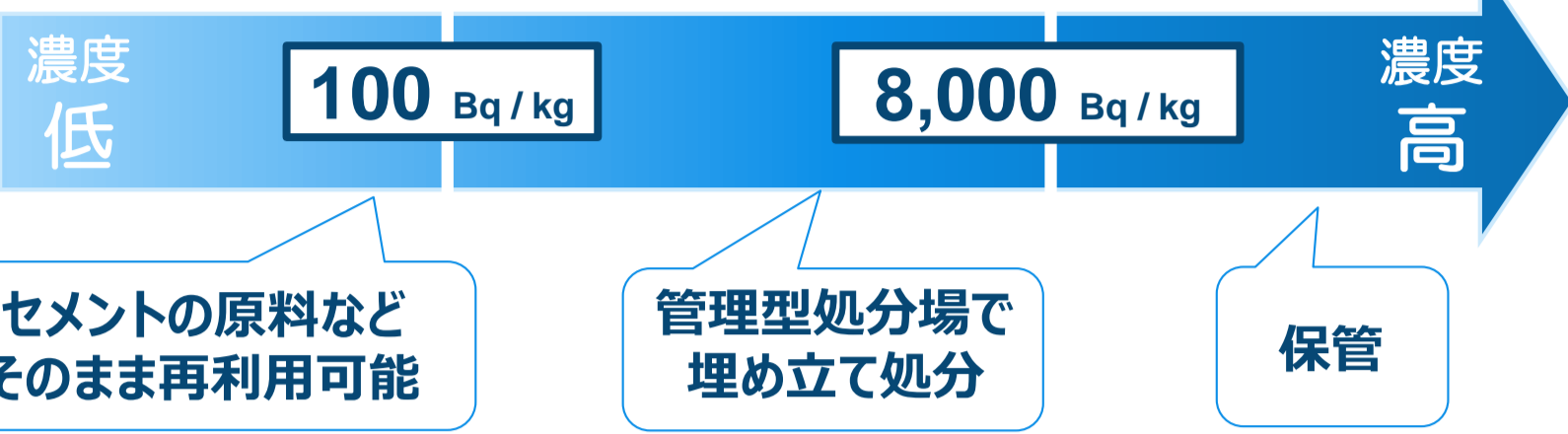


X線回折法による土壤混合ジオポリマーの結晶構造解析

○ 笠利実希¹, 藤井健悟¹, 大淵敦司², 小川熟人³, 小池裕也³
 (¹明大院理工, ²リガク, ³明大理工)

焼却飛灰の土壤混合ジオポリマー固化

Cs含有特定廃棄物の焼却飛灰処理¹⁾



不溶化処理が必要 ⇒ **ジオポリマー固化**

アルカリシリカ溶液
+
アルミノシリカ粉末
(フィラー)

