

平成20年度 地下プロ全体会議(霞ヶ浦)

# 社会経済班の活動・成果報告

2008年11月10日

広島大学  
金子 慎治

# 報告内容

- 活動報告
  - KRIHS and RIHN Joint International Symposium
  - 班会議(2008年6月13日、2009年1月)
  - 現地調査(2008年12月マニラ、2009年3月ジャカルタ)
- 研究成果
  - 政策評価
    - 洪水被害の経済評価
    - 大阪の公共下水道による工業排水対策
  - 窒素循環・管理
    - SFA
    - SWAT
  - その他と指標
    - 下水道整備
    - 地下開発度
- 今後の予定

# KRIHS and RIHN Joint International Symposium

- The Korea Research Institute for Human Settlements (KRIHS) in South Korea conducted a joint international symposium with the Research Institute for Humanity and Nature (RIHN) of Japan.
- The first activity based on the agreement between two institutions at Bali, Indonesia in December 2008.
- This was also part of the commemoration of the 30th year of foundation of KRIHS
- This was held on June 12, 2008 at KRIHS.
- “Urban Sustainability in Asia: Urban Planning, Environment and Transportation.”
- Approximately 60 participants: Taniguchi, Endo, Kaneko, Fujikura, Fujiwara, Imai, BJ Lee

30  
KRIHS 30th Anniversary  
RIHN 10th Anniversary

# KRIHS and RIHN Joint International Symposium 「Urban Sustainability in Asia: Urban Planning, Environment and Transportation」

June 12, 2008

Organized by KRIHS



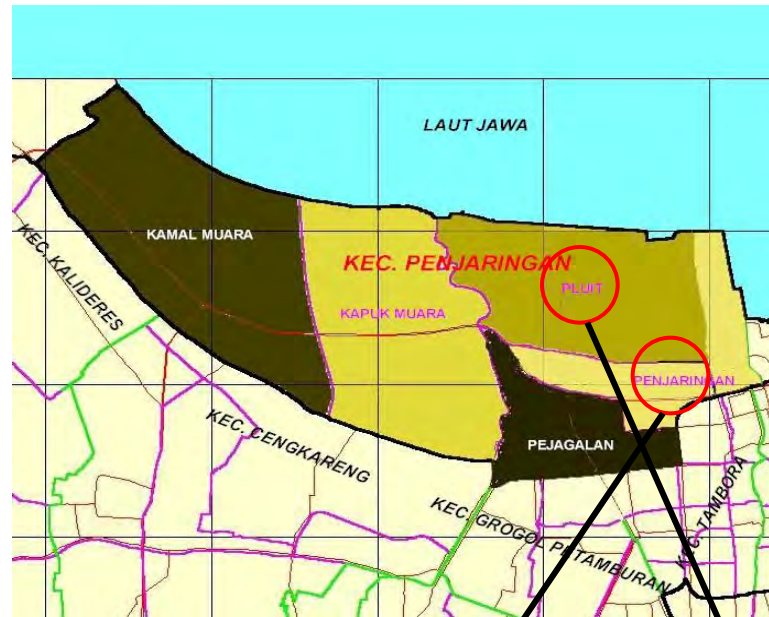




# 洪水被害の経済評価

- 背景
  - 地下水の過剰くみ上げに起因して深刻化する途上国都市沿岸の地盤沈下は、河川氾濫による洪水のみならず、高潮による洪水が発生、慢性化している。
  - 今後の対策を考える上で、被害状況や被害額、住民の対策に対する意識・支払い意志額などの情報が必要
- Penjaringan(ジャカルタ)、KAMANAVA(マニラ)で住民調査を実施し、洪水被害額の推計を行った。

# Location of Penjaringan District, Jakarta

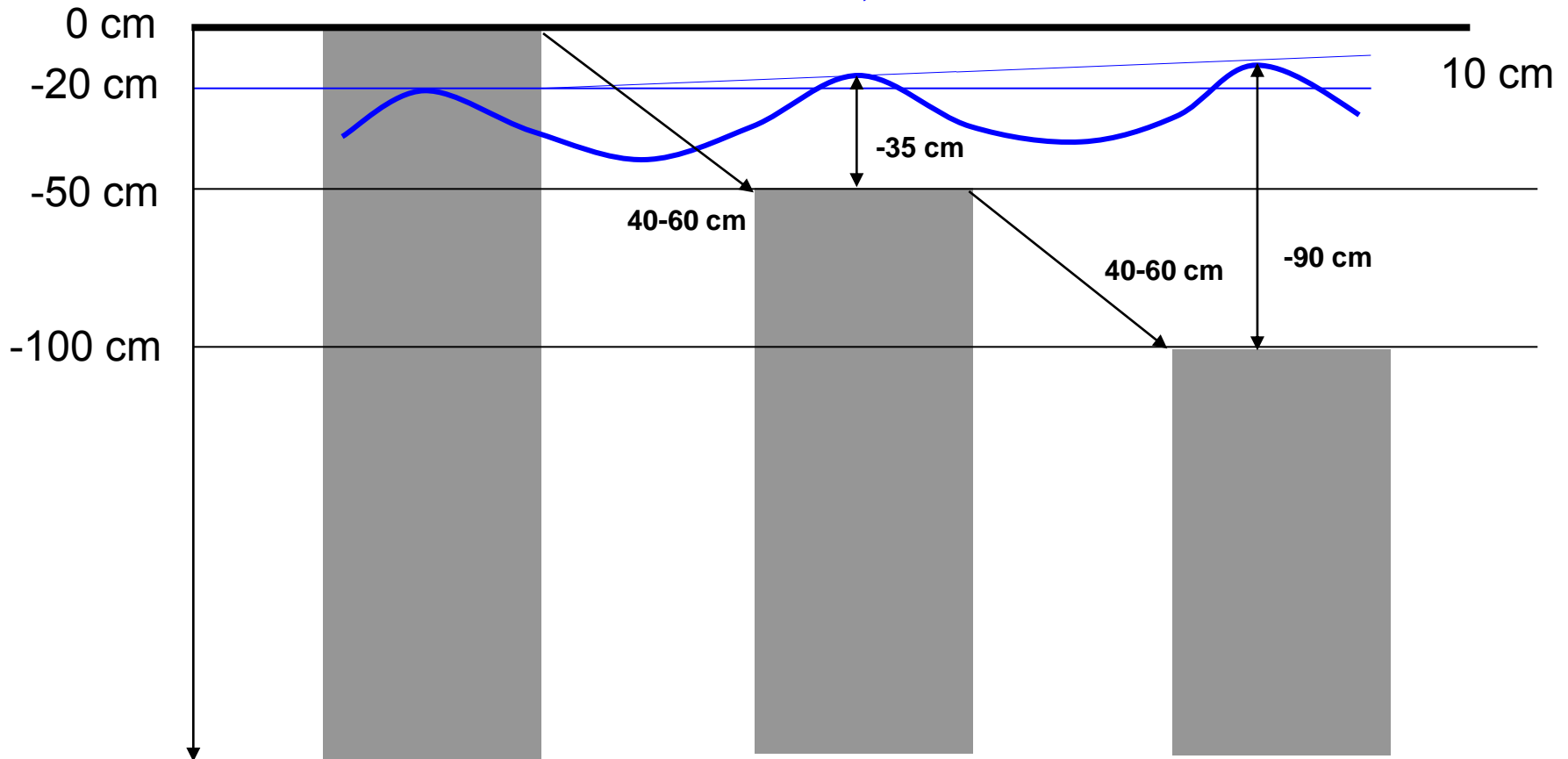


	<u>PENJARINGAN</u>	<u>PLUIT</u>
1. Area	39.543 km <sup>2</sup>	77.119 km <sup>2</sup>
2. Pop. Density	14,217p./km <sup>2</sup>	5,680 p./km <sup>2</sup>
3. No of Households	19,487 HH	15,198 HH
4. Last big Flooding	November 2007	May 2007
5. Victims at the last Flooding	8,784 people, 2,115 HH	5,487 people, 1,941 HH
6. Respondents	180 HH	120 HH

# 洪水発生背景

1989 - 18.6 years - 2007 - 18.6 years - 2026

Nov 26, 2007



# Mixed causes of the flooding at the study site



- High tide
- Collapse of dike
- Land subsidence
- Illegal houses at river bank
- Dumped garbage at river bank
- Lack of capacity of drainage system and reservoirs
- Poor households

# Outline of the survey

- March 6-16, 2008
- Face-face interviews by local surveyors
- Samples
  - Penjaringan: 180=>175
  - Pluit: 120=>95
- Economic losses:
  - Income loss
  - Extra costs for transportation and drinking water
  - Damage on property
- WTP for counter measurements



# Economic Impact

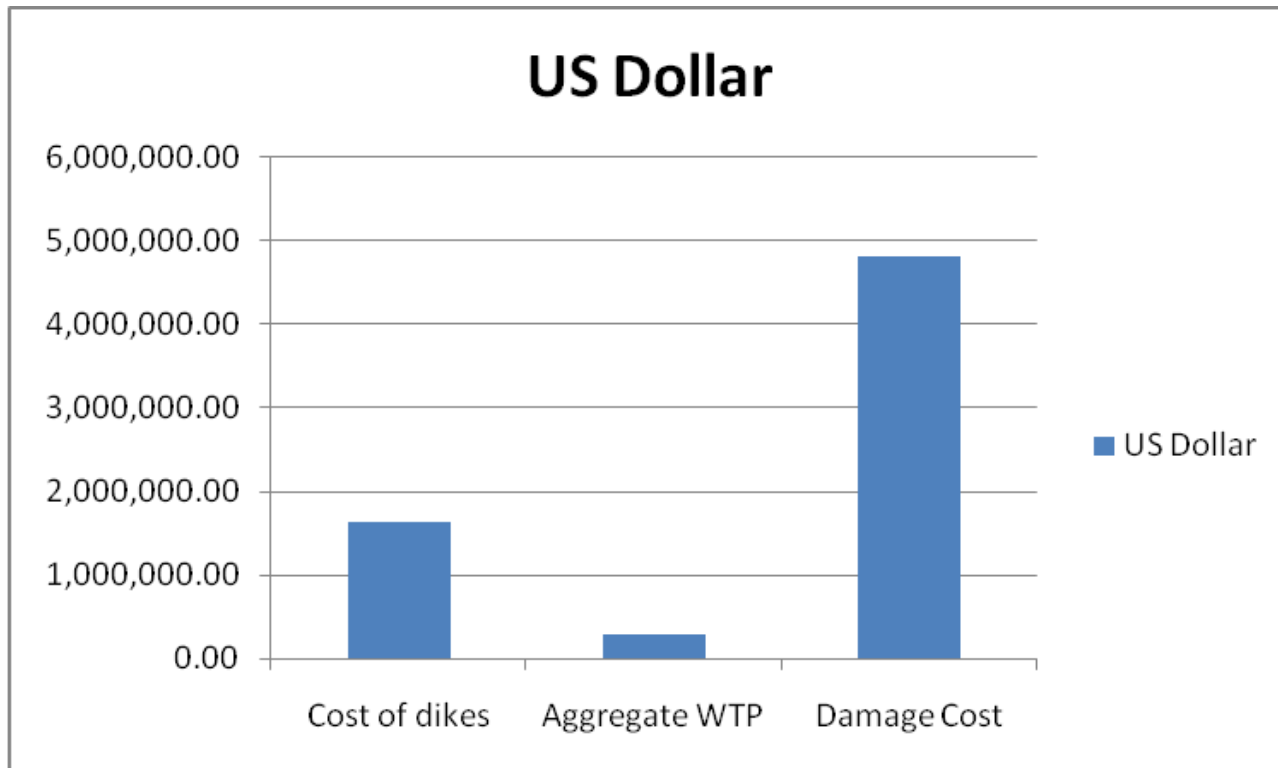
	Penjaringan	Pluit
Income Losses	Rp 125,580,000	Rp 149,678,000
Off works (days)	1,929	1,255
Income loss/days	Rp 65,101	Rp 119,625
Min-Max days of off works	1-120 days	2-150 days
Min-Max income losses	Rp 30 thousand – Rp 18 million	Rp 30 thousand – Rp 30 million
Total property losses	Rp 416,782,000	Rp 493,300,000
Min-Max property losses/HH	Rp 50 thousand – Rp 28 million	Rp 150 thousand – Rp 100 million
Avoidance cost	Rp 23,229,000	Rp 62,620,000
Average increasing cost for water (drinking)	65.45%/people	117.12%/people
Average Increasing transport cost	291.75%	203.62%
Average increasing cost for taking a bath and washing	93.31%/people	200.97%/people

