

# เทคโนโลยีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

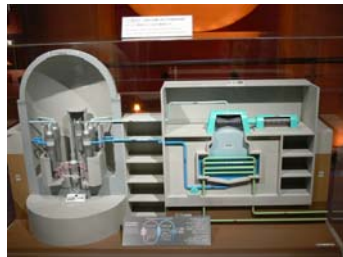
นายประสาน รัตนสาตี บริษัท พี เอส เอ็ม ซี จำกัด (PSMC)



ปัจจุบันน้ำมันดิบที่เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ที่มีราคาสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแพงขึ้น รวมถึงการตื่นตัวของมนุษย์ในการเผชิญปัญหาภาวะ

โลกร้อนซึ่งมีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่บรรยากาศของโลก โดยจะเห็นได้ว่า ทั่วทุกมุมโลกพยายามที่จะแสวงหาพลังงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานก๊าซชีวภาพ สำหรับประเทศไทย รัฐบาลหันมาเห็นความสำคัญของการพัฒนาโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขึ้นมาอีก รอบ เพื่อใช้เป็นทางเลือกสุดท้ายในยามราคาน้ำมันกลับมาสูงขึ้น ซึ่งกระทรวงพลังงานได้มีการบรรจุแผนก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไว้ในปี 63 ซึ่งเป็นช่วงท้ายของ แผนพัฒนาการก่อสร้าง

ไฟฟ้า (PDP-Power Development Plan) โดยไทยมีแผนก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 2,000 เมกะวัตต์ เพื่อใช้เป็นแหล่งไฟฟ้าประมาณ 5% ของความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งหากรวมโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เข้าเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานแล้ว ก็จะทำให้ได้ ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำกว่า ด้วยยูเรเนียมขนาดเท่าแท่ง



ชอล์ก(ศก.1ซม.ยาว5ซม.)หนักประมาณ 20 กรัมจะให้ความร้อนเท่ากับน้ำมัน 1ตัน โรงไฟฟ้าขนาด 1,000เมกะวัตต์ จะใช้ยูเรเนียมประมาณ 27 ตันต่อปี เทียบเท่าน้ำมัน2.6 ล้านตันต่อปี

ดังนั้น เราลองมาทำความรู้จักโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ก่อนที่จะถูกเลือกเป็นพลังงานต่อไปในอนาคต ตามแผนยุทธศาสตร์ ด้านความมั่นคงด้านพลังงานประเทศ โดยการศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องเป็นลำดับดังนี้

## 1. กายภาพของวัตถุ

วัตถุที่เราเห็นอยู่นั้นมีสถานะต่างๆได้แก่ของแข็งของเหลวและก๊าซ ซึ่งเมื่อแยกย่อยเล็กลงจาก ของผสม เป็น สารประกอบ และ สารบริสุทธิ์ ซึ่งถ้าศึกษาให้ละเอียดมากขึ้นลงไปจะได้ดังนี้

### 1.1 โมเลกุล-ประกอบด้วยธาตุรวมตัวกันเกิดเป็น

โมเลกุล อาจอยู่อิสระได้ตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป เช่น ออกซิเจน

(Al) เงิน(Ag) คาร์บอน(C) หรือธาตุรวมตัวกันมากกว่า1 ตัว เช่น ก๊าซออกซิเจน(O<sub>2</sub>) โอโซน(O<sub>3</sub>) ไนโตรเจน(N<sub>2</sub>) หรือมากกว่า 1 ชนิดเช่น น้ำ(H<sub>2</sub>O) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>) กรดซัลฟูริก(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) สนิม(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-เหล็กออกไซด์) ดินประสิว(โปแตสเซียมไนเตรท-KNO<sub>3</sub>)

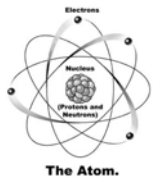
เป็นต้น

1.2 ธาตุ- เป็นสารบริสุทธิ์ มี คุณสมบัติเฉพาะตัว มีหน่วยที่เล็กที่สุด เรียกว่าอะตอม(Atom) เช่น ทอง(Au) เหล็ก(Fe) คาร์บอน(C) หรือ ออกซิเจน(O) ไนโตรเจน(N)เป็นต้นประกอบด้วยอะตอม

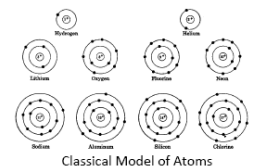
1.3 อะตอม (atom)เป็นหน่วยเล็กที่สุดของธาตุประกอบด้วยอนุภาคต่างๆ โดยมี อนุภาคโปรตรอน(p)และอนุภาคนิวตรอน(n)



