


# 排水分離・分散型処理 システムの開発

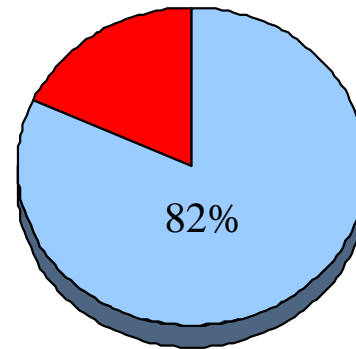
都市環境工学専攻環境衛生工学講座  
船水尚行



- 
- なぜ、「集めない」、「混ぜない」処理（排水分離・分散型処理）なのか？

# 飲み水と衛生の現状 2000年

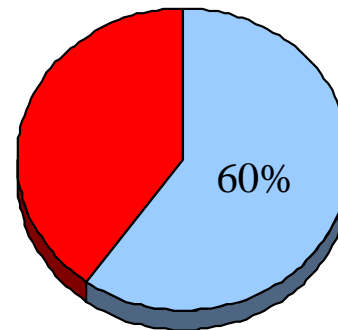
10億人が安全な  
飲み水を供給され  
ていない



■ Served  
■ Unserved

Water

約24億人は衛生的  
にし尿を処理で  
きないでいる



Sanitation





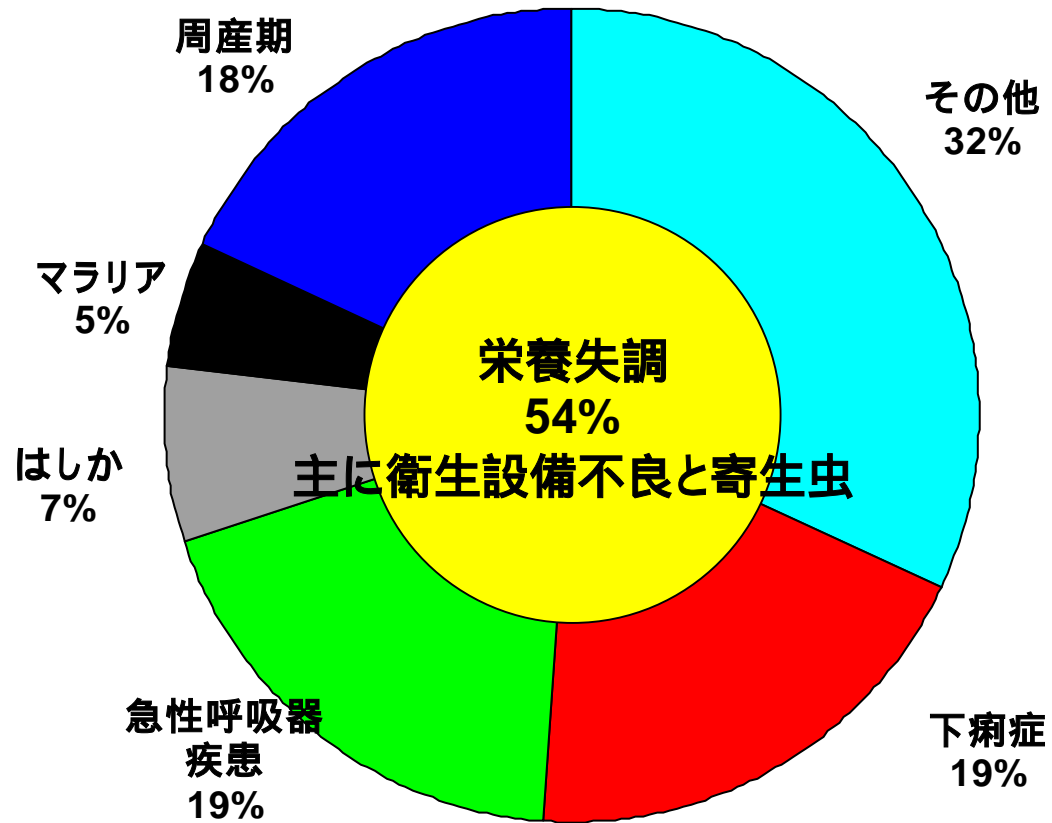
毎日，約120万トン  
のし尿が環境や水源  
に排出されている



現状のままの取り組みでは、2020年には500万～1000万の人、主に子供たちが水に起因する病気で死亡すると予想されている



