



การจัดลำดับเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์สำหรับประเทศไทย

TECHNOLOGY RANKING OF SMALL MODULAR NUCLEAR REACTORS FOR THAILAND

สมบุญ รัตมี¹, พงษ์แพทย์ เพ่งวานิชย์¹, กัมปนาท ซิลวา², สุพิชชา จันทโรยา¹, และ ธวัชชัย อ่อนจันทร์³

¹ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 0-22186781

²สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ต. ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

โทร. 037-392943

³ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบการผลิต สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121 โทร. 0-2986-9009

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ (Small Modular Nuclear Reactor, SMR) ซึ่งมีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 300 เมกกะวัตต์ไฟฟ้า กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งจากประเทศที่มีประสบการณ์การใช้โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์มาเป็นระยะเวลายาวนาน และจากประเทศที่เพิ่งอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์รวมทั้งประเทศไทย ความสนใจนี้ได้รับอิทธิพลมาจากจุดเด่นหลายประการของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ เช่น ทางวิศวกรรมความปลอดภัย ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งแตกต่างไปจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดใหญ่ เนื่องจากเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีมากกว่า 45 ประเภทเทคโนโลยีในประเทศผู้ผลิต 13 ประเทศ โดยส่วนใหญ่อยู่ในระหว่างการพัฒนาและออกแบบและคาดว่าจะเริ่มมีการใช้งานเชิงพาณิชย์ได้ในช่วงอีกประมาณ 10 ปี ข้างหน้า ดังนั้นเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับการเลือกใช้งานเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยในอนาคต การศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบหลักเกณฑ์และวิธีการเบื้องต้นในการจัดลำดับเทคโนโลยี โดยพิจารณาถึงความต้องการของประเทศไทย และข้อมูลประกอบที่เกี่ยวข้องจากผู้เชี่ยวชาญของทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ ซึ่งวิธีการและหลักเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ได้นำไปทดสอบกับข้อมูลที่มีอยู่ของเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์จำนวน 6 ชนิดเทคโนโลยีที่คาดว่าจะมีการใช้งานในระยะเวลาย้อนไกล ซึ่งพบว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการจัดลำดับเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ได้อย่างสมเหตุสมผลและได้ลำดับเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

คำสำคัญ : เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์, การจัดลำดับ, เทคโนโลยี, ประเทศไทย

Somboon Rassame¹, Phongphaeth Pengvanich¹, Kampanart Silva², Supitcha Chanyotha¹, and Thawatchai Onjun³

¹ Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Wangmai, Patumwan, Bangkok, 10330, Thailand,

² Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT), Tambol Saimoon, Amphur Ongkharak, Nakornnayok 26120, Thailand,

³ School of Manufacturing Systems and Mechanical Engineering, Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Rangsit Campus, Pathumthani 12121, Thailand,



KEYWORDS: Nuclear Reactor, Ranking, Technology, Thailand

1. บทนำ

ตามคำนิยามล่าสุดของทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency, IAEA) Small Modular Nuclear Reactors หรือคำย่อ SMR [1] S หมายถึง เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กที่เป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ในระดับที่ต่ำกว่า 300 เมกกะวัตต์ไฟฟ้า ที่มีการใช้งานแล้วหรือที่อยู่ระหว่างกำลังพัฒนา ส่วน M คือ Modular หรือโมดูล ซึ่งมีความหมายถึง เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่มีลักษณะเป็นโมดูลที่ทำการผลิตและประกอบเบ็ดเสร็จจากโรงงานที่ทำการผลิต (Factory Fabrication) สามารถทำการขนย้ายโดยรถบรรทุก หรือรถไฟเพื่อนำไปติดตั้งในที่ที่ต้องการได้ หรือมีการใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กหลายโมดูลประกอบกัน (Multi-Module Deployment) และให้รวมถึงลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำอัดความดันสูง (Pressurized Water Reactor, PWR) ที่มีส่วนประกอบที่สำคัญ เช่น เครื่องผลิตไอน้ำ (steam generator) ประกอบอยู่ในถังปฏิกรณ์ และ R คือเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

จากรายงานของสถาบันนโยบายพลังงานของประเทศสหรัฐอเมริกา (Energy Policy Institute, EPI) ได้กล่าวถึงข้อได้เปรียบหลักของเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับขนาดใหญ่แบบดั้งเดิมไว้ ซึ่งระบุว่า “เครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็กที่ทันสมัยเพื่อการผลิตไฟฟ้าถูกคาดหวังว่าจะมีความเรียบง่ายมากขึ้นในด้านการออกแบบ มีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าต่ำ มุ่งเน้นเพื่อความสะดวกหลายของการใช้งาน มีขนาดของพื้นที่ตั้งน้อย รวมทั้งได้รับการออกแบบให้มีความปลอดภัยระดับสูงในกรณีที่เกิดความผิดปกติ” [2]

สำหรับประเทศไทย กระทรวงพลังงานได้บรรจุการใช้พลังงานนิวเคลียร์ไว้ในแผนพัฒนากำลังผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทย ตั้งแต่ หรือ Power Development Plan 2007 (PDP 2007) โดยมีนโยบายเรื่องโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่จะใช้เป็นประเภทโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ขนาดใหญ่ที่เป็นนิยามใช้กันในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันขนาดประมาณ 1000 เมกกะวัตต์ไฟฟ้า แต่หลังจากเกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุที่โรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ฟูกูชิมะ ประเทศญี่ปุ่น แผนพัฒนากำลังผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับปรับปรุง 3 พ.ศ. 2553 (PDP 2010 v3) ได้เลื่อนการเริ่มใช้งานการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ จากปี พ.ศ. 2566 เป็น พ.ศ. 2569 [3] ทั้งนี้ เพื่อขยายเวลาการเตรียมโครงสร้างพื้นฐาน การเตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัย กฎหมาย กฎระเบียบ การเตรียมพร้อมฉุกเฉิน และการสร้างความเข้าใจกับภาคประชาชน อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังไม่มีแผนในการบรรจุการใช้เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ในแผน PDP ฉบับล่าสุด

