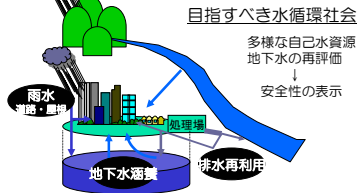


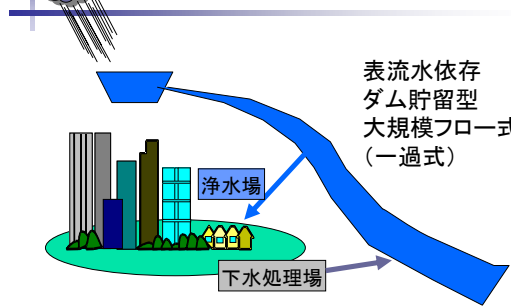
「リスク管理型都市水循環系の構造と機能の定量化」

研究代表者 東京大学大学院工学系研究科
都市工学専攻 古米 弘明



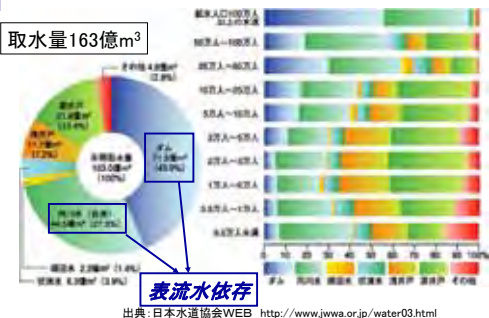
第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10

従来型水資源開発と 現行の都市内水利用システム



第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10

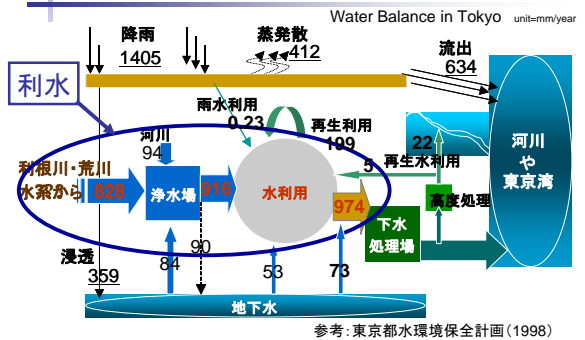
日本の水道水源(平成15年度)



出典:日本水道協会WEB <http://www.jwwa.or.jp/water03.html>

第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10

東京の水収支と水利用



参考: 東京都水環境保全計画 (1998)

第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10

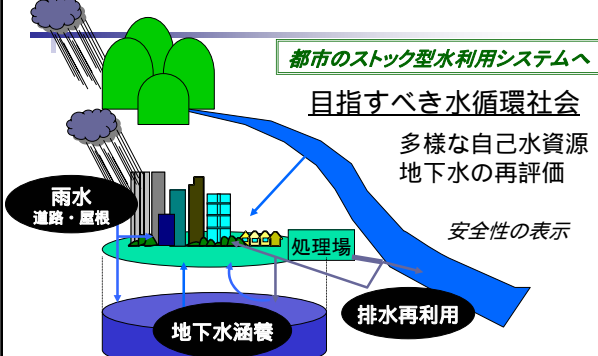
持続性を考慮した都市水循環と水利用

都市のストック型水利用システムへ

目指すべき水循環社会

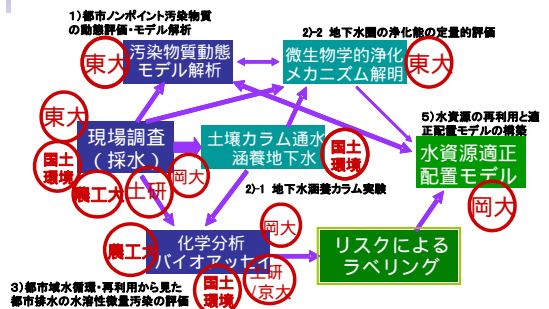
多様な自己水資源
地下水の再評価

安全性の表示



第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10

研究の進め方

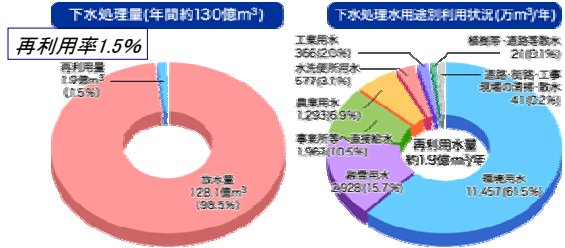


第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10

都市の自己水資源の戦略的活用 リスクによる「水」のラベリング

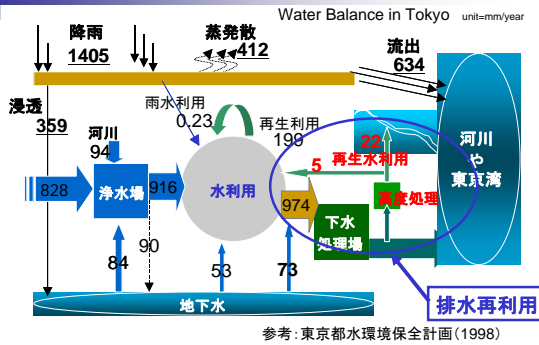
- 都市ノンポイント汚染物質の動態評価・モデル解析
都市ノンポイント汚染動態解析のための雨水流解析
雨水流抑制排水区における浸透施設内堆積物調査
- 地下水涵養カラム実験
下水処理水の土壌カラム実験と化学分析及びバイオアッセイ下水処理過程
下水処理水涵養土壌中の微生物群集解析
- 都市排水の水溶性微量汚染の評価
内分泌攪乱物質と医薬品関連物質の除去
- 都市水循環システム構築のための水質リスクの多面的評価
ランキングに向けた河川水の水質分析及びバイオアッセイ
- 水資源の再利用と適正配置モデルの構築
岡山流域の河川水及び地下水水質測定
浅層地下水に着目した流域レベルの水収支モデル

下水処理水の有効利用

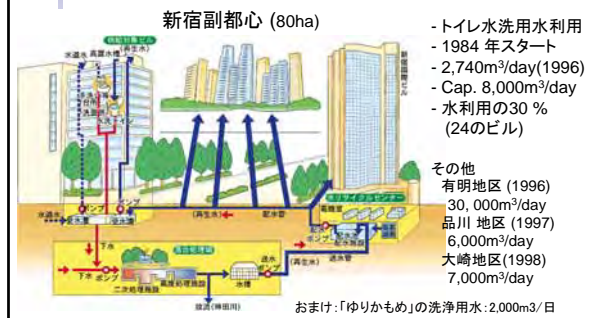


出典: 日本下水道協会 http://www.jswa.jp/05_arekore/06_use/riyou/shorisui.html

東京の水収支と水利用



再生水利用の一例 5mm/year — 雑用水利用 —



再生水利用 22mm/year 環境・修景用水利用



下水処理水はどこまで再利用可能か?

