

**ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความหนาแน่นและการจม-ลอย
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กรอบแนวคิดข้ออ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล
(CER Model)**

**SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY OF GRADE 7 STUDENTS ON DENSITY
AND FLOATING-SINKING THROUGH THE CLAIM, EVIDENCE, AND REASONING
(CER MODEL) FRAMEWORK**

จินดารัตน์ ปะวันเทา¹ และวิษณุ สุตทิวรรณ^{2*}

Chindarat Pawantao¹ and Witsanu Suttiwan^{2*}

^{1,2} คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

^{1,2} Faculty of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

e-mail: ¹Chindarat.pa@vru.ac.th, ^{2,*} witsanu@vru.ac.th

*Corresponding author

Received: March 20, 2026 Reviewed: April 25, 2026 Revised: July 3, 2026 Accepted: July 14, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ความหนาแน่นและการจม-ลอย จำแนกตามองค์ประกอบ CER Model และ 2) วิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เชิงคุณภาพรายบุคคล การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 37 คน (จากนักเรียนทั้งหมด 40 คน โดยมีนักเรียนขาดเรียน 3 คน ในวันเก็บข้อมูล) ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามวงจร 5Es ใบงานหรือชิ้นงานของนักเรียน และแบบประเมินความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบ CER โดยใช้เกณฑ์รูบริก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ให้คะแนนระดับ 0-2 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ และมีการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ให้คะแนน (Inter-rater reliability) การเก็บข้อมูลใช้ผลงานนักเรียนจำนวน 37 ชุด และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาพร้อมกับสถิติพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี โดยองค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้างและหลักฐานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.57 ส่วนองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลมีค่าเฉลี่ย 1.46 ซึ่งอยู่ในระดับดีเช่นกัน เมื่อพิจารณารายบุคคลพบว่านักเรียนจำนวน 26 คนอยู่ในระดับดี 2 คนอยู่ในระดับพอใช้ และ 9 คนอยู่ในระดับปรับปรุง ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพพบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำมีข้อจำกัด 2 ลักษณะ คือกลุ่มที่สังเกตผลการทดลองผิดตั้งแต่แรกทำให้ผิดพลาดทุกองค์ประกอบ และกลุ่มที่เข้าใจเนื้อหาแต่ขาด

ทักษะการเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ากับหลักฐาน ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์จุดแข็งและข้อบกพร่องในการให้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลของผู้เรียน รวมทั้งเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรอบ CER

คำสำคัญ: คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์, ความหนาแน่น, การจม-ลอย, CER Model, การคิดเชิงวิทยาศาสตร์

Abstract

This study aimed to 1) investigate the level of scientific explanation ability of Grade 7 students on the topic of density and floating-sinking, classified by the components of the Claim, Evidence, and Reasoning (CER) Model, and 2) analyze qualitative patterns of individual students' scientific explanations. This mixed methods research involved 37 Grade 7 students (out of 40 enrolled; 3 were absent on the data collection day) enrolled in a basic science course. The research instruments included 5E inquiry-based lesson plans, student worksheets, and a CER assessment rubric consisting of three components Claim, Evidence, and Reasoning scored on a scale of 0–2. The rubric was validated by two subject-matter experts, and inter-rater reliability was established prior to data analysis. Data were collected from 37 student works and analyzed using content analysis and descriptive statistics, including percentages and mean scores. The results showed that most students demonstrated a good level of scientific explanation ability. The mean scores for Claim and Evidence were 1.57, while Reasoning had a mean score of 1.46, also at a good level. Individual analysis revealed that 26 students performed at a good level, 2 students at a fair level, while 9 students were at a developing level. Qualitative analysis identified two patterns among low-scoring students: those who misobserved experimental results leading to errors across all components, and those who understood the content but lacked the ability to connect scientific principles with evidence. The findings suggest that the CER framework can be used to identify students' strengths and weaknesses in scientific explanations and to support the development of scientific thinking skills.

Keywords: Scientific explanation, density, floating-sinking, CER model, scientific thinking

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบและการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และเพื่อเชื่อมโยงสู่การแก้ปัญหาใน

ชีวิตจริงผ่านประสบการณ์ตรง (ประสาธ เนืองเฉลิม, 2558) การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ถือเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะการคิดระดับสูงและการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถประเมินข้อมูลและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก (ณัฐฐา รัตนปัญญา และคณะ, 2566) สมรรถนะดังกล่าวสอดคล้องกับมาตรฐานการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ที่มุ่งเน้นให้บุคคลตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมอย่างสร้างสรรค์ (Diola et al., 2025)

อย่างไรก็ตาม สภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยังพบความท้าทายด้านความสามารถในการสื่อสารเชิงวิชาการของผู้เรียน โดยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการอธิบายที่แตกต่างกันและยังขาดความเป็นระบบ (Kennedy & Folkes, 2018) ปัญหาสำคัญคือผู้เรียนส่วนใหญ่มักบรรยายได้เพียงปรากฏการณ์ที่เห็นเชิงประจักษ์หรือระบุหลักฐานได้ แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องเข้ากับหลักฐานเหล่านั้นได้อย่างสมเหตุสมผล หรือมีการลงข้อสรุปโดยปราศจากข้อมูลรองรับที่เพียงพอ ข้อจำกัดนี้ขัดขวางการพัฒนาศักยภาพการคิดวิเคราะห์ในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้มีความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาทักษะการอธิบายเพื่อให้ผู้เรียนก้าวข้ามจากการสังเกตไปสู่การให้เหตุผลเชิงตรรกะ

จากการสังเกตชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนธรรมศาสตร์คลองหลวงวิทยาคม ซึ่งผู้วิจัยปฏิบัติการสอนในฐานะนักศึกษาฝึกสอน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถบันทึกผลการทดลองและสรุปผลได้ในระดับหนึ่ง แต่เมื่อถูกถามให้อธิบายว่าเหตุใดผลจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนมักตอบเพียงสิ่งที่สังเกตเห็นโดยไม่สามารถอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบได้ สภาพปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับปัญหาที่พบในงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกเนื้อหา เรื่อง ความหนาแน่นและการจม-ลอย เป็นบริบทการศึกษา เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ต้องอาศัยการคิดเชิงนามธรรมและการให้เหตุผลเชิงปริมาณ ซึ่งเหมาะสมต่อการสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1

กรอบแนวคิดข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล (Claim-Evidence-Reasoning: CER Model) ซึ่งมีพื้นฐานจากแนวคิดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Argumentation) ถูกนำมาใช้เป็นกรอบในการวิเคราะห์และประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบจึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดระเบียบการคิดและสร้างคำอธิบายอย่างเป็นระบบ (Brunsell, 2012) โมเดลนี้ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือการสรุปคำตอบที่ชัดเจนต่อคำถาม หลักฐาน (Evidence) คือข้อมูลเชิงประจักษ์จากการทดลองหรือการสังเกตที่เชื่อถือได้ และ การให้เหตุผล (Reasoning) คือการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ การฝึกฝนด้วยกรอบแนวคิดข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล (Claim-Evidence-Reasoning: CER Model) ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์เชิงเหตุผลและเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งมากกว่าการท่องจำ (McNeill & Krajcik, 2011)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ CER Model ระบุว่ากระบวนการนี้ช่วยยกระดับทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการสื่อสารของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน (Yanto et al., 2019) อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยในอดีตมักพบว่า "การให้เหตุผล (Reasoning)" เป็นองค์ประกอบที่ผู้เรียนทำคะแนนได้ต่ำที่สุดเนื่องจากต้องใช้การคิดเชิงอธิบายที่ซับซ้อน (ศิริณญา หิริโอ และคณะ, 2563) การนำ CER Model มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้

แบบสืบเสาะ (Inquiry) ซึ่งเป็นนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้หลักในงานวิจัยนี้ จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการช่วยให้ผู้เรียนค่อยๆ สร้างโครงสร้างการคิดที่เป็นลำดับขั้นตอนและลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ (Diola et al., 2025)

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเนื้อหาเรื่อง ความหนาแน่นและการจม-ลอย โดยใช้กรอบ CER Model เป็นกรอบการวิเคราะห์ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E เป็นนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยคาดว่าจะได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) และการประยุกต์ใช้กรอบ CER Model ให้เหมาะสมกับข้อจำกัดของผู้เรียน อีกทั้งช่วยให้ครูผู้สอนเข้าใจจุดแข็งและข้อบกพร่องของผู้เรียนในด้านการคิดวิเคราะห์และการสื่อสารเชิงเหตุผล รวมถึงเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและการวิจัยทางการศึกษาในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความหนาแน่นและการจม-ลอย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำแนกตามองค์ประกอบ CER Model
2. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เชิงคุณภาพรายบุคคล

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณจากคะแนนรูปрикและสถิติพรรณนา ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพจากการวิเคราะห์เนื้อหาผลงานนักเรียน ในการดำเนินการศึกษาความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความหนาแน่นกับการจม-การลอย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 งานวิจัยนี้ใช้ CER Model (McNeill & Krajcik, 2006) เป็นกรอบในการวิเคราะห์คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากผลงานของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E เป็นนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติการสอนตามหลักสูตร ดำเนินการภายใต้การกำกับดูแลของอาจารย์นิเทศก์และโรงเรียน โดยได้รับความยินยอมจากผู้ปกครองในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ และข้อมูลถูกนำเสนอในลักษณะที่ไม่ระบุตัวตนของนักเรียน

1. กลุ่มเป้าหมาย

ผู้วิจัยได้ศึกษาจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน ในโรงเรียนธรรมศาสตร์คลองหลวงวิทยาคม ซึ่งผู้วิจัยปฏิบัติการสอนในฐานะนักศึกษาฝึกสอน ในวันที่ทำการเก็บข้อมูลมีนักเรียนเข้าเรียนจริง 37 คน เนื่องจากมีนักเรียน 3 คนไม่สามารถเข้าร่วมชั้นเรียนได้ (ลากิจ 1 คน ลาป่วย 2 คน) ดังนั้น ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จึงมีจำนวนทั้งสิ้น 37 ชุด ข้อจำกัดนี้ได้ถูกกล่าวถึงในส่วนข้อจำกัดของการวิจัย

2. ด้านเนื้อหา

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากการสอนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เนื้อหาเรื่อง "ความหนาแน่นและการจม-การลอย" เนื่องจากตัวชี้วัดถูกกำหนดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ตัวชี้วัด ว.2.1 ม.1/6 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

