

RF-067

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

(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

東京大学サステナビリティ学連携研究機構特任助教 原 祐二（課題代表者）
本多 了・平松 あい・関山 牧子

〈研究協力者〉 タイ・カセサート大学環境工学部助教授 Chart CHIEMCHAI SRI
タイ・チュラロンコン大学建築学部講師 Danai THAITAKOO
中国・中国科学院資源環境学院教授 石 敏俊
中国・天津農学院園芸系教授 楊 静慧
中国・南開大学環境工学院教授 孫 紅文
中国・南開大学環境工学院講師 張 彦峰

平成18～19年度合計予算額 19,304千円
(うち、平成19年度予算額 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

[要旨]

経済成長著しいアジアの国々では、都市への人口集中にともなう郊外化が進み、都市と農村の無秩序な混在による水質汚染、土壌汚染、交通公害、自然災害などの環境問題が深刻化している。こうした問題を解決するためには、都市と農村が隣接することが、むしろ双方にとってメリットとなるような新しい計画理念を構築する必要がある。こうした観点から本研究では、タイ・バンコク首都圏および中国・天津市の都市農村混在地域を事例として、「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」を現地調査により把握し、それらを指標として、地理情報システム（GIS）により調和的な都市農村計画をビジョン提示した。

バンコク首都圏においては、郊外のノンタブリ県・バンメナン地区を対象とした。関連機関を訪問し、詳細な人口統計、デジタル地形図、空中写真などの一次資料、公開行政資料や既刊文献といった二次資料を収集した。現場では、灌漑農地の転用による住宅地開発の地形改変測量調査、世帯訪問による廃棄物処理に対する意識調査・世帯構成の把握、のべ半月程度の家庭廃棄物発生量・空間分布計測調査、さらには一年半にわたり定期的な水量・水質モニタリングを実施した。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－農村間の栄養塩の現状フローを定量化し、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土地開発量、廃棄物発生・回収量、水路を介した窒素・リン循環可能量について、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。

一方、天津市においては、郊外4区（北辰・東麗・津南・西青）を調査対象地に定めた。政府各機関の訪問による統計・地図資料の収集と、役所・集落訪問視察と土地利用動向に関する構造化インタビュー調査を並行して進めた。デジタル土地利用図解析による都市化動向、廃棄物発生量の増加傾向、水環境の悪化について把握し、郊外区における今後の都市農村計画のあり方について、1:50000空間スケールにて考究した。

[キーワード] アジア都市農村計画、土建材、廃棄物、水・栄養塩循環、人口動態

1. はじめに

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¹⁾。

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²⁾。

2. 研究目的

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。

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、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。

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。

3. 研究方法

(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。対象地位置図を以下に示す。

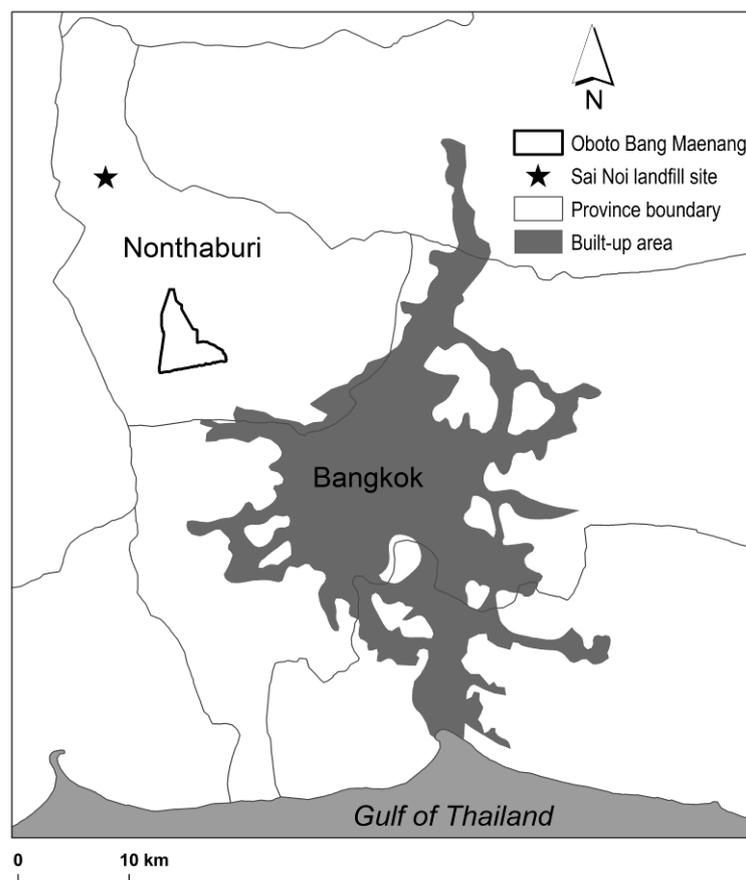


図1：事例研究対象地ノンタブリ県バンメナン地区

フロー指標毎の具体的な研究方法について、以下より記述する。

1) ミクロな人口データの取得

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。しかしながら、アジアの拡大都市圏では、不明瞭な土地所有権、不法占拠問題、その他多くの都市社会問題に起因し、正確な人口動態を公刊統計の

みに依拠して把握することは著しく困難であると指摘されてきた³⁾。この点をふまえ、本調査は、①公表されている人口統計資料の全収集、②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。

①2006年6月に、タイ国家統計局、ノンタブリ県統計局を訪問し、公開・販売されている県・アンプー（タイにおける県の下の地方行政単位）レベルの統計資料を入手した。すでにデジタル化されているものと紙媒体のものが混在していたため、追加的な入力作業も交えてデータベースを構築した。

②2006年10月に、アンプーバンヤイオフィス、オーボートー（タイにおける地方末端行政単位）バンメナンオフィスを訪問し、紙媒体にてアンプー・オーボートーレベルの非公刊人口統計を入手した。さらには、タイの人口センサスを参考にして100項目弱の調査票を作成し、これを用いて50世帯（居住者属性を反映した『家屋形態』⁴⁾ および均等な『空間分布』を基にサンプル抽出) に対し、構造化インタビュー調査を実施(図2)、家屋形態毎の詳細な世帯構成・人数を把握した。2007年4月には追加調査を実施した。ここでは、対象地であるオーボートーバンメナンの全ムー（タイ語で『村』）のヘッドの家を訪問し、過去から現在までの人口動態、とりわけ最近の新興住宅地の拡大による人口増加の実数を記録した。

上記収集データを基に統合型データベースを構築し、対象地の人口動態を図化、さらには土地利用将来シナリオの原入力データとして活用した。



図2：世帯訪問調査光景

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、①空中写真、地形図、デジタル都市基本図、現行の土地利用計画図の収集とそれらのデジタル化・GISデータベースへの格納、②宅地開発現場を訪問し、埋立断面の測量調査、さらには土木業者へのインタビューを主体とした土石フローの遡

上調査を実施した。

①2006年4月に、タイ陸軍地図局、内務省公共事業・都市計画局、工業省地質局、ノンタブリ県都市計画部を訪問し、ノンタブリ県全域をカバーする過去から現在までの空中写真、1:50000および1:20000の地形図、1987年の都市基本図・2003年の詳細ベクター都市基本図、チャオプラヤデルタ広域地質図、ノンタブリ県土地利用マスタープランを入手した。また、最新の土地利用を把握する目的で、これらとは別に、対象地域の2004年のクイックバード衛星画像、2007年のALOS衛星画像を、日本の販売元より購入した。こうして収集した紙媒体のデータは、スキニングの後GISソフトウェアTNTmipsを用いて幾何補正・モザイク処理し、ArcGISデータベースとして統一的に格納した。こうした空間情報データベースの構築と並行して、対象地周辺の土地開発に関する既存文献を収集した。

その後、まず空中写真判読および既存文献読解を通じて、対象地域の農地開拓プロセスと空間パターンの概要を把握した^{*}。次に都市基本図を基図として、土地利用一地盤高関係を統計解析し、土地開拓史が投影された（前記^{*}より想定）両者の相関を検定した。空中写真判読より、本対象地では近年急激な住宅地の拡大がみられたため、ALOS衛星画像を基図とし、2003年の都市基本図をGIS上で加筆修正・更新するかたちで、2007年の土地利用図も整備した。これらを比較し、灌漑農地転用による新興住宅地の拡大パターンについて考察した。

②土地開発の現地実態を把握するため、2006年6月に、対象地域内の新規住宅開発現場を可能な限り訪問し、農地の宅地転用に必須となる盛土（^{*}より推定）の材質について記録した（図3左）。さらには、1987年と2003年の都市基本図を比較して設定した測線に沿って、盛土高と材質を記録した。既開発地については住民または開発業者への聞き取りにより、開発形態を復元・把握した。

2006年10月には、対象地内の土地開発現場を起点として、聞き取りにより埋立土材の搬入経路を遡上した。具体的には、工事現場監督→地元土木業者→埠頭作業員→土石掘削地経営者の順に、半構造化されたインタビュー調査により進められた（図3右）。その後、収集データを基に、土石フローのモデル化を試みた。また、工業省地質局および現地ゼネコン数社も訪問し、土石フローの概要についてモデルの確認・聞き取り調査を実施した。

これらの情報を基に、対象地域における土地改変と土地利用変化、そのドライビングフォースについて考察し、都市農村計画を考案する上での基礎情報を提供した。



図3：埋立材質調査および土石フロー質問調査光景

3) 家庭廃棄物発生・回収量および空間分布の把握

対象地の主要な都市的土地利用は住宅地であり、近年その面積を急速に拡大している。それにともない、家庭廃棄物の発生量増加も見込まれる。都市農村混在地帯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。しかしながら、他の多くの開発途上国同様、タイにおいても、廃棄物に関する有効な統計資料の整備は進んでおらず、とりわけ現地末端の廃棄物発生原単位については、ほとんど把握されていない。こうした点もふまえ、本研究は、①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意識について、質問票により構造化されたインタビュー調査、②サンプル世帯におけるごみ発生原単位計量調査、③GPS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。

①現場各家庭（人口調査同様、居住者属性を反映した『家屋形態』および均等な『空間分布』を基に、50世帯をサンプル抽出）、ノンタブリ県庁およびオーボートーバンメナンオフィスの廃棄物関連部署、民間リサイクル業者、サイノイ最終処分場（ノンタブリ県唯一の埋立処理サイト）のウェイスト・ピッカーに対し、ごみの発生・排出の実態や廃棄物処理についての意識などの項目に関し、質問票を用いて構造化インタビュー調査を実施した。これらの情報を基に、対象地における一般廃棄物フローの概要を描画した。

②上の50世帯からさらに25世帯を絞り込み、各世帯を訪問、ビニール袋（20リットル）を手渡して i 生ごみ、ii 庭・農作業ごみ、iii その他に分けてごみを入れてもらい、一日毎一週間にわたって回収し、その重量を計測した。さらには、細かな組成（生ごみ、紙、プラスチック、ガラス、缶、金属、木材、繊維、ゴム、革、庭ごみ、その他）に手作業で再分別し、それぞれ計量した（図4左）。生ごみおよび庭ごみに関しては、現地研究機関に成分分析（Volatile Solid、Ash Content、DSCV、LSCV、Carbon、Nitrogen、Phosphorus、Potassium）も委託した。

③調査対象としたバンメナン地区では、オーボートー所有の3台のごみ収集車で回収を行っている（図4右）。大きな集合住宅地によっては、オーボートーではなくコミュニティベースでの回収を実施しているところもあるが、基本的にはこの3台によって当地区から出る生活系廃棄物が埋立地に搬送されている。オーボートーバンメナンオフィスの全面的な協力を得て、これら3台の収集車にそれぞれGPSロガー（GARMIN社製サターン16）を取り付け、2007年2月19日から1週間にわたり、10秒間隔にて位置を記録した。

こうして得た回収ルートデータと、2) ①にて作製した2007年のベクター土地利用図、1) ②にて得られた家屋タイプ別世帯平均人数、さらには上②にて計量されたごみ原単位排出量とをGIS上で空間統合し、対象地区内の i 家庭ごみ総排出量と ii 回収率を推定した。具体的には次の式による。

i (家屋形態別一人あたり平均ごみ排出量) × (家屋形態別平均世帯人数) × (バンメナン地区内各家屋形態戸数)

ii 時速10km以下のGPSポイントから20mバッファを発生させ、その中に含まれる戸数を家屋形態別に集計

以上のデータを用いて、対象地バンメナン地区の家庭廃棄物発生・回収量および空間分布について、統合的考察を進めた。



図4：生活系廃棄物計量調査およびごみ収集車光景

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

ノンタブリ県バンメナン地区では、新興住宅地の開発にともない、伝統的に農業用水として用いられている運河へ生活廃水が排出されている。これらの生活廃水の多くは適切な処理をされることなく排出されていると考えられ、運河の水質悪化が危惧される。特に、低平なチャオプラヤデルタに位置する運河の流速は非常に遅く、富栄養化による藻類増殖の結果、運河水の農業用水としての利用が危ぶまれる。一方で、住宅地より排出された栄養塩は灌漑により農地への栄養塩供給源となっているとも考えられる。本項目では、バンコク郊外における新興住宅地開発が、この地域に卓越した運河網の水質に与える影響を把握し、健全な水環境を持続するために必要な施策を提言することを目指す。そのために、ノンタブリ県バンメナン地区において、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し、流域における運河を介した栄養塩フローの把握を試みた。調査研究は、①関係機関における水量・水質データ、既公開レポートなど二次資料の収集、②現地水質・水位・雨量観測、③栄養塩負荷量およびフロー量算出用原単位の決定、④栄養塩負荷量およびフロー量の算出により進められた。

①2006年6月に、ノンタブリ県庁環境局において、県水環境に関する過去の調査レポートおよび統計資料を入手した。2007年2月には、ノンタブリ県水道局から水使用量のデータを入手した。

②ノンタブリ県バンメナン地区を流れるBang-Kho運河およびBang-Kra-Boo運河の2本の運河の流域を対象とした。これらの運河沿いでは新興住宅地開発が複数箇所で行われていること、および地理的に隣接した運河でありながら2つの運河沿いでは開発の速度に差があることを選定の理由とした。それぞれの運河の流域は便宜的にC1-1～C1-4 (Bang-Kra-Boo運河) およびC2-1～C2-2 (Bang-Kho運河) に分けた。Bang-KhoおよびBang-Kra-Boo両運河沿いの計8点において、2007年2月より2008年2月までの1年間、定期採水を行い、水質のモニタリングを行った。採水はすべて晴天時に行った (図5)。

③栄養塩負荷量およびフロー量の算出に用いた原単位は以下の方法にて決定した。

i 農地の灌漑・排水

対象流域内の3箇所(圃場および畑地)に水位ロガーと雨量計を設置 (図5) し、そのデータに基づいて圃場および畑地のそれぞれについて運河との栄養塩収支を算出した。晴天時の水位変化が

ら圃場および畑地の減水深はそれぞれ4mm/day、5mm/dayとし、降水量と減水深を除いた時系列水位変化データを得た。得られた時系列水位変化データから、急激な水位変化を灌漑および排水イベントとし、稲作および野菜の一期あたりの灌漑量および排水量を求めた。それぞれに定期的に測定した農地内の栄養塩の平均濃度を乗じて、農地・運河間の栄養塩収支を得た。

ii 農地への施肥

対象流域の農業を営む住民からの聞き取り調査より、圃場および畑地それぞれにおける面積あたりの年間施肥量と肥料の窒素・リン組成を得た。各農家の面積当たり年間窒素・リン施肥量を算出し、その平均値を原単位とした。

iii 住宅地からの汚水

ノンタブリ県のWater Management Associationの上水道の顧客データと世帯あたり平均居住人数より、ノンタブリ県における一人当たり水使用量279L/人/日を得、これが汚水排出量と等しいと仮定した。汚水中の窒素・リン濃度は、タイにおける適切な原単位が得られなかったため、日本の汚水と同程度と仮定し、それぞれ50mgN/L、5mgP/Lとした。

iv 住宅地からの廃棄物

本報告書4(1)3)の結果より、世帯あたり年間廃棄物発生量を346kg/世帯/年、廃棄物の窒素およびリン含量をそれぞれ4.02%、0.19%とした。

④農地および住宅地からの栄養塩負荷量およびフロー量は以下のようにして算出した。

i 圃場・畑地

(運河への排出量) = (面積) × (面積あたり年間排水量) × (灌水中の窒素・リン濃度)

(運河からの流入量) = (面積) × (面積あたり年間灌漑量) × (運河水の窒素・リン濃度)

(施肥量) = (面積) × (面積あたり窒素・リン換算の年間施肥量)

(土壌・植物への固定量) = (施肥量) + (運河からの流入量) - (運河への排出量)

ii 住宅地

(汚水の運河への排出量)

= (住宅戸数) × (世帯あたり居住人数) × (一人当たり汚水量) × (汚水中の窒素・リン濃度)

(廃棄物からの排出量) = (住宅戸数) × (世帯あたり廃棄物発生量) × (窒素・リン含量)



図5：水質観測（左）およびロガー設置（右）光景

5) 指標統合化と2020年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－農村間の窒素・リンの現状フローを定量化し、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土地開発量、廃棄物発生・回収量、水路を介した窒素・リン循環可能量について、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。それを基にバックキャスティングにより現行マスタープランの改良点について考察した。

(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。対象地位置図を以下に示す。

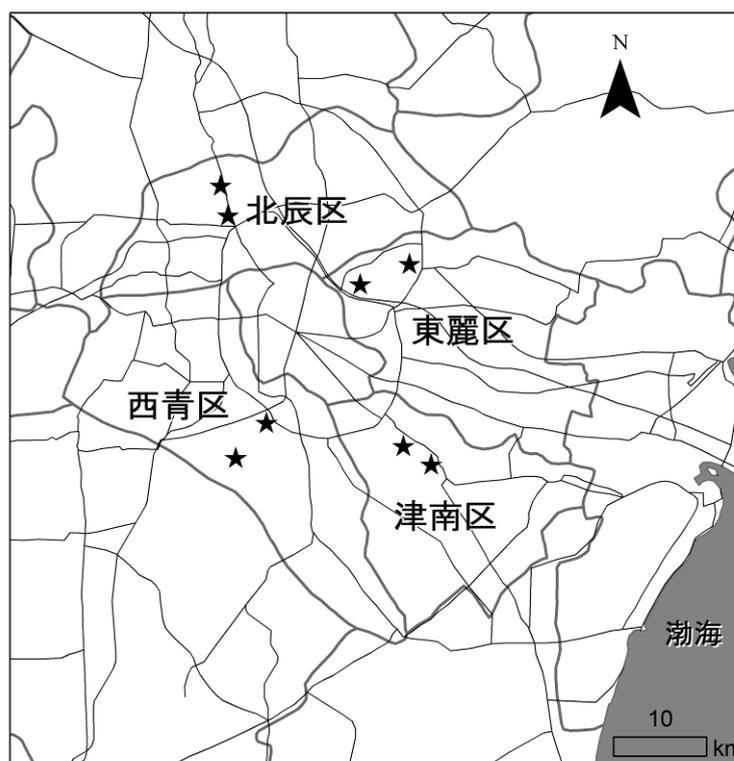


図6：対象地天津市郊外4区（太線：行政界；細線：主要道路；星印：インタビュー調査実施鎮）

フロー指標毎の具体的な研究方法について、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極めて困難であるとされる⁵⁾。この点を考慮し、本研究では、①公開人口統計の収集、②鎮（中国における省級—県級に次ぐ郷級行政区）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。

①2006年6月に、天津市農業委員会および統計局を訪問し、公開されている区レベルの統計資料（紙媒体）を交渉により入手した。その後適宜デジタル入力作業を進めた。

②天津市農業委員会に協力いただき、2007年4月に図6中星印にて示された鎮役所を訪問し、鎮長および土地開発担当官に対し、1978年の改革開放政策以後の人口動態について質問票を用いた聞き取り調査を実施した。またその場で過去から現在までの人口実数値の検索・提供を依頼し、以後回答があった鎮役所を2007年8月に再訪、データを得るとともに追加的な質問調査を実施した。

これらを基に、郊外4区における最近の人口動態を考察した。

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⁶⁾。したがって本調査は、①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、②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。

①2006年6月に天津市副市長室を表敬訪問し、部局内部用の土地利用マスタープラン図集を提供していただいた。同時に土地利用変化に関する既刊レポート・文献二次資料も、御厚意により入手できた。また天津市公立図書館では、1995年の1:50000土地利用図をスキャンできた。また、日本のCBS社を通じ、中国科学院作製の1kmグリッド土地利用データベース、1:1000000のベクター地図を購入した。さらには、クイックバードおよびALOS衛星画像を時系列でそろえた。その後、紙媒体のデータはスキャンし、TNTmipsを用いて空間情報を附与、ArcGISデータベースとして統一的に格納した。最終的には、スクリーン上の目視判読により、2時期の土地利用図および現行の土地利用マスタープランを、1:50000デジタルベクターデータとして完成させた。

②上1)②の鎮役所訪問による人口動態調査と同時に、最近の土地利用動向についても、質問票を用いた聞き取り調査を実施した。具体的には、農地転用による都市的土地利用の拡大傾向、土地利用マスタープランとの整合性、開発許可の現場実態などについて把握した。また、役所担当官同行のもと、役所周辺の開発現場および残存農地を視察した。これとは別に、現地研究者とともに対象地内を広く踏査し、GPS測位により位置情報を持った現場写真を撮影、都市農村土地利用混在化の現場実態について観察した。また可能な場所では、住民、営農者、企業経営者に対して非構造化聞き取り調査も実施、土地利用変更の現場意思決定プロセスを把握した。

これらの情報を基に、郊外4区における最近の土地利用動向と、そのドライビングフォースについて考察した。

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⁷⁾。そこで今回は、①関連二次資料の広範な収集、②現地視察により調査を進めた。

①天津市農業委員会、統計局、南開大学図書館などの現地各機関にて入手した統計・レポート類、また日本国内にて入手可能な関連分野既発表文献など、二次データの広範な収集・翻訳・解釈をもって、天津市郊外4区における廃棄物フローの概要把握に努めた。

②上2) ②と同時に、廃棄物排出現場である集落を広範に踏査し、ごみ分別状況や回収サービスの有無について視察した。

以上より対象地における廃棄物フローの現状を簡潔に考察した。

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⁸⁾、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、①既存二次資料の収集、②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。

①現地専門書店にて天津市水文地質環境図集を入手できた。限定販売の詳細な地質アトラスであり、貴重な情報源となりうる。他にも水環境問題に関する調査報告書類を購入した。

②2) ②同様、現場の灌漑農地を視察し、地表水の汚染状況・地下水の利用形態などについて、農民への聞き取り調査を実施した。

これらより、対象地の主要な水環境問題について考察した。

5) 今後の都市農村土地利用計画のあり方についての考察

以上1)～4)の結果を基に、天津市郊外区における今後の都市農村計画のあり方について、1:50000空間スケールにて考究した。

4. 結果・考察

(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

1) ノンタブリ県およびバンメナン地区の人口増加

図7にノンタブリ県の人口推移、図8にノンタブリ県への移入理由、図9にオーポーターバンメナンの人口推移を、それぞれ示す。これによれば、対象地バンメナン地区を含むノンタブリ県は、バンコク首都圏郊外の住宅供給地として、近年人口が倍増している。とりわけ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している(図10)。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(詳細は本節3)にて考察)。