重合反応

ジオポリマー

- CO₂ の発生が少ない
- 機械的強度が高い
- 化学的熱的安定性が高い

フィラーと溶出特性に関する報告が少ない

⇒ フィラーに種々の土壤を用いてジオポリマーを作製

福島県の一般廃棄物焼却場で 2013 年 1 月に採取
¹³⁷Cs: 4222 ± 14 Bq/kg
¹³⁴Cs: 396 ± 4 Bq/kg
埋め立て処分可能

白信楽粘土を焼成し、粉碎した物
 焼却飛灰
 廃陶器
 結晶相: 石英、ムスコバイト、ゲーレナイト

関東ロー層の赤土を乾燥・粉砕・ふるい分けした物
 赤玉土
 結晶相: 石英、斜長石、モルデナイト、クロライト、カオリナイト、ムスコバイト

黒曜石を高温で焼成、発泡させた土壤改良材
 パーライト
 結晶相: すべて非晶質

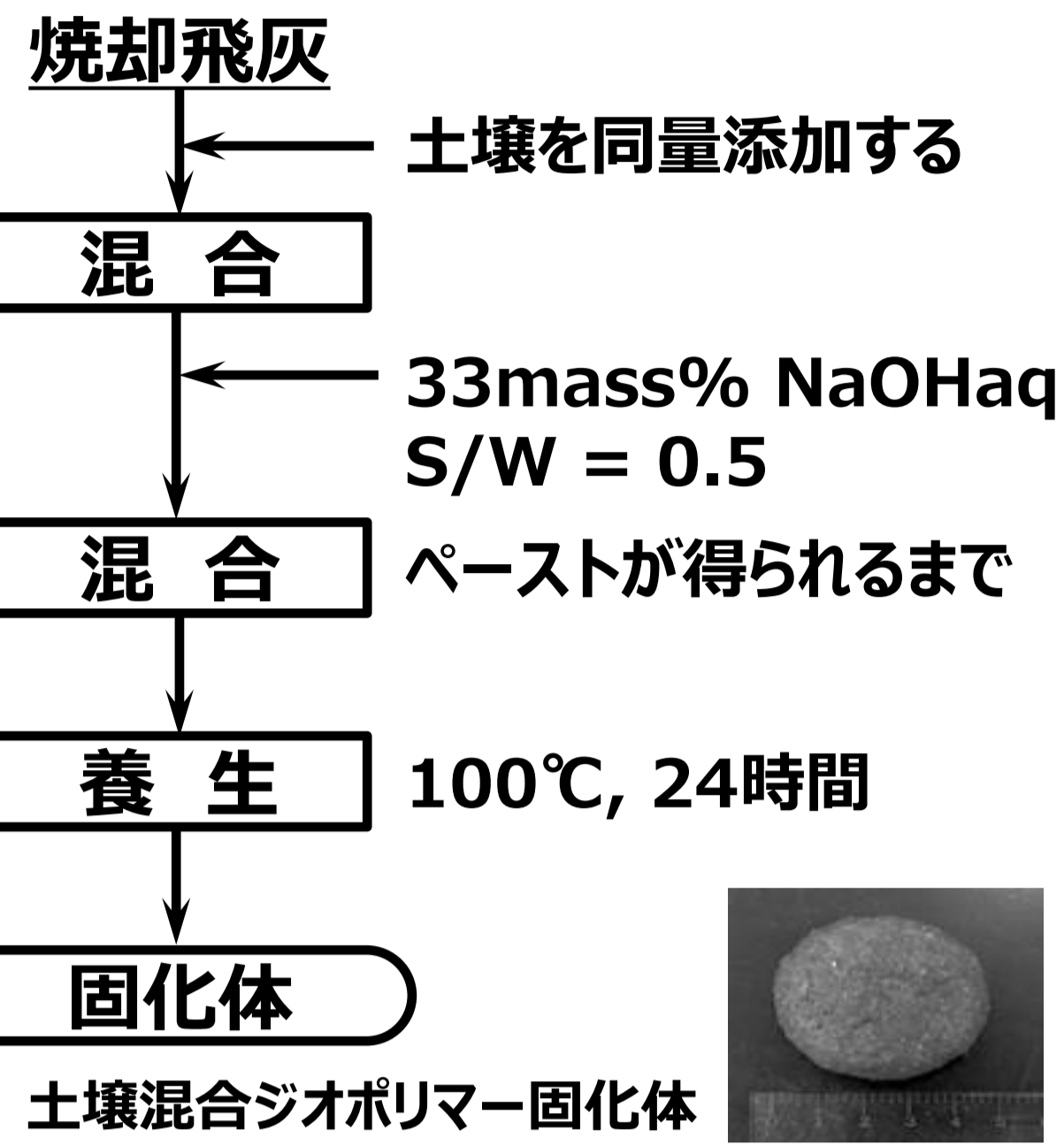
関東地方一体に分布する表層土
 黒土
 結晶相: 石英、斜長石、クロライト、カオリナイト、

