

【参考資料1】海外における再生水利用の目的・契機（例）（報告書1. 2（2））

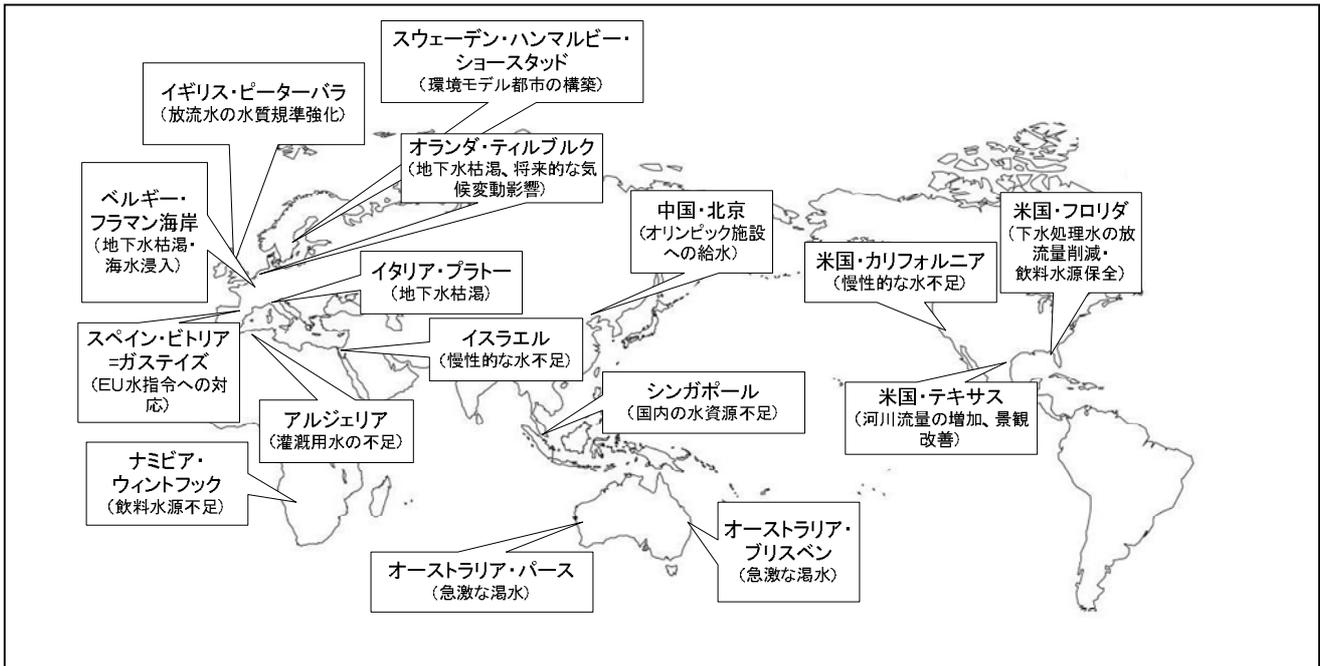


図 海外における再生水利用の目的・契機（例）

表 各事例の概要

国名・都市/地域名	再生水利用の目的・契機
アルジェリア	灌漑用水の不足から、再生水の農業利用に取り組んでいる。
イスラエル	慢性的な水不足から、再生水の利用に国家的に取り組み、現在では下水処理水の75%を再利用している。
イタリア・プラトー	工業団地を拡張するにあたり、地下水枯渇の懸念から行政が再生水の導入を条件とし、工業団地の協同組合が再生水を導入した。
英国・ピーターバラ	海への放流水に関する水質基準の強化を契機に、放流水の利用先について検討の結果、発電所のタービン利用を行うこととした。
オーストラリア・パース	急激な渇水に見舞われ、再生水利用を水資源計画に盛り込んだ。
オーストラリア・ブリスベン	近年の大干ばつを受け、下水を高度処理した後、飲料水源である貯水池へ導水を計画。
オランダ・ティルブルク	将来の気候変動や地下水の枯渇等の対策として取り組んでいる。
シンガポール	マレーシアに依存した水供給体質から脱却するために、膜技術を利用した再生水の間接飲用を行っている。
スウェーデン・ストックホルム	ハンマルビー・ショースタッド地区では、2015年までに、1990年代前半の住宅地区と比較して、環境負荷を50%低下させる目標を掲げ、その一環として下水処理水の廃熱利用にも取り組んでいる。
スペイン・ビトリア=ガステイズ	EUの水枠組み指令における水質規制への対応策として、再生水の利用に取り組んでいる。
米国・カリフォルニア	従来からの水不足に対応するため、総合的な水資源管理の中に再生水利用を位置づけている。
米国・フロリダ	セントピーターズバーグ市において、敏感な水域への下水処理水の放流量の削減と飲料水源の保全を目的に、都市修景灌漑や湿地帯の再生に再生水を利用している。
