Environmental Journal

Volume 10 | Issue 4 Article 7

2006-10-01

เทคนิคในการฟื้นฟูดิน

พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/cuej

Part of the Environmental Sciences Commons

Recommended Citation

ชัยรัตน์อุทัย, พิสมัย (2006) "เทคนิคในการฟื้นฟูดิน," *Environmental Journal*: Vol. 10: Iss. 4, Article 7.
Available at: https://digital.car.chula.ac.th/cuej/vol10/iss4/7

This Article is brought to you for free and open access by the Chulalongkorn Journal Online (CUJO) at Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Environmental Journal by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

บทความ

เทคนิคในการฟื้นฟูดิน

ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย*

สภาวะการณ์ปัจจุบัน จะพบว่าทรัพยากรธรรมชาติได้ถูกทำลายและปนเปื้อนมีมลพิษในอัตราที่สูง โดยเฉพาะทรัพยากรดินเกิดการปนเปื้อนอนินทรีย์สารหรือโลหะหนัก เช่น สังกะสี ตะกั่ว แคดเมียม คอปเปอร์ โครเมียมและปรอท เป็นต้น และสารประกอบอินทรีย์กลุ่ม PCBs และ PAHs ซึ่งทำให้เกิดมลพิษทางดินนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้น โดยแหล่งกำเนิดของสารมลพิษเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม และการใช้สารเคมีในกิจกรรมการเกษตร รวมทั้งการใช้พื้นที่ดินเป็นที่รองรับขยะชุมชนและฝังกลบขยะอันตราย ทำให้สารมลพิษเหล่านี้สะสมในดินและแพร่กระจายสู่น้ำใต้ดิน โดยเฉพาะสารอินทรีย์กลุ่มที่ย่อยสลายยาก ก่อให้เกิดการสะสมและเพิ่มปริมาณมลพิษตามห่วงโซ่อาหารได้ จากรายงานของ Weiss et. al. (1994) พบว่า การปนเปื้อนสาร PCBs PAHs ทองแดง สังกะสีในดินและดินตะกอนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมเหมืองแร่และอุตสาหกรรมถลุงแร่ รวมทั้งการปนเปื้อนของโลหะหนักต่างๆ ในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม จะมีปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นการนำเทคนิคในการฟื้นฟูดินมาใช้เพื่อรักษาปรับปรุงคุณภาพดินนั้น จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในภาวะปัจจุบัน

เทคนิคที่ใช้ในการฟื้นฟูดิน ประกอบด้วย

1. การทำให้เป็นก้อนแข็ง (Solidification) และการปรับเสถียร (Stabilization) ด้วยการใช้สารเคมีหรือสารที่สามารถจับยึดสารปนเปื้อนเข้าไว้กับเนื้อดิน วิธีการปฏิบัติประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ 1) การกำจัดน้ำออกเพื่อลดปริมาตรของแข็ง และ 2) การเติมสารเพื่อให้สารปนเปื้อนเสถียรหรือจับตัวเป็นก้อนแข็ง โดยสารเคมีที่เลือกใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารปนเปื้อนและเนื้อดิน ดังนั้นหลักการบำบัดจึงมีทั้งกระบวนการทางกายภาพ และเคมีได้แก่ การจับยึด การดูดซึม การดูดซับ และการตกตะกอน ซึ่งส่วนใหญ่กลไกหลักที่ใช้จะเป็นกระบวนการทางกายภาพ โดยมีหลักการบำบัดดังนี้คือ

