



2014年1月10日

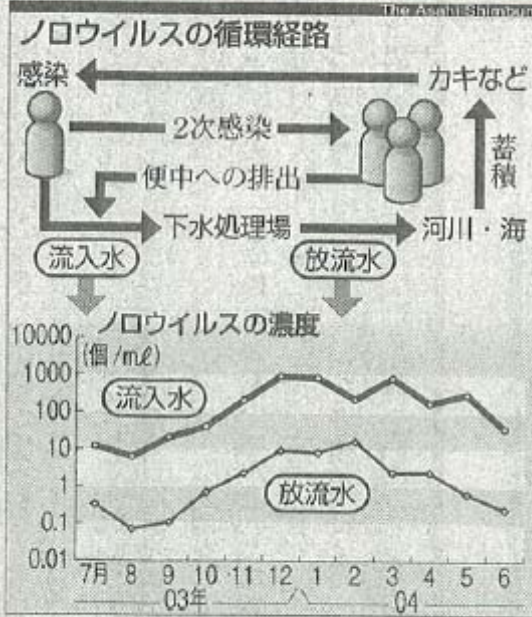
下水の水、物質、エネルギーの有効利用

京都大学大学院工学研究科
附属流域圏総合環境質研究センター
教授 田中 宏明

htanaka@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp

下水道は水系感染微生物のバリア？

享月 日 業 日 2006年(平成18年)1月16日 月曜日 14版



冬の「おなかに来る風邪」(感染性胃腸炎)の主犯格であるノロウイルスが、この時期は下水処理しても放流水中に夏の60倍もの濃度で含まれていることが、片山浩之・東京大講師(都市工学)と国土交通省国土技術政策総合研究所の調査で分かった。下水処理後の濃度を夏並みに下げられれば、冬の流行を軽減できる可能性がありそうだ。

その結果、流入水も放流水も、感染性胃腸炎の流行傾向として夏に底を打ち、冬に「ク」があつたII図。寒くとノロウイルスが長生きするためら

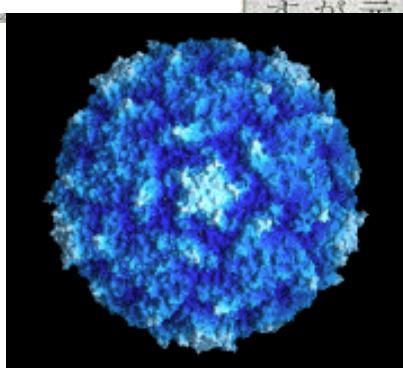
片山さんらは03年5月04年に関東、近畿の6下水処理場で、流入水と処理後の放流水に含まれるノロウイルスのリボ核酸(RNA)を抽出・処理し、平均濃度を調べた。

処理下水中のノロウイルス 冬の残留夏の60倍

片山さんらは03年5月04年に関東、近畿の6下水処理場で、流入水と処理後の放流水に含まれるノロウイルスのリボ核酸(RNA)を抽出・処理し、平均濃度を調べた。

その結果、流入水も放流水も、感染性胃腸炎の流行傾向として夏に底を打ち、冬に「ク」があつたII図。寒くとノロウイルスが長生きするためらしい。流入水でのウイルス濃度は冬(12~2月)

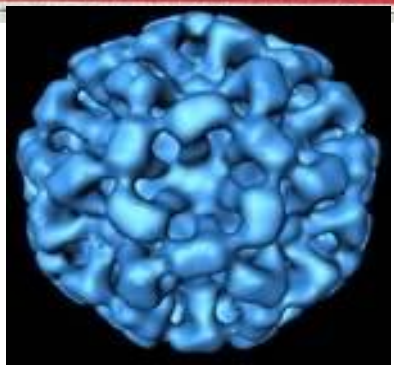
は1ミリットル当り555個で、夏(7月)の同14個の約100分の1程度が、冬の放流水に個残り、夏(同



Poliovirus



Adenovirus



Norovirus

片山浩之氏提供

今後重要性が増す水生生物の保護等

水生生物基準

亜鉛(2005)

ノニルフェノール
(2012)

LAS(2013)

?

