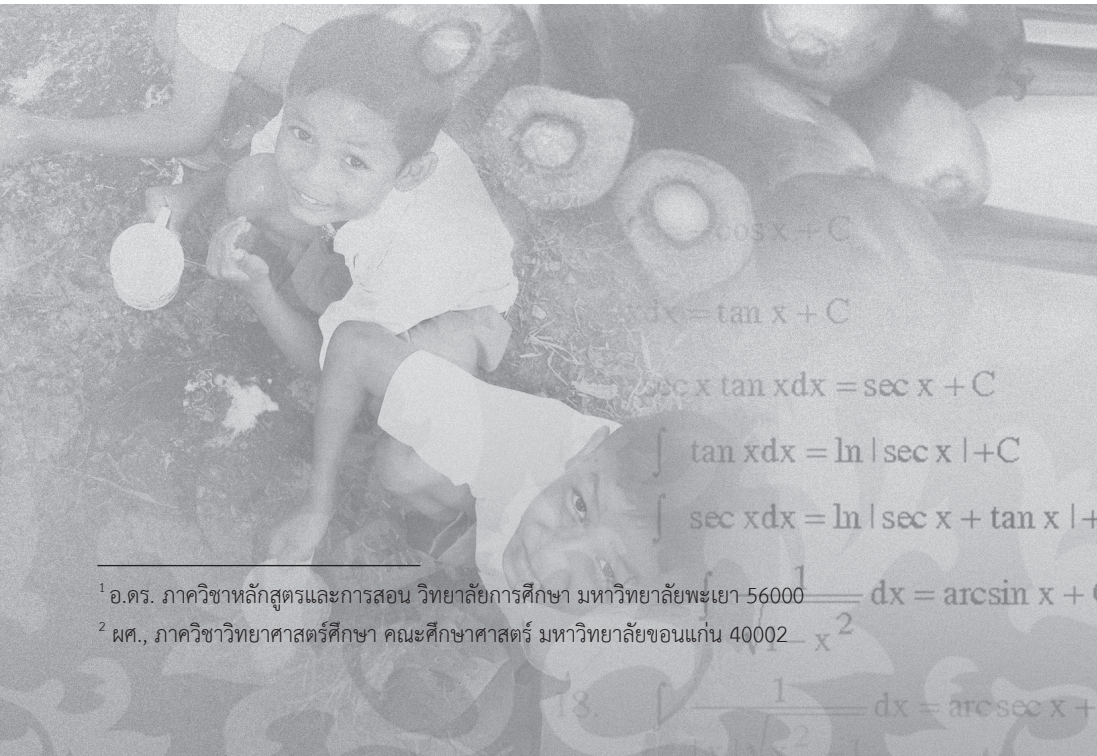
# สิ่งที่ครูวิทยาศาสตร์ไทยควรเรียนรู้จาก โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ

## What Thai Science Teachers Should Learn From The Programme for International Student Assessment

ลือชา ลดาชาติ[1] และโชคชัย ยืนยง[2]

Luecha Ladachart[1] and Chokchai Yuenyong[2]




[1] อ.ดร. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

[2] ผศ., ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

## บทคัดย่อ

ประเทศไทยเข้าร่วมโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติมาตั้งแต่ ค.ศ. 2000 แต่การประเมินทุกครั้งที่ผ่านมาให้ข้อมูลว่า นักเรียนไทยยังคงทำคะแนนได้ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนจากประเทศอื่น ๆ บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ตัวอย่างข้อสอบที่มีการเผยแพร่สู่สาธารณะ ร่วมกับการพิจารณาคะแนนของนักเรียนไทยในอดีต ผ่านมุมมองของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ เพื่อระบุสิ่งที่จำกัดการพัฒนาความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย ผลการวิเคราะห์นี้เปิดเผยว่า ลักษณะที่ปรากฏบ่อยที่สุดในตัวอย่างข้อสอบเหล่านี้คือการตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ ในขณะที่นักเรียนไทยทำคะแนนด้านการโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้น้อยที่สุด ซึ่งเป็นลักษณะที่ยังไม่ปรากฏอย่างชัดเจนในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 บทความนี้ได้เสนอแนะแนวทางในการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย

**คำสำคัญ** : การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ

## Abstract

Thailand has been participated in the Programme for International Student Assessment since 2000. But, all of its results have informed that Thai students still gained scores on scientific literacy lower than the average of those from other countries. This article presents an analysis of public test examples with consideration on Thai students' past scores through a view of scientific inquiry in order to indicate what limits Thai students to develop their scientific abilities. The results of this analysis reveal that the aspect that most frequently appears in the test examples is formulating hypotheses and predicting possible educated guesses, while Thai students performed worst on scientific persuasion and argumentation, which not explicitly appears in the 2008 Basic Education Core Curriculum. This article suggests ways to enhance the quality of science teaching and learning in Thailand.

**Keywords** : Scientific Literacy, Scientific Inquiry, Programme for International Student Assessment

## บทนำ

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) เป็นโครงการที่องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Cooperation and Development: OECD) จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบและติดตามว่า นักเรียนที่มีอายุประมาณ 15 ปี จากประเทศต่าง ๆ สามารถนำความรู้และทักษะที่จำเป็นไปใช้ในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในโลกยุคปัจจุบันได้ดีเพียงใด การดำเนินโครงการนี้ตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐานที่ว่า นักเรียนเหล่านี้จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของแต่ละประเทศในอนาคตอันใกล้ ดังนั้น การประเมินความสามารถของนักเรียนเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่สามารถบ่งชี้ได้ในระดับหนึ่งว่า แต่ละประเทศมีทรัพยากรบุคคลที่มีศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจของตนเองมากน้อยเพียงใด [1] ผลจากการประเมินนี้ยังช่วยให้แต่ละประเทศได้ทราบถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของการจัดการศึกษาของตนเอง ซึ่งมีประโยชน์ในการยกระดับคุณภาพการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป การประเมินนี้มีขึ้นทุก ๆ 3 ปี นับตั้งแต่ ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา (รวมทั้งสิ้น 5 ครั้ง) การประเมินครั้งถัดไปจะมีขึ้นใน ค.ศ. 2015

ในการดำเนินโครงการนี้ องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ เห็นว่าความรู้และทักษะที่จำเป็นที่สุดในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในโลกยุคปัจจุบันมี 3 ด้าน คือ การรู้เรื่องการอ่าน (reading literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (mathematical literacy) และ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เนื่องจากความรู้และทักษะแต่ละด้านมีลักษณะเฉพาะตัว การประเมินแต่ละด้านจึงมีกรอบการประเมิน แบบประเมิน เกณฑ์การให้คะแนน และผลการประเมินที่แยกส่วนกัน อย่างไรก็ดี การประเมินทั้ง 3 ด้าน มีรูปแบบที่สอดคล้องกัน ซึ่งเป็นการเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบ[3] โดยนักเรียนจะได้รับการนำเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือที่ปรากฏตามสื่อต่าง ๆ พร้อมด้วยคำถามจำนวนหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น คำถามเหล่านี้อาจเป็นแบบถูกผิด

[1] การประเมินในครั้งต่อไปในปี ค.ศ. 2015 จะมีการใช้คอมพิวเตอร์ร่วมด้วย [3]

แบบเลือกตอบ หรือแบบข้อเขียน คำถามแต่ละข้ออาจมีคะแนนเต็มที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของแต่ละสถานการณ์และความยากง่ายของแต่ละคำถาม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การให้คะแนนที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้า [2]

ในการประเมินด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ ได้กำหนดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ที่เป็นความสามารถพื้นฐานของการเป็น “ผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ได้แก่ (1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ [3] ดังนั้น นักเรียนที่มีอายุประมาณ 15 ปี จึงควรแสดงความสามารถเหล่านี้ออกมาได้เมื่ออยู่ในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสถานการณ์ระดับท้องถิ่น ระดับชาติ หรือระดับโลก [1, 3] อย่างไรก็ดี เนื่องจากผู้เข้ารับการประเมินนี้เป็นนักเรียนจากหลากหลายประเทศ การประเมินนี้จึงไม่สามารถยึดติดกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศหนึ่งประเทศใด ซึ่งจะทำให้การประเมินนี้มีอคติหรือความลำเอียง ดังนั้น องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจจึงกำหนดกรอบเนื้อหาวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของความเหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียนอายุ 15 ปีทั่วไป นอกจากนี้ การประเมินนี้ยังเปิดโอกาสให้แต่ละประเทศใช้ภาษาประจำชาติของตนเอง เพื่อให้นักเรียนจากทุกประเทศแสดงความสามารถของตนเองได้โดยปราศจากข้อจำกัดด้านภาษา