# 5歳以下の主な死亡原因



# 寄生虫の問題





栄養失調と発育  
障害

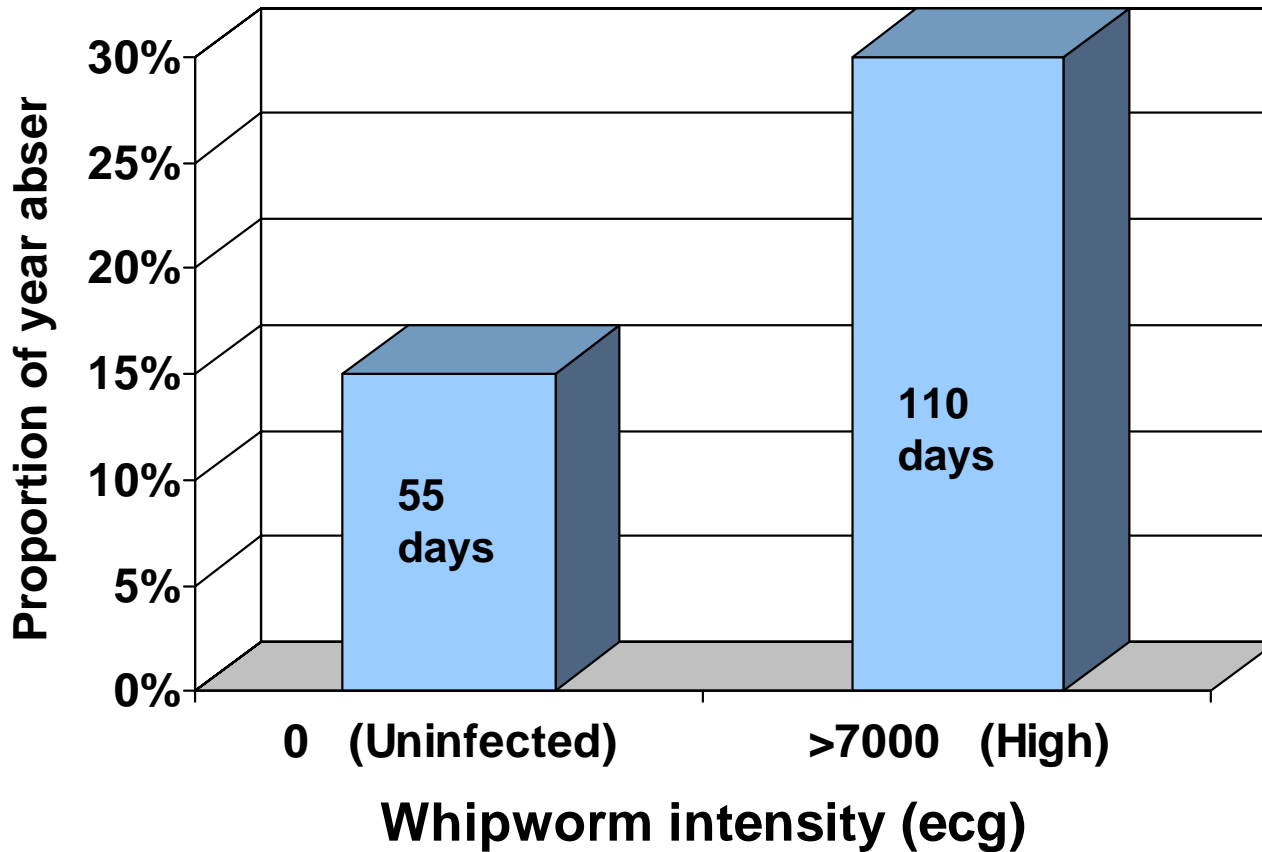
低IQ

低身長

貧血症



# 学校の欠席率



Source: Case study, Nokes et al, 1992

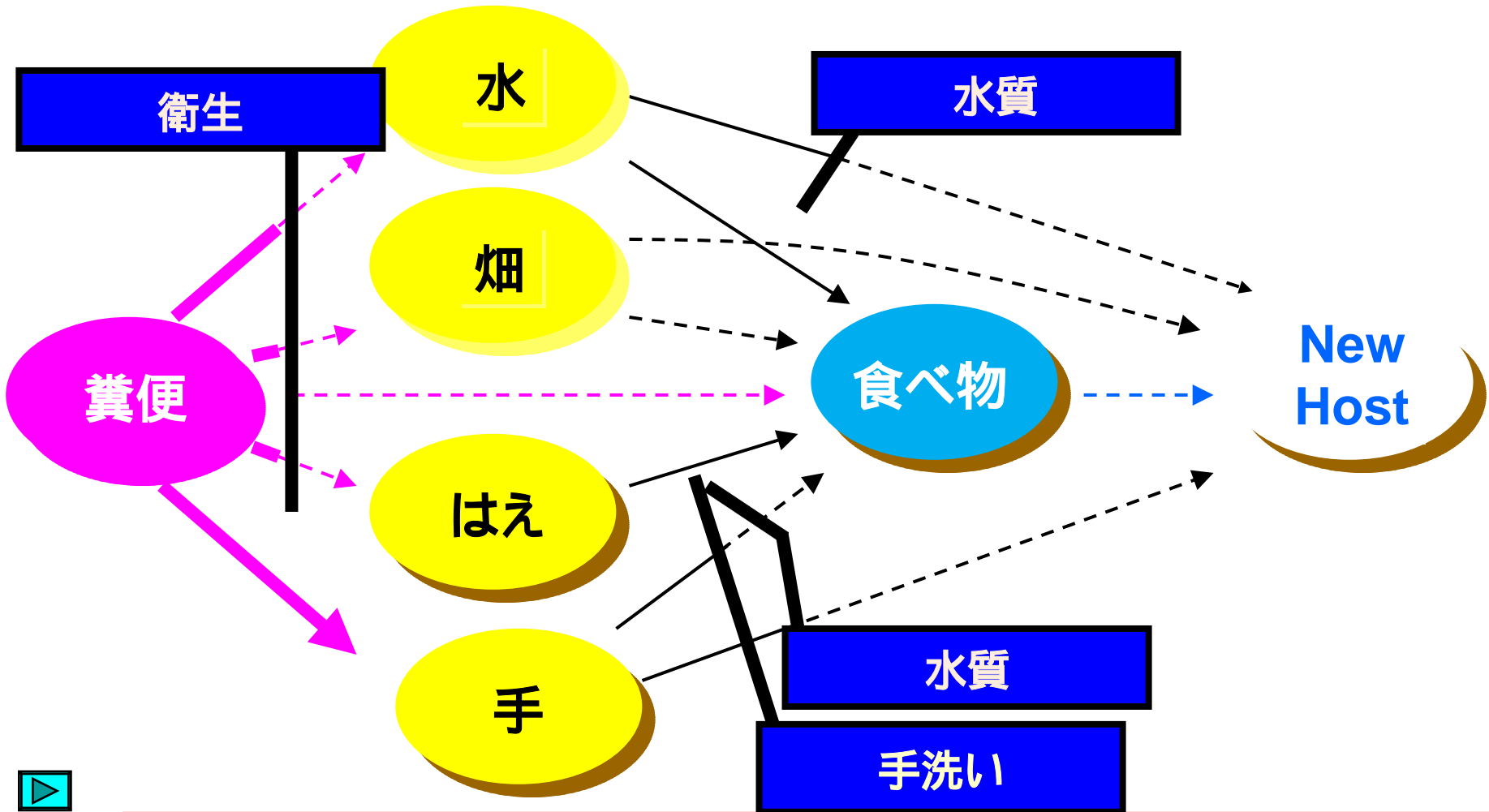




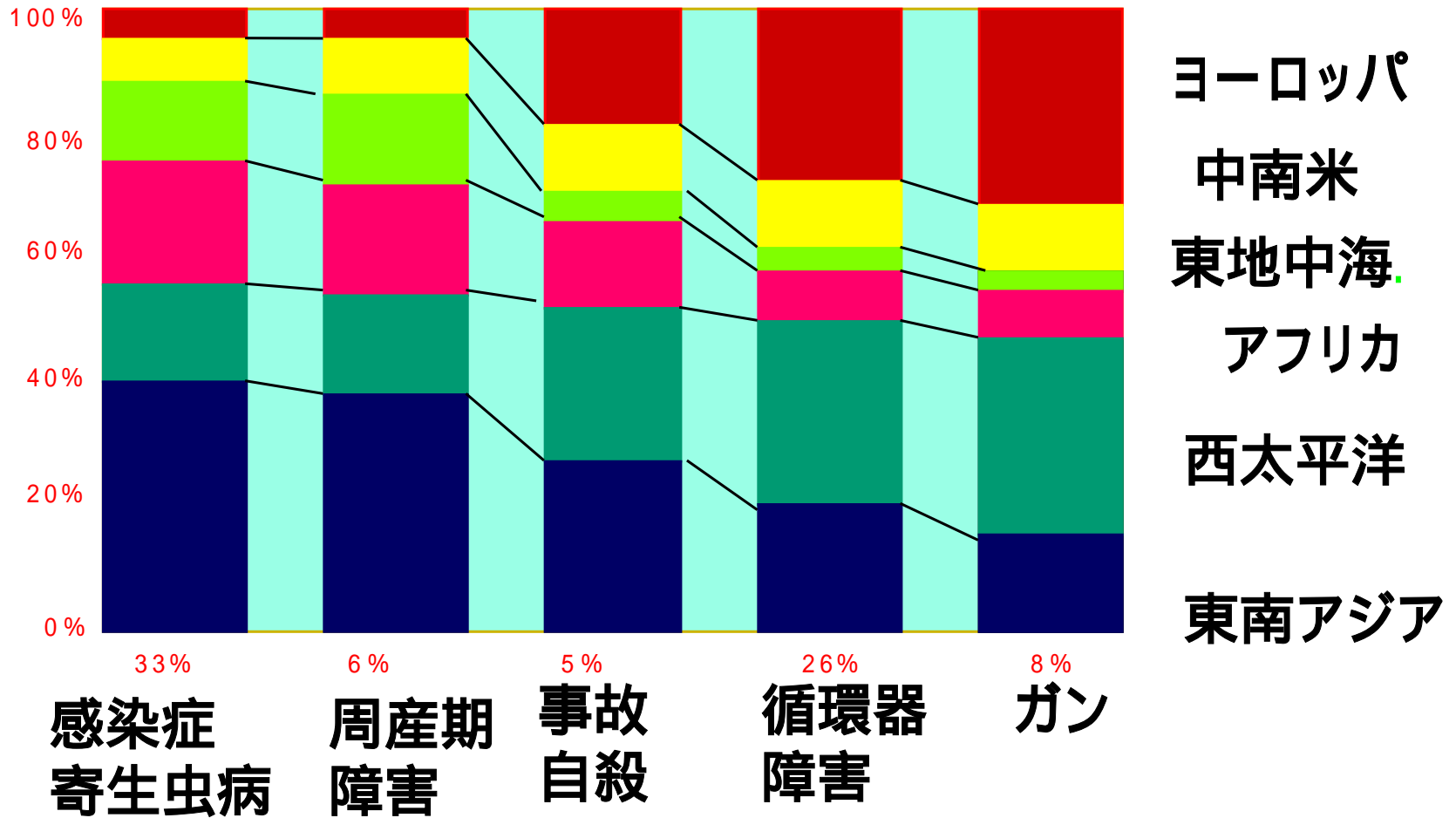
回虫症は健康を阻害し、開発途上国の多くの子供達の勉学機会を奪っている

# 曝露を減らす

## The F-Diagram



# 世界の死亡原因



# Proposed actions





# Millennium development goals (MDGs)

貧困を根絶し，持続可能な発展をめざす．

