

# บทที่ 1

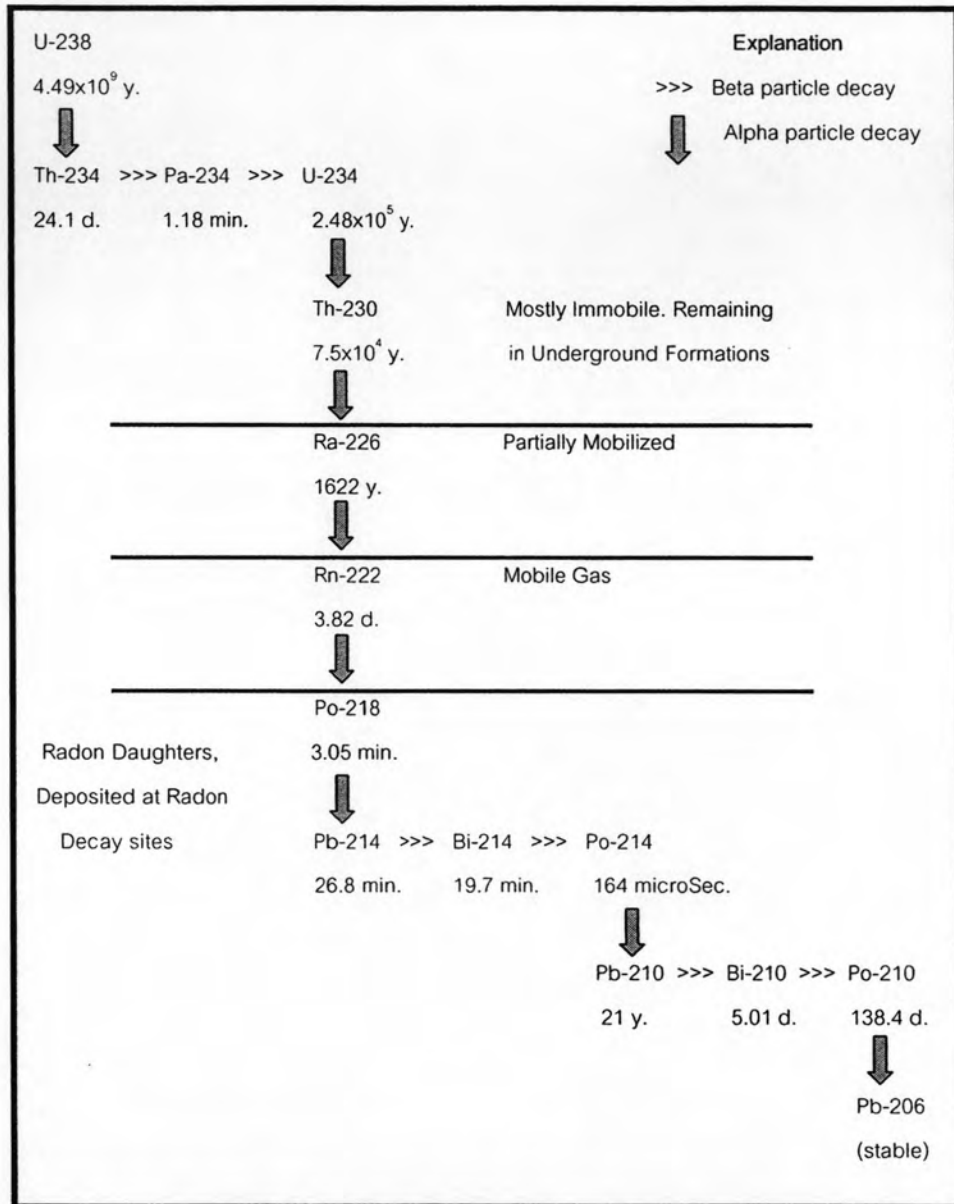
## บทนำ

### 1.1 ที่มาของปัญหา

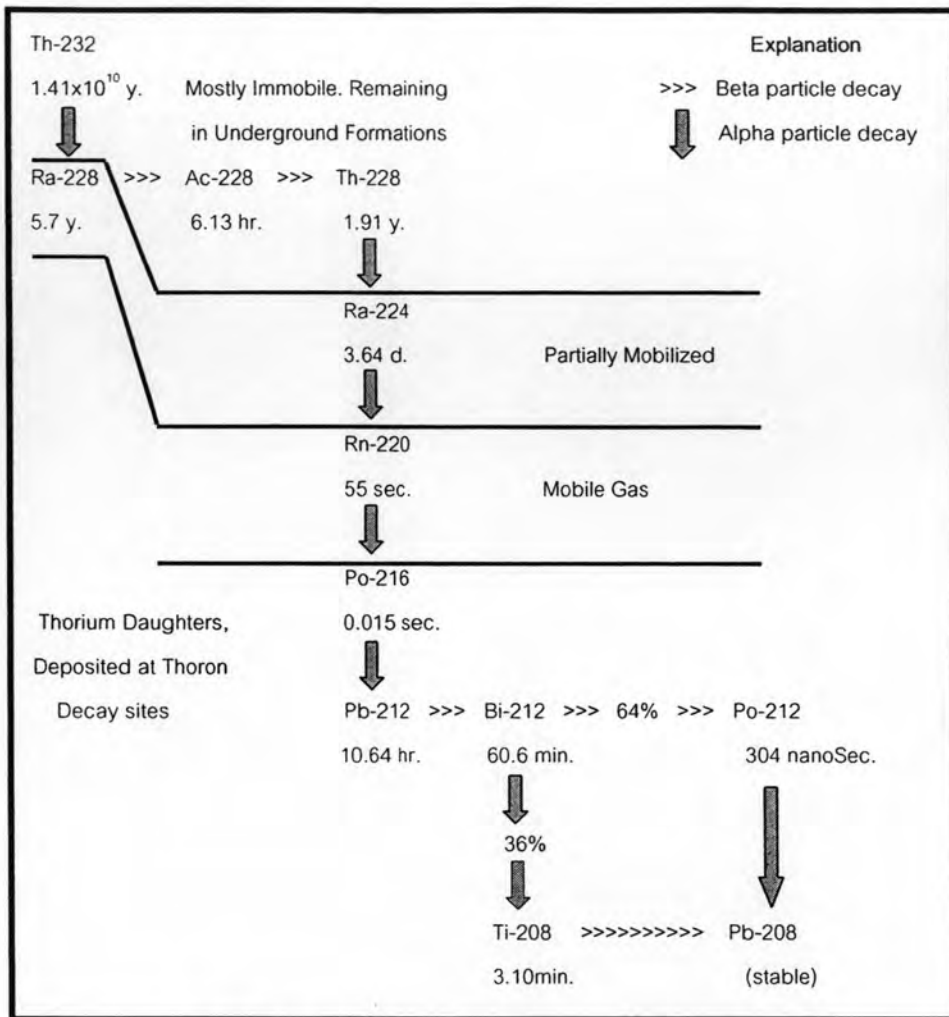
เนื่องจากหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยได้รับความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินเนื่องจากอุทกภัยและขาดแคลนน้ำในแต่ละปี การแก้ไขปัญหามหาการขาดแคลนน้ำเน้นให้ความสำคัญกับการจัดหาน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคโดยพัฒนาระบบประปาที่ใช้น้ำบาดาลให้ทั่วถึง และครอบคลุมทุกหมู่บ้านในพื้นที่ขาดแคลนอย่างเร่งด่วน ปัจจุบันทั่วประเทศไทยมีการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ส่วนหนึ่งได้มาจากน้ำบาดาล การขุดเจาะน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่ จะมีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงแตกต่างกันออกไปเพราะแต่ละพื้นที่จะมีปัญหาแตกต่างกันตามคุณสมบัติทางเคมีของน้ำนั้น ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพได้ลักษณะคุณสมบัติเหล่านี้จะประกอบไปด้วย ความกระด้าง (Hardness), ความเป็นด่าง (Alkalinity), ความเป็นกรด (Acidity), ค่า pH, เหล็ก (Iron, Fe), แมงกานีส (Manganese, Mn), ซัลไฟด์ (Sulfide, S), ความเค็ม (Salinity) จากโซเดียม (Sodium, Na) และคลอไรด์ (Chloride, Cl) และกัมมันตภาพรังสี (Radioactivity), ไนเตรท (Nitrate, N) และอาจจะมีในเรื่องของแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นต้น