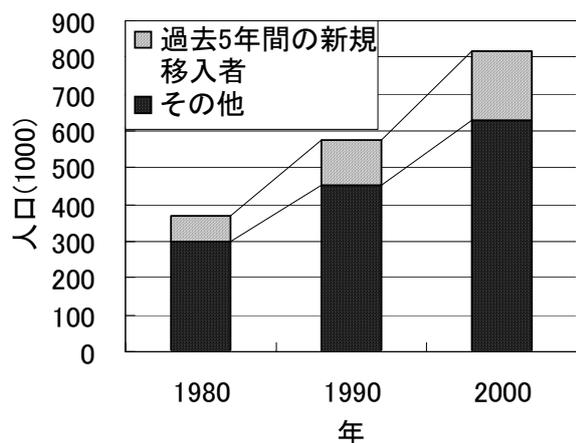


図7：ノンタブリ県人口推移

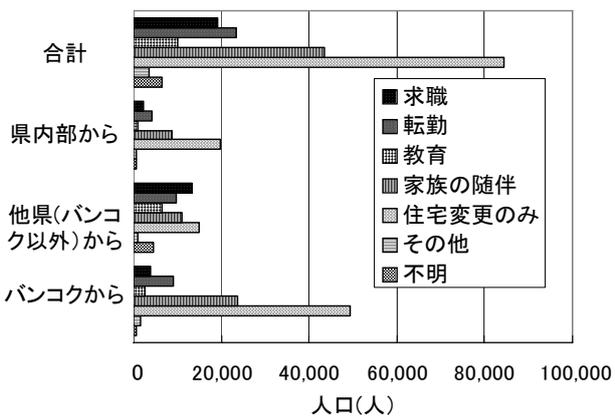


図8：移入理由

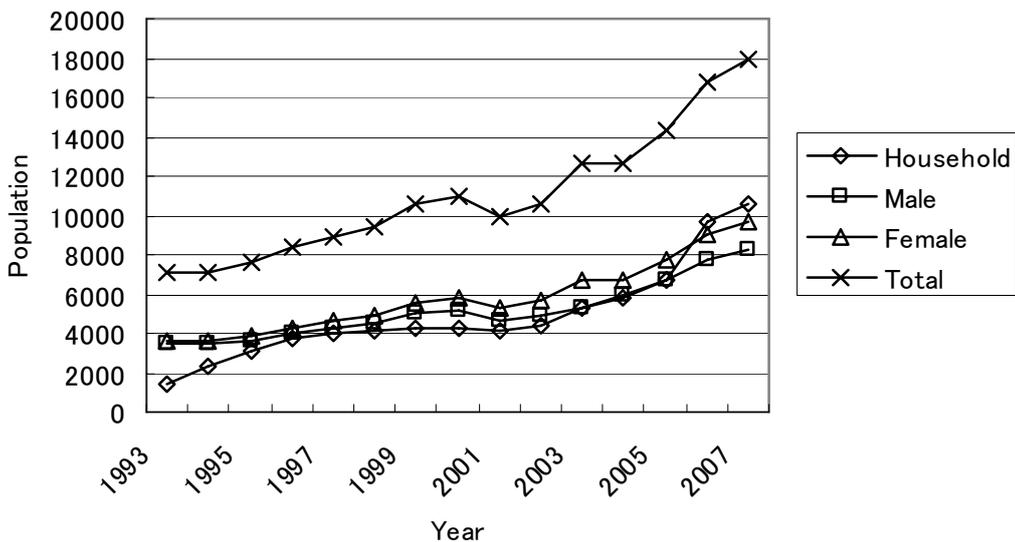


図9：オーボートーバンメナン人口推移



図10：人口増加と対にある宅地供給

2) 地形改変による農地・宅地開発と開発因子としての土石フロー

対象地バンメナン地区を含むノンタブリ県全域の2003年土地利用図を、現行の土地利用計画図とあわせて図11に示す。これによれば、ノンタブリ県では既存の主要道路網を骨格とした純化的ゾーニングが施行されているものの、現場では都市農村土地利用のミクロナ混在が進行していることがわかる（図12）。

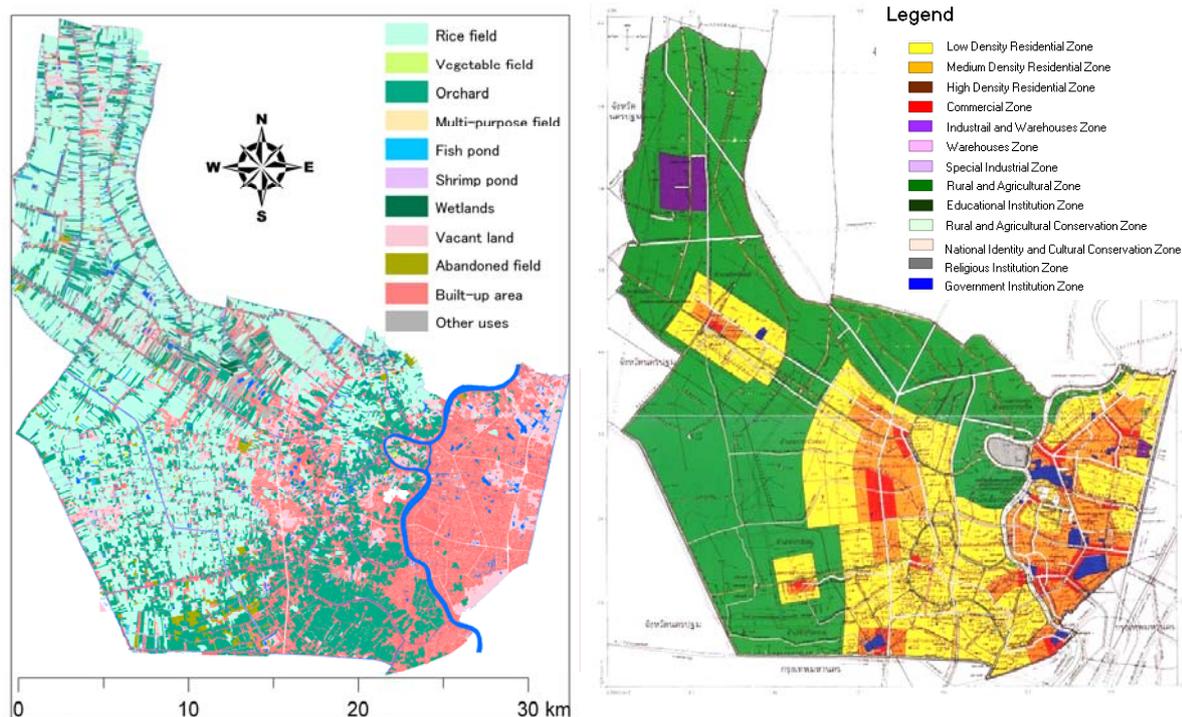


図11：ノンタブリ県2003年土地利用図（左）および土地利用計画図（右）



図12：道路沿いに進行する都市農村土地利用混在

対象地バンメナン地区の2003年の詳細都市基本図を図14に、2007年の更新版を図15に示した。家屋凡例（表1・図13）は既存研究⁹⁾および現地踏査を基に定義され、GISを用いて再分類したものである。居住者属性と強い相関があると推定され、本節3)以降の原単位外挿試算の際に特に有効な詳細分類定義である。なお図14・15ともに上の全体図においては、描画判読の都合上やむなく凡例を統合・一本化しているが、データベース内部においては全域家屋詳細分類がなされていることを強調したい。

表1：家屋分類定義

家屋形態（略称）	特徴
タウンハウス (TH)	面開発された中流階級向け連接長屋住宅
新興戸建住宅 (DH)	面開発された高級住宅地内の独立一軒家
アパート (AP)	地所一筆単位の開発による賃貸アパート
水田農家 (RF)	運河沿いの伝統的高床式住居のうち水田に隣接しているもの
園芸農家 (GA)	同高床式住居のうち園地に隣接しているもの
旧農家 (FF)	同高床式住居のうち周辺住宅地に取り込まれたもの
飲食店 (FS)	屋台を併設した小規模雑貨店
バラック小屋 (TE)	建設労働者のバラック仮設住宅



図13：家屋タイプ光景

既存文献資料⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾および1952年の空中写真（図16）によれば、当地区では交通・灌漑水路の掘削とその残土を用いた住宅基盤の造成が対となって、低湿地の農地開拓が進んできた。このプロセスは、図14に示された現況景観にも未だ色濃く反映されている。すなわち、縦横に張り巡らされた水路網に沿って旧集落起源の農家（主に開拓者の子孫が居住）が列村形態をなして分布し、後背地の短冊状の農地を所有している。水路に囲まれた灌漑区が、一つの土地改良区と言えよう。一方、近年拡大している新興住宅地は水路網を分断して拡大する道路沿いに立地しており、とりわけ2003年（図14）から2007年（図15）までのわずか4年の間にも、急激な開発が確認される。

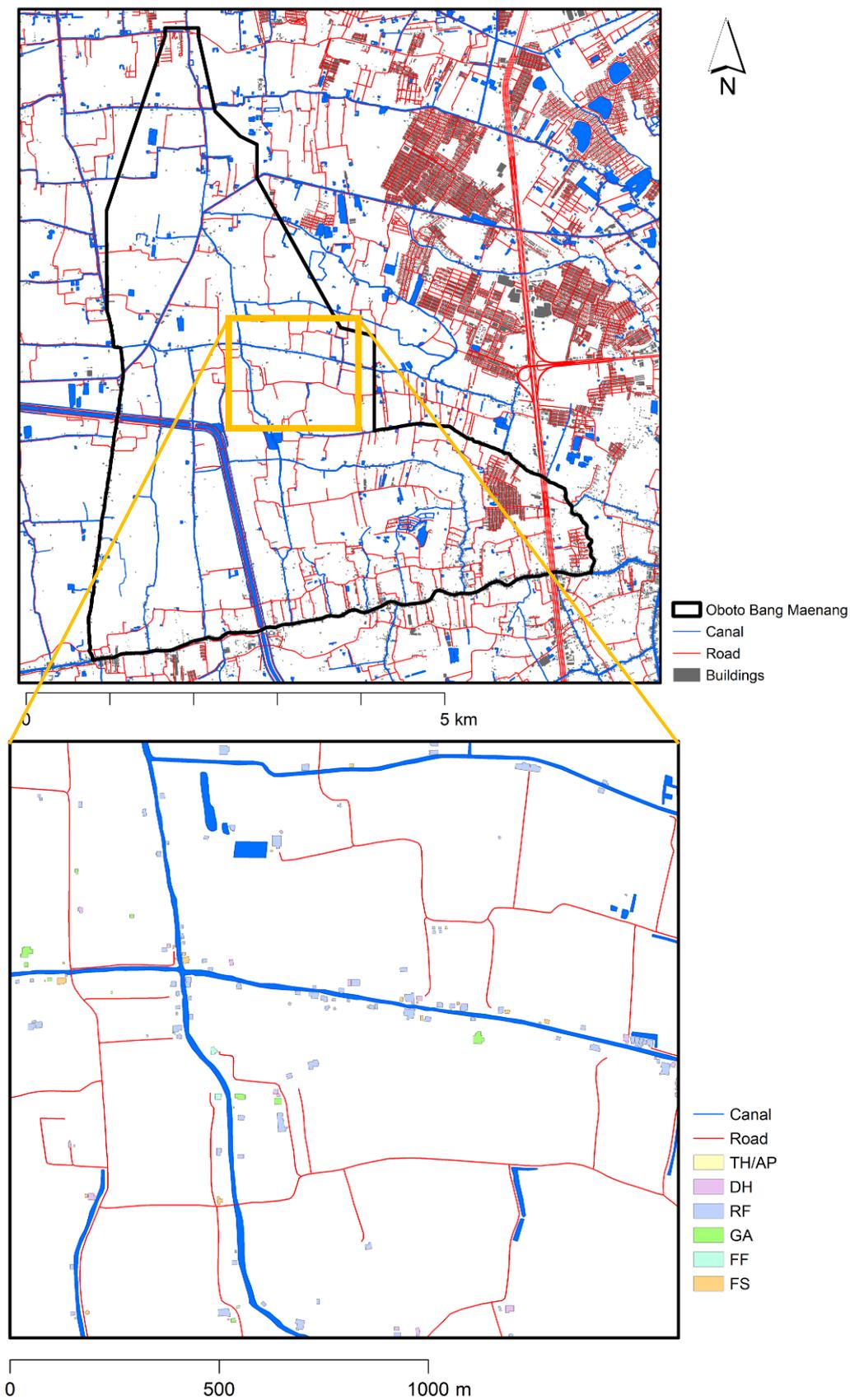


図14：2003年詳細都市基本図（上：バンメナン地区全体図；下：一部拡大図）

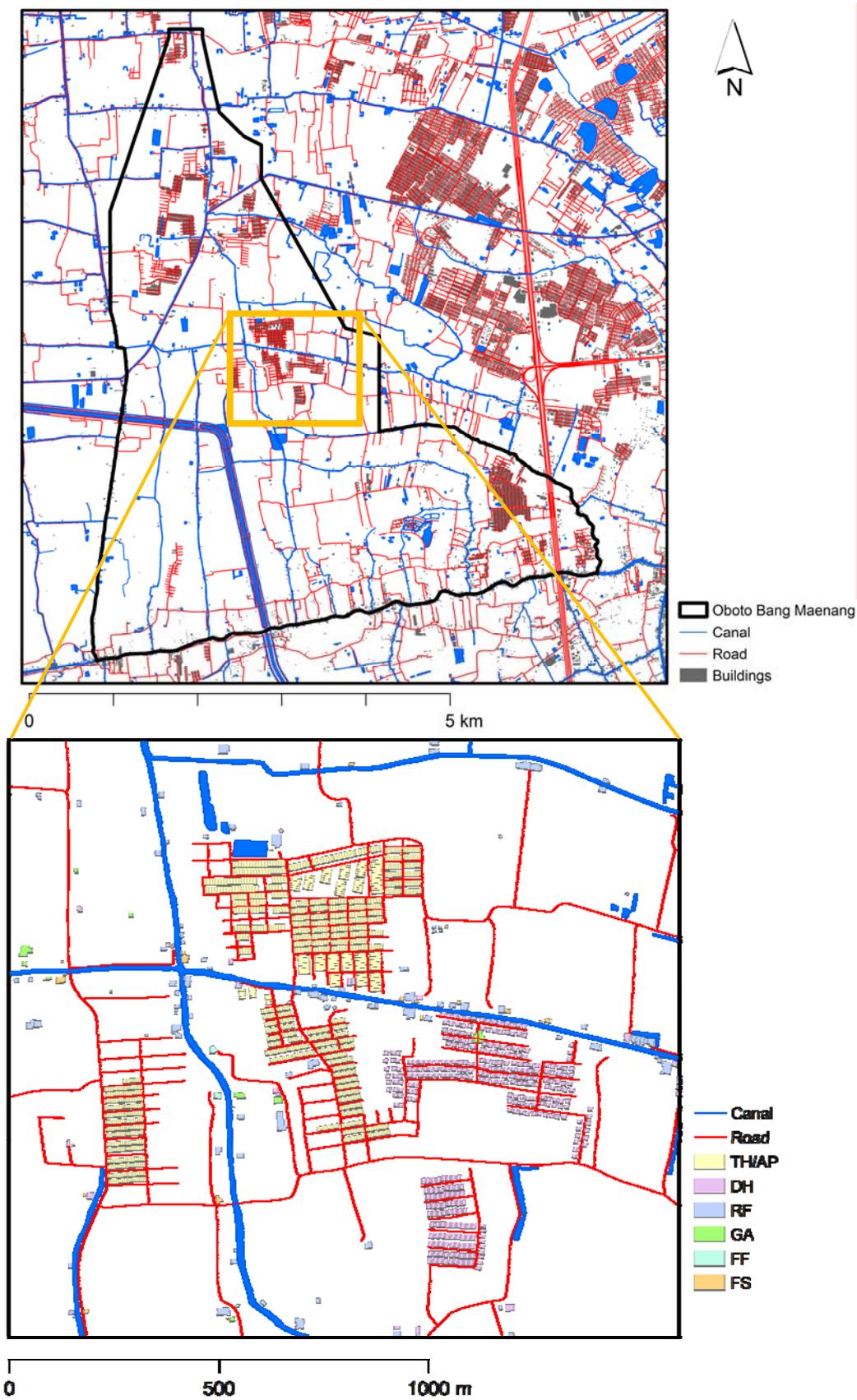


図15：2007年詳細都市基本図（上：バンメナン地区全体図；下：一部拡大図）

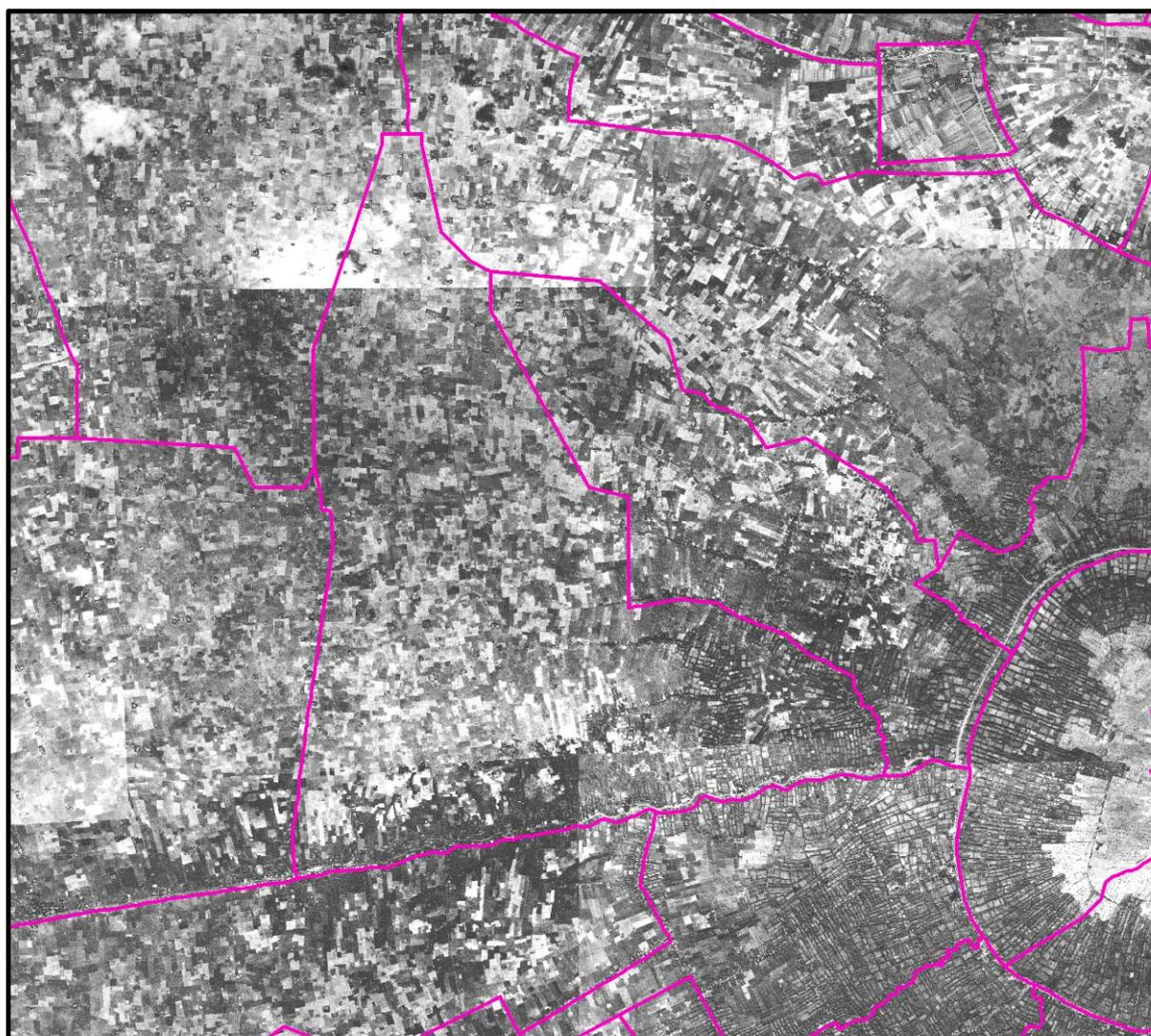


図16：対象地近辺の1952年空中写真。現在の行政界を重ねており、中央がバンメナン。

図17に対象地区における土地利用－盛土高関係を、図18に典型的な測線例を示す。これによると、当地では土地改変の際に盛土地形改変が不可欠であることがわかる。さらには、土地利用タイプと盛土材質にも相関がある。軽量負荷の低層住宅では、基本的に近隣区画に池を掘り、その掘削粘土で宅盤を造成している。一方重量負荷建築の場合、主に砂材により基盤造成されており、高層コンドミニアムの場合は20m程度の支持杭を更新世砂層（Bangkok Sand Layer^{12) 13)}まで打ち込んでいる。

前段で述べたとおり、低平なチャオプラヤデルタに位置する当地区では、地表面の凹凸改変（例えば水路－宅盤や養魚池－高畦圃場）により水文環境を改善し、農地開発を進めてきた歴史がある。この地形改変は近年の宅地開発の際にも必須であることがわかった。図11の土地利用図と図17の平均盛土高を用いて地区内投入土量をGISにより算出したところ、 $5.7 \times 10^3 \text{m}^3 \text{km}^{-2} \text{year}^{-1}$ の値を得た。これは東京 ($3.3 \times 10^4 \text{m}^3 \text{km}^{-2} \text{year}^{-1}$)¹⁴⁾やマニラ ($5.0 \times 10^3 \text{m}^3 \text{km}^{-2} \text{year}^{-1}$)¹⁵⁾と比肩しうる値であり、土地開発のため大量の土が攪乱されていることが示された。

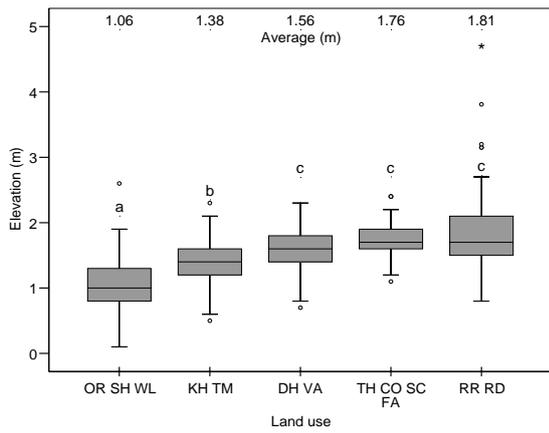


図17：土地利用－地盤高関係。英小文字a～cは多重比較検定（5%）によるグループ化を示す。ボックス最左端の農地、その右の旧集落農家、残りの都市的土地利用でグループが分かれる。