排水・再生水の多角的な評価が必要



下水処理水再利用に関する技術上の基準(抜粋)

「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」(平成17年4月)

	基準適用箇所	水洗用水	散水用水	修景用水	親水用水
大腸菌	再生処理施設 出口	不検出 ¹⁾	不検出 ¹⁾	備考参照 ¹⁾	不検出 ¹⁾
外観		不快でないこと			
濁度		2度以下(管理目標値)			2度以下
色度		—	—	40度以下	10度以下
臭気		不快でないこと			
pH	5.8~8.6				
残留塩素 (管理目標値)	責任分界点	遊離塩素 0.1mg/L又は 結合塩素 0.4 mg/L	遊離塩素 0.1mg/L又は 結合塩素 0.4 mg/L ²⁾		遊離塩素 0.1mg/L又は 結合塩素 0.4 mg/L ²⁾
施設基準		砂ろ過施設 又は 同等以上	砂ろ過施設 又は 同等以上	砂ろ過施設 又は 同等以上	凝集沈殿+砂 ろ過又は 同等以上
備考		1)検水量 100ml	1)検水量100ml 2)消毒の残留効 果が必要ない場 合には適用しない	1)管定のり現行 基準(大腸菌群 数10CFU/mlを 使用)	1)検水量100ml 2)消毒の残留効 果が必要ない場 合には適用しない

第2回環境シンポジウム-水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 13

下水処理水はどこまで再利用可能か？

再生・再利用における留意点

- 衛生面の安全性確保
- コスト面(アジア諸国で利用可能か?)
- 再利用に向けた評価手法が必要

砂ろ過+オゾン処理

- 二次処理では除去しにくい物質の除去が可能
- 殺菌力が高い
- 短時間で処理が可能

土壌浸透処理

- 低コストでの運転が可能
- リンの高い除去が可能
- 土壌内での分解期待可能

第2回環境シンポジウム-水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 14

研究成果の紹介内容

- 都市下水中の水溶性微量汚染の評価
 - 下水中の内分泌攪乱物質と医薬品物質の存在量
 - 内分泌攪乱物質と医薬品物質の高度処理除去
- 下水処理水の地下水涵養を想定した土壌カラム実験
 - 80日間の涵養水の化学分析及びバイオアッセイ
 - 水質変化、除去特性、物質収支
- 全国河川水質分布の把握
- 水質リスクの多面的評価・センシング
 - ものさしづくり、ランキング、スコアリング、ラベリング

第2回環境シンポジウム-水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 15

水質リスクの多面的評価のための指標

バイオアッセイ

未知・既知を含めて水質リスクを包括的に評価可能

ポイント

- 生態系構成要素の意識
 - 分解者、生産者、消費者、ヒト
- エストロゲン活性と水道水質の評価

ヒト影響

ヒト培養細胞 EROD活性

細胞遺伝子毒性

生体系影響

水生生物急性毒性

藻類生長阻害

特異的エンドポイント

包括的エンドポイント

- ・バクテリア
 - 発光阻害 (Microtox) 京大・土研
- ・藻類 (*Selenastrum*)
 - AGP増殖性 京大・土研
 - 増殖阻害性 京大・土研
- ・ミジンコ遊泳阻害性 国土環境
- ・メダカ(胚、成魚?) アフリカツメガエル? 京大・土研 京大・土研
- ・細胞レベル(肝細胞)
 - 酵素活性(EROD, PROD) 岡山大
- ・遺伝子組み換え酵母
 - エストロゲン活性 京大・土研
- ・バクテリア
 - 変異原性 (Amesテスト) 長岡技大

第2回環境シンポジウム-水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 16

バイオアッセイによる評価

- 個別の物質濃度ではなく、様々な物質の混合物である環境水を総合的に評価できる
- 汚染物質のリスクを毒性として具体的、直感的に表現できる
- 複数の生物種による試験によって、生物種ごとの各物質に対する影響の違いを把握できる

バイオアッセイに用いる生物の例

発光細菌
Vibrio fischeri

(マイクロトックス測定機)

細菌

緑藻
Selenastrum capricornutum

(増殖能・増殖阻害)

藻類
(一次生産者)

アフリカツメガエル

正常

奇形

脊椎動物
(高次消費者)

遺伝子組み換え酵母

培養前

培養後

高+ 一低
エストロゲン様活性

第2回環境シンポジウム-水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 17

水質リスクの多面的評価のための指標

化学分析

物質の特定に有効

従来項目

重金属

環境ホルモン

BOD, COD, TOC, TN, TP, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, SS etc
国土環境

未知・既知を含めて

Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Mn etc
国土環境

アルキルフェノール類
ビスフェノールA
女性ホルモン類
東京農工大

第2回環境シンポジウム-水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 18



水質リスクの多面的評価のための指標

BOD, COD, TOC, TN, TP, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, SS etc
国土環境

Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Mn etc
国土環境

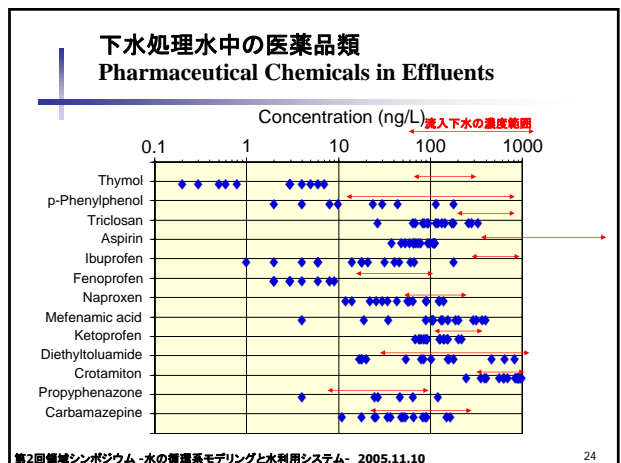
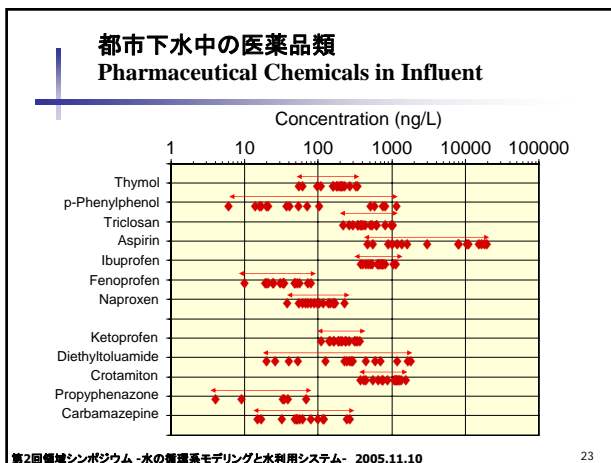
アルキルフェノール類
ビスフェノールA
女性ホルモン類
東京農工大

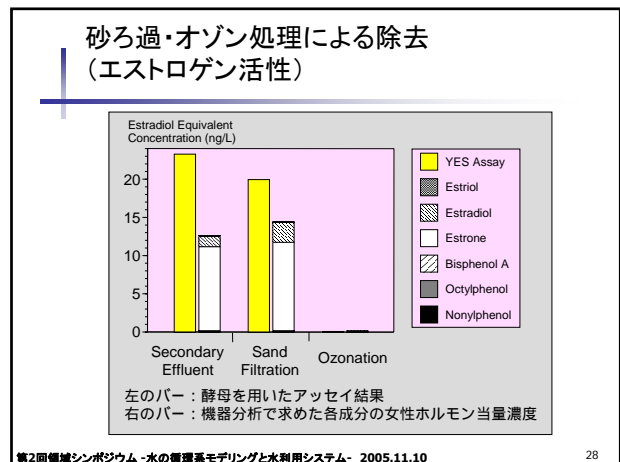
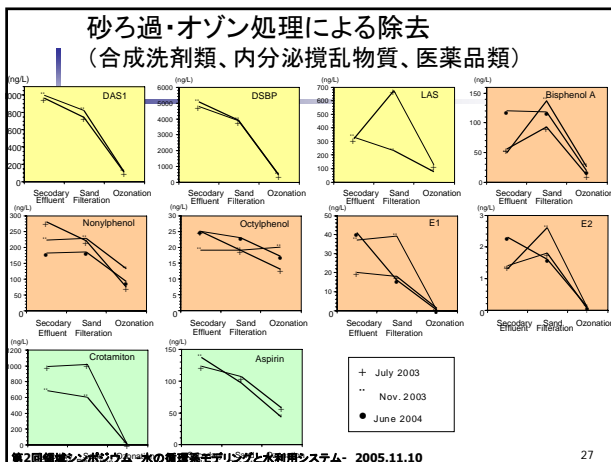
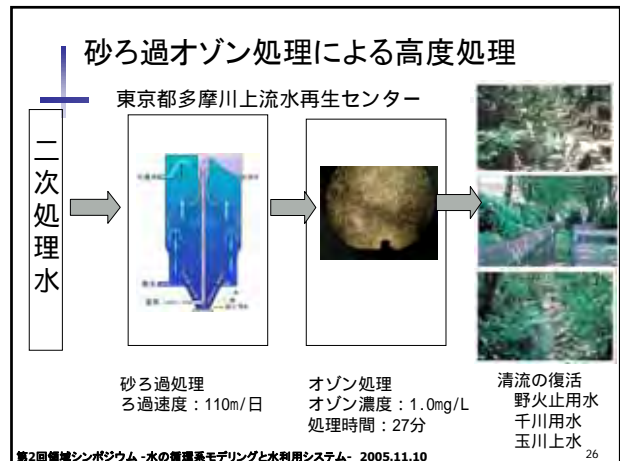
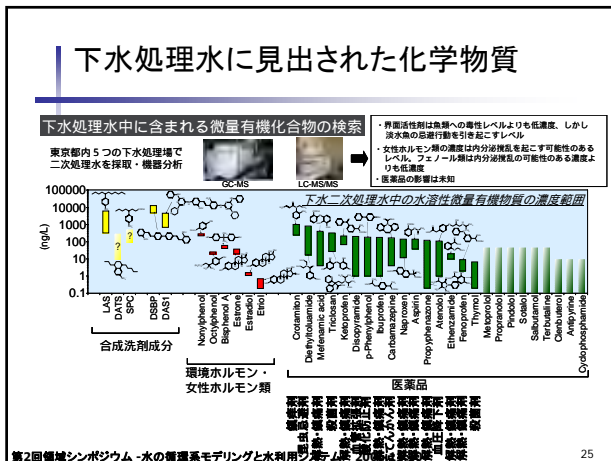
化学分析
物質の特定に有効
従来項目
重金属
環境ホルモン
医薬品など

解熱・鎮痛剤: Aspirin, Ibuprofen, Fenoprofen, Naproxen, Ketoprofen, Mefenamic acid, Propyphenazone
抗てんかん薬: Carbamazepine
殺菌剤: Thymol, Triclosan
鎮痛剤: Crotamiton
昆虫忌避薬: Diethyltoluamide
酸化防止剤: p-Hydroxybiphenyl
血圧降下剤: Rescinnamine, Reserpine, Hydralazine HCl (1-Phthalazinylhydrazine Hydrochloride), Todralazine, Methyldopa (2-metyl-3-(3,4-dihydroxyphenyl)-DL-alanine)
血管拡張剤: Dipyridamole, Verapamil, Nifedipine
東京農工大

第2回環境シンポジウム -水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 20

- ### 研究成果の紹介内容
- 都市下水中の水溶性微量汚染の評価
下水中の内分泌攪乱物質と医薬品物質の存在量
内分泌攪乱物質と医薬品物質の高度処理除去
 - 下水処理水の地下水涵養を想定した土壌カラム実験
80日間の涵養水の化学分析及びバイオアッセイ
水質変化、除去特性、物質収支
 - 全国河川水質分布の把握
 - 水質リスクの多面的評価・センシング
ものさしづくり、ランキング、スコアリング、ラベリング
- 第2回環境シンポジウム -水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 21