อยู่รวมกันเป็นแกนกลางเรียกว่านิวเคลียส(Nucleus) และมีอนุภาคอิเล็กตรอน(e<sup>-</sup>) ีวงรอบแกนนิวเคลียสนี้ ซึ่งธาตุต่างๆ จะมีจำนวน โปรตรอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แตกต่างกันไป จึงมีคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ แตกต่างกันไป จึง



โดยอนุภาคอิเล็กตรอน(e<sup>-</sup>)จะเรียงตัวเป็น วงรอบนิวเคลียส(p, n)โดยแต่ละวงรอบมีจำนวน e<sup>-</sup>แตกต่างกันไปเริ่มจากวงในสุด



2,4,8,16,32,...2<sup>n</sup>(n=ลำดับวงที่ n) วงนอกสุดต้องครบ 8 อิเล็กตรอน(e<sup>-</sup>)

โดยธาตุพยายามรักษาสถิติของอะตอมโดยการให้มีอนุภาคอิเล็กตรอน(e<sup>-</sup>) วงนอกสุดเท่ากับจำนวนตามวงรอบ หรือน้อยสุดเป็น 8 e<sup>-</sup>

## 2. การเกิดปฏิกิริยา

เมื่ออะตอมของธาตุมาทำการรวมตัวกันโดยขณะทำการรวมตัวกันเรียกว่าการทำปฏิกิริยากัน ซึ่งจะเกิดผลการ

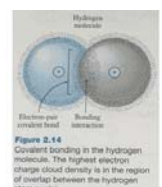
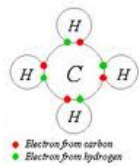
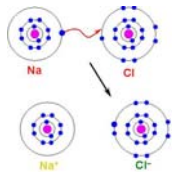


Figure 2.1.4 Covalent bonding in the hydrogen molecule. The highest electron charge cloud density is in the region of overlap between the hydrogen 1s<sup>2</sup> nuclei.

เปลี่ยนแปลงพลังงานเช่น คายหรือดูดกลืน ความร้อน แสง ไฟฟ้า เป็นต้น โดยการทำปฏิกิริยาสามารถเกิดการทำปฏิกิริยาในส่วนของอนุภาคอิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอม หรือที่แกนกลางของอะตอม

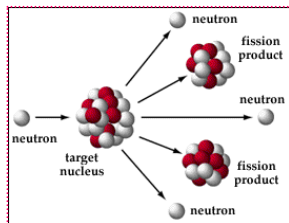
## 2.1 ปฏิกิริยาทางเคมี

ถ้ามีการทำปฏิกิริยารวมตัวหรือแยกตัวของธาตุโดยอิเล็กตรอน(e<sup>-</sup>)วงนอกสุด เรียกว่า ปฏิกิริยาทางเคมี แต่อะตอมหน่วยย่อยที่สุดของธาตุนั้นยังคงอยู่เดิม(นิวเคลียส (p, n)ไม่เปลี่ยนแปลง)เพียงแต่ร่วมจับจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดให้ครบ 8 e<sup>-</sup> เท่านั้น หรือเรียกว่าพันธะเคมี(Bonding) เพื่อให้เกิดการสมดุ ลุย์ได้สารประกอบใหม่ที่มีอะตอมของธาตุเดิมนี้ เช่น โซเดียม(Na)รวมตัวกับคลอรีน(Cl) ได้เกลือ(NaCl)หรือ คาร์บอน (C)รวมตัวกับไฮโดรเจน(H)ได้ก๊าซมีเทน(CH<sub>4</sub>)

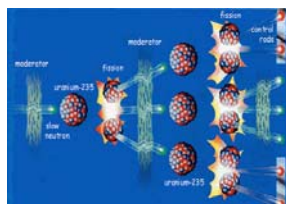


## 2.2ปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์

แต่เมื่อมีการทำปฏิกิริยารวมตัวหรือแยกตัวของธาตุ โดยนิวตรอน(n) ที่แกนกลางนิวเคลียส เรียกว่า ปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ และอะตอมหน่วยย่อยที่สุดของธาตุได้เป็นธาตุใหม่ออกมาที่ไม่คงธาตุเดิม(เนื่องจากค่า นิวตรอน(n)ของ นิวเคลียส(p<sup>+/</sup>, n<sup>-/</sup>)เปลี่ยนแปลงไป)เมื่อค่า นิวตรอน(n)เปลี่ยนแปลงทำให้จำนวนอิเล็กตรอนเปลี่ยนแปลงตามเพื่อให้เกิดการสมดุลย์ จึงกลายเป็นธาตุใหม่ที่มีคุณสมบัติต่างจากอะตอมของธาตุเดิมซึ่ง การเกิดปฏิกิริยาที่นิวเคลียส



