ความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทยในอนาคต

นางสาวครองขวัญ เฉลิมพิชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE POSSIBILITY OF USING HYDROGENENERGY IN THAILAND IN THE FUTURE

Miss Krongkhuan Chalermpichai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทยในอนาคต
โดย	นางสาวครองขวัญ เฉลิมพิชัย
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิสิต ตัณฑวิเชฐ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิสิต ตัณฑวิเชฐ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ปวีนา ประไพนัยนา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ครองขวัญ เฉลิมพิชัย : ความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทยในอนาคต (THE POSSIBILITY OF USING HYDROGENENERGY IN THAILAND IN THE FUTURE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. นิสิต ตัณฑวิเชฐ, 130 หน้า.

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและยั่งยืนในอนาคตของประเทศไทยโดยมุ่งพิจารณาที่ภาคขนส่งของประเทศไทย โดยพิจารณาสัดส่วนความเป็นไปได้ในการใช้ก๊าซไฮโดรเจนในฐานะพลังงานทางเลือกในภาคขนส่งโดยกำหนดขอบเขตที่รถยนต์แบบนั่งส่วนบุคคลขนาดเล็กและมุ่งประเด็นในการพิจารณาระยะเริ่มต้น เป็นระยะเวลา 15 ปี โดยใช้แผนนโยบายพลังงานจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และศึกษาศักยภาพในการผลิตไฮโดรเจนในประเทศไทยว่าสามารถรองรับความต้องการพลังงานไฮโดรเจนในปริมาณนั้นได้เพียงใด และศึกษาแนวคิดในการปรับปรุงหรือเพิ่มศักยภาพในการผลิตไฮโดรเจนในประเทศเพื่อตอบสนองความต้องการนั้น โดยพิจารณาความเหมาะสมตั้งแต่ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต เทคโนโลยีการผลิต การจัดเก็บ และการขนส่งที่เหมาะสม และพิจารณาเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นโดยทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์เกี่ยวกับข้อดี ข้อเสียของพลังงานจากไฮโดรเจน เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้จริงในประเทศไทยในอนาคต

จากการศึกษาพบว่าสำหรับประเทศไทยแล้ว แนวโน้มการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ ยังอยู่ในขั้นตอนเริ่มต้นคือ ขั้นตอนการวางนโยบาย และศึกษาต้นทุนของการก่อสร้างสถานีจ่ายและผลิตไฮโดรเจน อีกทั้งรัฐบาลยังไม่ได้ทำการประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานไฮโดรเจนให้ประชาชนรับทราบ จึงคาดว่าหากรัฐบาลยังไม่เริ่มประชาสัมพันธ์ทำความเข้าใจกับประชาชน และยังไม่ลงทุนสร้างสถานีผลิตและจ่ายพลังงานไฮโดรเจนในปีพ.ศ. 2559 เป้าหมายที่จะผลิตพลังงานไฮโดรเจนให้ได้ 100,000 กิโลกรัมในปีพ.ศ.2560 อาจต้องเลื่อนออกไปอีก ซึ่งจะส่งผลให้ประเทศไทยมีความล้าหลังในการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในประเทศ

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5587502020 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: HYDROGEN ENERGY / FUEL CELL / HYDROGEN FUEL CELL VIHICLE / ALTERNATIVE ENERGY

KRONGKHUAN CHALERMPICHAI: THE POSSIBILITY OF USING HYDROGENENERGY IN THAILAND IN THE FUTURE. ADVISOR: ASST. PROF. NISIT TANTAVICHET, Ph.D., 130 pp.

The possibility of using hydrogen as an alternative energy in the transport section, with the focus on the private cars, in Thailand is studied. The study considers the current technologies and economics of fuel cell cars and hydrogen (including production, storage, transposition and basic infrastructure) and consumers' knowledges and opinions with the outlook for replacing gasoline engine cars with fuel cell cars run by hydrogen. The study is based on the energy policy set by The Thai's Energy Policy and Planning Office, Department of Energy, envisioning the initial phase beginning in 2017, where 100,000 kg hydrogen is planned to use in the transportation. The advantages, disadvantages and obstacles of using hydrogen in the transportation in Thailand are revealed. The study shows that using hydrogen energy in the transportation is still in the initial stage and is required much more works and efforts to reach the set target. Even though the technology of fuel cell cars is mature enough to compete with the current internal combustion engine cars, several shortcomings are needed to be addressed, such as the fuel cell cars' prices, the city infrastructure, and the costs of hydrogen production and hydrogen filling stations. The government's policies are expected to play a major role in making it happen. The government is needed to show a stronger support, otherwise the country will lag behind in the implementation of hydrogen energy in the country.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2015		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีส่วนช่วยเหลือ ให้ความร่วมมือในการค้นคว้าเพื่อเขียนวิทยานิพนธ์ รวมถึงบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกอาจารย์ที่ปรึกษาขอกราบพระคุณคือ ผศ.ดร.นิสิต ตันฑวิเชฐ อาจารย์ที่ปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน ตลอดทั้งคณะกรรมการสอบ ผู้สนับสนุน ผู้ให้ข้อคิดเห็น ให้ข้อมูล บริษัทผลิตแก๊สไฮโดรเจนในประเทศไทย กระทรวงพลังงาน และผู้ที่อนุญาตให้ใช้ข้อเขียนหรือเครื่องมือในการวิจัย เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด ผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่าสูง ไว้ ณ โอกาส นี้ นอกจากนี้ ผู้ศึกษาใคร่ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกสาขาวิชาที่ได้สั่งสอน ได้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ที่ไม่ได้กล่าวนาม รวมถึงเจ้าหน้าที่ในรั้วจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน

ขอขอบพระคุณบุคคลคนที่สำคัญที่สุด คุณพ่อฟูศักดิ์ เฉลิมพิชัย และคุณแม่บุบผา เฉลิมพิชัย ญาติพี่น้อง และเพื่อนๆที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5
1.3 ขอบเขตการศึกษา 5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
1.5 นิยามคำศัพท์หรือคำสำคัญ 6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไฮโดรเจน 7
2.2 ทฤษฎีทัศนคติ (Theory of Attitude) 26
2.3 ทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค (Theory of Consumer Behavior) 28
2.4 การตัดสินใจการซื้อ 31
2.5 การวิเคราะห์สวอต 32
2.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 32
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 38
3.1 ขั้นตอนการวิจัย 38

หน้า

3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา....39
3.3 เครื่องมือการวิจัย....40
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล....40
บทที่ 4 ผลจากการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล....41
4.1 ศึกษานโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยเพื่อนำมาวิเคราะห์....41
4.2 ศึกษาข้อมูลพลังงานในภาคขนส่งในรูปแบบของน้ำมันเบนซินและข้อมูลปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง....44
4.3 ข้อมูลแก๊สไฮโดรเจน การผลิตแก๊ส กำลังการผลิต เทคโนยีการผลิต การจัดเก็บและการขนส่ง....47
4.4 วิเคราะห์สถานการณ์แก๊สไฮโดรเจนทั่วโลกประกอบด้วยการขนส่งแก๊สไฮโดรเจน การเติมแก๊สไฮโดรเจนในรถยนต์ สถานีจ่ายแก๊ส....50
4.5 ประเมินปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ต้องการ จำนวนการเติมแก๊สไฮโดรเจนในรถยนต์ โดยเปรียบกับน้ำมันที่ใช้ในรถยนต์น้ำมันเบนซิน ขนาดเล็กในปัจจุบัน....53
4.6 วิเคราะห์แผนการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในรถยนต์ส่วนบุคคลโดยใช้ข้อมูลจากแผนพลังงานของสำนักพลังงาน....54
4.7 การคาดการณ์ต้นและความเป็นไปได้ของการสร้างสถานีบริการจ่ายแก๊สไฮโดรเจน....57
4.8 ออกแบบแบบสอบถาม ลงพื้นที่สำรวจ และวิเคราะห์....59
4.9 วิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกร....72
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์....85
5.1 ผลการวิเคราะห์....85
5.2 แนวทางการแก้ไข....86
5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป....87
รายการอ้างอิง....88
ภาคผนวก....93

หน้า

ภาคผนวก ก 94
ภาคผนวก ข 102
ภาคผนวก ค 106
ภาคผนวก ง 108
ภาคผนวก จ 111
ภาคผนวก ฉ 119
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของไฮโดรเจน 8

ตารางที่ 2 แสดงการจำแนกเซลล์เชื้อเพลิง 22

ตารางที่ 3 คำถามที่แสดงทัศนคติทางบวก 28

ตารางที่ 4 คำถามที่แสดงทัศนคติทางลบ 28

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย โอกาส และอุปสรรค์ ของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในภาคขนส่ง 43

ตารางที่ 6 จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2558 45

ตารางที่ 7 สถิติจำนวนรถจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง สะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2558 46

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณการผลิต,สารตั้งต้นในการผลิต และกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงานในประเทศไทยปัจจุบัน 48

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยวิธีต่างๆและการพัฒนาเพื่อสู่เชิงพาณิชย์ 49

ตารางที่ 10 การเปรียบรถยนต์บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ จำกัดที่มีขนาดเท่ากัน 53

ตารางที่ 11 การคาดการณ์จำนวนรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง 56

ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดของข้อมูลรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงโดยมีการนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น 74

ตารางที่ 13 แสดงรายละเอียดของข้อมูลรถยนต์ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน 75

ตารางที่ 14 แสดงรายละเอียดของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นไม่รวมภาษีนำเข้าต่างๆ 78

ตารางที่ 15 แสดงรายละเอียดของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงไม่รวมค่าน้ำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและราคาเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 50 80

ตารางที่ 16 แสดงรายละเอียดของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงโดยราคาเท่ากับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง 82

สารบัญรูป

รูปที่ 1 เปรียบเทียบการใช้และการนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูป 1
รูปที่ 2 อัตราส่วนการนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูป 2
รูปที่ 3 การใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันสำเร็จรูปโดยแบ่งเป็นภาคเศรษฐกิจ 3
รูปที่ 4 คุณแหล่งพลังงานไฮโดรเจน 9
รูปที่ 5 อุปกรณ์ของกระบวนการไฟฟ้าเคมี 11
รูปที่ 6 ถังบรรจุไฮโดรเจนเหลว 12
รูปที่ 7 ขั้นตอนการแปลงพลังงานทั่วไป และกระบวนการเซลล์เชื้อเพลิง 15
รูปที่ 8 ทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง 17
รูปที่ 9 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์ 18
รูปที่ 10 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก 19
รูปที่ 11 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม 19
รูปที่ 12 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์ของแข็ง 20
รูปที่ 13 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน 21
รูปที่ 14 สถานีไฮโดรเจนในประเทศญี่ปุ่น 23
รูปที่ 15 ความรู้สึกนึกคิดของผู้ซื้อ 29
รูปที่ 16 ต้นแบบระบบผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการ Steam reformation จากก๊าซธรรมชาติ 35
รูปที่ 17 ผลการจัดเก็บภาษีสรรพากรปีงบประมาณ 2558(ผลจัดเก็บรายเดือน) 42
รูปที่ 18 โครงสร้างราคาน้ำมัน LPG NGV ณ วันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2559 47
รูปที่ 19 รายละเอียดของสถานีเติมไฮโดรเจน 57
รูปที่ 20 อัตราส่วนของรายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือน 63
รูปที่ 21 อัตราส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์ 63
รูปที่ 22 อัตราส่วนของความรู้และความเข้าใจพลังงานทางเลือกที่ใช้ในรถยนต์ 64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 23 อัตราส่วนของความสนใจรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงหากมีการวางจำหน่ายในตลาด 65

รูปที่ 24 อัตราส่วนของปัจจัยที่ผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง.....66

รูปที่ 25 อัตราส่วนของปัจจัยที่ผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและมีความรู้เรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง 67

รูปที่ 26 อัตราส่วนของปัจจัยที่ผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจแต่ไม่มีความรู้เรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง.....68

รูปที่ 27 อัตราส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง 69

รูปที่ 28 อัตราส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง 70

รูปที่ 29 อัตราส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจแต่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง 71

รูปที่ 30 แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนเปรียบเทียบระหว่างรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นกับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน.....76

รูปที่ 31 แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนเปรียบเทียบระหว่างรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นไม่รวมภาษีนำเข้ากับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน 79

รูปที่ 32 แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่มีภาษีนำเข้า และลดราคาเชื้อเพลิงลงร้อยละ 50.....81

รูปที่ 33 แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนเปรียบเทียบระหว่างรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน และรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่มีราคาเท่ากับรถยนต์เบนซิน.....83

รูปที่ 34 แสดงแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนโดยลดราคาของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง และราคาเชื้อเพลิงลดร้อยละ 50 84

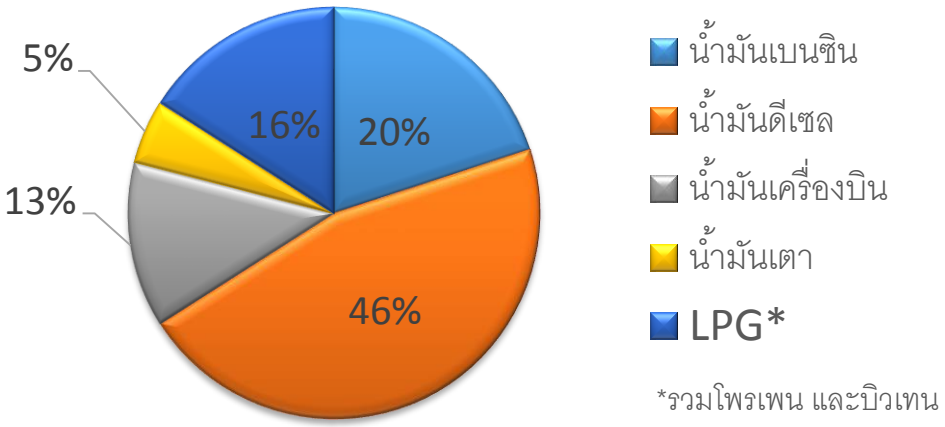
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

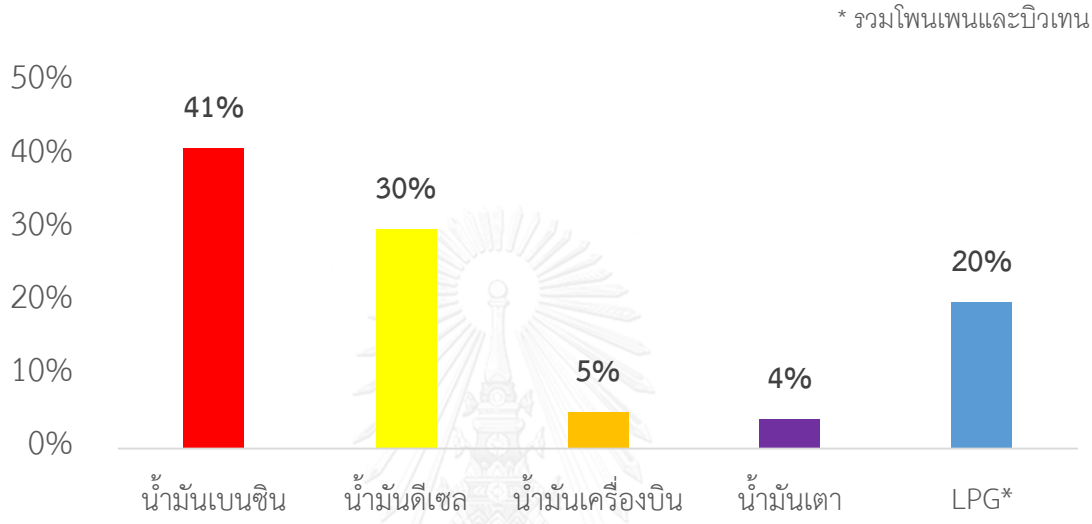
การดำรงชีวิตของมนุษย์ และการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งคือพลังงาน เพราะพลังงานเป็นปัจจัยที่ทำให้โลกในปัจจุบันขับเคลื่อนไปข้างหน้า มนุษย์ค้นพบแหล่งพลังงานมาเป็นระยะเวลานาน เช่น พลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งแปรรูปจากธรรมชาติที่สั่งสมมานานในรูปแบบฟอสซิสหรือเรียกว่าปิโตรเลียม (น้ำมันดิบ) และมนุษย์ได้นำมาแปรรูปโดยการกลั่นและให้นิยามว่าน้ำมันสำเร็จรูป ซึ่งน้ำมันสำเร็จรูปที่นิยมใช้โดยทั่วไปได้แก่ น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลล์ ซึ่งถูกนำมาใช้ในเครื่องจักรกลและพาหนะ เพื่อนำมาผลักดันโลกให้พัฒนาไปข้างหน้า จนกระทั่งทุกคนตระหนักว่าพลังงานที่แปรรูปจากธรรมชาติกำลังจะหมดไป และยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมติดตามมาอย่างมากมาย เช่น มลพิษทางอากาศ ฝนกรด สภาวะเรือนกระจก และปัญหาโลกร้อน ซึ่งมีผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อทั้งระบบนิเวศน์และความเป็นอยู่ของมนุษย์ซึ่งเกิดจากการที่ประเทศไทยมีแหล่งพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลกระทบให้ประเทศไทยเป็นผู้นำเข้าพลังงาน หมายถึงประเทศไทยต้องพึ่งพาแหล่งพลังงานจากผู้อื่น โดยจากสถานการณ์พลังงานพลังงานน้ำมันสำเร็จรูปในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคา – มีนาคม ปี พ.ศ. 2559 ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน มีการใช้น้ำมันสำเร็จรูป จำนวน 12,804 ล้านลิตร[1] โดยสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนดังรูปที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



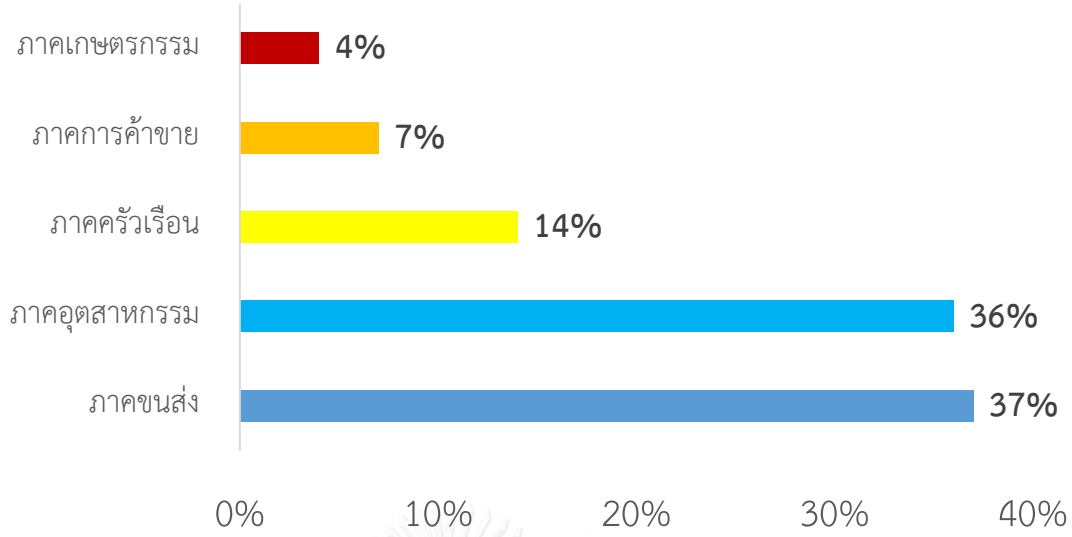
รูปที่ 1 เปรียบเทียบการใช้และการนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูป

จากรูปที่ 1 เห็นได้ว่าประเทศมีการใช้นำมันสำเร็จรูปในรูปของน้ำมันดีเซลมากที่สุดเป็นอันดับแรก โดยคิดเป็นร้อยละ 43 ของพลังงานน้ำมันสำเร็จรูปทั้งหมด และมีปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรองลงมาเป็นอันดับที่สอง คิดเป็นร้อยละ 19 ซึ่งประเทศไทยมีการนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูปเป็นจำนวน 1,054 ล้านลิตร (รายละเอียดตามภาคผนวก ก.)โดยการนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูปแบบจำแนกประเภทของเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 2 [1]



รูปที่ 2 อัตราส่วนการนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูป

จากรูปที่ 2 พบว่าน้ำมันเบนซินมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 41 และรองสุดมาเป็นการนำเข้าน้ำมันดีเซล คิดเป็นร้อยละ 30 ซึ่งคิดเป็นมูลค่าทางพลังงานสูงถึง 163,171 ล้านบาท โดยพลังงานน้ำมันสำเร็จรูปถูกนำมาไปใช้เพื่อผลักดันเศรษฐกิจในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ดังรูปที่ 3 [2]



รูปที่ 3 การใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันสำเร็จรูปโดยแบ่งเป็นภาคเศรษฐกิจ

จากรูปที่ 3 แสดงการใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันสำเร็จรูปโดยแบ่งเป็นภาคเศรษฐกิจ โดยมีการใช้น้ำมันสำเร็จรูปมากที่สุดในภาคการขนส่ง คิดเป็นร้อยละ 37 ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเพื่อนำมาใช้ในภาคขนส่งจึงเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกที่ควรตระหนักและปฏิบัติให้เกิดขึ้นจริงโดยเร็ว เพื่อสร้างความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศ ดังนั้นนโยบายด้านพลังงานของประเทศไทยจึงมีความพยายามที่จะผลักดันให้เกิดการสร้างพลังงานทดแทนที่ใช้ในภาคขนส่งให้ยั่งยืนและรักษาสภาพแวดล้อมโดยพลังงานทดแทนที่ถูกนำมาใช้เป็นอันดับแรก คือ แก๊สธรรมชาติ โดยเฉพาะใน ปี พ.ศ. 2544 เป็นช่วงที่ราคาน้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้น 40 บาทต่อลิตร[3]ทำให้ประชาชนหันมาใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สธรรมชาติมากขึ้น ส่งผลให้มีการใช้แก๊สธรรมชาติมากถึง 379,000 บาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน ในขณะที่ประเทศมีกำลังการผลิตแก๊สธรรมชาติเพียง 322,600 บาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เราจะต้องนำเข้าแก๊สธรรมชาติจากพม่ามากถึง 56,400 บาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน[4] และยังมีแนวโน้มกำลังการใช้แก๊สธรรมขาติจะเพิ่มขึ้นในปีต่อๆไป ซึ่งจะผลต่อความมั่นทางพลังงานของประเทศไทยอย่างเช่น ในกรณีที่สาธารณรัฐสหภาพม่าปิดซ่อมฐานและบำรุงรักษาท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ระหว่างวันที่ 5 – 14 เมษายน พ.ศ. 2556 เป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานจากไฟฟ้า และเชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นช่วงเวลาหยุดยาวตามประเพณีประจำทำให้ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตกระแสฟ้าและการเชื้อเพลิงในประเทศ เป็นเหตุให้การไฟฟ้ามีการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าในบางพื้นเป็นบางช่วงเวลา ซึ่งผลกระทบถึงสถานีวิทยุคมนาคมของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าด้วย อีกทั้งสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีการหยุดจำหน่ายแก๊สธรรมชาติในบางช่วงเวลาทำให้ผู้ที่มี

ความจำเป็นต้องใช้พลังงานแก๊สธรรมชาติได้รับผลกระทบตามไปด้วย ดังนั้นรัฐบาลไทยจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานทดแทนประเภทอื่นนอกเหนือจากแก๊สธรรมชาติเพื่อป้องกันสถานการณ์ขาดแคลนพลังงานในประเทศไทย โดยการพัฒนาพลังงานทางเลือกอื่นๆแต่พลังงานทางเลือกแต่ละชนิดก็ยังพบอุปสรรค์บางประการที่ทำให้มีผลกระทบต่อการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย อาทิเช่น

พลังงานไฟฟ้าจากนิวเคลียร์ ที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน ก่อสร้าง รื้อถอน และทำลายเตาปฏิกรณ์ยังมีมูลค่าที่สูงมาก และยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยที่ประชาชนทั่วไปยอมรับได้ ทางรัฐบาลจำเป็นต้องมีนโยบายเพื่อส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น และความให้ความรู้ ความเข้าใจให้แก่ประชาชน และในปัจจุบันพบว่ายังมีพลังงานหมุนเวียนบางส่วนก็ยังไม่เหมาะสมกับประเทศไทย อันเกิดจากการพัฒนาเทคโนโลยีที่ยังไม่เพียงพอได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งในการติดตั้งยังคงใช้พื้นที่จำนวนมากและ ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน รวมถึงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อสิ้นประสิทธิภาพการใช้งาน ส่งผลให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิคส์ เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ ผลิตมาจากซิลิกอนก่อให้เกิดสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมจำเป็นได้รับการกำจัดอย่างถูกวิธี และทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ในส่วนของการนำขยะมูลฝอยมาแปรรูปเป็นพลังงาน ในปัจจุบันยังต้องใช้การเผาที่มีความร้อนสูงมาก การลงทุนสูง รวมถึงขั้นตอนการแยกขยะก่อนการนำมาเข้าในระบบยังคงต้องทำการวิจัยต่อไป และในส่วนของการนำถ่านหินมาผลิตเป็นพลังงาน ยังไม่ได้รับการยอมรับจากประชาชนเนื่องจากประชาชนมีความเชื่อว่าโรงงานที่ผลิตพลังงานจากถ่านหินนั้นทำให้บริเวณชุมชนเกิดมลพิษและความสกปรกมากขึ้น อีกทั้งการนำถ่านหินมาเป็นพลังงานยังไม่สามารถมาประยุกต์ใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ได้

การผลิตไฮโดรเจนโดยใช้วิธีการแยกน้ำโดยกระแสไฟฟ้าแยกแก๊สไฮโดรเจนออกจากน้ำทำให้ได้ก๊าซไฮโดรเจนออกมา จึงเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจและได้รับการยอมรับจากประชาขน โดยเมื่อนำก๊าซไฮโดรเจนที่ได้มาทำปฏิกิริยารวมกับก๊าซออกซิเจนในเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) ก็จะได้พลังงานไฟฟ้า พร้อมกับความร้อนและน้ำกลั่นบริสุทธิ์เป็นผลพลอยได้ เหตุนี้จึงเป็นการผลิตพลังงานรถยนต์ไม่มีการทำร้ายสิ่งแวดล้อม โดยเป้าหมายหลักคือการนำมาใช้กับรถยนต์ ซึ่งหลายๆประเทศได้มีการทดลองใช้รถยนต์พลังงานไฮโดรเจนในเชิงพาณิชย์แล้วโดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นที่มีการนำรถยนต์ไฮโดรเจนออกมาขายในเชิงพาณิชย์อย่างจริงจัง และในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยได้กำหนดได้มีการกำหนดแผนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 15 ปี พ.ศ. 2555 – 2564 (รายละเอียดในภาคผนวก ข.)[5] กระทรวงพลังงานได้กำหนดนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศให้ได้ ร้อยละ 20.3 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี พ.ศ. 2565 โดยได้กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฮโดรเจนในภาคคมนาคมขนส่งในปริมาณ 100,000 กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2560 เป็นต้นไป เพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันและลดปัญหาสภาวะโลกร้อนและมลพิษ เนื่องจากพลังงานไฮโดรเจน

สามารถผลิตได้จากวัสดุตั้งต้นหลายประเภท ให้พลังงานต่อหน่วยได้สูงสุดในบรรดาเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ และสามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาวะแวดล้อม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการศึกษาพลังงานจากไฮโดรเจนที่ใช้ในภาคขนส่งระดับครัวเรือนเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของการนำพลังงานไฮโดรเจนในภาคขนส่งระดับครัวเรือนมาใช้จริงในประเทศไทยเพื่อความยั่งยืนในอนาคตโดยพิจารณาว่าจะสามารถมาทดแทนพลังงานจากฟอสซิลได้หรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและยั่งยืนในอนาคตของประเทศไทยโดยมุ่งพิจารณาที่ภาคขนส่ง
2. ศึกษาแนวโน้มและการตัดสินใจของประชาชนต่อการเลือกซื้อรถยนต์พลังงานเชื้อเพลิง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาความต้องการพลังงานของประเทศในภาคขนส่งโดยพิจารณาสัดส่วนความเป็นไปได้ในการใช้ก๊าซไฮโดรเจนในฐานะพลังงานทางเลือกในภาคขนส่งโดยกำหนดขอบเขตที่รถยนต์แบบนั่งส่วนบุคคลขนาดเล็กและมุ่งประเด็นในการพิจารณาระยะเริ่มต้น เป็นระยะเวลา 20 ปี โดยใช้แผนนโยบายพลังงานจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.)[5] กระทรวงพลังงานเป็นเกณฑ์ และศึกษาศักยภาพในการผลิตไฮโดรเจนในประเทศไทยว่าสามารถรองรับความต้องการพลังงานไฮโดรเจนในปริมาณนั้นได้เพียงใด และศึกษาแนวคิดในการปรับปรุงหรือเพิ่มศักยภาพในการผลิตไฮโดรเจนในประเทศเพื่อตอบสนองความต้องการนั้น โดยพิจารณาความเหมาะสมตั้งแต่ ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต เทคโนโลยีการผลิต การจัดเก็บ และการขนส่งที่เหมาะสม และพิจารณาเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นในการใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง โดยใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงาน ใช้ข้อมูลทางเทคนิคที่รวบรวมได้ในปัจจุบัน ทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์เกี่ยวกับข้อดี ข้อเสียของพลังงานจากไฮโดรเจน เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้จริงในประเทศไทยในอนาคต รวมถึงจัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างประชาชนเพื่อศึกษาแนวโน้มและการตัดสินใจในการเลือกซื้อรถยนต์พลังงานเชื้อเพลิงอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความเป็นไปได้ของการนำไฮโดรเจนมาใช้เป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและยั่งยืนของภาคขนส่งในอนาคตอันใกล้ของประเทศไทย
2. เป็นแนวทางการพัฒนาพลังงานทางเลือกในรูปแบบพลังงานจากไฮโดรเจนในประเทศไทย
3. เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนโดยรวมของประเทศ

1.5 นิยามคำศัพท์หรือคำสำคัญ

พลังงานไฮโดรเจน เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูง สะอาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ได้รับการพิจารณาว่าน่าจะเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในอนาคตเพื่อทดแทนพลังงานจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ

เซลล์เชื้อเพลิง เป็นอุปกรณ์ในการแปลงพลังงาน (Energy Conversion Device) ซึ่งเปลี่ยนพลังงานเคมีในรูปของก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยผ่านกระบวนการเคมีไฟฟ้าซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับแบตเตอรี่

รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง คือรถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์ในการผลิตไฟฟ้า เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์โดยใช้พลังงานไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไฮโดรเจน

2.1.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ [5]

ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุดและมีมากที่สุดในโลก พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติแต่มักไม่พบในรูปของก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของสารประกอบอื่นๆ เช่น น้ำ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม ไฮโดรเจนมีคุณสมบัติ 3 สถานะ ของแข็ง (โครงสร้างเป็นผลึก 6 เหลี่ยม มีน้ำหนักของโมเลกุลเท่ากับ 22.56 cm^3/mol) ของเหลว (ไม่มีสี ค่าความหนืดต่ำ สามารถเคลื่อนที่ได้เร็ว) และ ในสภาวะปกติไฮโดรเจนจะอยู่ในสถานะแก๊ส (H_2) (แก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นพิษ) เป็นโมเลกุลที่มีความเสถียรมาก มีความแข็งแรงของพันธะเท่ากับ 436 กิโลจูล หรือ 104 กิโลแคลอรีต่อโมล ไม่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาในสภาวะปกติ เนื่องจากไฮโดรเจนมีความแข็งแรงในการยึดโมเลกุลสูง ดังนั้นจะเกิดปฏิกิริยาได้ดี ก็ต่อเมื่อมีอุณหภูมิสูง และ มีตัวเร่งปฏิกิริยา ติดไฟง่าย มีความสะอาดสูง ไม่เป็นพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เมื่อนำก๊าซไฮโดรเจนใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้กับออกซิเจน และให้ความร้อนออกมา โดยมีเพียงไอน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ หรือสามารถใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงผ่านปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีก็สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในการขับเคลื่อนรถ ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ขนาดเล็กจนถึงสถานที่ผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ได้

2.1.2 สมบัติทางเชื้อเพลิงของไฮโดรเจน

ไฮโดรเจนเป็นแก๊สที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเซลล์เชื้อเพลิง เนื่องจากมีความไวต่อปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีทางขั้วแอโนด และเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหรืออากาศได้ผลผลิตเป็นน้ำ ซึ่งไม่มีผลต่อกระทบสิ่งแวดล้อม โดยไฮโดรเจนมักถูกเก็บในรูปของไฮโดรเจนเหลว แต่เนื่องจากไฮโดรเจนไม่ใช่แก๊สที่มีอยู่ปริมาณมากในธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องมีการผลิตไฮโดรเจนขึ้นจากแหล่งเชื้อเพลิงต่างๆ

โดยปกติไฮโดรเจนมีคุณสมบัติเฉพาะตัว มีจุดเดือดของเชื้อเพลิงที่สภาวะปกติที่ 20 องศาเคลวิน หรือ -253.15 องศาเซลเซียส เห็นได้ว่าอุณหภูมิบนพื้นผิวโลกไม่สามารถทำให้ไฮโดรเจนถึงจุดเดือดได้ ค่าพลังงานความร้อนของไฮโดรเจนอยู่ที่ 120 KJ/g มากกว่าค่าพลังงานความร้อนของน้ำมันเบนซินถึง 76.85 kJ/g[6]

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของไฮโดรเจน

คุณสมบัติของไฮโดรเจน	
จุดเดือด (จุดเดือดของเชื้อเพลิงที่สภาวะปกติ)	20 K
ค่าความร้อน	120 kJ/g
ค่าความร้อนแฝงในการระเหย	0.450 kJ/g
ค่าความหนาแน่น	0.084 kg/m^3
สัมประสิทธิ์การแพร่ในอากาศ	0.61 cm2/s
ค่าความเร็วในการลอยตัวในอากาศสภาวะมาตรฐาน	1.2 – 9 m/s
ค่าขอบเขตของการลุกกติดไฟ(ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นจำกัดที่อยู่ในสภาพเชื้อเพลิงเข้มข้นกับสภาพเชื้อเพลิงเจือจางโดยที่การเผาไหม้ยังดำเนินต่อไปได้เป็นการวัดอัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศ)	4.0 – 75 Vol%
อุณหภูมิของเปลวไฟในอากาศ	2318 K
พลังงานจุดคิดไฟต่ำสุดในอากาศ	0.02mJ
อุณหภูมิติดไฟอัตโนมัติ(เป็นอุณหภูมิที่ของผสมจะต้องมีค่าถึงก่อนที่ตัวมันจะลุกติดไฟโดยปราศจากพลังงานภายนอก)	850 K
ความหนืด (Viscosity)(เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบปั๊มและเครื่องอัดแก๊สให้มีสภาพที่เหมาะสมทนกับการสึกหรอ)	0.0000875 g/cm^{-s}
ค่าสัมประสิทธ์การขยายตัวเชิงความร้อน (ใช้ในการคำนวณความดันที่เพิ่มขึ้นในเมื่อของเหลวบรรจุเต็มถัง ถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นและสามารถใช้เป็นข้อมูลในการบรรจุเชื้อเพลิงเหลวในถังปิด)	0.01658 K^{-1}
ค่าความเร็วของเปลวไฟ (Flame speed) (ค่าความเร็วของเปลวไฟในสภาวะมาตรฐาน คือ ความดัน 1 บรรยากาศ, 20 องศาเซลเซียส)	2.65–3.25 m/s

จากตารางที่ 1 แสดงเห็นว่าคุณสมบัติของไฮโดรเจนมีความเหมาะสมสำหรับพลังงานเชื้อเพลิง ตามเหตุผลดังต่อไปนี้[7]

ก. ค่าความร้อนต่อน้ำหนัก เป็นสมบัติที่สำคัญและบ่งบอกคุณภาพของเชื้อเพลิง โดยค่าความร้อนจะเป็นตัวกำหนดราคาเชื้อเพลิง ยิ่งค่าความร้อนสูง แสดงว่าเชื้อเพลิงมีคุณภาพสูง

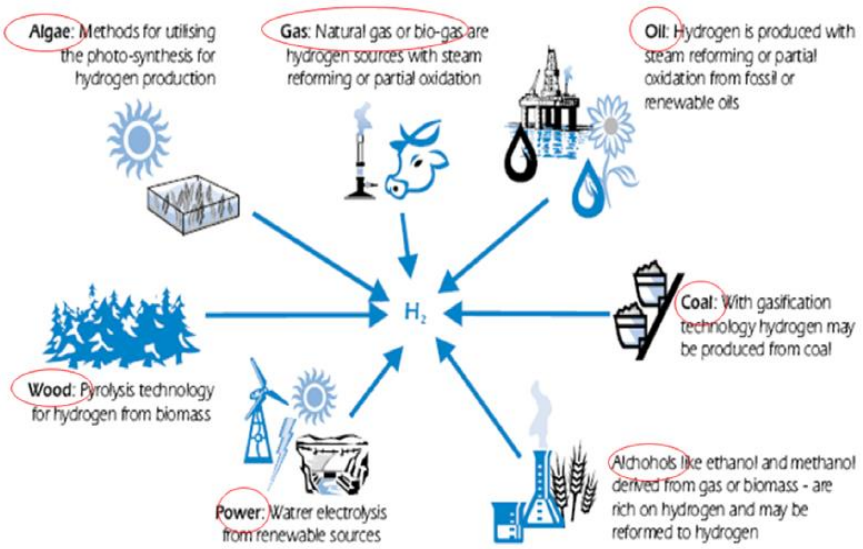
ข. พลังงานต่ำสุดสำหรับการจุดติดไฟในอากาศ ไฮโดรเจนมีค่าพลังงานที่ต่ำทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงสามารถทำงานได้ดีถึงแม้จะทำงานที่สภาพความเข้มข้นจืดจางและยังคงมีการจุดระเบิดที่เหมาะสมกับจังหวะเวลา แต่สมบัติที่ดีมีข้อเสียเนื่องจากอัตราส่วนของผสมไฮโดรเจนกับอากาศสามารถลุกติดไฟในช่วงกว้าง จึงทำให้แก๊สร้อนหรือจุดที่ร้อนบน

กระบอกสูบสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดในการลุกติดไฟ และทำให้มีปัญหาของการจุดระเบิดก่อนเวลาอันสมควรในปัจจุบันแก๊สไฮโดรเจนได้มีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนยานพาหนะ และขับดันจรวด

2.1.3 แหล่งที่มาของไฮโดรเจน[8]

ไฮโดรเจนมีอยู่มากมายมหาศาล โดยธรรมชาติ ส่วนใหญ่ไฮโดรเจนมักรวมตัวอยู่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสารประกอบต่างๆ เช่น น้ำ (H_2O) และ มีเทน (CH_4) เป็นต้น จะไม่พบไฮโดรเจนในรูปของโมเลกุล (H_2) ไฮโดรเจนสามารถผลิตได้โดยการแยกเอาไฮโดรเจนอะตอมออกจากสารประกอบนั้นๆ และรวมตัวกันเป็นไฮโดรเจน โดยในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ (By product) ที่ได้จากกระบวนการการปรุงแต่งแนฟทา (Naphtha reforming) บางส่วนได้จากกระบวนการรีฟอร์มมิ่งแก๊สธรรมชาติด้วยไอน้ำ

ปัจจุบันการผลิตไฮโดรเจนเมื่อพิจารณา จากรูปที่ 4 [9] ไฮโดรเจนมาจากวัตถุดิบเป็นหลักแบ่งออกเป็น 3 แหล่งหลัก คือ จากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น ชีวมวล และน้ำ เป็นต้น และจากพลังงานนิวเคลียร์



รูปที่ 4 คุณแหล่งพลังงานไฮโดรเจน

2.1.4 เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจน[10]

เทคโนโลยีในการผลิตไฮโดรเจน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 เทคโนโลยีหลัก ได้แก่ Thermo Chemical Processes, Electro Chemical Processes และ Photolytic Processes

2.1.4.1 Thermo-chemical Process (กระบวนการความร้อนเคมี)หรือกระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส เป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานจากชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สโดยอาศัยกระบวนเปลี่ยนรูปทางด้านเคมีความร้อน โดยประกอบด้วยปัจจัย คือ อากาศ ออกซิเจน หรือ ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าและไฮโดรเจนเป็นพลังงานหนึ่งที่สามารถผลิตได้โดยวิธีทางเคมีโดยใช้ความร้อน มีวัตถุดิบหลักที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ชีวมวล เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้คือก๊าซสังเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย ไฮโดรเจน(H_2), คาร์บอนมอนนอกไซด์(CO) คาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) น้ำ(H_2O) และมีเทน(CH_4) จากนั้นจะผ่านกระบวนการเพิ่มเติมเพื่อทำให้ได้ไฮโดรเจนที่บริสุทธิ์ขึ้น ซึ่งการผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการความร้อนเคมี ได้แก่

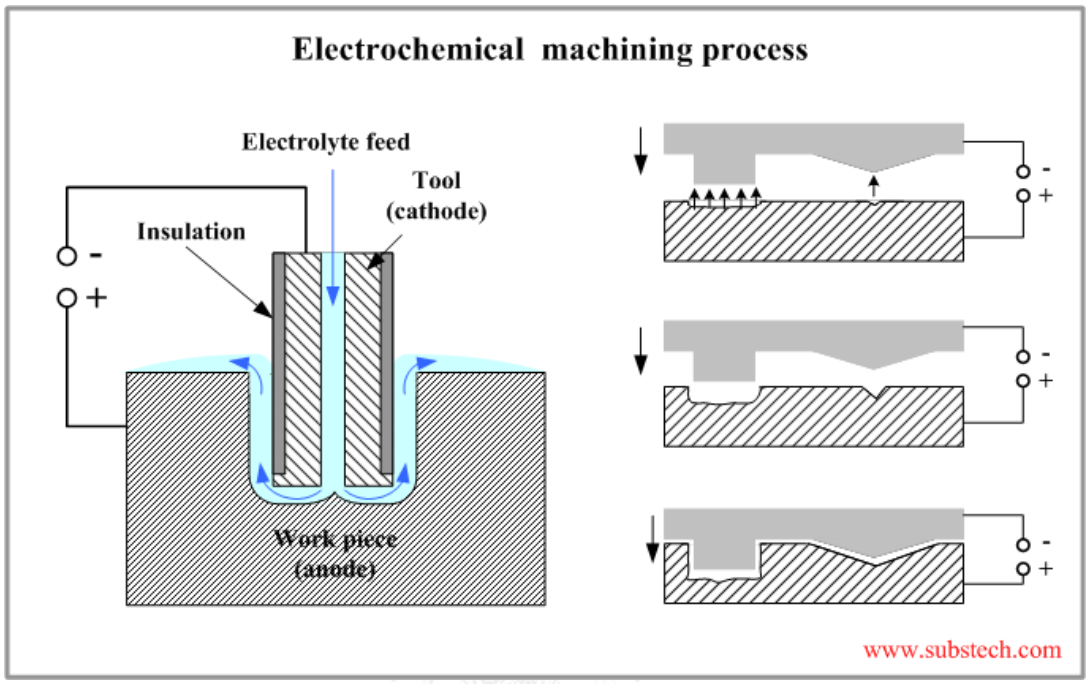
- กระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ (Steam reforming) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฮโดรเจนสูง เสียค่าใช้จ่ายน้อย ได้มีการนำมาใช้เชิงพาณิชย์ โดยหลักของกระบวนการคือการป้อนไอน้ำ เข้าสู่ระบบเพื่อทำปฏิกิริยากับสารไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในสถานะแก๊ส เช่น แก๊สธรรมชาติ แก๊สชีวภาพ และเอทานอลเป็นต้น โดยไฮโดรเจนจะถูกดึงออกจากไอน้ำ สารไฮโดรคาร์บอนส่วนออกซิเจนที่เหลือจากน้ำและคาร์บอนที่เหลือจากไฮโดรคาร์บอนจะรวมตัวกันเป็นแก๊สคาร์บอนไดร์ออกไซด์

- กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปพลังงานจากชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สใช้อุณหภูมิอยู่ที่ 800 – 1800 องศาเซลเซียล โดยอาศัยกระบวนการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิไดร์เซอร์ (อากาศ)ในสภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอทำให้เกิดการเผาไหม้บ้างส่วน(Partial Oxidization)ซึ่งการเผาไหม้ที่ไม่สมบรูณ์จะกลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงได้แก่ แก๊สคาร์บอนนอกไซด์ (CO) ,แก๊สไฮโดรเจน(H_2) และแก๊สมีเทน (CH_4) และเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction) ซึ่งสามารถนำไปผลิตพลังงานได้ต่อไป เชื้อเพลิงส่วนที่เผาไหม้แล้วสุดท้ายจะเหลือเป็นขี้เถ้า[11]

ปัจจุบันการผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำก๊าซธรรมชาติ เป็นกระบวนการที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดในเชิงพาณิชย์ การผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการความร้อนทางเคมีจะสามารถสังเคราะห์แก๊สไฮโดรเจนได้ในระยะเวลารวดเร็ว ต้องการพื้นที่สำหรับกรรมวิธีน้อยกว่าวิธีการอื่น อย่างไรก็ตามมีข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้กรรมวิธีดังกล่าวอยู่หลายประการ อาทิเช่น เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน การรักษา คุณวุฒิและประสบการณ์ของบุคคลของปฏิบัติงานและข้อคำนึงถึงด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าซึ่งในประเทศไทยใช้กระบวนการนี้ในการผลิตไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ

2.1.4.2 Electro-chemical Process (กระบวนการไฟฟ้าเคมี) ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนของขั้วบวก(Anode) และขั้วลบ(Cathode) โดยการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี สารตั้งต้นไม่จำเป็นต้องสัมผัสกันโดยตรง แต่เกิดขึ้นได้โดยการให้หรือรับอิเล็กตรอนผ่านตัวนำไฟฟ้า (conductor)

หรืออาจเป็นสารละลายที่ยอมให้ไอออนเคลื่อนที่ผ่าน เรียกว่า สารละลาย อิเล็กโทรไลต์ เช่น สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ในน้ำ ดังรูปที่ 5[12]



รูปที่ 5 อุปกรณ์ของกระบวนการไฟฟ้าเคมี

จากรูปที่ 5 เป็นการแสดงปฏิกิริยาที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างสาร หรือหมายถึง ปฏิกิริยาออกซิเดชัน–รีดักชัน ปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน เรียกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอนเรียกว่าปฏิกิริยารีดักชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน หมายถึง ปฏิกิริยาที่โมเลกุลหรืออะตอมมีการสูญเสียอิเล็กตรอนจากวงโคจรให้กับโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ในส่วนของปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน (Reduction) จะเกิดคู่กัน สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) และเรียกสารที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนนี้ว่า ตัวออกซิไดส์ (Oxidizing agent) โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันมักจะเกี่ยวข้องกับออกซิเจน นอกจากนี้ออกซิเดชันยังหมายถึงการเสียไฮโดรเจนอะตอมออกจากโมเลกุลอีกด้วย ปฏิกิริยาออกซิเดชันและอนุมูลอิสระนั้นมีความเกี่ยวข้องกัน เนื่องจากปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดอนุมูลอิสระของสารต่างๆ ได้มากมายหลายชนิด และอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอื่นๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป ส่วนอะตอมที่ทำหน้าที่เป็น (Reducing agent) ได้ดีเป็นอะตอมที่มีขนาดใหญ่ จึงมีระยะห่างระหว่าง นิวเคลียส กับอิเล็กตรอนวงนอกสุดมาก จึงมีแรงดึงดูดอิเล็กตรอน (Electronegativity) ต่ำ ทำให้สูญเสียอิเล็กตรอนง่าย

2.1.4.3 Bio-chemecal Process (กระบวนการชีวเคมี) กระบวนการนี้เป็นการผลิตไฮโดรเจนโดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อแยกน้ำเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน มีการใช้แสงแดด

และกระบวนการทางชีวภาพของสาหร่ายเซลล์เดียวและแบคทีเรียในการแยกน้ำให้ เป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน

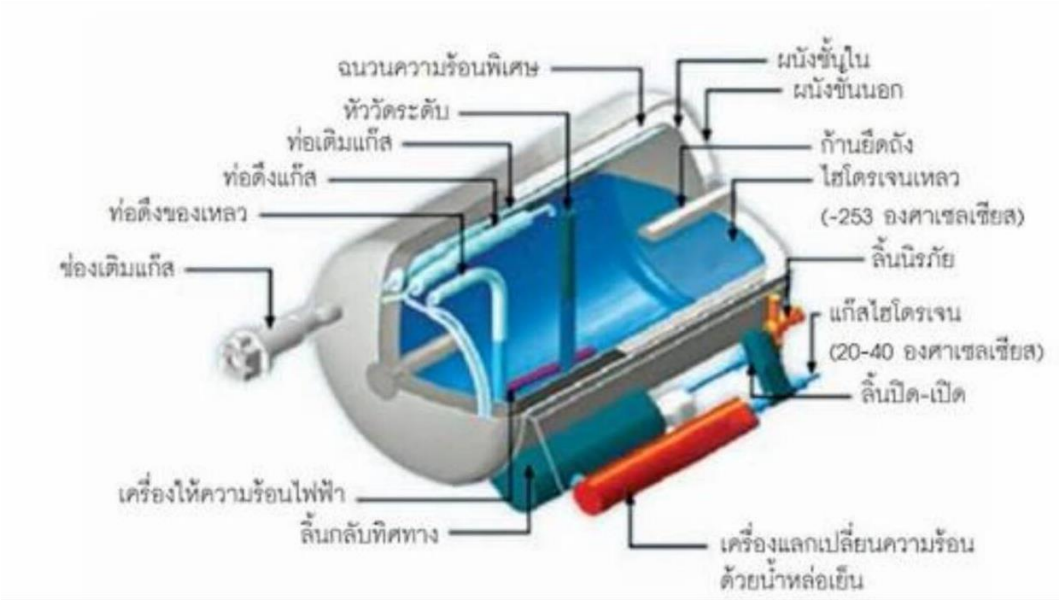
2.1.5 การจัดเก็บก๊าซไฮโดรเจน[13]

การกักเก็บแก๊สไฮโดรเจนมีด้วยกันหลักๆ 3 รูปแบบ

2.1.5.1 การเก็บในรูปแก๊สไฮโดรเจนอัด

การเก็บแก๊สไฮโดรเจนโดยการอัด เพื่อลดปริมาตรเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปมากที่สุด ซึ่งระดับความดัน ที่ใช้สำหรับการเก็บแก๊สไฮโดรเจนอยู่ในช่วง ๒๐ - ๓๐ เมกะพาสคัล รวมทั้ง ถังเก็บแก๊สต้องผ่านการตรวจสอบด้วยความดัน ๗๐ เมกะพาสคัล ปัจจุบันได้ออกแบบภาชนะ สำหรับบรรจุแก๊สไฮโดรเจนอัด ซึ่งทำด้วยวัสดุ ที่มีเส้นใยแก้ว หรือเส้นใยคาร์บอน เป็นวัสดุเสริมแรง และลดน้ำหนักของถัง โดยภายในถังดาดด้วยเส้นใยเหล็กกล้าไร้สนิม หรืออะลูมิเนียม

2.1.5.2 การเก็บในรูปแก๊สไฮโดรเจนของเหลว



รูปที่ 6 ถังบรรจุไฮโดรเจนเหลว

รูปที่ 6 แสดงภาพถังบรรจุไฮโดรเจนเหลวซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรง โดยสามารถจัดเก็บไฮโดรเจนที่มีอุณหภูมิต่ำมากถึง -253 องศาเซลเซียส ระบบเก็บรักษาไฮโดรเจนเหลว รวมทั้งท่อลำเลียง และข้อต่อทั้งหมด ต้องหุ้มฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนเป็นอย่างดี เพื่อป้องกันไม่ให้ไฮโดรเจนเหลว ระเหยเป็นแก๊สอย่างรวดเร็ว ข้อดีที่สำคัญ ของการเก็บไฮโดรเจน ในรูปของเหลว คือ สามารถเติม หรือบรรจุใหม่ได้รวดเร็วเช่นเดียวกันกับเชื้อเพลิงเหลวชนิดอื่น สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีถังบรรจุไฮโดรเจนขนาด ๑๒๕ ลิตร สามารถเติมให้เต็มได้ภายใน ๓ นาทีแต่มีปัญหาในปล่อยก๊าซทิ้งเพื่อควบคุมความดันในถังเก็บอีกทั้งต้องเสียค่าพลังงานไฟฟ้ามากในการทำให้อุณหภูมิต่ำซึ่งสูงถึงหนึ่งในสามของพลังงานไฮโดรเจน การเก็บไว้ในท่อถ่านนาโน (Carbon nanotube) โดยใช้คุณสมบัติ

การดูดซับทางกายภาพของถ่านซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันที่อุณหภูมิต่ำ 70 เคลวิน ความดัน 40 บาร์ จะเก็บไฮโดรเจนได้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักกึ่งอยู่ระหว่างการพัฒนา เทคโนโลยีเพื่อให้เก็บไฮโดรเจนได้มากขึ้นและนำมาใช้งานต่อไป

2.1.5.3 การเก็บในรูปสารประกอบโลหะไฮดรายด์

การเก็บในรูปสารประกอบเคมี จะเป็นในลักษณะการใช้โลหะไฮดรายด์ ซึ่งต้องอาศัยน้ำหนักและอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยสามารถ เก็บได้ประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ และนี่นับเป็นปัญหาของการเก็บในรูปแบบนี้เพราะถังมีน้ำค่อนข้างมากหากจะเก็บในรูปแบบนี้ และ ต้องมาระบายความร้อนออกจากถังโดยใช้โลหะไฮดรายด์ และเก็บในรูปของสารประกอบไฮดรายจำพวกโซเดียมโพแทสเซียมไฮดรายด์ ลิเทียมไฮดรายด์ หรือโซเดียมไฮดรายด์ ซึ่งสามารถคลายไฮโดรเจนออกมา โดยทำปฏิกิริยากับน้ำ จนได้โซเดียมไฮดรอก ไซด์และก๊าซไฮโดรเจนแต่เมื่อนำโซเดียมไฮดรอกไซด์มาให้ความร้อน จะได้โซเดียมไฮดรายด์กับก๊าซออกซิเจนกลับมาใหม่ จึงถือได้ว่าโซเดียมไฮดรายด์เป็นเสมือนพาหะพลังงานที่สามารถอยู่ในรูปของ เม็ดเคลือบผิวกันน้ำสำหรับการขนส่ง

2.1.5.4 การเก็บในรูปสารประกอบ

ไฮไดรด์เหลวการเก็บไฮโดรเจนในรูปสารประกอบไฮไดรด์เหลว เช่น เมทานอล ทำให้ได้อัตราส่วนมวลต่อปริมาตรสูง (ประมาณครึ่งหนึ่งของแกโซลีน) รวมทั้งถังเก็บ และอุปกรณ์ควบต่างๆ ก็มีโครงสร้างพื้นฐานเช่นเดียวกับที่ใช้สำหรับเก็บแกโซลีน ข้อเสียของเมทานอล คือ เป็นสารที่สังเคราะห์จากแก๊สธรรมชาติ มวลชีวภาพ หรือจากปฏิกิริยาของแก๊สไฮโดรเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก่อให้เกิดภาวะมลพิษขึ้นได้ ยิ่งไปกว่านั้นคือ จะต้องใช้พลังงานอีกจำนวนหนึ่งในการเปลี่ยนเมทานอลกลับไปเป็นแก๊สไฮโดรเจน เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับเซลล์เชื้อเพลิง

2.1.5.5 การเก็บในรูปเส้นใยแกรไฟต์นาโน

มหาวิทยาลัยนอร์ทอีสเทิร์น วิทยาเขตบอสตัน (Northeastern University, Boston) ในสหรัฐอเมริกาได้ทำการวิจัย และพัฒนาระบบการเก็บแก๊สไฮโดรเจน โดยการนำแก๊สไฮโดรเจนไปแทรกอยู่ระหว่างชั้นของเส้นใยแกรไฟต์นาโนหลายๆ ชั้น เส้นใยแกรไฟต์นี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1 - 100 นาโนเมตร และมีความยาวระหว่าง 1 - 100 ไมโครเมตร วิธีการที่นำไฮโดรเจนเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างชั้นของเส้นใยแกรไฟต์นาโนนี้ ยังไม่มีคำอธิบายที่แน่ชัด สันนิษฐานว่า อาจเป็นการดูดซึมหรือการดูดซับ โดยการอัดแก๊สไฮโดรเจนด้วยความดัน 13.6 เมกะพาสคัล เป็นเวลา 4-24 ชั่วโมง ความดันที่เก็บแก๊สไฮโดรเจนอยู่ระหว่าง 4-5 เมกะพาสคัล สามารถคงสภาพการเก็บแก๊สไว้ได้ ที่อุณหภูมิห้องด้วยความดัน 3 เมกะพาสคัล และเมื่อความดันลดลงเหลือประมาณร้อยละ 95 แก๊สไฮโดรเจนจะถูกคายออกมาเป็นอิสระ หากใช้ถังที่มีความจุประมาณ 25 ลิตร บรรจุเส้นใยแกรไฟต์นาโน 15 กิโลกรัม เพื่อเก็บแก๊สไฮโดรเจน จะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์นั่ง 4 คน ให้วิ่งไปได้เป็นระยะทางประมาณ 1,500 กิโลเมตร

การใช้เซลล์เชื้อเพลิงในปัจจุบันยังไม่แพร่หลายนัก ทั้งนี้ เนื่องจากการผลิตเซลล์เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูง จำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูงในกระบวนการผลิต รวมทั้งสารตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีที่สุดคือ แพลทินัมนั้น มีราคาแพงมาก ทำให้ต้นทุนของเซลล์เชื้อเพลิงมีราคาสูงไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานอย่างอื่นที่ยังมีต้นทุนต่ำกว่า ดังนั้นจึงต้องอาศัยเวลาอีกระยะหนึ่ง เพื่อศึกษาวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยี ให้สามารถผลิตเซลล์เชื้อเพลิงที่มีต้นทุนต่ำ และผลิตในเชิงการค้าได้

2.1.6 เศรษฐกิจไฮโดรเจน

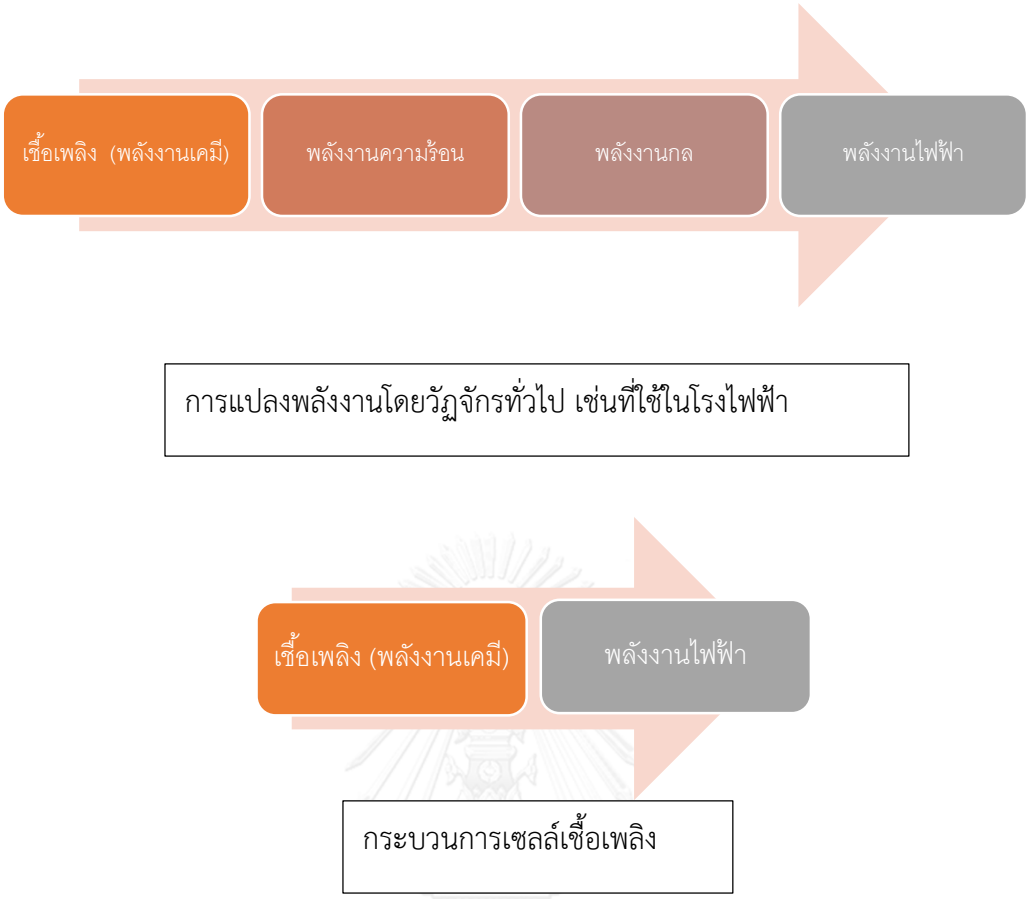
ไฮโดรเจนเป็นพลังงานที่สามารถผลิตได้จากสิ่งที่อยู่รอบตัว ปัจจุบันมีการนำไฮโดรเจนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ หรือใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงโดยปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทั้งการขับเคลื่อนรถยนต์ และผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้มีการพัฒนายานยนต์เซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจนอย่างรวดเร็วทั่วโลก ซึ่งจะมีสมรรถนะดี ราคาต่ำใน การผลิตจำนวนมาก และสามารถแข่งขันทางเศรษฐศาสตร์กับยานยนต์ก้าวหน้าขั้นสูงอื่นๆได้ ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบรถเมอร์เซเดส-เบนซ์รุ่น B-Class F-CELL เป็นรถยนต์ที่มีการใช้พลังงานเซลล์เชื้อเพลิง โดยการนำรถวิ่งรอบโลกผ่านทั้งหมด 14 ประเทศได้สำเร็จ นับเป็นบทพิสูจน์ว่าเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงสามารถใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน[14]

นอกจากนี้ยังใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับกระสวยอวกาศ รวมถึงให้ความร้อน ไฟฟ้า โดยมีผลพลอยได้เป็นน้ำบริสุทธิ์ให้นักบินอวกาศ นอกจากนี้พลังงานไฮโดรเจนยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตปุ๋ย, แอมโมเนีย, กลั่นน้ำมันปิโตรเลียมและสังเคราะห์เมธานอล ฯลฯ ปัจจุบันมีการตั้งโรงงานผลิตไฮโดรเจนขนาดใหญ่และขนส่งไปยังผู้ใช้ ตลอดจนผลิตใช้ในท้องถิ่นและมีสถานีเติมไฮโดรเจนในประเทศญี่ปุ่น

2.1.7 เซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิง [15]เป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานเคมีของเซลล์เชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงในขั้นตอนเดียว ผ่านกลไลทางเคมีไฟฟ้า กระบวนการแปรรูปพลังงานแตกต่างจากกระบวนการทั่วไป ซึ่งส่วนใหญ่ทำการเปลี่ยนพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานความร้อนก่อน จากนั้นจึงเปลี่ยนจากความร้อนไปเป็นพลังงานกลและจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าดังรูปที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 7 ขั้นตอนการแปลงพลังงานทั่วไป และกระบวนการเซลล์เชื้อเพลิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.7.1 **เซลล์เชื้อเพลิง**

เป็นกัลวานิกเซลล์ (Galvanic cell)เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) คือ เครื่องสร้างพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ ไฮโดรเจน (H_2) และ ออกซิเจน (O_2) เป็นเชื้อเพลิง วิธีการสร้างไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงนั้น ใช้หลักการเซลล์ไฟฟ้าเคมี เป็นพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษใดๆพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาหลังจากการสร้างพลังงานไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิง คือ น้ำ (H_2O) โดยจะอยู่ในรูป ไอน้ำ หรือ หยดน้ำ ไฮโดรเจนและออกซิเจน ที่เรานำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าในเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) โดยพื้นฐานแล้วจะอยู่ในสถานะของ แก๊สไฮโดรเจน และ แก๊สออกซิเจน แหล่งที่มาของแก๊สไฮโดรเจน คือ น้ำ (H_2O) หรือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ส่วนออกซิเจนสามารถใช้จากอากาศ

2.1.7.2 **องค์ประกอบสำคัญของเซลล์เชื้อเพลิง**

แอโนด (anode) เป็นขั้วไฟฟ้าที่ให้ประจุลบกับเซลล์เชื้อเพลิง มีหน้าที่ส่งผ่านประจุอิเล็กตรอนหรือประจุไฟฟ้าลบออกไปทางขั้วไฟฟ้า เมื่อต่อสายไฟกับขั้วไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าจะไหลออกไป ส่วนแก๊สไฮโดรเจนที่ถูกดึงอิเล็กตรอนออกไปจะแสดงประจุบวกเรียกว่าโปรตอน

แคโทด (Cathode) เป็นขั้วไฟฟ้าที่ให้ประจุบวกกับเซลล์เชื้อเพลิง มีหน้าที่ต่อเข้ากับสายไฟภายนอก รับอิเล็กตรอนมารวมกับอะตอมของแก๊สออกซิเจนกับไฮโดรเจนกลายเป็นโมเลกุลของน้ำ

อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ทำจากวัสดุต่าง ๆ เช่น สารละลายและเยื่อแผ่นแลกเปลี่ยนไอออน แผ่นพลาสติก มีหน้าที่คือยอมให้ประจุบวกหรือโปรตอนเคลื่อนที่ผ่าน

เซลล์เชื้อเพลิงประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วคือขั้วแอโนด(ขั้วลบ) และขั้วแคโทด(ขั้วบวก)ที่กั้นโดยอิเล็กโทรดไลต์ ที่ขั้วแอโนดมีการให้แก๊สไฮโดรเจนเข้าไป แก๊สไฮโดรเจนแพร่ผ่านแอโนด แก๊สไฮโดรเจนถูกเร่งด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแพตทินัมให้ไฮโดรเจนไอออนกับอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนถูกส่งผ่านเข้าไปในสายไฟเกิดกระแสไฟฟ้าจากนั้นเคลื่อนที่ไปยังขั้วแคโทด ดังสมการที่ 1

$$2H_2 \longrightarrow 4H^+ + 4e^- \qquad E^0_{1/2} = 0\ V \qquad [1]$$

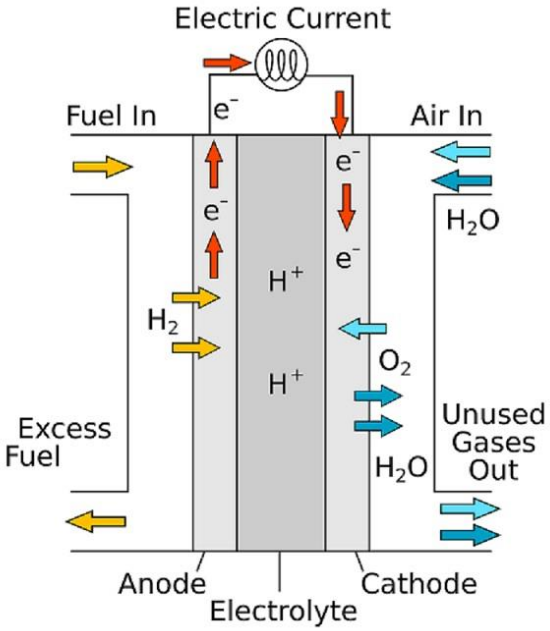
ที่ขั้วแคโทด ให้แก๊สออกซิเจนจากอากาศเข้าไปที่ขั้วแคโทด เมื่อไฮโดรเจนไอออนกับอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่จากแอดโนดมายังขั้วแคโทดทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนจากอากาศที่ให้เข้าไปเกิดเป็นโมเลกุลของน้ำโดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งทำจากแพลตินัม จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันได้น้ำบริสุทธิ์ออกมา ดังสมการที่ 2

$$4H^+ + 4e^- + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad E^0_{1/2} = 1.23\ V \qquad [2]$$

ปฏิกิริยารวมของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นการรวมตัวของไฮโดรเจนและออกซิเจนเกิดเป็นน้ำ ดังสมการที่ 3

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad E^0_{1/2} = 1.23\ V \qquad [3]$$

Chulalongkorn University



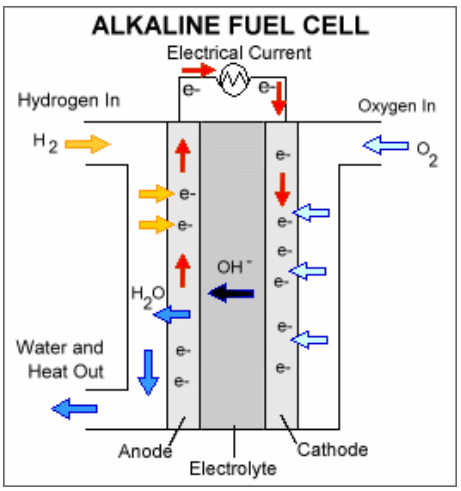
รูปที่ 8 ทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

จากรูปที่ 8 แสดงการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงคือการนำแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ที่เข้าไปทางขั้วแอโนด (Anode) ของเซลล์เชื้อเพลิง Fuel Cell จะถูกกระตุ้นทำให้ อิเล็กตรอน (e-) หลุดออกมา พลังงานไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของ อิเล็กตรอน (e-) จากไฮโดรเจนนี้ โดยพลังงานที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหลังจากที่ไฮโดรเจนปล่อยอิเล็กตรอนนออกไปแล้วจะไหลจากขั้วแอโนด (Anode) ไปยังขั้วแคโทด (Cathode) และรวมตัวกับแก๊สออกซิเจน (O_2) ที่ขั้วแคโทด (Cathod) กลายเป็นน้ำ (H_2O) ออกมาดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง คือ ไฟฟ้ากระแสตรง น้ำ และความร้อนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemical process)

2.1.7.3 การจำแนกเซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างและปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีที่แตกต่างกัน มีการนำมาประยุกต์ใช้งานแตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 5 วิธี ดังต่อไปนี้

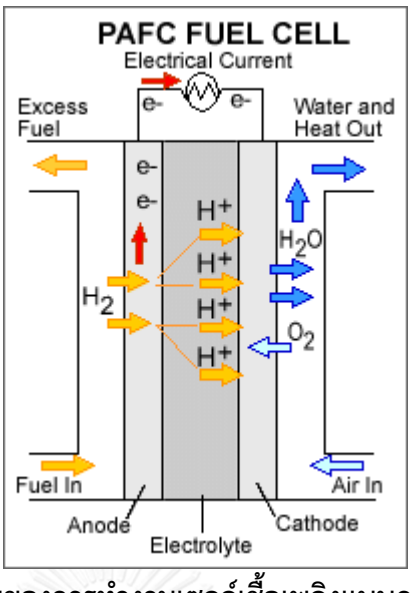
ก. เซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์ (Alkaline Fuel Cell, AFC) เป็นเซลล์ปฐมภูมิชนิดหนึ่ง โดยใช้หลักการเช่นเดียวกับถ่านไฟฉาย ส่วนประกอบต่าง ๆ คล้ายกัน ต่างกันที่ใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แทน แอมโมเนียมคลอไรด์ จึงมีชื่อว่าเซลล์แอลคาไลน์ แปลว่าด่างหรือเบส ภาชนะที่ใช้เป็นโลหะสังกะสีทำให้ผุกร่อนได้ง่าย มีรายละเอียด ดังรูปที่ 9[16]



รูปที่ 9 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์

รูปที่ 9แสดงส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบแอลคาไลน์ คือที่ขั้วแอโนดทำด้วยสังกะสี ที่แอโนดจะถูกล้อมรอบด้วยสารผสมระหว่างสังกะสีกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มีลักษณะเป็นกาว (Paste) ที่แคโทดมีสารผสมระหว่างแมงกานีส (IV) ออกไซด์กับแกรไฟต์ (C) สารละลายอิเล็กโทรไลต์คือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) ซึ่งเป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด (50–70%) แต่เนื่องจากระบบไวต่อการปนเปื้อนมาก จึงจำเป็นต้องใช้ไฮโดรเจนและออกซิเจน ที่บริสุทธิ์เท่านั้น ทำให้ระบบโดยรวมมีราคาสูงมาก ดังนั้นเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้จะถูกใช้ในงานด้านอวกาศ เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีประสิทธิภาพ สูงสุด อุณหภูมิขณะที่ทำงานอยู่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ของเสียที่ได้จากเซลล์เชื้อเพลิงคือ น้ำบริสุทธ์ ซึ่งนักบินอวกาศสามารถใช้บริโภคได้

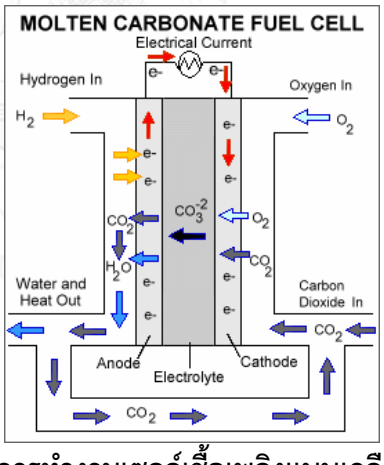
ข. เซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC)เป็นเซลล์เชื้อเพลิงชนิดแรกที่สามารถสร้างขึ้นในเชิงพาณิชย์ เซลล์เชื้อเพลิงชนิดกรดฟอสฟอริกใช้ขั้วไฟฟ้าที่มีแพลทินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแพร่กระจายอยู่บนกระดาษคาร์บอน และใช้กรดฟอสฟอริกในเมทริกซ์ของซิลิคอนคาร์ไบด์เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ มีระดับอุณหภูมิในการทำงานประมาณ 210 องศาเซลเซียส สามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 200 กิโลวัตต์ ดังรูปที่ 10[17]



รูปที่ 10 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริก

ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริกแบบนี้มีประสิทธิภาพประมาณ 35–50% มักนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า ในสถานที่ขนาดเล็กต่างๆ เช่น โรงแรมและสำนักงานต่างๆ เป็นต้น

ค. เซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม (Molten Carbonate FuelCell, MCFC) เซลล์เชื้อเพลิงชนิดคาร์บอเนตหลอมเหลวเป็นเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอุณหภูมิสูงดังรูปที่ 11[18]

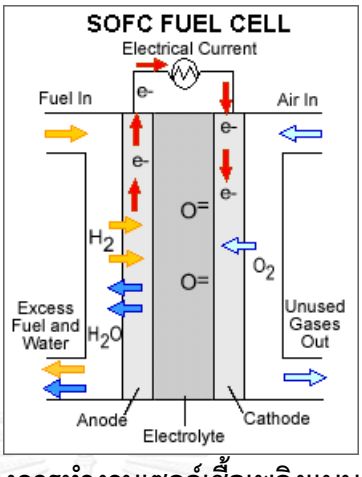


รูปที่ 11 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม

จากรูปที่ 11 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอมซึ่งเกลือคาร์บอเนตที่นิยมใช้เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียคาร์บอเนต ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้ามักใช้โลหะนิกเกิลเป็นส่วนใหญ่ เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้เหมาะสม สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่สำหรับจำหน่ายไฟฟ้า มีอุณหภูมิการทำงานที่สูงมากประมาณ 650 องศาเซลเซียส สามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 2 เมกะวัตต์ และยังให้ไอน้ำความดันสูงออกมา ซึ่งสามารถนำมาช่วยผลิตกระแสไฟฟ้าในลักษณะความร้อนร่วมได้ เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพ

ของระบบโดยรวมสูงขึ้นถึง 80-85 เปอร์เซ็นต์ และเนื่องจากทำงานที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์ของแข็ง ทำให้ไม่ต้องใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ จึงทำให้ระบบโดยรวมมีราคาที่ต่ำกว่า

ง. เซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์ของแข็ง (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) ดังรูปที่ 12 [19]

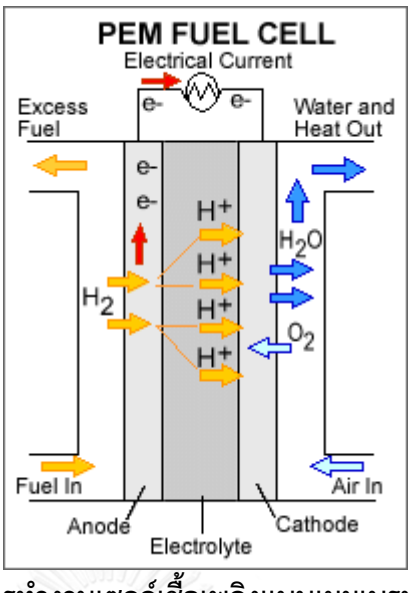


รูปที่ 12 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์ของแข็ง

จากรูปที่ 12 พบว่าส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์ของแข็ง ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์แข็งใช้สารอิเล็กโทรไลต์แข็งเป็นเซรามิกทนความร้อนสูง ที่ทำจากสารประกอบโลหะออกไซด์ เช่น แคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) หรือเซอร์โคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) โดยแคโทดทำด้วยโลหะแลนทานัมแมงกาเนต (lanthanum manganate) ส่วนแอโนด ทำด้วยโลหะ นิกเกิล-เซอร์โคเนีย (nickel-zirconia) ขั้วไฟฟ้าและส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเซลล์ทนความร้อนสูงได้ดี

เซลล์เชื้อเพลิงชนิดมีอุณหภูมิในการทำงานที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับเซลล์เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ คือ ประมาณ 800–1000 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับโรงงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีไอน้ำอุณหภูมิสูงเป็นผลผลิตจากกระบวนการทางเคมี ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในลักษณะความร้อนร่วมได้เช่นเดียวกับเซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม ทำให้ประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นสูงถึงประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในระบบที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงมากๆ นั้นเซลล์เชื้อเพลิงแบบออกไซด์ของแข็ง จะมีราคาถูกกว่าระบบที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงแบบเกลือคาร์บอเนตหลอม

จ. เซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (ProtonExchange Membrane Fuel Cell, PEMFC) ดังรูปที่ 13[20]



รูปที่ 13 ส่วนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

จากรูปที่ 13 แสดงวนประกอบของการทำงานเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนเป็นเซลล์เชื้อเพลิงขนาดกะทัดรัดที่สุด สารอิเล็กโทรไลต์อยู่ในรูปของแผ่นเยื่อบางๆ ที่ไอออนสามารถซึมผ่านได้ ทำจากพอลิเมอร์ชนิดฟลูออโรซัลโฟเนต (fluoro-sulfonate polymers) ซึ่งมีผู้ผลิตหลายรายและมีชื่อทางการค้าต่างๆ กัน เช่น แนฟิออน (Nafion) เฟลมิออน (Flemion) เอซิเพล็กซ์ (Aciplex) นีโอเซปตา-เอฟ (Neosepta-F) แผ่นเยื่อนี้มีความหนาประมาณ ๕๐ - ๑๗๕ ไมโครเมตร ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมากคือแพลทินัม หรือแพลทินัมผสมโลหะบางชนิด เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ได้รับความนิยมมาก ในการนำมาประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากมีอุณหภูมิในการทำงานที่ไม่สูงมากนักประมาณ 80 องศาเซลเซียล และราคาที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับเซลล์เชื้อเพลิง ชนิดอื่น รวมถึงมีประสิทธิภาพที่สูง (35-60%) เชื้อเพลิงที่ใช้คือ ไฮโดรเจน(บริสุทธิ์ที่ 99.99%) และอากาศ ปัจจุบันนำมาประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำมาเป็นแหล่งพลังงานขับเคลื่อน สำหรับรถยนต์หรือรถโดยสารสาธารณะ รวมถึงเป็นแหล่งกำเนิดระแสไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อใช้ภายในที่อยู่อาศัย เป็นต้น เซลล์เชื้อเพลิงแต่ละชนิดสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 2 อธิบายถึงข้อดีข้อเสียรวมถึงการประยุกต์ใช้เซลล์เชื้อเพลิง

ตารางที่ 2 แสดงการจำแนกเซลล์เชื้อเพลิง

ประเภทของเซลล์เชื้อเพลิง	อิเล็กโทรไลต์	ทำงานที่อุณหภูมิ(°C)	การประยุกต์	ข้อดี	ข้อเสีย
เยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน	พอลิเมอร์	60 - 80	- การขนส่ง - ยานพาหนะ - โรงไฟฟ้า - อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เคลื่อนย้ายได้สะดวก	- ไม่ต้องใช้เวลาอุ่นเครื่อง - ใช้อุณหภูมิต่ำ - ไม่มีปัญหาการสึกกร่อนของอิเล็กโทรไลต์	- ไวต่อเชื้อเพลิงที่มีสิ่งปนเปื้อน
แอลคาไลน์	โพแทสเซียม-ไฮดรอกไซด์ (KOH)	90 - 100	- การขนส่ง - การทหาร - ยานอวกาศ - เรือดำน้ำ	- ปฏิกิริยาที่แอโนดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว	
กรดฟอสฟอริก	กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)	175 - 200	- การขนส่ง - โรงไฟฟ้าแบบความร้อนร่วม	- ประสิทธิภาพ 85% - ใช้ H_2 ที่มีสิ่งเจือปนเป็นเชื้อเพลิงได้	- ใช้ Pt ซึ่งมีราคาแพงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา - ให้กระแสไฟฟ้าน้อย - ขนาดใหญ่
คาร์บอเนตหลอมเหลว	โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)	600 - 800	- โรงไฟฟ้าแบบความร้อนร่วม	- ประสิทธิภาพสูง - ปรับชนิดของเชื้อเพลิงได้หลายแบบ	- ใช้อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการสึกกร่อนและสารประกอบของเซลล์เชื้อเพลิงเสียไป
ออกไซด์แข็ง	เซอร์โคเนียม-ออกไซด์ (ZrO_2)	600 - 1000	- โรงไฟฟ้าแบบความร้อนร่วม	- ประสิทธิภาพสูง - ตัวเร่งปฏิกิริยาราคาถูก	- ใช้อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการสึกกร่อนและสารประกอบของเซลล์เชื้อเพลิงเสียไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.8 รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

ในปัจจุบันรถยนต์รุ่นใหม่ที่ใช้ “เชื้อเพลิงไฮโดรเจนเหลว” แทนน้ำมัน โดยใช้เทคโนโลยีใหม่แยก “ไฮโดรเจน” ออกมาจาก “น้ำ” สามารถใช้แทนน้ำมันได้อย่างสมบูรณ์ นับเป็น “ยานยนต์แห่งอนาคต” ที่ไม่ต้องใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง แต่ใช้ “ไฮโดรเจนเหลว” เป็นเชื้อเพลิง กำลังสร้างความตื่นตาตื่นใจไปทั่วโลก

ระบบการทำงานของรถยนต์ไฮโดรเจน เซลล์เชื้อเพลิง จะทำหน้าที่ แยกอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลไฮโดรเจน ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ไฟฟ้าก็ไปขับเคลื่อนเครื่องยนต์ หลังจากนั้นก็ถูกนำกลับไปรวมตัวกับออกซิเจนอีกครั้งเพื่อปล่อยออกไปเป็น “น้ำ” ไม่มีพิษภัยต่ออากาศและสิ่งแวดล้อม เป็นพลังงานหมุนเวียนที่หาได้ง่ายดังแสดงในสมการที่ 1-3

ในปัจจุบันรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง ได้ถูกออกแบบมาโดยให้ความสำคัญเรื่องความปลอดภัยเป็นอย่างมาก ผ่านหลักการพื้นฐานที่รับประกันว่าไฮโดรเจนจะต้องไม่รั่วซึมออกมา ในกรณีฉุกเฉินที่อาจมีการรั่วซึมเกิดขึ้น จะสามารถตรวจจับและหยุดการรั่วซึมของไฮโดรเจนได้ทันที ทั้งยังป้องกันไม่ให้ไฮโดรเจนสะสมในตัวถังรถอีกด้วย การพัฒนาถังไฮโดรเจนความดันสูงที่ป้องกันการรั่วซึมของไฮโดรเจนได้อย่างดีเยี่ยม แข็งแรง ทนทาน เซ็นเซอร์ไฮโดรเจนแจ้งเตือนและสามารถออกคำสั่งปิดวาล์วหลักของตัวถัง ถังไฮโดรเจนและชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับแก๊สไฮโดรเจน ติดตั้งไว้ด้านนอกห้องโดยสาร เพื่อให้ระเหยได้ง่าย เมื่อเกิดการรั่วซึม การใช้คุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น โครงสร้างช่วยกระจายและซับแรงกระแทกในหลากหลายชิ้นส่วน ช่วยเสริมความปลอดภัยในการปกป้องเซลล์เชื้อเพลิง และถังไฮโดรเจนความดันสูง ในกรณีรถชนทั้งด้านหน้า ด้านข้างและด้านหลัง ตัวถังบรรจุเซลล์เชื้อเพลิง ทำจากพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์ (เทอร์โมพลาสติก) ที่ผลิตง่าย น้ำหนักเบาและแข็งแรง ช่วยปกป้องเซลล์เชื้อเพลิงผ่านการซับแรงกระแทกจากสภาพขรุขระของพื้นถนนและสภาวะอื่นๆ

2.1.9 สถานีจำหน่ายไฮโดรเจน

สถานีจำหน่ายไฮโดรเจนได้เริ่มมีการสร้างขึ้นในหลายประเทศ อาทิเช่น ในประเทศญี่ปุ่น บริษัทแก๊สในญี่ปุ่น ได้เปิดตัวสถานีจ่ายเชื้อเพลิงไฮโดรเจนสำหรับรถยนต์โดยเฉพาะ ดังรูปที่ 14[21]

รูปที่ 14 สถานีไฮโดรเจนในประเทศญี่ปุ่น

ทางประเทศญี่ปุ่นพร้อมกำหนดราคาเชื้อเพลิงไฮโดรเจนสำหรับผู้บริโภคที่ใช้รถรุ่นนี้กันอย่างเป็นทางการแล้ว Tokyo Gas บริษัทแปรรูปและจำหน่ายเชื้อเพลิงปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติในประเทศญี่ปุ่น ได้ประกาศราคาสำหรับเชื้อเพลิงไฮโดรเจนสกัดสำหรับรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงใน ราคา 1,100 เยนต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นเงินไทยราคา 300 บาทต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับบริษัท Iwatani ก็ประกาศราคา 1,100 เยนต่อกิโลกรัมไว้เช่นเดียวกัน แต่ทางด้านบริษัท JX Nippon Oil & Energy ได้

กำหนดราคาต่ำกว่า 2 เจ้าเพียง 1,000 เยนต่อกิโลกรัมหรือไม่เกิน 300 บาทคาดการณ์เอาไว้ว่าในช่วงปี 2015 นั้นเชื้อเพลิงไฮโดรเจนยังมีราคาที่สูงเพราะว่ายังเป็นของใหม่ แต่ในอนาคตอันใกล้นี้ราคาไฮโดรเจนจะลดราคาจนมีขนาดที่ถูกลงพร้อมกับการเปิด ตัวรถยนต์พลังงานเซลล์เชื้อเพลิงจากค่ายอื่นๆ ที่ตามมาอีกในอนาคต [21] ส่วนประเทศประเทศสหรัฐอเมริกา บริษัท เชลล์ จำกัด ได้เปิดสถานีบริการจำหน่ายไฮโดรเจน เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงประเภท สถานีเติมก๊าซไฮโดรเจน เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงโดยตั้งอยู่ที่แคลิฟอร์เนีย, สหรัฐอเมริกา (Newport Beach, California, U.S.) โดยทางบริษัท เชลล์ จำกัด ได้ทำการคาดการณ์ว่าจะมีลูกค้าที่ใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell vehicle) เข้ามาใช้บริการ 10-12 รายต่อวัน[22]และประเทศอังกฤษซึ่งมีการใช้พลังงานไฮโดรเจนมาระยะหนึ่งแล้ว และมีการสนับสนุนให้ประชาชนหันมาใช้เพื่อเป็นพลังงานทางเลือก โดยในขั้นต้นจะมีประมาณ 15 สถานีทั่วลอนดอนซึ่งเป็นสถานีที่ทำการผลิตไฮโดรเจนในสถานีบริการโดยผลิตมากจากน้ำประปาและใช้พลังงานทดแทนเข้ามาช่วยในการผลิต และทางประเทศอังกฤษมีแผนการขยายสถานีแก๊สไฮโดรเจนในอนาคตไปทางภาคทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอังกฤษให้ได้ 65สถานี [23]

2.1.10 การขนส่งไฮโดรเจน[24]

แก๊สไฮโดรเจนสามารถถูกขนส่งจากแหล่งผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคได้หลายวิธีการ ดังต่อไปนี้

ก. การขนส่งไฮโดรเจนตามท่อ

ในสหรัฐอเมริกามีระบบท่อลำเลียงก๊าซรวมทั้งหมดยาวกว่า 720 กิโลเมตร ส่วนในยุโรปมีระยะท่อรวมกว่า 1,500 กิโลเมตร ดังนั้นสำหรับเนื้อที่กว้าง ๆ การลำเลียงก๊าซผ่านท่อน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีเพราะประหยัดพลังงานในการขนส่ง ถ้าเทียบพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียในการส่งตามสายไฟฟ้าแรงสูง คิดเป็น 7.5-8% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ส่งไปตามสาย แต่สำหรับการลำเลียงก๊าซผ่านระบบท่อจะสูญเสียพลังงานเพียงครึ่งเดียวเมื่อคิดเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียตามสายไฟในระยะทางที่เท่ากัน ท่อลำเลียงก๊าซไฮโดรเจนปัจจุบันนี้ทำด้วยเหล็กกล้า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25-30 เซนติเมตร และรับความดันได้ถึง 10-20 บาร์ ระบบท่อส่งก๊าซที่เก่าแก่ที่สุดพบได้ที่บริเวณ Ruhr ประเทศเยอรมนี มีความยาว 210 กิโลเมตร ใช้สำหรับลำเลียงไฮโดรเจนให้กับผู้ผลิตและผู้บริโภคกว่า 18 ราย โครงสร้างดังกล่าวได้รับการใช้งานมาเป็นเวลากว่า 50 ปี โดยที่ไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นเลย สำหรับระบบท่อช่วงที่ยาวที่สุดมีความยาว 400 กิโลเมตร ติดตั้งอยู่ระหว่างประเทศฝรั่งเศสและเบลเยี่ยม สำหรับโครงสร้างระบบท่อที่เคยใช้ลำเลียงก๊าซธรรมชาติสามารถใช้ลำเลียงก๊าซธรรมชาติผสมไฮโดรเจนได้ แต่ถ้าต้องการลำเลียงก๊าซไฮโดรเจนบริสุทธิ์ต้องมีการปรับแต่งเพิ่มเติม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนที่ผสมในท่อเหล็ก มีท่ออยู่จำนวนหนึ่งในแถบทะเลเหนือที่ใช้ท่อเหล็กที่มีส่วนผสมของคาร์บอนต่ำ จึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนท่อเพื่อการลำเลียงไฮโดรเจน แต่เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนมี

ความหนาแน่นต่อหน่วยปริมาตรต่ำกว่าก๊าซธรรมชาติ 2.8 เท่า ดังนั้นต้องเพิ่มอัตราเร็วในการส่งก๊าซขึ้นอีก 2.8 เท่าเทียบกับอัตราการส่งก๊าซธรรมชาติ เพื่อทดแทนส่วนต่างของความหนาแน่น ทำให้สามารถลำเลียงไฮโดรเจนด้วยระบบท่อแบบเดิมได้และไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ใด ๆ ทั้งสิ้น ดังนั้นด้วยพลังงานการขนส่งในอัตราเท่ากับการขนส่งก๊าซธรรมชาติ ระบบขนส่งไฮโดรเจนด้วยท่อนี้เมื่อนำไปใช้กับเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นเซลล์เชื้อเพลิง จะส่งให้ผลผลิตสุทธิที่ได้มีปริมาณสูง ระบบโครงสร้างท่อลำเลียงก๊าซธรรมชาติที่ความดันต่ำประมาณ 4 บาร์ จะใช้ท่อพลาสติกในการลำเลียงแทนเพราะมีราคาถูกกว่า อาจจะเป็น PVC (Poly Vinyl Chloride) แต่จะไม่เลือกใช้ HDPE (High Density Poly Ethylene) เพราะว่ามีความเป็นรูพรุนสูงกว่าและไม่สามารถใช้ลำเลียงไฮโดรเจนได้[6]

ท่อลำเลียงก๊าซนอกจากจะใช้เพื่อส่งถ่ายก๊าซแล้วยังใช้เป็นที่เก็บไฮโดรเจนได้ด้วย ดังนั้นในช่วงพีค หรือช่วงที่มีความต้องการใช้ก๊าซในปริมาณสูงสามารถอาศัยเนื้อที่ภายในระบบท่อเป็นที่เก็บไฮโดรเจนได้อีกทาง[25]ก๊าซธรรมชาติที่ขุดได้จากชั้นหินใต้ทะเลในประเทศนอร์เวย์จะถูกลำเลียงขึ้นฝั่งด้วยระบบท่อ ซึ่งมีสัดส่วนไฮโดรเจนในก๊าซธรรมชาติอยู่ถึง 15% และสามารถนำไปผลิตเป็นไฮโดรเจนได้ด้วยกระบวนการที่มีระบบกำจัดและฝังเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนก๊าซที่ต้องขนส่งจะมีราคาจัดจำหน่ายที่แพงขึ้น สำหรับภาษีคาร์บอนที่ประเทศผู้รับซื้อต้องจ่ายก็จะลดลง ด้วยวิธีการนี้จะช่วยเพิ่มรายได้เข้าสู่สังคมแถบนอร์เวย์จากไฮโดรเจนได้มากขึ้น ส่วนก๊าซที่ผสมระหว่างไฮโดรเจนกับมีเธน สามารถใช้ได้เหมือนกับก๊าซธรรมชาติแต่จะให้แฟกเตอร์การสันดาปสูงกว่าเพราะว่าเชื้อเพลิงผสมดังกล่าวมีค่าความจุความร้อนสูงกว่าก๊าซธรรมชาติ

ข. **การขนส่งไฮโดรเจนเหลว**

ไฮโดรเจนเหลวหรือ (LH_2) คือไฮโดรเจนที่อยู่ภายใต้ความเย็นระดับต่ำกว่า - 253 องศาเซลเซียล ซึ่งต้องใช้พลังงานจำนวนมหาศาลในการทำให้มันเย็นตัวได้ในระดับนั้น แต่เมื่ออยู่ในสภาพของเหลวแล้วกลับมีข้อดีเนื่องจากต้องการปริมาตรที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการขนส่งไฮโดรเจนในรูปแบบแก๊ส โดยเฉพาะเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ในยานอวกาศหรือการขนส่งทางอากาศ

การขนส่งไฮโดรเจนเหลวทางบก

นิยมขนส่งด้วยรถบรรทุกที่บรรจุไฮโดรเจนเหลวหรือในรูปก๊าซความดันสูง ซึ่งมีหลายบริษัทใช้วิธีการนี้ในการขนส่งไฮโดรเจน

การขนส่งไฮโดรเจนเหลวทางทะเล

สำหรับไฮโดรเจนเหลวสามารถขนส่งทางเรือได้ โดยใช้ถังบรรจุ LNG (ก๊าซธรรมชาติเหลว) แต่ต้องหุ้มด้วยฉนวนชั้นดีเพื่อรักษาอุณหภูมิของไฮโดรเจนเหลวให้ได้ยาวนานตามระยะการเดินทาง โดยมีบริษัทญี่ปุ่นอย่าง WE-NET และบริษัทร่วมเยอรมันและแคนนาดา German-Canadian Euro

Quebec ที่ใช้ถังดังกล่าวขนส่งไฮโดรเจนทางเรือเดินทะเล ในกรณีที่มีไฮโดรเจนบางส่วนระเหยเป็นก๊าซ ก็จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงบนเรือ

ในปี ค.ศ. 1990 สถาบันวิจัยวัสดุของเยอรมนีได้ประกาศว่าไฮโดรเจนเหลวมีความปลอดภัยเหมือนกับ LPG และ LNG (ก๊าซธรรมชาติเหลว) และยังประกาศให้สามารถขนส่งไฮโดรเจนเหลวขึ้นที่ท่าเรือในเยอรมนีได้

การขนส่งไฮโดรเจนเหลวทางอากาศ

การขนส่งไฮโดรเจนเหลวทางอากาศดูเหมือนจะมีข้อดีกว่าการขนส่งทางเรือเพราะว่าใช้เวลาในการเดินทางสั้นกว่าซึ่งลดปัญหาเรื่องการระเหยของไฮโดรเจนไปได้เยอะ และไฮโดรเจนเหลวก็มีน้ำหนักเบา การศึกษาวิจัยวิธีการขนส่งทางอากาศนี้มีขึ้นที่สถาบันวิจัย CDS ในประเทศแคนนาดาด้วยการสนับสนุนจากโครงการ WE-NET

2.2 ทฤษฎีทัศนคติ (Theory of Attitude)

ทัศนคติเป็นแนวความคิดที่มีความสำคัญมากทางหนึ่งสำหรับนิยามคำว่าทัศนคติ คือเป็นดัชนีชี้ว่าแต่ละบุคคลคิดและรู้สึกอย่างไรกับคนรอบข้าง วัตถุ สิ่งแวดล้อม ตลอดจนสถานการณ์นั้นๆ โดยทัศนคติมีรากฐานมาจากความเชื่อที่อาจส่งผลถึงพฤติกรรมในอนาคตได้ ทัศนคติจึงเป็นเพียงความพร้อมที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าและเป็นมิติของการประเมินเพื่อแสดงว่าบุคคลนั้นชอบหรือไม่ชอบต่อประเด็นหนึ่งๆ

ประเภทของทัศนคติการแสดงออกทางทัศนคติสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท [26] คือ ทัศนคติในทางบวก ทัศนคติในทางลบ และการไม่แสดงออกทางทัศนคติ โดยกาแสดงออกของทัศนคตินั้น เกิดจากการก่อตัวของทัศนคติที่สะสมไว้เป็นความคิดและความรู้สึก จนสามารถแสดพฤติกรรมต่างๆ ออกมาตามทัศนคติต่อสิ่งนั้น จะเห็นได้ว่า

2.2.1 ทฤษฎีการวัดทัศนคติ (Theory of Attitude Measurement)

ในทางจิตวิทยา การวัดทัศนคติเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการดำเนินชีวิตของคน เพราะการรู้ถึงทัศนคติของบุคคลหรือกลุ่มคนที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ว่าเป็นไปในทิศทางใด และมีความเข้มมากน้อยแค่ไหน ย่อมจะทาให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถทานายพฤติกรรมที่อาจจะเกิดขึ้นของบุคคลนั้นได้ [27]และสามารถวางแผนดาเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งกับบุคคลหรือกลุ่มคนนั้นได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ สาหรับเทคนิควิธีที่ใช้วัดทัศนคติ นักจิตวิทยาได้พยายามศึกษาและพัฒนามาตั้งแต่สมัยเริ่มต้นที่มีความสนใจในเรื่องนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิธีหนึ่งที่เป็นที่รู้จักและถูกนามาใช้อย่างแพร่หลายก็คือ มาตรวัดทัศนคติ แต่ความจริงแล้ว การวัดทัศนคติอาจทาได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นจากการสังเกต,การสัมภาษณ์, แบบรายงานตนเอง, เทคนิคการฉายออก ,

การทางานบางอย่างที่กำหนดให้ หรือปฏิกิริยาการตอบสนองทางร่างกาย แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีที่ผู้ศึกษาจะต้องออกไปหาผู้ตอบแบบสอบถามเอง โดยต้องเตรียมตัววางแผนล่วงหน้าว่าจะใช้จานวนผู้ตอบแบบสอบถามจานวนกี่ราย และเลือกสุ่มกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามเอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงมากที่สุด

2.2.2 การวัดทัศนคติ

2.2.1 เทคนิควิธีการวัดทัศนคติ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. วิธีการวัดทางตรง (Direct Procedures) เป็นการวัดทัศนคติโดยให้ผู้ถูกวัดรายงานความคิดความรู้สึกของตัวเองออกมาโดยตรง ตัวอย่างของวิธีการวัดในประเภทนี้ [27]ได้แก่

- มาตรวัดทัศนคติของเธอร์สโตน (Thurstone Scale)
- มาตรวัดทัศนคติของลิเคอร์ท (Likert Scale)
- มาตรวัดทัศนคติของออสกูด (Osgood Scale)
- มาตรวัดข้อความเดียว (The One-item Rating Scale)

2. วิธีการวัดทางอ้อม (Indirect Procedures) เป็นวิธีการที่ถูกนามาใช้เพื่อวัดทัศนคติของบุคคลโดยปราศจากการรู้ตัว ตัวอย่างของวิธีการวัดในประเภทนี้ ได้แก่ การใช้เทคนิคการฉายออก (Projective Technique)ในการศึกษางานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการสร้างมาตรวัดทัศนคติของลิเคร์ท (LikertScale) เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่ามีความเหมาะสมในการนามาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยในครั้งนี้มาตรวัดทัศนคติของลิเคอร์ท (Likert Scale) มาตรวัดทัศนคติของลิเคอร์ท มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “วิธีการประเมินแบบรวมค่า (Methodof Summated Rating)” เป็นมาตรวัดทัศนคติอีกชนิดหนึ่งที่มีผู้นิยมใช้มาก เพราะมีวิธีการสร้างที่ง่าย (Likert Scale)[28] เนื่องจาก

1) ไม่ต้องหาผู้เชี่ยวชาญมาตัดสินเพื่อหาค่าประจาข้อ

2) ไม่ต้องคำนวณหาค่าประจำข้อ

3) มีความเชื่อถือได้สูงมาก ใช้เพียงไม่กี่ข้อก็จะหาค่าความเชื่อถือได้สูงพอ ๆ กับเทคนิคอื่น ๆ ที่ใช้จำนวนข้อมาก

4) ผลที่ได้จากการใช้วิธีนี้ทัดเทียมกับผลที่ได้จากวิธีของเธอร์สโตน กล่าวได้ว่าวิธีการของลิเคอร์ทเป็นวิธีการรวดเร็วกว่า เชื่อถือได้มากกว่า (หรือเท่ากัน) และมีความเที่ยงตรงกว่า (หรือเท่ากัน) สามารถใช้เป็นแบบทดสอบมาตรฐานได้กับคนหลายกลุ่ม

2.2.3 วิธีการสร้างมาตรวัด

วิธีการสร้างมาตราวัดมีความสำคัญมากต่อคุณภาพของงานวิจัยหากการสร้างมาตรวัดไม่ดีผลที่ได้จากงานวิจัยก็จะบกพร่องไปด้วยซึ่งข้อบกพร่องจากการวัดเหล่านี้ไม่สามารถแก้ไขหรือชดเชยได้ไม่ว่าการวิเคราะห์จะดีสักเพียงใด ดังนั้นรายงานผลการวิจัยที่ดีจะต้องสร้างการวัดตัวแปรอย่างชัดเจน ผู้ทำการวิจัยจะต้องเรียนรู้ถึงความหมายประโยชน์ของการวัด หลักที่สำคัญของการวัด ระดับของการ

วัด ความถูกต้องและความเชื่อถือได้ของการวัด ว่าจะวัดทัศนคติเกี่ยวกับอะไร รวบรวมข้อความ หลักในการพิจารณาข้อความต่างๆลำดับข้อความที่รวบรวมมาไปให้คนกลุ่มหนึ่งประเมินค่าว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย มากน้อยแค่ไหน และมีการให้คะแนนหรือกำหนดน้ำหนักความเห็น ดังนี้

ตารางที่ 3 คำถามที่แสดงทัศนคติทางบวก

ระดับความเห็น	คะแนน
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	5
เห็นด้วย	4
เฉย ๆ หรือไม่แน่ใจ	3
ไม่เห็นด้วย	2
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1

จากตารางที่ 3 สำหรับคำถามที่แสดงทัศนคติทางบวก ถ้ารวมคะแนนทั้งหมดของผู้ตอบ ถ้าได้คะแนนมากแสดงว่าผู้ตอบมีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งนั้นมาก ในทางตรงข้าม ถ้าได้คะแนนน้อยแสดงว่าผู้ตอบมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นมาก

ตารางที่ 4 คำถามที่แสดงทัศนคติทางลบ

ระดับความเห็น	คะแนน
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1
เห็นด้วย	2
เฉย ๆ หรือไม่แน่ใจ	3
ไม่เห็นด้วย	4
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	5

จากตางรางที่ 4 ส่วนคำถามที่แสดงทัศนคติทางลบ ถ้ารวมคะแนนทั้งหมดของผู้ตอบได้คะแนนมาก แสดงว่าผู้ตอบมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นมาก ในทางตรงข้าม ถ้าได้คะแนนน้อยแสดงว่าผู้ตอบมีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งนั้นมาก

2.3 ทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค (Theory of Consumer Behavior)

ทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค)[29] นำมาใช้เพื่อประเมินหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์พลังงานไฮโดรเจนจากพฤติกรรมของผู้บริโภค

พฤติกรรม (Behavior) หมายถึง การกระทำหรือการแสดงออกของสัตว์เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า หรือสิ่งที่มากระตุ้น (stimulus) ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นทันทีหรือเกิดขึ้นหลังจากที่ถูกกระตุ้นมาแล้วระยะหนึ่ง

ผู้ซื้อ (Buyer) ผู้ได้รับบริการจากผู้ประกอบธุรกิจ หรือผู้ซึ่งได้รับการเสนอหรือชักชวนจากผู้ประกอบธุรกิจ เพื่อให้ซื้อสินค้าหรือบริการ และหมายความรวมถึงผู้ใช้สินค้าหรือผู้ได้รับบริการจากผู้ประกอบธุรกิจโดนชอบ แม้มิได้เสียค่ายตอบแทนก็ตาม

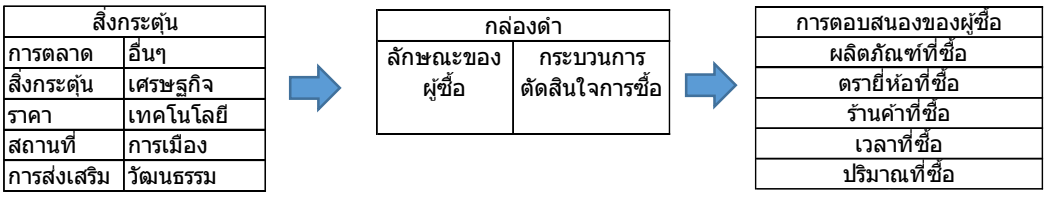
พฤติกรรมของผู้บริโภค (Consumer Behavior) หมายถึง การแสดงออกของแต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้สินค้าและบริการทางเศรษฐกิจ รวมทั้งกระบวนการในการตัดสินใจที่มีผลต่อกาแสดงออก

องค์ประกอบการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค

1. Who ? ใครคือลูกค้าของเรา
2. What ? อะไรที่ลูกค้าของเราต้องการ
3. When ? เมื่อไหร่ที่ลูกค้าซื้อสินค้า
4. Why ? ลูกค้าซื้อสินค้าของเราไปทำอะไร
5. Where ? ลูกค้าของเราชอบเดินเข้าไปซื้อสินค้าในสถานที่แบบใด
6. Who participat ? มีใครบ้างที่เกี่ยวข้องในการซื้อสินค้าแต่ละครั้งของลูกค้า

2.3.1 โมเดลพฤติกรรมผู้บริโภค (A model of consumer behavior)[30]

จุดเริ่มต้นของการทำความเข้าใจกับพฤติกรรมของผู้ซื้อ คือ การศึกษาถึง "โมเดลสิ่งกระตุ้นและการตอบสนอง" (stimulus-response model)
งานของนักการตลาด คือ การทำความเข้าใจกับความรู้สึกนึกคิดของผู้ซื้อ (buyer's consciousness) หรือที่เรียกกันว่ากล่องดำ (black box) โมเดลนี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ดังรูปที่ 15[29]



รูปที่ 15 ความรู้สึกนึกคิดของผู้ซื้อ

จากรูปที่ 15 ความรู้สึกนึกคิดของผู้ซื้อ สามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 เริ่มต้นจากการมีสิ่งกระตุ้นเข้ามากระทบกล่องดำหรือความรู้สึกนึกคิดของผู้ ซื้อ โดยสิ่งกระตุ้นจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สิ่งกระตุ้นทางการตลาด ได้แก่ ส่วนประสมทางการตลาดทั้ง 4 คือ ผลิตภัณฑ์ ราคา สถานที่ และ

การส่งเสริมการตลาด

2. สิ่งกระตุ้นอื่น ๆ ได้แก่ สิ่งแวดล้อมระดับมหภาค ซึ่งอยู่ภายนอกองค์กร เช่น สิ่งแวดล้อมทางเศรษฐกิจ เทคโนโลยี การเมือง และวัฒนธรรม

ส่วนที่ 2 จากสิ่งกระตุ้นดังกล่าวข้างต้นจะกระทบกล่องดำหรือความรู้สึกนึกคิดของผู้ซื้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ลักษณะของผู้ซื้อ (buyer characteristics)

2. กระบวนการตัดสินใจซื้อ (buyer decision process)

ส่วนที่ 3 เป็นขั้นของการตอบสนองของผู้ซื้อ ซึ่งได้ผ่านกระบวนการตัดสินใจซื้อมาแล้ว โดยผู้ซื้อจะมีการตอบสนอง 5 ประการดังนี้

1. การตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อ (product choice)

2. การตัดสินใจเลือกตราสินค้าที่จะซื้อ (brand choice)

3. การตัดสินใจเลือกร้านค้าที่จะซื้อ (dealer choice)

4. การตัดสินใจในเวลาที่จะซื้อ (purchase timing)

5. การตัดสินใจในปริมาณที่จะซื้อ (purchase amount)

ความรู้สึกนึกคิดของผู้ซื้อทั้ง 2 ส่วน คือ ลักษณะของผู้ซื้อ (buyer characteristics) และกระบวนการตัดสินใจซื้อ (buyer decision process)

ลักษณะของผู้ซื้อ (buyer characteristics) จะถูกกระทบจากปัจจัยทางด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยทางด้านวัฒนธรรม (cultural factors)

2. ปัจจัยทางด้านสังคม (social factors)

3. ปัจจัยส่วนบุคคล (personal factors)

4. ปัจจัยทางด้านจิตวิทยา (psychological factors)

1. ปัจจัยทางด้านวัฒนธรรม (cultural factors) ประกอบด้วย

1.1 วัฒนธรรมพื้นฐาน (culture)

เป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อความต้องการและพฤติกรรมของคน โดยเด็กที่กำลังเติบโตจะได้รับอิทธิพลของค่านิยม (values), การรับรู้ (perceptions), ความชอบ (preferences) และพฤติกรรม (behaviors) มาจากครอบครัว และสถาบันที่สำคัญ ๆ เช่น โรงเรียน เป็นต้น

1.2 วัฒนธรรมย่อย (subculture)

ในแต่ละวัฒนธรรมจะประกอบไปด้วยวัฒนธรรมย่อย ๆ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะนำไปสู่การแบ่งส่วนตลาด และการออกแบบกลยุทธ์ส่วนประสมการตลาด (4 P's) ที่แตกต่างกันออกไป ประกอบด้วย

- เชื้อชาติ, สัญชาติ เช่น ไทย จีน อเมริกา อังกฤษ ลาว เป็นต้น

- ศาสนา เช่น พุทธ อิสลาม คริสต์ ซิกข์ เป็นต้น
- พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ เช่น ภาคเหนือ ภาคอีสาน ภาคกลาง ภาคใต้ เป็นต้น

1.3 ชั้นทางสังคม (social class)

เป็นการแบ่งสมาชิกในสังคมออกเป็นลำดับขั้นที่แตกต่างกัน โดยอาศัยตัวแปรต่าง ๆ อาทิ รายได้ อาชีพ การศึกษา ความมั่งคั่ง แหล่งที่พักอาศัย เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งชั้นทางสังคมออกเป็น 3 ระดับชั้นด้วยกัน คือ

1. ชนชั้นระดับสูง (upper class)
2. ชนชั้นระดับกลาง (middle class)
3. ชนชั้นระดับล่าง (lower class)

สมาชิกที่อยู่ในชั้นทางสังคมเดียวกัน ก็จะมีค่านิยม ความสนใจ และพฤติกรรมที่คล้าย ๆ กัน ชั้นทางสังคมที่แตกต่างกันจะนำไปสู่ความชอบในผลิตภัณฑ์ และตราสินค้าที่แตกต่างกันไปด้วย เช่น กลุ่มคนชั้นสูงส่วนใหญ่จะใช้เสื้อผ้า Brand name ขับรถยนต์ราคาแพง เช่น Benz, BMW, Jaguar กิจกรรมยามว่าง ต้องไปเล่นกอล์ฟ หรือออกงานสังคม เป็นต้น

2.4 การตัดสินใจการซื้อ

แนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อ[31]

1.การรับรู้ถึงความต้องการหรือปัญหา (Problem/Need Recognition)

ในขั้นตอนแรกผู้บริโภคจะตระหนักถึงปัญหา หรือความต้องการในสินค้าหรือการบริการซึ่งความต้องการหรือปัญหานั้นเกิดขึ้นมาจากความจำเป็น (Needs) ซึ่งเกิดจาก

(1) สิ่งกระตุ้นภายใน (Internal Stimuli) เช่น ความรู้สึกหิวข้าว กระหายน้ำ เป็นต้น

(2) สิ่งกระตุ้นภายนอก (External Stimuli) อาจจะเกิดจากการกระตุ้นของส่วนประสมทางการตลาด (4 P's) เช่น เห็นขนมเค้กน่ากิน จึงรู้สึกหิว, เห็นโฆษณาสินค้าในโทรทัศน์ - กิจกรรมส่งเสริมการตลาดจึงเกิดความรู้สึกอยากซื้อ อยากได้, เห็นเพื่อนมีรถใหม่แล้วอยากได้ เป็นต้น

2. การแสวงหาข้อมูล (Information Search)

เมื่อผู้บริโภคทราบถึงความต้องการในสินค้าหรือบริการแล้ว ลำดับขั้นต่อไปผู้บริโภคก็จะทำการแสวงหาข้อมูล เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ โดยแหล่งข้อมูลของผู้บริโภค แบ่งเป็น

(1) แหล่งบุคคล (Personal Sources) เช่น การสอบถามจากเพื่อน ครอบครัว คนรู้จักที่มีประสบการณ์ในการใช้สินค้าหรือบริการนั้นๆ

(2) แหล่งทางการค้า (Commercial Sources) เช่น การหาข้อมูลจากโฆษณาตามสื่อต่างๆ พนักงานขาย ร้านค้า บรรจุภัณฑ์

(3) แหล่งสาธารณชน (Public Sources) เช่น การสอบถามจากรายละเอียดของสินค้าหรือบริการจากสื่อมวลชน หรือองค์กรคุ้มครองผู้บริโภค

(4) แหล่งประสบการณ์ (Experiential Sources) เกิดจากการประสบการณ์ส่วนตัวของผู้บริโภคที่เคยทดลองใช้ผลิตภัณฑ์นั้นๆมาก่อน

2.5 การวิเคราะห์สวอต

การวิเคราะห์สวอต[32] เพื่อหาจุดอ่อน จุดแข็ง โอกาส และอุปสรรคของศักยภาพพลังงานไฮโดรเจนซึ่งวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ หรือ การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม เป็นเครื่องมือในการประเมินสถานการณ์ สำหรับองค์กร หรือโครงการ ซึ่งช่วยผู้บริหารกำหนด จุดแข็งและจุดอ่อนจากสภาพแวดล้อมภายใน โอกาสและอุปสรรคจากสภาพแวดล้อมภายนอก ตลอดจนผลกระทบที่มีศักยภาพจากปัจจัยเหล่านี้ ซึ่งการวิเคราะห์สวอตสามารถสรุปความหมายได้ ดังต่อไปนี้

S มาจาก *Strengths* หมายถึง จุดเด่นหรือจุดแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยภายใน เป็นข้อดีที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายในบริษัท เช่น จุดแข็งด้านส่วนประสม จุดแข็งด้านการเงิน จุดแข็งด้านการผลิต จุดแข็งด้านทรัพยากรบุคคล บริษัทจะต้องใช้ประโยชน์จากจุดแข็งในการกำหนดกลยุทธ์การตลาด

W มาจาก *Weaknesses* หมายถึง จุดด้อยหรือจุดอ่อน ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยภายใน เป็นปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายในต่างๆ ของบริษัท ซึ่งบริษัทจะต้องหาวิธีในการแก้ปัญหานั้น

O มาจาก *Opportunities* หมายถึง โอกาส ซึ่งเกิดจากปัจจัยภายนอก เป็นผลจากการที่สภาพแวดล้อมภายนอกของบริษัทเอื้อประโยชน์หรือส่งเสริมการ ดำเนินงานขององค์กร โอกาสแตกต่างจากจุดแข็งตรงที่โอกาสนั้นเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมภายนอก แต่จุดแข็งนั้นเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมภายใน นักการตลาดที่ดีจะต้องเสาะแสวงหาโอกาสอยู่เสมอ และใช้ประโยชน์จากโอกาสนั้น

T มาจาก *Threats* หมายถึง อุปสรรค ซึ่งเกิดจากปัจจัยภายนอก เป็นข้อจำกัดที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งธุรกิจจำเป็นต้องปรับกลยุทธ์การตลาดให้สอดคล้องและพยายามขจัดอุปสรรค ต่างๆ ที่เกิดขึ้นให้ได้จริง

2.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2.7.1 **การวิเคราะห์มูลค่ารายปี (Annual worth Analysis)[33]**

หมายถึง มูลค่ารายปี (AW) จึงมีความหมายเชิงเศรษฐศาสตร์ว่า เป็นมูลค่ารายปีของค่าเงินในปัจจุบัน (PW) และเงินในอนาคต (FW)ต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่าง ๆ ตลอดโครงการ งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์มูลค่าเงินตามกาลเวลาโดยมีปัจจัยหลัก ๆ 3 ประการ คือ อัตราดอกเบี้ย ,

ระยะเวลา และสูตรทางการคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเข้ามาช่วยแก้ปัญหา โดยมีการใช้สัญลักษณ์และศัพท์เฉพาะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

P = มูลค่าปัจจุบัน หรือมูลค่าที่ปีที่ 0 ค่า P นี้อาจหมายถึง Present Worth (PW), Present Value (PV), Net Present Value (NPV) ฯลฯ

F = มูลค่าของเงินในอนาคต ที่ปีที่ n ใด ๆ ที่พิจารณา ค่า F นี้อาจหมายถึง Future Worth (FW) หรือ Future Value (FV)

A = ชุดของ cash flow ที่เกิดขึ้นที่ปลายช่วงเวลา ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ซึ่งลักษณะการเกิดนั้นจะเกิดขึ้นเป็น จำนวนที่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลา

n = จำนวนช่วงเวลาที่พิจารณา

i = อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการพิจารณาโครงการในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งหน่วยของดอกเบี้ยอาจเป็นดอกเบี้ยต่อปี ดอกเบี้ยต่อเดือน ซึ่งสัญลักษณ์ i ที่ระบุนี้จะหมายถึงดอกเบี้ยทบต้นเสมอ

t = ระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็นปี เดือน ฯลฯ

ในการคำนวณหาค่า P ที่เกิดจาก A หรือการหาค่า A เมื่อทราบค่า P สามารถทำการพิสูจน์โดยใช้หลักพื้นฐานของ factor P/F ได้ดังสมการนี้

$$P = A\left(\frac{1}{(1+i)^{1}}\right) + A\left(\frac{1}{(1+i)^{2}}\right) + A\left(\frac{1}{(1+i)^{3}}\right) + \ldots\ldots\ldots\ldots + \left(\frac{1}{(1+i)^{n-1}}\right) + \left(\frac{1}{(1+i)^{n}}\right) \quad [4]$$

ในแต่ละวงเล็บคือตัวประกอบ P/F สำหรับปีที่ 1 ถึงปีที่ n ตามลำดับ หากดึงค่า A ออกมาเป็นตัวประกอบร่วมจะได้สมการดังต่อไปนี้

$$P = A\left(\frac{1}{(1+i)^{1}} + \frac{1}{(1+i)^{2}} + \frac{1}{(1+i)^{3}} + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{(1+i)^{n-1}} + \frac{1}{(1+i)^{n}}\right) \quad \textbf{[5]}$$

ทำการหาค่าตัวประกอบ P/A โดยนำสมการ [2.4] คูณด้วยแฟกเตอร์ (P/F, i%, 1) นั่นคือ (1 / (1+i)) การคูณด้วยแฟกเตอร์นี้ทำให้เกิดสมการ [2.5] ดังต่อไปนี้

$$\frac{P}{(1+i)^{1}} = A\left(\frac{1}{(1+i)^{2}} + \frac{1}{(1+i)^{3}} + \frac{1}{(1+i)4} + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{(1+i)^{n}} + \frac{1}{(1+i)^{n+1}}\right) \quad \textbf{[6]}$$

นำสมการ [2.5] ตั้ง ลบด้วยสมการ [2.4] จะได้สมการ [2.6] ในการหาค่าตัวประกอบ P/A ซึ่งสมการนี้จะเป็นจริงเมื่อค่า $i \neq 0$

$$P = A\left(\frac{i(1+i)^{n}}{(1+i)^{n}-1}\right), i \neq 0 \qquad \textbf{[7]}$$

ค่าแฟกเตอร์ในวงเล็บจากสมการ [6] เป็นตัวประกอบในการหาค่า Present worth จากค่า A ที่ทราบค่า หรือเรียกว่า Uniform-series present worth factor (USPWF) หรืออาจเรียกว่า P/A factor ซึ่งตัวประกอบนี้จะช่วยในการหาค่า P ซึ่งจะเกิดขึ้นที่ปีที่ 0 ของชุดอนุกรม Cash flow, A ที่มี cash flow ดอกแรกของชุดเกิดขึ้นที่ปลายปีที่ 1 ฉะนั้นค่า P ของอนุกรม cash flow จะเกิดขึ้นก่อนหน้าการเกิด cash flow ดอกแรกของชุดอนุกรมเสมอ

อีกนัยหนึ่ง จะทำการหาค่าของอนุกรม cash flow, A โดยที่เราทราบค่าปัจจุบัน P โดยการกลับสมการ [6] โดยลักษณะของ Cash flow diagram จะเป็นไปตามรูปที่ 2-4 (b) ค่า A ค่าแรกจะเกิดขึ้นหลังจากเกิดค่า 1 ช่วงเวลาเสมอ การหาค่า A สามารถหาได้จากสมการที่ [2.7]

$$A = P\left(\frac{i(1+i)^{n}}{(1+i)^{n}-1}\right) \qquad \textbf{[8]}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าในวงเล็บจากสมการ [8] เรียกว่าเป็นค่าตัวประกอบการระดมทุน หรือ Capital Recovery Factor (CRF) หรือ A/P Factor เป็นการหาค่า A ที่มีค่าเท่ากันตลอดช่วงเวลา n ที่พิจารณาที่อัตราดอกเบี้ยทบต้น i% โดยทราบค่า P

ค่าตัวประกอบ P/A factor และ A/P Factor สามารถหาได้จากการคำนวณตามสูตรจากสมการ [6] และ [8] หรืออาจหาค่าจากการเปิดตารางตามสัญลักษณ์ (Standard Notation) (P/A, i%, n) สำหรับการหาค่า P โดยทราบค่า A หรือ (A/P, i%, n) สำหรับการหาค่า A โดยทราบค่า P

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของประเทศไทย ได้ดำเนินงานวิจัยพื้นฐานด้านพลังงานไฮโดรเจนอย่างต่อเนื่อง เพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการใช้ พลังงานไฮโดรเจนของประเทศในอนาคต ซึ่งโครงการที่ได้ดำเนินการไปแล้ว ได้แก่

2.7.1 โครงการพัฒนาสาธิตการผลิตและจัดเก็บไฮโดรเจน ได้ศึกษาวิจัยและพัฒนาสาธิตระบบการผลิตไฮโดรเจนจากก๊าซธรรมชาติ และการจัดเก็บในรูปของแข็งและก๊าซความดันสูง ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน[24]ได้ต้นแบบระบบผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการ steam reformation จากก๊าซธรรมชาติ ดังรูปที่ 15.

รูปที่ 16 ต้นแบบระบบผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการ Steam reformation จากก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 16 ต้นแบบระบบผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการ Steam reformation จากก๊าซธรรมชาติมีกำลังการผลิต 90 ลิตรต่อวัน และต้นแบบอุปกรณ์การจัดเก็บไฮโดรเจนในรูปแบบเมทัลไฮไดร์ขนาด 300 ลิตร และระบบการจัดเก็บไฮโดรเจน

2.7.2 โครงการผลิตไฮโดรเจนจากระบวนการความร้อนเคมี ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน[33]. ได้พัฒนาสาธิตระบบการผลิต ไฮโดรเจนจากกระบวนการความร้อนเคมีโดยระบบนี้ได้พัฒนาขึ้นใหม่ อาศัยหลักการของกระบวนการไพโรไล ซิส-แก๊สซิฟิเคชั่น และนำความร้อนที่ได้จากการเผาใหม่มาใช้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แก๊สมากขึ้นและปริมาณทาร์ต่ำเป็นผลให้ระบบมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบแก๊สซิฟิเคชั่นทั่วไป ซึ่งระบบดังกล่าวมีศักยภาพในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีสัดส่วนไฮโดรเจนสูงถึงร้อยละ 40 อีกทั้งได้องค์ความรู้และเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการควมร้อนเคมี

2.7.3 โครงการตรวจสอบ ติดตามและปรับปรุงใช้ PEMFC ในรถยนต์เพื่อพัฒนาต้นแบบ ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน[33] เป็นโครงการพัฒนาสาธิตการใช้ PEMFC ในรถยนต์สามล้อ ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยและพัฒนาต้นแบบรถยนต์สามล้อ

เซลล์เชื้อเพลิงคันแรกในประเทศไทยและโครงการตรวจสอบ ติดตามและปรับปรุงใช้ PEMFC ในรถยนต์เพื่อพัฒนาต้นแบบ ได้ดำเนินการปรับปรุงยานยนต์ต้นแบบสามล้อเซลล์เชื้อเพลิง ให้ระบบขับเคลื่อนรถยนต์มีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงดีขึ้น โดยผลที่ออกมาคือมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ 0.255 KWh/Km.

2.7.4 โครงการเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานรองรับการใช้ไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงในภาคคมนาคมขนส่ง ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน[33] มีการศึกษาและ วิเคราะห์เพื่อกำหนดทิศทาง แผนที่นำทางและจัดทำยุทธศาสตร์ตลอดจนร่างแผนปฏิบัติการ เพื่อเป็นการเตรียมความ พร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานรองรับการใช้ไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังได้โปรแกรมที่สามรถช่วยประเมินความต้องการไฮโดรเจนและวิเคราะห์ต้นทุนที่เหมาะสมอีกด้วย

2.7.4 โครงการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมเซลล์เชื้อเพลิง และอุปกรณ์ต่อเนื่อง (FuelCell Economy)ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน [33] ได้พัฒนาเครือข่ายการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงและไฮโดรเจน เพื่อสนับสนุนส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมเซลล์เชื้อเพลิง และอุปกรณ์ต่อเนื่องให้สามารถพัฒนาสัดส่วนการลงทุนอุตสาหกรรมในประเทศได้ต่อไปในอนาคต

2.7.5 โครงการพัฒนาสาธิตเซลล์เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน[34]ได้ศึกษารวบรวมเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ ทดสอบสาธิตการใช้งานของเซลลเชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตรอน (Proton Exchange Membrane Fuel) ขนาด 1 กิโลวัตต์ ตลอดจนประสานงานสร้างเครือข่ายกับภาคอุตสาหกรรม 9หน่วยงานของรัฐและเอกชนในภาคคมนาคมขนส่ง เพื่อสร้างแนวทางการพัฒนาและใช้ประโยชน์เซลล์เชื้อเพลิงในประเทศ และแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรม

2.7.6 ศึกษาศักยภาพของการผลิตไฮโดรเจนทดแทนสำหรับการจัดหาพลังงานในฮ่องกงโดย [35]

กล่าวถึง ประเทศฮ่องกงเป็นประเทศที่มีความต้องการใช้พลังงานสูง มีความเสี่ยงต่อความมั่นคงทางด้านพลังงานและเศรษฐกิจเนื่องจากการผลิตพลังงานส่วนใหญ่ของประเทศฮ่องกงพึ่งพาการนำเข้าของเชื้อเพลิงฟอสซิล การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงพลังงานฟอสซิลยังทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ โดยผู้จัดทำการวิจัยเลือกที่จะศึกษาศักยภาพพลังงานไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนโดยการสมมติอัตราการใช้ไฟฟ้าในแต่ละภาคส่วนและประมาณค่าศักยภาพของแหล่งทรัพยากร และวิเคราะห์เทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฮโดรเจน โดยมุ่งเน้นการใช้พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ การผลิตไฮโดรเจนด้วยไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานลม การผลิตไฮโดรเจนด้วยไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ และ การผลิตไฮโดรเจนด้วยไฟฟ้าที่เกิดจากชีวมวล ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการผลิตไฮโดรเจนที่ดีที่สุด

คือ การผลิตไฮโดรเจนจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนการผลิตจากชีวมวลยังต้องทำการศึกษาและพัฒนาต่อไปเนื่องจากการผลิตใช้อุณหภูมิสูง มีความเสี่ยงต่อการระเบิด

2.7.7 ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศไทย[36]

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์ในประเทศไทย โดยอ้างอิงราคาน้ำมันดิบของโลกที่ประเทศไทยนำมาใช้เป็นน้ำมันสำเร็จรูป ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ในการผลิตพลังงานไฮโดรเจนของประเทศไทยในปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคต วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในระดับประเทศ และระดับโลก วิเคราะห์ความอ่อนไหวผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ในระดับประเทศพบว่ากรณีการคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบโลกของผู้วิจัยเหมาะสมในการลงทุน เนื่องจากผลประโยชน์ของมูลค่ามลพิษทางอากาศที่ลดลง ส่วนในระดับโลกที่รวมผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามา พบว่า ไม่มีกรณีใดเหมาะสมในการลงทุน ซึ่งสาเหตุมาจากต้นทุนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ถ่านหินลิกไนต์ในการผลิตไฟฟ้ามีค่าสูงมาก ราคาน้ำมันดิบโลกเฉลี่ยที่จะทำให้โครงการคุ้มทุนในการวิเคราะห์ทางการเงิน ทางเศรษฐศาสตร์ในระดับประเทศ และระดับโลก คือ 407.38 375.39 และ 997.65 ดอลลาร์สหรัฐต่อบาร์เรล ตามลำดับ ในส่วนของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบโลกออกเป็น 4 กรณี ได้แก่ การคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบโลกของผู้วิจัย การคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบโลกของ EIA กรณีราคาน้ำมันดิบโลกอ้างอิง สูง และต่ำ ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน พบว่า ไม่มีกรณีใดเหมาะสมในการลงทุน โดยกรณีการคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบโลกของ EIA จะติดลบมากกว่ากรณีของผู้วิจัย เนื่องจากราคาน้ำมันดิบโลกของ EIA ต่ำกว่าผู้วิจัยมาก จากการเชื่อว่าน้ำมันดิบโลกจะไม่หมดไปจากโลกในระยะเวลา 40 ปี ตามที่ผู้วิจัยคาดการณ์เอาไว้ แต่เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวเพิ่มเติม 5 กรณี โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนรถยนต์จดทะเบียนใหม่และต้นทุนคงที่ของสถานีเชื้อเพลิงไฮโดรเจน พบว่า กรณีการคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบโลกของผู้วิจัย ที่ต้นทุนคงที่ของสถานีเชื้อเพลิงไฮโดรเจนลดลง 50% จะมีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากต้นทุนของก๊าซไฮโดรเจนมีค่าน้อยกว่าผลประโยชน์ที่ได้ในการใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในระยะยาว

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทย โดยมุ่งพิจารณาการใช้พลังงานไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนการใช้น้ำมันเบนซินในภาคขนส่ง โดยมีวิธีการศึกษา ดังนี้

3.1.1 ศึกษานโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยเพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยศึกษาแผนพลังงานทดแทนด้านการใช้พลังงานไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิง ตามนโยบายของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงานโดยประเมินความเป็นไปได้ว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลในปัจจุบัน เศรษฐกิจของประเทศไทย และประเมินเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียในการนำแก๊สไฮโดรเจน มาเป็นพลังงานทดแทนในภาคขนส่งในประเทศไทย

3.1.2 รวบรวมข้อมูลความต้องการพลังงานในภาคขนส่งของประเทศไทยในรูปแบบน้ำมันเบนซินและข้อมูลปริมาณรถยนต์ประเภทส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง รวมถึงข้อมูลสถานการณ์ตลาดรถยนต์พลังงานทดแทนในปัจจุบัน

3.1.3 รวบรวมข้อมูลความต้องการแก๊สไฮโดรเจนในรูปแบบทั่วไป การผลิตแก๊สไฮโดรเจนในประเทศไทย โดยรวบรวมข้อมูลผู้ผลิตและกำลังการผลิตไฮโดรเจนในประเทศไทย รวมถึงเทคโนโลยีการผลิต การกักเก็บและการขนส่ง

3.1.4 วิเคราะห์สถานการณ์ของแก๊สไฮโดรเจนของทั่วโลกในปัจจุบันโดยประกอบด้วย การขนส่งแก๊สไฮโดรเจน การเติมแก๊สไฮโดรเจนในรถยนต์ สถานีจ่ายแก๊สไฮโดรเจน

3.1.5 ประเมินปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ต้องการหรือจำนวนการเติมแก๊สไฮโดรเจนเพื่อให้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงวิ่งได้ในระยะทางที่รถยนต์ขนาดเล็กใช้น้ำมันเบนซินในปัจจุบันเป็นเกณฑ์

3.1.6 การวิเคราะห์และประเมินแผนการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้แทนน้ำมันเบนซินในรถยนต์ส่วนบุคคลในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากแผนพลังงานของ สนพ. เป็นเกณฑ์ในการประเมินเพื่อประมาณจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่ใช้พลังงานไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงที่จะใช้ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2575 ซึ่งในระยะเริ่มแรกอ้างอิงจากปริมาณไฮโดรเจน 100,000 กิโลกรัมจะถูกนำมาใช้ในรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลแบบเซลล์เชื้อเพลิง (ปี พ.ศ. 2560)[1]และกำหนดอัตราการเพิ่มจำนวนรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในแต่ละปี โดยอ้างอิงจากการศึกษาของสหรัฐอเมริกา นอกจากนั้นยังได้

ทำการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงตามที่คาดการณ์ไว้ เช่น การเติมแก๊สไฮโดรเจนในรถยนต์ส่วนบุคคล จำนวนสถานีแก๊สไฮโดรเจนที่จำเป็นจะต้องเพียงพอต่อความต้องการในระยะแรก ซึ่งการพิจารณาจะทำการจำกัดให้มีการใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลเท่านั้น รวมถึงประเมินค่าใช้จ่ายในการปรับโครงสร้างพื้นฐานโดยพิจารณาจากความพร้อมพื้นฐานของประเทศว่ามีศักยภาพที่จะประสบความสำเร็จในการดำเนินการตามเป้าหมายของ สนพ. หรือไม่

3.1.7 ประเมินความเป็นไปได้ของการใช้พลังงานไฮโดรเจนในภาคขนส่งและทำการสรุปผลการวิเคราะห์

- การประมาณความต้องการแก๊สไฮโดรเจนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2575 ตลอดจนความสามารถในการผลิตและราคาของแก๊สไฮโดรเจนเพื่อใช้ในรถยนต์เชื้อเพลิงในแต่ละปี
- ประเมินค่าใช้จ่ายของแก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์ส่วนบุคคลในปัจจุบัน โดยใช้เกณฑ์คือระยะทางการเดินทางที่เท่ากัน รวมถึงเปรียบเทียบราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์ในขนาดที่เท่ากัน
- การคาดการณ์ต้นทุนและความเป็นไปได้ของการสร้างสถานีบริการจ่ายแก๊สไฮโดรเจน

3.1.8 ออกแบบแบบสอบถามเพื่อทราบถึงความคิดเห็นและความต้องการใช้พลังงานไฮโดรเจนในภาคขนส่งจากกลุ่มตัวอย่าง

3.1.9 ลงพื้นที่สำรวจและสอบถามประชาชนทั่วไปจำนวนอย่างน้อย 174 ตัวอย่าง และเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป

3.1.10 สรุปผลและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำไฮโดรเจนมาใช้ในภาคขนส่งของประเทศไทย

3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยได้ทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.2.1 การสัมภาษณ์กับผู้ผลิต – ลักษณะการสัมภาษณ์ เป็นการสัมภาษณ์แบบเชิงลึกถึง จะมุ่งเน้นไปที่ผู้เชี่ยวชาญในการผลิตแก๊สไฮโดรเจน โดยมีประเด็นในการสัมภาษณ์คือ ปริมาณที่ผลิตได้ในแต่ละปี เทคโนโลยีในการผลิต การกักเก็บ การขนส่งไปยังผู้ใช้งาน โดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นเป้าหมายในการสัมภาษณ์ ได้แก่ บริษัทผู้ผลิตแก๊สไฮโดรเจนในประเทศไทย

3.2.2 ประชาชนทั่วไป – เป็นการสอบถามกลุ่มตัวอย่างจำนวน 174 ตัวอย่างจากประชาชนทั่วไปโดยมุ่งเน้นไปที่ผู้ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยประเด็นในการสัมภาษณ์คือความสนใจและ

ความต้องการของประชาชน หากมีการวางจำหน่ายรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในประเทศไทย เพื่อนำไปวิเคราะห์ความต้องการของประชาชนต่อการใช้รถยนต์พลังงานทางเลือก

3.3 เครื่องมือการวิจัย

3.3.1 แบบสอบถาม (Questionnaire) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.)

แบบสอบถามนี้เป็นเครื่องมือในการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดอย่างน้อย 100 กลุ่มตัวอย่าง เพื่อสอบถามความเข้าใจความรู้พื้นฐานของเซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง รวมถึงความต้องการและความคิดเห็นเกี่ยวกับรถยนต์พลังงานเชื้อเพลิงหากมีการวางจำหน่ายในตลาด รวมถึงเป็นแนวทางส่งเสริมการใช้รถยนต์พลังงานเชื้อเพลิงโดยแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นการสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยคำถามที่ รายได้ครัวเรือน แผนในการซื้อรถยนต์ในอนาคต รวมถึงความรู้ความเข้าใจของเซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

ส่วนที่ 2 เป็นการสอบถามพฤติกรรมการเลือกซื้อรถยนต์โดยทั่วไป ประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวกับปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อรถยนต์ของประชาชน

ส่วนที่ 3 เป็นการสอบถามการประเมินความต้องการรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับเหตุผลของการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

โดยหลักของงานวิจัยต้องการประเมินศักยภาพของแก๊สไฮโดรเจนในประเทศไทยเพื่อมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในภาคขนส่ง ลดมลพิษทางอากาศ ลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล ปัญญาโลกร้อน รวมถึงการตอบสนองนโยบายของ สนพ. ในด้านของแบบสอบถามจะนำมาใช้เพื่อวัดหาค่าความต้องการของผู้ใช้และความสนใจต่อรถยนต์พลังงานทางเลือก อย่างรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง โดยการวัดค่าการจากวิเคราะห์แบบสอบถาม ใช้วิธีการจัดลำดับค่าความสำคัญ (Ranking Scale) ตามทฤษฎีละวิธีการของ Likert โดยใช้เทคนิคการถ่วงค่าน้ำหนัก (Weighting Score)และเทคนิคของร้อยละ เข้ามาเป็นเทคนิคในการวัดค่าความต้องการ (แสดงในภาคผนวก ค)

บทที่ 4
ผลจากการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและยั่งยืนในอนาคตของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันสังคมไทยหันมาสนใจและให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ทำให้เราตระหนักได้ว่ามีความจำเป็นต้องลดปริมาณการใช้น้ำมันปิโตรเลียม เนื่องจากสถานการณ์ปัจจุบันที่ประชาชนมีความต้องการใช้พลังงานสูงและพลังงานปิโตรเลียมก็เป็นพลังงานหลักในการผลักดันเศรษฐกิจของประเทศไทย ในขณะที่กำลังการผลิตน้ำมันดิบไม่เพียงพอส่งผลให้ประเทศไทยตกเป็นผู้นำเข้าพลังงาน ซึ่งแหล่งพลังงานใหม่ที่เหมาะสมจะต้องเป็นพลังงานที่ใช้เวลาการผลิตที่สามารถผลิตให้เพียงพอกับความต้องการใช้งานของประชาชนในประเทศไทย ในส่วนของแหล่งพลังงานนั้นจะต้องเป็นแหล่งพลังงานที่มั่นคงและยั่งยืน นอกจากเทคโนโลยีในการนำมาใช้งานจะต้องมีความปลอดภัยและได้รับการยอมรับจากประชาชน พลังงานไฮโดรเจนเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถตอบโจทย์ทั้งในด้านความมั่นคงและยั่งยืนของแหล่งพลังงาน ความปลอดภัยของเทคโนโลยีซึ่งเห็นได้จากในปัจจุบันต่างประเทศได้มีการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในเชิงพาณิชย์ ส่วนในประเทศไทยได้มีแผนการส่งเสริมพลังงานไฮโดรเจน และเพื่อตอบสนองนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย ทางผู้วิจัยทำรวบรวมข้อมูลปริมาณการผลิต เทคโนโลยีการผลิต การกักเก็บ การขนส่ง ราคา และ ความต้องการพลังงานในประเทศไทย ปัจจุบันเพื่อนำมาศึกษาและวิเคราะห์การนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในรถยนต์ในประเทศไทย และความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนสถานีจ่ายน้ำมันเป็นสถานีจ่ายแก๊สไฮโดรเจน รวมถึงรูปแบบการขนส่งแก๊สไฮโดรเจนไปยังส่วนต่างๆของประเทศ โดยวิเคราะห์จากความต้องการแก๊สไฮโดรเจนในประเทศไทยในปัจจุบัน

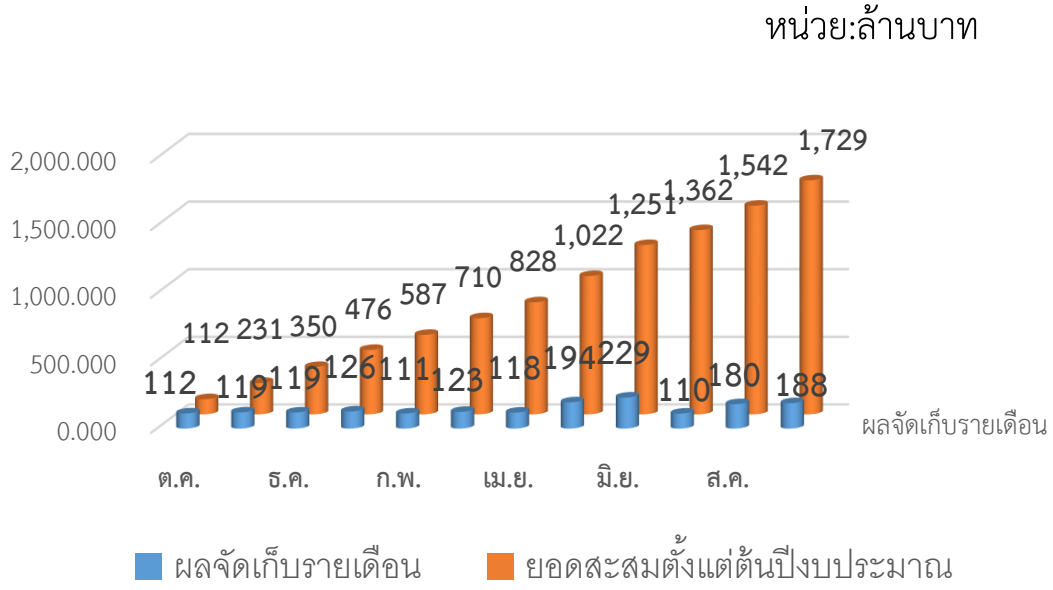
4.1 ศึกษานโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยเพื่อนำมาวิเคราะห์

กระทรวงพลังงานได้กำหนดนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยให้ได้ร้อยละ 20.3 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี พ.ศ. 2565 ได้กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฮโดรเจนในภาคคมนาคมขนส่งปริมาณ 100,000 กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2560 เป็นต้นไป [5]เพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันและลดปัญหาโลกร้อนและมลพิษนั้น

4.1.1 วิเคราะห์เศรษฐกิจของประเทศไทย

เนื่องจากการผลักดันแก๊สไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นด้วยการสนับสนุนจากรัฐบาลซึ่งรัฐบาลได้มีการวางแผนนโยบายเอาไว้แต่ดังนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาเศรษฐกิจในประเทศไทยโดยเริ่มจากการ

พิจารณาการจัดภาษี โดยจำนวนเงินที่สามารถเก็บภาษีในปี พ.ศ. 2558 นั้นมีค่าเท่ากับ 1,729 ล้านบาท ดังแสดงในรูปที่ 17[37]



รูปที่ 17 ผลการจัดเก็บภาษีสรรพากรปีงบประมาณ 2558(ผลจัดเก็บรายเดือน)

เมื่อนำมาพิจารณาควบคู่กับรายจ่ายของรัฐบาลนั้น โดยแบ่งเป็นรายจ่ายประจำและรายจ่ายในการลงทุนมีค่าเท่ากับ 2,776,000 ล้านบาท[37]แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีหนี้สาธารณะเท่ากับ 275,870.55 ล้านบาท ซึ่งหนี้สาธารณะนี้ทางรัฐบาลได้นำมาพัฒนาระบบโลจิสติกส์และระบบขนส่งอยู่ที่ 2ล้านล้านบาท ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารัฐบาลมีความพร้อมที่จะสนับสนุนทางด้านระบบขนส่งและคมนาคมในประเทศไทย

4.1.2 ข้อดีและข้อเสียของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในภาคคมนาคมของประเทศไทย

การวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย โอกาส และอุปสรรค์ของการนำแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้ทฤษฎีวิธีการคิดวิเคราะห์แบบ สวอตซ์ ดังนี้

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย โอกาส และอุปสรรค์ ของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในภาคขนส่ง

จุดแข็ง	**จุดอ่อน**
1. พลังงานไฮโดรเจนมีแหล่งพลังงานมากเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการผลิต 2. เป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดภาวะโลกร้อน 3. คุณสมบัติของพลังงานไฮโดรเจนเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันมีการให้พลังงานมากกว่า 4. สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในภาคขนส่งในรถยนต์ขนาดเล็ก	1.เทคโนโลยีของพลังงานไฮโดรเจนยังเป็นเทคโนโลยีใหม่ 2.ความปลอดภัยของแก๊สไฮโดรเจน
โอกาส	**อุปสรรค์**
1. รัฐบาลมีแบบแผนพลังงานเพื่อกระตุ้นการใช้พลังงานไฮโดรเจน 2. ภาครัฐให้ความสนใจโดยการทำวิจัยการใช้พลังงานไฮโดรเจนในภาคขนส่ง	1. ต้นทุนของแหล่งพลังงานมีราคาสูง 2. ต้นทุนของการกักเก็บเชื้อเพลิงมีราคาสูง 3. ต้นทุนการผลิตมีราคาสูง

จากตารางที่ 5 พบว่าข้อดีของพลังงานไฮโดรเจนคือ พลังงานไฮโดรเจนมีแหล่งพลังงานมากเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการผลิตพลังงานเช่น พลังงานไฮโดรเจนสามารถผลิตจากน้ำได้หากลองพิจารณาทางภูมิศาสตร์ น้ำมีปริมาณมากถึง 7 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นดิน นอกจากนั้นแล้วพลังงานไฮโดรเจนยังเป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงหากเราพิจารณาจากคุณสมบัติของพลังงานไฮโดรเจนโดยอ้างอิงจากบทที่ 2 ข้อ2.1.2 นั้นแสดงให้เห็นได้ว่าพลังงานไฮโดรเจนมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการใช้เป็นพลังงานในภาคขนส่งและการคมนาคม และยังพลังงาน

ไฮโดรเจนสามารถช่วยลดการใช้พลังงานในภาคส่งในครัวเรือนขนาดเล็กได้ แต่ข้อเสียข้อพลังงานไฮโดรเจนนั้นคือเทคโนโลยีของพลังงานไฮโดรเจนยังเป็นเทคโนโลยีใหม่ไม่มีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน รวมถึงพลังงานไฮโดรเจนยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในเรื่องของความปลอดภัยให้ประชาชนได้อีกด้วย พลังงานไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นได้คงต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาเทคโนโลยีและการสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ประชาชน ถึงอย่างไรก็ตามในปัจจุบันรัฐบาลของประเทศไทยได้กำหนดแผนนโยบายเพื่อกระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงาน เช่น แผนการใช้พลังงานทดแทนในประเทศไทย 15 ปี (AEDP) [5] รวมถึงทางหน่วยงานภาครัฐของประเทศไทยได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพลังงานไฮโดรเจนอย่างแพร่หลาย สำหรับอุปสรรค์ของพลังงานไฮโดรเจนนั้น คือ ต้นทุนของแหล่งพลังงานมีราคาสูง หมายถึงหากต้องการผลิตไฮโดรเจนจากแหล่งพลังงานน้ำยังคงใช้ต้นสูง เนื่องจากเทคโนโลยีพลังงานไฮโดรเจนจากน้ำในปัจจุบันต้องอาศัยการใช้ไฟฟ้า และไฟฟ้าก็ผลิตมาจากพลังงานฟอสซิสซึ่งยังไม่เพียงพอต่อการใช้ในปัจจุบันและต้องการนำเข้าทำให้ต้นทุนของแหล่งพลังงานจากน้ำที่มูลค่าสูง รวมถึงต้นทุนของการเก็บเชื้อเพลิงพลังงานไฮโดรเจนยังมีมูลค่าสูงเนื่องจากตามคุณสมบัติของแก๊สไฮโดรเจนอ้างอิงจากบทที่ 2 ข้อ2.1.2 ทำให้ต้องใช้ถังเก็บแบบพิเศษที่สามารถรองรับคุณสมบัติของพลังงานไฮโดรเจนให้ได้ และต้นทุนของการผลิตไฮโดรเจนยังอาศัยพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานฟอสซิสจึงทำให้มีต้นทุนพลังงานที่ค่อนข้างสูง

จากข้อมูลข้างต้นสามารถวิเคราะห์ได้ว่าพลังงานไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยแรงผลักดันทางด้านเทคโนโลยีและแหล่งเงินทุน ดังนั้นพลังงานไฮโดรเจนอาจจะเกิดขึ้นได้ในประเทศไทยโดยอาศัยระยะเวลาในพัฒนาเทคโนโลยีและการจัดหาแหล่งเงินทุน ซึ่งไม่ยังไม่สามารถเกิดขึ้นได้ทันตามระยะเวลาที่กำหนดให้แผนพัฒนาพลังงานทดแทน (ปี พ.ศ. 2555 – 2565)

4.2 ศึกษาข้อมูลพลังงานในภาคขนส่งในรูปแบบของน้ำมันเบนซินและข้อมูลปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง

จากการรวบรวมข้อมูลในภาคขนปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่ พบว่ามีปริมาณรถยนต์จดทะเบียนสะสมเฉพาะในกรุงเทพมหานคร แสดงในตารางที่ 4[38]

ตารางที่ 6 จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2558

(คัน : Unit)

ประเภทรถ Type of Vehicle	ทั่วประเทศ Whole Kingdom	กรุงเทพฯ Bangkok	ส่วนภูมิภาค Regional
รย. 1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน Sedan (Not more than 7 Pass.)	7,742,434	3,799,125	3,943,309

กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก(Transport Statistics Sub-Division, Planning Division , Department of Land Transport)[39]

จากตารางที่ 6 พบว่ารถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน โดยเป็นรถยนต์ที่จดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2558 ซึ่งเฉพาะในกรุงเทพนั้นมีปริมาณทั้งหมด 3,799,125 คัน สามารถแบ่งออกเป็นรถยนต์ที่ใช้พลังงานต่างๆ ได้ดังตารางที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 สถิติจำนวนรถจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง สะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2558

(Number of Vehicle Registered by Fuel as of 31 December 2015)

ทั่วประเทศ (Whole Kingdom)[39]

หน่วย : คัน

ประเภทรถ Type of Vehicle	รวม Total	เบนซิน Petrol	ดีเซล Diesel	LPG	LPGและเบนซิน LPG & Petrol	LPG และดีเซล LPG & Diesel	CNG	CNGและเบนซิน CNG & Petrol	CNG และดีเซล CNG & Diesel	ไฟฟ้า Electricity	ไม่ใช้เชื้อเพลิง Non Fuel	ไฮบริด Hybrid	อื่น ๆ Others
รวมทั้งสิ้น Grand Total	36,731,017	25,248,828	9,507,337	24,136	1,219,687	4,852	65,600	345,880	4,724	1,820	190,809	70,285	47,059
ก. รวมรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ Total Vehicle Motor Act	35,546,514	25,243,032	8,607,956	22,936	1,215,576	4,333	12,110	324,651	2,492	1,783	3,566	70,284	37,795
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล ไม่เกิน 7 คน Sedan (Not more than 7 Pass)	7,742,434	4,518,749	1,944,907	2,238	1,004,537	1,484	152	186,159	785	50	-	69,816	13,557

กรมการขนส่งทางบก กลุ่มสถิติการขนส่ง (Transport Statistics Sub-Division, Planning Division , Department of Land Transport)

จากตารางที่ 7 แสดงจำนวนรถจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง สะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2558 เห็นได้ว่ารถยนต์ที่ใช้พลังงานเบนซินเป็นเชื้อเพลังนั้นมีอยู่จำนวน 25,248,828 คัน เป็นจำนวนมากที่สุดจากจำนวนรถยนต์สะสมในประเทศไทยทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าประชาชนในประเทศไทยหันมาใช้พลังงานน้ำมันเบนซินมากขึ้นประมาณเบนซินเฉลี่ย 26.0 ล้านลิตร/วัน[39] เนื่องจากปัจจุบันน้ำมันเบนซินมีราคาค่อนข้างต่ำ ซึ่งสวนทางกับแก๊สธรรมชาติ ดังภาพที่รูปที่ 18[40]

โครงสร้างราคาน้ำมัน LPG NGV ณ วันที่ 21 มกราคม 2559 (ราคาขายปลีกใน กทม.)							LPG/NGVราคาค่าจัดหา	
น้ำมันสิงค์โปร + ค่าดำเนินการ	เบนซิน 95	แก๊สโซฮอล 95 E10	แก๊สโซฮอล 91 E10	แก๊สโซฮอล 91 E20	แก๊สโซฮอล E85	ดีเซล	LPG (บาท/กก.)	NGV (บาท/กก.)
ราคาอิง(สิงค์โปร)	12.0174	13.2884	13.0368	14.5757	20.8694	9.8269	14.9550	12.6200
ภาษีสรรพสามิต	5.600	5.0400	5.0400	4.4800	0.8400	4.9500	2.1700	0.000
ภาษีเทศบาล	0.5600	0.5040	0.5040	0.448	0.0840	0.4950	0.2170	0.00
กองทุนน้ำมัน	6.7500	0.6500	0.6050	-2.400	-9.2300	0.5800	0.2331	0.00
กองทุนอนุรักษ์พลังงาน	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00
ค่าการตลาด	2.9161	1.8564	1.7605	2.0296	3.9062	1.9262	3.2566	0.0000
ภาษีมูลค่าเพิ่ม	1.9665	1.5112	1.4837	1.3568	1.1704	1.2620	1.4582	0.8800
ราคาขายปลีก	30.06	23.10	22.68	20.74	17.89	19.29	22.29	13.50

รูปที่ 18 โครงสร้างราคาน้ำมัน LPG NGV ณ วันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2559

จากรูปที่ 18 พบว่าสภาวะราคาน้ำมันลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงปลายปี 2557 จนถึงปัจจุบัน เฉลี่ยราคาน้ำมันลดลงไปแล้วลิตรละ 3-4 บาท ประชาชนจึงหันกลับมาใช้รถยนต์ส่วนตัวมากขึ้น ผลที่ตามมาทำให้ร้านติดตั้งแก๊สแอลพีจีและเอ็นจีวีเริ่มซบเซา โดยไม่มีลูกค้าเข้ามาใช้บริการติดตั้งระบบแก๊สเหมือนเช่นก่อนหน้านี้ทำให้ผู้ติดตั้งแก๊สรถยนต์ปิดกิจการลดถึง 30%[41]

4.3 ข้อมูลแก๊สไฮโดรเจน การผลิตแก๊ส กำลังการผลิต เทคโนยีการผลิต การจัดเก็บและการขนส่ง

4.3.1 วิเคราะห์บริษัทผู้ผลิตพลังงานไฮโดรเจนในประเทศไทย

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลพบว่ามีบริษัทผู้ผลิตพลังงานไฮโดรเจนในประเทศไทย ทั้งหมด 6 แห่ง ดังตารางที่ 8 ซึ่งทางผู้วิจัยขอสงวนในการเปิดเผยชื่อบริษัทผู้ผลิตแก๊สไฮโดรเจน

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณการผลิต,สารตั้งต้นในการผลิต และกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงานในประเทศไทยปัจจุบัน (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

บริษัท	กำลังการผลิต (กิโลกรัมต่อปี)	การจัดจำหน่าย (กิโลกรัมต่อปี)	สารตั้งต้นในการผลิต	กระบวนการผลิต	การกักเก็บ / การขนส่ง
A	ยกเลิกการผลิต	-	น้ำ	แยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis)	ยกเลิกการผลิต
B	9,314,086.40	9,312,640.89	Crude oil	PSA (Pressure Swing Adsortion)	ส่งตามท่อก๊าซเข้าโรงงานน้ำมัน
C	2,536,297.37	2,324,578.45	Natural gas (fossil fuels)	Steam Reforming	ส่งตามท่อก๊าซเข้าโรงงานน้ำมัน
D	113,064.57	113,046.37	Natural gas liquid (NGL)	Steam Reforming	ส่งตามท่อก๊าซเข้าโรงงานน้ำมัน
E	8,996.75	-	-	-	
F	309.16	-	Olefin (free Energy)	-	ใช้ในโรงงาน
รวม	11,972,754.25	11,750,265.71			

จากตารางที่ 8 พบว่าประเทศไทยสามารถผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้ 11,972,754.25 กิโลกรัมต่อปี และเทคโนโลยีการผลิตแก๊สไฮโดรเจนในปัจจุบันใช้กระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำและส่งตามท่อเพื่อนำไปเข้าในโรงงานน้ำมัน จากการสัมภาษณ์วิศวกร และผู้ควบคุมการผลิตในโรงงานผู้ผลิตของบริษัท B พบว่าการผลิตแก๊สไฮโดรเจนในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการทางเคมี คือมาจากการกลั่นน้ำมัน หรือกระบวนการในโรงงาน บางส่วนได้มาจากกระบวนความร้อนทางเคมี โดยมีแก๊สธรรมชาติและน้ำมันดิบเป็นวัตถุดิบและยังไม่มีการใช้แก๊สไฮโดรเจนในภาคการ

คมนาคมขนส่งในประเทศไทย ความต้องการและการใช้งานแก๊สไฮโดรเจนพบในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทเท่านั้น เช่น อุตสาหกรรมน้ำมันได้มีการนำแก๊สไฮโดรเจนไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมัน อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมโลหะ เป็นต้น ซึ่งพบว่าโรงงานผลิตแก๊สไฮโดรเจนมีการจำหน่ายแก๊สไฮโดรเจนเข้าสู่โรงงานผลิตน้ำมันปิโตรเลียม จำนวน 11,750,265.71กิโลกรัมต่อปี ดังนั้นจึงไม่มีปริมาณพลังงานไฮโดรเจนสำรองที่เพียงพอใช้ในภาคขนส่ง หากประเทศยังไม่มีการพัฒนา สร้างโรงผลิตพลังงานไฮโดรเจนให้มีจำนวนเพิ่มขึ้น ความเป็นไปได้ในการใช้พลังงานไฮโดรเจนในภาคขนส่งน้อยลง หรืออาจจะต้องพึงพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจะไม่ตอบโจทย์ในด้านของความมั่นคงของพลังงานในประเทศไทย

4.3.2 เปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยวิธีการต่างๆ

จากการศึกษาพบว่าการผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่เป็นลักษณะเชิงพาณิชย์ นั้นยังมีจำนวนไม่มาก สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 9 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยวิธีต่างๆและการพัฒนาเพื่อสู่เชิงพาณิชย์

เทคโนโลยี	สารตั้งต้น	ประสิทธิภาพ	ระดับการพัฒนา
Steam reforming	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	70-85%	เชิงพาณิชย์
Partial oxidation	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	60-75%	เชิงพาณิชย์
Biomass gasification	มวลชีวภาพ	35-50%	เชิงพาณิชย์
Photolysis	แสงอาทิตย์และน้ำ	0.5%	ขั้นวิจัย
Dark fermentation	มวลชีวภาพ	60-80%	ขั้นวิจัย
Microbial electrolysis cell	มวลชีวภาพและไฟฟ้า	78%	ขั้นวิจัย
Alkaline electrolysis	น้ำและไฟฟ้า	50-60%	เชิงพาณิชย์
PEM Electrolyzer	น้ำและไฟฟ้า	55-70%	ขั้นวิจัย

จากตารางที่ 9 แสดงถึงการพัฒนาของเทคโนโลยีการผลิตแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งมี 4 เทคโนโลยีที่อยู่ในระดับการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ เทคโนโลยีที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดคือกระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำหรือการนำสารไฮโดรคาร์บอนมาทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลด้วยไอน้ำ (Steam Reforming) มีประสิทธิภาพ 70 – 85% ซึ่งทางผู้วิจัยพบว่ากระบวนการนี้มีต้นทุนการผลิตอยู่ประมาณ 200 บาทต่อ MBTU ซึ่งมีค่าถูกกว่าการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าถึง 4.7 เท่า [42]แต่มีข้อจำกัดคือจำเป็นจะต้องใช้แก๊สธรรมชาติเป็นจำนวน 1 ใน 3 ส่วนที่ใช้ในการผลิต เพื่อผลิตความร้อนในเตา

ปฏิกรณ์ และต้องใช้อุณหภูมิสูงในการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นทำให้ในปัจจุบันจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพขึ้นเพื่อลดต้นทุนการผลิต

4.4 วิเคราะห์สถานการณ์แก๊สไฮโดรเจนทั่วโลกประกอบด้วยการขนส่งแก๊สไฮโดรเจน การเติมแก๊สไฮโดรเจนในรถยนต์ สถานีจ่ายแก๊ส

จากการศึกษาข้อมูลนโยบาย แนวทางและวิธีการส่งเสริมสนับสนุนจากภาครัฐโดยศึกษาจากต่างประเทศ เช่น จีน มาเลเซีย ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกาและ แคนนาดา พบว่า[15]

4.4.1 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกาปี ค.ศ. 2003 จอร์น ดับเบิลยู บูท ประกาศนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานไฮโดรเจน โดยมุ่งมั่นนำมาใช้เป็นพลังงานหลักของประเทศ โดยมอบหน้าที่กำกับดูให้กับกระทรวงพลังงานและกระทรวงคมนาคมของสหรัฐอเมริกาและมุ่งพัฒนาในด้านความปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมีคุณภาพและเพิ่มความมั่นคงในชาติ

การเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจของไฮโดรเจนแบ่งออกเป็น 4 ระยะ

ระยะที่ 1การพัฒนาทางเทคโนโลยี การวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมีราคาตามเป้าหมายที่ตั้งไว้และสามารถใช้งานได้จริง

ระยะที่ 2 การริเริ่มส่วนแบ่งตลาด แหล่งพลังงานแบบพกพา ระบบการผลิตไฟฟ้าและการขนส่งจะถูกกำหนดให้มีการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานจากนโยบายรัฐ

ระยะที่ 3 การขยายตลาดและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้การผลิตไฟฟ้าและการขนส่งโดยใช้ไฮโดรเจนมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นในเชิงพาณิชย์

ระยะที่ 4 พัฒนาด้านการตลาดและโครงสร้างพื้นฐานอย่างสมบรูณ์เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าและการขนส่งโดยใช้ไฮโดรเจนได้ในทุกพื้นที่

4.4.2 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศกลุ่มยุโรป กลุ่มประเทศยุโรปได้จัดตั้งโครงการพัฒนาการใช้ไฮโดรเจนโดยใช้ชื่อว่า ไฮย์เวย์ โดยแบ่งช่วงเวลาการพัฒนาออกเป็น ปี ค.ศ. 2020 2030 และ 2050 โดยมุ่งเน้นลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก การสร้างโครงสร้างพื้นฐาน การจำหน่าย และเทคโนโลยีด้านผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

- การเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงาน โดยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนให้สามารถใช้วัตถุที่หลากหลายละหาได้ภายในประเทศ
- สนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนและประหยัดพลังงาน
- ใช้พลังงานฟอสซิลอย่างยั่งยืนโดยผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยไฮโดรเจนร่วมกับกระบวนการจับก๊าซคาร์บอนไดร์ออกไซด์
- เพิ่มโอกาสเติมโตเศรษฐกิจและการสร้างงานในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและโรงงานผลิตอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

- ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

- กำหนดราคาต่อระทางที่แข่งขันได้

-การพัฒนาการใช้งานปลายทางของไฮโดรเจนในปี ค.ศ. 2050 โดยมีตลาดหลักคือระบบคมนาคมขนส่งขนาดเล็ก

4.4.3 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศญี่ปุ่น

ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศแรกในเอเชียที่พัฒนาเทคโนโลยีไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงตั้งแต่ ค.ศ.1980 โดยจัดตั้งสมาคมระบบพลังงานไฮโดรเจนแห่งญี่ปุ่นและกระทรวงเศรษฐกิจ พาณิชย์ และอุตสาหกรรมเป็นหน่วยงานสนับสนุนหลักมีโครงการสำคัญคือ โครงการสาธิตการใช้ไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงแห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเน้นการนำไฮโดรเจนมาใช้ในระบบขนส่ง ตั้งแต่ ค.ศ. 2002

4.4.4 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศเกาหลีใต้

กระทรวงเศรษฐกิจแห่งความรู้ของเกาหลีใต้ ได้จัดตั้งองค์กรวิจัยไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงแห่งชาติ โดยมีกิจกรรมหลักคือ กำหนดแผนแม่บทของเศรษฐกิจไฮโดรเจน จัดสร้างแผนที่นำทางและแผนปฏิบัติรวมทั้งพัฒนาโครงการสำหรับไฮโดรเจน และเซลล์เชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์

4.4.5 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศจีน

จีนวางแผนเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจไฮโดรเจนใน ปี ค.ศ.2050 ภายใต้การกำกับของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยแบ่งการพัฒนาเป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 ปัจจุบัน – ค.ศ. 2020 เป็นการพัฒนาและวิจัยโดยการสนับสนุนจากภาครัฐโดยสาธิตการใช้เซลล์เชื้อเพลิงในรถบัสเมืองปักกิ่งและเซียงไฮ และสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยไฮโดรเจน

ระยะที่ 2 ค.ศ. 2020 – 2050 เป็นช่วงนำพลังงานไฮโดรเจนเข้าสู่ตลาดโดยขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ราคาและสมรรถนะของพลังงานไฮโดรเจนจะต้องเหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานอื่น

ระยะที่ 3 ค.ศ. 2050 เป็นต้นไป เข้าสู่ยุคเศรษฐกิจไฮโดรเจน การคมนาคมและการผลิตไฟฟ้า จะอยู่บนพื้นฐานของพลังงานไฮโดรเจนและจะมีสถานีจำหน่ายไฮโดรเจนและท่อส่งอยู่ทั่วประเทศ

4.4.6 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศมาเลเซีย

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรม มีหน้าที่กำกับการพัฒนาพลังงานไฮโดรเจนพร้อมกับพลังงานแสงอาทิตย์และลม โดยมีระบบผลิตไฮโดรเจนจากน้ำ โดยใช้แหล่งพลังงานผสมผสานกับลมและแสงแดด และจัดทำโครงการสาธิตการใช้เซลล์เชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์และรถโดยสาร

4.4.7 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศอินเดีย

คณะกรรมการบริหารพลังงานไฮโดรเจน กระทรวงแหล่งพลังงานทดแทนถูกก่อตั้งเมื่อปี ค.ศ. 2003 เพื่อวางเป้าหมายในการวิจัยพัฒนาและสาธิต เพื่อลดช่องว่างด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับไฮโดรเจนและเสริมสร้างมาตรฐานด้านความปลอดภัยให้เสร็จสิ้นก่อน ปี ค.ศ. 2020 โดยมุ่งเน้นการคมนาคมและการผลิตไฟฟ้า

4.4.8 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศใต้หวัน

หน่วยงานพลังงานและกระทรวงเศรษฐกิจได้ทำการวิจัยพลังงานไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987 โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมผลิตไฮโดรเจนแบบที่ใช้และไม่ใช้ตัวปฏิรูปและการผลิตไฮโดรเจนโดยใช้พลังงานทดแทน

4.4.9 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศออสเตรเลีย

ปี ค.ศ. 2007 รัฐบาลออสเตรเลียประกาศแผนการพัฒนาเทคโนโลยีไฮโดรเจน อย่างไรก็ตามประเทศออสเตรเลียจะยังคงใช้แหล่งพลังงานหลักเป็น ฟอสซิล น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติไปอีก 15 - 20 ปี โดยมุ่งเน้นวิจัยด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดรวมถึงการจัดและเก็บคาร์บอนไดร์ออกไซต์ ประเทศออสเตรเลียยังคงให้ความสำคัญพัฒนาพลังงานด้านอื่นๆมากกว่าไฮโดรเจน แต่ก็ยังมีงานวิจัยและพัฒนาต้นแบบ เช่นผลิตไฮโดรเจนด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์และการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงออกไซต์ของแข็งที่เป็นที่ยอมรับทั่วโลก

4.4.10 แนวทางการสนับสนุนจากภาครัฐของประเทศแคนนาดา

มีการจัดคณะทำงาน 15 หน่วยงานของรัฐบาลเพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาและผลิตเซลล์เชื้อเพลิง โดยในปี ค.ศ. 2009 -2013 จากพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงสำหรับอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์แบบพกพา ในปี ค.ศ. 2012 -2017 จะพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าความร้อนระดับที่พักอาศัย และในปี ค.ศ. 2015 -2025 จะพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงรถยนต์

จากข้อมูลข้างต้นที่ได้เสนอไว้ทุกประเทศที่มีการจัดสร้างพัฒนาไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจไฮโดรเจนมีประเด็นกิจกรรมหลักที่ใกล้เคียงกัน คือ

1. พัฒนาเทคโนโลยีไฮโดรเจนแบบครบวงจรทั้งการผลิต ขนส่ง จัดเก็บ และจำหน่าย
2. พัฒนาเซลล์เชื้อเพลิง
3. มุ่งเน้นด้านความปลอดภัย
4. ให้ความรู้และประชาสัมพันธ์แก่ประชาชน

โดยกรอบเวลาในการดำเนินการแบ่งเป็น 2 ช่วงหลักๆคือ

1. ช่วงของการทำวิจัยพัฒนาและสาธิต
2. ผลักดันให้ไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงเข้าสู่การแข่งขันในตลาดพลังงาน

ประเทศส่วนใหญ่จะทำการพัฒนาเทคโนโลยีไฮโดรเจนตั้งแต่ปัจจุบันไปจนถึง ค.ศ. 2020 โดยพัฒนาเทคโนโลยีไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงควบคู่กันไปยกเว้นประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีจะมุ่งเน้น

การพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงก่อนเนื่องจากมีอุตสาหกรรมยานยนต์ที่เข้มแข็งอยู่แล้วโดยประเทศญี่ปุ่นวางแผนไว้ว่า รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเซลล์เชื้อเพลิงใน ปี ค.ศ. 2010 ซึ่งในปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นก็ได้มีการใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

4.5 ประเมินปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่ต้องการ จำนวนการเติมแก๊สไฮโดรเจนในรถยนต์ โดยเปรียบกับน้ำมันที่ใช้ในรถยนต์น้ำมันเบนซิน ขนาดเล็กในปัจจุบัน

จากการสืบค้นสมรรถนะของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งเปิดตัวในประเทศญี่ปุ่น เมื่อ พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นรถยนต์ของบริษัท โตโยต้า มอเตอร์ จำกัด รุ่น มิราอิ เมื่อนับมาเปรียบเทียบ รถยนต์โตโยต้าที่มีขนาดรถยนต์เท่ากัน โดยได้เลือกทำการเปรียบเทียบ รถยนต์โตโยต้า แคมรี่ รุ่น 2.5 G โดยใช้พลังงานจากน้ำมันเบนซิน ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การเปรียบรถยนต์บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ จำกัดที่มีขนาดเท่ากัน

รายละเอียด	รถยนต์โตโยต้า แคมรี่ รุ่น 2.5 G	รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง รุ่น มิราอิ
ความยาวของตัวรถ (mm.)	4805	4890
ความกว้างของตัวรถ(mm.)	1820	1815
ความสูงของตัวรถ(mm.)	1470	1535
ความยาวจากเพลาหน้า(mm.)	2775	2780
ระหว่างล้อหน้า(mm.) ระหว่างล้อหลัง(mm.)	1575 1565	1535 1545
จำนวนที่นั่ง(mm.)	4	4
ระยะทางเมื่อเติมเชื้อเพลิง 1 ถัง	500 กิโลเมตร	483 กิโลเมตร

จากตารางที่ 10 พบว่ารถยนต์โตโยต้า แคมรี่ รุ่น 2.5 G กับรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง รุ่น มิราอิ มีขนาดของรถยนต์ที่ใกล้เคียงกัน ทั้งความยาว ความกว้าง และจำนวนที่นั่ง แต่เมื่อทำการศึกษาระยะทางในการวิ่งโดยมีอัตราการวิ่งอยู่ที่ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า รถยนต์โตโยต้า แคมรี่ รุ่น 2.5 G สามารถวิ่งได้ 500 กิโลเมตรเมื่อเติมน้ำมันเบนซิน 1 ถัง[43] และรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง รุ่น มิราอิ จากการทดสอบสมรรถนะของรถยนต์มิราอิพบว่ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงโตโยต้า รุ่น มิราอิ สามารถวิ่งได้ 483 กิโลเมตรเมื่อเติมแก๊สไฮโดรเจน 1ถัง [44] ต่อมาผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบในส่วนของราคาเชื้อเพลิงพบว่า ราคาเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในประเทศญี่ปุ่น อยู่ที่ 300 บาทต่อกิโลกรัมซึ่ง 1 ถังสามารถเติมได้ 5 กิโลกรัม ฉะนั้นแสดงให้เห็นว่า 1 กิโลกรัมของไฮโดรเจนทำให้รถยนต์เซลล์

เชื้อเพลิงวิ่งได้ 96.6 กิโลเมตร รวมถึงหากซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมีโปรโมชั่น คือสามารถเติมเชื้อเพลิงไฮโดรเจนฟรีเป็นเวลา 3 ปี[45]และราคาของน้ำเบนซินในประเทศญี่ปุ่นอยู่ที่ ลิตรละ 50 บาท หากเปรียบเทียบในระยะทางที่เท่ากันคือ 96.6 กิโลเมตร พบว่าใช้น้ำมันเบนซิน 5.68 ลิตร รถราคาเชื้อเพลิงอยู่ที่ 284.00 บาท[46] จากข้อมูลดังกล่าวพบว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงคุ้มค่ากว่ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง เนื่องราคาของเชื้อเพลิงที่ถูกกว่า และ สมรรถภาพด้านระยะทางการวิ่งที่สามารถวิ่งได้ระยะทางมากกว่ารถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิง

4.6 วิเคราะห์แผนการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในรถยนต์ส่วนบุคคลโดยใช้ข้อมูลจากแผนพลังงานของสำนักพลังงาน

เพื่อประเมินจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่ใช้พลังงานไฮโดรเจนในปี พ.ศ. 2560 -2575 ซึ่งในระยะแรกเริ่มอ้างอิงจากปริมาณไฮโดรเจน 100,000 กิโลกรัมและกำหนดอัตราเพิ่มเซลล์เชื้อเพลิงในแต่ละปีโดยอ้างอิงจากการศึกษาของสหรัฐอเมริกาพร้อมวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงตามที่คาดการไว้ เช่น การเติมแก๊สไฮโดรเจนในรถยนต์ส่วนบุคคล จำนวนสถานีไฮโดรเจนซึ่งจำกัดในเขตกรุงเทพและปริมณฑลเท่านั้นรวมถึงประเมินค่าใช้จ่ายในการปรับโครงสร้างพื้นฐานโดยวิเคราะห์ว่าประเทศไทยมีศักยภาพจะดำเนินการตามเป้าหมายของสำนักงานนโยบายและแผนหรือไม่

วิเคราะห์ข้อมูลจากปริมาณการใช้ไฮโดรเจนและสถานีจำหน่ายพลังงานไฮโดรเจน จากการคาดการณ์ของกระทรวงพลังงานและเทคโนโลยีคาดว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในแต่ละปี จาก ปี พ.ศ. 2560 – 2575 จะเติบโตขึ้นปีละ 1% โดยมีปัจจัยที่กำหนดการซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงดังนี้

1. จำนวนครัวเรือนที่มีความต้องการใช้รถยนต์มากกว่า 2 คัน เช่น ครัวเรือนที่เป็นครอบครัวใหญ่ ซึ่งในปัจจุบันสังคมเป็นสังคมที่มีครอบครัวขนาดเล็ก ในแต่ละครัวเรือนมีจำนวนบุตรเพียง 1 – 2 คน

2. ความคุ้มค่า ทั้งในด้านของสมรรถนะรถยนต์และความคุ่มค่าทางด้านพลังงาน ซึ่งประเทศไทยยังไม่รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและสถานีจำหน่าย รวมถึงการผลิตเชื้อเพลิงให้มีราจำหน่ายที่ต่ำ

3. รายได้ ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ต่อครอบครัวอยู่ในเกณฑ์ต่ำ มีเพียงไม่กี่ครอบครัวที่มีความสามารถในการซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงได้

4. โครงสร้างพื้นฐานที่รองรับ ประเทศไทยยังไม่มีความพร้อมของเทคโนโลยีและบุคลากรผู้ชำนาญงาน

5.ภาพลักษณ์และความปลอดภัย ยังไม่มีการให้ความรู้แก่ประชาชนอย่างจริงจัง รวมถึงไม่มีการนำรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมาใช้อย่างจริงจัง

6.แรงจูงใจจากภาครัฐ ภาครัฐยังให้ความสำคัญอย่างจริงจัง

7.ความร่วมมือเพื่อให้เป็นเมืองสะอาด รัฐบาลยังไม่มีการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้แก่ประชาชนว่าไฮโดรเจนจะช่วยให้บ้านเมืองสะอาดได้อย่างไร

8.การขึ้นทะเบียนรถไฮโดรเจน ยังไม่มีนโยบายเพื่อให้ประชาชนสามารถนำรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมาขึ้นทะเบียนได้

9. ข้อกำหนดการขายรถยนต์ที่ปล่อยมลพิษเป็นศูนย์ รัฐบาลไม่มีนโยบายบังคับค่ายรถยนต์ให้จำหน่ายรถยนต์ที่ปล่อยมลพิษเป็นศูนย์