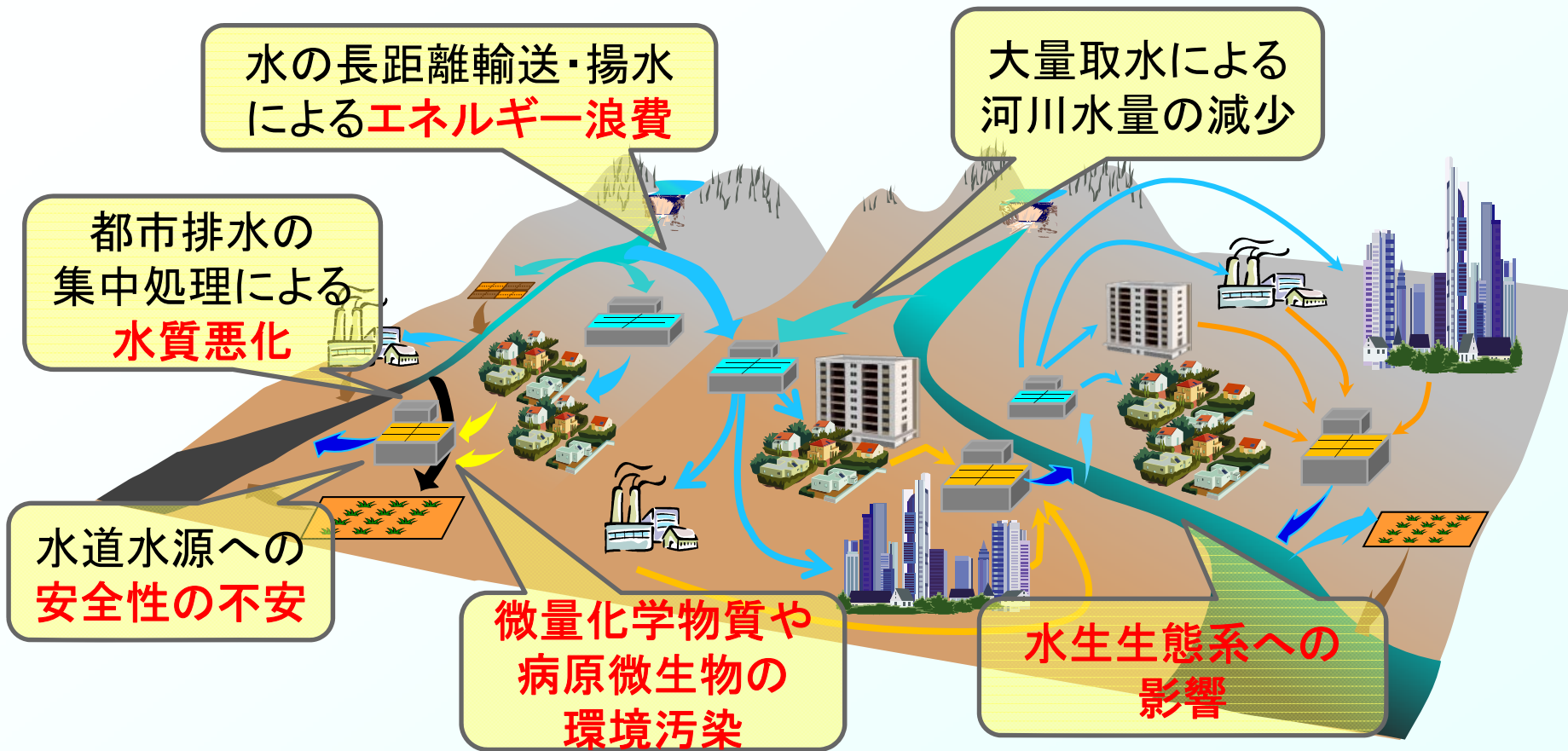


若林明子 化学物質と生態毒性を改変

Adapted from Du Pont PERMASEP Permeators

また環境基準での衛生物指標の変更検討中

20世紀型の都市水利用システムの弊害



一過型水利用からの脱却を図る新しい水処理技術の開発
 健康・環境リスク軽減、エネルギー節約が可能な都市水循環システムの構築が求められている

水質改善とエネルギーのコベネフィット 解決方法は？

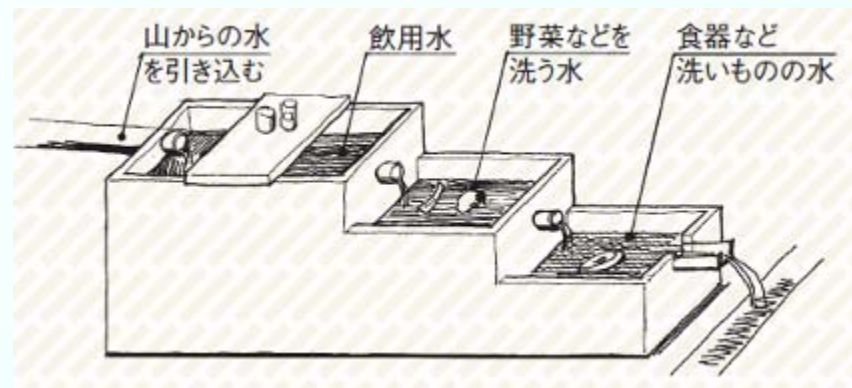
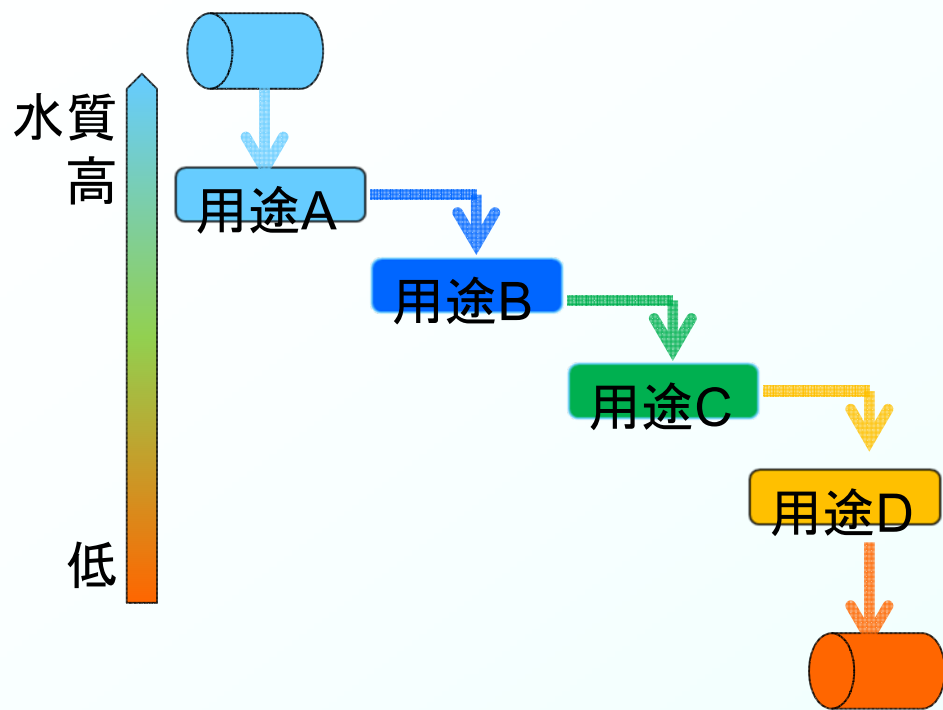
エネルギー節約



排出規制強化
未規制物質対応

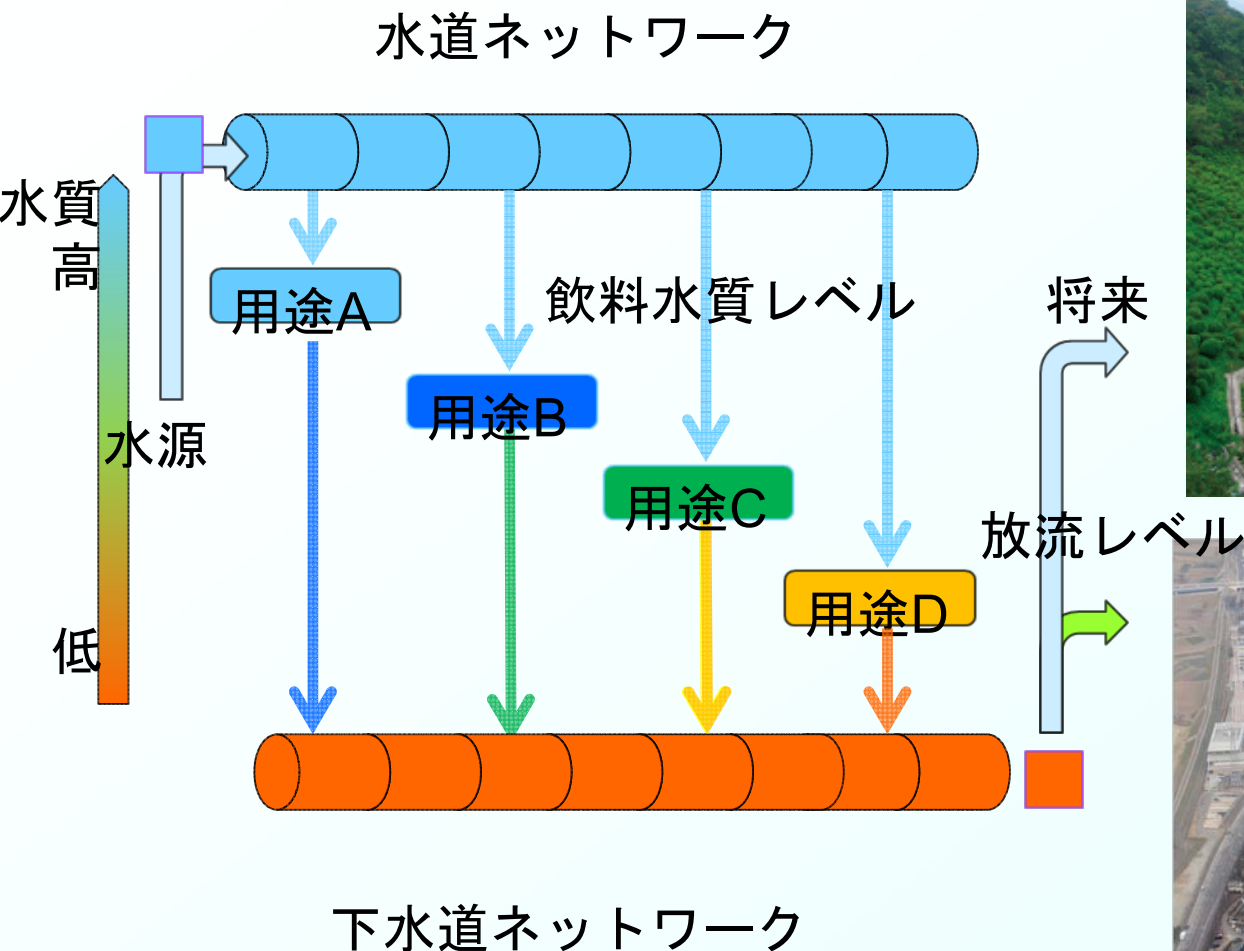
水の再利用が鍵となる

近代水道前のカスケード利用



藤本英子(2010)土木学会誌 vol.95 no.12、54
<http://www.jsce.or.jp/journal/chihou/201012.pdf>

集中型上下水道による一過型水利用



環境にやさしい技術 (Environmentally Sound Technology)

- 気候変動・水需要が増加するなら、水資源開発と適正な利用が必要
- 循環型社会を目指した再構築が必要
- 未来世代の持続可能な水資源開発必要
- 水の再利用は、環境面・経済面から重要
- 水の再利用はAgenda21の環境適正技術

Global Environment Centre Foundation(2005)

水の再利用の利点

- リサイクルされた排水は安定した水資源
- 再利用水は栄養素を含む貴重な農業資源
- 再利用は水供給系と排水系インフラを減少
- 下水処理場からの排水量と汚染物質の環境への排出量を削減
- カスケード型再利用は、処理エネルギー、コスト抑制

