



技術認証

悪臭を除去及び重金属成分を封じ込めて減衰する無害化安定効果

要約：新固化剤による臭気及び重金属の封じ込め機構の解明

本研究の目的は、臭気及び重金属の封じ込め効果を解明することに設定した。そのため、腐敗を直ちに引き起こし、臭気成分と重金属含有量が多い下水汚泥及び臭気成分が多い鶏糞を選び、それらの成分の封じ込め効果の解明を行った。

《研究の効果》

土壤改良新固化剤による下水汚泥及び鶏糞の固化処理により

1. 臭気成分は極めて効果的に封じ込まれていた。
2. 重金属はその種類によって封じ込めのパターンが異なるが、何れの重金属ともに大部分が難溶解性画分に封じ込まれることが明らかとなった。

従って、新固化剤による臭気及び重金属成分の封じ込め新技術は、安価・簡便・短縮（処理期間）、且つ応用範囲も広いため経済効果を含めてその効用は極めて大きいと判断される。

新規に開発した土壤固化剤の製造及び特徴

(1) 特殊固化剤

貝化石を 400°C～800°C に加熱後、径が 0.1 mm～0.1⁻⁹ mm 程度になるように粉砕し、グルテンを 50°C～95°C に加熱して混合させて製造する。

(2) ナノレベルカーボン

籾殻、草、花、木を実質的に無酸素状態下 400°C～1200°C で焼成したものを径が 0.1 mm～0.1⁻⁹ mm 程度になるよう粉砕させて製造する。

(3) 新規に開発した土壤固化剤の特徴

- ① 添加量が少ないため安価
- ② 迅速固化
- ③ 長期にわたる固化状態の維持
- ④ 団粒化構造になるため、親水性、保水性及び通気性が良好
- ⑤ 極めて高い臭気成分及び重金属等の封じ込め効果
- ⑥ 原料が貝化石、グルテン、草木灰のイオン化カーボンであるため環境に負荷を与えないクリーンな資材、等々の特徴を有する。

1. 臭気成分の封じ込めについて

特定悪臭物質の理化学性を第1表に示した。

(1) ガス検知管による測定結果

下水汚泥及び鶏糞を堪水条件下、嫌気的な条件で2日及び4日間 30℃でインキュベーションを行ったその結果を示す。発生する悪臭成分は異なるが、インキュベーションの長い4日目の方が多かった。

(mg. g.⁻¹)

試料	ホルムアルデヒド		酢酸		アンモニア		硫化水素		メチルメルカプタン	
	2日	4日	2日	4日	2日	4日	2日	4日	2日	4日
土壌	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下水汚泥	0.8	1.2	0.4	0.7	0	0	0	0	0	0
鶏糞	0	0	0	0	11.0	50.0	0.3	0.5	14.4	48
汚泥 50%+土壌 50%	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
鶏糞 50%+土壌 50%	0	0	0	0	0.2	0.5	0	0	0.2	0.9

ホルムアルデヒド：CH₃CHO アンモニア：NH₃ メチルメルカプタン：CH₃SH 酢酸：CH₃CO₂H 硫化水素：H₂S

(2) ガスクロマトグラフ質量分析計による悪臭成分の経過時的变化

(1) 乾物試料の悪臭成分

土壌、下水汚泥及び固化処理下水汚泥の乾物の臭気成分 (第2図)

封じ込め効果：ほぼ完全に封じ込まれていた。

土壌、鶏糞及び固化処理鶏糞の乾物の臭気成分 (第3図)

封じ込め効果：ほぼ完全に封じ込まれていた。

(2) 嫌気・堪水条件下で30日経過後の臭気成分

土壌、下水汚泥及び固化処理下水汚泥の堪水30日後の臭気成分 (第4図)

封じ込め効果：悪臭が最も強い蛋白質(アミノ酸)系の臭気成分はほぼ完全に封じ込まれていた。

土壌、鶏糞及び固化処理下水汚泥の堪水30日後の臭気成分 (第5図)