砂ろ過・オゾン処理後の残存率

	Sand Filtration	Ozonation
合成洗剤成分		
LAS	140%	31%
DSBP	79%	10%
DAS1	80%	12%
環境ホルモン		
Nonylphenol	95%	45%
Octylphenol	89%	74%
Bisphenol A	181%	30%
Estrene	79%	3%
17β-estradiol	132%	5%
Estrilol	190%	56%
医薬品		
Cotramiton	96%	0%
Diethyltoluamide	101%	9%
Mefenamic Acid	458%	17%
Triclosan	50%	8%
Ketoprofen	85%	23%
Disopyramide	91%	40%
Ibuprofen	2%	2%
Naproxen	80%	0%
Aspirin	79%	39%
Atenolol	93%	0%
Ethenzamide	145%	4%
Fenoprofen	100%	100%
Thymol	103%	9%

第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム - 2005.11.10 29

- ### 研究成果の紹介内容
- 都市下水中の水溶性微量汚染の評価
下水中の内分泌攪乱物質と医薬品物質の存在量
内分泌攪乱物質と医薬品物質の高度処理除去
 - 下水処理水の地下水涵養を想定した土壌カラム実験
80日間の涵養水の化学分析及びバイオアッセイ
水質変化、除去特性、物質収支
 - 全国河川水質分布の把握
 - 水質リスクの多面的評価・センシング
ものさしづくり、ランキング、スコアリング、ラベリング
- 第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム - 2005.11.10 30

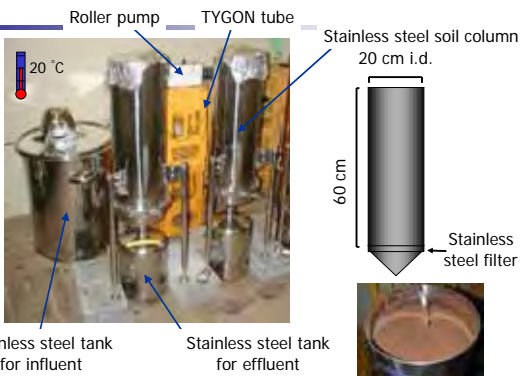
地下水涵養を想定したカラム実験



土壌コアとカラム実験用土壌採取



地下水涵養を想定した土壌カラム実験

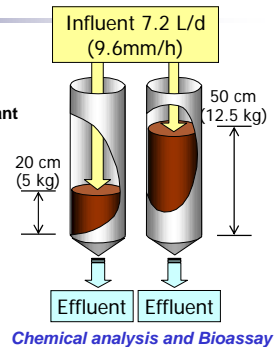


80-day Soil Column Experiment

Raw water
Secondary effluent from activated sludge process in a municipal sewage treatment plant

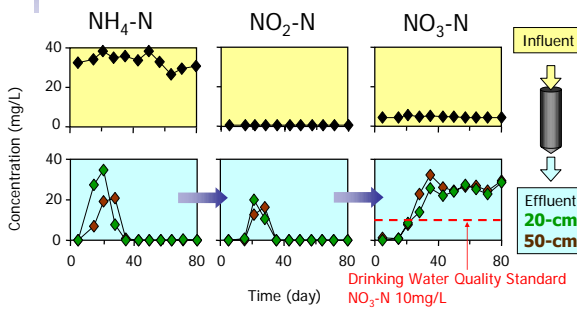
Pretreatment
chlorination with 3 mg-Cl/L dosage for 24 hours before application

Soil Preparation
75 μm to 2 mm grain size Loam
Sampled at a park in Tokyo
from depths of 90 to 120 cm from the surface



