



第4回 下水道スタートアップチャレンジ

下水道を活用したサーキュラーエコノミー

2020年10月19日

MRI 株式会社三菱総合研究所

サステナビリティ本部

「サーキュラーエコノミー」とは？

- 資源消費量に依存しない経済成長(デカップリング)を目的とした概念
- サーキュラーエコノミーの達成には「三つの原則」が必要

原則1 必要以上に採取しない

再生可能資源はフローを均衡させ、有限資源はストックを制御することで、自然資本を保全・強化する

OUTLINE OF A CIRCULAR ECONOMY

PRINCIPLE 1

1 採取
Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows
ReSOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange

採取

再生可能資源

Renewables



有限資源

Finite materials

Regenerate

Substitute materials

Virtualise

Restore

Renewables flow management

Stock management

原則2 資源は循環させて使う

製品、部品、及び原料を循環させて活用することで、有用性を最大化する(ループは小さいほど良い)

- 技術的サイクル: 人工物
- 生物学的サイクル: バイオ由来

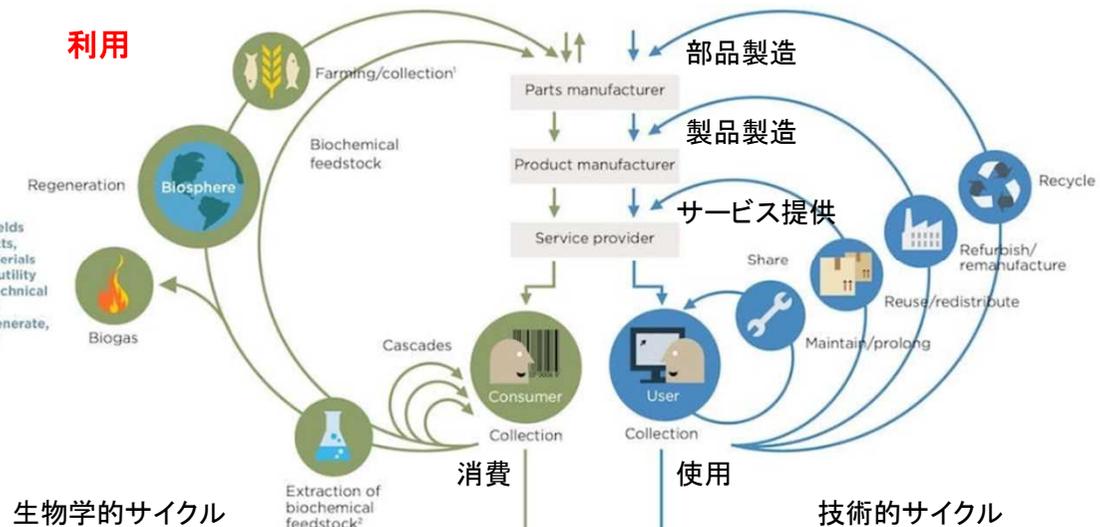


本日はココに注目

PRINCIPLE 2

2 利用
Optimise resource yields by circulating products, components and materials in use at the highest utility at all times in both technical and biological cycles
ReSOLVE levers: regenerate, share, optimise, loop

利用



PRINCIPLE 3

3 廃棄
Foster system effectiveness by revealing and designing out negative externalities
All ReSOLVE levers

