

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมี ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนในจังหวัดจันทบุรี

Integrated Science Process Skills on Chemical Equilibrium of High School Students from Schools in Chanthaburi Province

เยาวเรศ ใจเย็น¹ เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง² และนฤมล ยุทธาคม³

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate Thai high school students' integrated science process skills about chemical equilibrium. One hundred and twenty five Thai high school students from three schools in Chanthaburi Province were asked to complete the Science Process Skills about Chemical Equilibrium Survey consisting of two situations, namely, the study of effect of temperature to equilibrium constant and an exothermic reaction from a reversible reaction. The results showed that the most successful students with 87% had science process skills in identifying and controlling independent variables, while the less successful students in defining operational definition were 13% of total students. Most of the students' capabilities of science process skills were categorized to be unsuccessful except the skill of identifying and controlling variables in terms of independent variable and of formulating hypotheses. The findings suggested that more effective teaching strategies need to be developed for enhancing students' integrated science process skills about chemical equilibrium.

Key words: chemical equilibrium, integrated science process skills, high school students

¹ โครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
The Program to Prepare Research and Development Personnel for Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

² ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

³ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 125 คนจากโรงเรียน 3 แห่งในจังหวัดจันทบุรี นักเรียนเหล่านี้ตอบคำถามในแบบสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลเคมี (Science Process Skills about Chemical Equilibrium Survey) ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ 2 สถานการณ์ คือ การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อค่าคงที่สมดุล และการศึกษาปฏิกิริยาคายความร้อนจากปฏิกิริยาผันกลับได้ ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการกำหนดและควบคุมตัวแปรในแง่การระบุตัวแปรต้นเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนประสบความสำเร็จมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 87 ของนักเรียนทั้งหมด ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการนิยามตัวแปรเชิงปฏิบัติการเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนประสบความสำเร็จน้อยที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 13 ของนักเรียนทั้งหมด โดยภาพรวมแล้วนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลเคมีเท่าที่ควร ยกเว้นทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (ตัวแปรต้น) และทักษะการตั้งสมมติฐาน ผลที่ได้จากการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่าควรมีการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเรื่องสมดุลเคมีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมี

บทนำ

ปัจจุบันนี้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตประจำวัน เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาด้าน

เทคโนโลยี วิธีคิด ทักษะในการค้นหาความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงเปรียบเสมือนเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการพัฒนาคุณภาพชีวิตเพื่อเตรียมคนให้เป็นผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและเทคโนโลยี เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจและการแข่งขันระดับนานาชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่กำลังก้าวสู่ยุคแห่งการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคม จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพยายามพัฒนาคนให้เป็นผู้ที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่การมุ่งพัฒนานี้จะประสบผลสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน และปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมาก คือ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากการที่กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดให้วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานวิชาหนึ่งที่ทุกคนต้องศึกษาในระดับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มิได้มุ่งเพียงเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเฉพาะแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น หากแต่รวมถึงการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่เข้าใจและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Kessen, 1964) เนื่องจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจวิธีการและกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Aikenhead, 1979) นอกจากนี้การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนยังเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) อีกด้วย (Mohd.Saat, 2004) ด้วยเหตุนี้ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของหลายประเทศจึงให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1993; NRC, 1996) เช่นเดียวกันกับประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เล็งเห็นถึง

ความสำคัญของการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากการกำหนดให้การพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับความรู้ ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิสัยทัศน์ที่สำคัญประการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (สสวท., 2546)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Enger & Yager, 2001) ประกอบด้วยทักษะต่างๆ 13 ทักษะที่สามารถจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) ซึ่งประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล และการพยากรณ์

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (Integrated Science Process Skills) ซึ่งประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป การตั้งสมมติฐาน การนิยามเชิงปฏิบัติการ และการทดลอง

ทั้งนี้ การจำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมก็เพื่อความสะดวกต่อการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละช่วงชั้น (Mohd.Saat, 2004) นั่นคือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานซึ่งเหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้ในช่วงชั้นประถมศึกษาจนถึงได้ว่าเป็นรากฐานที่สำคัญต่อการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมซึ่งเปรียบเสมือนทักษะขั้นสูงที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา (problem solving) และการทำการทดลองเพื่อให้เข้าใจกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

