

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา ไปใช้เพื่อสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ จากการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และประเมินการทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science Content Knowledge) หลังจากที่ผ่านมาการอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม ในการสรุปและอภิปรายผล ผู้วิจัยขอเสนอการสรุปข้อมูลวิจัยและอภิปรายผล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### สรุปผล

##### 1. การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม

ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ผลการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา และส่วนที่ 2 ผลการจัดประชุมสนทนากลุ่มเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม

ส่วนที่ 1 ผลการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา พบว่ามีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. สะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ใน 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) การงานอาชีพและเทคโนโลยี (Occupations and Technology) ในการบูรณาการความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์จึงใช้การสอดแทรกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) เข้าไปในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. สะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อครูและนักเรียน ดังนี้

2.1 ความสำคัญต่อผู้สอน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ซึ่งช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาในแต่ละสาระและลดเวลาในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

2.2 ความสำคัญต่อผู้เรียน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ 1) ทักษะการคิดวิเคราะห์ 2) ทักษะการแก้ปัญหา 3) ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 6) ทักษะการสร้างนวัตกรรม 7) ทักษะการออกแบบ

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้าไปใน 3 สาระดังกล่าว ระดับของการบูรณาการออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1. การบูรณาการแบบสอดแทรก (Infusion Integration) 2.การบูรณาการแบบคู่ขนาน (Parallel Integration) 3.การบูรณาการแบบพหุ

#### วิทยาการ (Multidisciplinary Integration) 4.การบูรณาการแบบข้ามวิชา (Trans-disciplinary Integration)

4. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ซึ่งสามารถใช้วิธีการวัดและประเมินผลได้หลายวิธี ได้แก่ การสังเกต พฤติกรรมการปฏิบัติงาน การสัมภาษณ์ การแสดงผลงาน การบันทึกของผู้เรียน การรายงานตนเอง การประเมินผลภาคปฏิบัติ การประเมินความสามารถ การใช้แฟ้มสะสมผลงาน การทดสอบ และการสอบถาม

ในการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พิจารณาได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Learning) ในการสอนสาระวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถประเมินผู้เรียนดังนี้ คือ การตั้งคำถามในแบบทดสอบ การปฏิบัติทดลอง การรายงานผลการทดลอง และการศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

กรณีที่ 2 ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ผู้สอนสามารถประเมินกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของผู้เรียน ดังนี้ คือ การระดมความคิด การพัฒนาโมเดลต้นแบบ และการทำงานเป็นทีม

#### ส่วนที่ 2 ผลการจัดประชุมสนทนากลุ่ม เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาโปรแกรม การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม

ผลการจัดประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้ คือ 1) ศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน 3) จัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) 4) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) 5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นทีม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน 6) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic assessment) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic learning)

2. ประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูวิทยาศาสตร์ หลังการฝึกอบรม ด้วยโปรแกรมการพัฒนาครูแบบบูรณาการสะเต็ม

หลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาครูแบบบูรณาการสะเต็ม ประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้ผู้ประเมินที่เป็นอาจารย์นิเทศการสอนในสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ 3 ท่าน พบว่าสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีผลการประเมิน (ค่าเฉลี่ยรายด้าน) เท่ากับ 2.48 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพ เริ่มชำนาญ (Approaching Proficient)

#### 3. ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หลังจากที่ผ่านมาการอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม

ข้อมูลที่น่าสนใจวิเคราะห์คือคะแนนจากแบบทดสอบวัดความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 38 คน ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 43 ข้อ (คะแนนเต็ม 43 คะแนน) ที่มีค่าความยาก 0.56-0.76 ค่าอำนาจจำแนก 0.26-0.63 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Lovett

Reliability) 0.8635 ส่วนแบบทดสอบอัตนัยชนิดตอบสั้น จำนวน 31 ข้อ (คะแนนเต็ม 37 คะแนน) ที่มีค่าความยาก 0.56-0.70 ค่าอำนาจจำแนก 0.33-0.46 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Coefficient Alpha) เป็น 0.859 โดยคะแนนรวมของแบบสอบทั้งสองชุด มีคะแนนรวม 80 คะแนน

ผู้วิจัยใช้สถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังอบรมและคะแนนเกณฑ์ด้วยสถิติการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มเดียว (t-test one sample) เพื่อการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังอบรมเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ในการวิเคราะห์ข้อมูล กลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม และไม่ทราบค่าความแปรปรวน พบว่าการทดสอบหลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 62.23 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.04 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์กับคะแนนสอบของครูหลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าคะแนนสอบของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าคะแนนความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของครู หลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาครูแบบบูรณาการสะเต็ม สูงกว่าคะแนนเกณฑ์ร้อยละ 75

#### 4. อภิปรายผล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการอภิปราย ตามประเด็นต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้

1. ผู้เรียนที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากกิจกรรมการอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม สามารถนำไปพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (รักขพล ธนาบุรงค์, 2556) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงไม่ใช่แค่การเรียนรู้จากการท่องจำ (ประสาธ นื่องเฉลิม, 2557) ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความพร้อมต่อการดำรงชีวิตและปรับตัวในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี (Cheung, 2011) ทำให้มีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ร่วมกันถาม ร่วมกันแก้ปัญหา (ประสาธ นื่องเฉลิม, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Han และคณะ (2014) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โรงเรียนแต่ละแห่งมีการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแบบสะเต็มศึกษา มาก่อน ส่วนครูผู้สอนในโรงเรียนก็ได้เข้าร่วมกิจกรรมการอบรมและพัฒนาสู่ครูมืออาชีพทางด้านแบบสะเต็มจากมหาวิทยาลัย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแบบสะเต็มศึกษา ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าคะแนนการรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 เนื่องจากผลของโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ได้ออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบเชิงวิศวกรรม และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2. หลังการฝึกอบรมด้วยเพื่อสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนโครงการ กองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่าสมรรถนะและทักษะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 วิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีผลการประเมิน (ค่าเฉลี่ยรายด้าน) เท่ากับ 2.48 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพ เริ่มชำนาญ (Approaching Proficient) จนถึงค่อนข้างชำนาญ ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติม ศึกษาที่ผู้วิจัยได้ออกแบบมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยแผนการอบรมในกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการได้กำหนดให้ครูได้ค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมมาช่วยในการแก้ปัญหา มีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์โดยตรงที่เป็นอาจารย์ จากมหาวิทยาลัยและผู้ที่เกี่ยวข้องอบรมช่วยกันสรุปประเด็นสำคัญร่วมกัน จนนำไปสู่การออกแบบชิ้นงานหรือ สร้างเครื่องมือขึ้นมาใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และมีการบูรณาการเทคโนโลยี และสื่อต่าง ๆ เข้ามาใช้ในการจัดกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมอบรมได้เข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ทันที (รักษพล ธนาณรงค์, 2556; พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์, 2556; มนตรี จุฬาววัฒนพล, 2556; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, 2556; Lantz, 2009; Breiner et al., 2012; O'Neil et al., 2012) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจความเชื่อมโยง ระหว่างหลักการ แนวคิด และทักษะของแต่ละวิชา (Nikitina; & Mansilla. 2003) ขยายความรู้ทาง วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ (Torp; & Sage. 2002) เชื่อมโยงการเรียนรู้สู่การคิดและการ ปฏิบัติ (Goodnough; & Cashion. 2006) ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Capon and Kuhn, 2004) ส่งเสริมให้ผู้เรียนสนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ (Dusch. 1995) และพัฒนา ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ให้เกิดกับผู้เรียนได้ (Torp; & Sage 2002)

3. ในการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการจัดการเรียนรู้ และความรู้ในเนื้อหา ผนวกวิธีสอนของครู ให้เกิดขึ้นกับครูเป็นงานที่ค่อนข้างยากและท้าทาย เนื่องจากสมรรถนะและทักษะการ จัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แต่ละองค์ประกอบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันอย่างซับซ้อน ไม่ได้แยกกันอย่าง ชัดเจน ซึ่ง Baxter & Lederman (1999: 158-159) ได้ศึกษาการประเมินความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ของครู นักวิจัยเสนอว่าควรวัดและประเมินผลให้ครอบคลุมสิ่งที่ ครูผู้สอนรู้ สิ่งที่ครูผู้สอนปฏิบัติ และเหตุผลในการปฏิบัติของครูผู้สอนด้วย นักวิจัยจึงควรวางแผนเก็บรวบรวม ข้อมูลด้วยวิธีการที่หลากหลาย (Multi-method evaluation) เนื่องจากไม่มีวิธีวัดวิธีใดวิธีหนึ่งที่สามารถวัด ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนได้ครบและครอบคลุมทุกองค์ประกอบ (Baxter; & Lederman, 1999: 159) วิธีการวัดและประเมินผลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะประกอบด้วยวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลที่หลากหลายซึ่ง ประกอบด้วย การสังเกตการณ์เหตุการณ์สอน การสัมภาษณ์หลังการสอน การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ การ อภิปรายเกี่ยวกับกรณีตัวอย่าง การเก็บรวบรวมชิ้นงาน การเขียนอนุทินสะท้อนแนวคิด และการตรวจแฟ้ม สะสมงาน เป็นต้น

ในการวิจัยครั้งนี้ เมื่อนำกระบวนการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการทางด้านจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยกิจกรรมการฝึกอบรมประกอบด้วย การให้ความรู้พื้นฐาน เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา การเขียนผังความคิดเหตุ-ผล การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบ เชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) การจัดการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 กระบวนการ Coaching & mentoring และแนวทางในการจัดการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลทักษะการ เรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยใช้นวัตกรรมด้านการจัดการเรียนรู้ที่ครูในโรงเรียนออกแบบร่วมกับนักวิจัยภายใต้ การให้คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญส่งผลให้เกิดพัฒนาการด้านสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้และความรู้ วิทยาศาสตร์ที่คงทนจึงทำให้ครูมีผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ หลังอบรมสูงกว่าเกณฑ์

## 5. ข้อเสนอแนะ

1. การอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเพิ่มเติม เพื่อสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรมีการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ที่หลากหลาย เช่น ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านวิธีการสอน และความรู้ในเนื้อหาผนวกการสอน เป็นต้น นอกจากนี้ผลของกระบวนการฝึกปฏิบัติการสอน และการพัฒนาสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองของครูจะส่งผลให้ครูเกิดเกิดความชำนาญ คล่องแคล่ว มีความมั่นใจในการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามากขึ้น และยังช่วยให้ครูได้มีโอกาสร่วมปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่ช่วยให้ครูได้เห็น “ผลย้อนกลับ” ของการสอนจริงจากผลการประเมินการทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ

2. ควรนำเครื่องมือสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Factor Analysis) เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นของคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ประเมินทักษะและสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครู

3. เนื่องจากความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครู มีหลายองค์ประกอบ และทุกองค์ประกอบมีความสัมพันธ์และเกี่ยวพันกัน การศึกษาเชิงลึกโดยใช้วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยเครื่องมือวิจัยที่หลากหลาย เช่น การตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการเรียนการสอนในวิชาวิธีสอน การสังเกตการสอนในระหว่างการปฏิบัติการสอน และการประเมินผลจากการเข้าร่วมกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมภาษณ์ครูก่อนและ/หรือหลังการสอน บันทึกการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการเรียนการสอน การประเมินความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครู การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ชิ้นงานหรือผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้น การวิเคราะห์บันทึกหลังการสอนของครู การอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับกรณีตัวอย่างที่แสดงให้เห็นปัญหาหรือสะท้อนความสำเร็จของการสอน หรือการประเมินความรู้ในเนื้อหาและความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครูด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่เหมาะสม เป็นต้น