明治大学生田キャンパスで採取した土壤
 生田土壤
 結晶相: 石英、斜長石、ムスコバイト、カオリナイト、

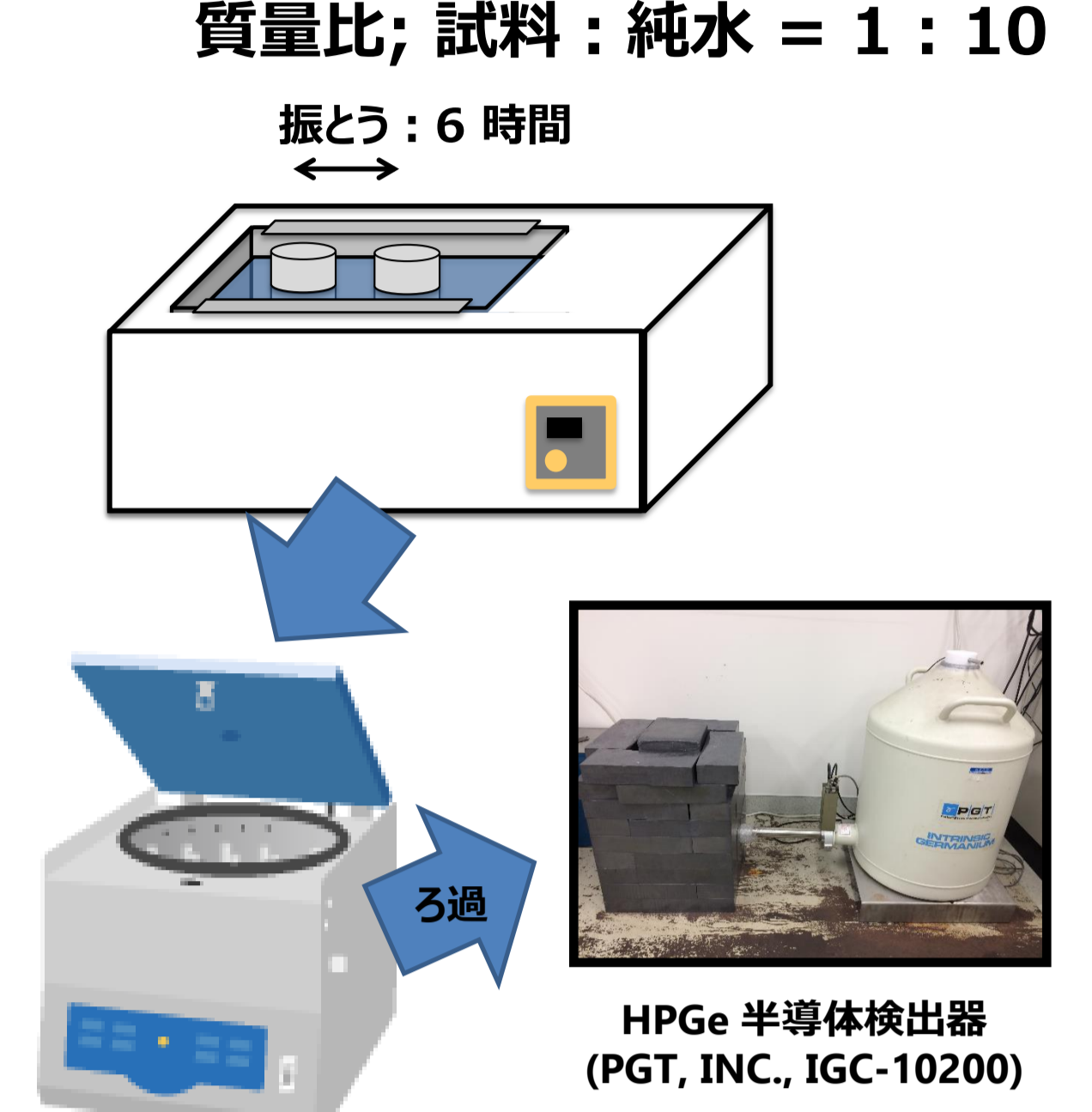
¹⁾ 環境省廃棄物・リサイクル対策部—100 Bq/kg と 8,000 Bq/kg の二つの基準の違いについて 2011, https://www.env.go.jp/jishin/attach/waste_100-8000.pdf (閲覧 2016.11.10)

放射性セシウムの溶出試験

土壤混合ジオポリマーの作製



環境省告示 13 号試験²⁾



環境省告示 13 号試験による ¹³⁷Cs の溶出試験結果

ジオポリマー固化体	溶出率, %	
赤玉土	0.3 ± 0.2	
黒土	0.4 ± 0.2	
生田土壤	3.4 ± 0.5	
廃陶器	11.3 ± 1.0	
パーライト	11.8 ± 0.9	
アルミノシリカ粉末(通常のジオポリマー)	12.0 ± 1.1	
未処理の焼却飛灰	71.7 ± 0.7	