ปฏิกิริยาแตกตัวที่นิวเคลียร์

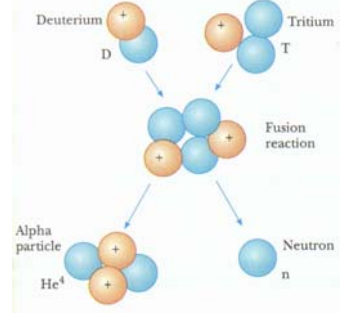


นี้จะการการปลดปล่อยพลังงานออกมาได้พลังงานความร้อนอย่างมากมาย

### 2.2.1. แบบเกิดจากการรวมตัวของนิวเคลียส

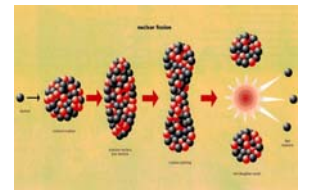
(Nuclear Fusion)

นิวเคลียสธาตุเบาเช่น ไฮโดรเจน รวมตัวเป็นนิวเคลียสที่หนักขึ้น ตัวอย่างเช่นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ ซึ่งวนเป็นวัฏจักร (Proton-Proton cycle) ทำให้ดวงอาทิตย์กำเนิดพลังงานได้ไม่สิ้นสุด ที่น่าสังเกตุคือเงื่อนไขของ  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  ปฏิกิริยา คือ ต้องเกิดที่ อุณหภูมิสูง (107 K) อยู่  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  ระหว่างการวิจัยปฏิกิริยา และการพัฒนามาใช้งาน

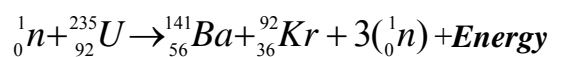


### 2.2.2. แบบเกิดจากการแตกตัวของนิวเคลียส

(Nuclear Fission)ธาตุหนัก เช่น ยูเรเนียม พลูโทเนียม โดยใช้การยิงนิวตรอน(n)เข้าไปในแกนกลางนิวเคลียส ทำให้ นิวเคลียสเดิมแตก ให้อะตอมที่มีนิวเคลียสชนิดต่างๆออกมา รวมถึงนิวตรอนอิสระออกมา ด้วยและวังชนนิวเคลียสของอะตอมที่เกิดใหม่แตกตัวอีกอย่างต่อเนื่องเรียกว่า ปฏิกิริยาต่อเนื่อง (ลูกโซ่-Chain Reaction)ทำให้ได้พลังงานความร้อนออกมาอย่างมากมาย



ปฏิกิริยาแตกตัวที่นิวเคลียร์



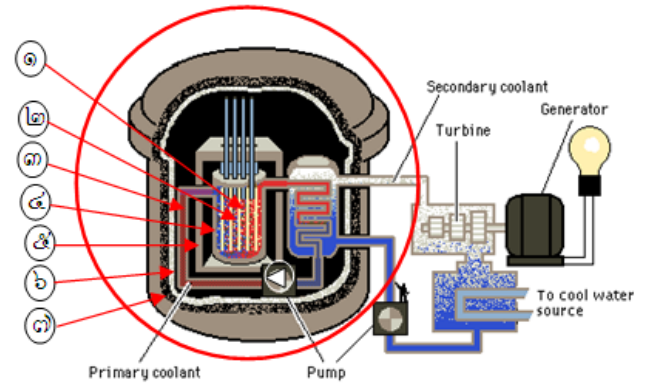
จนต้องมีการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเพื่อให้เหมาะสมการใช้งาน และได้มีการพัฒนาจนสามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ได้แก่ ด้านการแพทย์ใช้หยุดการเกิดมะเร็ง ด้านการเกษตรใช้ในการถนอมอาหาร ส่วนด้าน

พลังงานนั้นใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นต้น สำหรับในที่นี่คงมุ่งประเด็นเฉพาะโรงไฟฟ้าจากนิวเคลียร์เท่านั้น

ผนังชั้นที่ ๗ อาคารคลุมปฏิกรณ์ นิวเคลียร์ (Reactor Containment)

