

บทที่ 3

ก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานสะอาดอีกรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะมีคุณสมบัติหลายประการที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและสามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ปัจจุบันได้มีการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง ทั้งในระดับครัวเรือนเพื่อการประกอบอาหาร ในธุรกิจอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตสินค้าต่างๆ รวมถึงเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์เพื่อการเดินทางหรือการขนส่งเป็นต้น การค้นพบและนำก๊าซธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เกิดขึ้นบนโลกนี้มานานนับศตวรรษ และทุกวันนี้ก็ยังคงมีการสำรวจ ค้นหา แหล่งก๊าซธรรมชาติแหล่งใหม่ๆ กันอย่างต่อเนื่อง เพราะปริมาณความต้องการใช้น้ำมันก็จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มจำนวนของประชากรโลกและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามก๊าซธรรมชาติเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีโอกาสหมดไปจากโลกนี้ได้ ดังนั้นทั้งในแง่ของปริมาณการผลิตและการนำมาใช้ประโยชน์จึงจำเป็นต้องคิดพิจารณาให้รอบคอบด้วย

3.1 กำเนิดก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติ (natural gas) คือปิโตรเลียมชนิดหนึ่งที่มีสถานะเป็นก๊าซ ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการทับถมของซากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในโลกนี้มานานนับล้านๆ ปี โดยซากพืชซากสัตว์เหล่านี้จะแปรสภาพเป็นก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน เนื่องจากความร้อนและความกดดันของผิวโลกที่สะสมอยู่ในชั้นดิน เช่นเดียวกับน้ำมันปิโตรเลียม และถ่านหิน ซึ่งได้กล่าวในรายละเอียดแล้วในบทที่ผ่านมา ก๊าซธรรมชาติเป็นสารไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง มีสูตรทางเคมีเป็น C_nH_{2n+2} เมื่อ n เป็นเลขจำนวนเต็ม มีค่าตั้งแต่ 1 ขึ้นไป โดยทั่วไปก๊าซธรรมชาติ จะประกอบด้วยก๊าซมีเทน (methane, CH_4) ประมาณร้อยละ 70 ขึ้นไป ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแหล่งก๊าซธรรมชาติแต่ละแหล่งเป็นสำคัญ เมื่อนำมาทำการเผาไหม้จะเป็นเชื้อเพลิงสะอาดและส่งผลกระทบท่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทน้ำมันหรือถ่านหิน

3.2 ส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติที่ถูกเจาะขึ้นมาจากแหล่งธรรมชาติหรือหลุมผลิตปิโตรเลียม จะประกอบด้วยก๊าซธรรมชาติและสิ่งเจือปนต่างๆ ซึ่งจะมีทั้งที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนและไม่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนผสมกันอยู่ โดยแต่ละแหล่งที่พบก๊าซธรรมชาติจะมีสัดส่วนขององค์ประกอบดังกล่าวในปริมาณที่แตกต่างกัน

3.2.1 ส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน

ก๊าซพวกนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนที่มีสถานะเป็นก๊าซ (gas phase) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าส่วนที่มีสถานะเป็นไอ (vapour phase) ส่วนที่มีสถานะเป็นก๊าซได้แก่ มีเทน อีเทน (ethane) โพรเพน (propane) บิวเทน (butane) ไอโซบิวเทน (isobutane) เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 70-90 แล้วแต่แหล่งที่พบ ส่วนที่อยู่ในสถานะไอได้แก่ นอร์แมลเพนเทน (n-pentane) ไอโซเพนเทน (i-pentane) นอร์แมลเฮกเซน (n-hexane) นอร์แมลเฮปเทน (n-heptane) และ นอร์แมลออกเทน (n-octane) เป็นต้น

3.2.2 ส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติที่ไม่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน

ก๊าซเหล่านี้ถือเป็นสิ่งเจือปนที่มีผสมอยู่ในก๊าซธรรมชาติเสมอ แต่ในปริมาณที่ไม่มากนัก เช่น ก๊าซไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ฮีเลียม และไอน้ำ เป็นต้น

3.3 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติที่ถูกเจาะขึ้นมาจากหลุมผลิตในแต่ละแหล่ง จะมีสัดส่วนหรือองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนและสิ่งเจือปนต่างๆ ที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามก๊าซธรรมชาติเหล่านั้นจะมีคุณสมบัติทั่วไปที่เหมือนกันคือ

3.3.1 มีคุณสมบัติเป็นสารไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากเกิดจากการถลุงของซากสิ่งมีชีวิตนับล้านปี

3.3.2 โดยปกติจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่เพื่อเป็นการเตือนภัยให้รู้ในกรณีที่เกิดการรั่วไหล จึงมีการเติมกลิ่นเข้าไป

3.3.3 เบากว่าอากาศ มีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.5-0.8 ทำให้สามารถลอยขึ้นไปสู่ที่สูงได้เมื่อเกิดการรั่วไหล ไม่เกิดการสะสมบนพื้นราบ

3.3.4 มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ และสามารถทำให้เป็นของเหลวได้โดยการลดอุณหภูมิและความดัน

3.3.5 มีความสามารถในการติดไฟ ช่วงการติดไฟที่ร้อยละ 5-15 ของปริมาตรในอากาศ

3.3.6 มีคุณสมบัติในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ไม่มีเขม่า จึงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ซึ่งจะได้มาโดยกระบวนการทดลองในห้องปฏิบัติการนั้นคือ ค่าความร้อน (calorific value) โดยทั่วไปกำหนดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะเป็นการเปรียบเทียบค่าความร้อนกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ในหน่วยความร้อนบริติช (British thermal unit, Btu) ต่อลูกบาศก์ฟุต ค่าความร้อนเป็นคุณสมบัติของเชื้อเพลิงทุกชนิดที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการให้ความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดนั้นๆ ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนไม่เท่ากันและเชื้อเพลิงชนิดเดียวกันแต่มาจากแหล่งต่างกันอาจมีค่าความร้อนต่างกัน ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับส่วนของประกอบของเชื้อเพลิงนั้นว่ามีปริมาณของธาตุคาร์บอนผสมอยู่มากน้อยเพียงใด เช่น น้ำมันดิบมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลมากกว่าก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นน้ำมันดิบจึงมีค่าความร้อนมากกว่าก๊าซธรรมชาติ ซึ่งก๊าซธรรมชาติ 1 ลูกบาศก์ฟุตจะมีค่าความร้อนเท่ากับค่าความร้อนที่ได้จากน้ำมันดิบประมาณ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นต้น นอกจากนี้โดยเฉพาะก๊าซธรรมชาติที่มีสิ่งเจือปนที่ไม่ติดไฟ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ จะมีส่วนทำให้ค่าความร้อนต่อหน่วยต่ำลง ก๊าซธรรมชาติที่มีสารเหล่านี้เจือปนอยู่ในปริมาณสูงจึงมีคุณค่าและราคาต่ำกว่าปกติ

3.4 ประเภทของก๊าซธรรมชาติ

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ก๊าซธรรมชาติที่ถูกเจาะขึ้นมาในแต่ละแหล่งนั้นอาจมีส่วนขององค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนและสิ่งเจือปนต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปจึงแบ่งประเภทของก๊าซธรรมชาติออกเป็น 2 ประเภทคือ

