

社会経済班の進捗状況

2009年10月29日

地下プロ全体会議(大津)

広島大学 金子慎治

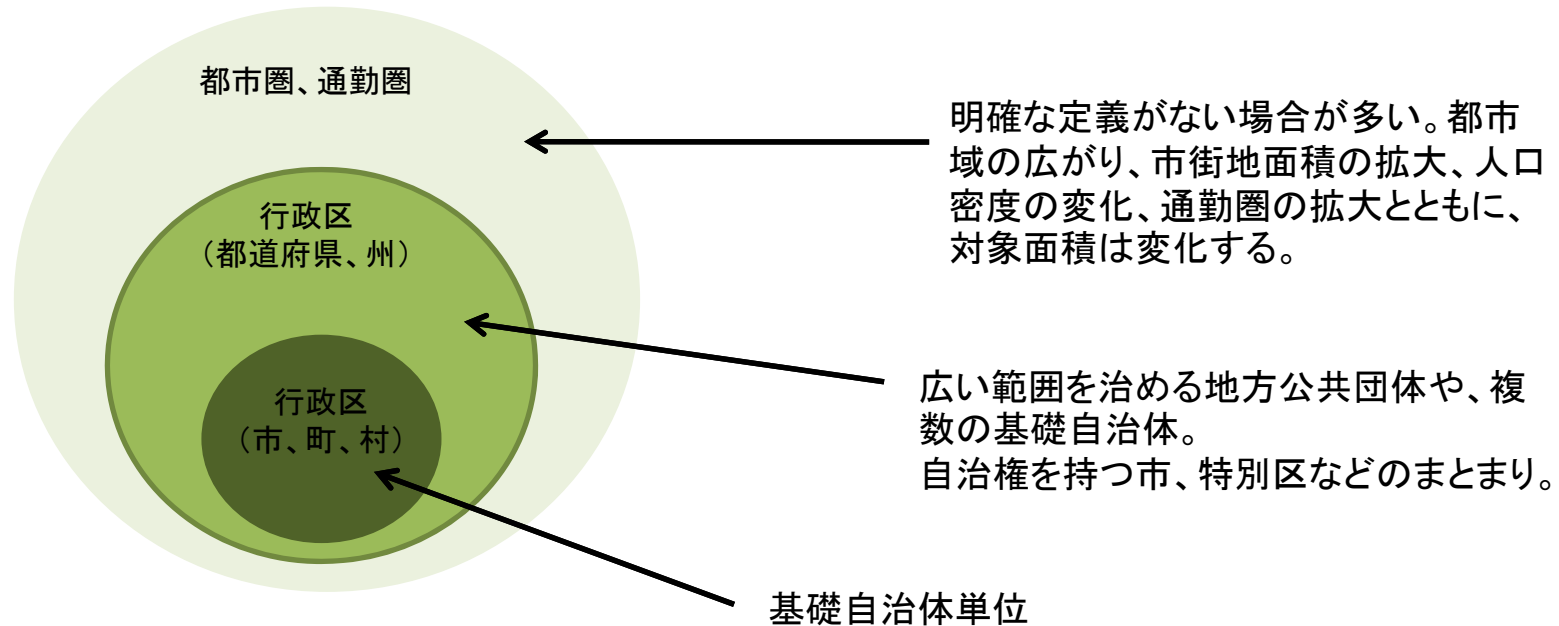
はじめに

- 環境問題はさまざまな要因によって発生するため、さまざまな専門分野の知見を、複合的な視点からみた環境問題との相互関係を分析しなければならない。
- とりわけ都市は、人間活動による影響が集約される場である。それぞれの都市の地表面の人間活動を把握し、地下環境の変化へと結びつけて考えなければならない。都市の発展、つまり時間の変化とともに、地上と地下を結びつける空間における環境問題を把握することが不可欠である。
- そこで、都市の発展とさまざまな専門分野からの分析結果を集約するために、分野横断的な統合指標を作成し、時間軸、都市活動および地下環境の変化を整理することを目的とする。

さまざまな都市の定義

都市の定義は国や地域、国際機関によって異なる。

本研究における都市とは、統計資料・データが主に行政区を単位として収集されていることから、各国の行政区画によって区分された「都市」を対象とする。



都市の定義

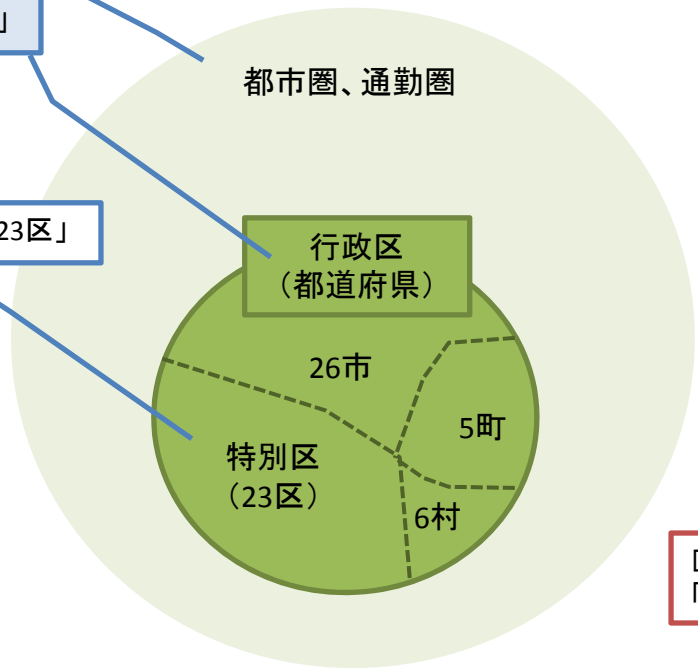
- 国連定義の「東京」
京浜葉大都市圏(Keihinyo M.M.A): 千葉市、東京都特別区部、横浜市、川崎市。
- 首都圏(規定首都圏整備法(法律)及び首都圏整備法施行令(政令))
東地方1都6県(東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県、栃木県、群馬県)と山梨県の計1都7県。
- 東京都市圏(東京都市圏交通計画協議会定義)
東京を中心とした半径約80km圏域。東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県
- 東京圏
東京都心から約半径50kmの圏内。東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県の南関東1都3県。
- 関東大都市圏(総務省・統計局)
東京特別区部・横浜市・川崎市・千葉市・さいたま市。

- 国連定義の「大阪」
人口集中地区(DIDs)である大坂市とその周辺の35市、神戸市と神戸市周辺の6市
- 京阪神大都市圏
京都市・大阪市・神戸市の3市の総称。
- 大阪都市圏
大阪府大阪市を中心とする経済地域で、大阪市と周辺の衛星都市とをまとめて指す呼び名。都市雇用圏(10%通勤圏)の中心部には大阪市のほか、東大阪市・門真市・守口市が含まれる。

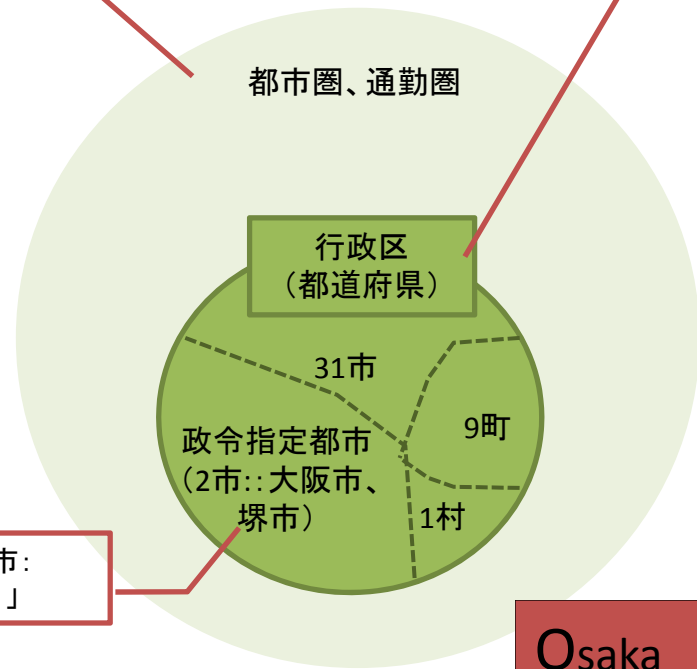
□都道府県: 大阪府

□首都: 「東京都」

□特別区: 「東京23区」



□政令指定都市: 「大阪市(24区)」



都市の定義

□ソウル首都圏
ソウル特別市、仁川広域市、京畿道(北朝鮮統治区域である軍事境界線の北側を除く)全域。

都市圏、通勤圏

行政区
(特別市)

25区

□首都(特別市):「ソウル特別市(25区)」
(国連定義と同じ)

大韓民国、1特別市、6広域市、8道、1特別自治道の首都

Seoul

□国連定義の「バンコク」
Krung Thep (Bangkok) (capital)。Metropolitan area
□大バンコク都(1都3県)
バンコク都+3県(ノンタブリ県、パトゥムターニ県、サムットプラーカーン県)
□バンコク首都圏(1都5県)
バンコク都+「パリモントン5県(ノンタブリ県、パトゥムターニ県、サムットプラーカーン県、サムットサーコーン県、ナコーンパトム県)」

都市圏、通勤圏

行政区
(直轄市)

50ケート

□首都府:「バンコク都(50区)」

タイは75県、バンコク首都府に分かれている。

□国連定義の「台北」
Urban Agglomeration.
□台北首都圏
台北市、台北県、基隆市、桃園県。

都市圏、通勤圏

行政区
(直轄市)

12区

□直轄市:「台北市(12区)」

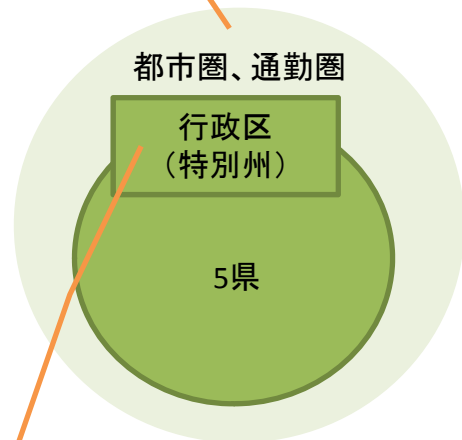
直轄市:中国中央政府である行政院直轄の都市。省と同格の行政区分。

Taipei

Bangkok

都市の定義

□ジャカルタ首都圏
「JABODETABEK」=ジャカルタ(Jakarta) + ボゴール(Bogor) + デポック(Depoq) + タンゲラン(Tangerang) + ブカシ(Bekasi)。
Botadetekは県および県から独立した市。



□特別州:「ジャカルタ首都特別州(5県)」
□国連定義の「ジャカルタ」
Data refer to the functional urban area, that is, contiguous areas which are consistently urban in character as indicated by levels of population density, economic functions and facilities. Jakarta covers five municipalities (kotamadya): Jakarta Selatan, Jakarta Timur, Jakarta Pusat, Jakarta Barat, and Jakarta Utara.

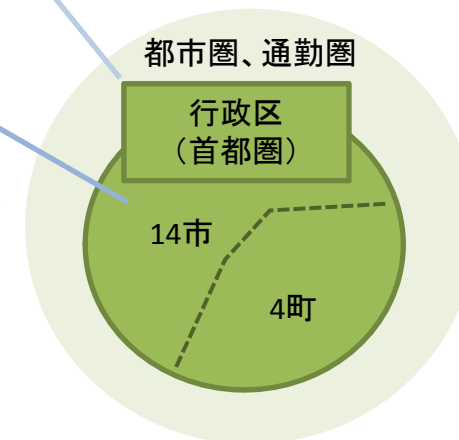
Jakarta

□「マニラ首都圏(メトロマニラ)」
国家首都地域(National Capital Region, NCR)と重なる都市群。マニラ市を含む14市と4町からなる。

フィリピンは1首都圏79州から構成される。マニラ首都圏は1975年に14市3町が統合し、特別自治県が与えられた地自治団体。マニラ首都圏庁(Metro Manila Authority)が首都圏の行政機能を果たす。

□市:「マニラ市都」

旧・首都。
都市域の拡大に伴い、行政区分が変更。
メトロマニラが首都機能を持つ。



Manila

都市の定義：統合指標作成に当たり

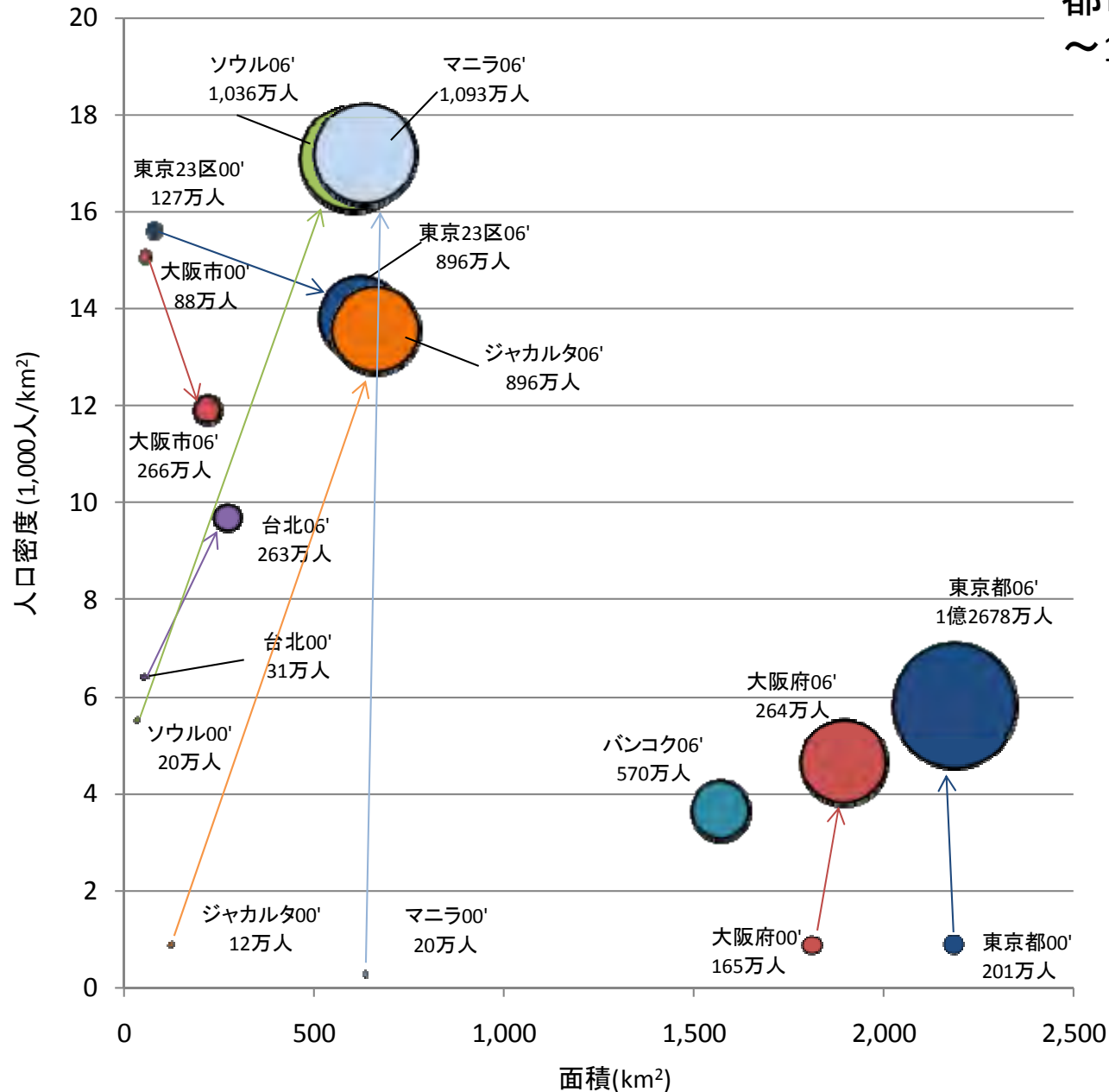
原則それぞれの時代の行政区分に従い、統合指標を作成する。

分析対象都市	都市圏	行政区(州・都道府県)	行政区(市町村)
東京	首都圏、東京大都市圏、 巻頭大都市圏、など。	東京都	23区
大阪	京阪神大都市圏、大阪 都市圏、など。	大阪府	大阪市
ソウル	ソウル首都圏		ソウル特別市
台北	台北首都圏		台北市(中国直 轄市)
バンコク	大バンコク都、バンコク 首都圏		バンコク都
ジャカルタ	ジャカルタ首都圏 (JABODETABEK)		ジャカルタ首都 特別州
マニラ	マニラ首都圏		マニラ市

収集状況

指標進捗状況	東京		大阪		ソウル	台北	バンコク	ジャカルタ	マニラ	データ 種類
	23区	都	府	市						
A: 社会経済指標										
1 総人口	100	80	100	100	100	100	100	100	100	統計
2 調整済み一人当たりGDP(全国値からの調整)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	推計
3 二次産業比率(就業者比率、工業用水量)	100	100	80	80	80	100	100	80	100	推計
4 市街地面積	100	100	100	100	100	60	60	60	100	GIS
5 市街地率(地図情報より)	100	100	100	100	100	60	60	60	100	GIS
6 地下開発度	100	100	100	100	100	100	100	100	100	統計
B: 水資源										
7 一人当たり水使用量	100	100	100	100	100	100	100	100	100	推計
8 地下水依存度	50	50	50	50	5	20	50	80	20	推計
9 地下水汲み上げ量	50	50	50	50	5	20	50	80	20	統計
C: 環境負荷										
10 地盤沈下量	10	10	50	50	10	10	20	30	20	統計・計算
11 ヒートアイランド指標	80	80	80	80	80	70	70	70	80	
12 地下温度指標	100	100	100	100	100	0	100	0	0	
13 重金属濃度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14 大気汚染濃度	50	50	50	50	20	0	0	5	0	
15 一人当たり窒素排出量(水域への比率)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D: 対策・政策										
16 下水道普及率(処理率)	60	60	30	60	100	100	100	100	100	統計
17 地下水管理の規制、法制度	50	50	50	50	0	0	30	30	30	
その他										
18 面積(行政区)	90	100	100	100	100	100	2	40	80	統計・補完

都市の人口、面積、人口密度 ～100年間の都市の変遷～



- 7都市の人口規模、都市の面積、人口密度の特徴はそれぞれ異なる。
- 多くの都市は面積を広げ人口を増加させて、拡大している。
- 7都市の中では、特にマニラとソウルの人口密度が高い。
- 東京、大阪の中心部は、100年前よりも人口密度が小さくなっている。交通や情報設備が整い、郊外へ人口が拡大している。

注) 00'=1900年, 06'=2006年。円の大きさは人口規模を示している。バンコクは1900年の面積データ欠損のため未掲載。

A: 社会経済指標

指標1 人口：都市の規模を表す指標

- 都市は人間活動による環境問題が集約的に起きる場である。
- 都市化による環境問題の規模や特徴は、そこに住む人間活動によって決定される。都市の環境問題を把握するためには、都市に住む人間が、都市の社会構造の中でどのような行動をしているのかを捉えることが重要である。
- 都市における経済活動や環境問題の**規模**を表す指標として、最も基本となる指標が人口である。

都市人口の推移

都市によって、人口増加率の高い時期は異なる。
 東京、大阪、ソウルは、第二次世界大戦中にそれぞれの都市人口が大きく減少し、戦後から約15年～25年間ほど高い人口増加を維持していたが、近年は減少傾向にある。
 ジャカルタおよびマニラは高い人口増加率を維持している。