การที่น้ำมีกัมมันตภาพรังสีนั้นเนื่องมาจากในส่วนของประกอบของเปลือกโลกนั้น มีสารกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นพร้อมกับการเกิดโลกมากมาย ซึ่งมีปะปนอยู่ในปริมาณที่น้อย แต่ก็อยู่ในระดับที่จะสามารถตรวจวัดได้ วัสดุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือที่เรียกกันว่า NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) นั้น คือ สารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ตั้งแต่การเกิดโลก และ NORM ในธรรมชาติที่สำคัญ คือ ยูเรเนียมและทอเรียม ซึ่งสลายตัวให้ธาตุกัมมันตรังสีเป็นอนุกรมต่อเนื่องกว่า 10 ชนิดดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 แหล่งกำเนิดรังสีในพื้นที่กำเนิดมาพร้อมกับโลก ประกอบด้วยสารกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตยาวมาก เช่น ยูเรเนียม-238 (U-238) มีค่าครึ่งชีวิต  $4.47 \times 10^9$  ปี และทอเรียม-232 (Th-232) มีค่าครึ่งชีวิต  $1.41 \times 10^{10}$  ปี นอกจากนี้ U-238 และ Th-232 ยังเป็นต้นกำเนิดไอโซโทปรังสีอื่นอีกเป็นจำนวนมาก โดยมีกัมมันตภาพรังสีสลายตัวอย่างต่อเนื่องจนไปถึงสุดท้ายที่ไอโซโทปเสถียร ไอโซโทปรังสีของธาตุต่างๆ จะมีผลต่อร่างกายที่แตกต่างกัน สำหรับไอโซโทปรังสีที่พบในน้ำธรรมชาติที่นับว่าเป็นอันตรายต่อมนุษย์มากหากได้รับในปริมาณสูง คือ ธาตุเรเดียม-226 ซึ่งเกิดจากการสลายตัวในอนุกรมยูเรเนียม-238 และเรเดียม-228 จากการสลายตัวในอนุกรมทอเรียม ธาตุเรเดียมเป็นธาตุในหมู่ที่ 2 ตามตารางธาตุ เช่นเดียวกับ แคลเซียม ซึ่งร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีความต้องการใช้ธาตุในหมู่นี้เพื่อการเสริมสร้างกระดูกและฟัน การที่เรเดียมมีความสามารถในการละลายน้ำได้ ดังนั้นจึงที่ละลายปนอยู่ในน้ำและเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายจากการบริโภคน้ำโดยตรงผ่านทางวัฏจักรอาหาร แต่ธาตุเรเดียม-226 เป็นธาตุกัมมันตรังสีซึ่งปลดปล่อยรังสีแอลฟา กับรังสีแกมมา และเมื่อร่างกายได้รับธาตุเรเดียม-226 เข้าไปในร่างกายแล้ว เรเดียม-226 จะไปสะสมอยู่ตามกระดูกส่วนต่างๆ ในร่างกาย

แล้วถ่ายเทพลังงานให้กับตัวกลางนั้นคือกระดูก เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเพิ่มโอกาสที่จะทำให้เกิดโรคมะเร็งกระดูกได้



รูปที่ 1.1 อนุกรมการสลายตัวของ ยูเรเนียม-238 [1]



รูปที่ 1.2 อนุกรมการสลายตัวของ ทอเรียม-232 [1]

### 1.2 เกณฑ์ความปลอดภัย

ปัจจุบัน ICRP (International Commission on Radiological Protection) กำหนดให้ปริมาณสูงสุดของเรเดียม-226 มีในร่างกายได้โดยไม่เกิดอันตรายเท่ากับ 0.1  $\mu\text{Ci}$  (ไมโครคูรี) และ US EPA (United States Environmental Protection Agency) ได้กำหนดค่า MCL (Maximum Contaminant Levels) หรือค่าระดับการเจือปนสูงสุด สำหรับค่า Radionuclides ในน้ำดื่มไว้เป็นมาตรฐานเพื่อความปลอดภัย สำหรับในส่วนของไอโซโทปเรเดียม ได้กำหนดค่า MCL ของเรเดียม-226 ร่วมกับเรเดียม-228 (combined Ra226/228) ไว้ที่ 5 pCi/L (พิโคคูรี ต่อ ลิตร) หรือ 0.185 Bq/L (เบคเคอเรล ต่อ ลิตร) ซึ่งถ้าหากว่าได้รับในปริมาณที่มากกว่าที่กำหนดไว้เป็นเวลาต่อเนื่องหลายปีแล้ว อาจจะทำให้มีโอกาสที่จะเจ็บป่วยเป็นโรคมะเร็งสูงขึ้นได้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าตามชนบทต่างจังหวัดหลายที่ นำน้ำบาดาลมาใช้โดยไม่ได้ผ่านขั้นตอนการบำบัด ซึ่งในน้ำบาดาลเหล่านั้นอาจมีความเข้มข้นของแร่ธาตุอยู่ในระดับที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่ US EPA กำหนดได้ จึงอาจมีผลทางรังสีต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ การทราบปริมาณแร่ธาตุในน้ำบาดาลจะทำให้ลดความเสี่ยงอันตรายจากรังสีได้ จึงเป็นที่มาของการวิจัยนี้