米国・テキサス	サンアントニオ市において、河川流量の増加による景観改善、地下水涵養を目的として再生水を利用している。
ベルギー・フラマン海岸	飲料水源である地下水の汲み上げ抑制と海水浸入防止を目的に、下水処理水の地下水涵養が行われている。
中国・北京	北京オリンピック施設での修景利用を目的として再生水の利用を行っている。
ナミビア・ウイントフック	水源のダム容量不足等による飲料水源の不足に対応するために、再生水の直接飲用利用を行っている。

【参考資料2】米国・カリフォルニア州の再生水の利用状況（報告書1. 2（2））

米国では約 365,000 万m³のうち 18%に相当する約 64,800 万m³がカリフォルニア州で利用されており、その用途としては、農業用水や地下水涵養が多いという特徴がある。

カリフォルニア州では、「農業灌漑用水の確保」、「地下水源の保全」、「地域独自の水資源の確保」、「公共用水域への汚濁物質の排出量の削減」、「環境の向上」が、再生水利用の意義・目的として認識されている。また、再生水の利用用途と水質（処理レベル）の関係が、以下のように整理されており、用途に応じた水質の再生水が供給されている。

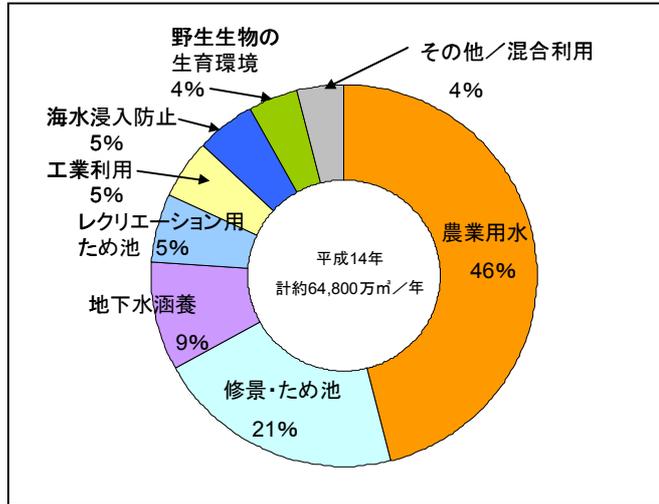


図 米国カリフォルニア州における下水処理水の用途別再利用状況（2002年）（出典）WATER REUSE

・ 再生水質基準

(Title 22 of California Water Regulations)

－ 用途に応じた処理レベル

- ・ 消毒済み三次処理
- ・ 消毒済み二次処理
- ・ 未消毒二次処理

－ 地下水涵養については、基準案が公表（2007年）

- ・ 直接注入と表面灌漑に区分し、直接注入の場合RO処理を要求
- ・ TOC
- ・ 硝酸性窒素の管理
- ・ 微量化学物質（環境ホルモン、医薬品、消毒副生成物等）のモニタリング

