

コンポスト型トイレによるフィリピン国マニラ首都圏の水環境改善について

---- 15年前に考えたこと ----



東京工業大学環境理工学専攻 石川忠晴

1997~2001 JSPS未来開拓研究プロジェクト
(フィリピン)

2003~2007 JST CRESTプロジェクト
(インドネシア、中国)



銭新(南京大學)



横山(首都大学東京)



入江(筑波大学)



牛島(北海道大学)

コンポスト型トイレによるフィリピン国マニラ首都圏の水環境改善について

---- 15年前に考えたこと ----

東京工業大学環境理工学専攻 石川忠晴

目 次

1. パッシング川における現地観測
2. 解決のポイント……スラム問題
3. 屎尿と生ごみの処理に関する調査
4. 有機性廃棄物のリサイクルの枠組み
 - ・ おがくずトイレ
 - ・ コンポストの収集と輸送
5. 継続研究(インドネシア国バンドン)
 - ・ 現地観測
 - ・ おがくずトイレの改良

パッシング川での現地観測（1999年3月、5月）



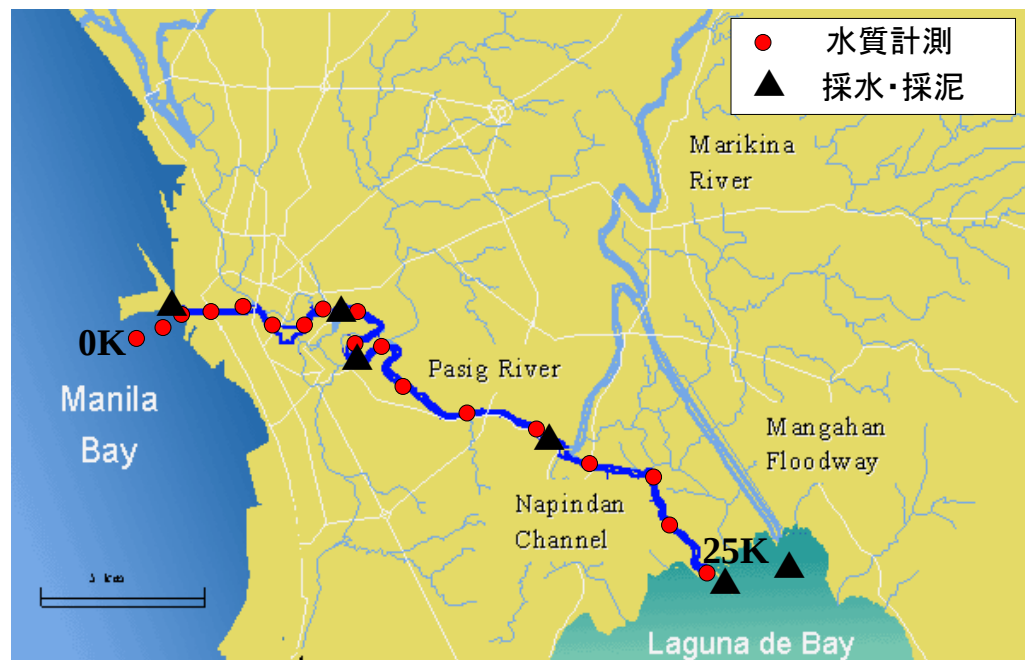
水質観測



底泥採取

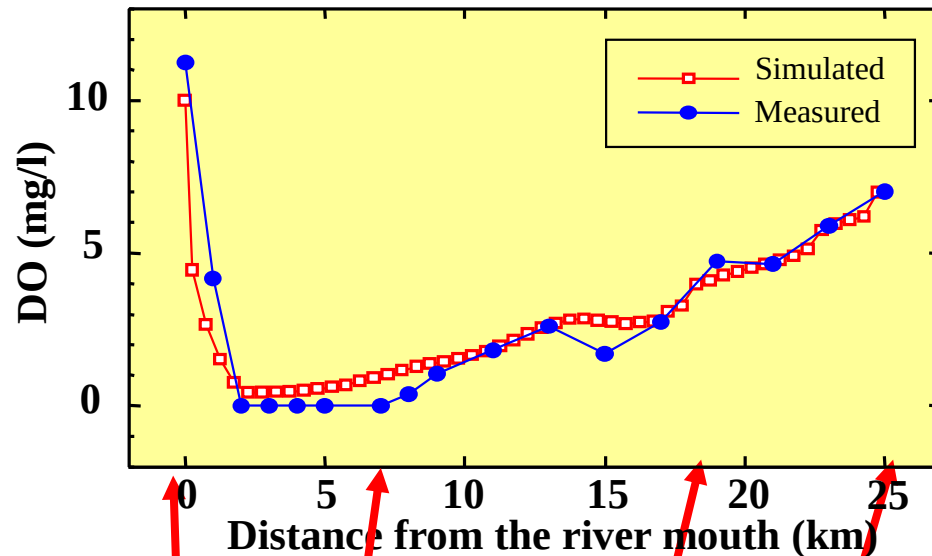


採水



酸素消費速度の計測

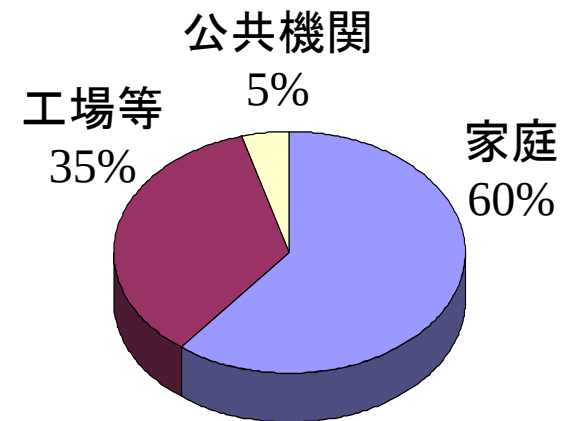
溶存酸素の縦断分布



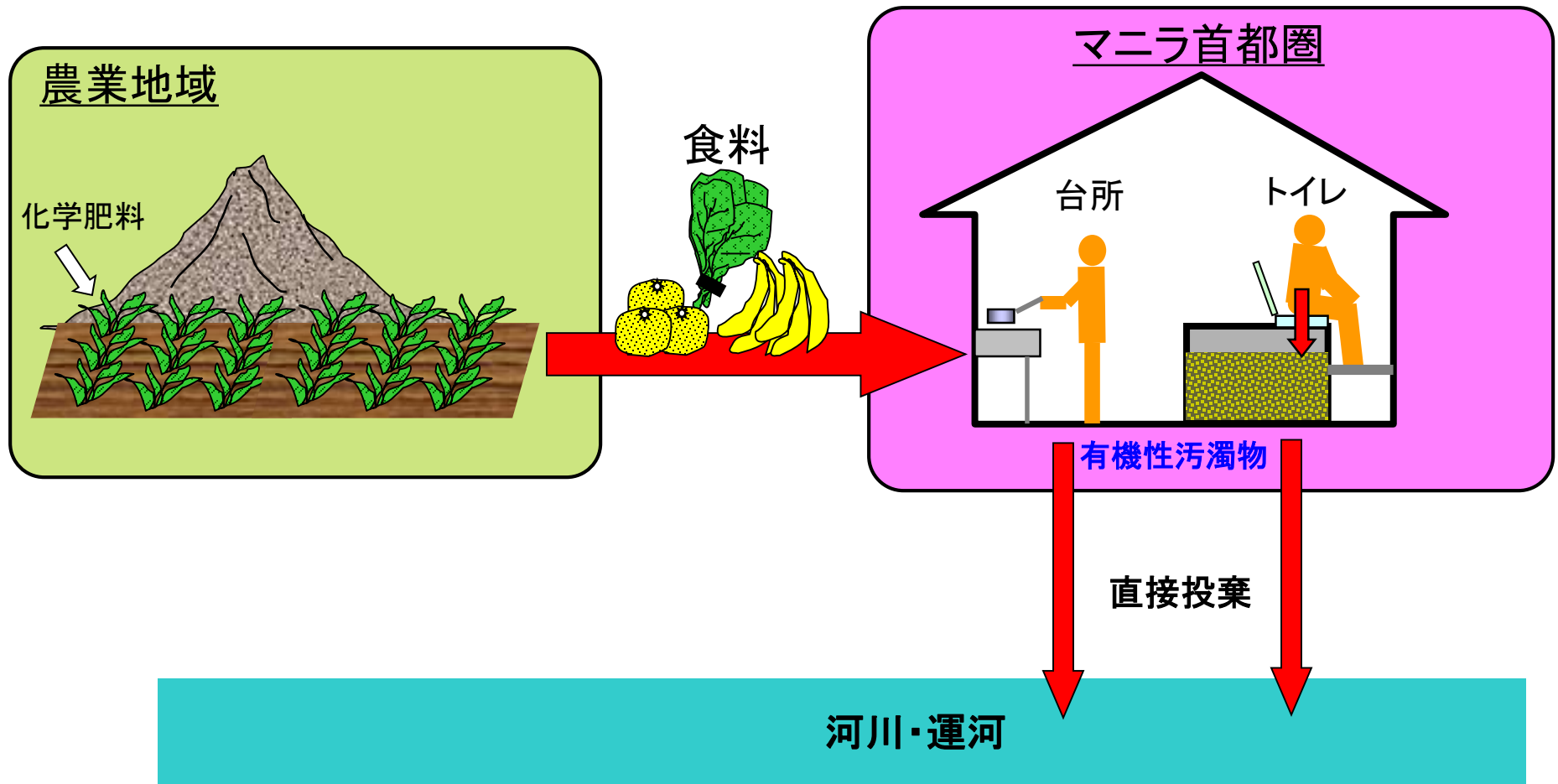
DO消費速度

$6.0 \text{ g/m}^3/\text{day} \gg$ 自然浄化機能
($\sim 1.0 \text{ g/m}^3/\text{day}$)

BOD Load

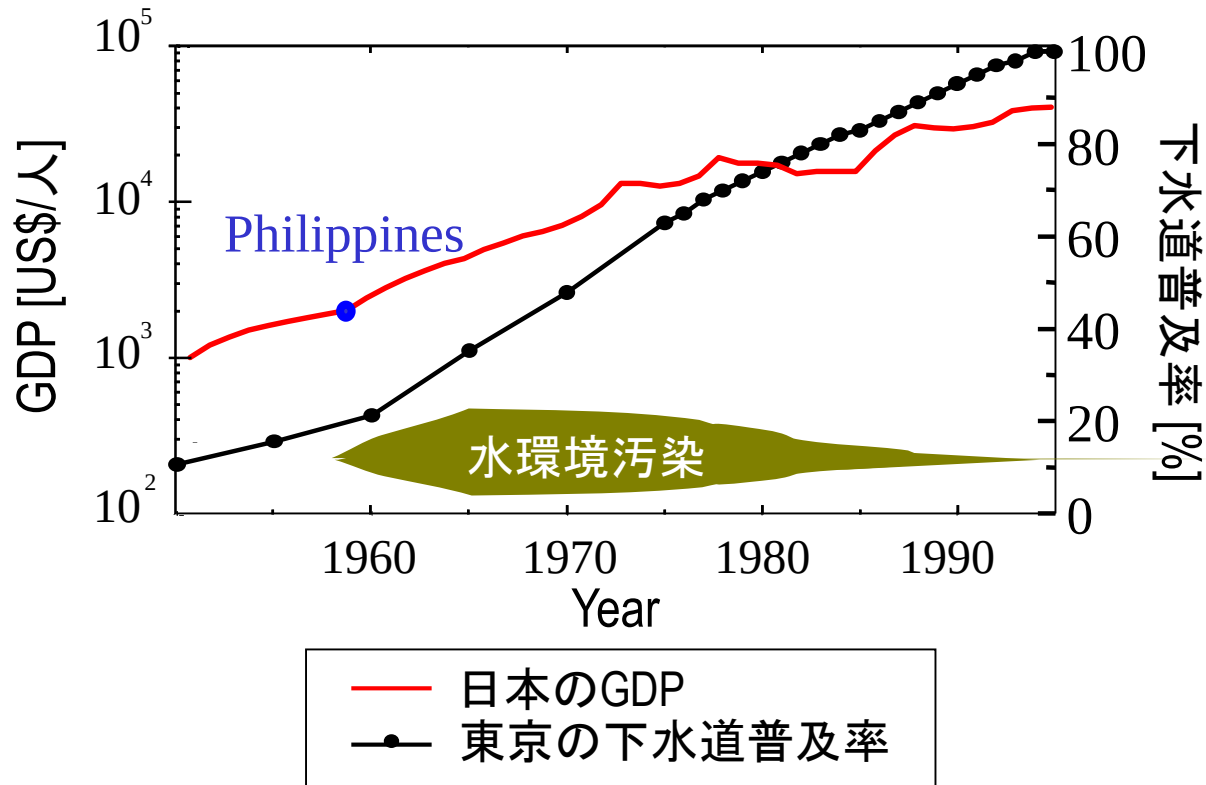


汚染源は食料



下水道 ⇒ 水処理??

