



สอวช

จุดประกายศักยภาพ: วางรากฐานเทคโนโลยีฟิวชัน เพื่อขับเคลื่อนพลังงานสะอาด ของประเทศไทย

Igniting potential: Building a foundation for fusion technology
to drive Thailand's clean energy

Contents

สรุปประเด็นสำคัญ	03
ที่มาและความสำคัญ	04
วิเคราะห์ผลงานวิชาการ และสิทธิบัตร	04
สถานะความพร้อมของประเทศไทย	06
การวิเคราะห์สถานภาพของ เทคโนโลยี	09
ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย	10

ที่ปรึกษาโครงการ

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย
และนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.)

ดร.สิริพร พัทย์โสภณ
รองผู้อำนวยการกลุ่มนโยบายและระบบการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

นายณนทวัฒน์ มะกรุดอินทร์
ผู้อำนวยการฝ่ายอาวุโสศูนย์ข้อมูลนโยบาย

สาส์นจากคณะผู้จัดทำ

บทวิเคราะห์ฉบับนี้จัดทำขึ้น เพื่อนำเสนอสถานภาพ และแนวโน้มเทคโนโลยีฟิวชันของโลกและประเทศไทย รวมถึงเสนอแนะแนวทางยกระดับการวิจัยและนวัตกรรม ตลอดจนการพัฒนาระบบนิเวศที่จำเป็นต่อการพัฒนา เทคโนโลยีฟิวชันในระยะยาว โดยเทคโนโลยีฟิวชัน เป็นแหล่งพลังงานสะอาดแห่งอนาคตที่มีศักยภาพสูง ซึ่ง มีความสอดคล้องอย่างยิ่งกับเป้าหมายระดับชาติของประเทศไทย ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ BCG ตลอดจนเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions)

คณะทำงานได้ดำเนินการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล อย่างครอบคลุมทั้งจากผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ การยื่น จดทะเบียนสิทธิบัตรและการวิเคราะห์สถานภาพโครงสร้าง พื้นฐานและบุคลากรภายในประเทศ รวมทั้งได้นำเสนอผลการ วิเคราะห์ทั้งในส่วนของผู้ตั้งข้อสงสัย จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค ของการพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชันในประเทศไทย ควบคู่ไปกับการชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดสำคัญที่ต้องมีการพัฒนา เราหวังเป็นอย่างยิ่งว่า บทวิเคราะห์ฉบับนี้จะ เป็นข้อมูลและเครื่องมือ สำคัญสำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ในการทำความเข้าใจศักยภาพและความท้าทายของเทคโนโลยีฟิวชัน และร่วมกันปลดล็อกศักยภาพของประเทศไทย สร้างขีด ความสามารถในการแข่งขัน และนำพาประเทศไทยไปสู่ ความมั่นคงและยั่งยืนด้านพลังงานในอนาคต

คณะทำงาน

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์
วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.)

นางสาวณิศรา จันทรประทีน
ผู้เชี่ยวชาญนโยบายอาวุโส

นางสาวนรารัตน์ รัตนมณี
นักพัฒนานโยบาย

นางสาวกชพรรณ บวรชัยฤทธิ์
นักพัฒนานโยบาย

นายธรวานนท์ มิ่งเจริญผล
นักวิเคราะห์นโยบาย

ประเด็นสำคัญ

1. พลังงานฟิวชัน: พลังงานสะอาดเชิงยุทธศาสตร์เพื่อนาคตของประเทศไทย เทคโนโลยีฟิวชันได้รับการยอมรับในระดับสากลว่าเป็นแหล่งพลังงานสะอาดแห่งอนาคต ที่ไม่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือกากกัมมันตรังสีอายุยาวนาน สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาโมเดลเศรษฐกิจ BCG, Carbon Neutrality 2050 และ Net Zero Emissions 2065 การพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชันจึงสำคัญต่อความมั่นคงทางพลังงาน ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล และส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

2. จุดแข็งและศักยภาพของประเทศไทยในการพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชัน ประเทศไทยมีจุดแข็งสำคัญคือการเป็นเจ้าของเครื่องโทคาแมค (TT-1) ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบฟิวชันเครื่องเดียวในอาเซียน มีเครือข่ายความร่วมมือภายในและระหว่างประเทศที่เข้มแข็ง (เช่น ITER, NIFS, ASIIPP, KFE, CEA) ช่วยพัฒนาบุคลากรและองค์ความรู้ นอกจากนี้ ยังมีฐานนักวิจัยด้าน AI, วัสดุขั้นสูง และพลาสมาประยุกต์

3. แนวโน้มด้านการวิจัย และนวัตกรรมทั่วโลกและประเทศไทย ภาพรวมของโลกในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2557–2566) การวิจัยด้านเทคโนโลยีฟิวชันเน้นไปที่พื้นฐานด้านฟิสิกส์พลาสมา และการพัฒนาด้านวัสดุศาสตร์ที่จำเป็นในการพัฒนาเครื่องและอุปกรณ์หลักของเครื่องปฏิกรณ์ฟิวชันในอนาคต โดยในช่วง 3 – 5 ปีที่ผ่านมา โดดเด่นในเรื่องของการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ให้ใช้งานได้จริง มีการประยุกต์ใช้ AI และการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายพฤติกรรมพลาสมาหรือออกแบบส่วนประกอบและพัฒนาวัสดุของเครื่องปฏิกรณ์เพื่อให้รองรับต่อสภาพแวดล้อมที่รุนแรงจากปฏิกิริยาฟิวชัน โดยเห็นได้ชัดถึงบทบาทที่สำคัญมากขึ้นของภาคเอกชนในการพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชัน สำหรับประเทศไทยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา เน้นไปที่พื้นฐานทางฟิสิกส์ วัสดุศาสตร์ซึ่งเน้นไปที่คุณสมบัติเชิงกลและโครงสร้างจุลภาคของวัสดุและการพัฒนาวัสดุขั้นสูง อย่างไรก็ตามจำนวนสิทธิบัตรด้านฟิวชันของประเทศไทยยังมีจำนวนน้อยอย่างมากเมื่อเทียบกับระดับโลก

