246355

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

246355

การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์สำหรับประเทศไทย

Life cycle assessment of nuclear power plants for Thailand

โดย

ประเสริฐ ภวสันต์

โครงการวิจัยเลขที่ 114G-CHEM-2553

ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

มีนาคม 2554

b00250908

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246355

การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์สำหรับประเทศไทย

Life cycle assessment of nuclear power plants for Thailand

โดย

ประเสริฐ ภวสันต์

โครงการวิจัยเลขที่ 114G-CHEM-2553

ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

มีนาคม 2554

การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์สำหรับประเทศไทย

โดย

ประเสริฐ ภวสันต์ Ph.D. (Imperial College, London)

ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มีนาคม 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เงินอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน

รายงานผลการวิจัย

การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์สำหรับประเทศไทย

โดย

ประเสริฐ ภวสันต์ Ph.D. (นักวิจัย)
พรทิพย์ วงศ์สุโชโต D. Eng (นักร่วม)
สนธยา กริชนวรักษ์ D. Eng (นักร่วม)

มีนาคม 2554

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนทั่วไปจากรัฐบาล ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๓ และงานวิจัยนี้คงไม่สามารถดำเนินการได้หากปราศจากความสนับสนุนและช่วยเหลือจากบุคคลจำนวนมาก ดังนี้

- วทัตตา ฤทธิ์เจริญ ผู้วิจัยหลัก ที่ทำและช่วยเหลืองานทุกด้าน
- จักราช คุณาเขมากร ผู้ช่วยผู้วิจัยหลัก ที่ช่วยสนับสนุนงาน LCA ของ EPR
- ฟาติมา ปรียากร ผู้ช่วยผู้วิจัยหลัก ที่ช่วยสนับสนุนงาน LCA ของ ABWR
- ดร. พรทิพย์ วงศ์สุโชโต ที่ช่วยดูแลเรื่องการประเมิน LCA ของทุกเทคโนโลยี
- รศ.ดร. นวดล เหล่าศิริพจน์ ที่ช่วยหากำลังคนมาสนับสนุนงานในครั้งนี้ และช่วยให้ input ที่สำคัญสำหรับการคำนวณเปรียบเทียบ
- ผศ. ดร. วรพล เกียรติกิตติพงษ์ / ดร. วรพจน์ กนกกัณตพงษ์/ผศ. ดร. บุณยฤทธิ์ ปัญญา-ภิญโญผล ผู้ให้กำลังใจแรงงาน และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องที่ร้องขอ
- ภุชงค์ ศรีอ่วม และ กีรติ อิสระพายัพ ผู้ช่วยงานทั่วไป (สารพัดประโยชน์)
- อาจารย์ที่ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ทั้ง 4 ท่าน (รศ.นเรศ จันทร์ขาว รศ.สมยศ ศรีสถิตย์ รศ.ดร.สุพิชชา จันทรโยธา อ.ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสวง) ที่คอยแนะนำในเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์สำหรับโรงไฟฟ้า

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณสำหรับความช่วยเหลือที่ตีมูลค่าไม่ได้เหล่านี้ และหวังว่างานวิจัยนี้จะมีประโยชน์สำหรับผู้ใช้งาน โดยเฉพาะการนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่อไป

ผู้วิจัย

มีนาคม 2554

ชื่อโครงการวิจัย การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์สำหรับประเทศไทย
ชื่อผู้วิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ ภวสันต์
เดือนและปีที่ทำวิจัยสำเร็จ มีนาคม 2554

246355

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เทคโนโลยีในยุคที่ 3 ทั้งสามแบบ คือ European Pressurised Reactor (EPR) Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) และ CANadian Deuterium Uranium reactor (CANDU) โดยคำนวณจากวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์แบบเปิด (Once-through nuclear fuel cycle) และกำหนดให้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ถูกสร้างขึ้นในประเทศไทย และใช้ข้อมูลการใช้พลังงาน ปริมาณเชื้อเพลิง รวมถึงผลกระทบที่เกิดจากแหล่งที่มาวัตถุดิบเป้าหมาย เช่น กำหนดให้มีการใช้ยูเรเนียมจากประเทศแคนาดาและขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงอยู่ในประเทศฝรั่งเศส นอกจากนี้มีการพิจารณาผลกระทบจากการขนส่ง การก่อสร้าง การกำจัดกากของเสีย และการรื้อถอนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ร่วมด้วย โดยได้แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนต่าง ๆ ในวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และทำการประเมินความอ่อนไหวของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ช่วงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกมาในปริมาณต่ำสุดถึงปริมาณสูงสุดตลอดทั้งวัฏจักรของเทคโนโลยีต่าง ๆ มีดังนี้ เทคโนโลยี EPR อยู่ในช่วง 2.50-46.6 gCO_2e/kWh เทคโนโลยี ABWR อยู่ในช่วง 3.22-57.4 gCO_2e/kWh และ เทคโนโลยี CANDU อยู่ในช่วง 7.30-26.6 gCO_2e/kWh ส่วนผลกระทบจากการขนส่งภายในประเทศยังไม่ถูกนำมาพิจารณา เนื่องจาก ณ เวลาที่ศึกษา ประเทศไทยยังไม่มีการเปิดเผยสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จึงคำนึงถึงเฉพาะการขนส่งจากต่างประเทศ และผลที่ได้มีค่าน้อยมากจึงอาจละทิ้งได้ การศึกษานี้ได้ทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นสำหรับพลังงานไฟฟ้านิวเคลียร์ พบว่ามูลค่าพลังงานไฟฟ้านิวเคลียร์มีค่าต่ำกว่ามูลค่าไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงถ่านหินและก๊าซธรรมชาติค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบเรื่องความปลอดภัย และการยอมรับของชุมชน