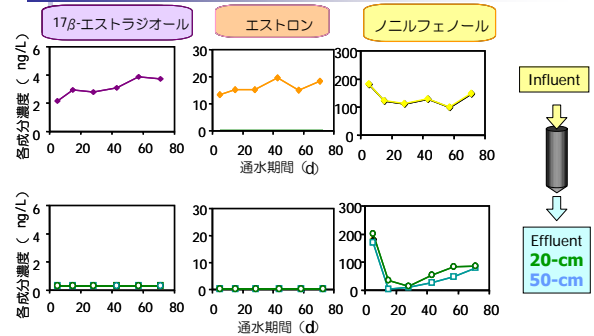
Chemical analysis and Bioassay

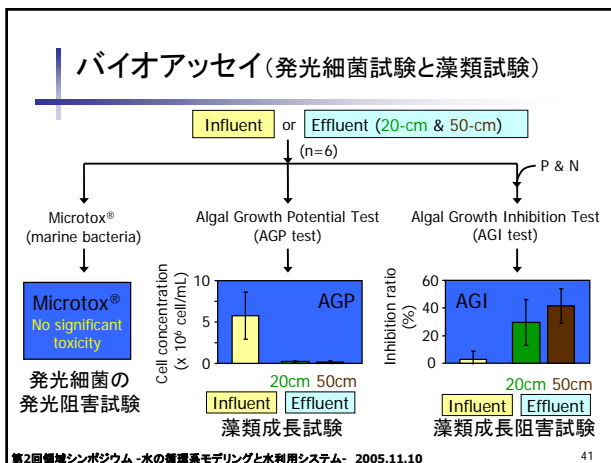
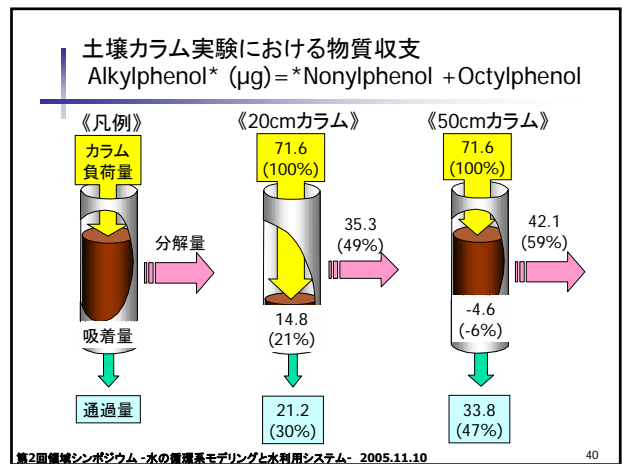
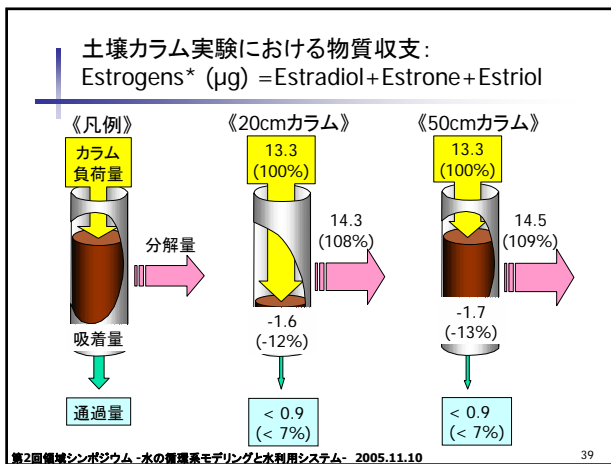
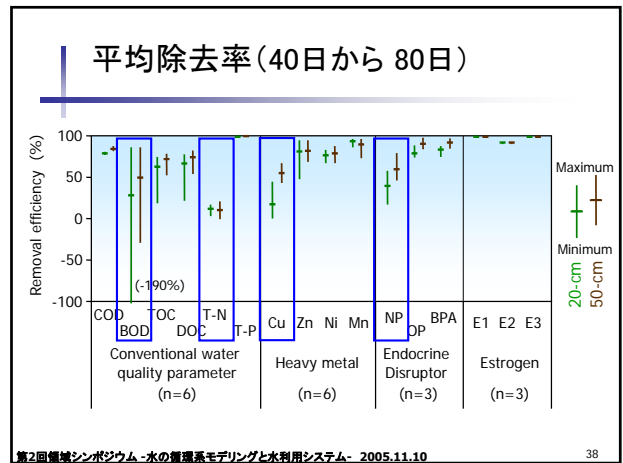
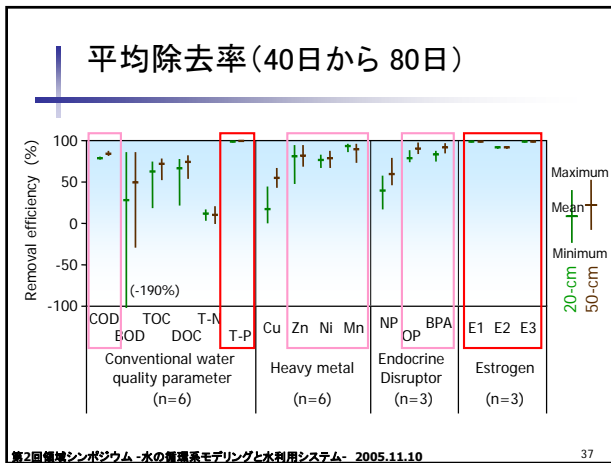
土壌浸透処理における水質変化



下水処理における窒素除去の必要性

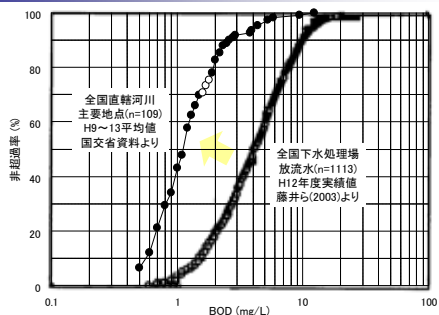
土壌浸透処理における水質変化





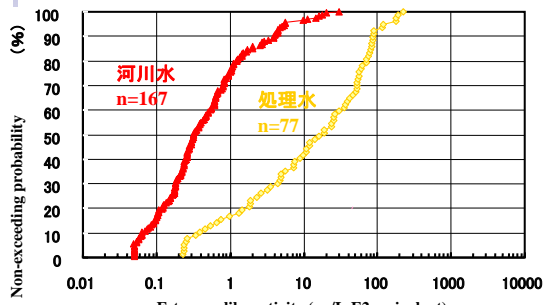
- ### 研究成果の紹介内容
- 都市下水中の水溶性微量汚染の評価
 - 下水中の内分泌攪乱物質と医薬品物質の存在量
 - 内分泌攪乱物質と医薬品物質の高度処理除去
 - 下水処理水の地下水涵養を想定した土壌カラム実験
 - 80日間の涵養水の化学分析及びバイオアッセイ
 - 水質変化、除去特性、物質収支
 - 全国河川水質分布の把握
 - 水質リスクの多面的評価・センシング
 - ものさしづくり、ランキング、スコアリング、ラベリング
- 第2回領域シンポジウム-水の循環系モデリングと水利用システム- 2005.11.10 42

全国河川水質と下水処理水質の相対的比較 (BODの例)



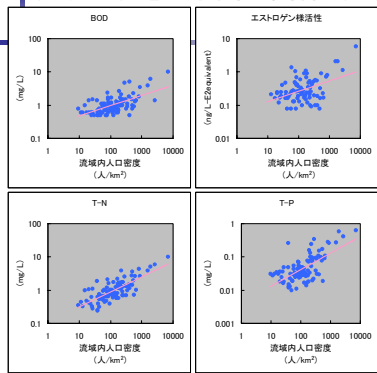
藤井雄雄、長岡敏(2003)、「河川における下水由来の汚染: リンの影響」, pp40-52, 平成15年11月, (財)河川環境管理財団
河川整備基金事業「水質指標濃度が河川水質環境に及ぼす影響に関する研究」

河川水と下水処理水のエストロゲン活性分布



(Tanaka et al., 2002)

流域の状態と水質の関係 (流域の人口密度)



