

2.2 集排汚泥について

集排汚泥は、家庭からの生活排水の処理過程から発生する残さ物であり、窒素・リン酸をはじめとする農業生産に有効な成分が含まれている。

肥料法においては、集排汚泥由来の肥料は普通肥料に区分され、また公定規格により汚泥肥料に該当する。集排汚泥の調製方法は、調製後の汚泥含水率によって「濃縮」「脱水」「乾燥」「コンポスト」等に分類される。

なお、農地還元にあたっては、「乾燥」「コンポスト」等から当該地域の営農状況、還元先農地等の状況に適応した処理方法を選択することが必要である。

[解説]

(1) 集排汚泥

集排汚泥には、窒素やリン酸の他、様々なミネラルが含まれている。さらに、土壌の団粒化を促進したり保肥力を高めたり、土壌改良効果も期待できる。一方、心配される有害成分は一般的に基準値を下回っている。一般的に次のような特徴を有しており、これらの特徴を踏まえ、効果的、効率的な利用を行うことが可能である。

- ①汚水は生活排水を原則としており、重金属等を含む工場排水等を対象としていない。このため、有害物質を含有する可能性が低く、また、集排汚泥の性状が予測しやすいので、利用上の安全性、一定の品質基準の確保が容易である。
- ②汚水の収集範囲は近傍集落からのものであり、集排汚泥性状に変動がある場合の原因究明も容易である。さらに、汚水の排出者と集排汚泥肥料利用者が基本的に同一の範囲内である場合が多く、農村地域内完結型の利用が可能である。
- ③還元の対象となる農地等が豊富に存在することから、小範囲での利用が可能であり、輸送の問題も少ない。
- ④集排汚泥はほとんどが水分であり、利用するために脱水・乾燥・コンポスト化すると、その量は激減する。

(イメージ) 1,000 人規模施設 (浮遊生物法) の場合

発生量約 710m³/年 (濃縮・含水率 98.5%)

→ 約 71m³/年 (脱水・含水率 85%)

→ 約 15m³/年 (乾燥・含水率 30%)

(2) 集排汚泥の成分と発生量

集排汚泥は、集落排水施設の沈殿分離槽、嫌気性ろ床槽、沈殿槽等で発生する。通常、発生した集排汚泥は、生物膜法を利用している集落排水施設では汚泥濃縮貯留槽に移送されて含水率 99.0%程度のものを 98.0%程度まで、浮遊生物法を利用している集落排水施設では汚泥濃縮貯留槽もしくは汚泥濃縮槽に移送されて含水率 99.2%程度のものを 98.5%程度まで濃縮して貯留される。

〔集排汚泥の成分〕

集排汚泥の性状及び含有成分は、処理区域の地域特性、集落排水施設の処理方式や汚泥日令（ばっ気槽で生成した活性汚泥が、余剰汚泥として除去されるまでの平均滞留時間を日の単位で表したもの）によって異なる（表 2-1 参照）。

表 2-1 集排汚泥の成分分析結果（平成 10 年度）

区分	項目	単位	平 均 値			全データ数	肥料取締法の 公定規格
				生物膜法	浮遊生物法		
有機物関連	強熱減量	%	71.5	67.5	< 76.8	91	
	T-C	DS%	36.0	34.8	< 37.7	89	
	T-N	DS%	5.67	4.85	< 6.68	89	
肥効成分	C/N	—	6.9	7.6	> 5.9	89	
	P ₂ O ₅	DS%	5.27	5.33	> 5.14	89	
	K ₂ O	DS%	0.549	0.421	< 0.704	89	
重金属類	ヒ素	mg/DSkg	4.17	4.82	> 3.28	91	50
	カドミウム	mg/DSkg	2.06	2.38	> 1.61	91	5
	水銀	mg/DSkg	0.75	0.82	> 0.67	91	2
	ニッケル	mg/DSkg	20.9	23.9	> 16.8	91	300
	クロム	mg/DSkg	25.8	31.1	> 18.5	89	500
	鉛	mg/DSkg	41.0	54.8	> 22.1	89	100
	銅	mg/DSkg	384	450	> 297	91	
	亜鉛	mg/DSkg	831	1015	> 586	91	
	鉄	mg/DSkg	6,690	7,370	> 5,950	49	
	六価クロム	mg/DSkg	<2.0	<2.0	<2.0	50	
	カルシウム	mg/DSkg	12,300	13,400	> 11,300	89	
	マグネシウム	mg/DSkg	3,150	2,870	< 3,470	89	
	アルミニウム	mg/DSkg	24,100	31,900	> 16,200	49	
その他	pH	—	6.9	7.0	> 6.9	89	
	水分	%	97.8	97.6	< 98.1	91	

DS：乾物重量

平成10年度までに（一社）地域環境資源センター（旧：（社）日本農業集落排水協会）が分析した延べ91処理施設（実数として66処理施設）の集排汚泥（濃縮汚泥）の成分を整理したもの。

〔集排汚泥の発生量〕

集排汚泥の発生量は、流入負荷量、処理方式、処理施設内での分解・消化の度合、汚泥の貯留状態及び水温等に影響されるため一概に決めることは困難であるが、発生量の推定には次式が使われる。汚水処理人口が同じ場合、汚泥転換率が低い生物膜法の方が浮遊生物法よりも発生する集排汚泥の量は少なくなる。

$$\Delta X = a S - b X - E$$

ΔX ：余剰汚泥発生量（kg/日）

a ：BODの汚泥転換率

S ：除去BOD量（kg/日）

b ：内生呼吸による自己酸化率（日⁻¹）

X ：ばっ気槽内のMLSS量（kg）

E ：処理水へのSS流出量（kg/日）

ここで、右辺第1項（ $a S$ ）に対して第2項以下（ $-b X - E$ ）は小さな値となり、近似式は次のようになる。

$$\Delta X = a S = a c I$$

a : BOD の汚泥転換率

c : BOD 除去率

I : 流入 BOD 量 (kg/日)

JARUS-XIV 型（浮遊生物法：間欠ばっ気方式）の 1,000 人規模施設における汚泥発生量を試算すると次のようになる。

$$a \text{ (BOD の汚泥転換率)} = 60\%$$

$$c \text{ (BOD 除去率)} = 90\%$$

$$I \text{ (流入 BOD 量 (kg/日))} = 54\text{g/人} \cdot \text{日} \times 1,000 \text{ 人} = 54 \text{ kg/日}$$

$$\Delta X = a S = a c I = 60\% \times 90\% \times 54 \text{ kg/日} = 29.16 \text{ kg/日}$$

年間の集排汚泥の発生量（含水率 98.5%）を試算すると次のようになる。

$$\text{年間乾物重量} = 29.16 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \div 1,000\text{kg} = 10.6 \text{ t/年}$$

$$\text{年間発生量 (含水率 98.5\%)} = 10.6 \text{ t/年} \div (1 - 98.5\%) = 706.7\text{t/年}$$

この式において、1 人 1 日あたりの流入 BOD 量 (54g/人・日) は、処理施設等に関係なく、通常、JARUS 型の施設設計時に用いている数値であるが、BOD の汚泥転換率（上の試算例では、60%）及び BOD 除去率（上の試算例では、90%）は、処理方式毎に決まってくる値である。例として JARUS 型の計画汚泥負荷量と汚泥転換率をそれぞれ表 2-2、2-3 に示す。

表 2-2 計画汚泥負荷量

項 目	設計諸元	項 目	設計諸元
BOD	54 g/人・日	T-N	11.7 g/人・日
SS	54 g/人・日	T-P	1.35 g/人・日
COD	27 g/人・日		

表 2-3 JARUS 型 施設別の汚泥転換率と BOD 除去率

区		分	名称	汚泥転換率	BOD除去率	
生 物 膜 法	接触ばっ気 方式	沈殿分離前置式	JARUS－Ⅰ ₉₆ 型	40%	90%	
			JARUS－Ⅱ ₉₆ 型	40%	90%	
		嫌気性ろ床前置式	JARUS－Ⅲ ₉₆ 型	35%	90%	
			JARUS－Ⅳ ₉₆ 型	35%	90%	
			JARUS－Ⅴ ₉₆ 型（改良運転）	60%	90%	
			JARUS－Ⅵ ₉₆ 型	35%	90%	
	活性汚泥併用生物膜方式		JARUS－Ⅶ _S 型	60%	90%	
			JARUS－Ⅷ _H 型	65%	90%	
浮 遊 生 物 法	回分式活性汚泥方式		JARUS－Ⅸ ₉₆ 型	60%	90%	
			JARUS－Ⅹ ₉₆ 型	60%	90%	
			JARUS－Ⅺ _{G96} 型	60%	95%	
			JARUS－Ⅺ _H 型	65%	95%	
	間欠ばっ気方式		JARUS－Ⅻ ₉₆ 型	60%	90%	
			JARUS－Ⅻ _P 型	65%	90%	
			JARUS－Ⅻ _{P1} 型	65%	90%	
			JARUS－Ⅻ _G 型	60%	95%	
			JARUS－Ⅻ _{GP} 型	65%	95%	
			JARUS－Ⅻ _H 型	65%	95%	
			JARUS－Ⅻ _R 型	60%	95%	
			JARUS－Ⅻ ₉₆ 型	60%	95%	
	膜分離活性汚泥方式		JARUS型膜分離活性汚泥方式		70%	97.5%
			JARUS型高度リン除去膜分離活性汚泥方式		70%	97.5%
			JARUS－Ⅼ _M 型		70%	97.5%
	オキシデーションディッチ方式			JARUS仕様－OD ₉₆ 型	60%	90%
				JARUS仕様－OD _H 型	65%	90%

(3) 肥料に関する基礎知識

〔肥料法における肥料の定義〕

肥料の品質の確保等に関する法律（以下「肥料法」という。）（昭和 25 年 5 月 1 日法律第 127 号）の第二条第一項において、肥料は下記のように定義されている。

「肥料」とは、植物の栄養に供すること又は植物の栽培に資するため土壌に化学的変化をもたらすことを目的として土地に施される物及び植物の栄養に供することを目的として植物に施される物をいう。

農作物は土壌から栄養分を吸収して生育し、生長するにつれ土壌中の栄養分は減少する。肥料は、持続的に農業を行うために、減少した栄養分を補給することを目的としている。

上記の定義によれば、土壌に施用するだけでなく、葉面に散布して利用するものも肥料である。一方、粘土質土壌の排水性を改良したり、砂地の保水性を高めたりするために用いられるパーライト、バーミキュライト、ピートモスの土壌改良資材は、養分としてではなく、

土壌の改良のみを目的とするものであり、肥料ではない。

〔肥料の三要素〕

植物を構成している成分は、植物の種類や肥料の施用量による違いがあるが、おおむね表 2-4 に示すとおり。これらの成分は植物の生育になくてはならないもので、必須要素といわれている。

表 2-4 乾燥した植物体の成分割合

成 分	含有割合	成 分	含有割合
炭素 (C)	約 50%	鉄 (Fe)	微量
酸素 (O)	約 40%	塩素 (Cl)	
水素 (H)	約 6%	マンガン (Mn)	
窒素 (N)	1~3%	亜鉛 (Zn)	
カリウム (K)	0.3~6%	銅 (Cu)	
カルシウム (Ca)	0.3~3.5%	ホウ酸 (B)	
イオウ (S)	0.05~1.5%	モリブデン (Mo)	
リン (P)	0.05~1%	ニッケル (Ni)	
マグネシウム (Mg)	0.05~0.7%		

必須要素のうち、炭素、酸素及び水素は空気中や土壌に含まれる二酸化炭素 (CO_2) や水 (H_2O) から植物は吸収し、イオウは土壌中にも含まれる他、通常施用している肥料にも副成分として含まれているため、改めて肥料として施す必要はない。

鉄からニッケルまでの 8 成分は微量元素と呼ばれ、必要量が極めて少ないため通常は土壌に含まれている量で十分とされている。

一般に、窒素、リン (リン酸 P_2O_5)、カリウム (カリ K_2O) は通常の土壌では含有量が少ないため、肥料として供給したときの効果が大きいので、これらを特に肥料の三要素と呼んでいる。

日本のほ場では酸性化している土壌が多く、pH を高めるためにカルシウム (石灰 CaO) を施用する。このカルシウムを加えて肥料の四要素、さらに、マグネシウムを加えて肥料の五要素と呼ぶこともある。

① 窒素

窒素は、タンパク質、核酸、葉緑素、ホルモン物質など主要植物成分の構成元素であり、植物の生育・収量に最も大きく影響する。土壌中の窒素含量や窒素施用量が少ないと作物の生育が悪く、収量が上がらず、作物によっては収穫に至らない場合もある。

一方、窒素が多すぎると葉は濃い緑色となり、光合成で生成した炭水化物はタンパク質の生成への利用が多くなり、セルロースをつくる割合が減る。このため、収量、品質が低下するとともに病害虫の被害を受けやすくなり、水稻では倒伏しやすく収穫作業の障害になる場合もある。

② リン酸

リン酸は、重要な生理作用に關与する核酸やリン脂質の構成元素。植物体内でのエネルギー伝達に重要な働きをし、無機リンは代謝制御にも關与している。作物の生育・収量へは窒素に次いで大きく影響し、一般に植物の生長、分げつ、根の伸長、開花、結実を促進する。有効態リン酸が少ないと、作物の生育が悪くなると共に、作物の下葉が赤紫色になる欠乏症状が現れることがある。強酸性土壌や火山灰土では、多く施肥しても鉄やアルミニウムと結合して、作物が吸収することができない。また、低温では、植物はリンの吸収ができない。

