

## บทที่ 4

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุคลุมดินที่จะนำมาใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของสารหนูจากดินสู่อากาศในรูปของฝุ่นละอองโดยอาศัยหลักการดูดซับและการตกตะกอนในชั้นของวัสดุคลุมดินเพื่อป้องกันไม่ให้สารหนูเคลื่อนที่มาสู่มนุษย์ จึงได้ทดลองเพื่อหาอัตราส่วนการผสมระหว่างวัสดุคลุมดินกับดินที่ปนเปื้อนสารหนูที่เหมาะสมโดยการทดลองแบบกะและการทดลองแบบต่อเนื่อง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

#### 4.1 สมบัติของดินที่ปนเปื้อนสารหนูและวัสดุคลุมดิน

1) ดินปนเปื้อนสารหนูที่นำมาจากพื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสถานะค่อนข้างเป็นด่างอ่อนๆ และมีองค์ประกอบของแร่ Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) และ Ilmenite, syn ( $\text{FeTiO}_3$ ) รวมถึงมีปริมาณสารหนูเกินมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่ออยู่อาศัยและเกษตรกรรม ของกรมควบคุมมลพิษ

2) ดินลูกรังที่นำมาจากพื้นที่ อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสถานะค่อนข้างเป็นกรดอ่อน และมีองค์ประกอบของแร่ Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) และ Kaolinite ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) รวมถึงมีธาตุ Sr Al และ Fe อยู่ในปริมาณสูง

3) หินปูนฝุ่นที่นำมาจากเหมืองผาทอง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสถานะเป็นด่างอ่อน และมีปริมาณแคลเซียมสูง

4) ปูนขาวที่นำมาจากอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสถานะเป็นด่างแก่ ละลายน้ำได้ดีและมีปริมาณแคลเซียมสูง

5) ใ้ถ้ำลอยที่นำมาจากเตาเผาขยะภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต มีสถานะเป็นด่างแก่ ละลายน้ำได้ดีและมีปริมาณแคลเซียมสูง รวมถึงมีผลึกแร่ของ KCl, NaCl,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaClOH}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  และ  $\text{K}_{86.5}\text{Al}_{86.5}\text{Si}_{105.5}\text{O}_{384}$  (พจนีย์ อินทสโร, 2545) ทำให้ใ้ถ้ำลอยสามารถดูดซับสารหนูได้ดี

#### 4.2 การทดลองแบบกะ

1) ประสิทธิภาพของวัสดุคลุมดินในการดูดซับสารหนูในดินเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ ใ้ถ้ำลอย ดินลูกรัง ปูนขาว และ หินปูนฝุ่นตามลำดับ

2) ดินลูกรังมีระยะเวลาสัมผัสเพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลภายในเวลา 240 นาที ที่พีเอช 4 และ 360 นาที ที่พีเอช 7 และ 12 ส่วนถ้ำลอยจะเข้าสู่ภาวะสมดุลภายในเวลา 120 นาที ที่พีเอช 12 และ 360 นาที ที่พีเอช 4 และ 7

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

#### 4.3 การทดลองแบบต่อเนื่อง

1) การชะละลายด้วยน้ำ DI เมื่อเวลาผ่านไป 66 ชั่วโมง ถ้ำลอยจะสามารถดูดซับสารหนูได้ดีกว่าดินลูกรัง และทำให้มีสถานะเป็นด่างมากขึ้น ดังนั้นแม้ว่าถ้ำลอยจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารหนูในดินได้สูงกว่าดินลูกรัง แต่หากนำถ้ำลอยไปเป็นวัสดุคลุมดินจะทำให้พีเอชและค่าการนำไฟฟ้าในดินที่ปนเปื้อนสารหนูมีค่าสูงขึ้น ทำให้ดินอยู่ในสถานะที่เป็นด่างแก่และมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชคลุมดิน ดังนั้นดินลูกรังที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารหนูได้รองลงมา จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดในการเป็นวัสดุคลุมดินที่ปนเปื้อนสารหนู เนื่องจากดินลูกรัง จะทำให้ดินมีสถานะเป็นกลางมากขึ้น และดินลูกรังยังมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ เมื่อใส่ลงไปดินจะทำให้คุณสมบัติของดินมีความเหมาะสมสำหรับปลูกพืชคลุมดิน ซึ่งพืชคลุมดินก็เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งในการลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่ปนเปื้อนสารหนูสู่อากาศ