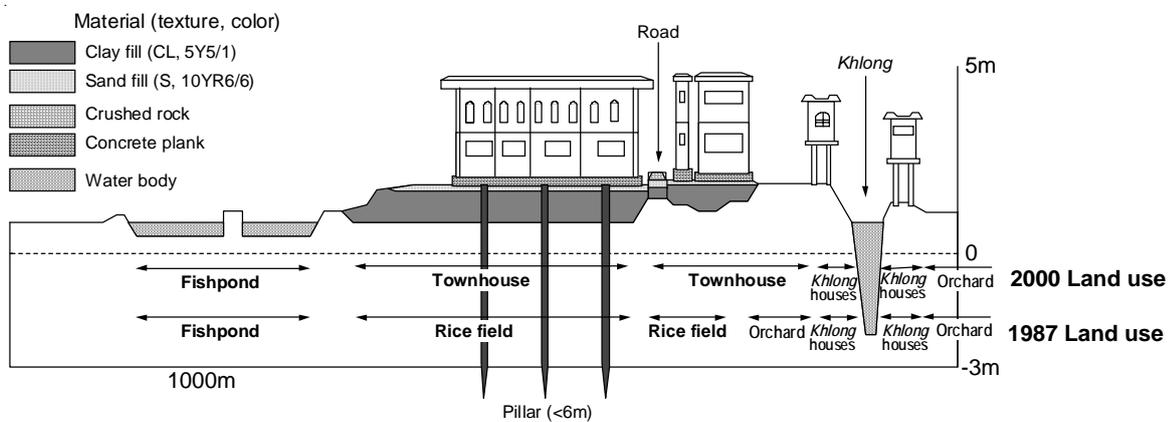
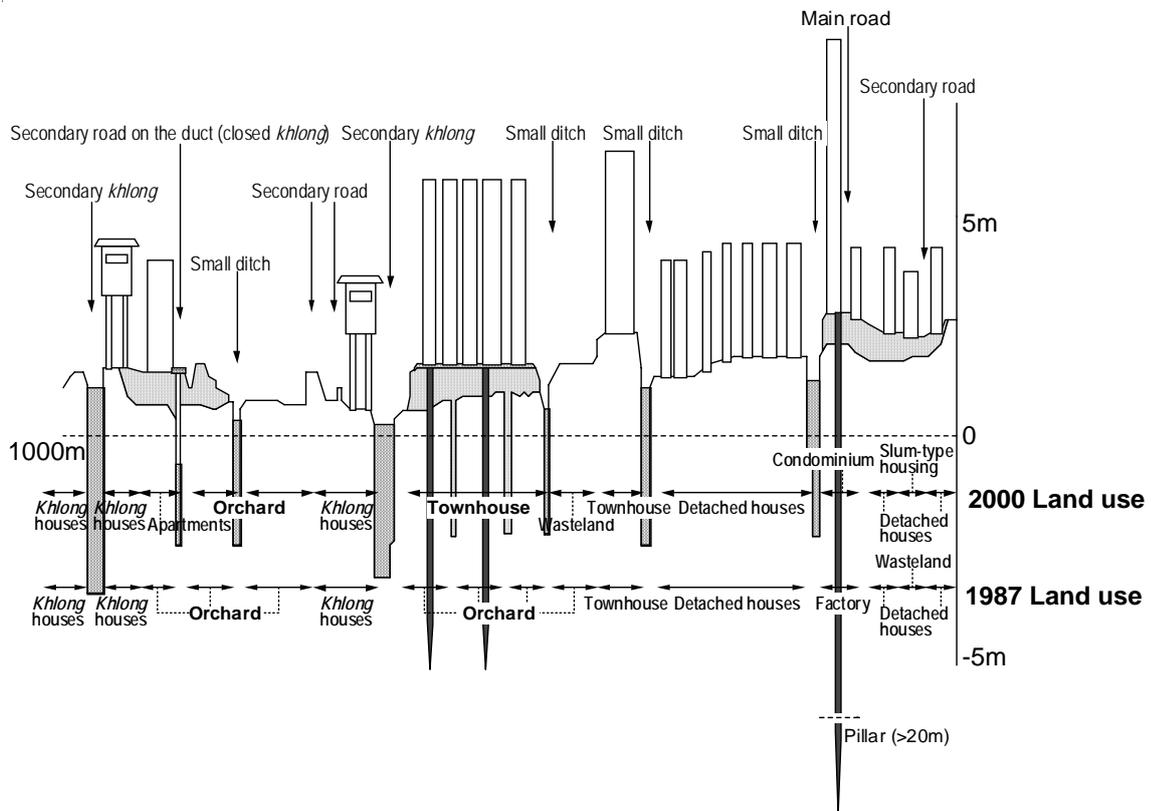


図18：果樹園地区の砂材基盤による高層建築（上）と水田地区の粘土宅盤による低層住宅（下）

図19に対象地域内で使用されていた土石の主要掘削地を、図20に対象地を含むチャオプラヤデルタの土石フローモデルを示す。高層建築に必要な砂材は対象地から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、水送あるいは陸送されていることがわかった。一方軽量宅盤用途の粘土は、前述のように、主に開発地近傍に池を掘ることで獲得している。

さらには、図18および図20に示されているように、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。すなわち、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、むしろ掘削が容易な開発地近傍の水田から粘土を獲得し、それを用いた土地造成がなされる傾向にある。

まとめると、地形改変をともなう農地開発プロセスが都市化前の農地空間パターンを決定し、そうした農地パターンが搬入可能な土材のコスト優先順位を決め、その搬入土材が支持しうる荷重の新規住宅が開発される傾向にある。

むしろ図11の土地利用マスタープランによるゾーニング規制の影響も考慮しなければならないが、基本的に本ゾーニングの規制力は極めて弱く¹⁶⁾、現場のデベロッパーに対する聞き取りでも、希望開発案件はほぼすべて事業化可能とのことであった。ノンタブリ県庁での聞き取りおよび既存文献¹⁷⁾によれば、都市計画局による現行土地利用ゾーニングよりも、むしろ土地局の宅地分譲法による個別開発案件の許可制度により、土地開発コントロールを試みている。しかしながら小規模分譲地は開発許可なしで事業化可能であり、土地利用混在化に拍車がかかっているものと思われた。

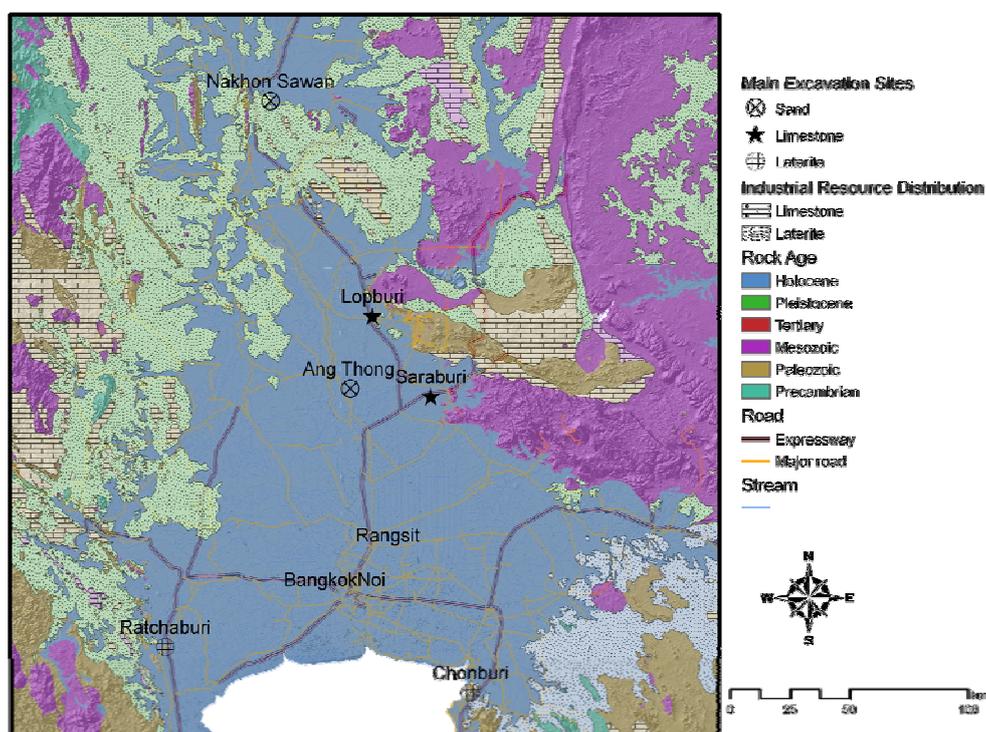


図19：土石掘削地。地質環境とバンコク首都圏からのアクセス性で決定される。

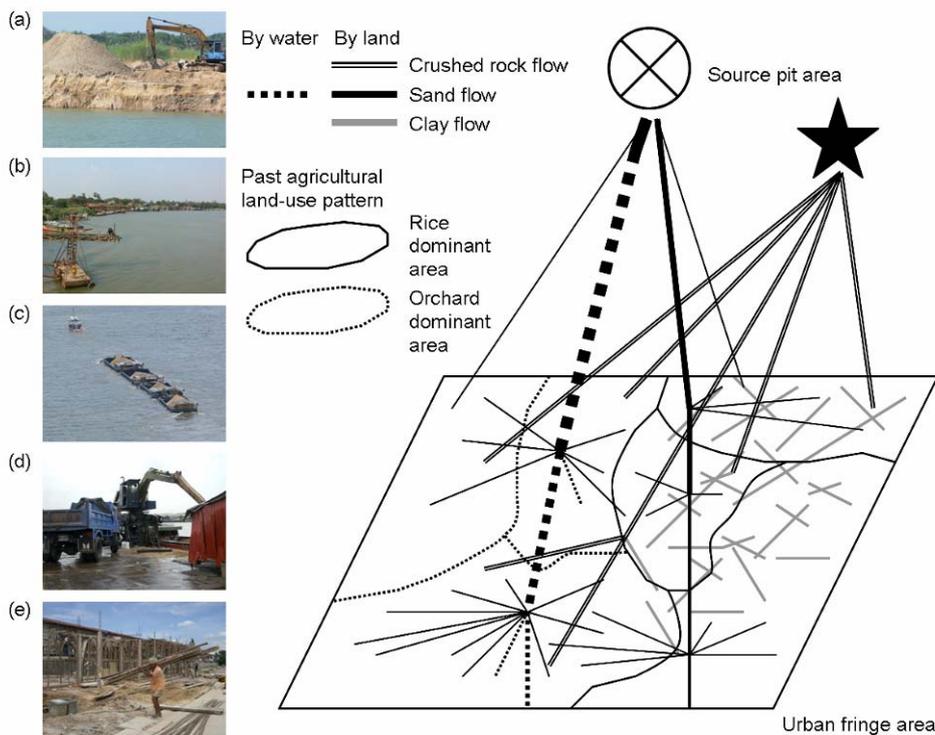


図20：チャオプラヤデルタ土石フローモデル

3) 家庭廃棄物発生・回収量および空間分布の把握

現地調査により明らかになった対象地区を含むノンタブリ県の生活系廃棄物の基本的なフローは次のようであった。すなわち、オーボートーが戸外に置くごみ箱を配布し（分別はなし）、そのごみを回収して中間施設を介することなくバンメナン地区から北西に約30km離れたサイノイ最終処分場（位置は図1を参照）に運ばれ、埋め立てられる（ノンタブリ県全体で約843トン/日；2000年¹⁸⁾）。行政の公式業務はこのように単純な流れであるが、それを補完する形で有価物を回収し、入り組んだフロー構造を作り上げているのが、自発的な非公式の回収業者およびリサイクル関連会社である。これらは、世帯をまわる業者、それを集める業者、集まったものを分けて売る業者、埋立地で有価物を拾って生活するウェイスト・ピッカーなど、細かく分かれており、図21・22のように複雑なフロー構造をなしている。回収による利益が高いため、数多くのこうした非公式セクターが存在しており、詳細なフロー構造の把握は難しい。また、オーボートーのごみ収集車の運転手らも、収集したごみの中からビン、カン、プラスチックを取り出して埋立地への搬入前後にリサイクル会社に寄って売り、自らの収益としている。非公式業務に関する明確な法制度がないため、彼らの活動は違法行為とも言えず、むしろ増加する廃棄物のリサイクルに貢献しているため、行政側も黙認している状況である。

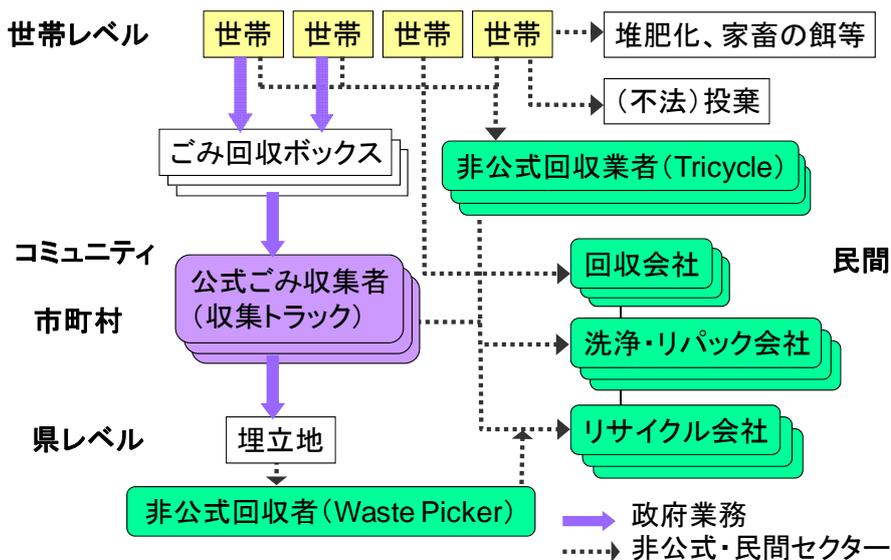


図21：生活系廃棄物フロー



図22：フロー各点の写真

家庭ごみの排出先を図23に示す。比較的新しい都市的集合住宅地には回収業者が来るが、水路沿いの旧集落農家では、地所内にて廃棄や焼却処分していることがわかった。またオーボートーからごみ箱の配布を受けても、実際は回収に来ていないという世帯も見られた。また、本地区では新興住宅地の建設労働者が住むバラック小屋 (TE) もあちこちに見られるが、彼らの出すごみは回収の対象となっていない (近接道路沿いのごみ箱に入れて回収される場合はある)。

タイでは比較的きめ細かなごみ回収が行われているといわれ¹⁸⁾、ノンタブリ県においても行政統計上では約90%と回収率は極めて高い値となっている。しかしながら、住宅の裏手にごみが集積していたり、道路脇や運河沿い、耕作放棄地と見られる空き地などに廃棄物が散在している光景があちこちで見られた。本地域では未回収の世帯が少なからず存在する (図23) ことも考慮する

と、実際の発生量全体に対する回収の割合は、公式統計値よりもっと低いと考えられる。

図24に示すとおり、実際に出したごみがどのように処理・処分されているのか知っている世帯は0~33%と少なかった。しかし、回収業者に売るために、大体80%以上の家庭がビンやカン、プラスチックなどを既に分別していることがわかった。また自治体の回収業者が来る場所では、ごみ処分の対価を支払っている。

生ごみをコンポストとして活用するという方法については、ほとんど知識がなく、そのために分別する意思も見られなかった。一部農家において市販微生物剤によるコンポストや家畜の餌にするといった回答が見られたものの、現状では広範な活用に転じるものとはいえない。

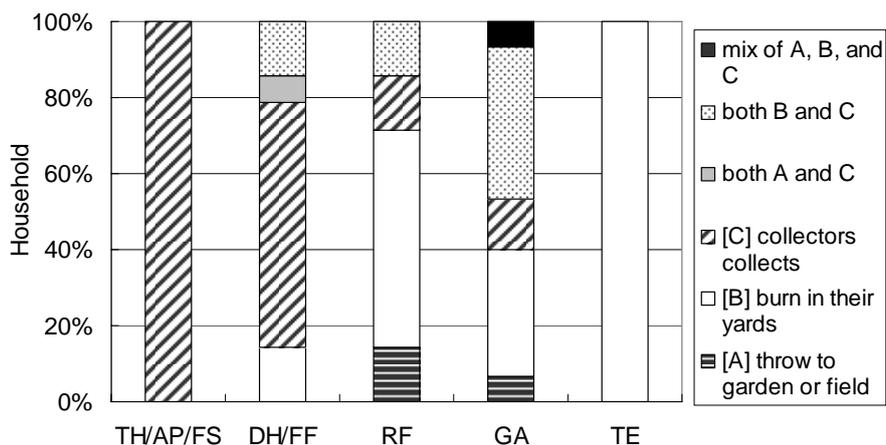
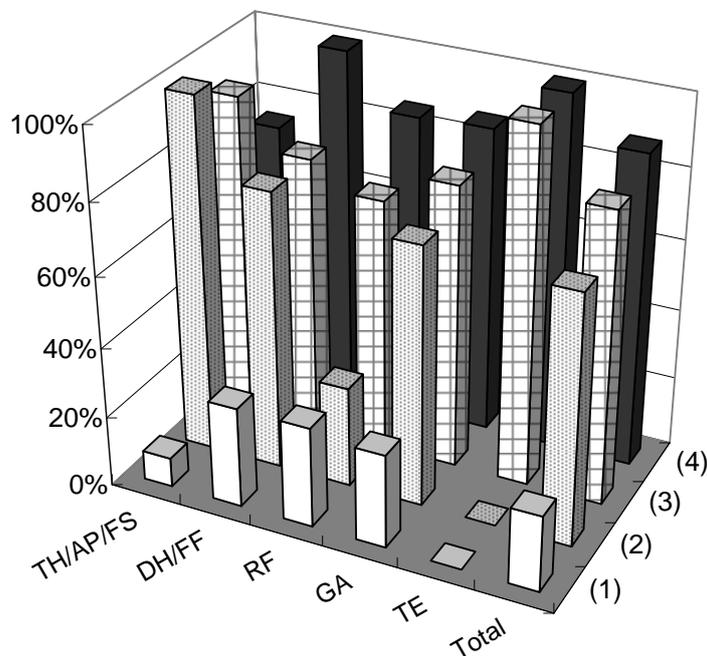


図23：家庭ごみの排出先（家屋形態別）



- (1) Know how wastes are treated/disposed of
- (2) Pay for waste treatment/disposal
- (3) Know that dumping waste causes environmental pollution
- (4) Separate wastes

図24：廃棄物処理についての住民意識（家屋形態別）

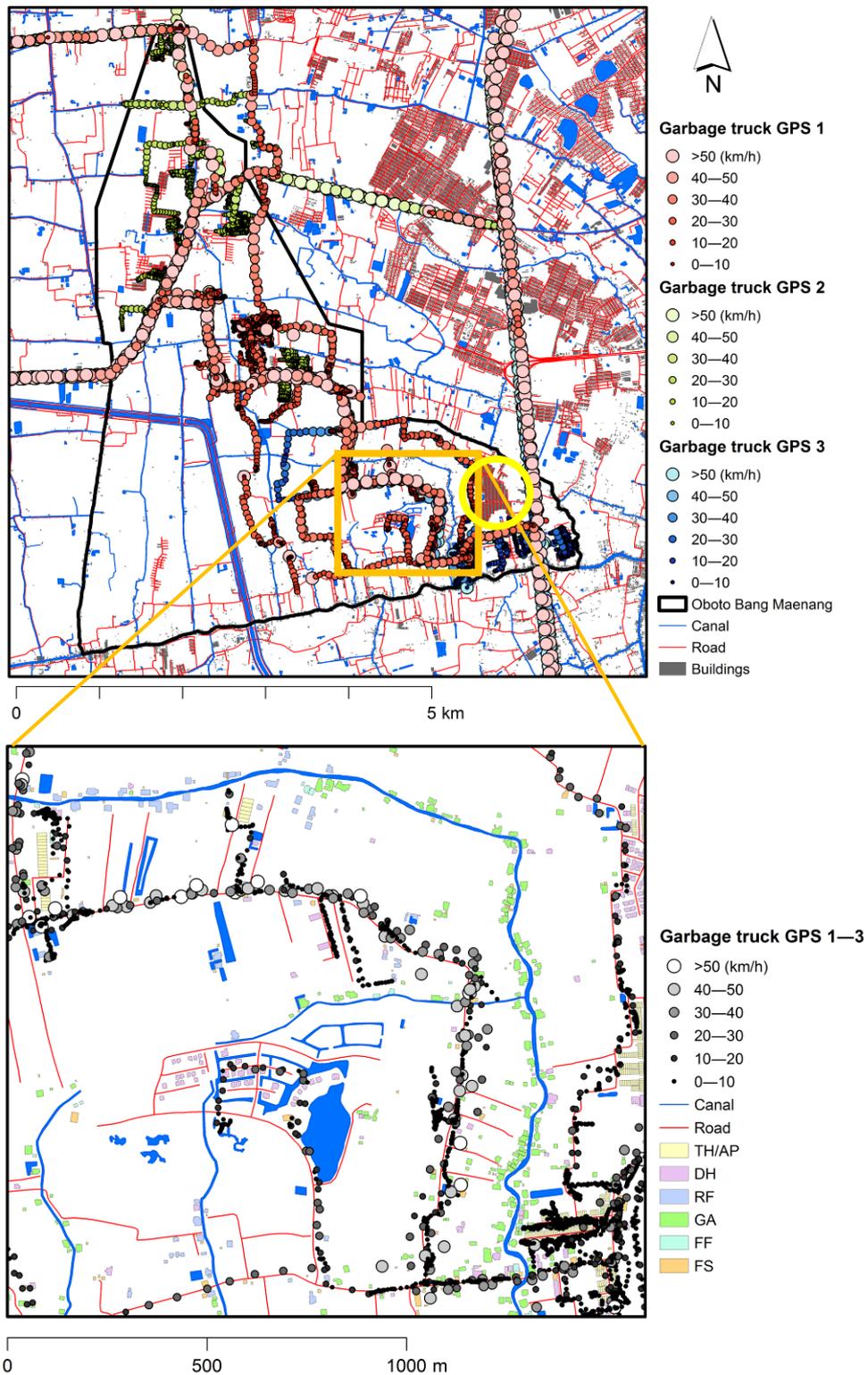


図25：ごみ収集車回収経路

オーボートー所有のごみ収集車に取り付けたGPSロガーにより、一週間にわたって記録された回収経路を図25に示す。基図は2007年の更新版詳細都市基本図であり、データ素のALOS (PRISM) 画像の観測日 (2007年3月14日) とごみ収集車のGPSトラッキング期間 (2007年2月19日から1週間) が直近であることから、空間誤差は最小限に抑えられている。円の大きさはその地点を通る際の収集車の時速を表す。最小の円は時速10km以下の走行を示しており、ごみ回収がなされている可能性が高いと考えられる。ここで、バンメナン地区東にある住宅密集地域 (図中円内) については、コミュニティ独自で費用を徴収してごみを収集し、私有の収集トラックにて直接埋立地へ運び込んでいる。そのためオーボートー所有の収集車は回収に行っていない。それ以外について見てみると、比較的住宅密度が高い地区中央部・南東部へは回収に行っているが、北部の水田地帯や、南西部の都市化未進行地帯にはほとんど回収に行っていない。さらには、回収カバー地区内においても、空間的には近接しながら、道路網から外れた水運起原の旧集落の回収率は極めて低くなっている。

これより各家庭からの廃棄物排出量と組成の実測調査結果を記述する。ビン・カンといった有価物については、回収業者に売るために確保していると考えられ、依頼してもほとんど排出されなかった。アンケート調査では、生ごみ、プラスチックに次いで多く出ると答えられていたビンについても、この調査ではほとんど出てこなかった。よって、これ以降では、家庭排出の段階で回収業者に売るもの以外 (すなわちオーボートーの回収対象廃棄物) についての解析となる。

