

上水道・工業用水道、下水道部門における温室効果ガス排出等の状況

1. 上水道・工業用水道部門の状況

1.1 上水道の状況

(1) 水道施設について

水道施設は、水道法において水道のための取水施設、貯水施設、導水施設、浄水施設、送水施設及び配水施設とされている。

なお、これらの施設には、水を導くための管状の導管が含まれている。

表 1-1 水道施設の種類等

種類	主な役割	構造物・設備
取水施設	水源から需要に応じて原水を取り入れる。	取水塔、深井戸、沈砂池等
貯水施設	豊水時の水を貯留し、降水量の変動を吸収して取水の安定を図る。	遊水池、溜池等
導水施設	取水された原水を浄水場まで導く。	導水路、導水ポンプ、原水調整池 等
浄水施設	水源から送られてきた原水を飲用に適するように処理する。	浄水池、消毒設備、粉末活性炭設備、排水処理施設等
送水施設	浄水場から配水池まで浄水を送る。	調整池、送水ポンプ等
配水施設	給水区域の需要に応じて適正な水圧で需要者に供給する。	配水池、配水塔、配水ポンプ等

出所：総務省 HP より (http://www.soumu.go.jp/main_content/000144865.pdf)

次頁に各施設の構造物・設備の概要について示す。

(注) 図中赤枠がエネルギー使用が認められる設備等。

各工程におけるポンプや薬品注入設備、混和池・濾過池等における攪拌設備がその対象となる。

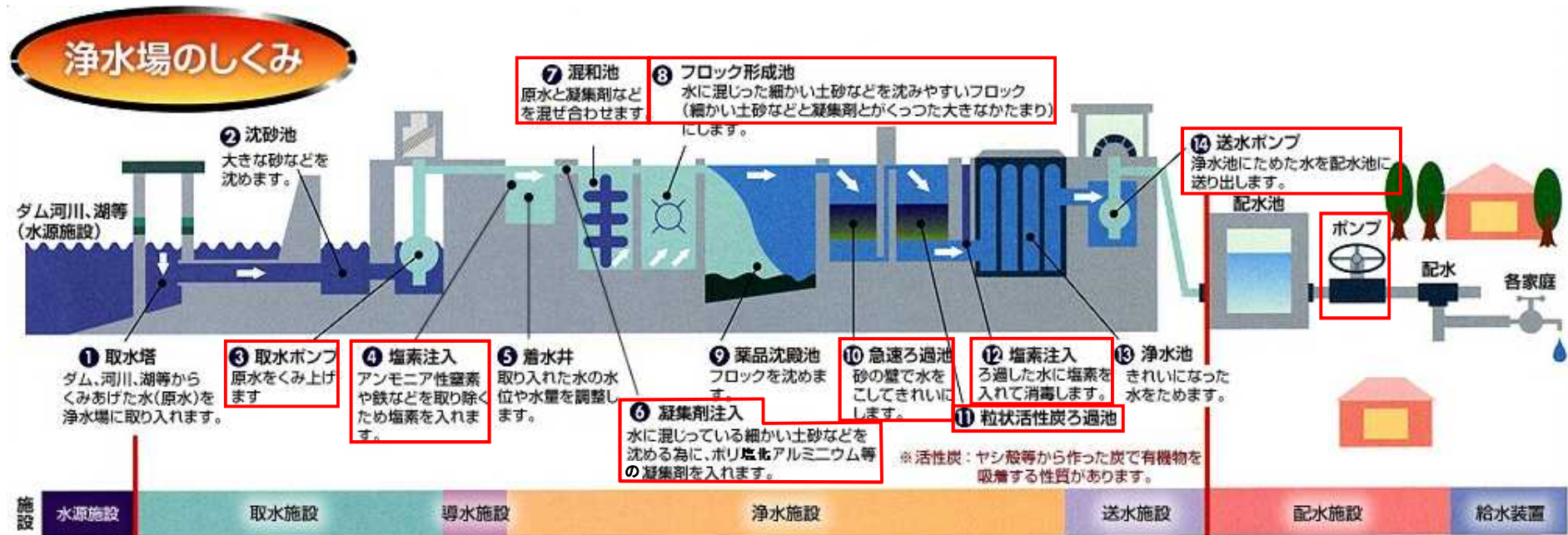


図 1-1 水道施設の概要

出所：茨城県企業局 HP「水道水ができるまで」より (http://www.pref.ibaraki.jp/kigyuu/wed_experience_ibaraki/tap_water/index.html)
赤枠については MRI にて加工

(2) 水道施設におけるエネルギー消費の実態

- 水道施設で消費されるエネルギーの大部分は電力であり、工程別の電力使用構成比については、東京都水道局では送配水工程が約 6 割と全体の半分以上を占める。

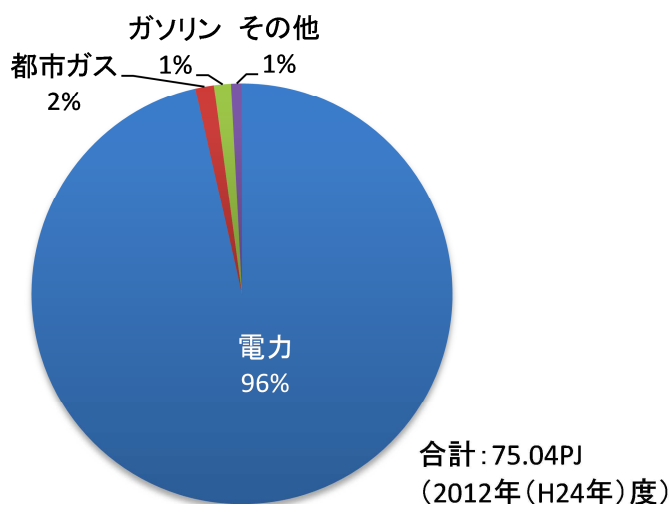


図 1-2 水道事業における年間のエネルギー消費量のエネルギー種別内訳

出所: (公社)日本水道協会「水道統計」(平成 24 年度版)より MRI 作成。

※電力使用量 (kWh) 及びその他燃料等の熱量 (GJ) の全事業者合計値を水道統計より算出。

(電力使用量: 9.76GJ/千 kWh (省エネ法における全日買電係数) を乗じ熱量換算。)

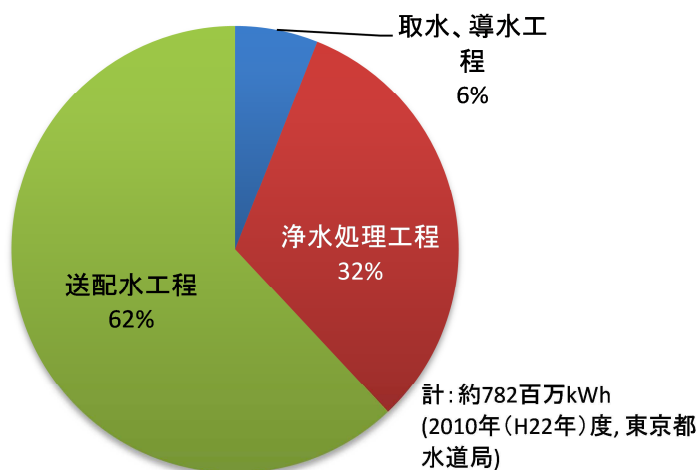


図 1-3 東京都水道局における工程別電力使用量割合

出所: 東京都水道局「環境報告書 2011」より MRI 引用。

- ・ 設備別の電力使用構成比については、特にポンプの使用割合が全体の9割以上を占める。

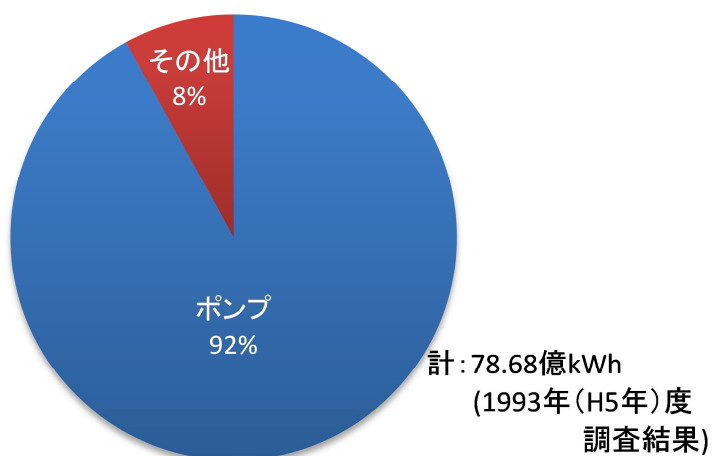
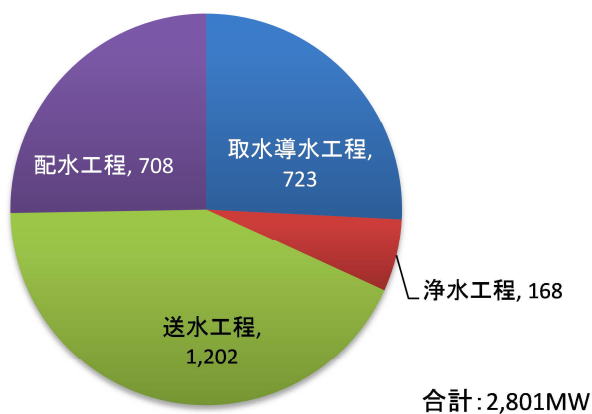


