ไขข้อข้องใจ โรงไฟฟ้า SMR (FAQ)

สารบัญ

ประเด็น	หน้า
ทั่วไป	3–15
ด้านความปลอดภัย	16–30
ด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	31–35
ด้านเศรษฐกิจและสังคม	36–40
การจัดการกากกัมมันตรังสีและเชื้อเพลิงใช้แล้ว	41–48
ด้านความพร้อม	49–51
อุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในอดีต	52–56

ประเด็นทั่วไป

- SMR คืออะไร
- SMR ทำงานอย่างไร
- ทำไมต้องเป็น SMR
- เปรียบเทียบ SMR กับโรงไฟฟ้าพลังงานอื่น
- SMR แตกต่าง จากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดใหญ่อย่างไร
- ข้อดี – ข้อจำกัด ของ SMR
- ประเทศใดบ้างมีโรงไฟฟ้า SMR
- ใช้เวลาก่อสร้างกี่ปี อายุการใช้งานกี่ปี
- ในไทยสามารถก่อสร้างได้เมื่อไร สร้างเสร็จเมื่อไร
- หน่วยงานใดเกี่ยวข้องบ้าง

SMR คืออะไร

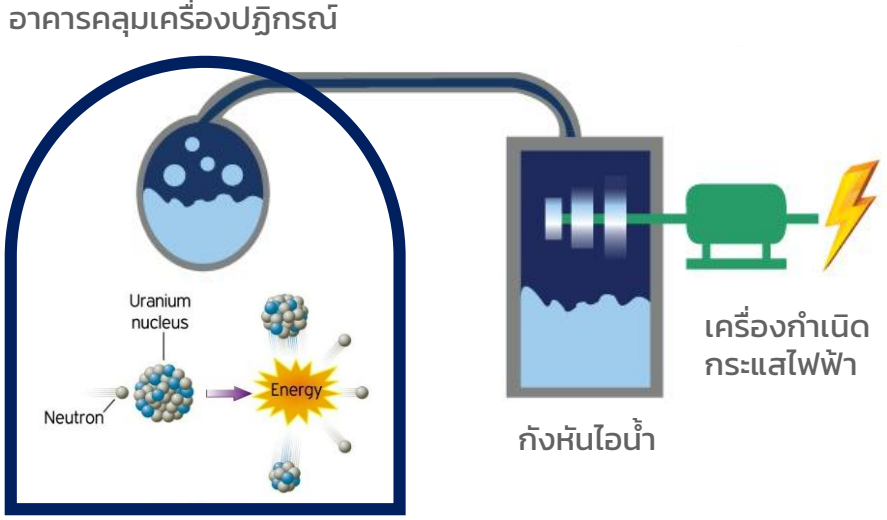
Small Modular Reactor: SMR คือ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก ผลิตไฟฟ้าได้ในระดับต่ำกว่า 300 เมกะวัตต์ มีความปลอดภัยสูงขึ้น

SMR ทำงานอย่างไร

โรงไฟฟ้า SMR ก็เหมือนหม้อต้มน้ำ ใช้ความร้อนต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอน้ำ แล้วนำไอน้ำ ไปหมุนกังหันไอน้ำ เพื่อผลิตไฟฟ้า โดยไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ข้อมูลเพิ่มเติม

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ SMR มีหลักการทำงานคล้ายกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนทั่วไป คือ ใช้พลังงานความร้อนผลิตไอน้ำ และนำไอน้ำไปหมุนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) แต่สิ่งที่แตกต่างคือ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์สร้างความร้อนจาก "ปฏิกิริยานิวเคลียร์แตกตัว" (ฟิชชัน) แทนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้ไม่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนระหว่างการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า



พลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์แตกตัว (ฟิชชัน)
ต้มน้ำผลิตไอน้ำ

ทำไมต้องเป็น SMR

SMR เป็นพลังงานสะอาด ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้โลกร้อน และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง มีความปลอดภัยมากขึ้น

ข้อมูลเพิ่มเติม

เนื่องจากโรงไฟฟ้า SMR เป็นโรงไฟฟ้าที่ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกขณะเดินเครื่อง จึงเป็นทางเลือกในการผลิตไฟฟ้าที่ช่วยลดโลกร้อน และสามารถเดินเครื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมง จึงช่วยเพิ่มความมั่นคงของระบบไฟฟ้า ซึ่งในอนาคตจะมีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนเพิ่มสูงขึ้นมาก อาจทำให้ระบบไฟฟ้ามีความผันผวน ดังเช่น กรณีวิกฤติพลังงานไฟฟ้าในประเทศสเปน-โปรตุเกส ที่มีการใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้าเกิน 50 % ของระบบ ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่เสถียรเนื่องจากข้อจำกัดของพลังงานหมุนเวียน ส่งผลให้เกิดปัญหากับระบบไฟฟ้าเป็นวิกฤตการณ์ไฟฟ้าดับครั้งใหญ่ หรือ Blackout ดังนั้นโรงไฟฟ้า SMR จึงเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

เปรียบเทียบ SMR กับ โรงไฟฟ้าพลังงานอื่น

SMR: เป็นพลังงานสะอาด ปลอดภัย ผลิตไฟฟ้าได้ 24 ชั่วโมง มีไฟฟ้าใช้ตลอดเวลา

Renewables Power Plant : เป็นพลังงานสะอาด ปลอดภัย ไม่มั่นคง ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง

Fossil Power Plant : ผลิตไฟฟ้าได้ 24 ชั่วโมง ปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อน

หมายเหตุ

Renewables: พลังงานหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ฯลฯ
Fossil: เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ

SMR แตกต่าง จากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดใหญ่อย่างไร

SMR (Small Modular Reactor):
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็ก เทคโนโลยีใหม่ มีความปลอดภัยสูง ควบคุมได้ง่ายขึ้น สร้างเร็ว เหมาะกับพื้นที่จำกัด

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่วไป:
เป็นโรงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ ผลิตไฟฟ้าได้มาก แต่ใช้เวลาสร้างนาน และเงินลงทุนสูงกว่า

ข้อมูลเพิ่มเติม

- โรงไฟฟ้า SMR มีกำลังการผลิตน้อยกว่าโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ทั่วไป และมีการออกแบบให้ลดความซับซ้อนของระบบทำให้ลดโอกาสการเกิดเหตุผิดปกติ สามารถผลิตเบ็ดเสร็จจากโรงงานผู้ผลิตที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทำให้ควบคุมคุณภาพได้ตามมาตรฐานและ ช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้าง ใช้พื้นที่น้อย และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ นอกจากการผลิตไฟฟ้า เช่น การผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล การผลิตไฮโดรเจน
- ระบบความปลอดภัยของ SMR ได้พัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แกนปฏิกรณ์มีขนาดเล็กทำให้จัดการด้านความปลอดภัยง่ายขึ้น
  และการใช้เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ความแตกต่าง

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่วไป

โรงไฟฟ้า SMR

กำลังการผลิตไฟฟ้า

- ประมาณ 1,000 เมกะวัตต์

- ประมาณ 300 เมกะวัตต์

พื้นที่

- ประมาณ 1,000 ไร่

- ประมาณ 100 ไร่

แผนฉุกเฉิน

- ต้องมีแผนฉุกเฉินในรัศมี 16 กิโลเมตร

- ต้องมีแผนฉุกเฉินในรัศมีน้อยกว่า 1 กิโลเมตร

ระยะเวลาในการก่อสร้าง

- 5-6 ปี (ก่อสร้างในพื้นที่เป็นส่วนใหญ่)

- 3-4 ปี (อุปกรณ์หลักประกอบเบ็ดเสร็จจากโรงงานผู้ผลิต)

ระบบความปลอดภัย

- มีความปลอดภัยสูง ระบบความปลอดภัยทำงานอัตโนมัติ

- มีความปลอดภัยสูง ระบบความปลอดภัยทำงานอัตโนมัติ โดยอาศัยหลักธรรมชาติ ไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้า

ข้อดี – ข้อจำกัด ของ SMR

ข้อดี:

- ผลิตไฟฟ้าได้ทุกวันตลอด 24 ชั่วโมง มีไฟฟ้าใช้ตลอดเวลา
- ไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
- ใช้เชื้อเพลิงน้อย
- อายุการใช้งานนาน ประมาณ 60 ปี
- ราคาค่าไฟฟ้าไม่ผันผวนและอยู่ในระดับที่แข่งขันได้
- ประกอบเป็นโมดูลเบ็ดเสร็จจากโรงงาน ควบคุมคุณภาพการผลิตได้ ก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการขนส่ง
- ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งผลิตไฟฟ้า ผลิตความร้อนสำหรับอุตสาหกรรม และผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจน
- ใช้พื้นที่การจัดตั้งโรงไฟฟ้าน้อยกว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่วไป
- บางรุ่นสามารถเพิ่มกำลังผลิตได้ด้วยการเพิ่มจำนวนโมดูล

