

本編

第1章 総則

- 目的
- ガイドラインの適用範囲
- ガイドラインの構成
- 用語の定義

◆下水道事業における大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー効果の増大に寄与するため、革新的技術の「消化汚泥からのリン除去・回収技術」について、実証研究の成果を踏まえて技術的事項を明らかにし、導入を促進。
 ◆本ガイドラインは、地方公共団体などの下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように、技術の概要と評価(第2章)、導入検討(第3章)、計画・設計(第4章)、維持管理(第5章)、回収MAPの資源化(第6章)などに関する技術的事項についてとりまとめたもの。

技術の概要・特徴の把握

第2章 技術の概要

- 技術の概要・特長
- 実証研究に基づく評価の概要

1. 技術の概要(§6)

・消化槽からの消化汚泥引き抜きラインにリン除去・回収設備を設け、消化汚泥中のリン酸態リン(PO₄-P)をMAPとして晶析させ、除去・回収するとともに、消化槽内で既にMAPとなっている粒子(自然発生MAP)の一部も回収。
 ・機械攪拌式完全混合型反応槽により、脱水ろ液に比べ粘性の高い消化汚泥に対しても、効率よく安定したMAP晶析、回収が可能。

2. 技術の特徴(§7~11)

- ・消化汚泥から直接リンを除去・回収することにより、リン回収量が増加。
- ・高いリン除去率により返流水のリン負荷を低減する効果大きい。
- ・脱水処理工程でのリン除去用薬品添加量の削減
- ・スケールトラブルの低減
- ・汚泥発生量の低減
- ・回収MAPは肥料または肥料原料として利用可能な性状

3. 技術の適用条件(§12)

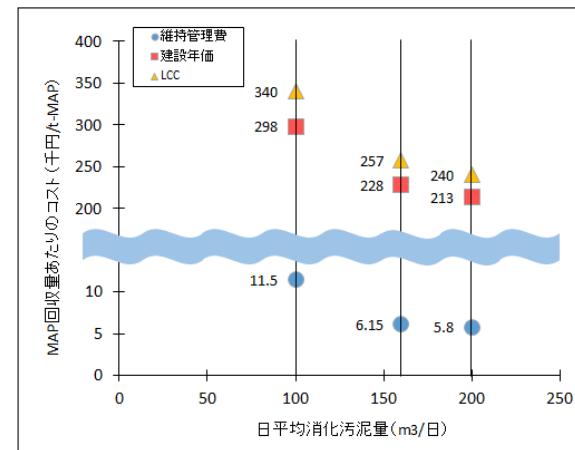
- ◆本技術導入の基本適用条件
- ・消化槽を保有又は新規に設置する
- ・消化汚泥中のリン酸態リン濃度が50mg/L以上

◆導入効果の高い処理場の例

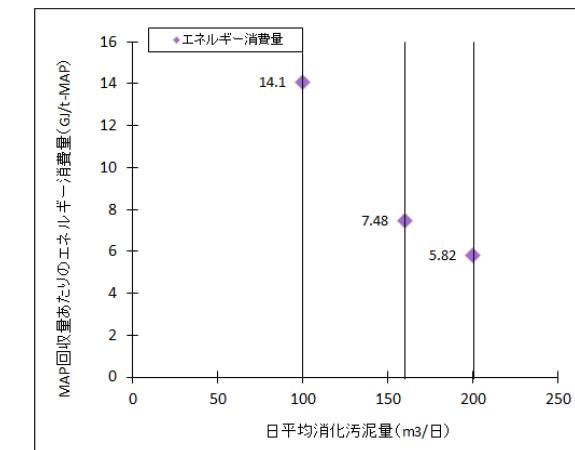
- ・消化汚泥中のリン酸態リン濃度が高い。
 - ①流入リン濃度の高い傾向にある分流式の処理場
 - ②生物学的リン除去を行っている
 - ③消化槽の新設や外部からのバイオマス等の受入れ等により、返流水リン負荷が増大
- ・凝集剤添加によるリン除去を実施している、または行う計画となっている。
- ・MAPによる機器や配管のスケールトラブルを抱えている。

4. 技術の評価(§14, 15)