流域の人口密度と水質の間に正の相関

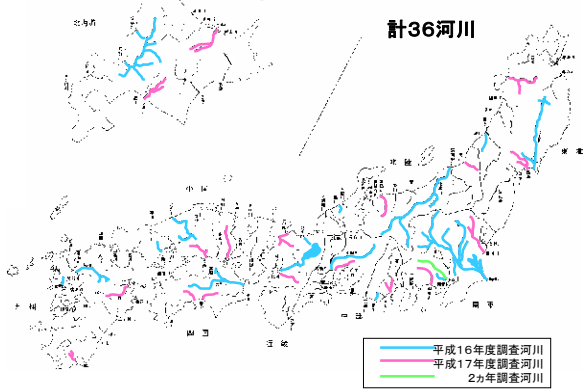
人口の集中が水質の変化に寄与

流域面積を基準に選定された調査対象河川

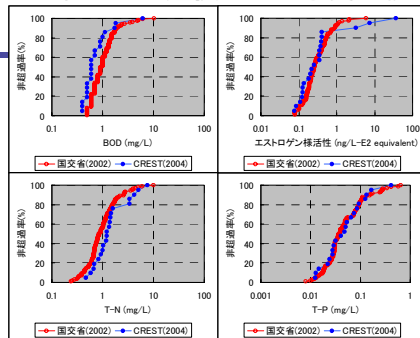
No.	地方	河川名	流域面積 (km²)	No.	地方	河川名	流域面積 (km²)	No.	地方	河川名	流域面積 (km²)
1	北海道	釧路川	7,700	21	中部	長良川	1,100	41	中部	荒瀬川	1,100
2	北海道	十勝川	2,700	22	中部	荒瀬川	1,100	42	中部	荒瀬川	1,100
3	北海道	十勝川	2,700	23	中部	荒瀬川	1,100	43	中部	荒瀬川	1,100
4	北海道	十勝川	2,700	24	中部	荒瀬川	1,100	44	中部	荒瀬川	1,100
5	北海道	十勝川	2,700	25	中部	荒瀬川	1,100	45	中部	荒瀬川	1,100
6	北海道	十勝川	2,700	26	中部	荒瀬川	1,100	46	中部	荒瀬川	1,100
7	北海道	十勝川	2,700	27	中部	荒瀬川	1,100	47	中部	荒瀬川	1,100
8	北海道	十勝川	2,700	28	中部	荒瀬川	1,100	48	中部	荒瀬川	1,100
9	北海道	十勝川	2,700	29	中部	荒瀬川	1,100	49	中部	荒瀬川	1,100
10	北海道	十勝川	2,700	30	中部	荒瀬川	1,100	50	中部	荒瀬川	1,100
11	北海道	十勝川	2,700	31	中部	荒瀬川	1,100	51	中部	荒瀬川	1,100
12	北海道	十勝川	2,700	32	中部	荒瀬川	1,100	52	中部	荒瀬川	1,100
13	北海道	十勝川	2,700	33	中部	荒瀬川	1,100	53	中部	荒瀬川	1,100
14	北海道	十勝川	2,700	34	中部	荒瀬川	1,100	54	中部	荒瀬川	1,100
15	北海道	十勝川	2,700	35	中部	荒瀬川	1,100	55	中部	荒瀬川	1,100
16	北海道	十勝川	2,700	36	中部	荒瀬川	1,100	56	中部	荒瀬川	1,100
17	北海道	十勝川	2,700	37	中部	荒瀬川	1,100	57	中部	荒瀬川	1,100
18	北海道	十勝川	2,700	38	中部	荒瀬川	1,100	58	中部	荒瀬川	1,100
19	北海道	十勝川	2,700	39	中部	荒瀬川	1,100	59	中部	荒瀬川	1,100
20	北海道	十勝川	2,700	40	中部	荒瀬川	1,100	60	中部	荒瀬川	1,100
21	北海道	十勝川	2,700	41	中部	荒瀬川	1,100	61	中部	荒瀬川	1,100
22	北海道	十勝川	2,700	42	中部	荒瀬川	1,100	62	中部	荒瀬川	1,100
23	北海道	十勝川	2,700	43	中部	荒瀬川	1,100	63	中部	荒瀬川	1,100
24	北海道	十勝川	2,700	44	中部	荒瀬川	1,100	64	中部	荒瀬川	1,100
25	北海道	十勝川	2,700	45	中部	荒瀬川	1,100	65	中部	荒瀬川	1,100
26	北海道	十勝川	2,700	46	中部	荒瀬川	1,100	66	中部	荒瀬川	1,100
27	北海道	十勝川	2,700	47	中部	荒瀬川	1,100	67	中部	荒瀬川	1,100
28	北海道	十勝川	2,700	48	中部	荒瀬川	1,100	68	中部	荒瀬川	1,100
29	北海道	十勝川	2,700	49	中部	荒瀬川	1,100	69	中部	荒瀬川	1,100
30	北海道	十勝川	2,700	50	中部	荒瀬川	1,100	70	中部	荒瀬川	1,100
31	北海道	十勝川	2,700	51	中部	荒瀬川	1,100	71	中部	荒瀬川	1,100
32	北海道	十勝川	2,700	52	中部	荒瀬川	1,100	72	中部	荒瀬川	1,100
33	北海道	十勝川	2,700	53	中部	荒瀬川	1,100	73	中部	荒瀬川	1,100
34	北海道	十勝川	2,700	54	中部	荒瀬川	1,100	74	中部	荒瀬川	1,100
35	北海道	十勝川	2,700	55	中部	荒瀬川	1,100	75	中部	荒瀬川	1,100
36	北海道	十勝川	2,700	56	中部	荒瀬川	1,100	76	中部	荒瀬川	1,100
37	北海道	十勝川	2,700	57	中部	荒瀬川	1,100	77	中部	荒瀬川	1,100
38	北海道	十勝川	2,700	58	中部	荒瀬川	1,100	78	中部	荒瀬川	1,100
39	北海道	十勝川	2,700	59	中部	荒瀬川	1,100	79	中部	荒瀬川	1,100
40	北海道	十勝川	2,700	60	中部	荒瀬川	1,100	80	中部	荒瀬川	1,100
41	北海道	十勝川	2,700	61	中部	荒瀬川	1,100	81	中部	荒瀬川	1,100
42	北海道	十勝川	2,700	62	中部	荒瀬川	1,100	82	中部	荒瀬川	1,100
43	北海道	十勝川	2,700	63	中部	荒瀬川	1,100	83	中部	荒瀬川	1,100
44	北海道	十勝川	2,700	64	中部	荒瀬川	1,100	84	中部	荒瀬川	1,100
45	北海道	十勝川	2,700	65	中部	荒瀬川	1,100	85	中部	荒瀬川	1,100
46	北海道	十勝川	2,700	66	中部	荒瀬川	1,100	86	中部	荒瀬川	1,100
47	北海道	十勝川	2,700	67	中部	荒瀬川	1,100	87	中部	荒瀬川	1,100
48	北海道	十勝川	2,700	68	中部	荒瀬川	1,100	88	中部	荒瀬川	1,100
49	北海道	十勝川	2,700	69	中部	荒瀬川	1,100	89	中部	荒瀬川	1,100
50	北海道	十勝川	2,700	70	中部	荒瀬川	1,100	90	中部	荒瀬川	1,100
51	北海道	十勝川	2,700	71	中部	荒瀬川	1,100	91	中部	荒瀬川	1,100
52	北海道	十勝川	2,700	72	中部	荒瀬川	1,100	92	中部	荒瀬川	1,100
53	北海道	十勝川	2,700	73	中部	荒瀬川	1,100	93	中部	荒瀬川	1,100
54	北海道	十勝川	2,700	74	中部	荒瀬川	1,100	94	中部	荒瀬川	1,100
55	北海道	十勝川	2,700	75	中部	荒瀬川	1,100	95	中部	荒瀬川	1,100
56	北海道	十勝川	2,700	76	中部	荒瀬川	1,100	96	中部	荒瀬川	1,100
57	北海道	十勝川	2,700	77	中部	荒瀬川	1,100	97	中部	荒瀬川	1,100
58	北海道	十勝川	2,700	78	中部	荒瀬川	1,100	98	中部	荒瀬川	1,100
59	北海道	十勝川	2,700	79	中部	荒瀬川	1,100	99	中部	荒瀬川	1,100
60	北海道	十勝川	2,700	80	中部	荒瀬川	1,100	100	中部	荒瀬川	1,100