3.4.1 ก๊าซธรรมชาติแห้ง

ก๊าซธรรมชาติแห้ง (dry natural gas) หรืออาจเรียกสั้นๆ ว่า ก๊าซแห้ง (dry gas) โดยทั่วไปที่พบในแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติจะเป็นก๊าซประเภทนี้ องค์ประกอบส่วนใหญ่จะมี ก๊าซมีเทน ส่วนที่เหลือจะเป็น ก๊าซอีเทน โพรเพน บิวเทน และสิ่งเจือปนอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย

3.4.2 ก๊าซธรรมชาติชื้น

ก๊าซธรรมชาติชื้น (wet natural gas) หรือเรียกสั้นๆ ว่า ก๊าซชื้น (wet gas) เป็นก๊าซประเภทที่ไม่ค่อยพบ ก๊าซประเภทนี้จะมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่ำ แต่จะมีสัดส่วนของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนตั้งแต่โพรเพนหรือบิวเทนขึ้นไป เป็นองค์ประกอบอยู่สูง นอกจากนี้ยังมีสารไฮโดรคาร์บอนเหลวหรือที่เรียกว่า ก๊าซโซลีนธรรมชาติเป็นองค์ประกอบด้วย ก๊าซเหล่านี้มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเช่นเดียวกับก๊าซแห้ง แต่สามารถทำให้เป็นของเหลวได้โดยการลดอุณหภูมิและความดัน

3.5 การแยกก๊าซธรรมชาติ

เมื่อก๊าซธรรมชาติถูกเจาะและนำขึ้นมาจากหลุมผลิตปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติในขณะนั้นจะประกอบด้วยก๊าซที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีทั้งที่อยู่ในสถานะก๊าซและไอ และก๊าซที่ไม่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติจะต้องมีขั้นตอนการแยกสิ่งเจือปนออกก่อนเป็นลำดับแรกและตามด้วยการแยกประเภทของสารไฮโดรคาร์บอนเพื่อการนำเอาไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3.5.1 การแยกสิ่งเจือปนในก๊าซธรรมชาติ

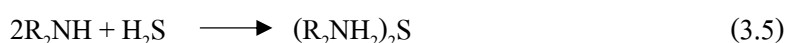
ก๊าซธรรมชาติที่นำขึ้นมาจะมีก๊าซบางชนิดเช่น คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนซัลไฟด์จะมีผลต่อการสึกกร่อนของระบบท่อและเครื่องมือต่างๆ ดังนั้นก่อนที่จะมีการนำก๊าซธรรมชาติไปแยกเพื่อใช้ประโยชน์ จะต้องมีกระบวนการแยกหรือกำจัดก๊าซเหล่านี้เสียก่อน กรรมวิธีในการแยกก๊าซเหล่านี้มีหลายวิธีซึ่งแล้วแต่องค์ประกอบของก๊าซธรรมชาตินั้นๆ แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีกระบวนการหลักๆ ดังต่อไปนี้

3.5.1.1 กระบวนการแยกก๊าซที่มีคุณสมบัติเป็นกรด โดยเทคนิคการทำให้ก๊าซกรดบริสุทธิ์ (acid gas purification techniques) ในกระบวนการนี้จะเป็นการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ออก เนื่องจากก๊าซเหล่านี้มีส่วนประกอบที่มีผลต่อการสึกกร่อนของอุปกรณ์ที่เป็นโลหะ หรือเมื่อมีการเผาไหม้จะก่อให้เกิดก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ นอกจากนี้โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังเป็นตัวทำให้อุณหภูมิของก๊าซธรรมชาติลดลงด้วย

ในกระบวนการแยกก๊าซเหล่านี้จะใช้สารละลายที่มีคุณสมบัติเป็นเบส เข้าไปดูดซับเอาก๊าซเหล่านั้นออก ซึ่งสารละลายที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K₂CO₃) และเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการเบนฟิลด์ (benfield process) สามารถเขียนเป็นสมการทางเคมีได้ดังนี้



นอกจากนี้การแยกสิ่งเจือปน ในบางแหล่งอาจใช้สารละลายที่แตกต่างกันออกไป เช่น การใช้สารละลายมอโนเอทานอลามีน (mono ethanolamine) กระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการเบนฟิลด์ไฮเพียว (benfield hipure process) สามารถเขียนสมการทางเคมีได้ดังนี้



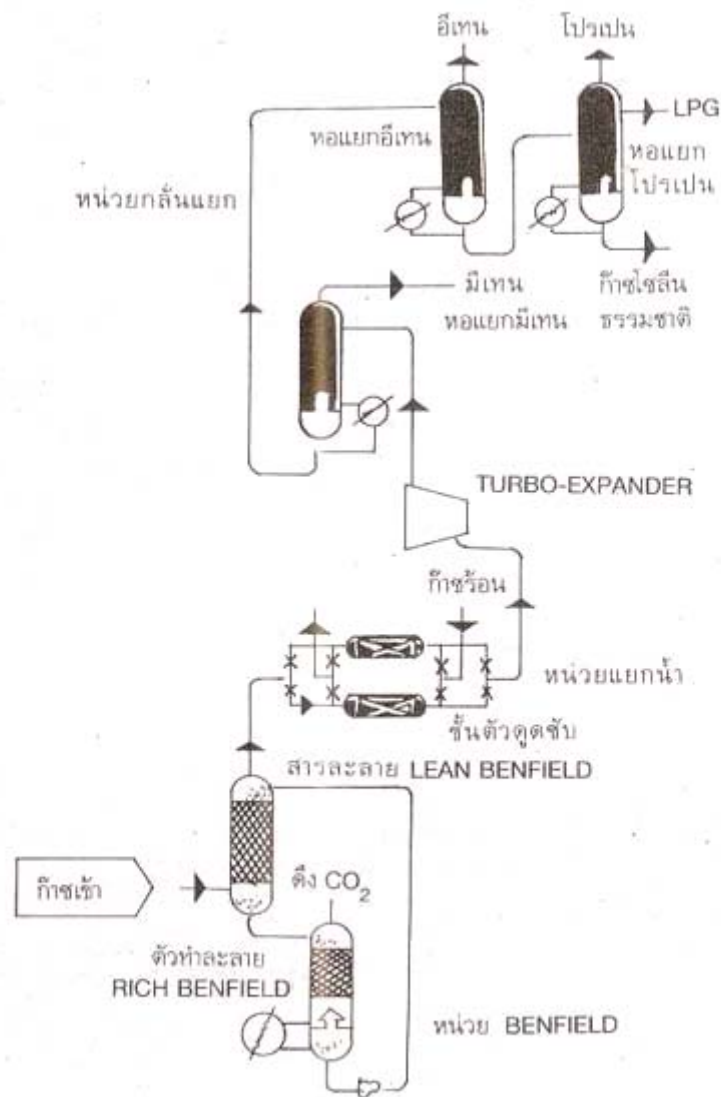
3.5.1.2 กระบวนการแยกไอน้ำ (dehydration) เนื่องจากก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุมผลิตมีไอน้ำปนอยู่ ซึ่งอาจรวมตัวกับสิ่งเจือปนต่างๆ และตกผลึกเป็นของแข็งอาจทำให้เกิดการอุดตันขึ้นในระบบการส่งก๊าซในบริเวณต่างๆ ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแยกไอน้ำออกจากก๊าซธรรมชาติและต้องควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณวิกฤต คือปริมาณที่ไม่เกิน 1-2 ส่วนในล้าน ในการแยกไอน้ำนั้นอาจทำได้หลายวิธีเช่น การใช้แรงอัดหรือความดันที่เหมาะสมจะทำให้ไอน้ำจะเกิดการควบแน่นเป็นของเหลวและแยกตัวออกมา การทำให้เย็นจัดจนเป็นเกล็ดน้ำแข็ง การใช้สารดูดความชื้นเช่น สารแคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