# Average damage and additional costs of flooding per household

No	Damage impact	Penjaringan	Pluit	Average damage for two areas
1	Property loss/damage	Rp 3,474,183 (USD 377.3)	Rp 4,110,833 (USD 446.4)	Rp 3,792,508 (USD 411.9)
2	Income losses	Rp 831,544 (USD 90.3)	Rp 1,247,316 (USD 135.5)	Rp 1,039,430 (USD 1129)
3	Health cost	Rp 79,450 (USD 8.6)	Rp 48,283 (USD 5.2)	Rp 63,866.5 (USD 6.9)
4	Avoiding cost	Rp 129,050 (USD 14.0)	Rp 521,833 (USD 56.7)	Rp 325,441.5 (USD 35.3)
5	Transport cost	Rp 10,639 (USD 1.2)	Rp 6,588 (USD 0.7)	Rp 17,227 (USD 1.9)
6	Water cost	Rp 22,610 (USD 2.46)	Rp 32,270 (USD 3.5)	Rp 27,740 (USD 3.01)
	Average damage cost/household	Rp 757,912.6 (USD 82.3)	Rp 994,520.5 (USD 108.1)	Rp 877,702 (USD 95.3)

(1 USD = Rp 9208) based on Bank Indonesia (2008)

# Comparison of the costs



# Location of KAMANAVA area



Fig. 1. Map of Metro Manila.

The KAMANAVA area is in the northern part of Manila Bay (colored in green in the map).

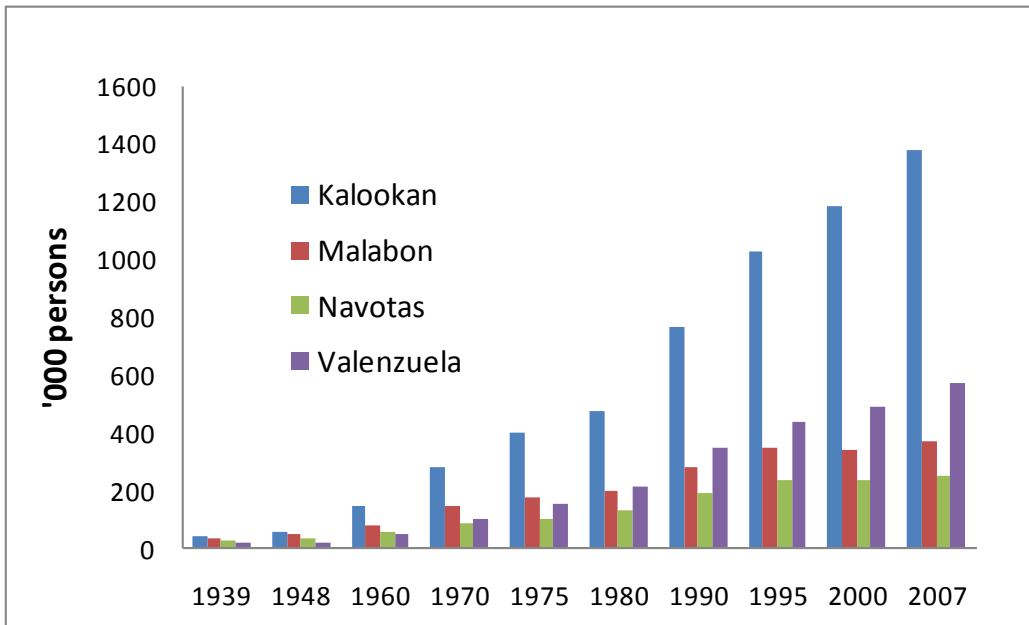
The KAMANAVA area is composed of the cities of **K**alookan (Caloocan), **M**alabon, **N**avotas and **V**alenzuela.

Area: 18.48 km<sup>2</sup>

The KAMANAVA area is a low-lying and flat land with an elevation of -0.5 to 1.5 m above mean sea level of Manila Bay and is located in the estuary delta of Malabon-Tullahan River.

The topographical characteristics make this area prone to flooding caused by heavy rainfall, high water level in rivers, and high tide at Manila Bay.

# Population growth in KAMANAVA



Population density (2000)  
(persons/ sq.km)

Metro Manila: 15, 686

Manila City: 63, 294

Kalookan: 21, 104

Malabon: 10, 382

Navotas: 25, 772

Valenzuela: 10,324

In 2007, the population of Metro Manila is around 11.5 million and the number of people in the KAMANAVA area is 22% of this total population.

# Components of the survey

- Interview questionnaires
  - 300 households in select villages (“barangays”) in KAMANAVA
  - 8 small and medium scale companies;
  - 5 schools



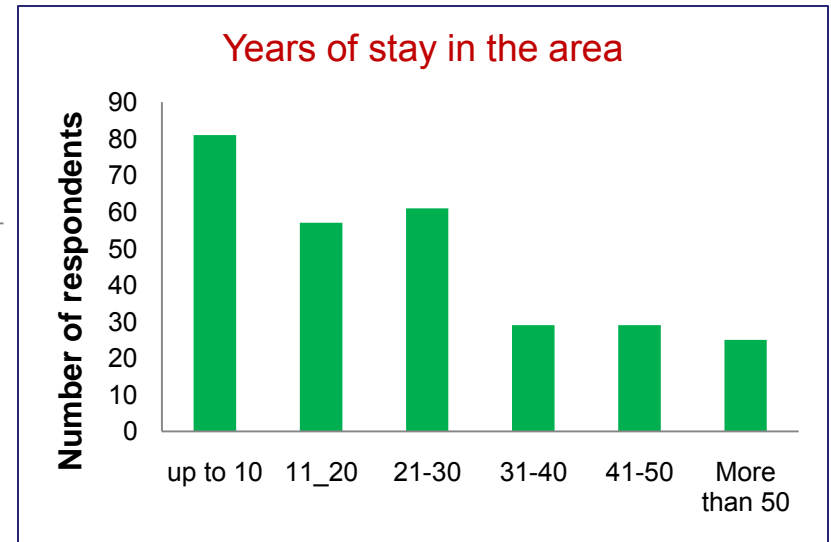
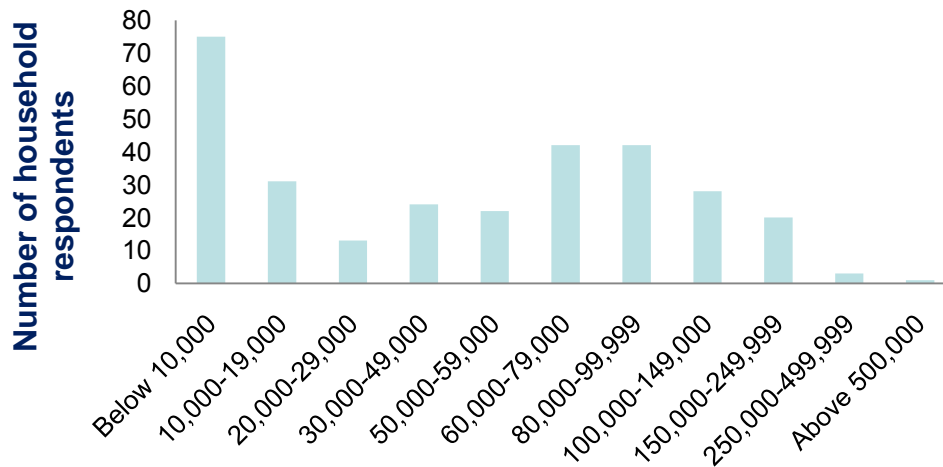
## Contents:

- Flooding incidences, causes of floods, height and duration of flood waters
- Cost estimates (cost of damage to structures, cost of transportation, cost of illness, cost of mitigation)



# Characteristics of respondents

Number of respondents based on income levels



Most respondents are from low income levels – most vulnerable to impacts of flooding

# Initial results of survey



- Flood frequencies vary, with an average of 32 flooding days in a year, depending on the location and drainage capacities
- 1 area in Malabon is still flooded since 2004 but more than 120 families continue to live in the area.
- Floods occur more frequently from June to September due to a combination of heavy rains and high tide.
- Height range of floodwater is from 0.25 m to more than 2m
- Duration of floodwater inside the house/ building is from 1-7 days.

# Flood impacts on households



1. Damages to structures, furniture, appliances

2. Loss of income

3. Increased health risks

4. Increased transportation and cleaning costs

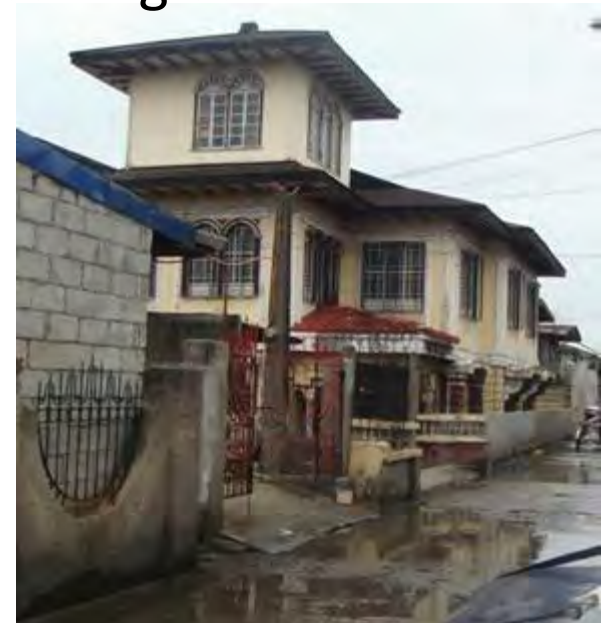


5. Additional costs for mitigation

- placement of barriers

- land-filling

- raising the level of houses



# Average household expenses due to floods

	Annual expenses in PhP (USD)	Mitigation cost in PhP (USD)
<b>Kalookan</b>	3848 (80)	36021 (745)
<b>Malabon</b>	3383 (70)	50145 (1032)
<b>Navotas</b>	5773 (119)	64054 (1318)
<b>Valenzuela</b>	1663 (34)	6157 (127)

Annual expenses include: cost of damage, transportation, cleaning and illness

Mitigation costs include: placing of barriers, land-filling, or raising the level of houses.

Households with high income spent as much as PhP2 million (USD 40,561) to build a higher house to avoid floodwaters from coming in.

# Average HH damage costs (1-time big flood)

	PhP	USD
Kalookan	7045	146
Malabon	20550	425
Navotas	17219	356
Valenzuela	7933	164
<b>Average</b>	13187	273

Household (HH) damage costs include: damaged structures, furniture, and appliances, transportation, cleaning, and illness

# Flood impacts on companies

- Floodwater prevention measures:
  - land-filling, raising the level of building and/or building a new one
- Loss of income, cost of cleaning, cost of property damages, especially to floors, water supply and sewer facilities.



**Cost of flood mitigation: PhP20,000-PhP5 million (USD404 – 101,150).**

# Flood impacts on schools

- For schools, aside from cost of damage to properties, flooding prevents the children to come to attend classes because of difficult accessibility.
- In some cases, schools are also used as evacuation centers for nearby residents affected by floods.
- Classes have to be extended in a year in exchange for the days when the schools were closed due to floods.