4. ความท้าทายและข้อจำกัดในการพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชันในประเทศไทย ประเทศไทยยังต้องเผชิญกับความท้าทายหลายประการ ทั้งการขาดแคลนบุคลากรเฉพาะทาง, โครงสร้างพื้นฐานสำคัญที่ยังไม่ครอบคลุม, แหล่งทุนที่ไม่ต่อเนื่องและไม่สอดคล้อง

กับลักษณะงานวิจัย, การสร้างการรับรู้และความเข้าใจ และการยอมรับเทคโนโลยีจากภาคประชาชนยัง不多พอ ขาดการสร้างห่วงโซ่อุปทานสำหรับการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ด้านฟิวชันที่ซับซ้อนในประเทศ รวมถึงมีความท้าทายในการแข่งขันทางเทคโนโลยีกับประเทศมหาอำนาจที่มีทรัพยากรและความพร้อมมากกว่า และข้อจำกัดด้านกฎระเบียบที่อาจไม่เอื้อต่อการวิจัยด้านเทคโนโลยีฟิวชัน

5. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชันของประเทศไทย

1. ใช้โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ร่วมกับความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ใช้ประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐานเดิม เช่น Tokamak (TT-1) และ Linear device ร่วมกับการพัฒนาชิปuleเตอร์, วัสดุขั้นสูง, และ AI/ML เพื่อสนับสนุนการวิจัย พัฒนา และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟิวชันและพลาสมาประยุกต์ ในภาคการเกษตร การแพทย์ และอุตสาหกรรม

2. เพิ่มงบประมาณภาครัฐเพื่อสร้างผู้เชี่ยวชาญและสนับสนุนการวิจัยระยะยาว จัดสรรงบประมาณภาครัฐสนับสนุนบุคลากรและโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง พัฒนาระบบทุนวิจัยระยะยาว (Multi-year research grants) และเชื่อมโยงแหล่งสนับสนุนทุนวิจัยอื่น ๆ เพื่อบูรณาการนโยบาย และส่งเสริมการแลกเปลี่ยนผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ

3. จัดตั้ง Fusion regulatory authority และสร้างห่วงโซ่อุปทานในประเทศ ใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านนิวเคลียร์ตั้งคณะกรรมการกำกับดูแล และพัฒนา AI-simulation validation เพื่อความปลอดภัย จัดตั้ง Materials consortium กับภาคการผลิต เพื่อพัฒนาวัสดุสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ฟิวชัน และส่งเสริมการลงทุนในประเทศเพื่อลดการพึ่งพาการนำเข้า และลดต้นทุนจากต่างประเทศ

4. สร้างเส้นทางอาชีพให้นักวิจัยและสร้างแผนการรับรู้ทางสังคม ใหัทุนการศึกษาปริญญาโท-เอก พัฒนานักวิจัยและวิศวกร สร้างเส้นทางอาชีพแบบ Fast-track สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านฟิวชัน และมีแผนการสื่อสารสร้างความเข้าใจ ความเชื่อมั่น และลดความกังวลของประชาชน รวมถึงจัดกิจกรรม Roadshow, การแข่งขัน และ Workshop เพื่อสร้างการรับรู้ และส่งเสริมประโยชน์ต่อสาธารณะ

ที่มาและความสำคัญ

พลังงานฟิวชัน เป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่มีศักยภาพสูง ในการตอบสนองความต้องการด้านพลังงานของโลกที่เพิ่มขึ้น โดยจำลองกระบวนการรวมตัวของอะตอมเช่นเดียวกับที่เกิดบนดวงอาทิตย์ซึ่งปลดปล่อยพลังงานมหาศาลโดยไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก่อให้เกิดกากกัมมันตรังสีน้อยกว่าพลังงานฟิชชัน นอกจากนี้ยังมีความปลอดภัยสูง ใช้ทรัพยากรตั้งต้น เช่น ไฮโดรเจน หรือลิเทียมได้ โดยไม่ขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับแหล่งพลังงานจากลมหรือแสงอาทิตย์ โดยในช่วง 3-5 ปีที่ผ่านมา การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชันทั่วโลกยังมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ครอบคลุมฟิสิกส์พลาสมา วิศวกรรมวัสดุ การกักเก็บพลาสมาด้วยสนามแม่เหล็ก เทคโนโลยีเลเซอร์ ไปจนถึงการประยุกต์ใช้ AI และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง เป้าหมายหลักคือการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมและพาณิชย์ โดยมีบริษัทเอกชน และสตาร์ทอัพหลายแห่งตั้งเป้าพัฒนาโรงไฟฟ้าฟิวชันเชิงพาณิชย์ให้สำเร็จภายในปี พ.ศ. 2573 รวมถึงโครงการความร่วมมือระดับนานาชาติขนาดใหญ่อย่าง ITER ที่มีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง

สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชันในประเทศไทย มีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากมีเป้าหมายด้านความมั่นคงทางพลังงาน ความเป็นกลางทางคาร์บอน และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ประเทศไทยได้วางรากฐาน และมีแผนดำเนินการผ่านแผนที่นำทางฟิวชัน (Fusion Roadmap) โดยสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (สทน.) โดยจุดแข็งของประเทศไทย คือการมีเครื่องโทคาแมค (TT-1) ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับวิจัยพลังงานฟิวชัน ถือเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักในการพัฒนาการศึกษา วิจัย และบุคลากร นอกจากนี้ยังมีความร่วมมือภายในประเทศระหว่างภาครัฐ สถาบันการศึกษา และภาคเอกชน รวมถึงความร่วมมือกับสถาบันวิจัยและโครงการชั้นนำระดับนานาชาติ เช่น ITER อีกด้วย