東京における下水道の発達



処理場を持った下水道をメロマニラに設置するには多大の年月がかかる。

有機性廃棄物(屎尿、生ごみ)を、金のかかるインフラなしで、
いかにして減少させるか？

貧困

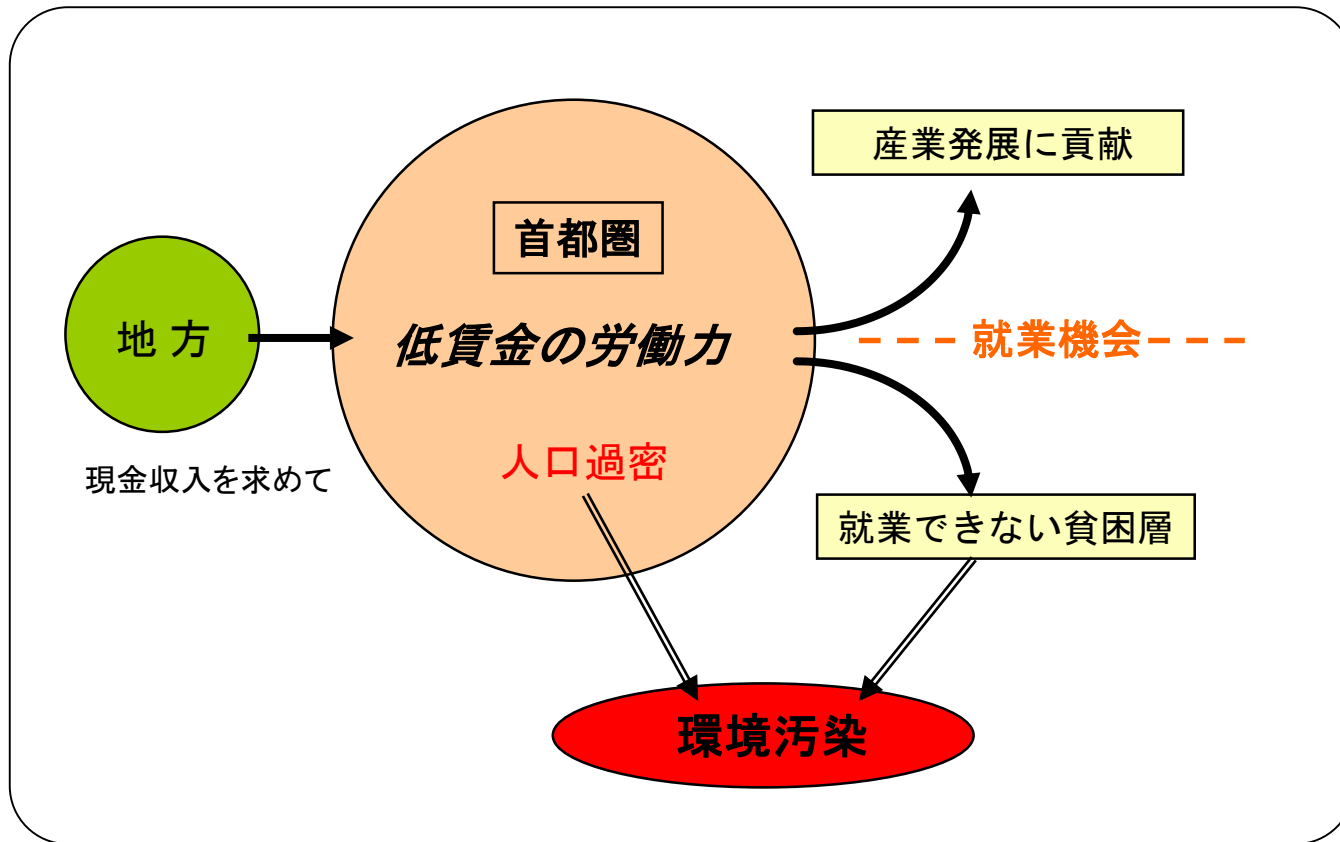


- 全人口の20 %は**不法居住者**
- その多くが河川や運河沿いに暮らしている。



直接的な汚染源

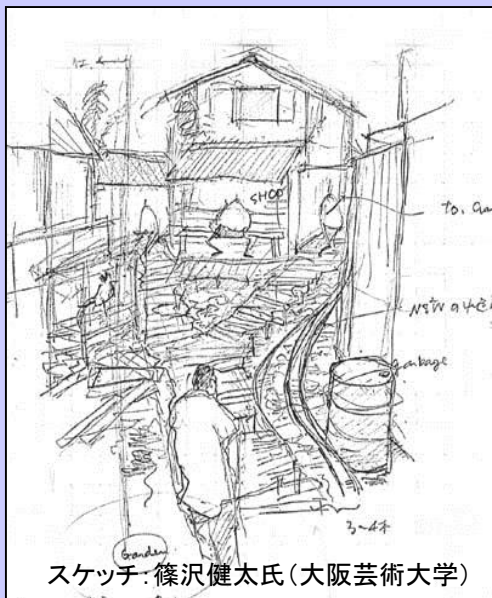
首都圏への人口流入



PovertyとPollutionの対策を同時に考える必要がある。

スラムでの水環境

貧困地区でのトイレ調査



聞き取りと実見

Sitio Paz : 12世帯

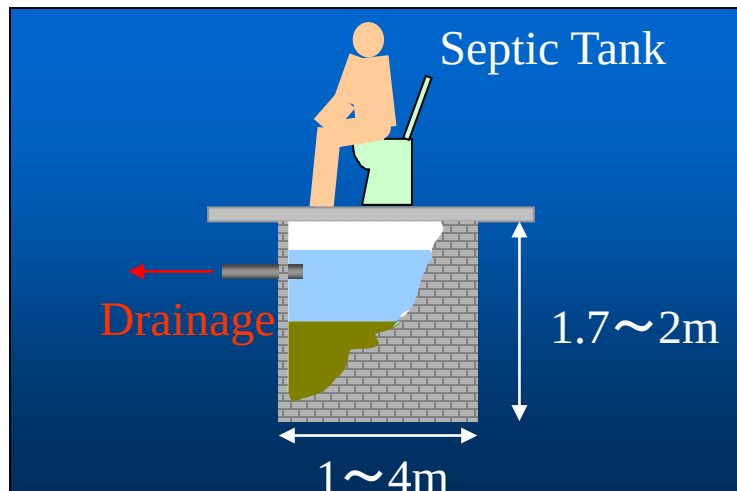
ZONE29 : 17世帯

地域のリーダー的人物

貧困地区でのトイレ調査

マニュアル水洗トイレ + 浄化槽 (septic tank)

・Septic Tank は単なるタンク → 汚染物質はそのまま排出



貧困地区でのトイレ調査

マニュアル水洗トイレ + 浄化槽 (septic tank)

・Septic Tank は単なるタンク —————→ 汚染物質はそのまま排出

・排水溝にそのまま接続 —————→ 濁質堆積による閉塞

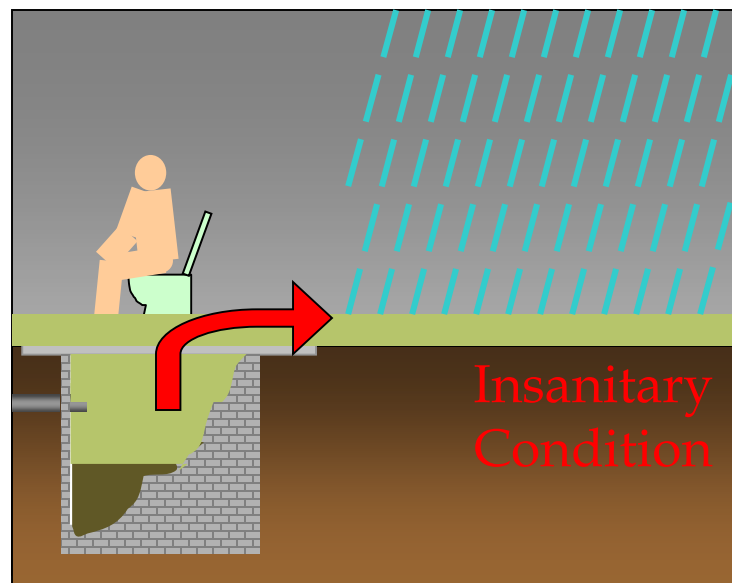
↓
雨水氾濫が頻発化



貧困地区でのトイレ調査

マニュアル水洗トイレ + 浄化槽 (septic tank)

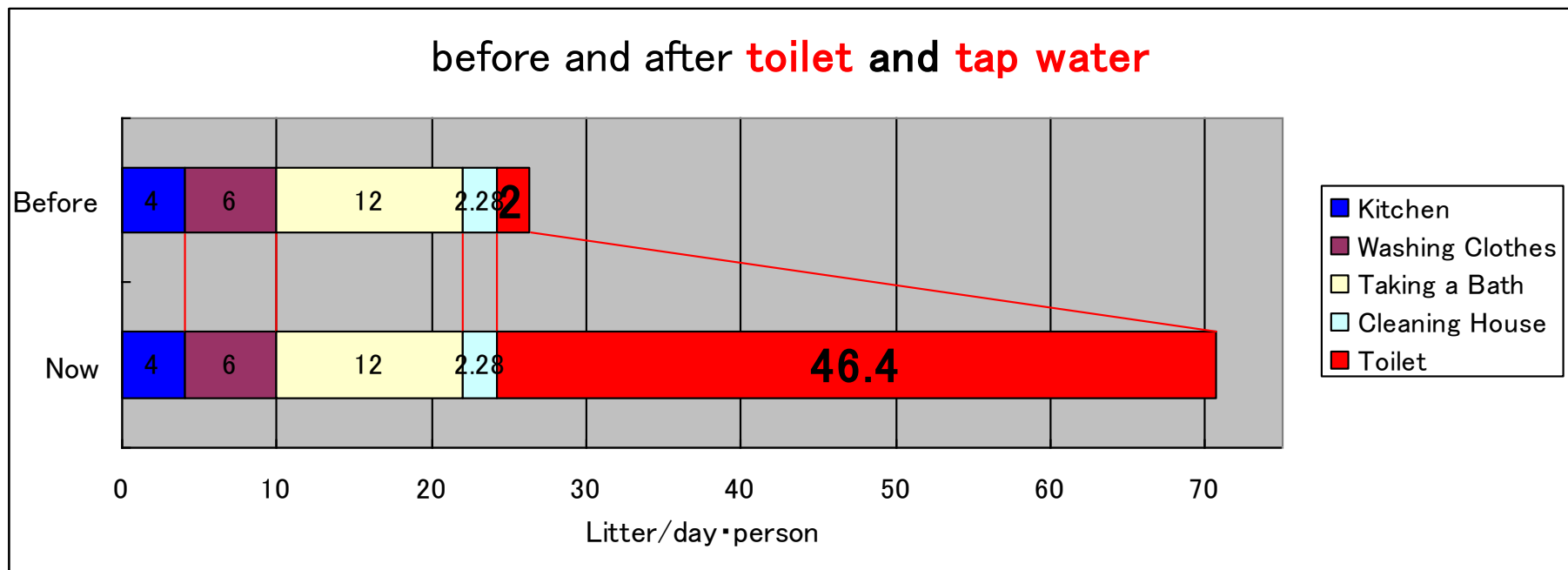
- ・Septic Tank は単なるタンク → 汚染物質はそのまま排出
- ・排水溝にそのまま接続 → 濁質堆積による閉塞
↓
雨水氾濫が頻発化
- ・Septic Tankからオーバーフロー → 不衛生な状態



貧困地区でのトイレ調査

マニュアル水洗トイレ + 浄化槽 (septic tank)

- ・Septic Tank は単なるタンク → 汚染物質はそのまま排出
- ・排水溝にそのまま接続 → 濁質堆積による閉塞
↓
雨水氾濫が頻発化
- ・Septic Tankからオーバーフロー → 不衛生な状態
- ・水資源の問題



貧困地区でのトイレ調査

マニュアル水洗トイレ + 浄化槽 (septic tank)

- ・Septic Tank は単なるタンク —————> 汚染物質はそのまま排出
- ・排水溝にそのまま接続 —————> 濁質堆積による閉塞
↓
雨水氾濫が頻発化
- ・Septic Tankからオーバーフロー —————> 不衛生な状態
- ・水資源の問題



