ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

น้ำเป็นของเหลวที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการรวมตัวของธาตุไฮโดรเจน และออกซิเจน มีสูตรทางเคมีทั่วไปว่า H_2O น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดอย่างหนึ่ง สามารถละลายธาตุต่างๆที่มีอยู่ในดิน หิน และทราย จึงทำให้มีสารกัมมันตรังสีละลายปนอยู่ในน้ำ เช่น ธาตุในอนุกรมยูเรเนียม อนุกรมทอเรียม โปแตสเซียม-40 การสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียมจะให้เรเดียมซึ่งละลายน้ำได้ และให้เรดอนซึ่งมีสถานะเป็นแก๊สแพร่กระจายอยู่ในบรรยากาศและละลายปนอยู่ในน้ำ ชนิดและปริมาณของกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในน้ำ ขึ้นอยู่กับสารประกอบของสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในพื้นดินที่น้ำนั้นไหลผ่าน นอกจากนี้น้ำยังอาจมีธาตุกัมมันตรังสีที่ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติปนอยู่ด้วย เช่น รังสีที่เกิดจากการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู การผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ การใช้สารกัมมันตรังสีในกิจการแพทย์ การอุตสาหกรรม การเกษตร ซึ่งทำให้เกิดมลภาวะรังสีในน้ำโดยตรง

ชนิดและปริมาณของสารกัมมันตรังสีในน้ำขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ ทางเคมีและฟิสิกส์ ของสารประกอบของสารกัมมันตรังสีต่อไปนี้คือ

ก) ความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบของแข็งที่มีสารไอโซโทปรังสีเป็นส่วนประกอบ

ข) ความสามารถในการแยกตัวออกในรูปของตะกอนดิน ของสารไอโซโทปรังสีในน้ำ

ค) ความสามารถในการดูดซึมก๊าซไอโซโทปรังสีเข้าไว้ในน้ำ เช่น การดูดซึมก๊าซเรดอนและก๊าซทอรอน

ง) ความสามารถในการแยกตัวของก๊าซไอโซโทปรังสีดังกล่าวจากน้ำ เป็นขบวนการทางฟิสิกส์ ซึ่งไม่มีผลต่อ ปริมาณไอโซโทปรังสีในน้ำโดยตรง แต่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารไอโซโทปรังสีในน้ำได้โดยทางอ้อม เนื่องจาก

- การระเหยและการแข็งตัวของน้ำ ยังผลให้ความเข้มข้นของสารไอโซโทปรังสีในแหล่งน้ำนั้นเพิ่มขึ้น
- การไหลมารวมกันของแหล่งน้ำที่มีความเข้มข้นของสารไอโซโทปรังสีต่างกัน

นอกจากนี้ปริมาณสารไอโซโทปรังสีในน้ำ ยังขึ้นอยู่กับสภาพทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำด้วย ฉะนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้นจะได้ว่า แหล่งน้ำใดมีปริมาณธาตุต่างๆมาก ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะจะน้อย

ในทางตรงข้ามแหล่งน้ำใดมีปริมาณธาตุน้อย ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะจะมีมาก(1)

ไอโซโทปรังสีของธาตุต่างๆ จะมีผลต่อร่างกายแตกต่างกัน สำหรับไอโซโทปรังสีที่พบในน้ำธรรมชาติที่นับว่าเป็นอันตรายต่อมนุษย์มากหากมีปริมาณสูงคือ ธาตุเรเดียม-226

เรเดียม-226(2)เป็นไอโซโทปรังสี ซึ่งพบในธรรมชาติอยู่ในอนุกรมยูเรเนียม มียูเรเนียม-238 เป็น Parent มีครึ่งชีวิต 1620 ปี สลายตัวให้รังสีแกมมาพลังงาน 186 กิโลอิเลคตรอนโวลต์ 4% และสลายตัวให้อนุภาคแอลฟา และเรดอน-222 และสลายตัวต่อไปดังรายละเอียดในแผนภูมิการสลายตัวรูปที่ 2.1

เรเดียม-226 เป็นไอโซโทปที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในปริมาณมากที่สุด คือร้อยละ100(3)เมื่อเปรียบเทียบกับไอโซโทปทั้งหมด ของเรเดียม เพราะว่านอกจากมีครึ่งชีวิตที่ยาวมากแล้วยังอยู่ในอนุกรมยูเรเนียม-238 ซึ่งเป็นไอโซโทปของยูเรเนียมที่มีอยู่ในธรรมชาติเป็นปริมาณสูงด้วย