廃棄

Minimise systematic leakage and negative externalities

原則3 廃棄の影響は最小に

システムの有効性を高め、外部への負の影響を最小化する

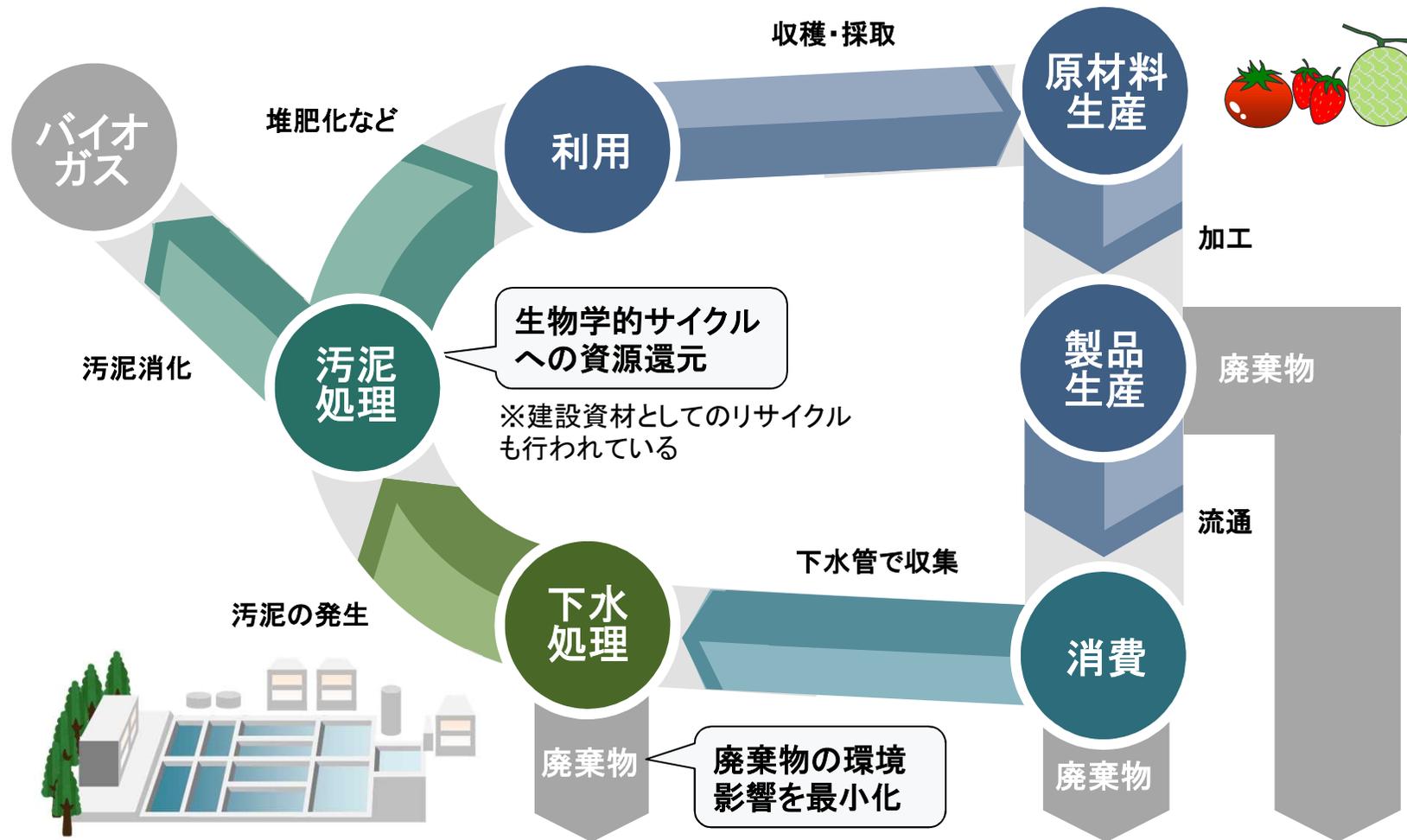
出所) エレン・マッカーサー財団 “Circular Economy System Diagram” (図中日本語はMRI加筆)

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic>

1. Hunting and fishing
2. Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input
Source: Ellen MacArthur Foundation, SLN, and McKinsey Center for Business and Environment; Drawing from Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C).