3. การออกแบบกิจกรรม

ผู้วิจัยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) ได้แก่ การสร้างความสนใจ การสำรวจและค้นหา การอธิบาย การขยายความรู้ และการประเมินผล นักเรียนทำการทดลอง เรื่อง การจม-การลอย โดยแต่ละกลุ่มเลือกวัตถุ 1 ชนิด ชั่งน้ำหนัก คำนวณความหนาแน่น และสังเกตผลการทดลองในน้ำเปล่า จากนั้นบันทึกผลลงในแบบบันทึกซึ่งแบ่งเป็น Evidence (การบันทึกผลสังเกต) Claim (สรุปผล) และ Reasoning (อภิปรายความเชื่อมโยง)

4. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

รูบริก (Rubric) ที่ใช้ในการประเมินผลงานนักเรียนปรับมาจาก McNeill & Krajcik (2011) และ Diola et al. (2025) ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือดังกล่าวให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ก่อนนำไปใช้จริง

ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ทุกข้อมีค่าเท่ากับ 0.50-1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($IOC \geq 0.50$) นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ให้คะแนน (Inter-rater reliability) โดยให้ผู้ตรวจ 2 คนประเมินผลงานตัวอย่างจำนวน 10 ชุด และคำนวณค่า Cohen's Kappa ได้เท่ากับ 0.75 ซึ่งอยู่ในระดับสูง (Substantial) ตามเกณฑ์ Landis & Koch (1977) แสดงว่าเกณฑ์การประเมินมีความน่าเชื่อถือในการให้คะแนน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานนักเรียนแต่ละคน เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่านักเรียนทั้งหมด 37 คนตอบคำถามครบถ้วนทุกข้อ จึงนำเข้าสู่การวิเคราะห์ข้อมูล CER

ในส่วนเชิงปริมาณ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 องค์ประกอบ โดยเริ่มวิเคราะห์ระดับภาพรวมก่อน เพื่อตรวจสอบระดับความสามารถของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ การกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และ การให้เหตุผล (Reasoning) โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยและระดับคุณภาพของนักเรียนทั้งชั้น จากนั้นจึงวิเคราะห์เชิงลึกระดับรายบุคคล

ในส่วนเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ตามขั้นตอนดังนี้ (1) อ่านผลงานนักเรียนทั้งหมด 37 ชุดซ้ำหลายรอบเพื่อทำความเข้าใจภาพรวมของคำตอบ (2) จำแนกรูปแบบคำตอบของนักเรียนตามลักษณะของข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล (3) ระบุรูปแบบที่โดดเด่นและแตกต่างกันอย่างชัดเจน และ (4) คัดเลือกผลงานตัวอย่าง 5 ชุดที่เป็นตัวแทนของรูปแบบที่หลากหลาย เพื่อนำเสนอเป็นกรณีศึกษาประกอบการรายงานผล

ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริก (Rubric Score) ที่เสนอโดย McNeill & Krajcik (2011) ซึ่งประยุกต์ใช้ในงานวิจัยของ Diola et al. (2025) ในการให้คะแนนองค์ประกอบ CER โดยกำหนดระดับคะแนนเป็น 2-1-0 คะแนน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1

เกณฑ์การให้คะแนนรูปแบบ Rubric Score (Diola et al., 2025)

รายการประเมิน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	สามารถลงข้อสรุปหรือคำตอบได้ถูกต้องและชัดเจนต่อหลักฐาน	สามารถลงข้อสรุปคำตอบได้ถูกต้องแต่ขัดแย้งกับหลักฐาน	ไม่สามารถลงข้อสรุปได้ถูกต้องหรือไม่มีข้อสรุป
หลักฐาน (Evidence)	ใช้หลักฐานที่ได้จากทดลองสนับสนุน Claim อย่างถูกต้อง	ใช้หลักฐานที่ได้จากทดลองขัดแย้งในสนับสนุน Claim	ไม่สามารถใช้หลักฐานจากการทดลองในการสนับสนุน Claim
การให้เหตุผล (Reasoning)	อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง Claim และ Evidence อย่างมีเหตุผลและถูกต้องชัดเจน	อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง Claim และ Evidence ไม่ชัดเจนหรือขาดความเชื่อมโยง	อธิบายไม่ชัดเจน หรือไม่มีเหตุผลรองรับ Claim

จากนั้นผู้วิจัยนำคะแนนของนักเรียนแต่ละคนมาแจกแจงความถี่และคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละองค์ประกอบ เพื่อแปลผลเป็นระดับคุณภาพ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับดี (2.0–1.4 คะแนน) ระดับพอใช้ (1.3–0.7 คะแนน) และระดับปรับปรุง (0.6–0.0 คะแนน) ตามหลักการแบ่งอันตรายภาคชั้นทางสถิติ (ศิริยุญา ทิริโอ และคณะ, 2563)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูบริกคะแนน 0–1–2 (Diola et al., 2025) พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยภาพรวมในแต่ละองค์ประกอบ แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2

จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความหนาแน่น การจม-ลอย (n=37)