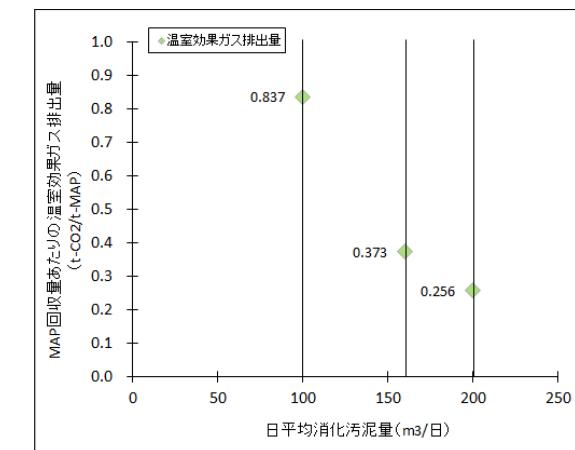
- ・本技術の導入により、逆流する脱水ろ液中のT-Pは85%以上低減
 - ・脱水ろ液からのMAP法に比べて、MAP回収量比が1.5倍以上増加
 - ・無機性リンの除去による汚泥量削減により汚泥固形物量が平均3.3%削減
 - ・スケールトラブルの低減
 - ・回収MAPは化成肥料として登録
 - ・本技術のコスト、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量について、MAP回収量を基準として試算※(右図)。
- ※汚泥固形物量削減効果を見込んだ試算結果



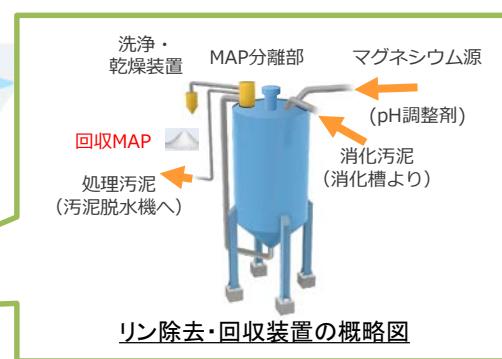
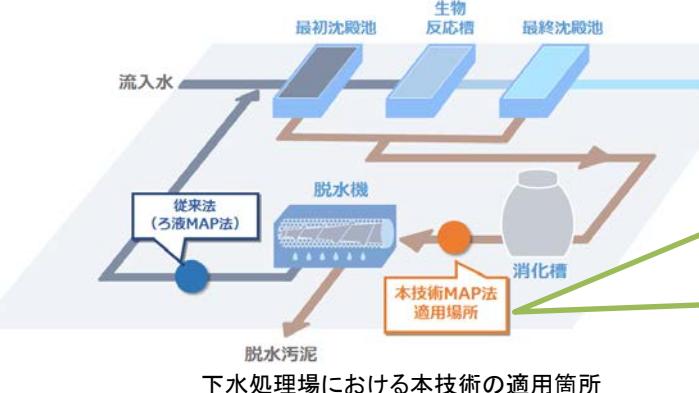
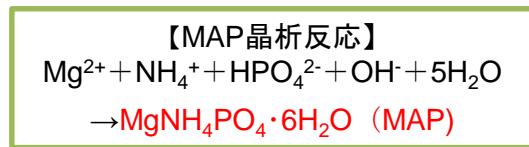
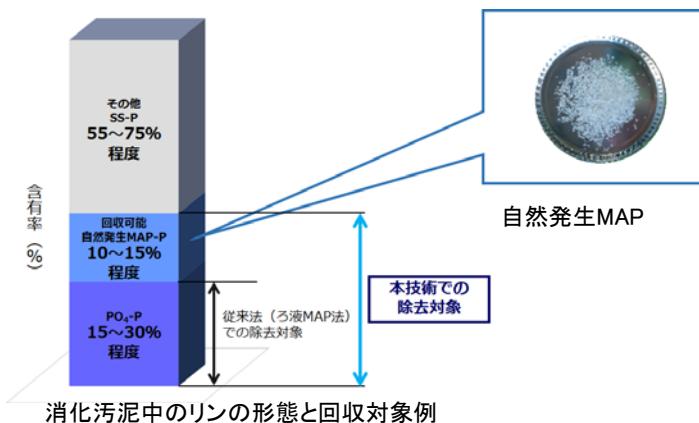
MAP回収量あたりのコスト(建設費、維持管理費、LCC)