封じ込め効果：酢酸、プロピオン、カルバミン酸が痕跡程度存在するが、悪臭の発生が殆んど認められなかった。

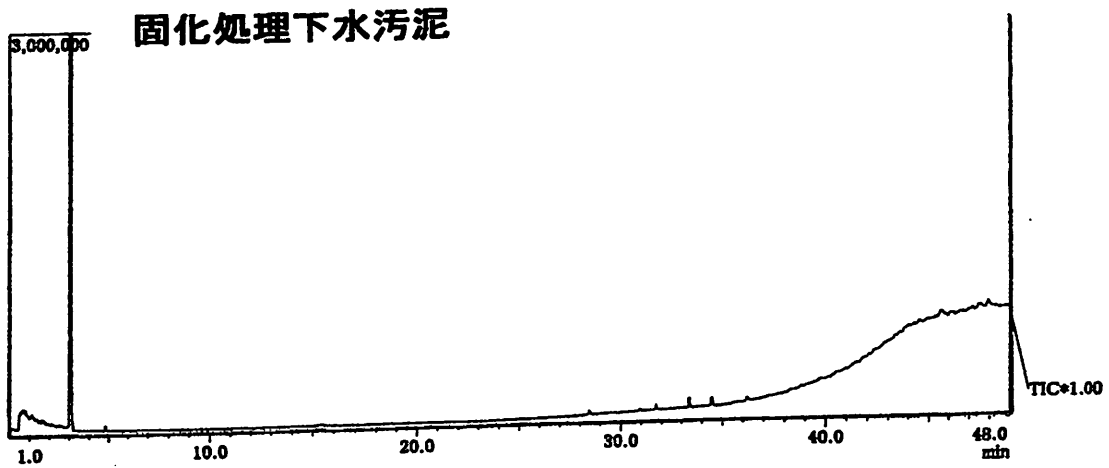
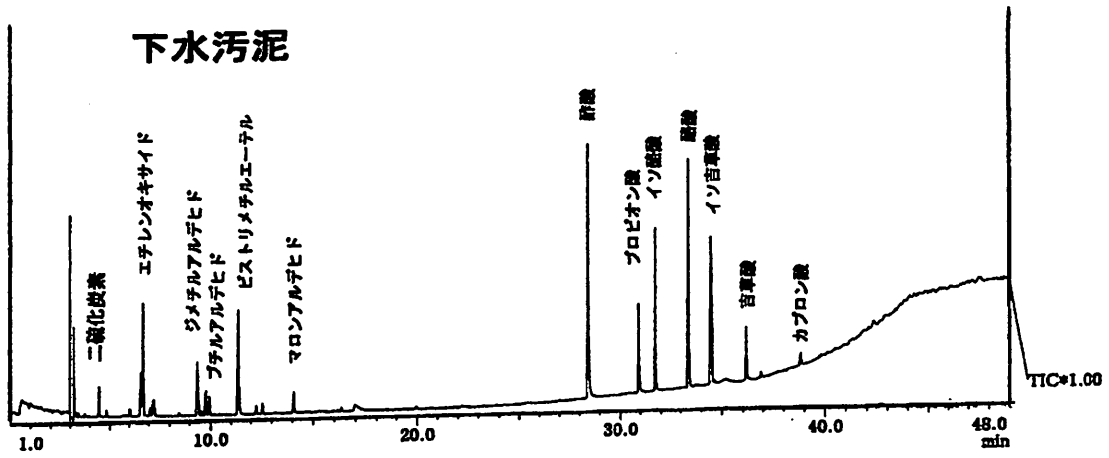
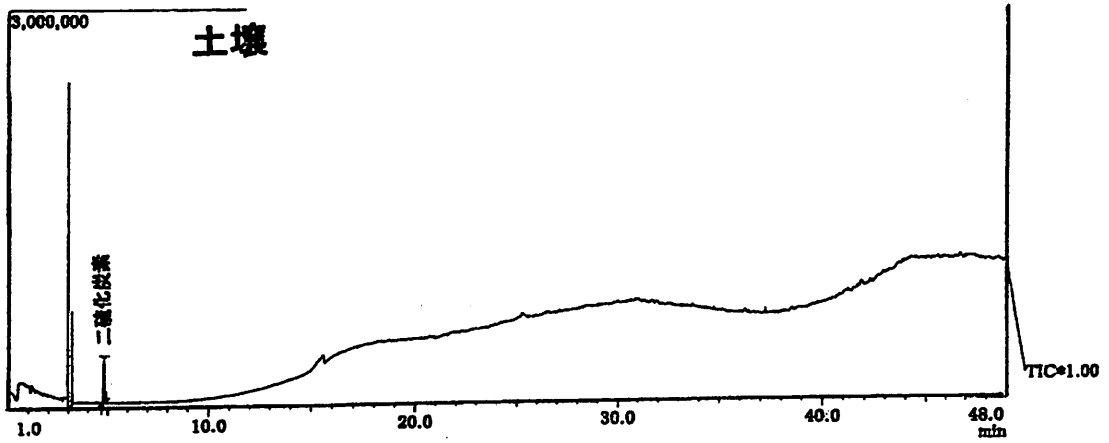
新固化材を用いた臭気の封じ込め効果：

下水汚泥及び鶏糞の固化材処理は、悪臭成分が痕跡程度しか検出されず、臭気成分はほぼ完全に封じ込まれていた。

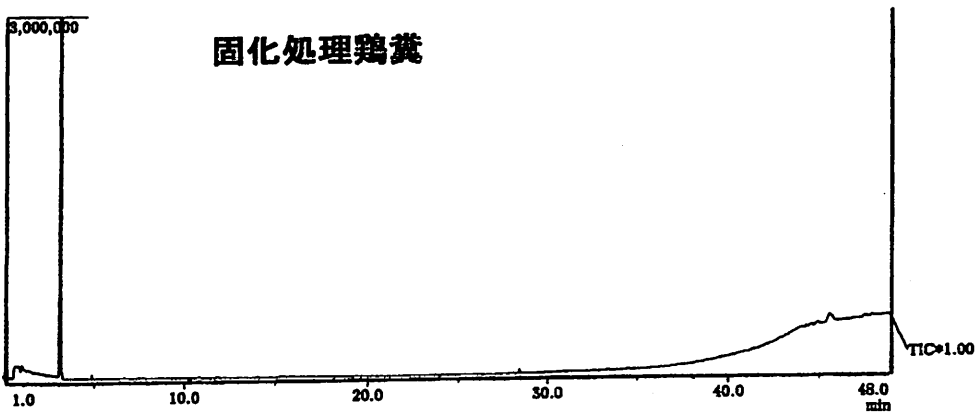
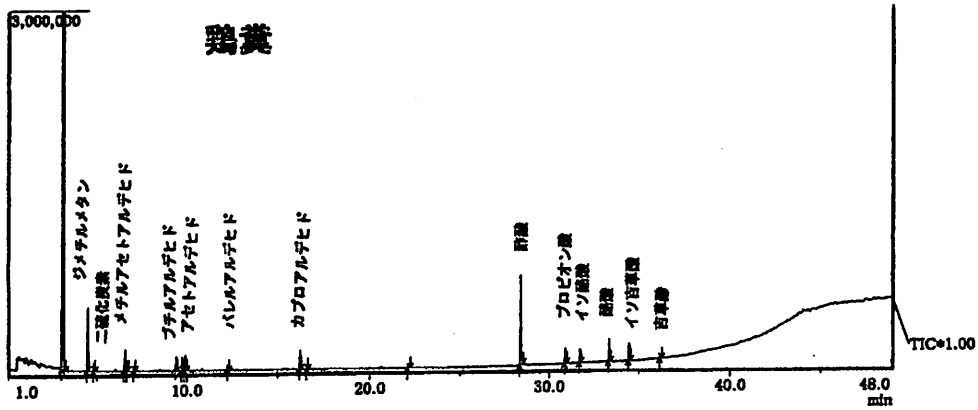
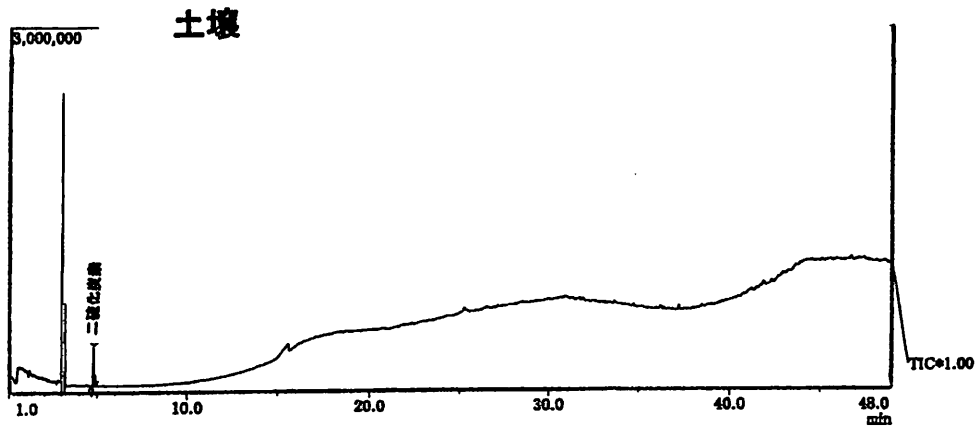
第1表 悪臭物質の理化学性