図 1-4 上水道事業及び水道用水供給事業における電力使用量の内訳

出所: 厚生労働省「水道事業における環境対策の手引書(改訂版)」より MRI 引用。

- ・ ポンプ設備については、特に送水工程のポンプの合計容量が大きい。



※定格容量の合計であり、電力の実使用量の合計を示すものではない

図 1-5 全国のポンプ設備の工程別原動機出力の合計

出所: (社)日本水道協会「水道統計」(平成 22 年度版)より MRI 作成。

※施設別ポンプ設備原動機出力(kW)の全事業者合計値を水道統計より算出。

- 水道給水量については、2000年度（平成12年度）以降やや減少し、近年は横ばい傾向で推移している。また、上水道普及率については、2012年度（平成24年度）は約98%である。

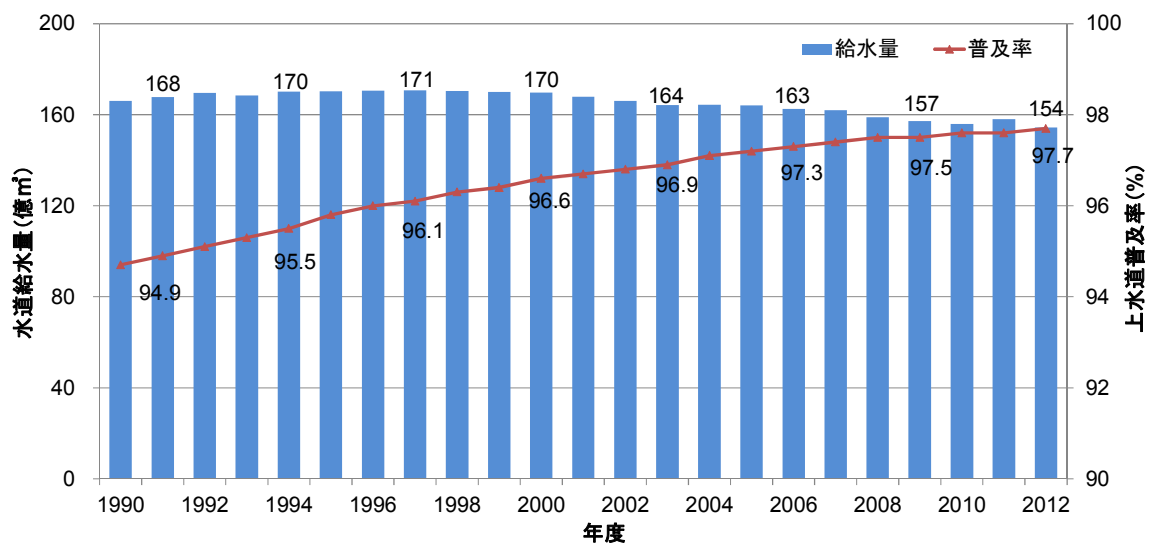


図 1-6 水道給水量、上水道普及率の推移

出所：(公社)日本水道協会 「水道統計、水道統計要覧」(平成2~24年度)よりMRI引用

- 単位水量当たり電力使用量（原単位）については、2012年度（平成24年度）は0.502kWh/m³であり、推移は横ばい傾向にある。

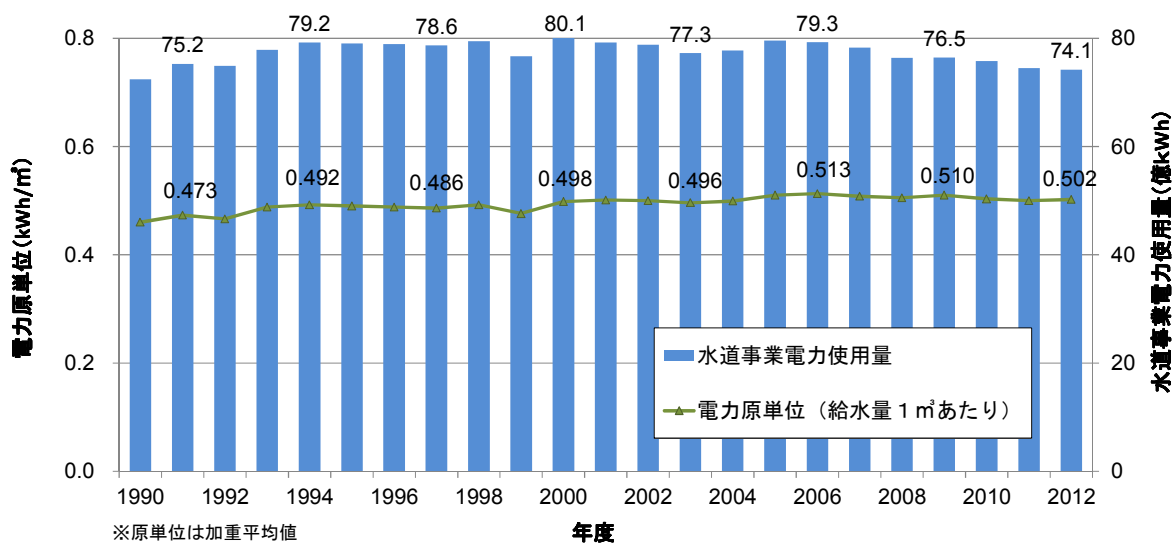


図 1-7 電力使用量及び単位水量当たり電力使用量（原単位）の推移

出所：(公社)日本水道協会「水道協会雑誌」(第61~83巻各8号)よりMRI引用。

(3) 上水道部門における温室効果ガス（CO₂）排出量の実態

2012年度（平成24年度）における上水道事業及び水道用水供給事業による電力や燃料の使用に伴うCO₂排出は424万tCO₂であり、全国のCO₂排出量（12億7,600万tCO₂）に占める割合は0.33%となっている。

水道事業で排出されるCO₂排出量の96%は電力によるものであり、残りを都市ガスやガソリン等が占める。

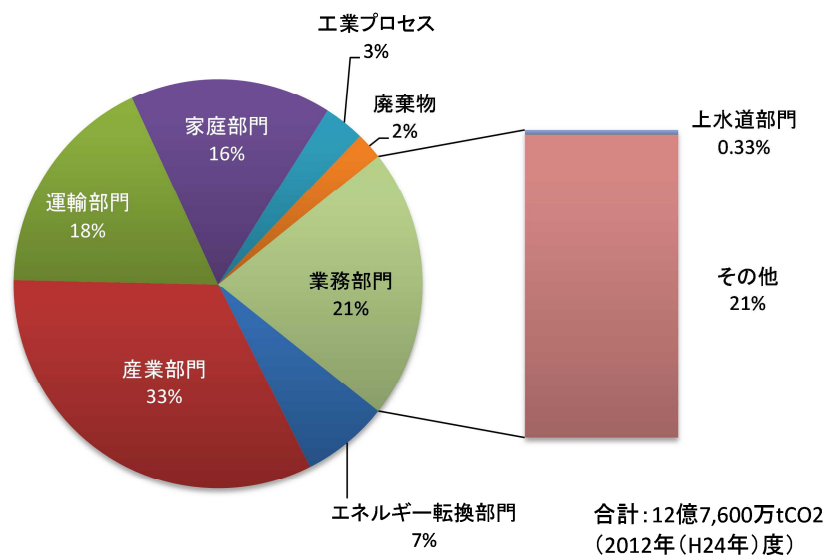


図 1-8 日本のCO₂排出量内訳

出所：(独法)国立環境研究所 地球環境センター 温室効果ガスインベントリオフィス「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2014年4月」、(公社)日本水道協会「水道統計」(平成24年度版)よりMRI作成
 ※部門別(エネルギー転換、産業、運輸、業務、家庭、工業プロセス、廃棄物)排出量：インベントリ報告書より引用。
 上水道部門排出量：電力使用量(kWh)及びその他燃料等の排出量(tC)の全事業者合計値を水道統計より算出。
 (電力使用量：0.000550 t-CO₂/kWh (温対法における事業者別排出係数(H24)の代替値)によりCO₂排出量換算。
 その他燃料の排出量：44/12を乗じてCO₂排出量換算。)