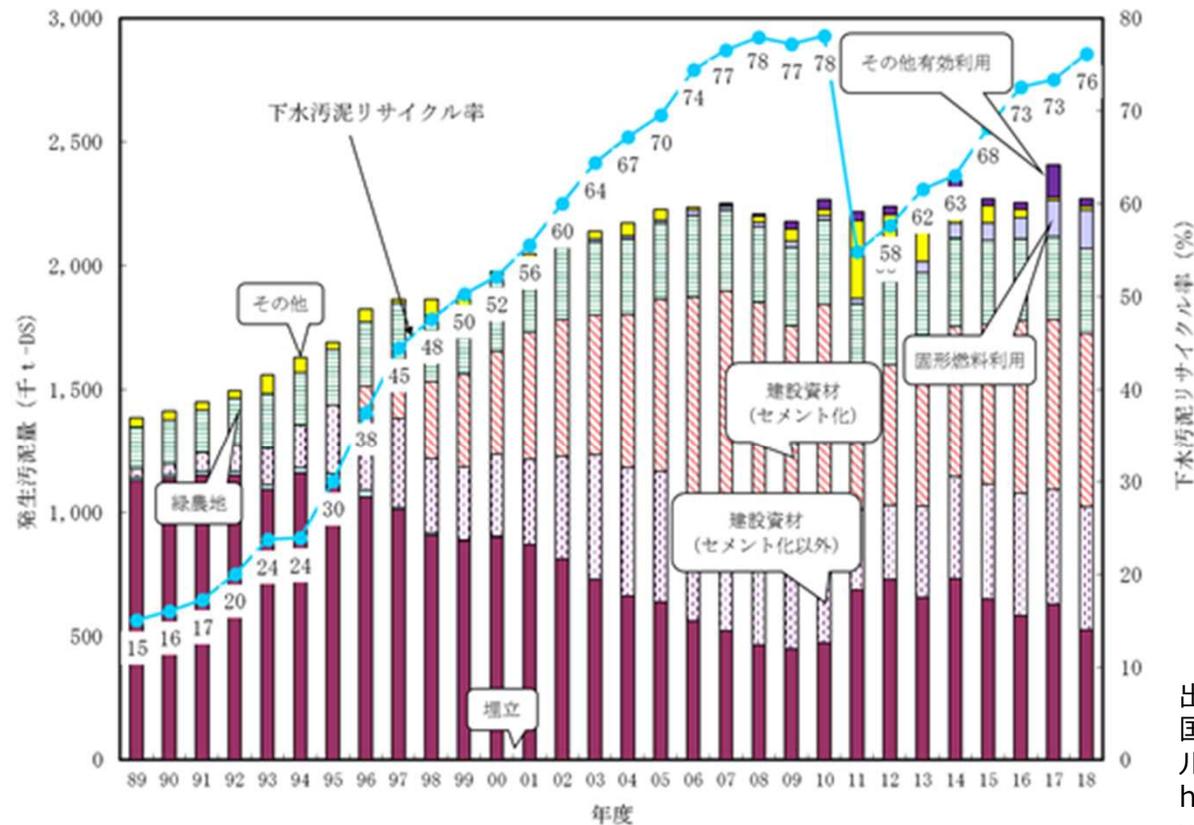
下水道業界周辺の生物学的フロー（現状で考えられる理想形）

- 従来、下水処理場は廃棄物の負の影響を抑える施設として作用（原則3）
- 今後は、生物学的サイクルを形成する一員としての寄与強化に期待（原則2）



下水汚泥利活用の現状

- 2018年度の下水汚泥242万トンのうち、緑農地に利用されたのは34万トン（約14%）。
- 下水汚泥の多くがバイオマスとしては未利用となっている。
（約50%は建設資材として活用されているため、有効利用率は76%と高いが……）
- 国土交通省は、燃料・肥料としての下水汚泥の利用率を高めたいとの方針を掲げる。



※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。

留意点

- 汚泥処理の途中段階で生じる「バイオガス」も燃料として活用され得るが、本統計は処理が終了した脱水汚泥等の活用状況を示している。
- 2011年は、東日本大震災の影響により、埋立や処理場内へのストックが増加した。

出所)

国土交通省、「下水道における資源・エネルギー利用」

https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000124.html

（最終閲覧日：2020/10/2）

【参考】下水汚泥(脱水汚泥)の成分

項目	単位	冬季	春季	夏季	秋季	
含水率	%	11.0	10.0	15.4	11.6	
灰分	%/TS	18.4	18.0	17.1	16.5	
元素組成 C	% dry	43.4	41.3	42.3	45.8	
元素組成 H	% dry	6.15	6.52	6.51	6.92	
元素組成 N	% dry	7.17	6.78	6.47	6.99	
元素組成 O	% dry	23.6	24.4	25.6	22.5	
全硫黄	mg/kg dry	13000	31000	21000	12000	
全塩素	mg/kg dry	330	350	320	400	
灰組成	Al ₂ O ₃	%	7.31	6.81	7.87	8.32
	Fe ₂ O ₃	%	23.3	24.5	25.3	15.9
	SiO ₂	%	16.3	15.4	16.1	20.5
	CaO	%	10.3	9.97	9.30	11.5
	MgO	%	5.02	4.79	3.40	4.08
	Na ₂ O	%	0.50	0.58	0.40	0.47
	P ₂ O ₅	%	28.7	21.9	21.3	23.9
	K ₂ O	%	1.22	1.04	0.71	1.18
	TiO ₂	%	0.87	0.91	0.95	0.89
	MnO	%	0.25	0.36	0.26	0.16
	SO ₃	%	0.54	2.54	1.47	0.77
固定炭素	% dry	17.1	16.6	10.1	12.1	
高位発熱量	J/g dry	19400	18300	18800	19900	
総発熱量	J/g wet	17,266	16,470	15,905	17,592	
かさ比重 (かため)	—	0.558	0.565	0.584	0.508	
かさ比重 (ゆるめ)	—	0.479	0.522	0.536	0.458	