*Photo from Prof. Siringan*



# Flood prevention activities – by government



**Sandbagging**



**Polder dikes**



**Raising the level of roads**




**Flood control gates**

# Initial analysis from the survey

- As flooding in the KAMANAVA area becomes almost a daily phenomenon, households spend more on mitigation activities, which is dependent on income
- Damage cost estimates from household seem low as these are perceived amount of respondents.
  - more comprehensive calculation of cost is needed to derive a more realistic damage cost estimate.
  - additional parameters are needed to estimate cost of illness or health risks
- Additional information is needed to analyze the damage estimates for companies and schools. This could be elaborated in case studies.
- This study needs to include flood prevention activities done by government and their cost-effectiveness.

# 政策分析

- 都市の排水処理（民生用（家庭、業務）、工業用）に関して東京、大阪⇒ソウル、台北の経験をレビューし、マニラ、ジャカルタ、バンコクへのレッスンを抽出する

A nighttime photograph of a modern city street featuring a canal. The water in the canal reflects the vibrant lights from the surrounding buildings and streetlights. The buildings are tall and modern, with many windows and signs illuminated. The street is paved and has a few people walking. The overall atmosphere is bright and urban.

# History of Industrial Waste Water Treatment by Sewerage System in Osaka City

**Ryo Fujikura**  
**Hosei University**

# Tokyo's Rivers in 1970



# Sewerage in Osaka City

Osaka municipal ordinance of sewerage was amended in 1960. It stipulated quality standard of waste water discharged from factories. **However, waste water was not actually monitored.**

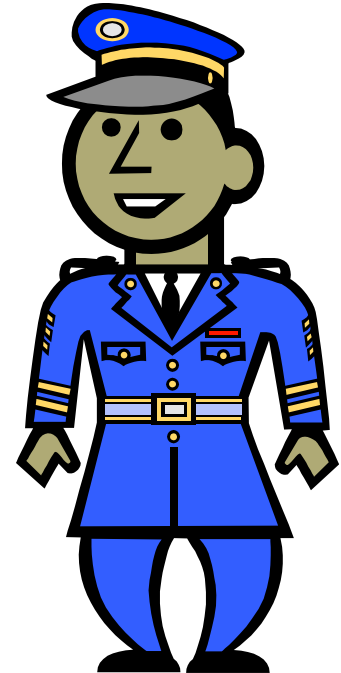
Untreated waste water often damaged or clogged sewers. A number of complaints against offensive odor were submitted.

Around 1970, BOD of river water in the downtown exceeded 65mg/L. It sometime exceeded 200 mg/L

# Sewerage in Osaka City

Osaka municipal government established Water Monitoring Division in 1972, and actually started water quality monitoring.

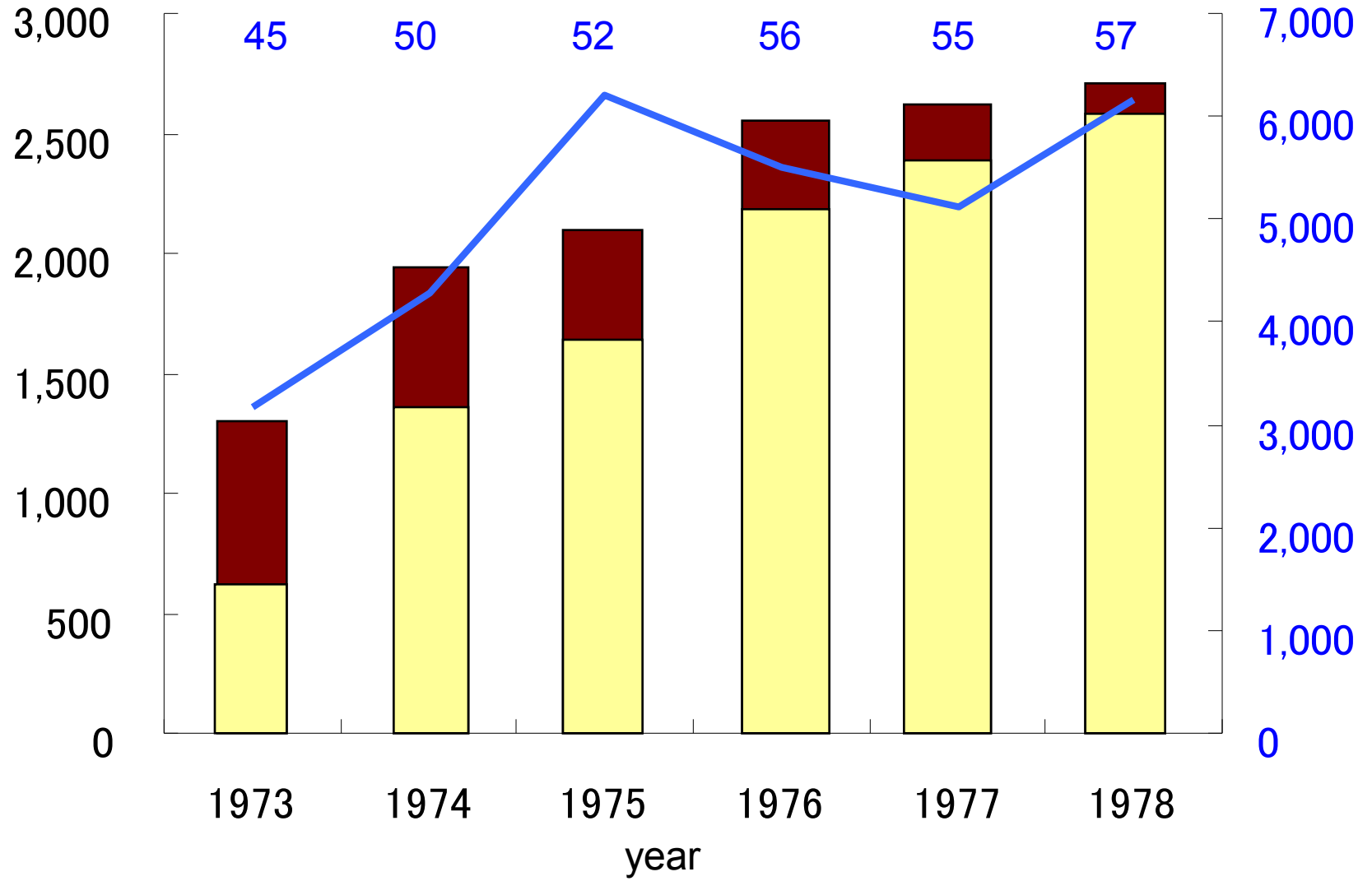
Osaka Prefecture Police established Pollution Control Division. It exposed violation of the ordinance in collaboration with the municipal government.

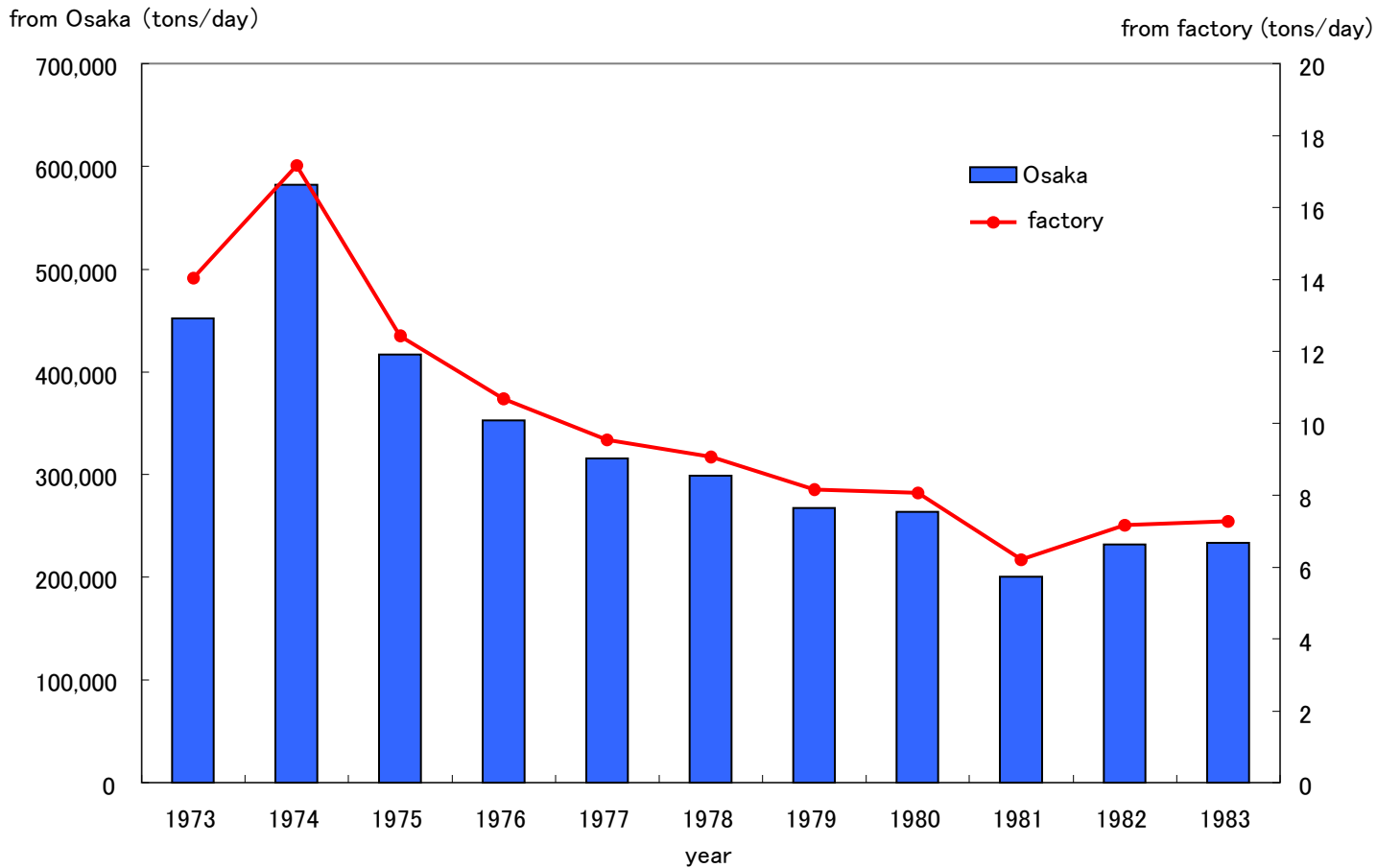


- Number of inspections
- Factory without treatment facility
- Factory with treatment facility

factory

Inspection





Source) Osaka Municipal Government

### Industrial waste water discharge from Osaka City

Total amount of industrial waste water was decreased of 40.2% during 1974 – 1983. This seems to be attributed to gradual increasing waste water tariff system introduced in 1972 and “Water quality tariff” introduced in 1973.