องค์ประกอบ CER	คะแนน 2 (ร้อยละ)	คะแนน 1 (ร้อยละ)	คะแนน 0 (ร้อยละ)
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	27 (72.97)	4 (10.81)	6 (16.22)
หลักฐาน (Evidence)	27 (72.97)	4 (10.81)	6 (16.22)
การให้เหตุผล (Reasoning)	26 (70.27)	2 (5.40)	9 (24.33)

จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับดี โดยเฉพาะในองค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้าง (Claim) และหลักฐาน (Evidence) ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 27 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 72.97 ที่สามารถทำคะแนนได้ในระดับสูงสุด (2 คะแนน) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบทั้งสามองค์ประกอบพบว่าด้านการให้เหตุผล (Reasoning) เป็นส่วนที่นักเรียนมีข้อจำกัดมากที่สุด โดยมีนักเรียนที่ได้ 0 คะแนนถึง 9 คน หรือร้อยละ 24.33

ตารางที่ 3

ระดับคุณภาพความสามารถในการสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภาพรวมในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบ CER	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
Claim (ข้อกล่าวอ้าง)	1.57	ดี
Evidence (หลักฐาน)	1.57	ดี
Reasoning (การให้เหตุผล)	1.46	ดี

ตารางที่ 4

ภาพรวมความสามารถของผู้เรียนในเชิงรายบุคคล

ลำดับ	Claim	Evidence	Reasoning	คะแนนรวม (เต็ม 6)	ค่าเฉลี่ย	ระดับ คุณภาพ
1	2	2	2	6	2	ดี
2	1	1	1	3	1	พอใช้
3	1	1	0	2	0.67	ปรับปรุง
4	1	1	0	2	0.67	ปรับปรุง
5	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
6	2	2	2	6	2	ดี
7	2	2	2	6	2	ดี
8	2	2	2	6	2	ดี
9	1	1	0	2	0.67	ปรับปรุง
10	2	2	2	6	2	ดี
11	2	2	2	6	2	ดี

ลำดับ	Claim	Evidence	Reasoning	คะแนนรวม (เต็ม 6)	ค่าเฉลี่ย	ระดับ คุณภาพ
12	2	2	2	6	2	ดี
13	2	2	2	6	2	ดี
14	2	2	2	6	2	ดี
15	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
16	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
17	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
18	2	2	2	6	2	ดี
19	2	2	2	6	2	ดี
20	2	2	2	6	2	ดี
21	2	2	2	6	2	ดี
22	2	2	2	6	2	ดี
23	2	2	2	6	2	ดี
24	2	2	2	6	2	ดี
25	2	2	2	6	2	ดี
26	2	2	2	6	2	ดี
27	2	2	0	4	1.33	พอใช้
28	2	2	2	6	2	ดี
29	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
30	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
31	2	2	2	6	2	ดี
32	2	2	2	6	2	ดี
33	2	2	2	6	2	ดี
34	2	2	2	6	2	ดี
35	2	2	2	6	2	ดี
36	2	2	2	6	2	ดี
37	2	2	2	6	2	ดี

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 26 คนจาก 37 คน มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ดี ขณะที่นักเรียน 2 คนอยู่ในระดับ พอใช้ และนักเรียน 9 คนอยู่ในระดับ ปรับปรุง กลุ่มนี้มักไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อสรุปหรือให้เหตุผลได้ไม่ครบถ้วน

ตารางที่ 5

ตัวอย่างรูปแบบคำตอบของนักเรียน จำนวน 5 ผลงาน

บุคคลที่ 1
กิจกรรม การจม กบลอย

ข้อสรุปส่วนตัว
เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น ของวัตถุกับของเหลว
ถ้า การจะจมหรือลอย

หาความหนาแน่น ของ (m)	ผลการสังเกต	วาดรูป
สังกะสี $D = \frac{m}{V}$ $D = \frac{13}{114}$ $D = 0.11g/cm^3$	วัตถุจะจมในน้ำ เกลือ แล้ววัตถุจะจมที่ ก้นแก้ว	

ผลการทดลอง
เมื่อนำวัตถุที่มีมวล 13 g ใส่ในน้ำที่มีปริมาตร 114 cm³ วัตถุจะจมลงใต้น้ำ
ที่ก้นแก้ว โดยมีความหนาแน่น 0.11 g/cm³

Evidence ถูกต้องสนับสนุน Claim

สรุปผล Claim ถูกต้อง สอดคล้อง Evidence

สรุปได้ว่า "วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จะวัตถุจะจมลงก้นแก้ว" เพราะวัตถุจะจมลงก้นแก้วคือความหนาแน่นของวัตถุมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ

Reasoning นำเหตุผลเรื่อง The Claim สู่ Evidence

บุคคลที่ 2
กิจกรรมการจมน้ำ
ลอย

ข้อสรุปส่วนตัว
เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น ของวัตถุกับของเหลวต่อการจมและ ลอย

บันทึกผลการทดลอง

หาความหนาแน่น	ผลการสังเกต	วาดรูป
มวล (m) 2.4 ปริมาตร (V) 275	เมื่อ หย่อนลงในน้ำ วัตถุลอย	

ผลการทดลอง
พบว่าเมื่อหย่อนวัตถุลง 1.4 g ในน้ำปริมาตร 275 cm³
วัตถุลอยขึ้น โดยมีความหนาแน่น