リン酸自体の過剰による障害は発生しにくいとされているが、リン酸が過剰なときは、カリ、苦土 (Mg)、亜鉛、鉄、マンガン等の吸収が抑制され、それらの欠乏症状により生育障害を起こすことがある。

③ カリウム

カリウムは、光合成能を促進しデンプンの蓄積を増進するとともに、ショ糖の転流を促進する働きがあるので、ジャガイモやサツマイモの肥大に効果が大きいことが知られている。

カリウムは、植物体内を移動しやすいため、欠乏症状は古い葉から出てくることが多いが、果実ができた後の欠乏では、果実周辺の葉から症状が出ることもある。症状の出方は植物の種類によって異なるが、幼苗の頃からではなく、ある程度生長してから出ることが多くある。よく見られるのは、古い葉の先端から黄化が始まり、次に葉の縁、葉の内部へと進む。葉の内部まで黄化するころには、縁のあたりは褐変する。このとき、新葉は暗緑色となり、伸びも悪くなる。キュウリなどでは黄化が進むと、白い斑点を生じてくることがある。イネ科植物では、古い葉にはじめから灰白色の斑点ができる。そのほか、褐色の斑点が生じたり、葉脈が赤紫色を呈する植物もある。

カリウムは、植物に必要以上に吸収されやすく、ぜいたく吸収ともよばれる。一般に、カリウムの過剰は、苦土 (Mg)・鉄 (Fe)・石灰 (Ca) の吸収を抑制しこれらの欠乏症を助長する。

(4) 肥料法における集排汚泥の位置付け

肥料法第二条第二項において、肥料は大きく「特殊肥料」と「普通肥料」に区分されている。そのうち、特殊肥料は、農林水産大臣が指定する米ぬか、堆肥、その他の肥料で告示により 47 種類が定められている。普通肥料は、同法にて特殊肥料以外の肥料として定義されているところであるが、具体的には種類ごとに公定規格が定められ（農林水産省告示、令和 5 年 10 月 1 日現在 140 規格）、集排汚泥由来の肥料は、この中の「13 汚泥肥料等」「汚泥肥料」に該当する。

表 2-5 に、汚泥肥料に係る公定規格の抜粋を掲載する。

表 2-5 汚泥肥料の公定規格

十三 汚泥肥料等 登録の有効期間が三年であるもの

肥料の種類	含有を許される有害成分の最大量 (%)	その他の制限事項
汚泥肥料 (次に掲げる肥料をいう。 一 専ら原料規格第三中一の項から三の項までに掲げる原料を使用したもの 二 原料規格第三中一の項から三の項までに掲げる原料に動植物質の原料を混合したもの又はこれを乾燥したもの 三 原料規格第三中一の項から三の項までに掲げる原料又は当該原料に動植物質の原料若しくは原料規格第三中四の項に掲げる原料を混合したものを堆積又は攪拌し、腐熟させたもの 四 専ら原料規格第三中四の項に掲げる原料を使用したもの)	ひ素 0.005 カドミウム 0.0005 水銀 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01	一 植害試験の調査を受けていない汚泥を原料とする肥料にあっては、植害試験の調査を受け害が認められないものであること 二 (略) 三 (略)
水産副産物発酵肥料 (略)		
硫黄及びその化合物 (略)		

原料規格第三

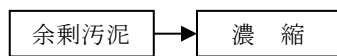
分類番号	原料の種類	原料の条件	その他の制限事項
一	下水汚泥	下水道の終末処理場から生じた汚泥を濃縮、消化、脱水又は乾燥したもの	一 判定基準省令別表第一の基準に係る調査を受け、基準に適合することが確認されたものであること。 二 植害試験の調査を受けない肥料に使用する場合にあっては、植害試験の調査を受け害が認められないものであること。
二	し尿汚泥	イ し尿処理場から生じた汚泥を濃縮、消化、脱水又は乾燥したもの	
		ロ 集落排水処理施設から生じた汚泥を濃縮、消化、脱水又は乾燥したもの	
		ハ 浄化槽から生じた汚泥を濃縮、消化、脱水又は乾燥したもの	
		ニ し尿に凝集を促進する材料若しくは悪臭を防止する材料を混合したもの又はこれを脱水若しくは乾燥したもの	
三	工業汚泥	イ (略)	一 判定基準省令別表第一の基準に係る調査を受け、基準に適合することが確認されたものであること。 二 植害試験の調査を受けない肥料に使用する場合にあっては、植害試験の調査を受け害が認められないものであること。
		ロ (略)	
四	焼成汚泥	イ 一の項、二の項又は三の項に掲げる原料を焼成したもの	植害試験の調査を受けない肥料に使用する場合にあっては、植害試験の調査を受け害が認められないものであること。
		ロ 一の項、二の項又は三の項に掲げる原料に植物質又は動物質の原料を加え焼成したもの	
五	水産副産物	(略)	(略)
六	硫黄含有物	(略)	(略)
備考			
一 粉碎、濃縮、脱水、乾燥等の加工を行ったものを含む。			
二 規則第四条第四号に掲げる材料又は水を使用したものを含む。			

(5) 集排汚泥の調製方法

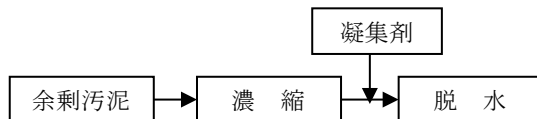
集排汚泥の調製方法は、調製後汚泥の含水率によって濃縮、脱水、乾燥、コンポスト等に分類される。汚泥調製は、污水处理施設から発生する汚泥の減量化と、汚泥肥料としての取り扱いの利便性を図るために行うものであり、4つの調製方法の基本的なフローを図2-5に示す。

なお、実際に農地還元する場合には、廃掃法政令・告示により、十分な脱水等の処理を行った上で、発酵処理し、化学処理し又は乾燥処理することが必要であり、③の乾燥方式、④のコンポスト化方式によることが適当である。

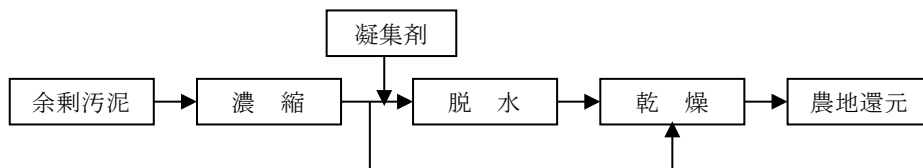
① 濃縮



② 脱水



③ 乾燥



④ コンポスト

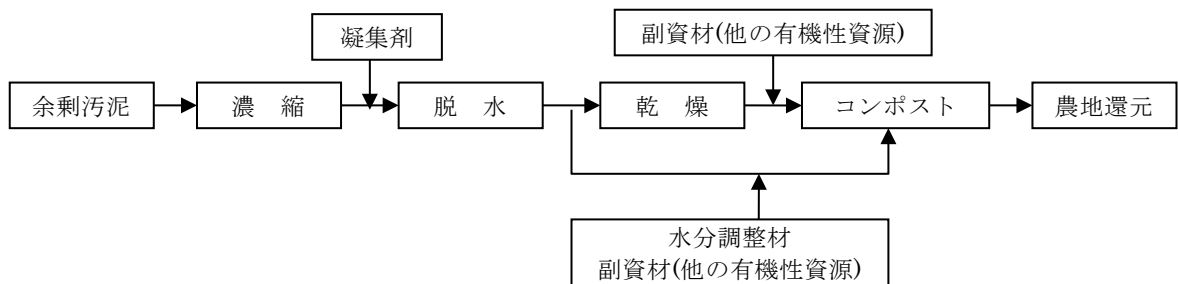


図2-5 汚泥調製の基本フロー

農業集落排水事業では、処理施設周辺に農地等が十分に存在することが考えられるので、農家等の汚泥肥料利用者の協力のもとに、資源の有効活用の観点から農地還元を積極的に進める必要がある。汚泥の調製方法については、これらの特徴と留意点について十分に理解した上で関係者が協議し、それぞれの地域や条件に適した調製形態を選択しなければならない。

① 濃縮方式

濃縮方式は、汚水処理工程より引き抜かれた余剰汚泥の含水率が高いことから、これを濃縮して汚泥の容積を減少させ、その後の取り扱いを容易にする方式である。

汚泥の濃縮方式としては、調製品の含水率、経済性等を考慮し、重力濃縮か機械濃縮のいずれかを選択する。

ア 重力濃縮方式

し尿浄化槽構造基準では、汚泥濃縮、貯留の方法として汚泥濃縮貯留槽または汚泥濃縮槽による方法を規定しており、その使い分けは次の通りである。

i) 500 人以下の場合、汚泥濃縮貯留槽

ii) 501 人以上の場合、汚泥濃縮槽及び汚泥貯留槽

集落排水施設では、汚泥発生量が比較的少ないこと、及び汚泥管理の合理化を図ること等から、一般に汚泥濃縮槽を採用するケースが多く、その上で搬出処分の時期や汚泥脱水等の後処理を考慮して汚泥貯留槽が設置されるケースが多い。

重力濃縮は、余剰汚泥の水分を重力で分離除去する簡単な操作であるため、保守点検面では軽視され易いが、この運転操作の良否が水処理工程や汚泥脱水、あるいは汚泥の搬出処分費等に直接的に反映される。

重力濃縮前後の含水率は処理方式でそれぞれ異なり、表 2-6 に示す数値を標準としている。

表 2-6 濃縮前後の含水率(単位:%)

生物膜法		浮遊生物法	
濃縮前	濃縮後	濃縮前	濃縮後
99.0	98.0	99.2	98.5

実際の汚泥発生量は、維持管理時に汚泥貯留槽等から適切な期間で外部に搬出される時にバキューム車等で引き抜く汚泥量で把握できる。

また、実測せずに汚泥発生量を把握したい場合等の汚泥発生量の推計方法は、便宜上除去 BOD に対し汚泥転換率を乗じて求めているが、流入水質、流入負荷量、汚水処理施設での有機物分解の程度等が大きく影響するため一概に決めることは難しい。

この汚泥転換率は処理方式によって異なるが、一般的には表 2-7 に示す値程度とされている。

表 2-7 処理方式別汚泥転換率

処理方式	BOD 除去率	汚泥転換率	備 考
接触ばっ気方式	90%	30～50%	回転板接触方式もこれに準ずる。
嫌気性ろ床併用 接触ばっ気方式	90%	30～40%	-
浮遊生物法	90～97.5%	50～70%	OD 方式、回分式活性汚泥方式、長時間ばっ気方式、膜分離活性汚泥方式等もこれに準ずる。

イ 機械濃縮方式

機械濃縮方式は、主として機械的作用によって汚泥を濃縮する装置を用いる方式であり、遠心式、遠心ろ過式、回転ドラム式、多重スクリー式、スクリープレス式、スクリーン式、膜分離式等がある。機械濃縮方式は、重力濃縮方式に比べて濃度の高い汚泥を得ることができ、含水率 99%程度の汚泥を含水率 95～97%程度まで濃縮できる。

機械濃縮装置の選択に当たっては、管理運営体制も考慮して稼働時間等を決定する。

② 脱水方式

脱水方式は、汚泥量の軽減と保存性の向上を図るため濃縮汚泥を脱水し、半固形の脱水汚泥とする方式である。

集落排水施設のような小規模施設において、個々の施設に脱水設備を設置することは、稼働時間が短いこと等の理由から不経済になる場合もある。そのため、脱水方式は管理運営体制、稼働時間、経済性等を考慮して、固定式脱水設備かトラックに脱水設備を搭載して数地区の施設を巡回して脱水作業を行う移動式かの検討を行う。また、脱水工程が後述する乾燥またはコンポスト化の前処理となる場合は、凝集剤、ろ液処理、処理系列としての効率等の面からも検討して適切な脱水方式を選択する。

機械脱水方法は、いずれの方法も、汚泥の粒子間に存在する毛細結合水や表面付着水等を機械的な力により汚泥粒子から分離する方法である。

汚泥は、水と親和力の非常に強いコロイド性の微粒子により成り立っているため、そのままでは脱水性があまりよくない。そのため、適当な薬品（凝集剤）を添加して汚泥の調質を行い、含水率の低減と固形物回収の向上を図るのが一般的となっている。

凝集剤には、無機系（鉄系、アルミニウム系、カルシウム系等）と有機系（高分子凝集剤）とがあるが、凝集剤による汚泥重量の増加が無く、維持管理が容易なことから、後者が多く使われている。また、より含水率を低下させる目的で、無機系と有機系を併せて使用する方法も実施されている。上記の他にも近年様々な凝集剤が開発されているが、これらの使用に当たっては、あらかじめ作物や土壌への影響を調査しておく必要がある。

有機系の高分子凝集剤の添加量は汚泥性状により異なるが、固形物当たり 0.5～1.0%程度を標準としており、得られる脱水汚泥は含水率 80～85%の半固形物である。

機械脱水の方法は図 2-6 のように分類される。汚泥脱水機の種類は、代表的なものとして真空脱水機、加圧脱水機（フィルタープレス型、ベルトプレス型、多重円板型）、遠心脱水機（スクリーデカンタ型）等がある。集落排水施設では、これらのうちで多重円板型の加圧脱水機と遠心脱水機が比較的多く採用されている。