ประเทศไทยได้มีการศึกษาเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ในการใช้เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์พบว่าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์น่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมทางเลือกหนึ่งสำหรับการใช้พลังงานนิวเคลียร์สำหรับประเทศไทยต่อไปในอนาคตด้วยความเหมาะสมด้านการลงทุน ระบบสายส่งและตอบโต้ภัยเรื่องความปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีความยืดหยุ่นในการปรับขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า [4]

ดังนั้นการศึกษาในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์จะเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการใช้งานหากมีการตัดสินใจใช้งานในอนาคต เนื่องจากเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กยังเป็นเรื่องใหม่แม้ในต่างประเทศเนื่องจากส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา ออกแบบหรือการขอใบอนุญาตออกแบบ วิธีการและหลักเกณฑ์ในการจัดลำดับเทคโนโลยีนั้นอาจไม่สามารถนำหลักเกณฑ์และวิธีการเดิมที่ใช้เพื่อจัดลำดับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ขนาดใหญ่มาใช้ได้ทั้งหมด เนื่องจากหลายปัจจัย อาทิ เช่น ความแตกต่างของเรื่องขนาดของเครื่องปฏิกรณ์ เทคโนโลยี ความจำกัดในการเข้าถึงข้อมูลของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ ดังนั้นการพัฒนาหลักเกณฑ์และวิธีการเบื้องต้นในการจัดลำดับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์สำหรับประเทศไทยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการเลือกใช้เทคโนโลยีดังกล่าวของประเทศไทยในอนาคต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้เคยมีการทำโครงการร่วมกับบริษัทที่ปรึกษาในการจัดทำโครงการ การศึกษาการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นสำหรับการเตรียมการใช้งานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยตามแผน PDP 2010 Rev.3 ในครั้งนั้นได้มีการจัดทำหัวข้อการประเมินจำนวน 3 หัวข้อหลักและ 12 หัวข้อย่อย และระบบการประเมินและการตัดสินใจที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้

ในการตัดสินใจเลือกประเภทของเทคโนโลยีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทยจากจำนวน 5 ประเภทเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าในขณะนั้น [5] อย่างไรก็ตาม เนื่องจากผลการประเมินในการศึกษาครั้งนั้นไม่ได้มีการเผยแพร่ออกมาเนื่องจากถือเป็นข้อมูลชั้นสำคัญ (Propriety Information) ทำให้ไม่ทราบถึงรายละเอียดของวิธีการประเมิน

สำหรับในต่างประเทศ วิธีการประเมินเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Reactor Technology Assessment, RTA) ที่พัฒนาขึ้นโดย Division of Nuclear Power ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ [6] โดยเทคนิคที่ IAEA พัฒนาขึ้นนี้ มุ่งหวังให้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจในการประเมินเทคโนโลยีนิวเคลียร์สำหรับการใช้เลือกเทคโนโลยีและการทำงานสำหรับประเทศที่จะมีการใช้งานโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในระยะเวลาอันใกล้ ประเทศที่ไม่เคยมีการใช้งานมาก่อนและประเทศที่กำลังจะมีการใช้งานโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์เพิ่มเติม โดยมีกำหนดหัวข้อหลักที่ใช้ในการประเมินทั้งหมด 14 หัวข้อหลัก อย่างไรก็ตามกำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินในวิธีดังกล่าวมิได้มีการกล่าวในรายละเอียดถึงหลักเกณฑ์การประเมินในแต่ละหัวข้อ เพียงแต่มีการแนะนำในเรื่องคำถามที่ควรใช้ประกอบในแต่ละหัวข้อของการประเมิน

นอกจากนั้นหน่วยงาน Institute for Energy and Transport SET-Plan Information System (SETIS) สังกัด DIRECTORATE-GENERAL JOINT RESEARCH CENTRE, EUROPEAN COMMISSION ได้ทำการกำหนดหัวข้อ Key Performance Indicators for the European Sustainable Nuclear Industrial Initiative รวมทั้งหลักเกณฑ์การประเมินในด้านต่างๆ ของความคิดเครื่องนิวเคลียร์แบบใหม่จำนวน 3 ประเภทที่อยู่ระหว่างการพัฒนา อันได้แก่ เทคโนโลยีแบบ Sodium-cooled Fast Reactor (SFR), Lead-cooled Fast Reactor (LFR), และ Gas-cooled Fast Reactor (GFR) จะเห็นได้ว่าการศึกษามุ่งเน้นเฉพาะเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบใหม่ ผลลัพธ์ของการประเมินได้มีการแสดงในรายละเอียด [7]

หน่วยงาน International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO) สังกัดทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศได้พัฒนาระเบียบวิธีการแบบ INPRO [8] เพื่อใช้ในการประเมินเทคโนโลยีของระบบพลังงานนิวเคลียร์ (Nuclear Energy System) บางครั้งเรียกวิธีการนี้ว่า Nuclear Energy System Assessment (NESA) โดยมุ่งหวังให้วิธีการนี้จะเป็นเครื่องมือสำหรับประเทศต่างๆ ในการที่จะสร้างความตระหนักในเรื่องความยั่งยืนในการใช้ระบบพลังงานนิวเคลียร์ในระยะยาว การแยกแยะให้เห็นช่องว่างในการพัฒนาในด้านต่างๆ สำหรับการเตรียมความพร้อมด้านพลังงานนิวเคลียร์ การช่วยในการออกแบบแผนงานหรือในการตัดสินใจในการเริ่มใช้หรือเพิ่มการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในประเทศต่างๆ โดยหัวข้อหลักในการประเมินจำนวน 8 หัวข้อหลักและหัวข้อย่อยที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ระบบการประเมินแบบ NESA ได้ถูกใช้ในการประเมินระบบพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศผู้ถือเทคโนโลยีนิวเคลียร์ อาทิเช่น ประเทศ อาร์เจนตินา บราซิล อินเดีย เกาหลีใต้ และยูเครน [6] อย่างไรก็ตาม ระบบการประเมินแบบ NESA ได้แก่ หัวข้อหลักและหัวข้อย่อยที่ใช้ในการประเมิน รวมถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินนั้นถูกออกแบบโดยความเห็นของประเทศผู้ผลิตเทคโนโลยีพลังงานนิวเคลียร์เป็นหลัก การนำวิธีการดังกล่าวมาใช้โดยตรงสำหรับประเทศที่ไม่ได้เป็นผู้ผลิตหรือไม่มีประสบการณ์ในการใช้ระบบนิวเคลียร์อาจจะไม่เหมาะสมนัก

3. วิธีการจัดลำดับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่พัฒนาโดยทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

ในการศึกษาครั้งนี้ เทคนิคหรือวิธีการที่ใช้ในการประเมินเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เทคนิคที่พัฒนาขึ้นโดยทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ หรือ เทคนิคการประเมินเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Reactor Technology Assessment, RTA) [6] ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อใช้งานสำหรับประเทศที่จะมีการใช้งานในระยะเวลาอันใกล้ ถูกเลือกใช้เพื่อต้นแบบในการพัฒนาหลักเกณฑ์และวิธีการเบื้องต้นในการจัดลำดับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์สำหรับประเทศไทยเนื่องจากเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ประเทศต่างๆ ใช้ในการประเมินเทคโนโลยีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดใหญ่เพื่อเลือกเทคโนโลยีในการใช้งานสำหรับประเทศที่จะมีการใช้งานโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในระยะเวลาอันใกล้ ประเทศที่ไม่เคยมีการใช้งานมาก่อนและประเทศที่กำลังจะมีการใช้งานโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์เพิ่มเติม

กระบวนการทำ RTA นั้นมีรายละเอียดหลายขั้นตอนตั้งแต่ การคัดเลือกหัวข้อในการพิจารณาซึ่งมีพื้นฐานเกี่ยวพันกับแนวนโยบายหรือเป้าหมายของโครงการพลังงานนิวเคลียร์ระดับชาติ การระบุถึงเทคโนโลยีที่มีความพร้อมใช้งานและมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาประเมิน การระบุและประเมินลักษณะที่สำคัญทางเทคนิคและความต้องการทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

การพัฒนาคำถามสำหรับผู้ผลิตเทคโนโลยีเพื่อจะนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการประเมิน การกำหนดปัจจัยหรือค่าถ่วงน้ำหนักที่จะนำมาใช้สำหรับแต่ละหัวข้อที่จะทำการประเมิน การประเมินค่าความคลาดเคลื่อนหรือปัจจัยที่มีผลต่อการประเมิน การทำการประเมิน และการจัดลำดับด้วยวิธีที่เหมาะสม รวมทั้งการรวบรวมผลและทดสอบความน่าเชื่อถือของผลที่ได้จากการประเมิน ตารางที่ 1 แสดงหัวข้อที่ใช้ในการประเมินในวิธี RTA และระดับคะแนน

ซึ่งโดยความเป็นจริง RTA ที่พัฒนาโดย IAEA แบบเต็มรูปแบบนั้นน่าจะเหมาะสมกับการทำการประเมินเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่มีการใช้งานแพร่หลายและมีความพร้อมในเรื่องของการได้มาซึ่งข้อมูล รวมทั้งทีมงานที่จะประเมินจะต้องมีความพร้อมในหลายด้าน ๆ ทั้งในด้านเงินทุน บุคลากร และเวลา

อีกทั้งการจัดลำดับเทคโนโลยีแบบ RTA นี้ถูกออกแบบมาให้ใช้ประเมินเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดใหญ่ การนำมาใช้เพื่อใช้ในการประเมินโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์นั้นจำเป็นจะต้องมีการปรับแต่ง เพื่อให้มีความเหมาะสม และเลือกเฉพาะส่วนที่สำคัญสำหรับความต้องการของประเทศไทยและส่วนที่สามารถหาข้อมูลประกอบของแต่ละเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กมาใช้ในการประเมินได้ ตารางที่ 1 แสดงหัวข้อหลักที่ใช้ในการประเมินในวิธี RTA และระดับคะแนน [6] เครื่องหมายถูกแสดงถึงหัวข้อดังกล่าวได้นำมาพิจารณาในการประเมินและจัดลำดับเทคโนโลยีในการศึกษาครั้งนี้และเครื่องหมายขีดแสดงถึงหัวข้อหลักในวิธี RTA ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาเนื่องจาก ณ ปัจจุบันยังขาดซึ่งข้อมูลของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ที่จะนำมาใช้ในการประเมิน

ตารางที่ 1 หัวข้อหลักที่ใช้ในการประเมินในวิธี RTA, ระดับคะแนน [6] และการนำมาปรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้

	ชื่อหัวข้อหลัก (Key Element)	คะแนน	ถูกใช้
1	การพิจารณาสถานที่ตั้ง	10	x
2	ลักษณะโครงข่ายทางไฟฟ้า	8	x
3	ความปลอดภัยของโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์	20	✓
4	ลักษณะทางเทคนิคและความสามารถ	16	✓
5	รูปแบบของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์และรอบการเปลี่ยนเชื้อเพลิง	10	✓
6	การป้องกันอันตรายจากรังสี	2	x
7	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	2	x
8	การพิทักษ์วัสดุนิวเคลียร์	2	x
9	ความมั่นคงปลอดภัยของโรงไฟฟ้า	2	✓
10	ขอบเขตการดำเนินงานของเจ้าของ/ผู้ประกอบการ	2	x
11	ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนและก่อสร้างของบริษัทผู้ผลิต	2	✓
12	ความสามารถในการกำหนด บริหารโครงการ	2	x
13	การถ่ายทอดและการสนับสนุนเทคโนโลยี	2	x
14	เศรษฐศาสตร์	20	x
	คะแนนรวม	100	

