บทที่ 1
บทนำ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองศึกษาเพื่อพัฒนาแก้วป้องกันรังสีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากวัตถุดิบภายในประเทศ: การศึกษาเชิงทฤษฎี ที่มีทรายและแบไรต์เป็นองค์ประกอบ โดยจะเป็นไปในแนวเดียวกับโครงการวิจัยที่ 1 ที่อยู่ชุดโครงการเดียวกัน ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัย งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และรายละเอียดการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

การศึกษาทางอันตรกิริยาของรังสีแกมมาต่อสสารมีประโยชน์ในหลากหลายสาขาเช่น นิวเคลียร์ฟิสิกส์ วิศวกรรม สิ่งแวดล้อม หรือแม้กระทั่งทางการแพทย์ ปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของรังสีแกมมา (โฟตอนพลังงานสูง) เวลาเกิดอันตรกิริยากับสสาร ได้แก่ การดูดกลืน หรือการกระเจิงชนิดต่างๆของสารนั้น [1] แต่ในวัสดุที่ประกอบด้วยสสารมากกว่า 1 ชนิด เช่นโลหะผสม ดิน พลาสติก วัสดุทางชีววิทยา และวัสดุป้องกันรังสีเช่นแก้วหรือกระจกชนิดต่างๆ ที่ไม่มีข้อมูลของสัมประสิทธิ์การลดทอนต่างๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการหาค่าตัวแปรที่สำคัญเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการออกแบบวัสดุกำบังรังสีเหล่านั้นควบคู่ไปกับการทำการทดลอง เช่นค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรวม (total attenuation coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของการดูดกลืนแบบโฟโตอิเล็กตริก (photoelectric absorption attenuation coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของการกระเจิงคอมป์ตัน (Compton scattering attenuation coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของการผลิตคู่ (pair production attenuationc) ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของการกระเจิงโคฮีเรนท์เป็นต้น (coherent scattering attenuation coefficient) เป็นต้น โดยตัวแปรที่กล่าวมายังสามารถนำไปคำนวณค่าภาคตัดขวาง (cross section) ค่าเลขอะตอมยังผล (effective atomic number) และค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนยังผล (effective electron density) ได้อีกด้วย ซึ่งตัวแปรพื้นฐานทางวัสดุของสารผสมที่ได้มาจากการวิจัย ตลอดจนองค์ความรู้และวิธีที่ได้มาซึ่งตัวแปรดังกล่าวหมายถึงการนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายในหลากหลายวงการที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นแก้วกำบังรังสี [2-7] กรดอะมิโน [8] กรดไขมันบางชนิด [9] กรดบอริก [10] รวมไปถึงอาหาร เช่น Saccharides [11] และโลหะผสม [12] เป็นต้น

ปัจจุบันกระจกกำบังรังสีที่มีขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และไม่มีผลิตในประเทศ เนื่องจากเป็นกระจกพิเศษที่ใช้ในงานเฉพาะทาง เช่น ในโรงไฟฟ้า โรงพยาบาล หรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง นอกจากนั้นแล้วกระจกกำบังรังสีดังกล่าวยังคงใช้ตะกั่วเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมสูงในการผลิต และยังถูกใช้เป็นเหตุผลทางการกีดกันทางการค้าหากในตะกั่วในระบบการผลิต ซึ่งจากปัญหาด้านตะกั่วนี้เอง จึงได้มีแนวคิดการใช้สารทดแทนตะกั่วในการป้องกันรังสี โดยจากการค้นคว้าเบื้องต้นในวารสารระดับนานาชาติพบว่ามีการใช้ทั้งสารประกอบของบิสมัท (Bi) และสารประกอบของแบเรียม (Ba) ในการใส่ในวัสดุประเภทต่างๆ [2-6] เพื่อยังผลในการป้องกันรังสี โดยทั้งสองธาตุนี้มีความหนาแน่นที่สูง และมีค่าภาคตัดขวาง (cross section) ของการดูดกลืนรังสีแกมมามากอย่างไรก็ตามแก้วที่ถูกเตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการจำเป็นจะต้องมีการศึกษาทางทฤษฎีควบคู่กันไป เพื่อเป็นการยืนยันร่วมกับผลการทดลอง โดยจะไม่ศึกษาเพียงการศึกษาสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลรวม

เพื่อเปรียบเทียบกับการทดลองเท่านั้น แต่การศึกษาทางทฤษฎียังได้ศึกษาลึกไปถึงอันตรกิริยาย่อย (partial interaction) ในส่วนต่างๆ ซึ่งบางกรณีไม่สามารถทำการทดลองได้ และสามารถช่วยอธิบายผลการทดลองได้อย่างแม่นยำมากขึ้น รวมไปถึงทำนายพฤติกรรมการป้องกันรังสีของวัสดุได้อีกด้วย ดังนั้นข้อมูลที่กล่าวมาจึงหมายถึงองค์ความรู้ในการออกแบบกระจกป้องกันรังสีได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาอันตรกิริยาของรังสีแกมมาต่อแก้วป้องกันรังสีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากวัตถุดิบภายในประเทศโดยจะใช้โปรแกรม WinXCom เป็นหลักในการศึกษา

โปรแกรม WinXCom เริ่มพัฒนาจากในปี 1995 โดย Hubbell และ Seltzer [13] ได้ตีพิมพ์ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอน (attenuation coefficient) ของธาตุและสารประกอบในช่วงพลังงาน 1 keV ถึง 20keV โดยการคำนวณทางทฤษฎีผ่านทางกฎ Mixture rule ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนนี้สามารถนำไปคำนวณหาค่าเลขอะตอมยังผลได้ และเพื่อความสะดวกในการทำงาน Berger และ Hubbell [14] ได้พัฒนาโปรแกรม XCOM เพื่อใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนในรูปแบบ DOS และต่อมาถูกพัฒนาสู่ระบบปฏิบัติการ Window โดย Gerward และคณะ [15,16] โดยใช้ชื่อโปรแกรม WinXCom ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนแบบรวม (total attenuation interaction) สัมประสิทธิ์การลดทอนย่อย (partial attenuation interaction) ค่าภาคตัดขวางรวมเชิงอะตอม (total atomic cross section) และภาคตัดขวางอันตรกิริยาย่อย (Partial atomic cross section) ได้ตั้งแต่พลังงาน 1 keV จนถึง 100 GeV โดยโปรแกรมดังกล่าวไม่ได้เปิดให้ download เป็นฟรีแวร์ (freeware) หากแต่ทางผู้วิจัยได้รับโปรแกรมจากทางผู้พัฒนาโดยตรง (Prof.Dr.Lief Gerward) จึงสามารถใช้โปรแกรมนี้ในการทำวิจัยได้ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยเห็นว่าในส่วนของทฤษฎีและหลักการดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ทดลองศึกษาเบื้องต้นมาก่อนแล้วและพบว่าให้ความถูกต้องแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เป็นอย่างดี และสามารถที่จะใช้ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติได้อย่างแน่นอน [17]

ปัญหาในเรื่องการศึกษาอันตรกิริยาของโฟตอนโดยใช้โปรแกรม WinXCom ในสสารชนิดต่างๆ นี้ยังเป็นเรื่องที่ทันสมัย ใช้ประยุกต์ไปในหลายวงการอย่างกว้างขวาง นอกจากนั้นยังได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิจัยในระดับนานาชาติในปัจจุบันหลากหลายวารสาร และยังไม่มีการศึกษาเรื่องนี้ภายในประเทศมากนัก โดยทางคณะผู้วิจัยมีทั้งนักคณิตศาสตร์ที่มีความชำนาญในการใช้โปรแกรมทำงานวิจัยร่วมกับนักฟิสิกส์ที่มีความเชี่ยวชาญในองค์ความรู้ด้านฟิสิกส์นิวเคลียร์และรังสี (nuclear and radiation physics) และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านแก้ว (glass science and technology)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาทางทฤษฎีของการพัฒนาสูตรแก้วป้องกันรังสีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากวัตถุดิบภายในประเทศ

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 Hanagodimath S.M. และ Manohara S.R. [8] ได้ศึกษาค่าเลขอะตอมยังผลและค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนยังผลของกรดอะมิโนที่สำคัญในช่วงพลังงาน 1 keV-100 GeV โดยใช้โปรแกรม WinXCom ผลที่ได้พบว่าตัวแปรที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนแปลงพลังงานและองค์ประกอบของกรดอะมิโน ผลการวิจัยที่ได้ยังสอดคล้องกับผลการทดลองของอีกหลายทีมวิจัยที่ได้ทำการทดลองมาก่อนหน้า

1.3.2 Icelli และคณะ [10] ได้วัดค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลของสารประกอบโบรอนและขยะที่เหลือจากการผลิตโบรอนในประเทศตุรกี ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าที่คำนวณจากโปรแกรม WinXCom นอกไปจากนั้นงานวิจัยดังกล่าวยังได้แสดงให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์จากขยะที่เหลือในการผลิตโบรอนในการป้องกันรังสีอีกด้วย