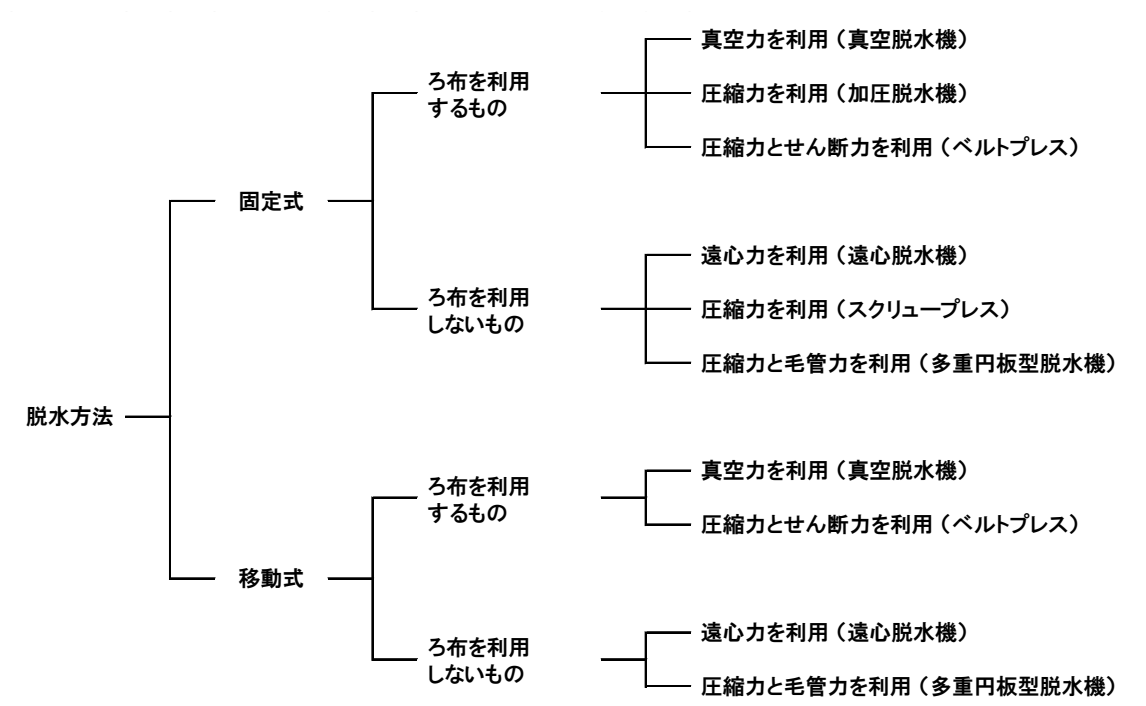


図 2-6 脱水機の分類例

また、地域条件等からみた固定式と移動式の脱水設備の比較例は表 2-8 のとおりである。

表 2-8 地域条件等からみた脱水設備の比較例

検討要素	固定式脱水設備	移動式脱水設備
地域条件 及び 立地条件	・ 汚水処理施設と併設することで運転維持管理者が兼任できる。 ・ 汚泥の受け入れ貯留設備や脱水ろ液の処理を別途設ける必要がある。 ・ 処理区数が多い場合は汚泥の運搬に費用がかかる。	・ 専任の運転管理者が必要である。 ・ 汚泥の受け入れ貯留設備は不要である。 ・ 脱水ろ液は巡回先の流量調整槽に流入させることができる。 ・ 脱水汚泥は所定の目的の場所まで運ぶ必要がある。
設備面積 保管設備	・ 設備用敷地が必要である。 ・ 汚泥を集中処理する場合は運搬用のパキューム車が必要である。	・ 車庫のための敷地が必要である。 ・ 脱水汚泥運搬用のダンプトラックが必要である。
設備機能 (適用範囲)	・ 小規模施設において個々に脱水設備を設置することは稼動時間が短くなり不経済になる場合が多い。	・ 多数の処理区を巡回して処理するので汚水処理施設の規模の関係なく対応できる。
運転管理	・ 上記の通り他の施設と併用すれば稼働日当たりの労力を節減できる。	・ 稼働日当たり人員は標準的には車の運転手と作業員の 2 名が必要である。
維持管理 (エネルギー等)	・ 脱水操作以外にエネルギーは必要としない。 ・ 汚泥運搬用の燃料は必要である。	・ 脱水操作以外に脱水車の移動用の燃料が必要である。 ・ 脱水汚泥運搬用の燃料が必要である。
移動可能日	・ 点検整理日以外は稼動可能である。	・ 脱水機の点検修理日以外に車検期間は稼動できない。

〔凝集剤とその使用上の留意点について〕

凝集剤は、天然鉱物などを主な原料とした鉄系、アルミニウム系、カルシウム系等の無機系凝集剤と高分子凝集剤と呼ばれる有機系凝集剤に大別される。

アルミニウムは、酸素、ケイ素に次いで土壤中に多く含まれている元素で、それ自体に大きな毒性があるとは考えられない。また、水酸化アルミニウム ($\text{Al}(\text{OH})_3$) では溶解度が低く、アルカリ障害の可能性も高くはない。しかし、土壤中の溶解性アルミニウム濃度は、土壤の pH の低下に伴って増加し、一般に 10～20ppm 以上で障害が発現するとされ、酸性土壤における植物の生育不良の一因とされている。また、アルミニウムイオンは、カルシウム、マグネシウムの土壤との吸着を著しく阻害し、土壤中のリン酸と結合して不可給態のリン酸塩となるため、作物のリン酸吸収が著しく阻害されることがあるため注意が必要である。

カルシウム塩（石灰系）は、高 pH の場合が多いため、土壤の pH の上昇への対応が必要である。

鉄系凝集剤は、他の無機凝集剤に比して問題は少ないと考えられている。

高分子凝集剤は、凝集剤の持つ電荷によりカチオン系（陽イオン）やアニオン系（陰イオン）に大別され、集落排水施設では一般にカチオン系が多く用いられている。カチオン系凝集剤の多くは、アクリルアミドのモノマーを原料とし、これを重合反応させたポリアクリルアミドが主成分となっている。このアクリルアミドは劇物に指定されているが、ポリマーはモノマーより植物に吸収されにくく、植物体内の移動性も低く問題ないとされている。また、モノマーも、土壤中で分解されやすいことや、製品中の含有率について現在では製造企業の自主管理が徹底されていることから、カチオン系凝集剤を利用することは問題がないと考えられる。

また、近年では、鉄とシリカを主成分とした低水温時にも高い処理効果を発揮するとされるポリシリカ鉄の凝集剤が開発されている。植物に必要な栄養源であるリンを植物が利用しやすい形態で保持するといった効果がある。

凝集剤の使用量や製品の品質を事前に確認し、適切に利用することが必要である。

③ 乾燥方式

乾燥方式は、集排汚泥を農地還元する上で、施用、保存、運搬などの取り扱い性をより向上させるため、濃縮汚泥または脱水汚泥を乾燥汚泥とする方式である。

太陽熱、風等の自然エネルギーを利用して脱水、乾燥させる天日乾燥等の自然乾燥方式と、機械力を利用する機械乾燥方式に大別される。また、乾燥設備は方式や規模により設備費や運転管理費が大幅に異なるので、それぞれの地域や条件を十分に勘案した上で選定を行う必要がある。

天日乾燥方式の選択に当たっては、太陽熱、風等の自然エネルギーを利用するため動力費を要さないことで経済的であるが、気象条件に留意すると共に臭気の発生を考慮し、設置スペースや周辺環境等の立地条件についても十分配慮し、検討する必要がある。

機械乾燥方式の選択に当たっては、管理運営体制、稼働時間、加熱方法、燃料の種類、排

気ガス処理等について検討する。

機械乾燥方式は、汚泥を熱風に直接接触させて水分を蒸発させる直接加熱式、熱媒による熱エネルギーを伝熱面を介して間接的に汚泥に与えて水分を蒸発させる間接加熱式、低温除湿方式（ヒートポンプ式）、反応熱利用方式（生石灰添加）等に分類される。

いずれの方式においても、乾燥汚泥の含水率としては 30%程度のものが得られるので、保存性、運搬性はさらに向上し、衛生面での安全性も高まる。

なお、乾燥設備についても、移動式のものがあれば検討対象に加える必要がある。

機械乾燥方式及び乾燥機は図 2-7 のように分類される。

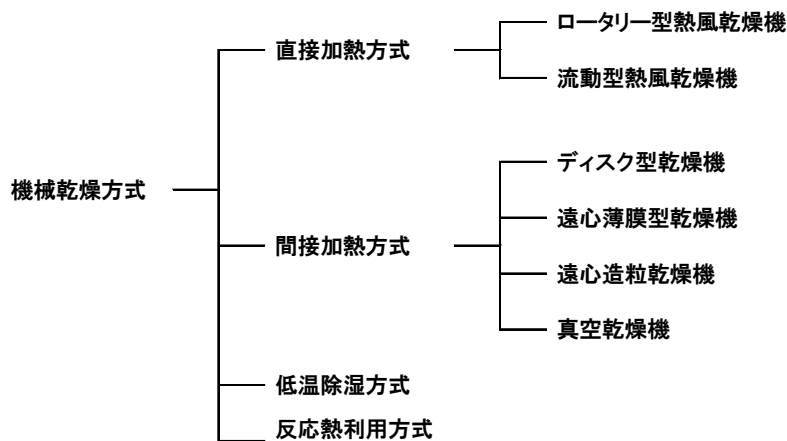


図 2-7 機械乾燥方式及び乾燥機の分類例

また、直接加熱方式と間接加熱方式の乾燥設備の比較例を表 2-9 に示す。

表 2-9 加熱方式別乾燥設備の比較例

分 類	直接加熱方式	間接加熱方式
受け入れ汚泥含水率	80～85%	約 85% (濃縮汚泥の場合もあり)
加熱温度	400～800℃程度	40～180℃程度
排ガス量	間接加熱方式に比べて多い	直接加熱方式に比べて少ない
排ガス処理施設規模	間接加熱方式に比べて大きい	直接加熱方式に比べて小さい
運転の安定性	汚泥含水率が高い時に性能が低下する場合がある	水分調整が容易である
運転管理	規模により乾燥設備作業主任が必要である	普通作業員でよい場合がほとんどである 起動及び停止時以外は、無人の自動運転が可能である

④ コンポスト方式

コンポストは、集排汚泥を農地還元する上で、施用、保存、運搬などの取り扱いが最も容易な形態で、汚泥中の有機物を好気的な条件下で微生物の働きにより発酵、分解させること

により作られる。

コンポスト化のメリットは、易分解性の有機物を発酵処理によって分解させて品質を安定化し、施用後の土壌中での急激な分解を防ぐこと、取り扱いが容易な形状になること、病原菌、寄生虫卵、雑草の種子等人間や植物に有害な生物を死滅あるいは不活性化すること等があげられる。

脱水汚泥を発酵させるためには、含水率を調整して通気性を確保することが必要である。一般に、高分子凝集剤を使用した脱水汚泥は含水率 80～85%程度の半固体状であり、このままでは通気性が悪く好気性発酵しない。そこで、通気性を確保するために、水分調整材として含水率の低いもみがら、木材チップなどの粗大有機物を、混合物の含水率が 65%程度になるように添加する。

連続運転が可能になった段階では、製品コンポスト（篩い分けて製品とする場合は、篩い分けの前のもの、もしくは篩に残ったもの）を水分調整材として返送することによって、粗大有機物の添加量を徐々に少なくすることができる。これによって二次発酵に要する時間を短縮できる利点も生じる。

脱水時の凝集剤として石灰を使った脱水汚泥では、含水率は十分低く通気性が確保されているため粗大有機物の添加を要しないが、pH が 10 以上のアルカリ性になっており、そのまま堆積、通気しても発酵の開始は遅れる。このような場合は、一次発酵済みのコンポスト（粗大有機物の添加をしないので二次発酵は省略できる）を返送混合すれば、pH10 以下に調整することができる。返送率は pH を測定して決める。なお、返送コンポストの混合は発酵種（たね）の役割もある。

このように、通気性確保のために水分調整した汚泥を堆積し、適当に通気を行えば発酵を開始する。しかし、汚水処理方式が接触ばっ気式でかつ汚泥貯留槽で長期間貯留された汚泥では、すでに易分解性有機物の多くを分解しているため発酵しにくいことがある。このような場合には、生ゴミや家畜排せつ物等の易分解性有機物材料を混合したり、易分解性有機物をベースとしてこれに種菌を接種したスターター（発酵促進剤として市販されている）を使用する。コンポストが連続的に生産されるようになれば、製品コンポストまたは一次発酵の終わったコンポストの返送を行えば、スターターは不要になる。

発酵は一次発酵と二次発酵に分かれる。一次発酵では堆積後 1～2 日で堆積物の温度は 60～70℃に上昇し、発酵期間は 10 日～2 週間程度続く。この過程で汚泥中の易分解性有機物は分解し、有害生物の大部分は死滅する（病原菌の殺菌には 65℃以上を 48 時間以上持続させればよい。）。続く二次発酵では、前処理で添加した粗大有機物を好氣的に分解して C/N 比を下げる。二次発酵中は 1 週間に 1 回程度切り返しを行うが、切り返しを行っても温度が上がらなくなったら製品とする。二次発酵に要する時間は添加した粗大有機物の種類によっても異なるが、1～2 ヶ月程度である。脱水工程で石灰系凝集剤を用いている場合など、原料汚泥の含水率が十分に低くて粗大有機物の添加を行わなくても一次発酵ができる場合は、二次発酵を行わなくても C/N 比が低くなる。