## Administrative cost of industrial waste water monitoring in Osaka (FY2002)

Facilities subjected to site inspection: approximately 3,000

Site inspections: 8,600 times per year, and 2.9 times per one facility per year

Site inspection officers: 18 (14 was full-time inspectors)

Number of inspections conducted by one inspection team consisted with 2 inspectors: 452 per year

## **Advantage of accepting industrial waste water to sewage**

**Tariff is a strong incentive for factories to reduce and recycle waster.**

**If waste water does not contain toxic substances such as heavy metals (such as food processing industry), factories need not treat waste water.**

## **Disadvantage of accepting industrial waste water to sewage**

**Water treatment facility must be installed and operated at factories using toxic substances.**

**If a sewerage system collect all waste water and directly discharged into the sea, water recycling will be inhibited.**

**Tariff seldom does not include construction cost of the sewerage system. It does not correspond with polluter pays principle.**

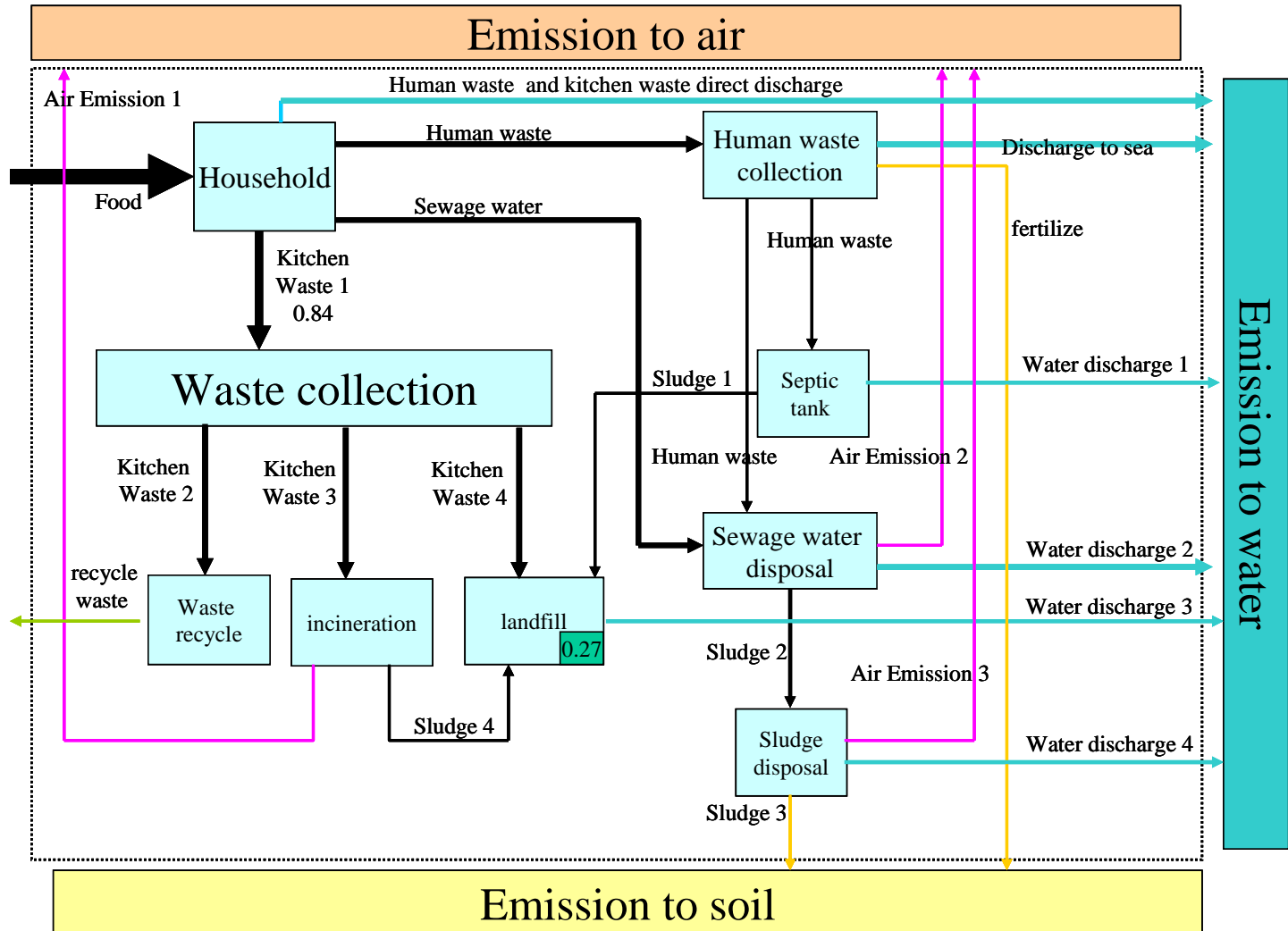
**It is inefficient to treat water after mixing industrial water of high BOD with sewage of low BOD.**

# 窒素循環・管理に関する研究

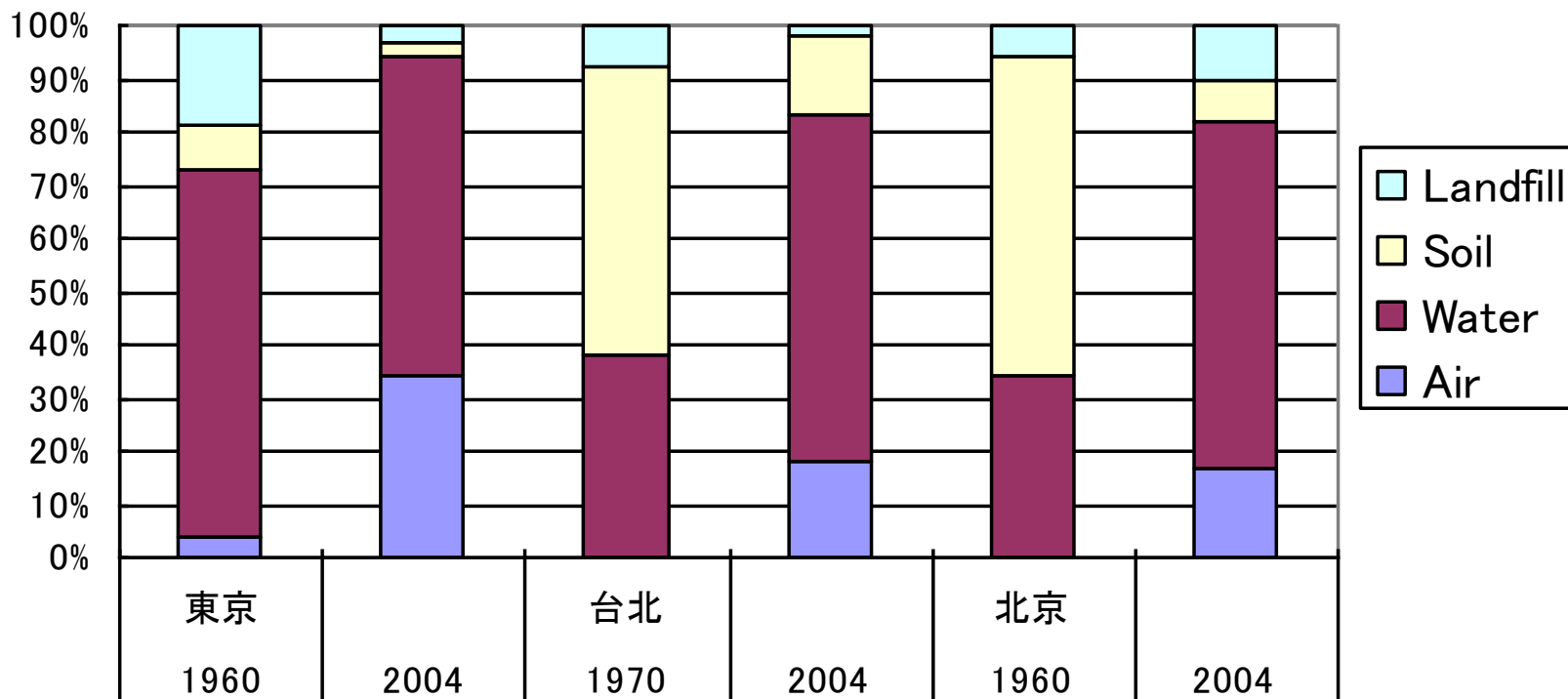
- 家庭部門を対象とした食料由来の窒素に関するSFA (Substance Flow Analysis)
- 江戸の窒素バランス
- SWAT (Soil & Water Assessment Tool)
  - 農業を含む流域全体の窒素フロー
  - GISベースの空間分析

# 分析のシステム境界

System boundary of MFA and SFA in Tokyo



# 窒素の排出先の変化(3都市)



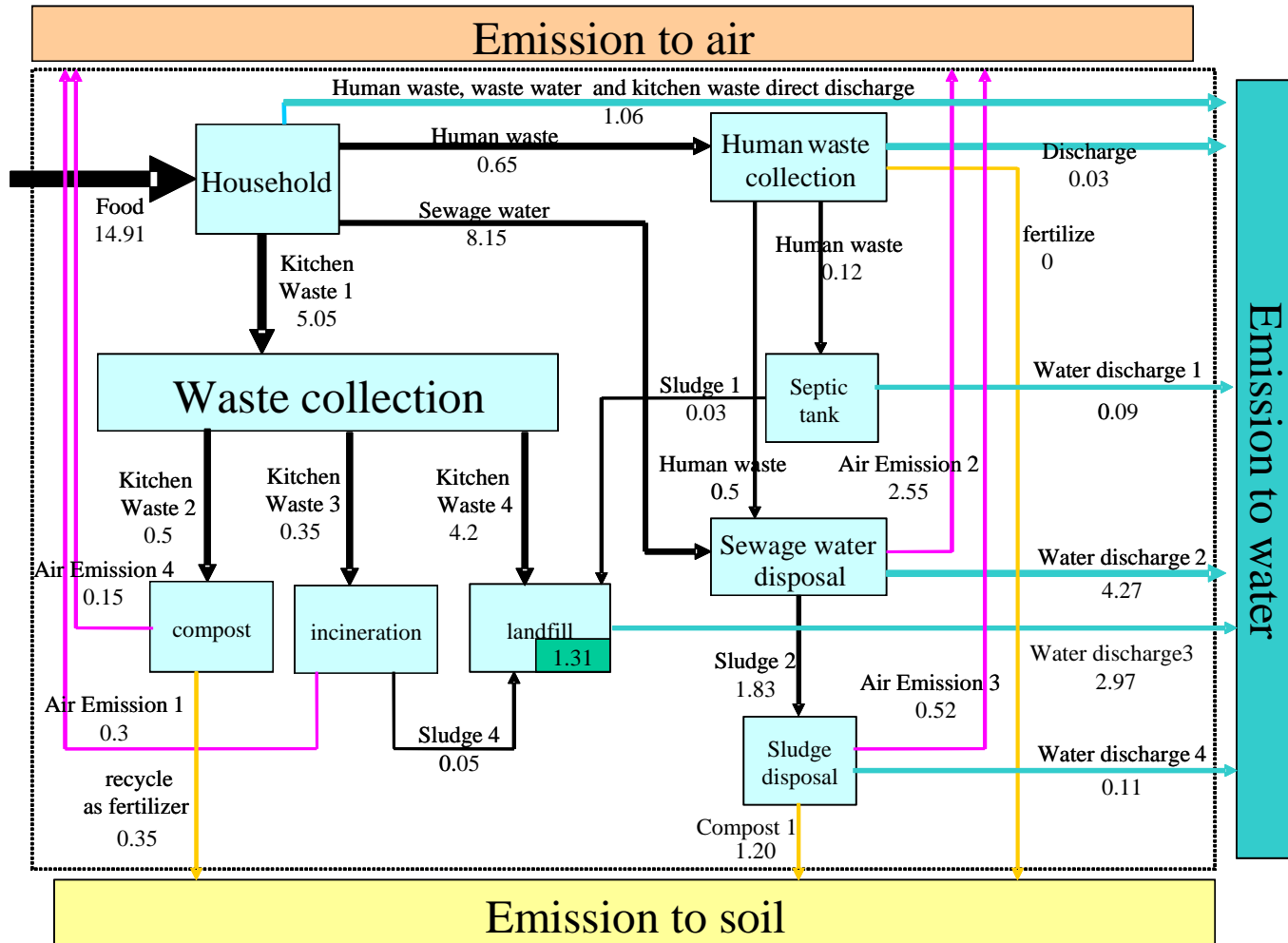
# シナリオ分析の条件設定

## : 北京を対象とした例

- シナリオ1: 一般廃棄物は主に埋立地で処置される; し尿の直接収集は下水システムの普及率を上げる共に段々減っている; 下水汚泥は堆肥して肥料として使う。
- シナリオ2: 一般廃棄物は主に焼却で処置される; し尿の直接収集は下水システムの普及率を上げる共に段々減っている; 下水汚泥は嫌氣的消化されて発生したメタンガスを利用する。
- シナリオ3: 一般廃棄物は北京の計画通りに処置される; し尿は直接収集して堆肥する; 下水汚泥は堆肥して肥料として使う。