4. การพัฒนาวิธีการประเมินและจัดลำดับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์

สำหรับการดำเนินโครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อพัฒนาเทคนิคเพื่อใช้ในการจัดลำดับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์มีเพียงบางเทคโนโลยีที่กำลังจะเริ่มต้นใช้งานและมีหลายเทคโนโลยียังอยู่ในช่วงพัฒนาและออกแบบ ดังนั้นในการจัดลำดับเทคโนโลยีในการวิจัยครั้งนี้จึงมีได้มุ่งหมายเพื่อที่จะทำ RTA แบบเต็มรูปแบบ หากแต่ว่าจะนำเทคนิคบางส่วนของ RTA ที่พัฒนาขึ้นแล้วโดย IAEA มาปรับใช้ให้เหมาะสมในการจัดลำดับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ที่เป็นไปได้เบื้องต้นสำหรับประเทศไทยเท่านั้น ดังนั้นในบทนี้ ส่วนแรกจะเป็นการระบุหัวข้อหลัก และหัวข้อรอง ซึ่งแสดงถึงลักษณะสำคัญทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ที่จะใช้ในการประเมินและส่วนที่สองจะเป็นการกำหนดสัดส่วนคะแนนหรือคะแนนถ่วงน้ำหนัก และเกณฑ์การให้คะแนนของหัวข้อหลัก (Key Element) และ หัวข้อย่อย (Key Feature)

4.1 การระบุหัวข้อหลัก และหัวข้อรอง ของลักษณะสำคัญทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ที่จะใช้ในการประเมิน

หัวข้อหลักของลักษณะที่ใช้ในการประเมินตามตัวอย่างที่ปรากฏในเอกสาร IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-1.10 [6] ได้แบ่งหัวข้อหลักที่ใช้ในการประเมิน และสัดส่วนการให้คะแนนดังแสดงในตารางที่ 3.1 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ทำให้มีความจำเป็นต้องปรับลดหัวข้อที่ใช้ในการประเมินตามที่ได้แสดงผลในตารางที่ 1 ตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. ความเหมาะสมในเรื่องของข้อมูลที่มี เช่น ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการช่วงการก่อสร้าง ระหว่างติดตั้งก่อสร้างโรงไฟฟ้า หรือภายหลังการเดินเครื่อง เช่น ความสามารถในการกำหนด บริหารโครงการ ผู้จำหน่าย/ข้อกำหนดของเจ้าของเทคโนโลยี การถ่ายทอดและการสนับสนุนเทคโนโลยี

2. เนื่องจากเทคโนโลยี SMR ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในช่วงการวิจัยพัฒนาจึงทำให้ยังไม่มีข้อมูลในส่วนนี้ครบถ้วนในทุกด้านของแต่ละชนิด ได้แก่ การพิจารณาสถานที่ตั้ง และลักษณะโครงข่ายทางไฟฟ้า (Grid Integration) การป้องกันอันตรายจากรังสี ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การพิทักษ์วัสดุนิวเคลียร์ เป็นต้น

ดังนั้นโดยสรุป จึงเหลือหัวข้อหลักที่สามารถนำปรับใช้ในการประเมินจัดลำดับเทคโนโลยีได้แก่ ความปลอดภัยของโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ ลักษณะทางเทคนิคและความสามารถ การทำงานของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์และวัฏจักรเชื้อเพลิง และความมั่นคงปลอดภัยของโรงไฟฟ้า ซึ่งได้แก่หัวข้อที่ 3, 4, 5, 9 และ 11 ตามตารางที่ 1 เพื่อให้การประเมินเทคโนโลยี SMR นั้น เข้าใจง่ายและเหมาะสมสัมพันธ์กับเนื้อหา ปริมาณข้อมูลที่มีอยู่ จึงได้กำหนดหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยในแต่ละหัวข้อหลักต่าง ๆ ขึ้นใหม่เพื่อใช้ในการทำประเมิน จากหัวข้อ A ถึง E ดังนี้

A. ลักษณะทางเทคนิคและความสามารถ

A.1 การลดความซับซ้อน

A.2 รูปแบบของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์และรอบการเปลี่ยนเชื้อเพลิง

A.3 ความสามารถโรงไฟฟ้าได้แก่ ประสิทธิภาพรวม (Gross Efficiency) และอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้า

A.4 การเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพิสูจน์แล้ว

B. ความปลอดภัยของโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์

B.1 ระบบความปลอดภัยในระบบการระบายความร้อนคงเหลือ

B.2 ระบบความปลอดภัยในระบบการระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์

B.3 การใช้หลักการ ความหลากหลายและการมีซ้ำกัน

B.4 การมีระบบจัดการอุบัติเหตุในกรณีเกิดการรั่วไหลของเชื้อเพลิงหลอมเหลวออกจากถังเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

C. สถานะของการขออนุญาตและการใช้งาน

C.1 สถานภาพใช้งานหรือการออกแบบ

C.2 การขออนุญาตการออกแบบ

D. ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนและก่อสร้างของบริษัทผู้ผลิต

D.1 ความสามารถในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า)

