

บทที่ 7

การประยุกต์ใช้เทคนิค CFD ในการจำลองการปล่อยน้ำร้อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

ในบทนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้เทคนิค CFD ในการทำนายผลการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในกรณีสมมติของการปล่อยน้ำร้อนทิ้งจากโรงไฟฟ้าลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโรงไฟฟ้าและแหล่งน้ำ

7.1 ข้อมูลของโรงไฟฟ้าและแหล่งน้ำที่ใช้เป็นแหล่งรองรับน้ำร้อนทิ้งจากโรงไฟฟ้า

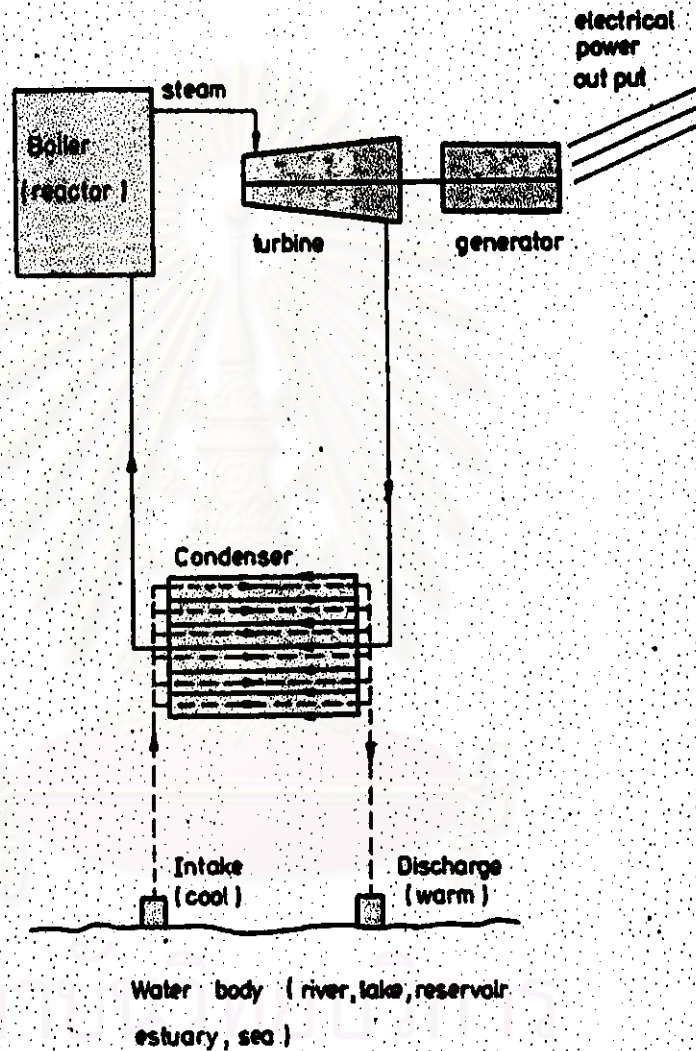
7.1.1 โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ

กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้กังหันไอน้ำคือ กระบวนการเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ไอน้ำเป็นตัวขับเคลื่อนกังหันไอน้ำซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าจะแบ่งตามแหล่งให้พลังงานความร้อนเพื่อให้กำเนิดไอน้ำ เช่น ถ้าใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนก็จะเรียกว่า โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงถ่านหิน และถ้าใช้พลังงานนิวเคลียร์ก็จะเรียกว่า โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

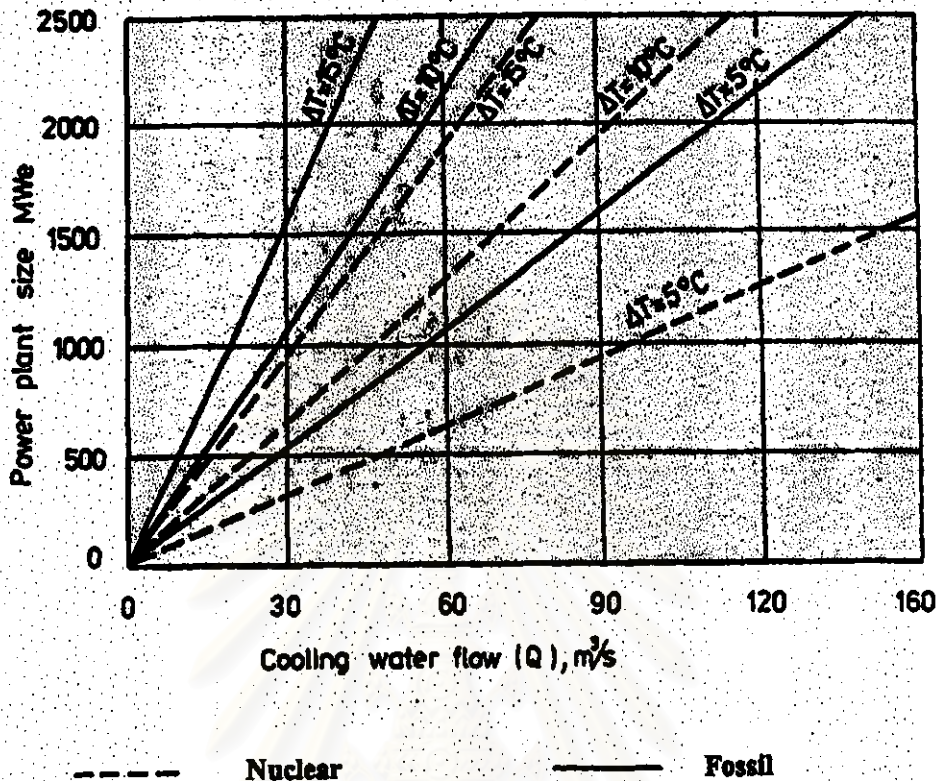
ปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่เกิดจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่จะเกิดขึ้นในส่วนของการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องควบแน่นในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนที่จะทำการเปลี่ยนไอน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าให้กลายเป็นน้ำเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่งซึ่งแสดงลักษณะของกระบวนการได้ในรูปที่ 7.1 จากรูปจะเห็นว่าไอน้ำเมื่อผ่านออกมาจากกังหันไอน้ำ (turbine) จะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องควบแน่น (condenser) เพื่อทำการแปลงสถานะให้กลายเป็นน้ำก่อนที่จะส่งกลับไปยังหม้อน้ำ (boiler) เพื่อดำเนินการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป วิธีการที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำให้กลายเป็นน้ำจะอาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำอุณหภูมิสูงกับน้ำหล่อเย็นซึ่งตามปกติจะเป็นน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำเมื่อผ่านการใช้งานก็จะถูกปล่อยกลับลงสู่แหล่งน้ำตามเดิมทำให้น้ำในแหล่งน้ำนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ปริมาณของน้ำหล่อเย็นที่จะต้องใช้ในการผลิตจะขึ้นอยู่กับขนาดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าและความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกกับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้า นั่นคือถ้าใช้น้ำหล่อเย็นในปริมาณที่น้อย ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกกับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้าก็จะมีค่ามากดังแสดงในรูปที่ 7.2 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์

ระหว่างปริมาณของน้ำหล่อเย็นที่ใช้ตามกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าและความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกกับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้า [19]



รูปที่ 7.1 ภาพรวมของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ [19]



รูปที่ 7.2 ปริมาณของน้ำหล่อเย็นที่สัมพันธ์กันกับขนาดของโรงไฟฟ้าและความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกกับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้า [19]

สำหรับการจำลองในบทนี้จะทำศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในกรณีสมมติของการปล่อยน้ำหล่อเย็นที่โรงงานแล้วจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงถ่านหินกำลังการผลิต 1,000 เมกะวัตต์ ลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยกำหนดให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกกับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้ามีค่าเท่ากับ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใช้น้ำหล่อเย็นในปริมาณประมาณ 19.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

7.1.2 แหล่งน้ำ

น้ำหล่อเย็นที่ออกจากกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกปล่อยกลับสู่แหล่งน้ำเพื่อทำให้มีอุณหภูมิต่ำลง โดยทั่วไปแหล่งน้ำที่ใช้เป็นแหล่งรองรับน้ำหล่อเย็นดังกล่าวจะต้องมีปริมาณของ

น้ำที่มากเช่น ทะเล ทะเลสาบหรือแม่น้ำขนาดใหญ่ สำหรับการกำจัดลงในบ่อนี้จะกำหนดให้แหล่งน้ำที่ใช้เป็นแหล่งรองรับน้ำหล่อเย็นจากโรงไฟฟ้าในหัวข้อ 7.1.1 คือแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ (แสดงได้ในรูปที่ 7.3) โดยจะเริ่มทำการพิจารณาตั้งแต่บริเวณที่อยู่ห่างจากสะพาน เคาทิงค์ในตัวเมืองจังหวัดนครสวรรค์ลงมาตามลำน้ำเจ้าพระยาเป็นระยะทางประมาณ 3 กิโลเมตร ไปเป็นระยะทางประมาณ 1.6 กิโลเมตร วัดจากจุดค้ำถั่ว ดังแสดงภาพขยายของบริเวณค้ำถั่วได้ในรูปที่ 7.4

ข้อมูลเบื้องต้นของแหล่งน้ำเจ้าพระยาในบริเวณที่ทำการศึกษามีดังต่อไปนี้ (กรมชลประทาน, 2539)

- ความกว้างของแม่น้ำเจ้าพระยา ณ จุดเริ่มต้นของบริเวณที่ทำการศึกษามีค่าประมาณ 225 เมตร
- อุณหภูมิของน้ำโดยเฉลี่ยตลอดปีมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส
- อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำในแม่น้ำเมื่อวัด ณ จุดเริ่มต้นของบริเวณที่ทำการศึกษาในปี 2539 แสดงดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 อัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาเมื่อวัด ณ จุดเริ่มต้นของบริเวณที่ทำการพิจารณา ในปี พ.ศ. 2539

เดือน	อัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	พื้นที่น้ำไหลผ่าน (ตารางเมตร)
มกราคม	296	600
กุมภาพันธ์	449	800
มีนาคม	520	880
เมษายน	671	980
พฤษภาคม	802	1,100
มิถุนายน	890	1,220
กรกฎาคม	592	950
สิงหาคม	884	1,200
กันยายน	1,590	1,700
ตุลาคม	2,692	2,300
พฤศจิกายน	2,033	1,950
ธันวาคม	799	1,100



มาตราส่วน 1:100,000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.3 แม่น้ำเจ้าพระยาในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์



สถาบันวิทยจักร
มาตราส่วน 1:16,666

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.4 ภาพขยายแม่น้ำเจ้าพระยาในบริเวณที่ทำการจำลอง

7.2 การทำนายผล

ในการทำนายผลการกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีของการปล่อยน้ำหล่อเย็นจากโรงไฟฟ้า ความร้อนจากเชื้อเพลิงถ่านหินกำลังการผลิต 1,000 เมกะวัตต์ (รายละเอียดในหัวข้อ 7.1.1) ลงในแม่น้ำเจ้าพระยา (รายละเอียดในหัวข้อ 7.1.2) จะสมมติให้ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าตั้งอยู่ทางฝั่งขวาของแม่น้ำที่ระยะทางห่างจากจุดเริ่มต้นของบริเวณที่พิจารณาประมาณ 900 เมตร (ดังรูปที่ 7.5) การจำลองจะแบ่งออกเป็น 4 กรณีคือ

- 1) การกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่ออัตราการไหลของน้ำในแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน
- 2) การกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นมีขนาดแตกต่างกัน
- 3) การกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อผลต่างของอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน
- 4) การกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำ

7.2.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่ออัตราการไหลของน้ำในแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน

7.2.1.1 รายละเอียดเบื้องต้น

เมื่อพิจารณาตารางที่ 7.1 ซึ่งแสดงอัตราการไหลของน้ำในเดือนต่างๆ ของแม่น้ำเจ้าพระยาในปี 2539 พบว่าอัตราการไหลของน้ำจะมีค่าที่แตกต่างกันไปในแต่ละเดือนและจะมีบางเดือนที่มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการจำลองจะทำการจำลองเพียงบางเดือนเท่านั้นดังแสดงได้จากตารางที่

ตารางที่ 7.2 อัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาในเดือนที่ทำการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่ออัตราการไหลของน้ำในแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน

เดือน	อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	พื้นที่น้ำไหลผ่าน (ตารางเมตร)	ความสูงเฉลี่ยของแม่น้ำ (เมตร)
กุมภาพันธ์	449	800	3.6
เมษายน	671	980	4.4
มิถุนายน	890	1,220	5.4
กันยายน	1,590	1,700	7.5
ตุลาคม	2,692	2,300	10.2



สถาบันวิทยสิริเมธี
มาตราส่วน 1:16,666

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 7.5 ตำแหน่งสมมติของโรงไฟฟ้า

ค่าความสูงเฉลี่ยของแม่น้ำในตารางที่ 7.2 คำนวณได้จากพื้นที่น้ำไหลผ่านหารด้วยความกว้างของแม่น้ำ ซึ่งในการจำลองจะกำหนดให้แม่น้ำมีความสูงเท่ากับค่าความสูงเฉลี่ยตลอดทั้งสาย

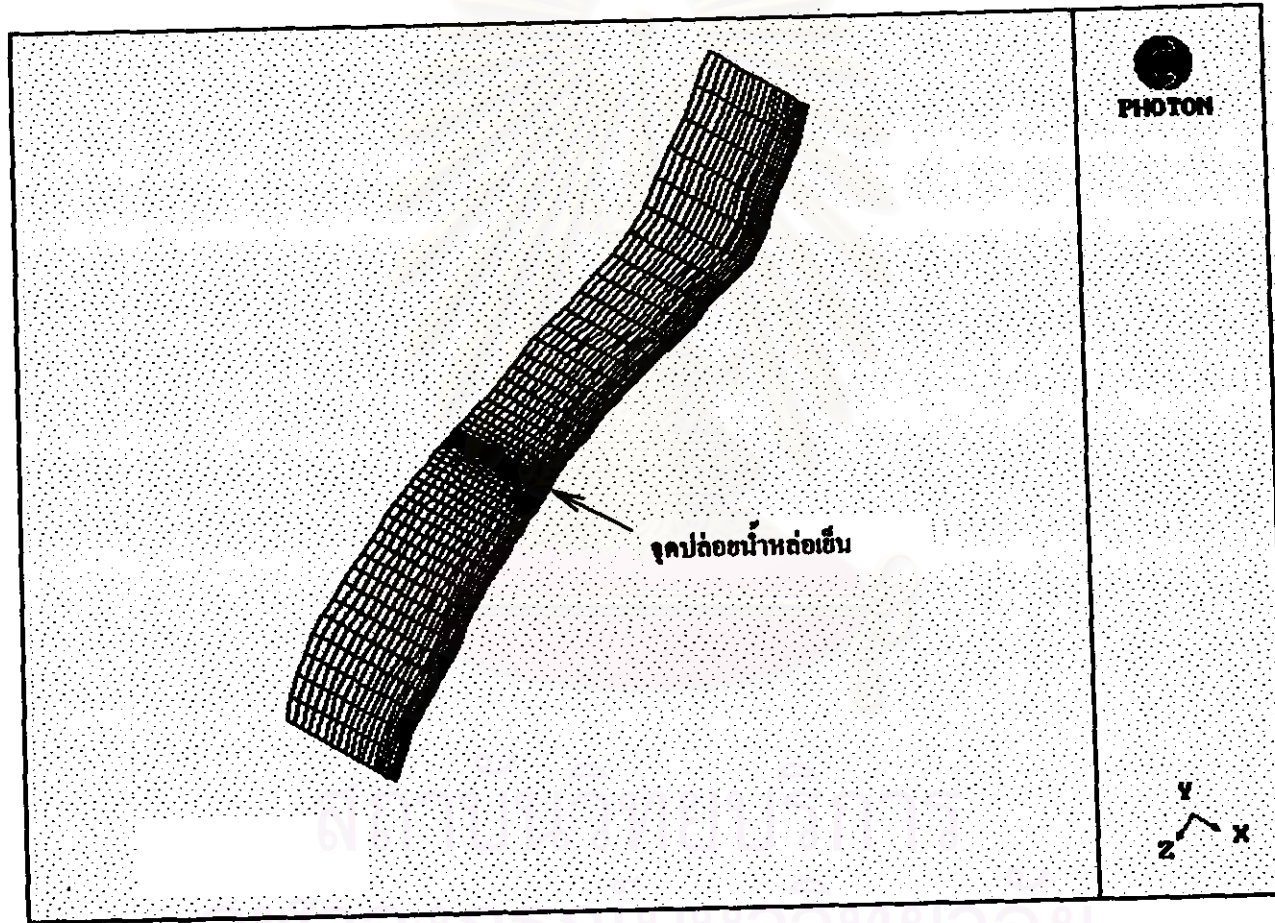
ในส่วนของท่อที่ใช้ในการปล่อยน้ำหล่อเย็นจากโรงไฟฟ้าจะกำหนดให้มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร จุดศูนย์กลางของท่ออยู่สูงจากกันแม่น้ำเป็นระยะทางเท่ากับ 2.5 เมตรและมีอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นเท่ากับ 19.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีในทุกเดือนที่ทำการจำลอง โดยสามารถสรุปรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการจำลองได้ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 สรุปรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่ออัตราการไหลของน้ำในแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน

เดือน	แม่น้ำ		น้ำหล่อเย็น	
	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
ก.พ.	449	27	19.5	42
เม.ย.	671	27	19.5	42
มิ.ย.	890	27	19.5	42
ก.ย.	1,590	27	19.5	42
ค.ค.	2,692	27	19.5	42

7.2.1.2 รายละเอียดที่ใช้ในเทคนิค CFD

โดเมนที่ใช้ในการจำลองจะมีลักษณะเหมือนกับแม่น้ำเจ้าพระยาในรูปที่ 7.4 ซึ่งเมื่อทำการแบ่งออกเป็นเส้นกริดแล้วจะแสดงได้ดังรูปที่ 7.6 จากรูปจะพบว่าในการแบ่งกริดจะกำหนดให้ระยะห่างของกริดมีขนาดเล็กในบริเวณที่เริ่มต้นเกิดการผสมระหว่างน้ำร้อนที่ปล่อยออกมาจากท่อปล่อยกับน้ำที่อยู่ในแม่น้ำ และระยะห่างของกริดจะมีขนาดมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อไกลจากบริเวณดังกล่าว สำหรับจำนวนของกริดในแนวแกนต่างๆ จะแสดงได้ดังตารางที่ 7.4 เมื่อ แกน x คือระยะทางตามความกว้างของแม่น้ำ แกน y คือระยะทางตามความลึกของแม่น้ำ และ z คือระยะทางตามความยาวของแม่น้ำ



รูปที่ 7.6 ลักษณะของกริดและ โดเมนที่ทำการจำลอง

ตารางที่ 7.4 จำนวนของกริดในแนวแกนต่างๆ ในแต่ละเดือนในการจำลองการกระจายตัวของ อุณหภูมิเมื่ออัตราการไหลของน้ำในแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน

เดือน	จำนวนกริดตามแกน x	จำนวนกริดตามแกน y	จำนวนกริดตามแกน z
กุมภาพันธ์	20	10	55
มีนาคม	20	12	55
มิถุนายน	20	13	55
กันยายน	20	18	55
ตุลาคม	20	20	55

ที่บริเวณกันและฝั่งทั้งสองด้านของแม่น้ำจะกำหนดให้ความเร็วในทุกทิศทางมีค่าเท่ากับ 0 เมตร/วินาที และกำหนดให้ไม่มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมที่บริเวณดังกล่าว ส่วนที่บริเวณของผิวน้ำจะกำหนดให้เป็น ถัดจากผิว เช่นเดียวกับการจำลองในกรณีน้ำไหลไม่เต็มท่อ (รายละเอียดในหัวข้อ 6.1.2.2.4)

ที่บริเวณเริ่มต้นของแม่น้ำจะกำหนดให้มีองค์ประกอบของความเร็วในทิศทางต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 7.5 และกำหนดให้น้ำมีอุณหภูมิเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส ในทุกๆ เดือนที่ทำการจำลอง

ตารางที่ 7.5 ความเร็วในทิศทางต่างๆ ที่จุดเริ่มต้นของบริเวณที่ทำการพิจารณา

เดือน	ความเร็วตามแกน x	ความเร็วตามแกน y	ความเร็วตามแกน z
กุมภาพันธ์	0	0	0.56
มีนาคม	0	0	0.68
มิถุนายน	0	0	0.73
กันยายน	0	0	0.94
ตุลาคม	0	0	1.17

ในส่วนของการปล่อยน้ำหล่อเย็นจะกำหนดให้มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร อยู่ที่ตำแหน่งกริด $IX-(5,9)$ และ $IZ-(24,28)$ และกำหนดให้น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับ 42 องศาเซลเซียส สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพเฉลี่ยของน้ำจะแสดงได้ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 คุณสมบัติทางกายภาพเฉลี่ยของน้ำที่ใช้ในการจำลองการกระจายตัวของอุทกภูมิเมื่ออัตราการไหลของน้ำในแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน

เดือน	T_{ave} ($^{\circ}\text{C}$)	ρ (kg/m^3)	\hat{C}_p ($\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$)	$\mu \times 10^6$ ($\text{kg}/\text{m sec}$)	k ($\text{J}/\text{m sec}^{\circ}\text{C}$)
กุมภาพันธ์	27.62	996.346	4.181	868	0.609
มีนาคม	27.42	996.402	4.182	872	0.609
มิถุนายน	27.32	996.430	4.182	873	0.609
กันยายน	27.18	996.458	4.182	876	0.608
ตุลาคม	27.11	996.485	4.182	877	0.608