ข้อจำกัด:

- ต้องใช้เงินลงทุนก่อสร้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนประเภทอื่นที่ขนาดเท่ากัน
- ต้องมีระบบความปลอดภัยและการป้องกันรังสีที่เข้มงวด
- ต้องมีการจัดการกากกัมมันตรังสีและเชื้อเพลิงใช้แล้ว

ข้อดี – ข้อจำกัด ของ SMR

ข้อมูลเพิ่มเติม

ข้อดี:

- **เสริมความมั่นคงทางพลังงาน:** ผลิตไฟฟ้าได้ต่อเนื่อง ปริมาณมาก และไม่ขึ้นกับสภาพอากาศ
- **เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม:** ไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ขณะเดินเครื่อง
- **ใช้เชื้อเพลิงปริมาณน้อย:** เชื้อเพลิงยูเรเนียมเพียง 1 กิโลกรัม ผลิตไฟฟ้าได้เทียบเท่าการใช้ก๊าซธรรมชาติ 50,000กิโลกรัม /น้ำมัน 75,000 กิโลกรัม
- **อายุการใช้งานยาว:** โรงไฟฟ้านิวเคลียร์สามารถเดินเครื่องได้นานประมาณ 60 ปี ซึ่งยาวนานกว่าเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าประเภทอื่น เช่น โซล่าเซลล์มีอายุ 20 ปี กังหันลมมีอายุ 20 ปี
- **ราคาค่าไฟแข่งขันได้:** แม้ลงทุนสูงในช่วงแรก แต่ค่าดำเนินการและราคาเชื้อเพลิงต่ำ ทำให้คุ้มค่าในระยะยาว ราคาค่าไฟไม่ผันผวน มีความคุ้มค่าในระยะยาว สามารถแข่งขันได้กับโรงไฟฟ้าประเภทอื่น
- **ประกอบเป็นโมดูลเบ็ดเสร็จจากโรงงาน** ผู้ผลิตมีความเชี่ยวชาญเฉพาะทำให้ควบคุมคุณภาพได้ตามมาตรฐาน ก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการขนส่ง
- **ใช้งานได้หลากหลาย** ทั้งผลิตไฟฟ้า ผลิตความร้อนสำหรับอุตสาหกรรม และผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจน
- **ใช้พื้นที่น้อยกว่า**ในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่วไป
- บางรุ่นสามารถ**เพิ่มกำลังผลิต**ได้ด้วยการ**เพิ่มจำนวนโมดูล**

ข้อจำกัด:

- **ใช้เงินลงทุนสูง**: เนื่องจากจำเป็นต้องมีระบบความปลอดภัยและการป้องการรังสีที่เข้มงวด จึงต้องจัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐานและพัฒนาบุคลากร เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
- **บริหารจัดการกากกัมมันตรังสี:** ต้องมีระบบจัดเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้ว และการจัดการกากกัมมันตรังสีอย่างปลอดภัย
- **ต้องมีแผนฉุกเฉิน:** ต้องเตรียมมาตรการรับมือเหตุฉุกเฉินทางนิวเคลียร์และรังสี และการควบคุมความปลอดภัยที่เข้มงวด

ประเทศใดบ้างมี โรงไฟฟ้า SMR

ประเทศที่มีโรงไฟฟ้า SMR ใช้งานแล้ว มี 2 ประเทศ คือ

- รัสเซีย 1 โรง โรงไฟฟ้าลอยน้ำ Akademik Lomonosov
- จีน 1 โรง โรงไฟฟ้า Shidaowan

ประเทศที่กำลังก่อสร้างโรงไฟฟ้า SMR เชิงพาณิชย์ มี 3 ประเทศ คือ

- จีน คาดว่าจะแล้วเสร็จในปี 2026
- รัสเซีย คาดว่าจะแล้วเสร็จในปี 2026
- แคนนาดา คาดว่าจะแล้วเสร็จในปี 2030

ใช้เวลาก่อสร้างกี่ปี
อายุการใช้งานกี่ปี

- โรงไฟฟ้า SMR ใช้เวลาในการก่อสร้างประมาณ 3–4 ปี (ไม่รวมเวลาในการเตรียมโครงสร้างพื้นฐานทางด้านนิวเคลียร์)
- มีอายุการใช้งานประมาณ 60 ปี

ในไทยสามารถก่อสร้างได้เมื่อไร สร้างเสร็จเมื่อไร

ขึ้นอยู่กับแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP) ฉบับใหม่ หากระบุให้มีโรงไฟฟ้า SMR ในแผนแล้ว จะใช้เวลาเตรียมความพร้อม ก่อสร้าง จนพร้อมเดินเครื่องรวมเวลาประมาณ 11–13 ปี เนื่องจากเป็นโครงการแรกจึงต้องมีการเตรียมโครงสร้างพื้นฐานด้านนิวเคลียร์ พร้อมทั้งสร้างความรู้ความเข้าใจให้แก่ประชาชน

Power Development Plan (PDP)

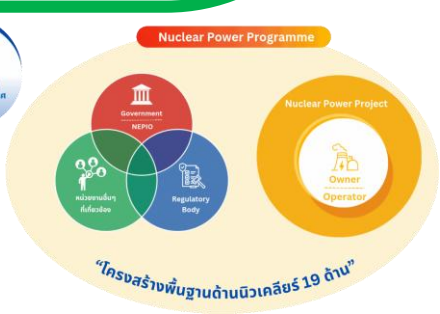
หน่วยงานใดเกี่ยวข้องบ้าง

กระบวนการพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ จะมีผู้เกี่ยวข้องในการดำเนินการ 3 ส่วน ได้แก่

1) **รัฐบาล (Government)** มีหน้าที่จัดตั้งกลไกประสานงาน เช่น Nuclear Energy Programme Implementing Organization (NEPIO) เพื่อประสานงานระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยรัฐบาลเป็นผู้รับผิดชอบสูงสุดด้านความปลอดภัยของโครงการ

2) **ผู้กำกับดูแล (Regulator)** มีหน้าที่กำกับดูแลความปลอดภัย และตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

3) **ผู้เป็นเจ้าของโรงไฟฟ้า (Owner/Operator)** มีหน้าที่ดำเนินโครงการโรงไฟฟ้า SMR โดยต้องพัฒนาศักยภาพให้สามารถเดินเครื่องได้อย่างปลอดภัยและเชื่อถือได้ พร้อมทั้งปฏิบัติตามข้อกำหนดของหน่วยงานกำกับดูแลอย่างครบถ้วน



ข้อมูลเพิ่มเติม

รัฐบาลต้องมีการเตรียมโครงสร้างพื้นฐานด้านนิวเคลียร์ให้พร้อมตามมาตรฐานและข้อแนะนำของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency, IAEA) ซึ่งกำหนดโครงสร้างพื้นฐานด้านนิวเคลียร์ 19 ด้าน รวมทั้งมีมาตรการชัดเจนในการกำกับดูแล ควบคุม ให้ต้องปฏิบัติตามกฎหมายของประเทศไทยและข้อกำหนดระหว่างประเทศอย่างเคร่งครัด

ประเด็นด้านความปลอดภัย

- SMR ปลอดภัยไหม
- มาตรการความปลอดภัยของโรงไฟฟ้า SMR
- การกำกับดูแล สร้างความเชื่อมั่น
- SMR จะเกิดอุบัติเหตุแบบที่ผ่านมาได้หรือไม่
- มีโอกาสเกิดเท่าไหร่
- ระบบระบายความร้อนฉุกเฉินอัตโนมัติ (Passive Safety) คืออะไร
- โรงไฟฟ้า SMR จะระเบิดได้มั้ย
- ถ้ามีโรงไฟฟ้า SMR ชาวบ้านจะมีอันตรายจากรังสีหรือไม่
- หากเกิดเหตุฉุกเฉินจะจัดการอย่างไร
- ใครกำกับดูแลด้านความปลอดภัย

SMR ปลอดภัยไหม

ปลอดภัย

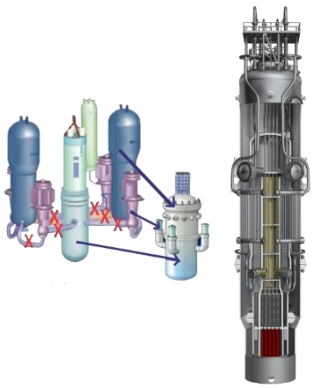
- ออกแบบและใช้เทคโนโลยีทันสมัย ทำให้ระบบมีความปลอดภัยมากขึ้น ออกแบบและปรับปรุงปัญหาโรงไฟฟ้าที่เคยเกิดขึ้นในอดีต
- เครื่องปฏิกรณ์ผลิตเบ็ดเสร็จจากโรงงานผู้ผลิตที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ ทำให้มีมาตรฐานและควบคุมคุณภาพได้
- มีการควบคุมดูแลด้านรังสี ปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลเพิ่มเติม

- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ SMR ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยเป็นอันดับแรก ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การเลือกสถานที่ตั้ง การก่อสร้าง การปฏิบัติงาน และการกำกับดูแลอย่างเข้มงวดตลอดอายุการใช้งาน เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่เกิดผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม
- SMR เป็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่มีการออกแบบและการพัฒนาในเรื่องความปลอดภัย โดยนำบทเรียนจากเหตุการณ์ในอดีตมาใช้พัฒนา เช่น ออกแบบให้ลดความซับซ้อนของระบบจึงทำให้โอกาสการเกิดเหตุผิดปกติลดลง ออกแบบระบบความปลอดภัยให้เป็นแบบอัตโนมัติที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้าหรือการควบคุมจากภายนอก และแกนปฏิกรณ์มีขนาดเล็กทำให้จัดการด้านความปลอดภัยง่ายกว่า
- นอกจากนี้ โรงไฟฟ้าจะเข้ารับการประเมินความปลอดภัยของเทคโนโลยีตามหลักเกณฑ์ของ IAEA และต้องขออนุญาตจากหน่วยงานกำกับดูแล (สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ : ปส.) ในทุกขั้นตอน และมีการควบคุมกำกับดูแลจากหน่วยงานทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ

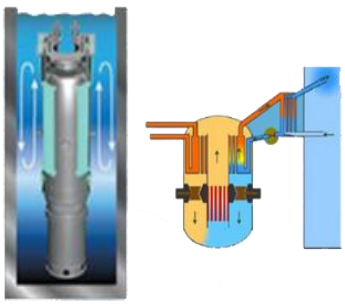
ระบบความปลอดภัย ของ SMR

การออกแบบลดความซับซ้อนและเป็นโมดูล



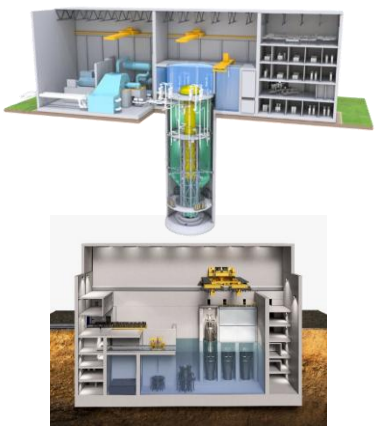
ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ

ระบบความปลอดภัยแบบอัตโนมัติ ไม่ใช้ไฟฟ้า



ไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ในการควบคุมในช่วงเหตุฉุกเฉิน

การติดตั้งใต้ดิน



บางรุ่นเครื่องปฏิกรณ์อยู่ใต้ดิน ลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติและการก่อการร้าย

มาตรการความปลอดภัย | โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

1. การเลือกสถานที่ตั้ง

2. การออกแบบ
และการก่อสร้าง

3.การเดินเครื่อง
และพนักงานเดินเครื่อง

การดำเนินการโรงไฟฟ้า SMR อยู่ภายใต้ **การกำกับดูแล** จากหน่วยงานภายนอกทั้งในระดับชาติและระดับสากล เพื่อให้มั่นใจว่าการดำเนินงานเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยที่เข้มงวด โดยมีหน่วยงานหลัก ได้แก่:

- **สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ**: กำกับดูแล และให้ใบอนุญาตในทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงการโรงไฟฟ้า SMR ตั้งแต่การขออนุญาตสถานที่ตั้ง การก่อสร้าง การทดสอบ การดำเนินการ ไปจนถึงการเลิกดำเนินการ รวมถึงการตรวจสอบโรงไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้โรงไฟฟ้าเดินเครื่องได้อย่างปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน

- **ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA):** กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยระดับสากล ให้คำแนะนำด้านเทคนิค รวมถึงตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่วโลก ควบคุมการใช้พลังงานนิวเคลียร์ให้เป็นไปเพื่อสันติ และป้องกันการแพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์

จึงมั่นใจใน**มาตรการความปลอดภัยของโรงไฟฟ้า SMR ทั้ง 3 ด้าน** ประกอบด้วย:

1. การเลือกสถานที่ตั้ง

การคัดเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า SMR เพื่อให้มีความปลอดภัย ยึดหลักเกณฑ์ที่เข้มงวดทั้งในระดับสากล (หลักเกณฑ์ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA)) และระดับประเทศ (ข้อกำหนดกฎหมายของประเทศไทย) โดยพิจารณาหลายด้าน ได้แก่

- ด้านความปลอดภัยและวิศวกรรม: พิจารณาความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์
- ด้านสิ่งแวดล้อม: หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับสถานที่สำคัญ และบริเวณที่มีประชาการอาศัยอยู่หนาแน่นเกินไป
- ด้านเศรษฐศาสตร์: พิจารณาโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ เช่น สาธารณูปโภค ถนน สายส่งไฟฟ้า

2. การออกแบบและการก่อสร้าง

มีการออกแบบโดยใช้แนวคิดหลัก คือ **การป้องกันแบบหลายชั้น (Defense in Depth)** ซึ่งหมายถึงการวางมาตรการป้องกันหลายๆ ชั้นซ้อนกัน เพื่อให้มั่นใจว่าหากมีระบบหนึ่งล้มเหลว ยังมีระบบอื่นรองรับ เพื่อป้องกันผลกระทบจากอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น โดยออกแบบระบบป้องกันและบรรเทาเหตุการณ์ครอบคลุมเหตุการณ์ ดังนี้

- **ป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ**: ออกแบบระบบให้หยุดเดินเครื่องอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น โดยสามารถหยุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ทันที หากเกิดความผิดปกติ มีระบบระบายความร้อนเพื่อระบายความร้อนในแกนปฏิกรณ์ มีระบบกักเก็บสารกัมมันตรังสี เพื่อป้องกันการรั่วไหล
- **การจัดการเมื่อเกิดอุบัติเหตุ**: หากเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น ยังมีระบบจัดการเพื่อควบคุมไม่ให้เหตุการณ์ลุกลามจนกลายเป็นอุบัติเหตุ เช่น ระบบระบายความร้อนฉุกเฉินแบบอัตโนมัติโดยไม่ใช้ไฟฟ้า (Passive Safety) ระบบป้องกันรังสีรั่วไหลหลายชั้น
- **การจัดการหลังเกิดอุบัติเหตุ**: โดยการวางแผนฉุกเฉินเพื่อเตรียมพร้อมรับมือกับเหตุการณ์ฉุกเฉินทางรังสีที่อาจเกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกโรงไฟฟ้า และต้องได้รับอนุมัติจากหน่วยงานกำกับดูแล มีระบบแจ้งเตือน เพื่อแจ้งเตือนประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มีการฝึกซ้อมแผนฉุกเฉินเป็นประจำเพื่อให้บุคลากรและชุมชนโดยรอบเตรียมพร้อมและรู้วิธีปฏิบัติตนอย่างถูกต้อง

เมื่อมีการออกแบบที่ปลอดภัยแล้วในการก่อสร้างยังต้องควบคุมคุณภาพการก่อสร้างด้วย ซึ่งโรงไฟฟ้า SMR ได้มีการประกอบเบ็ดเสร็จมาจากโรงงานที่มีผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ ทำให้ควบคุมคุณภาพได้ตามมาตรฐาน

3. การเดินเครื่อง

การเดินเครื่องอย่างปลอดภัย ประกอบด้วย:

- บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ: พนักงานเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต้องผ่านการฝึกอบรมอย่างเข้มงวด และได้รับใบอนุญาตเดินเครื่อง รวมถึงต้องปฏิบัติตามขั้นตอนความปลอดภัยที่เคร่งครัด
- การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ: มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบต่าง ๆ ในโรงไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์ทุกชิ้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

- SMR จะเกิดอุบัติเหตุแบบที่ผ่านมาได้หรือไม่
- มีโอกาสเกิดเท่าไหร่

SMR เป็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่มีการออกแบบและการพัฒนาในเรื่องความปลอดภัย เช่น ออกแบบให้ลดความซับซ้อนของระบบจึงทำให้ลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุได้ซึ่งมีโอกาสน้อยมาก นอกจากนี้มีการออกแบบระบบระบายความร้อนฉุกเฉินให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ควบคุม