D.2 ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วน

F. ความมั่นคงปลอดภัยของโรงไฟฟ้าและที่ตั้ง

F.1 การติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ใต้พื้นดิน

4.2 การกำหนดสัดส่วนคะแนนหรือคะแนนถ่วงน้ำหนักของหัวข้อหลักและหัวข้อรอง

คณะวิจัยได้ทำการกำหนดระดับคะแนนในแต่ละหัวข้อที่ใช้ในการประเมิน โดยอาศัยข้อมูลจาก ผลการให้คะแนนน้ำหนักในหัวข้อที่สอดคล้องกับหัวข้อที่กำหนดขึ้นในการประชุมในระดับนานาชาติที่ทาง IAEA ได้ทำการสำรวจความต้องการของประเทศไทย และประเทศในกลุ่มที่กำลังจะเริ่มมีการใช้งานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ [9] โดยใช้แบบสอบถามจากแบบสอบถามที่ IAEA ได้กำหนดขึ้นและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินเทคโนโลยี SMR จาก IAEA คะแนนในแต่ละหัวข้อหลักได้ถูกกำหนดขึ้นดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หัวข้อหลัก และเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ในการประเมิน

	ชื่อหัวข้อหลัก(Key Element)	คะแนน
A	ลักษณะทางเทคนิคและความสามารถ	40
B	ความปลอดภัยของโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์	20
C	สถานะของการขออนุญาตและการใช้งาน	10
D	ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนและก่อสร้างของบริษัทผู้ผลิต	10
E	ความมั่นคงปลอดภัยของโรงไฟฟ้า	5
	คะแนนรวม	85

ซึ่งรายละเอียดของเกณฑ์การให้คะแนนในทุกหัวข้อหลักแสดงในเอกสารอ้างอิง [10] ในบทความนี้ เพื่อให้เห็นภาพจะเลือกแสดงเพียงตัวอย่างของรายละเอียดของเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนข้อ 2 หัวข้อรองแรกในหัวข้อหลัก A ได้แก่หัวข้อ ด้านลักษณะเทคนิคและความสามารถดังต่อไปนี้

4.2.1 ลักษณะทางเทคนิคและความสามารถ

ลักษณะทางเทคนิคและความสามารถเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับด้านสมรรถนะ ประสิทธิภาพ ลักษณะการเดินเครื่อง ลักษณะของเชื้อเพลิง และการได้รับการพิสูจน์มาแล้วของเทคโนโลยี ลักษณะทางเทคนิคและความสามารถจะส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการการเดินเครื่อง ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้า และความเสถียรของระบบในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยในหัวข้อนี้ ได้มีการแบ่งหัวข้อรอง ในการพิจารณาและระดับคะแนนที่จะใช้ในแต่ละหัวข้อรองดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 หัวข้อรองในการพิจารณาและระดับคะแนนในการประเมินหัวข้อหลักเรื่องลักษณะทางเทคนิคและความสามารถ

	หัวข้อรอง (Key Features)	คะแนน
1	การทำให้เกิดความเรียบง่าย (Simplification)	5
2	รูปแบบของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์และรอบการเปลี่ยนเชื้อเพลิง	15
3	ความสามารถของโรงไฟฟ้า	10
4	เทคโนโลยีที่ได้รับการพิสูจน์และยอมรับ	10

โดยมีรายละเอียดในการพิจารณาการให้คะแนนในแต่ละหัวข้อรองดังต่อไปนี้

4.2.1.1 การทำให้เกิดความเรียบง่าย (Simplification)

ในส่วนนี้มีคะแนนเต็ม 5 คะแนน โดยจะแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนเป็นสองส่วนในแต่ละหัวข้อย่อย (Sub Features) ดังนี้

- หากเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ประเภทใดมีลักษณะการออกแบบที่ช่วยให้เกิดความเรียบง่ายหรือลดความซับซ้อนของระบบเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ได้แก่ ข้อที่หนึ่ง เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบ integral ซึ่งรวมอุปกรณ์เช่น ปั๊ม หรือ เครื่องกำเนิดไอน้ำไว้ในถังเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ข้อที่สองมีการลดจำนวนอุปกรณ์ที่เดิมมีความสำคัญต่อการเดินเครื่องโดยเปลี่ยนไปใช้ระบบอื่นที่มีจำนวนอุปกรณ์ขนาดใกล้เคียงกันจำนวนที่ลดลง ข้อที่สาม การมีอุปกรณ์เดิมในขนาดที่เล็กลงอย่างมีนัยสำคัญและไม่ส่งผลกระทบต่อรูปแบบการทำงาน (Performance) เมื่อเทียบกับอุปกรณ์เดิม หากมีลักษณะสำคัญเหล่านี้ 1 ข้อ 2 ข้อ และ 3 ข้อ จะได้คะแนน 0.5 คะแนน 1.5 คะแนน และ 2.5 คะแนนตามลำดับ หรือหากไม่มีจะได้คะแนน 0 คะแนน

- หากเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ประเภทใดมีลักษณะการออกแบบที่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มความซับซ้อนในการเดินเครื่องหรือการบำรุงรักษาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เช่น การนำเอาระบบหมุนเวียนตามธรรมชาติ (Natural Circulation) มาใช้ในการเดินเครื่องปกติ (Normal Operation) อาจทำให้การควบคุมปริมาณการไหลของสารหล่อเย็นให้สม่ำเสมอทำได้ยากยิ่งขึ้น ดังนั้นหากมีการเพิ่มระบบที่อาจจะก่อให้เกิดความซับซ้อนในการเดินเครื่องหรือบำรุงรักษาจะได้คะแนน 0 คะแนน หากไม่มีระบบดังกล่าว จะได้ 2.5 คะแนน

4.2.1.2 รูปแบบของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์และรอบของการเปลี่ยนเชื้อเพลิง (Nuclear Fuel and Fuel Cycle Performance)

ในส่วนนี้คะแนนเต็ม 15 คะแนน โดยจะแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนเป็นสามส่วน ในแต่ละหัวข้อย่อยดังนี้