3.5.2 การแยกสารไฮโดรคาร์บอนในก๊าซธรรมชาติ

เมื่อก๊าซธรรมชาติผ่านกระบวนการกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ ออกไปแล้ว จะถูกส่งเข้าไปในส่วนของการแยกประเภทของสารไฮโดรคาร์บอนของก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเรียกว่าเทอร์โบเอกซ์เพนเดอร์ (turbo expander) โดยอาศัยหลักการเดียวกับการกลั่นลำดับส่วนคือทำการลดอุณหภูมิของก๊าซจนกระทั่งก๊าซกลายเป็นของเหลว และอาศัยหลักการที่ว่าสารไฮโดรคาร์บอนแต่ละชนิดมีจุดเดือดที่แตกต่างกัน เช่น สารไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลโมเลกุลน้อย จะมีจุดเดือดต่ำกว่า สารไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลโมเลกุลมากกว่า ดังนั้นหลังจากที่ทำให้ก๊าซเป็นของเหลวแล้วจะมีการให้ความร้อนแก่ก๊าซเหลวเพื่อทำให้ก๊าซเหลวนั้นระเหยกลายเป็นก๊าซอีกครั้งหนึ่ง โดยเมื่อให้ความร้อนเพิ่มเข้าไปเรื่อยๆ สารไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลโมเลกุลน้อยจะถึงจุดเดือดก่อนและจะกลายเป็นก๊าซแยกตัวออกจากก๊าซเหลวนั้นได้ ซึ่งการแยกตัวจะเกิดขึ้นตามลำดับของจุดเดือดของสารไฮโดรคาร์บอนตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

กระบวนการแยกตัวของสารไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นในส่วนของเทอร์โบเอกซ์เพนเดอร์นี้ ก๊าซธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการกำจัดสิ่งเจือปนแล้ว เมื่อเข้ามาจะถูกทำให้ความดันลดลงจาก 42 บาร์ เหลือเพียง 16 บาร์ และอุณหภูมิลดลงจาก 250 องศาเซลวิน เหลือเพียง 170 องศาเซลวิน (บริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2546. ออนไลน์) ซึ่งที่ความดันและอุณหภูมินี้ ก๊าซที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนตั้งแต่เอเทนขึ้นไปจะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลว ส่วนมีเทนยังคงอยู่ในสภาพเป็นก๊าซอยู่และถูกส่งไปยังหอกลั่นมีเทน (de-methanizer) ซึ่งก๊าซมีเทนจะมีการแยกตัวออกไปทางด้านบนของหอกลั่น ส่วนก๊าซเหลวจะถูกดึงออกทางด้านล่างของหอกลั่น ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ก๊าซเหลวนี้นี้จะถูกนำไปเข้าสู่ส่วนที่เรียกว่าอีเทนรีคาวเออร์รี่ (ethane recovery) ซึ่งในส่วนนี้จะมีหอกลั่นอีเทน (de-ethanizer) และหอกลั่นโพรเพน (de-propanizer) เพื่อทำการแยกอีเทนและโพรเพนออกตามลำดับต่อไป

ที่หอกลั่นอีเทนจะมีการควบคุมความดันที่ 28 บาร์และอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งก๊าซอีเทนจะอยู่ในสภาพก๊าซและแยกตัวออกทางด้านบนของหอกลั่น ในขณะที่ก๊าซเหลวที่เหลือคือตั้งแต่โพรเพนขึ้นไปจะถูกดึงลงมาส่วนล่างของหอกลั่น เพื่อเข้าสู่หอกลั่นโพรเพนต่อไป ในหอกลั่นโพรเพนจะมีสถานะที่ควบคุมหอกลั่นนี้ที่ความดัน 16 บาร์และอุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส ก๊าซโพรเพนจะอยู่ในสถานะเป็นก๊าซและถูกแยกออกทางด้านบนของหอกลั่น ส่วนก๊าซซึ่งเป็นส่วนผสมของโพรเพนกับบิวเทน จะถูกแยกออกมาจากส่วนกลางของหอ และจะมีผลิตภัณฑ์ที่ออกจากหอทางด้านล่างของหอกลั่นนี้คือ ก๊าซโซลินธรรมชาติ (natural gasoline, NGL)



ภาพที่ 3.1 แสดงกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ
ที่มา (กรมธุรกิจพลังงาน. 2547. ออนไลน์)

3.6 ผลลัพธ์จากการแยกก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติเมื่อนำมาผ่านกระบวนการแยกประเภท ตามคุณสมบัติจุดเดือดของสาร ไฮโดรคาร์บอนประเภทต่างๆ แล้ว ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆ ของหอกลั่นมีดังต่อไปนี้

3.6.1 ก๊าซมีเทน

ก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซที่ได้จากหอก๊าซมีเทน จะถูกขนส่งนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม และนำไปอัดใส่ถังด้วยความดันสูง เรียกว่าก๊าซธรรมชาติอัด (compressed natural gas, CNG) สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ หรือที่มักจะเรียกกันว่า ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (natural gas for vehicles, NGV) ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการใช้ก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ที่มา (กรมธุรกิจพลังงาน. 2547. ออน-ไลน์)

3.6.2 ก๊าซอีเทน

ก๊าซอีเทน (C_2H_6) เป็นก๊าซที่ได้จากหอก๊าซอีเทน ส่วนใหญ่ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ใช้ผลิตเป็นเม็ดพลาสติก เส้นใยพลาสติกชนิดต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นวัสดุ อุปกรณ์ อย่างอื่นต่อไป

3.6.3 ก๊าซโพรเพนและก๊าซบิวเทน

ก๊าซโพรเพน (C_3H_8) และก๊าซบิวเทน (C_4H_{10}) สำหรับก๊าซโพรเพนสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นได้เช่นเดียวกับก๊าซอีเทน และหากนำเอาก๊าซโพรเพนกับก๊าซบิวเทนมาผสมกันและอัดใส่ถังจะกลายเป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลว สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน ดังแสดงในภาพที่ 3.3 นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับงานอื่นๆ ได้เช่น

ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ ใช้สำหรับการเชื่อมโลหะ และรวมถึงการนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทได้



ภาพที่ 3.3 แสดงก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือก๊าซหุงต้ม
ที่ม่า (Nicor Inc. 2005. On-line)

3.6.4 ไฮโดรคาร์บอนเหลว

ไฮโดรคาร์บอนเหลว (heavier hydrocarbon) เป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ได้จากการแยกสารไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีสถานะเป็นก๊าซตั้งแต่อยู่บนแท่นผลิต หรือเรียกว่า คอนเดนเสท (condensate) สามารถนำไปกลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปได้

3.6.5 ก๊าซโซลีนธรรมชาติ

ก๊าซโซลีนธรรมชาติ เป็นสารไฮโดรคาร์บอนเหลวซึ่งหลุดไปกับสารไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซ แต่เมื่อผ่านเข้าไปสู่กระบวนการแยกก๊าซจะถูกแยกกลับออกมาในหอกลั่นโพรเพน ก๊าซโซลีนธรรมชาติมักถูกส่งไปยังโรงกลั่นน้ำมันเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปเช่นเดียวกับคอนเดนเสท นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมบางประเภทได้ ตัวอย่างก๊าซโซลีนธรรมชาติที่ถูกบรรจุลงในถังเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่างก๊าซโซลีนธรรมชาติ