เหตุการณ์	ความเป็นไปได้
ถูกล็อตตารี่รางวัลที่ 1	1 ใน 1 ล้าน
อุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (เทคโนโลยีปัจจุบัน)	1 ใน 10-100 ล้าน

ระบบระบายความร้อนฉุกเฉินอัตโนมัติ (Passive Safety) คืออะไร

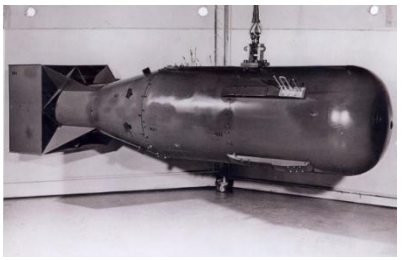
ระบบระบายความร้อนที่ทำงานอัตโนมัติ
โดยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ควบคุม
อาศัยหลักการทางธรรมชาติ
เช่น แรงโน้มถ่วง การพาความร้อน
เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้แม้กรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

โรงไฟฟ้า SMR จะระเบิดได้มั้ย

โรงไฟฟ้า SMR ไม่สามารถระเบิดได้ เนื่องจากมีการใช้เชื้อเพลิงยูเรเนียมที่มีความเข้มข้นไม่เกิน 20% ซึ่งต่ำกว่าระดับที่ใช้ในระเบิดนิวเคลียร์มาก (ระเบิดนิวเคลียร์มีความเข้มข้นของยูเรเนียมมากกว่า 90%) และ**โรงไฟฟ้า SMR ออกแบบให้มีการควบคุมการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์** ในขณะที่ระเบิดนิวเคลียร์ไม่มีการควบคุม

ข้อมูลเพิ่มเติม

โรงไฟฟ้า SMR และระเบิดนิวเคลียร์ ใช้หลักการของปฏิกิริยานิวเคลียร์แตกตัว (ฟิชชัน) เหมือนกัน แต่มีความแตกต่างกันที่เชื้อเพลิงยูเรเนียมที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ จะมีความเข้มข้นไม่เกิน 20% ในขณะที่ยูเรเนียมที่ใช้ในระเบิดนิวเคลียร์ต้องมีความเข้มข้นมากกว่า 90% และโรงไฟฟ้า SMR ออกแบบให้การเกิดปฏิกิริยาแบบ "ควบคุมได้" แต่ระเบิดนิวเคลียร์ถูกออกแบบให้ "ไม่มีการควบคุม" การเกิดปฏิกิริยาแบบ ดังนั้น โรงไฟฟ้า SMR จึงไม่สามารถระเบิดได้เหมือนระเบิดนิวเคลียร์



โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ≠ ระเบิดนิวเคลียร์

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์และระเบิดนิวเคลียร์ ใช้หลักการของปฏิกิริยานิวเคลียร์แตกตัว (ฟิชชัน) เหมือนกัน แต่มีความแตกต่างกันที่....

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใช้ยูเรเนียมที่มีความเข้มข้น “**ไม่เกิน 20%**”	**1** **ความเข้มข้นเชื้อเพลิง**	ระเบิดนิวเคลียร์ใช้ยูเรเนียมที่มีความเข้มข้น “**สูงกว่า 90%**”
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ออกแบบให้มีการ**ควบคุม**การเกิดปฏิกิริยา	**2** **การควบคุมปฏิกิริยา**	ระเบิดนิวเคลียร์**ไม่มีการควบคุม**การเกิดปฏิกิริยา

ถ้ามีโรงไฟฟ้า SMR ชาวบ้านจะมีอันตรายจากรังสีหรือไม่

A

ไม่เป็นอันตราย โดยหากอยู่ใกล้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นเวลา 1 ปี จะได้รับรังสีน้อยกว่าการถ่ายเอกซ์เรย์เพียง 1 ครั้ง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดรังสีรอบโรงไฟฟ้าเพื่อให้ประชาชนสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ตลอดเวลา

ข้อมูลเพิ่มเติม

โดยปกติแล้วรังสีเป็นสิ่งที่เราได้รับตลอดเวลาในชีวิตประจำวันจากธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นรังสีจากพื้นโลกหรือมาจากนอกโลก (รังสีคอสมิก) อากาศที่เราหายใจ อาหารและน้ำที่บริโภค หรือแม้แต่ในร่างกายของเราเอง ส่วนรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เมื่อเปรียบเทียบกับรังสีที่เราได้รับจากธรรมชาติแล้วถือว่ามีค่าต่ำมาก

ข้อมูลเพิ่มเติม

รังสีในชีวิตประจำวัน

*ซีเวิร์ต (Sv) คือหน่วยวัดทางรังสี

มิลลิ (m) มีค่าเท่ากับ 1 ใน พัน (10^{-3}) หรือ เท่ากับ 0.001

ที่มา: United Nation Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation: Report, 2001

โดยปกติมนุษย์จะได้รับรังสีในธรรมชาติโดยเฉลี่ย 2.4 mSv ต่อปี

หากเกิดเหตุฉุกเฉิน จะจัดการอย่างไร

ในกรณีที่เกิดเหตุ โรงไฟฟ้าจะมีมาตรการบรรเทาความรุนแรง เช่น ระบบระบายความร้อนฉุกเฉิน ระบบกักเก็บรังสีเพื่อป้องกันการรั่วไหล เป็นต้น

และมีการแจ้งเตือนไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงมีแผนอพยพประชาชนรอบโรงไฟฟ้า เพื่อปกป้องประชาชนจากเหตุฉุกเฉินไปอยู่ในพื้นที่ปลอดภัย

ข้อมูลเพิ่มเติม

- ปัจจุบันเทคโนโลยีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์พัฒนาให้มีความปลอดภัยมากขึ้น โดยโรงไฟฟ้า SMR มีการลดความซับซ้อนของระบบ จึงทำให้ลดโอกาสการเกิดเหตุผิดปกติทั้งจากภัยธรรมชาติและมนุษย์ รวมถึงมีการออกแบบระบบความปลอดภัยอัตโนมัติ โดยสามารถจัดการเหตุการณ์ที่ผิดปกติต่าง ๆ ได้เองโดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ในการทำงาน
- ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินจะมี ระบบเตือนภัย แผนอพยพประชาชนรอบโรงไฟฟ้า แผนควบคุมอันตรายและความเสียหาย โดยปัจจุบันประเทศไทย มีแผนฉุกเฉินทางนิวเคลียร์และรังสี ซึ่งมีการกำหนดมาตรการและแนวทางในการเตรียมความพร้อมและการตอบสนองกรณีฉุกเฉินทางนิวเคลียร์และรังสี ที่ครอบคลุมถึงการป้องกันอันตรายทางรังสีและการประเมินผลกระทบที่ตามมา
- เมื่อมีการตรวจพบว่า ปริมาณรังสีเกินกว่ามาตรฐาน จะมีการแจ้งเตือนไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและประชาชน เพื่อดำเนินการตามแผนรับมือเหตุฉุกเฉิน

ใครกำกับดูแล ด้านความปลอดภัย

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.) เป็นผู้กำกับดูแลในทุกขั้นตอน ให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยของทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA)

ข้อมูลเพิ่มเติม

- ในการดำเนินโครงการโรงไฟฟ้า SMR จะถูกควบคุมกำกับดูแลจากหน่วยงานทั้งในประเทศและต่างประเทศ ให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยของ IAEA ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเริ่มพัฒนาโครงการ จนถึงเลิกใช้งาน เพื่อให้เกิดความโปร่งใส ตรวจสอบได้ จึงสามารถสร้างความมั่นใจด้านความปลอดภัยได้
- โรงไฟฟ้า SMR ต้องขออนุญาตตามกระบวนการทางกฎหมายด้านนิวเคลียร์ของประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วย 4 ใบอนุญาต และ 1 การอนุญาต โดยมีสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติเป็นหน่วยงานกำกับดูแลทางด้านพลังงานนิวเคลียร์ ดังนี้

  ใบอนุญาต
  - ใบอนุญาตให้ใช้พื้นที่เพื่อตั้งสถานประกอบการทางนิวเคลียร์ (Site License)
  - ใบอนุญาตก่อสร้างสถานประกอบการทางนิวเคลียร์ (Construction License)
  - ใบอนุญาตดำเนินการสถานประกอบการทางนิวเคลียร์ (Operating License)
  - ใบอนุญาตเลิกดำเนินการสถานประกอบการทางนิวเคลียร์ (Decommissioning License)

  การอนุญาต
  - การอนุญาตบรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์และการทดสอบเดินเครื่อง (Fuel Loading and Commissioning Permit)