- ระยะเวลาหรือรอบการเปลี่ยนเชื้อเพลิง (Nuclear Fuel Cycle) โดยทั่วไปเทคโนโลยีที่มีรอบการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่นานกว่าจะมีข้อได้เปรียบเรื่องเปอร์เซ็นต์เดินเครื่องที่สูงกว่า (Capacity Factor) เกณฑ์ให้คะแนนในส่วนนี้แสดงในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนในเรื่องรอบของการเปลี่ยนเชื้อเพลิง

	ระยะเวลาของรอบของการเปลี่ยนเชื้อเพลิง, T	คะแนน
1	$T < 2$	1
2	$2 < T < 3$	2
3	$3 < T < 4$	3
4	$T > 4$	4
5	ไม่มีการเปลี่ยนเชื้อเพลิง	5

- ประสิทธิภาพของผู้ผลิตและการใช้งานด้านเทคโนโลยีด้านเชื้อเพลิง ซึ่งหากผู้ผลิตเทคโนโลยีประเภทใดมีประสิทธิภาพการผลิตและการใช้งานด้านเทคโนโลยีด้านเชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ จะได้คะแนนเต็ม 5 คะแนน หรือหากไม่มี จะได้ 0 คะแนน

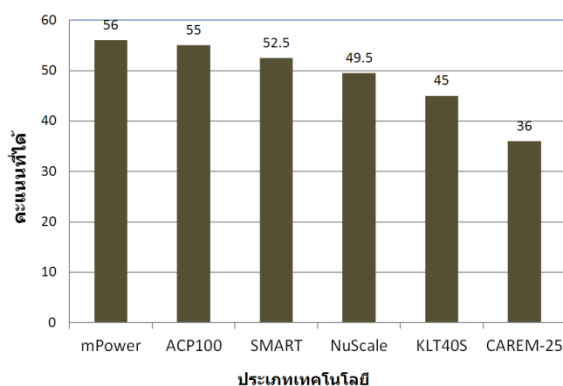
- ลักษณะการออกแบบที่เป็นมาตรฐานของเชื้อเพลิงมาตรฐานของ PWR ทั่วไป ได้แก่ มีการจัดวางของแท่งเชื้อเพลิงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือแบบหกเหลี่ยม เปอร์เซ็นต์การเสริมสมรรถนะแร่ยูเรเนียม 235 ($U-235$ enrichment) อยู่ระหว่าง 4-5 เปอร์เซ็นต์ และความยาวแท่งเชื้อเพลิงอยู่ระหว่าง 4-4.2 เมตร ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนนี้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนในเรื่องการออกแบบและการจัดวางของแท่งเชื้อเพลิงและเปอร์เซ็นต์การเสริมสมรรถนะแร่ยูเรเนียม 235

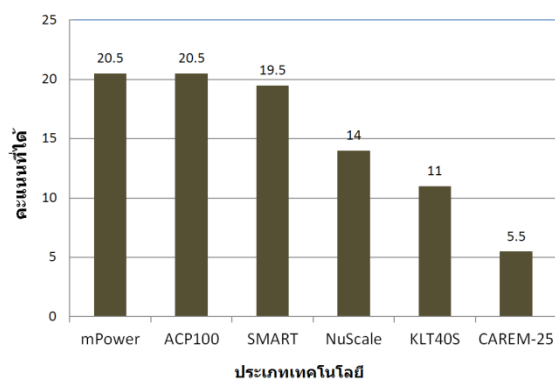
	ลักษณะการออกแบบเชื้อเพลิง	คะแนน
1	ไม่มีลักษณะเป็นเชื้อเพลิงมาตรฐานของ PWR ทั่วไป	1
2	มีลักษณะเป็นเชื้อเพลิงมาตรฐานของ PWR ทั่วไป 1 ข้อ	3
3	มีลักษณะเป็นเชื้อเพลิงมาตรฐานของ PWR ทั่วไป	5

5. การทดสอบวิธีการจัดลำดับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่พัฒนาขึ้นกับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์จำนวน 6 ประเภท

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบวิธีการจัดลำดับที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ จำนวน 6 ประเภท เทคโนโลยีที่คาดว่าจะมีความพร้อมทางเทคโนโลยีสำหรับการใช้งานในอนาคตไม่เกิน 10 ปีข้างหน้า [10, 11] อันได้แก่ เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ แบบ mPower ซึ่งออกแบบโดย บริษัท Babcock and Wilcox จากประเทศสหรัฐอเมริกา, แบบ NuScale ซึ่งออกแบบโดย บริษัท NuScale Power จากประเทศสหรัฐอเมริกา, SMART ออกแบบโดย หน่วยงาน KAERI ของประเทศเกาหลีใต้, แบบ ACP-100 ที่ออกแบบโดย CNNC ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน, CAREM-25 ที่ออกแบบโดย หน่วยงาน CNEA ประเทศอาร์เจนตินาและแบบ KLT40S ออกแบบโดย หน่วยงาน OKBM Afrikantov ประเทศรัสเซีย ซึ่งผลการประเมินในภาพรวมหรือคะแนนรวมทั้ง 5 ด้านแสดงในรูปที่ 1(ก) ส่วนคะแนนในแต่ละหัวข้อย่อยแสดงในรูปที่ 1(ข), 2(ก), 2(ข), 3(ก) และ 3(ข) ตามลำดับ

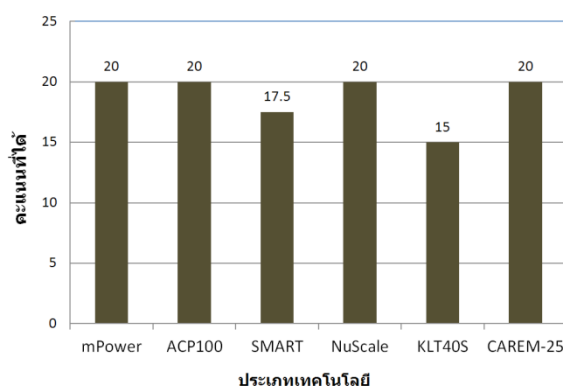


(ဂ)