7.2.1.3 ผลการจำลองของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำในเดือนต่างๆ

7.2.1.3.1 การกระจายตัวของอุทกภูมิในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อย

ลักษณะการกระจายตัวของอุทกภูมิที่เกิดขึ้นจะแสดงได้ด้วยเส้นอุทกภูมิคงที่ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันไปตามเวลาที่ปรากฏทางด้านข้างของรูปที่แสดง โดยอุทกภูมิที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ในการแสดงผลในแต่ละกรณีจะแบ่งออกเป็นรูป a กับรูป b โดยรูป a จะแสดงบริเวณที่ครอบคลุมตั้งแต่จุดปล่อยน้ำหล่อเย็นจนถึงบริเวณที่น้ำหล่อเย็นมีอุทกภูมิเท่ากับอุทกภูมิของแม่น้ำเจ้าพระยา ส่วนรูป b จะแสดงบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับจุดปล่อยในรัศมีไม่เกิน 100 เมตร

รูปที่ 7.7 ถึง 7.11 เป็นรูปแสดงลักษณะของการกระจายตัวของอุทกภูมิที่เกิดขึ้นในเดือน กุมภาพันธ์ มีนาคม มิถุนายน กันยายน และ ตุลาคม ตามลำดับ เมื่อพิจารณารูป a ของในแต่ละเดือนจะพบว่าเมื่ออัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าเพิ่มขึ้นอุทกภูมิของน้ำหล่อเย็นที่กระจายตัวอยู่ในแม่น้ำจะมีค่าที่ต่ำลง ดังจะเห็นได้จากในเดือนตุลาคมซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามากที่สุดเส้นอุทกภูมิคงที่ที่อ่านได้โดยรวมจะมีค่าน้อยกว่าในเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งมีปริมาณของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาน้อยที่สุด และจะเห็นได้ชัดเจนขึ้นเมื่อพิจารณารูปในจุด b ซึ่งจะพบว่าในเดือนกุมภาพันธ์เส้นอุทกภูมิคงที่ที่อ่านได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 30-31 องศาเซลเซียส ในขณะที่ในเดือนตุลาคมจะมีค่าอยู่ในช่วง 28-29 องศาเซลเซียสเท่านั้น

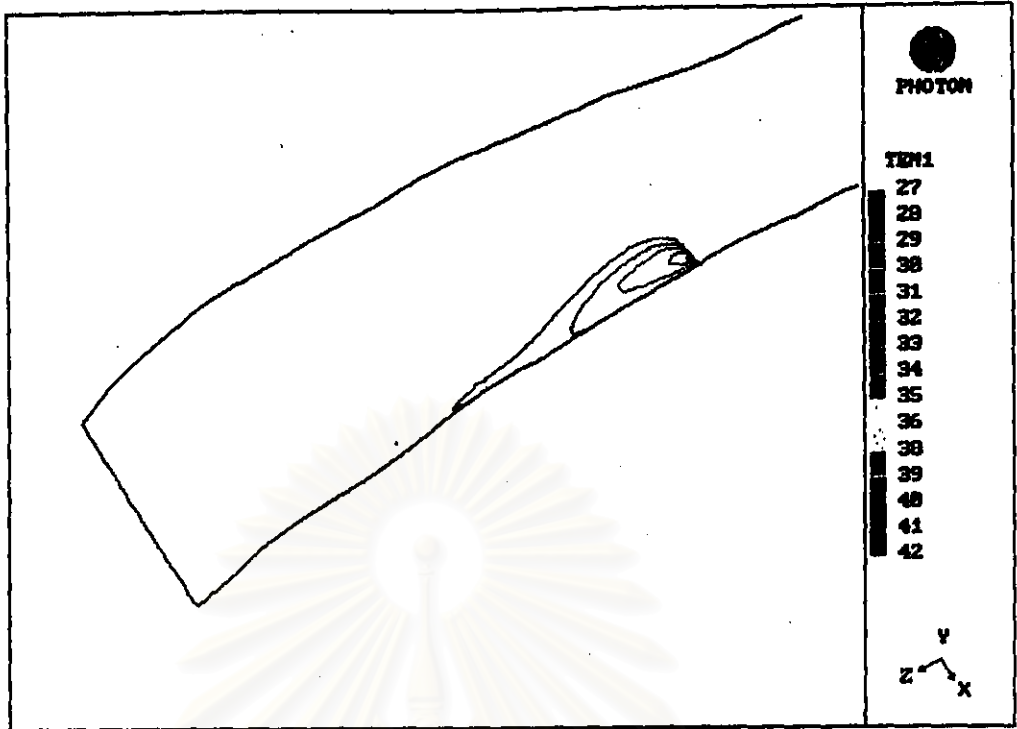
7.2.1.3.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิตามความกว้างของแม่น้ำ

การกระจายตัวของอุณหภูมิตามความกว้างของแม่น้ำ โดยที่ค่าของอุณหภูมิต่างกันไปตามทิศทางที่ปรากฏทางด้านข้างของรูปที่แสดง ค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าของหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ในการแสดงผลจะแบ่งออกเป็นรูป a กับรูป b โดยรูป a จะแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิตามความกว้างของแม่น้ำและรูป b จะแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิตามความกว้างของแม่น้ำที่ห่างจากรูป a 100 เมตร

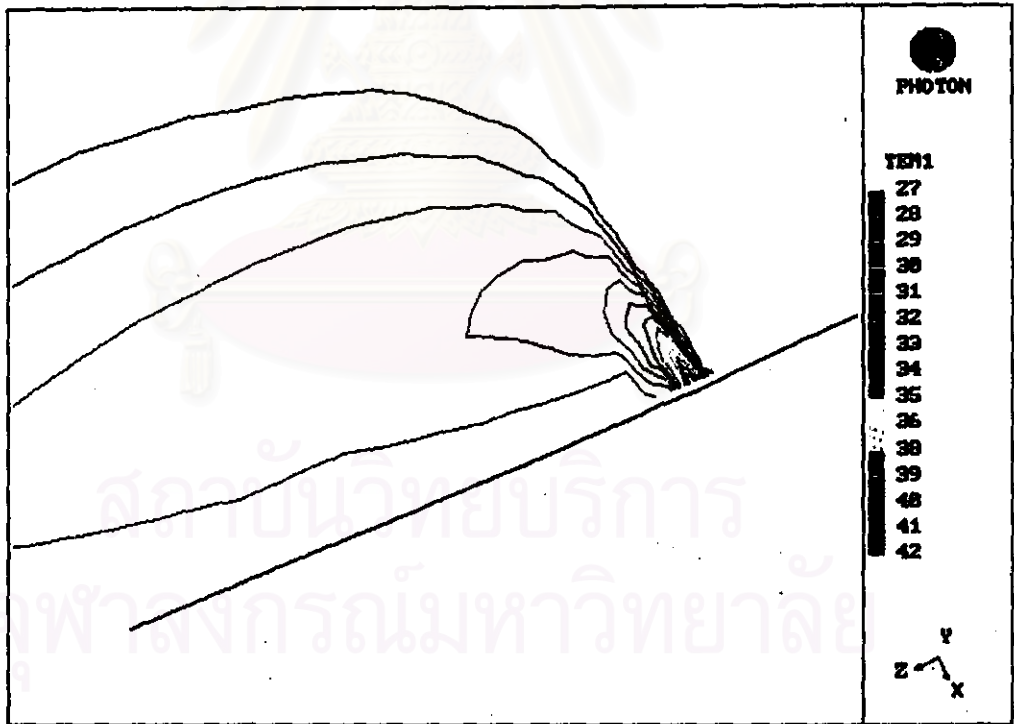
รูปที่ 7.12 - 7.16 เป็นรูปแสดงลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิตามความกว้างของแม่น้ำในเดือน กุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน กันยายน และ ตุลาคม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากรูป a ของในแต่ละเดือนจะพบว่าค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าของน้ำที่ปล่อยออกมาจากท่อปล่อยของน้ำหล่อเย็นจะใช้ระยะทางที่ใกล้เคียงกัน โดยจะเห็นเป็นค่าของอุณหภูมิต่ำกว่าค่าของน้ำที่ปล่อยออกมา แต่เมื่อพิจารณาในรูป b จะพบว่าในเดือนที่มีอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำมากบริเวณที่มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำกว่าค่าของน้ำที่ปล่อยออกมา ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อแม่น้ำมีอัตราการไหลของน้ำที่มากขึ้นจะทำให้แม่น้ำสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นและสามารถเข้ามาผสมกับน้ำหล่อเย็นได้รุนแรงขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าค่าของน้ำที่ปล่อยออกมาอย่างรวดเร็ว

7.2.1.3.3 ค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าของน้ำที่เพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

ในการพิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตามความกว้างของแม่น้ำที่ได้จากการจำลองการปล่อยน้ำหล่อเย็นจากโรงไฟฟ้าลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาจะทำการพิจารณาในระยะทางห่างจากจุดปล่อยเป็นระยะเท่ากับ 50, 100, 200, 300, 400 และ 500 เมตร ตามลำดับ โดยพิจารณาในระยะทางละ 4 ค่าแบ่งเป็นตำแหน่งที่ 1-4 (ดังแสดงในรูปที่ 7.17) ค่าของอุณหภูมิต่ำกว่าค่าของน้ำที่เพิ่มขึ้นจะมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 7.12 ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตามความกว้างของแม่น้ำที่ห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

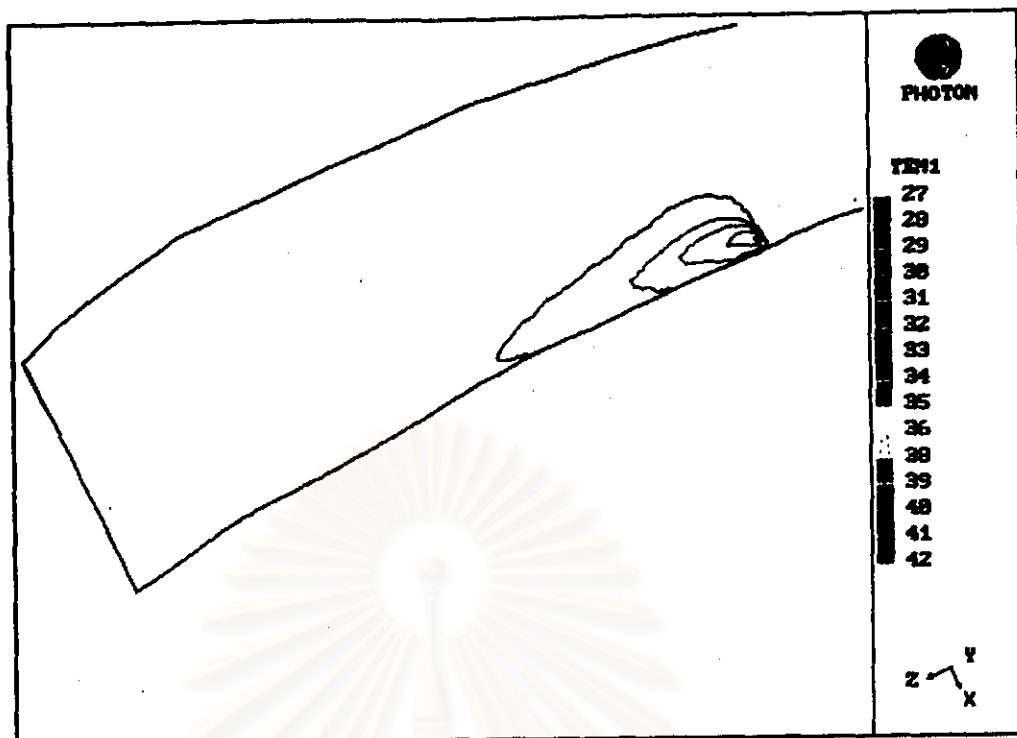


(a)

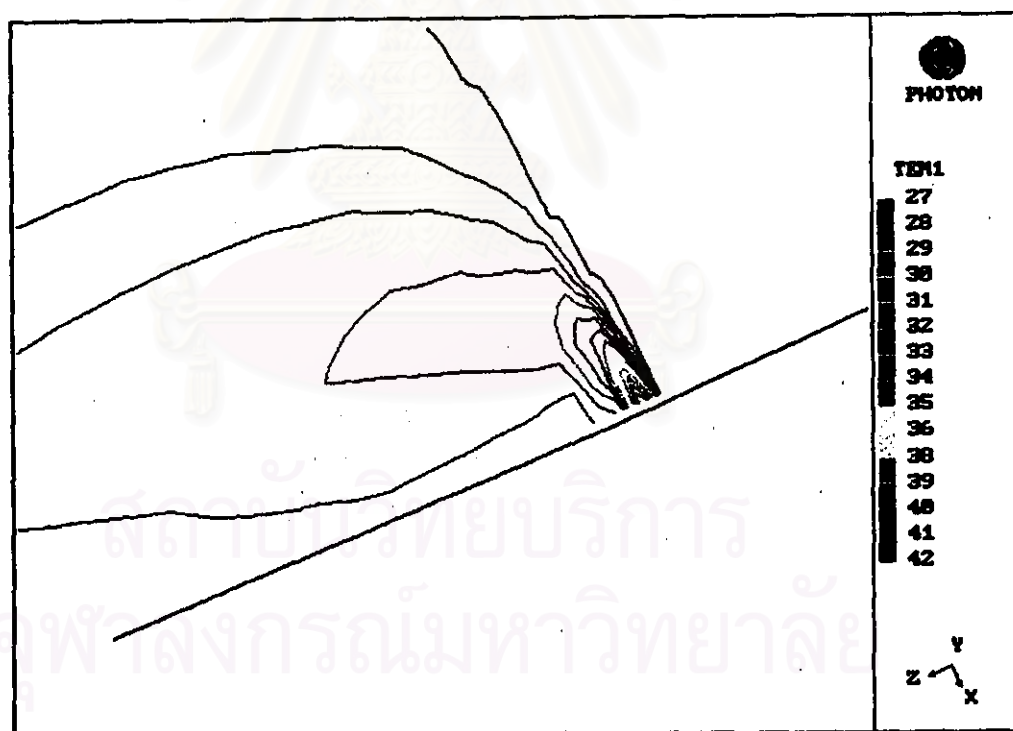


(b)

รูปที่ 7.7 การกระจายตัวของจุดเทภูมิในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยในเคอนทอมภาพพันธ์
 (a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ปล่อยจุดปล่อยจนน้ำต้อเห็นมีจุดเทภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ
 (b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย

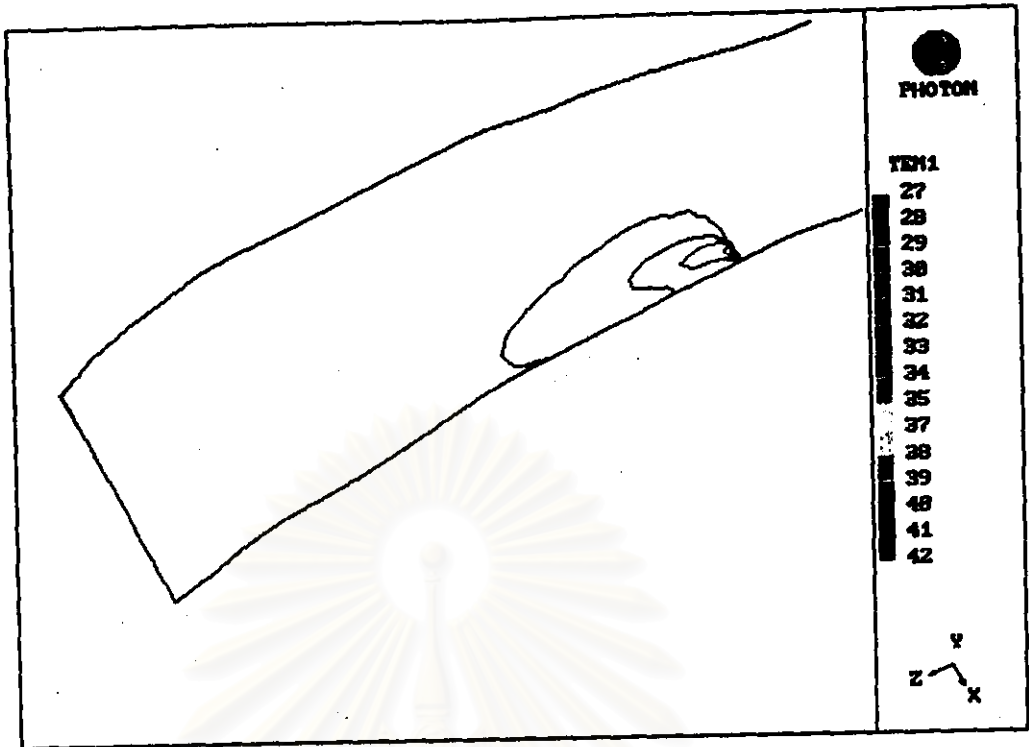


(a)

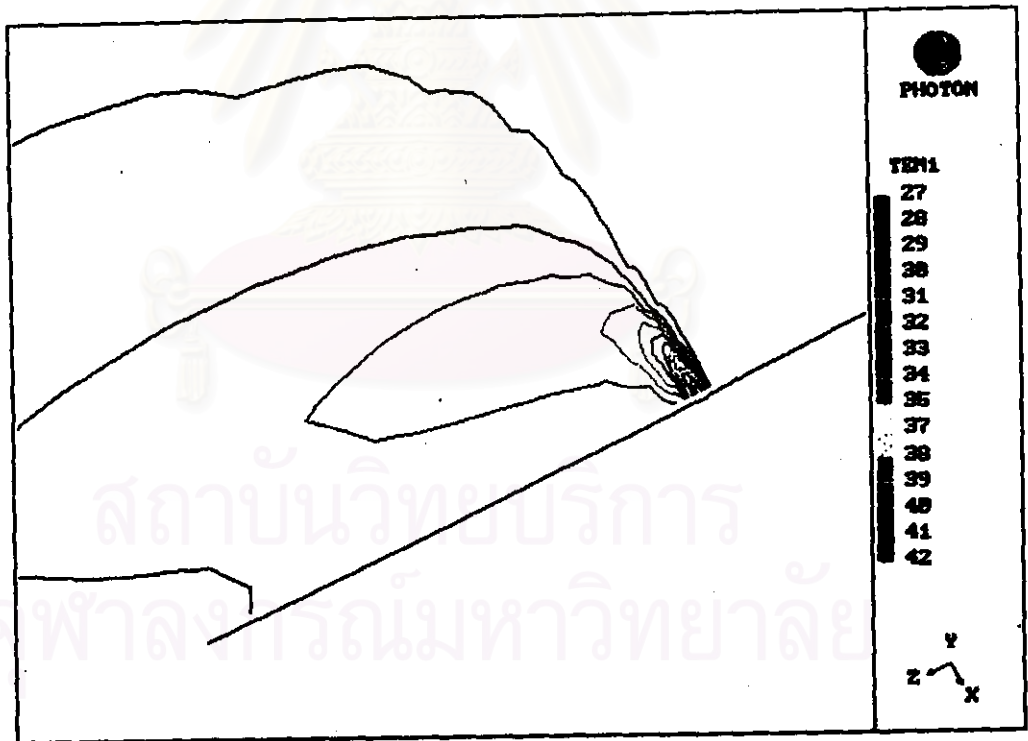


(b)

- รูปที่ 7.8 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อป่องในเคาน์เตอร์
 (a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ท่อป่องจนน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ
 (b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดป่อง



(a)

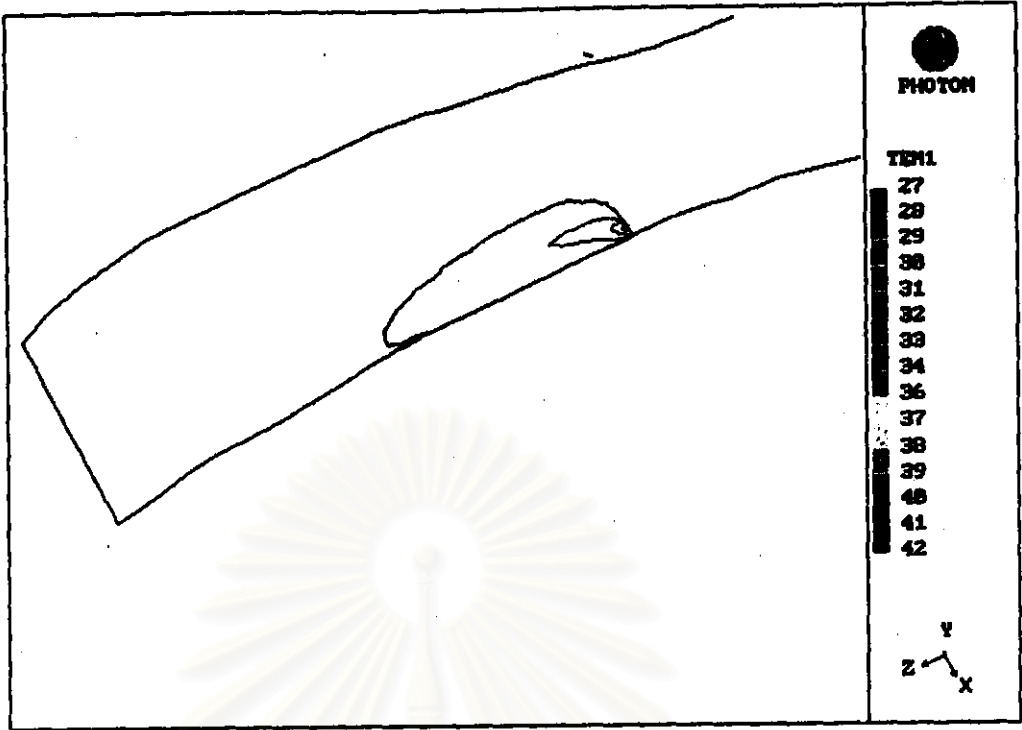


(b)