有機成分80%、無機成分20%

有機成分

- 乾燥重量の約半分は炭素
- C/N比は6~10程度

無機成分

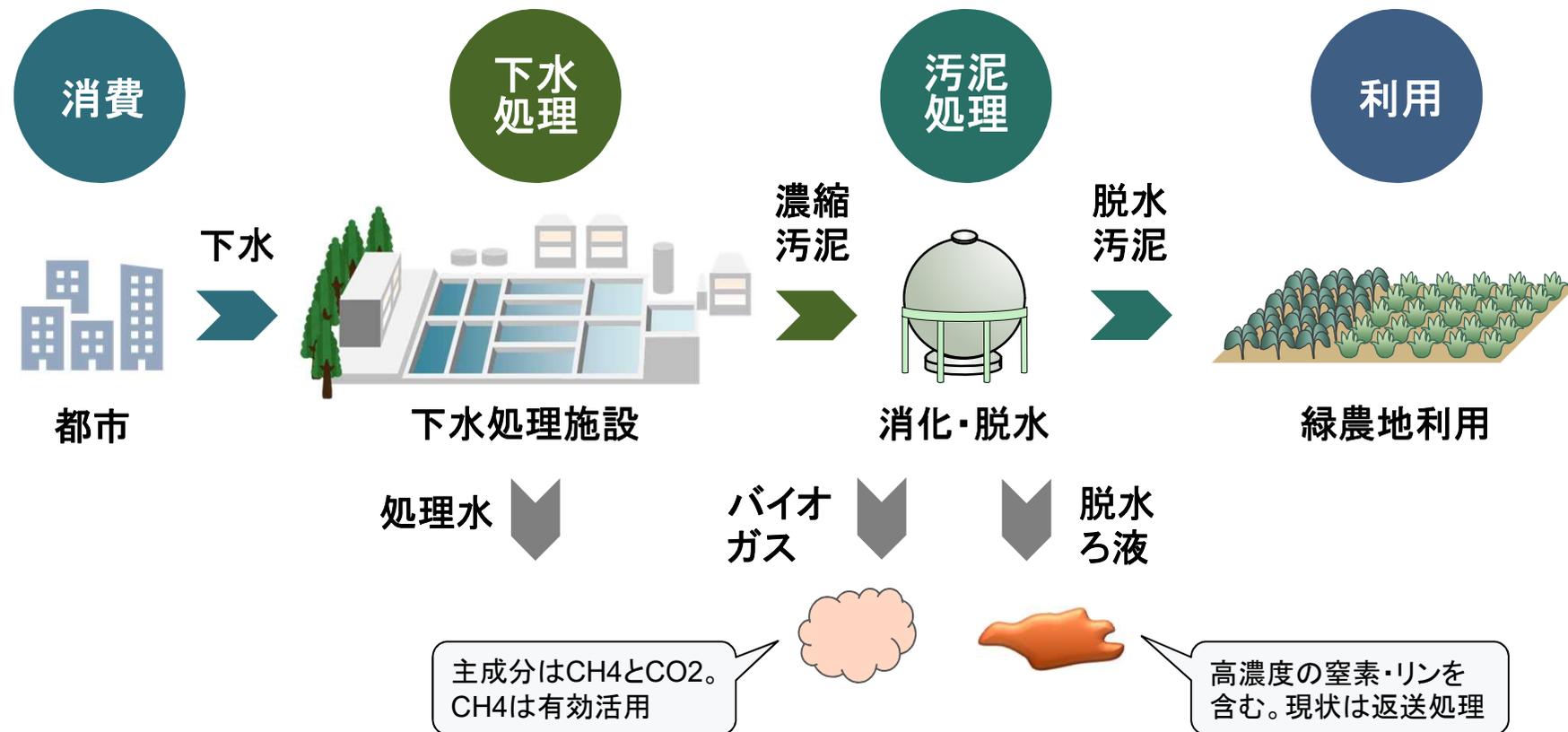
- 無機成分の20%程度はリン
- 凝集剤由来の元素も含まれる

発熱量は約20 MJ/kg-dryであり、
石炭よりやや低い程度
(石炭は25 MJ/kg程度)

出所)国土交通省 国土技術政策総合研究所 資料「脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術導入ガイドライン(案)」、2019年、P48
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutn/tnn/tnn1058pdf/ks105807.pdf>