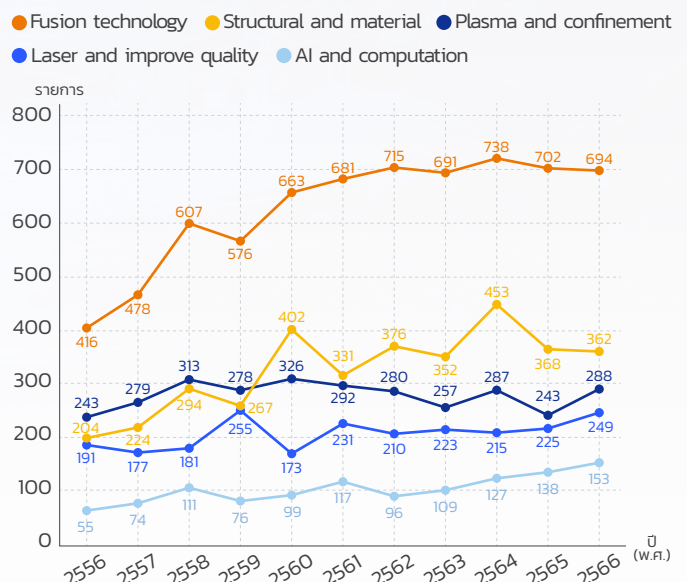
การขับเคลื่อนผลงานวิจัย และนวัตกรรมด้านพลังงานฟิวชัน มีความสำคัญอย่างมากในการยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมของประเทศ และผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และพัฒนา งานวิจัยด้านเทคโนโลยีฟิวชันในภูมิภาคอาเซียน แม้จะเผชิญความท้าทายด้านความซับซ้อนของเทคโนโลยี การลงทุนที่สูง การวิจัยและพัฒนาที่ต้องต่อเนื่องยาวนาน รวมถึงการพัฒนา

บุคลากรและการสร้างความเข้าใจในวงกว้าง แต่ศักยภาพและประโยชน์ของเทคโนโลยีฟิวชันในด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในระยะยาว ทำให้การลงทุนและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชันเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่ออนาคตของประเทศไทย

วิเคราะห์ผลงานวิชาการและสิทธิบัตร

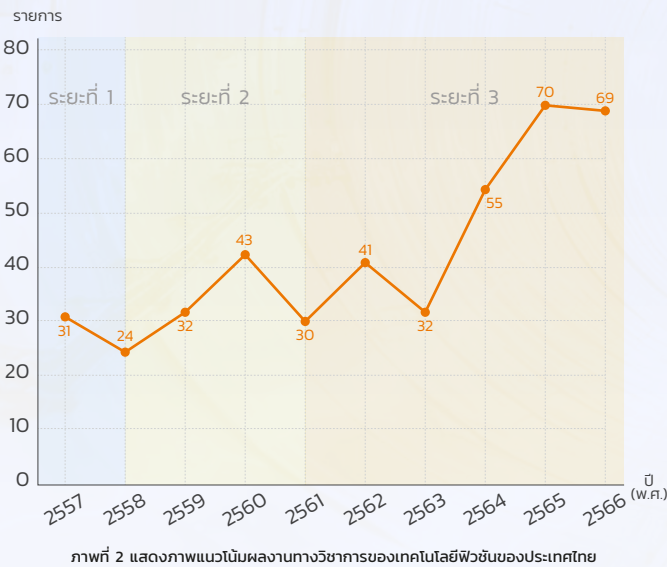
1. ลักษณะผลงานทางวิชาการของโลกและประเทศไทย

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (พ.ศ. 2557-2566) องค์ความรู้ และนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีฟิวชันทั่วโลกมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดด สะท้อนจากจำนวนผลงานวิชาการที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องใน 5 กลุ่มหลัก ได้แก่ Fusion technology, Structural and material, Plasma and confinement, Laser and improve quality, และ AI and computation โดยเฉพาะกลุ่ม AI and computation ที่มีอัตราการเติบโตสูงสุด บ่งชี้ถึงบทบาทสำคัญของ AI/ML ในการออกแบบและควบคุมเครื่องปฏิกรณ์ฟิวชัน ในขณะที่ Fusion technology มีปริมาณผลงานมากที่สุด ครอบคลุมการวางรากฐานฟิสิกส์ การออกแบบเครื่องสาธิต และการจัดการเชื้อเพลิง ส่วน Structural and material เน้นวัสดุที่ทนทานต่อสภาวะรุนแรง Plasma and confinement มุ่งเน้นในการสร้างเสถียรภาพของพลาสมา และ Laser and improve quality พัฒนาเทคนิคเลเซอร์กำลังสูงเพื่อจุดระเบิดฟิวชัน



ภาพที่ 1 แสดงภาพแนวโน้มผลงานทางวิชาการใน 5 กลุ่มเทคโนโลยีของเทคโนโลยีฟิวชันของไทย

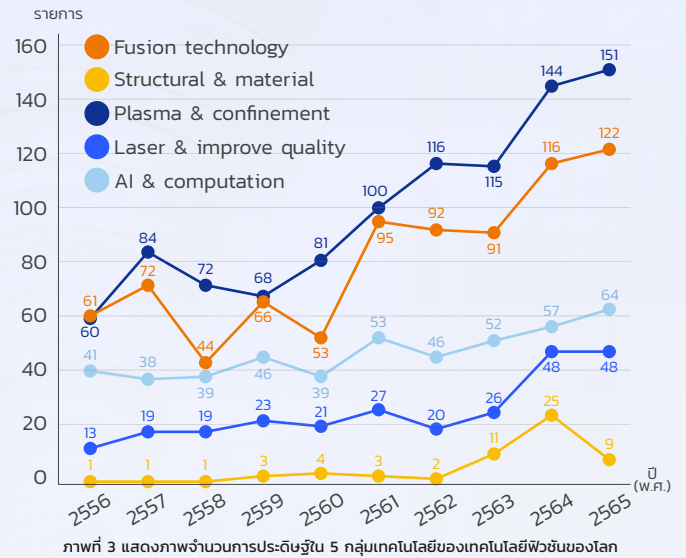
สำหรับประเทศไทย แม้จำนวนผลงานวิชาการด้านเทคโนโลยีฟิวชัน และพลาสมาจะยังมีปริมาณน้อยกว่าระดับโลก แต่ก็มีความน่าสนใจในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยมีพัฒนาการ 3 ระยะ คือ ระยะเริ่มต้น (วิจัยพื้นฐานนิวเคลียร์ฟิสิกส์และวัสดุ) ระยะที่สอง (เกิดโครงการ Thailand Tokamak (TT-1) กระตุ้นงานวิจัยพลาสมาฟิวชันและวัสดุศาสตร์) และระยะที่สาม (มุ่งเน้นการต่อยอดเชิงวิศวกรรมและการออกแบบระบบเครื่องปฏิกรณ์)