⇒ そのために，人間にとって必須な清浄な水，衛生，エネルギー，健康，食料へのアクセスを改善する

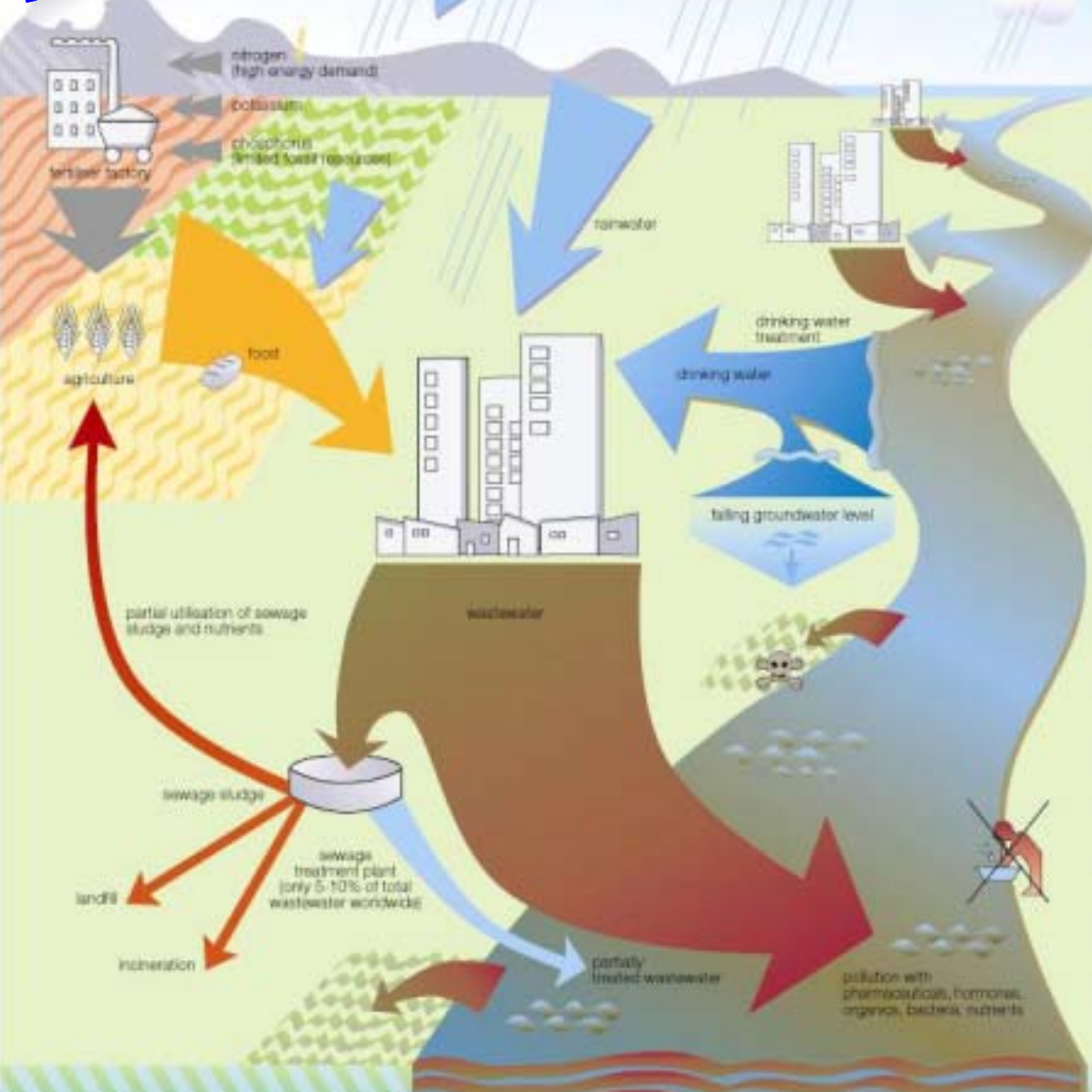
⇒ 生物の多様性の保護に努める．

⇒ 水とサニテーションのゴール:

2015年までに，安全な飲み水や適切な衛生を得られない人を半減させる



# 現状のフラッシュサニテーション



- 水道水のごく一部しか飲料されておらず、相当量の水を汚濁物質輸送媒体としている
- 限られた地点で取水、配水・集水後、特定の場所に放流。地域の水循環構造を歪めている。
- 下水管からの漏れ。土壤汚染
- 排水と雨水の混合が処理対象排水の濃度と構成成分の時間的・場所的変動をもたらす
- 下水処理汚泥には有用成分と同時に有害成分も含有
- 都市内の下水道施設は巨大な資産。維持管理と更新を現在の経済で維持できるか？