ที่มา (National Energy Technology Laboratory. 2005. On-line)

3.6.6 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นสิ่งเจือปนในก๊าซธรรมชาติซึ่งจะถูกแยกออกตั้งแต่ตอนเริ่มต้นของกระบวนการแยกก๊าซ การนำไปใช้จะถูกทำให้อยู่ในสภาพของแข็งที่เรียกว่าน้ำแข็งแห้ง (dry ice) ดังแสดงในภาพที่ 3.5 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมถนอมอาหาร อุตสาหกรรมน้ำอัดลมและเบียร์ เป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำฟนเทียม และใช้สร้างเป็นม่านควันในการแสดงคอนเสิร์ต หรือการถ่ายทำภาพยนตร์



ภาพที่ 3.5 แสดงตัวอย่างน้ำแข็งแห้ง

ที่มา (Elert. 2005. On-line)

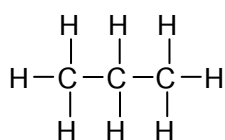
3.7 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลว หรือที่นิยมเรียกโดยทั่วไปว่าก๊าซหุงต้ม เป็นก๊าซที่ได้มาจาก 2 กระบวนการคือ ได้จากกระบวนการการกลั่นน้ำมันดิบและได้จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะมีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิและความดันปกติ ดังนั้นในการทำให้ก๊าซชนิดนี้อยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลวได้ตลอดเวลาจะต้องอาศัยแรงอัดหรือให้อยู่ภายใต้ความดันสูง ปัจจุบันนี้ก๊าซชนิดนี้ได้รับความนิยมนำมาใช้กันมากซึ่งนอกจากใช้สำหรับการหุงต้มแล้ว ก็ยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมทดแทนเชื้อเพลิงจำพวกฟืน ถ่านหินและน้ำมันได้

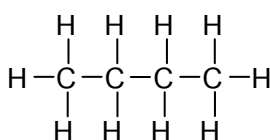
3.7.1 คุณสมบัติทางเคมีของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ระหว่างไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอน 3 อะตอมกับ 4 อะตอม ใน 1 โมเลกุล แต่เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถได้มาจาก 2 กระบวนการ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของไฮโดรคาร์บอนทั้ง 2 มีความแตกต่างกัน

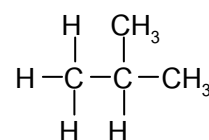
3.7.1.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ได้มาจากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ จะมีสัดส่วนของ C_3 มากกว่า C_4 ซึ่งสัดส่วนของ C_3 และ C_4 จะขึ้นอยู่กับแหล่งของก๊าซธรรมชาติ ไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้มักจะผสมกันอยู่ในรูปของไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (saturated hydrocarbon) ได้แก่ โพรเพน นอร์แมลบีวเทน ไอโซบีวเทน ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างโมเลกุลดังแสดงในภาพที่ 3.6



โพรเพน



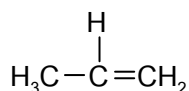
นอร์แมลบีวเทน



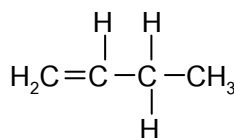
ไอโซบีวเทน

ภาพที่ 3.6 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของสารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว

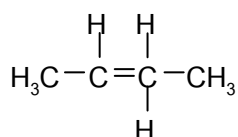
3.7.1.2 ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ จะมีสัดส่วนของ C_4 มากกว่าและอาจมีการผสมกันระหว่าง C_3 และ C_4 ในรูปของไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (unsaturated hydrocarbon) ได้แก่ โพรพิลีน (propylene) นอร์แมลบิวทีลีน (n-butylene) 2-บิวทีลีน ไอโซบิวทีลีน (iso-butylene) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างโมเลกุลดังแสดงในภาพที่ 3.7



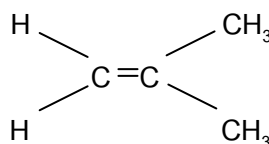
โพรพิลีน



นอร์แมลบิวทีลีน (1-butene)



2-บิวทีลีน (2-butylene)



ไอโซบิวทีลีน

ภาพที่ 3.7 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของสารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว

3.7.2 คุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

โดยทั่วไปก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้กันอยู่จะมีอยู่ทั้ง 2 สถานะคือ ของเหลวและ ก๊าซ ดังนั้นเพื่อความเข้าใจที่ชัดเจน จึงควรทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ทั้งสองสถานะ ดังต่อไปนี้

3.7.2.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่ออยู่ในสถานะเป็นก๊าซ คุณสมบัติต่างๆ ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่ออยู่ในสถานะเป็นก๊าซที่ควรทราบได้แก่

(1) คุณสมบัติด้านความหนาแน่น ปริมาตรและความถ่วงจำเพาะ การบอกคุณสมบัติด้านความหนาแน่นของก๊าซปิโตรเลียม มักจะบอกในรูปของค่าความถ่วงจำเพาะ ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในขณะที่เป็นก๊าซ หมายถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซกับอากาศที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน หรือสามารถกล่าวได้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะเป็นตัวเลขที่บอกว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในขณะที่เป็นก๊าซจะหนักเป็นกี่เท่าของอากาศ โดยอากาศมีความหนาแน่นเท่ากับ 1 เช่น ที่อุณหภูมิ 15.50 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ โพรเพนจะมีค่าความถ่วงจำเพาะเมื่อเป็นก๊าซเท่ากับ 1.5 ในขณะที่บิวเทนมีค่าความถ่วงจำเพาะเมื่อเป็นก๊าซ

เท่ากับ 2.0 ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นก๊าซจะหนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลขึ้นก๊าซจะไปรวมตัวอยู่ในที่ต่ำ และถ้าบริเวณที่ต่ำนั้นเป็นรางระบายน้ำหรือคูคลอง ก๊าซอาจจะไหลตามน้ำไปทำให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ ณ จุดซึ่งห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซรั่วได้

(2) ความหนืด (viscosity) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะของก๊าซจะมีความหนืดสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

(3) ความสามารถในการอัดตัว (compressibility) โดยทั่วไปสำหรับก๊าซอุดมคติ (ideal gas) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความดันและปริมาตร สามารถอธิบายได้โดยสมการ

$$PV = nRT \quad (3.7)$$

เมื่อ P คือ ความดันของก๊าซ มีหน่วยเป็น นิวตัน/ตารางเมตร (N/m^2)

V คือ ปริมาตรของก๊าซ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร (m^3)

n คือ จำนวนโมลของก๊าซ

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ = 8.134 จูล/โมล.เคลวิน ($J/mol \cdot K$)

และ T คือ อุณหภูมิ มีหน่วยเป็น องศาเคลวิน (K)

ในกรณีของก๊าซปิโตรเลียมเหลวซึ่งไม่เป็นก๊าซในอุดมคติ จะมีลักษณะแตกต่างไปจากก๊าซอุดมคติเล็กน้อยยกเว้นคือ จะมีการเพิ่มค่าความสามารถในการอัดตัวของก๊าซ (compressibility factor, Z) เข้าไปในสมการ ซึ่งจะได้เป็น

$$PV = ZnRT \quad (3.8)$$

ดังนั้นโดยทั่วไปสำหรับก๊าซที่ไม่เป็นก๊าซอุดมคติ ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ ค่า Z จะมีค่าน้อยกว่า 1 เช่น โพรเพน นอร์แมลบิวเทน และไอโซบิวเทน มีค่า Z เท่ากับ 0.984 0.969 และ 0.971 ตามลำดับ