งานวิจัยไทยครอบคลุมฟิสิกส์พลังงานสูง วัสดุศาสตร์ (รวมถึง Additive manufacturing) และการประยุกต์ใช้ AI/ML ในการจำลองและควบคุมเครื่องโทคาแมค นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเทคโนโลยีพลาสมาประยุกต์ในด้านการเกษตร อาหาร และการแพทย์ ซึ่งสะท้อนศักยภาพในการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ แม้จำนวนผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการยังมีจำนวนไม่มาก แต่ประเทศไทยยังมีจุดแข็ง คือ การเป็นเจ้าของเครื่องโทคาแมค (TT-1) และมีแผนพัฒนาเครื่องโทคาแมค (TT-2) และมีความร่วมมืออย่างต่อเนื่องกับสถาบันชั้นนำระดับนานาชาติ เช่น ITER, NIFS, ASIPP, KFE, และ CEA ทั้งนี้ประเทศไทยยังตั้งเป้าเป็นศูนย์กลางการวิจัยและพัฒนาพลาสมาและเทคโนโลยีฟิวชันของอาเซียนภายในปี พ.ศ. 2570

2. ลักษณะสิทธิบัตรของโลกและประเทศไทย

สิทธิบัตรด้านเทคโนโลยีฟิวชันทั้ง 5 กลุ่มมีการเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกลุ่ม AI and computation ซึ่งมีอัตราการเติบโตสูงสุด สอดคล้องกับแนวโน้มงานวิจัยหลัก เช่น การพัฒนา Diverter, วัสดุชั้นสูง, การควบคุมพลาสมา, การพัฒนาเลเซอร์กำลังสูง และการใช้ AI ในการจำลองและควบคุมปฏิกิริยาฟิวชัน



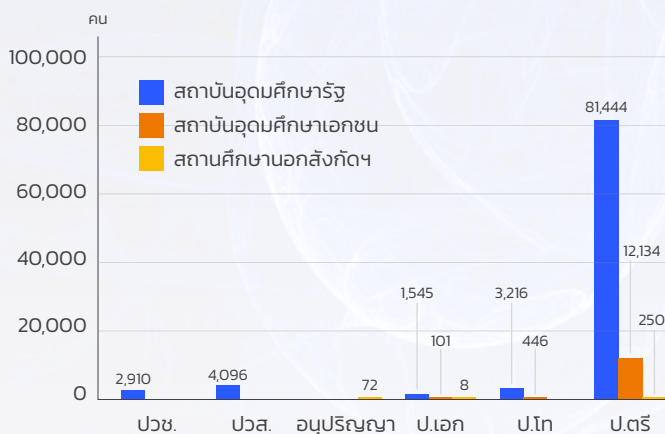
โดยผู้ยื่นจดสิทธิบัตรส่วนใหญ่เป็นสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัย และหน่วยงานภาครัฐจากจีน (Chinese Academy of Sciences, China National Nuclear Corporation, China Academy of Engineering Physics) รวมถึง UK Atomic Energy Authority (สหราชอาณาจักร) และ CEA (ฝรั่งเศส) สำหรับภาคเอกชนที่มีการยื่นจดสิทธิบัตรสูงสุด ได้แก่ บริษัท Tokamak Energy และ TAE Technologies ยกเว้นกลุ่ม AI and computation ที่มี บริษัท Rosatom, Fusion New Energy และ DeepMind Tech เป็นผู้นำ โดยสัดส่วนการยื่นจดสิทธิบัตรรวมระหว่างภาครัฐ สถาบัน และเอกชนค่อนข้างใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่ม Structural and material ที่ภาคเอกชนมีบทบาทและมีการแข่งขันเชิงพาณิชย์สูงกว่า

สำหรับประเทศไทย มีการยื่นจดสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีฟิวชันเพียง 15 การประดิษฐ์ ส่วนใหญ่เป็นของผู้ยื่นต่างประเทศ เช่น TAE Technologies, Tokamak Energy, China General Nuclear Power Corporation และ Copenhagen Atomics โดยมีเพียง 2 การประดิษฐ์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559) ที่เป็นเจ้าของสิทธิบัตรโดยประเทศไทย

สถานะความพร้อม ของประเทศไทย

1. ความพร้อมด้านบุคลากร

ประเทศไทยยังคงเผชิญความท้าทายสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีพลาสมาและพลังงานฟิวชัน โดยเฉพาะการขาดแคลนบุคลากรเฉพาะทาง ทั้งนักวิจัย ผู้เชี่ยวชาญ และบุคลากรระดับปฏิบัติการ โดยเฉพาะนักวิจัยพลาสมาที่มีจำนวนน้อยมาก ปัญหาหลักมาจากการขาดแผนพัฒนาอาชีพที่ชัดเจนและแหล่งทุนสนับสนุนการวิจัยระยะยาว อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยมีจุดแข็งคือมีเครื่องโทคาแมค TT-1 ที่เหมาะกับการวิจัยและฝึกอบรมบุคลากร มีเครือข่ายความร่วมมือภายในประเทศ (เช่น CpaF, HPLAS) และความร่วมมือกับสถาบันนานาชาติ ซึ่งเปิดโอกาสในการเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังมีการจัดกิจกรรมทางวิชาการและการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรใหม่



ภาพที่ 4 แสดงจำนวนนักศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ Fusion ในประเทศไทย ปีการศึกษา 2567