家屋形態別平均ごみ排出量を表2に、その組成の内訳を図26に、それぞれ週単位の値として示す。また、成分分析の例を図27~30に示した。まず非営農住宅について述べる。対象地区内戸数最多である家屋形態のタウンハウス (TH) では、大体3.8kg/人・週程度の排出量となった。組成については、生ごみが60%以上を占めた。アパート (AP) からの排出量は、新興戸建住宅 (DH) よりも約1kg/人・週程度小さく、2.91kg/人・週であった。同じ戸建住宅でも、旧集落起原の高床式住宅 (FF) からの排出量は、1.28kg/人・週とかなり少なかった。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。組成については、生ごみの割合が最も多く、次いで庭のある戸建住宅では庭ごみとプラスチック、アパートではプラスチックの割合が多くなった。

次に農家について述べる。水田農家 (RF) のごみ排出量は2.1kg/人・週と比較的少ないのに対し、園芸農家 (GA) のそれは4.29kg/人・週と大きめの値となった。組成に関しては、60%以上が庭ごみ (農業ごみ) で、次いで生ごみ、プラスチックと続いた。

バラック小屋 (TE) からの排出量は、1.05kg/人・週と最も小さかった。組成は、生ごみが約62%、次いでプラスチックの約20%であった。ただし、バラック居住者にはミャンマーやカンボジアからの出稼ぎ労働者が多く、コミュニケーション上の問題からサンプルとして十分に採取しきれない部分もあった。

表2：家屋形態別の平均ごみ排出量および世帯人数・戸数・回収率

House type	Waste (kg person ⁻¹ week ⁻¹)	Average household population	Number of households with waste collection	Household collection rate (%)
TH	3.80	2.39	1850	72.9
DH	3.78	2.16	862	70.7
AP	2.91	2.39	-	-
RF	2.10	3.53	67	9.8
GA	4.29	3.53	72	10.9
FF	1.28	3.53	15	7.2
FS	7.76	3.16	98	19.4
TE	1.05	4.58	-	-

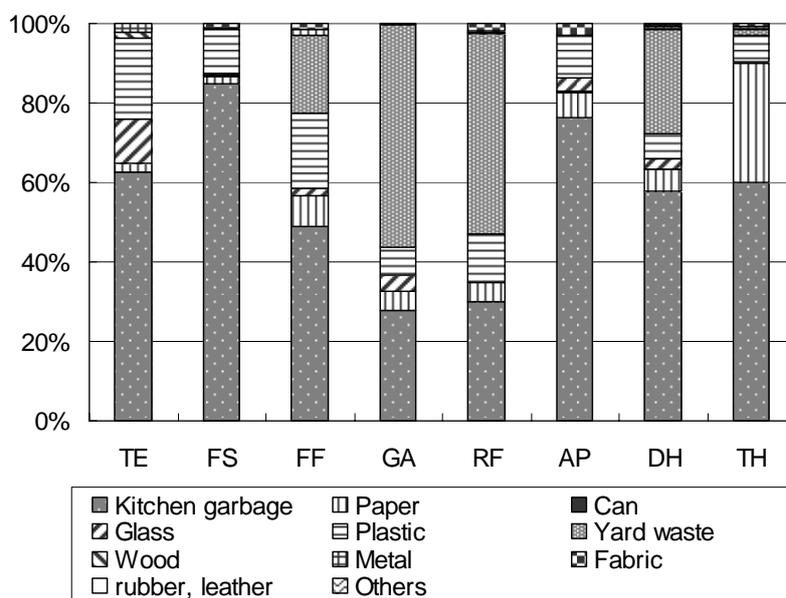


図26：排出ごみ組成内訳

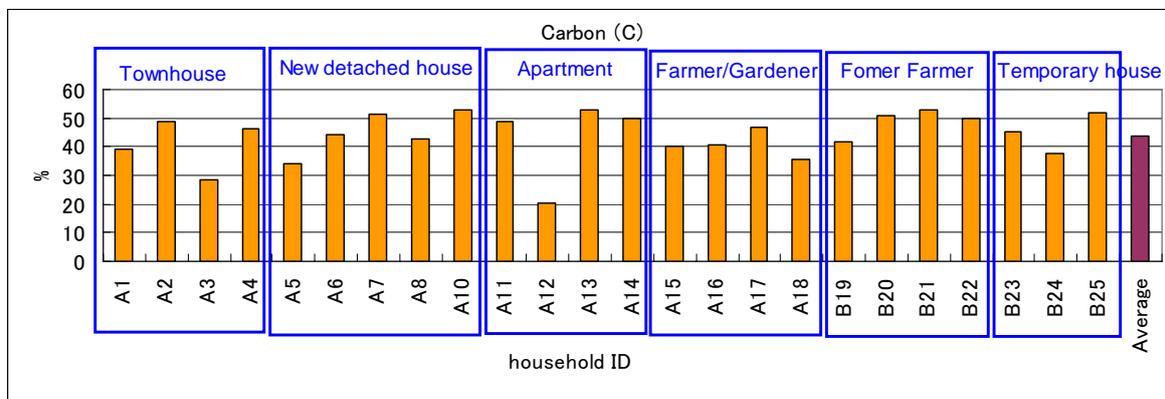


図27：成分分析例 (C)

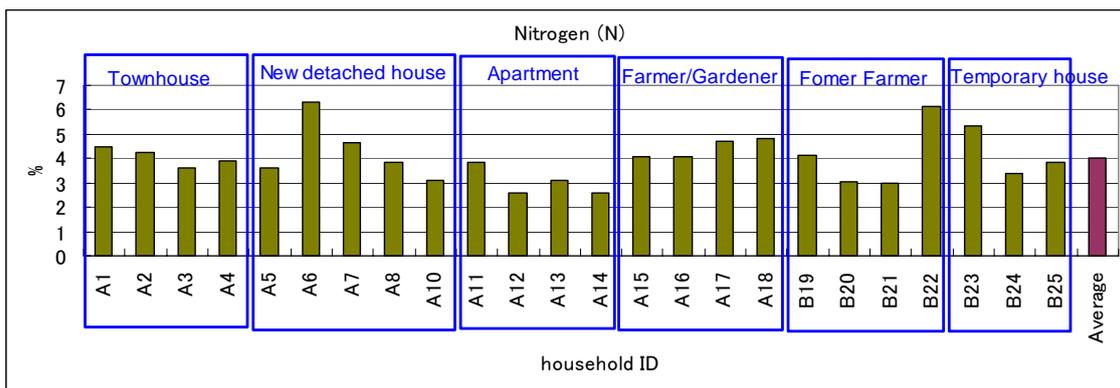


図28：成分分析例（N）

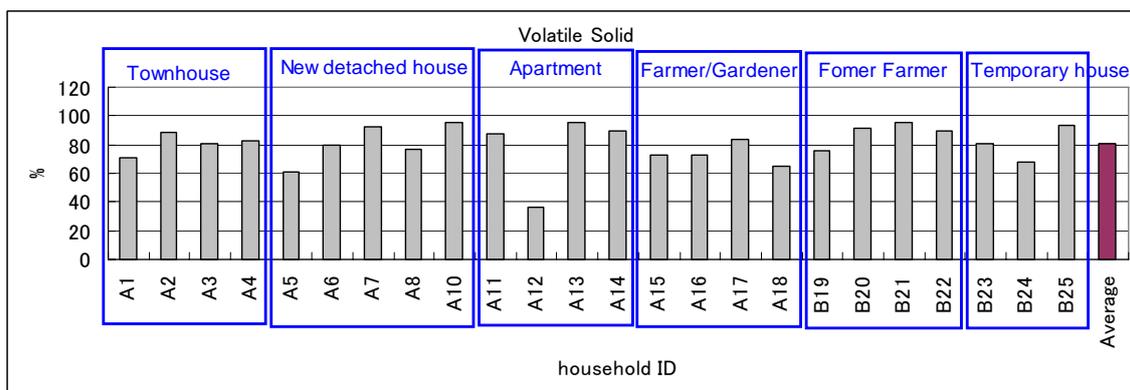


図29：成分分析例（VS）

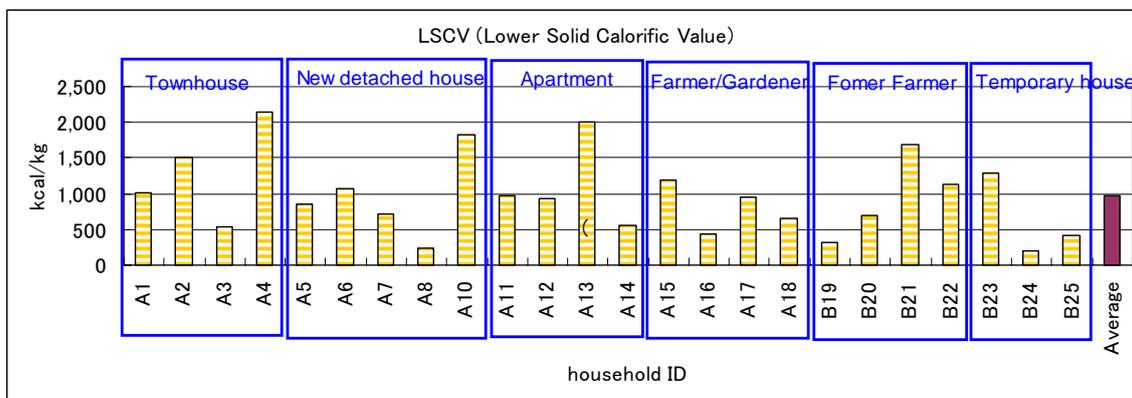


図30：成分分析例（LSCV）

表2中に示された平均世帯人数は、本節1)の世帯人口調査より導かれている。この値と2003年版ベクター地図の家屋形態別全戸数を乗算して外挿推定される人口は13160人であり、対応する2003年の公式統計人口値12655人との誤差は4.0%であった。これより、表2中の平均世帯人数自体は、GIS解析に用いることは妥当であると判断した。次に、2007年版更新ベクター地図を用いて外挿算出した人口は20760人となり、同年の公式統計人口値17988人との間で15%の誤差が生じた。現地踏査の結果から、この誤差は新興住宅地内の空き家率に起因するものと推測された。この誤差分を比例配分によりタウンハウス（TH）および新興戸建住宅（DH）に振り分け、表2中の家屋総数を減じ、回収率を再計算したところ、THが92.1%、DHが89.3%となった。

これらを前提として集計した結果、バンメナン地区内の家庭ごみ総排出量27898kg/週、対する回収率51.1%が外挿算定された。対応する直近の公式ごみ収集統計値（サイノイ最終処分場事務所で入手）は、45192kg/週であり、我々の外挿試算結果はこれよりかなり下回っている。これは図21に示したような各種インフォーマルセクターの関与や工場などからの混入によるものと思われる、今後も実測調査を継続していく必要がある。

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

観測位置を図31に、使用原単位一覧を表3に示す。

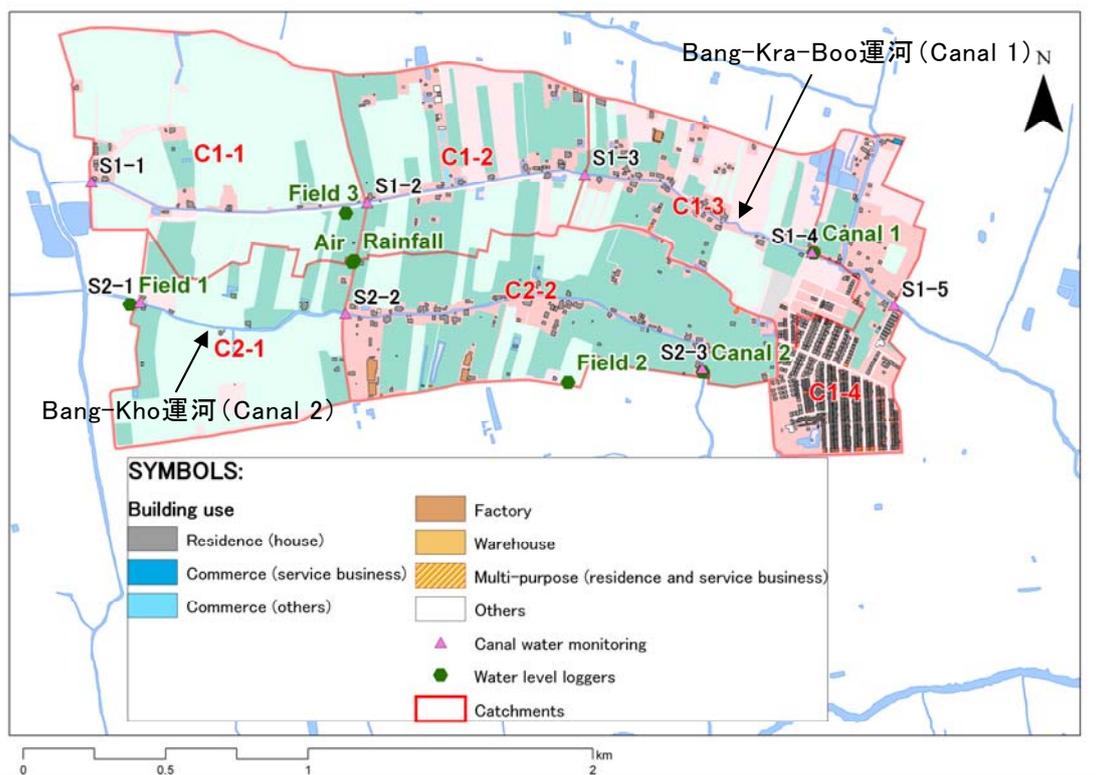


図31：バンメナン地区南東部に位置する対象運河とその流域。基図は2003年版詳細都市基本図。
 (△：運河水質モニタリングの採水地点、●：水位および降水量モニタリング地点)

表3：栄養塩負荷量算出に用いた原単位一覧

Basic Unit	Unit	Value	Reference
<u>RICE FIELDS</u>			
Amount of irrigate water from canals into rice fields	m/year	1.65	This study
Nitrogen concentration in irrigation water into vegetable fields	mg/L	2.34	This study
Phosphorous concentration in irrigation water into vegetable fields	mg/L	0.43	This study
Amount of water discharge from rice fields	m/year	2.08	This study
Nitrogen concentration in water discharge from rice fields	mg/L	2.4	This study
Phosphorous concentration in water discharge from rice fields	mg/L	0.51	This study
Amount of nitrogen in fertilizer used in rice fields	g/m ² /year	9.61	This study
Amount of phosphorous in fertilizer used in rice fields	g/m ² /year	2.04	This study
<u>VEGETABLE FIELDS</u>			
Amount of irrigate water from canals into rice fields	m/year	3.17	This study
Nitrogen concentration in irrigation water into vegetable fields	mg/L	2.47	This study
Phosphorous concentration in irrigation water into vegetable fields	mg/L	0.43	This study
Amount of water discharge from vegetable fields	m/year	3.31	This study
Nitrogen concentration in water discharge from vegetable fields	mg/L	2.8	This study
Phosphorous concentration in water discharge from vegetable fields	mg/L	0.48	This study
Amount of nitrogen in fertilizer used in rice fields	g/m ² /year	6.67	This study
Amount of phosphorous in fertilizer used in rice fields	g/m ² /year	2.06	This study
<u>RESIDENTS (Wastewater)</u>			
Number of residents per household	persons /household	3.4	This study
Amount of domestic wastewater	L/person/day	279	This study
Nitrogen concentration in domestic wastewater	mg/L	50	Ref. 19)
Phosphorous concentration in domestic wastewater	mg/L	5	Ref. 19)
<u>RESIDENTS (Solid waste)</u>			
Amount of municipal solid waste generation	kg/household /year	346	This study
Nitrogen content in municipal solid waste	%	4.02	This study
Phosphorous content in municipal solid waste	%	0.19	This study

タイでは、各戸にはSeptic Tankが設置されているが、100戸以下の住宅地には廃水水質基準がない（表4）。対象地域の新興住宅地においても、100戸以下の開発地では生活雑排水およびSeptic Tankの流出水が未処理のまま運河などに排出されていた。また、100戸以上の住宅をもつPhrapin3 Village（図31中対象地南東端の住宅団地）では、2つの酸化池が設置されているが、健全な維持管理が行われておらず、1つの酸化池は処理水流出口が閉じられ、もう一方も処理水質が排出基準を超えていた（表5）。また、Phrapin3内でも新規に住宅建設が進んでいる部分は酸化池への接続を持たず、廃水が未処理のまま運河へと排出されていた（図32）。

表4：タイ王国住宅街廃水排出基準²⁰⁾

Parameter	Unit	Range or Maximum Permitted Values for These Categories		Method for Examination
		(A) 100 units but not more than 500	(B) more than 500 units	
1. pH	-	5.5-9.0	5.5-9.0	- pH Meter
2. BOD	mg/l	30	20	- Azide Modification at 20 °C, 5 days
3. Solids				
Suspended Solids	mg/l	40	30	- Glass Fiber Filter Disc
Settleable Solids	mg/l	0.5	0.5	- Imhoff Cone 1,000 cm ³ 1hour
Total Dissolved Solids*	mg/l	500	500	- Dry Evaporation 103-105 °C, 1 hour
4. Sulfide	mg/l	1.0	1.0	- Titration
5. TKN	mg/l	35	35	- Kjeldahl
6. Fat, Oil and Grease	mg/l	20	20	- Solvent Extraction by Weight

Remarks: 1. Base on: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater recommended by APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association and WPCF: Water Pollution Control Federation
 2. Notification of the Ministry of Science, Technology and Environment: Building Effluents Standards dated January 10, B.E.2537 was revoked by a)
 3. Notification of the Ministry of Science, Technology and Environment issued under the Enhancement and Conservation of the National Environmental Quality Act, B.E.2535 (1992) and Notification of the Ministry of Science, Technology and Environment issued under the Enhancement and Conservation of the National Environmental Quality Act, No. 2 B.E.2538 (1995) dated January 10, B.E.2537 was revoked by b)

*= These values are in addition to the TDS of the water used.

Sources: a) Notification of the Ministry of Natural Resources and Environment: Building Effluents Standards dated November 7, B.E. 2548 (2005) published in the Royal Government Gazette, Vol. 122 Part 125 D, dated December 29, B.E. 2548 (2005)
 b) Notification of the Ministry of Natural Resources and Environment issued under the Enhancement and Conservation of the National Environmental Quality Act. dated November 7, B.E. 2548 (2005) published in the Royal Government Gazette, Vol. 122 Part 125 D, dated December 29, B.E. 2548 (2005)

表5：Phrapin3 Villageの酸化池の処理水質（採水日2006年6月12日）

Parameter	Value	Parameter	Value
pH	7.34	TN	31.1
Temperature	31.4	TKN	31.0
BOD	58	NH ₄ -N	25
COD	97	NO ₂ -N	0.015
SS	11.6	NO ₃ -N	0.08
DO	1.46	TP	4.2
Conductivity	62.8	PO ₄ -P	4.2



図32：Phrapin3 Villageより運河へ排出される未処理の生活廃水

Bang-Kra-Boo運河、Bang-Kho両運河におけるBODとDO、および栄養塩濃度の年間平均値をそれぞれ図33、34に示した。8地点のうち、タイの表流水質基準Class 3（農業用水用途）を満たしている地点はなく、S1-1、S1-2地点がClass 4（工業用水用途）相当の水質であったが、その他の地点の水質は最低カテゴリのClass 5（用途指定なし）相当であった。

両運河とも下流に行くにしたがって、窒素・リン濃度とも増加しており、流下にもともなって流域より栄養塩が流入していることが示唆された。すべての地点においてアンモニア態窒素がタイの表流水質基準Class 4の0.5mg/Lを超過していた。特に、新興住宅地Phrapin3 Villageの下流側に位置するS1-5で栄養塩濃度が増加し、新興住宅地からの廃水が運河への栄養塩負荷を高めていることが分かった。また、廃水の排出量は定常ではなく、それが濃度変動の大きい原因となっていると考えられる。

N/P比は5.4～7.4の間であり、富栄養化としては窒素制限となっていた。

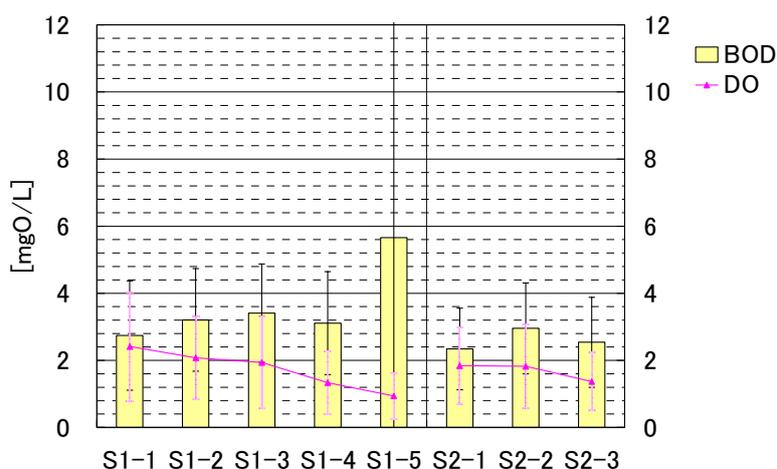


図33：Bang-Kra-Boo運河（S1-1～5）とBang-Kho運河（S2-1～3）におけるBODおよびDO濃度（2007年2月～2008年2月の平均値；髭は標準偏差）

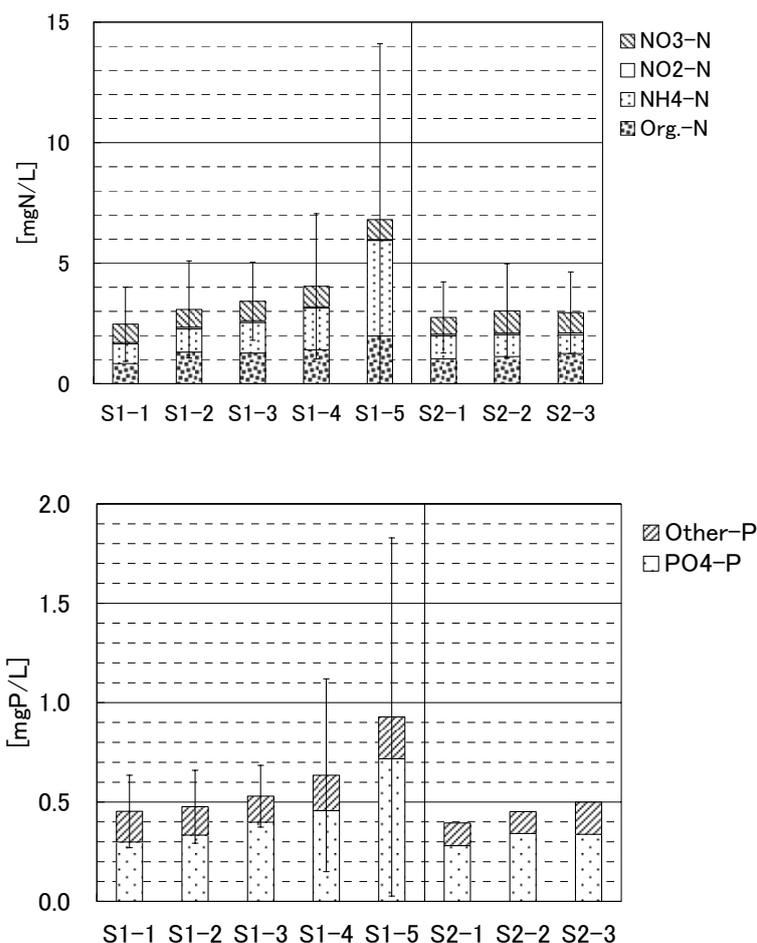


図34：Bang-Kra-Boo運河 (S1-1～5) と Bang-Kho運河 (S2-1～3) における形態別窒素 (上) ・リン (下) 濃度 (2007年2月～2008年2月の平均値；髭は標準偏差)