# Bangalore India

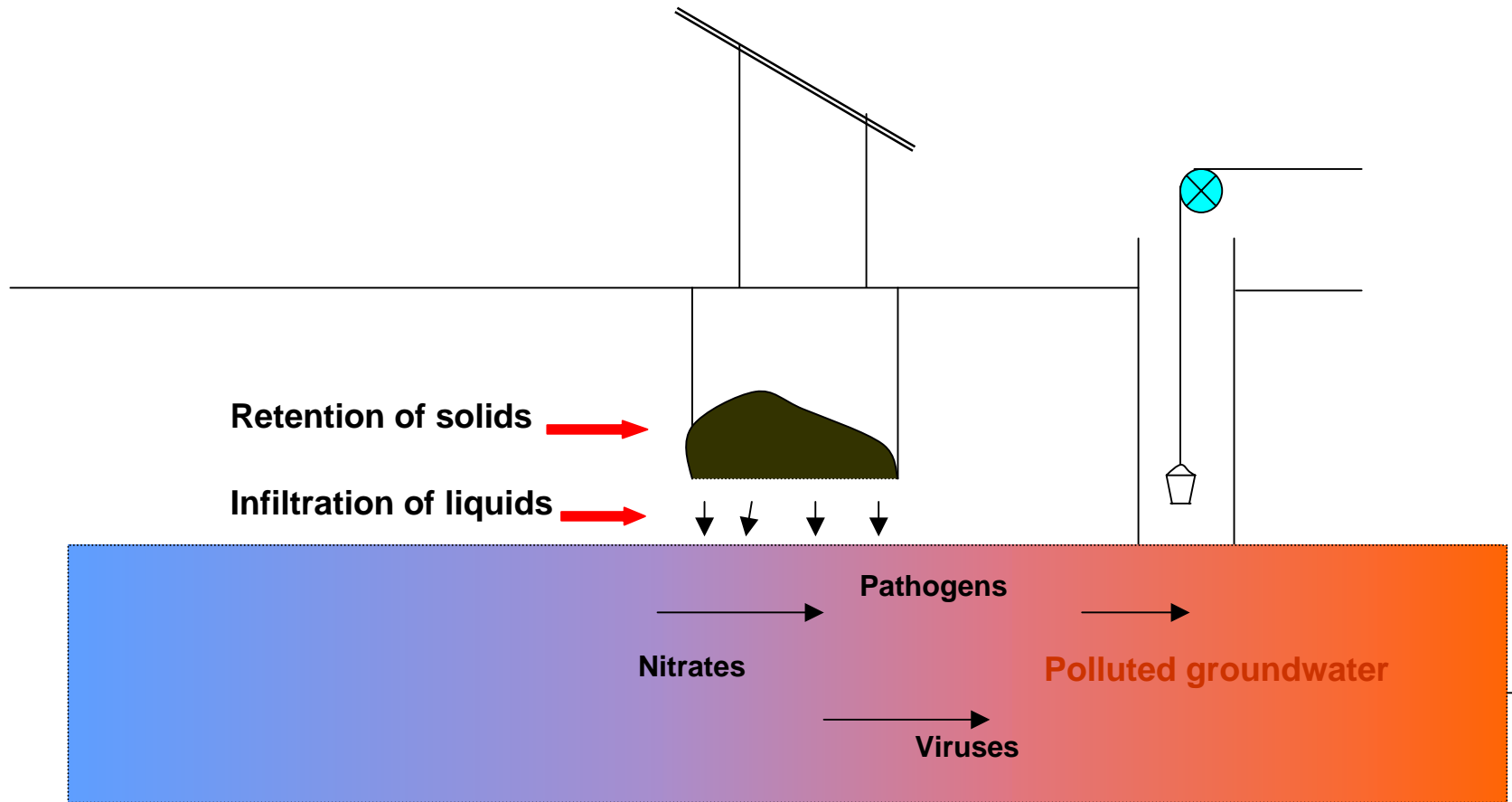
Sewer

Well



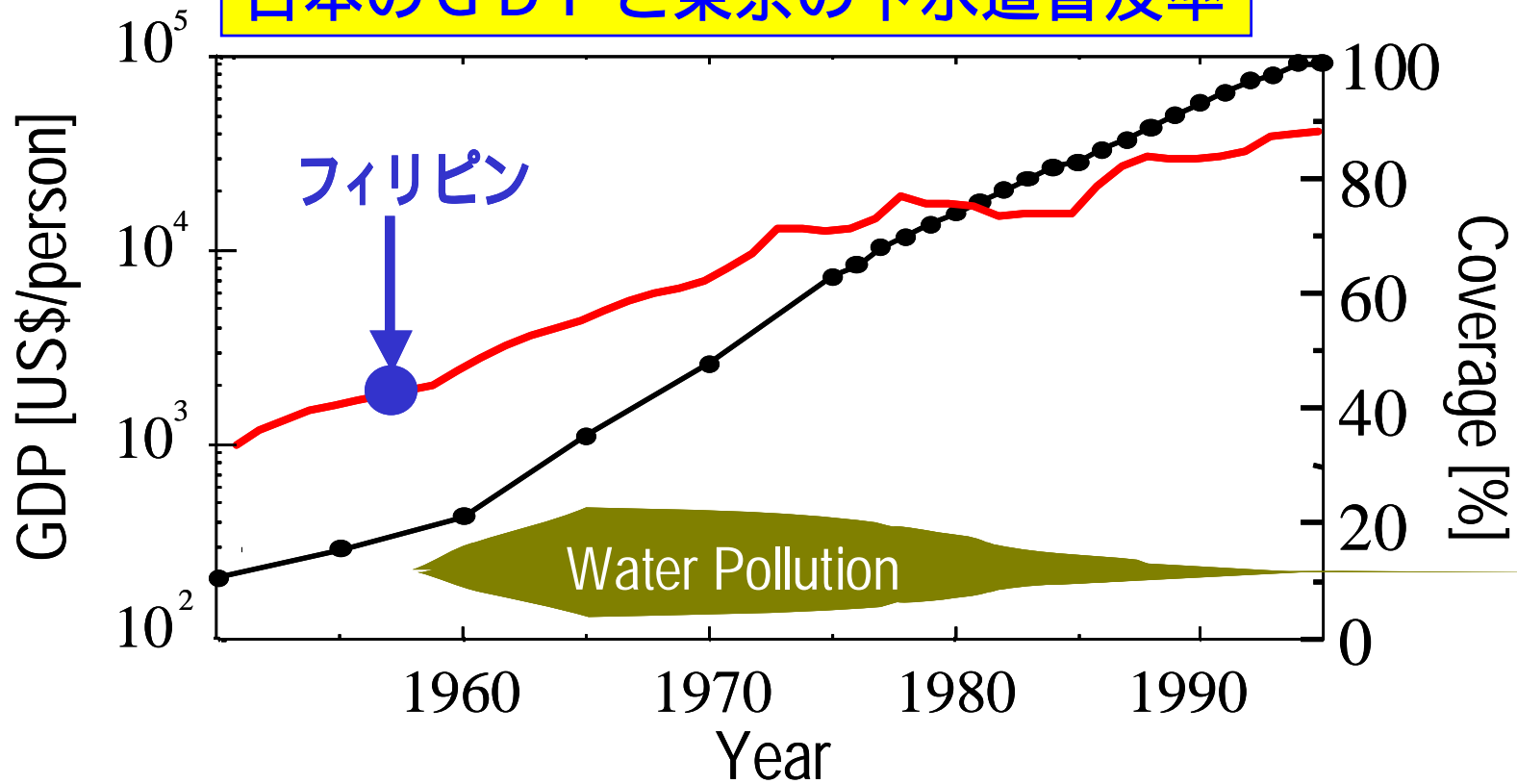
# ドロップ + 貯蔵サニテーション

Shortcomings of conventional „drop and store“ sanitation



# 現用の下水道システム

日本のGDPと東京の下水道普及率









## 集めない - 分散型

- 現在の先進国と同様の下水道システムの建設は全世界の**金融・財政規模**をはるかに超える (Peter Wilder, 2002)
- **飲料可能水**をし尿の輸送媒体とできる地域は限られている
- 汚水をパイプで集め処理する**集中処理システム**は経済的に現実的でない
- 現状の分散型処理の**腐敗槽**は維持管理上の問題 衛生, 水質汚濁問題