ในภาพรวมความพร้อมด้านบุคลากรสำหรับเทคโนโลยีฟิวชันยังเป็นจุดอ่อนสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนและเป็นระบบ ผ่านการวางแผนระยะยาว การสนับสนุนงบประมาณ โครงสร้างอาชีพที่มั่นคง และการใช้ประโยชน์จากความร่วมมือเพื่อสร้างฐานบุคลากรรุ่นใหม่

2. ความพร้อมของห้องปฏิบัติการและศูนย์วิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีเครื่องมือวิจัยฟิวชันเน้นด้านวัสดุศาสตร์สำหรับเครื่องโทคาแมค อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดด้านความพร้อมของห้องปฏิบัติการและศูนย์วิจัย โดยเฉพาะการขาดห้องปฏิบัติการจำลองพฤติกรรมพลาสมา (Simulation lab) ซึ่งจำเป็นต่อการวิจัยและออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ รวมถึงขาดผู้ผลิตอุปกรณ์พลาสมาคุณภาพสูงในประเทศ ทำให้ต้องพึ่งพาการนำเข้าที่มีราคาสูง

เพื่อแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้ มีการเสนอแนวทางยกระดับความพร้อมของห้องปฏิบัติการและศูนย์วิจัย โดยรวมถึงการวางแผนพัฒนาระยะยาวที่ครอบคลุมโครงสร้างพื้นฐาน แม้ประเทศไทยจะมีจุดเริ่มต้นที่ดีและมีความพร้อมเรื่องเครือข่ายความร่วมมือ แต่ยังคงมีช่องว่างสำคัญที่ต้องการการลงทุนอย่างเป็นระบบ ทั้งด้านเครื่องมือ บุคลากร และการสร้างระบบนิเวศภายในประเทศ รวมถึงการกำหนดมาตรฐานและการพัฒนาผู้ผลิตในประเทศ เพื่อขับเคลื่อนศักยภาพการพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชันของประเทศไทย

ตารางที่ 1 ลักษณะผลงานทางวิชาการของโลกและประเทศไทย

	 การวิจัยและนวัตกรรมของโลก (พ.ศ. 2557-2566)	 การวิจัยและนวัตกรรมของ ประเทศไทย (พ.ศ. 2557-2566)
Fusion technology	- การวางรากฐานทางฟิสิกส์และการออกแบบเชิงแนวคิด เน้นการศึกษาพื้นฐาน เช่น การวางโครงสร้างเครื่องต้นแบบ, การศึกษาพฤติกรรมพลาสมา เป็นต้น - เน้นการออกแบบรายละเอียดเครื่องปฏิกรณ์และพัฒนาวัสดุที่ทนต่อสภาวะรุนแรง Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): นำเทคโนโลยีฟิวชันไปสู่การปฏิบัติจริง พัฒนาและออกแบบเครื่องสารถีเพื่อผลิตพลังงานได้จริงและมีความต่อเนื่อง	- การวิจัยพื้นฐานด้านนิวเคลียร์ฟิสิกส์ เช่น การวิจัยฟิสิกส์พลังงานสูงและอนุภาคพื้นฐาน หรือการกระจายตัวของอนุภาคในพลาสมา - มีงานวิจัยด้านพลาสมาฟิวชัน, การสร้างต้นแบบหรือโมเดลระบบฟิวชัน เช่น Tokamak, Divertor, Fusion reactor และ Blanket
Structural and material	- วางโครงสร้างและหลักการในการออกแบบ เป็นช่วงเริ่มต้นในการออกแบบระบบสำคัญ เช่น Divertor, Vacuum system เป็นต้น - พัฒนาวัสดุเฉพาะทางซึ่งสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงและรังสีภายในเครื่องฟิวชัน ได้แก่ PFMs รวมทั้งการวิเคราะห์โครงสร้างระบบจุลภาค รวมทั้งการดูดซับ Deuterium ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): ศึกษาวัสดุและวิเคราะห์โครงสร้างระบบจุลภาค ใช้การสร้าง Simulation และ ML เพื่อคาดการณ์พฤติกรรมของพลาสมา และวัสดุในเครื่องปฏิกรณ์ฟิวชันเพื่อออกแบบและปรับแต่งระบบให้มีประสิทธิภาพสูง	- การวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ โดยเน้นคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุและ Microstructure ของวัสดุ - การพัฒนาวิศวกรรมวัสดุและการผลิตขั้นสูง เช่น Additive manufacturing, Laser powder bed fusion และเทคโนโลยีการผลิตด้วยเลเซอร์ 3 มิติ และการวิเคราะห์วัสดุในสภาวะฟิวชัน
Plasma and confinement	- วางรากฐานด้านฟิสิกส์พลาสมา ศึกษาความไม่เสถียร พัฒนาเครื่องมือวินิจฉัยเพื่อวัดและวิเคราะห์พลาสมาและทดลอง ECH เพื่อให้พลังงานกับพลาสมา - พัฒนาการกักเก็บพลังงานด้วยพลาสมาแบบ H-mode และศึกษาปรากฏการณ์ เช่น ELM, Turbulent transport และเริ่มจัดการพลาสมาบริเวณขอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บพลังงานและลดความไม่เสถียร Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): วิจัยและพัฒนาขั้นสูงที่เน้นเสถียรภาพและความทนทานของพลาสมาและ Divertor โดยการควบคุมขอบพลาสมา และการจัดการพลังงานความร้อน ลด ELM และการปรับปรุงทรงพลาสมา และการกำจัดความร้อนด้วยแนวคิด Detachment	มีการสร้างต้นแบบและโมเดลระบบฟิวชันในส่วนของการกักเก็บพลาสมา เช่น Divertor
Laser and improve quality	- การวางรากฐานทางฟิสิกส์และเทคนิคการปรับปรุงลำเลเซอร์ เพื่อให้ได้การอัดเชื้อเพลิงที่สมมาตรและมีประสิทธิภาพ - การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์เลเซอร์-พลาสมาเชิงลึก เพื่อลดความไม่เสถียรที่เป็นอุปสรรคต่อการจุดระเบิดและการเร่งอนุภาคด้วยเลเซอร์ Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): เทคโนโลยีวินิจฉัยขั้นสูงสำหรับตรวจสอบความสมมาตรและประสิทธิภาพในการอัดเชื้อเพลิงด้วยเลเซอร์ และพัฒนาการจุดระเบิดใหม่เพื่อช่วยให้เลเซอร์เจาะและกระตุ้นเชื้อเพลิงได้มีประสิทธิภาพ	
AI and computation	- เน้นการใช้เทคนิคการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Simulation) เพื่อวิเคราะห์พลาสมา และออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ฟิวชันอย่างละเอียด - การผสมผสาน AI ได้แก่ Machine learning และ Deep learning กับ Simulation ในด้านการสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การพัฒนาการสร้างแบบจำลองที่รวดเร็ว Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): ใช้ Deep learning และ Neural networks เช่น Physics-informed neural networks (PINNs) ในงาน Real-Time diagnostics	มีการใช้เทคนิค AI เช่น Machine learning, Deep learning ในการจำลองพฤติกรรมของพลาสมาและวิเคราะห์วัสดุ หรือใช้ในงานประมวลผล เช่น Feature extraction เป็นต้น