物質名	化学式	分子量	比重	融点(℃)	沸点(℃)	水溶性	におい
アンモニア	NH ₃	17.03	—	-77.7	-33.4	水 100 g に 89.9g	し尿のようなにおい
メチルメルカプタン	CH ₃ SH	48.11	0.896	-121	6	微溶	腐った玉ねぎのようなにおい
硫化水素	H ₂ S	34.08	—	-82.9	-60.4	水 100 g に 437cc	腐った卵のようなにおい
硫化メチル	(CH ₃) ₂ S	62.14	0.845	-83.2	37.5	不溶	腐ったキャベツのようなにおい
二硫化メチル	CH ₃ SSCH ₃	94.20	1.057	液	116~8	—	腐ったキャベツのようなにおい
トリメチルアミン	(CH ₃) ₂ N	59.11	0.662	-124	3	易溶	腐った魚のようなにおい
アセトアルデヒド	CH ₃ CHO	44.05	0.784	-123.3	20.8	∞	刺激的な青くさいにおい
プロピオンアルデヒド	CH ₃ CH ₂ CHO	58.08	0.8058	-80.05	47.93	水 100 g に 16.15g	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
ノルマルブチルアルデヒド	CH ₃ (CH ₂) ₂ CHO	72.11	0.8049	-99	75.7	水 100 g に 3.7g	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
イソブチルアルデヒド	(CH ₃) ₂ CHCHO	72.11	0.7904	65.9	64.2	水 100 g に 8.8g	刺激的な甘酸っぱい焦げたにおい
ノルマルバレルアルデヒド	CH ₃ (CH ₂) ₃ CHO	86.14	0.8105	-91.5	102.5	微溶	むせるような甘酸っぱい焦げたにおい
イソバレルアルデヒド	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CHO	86.14	0.8004	液	92.5	微溶	むせるような甘酸っぱい焦げたにおい
イソブタノール	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	74.12	0.8018	-108	108	水 100 g に 9.5g	刺激的な醜酵したにおい
酢酸エチル	CH ₃ COOC ₂ H ₅	88.11	0.9005	-83.6	76.82	水 100 g に 7.87g	刺激的なシンナーのようなにおい
メチルイソブチルケトン	CH ₃ COCH ₂ CH(CH ₃) ₂	100.16	0.7960	-84.7	115.9	水 100 g に 1.7g	刺激的なシンナーのようなにおい
トルエン	C ₆ H ₅ CH ₃	92.14	0.8716	-95	110.8	不溶	ガソリンのようなにおい
スチレン	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	104.15	0.907	-31	145.8	微溶	都市ガスのようなにおい
キシレン	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106.17	0.861	-47.4	138.4	不溶	ガソリンのようなにおい
プロピオンサン酸	CH ₃ CH ₂ COOH	74.08	0.999	-22	141	∞	刺激的な酸っぱいにおい
ノルマル酪酸	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	88.11	0.959	-5.7	163.5	∞	汗くさいにおい
ノルマル吉草酸	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	102.14	0.939	-34.5	187.0	水 100 g に 3.7g	むれた靴下のようなにおい
イソ吉草酸	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ COOH	102.14	0.928	-37.6	176.5	水 100 g に 4.2g	むれた靴下のようなにおい