และตัวเลขอ้างอิงยังมาจากการศึกษาในสหรัฐอเมริกาโดยใช้อัตราแทรกซึมที่ 1.1 % , 2.2% และ 5% ขึ้นอยู่กับการอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจว่าช้าหรือเร็วโดยการประมาณการณ์ของประเทศไทยใช้ตัวเลขอัตราการเติบโตของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่ 1% เหตุผลที่ไม่นำการเติบโตของรถยนต์ไฮบริดมาเปรียบเทียบการเติบโตเนื่องจากรถยนต์ไฮบริดมีการนำมาใช้เมื่อมีโครงสร้างพื้นฐานรองรับที่พร้อมแล้ว และเป็นการนำรถยนต์มาดัดแปลงโดยเพิ่มแบตเตอรี่เข้าไปแต่ยังคงใช้เชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันสำเร็จรูปหรือน้ำมันเบนซิน ฉะนั้นการเติบโตของรถยนต์ไฮบริดจึงมีการเติบโตที่ค่อยข้างสูงในช่วงปี พ.ศ. 2549 -2550 มีอัตราการเติบโตประมาณร้อยละ 24.4 และมีการเติบโตขึ้นเรื่อย จนปี พ.ศ. 2557 - 2558 สูงถึงร้อยละ 89 ซึ่งระยะเวลา 9 ปี สูงขึ้นถึงร้อยละ 64.6 จำนวนรถยนต์ใน ปี พ.ศ. 2558 มีจำนวน 70,284 คัน ซึ่งหากนำมาเปรียบเทียบกับการเติบโตของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงซึ่งยังไม่มีโครงสร้างพื้นฐานในการรองรับนั้นถือว่าสูงเกินไป

การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฮโดรเจน

ปริมาณการใช้ไฮโดรเจนขึ้นอยู่กับจำนวนรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงดังนั้น การวิเคราะห์หาความต้องการของไฮโดรเจนจำเป็นที่ต้องทราบถึง

1. ระยะเวลา (ปีที่เริ่มใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง)

กำหนดระยะเวลาที่มีการนำรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเข้าสู่ตลาดในประเทศไทยจะช้ากว่าประเทศที่พัฒนาแล้วเช่น ประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากนโยบายภาครัฐที่ชัดเจนถึงเศรษฐกิจไฮโดรเจนทำให้เกิดการตื่นตัวในทุกกลุ่มหน่วยงานวิจัยและได้กำหนดระยะเวลาของการนำไฮโดรเจนมาใช้ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560

2. จำนวนรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเริ่มต้น

จำนวนรถเซลล์เชื้อเพลิงเริ่มต้นจะเป็นการกำหนดขนาดของฟลีท (Fleet) ทดสอบที่จะมีการนำมาใช้ในช่วงแรกซึ่งจะมีจำนวนไม่มากนักและขึ้นอยู่กับนโยบายของภาครัฐ

3. อัตราสิ้นเปลืองของไฮโดรเจน

อัตราการสิ้นเปลืองของไฮโดรเจนจะขึ้นอยู่กับขนาดและประเภทของรถเซลล์เชื้อเพลิง สำหรับแนวคิดของการนำรถเซลล์เชื้อเพลิงมาใช้ของประเทศไทยนั้นควรจะเริ่มจากรถสาธารณะและรถยนต์นั่งส่วนบุคคลก่อน รถสาธารณะเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ภาครัฐให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นการประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีให้เป็นที่ยอมรับส่วนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลจะเกิดขึ้นเมื่อเทคโนโลยีรถเซลล์เชื้อเพลิงเริ่มแพร่หลายในต่างประเทศและนำเข้ามาในประเทศไทยแต่สำหรับการวิเคราะห์จะใช้อัตราการสิ้นเปลืองของไฮโดรเจนเฉลี่ยของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ 96.6 กิโลเมตร/กิโลกรัม H_2

4. ระยะทางวิ่งเฉลี่ยใน 1 ปี

ระยะทางวิ่งของรถเซลล์เชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของระยะทางวิ่งของรถยนต์ในปัจจุบัน โดยอ้างอิงจากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ส่วนใหญ่กำหนดการบำรุงรักษารถยนต์ตามระยะทางที่ 20,000 กิโลเมตร หรือ 1 ปี แสดงให้เห็นว่าอัตราเฉลี่ยสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลของประเทศไทยนั้นจะอยู่ที่ 20,000 กิโลเมตรต่อปี ซึ่งระยะทางจะสะท้อนปริมาณการใช้ไฮโดรเจน โดยจากตัวแปรทั้งหมดสามารถสรุปได้ตารางที่ 11 ดังต่อไปนี้ (รายละเอียดเพิ่มเติมภาคผนวก ค)

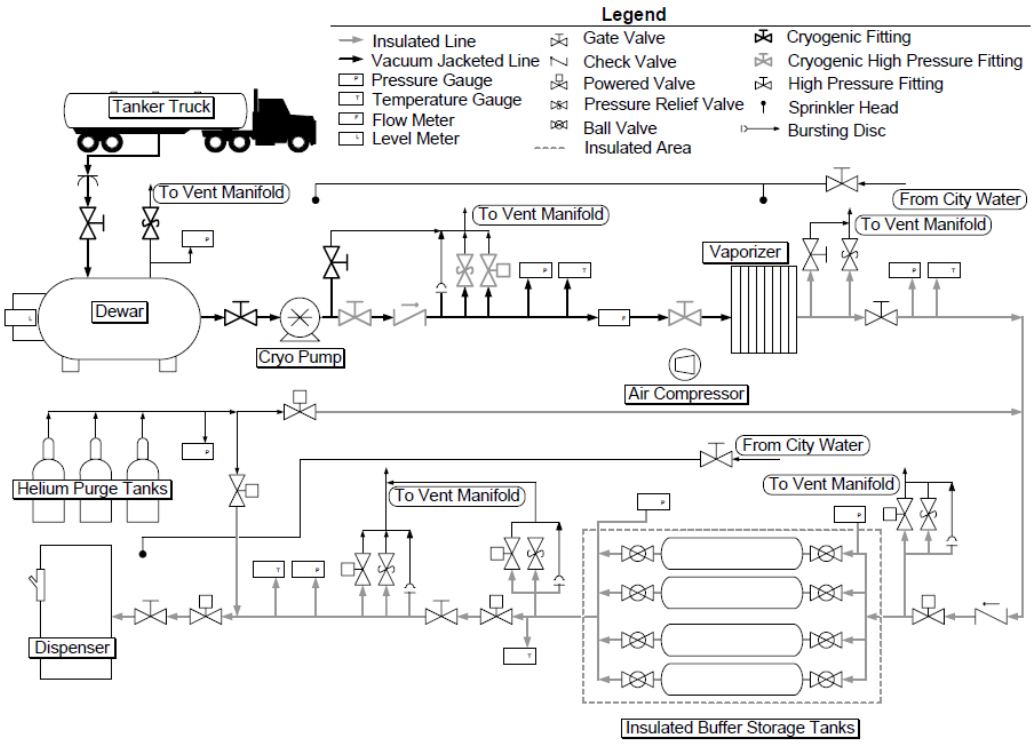
ตารางที่ 11 การคาดการณ์จำนวนรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

ปี ค.ศ.	ปี พ.ศ.	อัตราการเติบโตของรถยนต์แต่ละปี	ปริมาณรถยนต์รวมทุกชนิด	ปริมาณรถยนต์ที่ไม่ใช้รถไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง	จำนวนรถไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง	การใช้ไฮโดรเจนต่อปี	การใช้ไฮโดรเจนต่อวัน
		%	(คัน)	(คัน)	(คัน)	(kgs/ปี)	(kgs/วัน)
2017	2560	1.0	3,932,700	3,932,223	477	99,895.3	273.7
2018	2561	1.0	3,972,027	3,971,545	482	100,894.2	276.4
2019	2562	1.0	4,011,747	4,011,261	487	101,903.2	279.2
2020	2563	1.0	4,051,865	4,051,373	491	102,922.2	282.0
2021	2564	1.0	4,092,383	4,091,887	496	103,951.4	284.8
2022	2565	1.0	4,133,307	4,132,806	501	104,991.0	287.6
2023	2566	1.0	4,174,640	4,174,134	506	106,040.9	290.5
2024	2567	1.0	4,216,387	4,215,875	511	107,101.3	293.4
2025	2568	1.0	4,258,551	4,258,034	517	108,172.3	296.4
2026	2569	1.0	4,301,136	4,300,614	522	109,254.0	299.3
2027	2570	1.0	4,344,147	4,343,621	527	110,346.5	302.3
2028	2571	1.0	4,387,589	4,387,057	532	111,450.0	305.3
2029	2572	1.0	4,431,465	4,430,927	537	112,564.5	308.4
2030	2573	1.0	4,475,779	4,475,237	543	113,690.2	311.5
2031	2574	1.0	4,520,537	4,519,989	548	114,827.1	314.6
2032	2575	1.0	4,565,743	4,565,189	554	115,975.3	317.7

จากตารางที่ 11 ที่คาดการณ์ไว้ว่าจะมีจำนวนรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเริ่มวิ่งในปี พ.ศ.2560 เป็นจำนวน 477 คัน ซึ่งจะมีปริมาณการใช้ไฮโดรเจนประมาณ 100,000 กิโลกรัมต่อปี โดยรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง 1 คันใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นจำนวน 209 กิโลกรัมต่อปี สามารถวิ่งได้ระยะทาง 314.83 กิโลเมตรต่อปี และคาดว่าการใช้รถยนต์ไฮโดรเจนและการใช้พลังงานไฮโดรเจนจะเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2575 คาดว่าจะมีปริมาณการใช้รถยนต์ไฮโดรเจนสูงถึง 554 คัน และมีปริมาณการใช้ไฮโดรเจนอยู่ที่ 115,975.3 กิโลกรัมต่อปี

4.7 การคาดการณ์ต้นและความเป็นไปได้ของการสร้างสถานีบริการจ่ายแก๊สไฮโดรเจน

จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าในประเทศไทยยังไม่มีการสร้างสถานีบริการเชื้อเพลิงไฮโดรเจน แต่ได้มีการนำไปวิจัยและออกแบบสถานีบริการเชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 19 รายละเอียดของสถานีเติมไฮโดรเจน

จากรูปที่ 19 แสดงรายละเอียดของสถานีบริการเชื้อเพลิงซึ่งประกอบด้วย หัวจ่ายไฮโดรเจน (Dispenser) ถังไฮโดรเจนเหลว(Dewar) ถังพักก๊าซไฮโดรเจน มาตราวัดต่างๆ เช่น ความดัน อัตราการไหล และอุณหภูมิ วาล์วและอุปกรณ์ป้องกัน อุปกรณ์รักษาความปลอดภัย เป็นต้น ซึ่งสถานีบริการเชื้อเพลิงไฮโดรเจนใช้พื้นประมาณ 1,338 ตารางเมตร สามารถรองรับการใช้บริการของรถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนขนาดกลางอย่างน้อย 50 คันต่อวัน และสามารถรองรับการเติมในช่วงสูงสุด 20 กิโลกรัมไฮโดรเจนต่อชั่วโมง (ประมาณ 7 คัน) ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์จากโครงสร้างของสถานี

บริการเชื้อเพลิงไฮโดรเจนพบว่ามีโครงสร้างและลักษณะการขนส่งเชื้อเพลิงที่คล้ายกับสถานีบริการก๊าซธรรมชาติเหลว (Liquefied Natural Gas : LNG) และก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) ซึ่งผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าสถานีบริการเชื้อเพลิงไฮโดรเจนสามารถใช้ที่ตั้งเดิมของสถานีบริการก๊าซธรรมชาติเหลว และก๊าซปิโตรเลียมเหลวเพียงแต่ต้องมีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ เช่น ถังกักเก็บและหัวจ่าย เป็นต้น

สำหรับการคำนวณหาเงินลงทุน ค่าดำเนินการ และราคาไฮโดรเจนต่อหน่วยนั้นจะต้องทราบถึงองค์ประกอบของต้นทุนประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยในที่นี้เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาถึงต้นทุนอุปกรณ์เครื่องจักร ดังนั้นในการคำนวณจึงอาศัยข้อมูลอ้างอิงจาก National Renewable Energy Laboratory[47] เป็นหลัก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เงินลงทุน ในการคำนวณหาเงินลงทุนของกระบวนการผลิตจะประกอบไปด้วย

1. เครื่องจักรและอุปกรณ์

- เครื่องอัดไฮโดรเจน (Booster Compressor) คิดที่ $3,000/kW ที่ขนาดกำลังการผลิต 1,000 กก.H2/วัน (ใช้เป็นฐานในการคำนวณเงินลงทุน) หากขนาดการผลิตแตกต่างจากนี้จะใช้ตัวประกอบราคา/ขนาดที่ 80%
- ถังเก็บไฮโดรเจนอัด (H2 Buffer Storage) คิดที่ $100/แกลลอน ที่ขนาดกำลังการผลิต 1,000 กก.H2/วัน (ใช้เป็นฐานในการคำนวณเงินลงทุน) หากขนาดการผลิตแตกต่างจากนี้จะใช้ตัวประกอบราคา/ขนาดที่ 80%
- หัวจ่ายไฮโดรเจน (Gaseous H2 Dispenser) คิดที่ $15,000/หัวจ่าย ตัวประกอบราคา/ขนาดที่ 100%

2. เงินลงทุนอื่นๆ

- เงินลงทุนทั่วไป คิดที่ 25% ของเงินลงทุนสถานี (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 20-40%)
- ออกแบบวิศวกรรม, การทดสอบเครื่องจักร คิดที่ 10% ของเงินลงทุนสถานี (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 10-20%)
- เงินฉุกเฉิน คิดที่ 10% ของเงินลงทุนสถานี (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 10-20%)
- เงินทุนหมุนเวียน, ที่ดิน, และอื่นๆ คิดที่ 7% ของเงินลงทุนสถานี (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง5 - 10%)

ค่าดำเนินการ ในการคำนวณหาค่าดำเนินการจะประกอบไปด้วย

1. ต้นทุนผันแปรการดำเนินการ O&M คิดที่ 0.5% ของเงินลงทุนทั้งหมด (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 0.5-1.5%)
2. ต้นทุนคงที่การดำเนินการ คิดที่ 3% ของเงินลงทุนทั้งหมดราคาไฮโดรเจนต่อหน่วย ในการคำนวณหาค่าดำเนินการจะประกอบไปด้วย Capital Charge คิดที่ 18% ของเงินลงทุนทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การลงทุนโครงสร้างพื้นฐานของไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงนั้นภาครัฐมีส่วนของการส่งเสริมและสนับสนุนเช่น งานวิจัยและสาธิตโครงการ การสร้างบุคลากร งานประชาสัมพันธ์ มาตรการสนับสนุนด้านการลงทุน มาตรการด้านภาษีสรรพสามิต และอื่นๆ เพื่อจูงใจให้เอกชนสนใจที่จะลงทุน ดังนั้นผลประโยชน์ที่ภาครัฐจะได้รับคือ การลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ การใช้ทรัพยากรภายในประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ความมั่นคงทางด้านพลังงาน การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมของประเทศเอง มีสภาพแวดล้อมที่ดีต่อสังคม รายได้จากการจัดเก็บภาษีไฮโดรเจน ภาษีสิ่งแวดล้อม และอื่นๆ ซึ่งทั้งหมดคือประโยชน์ทางตรง ส่วนประโยชน์ทางอ้อมคือการสร้างงานจากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง และอุตสาหกรรมการผลิตต้นน้ำ อุตสาหกรรมบริการ เป็นต้น

4.8 ออกแบบแบบสอบถาม ลงพื้นที่สำรวจ และวิเคราะห์

4.8.1 ผลจากการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ

ภาครวมของอุตสาหกรรมการผลิตแก๊สไฮโดรเจนของประเทศไทยพบว่า ในประเทศไทยยังมีผู้ผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่เป็นลักษณะของเชิงพาณิชย์ยังมีไม่มากนัก และยังไม่มีการใช้แก๊สไฮโดรเจนในภาคขนส่งของประเทศไทย ยกเว้นแต่ใช้ในโครงการสาธิตและงานวิจัยซึ่งมีปริมาณน้อยมาก ซึ่งผู้ทำวิจัยพบว่าความต้องการของแก๊สไฮโดรเจนนั้นมีการใช้งานเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรมเท่านั้น ซึ่งทางผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 ท่านจาก 6 บริษัท (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวกที่ ง) ที่เป็นผู้ผลิตแก๊สไฮโดรเจนซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มบริษัทไฟฟ้า ผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มบริษัทปิโตรเลียม และผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผลิตแก๊ส โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นต่อปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แหล่งพลังงานไฮโดรเจน

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตไฟฟ้า - ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับแหล่งพลังงานไฮโดรเจนว่า ไฮโดรเจนเป็นสารที่พบมากที่สุดในรูปสารประกอบ ซึ่งสารประกอบที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนนั้นมีค่อนข้างมาก เช่น น้ำ ซึ่งมีมากถึง 7 เท่าของพื้นดินในโลก หากเราสามารถนำน้ำมาผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยีแล้วได้ออกมาเป็นพลังงานไฮโดรเจนซึ่งจะทำให้เรามีแหล่งพลังงานที่มากขึ้นจนอาจทำให้ประเทศไทยไม่ต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานอื่นเลย

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตปิโตรเลียม – ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับแหล่งพลังงานไฮโดรเจนว่า พลังงานไฮโดรเจนสามารถผลิตมาได้จากน้ำ จากพลังงานฟอสซิล และจากแหล่งผลิตอื่นๆอีกมากมาย เป็นข้อดีหากจะนำพลังงานมาใช้ก็จะทำให้มีแหล่งพลังงานที่ใช้ไม่มีวันหมด

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตแก๊สอุตสาหกรรม – ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับแหล่งพลังงานไฮโดรเจนว่า แก๊สไฮโดรเจนเป็นพลังงานที่สะอาด และมีมากเนื่องจากไฮโดรเจนเป็นสารประกอบที่พบมากที่สุดในโลก

2. เทคโนโลยีการผลิต

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตไฟฟ้า - ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฮโดรเจนว่า เนื่องจากผลิตแก๊สไฮโดรเจนใช้ต้นทุนการผลิตสูงไม่คุ้มในเชิงพาณิชย์เนื่องจากไฮโดรเจนเป็นสารประกอบการทำการแยกจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าในการแยกซึ่งยังไม่คุ้มในเชิงพาณิชย์

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตปิโตรเลียม – ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฮโดรเจนว่า เนื่องจากบริษัทมีการกลั่นน้ำมัน เมื่อนำน้ำมันดิบมากลั่นผลพลอยได้ที่ออกมามีก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งไม่มีการใช้จ่ายในการลงทุน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาไม่ใช่แก๊สที่มีความบริสุทธิ์ที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในภาคขนส่งยังคงต้องใช้เทคโนโลยีอื่นๆเข้ามาผสมผสานอาจทำให้เกิดต้นทุนในส่วนนี้ได้

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตแก๊สอุตสาหกรรม – ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฮโดรเจนว่า การผลิตไฮโดรเจนยังใช้ต้นทุนสูงเนื่องจากต้องใช้ไฟฟ้าในการผลิตส่งผลให้ราคาไฮโดรเจนสูงขึ้นด้วยตาม แต่เนื่องจากไฮโดรเจนเป็นแก๊สที่มีคุณสมบัติอเนกประสงค์สามารถใช้ได้ในอุตสาหกรรมหลายรูปแบบ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเหล็ก เป็นต้น ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตแก๊สจึงมีเป้าหมายจะผลิตแก๊สไฮโดรเจนและนำออกมาขายในราคาที่เท่ากับแก๊สธรรมชาติ

3. รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตไฟฟ้า - ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับรถยนต์พลังงานไฮโดรเจนว่า รถยนต์พลังงานไฮโดรเจนยังไม่มีการนำออกมาใช้จริงมีเพียงรถยนต์ต้นแบบเท่านั้น จากทดสอบรถยนต์ต้นแบบยังไม่สามารถใช้งานได้จริงเนื่องจากระยะทางในเดินทางต่อการเติมเชื้อเพลิง 1 ถัง ซึ่งเห็นได้ว่ายังไม่คุ้มต่อการลงทุน

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตปิโตรเลียม – ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับรถยนต์พลังงานไฮโดรเจนว่า ความปลอดในการกักเก็บเชื้อเพลิงในรถยนต์ยังไม่ปลอดภัยเท่าที่ควรเนื่องจากแก๊สไฮโดรเจนมีความไวต่อการจุดระเบิดหากเกิดการรั่วไหลจะทำให้เกิดระเบิดและได้รับความอันตรายจากการระเบิดได้

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตแก๊สอุตสาหกรรม – ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับรถยนต์พลังงานไฮโดรเจนว่า เนื่องจากรถยนต์พลังงานไฮโดรเจนมีการนำออกมาใช้ใน

ต่างประเทศหากนำเข้ามาใช้ในประเทศไทย ราคารถยนต์ยังคงมีราคาสูงหากไม่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล

4. สถานีบริการเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตไฟฟ้า - ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานีพลังงานไฮโดรเจนว่า การลงทุนการสร้างสถานียังมีราคาที่สูงเนื่องจากการกักเก็บเชื้อเพลิงในสถานีต้องใช้เทคโนโลยีและวัสดุการกักเก็บที่มีคุณภาพสูง หากมีการนำรถเข้ามาใช้จริงจำเป็นต้องมีการสร้างสถานีก่อน

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตปิโตรเลียม – ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานีพลังงานไฮโดรเจนว่า เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนยังมีการลงทุนสูง ในปัจจุบันการผลิตไฮโดรเจนยังคงมาจากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากแหล่งพลังงานฟอสซิล หากนำพลังงานทดแทนเข้ามาเป็นพลังงานเสริมยังคงต้องใช้การลงทุนที่สูง

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มบริษัทผู้ผลิตแก๊สอุตสาหกรรม – ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวนี้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานีพลังงานไฮโดรเจนว่า การลงทุนการก่อสร้างสถานียังคงใช้การลงทุนที่สูงความปลอดภัยของการกักเก็บพลังงานต้องใช้วัสดุที่มีความทนทานและสามารถรับคุณสมบัติของพลังงานได้ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- แหล่งพลังงานไฮโดรเจน

พลังงานไฮโดรเจนพบมากในรูปสารประกอบ เช่น น้ำ ซึ่งมีมากถึง 7 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับบนพื้นโลก พลังงานไฮโดรเจนสามารถมาใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ประเทศไทยก็จะมีแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด

- เทคโนโลยีการผลิต

เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนยังคงมีค่าใช้จ่ายในการผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากอาศัยไฟฟ้าในการผลิตพลังงานและส่งผลให้ราคาไฮโดรเจนมีราคาสูง ไฮโดรเจนเป็นแก๊สที่มีคุณสมบัติอเนกประสงค์สามารถใช้ได้ในอุตสาหกรรมหลายรูปแบบ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเหล็ก เป็นต้น ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตแก๊สจึงมีเป้าหมายจะผลิตแก๊สไฮโดรเจนและนำออกมาขายในราคาที่เท่ากับแก๊สธรรมชาติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบริษัทผู้ผลิตแก๊สให้ความสนใจในพลังงานไฮโดรเจนและอยู่ในขั้นการวิจัยและพัฒนาเพื่อลดต้นทุนของการผลิตแก๊สไฮโดรเจน

- รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงยังคงมีราคาสูงเนื่องประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตมาใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ทำให้ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ และยังคงต้องการสนับสนุนจากรัฐบาลในส่วนของการ

นำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง รวมถึงความปลอดภัยในการกักเก็บเชื้อเพลิงในรถยนต์ยังมีประสิทธิภาพที่ไม่น่าเชื่อถือ

- สถานีบริการเชื้อเพลิง

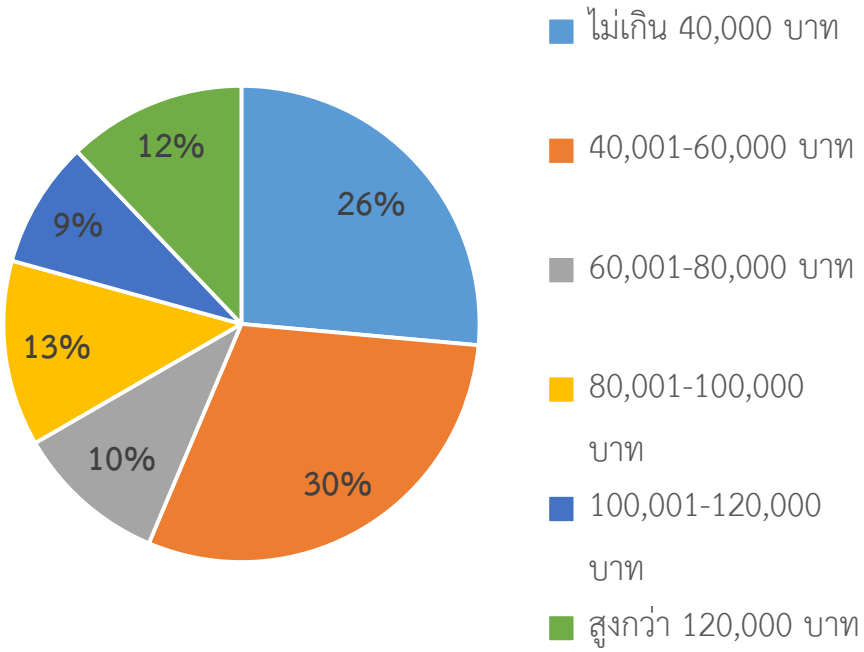
การสร้างสถานียังคงต้องมีการลงทุนสูงและต้องมีการกักเก็บภายในสถานีที่มีประสิทธิภาพสูง หากมีการนำรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเข้ามาภายในประเทศไทยจำเป็นต้องมีสถานีเพื่อการรองรับการใช้เชื้อเพลิง

4.8.2 ผลจากการสอบถามผู้บริโภค

ในการศึกษาวิจัยแนวโน้มและการตัดสินใจของประชาชนต่อการเลือกซื้อ รถยนต์พลังงานเซลล์เชื้อเพลิงโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการวิจัย (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง.) ทางผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างจำนวน 174 กลุ่มตัวอย่าง โดยเป็นผู้ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร และแสดงผลดังต่อไปนี้

4.8.3 สอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายได้ของกลุ่มตัวอย่างซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง และระดับราคาที่เหมาะสม โดยแสดงตามรูปที่ 20

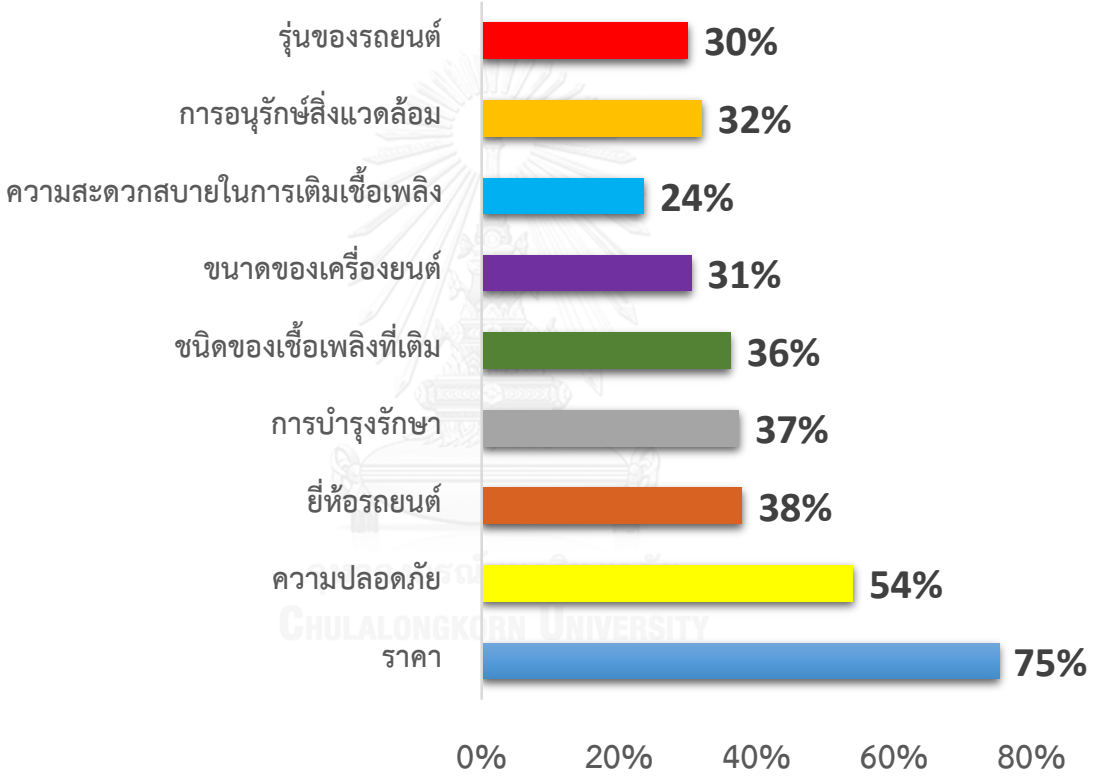


รูปที่ 20 อัตราส่วนของรายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือน

จากรูปที่ 20 พบว่ารายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาพบว่ากลุ่มรายได้ครัวเรือนเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 40,001 – 60,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.9 รองลงมาคือกลุ่มรายได้ครัวเรือนเฉลี่ย ไม่เกิน 40,000 บาท และ 80,001 – 100,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 26.4 และ 12.6 ตามลำดับ

4.8.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์ สามารถแสดงผลออกมาตามรูปที่ 20 ดังต่อไปนี้

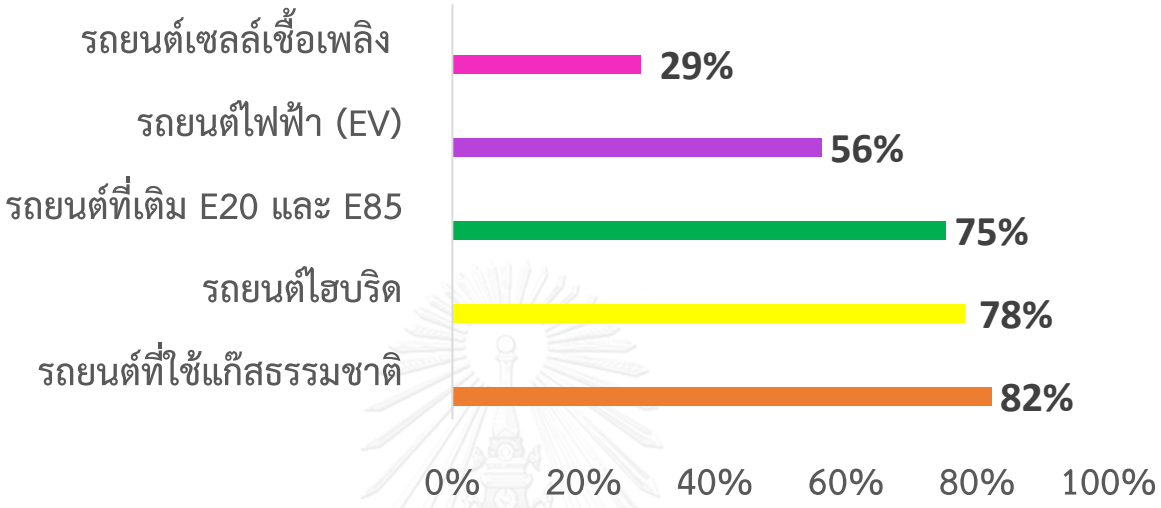


รูปที่ 21 อัตราส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์

จากรูปที่ 21 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์สูงสุดคือ ราคา คิดเป็นร้อยละ 75.3 รองลงมาคือ ความปลอดภัย และยี่ห้อรถยนต์ คิดเป็นร้อยละ 54 และ 37.4 ตามลำดับ ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในเรื่องของราคารถยนต์ดังนั้นหากมีการนำรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมาวางในท้องตลาดจำเป็นต้องมีราคาที่สามารถให้ประชาชนยอมรับได้

4.8.5 ความรู้ที่เกี่ยวกับพลังงานทางเลือกที่ใช้ในรถยนต์

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามของกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับความรู้และความเข้าใจพลังงานทางเลือกที่ใช้ในรถยนต์ ดังแสดงรูปที่ 22

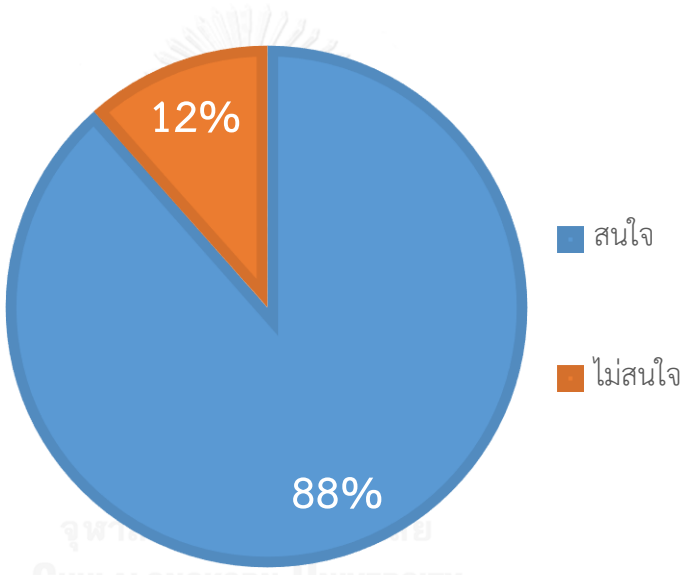


รูปที่ 22 อัตราส่วนของความรู้และความเข้าใจพลังงานทางเลือกที่ใช้ในรถยนต์

จากรูปที่ 22 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความรู้และความเข้าใจพลังงานทางเลือกที่ใช้ในรถยนต์มากที่สุดคือ รถยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 82.8 รองลงมาเป็น รถยนต์ไฮบริดและรถยนต์ที่เติม E20 และ E85 คิดเป็นร้อยละ 78.2 และ 75.3 ตามลำดับ ในส่วนลำดับสุดท้ายคือ รถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างยังไม่มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับรถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงเป็นพลังงานทางเลือก คิดเป็นร้อยละ 28.7 จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 174 กลุ่มตัวอย่างหากมีการวางจำหน่ายรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมีความจำเป็นต้องให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดการนำมาใช้มากขึ้น

4.8.6 ความสนใจรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงหากมีการวางจำหน่ายในตลาด

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามถึงความสนใจรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงหากมีการวางจำหน่ายในตลาด ดังแสดงในรูปที่ 23

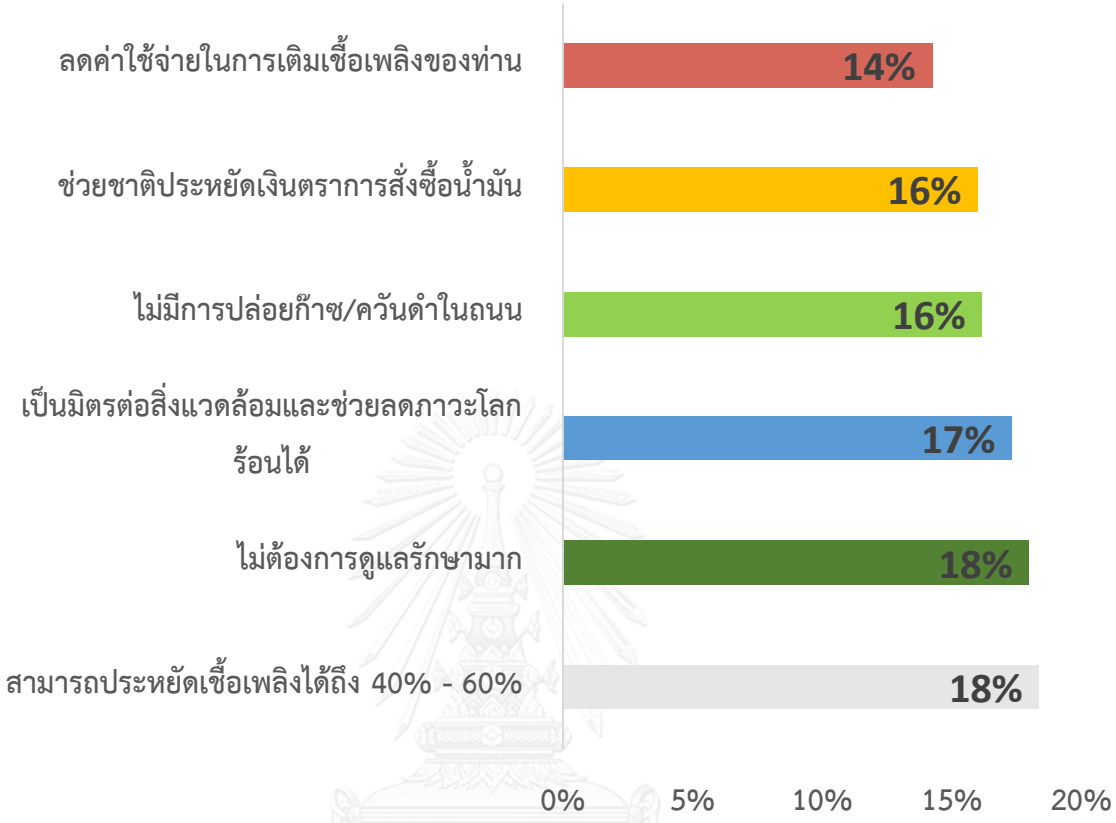


รูปที่ 23 อัตราส่วนของความสนใจรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงหากมีการวางจำหน่ายในตลาด

จากรูปที่ 23 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความสนใจในรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงหากมีการวางจำหน่ายในตลาด คิดเป็นร้อยละ 88 เมื่อเปรียบเทียบกับความไม่สนใจรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงหากไม่มีการวางในตลาด คิดเป็นร้อยละ 12 จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 174 คน เมื่อนำมาพิจารณาในกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและเป็นผู้ที่มีความรู้เรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงพบว่าร้อยละ 91 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและมีความรู้เรื่องรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง แสดงให้เห็นว่าประชาชนเริ่มมีความเข้าใจในรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและให้ความสนใจกันมาก

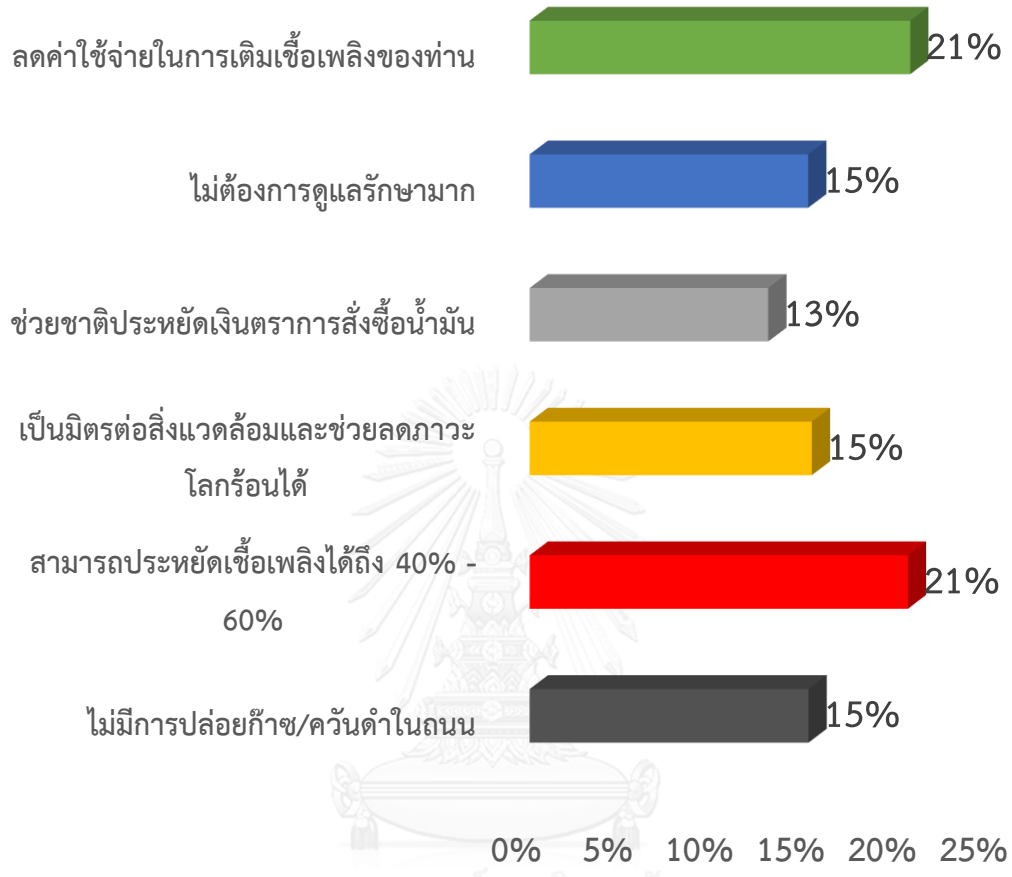
4.3.5 เหตุผลในการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง (หากมีวางจำหน่ายในตลาด)

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามหากมีการวางจำหน่ายรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง ทางกลุ่มตัวอย่างใช้เหตุผลใดมาสนับสนุนการตัดสินใจ ดังแสดงในรูปที่ 24



รูปที่ 24 อัตราส่วนของปัจจัยที่ผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

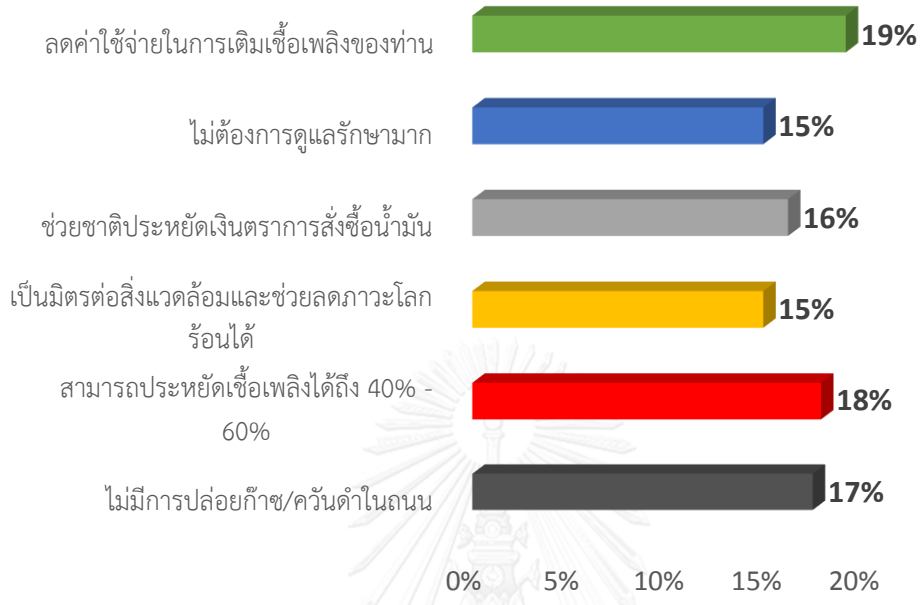
จากรูปที่ 24 พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 174 คน ใช้เหตุผลในการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเนื่องจากรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงสามารถประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 40 – 60 โดยคิดเป็นร้อยละ 18.36 ซึ่งเป็นอันดับที่สูงที่สุด อันดับรองลงมาคือรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงไม่ต้องการดูแลรักษามากและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ คิดเป็นร้อยละ 17.69 และ 17.30 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกเหตุผลข้างต้นมีความสำคัญใกล้เคียงกันมาก ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเลือกกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและมีความรู้ในเรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 25



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 25 อัตราส่วนของปัจจัยที่ผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและมีความรู้เรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

จากรูปที่ 25 ปัจจัยที่ผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและมีความรู้เรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงพบว่า การลดค่าใช้จ่ายในการเติมเชื้อเพลิงและสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึง 40% - 60% อยู่ที่ร้อยละ 21 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าราคาของเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงมีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อรถยนต์ หากนำมาเปรียบเทียบกับผู้ที่สนใจแต่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 26

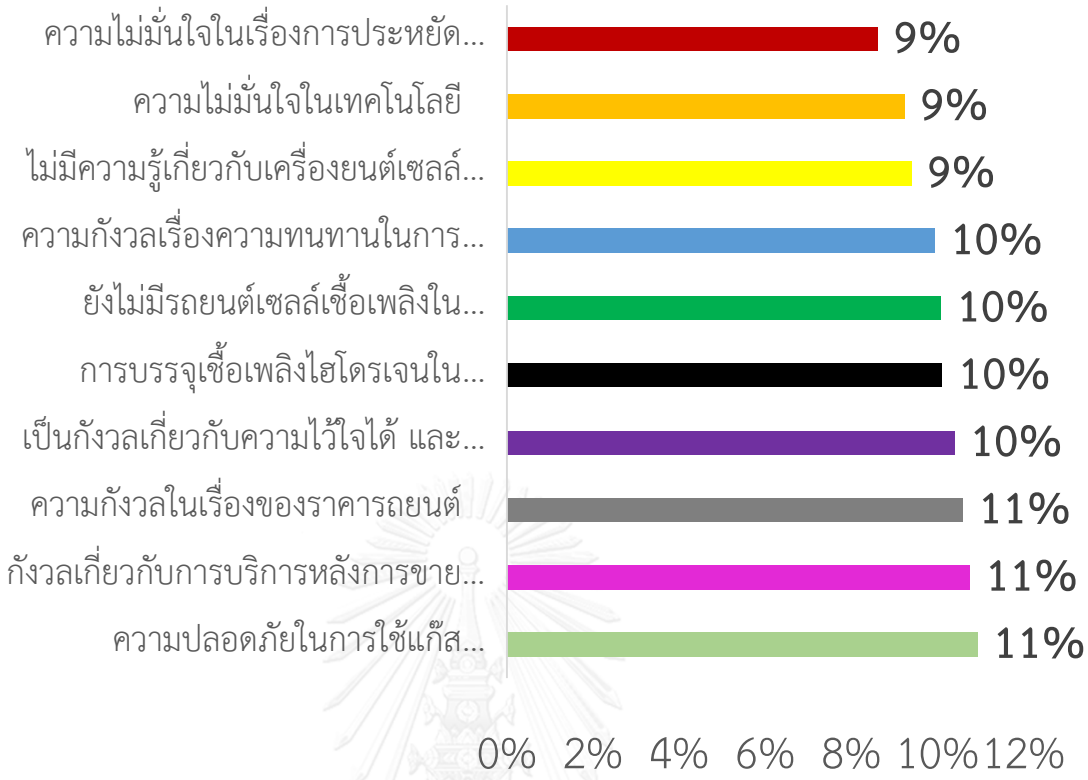


รูปที่ 26 อัตราส่วนของปัจจัยที่ผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจแต่ไม่มีความรู้เรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