ทางวิทยาศาสตร์ (Beaumont – Walters & Soyibo, 2001)

จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีการศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นและวิชาต่างๆ กันอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร (Germann, et al., 1996; Stohr-Hunt, 1996; อรรถรรณ, 2539) ในกรณีประเทศไทย งานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายยังไม่ดีเท่าที่ควร ตัวอย่างเช่น การศึกษาของสมปอง (2538) พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในวิชาชีววิทยาของนักเรียนแผนกเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับปานกลาง

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในปัจจุบันนี้แล้ว จะพบว่าสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมุ่งเน้นส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งขั้นพื้นฐานและขั้นผสม ดังจะเห็นได้จากการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เริ่มต้นจากการเน้นใช้กิจกรรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่กำหนดแนวทางในการทำกิจกรรมให้นักเรียนค่อนข้างมาก นำไปสู่การใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดวางแผน ออกแบบการทดลองและลงมือปฏิบัติมากขึ้น ส่วนการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระยะหลังนี้มีการนำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ถือได้ว่าเป็นกิจกรรมขั้นสุดยอดที่ให้นักเรียนนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาผสมผสานกัน เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้ระบุปัญหาเองตามความสนใจ แล้ววางแผนหาวิธีการที่จะแก้ปัญหาด้วยการสร้างทางเลือกที่หลากหลายโดยใช้ทั้งความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองต่อไป (สสวท., 2546)

เพื่อให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2546) เช่นเดียวกับในส่วนของการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาสมดุลเคมีซึ่งเป็นรายวิชาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไปกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการจัดการเรียนการสอนวิชาสมดุลเคมีตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สสวท., 2546) ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมากน้อยเพียงใด งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ซึ่งอาจเป็นประโยชน์สำหรับครู อาจารย์ นักพัฒนาหลักสูตร และนักวิทยาศาสตร์ศึกษาในการวางแผนและออกแบบหน่วยการเรียนรู้สำหรับแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและแนวคิดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับ

มัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์

2. วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายซึ่งประกอบด้วย การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป การตั้งสมมติฐาน การนิยามเชิงปฏิบัติการและการทดลอง

2. กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 125 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 3 โรงเรียนในจังหวัดจันทบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้แบบสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลเคมี เพื่อสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้ผ่านการศึกษาร่องสมดุลเคมีตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นหนักด้านวิทยาศาสตร์จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 3 โรงเรียนในจังหวัดจันทบุรี รวม 125 คน ซึ่งได้ผ่านการศึกษาร่องสมดุลเคมีตามหลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สสวท. 2546 โดยมี

อาจารย์ผู้สอนเรื่องสมมูลเคมีของแต่ละโรงเรียนเป็นผู้พิจารณาและเลือกห้องเรียนที่นักเรียนมีผลการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางเป็นกลุ่มศึกษา นักเรียนเหล่านี้แบ่งเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 35 คน จากโรงเรียนประจำอำเภอแห่งหนึ่ง และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 90 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาประจำจังหวัดจันทบุรี 2 โรงเรียน นักเรียนทั้งหมดมีอายุอยู่ในช่วง 16 – 18 ปี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ แบบสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ 2 สถานการณ์ คือ การทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อค่าคงที่สมดุล และการศึกษาปฏิกิริยาคายความร้อนของวิธีการกำจัดแก๊สพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ แต่ละสถานการณ์จะมีข้อคำถามย่อยแบบปลายเปิดซึ่งเป็นคำถามที่มุ่งเน้นสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมรวมทั้งสิ้น 7 ข้อ

การพัฒนาแบบสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมีเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในเรื่องสมมูลเคมีจากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การพัฒนาข้อคำถามที่ใช้ในแบบสำรวจนี้ จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบสำรวจที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน นักวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน และครูผู้สอนเคมี 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมถึงความถูกต้อง เหมาะสมของภาษา การสื่อความหมายของคำและภาพประกอบที่ใช้ในแบบสำรวจนี้ ก่อนที่จะนำแบบสำรวจนี้ไปใช้เก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ทดลองใช้

กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มหนึ่งซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มที่ศึกษาเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในด้านการใช้ภาษาและการสื่อความหมายของข้อคำถามแต่ละข้อ และศึกษาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำแบบสำรวจนี้ ซึ่งปรากฏว่าเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำแบบสำรวจนี้คือ 1 ชั่วโมง