Global Environment Centre Foundation(2005)

カスケード型非飲用水利用システム

世界的に多い下水処理場
に加えて

Australia Sydney

Sewer Mining

LA Satellite

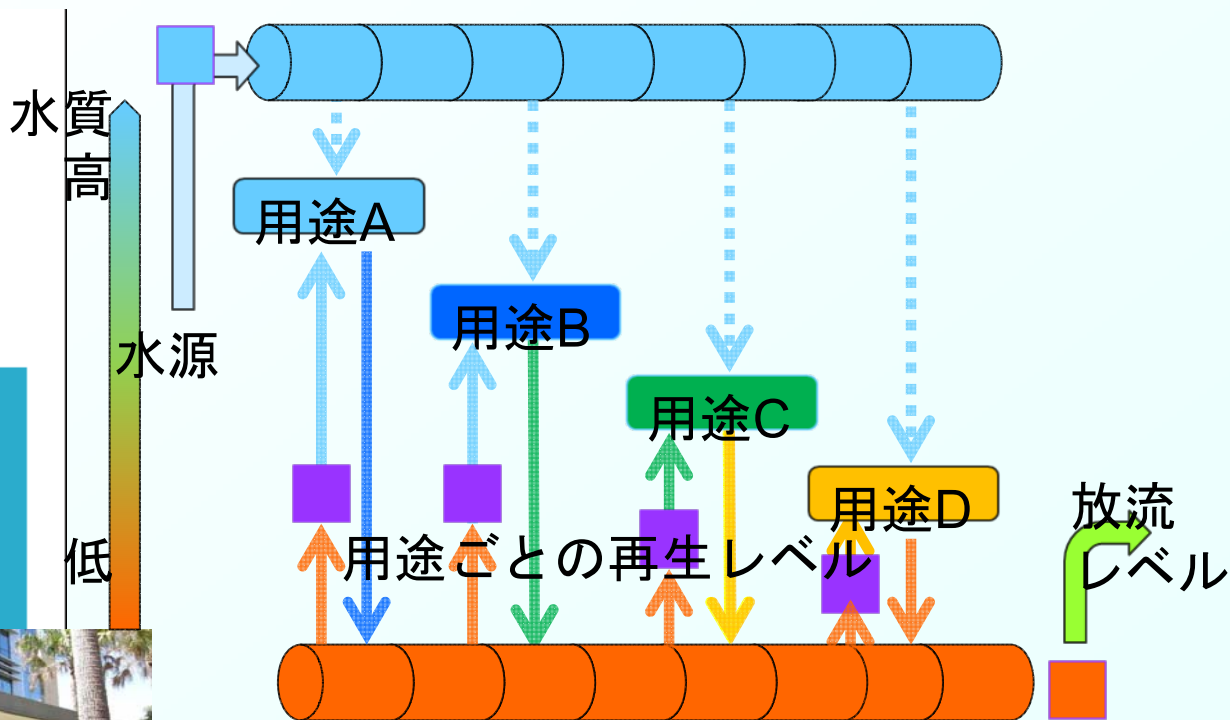


Sewer mining is one of the many ways the NSW Government is securing our water supply for our growing population.

- With limited and highly variable rainfall over the catchments and a growing population, the

Sydney Water パンフレットより

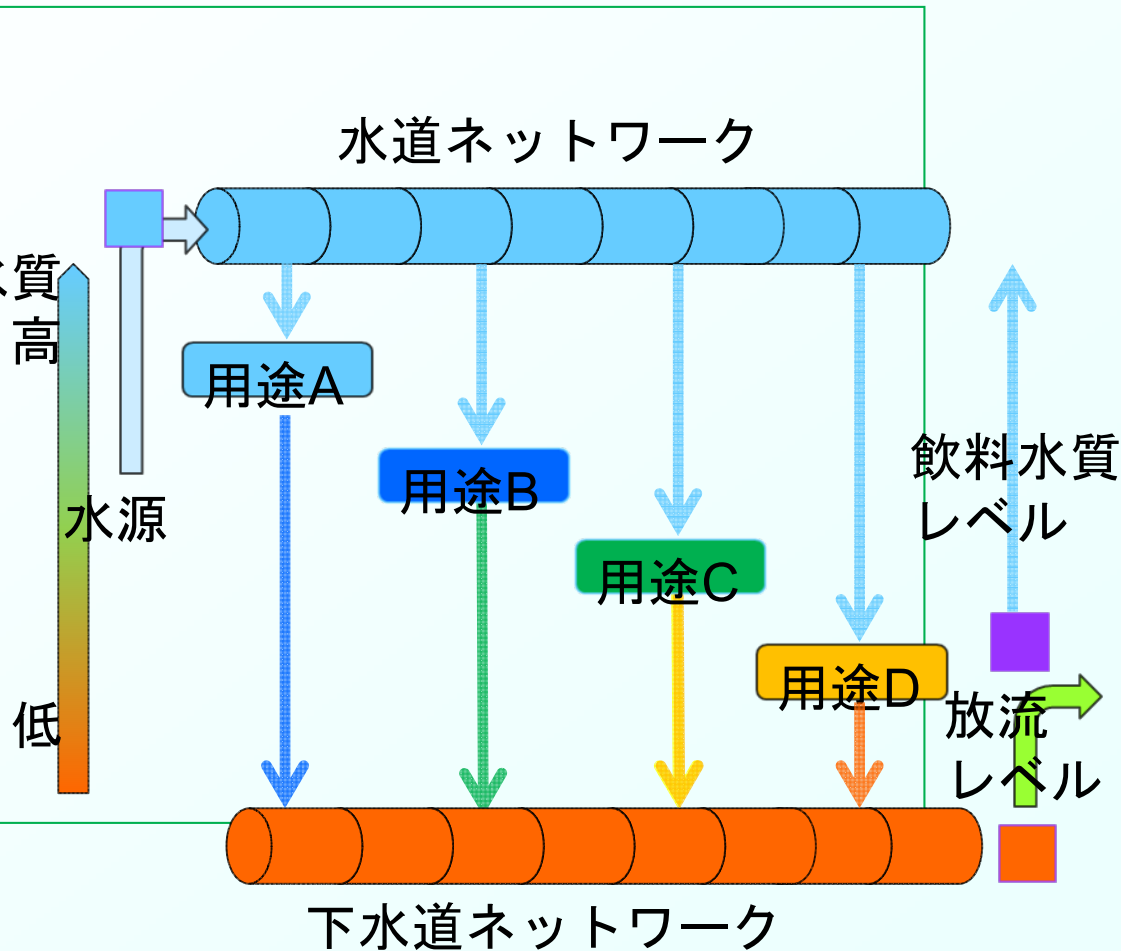
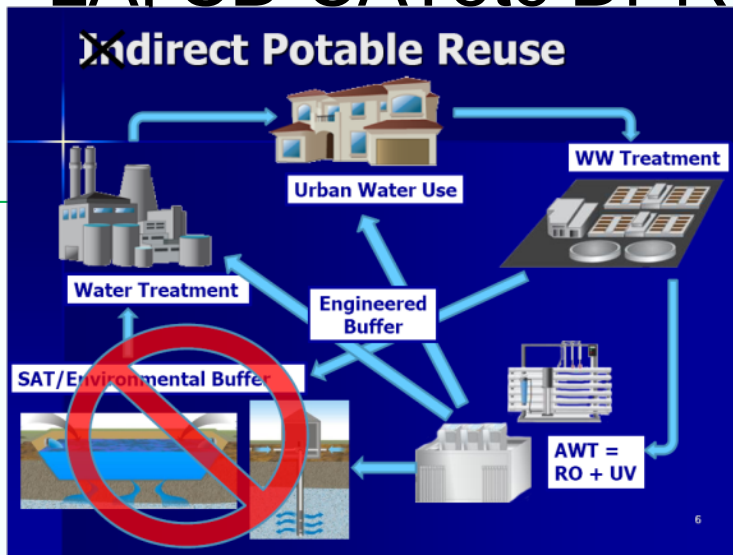
水道ネットワーク