จากรูปที่ 26 แสดงให้เห็นว่าผู้ที่สนใจและไม่มีความรู้ให้ความสำคัญกับการลดค่าใช้จ่ายของท่าน คิดเป็นร้อยละ 19 และ สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 40% - 60% คิดเป็นร้อยละ 18 ซึ่งเทียบเท่ากับผู้ที่สนใจและมีความรู้ ดังนั้นหากราคาเชื้อเพลิงถูกและคุ้มค่าต่อการใช้งานประชาชนจะหันมาตัดสินใจเลือกรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมากขึ้น

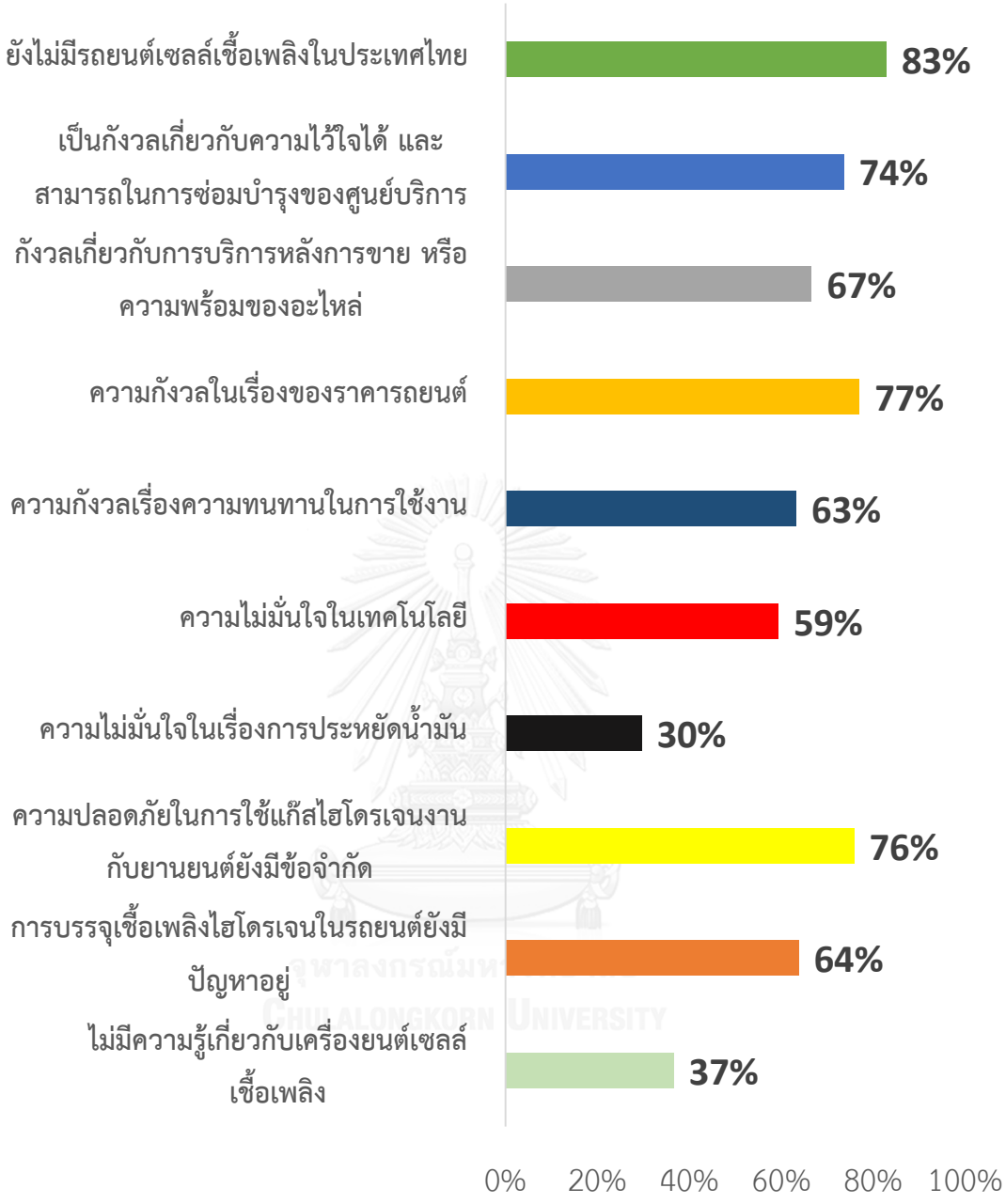
4.8.7 เหตุผลในการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง (หากมีวางจำหน่ายในตลาด)

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามหากมีการวางจำหน่ายรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง ถ้าท่านจะไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงโดยมีปัจจัยในการสนับสนุน ดังแสดงในรูปที่ 26



รูปที่ 27 อัตราส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

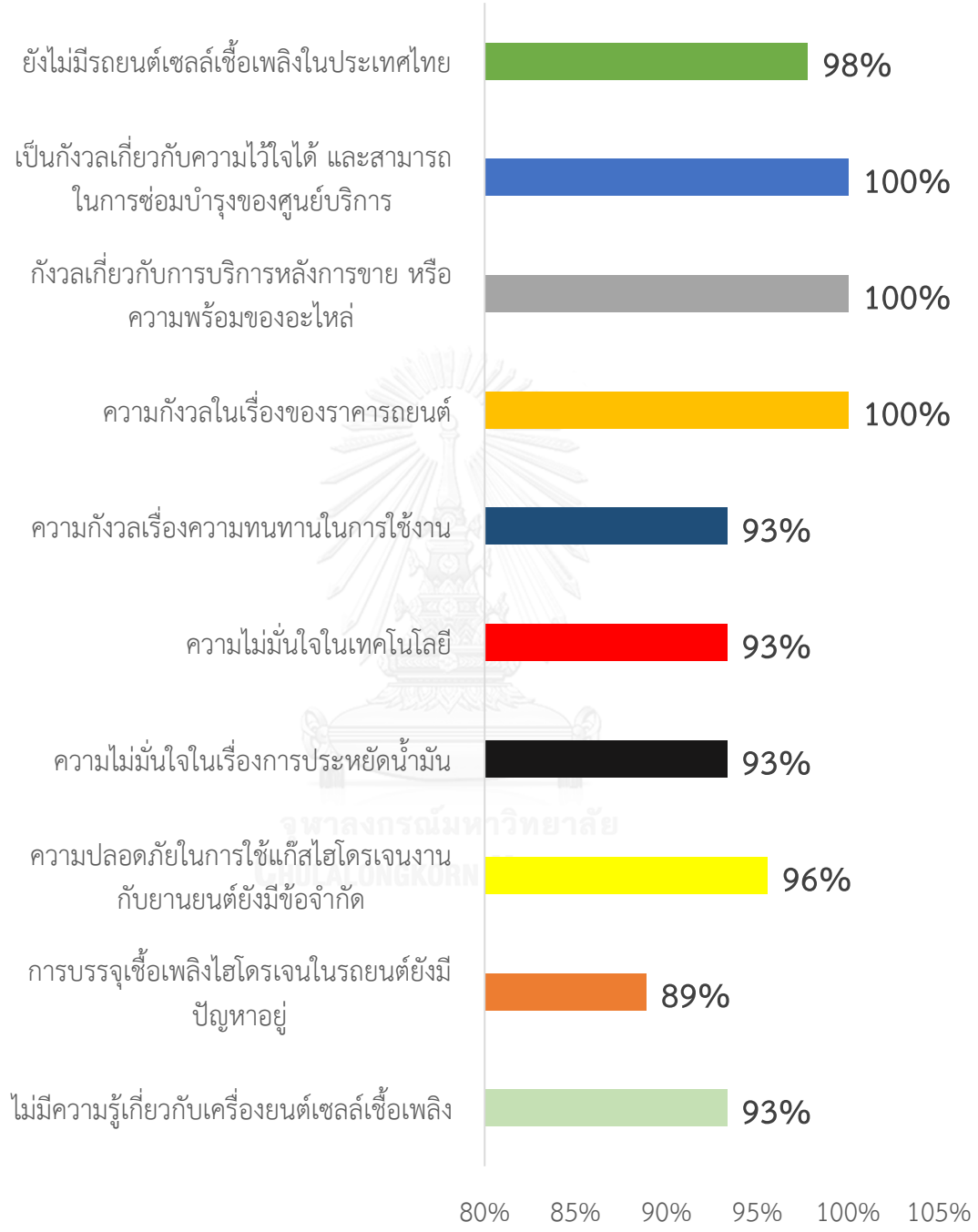
จากรูปที่ 27 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง อันดับสูงสุดคือ ความปลอดภัยในการใช้แก๊สไฮโดรเจนกับยานยนต์ยังมีข้อจำกัด คิดเป็นร้อยละ10.93 และรองลงมาเป็น ความกังวลกับการบริการหลังการขายหรือความพร้อมของอะไหล่ และความกังวลเรื่องของราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง คิดเป็นร้อยละ 10.75 และ 10.58 ตามลำดับ ซึ่งพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีเหตุผลในการตัดสินใจไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงด้วยเหตุผลดังกล่าวใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ในกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 28



รูปที่ 28 อัตราส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจและมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

จากรูปที่ 28 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเนื่องจากยังไม่มีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในประเทศไทยมากที่สุดร้อยละ 83 แสดงให้เห็นว่าทางผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับรถยนต์ อาจจะมีการนำเข้ามาลองใช้จริงในภาคขนส่งสาธารณะหรือในองค์การในภาครัฐเพื่อให้ประชาชนได้เห็นภาพและศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง และทาง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อของผู้ที่สนใจและไม่มีความรู้ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 29



รูปที่ 29 อัตราส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจแต่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

จากรูปที่ 29 ปัจจัยที่มีผลต่อการไม่เลือกซื้อรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากกลุ่มตัวอย่างที่สนใจแต่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงพบว่าปัจจัยทุกปัจจัยมีความสำคัญเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มนี้ไม่มีความรู้และความเข้าใจทำให้ทุกปัจจัยมีความสำคัญดังนั้น จำเป็นต้องมีการเผยแพร่และตัวอย่างการนำรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมาในจริงในภาคขนส่งสาธารณะ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถและศักยภาพของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงว่าสามารถใช้งานได้จริงและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ใช้งาน

จากการสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 174 คนพบว่าประชาชนส่วนใหญ่ให้ความสนใจในเรื่องของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงแต่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องของรถยนต์ รวมถึงหากมีการนำรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเข้ามาในประเทศไทยจำเป็นต้องให้ความรู้ความเข้าใจ รวมถึงมีสถานีบริการเชื้อเพลิงและราคาเชื้อเพลิง ตลอดจนราคาของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจำเป็นต้องคุ้มค่าแก่การใช้งาน

4.9 วิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกร

จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าปัจจัยที่ผลต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อรถยนต์ คือการวิเคราะห์ทางการเงิน ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ในส่วนของราคารถยนต์เชื้อเพลิงโดยนำมาเปรียบกับรถยนต์ที่ใช้เบนซินเป็นเชื้อเพลิง ที่มีขนาดที่เท่ากัน เพื่อแสดงถึงมูลค่ารายปีของค่าเงินในปัจจุบัน (PW) และเงินในอนาคต (FW) ที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาต่างๆตลอดอายุของการใช้งานรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงโดยมีปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อค่าของเงิน คือ

- ระยะเวลาของการใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง โดยพิจารณาจากอายุของเซลล์เชื้อเพลิงซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8 ปี โดยอ้างอิงมาจากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมีอายุการรับประกันของเซลล์เชื้อเพลิงอยู่ที่ 8 ปี

- อัตราดอกเบี้ยหรือผลตอบแทน (Interest rate or Rate of return) โดยพิจารณาจากอัตราการเติบโตของเศรษฐกิจในภาคอุตสาหกรรมรถยนต์อยู่ที่ร้อยละ 2.3 ต่อปี ซึ่งอัตรานี้พิจารณาจากการผลิตรถยนต์ นำเข้ารถยนต์ และส่งออกรถยนต์ของประเทศไทย

- ราคารถยนต์ในปัจจุบัน ซึ่งพิจารณาจากราคารถยนต์ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

กรณีศึกษาที่ 1 เป็นกรณีนี้ศึกษารถการนำเข้ายนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากประเทศญี่ปุ่นปัจจุบันโดยพิจารณาถึงราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่มีจำหน่ายจริงที่ประเทศญี่ปุ่น กับราคาการนำรถยนต์จากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาที่ประเทศไทยซึ่งมีอัตราภาษีการนำเข้าอยู่ที่ 345% ซึ่งอัตรานี้รวมค่า ขนส่งรถยนต์จากท่าเรือเมืองโยโกฮามะ ประเทศญี่ปุ่น ภาษีขาเข้า ภาษีสรรพสารมิตร ภาษีกระทรวงมหาดไทย และภาษีมูลค่าเพิ่ม (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ)

กรณีศึกษาที่ 2 เป็นกรณีนี้ศึกษารถการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากประเทศญี่ปุ่นปัจจุบัน โดยพิจารณาถึงราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่มีจำหน่ายจริงที่ประเทศญี่ปุ่น กับราคาการนำรถยนต์จากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาที่ประเทศไทยไม่มีอัตรา ขนส่งรถยนต์จากท่าเรือเมืองโยโกฮามะประเทศญี่ปุ่น และภาษีมูลค่าเพิ่ม (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ)

กรณีศึกษาที่ 3 เป็นกรณีนี้ศึกษารถการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากประเทศญี่ปุ่นปัจจุบัน โดยพิจารณาถึงราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่มีจำหน่ายจริงที่ประเทศญี่ปุ่น กับราคาการนำรถยนต์จากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาที่ประเทศไทยไม่มีอัตรา ขนส่งรถยนต์จากท่าเรือเมืองโยโกฮามะประเทศญี่ปุ่น และภาษีมูลค่าเพิ่ม แต่ทำการลดราคาเชื้อเพลิงลงร้อยละ 50 (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ)

กรณีศึกษาที่ 4 เป็นกรณีนี้ศึกษารถการนำเข้ายนต์เซลล์เชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับราคารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

- ราคาเชื้อเพลิงอ้างอิงจากราคาที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ในวันที่ 11 กรกฎาคม 2559 [41] โดยมีอัตราเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 2สำหรับเชื้อเพลิงเบนซิน

- ราคารถยนต์ในปีที่ 8 พิจารณาจากอัตราการซื้อขายรถยนต์ในตลาดรถยนต์อยู่ที่ 28%

- ราคาการบำรุงรักษารถ อ้างอิงจากคู่มือการบำรุงรถยนต์ของบริษัทรถยนต์ (รายละเอียดในภาคผนวก จ) โดยรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงทางบริษัทผู้ผลิตรถยนต์รับประกันในระยะเวลา 8 ปี ในส่วนของรถยนต์ที่ใช้เบนซินเป็นเชื้อเพลิงมีระยะเวลาในการรับประกัน 3 ปีเท่า ในส่วนปีที่ 4 – 8 ให้อัตราเฉลี่ยอยู่ที่ 15,000 บาทต่อปี

จากปัจจัยข้างต้นที่กล่าวสามารถวิเคราะห์ทั้ง 3 กรณีศึกษาได้ดังต่อไปนี้

กรณีศึกษาที่ 1 เปรียบแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเมื่อรวมมูลค่าการนำเข้าจากต่างประเทศโดยพิจารณาดังตารางที่12 และ ตารางที่ 13

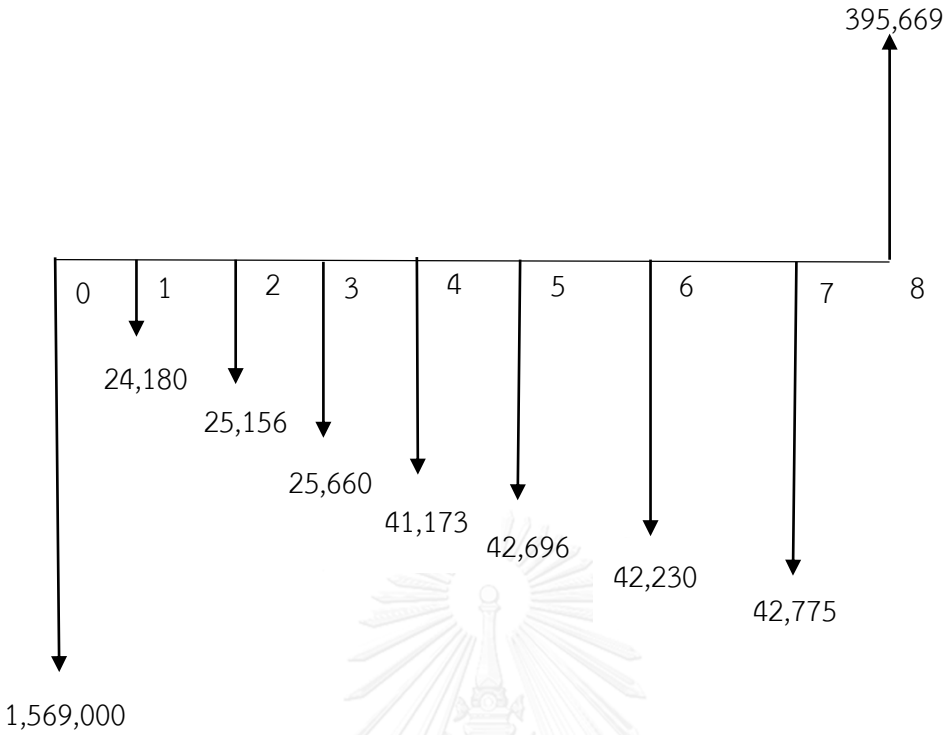
ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดของข้อมูลรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงโดยมีการนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น

รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง	GDP อุตสาหกรรมรถยนต์	3.7	%ต่อปี
		ราคา	
	ราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง	2,100,000.00	บาท
	ราคาภาษีนำเข้า		
	ราคา C.I.F. (ราคาสินค้า + ค่าขนส่ง)	2,118,550.00	บาท
	ค่าขนส่ง	18,550.00	บาท
	ราคาสินค้า	2,100,000.00	บาท
	ภาษีอากรขาเข้า 80% ของ ราคา C.I.F.	1,694,840.00	บาท
	ภาษีสรรพสามิตร = (C.I.F. + อากรขาเข้า + ภาษีค่าธรรมเนียมอื่นไม่รวมถึงภาษีมูลค่าเพิ่ม) x อัตราภาษี / 1 – (1.1 x อัตราภาษี) * อัตราภาษีเครื่อง 2,500 C.C.- 3,000 C.C. = 40 % , มากกว่า 3,000 C.C. ขึ้นไป = 50%	4,237,100.00	บาท
	ภาษีกระทรวงมหาดไทย = 10% ของภาษีสรรพสามิตร	423,710.00	บาท
	รวม	6,779,360.00	บาท
	VAT 7% ของ ราคา C.I.F. + ภาษีอากรขาเข้า + ภาษีสรรพสามิตร + ภาษีกระทรวงมหาดไทย *รถเก่า ก็จะมี % ลดหย่อนลงไป โดยหักจากราคาขายตอนเป็นรถใหม่ (>10 ปีประเมินตามสภาพ, 9 ปี 10เดือน – 10 ปี ลด 70%) แต่รถเก่า จะนำเข้ามาได้ต้องเป็นเจ้าของมาก่อน 1 ปี 6 เดือน	7,253,915.20	บาท
	ราคาเชื้อเพลิงไฮโดรเจน	300.00	บาท/กก.
	คาดว่าจะลดลงในอีก 8 ปี		
	ระยะทางการวิ่งเฉลี่ย	20,000.00	กม./ปี
	น้ำมันเบนซิน 1 กิโลกรัม สามารถวิ่งได้	96.60	กม.
	ถ้า 20,000 กิโลเมตรต่อปีใช้ไฮโดรเจน	207.04	กก/ปี
	ราคาแก๊สไฮโดรเจนรวมของรถยนต์	62,111.80	บาทต่อปี
	ค่าเสื่อมรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง		
	เติมแก๊สไฮโดรเจนฟรี 3 ปี		
	ค่าบำรุงรักษารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง		
	รับประกัน8ปี		
	อัตราการคิดราคารถยนต์มือสอง	28%	จากราคาเริ่มต้น
	หากรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมือ2	2,031,096.26	

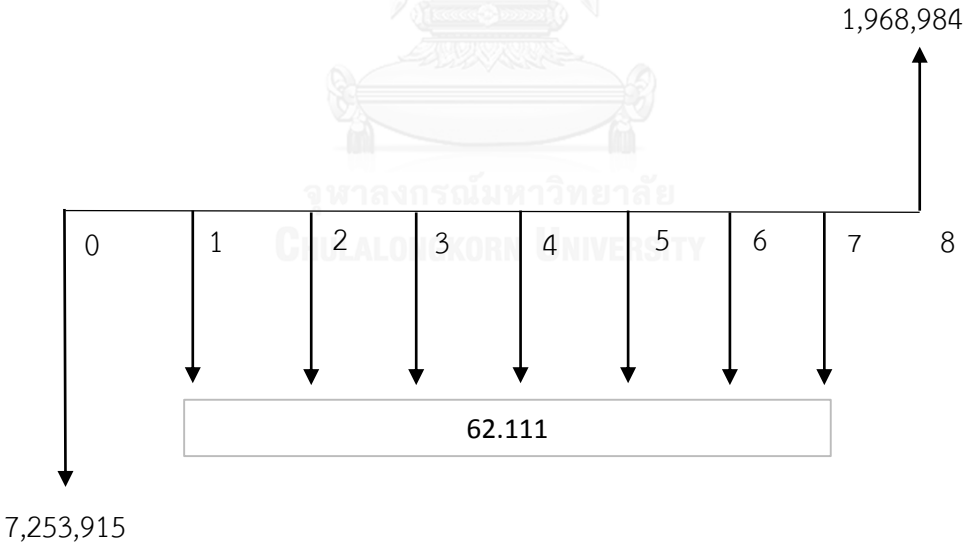
ตารางที่ 13 แสดงรายละเอียดของข้อมูลรถยนต์ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน

รถยนต์ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน	GDP อุตสาหกรรมรถยนต์			ร้อยละ 3.7	ต่อปี
	ราคารถยนต์โตโยต้า แคมรี่ รุ่น 2.5G			1,569,000.00	บาท
	ราคาเชื้อเพลิงเบนซิน			24.18	บาท/ลิตร
	อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำมันเฉลี่ย			2.00	%
	ราคาน้ำมันในปีที่ 1			24.66	บาท/ลิตร
	ราคาน้ำมันในปีที่ 2			25.16	บาท/ลิตร
	ราคาน้ำมันในปีที่ 3			25.66	บาท/ลิตร
	ราคาน้ำมันในปีที่ 4			26.17	บาท/ลิตร
	ราคาน้ำมันในปีที่ 5			26.70	บาท/ลิตร
	ราคาน้ำมันในปีที่ 6			27.23	บาท/ลิตร
	ราคาน้ำมันในปีที่ 7			27.78	บาท/ลิตร
	ราคาน้ำมันในปีที่ 8			28.33	บาท/ลิตร
	ระยะทางการวิ่งเฉลี่ย			20,000.00	กม./ปี
	น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร สามารถวิ่งได้			20.00	กม.
	ถ้า 20,000 กิโลเมตรต่อปีใช้น้ำมัน			1,000.00	ลิตร/ปี
	ราคาน้ำมันรวมของรถยนต์ในปีที่1			24,180.00	บาท/ปี
	ราคาน้ำมันรวมของรถยนต์ในปีที่2			25,156.87	บาท/ปี
	ราคาน้ำมันรวมของรถยนต์ในปีที่3			25,660.01	บาท/ปี
	ราคาน้ำมันรวมของรถยนต์ในปีที่4			26,173.21	บาท/ปี
	ราคาน้ำมันรวมของรถยนต์ในปีที่5			26,696.67	บาท/ปี
	ราคาน้ำมันรวมของรถยนต์ในปีที่6			27,230.61	บาท/ปี
	ราคาน้ำมันรวมของรถยนต์ในปีที่7			27,775.22	บาท/ปี
	ราคาน้ำมันรวมของรถยนต์ในปีที่8			28,330.72	บาท/ปี
	ค่าบำรุงรักษา				
	ปีที่ 1 - 3			-	บาท
	ปีที่ 4-8			15,000.00	บาท
	รถยนต์ใช้ 8 ปี ราคาตลาดมือสอง			439,000.00	บาท

จากตารางที่ 12 และตารางที่ 13 สามารถสรุปเป็นแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนได้ดังรูปที่ 29 ดังต่อไปนี้



ก. แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน



ข. แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเมื่อรวมมูลค่าการนำเข้าจาก

รูปที่ 30 แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนเปรียบเทียบระหว่างรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นกับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน

จากรูปที่ 30 สามารถวิเคราะห์ได้จากมูลค่ารายปีของค่าเงินปัจจุบัน และเงินในอนาคตของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงอยู่ที่ – 903,415.57 บาท และ – 217,158.09 บาท ดังนั้นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นรถยนต์ที่ให้มูลค่ารายปีที่ต่ำที่สุด ยังคงเป็นรถยนต์ที่คุ้มค่าที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในกรณีศึกษานี้

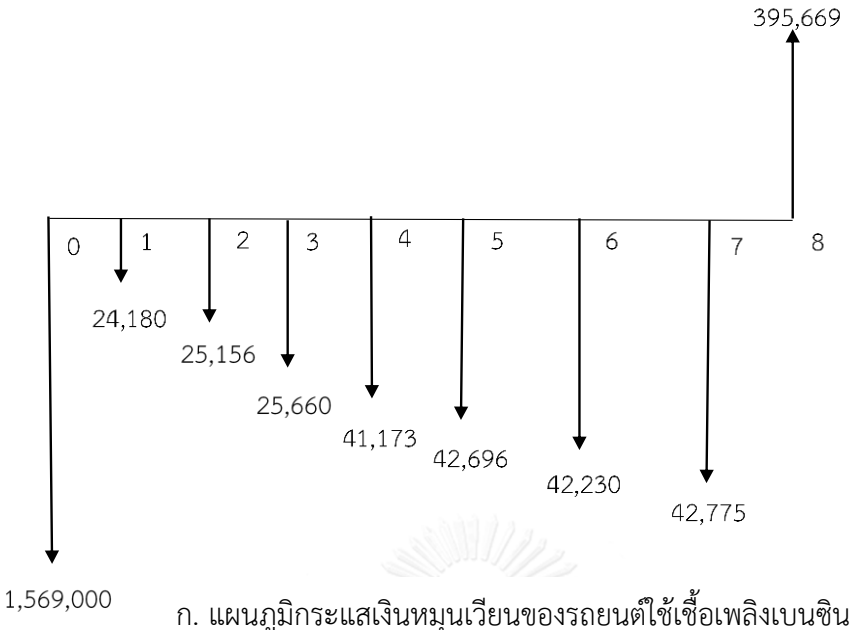
สำหรับการวิเคราะห์กรณีศึกษาที่ 2 เป็นกรณีนี้ศึกษารถการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากประเทศญี่ปุ่นปัจจุบัน โดยพิจารณาถึงราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่มีจำหน่ายจริงที่ประเทศญี่ปุ่น โดยการนำราคารถยนต์จากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาที่ประเทศไทยไม่มีอัตราภาษีการนำเข้า มีเฉพาะค่าขนส่งรถยนต์จากท่าเรือเมืองโยโกฮามะ ประเทศญี่ปุ่น และภาษีมูลค่าเพิ่มร้อยละ 7 เท่านั้น เพื่อทำการวิเคราะห์หากการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงซึ่งเป็นรถยนต์ที่ลดมลภาวะโลกร้อน และเข้ามาช่วยลดการใช้พลังงานน้ำมันเบนซินในประเทศไทยนั้น โดยมีการสนับสนุนเรื่องของการไม่คิดภาษีนำเข้าของรถยนต์จะสามารถสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้นำเข้ารถยนต์หรือไม่โดยพิจารณานำข้อมูลจากตารางที่ 14 แสดงรายละเอียดต่างๆของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและตารางที่ 13 แสดงรายละเอียดของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงตารางที่ 14 แสดงรายละเอียดของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นไม่รวมภาษีน้ำเข้าต่างๆ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 แสดงรายละเอียดของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่นำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นไม่รวมภาษีนำเข้าต่างๆ

GDP อุตสาหกรรมรถยนต์			3.7	%ต่อปี
			ราคา	
ราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง			2,100,000.00	บาท
ราคาภาษีนำเข้า				
ราคา C.I.F. (ราคาสินค้า + ค่าขนส่ง)			2,118,550.00	
ค่าขนส่ง			18,550.00	
ราคาสินค้า			2,100,000.00	
รวม			2,118,550.00	
VAT 7% ของ ราคา C.I.F.			2,266,848.50	
ราคเชื้อเพลิงไฮโดรเจน			300.00	บาท/กก.
คาดว่าจะลดลงในอีก 5 ปี				
ระยะทางการวิ่งเฉลี่ย			20,000.00	กม./ปี
น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร สามารถวิ่งได้			96.60	กม.
ถ้า 20,000 กิโลเมตรต่อปีใช้ไฮโดรเจน			207.04	กก/ปี
ราคาแก๊สไฮโดรเจนรวมของรถยนต์			62,111.80	บาทต่อปี
ค่าบำรุงรักษารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง				
รับประกัน8ปี				
อัตราการคิดราคารถยนต์มือสอง			28%	จากราคาเริ่มต้น
หากรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมือ2			634,717.58	

จากตารางที่ 14 สามารถสรุปเป็นแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนได้ดังรูปที่ 31 ดังต่อไปนี้



ก. แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน

ข. แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงไม่มีภาษีนำเข้า

รูปที่ 31 แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนเปรียบเทียบระหว่างรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่นไม่รวมภาษีนำเข้ากับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน

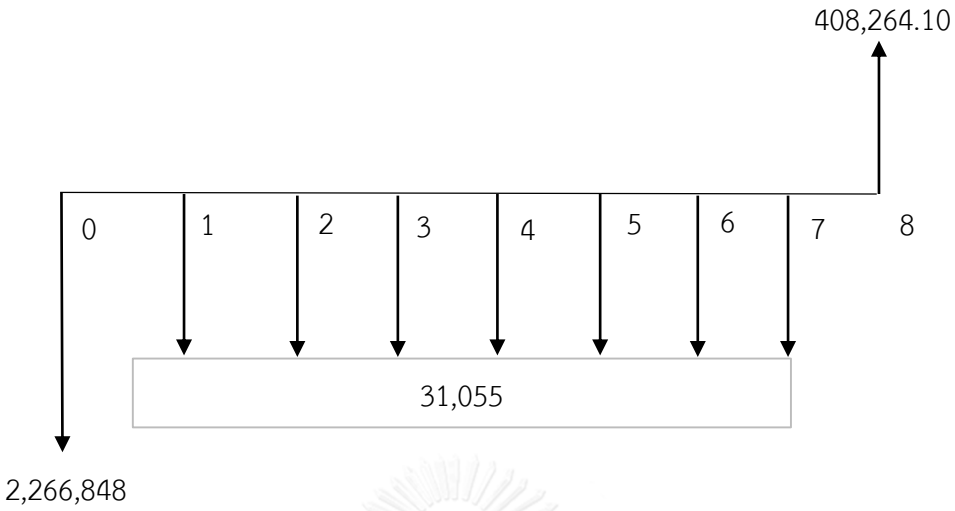
จากรูปที่ 31 สามารถวิเคราะห์ได้จากมูลค่ารายปีของค่าเงินปัจจุบัน และเงินในอนาคตของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงอยู่ที่ –299,589.62 บาท และ –217,158.09 บาท ดังนั้นสามารถสรุปหากได้รับการสนับสนุนเรื่องของการไม่คิดภาษีนำเข้าของรถยนต์จะไม่สามารถสร้างแรงจูงใจต่อการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงได้

กรณีศึกษาที่ 3 เป็นกรณีนี้ศึกษารถการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากประเทศญี่ปุ่นปัจจุบัน โดยพิจารณาถึงราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่มีจำหน่ายจริงที่ประเทศญี่ปุ่น กับราคาการนำรถยนต์จากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาที่ประเทศไทยไม่มีอัตรา ขนส่งรถยนต์จากท่าเรือเมืองโยโกฮามะประเทศญี่ปุ่น และภาษีมูลค่าเพิ่ม แต่ทำการลดราคาเชื้อเพลิงลงร้อยละ 50โดยจากผลการวิจัยราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงอยู่ที่ 2.26 ล้านบาท ราคาเชื้อเพลิงอยู่ที่ 150 บาทต่อปีดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงรายละเอียดของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงไม่รวมค่าน้ำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นและราคาเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 50

GDP อุตสาหกรรมรถยนต์			3.7	%ต่อปี
			ราคา	
ราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง			2,100,000.00	บาท
ราคาภาษีนำเข้า				
ราคา C.I.F. (ราคาสินค้า + ค่าขนส่ง)			2,118,550.00	
ค่าขนส่ง			18,550.00	
ราคาสินค้า			2,100,000.00	
รวม			2,118,550.00	
VAT 7% ของ ราคา C.I.F.			2,266,848.50	
ราคเชื้อเพลิงไฮโดรเจน			150.00	บาท/กก.
คาดว่าจะลดลงในอีก 5 ปี				
ระยะทางการวิ่งเฉลี่ย			20,000.00	กม./ปี
น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร สามารถวิ่งได้			96.60	กม.
ถ้า 20,000 กิโลเมตรต่อปีใช้ไฮโดรเจน			207.04	กก/ปี
ราคาแก๊สไฮโดรเจนรวมของรถยนต์			31,055.90	บาทต่อปี
ค่าบำรุงรักษารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง				
รับประกัน8ปี				
อัตราการคิดราคารถยนต์มือสอง			28%	จากราคาเริ่มต้น
หากรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมือ2			634,717.58	

จากตารางที่ 15 สามารถสรุปเป็นแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนได้ดังรูปที่ 32 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 32 แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่ไม่มีภาษีนำเข้าและลดราคาเชื้อเพลิงลงร้อยละ 50

จากรูปที่ 32 สามารถวิเคราะห์ได้จากมูลค่ารายปีของค่าเงินปัจจุบัน และเงินในอนาคตของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงอยู่ที่ -293,963.33 บาท และ –217,158.09 บาท ดังนั้นสามารถสรุปได้เมื่อทำการลดราคาของเชื้อเพลิงลดร้อยละ 50 ยังไม่สามารถสร้างแรงจูงใจให้ต่อการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงได้

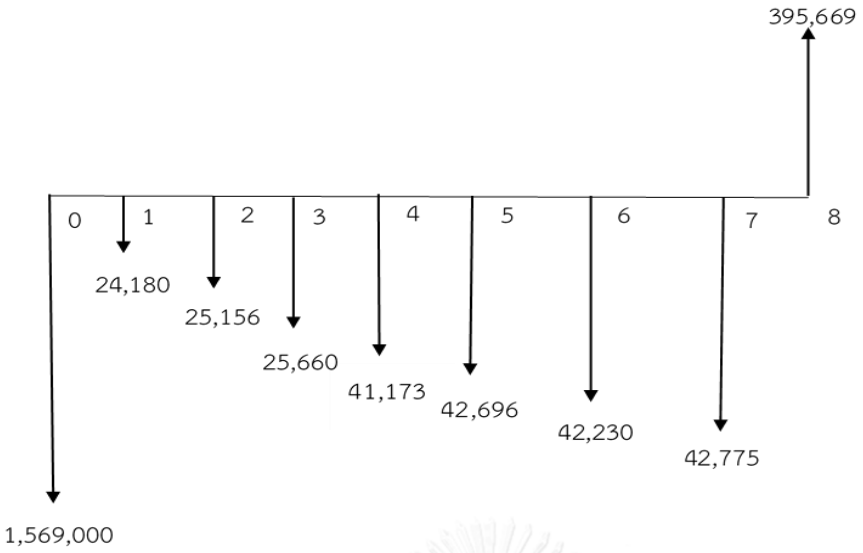
กรณีศึกษาที่ 4 จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษากรณีนี้โดยการใช้ราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับราคารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงเพื่อวิเคราะห์ ความเป็นไปได้หากมีการพัฒนารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงให้มีค่าที่ต่ำ โดยรายละเอียดการพิจารณาดังตารางที่ 16 ต่อไปนี้

ตารางที่ 16 แสดงรายละเอียดของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงโดยราคาเท่ากับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

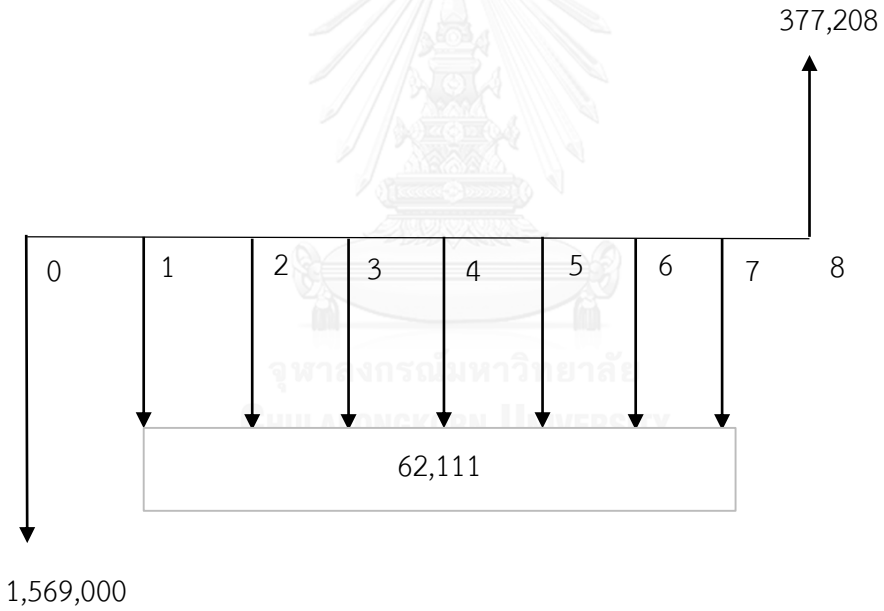
GDP อุตสาหกรรมรถยนต์	3.7	%ต่อปี
	ราคา	
ราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง	1,569,000.00	บาท
ราคเชื้อเพลิงไฮโดรเจน	300.00	บาท/กก.
คาดว่าจะลดลงในอีก 5 ปี		
ระยะทางการวิ่งเฉลี่ย	20,000.00	กม./ปี
น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร สามารถวิ่งได้	96.60	กม.
ถ้า 20,000 กิโลเมตรต่อปีใช้ไฮโดรเจน	207.04	กก/ปี
ราคาแก๊สไฮโดรเจนรวมของรถยนต์	62,111.80	บาทต่อปี
ค่าบำรุงรักษารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง		
รับประกัน8ปี		
อัตราการคิดราคารถยนต์มือสอง	28%	จากราคาเริ่มต้น
หากรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมือ2	439,320.00	

จากตารางที่ 16 สามารถสรุปเป็นแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนได้ดังรูปที่ 33 ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



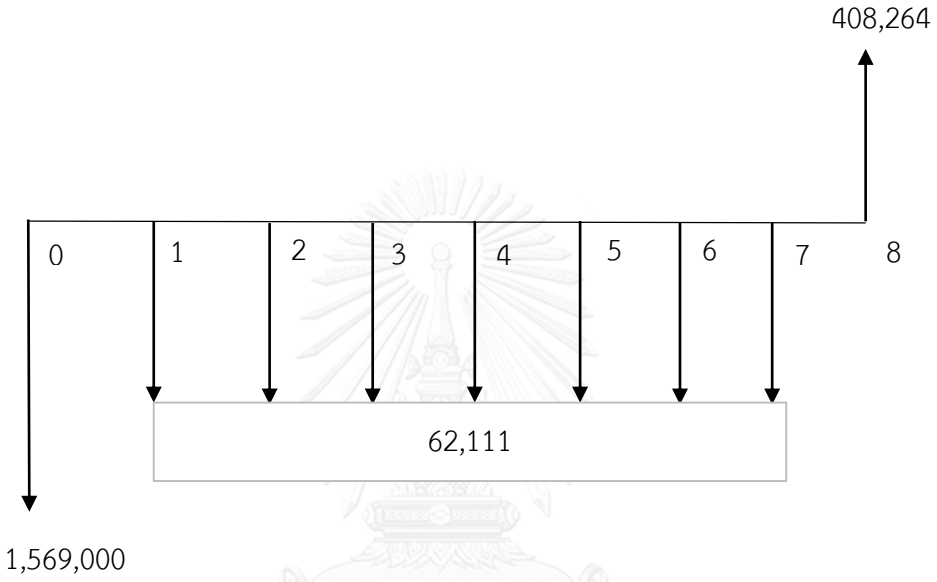
ก. แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน



ข. แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงไม่รวมภาษีนำเข้าราคารถยนต์เท่ากับรถยนต์เบนซิน

รูปที่ 33 แผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนเปรียบเทียบระหว่างรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงที่มีราคาเท่ากับรถยนต์เบนซิน

จากรูปที่ 33 สามารถวิเคราะห์ได้จากมูลค่ารายปีของค่าเงินปัจจุบัน และเงินในอนาคตของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงอยู่ที่ -218,653.67 บาท และ –217,158.09 บาท ดังนั้นสามารถสรุปได้เมื่อทำการลดราคาของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง ยังไม่สามารถสร้างแรงจูงใจให้ต่อการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงได้ นอกจากนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหากลดค่าเชื้อเพลิงลดร้อยละ 50 พร้อมกับราคารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมีราคาเท่ากับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงสามารถแสดงตามรูปที่ 34 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 34 แสดงแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียนโดยลดราคาของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง และราคาเชื้อเพลิงลดร้อยละ 50

จากรูปที่ 34 พบว่าหากราคาของรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงและราคาเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 50 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินแล้วพบว่ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงคุ้มค่าแก่การลงทุนซึ่งมีค่าของเงินในอนาคตอยู่ที่ -200,312 รถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมีค่าเงินในอนาคตอยู่ที่ -217,158 อย่างไรก็ตามความเป็นไปได้ในการลดราคาเชื้อเพลิงและราคารถยนต์ลดลงร้อยละ 50 ยังไม่มีความเป็นไปเนื่องจากเทคโนโลยีของรถยนต์และการผลิตเชื้อเพลิงยังมีมูลค่าที่สูงยังคงต้องใช้ระยะเวลาและการศึกษาวิจัยพัฒนาต่อไป

จากผลที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ซึ่งผู้วิจัยพบว่าปัจจุบันการนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงมาใช้ในประเทศไทยยังไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนเนื่องจากราคาของรถยนต์ยังคงมีมูลค่าที่สูง รวมถึงราคาของเชื้อเพลิงยังมีมูลค่าที่สูงกว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินในปัจจุบัน

บทที่ 5
สรุปผลการวิเคราะห์

5.1 ผลการวิเคราะห์

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดและยั่งยืนในอนาคตของประเทศไทยตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี พ.ศ. 2550 – พ.ศ. 2565 กระทรวงพลังงานงานได้กำหนดเป้าหมายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในประเทศไทยให้ได้ร้อยละ 20.3 ของพลังงานขั้นสุดท้ายในปี พ.ศ. 2565 ได้กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฮโดรเจนในภาคคมนาคมขนส่งปริมาณ 100,000 กิโลกรัมในปี พ.ศ. 2560 นั้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้ไฮโดรเจนมาเป็นพลังงานทดแทนในภาคขนส่งของประเทศไทยโดย วิเคราะห์สถานการณ์ในปัจจุบันของพลังงานไฮโดรเจนกับนโยบายพลังงานทดแทน รวมถึงการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มผู้เชี่ยวด้านผู้ผลิตแก๊สของประเทศไทย และทำแบบสอบถามกับประชาชนทั่วไป