IAEA

ข้อมูลเพิ่มเติม

การกำกับดูแลโครงการ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

1. **ใบอนุญาตให้ใช้พื้นที่เพื่อตั้งสถานประกอบการทางนิวเคลียร์** (Site license)
2. **ใบอนุญาตก่อสร้างสถานประกอบการทางนิวเคลียร์** (Construction license)
3. **การอนุญาตบรรจุเชื้อเพลิง และการทดสอบการเดินเครื่อง** (Fuel loading and commissioning permit)
4. **ใบอนุญาตดำเนินการสถานประกอบการทางนิวเคลียร์** (Operating license)
   *ใบอนุญาตดำเนินการมีอายุไม่เกิน 60 ปี และต้องทำการปรับปรุงรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัย ทุก 10 ปี
5. **ใบอนุญาตเลิกดำเนินการสถานประกอบการทางนิวเคลียร์** (Decommissioning license)

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
Office of Atoms for Peace

พรบ.พลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ พ.ศ. 2559 และ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2562

- ภายใต้ พรบ.นิวเคลียร์ฯ ออกกฎหมายรองครบถ้วนแล้ว
- พรบ.ความรับผิดทางแพ่งต่อความเสียหายทางนิวเคลียร์ อยู่ระหว่างดำเนินการ

IAEA International Atomic Energy Agency

ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

- การใช้น้ำของโรงไฟฟ้า SMR กระทบกับการใช้น้ำของชุมชนหรือไม่
- โรงไฟฟ้า SMR ก่อให้เกิดมลภาวะหรือไม่
- มีมาตรการป้องกันและจัดการกับผลกระทบทางรังสีอย่างไร
- ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพหรือไม่อย่างไร
- แหล่งน้ำชุมชนจะปนเปื้อนรังสีหรือไม่

การใช้น้ำของโรงไฟฟ้า SMR กระทบกับการใช้น้ำของชุมชนหรือไม่

มีการประเมินการใช้น้ำของโรงไฟฟ้าตลอดทั้งปี เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบกับการใช้น้ำของประชาชน อาจมีการสร้างอ่างเก็บน้ำหรือโครงสร้างเพิ่มเติม รวมถึงมีการประเมินคุณภาพน้ำก่อนปล่อยน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อม

โรงไฟฟ้า SMR ก่อให้เกิดมลภาวะหรือไม่

โรงไฟฟ้า SMR เป็นพลังงานสะอาด ไม่เกิดมลภาวะ เนื่องจากโรงไฟฟ้า SMR ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก และฝุ่นละออง นอกจากนี้ ยังมีการจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (EHIA) และดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามกฎหมายและตามมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อมอย่างเคร่งครัด

- มีมาตรการป้องกันและจัดการกับผลกระทบทางรังสีอย่างไร
- ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพหรือไม่ อย่างไร

มีจุดตรวจวัดรังสีรอบพื้นที่โรงไฟฟ้า รวมถึงมีการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม (ดิน น้ำ อากาศ)รอบโรงไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ จึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ หากเกิดเหตุผิดปกติ จะมีมาตรการป้องกัน ตรวจสอบ และแก้ไขอย่างทันที

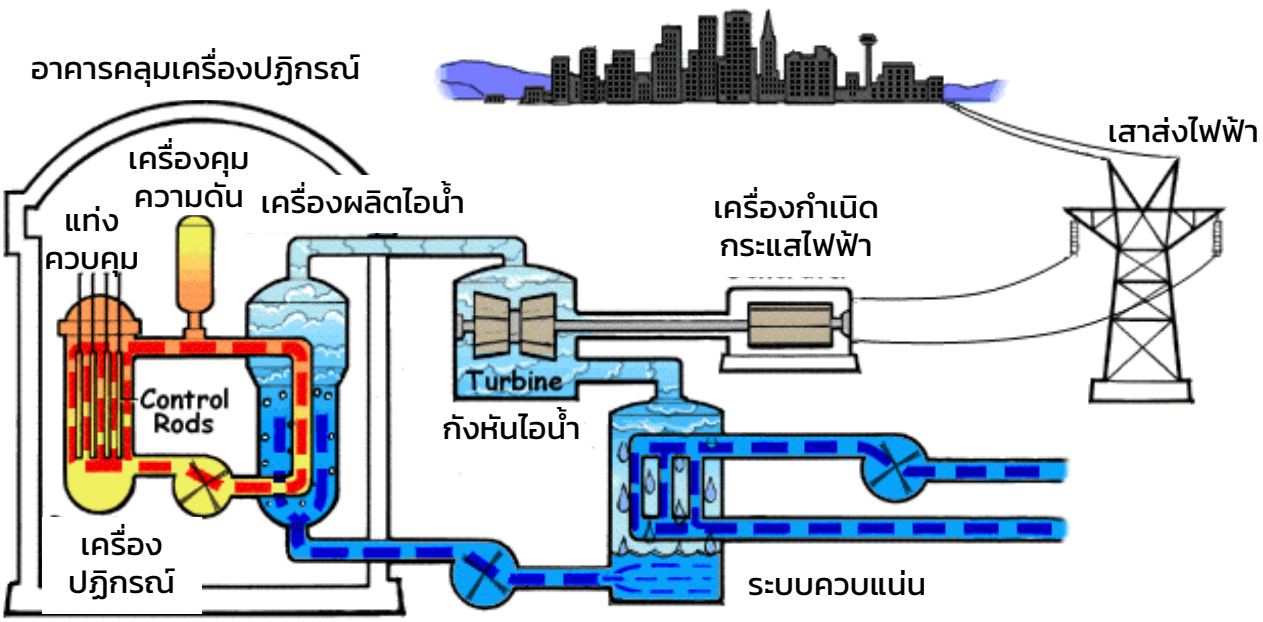
ติดตั้งสถานีตรวจวัดรังสี รอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

การตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับรังสีในสิ่งแวดล้อม (อากาศ น้ำ และ ดิน)

? แหล่งน้ำชุมชนจะปนเปื้อนรังสีหรือไม่

A

ไม่ปนเปื้อน เนื่องจาก โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีระบบน้ำหลายระบบ แต่ละระบบทำหน้าที่ต่างกัน น้ำที่สัมผัสกับเชื้อเพลิงนิวเคลียร์โดยตรงเป็นระบบปิด และ ไม่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม



แผนภาพระบบการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่วไป

ประเด็นด้านเศรษฐกิจและสังคม

- ชุมชนได้อะไร
- ส่งผลต่อเศรษฐกิจชุมชนอย่างไร

- อาชีพดั้งเดิมจะได้รับผลกระทบหรือไม่

- ส่งผลต่อเศรษฐกิจของประเทศอย่างไร

- ค่าไฟเท่าไหร่

- ชุมชนได้อะไร
- ส่งผลต่อเศรษฐกิจชุมชน อย่างไร

- **มีกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า**
- **มีการพัฒนาโครงสร้างด้านสาธารณสุขและสาธารณูปโภคในพื้นที่**
- **เพิ่มโอกาสการพัฒนาคุณภาพชีวิตชุมชน**
  - ส่งเสริมการศึกษา และพัฒนาแหล่งเรียนรู้
  - ส่งเสริมวัฒนธรรมประเพณี
  - ส่งเสริมสุขภาพและอนามัย
- **เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจในชุมชน**
  - การจ้างงาน พัฒนาทักษะแรงงาน
  - กระตุ้นเศรษฐกิจในชุมชนเนื่องจากมีคนเข้าทำงานในพื้นที่มากขึ้น
  - การส่งเสริมอาชีพในชุมชน

อาชีพดั้งเดิมจะได้รับ
ผลกระทบหรือไม่

ไม่กระทบ และจะมีการส่งเสริม
อาชีพดั้งเดิม
รวมทั้งเพิ่มโอกาสการจ้างงาน
จากการมีโรงไฟฟ้า

ส่งผลต่อเศรษฐกิจของประเทศอย่างไร

- ลดการพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิง เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน
- ลดความผันผวนของราคาค่าไฟฟ้า
- ส่งเสริมอุตสาหกรรมในประเทศและพัฒนาศักยภาพทางเทคโนโลยี
- ดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศ เช่น Data Center ที่ต้องการพลังงานสะอาดและมั่นคง

ข้อมูลเพิ่มเติม

ลดต้นทุนพลังงานระยะยาว

- SMR ผลิตไฟฟ้าได้ต่อเนื่องและมั่นคง ลดการพึ่งพาการนำเข้าของก๊าซธรรมชาติ

ส่งเสริมอุตสาหกรรมในประเทศ

- การผลิต ติดตั้ง และบำรุงรักษา SMR สามารถสร้างงานในภาควิศวกรรม การผลิต และเทคโนโลยี

ดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศ

- ประเทศที่มีระบบพลังงานสะอาดและมั่นคงจะน่าสนใจสำหรับนักลงทุน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานสูง เช่น Data center

ลดความผันผวนของราคาค่าไฟฟ้า

- พลังงานนิวเคลียร์มีต้นทุนคงที่ ช่วยให้เศรษฐกิจมีเสถียรภาพ

ค่าไฟเท่าไหร่

ราคาค่าไฟที่แข่งขันได้
และไม่ผันผวน

ข้อมูลเพิ่มเติม

หากพิจารณาจากร่าง PDP ฉบับใหม่ ซึ่งมีสัดส่วนโรงไฟฟ้า SMR เพียง 1% ของกำลังการผลิตทั้งประเทศ จึงไม่ส่งผลกระทบต่อราคาค่าไฟฟ้าในภาพรวม หากในอนาคตประเทศไทยตัดสินใจให้มีการใช้ SMR ในสัดส่วนที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อาจจะส่งผลให้แนวโน้มราคาค่าไฟฟ้าลดลงได้

การจัดการกากกัมมันตรังสี และเชื้อเพลิงใช้แล้ว

- โรงไฟฟ้า SMR ใช้เชื้อเพลิงอะไร

- เชื้อเพลิงใช้แล้วต้องทำอย่างไร
- จะมั่นใจได้อย่างไรว่าปลอดภัย ไม่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่โดยรอบ

- กากกัมมันตรังสีคืออะไร
- ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีกากกัมมันตรังสีอะไรบ้าง

- การจัดการกากกัมมันตรังสี

- การขนส่งกากกัมมันตรังสีและเชื้อเพลิงใช้แล้วทำอย่างไร

โรงไฟฟ้า SMR ใช้เชื้อเพลิงอะไร

โรงไฟฟ้า SMR ใช้ "แร่ยูเรเนียม" ที่มีความเข้มข้นต่ำ (น้อยกว่า 20%) เป็นเชื้อเพลิง โดยทั่วไปจะดำเนินการเปลี่ยนเชื้อเพลิงทุก 2 ปี และแต่ละครั้งจะเปลี่ยนประมาณ 1 ใน 3 ของเชื้อเพลิงทั้งหมดในแกนปฏิกรณ์

ข้อมูลเพิ่มเติม

- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ SMR ใช้ "แร่ยูเรเนียม" เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีอยู่ทั่วโลกสามารถจัดหาได้จากหลายแหล่งโดยการทำเหมือง และเข้าสู่กระบวนการสกัด เสริมสมรรถนะ และขึ้นรูปเม็ดเชื้อเพลิง ก่อนจะบรรจุในแท่งเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในโรงไฟฟ้าต่อไป
- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ SMR โดยทั่วไปจะมีรอบการเปลี่ยนเชื้อเพลิงประมาณ 2 ปี ขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องปฏิกรณ์และนโยบายการดำเนินการของแต่ละโรงไฟฟ้า โดยมีการหยุดเดินเครื่องปฏิกรณ์เพื่อนำเชื้อเพลิงเดิมออกและนำเชื้อเพลิงใหม่ใส่ในแกนปฏิกรณ์ในปริมาณครั้งละ 1 ใน 3 ของเชื้อเพลิงทั้งหมดในแกนปฏิกรณ์
- จากข้อมูลของ World Nuclear Association พบว่า แหล่งยูเรเนียมทั่วโลกมีปริมาณเพียงพอสำหรับการใช้งานประมาณ 90 ปี อย่างไรก็ตาม การสำรวจแหล่งแร่ยูเรเนียมยังคงดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหมายความว่า ปริมาณสำรองที่แท้จริงอาจเพิ่มขึ้นตามความต้องการ จากการค้นพบใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยีการสกัด นอกจากนี้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ยังสามารถจัดหาได้จากการแปรรูปเชื้อเพลิงใช้แล้ว ซึ่งช่วยให้มีเชื้อเพลิงสำรองเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

- เชื้อเพลิงใช้แล้วต้องทำอย่างไร
- จะมั่นใจได้อย่างไรว่าปลอดภัย ไม่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่โดยรอบ

โรงไฟฟ้า SMR ขนาด 300 MW ใช้เชื้อเพลิงประมาณ 9-12 ตันต่อปี เท่านั้น (เมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งต้องใช้เชื้อเพลิงมากถึง 420,000 ตันต่อปี) หลังจากการใช้งานเชื้อเพลิงใช้แล้วจะถูกจัดเก็บในบ่อเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วภายในอาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์ จากนั้นจะดำเนินการจัดเก็บแบบแห้งในบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะนำไปจัดเก็บในสถานที่จัดเก็บภายในพื้นที่โรงไฟฟ้า หรือส่งคืนผู้จำหน่ายต่อไป

การจัดการเชื้อเพลิงใช้แล้ว ต้องดำเนินการตามที่กฎหมายกำหนดและมีหน่วยงานกำกับดูแลคอยตรวจสอบ

ข้อมูลเพิ่มเติม

- โรงไฟฟ้า SMR ขนาด 300 MW จะใช้เชื้อเพลิงประมาณ 9-12 ตันต่อปี ตลอดอายุการใช้งาน 60 ปี จะมีประมาณ 540-720 ตัน (คิดเป็นปริมาตร 220-300 ลูกบาศก์เมตร)
- การจัดการเชื้อเพลิงใช้แล้ว เบื้องต้นจะเก็บไว้ในโรงไฟฟ้า หลังจากนั้นจึงดำเนินการจัดการตามกฎหมายต่อไป โดยมีแนวทางดังนี้

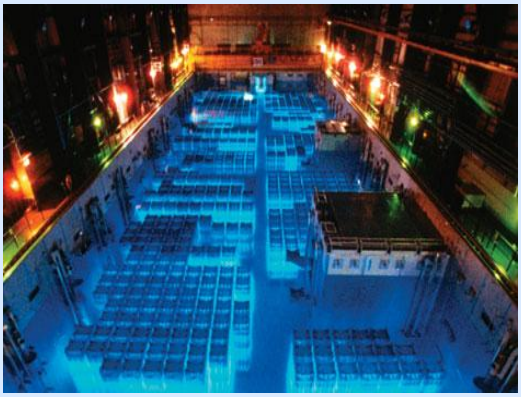
การเก็บแบบเปียก : เป็นการจัดเก็บในบ่อเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วภายในอาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์
การเก็บแบบแห้ง : เป็นการจัดเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วที่ผ่านการจัดเก็บแบบเปียกอย่างน้อย 5 ปี และทำการจัดเก็บในบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะ
การส่งคืนผู้จำหน่าย : ในบางกรณีผู้จัดจำหน่ายตกลงที่จะนำเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วกลับไปจัดเก็บที่ประเทศของตน
ที่มา : กฎกระทรวงการจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว พ.ศ. 2564
https://www.oap.go.th/wp-content/uploads/2022/12/T_0013-1.pdf

ข้อมูลเพิ่มเติม

การจัดการเชื้อเพลิงใช้แล้ว

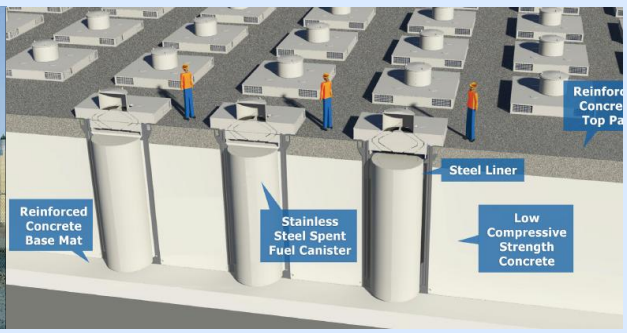
การเก็บแบบเปียก

เป็นการจัดเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วในบ่อน้ำ ที่เรียกว่า **บ่อเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้ว**ภายในอาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์



การเก็บแบบแห้ง

เป็นการจัดเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วที่ผ่านการจัดเก็บแบบเปียกอย่างน้อย 5 ปี โดยบรรจุเชื้อเพลิงใช้แล้วในบรรจุภัณฑ์เฉพาะสำหรับจัดเก็บแบบแห้ง และนำไปจัดเก็บในพื้นที่จัดเก็บเฉพาะภายในอาณาเขตของโรงไฟฟ้า ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้ตลอดอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้า



- กากกัมมันตรังสีคืออะไร
- ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีกากกัมมันตรังสีอะไรบ้าง

กากกัมมันตรังสี คือ วัสดุที่ไม่ใช้แล้วและเป็นสารกัมมันตรังสี หรือปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี อาจอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

กากกัมมันตรังสีระดับต่ำ เช่น ถุงมือ อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ ที่มีการปนเปื้อน