- 各地方整備局から4河川ずつ、流域面積の最大から最小までを均等に選定。
- 2河川ずつ2ヶ年二分け調査。
- 上記以外に、通年及び流下変化の調査対象として多摩川を選定。

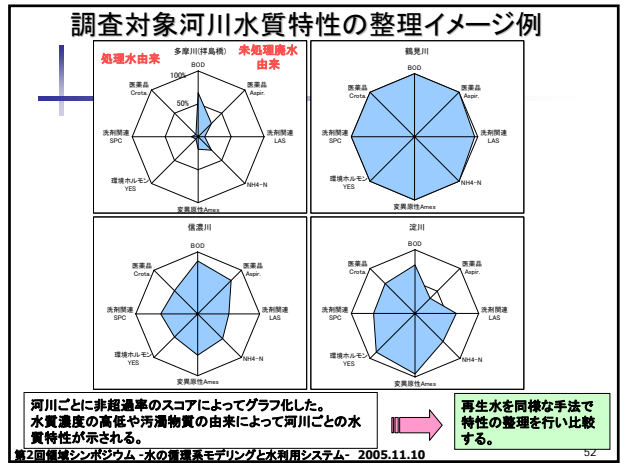
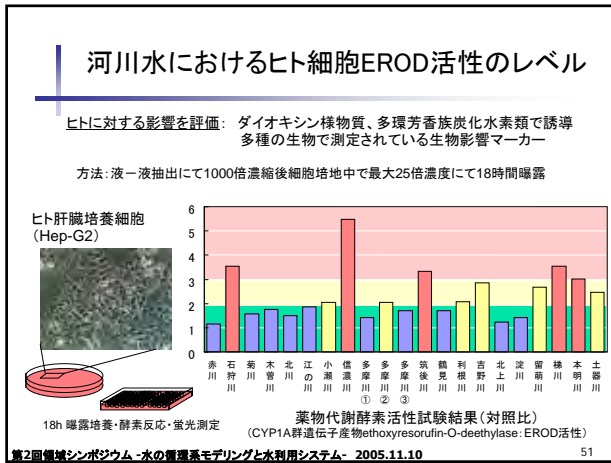
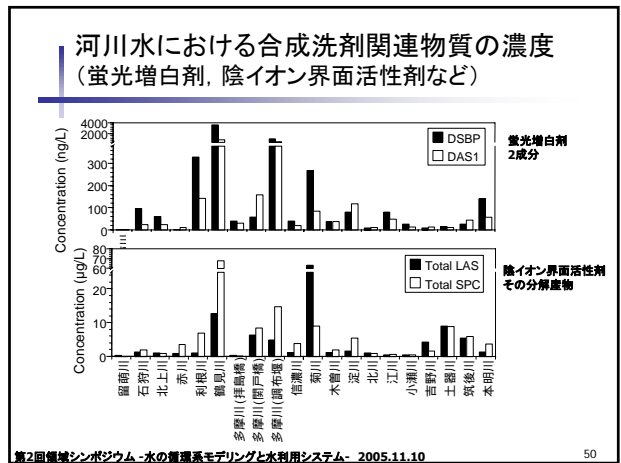
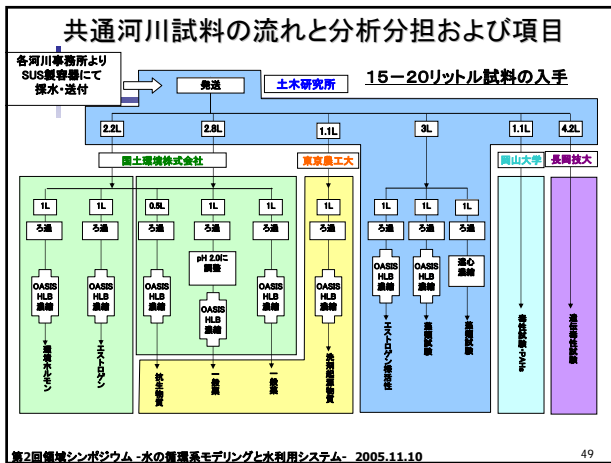
選択された調査対象河川の分布図



全国河川と選択河川の水質比較



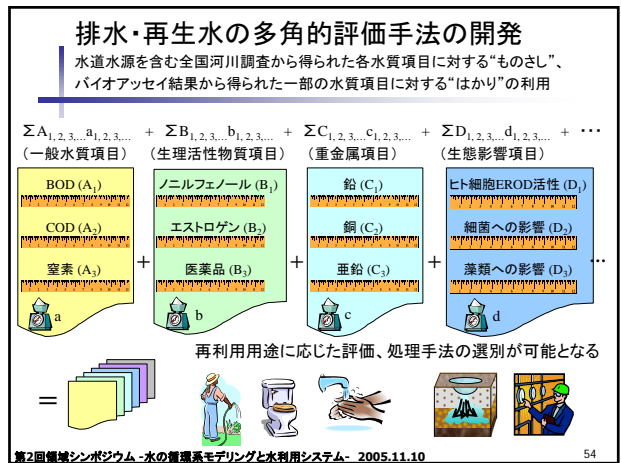
全国直轄河川の定期水質調査による水質分布と、選択した調査対象河川の分布はほぼ一致
 今回選定した少数のデータからでも全国の傾向を把握することが可能