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลงานวิจัยนี้ดำเนินการในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นักเรียนจากโรงเรียนทั้ง 3 โรงเรียนผ่านการเรียนเรื่องสมมูลเคมีมาแล้ว ผู้วิจัยทำความเข้าใจกับอาจารย์ผู้สอนประจำวิชาเคมีของแต่ละโรงเรียน เพื่อแจ้งให้นักเรียนทราบล่วงหน้าก่อน 2 สัปดาห์ในการเตรียมตัวก่อนการดำเนินการเก็บข้อมูล นักเรียนแต่ละคนมีเวลาในการทำแบบสำรวจ 1 ชั่วโมง โดยมีอาจารย์ผู้สอนของแต่ละโรงเรียนเป็นผู้ดูแลการตอบคำถามในแบบสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมี

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลที่ได้จากการตอบแบบสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมีถูกนำมาวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ สำหรับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียด แล้วตีความและจัดประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนออกเป็น 5 ประเภทตามแนวคิดของ Germann, et al. (1996) ดังต่อไปนี้

1. ประเภท A คือ คำตอบของนักเรียนที่มีลักษณะตรงกันกับคำตอบที่คาดหวังไว้
2. ประเภท B คือ คำตอบของนักเรียนที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ แต่ถือได้ว่าเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับคำตอบที่คาดหวังไว้
3. ประเภท C คือ คำตอบของนักเรียนที่มี

ลักษณะไม่สมบูรณ์ ไม่เฉพาะเจาะจง คลุมเครือ ไม่ชัดเจนหรือความหมายกำกวม

4. ประเภท D คือ คำตอบของนักเรียนที่ตอบคำถามไม่ตรงประเด็นหรือตอบคำถามในลักษณะทวนคำถาม

5. ประเภท E คือ การที่นักเรียนไม่ตอบคำถามใดๆ ทั้งสิ้น

ทั้งนี้คำตอบของนักเรียนที่เป็นประเภท A และประเภท B จัดเป็นคำตอบของนักเรียนที่ประสบผลสำเร็จในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ ขณะที่คำตอบของนักเรียนที่เป็นประเภท C ประเภท D และประเภท E จัดเป็นคำตอบของนักเรียนที่ไม่ประสบผลสำเร็จในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะ ส่วนการวิเคราะห์เชิงปริมาณนั้น ผู้วิจัยหาความถี่และรายงานโดยใช้ค่าร้อยละเพื่อแสดงจำนวนนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมีแต่ละประเภท ตามที่ได้จำแนกดังกล่าวไว้ข้างต้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลที่ได้จากแบบสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในกลุ่มที่ศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าโดยภาพรวมแล้วนักเรียนส่วนใหญ่ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับปานกลางไม่ประสบผลสำเร็จในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมมูลเคมีเท่าที่ควร โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลองด้านการสรุปผลการทดลอง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลองด้านการรวบรวมข้อมูล ทักษะการทดลองด้านการวิเคราะห์ข้อมูล และทักษะการตีความหมายและการลงข้อสรุป อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ด้านการกำหนดและควบคุมตัวแปรต้นเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนประสบผลสำเร็จมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 87 รองลงมา คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน (ร้อยละ 69) ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งผู้วิจัยได้แจกแจงผลการสำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมซึ่งประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังต่อไปนี้

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ การระบุตัวแปรต้น การระบุตัวแปรตาม และการระบุตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ ผลที่ได้จากการสำรวจแสดงให้เห็นว่าการระบุตัวแปรต้นเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 87 ประสบผลสำเร็จมากที่สุด รองลงมาคือการระบุตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ ซึ่งพบว่านักเรียนประมาณร้อยละ 35 และร้อยละ 31 ตามลำดับที่ประสบผลสำเร็จ

เมื่อพิจารณาทักษะด้านการระบุตัวแปรต้นพบว่า คำตอบของนักเรียนที่ประสบผลสำเร็จจัดอยู่ในคำตอบประเภท A ทั้งหมด โดยนักเรียนเหล่านี้สามารถระบุตัวแปรต้นของการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาคายความร้อนของวิธีการกำจัดแก๊สพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ว่า คือ อุณหภูมิ ส่วนนักเรียนที่ไม่ประสบผลสำเร็จในการระบุตัวแปรต้นมีประมาณร้อยละ 13 ซึ่งแบ่งเป็น กลุ่มนักเรียนที่ไม่ตอบคำถาม (ประเภท E) ประมาณร้อยละ 10 ส่วนที่เหลือคือประมาณร้อยละ 3 เป็นกลุ่มนักเรียนที่ตอบคำถามไม่ตรงประเด็นหรือตอบคำถามในลักษณะทวนคำถาม (ประเภท D)

