พหุกรณีศึกษา: การรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา

กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์[1*] พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ[1] และพัฒนี จันทรโรทัย[2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ
[2]ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10903
[*]E-mail: teacherkobwit@gmail.com

รับบทความ: 13 สิงหาคม 2559 ยอมรับตีพิมพ์: 28 มีนาคม 2560

บทคัดย่อ

การศึกษารายพหุกรณีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้และการปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 6 คน จากโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา 3 แห่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแห่งหนึ่งในภาคกลาง เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ การทำแบบวัดและการสังเกต ตลอดจนการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้กรอบแนวคิด TPACK ของ Koehler and Mishra (2009) โดยศึกษาเพียง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) และความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ซึ่งจากงานวิจัยบ่งชี้ว่าสามารถสะท้อนให้เห็นจากการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบ constant-comparative method ซึ่งแบ่งวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ภายในกรณี (within-case analysis) และขั้นที่ 2 วิเคราะห์ระหว่างกรณี (cross-case analysis) แล้วนำมาสังเคราะห์เป็นข้อสรุปและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยเทคนิคแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า ครูที่เป็นพลวิจัยมีการรับรู้ว่าตนมีความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นอย่างดี แต่ยังประสบปัญหาด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และประสบปัญหาด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยครูสามารถใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้บ้าง ส่วนใหญ่ในลักษณะของสื่อการสอน แต่ยังไม่สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้ ส่งผลต่อการปฏิบัติการสอนของครู โดยพบว่าครูเลือกวิธีการสอนแบบบรรยายและไม่ค่อยได้นำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอน เนื่องจากไม่สามารถบูรณาการความรู้ทั้ง 3 องค์ประกอบดังกล่าวเข้าด้วยกันได้ ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยนี้ คือ แนว-

ทางในการพัฒนาความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ต้องคำนึงถึงบริบทของครู ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนและความต้องการในการพัฒนาตามสภาพการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูและการปรับการจัดการเรียนรู้ของหลักสูตรผลิตครูในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: การรับรู้ของครู ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

Multiple-Case Studies: Perceptions of Lower Secondary School Science Teachers in regard to Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and Teaching Practices in Opportunity Expansion Schools

Kobwit Piriyawat[1*], Pongprapan Pongsophon[1] and Pattanee Jantrarotai[2]

[1]Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University;
[2] Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkhen, Bangkok 10903, Thailand
[*]E-mail: teacherkobwit@gmail.com

Received: 13 August 2016 Accepted: 28 March 2017

Abstract

The multiple case study aimed to examine the perceptions and teaching practices in regard to Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) of six lower secondary science teachers from three Opportunity Expansion Schools under Primary Educational Service Area Office in central region of Thailand. Interviews, test, classroom observation and the analysis of lesson plan were used as sources of data collection. Using Koehler and Mishra's TPACK framework (2009), three components were focused, suggested by literature, to be well reflected and measurable in classroom practice; Content Knowledge (CK), Pedagogical Content Knowledge (PCK) and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in this research. Data were analyzed using constant comparative method: Step 1 within-case analysis and Step 2 cross-case analysis. The meaning was discerned and determined the credibility by data triangulation technique. The result revealed that most of teachers perceived that they had adequate content knowledge. However, they had problems in Pedagogical Content Knowledge on some the essential features of the inquiry-based approach. In addition, they felt they did not know what and how technology could enhance inquiry-based teaching. The teachers were more likely to use technology in teaching science as instructional media consistent with their practice. It was found that teachers had chosen lecturing as a main teaching method and rarely used technology in the teaching since they could not integrate the three elements of TPACK. The findings suggested that professional development model for TPACK should be designed

and implemented by taking into account the context, constraints regarding learning and teaching and their needs and motivation.

Keywords: Teacher's perceptions; Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK); Lower secondary science Teachers

บทนำ

การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในโลกปัจจุบัน มีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคม และเศรษฐกิจของทุกประเทศ มนุษย์ได้ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นกลไกในการสร้างความเจริญและพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ (Savathanaphiboon, 1997; Sethawatcharawanich,1997) ดังนั้นการพัฒนาคนให้รู้ เข้าใจ และใช้วิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาตนเองและสังคม จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ทุกคนจึงจำเป็นที่จะต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy for all) (Collete and Eugene, 2001; IPST, 2003) ที่ผ่านมาแม้ว่าประเทศไทยจะมีการพัฒนาและส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ แต่ในปัจจุบันพบปัญหาที่ต้องเร่งดำเนินการพัฒนาให้ประสบผลสำเร็จตามนโยบายรัฐบาลด้านการศึกษาในหลายประเด็นที่สำคัญ คือ ปัญหาเรื่องคุณภาพการศึกษาและสติปัญญาของเด็ก กล่าวคือ การพัฒนาที่ผ่านมาทำให้เด็กและเยาวชนมีโอกาสทางการศึกษาเพิ่มขึ้น อัตราการรู้หนังสือและระดับการศึกษาเฉลี่ยของคนไทย มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลับลดลง ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบระดับชาติ หรือการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับนานาชาติ (Office of the Education Council, 2013) โดยเฉพาะนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐานการศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างปี 2548 – 2555 พบว่า ในแต่ละปีคะแนนเฉลี่ย 5 วิชาหลักต่ำกว่าร้อยละ 50 ทั้งนี้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับดีจำนวนน้อยมาก ส่วนใหญ่มีผลการเรียนอยู่ในขั้นพอใช้และต้องปรับปรุง (National Institute of Educational Testing Service, 2012; Office of the Education Council, 2013) ซึ่งพบว่า มีอุปสรรคเกิดขึ้นในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากโรงเรียนประสบปัญหาเกี่ยวกับวัสดุครุภัณฑ์ โต๊ะเก้าอี้ ห้องปฏิบัติการขาดสารเคมี อุปกรณ์การเรียนการสอนมีไม่เพียงพอ บุคลากร มีจำนวนไม่เพียงพอ ครูมีคุณวุฒิไม่ตรงกับวิชาที่สอน และยังไม่มีความรู้ความสามารถในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนที่ดีพอ (Office of the National Primary Education Office, 1993: 23-30) ซึ่งปัญหาและความท้าทายที่สำคัญที่สุด คือ คุณภาพในการจัดการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนขยายโอกาส จากรายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทยของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ พบว่า ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ไม่ประสบความสำเร็จ สาเหตุหนึ่งมาจากครูขาดความรู้ความเข้าใจและทักษะในการจัดการเรียนรู้

(Office of the National Education Commission, 2001; Srithongkul, 2001) คุณภาพการสอนของครูส่วนใหญ่ยังเป็นผู้บรรยายให้ความรู้มากกว่าการเป็นผู้บริหารจัดการความรู้หรือผู้ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน (Office of the Education Council, 2013)

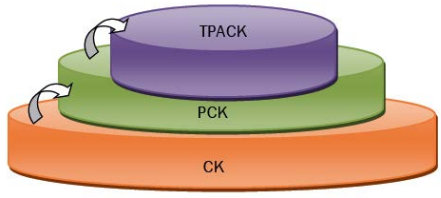
ความรู้ของครูจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการที่จะช่วยให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถจัดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวปฏิรูปการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ (Goodnough, 2010; Ministry of Education, 2008) โดยเฉพาะในศตวรรษที่ 21 ครูจำเป็นต้องมีทักษะทางเทคโนโลยีเพื่อนำมาพัฒนาการสอนให้มีประสิทธิภาพ (Clark, 2013) แต่ในการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนของครู พบว่า ครูส่วนใหญ่ยังขาดทักษะการบูรณาการในการสอน (Albion, 2001; Liu, 2012) แม้ว่าครูทุกคนทราบว่าการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนส่งผลทางบวกต่อนักเรียน เพราะครูคือศูนย์กลางของการสร้างบรรยากาศการบูรณาการเทคโนโลยีในห้องเรียน ถ้าครูไม่บูรณาการเทคโนโลยีในการสอน การเรียนรู้ของนักเรียนทางด้านการใช้เทคโนโลยีจะมีข้อจำกัดและไม่มีประสิทธิภาพ (Beckett, 2003) ถือได้ว่า ครูจัดเป็นหัวใจสำคัญที่จะทำให้การใช้และบูรณาการเทคโนโลยีในห้องเรียนประสบความสำเร็จ (Mandell et al., 2002)

นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยังมีข้อจำกัดสำหรับเนื้อหาวิทยาศาสตร์บางเรื่องที่เป็นการจัดกิจกรรมการทดลองที่สังเกตได้ยาก อาจเกิดอันตรายหรือกรณีอุปกรณ์ทดลองมีราคาสูง ตลอดจนเป็นการสังเกตสิ่งที่มีขนาดเล็กระดับจุลภาคไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สอดคล้องกับ Edinson (2011), Kasetsart University (2004), Malithong (2005) และ Sung-ong (2004) และ ที่กล่าวว่าเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารถือว่ามีประโยชน์อย่างมากในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถทดลองให้เห็นจริงได้ในห้องเรียนโดยใช้การสาธิตในลักษณะของการจำลองสถานการณ์ (simulation) แม้นักเรียนจะไม่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลองจริง แต่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในลักษณะของการจำลองสถานการณ์ ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากนักเรียนสามารถจัดกระทำตัวแปรเพื่อสังเกตผลที่เกิดขึ้นและนำมาซึ่งการลงข้อสรุปถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เช่น การทดลองเรื่องกฎของแก๊สอุดมคติ นักเรียนไม่สามารถมองเห็นอนุภาคของแก๊สในชีวิตประจำวันได้ แต่การใช้แบบจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิที่มีต่ออนุภาคของแก๊ส ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดที่เรียนอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อให้ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งช่วยประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย รวมทั้งยังสามารถดึงดูดความสนใจในการเรียนและความมุ่งมั่นในการศึกษาหาความรู้ของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย สามารถเลือกใช้ข้อมูลและสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพได้อีกด้วย (Denby and Holmal, 2002; Wellington, 2000)