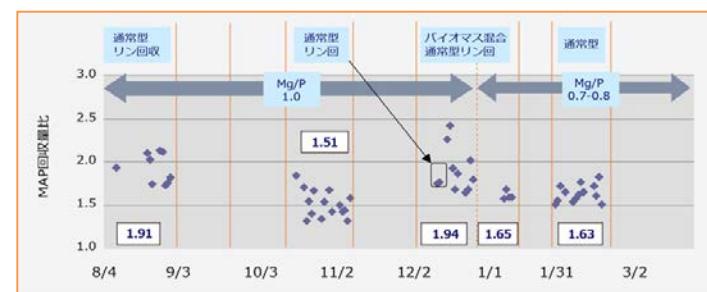
MAP回収量あたりのエネルギー消費量



MAP回収量あたりの温室効果ガス排出量



脱水ろ液のT-P除去率(経日変化)



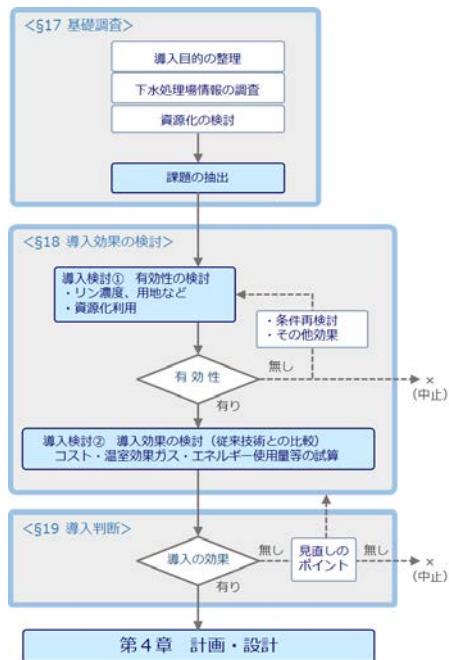
MAP回収量比(経日変化)

下水処理場における本技術の適用箇所

導入効果の把握

第3章 導入検討

- 導入検討手法
- 導入効果の検討例



導入検討フロー

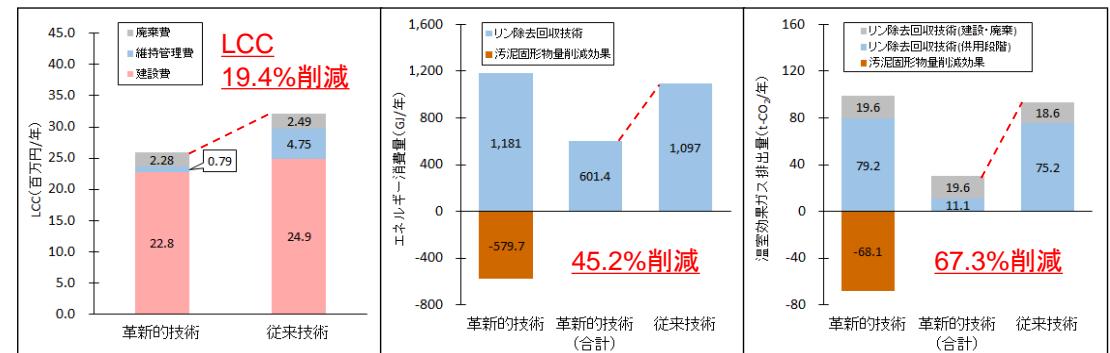
1. 導入検討手法 (§ 17,18,19)

- ◆基礎調査 (§ 17)
 - 処理場の現状・課題・関連計画を整理し、技術導入の目的・必要性を明確化。
- ◆導入効果の検討 (§ 18)
 - 導入検討①(導入の有効性に関する検討)
 - 対象原水のリン濃度を把握し、§ 12の適用条件を満足するかを確認。
 - 設備規模の類推から用地面積を概算し、設置スペースの有無を確認。
 - リン資源として有望な引取り先が期待出来れば資源化利用を検討。
 - 導入検討②(導入効果の検討)
 - 導入検討①で有効性が認められる場合、従来技術との比較を行う。
 - 本技術の試算は算定式を用いて行う。
- ◆導入判断 (§ 19)
 - 導入効果が見込まれると判断される場合には、本技術導入に係る意思決定を行い、第4章の計画・設計を行っていく。

2. 導入効果の検討例 (§ 20,21)