下水道ネットワーク

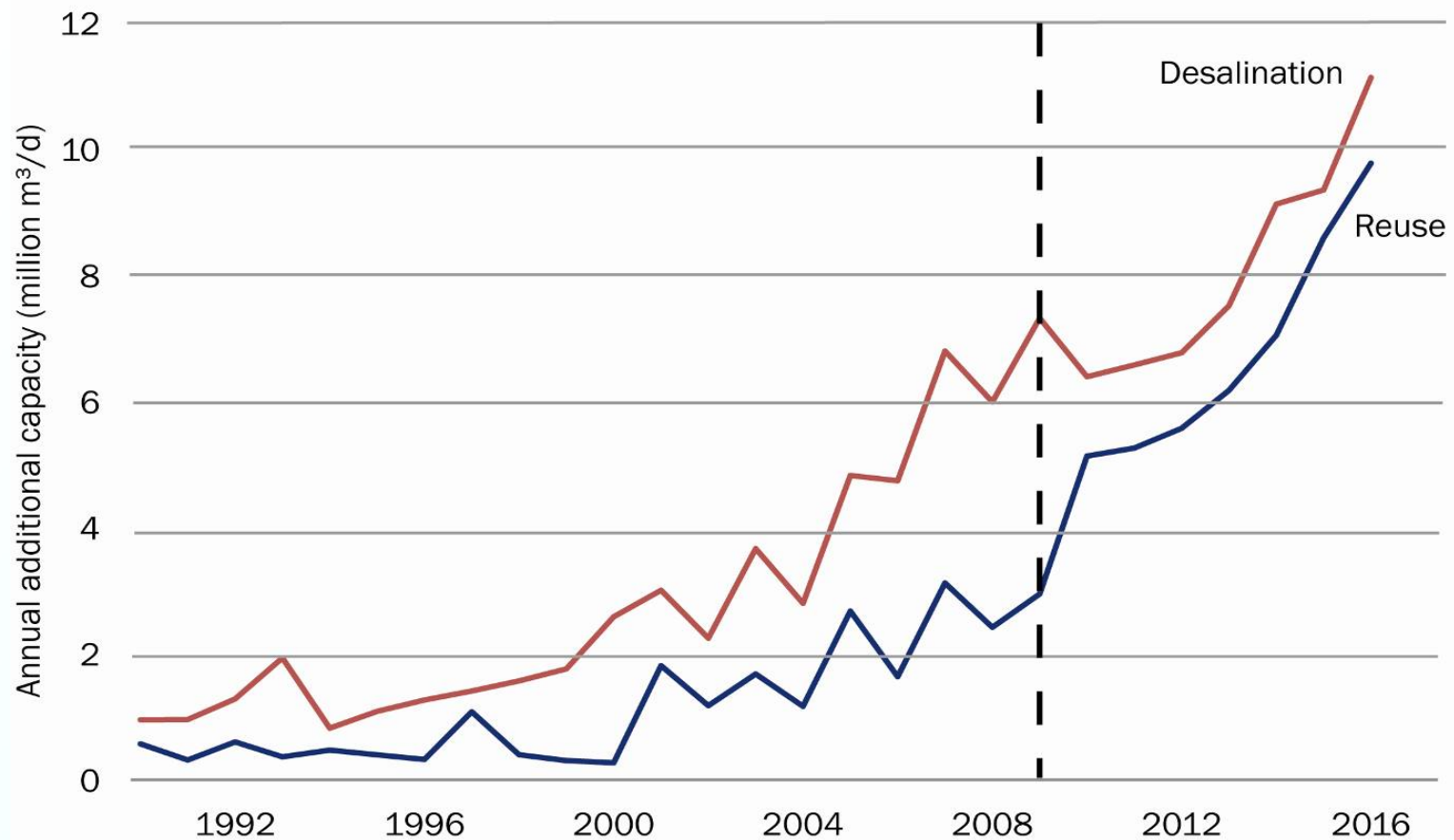
飲料水開発型水循環システム

- Singapore, Australia Brisbane, CA Water Factory 21 etc. IPR, 水質高
- Namibia Windhoek, Big Springs TX/ LA, SD CA?etc DPR



Spivy-Weber(2013)

世界の海水淡水化と再利用の施設能力



“Municipal Water Reuse Markets 2010”, Global Water Intelligence.

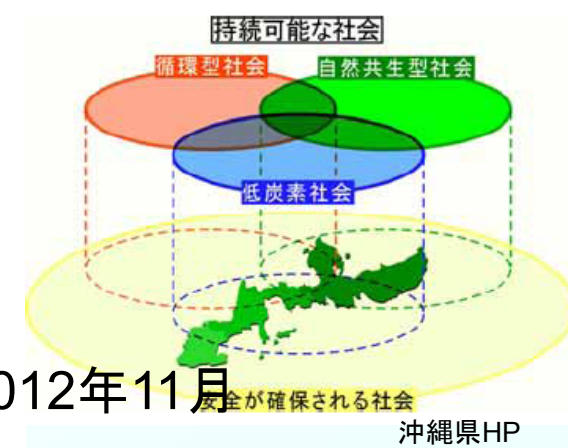
求められる沖縄での持続可能な水資源問題の解決

Think! うちなーの未来をみんなで考えよう
沖縄21世紀ビジョン

経済成長と低炭素化・環境保全の両立

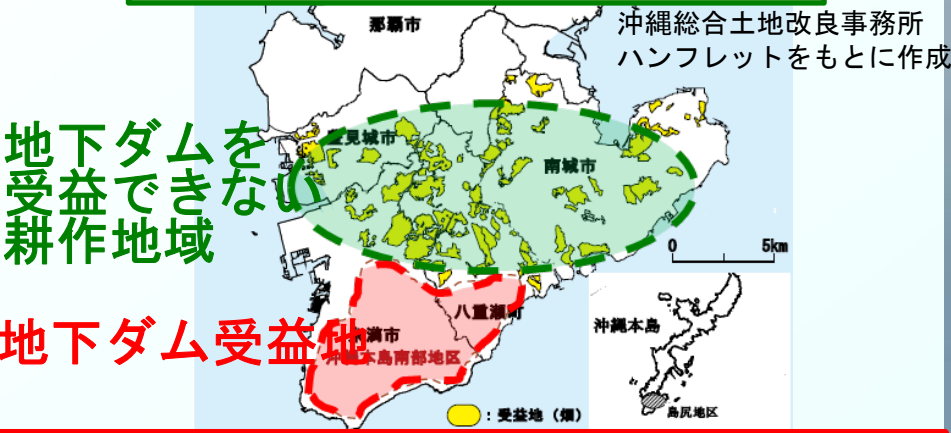
沖縄県HP

沖縄県環境基本計画



南部の農業活性化と返還基地跡地開発など直面する水資源問題

農業用水確保で農業活性化



10年以内に返還が予定されている米軍基地



農業用水供給による高収益性作物移行

求められる沖縄での再生水利用

現状の行政対応

- 「沖縄汚水再生ちゅら水プラン(沖縄県下水道等整備構想)」の策定
- 沖縄県水資源有効利用推進方針「都市計画上の水資源有効利用」計画検討
- 那覇浄化センター下水処理水の高度処理で新都心地区等雑用水供給

行政課題

- 沖縄県の水需要は人口及び観光客の増加、生活環境の変化等によりこれからも増え続けると予測され、離島を含めた水の安定供給の維持、確保
- 水資源の有効利用及び節水型社会の構築

新たに見え始めた課題

- 人口増、気候変動による不確実化する水資源の安定確保
- 農業利用をはじめとした産業振興のため、求められる水資源開発
- 米軍基地跡地開発で必要となる新しい水インフラの姿
- サンゴ礁保護等高度処理推進とエネルギー節約・低炭素化の複合解決