(4) ช่วงการลุกไหม้ (flammability limits in air) การลุกไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะเกิดขึ้นได้ เมื่อสัดส่วนการผสมของก๊าซกับอากาศอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งจะมีเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้ ช่วงการลุกไหม้ได้จะขึ้นกับอัตราส่วนของปริมาตรของก๊าซต่ออากาศ โดยก๊าซนี้จะสามารถลุกไหม้หรือติดไฟได้ก็ต่อเมื่อมีก๊าซผสมอยู่ในอากาศในช่วง

ร้อยละ 2-9 ของปริมาตรของอากาศ หากมากกว่าร้อยละ 9 หรือน้อยกว่าร้อยละ 2 จะไม่สามารถเกิดการลุกไหม้

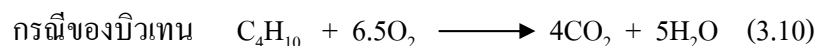
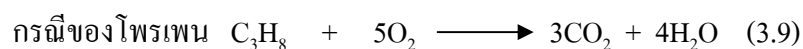
(5) อุณหภูมิการจุดติดไฟ (ignition temperature) เมื่อให้ความร้อนแก่ก๊าซเรื่อยๆ จนทำให้อุณหภูมิของก๊าซเพิ่มขึ้นจนถึงจุดๆหนึ่ง ก๊าซก็จะเริ่มลุกไหม้ได้เองโดยไม่ต้องมีประกายไฟ ซึ่งอุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่าอุณหภูมิการจุดติดไฟ เช่น อุณหภูมิการจุดติดไฟของโพรเพนในช่วง 460-580 องศาเซลเซียส และ บิวเทนในช่วง 410-550 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงติดไฟได้ง่ายกว่า เมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินซึ่งมีอุณหภูมิการจุดติดไฟที่ 280-430 องศาเซลเซียส และน้ำมันดีเซลที่ 250-340 องศาเซลเซียส

(6) อุณหภูมิของเปลวไฟ (flame temperature) อุณหภูมิของเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวสูงมากพอที่จะหลอมโลหะต่างๆได้ โดยโพรเพนมีอุณหภูมิของเปลวไฟในอากาศ 1,930 องศาเซลเซียส และบิวเทน 1,900 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ เช่น หลอมเหล็ก ทองเหลือง อะลูมิเนียม และแก้ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการอบเครื่องเคลือบดินเผา อบสี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(7) ค่าออกเทน ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีตัวเลขค่าออกเทนสูงประมาณ 95-110 ซึ่งสูงกว่าตัวเลขค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน จึงเหมาะสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์มาก

(8) อัตราส่วนปริมาตรของเหลวต่อก๊าซ (liquid/vapor volume ratio) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะไปเป็นก๊าซ จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรไปอย่างมาก เช่นที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส โพรเพนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 274 หน่วย ส่วนบิวเทนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 233 หน่วย ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้ารั่วออกมาจะมีอันตรายมากกว่าที่อยู่ในสถานะเป็นก๊าซ เพราะปริมาณที่รั่วออกมาเป็นของเหลว เมื่อกลายเป็นก๊าซจะเพิ่มปริมาตรมากขึ้น ปริมาณก๊าซมาก อันตรายและความรุนแรงก็ย่อมมีมากขึ้น

(9) ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (air requirement) การเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวต้องการอากาศเข้าไปมีส่วนช่วยให้เกิดการเผาไหม้ ซึ่งในอากาศจะมีก๊าซออกซิเจนที่เป็นก๊าซที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ การเผาไหม้นี้สามารถเขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้



จากสมการจะเห็นว่า ในกรณีของโพรเพนนั้นจะต้องใช้ออกซิเจนในการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะเป็น 5 เท่า ส่วนในกรณีของบิวเทนจะเป็น 6.5 เท่า ดังนั้นจากสภาพปกติทั่วไปซึ่งมีปริมาณออกซิเจนในอากาศประมาณร้อยละ 21 นั่นคือในการเผาไหม้โพรเพน 1 ลูกบาศก์เมตรอย่างสมบูรณ์ จะต้องใช้อากาศ 23.8 ลูกบาศก์เมตร ส่วนการเผาไหม้บิวเทน 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้อากาศ 30.9 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว ก๊าซปิโตรเลียมเหลวต้องการปริมาณอากาศในการเผาไหม้มากกว่าเล็กน้อย

(10) ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (heat of combustion) ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว หมายถึงค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำเอา ก๊าซปิโตรเลียมเหลวหนึ่งหน่วยน้ำหนัก หรือหนึ่งหน่วยปริมาตร มาเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความดันบรรยากาศ ค่าความร้อนของการเผาไหม้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิง และใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องจักร

(11) สี กลิ่น และการละลาย ก๊าซปิโตรเลียมเหลวบริสุทธิ์จะไม่มีสี และไม่มีกลิ่น ดังนั้นผู้ผลิตจึงต้องเติมสารประกอบที่มีกลิ่นเหม็นลงไปด้วย เพื่อให้ผู้ใช้รู้ตัวเมื่อเกิดการรั่ว หรือในกรณีที่ผู้ใช้ลืมปิดวาล์วถังก๊าซ สารประกอบที่เติมลงไปเป็นสารพวกเมอร์แคปแทน (mercaptan) นอกจากนี้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวยังมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย (solvent) ซึ่งสามารถละลายหรือทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำมาจากยางธรรมชาติเสียคุณสมบัติได้ ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำมาใช้กับถังที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว ควรใช้วัสดุที่ไม่ได้ทำมาจากยางธรรมชาติ เช่น ยางสังเคราะห์ เป็นต้น

3.7.2.2 ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่ออยู่ในสถานะเป็นของเหลว คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวที่ควรทราบได้แก่

(1) จุดเดือดและสภาวะวิกฤต เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีจุดเดือดต่ำมากเช่น โพรเพน มีจุดเดือด เท่ากับ -42 องศาเซลเซียส นอร์แมลบิวเทนเท่ากับ -0.5 องศาเซลเซียส ไอโซบิวเทน เท่ากับ -11.7 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติและความดันบรรยากาศ แต่ถ้าต้องการทำให้อยู่ในสภาพของเหลวจะต้องทำการอัดด้วยความดันสูงหรือทำการแช่เย็นเอาไว้ ค่าความดันที่ทำให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นของเหลวเรียกว่าค่าความดันไอ (vapor pressure) เช่น ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความดันไอของโพรเพน เท่ากับ 7.3 บรรยากาศ และที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความดันไอก็จะสูงขึ้นด้วย

สภาวะวิกฤตของก๊าซ หมายถึงสภาวะที่อุณหภูมิและความดันของก๊าซที่สามารถทำให้ก๊าซนั้นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ เช่น การทำให้ก๊าซโพรเพนเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ที่อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส ความดันที่ใช้อัดเท่ากับ 41.94 บรรยากาศ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้

โพรเพนจะไม่เป็นของเหลว แม้ว่าจะอัดด้วยความดันมากกว่า 41.94 บรรยากาศก็ตาม ที่อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส และความดัน 41.94 บรรยากาศ เรียกว่าสภาวะวิกฤตของก๊าซโพรเพน