貧困地区でのトイレ調査

マニュアル水洗トイレ + 浄化槽 (septic tank)

- ・Septic Tank は単なるタンク → 汚染物質はそのまま排出
- ・排水溝にそのまま接続 → 濁質堆積による閉塞
↓
雨水氾濫が頻発化
- ・Septic Tankからオーバーフロー → 不衛生な状態
- ・水資源の問題



ゴミ処理の問題



ゴミ処理の問題

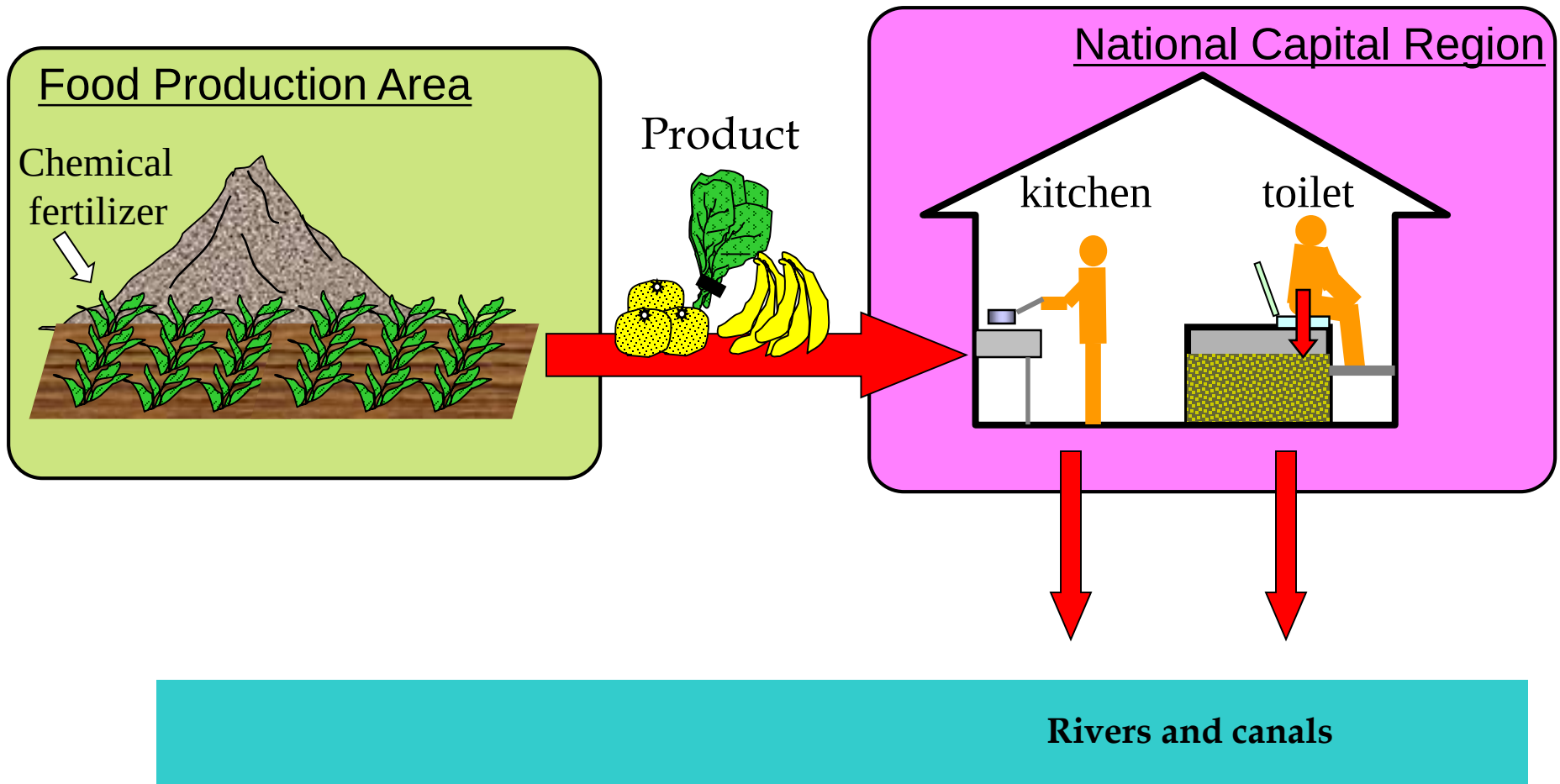


→ 廃棄物の分別とリサイクル
except kitchen garbage

Table-1 Disposal Ways of Kitchen Garbage
(Sitio Paz in Marabon, 2001)

	No. of Household
Collection	208
Children	109
River	57
Composting	11

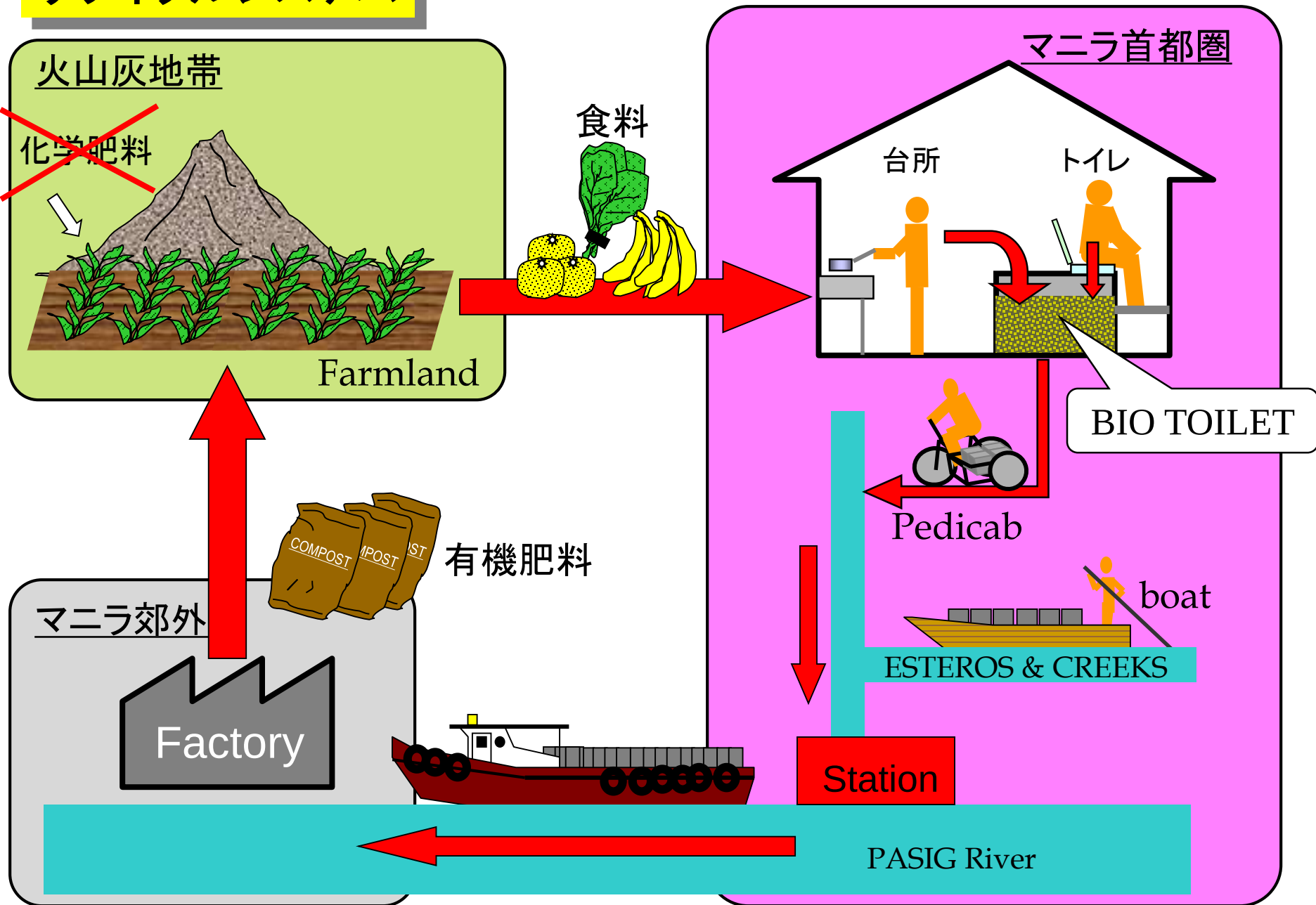
Pollution Source



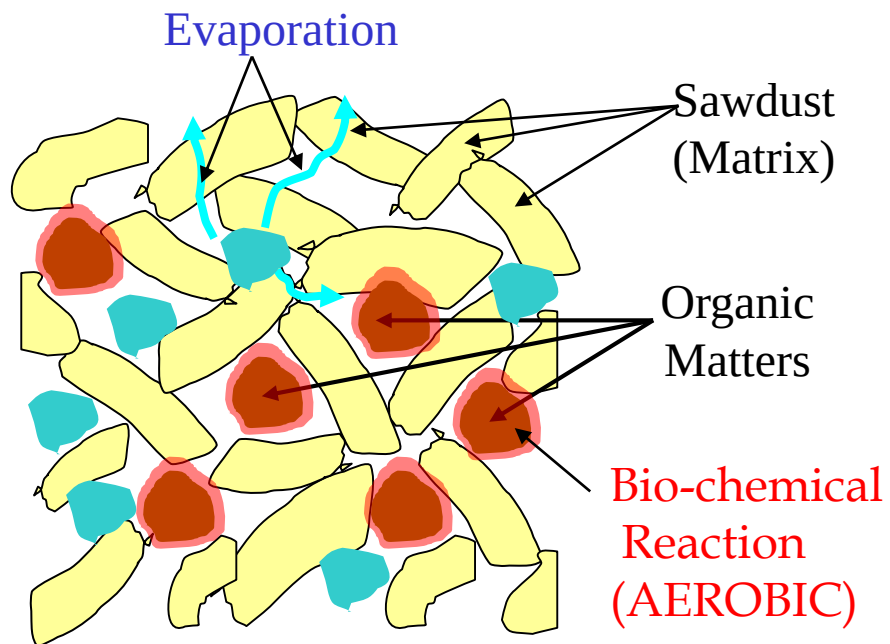
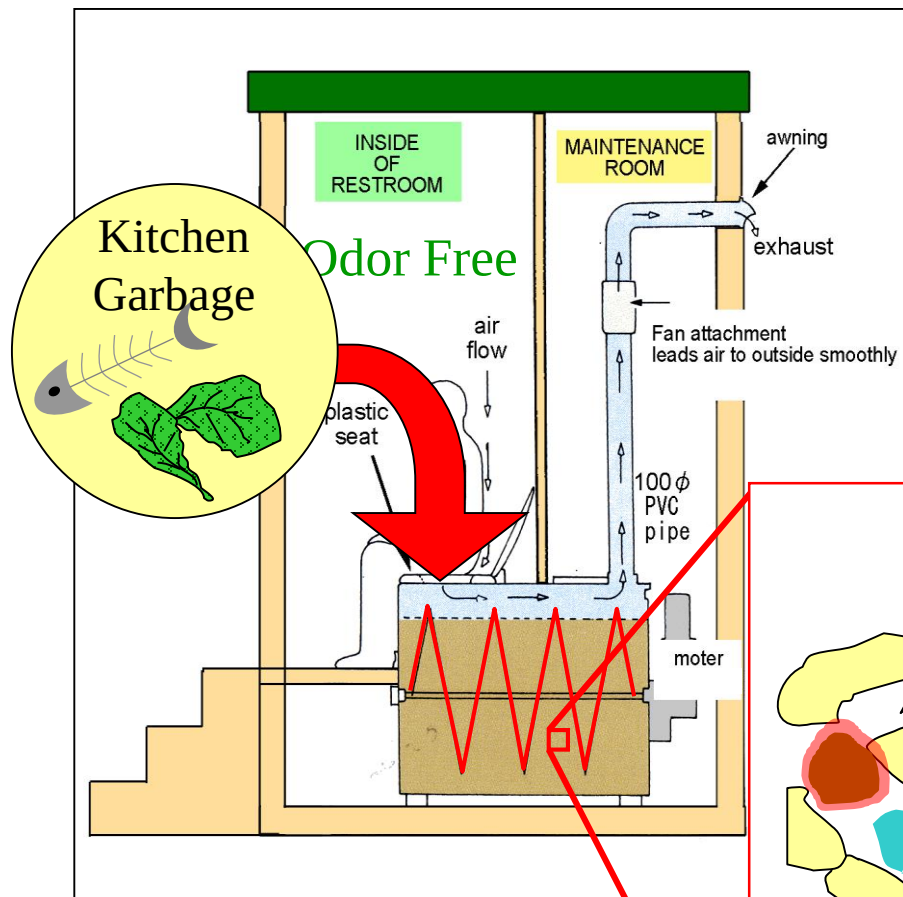
搬出の問題