ดังนั้น สิ่งที่ครูวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีในการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอน คือ ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีการสอนเนื้อ-

หาวิชาเฉพาะ (technology pedagogical content knowledge, TPACK) Shulman (1986) แนะนำว่า ครูควรบูรณาการความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะเข้ากับความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ เนื่องจากความรู้ทั้งสองด้านนี้มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ การที่ครูมีแค่ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (content knowledge) หรือความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (pedagogical knowledge) เพียงอย่างเดียว อาจไม่พอต่อการเป็นครูที่ดี เพราะครูที่ดีต้องรู้จักวิธีการถ่ายทอดความรู้ที่ตนเองมีให้นักเรียนเข้าใจได้โดยง่าย ด้วยเหตุนี้ความรู้ด้านเทคโนโลยี (technology knowledge) จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ครูต้องเรียนรู้และที่สำคัญที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Koehler and Mishra (2009) ที่ได้ให้ความหมายของ ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ว่าเป็นความรู้ความสามารถของครูในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสมเพื่อส่งเสริมกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิชาเฉพาะแก่นักเรียน โดยกรอบแนวคิด TPACK ของ Koehler และ Mishra (2009) มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ความรู้ความสามารถในการสอน (PK) และความรู้ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (TK) โดยมีจุดเน้นที่สำคัญคือความรู้ความสามารถในส่วนที่ซ้อนกันหรือส่วนที่บูรณาการกันทั้งสามด้าน (Koehler et al., 2004; Mishar and Koehler, 2008)

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กรอบแนวคิด TPACK ของ Koehler & Mishra's (2009) แต่ผู้วิจัยจะศึกษาเพียง 3 องค์ประกอบเท่านั้น ได้แก่ ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) และความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) จากงานวิจัยบ่งชี้ว่าสามารถสะท้อนให้เห็นจากการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน (Cox and Graham 2009; Niess, 2011) โดยมีมุมมองต่อ TPACK ว่าความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะมีความสำคัญสำหรับครูในการกำหนดวิธีการในการออกแบบและปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เจาะจง ซึ่งครูจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) และพิจารณาต่อไปว่าจะเลือกใช้เทคโนโลยีมาช่วยส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เฉพาะเจาะจงนั้นได้อย่างไร ซึ่งครูจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPCK) ในการตัดสินใจเพื่อออกแบบและปฏิบัติการสอน โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน สรุปเป็นแผนภาพได้ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของ TPACK (มุมมองจากด้านข้าง) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ปรับปรุงจาก Koehler & Mishra's (2009)

ดังนั้นกรอบความคิดของความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPCK) ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ดังนี้

(1) ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ตามสาระ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของครูวิทยาศาสตร์

(2) ความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) หมายถึง ความรู้และความสามารถของครูในการออกแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าคือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มี 5 คุณลักษณะที่สำคัญ คือ (1) ผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น (3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี (4) ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (5) ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ อาจมีโมเดลการสอนแบบต่าง ๆ เช่น model based learning, context based learning, socio-scientific issue based teaching, 5Es learning cycle

(3) ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPCK) หมายถึง ความรู้และความสามารถของครูในการออกแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเลือกใช้วิธีสอนและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งครูจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อออกแบบวิธีสอนและปฏิบัติการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหานั้น ๆ ตลอดจนมีความรู้และความสามารถด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างเหมาะสม

อย่างไรก็ตาม บริบทของครูวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อการรับรู้ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและการปฏิบัติการสอนของครูด้วย เช่น ภาระงานของครูมีมากส่งผลให้ครูไม่มีเวลาในการเตรียมความรู้และออกแบบการสอนที่มีการบูรณาการเทคโนโลยี (Butler and Sellbom, 2002; Drenoyianni and Selwood, 1998; Cuban et al., 2001; Mumtaz, 2000; Pelgrum, 2001; Russell and Bradley, 1997; Shamburg, 2004) ทัศนคติ ความเชื่อและความกลัวของครูในการใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอน (Becta, 2003; Ertmer, 1999) หรือปัจจัยเกี่ยวกับหลักสูตรการผลิตครูก็พบว่าไม่ค่อยช่วยสร้างเสริมประสบการณ์ให้นักศึกษาและครูสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน (Butler and Sellbom, 2002; Cuban et al., 2001; Loveless, 2003; Mumtaz, 2000; Pelgrum, 2001; Russell and Bradley, 1997; Subhi, 1999)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาเป็นพหุกรณีศึกษา ตามกรอบแนวคิดดังกล่าว ซึ่งข้อมูลวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ให้บรรลุตามเป้าหมายของการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์ตลอดจนเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบโปรแกรม

พัฒนาวิชาชีพครูและการปรับการจัดการเรียนรู้ของหลักสูตรผลิตครูในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการรับรู้และการปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) เพื่อตอบปัญหาของการวิจัย โดยให้ความสำคัญกับข้อมูลด้านความรู้สึก โลกทัศน์ การให้ความหมาย และวัฒนธรรม เน้นการเข้าไปสัมผัสกับข้อมูลหรือปรากฏการณ์โดยตรง และมุ่งที่จะกระตุ้นหรือก่อให้เกิดสมมติฐานหรือข้อสรุปใหม่ ๆ (Chantawanich, 2000; Guba and Lincoln, 1994) ภายใต้กระบวนทัศน์การตีความ (interpretive paradigm) ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่าแต่ละบุคคลสามารถสร้างความรู้ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันทางสังคม (Merriam, 1998) ดังนั้นผู้วิจัยจะศึกษาเกี่ยวกับความเป็นจริงทางสังคมที่เกิดขึ้น และการให้ความหมายของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว โดยการตีความจากคำพูด คำอธิบาย ตลอดจนการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อที่จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถตัดสินองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมเหล่านั้นของของบุคคลได้ (Kaplan and Duchon, 1988; Stake, 1995) สำหรับการออกแบบการวิจัยเชิงตีความ (interpretive research design) นั้นจะใช้วิธีวิจัยแบบกรณีศึกษา (case study method) ที่มุ่งศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในบริบทที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยได้เข้าใจเกี่ยวกับกรณีที่ศึกษา ซึ่งอยู่ในบริบทเหล่านั้น (Carroll and Johnson, 1990) ที่ช่วยสร้างความเข้าใจในเชิงลึกเกี่ยวกับบุคคล กลุ่มบุคคล สถาบัน หรือชุมชน (Merriam, 1998; Stake, 1995) นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้วิจัยเกิดความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นว่าเหตุการณ์ ปัญหา และสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับบุคคล กลุ่มบุคคล สถาบันหรือชุมชนนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร และเพราะเหตุใดจึงเกิดขึ้นเช่นนั้น และจะนำผลที่ได้ไปประยุกต์ได้อย่างไร (Yin, 1984) โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยแบบกรณีศึกษาแบบหลายกรณี (multiple case studies) เพื่อลดข้อจำกัดเกี่ยวกับการนำไปอ้างใช้ ซึ่ง Merriam (1998) กล่าวว่าวิธีวิจัยแบบกรณีศึกษาแบบหลายกรณีนี้จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างกรณีมากยิ่งขึ้นและช่วยเพิ่มความตรงภายนอก หรือการนำไปอ้างใช้ของข้อค้นพบของการวิจัยได้ ซึ่งผู้วิจัยจะต้องวิเคราะห์ข้อมูล 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ภายในกรณี (within-case analysis) ซึ่งเน้นการวิเคราะห์ ที่ให้รายละเอียดที่ครบถ้วนเกี่ยวกับองค์ประกอบที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาของกรณี (case) ที่ศึกษา ซึ่งรายละเอียดเหล่านี้เป็นไปตามธรรมชาติของกรณีที่ศึกษา และจะช่วยให้ผู้วิจัยมีความเข้าใจที่มากขึ้นเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกรณีที่ศึกษาด้วย และขั้นที่ 2 วิเคราะห์ระหว่างกรณี (cross-case analysis) ซึ่งการวิเคราะห์ระหว่างกรณีนี้จะทำให้เกิดการจัดประเภท การกำหนดประเด็น หรือการจำแนกข้อมูลออกเป็นประเภทต่าง ๆ และจะนำไปสู่การสร้างเป็นทฤษฎีหรือข้อสรุปเชิงนามธรรม ซึ่งครอบคลุมทุกกรณีที่ศึกษาต่อไป (Merriam, 1998)

พลวิจัย

พลวิจัยในงานวิจัยนี้มีการกำหนดเกณฑ์

ที่ใช้ในการคัดเลือกกรณีศึกษา คือ เป็นครูที่ปฏิบัติการสอนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาที่เปิดสอนระดับการศึกษาภาคบังคับ (ชั้น ป.1 – ม.3) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแห่งหนึ่งในภาคกลางที่มีความสมัครใจจำนวน 6 คน โดยเป็นครูจาก 3 โรงเรียน โรงเรียนละ 2 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้ใช้กรอบแนวคิด TPACK ของ Koehler and Mishra's (2009) แต่ผู้วิจัยจะศึกษาเพียง 3 องค์ประกอบเท่านั้น ได้แก่ ความรู้ความสามารถในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) และความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ซึ่งจากงานวิจัยบ่งชี้ว่าสามารถสะท้อนให้เห็นจากการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน โดยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือหมายเลข 1 – 4 ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

เครื่องมือหมายเลข 1 แบบสัมภาษณ์การรับรู้ระดับความสามารถและสภาพการปฏิบัติเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

เครื่องมือหมายเลข 2 แบบวัดการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