### 3. การประยุกต์ใช้เป็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ คือ โรงงานผลิต กระแสไฟฟ้าที่ใช้พลังงานความร้อนจากปฏิกิริยาแตกตัวทางนิวเคลียร์ (Nuclear Fission Reaction) ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำที่มีแรงดันสูง แล้วส่งไอน้ำไปหมุนกังหันไอน้ำ ซึ่งต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตไฟฟ้า และส่งต่อไปยังผู้บริโภคต่อไป ทั้งนี้เทคโนโลยี และมาตรฐานความปลอดภัยของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลากว่า 50 ปี โดยปัจจุบันมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์กระจายอยู่ในประเทศต่างๆ ทั่วโลกรวม 437 โรง รวมทั้งอยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างเพิ่มอีกในทวีปอเมริกา ยุโรป และเอเชีย โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ



#### 3.1 ส่วนปฏิกรณ์(Nuclear Reactor) เป็นส่วนที่เกิด

การทำปฏิกิริยาของธาตุกัมมันตภาพรังสีแบบการแตกตัว(Fission) โดยการยิงอนุภาค neutronเข้าไปในอะตอมของธาตุกัมมันตภาพรังสี เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง (Chain Reaction) มีอนุภาคต่างๆที่เกิดขึ้นเช่น อัลฟา ( $\alpha$ ) เบต้า( $\beta$ ) แกมมา( $\gamma$ ) เป็นต้น จึงจำเป็นต้องควบคุมไม่ให้แพร่กระจายออกสู่ภายนอกโดยการสร้างส่วนกำบังรังสี (Shield) เช่น ตะกั่ว หรือผนังคอนกรีตหนาๆ และผลของปฏิกิริยานี้เกิดการคาย พลังงานในรูปแบบต่างๆออกมาโดยเฉพาะพลังงานความร้อนจำนวนมากจนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ และเพื่อให้เกิดการปลอดภัยจึงต้องสร้างผนังป้องกันรังสีหลายชั้น ด้วยวัสดุอุปกรณ์ต่างๆเพื่อใช้กักกันไม่ให้สารกัมมันตรังสีรั่วไหลหรือแพร่กระจายจากเนื้อเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ออกไปสู่สิ่งแวดล้อม ภายนอกโรงไฟฟ้าผนังป้องกันรังสีหลายชั้น ประกอบด้วย

- ผนังชั้นที่ ๑ เม็ดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (fuel pellet)
- ผนังชั้นที่ ๒ ท่อหุ้มเม็ดเชื้อเพลิง นิวเคลียร์ (fuel clad)
- ผนังชั้นที่ ๓ น้ำระบายความร้อน (Coolant)
- ผนังชั้นที่ ๔ ถึงปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Reactor Vessel)
- ผนังชั้นที่ ๕ กำแพงคอนกรีตกำบังรังสี (Biological Concrete Shield)
- ผนังชั้นที่ ๖ แผ่นเหล็กกรุผนังด้านในอาคารคลุมปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Steel Liner)

#### 3.2 ส่วนควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเพื่อควบคุมการเกิด

ปฏิกิริยาของระบบฯให้เป็นตามความต้องการและเกิดปลอดภัย ส่วนควบคุมการเกิดปฏิกิริยาประกอบด้วย

##### 3.2.1 มอดเรเตอร์เรเตอร์ (Moderator) มีหน้าที่ทำให้

นิวตรอนวิ่งช้าลงเพราะนิวตรอนช้ามีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดการแบ่งแยกนิวเคลียสได้ดีกว่านิวตรอนเร็ว สารที่ใช้เป็นมอดเรเตอร์ได้แก่ คาร์บอน เมื่อนิวตรอนวิ่งผ่านคาร์บอนจะชนกับอะตอมของคาร์บอนทำให้นิวตรอนวิ่งช้าลงได้ความเร็วตามต้องการ

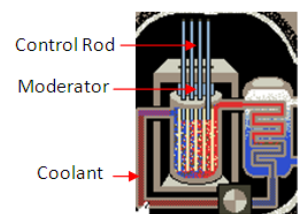
##### 3.2.2 แท่งบังคับ. (Control Rods) มีหน้าที่ควบคุม

อัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ให้เกิดมากเกินไป ที่นิยมใช้คือ แคดเมียม หรือโบรอน แคดเมียมจะเป็นตัวดูดกลืนนิวตรอนไว้ได้ดีมาก ดังนั้นถ้าสอดแท่งแคดเมียมให้ลึกเข้าไปในเครื่องมาก ๆ ก็จะดูดกลืนนิวตรอนไว้ได้น้อยลงทุกที และปฏิกิริยาลูกโซ่ก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามมา



##### 3.2.3 ตัวทำให้เย็น (Coolant) เพื่อนำเอาความร้อน

ออกไปจากเครื่องปฏิกรณ์ นิวเคลียร์ โดยใช้น้ำบริสุทธิ์มีทั้งชนิดเบา(ไฮโดรเจน  $^1_1\text{H-p1,n1}$ ) หรือ ชนิดหนัก(ไฮโดรเจน  $^2_1\text{H-p1,n2}$ )ในการระบายความร้อน

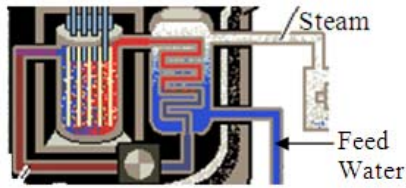


นอกจากห้องปฏิกรณ์และน้ำมีคุณสมบัติสามารถต้านทานการเกิด Nuclear Transmutation ซึ่งสามารถลดการทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าสารอื่น แต่เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยานี้มีพลังงานความร้อนจำนวนมาก

มากออกมาจนทำให้ น้ำที่ลดอุณหภูมิของห้องปฏิกริยาของระบบฯ มีความร้อนสูงมากจึงจำเป็นต้องมีการระบายความร้อนนี้ ออกจากระบบฯ

**3.3 ส่วนผลิตไอน้ำ** ประกอบด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยน ความร้อน(Heat Exchanger)โดยวงจรน้ำระบายความร้อนจาก ส่วนควบคุมปฏิกริยาของระบบฯต้องการระบายความร้อนออกจึง จำเป็นต้องแลกเปลี่ยนความร้อนกับวงจรน้ำอีกวงจรหนึ่ง (Heat Exchange) เนื่องจากวงจรน้ำที่ควบคุมปฏิกริยาฯนี้มีอุณหภูมิสูง

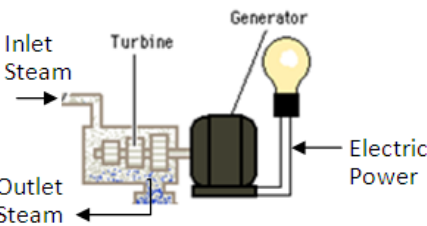
มากจนสามารถทำ ให้น้ำในวงจรที่มา ระบายความร้อนนี้ เดือดจนสามารถ ผลิตเป็นไอน้ำที่มี



ความดันสูงสามารถนำไปใช้งานได้

**3.4 ส่วนผลิตกระแสไฟฟ้า** ประกอบด้วย เครื่อง กําเนิดไฟฟ้า(Generator)ต่อเข้ากับชุดขับเคลื่อนไอน้ำ(Steam Turbine) โดยเป็นส่วนที่นำไอน้ำที่ผลิตได้จากการระบายความร้อน ของวงจรน้ำที่

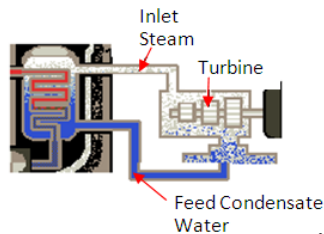
ควบคุมปฏิกริยาฯ นี้มาขับเคลื่อนกังหัน ไอน้ำ (Turbine) ที่ ต่อกับเครื่อง



กําเนิดไฟฟ้าเมื่อไอน้ำหมุนของกังหันไอน้ำจะได้กระแสไฟฟ้า ออกมา

**3.5 ส่วนควบแน่นไอน้ำนำกลับมาใช้ใหม่ (Steam Recovery)** ประกอบด้วยชุดระบายความร้อน(Heat Exchanger) เป็นส่วนที่นำไอน้ำที่ผ่านการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำแล้วจำเป็นต้องนำ กลับมาใช้งานใหม่อีก

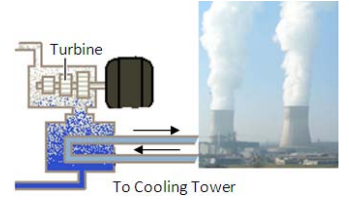
เพราะน้ำที่ใช้ผลิตเป็นไอน้ำนั้นต้องทำการบำบัด ก่อนนำมาใช้งานและมี ค่าใช้จ่ายสูงมากดังนั้น



นำกลับมาใช้งานใหม่อีกทำได้โดยการทำให้อุณหภูมิจนของไอน้ำ ลดลงเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว(การควบแน่น)เพื่อนำ กลับไปเติมลงในระบบฯต่อไป