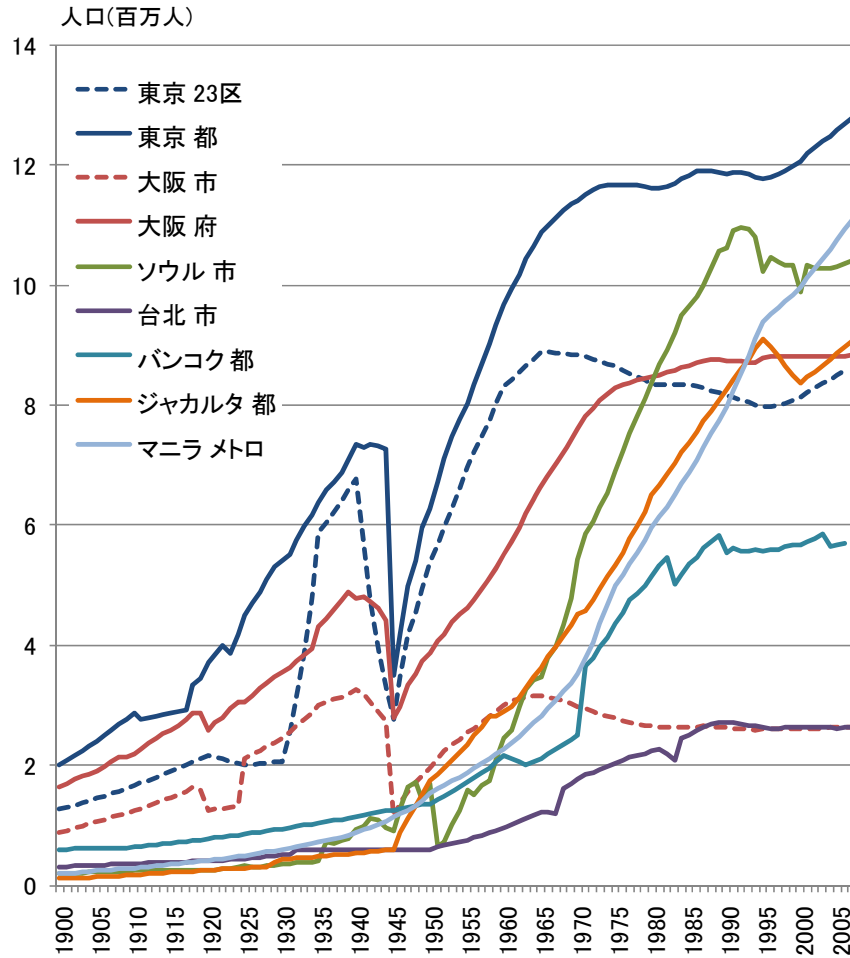


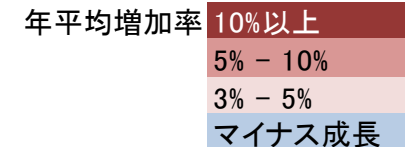
表 5年ごとの年平均人口増加率(%)

	東京		大阪		ソウル	台北	バンコク	ジャカルタ	マニラ
	23区	都	市	府	市	市	都	都	メトロ
1900-1905	2.7%	3.7%	3.9%	3.0%	1.9%	1.5%	0.5%	3.8%	4.4%
1905-1910	2.7%	3.6%	3.0%	2.8%	1.9%	1.2%	0.8%	4.5%	3.7%
1910-1915	2.7%	-0.1%	3.3%	3.2%	-0.1%	1.7%	1.9%	4.5%	3.7%
1915-1920	2.7%	5.3%	-3.0%	0.1%	0.7%	1.0%	1.9%	3.4%	3.7%
1920-1925	-1.7%	3.9%	11.0%	3.4%	6.1%	1.9%	1.9%	2.7%	3.7%
1925-1930	0.7%	3.8%	3.0%	3.0%	1.1%	2.4%	1.9%	8.4%	3.7%
1930-1935	23.2%	3.3%	4.0%	4.0%	2.6%	3.6%	1.9%	2.0%	3.7%
1940-1945	2.9%	2.9%	1.7%	2.2%	18.3%	0.0%	1.9%	2.0%	4.0%
1945-1950	16.3%	-13.9%	-19.4%	-10.2%	-0.7%	0.0%	1.9%	2.4%	5.3%
1950-1955	14.2%	12.5%	12.1%	6.6%	13.4%	0.0%	1.6%	23.6%	6.4%
1955-1960	5.3%	5.1%	5.4%	3.7%	7.4%	4.7%	4.7%	6.2%	3.9%
1960-1965	3.6%	3.8%	3.4%	3.6%	9.2%	4.7%	4.7%	4.3%	4.0%
1965-1970	1.4%	2.3%	0.9%	3.9%	7.3%	5.2%	-0.3%	4.6%	4.5%
1970-1975	-0.1%	1.0%	-1.1%	2.7%	9.4%	7.4%	3.4%	4.5%	4.6%
1975-1980	-0.4%	0.5%	-1.4%	1.7%	4.9%	3.0%	11.6%	3.4%	7.2%
1980-1985	-0.7%	-0.1%	-1.0%	0.5%	4.0%	1.9%	3.5%	4.0%	3.6%
1985-1990	0.0%	0.4%	-0.1%	0.5%	2.9%	2.3%	0.8%	2.6%	3.0%
1990-1995	-0.5%	0.0%	-0.1%	0.2%	1.9%	1.6%	0.7%	2.3%	3.0%
1995-2000	-0.5%	-0.1%	-0.2%	0.1%	-0.7%	-0.6%	0.1%	2.0%	3.3%
2000-2005	0.4%	0.5%	0.0%	0.0%	-0.7%	0.1%	0.4%	-1.7%	1.2%
2000-2005	0.9%	0.8%	0.2%	0.0%	0.8%	-0.2%	0.0%	1.2%	1.6%

高い人口増加率

高い人口増加率

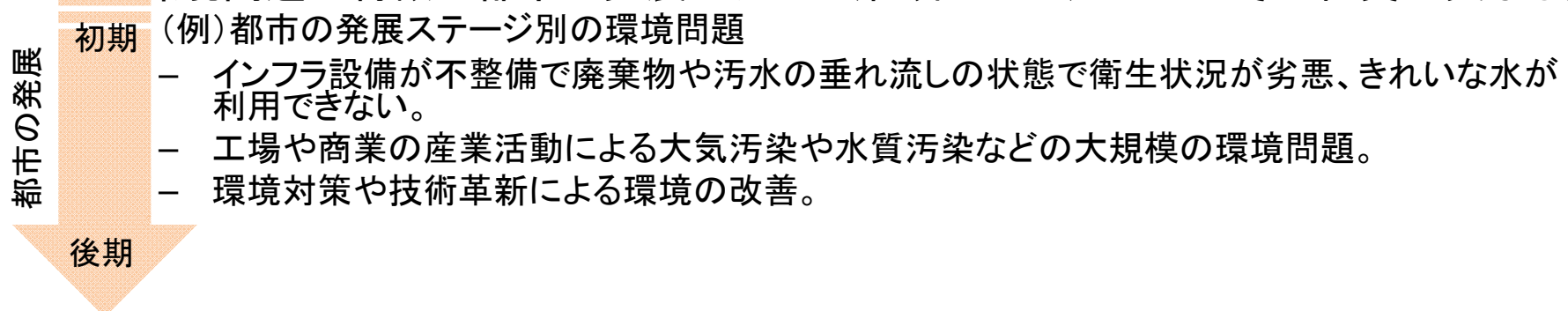
図 1900年から2005年までの人口推移



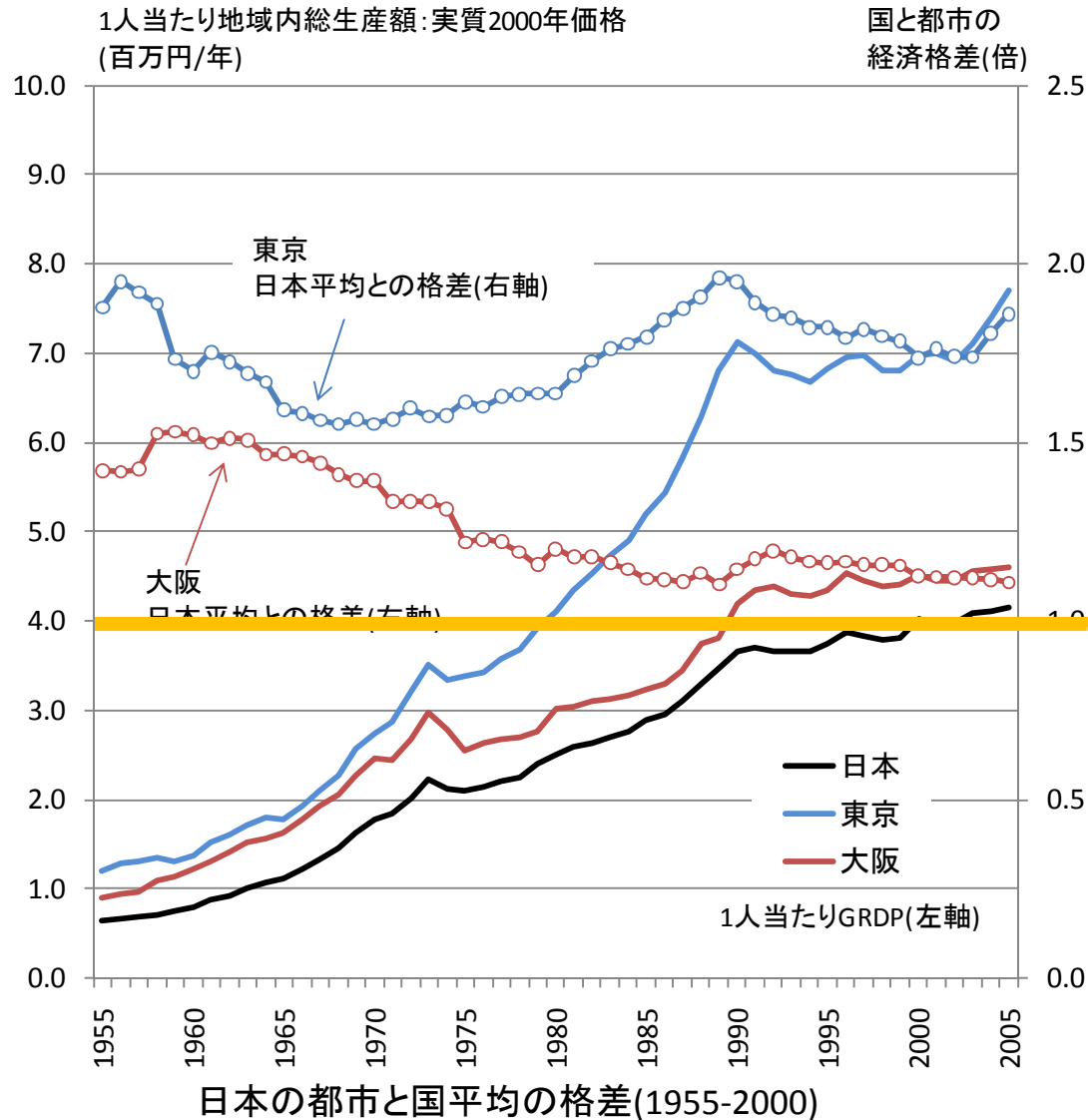
指標2 一人当たりGDP: 都市と人間の行動様式の特徴を表す指標

都市のインフラ整備状況や、産業構造、人間の行動様式の特徴は、その人が属する都市の発展ステージによって異なる。発展ステージを表す一つの指標として、1人当たりGDPを用いて、都市の社会構造や産業構造を表す指標として考える。

- 経済水準・発展段階による産業構造や人間活動の特徴
 - 「ペティ=クラークの法則」: 産業の発展は、第一次産業から第二次産業に、第二次産業から第三次産業に順を追って発展する。
 - 「雁行型発展モデル」: 工業化などのトレンドが時間的ラグをもって移行する様子。
 - 製品の輸入→生産→輸出が時間的ラグをもって量が移行する。
 - ある製品の生産主要国がA国→B国→C国へと推移する。
 - 経済の水準は先進国→中進国→後発国へと推移する。
- 環境問題の特徴は都市の発展ステージ(経済レベル)によってその性質が異なる。



一人当たり地域内総生産 -都市と国の経済格差-



出所) 内閣府『県民経済計算』

都市では、農村・地方都市と比較して、産業の発展が早く、経済スピードが速い。そのため、国全体の平均と都市では、都市のほうが所得水準が高い傾向にある。

都市と国の経済発展のスピードの差

1人当たりGDP(GRDP)が200万円

日本= 1972年 } 東京: 5年 } 大阪: 4年
東京= 1967年 }
大阪= 1968年 }

1人当たりGDP(GRDP)が300万円

日本= 1987年 } 東京: 15年 } 大阪: 7年
東京= 1972年 }
大阪= 1980年 }

1人当たりGDP(GRDP)が400万円

日本= 2000年 } 東京: 20年 } 大阪: 10年
東京= 1980年 }
大阪= 1990年 }

経済規模が高まるにつれて、都市の経済発展スピードが増加し、格差は拡大傾向にある。

一人当たりGDPの推計

都市と国平均の経済格差(日本の場合)

日本の1955年から2000年の45年間の都市と国平均との経済格差をみると、

- 東京:平均で1.7倍(最高2.0、最低1.6)
- 大阪:平均で1.3倍(最高1.5、最低1.1)

大阪と日本平均との経済格差は年々減少しているが、東京は変動はあるものの、国の平均よりも高い水準を保っている。

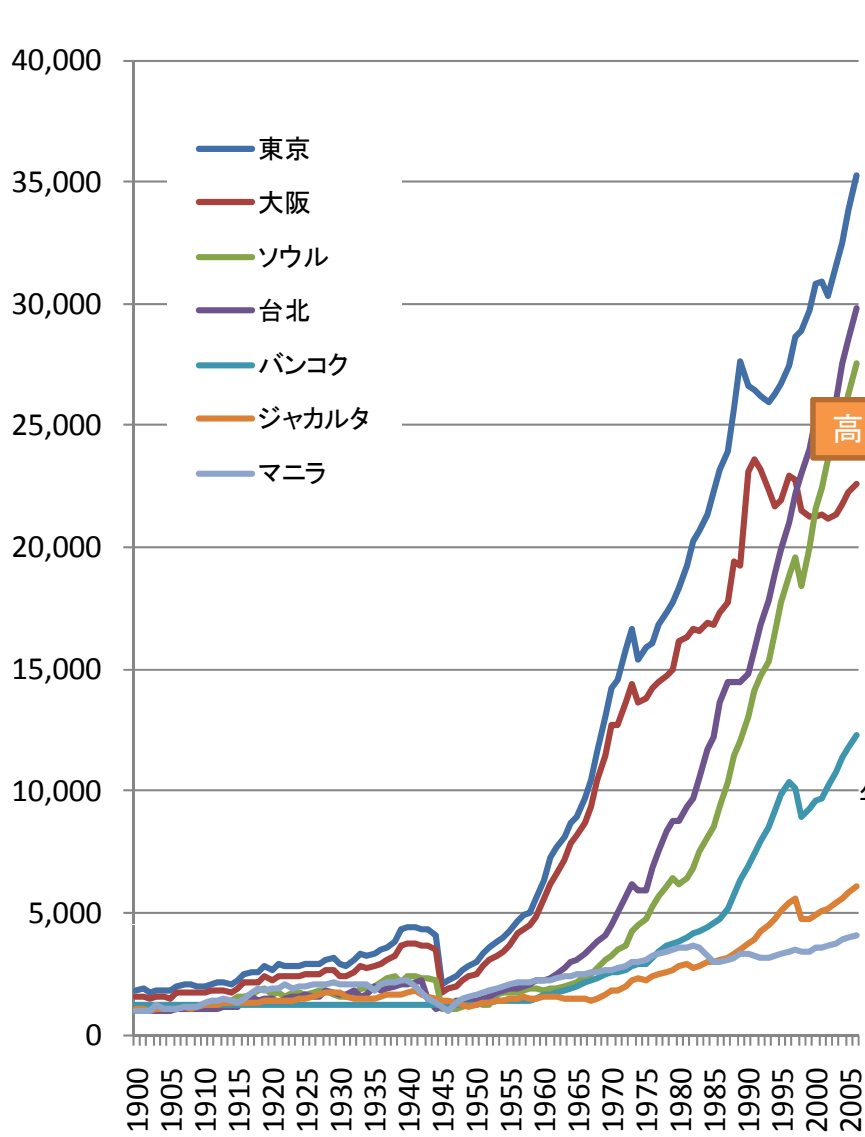
7都市の1人当たりGDP

日本以外の国の都市別の地域内総生産額(GRDP)の長期間統計は、ほとんど整備されていない。一方、国別の国内総生産額(GDP)は、国や研究機関が統計や推計によって、データを整備している。

長期の国別GDPデータを整備しているMaddison(2006)のデータを参考に、1900年から現在にかけての各都市の1人当たりGDPを推計する。

それぞれの都市と国の経済的な格差から、それぞれの都市の1人当たりGDPの値を推計。都市別のGRDPのデータが得られない場合、東京と大阪が平均1.5倍国の平均よりも1人当たりGRDPが高いことを参考に、国と都市の経済格差はおおよそ1.5倍であると仮定して推計を行う。

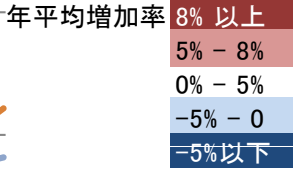
一人当たりGDPの推計



5年ごとの年平均1人当たりGDP増加率の推移

	東京	大阪	ソウル	台北	バンコク	ジャカルタ	マニラ
1900-1905	-0.4%	-0.4%	2.2%	1.1%	0.0%	0.2%	1.2%
1905-1910	2.4%	2.4%	2.2%	1.1%	0.0%	2.5%	4.3%
1910-1915	1.9%	1.9%	5.6%	1.6%	-0.1%	1.5%	0.0%
1915-1920	3.5%	3.5%	0.8%	4.6%	-0.4%	1.3%	8.1%
1920-1925	2.1%	2.1%	0.5%	2.8%	-0.4%	1.4%	0.5%
1925-1930	-0.4%	-0.4%	-1.3%	0.0%	-0.2%	2.9%	0.9%
1930-1935	2.8%	2.8%	5.0%	3.3%	0.5%	-2.9%	-2.3%
1935-1940	6.3%	6.3%	3.7%	0.8%	0.2%	3.4%	4.2%
1940-1945	-14.1%	-14.1%	-15.7%	-11.2%	-0.1%	-4.0%	-13.2%
1945-1950	7.4%	7.4%	4.6%	4.5%	-0.1%	-3.3%	7.5%
1950-1955	7.6%	7.6%	6.5%	6.2%	3.0%	3.7%	4.9%
1955-1960	8.1%	9.1%	1.0%	3.6%	2.7%	1.0%	1.7%
1960-1965	7.1%	7.8%	2.2%	6.6%	3.9%	-0.6%	2.0%
1965-1970	9.3%	9.3%	8.6%	7.7%	5.3%	3.8%	1.6%
1970-1975	2.3%	1.6%	7.8%	5.9%	2.9%	4.8%	2.9%
1975-1980	2.9%	3.3%	5.4%	8.2%	5.5%	4.6%	3.2%
1980-1985	3.9%	0.8%	6.6%	6.7%	3.6%	1.1%	-3.7%
1985-1990	3.6%	6.5%	8.9%	4.0%	8.7%	5.0%	2.2%
1990-1995	0.1%	-1.0%	6.4%	6.1%	7.3%	6.0%	0.0%
1995-2000	2.9%	-0.6%	3.9%	4.9%	-0.6%	-0.6%	1.6%
2000-2005	1.9%	0.9%	4.0%	2.5%	4.3%	3.4%	2.2%

高い経済成長



調整済み一人当たりGDP

(1990 international Geary Khamis dollars per capita)

東京、大阪、台北、ソウルは、第二次世界大戦後、順次に5%以上の年平均経済成長率を四半世紀維持する経済成長期を迎えている。バンコクはアジア危機による影響があったものの、近年の経済成長率は良好である。

それぞれの所得水準に達成した年

	2,000ドル	4,000ドル	8,000ドル	16,000ドル	32,000ドル
東京	1906年	49 → 1955年	8 → 1963年	13 → 1976年	28 → 2004年
大阪	1916年	40 → 1956年	9 → 1965年	15 → 1980年	---
ソウル	1935年	38 → 1973年	11 → 1984年	10 → 1994年	---
台北	1958年	11 → 1969年	9 → 1978年	14 → 1992年	---
バンコク	1966年	16 → 1982年	11 → 1993年	---	---
ジャカルタ	1973年	19 → 1992年	---	---	---
マニラ	1955年	51 → 2006年	---	---	---