- 都市域の有機性汚濁物を減らしたいが、……
- 処理場を作る資金はない。
→ “郊外に持ち出してなんとかする”しかない。
- PROBLEMS:
 - ・ 毒性を持った水を含んだ不衛生な物質
誰も触りたがらない。関わりたくない
どの地域も受け入れたがらない。
 - ・ マニラ首都圏の道路事情は最悪。
 - ・ 搬出した後の処理をどうする。

リサイクルシステム



BIO-TOILET



Laboratory Experiment



Human waste $\sim$ 2 persons/day
Kitchen Garbage $\sim$ 0.4kg/day



Half Decomposed Lettuce Cores

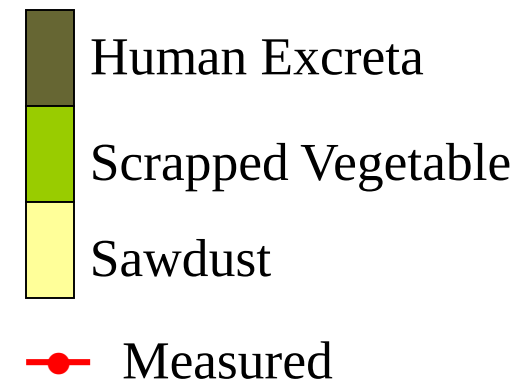
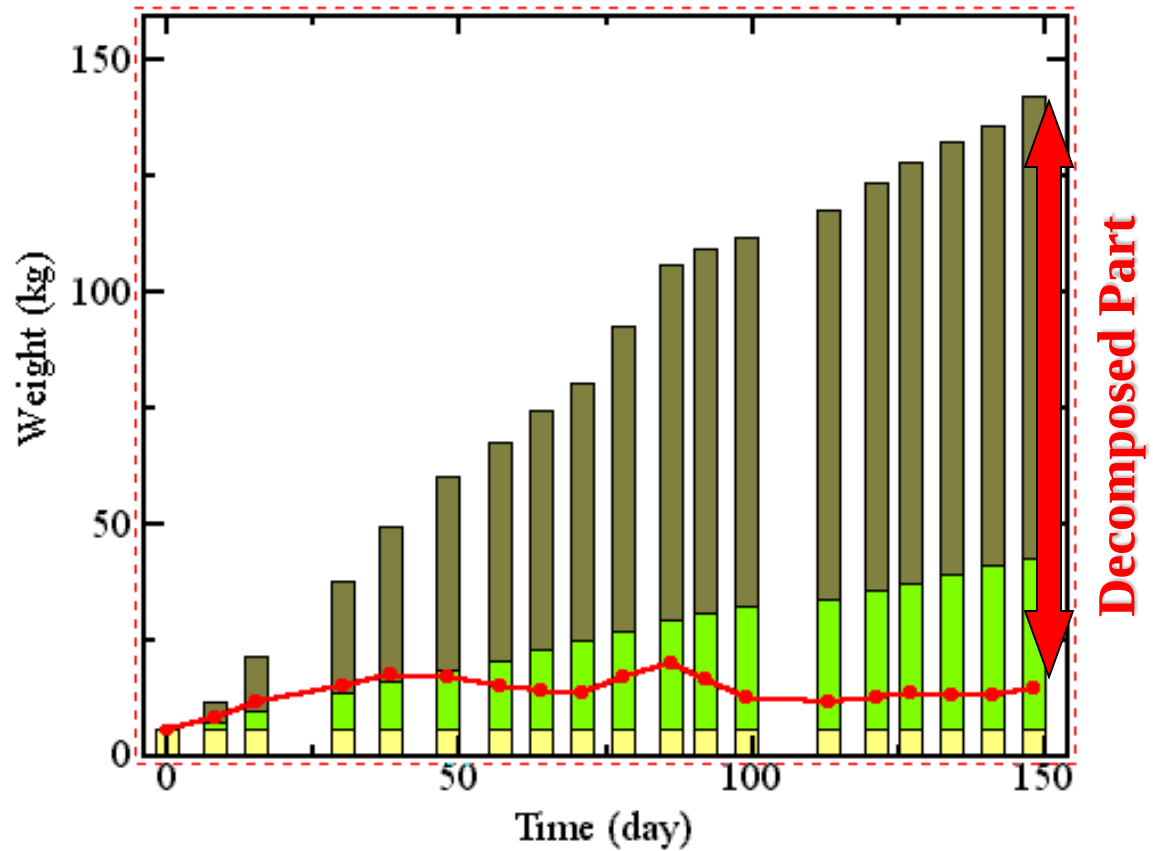


Fresh Sawdust

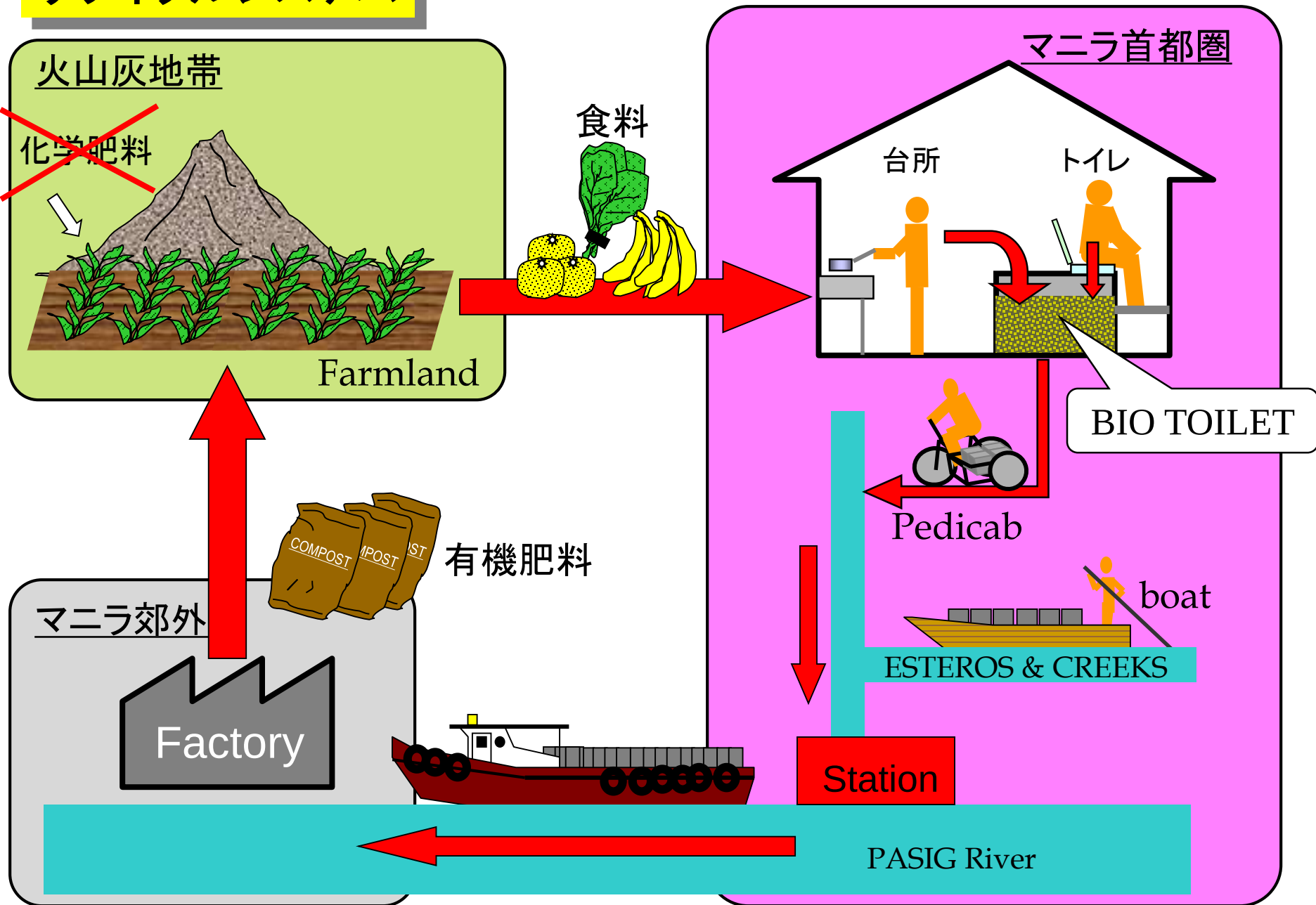
[week]