ส่วนทักษะด้านการระบุตัวแปรตามนั้น ผลที่ได้จากแบบสำรวจแสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 65 ไม่ประสบผลสำเร็จในการระบุตัวแปรตามของการทดลองนี้ ซึ่งสามารถจำแนกคำตอบออกเป็น 2 กลุ่มเท่านั้น คือ กลุ่มแรก ร้อยละ 54

Table 1 Distribution of students' capabilities of science process skills (n = 125)

Integrated science process skills	No. of students (percentage)						
	Type A ^a	Type B ^a	Total ^b	Type C ^a	Type D ^a	Type E ^a	Total ^c
Identifying and controlling variables							
• Independent variable	109 (87.2)	-	109 (87.2)	-	3 (2.4)	13 (10.4)	16 (12.8)
• Dependent variable	21 (16.8)	23 (18.4)	44 (35.2)	-	68 (54.4)	13 (10.4)	81 (64.8)
• Variables to be held constant	39 (31.2)	-	39 (31.2)	-	73 (58.4)	13 (10.4)	86 (68.8)
Interpreting data	2 (1.6)	51 (40.8)	53 (42.4)	-	15 (12.0)	57 (45.6)	72 (57.6)
Formulating hypotheses	39 (31.2)	47 (37.6)	86 (68.8)	23 (18.4)	16 (12.8)	-	39 (31.2)
Defining operational definition	12 (9.6)	4 (3.2)	16 (12.8)	36 (28.8)	24 (19.2)	49 (39.2)	109 (87.2)
Experimenting							
• Collecting data	2 (1.6)	41 (32.4)	43 (34.4)	-	25 (20.0)	57 (45.6)	82 (65.6)
• Analyzing data	2 (1.6)	42 (33.6)	44 (35.2)	-	7 (13.6)	57 (45.6)	81 (64.8)
• Making conclusion	2 (1.6)	33 (26.4)	35 (28.0)	20 (16.0)	13 (10.4)	57 (45.6)	90 (72.0)

^a Type A = responses consistent with the expected response, Type B = incomplete responses that implied the correct response, Type C = responses that gave no specific, Type D = responses made no mention of the expected answer, Type E = no response

^b Classified as successful category which include Types A and B

^c Classified as unsuccessful category which include Types C, D and E

ตอบคำถามประเภท D โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ ของการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาคายความร้อนของวิธีการกำจัดแก๊สพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ อันได้แก่ พลังงาน ปฏิกิริยาคายความร้อน ความเข้มข้นของสารตั้งต้น และการลดอุณหภูมิ เป็นต้น และกลุ่มที่สอง คือ คำตอบประเภท E ซึ่งพบนักเรียนประมาณร้อยละ 10 ที่ไม่ตอบคำถามใดๆ ทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามนักเรียนอีกประมาณร้อยละ 35 เป็นนักเรียนที่ประสบความสำเร็จในการระบุตัวแปรตามของการทดลองนี้ โดยที่ลักษณะคำตอบของนักเรียนในกลุ่ม

ที่ประสบความสำเร็จสามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม เช่นเดียวกัน คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มนักเรียนที่ตอบว่า ตัวแปรตามของการทดลองนี้คือ ค่าคงที่สมดุล ซึ่งจัดเป็นคำตอบประเภท A ส่วนกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มนักเรียนที่ตอบว่า ตัวแปรตามของการทดลองนี้คือ ความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ที่ภาวะสมดุล ซึ่งได้แก่ ความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจน (N_2) และความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แม้ว่าลักษณะคำตอบแบบนี้จะไม่ตรงตามคำตอบที่คาดหวังไว้แต่ก็ถือได้ว่าเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับคำตอบที่คาดหวัง