### 1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุแร่ธาตุที่เจือปนอยู่ในน้ำบาดาลที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค
2. ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณแร่ธาตุกับความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำบาดาล

### 1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. หาปริมาณแร่ธาตุ-226 และแร่ธาตุ-228 ที่มีเจือปนอยู่ในน้ำบาดาลจาก อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่นและ อำเภอบ้านไร่จังหวัดอุทัยธานี ด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี โดยใช้เทคนิคการดูดซับแร่ธาตุบน เส้นใยอะคริลิกที่เคลือบด้วยแมงกานีสไดออกไซด์
2. หาความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำที่ศึกษาได้แก่ แคลเซียม, คลอไรด์ และเหล็ก เป็นต้น โดยวิธี Atomic Absorption Spectrometry
3. ศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณแร่ธาตุกับความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำบาดาล

### 1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. กำหนดพื้นที่ที่ต้องการทำการศึกษา และทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลจากพื้นที่ที่ต้องการในการศึกษา
3. วิเคราะห์ค่าความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำบาดาล และทำการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุของตัวอย่างที่ได้
4. ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการวิจัย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแร่ธาตุกับความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำบาดาล
5. สรุป วิจัยารณ์ผลงานวิจัย และเขียนรายงานวิทยานิพนธ์

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบปริมาณเรเดียม-226 เรเดียม-228 ในน้ำบาดาล และความสัมพันธ์กับความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ อนามัย และความปลอดภัยของประชากร ที่นำน้ำบาดาลมาใช้อุปโภคและบริโภค

## 1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.) ปี 2004 ภาวณี วิสัยแสงง ได้ศึกษาการหาปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำโดยใช้แมงกานีสไดออกไซด์ที่เคลือบบนเส้นใยอะคริลิกเป็นตัวดูดซับ ซึ่งได้ทำการทดสอบสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการเตรียมแมงกานีสไดออกไซด์ไฟเบอร์ (Mn-Fiber) โดยได้ทำการเตรียม Mn-Fiber แล้วนำไปบรรจุในกระบอกแล้วปล่อยน้ำที่มีธาตุเรเดียม-226 ให้ไหลผ่านไฟเบอร์นี้ แล้วนำไฟเบอร์นี้ไปทำเตรียมทดสอบ โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปวัดด้วยเทคนิคการวัดรังสีแกมมา เป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยผลที่ได้พบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียม แมงกานีสไดออกไซด์ไฟเบอร์ คืออุณหภูมิของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  จะต้องควบคุมให้อยู่ที่ 70-80 องศาเซลเซียสและมีความเข้มข้นของ  $\text{KMnO}_4$  เท่ากับ 0.5 Mol. (โมล ต่อ ลิตร) ใช้ปริมาณไฟเบอร์ 100 กรัมแห้ง ต่อสารละลายปริมาณ 1 ลิตร และจะใช้เวลาในการเคลือบประมาณ 20-30 นาที จะได้ไฟเบอร์ที่มีสีดำ และในการนำ Mn-Fiber นี้ไปใช้จะให้ Mn-Fiber นี้ปริมาณ 60 กรัมเปียก และปล่อยให้น้ำไหลผ่านด้วยอัตราไหล 1-2 ลิตร ต่อ นาทีโดยน้ำตัวอย่างควรจะมีค่าความเป็นกรดต่าง (ค่า pH) อยู่ในช่วง 4-8 ซึ่งภายใต้เงื่อนไขนี้ได้ประสิทธิภาพในการจับเรเดียมที่มากกว่า 90%