ประเทศไทยได้เข้าร่วมการประเมินผลนักเรียนนานาชาติทุกครั้งนับตั้งแต่ ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา ถึงแม้ว่านักเรียนไทยทำคะแนนด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้สูงขึ้นในการประเมิน 2 ครั้งล่าสุดเมื่อเทียบกับการประเมินใน ค.ศ. 2006 โดยเฉพาะการประเมินครั้งล่าสุดใน ค.ศ. 2012 ซึ่งนักเรียนไทยทำคะแนนด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้สูงขึ้น *“อย่างมีนัยสำคัญ”* [4, 18] แต่ผลของการประเมินทุกครั้งตอกย้ำว่า นักเรียนไทยยังทำคะแนนด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD นอกจากนี้ผลการประเมินครั้งล่าสุดยังเปิดเผยด้วยว่า นักเรียนไทยร้อยละ 34 ทำคะแนนด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้ไม่ถึงระดับขั้นพื้นฐานตามเกณฑ์ขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ [4, 18] ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอัตราส่วนของนักเรียนจากประเทศอื่น ๆ ในทวีปเอเชียด้วยกัน [4, 14]

ผลการประเมินผลนักเรียนนานาชาติตลอดช่วงเวลาสิบกว่าปีนี้ได้สร้างความตื่นตัวในวงการศึกษาของประเทศไทย เมื่อไม่นานมานี้ กระทรวงศึกษาธิการ [5] ได้ประกาศ 6 มาตรการเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาและผลการประเมินนักเรียนไทยในระดับนานาชาติ

การประกาศมาตรการเหล่านี้เป็นความพยายามในระดับนโยบาย ซึ่งสามารถมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติงานของบุคลากรทางการศึกษาในระดับโรงเรียนได้ (ไม่มากก็น้อย) อย่างไรก็ดี ความพยายามเชิงนโยบายอย่างเดียวคงไม่เพียงพอ ทั้งนี้ เพราะบุคลากรฝ่ายปฏิบัติ (โดยเฉพาะครู) มีส่วนสำคัญอย่างมากในการจัดการศึกษา แต่ครูที่มีเพียงความตระหนักคงไม่สามารถยกระดับคุณภาพการศึกษาได้ ในการนี้ ครูจำเป็นต้องเข้าใจว่า สังคมโลกกำลังคาดหวังอะไรจากนักเรียน และวิธีการใดจะนำพานักเรียนสู่ความคาดหวังนั้น

เนื่องจากเป้าหมายของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่หลายประเทศได้กำหนดไว้ นั่นคือการส่งเสริมให้พลเมืองของตนเองเป็น “ผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์” [6] ด้วยเหตุนี้ ข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงสอดรับกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่หลายประเทศให้การสนับสนุน นั่นคือการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” [7] ทั้งนี้เพราะหลายประเทศเห็นตรงกันว่า การสืบเสาะสามารถพัฒนาพลเมืองของตนเองสู่การเป็นผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้

เช่นเดียวกับนานาประเทศ ประเทศไทยได้กำหนดไว้ว่า *“(นักเรียน) ทุกคน...จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้ (เป็นผู้) รู้วิทยาศาสตร์”* [1, 8] นั่นคือ “การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” เป็นเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย [9] นอกจากนี้ ประเทศไทยยังได้สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” มาเป็นเวลานานนับทศวรรษ [10] ทั้งนี้ เพราะประเทศไทยมองว่า การสืบเสาะเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ *“ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ”* [1, 8] และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและปฏิบัติ “เยี่ยงนักวิทยาศาสตร์” [11, 24] อย่างไรก็ดี ทั้งที่เป้าหมายและแนวทางเพื่อบรรลุเป้าหมายนั้นสอดรับเป็นอย่างดีกับการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” แต่การประเมินนี้ ทุกครั้งที่ผ่านมากลับให้ผลที่ตรงกันข้าม กล่าวคือ นักเรียนไทยจำนวนมากยังขาดลักษณะของการเป็น “ผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์”

เนื่องจากแบบประเมินใด ๆ มักแฝงไว้ด้วยความคาดหวังของผู้สร้างแบบประเมินนั้น ตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญที่แฝงไว้ด้วยความคาดหวังที่องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจมีต่อพลเมืองโลก การวิเคราะห์ตัวอย่างข้อสอบเหล่านี้จึงเป็นงานมีคุณค่า ซึ่งอาจให้มุมมองใหม่และเป็นแนวทางของการยกระดับคุณภาพของการจัดการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์ต่อไป การวิเคราะห์นี้จะช่วยเปิดเผยช่องว่างระหว่างความคาดหวังจากองค์กรนานาชาติและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นอยู่ในประเทศไทย การพิจารณาตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ผ่านมุมมองของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” อาจช่วยสร้างความชัดเจนได้ว่า ประเทศไทยควรทำอะไรเพิ่มเติมเพื่อก้าวข้ามช่องว่างที่จำกัดการพัฒนาความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย

## กรอบการวิเคราะห์

สสวท. [2, 25] ได้รวบรวมและเผยแพร่ตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 87 ข้อ จาก 28 สถานการณ์ ตลอดจนร้อยละของนักเรียนไทยที่ทำคะแนนได้จากคำถามแต่ละข้อ[4] สิ่งเหล่านี้จึงเป็นข้อมูลหลักสำหรับการวิเคราะห์ครั้งนี้ เนื่องจากตัวอย่างข้อสอบเหล่านี้อยู่ในรูปแบบของข้อความและรูปภาพ ดังนั้น การวิเคราะห์ตัวอย่างข้อสอบเหล่านี้จึงเหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ [12] ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตีความว่า อะไรคือสิ่งที่คำถามแต่ละข้อต้องการวัดและประเมิน การตีความนี้เป็นการตีความผ่านมุมมองของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” ว่า สิ่งที่คำถามแต่ละข้อต้องการวัดและประเมินเกี่ยวข้องกับ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” อย่างไร นอกจากนี้ ร้อยละของนักเรียนไทยที่ทำคะแนนได้จากคำถามแต่ละข้อยังช่วยให้ความชัดเจนด้วยว่า นักเรียนไทยมีข้อจำกัดใดบ้างในการแสดงความสามารถด้านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์นี้เริ่มต้นจากการอ่านคำถามทุกข้อจากตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” อย่างละเอียด เพื่อตีความสิ่งที่คำถามแต่ละข้อต้องการวัดและประเมิน สิ่งที่เกิดขึ้นไปพร้อมกันนี้คือการพิจารณาลักษณะต่าง ๆ ของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” ตามที่ปรากฏในเอกสารต่าง ๆ [8, 13-14] การพิจารณานี้เป็นไปเพื่อเปรียบเทียบว่า คำถามแต่ละข้อเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” อย่างไร ลักษณะต่าง ๆ ของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” มีดังต่อไปนี้

---

[4] ตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ได้รับการเผยแพร่ที่ http://pisathailand.ipst.ac.th/

1. การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์

1.1. นักเรียนระบุปัญหาที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

1.2. นักเรียนประเมินได้ว่า ปัญหาใดอยู่ในขอบเขตของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

1.3. นักเรียนตั้งคำถามที่วิทยาศาสตร์สามารถศึกษาและตอบได้

1.4. นักเรียนประเมินได้ว่า คำถามใดที่วิทยาศาสตร์สามารถศึกษาและตอบได้

2. การสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

2.1. นักเรียนระบุแหล่งสำหรับการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

2.2. นักเรียนระบุคำสำคัญของการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

3. การตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้

3.1. นักเรียนตั้งสมมติฐานหรือทำนายผลที่ “อาจ” จะเกิดขึ้นได้ในสถานการณ์

3.2. นักเรียนคาดการณ์ปัจจัยหรือกลไกที่ “อาจ” เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

4. การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

4.1. นักเรียนออกแบบการศึกษาเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้

4.2. นักเรียนประเมินได้ว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ถูกออกแบบมาเพื่อตอบคำถามใด

4.3. นักเรียนระบุตัวแปรต่าง ๆ (ทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม) ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

4.4. นักเรียนระบุการกระทำใด ๆ ที่ช่วยสร้างความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

4.5. นักเรียนประเมินได้ว่า การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ให้ผลที่น่าเชื่อถือหรือไม่

5. การเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการเพื่อเก็บข้อมูล

5.1. นักเรียนระบุหรือเลือกเครื่องมือที่สามารถเก็บข้อมูลของตัวแปรที่กำหนดให้ได้

5.2. นักเรียนระบุหรือเลือกวิธีการที่สามารถเก็บข้อมูลของตัวแปรที่กำหนดให้ได้

5.3. นักเรียนประเมินได้ว่า เครื่องมือใดหรือวิธีการใดถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัยในการเก็บข้อมูล

6. การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล

6.1. นักเรียนจัดกระทำข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งให้เป็นอีกรูปแบบหนึ่ง

6.2. นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำแล้วในรูปแบบที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจมากขึ้น

6.3. นักเรียนประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำและการนำเสนอ

7. การตีความ ลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป

7.1. นักเรียนตีความและระบุความหมายที่แฝงอยู่ในข้อมูล

7.2. นักเรียนลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่ร่วมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

7.3. นักเรียนชี้แจงเหตุผลของการลงข้อสรุปโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

7.4. นักเรียนประเมินข้อสรุป (รวมทั้งเหตุผลของการลงข้อสรุป) บนพื้นฐานของข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์

8. การโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

8.1. นักเรียนโน้มน้าวให้ผู้อื่นคล้อยตามข้อสรุป

8.2. นักเรียนโต้แย้งความน่าเชื่อถือของข้อสรุป

9. การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

9.1. นักเรียนสื่อสารผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบที่ผู้อื่นเข้าใจได้

9.2. นักเรียนสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในสื่อต่าง ๆ ในรูปแบบที่ผู้อื่นเข้าใจได้

9.3. นักเรียนเลือกข้อความที่สื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุด

10. การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่

10.1. นักเรียนนำข้อมูลหรือผลการศึกษาใด ๆ ไปประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่

10.2. นักเรียนประเมินได้ว่า การกระทำใด ๆ เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

11. การชั่งใจและการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์

11.1. นักเรียนระบุข้อดีและข้อเสียของผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยี

11.2. นักเรียนตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลหรือผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

ในการทำตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” นักเรียนอาจถูกสมมติให้มีบทบาทแตกต่างกันไปในแต่ละสถานการณ์ นักเรียนอาจมีบทบาทในฐานะผู้บริโภคความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์หนึ่ง ในขณะที่นักเรียนอาจมีบทบาทในฐานะผู้ผลิตความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในอีกสถานการณ์หนึ่ง ตัวอย่างเช่น ใน

สถานการณ์เรื่อง “ความเสี่ยงของสุขภาพ” นักเรียนต้องรับข้อมูลจากคน 2 กลุ่ม ซึ่งขัดแย้งกัน ในการนี้ นักเรียนในฐานะผู้บริโภคข้อมูลต้องประเมินให้ได้ว่า ข้อมูลจากคนแต่ละกลุ่มมีข้อบกพร่องอย่างไรบ้าง แต่ในสถานการณ์เรื่อง “เสื้อผ้า” นักเรียนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ด้านการผลิตเสื้อผ้า ในการนี้ นักเรียนต้องบอกได้ว่า หากตนเองต้องการศึกษาเพื่อสร้าง (หรือผลิต) ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่นั้น นักเรียนต้องใช้เครื่องมือใด กล่าวคือ ผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต้องเป็นทั้ง “ผู้บริโภคความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารญาณ” และ “ผู้ผลิตความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับตนเอง” ได้ในเวลาเดียวกัน

แต่ไม่ว่านักเรียนจะถูกสมมติให้มีบทบาทใด นักเรียนจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

**การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์**

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เริ่มต้นด้วยปัญหาหรือคำถาม ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงจำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากวิทยาศาสตร์ไม่สามารถแก้ได้ทุกปัญหาหรือตอบได้ทุกคำถาม ในขณะที่บางปัญหาหรือบางคำถามก็ไม่จำเป็นต้องได้รับการแก้หรือการตอบด้วยวิทยาศาสตร์ ดังนั้น นักเรียนต้องสามารถระบุปัญหาหรือตั้งคำถามที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ นักเรียนควรประเมินได้ว่า ปัญหาหรือคำถามใดบ้างที่วิทยาศาสตร์สามารถศึกษาและตอบได้ ในการนี้ คำถามหลายข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงมุ่งประเมินว่า นักเรียนมีความสามารถเหล่านี้หรือไม่ ตัวอย่างเช่น ในคำถามข้อที่ 3 จากสถานการณ์เรื่อง “ฟันผุ” นักเรียนต้องประเมินว่า “การใส่ฟลูออไรด์ในน้ำประปาจะมีผลต่อฟันผุอย่างไร” และ “การไปหาทันตแพทย์ควรเสียค่าใช้จ่ายเท่าใด” เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

**การสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์**

ในการแก้ปัญหาหรือการตอบคำถามใด ๆ ทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้เริ่มต้นจากความคิดที่ว่างเปล่า นักวิทยาศาสตร์มีการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ ดังนั้น นักเรียนจึงต้องมีความสามารถในการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน ความสามารถพื้นฐานด้านนี้คือ (1) การระบุแหล่งข้อมูล และ (2) การระบุคำสำคัญในการสืบค้นข้อมูล ด้วยเหตุนี้ คำถามบางข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงมุ่งประเมินว่า นักเรียนมีความสามารถเหล่านี้หรือไม่ ตัวอย่างเช่น ในคำถามข้อที่ 3 จากสถานการณ์เรื่อง “การเคลื่อนผ่านของดาวศุกร์” นักเรียนต้อง

ระบุคำสำคัญ 3 คำ ที่จำเป็นในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนผ่านดวงอาทิตย์ของดาวเสาร์จากการสังเกตบนดาวเนปจูน

**การตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้**

ในการแก้ปัญหาหรือการตอบคำถามใด ๆ ทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องคาดการณ์ล่วงหน้าว่า อะไร “น่าจะ” เป็นคำตอบที่เป็นไปได้ การคาดการณ์นี้มีพื้นฐานมาจากข้อมูลจากการสืบค้นและความรู้ปัจจุบันที่นักวิทยาศาสตร์มีอยู่ การคาดการณ์นี้มักส่งผลต่อการออกแบบการศึกษาเพื่อตรวจสอบว่า ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามการคาดการณ์นั้นหรือไม่ หากใช่ เหตุผลเบื้องหลังของการคาดการณ์นั้นมีความเป็นไปได้ว่าถูกต้อง แต่หากไม่นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องทบทวนการคาดการณ์เดิมนั้นและพิจารณาการคาดการณ์ทางเลือกอื่น ๆ การคาดการณ์มักเกิดขึ้น 2 รูปแบบ คือ (1) การคาดการณ์ “ผล” ที่อาจเกิดขึ้นจาก “เหตุ” และ (2) การคาดการณ์ “เหตุ” ที่อาจก่อให้เกิด “ผล” ด้วยเหตุนี้ คำถามหลายข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงมุ่งประเมินว่า นักเรียนมีความสามารถในการคาดการณ์หรือไม่ ตัวอย่างเช่น ในคำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์เรื่อง “ความร้อน” นักเรียนต้องคาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้น เมื่อชายคนหนึ่งนำขวดน้ำ ตะปูเหล็ก และไม้ ไปไว้ในท้ายรถยนต์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (นั่นคือการคาดการณ์ผลจากเหตุ) และในคำถามข้อที่ 3 จากสถานการณ์เรื่อง “แกรนด์แคนยอน” นักเรียนต้องคาดการณ์ว่า อะไรเป็นเหตุให้ฟอสซิลของสัตว์ทะเลปรากฏอยู่บนภูเขาสูง (นั่นคือการคาดการณ์ เหตุจากผล)

**การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์**

การคาดการณ์เป็นเพียงการคาดการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถปักใจเชื่อได้มากนักด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องศึกษาว่า การคาดการณ์นั้นถูกต้องหรือสอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้น (หรือเคยเกิดขึ้น) หรือไม่ ในการนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงต้องออกแบบการศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่สนับสนุนหรือหักล้างการคาดการณ์นั้น การออกแบบการศึกษาจึงเป็นไปเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ นักเรียนจึงควรมีความสามารถในการออกแบบการศึกษาที่สามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้ นักเรียนควรประเมินได้ด้วยว่า การศึกษาใด ๆ ถูกออกแบบมาเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์อะไร เนื่องจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์มักเกี่ยวข้องกับตัวแปรต่าง ๆ ทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม นักเรียนจึงควรเข้าใจบทบาทของตัวแปรแต่ละชนิดในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ยิ่งไปกว่านั้น นักเรียนควรระบุและประเมินได้ว่า การกระทำใดบ้างที่จะส่งผล

ต่อผลการศึกษาและความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา

ในการนี้ คำถามหลายข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงมุ่งประเมินความสามารถเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น ในคำถามข้อที่ 2 จากสถานการณ์เรื่อง “วิวัฒนาการ” นักเรียนควรระบุได้ว่า หากนักวิทยาศาสตร์ต้องการศึกษาวิวัฒนาการของม้าในปัจจุบัน พวกเขาควรต้องออกแบบการศึกษาอย่างไร ในขณะที่คำถามข้อที่ 2 จากสถานการณ์เรื่อง “กันแดด” มุ่งประเมินว่า การหยดสารกันแดด 4 ชนิดบนกระดาษไวแสง ณ ตำแหน่งใกล้เคียงกัน ก่อนการนำกระดาษไวแสงที่มีหยดของสารกันแดดเหล่านั้นไปตากแดดช่วงเวลาหนึ่ง เป็นไปเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์อะไร ส่วนในคำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์เรื่อง “พืชดัดแปลงพันธุกรรม” นักเรียนต้องระบุให้ได้ว่า อะไรคือตัวแปรต้นของการศึกษาโดยการปลูกข้าวโพด 2 ชนิด แต่ละชนิดมีการใช้ยาปราบวัชพืชที่ต่างชนิดกัน เพื่อพิจารณาจำนวนแมลงที่พบในแปลงข้าวโพดแต่ละชนิด ในคำถามข้อที่ 3 จากสถานการณ์เรื่อง “ฝนกรด” นักเรียนต้องประเมินว่า เหตุใดการศึกษาการกัดกร่อนของหินอ่อนในสารละลายกรดจึงต้องมีการใส่หินอ่อนในน้ำกลั่น

**การเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการเพื่อเก็บข้อมูล**

การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในการนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงต้องรู้ว่า เครื่องมือใดเหมาะสมกับการเก็บข้อมูลเหล่านั้น และวิธีการใดเหมาะสมกับการเก็บข้อมูลเหล่านั้น เนื่องจากการเก็บข้อมูลบางอย่างอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้เก็บข้อมูล นักวิทยาศาสตร์จึงต้องรู้วิธีป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับตนเองด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงต้องมีความสามารถเหล่านี้ด้วยเช่นกัน คำถามหลายข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงมุ่งประเมินว่า นักเรียนสามารถเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการที่ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัยหรือไม่ ตัวอย่างเช่น คำถามข้อที่ 2 จากสถานการณ์เรื่อง “เสื้อผ้า” นักเรียนต้องระบุได้ว่า การวัดความสามารถในการนำไฟฟ้าของเสื้อผ้าต้องอาศัยเครื่องมือใด ในขณะที่คำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์เรื่อง “การเคลื่อนผ่านของดาวศุกร์” ประเมินว่า นักเรียนทราบถึงอันตรายจากการสังเกตดวงอาทิตย์ด้วยตาเปล่าหรือไม่

**การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล**

เนื่องจากข้อมูลโดยทั่วไปมีจำนวนมาก ซับซ้อน และไม่สื่อความหมายได้อย่างตรงไปตรงมา นักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอื่นที่สื่อความหมายได้ง่ายและชัดเจนมากยิ่งขึ้น อาทิ การจัดกระทำข้อมูลที่เป็นชุดตัวเลขให้อยู่ในรูปแบบ

ของกราฟ แผนภูมิ หรือแผนผัง ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงต้องมีความสามารถในการจัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องมีความสามารถในการทำความเข้าใจความหมายที่ปรากฏหรือแฝงอยู่ในข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำมาแล้วด้วย ทั้งนี้เพราะข้อมูลที่ถูกนำเสนอทางวิทยาศาสตร์มักเป็นข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำมาแล้วทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้ คำถามหลายข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงมุ่งประเมินความสามารถเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น คำถามข้อที่ 2 จากสถานการณ์เรื่อง “การผลิตพลังงานจากลม” กำหนดข้อมูลในรูปแบบของข้อความว่า (1) ใบพัดจะเริ่มหมุนเมื่อความเร็วลมเป็น $v_1$ (2) กำลังไฟฟ้าจะสูงสุด (W) เมื่อความเร็วลมเท่ากัน $v_2$ (3) ด้วยเหตุผลของความปลอดภัย ใบพัดจะไม่หมุนเร็วขึ้น เมื่อความเร็วลมสูงกว่า $v_2$ และ (4) ใบพัดจะหยุดหมุนเมื่อความเร็วลมถึง $v_3$ ในการนี้ นักเรียนต้องแปลงข้อมูลเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบของกราฟระหว่างความเร็วลมและพลังงานไฟฟ้า

**การตีความ ลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลร่วมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ ไม่สามารถสื่อความหมายได้ด้วยตัวเอง แต่นักวิทยาศาสตร์ต้องตีความเพื่อให้ความหมายกับข้อมูลเหล่านี้ นักวิทยาศาสตร์ 2 คน (หรือมากกว่า) จึงอาจตีความและลงข้อสรุปข้อมูลชุดเดียวกันได้แตกต่างกัน ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการชี้แจงที่มาของการลงข้อสรุปของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การพิจารณาและการเปรียบเทียบว่า การลงข้อสรุปแบบใดสมเหตุสมผลหรือน่าเชื่อถือมากที่สุด ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงต้องมีความสามารถในการตีความและลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลร่วมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ ในการนี้ นักเรียนต้องสามารถชี้แจงการลงข้อสรุปของตนเอง และประเมินการลงข้อสรุปของผู้อื่นได้ด้วยเช่นกัน

คำถามจำนวนมากในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” มุ่งประเมินความสามารถเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น ในคำถาม ข้อที่ 2 จากสถานการณ์เรื่อง “ฟันผุ” นักเรียนต้องตีความกราฟระหว่าง “ค่าเฉลี่ยของการบริโภคน้ำตาลของคนในประเทศต่าง ๆ” กับ “ค่าเฉลี่ยของจำนวนฟันผุต่อคนในประเทศต่าง ๆ” เพื่อลงข้อสรุปและระบุความหมายที่แฝงในกราฟนี้ในขณะที่คำถาม ข้อที่ 1 จากสถานการณ์เดียวกันนี้ นักเรียนต้องใช้ข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ (1) แบคทีเรียกินน้ำตาล (2) น้ำตาลเปลี่ยนไปเป็นกรด และ (3) กรดทำลายฟัน เพื่อลงข้อสรุปว่า แบคทีเรียสร้างกรดที่ทำให้เกิดฟันผุ

ส่วนคำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์เรื่อง “วิวัฒนาการ” นักเรียนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับกระดูกขาของม้าและของบรรพบุรุษของม้าใน 3 ช่วงเวลาในอดีต พร้อมทั้งข้อสรุปที่ว่า “ม้าในปัจจุบันวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษของม้าในอดีต” ซึ่งนักเรียนต้องชี้แจงเหตุผลของการลงข้อสรุปนั้น และในคำถามข้อที่ 4 จากสถานการณ์เรื่อง “การผ่าตัดใหญ่” นักเรียนได้รับข้อมูลในรูปแบบของแผนผังที่แกนนอนเป็นอวัยวะที่มีการปลูกถ่าย (ได้แก่ ไต ตับ หัวใจ และปอด) และแกนตั้งเป็นจำนวนครั้งของการปลูกถ่ายอวัยวะเหล่านั้น ในการนี้ นักเรียนต้องประเมินว่าข้อมูลในแผนผังสนับสนุนข้อสรุปใดบ้าง

**การโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์**

เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนอาจตีความและลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลชุดเดียวกันได้แตกต่างกัน ดังนั้น การโน้มน้าวและการโต้แย้งเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อสรุปจึงเป็นกิจกรรมหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ นักวิทยาศาสตร์ต้องพยายามทำให้ผู้อื่นคล้อยตามข้อสรุปของตนเองโดยการอ้างถึงข้อมูลและความรู้ที่สนับสนุนข้อสรุปนั้น ในขณะเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์บางคนอาจไม่เห็นด้วยกับข้อสรุปนั้น พวกเขาจึงพยายามโต้แย้งข้อสรุปนั้นโดยการอ้างถึงข้อมูลและความรู้ที่ไม่สนับสนุนข้อสรุปนั้น กิจกรรมนี้ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ทำความเข้าใจข้อมูลเดียวกันด้วยมุมมองที่หลากหลาย อันจะนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงควรมีความสามารถในการโน้มน้าวและโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คำถามหลายข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” มุ่งประเมินความสามารถด้านนี้ ตัวอย่างเช่น ในสถานการณ์เรื่อง “ปรากฏการณ์เรือนกระจก” นักเรียนได้รับการนำเสนอข้อมูล 2 ชุด คือ (1) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละช่วงเวลาในอดีต และ (2) อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกในแต่ละช่วงเวลาในอดีต ในการนี้ คำถามข้อที่ 1 กำหนดให้นักเรียนให้เหตุผลเพื่อโน้มน้าวให้ผู้อื่นคล้อยตามว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สัมพันธ์กับอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลก ในขณะเดียวกัน คำถามข้อที่ 2 กำหนดให้นักเรียนให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งข้อสรุปเดียวกันนี้

**การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์**

เมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้ผลการศึกษาใด ๆ แล้ว พวกเขาจำเป็นต้องสื่อสารผลการศึกษานั้นเพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบและตรวจสอบความน่าเชื่อถือ นักวิทยาศาสตร์จึงต้องมีความสามารถสื่อสารผลการศึกษาในรูปแบบที่ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย นักเรียนก็ควรมีความสามารถนี้ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ เนื่องจากนักเรียนเป็นสมาชิกหนึ่งในสังคม นักเรียนจึงควรมีความสามารถ

ในการสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่อาจซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่ผู้คนในสังคมเข้าใจได้ง่ายขึ้น หรืออย่างน้อยที่สุด นักเรียนควรสามารถเลือกข้อความที่สื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ตรงและชัดเจนที่สุด คำถามบางข้อในตัวอย่างข้อสอบการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” มุ่งประเมินความสามารถเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น คำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์เรื่อง “โอโซน” นักเรียนได้รับการนำเสนอภาพการ์ตูนเกี่ยวกับการกระบวนการเกิดโอโซนในชั้นบรรยากาศ ในการนี้ นักเรียนต้องบรรยายกระบวนการเกิดโอโซนให้กับผู้อื่นได้อย่างถูกต้องและง่ายต่อการทำความเข้าใจ ในขณะที่คำถามข้อที่ 3 จากสถานการณ์เรื่อง “วิวัฒนาการ” ประเมินว่า นักเรียนสามารถเลือกข้อความที่สื่อสารแนวคิดเกี่ยวกับ “ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์” ที่ดีที่สุดได้หรือไม่

**การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่**

การศึกษาทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งสามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ นักวิทยาศาสตร์จึงควรระบุและประเมินว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ สามารถถูกนำไปใช้ได้ในสถานการณ์ใดบ้าง ซึ่งจะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ขยายขอบเขตของการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนก็ควรมีความสามารถนี้ด้วยเช่นกัน คำถามบางข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงมุ่งประเมินความสามารถด้านนี้ ตัวอย่างเช่น คำถามข้อที่ 4 จากสถานการณ์เรื่อง “น้ำดื่ม” นักเรียนต้องประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแบคทีเรียเพื่อทำความสะอาดน้ำประปาสำหรับการดื่ม ในขณะที่คำถามข้อที่ 4 จากสถานการณ์เรื่อง “การสูบยา” นักเรียนต้องประเมินว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการเลิกสูบยาได้อย่างไรบ้าง

**การชั่งใจและการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์**

การประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีข้อจำกัด และในบางครั้งการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดผลเสียได้เช่นกัน ดังนั้น การประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ จำเป็นต้องมีการพิจารณาทั้งข้อดีและข้อเสียเพื่อการตัดสินใจอย่างรอบด้าน นักเรียนต้องมีความสามารถในการพิจารณาข้อดีและข้อเสียของการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนความสามารถในการตัดสินใจบนพื้นฐานของการพิจารณานั้น คำถามบางข้อในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” จึงมุ่งประเมินความสามารถเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น คำถามข้อที่ 4 จากสถานการณ์เรื่อง “การผลิตพลังงานจากลม” นักเรียนต้องระบุข้อดีและข้อเสียของการผลิต

พลังงานจากลม (เมื่อเทียบกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหิน) ในขณะที่คำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์เดียวกัน นักเรียนต้องตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลว่า บริเวณใดเหมาะสมกับการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

## ผลการวิเคราะห์

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ (1) ลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (2) ผลการตอบคำถามของนักเรียนไทย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**1. ลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์**

คำถามทุกข้อเกี่ยวข้องกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละข้ออาจเน้นลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ในการตอบคำถามบางข้อ นักเรียนจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์หลายประการ ตัวอย่างเช่น คำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์เรื่อง “การผลิตพลังงานจากลม” นักเรียนจำเป็นต้องตีความกราฟเกี่ยวกับความเร็วลม ณ ช่วงเวลาตลอด 1 ปี ณ 4 บริเวณ ทั้งนี้เพื่อลงข้อสรุปและตัดสินใจว่า บริเวณใดเหมาะสมกับการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า การวิเคราะห์สิ่งที่คำถามแต่ละข้อต้องการวัดและประเมินจึงค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้น การเลือกลักษณะที่ “สำคัญที่สุด” ที่คำถามแต่ละข้อต้องการวัดและประเมินจึงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากคำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์เรื่อง “การผลิตพลังงานจากลม” มุ่งเน้นให้นักเรียน “ตัดสินใจ” ว่า บริเวณใดเหมาะสมกับการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ดังนั้น คำถามนี้จึงเหมาะสมที่จะเป็นคำถามที่มุ่งวัดและประเมินความสามารถในการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ความสามารถด้านอื่น ๆ (การตีความกราฟและการลงข้อสรุปจากกราฟ) เป็นเพียงความสามารถที่เอื้อให้เกิดการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์ ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ “สำคัญที่สุด” ที่คำถามแต่ละข้อต้องการวัดและประเมิน

**ตารางที่ 1** ผลการวิเคราะห์ลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของคำถามแต่ละข้อ และร้อยละของนักเรียนไทยที่ได้คะแนนจากคำถามแต่ละข้อ ในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์”

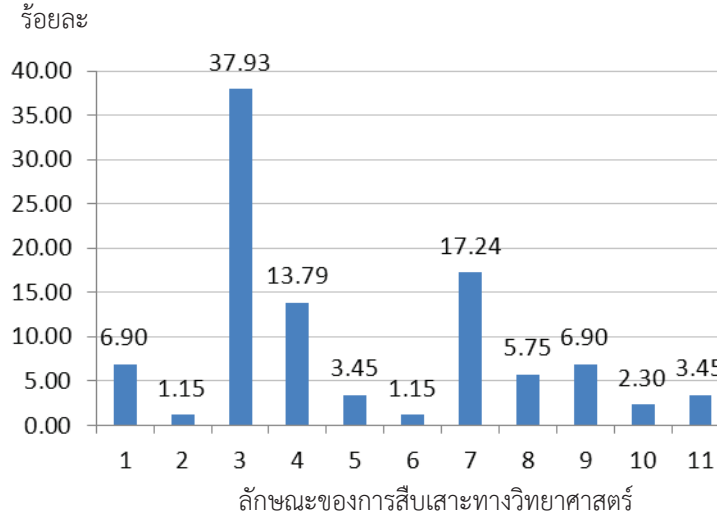
| สถานการณ์ | จำนวนคำถาม (ข้อ) | คำถามข้อที่ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| (1) เครื่องแปลงไอเสีย | 3 | 7.1 (17.11) | 9.2 (3.54) | 1.1 (38.05) | | |
| (2) เสื้อผ้า | 2 | 1.4 (24.36) | 5.1 (40.42) | | | |
| (3) แกรนด์แคนยอน | 3 | 1.4 (47.31) | 3.2 (57.26) | 3.2 (57.63) | | |
| (4) แป้งขนมปัง | 4 | 3.2 (27.78) | 4.1 (19.66) | 3.2 (2.99) | 3.2 (19.40) | |
| (5) แมรี มองตากู | 3 | 11.1 (78.73) | 3.2 (58.99) | 3.2 (45.74) | | |
| (6) แสงของดาว | 2 | 3.2 (67.95) | 3.2 (19.23) | | | |
| (7) โคลนนิ่ง | 3 | 7.2 (39.27) | 7.1 (33.10) | 7.4 (60.64) | | |
| (8) โอโซน | 4 | 9.2 (3.13) | 7.1 (11.47) | 7.2 (33.95) | 1.4 (31.46) | |
| (9) กลางวัน | 2 | 9.3 (31.51) | 9.2 (5.90) | | | |

| สถานการณ์ | จำนวนคำถาม (ข้อ) | คำถามข้อที่ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| (10) กันแดด | 4 | 4.4 (36.35) | 4.2 (51.42) | 4.4 (37.48) | 3.1 (11.63) | |
| (11) การเคลื่อนผ่านของดาวศุกร์ | 3 | 5.3 (48.71) | 7.2 (36.21) | 2.2 (36.21) | | |
| (12) การผลิตพลังงานจากลม | 4 | 11.2 (56.18) | 6.1 (24.16) | 3.2 (40.17) | 11.1 (38.20) | |
| (13) การผ่าตัดใหญ่ | 4 | 7.2 (25.95) | 3.2 (16.33) | 3.2 (55.30) | 7.4 (9.62) | |
| (14) การสูบยา | 4 | 9.3 (44.57) | 3.1 (48.86) | 4.1 (40.29) | 10.2 (40.29) | |
| (15) การออกกำลังกาย | 3 | 3.1 (42.86) | 3.1 (12.31) | 3.2 (12.31) | | |
| (16) ความเสี่ยงของสุขภาพ | 2 | 8.2 (19.27) | 4.3 (18.43) | | | |
| (17) ความร้อน | 2 | 3.1 (0.87) | 3.1 (30.87) | | | |
| (18) ทำน้ำดื่ม | 5 | 3.2 (51.14) | 3.1 (56.13) | 3.1 (63.43) | 10.1 (85.71) | 3.1 (59.14) |
| (19) บันทึกของแซมเมลไวส์ | 4 | 8.2 (7.20) | 3.2 (49.00) | 3.2 (56.30) | 3.2 (34.30) | |

| สถานการณ์ | จำนวนคำถาม (ข้อ) | คำถามข้อที่ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| (20) ปรากฏการณ์เรือนกระจก | 3 | 8.1 (21.74) | 8.2 (12.35) | 3.2 (11.14) | | |
| (21) ฝนกรด | 3 | 3.2 (22.71) | 3.1 (57.39) | 4.4 (23.60) | | |
| (22) ฝีดาษหนู | 3 | 8.1 (30.87) | 3.1 (32.02) | 1.2 (15.45) | | |
| (23) พฤติกรรมของปลาหลังหนาม | 3 | 4.2 (14.10) | 7.4 (49.15) | 3.1 (3.42) | | |
| (24) พืชดัดแปลงพันธุกรรม | 2 | 4.3 (35.96) | 4.4 (49.14) | | | |
| (25) ฟันผุ | 3 | 7.2 (50.64) | 7.1 (33.76) | 1.4 (33.76) | | |
| (26) ลิปมัน | 3 | 7.1 (52.63) | 3.1 (63.60) | 7.2 (40.35) | | |
| (27) วิวัฒนาการ | 3 | 7.3 (42.05) | 4.1 (42.05) | 9.3 (34.38) | | |
| (28) อัลตราซาวน์ | 3 | 4.3 (12.54) | 3.2 (84.55) | 5.3 (63.39) | | |
| รวม | 87 | | | | | |