Evidence ใช้เหตุผลสนับสนุน Claim

สรุปว่า วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ Claim สอดคล้อง Evidence

Reasoning นำเหตุผลเรื่อง The Claim สู่ Evidence

Claim สอดคล้อง Evidence

บุคคลที่ 3

กิจกรรม จากกรรม การลอย

วัตถุประสงค

เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง
ความหนาแน่นของวัสดุกับของเหลว
ต่อการจมและการลอย

บันทึกผลการทดลอง

ขนาดภาชนะน้ำ	ขนาดภาชนะน้ำ	วัสดุ
มวล (m) 25 V = 27.5 D = $\frac{25}{27.5}$	ปริมาตร 27.5	วัตถุที่จม/ลอย



ผลการทดลอง

พบว่า เมื่อชั่งน้ำหนักมวล 25 g ในน้ำปริมาตร 27.5 cm³
วัตถุ

สรุปผล

วัตถุจมในน้ำ

ข้อสังเกต Reasoning สืบหาข้อสงสัย
สู่ Claim no Evidence

Claim กับ Evidence สืบหาข้อสงสัย การอธิบาย ไม่ชัดเจน
เพราะมีเงื่อนไขที่คลุมเครือ คือ วัตถุ กับ ภาชนะในลักษณะใด
โดยที่วัตถุจมในน้ำหรือไม่ วัตถุจมในน้ำหรือไม่ วัตถุจมในน้ำหรือไม่

บุคคลที่ 4

กิจกรรม การจม การลอย

วัตถุประสงค

เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของวัตถุกับของเหลว

ผลการทดลองและการอธิบาย

บันทึกผลการทดลอง

ความหนาแน่น	ขนาดภาชนะน้ำ	วัสดุ
มวล (m) 25 g V = 27.5 D = $\frac{25}{27.5}$ = 0.9 g/cm ³	ปริมาตร 27.5 cm ³ วัตถุจมในน้ำ วัตถุที่จมในน้ำ	



ผลการทดลอง
พบว่าเมื่อชั่งน้ำหนักมวล 25 g ในน้ำปริมาตร 27.5 cm³ วัตถุจมในน้ำโดย
วัตถุจมในน้ำ 0.9 g/cm³

Evidence สืบหาข้อสงสัย Claim แล้วจึงสู่ Claim

สรุปผล วัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจะจม วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอย

ถ้าวัตถุมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจะจม วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอย

Reasoning ยังไม่ถูกต้อง Claim ไม่ถูกต้อง

บุคคลที่ 5

กิจกรรม การจม การลอย

วัตถุประสงค

เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง
ความหนาแน่นของวัสดุกับของเหลว
ต่อการจมและการลอย

- การจมและการลอย

- การจมและการลอย

ความหนาแน่น	ขนาดภาชนะน้ำ	วัสดุ
D = $\frac{m}{V}$ D = $\frac{13}{11.4}$ = 0.114 g/cm ³	ปริมาตร 11.4	วัตถุที่จมในน้ำ วัตถุที่จมในน้ำ



มวล 13 ปริมาตร 11.4

Evidence สืบหาข้อสงสัย Claim

ผลการทดลอง

พบว่า เมื่อชั่งน้ำหนักมวล 13 g ในน้ำ ปริมาตร 11.4 cm³

วัตถุจมในน้ำโดย วัตถุที่มีความหนาแน่น 0.114 g/cm³

สรุปผล วัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจะจม วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอย

ถ้าวัตถุมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจะจม วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอย

Reasoning ยังไม่ถูกต้อง Claim ไม่ถูกต้อง

ข้อสังเกต Reasoning ยังไม่ชัดเจน สืบหาข้อสงสัย

ข้อสังเกต Reasoning ยังไม่ชัดเจน สืบหาข้อสงสัย

จากผลงานนักเรียนทั้ง 5 ตัวอย่างสะท้อนความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับการลอย/จม โดยพบความแตกต่างที่หลากหลาย: บุคคลที่ 1 เป็นตัวอย่างสมบูรณ์ (2-2-2) ซึ่งสามารถคำนวณความหนาแน่นได้ถูกต้อง, สังเกตผลการทดลอง (ลอย) ได้ตรงตามหลักการ, และให้เหตุผล (Reasoning) เชื่อมโยงได้อย่างชัดเจนว่าวัตถุจะลอยเมื่อความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ แต่ในทางกลับกัน บุคคลที่ 5 (2-2-0) แม้จะให้ข้อสรุป (Claim) และหลักฐาน (Evidence) ที่ถูกต้อง แต่ขาดการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อสรุปโดยสิ้นเชิง ส่วน บุคคลที่ 2 และ 3 (1-1-1, 1-1-0) แสดงความเข้าใจในส่วนของการสังเกต แต่มีข้อผิดพลาดในการคำนวณความหนาแน่นหรือการสรุป Claim ที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐานการคำนวณที่ควรจะเป็น สุดท้าย บุคคลที่ 4 (0-0-0) แสดงความไม่สอดคล้องทั้งในด้านหลักฐาน (สังเกตผลผิด) และข้อสรุป (Claim ผิด) ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถสร้างเหตุผลที่สมเหตุสมผลได้ ทำให้เห็นว่าความท้าทายหลักของผู้เรียนจำนวนมากคือการสร้าง Reasoning เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลเชิงปริมาณ (ความหนาแน่น) และข้อมูลเชิงคุณภาพ (ลอย/จม) เข้าด้วยกันตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษา พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ส่วนใหญ่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ในระดับดี โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบ CER ซึ่งอยู่ระหว่าง 1.46–1.57 คะแนน จัดอยู่ในระดับดี ตามเกณฑ์การแปลผลของ ศิริธัญญา หิริโอ และคณะ (2563) โดยองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 1.57 คะแนน ขณะที่การให้เหตุผลมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.46 คะแนน ซึ่งแม้ทั้งสามองค์ประกอบจะอยู่ในระดับดีเท่ากัน แต่ก็สะท้อนถึงลำดับความยากในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ผลลัพธ์เชิงปริมาณดังกล่าวสอดคล้องกับภาพรวมเชิงคุณภาพที่ปรากฏในผลงานตัวอย่างของนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุด (2-2-2) อย่างบุคคลที่ 1 สามารถเขียนสรุปผลที่ชัดเจน ระบุข้อมูลเชิงประจักษ์จากตารางบันทึกผลได้อย่างถูกต้อง และอธิบายว่าวัตถุลอยได้เพราะความหนาแน่นของวัตถุน้อยกว่าน้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5Es ที่ใช้ในการวิจัยนี้สามารถสร้างโครงสร้างการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ในระดับหนึ่ง สอดคล้องกับแนวทางการประเมินของ McNeill & Krajcik (2011) ที่ระบุว่ากรอบ CER ช่วยให้ผู้เรียนจัดระเบียบการคิดและสร้างคำอธิบายอย่างเป็นระบบ

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้าง (Claim) และหลักฐาน (Evidence) พบว่านักเรียนมีความสามารถในระดับใกล้เคียงกัน โดยมีนักเรียนได้คะแนน 2 จำนวน 27 คน (ร้อยละ 72.97) เท่ากันทั้งสององค์ประกอบ และมีนักเรียนได้คะแนน 0 จำนวน 6 คน (ร้อยละ 16.22) เท่ากันเช่นกัน ความสอดคล้องเชิงปริมาณนี้ได้รับการยืนยันจากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของผลงานนักเรียน กล่าวคือ นักเรียนที่เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องมักเป็นกลุ่มเดียวกับที่สามารถเลือกใช้หลักฐานจากตารางบันทึกผลการทดลองได้อย่างเหมาะสม ดังที่เห็นได้จากผลงานของบุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ซึ่งในกรณีของบุคคลที่ 2 (1-1-1) แม้จะสามารถสรุปผลและอ้างหลักฐานได้ แต่ยังมี ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณความหนาแน่น ส่งผลให้ข้อกล่าวอ้างที่เขียนขัดแย้งกับตัวเลขในตาราง ซึ่งเป็นตัวอย่างของความไม่สอดคล้องระหว่างหลักฐาน เชิงตัวเลขกับข้อสรุปที่แสดง

ให้เห็นว่าทักษะการตีความข้อมูลเชิงปริมาณยังเป็นประเด็นที่ต้องพัฒนาต่อไป สอดคล้องกับที่ Kennedy และ Folkes (2018) ระบุว่านักเรียนมักพบความยากในการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงตัวเลขกับการสรุปผลในเชิงวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งของงานวิจัยนี้คือรูปแบบของการให้เหตุผลที่ปรากฏในผลงานนักเรียน ซึ่งข้อมูลเชิงปริมาณแสดงให้เห็นว่าการให้เหตุผลมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 1.46 คะแนน และมีนักเรียนได้ 0 คะแนน สูงถึง 9 คน (ร้อยละ 24.33) ซึ่งมากกว่าการกล่าวอ้าง และการแสดงหลักฐานที่มีนักเรียนได้ 0 คะแนนเพียง 6 คน (ร้อยละ 16.22) เมื่อนำข้อมูลเชิงคุณภาพมาอธิบายรูปแบบนี้ พบว่านักเรียนในกลุ่มที่ขาดการให้เหตุผล แบ่งออกได้เป็นสองลักษณะ ลักษณะแรกคือนักเรียนที่มีข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่ถูกต้อง แต่ไม่ได้เขียนการให้เหตุผลเลย ดังที่เห็นในผลงานของบุคคลที่ 5 (2-2-0) ลักษณะที่สองคือนักเรียนที่ไม่สามารถสร้างคำอธิบายได้ในทุกองค์ประกอบ (0-0-0) ดังที่เห็นในผลงานของบุคคลที่ 4 ซึ่งสังเกตผลการทดลองไม่ถูกต้อง ตั้งแต่แรก ส่งผลให้ทั้งข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลมีความผิดพลาดตามกันเป็นลูกโซ่ ผลลัพธ์นี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Diola et al. (2025) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ศิริธัญญา หิรัโธ และคณะ (2563) ที่พบรูปแบบเดียวกันในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ประเด็นที่ควรพิจารณาเพิ่มเติมคือรูปแบบการกระจายคะแนนรายบุคคลที่มีลักษณะสองขั้ว (Bimodal) กล่าวคือ นักเรียนที่ได้คะแนน 2-2-2 มีจำนวนมากถึง 26 คน ขณะที่นักเรียนที่ได้ 0-0-0 มี 7 คน แต่ค่ากลาง เช่น 1-1-1 มีเพียง 2 คน เท่านั้น รูปแบบดังกล่าวอาจอธิบายได้จากหลายสาเหตุ ได้แก่ (1) ข้อจำกัดของเกณฑ์การประเมินรูบrik 3 ระดับ (0-1-2) ที่อาจหยابเกินไป จนไม่สามารถจำแนกความแตกต่างเล็กน้อยระหว่างผู้เรียนได้อย่างละเอียด (2) ลักษณะของกิจกรรมการทดลองที่ค่อนข้างตรงไปตรงมา ทำให้นักเรียนที่เข้าใจหลักการมักได้คะแนนเต็ม ส่วนนักเรียนที่ไม่เข้าใจอาจเกิดความผิดพลาดตั้งแต่ขั้นตอนแรก ซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกองค์ประกอบเป็นลูกโซ่ และ (3) ผลจากการทำงานเป็นกลุ่มที่อาจทำให้นักเรียนบางคนได้รับอิทธิพลจากเพื่อนร่วมกลุ่ม ทำให้ผลงานรายบุคคลไม่สะท้อนความสามารถที่แท้จริงอย่างเต็มที่