ตารางที่ 2 ลักษณะของสิทธิบัตรของโลกและประเทศไทย



	สิทธิบัตรและนวัตกรรมของโลก (พ.ศ. 2557-2566)	สิทธิบัตรและนวัตกรรมของ ประเทศไทย (พ.ศ. 2557-2566)
Fusion technology	- พัฒนาการกักเก็บพลาสมาด้วยสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้า โดยการออกแบบขดลวด เพื่อควบคุมพลาสมาให้อยู่ในสภาวะที่เกิดฟิวชันได้ รวมทั้งพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ฟิวชันอุณหภูมิต่ำ - พัฒนาองค์ประกอบของเครื่องปฏิกรณ์ เช่น First wall, Blanket, Divertor, Vacuum chambers และ Superconducting coil และวัสดุต่าง ๆ เช่น Tungsten, AlN และโลหะผสมพิเศษ Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): การพัฒนาไดเวอร์เตอร์ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่สัมผัสกับพลาสมาและความร้อนสูงภายในเครื่องปฏิกรณ์ โดยมีเป้าหมายหลัก คือการยืดอายุการใช้งาน, การเพิ่มความสามารถในการทนความร้อน, และการลดอุณหภูมิภายในระบบ	
Structural and material	- พัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้สนามแม่เหล็กในรูปแบบต่าง ๆ (ทรงกลม, วงแหวน) และแบบไฮบริด - การใช้วัสดุ Tungsten และโลหะผสม สำหรับโครงสร้างบริเวณผนังเครื่อง รวมทั้งวัสดุสำหรับช่องหล่อเย็นและระบบ Divertor เพื่อทนต่อพลาสมารุนแรง - พัฒนาวัสดุผสมสำหรับโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ การเคลือบผิว (Cladding) และวัสดุที่ช่วยเพิ่มนิวตรอน (Neutron multiplying) เพื่อให้เกิดการฟิวชันได้ดีขึ้น Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): เพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุและโครงสร้าง โดยใช้วัสดุชั้นสูง เช่น Aluminum-based boron carbide composite (เบา กนรังสี), RAFM steel (เหล็กทนรังสีระดับสูง), High-entropy alloys (HEAs) (โลหะผสมหลายชนิดที่มีความเสถียรสูง) และนาโนออกไซด์และคาร์ไบด์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทาน	
Plasma and confinement	- พัฒนาการกักเก็บพลาสมาด้วยสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าโดยใช้โครงสร้างสนามแม่เหล็กที่หลากหลาย เช่นสนามแม่เหล็กรูปทรงกลม, สนามแม่เหล็กสะท้อน หรือการกักเก็บแบบวิถีวงโคจร - พัฒนาโครงสร้างผนังเครื่องและระบบ Divertor โดยออกแบบ Divertor หลากหลายรูปแบบ เช่น แบบ Calabash – shaped, Double-V และการเคลือบผิวผนังเครื่อง Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): เน้นการพัฒนา Divertor ให้มีอายุยาวนานมาก พัฒนาระบบระบายความร้อนและอุปกรณ์กำจัดของเสียจากพลาสมา และพัฒนาวิธีการควบคุมทิศทางของพลาสมาภายในเครื่องปฏิกรณ์และองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญกับการควบคุมพลาสมา	มีเพียงจำนวน 2 งานประดิษฐ์ โดยเป็นวัสดุเชิงประกอบโดยยางธรรมชาติเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับป้องกันอนุภาคนิวตรอน
Laser and improve quality	- พัฒนาการกักเก็บพลาสมาด้วยสนามแม่เหล็กและเพิ่มประสิทธิภาพการจุดระเบิด รวมทั้งองค์ประกอบของเครื่องปฏิกรณ์และพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์อุณหภูมิต่ำ - พัฒนาระบบออปติกส์ สำหรับฉายเลเซอร์และให้ความร้อนแก่พลาสมา เช่น Hohlraum Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): การพัฒนาระบบออปติกเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีเลเซอร์กำลังสูงให้มีความแม่นยำสูง และการวินิจฉัยพลาสมา รวมทั้งการเพิ่มความเสถียรของพลาสมา การกักขังพลาสมา รวมถึงการใช้เคลฟลางงานฟิวชัน	
AI and computation	Emerging trend (พ.ศ. 2562-2566): การใช้ AI และระบบคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาและปรับปรุงระบบเพื่อเพิ่มความเสถียร ปรับปรุงความเสถียรของระบบควบคุมพลาสมา และความปลอดภัยในการทำงานรวมถึงระบบจำลองปฏิกิริยาฟิวชัน เพื่อเพิ่มความเสถียรและความแม่นยำ รวมทั้งพัฒนาการพยากรณ์พฤติกรรมพลาสมาและการซ่อมบำรุงเตาปฏิกรณ์	

