

第19回リサイクル技術開発本多賞 表彰式講演

研究報文(再生と利用 No.143 p87-95, Vol.38, 2014 【公益社団法人 日本下水道協会発行】)

下水汚泥焼却灰を活用した 産学官連携研究の概要

(地独)岩手県工業技術センター

リン資源循環研究プロジェクト

グループ受賞 代表 佐々木昭仁

グループ構成員 : 菅原龍江(プロジェクトリーダー)、
佐藤佳之、阿部貴志、池 浩之

高品位リン鉱石の枯渇問題と戦略物資化 【課題】 黒ぼく土農作地帯 リン肥料必須

肥料の三要素・・・N(窒素)・P(リン)・K(カリウム)

・岩手県：黒ぼく土土壌



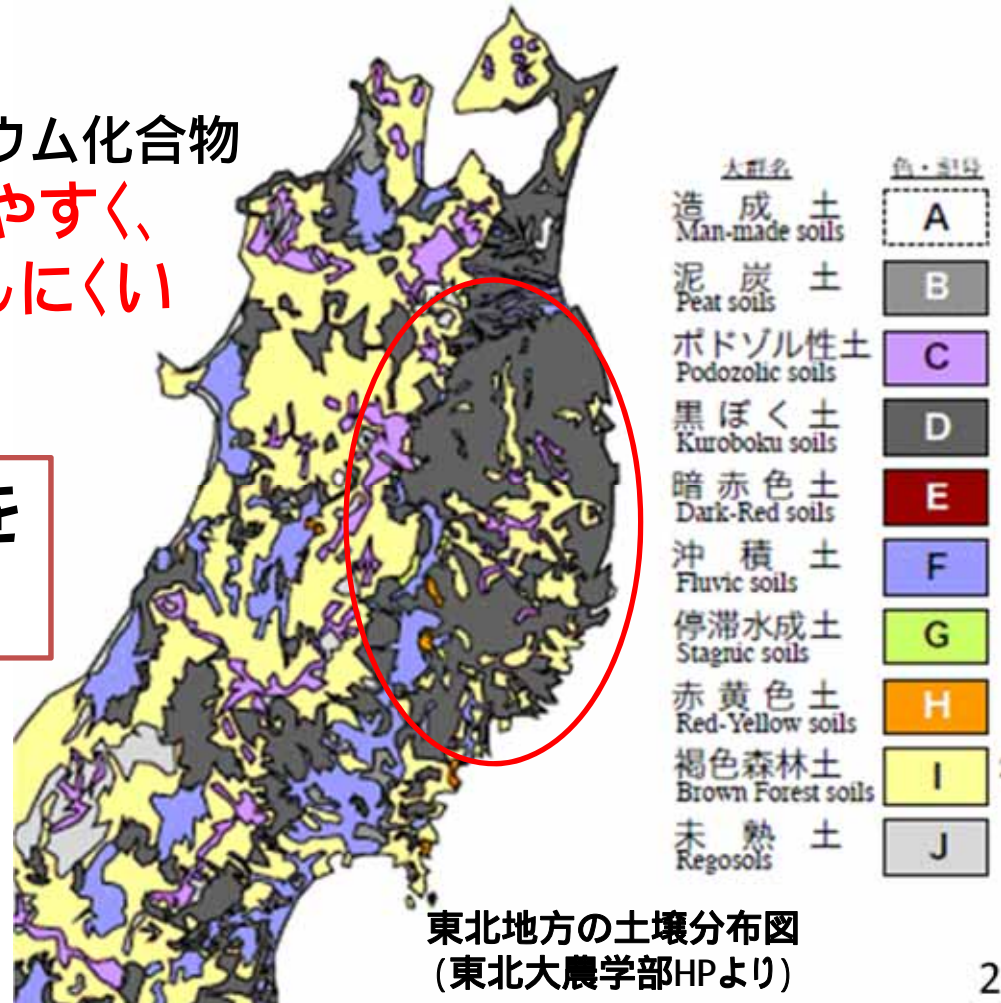
主成分：酸化アルミニウム化合物
土壌がリンを吸着しやすく、
植物がリンを吸収しにくい