- ◆導入効果の試算条件 (§ 20)
 - 下水処理場規模: 50,000m³/日
 - 消化污泥: 污泥量...210m³/日(日最大)、168m³/日(日平均)
 - T-P濃度...650mg/L
 - PO₄-P濃度...150mg/L
 - 自然発生MAP-P...65mg/L
- ◆試算結果 (§ 21)
 - 建設費...8.35%削減、維持管理費...83.4%削減※
 - LCC...19.4%削減※
 - エネルギー消費量...45.2%削減※
 - 温室効果ガス排出量...67.3%削減※
 - ※污泥固形物量削減効果を見込んだ試算結果

回収MAP量
革新的技術
87.3 t-MAP/年
従来技術
47.5 t-MAP/年



本技術と従来技術との試算結果比較 (建設費、維持管理費、LCC、エネルギー消費量、GHG)

導入可能性を判断のうえ、導入に向けた具体的な検討に進む

第4章 計画・設計

- 導入計画
- リン除去・回収設備の設計

1. 導入計画 (§ 22~27)

- ◆基礎調査 (§ 23)
 - 第3章にて行った基礎調査を踏まえ、未策定の項目について情報収集・整理を行う。
- ◆施設計画の検討 (§ 24)
 - 計画諸元の設定、容量計算、配置計画の検討、維持管理計画、回収資源利用計画、財務計画
- ◆計画上の留意点 (§ 25)
 - 設計上の留意点、既設設備等への影響等
- ◆導入効果の検証 (§ 26)
 - 施設計画の検討に基づいて導入効果について再検討を行い、導入効果が得られるか検証。
- ◆導入計画のとりまとめ (§ 27)



2. リン除去・回収設備の設計 (§ 28~32)

- 流入条件の設定
 - 計画投入污泥量、流入PO₄-P、T-Pおよび自然発生MAP-Pの濃度や量を設定。
- 計画稼働日数
 - 污泥貯留設備、污泥脱水設備等の関連施設の設置状況や運転状況等を踏まえ設定。
- 装置型式の選定
 - 処理量および流入PO₄-P濃度等に見合った規模の選定を行なう。(右表)
- 装置台数の決定
- 設備仕様

リン除去・回収装置 標準型式表

型番	I型	II型	III型	IV型
槽容量(呼称容量)(m ³)	5	10	20	30
流入PO ₄ -P濃度	PO ₄ -P濃度毎の適用流量目安 (計画日最大污泥量(m ³ /日))			
	150mg/L	50~90	90~145	145~220
	200mg/L	50~75	75~125	125~180
250mg/L	50~65	65~105	105~160	160~210

第5章 維持管理

- 技術の維持管理

<運転管理項目>

- 流入、流出污泥中のリン酸、マグネシウム濃度の把握による水酸化マグネシウム添加量の管理。
- ②リアクタ内MAP濃度把握によるMAP引抜き頻度設定。

リン除去・回収装置の管理項目

測定対象	測定・分析項目	頻度	管理基準
消化污泥	処理量	1回/日	-
	T-P, PO ₄ -P, S-Mg, TS, pH	1回/週	添加Mg量を決定
処理污泥	処理量	1回/日	-
	T-P, PO ₄ -P, S-Mg, TS, pH	1回/週	-
リアクタ	pH, MAP濃度	2回/週	pH: 7.8~8.5(目安)

第6章 回収MAPの資源化

- 資源化の検討
- 回収MAPの流通と品質管理

1. 資源化の検討 (§ 35~38)



2. 回収MAPの流通と品質管理 (§ 39,40)

- 回収MAPの肥料主成分及び有害成分の含有量が安定的に一定の範囲内に収まっているかについて確認し、肥料登録申請を行う。
- 登録完了後、需要者との流通に関する条件確認・契約を行い流通させる。なお、品質管理にあたっての留意事項は以下のとおり。

 - 主要成分・有害成分の品質管理
 - 水分量の管理
 - 台帳の整備

実証研究結果

【実証研究概要】

- ◆研究名称：消化汚泥からのリン除去・回収技術に関する技術実証研究
- ◆実施者：水ing・神戸市・三菱商事アグリサービス 共同研究体
- ◆実施期間：平成24年6月～平成26年3月
- ◆実証場所：神戸市東灘処理場
- ◆実証目的：脱水ろ液によるリンの返流負荷の削減効果、ろ液MAP法と比較したリン回収量の増大効果、脱水汚泥固形物量の削減効果、汚泥脱水設備・配管におけるMAPスケール軽減効果、回収リンの肥料原料としての利用可能性、ならびにコスト削減効果や省エネルギー効果等を実証。