2) การชะละลายด้วย  $K_2SO_4$  0.05 โมล เมื่อเวลาผ่านไป 66 ชั่วโมง ดินลูกรังจะสามารถดูดซับสารหนูได้ดีกว่าถ้ำลอยและทำให้มีสถานะเป็นกลางมากขึ้น ถึงแม้ในดินจะมีไอออนของ  $SO_4^{2-}$  ออกมา และ  $SO_4^{2-}$  นี้เองเป็นไอออนที่ส่งเสริมให้สารหนูเกิดการปนเปื้อนไปสู่ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินได้มากขึ้นเนื่องจากจะไปแข่งขันกับ  $AsO_4^{3-}$  ในการทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมเพื่อตกตะกอนเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ (Ana and Virginia, 2004) แต่จากการทดลองจะเห็นว่าดินลูกรังยังสามารถดูดซับสารหนูได้ดี ดังนั้นจึงเป็นการสนับสนุนว่าดินลูกรังมีความเหมาะสมมากที่สุดในการเป็นวัสดุคลุมดินที่ปนเปื้อนสารหนู

3) ตัวแปรที่มีผลต่อการดูดซับสารหนูมากที่สุดเมื่อผสมดินที่ปนเปื้อนสารหนูกับดินลูกรังคือ พีเอช และปริมาณเหล็ก ส่วนตัวแปรที่มีผลต่อการดูดซับสารหนูมากที่สุดเมื่อผสมดินที่ปนเปื้อนสารหนูกับถ้ำลอยคือ พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณแคลเซียม

4) ดินลูกรังและเถ้าลอยเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายในจังหวัด นครศรีธรรมราช และมีความสามารถในการดูดซับสารหนูได้ค่อนข้างดี จึงมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ เป็นวัสดุคลุมดินในพื้นที่ ที่มีการปนเปื้อนสารหนูในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของสารหนูไปสู่ผิวดินและอากาศ

#### 4.4 ข้อเสนอแนะด้านการวิจัย

1) ผลการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นเพียงผลจากการทดลองเบื้องต้นเพื่อคัดเลือก และค้นหาประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูของดินลูกรัง หินปูนฝุ่น ปูนขาว และเถ้าลอย ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น หากมีความสนใจที่จะนำไปใช้จริงควรมีการ ทำการทดลองในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารหนูและออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรมในเรื่องการบดอัดดิน เพื่อศึกษาการ ซึมผ่านของน้ำใต้ดินและการชะละลายสารหนูจากหน้าตัดดิน รวมถึงมีการตรวจติดตามผล ทั้งนี้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพที่แท้จริงของวัสดุที่จะนำมาใช้ดูดซับสารหนูในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน

2) ควรมีการวัดปริมาณสารหนูตามระดับความลึกของชั้นดินในพื้นที่ ที่มีการปนเปื้อนของสารหนู เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารหนูในแนวดิ่ง

3) ควรมีการศึกษาถึงปริมาณซัลเฟตและฟอสเฟตที่มีผลต่อการชะละลายสารหนูที่อยู่ในดินในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารหนู เพื่อศึกษาความสามารถในการละลายของสารหนูและการ แพร่กระจายออกไปสู่พื้นที่อื่นในกรณีที่ถูกชะละลายจากดิน โดยกลุ่มสารประกอบของซัลเฟตหรือ ฟอสเฟต