นอกจากนี้ ควรพิจารณาว่าผลที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ภายใต้โครงสร้างใบงานที่ผู้วิจัยจัดให้ (Structured Scaffolding) ซึ่งใบงานได้แบ่งช่อง หลักฐาน การกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลไว้ให้แล้ว โครงสร้างดังกล่าวอาจช่วยชี้นำให้นักเรียนบางคนสามารถเขียนคำอธิบายได้ดีกว่าในสถานการณ์ ที่ต้องสร้างคำอธิบายอย่างอิสระโดยไม่มีกรอบช่วยเหลือ ดังนั้น การตีความผลการวิจัยจึงควรอยู่ในบริบทของความสามารถภายใต้โครงสร้างใบงานที่จัดให้ ไม่ใช่ความสามารถในการสร้างคำอธิบายอย่างอิสระทั้งหมด

สาเหตุที่นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 อาจยังมีข้อจำกัดด้านการให้เหตุผล อาจเกิดจากพัฒนาการทางการคิดที่ยังอยู่ในช่วงการคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ตามแนวคิดของ Piaget ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถสังเกตและบันทึกผลได้ดี แต่ยังขาดทักษะในการสร้างการอธิบายเชิงนามธรรมโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ (Kuhn, 2010) นอกจากนี้ การที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยกับโครงสร้างการเขียนแบบ CER ก็อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลการให้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์

เมื่อพิจารณาในระดับรายบุคคลยังพบความแตกต่างภายในกลุ่มผู้เรียนอย่างชัดเจน แม้คะแนนเฉลี่ยของห้องจะอยู่ในระดับดี แต่ข้อมูลจากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่านักเรียน 26 คน ได้คะแนนเต็ม (2-2-2) ขณะที่อีก 9 คนอยู่ในระดับปรับปรุงและ 2 คนอยู่ในระดับพอใช้ ความแตกต่างดังกล่าวยืนยันความจำเป็นของการวิเคราะห์รายบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ McNeill & Krajcik (2011) ว่าการประเมินรูปแบบการเขียนคำอธิบายของผู้เรียนควรพิจารณาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพพร้อมกัน เพราะนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำอาจมีสาเหตุที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง

ผลลัพธ์โดยรวมของการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นนัยสำคัญสำหรับการออกแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนหลายประการ ประการแรก ความสำเร็จในระดับดีของนักเรียนส่วนใหญ่บ่งชี้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ที่บูรณาการกรอบ CER นั้นมีประสิทธิภาพในระดับที่น่าพอใจสำหรับนักเรียน ม.1 ซึ่งสนับสนุนแนวคิดของ Brunsell (2012) ประการที่สอง ช่องว่างระหว่าง Claim/Evidence กับ Reasoning บ่งชี้ว่าการสอนให้นักเรียนรู้จักการอ้างหลักฐานนั้นยังไม่เพียงพอ ครูจำเป็นต้องออกแบบกิจกรรมที่เน้นการฝึกเชื่อมโยงหลักการโดยเฉพาะ (McNeill & Krajcik, 2011) ประการที่สาม การนำการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงคุณภาพมาใช้ควบคู่จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวิจัยในชั้นเรียน (ฉลองวุฒิ จันทรหอม และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2563)

โดยสรุป งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดความหนาแน่น การจม-ลอยในระดับที่ดี โดยเฉพาะในด้านการสังเกตและสรุปผลการทดลอง แต่ยังต้องการการพัฒนาด้านการให้เหตุผล (Reasoning) อย่างต่อเนื่อง การบูรณาการข้อมูลเชิงปริมาณจากคะแนนรูบริกเข้ากับการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงคุณภาพจากผลงานนักเรียนในการวิจัยครั้งนี้ ทำให้เห็นภาพที่ครบถ้วนและลึกซึ้งกว่าการใช้เพียงตัวเลขสถิติเพียงอย่างเดียว