เครื่องมือหมายเลข 3 แบบบันทึกข้อมูลการสังเกตการสอน

เครื่องมือหมายเลข 4 แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

เครื่องมือหมายเลข 1 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การตีความจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่มีคำถามกึ่งโครงสร้าง การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพใช้หลักการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) ซึ่งสร้างเป็นลักษณะคำอธิบายเชิงนามธรรมและข้อสมมติฐาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการรวบรวมข้อมูลอื่นๆในช่วงต่อไป โดยข้อมูลที่ได้มาใหม่นั้นนำมาตรวจสอบในลักษณะคำอธิบายเชิงนามธรรมและข้อสมมติฐานดังกล่าวให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อเสร็จสิ้นแล้วจะนำมาเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทั้งหมด จากนั้นสรุปเป็นประเด็นทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ CK PCK และ TPACK

เครื่องมือหมายเลข 2 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การตีความจากข้อมูลที่ครูตอบ ซึ่งสะท้อนถึงการออกแบบและปฏิบัติการสอนของครูผ่านสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ในแบบวัดฯ วิเคราะห์คำตอบของครูจากการตอบคำถาม แล้วตีความตาม 3 องค์ประกอบ คือ CK, PCK และ TPACK ดังนี้

(1) ด้านความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ผู้วิจัยพิจารณาแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาและมีการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อลงข้อสรุป โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามความหมายการจัดหมวดหมู่ความถูกต้องของแนวคิด ที่ปรากฏในคำตอบของแบบวัดฯ ตามแนวคิดของ Renner (1990) ดังนี้

Sound Understanding (SU)	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์
Partial Understanding (PU)	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์

Partial Understanding with Specific Misunderstanding (PU&SM)	สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และมีความคลาดเคลื่อนด้วย
Specific Misunderstanding (SM)	ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
No Understanding (NU)	ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
No Response (NR)	ไม่ตอบคำถามใด ๆ

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้นำเสนอผลในแง่ของการอธิบายร่วมด้วย แล้วนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของครูแต่ละคนในแต่ละครั้งร่วมกับคำอธิบายของครูวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 คนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่าง ๆ ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

(2) ด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) ผู้วิจัยพิจารณาพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่ปรากฏในการสอนของครูผ่านการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น ซึ่งแสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ที่มี 5 คุณลักษณะที่สำคัญ คือผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล โดยมีประเด็นที่พิจารณาจำนวน 14 ข้อ ซึ่งครอบคลุม 5 คุณลักษณะที่สำคัญดังกล่าว แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ( ) ตามประเด็นที่กำหนดให้ว่า ครูปรากฏหรือไม่ปรากฏพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ นอกจากนั้นผู้วิจัยนำเสนอและวิเคราะห์ผลในแง่ของการอธิบายร่วมด้วย

(3) ด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ผู้วิจัยพิจารณาพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่ปรากฏในการสอนของครูผ่านการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น ซึ่งแสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยนำเทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างเหมาะสม โดยมีประเด็นที่พิจารณาจำนวน 14 ข้อ ซึ่งครอบคลุม 5 คุณลักษณะที่สำคัญดังกล่าว แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ( ) ตามประเด็นที่กำหนดให้ว่า ครูปรากฏหรือไม่ปรากฏพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ ทั้งนี้มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบตรวจสอบรายการ คือ ปรากฏ 1 คะแนน ไม่ปรากฏ 0 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 14 คะแนน

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของครูแต่ละคนในแต่ละครั้งจากแบบบันทึกข้อมูลการสังเกตการสอนและแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ มาจัดเป็นช่วงและพิจารณาระดับการปฏิบัติการสอนด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) และด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) โดยแปลความหมายของช่วงคะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

0 – 4.99 คะแนน หมายถึง มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน PCK หรือ TPACK อยู่ในระดับต่ำ

5.00 – 9.99 คะแนน หมายถึง มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน PCK หรือ TPACK อยู่ในระดับปานกลาง

10.00 – 14.00 คะแนน หมายถึง มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน PCK หรือ TPACK อยู่ในระดับสูง

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้นำเสนอและวิเคราะห์ผลในแง่ของการอธิบายร่วมด้วย

เครื่องมือหมายเลข 3 และ 4 เป็นวัดการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริงของครู ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การตีความจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการปฏิบัติการสอนของครู จำนวนคนละ 3 ครั้ง เพื่อให้ทราบถึงสภาพของการจัดการเรียนการสอนของครูแต่ละคนในภาพรวม ซึ่งสะท้อนถึงการออกแบบและปฏิบัติการสอนของครูผ่านการปฏิบัติจริงในชั้นเรียน โดยวิเคราะห์การปฏิบัติการสอนของครูแล้วตีความตาม 3 องค์ประกอบ คือ CK PCK และ TPACK ด้วยวิธีการและเกณฑ์เดียวกับเครื่องมือหมายเลข 2

ในวิธีวิจัยแบบกรณีศึกษานั้น ผู้วิจัยนำวิธีวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสร้างข้อสรุปเชิงอุปนัยไปใช้ได้ โดยผู้วิจัยต้องรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกรณีที่ศึกษาจากทุกแหล่งข้อมูล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ และเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับวิธีวิจัยแบบกรณีศึกษาแบบหลายกรณีนั้น ผู้วิจัยต้องวิเคราะห์ข้อมูล 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ภายในกรณี (within-case analysis) ซึ่งเน้นการวิเคราะห์การรับรู้และการปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครู ที่ให้รายละเอียดที่ครบถ้วนเกี่ยวกับ CK PCK และ TPACK ของแต่ละกรณี (case) ที่ศึกษา และขั้นที่ 2 วิเคราะห์ระหว่างกรณี (cross-case analysis) โดยนำผลการวิเคราะห์การรับรู้และการปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูที่ได้จากทุกกรณีศึกษาในภาพรวมมาวิเคราะห์ CK PCK และ TPACK ระหว่างครูทั้ง 6 คนนำไปสู่การสร้างเป็นข้อสรุปเชิงนามธรรม ซึ่งครอบคลุมทุกกรณีที่ศึกษาต่อไป

ผลการวิจัย

จากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับครูที่เป็นพลวิจัยทั้ง 6 คน ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงข้อมูลและบริบทของครูแต่ละคนที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ระดับความสามารถและสภาพการปฏิบัติเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแสดงในดังตาราง 1

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัยเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยขอนำเสนอใน 3 องค์ประกอบที่สำคัญตามกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้

1. การรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ผลการวิเคราะห์เมื่อผู้วิจัยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับครูทั้ง 6 คน เมื่อพิจารณาแต่ละกรณีศึกษา พบว่า ครูที่สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 คน คือ ครู ค และ ครู ช ที่ไม่ประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและไม่ต้องการได้รับการพัฒนา ครูที่สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 คน คือ ครู ข และ ครู ง ที่ยังไม่ค่อยเข้าใจและประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและต้องการได้รับการพัฒนาในเรื่องแสงและปฏิกิริยาเคมี และครูที่สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2

ตาราง 1 บริบทของครูแต่ละคนที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้และการปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่เป็นพลวิจัย

ครู	โรงเรียน	เพศ/อายุ	การศึกษา*	ตำแหน่ง	ระดับชั้นที่สอน	วิชาที่สอน	ประสบการณ์สอน	ภาระงาน	
								งานสอน (คาบ/สัปดาห์)	งานอื่น ๆ
ก	ดีวิทยา	หญิง/52	ค.บ.[1]	ครู คศ.3	ม.3	- วิทย์พื้นฐาน - โครงงานวิทยาศาสตร์	26 ปี	18	- ครูที่ปรึกษา - หัวหน้างานวัดผล
ข	ดีวิทยา	หญิง/53	ค.บ.[1] ศศ.ม.[3]	ครู คศ.3	ม.2	- วิทย์พื้นฐาน - วิทยาศาสตร์กับความงาม	27 ปี	18	- ครูที่ปรึกษา - หัวหน้างานโภชนาการ
ค	เก่งวิทยา	หญิง/32	ค.บ.[1] ศศ.ม.[3]	ครู คศ.1	ม.1	- วิทย์พื้นฐาน - วิชาศึกษาค้นคว้าอิสระ	8 ปี	20	- ครูที่ปรึกษา - หัวหน้างานห้องเรียนพิเศษ - งานวิชาการ
ง	เก่งวิทยา	หญิง/38	ค.บ.[1] ค.ม.[4]	ครู คศ.1	ม.2	วิทย์พื้นฐาน	13 ปี	18	- ครูที่ปรึกษา - หัวหน้างานห้องเรียนพิเศษ
จ	สุขวิทยา	หญิง/50	ค.บ.[1] ค.ม.[4]	ครู คศ.3	ม.3	วิทย์พื้นฐาน	23 ปี	11	- ครูที่ปรึกษา - หัวหน้างานวัดผล
ช	สุขวิทยา	หญิง/28	ศศ.บ.[2]	ครู ผู้ช่วย	ม.1	วิทย์พื้นฐาน	2 ปี	18	- ครูที่ปรึกษา - หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน

หมายเหตุ *1 = วิทยาศาสตร์, 2 = วิทยาศาสตร์ศึกษา, 3 = การสอนวิทยาศาสตร์, 4 = หลักสูตรและการสอน

คน คือ ครู ก และ ครู จ ที่ยังไม่ค่อยเข้าใจและประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและต้องการได้รับการพัฒนาในเรื่อง ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และดาราศาสตร์ กล่าวโดยสรุปครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น รับรู้ว่าตนเองไม่ประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและไม่ต้องการได้รับการพัฒนาจำนวน 2 คน และรับรู้ว่าตนเองประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและต้องการได้รับการพัฒนา จำนวน 4 คน

ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงเนื้อหาสาระที่ครูยังไม่ค่อยเข้าใจหรือประสบปัญหาในการสอนและเนื้อหาสาระที่ครูต้องการได้รับการพัฒนา เช่น

ครู ก: "*ส่วนใหญ่พี่ไม่ค่อยเข้าใจเรื่องพวกไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เพราะสมัยเรียนพี่ไม่เคยเรียนมาพอมาสอนก็อาศัยอ่านเอาเอง ก็สอนมาหลายปีแล้ว ยังไม่ค่อยเคลียร์เท่าไหร่ ก็อยากพัฒนาเรื่องนี้*" (ครู ก, 2558)

ครู ช: "*เนื้อหา ม.1 ส่วนใหญ่เป็นเรื่องไม่ยาก เน้นหนักไปทางเคมี ชีวะ ซึ่งเป็นเรื่องที่ชอบและถนัดอยู่แล้วค่ะ ไม่มีปัญหาเรื่องเนื้อหาเลยค่ะ*" (ครู จ, 2558)

2. การรับรู้ด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK)

ผลการวิเคราะห์จากการให้ครูรายงานตนเองเกี่ยวกับการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยให้ครูยกตัวอย่างเรื่องที่เคยสอนมา 1 หัวข้อ และอธิบายวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งปัญหาที่พบและวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับครูทั้ง 6 คน โดยสรุปพบว่า มีครูจำนวน 4 คน คือ ครู ก ครู ง ครู จ และครู ช ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการบรรยาย และให้นักเรียนทำกิจกรรมตามใบงานที่มีขั้นตอนแน่นอน โดยมีการระบุสาระสำคัญและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับคุณลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้ มีครูเพียง 2 ท่าน คือ ครู ข และครู ค ที่รับรู้ว่าตนเองเข้าใจและปฏิบัติการสอนด้วยการจัด การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มี 5 คุณลักษณะที่สำคัญได้ ตลอดจนมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยใช้วิธีการสอนได้เหมาะสมและสัมพันธ์กับเนื้อหา ทั้งนี้ครูทั้ง 6 คน สะท้อนว่า ต้องการได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์และ STEM Education

นอกจากนี้ครูทั้ง 6 คน ประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ ในด้านตัวครู พบว่า มีภาระงานมาก ทั้งงานสอนและงานอื่น ๆ ในโรงเรียน บางเนื้อหาครูขาดแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีใหม่ ๆ เน้นการสอนแบบบรรยายด้วยวิธีเดิม ตลอดจนโรงเรียนมีกิจกรรมจำนวนมากส่งผลให้เวลาเรียนไม่เพียงพอ ในด้านตัวนักเรียน พบว่า นักเรียนมีพื้นฐานทางความรู้ ความสามารถและระดับสติปัญญาที่แตกต่างกัน นักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และขาดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ในด้านอาคารสถานที่พบว่าขาดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรืออยู่ในสภาพที่ไม่พร้อมใช้งาน ขาดสื่อการเรียนการสอนและวัสดุอุปกรณ์ มีจำนวนไม่เพียงพอต่อการใช้งานของครูและนักเรียน

ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงการรับรู้ ด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและสิ่งที่ต้องการได้รับการพัฒนา เช่น

ครู ค: "*มักจะเป็นคนตั้งคำถามให้นักเรียนไปเลย แล้วค่อยให้เด็กช่วยกันคิดหาคำตอบด้วยวิธีต่าง ๆ แต่ส่วนใหญ่เด็กก็คิดกันไม่ค่อยได้ ก็อาศัยทำตามหนังสือเรียนหรือตามใบงานไป อยากอบรมเกี่ยวกับ inquiry มาก ๆ จะได้เอามาใช้สอนได้ถูกต้อง*" (ครู ค, 2558)

ครู ช: "*อยากสอนวิธีใหม่ ๆ ให้เด็กสนใจเหมือนกันค่ะ แต่ยังไม่ค่อยรู้ว่ามีวิธีอะไรบ้าง ส่วนใหญ่ก็สอนแบบเดิม ๆ บรรยายให้เด็กฟัง จดลงสมุด ให้ทำแบบฝึกหัดบ้าง ก็อยากได้เทคนิคใหม่ ๆ ในการสอนวิทยาศาสตร์และอยากรู้เกี่ยวกับสะเต็มค่ะ*" (ครู ช, 2558)

3. การรับรู้ด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK)

ผลการวิเคราะห์จากการให้ครูรายงานตนเองเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ ซึ่งผู้วิจัยสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับครูทั้ง 6 คน โดยสรุปพบว่า ครูทั้ง 6 คน รับรู้ว่าเทคโนโลยีมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยอธิบายเนื้อหาที่ยากต่อ

ความเข้าใจ สร้างความสนใจในการเรียน ตลอดจนช่วยพัฒนาความรู้ ทักษะและเจตคติทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ ในด้านการปฏิบัติการสอนโดยบูรณาการเทคโนโลยี พบว่า มีครู 2 คน คือ ครู ก และ ครู ข มีประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยี ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น PowerPoint วีดิทัศน์ ประกอบการสอนในบางครั้ง แต่ยังไม่สามารถใช้เทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ ทั้งนี้ พบว่า มีครู 4 คน คือ ครู ค ครู ง ครู จ และครู ช ที่มีประสบการณ์ใช้เทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้บ้าง เช่น ครูใช้คลิปวีดิทัศน์ในการส่งเสริม สนับสนุนให้นักเรียนได้ตั้งคำถาม หรือ มีส่วนร่วมกับครูในการคิดคำถาม นักเรียนใช้สมาร์ทโฟนในการออกแบบวิธีการหาคำตอบด้วยตนเองด้วยการสืบเสาะ สำรวจค้นหา จัดเก็บข้อมูล บันทึกข้อมูลจัดกระทำข้อมูลและตีความหมายข้อมูลอย่างเป็นระบบ ตลอดจนครูได้จัดหาจัดเตรียมสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่า มีครู 2 คน คือ ครู ก และครู ข ประสบปัญหาในด้านทักษะการใช้เทคโนโลยีเบื้องต้น ส่วนครูอีก 4 คน คือ ครู ค ครู ง ครู จ และครู ช มีทักษะพื้นฐานในการใช้เทคโนโลยีเบื้องต้น ตลอดจนบริบทของโรงเรียนเอื้อต่อการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีห้องเรียนและห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีสื่อเทคโนโลยีและระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่พร้อมต่อการใช้งานของครูและนักเรียน ทั้งนี้ครูทั้ง 6 คน ต้องการได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีรูปแบบใหม่ ๆ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตัวอย่างคำตอบของครูที่แสดงถึงการรับรู้ด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและสิ่งที่ต้องการได้รับการพัฒนา เช่น

ครู ข: “*พี่ว่าเรื่องสื่อไอทีเนี่ยมันก็สำคัญและจำเป็นมากๆในยุคนี้ แต่ที่โรงเรียนพี่ไม่ค่อยสะดวกที่จะใช้สื่อพวกนี้เลยค่ะ เน็ตก็ช้า พี่เองก็ใช้ได้ไม่ค่อยคล่อง ทำก็ไม่ค่อยเป็นต้องคอยให้เด็กช่วยตลอดสอนแบบเดิมๆ สะดวกกว่าค่ะ*” (ครู ข, 2558)

ครู ค: “*พวกสื่อเทคโนโลยีนี่ใช้ประจำค่ะ ส่วนใหญ่ใช้คลิปวีดิโอมานำเข้าสู่บทเรียนให้เด็กช่วยกันตั้งคำถามค่ะ บางทีก็เอามาประกอบตอนอธิบายเนื้อหา เด็กชอบกันมากและเข้าใจง่ายดี ก็อยากได้แนวทางใช้สื่อเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่น่าสนใจมาสอนเด็ก ๆ ค่ะ*” (ครู ค, 2558)

ตอนที่ 2 ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากการปฏิบัติการสอน

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัย การปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จำลองและการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริงใน 3 องค์ประกอบที่สำคัญตามกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้

1. การปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยกำหนด ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การตีความจากข้อมูลที่ครูตอบในเครื่องมือหมายเลข 2 แบบวัดการบูรณาการเทคโนโลยีใน

การสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งสะท้อนถึงการออกแบบและปฏิบัติการสอนของครูผ่านสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ วิเคราะห์คำตอบของครูจากการตอบคำถามในแบบวัดฯ แล้วตีความตาม 3 องค์ประกอบ คือ CK PCK และ TPACK ผลการวิเคราะห์สรุปเป็นภาพรวมได้ดังในตาราง 2

ตาราง 2 ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จำลอง พิจารณาตามองค์ประกอบในภาพรวมในทุกกรณีศึกษา

พลวิจัย	ระดับชั้น	เนื้อหาสถานการณ์จำลอง	องค์ประกอบของความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น							
			CK						PCK	TPACK
			SU	PU	PU&SM	SM	NU	NR	(เต็ม 14 คะแนน)	(เต็ม 14 คะแนน)
ครู ก	ม.3	โมเมนต์	✓						ระดับปานกลาง	ระดับต่ำ
ครู ข	ม.2	วัฏจักรหิน		✓					ระดับสูง	ระดับต่ำ
ครู ค	ม.1	การสังเคราะห์ด้วยแสง	✓						ระดับสูง	ระดับปานกลาง
ครู ง	ม.2	วัฏจักรหิน	✓						ระดับปานกลาง	ระดับต่ำ
ครู จ	ม.3	โมเมนต์		✓					ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง
ครู ช	ม.1	การสังเคราะห์ด้วยแสง	✓						ระดับต่ำ	ระดับต่ำ

จากการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จำลองของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ตาราง 2) พบว่า

(1) การปฏิบัติการสอนด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (CK) มีครูที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) จำนวน 4 คน ได้แก่ ครู ก ครู ค ครู ง และครู ช ส่วนครูที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 2 คน ได้แก่ ครู ข และ ครู จ

(2) การปฏิบัติการสอนด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) มีครูที่มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน PCK อยู่ในระดับต่ำ (0 – 4.99 คะแนน) จำนวน 1 คน ได้แก่ ครู ช มีครูที่มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน PCK อยู่ในระดับปานกลาง (5.00 – 9.99 คะแนน) จำนวน 3 คน ได้แก่ ครู ก ครู ง ครู จ และมีครูที่มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน PCK อยู่ในระดับสูง (10.00 – 14.00 คะแนน) จำนวน 2 คน ได้แก่ ครู ข และครู ค