分子量、比重、沸点、水溶性の数値等の出典 化学便覧；丸善、常用化学便覧；誠文堂新光社、溶剤ポケットブック；オーム社

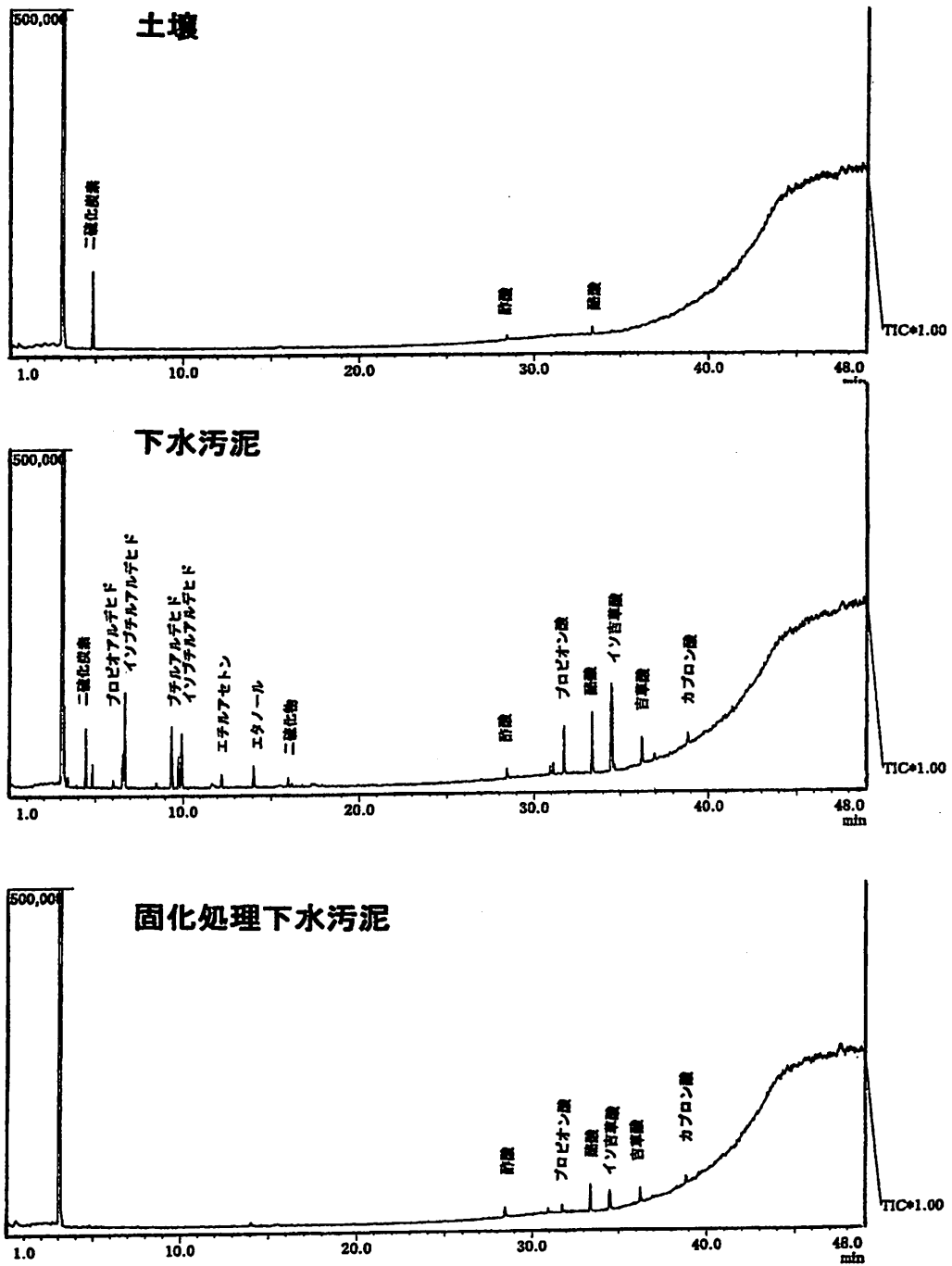


第2図、土壤、下水汚泥及び固化処理下水汚泥の乾物の臭気成分



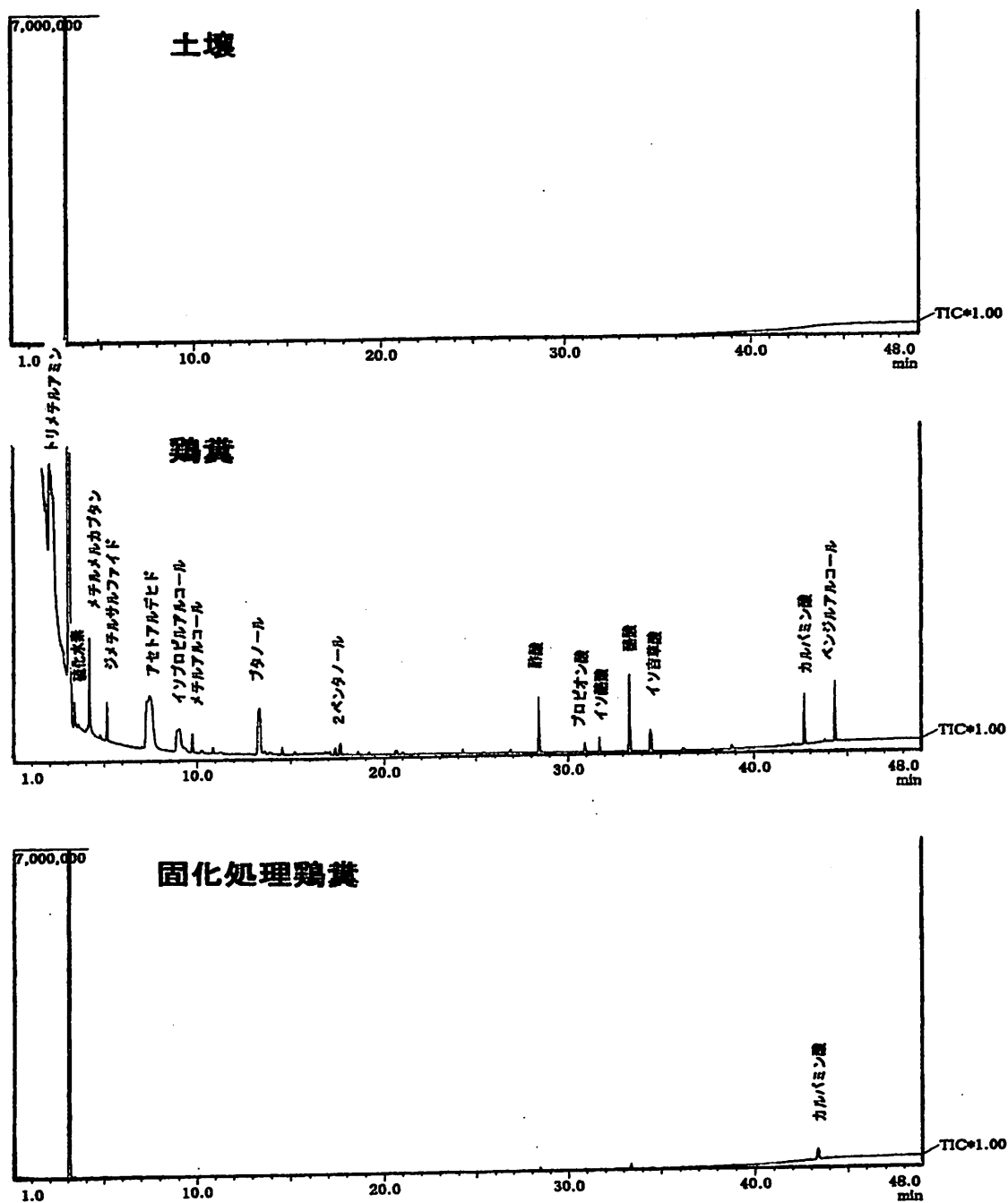
第3図 土壤、鶏糞及び固化処理鶏糞の乾物の臭気成分

《結果》 固化処理により鶏糞の悪臭成分はほぼ完全に封じ込まれていることが明らかに



第4図 土壌、下水汚泥及び固化処理下水汚泥の堪水30日後の臭気成分

《結果》下水汚泥の固化処理により、悪臭が最も強い蛋白質(アミノ酸)系の臭気成分がほぼ完

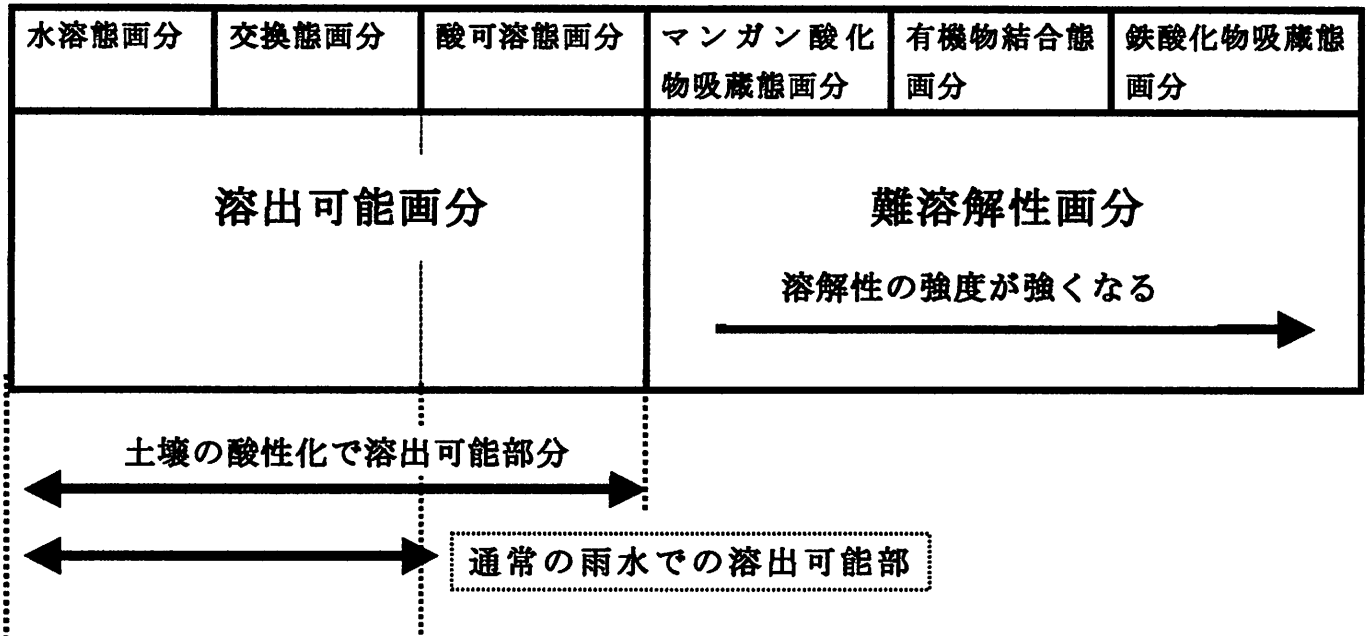


第5図 土壌、鶏糞及び固化処理鶏糞の湛水30日後の臭気成分

《結果》酢酸、プロピオン酸、カルバミン酸が痕跡程度存在するが、悪臭の発生がめられなかった。

2. 重金属の封じ込めについて

重金属の逐次抽出法で得られる画分と溶出可能性及び難溶解性画分との関係



(1) 水溶態（水抽出）

水に溶ける状態