- การจับยึด (Macroencapsulation and Microencapsulation) คือ การให้สารปนเปื้อนเข้าไปอยู่ในช่องว่างของตัวจับยึดที่มีรูขนาดใหญ่ และตัวจับยึดที่มีรูขนาดเล็ก โดยกลไกการจับยึดนี้จะเป็นเพียงการกำจัดขอบเขตของสารปนเปื้อนให้อยู่ในบริเวณที่จำกัดเท่านั้น เมื่อใดที่เกิดการแตกร้าว สารปนเปื้อนนั้นอาจรั่วไหลสู่ภายนอกได้
- การดูดซึม (Absorbtion) เหมาะสำหรับกำจัดสารปนเปื้อนที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส โดยสารที่ต้องการปรับเสถียรนั้นต้องละลายได้ในตัวที่จะนำมาดูดซึม (Absorbate)
- การดูดซับ (Adsorbtion) คือ การทำให้เกิดพันธะระหว่างตัวดูดซับ (Adsorbent) กับตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ความสามารถขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ โดยดินที่มีเนื้อละเอียดหรือมีอินทรีย์วัตถุสูงจะมีพื้นที่จำเพาะค่อนข้างสูง จึงสามารถดูดซับโลหะหนักได้ดี

* ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

• การตกตะกอน (Precipitation) คือการทำให้สารปนเปื้อนตกตะกอนหรืออยู่ในรูปละลายได้น้อยลง โดยการเติมสารเคมีที่เหมาะสมลงไปเช่น สารประกอบฟอสเฟต และซีโอไลต์ เป็นต้น

2. การแยกด้วยเครื่องกล (Mechanical Separation) เป็นการใช้เครื่องมือเข้าช่วยเช่น การใช้ไฮโดรไซโคลนโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแยกสารปนเปื้อนออกจากดิน ด้วยความแตกต่างของขนาดอนุภาค การแยกด้วยหลักการฟลูอิไดซิเบด และการแยกด้วยแท่งแม่เหล็ก อาศัยหลักการแยกออกจากกันด้วยแรงโน้มถ่วงและการลอยตัวของอนุภาคอย่างไรก็ตาม สารปนเปื้อนที่แยกออกได้นั้นต้องมีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กจึงจะแยกออกได้

3. การแยกโลหะในเตาแบบไพโอไลต์ (Pyrometallurgical Seperation) เตาเผาที่ใช้แยกโลหะต้องมีอุณหภูมิสูงประมาณ 200 - 700 องศาเซลเซียส วิธีนี้เหมาะกับโลหะบางชนิดเช่น ปรอท จะเปลี่ยนรูปได้ง่ายในขณะที่สารตะกั่ว สารหนู แคดเมียม และโครเมียม จำเป็นต้องบำบัดด้วยการรีดิวซิงค์หรือฟลักซ์ซิงค์เอเจนต์ก่อน เพื่อช่วยในการหลอมเหลว อีกทั้งการบำบัดดินโดยวิธีนี้โดยมากจะไม่ทำในพื้นที่ และไม่สามารถประยุกต์ใช้กับดินที่มีระดับของการปนเปื้อนสูงมากกว่า 5-20% ได้

4. อิเลคโตรไคเนติกส์ (Electrokinetics) เป็นการผ่านกระแสไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage) ระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดลงไปในดินที่ปนเปื้อน ไอออนและอนุภาคที่มีประจุบวกเคลื่อนที่ไปยังขั้วแคโทด ส่วนไอออนที่มีประจุลบจะเคลื่อนที่ไปยังขั้วแอโนด ซึ่งสารละลายบัฟเฟอร์ที่อยู่ในแท่งอิเลคโทรดจะควบคุมพีเอชให้คงที่ได้ ดังนั้นกลไกหลักๆ ที่เกิดขึ้นประกอบด้วย Eletromigration, Electroosmosis และ Electrophoresis การที่จะใช้กลไกใดเป็นหลักนั้นขึ้นอยู่กับ ค่าความซึมได้ของดินเช่น ดินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้เร็ว กลไกหลักคือ Eletromigration ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับทำในพื้นที่ปนเปื้อนจริง และสามารถกำจัดสารปนเปื้อนได้หลายชนิดทั้งที่ปนเปื้อนในดิน และน้ำใต้ดิน ได้แก่ สารกัมมัตภาพรังสี สารอินทรีย์และโลหะหนักหากแต่มีข้อเสียคือ ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพให้สูงขึ้น โดยการเติมสารเคมีที่ใช้ล้างดินลงไปบริเวณอิเลคโทรดได้แก่ สารลดแรงตึงผิว สารกลุ่มคีเลตติงค์เอเจนต์หรือกรดลงไป (Giannis and Gidarakos, 2005; Acar and Alshawabkeh, 1993)