【実証施設概要】

- ◆導入箇所：消化汚泥から直接リンを除去・回収し、リン除去汚泥は専用脱水機で脱水する。
- ◆設置箇所：東灘処理場内
- ◆処理量：4.125t-DS/日（消化汚泥消化汚泥量239m³/日）
- ◆処理能力：脱水ろ液中のT-P削減率80%以上（消化汚泥中のPO₄-P除去率88%）
- ◆MAP回収量：360kg-MAP/日（試算値）

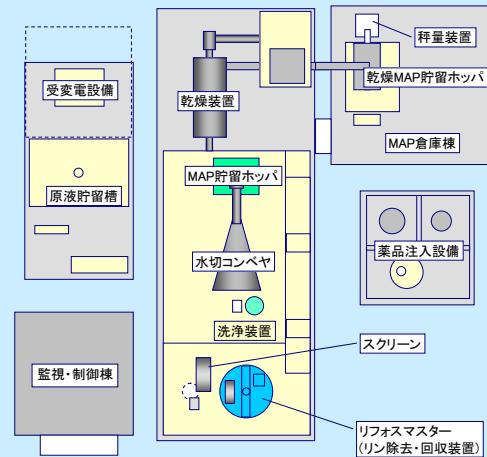
1. 実証概要

・実証施設配置図を右図に示す。設備はリン除去・回収装置、洗浄装置、乾燥装置、薬品注入設備、およびMAP保管用倉庫で構成される。

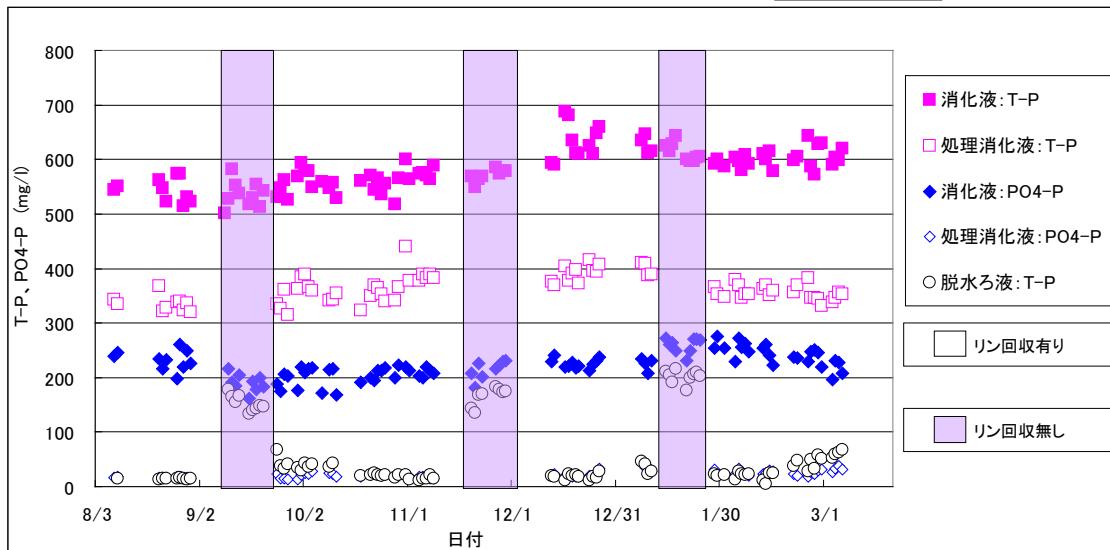
・実証試験は、**リン除去・回収運転**（基本プロセス、バイオマス混合消化汚泥）と**リン除去・回収バイパス運転**を行い、各試験結果を比較することで評価した。

2. リン除去・回収性能実証結果

1) 質的・量的変動に対する処理の安定性
試験期間中の処理汚泥T-P、PO₄-Pは大きな変化が無く安定的に処理され、**T-P除去率は平均37.3%、PO₄-P除去率は平均90.0%**（下図）。