(2) ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่นหมายถึง อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วย ปริมาตรเช่น ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียสความหนาแน่นของโพรเพนมีค่าเท่ากับ 507 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรจำเพาะหมายถึง อัตราส่วนของปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักซึ่งก็คือส่วนกลับของความหนาแน่นนั่นเอง เช่น โพรเพนมีปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ปริมาตรจำเพาะสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาขนาดของแหล่งเก็บเช่น จากปริมาตรจำเพาะของโพรเพนที่กล่าวมานั้น ถ้าต้องการเก็บโพรเพนไว้ใช้ 10 วัน โดยในแต่ละวันมีความต้องการใช้ 0.5 ตัน จะต้องใช้ถังที่มีขนาดความจุอย่างน้อยที่สุด 10 ลูกบาศก์เมตร

ค่าความถ่วงจำเพาะหมายถึง อัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งกับน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะของโพรเพนเหลวที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.5077 นอร์แมลบิวเทน เท่ากับ 0.5844 และไอโซบิวเทนเท่ากับ 0.5631 ที่อุณหภูมิเดียวกัน

ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นของเหลวจะเบากว่าน้ำ ซึ่งถ้าเกิดมีการรั่วขึ้นในขณะที่อุณหภูมิโดยรอบในขณะนั้นต่ำมาก และบังเอิญก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดไหลลงไปในรางระบายน้ำ หรือคูคลอง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวก็จะลอยไปกับน้ำ อาจทำให้เกิดอัคคีภัยในท้องที่ห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วออกไปได้ นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลต่อค่าความหนาแน่น คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของสารเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวจะลดลง

(3) ความหนืดหมายถึง ความสามารถในการต้านทานการไหลของไหล (ของเหลวหรือก๊าซ) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสภาพของเหลว จะมีความหนืดน้อยมากซึ่งน้อยกว่าน้ำ ทำให้เกิดการรั่วซึมได้ง่ายกว่าของเหลวชนิดอื่น อย่างไรก็ตามอุณหภูมียังมีผลต่อความหนืดของของไหล ของไหลที่มีสถานะเป็นของเหลวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดจะลดลง แต่ในกรณีของก๊าซเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความหนืดก็สูงขึ้นด้วย

(4) ความดันไอ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อถูกบรรจุอยู่ในภาชนะปิดภายใต้ความดันจะมีสถานะเป็นของเหลวแต่จะระเหยเป็นไอเต็มช่องว่างที่อยู่เหนือระดับส่วนที่เป็นของเหลว จนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว (saturation point) จึงจะหยุดระเหย ค่าความดันของก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่จุดอิ่มตัวนี้เรียกว่า ค่าความดันไ้อิ่มตัว ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณสมบัติในการระเหย

(volatility) ของสาร นั่นคือถ้าสารใดมีความดันไออิ่มตัวสูงแสดงว่าสารนั้นสามารถระเหยได้เร็ว และค่าความดันไอจะขึ้นกับอุณหภูมิโดยตรงคือ ถ้าอุณหภูมิสูงค่าความดันไออิ่มตัวก็สูงขึ้นด้วย

(5) ค่าความร้อนแฝงในการระเหย หมายถึงปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยต่อหน่วยน้ำหนักของสารเพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ หรือปริมาณความร้อนที่ต้องถูกดึงออกต่อหน่วยน้ำหนักของสารเพื่อให้ก๊าซเกิดการกลั่นตัวเป็นของเหลว ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีค่าความร้อนแฝงน้อยกว่าน้ำ ดังนั้นเมื่อก๊าซถูกปล่อยออกจากภาชนะที่บรรจุจะเกิดการระเหยขึ้น ซึ่งจะมีการดึงเอาความร้อนจากบริเวณใกล้เคียงมาช่วยในการระเหย ทำให้พื้นที่บริเวณนั้นเกิดความเย็นจัด ดังนั้นหากเกิดกรณีก๊าซเหลวรั่วมาถูกส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายจะทำให้ส่วนนั้นของร่างกายได้รับความเย็นจัดจนถึงกับไหม้ได้

(6) ค่าความร้อนจำเพาะ หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่งองศา มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส หรือหน่วยความร้อนบริติช/ปอนด์/องศาฟาเรนไฮต์ เช่น โพรเพนเมื่ออยู่ในสถานะของเหลว ที่ความดันคงที่ 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าความร้อนจำเพาะของโพรเพน เท่ากับ 0.6023 ส่วนนอร์แมลบิวเทน เท่ากับ 0.5748 และไอโซบิวเทน เท่ากับ 0.5824

(7) สัมประสิทธิ์การขยายตัว ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ 15 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.300 ต่อองศาเซลเซียสสำหรับโพรเพน และ 0.002 ต่อองศาเซลเซียสสำหรับบิวเทน เมื่ออุณหภูมียิ่งสูงขึ้นการขยายตัวยิ่งมาก ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวนี้จำเป็นอย่างยิ่งในการคำนวณปริมาตรสูงสุดที่สามารถบรรจุก๊าซลงภาชนะหรือถังเก็บได้ในสภาพที่อุณหภูมิต่างๆกัน ดังนั้นการบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวลงในภาชนะจะต้องเหลือที่ว่างเหนือก๊าซเหลวไว้ซึ่งในส่วนของช่องว่างนี้จะมีไอก๊าซอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากแรงดันที่เกิดจากการขยายตัวของของเหลวในกรณีที่ก๊าซได้รับความร้อนผิดปกติไป

3.7.3 ข้อควรระวังเกี่ยวกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว

การนำก๊าซปิโตรเลียมเหลวมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน ในอุตสาหกรรมต่างๆ หรือในยานพาหนะ ควรต้องระวังและใส่ใจกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว ทั้งในเรื่องของการเก็บรักษา วิธีการใช้อย่างปลอดภัย ข้อควรปฏิบัติเมื่อเกิดการรั่วไหลหรือในกรณีที่เกิดอัคคีภัย ซึ่งบริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ได้ให้คำแนะนำไว้ (ปตท. 2546. ออน-ไลน์) ดังนี้

3.7.3.1 การเก็บรักษาก๊าซปิโตรเลียมเหลว ควรมีข้อปฏิบัติคือ

- (1) ควรวางถังก๊าซไว้นอกชายคาบ้าน เพื่อป้องกันอันตรายเมื่อเกิดระเบิดหรือป้องกันไม่ให้ไฟลุกไหม้บ้านเรือนได้
- (2) จัดวางถังก๊าซให้เป็นระเบียบไม่กีดขวางทางเข้าออก
- (3) ควรปิดฝาครอบลิ้นของถังไว้เสมอ ไม่ว่าถังนั้นจะมีก๊าซหรือไม่ก็ตาม
- (4) บริเวณที่เก็บถังก๊าซควรใช้วัสดุทนไฟ
- (5) ไม่ควรเก็บถังก๊าซไว้ในห้องใต้ดิน เพราะถังก๊าซหนักกว่าอากาศเมื่ออยู่ในสถานะก๊าซอาจจะเป็นอันตรายได้เมื่อถังรั่ว
- (6) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้บริเวณเก็บถังก๊าซ ควรเป็นอุปกรณ์ที่ไม่ทำให้เกิดประกายไฟได้
- (7) ควรมีอุปกรณ์เครื่องมือดับเพลิงใกล้ถังก๊าซและหยิบใช้ได้สะดวก
- (8) ไม่ควรสูบบุหรี่ใกล้บริเวณเก็บถังก๊าซ
- (9) ถังก๊าซควรจะต้องห่างจากเตาก๊าซพอสมควร ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้ก๊าซในถังขยายตัวมากกว่าปกติ เมื่อได้รับความร้อนจากเตา ซึ่งหากมีรอยรั่วจะก่อให้เกิดอันตราย

3.7.3.2 วิธีใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวอย่างปลอดภัย ควรปฏิบัติดังนี้

