

การอภิปรายผลการวิจัย

ประสิทธิภาพการดูดซับของดินและเคลย์ชนิดต่าง ๆ ต่อสารกัมมันตรังสีของสตรอนเตียม-90 และซีเซียม-137 เมื่อเปลี่ยนแปลงค่า pH ของการทดลองนี้ ได้สอดคล้องกับรายงานของ Rhodes (1957) Spitsyn (1958) และ Mitry et. al. (1966) ตามลำดับ กล่าวคือ ในกรณีของสตรอนเตียม-90 ดินและเคลย์จะดูดซับสารรังสีได้น้อย เมื่อ pH มีค่าต่ำ (คือเมื่อเป็นกรดมาก) แต่ค่าการดูดซับจะเริ่มสูงขึ้น เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดสูงสุด และคงตัวอยู่ในช่วง pH หนึ่ง หรืออาจจะกล่าวอย่างสรุปได้ว่า สตรอนเตียม-90 จะถูกดูดหรือถูกจับได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดด้วยดินและเคลย์ชนิดมอนท์โมริโลไนท์ และกาเลิไนท์ ใน pH ที่เป็นด่าง สำหรับในกรณีของซีเซียม-137 นั้น ค่าของ pH ไม่มีอิทธิพลใด ๆ เลยต่อการดูดซับ จากรูปที่ 4 และ ที่ 5 จะแสดงให้เห็นว่าค่าของ pH ระหว่าง 3-10 จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับสูงสุด

สำหรับของเหลวกัมมันตรังสีในสำนักงาน พปส. นั้น ผลที่ได้ไม่อาจเปรียบเทียบได้กับรายงานของผู้อื่น ทั้งนี้เนื่องจากส่วนประกอบของชนิดของเหลวกัมมันตรังสีไม่เหมือนกันนั่นเอง โดยทั่ว ๆ ไปกากของเหลวกัมมันตรังสีในสำนักงาน พปส. จะมีค่า pH ประมาณ 6-8 ฉะนั้นจึงไม่เป็นการยุ่งยากในการปฏิบัติแต่อย่างใดเนื่องจากการทดลองนี้ค่า pH อยู่ในช่วง 6-8 ทั้งนี้

ในการทดลองเพื่อหาค่าของเวลาที่พอเหมาะสำหรับดินและเคลย์ชนิดต่าง ๆ เมื่อสัมผัสกับสารทดลองรังสีนั้น ได้ค่าต่ำที่สุดคือ 15 นาที ซึ่งผลการทดลองนี้คล้ายกับรายงานของ Ioanid et. al. (1958) ซึ่งระบุว่า การดูดซับของเคลย์ ชนิดมอนท์โมริโลไนท์ และกาเลิไนท์ จะมีประสิทธิภาพสูงสุดภายใน 15 นาทีแรกของเวลาที่สัมผัส และ Mitry et. al. (1966) รายงานว่าเคลย์ชนิดมอนท์โมริโลไนท์สามารถจับสตรอนเตียม-90 โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้เวลาเพียง 1-1 1/2 นาทีเท่านั้น

การทดลองถึงปริมาณของดินและเคลย์ต่าง ๆ ชนิดที่พอเหมาะ เพื่อใช้ในการดูดซับสารทดลองรังสีนั้น สำหรับสารละลายสตรอนเตียม-90 เมื่อใช้ดินและเคลย์ชนิดมอนท์โมริโลไนท์ ผลปรากฏตามตารางที่ 14 ว่า ถ้าใช้เคลย์จากดินต่างประเทศ 0.1 กรัม เคลย์จากดินภายในประเทศ 2.5 กรัม และดินภายในประเทศ 4.0 กรัม จะได้อาประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 97 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของเคลย์จากดินภายในประเทศ และดินแล้ว จะพบว่า ปริมาณที่ใช้แตกต่างกันเกือบ 2 เท่า แต่ถ้านิ่งถึงความจริงว่า การแยกเคลย์ชนิดมอนท์โมริโลไนท์ ออกจากดินนั้น แยกออกมาได้น้ำหนักเพียง 60 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักดินเท่านั้น กล่าวคือ ในดินน้ำหนัก 4.0 กรัม จะแยกเคลย์ออกมาได้เพียง 2.4 กรัมเท่านั้น ดังนั้นปริมาณของดินและเคลย์ที่ใช้จึงนับว่ามากพอ ๆ กัน ซึ่งอาจจะสรุปได้ว่าเคลย์เท่านั้นที่มีความสามารถในการดูดซับสตรอนเตียม-90 ซึ่งผลการทดลองตรงกับรายงานของ Spitsyn et. al. (1960) และ Frink (1971)