5.1.1 วิเคราะห์สถานการณ์ในปัจจุบันของพลังงานไฮโดรเจนกับนโยบายพลังงานทดแทน

จากการวิเคราะห์สถานการณ์พลังงานไฮโดรเจนในปัจจุบันพบว่าการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทยในภาคขนส่งนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับนโยบายพลังงานพบว่าเกิดความล่าช้าขึ้นเนื่องด้วย ณ ปัจจุบันเหลือเวลาอีก 1 ปีนับจากเป้าหมายการใช้ไฮโดรเจนในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการใช้พลังงานไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงานทดแทน ถึงแม้ประเทศไทยได้มีการดำเนินธุรกิจที่มีการใช้ไฮโดรเจนในการผลิตทางอุตสาหกรรมเป็นเวลานานแล้ว มีผู้ประกอบการผลิตไฮโดรเจนทั้งแบบท่อส่งและแบบรถบรรทุก เป็นต้น ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการหากนำมาใช้ทดแทนในภาคขนส่งของประเทศไทย ประกอบกับการลงทุนทางโครงสร้างพื้นฐาน เริ่มตั้งกระบวนการใช้ไฮโดรเจนตั้งแต่การผลิต การจัดเก็บ การขนส่ง สถานีจำหน่ายเชื้อเพลิง รวมถึงรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในปัจจุบันที่มีขายในเชิงพาณิชย์ยังมีราคาที่สูง ซึ่งอาจจะต้องรออาศัยการวิจัยและพัฒนาต่อไป

5.1.2 วิเคราะห์จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ผลิตแก๊สไฮโดรเจน

วิเคราะห์จากการสัมภาษณ์เชิงลึกของผู้ผลิตแก๊สไฮโดรเจนพบว่า แก๊สไฮโดรเจนในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้มากจากผลผลิตพลอยได้จากการผลิตน้ำมัน ซึ่งแหล่งผลิตก็มาจากพลังงานฟอสซิล ผลผลิตของพลังงานไฮโดรเจนส่วนใหญ่นำมาใช้ในโรงกลั่นน้ำมัน เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน แต่เนื่องด้วยพลังงานไฮโดรเจนเป็นพลังงานสะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นเป็นเชื้อเพลิงอเนกประสงค์สามารถใช้ได้กับหลายอุตสาหกรรมเช่น อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เหล็ก และอิเลคทรอนิคส์ บางบริษัทมีความต้องการขยายกำลังการผลิตเพิ่มมากขึ้นและมีเป้าหมายที่จะทำให้

ราคาไฮโดรเจนในประเทศไทยใกล้เคียงกับราคาแก๊สธรรมชาติ เห็นได้พลังงานไฮโดรเจนนั้นยังอยู่ในขั้นของการพัฒนาต้นทุนการผลิตและการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นเมื่อความน่าจะเป็นของการนำไฮโดรมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทยในภาคขนส่งยังคงต้องเลื่อนออกไป

5.1.3 วิเคราะห์ของความน่าจะเป็นไปได้ของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาในภาคคมนาคมของประเทศไทยกับกลุ่มผู้บริโภค

รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงเป็นเทคโนโลยีใหม่ของประเทศไทย ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับและให้ความความสนใจเกี่ยวกับพลังงานไฮโดรเจน จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 174 คน ร้อยละ 88.5 มีความสนใจรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง และร้อยละ 60.3 เป็นกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่รู้จักรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง จึงพบว่าประชาชนยังขาดความรู้ความเข้า เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการประชาสัมพันธ์และให้ความรู้ จึงทำให้ผู้บริโภคไม่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแก๊สไฮโดรเจน ในส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์ซึ่งเห็นได้ว่าปัจจัยหลักคือราคา ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมโดยการใช้ มูลค่ารายปีของค่าเงินปัจจุบัน และเงินในอนาคตพบว่าการใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในปัจจุบันไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากเทคโนโลยีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงยังมีราคาที่สูงประกอบกับราคาของเชื้อเพลิงที่มีมูลค่าสูงในปัจจุบันซึ่ง

จากการวิเคราะห์ทุกภาคส่วนตั้งแต่ ความต้องการ การผลิต การกักเก็บ ของเชื้อเพลิง ตลอดจนรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง รวมถึงเทคโนโลยีต่างๆ พบว่าความน่าเป็นของการนำไฮโดรเจนมาใช้ในภาคขนส่งของประเทศไทย ไม่สามารถเป็นไปได้ตามแผนพลังงานที่ถูกกำหนดไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 แนวทางการแก้ไข

ถึงแม้พลังงานไฮโดรเจนในปัจจุบันยังไม่มีความน่าจะเป็นของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทยในปัจจุบันได้นั้น ทางผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าพลังงานไฮโดรเจนเป็นพลังงานที่สะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่มั่นคงและยั่งยืน รวมถึงได้รับความสนใจทั้งภาครัฐบาล บริษัทผู้ผลิตแก๊สไฮโดรเจน และผู้บริโภค หากแต่ต้องอาศัยระยะเวลาในการพัฒนาเทคโนโลยีไฮโดรเจน (การผลิต การจัดเก็บและการขนส่ง) และความร่วมมือของทุกฝ่าย ดังต่อไปนี้รัฐบาลตั้งแต่นโยบายของรัฐบาลอย่างชัดเจนเพื่อทำให้เกิดการตื่นตัวในทุกกลุ่มการวิจัย การสนับสนุนเงินทุน สนับสนุนผู้เชี่ยวชาญในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต การจัดเก็บ การขนส่งและการนำไปใช้ และภาครัฐจะต้องจัดทำแผนที่นำทางไฮโดรเจนซึ่งจะต้องเป็นแผนระยะยาวเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการใช้พลังงานไฮโดรเจนอย่างชัดเจน ทางด้านเทคโนโลยีการผลิต การจัดเก็บและขนส่ง รวมถึงเทคโนโลยีของเซลล์เชื้อเพลิง กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำหน้าที่วิจัย

และพัฒนาพลังงานไฮโดรเจนและเผยแพร่ความรู้ให้แก่ประชาชน รวมถึงกระทรวงต่างประเทศ ทำสัมพันธมิตรกับประเทศที่มีการใช้รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์เพื่อขอความร่วมมือในการพัฒนาเทคโนโลยีและการนำไฮโดรเจนมาใช้ในประเทศไทยในภาคขนส่ง ตลอดจนกระทรวงพาณิชย์สนับสนุนการนำเข้าไฮโดรเจนจากต่างประเทศ และบริษัทเอกชนสนับสนุนการนำมาใช้งานได้จริง โดยในระยะแรกนำเข้ารถยนต์เซลล์เชื้อขนาดเล็กเข้าใช้ในส่วนของราชการ หรือใช้ขนส่งผู้โดยสารในสนามบินโดยจัดทำโครงสร้างพื้นฐานให้เพียงพอในระดับต่ำสุดควบคู่กันไป โดยมุ่งเป้าหมายเงินลงทุนน้อยที่สุด หรือได้รับการสนับสนุนจากโรงงานที่มีการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนอยู่แล้ว รวมถึงให้ความรู้และประชาสัมพันธ์ให้แกประชาชนควบคู่กันไป ตลอดจนบริษัทผู้ผลิตรถยนต์จำเป็นจะต้องนำเข้ารถยนต์เพื่อทำการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ และบริษัทผู้ผลิตเชื้อเพลิงเริ่มทำสถานีจำหน่ายควบคู่กันไป ซึ่งระยะแรกนี้ต้องอาศัยความร่วมมือทั้งภาครัฐและเอกชน ในระยะต่อมาหากรถยนต์พลังงานเซลล์เชื้อเพลิงเข้าสู่ตลาด ทางผู้ผลิตต้องเตรียมแผนการผลิตอุปกรณ์และชิ้นส่วนรถยนต์ภายในประเทศไทย รวมถึงผู้ผลิตเชื้อเพลิงต้องทำการกระจายตัวของสถานีจำหน่ายเชื้อเพลิงทั่วประเทศไทยเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค หลังจากนั้นการเพิ่มจำนวนและการใช้พลังงานไฮโดรเจนจะเกิดการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆไป

5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป

ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาให้ครอบคลุมในส่วนของการผลิตไฮโดรเจนโดยการใช้พลังงานทดแทนอื่นเข้ามาร่วมในการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจน และนำมาวิเคราะห์ราคาของเชื้อเพลิงเมื่อนำมาใช้กับรถยนต์ส่วนบุคคลที่น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. สถานการณ์การใช้พลังงานของประเทศไทย มกราคม – มีนาคม 2559 2559; Available from: http://km.eppo.go.th/resources/uploaded/97/20160513146313134261.pdf.
2. สำนักงานพัฒนาและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. สถานการณ์การใช้พลังงานของประเทศไทย มกราคม – เมษายน 2559. 2559; Available from: http://www.dede.go.th/download/state_59/frontpage_jan_apr.pdf.
3. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, สถานการณ์ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง in วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 45 กรกฎาคม-กันยายน 2542 2542.
4. **มารีนเนอร์ไทย**. บทวิเคราะห์ราคาน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ 2556. 2556; Available from: http://www.marinerthai.net/forum/index.php?topic=1482.0.
5. สำนักงานพัฒนาและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. สถานการณ์การใช้พลังงานของประเทศไทยในปัจจุบัน 2559 [13 พฤษภาคม 2559]; Available from: http://www.dede.go.th.
6. บริษัท ขุมทรัพย์ เอ็นเนอร์จี จำกัด. ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิด 2559; Available from: http://www.kongsupenergy.com/product/%E0%B8%99%E0%B8%B3%E0%B8%A1%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%87%E0%B8%97%E0%B8%81%E0%B8%8A%E0%B8%99%E0%B8%94.html.
7. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากาฬสินธุ์ เขต 3. ผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจน 2555 [13 พฤษภาคม 2559]]; Available from: http://www.kalasin3.go.th/view.php?article_id=24359.
8. มหาวิทยาลัยมหิดล. การจำแนกเซลล์เชื้อเพลิง. 2555 [13 พฤษภาคม 2559]]; Available from: http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/electrochemistry/web/5fuel_kind.htm.
9. บริษัท เอนคอส จำกัด. บทความเทคโนโลยีพลังงาน *HYDROGEN*. 2555; Available from: http://encos.co.th/articles/details/1.
10. มูลนิธิวิกิมีเดีย. การผลิตไฮโดรเจน. 2556; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%

9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B9%84%E0%B8%AE%E0%B9%82%E0%B8%94%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%88%E0%B8%99.

11. ซูพรีม รีนิวเอเบิ้ล เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด, เทคโนโลยีระบบ *Gasification.* 2551.
12. Dr. Dmitri Kopeliovich. *Principle of electrochemical machining*. 2556 [13 พฤษภาคม 2559]]; Available from: http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=electrochemical_machining.
13. **โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว**, การเก็บไฮโดรเจนและภาชนะที่บรรจุ. 2558.
14. สำนักประชาสัมพันธ์เขต2 กรมประชาสัมพันธ์, เบนซ์ลุยรถไฮโดรเจน ทดสอบรถ *F-CELL* รอบโลก. 2558.
15. กลุ่มพลังงานสะอาดใหม่ สำนักวิจัยและค้นคว้าพลังงาน, เซลล์เชื้อเพลิงและหลักการทำงาน. 2558.
16. **วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี**. เซลล์เชื้อเพลิง *ALKAINE FUEL CELL*. 2559; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%87#/media/File:Fcell_diagram_sofc.gif.
17. **วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี**. เซลล์เชื้อเพลิง*PAFC FUEL CELL*. 2559; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%87#/media/File:Fcell_diagram_sofc.gif.
18. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. เซลล์เชื้อเพลิง *MOLTEN CARBONA FUEL CELL*. 2559; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%87#/media/File:Fcell_diagram_molten_carbonate.gif.

19. สารานุกรมเสรี, ว. เซลล์เชื้อเพลิง *SOFC Fuel cell*. 2559 13 พฤษภาคม 2559]]; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์เชื้อเพลิง#/media/File:Fcell_diagram_sofc.gif.
20. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **เซลล์เชื้อเพลิง** *PEM FUEL CELL*. 2559; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%87.
21. อาคม รวมสุวรรณ *TOYOTA MIRAI* ยานยนต์ไฮโดรเจน ปล่อยของเสียเป็นน้ำดื่มบริสุทธิ์ 2557; Available from: http://www.thairath.co.th/content/466552.
22. Shell opens new demonstration hydrogen station in U.S. **สถานีเติมก๊าซไฮโดรเจนเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์เชื้อเพลิง**. 2558; Available from: http://www.chemwinfo.com/index.php?mo=3&art=42007195.
23. Reuters - Innovations Video Online / Powered by NewsLook.com. *The filling station that makes its own fuel*. 2558 [13 พฤษภาคม 2559]]; Available from: https://www.sciencedaily.com/videos/ededcbdf39a35f2707dc5113cf47be45.htm.
24. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน. กระบวนการผลิตและจัดเก็บไฮโดรเจน 2558 [13 พฤษภาคม 2559]]; Available from: http://www4.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=124%3A2010-05-07-07-19-58&catid=57%3A2010-04-06-09-13-01&Itemid=68&lang=th.
25. Frederic Hauge and Bellona Foundation. *Hydrogen technologies*. 2545 [13พฤษภาคม 2559]]; Available from: http://www.interstatetraveler.us/Reference-Bibliography/Bellona-HydrogenReport.html.
26. อาจารย์ แพรภัทร ยอดแก้ว. ลักษณะของทัศนคติ. 2550 [13 พฤษภาคม 2559]].
27. สุรางค์ โค้วตระกูล. ลักษณะของทัศนคติ. 2550 [13พฤษภาคม 2559]]; Available from: http://www.pckpb.ac.th/ULIB6/dublin.php?ID=13399113779#.V4XcMeuLSM8.
28. สุบิน ยุระรัช. ทฤษฎีการวัดทัศนคติ 2550 [13 พฤษภาคม 2559]]; Available from: buu.ac.th/dcms/files/49931534/bibliography.pdf.

29. รัฐวัชร์ พัฒนะจิระรุจน์ และ ผศ.ดร. วิชิต อู่อ้น. ทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค (*The Theory of Consumer Behavior)* 2556 [13 พฤษภาคม 2559]]; Available from: http://poundtv5.blogspot.com/2014/10/theory-of-consumer-behavior.html.
30. นิตยาสารมาร์เก็ตติ่งประเทศไทย. โมเดลพฤติกรรมผู้บริโภค [อินเตอร์เน็ต] ,. 2557 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: http://marketingthai.blogspot.com/2012/02/model-of-consumer-behavior.html?m=1.
31. Thaiall, ตัวอย่างการวิเคราะห์สวอต์ in *Thaiall magazine*. 2556.
32. Armstrong.M. การวิเคราะห์สวอต *Management Processes and Functions*. 2539 London]; Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%B0%E0%B8%AB%E0%B9%8C%E0%B8%AA%E0%B8%A7%E0%B8%AD%E0%B8%95.
33. อ.ดร. สราวุธ พลวงษ์ศรี เอกสารประกอบการสอนวิชาเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. 2556 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: http://aookaui.fireexit.co.th/MJUnew/course_detail/10/Energy%20Economics%20420-Chapter%201.pdf.
34. เอกสิริ ธีกุล ที่ปรึกษาบริษัท PTS Progresstive Engineering Co., L. พลังงานไฮโดรเจน เชื้อเพลิงไฮโดรเจน. 2556 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: http://www.theenergy.biz/Hydrogen1.html.
35. Meng ni, M.K.H.L., K.Sumathy, Dennis Y.C. Leung , , *Potential of renewable hydrogen production for energy supply in Hong Kong.* 2556.
36. **แก้วโกมินทวงษ์, น.ว.**, **ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศไทย**, in คณะเศรษฐศาสตร์. 2556, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
37. ระบบบริหารการเงินการคลังภาครัฐแบบอิเล็กทรอนิกส์ (GFMIS) ข้อมูลกระทรวงการคลัง การเบิกจ่ายเงินงบประมาณ จำแนกตามลักษณะเศรษฐกิจและรายจ่าย. 2559 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: http://dataservices.mof.go.th/Dataservices/GovernmentExpenditureSubExpd.

38. นายวรพจน์ แสนประเสริฐ บรรณาธิการข่าวหนังสือพิมพ์แนวหน้า. บทความวิเคราะห์รถยนต์โตโยต้า มิราอิ. 2559 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: http://www.naewna.com/business/139355.

39. กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก สถิติจำนวนรถยนต์จดทะเบียนสะสม. 2559.

40. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน. **สถานการณ์การใช้พลังงาน 9 เดือนแรก ปี 2558**. 2558 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: https://www.facebook.com/EppoKnowledge/photos/pcb.405059863020865/405059633020888/?type=.

41. บริษัท แก๊สไทย จำกัด. ราคาน้ำมันแก๊ส *LPG* และ *NGV* ของประเทศไทย 2558 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: http://www.gasthai.com/.

42. Holladaet al. *Fuel Cell Market Report* 2552 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: https://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/49492.pdf.

43. GMCAR MAGAZINE, วิเคราะห์รถยนต์โตโยต้า *Camrry* in *GMCAR*. 2559.

44. BOXZARACING, วิเคราะห์รถยนต์โตโยต้า รุ่น มิราอิ in *BOXZARACING MAGAZINE*. 2559.

45. บริษัท ออโต้สปิน จำกัด. เผยข้อมูล *Toyota Mirai* มีพละกำลัง 153 แรงม้า เร่ง 0-100 กม./ชม. ใน 9 วินาที 2555 [13 พฤศภาคม 2559]]; Available from: http://www.autospinn.com/2014/12/2016-toyota-mirai-detailed-in-a-series-of-videos/.

46. HEADLIGHT, **วิเคราะห์ราคาน้ำมันในญี่ปุ่น**, in *HEADLIGHT MAGAZINE* 2555.

47. the Alliance for Sustainable Energy, L. *Estimate cost of hydrogen energy Renewable*. 2554 [5ตุลาคม2558]]; Available from: http://www.nrel.gov/.

Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานการณ์พลังงานในประเทศไทย

สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

สถานการณ์พลังงานไทย

ม.ค.-มี.ค. 2559

การใช้ การผลิต การนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น

หน่วย: เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน

	2556	2557	2558	2559*
การใช้	2,002	2,052	2,080	2,140
การผลิต	1,078	1,073	1,026	1,052
การนำเข้า (สุทธิ)	1,131	1,171	1,251	1,279
การนำเข้า / การใช้ (%)	56	57	60	60
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)				
การใช้	1.0	2.6	1.3	1.8
การผลิต	-0.4	-0.5	-4.3	1.0
การนำเข้า(สุทธิ)	4.2	3.6	6.8	4.3
GDP (%)	2.8	0.9	2.8	

สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

- 1 -

* ข้อมูลเดือน ม.ค. – มี.ค.

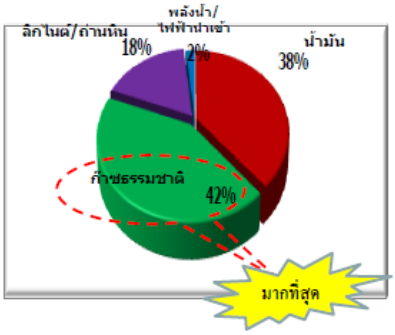
http://www.eppo.go.th

การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น

หน่วย: เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน

	2556	2557	2558	2559*
การใช้	2,002	2,052	2,080	2,140
น้ำมัน	730	734	767	823
ก๊าซธรรมชาติ	909	916	919	902
ถ่านหิน	217	261	274	294
ลิกไนต์	101	97	78	81
พลังน้ำ/ไฟฟ้านำเข้า	46	44	41	40
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)				
การใช้	1.0	2.6	1.3	1.8
น้ำมัน	2.8	0.6	4.5	5.5
ก๊าซธรรมชาติ	2.3	0.8	0.3	-3.3
ถ่านหิน	-5.6	20.5	5.0	5.2
ลิกไนต์	2.5	-3.3	-20.2	2.2
พลังน้ำ/ไฟฟ้านำเข้า	-17.6	-3.6	-5.8	29.6

ปี 2559*
สัดส่วนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น



* ข้อมูลเดือน ม.ค. – มิ.ค.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

http://www.eppo.go.th

การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย

หน่วย: เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน

	2556	2557	2558	2559*
การใช้	1,317	1,365	1,420	1,490
น้ำมัน	723	727	763	820
ก๊าซธรรมชาติ	174	178	176	175
ถ่านหิน	119	155	173	191
ลิกไนต์	17	13	6	5
ไฟฟ้า	284	292	302	299
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)				
การใช้	1.3	3.6	4.1	4.1
น้ำมัน	2.7	0.5	5.0	5.8
ก๊าซธรรมชาติ	2.8	2.5	-1.0	-2.3
ถ่านหิน	-10.0	29.9	11.6	1.2
ลิกไนต์	10.5	-23.6	-54.4	-16.6
ไฟฟ้า	1.6	2.8	3.3	5.7
GDP (%)	2.8	0.9	2.8	
Elasticity	0.5	4.0	1.5	

ปี 2559*
สัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย

* ข้อมูลเดือน ม.ค. – มิ.ค.

และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน

http://www.eppo.go.th

ปริมาณสำรองพลังงานในประเทศไทย
ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2557

	ปริมาณสำรอง			การผลิต ปี 2557	ใช้ได้นาน(ปี)		
	P1	P1+P2	P1+P2+P3		P1	P1+P2	P1+P2+P3
น้ำมันดิบ (ล้านบาร์เรล)	223	553	741	51	4	11	15
คอนแดนเสท (ล้านบาร์เรล)	182	411	476	34	5	12	14
ก๊าซธรรมชาติ (พันล้าน ล.บ.ฟุต)	7,752	15,560	18,885	1,206	6	13	16

หมายเหตุ : ปริมาณสำรอง P1 คือ Proved Reserves P2 คือ Probable Reserves และ P3 คือ Possible Reserves
ปริมาณสำรองปิโตรเลียมของประเทศไทยรวมพื้นที่พัฒนาร่วมไทย-มาเลเซีย

การนำเข้าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้น 0.2%

	2556	2557	2558	2559*	Growth Rate (%)		
					2557	2558	2559*
ปริมาณ (พันบาร์เรล/วัน)	868	805	875	844	-7.2	8.7	0.2
มูลค่า (พันล้านบาท)	1,072	980	594	95	-8.6	-39.4	-31.4
ราคา (ดอลลาร์/บาร์เรล)	109.69	102.25	54.28	34.62	-6.8	-46.9	-37.4

* ข้อมูลเดือน ม.ค. – มิ.ค.

การผลิตน้ำมันสำเร็จรูป

หน่วย: ล้านลิตร

ชนิด	2556	2557	2558	2559*	อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		สัดส่วน (%)
					2558	2559*	2559*
เบนซิน	9,853.3	9,886.5	11,151.5	2,927.0	12.8	15.0	19
ธรรมดา	4,786.7	4,843.1	5,448.9	1,340.3	12.5	8.7	9
พิเศษ	5,066.6	5,043.3	5,702.7	1,586.7	13.1	20.9	10
-แก๊สโซฮอล์	4,135.5	4,430.4	5,107.0	1,432.2	15.3	20.8	9
-95	931.1	612.9	595.6	154.6	-2.8	22.3	1
ก๊าด	694.9	1,098.0	1,354.6	518.2	23.4	55.4	3
ดีเซล	25,524.9	24,068.1	27,139.2	6,144.7	12.8	-4.6	40
เครื่องบิน	6,680.1	6,602.0	7,042.9	1,846.3	6.7	-2.7	12
น้ำมันเตา	5,939.6	5,667.4	5,716.1	1,455.7	0.9	4.9	9
LPG	10,087.1	10,196.7	10,208.5	2,611.1	0.1	0.2	17
รวม	58,779.9	57,518.5	62,612.9	15,502.9	8.9	1.9	100

* ข้อมูลเดือน ม.ค. – มี.ค.

การใช้น้ำมันสำเร็จรูป (รวมการใช้เป็นวัตถุดิบในปิโตรเคมี)

หน่วย: ล้านลิตร

ชนิด	2556	2557	2558	2559*	อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		สัดส่วน (%)
					2558	2559*	2559*
เบนซิน	8,194.9	8,506.1	9,632.1	2,567.3	13.2	12.2	19
ธรรมดา	3,445.8	3,594.8	4,018.8	1,016.8	11.8	3.7	7
พิเศษ	4,749.1	4,911.3	5,613.3	1,550.6	14.3	18.6	11
-แก๊สโซฮอล์	4,132.9	4,413.1	5,111.5	1,430.7	15.8	20.8	11
-95	616.2	498.2	501.8	119.8	0.7	-2.8	1
ก๊าด	11.0	10.8	10.6	2.6	-1.6	-11.8	0.02
ดีเซล	20,907.4	21,083.9	21,942.1	5,875.6	4.1	6.0	43
เครื่องบิน	5,562.4	5,513.1	6,033.4	1,696.8	9.4	6.2	12
น้ำมันเตา	2,175.1	2,092.8	2,061.7	620.8	-1.5	30.0	5
LPG**	13,934.7	13,917.0	12,398.8	2,837.5	-10.9	-10.0	21
รวม	50,785.5	51,123.6	52,078.7	13,600.6	1.9	4.1	100

* ข้อมูลเดือน ม.ค. – มี.ค.

** LPG โพรเพน และบิวเทน รวมที่ใช้เป็นวัตถุดิบในปิโตรเคมี

การนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูป

หน่วย: ล้านลิตร

ชนิด	2556	2557	2558	2559*	อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		สัดส่วน (%)
					2558	2559*	2559*
เบนซิน	262.2	884.3	784.1	432.5	-11.3	126.2	41
ดีเซล	196.7	348.1	119.7	316.5	-65.6	593.5	30
เครื่องบิน	16.2	4.2	3.9	49.8	-5.2	6,200.3	5
น้ำมันเตา	268.4	370.8	166.0	40.6	-55.2	-45.2	4
LPG**	3,651.2	3,887.5	2,536.1	214.5	-34.8	-66.4	20
รวม	4,394.8	5,494.9	3,609.9	1,054.0	-34.3	11.0	100

* ข้อมูลเดือน ม.ค. – มี.ค.

** รวมโพรเพน และบิวเทน

อุปทานและอุปสงค์ของ LPG โพรเพน และบิวเทน

หน่วย : พันตัน

	2556	2557	2558	2559*	อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		สัดส่วน (%)
					2558	2559*	2559*
อุปทาน (การผลิต+นำเข้า)	7,419	7,605	6,882	1,526	-9.5	-12.9	100.0
- การผลิต	5,447	5,506	5,513	1,410	0.1	0.2	92.4
โรงแยกก๊าซ	3,524	3,651	3,593	899	-1.6	-1.5	58.9
โรงกลั่นน้ำมัน	1,923	1,855	1,920	510	3.5	3.3	33.4
- นำเข้า	1,972	2,099	1,370	116	-34.8	-66.4	7.6
อุปสงค์ (การใช้+ส่งออก)	7,531	7,525	6,731	1,546	-10.6	-9.5	
- การใช้	7,525	7,515	6,695	1,532	-10.9	-10.0	100.0
ครัวเรือน	2,409	2,188	2,094	533	-4.3	0.2	34.8
อุตสาหกรรม	602	577	594	155	3.0	2.6	10.1
รถยนต์	1,775	1,974	1,731	376	-12.3	-15.5	24.6
อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	1,327	1,546	931	174	-39.8	-16.6	11.4
ใช้เอง	1,412	1,231	1,346	294	9.4	-19.4	19.2
- Feed Stock	1,314	1,129	1,193	256	5.7	-22.4	16.7
- Energy	98	102	153	39	50.6	7.8	2.5
- ส่งออก	6	10	36	14	255.4	87.1	
สมดุล (อุปทาน-อุปสงค์)	-112	80	151	-20			

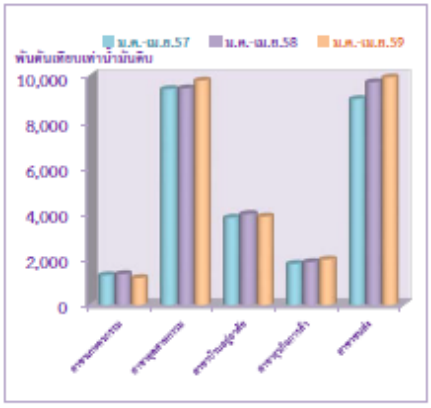
* ข้อมูลเดือน ม.ค. – มี.ค.

สรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยเดือนมกราคม – เมษายน 2559P

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานในช่วงสี่เดือนแรกของปี 2559 มีปริมาณ 26,781 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 1.4 คิดเป็นมูลค่ากว่า 227,757 ล้านบาท

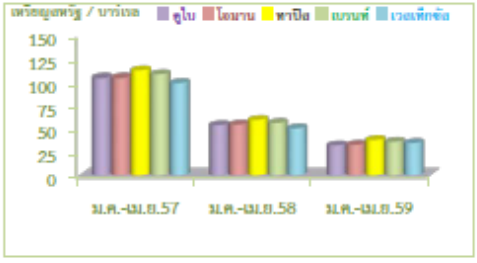
การใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจโดยที่น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 50.2 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาประกอบด้วย ไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน/ลิกไนต์ คิดเป็น ร้อยละ 19.6 8.7 7.8 7.5 และ 6.2 ตามลำดับ

จากรายงานภาวะเศรษฐกิจในเดือนเมษายน ปี 2559 ของธนาคารแห่งประเทศไทย พบว่าเศรษฐกิจมีการขยายตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไปโดยมีแรงส่งที่ดีจากภาคบริการ ขณะที่ภาคการผลิตยังขยายตัวค่อนข้างต่ำ เพราะการส่งออกสินค้ายังคงชบเซาตามเศรษฐกิจประเทศคู่ค้าสำคัญ ประกอบกับกำลังซื้อภายในประเทศได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง ส่งผลต่อเนื่องให้การลงทุนภาคเอกชนยังไม่มีสัญญาณการฟื้นตัวที่ต่อเนื่องอย่างชัดเจน สำหรับการใช้จ่ายของภาครัฐแผ่วลงเล็กน้อยหลังจากที่เร่งไปมากในเดือนก่อน ด้านเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ อัตราเงินเฟ้อทั่วไปกลับมาเป็นบวกเล็กน้อยตามการเพิ่มขึ้นของราคาอาหารสดและราคาน้ำมัน อัตราการว่างงานทรงตัวจากเดือนก่อน ดุลบัญชีเงินสะพัดเกินดุลจากการมูลค่าการนำเข้าที่อยู่ในระดับต่ำ ประกอบกับรายได้จากภาคท่องเที่ยวดีขึ้น

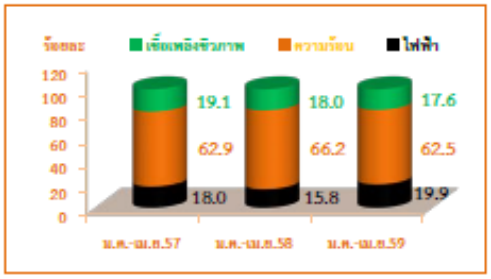


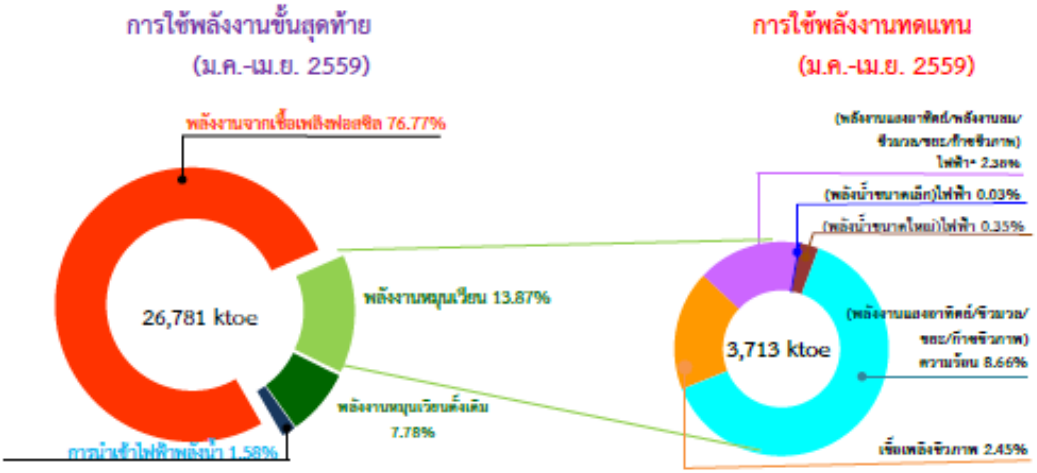
อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายเพิ่มขึ้นเกือบทุกสาขาเศรษฐกิจ โดยพบว่า สาขาอุตสาหกรรม สาขาธุรกิจการค้า และสาขาขนส่ง เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 3.7 5.9 และ 2.1 ตามลำดับ ส่วนสาขาเกษตรกรรม และสาขาบ้านอยู่อาศัย ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 12.8 และ 2.8 ตามลำดับโดยสาขาขนส่ง เป็นสาขาที่มีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงกว่าสาขาอื่น โดยมีสัดส่วนการใช้ ร้อยละ 37.0 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาเป็นสาขาอุตสาหกรรม บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และเกษตรกรรม โดยมีการใช้ร้อยละ 36.5 14.5 7.5 และ 4.5 ตามลำดับ

ในช่วงสี่เดือนแรกของปี 2559 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงาน คิดเป็นมูลค่ากว่า 205,533 ล้านบาท โดยมีการนำเข้าน้ำมันดิบมากที่สุด ทั้งนี้ ราคาน้ำมันดิบดูไบเฉลี่ยในตลาดโลกอยู่ที่ 32.58 เหรียญสหรัฐ/บาร์เรล



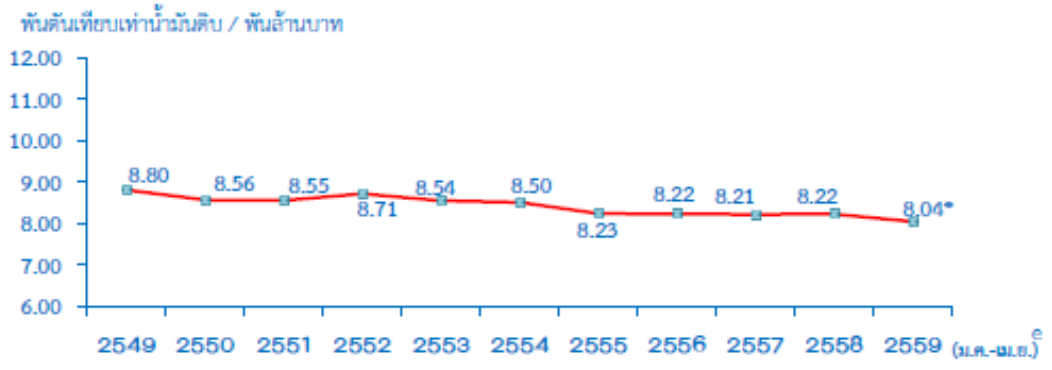
จากการที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยลดสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม (Energy Intensity) พบว่าในช่วงสี่เดือนแรกของปี 2559 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 3,713 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 17.6 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน ส่วนสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2553 ซึ่งเป็นปีฐานที่เริ่มดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 – 2573) และแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579





*รวมไฟฟ้าที่ผลิตใช้เอง (off grid)

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Intensity)



*หมายเหตุ : เปรียบเทียบจากผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) ปีฐานใหม่ (2002)

รายละเอียดตามเอกสารแนบ

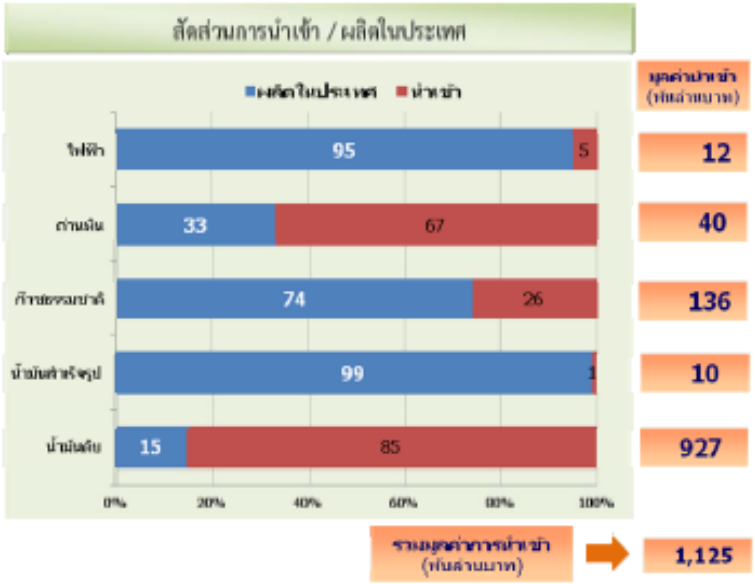
ภาคผนวก ข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564)
(Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021)

1. เหตุสำคัญการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลัก จากข้อมูลในปี 2554 ที่ผ่านมาพบว่ากว่าร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้นมาจากการนำเข้า โดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศและยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งาน การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพาและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่น และยังช่วยกระจายความเสี่ยงในการจัดหาเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศซึ่งเดิมต้องพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นหลักมากกว่าร้อยละ 70 โดยพลังงานทดแทน ถือเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงเป้าหมายที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนก๊าซธรรมชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลมแบบทุ่งกังหันลม พลังน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะ และหากเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเหล่านี้มีต้นทุนถูกลงและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ก็อาจสามารถพัฒนาให้เป็นพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยได้ในอนาคต



สัดส่วนการใช้พลังงานของประเทศปี 2554

ปัญหาภาวะโลกร้อนเนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจและเร่งหามาตรการเพื่อควบคุม โดยมาตรการกีดกันทางการค้าก็เป็นมาตรการหนึ่งที่มีแนวโน้มจะนำใช้อย่างแพร่หลายใน

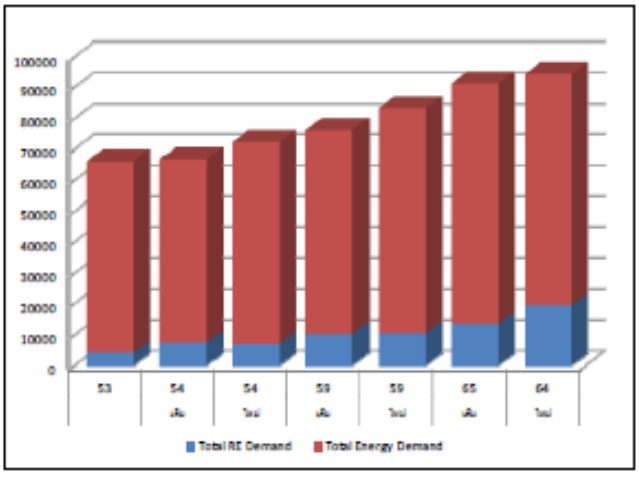
อนาคต และถึงแม้ว่าประเทศไทยยังไม่ถูกบังคับใช้ตามมาตรการดังกล่าวในปัจจุบัน แต่ก็ควรต้องดำเนินการพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งเป็นจุดเริ่มต้นให้ประเทศไทยเริ่มก้าวสู่เส้นทางของการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) และให้เป็นแบบอย่างของสังคมโลกที่กล่าวขวัญถึงประเทศไทยว่าเป็นประเทศที่มีความมุ่งมั่นให้มีการใช้พลังงานทดแทน

ผลผลิตทางการเกษตรซึ่งสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบนำมาผลิตพลังงาน ทั้งชีวมวล ก๊าซชีวภาพ รวมไปถึงไบโอดีเซลและเอทานอล อีกทั้งภายหลังการแปรรูปจากอุตสาหกรรมอาหาร วัสดุเหลือทิ้งยังสามารถก่อให้เกิดเป็นพลังงานจากขยะอีกด้วย นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีศักยภาพด้านพลังงานธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ เฉลี่ยประมาณ 18.2 MJ/m^2/dayและบางแห่งของประเทศมีศักยภาพพลังงานลมดี จึงทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานทดแทนอยู่ในระดับดีมาก และมีโอกาสที่จะส่งเสริมพลังงานทดแทนให้กลายเป็นพลังงานมีส่วนสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศได้ในอนาคต

ดังนั้น รัฐบาลจึงมอบหมายให้กระทรวงพลังงานจัดทำแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) หรือ Alternative Energy Development Plan : AEDP (2012-2021) เพื่อกำหนดกรอบและทิศทางการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ

2. กรอบแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

กระทรวงพลังงานได้พยากรณ์ความต้องการพลังงานในอนาคตของประเทศ โดยในปี 2564 คาดว่าจะมีความต้องการ 99,838 ktoe จากปัจจุบัน 71,728 ktoe โดยแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 และแผนการพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2555-2564 ได้กำหนดให้มีสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจาก 7,413 ktoe ในปี 2555 เป็น 25,000 ktoe ในปี 2564 หรือคิดเป็น 25% ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด



ที่มา : แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564)

3. สาระสำคัญแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี

3.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาพลังงานทดแทนให้เป็นหนึ่งในพลังงานหลักของประเทศ ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและและการนำเข้าน้ำมันได้อย่างยั่งยืนในอนาคต โดยในแผนนี้จะไม่รวมเป้าหมายการพัฒนาก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง (NGV)
2) เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ
3) เพื่อเสริมสร้างการใช้พลังงานทดแทนในระดับชุมชนในรูปแบบชุมชนสีเขียวแบบครบวงจร
4) เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในประเทศ
5) เพื่อวิจัยพัฒนาส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทนของไทยให้สามารถแข่งขันในตลาดสากล

3.2 <u>ยุทธศาสตร์การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี</u>

กระทรวงพลังงานได้กำหนดยุทธศาสตร์ ในการจัดทำ Roadmap เพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) หรือ AEDP (2012-2021)

โดยได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนตามแผน AEDP ใน 6 ประเด็น ดังนี้

1. การส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนอย่างกว้างขวาง
2. การปรับมาตรการจูงใจสำหรับการลงทุนจากภาคเอกชนให้เหมาะสมกับสถานการณ์
3. การแก้ไขกฎหมาย และกฎระเบียบที่ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน
4. การปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระบบสายส่ง สายจำหน่ายไฟฟ้ารวมทั้งการพัฒนาสู่ระบบ Smart Grid
5. การประชาสัมพันธ์ และสร้างความรู้ความเข้าใจต่อประชาชน
6. การส่งเสริมให้งานวิจัยเป็นเครื่องมือในการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนแบบครบวงจร

ภาคผนวก ค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณวิเคราะห์แผนการนำพลังงานไฮโดรเจนมาใช้ในรถยนต์ส่วนบุคคลโดยใช้ข้อมูลจากแผนพลังงานของสำนักพลังงาน

สูตรในการคำนวณ

จำนวนรถยนต์ในปีที่ N [คัน] = จำนวนรถยนต์ในปีแรก x (1+%อัตราการเติบโตของรถยนต์)^{N}

จำนวนรถเซลล์เชื้อเพลิงในปีที่ N [คัน] = จำนวนรถยนต์ในปีที่ ^{N} [คัน] x อัตราการเติบโตของรถเซลล์เชื้อเพลิง ปริมาณการใช้ไฮโดรเจนในปีที่ N [กก.H2/ปี]

$$= \frac{\text{จำนวนรถเซลล์เชื้อเพลิงในปีที่ N x ระยะทางเดินทางต่อปี}}{\text{อัตราการสิ้นเปลืองไฮโดรเจน [กม./กก.H2]}}$$

เมื่อ N = จำนวนปีที่ใช้ในการคำนวณนับจากปี ค่าที่ใช้ในการคำนวณ

อัตราการเติบโตของรถยนต์ในแต่ละปี = คงที่ 1%

อัตราการเติบโตของรถเซลล์เชื้อเพลิงในแต่ละปี = คงที่ 1%

อัตราการสิ้นเปลืองไฮโดรเจนของรถเซลล์เชื้อเพลิง = 95.5 กิโลเมตร/กิโลกรัม H2

ระยะทางในการเดินทางของรถเซลล์เชื้อเพลิง = 20,000 กิโลเมตร/ปี

ปริมาณรถเซลล์เชื้อเพลิงในปี พ.ศ. 2560 = คัน (จากนโยบายภาครัฐ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางการผลิตและการจำหน่ายพลังงานไฮโดรเจนของโรงงาน B ในปี พ.ศ. 2558

ลำดับ	เดือน	กำลังการผลิต(กิโลกรัม)	ปริมาณไฮโดรเจนที่จำหน่ายเข้าโรงงานน้ำมัน (กิโลกรัม)	กลับมาใช้ในระบบผลิต(กิโลกรัม)
1	มกราคม	776,173.90	776,053.44	120.46
2	กุมภาพันธ์	718,590.90	718,479.38	111.52
3	มีนาคม	889,542.50	889,404.45	138.05
4	เมษายน	852,934.00	852,801.63	132.37
5	พฤษภาคม	925,173.00	925,029.42	143.58
6	มิถุนายน	752,936.69	752,819.84	116.85
7	กรกฎาคม	582,146.69	582,056.34	90.35
8	สิงหาคม	873,592.86	873,457.28	135.58
9	กันยายน	558,963.26	558,876.52	86.75
10	ตุลาคม	869,541.36	869,406.41	134.95
11	พฤศจิกายน	763,254.27	763,135.81	118.45
12	ธันวาคม	751,236.97	751,120.38	116.59
รวม		9,314,086.40	9,312,640.89	1,445.51