Project Title Life cycle assessment of nuclear power plants for Thailand

Name of the Investigators Assoc.Prof. Prasert Pavasant, Ph.D.

Year March, 2011

246355

Abstract

This research focused on the environmental impact assessment of greenhouse gas emissions from generation III nuclear technologies including European Pressurised Reactor (EPR), Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) and CANadian Deuterium Uranium reactor (CANDU). The assessment was calculated from Once-through nuclear fuel cycle and was based on the construction in Thailand. The detailed calculation for each life cycle stage of nuclear energy was proposed based on energy consumption data, quantities of uranium fuel including the impact caused by the different sources of raw materials, such as uranium from Canada and fuel production in France. The impacts of transportation, construction, waste disposal and decommissioning of nuclear power plants were also taken into consideration. The evaluation of the sensitivity variables test from each stage of life cycle demonstrates that the nuclear power plants emitted greenhouse gases in the range from 2.50- 46.6 gCO_2e/kWh (for EPR), 3.22-57.4 gCO_2e/kWh (for ABWR) and 7.30-26.6 gCO_2e/kWh (for CANDU). The impact of local transport was not taken into consideration because, at the time of this study, the exact designated location of nuclear power plant still has not been decided. However, the sensitivity test indicates that the effect of international shipment on the overall GHG emission could be low and negligible. In terms of economics, nuclear power is significantly cheaper than power from other fossil sources like coal and natural gas. However, this study does not cover the safety issues and social acceptance aspects.

สารบัญเรื่อง

กิตติกรรมประกาศ ก
บทคัดย่อภาษาไทย ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค
สารบัญเรื่อง ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญรูป ช

บทที่ 1 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์อย่างละเอียด 1
1.1 ขั้นตอนการประเมิน 1
1.1.1กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมิน 1
1.1.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ 3
1.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 16
1.2.1 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
แบบเปิดของเทคโนโลยี EPR 16
1.2.2 ผลกระทบจากแหล่งที่มาของไฟฟ้าที่ใช้ในวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ 18
1.2.3 เปรียบเทียบผลการคำนวณกับงานวิจัยอื่น 19
1.3 สรุปผลการวิจัย 21

บทที่ 2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของตัวแปรต่าง ๆ
ภายใต้เทคโนโลยี EPR ABWR และ CANDU 23
2.1 บทนำ 23
2.2 ขอบเขตการประเมิน 24
2.3 สมมติฐานและตัวแปรที่ยืดหยุ่น 25
2.4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 28
2.4.1 ผลการศึกษาความอ่อนไหวของตัวแปรภายใต้เทคโนโลยี EPR 32
2.4.1.1 ผลการประเมินในกรณี Base line 32
2.4.1.2 ผลการประเมินความอ่อนไหวของตัวแปรต่างๆ 33
2.4.2 ผลการศึกษาความอ่อนไหวของตัวแปรภายใต้เทคโนโลยี ABWR 37
2.4.2.1 ผลการประเมินในกรณี Base line 37

2.4.2.2 ผลการประเมินความอ่อนไหวของตัวแปรต่างๆ 38
2.4.3 ผลการศึกษาความอ่อนไหวของตัวแปรภายใต้เทคโนโลยี CANDU 42
2.4.3.1 ผลการประเมินในกรณี Base line 42
2.4.3.2 ผลการประเมินความอ่อนไหวของตัวแปรต่างๆ 43
2.4.4 ขั้นการขนส่ง (Transportation) 47
2.4.5 ขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction) 48
2.4.6 ขั้นตอนส่วนหลัง (Back-end) 48
2.4.7 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต ในแต่ละเทคโนโลยี 48
2.4.8 เปรียบเทียบแหล่งกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่างๆ 49
2.5 สรุปผลการวิจัย 51