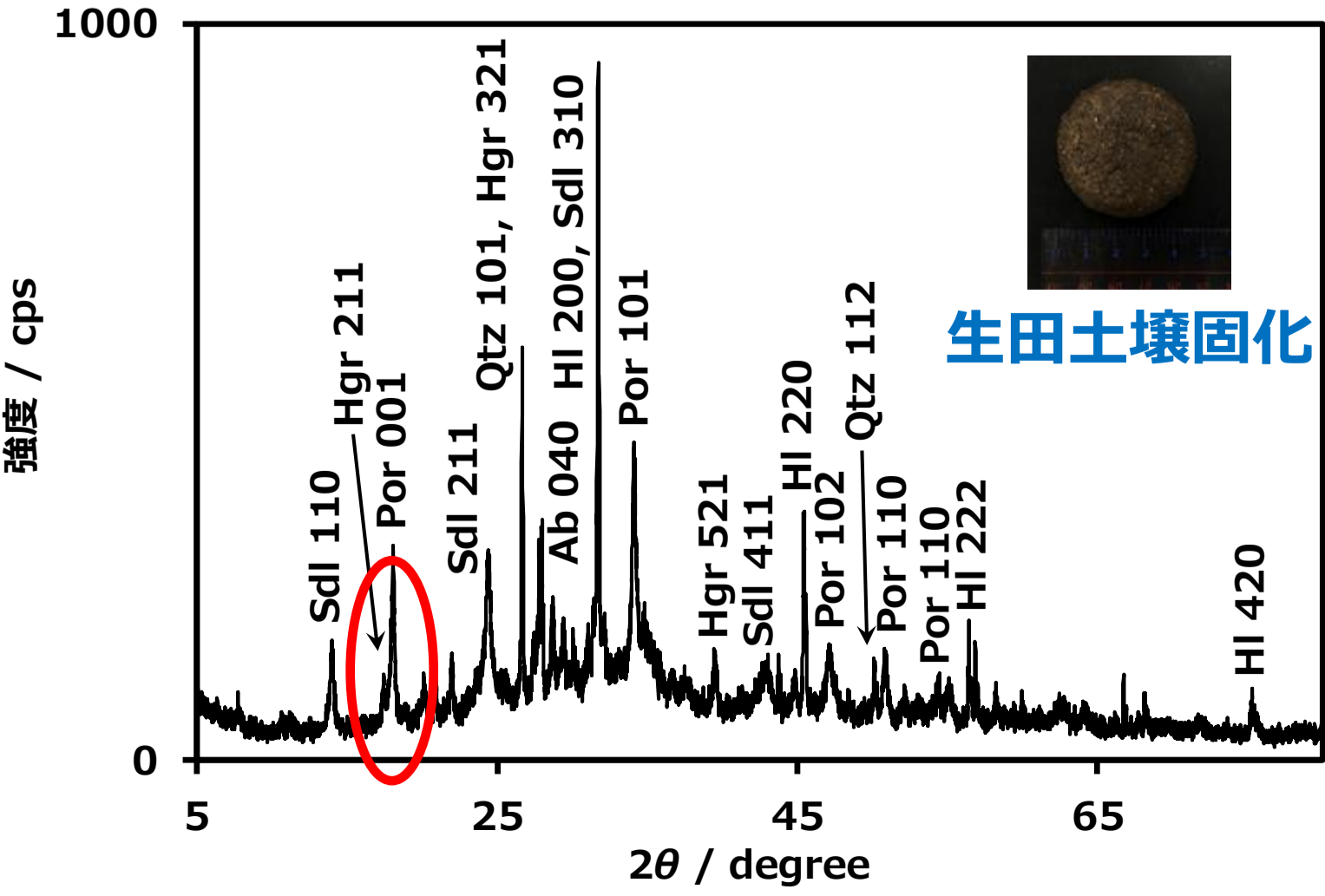
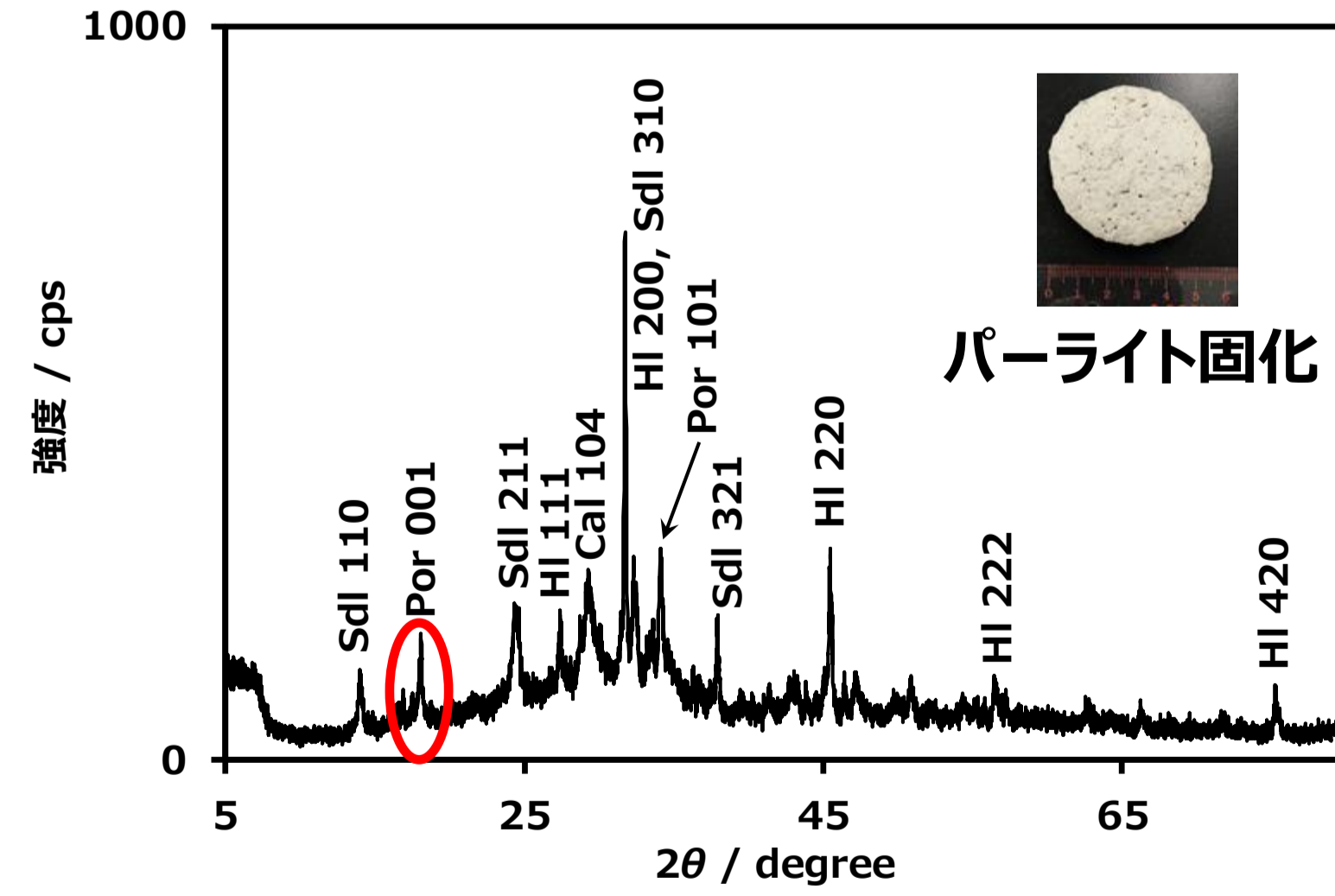