ถ้าเปรียบเทียบระหว่างเคลย์จากดินต่างประเทศและเคลย์จากดินภายในประเทศแล้วจะเห็นข้อที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ น้ำหนักที่ใช้มีกันมาก ทั้งนี้อาจจะเป็นควยสาเหตุหลายประการกล่าวคือ

ก. เคลย์จากดินต่างประเทศ เป็นเคลย์ชนิดมอนท์โมริโลไนท์แต่เพียงอย่างเดียว ในขณะที่เคลย์จากดินภายในประเทศประกอบด้วยเคลย์มาตรฐานอย่างน้อยถึง 2 ชนิดปะปนอยู่ ซึ่งนับว่าเป็นข้อลำบากในการอธิบายถึงกลไกของเคลย์ต่อการดูดซับ

ข. ความจุของแคชไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนที่ไคของเคลย์จากดินภายในประเทศ ที่ได้จากการวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 36 มิลลิอควิวาเลนตต่อเคลย์ 100 กรัม ซึ่งความจุของแคชไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนที่ไคนี้ นับว่าเป็นความจุของแคชไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนที่ไคของเคลย์ผสม ดังนั้นถ้าจะคิดถึงความจุของแคชไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนที่ไคของเคลย์มาตรฐานชนิดมอนท์โมริโลไนท์ แต่เพียงอย่างเดียวแล้วจะได้ค่าต่ำกว่านี้อีก และในแง่ของการวิเคราะห์ไม่สามารถวิเคราะห์ถึงความจุของแคชไอออนที่-

สามารถแลกเปลี่ยนที่ไคของเคลย์แต่ละอย่างแต่เพียงอย่างเดียวได้ สำหรับความจุของ-
แกชไอออนที่สามารถแลกเปลี่ยนที่ไคของเคลย์จากดินต่างประเทศนั้นมีค่าเท่ากับ 130 มิลลิ
อีควิวาเลนต์ต่อเคลย์ 100 กรัม ซึ่งจะเห็นว่าค่านั้นแตกต่างกันมาก

ในการทดลองโดยใช้เคลย์ชนิดเกาลีไนท์ กับสารละลายสตรอนเทียม-90 ผล
การทดลองซึ่งปรากฏตามตารางที่ 15 คือ ต้องใช้น้ำหนักเคลย์จากดินต่างประเทศ 0.1
กรัม น้ำหนักเคลย์จากดินภายในประเทศ 2.0 กรัม และน้ำหนักของเคลย์จากดินภายใน
ประเทศ 10 กรัม เพื่อให้ไคค่าประสิทธิภาพการดูดซับเท่ากันคือ 98 เปอร์เซ็นต์

เคลย์ชนิดเกาลีไนท์สามารถแยกออกจากดินได้เพียง 40 เปอร์เซ็นต์ หมาย-
ความว่า เคลย์ 2.0 กรัมจะมาจากดินเพียง 5 กรัม แต่ตามผลการทดลองนั้น ดินที่ใช้
เพื่อให้มีค่าการดูดซับเท่ากับเคลย์จำนวน 2 กรัม มีค่าถึง 10 กรัม ซึ่งมากกว่าค่าที่ควร-
จะเป็นถึง 2 เท่า ความจริงข้อนี้อาจจะพอสรุปได้ว่าสิ่งเจือปนในดินอาจจะมีอิทธิพลต่อ-
การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดซับสตรอนเทียม-90 ของเคลย์ชนิดเกาลีไนท์นั่นเอง

ในแง่ความแตกต่างระหว่าง เคลย์จากดินต่างประเทศ และเคลย์จากดินภายใน
ในประเทศนั้น เหตุผลคล้ายกันกับที่ไคกลาวัวแล้วในชนิดของเคลย์มอนท์โมริโลไนท์

สำหรับการทดลองเมื่อใช้สารละลายของซีเซียม-137 กับเคลย์ชนิดมอนท์โมริโล-
ไนท์ และเกาลีไนท์นั้น ผลการทดลองซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 16 และ 17 พอจะสรุป
ได้คือ น้ำหนักของเคลย์จากดินต่างประเทศ : น้ำหนักของเคลย์จากดินภายในประเทศ
: น้ำหนักของดินภายในประเทศ ชนิดมอนท์โมริโลไนท์ เท่ากับ 0.5 : 2.0 : 2.0 เมื่อ
มีค่าประสิทธิภาพการดูดซับ 98 เปอร์เซ็นต์ และชนิดเกาลีไนท์ เท่ากับ 1 : 1.5 : 2.0
เมื่อมีค่าประสิทธิภาพการดูดซับ 97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ไคค่าไคด-
เคียงกันมาก ซึ่งอาจจะสรุปได้ว่า เคลย์ชนิดมอนท์โมริโลไนท์ และเกาลีไนท์ มี-
ประสิทธิภาพในการจับซีเซียม-137 ไค้ดัดเทียมกัน แต่เมื่อค่านิ่งถึงเปอร์เซ็นต์ของเคลย์
ที่แยกออกมาจากดินได้ จะเห็นว่า ดินจากเคลย์ทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพการดูดซับสูงกว่า
เคลย์จากดินนั้น ๆ มาก เพราะเมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักที่ใช้จะพบว่ามีค่าไคดเคียงกันมาก

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสิ่งเจือปนในดินนั้น มีผลช่วยเหลืออย่างมากในการดูดซับซีเซียม-137 นอก จากเคย

ในการทดลองตอกากของเหลวกัมมันตรังสีในสำนักงาน พปส. นั้น ผลพอสรุปได้ว่า น้ำหนักของเคลย์จากดินต่างประเทศ : น้ำหนักของเคลย์จากดินภายในประเทศ : น้ำหนักของดินภายในประเทศ ของเคลย์ชนิดมอนทโมริโลไนท์ และเกาลิไนท์ มีค่า 0.1 : 4.0 : 4.0 และ 1.5 : 4.0 : 4.0 ตามลำดับ การทดลองได้ผลคล้ายกับการทดลองเมื่อใช้ สารละลายซีเซียม-137 แทนน้ำหนักของดินที่ใช้ในกรณีนี้มากกว่า คือ น้ำหนักของดินที่ใช้ในการดูดซับกากของเหลวกัมมันตรังสี เท่ากับ 4.0 กรัม แทนน้ำหนักของดินที่ใช้ในการดูดซับ ซีเซียม-137 เท่ากับ 2.0 กรัม ข้อแตกต่างนี้อาจจะเนื่องจากกากของเหลวกัมมันตรังสี ในสำนักงาน พปส. นั้น มีความแรงรังสีจำเพาะต่ำ กล่าวคือ มีปริมาณของไอโซโทปที่คงตัว (Stable isotope) ต่าง ๆ ปะปนอยู่มาก โดยลักษณะทั่ว ๆ ไปของกากของเหลวกัมมันตรังสีในสำนักงาน พปส. ความแรงรังสีและปริมาณของไอโซโทปรังสีจะมาจากกมลผลิตไอโซโทปเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งไอโซโทปที่ผลิตมากที่สุดคือ ไอโอดีน-131 (ผลิตจาก เกล็ดูเลียม) รองลงมาคือ เทคนิเซียม-99 m (ผลิตจากโมลิบดีนัม) ดังนั้น กากของเหลวกัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยออกมา นอกจากจะมีไอโซโทปรังสีของไอโอดีน-131 ไอโซโทปรังสีต่าง ๆ ชนิดของเกล็ดูเลียม ไอโซโทปรังสีของเทคนิเซียม-99 m และโมลิบดีนัม-99 แล้ว ยังมี ไอโซโทปที่คงตัว ของสารที่ใช้เป็นสารเริ่มต้นอีกด้วย กล่าวคือ เกล็ดูเลียม และโมลิบดีนัม ซึ่งดินและเคลย์ที่ใช้จำเป็นต้องดูดซับไอโซโทปที่คงตัวเหล่านี้ไว้ด้วย ผิดกับสารละลายของซีเซียม-137 และสตรอนเทียม-90 ซึ่งเป็นไอโซโทปซึ่งปราศจากแกร-ไออร์ (Carrier free)