บทที่ 3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของพลังงานไฟฟ้านิวเคลียร์ 53
3.1 บทนำ 53
3.2 หลักการคิดมูลค่าของพลังงานไฟฟ้า 53
3.2.1 มูลค่าการลงทุน 53
3.2.2 มูลค่าการดำเนินงาน 54
3.2.3 มูลค่าการจัดการโรงไฟฟ้าเสื่อมสภาพ 55
3.3 ผลเปรียบเทียบมูลค่าพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ 55
3.4 สรุปผลการวิจัย 56

บรรณานุกรม 57
ภาคผนวก ก 61
ภาคผนวก ข 62
ประวัตินักวิจัยและคณะ 65

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 สถานที่ตั้ง Plant ต่างๆ 4
ตารางที่ 1.2 ระยะทางการขนส่ง 4
ตารางที่ 1.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ 5
ตารางที่ 1.4 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณสมดุลมวล 8
ตารางที่ 1.5 แหล่งกำเนิดและปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอน 17
ตารางที่ 1.6 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอน 19
ตารางที่ 2.1 ปริมาณคอนกรีตและเหล็กสำหรับก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 27
ตารางที่ 2.2 ช่วงตัวแปรที่ทำการศึกษาแต่ละ Scenarios ที่แตกต่างกัน 29
ตารางที่ 2.3 ตัวแปรสำหรับการคำนวณ Baseline 30
ตารางที่ 2.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ของทั้งสามเทคโนโลยี 49
ตารางที่ 2.5 ช่วงปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากโรงไฟฟ้าชนิดต่างๆ 50
ตารางที่ 2.6 ช่วงปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากจากเทคโนโลยีนิวเคลียร์ต่างๆ เมื่อใช้ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า 50
ตารางที่ 3.1 สัดส่วนมูลค่าพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ 55
ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับพลังงานนิวเคลียร์ 56

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 ขอบเขตการศึกษา 2
รูปที่ 1.2 ปริมาณยูเรเนียมขาเข้าและขาออกสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh 14
รูปที่ 1.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนที่ถูกปล่อยออกมาจากเทคโนโลยี EPR 16
รูปที่ 1.4 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละขั้นตอนจากผลการคำนวณ
กับงานวิจัยอื่นๆ 20
รูปที่ 2.1 ขอบเขตของระบบ (ก) เทคโนโลยี EPR and ABWR และ (ข) เทคโนโลยี CANDU 25
รูปที่ 2.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกรณี Base line ที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี EPR
เมื่อวิธี Enrichment ต่างกัน 32
รูปที่ 2.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี EPR
เมื่อ Waste to ore ratio ต่างกัน 33
รูปที่ 2.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี EPR
เมื่อ Ore grade ต่างกัน 34
รูปที่ 2.5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี EPR
เมื่อความเข้มข้น U-235 ต่างกัน 34
รูปที่ 2.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี EPR
เมื่อ Burn-up rate ต่างกัน 35
รูปที่ 2.7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี EPR
เมื่อ Thermal efficiency ต่างกัน 35
รูปที่ 2.8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี EPR
เมื่อCapacity factor ต่างกัน 36
รูปที่ 2.9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี EPR เมื่อ Life time ต่างกัน 37
รูปที่ 2.10 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกรณี Base line ที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี ABWR
เมื่อวิธี Enrichment ต่างกัน 38
รูปที่ 2.11 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี ABWR
เมื่อ Waste to ore ratio ต่างกัน 38
รูปที่ 2.12 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี ABWR
เมื่อ Ore grade ต่างกัน 39
รูปที่ 2.13 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี ABWR
เมื่อความเข้มข้น U-235 ต่างกัน 40

รูปที่ 2.14 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี ABWR
เมื่อ Burn-up rate ต่างกัน 41
รูปที่ 2.15 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี ABWR
เมื่อ Thermal efficiency ต่างกัน 42
รูปที่ 2.16 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี ABWR
เมื่อCapacity factor ต่างกัน 42
รูปที่ 2.17 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี ABWR
เมื่อ Life time ต่างกัน 42
รูปที่ 2.18 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกรณี Base line ที่ถูกปลดปล่อยจาก
เทคโนโลยี CANDU 43
รูปที่ 2.19 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี CANDU
เมื่อ Waste to ore ratio ต่างกัน 44
รูปที่ 2.20 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี CANDU
เมื่อ Ore grade ต่างกัน 44
รูปที่ 2.21 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี CANDU
เมื่อ Burn-up rate ต่างกัน 45
รูปที่ 2.22 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี CANDU
เมื่อ Thermal efficiency ต่างกัน 46
รูปที่ 2.23 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี CANDU
เมื่อCapacity factor ต่างกัน 47
รูปที่ 2.24 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากเทคโนโลยี CANDU
เมื่อ Life time ต่างกัน 47