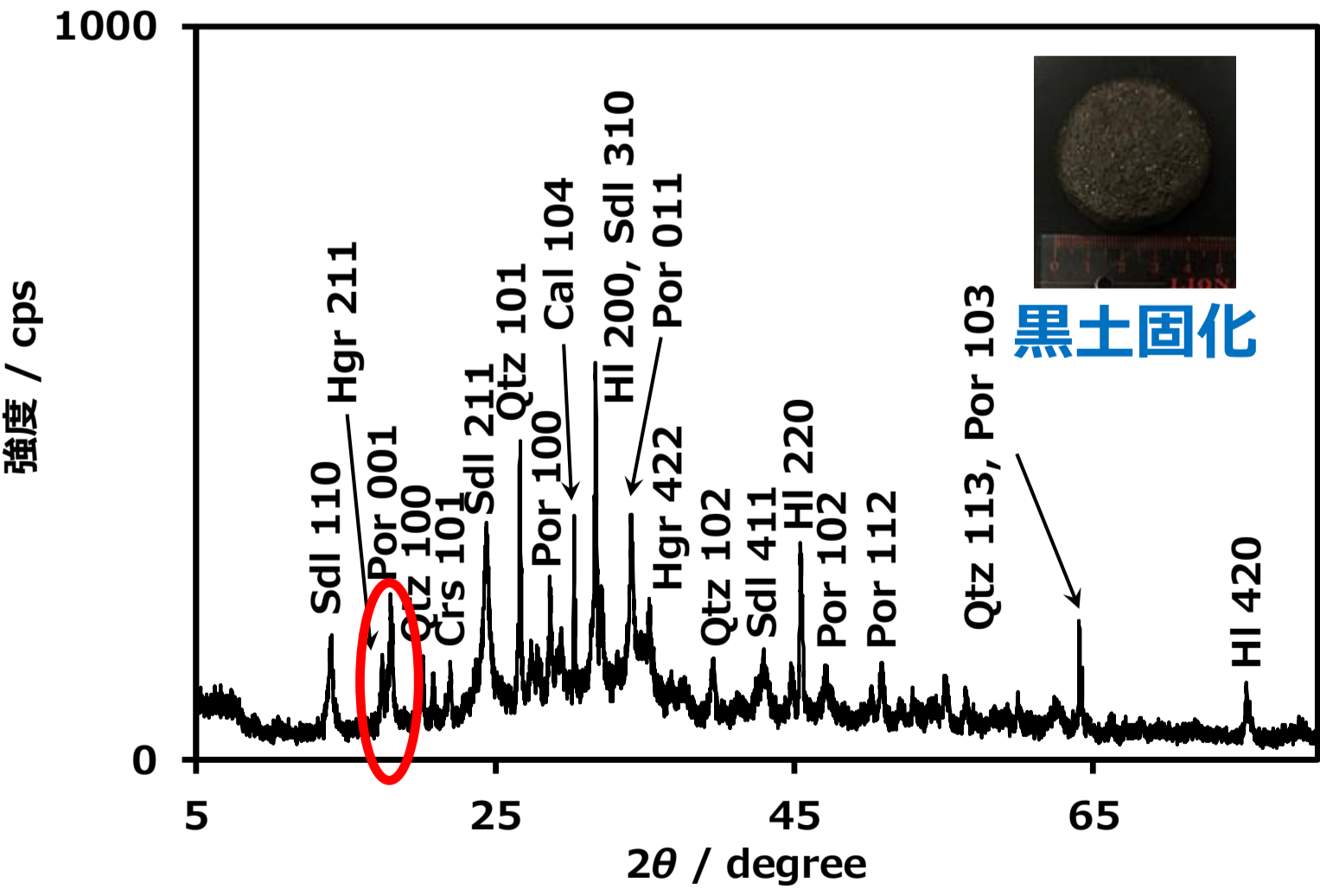