1.3.3 Chittralekha และคณะ [11] ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลรวมของน้ำตาล (Saccharides) บางชนิดที่รังสีเอกซ์พลังงานต่ำ ผลที่ได้พบว่าค่าจากการทดลองสองคล้องกับการทดลองโดยมีความคลาดเคลื่อนภายใน 5% ซึ่งผลการทดลองยืนยันถึงการยอมรับได้ในโปรแกรม WinXCom ในการใช้ทำนายค่าตัวแปรในการทดลอง

1.3.4 Gerward L.และคณะ [15,16] ได้ทำการ reengineering โปรแกรม XCOM ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีชื่อเสียงในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดทอน ค่าภาคตัดขวาง ของรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา โดยโปรแกรมดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นในระบบวินโดว์ ชื่อโปรแกรม WinXCom และได้รับการพิสูจน์ยืนยันจากผู้ใช้อย่างกว้างขวาง ว่ามีความถูกต้อง แม่นยำ และถูกนำไปใช้อ้างอิงในหลายๆ บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ระดับนานาชาติ

1.3.5 Turkmem I. และคณะ [18] ได้คำนวณคุณสมบัติการป้องกันรังสีของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม ขยะที่เหลือจากเตาเผาเซรามิก และซีโอไลต์ธรรมชาติในช่วงพลังงาน 1keV ถึง 2 MeV และวิเคราะห์องค์ประกอบของสารดังกล่าวด้วย XRF งานวิจัยชิ้นนี้ยังได้วิจารณ์ผลดังกล่าวเมื่อเปลี่ยนแปลงพลังงานโฟตอนและองค์ประกอบของสารที่ทำการทดลอง

1.3.6 Midgley S.M. [19] ได้วัดค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของสารประกอบที่มีเลขอะตอมต่ำในช่วงพลังงาน 32-66 keV และ 140 keV โดยตัวอย่างที่ทำการวิจัยประกอบด้วยพลาสติก 6 ชนิด ผลึก 7 ชนิด เนื้อเยื่อ 3 ชนิด ของเหลว 3 ชนิด และสารละลายเกลือ 6 ชนิด ผลที่ได้พบว่าค่าจากการทดลองมีความไม่แน่นอนประมาณ 2% จากค่าทางทฤษฎี นอกจากนั้นการทดลองนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในการคำนวณทางทฤษฎีของค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนดังกล่าวในสารหลากหลายชนิดว่ามีความถูกต้องและยอมรับได้

1.4 ขอบเขตของการทำงานวิจัย

ออกแบบสูตรแก้วที่จะทำการวิจัย โดยจะเป็นไปในแนวเดียวกับโครงการวิจัยที่ 1 ที่อยู่ชุดโครงการเดียวกัน โดยกำหนดพลังงานของรังสีแกมมา (โฟตอน) ที่จะใช้ศึกษาในแก้วแต่ละชนิด ซึ่งต้องเป็นพลังงานสอดคล้องกับการทดลองที่ทดลองได้ เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาทางทฤษฎีในงานวิจัยนี้กับผลการทดลองที่ดำเนินการในโครงการที่ 1 คำนวณหาอันตรกิริยารวม (Total Interaction) และอันตรกิริยาย่อย (partial Intraction) ของรังสีแกมมา (โฟตอน) ต่อตัวอย่างแก้วในงานวิจัยที่พลังงานต่างๆ กัน และสมบัติการป้องกันรังสีของแก้วทางทฤษฎี โดยเทียบกับวัสดุป้องกันรังสีที่มีอยู่ในท้องตลาดวารสารระดับนานาชาติ หรือฐานข้อมูลของวัสดุป้องกันรังสี

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาและพัฒนาแก้วป้องกันรังสีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากวัตถุดิบภายในประเทศ: การศึกษาเชิงทฤษฎี ที่มีทรายและแบไรต์เป็นองค์ประกอบ โดยจะเป็นไปในแนวเดียวกับโครงการวิจัยที่ 1 ที่อยู่ชุดโครงการเดียวกัน ศึกษาอันตรกิริยาของโฟตอนและสมบัติทางรังสี โดยมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1.5.1 ออกแบบสูตรแก้วที่จะทำวิจัย โดยจะเป็นไปในแนวเดียวกับโครงการวิจัยที่ 1 ที่อยู่ชุดโครงการเดียวกัน

1.5.2 กำหนดพลังงานของรังสีแกมมา (โฟตอน) ที่จะใช้ศึกษาในแก้วแต่ละชนิด ซึ่งต้องเป็นพลังงานสอดคล้องกับการทดลองที่ทดลองได้ เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาทางทฤษฎีในงานวิจัยชิ้นนี้กับผลการทดลองที่ดำเนินการในโครงการที่ 1