(3) การปฏิบัติการสอนด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) มีครูที่มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน TPACK อยู่ในระดับต่ำ (0 – 4.99 คะแนน) จำนวน 4 คน ได้แก่ ครู ก ครู ข ครู ง และครู ช มีครูที่มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน PCK อยู่ในระดับปานกลาง (5.00 - 9.99 คะแนน) จำนวน 2 คน ได้แก่ ครู ค และ ครู จ

2. การปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริง ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การตีความจากการสังเกตการสอนของครู จำนวนคนละ 3 ครั้ง

ซึ่งพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้ในการสอน ร่วมกับการสังเกตการปฏิบัติการสอนของครูในสถานการณ์จริงตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยใช้เครื่องมือหมายเลข 3 แบบบันทึกข้อมูลการสังเกตการสอน และเครื่องมือหมายเลข 4 แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ แล้วตีความตาม 3 องค์ประกอบ คือ CK PCK และ TPACK ผลการวิเคราะห์สรุปเป็นภาพรวมได้ดังในตาราง 3

ตาราง 3 ความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริง พิจารณาตามองค์ประกอบในภาพรวมในทุกกรณีศึกษา

พลวิจัย	ระดับชั้น	องค์ประกอบของความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น		
		CK	PCK	TPACK
ครู ก	ม.3	แนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์	ระดับปานกลาง	ระดับต่ำ
ครู ข	ม.2	แนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์	ระดับสูง	ระดับต่ำ
ครู ค	ม.1	แนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์	ระดับสูง	ระดับปานกลาง
ครู ง	ม.2	แนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง
ครู จ	ม.3	แนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง
ครู ช	ม.1	แนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์	ระดับต่ำ	ระดับต่ำ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริงของ ครู ก ครู ข ครู ค ครู ง ครู จ และครู ช (ตารางที่ 3) พบว่า

(1) ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (CK) ครูทุกคนมีความถูกต้องของแนวคิดที่ปรากฏอยู่ในระดับ Sound Understanding: SU หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนทั้ง 3 ครั้ง จากการศึกษาพบว่า ทั้ง ครู ก ครู ข ครู ค ครู ง ครู จ และครู ช แสดงให้เห็นว่า สามารถเขียนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้และจัดการเรียนการสอนในแนวคิดเรื่องที่สอนได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ครบถ้วนตามสาระการเรียนรู้แกนกลาง

(2) ด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) ครูส่วนใหญ่มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน PCK อยู่ในระดับปานกลาง จากการศึกษา พบว่า ครูที่มีพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้โดยได้คะแนนอยู่ในระดับต่ำ มี 1 คน คือ ครู ช ครูที่มีพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ โดยได้คะแนนอยู่ในระดับปานกลาง มี 3 คน คือ ครู ก ครู ง และครู จ ส่วนครูที่มีพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ โดยได้คะแนนอยู่ในระดับสูง มี 2 คน คือ ครู ข และครู ค แสดงให้เห็นว่า ครูส่วนใหญ่มีพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะที่สำคัญ 5 ประการของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบ้าง เช่น

มีการให้นักเรียนได้ตั้งคำถามหรือร่วมกับครูในการคิดคำถามโดยครูนำเสนอสถานการณ์ที่ชวนให้เกิดความสงสัยเพื่อเร้าความสนใจของนักเรียนมีการใช้คำถามตรวจสอบความรู้เดิมและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ทำการทดลอง ตลอดจนมีการจัดเตรียมสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้เพื่อสนับสนุนกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน

3. ด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ครูส่วนใหญ่มีความรู้ความสามารถปฏิบัติการสอนด้าน TPACK อยู่ในระดับต่ำ จากการศึกษาพบว่า ครูที่มีพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยได้คะแนนอยู่ในระดับต่ำ มี 3 คน คือ ครู ก ครู ข และครู ช ครูที่มีพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยได้คะแนนอยู่ในระดับปานกลาง มี 3 คน คือ ครู ค ครู ง และครู จ ทั้งนี้ไม่มีครูคนใดที่มีพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยได้คะแนนอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าครูส่วนใหญ่มีพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงให้เห็นถึงสามารถใช้เทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะที่สำคัญ 5 ประการของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ในแผนการจัดการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนได้ไม่มากนัก เช่น มีการใช้ไอซีทีส่งเสริมสนับสนุนในการใช้คำถามตรวจสอบความรู้เดิมและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน มีการใช้ไอซีทีส่งเสริม สนับสนุนให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด มีการใช้ไอซีทีส่งเสริม สนับสนุนให้นักเรียนได้ตั้งคำถามหรือร่วมกับครูในการคิดคำถามและมีการใช้ไอซีทีส่งเสริม สนับสนุนในการสืบค้นข้อมูล

เมื่อนำผลการวิเคราะห์จากตาราง 2 และ 3 ซึ่งได้จากแบบสัมภาษณ์ แบบวัด แบบบันทึกข้อมูลการสังเกตและแบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้มาพิจารณาร่วมกัน พบว่า

(1) การรับรู้และการปฏิบัติการสอนด้านความรู้ความสามารถในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) พบว่า ครูที่สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 คน คือ ครู ค และครู ช รับรู้ว่าตนเองไม่ประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและไม่ต้องการได้รับการพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยได้จากแบบวัดความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่พบว่า ครู ค และครู ช มีความถูกต้องของแนวคิดที่ปรากฏในคำตอบตามสถานการณ์จำลอง เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง อยู่ในระดับ Sound Understanding (SU) หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริง พบว่า ครู ค และครู ช มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ในเรื่องที่ปฏิบัติการสอนทั้ง 3 ครั้ง ดังนั้นผลการวิเคราะห์ที่ได้จึงมีความสอดคล้องกัน

ส่วนครูที่สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 คน คือ ครู ข และครู ง ที่รับรู้ว่ายังไม่ค่อยเข้าใจและประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและต้องการได้รับการพัฒนาในเรื่องแสงและปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบที่ได้จากแบบวัดความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า ครู ข มีความถูกต้องของแนวคิดที่ปรากฏในคำตอบตามสถานการณ์จำลอง เรื่อง วัฏจักรหิน อยู่ในระดับ Partial Understanding: PU หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ ส่วนครู ง มีความถูกต้องของแนวคิดที่ปรากฏในคำตอบตามสถานการณ์จำลองเรื่อง วัฏจักรหิน อยู่ในระดับ Sound Under standing: SU หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริง พบว่า ครู ข และครู ง มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ในเรื่องที่ปฏิบัติการสอนทั้ง 3 ครั้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ครู ข ขาดความชำนาญและแม่นยำในเนื้อหาเรื่อง วัฏจักรหิน ที่ผู้วิจัยทำการวัด แต่มีความแม่นยำในเนื้อหาอื่น ๆ ที่ปฏิบัติการสอนจริงขณะที่ผู้วิจัยไปทำการสังเกต

ครูที่สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 คน คือ ครู ก และครู จ ที่รับรู้ว่ายังไม่ค่อยเข้าใจและประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและต้องการได้รับการพัฒนาในเรื่อง ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และดาราศาสตร์ ซึ่งเมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบที่ได้จากแบบวัดความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า ครู ก มีความถูกต้องของแนวคิดที่ปรากฏในคำตอบตามสถานการณ์จำลอง เรื่องโมเมนต์ อยู่ในระดับ Sound Understanding (SU) หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ส่วนครู จ มีความถูกต้องของแนวคิดที่ปรากฏในคำตอบตามสถานการณ์จำลอง เรื่อง โมเมนต์ อยู่ในระดับ Partial Understanding (PU) หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริงก็พบว่า ครู ก และครู จ มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ในเรื่องที่ปฏิบัติการสอนทั้ง 3 ครั้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ครู จ ขาดความชำนาญและแม่นยำในเนื้อหาเรื่อง โมเมนต์ ที่ผู้วิจัยทำการวัด แต่มีความแม่นยำในเนื้อหาอื่น ๆ ที่ปฏิบัติการสอนจริงขณะที่ผู้วิจัยไปสังเกต

จึงสรุปได้ว่า พลวิจัยมีการรับรู้และการปฏิบัติการสอนด้านความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) โดยมีความถูกต้องของแนวคิดที่ปรากฏในคำตอบอยู่ในระดับ Sound Understanding (SU) หรือสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่จำเป็นต้องพัฒนา CK ของพลวิจัย

(2) การรับรู้และการปฏิบัติการสอนด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) พบว่า มีครูจำนวน 4 คน คือ ครู ก ครู ง ครู จ และครู ช ที่รับรู้ว่าตนเองจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการบรรยาย และให้นักเรียนทำกิจกรรมตามใบงานที่มีขั้นตอนแน่นอน โดยมีการระบุสาระสำคัญและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับคุณลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้ มีครูเพียง 2 คนคือ ครู ข และครู ค ที่รับรู้ว่าตนเองเข้าใจและปฏิบัติการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มี 5 คุณลักษณะที่สำคัญได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยได้จากแบบวัดความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่พบว่า ครู ก ครู ง ครู จ และครู ช มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ในสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัย

กำหนดอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่ ครู ข และครู ค มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ในสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยกำหนดอยู่ในระดับสูง

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริงที่พบว่า ครู ก ครู ง และครู จ มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ในเรื่องที่ปฏิบัติการสอนทั้ง 3 ครั้ง อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนครู ช มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ในเรื่องที่ปฏิบัติการสอนทั้ง 3 ครั้ง อยู่ในระดับต่ำ มีเพียงครู ข และครู ค เท่านั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ในเรื่องที่ปฏิบัติการสอนทั้ง 3 ครั้ง อยู่ในระดับสูง

จึงสรุปได้ว่า พลวิจัยมีการรับรู้และการปฏิบัติการสอนด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้อยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนา PCK ของพลวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของพลวิจัยจากการสัมภาษณ์