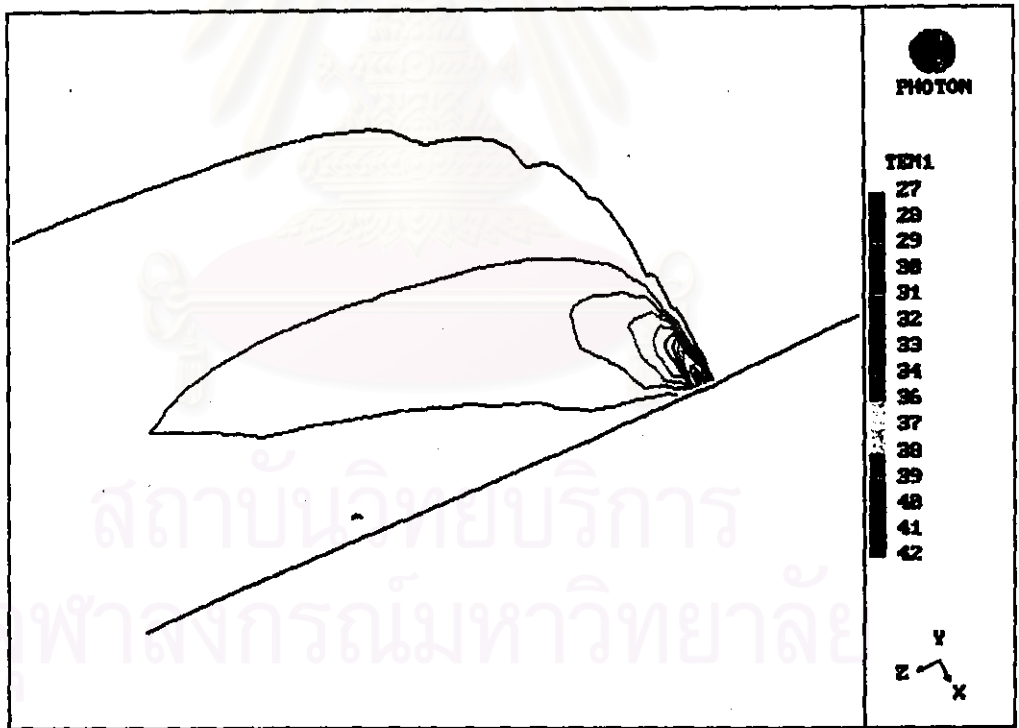
รูปที่ 7.9 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยในเค็อนมิถุนาน

(a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ปล่อยจุดปล่อยจนน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ

(b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย



(a)

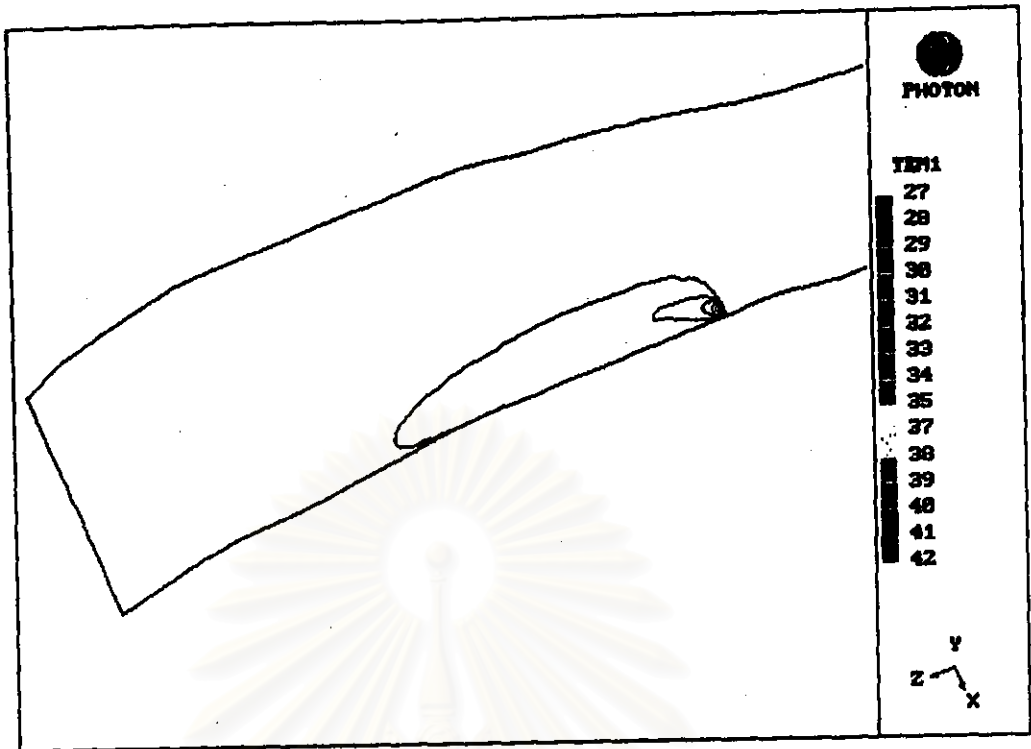


(b)

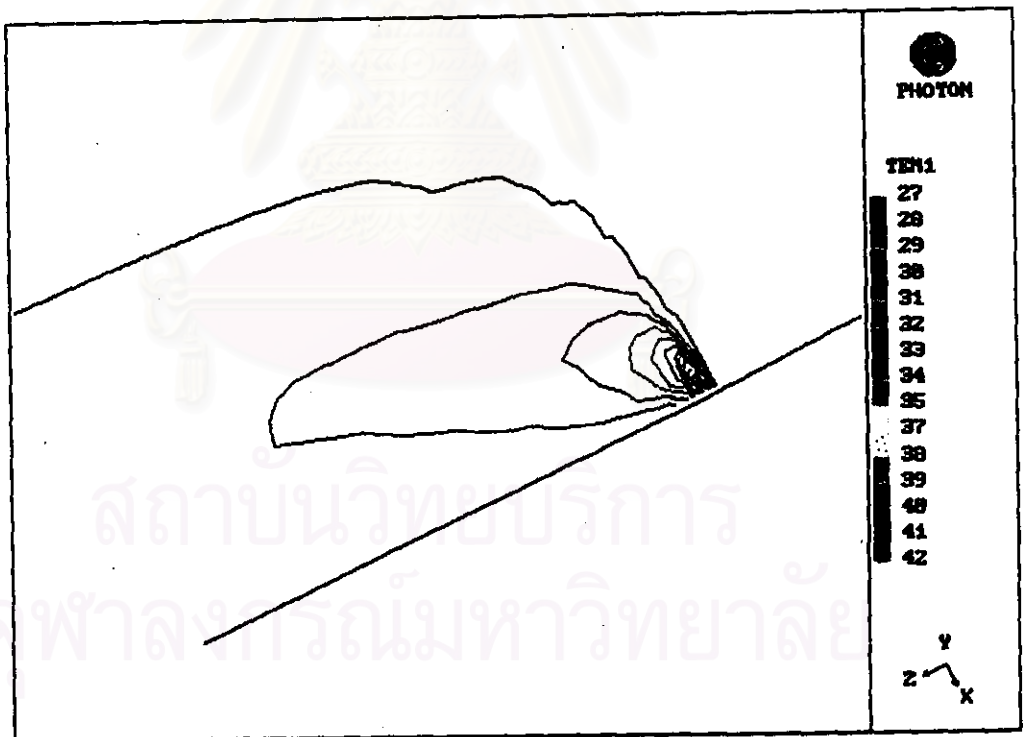
รูปที่ 7.10 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยในเคาน์เตอร์ฮาดรอน

(a) ครอบคลุมบริเวณคัมคัปปล่อยจุดปล่อยจอน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ

(b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย

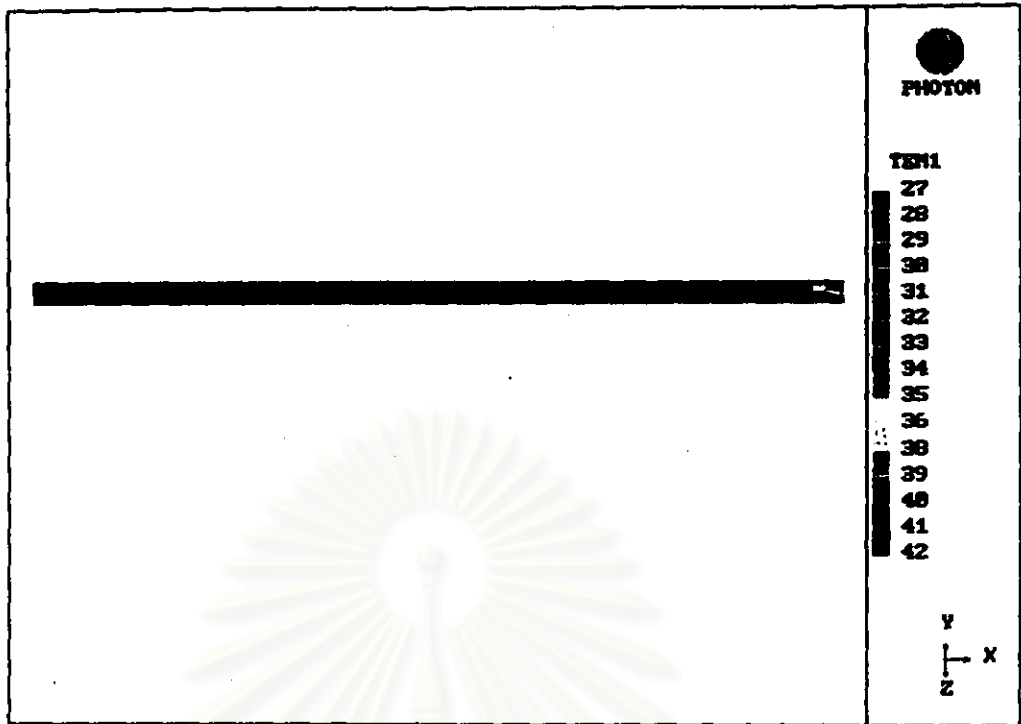


(a)

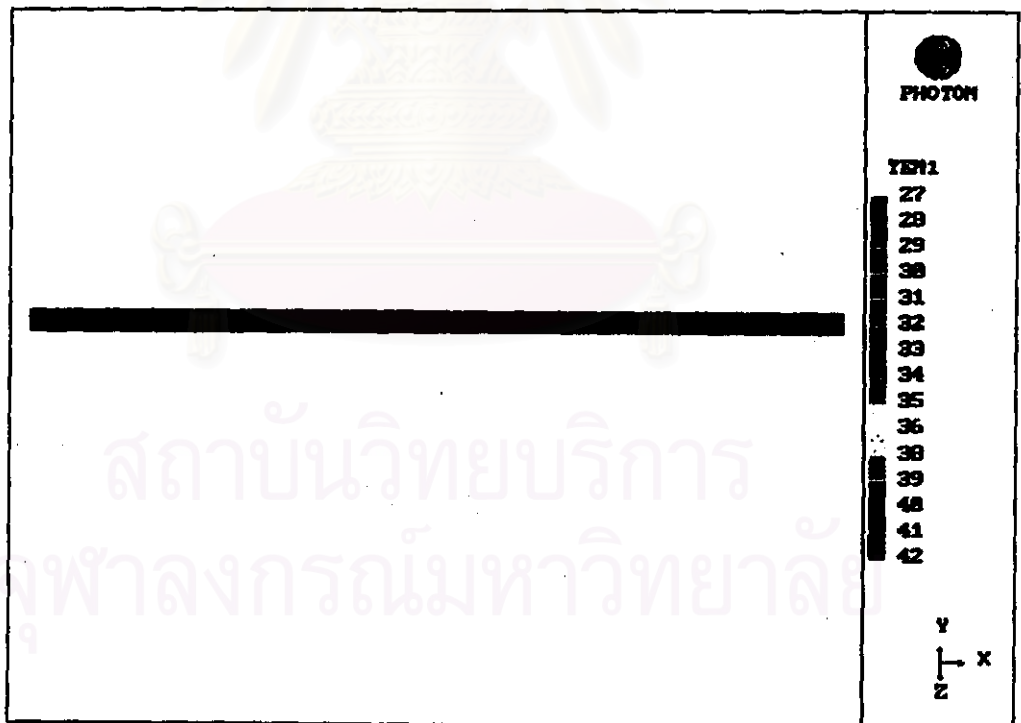


(b)

รูปที่ 7.11 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อป่องในเคาน์เตอร์
 (a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ท่อป่องจนน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ
 (b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดป่อง



(a)

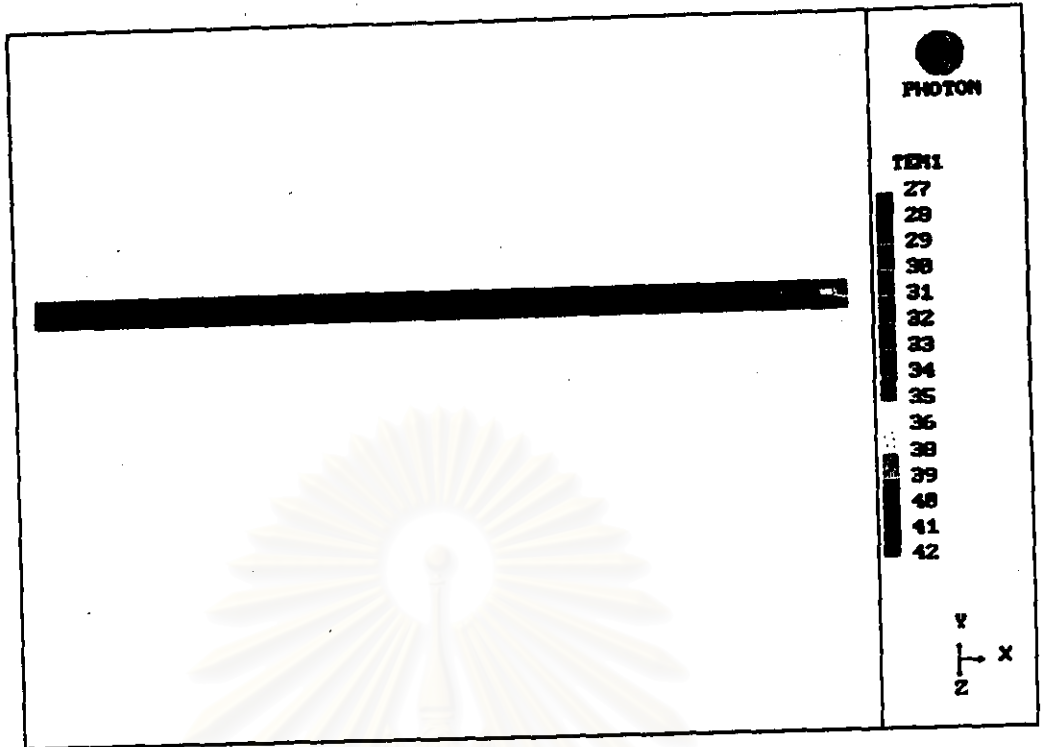


(b)

รูปที่ 7.12 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบตัดตามความกว้างของแม่เหล็กในเคออนกัมภาคพันธ

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



(a)

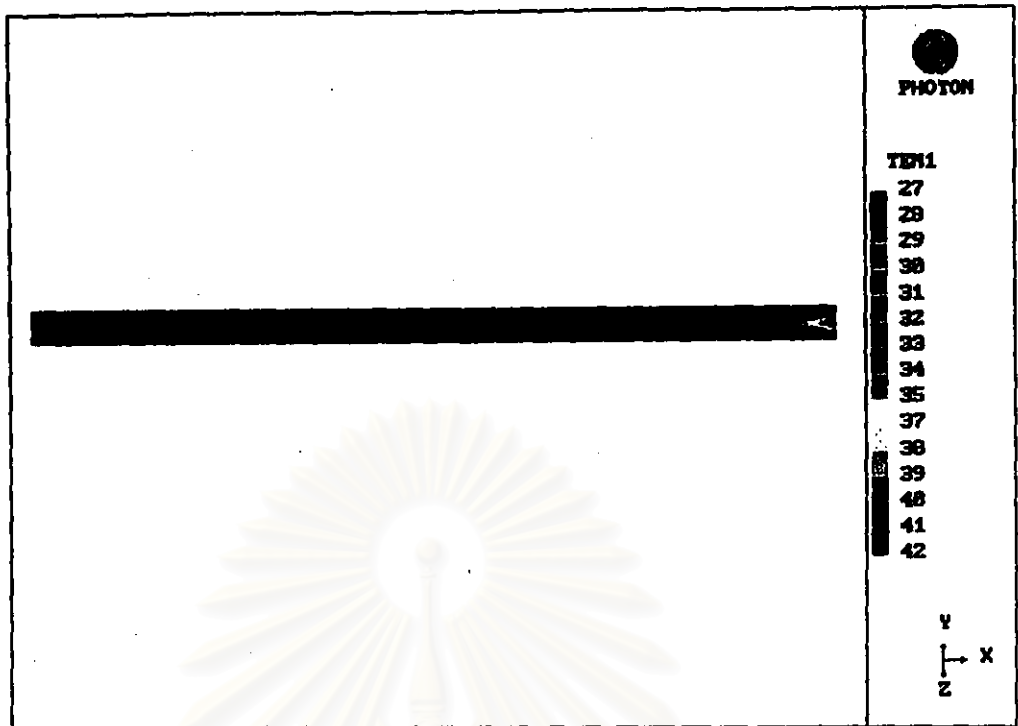


(b)

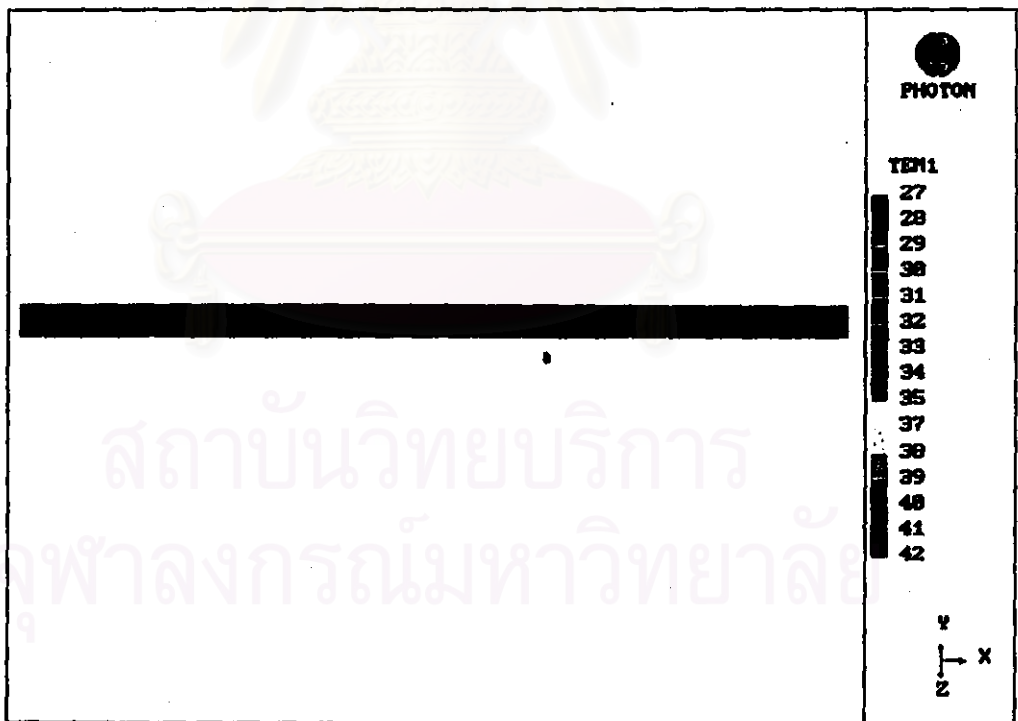
รูปที่ 7.13 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบตัดตามความกว้างของแม่เหล็กในเคอโนแมกซอน

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



(a)

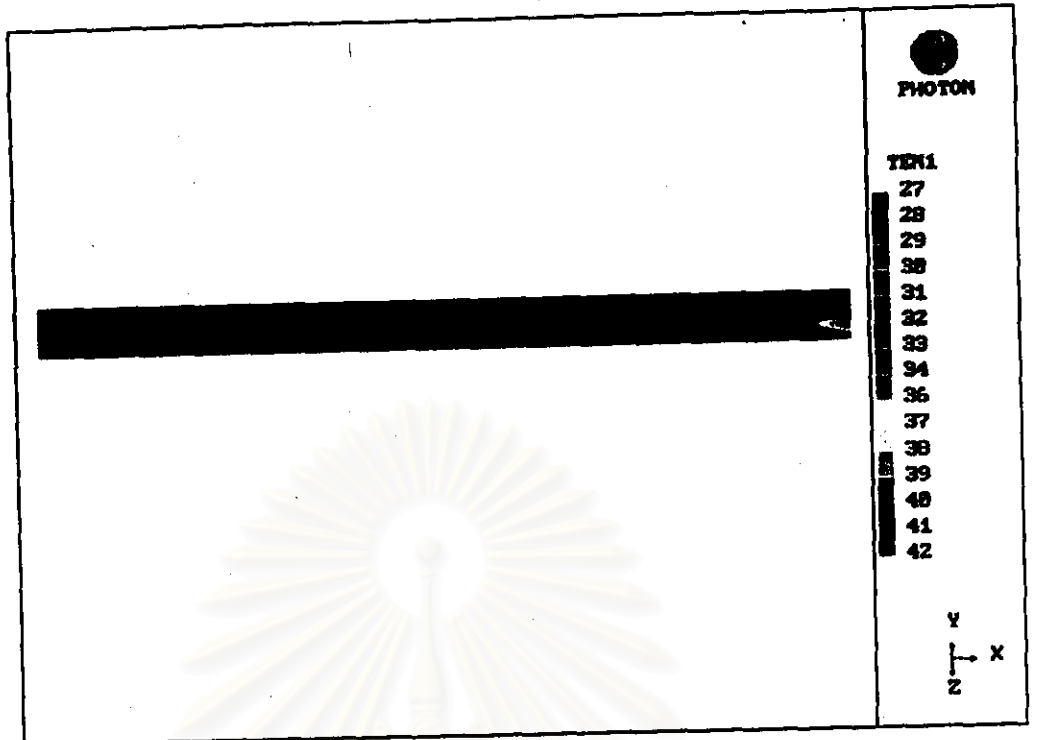


(b)