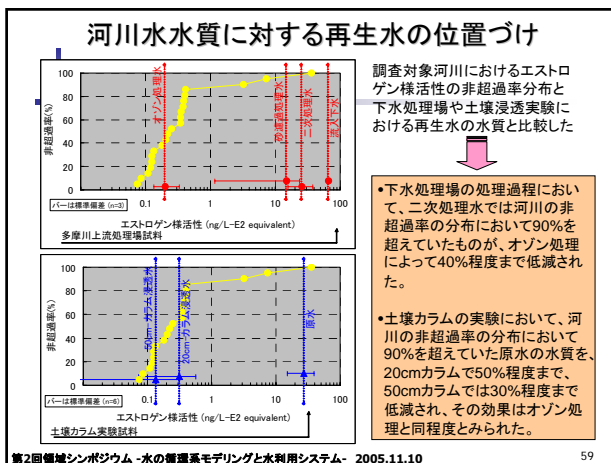
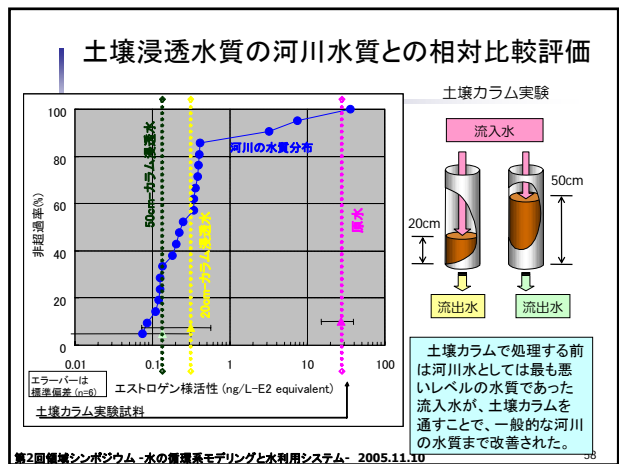
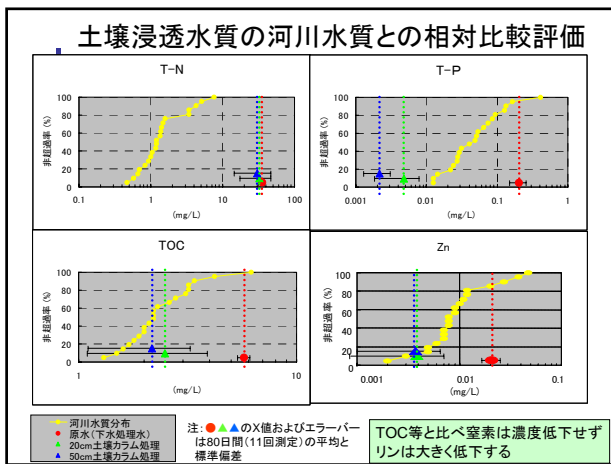
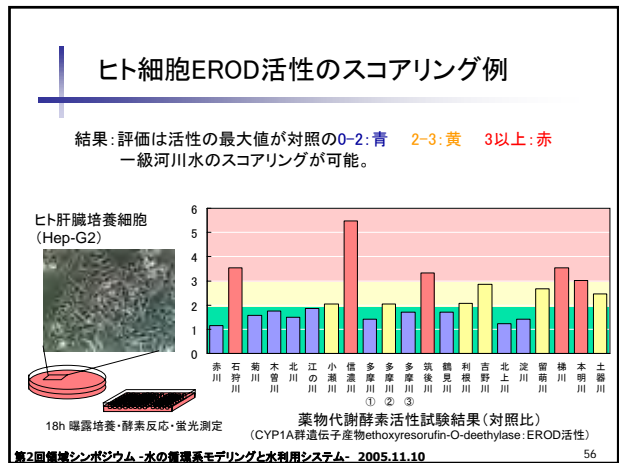
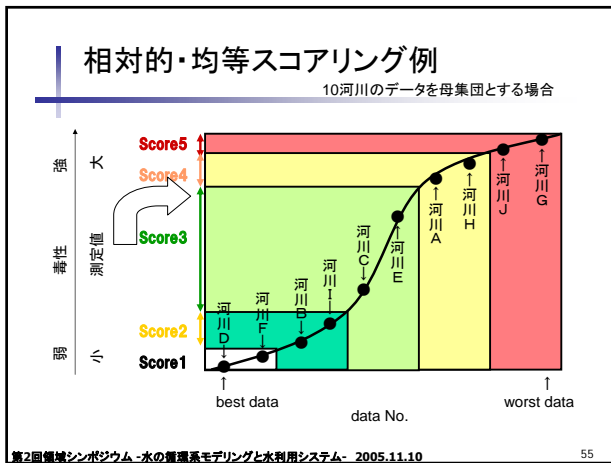


研究成果の紹介内容

- 都市下水中の水溶性微量汚染の評価
下水中の内分泌攪乱物質と医薬品物質の存在量
内分泌攪乱物質と医薬品物質の高度処理除去
- 下水処理水の地下水涵養を想定した土壤カラム実験
80日間の涵養水の化学分析及びバイオアッセイ
水質変化、除去特性、物質収支
- 全国河川水質分布の把握
- 水質リスクの多面的評価・センシング
ものさしづくり、ランキング、スコアリング、ラベリング

第2回領域シンポジウム - 水の循環系モデリングと水利用システム - 2005.11.10 53





今後の展開

- 1) 道路排水に対する土壌カラム実験の実施、エストロゲン物質分解細菌の検出と分解機能の定量化
- 3) 都市排水の水溶性微量汚染の分析データを追加と一般的な知見への整理
- 3) 全国一級河川水の多角的に評価作業の継続。湖沼水や地下水試料の追加
- 4) 環境水を比較対照とした相対的なリスクレベル明示方法、質的な安全性や質確保のためのリスクラベリングの検討

「リスクによる水のラベリング」 新たな水の仕様書づくり ⇒都市における自己水資源の戦略的活用 ～適正配置へ向けて～