เรเดียม-226 พบมากในสินแร่ยูเรเนียม เช่น แร่พิชเบลนด์ โดยแร่พิชเบลนด์ 1 ตัน จะมีเรเดียม -226 ประมาณ 400 มิลลิกรัม นอกจากนั้นยังพบ เป็นธาตุจำนวนน้อย (Trace element) ในสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในธรรมชาติหลายชนิด สำหรับปริมาณเรเดียม-226 ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำต่างๆในประเทศไทย จากการวิเคราะห์โดยวิธีเรดิโอเคมี ได้ข้อมูลดังแสดงไว้ในตาราง1.1

เรเดียม-226 ถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยอาศัยกัมมันตรังสีที่เกิดจากการสลายตัวของ เรเดียม-226 และ Daughter Product บางตัว เช่น ในทางการแพทย์ อาศัยรังสีแกมมาในการยับยั้งการเจริญของเนื้องอก (malignancies) โดยใช้ Daughter Product บางตัวของเรเดียม-226 คือบิสมัท-214 ตะกั่ว-214 และแทลเลียม-210 สามารถใช้ในการเจาะสำรวจหาแหล่งแร่ยูเรเนียม น้ำมันและถ่านหิน นอกจากนั้นยังมีการใช้เรเดียม-266 เป็นแหล่งกำเนิดของ Ionizing radiation ในเครื่องกำจัดประจุไฟฟ้า (Statistic charge eliminators) ใช้ผสมกับฟลูออเรสเซนต์ ซิงค์ซัลไฟต์ (Fluorecent Zinc Sulfide) เพื่อใช้เป็นสีสะท้อนแสง (Luminous Paints) ใช้ผสมกับธาตุเบาเช่น เบริลเลียม (Beryllium) เป็นแหล่งกำเนิดนิวตรอนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ (α,n)(4) เป็นต้น

เรเดียม-226 ที่ละลายปนอยู่ในน้ำ จะผ่านเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายทั้งจากการบริโภคน้ำโดยตรง(5) หรือผ่านทางวัฏจักรอาหาร เมื่อผ่านเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะก่อให้เกิดอันตรายได้มาก เนื่องจากเกิดการสลายตัวให้อนุภาคแอลฟา ซึ่งมีค่าการแตกตัวเป็นอิออนจำเพาะสูง นอกจากนั้นเรเดียม-226ยังมีคุณสมบัติทางเคมี เหมือนธาตุแคลเซียม จึงสามารถเข้าไปแทนที่แคลเซียมในกระดูกได้ เรเดียม-226 ที่ไปสะสมในกระดูกจะมีอัตราการถ่ายออกช้ามากอาจทำให้ เป็นมะเร็งในกระดูกได้ มีผู้เขียนรายงานว่า บุคคลที่ได้รับเรเดียม-226 ในปริมาณสูงเกินกว่าค่าที่ คณะกรรมมาธิการป้องกันอันตราย จากรังสีระหว่างประเทศ (The International Committion Radiation Protection. ICRP) กำหนดไว้ให้มีได้

ตารางที่ 1.1 ปริมาณเรเดียม-226 ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำต่างๆในประเทศไทย(4)

แหล่งน้ำ	ปริมาณเรเดียม-226 (pCi/liter)
กรุงเทพมหานคร	
- สะพานพระพุทธยอดฟ้า	0.32
- สะพานกรุงเทพฯ	0.15
แม่น้ำท่าจีน จ.สมุทรสาคร	0.23
อ.สามพราน จ.นครปฐม	0.67
อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี	0.23
อ.หันคา จ.ชัยนาท	0.18
แม่น้ำน่าน จ.นครสวรรค์	0.13
อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	0.21±0.08
แม่น้ำป่าสัก จ.อยุธยา	0.10
อ.เสาไห้ จ.สระบุรี	0.17
อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์	0.30±0.09
อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม	0.58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในร่างกายคือ ไม่เกิน ๐.1 ไมโครคูรี่ มีโอกาสเกิดโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 40(๖)

Aub, Looney และ Martland รายงานการศึกษาเรื่องอันตรายของเรเดียมอย่างละเอียด โดยสรุปได้ว่าอวัยวะที่เรเดียมทำอันตรายสูงสุดคือกระดูก สำหรับอาการของโรคที่แสดงออกสืบเนื่องมาจากการได้รับเรเดียมเป็นระยะเวลานานๆ เริ่มด้วยฟันหลุด เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของฟัน ทำให้ฟันเป็นสีชมพู