用途	処理レベル		
	3次処理・消毒 (Disinfected Tertiary)	2次処理・消毒 (Disinfected Secondary)	2次処理・未消毒 (Undisinfected Secondary)
都市用水・修景灌漑用水			
防火用水	○		
トイレ洗浄用水	○		
公園・校庭・家庭の散水用水	○		
墓地・高速道路の散水用水		○	
保育園の散水用水		○	
修景用水	○	○*	
農業灌漑用水			
乳牛牧草地		○	
飼料・穀物			○
果樹園（果物と再生水の接触無し）			○
ぶどう園（果物と再生水の接触無し）	○		○
食用でない樹木			○
加工される穀物		○	
加工されない穀物	○		
商業・工業用水			
空調用水	○	○*	
防火施設	○		
商業用洗車	○		
商業用クリーニング	○		
融雪用水	○		
土砂の圧密・コンクリート混合		○	
環境及びその他の用水			
人体に接触するレクリエーション用の池（水浴）	○		
野生動物の生息地・湿地		○	
養殖	○	○*	
地下水涵養			
海水浸入防止	○*		
水道水源としての地下水涵養	○*		

(Water Recycling 2030, Ch.2 Table.1を日本語訳)

図 米国カリフォルニア州における再生水利用用途と水質の関係

(出典) California Department of Water Resources Sustainability Alliance, *Water Recycling 2030: Recommendations of California's Recycled Water Task Force*, 2003 より作成

【参考資料3】温室効果ガス削減効果の算定事例（報告書2. 1（2）②）

下表は、下水道を介して広域的に再生水を供給している施設（以下、広域循環利用施設という）と、個別建物内で発生した廃水を再生利用している施設（以下、個別循環利用施設という）について、再生水を1m³供給することに伴って発生したCO₂量（以下、再利用CO₂発生率という）を算定したものである。

広域循環については施設Aを除くと、再生水1m³の利用に伴うCO₂排出量は、上水のLCCO₂原単位（0.99kg/m³）より小さくなっており、D施設では1/2程度の値になっているが、原単位の算出条件（一方はLC CO₂、一方は運転に係るCO₂）が異なるため、今後も引き続き精査が必要である。ただし、ケースバイケースで検討する価値があることは分かった。個別循環については、広域循環と比較して雑用水1m³あたりのCO₂排出量が比較的少ない箇所（施設c及びe）もあるが、大きい箇所（施設E、施設d、施設f等）があり、過半数は1kg/m³を超過している。このことは下水からの広域循環により再生水を供給した方がCO₂排出量の面では有利となる場合が多いことを示すものと考えられる。

表 調査対象施設の概要と再利用CO₂発生率

方式	施設	規模 (m ³ /日)	生物処理	膜処理	ろ過	ポン	活性炭	凝集沈殿	その他	平均稼働率 (%)	再利用CO ₂ 発生率 (kg/m ³)
広域	A	1600	有			有		有		9	2.86
広域	B	7200			有	有		有		73	0.77
広域	C	7900	一部有	一部有	有	有				44	0.96
広域	D	5000			有	有				45	0.40
個別	E	780	有		有					36	2.43
個別	F	397	有		有				有	58	0.40
個別	G	120	有		有		有			65	0.84
個別	a	950			有		有			56	1.22
個別	b	50	有		有					127	0.70
個別	c	88		有			有			49	0.33
個別	d	153	有		有		有			15	2.67
個別	e	719			有					40	0.09
個別	f	1,589		有	有				有	18	3.75
個別	g	2,822	有	有			有			92	1.40
個別	h	1,051			有		有			75	1.10

注) 広域の算定対象は再生処理施設（通常の下水処理分を除く）と利用先までの配水施設。個別の算定対象は再生処理施設（除害施設の再利用相当分含む）で建物内配水のための施設及び汚泥処分を含まない。

**【参考資料4】 ヒートアイランドの緩和と電力消費量の関係
(報告書2. 1 (2) ③)**

■環境省 平成12年度ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について報告書

東京電力管内（1都8県）の夏季の最大電力の気温感応度（気温が1℃上昇することにより増加する最大電力）は約166万kW/℃であり、ピーク時に対応する電力供給が火力発電であることを勘案すると、管内で気温が1℃低下するとCO2排出量が593t減少することになる。