การวิเคราะห์สถานการณ์ภาพของเทคโนโลยีฟิวชันของประเทศไทย



Strengths

- ประเทศไทยมีเครื่อง โทคาแมค (TT-1) หนึ่งเดียวใน ASEAN และมีการพัฒนาในระยะถัดไป (TT-2) โดยมีการจัดทำ Fusion roadmap ซึ่งตั้งเป้าเป็นศูนย์กลางการวิจัยด้านฟิวชันในอาเซียน
- มีเครือข่ายการทำงานทั้งในและต่างประเทศอย่างเข้มแข็ง โดยมีความร่วมมือภายในประเทศ เช่น เครือข่ายศูนย์วิจัยและพัฒนาพลาสมาและเทคโนโลยีฟิวชัน (CPaF) และ Hub of Talents for Plasma Technology (HPLAS) เพื่อแชร์องค์ความรู้ และมีความร่วมมือกับสถาบันชั้นนำระดับนานาชาติเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านโครงการต่าง ๆ เช่น NIFS (ญี่ปุ่น) ซึ่งมีการร่วมออกแบบเครื่องโทคาแมค (TT-1), ASIPP (จีน), KFE (เกาหลี), CEA (ฝรั่งเศส)
- ประเทศไทยเป็นเจ้าภาพการจัดงานประจำปี ASEAN School on Plasma and Nuclear Fusion (ASPNF) ซึ่งเป็นการรวมผู้เชี่ยวชาญมาไว้ด้วยกัน
- บุคลากรไทยมีความเชี่ยวชาญด้าน Simulation, วัสดุขั้นสูง และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมา ในอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และการแพทย์ รวมทั้งมีงานวิจัยเกี่ยวกับฟิวชันในด้านวัสดุศาสตร์, Simulation และการประมวลผลข้อมูลจากการที่มีเครือข่ายและความร่วมมือระหว่างประเทศ



Weaknesses

- บุคลากรไทยยังไม่มีประสบการณ์เฉพาะทางด้านการออกแบบและพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ฟิวชันในระดับแนวคิด (Conceptual design) ขณะเดียวกันยังขาดกำลังคนในระดับปฏิบัติการ (Technician) ที่จำเป็นต่อการทดลองและทดสอบระบบอย่างต่อเนื่อง
- บุคลากรมีแนวโน้มเปลี่ยนสายงาน เนื่องจากไม่มีเส้นทางอาชีพที่ชัดเจน และขาดการสนับสนุนที่มั่นคง
- ขาดเครื่องมือที่สำคัญในการวิจัย เช่น Super computer ใน Simulation lab และอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องโทคาแมคในประเทศไทยยังเป็นเทคโนโลยีเก่า
- ขาดทุนสนับสนุนการวิจัยที่มีความต่อเนื่อง ทุนไม่สอดคล้องกับลักษณะงานวิจัยของเทคโนโลยีฟิวชันที่ต้องลงทุนสูงและใช้เวลานานในการวิจัยและพัฒนา
- ขาดความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์เพราะจำนวนสิทธิบัตรของประเทศไทยด้านเทคโนโลยีฟิวชันมีจำนวนน้อย และส่วนใหญ่เป็นการยื่นขอความคุ้มครองจากต่างประเทศ อาจทำให้ประเทศต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างชาติในระยะยาว
- กฎระเบียบยังไม่เอื้อต่อการวิจัย เช่น ข้อกำหนดในด้านพื้นที่สำหรับการติดตั้งเครื่องมือการวิจัย รวมทั้งข้อกำหนดและมาตรฐานในการใช้เทคโนโลยีฟิวชัน



Opportunities

- อนาคตมีแนวโน้มการใช้พลังงานสะอาดมากขึ้นจากเป้าหมาย NET ZERO ของแต่ละประเทศตามแนวทางของกฎระเบียบการค้าต่าง ๆ เช่น CBAM และ Carbon neutrality
- Startup ด้านฟิวชันในต่างประเทศมีองค์ความรู้และความเชี่ยวชาญที่จะช่วยพัฒนาเทคโนโลยีฟิวชัน เช่น Helion, Zap Energy และ Type One Energy ช่วยเร่งการพัฒนาเทคโนโลยีทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและไปได้เร็วกว่าโครงการของภาครัฐ
- มีการพัฒนาเทคโนโลยี AI/ML และซอฟต์แวร์จำลองอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ลดต้นทุนและเร่งกระบวนการวิจัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องพึ่งเครื่องมือราคาแพง
- สอดคล้องกับนโยบายของไทย เช่น BCG Model, การลดก๊าซเรือนกระจก และความต้องการพลังงานสะอาด



Threats

- การแข่งขันกับแหล่งพลังงานทางเลือกอื่น เช่น เทคโนโลยี SMR หรือไฮโดรเจน
- เทคโนโลยีฟิวชันยังไม่สามารถผลิตได้ในเชิงพาณิชย์เนื่องจากมีความซับซ้อนและต้นทุนสูง และยังต้องมีการศึกษาพฤติกรรมและพัฒนาการควบคุมพลาสมาเพิ่มเติมด้วย
- ประชาชนขาดการรับรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีฟิวชัน ส่งผลต่อการสนับสนุนและการยอมรับ

ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา Fusion technology ในประเทศไทย

1. ใช้โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ร่วมกับความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เพื่อเร่งพัฒนาการวิจัย และลดต้นทุนพร้อมยกระดับสู่การเป็นผู้นำด้านฟิวชันในอาเซียน

- ใช้โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ เช่น Tokamak (TT-1), Linear device และเครื่องข่ายอนุพันธ์วิจัยภายในประเทศ เพื่อเป็นฐานการพัฒนาต่อยอด
- บูรณาการความเชี่ยวชาญของบุคลากรไทย ด้าน Simulator, วัสดุขั้นสูง, และเทคโนโลยีพลาสมา ร่วมกับ AI/ML เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบฟิวชันอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งลดความจำเป็นในการพึ่งพาเครื่องมือทดลองจริงที่มีต้นทุนสูง
- สนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมา ในภาคเกษตร การแพทย์ และอุตสาหกรรมแปรรูป โดยใช้เครื่องข่ายที่มีอยู่ (เช่น CPaF, HPLAS) ผ่านกรณีศึกษาที่มีต้นทุนดำเนินการที่เหมาะสมและคุ้มค่า เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้รับ
- สร้างความร่วมมือระหว่างนักวิจัยในประเทศและต่างประเทศ เพื่อแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านเทคนิค และเพื่อแสดงบทบาทการเป็นผู้นำของไทยในฐานะศูนย์กลางความรู้ด้านฟิวชันของอาเซียน

