การตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

Fifth Grade Students' Questioning about Science

ลฎาภา ลดาชาติ[1], ลือชา ลดาชาติ[2]

Ladapa Ladachart[1], Luecha Ladachart[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตั้งคำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 23 คน โดยผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนเขียนคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองกำลังเรียนรู้ และวิเคราะห์คำถามเหล่านั้นโดยการจัดกลุ่มด้วยวิธีการแบบอุปนัยตามรูปแบบของคำถาม ผลการวิจัยเปิดเผยว่า นักเรียนเหล่านี้ตั้งคำถามได้ 388 ข้อ (ค่าเฉลี่ยประมาณ 16.87 ข้อ/คน) อย่างไรก็ตาม คำถามมีเพียงร้อยละ 18.30 เท่านั้นที่จะนำไปสู่การศึกษาทางวิทยาศาสตร์โดยตรง ซึ่งประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับการสำรวจ คำถามเกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐาน และคำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ ในขณะที่คำถามส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 71.65 เป็นคำถามที่ไม่นำไปสู่การศึกษาทางวิทยาศาสตร์โดยตรง ซึ่งประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำถามเกี่ยวกับคำอธิบาย คำถามเกี่ยวกับจินตนาการคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาคำถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษและคำถามเกี่ยวกับปรัชญา ถึงกระนั้นก็ตาม คำถามบางประเภทมีศักยภาพที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ ส่วนคำถามที่เหลืออีกประมาณร้อยละ10.05 เป็นคำถามที่คลุมเครือหรือไม่ชัดเจน ผลการวิจัยนี้สะท้อนถึงความจำเป็นในการส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : การตั้งคำถามของนักเรียน; คำถามทางวิทยาศาสตร์; การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

Abstract

This research aimed at studying twenty three fifth grade students' questioning. The researchers asked each student to write down their questions about scientific content that they were learning, and categorized those questions using an inductive method according to question patterns. The research results revealed that the students generated 388 questions (the average about 16.87 questions/each). However, there were about 18.30% of those questions were directly leading to scientific study which include exploratory questions, hypothesis-testing questions, and comparative questions. Most questions about 71.65%were those not directly lead to scientific study, which include factual questions, explanatory questions, design-making questions, pros-cons

---

[1] ครู, โรงเรียนอนุบาลลำพูน, สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ลำพูนเขต 1, ladapa23@gmail.com

[2] นักวิชาการศึกษา, สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, ladachart@gmail.com

questions, and philosophical questions. Nevertheless, some types of those questions had potential to be changed to be scientific questions. The remaining questions about 10.05% were vague or unclear questions. The research results reflected necessities to facilitate the students to develop their ability to generate scientific questions.

Keywords: student questioning; scientific question; scientific inquiry

บทนำ

"การรู้วิทยาศาสตร์" (Scientific Literacy) เป็นเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทย (Yuenyong and Narjaikaew, 2009) ทั้งนี้เพราะการรู้วิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับพลเมืองทุกคนในการดำรงชีวิตในโลกยุคปัจจุบันที่เต็มไปด้วยอิทธิพลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ พลเมืองจำเป็นต้องมีทั้งความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจข้อจำกัดของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2013) ด้วยเหตุนี้ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 จึงได้ระบุไว้ว่า "(ผู้เรียน) ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์" (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553: 1)

แม้คำว่า "การรู้วิทยาศาสตร์" อาจมีความหมายและองค์ประกอบที่แตกต่างกันไปในแต่ละบริบท (DeBoer, 2000) แต่โดยรวมแล้ว การรู้วิทยาศาสตร์หมายถึงความสามารถของบุคคลในการทำความเข้าใจและมีส่วนร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในชีวิตประจำวันได้อย่างมีความหมาย (Fives et al., 2014: 550) การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำ "การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์" (Scientific Inquiry) เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่จะพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553; Abd-El-Khalick et al., 2004) ทั้งนี้เพราะวิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการ ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างสิ้นเชิง (จีระวรรณเกษสิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า, 2554) นักเรียนจึงควรได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ "ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ" (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553: 1) ดังเช่นที่นักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (DeBoer, 2000) ด้วยเหตุนี้ นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวนมากจึงทุ่มเทเพื่อพัฒนาและส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557; Anderson, 2002; Minner et al., 2010)

อย่างไรก็ดี การสำรวจการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในหลายพื้นที่เปิดเผยว่าการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ยังไม่เกิดขึ้นแพร่หลายมากนักในโรงเรียนทั่วไป ครูจำนวนไม่น้อยยังคงใช้วิธีสอนโดยการบรรยายเป็นหลัก (ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์, และคณะ, 2551; ลือชา ลดาชาติ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2551; ขวัญหญิง ทิพแก้ว และ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2555) ในขณะที่ครูอีกส่วนหนึ่งแม้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติจริงไม่ว่าจะเป็นการสังเกต การทดลอง และการสำรวจ แต่กิจกรรมเหล่านั้นเป็นเพียงการทำตามขั้นตอนที่ได้มีการกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า

แล้ว (จีระวรรณเกษสิงห์ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2553; พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2552) ซึ่งอาจยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ ดังที่ปรากฏในผลการประเมินนักเรียนในระดับนานาชาติ (PISA) ทุกครั้งที่ผ่านมา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2556) ด้วยการจัดการเรียนการสอนเช่นนี้นักเรียนไทยจึงยังขาดโอกาสในการฝึกคิด ลงมือปฏิบัติ และอภิปราย เฉกเช่นที่นักวิทยาศาสตร์ทำในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เนื่องจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Lederman et al., 2014) การจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ก็ควรเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์เช่นกัน โดยคำถามทางวิทยาศาสตร์จะเป็นสิ่งที่ขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งนักเรียนได้คำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์นั้น (Krajcik et al., 2008) อย่างไรก็ดี บางกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อาจไม่ได้เริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ แต่เริ่มต้นด้วยการสาธิต การเล่านิทาน การร้องเพลง และการพูดคุย เป็นต้น ในขณะที่บางกิจกรรมการเรียนรู้แม้เริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2557) แต่คำถามทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นไม่ได้มาจากนักเรียนโดยตรง (ณรงค์ศักดิ์ สังข์ศรี และคณะ, 2555) ดังนั้น นักเรียนจึงแทบไม่ได้รับโอกาสในการฝึกตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งฝึกปรับข้อสงสัยที่คลุมเครือของตนเองให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์

เนื่องจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงเริ่มต้นด้วยการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Marbach-Ad and Sokolove, 2000) ดังนั้น ตราบใดที่นักเรียนยังไม่สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ การเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงก็คงไม่อาจเกิดขึ้นได้และที่ซ้ำร้ายไปกว่านั้นคือว่า ตราบใดที่นักเรียนยังไม่สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ มันคงเป็นเรื่องยากที่นักเรียนเหล่านั้นจะกลายเป็นนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต ดังคำกล่าวของอิซิโดร์ ไอแซก ราบี (Isidor I. Rabi) ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี ค.ศ. 1944 ที่ว่า