■環境省 平成16年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書

各検討対象範囲における気温が1℃上昇した際の、各種エネルギー源の消費変動割合を各期別に表に示す。気温が1℃上昇することによって、夏期は電力の増加が大きく影響し、5から9%程の増加が認められ、特に都心に向かうに連れて影響程度が大きくなる傾向が認められた。一方で冬期にはいずれのエネルギー源についても減少し、冬期の合計では3.5%程の減少となった。結果として年間を通した合計変動度に関しては、淀屋橋を始めとする大阪市域内の都心地区で夏期日中の電力需要の増加が影響することによって夏期の増加が冬期の減少を上回り、全体エネルギー消費に対して0.4%程度の増加を示すのに対して、大阪市域外の郊外地区では夏期日中の影響が弱いことから冬期の減少が上回り、0.7%の減少に相当することが示された。なお、大阪府全域では0.4%の減少が見込まれた。

表 住宅におけるエネルギー消費の変動度（上段：夏期、中段：冬期、下段：通年）

検討対象範囲	電力変動度	ガス変動度	灯油変動度	合計変動度	合計変動量
淀屋橋	11.5%	-8.2%	0.0%	8.7%	0.080 TJ
大阪市	10.6%			7.9%	1984 TJ
大阪市を除く大阪府	7.2%			4.9%	2415 TJ
全域	8.4%			5.9%	4398 TJ

検討対象範囲	電力変動度	ガス変動度	灯油変動度	合計変動度	合計変動量
淀屋橋	-3.0%	-3.6%	-8.9%	-3.8%	-0.051 TJ
大阪市	-2.8%		-9.3%	-3.5%	-1243 TJ
大阪市を除く大阪府	-2.5%		-8.9%	-3.5%	-2574 TJ
全域	-2.6%		-9.0%	-3.5%	-3818 TJ

検討対象範囲	電力変動度	ガス変動度	灯油変動度	合計変動度	合計変動量
淀屋橋	2.7%	-4.9%	-9.9%	0.5%	0.015 TJ
大阪市	2.5%		-10.8%	0.4%	352 TJ
大阪市を除く大阪府	1.2%		-9.9%	-0.7%	-1245 TJ
全域	1.7%		-10.1%	-0.4%	-965 TJ

【参考資料5】再生水利用による河川流量増加の試算例（報告書2. 2）

神奈川県相模原川流域を対象に、雨水貯留浸透や、貯留水の利用とともに、下水のサテライト処理による再生水の利用を導入した場合のシミュレーション結果によると、再生水利用によって、26 百万 m^3 /年の流域水量の増加が期待できる。

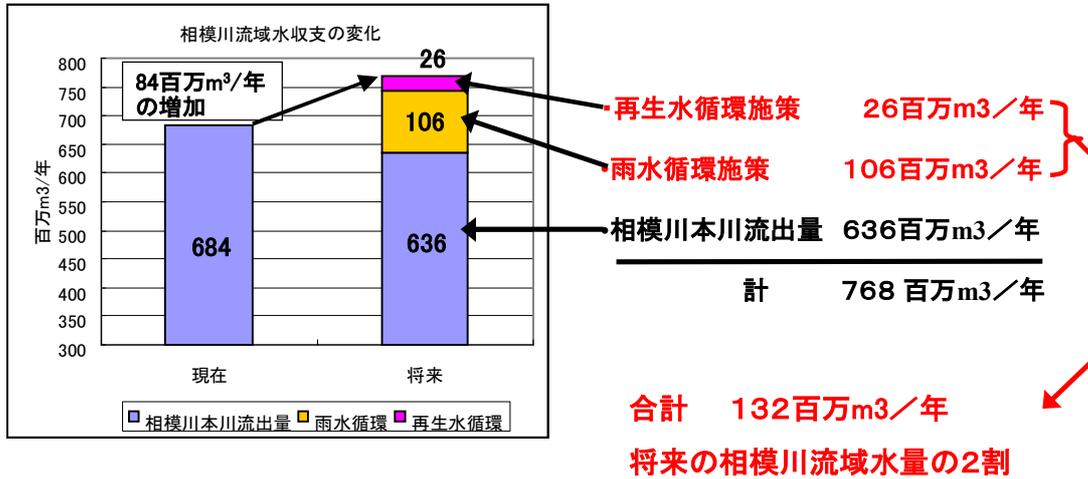
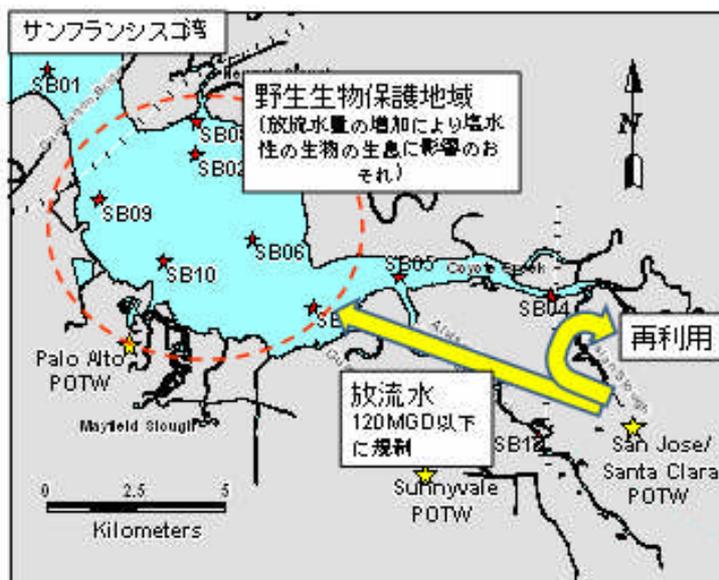