รูปที่ 7.14 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบตัดตามความกว้างของแม่ฟ้าในเคอีนมิถุนายน

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

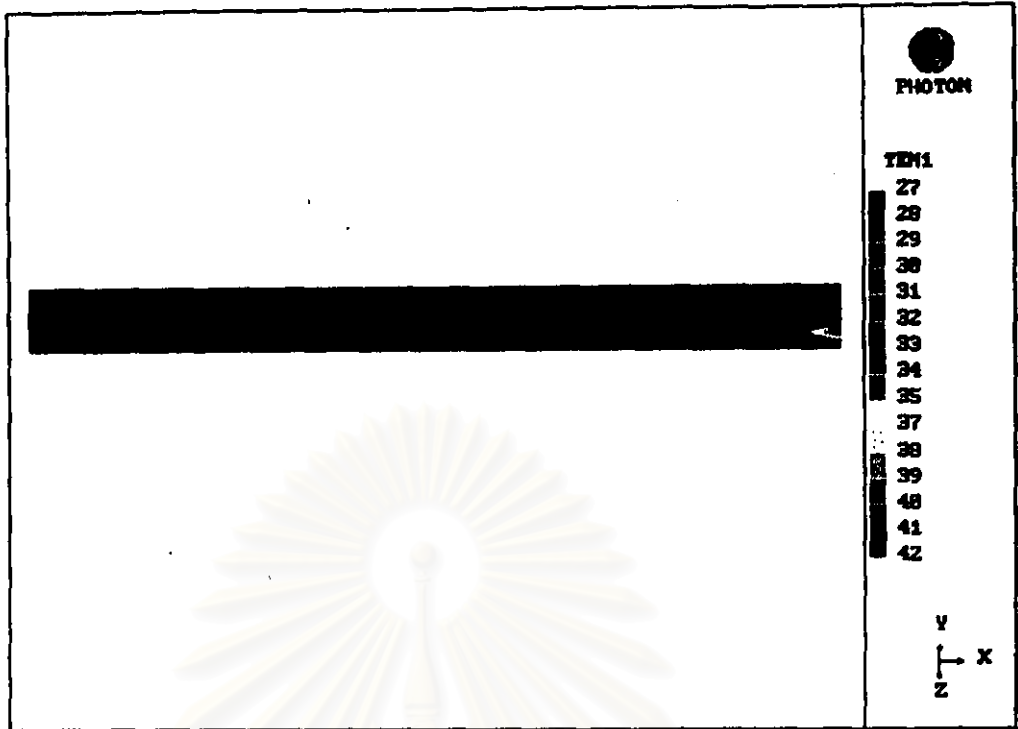
(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



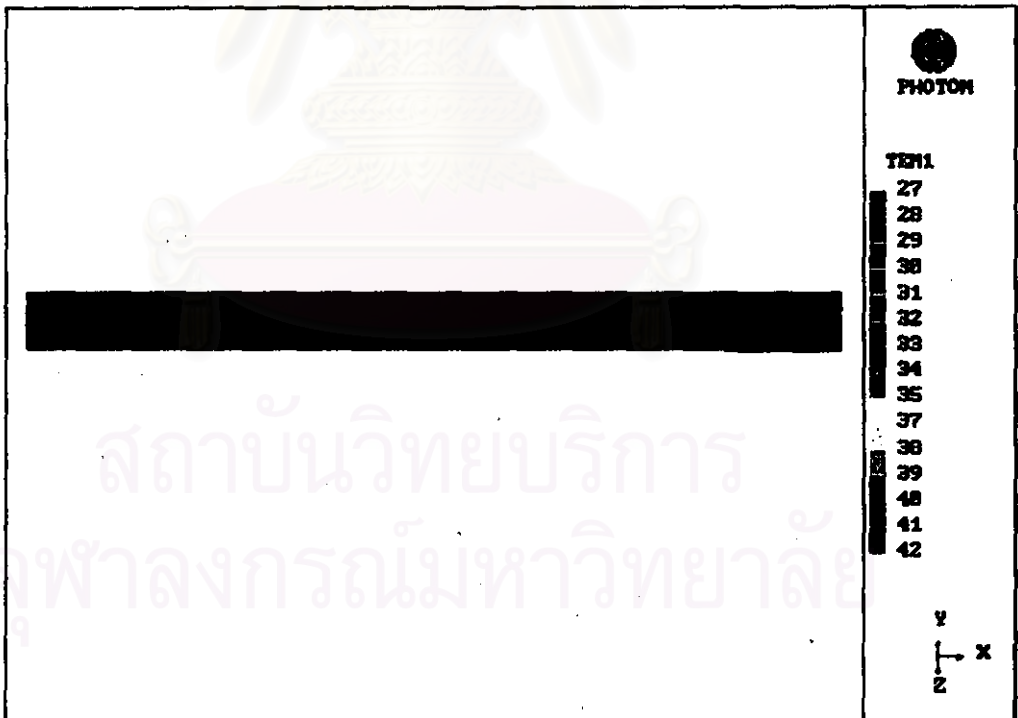
(a)



รูปที่ 7.15 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบตัดตามความกว้างของแม่เหล็กในเครื่องกำเนิดอนุภาค
 (a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น (b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



(a)

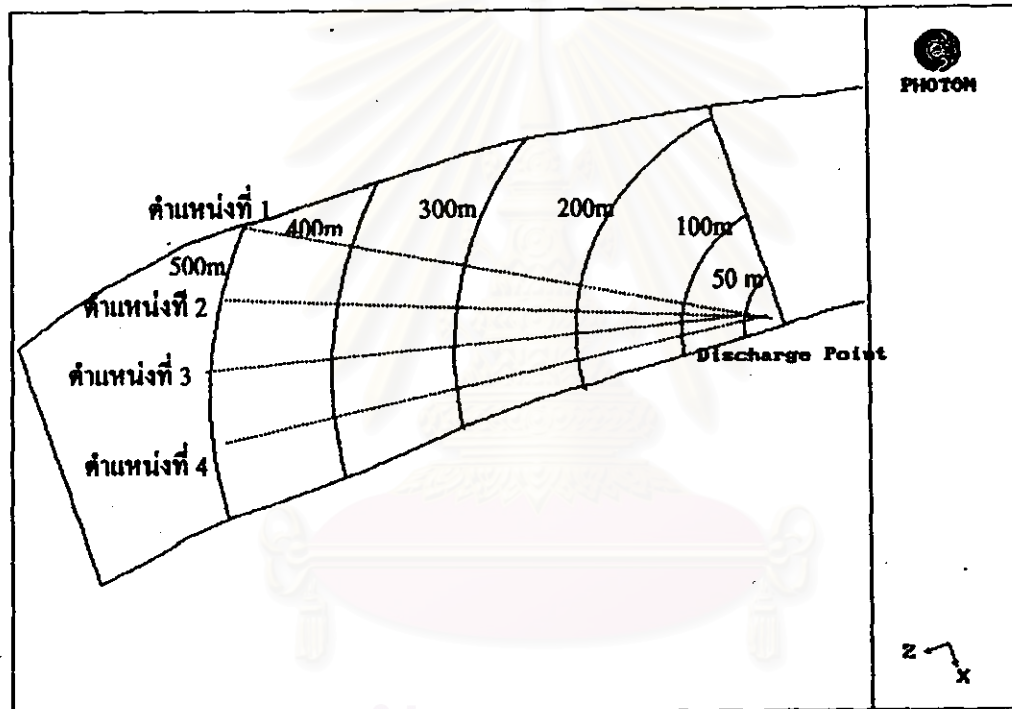


(b)

รูปที่ 7.16 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำในเดือนตุลาคม

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



สถาบันวิทยบริการ
 รูปที่ 7.17 ตำแหน่งที่พิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในแม่น้ำเจ้าพระยา

ตารางที่ 7.7 คุณภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลน้ำในเดือนต่างๆ

ระยะทางห่างจากจุดปล่อย	คุณภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 27 องศาเซลเซียส (องศาเซลเซียส)				
	ก.พ.	เม.ย.	มิ.ย.	ก.ย.	ต.ค.
50 เมตร					
ตำแหน่งที่ 1	3.29	2.25	1.89	1.35	0.94
ตำแหน่งที่ 2	3.79	2.83	2.28	1.49	1.34
ตำแหน่งที่ 3	3.77	2.92	2.23	1.15	1.18
ตำแหน่งที่ 4	3.17	2.4	1.75	0.76	0.86
100 เมตร					
ตำแหน่งที่ 1	1.13	0.26	0.67	0.42	0.08
ตำแหน่งที่ 2	2.96	1.86	1.66	1.2	0.94
ตำแหน่งที่ 3	3.44	2.26	1.86	1.13	1
ตำแหน่งที่ 4	3.05	1.69	1.28	0.49	0.52
200 เมตร					
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0.02	0	0.01	0.01	0
ตำแหน่งที่ 3	0.43	0.05	0.14	0.24	0.23
ตำแหน่งที่ 4	1.35	0.64	0.24	0.3	0.36
300 เมตร					
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0	0	0
400 เมตร					
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0	0	0
500 เมตร					
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0	0	0

เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำในระยะทางต่างๆ ห่างจากจุดปล่อยน้ำร้อนอันเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำในแหล่งน้ำในตารางที่ 7.7 จะพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำที่ระยะทางห่างจากจุดปล่อย 50 เมตรในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นเดือนที่มีอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำอยู่ในระดับต่ำสุด อุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าอยู่ในช่วง 3 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับในเดือนตุลาคมซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำมากที่สุดจะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเพียง 1 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาในระยะทางที่ห่างจากจุดปล่อยออกไปเรื่อยๆ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนก็จะมีค่าลดลงแต่เดือนที่มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงที่สุดก็ยังคงเป็นเดือนกุมภาพันธ์ โดยจะเห็นได้ว่าที่ระยะทางห่างจากจุดปล่อย 200 เมตร การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของแหล่งน้ำในเดือนอื่นๆ จะมีค่าไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส ในขณะที่ในเดือนกุมภาพันธ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมียังคงมีค่าเกิน 1 องศาเซลเซียส อยู่ในตำแหน่งที่ 4 เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากในการผสมกันระหว่างน้ำที่ต่อเย็นกับน้ำในแม่น้ำเมื่ออัตราการไหลของน้ำที่ต่อเย็นมีค่าเท่าเดิม การเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำจะทำให้ความรุนแรงในการผสมระหว่างน้ำที่ต่อเย็นกับน้ำในแม่น้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำในแม่น้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลทำให้อุณหภูมิของน้ำที่ต่อเย็นมีค่าลดลงมากกว่าในกรณีที่น้ำในแม่น้ำมีความเร็วในการเคลื่อนที่ช้า

7.2.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อท่อปล่อยน้ำที่ต่อเย็นมีขนาดแตกต่างกัน

7.2.2.1 รายละเอียดเบื้องต้น

ในการจำลองจะพิจารณาขนาดของท่อปล่อยน้ำที่ต่อเย็น 3 ขนาดคือ ท่อปล่อยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร 2 เมตร และ 2.5 เมตร ตามลำดับ จุดศูนย์กลางของท่อปล่อยจะอยู่สูงจากพื้นแม่น้ำ 3.5 เมตร โดยกำหนดให้น้ำที่ต่อเย็นที่ให้มีปริมาณเท่ากับ 19.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีคงที่ในทุกกรณี มีอุณหภูมิของน้ำที่ต่อเย็นก่อนปล่อยเท่ากับ 42 องศาเซลเซียส และพิจารณาข้อมูลของแม่น้ำเจ้าพระยาในเดือนกันยายน 2539

7.2.2.2 รายละเอียดที่ใช้ในเทคนิค CFD

จำนวนของกริดตามแนวแกนต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 จำนวนของกริดในแนวแกนต่างๆ ในการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิต่อท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นมีขนาดแตกต่างกัน

ขนาดของท่อปล่อย	จำนวนกริดตามแกน x	จำนวนกริดตามแกน y	จำนวนกริดตามแกน z
เส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 1.5 เมตร	20	18	55
เส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 2 เมตร	20	18	55
เส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 2.5 เมตร	20	18	55

ในทั้ง 3 กรณีท่อปล่อยจะอยู่ที่ตำแหน่งกริด $IZ-(24,28)$ และ $IY-(5,9)$

สำหรับรายละเอียดในส่วนอื่นๆ จะเหมือนกับในหัวข้อ 7.2.1.2

7.2.2.3 ผลการจำลองของการเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อปล่อยน้ำหล่อเย็น

7.2.2.3.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิต่อท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อย

รูปที่ 7.18 ถึง 7.20 เป็นรูปแสดงลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิต่อท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นในกรณีที่ท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5, 2 และ 2.5 เมตร ตามลำดับ

จากรูปจะพบว่าเมื่อลดขนาดของท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นลง การกระจายตัวของอุณหภูมิต่อท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นจะขยายเป็นบริเวณที่กว้างขึ้น โดยเฉพาะในทิศทางตามความกว้างของแม่น้ำ ดังจะเห็นได้จากในรูปที่ 7.18a ซึ่งใช้ท่อปล่อยเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร อุณหภูมิจะมีการกระจายตัวออกเป็นบริเวณที่กว้างมากที่สุดเมื่อเทียบกับในรูปที่ 7.19a และ 7.20a ซึ่งใช้ท่อปล่อยเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร และ 2.5 เมตร ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในบริเวณที่ใกล้กับท่อปล่อย (รูป b) พบว่าเมื่อใช้ท่อปล่อยที่มีขนาดใหญ่เส้นอุณหภูมิต่อท่อปล่อยจะมีอุณหภูมิต่อท่อปล่อยที่สูงกว่าในกรณีของท่อปล่อยที่มีขนาดเล็ก

7.2.2.3.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิต่อท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำ

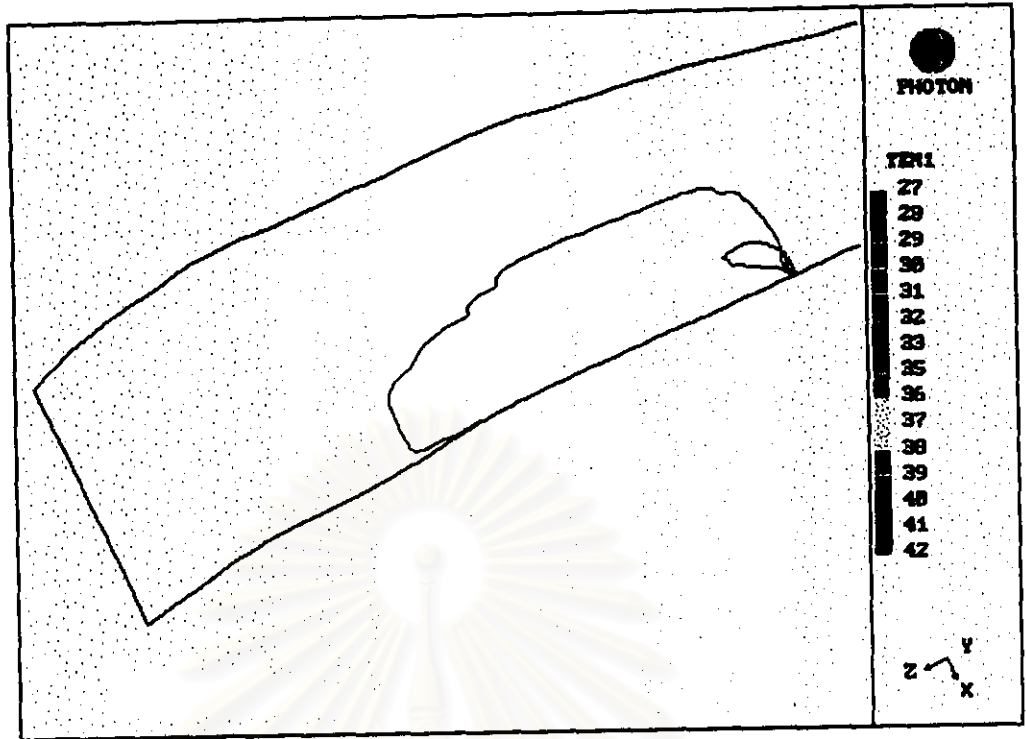
รูปที่ 7.21 - 7.23 เป็นรูปแสดงลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิต่อท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นในกรณีที่ท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5, 2 และ 2.5 เมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อ

พิจารณาจากรูป a ของในแต่ละกรณีจะพบว่าในกรณีที่ท่อปล่อยน้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.5 เมตร (รูปที่ 7.21a) ค่าของน้ำร้อนที่พุ่งออกมาจะมีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางที่ไกลกว่าในกรณีที่ใช้ท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร และ 2.5 เมตร (รูปที่ 7.22a และ 7.23a) แต่เมื่อพิจารณาในรูปชุด b จะพบว่าเมื่อใช้ท่อปล่อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.5 เมตร การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะมีบริเวณที่น้อยมาก (รูปที่ 7.21b) สอดคล้องกับในกรณีที่ใช้ท่อปล่อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.5 เมตร ที่จะมีบริเวณที่มากและอยู่ในบริเวณฝั่งของแม่น้ำทางด้านที่ปล่อยน้ำหล่อเย็นออกมา (รูปที่ 7.23b)

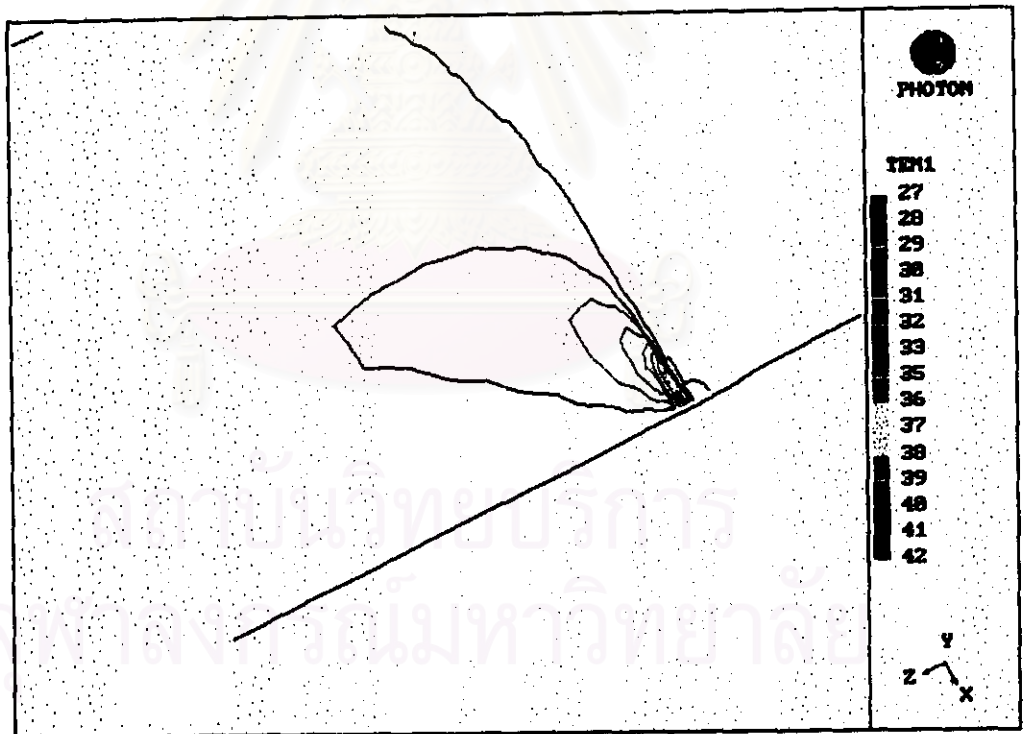
7.2.2.3 ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยน้ำหล่อเย็น ณ ตำแหน่งต่างๆ ดังที่แสดงในรูปที่ 7.17 แสดงได้ดังตารางที่ 7.9

เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำในระยะทางต่างๆ ห่างจากจุดปล่อยน้ำร้อนอันเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อปล่อยน้ำร้อนในตารางที่ 7.9 จะพบว่าค่าอุณหภูมิที่คำนวณได้ในระยะทางห่างจากจุดปล่อย 50 เมตร โดยเฉลี่ยจะมีค่ามากขึ้นตามขนาดของท่อที่เพิ่มขึ้นดังจะเห็นได้จากค่าของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในตำแหน่งต่างๆ และจะให้ผลในลักษณะเดียวกันกับในระยะทางห่างจากจุดปล่อย 100 เมตร แต่เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ระยะทางห่างจากจุดปล่อย 200 เมตร ในตำแหน่งที่ 1 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดปล่อยไปตามความกว้างของแม่น้ำมากที่สุดกลับพบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะมีเฉพาะในกรณีที่ใช้ท่อปล่อยน้ำร้อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร เท่านั้น เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อปล่อยน้ำร้อนจะมีผลทำให้ความเร็วที่ใช้ในการปล่อยน้ำร้อนมีค่าเปลี่ยนแปลงไปคือ ความเร็วจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของท่อลดลงและความเร็วจะมีค่าลดลงเมื่อขนาดของท่อเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อทำการเพิ่มขนาดของท่อปล่อยน้ำร้อนจึงทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำร้อนห่างออกไปจากจุดปล่อยมีค่าลดลงและระดับความรุนแรงของการผสมกันระหว่างน้ำร้อนกับน้ำในแหล่งน้ำก็จะมีค่าลดลงทำให้ในบริเวณที่ไม่ห่างไปจากจุดปล่อยมากนัก (ในการจำลองนี้จะอยู่ในระยะทางห่างจากจุดปล่อยไม่เกิน 100 เมตร) อุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมมาก ในขณะที่เมื่อทำการลดขนาดของท่อปล่อยลงจะทำให้ในบริเวณดังกล่าวมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำที่ลดลง แต่เนื่องจากน้ำร้อนจะสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางที่ไกลขึ้นจึงทำให้ในระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดปล่อยมากๆ โดยเฉพาะในทิศทางความกว้างของแม่น้ำน้ำในแหล่งน้ำในบริเวณดังกล่าวจึงมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น



(a)

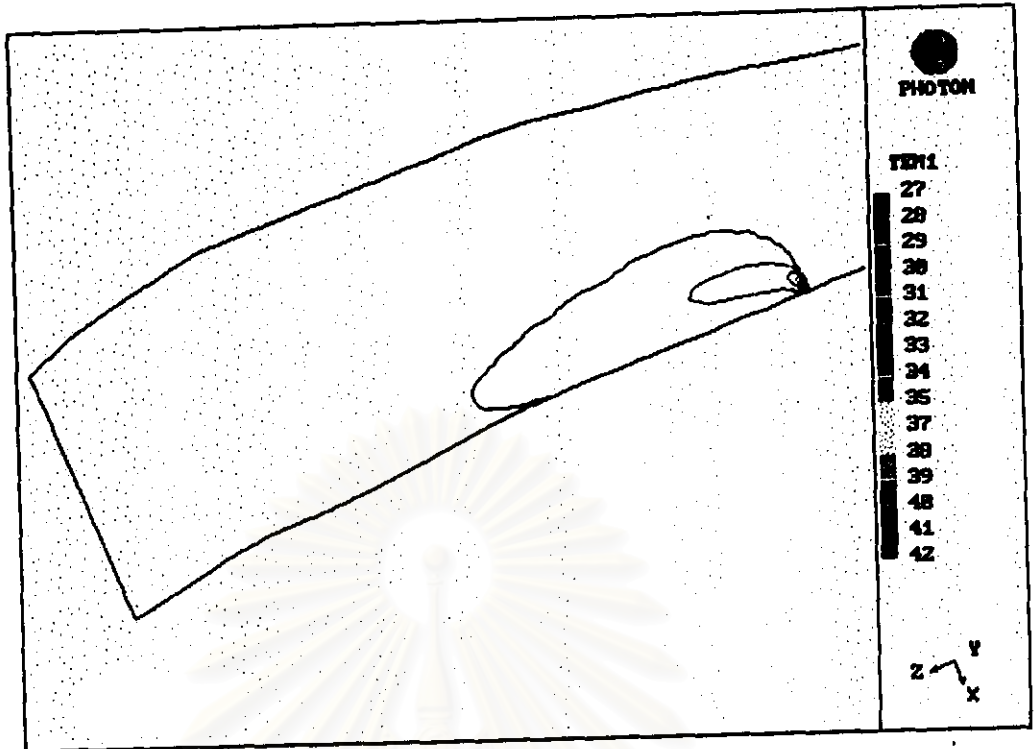


(b)

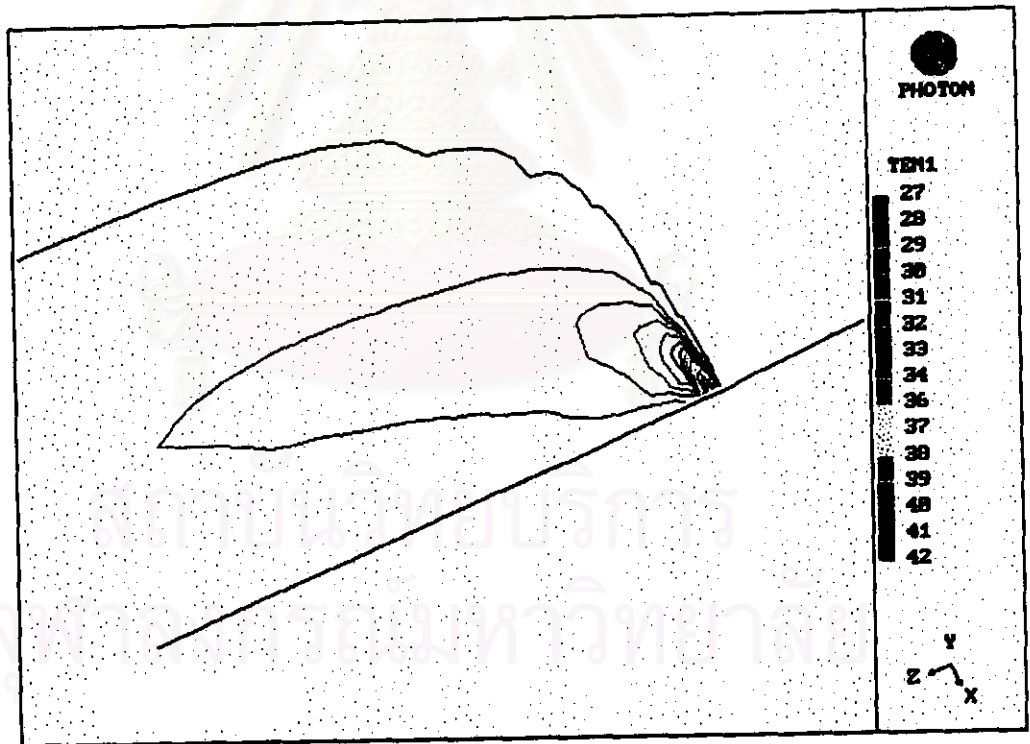
รูปที่ 7.18 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยเมื่อใช้ท่อเดินผ่านศูนย์กลาง 1.5 ม.

(a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ปล่อยจุดปล่อยจนน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ

(b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย



(a)

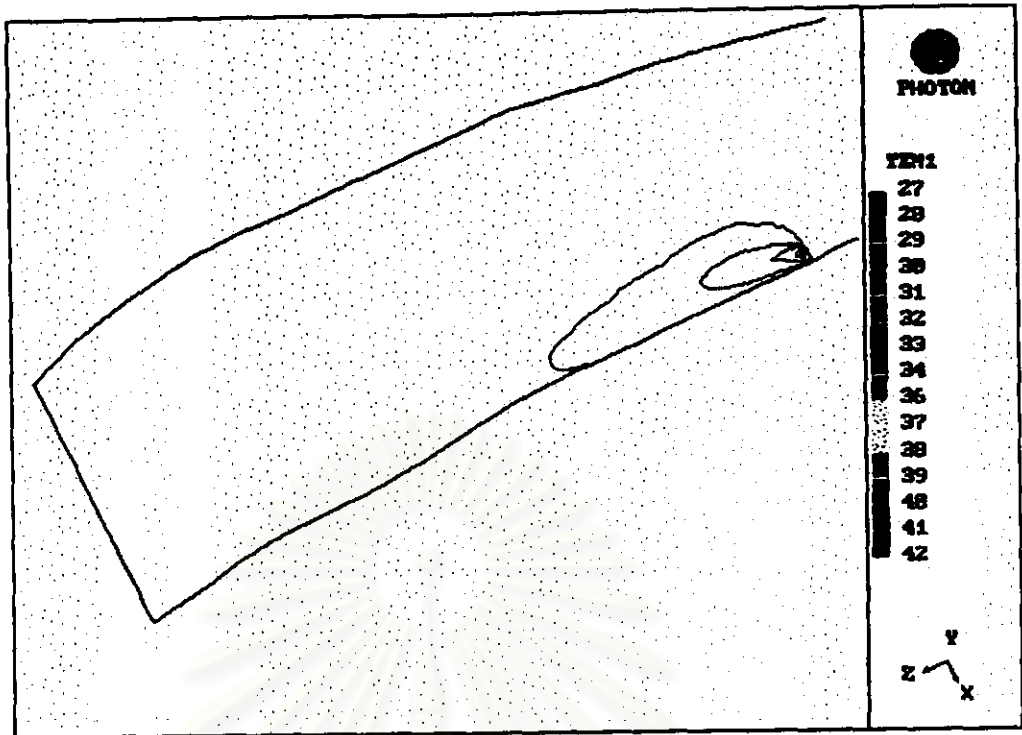


(b)

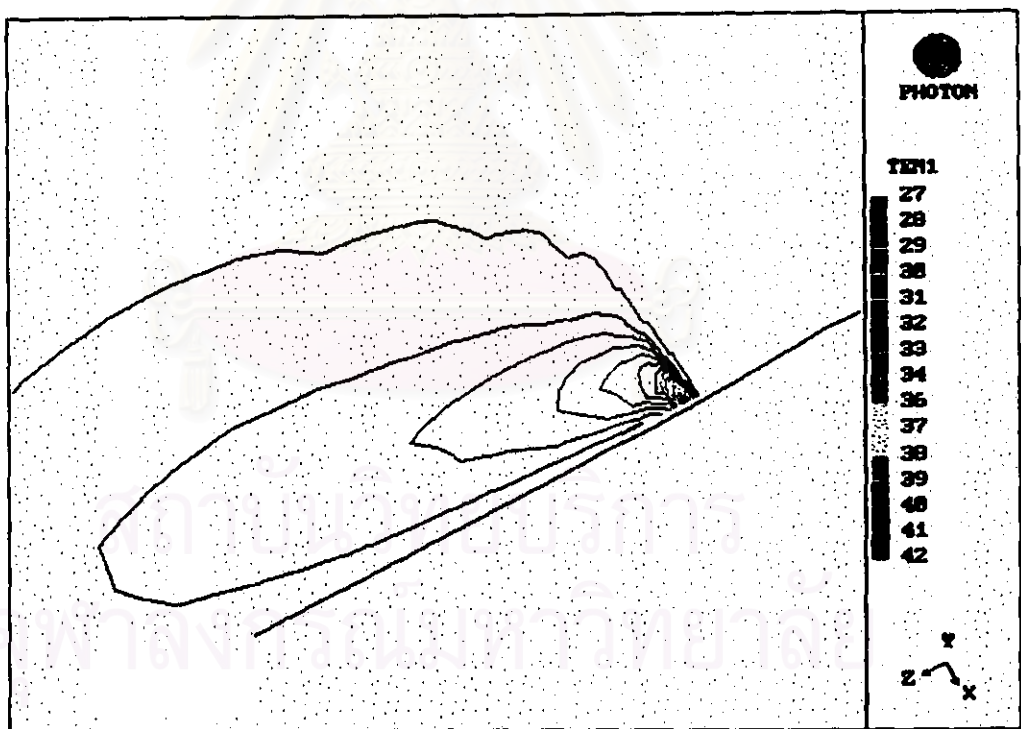
รูปที่ 7.19 การกระจายตัวของจุดเหตุในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยเมื่อใช้ท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ม.

(a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่จุดปล่อยจนน้ำพัดเข้ามีจุดเหตุเท่ากับแหล่งน้ำ

(b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย



(a)



(b)

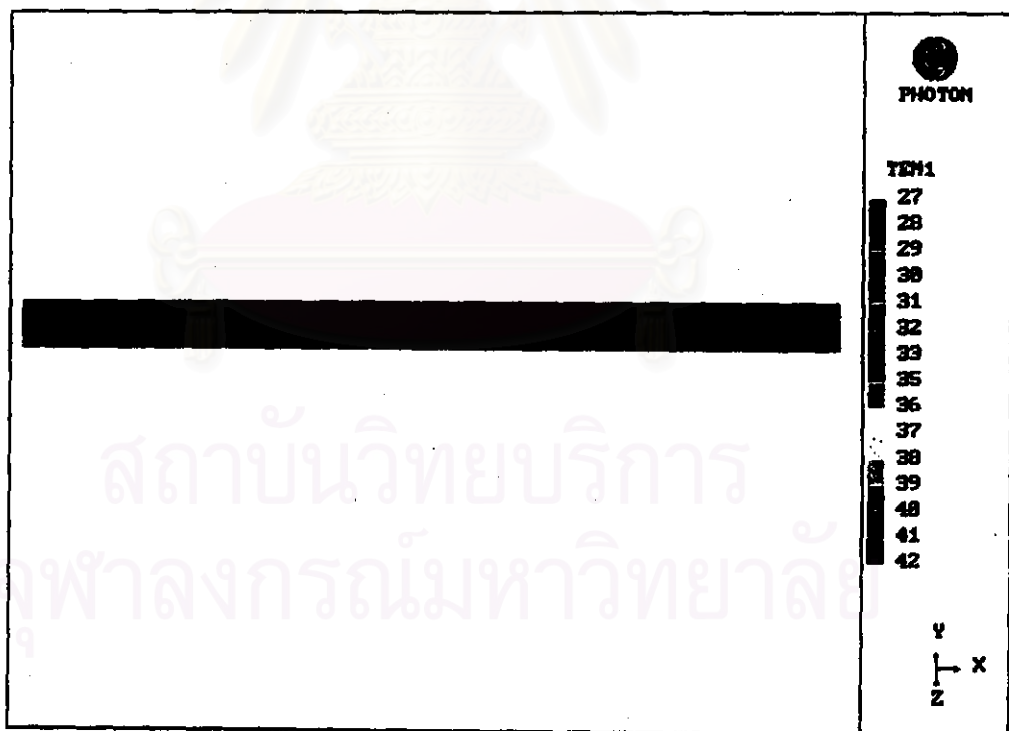
รูปที่ 7.20 การกระจายตัวของดิวทียมในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปัดออสเมื่อใช้ท่อเดินผ่านศูนย์กลางของ 2.5 ม.

(a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ท่อปัดออสจนน้ำหล่อเย็นมีดิวทียมเท่ากับแหล่งน้ำ

(b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปัดออส



(a)

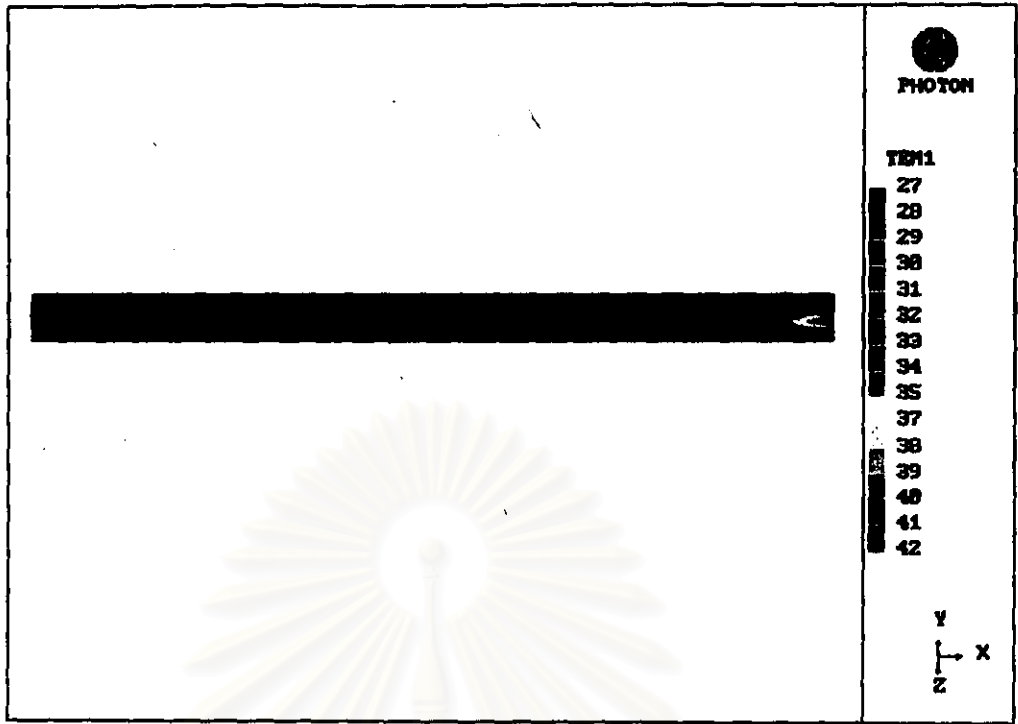


(b)

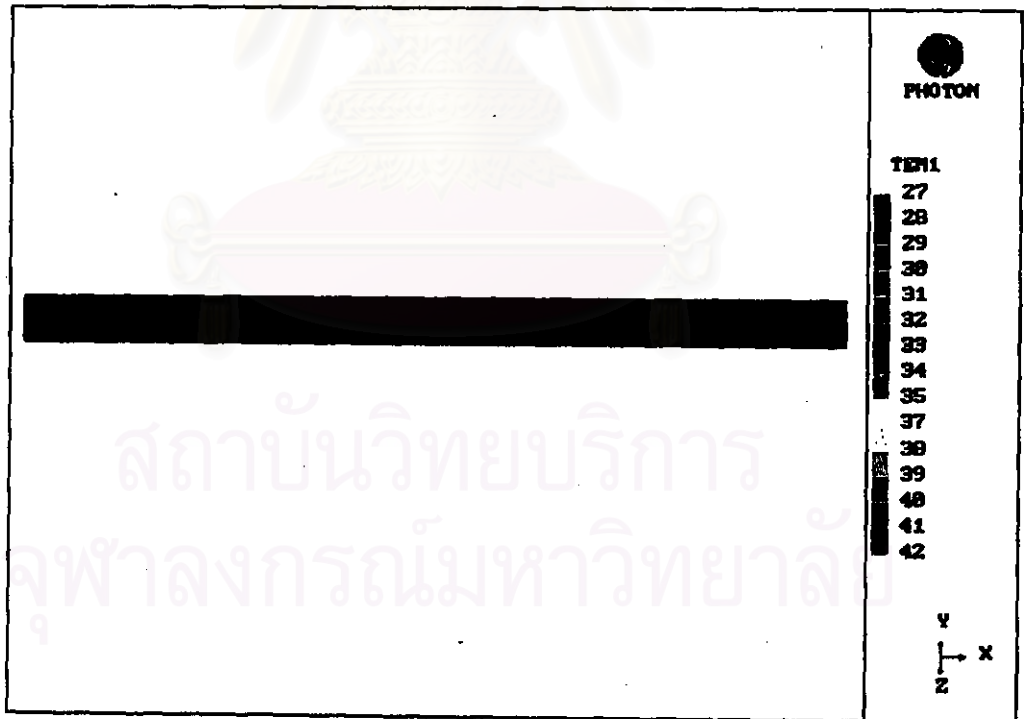
รูปที่ 7.21 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำเมื่อใช้ท่อเดินผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



(a)

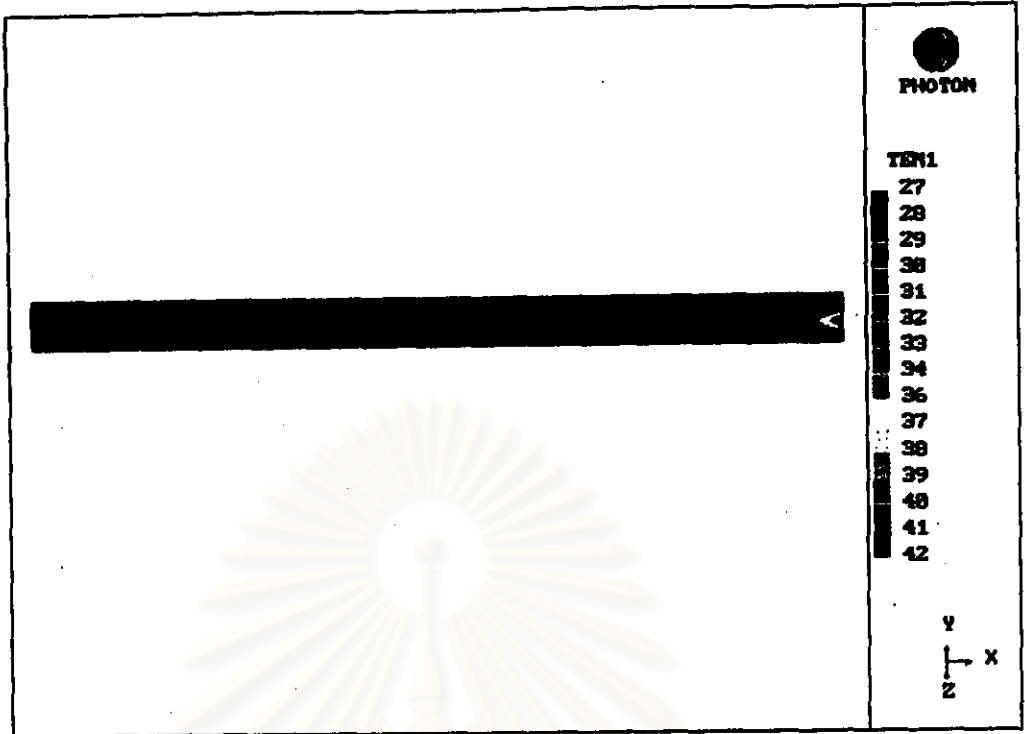


(b)