(2) 交換態（酢酸アンモニウム抽出）

物質表面に結合状態

(3) 酸可溶態（酢酸抽出）

酸に可溶な結合状態

(4) マンガン酸化物吸蔵態（塩酸ヒドロキシアミン抽出）

マンガン酸化物として結合状態

(5) 有機物結合態（二リン酸ナトリウム抽出）

炭素と結合状態

(6) 鉄酸化物吸蔵態（シュウ酸＋シュウ酸アンモニウム抽出）

鉄酸化物として結合状態

上記は (1) ~ (6) の順に溶解性の難溶度が強くなる（植物に吸収されづらくなる）傾向を示す。

本法を用いることによって、重金属の存在形態を溶出性の観点から分画し、定量的に評価することで、長期間にわたって溶出する可能性のある量を溶出可能画分として推定することが可能となった。

新固化材による重金属の封じ込め効果

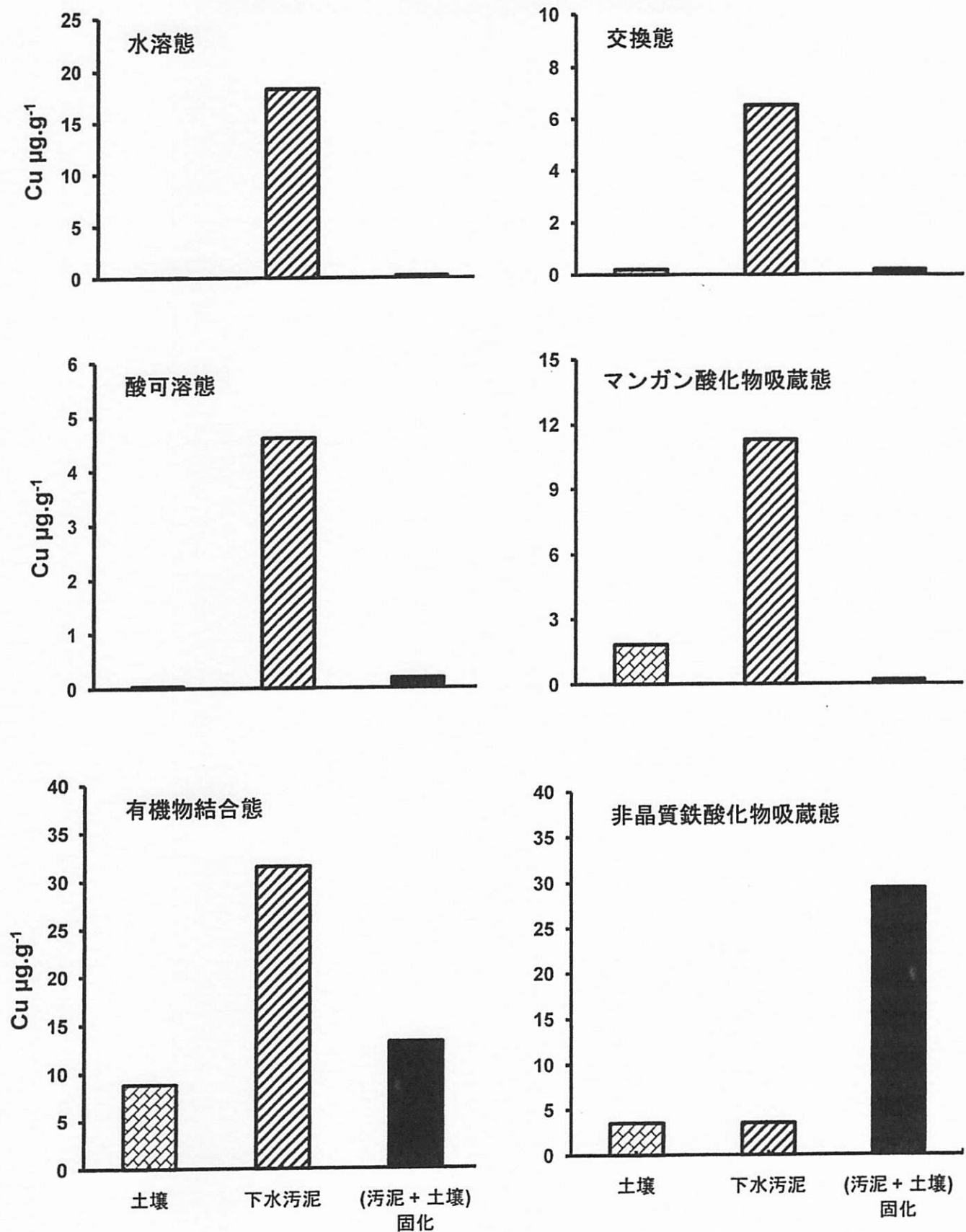
下水汚泥の銅 (Cu) の封じ込め効果	第 7 図
下水汚泥のクロム (Cr) の封じ込め効果	第 8 図
下水汚泥のニッケル (Ni) の封じ込め効果	第 9 図
下水汚泥の亜鉛 (Zn) の封じ込め効果	第 10 図
下水汚泥のストロンチウム (Sr) の封じ込め効果	第 11 図

