บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดลุมดินที่จะนำมาใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของสารหนูจากดินสู่อากาศในรูปของฝุ่นละอองโดยอาศัยหลักการดูดซับและการตกตะกอนในชั้นของวัสดุดูดลุมดินเพื่อป้องกันไม่ให้สารหนูเคลื่อนที่มาสู่ผิวดิน จึงได้ทดลองเพื่อหาอัตราส่วนการผสมระหว่างวัสดุดูดลุมดินกับดินที่ปนเปื้อนสารหนูที่เหมาะสมโดยการทดลองแบบกะและการทดลองแบบต่อเนื่อง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.1 สมบัติของดินที่ปนเปื้อนสารหนูและวัสดุดูดลุมดิน

1) ดินปนเปื้อนสารหนูที่นำมาจากพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสภาวะค่อนข้างเป็นด่างอ่อนๆ และมีองค์ประกอบของแร่ Quartz (SiO_2) และ Ilmenite,syn ($FeTiO_3$) รวมถึงมีปริมาณสารหนูเกินมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรม ของกรมควบคุมมลพิษ

2) ดินลูกรังที่นำมาจากพื้นที่ อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสภาวะค่อนข้างเป็นกรดอ่อน และมีองค์ประกอบของแร่ Quartz (SiO_2) และ Kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) รวมถึงมีธาตุ Sr Al และFe อยู่ในปริมาณสูง

3) หินปูนฝุ่นที่นำมาจากเหมืองหินผาทองของห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสภาวะเป็นด่างอ่อน และมีปริมาณแคลเซียมสูง

4) ปูนขาวที่นำมาจากอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสภาวะเป็นด่างแก่ ละลายน้ำได้ดีและมีปริมาณแคลเซียมสูง

5) เถ้าลอยที่นำมาจากเตาเผาขยะภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต มีสภาวะเป็นด่างแก่ ละลายน้ำได้ดีและมีปริมาณแคลเซียมสูง รวมถึงมีผลึกแร่ของ KCl, NaCl, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, $CaSO_4$, $CaCl_2$, CaClOH, $CaSO_4.2H_2O$ และ$K_{86.5}Al_{86.5}Si_{105.5}O_{384}$ (พจนีย์ อินทสโร, 2545) ทำให้เถ้าลอยสามารถดูดซับสารหนูได้ดี

4.2 การทดลองแบบกะ

1) ประสิทธิภาพของวัสดุดูดลุมดินในการดูดซับสารหนูในดิน เรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ เถ้าลอย ดินลูกรังปูนขาวและหินปูนฝุ่น ตามลำดับ

2) ดินลูกรังมีระยะเวลาสัมผัสเพื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลภายในเวลา 240 นาที ที่พีเอช 4 และ 360 นาที ที่พีเอช 7 และ 12 ส่วนเถ้าลอยจะเข้าสู่สภาวะสมดุลภายในเวลา 120 นาที ที่พีเอช 12 และ 360 นาที ที่พีเอช 4 และ 7

3) ดินลูกรังมีความสามารถในการดูดซับสารหนูสูงสุดที่พีเอช 7 และ 4 และ สมดุลของการดูดซับมีแนวโน้มเป็นแบบ Langmuir ส่วนในเถ้าลอยพบว่ามีความสามารถในการดูดซับสารหนูสูงสุดที่พีเอช 12 และ 7 และสมดุลของการดูดซับ มีแนวโน้มเป็นแบบ Freundlich และ Langmuir ตามลำดับ นอกจากนี้ไอโซเทอมของ Langmuir และ Freundlich สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณวัสดุคลุมดินที่จะใช้ในการป้องกันการฟุ้งกระจายของสารหนูสู่อากาศในดินที่ปนเปื้อนสารหนูได้

4.3 การทดลองแบบต่อเนื่อง

1) การชะละลายด้วยน้ำ DI เมื่อเวลาผ่านไป 66 ชั่วโมง เถ้าลอยจะสามารถดูดซับสารหนูได้ดีกว่าดินลูกรัง และทำให้มีสภาวะเป็นด่างมากขึ้น ดังนั้นแม้ว่าเถ้าลอยจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารหนูในดินได้สูงกว่าดินลูกรัง แต่หากนำเถ้าลอยไปเป็นวัสดุคลุมดินจะทำให้พีเอชและค่าการนำไฟฟ้าในดินที่ปนเปื้อนสารหนูมีค่าสูงขึ้น ทำให้ดินอยู่ในสภาวะที่เป็นด่างแก่และมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชคลุมดิน ดังนั้นดินลูกรังที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารหนูได้รองลงมา จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดในการเป็นวัสดุคลุมดินที่ปนเปื้อนสารหนู เนื่องจากดินลูกรัง จะทำให้ดินมีสภาวะเป็นกลางมากขึ้น และดินลูกรังยังมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ เมื่อใส่ลงไปในดินจะทำให้คุณสมบัติของดินมีความเหมาะสมสำหรับปลูกพืชคลุมดิน ซึ่งพืชคลุมดินก็เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งในการลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่ปนเปื้อนสารหนูสู่อากาศ