**3.6 ส่วนระบายความร้อน (Cooling System)**

ประกอบด้วย หอผึ่งน้ำ Cooling Tower เป็นส่วนสุดท้ายที่ความ ร้อนที่ถูกดึงออกมาจากระบบฯ จะถูกนำไประบายออก โดยหอผึ่ง น้ำ(Cooling Tower)และมี



ปริมาณความร้อนมากเมื่อ แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ จะได้ละอองน้ำที่มีปริมาณ มาก ซึ่งเรามักจะเห็นเป็นหมอกไอน้ำสีขาวลอยออกจากปล่อง ระบาย

**3.7 ส่วนปรับแรงดันไฟฟ้า** ประกอบด้วยระบบหม้อ แปลง (Transformer System) เป็นส่วนสถานีไฟฟ้าแรงสูง เพื่อ

ปรับแรงดันไฟฟ้าในการ ส่งไปใช้ประโยชน์ โดย ระบบที่เชื่อมต่อเข้ากับ โครงข่ายระบบสายส่ง ไฟฟ้าแรงสูงจำหน่าย หลัก



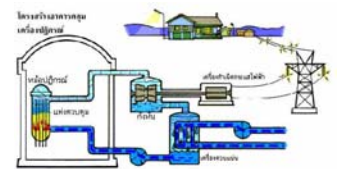
**4. เทคโนโลยีของโรงไฟฟ้า**

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นได้ทำการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถควบคุมความ ให้มีปลอดภัยมากขึ้นโดยพัฒนา เทคโนโลยีใหม่ๆในปัจจุบันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกมี 3 แบบ ได้แก่

**4.1 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบน้ำเดือด**

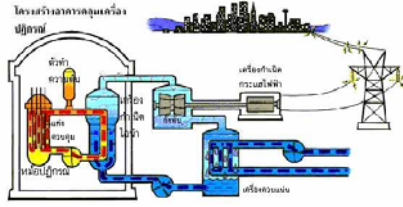
(Boiling Water Reactor – BWR)

หลักการทํางานโดย ระบบผลิตไอน้ำเป็นแบบวงจรเดียว โดยใช้ น้ำ ธรรมดา ความดันภายในหม้อปฏิกรณ์ประมาณ 6 – 9 ล้านปาส กาล อุณหภูมิ น้ำประมาณ 285 องศาเซลเซียส ไอน้ำที่ ได้จะถูกส่งไปขับเคลื่อน โดยตรง (Direct Drive) เพื่อ ผลิตไฟฟ้า



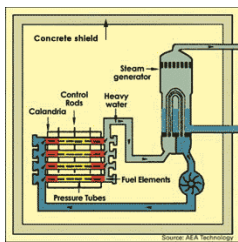
#### 4.2 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบความดันสูง (Pressurized Water Reactor-PWR)

หลักการการทำงานโดย ระบบผลิตไอน้ำเป็นแบบสองวงจร โดยใช้น้ำธรรมดาเช่นกัน ความดันภายในหม้อปฏิกรณ์ประมาณ 15.6 ล้านปาสกาล อุณหภูมิ น้ำสูง ประมาณ 315 องศาเซลเซียส แต่ไม่เดือดเป็นไอเนื่องจาก ถูกควบคุมด้วยเครื่องอัดความดัน น้ำร้อนจะถูกส่งไปยังเครื่องผลิตไอน้ำเพื่อทำให้น้ำในอีกวงจรหนึ่งเดือด ไอน้ำของอีกวงจรนี้จะถูกส่งไปขับกังหันอีกที่หนึ่ง(Indirect Drive) เพื่อผลิตไฟฟ้า



#### 4.3 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบแคนดู (CANDU)

พัฒนาโดยประเทศ CANADA จึงตั้งชื่อเทคโนโลยีนี้ว่า CANDU หลักการทำงานโดย ระบบผลิตไอน้ำเป็นแบบสองวงจร แต่ใช้น้ำหนักมวล (Heavy water, D<sub>2</sub>O) แทนน้ำธรรมดา น้ำหนักมวลในท่อเชื้อเพลิงมีความดันประมาณ 10 ล้านปาสกาล มีอุณหภูมิสูง ประมาณ 310 องศาเซลเซียส แต่ไม่เดือดเป็นไอเนื่องจากถูกควบคุมด้วยเครื่องอัดความดัน น้ำร้อนจะถูกส่งไปยังเครื่องผลิตไอน้ำเพื่อทำให้น้ำในอีกวงจรหนึ่งเดือด ไอน้ำไปยังกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า



#### 5. ความปลอดภัยของสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ใช้แร่ยูเรเนียมเป็นเชื้อเพลิงแต่ต้องผ่านกระบวนการแปลงสภาพให้เป็นเม็ดรูปทรงกระบอกขนาด

การดำเนินงานเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะต้องเป็นไปตามแนวปฏิบัติของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency = IAEA) แห่งสหประชาชาติ นับตั้งแต่การเลือกสถานที่ตั้ง การออกแบบ การก่อสร้างและติดตั้งการทดสอบ และทดลอง การเดินเครื่อง การบำรุงรักษาจนกระทั่งการเปลี่ยนเชื้อเพลิง มาตรการความปลอดภัยพัฒนาขึ้นจากแนวคิดพื้นฐานด้านความปลอดภัยแบบการป้องกันหลายชั้น การกำหนดมาตรการและดำเนินการด้านความปลอดภัยของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อดูแลความปลอดภัยดังนี้

- ความปลอดภัยของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นโดยรอบรวมทั้งผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้า
- ความปลอดภัยต่อระบบนิเวศวิทยา และสิ่งแวดล้อม

- ความปลอดภัยต่อระบบการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆในโรงไฟฟ้า

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีมาตรฐานความปลอดภัยสูงมาก ทั้งนี้เพราะมีมาตรการ และ กระบวนการตรวจสอบต่างๆที่เข้มงวดและรัดกุมหลายขั้นตอน ทั้งด้านวิศวกรรมและด้านบริหารจัดการ

5.1 ด้านวิศวกรรม ได้แก่ แนวคิดในการออกแบบให้ปฏิกรณ์มีความปลอดภัยในตัวเอง คือ

5.1.1 ใช้เม็ดเชื้อเพลิงทนความร้อนได้สูงมาก โดยมีจุดหลอมเหลวที่ประมาณ ๒,๘๐๐ องศาเซลเซียส

5.1.2 ใช้ยูเรเนียม-๒๓๕ ในเชื้อเพลิงมีสัดส่วนต่ำ ประมาณร้อยละ ๐.๗ - ๓ เท่านั้น

5.1.3 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์สามารถ หยุดยั้งปฏิกิริยาแตกตัวได้ด้วยตัวเอง เมื่อเกิดเหตุผิดปกติขึ้นในระบบ

5.1.4 ระบบถ่ายเทความร้อนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เป็นระบบปิด ไม่มีสื่อนใด สัมผัสกับเครื่องมืออุปกรณ์ภายนอก

5.1.5 เครื่องมืออุปกรณ์ที่สัมผัสและปนเปื้อนรังสี จะติดตั้งรวมไว้ภายในอาคารคลุมปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เพื่อความสะดวกในการควบคุม ตลอดจนปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ประชาชน และสิ่งแวดล้อม

5.2 ด้านบริหารจัดการ ได้แก่ กฎระเบียบ อุปกรณ์ และระบบความปลอดภัยต่างๆหลากหลายชนิด และซ้อนกันหลายระบบประกอบด้วย

5.2.1 รายงานการวิเคราะห์ความปลอดภัย รายงานนี้ต้องจัดทำขึ้นก่อนการลงมือก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ประกอบด้วยการศึกษาวิเคราะห์ในด้านต่างๆ

5.2.2 การประกันคุณภาพ บัณฑิตยาคัญประการหนึ่งของมาตรฐานความปลอดภัยโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ คือ มาตรการประกันคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ๕ ขั้นตอน การเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า การออกแบบโรงไฟฟ้า การผลิตเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้า การเดินเครื่องและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า การกำกับดูแลความปลอดภัยโรงไฟฟ้า

5.2.3 ระบบความปลอดภัยทางวิศวกรรม คือ ชุดเครื่องมืออุปกรณ์หลายระบบ ระบบละหลายชุด ที่ติดตั้งเพื่อตรวจวัดและตรวจสอบการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์โดย อัตโนมัติ ซึ่งแยกต่างหากจากระบบควบคุมเครื่องปฏิกรณ์ชุดปกติ แต่จะทำงานควบคู่กันไป ในกรณีที่มีเหตุผิดปกติเกิดขึ้น ระบบความปลอดภัยทางวิศวกรรมจะเข้ามาแก้ไขเหตุการณ์ทันทีก่อนที่เหตุการณ์รุนแรงจะเกิดขึ้น ประกอบด้วยชุดเครื่องมือ/อุปกรณ์หลายระบบ

5.2.4 ระบบเสริมความปลอดภัยอื่นๆ คือ ชุดเครื่องมืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เสริมการทำงานให้แก่ระบบความปลอดภัยต่างๆ เพื่อให้การทำงานของระบบต่างๆมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