そのために・・・

定期的にリン酸化学肥料を
大量施肥する必要がある

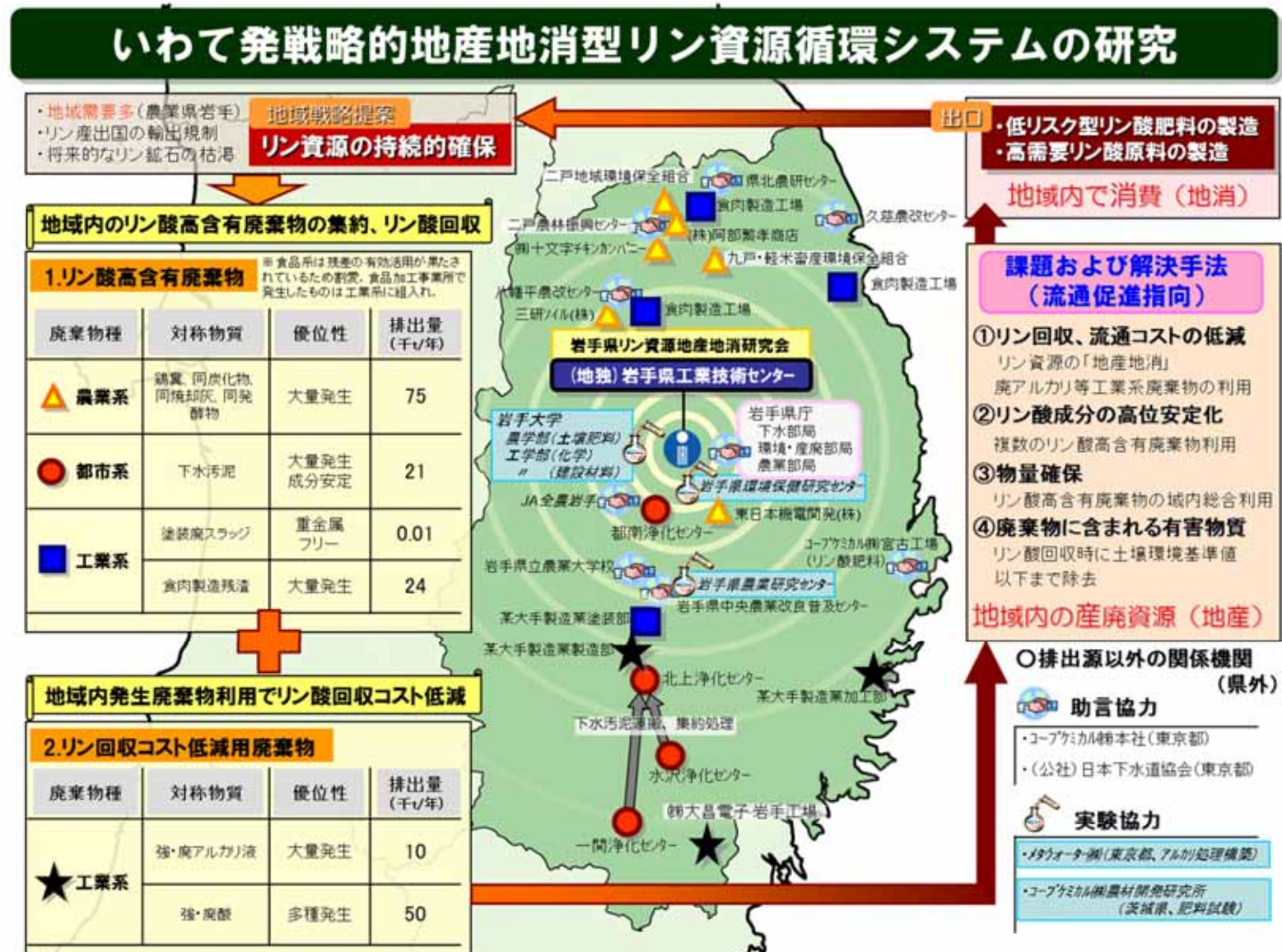
この地域で農業生産を維持するために
半永久的にこの作業を繰り返す必要あり

リンリサイクルが必要



リン資源循環研究プロジェクト

【研究】リン含有廃棄物を原料としたリン回収システム



岩手県内にあるリン含有廃棄物調査

【リサイクル原料】下水汚泥焼却灰 高リン含有廃棄物



図 下水処理場



図 サンプル採取の様子



図 下水汚泥焼成プラント



図 下水汚泥焼却灰(例)



図 焼却灰トラック輸送



図 試料分析の様子(例)