2) การชะละลายด้วย K_2SO_4 0.05 โมล เมื่อเวลาผ่านไป 66 ชั่วโมง ดินลูกรังจะสามารถดูดซับสารหนูได้ดีกว่าเถ้าลอยและทำให้มีสภาวะเป็นกลางมากขึ้น ถึงแม้ในดินจะมีไอออนของ SO_4^{-2} ออกมา และSO_4^{-2} นี้เองเป็นไอออนที่ส่งเสริมให้สารหนูเกิดการปนเปื้อนไปสู่น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินได้มากขึ้นเนื่องจากจะไปแข่งขันกับ AsO_4^{-3} ในการทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมเพื่อตกตะกอนเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ (Ana and Virginia, 2004)แต่จากการทดลองจะเห็นว่าดินลูกรังยังสามารถดูดซับสารหนูได้ดี ดังนั้นจึงเป็นการสนับสนุนว่าดินลูกรังมีความเหมาะสมมากที่สุดในการเป็นวัสดุคลุมดินที่ปนเปื้อนสารหนู

3) ตัวแปรที่มีผลต่อการดูดซับสารหนูมากที่สุดเมื่อผสมดินที่ปนเปื้อนสารหนูกับดินลูกรังคือ พีเอช และปริมาณเหล็ก ส่วนตัวแปรที่มีผลต่อการดูดซับสารหนูมากที่สุดเมื่อผสมดินที่ปนเปื้อนสารหนูกับเถ้าลอยคือ พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณแคลเซียม

4) ดินลูกรังและเถ้าลอยเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายในจังหวัดนครศรีธรรมราช และมีความสามารถในการดูดซับสารหนูได้ค่อนข้างดี จึงมีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุคลุมดินในพื้นที่ ที่มีการปนเปื้อนสารหนูในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของสารหนูไปสู่ผิวดินและอากาศ

4.4 ข้อเสนอแนะด้านการวิจัย

1) ควรมีการวัดปริมาณสารหนูตามระดับความลึกของชั้นดินในพื้นที่ ที่มีการปนเปื้อนของสารหนู เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารหนูในแนวดิ่ง

2) ควรมีการศึกษาถึงปริมาณซัลเฟตและฟอสเฟตที่มีผลต่อการชะละลายสารหนูที่อยู่ในดินในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารหนู เพื่อศึกษาความสามารถในการละลายของสารหนูและการแพร่กระจายออกไปสู่พื้นที่อื่นในกรณีที่ถูกชะละลายจากดินโดยกลุ่มสารประกอบของซัลเฟตหรือฟอสเฟส

3) วิธีการกำจัดสารหนูที่ได้จากการทดลองนี้จะมีประสิทธิภาพในการจัดการ ณ แหล่งกำเนิดที่แน่นอน (point source)

4) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทดลองเพื่อควบคุมและป้องกันการเคลื่อนที่ของสารหนูจากน้ำใต้ดินในห้องปฏิบัติการ แต่ในสภาพข้อเท็จจริงของพื้นที่ภาคใต้จะมีฝนตกมาก การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินจึงอาจควบคุมได้ดีเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของน้ำจากด้านบนและอาจประยุกต์ทั้ง 2 แบบเข้าด้วยกัน โดยการใช้วัสดุคลุมดิน 2 ชนิด ที่ผลการศึกษาระบุว่ามีประสิทธิภาพ คือ ดินลูกรังและเถ้าลอย และทดลองเพิ่มดินชั้นบนหรือทราย รวมถึงการปลูกพืชคลุมดินด้วย เพื่อให้การทดลองสามารถนำไปขยายต่อและปฏิบัติได้จริง

5) ผลการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นเพียงผลจากการทดลองเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ เพื่อคัดเลือกและค้นหาประสิทธิภาพการดูดตรึงสารหนูของดินลูกรัง หินปูนฝุ่น ปูนขาว และเถ้าลอย เท่านั้น หากมีความสนใจที่จะนำไปใช้จริงควรมีการทำการทดลองในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารหนูและออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรมในเรื่องการบดอัดดิน เพื่อศึกษาการซึมผ่านของน้ำใต้ดินและการชะละลายสารหนูจากหน้าตัดดิน รวมถึงมีการตรวจติดตามผล ทั้งนี้เพื่อประเมินประสิทธิภาพที่แท้จริงของวัสดุที่จะนำมาใช้ดูดซับสารหนูในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนที่ทราบแหล่งแน่นอน