注) 1人当たりGDP(1990年価格、国際G.K.\$)、「---」はまだ達成していないことを示す。
年と年の間の数字は、所得水準を2倍にするのに要した期間。

対象7都市間の経済ギャップ：東京を基準として

都市間の格差、拡大のち縮小傾向

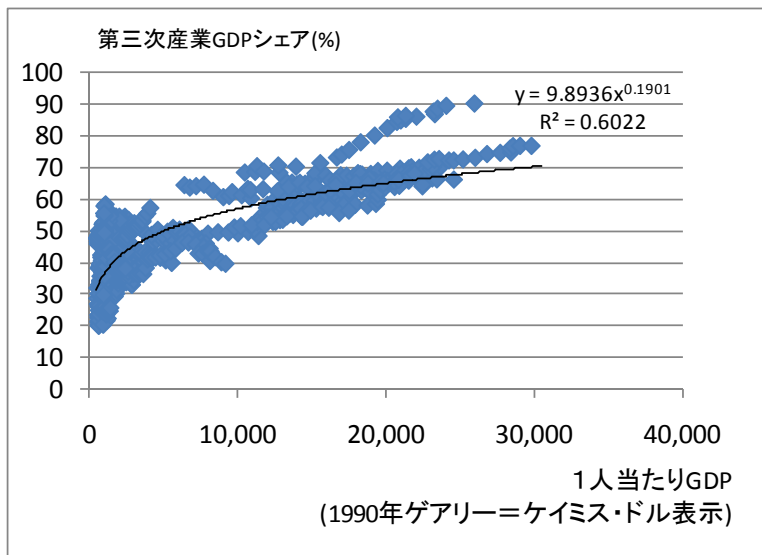
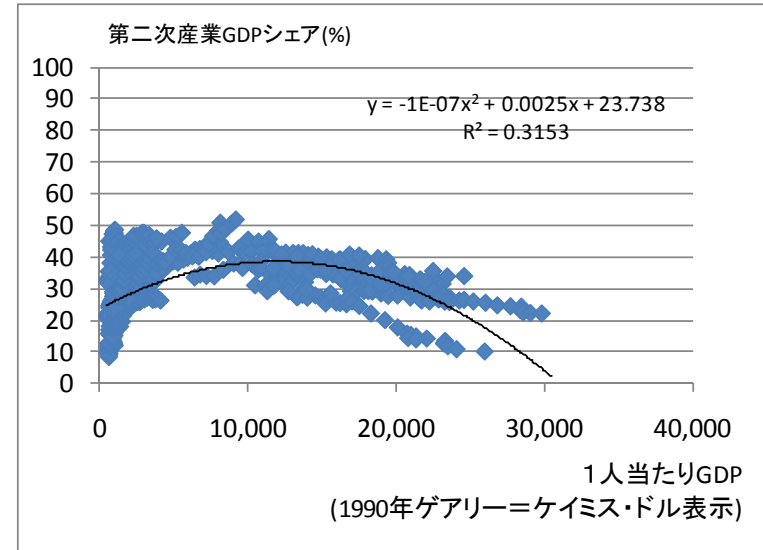
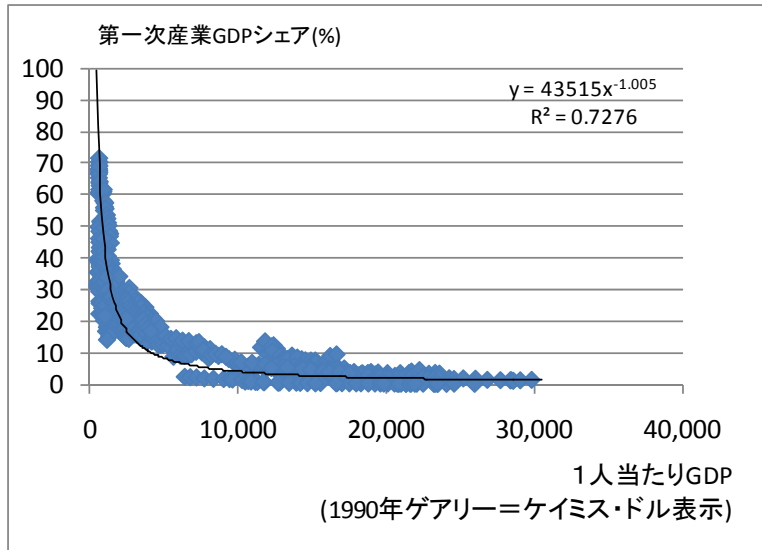
	1900年	1930年	1960年	1980年	2000年
大阪	0.85	0.85	0.89	0.88	0.69
ソウル	0.53	0.55	0.29	0.34	0.70
台北	0.52	0.58	0.35	0.48	0.82
バンコク	0.69	0.42	0.26	0.21	0.31
ジャカルタ	0.58	0.60	0.24	0.15	0.16
マニラ	0.55	0.72	0.35	0.19	0.12

指標3 二次産業比率： 都市の工業化を表す指標

鉱業、建設業、製造業に代表される第二次産業は資源集約的産業である。エネルギーや水資源の使用量が増加する工業化の進展度合いを示す。

- 二次産業比率の表し方：以下の3つから第二次産業比率を表す。
 - ① 経済比率
 - ② 就業者比率
 - ③ 工業用水消費比率
- 推計方法：各都市、長期間の産業構造のデータ収集は困難であるため、下記の考え方によって推計する。
 - 発展段階の特徴
 - 「ペティクラークの法則
 - 「雁行型発展」：第二次産業の中においても、経済発展によって労働・資源集約的工業から、技術・知識集約的工業への推移する。
 - 経済産業比率や労働産業比率は、経験的に所得水準によって同じような産業比率を示しており、このトレンドを用いてある程度説明することができる。
 - 所得水準と産業比率の関係を用いて、各産業のGDPおよび労働人口を推計し、第二次産業比率を求める。

所得による産業シェアの推移：経済比率



分析対象：アジア24カ国、1971年～2004年

● 回帰式 (Y=各産業のGDPシェア、X=1人当たりGDP)

第一次産業GDPシェア(%)

$Y = 43515 * X^{-1.005}$ ……式(1)

($R^2 = 0.73$)

第二次産業GDPシェア(%)

$Y = -1E-07 * X^2 + 0.0025 * X + 23.738$ ……式(2)

($R^2 = 0.32$)

第三次産業GDPシェア(%)

$Y = 9.8936 * X^{0.1901}$ ……式(3)

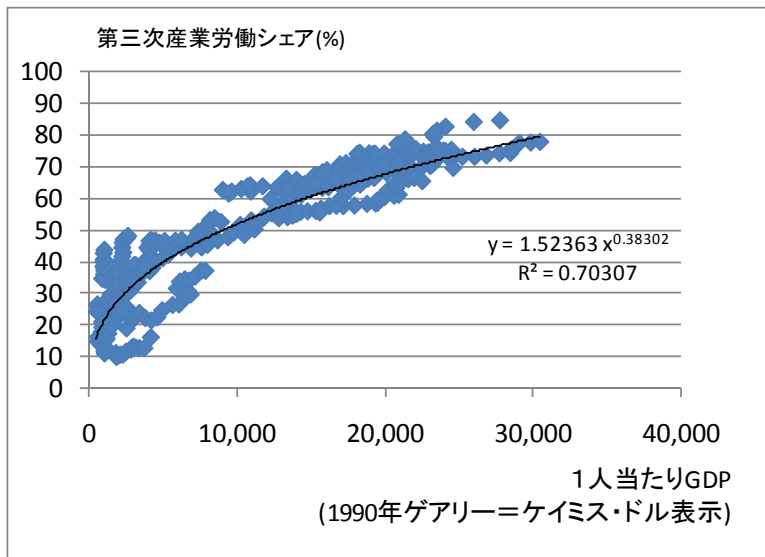
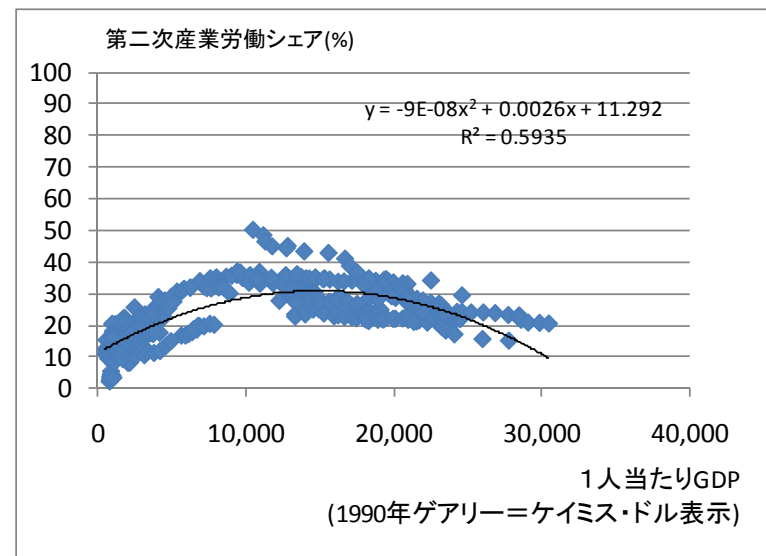
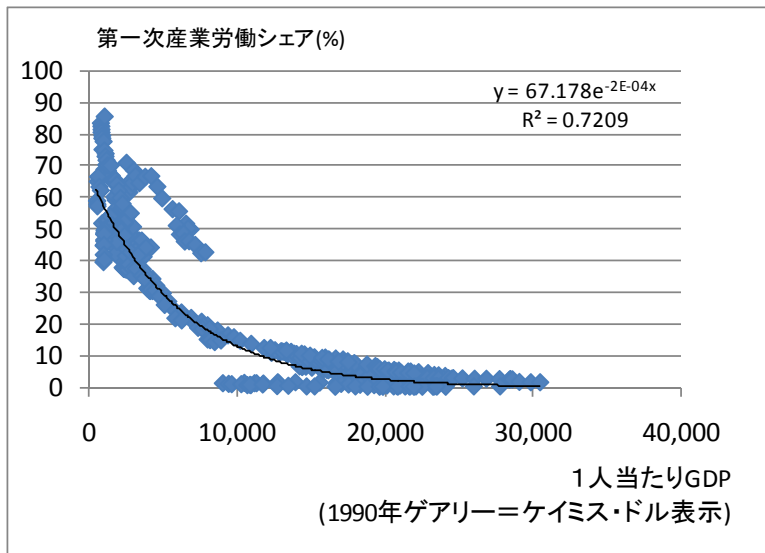
($R^2 = 0.60$)

□ 第一次産業および第三次産業は比較的あてはまりがいい。

□ 第二次産業比率は、100(%)から第一次および第三次産業比率を除いたものを第二次産業比率とする。

→ 第二次産業比率 = 100 - 式(1) - 式(3)

所得による産業シェアの推移：就業者比率



分析対象：アジア24カ国、1971年～2004年

● 回帰式 (Y=各産業の産業別労働シェア、X=1人当たりGDP)

第一次産業GDPシェア(%)
 $Y = 67.178e^{-2E-04X}$ ……式(1)
 (R²=0.72)

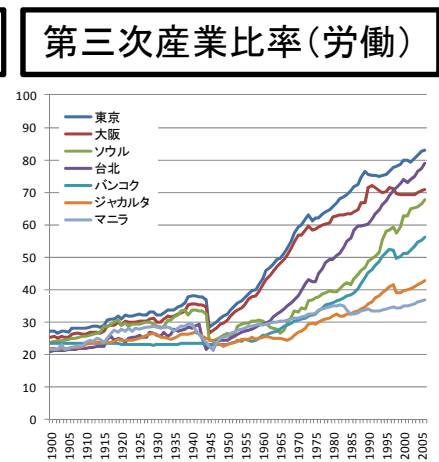
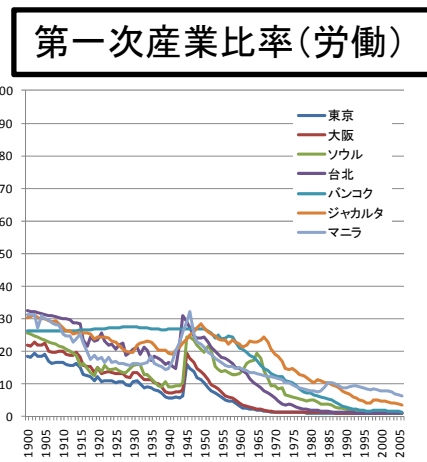
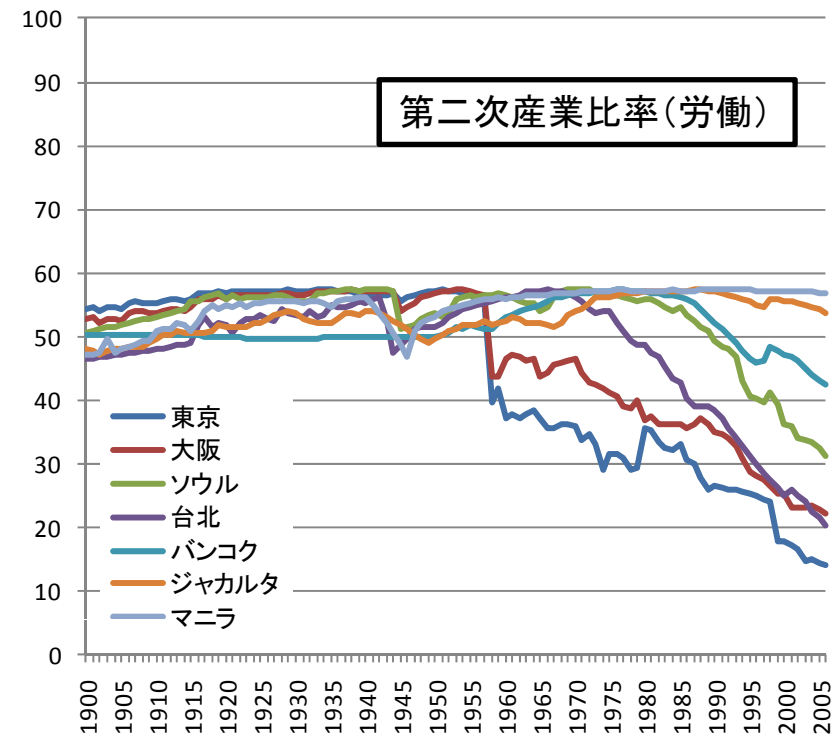
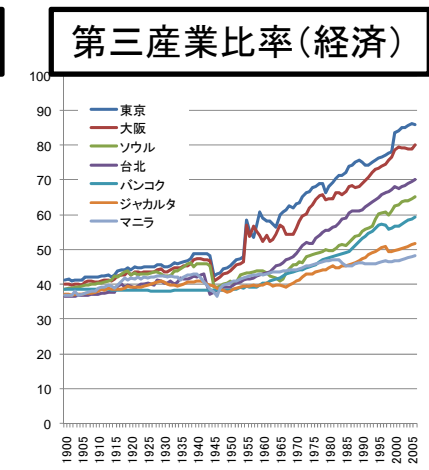
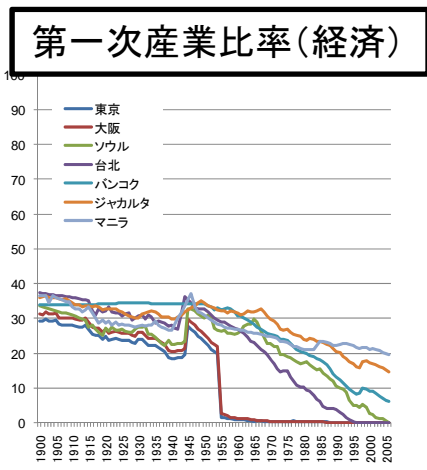
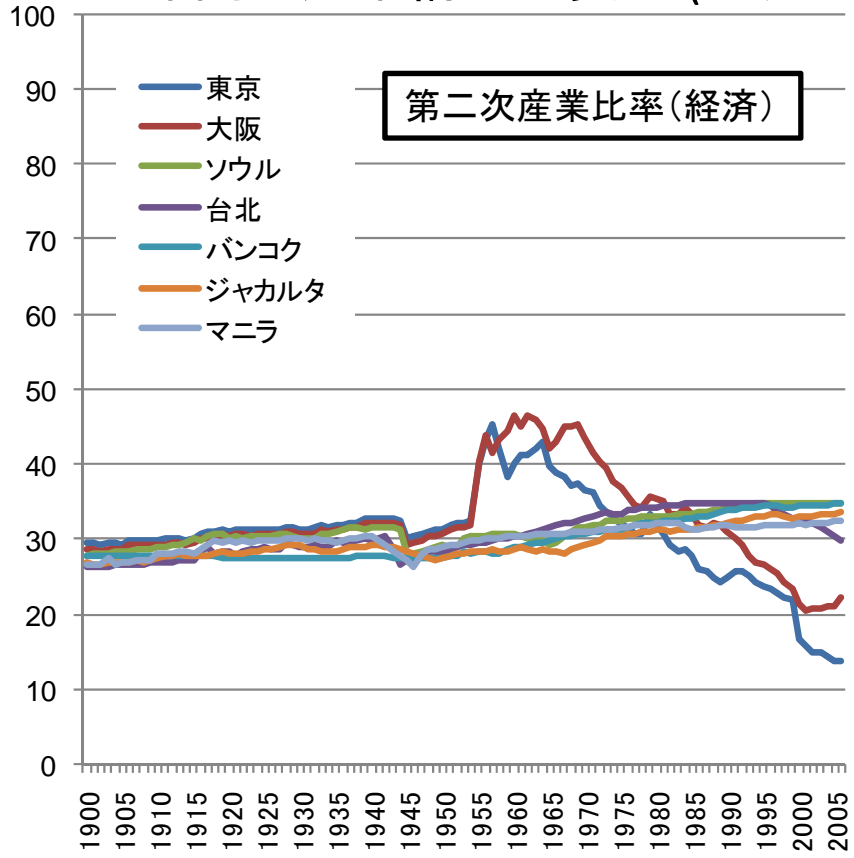
第二次産業GDPシェア(%)
 $Y = -9E-08X^2 + 0.0026X + 11.292$ ……式(2)
 (R²=0.59)

第三次産業GDPシェア(%)
 $Y = 1.52363X^{0.38302}$ ……式(3)
 (R²=0.70)

経済産業比率と同様に、
 □ 第一次および第三次産業をそれぞれの回帰式で求め、100(%)から第一次および第三次産業比率を除いたものを第二次産業比率とする。
 → 第二次産業比率 = 100 - 式(1) - 式(3)

3. 第二次産業比率

100年間の産業構造の変化 (グラフ: 経済・就業者比率)



100年間の産業構造の変化 (表: 経済・就業者比率)