กากกัมมันตรังสีระดับกลาง เช่น ไส้กรองอากาศ กรองน้ำ ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

กากกัมมันตรังสีระดับสูง ได้แก่ กากกัมมันตรังสีที่สกัดจากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว

ข้อมูลเพิ่มเติม

แหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี

- กากกัมมันตรังสีจากวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (เช่น การทำเหมืองแร่ยูเรเนียม กระบวนการทำให้ยูเรเนียมบริสุทธิ์ การประกอบแท่งเชื้อเพลิง การเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ การสกัดเชื้อเพลิงใช้แล้ว) และวัสดุอุปกรณ์ที่ปนเปื้อนจากการเดินเครื่อง
- กากกัมมันตรังสีที่มาจากการใช้งานทางการแพทย์ เช่น เข็มฉีดยา ขวดยา ผ้าก๊อซ เลือด หรือของเสียที่ขับถ่ายจากผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสีในการวินิจฉัยและรักษา
- กากกัมมันตรังสีที่มาจากศูนย์วิจัยและสถาบันการศึกษา เช่น ของเสียจากห้องปฏิบัติการต่าง ๆ
- กากกัมมันตรังสีจากโรงงานอุตสาหกรรม: เช่น แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในเครื่องมือวัด หรือการตรวจสอบต่าง ๆ
- กากกัมมันตรังสีจากการใช้งานทางการเกษตร

การจัดการ กากกัมมันตรังสี

กากกัมมันตรังสีระดับต่ำและกลางที่เกิดจากโรงไฟฟ้าจะผ่านกระบวนการคัดแยกชนิด บรรจุและปิดผนึกในภาชนะที่ออกแบบเฉพาะ และจัดส่งให้สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (สทน.) ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบเรื่องการจัดการกากกัมมันตรังสีในประเทศไทย

ข้อมูลเพิ่มเติม

- ประเทศไทยมีกากกัมมันตรังสีจากการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการแพทย์ประมาณ 13% ด้านการศึกษาและวิจัย 30% ภาคอุตสาหกรรม 40% และจากภาคการผลิตและอื่น ๆ อีก 17% ซึ่งกากกัมมันตรังสีเหล่านี้จัดเป็นกากกัมมันตรังสีระดับต่ำและปานกลาง
- การจัดการกากกัมมันตรังสีจะเริ่มจากการเก็บรวบรวม แยกประเภท และนำไปเข้าสู่กระบวนการบำบัดและแปรสภาพเพื่อลดค่ากัมมันตรังสีลง ก่อนจะนำไปเข้ากระบวนการเก็บรักษาที่อาคารจัดเก็บกากกัมมันตรังสี ของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (สทน.) เพื่อให้กัมมันตรังสีสลายตัวจนอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อไป
- โรงไฟฟ้าขนาด 1000 เมกะวัตต์ จะผลิตกากกัมมันตรังสีประมาณ 200 – 600 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งสามารถบีบอัดเพื่อลดปริมาณลงได้อีก 70 – 90% เหลือเพียง 20 – 180 ลูกบาศก์เมตรต่อปี กากกัมมันตรังสีเหล่านี้จะบรรจุในถังเก็บขนาด 200 ลิตร เป็นจำนวนประมาณ 300 – 400 ถังต่อปี

การจัดการ กากกัมมันตรังสี ระดับต่ำและกลาง

มีการจัดการ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.การคัดแยกและจำแนก
ประเภทกากกัมมันตรังสี

2.การจัดเก็บกากกัมมันตรังสี
ในภาชนะบรรจุให้เหมาะสม

3.การขนส่งกากกัมมันตรังสี
ไปยังสถานที่ที่ได้เตรียมไว้

4.การรับกากกัมมันตรังสีที่
ขนส่งมาและการบำบัดกาก

5.รวบรวมและทำการบันทึก
ระดับความปลอดภัย

ที่มา: หนังสือ WHAT DO YOU KNOW ABOUT NUCLEAR POWER
Hong Kong Nuclear Investment Company Limited

ฉลากติดที่ถังแสดงค่า
กัมมันตภาพรังสีที่ผิวภาชนะ
และค่าดัชนีการขนส่ง

การขนส่งกากกัมมันตรังสี และเชื้อเพลิงใช้แล้ว ทำอย่างไร

- การขนส่งกากกัมมันตรังสีและเชื้อเพลิงใช้แล้วจะขนส่งโดยใช้ภาชนะบรรจุพิเศษที่แข็งแรงและปลอดภัย ออกแบบให้ทนต่อแรงกระแทก ความร้อน และการรั่วไหล และต้องเป็นไปตามมาตรฐานและการรับรองความปลอดภัยจากหน่วยงานกำกับดูแล
- ระหว่างการขนส่งจะมีมาตรการความปลอดภัยอย่างเข้มงวดตลอดเส้นทาง โดยปฏิบัติตามกฎหมายด้านนิวเคลียร์และข้อกำหนดของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.) ซึ่งเป็นหน่วยงานกำกับดูแลทางด้านนิวเคลียร์ของประเทศไทย
- มีแผนฉุกเฉินรองรับเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

https://www.youtube.com/watch?v=PUyDA1EsrGE
IAEA The Safe and Secure Transport of Radioactive Material

https://www.youtube.com/watch?v=Rmp3_CLx4VY
Spent Nuclear Fuel Transportation Container Accident Testing

ประเด็นความพร้อม

- สร้างที่ไหน
- เกณฑ์พิจารณาการคัดเลือกสถานที่ตั้ง

สร้างที่ไหน

สถานที่ ที่เลือกเป็นสถานที่ตั้งโครงการมาจากการศึกษาและคัดเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า SMR ตามข้อกำหนดกฎหมายของประเทศไทย และหลักเกณฑ์ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ซึ่งมีการพิจารณาในหลายประเด็น ทั้งด้านความปลอดภัยและวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐศาสตร์ รวมถึงความมั่นคงและการพัฒนาของพื้นที่

IAEA

เกณฑ์พิจารณาการคัดเลือกสถานที่ตั้ง

สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะต้องมีความเหมาะสมตาม
กฎระเบียบด้านนิวเคลียร์ของประเทศ
โดยอ้างอิงจาก มาตรฐานที่เชื่อถือได้ทั้งในและต่างประเทศ

- กฎกระทรวง การอนุญาตให้ใช้พื้นที่เพื่อตั้งสถานประกอบการทางนิวเคลียร์ พ.ศ. 2563
- ประกาศ การจัดทำรายงานวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ตั้งสถานประกอบการทางนิวเคลียร์ พ.ศ. 2560 และ 2563

1. บริเวณที่อาจจะได้รับความเสียหายเนื่องจากภัยธรรมชาติ

- การเกิดแผ่นดินไหว หรือการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก
- การเกิดสึนามิ
- การเกิดน้ำท่วม
- พายุใต้ฝุ่น

2. บริเวณที่อาจจะได้รับผลเสียหายจากกิจกรรมของมนุษย์

- สนามบิน หรืออยู่ในแนวทางขึ้นลงของเครื่องบิน
- บริเวณที่เก็บวัตถุมีพิษ หรือทางผ่านของวัตถุมีพิษ
- บริเวณที่มีคลังเก็บ หรือใกล้แนวท่อของวัตถุที่สามารถจุดระเบิดได้ เช่น ก๊าซ หรือ น้ำมัน
- บริเวณที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นเกินไป

3. ปัจจัยทางด้านวิศวกรรม

- แหล่งน้ำ เพื่อใช้ในการระบายความร้อนจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อย่างเพียงพอ
- โครงสร้างของฐานรากมั่นคงและแข็งแรงพอ

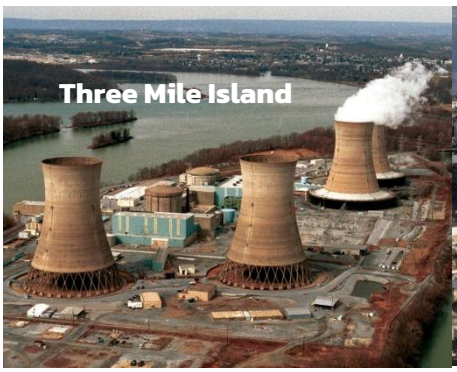
ประเทศไทยมีความพร้อมด้านกฎหมาย ใบอนุญาต และศักยภาพบุคลากร หรือไม่

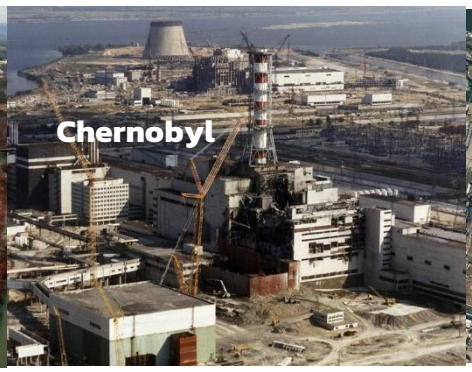
ด้านกฎหมาย ประเทศไทยได้ปรับปรุงและประกาศใช้พระราชบัญญัติพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติ พ.ศ. 2559 (และฉบับแก้ไขเพิ่มเติมปี พ.ศ. 2562)
ด้านใบอนุญาต สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ(ปส.) มีการกำหนดระเบียบและขั้นตอนการขอใบอนุญาตทางนิวเคลียร์อย่างเป็นระบบและรัดกุมตามกฎหมาย
ด้านศักยภาพบุคลากร ประเทศไทยมีการเตรียมความพร้อมด้านนี้มานาน ทั้งการผลิตบุคลากรด้านนิวเคลียร์ โดยภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การติดตามเทคโนโลยีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อย่างต่อเนื่องโดย กฟผ. รวมถึงมีงานด้านวิจัยโดย สทน.