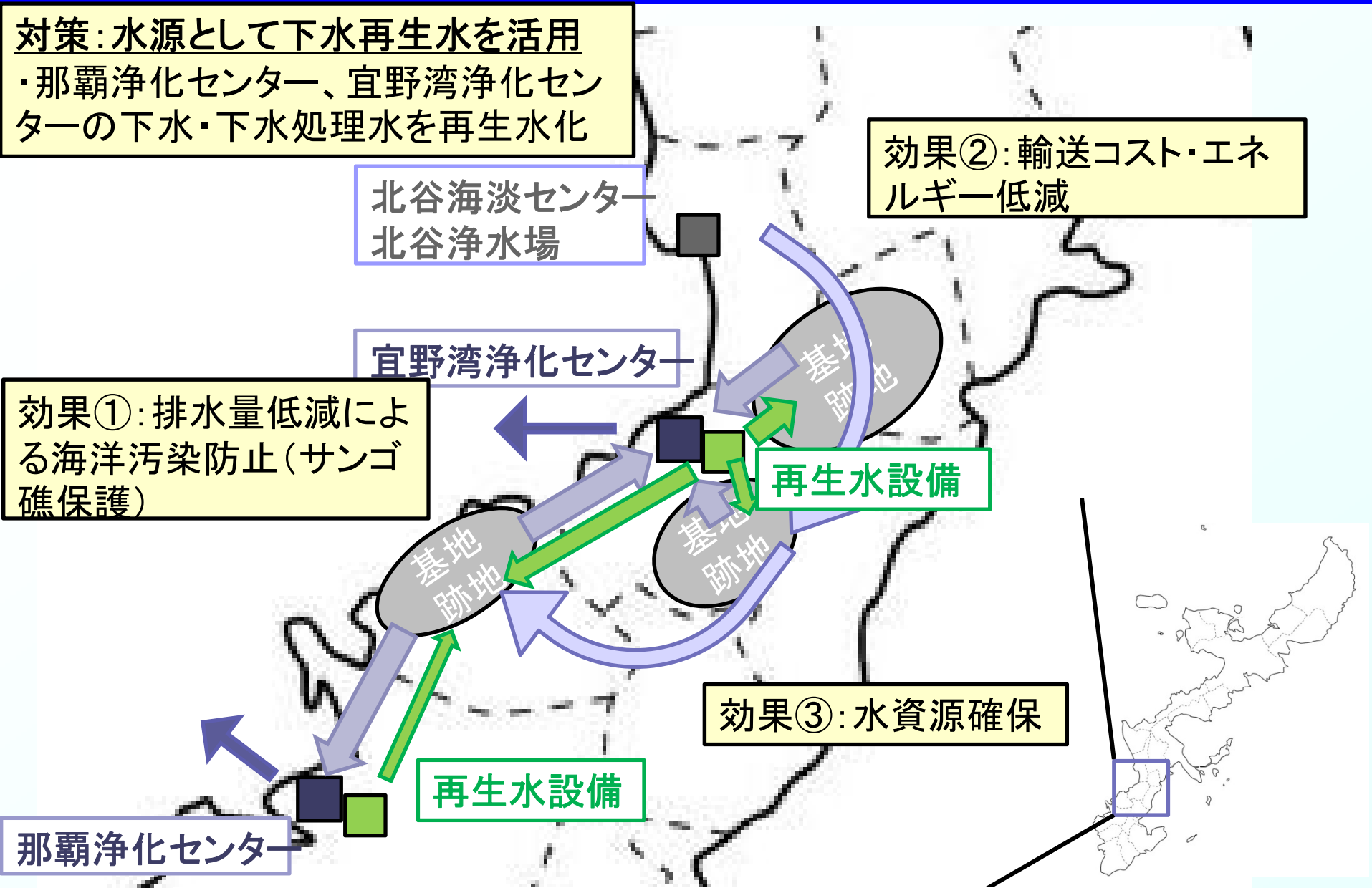
下水処理水の灌漑利用による解決策の提案



沖縄県農林部再生水等循環利用型農業モデル事業へ発展

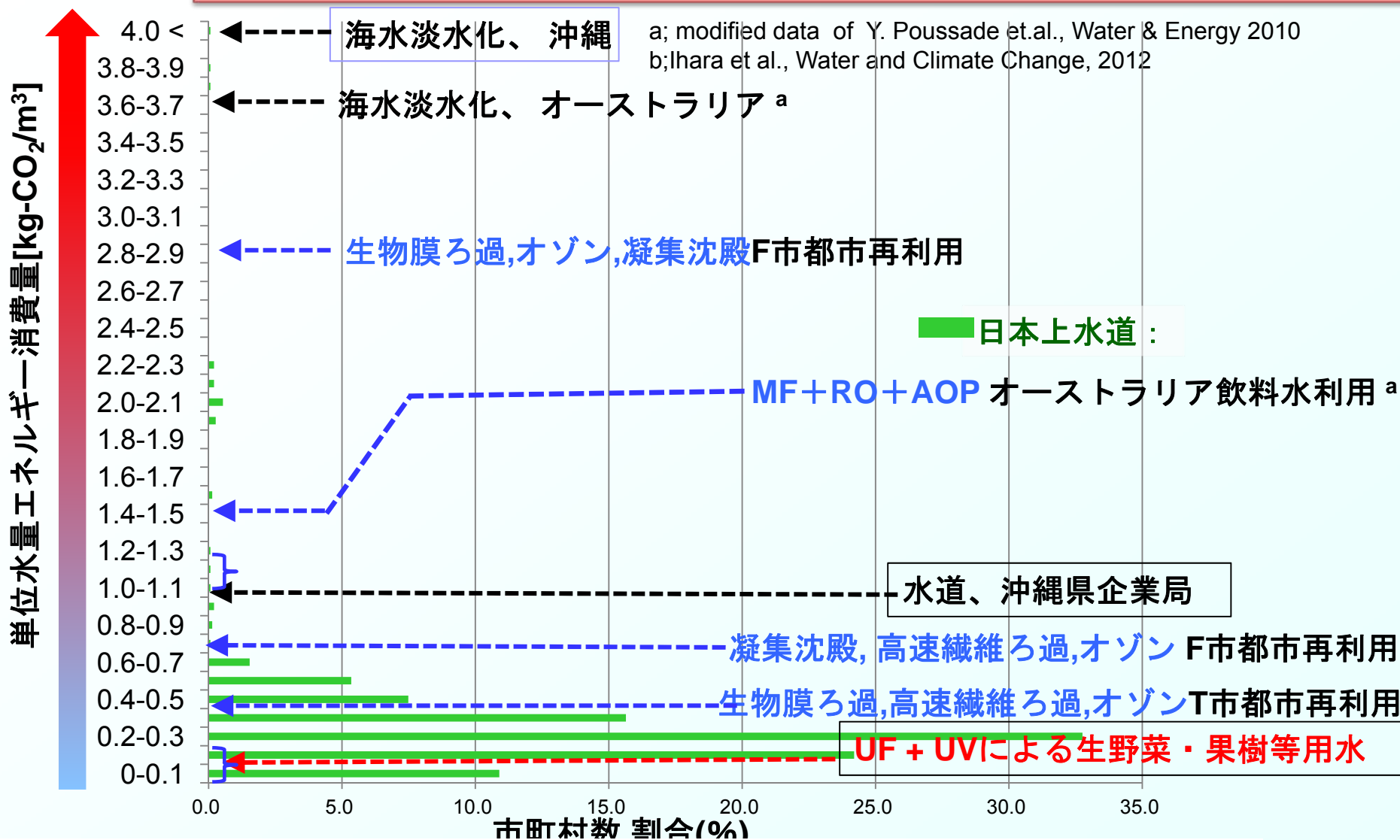
糸満市北部地域をモデルサイトとした省エネ・低コスト型水循環システムの開発と評価

都市化に伴う水循環システムの解決策の提案



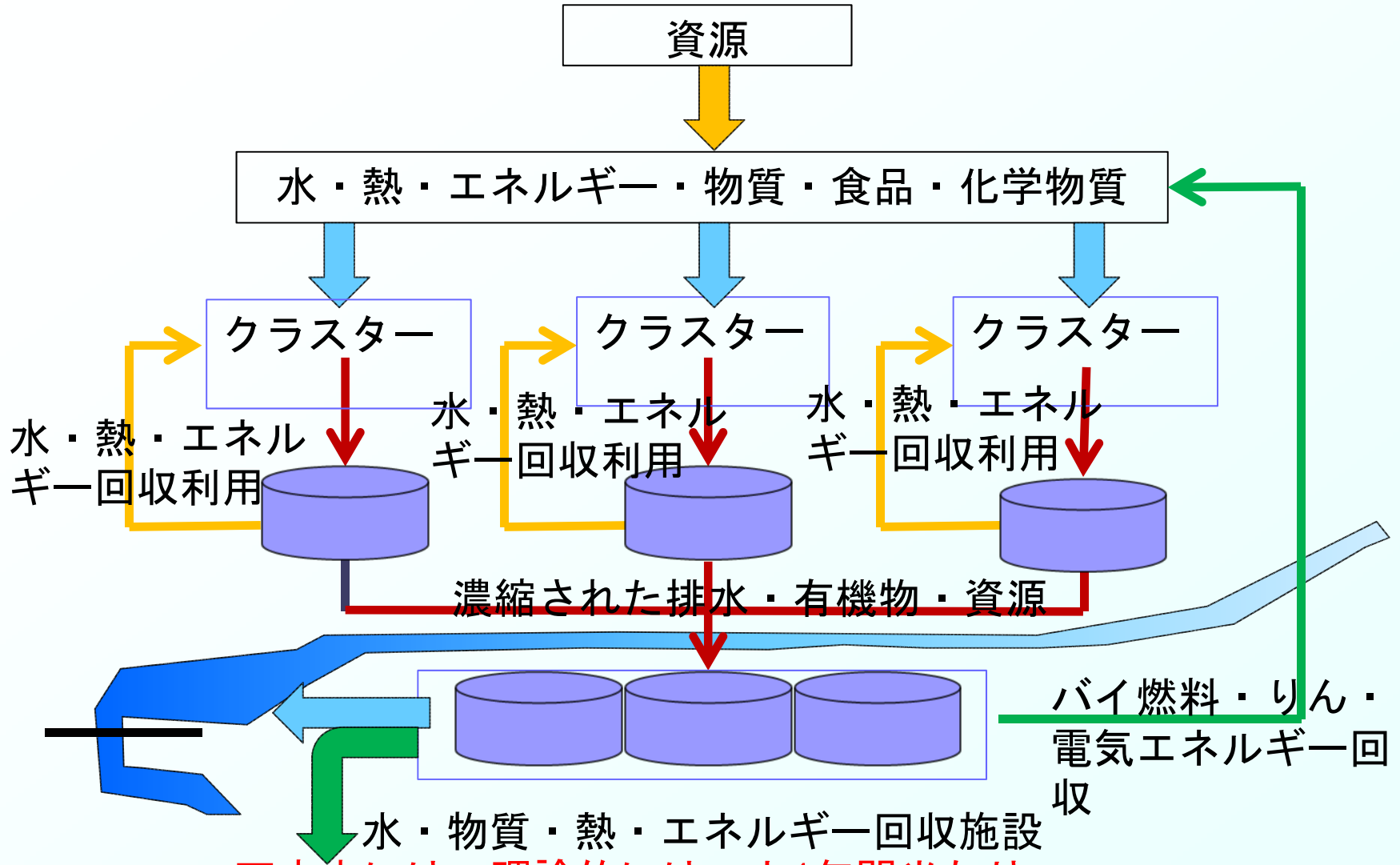
米軍基地跡地をモデルとした現実的な新規水循環システムの提案17

国内市町村毎の水道単位エネルギー消費量 (CO2排出量ベース)^b

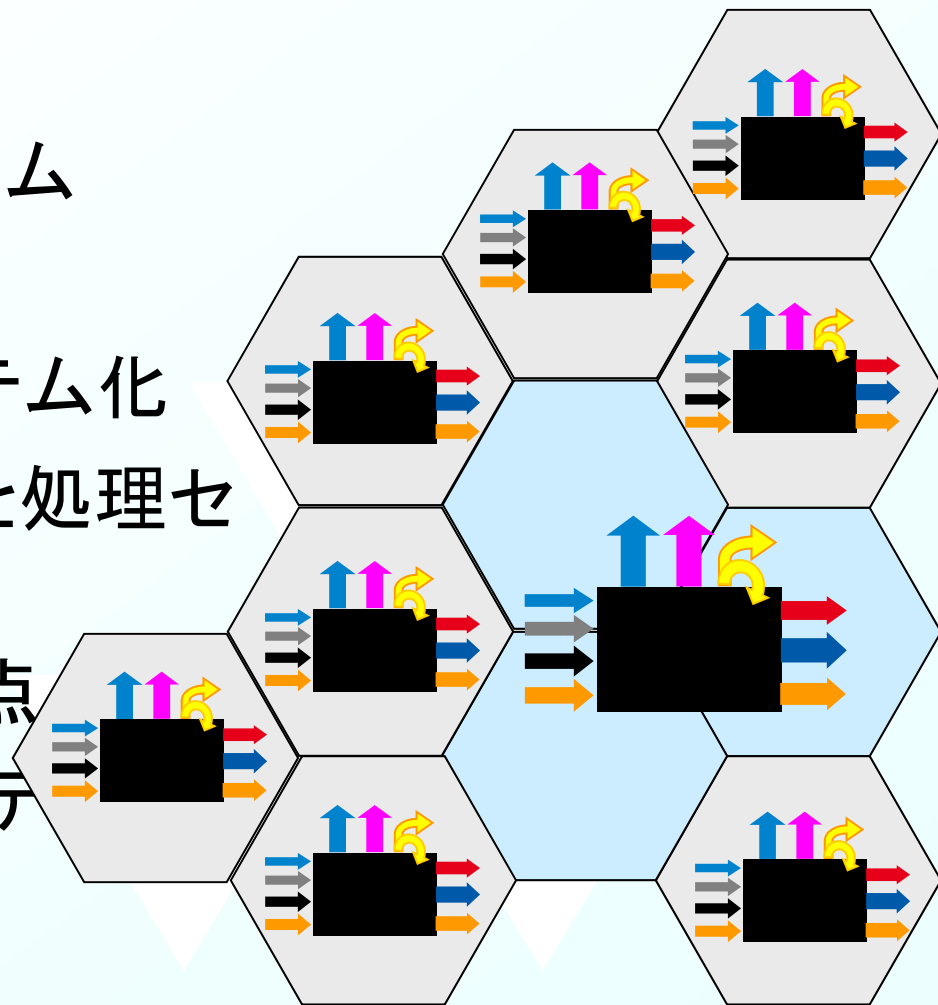