(3) การรับรู้และการปฏิบัติการสอนด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) พบว่า มีครูจำนวน 2 คน คือ ครู ก และครู ข ที่รับรู้ว่าตนเอง มีประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น PowerPoint วีดิทัศน์ ประกอบการสอนในบางครั้ง แต่ยังไม่สามารถใช้เทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ และพบว่ามีครู 4 คน คือ ครู ค ครู ง ครู จ และครู ช ที่มีประสบการณ์ใช้เทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้บ้าง เช่น ครูใช้คลิปวีดิทัศน์ในการส่งเสริม สนับสนุนให้นักเรียนได้ตั้งคำถามหรือมีส่วนร่วมกับครูในการคิดคำถาม นักเรียนใช้สมาร์ทโฟนในการออกแบบวิธีการหาคำตอบด้วยตนเองด้วยการสืบเสาะ สำรวจค้นหา จัดเก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล จัดกระทำข้อมูลและตีความหมายข้อมูลอย่างเป็นระบบ ตลอดจนครูได้จัดหา จัดเตรียมสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยได้จากแบบวัดความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า ครู ก ครู ข ครู ง และครู ช มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะในสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยกำหนดอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ ครู ค และครู จ มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะในสถานการณ์จำลองที่

ผู้วิจัยกำหนดอยู่ในระดับ อยู่ในระดับปานกลาง

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิบัติการสอนในสถานการณ์จริงที่พบว่า ครู ก ครู ข และครู ช มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะในเรื่องที่ปฏิบัติการสอนทั้ง 3 ครั้ง อยู่ในระดับต่ำ ส่วน ครู ค ครู ง และครู จ มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะในเรื่องที่ปฏิบัติการสอนทั้ง 3 ครั้ง อยู่ในระดับปานกลาง

จึงสรุปได้ว่า พลวิจัยมีการรับรู้และการปฏิบัติการสอนด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยี ในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมหรือหลักฐานบ่งชี้ที่แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้อยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนา TPACK ของพลวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของพลวิจัยจากการสัมภาษณ์ที่ต้องการได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีรูปแบบใหม่ๆ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลและอภิปราย

จากผลการวิจัย พบว่า ครูส่วนใหญ่มีการรับรู้และการปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยเมื่อผู้วิจัยพิจารณาตาม 3 องค์ประกอบ คือ CK PCK และ TPACK ตามกรอบแนวคิดในการวิจัย พบว่า ครูมีการรับรู้ด้านความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ที่สอดคล้องกับความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ส่งผลให้ครูส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และในการปฏิบัติการสอนผ่านสถานการณ์จำลองตามแนวคิดที่ผู้วิจัยกำหนดและผ่านสถานการณ์จริงในการสอนของครูโดยสามารถอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ตามสาระการเรียนรู้แกนกลาง ส่วนการอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์บางเรื่องที่ไม่สมบูรณ์ของครูนั้น อาจเกิดจากการที่ครูมีความสับสนในเนื้อหาวิชาที่สอน (Sanders et al., 1993) ทั้งนี้ผลการวิจัยแสดงว่าครูมีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเฉพาะในแนวคิดที่ผู้วิจัยกำหนดในสถานการณ์จำลองและไปสังเกตการปฏิบัติการสอนของครูในสถานการณ์จริงเท่านั้น เพราะไม่ได้วัดทุกแนวคิด การรับรู้และการปฏิบัติการสอนด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ชัดเจนนี้เนื่องมาจากครูทั้ง 6 คน สำเร็จการศึกษาทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์มาโดยตรง ตลอดจนมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมาในระยะเวลาหนึ่ง ทำให้ครูมีความชำนาญและมีความแม่นยำในเนื้อหาระดับชั้นที่ตนทำการสอนได้ดีกว่าครูที่เพิ่งจบใหม่ (Clermont et al., 1994) โดยครูที่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะ จะสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้หรือปรับกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งสามารถเพิ่มหรือลดสื่อการเรียนรู้

ที่ใช้ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในทางตรงกันข้ามครูที่ขาดความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะนั้นไม่สามารถออกแบบหรือปรับกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมได้ (de Jong and van Driel, 2004; van Driel et al., 1998) ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครู ผู้วิจัยอาจไม่ต้องพัฒนาครูในด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ในด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) พบว่า ครูส่วนใหญ่มีการรับรู้ที่ไม่ชัดเจนด้านการสอนวิชาเฉพาะ โดยสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีคุณลักษณะที่สำคัญ 5 ประการได้บ้างแต่ไม่ครบถ้วน สมบูรณ์ เนื่องมาจากขาดความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้อง เพราะครูแต่ละท่านมีบริบทในการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน ดังผลการวิเคราะห์ในตาราง 1 ทั้งในเรื่องของประสบการณ์ อาคารสถานที่ ภาระงานของครู และขาดวัสดุอุปกรณ์ที่เพียงพอในการจัดกิจกรรม จึงส่งผลต่อการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนของครูผ่านสถานการณ์จำลองตามแนวคิดที่ผู้วิจัยกำหนดและผ่านสถานการณ์จริงในการสอนของครู ซึ่งพบว่า ครู ข และครู ค มีการปฏิบัติการสอนด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะอยู่ในระดับสูง ส่วน ครู ค ครู ง และครู จ มีการปฏิบัติการสอนด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าครูทั้ง 5 ท่าน เป็นครูที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาแล้วในระยะเวลาหนึ่ง ตลอดจนมีประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะมาบ้างแล้ว แต่เป็นในลักษณะของการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ จากการศึกษาเอกสารและตีความหมายตามความเข้าใจของตนเอง ในขณะที่ครู ช มีการปฏิบัติการสอนด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเป็นครูที่เพิ่งจบใหม่ จึงมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่มากนักและไม่ค่อยมีโอกาสได้เข้ารับการอบรมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ส่งผลต่อความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของครูซึ่งมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติการสอนแบบสืบเสาะของครูและการที่ครูจะนำไปใช้จริงในห้องเรียน นอกจากนี้ยังพบว่าแต่ละกรณีศึกษามีการปฏิบัติการสอนด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะระหว่างกรณีแตกต่างกัน เนื่องจากครูมีความเข้าใจ ทัศนคติ รับรู้และตีความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหลากหลาย รวมทั้งบทบาทของครูและนักเรียนในขณะที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะก็มีความแตกต่างกันด้วย (Crawford, 2000; Anderson, 2002) ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครู ผู้วิจัยจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาครูในด้านการสอนวิชาเฉพาะที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพราะความรู้ด้านการสอนวิชาเฉพาะเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีและเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์อย่างลุ่มลึก (Cochran, 1997; Enfield, 2000) ซึ่งจะช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น(Buaraphan et al., 2005; Justi and van Driel, 2005; van Driel and Verloop, 1999)

ในด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) พบว่า ครูมีการรับรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ โดยมองว่า

เทคโนโลยีมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยอธิบายเนื้อหาที่ยากต่อความเข้าใจ สร้างความสนใจในการเรียน ตลอดจนช่วยพัฒนาความรู้ ทักษะ และเจตคติทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ แต่ครูส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะว่า เป็นการที่ครูใช้เทคโนโลยีเพื่อประกอบการบรรยายหรือนำเสนอเนื้อหาเท่านั้น ซึ่งเป็นผลมาจากครูส่วนใหญ่ขาดความรู้ ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และขาดความรู้ ความเข้าใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กอปรกับครูไม่เคยได้เข้ารับการอบรมที่เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยตรง ดังนั้นถึงแม้ว่าครูจะมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี ก็ยังไม่สามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้และปฏิบัติการสอนโดยนำเทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ จึงส่งผลต่อการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนของครูผ่านสถานการณ์จำลองตามแนวคิดที่ผู้วิจัยกำหนดและผ่านสถานการณ์จริงในการสอนของครู ซึ่งพบว่า ครู ก ครู ข และครู ช มีการปฏิบัติการสอนด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งผลการวิเคราะห์ TPACK ของครูทั้ง 6 คน ในตาราง 2 และ 3 มีความสอดคล้องกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในกรณีของครู ก และ ครู ข จากตาราง 1 จะเห็นได้ว่า เป็นครูที่มีอายุค่อนข้างสูง และมีภาระงานค่อนข้างมาก ตลอดจนมีทักษะพื้นฐานในการใช้เทคโนโลยีค่อนข้างต่ำ จึงไม่สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ได้ ในขณะที่ครู ช แม้จะเป็นครูที่มีอายุน้อย มีทักษะพื้นฐานในการใช้เทคโนโลยีค่อนข้างสูง แต่ด้วยยังมีประสบการณ์สอนไม่มากนัก จึงยังไม่สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริม 5 คุณลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ได้ ส่วนใหญ่เป็นเพียงการใช้เทคโนโลยีเพื่อประกอบการบรรยาย ครู ช จึงมีการปฏิบัติการสอนด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ อยู่ในระดับต่ำ เช่นเดียวกัน ซึ่งการที่ครูแต่ละคนมีความรู้ ความสามารถในด้านการใช้เทคโนโลยี (TK) แตกต่างกันนั้น ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากช่วงวัยของครูที่บางคนเติบโตมาก่อนการพัฒนาของเทคโนโลยี และเรียนรู้เทคโนโลยีในภายหลัง ทำให้มีความรู้ความสามารถในด้านการใช้เทคโนโลยีไม่มากนักกับครูบางคนที่เติบโตมาพร้อมกับการพัฒนาทางเทคโนโลยี ซึ่งจะมีความรู้ความสามารถในด้านการใช้เทคโนโลยีมากกว่า (Prensky, 2001) นอกจากนี้ยังพบว่าแต่ละกรณีศึกษามีการปฏิบัติการสอนด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ระหว่างกรณีแตกต่างกัน เนื่องจากการบูรณาการเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่มีความซับซ้อนเกี่ยวกับสังคมและบริบทของโรงเรียนที่ครูปฏิบัติการสอน (Koehler et al., 2004) ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครู ผู้วิจัยจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาครูในด้านความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) ซึ่งสามารถดึงดูดความสนใจในการเรียนการสอนวิทยา-