ไว้หรือคำตอบประเภท B

ทักษะด้านการระบุตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่เป็นทักษะที่มีนักเรียนประสบผลสำเร็จน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทักษะด้านการระบุตัวแปรข้างต้น ผลที่ได้จากการสำรวจแสดงให้เห็นว่า มีนักเรียนเพียงร้อยละ 31 เท่านั้นที่ประสบผลสำเร็จในการระบุตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่สำหรับการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาคายความร้อนของวิธีการกำจัดแก๊สพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ ส่วนนักเรียนอีกประมาณร้อยละ 69 เป็นนักเรียนกลุ่มที่ไม่ประสบผลสำเร็จในการระบุตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ของการทดลองนี้ โดยคำตอบประมาณร้อยละ 58 จัดเป็นประเภท D ได้แก่ ทิศทางการเกิดปฏิกิริยา ความดัน ภาชนะที่บรรจุ จำนวนของสารที่ใช้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเป็นต้น นอกจากนี้ยังพบนักเรียนประมาณร้อยละ 10 ที่ไม่ตอบคำถาม

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

นักเรียนประมาณร้อยละ 58 ไม่ประสบผลสำเร็จในการพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มนี้เป็นคำตอบประเภท E เป็นส่วนมาก คือประมาณร้อยละ 46 ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมด ส่วนลักษณะคำตอบที่เหลือคิดเป็นร้อยละ 12 เป็นคำตอบประเภท D เป็นที่น่าสังเกตว่ากลุ่มนักเรียนที่แสดงคำตอบประเภท D นี้ได้นำแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาอธิบายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยนักเรียนเหล่านี้ระบุว่า การเพิ่มอุณหภูมิทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ดังนั้นปฏิกิริยาการผ่านไอน้ำไปบนถ่านโค้กจึงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน การที่นักเรียนกลุ่มนี้ตอบคำถามในลักษณะเช่นนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้อาจไม่เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลกับปฏิกิริยาคายความร้อนหรือปฏิกิริยาดูดความร้อน ส่งผลให้นักเรียนเหล่านี้ไม่สามารถระบุประเภทของปฏิกิริยาโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

นอกจากนี้แล้ว นักเรียนกลุ่มนี้ยังเป็นนักเรียนที่ไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาอีกด้วย ผลที่ได้จากการสำรวจนี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ไม่เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จะไม่สามารถตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสมปอง (2538) ที่รายงานว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาชีววิทยาต่างกัน จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในวิชาชีววิทยาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตาม พบว่านักเรียนประมาณร้อยละ 42 ที่ประสบผลสำเร็จในการพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มนี้เป็นคำตอบประเภท B เป็นส่วนมาก คิดเป็นประมาณร้อยละ 41 นักเรียนเหล่านี้อธิบายข้อมูลที่ได้จากการทดลองในประเด็นของการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์เทียบกับการเพิ่มของอุณหภูมิของปฏิกิริยาผันกลับได้ แสดงว่า ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน แม้ว่าลักษณะคำตอบแบบนี้จะไม่ตรงกับคำตอบที่คาดหวังไว้ แต่ก็ถือได้ว่านักเรียนเหล่านี้สามารถระบุประเภทของปฏิกิริยาได้ถูกต้องตามข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จึงถือได้ว่านักเรียนเหล่านี้เป็นนักเรียนที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป นอกจากนี้แล้วยังพบนักเรียนที่มีทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปอีกประมาณร้อยละ 2 ที่จัดอยู่ในคำตอบประเภท A โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาหาค่าคงที่สมดุลแล้วสรุปว่า การเพิ่มอุณหภูมิให้กับปฏิกิริยาการผ่านไอน้ำไปบนถ่านโค้กจะทำให้ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์และค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น แสดงว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

นักเรียนประมาณร้อยละ 69 สามารถตั้งสมมติฐานของการทดลองเพื่อศึกษาว่าปฏิกิริยาการกำจัดแก๊สพิษจากท่อไอเสียรถยนต์เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มนี้มีแนว

โน้มน้าวที่จะถูกต้องแต่ยังไม่ระบุชัดเจนเกี่ยวกับค่าคงที่ สมดุลซึ่งเป็นคำตอบประเภท B ประมาณร้อยละ 38 นักเรียนเหล่านี้ตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลอง ลักษณะต่างๆ กัน ตัวอย่างเช่น “เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบแล้ว ผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นของสารลดลง จึงเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน” หรือ “ถ้าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิแล้วจะทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น” เป็นต้น ขณะที่พบนักเรียนที่มีคำตอบประเภท A ประมาณร้อยละ 31 นักเรียนเหล่านี้ตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลองนี้โดยระบุการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่สมดุลเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบ ตัวอย่างเช่น “ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับปฏิกิริยาแล้วทำให้ค่าคงที่สมดุลลดลง แสดงว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน” หรือ “เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น) แสดงว่าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน”

อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากแบบสำรวจแสดงให้เห็นว่านักเรียนประมาณร้อยละ 31 เป็นนักเรียนที่ไม่ประสบความสำเร็จในการตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลองนี้ ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คำตอบประเภท C คิดเป็นร้อยละ 18 และคำตอบประเภท D คิดเป็นร้อยละ 13 เป็นที่น่าสังเกตว่านักเรียนประมาณร้อยละ 18 ที่ตั้งสมมติฐานในลักษณะกว้างและไม่ชัดเจน (ประเภท C) ตัวอย่างเช่น “อุณหภูมิมีผลต่อค่าคงที่สมดุล” หรือ “ถ้าลดอุณหภูมิแล้วเกิดปฏิกิริยาได้ดี แสดงว่าเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน” จะเป็นนักเรียนที่ไม่ประสบความสำเร็จในการกำหนดและควบคุมตัวแปรด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การระบุตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐานมีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการระบุและควบคุมตัวแปร หรืออาจกล่าวได้ว่านักเรียนที่ไม่ประสบความสำเร็จในการตั้ง

สมมติฐานอาจจะไม่ประสบผลสำเร็จในการระบุและควบคุมตัวแปรต่างๆ อีกด้วย

ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นทักษะที่นักเรียนไม่ประสบผลสำเร็จมากที่สุดคือประมาณร้อยละ 87 เมื่อเปรียบเทียบกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ โดยมีนักเรียนไม่ตอบคำถามประมาณร้อยละ 39 ส่วนนักเรียนประมาณร้อยละ 29 ตอบคำถามในลักษณะคำตอบประเภท C โดยนักเรียนเหล่านี้ระบุว่า “ค่าคงที่สมดุลคือค่าที่บอกการดำเนินไปของปฏิกิริยาผันกลับได้ บอกว่าปฏิกิริยาดำเนินไปทิศทางใด ซึ่งวัดได้จากการหาความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์และความเข้มข้นของสารตั้งต้น” หรือ “ค่าคงที่สมดุล คือ ค่าที่สามารถวัดได้จากปฏิกิริยาที่สมดุลแล้ว ระบบหยุดนิ่ง และต้องคิดจากสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสถานะแก๊สหรือสารละลายเท่านั้น” เป็นต้น และนักเรียนประมาณร้อยละ 19 ตอบคำถามในลักษณะคำตอบประเภท D ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเหล่านี้ ได้แก่ “ค่าคงที่สมดุล คือ ค่าคงที่ของปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลแล้ว” หรือ “ค่าคงที่สมดุล คือ ค่าที่วัดได้จากการเกิดปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุล” หรือ “ค่าคงที่สมดุล คือ ค่าคงที่ที่เกิดจากการหยุดนิ่งของปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุล” เป็นต้น ลักษณะคำตอบของนักเรียนทั้งประเภท C และ D นี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนบางคนไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องค่าคงที่สมดุล ทำให้พวกเขาไม่สามารถนิยามค่าคงที่สมดุลได้ และไม่สามารถคำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาต่างๆ ที่ได้จากการทดลองได้ถูกต้อง เป็นที่น่าสังเกตว่านักเรียนกลุ่มที่ไม่ประสบความสำเร็จในการนิยามเชิงปฏิบัติการนี้เป็นนักเรียนกลุ่มที่ไม่ประสบผลสำเร็จในการกำหนดและควบคุมตัวแปร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การระบุตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจแสดงให้เห็นว่านักเรียน

ประมาณร้อยละ 13 ของนักเรียนทั้งหมดเป็นนักเรียนที่ประสบผลสำเร็จในการนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยที่คำตอบของนักเรียนกลุ่มนี้ประกอบด้วยคำตอบประเภท A ประมาณร้อยละ 10 ของนักเรียนทั้งหมด และคำตอบประเภท B ประมาณร้อยละ 3 ของนักเรียนทั้งหมด