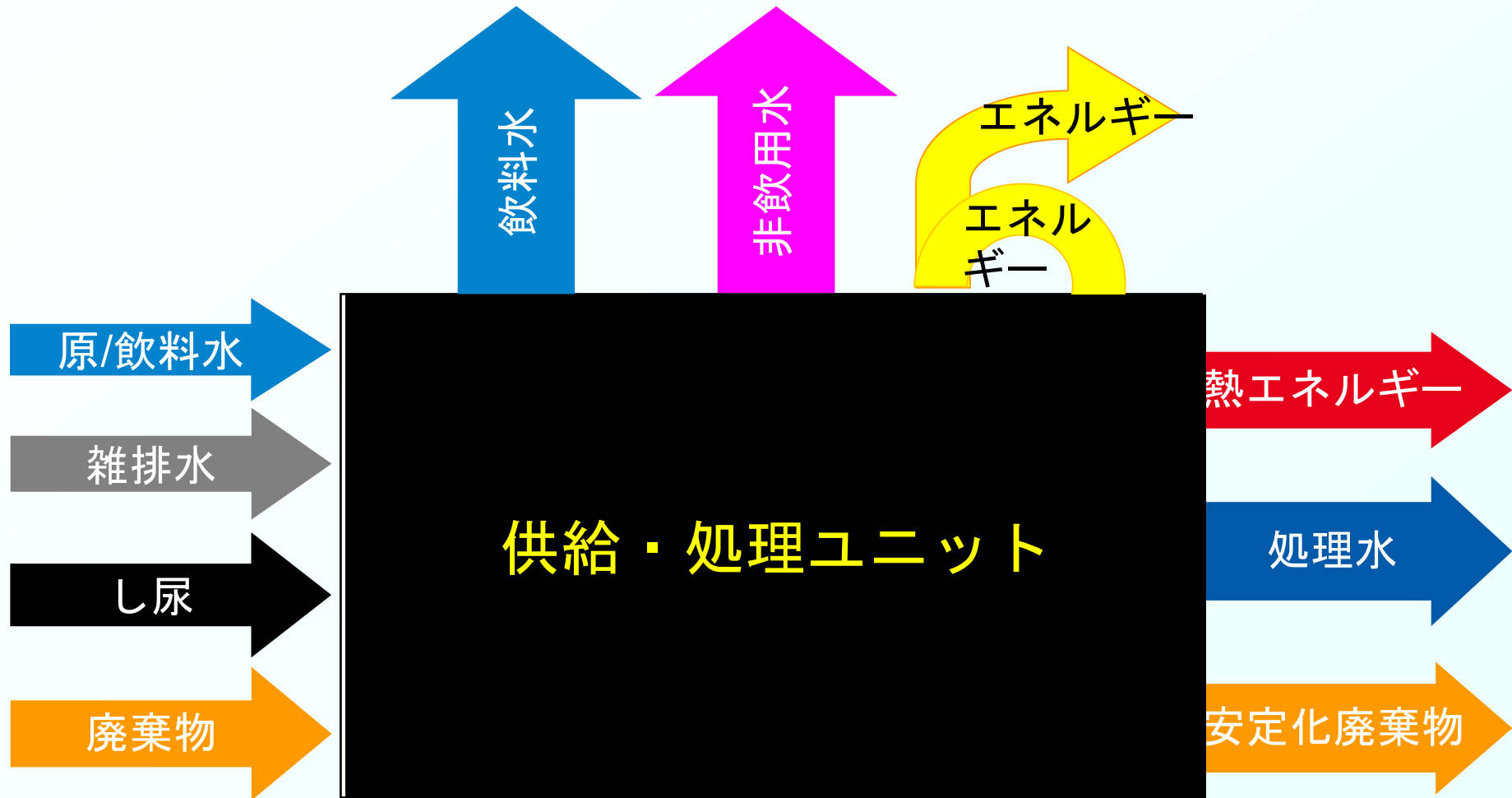
・ 既存の再生水施設は、エネルギー的に有利とは言い難い⇒最適化必要

・ 開発中の新しい水処理技術、高い競争性を有する可能性



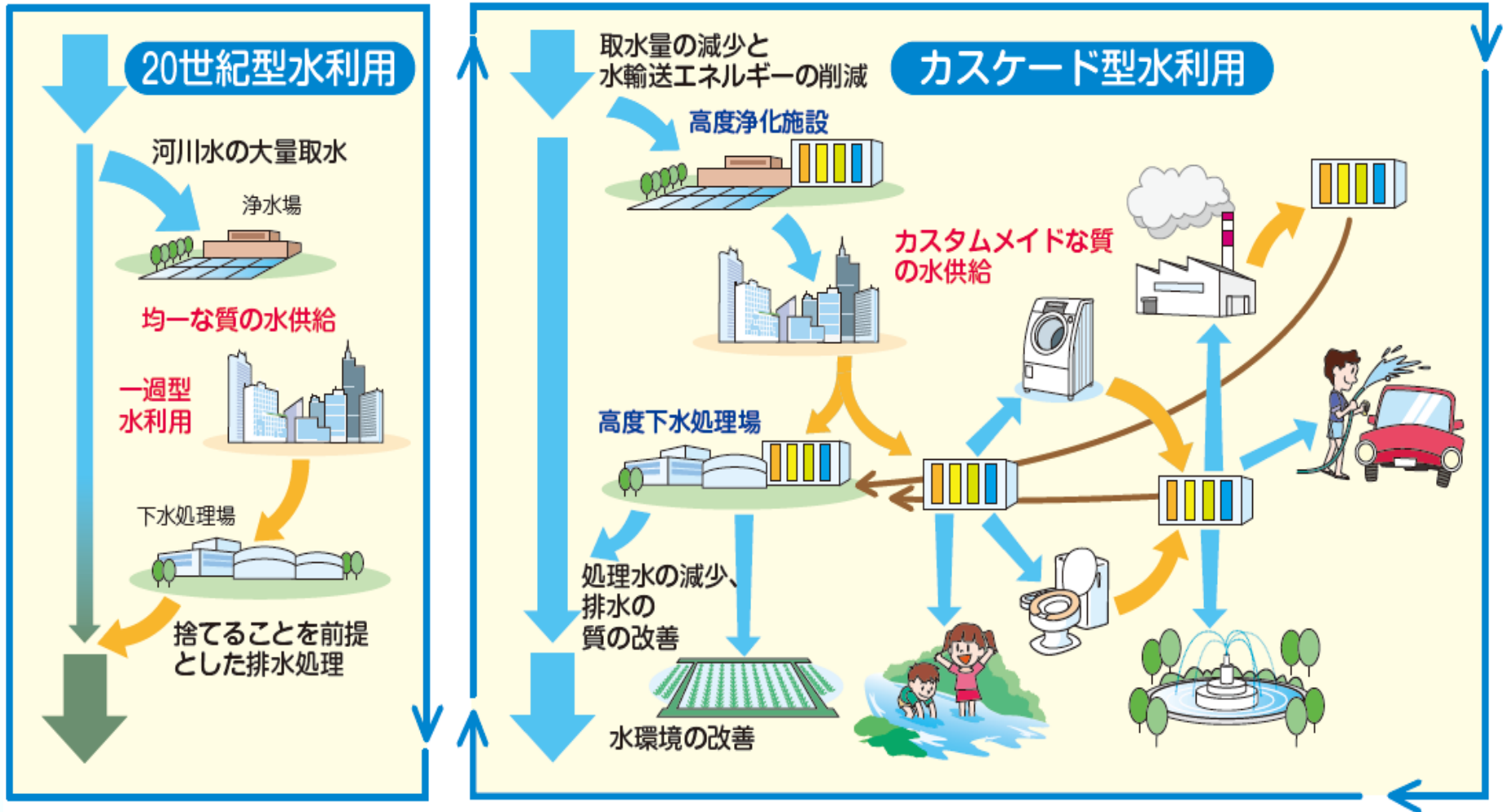
- 統合的な処理システム
- 統合的なセミ集中システム
 - より小規模化
 - よりコンパクトなシステム化
- 地区ごとに独自の供給と処理センターで、統合化
 - 物質フロー管理に焦点
 - 相乗効果と再利用ポテンシャルを利用





求められる21世紀型の都市水循環システム

再生水に含まれるウイルス、微量汚染物質などリスク要因を制御する分離膜などの水処理技術を開発し、そのエネルギー、リスク抑制性を明らかにし、国内外に導入した場合の安全性、エネルギー、環境面からカスケード利用型都市水循環システムを評価する。



: 新たな水処理システム
 : 再生水
 : 排水
 : 下水管渠網への汚泥投入

新たな水処理システムの開発による一過型からカスケード型水利用への変換
 取水排水を減らし、環境負荷を軽減する都市水循環システム

まとめ

- 環境水は、飲み水に加え、生態系保全、リクレーションの安全性が今後重視される
- 水資源確保の方法に再利用があり、エネルギー制約と水質向上の環境調和的解決法であり、水資源計画に組み込むべき
- 下水は、水とともに、水に係る物質、エネルギーの循環利用も今後注目される