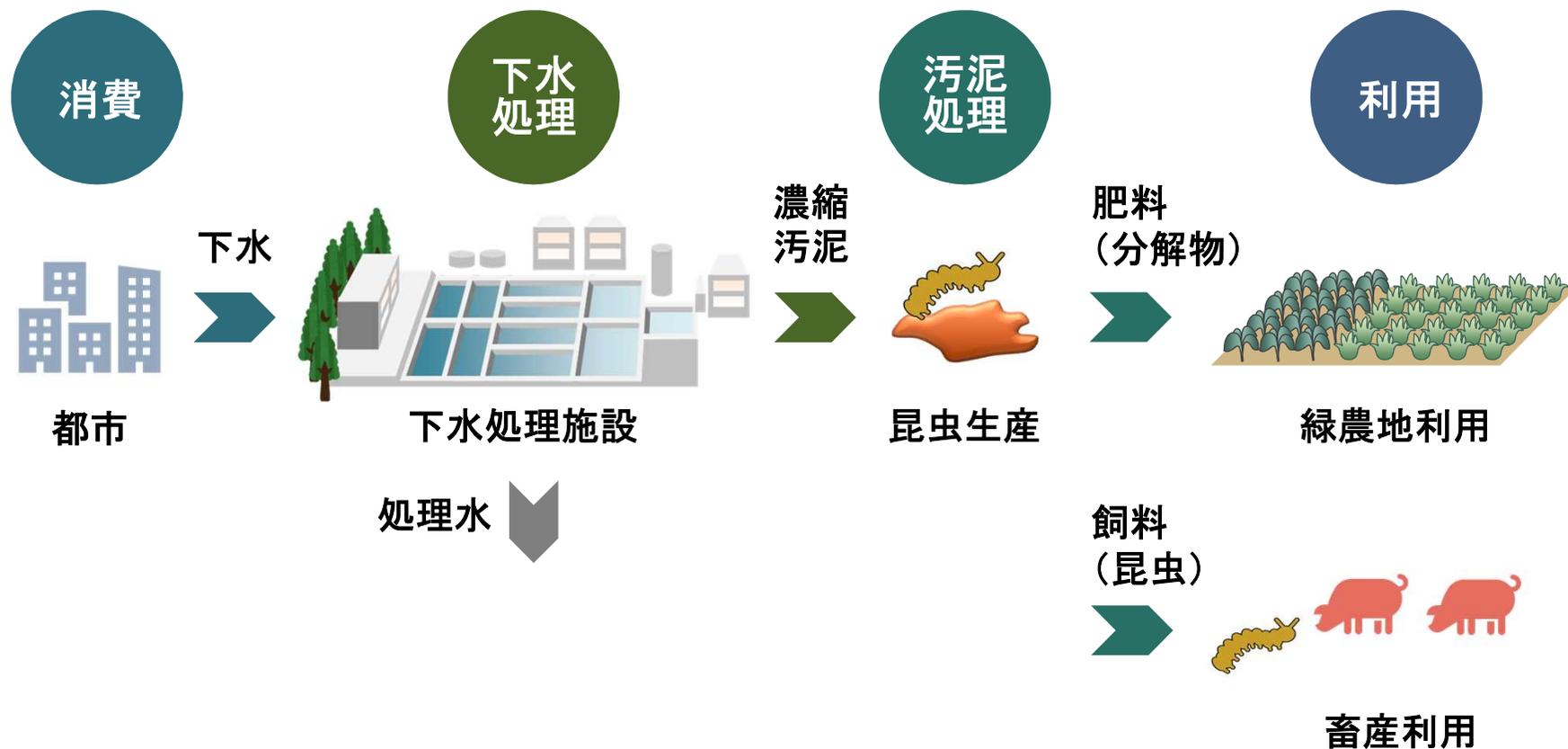
下水処理・汚泥処理のフロー（現状の緑農地利用）

- 現状の下水処理・汚泥処理フローでは、下水処理施設で生じた汚泥（濃縮汚泥）を、消化・脱水した後、緑農地利用する取組みが進められている（例：BISTRO下水道）。
→ 汚泥利用のバリエーションを増やし、より多くの有機物を有効活用できないか？