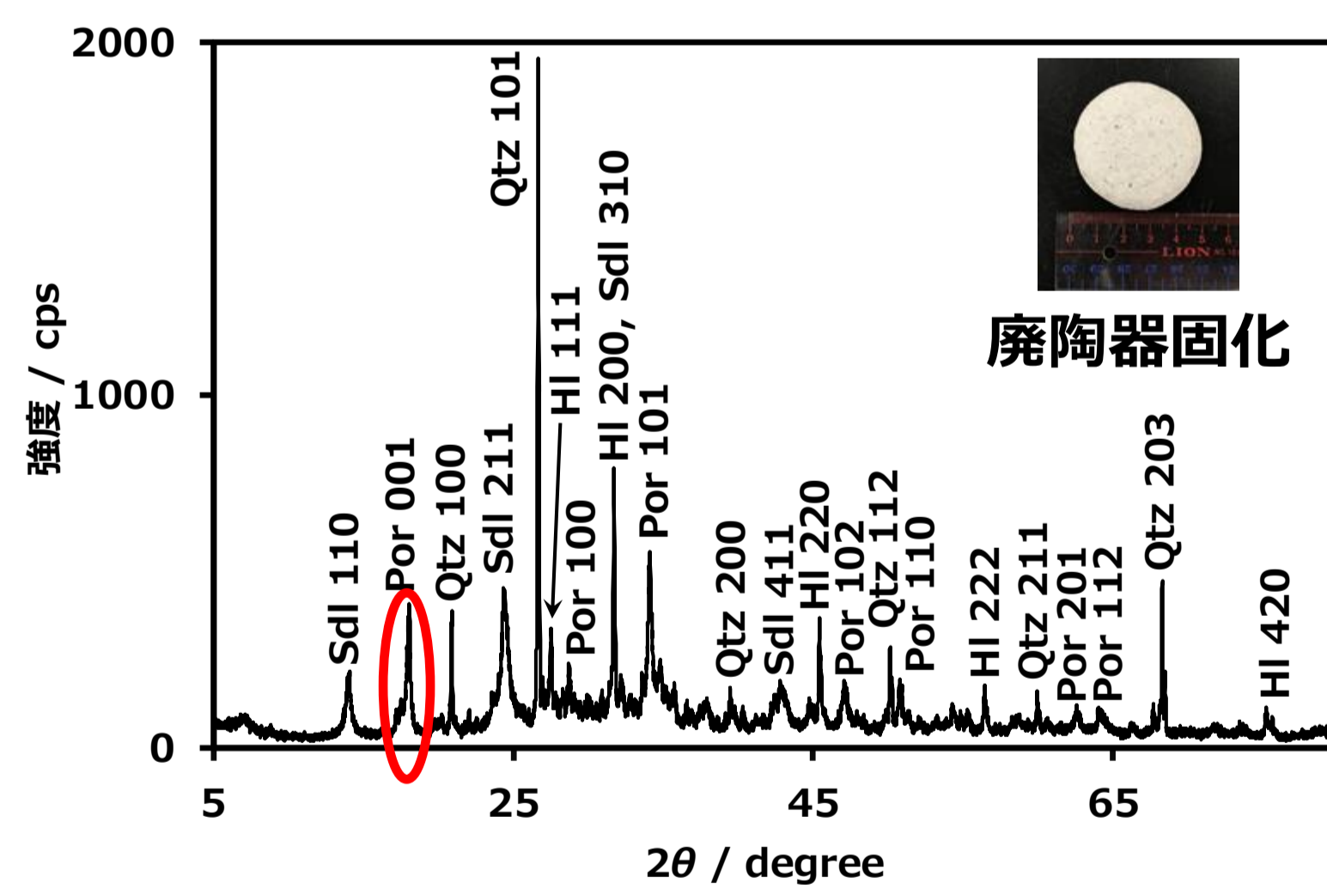