ตารางการผลิตและการจำหน่ายพลังงานไฮโดรเจนของโรงงาน C ในปี พ.ศ. 2558

ลำดับ	เดือน	กำลังการผลิต(กิโลกรัม)	ปริมาณไฮโดรเจนที่จำหน่ายเข้าโรงงานน้ำมัน(กิโลกรัม)	กลับมาใช้ในระบบผลิต(กิโลกรัม)
1	มกราคม	211,358.10	211,325.30	32.80
2	กุมภาพันธ์	217,250.10	217,216.38	33.72
3	มีนาคม	186,018.74	185,989.87	28.87
4	เมษายน	211,358.10	211,325.30	32.80
5	พฤษภาคม	203,505.73	203,474.15	31.58
6	มิถุนายน	158,879.10	158,854.44	24.66
7	กรกฎาคม	213,712.67	213,679.50	33.17
8	สิงหาคม	200,123.61	200,092.55	31.06
9	กันยายน	121,343.76	121,324.93	18.83
10	ตุลาคม	233,514.43	233,478.18	36.24
11	พฤศจิกายน	248,343.51	248,304.97	38.54
12	ธันวาคม	119,531.43	119,512.88	18.55
รวม		2,324,939.27	2,324,578.45	360.82

ตารางการผลิตและการจำหน่ายพลังงานไฮโดรเจนของโรงงาน D ในปี พ.ศ. 2558

ลำดับ	เดือน	กำลังการผลิต(กิโลกรัม)	ปริมาณไฮโดรเจนที่จำหน่ายเข้าโรงงานน้ำมัน(กิโลกรัม)	กลับมาใช้ในระบบผลิต(กิโลกรัม)
1	มกราคม	9,422.05	9,420.59	1.46
2	กุมภาพันธ์	8,168.82	8,167.55	1.27
3	มีนาคม	6,726.82	6,725.78	1.04
4	เมษายน	10,657.41	10,655.76	1.65
5	พฤษภาคม	11,043.42	11,041.71	1.71
6	มิถุนายน	9,945.41	9,943.87	1.54
7	กรกฎาคม	9,784.41	9,782.89	1.52
8	สิงหาคม	9,100.75	9,099.34	1.41
9	กันยายน	8,998.69	8,997.29	1.40
10	ตุลาคม	9,743.68	9,742.17	1.51
11	พฤศจิกายน	9,545.41	9,543.93	1.48
12	ธันวาคม	9,927.05	9,925.51	1.54
รวม		113,063.92	113,046.37	17.55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางการผลิตและการจำหน่ายพลังงานไฮโดรเจนของโรงงาน E ในปี พ.ศ. 2558

ลำดับ	เดือน	กำลังการผลิต(กิโลกรัม)	ปริมาณไฮโดรเจนที่จำหน่ายเข้าโรงงานน้ำมัน(กิโลกรัม)	กลับมาใช้ในระบบผลิต(กิโลกรัม)และใช้ในโรงงาน
1	มกราคม	749.73	-	749.73
2	กุมภาพันธ์	785.69	-	785.69
3	มีนาคม	625.36	-	625.36
4	เมษายน	756.10	-	756.10
5	พฤษภาคม	632.36	-	632.36
6	มิถุนายน	726.36	-	726.36
7	กรกฎาคม	812.36	-	
8	สิงหาคม	639.35	-	639.35
9	กันยายน	798.36	-	798.36
10	ตุลาคม	836.36	-	836.36
11	พฤศจิกายน	836.36	-	836.36
12	ธันวาคม	798.36	-	798.36
รวม		8,996.75	-	8,184.39

ตารางการผลิตและการจำหน่ายพลังงานไฮโดรเจนของโรงงาน E ในปี พ.ศ. 2558

ลำดับ	เดือน	กำลังการผลิต(กิโลกรัม)	ปริมาณไฮโดรเจนที่จำหน่ายเข้าโรงงานน้ำมัน(กิโลกรัม)	กลับมาใช้ในระบบผลิต(กิโลกรัม)+นำกลับมาใช้ในโรงงาน
1	มกราคม	25.76	-	25.76
2	กุมภาพันธ์	24.96	-	24.96
3	มีนาคม	26.36	-	26.36
4	เมษายน	24.61	-	24.61
5	พฤษภาคม	26.96	-	26.96
6	มิถุนายน	25.95	-	25.95
7	กรกฎาคม	25.46	-	25.46
8	สิงหาคม	24.36	-	24.36
9	กันยายน	25.65	-	25.65
10	ตุลาคม	25.39	-	25.39
11	พฤศจิกายน	27.34	-	27.34
12	ธันวาคม	26.36	-	26.36
รวม		309.16	-	309.16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

"**ความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทยในอนาคต**"

(THE POSSIBILITY OF USING HYDROGEN ENERGY IN THAILAND IN THE FUTURE)

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์สำหรับปริญญามหาบัณฑิต เรื่อง "**ความเป็นไปได้ของการใช้ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทดแทนในประเทศไทยในอนาคต**" ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการอนุรักษ์พลังงานกระตุ้นการใช้พลังงานทดแทน และเป็นการกำหนดแนวทางการใช้พลังงานทดแทนในภาคขนส่ง รวมถึงพัฒนาและเสนอแนะนโยบายที่เหมาะสมต่อภาครัฐ

เนื่องจากท่านเป็นผู้หนึ่งที่มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไขของการศึกษาดังกล่าว ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอความกรุณาจากท่านในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้และส่งกลับมายัง E-mail : som13_chayawan@hotmail.com

ข้อมูลของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับและนำเสนอผลเป็นภาพรวมเพื่อการนำมาใช้ประโยชน์โดยตรงของทางหลักสูตรเท่านั้น หากมีข้อสงสัยใด ๆ ในแบบสอบถามโปรดติดต่อ 089-442-4313 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ข้อมูลมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ

นางสาว ครองขวัญ เฉลิมพิชัย

หลักสูตร บัณฑิตวิทยาลัย สาขา การจัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นิยามศัพท์

พลังงานไฮโดรเจน เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูง สะอาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ได้รับการค้นคว้าว่าจะเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในอนาคตเพื่อทดแทนพลังงานจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ

เซลล์เชื้อเพลิง เป็นอุปกรณ์ในการแปลงพลังงาน (Energy Conversion Device) ซึ่งเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยผ่านกระบวนการเคมีไฟฟ้า มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับแบตเตอรี่

รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง คือรถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์ในการผลิตไฟฟ้า เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์โดยใช้พลังงานไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาทำเครื่องหมาย X ลงในคำตอบที่ท่านเลือกและกรุณาตอบคำถามตามความเป็นจริง เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถานภาพ

   [ ] โสด [ ] สมรส [ ] อื่นๆ ระบุ.....

2. รายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือน

   [ ] ไม่เกิน 40,000 บาท [ ] 40,001 – 60,000 บาท [ ] 60,001 – 80,000 บาท

   [ ] 80,001 – 100,000 บาท [ ] 100,001 – 120,000 บาท [ ] สูงกว่า 120,000 บาท

3. ปัจจุบันท่านมีรถยนต์ส่วนตัวใช้ในครอบครัวหรือไม่

   [ ] มี [ ] ไม่มี

4. โดยปกติ ท่านเดินทางโดยวิธีใด

   [ ] รถยนต์ส่วนตัว [ ] รถจักรยานยนต์ [ ] ขนส่งสาธารณะ

5. ท่านมีแผนจะซื้อรถยนต์ในช่วง 5 ปีถัดไปหรือไม่

   [ ] มี [ ] ไม่มี

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการเลือกซื้อรถยนต์โดยทั่วไป

6. ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์ของท่าน

   (กรุณาเรียง 3 ลำดับ ความสำคัญ โดย ลำดับที่ 1 มีความสำคัญต่อการตัดสินใจมากที่สุด ลำดับที่ 2 มีความสำคัญต่อการตัดสินใจรองลงมา และ ลำดับที่ 3 มีความสำคัญต่อการตัดสินใจน้อยที่สุด)

อันดับ	รายการ	อันดับ	รายการ	อันดับ	รายการ
	ขนาดเครื่องยนต์ของรถยนต์		ความสะดวกสบายในการเติมเชื้อเพลิง		การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
	การบำรุงรักษา		ความปลอดภัย		ยี่ห้อรถยนต์
	ชนิดของเชื้อเพลิงที่เติม		ราคารถยนต์		รุ่นของรถยนต์

ส่วนที่ 3 การประเมินรถยนต์ไฮโดรเจน

7. คุณรู้จักรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกอะไรบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

[ ] รถยนต์ไฮบริด [ ] รถยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติ (LPG หรือ NGV)

[ ] รถยนต์ที่เติม E20และE85 [ ] รถยนต์ไฟฟ้า (EV) [ ] รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง (Hydrogen)

8. ท่านรู้จักรถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิง (รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฮโดรเจนในการขับเคลื่อน)หรือไม่

[ ] รู้จัก [ ] ไม่รู้จัก

9. ถ้ามีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง(รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฮโดรเจนในการขับเคลื่อน)วางจำหน่ายในตลาดรถยนต์ท่านสนใจหรือไม่

[ ] สนใจ [ ] ไม่สนใจ

10. ถ้ามีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง(รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฮโดรเจนในการขับเคลื่อน)วางจำหน่ายในตลาดรถยนต์ท่านสนใจจะซื้อหรือไม่

[ ] ซื้อ (ข้ามไปตอบส่วนที่ 11) [ ] ไม่ซื้อ (ข้ามไปตอบส่วนที่ 12)

11. เหตุผลในการเลือกซื้อรถยนต์พลังงานเชื้อเพลิง (รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฮโดรเจนในการขับเคลื่อน) (โดยเรียงใส่เครื่องหมาย X ลงบนช่องวางในแต่ละประเด็น)

	สำคัญมากที่สุด ⟶ สำคัญน้อยที่สุด				
	5	4	3	2	1
ไม่มีการปล่อยก๊าซ/ควันดำในถนน					
สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึง 40% - 60%					
เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้					
ช่วยชาติประหยัดเงินตราการสั่งซื้อน้ำมัน					
ไม่ต้องการดูแลรักษามาก					
ลดค่าใช้จ่ายในการเติมเชื้อเพลิงของท่าน					
อื่นๆ (โปรดระบุ)					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. เหตุผลในการไม่เลือกซื้อรถยนต์พลังงานเชื้อเพลิง (รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฮโดรเจนในการขับเคลื่อน (โดยเรียงใส่เครื่องหมาย X ลงบนช่องวางในแต่ละประเด็น)

	สำคัญมากที่สุด ⟶ สำคัญน้อยที่สุด				
	5	4	3	2	1
ไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องยนต์เซลล์เชื้อเพลิง					
การบรรจุเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในรถยนต์ยังมีปัญหาอยู่					
ความปลอดภัยในการใช้แก๊สไฮโดรเจนงานกับยานยนต์ยังมีข้อจำกัด					
ความไม่มั่นใจในเรื่องการประหยัดน้ำมัน					
ความไม่มั่นใจในเทคโนโลยี					
ความกังวลเรื่องความทนทานในการใช้งาน					
ความกังวลในเรื่องของราคารถยนต์					
กังวลเกี่ยวกับการบริการหลังการขาย หรือความพร้อมของอะไหล่					
เป็นกังวลเกี่ยวกับความไว้ใจได้ และสามารถในการซ่อมบำรุงของศูนย์บริการ					
ยังไม่มีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในประเทศไทย					
อื่นๆ (โปรดระบุ)					

2. ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

_____

ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้ข้อมูลและให้ความร่วมมือ

รายการคำนวณผลจากแบบสอบถาม

รายได้ครัวเรือนเฉลี่ย

รายได้ของครัวเรือน	จำนวนคน	อัตราส่วนต่อจำนวนทั้งหมด	คิดเป็นร้อยละ
ไม่เกิน 40,000 บาท	46	0.264367816	26.4367816
40,001 - 60,000 บาท	52	0.298850575	29.8850575
60,001 - 80,000 บาท	18	0.103448276	10.3448276
80,001 - 100,000 บาท	22	0.126436782	12.6436782
100,001 - 120,000 บาท	15	0.086206897	8.62068966
120,000 บาทขึ้นไป	21	0.120689655	12.0689655
รวมทั้งหมด	174		

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์ของท่าน
(กรุณาเรียง 3 ลำดับ ความสำคัญ โดย ลำดับที่ 1 มีความสำคัญต่อการตัดสินใจมากที่สุด ลำดับที่ 2 มีความสำคัญต่อการตัดสินใจรองลงมา และ ลำดับที่ 3 มีความสำคัญต่อการตัดสินใจน้อยที่สุด)

	จำนวนคนที่เลือก (คน)			SUM	% of n
	อันดับ 1	อันดับ 2	อันดับ 3		
ขนาดเครื่องยนต์ของรถยนต์				0	0
ความสะดวกสบายในการเติมเชื้อเพลิง				0	0
การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม				0	0
การบำรุงรักษา				0	0
ความปลอดภัย		94		94	54.02299
ยี่ห้อรถยนต์			66	66	37.93103
ชนิดของเชื้อเพลิงที่เติม				0	0
ราคารถยนต์	131			131	75.28736
รุ่นของรถยนต์				0	0

n = จำนวนคนทั้งหมดที่ใช้วิเคราะห์ 174

	3	2	1	
	x3 คะแนน	x2 คะแนน	x1 คะแนน	
ขนาดเครื่องยนต์ของรถยนต์				
ความสะดวกสบายในการเติมเชื้อเพลิง				
การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม				
การบำรุงรักษา				
ความปลอดภัย		94		
ยี่ห้อรถยนต์			66	
ชนิดของเชื้อเพลิงที่เติม				
ราคารถยนต์	131			
รุ่นของรถยนต์				

	ร้อยละ			
	อันดับ 1	อันดับ 2	อันดับ 3	
ขนาดเครื่องยนต์ของรถยนต์	0	0	0	0
ความสะดวกสบายในการเติมเชื้อเพลิง	0	0	0	0
การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม	0	0	0	0
การบำรุงรักษา	0	0	0	0
ความปลอดภัย	0	54.02299	0	54.02299
ยี่ห้อรถยนต์	0	0	37.93103	37.93103
ชนิดของเชื้อเพลิงที่เติม	0	0	0	0
ราคารถยนต์	75.28736	0	0	75.28736
รุ่นของรถยนต์	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คุณรู้จักรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกอะไรบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

[ ] รถยนต์ไฮบริด [ ] รถยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติ (LPG หรือ NGV)

[ ] รถยนต์ที่เติม E20และE85 [ ] รถยนต์ไฟฟ้า (EV) [ ] รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง (Hydrogen)

ประเภทของรถยนต์	จำนวนคน	อัตราส่วน	ร้อยละ
รถยนต์ไฮบริด	136	0.781609	78.16092
รถยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติ (LPG หรือ NGV)	144	0.827586	82.75862
รถยนต์ที่เติม E20และE85	131	0.752874	75.28736
รถยนต์ไฟฟ้า (EV)	98	0.563218	56.32184
รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง (Hydrogen)	50	0.287356	28.73563
จำนวนคนที่เลือกทั้งหมด	174		

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์จากกลุ่มตัวอย่าง 174 กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนคนที่เลือก (คน)						
	5			4	3	2	1
ไม่มีการปล่อยก๊าซ/ควันดำในถนน	90	0.150754	15.07538	33	15	2	3
สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึง 40% - 60%	187	0.313233	31.32328	28	7	0	0
เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้	106	0.177554	17.75544	32	13	1	1
ช่วยชาติประหยัดเงินตราการสั่งซื้อน้ำมัน	80	0.134003	13.40034	38	10	3	4
ไม่ต้องการดูแลรักษามาก	74	0.123953	12.39531	20	8	1	1
ลดค่าใช้จ่ายในการเติมเชื้อเพลิงของท่าน	60	0.100503	10.05025	48	21	8	5
	597						

	สำคัญมากที่สุด --------->				สำคัญน้อยที่สุด	sum	%
	5	4	3	2	1		
	X5	X4	X3	X2	X1		
ไม่มีการปล่อยก๊าซ/ควันดำในถนน	450	132	45	4	3	634	15.66593
สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึง 40% - 60%	935	112	21	0	0	1068	26.38992
เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้	530	128	39	2	1	700	17.29676
ช่วยชาติประหยัดเงินตราการสั่งซื้อน้ำมัน	400	152	30	6	4	592	14.62812
ไม่ต้องการดูแลรักษามาก	370	80	24	2	1	477	11.78651
ลดค่าใช้จ่ายในการเติมเชื้อเพลิงของท่าน	300	192	63	16	5	576	14.23277
	SUM					4047	100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อรถยนต์จากกลุ่มตัวอย่าง 174 กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนคนที่เลือก (คน)						
	5			4	3	2	1
ไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องยนต์เซลล์เชื้อเพลิง	60	0.079681	7.968127	48	21	8	5
การบรรจุเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในรถยนต์ยังมีปัญหาอยู่	80	0.106242	10.62417	43	15	1	1
ความปลอดภัยในการใช้แก๊สไฮโดรเจนงานกับยานยนต์ยังมีข้อจำกัด	95	0.126162	12.6162	40	11	1	0
ความไม่มั่นใจในเรื่องการประหยัดน้ำมัน	41	0.054449	5.444887	54	29	7	6
ความไม่มั่นใจในเทคโนโลยี	57	0.075697	7.569721	49	24	6	1
ความกังวลเรื่องความทนทานในการใช้งาน	72	0.095618	9.561753	50	14	3	1
ความกังวลในเรื่องของราคารถยนต์	86	0.11421	11.42098	44	13	2	0
กังวลเกี่ยวกับการบริการหลังการขาย หรือความพร้อมของอะไหล่	96	0.12749	12.749	38	8	1	1
เป็นกังวลเกี่ยวกับความไว้ใจได้ และสามารถในการซ่อมบำรุงของศูนย์บริการ	84	0.111554	11.15538	45	11	1	2
ยังไม่มีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในประเทศไทย	82	0.108898	10.88977	39	16	2	0
	753						

สำคัญมากที่สุด --------->				สำคัญน้อยที่สุด	sum	%	Rank
5	4	3	2	1			
X5	X4	X3	X2	X1			
300	192	63	16	5	576	9.393346	
400	172	45	2	1	620	10.11089	
475	160	33	2	0	670	10.92629	
205	216	87	14	6	528	8.610568	
285	196	72	12	1	566	9.230267	
360	200	42	6	1	609	9.931507	
430	176	39	4	0	649	10.58382	
480	152	24	2	1	659	10.7469	
420	180	33	2	2	637	10.38813	
410	156	48	4	0	618	10.07828	
Sum					6132	100	

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักและสนใจรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิง			
กลุ่มตัวอย่างที่รู้จัก		69	คน
คิดเป็นร้อยละจากคนทั้งหมด 174 คน	ร้อยละ	39.65517	
กลุ่มตัวอย่างที่สนใจ		63	คนจากกลุ่มตัวอย่างที่รู้จัก
คิดเป็นร้อยละจากคนทั้งหมด 69 คน	ร้อยละ	91.30435	
ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อรถ			
ราคา		57	คนจากกลุ่มคนที่สนใจและรู้จัก
คิดเป็นร้อยละจากคนทั้งหมด 69 คน	ร้อยละ	82.6087	
การบำรุงรักษา		30	คนจากกลุ่มคนที่สนใจและรู้จัก
คิดเป็นร้อยละจากคนทั้งหมด 69 คน	ร้อยละ	43.47826	
เหตุผลที่เลือกซื้อ			

	จำนวนคนที่เลือก (คน)				
	5	4	3	2	1
ไม่มีการปล่อยก๊าซ/ควันดำในถนน	27	14	7	1	2
สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึง 40% - 60%	39	9	3	0	0
เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้	28	10	7	1	0
ช่วยชาติประหยัดเงินตราการสั่งซื้อน้ำมัน	23	14	4	2	0
ไม่ต้องการดูแลรักษามาก	28	8	5	2	1
ลดค่าใช้จ่ายในการเติมเชื้อเพลิงของท่าน	40	3	3	1	1

	สำคัญมากที่สุด ---------> สำคัญน้อยที่สุด					sum	%	Rank
	5	4	3	2	1			
	X5	X4	X3	X2	X1			
ไม่มีการปล่อยก๊าซ/ควันดำในถนน	756	56	21	2	2	837	0.151713	4
สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึง 40% - 60%	1092	36	9	0	0	1137	0.20609	2
เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดภาวะโลกร้อนได้	784	40	21	2	0	847	0.153525	3
ช่วยชาติประหยัดเงินตราการสั่งซื้อน้ำมัน	644	56	12	4	0	716	0.129781	6
ไม่ต้องการดูแลรักษามาก	784	32	15	4	1	836	0.151532	5
ลดค่าใช้จ่ายในการเติมเชื้อเพลิงของท่าน	1120	12	9	2	1	1144	0.207359	1
	SUM					5517		

เหตุผลที่ไม่เลือกซื้อ

	จำนวนคนที่เลือก (คน)				
	5	4	3	2	1
ไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องยนต์เซลล์เชื้อเพลิง	9	12	6	3	2
การบรรจุเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในรถยนต์ยังมีปัญหาอยู่	18	3	0	0	1
ความปลอดภัยในการใช้แก๊สไฮโดรเจนงานกับยานยนต์ยังมีข้อจำกัด	21	7	2	1	0
ความไม่มั่นใจในเรื่องการประหยัดน้ำมัน	7	9	8	5	3
ความไม่มั่นใจในเทคโนโลยี	16	5	7	3	0
ความกังวลเรื่องความทนทานในการใช้งาน	17	11	3	1	1
ความกังวลในเรื่องของราคารถยนต์	21	9	4	2	0
กังวลเกี่ยวกับการบริการหลังการขาย หรือความพร้อมของอะไหล่	18	11	3	0	0
เป็นกังวลเกี่ยวกับความไว้ใจได้ และสามารถในการซ่อมบำรุงของศูนย์บริการ	20	10	4	0	0
ยังไม่มีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในประเทศไทย	23	6	3	1	0

	สำคัญมากที่สุด ---------> สำคัญน้อยที่สุด					sum	%	Rank
	5	4	3	2	1			
	X5	X4	X3	X2	X1			
ไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องยนต์เซลล์เชื้อเพลิง	360	36	18	3	2	419	0.366259	9
การบรรจุเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในรถยนต์ยังมีปัญหาอยู่	720	9	0	0	1	730	0.638112	6
ความปลอดภัยในการใช้แก๊สไฮโดรเจนงานกับยานยนต์ยังมีข้อจำกัด	840	21	6	1	0	868	0.758741	3
ความไม่มั่นใจในเรื่องการประหยัดน้ำมัน	280	27	24	5	3	339	0.296329	10
ความไม่มั่นใจในเทคโนโลยี	640	15	21	3	0	679	0.593531	8
ความกังวลเรื่องความทนทานในการใช้งาน	680	33	9	1	1	724	0.632867	7
ความกังวลในเรื่องของราคารถยนต์	840	27	12	2	0	881	0.770105	2
กังวลเกี่ยวกับการบริการหลังการขาย หรือความพร้อมของอะไหล่	720	33	9	0	0	762	0.666084	5
เป็นกังวลเกี่ยวกับความไว้ใจได้ และสามารถในการซ่อมบำรุงของศูนย์บริการ	800	30	12	0	0	842	0.736014	4
ยังไม่มีรถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงในประเทศไทย	920	18	9	1	0	948	0.828671	1
	Sum					7192		

ภาคผนวก ฉ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เงื่อนไขการรับประกันเบื้องต้นของรถยนต์โตโยต้า แบ่งออกเป็น 6 หัวข้อ ดังนี้

1. เงื่อนไขงานรับประกันอย่างย่อ
2. เงื่อนไขงานรับประกัน และรายการนอกเหนือจากรายการทั่วไป
3. เงื่อนไขงานรับประกันอุปกรณ์ตกแต่ง
4. ข้อยกเว้นงานรับประกัน
5. รายละเอียดการเช็คระยะฟรี
6. การรับรอง Battery Hybrid 10 ปี

---

1. เงื่อนไขการรับประกันอย่างย่อ

เงื่อนไข	ระยะเวลา
รับประกันคุณภาพ	3 ปี หรือ 100,000 กม. แล้วแต่ระยะใดถึงก่อน
ตัวถังรถ (สนิม, ผุพัง)	3 ปี หรือ 100,000 กม. แล้วแต่ระยะใดถึงก่อน
ยางรถยนต์	2 ปี หรือ 50,000 กม. แล้วแต่ระยะใดถึงก่อน
วิทยุ	3 ปี หรือ 100,000 กม. แล้วแต่ระยะใดถึงก่อน
Battery 12 V ในรถยนต์ทั่วไป	1 ปี หรือ 20,000 กม. แล้วแต่ระยะใดถึงก่อน
Battery 12 V ในรถยนต์ Hybrid	3 ปี หรือ 100,000 กม. แล้วแต่ระยะใดถึงก่อน**
Battery Hybrid	5 ปี ไม่จำกัดระยะทาง

**ในปีที่2 หรือตั้งแต่เดือนที่ 24 ลูกค้าจ่ายค่าแบต 50%

2. เงื่อนไขการรับประกัน และรายการนอกเหนือจากรายการทั่วไป

เงื่อนไขการรับประกันคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. รถที่ได้รับสิทธิ์รับประกัน

บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด รับประกันรถโตโยต้าที่ผลิต หรือจำหน่ายโดย บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด หรือผู้แทนจำหน่ายโตโยต้าที่ได้รับการแต่งตั้งเท่านั้น ยกเว้นรถที่ระบุเงื่อนไขการรับประกันพิเศษ ซึ่งระบุในเอกสารเฉพาะแยกต่างหาก

2. การเริ่มต้นรับประกัน

เริ่มนับตั้งแต่วันที่ส่งมอบรถให้ลูกค้ารายแรก

3. ระยะเวลารับประกัน

ภายในระยะเวลา 36 เดือน หรือ 100,000 กิโลเมตร แล้วแต่อย่างใดอย่างหนึ่งถึงก่อน

4. ขอบเขตของการรับประกัน

การรับประกันคุณภาพจะรับผิดชอบโดยการซ่อม หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสียหาย อันเนื่องมาจากความบกพร่องของวัสดุ/ชิ้นส่วน หรือการประกอบจากโรงงานภายใต้การใช้งานตามปกติของรถยนต์แต่ละประเภท

5. การซ่อมหรือการเปลี่ยนชิ้นส่วน

การซ่อมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสียหายสามารถเข้ารับบริการตามเงื่อนไขการรับประกันได้ที่ศูนย์บริการมาตรฐานของโตโยต้าเท่านั้น

6. การโอน

การรับประกันคุณภาพจะครอบคลุมถึงเจ้าของรถรายถัดไปภายใต้เงื่อนไขการรับประกันคุณภาพนี้

รายการนอกเหนือการรับประกันทั่วไป

1. แบตเตอรี่ 12 โวล์ท สำหรับรถยนต์ทั่วไป

รับประกัน 12 เดือน หรือ 20,000 กิโลเมตร แล้วแต่อย่างใดอย่างหนึ่งถึงก่อน

2. แบตเตอรี่ สำหรับรถยนต์ ไฮบริด

2.1 แบตเตอรี่เสริม ไฮบริด (12 โวลท์)
รับประกัน 36 เดือน หรือ 100,000 กิโลเมตร แล้วแต่อย่างใดอย่างหนึ่งถึงก่อน *

*การรับประกัน 24 เดือนแรก แต่ไม่เกิน 100,000 กม. จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ โดยไม่คิดมูลค่าสำหรับแบตเตอรี่ที่ชำรุดเนื่องมาจากคุณภาพการผลิต หลังจาก 24 เดือน แต่ไม่เกิน 36 เดือน หรือ 100,000 กม. แล้วแต่ระยะใดถึงก่อนจะเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ โดยลูกค้าจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่าย 50%

2.2 แบตเตอรี่ ไฮบริด
รับประกัน 60 เดือน ไม่จำกัดระยะทาง **

**มาตรฐานสำหรับการรับประกันคุณภาพของผู้ผลิตแบตเตอรี่ ไฮบริด คือ ระยะเวลา 36 เดือน นับตั้งแต่วันที่ส่งมอบ หรือระยะทาง 100,000 กิโลเมตร แล้วแต่ระยะใดถึงก่อน ในส่วนของการขยายระยะเวลารับประกันที่เพิ่มเติม จนถึง 60 เดือน นับตั้งแต่วันส่งมอบรถ โดยไม่จำกัดระยะทางนั้น เป็นข้อเสนอพิเศษโดย บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด การเรียกร้องสิทธิภายใต้เงื่อนไขการรับประกันคุณภาพ อยู่ในความรับผิดชอบของ บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด แต่เพียงผู้เดียว

3. ยาง

รับประกัน 24 เดือน หรือ 50,000 กิโลเมตร แล้วแต่อย่างใด อย่างหนึ่งถึงก่อน ซึ่งจะพิจารณาชดใช้โดยเปรียบเทียบความลึกของดอกยางที่เหลือกับความลึกมาตรฐานของดอกยางตามรุ่นและชนิดเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ติดตั้งจากโรงงาน รับประกันคุณภาพเท่ากับรถยนต์ 36 เดือนหรือ 100,000 กิโลเมตร แล้วแต่อย่างใดอย่างหนึ่งถึงก่อน ติดตั้งกับรถออกใหม่โดยศูนย์บริการโตโยต้า รับประกันคุณภาพอุปกรณ์ตกแต่งสูงสุด 3 ปี หรือ 100,000 กิโลเมตร จนสิ้นสุดระยะรับประกันรถยนต์ หรืออย่างน้อยที่สุดรับประกัน 12 เดือนหรือ 20,000 กิโลเมตร แล้วแต่อย่างใดอย่างหนึ่งถึงก่อน

ระยะรับประกันอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์

เริ่มติดตั้ง	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4 เป็นต้นไป	ระยะรับประกัน(แล้วแต่อย่างใดถึงก่อน)
ติดตั้งกับรถออกใหม่	→	→	→		36 เดือนหรือ 100,000 กิโลเมตร
ติดตั้งกับรถใช้งาน 6 เดือน		→	→		30 เดือนหรือสิ้นสุดที่ระยะทาง 100,000 กิโลเมตร
ติดตั้งกับรถใช้งาน 12 เดือน			→		24 เดือนหรือสิ้นสุดที่ระยะทาง 100,000 กิโลเมตร
ติดตั้งกับรถใช้งาน 24 เดือน					12 เดือนหรือสิ้นสุดที่ระยะทาง 100,000 กิโลเมตร
ติดตั้งกับรถใช้งาน 30 เดือน					12 เดือนหรือ 20,000 กิโลเมตร
ติดตั้งกับรถใช้งาน 36 เดือน					

4. ข้อยกเว้นงานรับประกัน

- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาหรือซ่อมแซมอันเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพจากการใช้งาน เช่น ค่าปรับตั้งศูนย์ล้อ, ถ่วงยาง, เปลี่ยนน้ำยารักษาหม้อน้ำ, สารหล่อลื่น,การเปลี่ยนไส้กรองต่าง ๆ, ยางใบปัดน้ำฝน, ฟิวส์, หลอดไฟ, หัวเทียน, ผ้าเบรก, สายพาน,สายพานราวลิ้น ที่สึกหรอ เป็นต้น
- รถที่ดัดแปลงสภาพหรือติดตั้งอุปกรณ์เสริมเพื่อการใช้งานที่มิใช่การใช้งานตามปกติของรถยนต์แต่ละประเภท เช่น การแข่งขัน, บรรทุกน้ำหนักเกินอัตรา ฯลฯ
- การละเลยหรือขาดการดูแลที่ถูกต้อง ตลอดจนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง, สารหล่อลื่น หรือสารเคมีที่ผิดจากที่กำหนดไว้ใน "คู่มือการใช้รถ"
- ใช้งานผิดวิธีจากที่ระบุไว้ใน "คู่มือการใช้รถ"
- ความเสียหายของพื้นผิวตัวถังรถที่เกิดจากสภาพแวดล้อมหรือมิได้เกิดจากการประกอบจากโรงงาน เช่น ฝนกรด สารเคมี เกลือ น้ำยางต้นไม้ หรือจากภัยธรรมชาติ เช่น ลูกเห็บ พายุฝน ฟ้าผ่า น้ำท่วม ฯลฯ
- การเสื่อมสภาพของสี (สีซีด สีตก หรือจางลง สีผิดเพี้ยน) หรือเกิดสนิมเนื่องจากการขาดการดูแลรักษา การใช้งานอย่างไม่ถูกต้องหรือการขัดเคลือบสี รวมทั้งการจัดเก็บรถไว้ในสถานที่ที่ไม่เหมาะสม
- ความเสียหายของผิวรถยนต์ที่เกิดจากสะเก็ดหินหรือเป็นรอยขีดข่วน
- ถอดหรือแยกชิ้นส่วนออกจากกัน
- การปรับตั้งหรือซ่อมจากศูนย์บริการอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ศูนย์บริการมาตรฐานโตโยต้า
- ความเสียหายจากอุบัติเหตุหรือเป็นผลมาจากอุบัติเหตุ
- รถที่ไม่ได้ตรวจสอบตามระยะทุก 10,000 กิโลเมตร หรือตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในคู่มือการใช้รถ
- รถที่มีมาตรวัดระยะทางไม่ตรงกับความเป็นจริงหรือถูกแก้ไขเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าด้วยสาเหตุใด ๆ ก็ตาม
- เสียงดัง การสั่นสะเทือน การสึกหรอ การฉีกขาด และการเสื่อมสภาพตามปกติ
- ความเสียหายและค่าใช้จ่ายที่นอกเหนือการรับประกัน เช่น ค่าที่พัก ค่าน้ำมัน ค่าโทรศัพท์ ค่าเสียเวลา ความเสียหายทางธุรกิจ ฯลฯ
- ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากอะไหล่เทียม หรืออะไหล่ที่มิได้ผลิต หรือจำหน่ายโดย บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด
- การรับประกันจะไม่ครอบคลุมความเสียหายที่เกิดจากการละเลยหรือการนำรถเข้ารับบริการไม่ทันท่วงที

5. รายละเอียดการเช็คระยะฟรี

ศูนย์บริการโตโยต้าจะให้บริการตรวจสอบฟรีตามระยะ โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย (ค่าแรง) ยกเว้นวัสดุสิ้นเปลือง และอะไหล่ที่ต้องเปลี่ยนตามอายุใช้งานปกติ อาทิเช่น ค่าน้ำมันหล่อลื่น, สารหล่อลื่น เป็นต้น

เช็คระยะฟรีมีทั้งสิ้น 6 ระยะ

1. ระยะทาง 1,000 กม. หรือ 1 เดือน แล้วแต่ระยะใดระยะหนึ่งถึงก่อน
2. ระยะทาง 10,000 กม. หรือ 6 เดือน แล้วแต่ระยะใดระยะหนึ่งถึงก่อน
3. ระยะทาง 20,000 กม. หรือ 12 เดือน แล้วแต่ระยะใดระยะหนึ่งถึงก่อน
4. ระยะทาง 30,000 กม. หรือ 18 เดือน แล้วแต่ระยะใดระยะหนึ่งถึงก่อน
5. ระยะทาง 40,000 กม. หรือ 24 เดือน แล้วแต่ระยะใดระยะหนึ่งถึงก่อน
6. ระยะทาง 50,000 กม. หรือ 30 เดือน แล้วแต่ระยะใดระยะหนึ่งถึงก่อน

FAQ

Q1: ลูกค้าออกรถแค่ 5 วัน แต่เลขไมล์อยู่ที่ 1,000 กม. แล้ว ลูกค้าต้องนำรถเข้าหรือไม่
A1: ลูกค้าต้องนำรถเข้าเช็คระยะ เนื่องจากเลขไมล์ถึงระยะ 1,000 กม. แล้ว แม้ว่าระยะเวลาจะยังไม่ถึง 1 เดือนก็ตาม
เนื่องจากการเช็คระยะครั้งที่ 1 นั้น เลขไมล์ 1,000 กม. หรือ 1 เดือน แล้วแต่ระยะใดระยะหนึ่งถึงก่อน ซึ่งลูกค้าเลขไมล์ถึงแล้ว

Q2: ลูกค้าออกรถมาได้ 1 เดือน แต่เลขไมล์อยู่ที่ 200 กม. เท่านั้น ลูกค้าต้องนำรถเข้าหรือไม่
A2: ลูกค้าต้องนำรถเข้าเช็คระยะ เนื่องจากระยะเวลาถึงแล้วแม้ว่าเลขไมล์จะยังไม่ถึง 1,000 กม. ก็ตาม
เนื่องจากการเช็คระยะครั้งที่ 1 นั้น เลขไมล์ 1,000 กม. หรือ 1 เดือน แล้วแต่ระยะใดระยะหนึ่งถึงก่อน ซึ่งระยะเดือนถึงแล้ว

Q3: ลูกค้านำรถเข้าเช็คระยะ 60,000 กม. ท้าไมต้องเสียค่าแรงทั้งที่โตโยต้าบอกว่ารับประกันคุณภาพ 3 ปี หรือ 100,000 กม.
A3: 3 ปี หรือ 100,000 กม. คือการรับประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์ ส่วนการเช็คระยะฟรีค่าแรงนั้น เป็นการให้บริการพิเศษในการเช็คระยะ 6 ครั้ง ตามตารางข้างต้น

6. การรับรอง Battery Hybrid 10 ปี

แคมเปญรับรองการใช้งานแบตเตอรี่ไฮบริด 10 ปีจะมีผลย้อนหลังให้แก่ลูกค้าที่ซื้อรถยนต์ Hybird ตั้งแต่เริ่มมีจำหน่ายรถยนต์ Hybrid (เดือนสิงหาคม 2552) และลูกค้าที่ออกรถภายในเดือนธันวาคม 2553 ซึ่งเงื่อนไขงานรับประกันยังคงเดิมคือ 5 ปี ไม่จำกัดระยะทาง โดยในทางปฏิบัติลูกค้าผู้เป็นเจ้าของรถยนต์ Hybrid จะได้รับการรับรองการใช้งานและเปลี่ยนแบตเตอรี่ชุดใหม่หากมีการเสื่อมสภาพ หรือเสียเนื่องมาจากการช้างานปกติในช่วงระหว่างปีที่ 6 -10 โดยเสียค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าดำเนินการเท่านั้น

ลูกค้าจะเสียค่าใช้จ่ายการดำเนินการดังนี้

1. ค่าธรรมเนียมการใช้สิทธิ หรือค่าดำเนินการ 1,000 บาท (ไม่รวมภาษี)
2. ค่าแรงในการถอดเปลี่ยนแบตเตอรี่ชุดใหม่ตามชั่วโมงงานมาตรฐานประมาณ 1.7 ชั่วโมง

กรณีที่พบปัญหาแบตเตอรี่หลังจากการใช้สิทธิ และยังอยู่ในช่วงปีที่ 6 - 10 ลูกค้ายังคงสามารถใช้สิทธิ์ตามแคมเปญรับรองการใช้งานแบตเตอรี่นี้ได้

แคมเปญรับรองการใช้งานแบตเตอรี่Hybrid 10 ปีนี้สามารถถ่ายโอนให้แก่ลูกค้าที่ซื้อต่อได้โดยจะรับตั้งแต่วันส่งมอบให้กับลูกค้ารายแรก

แคมเปญนี้ไม่ครอบคลุมถึงความเสียหายจากอุบัติเหตุ, ภัยธรรมชาติ หรือการดัดแปลงสภาพที่ส่งผลกระทบต่อระบบไฮบริด รวมถึงรถรับจ้าง/รถเช่า/รถสาธารณะ

ข้อมูลอื่นๆของ Call Center

การนำเข้ารถยนต์จากประเทศญี่ปุ่น

RE: รายละเอียดของสินค้า // Sea ex Yokohama to BKK // FOB
Rireen Adiraksatitkul
Mon 7/11/2016 6:13 PM
To: 'kanoknun chalermpichai' <som13_chayawan@hotmail.com>;
Cc: Pornthep Laingam <pola@scangl.com>;

Dear Khun Kanoknun,

Please you find our quotation for your consideration ka.

FCL ex Yokohama port to BKK under FOB term based your dimension below

If 1 unit as new car, it can be loaded into 20'DCx1.

Via MCC TRANSPORT carrier:

Place of Receipt: Yokohama CY

Place of Delivery: Bangkok CY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Freight charge:

Ocean Freight: USD 320 per 20'DC and USD 470 per 40'DC&HC

BAF / CAF: Inclusive

Destination charge:

THC: THB 2800/20'DC and THB 4,300/40'DC&HC

Lift on/off: THB 1,950'DC and THB 3,330/40'DC&HC

D/O fee: THB 1,300/set

Telex release fee (if needed): THB 1.300/set

Remark:

Above rates are valid till end of Sep 2016

Above rates are subject to space and equipment availability at time of shipment.

Above rates are subject all local surcharges both end if any

All local surcharges are subject to change with/without notice.

Please do not hesitate to let us know if you need more information ka.

Best regards

Rireen Adiraksatitkul
Assistant Sales Manager
Sales & Marketing

Scan Global Logistics Co., Ltd.
56/12, 12th Floor, BISCO Tower , Sap Rd.,
Si Phraya, Bang Rak, TH-10500 Bangkok, Thailand
Tel.: +66 2237 9700 Mobile: +66 94 156 1642 Fax: +66 2237 9709 Email: riad@scangl.com
Web: www.scangl.com

Toyota Mirai technical specifications vs FCHV-adv

We take a look at the technical specifications for the Toyota Mirai with comparative values for the previous SUV-based FCHV-adv fuel cell vehicle. Toyota previously made FCHV-adv available in very limited numbers as a lease vehicle.

FUEL CELL STACK		TOYOTA MIRAI	TOYOTA FCHV-adv
Type		Polymer electrolyte fuel cell	Polymer electrolyte fuel cell
Humidification system		Internal circulation	External humidifier
Max. output (bhp/kW)		153/114	121/90
Volume-power density (kW/l)		3.1	1.4
Mass-power density (kW/kg)		2.0	0.83
Volume (l)		37	64
Weight (kg)		56 (cells + fastener)	108
Cells	Number in one stack	370 (single line stacking)	400 (dual line stacking)
	Thickness (mm)	1.34	1.68
	Weight (g)	102	166
	Flow channel	3D fine mesh	Straight channel
Separator material		Titanium	Stainless steel
MOTOR			
Type		AC synchronous electric generator	AC synchronous electric generator
Max. output (bhp/kW)		152/113	121/90
Max. torque (Nm)		335	260
HIGH-PRESSURE HYDROGEN TANKS			
Number of tanks		2	4
Type		Type 4	Type 4
Structure		3-layer	–
Materials		Inner layer – plasticMiddle layer – carbon fibre-reinforced plasticSurface layer – plastic	–
Fuel		Compressed hydrogen	Compressed hydrogen
Max. filling pressure (MPa)		87.5	70
Nominal working pressure (MPa)		70	–
Storage density (wt%)		5.7	4.7
Total internal volume (l)		122.4 (60 front, 62.4 rear)	156
Hydrogen storage mass (kg)		Approx. 5.0	–

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Combined tank weight (kg, not including valve)	87.5	–
Refuelling time (min)[3]	Approx. 3	–
BATTERY		
Type	Nickel-metal hydride	Nickel-metal hydride
FUEL CELL BOOST CONVERTER		
Number of phases	4	–
Max. output voltage (V)	650	–
Volume (l)	13	–
PERFORMANCE		
Cruising range (miles – approx.. figure prior to homologation)	300	–
Fuel consumption	Tba	–
Max. speed (mph)	111	96
Acceleration 0-62mph (sec)	9.6	–
Acceleration 25-44mph (sec)	3.0	–
Cold start temperature tolerance (deg C)	-30	-30
DIMENSIONS AND WEIGHTS		
Length (mm)	4,890	4,735
Width (mm)	1,815	1,815
Height (mm)	1,535	1,685
Wheelbase (mm)	2,780	–
Track – front (mm)	1,535	–
Track – rear (mm)	1,545	–
Min. ground clearance (mm)	130	–
Interior length (mm)	2.040	–
Interior width (mm)	1,465	–
Interior height (mm)	1,185	–
Seats	4	5
Kerb weight (kg)	1,850	1,880
Coefficient of drag (Cd)	0.29	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ – นามสกุล นางสาว ครองขวัญ เฉลิมพิชัย

วัน เดือน ปีเกิด 17 สิงหาคม พ.ศ. 2530

ที่อยู่ปัจจุบัน 57/30 ซ.3 หมู่บ้านโชคประชาวิลล่า ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

เบอร์โทรที่สามารถติดต่อได้ 089 - 442 - 4313

อีเมลล์ som13_chayawan@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549 สำเร็จระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

พ.ศ. 2553 สำเร็จระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2555- 2558 ตำแหน่ง Sale Engineering บริษัท โพลีเทคโนโลยี จำกัด

พ.ศ. 2558 - ปัจจุบัน ตำแหน่ง General Manager บริษัท โปรมาสเตอร์เทค จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University