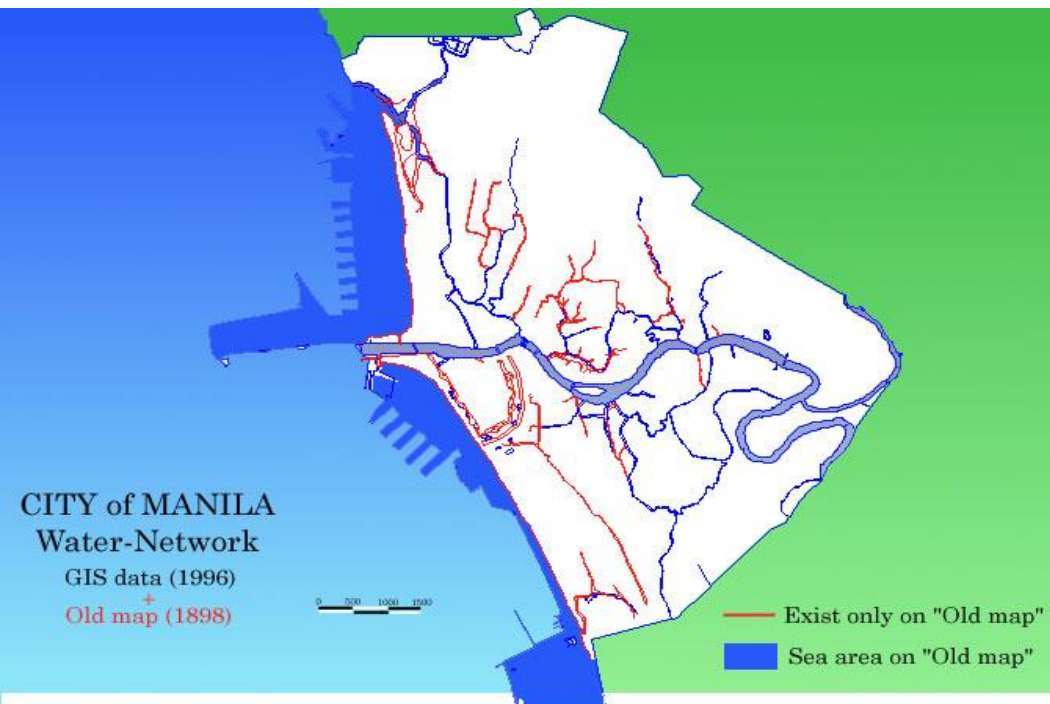
Color Change of Matrix

Result of Weight Measurement

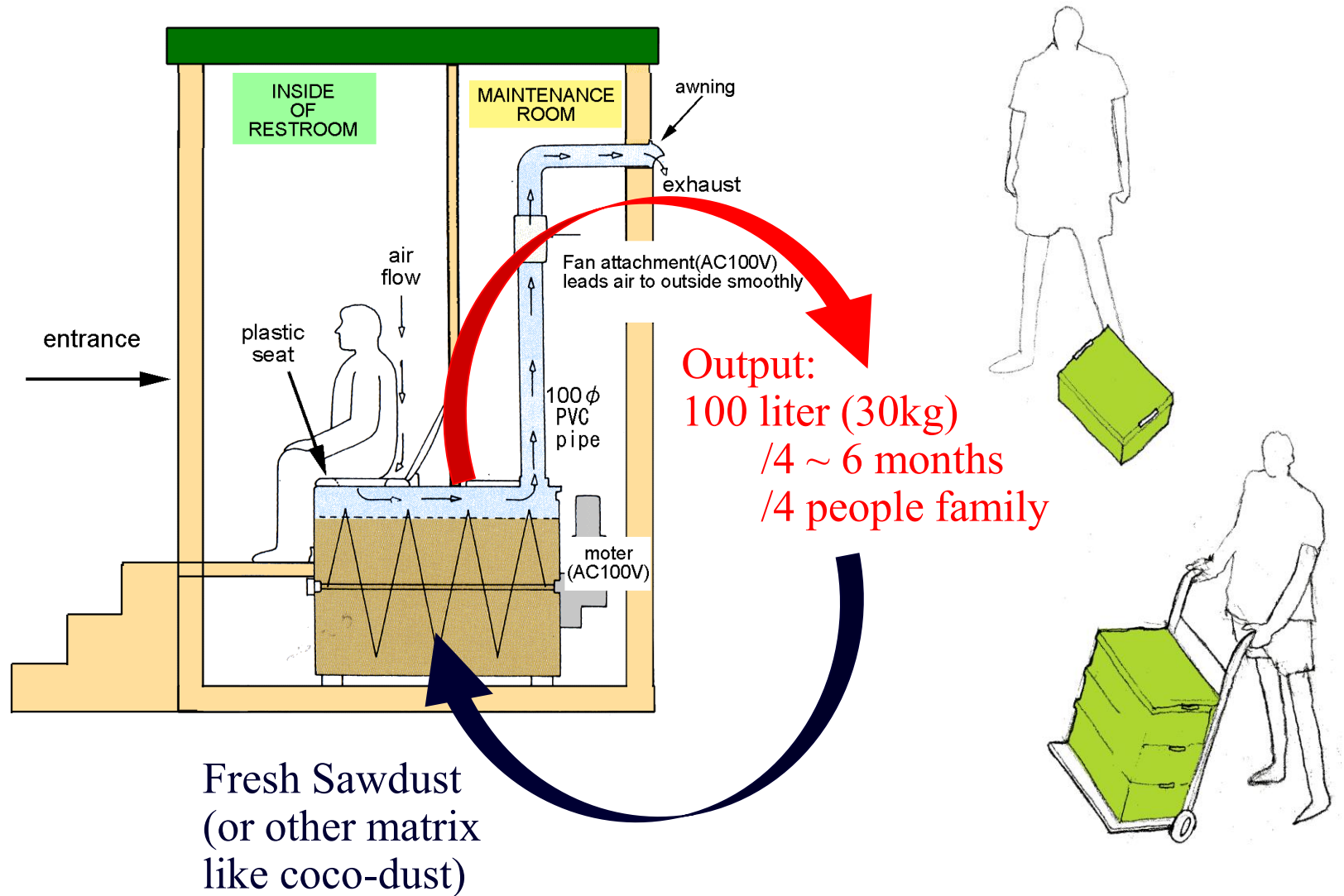


リサイクルシステム

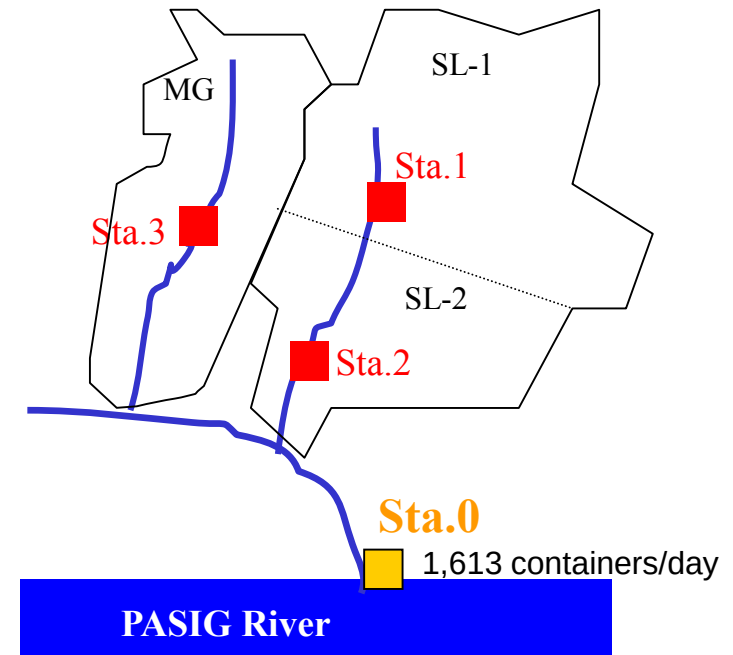
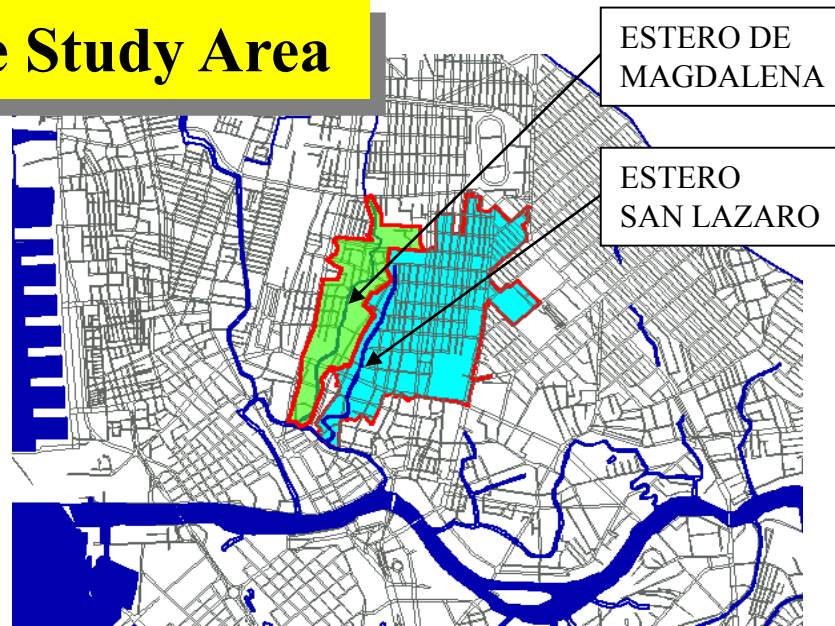




Collection & Transportation

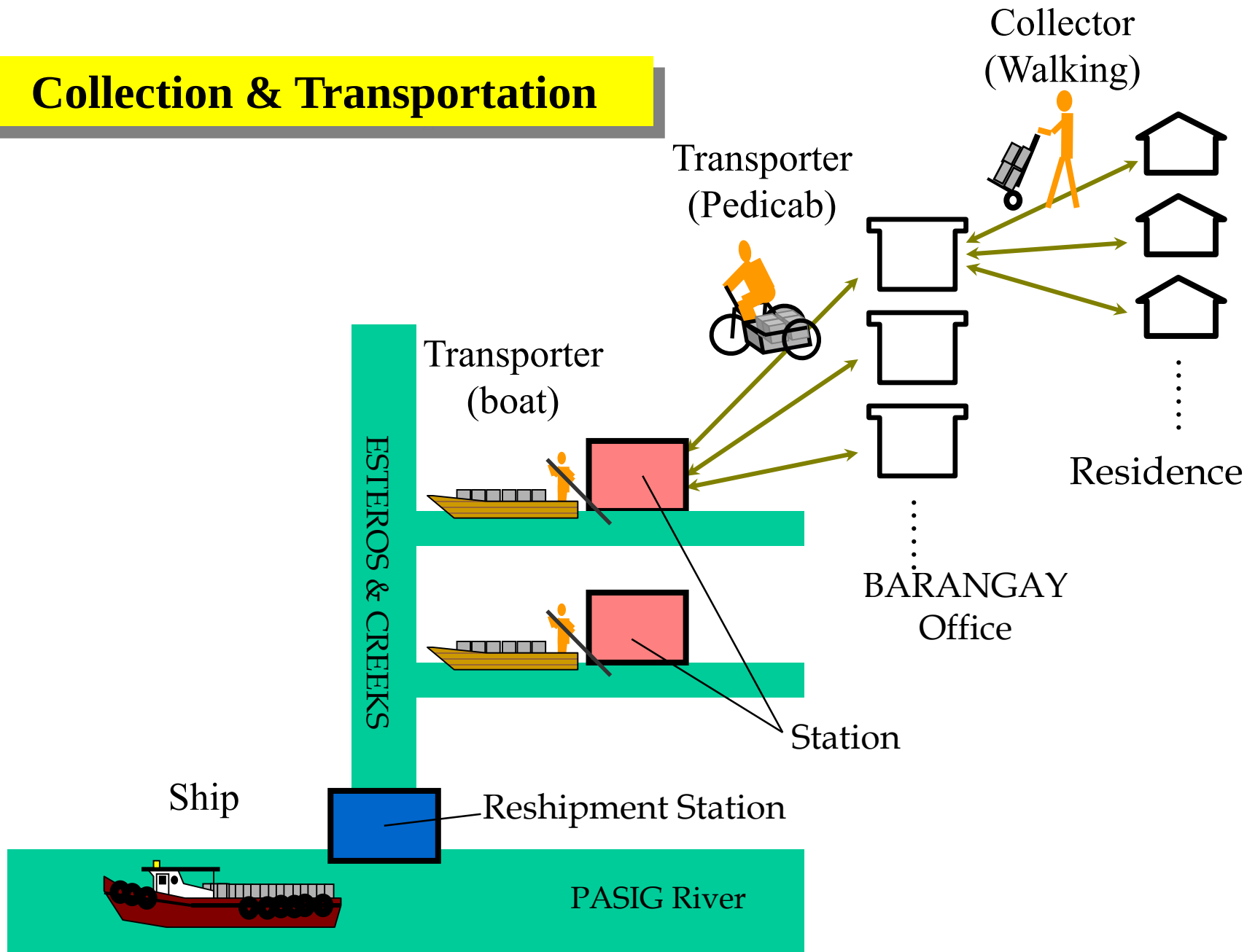


Case Study Area

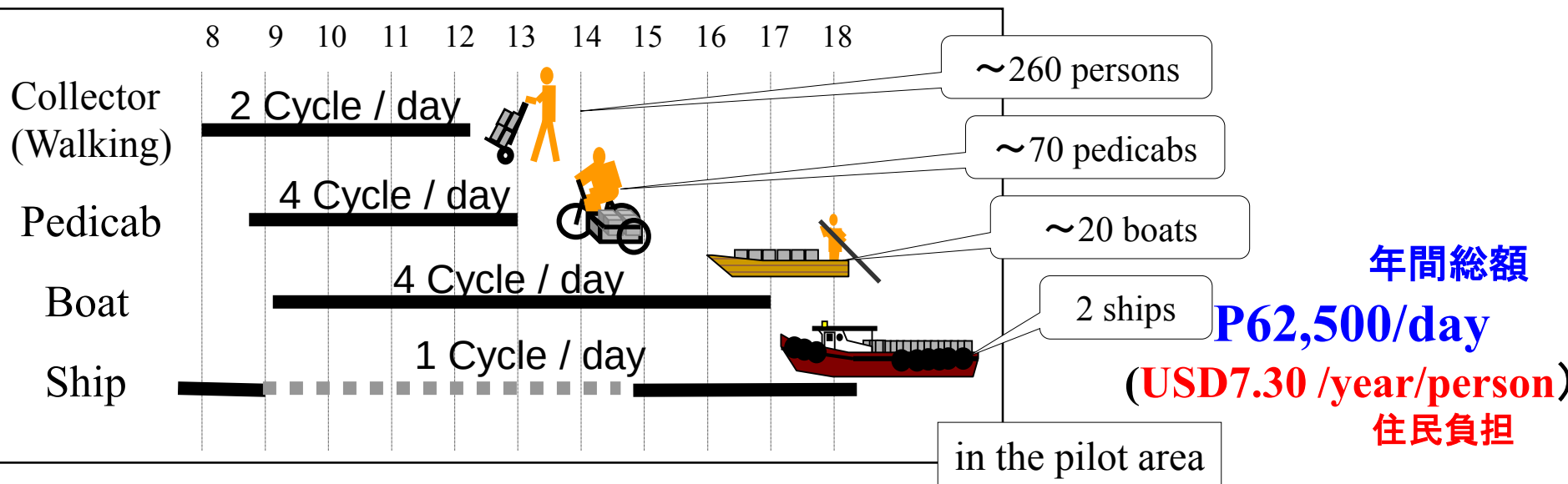
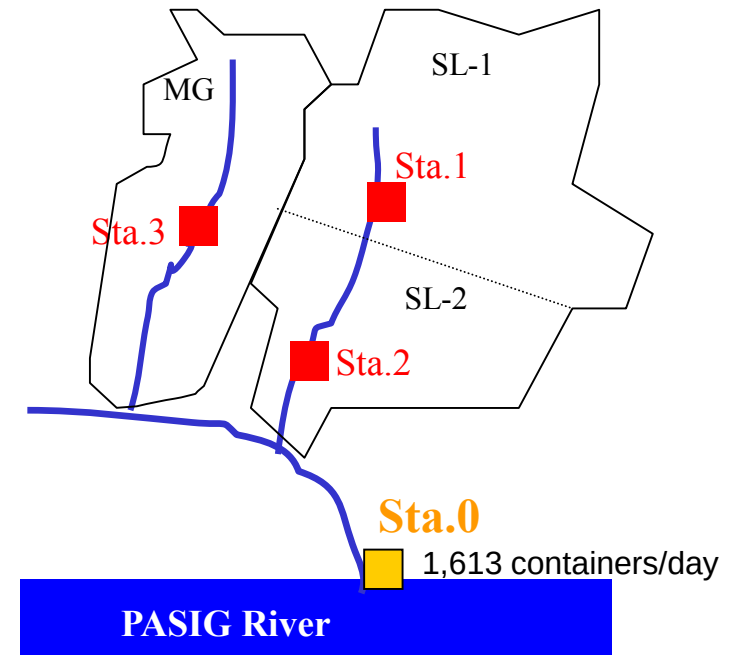
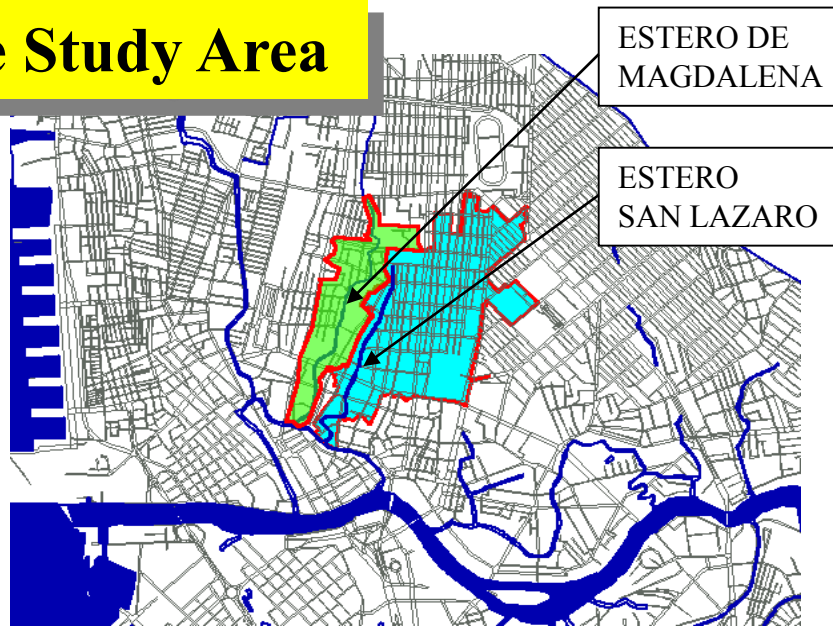