# 北京の窒素循環(2020年シナリオ1)

Substance flow of N in Beijing in 2020 (g/person · day) Scenario1



A: 24%  
W: 57%  
S: 10%  
L: 9%

# これまでの成果(1/2)

- 東京、北京と台北市を対象として、長期間の窒素フローを分析した。対象年は、東京と北京が1960-2000年、台北市が1970-2004年である。食料消費から、大気、水、土壌への放出を、マテリアルフロー分析(MFA)、物質フロー分析(SFA)の手法により定量化した。
  - 1960年以降、東京では1人1日あたり窒素供給量が徐々に増加したのに対し、北京と台北では急速に増加した。家庭の食料消費による窒素負荷の増加が経済の発展とよく比例していることがわかった。
  - し尿、下水の汚泥などを元々肥料として使っていたが、公衆衛生の問題と化学肥料の普及によって肥料としての使用が減った。
  - 窒素の大部分は、し尿として水域に排出される。それは、都市にとって大きな環境負荷の原因となる可能性を意味する。
  - 廃棄物の焼却や排水処理の普及により、窒素の水域への排出を大気への排出へと変化させていることも示せた。厨芥ごみや下水汚泥のリサイクルも、水域への排出削減に寄与している現状が明らかになった。

# これまでの成果(2/2)

- 北京の廃棄物、し尿と下水処理方式をシナリオ分析により、窒素循環への影響を分析した。
  - 窒素が焼却、下水処理により窒素酸化物に変化している。その結果、脱硝装置のための費用が年々増加していることがわかる。
  - 厨芥の堆肥化、し尿の収集・堆肥化、汚泥の堆肥化など、窒素を肥料として再利用することが、窒素による汚染と脱硝費用の削減につながる。

# 今後の課題(1/2)

- 物質循環の分析対象の拡大

- 対象期間の延伸

- 20～50年について分析してきた
- back castのためにはモデル化が必要

- 対象都市

- Tokyo, Taipei, Beijingは終了
- 他の都市を分析( Bangkok, Manila, Jakarta, Seoul, Osakaなど)

- 対象セクターの拡大

- 食料消費を対象に分析してきた
- 対象セクターを事業系、農業、工業セクターに拡大して、都市全体の人間活動を対象として分析する

- 対象物質の拡大

- 窒素について分析してきた
- 対象物質を食物の主な栄養物質(炭素、リン)に拡大する
- さらに、循環に付随する環境負荷としてCO<sub>2</sub>を取り上げる

# 今後の課題(2/2)

- 都市物質循環のモデル化とシナリオ分析
  - 物質循環の支配方程式の取得とモデルの構築
    - アジア各都市で採用されている物質循環を支配する技術・対策の諸元を入手し、データベースを構築する
    - それとともに、物質フローの駆動力となる人口、経済発展、人間活動(食生活)と、物質フローの制御変数となる処理システムをモデル化する
    - 処理システムを選択することで変化する物質フローを再現する。その際、物質フローに付随するエネルギー消費、GHGだけでなく、衛生面、安全面及び経済面(建設費用、運営コストなど)についても扱えるモデルとする
    - 以上により、都市の食物由来物質循環システムを統合的に評価できるモデルを構築する
  - シナリオ分析によって将来のシステム構築の提言
    - 構築されたモデルを用いて、アジア大都市を対象に、過去の人間活動による地下への環境影響を再現する
    - シナリオ分析によって、環境面(GHG排出、富栄養化など)、衛生面、安全面及び経済面(建設費用、運営コストなど)への影響について、シナリオ間の比較を行う

農地に対する  
窒素と燐の必要量から推定した  
江戸時代末期の  
関東地方南部における  
し尿の需給関係

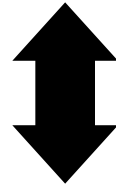
---

# 背景

- 「江戸時代には循環型社会形成に向けたヒントが無数にみられる」(環境省 2001)
- さまざまなりサイクル業者がいた。  
古着屋、古傘買い、提灯の張替屋  
焼接(やきつぎ)屋、蠟燭の流れ買い
- ただし、これらの行為は**経済的動機**に基づいたもの。

# し尿の利用(下肥)

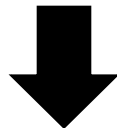
- し尿の回収と利用はリサイクルの好例。



- 農村に需要が存在するという経済的動機から収集されたにすぎない。し尿排除の社会システムが江戸に整備されていたわけではない(岩淵 1997)。

# これまでの筆者らの到達点(藤倉 他 2006)

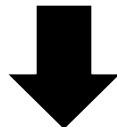
- 江戸から排出されるし尿は、江戸近郊農村で下肥として消費し尽くされていたのか？



- 1885年データを用いて下肥の需給バランスを推定。

– 供給量 ⇒ 窒素・燐の発生量  
– 需要量 ⇒ 窒素・燐の投入量

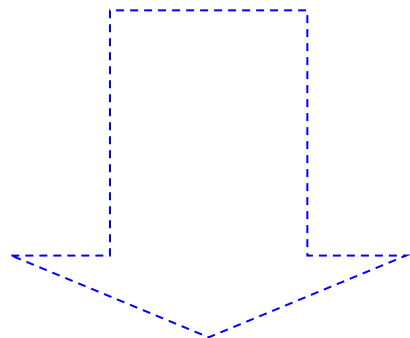
> 比較分析



- 下肥は即効性の肥料として、当時、かなりの需要があった。

# 次の疑問

- 需要過多であったから、江戸からし尿は排除された。



- 江戸から明治にかけて、どの時点から、し尿は「不要物」になったのか。
- 明治33年(1900年):下水道法と汚物清掃法の公布との関係

# 方法論

- 江戸近郊農家で需要される窒素・燐の総量と江戸から発生するし尿由来の窒素・燐の総量とを比較し、「需給・バランス」を時代ごとに比較する。

## 単位面積に投入される窒素・燐の推定

- 江戸時代は現代と同等以上の肥料集約農業であったと考えられているので、現在の東京都の施肥基準と同様と仮定。

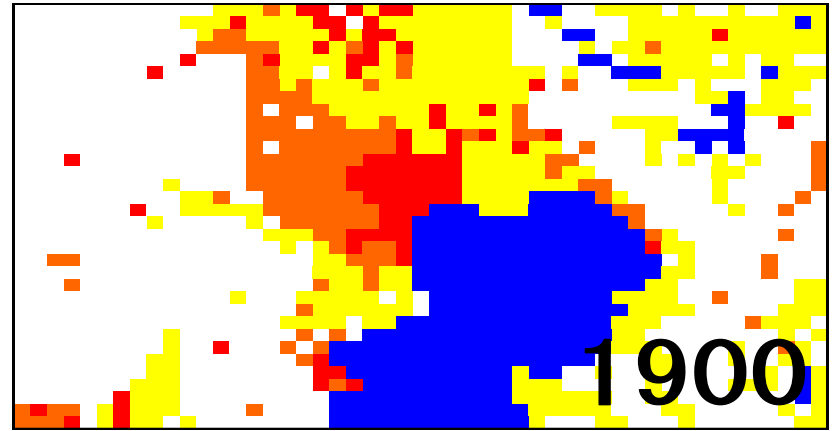
水田10アールあたりの投入量(kg)

	窒素	燐酸
江戸時代(吉田(1975)による推定値)	6~12	4~5
東京都施肥基準(現代)	4~6	5~7

- 畑地の投入量も東京都の施肥基準と同じと仮定。

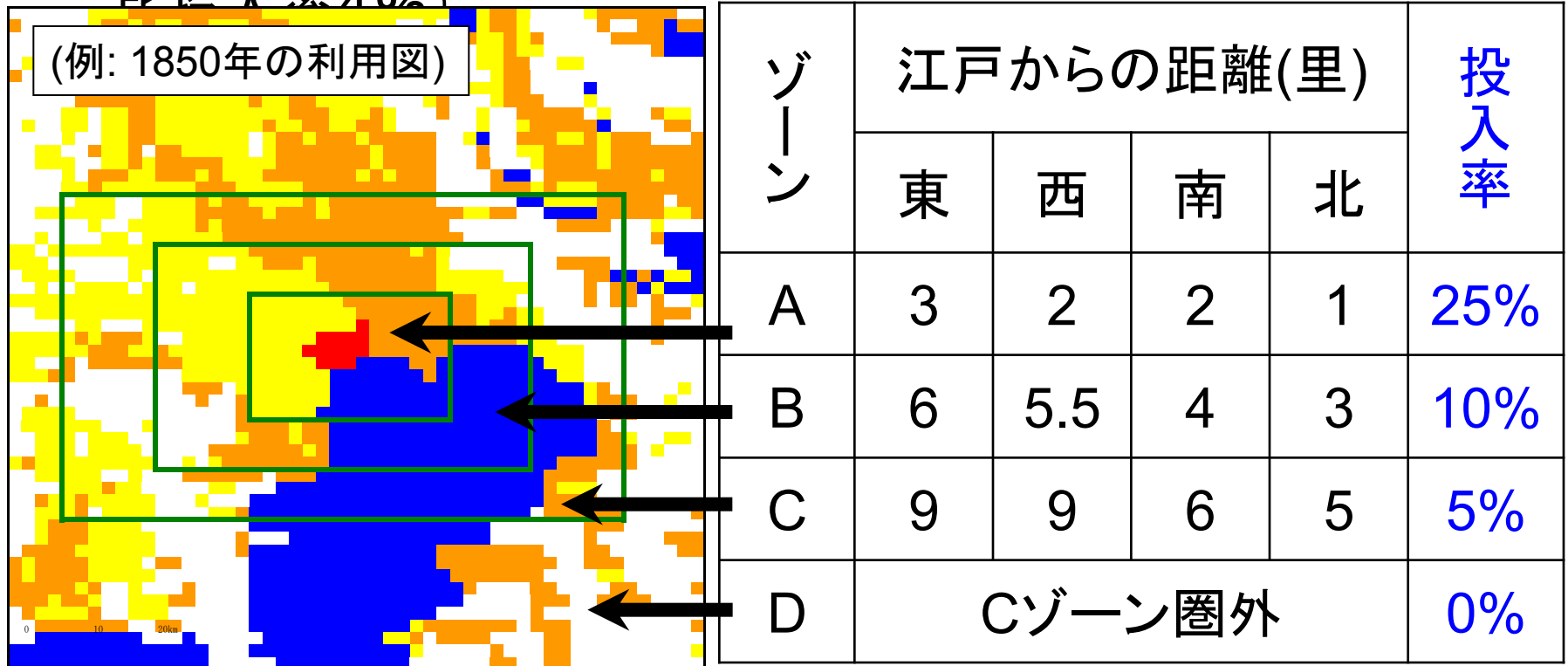
# 窒素・燐の投入総量の推定

- 1850、1900、1950、1985年の4時点の国土利用図を用い、江戸集落(■)の近郊における水田(■)及び畑地(■)の面積を算出。



# 窒素・燐の投入量の推定

- 江戸から離れるほど下肥の投入割合は低下するため(渡辺 1983)、近郊をA~Dゾーンに区分し、投入率をゾーン別に設定。(Cゾーンにあたる東葛飾郡の大正期における重量比投入率40%)