3. 第二次産業比率

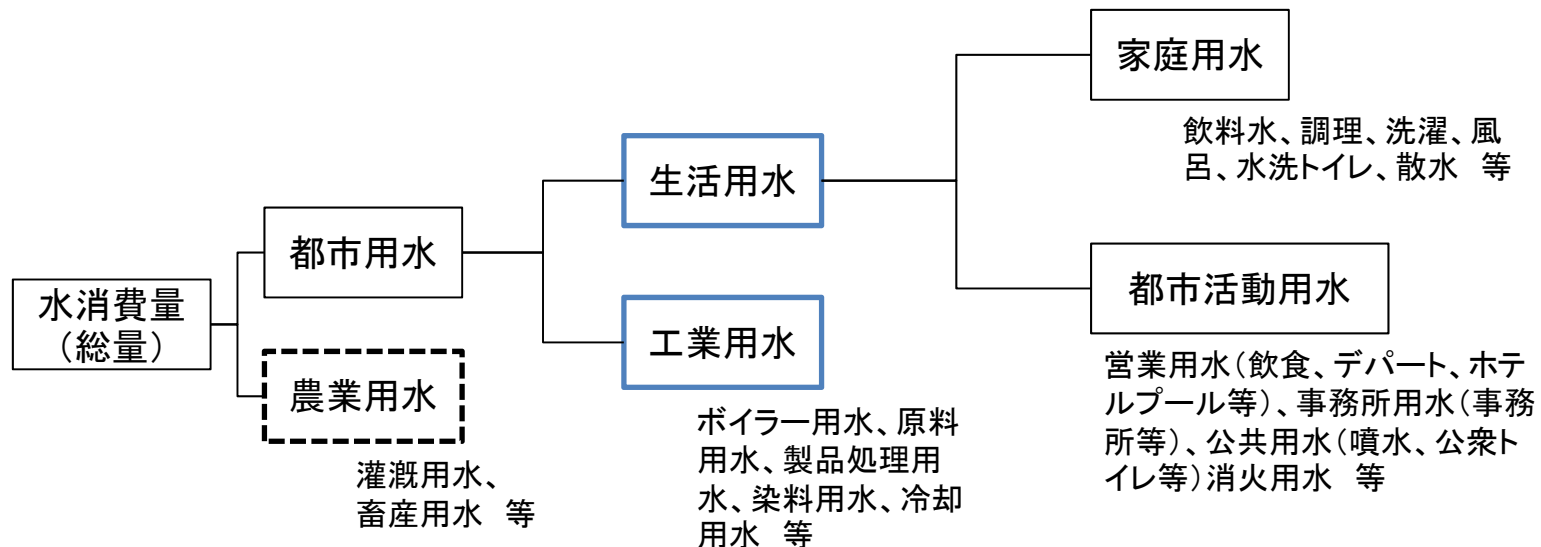
産業別GDPシェア	東京		大阪		ソウル		台北	
	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年
第一次産業	23.0	0.0	27.2	0.1	32.4	2.2	44.4	1.4
第二次産業	35.8	13.6	32.9	21.1	29.0	33.4	19.2	29.0
第三次産業	41.2	86.3	39.9	78.9	38.6	64.5	36.4	69.6
産業別GDPシェア	バンコク		ジャカルタ		マニラ			
	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年		
第一次産業	33.3	3.5	39.8	7.2	41.9	10.5		
第二次産業	28.3	37.7	23.0	41.4	21.3	41.7		
第三次産業	38.4	58.8	37.2	51.4	36.8	47.8		

産業別労働シェア	東京		大阪		ソウル		台北	
	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年
第一次産業	18.6	1.0	22.0	1.1	25.7	1.1	32.5	1.0
第二次産業	54.4	14.4	52.7	22.8	50.6	32.4	46.5	21.5
第三次産業	27.0	82.8	25.4	70.5	23.7	66.5	21.0	77.5
産業別労働シェア	バンコク		ジャカルタ		マニラ			
	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年		
第一次産業	26.3	1.5	30.2	3.7	31.3	6.7		
第二次産業	50.2	43.2	47.9	54.1	47.2	56.9		
第三次産業	23.5	55.3	21.9	42.1	21.5	36.5		

二次産業比率：工業用水消費比率

■水消費量からみた、第二次産業比率：都市用水消費量に対する工業用水消費量

各都市の水消費量全体に対する、工業用水（第二次産業に対する水）消費量の割合から、第二次産業比率を求める。水の用途別分類は主に以下の通りに分類されるが、分析対象場所が都市であること、データがほぼ整備されていないことから農業用水は考慮しない。



■推計方法：原単位推計法

□「生活用水原単位」→1人当たり生活用水使用量

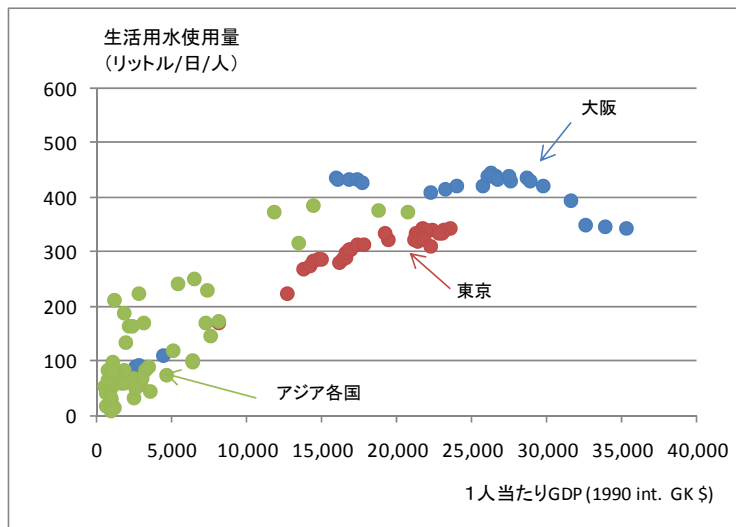
1人当たり生活用水消費量は、経済水準が上昇するに従い増加する。その後、水資源の有効利用、水道料金の設定、節水技術の発展に伴い減少。

□「工業用水原単位」→工業用水(新規水)使用量/第二次産業総生産額

経済水準の上昇に伴い、節水技術、工業用水の回収率が上昇するため、工業用水原単位は減少。

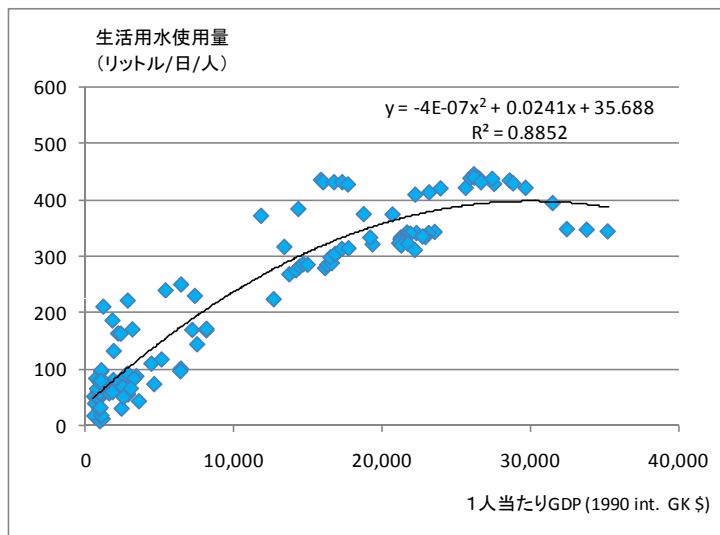
生活用水使用量の推計

3. 第二次産業比率

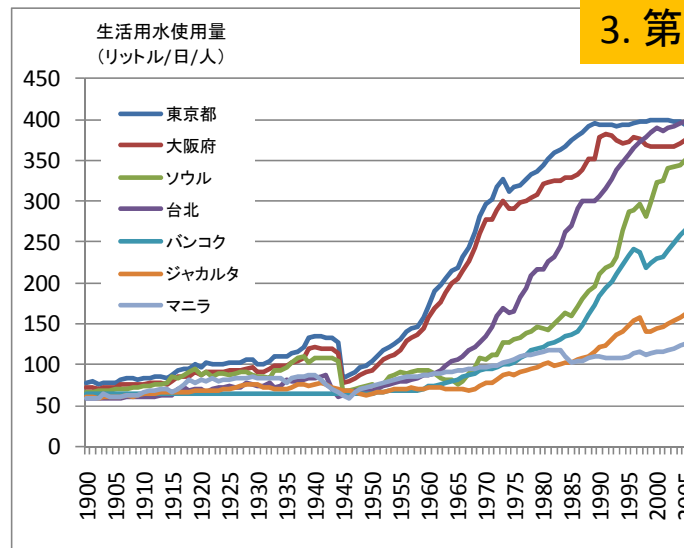


アジア各国および東京都、大阪府の生活用水原単位と所得水準との関係

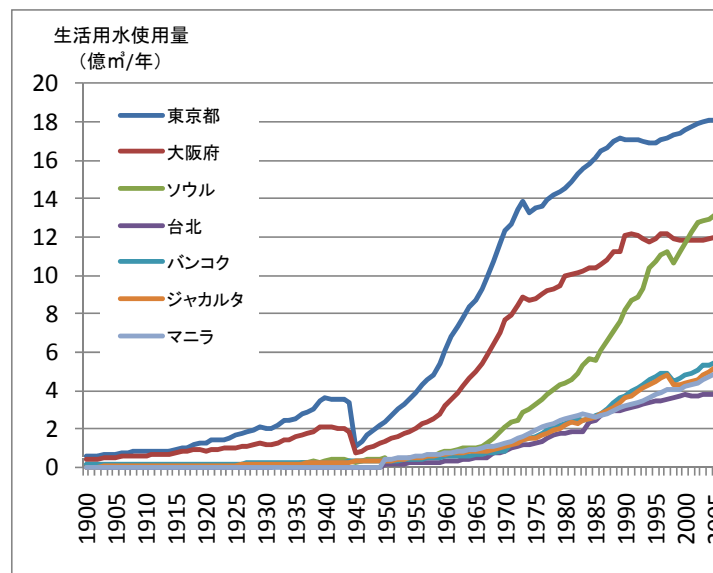
経済水準の上昇に伴い、生活用水原単位は増加し、減少に転じる。



アジア各国および東京都、大阪府の生活用水原単位と所得水準との関係の回帰式



生活用水原単位の推計結果

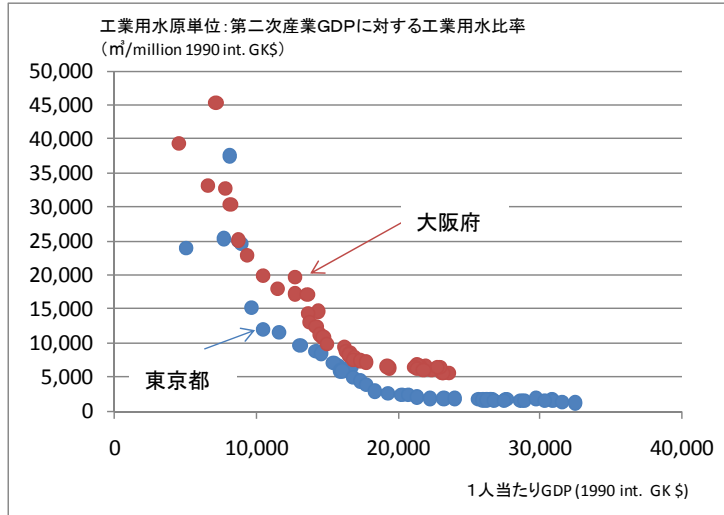


各都市の生活用水使用量総量

生活用水原単位は経済水準の上昇に伴い、各年とも増加している。東京、大阪の原単位の増加は頭打ちとなっており、減少傾向にある。
生存可能な生活用水需要量は50ℓ/日/人である(国連定義)。
人口規模が大きな東京、ソウルでの生活用水使用総量が大きい。

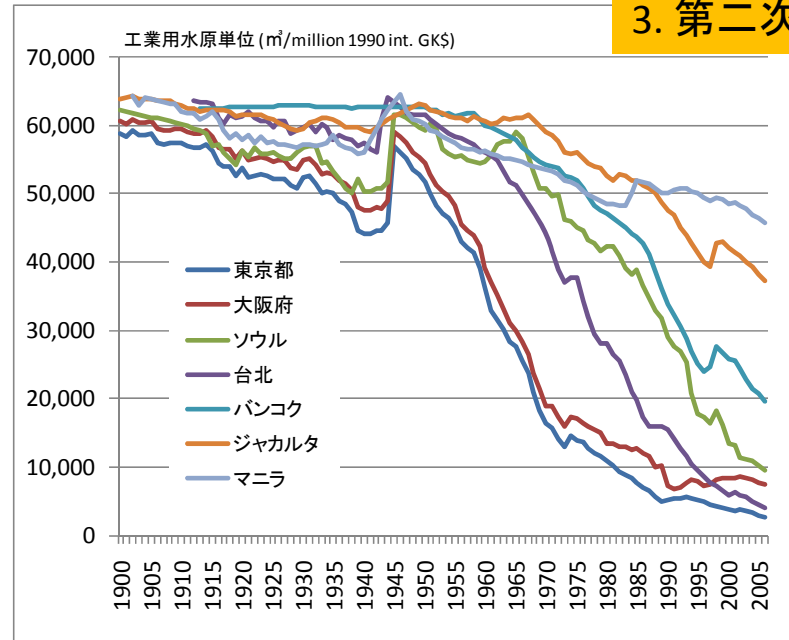
工業用水使用量の推計

3. 第二次産業比率

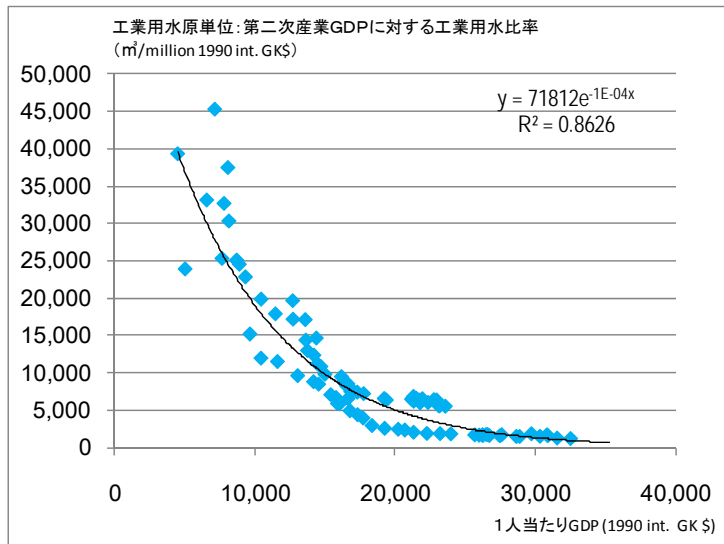


東京都、大阪府の工業用水原単位と所得水準との関係

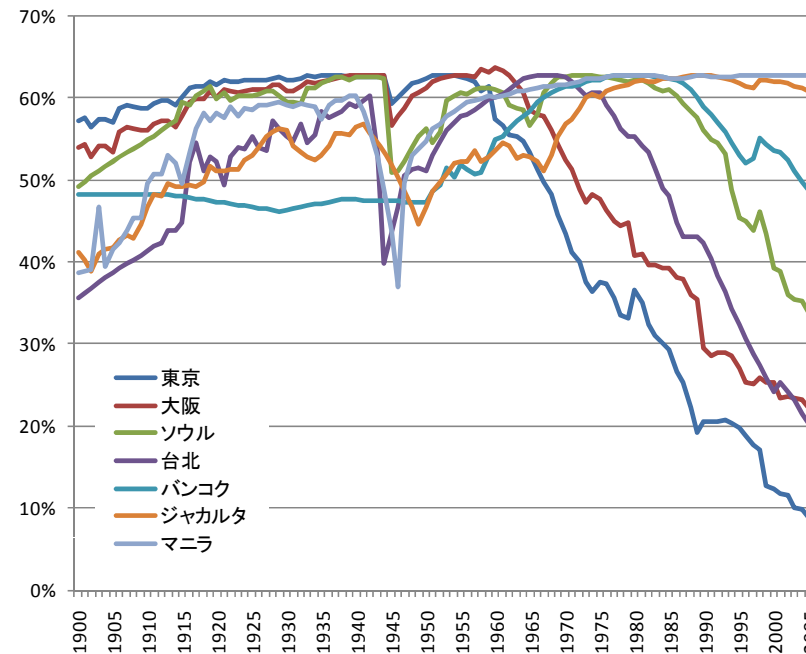
比較的データがそろっている大阪と東京のデータを用いた。
 経済水準の上昇に伴い、工業用水原単位は減少する傾向にある。(節水技術の向上)
 工業用水には、「海水」および「回収水(再利用水)」は含まれていない。



工業用水原単位の推計結果



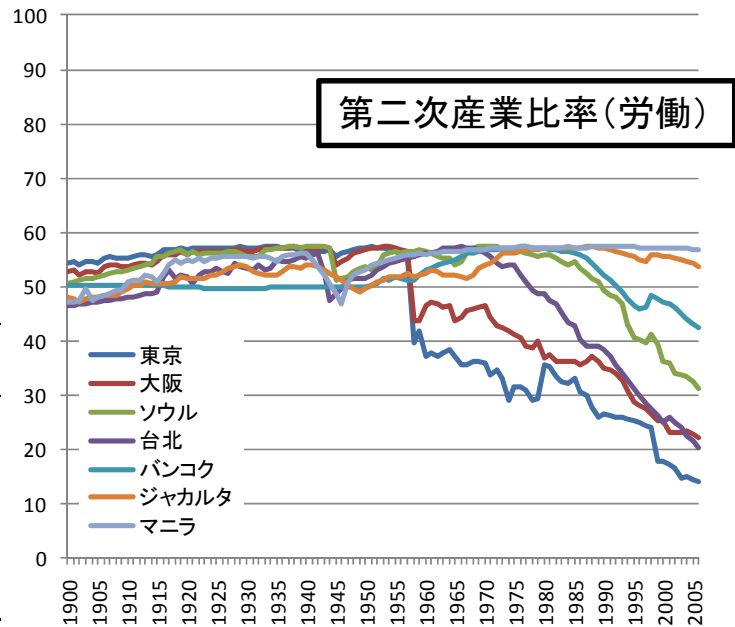
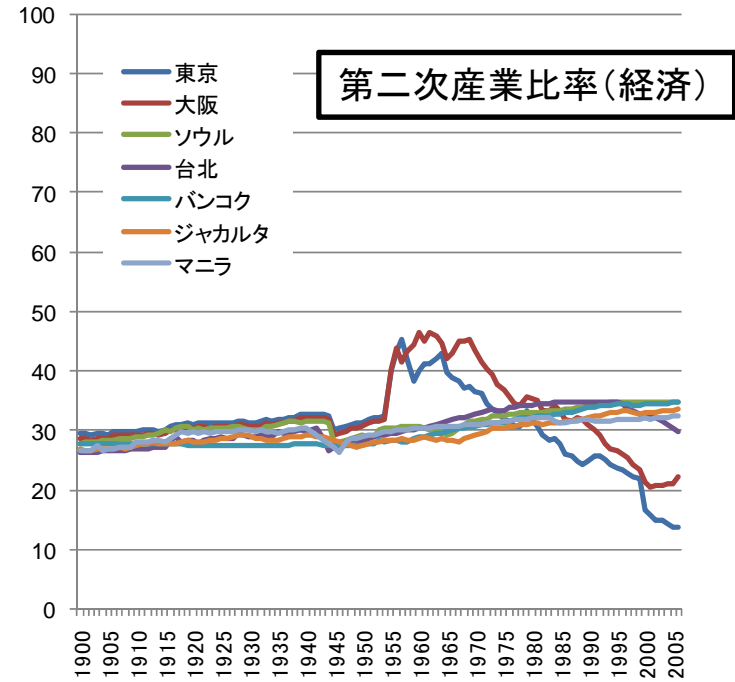
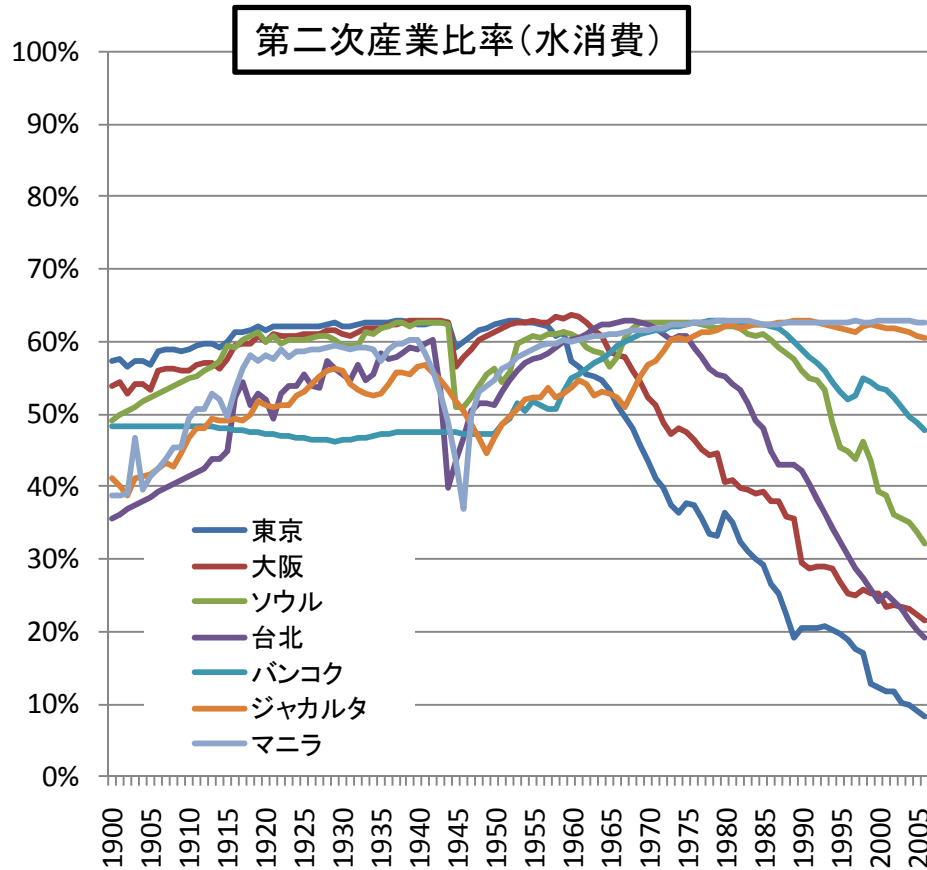
東京都、大阪府の工業用水原単位と所得水準との関係の回帰式



