บทที่ 1

บทนำ

จากสถิติในรายงานประจำปี 2542 ของหน่วยรังสีวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งที่มารับการรักษาที่หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาที่พบมากที่สุดคือโรคมะเร็งปากมดลูกจำนวน 424 ราย คิดเป็น 26.8 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ป่วยทั้งหมด

Maruyama และคณะ (1970) ได้ทำการศึกษา การบำบัดรักษา ผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกทางคลินิกในมหาวิทยาลัย Lexington ในผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกในระยะลุกลามระยะที่ IIIB ซึ่งเซลล์มะเร็งเกิดภาวะการไม่ตอบสนองต่อรังสี (radioresistance) โดยก้อนมะเร็งในระยะนี้ประกอบด้วย hypoxic cell ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีปริมาณออกซิเจนในเซลล์ต่ำ พบว่าในการรักษาแบบ conventional radiotherapy ซึ่งเป็นการรักษาโดยการฉายโฟตอนพลังงาน 6 MeV หรือ 10 MeV จากภายนอกโดยการใช้ linear accelerator ติดตามด้วยการปลูกฝังธาตุ ^{137}Cs เพียงอย่างเดียวนั้น ให้ผลในการรักษาต่ำพบว่าผู้ป่วยจำนวน 60 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ จะปรากฏอาการของโรคขึ้นมาอีก และพบเปอร์เซ็นต์ในการมีชีวิตรอดของผู้ป่วยในระยะ 5 ปี เพียง 12 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาได้มีการศึกษาการรักษาผู้ป่วยแบบ Cf-NT (Cf neutron brachytherapy) ซึ่งเป็นการรักษาโดยการสอดใส่ธาตุ ^{252}Cf ร่วมกับการรักษาแบบ conventional radiotherapy พบเปอร์เซ็นต์ในการมีชีวิตรอดของผู้ป่วยในระยะ 5 ปี เป็น 54.2 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าผู้ป่วยจำนวน 90 เปอร์เซ็นต์ มีการหดตัวของก้อนมะเร็งอย่างรวดเร็วโดย half tumor clearance period ของผู้ป่วยในระยะ IB ของการรักษาแบบ Cf-NT เป็น 8.5 วัน เมื่อเทียบกับการรักษาแบบ conventional therapy ซึ่งใช้ระยะเวลา 31.5 วัน

ธาตุ ^{252}Cf เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ให้นิวตรอนออกมาหลายค่าพลังงานมีค่าพลังงานเฉลี่ย 2.35 MeV ซึ่งอันตรกิริยาที่สำคัญเมื่อนิวตรอนถูกดูดกลืนโดยเนื้อเยื่อ ซึ่งมีธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักคือการเกิดการกระเจิงแบบยืดหยุ่นเกิด recoil proton ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีการถ่ายเทพลังงานสูง (high linear energy tranfer) ซึ่ง recoil proton จะปลดปล่อยพลังงานให้กับเซลล์และทำให้เกิดการตายของเซลล์ (Wierzbiciki et al.,1991)

ในการใช้แหล่งกำเนิดนิวตรอน ^{252}Cf ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดในทางการบำบัดรักษามะเร็งนั้นจำเป็นต้องทราบปริมาณรังสีที่จะให้กับผู้ป่วย วิธีการหนึ่งที่จะตรวจวัดการกระจายของปริมาณรังสีที่ระยะต่าง ๆ ห่างจากแหล่งกำเนิดก็คือการตรวจวัดการกระจายของสเปกตรัมของรังสีนิวตรอน

วิธีการตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนนั้น โดยทั่วไปมักให้ผลการตรวจวัดที่ดีสำหรับรังสีนิวตรอนพลังงานเดี่ยวดัง ตารางที่ 1.1 (Draper ,1971) สำหรับเทคนิคการตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีนิวตรอน โดยใช้เทคนิค time-of-flight (TOF) นั้น Boldeman และคณะ(1985) ได้ทำการตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนจากธาตุ ^{252}Cf ในช่วงพลังงาน 0.124 ถึง 15 MeV พบว่าหัววัดพลาสติกเรืองแสง (plastic scintillator) NE-102 ให้ผลการวัดที่ดีในช่วงพลังงาน 1 ถึง 15MeV แต่ในช่วงพลังงาน 0.124-2.66 MeV จำเป็นต้องใช้หัววัดรังสีนิวตรอน glass scintillator ^{6}Li ประกอบในการวัดสเปกตรัมของนิวตรอน

ตารางที่ 1.1 แสดง neutron spectrometers และช่วงพลังงานของรังสีนิวตรอนที่ให้ผลการวัดที่ดี (Draper,1971)

Neutron spectrometer	Neutron energy range
He^3 recoil	100 keV-2.5 MeV
Emulsion	300 keV
Gas-filled proton recoil counters	1MeV

สำหรับเทคนิคการตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีนิวตรอน โดยการทำให้ก่อกัมมันต์ในแผ่นโลหะ (foil activation technique) และทำการตรวจวัดค่า saturated activity ที่เกิดจากการที่รังสีนิวตรอนซึ่งมีพลังงานสูงกว่าพลังงานขีดเริ่ม (threshold energy) เข้าทำอันตรกิริยากับนิวเคลียสของธาตุที่ใช้เป็นตัวตรวจวัด (detectors) แล้วทำการวัดปริมาณรังสีแกมมาที่ได้จากการสลายตัวของไอโซโทปกัมมันตรังสีของ detectors ประกอบกับเทคนิคการคำนวณหาสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนโดยโปรแกรม SAND II (spectrum analysis by neutron detectors II)(Oak Ridge National Laboratory ,1969) เป็นเทคนิคที่สามารถใช้ตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนได้ในหลายช่วงพลังงาน และให้ผลการคำนวณที่ถูกต้อง