# 各ゾーンにある村落の例

ゾーン	当時の地名	現在の地名	年代	距離 (里)	主たる肥料
A	葛飾郡桑川村	江戸川区江戸川	1794	2.5	下肥
	荏原郡碑文谷村	目黒区碑文谷	1869	2.0	下肥, 糠
B	荏原郡太子堂村	世田谷区太子堂	1843	3.0	下肥, 馬糞
	足立郡根岸村	さいたま市南区根岸	1804	3.5	メ粕, 豆腐から, 下肥
C	多摩郡西窪新田	武蔵野市緑町	1714	6.0	下肥, 灰, 芝草, 馬屋肥
	多摩郡梶野新田	小金井市梶野町	1756	7.0	下肥, 馬屋肥, 糠, 灰, 馬糞
D	葛飾郡上金崎村	春日部市上金崎	1843	9.5	草肥, 下肥
	多摩郡山崎村	町田市山崎町	1843	10.0	下肥, 干草, 馬糞, 鰯, メ粕

# 千葉県東葛飾郡の肥料利用状況（大正9年）

肥料種別		施肥量 (貫)	価格 (円)	単価 (円/貫)	重量比 (%)	支出比 (%)
自給	堆肥	23,577,000	825,195	0.035	72.9	31.2
	緑肥	640,285	16,007	0.025	2.0	0.6
	小計	24,217,285	841,202	0.035	74.9	31.8
購入	大豆粕	704,124	300,770	0.427	2.2	11.4
	菜種油粕	63,630	54,339	0.854	0.2	2.1
	魚肥	214,573	267,280	1.246	0.7	10.1
	過燐酸石灰類	697,800	199,727	0.286	2.2	7.5
	糠	823,562	206,334	0.251	2.5	7.8
	わら灰	518,821	72,692	0.140	1.6	2.7
	<b>東京人糞</b>	<b>1,332,327</b>	<b>285,721</b>	<b>0.214</b>	<b>4.1</b>	<b>10.8</b>
	東京塵芥	2,782,078	67,782	0.024	8.6	2.6
	その他	993,280	350,356	0.353	3.1	13.2
小計	8,130,195	1,805,001	0.222	25.1	68.2	
合計	32,347,480	2,646,203		100.0	100.0	

# 分析結果：窒素の収支

年度	ゾーン	江戸からの距離 (里)				実質供給率 (%)	窒素							
		東郊	西郊	南郊	北郊		水田				畑地			
							原単位 (ton/km <sup>2</sup> )	施肥量 (ton/km <sup>2</sup> )	面積 (km <sup>2</sup> )	投入量 (ton)	原単位 (ton/km <sup>2</sup> )	施肥量 (ton/km <sup>2</sup> )	面積 (km <sup>2</sup> )	投入量 (ton)
1850	A	3.0	2.0	2.0	1.0	25		1.50	140	210		4.50	204	918
	B	6.0	5.5	4.0	3.0	10	6.0	0.60	296	178	18.0	1.80	404	727
	C	9.5	9.0	6.0	5.0	5		0.30	436	131		0.90	548	493
	合計					-	-	-	872	518	-	-	1,156	2,138
1900	A	3.0	2.0	2.0	1.0	25		1.50	120	180		4.50	108	486
	B	6.0	5.5	4.0	3.0	10	6.0	0.60	288	173	18.0	1.80	264	475
	C	9.5	9.0	6.0	5.0	5		0.30	480	144		0.90	88	79
	合計					-	-	-	888	497	-	-	460	1,040
1950	A	3.0	2.0	2.0	1.0	25		1.50	44	66		4.50	0	0
	B	6.0	5.5	4.0	3.0	10	6.0	0.60	152	91	18.0	1.80	104	187
	C	9.5	9.0	6.0	5.0	5		0.30	488	146		0.90	244	220
	合計					-	-	-	684	304	-	-	348	407
1985	A	3.0	2.0	2.0	1.0	25		1.50	0	0		4.50	0	0
	B	6.0	5.5	4.0	3.0	10	6.0	0.60	28	17	18.0	1.80	28	50
	C	9.5	9.0	6.0	5.0	5		0.30	328	98		0.90	212	191
	合計					-	-	-	356	115	-	-	240	241

# 分析結果：燐の収支

年度	ゾーン	江戸からの距離 (里)				実質供給率 (%)	燐							
		東郊	西郊	南郊	北郊		水田				畑地			
							原単位 (ton/km <sup>2</sup> )	施肥量 (ton/km <sup>2</sup> )	面積 (km <sup>2</sup> )	投入量 (ton)	原単位 (ton/km <sup>2</sup> )	施肥量 (ton/km <sup>2</sup> )	面積 (km <sup>2</sup> )	投入量 (ton)
1850	A	3.0	2.0	2.0	1.0	25		0.55	140	77		1.10	204	224
	B	6.0	5.5	4.0	3.0	10	2.2	0.22	296	65	4.4	0.44	404	178
	C	9.5	9.0	6.0	5.0	5		0.11	436	48		0.22	548	121
	合計					-	-	-	872	190	-	-	1,156	523
1900	A	3.0	2.0	2.0	1.0	25		0.55	120	66		1.10	108	119
	B	6.0	5.5	4.0	3.0	10	2.2	0.22	288	63	4.4	0.44	264	116
	C	9.5	9.0	6.0	5.0	5		0.11	480	53		0.22	88	19
	合計					-	-	-	888	182	-	-	460	254
1950	A	3.0	2.0	2.0	1.0	25		0.55	44	24		1.10	0	0
	B	6.0	5.5	4.0	3.0	10	2.2	0.22	152	33	4.4	0.44	104	46
	C	9.5	9.0	6.0	5.0	5		0.11	488	54		0.22	244	54
	合計					-	-	-	684	111	-	-	348	99
1985	A	3.0	2.0	2.0	1.0	25		0.55	0	0		1.10	0	0
	B	6.0	5.5	4.0	3.0	10	2.2	0.22	28	6	4.4	0.44	28	12
	C	9.5	9.0	6.0	5.0	5		0.11	328	36		0.22	212	47
	合計					-	-	-	356	42	-	-	240	59

# 窒素・燐の発生原単位の推定

- 1850、1900、1950、1985年の4時点のデータを収集
- 窒素・燐の発生量(ton/年)  
= 発生原単位(g/人・日)<sup>※1</sup> × 人口(人)<sup>※2</sup> × 365日

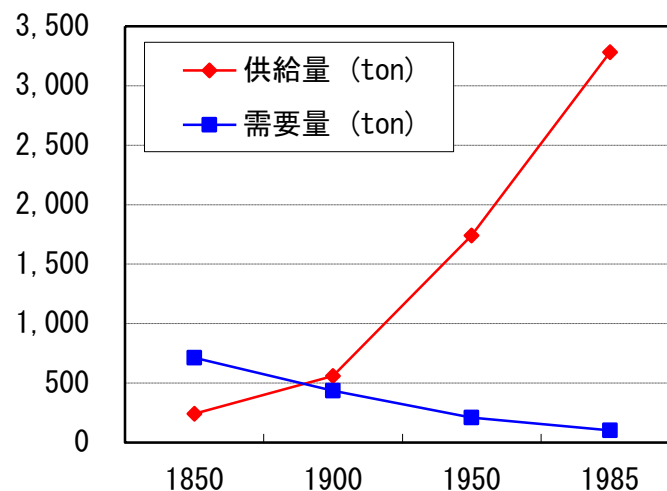
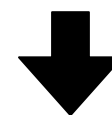
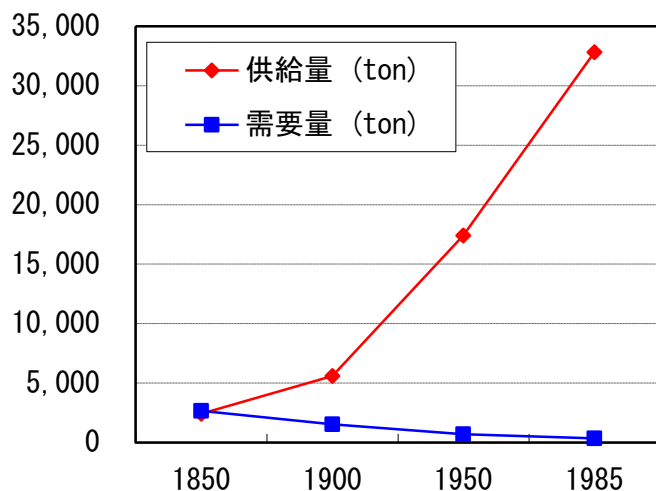
※1 中世日本の食生活を考慮して控えめに見積もる意味から1を採用。

1. 川島 (1999):  
窒素: 7.6g/人・日(T-N), 燐: 0.76g/人・日(T-P)
2. 茨城県 (2002):  
窒素: 9.0g/人・日(T-N), 燐: 0.77g/人・日(T-P)
3. 参考:  
A: 人糞尿の成分率: 窒素=0.55%, 燐酸=0.12%  
B: 1人が1日に排泄するし尿=1,500g  
A × B ⇒ 窒素: 8.25g/人・日(T-N), 燐: 0.79g/人・日(T-P)

※2 『東京都統計年鑑(平成18年度版)』から収集

# 分析結果のまとめ：窒素の収支バランス

年度	人口 (万人)	窒素			燐				
		発生原単位 (人・日(T-N))	発生量 ⇒供給量 (ton/年)	投入量 ⇒需要量 (ton)	需給 バランス (供給-需要) (ton)	発生原単位 (人・日(T-P))	発生量 ⇒供給量 (ton/年)	投入量 ⇒需要量 (ton)	需給 バランス (供給-需要) (ton)
1850	87.7	7.6	2432.9	2656.8	-223.9	0.76	243.3	712.8	-469.5
1900	201.4		5587.1	1537.2	4049.9		558.7	436.5	122.2
1950	627.8		17413.8	710.4	16703.4		1741.4	210.8	1530.6
1985	1182.9		32814.7	356.4	32458.3		3281.5	101.2	3180.3



## 考察：下肥の収支バランス（江戸時代）

- [窒素] 江戸のし尿を近郊農家で下肥として全量使い切ることは可能であった。
- [燐] 下肥だけでは需要をまかない切れなかった可能性が否定できない。
- 寛政期や天保期には、江戸近郊農民が幕府に対して下肥の値下げを嘆願する運動が発生している。  
→ 下肥の供給不足の可能性

考察：し尿は一滴漏らさず利用されていたか？

- 下肥の需要量には季節変動があったはず。
- 江戸では、尿は肥料として用いられたが、尿はもっぱら下水に流されていたらしい。
- 屎尿の相当部分はリサイクルされていた可能性があるが、そこから「漏れ出ていた」屎尿の存在も否定できない。

1900年前後には供給過剰になって  
いたのではないか

- 人口増加と近郊農地の減少による需要  
低下
- 1900年の下水道法と汚物清掃法の公布

# 今後の課題

- ゾーン区分とゾーン別下肥投入率
- 明治以降, 急速に普及した化学肥料(需要の低下)
- 輸送機関の進歩による遠隔地への供給(需要の拡大)
- 季節や畑地の作物による需要の差異

# 都市発展と指標化(案)

## 社会経済

- 総人口
- 調整済み一人当たりGDP(全国値からの調整)
- 二次産業比率(就業者比率、工業用水量)
- 市街地面積
- 市街地率(地図情報より)
- 地下開発度(※2)

## 水資源

- 一人当たり水使用量
- 地下水依存度
- 地下水汲み上げ量

## 環境負荷

- 地盤沈下量
- ヒートアイランド指標
- 地下温度指標
- 重金属濃度
- 大気汚染濃度
- 一人当たり窒素排出量(水域への比率)
- 地盤沈下の経済被害額

## 対策・政策

- 下水道普及率(処理率)(※1)
- 地下水管理の規制、法制度

# Bangkok Wastewater Treatment Plant



Rattanakosin  
(May 2000)