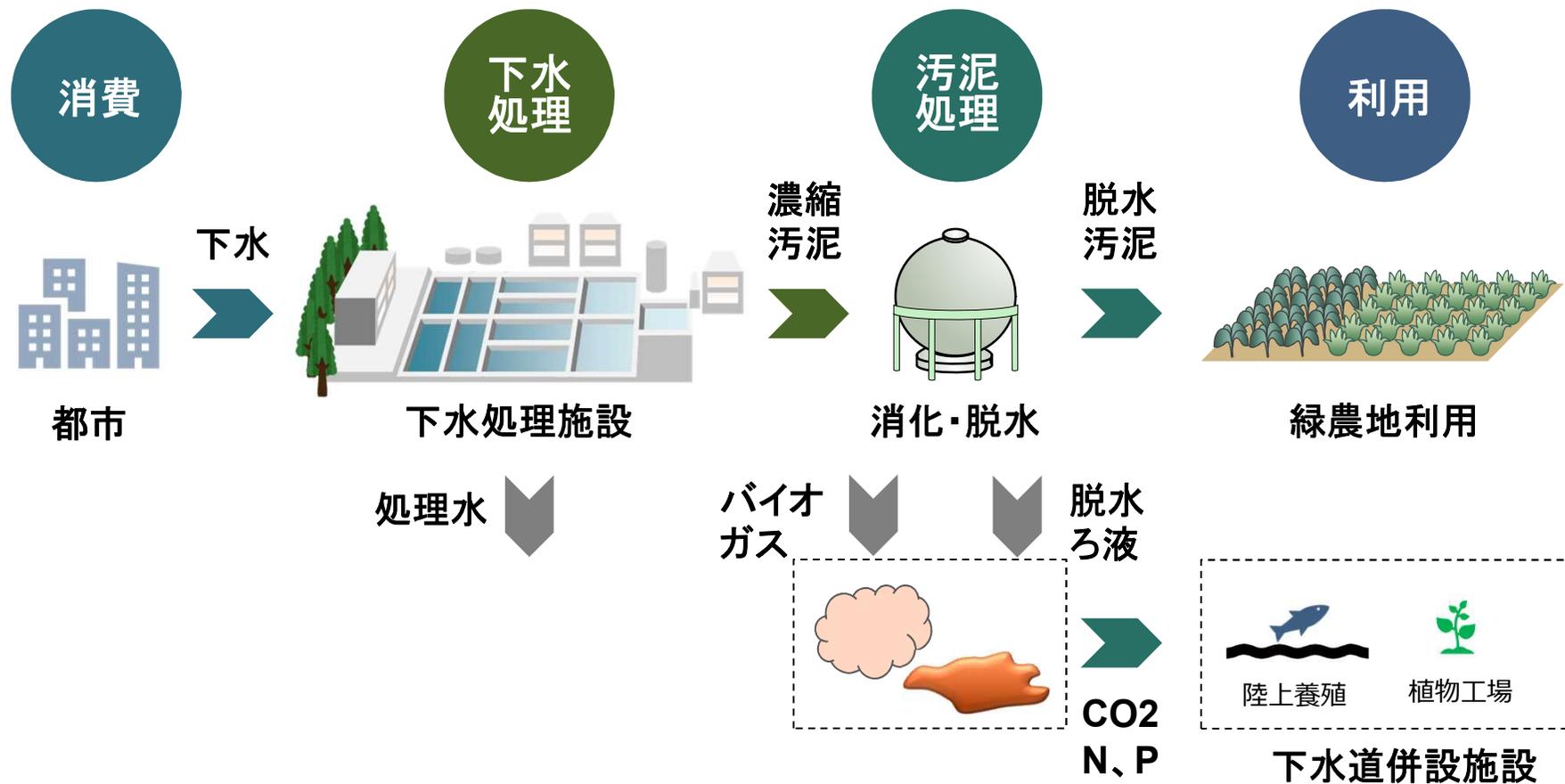
汚泥処理に関するご提案 ① 昆虫生産

- 昆虫に有機系廃棄物を分解させ、「飼料」(成長した昆虫)と「肥料」(分解された有機物)を生産する技術がある。
- 濃縮汚泥を昆虫に分解させることで、汚泥を「肥料」と「飼料」に変えられないか？



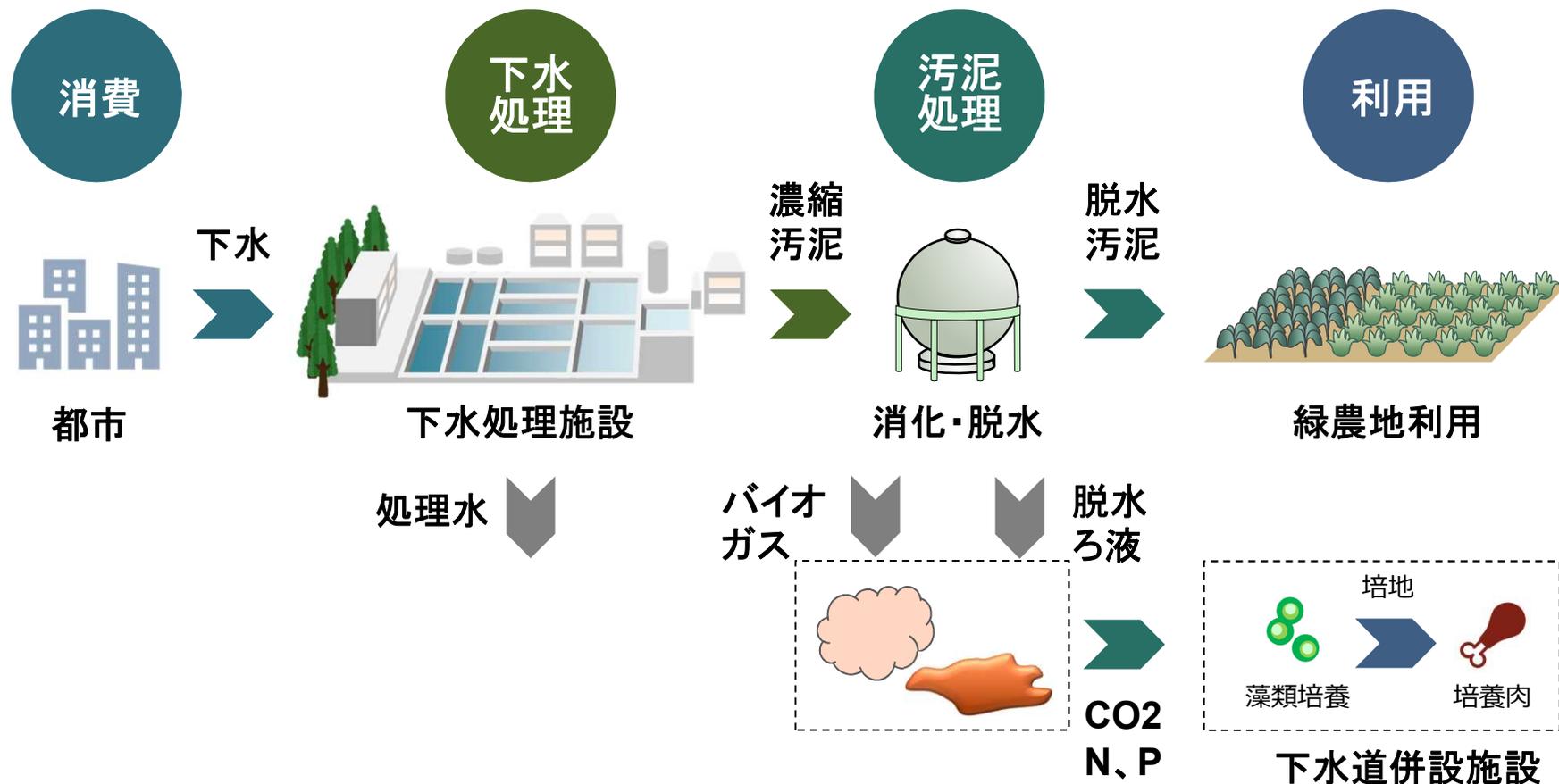
汚泥処理に関するご提案 ② 陸上養殖・植物工場

- 新しい一次産業のあり方として、「陸上養殖」や「植物工場」が注目されている。
- 消化・脱水の過程で生じた栄養塩やCO₂を「陸上養殖」や「植物工場」に供することは考えられないか？