“แม่ช่วยให้ผมเป็นนักวิทยาศาสตร์โดยไม่ได้ตั้งใจ แม่ชาวยิวทุกคนในเมืองบรูกลินจะถามลูกของตัวเองเมื่อกลับจากโรงเรียนว่า ‘วันนี้หนูได้เรียนรู้อะไรบ้าง’ แต่นั่นไม่ใช่แม่ของผม เธอถามผมอยู่เสมอว่า ‘อิซิ, วันนี้หนูได้ตั้งคำถามดีๆ หรือเปล่า’ ความแตกต่างนี้เองที่ทำให้ผมกลายเป็นนักวิทยาศาสตร์” (The New York Time, 1988)

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ ผู้วิจัยตระหนักว่า การพัฒนาความสามารถด้านนี้ควรเริ่มต้นตั้งแต่ในระดับประถมศึกษา ทั้งนี้เพราะผู้เรียนในระดับชั้นนี้มีความสงสัยมากมายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติรอบตัว หากนักเรียนชั้นประถมศึกษาสามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้แล้ว มันจะเป็นไปได้มากขึ้นที่นักเรียนเหล่านี้จะพยายามหาคำตอบของคำถามเหล่านั้นด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความพยายามที่มีความหมายกับนักเรียนผู้เป็นเจ้าของคำถาม นอกจากนี้ เนื่องจากงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยยังคงมีน้อย ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตั้งคำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ทั้งนี้เพื่อกำหนดแนวทางในการพัฒนาความสามารถของนักเรียนด้านนี้ และเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

การวิจัยเกี่ยวกับการตั้งคำถามของนักเรียน

เนื่องจากงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ยังคงมีน้อยในประเทศไทย การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการตั้งคำถามของนักเรียนในต่างประเทศจะช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์และทิศทางของการวิจัยด้านนี้มากขึ้น โดย Chin and Osborne (2008) ได้ทบทวนงานวิจัยและสรุปประโยชน์ของคำถามของนักเรียนออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1. คำถามของนักเรียนมีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนเอง

เมื่อนักเรียนเกิดคำถามใดๆ คำถามนั้นสามารถกำหนดทิศทางการเรียนรู้ของนักเรียนได้ (Chin and Brown, 2002) กล่าวคือ คำถามของนักเรียนช่วยให้นักเรียนตระหนักว่า ตนเองยังไม่รู้หรือไม่เข้าใจเรื่องอะไรบ้าง และตนเองต้องการเรียนรู้เรื่องอะไรเพิ่มเติมบ้าง ในกรณีที่นักเรียนตั้งคำถามนั้นกับผู้อื่น คำถามนั้นช่วยให้นักเรียนอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเพื่อหาคำตอบของคำถามนั้นร่วมกับผู้อื่นกระบวนการนี้ยังช่วยกระตุ้นความสนใจและคงความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนในการเรียนรู้เรื่องต่างๆ อีกด้วย

2. คำถามของนักเรียนเป็นประโยชน์ต่อครูในการจัดการเรียนการสอน

เมื่อนักเรียนเกิดคำถามใดๆ และตั้งคำถามนั้นกับครู ครูจะได้ประโยชน์จากคำถามของนักเรียนในแง่ที่ว่า ครูสามารถวิเคราะห์ได้ว่านักเรียนเข้าใจสิ่งที่ตนเองสอนหรือไม่และอย่างไร ซึ่งจะช่วยให้ครูทบทวนและประเมินประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนของตนเอง นอกจากนี้ ครูยังสามารถประเมินได้ด้วยว่า กระบวนการคิดของนักเรียนแต่ละคนมีความซับซ้อนมากน้อยเพียงใด โดยการพิจารณาจากลักษณะคำถามของนักเรียนแต่ละคน ทั้งนี้เพราะลักษณะคำถามของนักเรียนจะสะท้อนกระบวนการคิดของนักเรียน (Hofstein et al., 2005) โดยนักเรียนบางคนอาจถามคำถามประเภทความรู้หรือความจำ ในขณะที่นักเรียนบางคนอาจถามคำถามที่เน้นการคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยง และสังเคราะห์ข้อมูล ยิ่งไปกว่านั้น หากคำถามของนักเรียนมีความชัดเจนและน่าสนใจ ครูอาจนำคำถามของนักเรียนไปต่อยอดเพื่อจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้อีกด้วย

นอกจากนี้ Chin and Osborne (2008) ยังได้สรุปลักษณะของงานวิจัยเกี่ยวกับการตั้งคำถามของนักเรียนออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การศึกษาลักษณะคำถามของนักเรียน

งานวิจัยจำนวนหนึ่งมุ่งศึกษาและจัดประเภทลักษณะคำถามของนักเรียน โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ให้คุณค่ากับคำถามที่แฝงกระบวนการคิดขั้นสูงของนักเรียนมากกว่าคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Chin and Brown, 2002; Hofstein et al., 2005; Marbach-Ad and Sokolove, 2000; Scardamalia and Bereiter, 1992) ผลการวิจัยเปิดเผยว่า คำถามส่วนใหญ่เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ในขณะที่คำถามส่วนน้อยเป็นคำถามที่แฝงกระบวนการคิดขั้นสูง (Chin and Brown, 2002) อย่างไรก็ดี Chin and Osborne (2008) ย้ำว่า คำถามแต่ละประเภทมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน การตัดสินว่าคำถามใดมีคุณค่าแค่ไหนไม่ควรขึ้นอยู่กับผู้วิจัย แต่ควรขึ้นอยู่กับนักเรียนผู้เป็นเจ้าของคำถามว่า นักเรียนต้องการนำคำตอบของคำถามนั้นไปใช้ประโยชน์อย่างไร

2. การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามของนักเรียน

งานวิจัยจำนวนหนึ่งมุ่งพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนรูปแบบต่างๆ นักวิจัยบางคนให้นักเรียนอ่านบทความ แล้วฝึกตั้งคำถามที่เกิดขึ้นจากการอ่านบทความนั้น (Hofstein et al., 2005) ในขณะที่นักวิจัยบางคนนำเสนอคำถามหลากหลายประเภทเพื่อให้นักเรียนฝึกแยกแยะว่า คำถามใด

บ้างที่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถตอบได้(Chin and Kayalvizhi, 2002) ส่วนนักวิจัยบางคนนำเสนอเกณฑ์การจัดประเภทคำถาม ร่วมกับตัวอย่างคำถามประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งฝึกให้นักเรียนตั้งคำถามแต่ละประเภท(Chin, 2002; Marbach-Ad and Sokolove, 2000)งานวิจัยเหล่านี้เปิดเผยว่า หากนักเรียนได้รับการส่งเสริมที่เหมาะสม นักเรียนสามารถตั้งคำถามได้มากขึ้นและดีขึ้น โดยกิจกรรรมการเรียนรู้ที่เป็นปลายเปิดช่วยให้นักเรียนตั้งคำถามได้มากขึ้นและดีกว่ากิจกรรมปลายปิด (Chin and Brown, 2002; Hofstein et al., 2005)นอกจากนี้ การนำเสนอเกณฑ์และตัวอย่างคำถามที่ดีช่วยเป็นแนวทางให้นักเรียนตั้งคำถามได้ดีขึ้น(Marbach-Ad and Sokolove, 2000) อย่างไรก็ดี ปัจจัยหลายอย่างอาจเกี่ยวข้องกับการตั้งคำถามของนักเรียน เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ลีลาการเรียนรู้ อายุและระดับชั้น เป็นต้น