Nong Khaem  
(Feb. 2002)



Thung Khru  
(Feb. 2002)

Bang Sue  
(Preparation for  
Bidding  
Process)

Thon Buri  
(Feasibility Study)



Cha Tu Chak  
(Mar. 2005)



Din Daeng  
(Otc.2004)

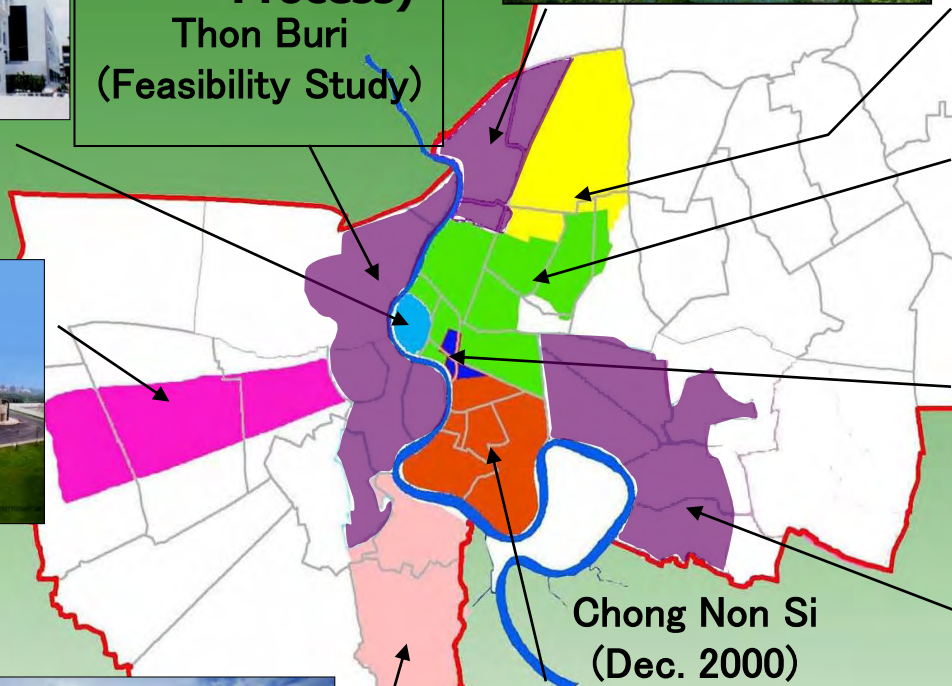


Si Phraya  
(Jan.  
1994)



Chong Non Si  
(Dec. 2000)

Klong Toei  
(Forwarding)

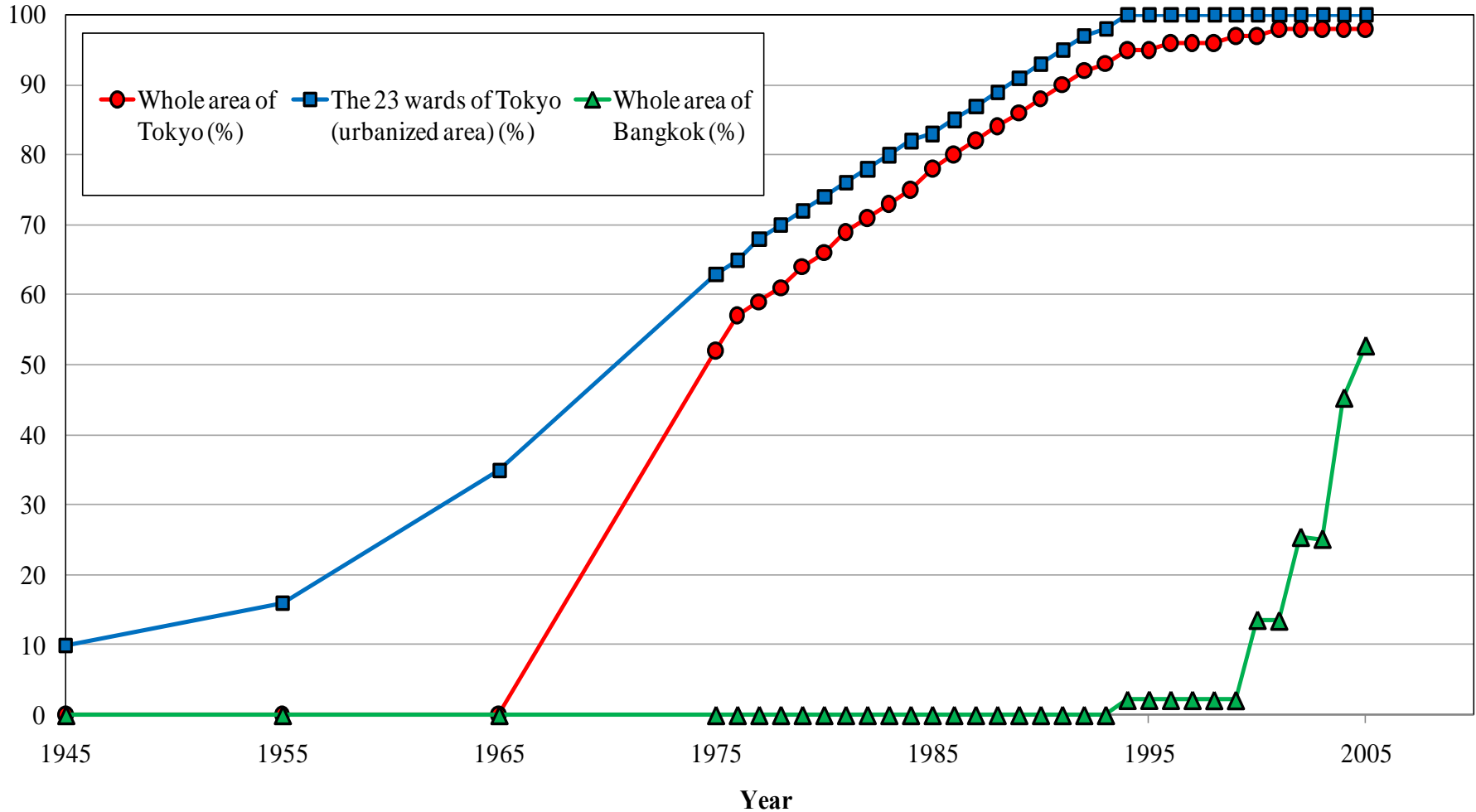


<b>Water Environment Control Plant</b>	<b>Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Population</b>	<b>System</b>	<b>Capacity (m<sup>3</sup>/day)</b>	<b>Source of Fund</b>	<b>Cost (Million Baht)</b>
<b>Bangkok Wastewater Treatment Project</b>					<b>BMA. : GOV.</b>	
<b>1. Si Phraya</b>	<b>2.7</b>	<b>120,000</b>	<b>Contact Stabilization A.S.</b>	<b>30,000</b>	<b>BMA. 100 %</b>	<b>464</b>
<b>2. Rattanakosin</b>	<b>4.1</b>	<b>70,000</b>	<b>Two Stage A.S.</b>	<b>40,000</b>	<b>GOV. 100 %</b>	<b>883</b>
<b>3. Din Daeng</b>	<b>37</b>	<b>1,080,000</b>	<b>Activated Sludge</b>	<b>350,000</b>	<b>25 : 75</b>	<b>6,382</b>
<b>4. Chong Non Si</b>	<b>28.5</b>	<b>580,000</b>	<b>Cyclic Activated Sludge System</b>	<b>200,000</b>	<b>40 : 60</b>	<b>4,552</b>
<b>5. Nong Khaem</b>	<b>44</b>	<b>520,000</b>	<b>Vertical Loop Reactor A.S.</b>	<b>157,000</b>	<b>40 : 60</b>	<b>2,348</b>
<b>6. Thung Khru</b>	<b>42</b>	<b>177,000</b>	<b>Vertical Loop Reactor A.S.</b>	<b>65,000</b>	<b>40 : 60</b>	<b>1,760</b>
<b>7. Cha Tu Chak</b>	<b>33.4</b>	<b>432,000</b>	<b>Cyclic Activated Sludge System</b>	<b>150,000</b>	<b>60 : 40</b>	<b>3,482</b>
<b>8. Community Plant 12 Plants</b>	<b>-</b>			<b>25,700</b>		
<b>SUM</b>	<b><u>191.7</u></b>	<b><u>2,979,000</u></b>		<b><u>1,017,700</u></b>		<b><u>19,871</u></b>
<b>Future BMA. Wastewater Treatment Project</b>						
<b>1. Bang Sue EECF</b>	<b>21</b>	<b>250,000</b>	<b>Step Feed A.S.</b>	<b>120,000</b>	<b>BMA. 100 %</b>	<b>4,732</b>
<b>2. Klong Toei</b>	<b>56</b>	<b>485,000</b>	<b>Activated Sludge</b>	<b>360,000</b>	<b>60 : 40</b>	<b>9,896</b>
<b>3. Thon Buri</b>	<b>59</b>	<b>704,000</b>	<b>Activated Sludge</b>	<b>305,000</b>		<b>11,561</b>
<b>SUM</b>	<b><u>136</u></b>	<b><u>1,439,000</u></b>		<b><u>785,000</u></b>		<b><u>26,189</u></b>

# Comparison of sewerage population percentage between Bangkok and Tokyo

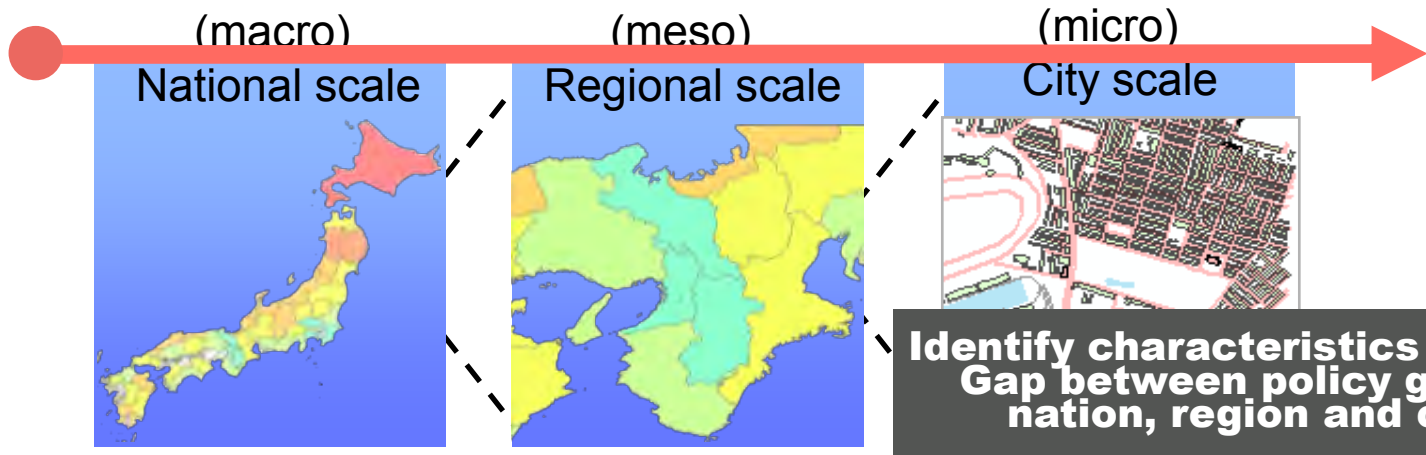


Percentage of sewerage population (%)



