう。そこで今回は、関連二次資料の広範な収集、現地視察により調査を進めた。

収集した廃棄物統計およびレポートによれば、天津市郊外区における廃棄物発生概数は次の通りである。郊外4区からの総排出量522ton/day、一人あたり発生推定量800g/day、うち有機性廃棄物55.5%。また、既往文献によれば、天津市においても廃棄物フローに各種インフォーマルセクターの介在がみられる。

一方、鎮役所担当官へのインタビュー調査では、ごみの公式収集自体開始から日が浅く、分別回収はなされていない場合が多いとのことであった。集落視察では、図9のように“環境改善”を謳った政府配付のごみ回収箱に使用済み蛍光灯などをあふれさせている事例、空地への大量不法投棄の現場などが頻繁にみられた。



図9：ごみ回収の現場実態と不法投棄現場

4) 水環境に関する二次データの収集

天津市では水資源不足・地表水汚染が主要な環境問題であり、現地では厳しい情報規制が実施されている。そのため本研究では、既存二次資料の収集、現場灌漑農地の視察により、対象とする郊外4区における水環境問題の把握に努めた。

現場では、図10に示すように、河川の頻繁な断流と水不足、地表水質汚染が深刻化していた。また、汚濁水路から発生した硫化水素による中毒死者すら頻出していた。天津は北京の外港として発展、豊かな水郷・水田地帯としての歴史がある。しかしながら、近年急速に拡大している工場群からの違法廃水により、地表水が著しく汚染されてしまった。政府各機関でも、違法操業工場の取り締まりなどを進めてはいるが、現場レベルでは廃水汚染はなかなか改善していない。

汚染が比較的軽度な地区では、現在でも地表水利用の水田・養殖池が一部みられる。しかしながら、郊外区のほとんどの畑地・園地では、地表水汚染のため、地下水利用がその最低要件となっている。



図10：断流現象と地表水汚染の典型光景。「硫化水素中毒注意」のサインが見える。この付近ではすでに6名ほど死亡したとのことであった。

4. 考察

バンコク首都圏ノンタブリ県バンメナン地区における高層高密度型・低層分散型両極値シナリオの比較検討により、当該地区では分散・都市農村混在型の土地利用計画も、物質投入量面からは肯定的評価を与えることがわかった。この結果を基に、現在の土地利用計画システムをバックキャストリングしてみる。現行の土地利用計画では、道路網を骨格としたマクロな用途地域区分が指定されている。しかしながら、詳細な開発密度規定や、宅地－農地間の物質循環規模に関する計画要項は今のところない。農地利用管理については、むしろ王立灌漑局の管轄で実施されている。灌漑局ノンタブリ支所における聞き取り調査では、都市計画サイドとの連携は確認できなかった。王立灌漑局は本デルタ地帯の農地開拓に主導的な役割を果たし、現在でも水利管理を通じて当地区の農地利用をコントロールし、地権者の営農意思にも影響を与えている。適切な都市農村土地利用パターンを目指す上で、両サイドの連携が、喫緊で最も重要な課題であると思われる。

天津市郊外4区における事例研究結果を基に、今後の土地利用計画制度のあり方について若干考察する。現状では、都市計画と農村計画が明瞭に分断してしまっている。この原因として、都市農村別戸籍制度という根本的な問題があるが、それと同時に現場では、土地利用計画、施設計画、環境政策の全ての面において、政府機関内部の縦割状況がみられた。例えば天津市農業委員会では、農村集落整備事業を進めているが、未だパイロット事業に終始しており、都市農村一体化整備には至っていない。また当地での一般的な住宅団地は、開発規模自体が日本のニュータウン建設に比して断然巨大である。こうした団地開発の場合、地区内部に、地下水を利用した“美しい”緑地公園が設置される場合が少なくない。都市計画マスタープランでは、このような施設公園は緑地として位置づけられているが、基本的に農地は緑地計画には含まれない。農地マスタープランはかつての集団土地所有地区を主要対象にしており、また線引自体も市政府の開発意向により頻繁に変更されるため、農村計画の実効性基盤は弱いと言えよう。今後は施設整備による水資源・廃棄物の適正管理に加え、土地利用計画による都市農村融合施策の展開が必須であると考えられる。