重金属の封じ込め効果：

新固化材を用い対象物を固形化することで、その金属元素により形態変化の状況は異なるものの、その多くを鉄酸化物吸蔵態画分及び極めて難溶性の残渣に封じ込める効果があることが示唆された。

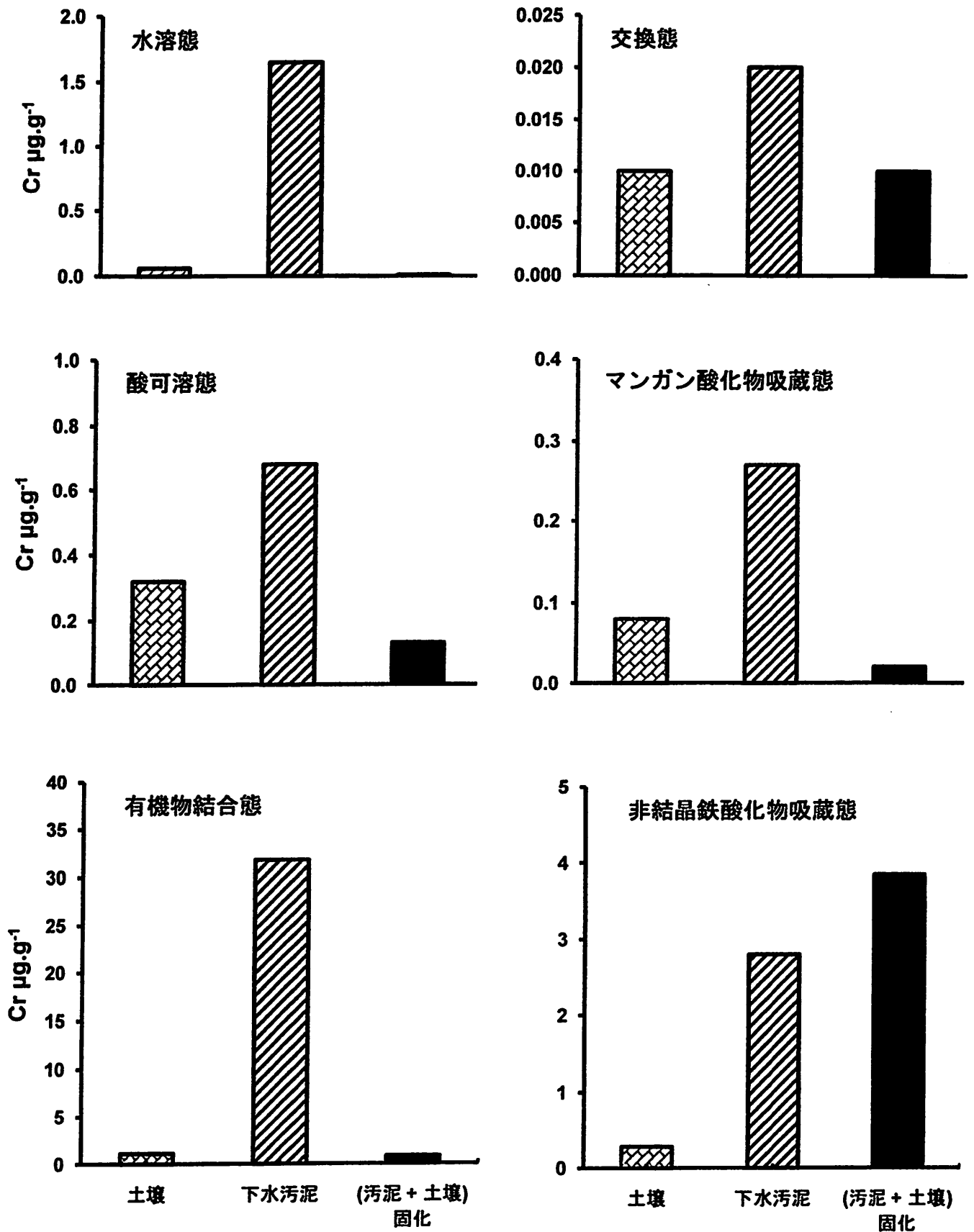
- (1) 下水汚泥の固化処理により、銅及びクロムは極めて難溶性の鉄酸化物吸蔵態画分に、ニッケルは極めて難溶解性画分の残渣にそれぞれ封じ込まれていた。
- (2) 亜鉛及びストロンチウムの行動パターンは、銅、クロム及びニッケルと異なっていた。

即ち、亜鉛は一部を溶出可能画分の交換態画分に濃縮させ、残りの大部分の亜鉛は極めて難溶性の鉄酸化物吸蔵態画分などに、ストロンチウムは一部を溶出可能画分の水溶態画分及び交換態画分に濃縮させ、残りを極めて難溶性の鉄酸化物吸蔵態画分等に封じ込まれていた。