雨天時には、運河は黒色に変色し、多くの負荷が運河に排出されていると推測された (図35)。対象流域では、土地が低平なため、住宅地の下水管の勾配も非常に小さく、晴天時には管路内にとどまっていた廃水が雨天時に一気に排出されると考えられる。また、雨天時には運河の流速も大きくなるため、雨天時に排出された負荷は滞留時間が短く、下流に流れやすくなる。一方、晴天時の流速は非常に小さく、運河に流入した一部の負荷は長い滞留時間のうちに分解されると考えられる。そのような負荷排出特性が、対象地域において、現状では水質汚濁が深刻に進行していない一因となっている可能性がある。今後、晴天－雨天時の負荷排出特性について精査する必要があると考えられる。

運河の水質は、現状としては深刻な状態にはなかった。しかしながら、対象運河は低平なチャオプラヤデルタ地帯に位置し、流速が遅い。したがって、今後、負荷増大によって栄養塩濃度が高くなれば、富栄養化による藻類増殖によって、運河の農業用水としての利用ができなくなる可能性があり、栄養塩負荷削減は都市農村共存型の持続可能な地域社会の実現のために必要不可欠であると考えられる。



図35：雨天時にみられる黒色の運河水

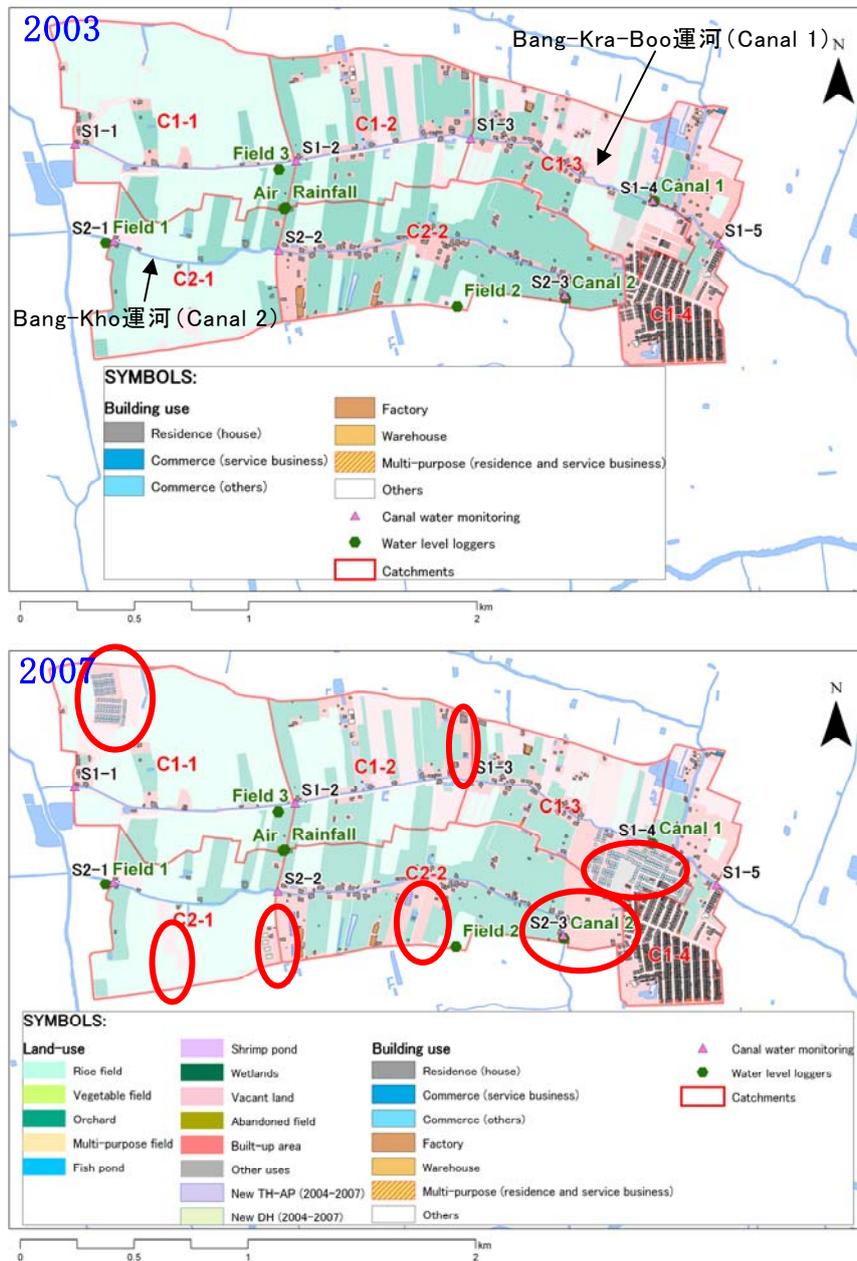


図36：対象地域における土地利用の変化。丸囲は2003年以降、新たに開発された市街地を示す。

対象流域における2003年および2007年の土地利用を、図36として示す。対象流域には6箇所の新規住宅地開発が認められ、住宅戸数は4年間で1400戸から2200戸へと増加した。

流域ごとの市街地、圃場、畑地の面積の変化を図37・38に示した。これより、市街地開発は住宅地の多い下流より進んでいることが見てとれ、Bang-Kra-Boo運河の最下流域のC1-4ではほぼ開発は終了し、この4年ではC1-3における開発が進行していた。

また、各運河の流域の土地利用の変化と窒素・リン負荷量の変化を、図39・40に示した。農地と比べて市街地の方が面積あたりの負荷量が大きく、特にBang-Kra-Boo運河では、すでに運河への流入負荷のほとんどは市街地由来となっていた。

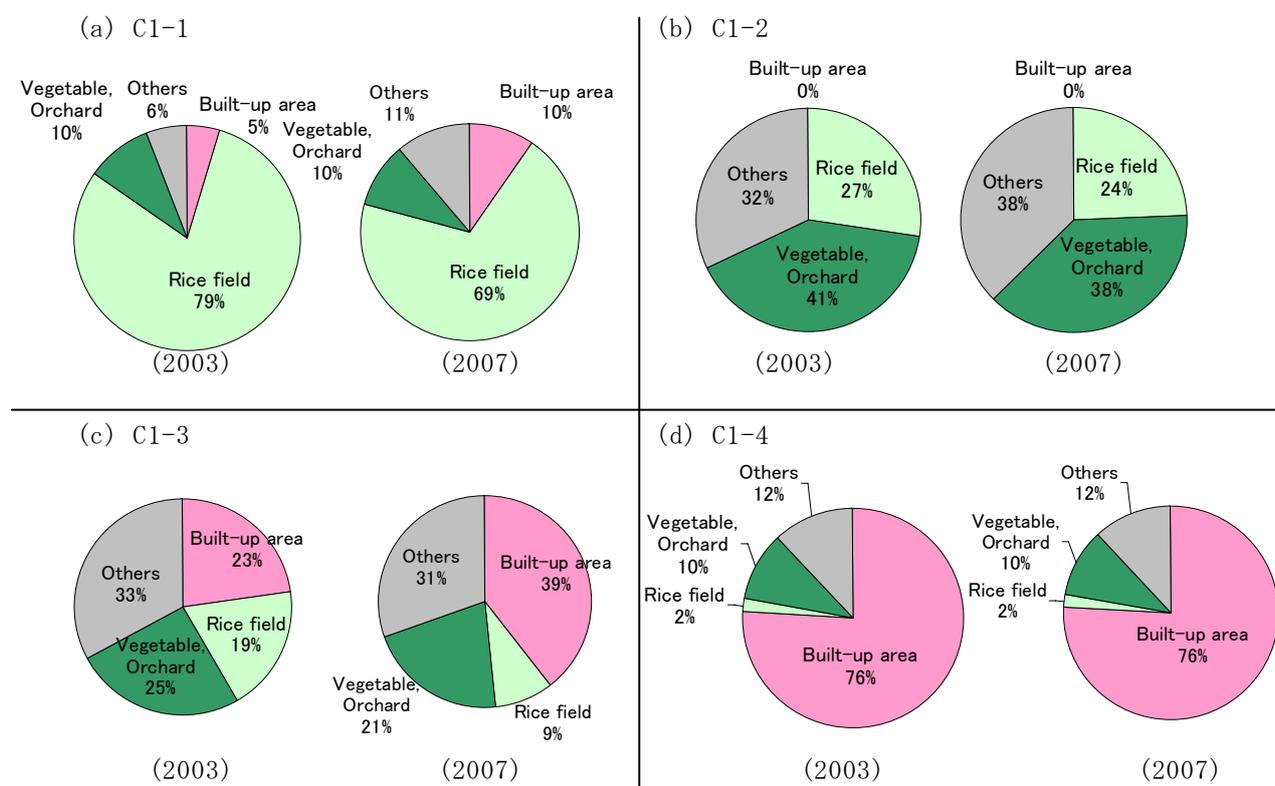


図37：Bang-Kra-Boo運河流域における土地利用面積の変化（2003年～2007年）

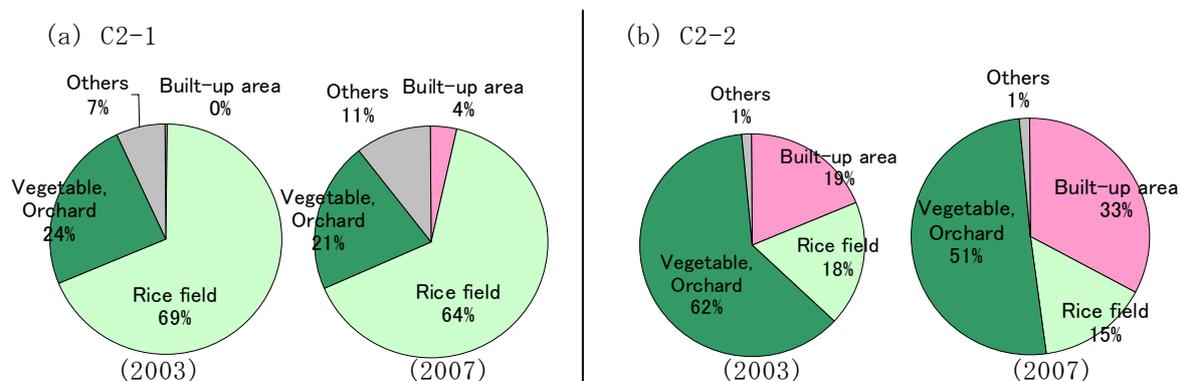


図38：Bang-Kho運河流域における土地利用面積の変化（2003年～2007年）

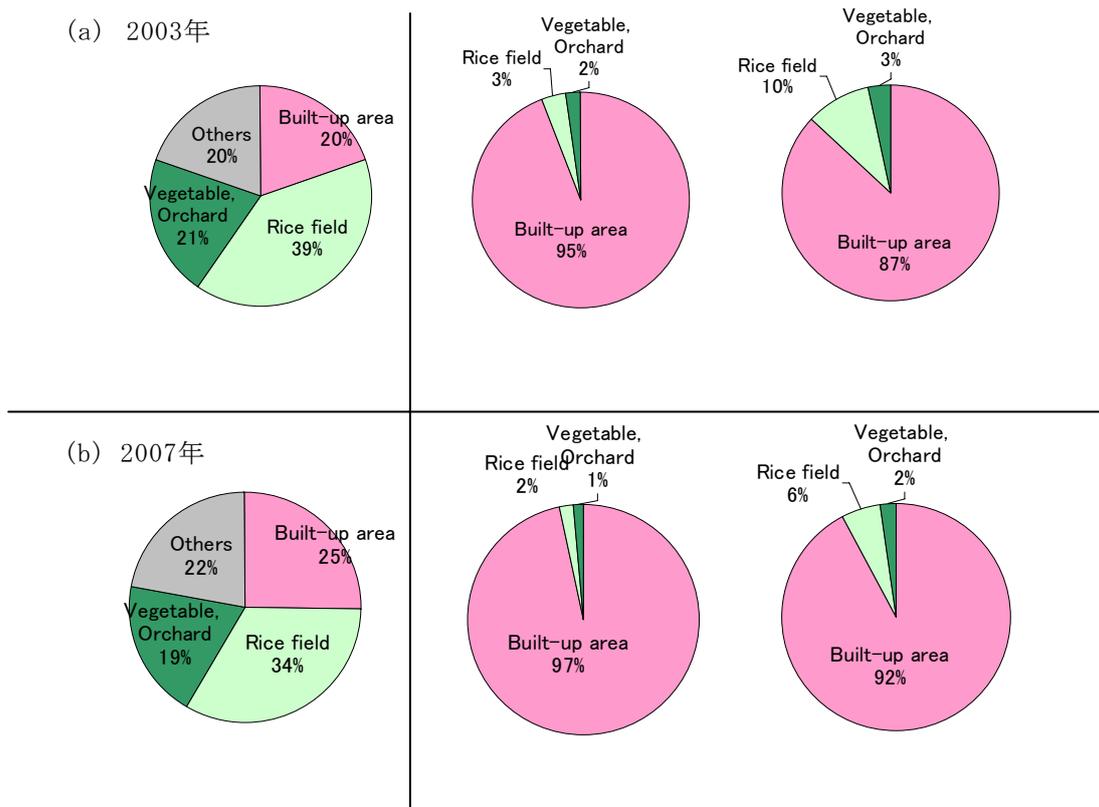


図39 : Bang-Kra-Boo運河流域における土地利用面積と窒素・リン負荷量の変化 (2003年～2007年)

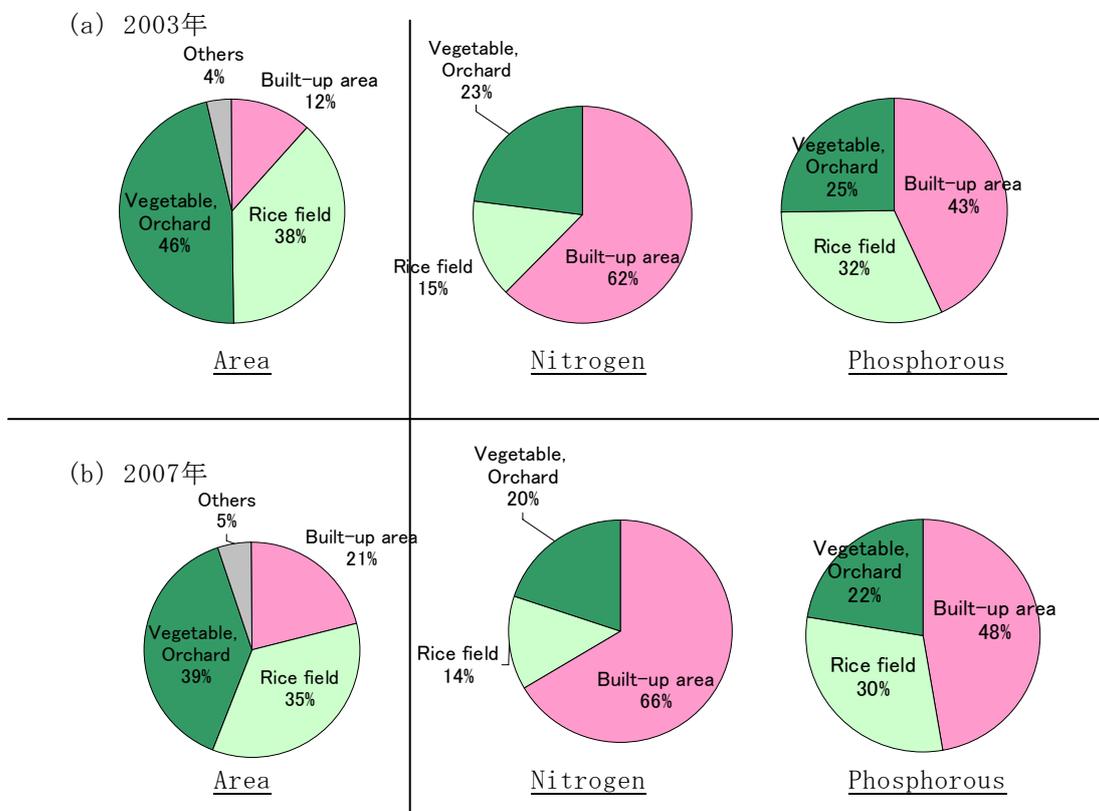


図40 : Bang-Kho運河流域における土地利用面積と窒素・リン負荷量の変化 (2003年～2007年)

対象運河における栄養塩フローの変化を図41～44に示した。

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。一方、Bang-Kho運河では市街地からの排出はほとんど変化せず、農地からの負荷量も減少していた。ただし、空地の増加がみられたことから、これらの空地には、農地から住宅地への開発途上にあるものも含まれると考えられ、今後、負荷量が増加する可能性が示唆された。また、Bang-Kho運河では農地からの窒素の単純な排出量としては、住宅地よりも大きな負荷が排出されているが、同時に、運河から農地への灌漑による栄養塩流入を差し引いた負荷量は住宅地と比べて小さかった。しかし、運河からの流入負荷量よりも農地からの排出負荷の量の方が大きく、農地が運河に対して負荷源となっていた。

リンのフローにおいて最も多いものは、両運河流域とも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。

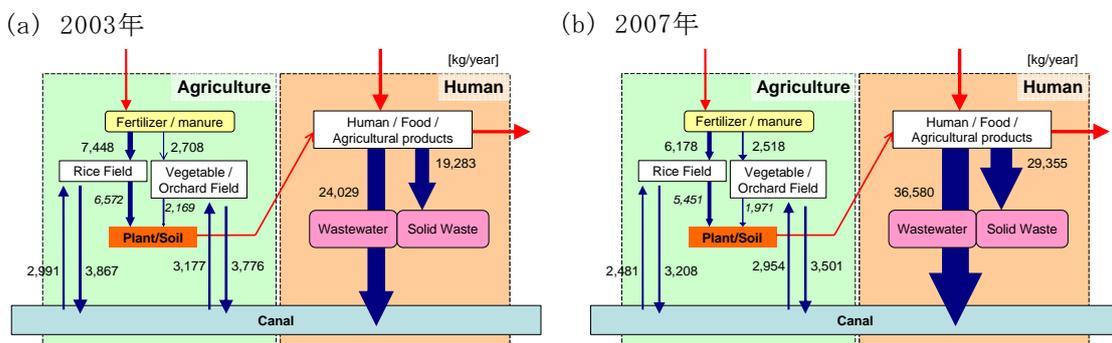


図41：Bang-Kra-Boo運河流域における窒素フローの変化（2003年～2007年）

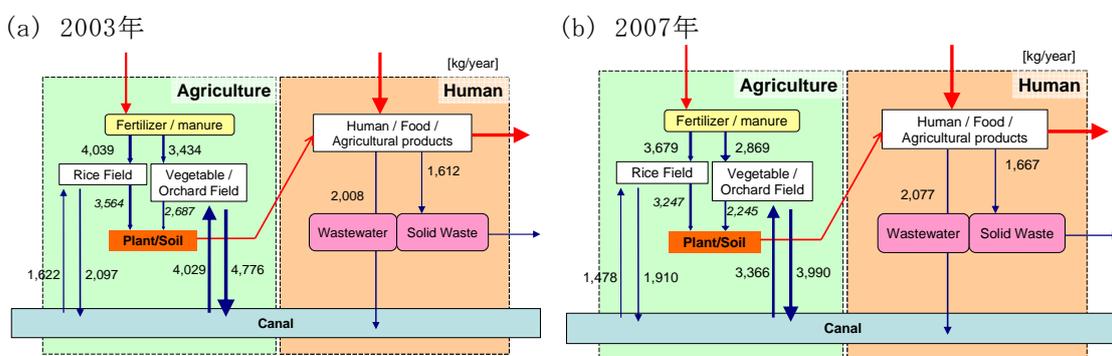


図42：Bang-Kho運河流域における窒素フローの変化（2003年～2007年）

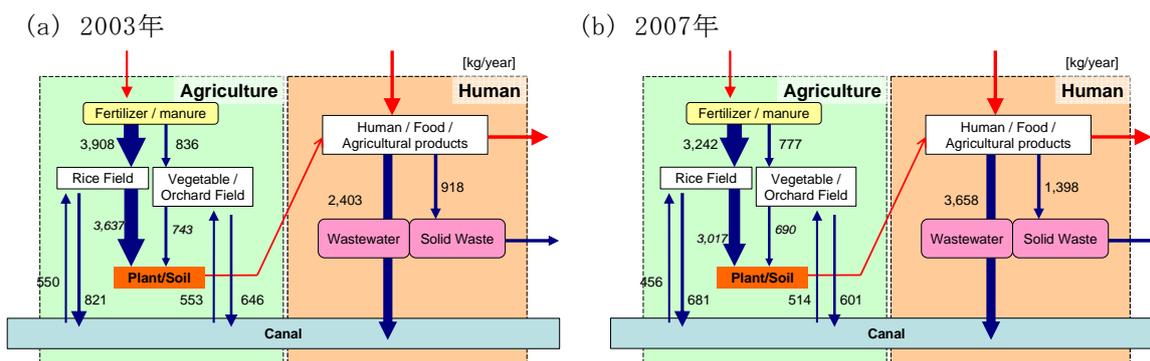


図43：Bang-Kra-Boo運河流域におけるリンフローの変化（2003年～2007年）

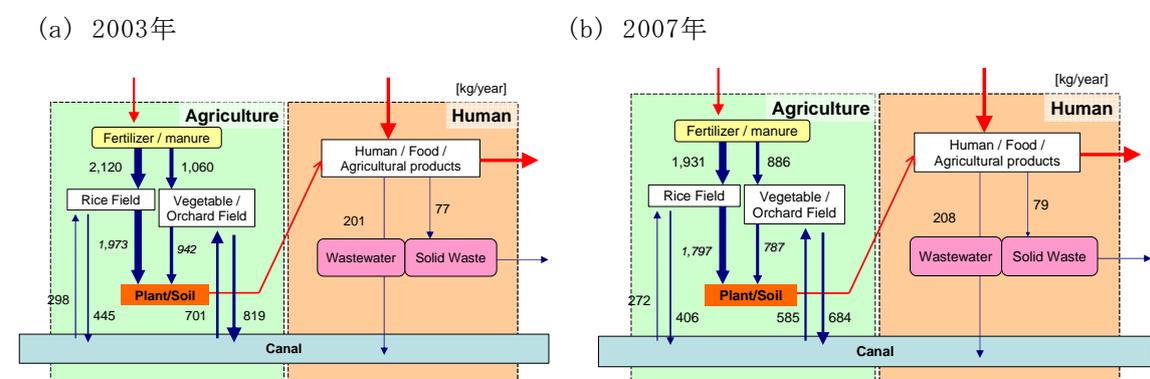


図44：Bang-Kho運河流域におけるリンフローの変化（2003年～2007年）

以上の結果をまとめる。Bang-Kra-Boo運河流域では、直近4年間で住宅地開発が進行し、運河への栄養塩負荷が大きく増加していた。バンコク都心に近い下流側の開発はほぼ終了しているが、上流側では開発が進行中であり、今後も負荷量が大きくなる傾向が続くと考えられる。