各都市の工業用水使用量比率

100年間の産業構造の変化 (グラフ:水・経済・労働)

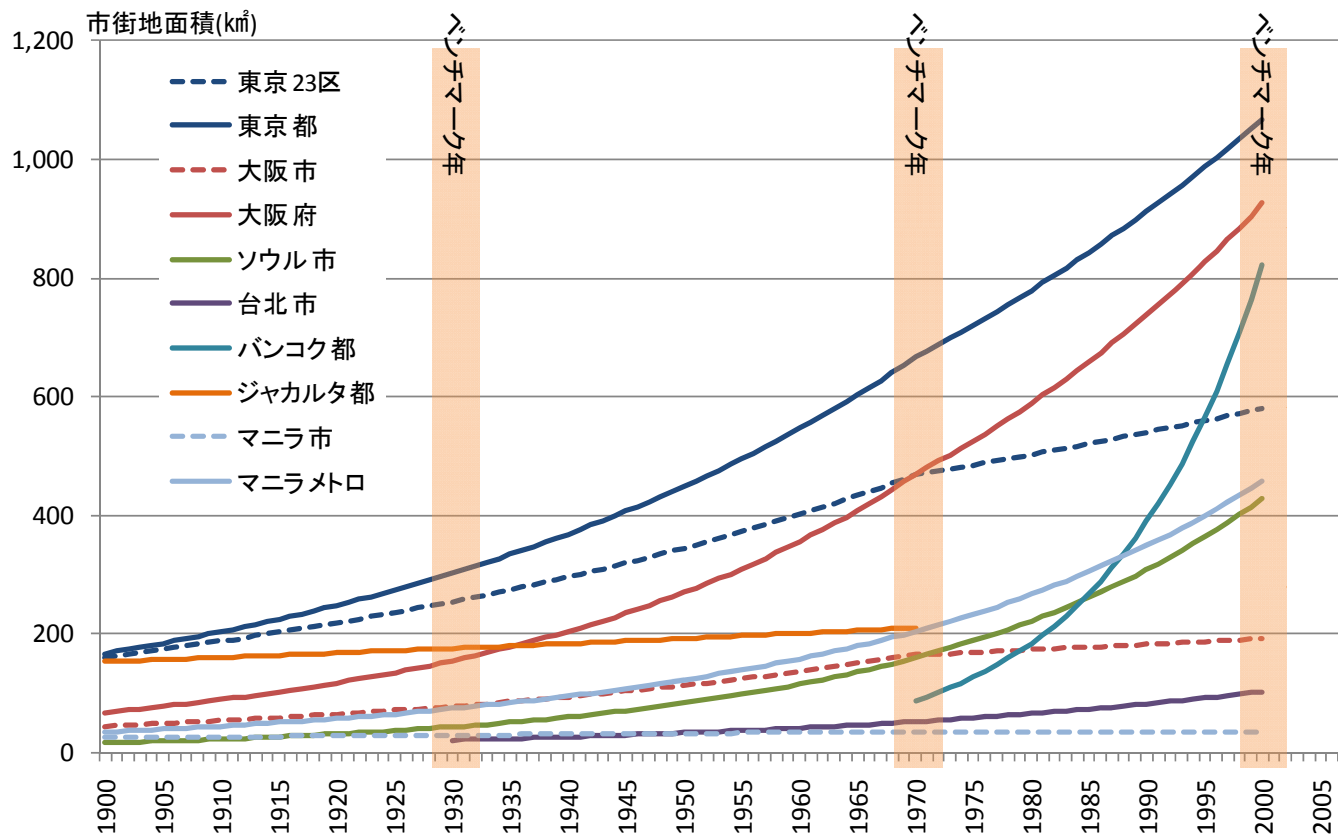
3. 第二次産業比率



用途別	東京		大阪		ソウル		台北	
水消費シェア	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年
工業用水	57.2%	9.0%	53.9%	22.3%	49.1%	33.8%	35.6%	20.3%
生活用水	42.8%	91.0%	46.1%	77.7%	50.9%	66.2%	64.4%	79.7%
用途別	バンコク		ジャカルタ		マニラ			
水消費シェア	1900年	2005年	1900年	2005年	1900年	2005年		
工業用水	48.2%	48.8%	41.2%	60.8%	38.7%	62.7%		
生活用水	51.8%	51.2%	58.8%	39.2%	61.3%	37.3%		

指標4 市街地面積： 人間の都市活動の範囲を表す指標

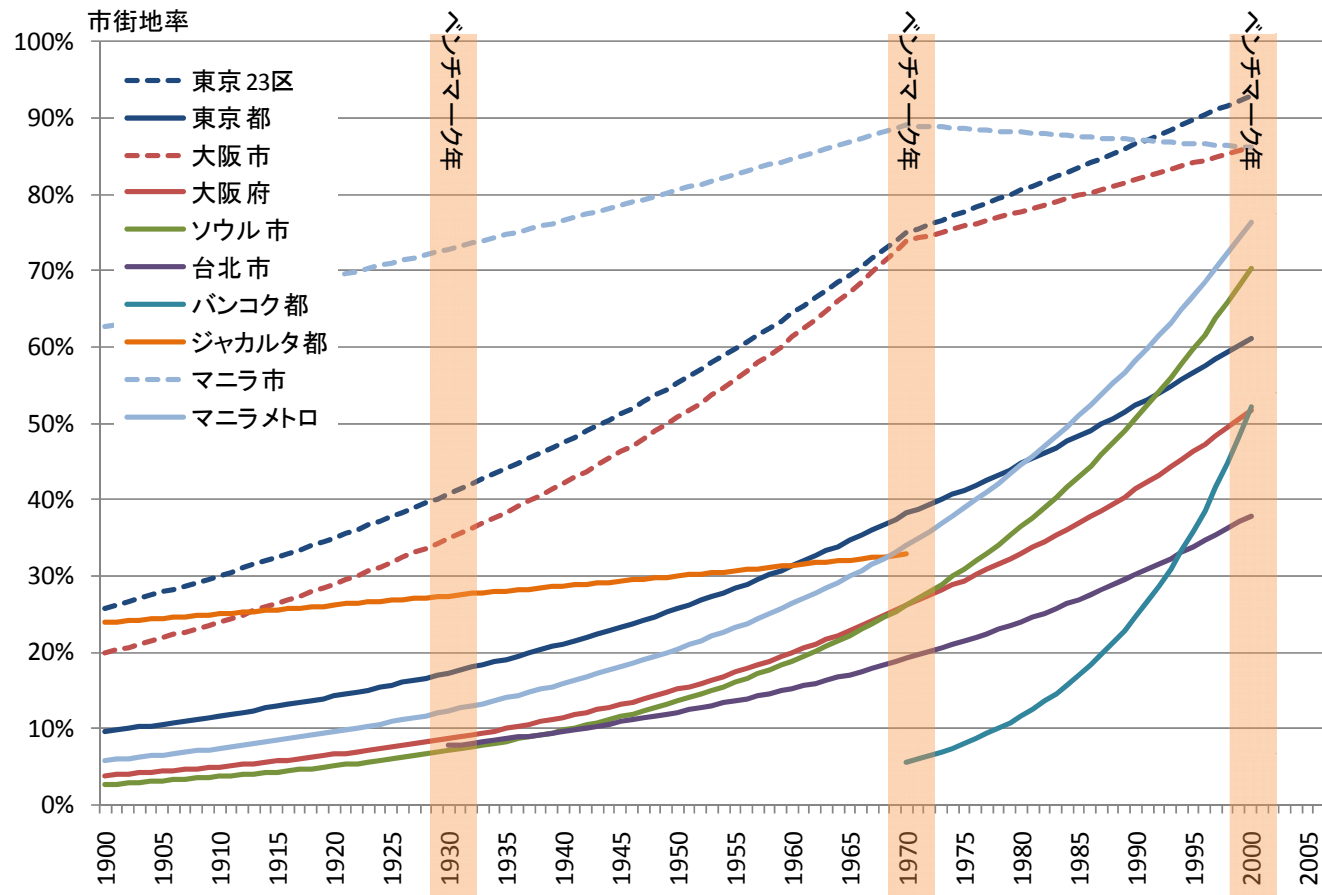
市街地面積の定義：工業地、住宅地、商業地の都市利用を目的とした土地面積とする。
分析対象範囲は、2005年時点の行政区内における市街地面積とする。



推計方法：7都市3時点の土地利用図から、各都市の3時点の土地利用面積をベンチマークに市街地面積を推計。

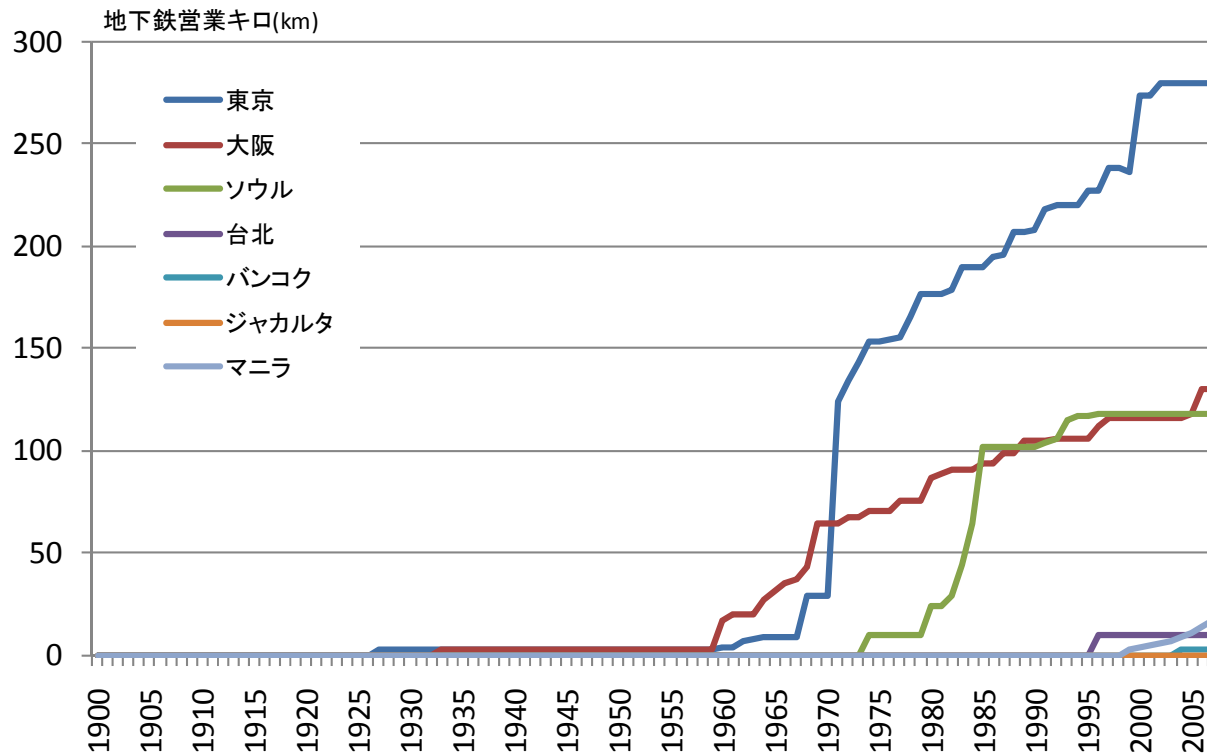
指標5 市街地率： 都市活動の集約度を表す指標

市街地率の定義：行政区総面積に対する市街地面積。行政区の総面積は2005年時点の値とする。



指標6 地下開発度： 地下開発技術の水準を表す指標

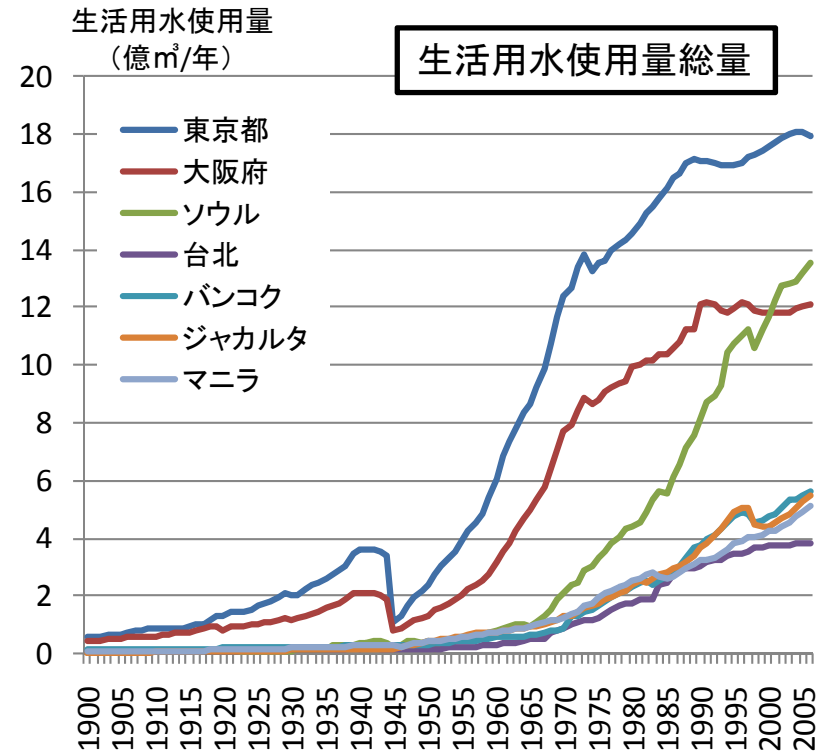
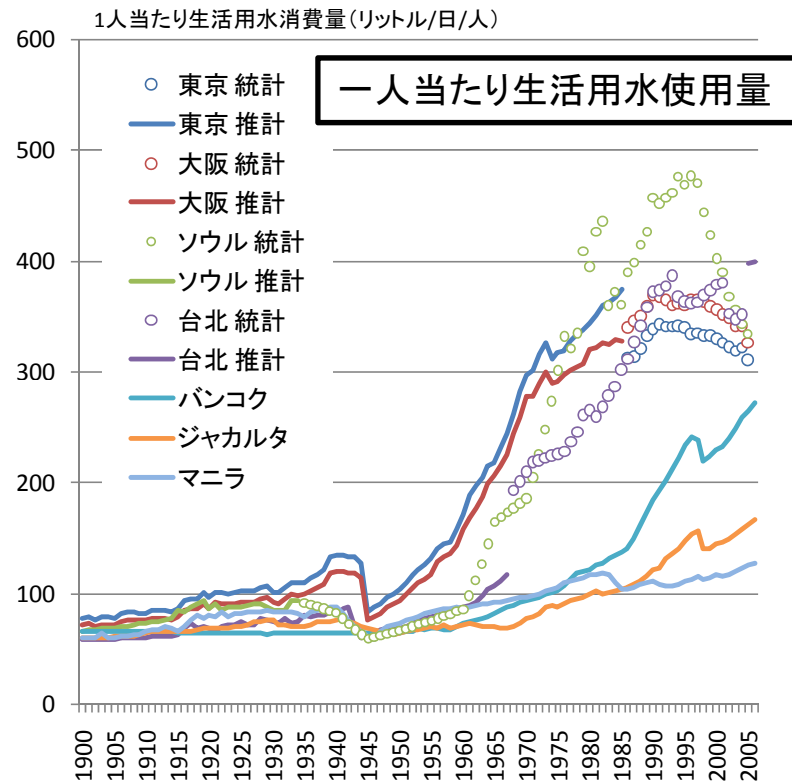
地下鉄総延長(営業キロ)を地下開発度を表す代理指標として用いる。
交通網の発展、都市空間の有効利用、渋滞の回避などから、地下鉄が導入されている。
土壌条件などの制約もあるが、都市の地下開発能力を計る指標となる。