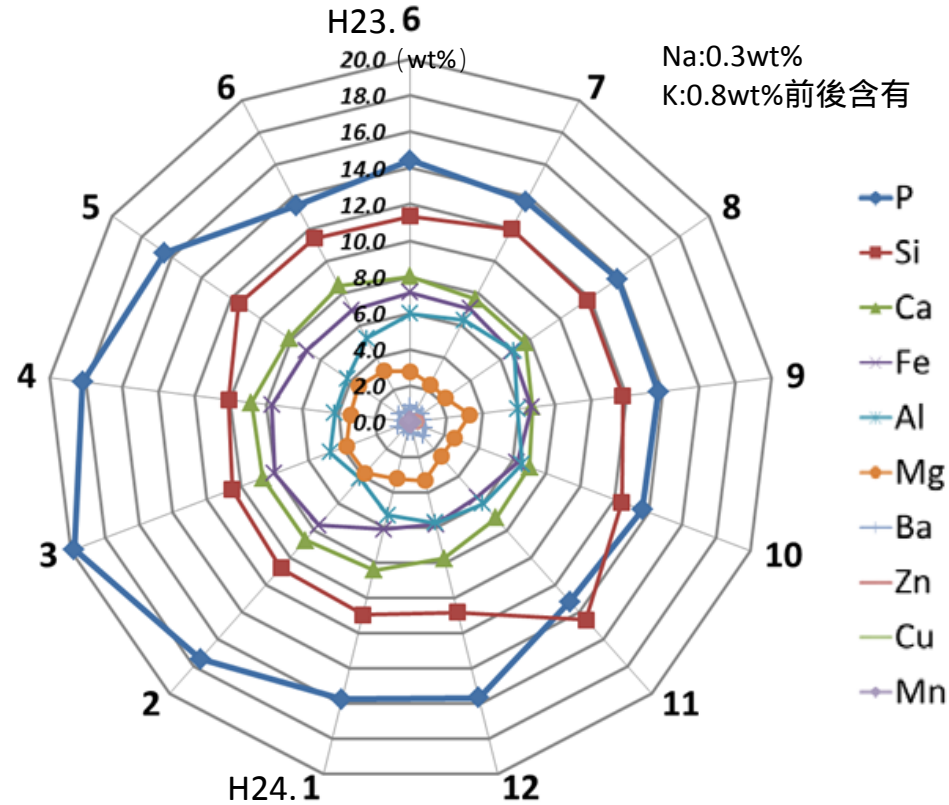


図 岩手県灰A(H23.6 ~ H24.6)の主成分濃度変化

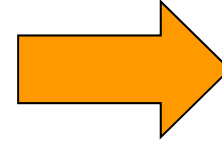
- ・リンを約13 ~ 14wt%含む
- ・高リン含有廃棄物
- ・一年を通じて他成分含有率は比較的安定