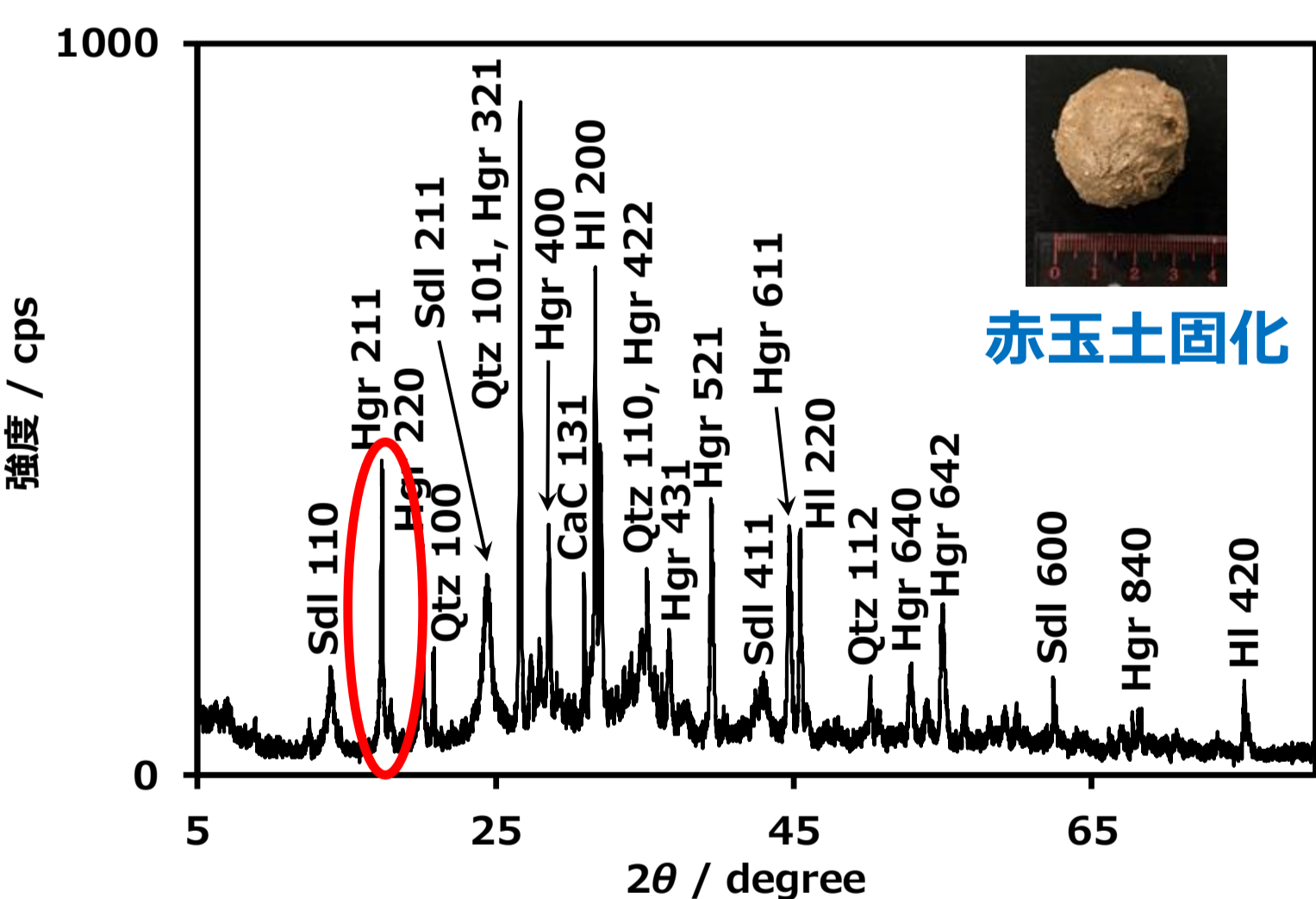
土壤混合ジオポリマー固化を施すことによって、放射性セシウムの溶出を抑制できた。