今後の課題としては、より詳細な現場データの取得およびシナリオプランニングの深化があげられる。さらには両都市間の比較考察、さらなる事例研究の拡大が求められよう。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

階層的な空間情報と、フロー指標との統合により、資源循環規模をふまえたシナリオプランニングが実現した。とりわけアジアの拡大都市圏で不可能とされてきた、発生原単位量の把握を可能とする現地調査手法が開発され、現場環境に即した高精度のシナリオ提案手法を実動した。

(2) 地球環境政策への貢献

地球規模の環境負荷を創出しているアジア拡大都市圏において、従来の純化的空間計画とは異なった、都市農村の調和的な混在による土地利用計画をモデルとして示した。既成果論文は現地各機関に提出され、また今後も公表論文は随時提出し、現場での周知をはかっていく。また、天津市－東京大学研究シンポジウムにて、本研究結果が発表され、現地担当者からも好感を持ってむかえられた。

ミクロな土地利用混在を実証評価することで、例えばODAによる現地支援方策の効率化にも寄与するものと考えられる。また、新・循環型社会形成基本計画に明記された地域循環圏、東アジア循環圏、アジア循環型社会（3R）の推進に資する（公表統計値に現出しない）実地情報を、今後さらに考究・提示していく。

6. 研究者略歴

課題代表者：原 祐二

1977年生まれ、東京大学理学部卒業、農学博士（東京大学）、現在東京大学サステイナビリティ学連携研究機構特任助教

参画研究者：本多 了

1977年生まれ、東京大学工学部卒業、工学博士（東京大学）、現在東京大学サステイナビリティ学連携研究機構特任助教

: 平松 あい

1976年生まれ、東京大学工学部卒業、工学博士（東京大学）、現在東京大学サステイナビリティ学連携研究機構特任助教

: 関山 牧子

1977年生まれ、お茶の水女子大学生活科学部卒業、保健学博士（東京大学）、現在東京大学サステイナビリティ学連携研究機構特任助教

7. 成果発表状況

(1) 査読付き論文

- 1) Gondhalekar, D., Hara, Y. and Takeuchi, K. (2007): Urban land expansion and cultivated land loss in the Beijing Tianjin region, China. *Proceedings of International Symposium on City Planning*, 98-107.
- 2) Hara, Y., Thaitakoo, D. and Takeuchi, K. (2008): Landform transformation on the urban fringe of Bangkok: the need to review land-use planning processes with consideration of the flow of fill materials to developing areas. *Landscape and Urban Planning* **84**, 74-91.

(2) 査読付論文に準ずる成果発表

- 1) 本多 了・原 祐二・関山 牧子・平松 あい (2006) : アジア大都市周縁における循環型社会を基調とした都市農村融合と戦略的土地利用計画ーバンコク近郊ノンタブリ県における現地調査報告. *環境安全* **111**, 7-10.
- 2) 武内 和彦・原 祐二 (2006) : アジア巨大都市における都市農村循環社会の構築. *農村計画学会誌* **25**, 201-205.
- 3) Gondhalekar, D., Hara, Y. and Takeuchi, K. (2007): Towards urban-rural sustainability: land diversification in Tianjin, China. In: *Sustainable Urban Development in China—Wishful Thinking or Reality?*, Monsenstein und Vannerdat, Germany, pp. 201-224.
- 4) 平松 あい・原 祐二・関山 牧子・本多 了 (2007) : ノンタブリ県都市農村隣接地域における土地利用および資源循環利用に関する研究. *土木学会 環境システム研究論文発表会 講演集* **35**, 151-157.