下水汚泥焼却灰利用の課題

【リサイクル】リンリサイクルの効率化 経費削減

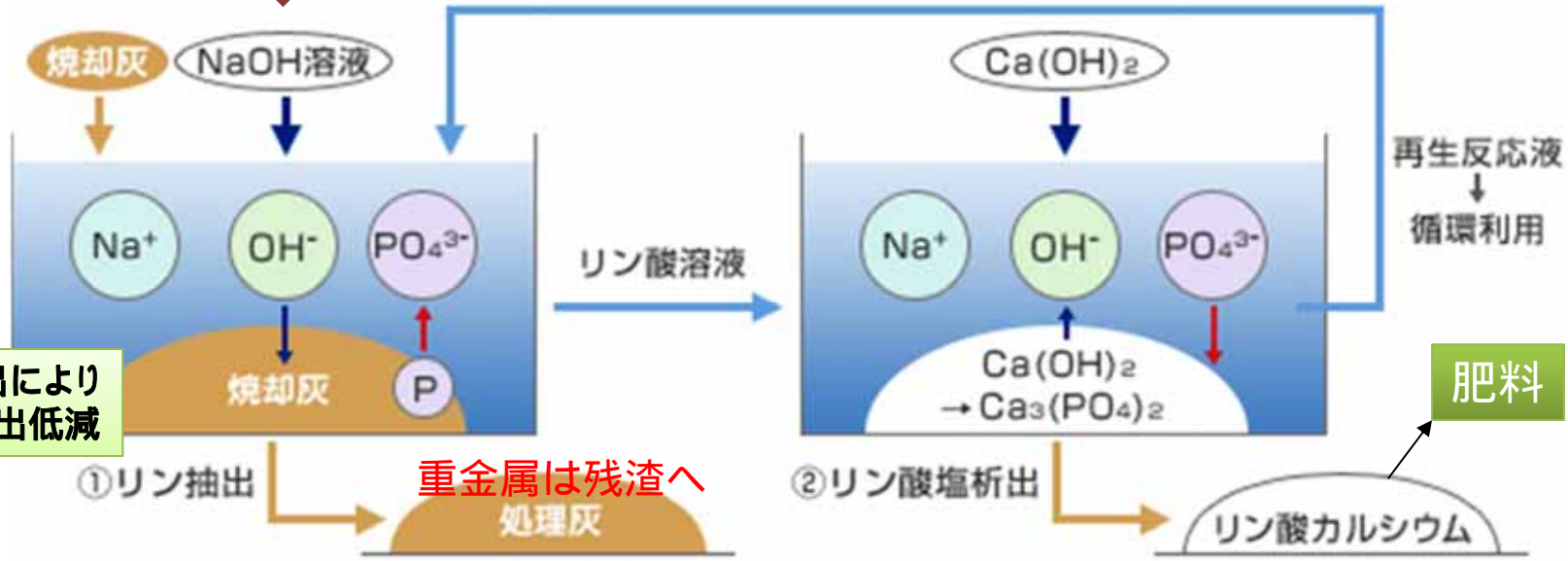
廃棄物の複合利用によるリサイクルシステム

試薬アルカリの代替として
産廃の**廃アルカリ**を活用



灰アルカリ法
(アルカリ抽出法)

原理図



アルカリ抽出により
重金属の溶出低減

$P_2O_5 + 6OH^- \rightarrow 2PO_4^{3-} + 3H_2O$
 反応時間：5～30min
 反応温度：50～70℃

$2PO_4^{3-} + 3Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6OH^-$
 反応時間：6～18h
 反応温度：20～50℃

下水汚泥焼却灰・リンリサイクル

【実用化検討】実証プラント試験 システムの可能性評価

回収物組成分析結果例

	単位	回収リン			脱リン灰	
		ラボ	プラント 薬品 NaOH	プラント 廃アルカリ	ラボ	プラント 薬品NaOH
水分	wet-%	-	56.4	44.4	0.5	55.5
Ig-Loss	dry-%	-	4.3	3.2	2.1	6.6
T-P	dry-%	30.7	28.7	29.9	21.1	5.07
C-P	dry-%	30.5	28.4	28.8	-	2.98
W-P	dry-%	0.02	<0.01	<0.01	-	0.39
MgO	dry-%	0.35	0.69	0.61	4.58	1.59
C-Mg	dry-%	0.36	0.65	0.58	-	0.42
C-Mn	dry-%	<0.01	<0.01	<0.01	-	0.02
Al ₂ O ₃	dry-%	2.32	1.75	1.02	5.46	2.77
Fe ₂ O ₃	dry-%	0.03	0.41	0.27	10.7	7.58
SiO ₂	dry-%	2.1	2.2	1.8	26.0	23.7
CaO	dry-%	57.8	54.9	52.2	16.3	17.0
As	mg/kg	14	17	7.7	15	7.4
Cd	mg/kg	1.1	<1	<0.5	7.4	1
Hg	mg/kg	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Ni	mg/kg	<2	11	7	110	83
Cr	mg/kg	8.3	12	8.3	180	150
Pb	mg/kg	9	10	11	130	44

PはP₂O₅表記

プリント基板洗浄アルカリ廃液 + 下水汚泥焼却灰
リン酸カルシウム(リン酸肥料)合成が可能

肥料取締法上の規制値を満たす



実証プラントの外観(一部)
(メタウォーター株式会社)

- ・kgベースの試験が可能
- ・廃アルカリを用いての試験が可能

実証試験を実施



合成したリン酸化学肥料(左)と抽出残渣(右)