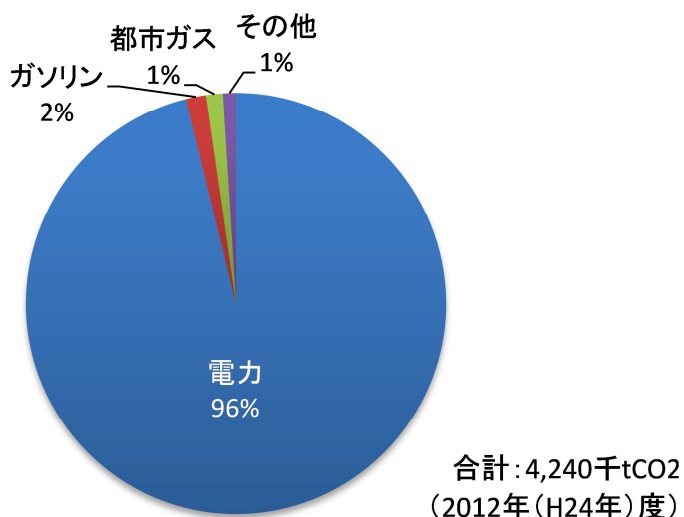


図 1-9 水道事業における年間の温室効果ガス排出量のエネルギー種別内訳

出所：(公社)日本水道協会「水道統計」(平成24年度版)よりMRI作成
 ※電力使用量(kWh)及びその他燃料等の排出量(tC)の全事業者合計値を水道統計より算出。
 (電力使用量：0.000550 t-CO₂/kWh (温対法における事業者別排出係数(H24)の代替値)を乗じCO₂排出量換算。
 その他燃料の排出量：44/12を乗じCO₂排出量換算。)

- ・ 単位給水量当たり CO₂ 排出量（原単位）は、平均値 0.468kg-CO₂/m³ となっている。
- ・ 水道事業者数の規模別の分布を見ると、配水量の大きい大規模水道事業者で小さくなる傾向がみられた。

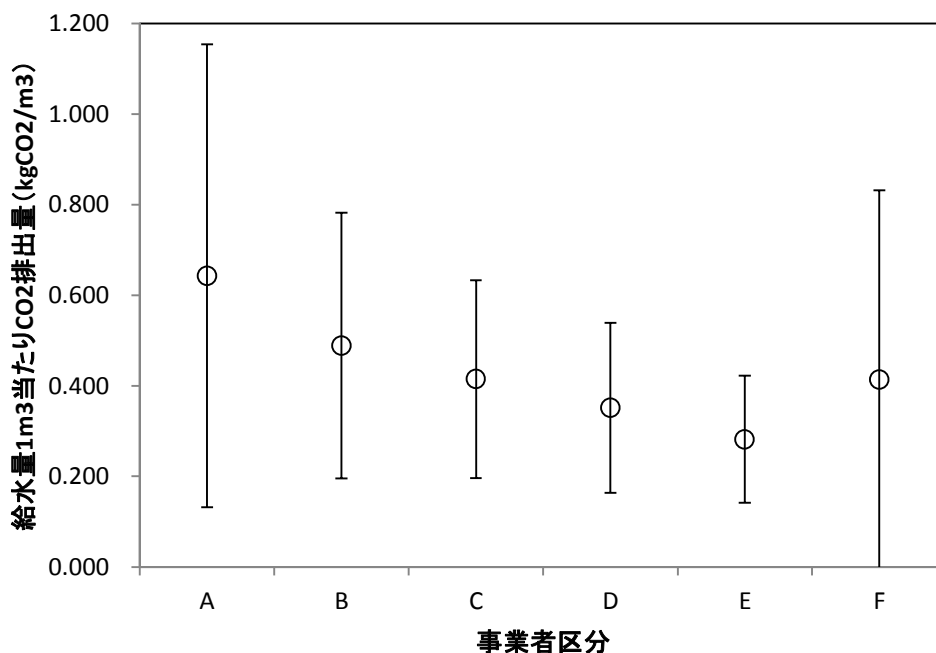


図 1-10 給水規模別の CO₂ 原単位

出所：(社)日本水道協会「水道統計」（平成 22 年度版）より MRI 作成

※電力使用量（kWh）、その他燃料等の排出量（tC）及び給水量（m³）より水道統計から算出。

（電力使用量：0.000559 t-CO₂/kWh（温対法における事業者別排出係数(H22)の代替値）を乗じ CO₂ 排出量換算。
 その他燃料の排出量：44/12 を乗じ CO₂ 排出量換算。）

※事業者区分の参考

	事業者種別	年間配水量 区分 (千 m ³)	事業者数	年間配水量 合計(千 m ³)
A	末端給水事業者	～ 1,000	235	163,248
B	末端給水事業者	1,000～ 5,000	664	1,679,265
C	末端給水事業者	5,000～10,000	241	1,705,661
D	末端給水事業者	10,000～50,000	250	5,004,715
E	末端給水事業者	50,000～	41	6,577,872
F	用水供給事業者	設定なし	88	4,631,979

1.2 工業用水道の状況

工業用水とは、「工業用水道事業法（昭和 33 年法律第 84 号）」により、工業（製造業、電気供給業、ガス供給業及び熱供給業）の用に供する水（水力発電用、飲用を除く）をいう。工業用水道は、導管により工業用水を供給する施設をいい、工業用水道事業は、一般の需要に応じ工業用水道により工業用水を供給する事業である。

(1) 全国の事業体数

工業用水道事業の事業体数は、平成 26 年 4 月現在、151 団体ありその多くは地方公共団体により運営されている。

表 1-2 工業用水道事業体数
(平成 27 年 4 月現在、経済産業省調べ)

地方公共団体		150
	都道府県	40
	市区町村	101
	企業団	9
株式会社		1
中小企業基盤整備機構		0
計		151

出所：経済産業省「工業用水道事業の整備状況」
(http://www.meti.go.jp/policy/local_economy/kougyouyousui/kousuijiseibi.htm)

(2) 用途（供給先）

工業用水の約 8 割は冷却用水・温調用水として用いられ、使用水量の多い業種は、化学工業（34%）、鉄鋼業（29%）、ついでパルプ・紙・紙加工品製造業（9%）となっている。

なお、回収率の高い業種は、輸送用機械器具製造業、鉄鋼業、石油・石炭製品製造業で、いずれも約 9 割前後の水を循環して使用している。

(※経済産業省「平成 25 年工業統計表（用地・用水編）」による。)

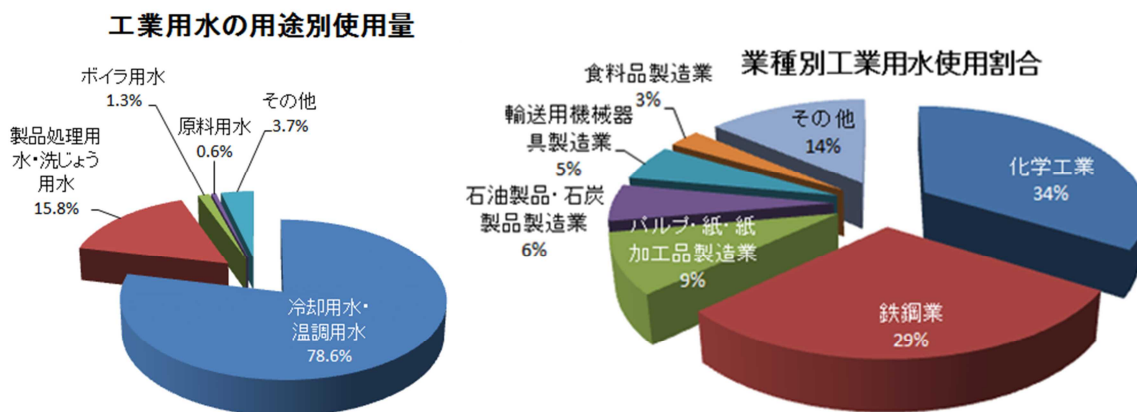


図 1-11 工業用水の用途別使用量（左）及び業種別使用割合（右）

出所：経済産業省「平成 25 年工業統計表（用地・用水編）」より

(3) 工業用水使用量

工業用水の使用量は1965年（昭和40年）から2000年（平成12年）までの間に約3倍に増加したが、回収利用が進んだため、新たに河川等から取水することが必要となる水量（補給量）は1973年（昭和48年）をピークに漸減している。