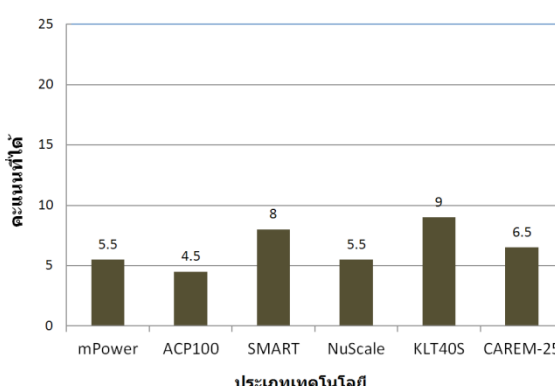


(๒)

รูปที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนน (ก) รวมทุกหัวข้อ (ข) หัวข้อลักษณะทางเทคนิคและความสามารถ

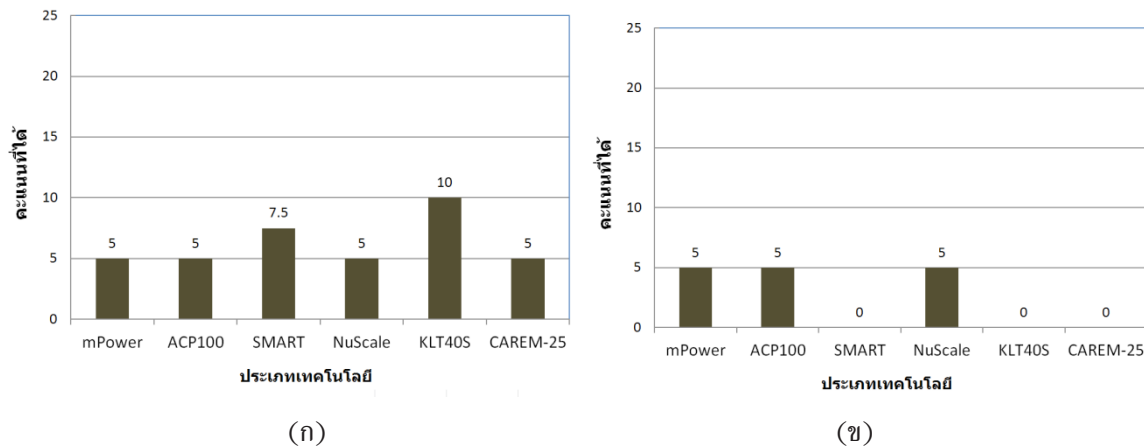


(ဂ)



(๒)

รูปที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนในหัวข้อ (ก) ความปลอดภัยของโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ (ข) สถานะของการขออนุญาตและ
การใช้งาน



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนในหัวข้อ (ก) ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนและก่อสร้างของบริษัทผู้ผลิต (ข) ความมั่นคงปลอดภัยของโรงไฟฟ้า

ดังแสดงในรูปที่ 1(ก) พบว่า เมื่อพิจารณาผลรวมคะแนนของแต่ละเทคโนโลยีอาจจะกล่าวได้ว่าผลการจัดลำดับเทคโนโลยีแบ่งได้เป็น สามกลุ่มหลัก ๆ คือ กลุ่มเทคโนโลยีที่ได้คะแนนสูงมากกว่าร้อยละ 60 ได้แก่ เทคโนโลยี mPower, SMART และ ACP100 กลุ่มเทคโนโลยีที่มีคะแนนในระดับกลาง ระหว่างร้อยละ 50 ถึง 60 ได้แก่ เทคโนโลยี NuScale และ KLT40S กลุ่มเทคโนโลยีที่มีคะแนนต่ำกว่า 50 ได้แก่ เทคโนโลยี CAREM-25 และหากพิจารณาในเรื่องลักษณะทางเทคนิคและความสามารถเทคโนโลยีส่วนใหญ่ค่อนข้างจะมีคะแนนใกล้เคียงกัน ยกเว้น เทคโนโลยี CAREM-25 และ KLT40S ซึ่งได้คะแนนน้อยกว่าเนื่องจากการออกแบบเชื้อเพลิงที่ไม่เป็นมาตรฐาน และค่าประเมินของประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีประเภทอื่น ดังแสดงในรูปที่ 1(ข)

นอกจากนั้น ในหัวข้อหลักการประเมินเรื่องความปลอดภัยในโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ เทคโนโลยีส่วนใหญ่ค่อนข้างจะมีคะแนนใกล้เคียงกัน เนื่องจากการได้มีการนำเทคโนโลยีปลอดภัยในโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์แบบสมัยใหม่ อาทิเช่น ระบบความปลอดภัยระบบ Passive Safety System เข้ามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ รวมถึงหลักการออกแบบระบบพื้นฐานด้านความปลอดภัยเช่น การออกแบบระบบโดยใช้หลักการความหลากหลายและซ้ำซ้อน และระบบในการจัดการการตอบสนองต่ออุบัติเหตุร้ายแรงเช่น ระบบ Core Catcher ดังแสดงข้อมูลในรูปที่ 2(ก)

ส่วนผลการประเมินในหัวข้อหลักการประเมินเรื่องสถานะของการขออนุญาตและการใช้งานทุกเทคโนโลยีมีคะแนนใกล้เคียงกันเนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ระหว่างการออกแบบและพัฒนาในรายละเอียดขั้นสุดท้าย ยกเว้นเทคโนโลยี CAREM-25 และ KLT40S ที่เตรียมได้เริ่มการก่อสร้างบางส่วนแล้ว และ เทคโนโลยี SMART และ KLT40S ที่ได้รับใบอนุญาตแล้ว ดังแสดงข้อมูลในรูปที่ 2 (ข)