อย่างไรก็ตาม ก็พอสรุปได้ว่า นอกจากเคลย์แล้ว สิ่งเจือปนอื่น ๆ ในดินก็มีส่วนช่วยในการดูดซับกากของเหลวกัมมันตรังสีได้ด้วยเช่นกัน

มักจะมีข้อโต้แย้งกันอยู่เนื่อง ๆ ว่า กลไกของเคลย์และดินที่ใช้ต่อการจับสารกัมมันตรังสี เป็นกลไกชนิด การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) การดูดซับให้ติดอยู่เฉพาะบริเวณผิว (adsorption) หรือการดูดเข้าไปภายในสารนั้น (absorption) แต่

ในการทดลองนี้จะแสดงให้เห็นได้อย่างเด่นชัดว่า ถ้าใช้เคลย์แต่เพียงอย่างเดียว คือแง่ของเคลย์จากดินต่างประเทศ กลไกเป็นแบบการแลกเปลี่ยนไอออนอย่างไม่มีข้อสงสัย แต่ในกรณีของดินนั้น ค่าค่าคงจะเป็นไปทั้ง 3 แบบ คือมีการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยเคลย์ในดินนั้น และสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในดิน เช่น ฮิวมัส ควอตซ์ แคลไซต์ไอออนอื่น ๆ อาจส่งเสริม หรือรบกวนกลไกทั้ง 3 แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่จะดูด ทั้งผลการทดลองที่ปรากฏอยู่แล้ว

อย่างไรก็ตามเพื่อแสดงให้เห็นว่า การดูดที่ติดอยู่เฉพาะบริเวณผิวและการดูดเข้าไว้ภายใน มีส่วนช่วยในการจับสารกัมมันตรังสีของดินอยู่มาก ได้ทำการทดลองโดยใช้เคลย์จากดินภายในประเทศ ชนิดมอนทโมริลโลไนท์ ผสมกับสารละลายสตรอนเตียม-90 ที่ pH ต่าง ๆ คือ 4-11 และตั้งทิ้งไว้โดยไม่กวน เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับตัวอย่างอีกชนิดหนึ่งที่กวน ปรากฏว่าตัวอย่างดูดที่กวนมีประสิทธิภาพการดูดซับคิดเป็นร้อยละสูงกว่ามากทุก pH ทั้งผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 20 ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่า เมื่อดินถูกกวนทำให้ไอออนของดินสัมพันธ์กับสารรังสีได้มากที่สุด จึงทำให้มีการดูดซับเพิ่มมากขึ้นด้วย

จากผลการทดลองที่ปรากฏจะแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการดูดซับของดินภายในประเทศ ไม่ได้ยิ่งหย่อนหรือค่อยไปกว่าเคลย์ภายในประเทศเลย ในบางกรณีอาจจำเป็นที่ต้องใช้ปริมาณมากกว่า แต่ก็ไม่มากเกินไปนัก เมื่อคำนึงถึงค่าไอหุ้ย แรงงาน และเวลาที่จะต้องใช้ในการแยกเคลย์ออกมาจากดินแล้ว การใช้ดินภายในประเทศเป็นสารดูดซับสารกัมมันตรังสีก็จะสะดวกและประหยัดที่สุด เพราะนับว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดมอนทโมริลโลไนท์ และมีอยู่มากภายในประเทศ จึงหาง่ายและราคาถูก

ตารางที่ 20

ผลการทดลองเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการดูดซับสตรอนเทียม-90 ของเกลียว
จากดินภายในประเทศ ชนิดมอนทโมริโลไนท์ เมื่อกวนกับไมกาน

pH	เมื่อกวน ประสิทธิภาพการ ดูดซับคิดเป็นร้อยละ	เมื่อไมกวน ประสิทธิภาพการ ดูดซับคิดเป็นร้อยละ
3	74	-
4	83	69
5	86	67
6	92	78
7	97	87
8	97	86
9	96	90
10	96	-
11	-	96