ศาสตร์มากยิ่งขึ้น และทำให้นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ มุ่งมั่นในการศึกษาหาความรู้และทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง สามารถพัฒนาทักษะและความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การบันทึกและรวบรวมข้อมูล การสังเกต การจัดกระทำข้อมูล การอภิปรายและการวิเคราะห์ข้อมูล ครูสามารถเลือกใช้สื่อที่มีอยู่หลากหลายได้เหมาะสมกับความต้องการและการรับรู้ของนักเรียนแต่ละคน รวมทั้งเทคโนโลยียังช่วยเปิดโอกาสให้ครูได้สร้างสรรค์การสอนของตนเองได้ (Denby and Holman, 2002; Newton and Rogers, 2001; Wellington, 2000; Williams and Williams,1997)

จากผลการวิจัยนี้สรุปประเด็นที่สำคัญแสดงให้เห็นว่า การรับรู้และการปฏิบัติการสอนของครูมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กัน ครูวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 คน มีความต้องการพัฒนาความรู้ความสามารถใน 2 ด้านคือ ความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) และความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) เพื่อเป็นการให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้ความสามารถในเนื้อหาวิชาเฉพาะ (CK) ที่ตนเองมีอยู่แล้วมาบูรณาการกับความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริม สนับสนุนให้นักเรียนได้ตั้งคำถามหรือร่วมกับครูในการคิดคำถามเพื่อเร้าความสนใจของนักเรียน ตรวจสอบความรู้เดิมและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ตลอดจนใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีการหาคำตอบด้วยตนเองด้วยการสืบเสาะอย่างเป็นระบบ เช่น กิจกรรมการทดลอง การสืบค้นข้อมูล กิจกรรมภาคสนาม สถานการณ์จำลอง รวมทั้งการจัดเก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล จัดกระทำข้อมูล ตีความหมายข้อมูล วิเคราะห์ แปลผลและสรุปผล นอกจากนี้ให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและใช้เทคโนโลยีในการประเมินผลตามสภาพจริงที่หลากหลาย แล้วนำผลการประเมินมาพัฒนานักเรียนต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ Grossman (1990) ที่ได้เสนอว่า ครูควรบูรณาการความรู้ในด้านต่าง ๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งครูที่มีความรู้ที่หลากหลายและสามารถบูรณาการความรู้ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมนั้น ย่อมมีความสามารถในการวางแผนการจัดการเรียนรู้และสามารถจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งมากกว่าครูที่มีความรู้อยู่อย่างจำกัดและแบ่งแยกกัน หากครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ และมีความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะเป็นอย่างดีก็จะส่งผลต่อการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์ เพราะเทคโนโลยี ช่วยให้ประสิทธิภาพการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียนดีขึ้น (Bransford et al., 2000) ขยายโอกาสทางการศึกษาให้ทั่วถึงมากขึ้น (Akbulut, 2010; Gülbahar, 2007; Jonassen and Reeves, 1996; Kozma and Anderson, 2002; Webber, 2003) ช่วยพัฒนาผลการสอบของนักเรียนให้สูงขึ้น (Bain and Ross, 2000) และช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เช่น การคิดแก้ปัญหา (CEO, 2001) พัฒนาการฝึกแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครู ควรพิจารณาประเด็นของเนื้อหาและลักษณะโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครู ซึ่งต้องเปิดโอกาสให้ครูมีส่วนร่วมในการกำหนดเนื้อหาและกิจกรรมตามสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของครู ในการจัดการเรียนการสอนตลอดจนคำนึงถึงบริบทของครู ในด้านความรู้ความสามารถและประสบการณ์เดิม ภาระงานของครู บริบทของนักเรียนในด้านความรู้ ความสามารถและทักษะในการเรียนรู้ที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล บริบทสถานศึกษาในด้านระดับชั้นที่เปิดสอน อาคารสถานที่ วัสดุอุปกรณ์สื่อเทคโนโลยีและระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่พบว่าปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อทักษะทางเทคโนโลยีของครู และผลของทักษะทางเทคโนโลยีของครูสามารถจัดประเภทได้ 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยภายนอกตัวครู (Ertmer, 1999) เช่น การสนับสนุนของโรงเรียน ความพร้อมในอุปกรณ์ทาง เทคโนโลยี (Surry et al., 2001) นโยบายการจัดการของโรงเรียนและงบประมาณทางการลงทุนเกี่ยวกับเทคโนโลยี (Dupagne and Krendl, 1992; Hadley and Sheingold, 1993; Rosen and Weil, 1995; Winnans and Brown, 1992) และปัจจัยภายในตัวครู (Ertmer, 1999) เช่น ประสบการณ์และความรู้ของครู (Baylor and Ritchie, 2002; Galanouli et al., 2004) การรับรู้ความสามารถแห่งตน (Abbott and Faris, 2000; Hazzan, 2003; Marcinkiewics, 1994)

นอกจากนี้ เนื่องจากครูอยู่ในฐานะที่เป็นผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ จึงต้องการที่จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาที่ตนเองสนใจและเป็นปัญหาที่เกิดจากสภาพการปฏิบัติงานของครูจริง ๆ โดยไม่เป็นการเพิ่มภาระสำหรับครูและเป็นแรงจูงใจที่ทำให้ครูเกิดความต้องการเข้าร่วมพัฒนา ซึ่งจะประสบความสำเร็จได้ถ้าครูเห็นความสำคัญและพร้อมที่จะพัฒนาการจัดการเรียนการสอนด้วยความสมัครใจ จากงานวิจัยทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงองค์ประกอบที่ครูวิทยาศาสตร์จะต้องได้รับการพัฒนา ได้แก่ ความรู้ความสามารถด้านการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (PCK) และ ความรู้ความสามารถด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะ (TPACK) แล้วนำทั้งสององค์ประกอบมาบูรณาการกับความรู้ความสามารถในเนื้อหาเฉพาะ (CK) ที่ครูมีอยู่แล้ว เพื่อออกแบบการเรียนรู้และปฏิบัติการสอน โดยอาจนำกรอบการดำเนินการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของ Loucks-Horsley et al. (2003) เช่น การอบรมเชิงปฏิบัติการ การใช้กรณีศึกษา การใช้โมเดลการสอนตามแนวคอนสตรักติวิซึม การนิเทศติดตามและประเมินผล มาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมพัฒนาวิชาชีพครู เพื่อให้ครูได้รับการพัฒนาทั้งทางวิชาชีพ ทางด้านสังคมและทางด้านบุคคล (Bell and Gilbert, 1996) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูและการปรับการจัดการเรียนรู้ของหลักสูตรที่ผลิตครูในการฝึกนิสิตนักศึกษาครูให้มีความรู้ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Abbott, J., and Faris, S. (2000). Integrating technology into pre-service literacy instruct-

tion: A survey of elementary education students' attitudes toward computers. **Journal of Research on Computing in Education** 33(2): 149–182.

Aduwa-Ogiegbaen, S. E., and Iyamu, E. O. S. (2005). Using information and communication technology in secondary schools in Nigeria: Problems and prospects. **Educational Technoloby & Society** 8(1): 104–112.

Akbulut, Y. (2010). Reflections of preservice information technology teachers' regarding cyberbullying**. Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry** 2(3): 67–76.

Albion, P. R. (1999). Some factors in the development of self-efficacy beliefs for computer use among teacher education students. **Journal of Technology and Teacher Education** 9(3): 321–347.

Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. **Journal of Science Teacher Education** 13(1): 1–12.

Baylor, A. L., and Ritchie, D. (2002). What factors facilitate teacher skill, teacher morale, and perceived student learning in technology-using classrooms? **Computers and Education** 39: 395–414.

Beckett, E. C., Wetzel, K., Chisholm, I. M., Zambo, R., Buss, R., Padgett, H., Williams, M. K., and Odom, M. (2003). Supporting technology integration in K-8 multicultural classrooms through professional development. **TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning** 47(5): 14–17.

Becta ICT Research. (2003). **What the Research Says about Barriers to the Use of ICT in Teaching**. Retrieved from http:// www.becta.org.uk/research/ictrn, July 2, 2016.

Bell, B., and J. Gilbert. (1996). **Teacher Development: A Model from Science Education**. Washington, DC: Falmer.

Bransford, J., Brown, A., and Cocking, R. (2000). **How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School**. Washington, DC: National Academies Press.

Buaraphan, K., Singh, P., and Roadrangka, V. (2005). Exploring third-year pre-ser vice physics teachers' concepts of force and motion. **Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities** 11 (supp.): 45–69.

Butler, D. L., Sellbom, M. (2002). Barriers to adopting technology for teaching and Learning. **Educause Quarterly** 2: 22–28.

Carroll, J. S., and Johnson, E. J. (1990). **Decision Research: A Field Guide**. New bury Park, CA: Sage.

CEO. (2001). Education technology must be included in comprehensive education legislation. Paper presented at **the CEO Forum on Education and Technology**.

Washington, DC.

Chantawanich, S. (2000). **Data Analysis in Qualitative Research**. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Clark, C. (2013). **A Phenomenological Study of the Impact of Pre-service and In-service Training Regarding the Integration of Twenty-first Century Technologies into Selected Teachers' Instruction**. Lynchburg, VA: Liberty University.

Clermont, C. P., Borko, H., and Krajcik, J. S. (1994). Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. **Journal of Research in Science Teaching** 31(4): 419–441.

Cochran, K. F. (1997). Pedagogical content knowledge: Teachers' integration of subject matter, pedagogy, student and learning Environments. **Research Matter to the Science Teacher**. Retrieved from www.narst.org/research/pck.htm, October 30, 2015.