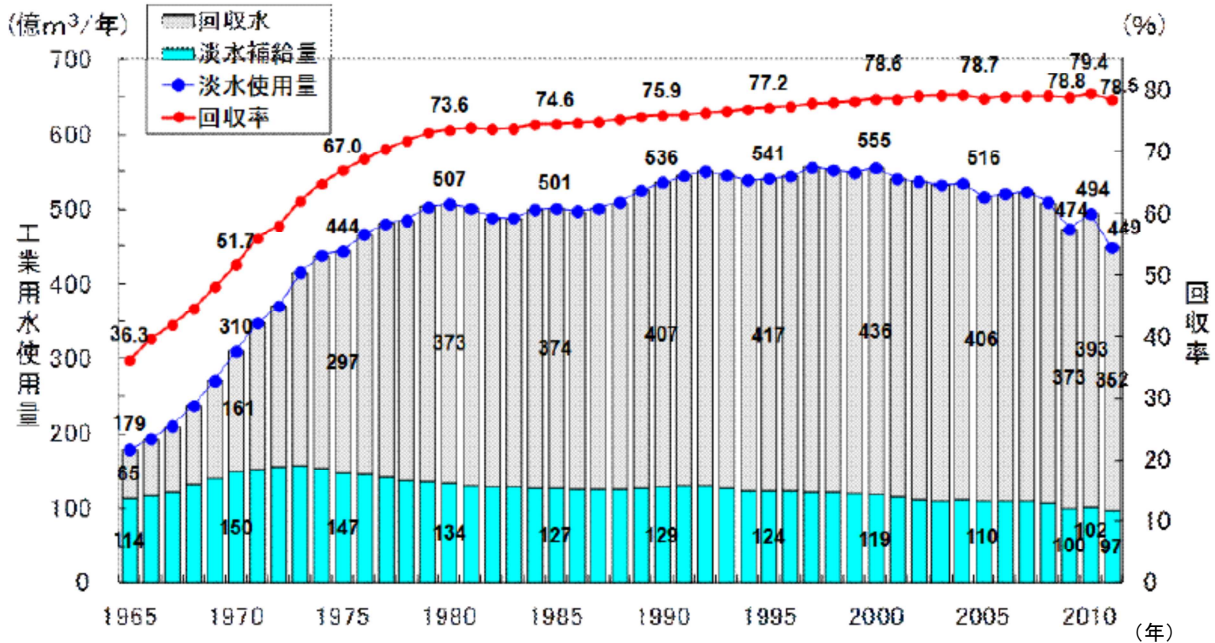


図 1-12 工業用水使用量等の推移

出所：国土交通省「日本の水資源」水の利用状況 (http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/actual03.html)

注）経済産業省「工業統計表」をもとに国土交通省水資源部作成。（「工業統計表」では日量で公表されているため、日量に365を乗じたものを年量とした。従業員30人以上の事業所についての数値である。公益事業において使用された水量は含まない。

(4) 工業用水道施設について

工業用水道施設は、導水施設、浄水施設等における一部設備の簡易化は認められるものの、基本的に上水道施設と同様の施設構成である。

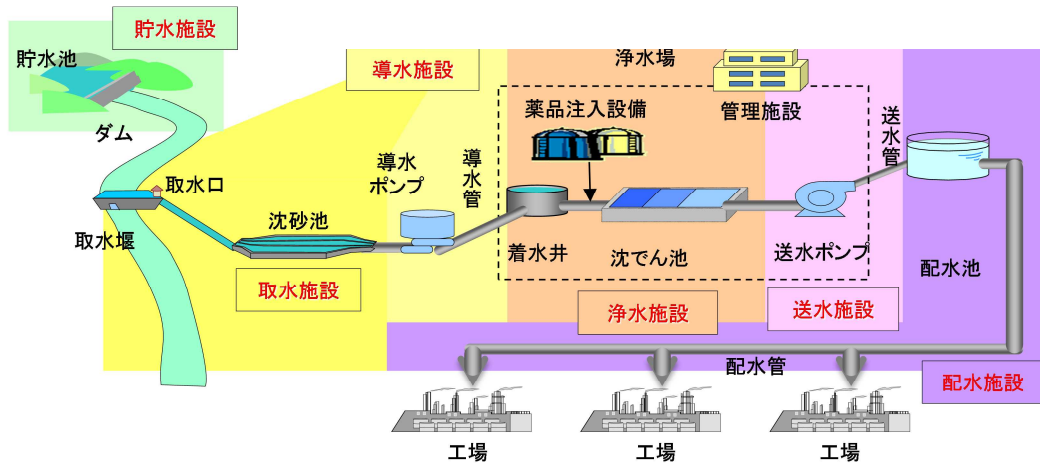


図 1-13 工業用水道施設の概要

出所：経済産業省「産業構造審議会 地域経済産業分科会 第6回工業用水道政策小委員会 参考資料1」より (http://www.meti.go.jp/committee/gizi_1/1.html)

2. 下水道部門の状況

(1) 下水道施設について

下水処理場の施設には、予備的処理（1次処理）を行う沈砂池と沈殿池、生物を用いた2次処理を行う反応槽、発生した汚泥の脱水等を行う汚泥処理設備等からなる。以下に下水処理場各施設の構造物・設備の概要について示す。このほか、通常の2次処理で除去できない窒素、リン等の除去のため、高度処理が行われる場合もある。

表 2-1 下水処理場の設備

種類	主な役割	構造物・設備（エネルギー消費設備）
沈砂池	下水の中にある大きなゴミを取り除く。砂を沈下させる。	かき寄せ機 揚水ポンプ
第一沈殿池	細かい汚れを時間をかけて沈殿させる。	かき寄せ機
反応槽	微生物を含む泥(活性汚泥)が汚れを分解する。	曝気装置（最もエネルギーを消費する） ※処理過程で N_2O 、 CH_4 が発生する。
第二沈殿池	反応槽から流れてきた活性汚泥を沈降させる。	かき寄せ機
汚泥処理施設	濃縮、脱水、乾燥、焼却する。	汚泥脱水設備、汚泥焼却設備 ※焼却により N_2O 、 CH_4 が発生する。
消毒	塩素消毒し河川、海へ放流する。	

生物処理には、標準活性汚泥法(標準法)、オキシデーショಂಡイッチ（OD）法、高度処理等がある。

標準活性汚泥法

活性汚泥と呼ばれる好気性微生物塊と下水を接触させ、下水中の有機物質を微生物に摂取させ沈殿池で微生物細胞を汚泥として分離する。曝気過程の送風に多大なエネルギーを消費する。

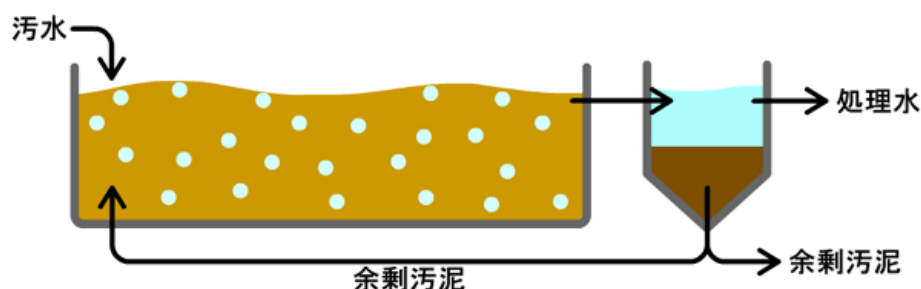


図 2-1 標準活性汚泥法

出所：畜産環境技術研究所 HP (<http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/kiso/0029.htm>)

オキシレーションディッチ法

浅い水路を巡回形状の曝気槽にすることで、少ない動力で曝気可能。広い設置面積が必要なので、主に小規模な施設で利用される。

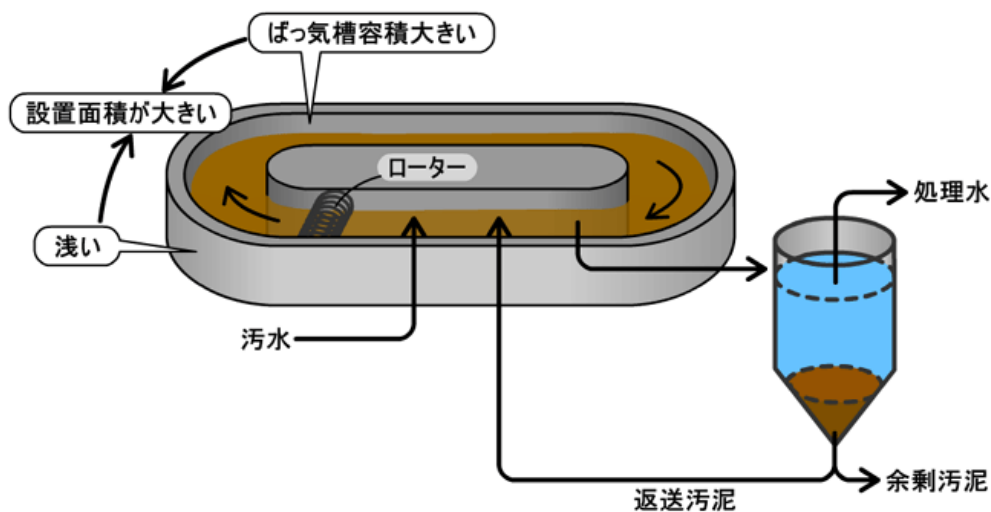


図 2-2 オキシレーションディッチ法

出所：畜産環境技術研究所 HP (<http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/kiso/0051.htm>)

高度処理

好気性生物処理による BOD は処理後 10~20mg/l、窒素、リンの栄養塩除去率は 40%程度である。放流先の状況によってはさらに高度な処理が求められる場合があり、窒素、リンの除去を強化した方法が用いられている。

嫌気・好気法 (AO 法) は、リン除去を目的とした方式で、反応タンクは嫌気槽と好気槽を持つ。嫌気槽には活性汚泥を混ぜるための攪拌機が設置されている。

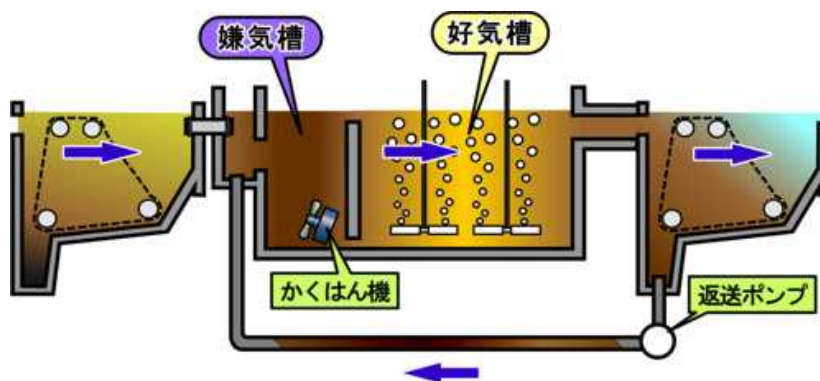


図 2-3 嫌気・好気法 (AO 法)

出所：横浜市環境創造局 HP (<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/gesui/syori/koudo/houshiki/houshiki02.html#ao>)

嫌気・無酸素・好気法（A2O法）は、窒素とリンの同時除去を目的とした方式で、反応タンクは嫌気槽・無酸素槽・好気槽の3つを持つ。無酸素槽には攪拌機が設置されているほか、循環ポンプにより好気槽から循環水が送られる。

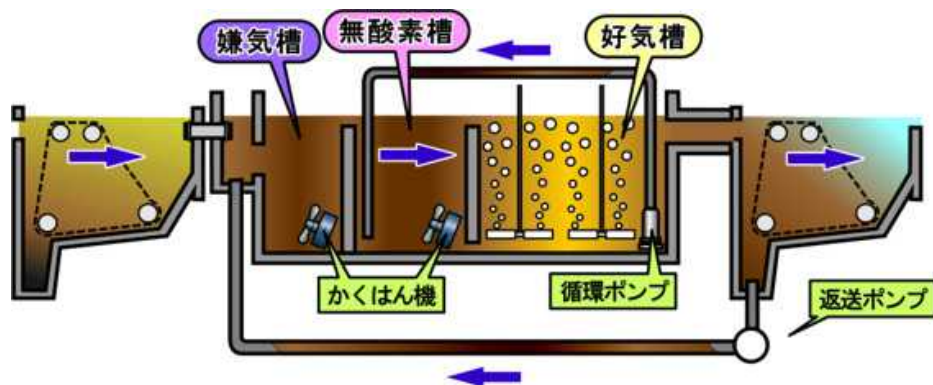


図 2-4 嫌気・無酸素・好気法（A2O法）

出所：横浜市環境創造局 HP

(<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/gesui/syori/koudo/houshiki/houshiki03.html#a2o>)

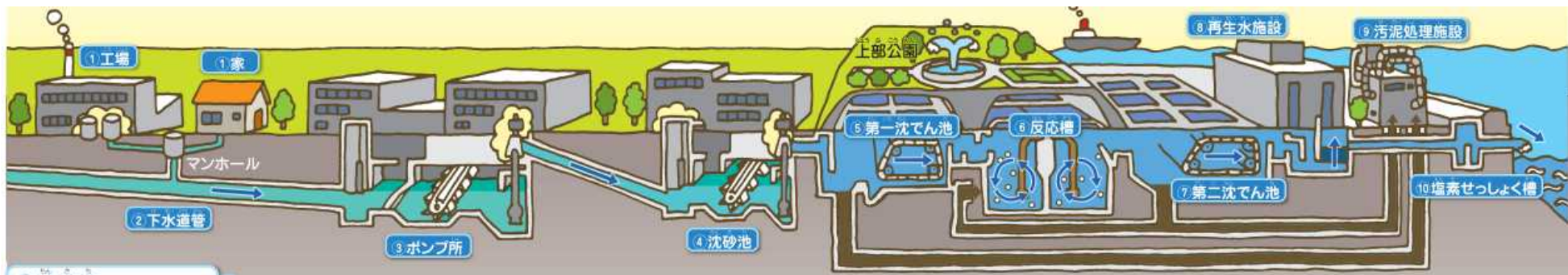


図 2-5 下水処理の流れ (イメージ図)

下水処理場

出所：東京都下水道局「みんなの下水道」より (<http://www.gesui.metro.tokyo.jp/kanko/kankou/mingesu/2015minge>)

(2) 下水道施設におけるエネルギー消費の実態

下水道施設で消費されるエネルギーのほとんどは電力であり、処理場内での使用量の内訳は水処理過程が半分を超える。

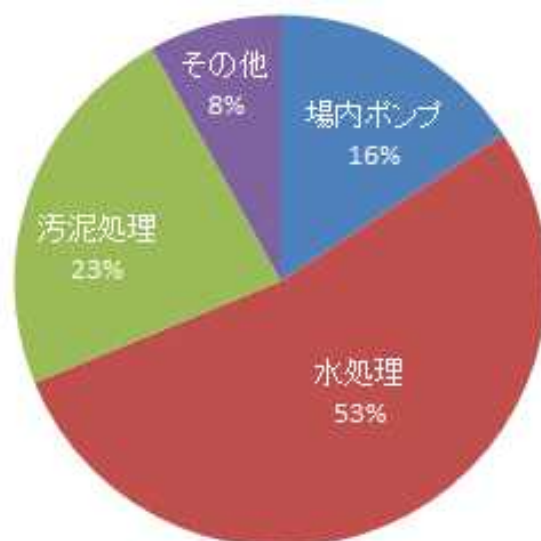


図 2-6 処理場での電力使用量の内訳（平成 22 年度）

出所：下水道統計平成 22 年度版

下水道普及率（人口普及率）については、政令指定都市では 96.7%と高いが、小規模市、町村での普及率は未だに低い状況にある。

下水処理量については、処理水量は過去 15 年以上増加傾向にある。処理方法別では、1 次処理、2 次処理の量は変わらないが、高度処理が増えている。

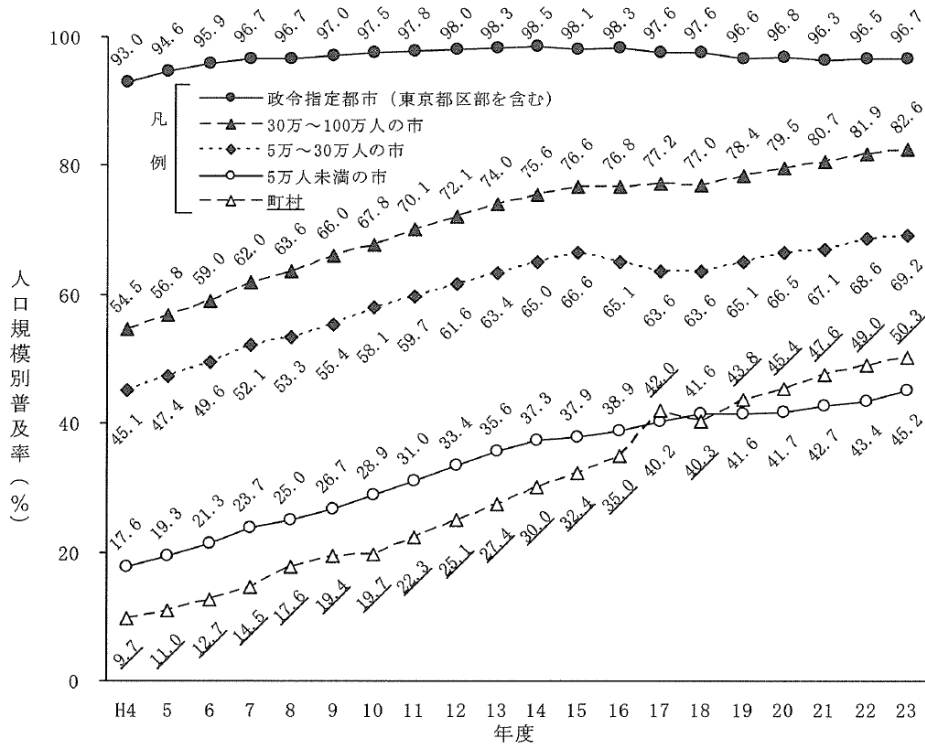


図 2-7 人口規模別下水道普及率の推移

注) 東日本大震災の影響により、調査不能な市町村があるため、岩手県、福島県の2県は、調査対象外。
 出所：「平成23年度版 下水道統計 第68号」公益社団法人日本下水道協会

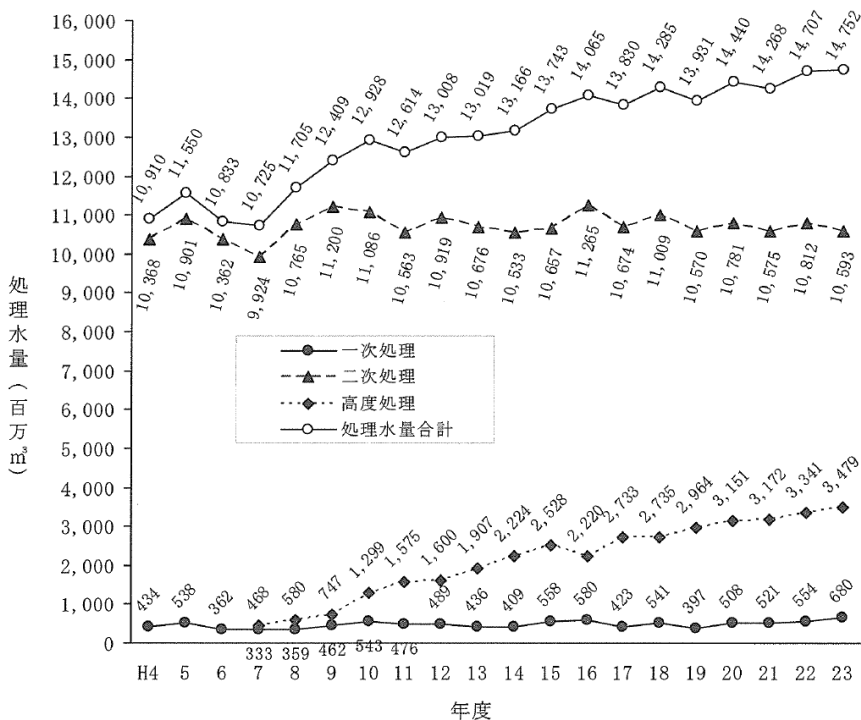


図 2-8 年度別処理程度別処理水量の推移

出所：「平成23年度版 下水道統計 第68号」公益社団法人日本下水道協会

また、下水道統計によれば、処理場で使用される電力・電力使用量原単位は、図 2-9 に示すような推移であり、おおむね横ばいである。

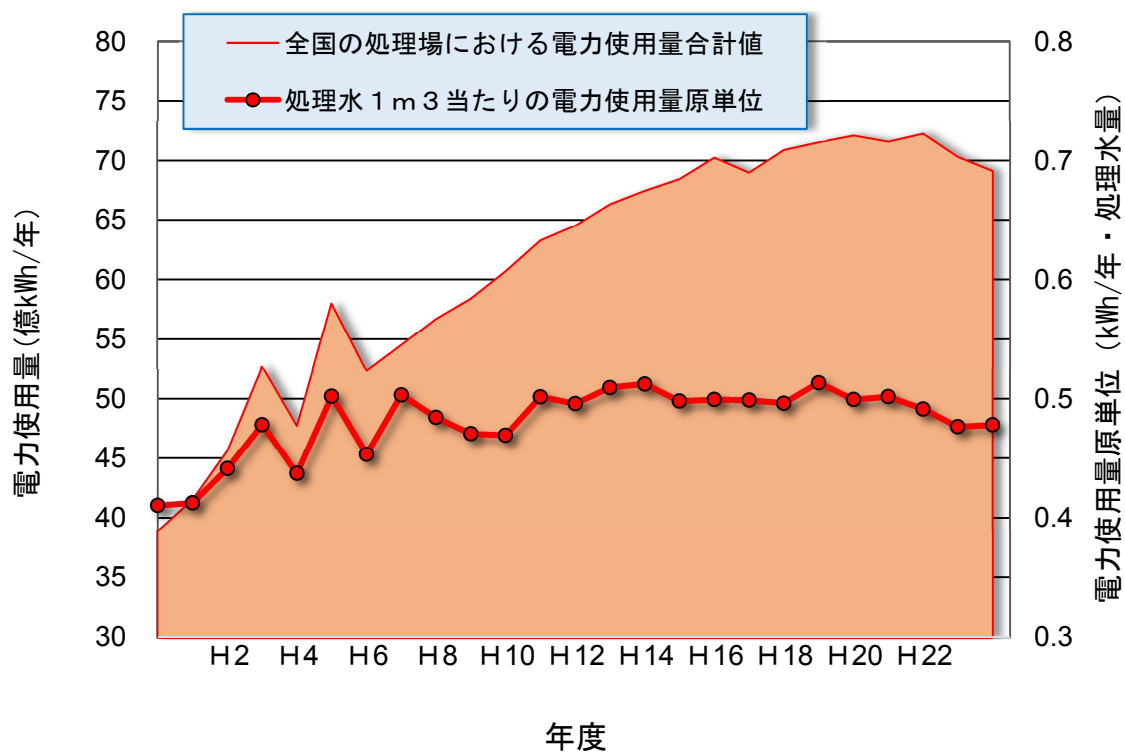


図 2-9 下水処理場での電力使用量・電力使用量原単位の推移

出所：下水道統計平成 24 年度版より国土交通省作成

(3) 下水道部門における温室効果ガス排出量の実態

2012年度（平成24年度）における下水道部門の温室効果ガス排出量は627万t-CO₂であり、我が国全体の温室効果ガス排出量の約0.5%を占めている。下水道の普及に伴い活動量（処理水量）は2005年度から2012年度の間約5%増加している一方、下水道からの温室効果ガス排出量は、約7%減少している。

温室効果ガス排出量（CO₂換算）の内訳は、処理場における電力消費に伴うCO₂排出量が56%、汚泥焼却に伴うN₂O排出量が20%である。

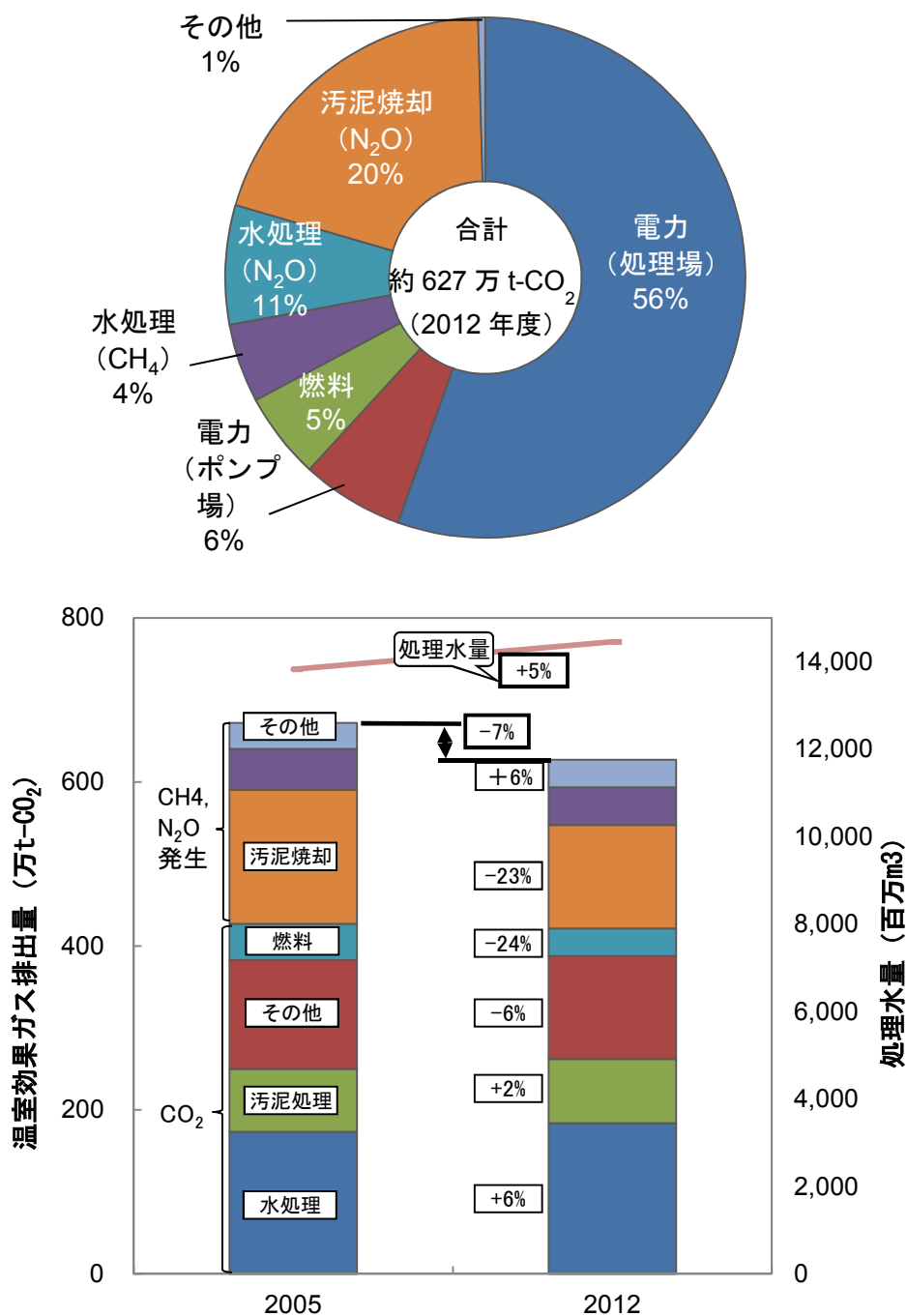


図 2-10 下水道部門の温室効果ガス排出実態 (CO₂換算)

出所：国土交通省資料

下水処理には、表 2-2 に示すように複数の処理方法がある。

表 2-2 水処理方式別処理場数

処理方式	処理場数						計
	5 未満	5～10	10～50	50～100	100～500	500 以上	
計画晴天時 日最大処理水量 [千 m ³ /日]							
オキシデーション ディッチ法	846	94	32	1	0	0	973
標準活性汚泥法	42	57	320	111	114	12	656
高度処理	91	30	86	38	100	9	354
回分式活性汚泥法	67	6	2	0	0	0	75
その他処理方法	21	10	15	2	6	0	54
高度処理オキシデー ションディッチ法	40	7	1	0	0	0	48
長時間エアレーショ ン法	39	5	1	0	0	0	45
嫌気好気ろ床法	42	2	0	0	0	0	44
嫌気無酸素好気法	0	3	11	10	19	0	43

出所：公益法人日本下水道協会『下水道統計』平成 22 年版

採用件数の多い、オキシデーションディッチ法（OD 法）、標準活性汚泥法、高度処理法別に汚水処理日量と汚水処理量当たりのエネルギー処理法の分布を見ると図 2-11 のとおりである。

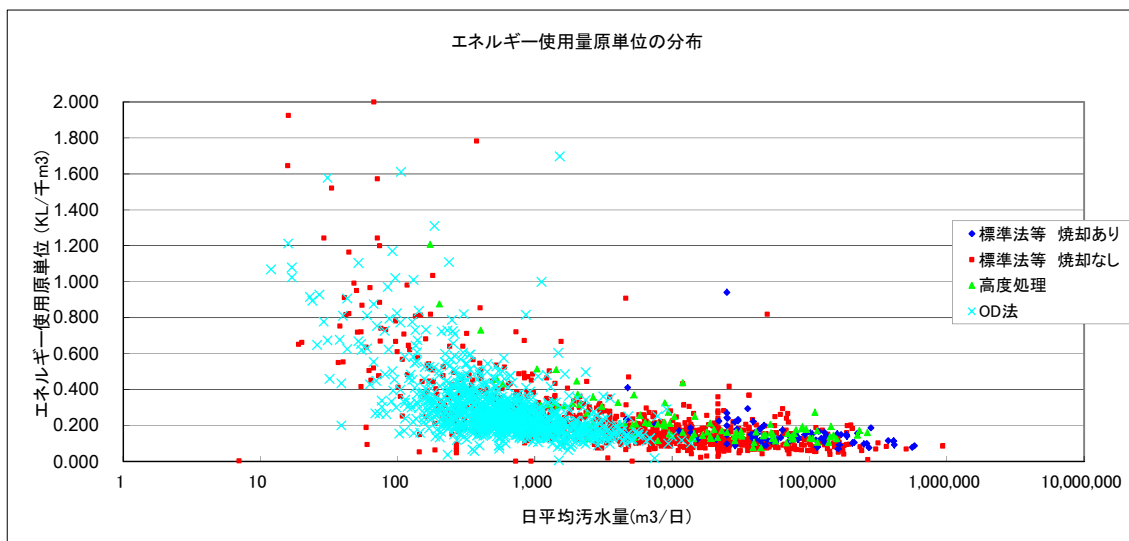


図 2-11 下水処理方法別のエネルギー使用量原単位の分布

図 2-10 より、日平均汚水量が少ない方がエネルギー使用原単位が高い傾向にあることがわかる。また、処理方法別にみた場合、OD 法は日平均汚水量が 10～10,000 m³/日の範囲に分布しており、同じ汚水量でも原単位にかなりの差があることがわかる。標準法については、小規模から大規模まで散らばって分布しており、処理方法に限定しない全体の傾向と同様、規模が小さいほど原単

位は高くなる傾向にある。また、同じ標準法であっても汚泥を焼却している場合は、同規模の焼却していない場合と比べ、ややエネルギー使用原単位が高い。

高度処理も、標準法（焼却なし）と同じく規模が小さいほど原単位が高くなる傾向がみられ、日平均汚水量の各規模ごとにみると、標準法（焼却なし）よりも比較的エネルギー使用原単位が高い位置にある処理場が多いように見える。

3. 我が国の温室効果ガス総排出量

2013年度(確報値)の温室効果ガスの総排出量(確報値)は、14億800万tCO₂であり、2005年度比では0.8%(1,100万tCO₂)の増加、1990年度比では10.8%(1億3,800万tCO₂)の増加となっている。また、前年度と比べると1.2%(1,800万tCO₂)の増加となっている。

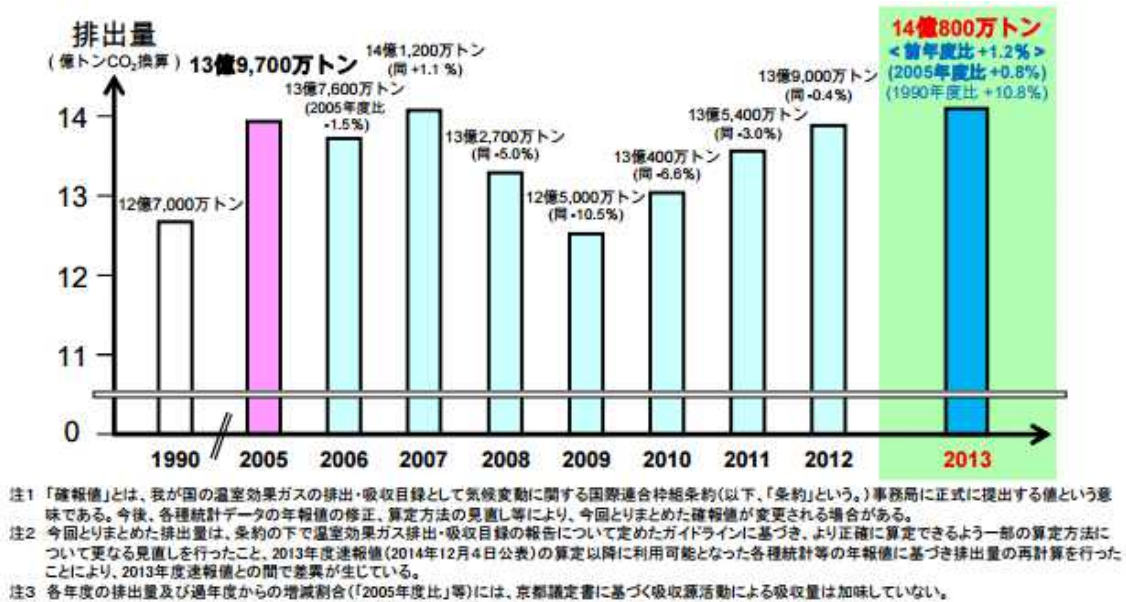
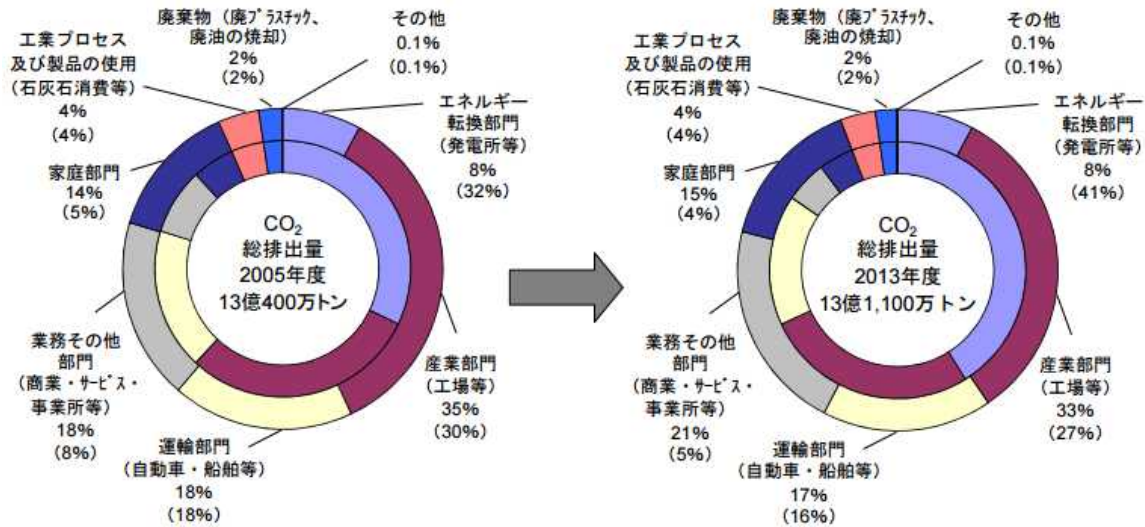