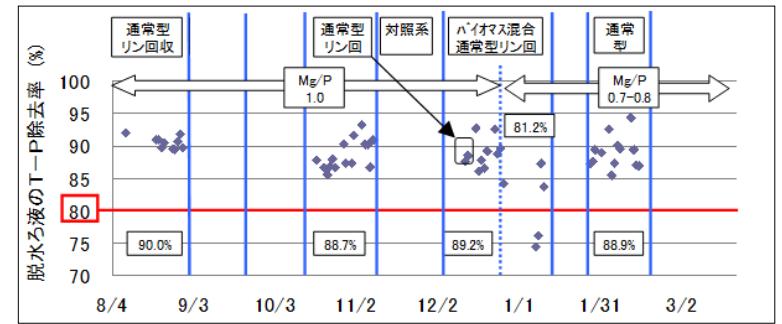
リン除去回収施設平面図
実証施設配置図



消化汚泥T-P、リン処理汚泥T-P、消化汚泥PO₄-P、リン処理汚泥PO₄-P、および汚泥脱水ろ液T-Pの経時変化

2) 脱水ろ液T-P除去率

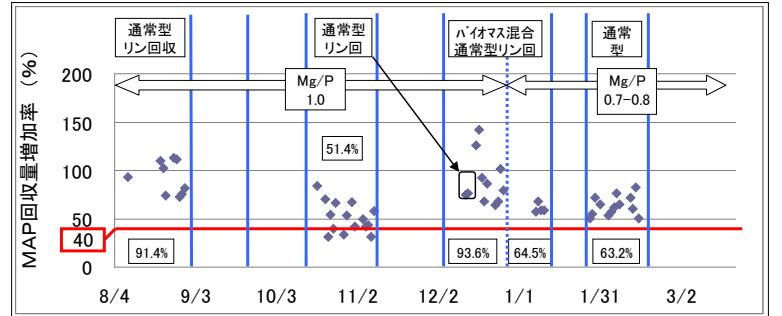
Mg/P比1.0とした8月-12月の運転では脱水ろ液T-P除去率は約85%以上となった。Mg/P比0.7-0.8とした1月-2月の運転においても、目標の**平均80%以上を満足する結果となった。**



脱水ろ液T-P除去率の経時変化

3) MAP回収量

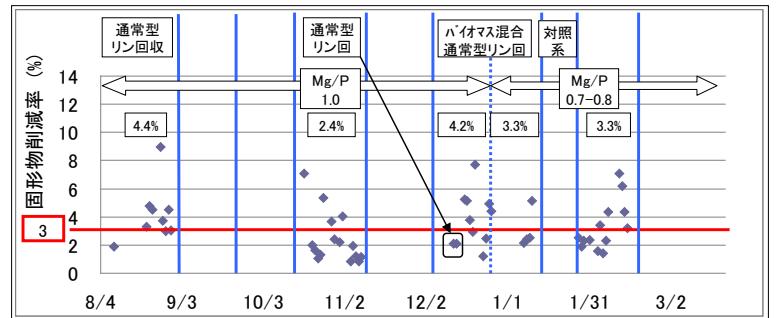
MAP回収量増加率は消化汚泥中の自然発生MAPの濃度変動に影響を受け、比較的大きな変動を示したが、実証期間中最も回収率増加率の低かった10-11月にかけても期間平均51.4%となり、目標性能の**平均40%以上を安定して達成。**



MAP回収量増加率の経時変化

4) 固形物削減率

固形物削減率は消化汚泥中の粗粒子性MAPの濃度変動に影響を受け、比較的大きな変動を示したが、実証期間全体を通しては3.3%となり、目標性能の**平均3%以上を達成。**



固形物削減率の経時変化

4. スケール生成リスク低減調査

・**リン除去回収バイパス運転（延べ47日）**で使用したテスト管には**約10mmにスケールが成長した**（写真右）。
・**リン除去回収運転（延べ119日）**で使用したテスト配管には、スケールは付着せず、触感上も**スケール付着は確認されなかった**（写真左）。
⇒リン除去・回収運転によりスケール生成リスクが大幅に低減されることを確認。



リン除去有無でのスケール生成状況

5. 回収MAPの肥料への適用

・組成分析、植害試験の他、肥料メーカーでの回収MAPと他の肥料原料を配合したもので造粒処理試験および成分分析を実施。

- ・結果の以下のとおり。
- ①物性は、不快な臭いはなく外観はさらさらの粉状で**非常に取り扱いやすい性状**。
- ②**造粒時に異常は認められず**、ほぼ目的とするものが得られた。造粒時の物性は、回収MAPを配合したものと、そうでないものとに差は無かった。
- ③成分分析、造粒試験の結果、問題が認められず、**肥料原料として使用可能**。



回収MAPを使用した試作肥料例