Chin and Osborne (2008) ยังได้สรุปการตอบสนองของครูเมื่อนักเรียนตั้งคำถาม และการรับรู้ของนักเรียนด้วยกันเองเมื่อมีคำถามเกิดขึ้นในชั้นเรียน ผลการวิจัยเปิดเผยว่า แม้ครูตระหนักว่า คำถามของนักเรียนมีประโยชน์ แต่ในบางครั้งครูก็รู้สึกว่า คำถามของนักเรียนสามารถขัดจังหวะการจัดการเรียนการสอน และอาจทำให้ครูสูญเสียความมั่นใจ หากครูไม่สามารถตอบคำถามนั้นได้ โดยครูแต่ละคนมีวิธีการแก้ปัญหาเฉพาะหน้านี้แตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นการขอตอบคำถามนี้ในภายหลัง การตอบคำถามเท่าที่ตนเองรู้ไปก่อน การกระตุ้นให้นักเรียนทั้งชั้นช่วยกันอภิปรายเพื่อหาคำตอบ การเพิกเฉยและแสร้งทำเป็นไม่ได้ยินคำถาม และการสั่งการบ้านให้นักเรียนหาคำตอบนั้นด้วยตนเอง (Yip, 1999) ในขณะที่นักเรียนด้วยกันเองมองว่า การตั้งคำถามเป็นเรื่องดี แต่ในการตั้งคำถามใดๆ กับครูในห้องเรียนนั้น ตนเองต้องไตร่ตรองให้ดีก่อนว่า เพื่อนร่วมชั้นและครูจะมีปฏิกิริยาอย่างไรต่อคำถามนั้น ซึ่งสะท้อนว่า ปัจจัยทางสังคมก็ส่งผลต่อการตั้งคำถามของนักเรียนเช่นกัน

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) ที่เน้นให้ผู้วิจัยพิจารณาและทบทวนตนเอง ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงและและพัฒนาการปฏิบัติงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้นอยู่เสมอ (McNiff, 2002) การวิจัยปฏิบัติการแตกต่างไปจากการวิจัยทางการศึกษาทั่วไปในแง่ที่ว่า การวิจัยทางการศึกษาทั่วไปมักเป็นการที่ผู้วิจัยศึกษาผู้อื่น ในขณะที่การวิจัยปฏิบัติการเป็นการที่ผู้วิจัยศึกษาตนเอง (ชาตรี, 2556) ซึ่งผู้วิจัยมีส่วนร่วมและเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการวิจัยดังนั้น ผู้วิจัยปฏิบัติการต้องหมั่นถามและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเองอยู่เสมอว่า เหตุใดตนเองจึงเป็นและปฏิบัติเช่นนั้น สิ่งที่ตนเองเป็นและปฏิบัติอยู่ดีหรือไม่ดีอย่างไร และตนเองจะปรับปรุงการปฏิบัติงานของตัวเองให้ดีขึ้นได้อย่างไรโดยผู้วิจัยมักตั้งคำถามวิจัยปฏิบัติการว่า “ฉันจะปรับปรุง...(การปฏิบัติงาน)...ของตัวเองอย่างไร” (Whitehead, 1989)

ในการเริ่มต้นการวิจัยปฏิบัติการใด ๆ หลังจากที่ผู้วิจัยทราบสิ่งที่ตนเองต้องการปรับปรุงแล้ว ผู้วิจัยอาจทำการสำรวจสภาพแวดล้อมของการปฏิบัติงานนั้นทั้งนี้เพื่อให้ตนเองทราบและเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติงานนั้นดียิ่งขึ้น ซึ่ง Lewin (1946: 38) เรียกขั้นตอนนี้ว่า “การค้นหาข้อเท็จจริง” (Fact Finding) หรือ “การลาดตระเวน” (Reconnaissance) จากนั้นผู้วิจัยจึงวางแผนการปรับปรุงการปฏิบัติงานของตนเอง พร้อมทั้งวางแผนการติดตามผลการปรับปรุงนั้นอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้เพื่อให้ตนเองและผู้อื่นมั่นใจได้ว่า การปรับปรุงการปฏิบัติงานนั้นประสบผลสำเร็จหรือไม่ และอย่างไรแต่กระนั้นก็ตามงานวิจัยปฏิบัติการไม่ได้เริ่มต้นด้วย “สมมติฐาน” ที่จะได้รับการทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติ หากแต่เป็นกระบวนการที่แสดงถึงพัฒนาการที่ผู้วิจัยติดตามความพยายามปรับปรุงตนเองว่าประสบผลสำเร็จหรือไม่และอย่างไร

ในการนี้ผู้วิจัยมักดำเนินการวิจัยตาม “วัฏจักรของการวิจัยปฏิบัติการ” (Action Research Cycle) ซึ่งประกอบด้วย 4 ช่วง (O’Brien, 1998) ดังนี้ (1) การวางแผน (Planning) ซึ่งผู้วิจัยวางแผนการปรับปรุงการปฏิบัติงานของตนเอง ตลอดจนวางแผนการติดตามผลการปรับปรุงการปฏิบัติงานนั้น (2) การลงมือกระทำ (Acting) ซึ่งผู้วิจัยทำการปรับปรุงการปฏิบัติงานของตนเองควบคู่ไปกับ (3) การสังเกต (Observing) ซึ่งผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลการปรับปรุงการปฏิบัติงาน และ (4) การสะท้อนคิด (Reflecting) ซึ่งผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูล สะท้อนคิด และอภิปรายว่า การปรับปรุงการปฏิบัติงานนั้นประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใด การสะท้อนคิดนี้ช่วยให้ผู้วิจัยเรียนรู้ เกี่ยวกับการปรับปรุงปฏิบัติงานของตนเอง และมักนำไปสู่วัฏจักรรอบต่อไปของการวิจัยปฏิบัติการ การวิจัยปฏิบัติการจึงเอื้อให้ผู้วิจัยเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับวิชาชีพของตนเองอย่างต่อเนื่อง (ชาตรี, 2556; McNiff, 2002)

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งการวิจัยปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยตั้งคำถามวิจัยไว้ว่า “ฉันจะปรับปรุงการปฏิบัติการสอนของตนเองอย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์”หัวข้อของการวิจัยปฏิบัติการนี้เกิดขึ้นเมื่อผู้วิจัยสังเกตพบว่า ในระหว่างหรือหลังจากการจัดการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่แทบไม่ตั้งคำถามใดๆ กับผู้วิจัยเลย ซึ่งส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมา ซึ่งอาจยังไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์มากเท่าที่ควรการวิจัยในบทความนี้เป็นขั้นตอนของ “การค้นหาข้อเท็จจริง” หรือ “การลาดตระเวน”ซึ่งผู้วิจัยมุ่งสำรวจว่า “นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่ตนเองกำลังเรียนรู้อย่างไร และคำถามเหล่านั้นเป็นคำถามลักษณะใด”ผลการสำรวจจะนำไปสู่การปรับปรุงการปฏิบัติการสอนของผู้วิจัย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

บริบท

การวิจัยนี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2557 ณ โรงเรียนอนุบาลลำพูน ซึ่งเป็นโรงเรียนประถมศึกษาขนาดกลาง โรงเรียนเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล 1 ถึงระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีนักเรียนทั้งหมด 1,295 คน ในจำนวนนี้ มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 183 คน แบ่งเป็น 5 ห้อง (ป. 5/1 – ป. 5/5) โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในแต่ละห้องมีจำนวนประมาณ 37 คน ซึ่งมีความสามารถและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นนักเรียนในห้องเรียนชั้น ป. 5/5 ที่มีความสามารถและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมสูงกว่านักเรียนในห้องอื่นๆ ในช่วงเวลาของการดำเนินการวิจัยนี้ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทุกคน เรียนวิทยาศาสตร์ 3 คาบต่อสัปดาห์ (คาบละ 50 นาที) ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องความดันอากาศ ความดันของเหลว แรงลอยตัว และแรงเสียดทาน วิชาดังกล่าวมีครูผู้สอนทั้งหมด 2 คน ซึ่งหนึ่งในนั้นคือผู้วิจัยคนแรก

นักเรียน

นักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 23 คน (นักเรียนชาย 10 คน และนักเรียนหญิง 13 คน) นักเรียนเหล่านี้สมัครใจที่จะให้ข้อมูลกับผู้วิจัย และมีความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้วิจัย ทั้งนี้เพราะนักเรียนเหล่านี้เคยเรียนกับผู้วิจัยมาก่อนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 นักเรียนเหล่านี้มีประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ทั้งกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติ (เช่น การสังเกต การจำแนก การสำรวจ และการทดลอง) การฟังบรรยายโดยครู การทำงานและอภิปรายเป็นกลุ่ม และการฝึกทำข้อสอบ นอกจากนี้ ในปีการศึกษาที่ผ่านมา นักเรียนเหล่านี้ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

(ลฎาภา สุทธกูล และ ลือชา ลดาชาติ, 2556) อย่างไรก็ดี การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่ได้เริ่มต้นมาจากคำถามหรือข้อสงสัยของนักเรียนเอง หากแต่เป็นคำถามที่ครูกำหนดขึ้นหรือที่อยู่ในหนังสือเรียน นอกจากนี้ นักเรียนเหล่านี้ยังไม่เคยผ่านการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์มาก่อน ดังนั้น การตั้งคำถามของนักเรียนแต่ละคนจึงเป็นไปตามความสามารถและประสบการณ์เดิมของแต่ละคน ในรายงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยอ้างถึงพลวิจัยแต่ละคนโดยใช้สัญลักษณ์ S แล้วตามด้วยหมายเลข 1 – 23 เช่น S1, S2, S3, ..., S23 ทั้งนี้เพื่อปกป้องผลเสียหายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับนักเรียนในภายหลัง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยปฏิบัติตามแนวทางของการวิจัยเชิงคุณภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการนี้ ผู้วิจัยพิจารณาตัวเองเป็น “เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญที่สุด” (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2555: 93) โดยการให้นักเรียนแต่ละคนเขียนคำถามที่ตนเองสงสัยลงในสมุดบันทึกในช่วง 10 นาทีสุดท้ายของการจัดเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในแต่ละคาบเนื่องจากผู้วิจัยต้องการทราบความสามารถในการตั้งคำถามของนักเรียนแต่ละคน แต่ไม่ต้องการให้นักเรียนกังวลและไม่มั่นใจเกี่ยวกับคำถามของตนเองผู้วิจัยจึงแจ้งกับนักเรียนทุกคนว่า การตั้งคำถามนี้ไม่เกี่ยวข้องกับคะแนนในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน และนักเรียนสามารถตั้งคำถามอะไรก็ได้ที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ตนเองเพิ่งได้เรียนรู้ไปเนื่องจากนักเรียนเหล่านี้อยู่ในห้องเรียนเดียวกันผ่านการจัดการเรียนการสอนมาเหมือนกัน และถูกขอให้ตั้งคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์เดียวกัน และเนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลไม่ได้อยู่ในรูปแบบของการสอบที่แยกนักเรียนแต่ละคนอย่างสมบูรณ์ นักเรียนบางคนจึงมีการพูดคุยและปรึกษากัน มันจึงมีความเป็นไปได้ว่า นักเรียนมากกว่า 1 คนจะตั้งคำถามลักษณะเดียวกันหรือคำถามที่มีความหมายเหมือนกัน

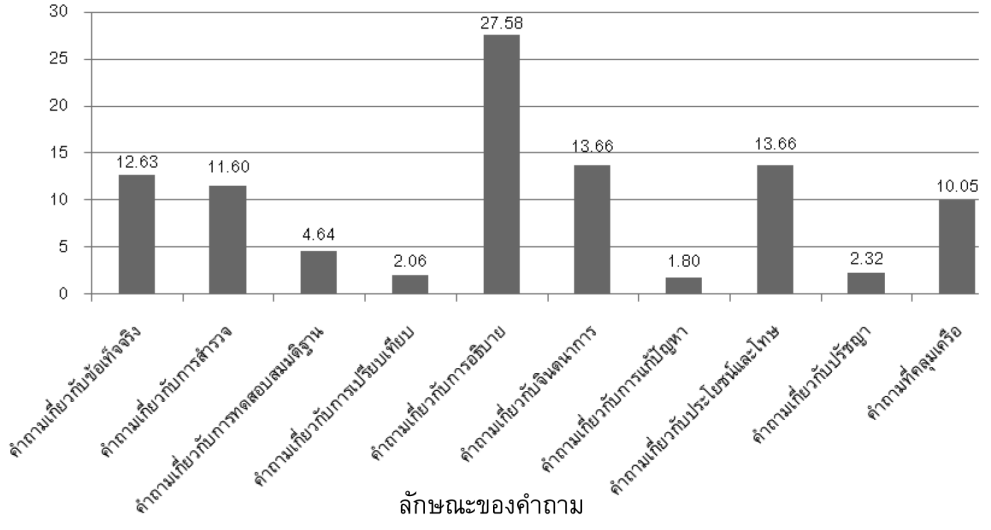
การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการแบบอุปนัย (Inductive Method) ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้มีเกณฑ์การพิจารณาคำถามมาก่อนล่วงหน้า หากแต่ผู้วิจัยเริ่มต้นจากการพิจารณาข้อมูล โดยการอ่านและคำถามของนักเรียนทุกคนทีละข้อ ๆ พร้อมทั้งทำการให้รหัส (Coding) กับคำถามทุกข้อตามลักษณะและวัตถุประสงค์ของคำถาม เช่น คำถามที่มุ่งต้องการข้อเท็จจริง คำถามที่มุ่งให้เกิดการเปรียบเทียบสิ่งที่จะเกิดขึ้นในเงื่อนไขต่าง ๆ ส่วนคำถามที่มุ่งต้องการคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ คำถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษของสิ่งต่าง ๆ เป็นต้น จากนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจึงจัดกลุ่มตามรหัสของคำถาม โดยในตอนแรก ผู้วิจัยจัดกลุ่มรหัสของคำถามออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ (1) คำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และ (2) คำถามที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นผู้วิจัยจึงจำแนกคำถามประเภทที่ 1 ออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ เช่น คำถามเกี่ยวกับการสำรวจ คำถามเกี่ยวกับการทดลอง คำถามเกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐาน และจำแนกคำถามประเภทที่ 2 ออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ เช่นกัน เช่น คำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษ และคำถามเกี่ยวกับปรัชญา จากนั้น ผู้วิจัยจึงหาค่าร้อยละของคำถามแต่ละประเภท