□東京	→1927年
□大阪	→1933年
□ソウル	→1974年
□台北	→1996年
□バンコク	→2004年
□ジャカルタ	→なし
□マニラ	→1999年

B: 水資源

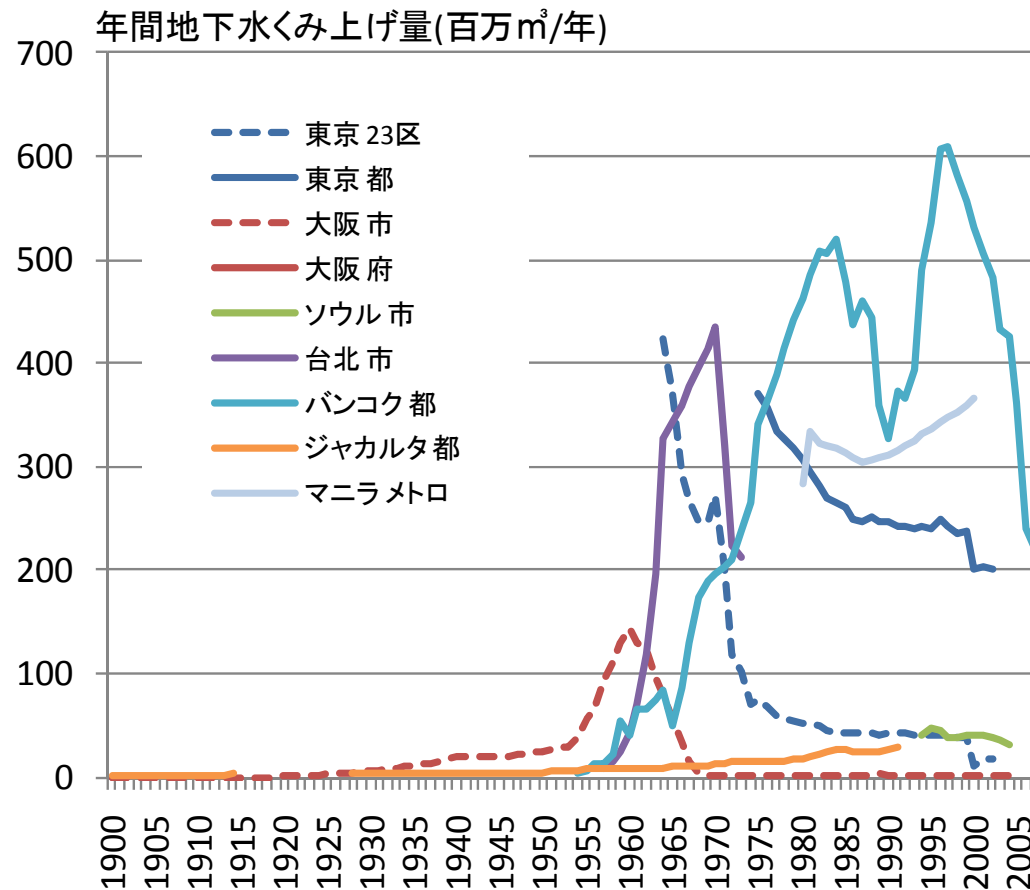
指標7 一人当たり水使用量： 必要な生活用水量の変化を表す指標



■ 定義：一人当たり生活用水使用量

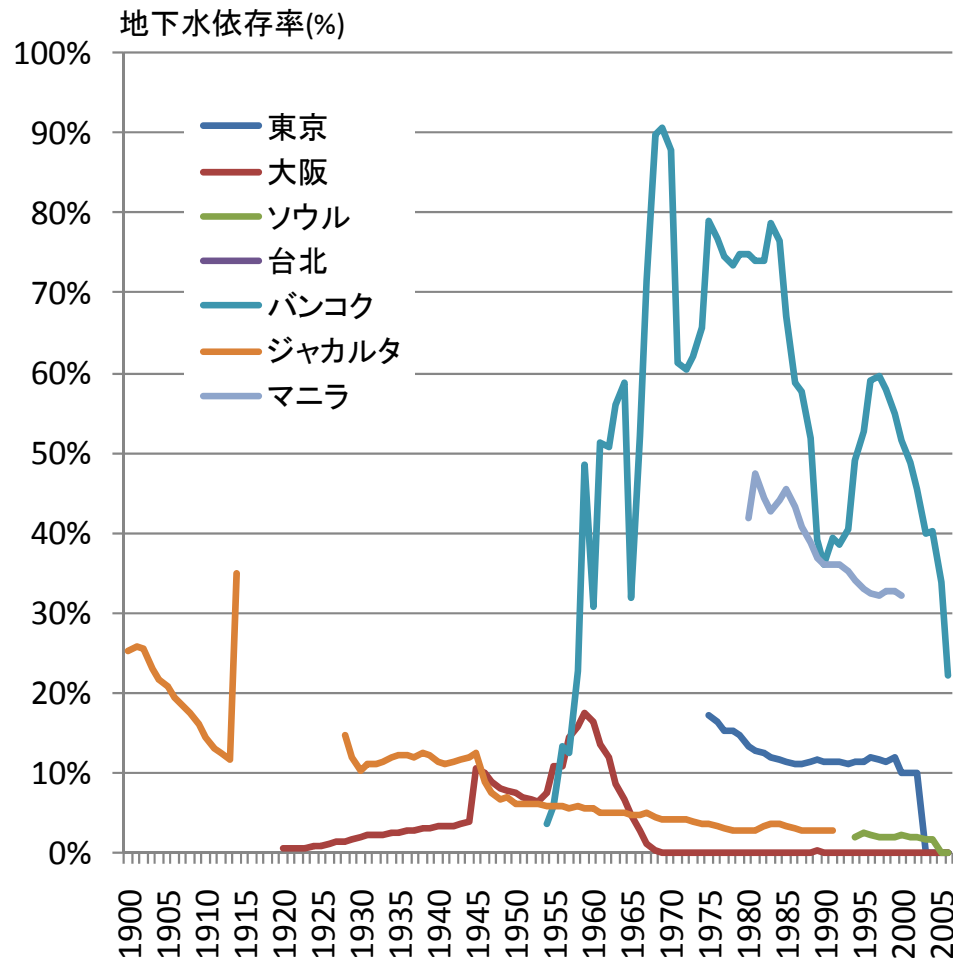
基本的には、統計データを用いる。データの欠損している個所は、第二次産業比率で推計した値を利用する。

指標8 地下水揚水量： 都市の地下水のくみ上げ規模を表す指標



井戸の技術開発によって地下水揚水量は増加するが、地盤沈下、地下水位低下によって、地下水くみ上げ量が規制される。よって、増加後縮小傾向にある。

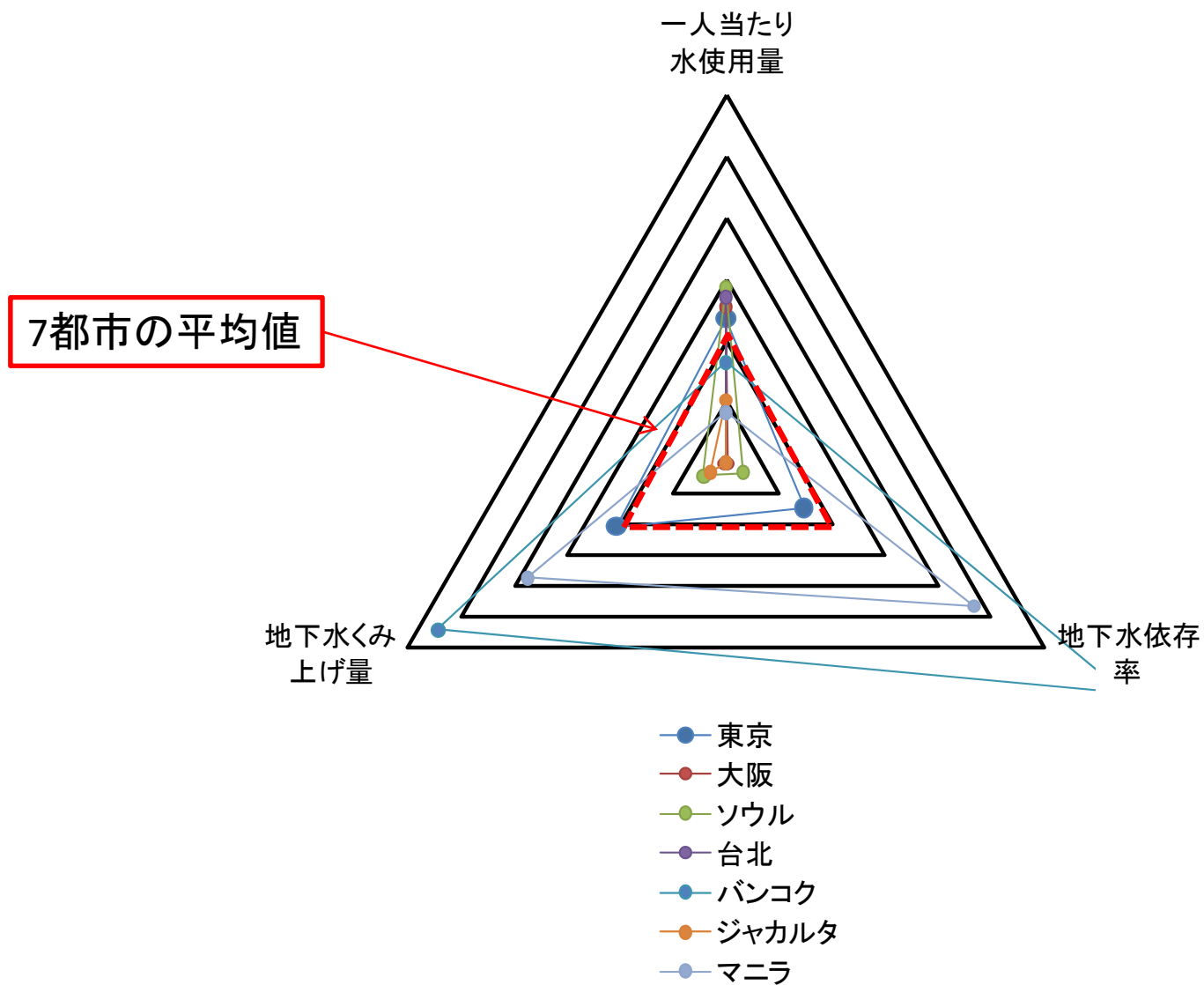
指標9 地下水依存率： 都市で必要とされる水源の地下水の割合を表す指標



■定義：都市活動用水
(工業用水+生活用水)総量に対する地下水揚水総量

地下水依存度は減少し、都市の水源は地下水から地表水(ダム)に転換する。

水指標バランス(2000年)



C: 環境負荷

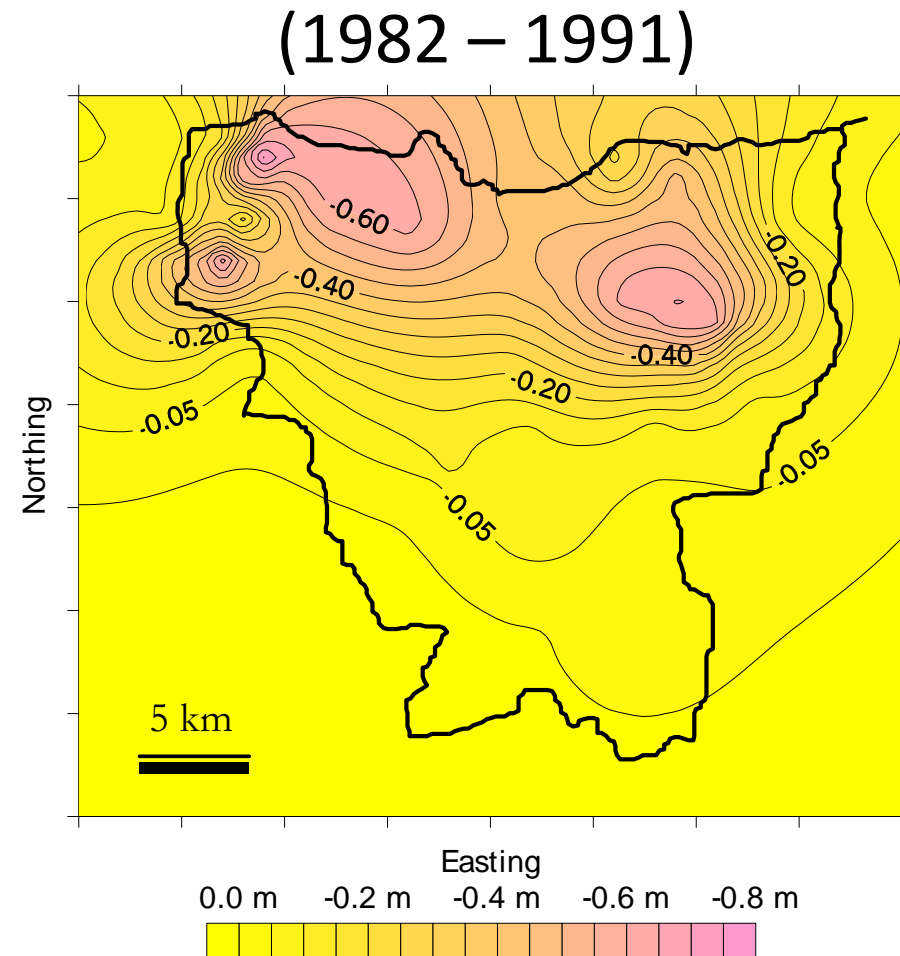
環境負荷を表す指標(整備中)

- 指標10 地盤沈下量→ポイントデータから体積に変換中。
- 指標11 ヒートアイランド量→受け取り済み。
- 指標12 地下温度指標→ソウル(5箇所)、バンコク(6か所)、東京(6か所)、大阪(6か所)受け取り済み。
- 指標13 重金属濃度→受け取り予定。
- 指標14 大気汚染濃度→項目から削除します。
- 指標15 一人当たり窒素排出量→収集中。

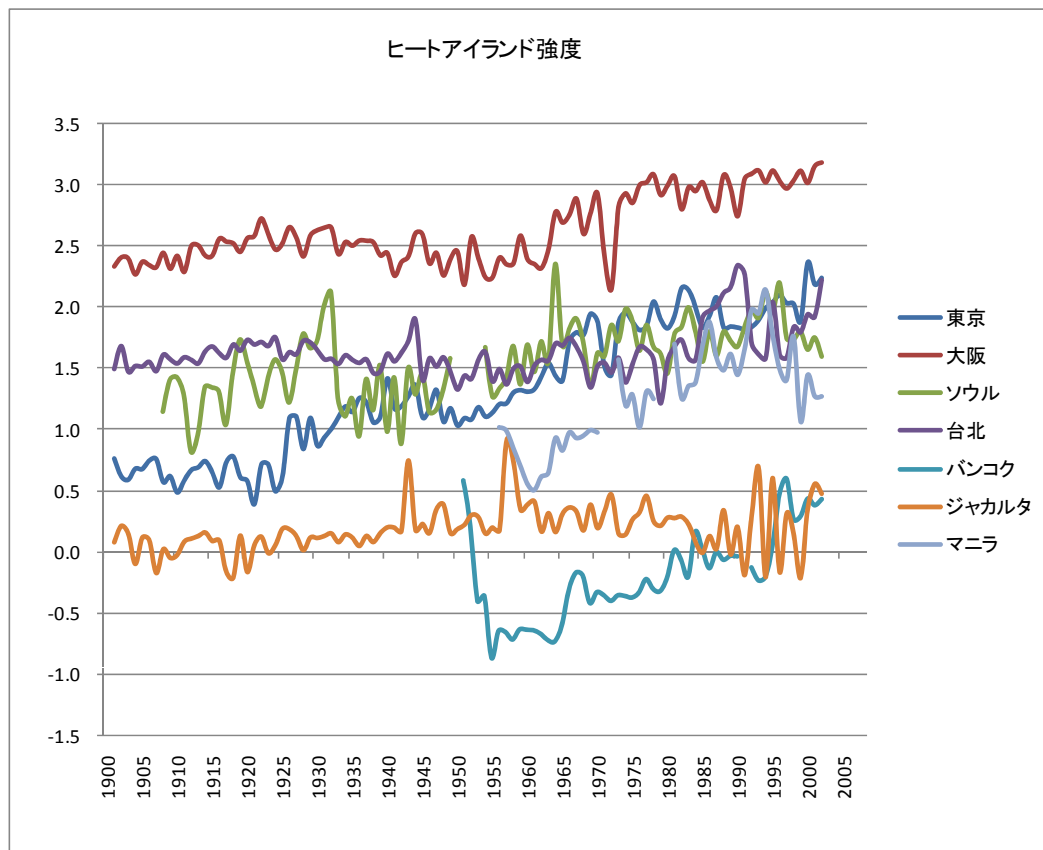
指標10 地盤沈下量： 年間の地盤沈下体積を表す指標

■ 定義：1年間に沈んだ体積量

地図データと地盤沈下量から、年間に沈んだ体積を年ごとに推計する(作業中)。



指標11 ヒートアイランド量： 都市の温度上昇を表す指標



- +土地利用から、熱特性をみる。
- +最高、最低気温の差からみる。

指標12 地下温度指標： 都市化による地下温度変化を表す指標

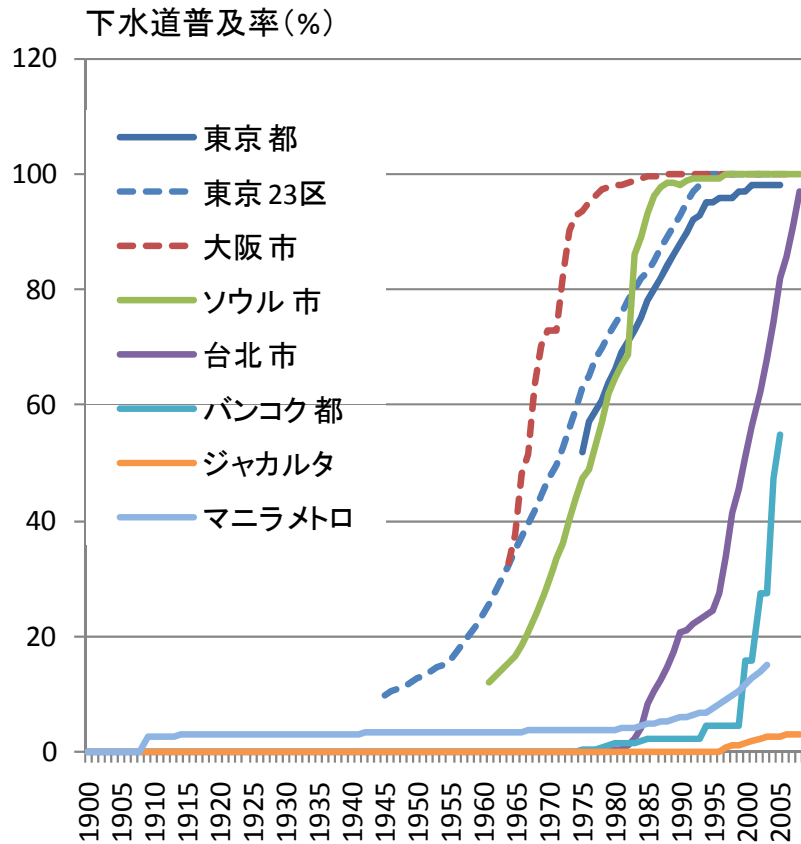
- 熱班提供データ

D: 対策・政策

指標16 下水道普及率： 下水処理能力、環境意識を表す指標

■ 定義：下水道普及率(%)

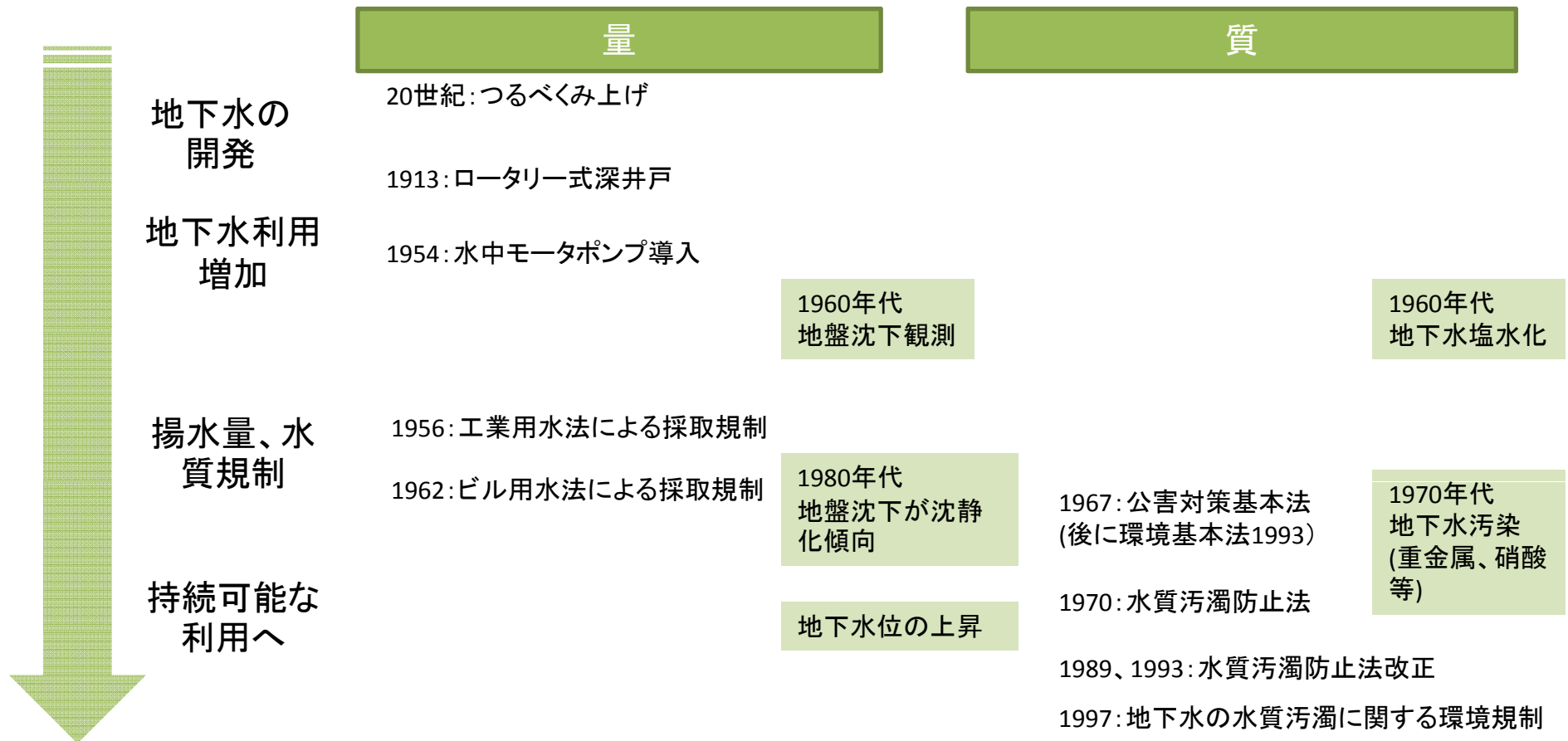
□ 下水道の人口カバー率もしくは、面積カバー率



指標17 地下水管理の規制、法制度： 地下水管理能力、環境意識を表す指標

■定義： 地下水利用の歴史と関係法令との関係。地下水揚水量に関する規制、地下水質に関する規制をスコア化。

例



統合指標を用いた都市発展モデル

- DPSIRフレームワークを用いて、都市の発展と環境との相互関係を表し、それぞれの指標の特徴から、都市の発展ステージと環境との関係を示す。
- プロジェクト対象7都市のうち、比較的長期データが得られた東京をベンチマークに、都市の発展ステージを決定する。