図 サテライト処理等によって期待される相模川流域水収支の変化

(出典) 神奈川県資料

【参考資料6】水質改善のための再生水利用事例（報告書2. 2）

米国カリフォルニア州では、下水処理水の放流量の増加により塩水性の生物の生息に影響するおそれがあることから、放流量を120MGD以下に規制されていることから、再生水利用量を増やしていくことで、将来に渡って放流量規制を守ることが検討されている。



サンノゼ・サンタクララ下水処理場の再生水量の将来予測(サンノゼ市都市用水管理計画)

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
流入水量(MGD)	120	122	127	134	140	147
再生水量(MGD)	7	9	12	15	18	21
放流量(MGD)	110	109	111	115	118	122
再利用率	6%	8%	11%	13%	15%	17%

<120に規制

(1 MGD = 1,233 m³/日)

図 公共水域への汚濁物質の排出量の削減事例

(出典) 山縣弘樹(2009)『米国カリフォルニア州における再生水利用』、第46回下水道研究発表会講演集(投稿予定)

【参考資料7】多度津町におけるコンジョイント分析事例（報告書2. 3）

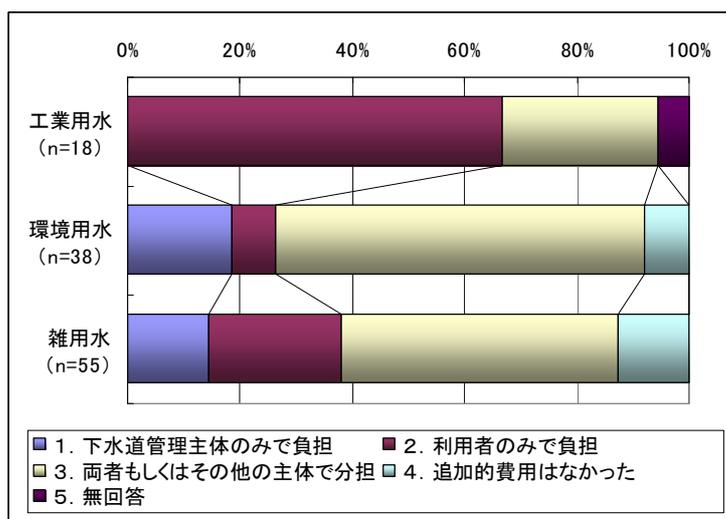
香川県多度津町では、河川に3,500 m³/日の再生水を放流している他、八幡の森ほたるの里に20 m³/日、せせらぎ用水に45 m³/日の再生水を放流している。八幡の森ほたるの里については、コンジョイント分析により、その環境価値を評価したところ、少なからず市民にその効果が評価されていることがわかる（表参照）。この事例によると、世帯当たり年間便益は、各項目のWTP¹（支払意思額）を合算した10,806円/世帯・年となり、このWTP10,806円/世帯・年に、WTPの調査対象範囲である世帯数（13,588世帯）を乗じると、地域の便益額は、約14,683万円/年となる。