Bang-Kho運河流域では、直近4年間で住宅地およびそれにもなう栄養塩負荷の大きな増加は見られなかった。しかしながら開発途上とみられる空地の増加が認められ、この運河も今後、住宅地の開発に伴い負荷量が増加する可能性が示唆された。

面積あたりの負荷量としては、農地と比べて市街地の方が圧倒的に大きく、農地からの負荷は、運河からの栄養塩流入を差し引けば市街地由来のものと比べて相対的にそれほど大きくなかった。

これらの状況から、新規および既存の住宅地からの生活廃水排出が運河の富栄養化に直接的に寄与していることが考えられ、これらの廃水由来の栄養塩の適切な制御が喫緊の課題である。具体的には、100戸以下の住宅地だけに定められている排出基準を住宅地の規模に関わらず適用すること、また、住宅地に設置された廃水処理設備の適切な管理と行政側のモニタリングが必要であると考えられる。

5) 指標統合化と2020年のシナリオプランニング

ここでは本節1)～4)の成果まとめ・統合化と、将来土地利用シナリオ考案を試みる。

作業は、①現状の物質循環の構造化と適正居住密度の推定、②それを基にした2020年の高層高密度居住型・低層分散居住型の両極値将来土地利用シナリオの視覚化(1:3000空間スケール)、物質循環面からの持続可能性評価、バックキャストによる現行マスタープランの改良点考察の順に進めた。

以下にシナリオ策定要件を列記する。

①現状の物質循環の構造化と適正居住密度の推定

各指標調査結果を基に、以下シナリオ要件を設定した。

- i 本節2)より、土地開拓史をふまえ、対象地の灌漑水路区を物質循環空間原単位と設定。サンプル原単位として本節4)水環境調査区を用いる。
- ii 本節1)より人口を独立変数と設定、増加人口分は基本的に新興住宅地が許容すると仮定
- iii 本節2)土地利用GISデータベースより、住宅一戸あたりの占有面積平均値は240m²/戸とする。
- iv 住宅地以外の農地利用は動態的だが、原単位区内の面積割合は一定と仮定
- v 本節1)の成果である世帯平均人口および3)の成分分析結果を使用して、生活廃棄物発生量を窒素ベースで求め、それらを全量堆肥化した場合の堆肥による窒素供給可能量を算出した。堆肥化による窒素含量減少率は既往文献²¹⁾から、以下のN-loss式により求めた。

$$N\text{-loss ratio} = 0.559031 - 0.01108 * C/N \text{ ratio}$$

本節3)の廃棄物組成分析結果より、C/N比は11.48とし、窒素含量減少率43.2%を得た。

- vi 農地における肥料需要は、得られた圃場および畑地面積より、本節4)で用いた原単位(表3)から求めた。施肥分をすべて堆肥で賄うことはできないため、堆肥需要は施肥量の50%と仮定した。

②2020年将来シナリオ

各指標調査結果を基に、想定可能な高層高密度居住型・低層分散居住型の両極値将来土地利用シナリオを、以下の要件により策定した。

- i 本節1)より、現実味のある「2020年人口増加5000人」を前提
- ii 以下①②二パターン将来土地利用図を、ArcGISによりベクターデータとして作製・整備
 - ① 現在の道路網の主要交差点において高層高密度開発。建物1棟あたり120名収容とし、バンメナン地区内で42棟の新造とした。一棟あたり2400m²の占有とした。
 - ② 現在の水路網および道路網に沿って低層分散開発。本節1)の結果を参考に、1戸あたり5名居住として、バンメナン地区内1000戸の新造とした。一戸あたりの面積は上①iii同様240m²である。

iii 上記 ii の両シナリオにおける新規宅地開発に必要な投入土量を算定。要求盛土高は、図17の
 平均値70cmを用いた。さらには、本節2) の結果より、以下追加条件を附した。

- 高層建築の場合、対象地域外100km遠方のデルタ上流域からの砂材水送搬入とする。
- 果樹園を低層宅地転用する場合、土量の半分は上同様、外部からの砂材とする。
- 水田を低層宅地転用する場合、全土量開発地近傍からの粘土搬入とする。

iv 上述 ii の両シナリオにおける生活系廃棄物排出量・回収量を、以下附与要件に基づき算定

- シナリオ①にて新造された高層建築からの生活系廃棄物は、ごみ収集車により陸路完全回収される。既存住宅地に関しては、本節3)にて導かれた現状の回収率とする。
- シナリオ②にて新造された道路沿いの戸建住宅は、本節3)の現状回収率を適用する。一方、水路沿いの戸建住宅については、その半数がごみ収集船(図45)の導入により回収される。



図45：チャオプラヤデルタ水郷地帯で一般的な作業船の例

v 上述 ii の両シナリオにおいて、灌漑水路区単位での窒素需給バランスを、前記①と同方法にて推測した。その後、供給過多になる水路区から近傍の需要可能な水路区への運搬重量を算出した。

vi 指標 iii～vを「物質投下蓄積量」「物質域外搬出量」「物質域内移動量」にて統合し、これらを用いて両シナリオの長短を比較検証した。さらには、物質移動にともなうCO2排出量を、国土交通省公表データ²²⁾を代用して、あくまで参考値としてグラフ化した。

最終的には、上記シナリオ分析をとりまとめ、適度な都市農村混在ビジョンについて検討し、ビジョン達成のために必要な現行計画改良点を考察した。

以降シナリオ分析結果を記述する。

①現状の物質循環の構造化と適正居住密度の推定－分析結果

Bang-Kra-Boo、Bang-Kho両運河沿いにおいて、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46、47に窒素換算値で示した。また、発生廃棄物を堆肥化した場合の窒素供給可能量と、農地への堆肥需要ポテンシャルも合わせて図に示した。

原単位と人口密度から推測した廃棄物発生量と肥料需要（図中直線）は、2003年および2007年の土地利用GISデータを基にして算出したもの（図中プロット）と近い値となり、推算方法は妥当だと考えられる。

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、Bang-Kra-Boo運河流域、Bang-Kho運河流域で、人口密度がそれぞれ約1200人/km²および1400人/km²となるときであった。このとき、各流域における住宅地面積の割合はそれぞれ約9%、10%となった。圃場と畑地における肥料需要と両運河流域における圃場と畑地の割合は大きく異なっていたが、窒素需給が均衡する人口密度は比較的近い値となった。

対象流域の面積は約2km²で、試算の対象とした地域のみで需給における輸送コストの影響はほとんどないと考えられる。しかしながら、得られた値は、あくまで窒素の需給バランスのみに着目したもので、値をより広範な地域に適用する場合には注意が必要である。

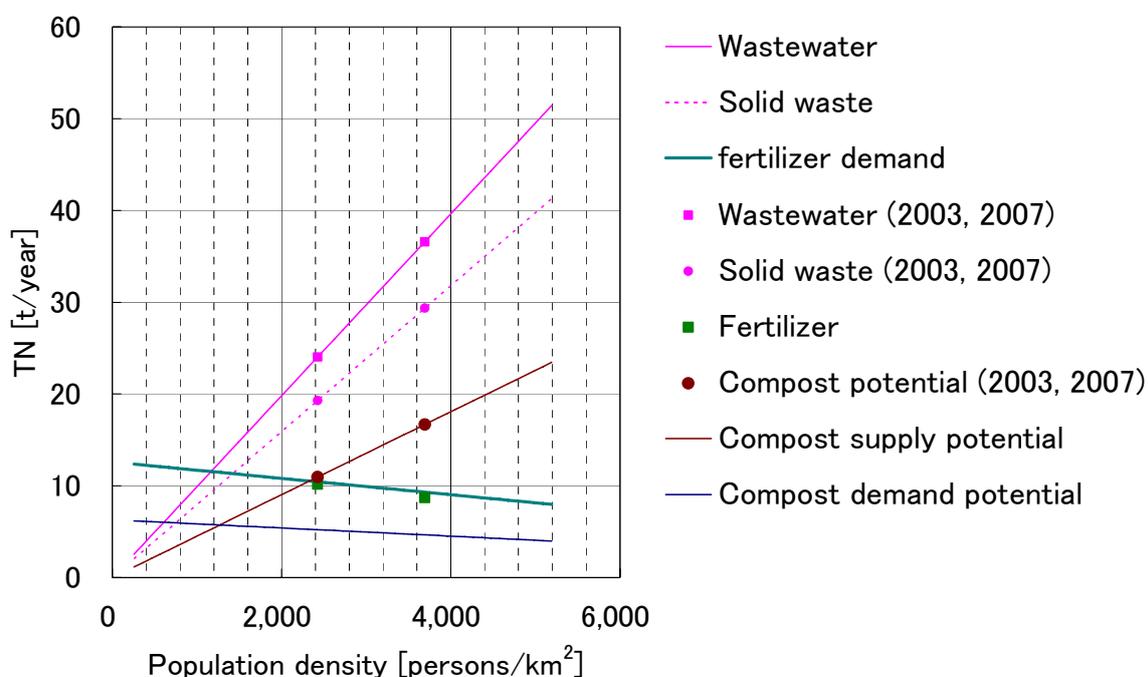


図46：Bang-Kra-Boo運河流域における人口密度増加にともなう生活廃棄物発生量・肥料需要の変化と、堆肥による窒素供給可能量・堆肥需要の予測

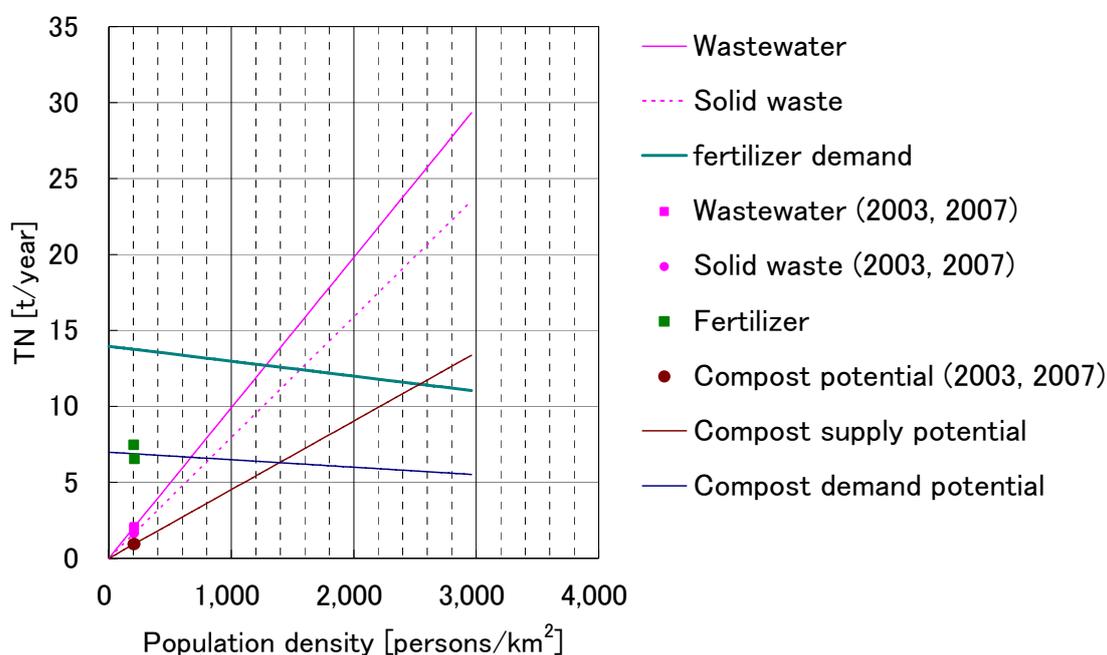


図47：Bang-Kho運河流域における人口密度増加にともなう生活廃棄物発生量・肥料需要の変化と、堆肥による窒素供給可能量・堆肥需要の予測

②2020年将来シナリオー策定評価結果

まず①②両シナリオ図を、図48および49として示す。両図ともに、域内人口密度は1300人/km²程度であり、①の結果を勘案すると、生成堆肥は、域外搬出なしに域内移動量のみで検討可能であると言える。

図50・51に原単位水区毎の「物質投下蓄積量」「物質域外搬出量」「物質域内移動量」を年平均にて示した。各量の詳細定義は以下のようなものである。

- (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に運送される重量)

投入量については、両図ともに砂材が高い値を示しているが、とりわけ図50の高層開発集中区にて顕著である。本値は宅盤土量のみで上物資材の重量は考慮されていない。しかしながら、土地造成土量は開発総投入量の大半を占めると言われており²³⁾、消費エネルギーを推定する上では有効な指標であると考えられる。

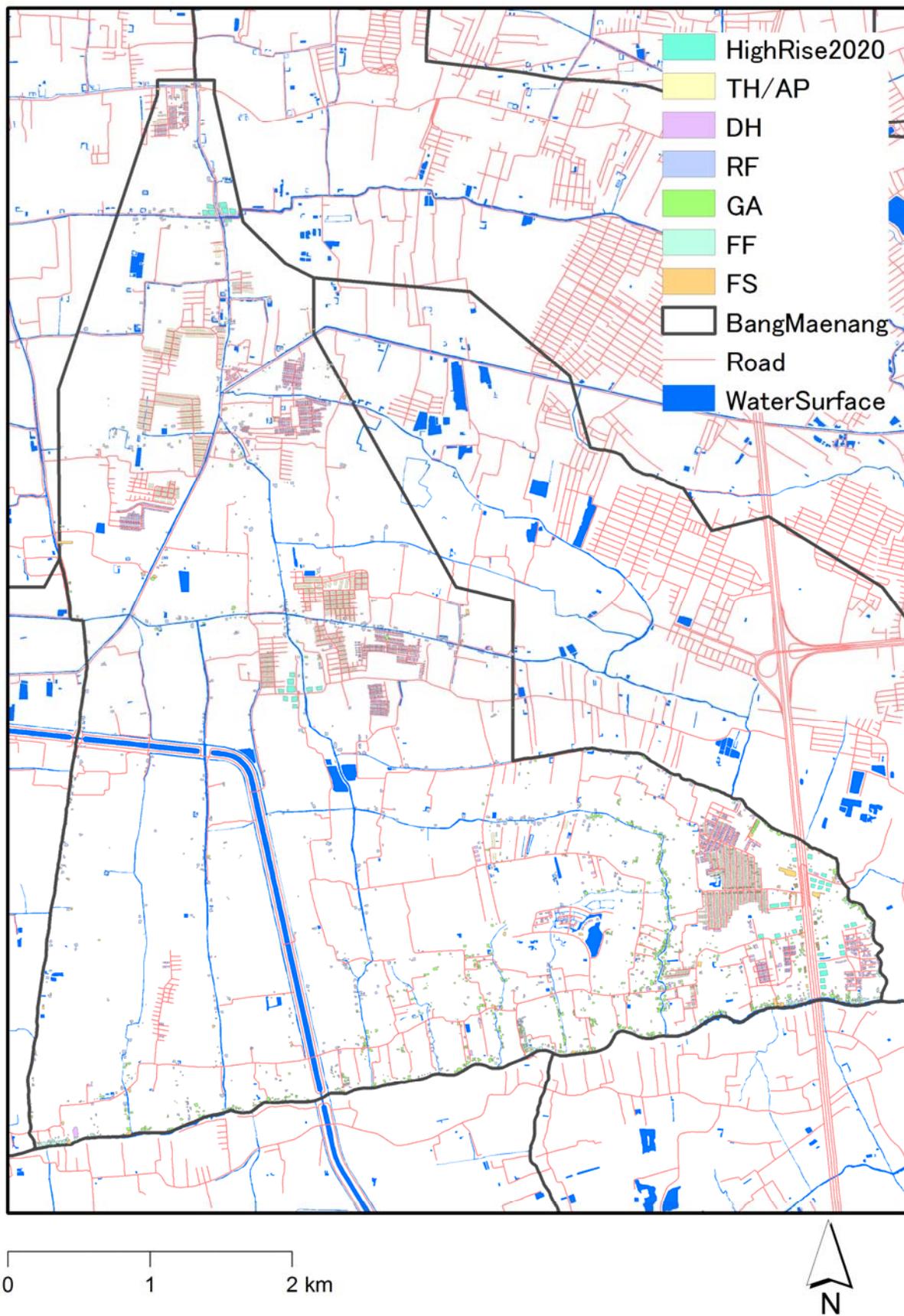


図48 : 2020年+5000人シナリオ① (高層高密度)