Collete, A. T. C., and Eugene, L. (2001). **Science Instruction in the Middle and Secondary School**. New York: McMillan.

Cox, S., and Graham, C. R. (2009). Diagramming TPACK in practice: Using an elaborated model of the TPACK framework to analyze and depict teacher knowledge. **TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning** 53(5): 60–69.

Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. **Journal of Research in Science Teaching** 37(9): 916–937.

Cuban, L., Kirkpatrick, H., and Peck, C. (2001). High access and low use of technology in high school classrooms: explaining an apparent paradox. **American Educational Research Journal** 38(4): 813–834.

de Jong, O., and van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. **International Journal of Science and Mathematics Education** 2: 477–491.

de Jong, O., van Driel, J., and Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. **Journal of Research in Science Teaching** 42(8): 947–964.

Denby, D., and Holman, J. (2002). **ICT in Support of Science Education**. York, UK: University of York.

Dupagne, M., and Krendl, K. A. (1992). Teachers' attitudes toward computers: A review of the literature. **Journal of Research on Computing in Education** 24(3): 420–429.

Edinson, R. (2011). **Advantages and Disad-**

vantages ICT Integration in the Class room. Retrieved from http://www.cenarestgabon.org/advantages-and-disadvantagesict-integration-in-the-classroom.html, July 1, 2016.

Enfield, M. (2000). **Content and Pedagogy: Intersection in the NSTA Standards for Science Teacher Education**. Electronic Journal of Science Education. Retrieved from http://www.msu.edu/~dugganha/PCK.htm, October 19, 2015.

Ertmer, P. A. (1999). Addressing first and second order barriers to change: strategies for technology integration. **Educational Technology Research and Development** 47(4): 47–61.

Galanouli, D., Murphy, C., and Gardner, J. (2004). Teachers' perceptions of the effecttiveness of ICT-competence **Training. Computers & Education** 43(1): 63–79.

Goodnough, K. (2010). Teacher learning and collaborative action research: Generating a “knowledge of practice” in the context of science education. **Journal of Science Teacher Education** 21: 917–935.

Grossman, P. L. (1990). **The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education**. New York: Teachers College.

Guba, E. G., and Lincoln, Y. S. (1989). **Fourth Generation Evaluation**. Newbury Park, CA: Sage.

Gülbahar, Y. (2007). Technology planning: A roadmap to successful technology integration in schools. **Computers & Education** 49(4): 943–956.

Hadley, M., and Sheingold, K. (1993). Commonalities and distinctive patterns in teachers' integration of computers. **American Journal of Education** 101: 261–315.

Hazzan, O. (2003). Prospective high school mathematics teachers’ attitudes toward integrating computers in their future teaching. **Journal of Research on Technology in Education** 35(2): 213–246.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2003). **Science Curriculum for Basic Education**. Bangkok: Author. (in Thai)

Jonassen, D. H., and Reeves, T. C. (1996). **Learning with Technology: Using Computers as Cognitive Tools**. New York: Macmillan.

Justi, R., and van Driel, J. (2005). A case study of the development of a beginning chemistry teacher’s knowledge about models and modelling. **Research in Science Education** 35: 197–219.

Kaplan, B., and Duchon, D. (1988). Combining qualitative and quantitative methods in information systems research: A case study. **MIS Quarterly** 12(4): 571–586.

Kasetsart University, the Office of Computer Services. (2004). **Documents Seminar Thailand ICT for education: Learning**

together through the Internet. Bangkok: Author. (in Thai)

Kaya, O. N. (2009). The Nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of preservice science teachers: 'ozone layer depletion' as an example. **International Journal of Science Education** 7(1): 961–988.

Key, C. W., and Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. **Journal of Research in Science Teaching** 38: 631–645.

Koehler, M. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge, Retrieved from http://punya.educ.msu.edu/publications/journal_articles/mishra-koehler-tcr2006.pdf, October 19, 2015.

Koehler, M. J., Mishra, P., Hershey, K., and Peruski, L. (2004). With a little help from your students: A new model for faculty development and online course design. **Journal of Technology and Teacher Education** 12(1): 25–55.

Kozma, R., and Anderson, R. (2002). Qualitative case studies of innovative pedagogical practices using ICT. **Journal of Computer Assisted Learning** 18(4): 387–394.

Lederman, N. G., J. Gess-Newsome, and Latz, M. S. (1994). The nature and development of preservice science teachers' conceptions of subject matter and pedagogy. **Journal of Research in Science Teaching** 31: 129–146.

Lincoln, Y. S., and Guba, E. G. (1985). **Naturalistic Inquiry**. Newbury Park, CA: Sage.

Liu, S. H. (2011). A multivariate model of factors influencing technology use by preservice teachers during practice teaching. **Educational Technology & Society** 15(4): 137–149.

Loucks-Horsley, S. (2003). **Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics**. London: Corwin.

Loveless, A. (2003). The interaction between primary teachers' perceptions of ICT and their pedagogy. **Education and Information Technologies** 8(4): 313–326.

Malithong, K. (2005). **ICT for Education**. Bangkok: Aroon. (in Thai)

Mandell, S, Sorge, D. H., and Russell, J. D. (2002). Tips for technology integration. **TechTrends** 46 (5), 39-43.

Marcinkiewicz, H. R. (1994). Computers and Teachers: Factors Influencing Computer Use in the Classroom. **Journal of Research on Computing in Education** 9(3): 283-299.

Merriam, S. B. (1998). **Qualitative Research and Case Study Applications in Education**. San Francisco: Jossey-Bass.

Ministry of Education. (2008). **The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)**. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand. (in Thai)

Mishra, P., and Koehler, M. J. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge. Paper presented at **the Annual Meeting of the American Educational Research Association**, New York.

Mumtaz, S. (2000). Factors affecting teachers' use of information and communications technology: A review of the literature. **Journal of Information Technology for Teacher Education** 9(3): 319–341.

National institute of Educational testing Service. (2012). **Result Analysis of the Student P.6, M.3 and M.6 from the O-NET**. Retrieved from http://www.niets.or.th/index.php/research_th/view/8, 4 April 2014. (in Thai)

National Research Council. (1996). **The National Science Education Standards**. Washington, DC: Brookings Institution.

Newton, L., and Rogers, L. (2001). **Teaching Science with ICT**. London: Continuum.

Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. **Journal of Educational Computing Research** 44(3): 299–317.

Office of the Education Council. (2013). **Situation of Thai Education on the World Stage B.E. 2556 (A.D. 2013)**. Bangkok: Prikwan Graphic. (in Thai)

Office of the National Education Commission. (2001). **The Seminar on Science Education Reform Policy of Thailand**. Bangkok: Author. (in Thai)

Office of the National Primary Education Office. (1993). **Handbook for School Education Expansion Project**. Bangkok: Author. (in Thai)

Pelgrum, W. (2001). Obstacles to the integration of ICT in education: Results from a worldwide educational assessment. **Computers and Education** 37: 163–178.

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. **On the Horizon** 9(5): 1–6.

Renner, J. W. (1990). Understandings and misunderstandings of eighth graders of four physics concept found in textbooks. **Journal of Research in Science Teaching** 27(1): 35–54.

Rosen, L. D., and Weil, M. (1995). Computer availability, computer experience and technophobia among public school teachers. **Computers in Human Behavior** 9: 27–50.

Russell, G., and Bradley, G. (1997). Teachers' computer anxiety: Implications for professional development. **Education and Information Technologies** 2: 17–30.

Sanders, L. R., Borko, H., and Lockard, J. D. (1993). Secondary science teachers' know-

ledge base when teaching science courses in and out of their area of certification. **Journal of Research in Science Teaching** 1(30): 723–736.

Savathanaphiboon, S. (1997). **The Ability to Self-reliance in Science and Technology of Students with Learning Activities in Science and Technology**. Bangkok: Faculty of Education, Srinakharinwirot University. (in Thai)

Sethawatcharawanich, T. (1997). **Sciences for Developing Quality Life**. Bangkok: Suan Dusit University. (in Thai)

Shamburg, C. (2004). Conditions that inhibit the integration of technology for urban early childhood teachers. **Information Technology in Childhood Education Annual** 2004(1): 227–244. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Shulman. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the new reform. **Harvard Educational Review** 37(1): 1–22.

Srithongkul, C. (2001). Teacher and teaching practice. **Academic Journal** 4(1): 2–6. (in Thai)

Stake, R. E. (1995). **The Art of Case Study Research**. Thousand Oaks: Sage.

Subhi, T. (1999). Attitudes toward computers of gifted students and their teachers. **High Ability Studies** 10(1): 69–85.

Sung-ong, S. (2004). Using of ICT to support learning based education reform. In **Documents Seminar Thailand ICT for Education: Learning Together Through the Internet**. Bangkok: Kasetsart University (in Thai)

Surry, D. W., and Surry, M. A. (2001). A taxonomy of instructional technology service positions in higher education. **Innovations in Education and Teaching International** 38(3): 231–238.

Tippins, D. J., Nichols, S. E., and Dana, T. M. (1999). Exploring novice and experienced elementary teachers' science teaching and learning referents through video cases. **Research in Science Education** 29(3): 331–352.

van Driel, J. H., and Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. **International Journal of Science Education** 21: 1141–1153.

van Driel, J. H., Verloop, N., and de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. **Journal of Research in Science Teaching** 35(6): 673–695.

Webber, C. F. (2003). Special issue focusing on new technologies and educative leadership. **Journal of Educational Administration** 41(2): 119–123.

Wellington, J. J. (2000). **Teaching and Learning Secondary Science: Contemporary Issue and Practical Approaches**. London:

Routledge.

William, A., and Williams, P. J. (1997). Problem-based learning: An appropriate methodology for technology education. **Research in Science and Technology Education** 15: 91–103.

Winnans, C., and Brown, D. (1992). Some factors affecting elementary teachers' use of the computer. **Computers in Education** 18: 301–309.

Yin, R. K. (1984). **Case Study Research: Design and Methods**. Beverly Hills: Sage.