1.5.3 กำหนดเงื่อนไขของโปรแกรม WinXCom ของแก้วแต่ละสูตร โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของความเข้มข้นของ แบไรต์ และพลังงานที่ทดลอง

1.5.4 คำนวณหาอันตรกิริยารวม (Total Interaction) และอันตรกิริยาย่อย (partial Intraction) ของรังสีแกมมา (โฟตอน) ต่อแก้วในงานวิจัยที่พลังงานต่างๆกัน

1.5.5 คำนวณหาค่าตัวแปรทางการป้องกันรังสีทางทฤษฎีได้แก่ ค่าภาคตัดขวาง (Cross Section) ค่าเลขอะตอมยังผล (Effective Atomic Number) และค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนยังผล (Effective Electron density) ของแก้วในงานวิจัยที่พลังงานต่างๆ กัน

1.5.6 เปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลองที่ได้ จากโครงการวิจัยที่ 1 ซึ่งอยู่แผนงานวิจัยเดียวกัน

1.5.7 ศึกษาสมบัติการป้องกันรังสีของแก้วทางทฤษฎี โดยเทียบกับวัสดุป้องกันรังสีที่มีอยู่ในท้องตลาด วารสารระดับนานาชาติ หรือฐานข้อมูลของวัสดุป้องกันรังสี

1.5.8 ส่งบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1.5.9 สรุปผลการทดลองและเขียนรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้สูตรแก้วป้องกันรังสีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากวัตถุดิบภายในประเทศ

1.6.2 การนำวัตถุดิบที่มีอยู่ภายในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านงานวิจัย

1.6.3 หน่วยงานวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งได้แก่ มหาวิทยาลัย สถาบันวิจัยต่างๆ โรงพยาบาล อุตสาหกรรมแก้ว และอุตสาหกรรมที่ใช้รังสี

1.6.4 งานวิจัยนี้จะผลิตนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาอย่างน้อย 1 คน

1.6.5 งานวิจัยจากโครงการนี้น่าจะตีพิมพ์ในวารสารหรืองานประชุมวิชาการระดับนานาชาติได้อย่างน้อย 1 บทความ

1.7 สถานที่ทำวิจัย

1.7.1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

1.7.2 ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ต.นครปฐม อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

1.8 ระยะเวลาทำวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 1 ปี เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2558 สิ้นสุดเดือน กันยายน 2559 แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการทำงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงาน	ระยะเวลา (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ออกแบบสูตรแก้วที่จะทำวิจัย โดยจะเป็นไปในแนวเดียวกับโครงการวิจัยที่ 1 ที่อยู่ชุดโครงการเดียวกัน	←	→										
2. กำหนดพลังงานของรังสีแกมมา (โฟตอน) ที่จะใช้ศึกษาในแก้วแต่ละชนิด ซึ่งต้องเป็นพลังงานสอดคล้องกับการทดลองที่ทดลองได้ เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาทางทฤษฎีในงานวิจัยชิ้นนี้กับผลการทดลองที่ดำเนินการในโครงการที่ 1	←	→	→									
3. กำหนดเงื่อนไขของโปรแกรม WinXCom ของแก้วแต่ละสูตร โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณของความเข้มข้นของแบไรต์ และพลังงานที่ทดลอง			←	→								
4. คำนวณหาอันตรกิริยารวม (Total Interaction) และอันตรกิริยาย่อย (partial intraction) ของรังสีแกมมา (โฟตอน) ต่อแก้วในงานวิจัยที่พลังงานต่างๆ กัน				←	→	→						
5. คำนวณหาค่าตัวแปรทางการป้องกันรังสีทางทฤษฎีได้แก่ ค่าภาคตัดขวาง (Cross Section) ค่าเลขอะตอมยังผล (Effective Atomic Number) และค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนยังผล (Effective Electron density) ของแก้วในงานวิจัยที่พลังงานต่างๆ กัน				←	→	→						
6. เปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลองที่ได้ จากโครงการวิจัยที่ 1 ซึ่งอยู่แผนงานวิจัยเดียวกัน						←	→					

7. ศึกษาสมบัติการป้องกันรังสีของแก้วทางทฤษฎี โดยเทียบกับวัสดุป้องกันรังสีที่มีอยู่ในท้องตลาด วารสารระดับนานาชาติ หรือฐานข้อมูลของวัสดุป้องกันรังสี							◄——►					
8. เขียนบทความวิจัยลงวารสารระดับนานาชาติ			◄——									——►
9. เขียนรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์										◄——		——►