2.) ปี 1988 นันทชัย ทองแป้น ได้ทำการศึกษาเรื่อง การหาปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำโดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี โดยใช้หัววัดโซเดียมไอโอไดด์ (ทัลเลียม) ขนาด 3"x3" และ 5"x5" วัดรังสีแกมมา พลังงาน 352 และ 609 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ที่ปลดปล่อยจากตะกั่ว-214 และบิสมัท-214 ภายหลังจากเกิดสภาวะสมดุลกัมมันตรังสีแล้ว จากการปรับเทียบด้วยสารละลายมาตรฐานเรเดียม-226 พบว่าขีดจำกัดในการวิเคราะห์ที่พลังงาน 352 และ 609 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ของหัววัดขนาด 3"x3" เมื่อใช้เวลานับวัดรังสี 30,000 วินาที มีค่า  $44.13 \pm 2.55$  และ  $51.00 \pm 3.37$  พิโคคูรีต่อ 200 ซีซี. ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 9 ตัวอย่างจากบริเวณเหมืองแร่ดีบุกในจังหวัดภูเก็ต นครศรีธรรมราช และจากภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าจำนวน 3 ตัวอย่างมีปริมาณเรเดียมอยู่ในช่วง  $8.78 \pm 2.90$  ถึง  $27.58 \pm 2.93$  พิโคคูรีต่อลิตร สำหรับหัววัด 5"x5" มีปริมาณเรเดียม  $10.20 \pm 4.58$  พิโคคูรีต่อลิตร ในขณะที่ตัวอย่างที่เหลือไม่พบเรเดียม ผลการวิจัยจากหัววัดทั้งสองขนาดและที่รังสีแกมมาสองพลังงานมีค่าสอดคล้องกันดี นอกจากนี้ยังได้ใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง หาปริมาณเรเดียมในตัวอย่างน้ำหนึ่งตัวอย่างจากจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่ามีปริมาณเรเดียม  $40.20 \pm 1.88$  และ  $37.43 \pm 0.68$  พิโคคูรีต่อลิตร ที่พลังงาน 352 และ 609 กิโล

อิเล็กตรอนโวลต์ ในขณะที่ผลจากห้ววัดโซเดียมไอโอดีอยู่ในช่วง  $22.58 \pm 4.58$  ถึง  $27.58 \pm 2.93$  และ  $20.48 \pm 2.60$  ถึง  $26.68 \pm 6.68$  พิโคคูรีต่อลิตร ตามลำดับ ผลจากห้ววัดรังสีสองชนิดมีค่าต่างกัน อาจเกิดจากพื้นที่ใต้พิภพมีค่าน้อยมากสำหรับห้ววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง

3.) ปี 2002 S. Purkl และ A. Eisenhauer ได้ทำการศึกษาเรื่อง Determination of radium isotope and Rn-222 in groundwater affected coastal area of the Baltic Sea and the underlying sub-sea floor aquifer เป็นการศึกษาธาตุเรเดียมที่เกิดตามธรรมชาติทั้ง 4 ไอโซโทป และ Rn-222 ในน้ำบาดาล ที่ได้รับผลกระทบมาจาก EckernfÖrder Bay (EB) ของทะเล Baltic (Germany) เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ แอลฟาสเปกโตรเมตรี และลิวทิตอนิลเลเตอร์เคอท์เตอร์ (LSC) วิธีการที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์คือหาค่าที่มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับการแพร่กระจายออกไปในพื้นที่ของสารที่ใช้เป็นสารรังสีติดตาม (Radiotracer) ที่มีอายุสั้น เนื่องจากการแพร่กระจายผสมกันในกระบวนการนี้จะใช้เวลาค่อนข้างมากจนเป็นวัน จึงจะสามารถใช้ตรวจสอบการแพร่ของ Rn-222, Ra-224 และ Ra-223 ใน EB การแพร่ของสารติดตาม จะควบคุมที่ต้นกำเนิดรังสีที่มีลักษณะเป็นตะกอน, อิทธิพลจากการใส่ให้น้ำบาดาลโดยตรง, สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายเข้าผสมกันในน้ำในแนวตอนลึก และการสลายตัว ตัวอย่างที่ยกมาคือ การกระจายตัวของ Ra-224 ที่อยู่ใกล้พื้นทะเลจะอธิบายด้วยการกระจายออกในแนวด้านกว้าง มีการกระจายอยู่ในช่วงระหว่าง  $10^0$  ถึง  $5 \times 10^1$   $m^2/s$  จากค่าของ Rn-222 ( $72.4 \pm 7.4$  Bq  $m^2$ ) ที่มีใน EB, น้ำบาดาลมีอัตราการปลดปล่อยอยู่ประมาณ  $< 1.7$   $m^3$   $s^{-1}$  เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของ Ra-223 ( $0.52 \pm 0.22$  Bq  $m^2$ ) และ Ra-224 ( $6.46 \pm 2.60$  Bq  $m^2$ ) พบว่ามีต้นกำเนิดรังสีซึมออกจากน้ำบาดาล เป็นสาเหตุของ Ra-223 และ Ra-224 ใน EB การแพร่กระจายเนื่องจากตะกอน จะเป็นตัวหลักที่เป็นแหล่งกำเนิดของเรเดียมไอโซโทปที่มีอายุสั้น (short-lived) ในน้ำที่อยู่ในชั้นล่างๆ ของ EB