コンポスト化最終製品の C/N 比は 20 以下、水分は 50%程度である。肥料成分の含有率は添加する粗大有機物の種類と量によって異なるが、有機質肥料としてみれば、乾物中で窒素 1.0%、リン酸 0.5%以上を期待したい。

一次発酵に使われる発酵槽には、図 2-8 に示すような形式があるが、農業集落排水施設に

適用する規模であれば、切返し装置なしの箱形が管理上容易である。二次発酵には、堆積型が多く用いられるが、送気のための施設を付けなくても切返しができればよい。

発酵槽からの排気にはアンモニアや臭気成分を含んでいるが、集落排水施設に適用する規模では、その発生は乾燥汚泥を作る時のように短時間で高濃度とはならないので、土壌層を通過させる簡単な脱臭方式で対応可能である。

コンポスト化は、主な装置である発酵装置の方式や構造等、通気、切返し、混合、移送機構による分類も可能であるが、モミガラやワラ等、発酵処理における通気性の確保やコンポスト製品の成分調整に有用な副資材が存在するか等の地域条件によって、

- 1) 脱水汚泥をコンポスト化する場合、水分調整及び発酵カロリーの補助として副資材（もみ殻、家排せつ物等）を添加する方法（副資材添加型）
- 2) 副資材を使用しないで発酵させる方法（副資材無添加型）

に分類することもできる（表 2-10 参照）。

表 2-10 コンポスト方式の分類例

分 類	定 義	小分類	定 義
副資材 添加型	脱水汚泥を発酵条件に見合うように水分調整し、発酵エネルギーの補助として、副資材（もみ殻、家畜糞等）を添加し発酵させる方法。 堆積型と乾燥型に分類される。	堆積型	発酵を堆積で行う。 自己のもつエネルギーで反応し、発酵のための外的な熱源を必要としない。
		乾燥型	加熱機等の熱源を利用し、汚泥の水分調整を行った後、発酵槽で発酵させる。
副資材 無添加型	副資材（もみ殻、家排せつ物等）を全く使用しない方法。 水分調整のために乾燥型と補助乾燥型に分類される。	乾燥型	同 上
		補助乾燥型	乾燥発酵を同一槽で行い、発酵熱の一部を乾燥に利用する。

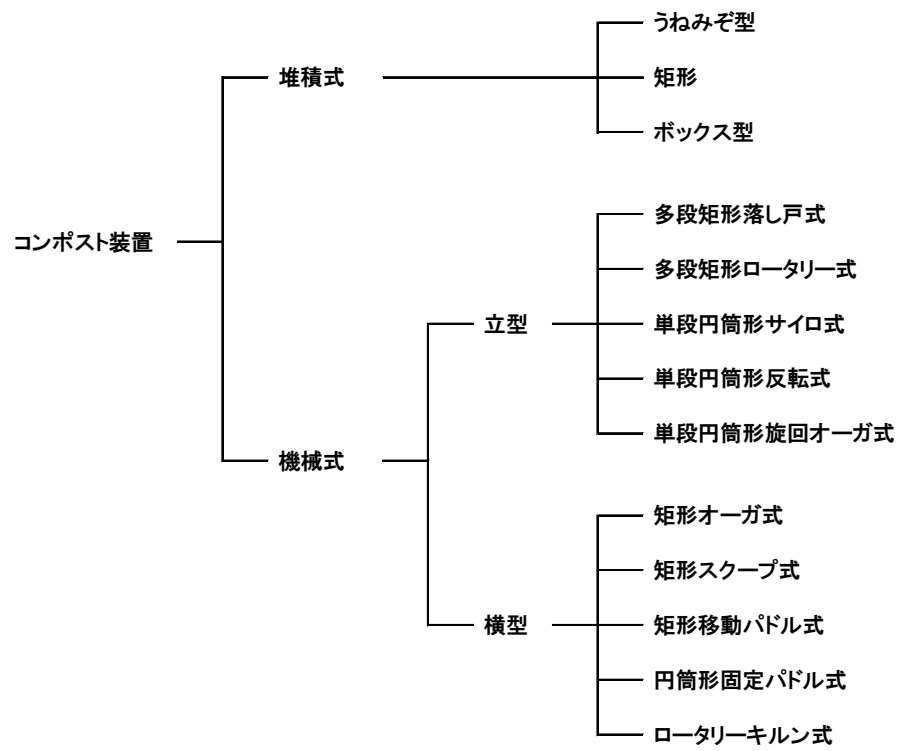


図 2-8 コンポスト装置の分類例

2.3 集排汚泥を取り巻く状況

2.3.1 集排汚泥の処理の現状

集排汚泥の再生利用は、市町村が作成する農業集落排水資源循環促進計画（以下「資源循環促進計画」という）に基づき実施されており、平成 26 年度の再生利用率が約 69%と順調に推移している。しかしながら、依然として約 3 割は再生利用されていない現状がある。

一方、集落排水施設の維持管理の効率化が求められるなかで、集排汚泥の再生利用を含む汚泥処理費が維持管理費の約 6 割を占めており課題となっている。そのようななかで市町村は、下水道への接続や集排施設同士の統合により、効率化を目指している状況である。

[解説]

(1) 資源循環促進計画と集排汚泥の再生利用

集排汚泥の再生利用を促進するために、平成 14 年度から農業集落排水事業を活用して新たに集落排水施設を整備する際に、市町村長が整備計画の区域全体を対象として資源循環促進計画を作成することが要件化された。資源循環促進計画は、集落排水施設から発生する集排汚泥や処理水の循環利用に関するマスタープランとなるもので、市町村単位で作成するものである。

資源循環計画における集排汚泥の再生利用は地域によって様々であり、主な再生利用処理のケースとして、集落排水施設用地内の資源循環施設、し尿処理施設（汚泥再生処理センター）、下水道施設、民間処理施設等での再生処理を経て、肥料等として再生利用され、それ以外については最終処分されている（図 2-9 参照）。

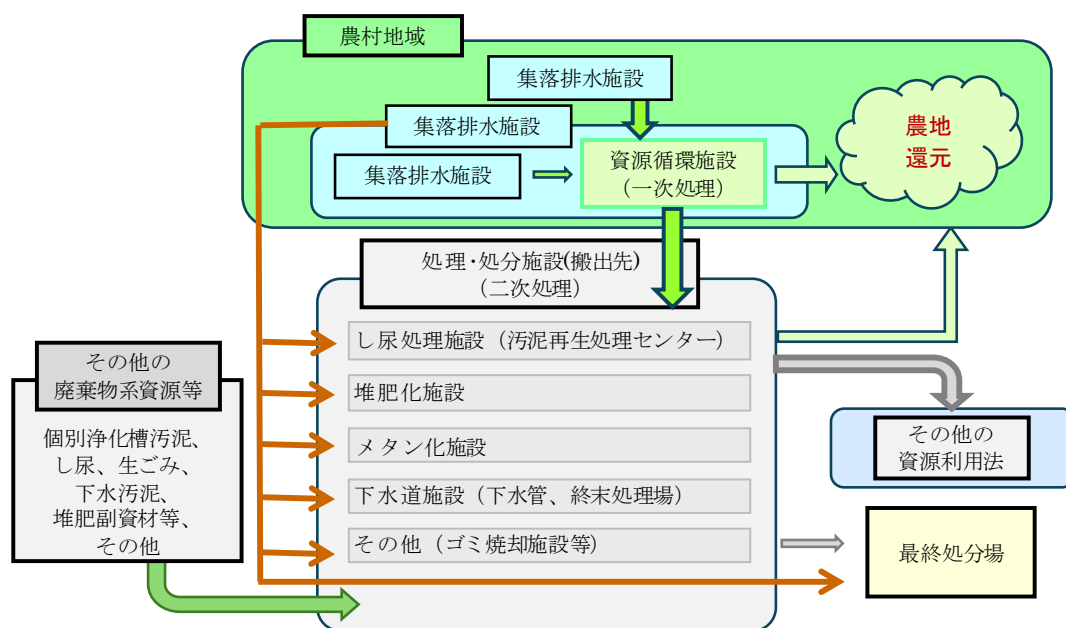
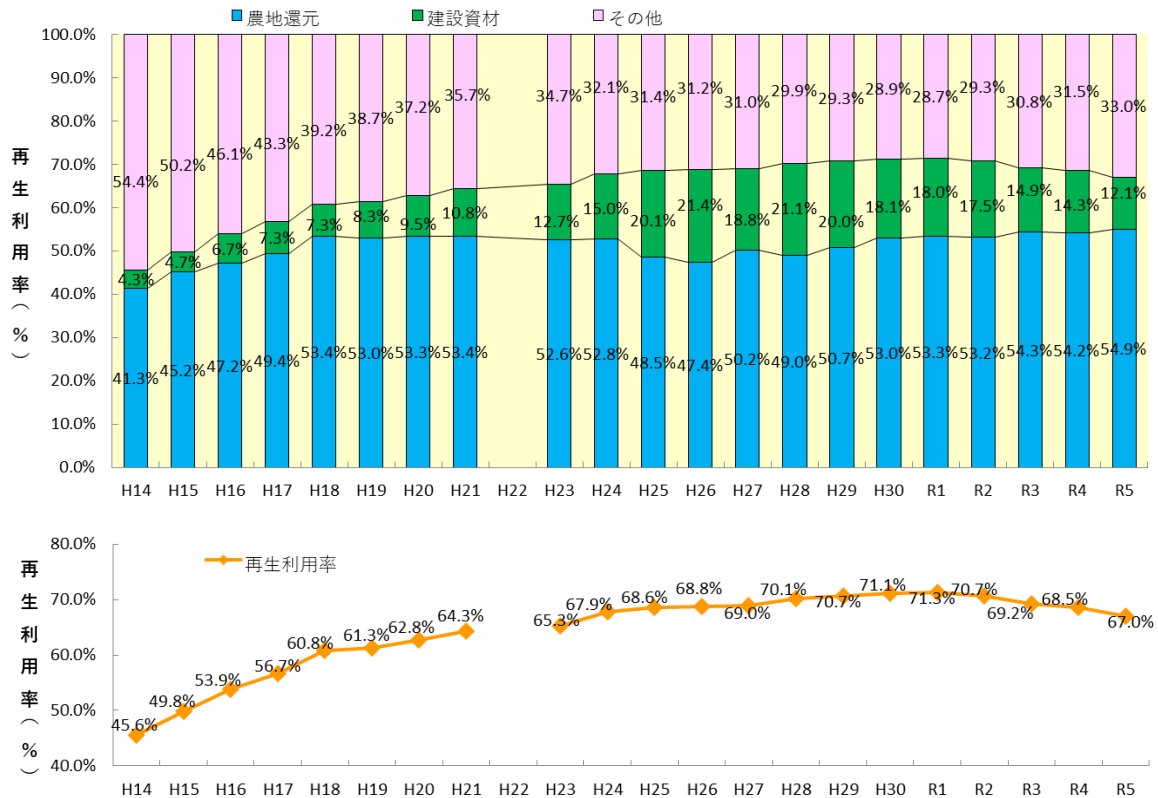


図 2-9 集排汚泥の再生利用のイメージ

平成 14 年度以降の集排汚泥の再生利用率は、45.6%（H14 年度）から 70.1%（H28 年度）まで推移し、その後は横ばいから直近年度は減少傾向にある。令和 5 年度ベースで、「その他（再生利用を行っていない）」が 33.0%（約 39 万 t）であり、依然として約 3 割が再生利用されていない現状がある（図 2-10 参照）。



※H22 年度は東日本大震災により岩手、宮城、福島 の 3 県が未調査

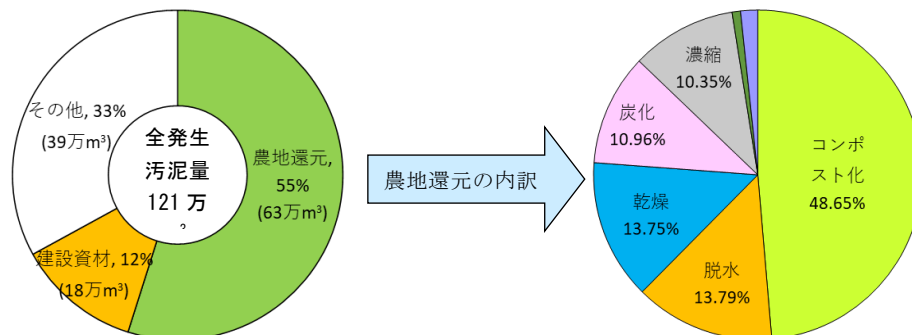
農林水産省農村振興局地域整備課調べ（令和 5 年度農業集落排水実施状況等調査より作成）

図 2-10 再生利用状況の推移

令和 5 年度 再生利用状況（図 2-11、2-12 参照）

$$\text{汚泥再生利用率（R5 年度）} = \frac{\text{再生利用量}}{\text{全発生汚泥量}} = \frac{81 \text{ 万 m}^3}{121 \text{ 万 m}^3} = 67\%$$

※再生利用は、
農地還元、建設資材
を対象



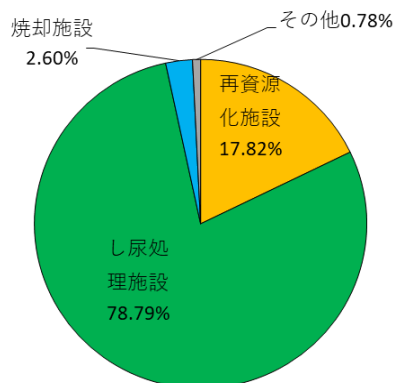
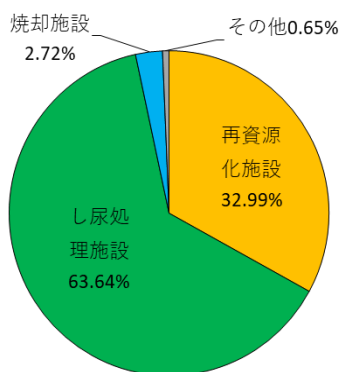
注）図 2-12 データは、集落排水の資源循環施設における汚泥調製方法の集計であり、搬送先での最終的な汚泥調製は反映されていないことに留意