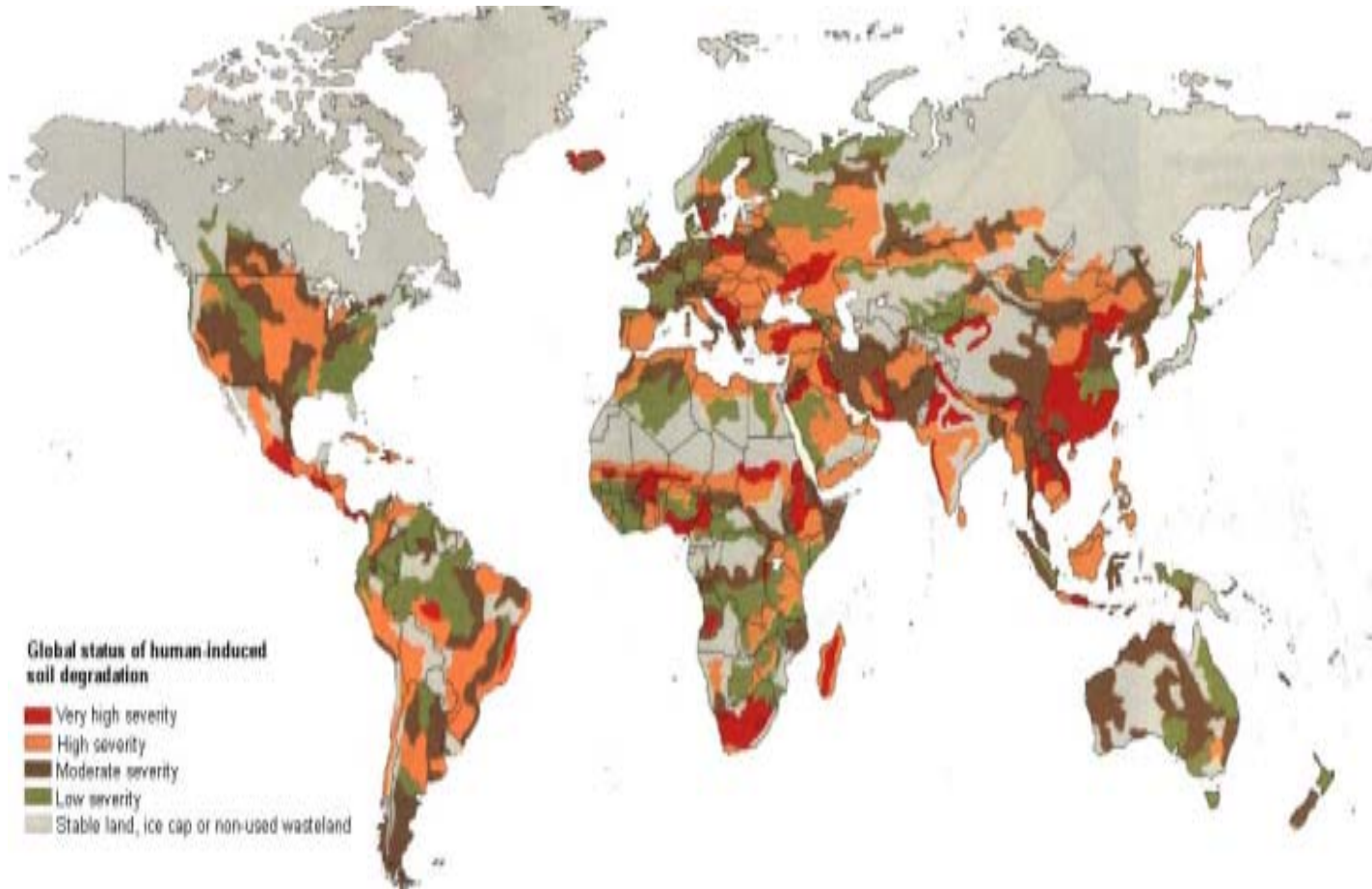


## *Resources in wastewater*

*Annual discharge from one person*

- Nitrogen (N) 4.5 kg
- Phosphorus (P) 0.6 kg
- Potassium (K) 1.0 kg
- Organic matter (BOD) 35 kg





**Loss of Soil Fertility** (slow but dramatic, global scale)  
Can be counteracted by **returning treated biowaste**





# The wastewater resource

The fertilizer value of the blackwater from  
900 Mio people in rural  
**China**

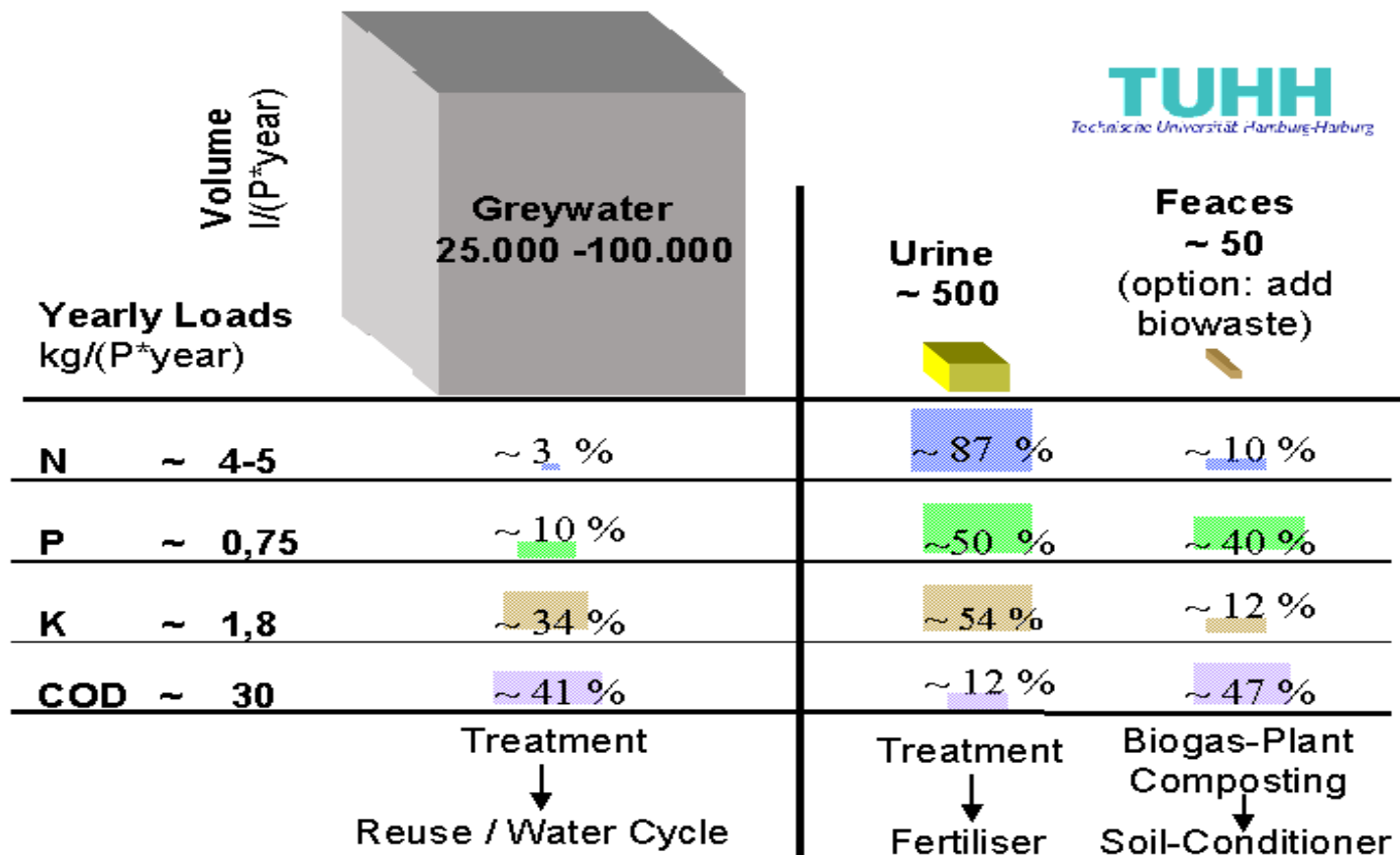
**2.5 billion USD**  
per year

(UNESCO 2001)