ประชาชนจะมีส่วนร่วมกันโครงการ SMR ได้อย่างไร

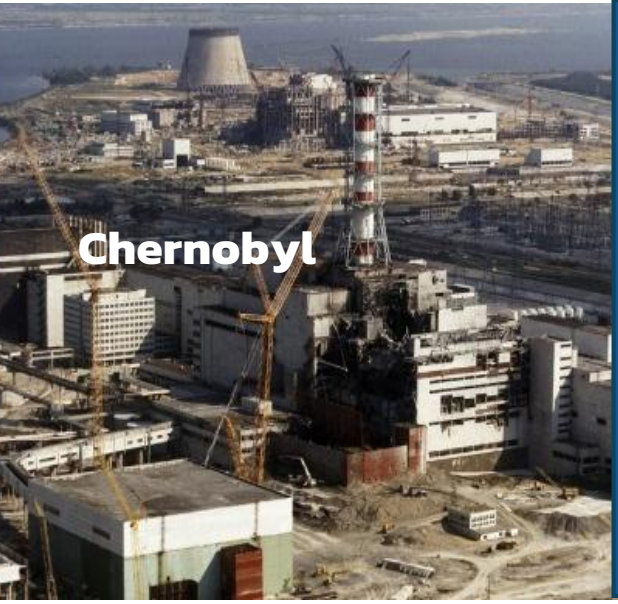
ประชาชนสามารถเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆที่ภาครัฐจัดขึ้น ตั้งแต่การวางนโยบายของประเทศ เช่น กิจกรรมการรับฟังความคิดเห็น (Public Hearing) จากภาคประชาชนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั่วประเทศเพื่อแสดงจุดยืน ตั้งคำถาม หรือให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงการ รวมถึงการจัดเวทีรับฟังความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่ (ค.1-3)

ประเด็นอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในอดีต





	Three Mile island	Chernobyl	Fukushima
สาเหตุหลัก	ข้อบกพร่องด้านการออกแบบ	• วิศวกรไม่มีประสบการณ์ในการเดินเครื่องและการทดสอบ • มีข้อบกพร่องในการออกแบบด้านความปลอดภัย	ระบบน้ำหล่อเย็นไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากไม่มีไฟฟ้า
การป้องกันอุบัติเหตุของ SMR	SMR ออกแบบให้อุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ซับซ้อนน้อยลง ทำให้ลดโอกาสการเกิดเหตุผิดปกติลง	• มีการอบรมและสอบใบอนุญาตพนักงานเดินเครื่อง • SMR มีการปรับปรุงการออกแบบระบบความปลอดภัยโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่	SMR มีระบบระบายความร้อน (แบบพาสซีฟ) ซึ่งทำงานอัตโนมัติโดยไม่พึ่งพาไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ในการทำงาน



วันที่ 26 เมษายน 2529 ที่เมือง พริเพียต (Pripyat) ประเทศยูเครน (ขณะนั้นเป็นส่วนหนึ่งของสหภาพโซเวียต) เกิดการระเบิดจากแรงดันไอน้ำสูงที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล หมายเลข 4 ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบ RBMK ที่ใช้แกรไฟต์เป็นตัวหน่วงนิวตรอน ทำให้สารกัมมันตรังสีจำนวนมากถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ

สาเหตุหลัก:

การฝ่าฝืนกฎความปลอดภัย – วิศวกรฝ่าฝืนกฎความปลอดภัย ทำการทดลองเดินเครื่องโดยปิดระบบความปลอดภัย และระบบควบคุมอัตโนมัติหลายส่วน รวมถึงพนักงานเดินเครื่องไม่มีความรู้ด้านการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ข้อบกพร่องในการออกแบบ – จากการออกแบบทำให้เครื่องปฏิกรณ์แบบ RBMK มีความเสถียรต่ำควบคุมได้ยาก และไม่มีอาคารคลุมเครื่องปฏิกรณ์ (containment structure) จึงไม่มีที่ป้องกันการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสี

ไม่มีการแจ้งเตือนอย่างทันที – ทำให้ประชาชนได้รับผลกระทบทางรังสี

ผลกระทบ:

- พนักงานเดินเครื่องและเจ้าหน้าที่ระงับเหตุ เสียชีวิตประมาณ 30 คน
- มีการประเมินว่ามีประชาชนได้รับผลกระทบทางรังสีเป็นวงกว้าง
- ต้องอพยพประชาชนกว่า 300,000 คน รอบโรงไฟฟ้า

การป้องกันอุบัติเหตุของ SMR:

- SMR ไม่สามารถปิดระบบความปลอดภัยได้ เนื่องจากเป็นระบบที่ทำงานอัตโนมัติตามธรรมชาติ โดยไม่ใช้ไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ควบคุม
- SMR ออกแบบให้มีคุณลักษณะด้านความปลอดภัยโดยธรรมชาติ เช่น เมื่ออุณภูมิของเชื้อเพลิงหรือสารหล่อเย็นเพิ่มขึ้น การเกิดปฏิกิริยาจะลดลง
- SMR ออกแบบให้มีการป้องกันหลายชั้น บางเทคโนโลยีออกแบบให้อยู่ใต้ดิน ทำให้โอกาสการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีต่ำ

เกิดอะไรขึ้น?

วันที่ 11 มีนาคม 2554 ประเทศญี่ปุ่นเกิดแผ่นดินไหวขนาด 9.0 ตามมาตราริกเตอร์ และตามมาด้วย สึนามิขนาดใหญ่ คลื่นสูงกว่า 15 เมตรซัดเข้าชายฝั่ง ทำให้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟุกุชิมะ ไดอิจิเป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำเดือด (BWR) ได้รับความเสียหายอย่างหนัก

สาเหตุหลัก:

ไฟฟ้าดับจากแผ่นดินไหว – เกิดแผ่นดินไหวทำให้สายส่งไฟฟ้าจากภายนอกถูกตัดขาด

เครื่องผลิตไฟฟ้าสำรองถูกน้ำท่วม – เครื่องปั่นไฟดีเซลที่ใช้ผลิตไฟฟ้าสำรองถูกน้ำท่วมจากสึนามิ ทำให้ระบบหล่อเย็นไม่ทำงาน

แกนปฏิกรณ์ร้อนจัด – ไม่มีน้ำหล่อเย็น ทำให้เชื้อเพลิงหลอมละลายและเกิดก๊าซไฮโดรเจนจำนวนมากทำให้เกิดการระเบิด

การจัดการเหตุฉุกเฉินล่าช้า – การจัดการเหตุฉุกเฉินมีความล่าช้าเนื่องจากมีระดับชั้นในการสั่งการที่ซับซ้อน

ผลกระทบ:

- มีการปล่อยสารกัมมันตรังสีออกสู่สิ่งแวดล้อม
- ไม่มีผู้เสียชีวิต แต่ประชาชนกว่า 150,000 คน ต้องอพยพออกจากพื้นที่
- พื้นที่รอบโรงไฟฟ้าถูกประกาศเป็น “พื้นที่ควบคุม” และยังมีการควบคุมอยู่จนถึงปัจจุบัน

การป้องกันอุบัติเหตุของ SMR :

- SMR มีระบบระบายความร้อน (แบบพาสซีฟ) ซึ่งทำงานอัตโนมัติโดยไม่พึ่งพาไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ในการทำงาน
- มีระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนโดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้าหรือระบบขับเคลื่อนใด ๆ (Passive Hydrogen Recombiner) รวมถึงแกนปฏิกรณ์มีขนาดเล็กทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนปริมาณน้อย