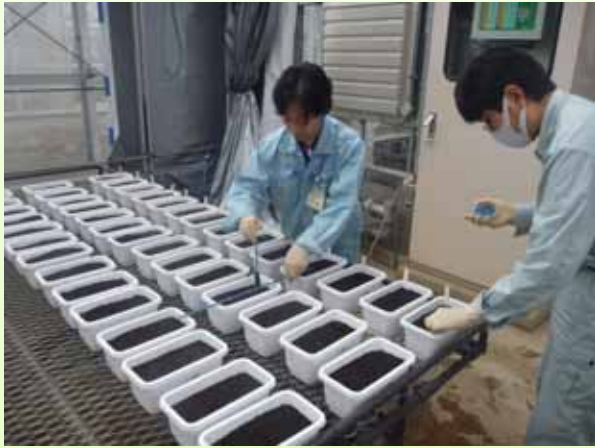
廃棄物利用の肥料の安全性

【安全】合成肥料の安全性評価 安全性が確認された

実証プラント試験で得られたリン酸化学肥料の安全性評価

肥効試験

【ホウレンソウ】

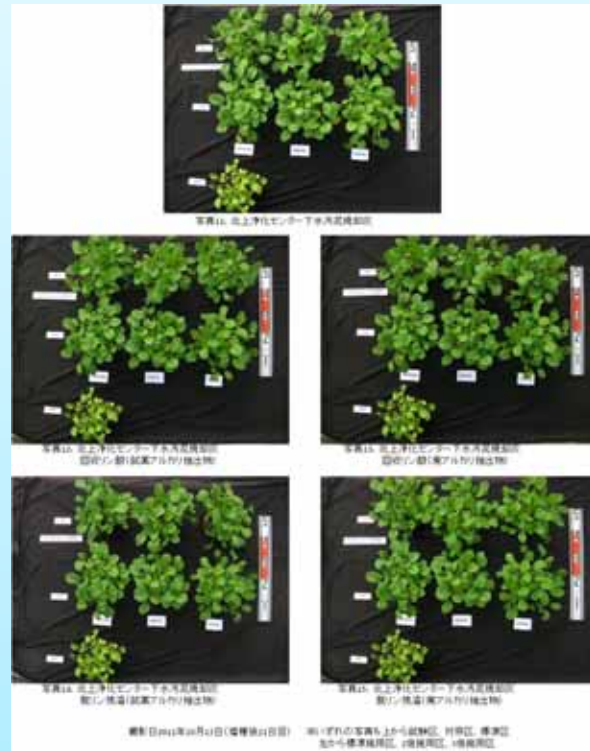


肥効試験の様子

・リン酸化学肥料と同等の効果

植害試験

【コマツナ】



植害試験の様子

・肥料施肥による植物成長への害は認められない
・リン酸化学肥料と同等の成長作用を示した

有害物質分析試験

無機有害物質

・肥料取締法上(焼却汚泥基準)の規制物質の含有量
・・・Cr,Ni,Pb,As,Cd,Hg

規制値以下(1桁以上下回る)

・環境庁告示第13号、46号による溶出試験

問題なし

・他の典型的な有害元素(Te,Tl,・・・)

問題なし

有機有害物質

・判定基準省令(埋立・海洋投棄)

アルキル水銀化合物

シアン化合物

PCB

ふっ化物

指定揮発性物質

上記項目問題なし

・廃掃法施行規則(特別管理産業廃棄物)