表 多度津町の八幡の森ほたるの里における経済価値評価事例

属性	WTP
生態系の保全	4,419円/世帯・年
衛生安全性	1,375円/世帯・年
景観の確保	4,094円/世帯・年
交流機会の提供	918円/世帯・年
合計	10,806円/世帯・年

（出典）山縣弘樹、山中大輔、荒谷裕介、南山瑞彦（2007）『コンジョイント分析を用いた下水処理水によるせせらぎ水路の多面的な便益の評価』「環境システム研究論文集」Vol. 35、2007年10月、P287-294

【参考資料8】再生水供給に係る追加的費用の負担状況の調査結果（報告書3. 2（3））



（出典）下水再生水の利用事例における費用負担状況に関するアンケート調査結果

¹ WTP（支払意思額）とは、人々がある財に対して支払ってもよいと考える額を指し、この場合、「八幡の森ほたるの里」という再生水を利用している環境を維持するために、支払ってもよいと考えている額を指す。

【参考資料9】民間委託形態及びPFIの形態と民間リスクの整理
 (報告書3. 2 (5) ①)

表 公共事業の民間委託形態と民間リスク

契約形態	概要	民間側からみたリスク
アウトソーシング／サービス契約	・民営化の最も初期的な形態。検針業務、水道料金徴収、処理場や管渠のメンテナンスなど一部の業務のみを一定期間民間に委託する。	・維持管理に伴うリスクを負うが、限定的で低い。
O&M (オペレーション&マネジメント)／マネジメント契約	・アウトソーシングよりも民間委託が進んだ形態。維持・管理を一括して委託し、効率化とコスト削減を目指す。民間企業は業績に連動した委託料を公共より受け取る。	・業績に応じた報酬・ペナルティといった運営リスクを負う。
リース／アフェルマージュ	・各種施設は、公共から業務を委託される民間企業にリースされる。民間企業は利用者から料金を徴収し、リース料を公共に支払う。民間企業は事務部門の経営部分の改善を一括受託しコスト削減を目指す。	・民間事業者の収益は、事業から生み出される収益に直接的に依存し、公共は責任を負わないため、需要リスクが公共から民間に移転。しかし、投資責任と投資リスクは公共が保有。公共側のリスク負担が残るため、民間側のリスクがコンセッションほど大きくない。
コンセッション	・最も進んだ民間委託の形態。経営部分の委託にとどまらず、建設、修繕や改善などの資本投資部分、メンテナンス部分も民間企業に委託。資金調達の責任も民間企業に移行し、償還財源は料金から回収。	・民間は消費者と直接的な契約関係を持ち、この契約による全てのリスク（金融リスクや自己、料金徴収リスクなど）を負う。 ・民間事業者が施設・設備にかかる投資も引き受けることから、運営リスクとともに投資リスクも負う。

(出典) 竹内佐和子『公共経営の制度設計』、野田由美子『民営化の戦略と手法—PFIからPPPへ—』等を基に作成

表 PFIの形態と民間リスク

契約形態	概要	民間側からみたリスク
BTO	Build Transfer Operate の略。民間事業者が自ら資金調達を行い、施設等を建設し、施設等完成直後に公共に所有権を移転し、民間事業者が維持・管理及び運営を行う事業方式。	・施設所有に伴うリスクが公共側に残り、また施設所有者と管理者が別々であることから、リスク分担が曖昧になる可能性がある。
BOT	Build Operate Transfer の略。民間事業者が自ら資金調達を行い、施設等を建設し、契約期間にわたる維持・管理運営を行い、事業期間終了後に公共に施設所有権を移転する事業方式。	・施設を民間が所有するため、所有に伴うリスクを負う。 ・施設を民間が保有するため、既存の国の補助制度等が利用できなくなる可能性があり、固定資産税等の負担も生じる。
B00	Build Own Operate の略。民間事業者が自ら資金調達を行い、施設等を建設し、維持・管理・運営し、事業終了時点で民間事業者が施設を解体・撤去する等の事業方式。	・事業期間終了後原状回復を規定していることが多く、資金調達から維持管理、運営、所有等の様々なリスクに加え、事業期間終了の際に、施設を撤去するコストも民間が負担。