※農林水産省農村振興局地域整備課調べ（令和 5 年度農業集落排水実施状況等調査より作成）

図 2-11 集排汚泥の再生利用状況

図 2-12 農地還元の汚泥調製方法内訳

また、令和 5 年度における集排汚泥の最初（一次）の搬出先は、し尿処理施設が重量ベースで 63.6%（施設数ベース 78.8%）と約 6 割（施設数ベース約 8 割）を占めており、次いで再資源化施設、焼却施設となっている（図 2-13、2-14 参照）。本割合は集落排水施設から発生した集排汚泥が最初にどこの施設へ搬出されて再生利用処理又は処分されるかを示したものであり、焼却施設に搬出されたものであっても、焼却灰を建設資材に再生利用するなどのケースもある。



※農林水産省農村振興局地域整備課調べ（令和 5 年度農業集落排水実施状況等調査より作成）

図 2-13 集排汚泥の搬出先の割合（量）

図 2-14 集排汚泥の搬出先の割合（施設数）

(2) 集排汚泥の再生利用処理費（汚泥処理費）

集落排水施設を管理する市町村の財政が厳しくなるなかで、公共施設の効率的な運営が求められている。集落排水施設においても、同様に維持管理費の削減が求められているところである。

集落排水施設は、農村地域に適した汚水処理システムとして整備が進められており、維持管理面での特徴としては、通常 1～2 週間に 1 回の巡回管理による技術的点検等を行うだけの運転管理を可能としており、職員が常駐する必要がないことから運転管理に係る人件費用を抑制できることがあげられる。

具体的に、維持管理費の内訳をみると、技術点検費等が抑えられている一方で、汚泥処理費（集排汚泥再生処理費）が約 6 割を占めており、次いで電気料が約 2 割となっており、汚泥処理費と電気料で維持管理費の約 8 割を占めている（図 2-15 左 参照）。

このように維持管理費の削減を検討していくなかで、この汚泥処理費をどのように削減するかがポイントとなることが分かる。

仮に、汚泥処理費を半減することができれば、維持管理費の全体額は約 3 割削減が可能となる（図 2-15 右 参照）。

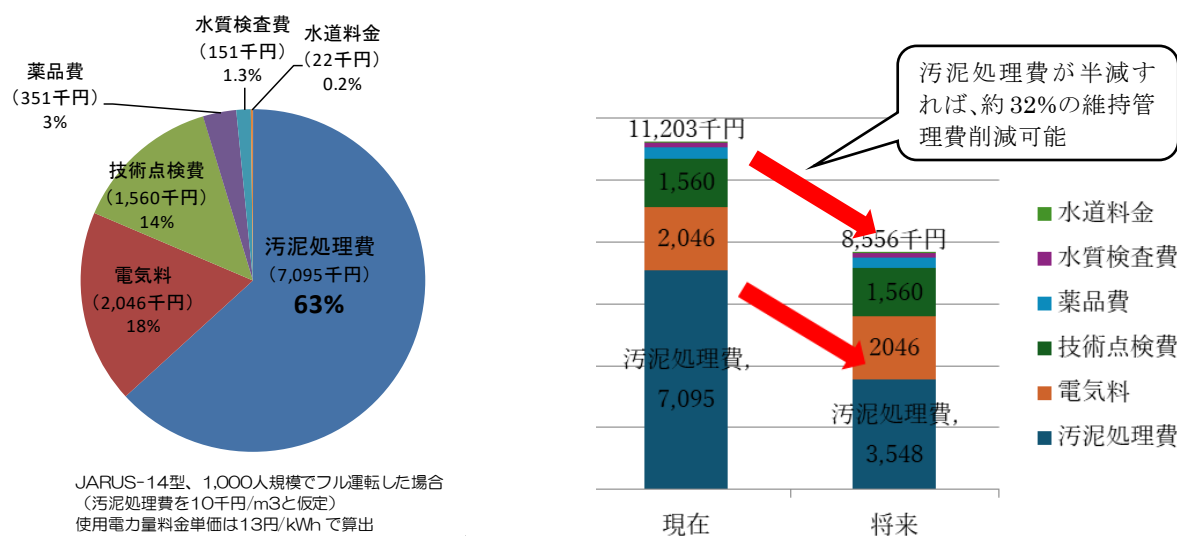


図 2-15 維持管理費と削減イメージ

(3) 集落排水施設の老朽化と施設の再編統合

集落排水施設は、全国で約 4,600 箇所（令和 5 年度末現在）で稼働しており、平成一桁代をピークに整備が進められてきた。現在、整備のピークから約 30 年が経過しており、多くの施設が老朽化を迎えている。

そのようななかで、人口減少や厳しい財政事情等、将来を見据えた地域にとって最適な汚水処理区域の見直しを加速化するため、汚水処理を所管する関係 3 省（農業集落排水（農林水産省）、下水道（国土交通省）、浄化槽（環境省））統一の「持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル」が平成 26 年 1 月に策定された。集落排水施設については、関係 3 省と連携して、施設の集約・再編、下水道施設への編入など（図 2-16 参照）を通じたストックの適正化を行うことが、土地改良長期計画にも位置づけられたところである。

それを受けて市町村においても持続的な汚水処理機能を確保しながら、処理施設の老朽化の対策や維持管理費の削減を促進するため、施設の再編統合を通じた運営管理の効率化の検討・実施が行われているところである。

集排汚泥の再生利用の面で考えると、小規模分散型の集落排水施設を統合することによって、複数施設で分散再生処理していたものが 1 箇所に集約されることでコスト削減に繋がるとともに、処理対象人口が増えることにより集排汚泥量が増えるため、その増加量に見合った再生利用方法の取組みが可能となる場合がある。

下水道への接続については、大規模な下水道施設の一部として汚水処理及び汚泥処理が実施されることとなるので、維持管理コストの削減は大きく期待できる。一方で、下水道でも下水汚泥を肥料化し農地還元等に取り組んでいるが、有害物質混入への懸念がより強く、また、一般的に集落排水施設に比べて処理区域が広いことから、還元する農地までの肥料の運搬距離が長くなる場合がある。

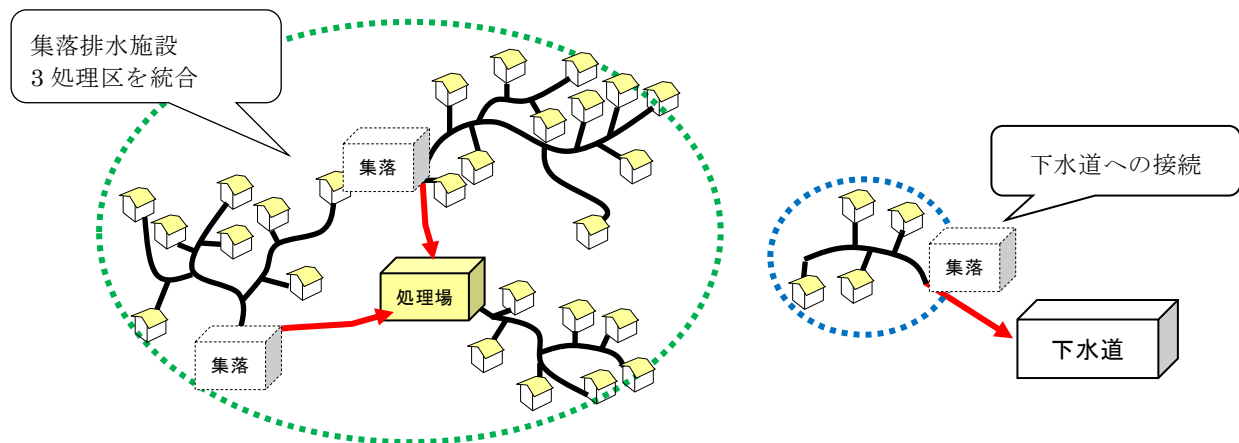


図 2-16 集落排水施設の再編イメージ

(4) 農業集落排水事業における資源循環施設の整備支援

農業集落排水事業は、現在、農村整備事業及び農山漁村地域整備交付金のメニューの一つとして、支援を行っている。

事業において対象となる施設のうち、資源循環施設の整備支援については、補助事業・交付金のいずれでも「汚泥の循環利用を目的とした施設」として位置づけられ整備が可能である。なお、留意事項として、「集落排水施設から発生する汚泥を優良な有機質肥料等として農地等へ還元利用することを促進する観点から、周辺地域から発生する有機物資源（食物残さを含む。）を活用することができる」となっている。

また、補助事業においては、集落排水施設で発生する汚泥の肥料利用等による農地還元を推進するために必要な調査・調整、技術的検討及び計画策定を行うことも可能となっている。

2.3.2 土地改良長期計画及び各種施策の動き

近年の気候変動等による食糧生産の不安定化や国際的な食料需要の拡大に伴う調達競争の激化などを背景とした食料安全保障の観点から、我が国の重要な資産資材である肥料の国産化と安定的な供給、資源循環型社会の構築が重要な課題となっている。

この課題に対応するため、土地改良長期計画をはじめとした、各種施策や計画等において肥料の国内調達や集排汚泥を含む汚泥資源の再生利用（農地還元）の拡大に向けた取り組みが進められている。

[解説]

(1) 土地改良長期計画

土地改良長期計画は、ほ場整備等の土地改良事業をはじめとする農業農村での基盤整備事業の計画的な実施に資するための長期的な計画であり、事業実施の目標及び事業量を決定する農業地域の振興を図る上で重要な計画である。

令和3年3月23日に閣議決定された土地改良長期計画では、集落排水施設を「農村生活のインフラ」と位置付け、「定住条件の整備の観点から、農村に人が安心して住み続けられるようにするため、老朽化した農業集落排水施設の再編・強靱化等の取組を推進する」ことが明記された。

集排汚泥の再生利用については、「農村の所得向上、資源の地域内循環を図るため、農業集落排水汚泥等バイオマス資源の活用を促進する」ことが明記された。

活動指標として污水处理施設の集約による広域化に取り組んだ地区数 約 300 地区以上、事業量として更新に着手する農業集落排水施設 約 380 地区、等の成果目標等が設定された。

=== 参考：土地改良長期計画とは =====

土地改良長期計画は、土地改良法の規定により、土地改良事業の計画的な実施に資するために、5 年を計画期間とし、土地改良事業の実施の目標及び事業量を決定したものである。現行の土地改良長期計画は令和3年3月23日に閣議決定されている。

【土地改良長期計画（令和3年度～7年度）令和3年3月閣議決定】：集落排水に関する抜粋

○ 目指す成果と達成に向けて講ずべき施策

政策課題2：多様な人が住み続けられる農村の振興

中山間地域をはじめとした農村に人が住み続けるための条件を整備することが重要である。農道や集落排水施設等の農村インフラは老朽化が進行しており、建設後 30 年以上経過している農道橋は約 39%、集落排水施設においては機械類の標準耐用年数である 20 年を経過する地区が今後 10 年で 97%まで達する見込みとなっている。また、少子高齢化・人口減少に伴い集落機能が低下し、農村生活を支えてきた地域のコミュニティ機能が脆弱化し、農村の活力低下を招くことが懸念されている。

○ 政策目標の達成に向けて講ずべき施策

政策目標3：所得と雇用機会の確保、農村に人が住み続けるための条件整備、農村を支える新たな動きや活力の創出

施策5：農業集落排水施設の省エネルギー化、集落道の強靱化、情報通信環境の整備等、農村の生活インフラを確保することにより、リモートワークや農泊などによる田園回帰や関係人口の創出・拡大の促進

定住条件の整備の観点からは、中山間地域等をはじめとする農村に人が安心して住み続けられるようにするため、老朽化した農業集落排水施設や農道・集落道の再編・強靱化等の農村生活を支えるインフラを確保するための取組を推進していく必要がある。さらに、農村の所得向上、資源の地域内循環を図るため、農業用水を活用した小水力発電等再生可能エネルギーの導入、農業集落排水汚泥等バイオマス資源の活用を促進することが重要である。

は場整備による用地創出も活用した生活インフラの確保に加え、農業水利施設、農業集落排水施設等の管理の省力化・高度化を図るべく情報通信環境を整備する中で、地域活性化やスマート農業の実装を促進することで、地域住民が住み続けることはもとより、リモートワーク（遠隔勤務）や農泊などによる関係人口の創出・拡大を図ることが重要である。

○ 施策の成果目標と事業量

重要業績指標（KPI）－

活動指標 汚水処理施設の集約による広域化に取り組んだ地区数 約 300 地区以上

事業量 更新に着手する農業集落排水施設 約 380 地区

=== 参考：土地改良長期計画とは =====

(2) 関連法令その他の施策の動き等

近年の SDGs や環境に配慮した持続可能な食料システムの構築、食料安全保障の強化に向けた構造転換の実現等を目指し、各種施策や計画、関連法の改正等において様々な目標や方針が示されている。

これらのうちから、特に肥料の国内調達や集排汚泥を含む汚泥資源の再生利用(農地還元)の拡大に関係する主なものの概要を以下に記述する。詳細については、それぞれの計画や法令等をご確認願いたい。

