

再生水利用による地球温暖化の緩和策としての効果の検討について

1. 下水道資源の有効利用による温室効果ガス削減効果の基本的な考え方

下水道におけるエネルギー及び資源の有効利用等，新エネルギーの導入を行うことで，下水道におけるエネルギー使用の削減，下水道事業以外の事業者への電力やガス等のエネルギーの供給等により，社会全体としての温室効果ガスの削減に寄与することができる

なお，有効利用による温室効果ガス排出量抑制効果は，有効利用工程から排出する温室効果ガスと，有効利用による削減量を勘案し，「 $A < B$ 」となる場合に，削減効果を有することとなるため，有効利用計画にあたっては，十分に検討を行う。

A (t-CO₂/年)：有効利用工程から排出される温室効果ガス

B (t-CO₂/年)：有効利用により削減可能な温室効果ガス

2. 再生水利用による具体的な検討における A,B の対応

(上水、工業用水その他の水源を代替する場合)

上水、工業用水で利用している、もしくは、利用しようとしていた水利用を再生水利用によって代替した場合。

A：下水処理水から利用用途に必要な再生水の水質まで処理する水処理施設、及び再生水の送水施設に係る温室効果ガス

B：再生水利用に伴い利用しなくなった上水、工業用水その他水源の減少量に係る温室効果ガス

※上水、工業用水その他水源などの原単位を分析し、個別事例毎に判断が必要と考えられる。

(建築物内の個別循環の代替として再生水を利用する場合)

二重配管が義務付けられ、個別循環による雑用水利用を行っている施設に再生水を新たに供給する場合。

A：下水処理水から利用用途に必要な再生水の水質まで処理する水処理施設、及び再生水の送水施設に係る温室効果ガス

B：個別循環のための建築物内の水処理施設

(建築物内で水を循環させるための送水施設は原則として、再生水利用においても必要となるため、比較の対象としない。)

※事例毎に分析は必要であるが、再生水利用をエネルギー効率の良いシステムとして構築することにより、比較的優位 ($A < B$) になる可能性が高い。

下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き案

5.5 下水道資源の有効利用による温室効果ガスの抑制効果等の促進

下水道におけるエネルギー及び資源を有効利用することによって、社会全体としての温室効果ガスの削減に寄与することによる対策を講じる。

【解説】

下水道におけるエネルギー及び資源の有効利用等、新エネルギーの導入を行うことで、下水道におけるエネルギー使用の削減、下水道事業以外の事業者への電力やガス等のエネルギーの供給等により、社会全体としての温室効果ガスの削減に寄与することができる

なお、有効利用による温室効果ガス排出量抑制効果は、有効利用工程から排出する温室効果ガスと、有効利用による削減量を勘案し、「 $A < B$ 」となる場合に、削減効果を有することとなるため、有効利用計画にあたっては、十分に検討を行う。

A (t-CO₂/年)：有効利用工程から排出される温室効果ガス

B (t-CO₂/年)：有効利用により削減可能な温室効果ガス

下水道資源の有効利用の例として、次のような事項が考えられる。

①消化ガスの積極的利用

(略)

②汚泥燃料の利用

(略)

③自然エネルギーの利用

(略)

④下水等の熱利用

下水や処理水が有する熱（下水熱）を熱源として、ヒートポンプなどにより、熱エネルギーを回収し、冷暖房に利用するものである。また、直接的に下水熱を利用する方法として、寒冷地における融雪熱として利用している例もある。

<導入例>

- ・ヒートポンプ冷暖房…東京都落合水再生センター
- ・地域冷暖房…千葉県幕張新都心、東京都後楽一丁目地区

⑤下水処理水の再利用

下水処理水を再生水として外部供給することにより、上水、工業用水その他水源の利用水量の減少による供給先での温室効果ガスの削減が見込まれる。また、建築物に二重配管を条例等で義務付けられている場合は、下水処理水の活用により建築物内の水処理施設が不要となるため、温室効果ガス削減が見込まれる。

※平成 21 年 1 月 23 日第 4 回下水道における地球温暖化防止対策検討委員会資料より抜粋

再生・供給施設の運転に係る CO₂ 排出量実態調査結果
～個別循環利用施設のサンプルの拡充～

調査の概要および推定結果

再生水の利用に伴う CO₂ 排出量の実態を把握するため、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、最近 1 年間の再生利用水量と再生水利用のために要した光熱水、薬品、等の消費量を調べた。これらに、各々についての CO₂ 発生量原単位を乗じた後、合算し、その結果を年間再生水供給量で除して、各施設で、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）とした。調査対象施設の概要と各施設の再利用 CO₂ 発生率を表－1 に示す。なお、調査期間は A～G の 7 か所が平成 20 年 5～6 月、a～h の 8 か所が平成 20 年 12 月～21 年 1 月である。