**หมายเหตุ** ตัวเลขด้านบนในสดมภ์คำถามข้อที่ 1 – 5 หมายถึงลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ตัวเลขในวงเล็บด้านล่าง ในสดมภ์คำถามข้อที่ 1 – 5 หมายถึงร้อยละของนักเรียนไทยที่ได้คะแนนจากคำถามแต่ละข้อ

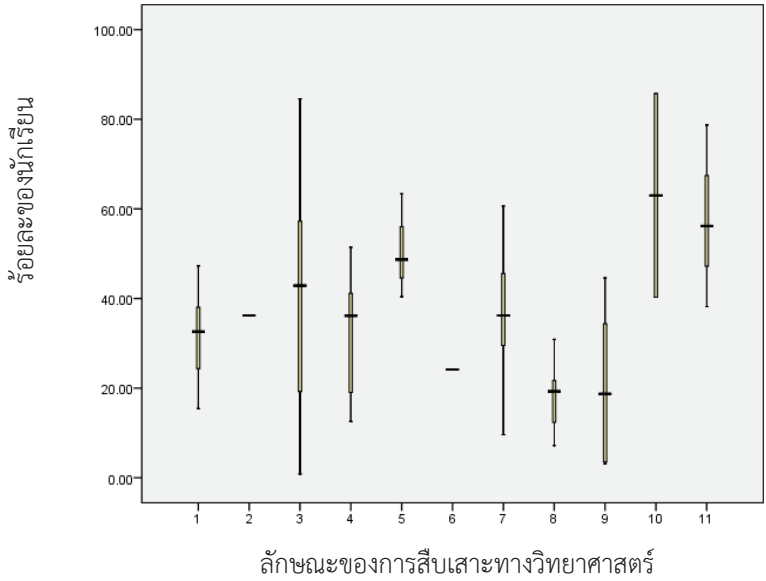
เมื่อพิจารณาความถี่ของแต่ละลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ตามที่ปรากฏในตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ผลการพิจารณาปรากฏดังภาพที่ 1 ซึ่งแสดงว่า ตัวอย่างข้อสอบเหล่านี้เน้นการวัดและประเมินแต่ละลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่เท่ากัน ซึ่งเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ การตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ (33 ข้อ) การตีความลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป (15 ข้อ) การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (12 ข้อ) การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์ (6 ข้อ) การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (6 ข้อ) การโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (5 ข้อ) การเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการเพื่อเก็บข้อมูล (3 ข้อ) การชั่งใจและการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์ (3 ข้อ) การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่ (2 ข้อ) การสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (1 ข้อ) และการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล (1 ข้อ)




**ภาพที่ 1** ร้อยละของคำถามที่มุ่งวัดและประเมินแต่ละลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

**2. ผลการตอบคำถามของนักเรียนไทย**

ในฐานะหน่วยงานที่ดำเนินโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติในประเทศไทย สสวท. [2] บันทึกข้อมูลในอดีตที่แสดงร้อยละของนักเรียนไทยที่ตอบคำถามแต่ละข้อได้อย่างถูกต้อง (ดังปรากฏในตัวเลขในวงเล็บในตารางที่ 1) ข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์หากได้รับการวิเคราะห์อย่างละเอียดว่า นักเรียนไทยประสบปัญหาในการตอบคำถามเหล่านี้อย่างไรบ้าง ในการนี้ ข้อมูลจากภาพที่ 2 แสดงว่า นักเรียนไทยตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้แตกต่างกันตามลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่ (63.00%) การชั่งใจและการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์ (57.70%) การเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูล (50.84%) การตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ (38.57%) การสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (36.21%) การตีความ ลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป (35.73%) การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (31.75%) การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์ (31.73%) การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล (21.16%) การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (20.50%) และการโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (18.29%)




**ภาพที่ 2** ร้อยละของนักเรียนไทยที่ได้คะแนนจากคำถาม
ในแต่ละลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

## บทสรุปและการอภิปรายผล

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์คำถามจำนวน 87 ข้อ จาก 28 สถานการณ์ ในตัวอย่างข้อสอบของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ผ่านมุมมองของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” คำถามเหล่านี้ประกอบด้วยคำถามแบบเลือกตอบเชิงซ้อน 21 ข้อ คำถามแบบเลือกตอบ 38 ข้อ และคำถามแบบเขียนตอบ 28 ข้อ เนื่องจากคำถามทั้งหมดอยู่ในรูปแบบของข้อความและภาพ ดังนั้น การวิเคราะห์ครั้งนี้จึงเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตีความว่า คำถามแต่ละข้อมุ่งวัดและประเมินลักษณะใดๆ ของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” ดังนี้ (1) การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) การสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (3) การตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ (4) การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (5) การเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการเพื่อเก็บข้อมูล (6) การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล (7) การตีความ ลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป (8) การโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (9) การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (10) การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่ และ (11) การชั่งใจและการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์แสดงว่า ในจำนวนคำถามทั้งหมด 87 ข้อ คำถามประมาณร้อยละ 37.93 มุ่งประเมินความสามารถในการตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งอาจเป็นการคาดการณ์ “ผลจากเหตุ” หรือการคาดการณ์ “เหตุจากผล” ในขณะที่คำถามประมาณร้อยละ 17.24 มุ่งประเมินความสามารถในการตีความ ลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป ร้อยละของคำถามเหล่านี้รวมกันมีประมาณ 55.17 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เกินกว่าครึ่ง ดังนั้น หากตัวอย่างข้อสอบเหล่านี้สอดคล้องกับข้อสอบจริงในแง่ของอัตราส่วนของคำถามที่เน้นการประเมินแต่ละลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สิ่งเหล่านี้จึงบอกเป็นนัยว่า องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจให้ความสำคัญอย่างมากกับความสามารถในการตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ตลอดจนความสามารถในการตีความ ลงข้อสรุป และการชี้แจงที่มาของข้อสรุป

เมื่อพิจารณาร้อยละของนักเรียนไทยที่ทำคะแนนได้จากคำถามที่มุ่งวัดและประเมินแต่ละลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผลปรากฏว่า ลักษณะต่าง ๆ ที่นักเรียนไทยทำคะแนนได้ตามลำดับจากมากไปหาน้อยเป็นดังนี้ (1) การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้

ในบริบทใหม่ (63.00%) (2) การชั่งใจและการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์ (57.70%) (3) การเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูล (50.84%) (4) การตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ (38.57%) (5) การสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (36.21%) (6) การตีความ ลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป (35.73%) (7) การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (31.75%) (8) การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์ (31.73%) (9) การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล (21.16%) (10) การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (20.50%) และ (11) การโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (18.29%)

เมื่อมองในมุมกลับ ลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนไทยมากกว่าครึ่งประสบปัญหา ได้แก่ การโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (81.71%) การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (79.50%) การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล (78.84%) การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์ (68.27%) การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (68.25%) การตีความ ลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป (64.27%) การสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (63.79%) และการตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ (61.43%) อะไรเป็นสาเหตุให้นักเรียนไทยส่วนใหญ่ขาดลักษณะของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์เหล่านี้