下水に含まれる代表的な汚染物質

濃度

汚染物質	範囲	代表値 ^b
TS(mg/L)	390 ~ 1 230	720
TDS(mg/L)	270 ~ 860	500
強熱残留物(mg/L)	160 ~ 520	300
強熱減量(mg/L)	110 ~ 340	200
TSS(mg/L)	120 ~ 400	210
非揮発性浮遊物質(mg/L)	25 ~ 85	50
揮発性浮遊物質(mg/L)	95 ~ 315	160
沈殿性物質(mg/L)	5 ~ 20	10
BOD(5d)(20℃)(mg/L)	110 ~ 350	190
TOC(mg/L)	80 ~ 260	140
COD(mg/L)	250 ~ 800	430
全窒素(mg/L)	20 ~ 70	40
有機性窒素(mg/L)	8 ~ 25	15
アンモニア性窒素(mg/L)	12 ~ 45	25
亜硝酸性窒素(mg/L)	0 ~ 微量	0
硝酸性窒素(mg/L)	0 ~ 微量	0
全リン(mg/L)	4 ~ 12	7
有機性リン(mg/L)	1 ~ 4	2
無機性リン(mg/L)	3 ~ 10	5
塩化物イオン ^c (mg/L)	30 ~ 90	50
硫酸イオン ^c (mg/L)	20 ~ 50	30
油脂(mg/L)	50 ~ 100	90
VOCs(μg/L)	<100 ~ >400	100 ~ 400
大腸菌群(個/100 mL)	10 ⁶ ~ 10 ⁹	10 ⁷ ~ 10 ⁸
糞便性大腸菌群(個/100 mL)	10 ³ ~ 10 ⁷	10 ⁴ ~ 10 ⁵
クリプトスポリジウム オーシスト(個/100 mL)	10 ⁻¹ ~ 10 ²	10 ⁻¹ ~ 10 ¹
ジアルジア・ランブリア シスト(個/100 mL)	10 ⁻¹ ~ 10 ²	10 ⁻¹ ~ 10 ²

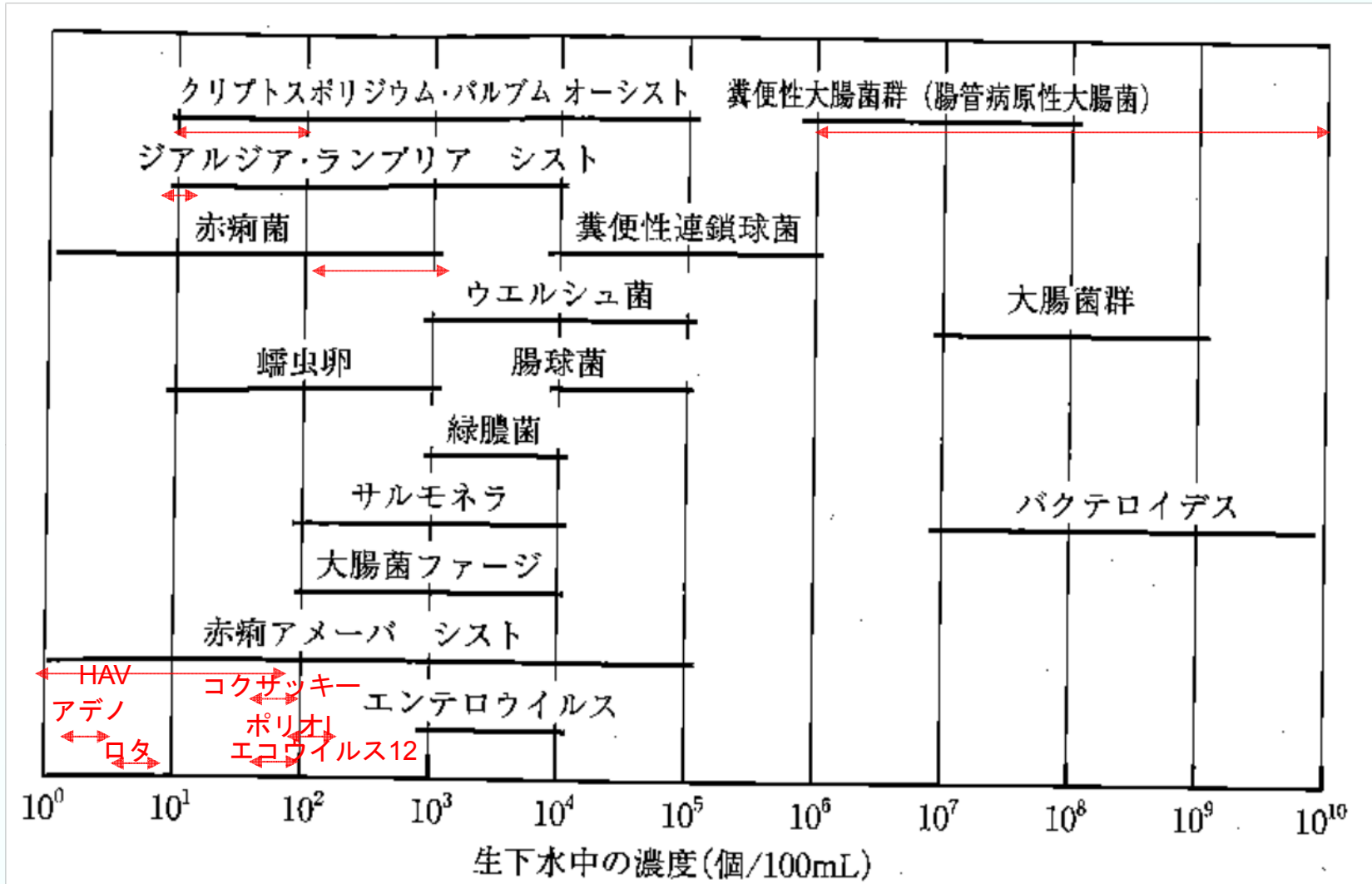
浅野孝他監訳(2012)
水再生利用学

^a Tchobanoglous *et al.* (2003)より引用.

^b 典型的な下水の組成は、約 460 L/人・d(120gal/人・d)の流量に基づく.

^c 水道水中に存在する成分の量によって増加する.

下水に含まれる病原微生物



浅野孝他監訳(2012)水の再生利用学を改変

感染用量中央値の報告値の範囲

下水に含まれる代表的な汚染物質の処理での変化

標準項目 ^b	生下水濃度	一次処理水		二次処理水		三次処理水		高度処理水		全体
		濃度	除去率(%)	濃度	除去率(%)	濃度	除去率(%)	濃度	除去率(%)	除去率(%)
標準項目 ^b										
炭素性 BOD	185	149	19	13	74	4.3	5	NA	98	
浮遊物質	219	131	40	9.8	55	1.3	4	NA	99+	
TOC	91	72	21	14	64	7.1	8	0.6	7	99+
蒸発残留物	1452	1322	9	1183	10	1090	6	43	72	97
濁度(NTU)	100	88	12	14	74	0.5	14	0.27	0	99+
アンモニア性窒素	22	21	5	9.5	52	9.3	1	0.8	39	96
硝酸性窒素	0.1	0.1	0	1.4	0	1.7	0	0.7	0	0
ケルゲール窒素	31.5	30.6	3	13.9	53	14.2	0	0.9	41	97
リン酸イオン性リン	6.1	6.1	16	3.4	28	0.1	54	0.1	0	98
標準項目以外										
ヒ素	0.0032	0.0031	3	0.0025	19	0.0015	30	0.0003	40	92
ホウ素	0.35	0.38	0	0.42	0	0.31	13	0.29	3	17
カドミウム	0.0006	0.0005	17	0.0012	0	0.0001	67	0.0001	0	83
カルシウム	74.4	72.2	3	66.7	7	70.1	0	1.0	88	96
塩化物イオン	240	232	3	238	0	384	0	15	90	94
クロム	0.003	0.004	0	0.002	32	0.001	24	0.001	28	83
銅	0.063	0.070	0	0.043	33	0.009	52	0.011	0	83
鉄	0.60	0.53	11	0.18	59	0.05	22	0.04	2	94
鉛	0.008	0.008	0	0.008	0	0.001	93	0.001	0	91
マグネシウム	38.5	38.1	1	39.3	0	6.4	82	1.5	13	96
マンガン	0.065	0.062	4	0.039	37	0.002	57	0.002	0	97
水銀	0.0003	0.0002	33	0.0001	33	0.0001	0	0.0001	0	67
ニッケル	0.007	0.010	0	0.004	33	0.004	11	0.001	45	89
セレン	0.003	0.003	0	0.002	16	0.002	0	0.001	64	80
銀	0.002	0.003	0	0.001	75	0.001	0	0.001	0	75
ナトリウム	198	192	3	198	0	211	0	11.9	91	94
硫酸イオン	312	283	9	309	0	368	0	0.1	91	99+
亜鉛	0.081	0.076	6	0.024	64	0.002	27	0.002	0	97