表－1 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	バク 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（通常の下水处理分を除く）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。

考察

広域循環については施設 A を除くと、再生水 1m^3 の利用に伴う CO_2 排出量は、上水の LCCO_2 原単位 ($0.99\text{kg}/\text{m}^3$) *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 CO_2 、一方は運転に係る CO_2 ）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 1m^3 あたりの CO_2 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 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 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 CO_2 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。よって、再生水の雑用水利用を行う場合の選択肢として広域循環は CO_2 排出量の面で有力な候補となると考えられる。

*建物の LCA 指針（社）日本建築学会(2006) による

施設 A の CO_2 発生率について

施設 A は再生水利用量が少なく、その結果、 CO_2 発生率が高くなったものと考えられる。過去最大利用量は施設規模の 41%であり、その時の CO_2 発生率が $1.09\text{kgCO}_2/\text{m}^3$ と推定されたことによる。

施設 E の CO_2 発生率について

施設 E は建物建設の後に設置されたため、処理施設の各設備が広い範囲に分散して配置されており、連絡管路も屈曲が多く、移送に伴うエネルギー損失が大きいことによる結果と考えられる。

施設 c の CO_2 発生率について

施設 c は雨水の処理分が含まれ、雨水処理はろ過および塩素処理のみであるため、電力消費量が少なく算出されている。また、稼働開始より日が浅い（3 年経過）ため活性炭の交換をまだ行っていない。よって CO_2 排出量が比較的低くなったと考えられる。

施設 d の CO_2 発生率について

施設 d は 24 時間運転の活性汚泥処理を有しているが、平均稼働率が低く、処理水量が少ないため、処理水量に対する電力消費量が高くなったものと考えられる。

施設 e の CO_2 発生率について

施設 e は処理設備がろ過・塩素消毒のみであるため、稼働動力がポンプのみとなり、電力消費量が少ないため、 CO_2 排出量が比較的低くなったと考えられる。

施設 f の CO_2 発生率について

施設 f は加圧浮上槽・限外ろ過を行っており、加えて平均稼働率が低く処理水量が少ないため、処理水量に対する電力消費量が高くなったものと考えられる。

広域循環と個別循環の特徴

広域循環利用施設は下水処理水を再生水源としている。下水処理水はし尿を含む下水を処理したものであるため特有の着色が残留している。この着色が不快感を与えることがあるため、脱色と微生物の不活化を兼ねたオゾン処理を採用する事例が多い。

個別循環利用施設ではし尿を含まない雑排水を再生水源としている場合が多い。雑排水の除害処理（主として油脂分除去）のために生物処理が導入されており、再生利用に先立つ有機物除去のための生物処理を兼ねている。生物処理後はろ過処理で微細 SS を除去して再利用（水洗用水が主）される。

雑用水だけでは必要水量を賄えない場合があり、E 施設および h 施設では上水を補給し、F 施設、b 施設、c 施設、d 施設、f 施設では雨水を利用している。

CO₂ 発生率の点から利用形態による優劣は判断が難しいが、広域循環では下水処理場から遠く、かつ、処理場より相当高い位置にある利用先への送水は不利であると考えられ、地域特性に応じた適切な再利用形態を検討することが重要である。

個別ビルでは水量不足の恐れがある雑用水を水源とする再利用でも、街区単位等で水利用特性の異なる建物を集合する場合（以下、地区循環方式という）は収支がバランスする可能性がある。

個別・地区循環では再利用に伴って上水の使用量が減少し、水道料金と水道使用量に連動する下水道料金は共に削減される。再生施設での処理に伴って発生する汚泥は、廃棄物として業者処分が行われているが、雑排水を水源とする再利用では、主要な汚濁源であるし尿の負荷は従来通り下水道に排出されることになる。したがって、下水道に流入する汚濁負荷量は、雑排水の再利用に伴う水量の減少ほどは減らないことになる。下水処理に係る費用は水量に比例する部分と汚濁量に比例する部分とがあるが、下水道使用料金は水量に基づいて賦課されているため、現状では雑排水を水源とする個別循環利用者からは汚濁量に比例して発生する費用の一部を徴収できない可能性が高い。