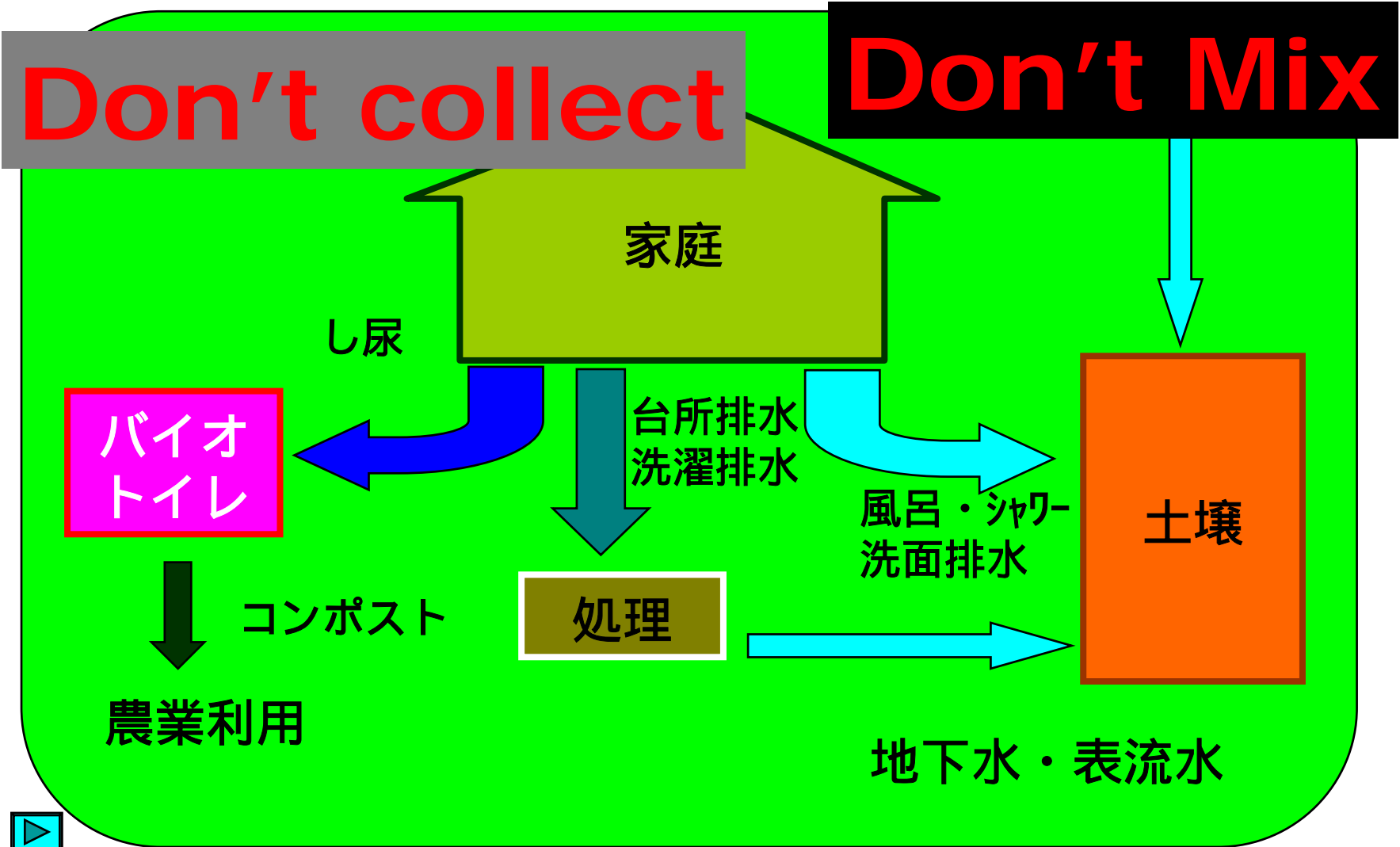
# 家庭からの排水



集めない・混ぜない処理：  
排水分離分散システムのイメージ

Don't collect

Don't Mix



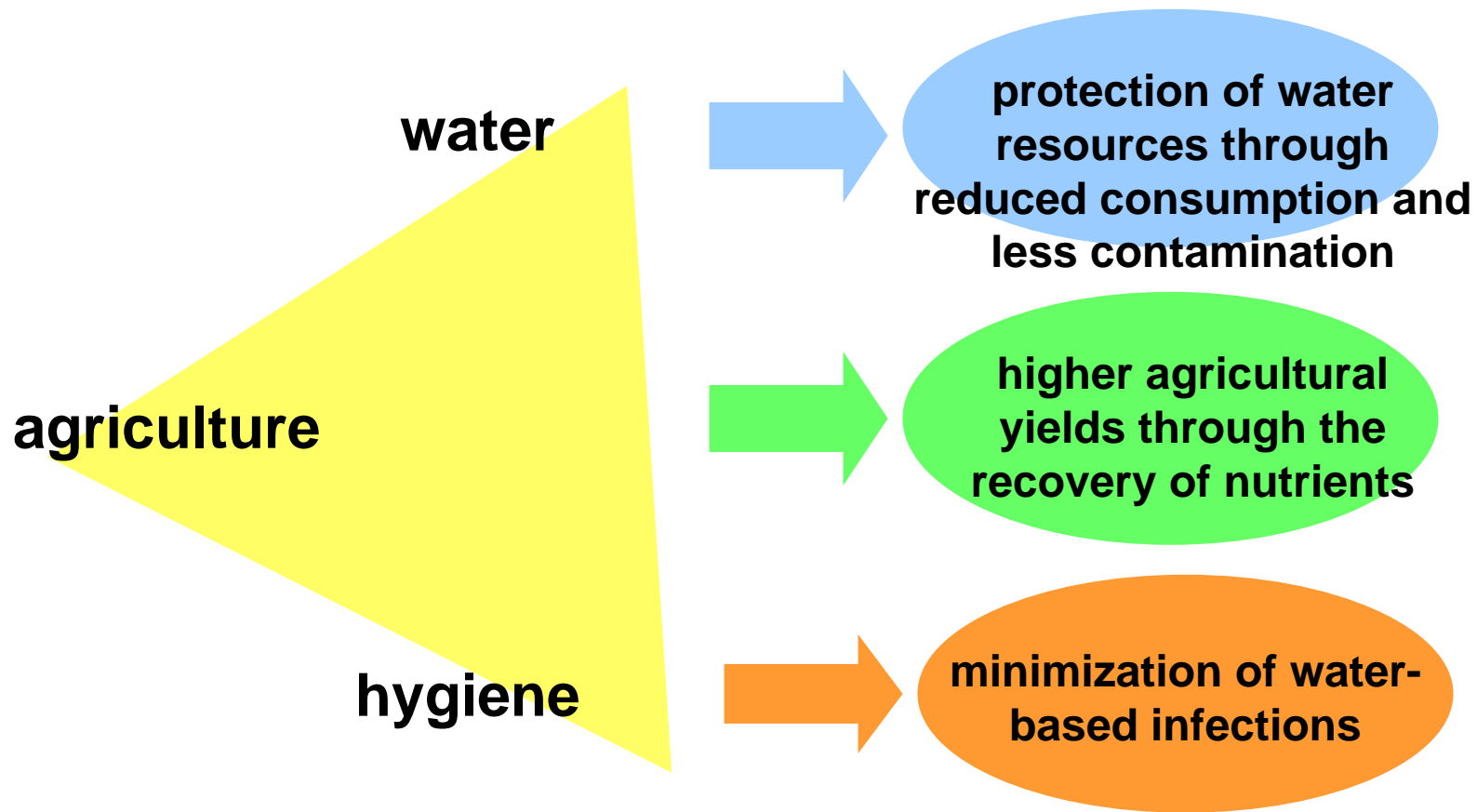
# 排水分離分散システムの利点

- **し尿を分離すると**
  - 栄養塩を水系から分離
  - 物質循環に寄与
  - し尿中の微量化学物質を水系から分離
  - 病原性微生物の分離
  - 処理すべき排水量の減少
  - 水を輸送媒体としない
- **分散型**
  - パイプを必要としない（現用下水道建設費の70%は管路費用）
- **物質循環**
  - 有機物，栄養塩類の水系への排出量削減し，農業系へ循環可能
  - 生物分解性資材
- **社会システム**
  - 新システムの現地生産・維持管理・雇用や産業クラスターの創出