Brum พบว่าหญิงสาวจำนวนมากในโรงงานทำหน้าปัดนาฬิกา เป็นโรคเกี่ยวกับกระดูกขากรรไกร ซึ่งต่อมาพบว่าสาเหตุเกิดจากสีที่ใช้เขียนหน้าปัดนาฬิกา ซึ่งเป็นสารประกอบ ซิงค์ซัลไฟด์ (Zinc Sulfides) มีเรเดียมเป็นองค์ประกอบ

Taylor และคณะพบว่า ถ้าดวงตามีการสะสมของเรเดียม-226 ในปริมาณสูง จะทำให้การสร้างเม็ดสีลดลง และ ยังพบการผิดปกติของต่อมไทรอยด์ ซึ่งอาจเนื่องจากมีเรเดียม-226 อยู่มากในต่อมไทรอยด์

ในกรณีที่เรเดียม-226ไม่ได้เข้าสู่ร่างกาย อันตรายที่จะได้รับจากเรเดียมโดยทางตรง (Direct effect)ไม่มี แต่อาจเกิดอันตรายทางอ้อม (Indirect effect) ต่อร่างกายได้เนื่องจากการแผ่รังสีแกมมาของนิวไคลด์ลูกบางตัว(๖)

คณะกรรมาธิการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (ICRP)(๗)และคณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Committed on Radiation Protection. NCRP) กำหนดปริมาณสูงสุดของเรเดียม-226ให้มีในร่างกายได้โดยไม่เกิดอันตรายเท่า(๙)กับ ๐.1 ไมโครคูรี่[8] และองค์การอนามัยโลก (World Health Orgarization, W.H.O) กำหนดปริมาณเรเดียม-226 ไว้ในมาตรฐานน้ำดื่ม ว่าไม่ควรเกิน 3 พิโคคูรีต่อลิตร(๙)

การวิเคราะห์เพื่อวัดปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำ นิยมทำกัน 2 วิธีคือ(๔)

1. วิธีทางเรดิโอเคมี (Radiochemical Technique)
2. วิธีวิเคราะห์โดยใช้เฉพาะเครื่องมือนับรังสี (Instrumental Technique)

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำโดยวิธีแกมมาสเปคโตรเมตตรีนั้นเป็นวิธีการหนึ่งในการวิเคราะห์โดยใช้เฉพาะเครื่องมือนับรังสีและเป็นวิธีหนึ่งในสาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี มีผู้เขียนรายงานว่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ (Lower Limit of Detection) หาปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำโดยวิธีแกมมาสเปคโตรเมตตรี โดยใช้หัววัด Ge(Li) มีค่าดังตาราง 1.2

ตารางที่ 1.2 ค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์หาปริมาณเรเดียม-226ในน้ำด้วยวิธีแกมมาสเปคโตรเมตตรี โดยใช้หัววัด Ge(Li)(2)

หัววัดรังสีแกมมา และ ประสิทธิภาพสัมพัทธ์	ขีดจำกัดในการวิเคราะห์ (พิโคคูรี/ลิตร)
Ge(Li) 16 %	33
Ge(Li) 14 %	47
Ge(Li) 8 %	71

ส่วนหัววัด NaI(Tl) นั้นยังไม่พบรายงานว่ามีผู้ใช้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการแยกพลังงานไม่ดีเท่ากับหัววัด Ge(Li)

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อพัฒนาวิธีแกมมาสเปคโตรเมตตรีสำหรับใช้หาปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำ โดยใช้หัววัดซิลทิลเลชันโซเดียมไอโอไดด์ [NaI(Tl)]

1.2.2 เพื่อนำวิธีแกมมาสเปคโตรเมตตรีที่พัฒนาขึ้น ทดลองวัดหาปริมาณ เรเดียม-226 ในน้ำใกล้บริเวณแหล่งแร่บางแห่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การเตรียมกราฟปรับเทียบมาตรฐาน(Calibration curve)โดยใช้หัววัดNaI(Tl) และ ได้ใช้สารละลายมาตรฐานที่หาได้ในประเทศ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากกองขจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และการหาปริมาณเรเดียม -226 ในน้ำจะเทียบจากปริมาณของสารมาตรฐานชุดนี้

1.3.2 การวิจัยมุ่งหาปริมาณต่ำสุดของเรเดียม-226ในน้ำ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธี

นี้ ดังนั้นจึงใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ได้เพียงบางแหล่งเท่านั้น ในที่นี้ได้ใช้ตัวอย่างน้ำซึ่งเก็บจาก ใกล้บริเวณแหล่งแร่ในจังหวัดภูเก็ต จังหวัดนครศรีธรรมราช และบริเวณโรงประลองแร่ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย