

ความเข้าใจของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เกี่ยวกับอภิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
Grade-12 Students' Understanding of
the Modelling Meta-Knowledge in Science

Received : 2022-02-14

Revised : 2022-03-25

Accepted : 2022-06-24

ผู้วิจัย ฌนภัทร สุขนฤเศรษฐกุล¹

Naphat Suknarusaitagul

Naphat.suk@ku.th

ชาตรี ฝ่ายคำตา²

Chatree Faikhamta

บทคัดย่อ

อภิความรู้การสร้างแบบจำลอง เป็นแนวคิดพื้นฐานทางแบบจำลองที่ทำให้ทราบธรรมชาติและเป้าหมายทางญาณวิทยาของแบบจำลองในเชิงชัดเจน แนวคิดดังกล่าวมีความสำคัญเทียบเท่ากับแนวคิดการปฏิบัติทางแบบจำลอง ซึ่งทั้งสองแนวคิดจำเป็นต้องศึกษาและพัฒนาไปอย่างคู่ขนาน เพื่อให้ไปสู่เป้าหมายของการมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจอภิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวนทั้งสิ้น 50 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความเข้าใจอภิความรู้การสร้างแบบจำลอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อจัดกลุ่มและหาระดับความเข้าใจอภิความรู้การสร้างแบบจำลองของผู้เรียน

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจอภิความรู้การสร้างแบบจำลองจัดอยู่ในกลุ่มผู้เริ่มต้น (ระดับที่ 1) ในทุกมุมมอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมุมมองด้านความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง สำหรับข้อค้นพบในมุมมองทั้งสองด้านมีดังนี้ 1) ด้านความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลองพบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองและวัตถุประสงค์ของแบบจำลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นเพียงสื่อการเรียนรู้ที่เลียนแบบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดความชัดเจนเข้าใจได้ง่าย ผู้เรียนไม่เข้าใจว่าแบบจำลองสามารถนำไปใช้ทำนายปรากฏการณ์ รวมถึงไม่เข้าใจว่าสมการทางคณิตศาสตร์จัดเป็นประเภทหนึ่งของแบบจำลอง และ 2) ด้านความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์มีกระบวนการสร้างแบบจำลองเหมือนกับขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอนทุกประการ อย่างไรก็ตามผู้เรียนไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการดังกล่าวกับขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ได้ รวมถึงในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมากระบวนการที่ผู้เรียนใช้สร้างแบบจำลองอยู่ในลักษณะของกระบวนการออกแบบชิ้นงานประดิษฐ์ทั่วไปซึ่งไม่สอดคล้องกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

¹นิสิตระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Master student, Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University

²รองศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Associate Professor Dr., Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University

คำสำคัญ : อภิความรู้การสร้างแบบจำลอง แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของแบบจำลอง วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง ความเชื่อญาณวิทยา

Abstract

Modelling meta-knowledge is one of the key aspects of models and modelling which is explicit in the nature and the epistemological goal. It is equally important to the modelling practice in which students should be engaged in an understanding of models and modeling. By doing so, students can develop their modelling competence as scientists. The objective of this study was to investigate students' understanding of modelling meta-knowledge. The participants were fifty grad 12 students in a science program. Data was collected through the understanding of modelling meta-knowledge questionnaires. The data were analyzed qualitatively using a content analysis approach to categorized students' responses to emerge the theme.

According to the results, most of students held "naive" understanding (level 1) in all aspects, especially in the metacognitive knowledge of the modelling process aspect. The findings indicated that 1) In the meta-modelling knowledge aspect, students understand the relationship between the nature of model and the purpose of model in the same way. They believe that models are an object that replicates the phenomena for simplifying the phenomena. The students do not understand that models can used to predict the phenomena and do not know theoretical models, such as mathematical equations, that are types of models and, 2) in the metacognitive knowledge of the modelling process aspect, students understand the modelling process as five steps of a scientific process. However, they cannot describe the relationship between the modelling process and the five-step investigation. Moreover, in science classrooms, the modeling process of students is really a simple design process that is not similar to the scientific modelling process.

Keywords Modelling Meta-Knowledge, Scientific Model, Nature of Model, Purpose of Model, Epistemological Beliefs

บทนำ

นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลอง (Models) ขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงใช้เป็นตัวแทน (Representations) ในการสื่อสาร อาทิ การบรรยาย การให้เหตุผล การอธิบาย หรือการทำนาย เพื่อนำเสนอข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (Gilbert & Justi, 2016; Krell, 2019; zu Belzen, van Driel, & Krüger, 2019) รวมถึงการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Practices) ที่ต้องอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Modelling Process) ซึ่งเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่งที่มีความซับซ้อนและเป็นพลวัต (zu Belzen, van Driel, & Krüger, 2019) จากการศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง ทำให้ทราบว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นหลัก รวมถึงงานวิจัยในประเทศไทยส่วนใหญ่ศึกษาแบบจำลองในเชิงแนวคิด หรือแบบจำลองความคิดทางวิทยาศาสตร์

เป็นหลัก ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราษี (2561); ศศิมน ศรีกุลวงศ์ และลลภาภรณ์ ลาตาชาติ (2564) นอกจากนี้ในช่วงที่ผ่านมาเริ่มมีงานวิจัยที่ศึกษาแบบจำลองในเชิงความสามารถการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นแนวคิดการปฏิบัติทางแบบจำลอง (Modelling Practice) ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของจรรุภา กิจเจริญปัญญา และพรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ (2563) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลวิจัยเหล่านี้ทำให้ทราบว่า ผู้เรียนยังไม่สามารถเกิดการปฏิบัติที่นำไปสู่สมรรถนะการสร้างแบบจำลอง (Modelling Competence) ได้เท่าที่ควร ซึ่งสมรรถนะดังกล่าวเป็นความสามารถอย่างหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์พึงมีสำหรับสร้างแบบจำลอง สาเหตุหนึ่งมาจากการที่หลักสูตรและงานวิจัยมุ่งเน้นพัฒนาแนวคิดหรือแบบจำลองความคิดเน้นพัฒนาความรู้ (Cognitive Domain) ทางวิทยาศาสตร์เป็นหลัก รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปฏิบัติทางแบบจำลองไม่สามารถสะท้อนให้ผู้เรียนเห็นลักษณะสำคัญและภูมิหลังการปฏิบัติทางแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ได้ ตัวอย่างเช่น ลักษณะสร้างและการปรับปรุงแบบจำลอง หรือสาเหตุการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวไปในข้างต้นจึงเป็นหนึ่งปัญหาสำคัญของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองในประเทศไทยที่ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากหลักสูตรวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน รวมถึงงานวิจัยต่าง ๆ ไม่ได้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดภูมิหลังที่เกี่ยวกับความเชื่อญาณวิทยาของแบบจำลอง (Epistemological Beliefs) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับความรู้และการรับรู้ (Knowledge and Knowing) ของธรรมชาติและเป้าหมายวิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Schwarz & White, 2005; Soulios & Psillos, 2016) แนวคิดดังกล่าวอาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อภิกความรู้การสร้างแบบจำลอง (Modelling Meta-Knowledge) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Krell, 2019) ที่ทำให้ทราบเหตุผลเกี่ยวกับการกระทำของนักวิทยาศาสตร์เมื่อสร้างแบบจำลอง ตัวอย่างเช่น แบบจำลองคืออะไร นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่ออะไร นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองอย่างไร (Constantinou, Nicolaou, & Papaevripidou, 2019; Krell, 2019; Soulios & Psillos, 2016; zu Belzen, van Driel, & Krüger, 2019)

จากการตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดอภิกความรู้การสร้างแบบจำลองทำให้ทราบว่า การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดอภิกความรู้การสร้างแบบจำลองเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างแบบจำลองที่นำไปสู่การมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง (Constantinou et al., 2019) รวมถึงแนวคิดดังกล่าวยังเป็นประโยชน์แก่ครูสำหรับพัฒนาหลักสูตรและออกแบบการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองได้สอดคล้องตามเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ประสบความสำเร็จ (Gobert et al., 2011; Justi & Gilbert, 2003)

ตามที่กล่าวไปในข้างต้นอภิกความรู้การสร้างแบบจำลองเป็นแนวคิดพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองในประเด็นต่าง ๆ ผู้วิจัยมีมุมมองว่า แนวคิดดังกล่าวจำเป็นต้องศึกษาและพัฒนาให้แก่ผู้เรียนรวมถึงครูให้เกิดความเข้าใจเป็นอันดับแรกก่อนที่จะศึกษาและพัฒนาประเด็นอื่น ๆ ของแบบจำลอง เนื่องจากแนวคิดดังกล่าวส่งเสริมผู้เรียนไปถึงเป้าหมายของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และเกิดสมรรถนะวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักที่วิทยาศาสตร์ศึกษาคาดหวังจะเกิดขึ้นกับผู้เรียนทุกคน (Constantinou et al., 2019; Schwarz & White, 2005; Soulios & Psillos, 2016) รวมถึงประเทศไทยมีงานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดดังกล่าวค่อนข้างน้อย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาความเข้าใจอภิกความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยคาดว่าการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนในครั้งนี้สามารถสะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง รวมถึงสะท้อนให้เห็นลักษณะหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ของครูวิทยาศาสตร์ตามบริบทของผู้เรียนตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ผู้วิจัยคาดว่าผลการวิจัยนี้สามารถช่วยให้ครูและนักศึกษานำไปใช้ต่อยอดในการศึกษาและพัฒนาแนวคิดญาณวิทยาของผู้เรียนที่เกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงนำไปพัฒนาหลักสูตรและการออกแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องตามเป้าหมายที่วิทยาศาสตร์ศึกษาคาดหวังให้ควรจะเป็นต่อไป

กรอบแนวคิดงานวิจัย

อภิความรู้การสร้างแบบจำลอง เป็นแนวคิดเชิงญาณวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง อาทิ แบบจำลองถูกสร้างขึ้นและนำไปใช้อย่างไร สิ่งที่เรียกว่าแบบจำลองมีลักษณะเป็นอย่างไร ทำไมนักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องสร้างแบบจำลอง โดยแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับธรรมชาติ เป้าหมาย รวมถึงกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สร้างแบบจำลอง (Constantinou et al., 2019; Krell, 2019; zu Belzen, van Driel, & Krüger, 2019) อภิความรู้การสร้างแบบจำลอง แบ่งออกเป็นมุมมอง 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านที่ 1 ความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลอง (Meta-modelling Knowledge) เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of Model) และวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง (Purpose of Model) นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด เหตุการณ์ หรือกระบวนการของปรากฏการณ์บางอย่าง โดยมีเป้าหมายเพื่อ 1) เป็นเครื่องมือในการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2) เป็นเครื่องมือในการสื่อสารถ่ายทอดความรู้และข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ 3) แสดงความรู้หรือทฤษฎีใหม่ และ 4) นำเสนอ อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อย่างไรก็ตามแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นไม่จำเป็นต้องมีเพียงหนึ่งเดียวที่เป็นจริงหรือถูกต้องเสมอไป แต่แบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบขึ้นกับความเหมาะสมในการนำไปใช้ ประเมินค่า หรือตีความข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงแบบจำลองวิทยาศาสตร์ต้องผ่านการโต้แย้ง และได้รับการยอมรับจากประชาคมนักวิทยาศาสตร์สากล (Gogolin & Krüger, 2018; Schwarz & White, 2005; อนุพงศ์ ไพรศรี และคณะ, 2565) ด้านที่ 2 ความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Metacognitive Knowledge of the Modeling Process) เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายและไตร่ตรองการกระทำของนักวิทยาศาสตร์เมื่อดำเนินการสร้างแบบจำลอง รวมถึงลักษณะของกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยกระบวนการสร้างแบบจำลองเริ่มต้นจากนักวิทยาศาสตร์สังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติบางอย่าง จากนั้นจึงเกิดความสงสัยและนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้เพื่อหาคำตอบ อาทิ การทดลอง การรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ในระหว่างทำการสืบเสาะหาความรู้ นักวิทยาศาสตร์ต้องสร้างแบบจำลองผ่านการอาศัยจินตนาการของตนเองประกอบ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างจำเป็นต้องได้รับการเปรียบเทียบ ประเมิน วิพากษ์ และปรับปรุงร่วมกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จนกระทั่งสามารถหาข้อสรุป รวมถึงทำนายปรากฏการณ์ได้ ซึ่งลักษณะของกระบวนการดังกล่าวแสดงความเป็นพลวัต (Dynamic Process) กล่าวคือ เป็นวัฏจักรที่วนซ้ำไปมาระหว่างความสัมพันธ์การสร้าง การประเมิน และการดัดแปลงแบบจำลอง (Constantinou et al., 2019; zu Belzen et al., 2019) ความสัมพันธ์ดังกล่าวจัดเป็นรูปแบบของการสร้างแบบจำลอง ซึ่งในความเป็นจริงแบบจำลองถูกสร้าง ประเมิน ดัดแปลงด้วยนักวิทยาศาสตร์อยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งได้มาซึ่งข้อสรุปของปรากฏการณ์ อาจเรียกการดำเนินการของความสัมพันธ์นี้ว่าเป็น วิวัฒนาการแบบจำลอง (Model Evolution) โดยวิวัฒนาการดังกล่าวต้องอาศัยการแข่งขัน (Model Competition) ระหว่างแบบจำลองที่เกิดขึ้นใหม่ด้วยการอธิบาย การให้เหตุผล การโต้แย้งของนักวิทยาศาสตร์ร่วมกับข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการวิพากษ์จากนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่น ๆ จนกระทั่งแบบจำลองเป็นที่ยอมรับนำไปสู่ข้อสรุปซึ่งเป็นคำตอบของปรากฏการณ์ (Rea-Ramirez, Clement, & Núñez-Oviedo, 2008; Clement (2017)

จากที่กล่าวไปข้างต้นจะเห็นได้ว่า อภิความรู้การสร้างแบบจำลองเป็นแนวคิดที่มีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเป็นผู้สร้างแบบจำลองได้เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeler) รวมถึงนำไปสู่เป้าหมายการมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการปฏิบัติทางแบบจำลอง (Constantinou et al., 2019)

คำถามวิจัย

ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research Methodology) กลุ่มที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยบริบททั่วไปของโรงเรียนเป็นโรงเรียนสตรีขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 3 จากการที่ผู้วิจัยสังเกตลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ ได้แก่รายวิชาเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ รวมถึงข้อมูลจากการสอบถามครูผู้รับผิดชอบจัดการเรียนรู้ตลอด 1 ภาคเรียนที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า ลักษณะการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนแห่งนี้เน้นการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายโดยครู รวมถึงบางรายวิชาที่มีการทำปฏิบัติการเน้นให้ผู้เรียนทำปฏิบัติการตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่เอกสารการเรียนรู้ระบุไว้ ทำให้ผู้เรียนไม่ได้เกิดการเรียนรู้แบบการสร้างความรู้ด้วยตนเองเท่าที่ควร ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง รวมถึงผู้เรียนมีทัศนคติเชิงลบต่อวิทยาศาสตร์ สำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยมีจำนวนทั้งสิ้น 50 คน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ให้สอดคล้องตามคำถามวิจัย เกณฑ์ที่ใช้คัดเลือกคือ เป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ที่มาจากห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบทำการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) โดยเป็นกลุ่มที่ผ่านการสังเกตและติดตามการเรียนรู้ตลอด 1 ภาคการศึกษา รวมถึงลักษณะของผู้เรียนเป็นตัวแทนที่ครอบคลุมกับบริบทผู้เรียนส่วนใหญ่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามแผนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนแห่งนี้ กล่าวคือ ผู้เรียนมีผลการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) ที่ใกล้เคียงกันในระดับปานกลาง ลักษณะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เน้นการท่องจำ นิสัยโดยทั่วไปผู้เรียนไม่กล้าแสดงออก ไม่ค่อยแสดงความคิดเห็น รวมถึงไม่สามารถอธิบายและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ดีเท่าที่ควร โดยในการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ ผู้เรียนเข้าร่วมด้วยความสมัครใจตามหลักจริยธรรมการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยมีการแจ้งรายละเอียดก่อนการวิจัยอย่างชัดเจน

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านแบบวัดความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 9 ข้อ ดัดแปลงจาก Schwarz & White (2005) ครอบคลุมด้านความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลอง และด้านความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองแบบวัดดังกล่าวผ่านการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาด้านความตรงเชิงเนื้อหาและความตรงเชิงโครงสร้าง ในระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้สุ่มสัมภาษณ์ผู้เรียนบางคนเพิ่มเติมกรณีที่คำตอบในแบบวัดไม่ชัดเจน เพื่อให้ผู้เรียนช่วยขยายความคำตอบให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพจากแบบวัดที่เก็บรวบรวม โดยผู้วิจัยอ่านและวิเคราะห์คำตอบของผู้เรียนแบบรายข้อ เพื่อพิจารณาภาพรวมของคำตอบอย่างละเอียด จากนั้นตีความ เพื่อหาภาพรวมของความเข้าใจ และจัดกลุ่มคำตอบด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) อ้างอิงวิธีการวิเคราะห์ตาม Denzin & Lincoln (2017) โดยการวัดระดับความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลอง ตามเกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยสังเคราะห์และดัดแปลงจาก Clement, 2017; Gogolin & Krüger (2018); อนุพงศ์ ไพธริ และคณะ (2565) แสดงในตารางที่ 1 เมื่อจัดกลุ่มคำตอบเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยทำการตรวจสอบผลวิจัยที่ได้ละเอียดอีกครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามหลักจรรยาบรรณของนักวิจัย โดยผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ S เพื่อแทนผู้เรียนที่เข้าร่วมวิจัยและตามด้วยตัวเลขเพื่อแทนลำดับของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น S-01 หมายความว่า ผู้เรียนลำดับที่ 1 รวมถึงผู้วิจัยสร้างความเชื่อถือของงานวิจัยผ่านตัวบ่งชี้ในงานวิจัยเชิงคุณภาพที่เรียกว่า ความควรค่าแก่การไว้วางใจ (Trustworthiness) ตาม Denzin & Lincoln (2017) ซึ่งผู้วิจัยเพิ่มความ

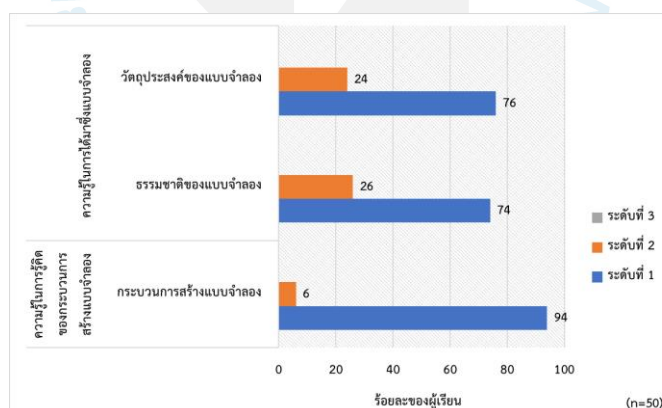
นำเชื่อถือของงานวิจัยผ่านการที่ตนเองเข้าไปมีส่วนร่วมที่ยาวนานกับผู้เข้าร่วมวิจัยตลอด 1 ปีการศึกษา กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นระยะเวลาที่มากเพียงพอที่สามารถสร้างความคุ้นเคยและเข้าใจมุมมองความคิดของผู้เรียนที่เข้าร่วมวิจัย ทำให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากการให้ข้อมูลตามจริงของผู้เรียน รวมถึงมีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าจากวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบเอกสารในหลากหลายมิติเพื่อให้ได้มาซึ่งกรอบแนวคิดและทฤษฎีวิจัย ผ่านการวิพากษ์ร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษา นิสิตปริญญาเอกมีความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระเบียบวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ กระบวนการดำเนินการดังกล่าวมีเป้าหมายเพื่อลดอคติและจุดอ่อนของข้อมูลที่มาจากผู้วิจัยทางเดียว รวมถึงช่วยตรวจสอบที่มาของกรอบงานวิจัย วิธีการเก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลให้ลึกซึ้งและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1 ระดับความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลอง

มุมมอง		ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3
ความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลอง	ธรรมชาติของแบบจำลอง	การคัดลอก เลียนแบบ ปรากฏการณ์	ตัวแทนปรากฏการณ์	ความรู้ใหม่/ทฤษฎีใหม่ ของปรากฏการณ์
	วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง	บรรยายปรากฏการณ์	อธิบายปรากฏการณ์	ทำนายปรากฏการณ์
ความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง	กระบวนการสร้างแบบจำลอง	สร้างแบบจำลอง ออกมาอย่างง่าย ร่วมกับการใช้จินตนา ของผู้สร้าง แต่ไม่สามารถอธิบาย/แสดงเหตุผลของกระบวนการ ที่สอดคล้องกับ ปรากฏณ์	สร้างแบบจำลองที่ อธิบายและระบุ เหตุผลที่ซ่อนอยู่ ภายใต้กระบวนการ ต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้อง กับปรากฏการณ์ รวมถึงแสดง/สะท้อน ความสัมพันธ์ของ กระบวนการ	สร้างแบบจำลองโดย วิพากษ์กระบวนการ ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับ ปรากฏการณ์ รวมถึง สะท้อนรูปแบบความสัมพันธ์ของแบบจำลอง เชิงวิวัฒนาการ และเชิง แข่งขันทางแบบจำลอง

สรุปผลการวิจัย

ผลวิจัยภูมิความรู้การสร้างแบบจำลอง แสดงภาพรวมระดับความเข้าใจดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระดับความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลอง

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับที่ 1 ซึ่งเป็นระดับเริ่มต้นของความเข้าใจในทุกมุมมอง เมื่อพิจารณาภาพรวมพบว่า ผู้เรียนมีค่าร้อยละความเข้าใจมุมมอง

ด้านความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองในระดับที่ 1 สูงกว่ามุมมองด้านความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลอง จากภาพรวมดังกล่าวให้ข้อค้นพบในแต่ละมุมมองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มุมมองด้านที่ 1 ความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลอง แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นย่อยดังนี้

ประเด็นที่ 1 ธรรมชาติของแบบจำลอง

ข้อค้นพบที่ 1 ผู้เรียนเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นสื่อการเรียนรู้หรือชิ้นงานอย่างหนึ่งที่เลียนแบบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำให้เห็นภาพแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

ผลวิจัยความหมายของแบบจำลอง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กลุ่มคำตอบเกี่ยวกับความหมายของแบบจำลอง

กลุ่มที่	คำอธิบาย	ร้อยละ
1	การเลียนแบบโครงสร้างหรือแนวคิดต่าง ๆ	32
2	การเลียนแบบสิ่งที่มีอยู่จริงโดยการย่อขนาดให้เล็กลง	26
3	สื่อที่จับต้องได้มีลักษณะเป็นรูปร่างสามมิติ	16
4	ตัวแทนของสิ่งบางสิ่ง ตัวอย่างเช่น วัตถุ กระบวนการ หรือผลลัพธ์จากการทดลอง	12
5	เครื่องมือที่ใช้บอกคุณลักษณะ หรือคุณสมบัติของสิ่งบางสิ่ง	8
6	ตัวแทนของความคิด และความเข้าใจของมนุษย์	6

จากตารางที่ 2 ทำให้ทราบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในระดับที่ 1 โดยกลุ่มคำตอบที่ 1 ผู้เรียน (ร้อยละ 32) เข้าใจว่า แบบจำลองเป็นการเลียนแบบโครงสร้างหรือแนวคิดต่าง ๆ เพื่อทำให้เห็นภาพและเข้าใจปรากฏการณ์ได้ชัดเจนมากขึ้น ตัวอย่างเช่น แบบจำลองเป็นการยกเนื้อหาที่เรียนออกมาทำการจำลองให้เป็นภาพที่ชัดเจน (S-22) หรือเป็นสิ่งจำลองขึ้นเป็นภาพ หรือ กราฟ เพื่อให้ดูง่าย (S-41) รวมถึงการย่อขนาดของสิ่งที่มีอยู่จริง (กลุ่มคำตอบที่ 2 ร้อยละ 26) ตัวอย่างเช่น การทำให้สิ่งที่มีขนาดใหญ่ย่อขนาดให้เล็กลงกว่าเดิม เช่น ลูกโลกจำลอง (S-6) กลุ่มคำตอบที่ 3 (ร้อยละ 16) แบบจำลองเป็นสื่อสามมิติที่สามารถจับต้องได้ ตัวอย่างเช่น สื่อสามมิติที่ทำให้เห็นรูปร่างรูปทรงชัดเจน (S-30) จะเห็นได้ว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจแบบจำลองว่าเป็นวัตถุ (Objects) ที่มีลักษณะคล้ายชิ้นงานหรือสื่อการเรียนรู้ที่เลียนแบบ (Replication) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือสิ่งที่มีอยู่จริงในปรากฏการณ์ธรรมชาติจำลองออกมาให้มีขนาดเล็กลง เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจและเห็นภาพชัดเจนมากขึ้น จากกลุ่มคำตอบที่พบส่วนใหญ่ข้างต้น สอดคล้องกับการสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับการนำแบบจำลองมาใช้ในชั้นเรียนรายวิชาเคมี ซึ่งพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 98) เข้าใจว่าแบบจำลองที่นำมาใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีเป็นสื่อการเรียนรู้ชนิดหนึ่งที่ครูใช้ประกอบการอธิบายแนวคิดทางเคมี เพื่อให้เกิดผู้เรียนเกิดความเข้าใจเห็นภาพแนวคิดทางเคมีในเชิงรูปธรรมมากกว่าเป็นแบบจำลองที่ตัวผู้เรียนสร้างขึ้น โดยเหตุผลของผู้เรียนมุ่งสะท้อนข้อดีของแบบจำลองในลักษณะของสื่อการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น แบบจำลองเป็นสื่อการสอนที่ชัดเจนจับต้องได้แบบสามมิติ (S-45) หรือเห็นทุกอย่างเป็นรูปธรรม มากขึ้น เช่น รูปร่างและพื้นผิวของโมเลกุล (S-44)

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่า มีบางกลุ่มคำตอบในตารางที่ 2 ที่แสดงความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในระดับที่ 2 ซึ่งเกี่ยวกับการเป็นตัวแทนของแบบจำลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 4 (ร้อยละ 12) ผู้เรียนสามารถระบุความหมาย รวมถึงยกตัวอย่างได้ใกล้เคียงกับความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ตัวอย่างเช่น S-42 แสดงดังภาพที่ 2 ที่เข้าใจว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนบางอย่างที่เกิดจากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ กลุ่มคำตอบที่ 5 (ร้อยละ 8) แบบจำลองเป็นตัวแทนที่บ่งชี้คุณสมบัติของปรากฏการณ์ และกลุ่มที่ 6 (ร้อยละ 6)

แบบจำลองเป็นตัวแทนของความคิดบางอย่างของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น แบบจำลองเป็นสิ่งที่จำลองให้คนอื่น ๆ เห็น ภาพความคิดในหัวของตนเอง (S-50)

- ภาพในจินตนาการไม่ใช่สิ่งจริง ภาพในจินตนาการเสร็จแล้ว สิ่งที่เราวาดคือ
มันจึงยากที่จะเป็นแบบจำลอง เช่น ภาพจำลองของของจริงที่คนคิดขึ้นมาได้
สิ่งนี้ไม่ใช่ภาพที่คิดแล้ว แล้วทำให้เป็นภาพอื่นอีกต่อไป ถ้าหากเราเห็นในจินตนาการแล้ว
จึงเห็นภาพจริง

ตัวอย่างคำตอบของ S-42

ภาพที่ 2 คำตอบธรรมชาติของแบบจำลองที่อยู่ในระดับที่ 2

ข้อค้นพบที่ 2 ผู้เรียนไม่เข้าใจว่า สมการทางคณิตศาสตร์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และการแสดงเวกเตอร์ของแรง เป็นแบบจำลองทฤษฎี ซึ่งจัดเป็นประเภทหนึ่งของแบบจำลอง

ผลวิจัยประเภทของแบบจำลองทำให้ทราบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจประเภทของแบบจำลองว่า สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นแบบจำลองต้องอยู่ในลักษณะของสิ่งของเชิงรูปธรรมที่เป็นรูปทรง โดยแสดงลักษณะกายภาพของวัตถุ หรือเป็นการย่อส่วนของสิ่งบางสิ่งให้มีขนาดเล็กลง ตัวอย่างเช่น โมเดลโครงสร้างดีเอ็นเอ (ร้อยละ 98) โครงสร้างอะตอมของทอมสัน (ร้อยละ 92) สอดคล้องกับเหตุผลของผู้เรียนส่วนใหญ่ที่ระบุว่า แบบจำลองเป็นการจำลองสิ่งบางสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าออกมาเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบจุดสังเกตที่น่าสนใจเกี่ยวกับประเภทของแบบจำลอง กล่าวคือ ผู้เรียนไม่สามารถจัดจำแนกตัวอย่างของแบบจำลองทฤษฎี ได้แก่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล สมการทางคณิตศาสตร์ และการแสดงเวกเตอร์ของแรง ว่าเป็นแบบจำลองประเภทหนึ่ง จากการสัมภาษณ์ผู้เรียนเพิ่มเติมทำให้ทราบว่า สาเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนมีมุมมองเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง โดยเข้าใจว่า แบบจำลองมีเป้าหมายเพื่อแสดงหรือนำเสนอแบบจำลองออกมาเป็นภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจจากมุมมองดังกล่าวจึงทำให้ผู้เรียนไม่สามารถจำแนกประเภทของแบบจำลองดังกล่าวได้ ดังตัวอย่าง

“สำหรับสมการคณิตศาสตร์ หนูคิดว่ามันไม่ได้จำลองมาจากอะไรเลย เหมือนกับว่ามันถูกคิดค้นมาเพื่อเป็นแบบนั้นเลย เหมือนแบบสรุปมาแล้ว ส่วนโมเลกุลหนูคิดว่ามันเป็นสิ่งที่จับต้องไม่ได้ มองไม่เห็นประมาณนั้นค่ะ แล้วมันเขียนคำว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล หนูคิดว่ามันไม่ได้แสดงในรูปแบบภาพ 2D หรือ 3D ค่ะ” (คำตอบของ S-2)

“หนูแค่รู้สึกว่ามันไม่ใช่สิ่งที่หนูไม่ได้เลือก หนูยังไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปภาพชัดๆ หรือเห็นแล้วสามารถเข้าใจได้เลย อย่างเช่นถ้าเป็นภาพวาด หนูยังเห็นเป็นรูปว่าคืออะไร โมเดลก็เห็นเป็นโครงสร้าง แต่สมการ แรงยึดเหนี่ยว แผนภูมิ เวกเตอร์ หนูยังไม่ภาพจำลองไม่ค่อยออก” (คำตอบของ S-27)

ข้อค้นพบที่ 3 ผู้เรียนเข้าใจว่าแบบจำลองไม่ใช่ของจริงแต่สามารถปรับเปลี่ยน มีได้หลากหลายรูปแบบ

ผลวิจัยความซับซ้อนและข้อจำกัดของแบบจำลองทำให้ทราบว่า ผู้เรียน (ร้อยละ 90) เข้าใจว่าแบบจำลองไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่าวัตถุจริงทุกประการ โดยเหตุผลของผู้เรียนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ผู้สร้างแบบจำลองสามารถกำหนดขนาดแบบจำลองได้เอง หรือแบบจำลองเป็นการย่อขนาดของสิ่งที่มีอยู่จริงเพื่อเป็นตัวอย่างให้เข้าใจง่ายขึ้น รวมถึงแบบจำลองดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขได้ โดยผู้เรียน (ร้อยละ 82) เข้าใจว่าแบบจำลองสามารถแก้ไขได้ เมื่อมีทฤษฎีหรือข้อความรู้ใหม่ ๆ มาลบล้างแบบจำลองเดิม หรือบางแบบจำลองซึ่งมาจากการทดลอง ผลการทดลองดังกล่าวอาจไม่เป็นจริงเสมอไป แต่สามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อมีหลักฐานใหม่ หรือเกิดการปรับเปลี่ยนตามการเปลี่ยนแปลงของวัตถุจริงที่เลียนแบบ นอกจากนี้ผู้เรียนเข้าใจว่าแบบจำลองสามารถมีได้หลากหลายรูปแบบ โดยเหตุผลของผู้เรียน (ร้อยละ 58) ให้เหตุผลไปในทิศทางเดียวกันว่าแบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงได้ในกรณีที่ผู้คิดค้นขึ้นมาใหม่ หรือมีการเหตุผลสนับสนุน หรือมีการถกเถียงเพิ่มเติม เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา รวมถึงผู้เรียน (ร้อยละ 92) เข้าใจว่าแบบจำลองเกิดขึ้นมาจากความคิดหรือจินตนาการของมนุษย์ผสมผสานกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียน (ร้อยละ 92) ให้เหตุผลไปในทิศทางเดียวกันว่าแบบจำลองบางอย่างเป็นการอธิบายทฤษฎี ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวไม่มีอยู่จริงจำเป็นต้องอาศัย

การจินตนาการของผู้สร้างเพื่อใช้เลียนแบบวัตถุ หรือหลักฐานต่าง ๆ จะเห็นได้ว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจความซับซ้อนของแบบจำลองได้สอดคล้องกับธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในบางประเด็น โดยเข้าใจว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งที่จริงแท้

ประเด็นที่ 2 วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

ข้อค้นพบที่ 4 ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าเป้าหมายของแบบจำลองคือ การสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดความชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย

ผลวิจัยวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กลุ่มคำตอบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

กลุ่มที่	คำอธิบาย	ร้อยละ
1	เป้าหมายสำหรับสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย	64
2	เป้าหมายสำหรับเป็นมรดกให้คนรุ่นหลังได้ศึกษาต่อ	12
3	เป้าหมายสำหรับใช้สร้างและประกอบทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	10
4	เป้าหมายสำหรับแสดงขั้นตอน องค์ประกอบ รวมถึงหน้าที่ของระบบ	8
5	เป้าหมายสำหรับเป็นตัวแทนของความคิด วัตถุ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์	6

จากตารางที่ 3 ทำให้ทราบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจวัตถุประสงค์ของแบบจำลองอยู่ในระดับที่ 1 โดยกลุ่มคำตอบที่ 1 (ร้อยละ 64) ผู้เรียนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่มองไม่เห็นให้ชัดเจนและเข้าใจง่าย ตัวอย่างเช่น แบบจำลองดีเอ็นเอเป็นการแสดงลักษณะของสารพันธุกรรมออกมาให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (S-41) หรือ แบบจำลองอะตอมที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายอะตอมให้เห็นภาพ (S-17) กลุ่มคำตอบที่ 2 (ร้อยละ 12) ผู้เรียนเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อเป็นมรดกให้คนรุ่นหลังได้ศึกษาต่อ ตัวอย่างเช่น แบบจำลองดอลตันสร้างเพื่อให้คนรุ่นหลังเข้าใจกระบวนการ และกลไกของทฤษฎีอะตอม (S-11) จะเห็นได้ว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจวัตถุประสงค์ของแบบจำลองคือ การบรรยายปรากฏการณ์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจ และเห็นภาพ หรือเป็นต้นแบบในการสื่อสารแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์เท่านั้น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากกลุ่มคำตอบอื่น ๆ ทำให้ทราบว่า บางกลุ่มคำตอบสามารถแสดงความเข้าใจวัตถุประสงค์ของแบบจำลองอยู่ในระดับที่ 2 ซึ่งผู้เรียนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยกลุ่มคำตอบที่ 3 (ร้อยละ 10) ผู้เรียนเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อใช้สร้างและประกอบการศึกษาทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อเป็นทฤษฎีสำหรับหาความจริงเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ บนโลกใบนี้ (S-45) หรือสร้างขึ้นเพื่อทดสอบและหาที่มาของปรากฏการณ์ ดังตัวอย่างคำตอบของ S-48 แสดงในภาพที่ 3

นักเรียนคิดว่าทำไมนักวิทยาศาสตร์จึงสร้างแบบจำลองขึ้น อธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพ
เพื่อให้เห็นภาพง่ายต่อการทดลอง/คำนวณ เช่น แบบจำลองโครงสร้าง
อะตอม สร้างขึ้นเพื่อเข้าใจทดลอง/หาข้อมูลว่าอะตอมคืออะไรมาจากไหน
ตัวอย่างคำตอบของ S-48

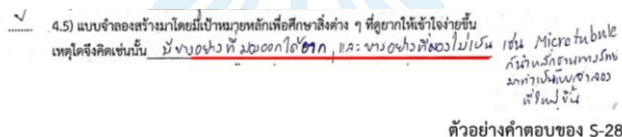
ภาพที่ 3 คำตอบวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่อยู่ในระดับที่ 2

นอกจากนี้กลุ่มคำตอบที่ 4 (ร้อยละ 8) ผู้เรียนเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อแสดงขั้นตอน องค์ประกอบ รวมถึงหน้าที่ของระบบ หรือกลุ่มที่ 5 (ร้อยละ 6) เพื่อเป็นตัวแทนของความคิด วัตถุ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ ตัวอย่างเช่น แบบจำลองระบบสุริยะสร้างขึ้นเพื่อแสดงองค์ประกอบของระบบสุริยะเนื่องจากตลอดชีวิตของนักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งไม่สามารถขึ้นไปบนอวกาศเพื่อไปศึกษาดาวทุกดวงได้ จึงสร้าง

แบบจำลองระบบสุริยะออกมา (S-25) หรือแบบจำลองอะตอมของดอลตันสร้างจากความเป็นนามธรรมที่มาจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์ เช่น อะตอมต้องมีลักษณะเป็นทรงกลม (S-44)

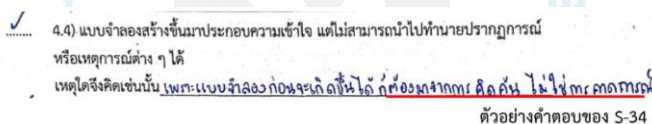
ข้อค้นพบที่ 5 ผู้เรียนเข้าใจว่าแบบจำลองสร้างขึ้นเพื่ออธิบายและศึกษาสิ่งที่ยากต่อความเข้าใจให้เข้าใจง่ายขึ้น แต่ไม่สามารถนำไปใช้ทำนายปรากฏการณ์ได้

ผลวิจัยการพิจารณาวัตถุประสงค์ของแบบจำลองทำให้ทราบว่า ผู้เรียนทุกคน (ร้อยละ 100) มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบจำลองในบางประการ โดยผู้เรียนเข้าใจว่าแบบจำลองสร้างขึ้นเพื่อศึกษาสิ่งต่าง ๆ ที่ดูยากให้เข้าใจง่ายขึ้นเท่านั้น ซึ่งเหตุผลไปในทิศทางเดียวกันว่า แบบจำลองสร้างขึ้นเพื่อให้เข้าใจวัตถุจริง รวมถึงทำให้เห็นภาพและเข้าใจมากขึ้น ดังตัวอย่างคำตอบของ S-28 แสดงในภาพที่ 4 ผลวิจัยข้างต้นสอดคล้องการสอบถามความเห็นเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนตลอดการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาทำให้ทราบความเชื่อมโยงกับผลการวิจัยข้างต้น กล่าวคือ ผู้เรียน (ร้อยละ 64) เข้าใจว่าเมื่อครูมอบหมายงานให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลอง แบบจำลองที่ครูให้สร้างขึ้นนี้มีลักษณะเป็นชิ้นงานประดิษฐ์ที่มีเป้าหมายการสร้าง เพื่อให้ตนเอง (ผู้เรียน) ทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น



ภาพที่ 4 คำตอบที่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อคำถามเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบจำลองในการทำนายปรากฏการณ์ของแบบจำลอง พบว่า ผู้เรียน (ร้อยละ 68) มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า แบบจำลองสร้างขึ้นมาเพื่อประกอบความเข้าใจ แต่ไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ได้ โดยเหตุผลของผู้เรียนเป็นไปในทิศทางเดียวกันกล่าวคือ แบบจำลองเป็นสิ่งที่ไม่มีอยู่จริง ดังนั้นเป้าหมายจึงเป็นแค่การจำลองปรากฏการณ์ หรือสิ่งบางสิ่งขึ้นมา แต่ไม่สามารถทำนายต่อไปได้ รวมถึงแบบจำลองมีเป้าหมายเพื่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เท่านั้นแต่ไม่ได้มีไว้ทำนายปรากฏการณ์ ดังตัวอย่างคำตอบของ S-34 แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 คำตอบที่แสดงความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

มุมมองด้านที่ 2 ความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ข้อค้นพบที่ 6 ผู้เรียนเข้าใจว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์เหมือนกับขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอนทุกประการ รวมถึงกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ผ่านมาของผู้เรียนเป็นกระบวนการออกแบบชิ้นงานประดิษฐ์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ผลวิจัยความเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 4

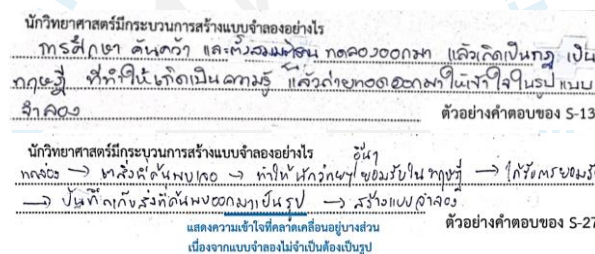
ตารางที่ 4 กลุ่มคำตอบเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่	คำอธิบาย	ร้อยละ
1	กระบวนการที่เหมือนกับขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน	42
2	กระบวนการที่อาศัยการคิดและจินตนาการ	18
3	กระบวนการที่เริ่มต้นจากการศึกษาสิ่งที่มีอยู่จริงจากนั้นปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น	16

4	กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเพื่อสร้างแบบจำลอง	14
5	กระบวนการที่คล้ายคลึงกับกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์	6
6	กระบวนการสร้างที่เริ่มต้นจากการกำหนดนิยามบางอย่างขึ้นจากนั้นจึงดำเนินการสร้าง	2

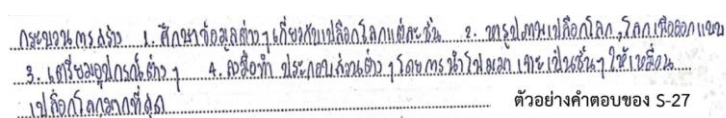
จากตารางที่ 4 ทำให้ทราบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับที่ 1 โดยกลุ่มคำตอบที่ 1 (ร้อยละ 42) เข้าใจว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์เหมือนกับขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย 1) การสังเกตและการระบุปัญหา 2) การตั้งสมมติฐาน 3) การทดสอบสมมติฐาน 4) การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล และ 5) การสรุปผลการทดลอง อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่า ผู้เรียนไม่สามารถอธิบาย หรือให้เหตุผลที่แสดงให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการสร้างแบบจำลองได้ นอกจากนี้ในกลุ่มคำตอบอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น กลุ่มที่ 2 (ร้อยละ 18) ผู้เรียนเข้าใจว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องอาศัยการจินตนาการ ตัวอย่างเช่น นักวิทยาศาสตร์ดึงความคิดและจินตนาการของตนเองร่วมกับดึงความรู้เพื่อสร้างแบบจำลอง (S-23) อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนไม่สามารถอธิบายและระบุเหตุผลในการอาศัยจินตนาการดังกล่าวเชื่อมโยงกับการสร้างแบบจำลองได้ เช่นเดียวกับกลุ่มคำตอบที่ 4 (ร้อยละ 14) ผู้เรียนเข้าใจว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองเป็นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเพื่อสร้างแบบจำลอง ตัวอย่างเช่น นักวิทยาศาสตร์เก็บข้อมูลจากหลักฐานที่มีจากนั้นนำหลักฐานมาเรียบเรียงแล้วสร้างเป็นแบบจำลอง (S-5) แต่ผู้เรียนไม่สามารถให้อธิบายหรือเหตุผลเพิ่มเติมเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการดังกล่าว

อย่างไรก็ตามมีบางกลุ่มคำตอบที่แสดงความเข้าใจอยู่ในระดับที่ 2 โดยผู้เรียนสามารถอธิบายและระบุลักษณะของกระบวนการสร้างแบบจำลองได้สอดคล้องกับกระบวนการของนักวิทยาศาสตร์ได้แก่ กลุ่มคำตอบที่ 5 (ร้อยละ 6) ผู้เรียนเข้าใจและสามารถอธิบายลักษณะของกระบวนการสร้างแบบจำลองว่า กระบวนการสร้างแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์จากสืบเสาะหาความรู้ผ่านการทดลอง เพื่อสรุปผลออกมาเป็นกฎและทฤษฎี รวมถึงการอาศัยการยอมรับแบบจำลองจากประชาคมนักวิทยาศาสตร์สากล ดังแสดงตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 คำตอบความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับที่ 2

อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยข้างต้น เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลองในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาพบว่า กระบวนการที่ผู้เรียนทุกคนใช้สร้างแบบจำลองไม่ใช่กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงไม่ใช่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน แต่กระบวนการดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับกระบวนการสร้างชิ้นงานประดิษฐ์ ได้แก่ การวางแผน การเก็บรวบรวมข้อมูล การลงมือปฏิบัติ และการนำเสนอผลงานดังตัวอย่างคำตอบของ S-27 ที่อธิบายกระบวนการสร้างแบบจำลองเปลือกโลกในรายวิชาโลกและดาราศาสตร์แสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 คำตอบกระบวนการสร้างแบบจำลองของผู้เรียน

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทำให้ทราบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 1 (ระดับเริ่มต้น) ทุกมุมมอง สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ผู้เรียนขาดความเข้าใจแนวคิดเชิงญาณวิทยาของแบบจำลองซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์กับธรรมชาติ ภูมิหลัง รวมถึงเหตุผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับแบบจำลอง (Soulios & Psillos, 2016) สาเหตุเนื่องมาจาก ผู้เรียนมีมุมมองเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นไปที่วัตถุประสงคในการทำความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Concepts) เป็นหลัก อย่างไรก็ตามผลการวิจัยนี้ช่วยให้ทราบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับภูมิความรู้การสร้างแบบจำลอง โดยมุมมองด้านความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วยธรรมชาติและวัตถุประสงคของแบบจำลอง ผู้เรียนเข้าใจว่าแบบจำลองเป็นชิ้นงานประดิษฐ์ หรือเป็นสื่อการเรียนรู้ที่เลียนแบบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยมีเป้าหมายเพื่อนำเสนอแนวคิดให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ สำหรับมุมมองด้านความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองแสดงให้เห็นความไม่เชื่อมโยงระหว่างความเข้าใจและการปฏิบัติของผู้เรียนตลอดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา กล่าวคือ ผู้เรียนเข้าใจว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองคือขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน แต่ในทางปฏิบัติผู้เรียนกลับสร้างแบบจำลองในเชิงกระบวนการสร้างชิ้นงานประดิษฐ์ จากข้อค้นพบข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า ผู้เรียนมีมุมมองความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติทางแบบจำลองแยกออกจากกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ที่ผ่านมาผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนไม่สอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ถึงแม้ว่าผู้เรียนอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นระดับขั้นสุดท้ายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยในความเป็นจริงผู้เรียนน่าจะมีความเข้าใจในระดับที่สูงกว่านี้ ข้อค้นพบดังกล่าวแตกต่างกับผลการวิจัยต่างประเทศที่ศึกษาความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Gogolin & Krüger (2018) ศึกษาความเข้าใจด้านความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลองของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 ซึ่งพบว่า เมื่อผู้เรียนศึกษาอยู่ในระดับชั้นสูงขึ้น (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) มีพัฒนาการของความเข้าใจด้านความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลองในประเด็นธรรมชาติของแบบจำลองและวัตถุประสงคของแบบจำลองอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ (ระดับที่ 3) ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระดับขั้นที่ต่ำกว่า (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5) เนื่องจากหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้ปลูกฝังและสอดแทรกแนวคิดญาณวิทยาของแบบจำลองลงไปแต่ละระดับขั้นทีละน้อย ผลการวิจัยข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า การที่ผู้เรียนจะสามารถพัฒนาความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองไปสู่ระดับเชี่ยวชาญ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจำเป็นต้องสอดแทรกแนวคิดดังกล่าวลงไปในการเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) ให้กับผู้เรียนในแต่ละระดับขั้น แนวคิดดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ไม่เป็นเพียงแค่แนวคิดจากแบบจำลองแต่ยังรวมไปถึงการพัฒนาความเข้าใจภูมิหลังที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Schwarz & White, 2005) รวมถึงแนวคิดดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเกิดญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ (Epistemologies of Science) เกี่ยวกับแบบจำลอง ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการปฏิบัติทางแบบจำลองเพื่อไปสู่เป้าหมายการมีสมรรถนะการสร้างแบบจำลอง (Krell, 2019; zu Belzen, van Driel, & Krüger, 2019)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณามุมมองทั้ง 2 ด้านทำให้ทราบว่า มุมมองด้านความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนมีจำนวนร้อยละในระดับที่ 1 สูงกว่ามุมมองด้านความเข้าใจความรู้ในการได้มาซึ่งแบบจำลอง ประเด็นดังกล่าวจัดเป็นประเด็นที่น่าสนใจอย่างมาก เนื่องจากงานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองในประเทศ

ไทยช่วงเวลาที่ผ่านมามีเริ่มให้ความสำคัญและศึกษาแนวคิดการปฏิบัติทางแบบจำลอง อย่างไรก็ตามผลวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่า ผู้เรียนยังขาดความเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับการปฏิบัติของนักวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยคาดว่า สาเหตุดังกล่าวอาจส่งผลต่อการพัฒนาการการปฏิบัติทางแบบจำลองที่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร รวมถึงจากการศึกษาของงานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง พบว่างานวิจัยที่ศึกษาการปฏิบัติทางแบบจำลองมุ่งเน้นการประเมินตามขั้นตอนการสร้าง การประเมิน การดัดแปลงแก้ไข เป็นหลัก ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของจารุภา กิจเจริญปัญญา และพรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ (2563) อย่างไรก็ตามงานวิจัยเหล่านี้ยังไม่ได้ศึกษาประเด็นด้านความเข้าใจญาณวิทยาในมุมมองนี้เท่าที่ควร แตกต่างจากมุมมองด้านความรู้ในการรู้คิดที่งานวิจัยประเทศไทยและต่างประเทศมีการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติและวัตถุประสงค์ของแบบจำลองจำนวนมากว่า ดังนั้นการให้ความสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจด้านความรู้ในการรู้คิดของกระบวนการสร้างแบบจำลองจึงเป็นอีกประเด็นที่ควรให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากแนวคิดดังกล่าวเป็นกระบวนการของผู้สร้างแบบจำลองสำหรับการลงมือและปฏิบัติ (Process of Modeler) ซึ่งมีความสำคัญในการส่งเสริมให้ผู้เรียนทราบการทำงานและการเรียนรู้ของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติที่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ (Constantinou et al., 2019) ผลการวิจัยในงานวิจัยนี้ทำให้ทราบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองเป็นขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน ซึ่งชี้ให้เห็นว่า เมื่อกล่าวถึงกระบวนการอะไรก็ตามที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนมักมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนกล่าวคือ นักวิทยาศาสตร์มีการปฏิบัติผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (scientific process) เท่านั้น อย่างไรก็ตามกระบวนการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องอาศัยจินตนาการ รวมถึงเกิดการปฏิบัติที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสร้าง การประเมิน และการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองในลักษณะพลวัต ซึ่งเป็นลักษณะของวิวัฒนาการและการแข่งขันของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งแบบจำลองสามารถตอบสนองมิติฐานของปรากฏการณ์ในมิติต่าง ๆ ได้อย่างสมบูรณ์ (Rea-Ramirez et al., 2008; zu Belzen et al., 2019)

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรศึกษาความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของผู้รับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ครู) และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย เนื่องจากงานวิจัยต่างประเทศ ตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Justi & Gilbert (2003) พบว่า ครูส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองเพียงระดับเบื้องต้นเท่านั้น ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าความเข้าใจของครูและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องช่วยทำให้ทราบมุมมองและปัญหาที่เกิดขึ้น รวมถึงทำให้กลุ่มคนเหล่านี้เข้าใจแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองตามที่ควรจะเป็นในวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ นำไปสู่การปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ และพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์
- 2) เนื่องจากผู้เรียนมีความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ 1 ฉะนั้นในอนาคตควรมีการศึกษาวิจัยเชิงการพัฒนาความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ครูควรสอดแทรกแนวคิดนี้ลงไปอย่างจริงจัง ร่วมกับการให้ผู้เรียนสะท้อนคิดขณะทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความตระหนักเชิงญาณวิทยาของแบบจำลอง รวมถึงพัฒนาความเข้าใจภูมิความรู้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Gogolin & Krüger (2018) พบว่าการที่ครูให้ผู้เรียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับแบบจำลองจากกิจกรรมที่ผู้เรียนได้รับมอบหมายทำให้ผู้เรียนมีระดับความเข้าใจด้านการได้มาซึ่งความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองอยู่ในระดับที่ 3 ได้

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- จารุภา กิจเจริญปัญญา และพรเทพ จันทราอุกฤษฏ์. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยรูปแบบการเรียนการสอนทำนายแลกเปลี่ยนความคิดสังเกต อธิบาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 15(2), 1-12.
- ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราชี. (2561). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเรื่อง การระเหยที่มีต่อกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, 1(1), 86-96.
- ศศิมน ศรีกุลวงศ์ และลลภาภ ลดาชาติ. (2564). การใช้แบบจำลองและการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 5(1), 12-27.
- อนุพงศ์ ไพรศรี, ชาตรี ฝ่ายคำตา, เอกรัตน์ ทานาค, พงศประพันธ์ พงษ์โสภณ, และเอกภูมิ จันทราชันตี. (2565). การสร้างและใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 24(1), 349-358.
- Clement, J. (2017). Four levels of scientific modeling practices in expert learning. *National Association for Research in Science Teaching (NARST), San Antonio, TX*.
- Constantinou, C. P., Nicolaou, C. T., & Papaevripidou, M. (2019). A framework for modeling-based learning, teaching, and assessment. In *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (pp. 39-58). Springer, Cham.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2017). *The sage handbook of qualitative research 5th edition*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Springer, Cham.
- Gogolin, S., & Krüger, D. (2018). Students' understanding of the nature and purpose of models. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1313-1338.
- Krell, M. (2019). Assessment of meta-modeling knowledge: learning from triadic concepts of models in the philosophy of science. *Science Education Review Letters*, 2019, 1-7.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction*, 23(2), 165-205.
- Soulis, I., & Psillos, D. (2016). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding through a model-based inquiry process. *International Journal of Science Education*, 38(7), 1212-1233.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of science education*, 25(11), 1369-1386.
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In *Model based learning and instruction in science* (pp. 23-43). Springer, Dordrecht.
- zu Belzen, A. U., van Driel, J., & Krüger, D. (2019). Introducing a framework for modeling competence. In *Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (pp. 3-19). Springer, Cham.

