# บทที่ 4

# อภิปรายผลการทดลอง

**ผลของการให้แสง, การถ่ายภาพและมุมการถ่ายภาพ**

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณลักษณะการผสมของเจ็ตปฐมภูมิที่มีการฉีดเจ็ตทุติยภูมิแบบคงตัวและแบบพัลส์เข้าผสมตามแนวเส้นรอบวง รวมถึงกรณีของเจ็ตปฐมภูมิที่ไม่มีการฉีดเจ็ตทุติยภูมิ ซึ่งเป็นลักษณะการไหลของเจ็ตอิสระ ทำการทดลองโดยการถ่ายภาพจากกล้องดิจิตอลวีดีโอ และใช้เทคนิคการทำปฏิกิริยาเคมีของสารละลายกรด-เบส (Active Scalar) ในการแสดงคุณลักษณะการผสมของเจ็ต ดังนั้นขั้นตอนในการถ่ายภาพและการให้แสงของการทดลองจึงมีความสำคัญต่อผลการทดลอง เนื่องจากรูปภาพของเจ็ตที่จะมีข้อมูลของค่าระดับความเข้มแสงของเจ็ตที่จะนำมาวิเคราะห์ผลคุณลักษณะการไหลของเจ็ต การให้แสงจะต้องมีผลทำให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าระดับความเข้มแสงส่วนเจ็ตซึ่งเป็นส่วนที่ต้องการศึกษากับส่วนของฉากรับแสงด้านหลัง เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมสัญญาณของเจ็ตจากการถ่ายภาพเจ็ตได้มาก ในการทดลองนี้จึงเลือกฉากด้านหลังทำจากแผ่นพลาสติกขาวขุ่นและใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นแหล่งกำเนิดของแสงในการถ่ายภาพ และทำการปรับระยะระหว่างหลอดไฟทำให้ค่าระดับความเข้มของแสงที่ตกลงบนฉากมีความสม่ำเสมอ เพื่อเห็นถึงความแตกต่างของระดับความเข้มแสงของเจ็ตและระดับความเข้มแสงของฉากด้านหลัง ลักษณะของการให้แสงในการทดลองนี้แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยลักษณะของภาพเกิดจากการที่แสงเดินทางจากแหล่งกำเนิดมาสู่ตาของผู้สังเกต ทำให้แสงที่เดินทางผ่านเจ็ตจากจุด $A$ มายังจุด $A'$ เป็นผลจากการรวมแสงมาอยู่ที่จุดเพียงจุดเดียว ทำให้ภาพที่มองเห็นจะมีลักษณะเป็นสองมิติคือเห็นในระนาบ $xy$ จึงไม่เห็นถึงการผสมที่เกิดขึ้นในระนาบ $xz$ และ $yz$ จึงไม่เห็นถึงการผสมของบริเวณด้านในตัวเจ็ต ดังนั้นในการอธิบายถึงรูปร่างลักษณะของเจ็ต คุณลักษณะของเจ็ตตามแนวการไหล ความสามารถในการผสมของเจ็ตและการเปรียบเทียบผลของการทดลองในกรณีต่างๆจึงเป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเฉพาะมุมของการถ่ายภาพในระนาบ $xy$ จึงอาจพบว่าเจ็ตมีลักษณะที่แตกต่างออกไปเมื่อสังเกตในระนาบ $xz$ และ $yz$ ซึ่งจะเห็นได้ชัดในการทดลองกรณี SJ1H25D พบว่าจากผลจากทดลอง ลักษณะของการไหลของเจ็ตในระนาบ $xy$ จะเห็นว่าเจ็ตรูปร่างเห็นเป็นส่วนเดียว แต่เมื่อสังเกตลักษณะของเจ็ตในระนาบ $xz$ พบว่ามีผลของการฉีดเจ็ตทุติยภูมิทำให้เจ็ตแยกออกเป็นสองส่วน

**ผลของการทำกระบวนการทางภาพของเจ็ต**

ในการทำกระบวนการทางภาพของการทดลอง ได้ทำการหารูปภาพเฉลี่ยและรูปภาพเบี่ยงเบนมาตราฐานของเจ็ต โดยรูปภาพเฉลี่ยของเจ็ตเป็นการหาค่าเฉลี่ยในช่วงระยะเวลา (Time average) ของการไหล ซึ่งลักษณะของเจ็ตและสัญญาณที่ได้จากรูปภาพจะเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา และรูปภาพเบี่ยงเบนมาตราฐานแสดงถึงส่วนที่มีความไม่คงที่ของการดูดซับแสงของเจ็ต ซึ่งเป็นบริเวณที่มีลักษณะการไหลที่ไม่คงตัว (Unsteady) แต่ไม่สามารถอธิบายลักษณะของเจ็ตที่ขณะเวลาใดๆ ของการไหลได้ ดังเช่นในการทดลองกรณี SJ1H25D และ SJ5H25D มีผลจากลำดับของรูปภาพพบว่าการไหลของเจ็ตที่เวลาขณะใดๆ ของการฉีดเจ็ตนั้น เจ็ตมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของการไหล เห็นว่ามีผลเนื่องจากการฉีดเจ็ตทุติยภูมิที่ Duty cycle 25 % มีค่า $r_{eff}$ สูงทำให้เจ็ตทุติยภูมิที่ออกมามีโมเมนตัมสูงพุ่งขวางการไหลของเจ็ตปฐมภูมิ ทำให้เจ็ตปฐมภูมิมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในการไหล จะเห็นว่าการแสดงผลด้วยรูปภาพเฉลี่ยในช่วงเวลาของเจ็ตจะไม่เห็นถึงผลของการไหลของเจ็ตที่เวลาขณะใดๆ ที่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังมีอีกแนวทางหนึ่งของการศึกษาคือ การหาค่าเฉลี่ยของเจ็ตแบบเฟส (Phase average) เป็นการหาค่าเฉลี่ยของเจ็ตที่เวลาเดียวกันในการฉีดเจ็ตทุติยภูมิแบบพัลส์ เป็นการนำรูปภาพของเจ็ตที่เวลาเดียวกันในช่วงเวลาของการฉีดเจ็ตทุติยภูมิแบบพัลส์มาหาค่าเฉลี่ย จะทำให้สามารถอธิบายลักษณะการไหลของเจ็ตได้อีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งการใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยของเจ็ตแบบ Phase average นี้เหมาะสมกับการไหลแบบ Unsteady

**ผลของการวัดสภาวะเริ่มต้น**

ในการวัดสภาวะเริ่มต้นในการทดลองใช้วิธีการวัดปริมาตรของไหลและจับเวลาเพื่อหาอัตราการไหลโดยตรง โดยได้แบ่งการวัดสภาวะเริ่มต้นเป็น 3 ส่วนคือการวัดสภาวะเริ่มต้นของกระแสน้ำตาม การวัดสภาวะเริ่มต้นของเจ็ตปฐมภูมิ และการวัดสภาวะเริ่มต้นของเจ็ตทุติยภูมิก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง

อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการทดลองนั้นไม่สามารถวัดอัตราการไหลของกระแสน้ำตามและอัตราการไหลของเจ็ตปฐมภูมิและเจ็ตทุติยภูมิได้ เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัดในการตรวจสอบค่าอัตราการไหลในขณะการทดลองเพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

**ผลของการไหลย้อนกลับของเจ็ต**

ในการแสดงผลของการผสมด้วยวิธีการทำปฏิกิริยาเคมีของสารละลายกรด-เบส (Active scalar) ส่วนของเจ็ตที่เห็นจะแสดงเฉพาะบริเวณที่มีค่าส่วนผสมยังไม่ถึงค่าอัตราส่วนผสมโดยมวล (Stoichiometric ratio, *SR*) ทำให้ไม่สามารถอธิบายถึงการพัฒนาตัวของเจ็ตโดยรวมตลอดแนว

การไหลใน Far field ซึ่งการแสดงผลในลักษณะนี้จะใช้เทคนิค Passive scalar เป็นการแสดงปริมาณที่ไม่มีผลของการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่นการใช้หมึกหรือสีผสมอาหาร ซึ่งจะแสดงส่วนของคุณลักษณะของเจ็ตโดยรวม เช่นรูปร่าง ขนาดและการกระจายตัวของเจ็ต แต่จะมีผลของการเจือจาง (Dilution) ของสีที่ใช้ เนื่องจากการ Entrainment ของเจ็ต

สำหรับในการทดลองนี้ได้แสดงผลของการทดลองเฉพาะปริมาณ Active scalar เหตุที่ไม่แสดงผลของปริมาณ Passive scalar เนื่องจากการทำการทดลองศึกษาเบื้องต้นพบว่าปริมาณสีของหมึกที่ใส่ในส่วนของเจ็ตในระหว่างการทดลองเกิดการไหลย้อนกลับ (Back flow) ดังรูปที่ 4.2 ทำให้ในการวิเคราะห์สัญญาณมีผลของสัญญาณส่วนของเจ็ตที่ไหลย้อนกลับรบกวนสัญญาณของเจ็ตที่ต้องการ

ด้วยเหตุที่พบว่า ลักษณะการไหลของเจ็ตเกิดการไหลแบบย้อนกลับเมื่อแสดงด้วยปริมาณ Passive scalar ก็จะเกิดขึ้นเหมือนกันเมื่อแสดงด้วยปริมาณ Active scalar แต่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งในการเกิดการไหลแบบย้อนกลับนี้จะมีผลทำให้ค่าความเข้มข้นของสารละลายเปลี่ยนแปลงทำให้ค่าอัตราส่วนการผสมโดยมวล ($SR$) ในระหว่างการทดลองเปลี่ยน ดังนั้นในการทดลองถ่ายภาพเจ็ตของแต่ละกรณีการทดลองเพื่อลดผลของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนการผสมโดยมวล จึงเลือกภาพเจ็ตที่นำมาวิเคราะห์กระบวนการทางภาพในช่วงต้นของการทดลอง ซึ่งเป็นช่วงที่ยังมีการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราส่วนการผสมโดยมวลน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย