

資料 2 - 4

2050年カーボンニュートラルの実現に貢献
するための下水道技術の技術開発ロードマップ

2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ

- **下水道技術ビジョンのロードマップ**や他分野、下水道分野における**技術開発動向**を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発項目についてロードマップとして整理を行った。
- この際、シナリオ別の試算から次の取組の効果が高いことが確認できたことから、こういった分野も含めて技術開発を推し進めることが重要。
 - ・ 水処理・汚泥処理のエネルギーをシステム一体で考慮すること
 - ・ 生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を行うこと
 - ・ 消化の促進やCO₂、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を行うこと
 - ・ バイオガス発電廃熱など熱をフルに利用を行うこと
 - ・ 水処理に伴い発生するN₂Oの抑制対策を行うこと
 - ・ コンポスト利用などの他分野のCO₂削減に資する取組を推進すること※その他課題として水処理から発生するCH₄への対策の必要性や下水熱の普及や場内太陽光発電による取組の推進等が考えられる。また、その他効果的な水処理・汚泥処理・エネルギー利用形態を排除するものではない。
- 技術開発期間として、実証研究については、その後の導入拡大に要する期間も含めて遅くとも2040年までに実施することとした。

※ **新規**は下水道技術ビジョンにない事項を指す。

①全体最適化に関する事項

技術目標1 下水道施設の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立に向けた技術開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目1-1 下水道施設の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立		<ul style="list-style-type: none"> ・下水道システムの最適化によるエネルギー消費の最小化、自立化技術 ※エネルギー自給率目標は今後検討して定める 	<ul style="list-style-type: none"> 導入拡大・コスト低減・改善
		<p>各技術開発項目成果</p>	

技術目標2 水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目2-1 水処理・汚泥処理の全体最適化による省エネ技術（流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術等）		<ul style="list-style-type: none"> ・流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術、省エネ型膜処理技術等の開発、アナモックス反応活用技術等導入によるエネルギー最適化 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 	<ul style="list-style-type: none"> 導入拡大・コスト低減・改善
	<p>事例 B-DASH(H23、26)で初沈にろ過設備を設置することによる超高効率固液分離技術について実証</p>		

①全体最適化に関する事項

技術目標2 水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 2 - 2 ICT (センサー、CFD等)、AIを活用した省エネ水処理技術。流入水量・水質の変動にあわせた曝気風量の制御や酸素溶解効率の向上等によるエネルギー最適化	<ul style="list-style-type: none"> ・ICT、AI等を活用した省エネ水処理技術の開発、導入 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 		導入拡大・コスト低減・改善
	事例 B-DASH(H26)でICT(アンモニアセンサー)を用いた風量制御による省エネ型水処理技術について実証		
技術開発項目 2 - 3 送風プロセスの最適化による省エネ技術	<ul style="list-style-type: none"> ・省エネ機器の開発 ・機器の最適な組み合わせや適切な制御運転方法の検討、普及 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 		導入拡大・コスト低減・改善
	事例 B-DASH(R1)でICT、AIを用いた風量制御による省エネ型水処理技術について実証		
技術開発項目 2 - 4 活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術 (散水ろ床タイプ、嫌気性処理、湿地処理等)	<ul style="list-style-type: none"> ・曝気を行わない省エネ型水処理技術(標準法代替)の実用化 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 		導入拡大・コスト低減・改善
	事例 B-DASH(H26)で散水ろ床型の無曝気循環式水処理技術について実証		

①全体最適化に関する事項

技術目標2 水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 2 - 5 汚泥の濃縮、脱水、嫌気性消化等の各プロセスの省エネ性を向上させる技術	・省エネ型機器の開発		
	※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める		
			導入拡大・コスト低減・改善
	事例 B-DASH(H29)で無動力攪拌型鋼板製消化槽を用いた汚泥処理技術について実証		
技術開発項目 2 - 6 汚泥のエネルギー化により、省エネと創エネを同時に行う技術の高度化（低含水化、汚泥移送、燃料化、焼却発電等）	・汚泥の低含水率化、燃料化等の新技術の開発		
	※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める		
			導入拡大・コスト低減・改善
	事例 B-DASH(H25低含水化、焼却発電、H29焼却発電等)で実証		
新規 技術開発項目 2 - 7 エネルギーマネジメント	・エネルギー使用の見える化や情報通信インフラの高度化技術を活用したエネルギーマネジメントシステムの開発		
			導入拡大・コスト低減・改善
	事例 下水道機構による省エネ診断にかかる共同研究		

①全体最適化に関する事項

技術目標2 水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発



新規

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 2 - 8 地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG削減等の観点からの水処理・汚泥処理の全体最適化に向けた調査研究等	<p>・地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費等の観点からの水処理・汚泥処理の全体最適化に向けた調査研究</p> <p>導入拡大・改善</p>	<p>事例 流総指針の改定(H27)→エネルギーの観点を盛り込んだ四次元流総</p>	
技術開発項目 2 - 9 化石燃料使用機器の電化やカーボンフリー燃料活用	<p>・化石燃料使用機器についての電化やカーボンフリー燃料利用を可能とする技術の開発</p>		<p>導入拡大・コスト低減・改善</p>

新規

②CH₄,N₂Oの排出削減に関する事項

技術目標3 下水道から排出されるCH₄,N₂Oの排出削減に関する技術開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 3-1 水処理におけるN ₂ O発生機構の解明、微生物群集構造の解析・制御等による排出抑制技術の実用化	<ul style="list-style-type: none"> 各水処理方式におけるN₂O発生量の把握等データの蓄積 N₂O発生機構の解明 抑制運転等の技術の開発 		
	事例 国総研における調査(各処理方式における実態把握、発生要因の分析等)		
		排出抑制技術の実用化	導入拡大・改善
新規 技術開発項目 3-2 水処理におけるCH ₄ 発生機構の解明、抑制方策技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 各水処理方式におけるCH₄発生量の把握等データの蓄積 CH₄発生機構の解明 抑制技術の開発 		
		排出抑制運転技術の実用化	導入拡大・改善

②CH₄,N₂Oの排出削減に関する事項

技術目標3 下水道から排出されるCH₄,N₂Oの排出削減に関する技術開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 3-3 汚泥高温焼却のコスト増加を抑制し、導入を円滑化する技術	<ul style="list-style-type: none"> ・低含水化、廃熱活用、汚泥の補助燃料化等を行う技術の普及展開 		
	導入拡大・コスト低減・改善		
	事例 B-DASH(H25)で低含水率化・省エネ型焼却設備・廃熱発電の各技術を組み合わせた創エネ技術について実証		
技術開発項目 3-4 N ₂ O排出量の少ない、より高度な焼却技術	<ul style="list-style-type: none"> ・より高度な焼却技術(多段吹込燃焼式流動床炉、二段燃焼式循環流動床炉、新型ストーカー炉)への改善、効率化の促進 ・ゼオライトの触媒等を活用した新たなN₂O除去技術の開発 		
	導入拡大・コスト低減・改善		
	事例 B-DASH(H25)で低含水率化・省エネ型焼却設備・廃熱発電の各技術を組み合わせた創エネ技術について実証		
技術開発項目 3-5 省エネ・創エネと同時にN ₂ O排出抑制を達成する技術	<ul style="list-style-type: none"> ・汚泥の炭化、乾燥による燃料化技術や脱水汚泥の低含水率化と組み合わせた焼却発電技術等の普及展開 		
	導入拡大・コスト低減・改善		
	事例 B-DASH(H29)で未利用廃熱を活用した高効率発電技術と局所攪拌空気吹込技術を組み合わせた温室効果ガス排出量削減技術について実証		

③指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項

技術目標4 **ベンチマーキング手法を活用した、事業主体のエネルギー効率改善促進**



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 4 - 1 エネルギー効率に関する適切な技術的指標、ベンチマーキング手法の導入を支援する技術	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー効率に関する適切な技術的指標、ベンチマーキング手法の開発 		導入拡大・改善
	事例 ・下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について (平成29年9月 下水道事業課長通知) ・単位水量あたりエネルギー消費量削減(REC削減率)		
技術開発項目 4 - 2 省エネ・創エネ・省CO ₂ 性能の合理的な定量化手法	<ul style="list-style-type: none"> ・省エネ・創エネ・省CO₂性能の合理的な定量化手法の開発 		導入拡大・改善

技術目標5 **カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する新たな技術開発プロジェクトの設置等**

新規

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 5 - 1 新たな技術開発プロジェクト制度	<ul style="list-style-type: none"> 政策目標達成型の技術実証プロジェクトの仕組み等検討 		導入拡大・改善

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標6 様々な再生可能エネルギー利用技術を組み合わせた中小規模処理場向けエネルギー自立化技術の開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 6 - 1 中小規模下水処理場における草木系バイオマスエネルギー利用技術を活用した汚泥処理(乾燥)の導入技術	パイロットスケール		
	実規模実証		
	導入拡大・コスト低減・改善		
	事例 B-DASH(R2採択、室蘭)で小規模を対象とした脱水乾燥、バイオマスボイラ技術について実証中		

技術目標7 低LCC化、エネルギー効率の高効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 7 - 1 濃縮工程の省略や脱水性能を改善した新しい脱水処理システム	実規模実証		
	導入拡大・コスト低減・改善		
	事例 濃縮工程と一体となった脱水機 等		
技術開発項目 7 - 2 汎用型等新しい嫌気性消化リアクター	パイロットスケール		
	実規模実証		
	導入拡大・コスト低減・改善		
事例 無動力攪拌式消化槽や鋼板製消化槽等技術 等			

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標8 下水道施設と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 8-1 多様な植物バイオマスからのエネルギー抽出・回収技術	パイロットスケール 事例 ウキクサを用いた窒素・リン除去、メタン発酵技術	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目 8-2 下水で培養した微細藻類からのエネルギー生産技術	パイロットスケール 実規模実証 事例 B-DASH(H27採択,佐賀市)	導入拡大・コスト低減・改善	※下水処理場での微細藻類由来エネルギー生産量評価手法についても開発
技術開発項目 8-3 微生物燃料電池の活用によるエネルギー生産技術	基礎研究 パイロットスケール 事例 GAIA(H26採択)微生物燃料電池による省エネ型廃水処理のための基盤技術の開発	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目 8-4 膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術	パイロットスケール 事例 嫌気性MBRや海水濃度差を活用したFO膜ろ過	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標8 下水道施設と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発

基礎・応用研究等
開発フェーズ

実規模実証
フェーズ

導入拡大・コスト
低減フェーズ

新規

新規

新規

新規

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 8-5 下水熱の利用技術	パイロットスケール 実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善	事例 B-DASH(H30採択,新潟市・十日町)下水熱車道融雪に関する実証研究
技術開発項目 8-6 汚泥炭化(乾燥、水熱炭化)、ガス化、発酵 等による燃料化技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善	事例 B-DASH(H24採択,長崎市・松山市 H28採択,鹿沼市・秦野市)汚泥炭化、乾燥による燃料化技術
技術開発項目 8-7 余剰バイオガスの集約、利活用技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善	事例 B-DASH(H27採択,山鹿市・大津町・益城町)複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術
技術開発項目 8-8 小水力技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善	事例 低有効落差で発生する未利用エネルギー活用技術 等
技術開発項目 8-9 次世代太陽光、風力等技術の下水道施設への 適用拡大	開発競争の促進	市場への製品投入 新市場を想定した実証事業・製品化	事例 次世代型太陽電池(ペロブスカイト等) 下水道施設への適用 実規模実証 導入拡大

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標9 汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO₂等の有効利用ガス成分の効率的な分離・濃縮、精製、回収技術の開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 9-1 分離膜や固体吸収剤等を用いた焼却排ガス・バイオガスからの高効率CO ₂ 分離技術	高効率な分離回収技術の開発	石炭火力発電所等での実規模実証 汚泥焼却炉等 下水道施設への応用	導入拡大・コスト低減・改善
		パイロットスケール	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目 9-2 バイオガスや汚泥や処理水から直接水素を抽出製造する技術	水素改質技術の技術革新を踏まえた実規模実証	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
	直接水素を抽出製造する技術パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目 9-3 余剰電力・メタンガスや太陽光発電を用いて製造したカーボンフリー水素を活用したメタネーション技術	水電解装置の大型化、革新的技術の研究開発等	水素コスト30円/Nm ³	コスト20円/Nm ³ 以下
	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善

新規

新規

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標10 嫌気性消化に関する各種バイオマス受け入れも視野に入れた運転管理方法
や既存システムの改良技術の開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目10-1 嫌気性消化をモニタリングする技術と既存消化槽の活用技術	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
	事例 消化槽における菌相分析に関する研究 等		
技術開発項目10-2 高濃度濃縮技術、汚泥可溶化、マイクロ波の活用等消化性能を向上させる等による既存消化槽の高効率エネルギー生産・回収型への転換技術	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
	事例 高濃度濃縮、汚泥可溶化、マイクロ波の活用等消化性能向上技術 等		
技術開発項目10-3 消化槽ではない既存躯体を用いた消化設備技術	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減

新規

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標11 熱利用による下水処理場でのエネルギー利用効率化技術の開発



新規

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目11-1 バイオガス発電、汚泥焼却等の廃熱利用の 効率化に関する技術	 		
事例	焼却排熱を加温、発電、乾燥等へ効率的に利用するための技術		

⑤地域バイオマスの活用に関する事項

技術目標12 地域の間伐材等の未利用資源を活用して脱水効率、消化効率、焼却効率を向上させる技術の開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目12-1 地域の草木質の脱水助剤への活用技術	パイロットスケール 事例 土木研究所研究(R2、3)実規模の脱水機を用いた混合脱水試験を実施	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目12-2 様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草等の受け入れ、前処理、メタン発酵技術	パイロットスケール(可溶化技術等) 事例 下水汚泥と刈草の混合消化事業 等	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目12-3 竹材等の未利用地域バイオマスを活用した食物生産とその廃材利用を組み合わせたメタン発酵効率化技術	パイロットスケール 事例 下水汚泥と地域バイオマスを用いた食用きのこ栽培技術 等	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
新規 技術開発項目12-4 混合メタン発酵の導入促進に向けた耐有機酸塗膜の評価手法の確立	防食工法の設計手法の確立 事例 混合メタン発酵の導入促進に向けた耐有機酸塗膜の評価手法		標準仕様策定
新規 技術開発項目12-5 地域で発生したバイオマス・プラスチック等を用いた焼却炉の効率的運転	補助燃料の選定手法の整備 事例 バイオマス・プラスチック等を用いた焼却炉の効率的運転	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
新規 技術開発項目12-6 高負荷水・バイオマス受入に関する評価手法や受け入れ技術	パイロットスケール 事例 ディスポーザー促進等に伴い発生する高負荷水・バイオマス受入に関する評価手法や受け入れ技術	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善

⑤地域バイオマスの活用に関する事項

技術目標13 下水処理場における多様なバイオマス利用技術を比較するためのLCC評価及びLCA評価等に関する技術の開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目13-1 各種バイオマスのバイオマス有効利用技術のLCC, LCA分析・評価に関する技術	各分野での各種バイオマスのエネルギー回収の高度化・効率化		導入拡大改善
	地域バイオマス利活用促進のツール作成等評価手法の確立		有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討
	事例 生ごみ等各種バイオマスの一体的処理促進に向けた評価手法等の検討		

技術目標14 下水中の多様な物質の効率的回収に関する技術の開発

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目14-1 下水・下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術等の開発	ラボ・パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
	資源元素であるC、N、P、K、Si、Al、Fe、Mg等の分離や、下水、下水汚泥からの高付加価値資源の回収を通して、地域で循環する社会システムに貢献する技術		
	事例 アンモニアストリッピング法、亜臨界水処理等によるアンモニア回収技術		
技術開発項目14-2 メタン発酵消化液からのリン回収技術	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
	事例 B-DASH(H24採択,神戸市)栄養塩除去と資源再生(リン)技術		

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項

技術目標15 下水道資源・エネルギーを利用した農林水産物の生産に関する技術の開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目15-1 農林水産利用に適した微細藻類等の有用植物の栽培技術と利用技術	パイロットスケール		
	実規模実証		
	導入拡大・コスト低減・改善		
事例	GAIA(H26採択、中央大学)微細藻類による漁業資源生産技術		
技術開発項目15-2 処理場内での下水熱、バイオガスからの熱・電気・CO ₂ を活用したトリジェネレーション技術の開発	パイロットスケール		
	実規模実証		
	導入拡大・コスト低減・改善		
事例	B-DASH(H27採択、佐賀市)バイオガス中のCO ₂ 分離・回収と微細藻類培養への利用技術		

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製に関する事項

技術目標16 高付加価値製品等の製造技術の開発



新規

新規

新規

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目16-1 下水灰(下水汚泥燃焼灰)の肥料化・普及を図る技術	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
事例	リンを多く含む余剰汚泥の専焼技術		
技術開発項目16-2 下水汚泥由来の高付加価値製品製造に関する技術	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
事例	超高温炭化による活性炭製造、焼却灰の吸着材利用、汚泥発酵技術を活用したセメント原料などの高付加価値製品等製造に関する技術		
技術開発項目16-3 汚泥炭化(乾燥、水熱炭化)、発酵等による肥料化技術の効率化	有機農業の取組面積拡大、化学農薬、化学肥料の低減	次世代有機農業技術の実証・確立	化学肥料の使用量30%低減
	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
事例	B-DASH(H24採択,長崎市・松山市 H28採択,鹿沼市・秦野市)汚泥炭化、乾燥による肥料化技術		
技術開発項目16-4 バイオマスから製造する製品、資材等の無害化、安全性確保に関する技術	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
事例	肥料利用にあたり阻害となる汚泥や処理水中物質の除去や無害化技術 等		

次世代有機農業
技術体系の普及