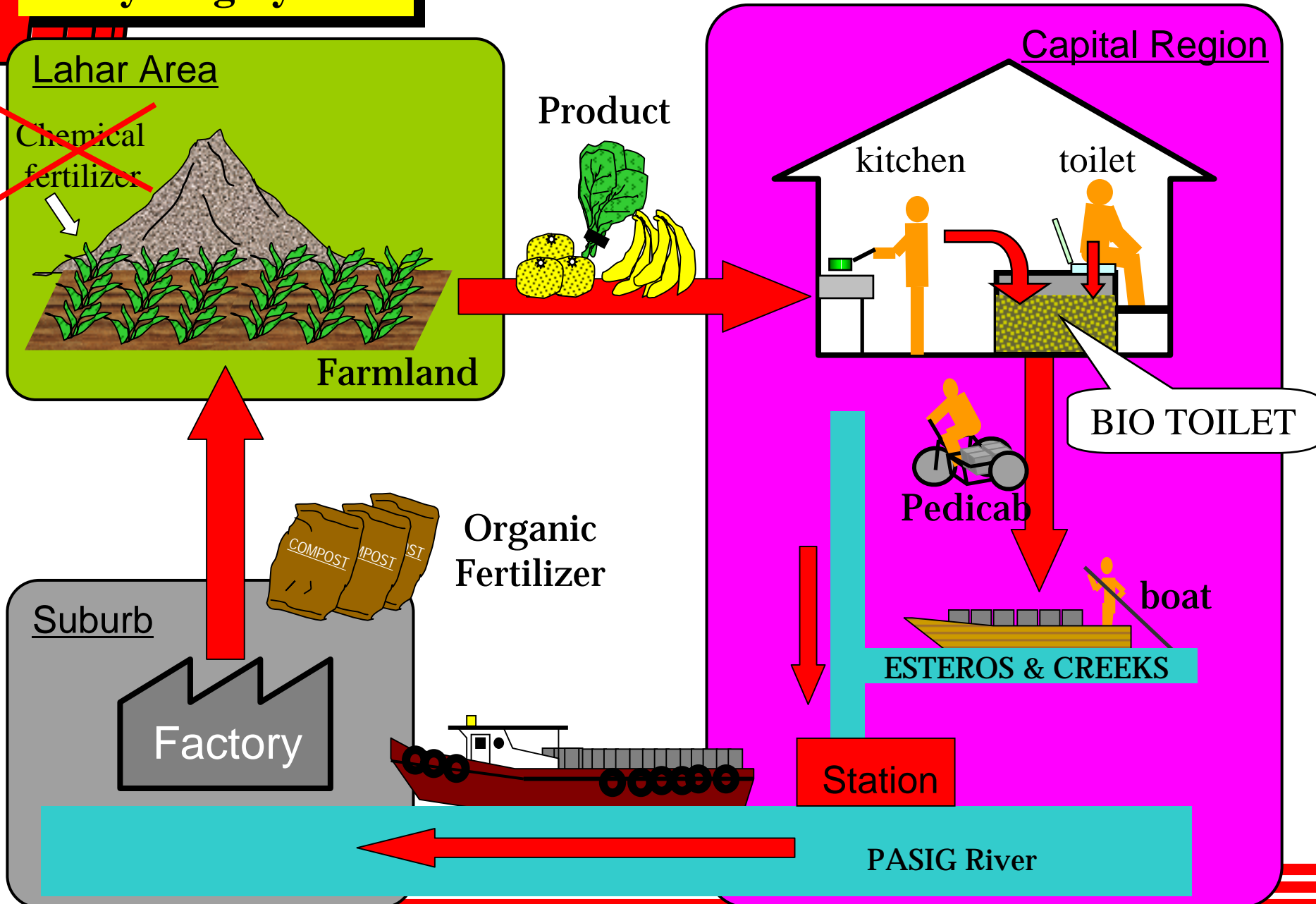




# Sustainable Sanitation = Triple Win

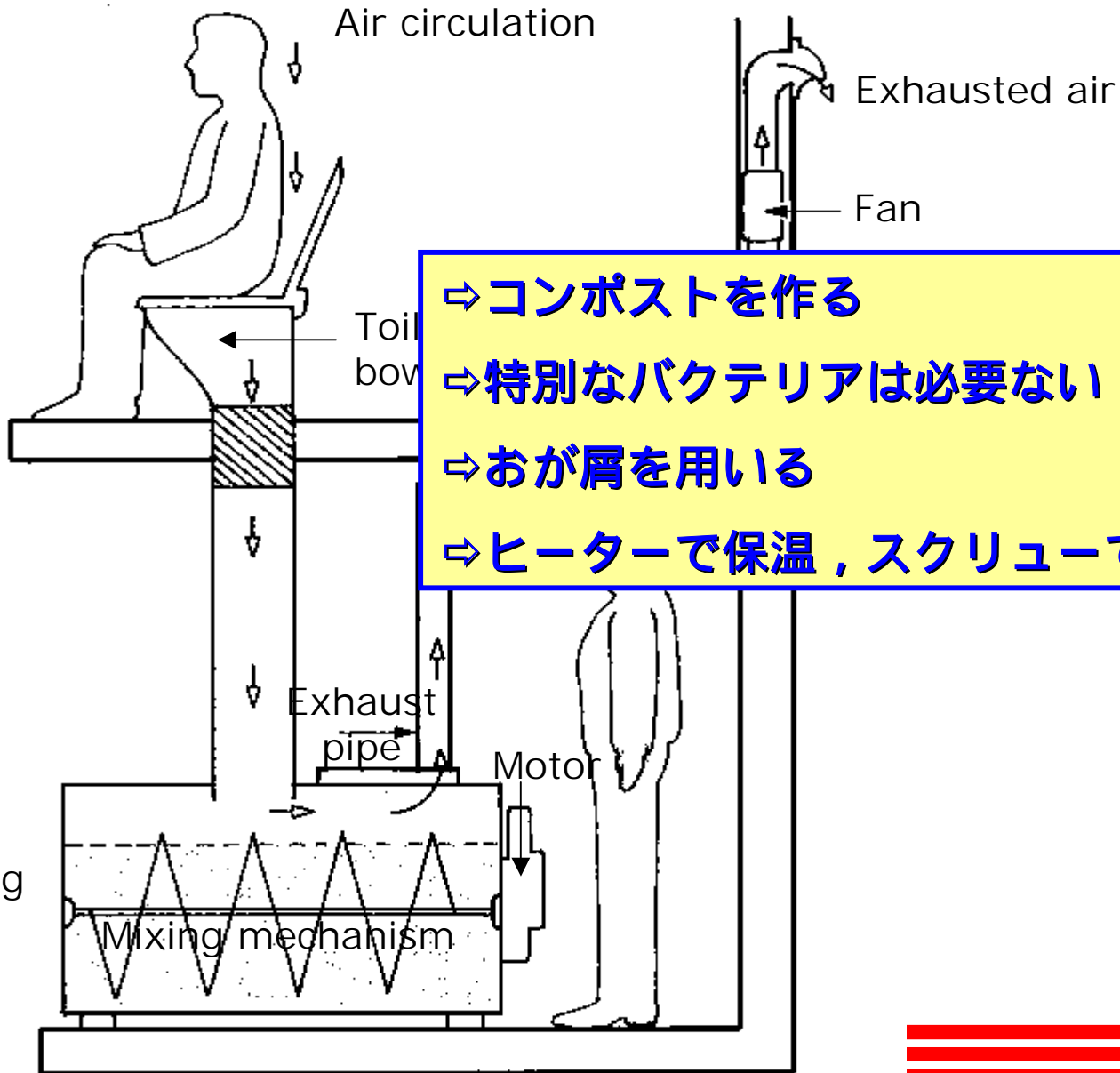


# Recycling System





# バイオイレ



⇒コンポストを作る

⇒特別なバクテリアは必要ない

⇒おが屑を用いる

⇒ヒーターで保温，スクリューで攪拌.

Composting reactor

Mixing mechanism

Exhaust pipe

Motor

Air circulation

Exhausted air

Fan

Toilet bowl

# バイオトイレ



# SAWDUST MATRIX: Key element of the composting reactor

## ○ Sawdust properties:

- ⇒ High porosity
- ⇒ High water and air retention
- ⇒ High drainage



**Aerobic  
biodegradation  
(without odor)**

- ⇒ High bacterial tolerance



**Use of sawdust  
for long time**

- ⇒ Low apparent density



**Energy saving  
when mixing**

- ⇒ Biodegradability



**Reuse as a  
fertilizer or soil  
conditioner**



# 研究内容

---

## ● 有機物

- 糞便中有機物のcharacterizationと分解過程における有機物変化の解析
- し尿の好気分解過程のモデル化（温度，含水率，負荷の影響）

## ● 水

- おが屑中水分の蒸発特性の解析（恒率乾燥速度，減率乾燥速度）

## ● 窒素

- コンポスト過程に窒素の挙動の把握とモデル化
- 尿中窒素の変換過程の解析



# 研究内容

---

## ● 微量汚染物質

- し尿の分解過程におけるエストロゲン類の分解速度の実測とモデル化
- コンポスト過程における医薬品の分解過程のモデル化
- 尿中医薬品のオゾン処理
- コンポスト中残存有機物のバイオアッセイによる評価

## ● 病原性微生物

- 回虫卵の測定法の開発，不活化速度の実測，リスク評価
- トイレの攪拌効果のモデル化



# 2004年のPublication

1. Miguel Angel Lopez Zavala, Naoyuki Funamizu, Tetsuo Takakuwa: Biological activity in the composting reactor of the bio-toilet system. *Bioresource Technology*, Vol 96/7, pp.805-812 (2005) (Impact factor=1.382)
2. 堀田真也, 寺澤実, 船水尚行: コンポスト型トイレにおけるアンモニアガスの揮発特性に関する基本的研究. *環境工学研究論文集*, vol.41, pp.69-78(2004)
3. 今井陽介, 船水尚行, 成田裕樹, 柿本貴志, 国本学: おが屑をマトリックスとした非水洗ドライトイレコンポストへのバイオアッセイの適用. *用水と廃水*, Vol.46, No.12, pp.1044-1049 (2004)
4. Miguel Angel Lopez Zavala, Naoyuki Funamizu, Tetsuo Takakuwa: Temperature effect on aerobic biodegradation of feces using sawdust as a matrix. *Water Research*, vol.38, No.9, pp. 2406-2416(2004)(Impact factor=1.812)
5. Miguel Angel Lopez Zavala, Naoyuki Funamizu and Tetsuo Takakuwa: Modeling of aerobic biodegradation of feces using sawdust as a matrix, *Water Research*, vol.38, No.5, pp.1327-1339 (2004)(Impact factor=1.812)





# 国際会議（2004年）

- 1. M.A. Lopez Zavala and N. Funamizu: Bio-toilet: A key unit element for achieving sustainability in the Onsite Wastewater Differentiable Treatment System, Full paper in CD-ROM, IWA Leading-Edge Conference on Sustainability, Sydney, Australia, 2004.**
- 2. I.Yamamoto , R.Itoh, J.Yamamoto, N.Sato, M.Itoh, N.Funamizu: Analysis of estrogens in Bio-toilet system using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Proceedings of The 2nd International Symposium on Sustainable Sanitation, pp.31-36, Changchun, China(2004)**