- (1) ในกรณีที่ใช้ไม้ขีดไฟ ควรจุดไม้ขีดรอไว้ที่หน้าเตาก่อนเปิดก๊าซ เพราะถ้าเปิดก๊าซทิ้งช่วงให้นานเกินไป ก๊าซจะออกมามากและจะลุกขึ้นสูงซึ่งไฟอาจจะลุกได้
- (2) เมื่อเสร็จจากการประกอบอาหาร จะต้องปิดก๊าซทั้งที่เตาและหัวถังก๊าซทุกครั้ง
- (3) หมั่นตรวจสภาพต่อก๊าซว่าชำรุดหรือไม่และควรเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 3 ปี
- (4) ควรใช้ท่อที่ใช้เฉพาะกับก๊าซเท่านั้น ท่อส่งที่ทำด้วยพลาสติกหรือในลอน หากใช้มานานอาจกรอบแตกหรือรั่ว ทำให้เกิดอันตรายได้
- (5) หากสงสัยว่ามีก๊าซรั่ว ควรตรวจหารอยรั่วตามบริเวณท่อและรอยต่อโดยใช้ฟองสบู่
- (6) หากได้กลิ่นก๊าซระหว่างที่ปรุงอาหาร จะต้องหยุดปรุงอาหารโดยทันทีและดับไฟที่หัวเตาแล้วหารอยรั่วให้เรียบร้อยเสียก่อน
- (7) ควรวางถังก๊าซในลักษณะตั้งขึ้น อย่าให้อยู่ในแนวนอนหรือเอน
- (8) หลีกเลี่ยงการเก็บพวกยาฆ่าแมลง หรือสเปรย์กระป๋องทั้งหลาย ไม่ว่าชนิดใดๆ ไว้ในบริเวณใกล้เคียงกับเปลวไฟ

(9) ควรวางเตาให้อยู่ห่างจากถังก๊าซ เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนจากเตามาทำลายถังก๊าซ

(10) ในกรณีที่ใช้ก๊าซกับเครื่องทำน้ำร้อน ควรมีช่องระบายอากาศเพื่อระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่เกิดจากการเผาไหม้ออกไป

3.7.3.3 ข้อควรปฏิบัติในกรณีที่มีก๊าซรั่วหรือเกิดเหตุอัคคีภัยจากการใช้ก๊าซ

- (1) ประกาศแจ้งให้คนที่อยู่ในบริเวณนั้น ออกไปที่อื่นทันที
- (2) รีบติดต่อขอความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ของหน่วยราชการ เช่น สถานีดับเพลิง สถานีตำรวจท้องที่ เป็นต้น
- (3) ถ้ามีความจำเป็นต้องเข้าไปปิดลิ้นหรือวาล์วของถังที่รั่ว จะต้องเข้าทางด้านเหนือลม
- (4) หาวิธีหยุดการรั่วของก๊าซโดยเร็วที่สุด
- (5) การควบคุมเพลิง อาจทำได้โดยควบคุมมิให้เพลิงลุกลาม หรือใช้วิธีตัดต้นเพลิง ซึ่งจุดที่สำคัญของต้นเพลิงก็คือที่ตัวถังก๊าซ

3.8 ก๊าซธรรมชาติกับประเทศไทย

ก๊าซธรรมชาติเป็นแหล่งพลังงานที่ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงมานานนับร้อยปี โดยเฉพาะในแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกามีการวางระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติไปตามบ้านเรือน ในลักษณะเดียวกับการวางท่อประปา เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการทำความร้อนและการหุงต้ม ในขณะที่ประเทศไทยในสมัยนั้นการใช้ก๊าซธรรมชาติมีน้อยมากหรือเกือบไม่มีเลย เนื่องจากไม่เป็นที่แพร่หลายนัก และต้องอาศัยการนำเข้ามาจากต่างประเทศจึงทำให้มีต้นทุนสูง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันหลังจากที่มีการสำรวจและค้นพบแหล่งก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยขึ้น ทำให้มีการใช้ก๊าซธรรมชาติกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ การใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนซึ่งมีใช้กันเกือบทุกครัวเรือน ก๊าซธรรมชาติส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า และในอุตสาหกรรมต่างๆ

3.8.1 การผลิตและปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย

การสำรวจแหล่งก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยเริ่มต้นเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2516 โดยบริษัท ยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด ซึ่งได้รับสัมปทานให้ทำการสำรวจแหล่งก๊าซธรรมชาติในบริเวณทะเลอ่าวไทย หรือที่เรียกว่า แหล่งเอราวัณ และได้เริ่มทำการผลิตเมื่อปี พ.ศ. 2524 นับเป็นแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติแห่งแรกของประเทศไทย อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติหลายแห่งเกิดขึ้นในประเทศไทย ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในทะเลอ่าวไทย เช่น แหล่งเบญจมาศ แหล่งทานตะวัน แหล่งบงกช แหล่งปลาทอง แหล่งไพลิน เป็นต้น ท่ามกลางที่ตั้งของแหล่งผลิตและเครือข่ายระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติจากแหล่งต่างๆ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.8 ส่วนแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติที่อยู่บนบกคือ แหล่งน้ำพอง ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และแหล่งผลิตน้ำมันสิริกิติ์ ในอำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร โดยที่แหล่งน้ำมันสิริกิติ์นั้น ก๊าซธรรมชาติที่ได้มาเป็นแบบที่อยู่ในแหล่งกำเนิดเดียวกับน้ำมันดิบ นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีการนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากประเทศพม่าอีก 2 แหล่งคือ แหล่งยาดานาและแหล่งเขตาคูน ปริมาณการผลิตและซื้อขาย และปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติ แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณการผลิตและซื้อขาย และปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติของประเทศไทย

ชื่อแหล่ง	ปริมาณการผลิต-ซื้อขาย (ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)	ปริมาณสำรอง (ล้านลูกบาศก์ฟุต)
เอราวัณ	230	0.82
ยูโนแคล 2 และ 3	510	4.87
บงกช	550	7.91
น้ำพอง	60 - 90	0.37
ทานตะวัน / เบญจมาศ	125	0.81
ไพลิน	165 - 330	3.99
ยาดานา	525	6.38
เขตาคูน	200 - 400	3.17
เจดีเอ (ยังไม่เริ่มผลิต)	390	6.27

ที่มา (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2546ข. ออนไลน์)

โดยทั่วไปในการบอกถึงปริมาณสำรองของปิโตรเลียมทุกชนิด ทั้งน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ นั้น จะมีลักษณะเหมือนกันคือ จะแบ่งเป็นปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว (proved reserves) และปริมาณสำรองที่ยังไม่ได้พิสูจน์ (unproved reserves) โดยปริมาณสำรองที่ยังไม่ได้พิสูจน์จะถูกแบ่งออกก็เป็นอีกสองระดับคือ ปริมาณสำรองที่น่าจะพบ (probable reserves) และปริมาณสำรองที่อาจจะพบ (possible reserves) ซึ่งปริมาณสำรองแต่ละอย่างมีความหมายดังต่อไปนี้

3.8.1.1 ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว หมายถึง ปริมาณสำรองที่ได้จากการประมาณการจากข้อมูลการสำรวจจริงทางธรณีวิทยาและทางธรณีฟิสิกส์ โดยมีข้อมูลการทดสอบการไหลของปิโตรเลียมในแหล่งกักเก็บนั้นมาสนับสนุน และมีความเชื่อมั่นว่าจะสามารถผลิตได้คุ้มค่าทางเศรษฐกิจภายใต้สภาพเศรษฐกิจที่เป็นอยู่ในขณะนั้น โดยทั่วไปมีความน่าจะเป็นเกินกว่าร้อยละ 90 ค่าปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วนี้จะถูกนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตต่อไป