5.2.5 มาตรการหลังเกิดเหตุฉุกเฉิน ประกอบด้วย ขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การแจ้งข่าวสารโดยเร็ว การจัดหาสถานที่ที่ปลอดภัย และเตรียมการอพยพ การจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันรังสี การตรวจวัดระดับรังสี การควบคุมเส้นทางเข้าออกโรงไฟฟ้า การชำระล้างสิ่งเปื้อนกัมมันตรังสี การจัดเตรียมบริการทางการแพทย์ การจัดเตรียมอาหารและเครื่องดื่ม การควบคุมผลผลิตทางการเกษตร และการเผยแพร่ข่าวสารต่อสาธารณชน จากมาตรฐานและมาตรการต่างๆ ที่ได้กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั่วโลกส่วนมากมีมาตรฐานความปลอดภัยสูงมาก โดยเฉพาะโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่นใหม่ ๆ ที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลากว่า 40 ปี ก็จะมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงมากขึ้น ยกเว้นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์บางแห่งของบางประเทศที่ไม่ได้มาตรฐานสากล เนื่องจากในอดีตไม่ได้มีการควบคุมและตรวจสอบจาก ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ แต่โรงไฟฟ้าดังกล่าวซึ่งมีอยู่ไม่กี่แห่งในโลก กำลังจะหมดไปในไม่ช้า

## 6. ข้อดีและข้อเสียของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

### 6.1 ข้อดี

- 6.1.1 เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่สามารถให้กำลังผลิตสูงกว่า 1,200 เมกะวัตต์
- 6.1.2 มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแข่งขันได้กับโรงไฟฟ้าชนิดอื่น
- 6.1.3 เป็นโรงไฟฟ้าที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ
- 6.1.4 เสริมสร้างความมั่นคงของระบบผลิตไฟฟ้า เนื่องจากใช้เชื้อเพลิงน้อย ทำให้เสถียรภาพในการจัดหาเชื้อเพลิงและราคาเชื้อเพลิง มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตเล็กน้อย

### 6.2 ข้อเสีย

- 6.2.1 ใช้เงินลงทุนเริ่มต้นสูง
- 6.2.2 จำเป็นต้องเตรียมโครงสร้างพื้นฐาน และการพัฒนาบุคลากร เพื่อให้การดำเนินงาน เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

6.2.3 จำเป็นต้องพัฒนา และเตรียมการ เกี่ยวกับการจัดการกัมมันตรังสี การดำเนินงาน ด้านแผนฉุกเฉินทางรังสี และมาตรการควบคุม ความปลอดภัย เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

6.2.4 การยอมรับของประชาชน

### บทสรุป

อนาคตอีก 10 ปีข้างหน้า คนไทยจะมีโอกาสได้เห็นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งแรกเกิดขึ้นในไทย หรือไม่นั้นก็คงต้องรอลุ้นกันต่อไปว่า สุดท้ายแล้ว เราจะมีทางออกที่ดีไปกว่าการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ยังมีปัญหาคารกไม่ยอมรับของคนในชุมชนอยู่หรือไม่ สำหรับความก้าวหน้าของโครงการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย ขณะนี้อยู่ระหว่างการศึกษาค้นคว้าความเป็นไปได้ของโครงการ โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ( กฟผ.) ได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาเพื่อดำเนินการศึกษารวมถึงการสำรวจและคัดเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น การคัดเลือกเทคโนโลยี การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์พลังงานและการเงิน และการวางแผนบุคลากร ทั้งนี้ การศึกษาจะใช้เวลา 20 เดือน โดยจะแล้วเสร็จ ประมาณเดือนพฤษภาคม 2553 สำหรับอุปสรรคสำคัญของการสร้างโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย คือ การเสริมสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับประชาชน

### อ้างอิง

- <http://www.energy.go.th/>
- <http://www.oaep.go.th>
- <http://kanchanapisek.or.th>
- <http://www.rmutphysics.com/>
- [www.rmutphysics.com/.../nuclear1/nuclear\\_20.htm](http://www.rmutphysics.com/.../nuclear1/nuclear_20.htm)
- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดย สำนักกำกับดูแลความปลอดภัยทางนิวเคลียร์ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ก.ค.2550
- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ฝ่ายสื่อสารองค์กร 2552
- นิวเคลียร์ปริทัศน์ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3-4 กรกฎาคม-ธันวาคม 2548 สุรศักดิ์ พงศ์พันธุ์สุข เขียน โดย งานเผยแพร่และการประชาสัมพันธ์ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