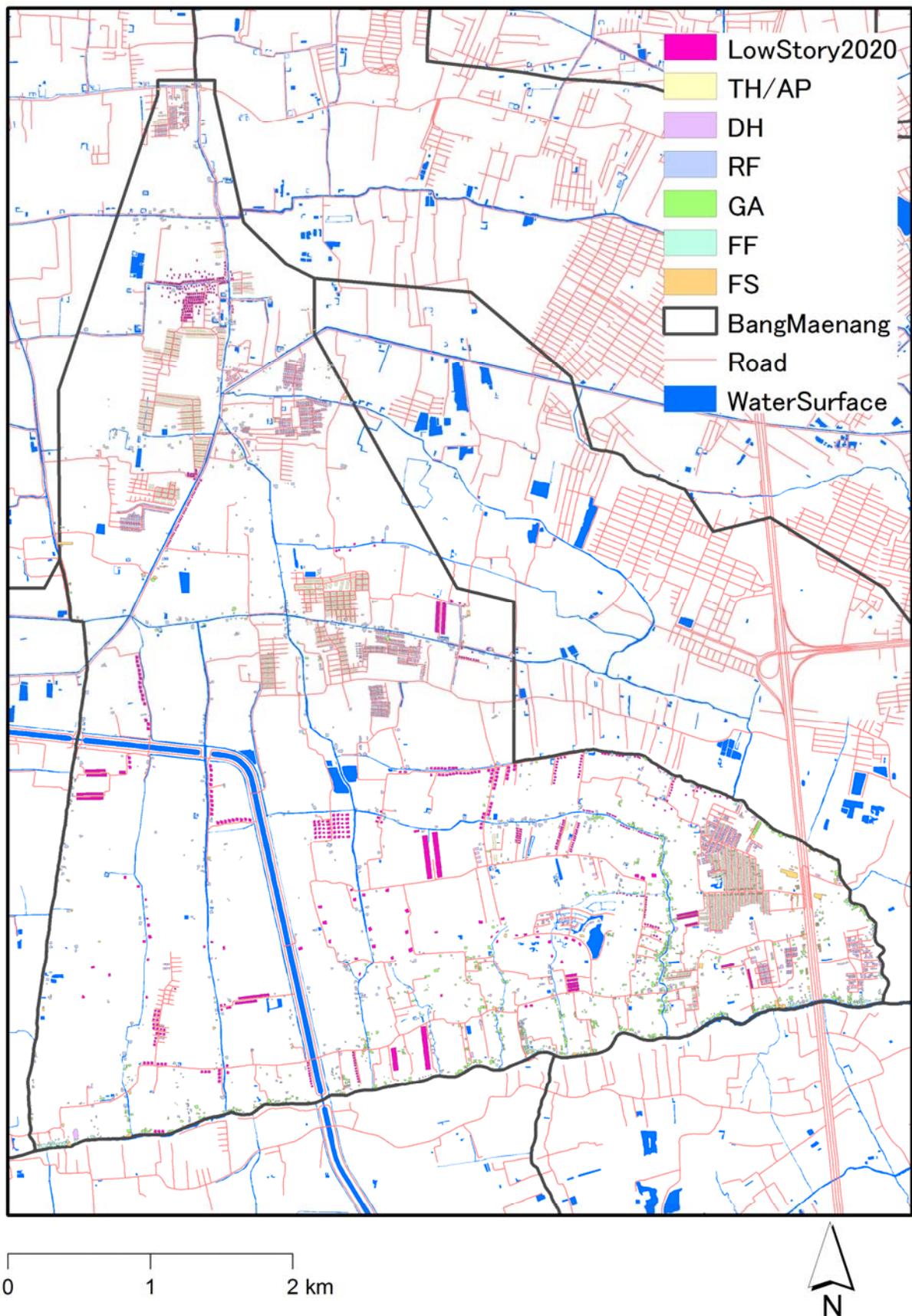


図49：2020年+5000人シナリオ②（低層分散型）

Scenario 1: High Rise Development 2020

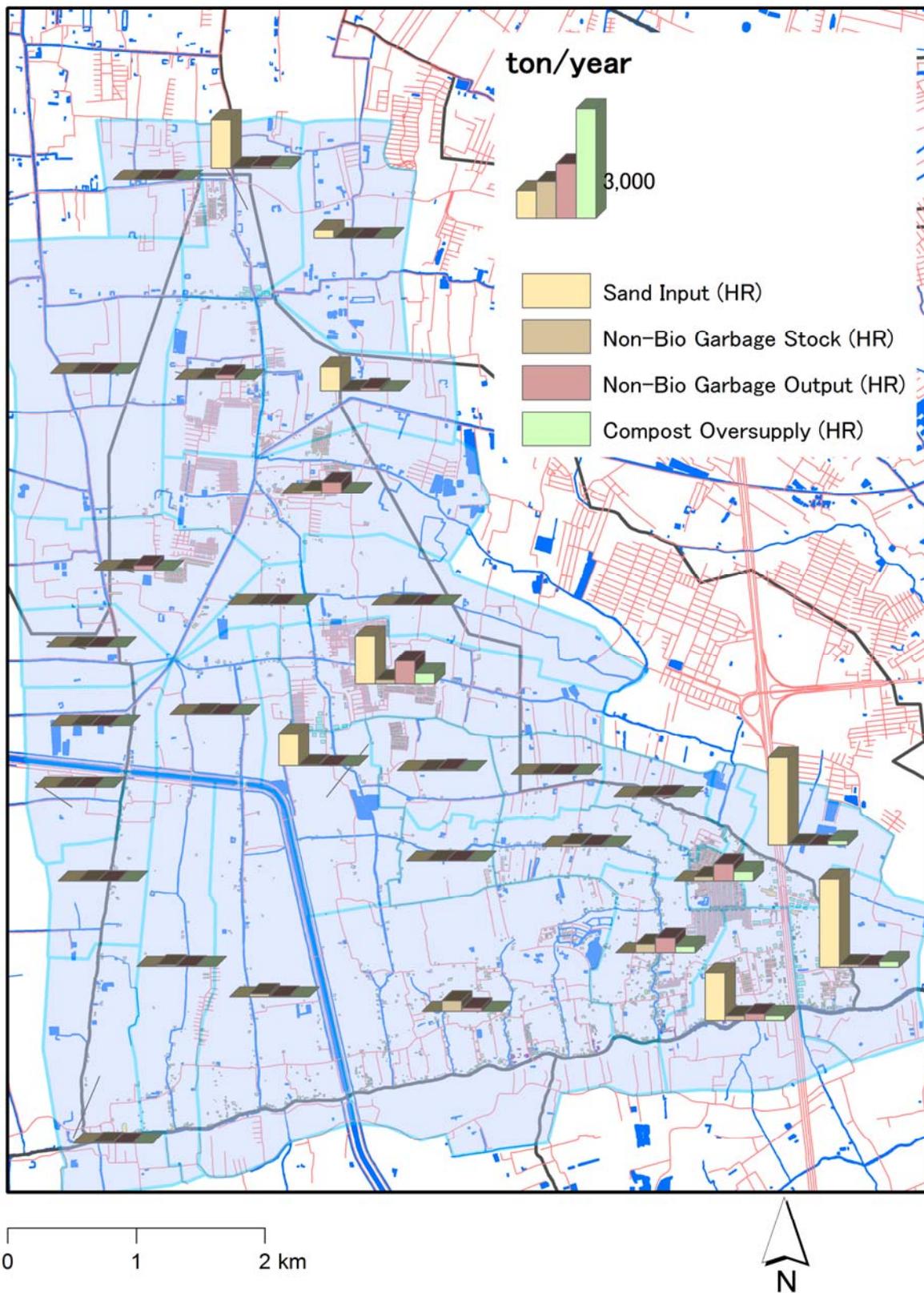


図50：物量シナリオ①

Scenario 2: Low Story Development 2020

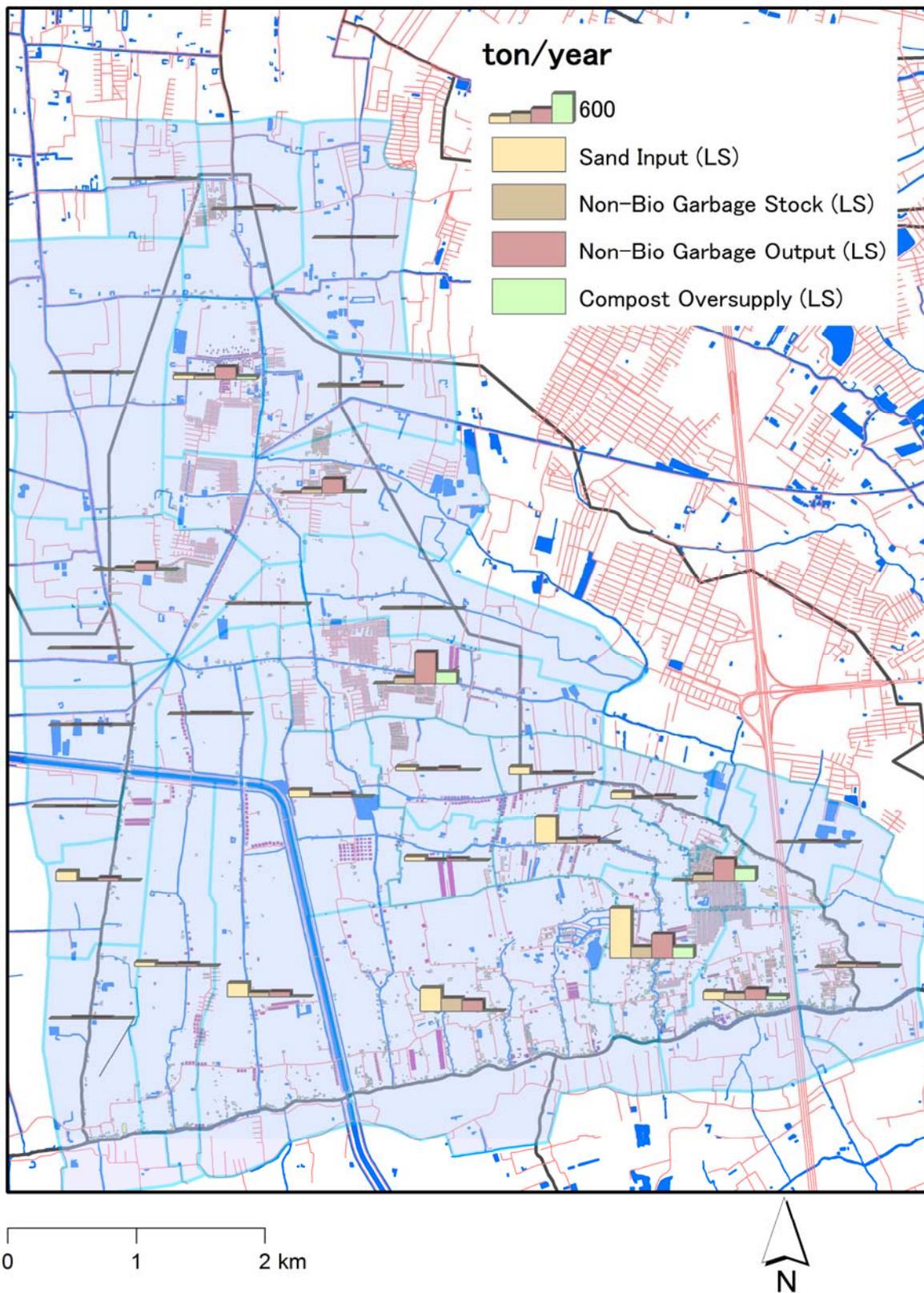


図51：物量シナリオ②

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。しかしながら、シナリオ②の附与要件「船舶導入」を解除し、シナリオ①同様陸送のみの回収とすると、総蓄積量は2860ton/年に上昇する。水路網を骨格とした居住空間分布に対しては、陸送のみならず水送も有効な手段となりうることが示唆された。

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。

これよりCO2排出簡易試算の結果について述べる。計算には以下の値を用いた。

- 営業用貨物車150g ton⁻¹ km⁻¹ (文献²²⁾ より)
- 船舶39g ton⁻¹ km⁻¹ (文献²²⁾ より)
- 廃棄物回収 距離あたり運搬可能重量12.2ton km⁻¹ (4 (1) 3) GPS解析より)
- 砂材搬入 距離あたり運搬可能重量17ton km⁻¹ (4 (1) 2) フロー調査より)
- 供給過多堆肥の移動は陸送で0.4ton km⁻¹ (図50より地区内移動必要最大距離から)

試算結果を図52に示す。これによれば、シナリオ①の方が1.5倍程度シナリオ②より排出量が多い。内訳としては、建材搬入航行の寄与が大きい。また、堆肥の域内輸送にともなう排出は小さかった。

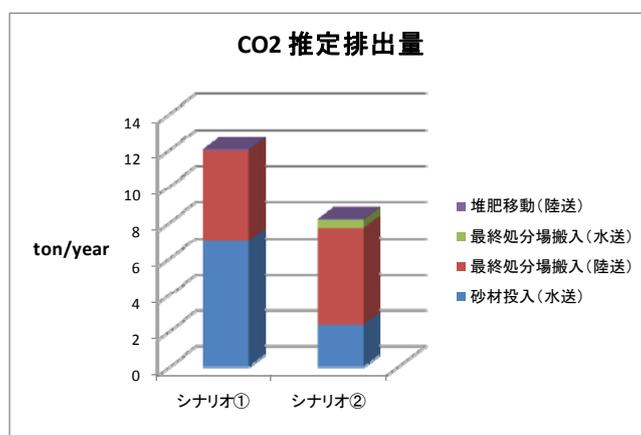


図52：簡易推算によるCO2排出量シナリオ間比較

以上のシナリオ比較をまとめると、船舶導入以外現行施設・技術の継続を前提にした場合、低層分散型のシナリオ②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、図53に例示したような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。

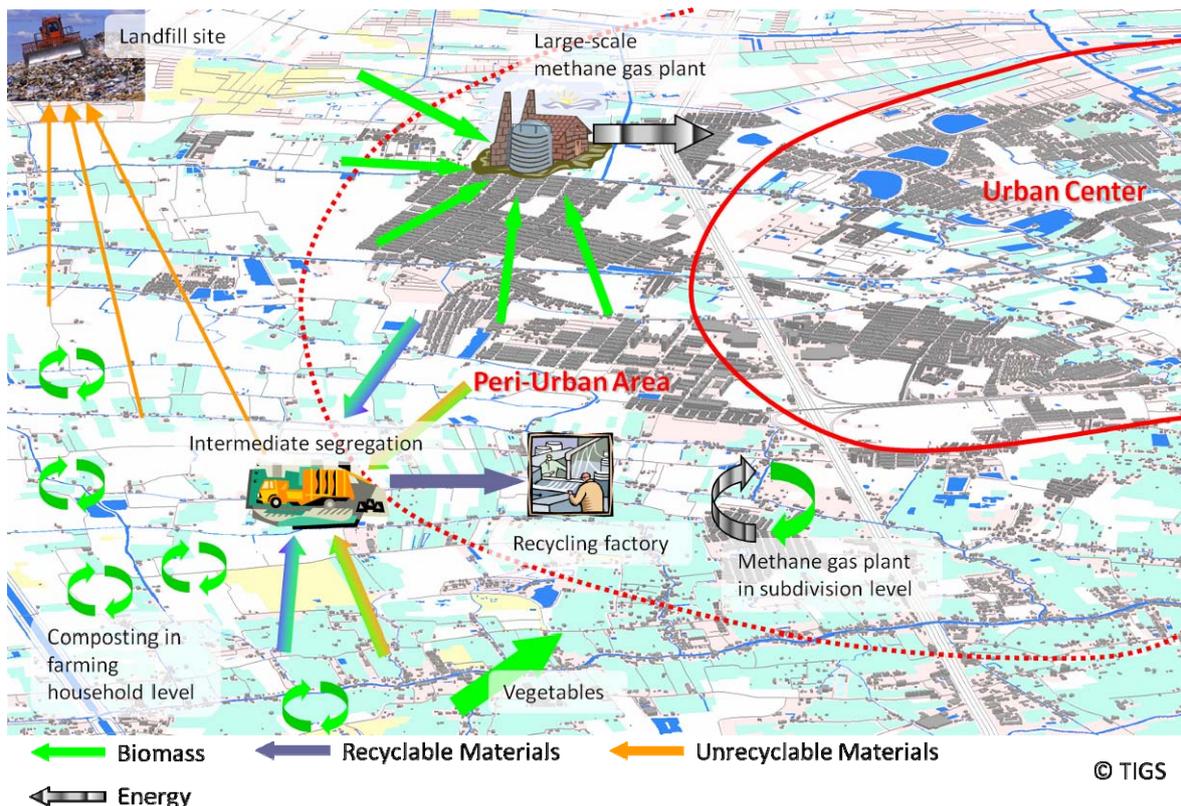


図53：施設導入もふまえた都市農村混在シナリオビジョンの例

さて、ひるがえって図11に示された現行の土地利用計画をみると、基本的に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、むしろ王立灌漑局ノンタブリ支所（図54）の管轄で実施されている（図55）。灌漑局本部および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、両サイドの連携が今後不可欠であると思われる。



図54：王立灌漑局ノンタブリ支所における聞き取り調査

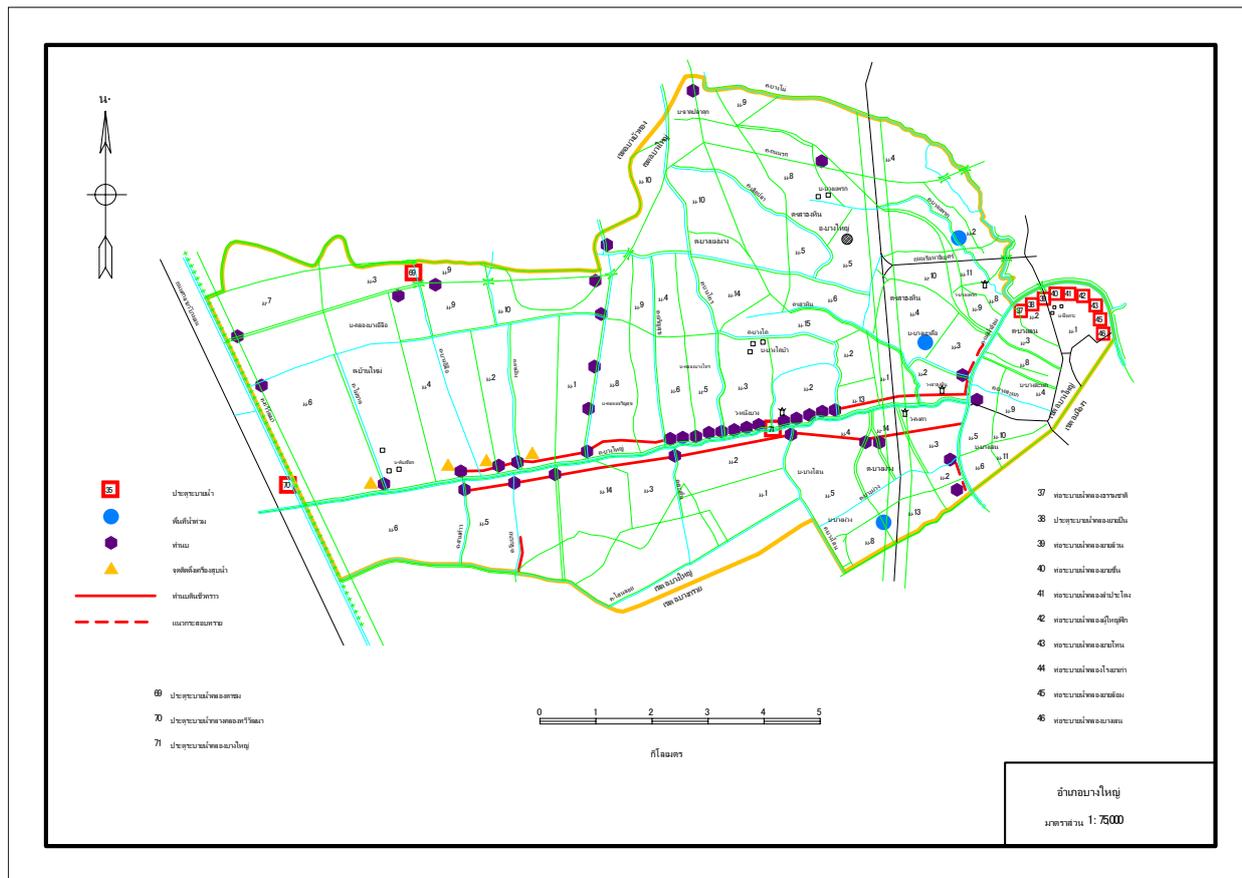


図55：灌漑局の水利・農地利用計画図の例

(2) 天津市郊外4区における事例研究

1) 郊外4区の人口動態

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、以下の通りである。

- 北辰区：330200人・698人/km²
- 東麗区：318200人・665人/km²
- 津南区：380700人・982人/km²
- 西青区：314800人・556人/km²

これより、郊外各区は同等の人口規模を持っていることがわかる。

以下図56に、西青区統計より作成可能であった、当区の改革開放政策以後の人口増加を示す。

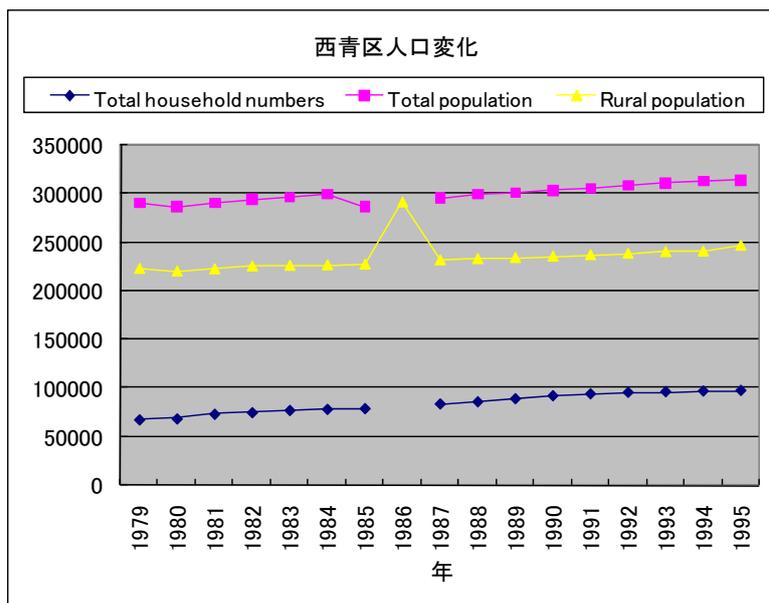


図56：西青区人口増加

これによれば、総人口の漸増傾向は認められるものの、農村戸籍人口は1986年に急増、翌年急減している。これは当時戸籍調査・調整が実施されたためと思われる。このような調整誤差は各区各年代で見られる。

図57は現地の鎮役所における質問票調査および天津郊区統計年鑑より明らかになった、出稼ぎ流動人口率である。対象鎮の位置は、図6および図58中に示されている。

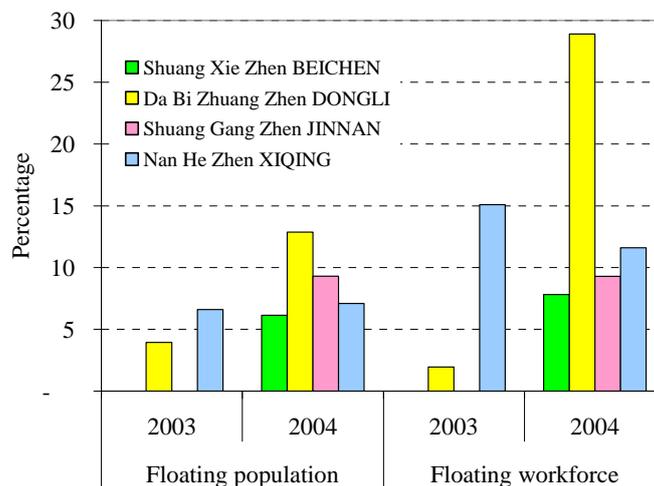


図57：質問票調査鎮の出稼ぎ人口率

これによれば、最近の流動人口率は、最大で30%近くまでおよんでいることがわかる。こうした流動人口については、次の2) 土地利用動態において、近年の空間変化と関連づけながら詳述する。

2) 天津市郊外4区における近年の土地利用動態

作製したデジタル土地利用図、現行（1996年～2010年）の土地利用マスタープラン、さらには3(2) 4) にて言及した水文地質図集より加工・導入した土地塩性区分図を、あわせて図58に示した。以降主要な土地利用変化傾向毎に考察していく。

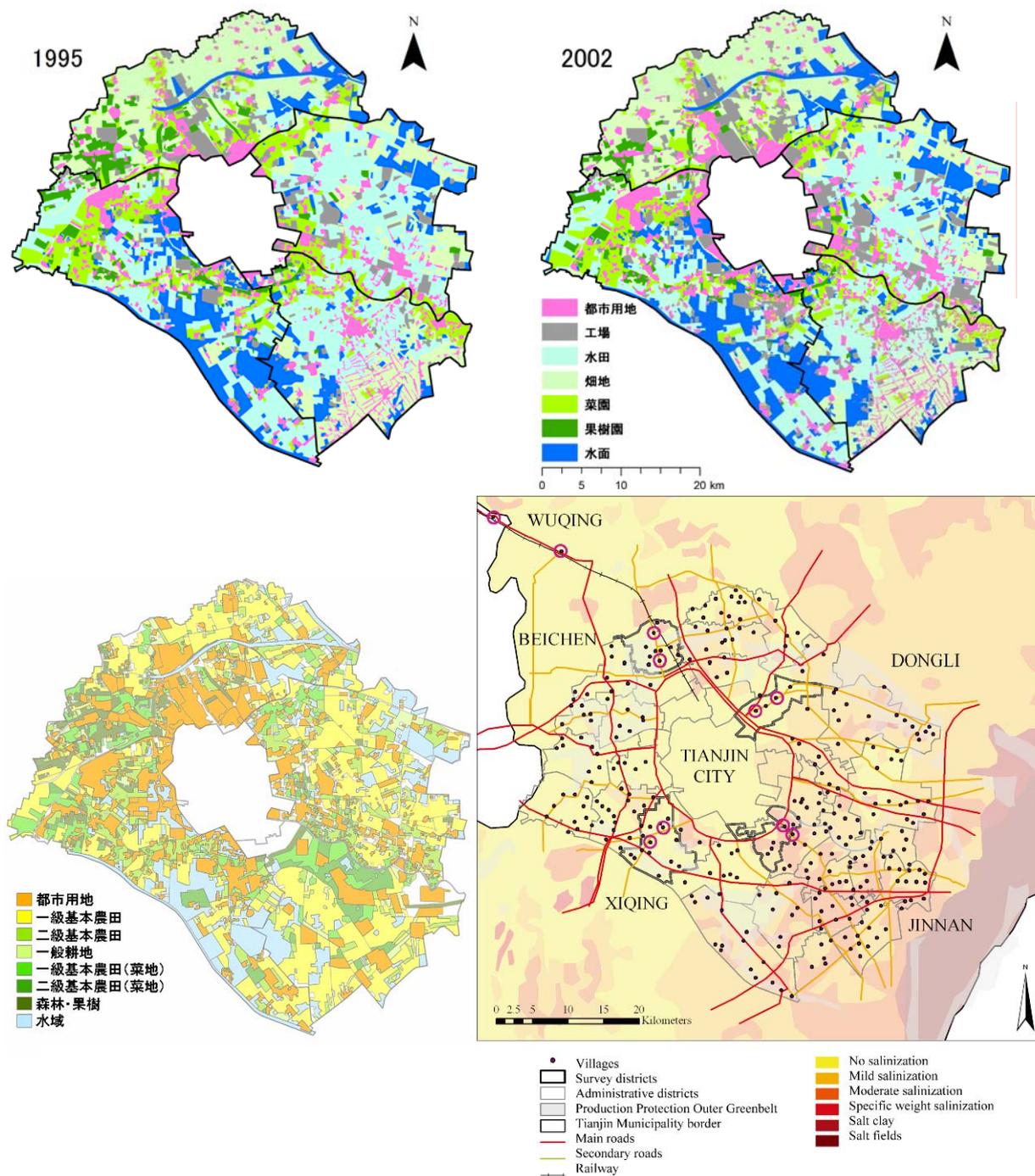


図58：郊外4区土地利用図（上）、土地利用計画図（下左）および土壌塩性区分図（下右）

①畑地の宅地・工場転用と周辺水域の増加

両時期の土地利用図を重ねると、都市的土地利用は28%、工場は74%その面積が増加しており、そのほとんどが主要道路沿いの畑地からの転用である。現場で確認した範囲では、都市的土地利用の多くが住宅団地（図59）であり、農村整備事業としての小城镇や村庄の建設²⁴⁾が進んだことが推測された。役所担当官の説明によれば、このような集住化事業により生活インフラが向上するため、農民の支持を得て事業実施しているとのことである。しかしながら現地の研究者によれば、生活様式の急激な変化に順応できない農民も多いとのことである。例えば農業機械保管庫がない、倉庫があっても上階にあるため運搬労力がかかる、などといった問題が顕在化しやすいとのことであった。また、現地確認した範囲では、こうした集合住宅の入口や壁面には、当該室の賃貸広告が掲示されていることも多い。一方、工場の多くは中小規模の金属・化学工場であった（図60）。

インタビュー調査によると、鎮役所では基本的に土地利用マスタープランに整合する限り、住宅団地や工場の拡大を歓迎していた。しかしながら、地図解析の結果からは、基本農田区（基本農田保護条例²⁵⁾により保全すべき主穀物作付田畑）内への開発も認められる。とりわけ新たな雇用を生み出す工場の建設（図60）は、積極的に支持する立場が多かった。近傍に工場が建設されて以降税収が急上昇し、それにより大豪邸のような鎮役所を建てた事例もみられた。