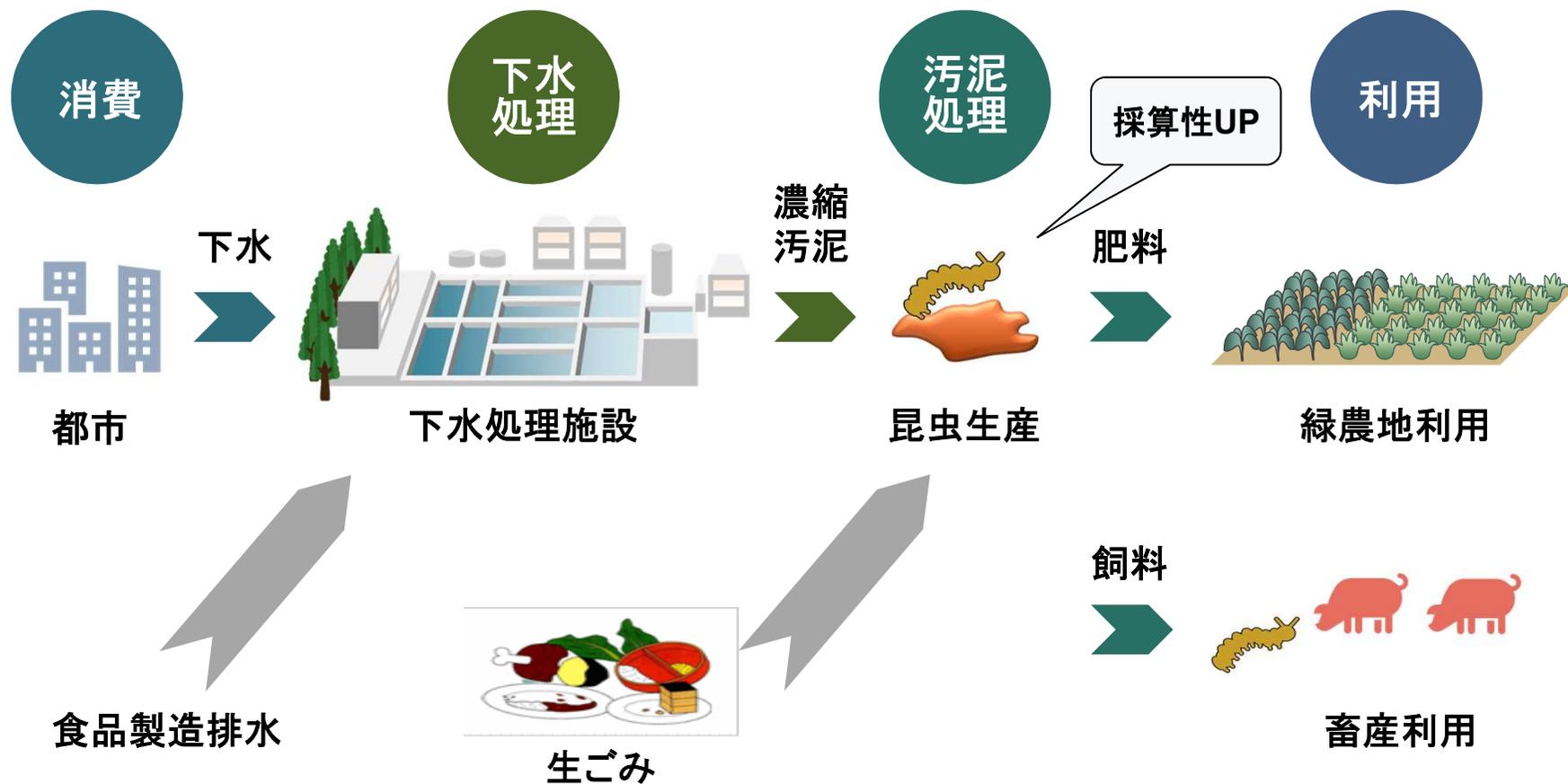
汚泥処理に関するご提案 ③ 藻類培養・培養肉

- バイオリアクターを用いて、培地の中で動物の細胞を成長させる「培養肉」技術が、近年注目されている。
- 消化・脱水の過程で生じた栄養塩とCO₂で藻類を培養し、これを培地として付加価値の高い「培養肉」を製造できないか？



その他の視点：有機系廃棄物の受入れ

- 事業の採算性を高めるためには、他セクターの有機系廃棄物を下水道に集約し、資源回収の拠点とすることが望ましい(例：下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ)。
- 地域の生ごみや食品製造排水などを下水道事業で受け入れることはできないか？



【参考】下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ

- 国土交通省では、「生ゴミ等の地域で発生するバイオマスを下水汚泥とあわせてエネルギーとして利用する取組」や「近年頻発する災害に対応するため下水処理場を災害時のエネルギー供給施設としての活用する取組」を支援
- 取組を検討する地方公共団体に対し、助言や意見交換の機会を提供