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 23 คน เกี่ยวกับเรื่องความดันอากาศ ความดันของเหลว แรงลอยตัว และแรงเสียดทาน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนเหล่านี้ตั้งคำถามได้ทั้งหมด 388 ข้อ โดยมีค่าเฉลี่ย

ของจำนวนคำถามต่อนักเรียนประมาณ 16.87 ข้อ ในการนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาลักษณะของคำถามแต่ละข้อ และทำการจัดคำถามเหล่านั้นออกเป็น 10 กลุ่ม ดังภาพที่ 1



ภาพประกอบ 1 : ลักษณะคำถามของนักเรียน

รายละเอียดของคำถามในแต่ละกลุ่มมีดังนี้

1. คำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 49 ข้อ (12.63%) ซึ่งเป็นคำถามเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหรือข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเรื่องใดๆ เช่น ความหมายของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ หน่วยของปริมาณทางวิทยาศาสตร์ อักษรย่อของปริมาณทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่วัดปริมาณทางวิทยาศาสตร์ และชื่อของนักวิทยาศาสตร์ที่คิดค้นเรื่องนั้นๆ เป็นต้น คำถามประเภทนี้มักเป็นคำถามที่เน้นการจดจำ และมีคำตอบที่แน่นอน ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น “ความดันอากาศคืออะไร” (S13 S18 S21 และ S22) “หน่วยของแรงเสียดทานคืออะไร” (S18 S21 และ S22) “แรงเสียดทานอักษรย่อคืออะไร” (S13) “เครื่องมือวัดความดันอากาศเรียกว่าอะไร” (S5 S10 S15 และ S16) “แรงเสียดทานมีกี่ประเภท” (S13) และ “ใครเป็นคนคิดแรงลอยตัว” (S1) ในการตอบคำถามประเภทนี้ นักเรียนไม่จำเป็นต้องทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ใดๆ ทั้งนี้เพราะนักเรียนสามารถสอบถามหรือสืบค้นหาคำตอบของคำถามเหล่านี้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ

2. คำถามเกี่ยวกับการสำรวจ

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 45 ข้อ (11.60%) ซึ่งเป็นคำถามที่จะนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อมูลและการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติใดๆ ให้ละเอียดมากขึ้น เช่น การศึกษาทิศทางของแรงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น การศึกษาความดันอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ การศึกษาแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวแต่ละประเภท และการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงดันอากาศ เป็นต้น เช่น “แรงที่น้ำกระทำต่อวัตถุอยู่ในทิศทางใด” (S1 S5 S10 S13 S15 S20 S22 และ S23) “ความดันอากาศที่ระดับความสูงแตกต่างกันเป็นอย่างไร” (S4 S9 และ S14) และ “แรงเสียดทานจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร” (S6 S8 และ S12) นอกจากนี้ คำถามบางข้อยังมีการระบุเจาะจงถึงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรอย่างชัดเจน เช่น“แรงที่อากาศกระทำต่อวัตถุมีความสัมพันธ์กับ

ขนาดพื้นที่ของวัตถุอย่างไร” (S1 S20 S21 และ S22) คำถามประเภทนี้มักเป็นคำถามที่จะนำไปสู่การสำรวจทางวิทยาศาสตร์

3. คำถามเกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐาน

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 18 ข้อ (4.64%) ซึ่งเป็นการคำถามที่แสดงถึงการทดสอบสมมติฐานที่นักเรียนได้ตั้งขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติใดๆ โดยสมมติฐานมักปรากฏแฝงอยู่ในคำถาม เช่น “ที่ระดับความลึกต่างกัน ความดันของ (เหลว) ต่างกันหรือไม่” (S1 S5 S10 S13 S18 S21 S22 และ S23) “พื้นแต่ละชนิดมีแรงเสียดทานต่างกันหรือไม่” (S21) และ “ในน้ำมีแรงเสียดทานหรือไม่” (S8 และ S11) เป็นต้น ซึ่งนักเรียนอาจมีสมมติฐานที่ว่า “ที่ระดับความลึกต่างกัน ความดันของเหลวจะต่างกัน” “พื้นแต่ละชนิดมีแรงเสียดทานจะต่างกัน” และ “ในน้ำจะมีแรงเสียดทาน” ตามลำดับ นักเรียนเพียงต้องการการยืนยันหรือการหักล้างสมมติฐานเหล่านั้น คำถามประเภทนี้จึงมักนำไปสู่การทดลองทางวิทยาศาสตร์หรือการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาหลักฐานที่จะยืนยันหรือหักล้างสมมติฐานเหล่านั้น

4. คำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 8 ข้อ (2.06%) ซึ่งเป็นการถามเพื่อเปรียบเทียบสิ่งที่จะเกิดขึ้นภายใต้ 2 เงื่อนไข โดยคำถามมักระบุเงื่อนไขของการเปรียบเทียบไว้อย่างชัดเจน เช่น “ถ้าพื้นขรุขระแรงเสียดทานจะน้อยหรือมาก (เมื่อเทียบกับพื้นเรียบ)” (S11) และ “บนพื้นและยอดเขาสูง ที่ไหนมีแรงดันอากาศมากกว่า” (S1) เป็นต้น ซึ่งนักเรียนได้แสดงเงื่อนไขของการเปรียบเทียบไว้ในคำถามแล้ว เช่น “การเปรียบเทียบแรงเสียดทานบนพื้นผิว 2 ประเภท” และ “การเปรียบเทียบแรงดันอากาศใน 2 บริเวณ” ตามลำดับ คำถามประเภทนี้จึงมักนำไปสู่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาหลักฐานที่ระบุถึงผลการเปรียบเทียบเหล่านั้น