図 3-1 温室効果ガス総排出量の推移

出所：2013年度(平成25年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について

4. 部門別排出量

我が国の2013年度（速報値）のCO₂排出量を部門別に見ると、産業部門は33%、業務その他部門は21%、運輸部門は17%、家庭部門は15%となっている。また、部門別CO₂排出量の推移を見ると、下水道・上水道の属する業務その他部門においては2005年度比で16.7%増加しており、2012年度から2013年度にかけて排出量は9.9%増加した。



(注1) 内側の円は電気・熱配分前の排出量の割合（下段カッコ内）、外側の円は電気・熱配分後の排出量の割合

(注2) 統計誤差、四捨五入等のため、排出量割合の合計は必ずしも100%にならないことがある。

図 4-1 2013年度（確報値）の部門別CO₂排出量のシェア

出所：2013年度（平成25年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について

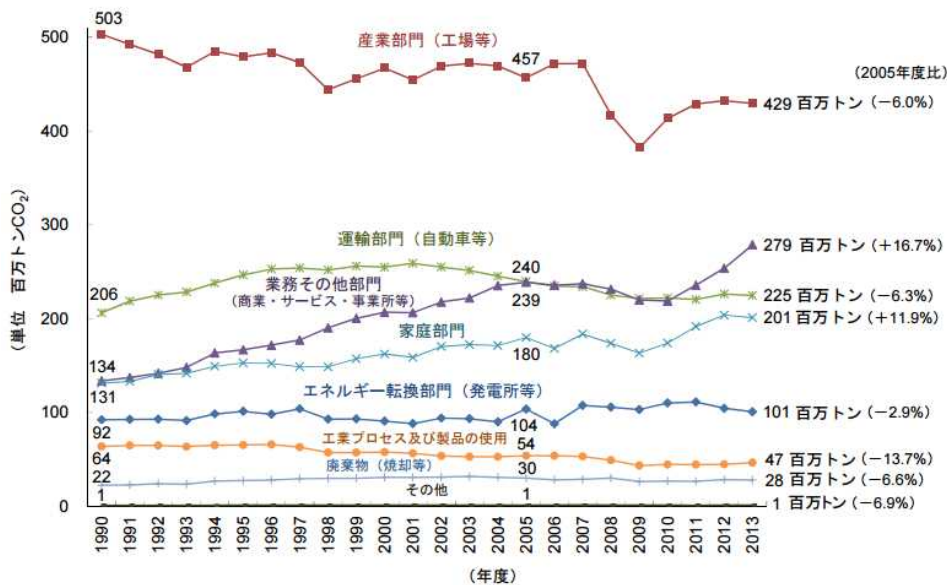


図 4-2 部門別CO₂排出量の推移

出所：2013年度（平成25年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について

5. メタン、一酸化二窒素

2013年度（確報値）のメタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）の排出構造は以下のとおり。メタンや一酸化二窒素は排水処理を含む廃棄物分野からの排出が一定割合含まれているが、2005年度比でそのシェアは減少している。メタンは農業からの排出が全体の78%、一酸化二窒素も農業からの排出が49%と高いシェアになっている。

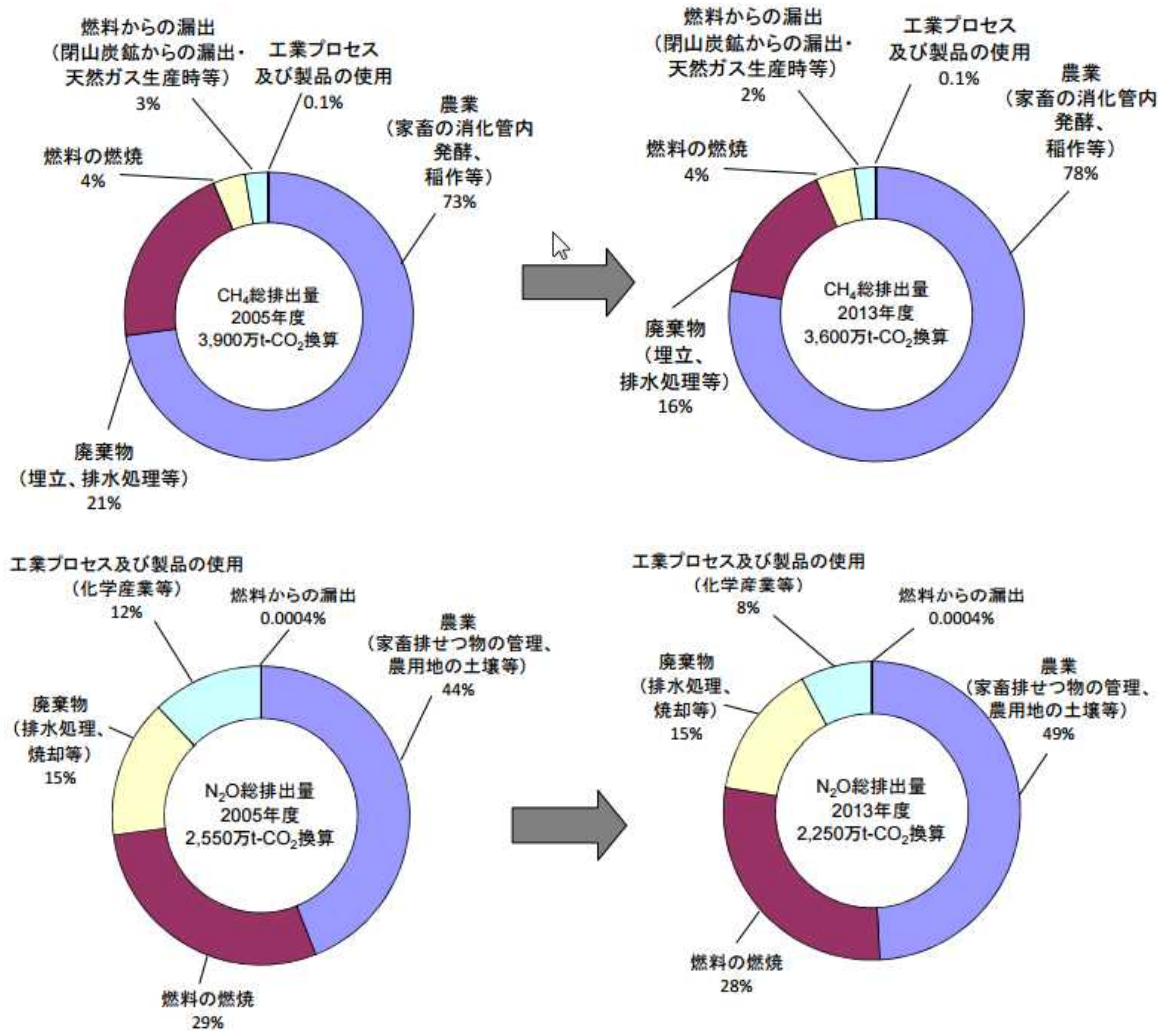


図 5-1 2013年度（確報値）のメタン、一酸化二窒素の排出構造

出所：2013年度（平成25年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について