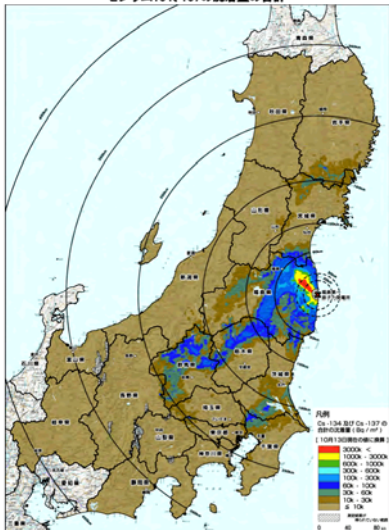
ダイオキシン類 問題なし

下水汚泥焼却灰と福島原発

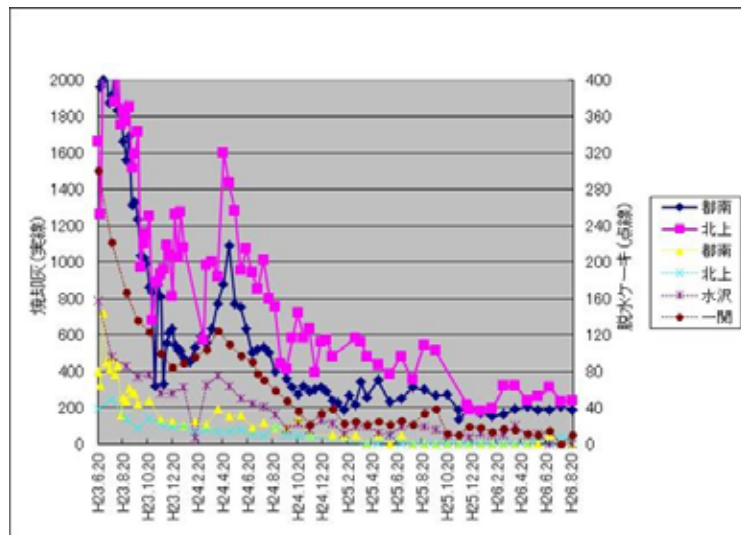
【放射能】肥料への放射能移行調査

肥料への移行低減

文部科学省がこれまでに測定してきた範囲(改訂版)及び岩手県、静岡県
長野県、山梨県、岐阜県、及び富山県内の地域面への
セシウム134、137の放射能の合計



福島第一原発放射能拡散の様子
(文部科学ホームページより)



岩手県内で発生する下水汚泥焼却灰の放射能測定結果
(岩手県ホームページより)

【岩手県内下水汚泥焼却灰】
震災当初(H23.3)

Cs(134および137)
約2,000Bq/kg程度



現在(H26.9)

Cs(134および137)
約200Bq/kg程度

約1/10程度に減少

【評価例】

元灰 1kg

廃アルカリ 18.51L

(16.94L)

リン抽出液

硝石灰

10L × 2回
水洗浄

(0.278kg)

リン酸塩

	Bq/kg
K-40	438
Cs-134	149
Cs-137	362
K(K ₂ O)	1.25%
Cs	1mg/kg

脱リン灰
0.821kg

Cs:500Bq/kg程度含有の
下水汚泥焼却灰を調査

	Bq/L
	6.20
	1.90
	4.55
	287mg/L
	0.01mg/L

上澄水

合成肥料への放射能の
移行が劇的に低減

	Bq/kg
	<54.9
	<1.46
	<1.76
	0.02%
	<1mg/kg

放射能の移行調査結果(研究協力:メタウォーター(株))

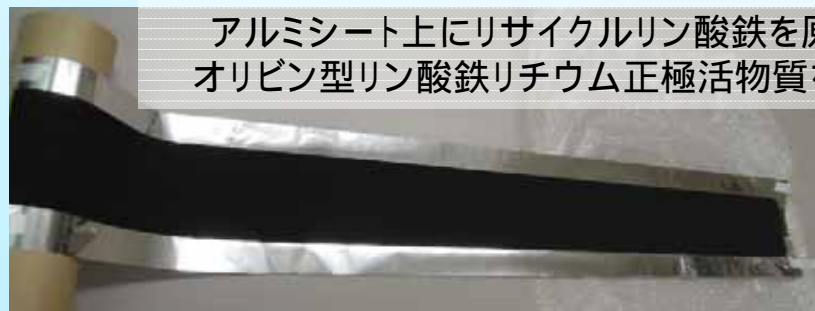
下水汚泥残渣に残るリンの有効利用

【電池】リチウムイオン二次電池材料 単価が高い

民間主導のリサイクル 収益性を重視

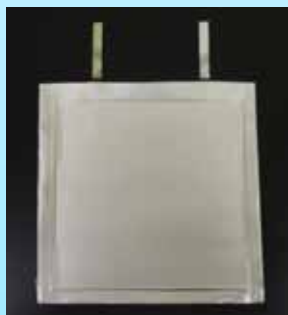
下水汚泥焼却灰から肥料の他にもっと単価の高い材料の創製はできないの？

リン酸鉄 … リチウムイオン二次電池材料の原料、農薬原料、前処理剤 ほか
リン酸鉄リチウム…大電力貯蔵用バッテリーの正極材料として利用



(左)リン酸鉄、(右)リン酸鉄リチウム

正極シート(製品試作品:研究用途)



下水汚泥焼却灰から
電池用途のリン酸鉄の
合成が可能！

小型ラミネート型電池試作(オリビン型リン酸鉄リチウム)