具体的には、肥料に係る以下の事項について、施策の考え方や目標設定がなされている。

ア 化学肥料の使用量の低減に向けた施策と目標

- ・環境負荷軽減のための使用量の低減 (2030 年 20%減)
- ・原料となるりん、加里の輸入依存からの脱却と国内代替物からの生産
(リンベースで国内資源割合を 2030 年 40%)

イ 肥料の安定供給に向けた施策と目標

- ・特定重要物資に指定
- ・下水汚泥資源等の国内資源の循環利用の拡大
- ・国内備蓄強化のための体制整備や施設整備にかかる経費の措置

ウ 下水汚泥(集排汚泥含む)の再利用の促進と拡大に向けた施策と目標

- ・下水汚泥の再生利用割合 (2030 年 85%)
- ・堆肥等の有機資源を活用した施肥体系の確立と現場実証や取組
- ・肥効調整型肥料の高度化
- ・汚泥資源を利用した新たな公定規格(菌体りん酸肥料)の創設

以下各種施策や計画について、時系列順で掲載する。

①「みどりの食料システム戦略」(令和3年5月、戦略本部決定)

持続的な食料システムの構築のため、資源の循環利用や地域資源の最大活用、化学農薬・化学肥料や化石燃料の使用抑制等を通じた環境負荷の軽減を図ることが急務とされている。このための取組として、化学農薬・化学肥料の低減を含めた目指す姿として、2040年までの技術開発目標と2050年までの社会実装目標が定められた。

具体的な目標(重要業績評価指標 KPI)として、2050年までに輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量の30%低減が掲げられた。また、その具体的な取組としては、食料残渣・廃棄物、汚泥、端材を堆肥化するリサイクル技術の開発、堆肥等の有機資源を活用した施肥体系の確立と現場実証や取組の拡大、肥効調整型肥料の高度化、などが掲げられている。

その後、令和4年6月には、上記化学肥料に係る KPI2030年目標値として20%低減が追加設定された。

(引用：R3.5 戦略本文 2 本戦略の背景 (3) 持続的な食料システムの構築の必要性①、3 本戦略の目指す姿と取組方向 (1) 本戦略の策定とこれに基づく取組② (5) 本戦略が目指す姿と KPI②、4 具体的な取組)

②「バイオマス活用推進基本計画（第 3 次）」（令和 4 年 9 月、閣議決定）

本計画は、同法第 20 条に基づき策定されたものであり、バイオマスの活用の推進に関し、国が達成すべき目標の一つとして、下水汚泥の利用があげられている。

下水道法（昭和 33 年法律第 79 号）における発生汚泥の燃料・肥料としての再生利用に係る努力義務を踏まえ、2030 年に発生汚泥の約 85%が利用されることが目標に掲げられた。また、新規に汚泥中の有機物エネルギー・緑農地利用した割合を示す「下水道バイオマスリサイクル率」が指標として追加され、2030 年に有機物の約 50%が利用されることが目指された。

（引用：法 20 条、基本計画第 2 の 3（1）②）

③「食料品等の物価高騰対応のための緊急パッケージ」（令和 4 年 11 月、強化本部）

下水汚泥資源・堆肥等の利用拡大によるグリーン化の推進と肥料の国産化・安定供給を図るため、農林水産省、国土交通省により新たな事業制度が創設、予算化された。

- ・下水汚泥資源の肥料利用の推進
- ・ペレット堆肥流通・下水汚泥資源等の肥料利用促進
- ・国内肥料資源利用拡大対策
- ・みどりの食料システム戦略緊急対策

④「下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた官民検討委員会」（令和 4 年）

下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた推進策を農林水産省及び国土交通省の他、関係機関が連携して検討するため、下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向け開催された。

目標として、2030 年までに堆肥・下水汚泥資源の使用量を倍増し、肥料の使用量（リンベース）に占める国内資源の割合を 40%まで拡大することが設定された。※食糧安保大綱に同じ

⑤「肥料に係る安定供給確保を図るための取組方針」（令和 4 年 12 月、農林水産省）

経済安全保障推進法（令和 4 年法律第 43 号）では、国民の生存や国民生活・経済に甚大な影響のある物資を「特定重要物資」として指定し、当該物資の安定供給の確保を図るための取組方針の策定や支援措置を講ずることが定められている。

我が国の肥料の製造には、天然ガスのほか、りん鉱石、加里鉱石等の鉱物資源を素原料とする肥料原料が多く使用されており、いずれも海外に依存している。特に、りん鉱石は、モロッコ、中国、エジプト等に偏在し、りん酸アンモニウムの大半は中国からの輸入、加里鉱石は、カナダ、ベラルーシ等に偏在し、塩化カリウムもこれらからの輸入によっている。これらの国からの供給量が減少、途絶した場合の代替輸入先は狭い。

これらのことから、同法第 7 条（同政令第 1 条第 2 号）に基づき肥料が特定重要物資に指定されるとともに、同法第 8 条に基づき取組方針が策定されている。

取組方針では、他の関連施策や計画とも合わせ、効率的な施肥技術の導入並びに家畜排せつ物や下水汚泥資源等の国内資源の循環利用を進めることにより、海外に依存する化学肥料の使用量の低減や国内資源の利用拡大を図っていくことが極めて重要であるとされた。

安定供給に向けたその取組については、下水汚泥資源等の国内資源の循環利用の拡大のほか、特に支援対象とする肥料原料については、りん酸アンモニウムと塩化カリウムとされ、国内備蓄強化のための体制整備や施設整備にかかる経費の措置が掲げられている。

(引用：法第7条、8条、取組方針第1章第1節(2) 外部依存性(4) 本法による施策の必要性、第2章第1節(1) 支援対象とする肥料原料(2) 支援対象とする取組)

⑥「食料安全保障強化政策大綱」(令和4年12月、強化本部)

本大綱では、食料安全保障の強化に向けた継続的な施策として、生産資材等の過度な輸入依存からの脱却を実現する構造転換対策が必要とされている。肥料等に係る構造転換対策としては、生産資材の国内代替転換が明記されている。

具体的な取組としては、

- ・堆肥や下水汚泥資源等の肥料利用拡大への支援
- ・化学肥料の使用低減、肥料原料の備蓄

また、目標値(KPI)としては、

- ・2030年までに化学肥料の使用量の低減20% ※みどりの食料システム目標に同じ
- ・2030年までに堆肥・下水汚泥資源の使用量を倍増し、肥料の使用量(リンベース)に占める国内資源の割合を40%まで拡大

(引用：大綱Ⅰ、Ⅱ1(1))

⑦「食料・農業・農村政策の新たな展開方向(案)」(令和5年6月、強化本部)

本(案)は食料・農業・農村基本法の見直しにあたり、政策の方向性を整理したもの。

特に肥料に関しては、生産資材の確保・安定供給の点から、以下のとおり方向性を明示されている。

- ・農業生産に不可欠な肥料について、堆肥・下水汚泥資源、稲わら等の国内資源の利用拡大を推進(化学肥料から堆肥や下水汚泥資源等の代替資源への転換、肥料原料の備蓄体制の強化)
- ・肥料の使用の低減に資する環境負荷低減の取組の推進

(引用：展開方向Ⅱ(2))

⑧「汚泥資源を利用した新たな公定規格(菌体りん酸肥料)」(令和5年10月1日、農水省告示)

下水汚泥・堆肥等の未利用資源の利用拡大により、グリーン化を推進しつつ、肥料の国産化・安定供給を図るため、新たな肥料の公定規格として創設された。

原料となるものには、下水汚泥(集排汚泥)も対象となり、汚泥の肥料資源としての利用範囲が拡大することになる。また、菌体りん酸肥料の公定規格には含有すべき主成分の最小量が示され、品質が保証され、他の肥料の原料としても利用が可能となっている。

(汚泥肥料の場合は、含有主成分の規定がなく品質保証がされていないため、他の肥料の原料としての利用は不可)

以下に、公定規格の抜粋を掲載する。

表 2-12 菌体りん酸肥料の公定規格(抜粋)

二 りん酸質肥料 有機質肥料(動植物質のものに限る。)を除く

(2) 登録の有効期間が三年であるもの

肥料の種類	含有すべき主成分の最小量 (%)	含有を許される有害成分の最大量 (%)	その他の制限事項
菌体りん酸肥料 (次に掲げる肥料をいう。 一 専ら原料規格第二中十六の項イに掲げる原料を使用したもの 二 原料規格第二中十六の項イに掲げる原料に動植物質の原料を混合したもの又はこれを乾燥したもの 三 原料規格第二中十六の項イに掲げる原料又は当該原料に動植物質の原料若しくは原料規格第二中十六の項ロに掲げる原料を混合したものを堆積又は攪拌し、腐熟させたもの 四 専ら原料規格第二中十六の項ロに掲げる原料を使用したもの)	主成分別表第一のとおり。 ただし、りん酸全量について 1.0	ひ素 0.005 カドミウム 0.0005 水源 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01	一 主成分の安定化を図るために、成分の分析及び管理を適正に行うものとして農林水産大臣の確認を受けた計画(以下「品質管理計画」という。)に基づいて製造されたものであること。 二 く溶性りん酸を含有する原料及び可溶性りん酸を含有する原料を使用する肥料にあつては、く溶性りん酸又は可溶性りん酸のいずれかーを保証するものであること。 三 アルカリ分を含有する原料及び石灰を含有する原料を使用する肥料にあつては、アルカリ分又は石灰のいずれかーを保証するものであること。 四 植害試験の調査を受けていない排水処理活性沈殿物(原料規格第二中十六の項に掲げるものをいう。)を原料とする肥料にあつては、植害試験の調査を受け害が認められないものであること。 五 牛等由来の原料を使用する場合にあつては、管理措置が行われたものであること。 六 牛等の部位を原料とする場合にあつては、脊柱等が混合しないものとして農林水産大臣の確認を受けた工程において製造されたものであること。

原料規格第二

分類番号	原料の種類	原料の条件
十六	<u>排水処理活性沈殿物</u>	イ 次に掲げる原料のうち、品質管理計画に基づいて管理されるものであつて、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令(昭和四十八年総理府令第五号。以下「判定基準省令」という。)別表第一の基準に係る調査を受け、基準に適合することが確認されたものであり、かつ、植害試験の調査を受けない肥料に使用する場合にあつては、植害試験の調査を受け害が認められないもの (1) 下水道の終末処理場、し尿処理施設、 <u>集落排水処理施設</u> 、浄化槽又は工場若しくは事業場の排水処理施設から生じた汚泥を濃縮、消化、脱水又は乾燥したもの (2) し尿に凝集を促進する材料、動物の排せつ物に凝集を促進する材料若しくは悪臭を防止する材料を混合したもの又はこれを脱水若しくは乾燥したもの ロ イに掲げる原料を焼成したもの又はイに掲げる原料に植物質若しくは動物質の原料を加え焼成したもののうち、品質管理計画に基づいて管理されるものであつて、植害試験の調査を受けない肥料に使用する場合にあつては、植害試験の調査を受け害が認められないもの
備考 一 粉碎、濃縮、脱水、乾燥等の加工を行つたものを含む。 二 規則第四条第四号に掲げる材料又は水を使用したものを含む。 三 中和又はpHを調整する目的で別表第二に掲げる原料を使用したものを含む。 四 排水処理施設から生じた汚泥(十五の項及び十六の項に掲げるものを除く。)以外のものであること。		

また、参考までに、菌体りん酸肥料と汚泥肥料の比較を以下に示す。

表 2-13 菌体りん酸肥料と汚泥肥料の比較表

肥料の種類 (肥料の区分)	菌体りん酸肥料 登録の有効期間：3 年 (肥料の区分：二 りん酸質肥料)	汚泥肥料 登録の有効期間：3 年 (肥料の区分：十三 汚泥肥料等)
製造方法	・汚泥肥料と同じ	・下水汚泥、し尿汚泥、工業汚泥を原料とし、それらを、脱水、乾燥、腐熟、焼成したもの。(原料に、動植物質の原料(おがくず、畜ふんなど)を混合することができる。)
原料の条件	・汚泥肥料と同じ ※ 原料規格第二に新たに「排水処理活性沈殿物」として規定	・下水汚泥、し尿汚泥、工業汚泥及びこれらを焼成したもの ・金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令(昭和 48 年総理府令第 5 号)別表第一の基準に係る調査を受け、基準に適合することが確認されたもの。 ・植害試験の調査を受け、害が認められないものとする(製品で植害試験の調査を受けない場合)。 (原料規格第三に規定)
含有すべき主成分の最小量	・りん酸全量を必須で 1 % 以上保証 ・その他、主成分別表第一に従い保証可能	— (主成分の保証できず)
含有を許される有害成分の最大量	・汚泥肥料と同じ	ひ素 0.005 カドミウム 0.0005 水源 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01
その他制限事項	・汚泥肥料と同じ	・植害試験の調査を受け、害が認められないものとする(原料で植害試験の調査を受けない場合)。 ・牛等由来の肉、骨又は臓器が原料に含まれる可能性があることから、「牛等由来の原料を使用する場合にあっては、管理措置が行われたものであること。」及び「牛等の部位を原料とする場合にあっては、脊柱等が混合しないものとして農林水産大臣の確認を受けた工程において製造されたものであること。」とする。
	・品質管理計画を定め、農林水産大臣の確認を受け、当該品質管理計画に基づいて製造されたもの。 品質管理計画： 品質管理責任者の設置、定常時の分析計画(公定規格に定める主成分及び有害成分に対する年間 4 回以上の分析)、非定常時の分析計画、不適合時の措置、職員に対する教育訓練などを記載した、肥料中に含有すべき主成分の安定化を図るための計画	—
登録の区分	・都道府県登録 ※微量要素等(けい酸、ほう素、マンガン等)を主成分として保証する場合は、国登録	・国登録
他の肥料との混合	・他の肥料と混合できる。 (登録肥料の原料及び指定混合肥料の原料として使用できる。)	・他の肥料と混合できない。 (登録肥料の原料及び指定混合肥料の原料として使用できない。)