統合指標を用いた都市の発展段階モデル(案)

		I	II	III	IV	V
D Driving forces	人口増加速度	都市の発展ステージ 				
	経済成長速度					
	産業構造					
	市街地率					
P Pressures	水の需要					
	水の供給					
	地下開発					
S State	地下水位					
	水質(環境質)					
	地下温度					
I Impact	地盤沈下					
	洪水被害					
	苦情件数					
R Response	代替水源					
	地下水規制					
	下水道整備					

東京を参考に、DPSIRフレームワークによる都市発展ステージ

東京の場合➔ 1900-1920 1920-1940 1940-1960 1960-1980 1980-2000

		I	II	III	IV	V
D	人口増加速度	中	高	高	中	低
	経済成長速度	低	中	中	高	中
	産業構造の特徴	第一次・減	第一次・減	第二次・増	第二次・減 第三次・増	第二次・減 第三次・増
	市街地率 (23区)	25-35%	35-50%	50-65%	35-80%	80%~
P	水の需要 (生活用水:l/d/人)	少・微増 (50-100)	少・微増 (100-150)	増 (150-200)	急増 (200-350)	減少 (350-300)
	地下開発	低・なし	低・数km	低・数km	急増(200km)	高(200km~)
S	地下水位					
	水質(環境質)					
	地下温度	低	中(微増)	高(急増)	高(急増)	高
I	地盤沈下	小	大	大	中	一定
R	代替水源				地表水(ダム)	地表水(ダム)
	地下水規制	なし	なし	量規制	量・質規制	量・質規制
	下水道整備	低 (建設開始)	低(~10%)	低・微増 (20%)	急増 (20-80%)	高(80%~)

都市名

東京

年代

2000

		I	II	III	IV	V
D	人口増加速度	中	高	高	中	低
	経済成長速度	低	中	中	高	中
	産業構造の特徴	第一次・減	第一次・減	第二次・増	第二次・減 第三次・増	第二次・減 第三次・増
	市街地率 (23区)	25-35%	35-50%	50-65%	35-80%	80%~
P	水の需要 (生活用水:l/d/人)	少・微増 (50-100)	少・微増 (100-150)	増 (150-200)	急増 (200-350)	減少 (350-300)
	地下開発	低・なし	低・数km	低・数km	急増(200km)	高(200km~)
S	地下水位					
	水質(環境質)					
	地下温度	低	中(微増)	高(急増)	高(急増)	高
I	地盤沈下	小	大	大	中	一定
R	代替水源				地表水(ダム)	地表水(ダム)
	地下水規制	なし	なし	量規制	量・質規制	量・質規制
	下水道整備	低 (建設開始)	低(~10%)	低・微増 (20%)	急増 (20-80%)	高(80%~)

都市名

バンコク

年代

2000

		0	I	II	III	IV	V
D	人口増加速度	低	中	高	高	中	低
	経済成長速度	低	低	中	中	高	中
	産業構造の特徴		第一次・減	第一次・減	第二次・増	第二次・減 第三次・増	第二次・減 第三次・増
	市街地率	<25%	25-35%	35-50%	50-65%	35-80%	80%~
P	水の需要 (生活用水:ℓ/d)	少 (-50)	少・微増 (50-100)	少・微増 (100-150)	増(150-200)	急増 (200-350)	減少 (350-300)
	地下開発	なし	低・なし	低・数km	低・数km	急増(-200km)	高(200km-)
S	地下水水位						
	水質(環境質)						
	地下温度	低	低	中(微増)	高(急増)	高(急増)	高
I	地盤沈下	低	小	大	大	中	一定
R	代替水源					ダム	ダム
	地下水規制	なし	なし	なし	量規制	量・質規制	量・質規制
	下水道整備	なし	低 (建設開始)	低(-10%)	低・微増 (20%)	急増 (20-80%)	高(80%-)

バンコクの特徴

(東京ケースと比較して)

- 都市の経済発展および人口増加によって、水需要の増加が速い。第三次産業が増加しているが、第二次産業が一定の割合を保っているため、工業用水の需要量が比較的高く、工場からの廃水などの環境影響が示唆される。
- バンコクは地下水のくみ上げ量が多く、地下水依存率が高い。
- しかしながら、都市開発にと比較して地下水の管理や規制の導入が他の指標よりも遅れているため、地下環境への影響が大きい傾向にある。

項目名		1900→2005年		変化分		項目名		1900→2005年		変化分	
東京	人口	201	→	1,290	6.4倍	バンコク	人口	60	→	567	9.5倍
	面積	2,187	→	2,187	1.0倍		面積		→	1,567	倍
	人口密度	921	→	5,896	6.4倍		人口密度		→	3,635	倍
	経済規模	37	→	4,259	116.0倍		経済規模	8	→	702	87.8倍
	所得水準	1,823	→	33,862	18.6倍		所得水準	1,261	→	9,597	7.6倍
	水消費	135	→	1,982	14.7倍		水消費	28	→	1,069	38.6倍
	1人当たり	78	→	393	5.0倍		1人当たり	65	→	265	4.1倍
大阪	人口	182	→	883	4.9倍	ジャカルタ	人口	15	→	896	59.7倍
	面積	1,814	→	1,898	1.0倍		面積	590	→	740	1.3倍
	人口密度	1,002	→	4,655	4.6倍		人口密度	254	→	12,110	47.6倍
	経済規模	25	→	1,962	77.0倍		経済規模	2	→	514	324.7倍
	所得水準	1,543	→	22,248	14.4倍		所得水準	1,056	→	5,802	5.5倍
	水消費	94	→	1,548	16.5倍		水消費	4	→	1,339	308.9倍
	1人当たり	72	→	374	5.2倍		1人当たり	61	→	162	2.7倍
ハルビン	人口	20	→	1,042	52.1倍	アムステルダム	人口	20	→	1,076	53.8倍
	面積	36	→	605	16.7倍		面積	636	→	636	1.0倍
	人口密度	5,528	→	17,215	3.1倍		人口密度	307	→	17,184	56.0倍
	経済規模	2	→	2,707	1,402.5倍		経済規模	20	→	428	21.4倍
	所得水準	965	→	26,289	27.2倍		所得水準	1,003	→	3,980	4.0倍
	水消費	10	→	1,990	209.4倍		水消費	7	→	1,321	191.2倍
	1人当たり	66	→	350	5.3倍		1人当たり	59	→	125	2.1倍
北京	人口	60	→	263	4.4倍	単位	人口	:総人口(万人)			
	面積	49	→	272	5.6倍		面積	:行政区面積(km ²)			
	人口密度	12,333	→	9,674	0.8倍		人口密度	(人/km ²)			
	経済規模	30	→	746	252.6倍		経済規模	:各都市の総生産額(億ドル)			
	所得水準	947	→	28,527	30.1倍		所得水準	:1人当たりGDP(ドル/人)			
	水消費	10	→	477	46.3倍		水消費	:水消費量総量(百万m ³)			
1人当たり	58	→	398	6.8倍	1人当たり	:生活用水使用量(l/人/日)					

100年間の変化

東京とバンコクの比較

都市名 **東京** 年代 **1900**

		I	II	III	IV	V
D	人口増加速度	中	高	高	中	低
	経済成長速度	低	中	中	高	中
	産業構造の特徴	第一次・減	第一次・減	第二次・増	第二次・減 第三次・増	第二次・減 第三次・増
	市街地率 (23区)	25-35%	35-50%	50-65%	35-80%	80%~
P	水の需要 (生活用水:ℓ/d/人)	少・微増 (50-100)	少・微増 (100-150)	増 (150-200)	急増 (200-350)	減少 (350-300)
	地下開発	低・なし	低・数km	低・数km	急増(200km)	高(200km~)
S	地下水位					
	水質(環境質)					
	地下温度	低	中(微増)	高(急増)	高(急増)	高
I	地盤沈下	小	大	大	中	一定
R	代替水源				地表水(ダム)	地表水(ダム)
	地下水規制	なし	なし	量規制	量・質規制	量・質規制
	下水道整備	低 (建設開始)	低(~10%)	低・微増 (20%)	急増 (20-80%)	高(80%~)

都市名 **バンコク** 年代 **1900**

		0	I	II	III	IV	V
D	人口増加速度	低	中	高	高	中	低
	経済成長速度	低	低	中	中	高	中
	産業構造の特徴		第一次・減	第一次・減	第二次・増	第二次・減 第三次・増	第二次・減 第三次・増
	市街地率	-25%	25-35%	35-50%	50-65%	35-80%	80%~
P	水の需要 (生活用水:ℓ/d)	少 (-50)	少・微増 (50-100)	少・微増 (100-150)	増(150-200)	急増 (200-350)	減少 (350-300)
	地下開発	なし	低・なし	低・数km	低・数km	急増(-200km)	高(200km-)
S	地下水位						
	水質(環境質)						
	地下温度	低	低	中(微増)	高(急増)	高(急増)	高
I	地盤沈下	低	小	大	大	中	一定
R	代替水源					ダム	ダム
	地下水規制	なし	なし	なし	量規制	量・質規制	量・質規制
	下水道整備	なし	低 (建設開始)	低(-10%)	低・微増 (20%)	急増 (20-80%)	高(80%-)

指標13. 重金屬濃度

14. 大気汚染濃度

- 大気汚染項目の観測値の経年変化を各都市の代表値とする。
 - とりあえずは統計書データ
 - 二酸化硫黄濃度
 - 浮遊微粒子濃度
 - 一酸化炭素濃度
 - 二酸化窒素濃度
 - 一酸化窒素濃度
 - 物質班(細野さん、小野寺先生)が必要な項目確認中。

15. 1人当たり窒素排出量

- 清水君
 - 土地利用あたりの窒素排出原単位を基に、経済状況、産業構造、などから原単位を変化させる。

社会経済班

都市化が地下水動態に与える影響： SWATバンクモデルの構築

2009年10月29日

地下プロ全体会議(大津)

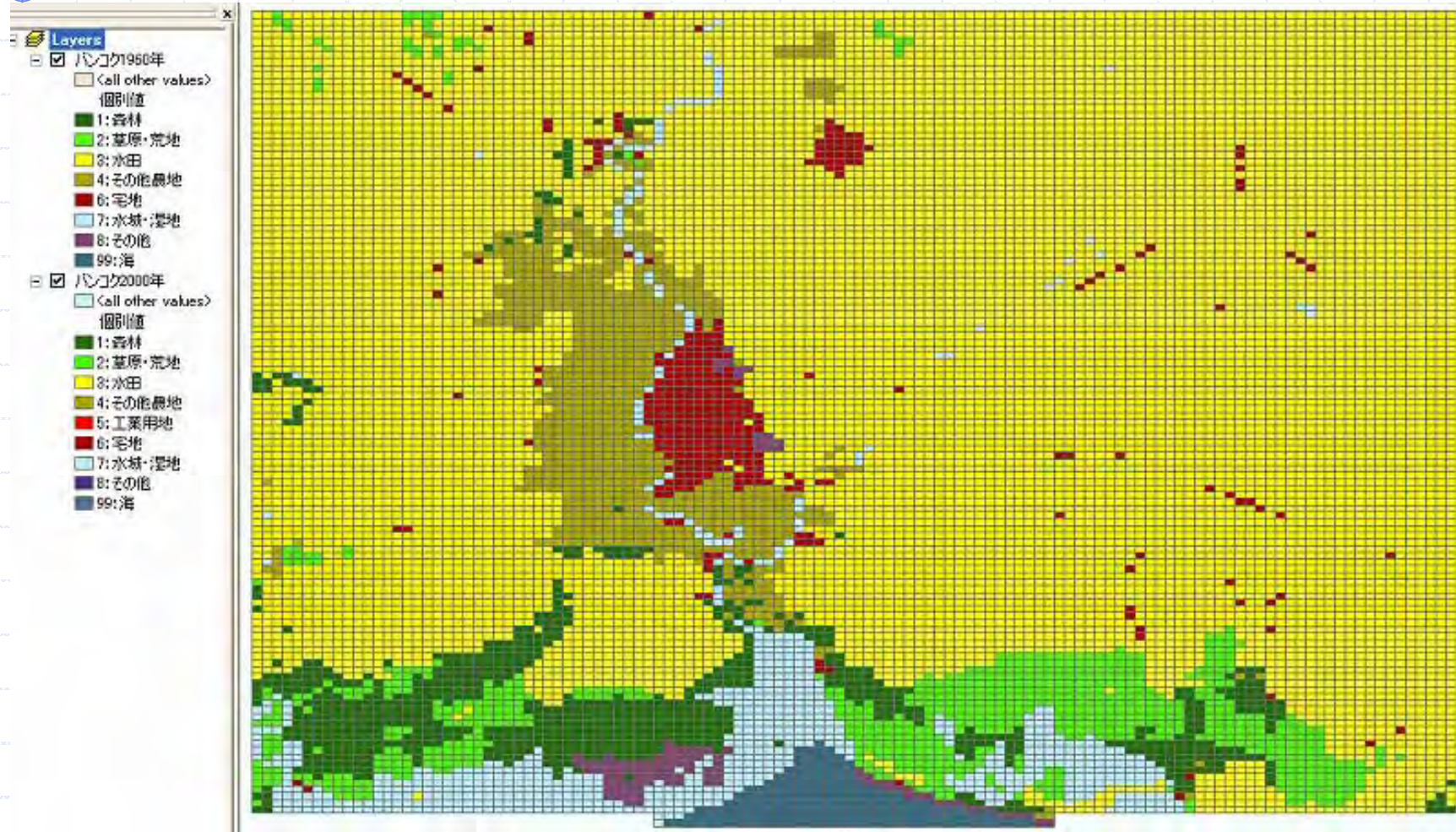
田中勝也(滋賀大学)

金子慎治(広島大学)

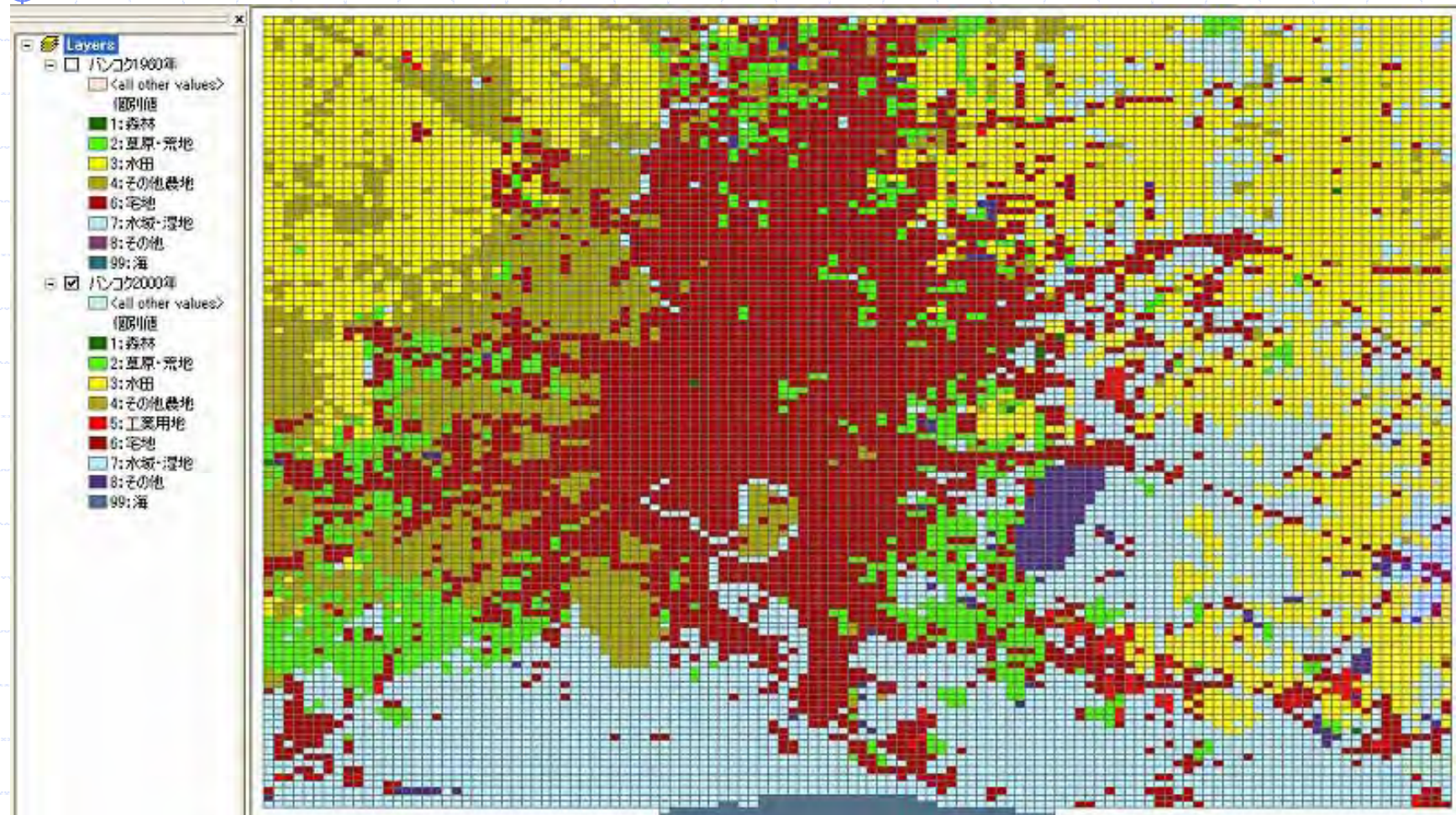
研究の目的

- ◆ 都市化が進むアジア都市部における表層流・地下水の動態を把握
 - 舗装率の増加・揚水量の変化・etc.
 - SWATモデルのバンコクへの適用
- ◆ 都市化の進展による水環境への影響を定量的に評価
 - 政策論議へ繋げる