	SL1	SL2	MG	Total
Catchment Area [sq.km]	0.575	0.575	0.694	1.844
Population [estimation]	25,000	25,000	30,000	80,000
Virtual Population	28,800	28,800	34,560	92,160
Organic waste generation				
Human discharge [ton/day]	27.5	27.5	33.0	88.0
Kitchen garbage [ton/day]	9.9	9.9	11.9	31.8
Total [ton/day]	37.4	37.4	44.9	119.8
Output from Bio-Toilet				
[ton/day]	3.6	3.6	4.3	11.5
[cu.m/day]	7.20	7.20	8.64	23.04
Transportation Capacity (plan)				
[cu.m/day]	10.08	10.08	12.10	32.26
[container/day]	504	504	605	1,613

Collection & Transportation



Case Study Area



コンポスト型トイレによるフィリピン国マニラ首都圏の水環境改善について

---- 15年前に考えたこと ----

目 次

1. パッシング川における現地観測
2. 解決のポイント……スラム問題
3. 屎尿と生ごみの処理に関する調査
4. 有機性廃棄物のリサイクルの枠組み
 - ・ おがくずトイレ
 - ・ コンポストの収集と輸送
5. 継続研究(インドネシア国バンドン)
 - ・ 現地調査
 - ・ おがくずトイレの改良



牛島(北海道大学)

水環境実態調査（バンドン）



人口：2240万人

面積：167km²

人口密度：14,371人/km²

キアラチョンドン地区

スカプラ村02町内会

人口1477人、約400世帯

人口密度：約49,000人/km²

ジャカルタ

チタルム川

水環境実態調査（バンドン）



水環境実態調査(バンドン)

家庭排水計測

水量計測



24時間 水量・水質を計測

①4人家族
(水道あり)

111.1リットル/人日

②単身家庭
(老婆・水道無し)

95.0リットル/人日

③集合住宅
(3世帯、計11人・水道無し)

46.2リットル/人日

※聞き取り

89リットル/人日

(44～231 リットル/人日)

水質分析



NH₄、PO₄、CODを計測

屎尿計測

現地住民の屎尿を入手

屎 × 9

尿 × 14

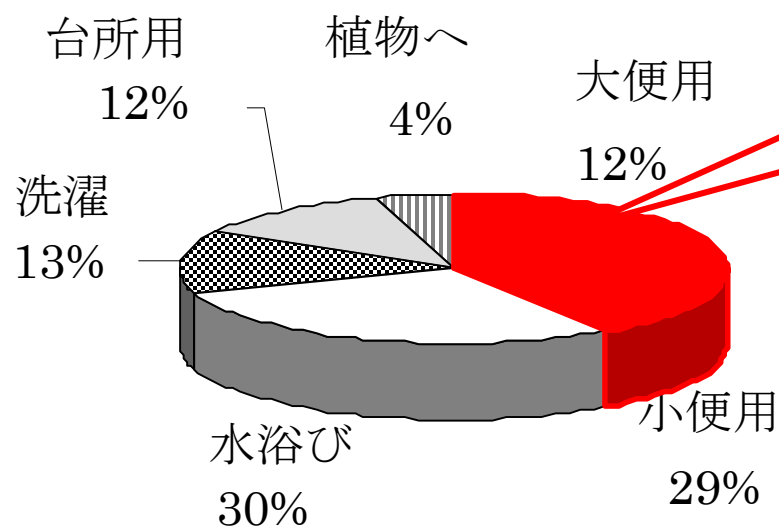
NH₄、PO₄、CODを計測



水環境実態調査(バンドン)

- ① マニラ同様、水洗便器が普及
→ トイレの水使用量は大きい

62世帯の平均水使用内訳



89リットル/人日 (44~231リットル/人日)

水環境実態調査(バンドン)

① マニラ同様、水洗便器が普及
→ **トイレの水使用量は大きい**

② トイレ排水 → 結局、ほとんど垂れ流し → **河川の汚濁**
→ **地下水汚染**

セプティックタンクの実態



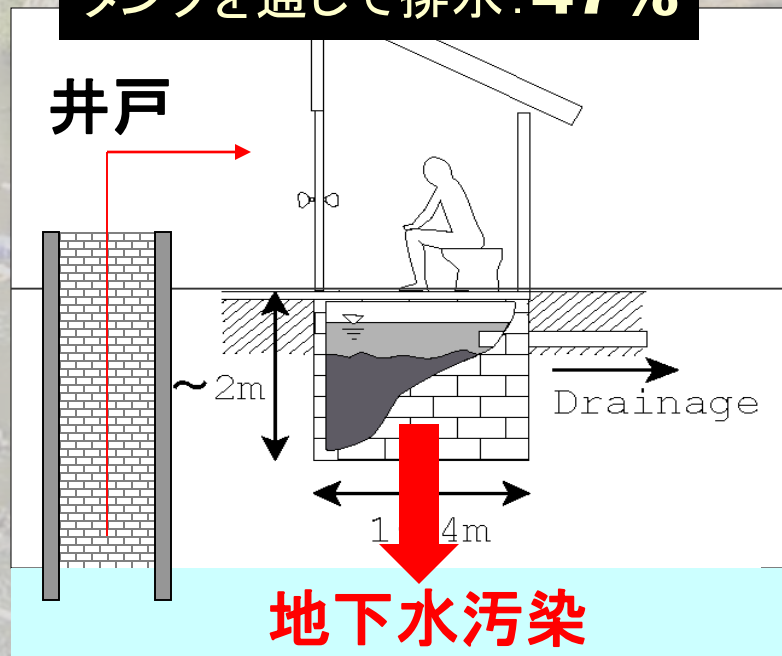
表層水水質

$\text{NH}_4\text{-N}$: 367 mg/l
 $\text{PO}_4\text{-P}$: 148 mg/l
COD: 283 mg/l



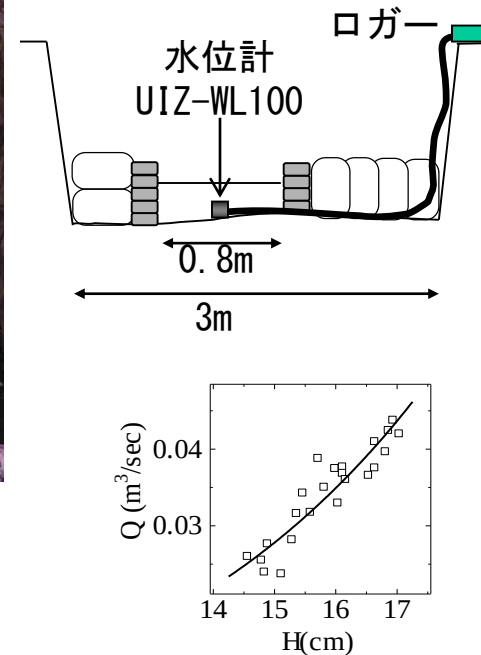
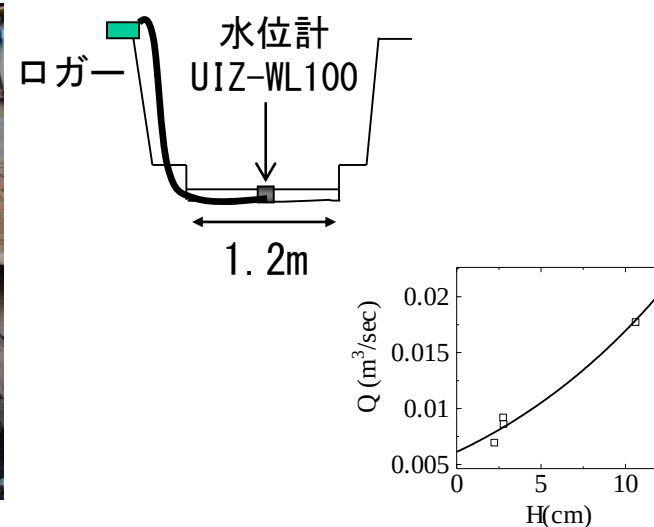
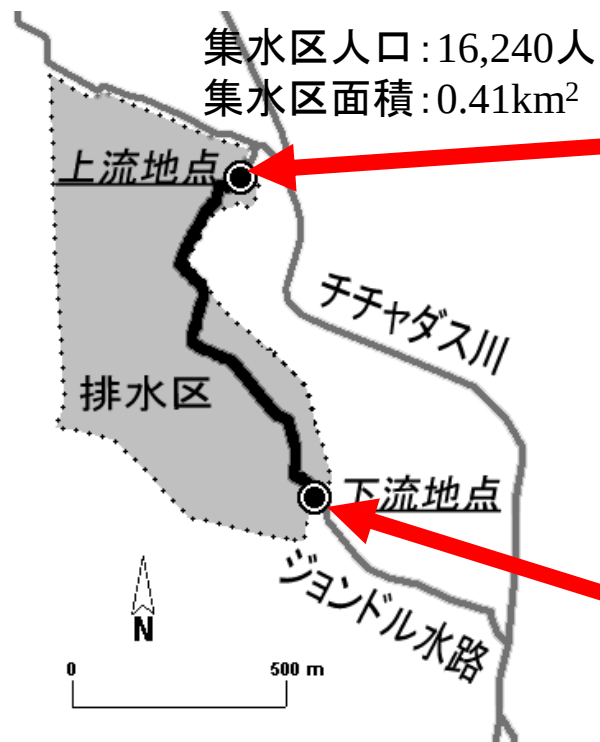
「スラッジは
川へ捨てる」

タンクを通じて排水: **47%**



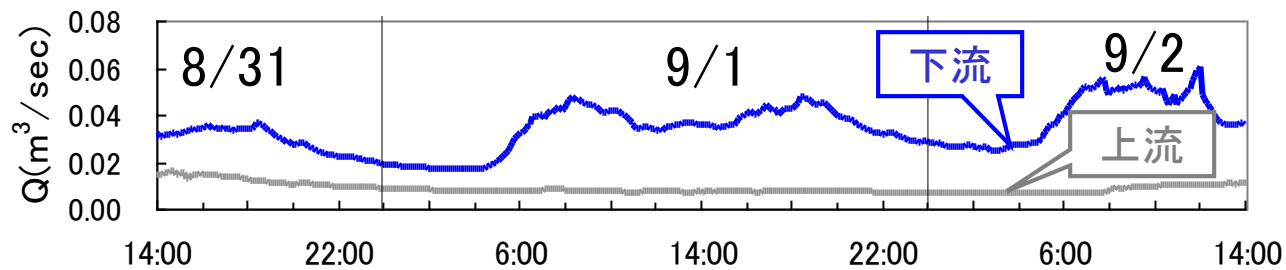
水環境実態調査(バンドン)