(出典：第 2 回 汚泥資源を利用した肥料成分を保証可能な新たな公定規格(菌体りん酸肥料)に関する説明会 資料)

2.4 下水道及び浄化槽汚泥のリサイクルの現状

集排汚泥を含む污水处理過程で発生する汚泥処理は、下水道や浄化槽でも大きな課題となっており、リサイクルに取り組んでいるところである。下水道事業では、下水道法改正により汚泥リサイクルの努力義務化されるなど、汚泥の再生利用の環境が整ってきており、メタン化の取組みや肥料化の取組みが推進されている。また、処理施設の再編統合の検討と同様に、事業制度の垣根を越えて取り組むようになってきている。

一方で、集排汚泥の 7 割が搬出されるし尿処理施設については、老朽化の対応や処理の効率化の観点から、広域的な取組みが推進されているところである。

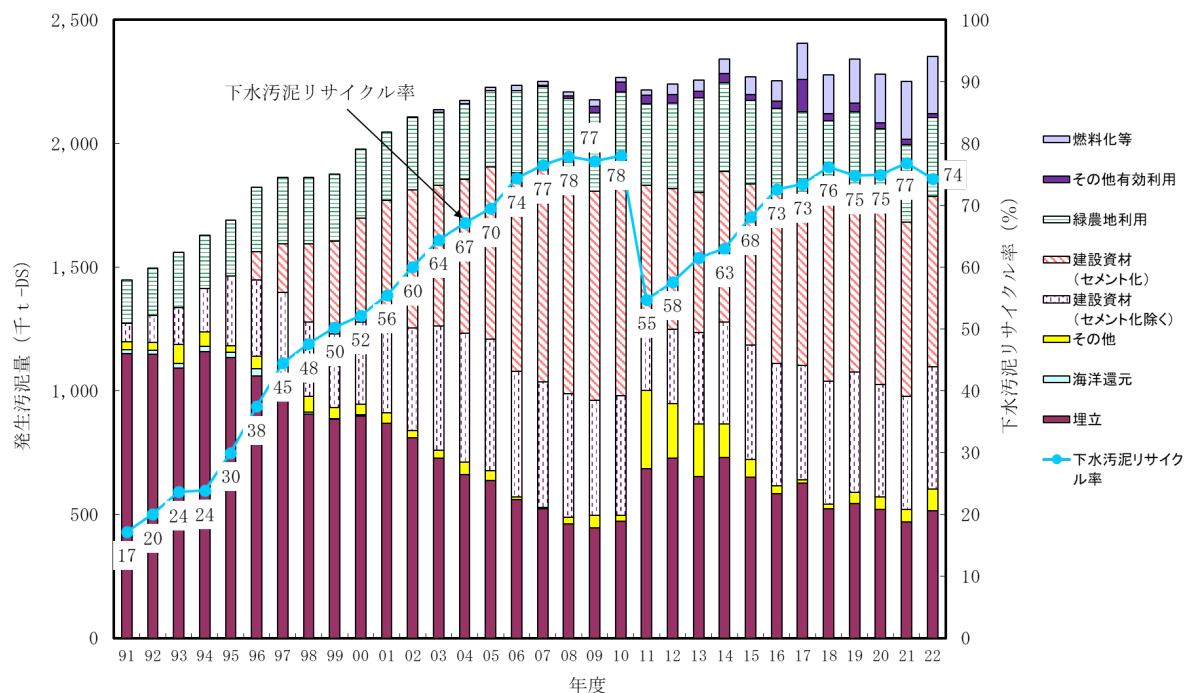
[解説]

(1) 下水道事業

令和 4 年度末時点で、下水の処理過程で発生する下水汚泥の量は年間約 235 万トン（乾燥重量）に達する規模となっている。このようななか、下水汚泥の有効利用は図 2-17 に示すように令和 4 年度時点で 80% 近くが有効利用されている（平成 23 年は、東日本大震災の影響により埋立処分や場内ストックの増加により急激に落ち込んでいるが、その後は順調に回復している）。

令和 4 年度における汚泥リサイクルの内訳は図 2-18 に示すとおり、建設資材（50%）が最も多く、次いで緑農地利用（14%）、燃料化等（10%）となっている。

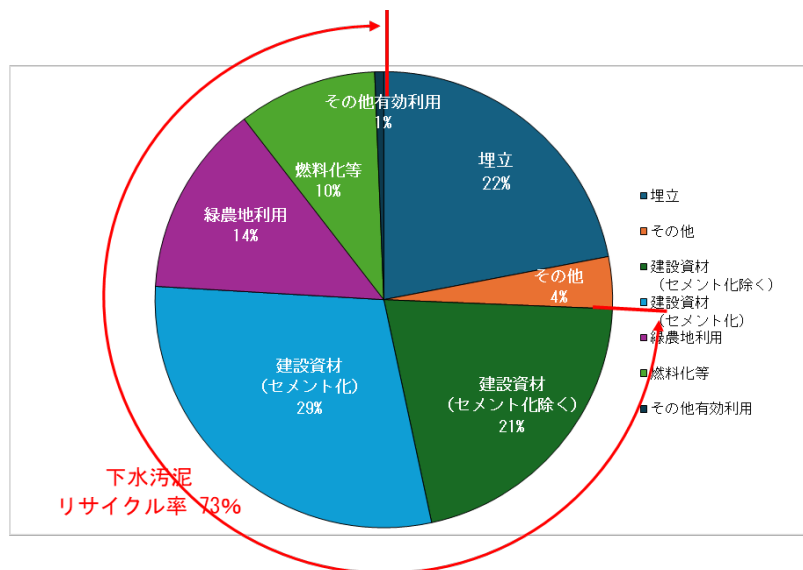
平成 27 年度の下水道法の改正により、下水道管理者の責務として、下水汚泥が燃料・肥料として再生利用されるよう努めることを明確化（第 21 条の 2）している。特に、消化工程からの余剰ガスの有効利用、焼却炉更新時における固形燃料化施設の導入が推進されている。



※汚泥処理の途中段階である消化ガス利用は含まれない。

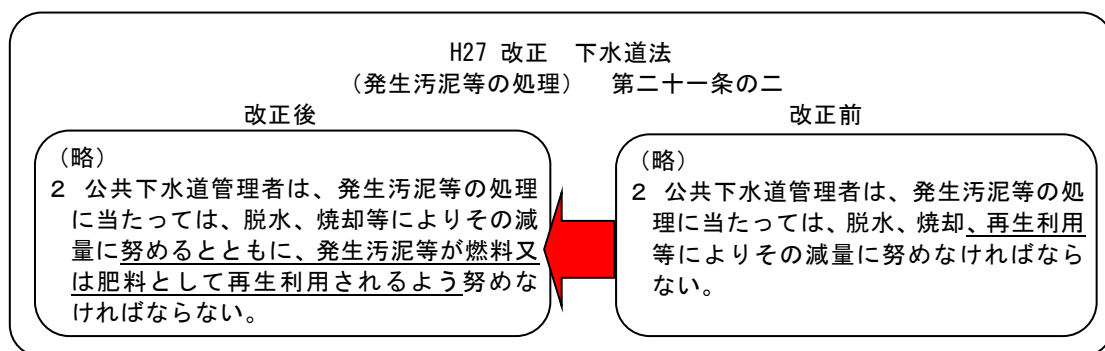
※2011年度のその他は、97.6%が場内ストックである。

図 2-17 下水汚泥のリサイクル率の推移



国土交通省 HP より

図 2-18 下水汚泥の処分・リサイクルの内訳(R4 年度)



下水道、集落排水、浄化槽などによる污水处理施設は、一定の採択条件が満たされれば、これらの施設を共有化、共同化して下水道事業として整備できる「下水道広域化推進総合事業」が平成 30 年度から実施^{注)}されている。当該事業では、集落排水施設や浄化槽から収集される汚泥について、下水道施設で脱水等の共同汚泥処理を行うことが可能であり、また統合に必要な管渠の整備も対象となっている。人口減少が進むなかで、汚泥処理能力に余裕がある場合には、市町村域全体の維持管理の効率化を図っていく観点から有効な方策である(図 2-19 参照)。

注) 下水道広域化推進総合事業は、平成 7 年度より実施している「污水处理施設共同整備事業 (MICS)」及びその他の共同化関連事業 (流域下水汚泥処理事業、特定下水道施設共同整備事業 (スクラム)) を統合し、かつ、計画策定、し尿の受入、処理場への流入管渠整備も補助対象とした事業

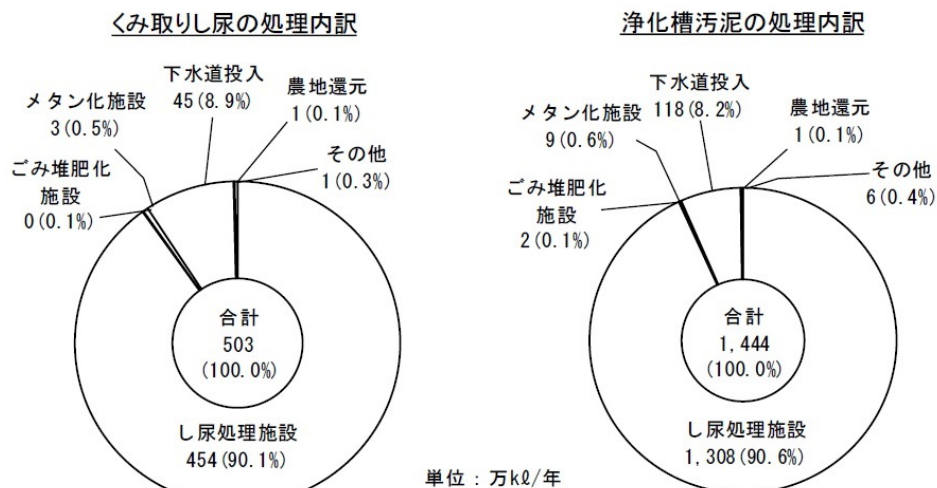


図 2-19 汚泥の共同処理

下水道事業の広域化・共同化について (H30.2) 国土交通省資料より

(2) し尿処理施設

くみ取りし尿及び浄化槽汚泥の処理量は、図 2-20 に示すとおり合計 1,947 万 kl（令和 4 年度）で、くみ取りし尿及び浄化槽汚泥の処理は、それぞれ約 93%がし尿処理施設で処理をされている。次いで下水道投入がそれぞれ 8.9%、8.2%となっている。し尿処理施設又は下水道投入によって処理された量は合計で 1,925 万 kl（98.9%）である。

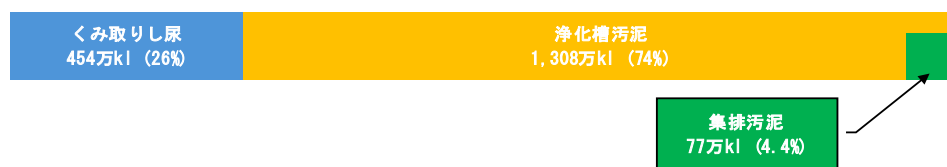


一般廃棄物処理事業実態調査結果（令和 4 年度調査結果：環境省）

図 2-20 くみ取りし尿及び浄化槽汚泥の処理の内訳

し尿処理施設は、し尿および浄化槽汚泥等の一般廃棄物を処理し公共用水域へ放流するための施設であり、市町村や行政組合などが設置、管理するものである。図 2-20 に示すとおり、し尿処理施設では、令和 4 年度にし尿及び浄化槽汚泥の合計 1,762 万 kL を処理している。