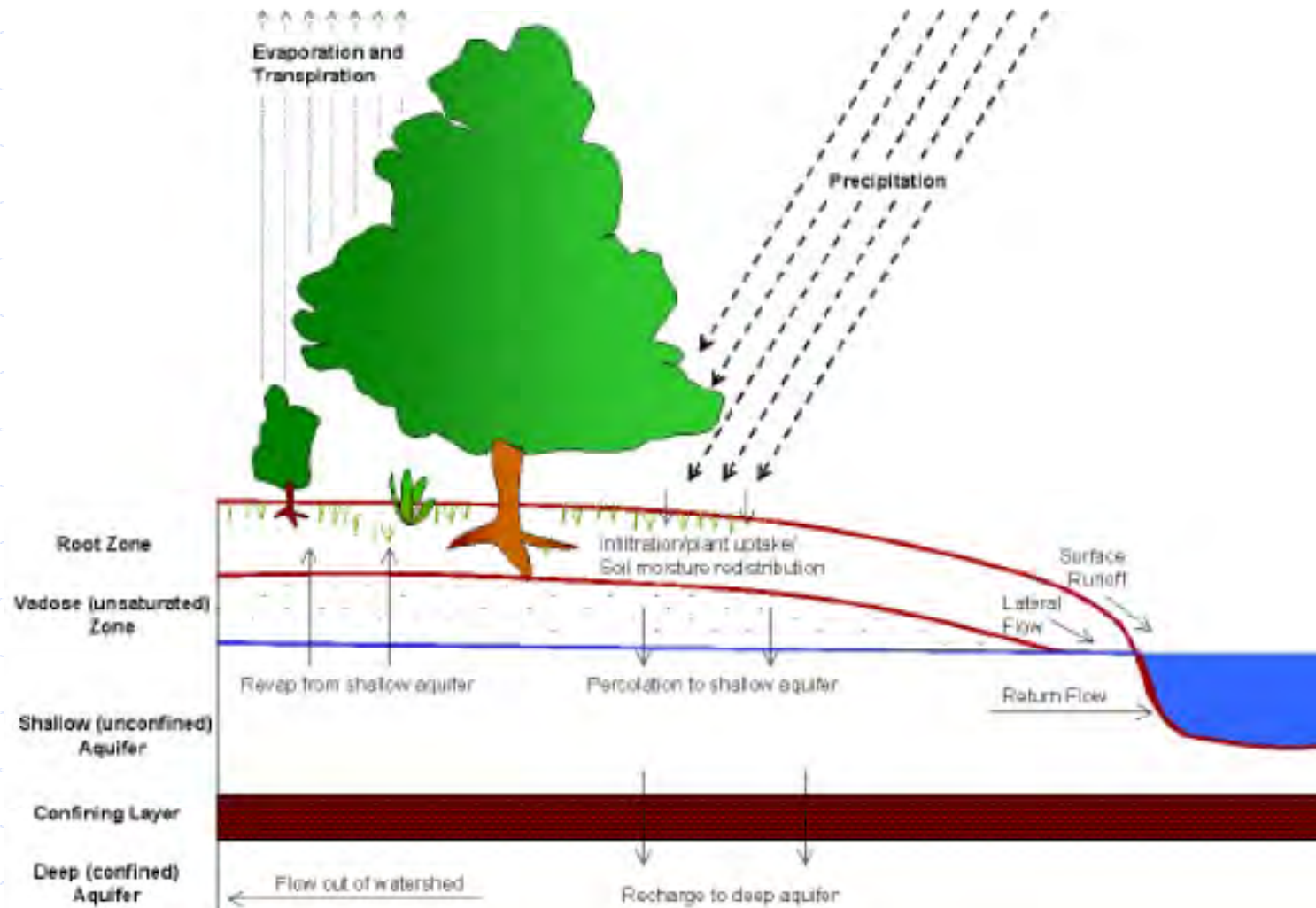
バンコクの土地利用(1960年)



バンコクの土地利用(2000年)



SWATにおける水循環サイクル





Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

- ◆ 水収支シミュレーションモデル
 - Developed by the USDA-ARS
- ◆ 水量、水質、作物の成長、栄養素サイクルなどをモデル化
- ◆ 流域 (watershed) を地形・水路により小流域 (subbasin) に分割
- ◆ 小流域を土壌・土地利用により再分割 (hydrologic response unit, HRU)

→空間的異質性を考慮した現実的なシミュレーションが可能

SWATの地下水関連アウトプット

- ◆ Groundwater recharge entering shallow (unconstrained) aquifer (水量、水位)
 - 被圧帯水層の計算も可能だが、大ざっぱ
- ◆ NO₃ and Soluble P transported by groundwater flow
 - 不圧帯水層への汚染物質の流入量
- ◆ SWATは地表面から不圧帯水層まで考慮した水収支シミュレーションモデル(地下水モデルではない)
 - MODFLOWモデルとの連携の必要性

データ

- ◆ 高度マップ
- ◆ 土地利用マップ
- ◆ 土壌マップ
- ◆ 気象データ
- ◆ 流量データ

モデル環境

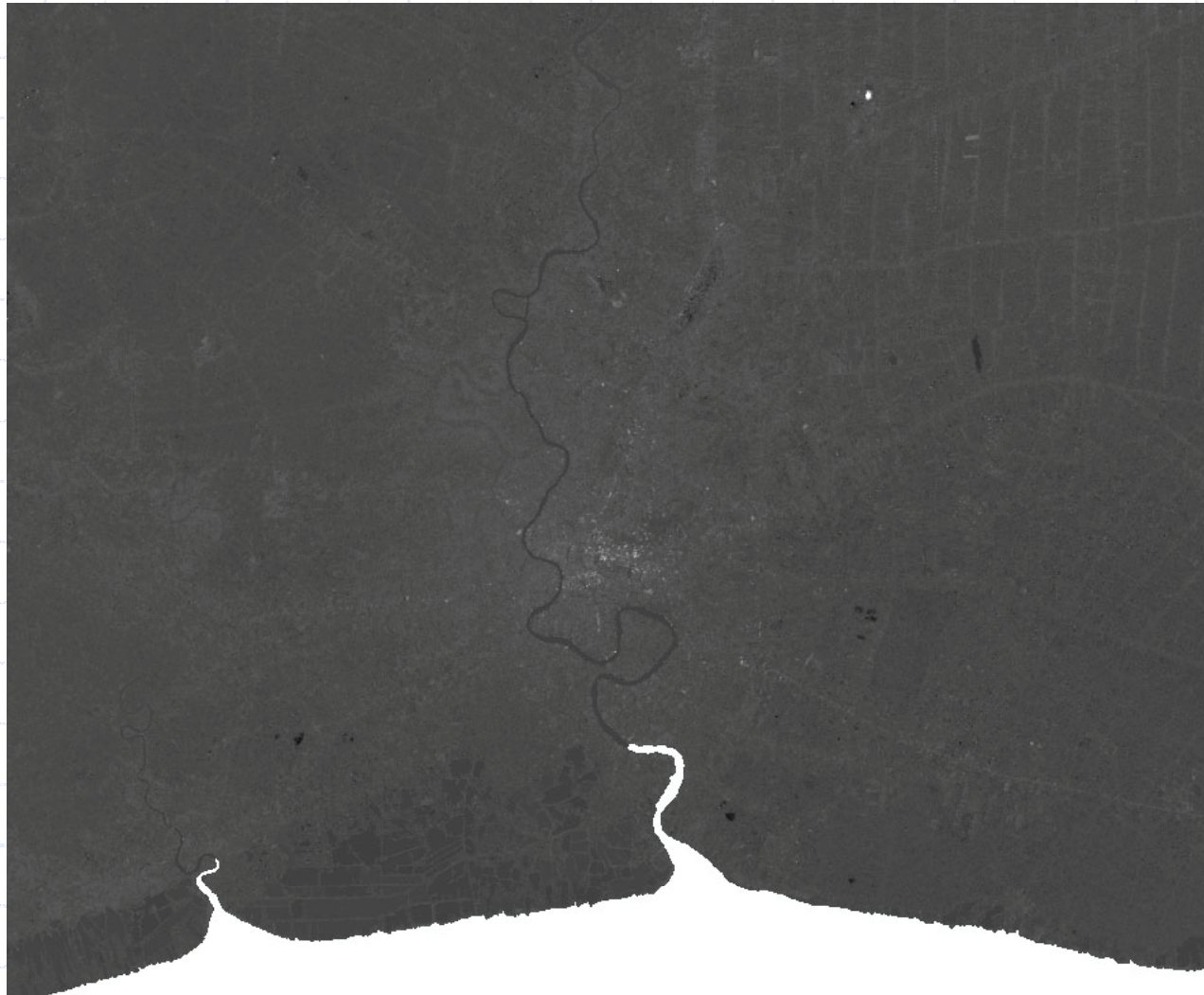
- ◆ ArcSWAT 2.4.3
- ◆ ArcGIS 9.3.1 (+ SpatialAnalyst)
- ◆ 他にArcGIS 9.1, 9.2, ArcView 3.2, MapWindow版もあり

データ

◆ 高度マップ (DEM)

- SRTM 90m Elevation Imagery (90mメッシュ)
 - ◆ ASTER GDEM (30mメッシュ) は使用せず

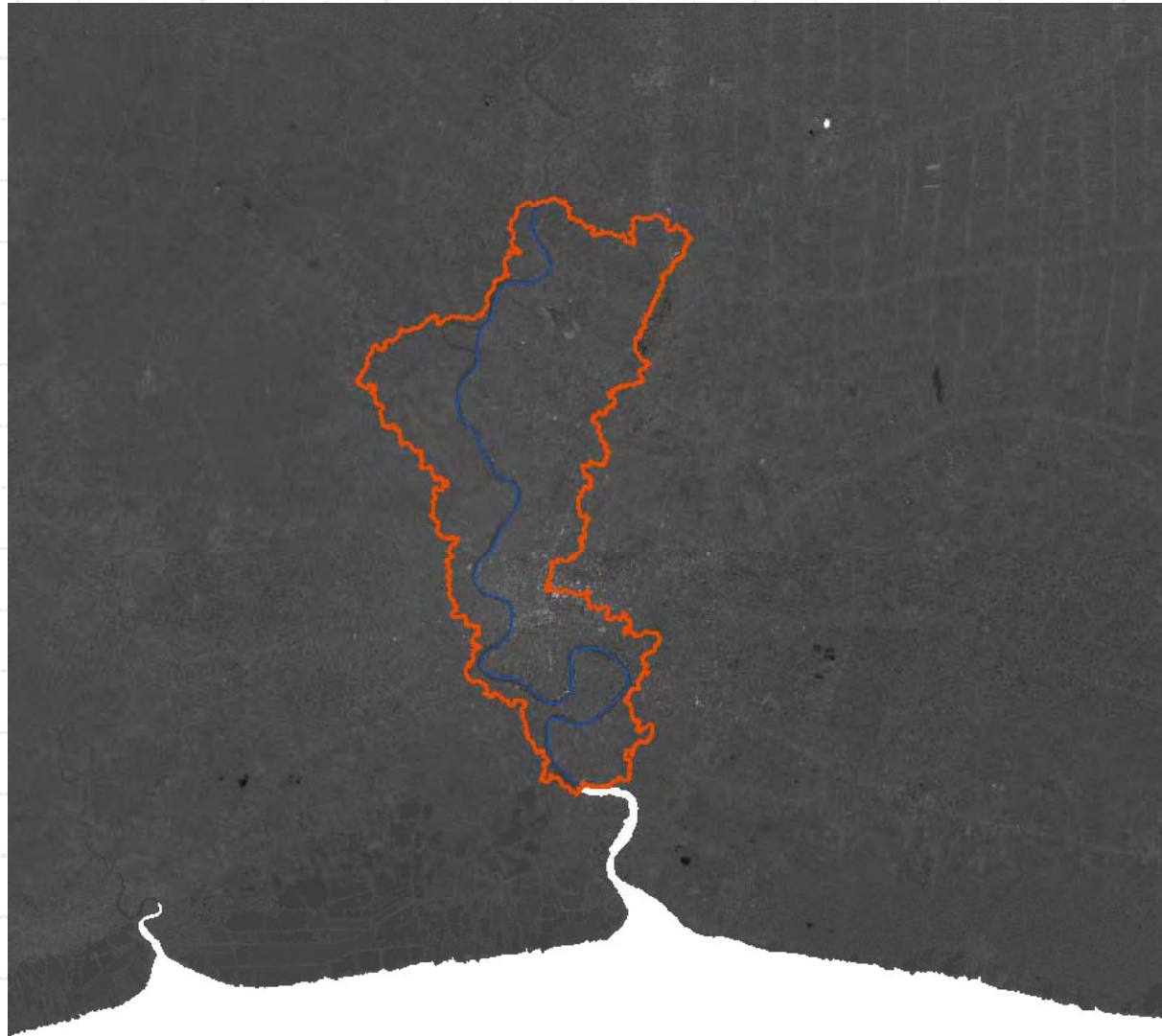
データ: 高度マップ



データ: 高度マップ



データ: 高度マップ

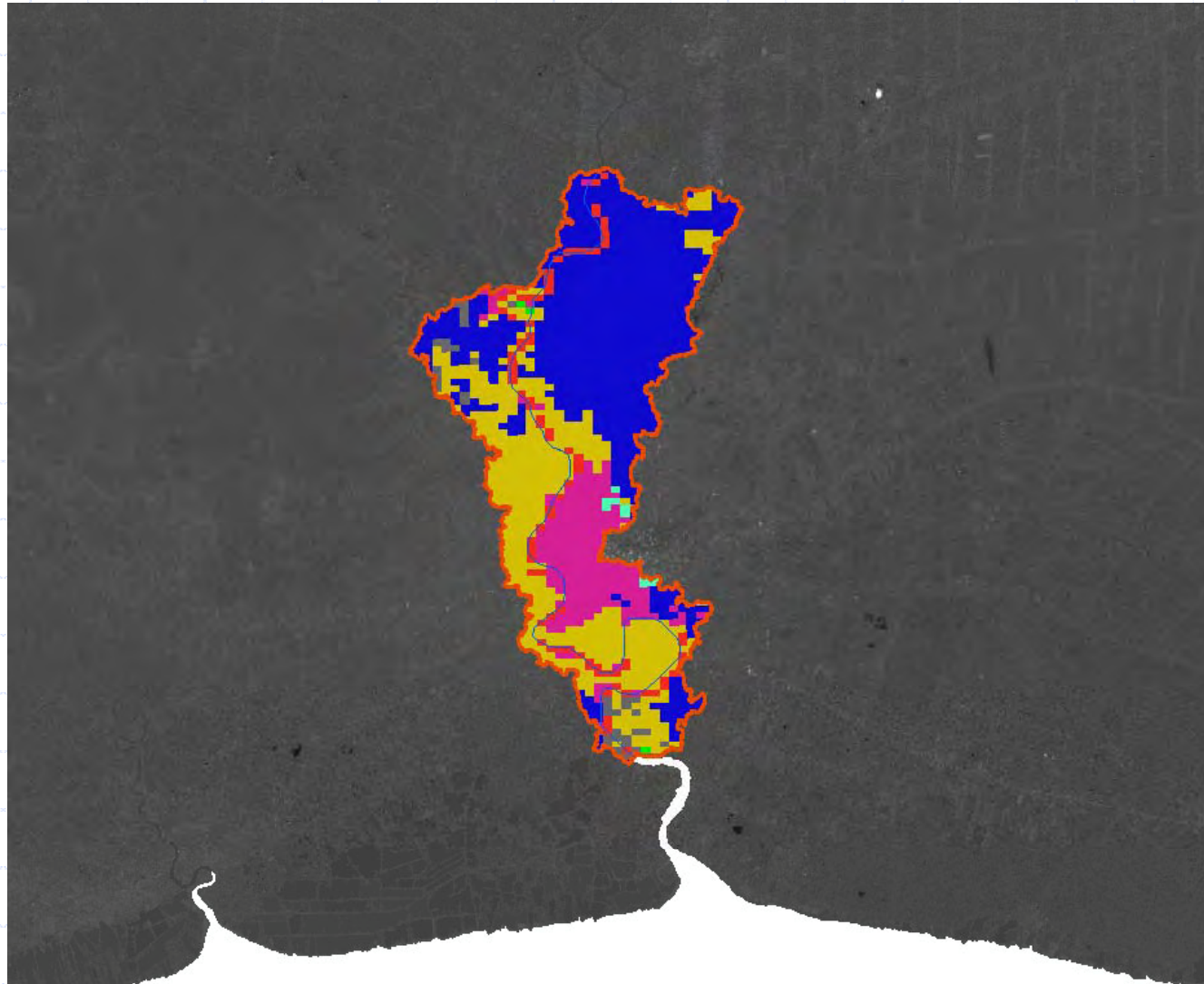


データ

◆ 土地利用マップ

- 地球研「アジア4都市における土地利用メッシュマップ」
(韓国、台湾、フィリピン、タイ)
- 500mメッシュ、バンコク中心部周辺
- 1960年・2000年(2時点)

データ: 土地利用マップ

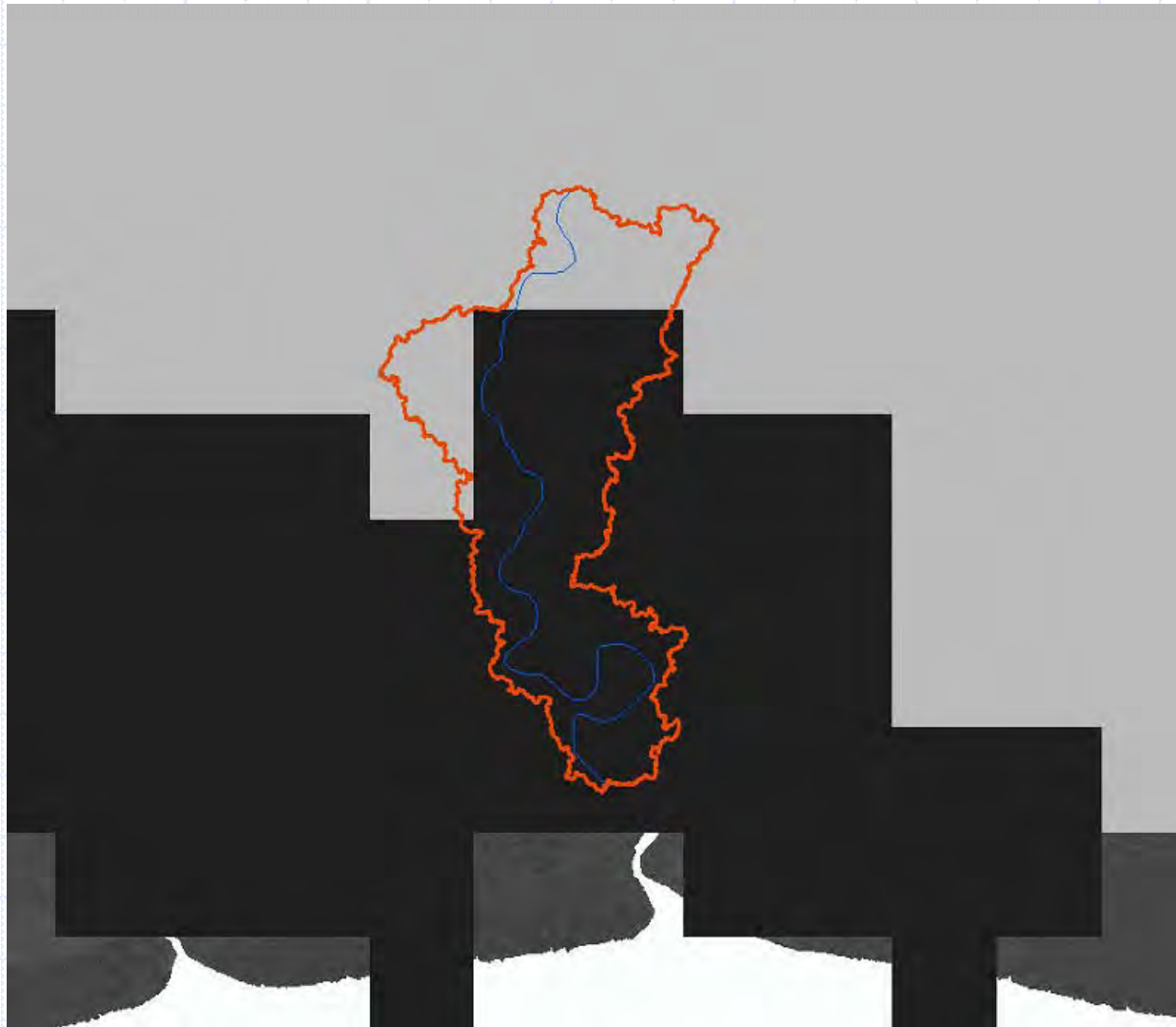


データ

◆ 土壌マップ

- Digital Soil Map of the World
 - ◆ FAO/UNESCO作成
- 1:5,000,000 (5分メッシュ)

データ: 土壌マップ



データ

◆ 気象データ

- National Climate Data Center (NOAA)
- 最低気温、最高気温、降水量
- 2000～2005年
- タイ国内に133の観測点(世界全体で23,254地点)

データ

◆ 流量データ

- Global Runoff Data Center(安元さん提供)
- RID (灌漑局)観測データ(オンライン)

今後の方向性

- ◆ 結果のCalibration/Validation
 - 至急
- ◆ 社会経済指標のSWATモデルへの反映
 - どのような指標が有効か？
- ◆ MODFLOWモデルとの連携
 - モデル範囲の違いが課題？