水路での観測

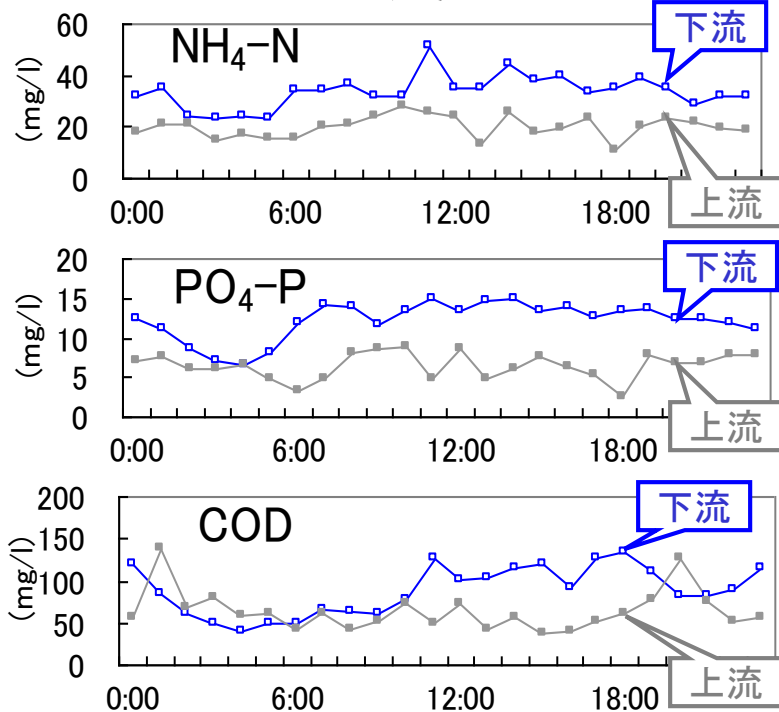


水環境実態調査(バンドン)

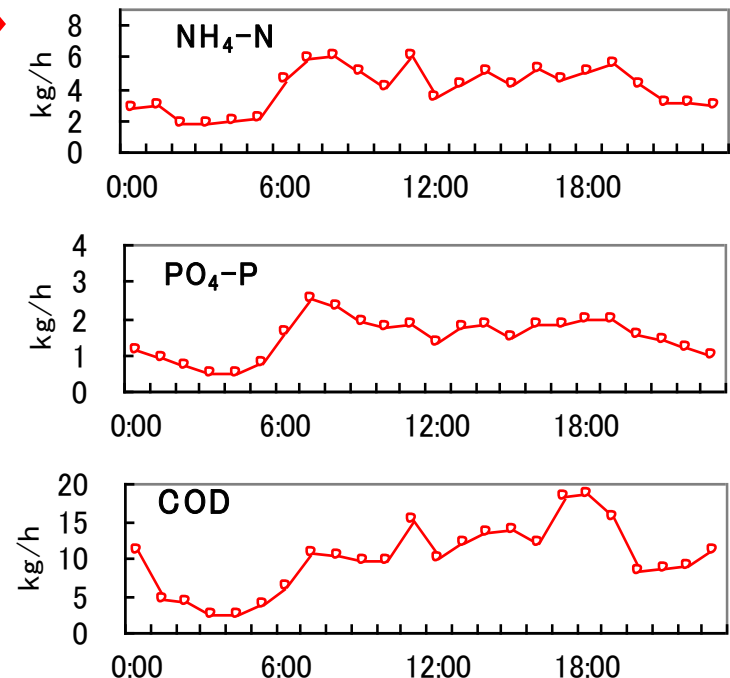
流量



水質



フラックス (下流-上流)

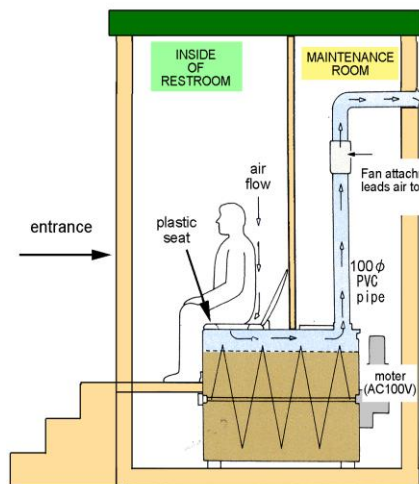


おがくずトイレの改良

現状の問題点

1. 値段が高すぎる（1家族用：数百万円）

2. 水分過多で嫌気化（臭い、分解速度低下）



大便と尿を分離

尿は蒸発・濃縮

残留物は
窒素肥料

基礎実験 ⇒ 試作

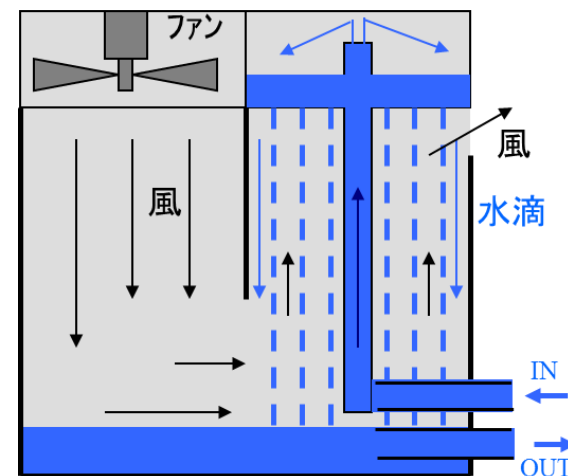
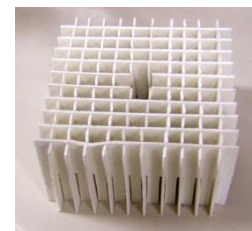
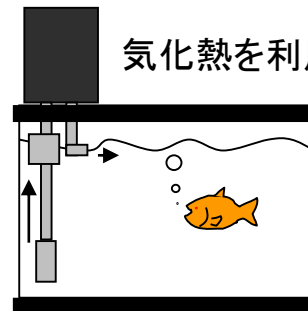
現地版の具体化

大便のみを
おがくずトイレで処理

小型化 ⇒ 低価格

基礎実験 ⇒ 試作

気化熱を利用したクーラー

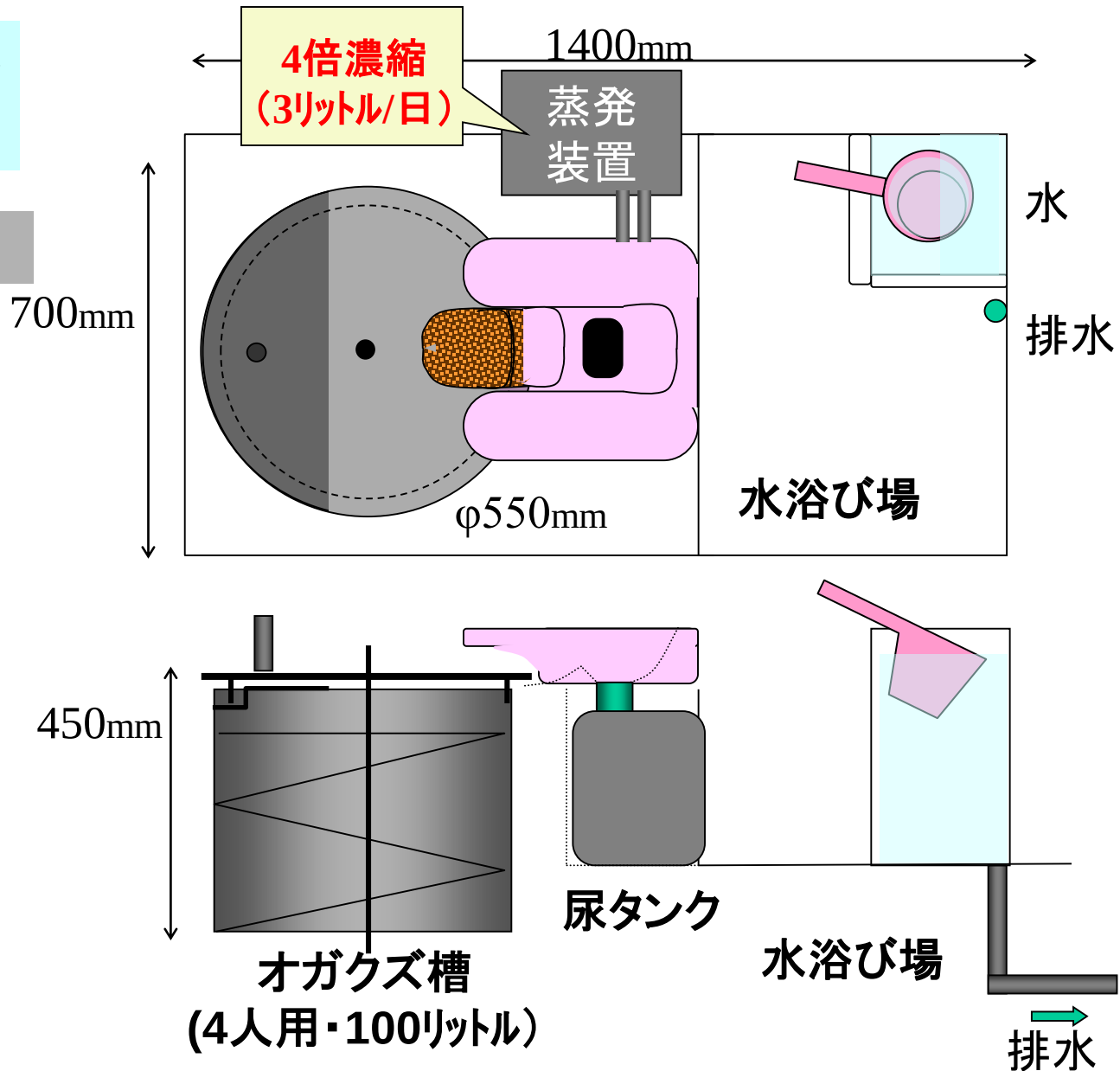


おがくずトイレの改良

現地版トイレユニット の提案

バンドンの条件を想定

- ・4人家族用
- ・オガクス20リットル/人
- ・尿→20リットルタンク
- ・尿は4倍濃縮
- ・水浴び場を併設



おがくずトイレの改良

現地版トイレユニット の提案

制作費見積もり

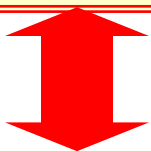
→およそ**3万円**程度

(現地のトイレ建設費は1.5～5.5万円)