(出典) 内閣府『PFI事業導入の手引き』、盛岡市「PFI導入基本方針」を基に作成

【参考資料 10】 雑用水利用状況（品川区・港区と全国）（報告書 3. 2 (6) ①）

品川区・港区における雑用水利用状況および全国との比較

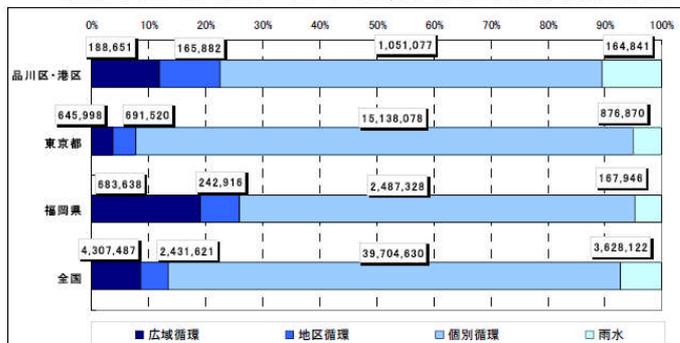


図. 品川区・東京都・福岡県・全国の雑用水年間利用量の比較 (単位: m³/年)

アンケート結果によると、全国における下水処理水の雑用水利用（広域循環）は約400万m³/年把握されている。

東京都全体で、全国の利用量の約15%を占め、福岡県とあわせると約30%を占めている。

また、品川区・港区だけで全国の4%を占めている。

東京都全体では、個別循環方式での利用が多いが、インフラの整備されている品川区・港区などの地域では、さらなる下水処理水の雑用水利用が考えられる。



図. 広域循環年間利用量(m³)の内訳

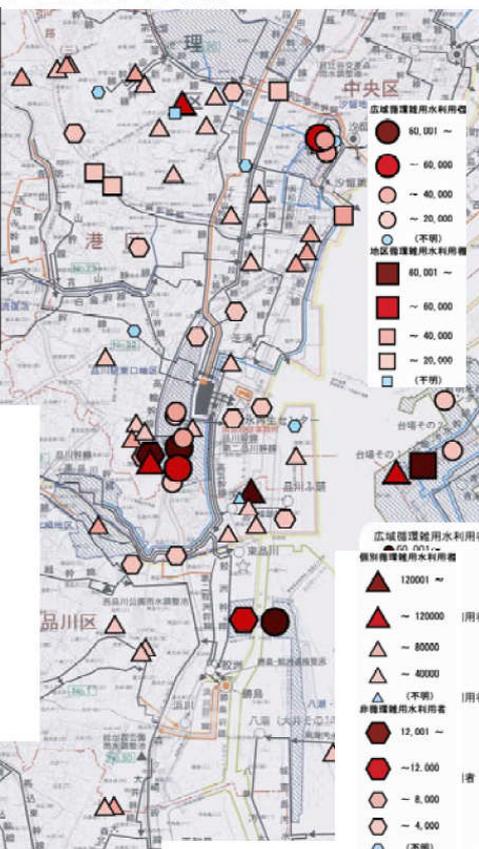


図. 品川区・港区における雑用水利用施設 (複数の循環方式を併用している施設については、アンケートで主たる方式と回答されているものに分類)

※品川区・港区の雑用水利用量は雑用水使用水量等の数値が把握できた61施設を対象に集計、他の地域についても同様に集計。雑用水利用量は補給水を含まない量。
下水処理場における場内利用量は除外している。
出典(雑用水利用量・施設数): 国土交通省水資源部 平成18年度雑用水利用施設実態調査
出典(下水道幹線等地図): 東京都下水道局 東京都下水道計画図