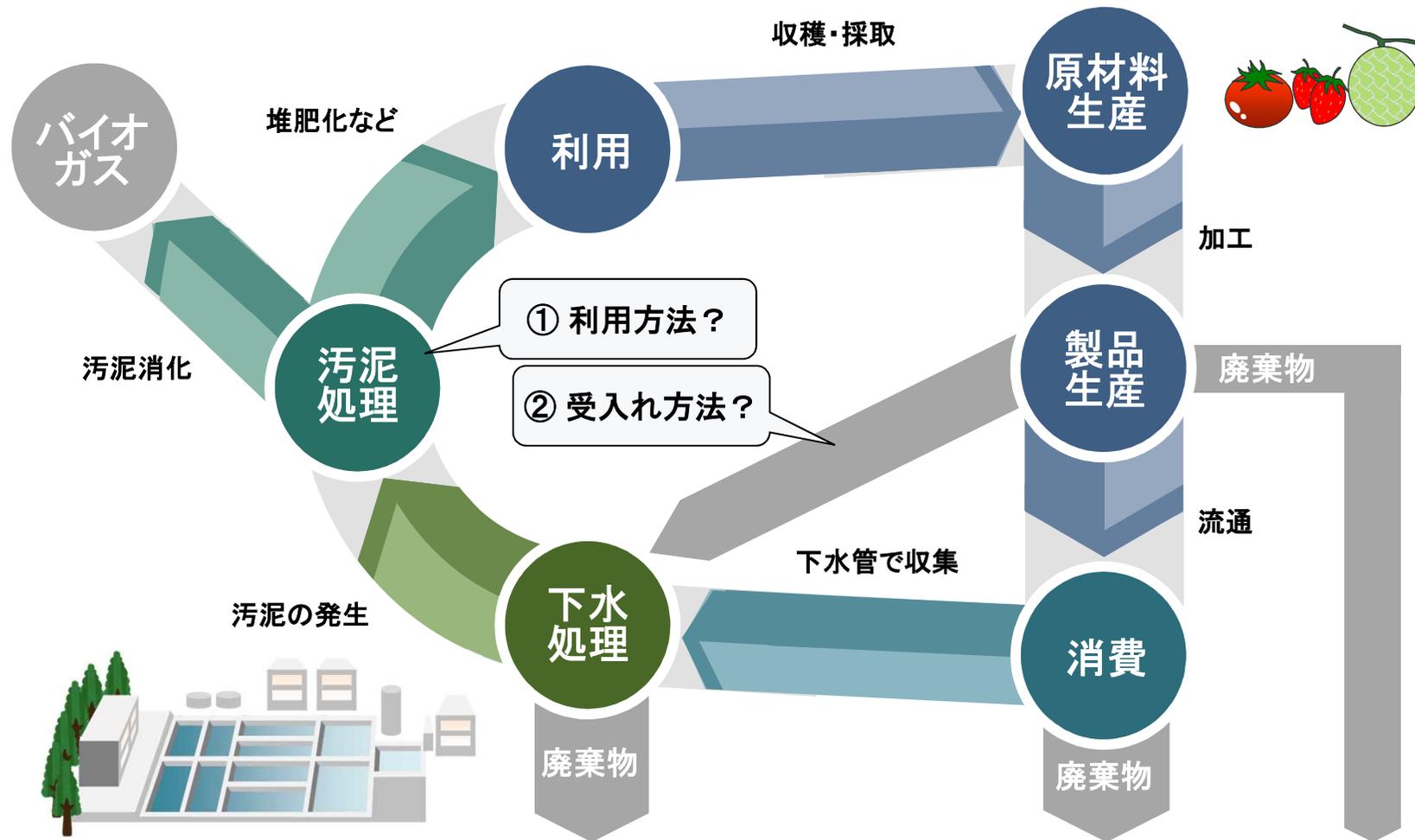


出所)国土交通省、「『下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ』の公募を開始します」(2020年5月)

https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000676.html (最終閲覧日:2020/10/2)

本日のポイント

- 汚泥利用の新しい提案ができないか？
- 他セクターで発生する廃棄物を下水処理場に集約できないか？



本日のプログラム

開会 (15:00~15:10)

- ・ 前回の振り返り 国土交通省・株式会社三菱総合研究所
- ・ 意見交換会開催の趣旨説明 株式会社三菱総合研究所

第1部 プレゼンテーション (15:10~16:00)

- 「細胞農業イニシアチブ」(インテグリカルチャー株式会社)
- 「再生水・下水熱を利用した陸上養殖」(IMTエンジニアリング株式会社)
- 「都市農業としての植物工場」(株式会社プランテックス)
- 「下水道資源を活用した昆虫生産(仮)」(株式会社ムスカ)
- 「食文化創造都市鶴岡のBISTRO下水道」(鶴岡市)
- 「佐賀市上下水道局が取り組むサーキュラーエコノミー」(佐賀市)

第2部 パネルディスカッション (16:00~16:55)

IMTエンジニアリング株式会社、株式会社プランテックス、株式会社ムスカ、日本細胞農業協会(東京女子医科大学)、鶴岡市、佐賀市

閉会 (16:55~17:00)