- 3. M.A. Lopez Zavala and N. Funamizu: The fate of nitrogen during the aerobic biodegradation of feces and urine. Proceedings of The 2nd International Symposium on Sustainable Sanitation, pp.45-54, Changchun, China(2004)**
- 4. H.Narita, N.Funamizu, T.Takakuwa and M.Kunimoto: Toxicity assessment of the hydrophilic organic matter in the activated sludge decay process. Proceedings of The 2nd International Symposium on Sustainable Sanitation, pp.55-60, Changchun, China(2004)**
- 5. T.Kakimoto, Y.imai and N.Funamizu: Application of bio-assay to the compost from Bio-Toilet. Proceedings of The 2nd International Symposium on Sustainable Sanitation, pp.61-68, Changchun, China(2004)**
- 6. S.Hotta, M.Terazawa and N.Funamizu: Nitrogen losses from composting toilet using sawdust as matrix. Proceedings of The 2nd International Symposium on Sustainable Sanitation, pp.69-72, Changchun, China(2004)**



# 国際会議（2004年）

7. Hiroki Narita, Naoyuki Funamizu, Tetsuo Takakuwa, Manabu Kunimoto: Role of hydrophilic organic matter on developing toxicity in decay process of activated sludge. Full paper in CD-ROM, 4th World Water Congress, Marrakech, Morocco. (2004)
8. M.A. Lopez Zavala, N. Funamizu and T. Takakuwa: Nitrogen transformations in the composting reactor of the bio-toilet system. Full paper in CD-ROM, 4th World Water Congress, Marrakech, Morocco. (2004)
9. T. Kakimoto, Y. Imai, N. Funamizu, T. Takakuwa and M. Kunimoto: Toxicity assessment of the extract of compost as a final product from Bio-Toilet. Full paper in CD-ROM, 4th World Water Congress, Marrakech, Morocco. (2004)
10. M. A. Lopez Zavala, M. Terazawa, N. Funamizu, T. Takakuwa: Achievements on the Onsite Wastewater Differentiable Treatment System (OWDTS). Full paper in CD-ROM, IWA 6th Specialist conference on small water and wastewater systems and 1st international conference on onsite wastewater treatment and recycling, Australia. (2004)
11. Naoyuki Funamizu: Bio-toilet: A key technology for sustainable sanitation. Water Supply, Sanitation and Health: Public Health Aspects. Commission on Sustainable Development, 12th Session, UN Department of Economic and Social Affairs, New York, Tuesday 27 April 2004
12. Hiroki Narita, Naoyuki Funamizu, Tetsuo Takakuwa: Organic Matter Released From Activated Sludge Bacteria Cells During Their Decay Process. IWA Young researchers conference, Netherlands (2004)