2. เพิ่มงบประมาณจากภาครัฐเพื่อเร่งสร้างบุคลากรเฉพาะทาง และสนับสนุนทุนวิจัยระยะยาวที่สอดคล้องกับนโยบายพลังงานสะอาดของไทย

- จัดสรรงบประมาณจากภาครัฐ เพื่อสนับสนุนการผลิตบุคลากรเฉพาะทาง เช่น นักออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ ผู้เชี่ยวชาญระบบควบคุมพลาสมา และช่างเทคนิคสำหรับงานติดตั้งและทดสอบ
- พัฒนาระบบทุนวิจัยระยะยาว (Multi-year research grants) ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับเทคโนโลยีฟิวชัน ซึ่งใช้เวลานานและลงทุนสูง พร้อมระบบติดตามผลทุนแบบมี Milestone และตัวชี้วัด (KPI) ที่ชัดเจน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้ให้ทุน และหน่วยงานร่วมทุน
- เชื่อมโยงแผนการสนับสนุนกับ นโยบาย BCG, พลังงานสะอาด และการลดคาร์บอน เพื่อให้เกิดการบูรณาการนโยบายระดับประเทศ และมีโอกาสเข้าถึงงบประมาณสนับสนุนระยะยาว
- ประสานความร่วมมือกับมหาวิทยาลัย สถาบันวิจัย และพันธมิตรต่างประเทศ ในการออกแบบหลักสูตรฝึกอบรมและ

ฝึกงาน รวมถึงส่งเสริมการแลกเปลี่ยนผู้เชี่ยวชาญ และอำนวยความสะดวกด้านวีซ่า เพื่อดึงผู้เชี่ยวชาญต่างชาติเข้ามาช่วยเสริมสร้างขีดความสามารถภายในประเทศ

3. จัดตั้ง Fusion regulatory authority และสร้างห้องปฏิบัติการในประเทศ

- ใช้เครื่องข่ายนักวิจัยเพื่อจัดตั้งคณะกรรมการกำกับร่วมกับสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติและสถาบันมาตรวิทยา เพื่อออกแบบมาตรฐานการทดสอบวัสดุและระบบที่พัฒนาจากห้องทดลอง Tokamak ไทยร่วมกับการทำ AI-simulation validation เพื่อลดความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนด้านมาตรฐานความปลอดภัย
- จัดตั้ง Materials consortium ร่วมกับภาคการผลิต และห้องทดลอง Tokamak และ Linear accelerator ของไทยเพื่อพัฒนาวัสดุสำหรับใช้กับเครื่องปฏิกรณ์ฟิวชัน
- ใช้กลไกภาษีในการยกเว้นภาษีนำเข้าเฉพาะวัตถุดิบขั้นต้น โดยมีเงื่อนไขให้แปรรูปภายในประเทศ เพื่อสร้างความมั่นคงให้กับห่วงโซ่อุปทาน ไม่ต้องพึ่งพาการนำเข้าและลดต้นทุนจากการแปรรูปในประเทศ

4. สร้างเส้นทางอาชีพนักวิจัยและแคมเปญการรับรู้ร่วมกับพันธมิตรภาคประชาสังคม

- ให้ทุนการศึกษาระดับปริญญาโท-เอก ด้านฟิวชันโดยให้ผูกพันทำงานในประเทศหลังสำเร็จการศึกษา ตั้งเป้าให้มีนักวิจัยและวิศวกรฟิวชันอย่างน้อย 200 คนในระยะเวลา 5 ปี
- จัดเส้นทางอาชีพแบบ Fast-track ให้ผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานยาวนานในโครงการฟิวชัน จัดตั้งตำแหน่งวิจัยร่วมระหว่างมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาชีพทั้งในภาควิชาการและอุตสาหกรรม เพื่อรักษากลุ่มนักวิจัยไม่ให้ย้ายไปต่างประเทศและรักษากำลังคนด้านการวิจัยและพัฒนาเชิงลึก
- แคมเปญการรับรู้เพื่อกระตุ้นความสนใจและลดความกังวลเรื่องความปลอดภัยสู่การสนับสนุนเทคโนโลยีในเชิงบวก เช่น การจัด Roadshow, การแข่งขันพัฒนาระบบ AI-simulation เพื่อเทคโนโลยีฟิวชัน, จัด Workshop ร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อรับฟังข้อกังวลและสร้างจุดร่วมด้านประโยชน์สาธารณะ

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.)

โทรศัพท์: 02 109 5432
อีเมล: info@nxpo.or.th
ที่อยู่: 319 อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 14 ถนนพญาไท
แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

ศูนย์ข้อมูลนโยบาย โดย สอวช.

ศูนย์ข้อมูลนโยบาย โดย สอวช.

รายชื่อผู้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล

1. รศ. ดร.ธวัชชัย อ่อนจันทร์
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
2. ดร.พรสรรค์ โรจนพานิช
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
3. รศ. ดร. สมศักดิ์ แดงต๊อบ
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
4. ดร. นพพร พูลยรัตน์
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
5. ผศ. ดร.บุญญฤทธิ์ จิตรทอง
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
6. รศ. ดร.หิมาตอเลิบบ หนิสอ
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
7. นายรัตนา บุญชู
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)



สอวช

**จุดประกายศักยภาพ:
วางรากฐานเทคโนโลยีฟิวชันเพื่อขับเคลื่อน
พลังงานสะอาดของประเทศไทย**

**Igniting potential: Building a foundation for fusion technology
to drive Thailand's clean energy**