4.) ปี 2000 Weihai Zhuo, Takao lida และ Xiaotong Yang ทำการศึกษาเรื่อง Occurrence of Rn-222, Ra-226, Ra-228 and U in groundwater in Fujian Province, China ซึ่งทำการหา Rn-222, Ra-226, Ra-228 และ U ในน้ำบาดาล ที่ผ่านจังหวัด Fujian ของสาธารณรัฐประชาชนจีน ความเข้มข้นที่อยู่ในชั้นเปลือกโลกของ Rn-222, Ra-226, Ra-228 และ U ทั้งหมดในน้ำบาดาลมี 147.8 กิโลเบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร, 12.7 เบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร, 30.2 เบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.54 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าสูงสุดในน้ำบาดาลคือ Rn-222 ซึ่งมาจากหินแกรนิตในน้ำบาดาล ใน Fujian ค่า lifetime risk (อัตราเสี่ยงต่อสุขภาพ) ซึ่งจะประเมินจากการบริโภคน้ำที่มี Rn-222 เข้าไปปะปนอยู่ ส่วนค่า ratios ที่สูงสุดของ Ra-228 กับ Ra-226 (Ra-228/Ra-226) ที่มีอยู่ในน้ำบาดาล และในส่วนของพวก Rn-228 นั้นได้มีการนำเสนอว่าควรจะตรวจวัด ในการประเมินค่ากับอัตราการบริโภคน้ำดื่มของประชากร ในบริเวณที่มีหินหรือดินที่มีปริมาณ Th-232 สูง

5.) ปี 2003 Matthew A. Charette, Richard Splivallo, Craig Herbold, Marsha S. Bollinger และ Willard S. Moore ได้ทำการศึกษาในเรื่อง Salt marsh submarine groundwater discharge as traced by radium isotopes. Submarine Groundwater Discharge (SGD) โดยทั่วๆ ไปเกิดขึ้นจากการที่น้ำซึมผ่านหินตะกอน เมื่อมีแรงดันสูงขึ้นจะไปข้างเป็นแอ่ง ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล บ่อยครั้งที่มีการไหลเวียนไปรวมกันกับน้ำทะเล ข้อกำหนด SGD ที่ Great Sippewissett Marsh, West Falouth, Ma, พวกเขาได้ทำการวัดความแรงรังสีของเรเดียม 4 ไอโซโทป (Ra-226, Ra-228, Ra-223, Ra-224) ที่เข้าสู่หนองน้ำในเดือนกรกฎาคม 1999 และ 2001 และทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับความแรงรังสีเรเดียมที่ได้จากการวัดในจุดที่เหมือนกันในปี 1983 และ 1985 ฐานข้อมูลของเรเดียมมีความลาดชันขึ้น จากการกะประมาณ SGD จนถึงบริเวณที่เป็นหนองน้ำ เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน คือ  $3900 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$  ความเข้มของฟลักซ์นี้ อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ด้วยการประเมินค่าที่ได้มีการบันทึกเอาไว้ คือให้มีค่าที่อยู่ในช่วงของ 600 ถึง  $23,000 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$  ความแรงรังสีของเรเดียมที่มีค่าครึ่งชีวิตยาว (Ra-226, Ra-228) เมื่อได้ทำการหาค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 ครั้ง มีค่าสูงในปี 1999 ซึ่งมากกว่าค่าอื่นๆ ทั้ง 3 ช่วงเวลา ผลจากการรายงานนี้ ได้มีข้อเสนอแนะถึงในสภาพความหน้าแล้งที่ไม่มีฝน ซึ่งมีความสำคัญถึงการส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาของตะกอนน้ำทะเล ที่อาจจะเป็นกระบวนการที่สำคัญ ในการขนถ่ายและการนำพาเอาสารละลายและสิ่งต่างๆ มาสู่น้ำบริเวณชายฝั่งทะเล