赤玉土、黒土、生田土壤 固化体で大きな溶出抑制効果

X線回折分析で結晶構造と抑制効果の関係を調査

土壤混合ジオポリマー固化体の結晶構造解析

土壤混合ジオポリマー固化体の X線回折分析



◆ セメント固化体成分であるハイドロゲーネットのピークが...
溶出率が低 確認された
溶出率が高 ほぼ確認されず
フィラー中のアルミニウム量が溶出抑制に影響している可能性

Ab: Albite(NaAlSi₃O₈), Cal: Calcite(CaCO₃), Crs: Cristobalite(SiO₂), HI: Halite(NaCl), Hgr: Hydrogarnet(3CaO · Al₂O₃ · 6H₂O), Por: Portlandite(Ca(OH)₂), Qtz: Quartz(SiO₂), Sdl: Sodalite(Na₈Al₆Si₆O₂₄Cl₂).

土壤中主要元素の蛍光 X線分析

土壤	濃度, %				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO
赤玉土	48.1	28.4	16.9	1.7	1.2
黒土	52.6	25.0	14.9	1.5	3.4
生田土壤	54.0	16.1	17.7	1.8	6.7
廃陶器	68.2	25.6	1.3	0.9	0.6
パーライト	78.0	11.9	1.3	0.1	1.0

溶出率が低

Al, Fe, Ti が多い

アルミニウムはゲーレナイトとして存在

反応性が低い

フィラーとしては、ジオポリマーが生成しやすくなるようなアルミニウムなどの金属イオンを豊富に含むものが良い

まとめ

- ◆ 土壤混合ジオポリマー固化を施すことによって、放射性セシウムの溶出を抑制できた。また、アルミニウムなどの金属元素を多く含むフィラーを用いた方が、溶出抑制効果が大きかった。
- ◆ 現在は廃棄物の下部に土壤層を 50 cm 以上敷設する必要があるが、不溶化処理としては未解決である。低環境負荷な土壤混合ジオポリマー処理による放射性セシウム不溶化を目指す。