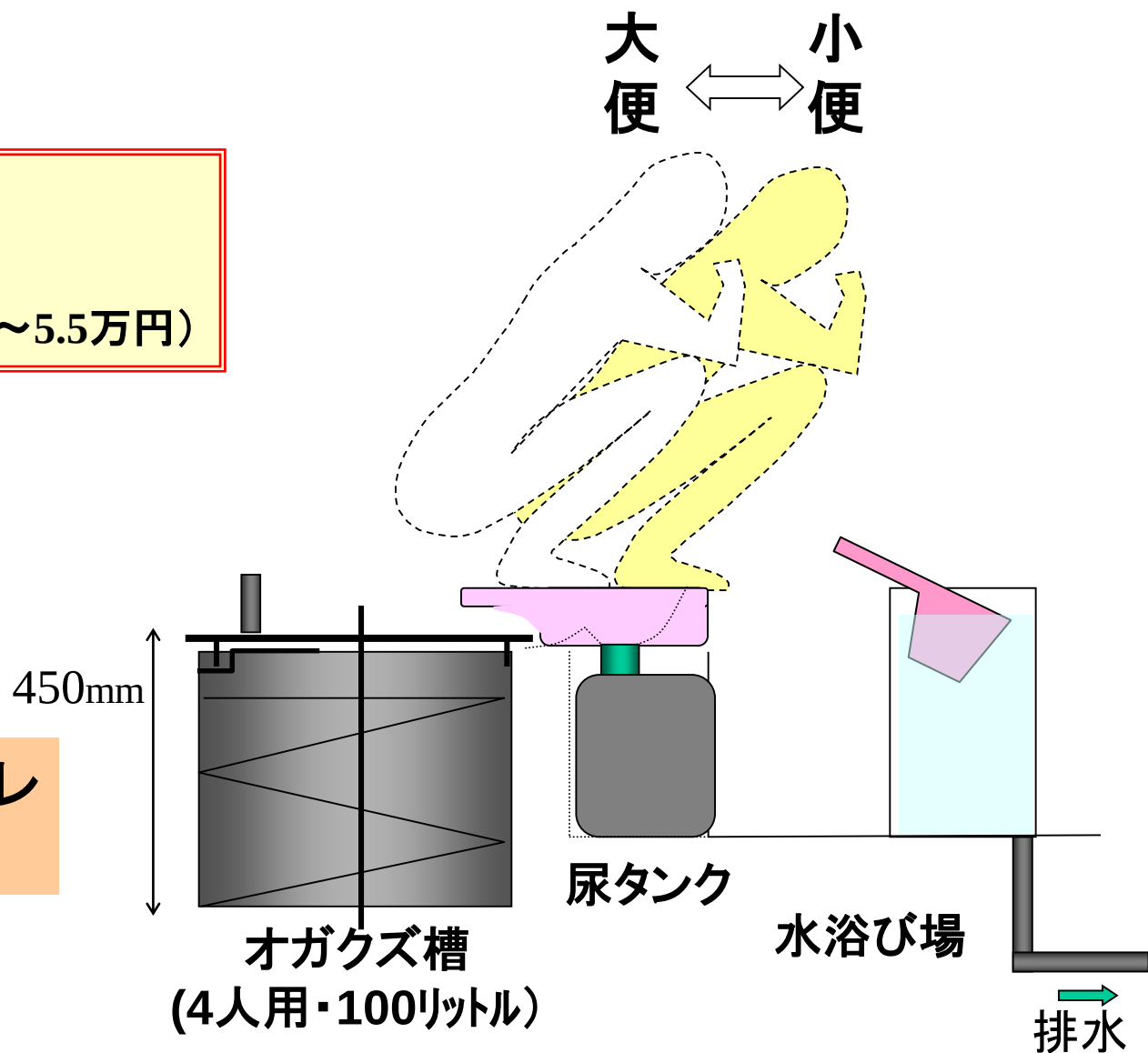
+

蒸発装置

(現状では3万円)



現在のオガクズトイレ
数百万円



回収システム

一般廃棄物の収集と 同様のシステム

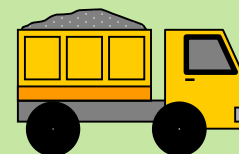
スカプラ村02町内会の場合
人口1477人、約400世帯
人口密度: 49,000人/km²

ウエイストピッカーが
有価物を取り出し



買取業者

一日あたり
推定約16m³
13m³ × 4回



最終処分場へ

一日あたりの集積量
推定約68m³

一日あたり搬出量
約52m³

町内会

各戸から回収

収集人

(町内会で1~2人雇用)

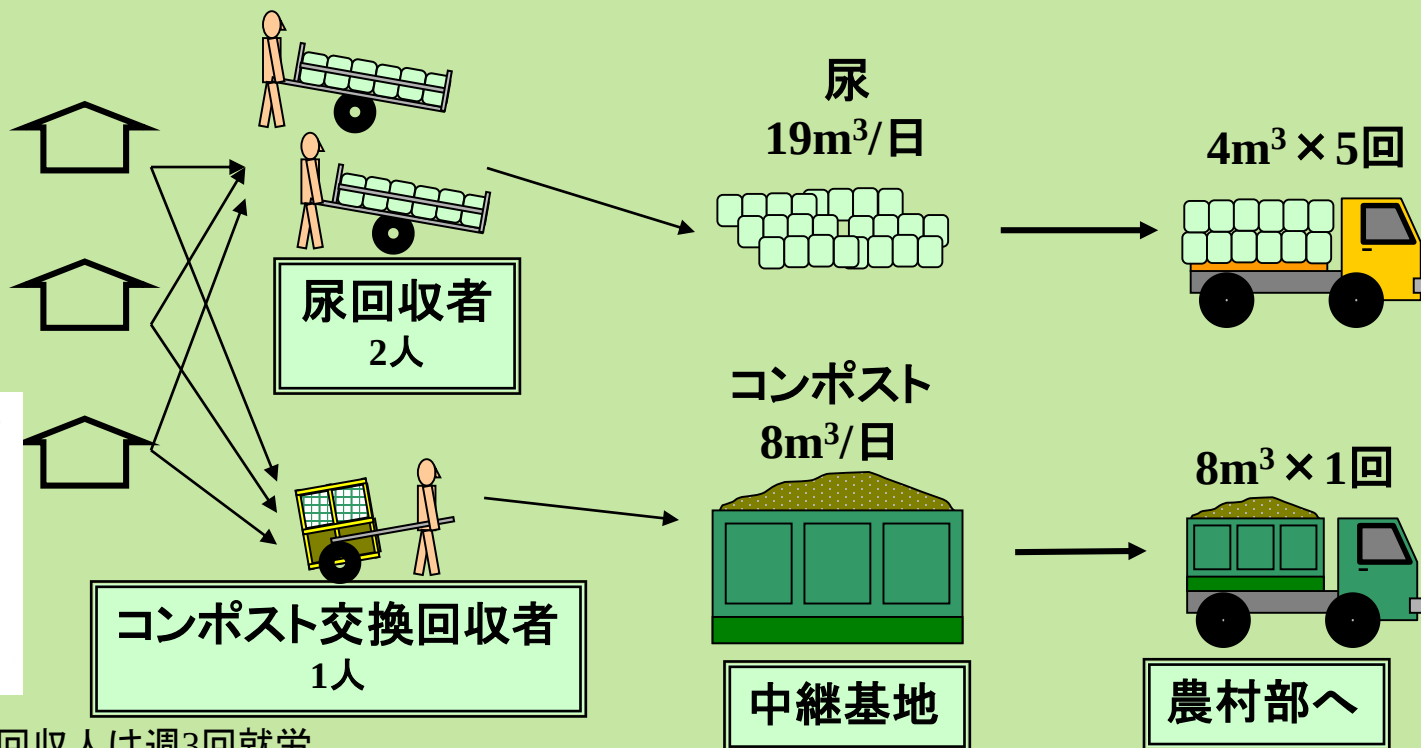
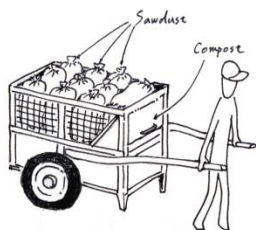
中継基地

町内会が運営

(費用は各世帯から徴収)

バンドン市が運営

回収システム



回収人は週3回就労
尿回収 : 2週に1回、ポリタンク1個
コンポスト交換回収 : 4ヶ月に1回

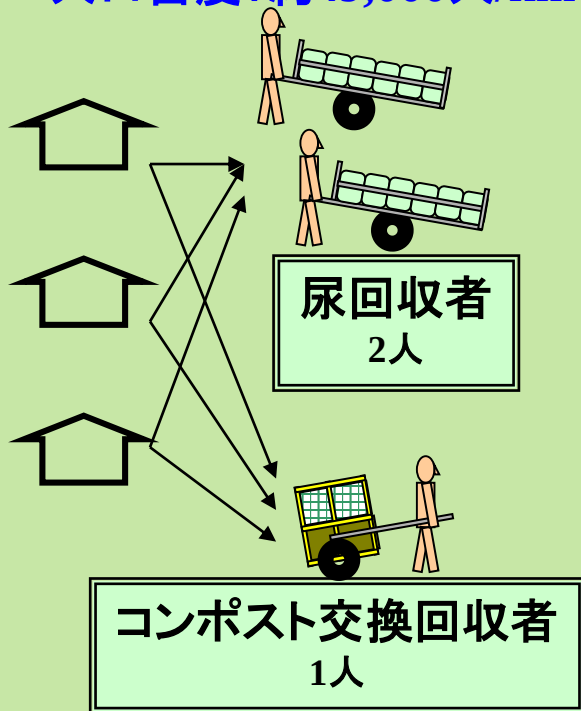
町内会が運営
(費用は各世帯から徴収)

一日あたりの集積量
27m³

バンドン市が運営

回収システム

スカプラ村02町内会の場合
人口1477人、約400世帯
人口密度: 約49,000人/km²



尿回収 : 週3回

コンポスト交換回収 : 4ヶ月に1回

町内会が運営
(費用は各世帯から徴収)

3人 × 150,000ルピア／月

(100ルピア≒1円)

450,000ルピア／月／町内会

一世帯あたり負担額

約**1,100**ルピア／月

+電気代 約**3,600**ルピア/月

実質約**4,700**ルピア／月

現状のゴミ収集システム

2,000～2,500ルピア／月／世帯
＝現地住民「かなり安い」と感じている

回収システム

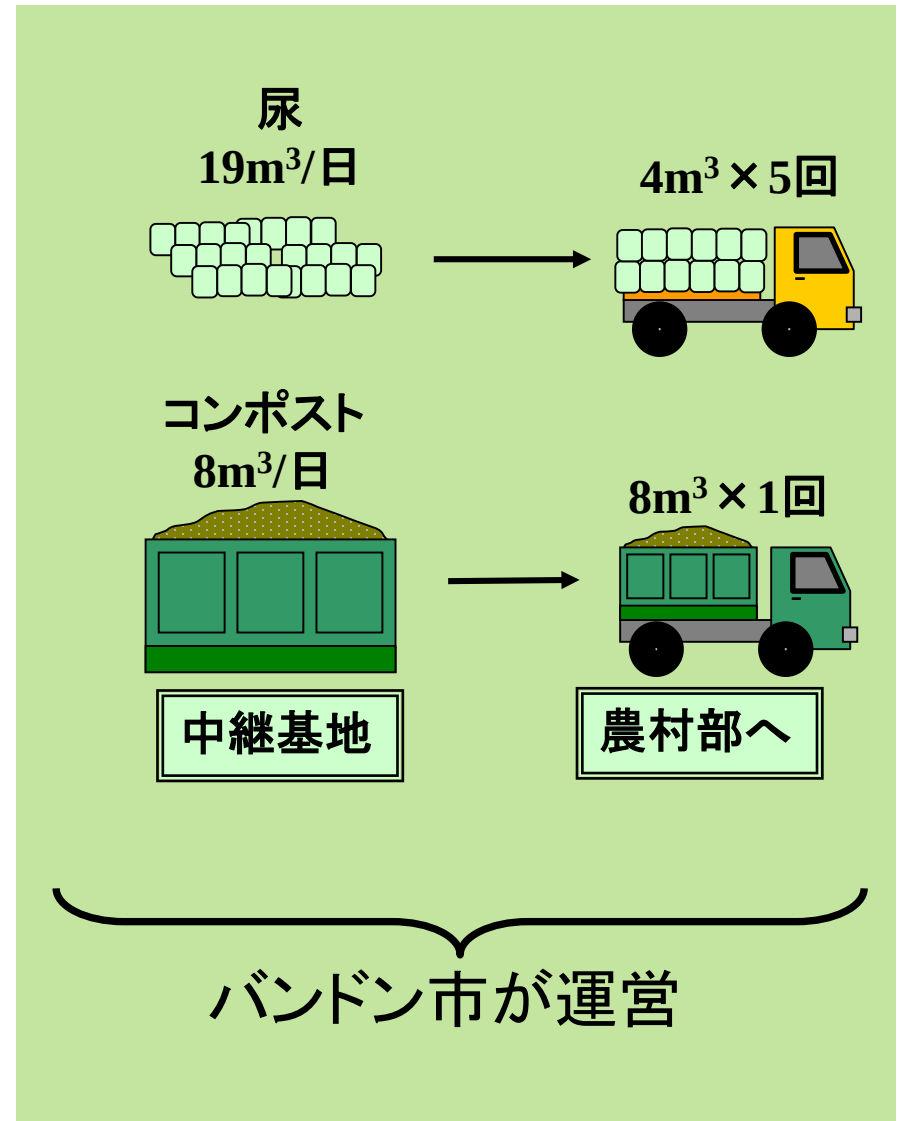
バンドン市のゴミ処理事業費
約**300億**ルピア

濃縮した尿は液肥として売れる！

生ゴミ液肥：20,000ルピア/リットル

仮に尿からの液肥が
この値段で売れたら

バンドン市全体で年間20万 m^3
約**4兆**ルピア



コンポスト型トイレによるフィリピン国マニラ首都圏の水環境改善について

---- 15年前に考えたこと ----



東京工業大学環境理工学専攻 石川忠晴

1997~2001 JSPS未来開拓研究プロジェクト
(フィリピン)

2003~2007 JST CRESTプロジェクト
(インドネシア、中国)