3.8.1.2 ปริมาณสำรองที่น่าจะพบ หมายถึง ปริมาณสำรองที่ได้จากการประมาณการเช่นเดียวกับปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว แต่มีความเชื่อมั่นและความเป็นไปได้ในการผลิตน้อยกว่าปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วภายใต้สภาพเศรษฐกิจที่เป็นอยู่ในขณะนั้น โดยทั่วไปมีความน่าจะเป็นเกินกว่าร้อยละ 50

3.8.1.3 ปริมาณสำรองที่อาจจะพบ หมายถึง ปริมาณสำรองที่ได้จากการประมาณการเช่นเดียวกับปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว แต่มีความเชื่อมั่นและความเป็นไปได้ในการผลิตในอนาคตน้อยกว่าปริมาณสำรองที่น่าจะพบภายใต้สภาพเศรษฐกิจที่เป็นอยู่ในขณะนั้น โดยทั่วไปมีความน่าจะเป็นเกินร้อยละ 10

3.8.2 การใช้ก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย

ในปัจจุบันปริมาณความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยเฉลี่ยมากกว่า 2500 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ซึ่งมีแหล่งที่มาจากแหล่งภายในประเทศร้อยละ 75 และที่เหลืออีกร้อยละ 25 เป็นการนำเข้าจากแหล่งยาดานาและแหล่งเขตากุนของประเทศพม่า ก๊าซธรรมชาติส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระและผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ประมาณร้อยละ 77 ของปริมาณก๊าซธรรมชาติทั้งหมด ที่เหลือถูกใช้เป็นวัตถุดิบในโรงแยกก๊าซธรรมชาติประมาณร้อยละ 15 และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมประมาณร้อยละ 8 รายละเอียดของการใช้ก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย มีดังต่อไปนี้

3.8.2.1 การใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตกระแสไฟฟ้า ปัจจุบันก๊าซธรรมชาติถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทย โดยเฉพาะการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีสัดส่วนการใช้ประมาณร้อยละ 69 ซึ่งมีทั้งการใช้ในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (combined cycle power plant) และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนหรือโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ (steam power plant) ทั่วประเทศ โดยมีหลักการคือการนำก๊าซธรรมชาติเข้าไปจุดระเบิดให้เกิดแรงดันซึ่งแรงดันนี้จะไปขับตัวกังหันให้เกิดการหมุนและส่งผลไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) ทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา ส่วนความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาจะมีอุณหภูมิสูงประมาณ 370 - 550 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถนำความร้อนนี้ไปใช้ในกิจกรรมอื่นๆ ได้ เช่น ใช้กับเตาเผาหรือเครื่องอบแห้ง หรือนำไปต้มน้ำและผลิตไอน้ำเพื่อทำความร้อนหรือระบบความเย็น ระบบการผลิตไฟฟ้าแบบนี้เป็นระบบที่มีความมั่นคงสูง และมีประสิทธิภาพสูง

3.8.2.2 การใช้ก๊าซธรรมชาติเพื่อเป็นวัตถุดิบในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ ขั้นตอนวิธีการและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโรงแยกก๊าซธรรมชาติ ซึ่งได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ไว้ในหัวข้อ 3.5 และ 3.6 ที่ผ่านมาแล้ว

3.8.2.3 การใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงหรือใช้กับเครื่องจักรเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงชนิดอื่น เช่น ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเตา ซึ่งทำให้สามารถประหยัดต้นทุนในส่วนนี้ได้ โรงงานอุตสาหกรรมที่มักใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้แก่ อุตสาหกรรมเซรามิก เหล็ก กระจก ชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ ยางรถยนต์ เครื่องสุญญากาศ ทองแดง โลหะ เคมีภัณฑ์ หลอดภาพโทรทัศน์ เป็นต้น

3.9 บทสรุป

ก๊าซธรรมชาติเป็นปิโตรเลียมชนิดหนึ่ง มีส่วนประกอบทั้งที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนและไม่ใช่สารไฮโดรคาร์บอน โดยทั่วไปจะมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลัก ก๊าซธรรมชาติจะมีคุณสมบัติทางกายภาพคือไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และเบากว่าอากาศ ผู้ผลิตจึงต้องเติมสารเพิ่มกลิ่นเข้าไปเพื่อผู้ใช้จะได้ทราบในกรณีเกิดการรั่วไหลขึ้นมา ก๊าซธรรมชาติเมื่อถูกนำขึ้นมาจากหลุมผลิตจะต้องนำไปผ่านกระบวนการแยกสิ่งเจือปนออกแล้วจึงเข้าสู่กระบวนการแยกก๊าซอีกครั้งหนึ่ง โดยอาศัยคุณสมบัติความแตกต่างของจุดเดือดของสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นส่วนประกอบในก๊าซธรรมชาติ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด เช่น ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม

ตามการใช้ก๊าซธรรมชาติควรต้องมีความระมัดระวังในเรื่องของการเก็บรักษา การใช้งานและความเข้าใจในข้อควรปฏิบัติเมื่อเกิดการลุกไหม้เพราะก๊าซธรรมชาติมีจุดเดือดต่ำ อาจทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงหรืออาจถึงกับเสียชีวิตได้

3.10 คำถามทบทวน

1. จงอธิบายถึงการกำเนิดก๊าซธรรมชาติ
2. จงบอกถึงส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติที่ได้จากแหล่งผลิต
3. จงบอกถึงคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติมาพอสังเขป
4. จงบอกถึงประเภทของก๊าซธรรมชาติ
5. จงอธิบายถึงกระบวนการแยกสิ่งเจือปนในก๊าซธรรมชาติ
6. จงอธิบายถึงกระบวนการแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในก๊าซธรรมชาติ
7. จงบอกถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ
8. จงบอกถึงคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลวทั้งที่อยู่ในสถานะก๊าซและของเหลว
9. จงบอกถึงข้อควรระวังในการเก็บรักษาก๊าซปิโตรเลียมเหลวมาพอสังเขป
10. จงบอกถึงวิธีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวอย่างปลอดภัยมาพอสังเขป

เอกสารอ้างอิง

บริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. ก๊าซธรรมชาติ. [ออนไลน์]. (2546). แหล่งที่มา:

http://www.pttplc.com/sertlet/ipscustDesktop?pageid=1&page=overview&right=about_overview_sub01.html.

กรมธุรกิจพลังงาน. บทความเรื่องก๊าซปิโตรเลียมเหลว. [ออนไลน์]. (2547). แหล่งที่มา:

http://www.doeb.go.th/knowledge/data/lpg_1/lpg_1.htm.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2546ข). สถานการณ์นโยบายและมาตรการพลังงานของ
ไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.eppo.go.th/doc/report-2546/index.html>.

Nicor Inc. (2005). **Liquefied Petroleum Gas**. [On-line]. Available: http://www.nicorinc.com/.../natural_gas_cooking.htm.

National Energy Technology Laboratory. (2005). **Natural Gasoline**. [On-line]. Available: http://www.netl.doe.gov/.../dismantle/bb_14597.jpg.

Elert, G. (2005). **Thermal Physics**. [On-line]. Available: <http://www.hypertextbook.com/physics/thermal/pressure-temp>.

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