下水汚泥残渣の有効利用

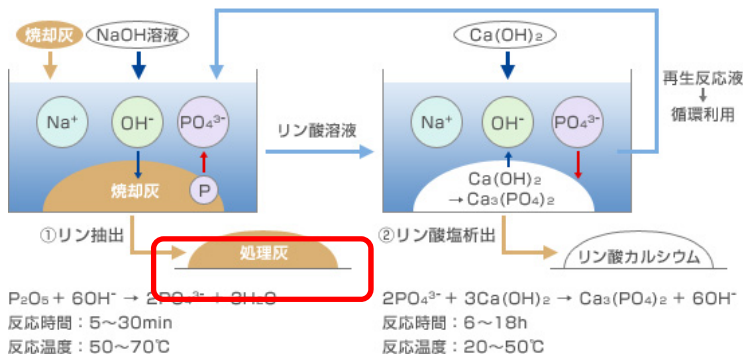
【建設・土木】残渣の資材利用 残渣の大量消費

課題

下水汚泥焼却灰全量のうちリン抽出量は10%未満、残り残渣

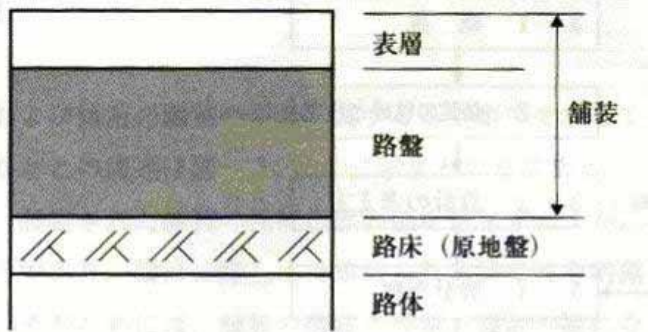
リン(P)はセメントの凝結遅延の原因の一つ
 …リンを抽出した残渣は未処理の灰よりセメント資材として多量に活用できるのでは??

原理図

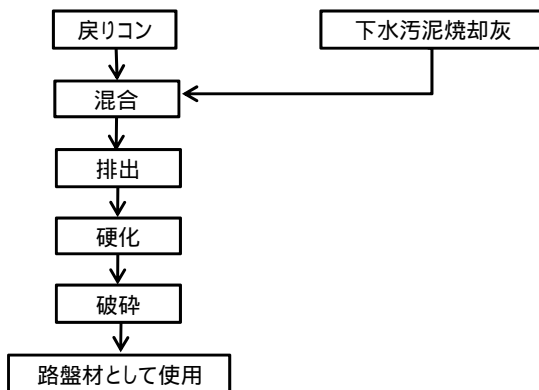


アスファルト混合物用フィラー(微粉末)への活用
路盤材への活用
 ……ついでに、**戻りコンクリートの再生利用**

戻りコンクリート: 建設現場で使用されなかった生コンクリートの余剰分、廃棄物



舗装の基本的構成



路盤材の作成方法



可能性が高いことが認められた

岩手県リン資源地産地消研究会 【将来】下水汚泥処理施設の発展 夢の工場へ



第6回岩手県リン資源地産地消研究会開催の様子
(大阪大学 大竹教授をお招きして)

情報共有 & 発信 産学官連携強化

- ・リン酸資源の世界的動向
- ・リンリサイクルシステムの実践
- ・リン含有廃棄物
- ・リン酸資材のニーズ など

リサイクルへの理解・推進

【まとめ】 下水汚泥処理施設の更なる展開の可能性

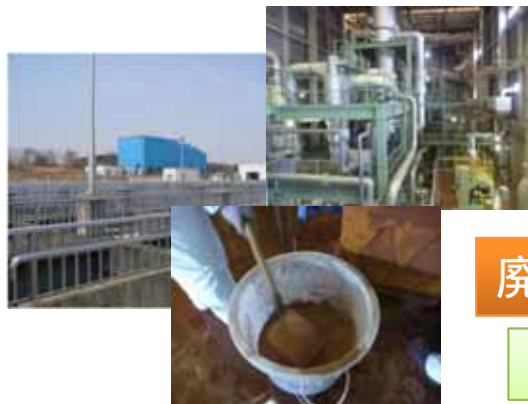
原料供給施設

リン酸肥料の製造

電池材料原料の製造

アンモニア製造

土木・建設資材



エネルギー供給施設

メタンガス製造

発電・電力供給

廃棄物の複合処理施設

廃酸・廃アルカリ処分

etc...

より良い地域ゼロ・エミッション環境の構築のため、更なるリサイクル技術の発展が必要不可欠