Draper (1971) ได้ทำการทดลองหาสเปกตรัม ของรังสีนิวตรอนจาก TRIGA reactor ที่มหาวิทยาลัย Cornell ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยใช้เทคนิคการก่อกัมมันต์ในแผ่นโลหะ ประกอบกับการคำนวณหาสเปกตรัมโดยโปรแกรม SAND II โดยทำการวัดสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนในช่วงพลังงานของเทอร์มัลนิวตรอน ถึง 10 MeV ที่ผ่าน filter ชนิด ^{10}B มีความหนา 0 , 0.4528 ,0.9056 , 3.7356 g/cm^2 โดยใช้ข้อมูลค่า cross section จากแฟ้มข้อมูลในโปรแกรม SAND II

ประกอบกับการใช้ สเปกตรัมเริ่มแรกสำหรับ TRIGA reactor ที่ได้จากการคำนวณของ West (1963) ใช้หัววัดรังสีแกมมาแบบ NaI(Tl) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนของค่า saturated activity ที่ได้จากการทดลองต่อค่าที่ได้จากการคำนวณอยู่ในช่วงน้อยกว่า 1 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์

Kuijpers และคณะ (1977) ได้ทำการทดลอง เพื่อหาสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนจาก fusion reactor lithium blanket model ซึ่งผลิตรังสีนิวตรอนพลังงาน 14 MeV โดยอาศัยปฏิกิริยารวมตัวของดิวเทอเรียมและตริเตียม (deuterium-tritium fusion) ที่สถาบัน Kernforschungsanlage Julich ประเทศเยอรมันนี โดยอาศัยเทคนิคเดียวกันนี้ ในช่วงพลังงานของรังสีนิวตรอน 2 ถึง 14.1 MeV และใช้ข้อมูลค่า cross section แบบ CCC112B ซึ่งเป็นค่า cross section ในแฟ้มข้อมูลของโปรแกรม SAND II ร่วมกับข้อมูลค่า cross section จาก ENDF/B-IV ใช้หัววัดรังสีแกมมาแบบ NaI(Tl) ใช้สเปกตรัมเริ่มแรกแบบ reference blanket ซึ่งได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม Monte Carlo พบว่าที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 0.528 , 0.308 และ 0.1 เมตร สเปกตรัมที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม SAND II มีความสอดคล้องกับสเปกตรัมที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม Monte Carlo ในช่วงความเบี่ยงเบน 20 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนของค่า saturated activity ที่ได้จากการทดลองต่อค่าที่ได้จากการคำนวณอยู่ในช่วงน้อยกว่า 1 ถึง 14 เปอร์เซ็นต์

Shin และคณะ (1980) ได้ทำการทดลองเพื่อหาสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนจากปฏิกิริยา(p,n) ที่เกิดจากการยิงโปรตอนพลังงาน 52 MeV ไปยังธาตุเป้า C , Al และ Pb ซึ่งมีความหนามากกว่าพิสัยของโปรตอนโดยใช้ FM cyclotron ที่ Institute for Nuclear Study มหาวิทยาลัย Tokyo ประเทศญี่ปุ่น ทำการตรวจวัดสเปกตรัมของนิวตรอน โดยใช้เทคนิคการก่อกัมมันต์ในแผ่นโลหะประกอบกับการคำนวณโดยโปรแกรม SAND II และทำการตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนโดยใช้หัววัดรังสีนิวตรอนแบบ liquid scintillation รุ่น NE-213 ที่มุม 15° , 45° จากลำโปรตอน ใช้หัววัดรังสีแกมมาแบบ Ge(Li) และใช้สเปกตรัมเริ่มแรกสำหรับการคำนวณของ Alsmiller และคณะ (1967) ที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม Monte Carlo รวมทั้งใช้ข้อมูลค่า cross section ของ Bayhurst และคณะ (1975) ,BNL-325 (Goldberg et al.1966) และ EANDC 95 "U" (Schett et al. ,1974) พบว่าสเปกตรัมที่ได้จากการคำนวณโดย SAND II สอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับสเปกตรัมที่ได้จากการวัดโดยหัววัด NE-213

เนื่องจากสเปกตรัมของรังสีนิวตรอนที่ปล่อยออกมาจาก ^{252}Cf นั้นมีรังสีนิวตรอน หลายค่าพลังงานตั้งแต่ในระดับเทอร์มัลนิวตรอนถึงในระดับนิวตรอนพลังงานสูง ในงานวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้เทคนิคการตรวจวัดสเปกตรัมของนิวตรอน โดยการก่อกัมมันต์ในแผ่นโลหะ ประกอบกับการคำนวณโดยโปรแกรม SAND II ซึ่งเป็นโปรแกรม SAND II สำหรับใช้ในการทำวิจัยที่สถาบันวิจัย CESNEF มหาวิทยาลัย Politecnico ประเทศอิตาลี โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก

Prof. Dr. R. Schmidt มอบให้ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ และใช้ข้อมูลค่า cross section จากแฟ้มข้อมูล ENDF/B-VI (the evaluated nuclear data file B-VI) ที่รวบรวมโดย International atomic energy agency (IAEA) โดยได้ทำการตรวจวัดสเปกตรัมของนิวตรอน ในตัวกลางอากาศที่ระยะ 2.9 เซนติเมตร เพื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัมที่ได้จากการคำนวณของ Madland และคณะ (1985) แล้วจึงทำการทดลอง เพื่อหาสเปกตรัมของนิวตรอนในตัวกลางน้ำ เนื่องจากในร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยน้ำ 90 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน ^{252}Cf 2.9 5 และ 10.9 เซนติเมตร ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University