เนื่องจากนักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังขาดลักษณะจำนวนมากเกี่ยวกับ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” คำอธิบายหนึ่งที่เป็นไปได้อย่างมากคือว่า “การสืบเสาะ” ยังไม่เกิดขึ้นจริงในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คำอธิบายนี้ไม่ใช่เรื่องใหม่ งานวิจัยส่วนหนึ่งระบุไว้ก่อนหน้านี้แล้วว่า การบรรยายยังคงเป็นรูปแบบหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ [15-17] ในขณะที่งานวิจัยอีกส่วนหนึ่งเปิดเผยว่า ครูจำนวนหนึ่งยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” บางคนอาจสับสนระหว่าง “การสืบเสาะหาความรู้” และ “การค้นคว้าหาความรู้” [18] ในขณะที่ครูอีกจำนวนหนึ่งแม้ใช้กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ แต่ก็เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ โดยปราศจากความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัตินั้น [19] หากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เช่นนี้มีอยู่ทั่วไป นักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังขาดลักษณะต่าง ๆ เกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

เมื่อพิจารณาลักษณะของ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ที่นักเรียนไทยจำนวนมากที่สุดประสบปัญหา ลักษณะนั้นคือการโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สาเหตุที่เป็นไปได้ประการหนึ่งคือว่า การโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไม่ปรากฏอย่าง

ชัดเจนใน “หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551” [8] โดยตัวชี้วัดที่ 8 ในสาระที่ 8 “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” ได้กำหนดไว้เพียงว่า เมื่อจบการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนไทย (ซึ่งส่วนใหญ่มีอายุประมาณ 15 ปี) ควร

*“บันทึกและอธิบายผลการสังเกตการณ์สำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและ (หลักฐาน) ใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม”* (ผู้เขียนเน้นข้อความ)

ข้อความที่ถูกเน้นด้วยการขีดเส้นใต้ข้างต้นมุ่งนำเสนอว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องชั่วคราวที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่ก่อนที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเกิดเปลี่ยนแปลงได้นั้น นักวิทยาศาสตร์ต้องมีการโน้มน้าวและโต้เถียงกันบนพื้นฐานของข้อมูลและหลักฐาน ข้อมูลและหลักฐานใหม่ไม่สามารถโน้มน้าวและโต้แย้งได้ด้วยตัวเองโดยปราศจากนักวิทยาศาสตร์ การขาดหายไปจากตัวชี้วัดอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ครูไทยส่วนใหญ่ละเลยการโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ทั้งที่สิ่งนี้ควรเกิดขึ้นเป็นปกติในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ [20] นักเรียนไทยจึงขาดโอกาสในการพัฒนาความสามารถด้านการโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

การสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นอีกลักษณะหนึ่งของ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ที่นักเรียนไทยส่วนใหญ่ประสบปัญหา ถึงแม้ว่าตัวชี้วัดที่ 9 ในสาระที่ 8 “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” ได้กำหนดไว้ว่า เมื่อจบการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนไทยควร*“จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ”* [8] แต่นักเรียนไทยส่วนใหญ่กลับประสบปัญหาในการสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คำอธิบายที่เป็นไปได้คือว่า เนื่องจากลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นี้สอดคล้อง (และมักเกิดขึ้นร่วมกัน) กับการโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบ 2 ทางระหว่างผู้โน้มน้าวและผู้โต้แย้ง ซึ่งจะช่วยให้ทั้งผู้โน้มน้าวและผู้โต้แย้งได้พัฒนาความสามารถด้านการสื่อสารความคิดของตนเองและการรับฟังความคิดของผู้อื่น ดังนั้น หากนักเรียนไทยส่วนใหญ่ได้รับโอกาสในการสื่อสารความคิดของตนเองตามที่ตัวชี้วัดข้างต้นได้กำหนดไว้ การสื่อสารนั้นน่าจะเป็นการสื่อสารแบบทางเดียวจาก “ผู้ส่งสาร” ไปยัง “ผู้รับสาร” โดยปราศจากการอภิปรายเพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนร่วมกัน ผู้ส่งสารจึงแทบไม่มีโอกาสได้ทราบผลย้อนกลับเลยว่า การนำเสนอของตนเองช่วยสร้างความ

ชัดเจนให้กับผู้รับสารได้มากน้อยเพียงใด หรือในกรณีที่แย่กว่านั้น นักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ลึกซึ้งเพียงพอที่จะสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้

การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูลเป็นอีกลักษณะหนึ่งของ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ที่นักเรียนไทยส่วนใหญ่ประสบปัญหา ถึงแม้ว่าตัวชี้วัดที่ 4 ในสาระที่ 8 “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” ได้กำหนดไว้ว่า เมื่อจบการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนไทยควร *“... จัดกระทำข้อมูล (ทั้ง) เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ”* [8] สิ่งนี้บอกเป็นนัยว่า นักเรียนขาดโอกาสในการฝึกจัดกระทำข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง และนำเสนอข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำแล้วนั้นให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ มันจึงมีความเป็นไปได้ว่า ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป นักเรียนส่วนใหญ่มักได้รับการนำเสนอข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำ (โดยผู้อื่น) มาแล้ว และมีหน้าที่เพียงแค่ทำความเข้าใจความหมายของข้อมูลเหล่านั้น เมื่อนักเรียนต้องประสบกับข้อมูลจำนวนมาก ซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจ นักเรียนจึงไม่สามารถจัดกระทำข้อมูลเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบอื่นที่สื่อความหมายได้ง่ายและชัดเจนมากขึ้น

ถึงแม้ว่าตัวชี้วัดที่ 1 และตัวชี้วัดที่ 7 ในสาระที่ 8 “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” กำหนดไว้ว่า เมื่อจบการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนไทยควรระบุปัญหาและตั้งคำถามสำหรับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ [8] แต่การระบุปัญหาและคำถามทางวิทยาศาสตร์กลับเป็นอีกลักษณะหนึ่งของ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ที่นักเรียนไทยส่วนใหญ่ประสบปัญหา สิ่งนี้จึงบ่งบอกว่า นักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังขาดโอกาสในการฝึกกำหนดปัญหาและตั้งคำถามเพื่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และเมื่อไม่มีปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงแทบไม่มีโอกาสได้ทำการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของตนเอง ซึ่งขัดแย้งอย่างสิ้นเชิงกับข้อเสนอแนะทางวิชาการ [11, 18-19, 21-23] ผลที่ตามมาคือว่า นักเรียนไทยส่วนใหญ่จึงขาดโอกาสทำการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยพัฒนาลักษณะอื่น ๆ ของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์คำตอบที่เป็นไปได้ การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ การเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูล ตลอดจนการตีความลงข้อสรุป และชี้แจงที่มาของข้อสรุป เป็นต้น

แต่ลักษณะหนึ่งที่นักเรียนไทยส่วนใหญ่ทำได้คือการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่ นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ผลการศึกษาหรือความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ได้อย่างไร ทั้งที่นักเรียนเหล่านี้แทบไม่มีโอกาสได้สืบเสาะในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คำอธิบายหนึ่งที่เป็นไปได้คือ ครูวิทยาศาสตร์มักยกตัวอย่างว่าสิ่งที่ตนเองสอนนั้นมีประโยชน์อย่างไร และนักเรียนสามารถนำสิ่งนั้นไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใดได้บ้าง การยกตัวอย่างนี้เป็นไปเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือและประโยชน์ของสิ่งที่ครูกำลังสอน และหากครูยกตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมเพียงพอ นักเรียนก็สามารถเข้าใจและจดจำตัวอย่างนั้นได้ เนื่องจากการยกตัวอย่างประโยชน์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ปรากฏในเกือบทุกสาระของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใน “หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551” [8] ครูส่วนใหญ่จึงเน้นการยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

## ข้อเสนอแนะ

ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้ให้อะไรบ้างที่เป็นประโยชน์ต่อการยกระดับคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย เนื่องจากองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจคาดหวังให้พลเมืองโลก เป็นบุคคลที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และเนื่องจากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วย “การสืบเสาะ” เป็นแนวทางหลักที่จะนำพานักเรียนสู่การเป็นผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้ คำตอบอย่างกว้าง ๆ คือ ประเทศไทยควรส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วย “การสืบเสาะ” อย่างจริงจังต่อไป อย่างไรก็ดี การประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ทุกครั้งที่ผ่านมาอาจกระตุ้นให้เกิดการทบทวนว่า เหตุใดการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” ของประเทศไทยจึงยังไม่ประสบผลสำเร็จ (ในขณะที่ประเทศอื่น ๆ ดูเหมือนจะประสบความสำเร็จมากกว่า)

เนื่องจากครูมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แต่งานวิจัยจำนวนมากที่ระบุว่า ครูยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” ซึ่งส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” ยังไม่เกิดขึ้นจริง [11, 18-19, 23] ดังนั้น ครูจึงควรได้รับการส่งเสริมให้มีความเข้าใจและความสามารถในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” อย่างแท้จริง ในขณะที่ครูสะท้อนว่า บริบทเป็นอุปสรรคสำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” ไม่ว่าจะเป็นการประเมินผลการเรียนรู้ระดับชาติที่เน้นด้านเนื้อหา อัตราส่วนที่สูงระหว่างจำนวนนักเรียนและจำนวนครู ความไม่สมดุลกันระหว่างปริมาณเนื้อหาและเวลา

และการขาดแคลนวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น [9, 23-24] ข้อจำกัดทางบริบทเหล่านี้อาจทำให้ครูเลือกจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการบรรยายเป็นหลัก [15-17]

ในขณะที่การจัดการเรียนการสอนโดย “การสืบเสาะ” ในประเทศไทยเน้น “วัฏจักรการสืบเสาะแบบ 5Es” [21-23] การวิเคราะห์ตัวอย่างข้อสอบของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ “ด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์” ได้ย้ำเตือนว่า สิ่งสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์คือการเน้นลักษณะต่าง ๆ ของ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ในทางปฏิบัติมันอาจเป็นไปได้ยากที่ครูจะสามารถเน้นลักษณะเหล่านั้นได้อย่างครบถ้วนภายใน 1 วัฏจักรของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สิ่งที่น่าสังเกตและน่าสนใจว่าคือ นักเรียนไทยส่วนน้อยเท่านั้นทำคะแนนด้านการสื่อสารผลการศึกษาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และด้านการโน้มน้าวและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมักเกิดขึ้นตอนท้ายของวัฏจักรการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ หากครูได้จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” อยู่บ้าง ครูอาจมีเวลาเพียงพอให้นักเรียนได้กำหนดปัญหา ออกแบบการศึกษา เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล แต่ครูอาจแทบไม่มีเวลาให้แก่การนำเสนอผลการศึกษา การโน้มน้าว และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติตามวัฏจักรของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ “อย่างเคร่งครัด” ได้สร้างข้อจำกัดให้แก่ตัวเองด้วยเช่นกัน

จีระวรรณ เกษสิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า [19] รายงานว่า ครูอาจเข้าใจว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” คือการปฏิบัติตามวัฏจักร 5 ขั้นตอนอย่างเคร่งครัด ซึ่งเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลาย การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” ก็ควรมีหลากหลายเช่นกัน [25] ดังนั้น ครูอาจไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามวัฏจักรการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างเคร่งครัด ตราบใดที่ครูยังคงเน้นลักษณะต่าง ๆ ของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

> *Hodson [26] ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้เมื่อเกือบ 30 ปีมาแล้วว่า:*
>
> *มันเป็นเรื่องไร้เดียงสาที่ ... กิจกรรมการเรียนรู้ใด ๆ ต้องบรรลุเป้าหมายที่หลากหลายให้ครบถ้วน ประสบการณ์การเรียนรู้ ... ต้องถูกออกแบบเพื่อบรรลุเป้าหมายเฉพาะ มันเป็นเรื่องไร้เดียงสาเช่นกันที่ ... กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องโดยตรงกับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จริง ๆ (ผู้เขียนดัดแปลงเป็นภาษาไทย)*

กล่าวคือ ครูอาจจำเป็นต้องผ่อนปรนจากความเคร่งครัดของการปฏิบัติตามวัฏจักรของ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” โดยการเลือกเน้น “บางลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ในการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้ง การเลือกเน้นนี้อาจไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับของวัฏจักรของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ เพราะแม้แต่นักวิทยาศาสตร์เองก็ไม่ได้ปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านั้นทุกครั้งไป [27] การเลือกเน้นลักษณะเฉพาะของ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” จะช่วยสร้างความยืดหยุ่นแก่ครูในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับบริบทของตนเองมากขึ้น

Chinn & Malhotra [13] ได้เสนอแนะว่า นอกเหนือจากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดย “การสืบเสาะ” อย่างสมบูรณ์แล้ว ครูอาจเลือกเน้น “บางลักษณะ” ของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดกิจกรรม ดังนี้ (1) การทดลองเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (2) การวิเคราะห์ฐานข้อมูล (3) การประเมินหลักฐาน (4) การออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่า และ (5) การลงมือปฏิบัติ โดยกิจกรรมเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นตามลำดับและอยู่ในเนื้อหาเรื่องเดียวกัน ตัวอย่างกิจกรรมต่าง ๆ ปรากฏในเอกสารเรื่อง “กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” [28]

## ข้อจำกัด

การวิเคราะห์นี้มีข้อจำกัดหลายประการ เนื่องจากข้อมูลในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นเพียง “ตัวอย่างข้อสอบ” ไม่ใช่ “ข้อสอบจริง “ ซึ่งไม่มีการเปิดเผยสู่สาธารณะ ดังนั้น ข้อสอบจริงอาจมีการเน้นลักษณะต่าง ๆ ของ “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ที่แตกต่างไปจากตัวอย่างข้อสอบเหล่านี้ นอกจากนี้ การวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้คะแนนของนักเรียนไทย “ในอดีต” เมื่อหลายปีมาแล้ว ความสามารถของนักเรียนไทยในอดีตตามที่ปรากฏในผล การวิเคราะห์ครั้งนี้อาจไม่สะท้อนความสามารถของนักเรียนไทยในปัจจุบัน ยิ่งไปกว่านั้น ร้อยละของนักเรียนไทยในอดีตที่ได้คะแนนจากคำถามแต่ละข้อไม่มีการแจกแจงเป็นปกติ ดังนั้น ข้อมูลเหล่านี้จึงถูกวิเคราะห์เชิงพรรณนาเท่านั้น การนำผลการวิเคราะห์นี้ไปใช้จึงต้องอาศัยวิจารณญาณ

## เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2554). **กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009**. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.

[2] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2555). **ตัวอย่างข้อสอบการประเมินผลนานาชาติ PISA และ TIMSS: วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.

[3] Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. 2013. **PISA 2015: Draft Science Framework**. Retrieved 11 March 2014, from http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/.

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

[5] กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). **ยกระดับ PISA**. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2557, จาก http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail. php?NewsID= 35490&Key=news_act.

[6] Laugksch, R. C. (2000). "Scientific Literacy: A Conceptual Overview", **Science Education**. 84(1), 71 – 94.

[7] 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.

[8] สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

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

[10] จีระวรรณ เกษสิงห์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (2554). “การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้”, **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**. 30(1), 84 – 105.

[11] จุฬารัตน์ เลี้ยงไกรลาศ และนฤมล ยุตาคม. (2553). “กรณีศึกษา : การรับรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะและการปฏิบัติการสอนของครูชีววิทยา”, **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**. 29(4), 23 – 37.

[12] ลือชา ลดาชาติ. (2555). **การวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรไทย (น.ส.พ. ฟ้าเมืองไทย).

[13] 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.

[14] National Research Council [NRC]. (1996). **The National Science Education Standards**. Washington D.C. : National Academy Press.

[15] ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์ นฤมล ยุตาคม และพัฒนี จันทรโรทัย. (2551). “การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต”, **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)**. 29(1), 1 – 10.

[16] ลือชา ลดาชาติ และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (2551). “การสำรวจสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียงในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดตรัง”, **วารสารวิจัย มข.**. 13(11), 1310 – 1320.

[17] Dahsah, C. and Faikhamta, C. (2008). “Science Education in Thailand: Science Curriculum Reform in Transition. In R. K. Coll & N. Taylor. (Eds)”, **Science Education in Context : An International Examination of the Influence of Context on Science Curricula Development and Implementation**, Rottrdam : Sense Publishers, 291 – 300.

[18] ธิติยา บงกชเพชร และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (2553). “ความรู้/ความเชื่อเกี่ยวกับการสอนดาราศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6”, **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**. 29(3), 85 – 97.

[19] จีระวรรณ เกษสิงห์ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2553). “กรณีศึกษาความเข้าใจและการปฏิบัติของครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้”, **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)**. 31(1), 1 – 16.

[20] Driver, R., Newton, P. and Osborne, J. (2000). “Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms”, **Science Education**. 84(3), 287 – 312.

[21] กุศลิน มุสิกุล. (2550). “การเรียนการสอนโดยใช้ Scientific Inquiry”, **นิตยสาร สสวท**.. 35(149), 36 – 37.

[22] ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). “การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 11(1), 31 – 45.

[23] ศักดิ์ศรี สุภาษร. (2554). “กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: การทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี”, **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 22(3), 331 – 343.

[24] Roadrangka, V., Yutakom, N. and Chaiso, P. (2008). “The State of Teaching and Learning Science According to Basic Science Curriculum Reform in Thailand”, **KKU Research Journal**. 13(11), 1217 – 1235.

[25] Newmann, W. J., Abell, S. K., Hubbard, P. D., McDonald, J., Otaala, J. and Martini, M. (2004). “Dilemmas of Teaching Inquiry in Elementary Science Methods”, **Journal of Science Teacher Education**. 15(4), 257 – 279.

[26] Hodson, D. (1988). “Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum”, **Science Education**. 72(1), 19 – 40.

[27] ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2553). “แนวคิดคลาดเคลื่อนของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์”, **วารสารวิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร**. 2(1), 115 – 131.

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