ทักษะการทดลอง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นสำรวจทักษะที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง 3 ทักษะ ได้แก่ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุป ผลที่ได้จากแบบสำรวจแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ประสบผลสำเร็จในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทั้ง 3 ทักษะที่กล่าวข้างต้น ทักษะที่พบว่านักเรียนไม่ประสบผลสำเร็จมากที่สุดคือ การสรุป กล่าวคือพบนักเรียนที่ไม่ประสบผลสำเร็จประมาณร้อยละ 72 รองลงมาคือการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล คิดเป็นประมาณร้อยละ 66 และ 65 ตามลำดับ ทั้งนี้ นักเรียนประมาณร้อยละ 46 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ประสบผลสำเร็จนี้ไม่ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทดลองทั้ง 3 ทักษะ

สำหรับทักษะการทดลองด้านการรวบรวมข้อมูลนั้น ผู้วิจัยมุ่งหวังให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลความเข้มข้นของสารต่างๆ จากปฏิกิริยาการผ่านไอน้ำลงบนถ่านโค้ก ณ อุณหภูมิต่างๆ ผลที่ได้จากแบบสำรวจแสดงให้เห็นว่านักเรียนประมาณร้อยละ 34 สามารถออกแบบตาราง

บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง โดยมีนักเรียนประมาณร้อยละ 2 ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องตามคำตอบที่คาดหวังไว้ ขณะที่นักเรียนประมาณร้อยละ 32 ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองสอดคล้องกับคำตอบที่คาดหวังไว้ ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่ประสบผลสำเร็จนี้มีลักษณะดังแสดงใน Table 2

ขณะที่พบนักเรียนประมาณร้อยละ 35 สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้อจากการทดลองประสบผลสำเร็จ โดยมีนักเรียนประมาณร้อยละ 2 วิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้องตรงตามคำตอบที่คาดหวังไว้ โดยการนำข้อมูลที่ได้อจากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่สมดุลกับอุณหภูมิทำให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่สมดุลเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิ นั่นคือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบ ทำให้ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น และนักเรียนอีกประมาณร้อยละ 34 วิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะที่สอดคล้องกับคำตอบที่คาดหวังไว้ โดยวิเคราะห์ในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิ ตัวอย่างเช่น “เมื่อสังเกตปริมาณสารต่างๆ ที่ได้อจากการทดลองจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าดีกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ” เป็นต้น เป็นที่น่าสังเกตว่านักเรียนที่ประสบผลสำเร็จในการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ส่วนหนึ่งเป็นนักเรียนที่ประสบผลสำเร็จในการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Germann *et al.* (1996) ที่

Table 2 Example of student's table for recording data (Type B)

Temperature (°C)	Concentration (mol/dm ³)		
	H ₂	CO	H ₂ O
100	0.405	0.405	0.836
200	0.486	0.486	0.764
300	0.613	0.613	0.624
400	0.776	0.776	0.398
500	0.891	0.891	0.206

รายงานว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง นักเรียนที่ประสบผลสำเร็จในการทดลองจะต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ เป็นพื้นฐานด้วย เช่นเดียวกันกับนักเรียนกลุ่มที่ประสบผลสำเร็จในการสรุปผลการทดลองซึ่งเป็นนักเรียนที่ประสบผลสำเร็จทั้งการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ผลที่ได้จากแบบสำรวจแสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนประสบผลสำเร็จในการสรุปผลการทดลองประมาณร้อยละ 28 เท่านั้น โดยมีนักเรียนประมาณร้อยละ 2 ที่สรุปผลการทดลองได้ถูกต้องตรงตามคำตอบที่คาดหวังไว้ และนักเรียนอีกประมาณร้อยละ 26 สรุปผลการทดลองได้สอดคล้องกับคำตอบที่คาดหวังไว้ นักเรียนเหล่านี้สรุปผลการทดลองในลักษณะการเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบส่งผลให้ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นหรือความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลงแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ดีเมื่ออุณหภูมิมากขึ้น ดังนั้นปฏิกิริยานี้จึงเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่ไม่ประสบผลสำเร็จโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสรุปผลการทดลอง จะเห็นได้ว่านักเรียนบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 16 สรุปผลการทดลองในลักษณะที่ไม่ชัดเจน ไม่สอดคล้องกับคำถามการทดลองหรือสมมติฐานที่ตั้งไว้ นั่นคือนักเรียนเหล่านี้ไม่ได้นำผลที่ได้จากการทดลองมาจำแนกประเภทของปฏิกิริยาดังอย่างเช่น “การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ความเข้มข้นของสารต่างๆ ในระบบเปลี่ยนแปลง” หรือ “การเพิ่มอุณหภูมิทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ดี โดยสังเกตได้จากการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น” เป็นต้น

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลางยังไม่ประสบผลสำเร็จ

ในการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลเคมีเท่าที่ควร ยกเว้น ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (การระบุตัวแปรต้น) และทักษะการตั้งสมมติฐาน ส่วนทักษะอื่นๆ ได้แก่ ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลองด้านการสรุปผลการทดลอง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (ตัวแปรตาม) ทักษะการทดลองด้านการรวบรวมข้อมูล ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่) ทักษะการทดลองด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ทักษะการตีความหมายและการลงข้อสรุป เป็นทักษะที่นักเรียนยังไม่ประสบผลสำเร็จตามลำดับ ผู้วิจัยคาดว่าสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่นักเรียนประสบปัญหาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปอาจเกิดขึ้นจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลเคมีในบางแนวคิด ส่งผลให้นักเรียนเหล่านี้ไม่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Harlen (1999) ที่กล่าวว่า การศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาที่ต้องคำนึงถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วย การศึกษาโดยการแยกแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกจากกันอย่างเด็ดขาดเป็นเรื่องที่ยากมาก เนื่องจากความสามารถเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องโดยตรงกับธรรมชาติของเนื้อหาและแนวคิด ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นด้วยว่าสาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการทดลองเกิดจากความต่อเนื่องของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากนักเรียนที่ประสบผลสำเร็จในการสรุปผลการทดลองเป็นนักเรียนที่ประสบผลสำเร็จในการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าการที่นักเรียนจะประสบผลสำเร็จในการพัฒนา

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนจำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเพื่อใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

อาจกล่าวได้ว่าผลที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นตัวอย่างหนึ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงความบกพร่องของการจัดการเรียนการสอนเรื่องสมดุลเคมีโดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในเรื่องสมดุลเคมี ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนะให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมี โดยควรเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ควบคู่กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ เช่น ควรใช้กิจกรรมการทดลอง หรือเปิดโอกาสให้นักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องสมดุลเคมี ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมดุลเคมีให้มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2546. *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพมหานคร: องค์การค่าของครูสภา.
- สมปอง จันทราวุธ. 2538. *การศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในวิชาชีพวิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนกการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา จังหวัดพิษณุโลก*. พิษณุโลก: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- อรรถพร สุวรรณรัตน์. 2539. *ผลของวิธีสอนที่ใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์และวิธีสอนตามปกติที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต่างกัน*. ปัตตานี: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Aikenhead, G.S. 1979. "Science: A Way of Knowing." *The Science Teacher* 46(6): 23–25.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). 1993. *Benchmarks for Science Literacy: Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- Beaumont - Walters, Y. and K. Soyibo. 2001. "An Analysis of High School Students' Performance on Five Integrated Science Process Skills." *Research in Science and Technological Education* 19(2): 133–145.
- Enger, S.K. and R.E. Yager. 2001. *Assessing Student Understanding in Science*. California: Corwin Press, Inc. cited American Association for the Advancement of Science. 1968. *Science: A Process Approach*. Washington, DC: Author.
- Germann, P.J., R. Aram and G. Burke. 1996. "Identifying Patterns and Relationships Among the Responses for Seventh-Grade Students to the Science Process Skills of Designing Experiments." *Journal of Research in Science Teaching* 33(1): 79–99.
- Harlen, W. 1999. "Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills." *Assessment in Education* 6(1): 129–144.
- Kessen, W. 1964. "Statement of Purposes and Objectives of Science Education in School." *Journal of Research in Science Teaching* 2(1): 4–6.
- Mohd.Saat. R. 2004. "The Acquisition of Integrated Science Process Skills in a Web-based Learning Environment." *Research in Science and Technological Education* 22(1): 23–40.
- National Research Council (NRC). 1996. *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academic Press.
- Stohr-Hunt, P.M. 1996. "An Analysis of Frequency of Hands-On Experience and Science Achievement." *Journal of Research in Science Teaching* 33(1): 101–109.