5. คำถามเกี่ยวกับการอธิบาย

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 107 ข้อ (27.58%) ซึ่งมีจำนวนมากที่สุดเมื่อเทียบกับคำถามประเภทอื่นๆ คำถามประเภทนี้เป็นการถามหาเหตุผลหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติใดๆ ซึ่งมักขึ้นต้นด้วยคำถามว่า “ทำไม/เพราะเหตุใด” หรือลงท้ายด้วยคำว่า “เพราะอะไร” เช่น “ทำไมเรือใหญ่ๆ จึงลอยน้ำได้” (S4) “เรือสินค้าซึ่งทำด้วยเหล็กสามารถลอยน้ำได้เพราะอะไร” (S1 และ S13) “เพราะเหตุใด(เรา)จึงต้องเจาะกระป๋องนมข้น 2 รู” (S5 S10 S15 และ S16) “ตุ๊กตาที่มีจุกยางไว้ติดกระจก ทำไมจึงติดกระจกได้” (S16) “การถ่ายน้ำออกจากตู้ปลา น้ำสามารถไหลจากตู้ปลาไปตามสายยางได้อย่างไร” (S5 S10 และ S16) และ “ทำไมเสาไฟฟ้าตามถนนจึงต้องพันเทปพลาสติกรอบเสา” (S13) เป็นต้น คำถามเหล่านี้โดยตัวของมันเองไม่อาจนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะคำถามเหล่านี้ไม่ได้ระบุตัวแปรของการศึกษาอย่างชัดเจน อย่างไรก็ดี คำถามเหล่านี้มักนำไปสู่การตั้งสมมติฐานเชิงคำอธิบาย (explanatory hypothesis) ซึ่งจะเป็นพื้นฐานของการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อทดสอบความมีเหตุผลของสมมติฐานนั้นอีกทอดหนึ่ง ตัวอย่างในทางวิทยาศาสตร์เช่น การตั้งคำถามว่า “ทำไมอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจึงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น” ไม่อาจนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง แต่คำถามนี้สามารถนำไปสู่การตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น เช่น การเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ สมมติฐานนี้สามารถเป็นพื้นฐานของการตั้งคำถามที่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถตอบได้ เช่น ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในอากาศส่งผลต่อ (หรือสัมพันธ์กับ) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศหรือไม่ ดังนั้น ในการตอบคำถามเกี่ยวกับการอธิบาย นักเรียนไม่สามารถทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง ยกเว้นในกรณี

ที่ว่า นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้นก่อน แล้วนักเรียนจึงทำการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของสมมติฐานนั้น

6. คำถามเกี่ยวกับจินตนาการ

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 53 ข้อ (13.66%) ซึ่งเป็นการถามโดยการตั้งเงื่อนไขบางอย่างเพื่อจินตนาการว่า สิ่งที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร คำถามประเภทนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่า นักเรียนมีความรู้หรือข้อมูลบางอย่างแล้ว แต่ต้องการทราบเพิ่มเติมว่า ภายใต้เงื่อนไขบางอย่างที่ไม่อาจเกิดขึ้นได้จริงในชีวิตประจำวันสิ่งที่เคยเกิดขึ้นจะคงเดิมหรือเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่และอย่างไร ซึ่งจะเป็นการยืนยันหรือหักล้างความรู้หรือข้อมูลที่นักเรียนมีอยู่คำถามประเภทนี้มักอยู่ในรูปแบบประโยค “ถ้า [เงื่อนไข] แล้ว [สิ่งที่ตนเองสนใจ] จะเป็นอย่างไร” เช่น “ถ้าโลกไม่มีความดันอากาศ (โลกหรือสิ่งต่าง ๆ บนโลก) จะเป็นอย่างไร” (S2 S4 S11 S13 S14 S19 S20 และ S22) “ถ้าโลกเราไม่มีแรงเสียดทาน เราจะยืนได้หรือไม่” (S5 และ S16) และ “ถ้าโลกไม่มีแรงลอยตัว เรือจะเกิดอะไรขึ้น” (S11) เป็นต้นด้วยเงื่อนไขของคำถามที่ไม่อาจเกิดขึ้นได้จริงในชีวิตประจำวัน นักเรียนจึงไม่สามารถตอบคำถามประเภทนี้ได้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์การตอบคำถามประเภทนี้จึงเกี่ยวข้องกับการทดลองทางความคิด (thought experiment) ซึ่งต้องอาศัยจินตนาการบนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

7. คำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 7 ข้อ (1.80%) ซึ่งเป็นการถามหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาบางอย่าง คำถามประเภทนี้มักขึ้นต้นด้วยคำว่า “วิธีการใดที่” หรือลงท้ายด้วยคำว่า “ได้อย่างไร” เช่น “วิธีการใดที่ทำให้ดินน้ำมันไม่จมน้ำ” (S22) และ “เราสามารถเพิ่มแรงเสียดทานได้อย่างไร” (S23) ซึ่งปัญหามักปรากฏแฝงอยู่ในคำถามนั้น เช่น การทำให้ดินน้ำมันไม่จมน้ำ และการเพิ่มแรงเสียดทาน คำถามประเภทนี้โดยตัวของมันเองจะไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แต่หากนักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาที่มากกว่า 1 แบบ คำถามประเภทนี้สามารถเป็นพื้นฐานของการตั้งคำถามเพื่อเปรียบเทียบผลหรือประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบได้ ซึ่งจะนำไปสู่การทดลองทางวิทยาศาสตร์อีกทอดหนึ่ง

8. คำถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษ

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 53 ข้อ (13.66%) ซึ่งเป็นการถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและ/หรือการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ เช่น “ความดันของเหลวมีประโยชน์อย่างไร” (S1 และ S11) “แรงลอยตัวมีประโยชน์อย่างไร” (S1 S7 S11 S18 S20 และ S21) “แรงเสียดทานมีประโยชน์อย่างไร” (S1 S3 S13 S17 และ S23) “แรงเสียดทานจะมีข้อเสียอย่างไร” (S17 S19 และ S20) และ “แรงลอยตัวมีโทษอย่างไร” (S1 S18 S21 และ S22) คำถามประเภทนี้เป็นการถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณค่าหรือโทษของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้

9. คำถามเกี่ยวกับปรัชญา

คำถามประเภทนี้มีจำนวน 9 ข้อ (2.32%) ซึ่งเป็นการถามหาเหตุผลของการมีอยู่ของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ คำถามประเภทนี้มักขึ้นต้นด้วยคำว่า “ทำไม” (เช่นเดียวกับคำถามเกี่ยวกับเกี่ยวกับการอธิบาย) แต่คำถามเกี่ยวกับปรัชญาไม่ใช่การถามหาคำอธิบายว่า ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเกิดขึ้นได้อย่างไร แต่เป็นการถามหาเหตุผลที่ทำให้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้นมีอยู่ เช่น “ทำไมต้องมีแรงเสียดทาน” (S17 S18 S21 S22 และ S23) “ทำไมต้องมีความดันอากาศ” (S18 S21 และ S22) และ “ทำไมต้องมีแรงลอยตัว” (S17) การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามประเภทนี้ได้

10. คำถามที่คลุมเครือ

คำถามจำนวน 39 ข้อ (10.05%) เป็นคำถามที่คลุมเครือ ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถตีความได้อย่างชัดเจนว่า นักเรียนต้องการถามเรื่องอะไร คำถามเหล่านี้ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เช่น “ความดันอากาศมีรูปร่างอย่างไร” (S18 S21 และ S22) และ “แรงลอยตัวมีน้ำหนักหรือไม่” (S7) ทั้งนี้เพราะทั้งความดันอากาศและแรงลอยตัวไม่ใช่สสาร ดังนั้นทั้งความดันอากาศและแรงลอยตัวจึงไม่มีรูปร่าง มวล และน้ำหนัก ในขณะที่คำถามอีกส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้ภาษาของนักเรียนที่ยังไม่ชัดเจนเพียงพอ เช่น “ความดันอากาศมีระดับความสูงเป็นอย่างไร” (S5) ซึ่งไม่ได้สื่อความหมายอย่างชัดเจน

บทสรุปและการอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยต้องการหาแนวทางในการปรับปรุงการปฏิบัติการสอนของตนเอง เพื่อพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยขั้นตอนแรกของการวิจัยปฏิบัติการนี้เป็นการสำรวจและศึกษาลักษณะของคำถามที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 23 คน (นักเรียนชาย 10 คน และนักเรียนหญิง 13 คน) ตั้งขึ้นเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ตนเองกำลังเรียนอยู่ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องความดันอากาศ ความดันของเหลว แรงลอยตัว และแรงเสียดทาน นักเรียนเหล่านี้ยังไม่เคยผ่านการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์มาก่อน คำถามต่างๆ ที่นักเรียนเหล่านี้ตั้งขึ้นจึงมาจากความสงสัยและ/หรือมาจากประสบการณ์ของนักเรียนทั้งในชีวิตประจำวันและในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ในการนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการให้นักเรียนเหล่านี้เขียนคำถามลงในสมุดบันทึกของตนเองให้ได้มากที่สุด จากนั้น ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์คำถามทั้งหมดด้วยวิธีการอุปนัย โดยการจัดกลุ่มตามลักษณะของคำถามและเทียบเคียงกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ

ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนเหล่านี้ตั้งคำถามได้ทั้งหมดจำนวน 388 ข้อ โดยจำนวนคำถามเฉลี่ยต่อนักเรียนมีค่าประมาณ 16.87 ข้อ อย่างไรก็ตาม คำถามมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้น (18.30%) ที่จะนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง ในขณะที่คำถามส่วนใหญ่ (71.65%) เป็นคำถามที่ไม่นำไปสู่การศึกษาทางวิทยาศาสตร์โดยตรง ส่วนคำถามอีกจำนวนหนึ่ง (10.05%) เป็นคำถามที่คลุมเครือหรือไม่ชัดเจน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยอื่นๆ (Chin and Brown, 2002; Chin and Kayalvizhi, 2002) ที่พบว่า คำถามของนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ใช่คำถามทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากนักเรียนในการวิจัยนี้ไม่ได้ผ่านการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์มาก่อน ดังนั้น คำอธิบายที่เป็นไปได้มากที่สุดคือว่า นักเรียนเหล่านี้ยังไม่ทราบว่า คำถามทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะอย่างไร ทั้งนี้เพราะนักเรียนเหล่านี้ยังไม่เคยผ่านการฝึกตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์มาก่อน

การสะท้อนความคิด

เนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ระบุว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ หากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม (Chin and Brown, 2002; Hofstein et al., 2005; Marbach-Ad and Sokolove, 2000) ผู้วิจัยจึงเห็นว่า นักเรียนจำเป็นต้องแยกแยะให้ได้ก่อนว่า คำถามทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะที่แตกต่างจากคำถามประเภทอื่นอย่างไร โดยครูสามารถทำได้โดยการอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับคำถามประเภทต่างๆ โดยเฉพาะคำถามที่นักเรียนตั้งขึ้นเอง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนลองออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อ

ตอบคำถามเหล่านั้นด้วยตัวเอง ซึ่ง Chinn and Malhotra (2002) เรียกกิจกรรมการเรียนรู้นี้ว่า “การออกแบบการศึกษาปากเปล่า” (verbal design of studies) หากนักเรียนสามารถออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามใดๆ ได้คำถามนั้นก็เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ แต่ในทางตรงกันข้าม หากนักเรียนไม่สามารถออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามนั้นได้ คำถามนั้นก็อาจไม่ใช่คำถามทางวิทยาศาสตร์ หรือคำถามนั้นอาจยังต้องมีการปรับเปลี่ยนอะไรบางอย่างเพื่อให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ดังนั้น นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์ทั้งโดยการแยกแยะระหว่างคำถามที่เป็นและไม่เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ และโดยการปรับเปลี่ยนคำถามที่ยังไม่เป็นวิทยาศาสตร์ให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์

จากแนวทางการพัฒนาความสามารถการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนข้างต้น เมื่อพิจารณาคำถามบางประเภท ได้แก่ คำถามเกี่ยวกับคำอธิบาย คำถามเกี่ยวกับจินตนาการ คำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ซึ่งมีจำนวนรวมกันประมาณร้อยละ 43.04 คำถามเหล่านี้แม้ไม่ใช่คำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง แต่หากคำถามเหล่านี้ได้รับการปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติม คำถามเหล่านี้ก็สามารถเป็นคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ ตัวอย่างเช่น หากคำถามที่ว่า “ทำไมเรือใหญ่ๆ จึงลอยน้ำได้” ได้รับการเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้เรือใหญ่ๆ ลอยน้ำได้ (เช่น มวลของเรือ) คำถามนี้ก็สามารถเป็นคำถามสำหรับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้เช่นกัน เช่น “มวลของเรือส่งผลต่อการจมหรือลอยของเรือหรือไม่”หากคำถามที่ว่า “ถ้าโลกเราไม่มีแรงเสียดทาน เราจะยืนได้หรือไม่” ได้รับการปรับเปลี่ยนให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่สามารถเกิดขึ้นได้จริง ดังเช่นคำถามที่ว่า “การยืนบนพื้นผิวลื่นและการยืนบนพื้นผิวขรุขระแตกต่างกันหรือไม่และอย่างไร” นักเรียนก็จะสามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามนี้ได้ในทำนองเดียวกัน หากคำถามที่ว่า “เราสามารถเพิ่มแรงเสียดทานได้อย่างไร” ได้รับการเปลี่ยนแปลงโดยการระบุวิธีการเพิ่มแรงเสียดทาน (เช่น การเพิ่มมวลของวัตถุ) เพื่อทดสอบว่าวิธีการนั้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงเสียดทานหรือไม่ ดังเช่นคำถามที่ว่า “การเพิ่มมวลของวัตถุส่งผลให้แรงเสียดทานเพิ่มขึ้นหรือไม่” คำถามเช่นนี้ก็จะนำไปสู่การทดสอบทางวิทยาศาสตร์ได้เช่นกัน ดังนั้น สิ่งสำคัญคือว่า ครูไม่ควรประเมินคำถามของนักเรียนที่ยังไม่เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ในแง่ลบ ซึ่งจะทำให้นักเรียนไม่กล้าหรือไม่มั่นใจที่จะตั้งคำถาม หากแต่ครูควรทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการตั้งคำถาม โดยเฉพาะคำถามทางวิทยาศาสตร์ในขณะเดียวกัน ครูควรอภิปรายกับนักเรียนเพื่อหาทางปรับเปลี่ยนคำถามต่างๆ ที่ยังไม่เป็นวิทยาศาสตร์ให้เป็นคำถามที่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถตอบได้

เมื่อนักเรียนเข้าใจลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์แล้ว ครูควรอภิปรายกับนักเรียนด้วยว่า คำถามทางวิทยาศาสตร์มีได้หลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทจะนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน คำถามบางประเภทจะนำไปสู่การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาตัวแปรใดๆ ในบริบทหรือสภาพตามธรรมชาติ ดังตัวอย่างคำถามที่ว่า “ความดันอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ บนดอยแห่งหนึ่งเป็นอย่างไร” ซึ่งจะนำไปสู่การสำรวจค่าความดันอากาศที่ความสูงต่างๆ บนดอยแห่งนั้น ในขณะที่คำถามบางประเภทจะนำไปสู่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามภายใต้บริบทที่ถูกจัดกระทำเพื่อควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อตัวแปรตาม ดังตัวอย่างคำถามที่ว่า “พื้นที่ผิวสัมผัสส่งผลต่อขนาดของแรงเสียดทานหรือไม่” ซึ่งจะนำไปสู่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสเป็นตัวแปรต้นและขนาดของแรงเสียดทานเป็น