สำหรับการประเมินในหัวข้อหลักการประเมินเรื่อง ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนและการก่อสร้างนั้น เทคโนโลยี KLT-40S ได้คะแนนเต็ม เนื่องจากบริษัทผู้ผลิต (บริษัท OKBM Afrikantov ประเทศรัสเซีย) เคยผลิตโรงไฟฟ้าที่มีอุปกรณ์สำคัญคล้ายกันมาแล้วเป็นจำนวนมาก ทั้งยังไม่มีอุปกรณ์สำคัญแบบใหม่ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุปสรรคในการผลิตอีกด้วย ส่วนเทคโนโลยี SMART ได้คะแนนรองลงมา เนื่องจากมีอุปกรณ์สำคัญแบบใหม่ 1 อย่างคือ เครื่องกำเนิดไอน้ำ ส่วนเทคโนโลยีอื่นๆ มีคะแนนใกล้เคียงกันเนื่องจากผู้ผลิตมีประสบการณ์ในการผลิตเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ค่อนข้างแตกต่างจากเทคโนโลยีที่นำมาประเมิน และยังมีอุปกรณ์สำคัญใหม่อีกด้วย ดังแสดงข้อมูลในรูปที่ 3(ก)และสุดท้ายในเรื่องความมั่นคงปลอดภัยของโรงไฟฟ้าและที่ตั้ง ซึ่งพิจารณาประเด็นเรื่องการติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ใต้พื้นดิน เฉพาะเทคโนโลยี mPower, NuScale และ ACP100 เท่านั้นที่ได้รับคะแนนในส่วนนี้ ดังแสดงผลการประเมินในรูปที่ 3 (ข)

6. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้พัฒนาเทคนิคในการประเมินและจัดลำดับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยอ้างอิงจากเทคนิคที่พัฒนาสำหรับการประเมินเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดใหญ่ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) โดยได้มีการปรับลดหัวข้อการประเมินให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับข้อมูลของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ที่มีการเปิดเผยอยู่ในปัจจุบัน การประเมินแบ่งออกเป็น 5 หัวข้อหลักอันได้แก่ ลักษณะทางเทคนิคและความสามารถ ความปลอดภัยของโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ สถานะของการขออนุญาตและการใช้งาน ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนและก่อสร้างของบริษัทผู้ผลิต และ ความมั่นคงปลอดภัยของโรงไฟฟ้า โดยระดับคะแนนในหัวข้อย่อยกำหนดจากความเห็นของคณะวิจัยและจากผลการหารือของคณะวิจัยกับผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินเทคโนโลยี จาก IAEA

เทคนิคในการประเมินที่พัฒนาขึ้นได้นำไปทดสอบกับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ จำนวน 6 เทคโนโลยีได้แก่เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบ mPower, NuScale, SMART CAREM-25M, ACP-100 และ KLT40S ซึ่งทั้งหมดคาดว่าจะจะเป็นเทคโนโลยีที่มีความพร้อมในการใช้งานในช่วง 10 ปีข้างหน้า ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเทคนิคที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ในการจัดลำดับได้อย่างสมเหตุสมผล โดยสามารถจัดลำดับเทคโนโลยี ออกเป็นสามกลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่มีคะแนนในระดับสูง กลาง และต่ำ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การประเมินและการจัดลำดับเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ในการศึกษานี้ ทำภายใต้ข้อจำกัดของข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ในปัจจุบัน เมื่อมีการประเมินเทคโนโลยีอีกในอนาคตผลการประเมินหรือลำดับของเทคโนโลยีที่ได้จากการประเมินอาจเปลี่ยนไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชุดนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการทำวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Subki, Advanced SMR Designs and Technologies for Near-Term and Future Deployments [Presentation Material]. 2013. Source: Presentation Materials on Workshop on “Small and Medium-sized Nuclear Reactors (SMRs) Technology Development, Assessment and Selection” 24 – 28 February, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2014.
- [2] Energy Policy Institute. Economic and employment impacts of small modular nuclear reactors, USA, 2010.
- [3] สำนักงานนโยบายและแผน กระทรวงพลังงาน, การปรับปรุงแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 (PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3), See <http://www.eppo.go.th/power/PDP2010/PDP2010-rev3.pdf>. for further details. Accessed 02/01/2014.
- [4] พันธมนานิน และคณะ, การศึกษาศักยภาพของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์ (SMR) เพื่อการพัฒนา: กรณีศึกษาประเทศไทย, วารสารพัฒนาสังคม ปีที่ 15 ฉบับที่ 1/2556 หน้า 67-88.
- [5] Kiangchaiporn, N., Reactor Technology Study and Technical Requirement of NPP [Presentation Material]. 2013. Source: Meeting on Small and Medium-sized Nuclear Reactors (SMRs) Technology Development, Assessment and Selection”, Chulalongkorn University, Thailand, 24-25 February 2013.
- [6] International Atomic Energy Agency. Nuclear Reactor Technology Assessment for Near Term Deployment. IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-1.10, IAEA, Vienna, 2013.
- [7] EUROPEAN COMMISSION, Key Performance Indicators for the European Sustainable Nuclear Industrial Initiative, See http://setis.ec.europa.eu/system/files/Key_Performance_Indicators_Nuclear.pdf for further details. Accessed 03/01/2014.
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidance for the Application of an Assessment Methodology for Innovative Nuclear Energy Systems, INPRO Manual, IAEA-TECDOC-1575, Rev. 1, IAEA, Vienna, 2008.
- [9] H. Subki. Workshop Outline. [Presentation Material], Source: Workshop on Technology Assessment of Small and Medium-sized Reactors (SMRs) for Near Term Deployment IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 5 – 9 December 2011.



-
- [10] สุพิชชาและคณะ, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาสถานภาพเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็กแบบโมดูลาร์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2014.
- [11] H. Subki, IAEA Programme on Common Technology and Issues for SMRs. [Presentation Materials], Source: Workshop on Technology Assessment of Small and Medium-sized Reactors (SMRs) for Near Term Deployment IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 5 – 9 December 2011.