5. การฟื้นฟูโดยใช้พืช (Phytoremediation) คือการนำพืชมาดึงหรือดูดซับสารพิษในดินมาสะสมในต้นพืช ประกอบด้วยกระบวนการย่อย ดังนี้

• การดูดซึมโลหะหนัก (Rhizofiltration) คือ การที่รากพืชดูดซึมสารปนเปื้อนที่ละลายในช่องว่างระหว่างเม็ดดินขึ้นมาพร้อมกับสารอาหาร

• การทำให้อยู่ในรูปที่เสถียร (Phytostabilization) คือการใช้พืชดูดซับหรือตกตะกอนโลหะหนักเพื่อให้สารนั้นเคลื่อนที่ได้ช้าลง

• การสกัดออก (Phytoextraction) คือการสะสมหรือเก็บกักสารปนเปื้อนไว้ในเนื้อเยื่อพืชที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งในส่วนของรากลำต้นและใบ

• การใช้เอนไซม์ (Phytostimulation) คือการที่รากพืชปล่อยเอนไซม์ออกมากระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน ทำให้สารปนเปื้อนถูกย่อยสลาย

6. การล้างดิน (Soil Washing or Soil Flushing) คือการใช้สารเคมีไปทำให้สารปนเปื้อนละลายออกมาจากดิน (Desorption and Solubilization) รีเอเจนต์ที่ใช้ได้แก่

• กรดอนินทรีย์ได้แก่ กรดซัลฟูริก ไฮโดรคลอริก และกรดไนตริกเป็นต้น กรดแก่เหล่านี้มี ประสิทธิภาพ

ในการล้างสารปนเปื้อนออกจากดิน แต่มีผลทำให้สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง

- กรดอินทรีย์เช่น กรดซิตริก และกรดอะซิติก เป็นต้น
- การใช้ตัวทำละลายและสารเติมแต่งอื่นๆ เช่น อัลกอฮอล์ เป็นต้น
- การเติมสารคีเลตเช่น เอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติกแอซิด (EDTA) หรือไนตริโลไตอะซิ เทรตแอซิด (NTA)

วิธีนี้มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง โดยเฉพาะใช้กับสารปนเปื้อนกลุ่มโลหะหนัก ซึ่งสารคีเลตที่นิยมใช้คือ อีดีทีเอ โดยจะมีผลกระทบต่อสมบัติของดินน้อยกว่ากรดแก่ รวมทั้งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายอีดีทีเอ ได้อย่างช้าๆ ข้อเสียคือ สามารถชะล้างอะลูมิเนียม แคลเซียม เหล็ก และแมงกานีส ซึ่งเป็นแร่ธาตุในดินออกมาด้วย รวมทั้งสารคีเลตเหล่านี้มีราคาแพงและต้องใช้ในปริมาณมาก (Sun et al., 2001; Hong et al., 1999.)

- การใช้สารลดแรงตึงผิว ซึ่งมีหลายชนิดขึ้นกับประจุบนไฮโดรฟิลิกได้แก่

- สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ (Anionic Surfactant) สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้จะมีประจุไฟฟ้าบนไฮโดรฟิลิกเป็นประจุลบเช่น โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (SDS) เป็นต้น

- สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก (Cationic Surfactant) สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้จะมีประจุไฟฟ้าบนไฮโดรฟิลิกเป็นประจุบวกเช่น CTAB (Cetytri-methylammonium Bromide) ปกติแล้วจะไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจากถูกดูดซับด้วยอนุภาคของดินได้

- สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Surfactant) สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้บนไฮโดรฟิลิกจะไม่มีประจุ เป็นสารประกอบโพลีอีเทอร์หรือโพลีไฮดรอกซิลใช้มากในผงซักฟอกผลิตภัณฑ์ล้างจาน และ น้ำยาทำความสะอาดพื้นเช่น Tween 80 (Polyoxyethylene Sorkitan Monooleate) Brij 35 (Polyoxyethylene Eaury Ether) และไทรทอนเอกซ์-100

สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุและชนิดประจุลบ นิยมนำมาใช้ในการล้างโลหะหนัก และสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้น้อยเช่น PCBs และ PaHs เป็นต้น ซึ่งประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวขึ้นกับสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของสารในการรวมตัวของโมเลกุลเป็นไมเซลล์ (Micelle) โดยหันปลายด้านที่มีขั้วออกมาด้านนอก และด้านในเป็นส่วนที่ไม่มีขั้ว ซึ่งความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวที่จะทำให้โครงสร้างรวมตัวเป็นไมเซลล์ได้นั้น จะต้องมีความเข้มข้นต่ำที่สุดที่จุดวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ (Critical Micelle Concentration, CMC) เช่น Brij 35 สามารถล้าง PCB ออกจากดินปนเปื้อนดีกว่า Tween 80 และ SDS (Chu and Kwan, 2003) ข้อดีของการใช้สารลดแรงตึงผิวคือ ความเป็นพิษน้อย ราคาถูกกว่าสารเคมีอื่นๆ ปัจจุบันมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพให้สูงขึ้นโดยการใช้ร่วมกับลิแกนด์ที่สามารถกำจัดได้ทั้งโลหะหนักและสารอินทรีย์ (Mulligan et al., 2001)

สรุปได้ว่า การใช้เทคนิคในการฟื้นฟูสารพิษปนเปื้อนในดินนั้นมีอยู่มากมายหลายชนิด หากแต่ควรพิจารณาและคำนึงถึงสถานการณ์ปนเปื้อนในพื้นที่และสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเป็นอันดับแรก เพื่อให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าต่อการลงทุนในการกำจัดการปนเปื้อนสารพิษในดินให้ได้มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Acar Y. and Alshawabkeh A. "Principles of electro kinetic remediation". **Environ. Sci. Technol.** 27(13). 1993. pp. 2638-2647.
2. Chu W and Kwan C.Y. "Remediation of contaminated soil by a solvent/surfactant System". **Chemosphere** 53. 2003. pp. 9 -15.
3. Environmental Protection Agency. **Introduction of Phytoremediation**. (Doc.EPA/600/R-99/107) Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati Ohio. 2000.
4. Giannis Apostolos and Giadarakos Evangelos. "Washing enhanced electro kinetic remedliation for removal cadmium from real contaminated soil". **J. of Hazardous Materials** B 123. 2005. pp. 165-175.
5. Hong, P.K.A. Banerji C. Li and Regmi S.K.T. "Extraction recovery andbios ability of EDTA for remediation of trace metal-contamination soil". **J. Soil Contam.** 8, 1999. pp.1-15.
6. Mulligan, C.N., Yong R.N. and Gibbs, B.F. "Surfactant-enhanced remediation of Contaminated soil : a review". **Engineering Geology** 60. 2001. pp. 371-380.
7. Sun B. Zhao F.T. Lombi E. and McGrath S.P. "Leaching of heavy metals from Contaminated soil using EDTA". **Environ Pollut**. 113. 2001. pp. 111-120.
8. Weiss, P. Riss a. Gschmeidler E and Schentz H. "Investigation of heavy metal, PAH, PCB patterns and PCDD/F profiles of soil samples from an industrialized urban area (Linz upper Austria) with multivariate statistical methods", **Chemoshere**.29. 1994. pp. 2223-2236.