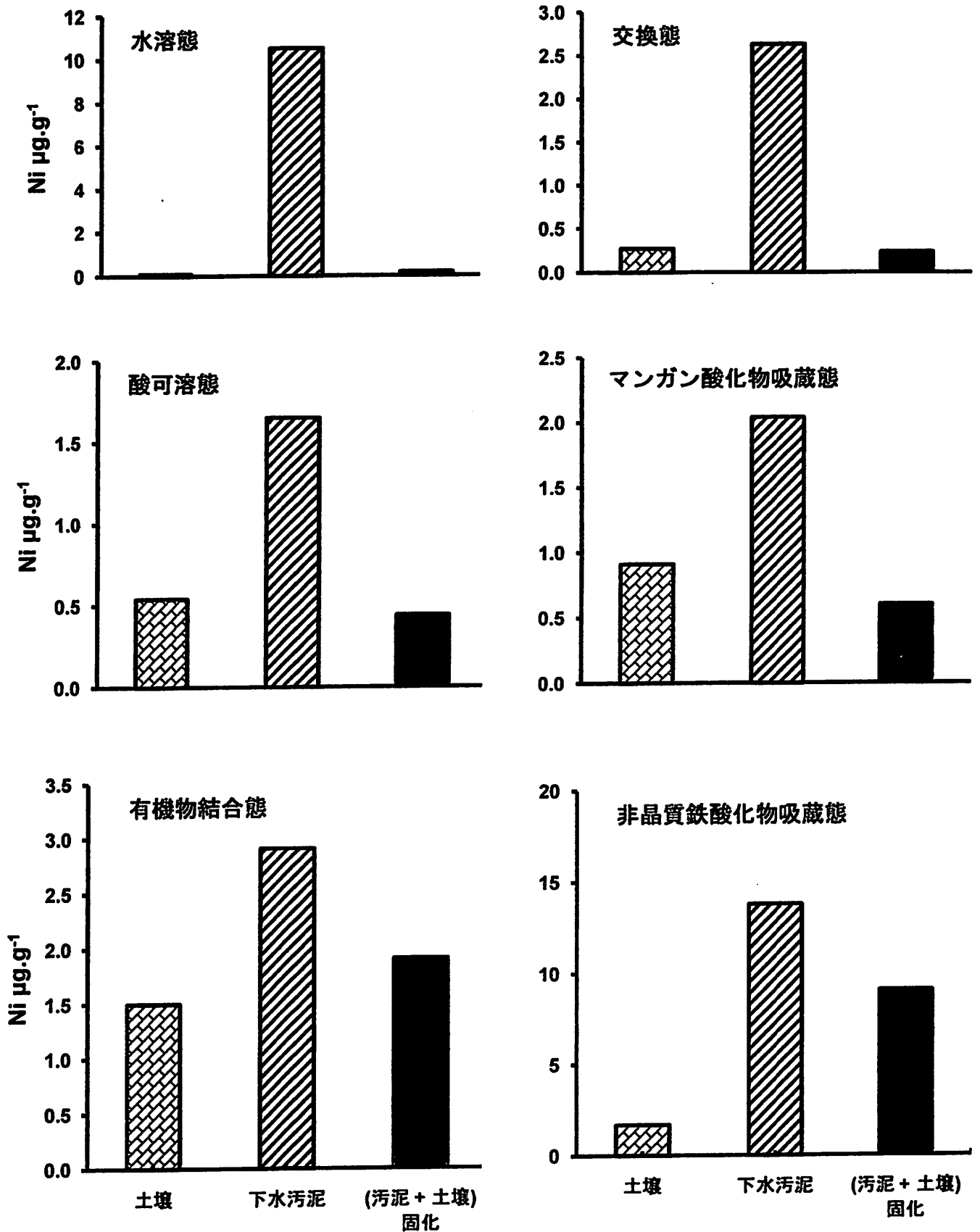
第7図 新固化材による下水汚泥の銅 (Cu) の封込め効果

下水道汚泥の固化処理は、存在する大部分の銅を極めて難溶性の鉄酸化物吸蔵体区分に封じ込めていたことが明らかになった。



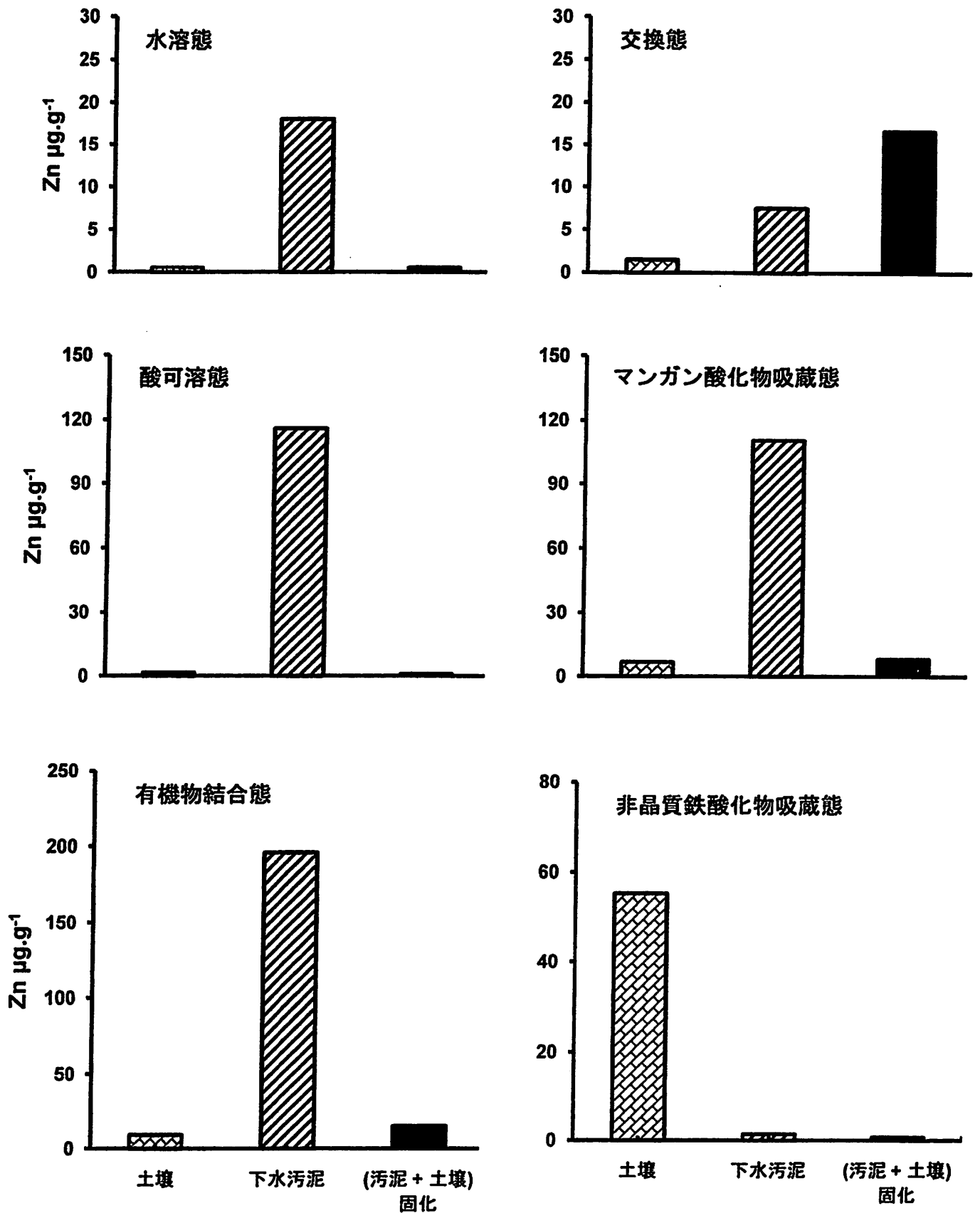
第8図 新固化剤による下水汚泥のクロム (Cr) の封込め効果

下水汚泥の固化処理は、存在する大部分のクロムを極めて難溶性の鉄酸化物吸蔵態及び残さに封じ込めていたことが示唆された。



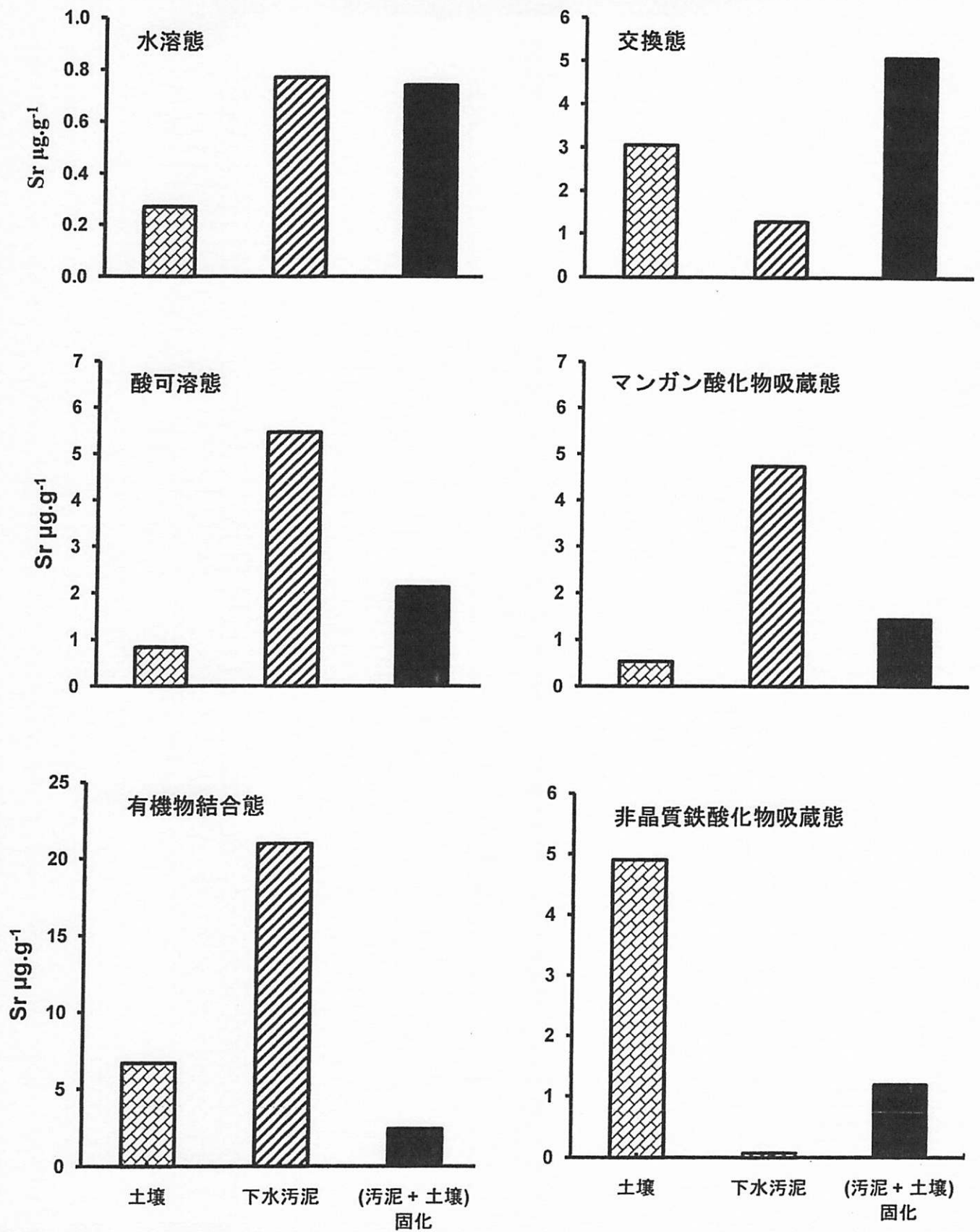
第9図 新固化剤による下水汚泥のニッケル(Ni)の封込め効果

下水汚泥の固化処理は、どの形態においても下水汚泥の検出量より少ないことから、極めて難溶性の残さに封込めていたことが示唆された。



第10図 新固化剤による下水汚泥の亜鉛(Zn)の封込め効果

下水汚泥の固化処理は、亜鉛の一部を溶解可能区分の交換態画分に濃縮させ、残りの大部分の亜鉛は極めて難溶性鉄酸化物吸蔵態画分及び残さに封じ込めていたことが示唆された。



第 11 図 新固化剤による下水汚泥のストロンチウム(Sr)の封込め効果

下水汚泥の固化処理は、ストロンチウムの一部を溶解可能態画分の交換態画分に濃縮させ、残りの大部分は極めて難溶性の鉄酸化物吸蔵態画分に封込めていたことが示唆された。