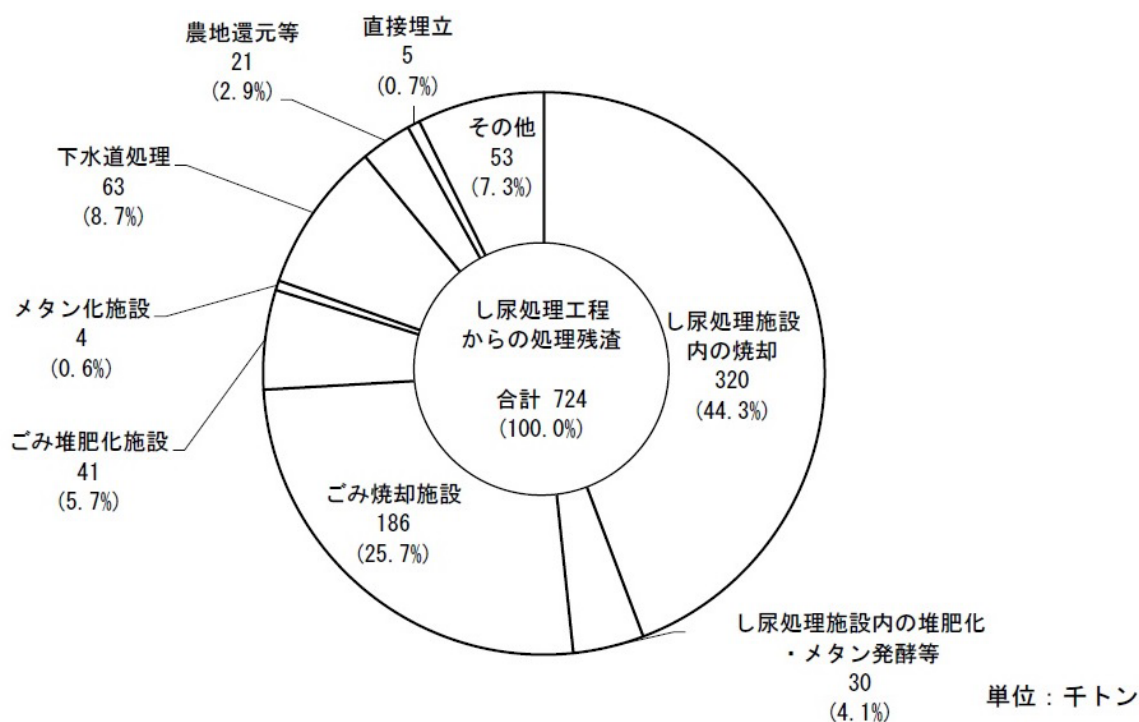
集落排水施設は、集合処理であるものの、法律上、浄化槽法に基づく浄化槽である。そのため、発生した集排汚泥（約 121 万 kL）の約 64%が浄化槽汚泥として、し尿処理施設で処理（ $121 \times 64\% = 77$ 万 kL）されている。し尿処理施設における集排汚泥の処理割合は 4.4%程度である（図 2-21 参照）。



一般廃棄物処理事業実態調査結果（令和 4 年度調査結果：環境省）と集排汚泥再生利用より作成

図 2-21 し尿処理施設における集排汚泥の割合

し尿処理工程から発生する処理残さは 77 万トンであり、し尿処理施設内及びごみ焼却施設での焼却量が全体の 70%を占めており、その後に焼却灰等の一部が再生利用されていると考えられる。また、下水道処理が 8.7%あり、堆肥化施設及び農地還元等での処理が 8.6%となっている（図 2-22 参照）。



一般廃棄物処理事業実態調査結果（令和 4 年度調査結果：環境省）

図 2-22 し尿処理施設の処理工程からの処理残さの処理内訳

し尿処理施設に搬入されるくみ取りし尿、浄化槽汚泥の変化については、浄化槽汚泥がほぼ変わらない（ピーク時 H18/直近 R4 比で 93%）のに対して、くみ取りし尿は H10/直近 R4 比で 28%まで減少している。また、処理施設の老朽化が進んでおり、供用開始から 25 年以上経過した施設数が 63%となっており、全体処理能力の 61%を占める（図 2-23～2-25 参照）。

このようななか、搬入状況の変化（し尿等収集量の減少や浄化槽汚泥混入率の増加による処理効率の低下）、処理施設の老朽化（処理設備の老朽化とそれに伴う処理機能の低下）、財政逼迫と社会的要求（適正な整備運営に対するし尿処理財源の減少など）の状況を受けて、し尿処理広域化マニュアル（H22.3）、広域化・共同化計画策定マニュアル（R2.4）が策定され、施設の効率的な運営のために広域化が進められている。

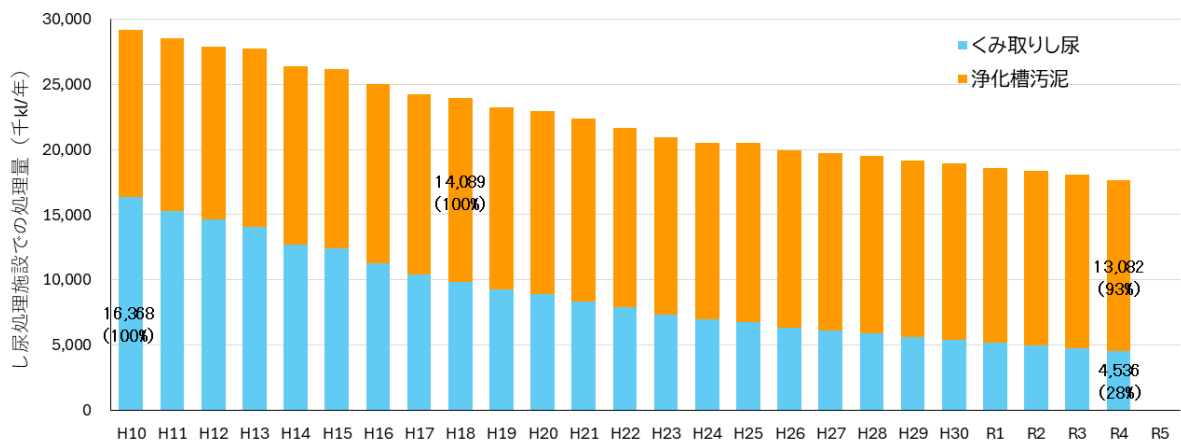


図 2-23 し尿処理施設での処理状況の推移

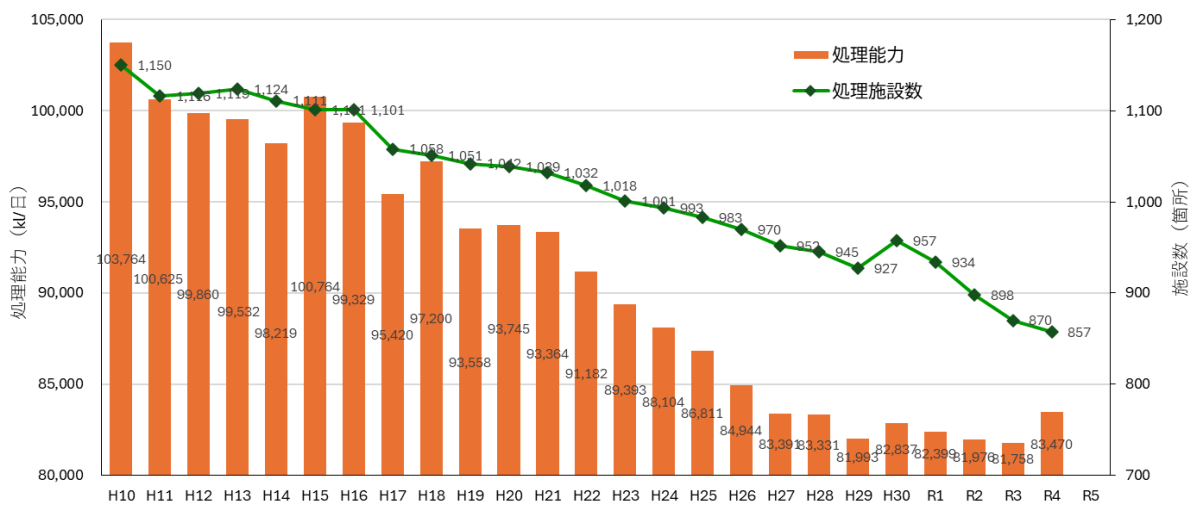


図 2-24 し尿処理施設の整備状況

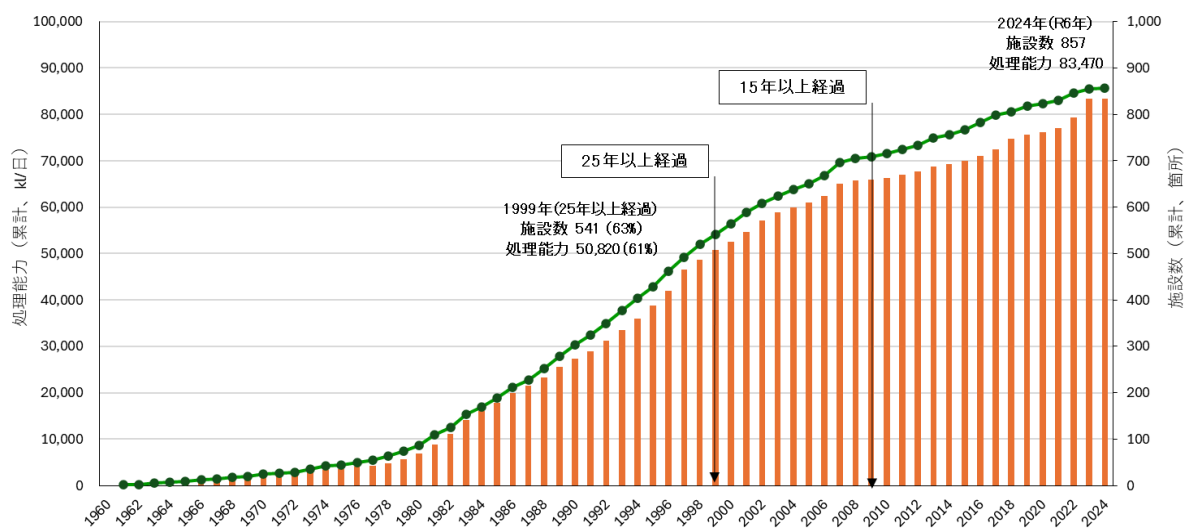


図 2-25 し尿処理施設 稼働施設経過年数

※図 2-23～25 は、一般廃棄物処理事業実態調査結果（環境省）より作成

===【広域化・共同化計画策定マニュアル(令和2年4月)】=====

1-1 広域化・共同化計画策定の目的

広域化・共同化計画は、人口減少に伴う使用料収入の減少、職員数の減少による執行体制の脆弱化や既存ストックの大量更新期の到来などの汚水処理施設の事業運営に係る多くの課題を踏まえ、持続可能な事業運営を推進するために策定する。

1-2 マニュアルの適用範囲

本マニュアルは、都道府県が広域化・共同化計画を策定（見直しを含む）する際に適用する。

また、本マニュアルを適用する事業は、汚水処理に係る下水道事業、集落排水事業、浄化槽事業等である。

1-3 広域化・共同化計画の策定手順

広域化・共同化計画は、以下の項目を調査・検討することにより策定する。

- ・基礎調査
- ・広域化・共同化ブロック割の検討
- ・広域化・共同化メニュー案の検討
- ・広域化・共同化メニューの効果検討
- ・広域化・共同化計画への位置づけに向けた具体的な検討
- ・広域化・共同化計画のとりまとめ

1-4 広域化・共同化計画の策定体制

都道府県が主体となり、市町村と連携して広域化・共同化計画を策定する。また、検討にあたっては、汚水処理に係る部局（下水道、集落排水、浄化槽）のみならず、し尿処理部局も参画することが望ましい。

広域化・共同化計画を策定するにあたっては、都道府県は管内市町村の基礎調査、ブロック割、連携グループの詳細検討を行い、市町村は当事者間の具体的な検討を行う。都道府県と市町村の間で役割分担を行い、効率的に作業を進めるものとする。

また、下水道公社や日本下水道事業団などの公的機関や学識経験者の参画も有効である。

1-5 関連計画との調整

広域化・共同化計画を策定するにあたっては、各市町村の汚水処理施設の整備・改築に関する構想や計画等の関連計画と調整しつつ、作業を進めるものとする。

なお、都道府県構想の見直しの際には、必要に応じて広域化・共同化計画についても見直しを図ることとする。

（広域化・共同化計画策定マニュアル（令和2年4月）1 総論 から抜粋）

===【広域化・共同化計画策定マニュアル(令和2年4月)】=====

---【参考文献等】-----

- 1) 肥料の安定供給や下水汚泥の再生利用の促進等に係る各種施策及び計画 ※巻末の P 参考-〇〇参照
- 2) 肥料をめぐる情勢（令和 6 年 12 月、農林水産省農産局技術普及課）
- 3) 農業集落排水バイオ肥料ハンドブック（案）（平成 27 年 3 月、一般社団法人 地域環境資源センター）
- 4) 農業集落排水汚泥利用マニュアル（案）（平成 16 年 7 月、社団法人 地域資源循環技術センター）
- 5) 土地改良事業計画指針「農村環境整備」第 3 章農業集落排水施設（平成 18 年 11 月、農林水産省農村振興局農村政策課）
- 6) 肥料の品質の確保等に関する法律（旧「肥料取締法」）（昭和 25 年制定、法律第 127 号／令和 5 年改正、法律第 36 号）
- 7) 肥料の品質の確保等に関する法律に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件（令和 6 年 7 月、農林水産省告示第 1360 号）
- 8) 汚泥資源を利用した肥料成分を保証可能な新たな公定規格「菌体りん酸肥料」について（令和 5 年 9 月、農林水産省消費・安全局農産安全管理課）※「第 2 回 汚泥資源を利用した肥料成分を保証可能な新たな公定規格案（菌体りん酸肥料）に関する説明会」より
- 9) 農業集落排水施設実施状況調書（令和 5 年度末時点、農林水産省農村振興局地域整備課）
- 10) 持続的な污水处理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル（平成 26 年 1 月、農林水産省・国土交通省・環境省）
- 11) 土地改良長期計画【令和 3 年度～7 年度】（令和 3 年 3 月、閣議決定）
- 12) 下水汚泥のリサイクル率の推移、下水汚泥の処分・リサイクルの内訳（国土交通省ホームページ）
- 13) 下水道法（昭和 33 年制定、法律第 79 号）
- 14) 下水道事業の広域化・共同化について（平成 30 年 2 月、国土交通省水管理・国土保全局下水道部）
- 15) 一般廃棄物処理事業実態調査結果（平成 10 年度～令和 4 年度、環境省）
- 16) 広域化・共同化計画策定マニュアル・改訂版（令和 2 年 4 月、総務省・農林水産省・国土交通省・環境省）