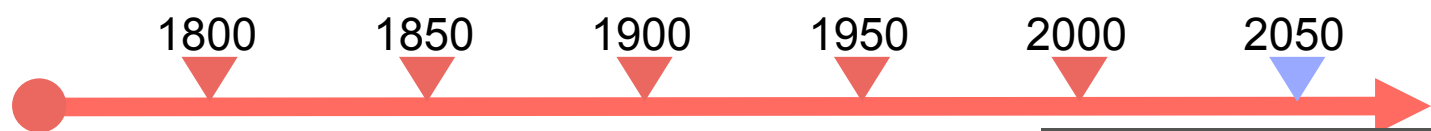
# Multi-scale MSA construction minerals

Spatial Scale



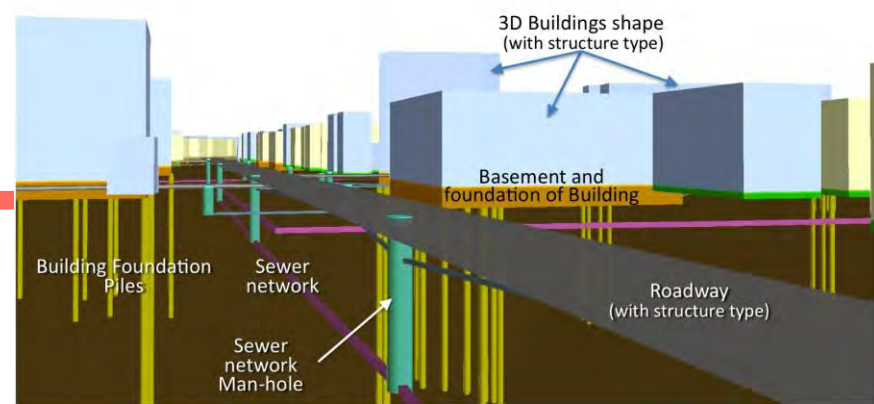
**Identify characteristics of Area. Gap between policy goal of nation, region and city.**

Time Scale



**Spatial Metabolism. Forecasting, Backcasting Scenario approach**

Surface / Subsurface



Upper ground

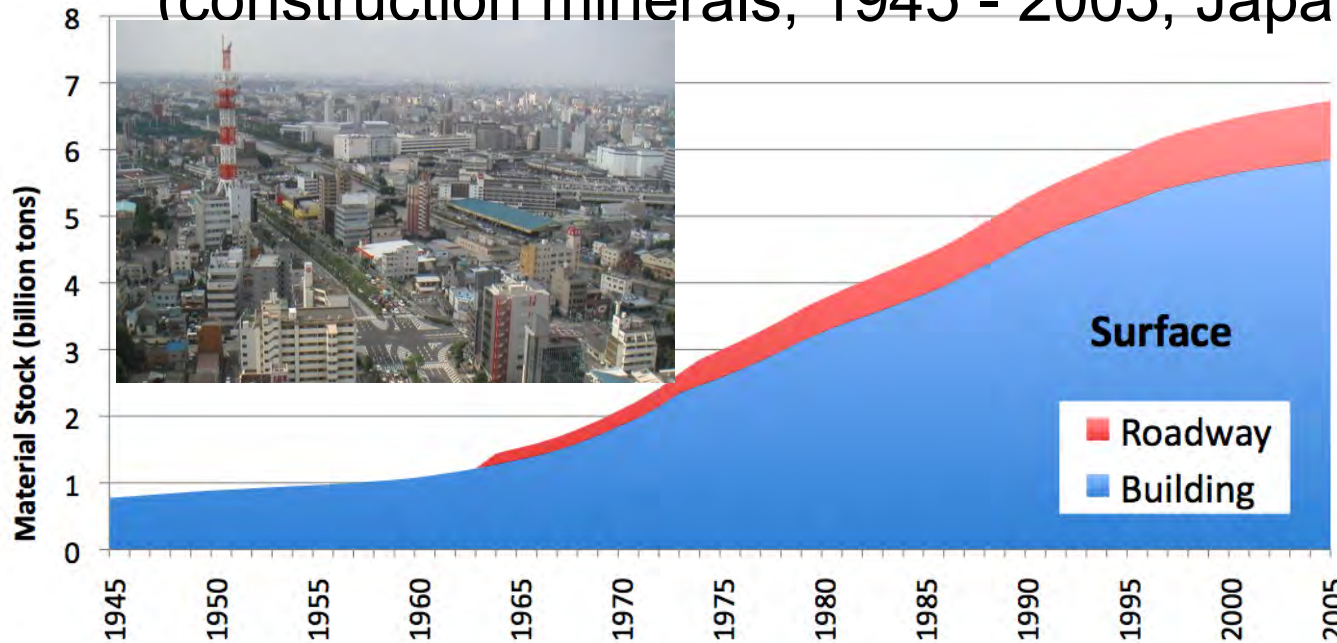
Under ground

**Possibility of Waste Generation, Recyclability**

**Link to "Cost", "Energy", "CO2", ...**

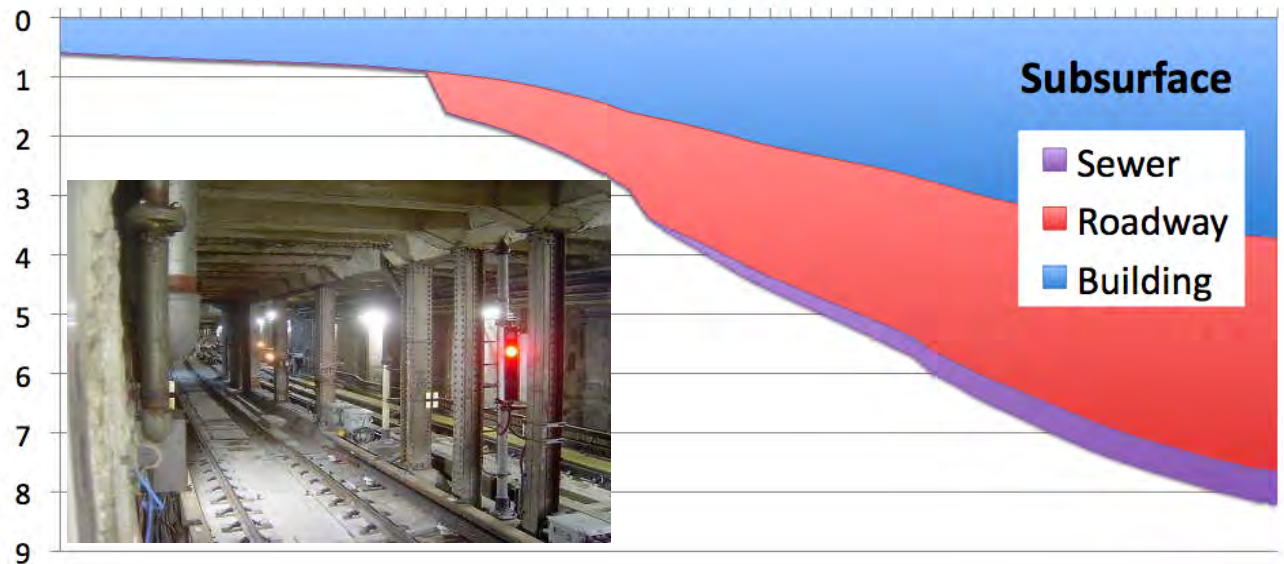
# National Scale: Surface / Subsurface MS

(construction minerals, 1945 - 2005, Japan)



**6.7 b-tons  
on ground  
in 2005**

**55%  
of MS is  
underground!**



**8.2 b-tons  
underground  
in 2005**

# City scale: Wakayama City Centre

Aerial Photo, 2004

( 4.5 km<sup>2</sup>, 11,000 buildings, 38,400 people, 2004)



**Commercial Area**



# 4d-GIS, Wakayama City Centre, 2004



# 4d-GIS, Wakayama City Centre, 2002



# 4d-GIS, Wakayama City Centre, 1987



# 4d-GIS, Wakayama City Centre, 1976



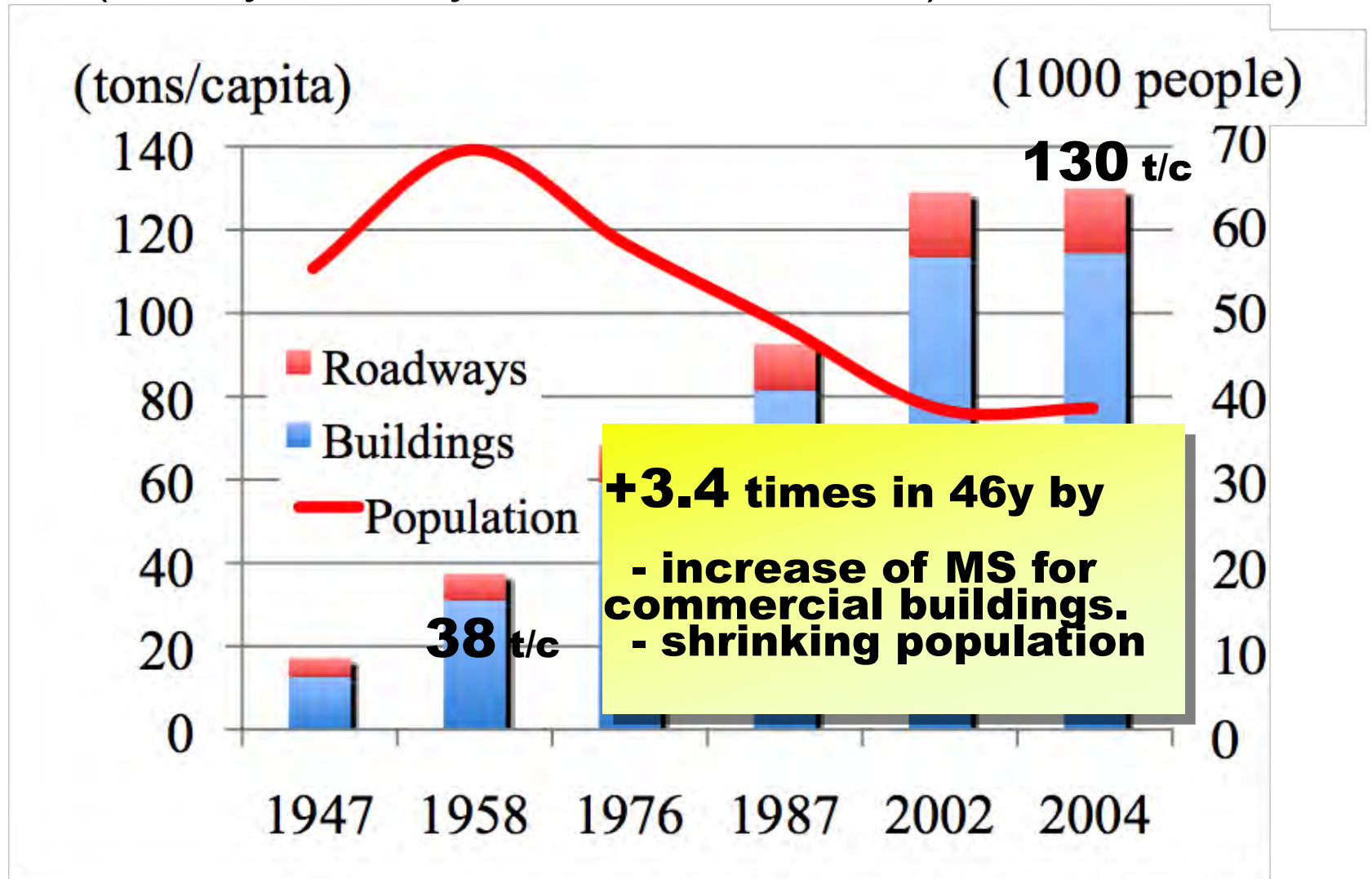
# 4d-GIS, Wakayama City Centre, 1958



# 4d-GIS, Wakayama City Centre, 1947



# City Scale: Indicator, Stock per capita (Wakayama City Centre, 1947-2004)



# 最終成果のイメージ

- DPSIRによる因果関係の記述
- 都市発展と地下環境変化を示す指標化
- 政策分析と政策提言