ตัวแปรตาม โดยปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำหนักของวัตถุ และชนิดของพื้นผิวสัมผัส เป็นตัวแปรควบคุม ในขณะที่คำถามบางประเภทจะนำไปสู่การทดสอบทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำถามที่ว่า “แรงเสียดทานเกิดขึ้นในน้ำหรือไม่” การได้เห็นความแตกต่างระหว่างคำถามทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจความหลากหลายของคำถามทางวิทยาศาสตร์และความหลากหลายของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเห็นว่า นักเรียนเหล่านี้ยังตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่มากและดีเท่าที่ควร กล่าวคือ คำถามเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ คำถามส่วนน้อยเหล่านี้ยังคงขาดความชัดเจนเพียงพอในการนำไปใช้ออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่คำถามส่วนใหญ่เป็นคำถามที่ยังไม่เป็นวิทยาศาสตร์ ถึงแม้ว่าคำถามบางประเภทมีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้น ในวัฏจักรถัดไปของการวิจัยปฏิบัติการ ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตั้งคำถามมากขึ้น และนำคำถามเหล่านั้นไปอภิปรายกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในบางโอกาส นักเรียนอาจจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนคำถามเดิมของตนเองให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เช่นนี้ ผู้วิจัยคาดหวังว่า นักเรียนจะได้เรียนรู้และเข้าใจว่า คำถามทางวิทยาศาสตร์คือคำถามที่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถตอบได้ ซึ่งมีได้หลายประเภท เช่น การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ การทดสอบทางวิทยาศาสตร์ และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์จะมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2555). *วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: คอมม่าดีไซน์ แอนด์พริ้นติ้ง.

ขวัญหญิง ทิพแก้ว และ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. (2555). การสอนและการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์: กรณีศึกษาโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง. *วารสารปาริชาติ*.3 (พิเศษ) :75 – 84.

จีระวรรณ เกษสิงห์ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2553). กรณีศึกษาความเข้าใจและการปฏิบัติของครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.*วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*. 31(1) : 1 – 16.

จีระวรรณ เกษสิงห์ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2554). การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้.*วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*.30(1) : 84 – 105.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2556). การวิจัยศึกษาตนเอง: กลยุทธ์ทางเลือกในการพัฒนาวิชาชีพครูของครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 15(1) : 100 – 110.

ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์, นฤมล ยุตาคม, และ พัฒนีจันทรโรทัย. (2551). การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต.*วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*. 29(1) : 1 – 10.

ณรงค์ศักดิ์ สังข์ศรี, สุมาลี กาญจนชาตรี, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และ พจนารถ สุวรรณรุจิ. (2555). การวิเคราะห์คำถามในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.*วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*. 4(7) : 33 – 41.

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. (2552). สอนวิทยาศาสตร์อย่างที่วิทยาศาสตร์เป็น.*วารสารวิทยาศาสตร์*. 63(1) : 84 – 89.

ลฎาภา สุทธกูล และ ลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.*วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 21(3) : 107 – 123.

ลือชา ลดาชาติ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2551). การสำรวจสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียงในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดตรัง.*วารสารวิจัย มข.*. 13(11) : 1310 – 1320.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. สมุทรปราการ: แอดวานซ์พริ้นติ้ง เซอร์วิส.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2557). *กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรไทย (น.ส.พ. ฟ้าเมืองไทย).

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, P., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., and Tuan, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*. 88(3) : 397 – 419.

Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says about Inquiry.*Journal of Science Teacher Education*. 13(1) : 1 – 12.

Chin, C. (2002). Open Investigations in Science: Posing Problems and Asking Investigative Questions. *Teaching and Learning*. 23(2) : 155 – 166.

Chin, C. and Brown, D. E. (2002). Student-Generated Questions: A Meaningful Aspect of Learning Science. *International Journal of Science Education*. 24(5) : 521 – 549.

Chin, C. and Kayalvizhi, G. (2002). Posing Problems for Open Investigations: What Questions Do Pupils Ask?.*Research in Science and Technological Education*. 20(2) : 269 – 287.

Chin, C. and Osborne, J. (2008). Students' Questions: A Potential Resource for Teaching and Learning Science. *Studies in Science Education*. 44(1) : 1 – 39.

Chinn, C. A. and Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*. 86(2) : 175 – 218.

Deboer, G. E. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(6) : 582 – 601.

Fives, H., Huebner, W., Birnbaum, A. S., and Nicolich, M. (2014).Developing a Measure of Scientific Literacy for Middle School Students.*Science Education*. 98(4) : 549 – 580.

Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., and Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*. 42(7) : 791 – 806.

Krajcik, J., McNeill, K. L., and Reiser, B. J. (2008). Learning-Goals-Driven Design Model: Developing Curriculum Materials That Align with National Standards and Incorporate Project-Based Pedagogy. *Science Education*. 92(1) : 1 – 32.

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., and Schwartz, R. S. (2014). Meaningful Assessment of Learners' Understandings about Scientific Inquiry—TheViews about Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*. 51(1) : 65 – 83.

Lewin K. (1946). Action Research and Minority Problems.*Journal of Social Issues*. 2(4) : 34 – 46.

Marbach-Ad, G. and Sokolove, P. G. (2000). Good Science Begins with Good Questions: Answering the Need for High-Level Questions in Science. *Journal of College Science Teaching*. 30(3) : 192 – 195.

McNiff, J. (2002). Action Research for Professional Development: Concise Advice for New Action Researchers. (Online). Available on 13 February 2015 at http://www.jeanmcniff.com/userfiles/file/Publications/AR%20Booklet.doc

Minner, D. D., Levy, A. J., and Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 – 2002. *Journal of Research in Science Teaching*. 47(4) : 474 – 496.

O'Brien, R. (1998). An Overview of the Methodological Approach of Action Research.(Online). Available on 14 February 2015 at http://web.net/robrien/papers/arfinal.html

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2013). PISA 2015: Draft Science Framework. Available on 12 February 2015 at http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm

Scardamalia, M. and Bereiter, C. (1992).Text-Based and Knowledge-Based Questioning by Children.*Cognition and Instruction*. 9(3) : 177 – 199.

The New York Time. (1988). 'Izzy, Did you Ask a Good Question Today?' (Online).Available on 19 January 1988 at http://www.nytimes.com/1988/01/19/opinion/l-izzy-did-you-ask-a-good-question-today-712388.html.

Whitehead, J. (1989). Creating a Living Educational Theory from Questions of the Kind, "How Do I Improve My Practice?".*Cambridge Journal of Education*. 19(1) : 41 – 52. (Reprinted at http://www.actionresearch.net/writings/livtheory.html)

Yip, D-Y.(1999). Implications of Students' Questions for Science Teaching.*School Science Review*. 81(294) : 49 – 53.

Yuenyong, C. and Narjaikaew, P. (2009).Scientific Literacy and Thailand Science Education.*International Journal of Environmental and Science Education*. 4(3) : 335 – 349.