一方、都市的土地利用や工場の拡大にあわせ、その周囲で水域の増加もみられる（図61）。これは本報告4（1）2）同様、土地造成のための盛土材確保のために掘られたものと推測される。実際の掘削現場は、残念ながら観察できておらず、今後の継続調査が必要である。しかし土材を運搬しているトラックは頻繁に見られ（図61）、住民によれば掘削池から一時的な資材置き場まで運搬しているとのことであった。



図59：拡大する住宅団地



図60：急激な工場の増加



図61：埋立開発例

②野菜畑の増加

1995年から2002年までに、郊外4区全体で野菜畑の面積は10%増加した。その多くは主要道路沿いの畑地を転用したものであるが、一部1995年の土地利用図上で都市的土地利用に分類されている場所も含まれていた。また、マスタープランとの有意な相関は、地図解析では確認できなかった。

現場確認したところ、主要道路沿いでまとまった土地面積を確保できる所では、ビニールハウスを連立させた大規模な野菜栽培が拡大していた（図62）。また、天津市水文地質環境図集（図58右下および本節3）にてあつかう図69）によれば、その多くは土壌塩類集積が進行しておらず、かつ井戸による地下水の得やすい場所に立地している。これは地表水汚染のため、農業用水の大半を地下水に依存しなければならない現状を反映している。各ビニールハウスの構造であるが、北面は煉瓦を積んで壁にしており、南面のビニール屋根からの取光により温度を保っている。煉瓦は旧村解体事業（図62）により発生したものを再利用していた。こうした大規模菜園は大手企業の委託栽培であることが多く、生産物のほとんどが天津市外、すなわち北京、上海、台湾、香港に搬出・輸出されていた。受託生産事業に成功した地元経営者を訪問したときには、その大邸宅に圧倒された。

一方、既存の畑地の一部で小規模に野菜を栽培している事例もみられた（図63）。生産物は近隣のマーケットで販売されていた（図63）。耕作者の多くは地元在住者ではなく、河北省など近隣地域からの移入者であり、一時的に土地を借りて耕作しているとのことである。移入の主目的は近隣の工場で働くためであり、夫が工場勤務、妻が一時的な耕作という事例が多い。これはまさに本節1) にて言及した流動人口の典型例と言えよう。ここでも用水の有無が耕作形態に影響しており、井戸取水が十分でない場合は野菜ができず、綿花栽培を継続している。

1995年の土地利用図上の都市的土地利用が野菜畑に変更された現場を確認したところ、集住化事業にともなう旧村集落の解体跡地（図62）近傍において、排出された煉瓦を再利用してビニールハウスを建造し、野菜栽培をしている事例があった。鎮役所におけるインタビュー調査では、農田保護条例により域内農地の総量確保が義務づけられているため、こうした“新規農地”を認めているとのことであった。農田保護条例の主目的は、食料安全保障の観点からの主穀物作付面積（特に基本農田区）の確保であり、このような現場レベルでの対応とのズレについては、今回までの調査では明らかにできていない。まさしく中国格言「上に政策あれば下に対策あり」を体現した現場事例とも思われるが、詳細把握のためには今後さらなる追加調査が必要である。



図62：拡大する大規模な輸出向け野菜のハウス栽培（左）と旧村集落の解体跡地（右）。跡地から再利用可能な煉瓦を手選別し、近隣地所におけるハウス建造に用いる。また、跡地自体に小規模なハウスが立地する場合もある。



図63：既存の畑地を利用した半露地栽培（左）・近隣マーケットでの生産物直売（右）

③水田の養殖池への転用

両時期の土地利用図を比較すると、水域が7%増加している。これには①にて前述した土材の掘削池も含まれていると思われるが、現場で確認したところ、その多くが水田から養魚池への転用であった。この転用についても、野菜畑同様、企業経営による大規模転用と地元農家による小規模転用の2パターンが認められた。

前者の一事例として、現地農業大学からの技術提供を受けて開始された、超高密ナマズ養殖をとりあげる（図64）。養魚場の設立は1999年であり、1ケージの深さは2.2m、容量78m³で、40トンものナマズが飼われている。餌は主に鶏肉加工後の骨や内臓など残部であるが、魚池内で死んだナマズも一瞬にして他のナマズに食べられており、壮絶な光景であった。こうしたケージが計100ほどあり、生産されたナマズは広東省やフランスへ搬出・輸出している。社長は地元の出身で、成功者として名をはせている。夕食の招待をうけたが、気さくでたいへんいい方であった。

後者は元来水田の多かった西青区において多くみられた（図65）。水田の底部を掘削して池を造成、残土は近隣の資材置き場にストックする。これは後述する埋め戻しの際に再利用される。養殖開始の契機は近隣レストランにおける需要増加にあり、人づてに伝播しているとのことであった。養魚池が多い地区には、専門の魚医が常駐しているケースもあった。しかしながら、全ての水田が完全に養魚池に転用されるわけではない。供給過多による値崩れや、魚病の蔓延による生産打撃のリスクを回避するために、地元農家では水田耕作も継続していた。いざ養魚池を水田に再転用するために、掘削土を保持している事例もみられる。なお、ここでも実際の養殖作業従事者は、河北省からの移入者が多かった。



図64：輸出用ナマズのケージ（左）と内部の超高密養殖（右）



図65：水田の直接転用による養魚池。背後に開発地が迫りつつある。

土地利用動向分析結果を以下にまとめる。

- 天津市郊外区においては、近年都市的土地利用および工場の急速な拡大が続いている。行政側もマスタープランに整合する限り、都市化を容認する立場である。
- 同時に残存農地の耕作形態多様化・多角化がみられる。野菜畑の増加と水田の養魚池転用が、その主なパターンである。
- 農地の多様化には、受託経営による大規模なもの、地元農家による小規模な順応的・過渡的対応が認められる。前者の場合、生産物は域外搬出・輸出されているが、後者の場合は域内消費が主体である。
- 地方政府は農地の総量維持に対する認識はある。しかしながら、必ずしも食料安全保障を念頭に置いた農地保全政策の意図と合致した現場対応がなされているわけではない。むしろ高付加価値作物（輸出用も含む）の生産を主体とした、都市近郊農地へと変貌している。

本研究対象地は、ペリアーバン地域へと急速に変容している。情報規制が厳しいながらも、今後は政策・制度面と土地利用動向の関係性の検証を重ね、中国ならではの郊外化の特徴が表出するのかどうか、考察を進めていく必要がある。

3) 廃棄物フローの概要

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以下の通りである。

- 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%

既往論文²⁶⁾によれば、天津市においても本章(1)3)にて記述したバンコク首都圏の事例同様、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(図66)。

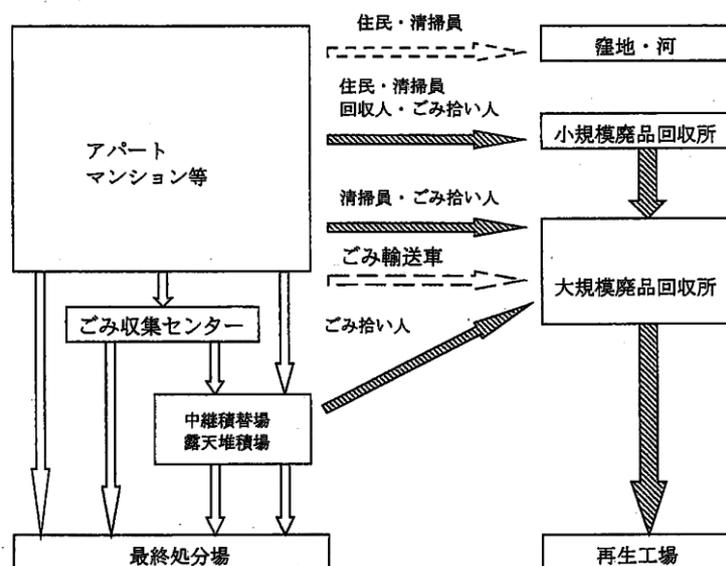


図66：天津市における廃棄物フロー概要²⁶⁾

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67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。各機関では廃棄物適正管理に対する努力が続けられているが、現場レベルではまだまだ人々の意識は低いように見受けられた。



図67：ごみ回収の実態（左）・不法投棄現場（右）

4) 水環境の現状

3 (2) 4) にて述べたように、天津市では水不足・地表水汚染が喫緊の環境問題となっている。実際の現場では、図68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る。現場では、汚濁水路から発生した硫化水素による中毒死者が頻出していた。



図68：断流現象（左）および地表水汚染の典型光景（右）。「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。

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²⁷⁾。しかしながら、本節2) で述べたように、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。

図58に示されているように、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69）。

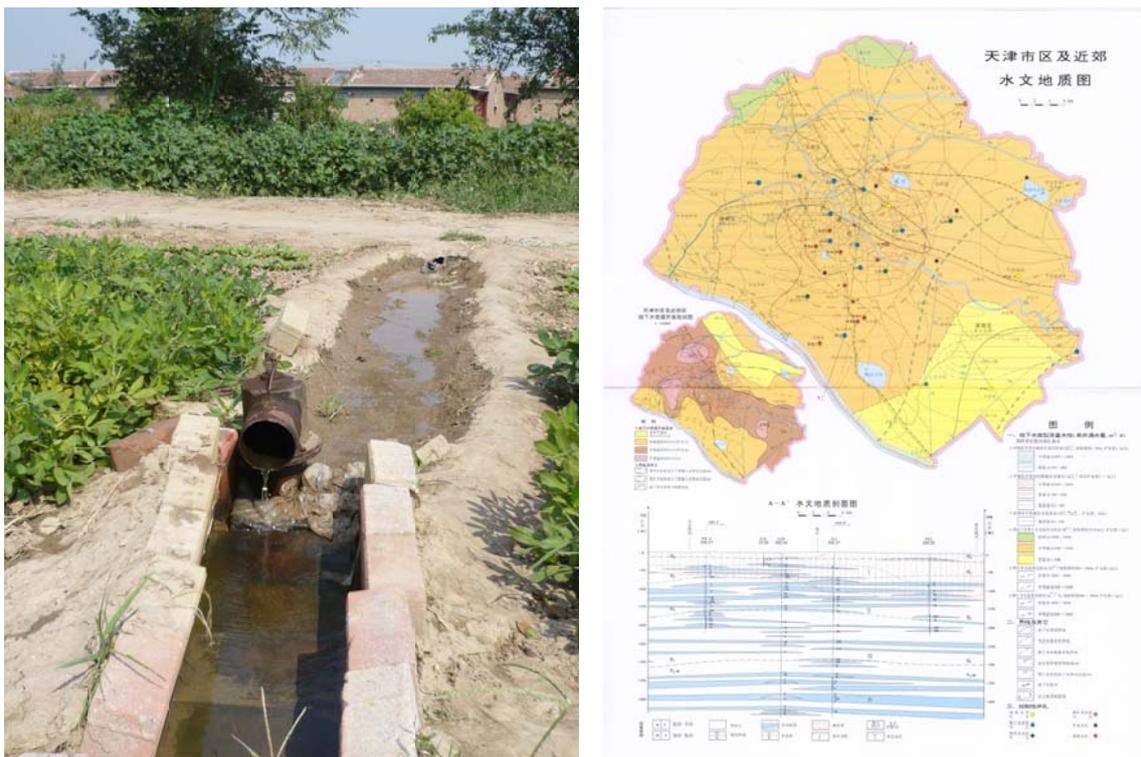


図69：地下水灌漑による畑地の例（左）・郊外区における地下水資源（右）

5) 今後の都市農村計画のあり方について

以上のアウトラインを基に、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、図70にあるように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。また図59に示したような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（図71）。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。

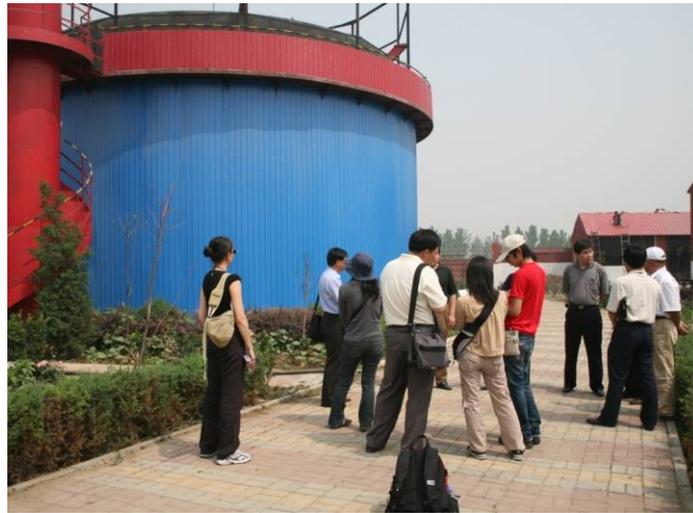
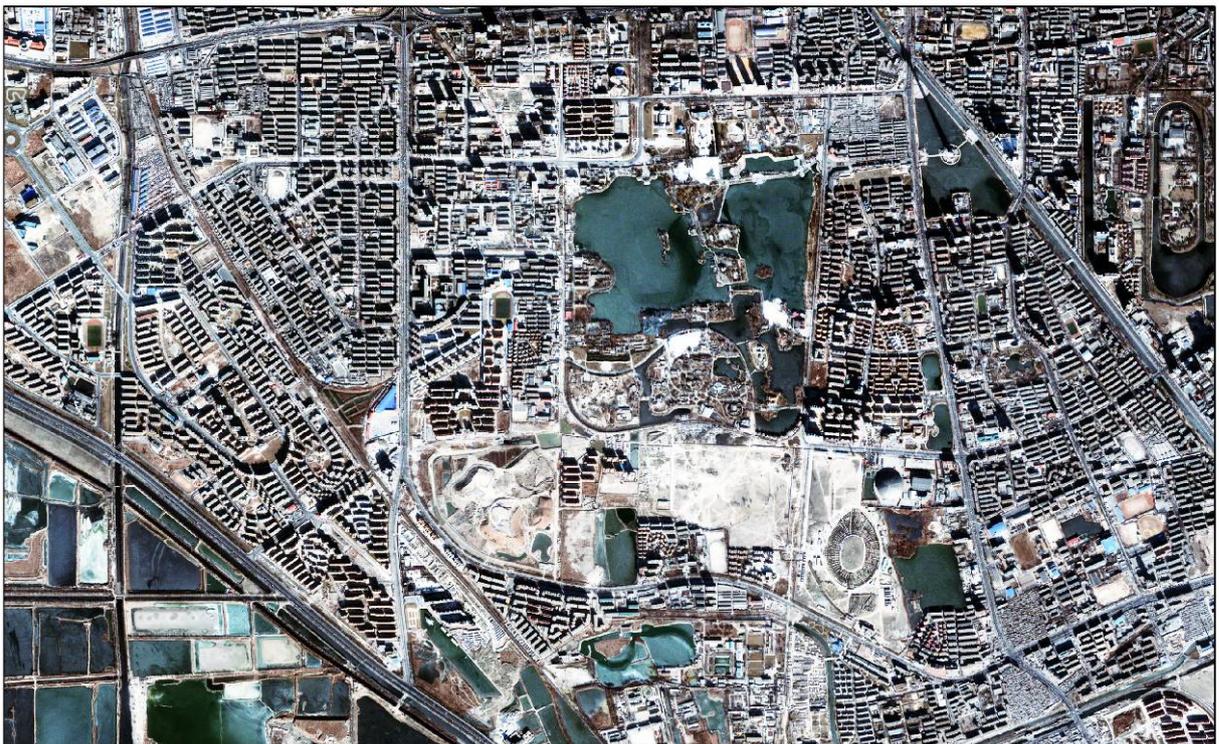


図70：天津市郊外区における新農村建設事業例。メタンガスプラントによるエネルギー供給。



1
km



図71：巨大住宅団地と内部に整備される新規緑地

図72は現況の全緑地（公園および農地）を重複表示したものであるが、都市農村を融合した包括的な土地利用計画により、緑のネットワークを構築しうるストックは残されている。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（図73）。



図72：施設緑地と農地の一体化



図73：団地計画と農地保全の融合ビジョン（天津市農業委員会にて発表）

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、本研究成果が発表され、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. 引用文献

- (1) 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.
- (2) Yokohari, M., Takeuchi, K., Watanabe, T. and Yokota, S. (2000): Beyond greenbelts and zoning: a new planning concept for the environment of Asian mega-cities. *Landscape and Urban Planning* **47**, 159-171.
- (3) McGee, T.G. (2008): Managing the rural-urban transformation in East Asia in the 21st century. *Sustainability Science* **3**, 155-167.
- (4) Hara, Y., Takeuchi, K. and Okubo, S. (2005): Urbanization linked with past agricultural land use patterns in the urban fringe of a deltaic Asian mega-city: a case study in Bangkok. *Landscape and Urban Planning* **73**, 16-28.
- (5) 秋山元秀 (2006) : 西安市における城中村について. 日本地理学会発表要旨集 **69**, 239.
- (6) 一ノ瀬俊明・白木洋平・松本太・盧軍・花木啓祐 (2007) : 都市空間情報基盤不足地域における熱環境評価の試み. 環境システム研究 **35**, 147-154.
- (7) 周俊・贾艳杰 (2003) : 天津市城市生活垃圾现状及综合处理对策研究. 天津师范大学学报(自然科学版) **23**(3), 52-55.
- (8) 阮本清・魏侍江 (2004) : 首都圏水資源安全保障体系建設. 科学出版社, 321pp.
- (9) 高谷好一 (1982) : 熱帯デルタの農業発展. 創文社, 392pp.
- (10) 田辺繁治 (1973) : Chao Phrayaデルタの運河開発に関する一考察(I): Ayutthaya朝より Ratanakosin朝四世王治世まで. 東南アジア研究 **11**, 14-48.
- (11) Tachakitkachorn, T. and Shigemura, T. (2004): Spatial structure and transformation process of waterside dwelling in Khlong Bangkoknoi waterway network: case study of the waterside village in WatSakyai and WatJumpa canal. *Mem. Grad. School Sci. Technol.*

- Kobe Univ.* **22-A**, 45-55.
- (12) ESCAP (1988): Geological information for planning in Bangkok, Thailand. In: *Geology and Urban Development*, UN ESCAP, pp.24-60.
- (13) JICA (1995): *Final Report on Land Subsidence Protection and Groundwater Use Control Program in Bangkok Metropolitan Area*. JICA Tokyo, 66pp.
- (14) 武内和彦・吉岡慎一 (1982) : 東京大都市地域の住宅開発に伴う地形改変. 総合都市研究 **15**, 49-58.
- (15) Hara, Y., Takeuchi, K., Palijon, A.M. and Murakami, A. (2008): Landfill development in the urban fringe of Metro Manila. *GeoJournal* **71**, 127-141.
- (16) Pimcharoen, O. (2004): Urban containment policy: a tale of the green belt in Bangkok. In: *Endogenous Development for Sustainable Multi-habitations in Asian Cities*, AIT, pp.183-194.
- (17) Archer, R.W. (1991): *Provision of Urban Infrastructure through Land Subdivision Controls in Thailand*. AIT, 58pp.
- (18) Siriratpiriya, O. (2006): Prospective plan for development on solid waste management in Thailand. *Proceedings of the 2nd expert meeting on solid waste management in Asia and Pacific Islands*, Kitakyushu, Japan.
- (19) Lee, M.C. and Wong, P.K. (2003): Municipal wastewater treatment. In: *Microbial Biotechnology: Principles and Applications*, World Scientific, Singapore, pp.626.
- (20) PCD (2007): *Water Quality Standards*. Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand.
(http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_std_water.html)
- (21) Kirchmann, H. (1985): Losses, plant uptake and utilization of manure nitrogen during a production cycle. *Acta Agriculture Scandinavica* Supplement 24.
- (22) 国土交通省(2007) : 運輸部門地球温暖化対策.
(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kankyuu/ondanka1.htm>)
- (23) 谷川寛樹・井村秀文(2001) : 都市建設にともなう総物質必要量の定量化と評価に関する研究. 土木学会論文集 **671/VII-18**, 35-48.
- (24) 星野敏・烏日図 (2008) : 中国における『社会主義新農村建設』の展開とその問題. 農村計画学会誌 **26**, 427-433.
- (25) 中国国务院(1994) : 基本农田保护条例.
- (26) 富田啓一 (2008) : 天津市における都市生活ごみ収集・処理過程について. 廃棄物学会誌 **19**, 41-50.
- (27) 天津市国土資源局 (2004) : 天津城市歴史地図集. 天津古籍出版社, 115pp.

7. 国際共同研究等の状況

タイ実地研究では、カセサート大学環境工学部Chart CHIEMCHAI SRI准教授、チュラロンコン大学建築学部Danai THAITAKOO講師、さらにはノンタブリ県庁、バンメナン役所との良好な協力関係のもとで、研究を進めてきた。中国実地研究では、中国科学院資源環境学院 石 敏俊 教授、天津

農学院園芸系 楊 静慧 教授、天津市人民政府、天津市農業委員会との間で相互信頼関係を築いている。また、日本国内の大学間連合であるサステナビリティ学連携研究機構への参画教員、さらには主催シンポジウムにおける発表などを通じ、本研究は「アジア循環型社会の形成」を目指す国際ネットワークの重要な1パーツとして機能している。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 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.

<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.

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 平松 あい(2007) : 中国の廃棄物事情(2)ー北京市に見る廃棄物管理の現状. 環境保全タイムズ 9月号, 日本環境保全協会.
- 2) 平松 あい(2007) : 中国の廃棄物事情(1)ー生態村に見る天津市のバイオマスプロジェクト. 環境保全タイムズ 8月号, 日本環境保全協会.
- 3) 平松 あい(2007) : タイの廃棄物事情(2)ー入り組んだ廃棄物の流れ. 環境保全タイムズ 7月号, 日本環境保全協会.
- 4) 平松 あい(2007) : タイの廃棄物事情(1)ー都市発展で近郊農村部へ広がる環境問題. 環境保全タイムズ 6月号, 日本環境保全協会.
- 5) 平松 あい(2008) : サステナの視点ーごみ拾いのおじさんはサステイナブルか. 東京ふれあいBunBun 4月号, 文京区.

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) Hara, Y. (2006): Urban-rural planning for the deltaic urban fringe. ESSP OSC.
- 2) 原 祐二 (2007) : デルタ大都市域の人工地形改変と都市農村計画ーバンコクにおける事例研究. 日本地理学会発表要旨集 **71**, 173.
- 3) Honda, R., Sekiyama, M., Hara, Y., Hiramatsu, A., Fukushi, K. and Sumi, A. (2007): Anticipation of water pollution in developing rural areas from land-use patterns. *Proceedings of the Annual Meeting of The Alliance for Global Sustainability (AGS)*, Barcelona, Spain, pp.64-65.
- 4) Hiramatsu, A., Hara, Y., Sekiyama, M. and Honda, R. (2007) : Toward new urban-rural sustainability in the deltaic Asian fringe -From field survey of municipal solid waste management in Nonthaburi-. The 1st Young Researchers' Session 'Sustainability -from "Now" to the "Future"', KSI International Symposium, Zhejiang university.

(3) 出願特許

特になし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

特になし

(5) マスコミ等への公表・報道等

特になし

(6) その他

プロジェクトウェブサイト : <http://www2.ir3s.u-tokyo.ac.jp/suishinhi/>