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดหลายประการที่ควรพิจารณา ประการแรก กลุ่มตัวอย่างเป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน จึงไม่สามารถสรุปอ้างอิงไปยังประชากรกลุ่มอื่นได้โดยตรง ประการที่สอง ข้อมูลถูกเก็บจากการสอนเพียงครั้งเดียว ทำให้ไม่สามารถสะท้อนพัฒนาการของนักเรียนในระยะยาวได้ ประการที่สาม ผู้วิจัยเป็นทั้งผู้สอนและผู้เก็บข้อมูล อาจทำให้เกิดความลำเอียงโดยไม่ตั้งใจ (Researcher Bias) ซึ่งแม้จะมีการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ให้คะแนนแล้ว แต่ควรมีการตรวจสอบโดยผู้ประเมินภายนอกเพิ่มเติม และประการสุดท้าย นักเรียน 3 คนไม่ได้เข้าร่วมในวันเก็บข้อมูล ซึ่งอาจมีผลต่อความสมบูรณ์ของข้อมูล

และประการสุดท้าย ใบบางที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีโครงสร้างที่แบ่งช่องหลักฐาน การกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลไว้ให้แล้ว ซึ่งเป็น Scaffolding ที่อาจส่งผลต่อคะแนน ดังนั้น ผลที่ได้จึงสะท้อนความสามารถภายใต้โครงสร้างใบบางที่ผู้วิจัยจัดให้ ไม่ใช่ความสามารถในการสร้างคำอธิบายอย่างอิสระทั้งหมด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1. ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมที่เน้นการฝึก Reasoning โดยเฉพาะ เช่น การให้นักเรียนอภิปรายและเชื่อมโยงหลักการความหนาแน่นกับผลการทดลองด้วยวาจาก่อนเขียน เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างโครงสร้างการคิดได้ก่อนถ่ายทอดลงกระดาษ

2. สำหรับนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนน 0 ทุกองค์ประกอบ ครูควรออกแบบ Scaffolding เฉพาะบุคคล เช่น การให้ตัวอย่างประโยคนำ (sentence starters) หรือกรอบโครงสร้างในการเขียน เพื่อช่วยให้นักเรียนเริ่มต้นกระบวนการคิดได้ (McNeill & Krajcik, 2011)

3. ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ CER หลายครั้งในบริบทเนื้อหาที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับโครงสร้างการเขียนและพัฒนาทักษะการให้เหตุผลอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาบูรณาการกรอบ CER เข้าในหลักสูตรท้องถิ่นกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ

2. ควรจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้ครูวิทยาศาสตร์ในประเด็นการสอน Reasoning และการใช้กรอบ CER ในชั้นเรียน เพื่อเสริมสร้างศักยภาพครูในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังห้องเรียนหลายห้องหรือหลายโรงเรียน เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผล

2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบ (Comparative Study) ระหว่างห้องเรียนที่ใช้กรอบ CER กับห้องเรียนที่ใช้การสอนแบบปกติ เพื่อยืนยันประสิทธิผลของกรอบแนวคิดนี้

3. ควรศึกษาติดตามพัฒนาการของนักเรียน (Longitudinal Study) เพื่อดูว่าทักษะ Reasoning พัฒนาขึ้นอย่างไรเมื่อได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ฉลองวุฒิ จันทรหอม และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2563). การสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ใน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21*, (น. 644-654). <https://app.gs.kku.ac.th/gs/th/publicationfile/item/21th-ngrc-2020/HMO17/HMO17.pdf>

ณัฐฐา รัตนปัญญา, วิศนันทน์ เดชปานประสงค์ และ มนูญพงศ์ ชัยพันธ์. (2566). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในศตวรรษที่ 21. *วารสารวิชาการสถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ*, 9(2), 359-371.

- ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). แนวการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต*, 9(1), 136-154.
- ศิริัญญา หิริโอ, ศศิเทพ ปิตุพรเทพิน, ปราโมทย์ ชำนาญปิ่น และ ภาธร พงศ์ไพจิตร. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การหมุนเวียนสารในร่างกาย ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านอุปกรณ์ไร้สายเคลื่อนที่. *ปลาย. ใน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21*, (น. 518-528). <https://app.gs.kku.ac.th/gs/th/publicationfile/item/21th-ngrc-2020/HMO5/HMO5.pdf>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1* (พิมพ์ครั้งที่ 1). โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- Brunsell, E. (2012, September 25). *Designing Science Inquiry: Claim + Evidence + Reasoning = Explanation*. Edutopia. <https://www.edutopia.org/blog/science-inquiry-claim-evidence-reasoning-eric-brunsell>
- Diola, W. Y., Jalon, J. B., Jr., & Prudente, M. S. (2025). Exploring the Use of Claim-Evidence-Reasoning in Promoting Scientific Reasoning Skills of Elementary School Students. *Anatolian Journal of Education*, 10(1), 203-214. <https://doi.org/10.29333/aje.2025.10115a>
- Kennedy, K., & Folkes, C. (2018). Dropping anchor!. *Science Scope*, 42(3), 42-47. <https://www.proquest.com/docview/2113226165?sourcetype=Scholarly%20Journals>
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94(5), 810–824. <https://doi.org/10.1002/sce.20395>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2006). *Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, USA.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2011). *Supporting grade 5–8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. Pearson Allyn & Bacon.
- Yanto, B. E., Subali, B., & Suyanto, S. (2019). Measurement Instrument of Scientific Reasoning Test for Biology Education Students. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1383-1398. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12188a>