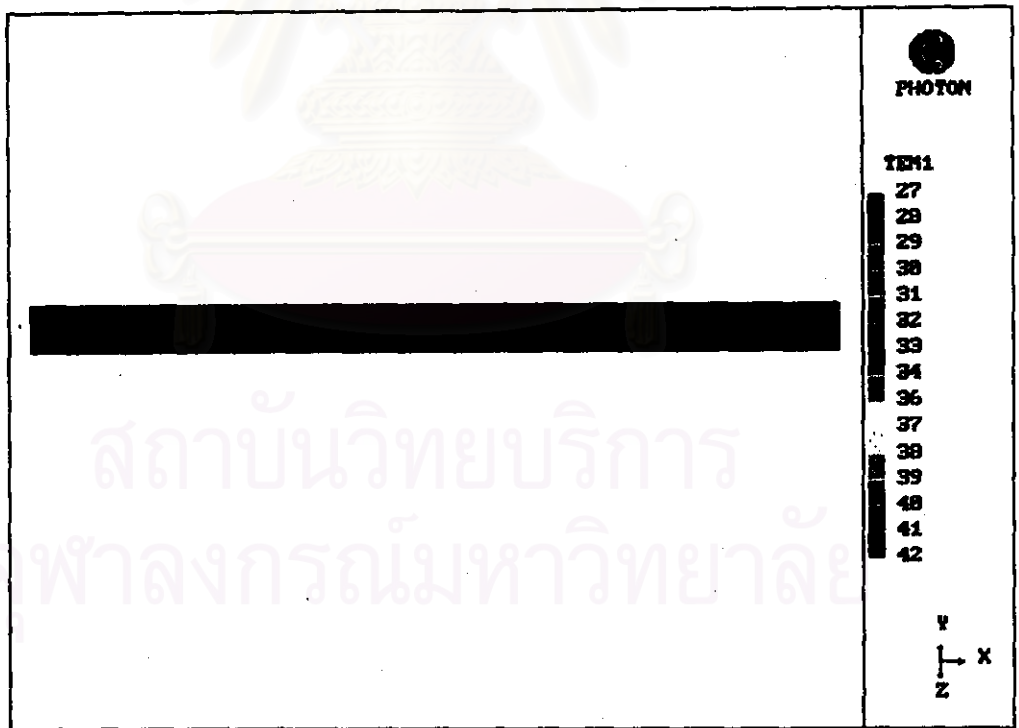
รูปที่ 7.22 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำเมื่อไรท่อเดินผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำท่อเดิน

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำท่อเดิน 100 เมตร



(a)



(b)

รูปที่ 7.23 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบตัดตามความกว้างของแม่เหล็กเมื่อใช้ท่อเดินผ่านศูนย์กลาง 2.5 เมตร

(a) บริเวณจุดปล่อยลำท่อเดิน

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยลำท่อเดิน 100 เมตร

ตารางที่ 7.9 คุณภาพที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อปล่อยน้ำหล่อเย็น

ระยะทางห่างจากจุดปล่อย	คุณภาพที่เพิ่มขึ้นจาก 27 องศาเซลเซียส (องศาเซลเซียส)		
	ท่อ 1.5 เมตร	ท่อ 2 เมตร	ท่อ 2.5 เมตร
50 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	1.16	1.52	0.98
ตำแหน่งที่ 2	0.93	1.53	1.81
ตำแหน่งที่ 3	0.63	1.17	1.97
ตำแหน่งที่ 4	0.38	0.72	1.56
100 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0.88	0.69	0.05
ตำแหน่งที่ 2	0.88	1.33	1.18
ตำแหน่งที่ 3	0.66	1.23	1.6
ตำแหน่งที่ 4	0.24	0.57	1.2
200 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0.1	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0.33	0.05	0
ตำแหน่งที่ 3	0.41	0.35	0.01
ตำแหน่งที่ 4	0.2	0.33	0.15
300 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0.02	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0.08	0.03	0.03
400 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0
500 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0

7.2.3 การกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อผลต่างของอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน

7.2.3.1 รายละเอียดเบื้องต้น

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะพิจารณาในกรณีที่ผลต่างของอุณหภูมিরหว่างน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการใช้งานแล้วกับอุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าเท่ากับ 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยกำหนดให้ท่อที่ใช้ในการปล่อยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 เมตร จุดศูนย์กลางอยู่สูงจากกันแม่น้ำเป็นระยะทางเท่ากับ 2.5 เมตร มีอัตราการปล่อยน้ำหล่อเย็นเท่ากับ 19.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และพิจารณาข้อมูลของแม่น้ำเจ้าพระยาในเดือนกันยายน

7.2.3.2 รายละเอียดที่ใช้ในเทคนิค CFD

กำหนดให้จำนวนของกริดตามแนวแกน x, y และ z มีค่าเท่ากับ 20, 18 และ 55 ตามลำดับ และตำแหน่งของท่อปล่อยอยู่ที่ตำแหน่งกริด IZ=(24,28) และ IY=(5,9) สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพของของไหลจะแสดงได้ดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 คุณสมบัติทางกายภาพเฉลี่ยของน้ำที่ใช้ในการจำลองกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อผลต่างของอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน

ผลต่างของอุณหภูมิ	T_{avg} (°C)	ρ (kg/m ³)	\hat{C}_p (kJ/kg°C)	$\mu \times 10^6$ (kg/m sec)	k (J/m sec°C)
15	27.18	996.458	4.182	876	0.608
25	27.30	996.430	4.182	874	0.609
35	27.42	996.402	4.182	872	0.609

สำหรับรายละเอียดในส่วนอื่นๆ จะเหมือนกับในหัวข้อ 7.2.1.2

7.2.3.3 ผลการจำลองเมื่อผลต่างของอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำรองรับมีค่าแตกต่างกัน

7.2.3.3.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อย

รูปที่ 7.24-7.26 เป็นรูปแสดงลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยน้ำหล่อเย็นในกรณีที่ใช้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาเป็น 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

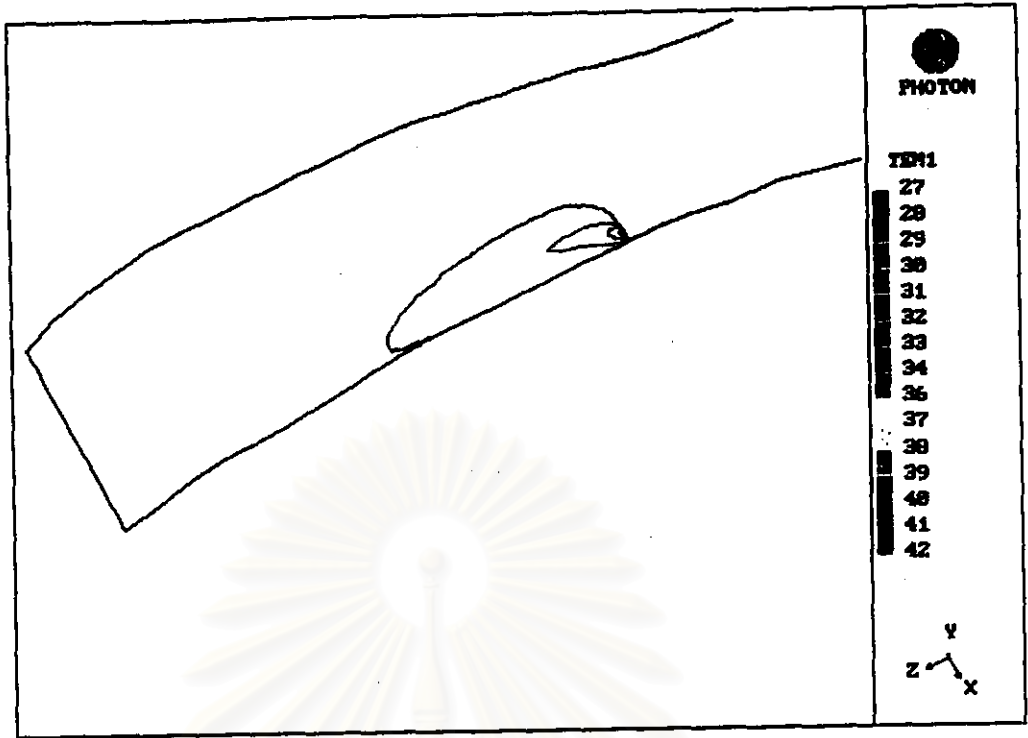
จากรูปจะเห็นได้ว่าลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในทั้ง 3 กรณีจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยในบริเวณที่ไกลออกไปจากจุดปล่อยเส้นอุณหภูมิคงที่จะมีค่าของอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 27-28 องศาเซลเซียส แต่เมื่อพิจารณาในบริเวณที่ใกล้กับจุดปล่อยก็จะเห็นถึงความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการปล่อยได้ชัดเจนขึ้นคือ ในบริเวณเดียวกันในกรณีที่น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิที่สูงเส้นอุณหภูมิคงที่ก็จะจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าในกรณีที่น้ำหล่อเย็นที่ปล่อยออกมามีอุณหภูมิต่ำ

7.2.3.3.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำ

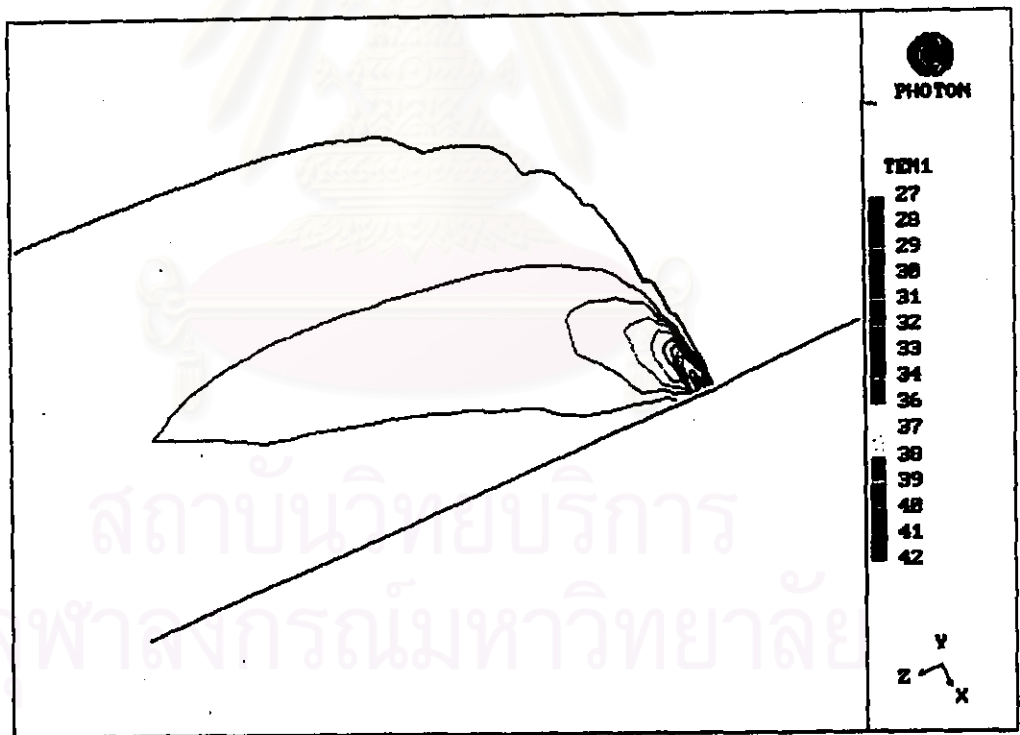
รูปที่ 7.27 - 7.29 เป็นรูปแสดงลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในกรณีที่ใช้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาเป็น 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิโดยทั่วไปจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันแต่ค่าของอุณหภูมิที่ได้ก็จะมีค่าแตกต่างกันไปตามอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ปล่อยออกมา

7.2.3.3.3 ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อยน้ำหล่อเย็น ณ ตำแหน่งต่างๆ ดังที่แสดงในรูปที่ 7.17 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.11



(a)

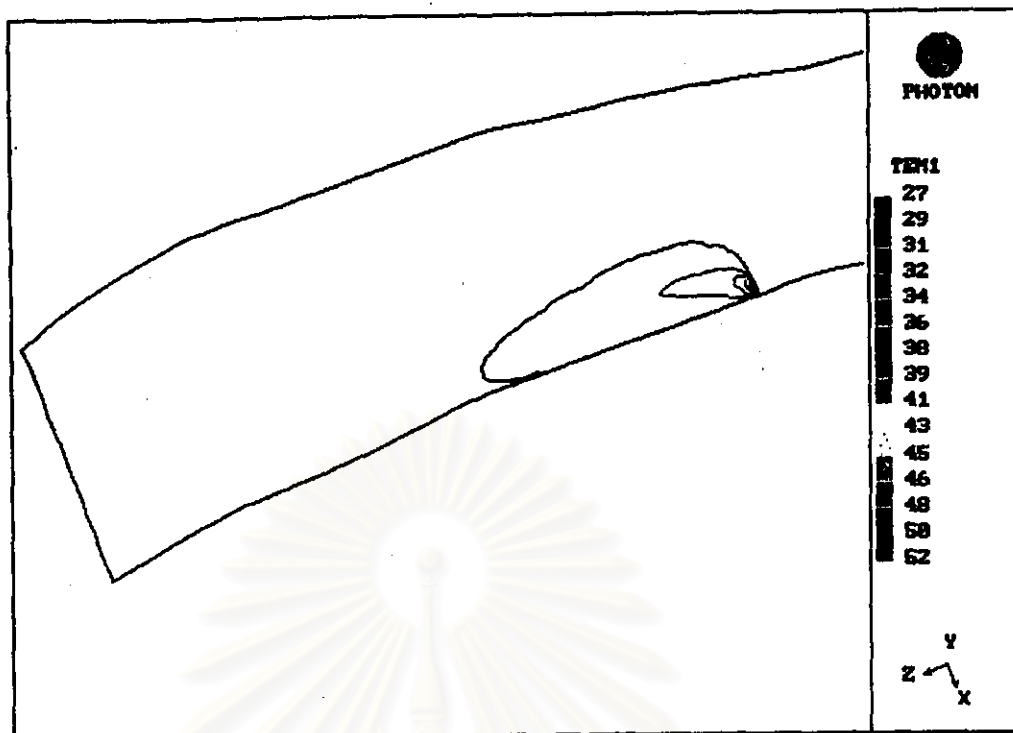


(b)

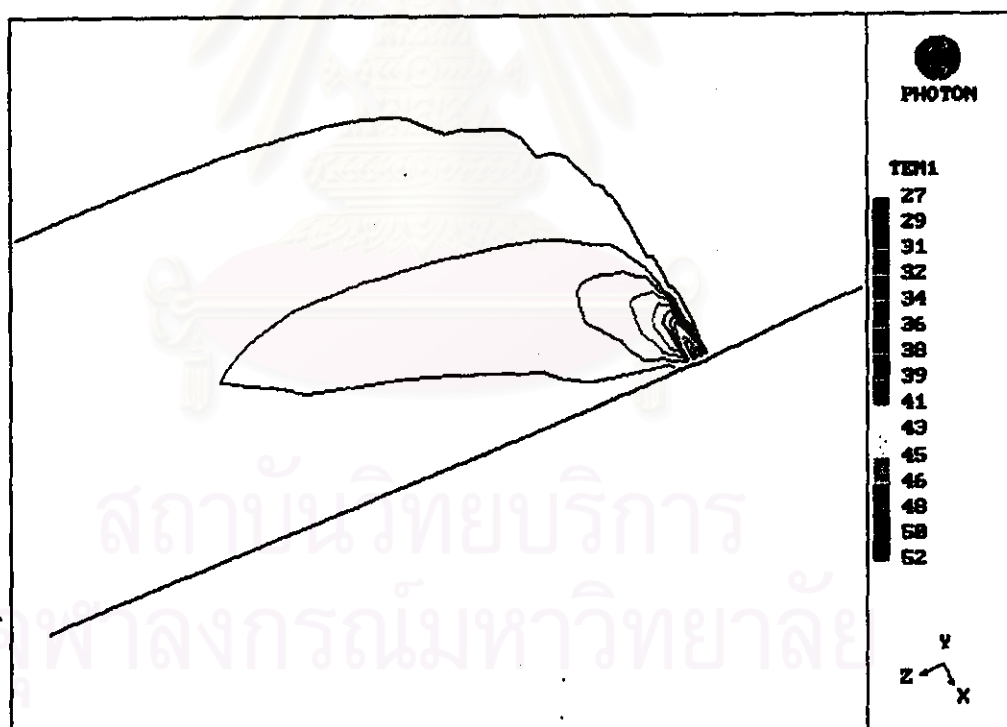
รูปที่ 7.24 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อเมื่อผลต่างของอนุภาคเท่ากับ 15 องศาเซกเซีย

(a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ปล่อยจุดปล่อยจนน้ำหล่อเย็นมีอนุภาคเท่ากับแหล่งน้ำ

(b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย



(a)

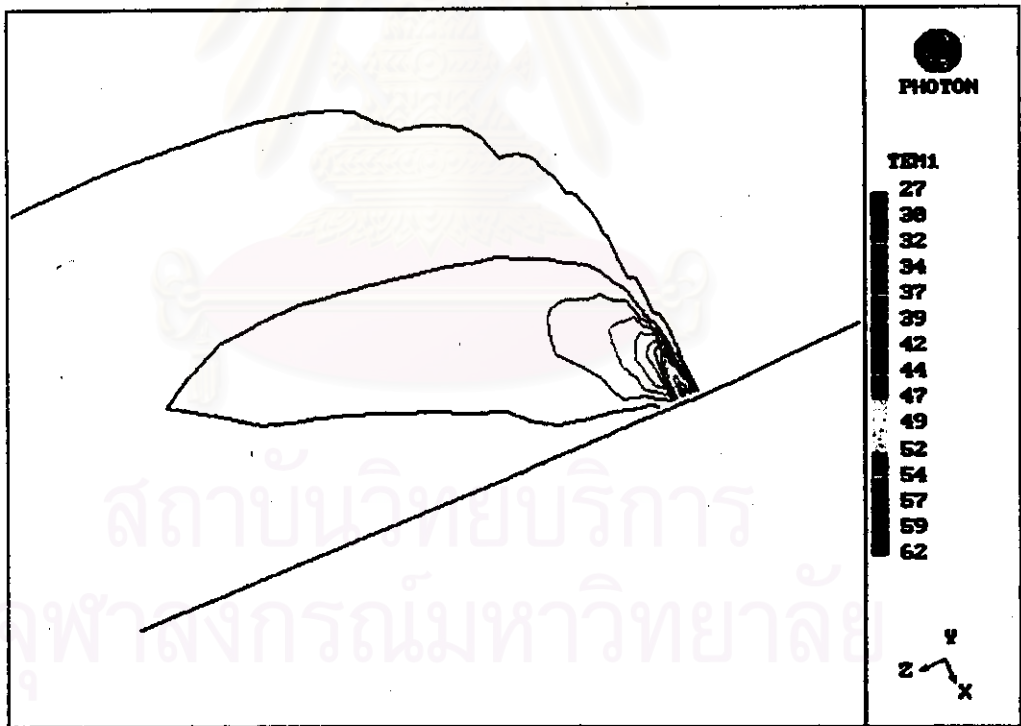
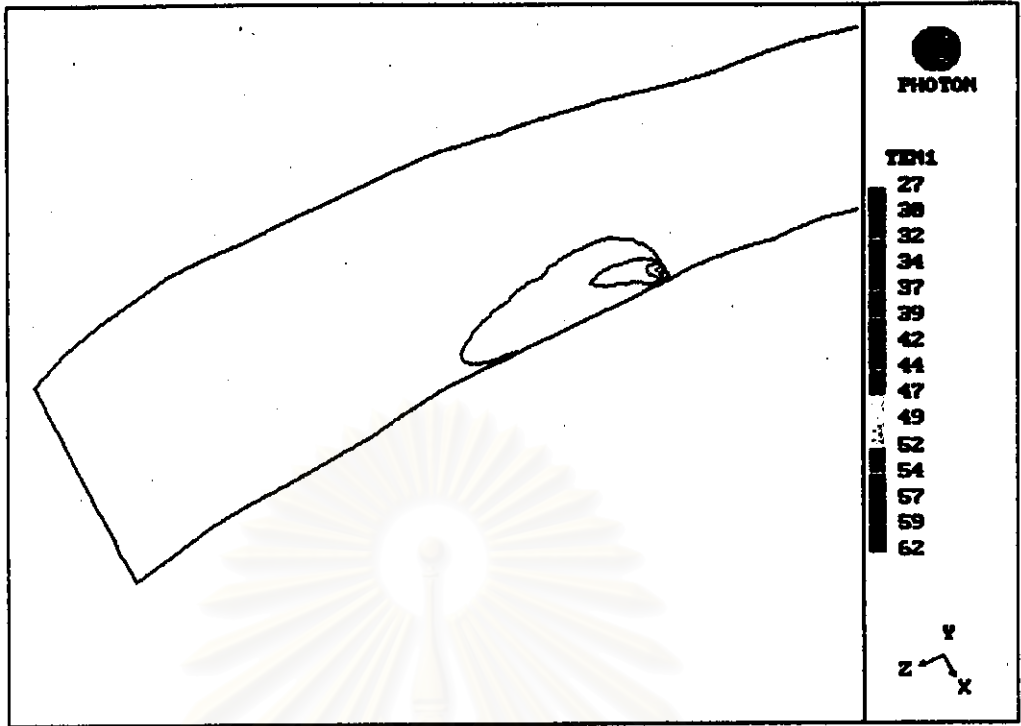


(b)

รูปที่ 7.25 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อเมื่อผลต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

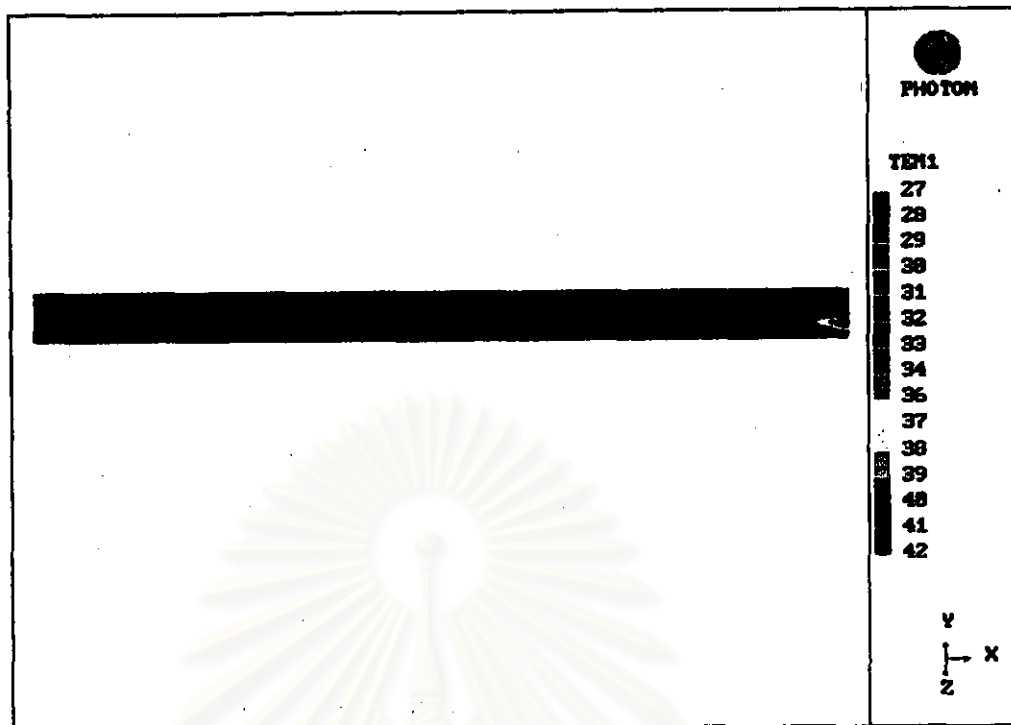
(a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่จุดปล่อยจนน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ

(b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย

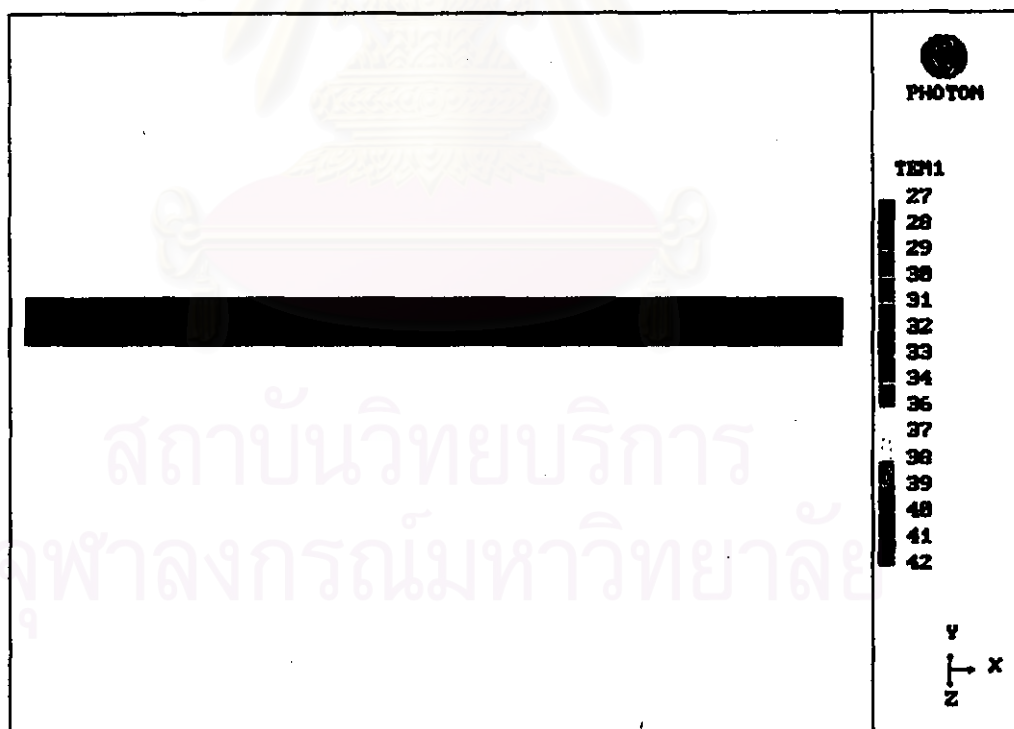


รูปที่ 7.26 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อเมื่อผลต่างของอนุภาคเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส

- (a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ปล่อยจุดปล่อยจนน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ
- (b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย



(a)

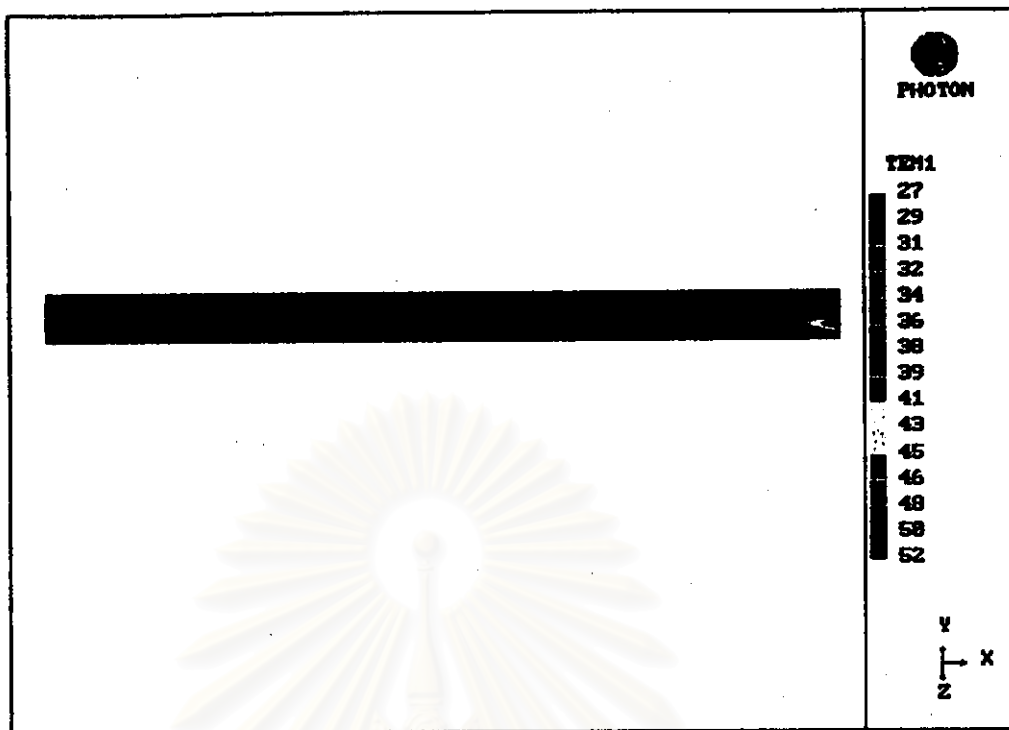


(b)

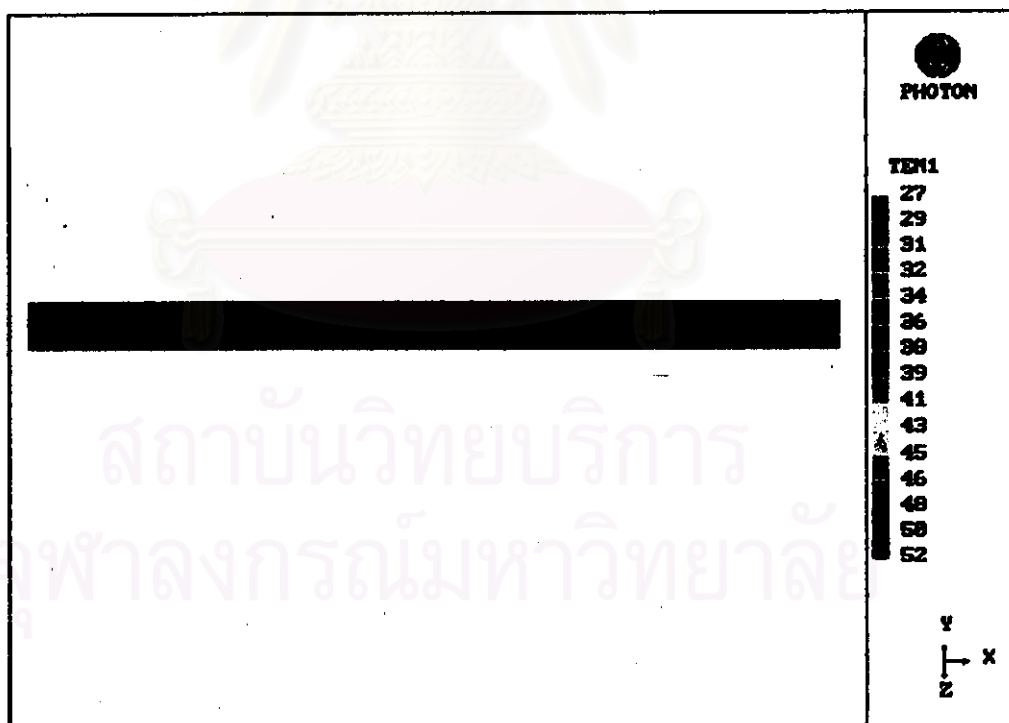
รูปที่ 7.27 การกระจายตัวของอนุกรมในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำเมื่อมองต่างของอนุกรมเท่ากับ 15 องศาเซกซ์

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



(a)

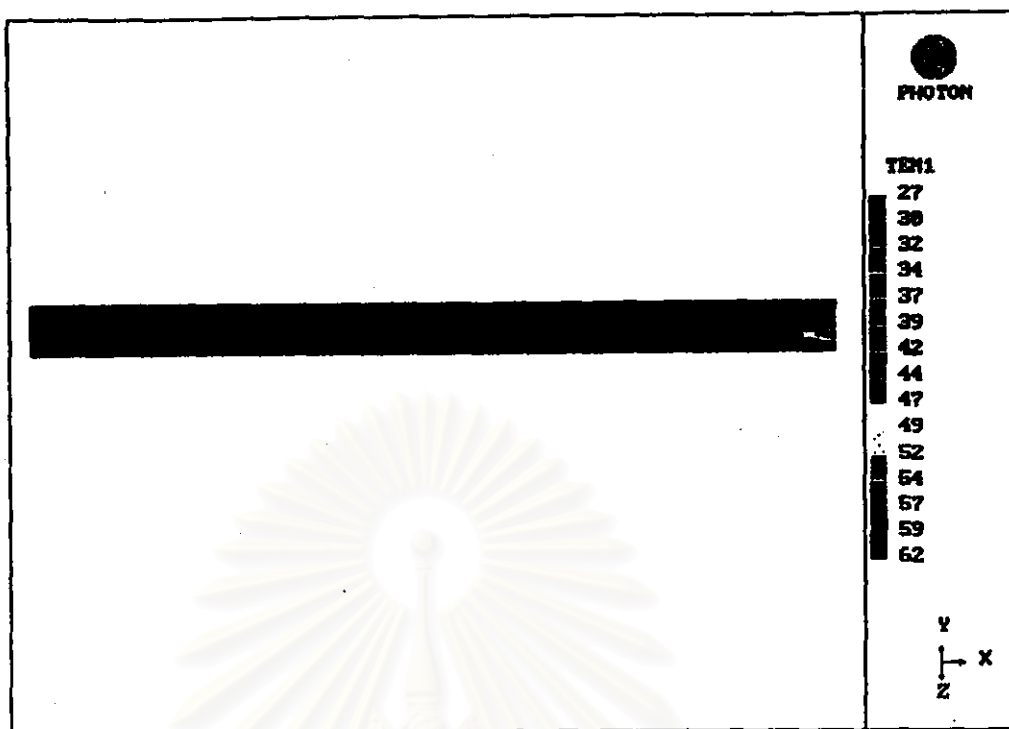


(b)

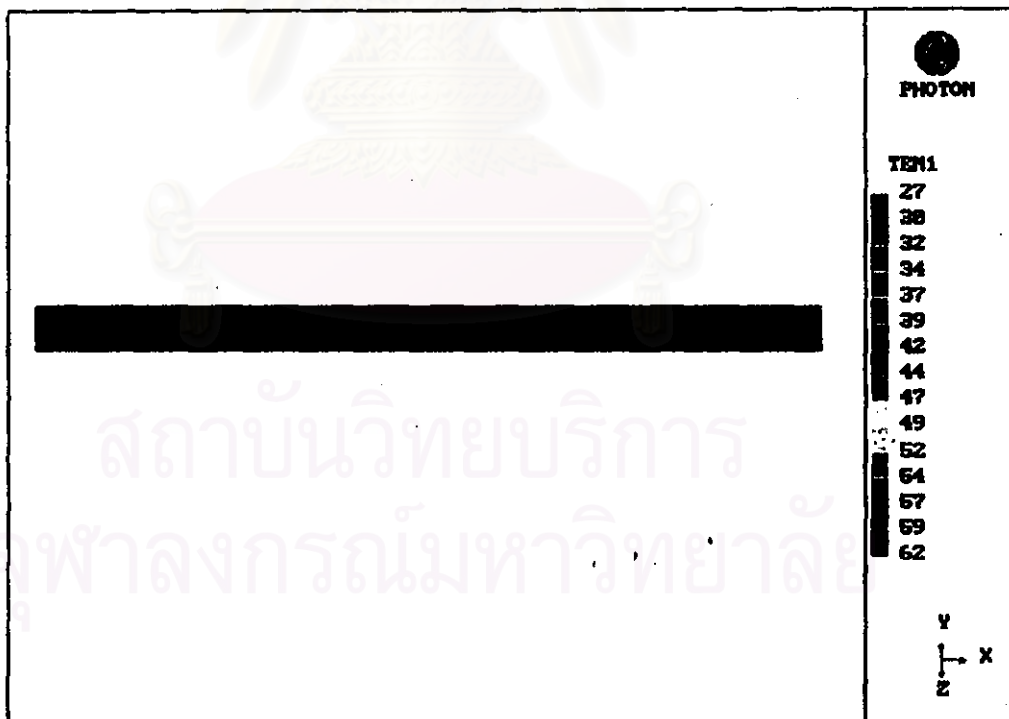
รูปที่ 7.28 การกระจายตัวของอุณหภูมิจนในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำเมื่อผลต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



(a)



(b)

รูปที่ 7.29 การกระจายตัวของอนุภาคในระนาบตัดตามความกว้างของแม่เหล็กเมื่อผลต่างของอนุภาคเท่ากับ 35 องศาเซคเซียต

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร

ตารางที่ 7.11 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำรองรับ

ระยะทางห่างจากจุดปล่อย	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 27 องศาเซลเซียส (องศาเซลเซียส)		
	ผลต่างอุณหภูมิ 15	ผลต่างอุณหภูมิ 25	ผลต่างอุณหภูมิ 35
50 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	1.35	2.25	3.13
ตำแหน่งที่ 2	1.49	2.47	3.41
ตำแหน่งที่ 3	1.15	1.91	2.62
ตำแหน่งที่ 4	0.76	1.24	1.66
100 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0.42	0.72	0.89
ตำแหน่งที่ 2	1.2	1.96	2.65
ตำแหน่งที่ 3	1.13	1.84	2.43
ตำแหน่งที่ 4	0.49	0.75	0.9
200 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0.01	0.01	0
ตำแหน่งที่ 3	0.24	0.21	0.1
ตำแหน่งที่ 4	0.3	0.34	0.28
300 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0
400 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0
500 เมตร			
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0

เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำในระยะทางต่างๆ ห่างจากจุดปล่อยน้ำร้อนอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงผลต่างของอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำรองรับดังแสดงในตารางที่ 7.11 จะพบว่า เมื่อผลต่างของอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในการปล่อยเพิ่มขึ้น โดยที่ยังคงอัตราการปล่อยไว้เท่าเดิม การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของแหล่งน้ำก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณที่อยู่ใกล้ๆ กับจุดปล่อยเนื่องมาจากเมื่อกำหนดให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำมีค่าคงที่การเพิ่มขึ้นของผลต่างของอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำรองรับก็คือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ใช้ แต่ทั้งนี้จะพบว่าความแตกต่างของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำภายในแหล่งน้ำจะมีไม่มากนัก ดังจะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระยะทาง 50 เมตรจากจุดปล่อยที่ตำแหน่งที่ 2 เมื่อใช้ผลต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 15 องศาเซลเซียส การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะเท่ากับ 1.49 องศาเซลเซียส และเมื่อใช้ผลต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะเท่ากับ 3.41 องศาเซลเซียส ซึ่งถึงแม้ว่าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ใช้จะต่างกันถึง 20 องศาเซลเซียส แต่สามารถทำให้น้ำในแหล่งน้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นต่างกันเพียง 1.92 องศาเซลเซียสเท่านั้น และเมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระยะทาง 200 เมตรห่างจากจุดปล่อยจะพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากันแม้ว่าอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ใช้จะแตกต่างกัน

7.2.4 การกระจายตัวของอุณหภูมิเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวน้ำ

7.2.4.1 รายละเอียดเบื้องต้น

เพื่อพิจารณาอิทธิพลของการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวน้ำต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิ ในการจำลองต่อไปนี้จะได้ทำการกำหนดให้มีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นที่บริเวณผิวน้ำ แต่เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาได้ ดังนั้นในการจำลองจะอาศัยข้อมูลของ Zhubrin และ Yakushin [20] ซึ่งได้ทำการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดจากการผสมกันของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ในการจำลองจะพิจารณาให้ท่อที่ใช้ในการปล่อยน้ำหล่อเย็นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 เมตร โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่สูงจากก้นแม่น้ำประมาณ 2.5 เมตร ใช้ปริมาตรของน้ำหล่อเย็นเท่ากับ 19.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นก่อนปล่อยเท่ากับ 42 องศาเซลเซียส และพิจารณาข้อมูลของแม่น้ำเจ้าพระยาในเดือนกุมภาพันธ์ 2539 โดยกำหนดให้ที่บริเวณผิวน้ำมีการถ่ายเทความร้อนจากการพาความร้อนของอากาศ และการแผ่รังสี ดังนี้

การพาความร้อนของอากาศ (Convective heat flux)

สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Q_{conv} = S_a * \rho_a * C_a * V_{rel} * (T_a - T) \quad (7.1)$$

เมื่อ $S_a = 0.003$ (Stanton number)

$\rho_a = 1 \text{ kg/m}^3$ (ความหนาแน่นของอากาศ)

$C_a = 1005 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ (Air specific heat)

$V_{rel} = 1 \text{ m/s}$ (ความเร็วสัมพัทธ์ของลมและน้ำที่บริเวณผิวน้ำ)

$T_a =$ อุณหภูมิของอากาศ

ดังนั้นจะสามารถเขียนสมการ 7.1 ได้ดังนี้ [20]

$$Q_{conv} = 3.02 * (T_a - T) \quad (7.2)$$

การแผ่รังสี (Radiation heat flux)

สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Q_{rad} = 4 * \epsilon * \sigma * (T_a^4 - T^4) \quad (7.3)$$

เมื่อ $\epsilon = 0.9$

$\sigma = 5.77 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$

โดยที่ Zhubrin และ Yakushin [20] ได้เสนอสมการ (7.3) ที่อยู่ในรูปของสมการเส้นตรงดังนี้

$$Q_{rad} = 5.2 * (T_a - T) \quad (7.4)$$

7.2.4.2 รายละเอียดที่ใช้ในเทคนิค CFD

กำหนดให้จำนวนของกริดตามแนวแกน x , y และ z มีค่าเท่ากับ 20, 10 และ 55 ตามลำดับ ตำแหน่งของท่อปัดอยู่ตำแหน่งกริด IZ-(24,28) และ IY-(5,9) ที่บริเวณของผิวน้ำ จะกำหนดให้เป็นลิจิตกริดเช่นเดียวกับในกรณีอื่นๆ แต่จะกำหนดให้มีการถ่ายเทความร้อนจากการพา

ความร้อนของอากาศและการแผ่รังสี ดังสมการที่ (7.2) และ (7.4) ตามลำดับ เมื่ออากาศมีอุณหภูมิเท่ากับ 29 องศาเซลเซียส

สำหรับรายละเอียดในส่วนอื่นๆ จะเหมือนกับในหัวข้อ 7.2.1.2

7.2.4.3 ผลการจำลองของการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวหนัง

7.2.4.3.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อง

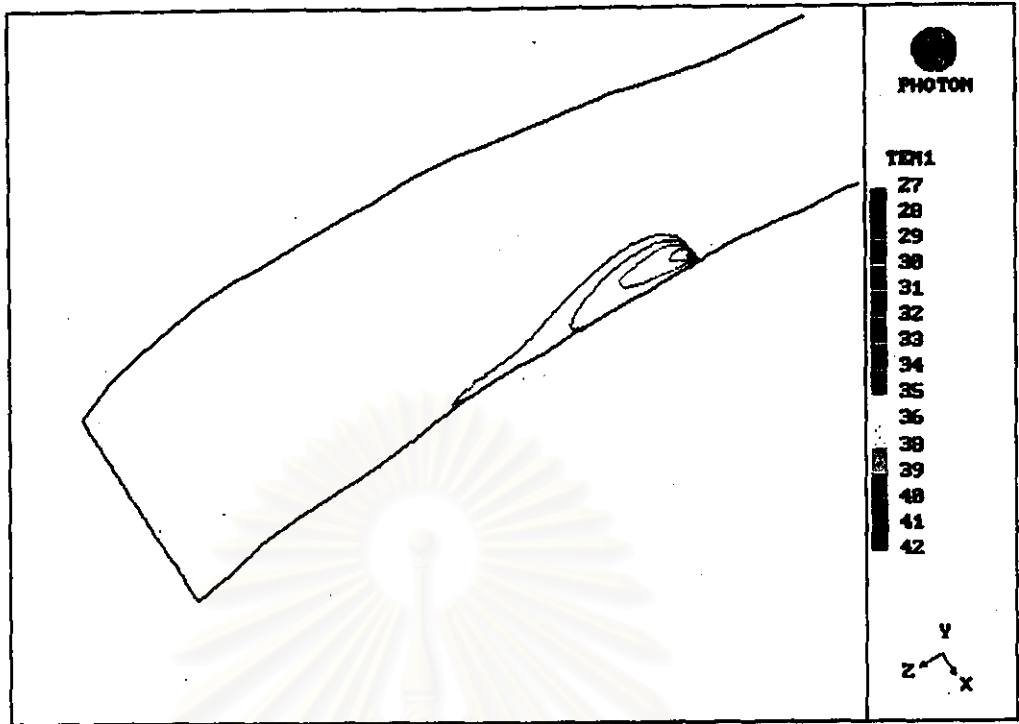
รูปที่ 7.30 และ 7.31 เป็นรูปแสดงลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่องน้ำหล่อเย็นในกรณีไม่คิดการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวหนังและคิดการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวหนังตามลำดับ จากรูปจะพบว่าลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิมิมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในทั้งสองกรณี

7.2.4.3.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำ

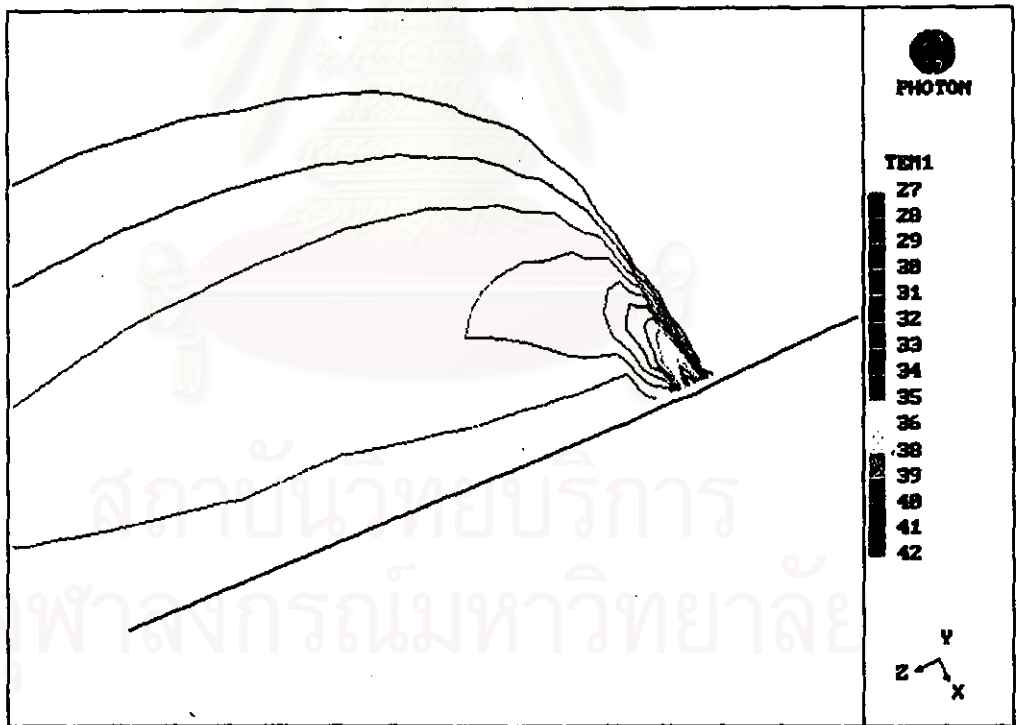
รูปที่ 7.32 และ 7.33 แสดงลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในกรณีไม่คิดการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวหนังและคิดการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวหนังตามลำดับ เช่นเดียวกับการกระจายตัวในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่องน้ำหล่อเย็นจากรูปจะพบว่าลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิมิมีลักษณะที่ไม่แตกต่างกันมากนักในทั้งสองกรณี

7.2.4.3.3 ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากจุดปล่องน้ำหล่อเย็น

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่องน้ำหล่อเย็นและในระนาบที่ใกล้กับผิวหนัง ณ ตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 7.17 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.12



(a)

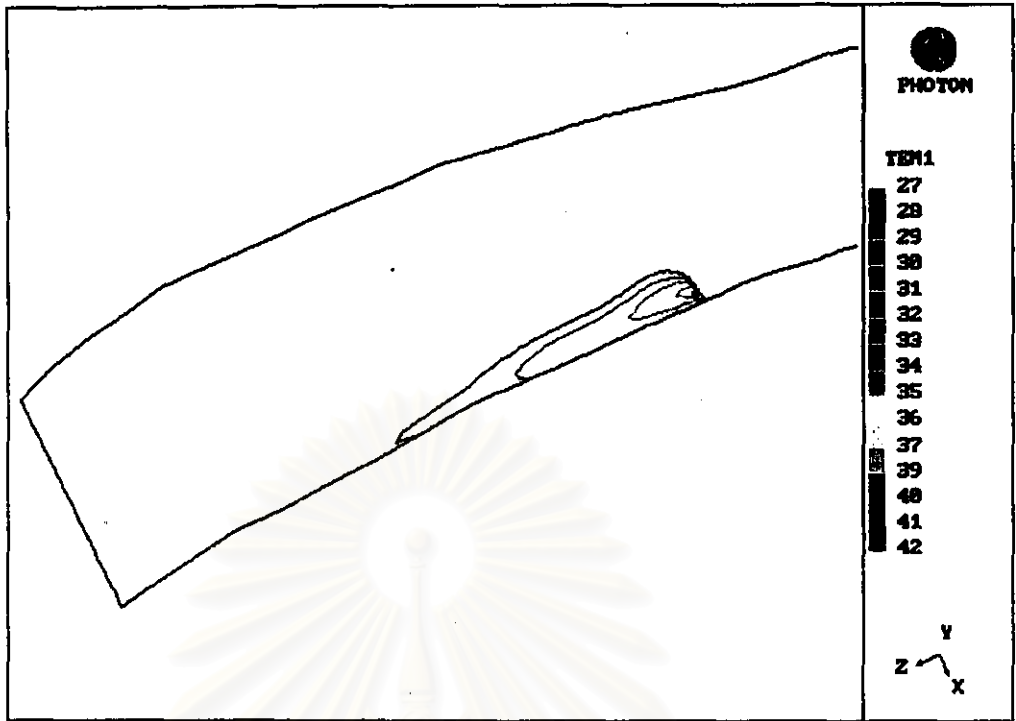


(b)

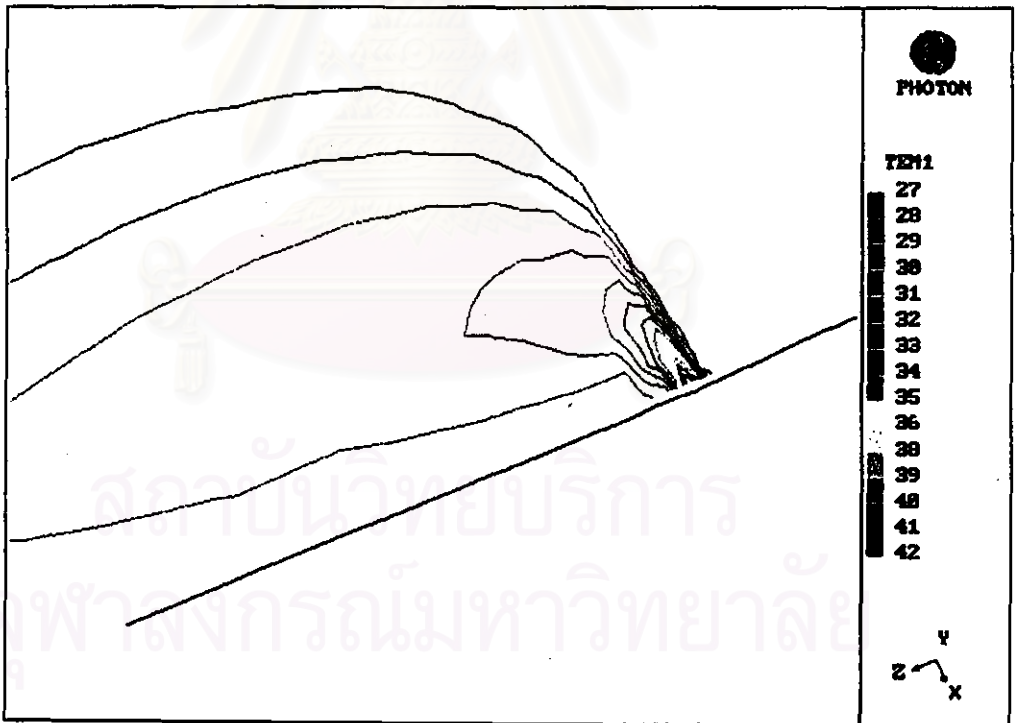
รูปที่ 7.30 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อเมื่อไม่มีการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวหน้า

(a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ปลายจุดปล่อยจนน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ

(b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย

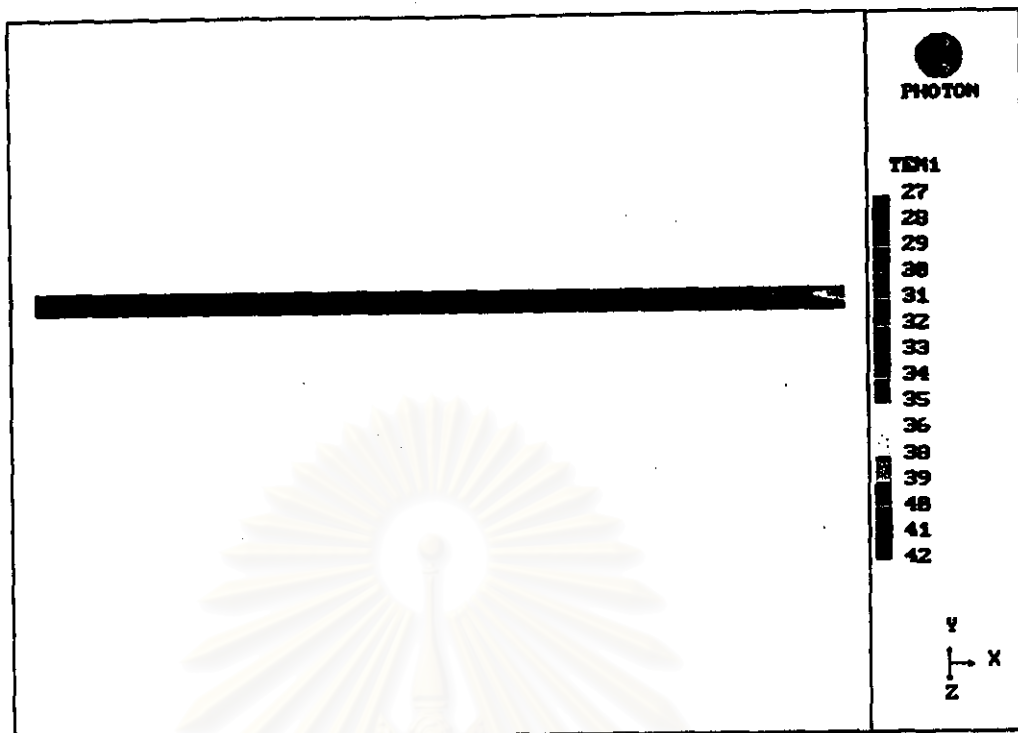


(a)

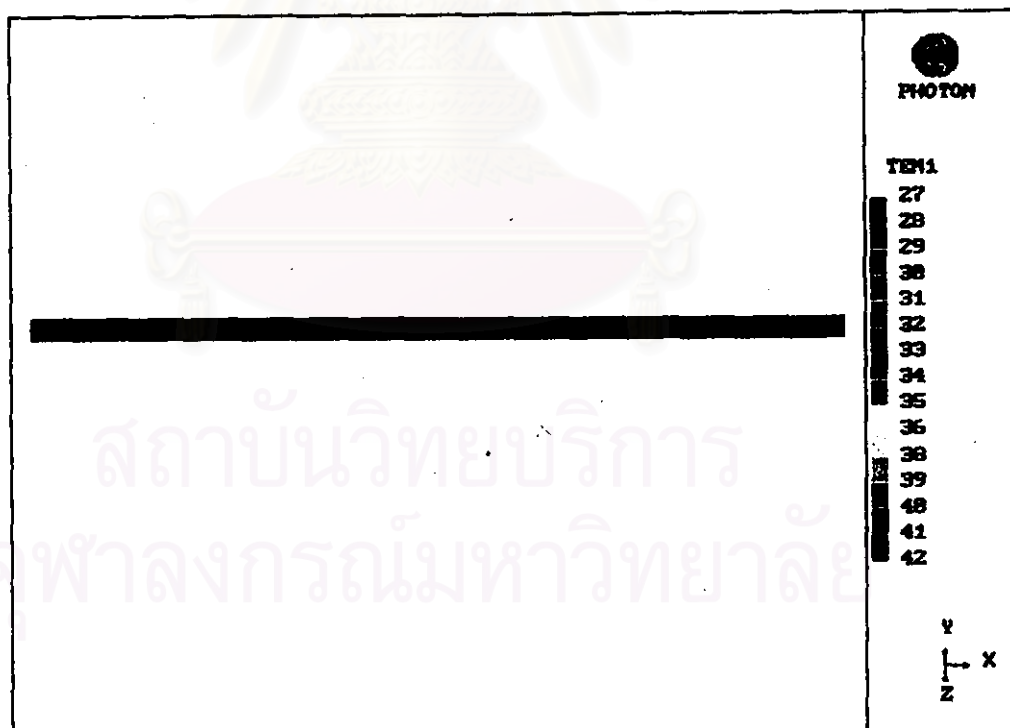


(b)

- รูปที่ 7.31 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำ
- (a) ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ปล่อยจุดปล่อยจนน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับแหล่งน้ำ
- (b) ครอบคลุมบริเวณรัศมีไม่เกิน 100 ม. จากจุดปล่อย



(a)

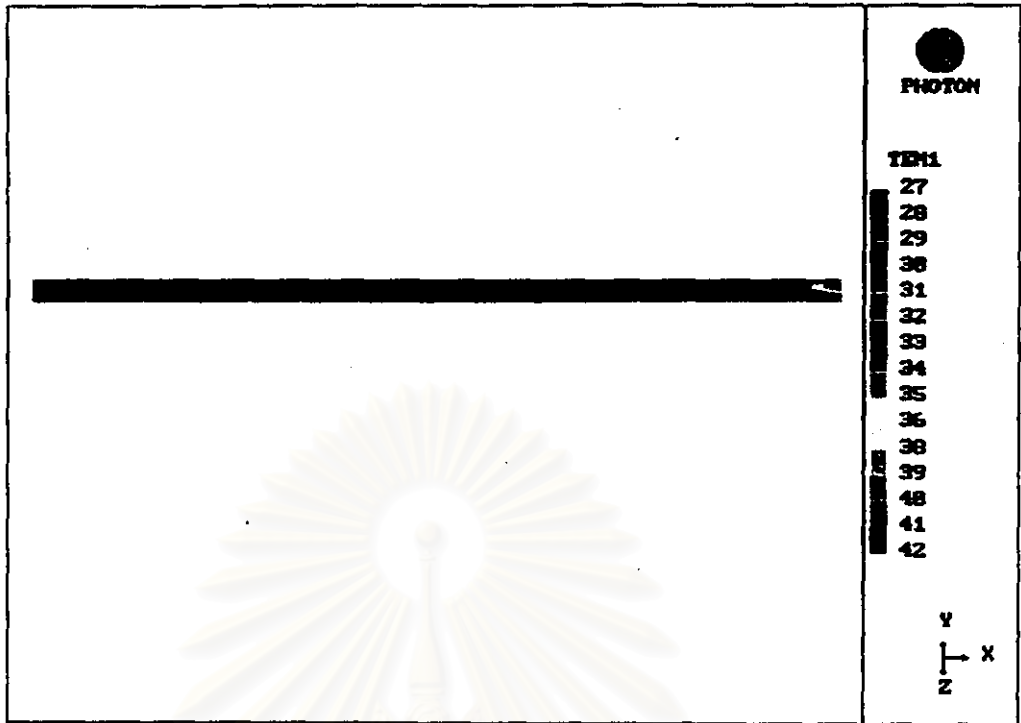


(b)

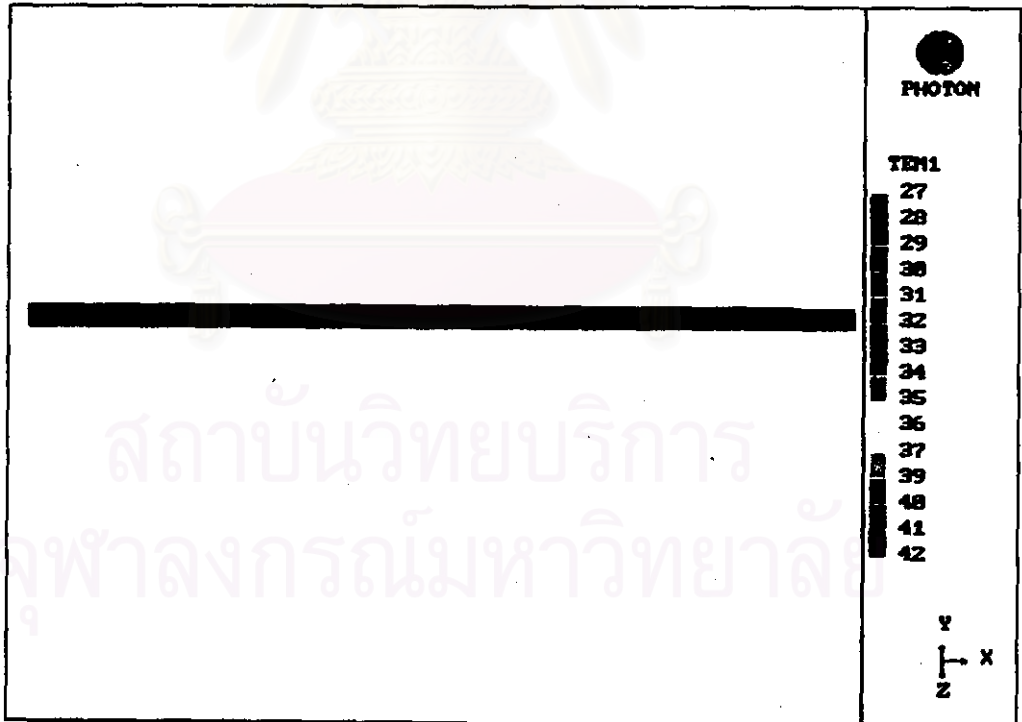
รูปที่ 7.32 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบตัดตามความกว้างของแม่เหล็กเมื่อ ไม่คิดการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวหน้า

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร



(a)



(b)

รูปที่ 7.33 การกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบตัดตามความกว้างของแม่น้ำเมื่อเกิดการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำ

(a) บริเวณจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น

(b) บริเวณห่างจากจุดปล่อยน้ำหล่อเย็น 100 เมตร

ตารางที่ 7.12 คุณภาพที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการกำหนดให้มีการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำ

ระยะทางห่างจากจุดปล่อย	คุณภาพที่เพิ่มขึ้นจาก 27 องศาเซลเซียส (องศาเซลเซียส)			
	ไม่มีการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำ		มีการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำ	
	ผ่านจุดตก.	ใกล้ผิวน้ำ	ผ่านจุดตก.	ใกล้ผิวน้ำ
50 เมตร				
ตำแหน่งที่ 1	3.29	2.28	2.99	2.04
ตำแหน่งที่ 2	3.79	3.12	3.65	2.95
ตำแหน่งที่ 3	3.77	3.18	3.75	3.12
ตำแหน่งที่ 4	3.17	2.91	3.13	2.74
100 เมตร				
ตำแหน่งที่ 1	0.45	0.36	0.13	0.20
ตำแหน่งที่ 2	2.96	2.32	2.25	2.00
ตำแหน่งที่ 3	3.44	3.06	3.02	2.45
ตำแหน่งที่ 4	3.25	2.82	3.00	2.02
200 เมตร				
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0.02	0	0.01	0
ตำแหน่งที่ 3	0.43	0.18	0.29	0
ตำแหน่งที่ 4	1.35	1.11	1.02	0.56
300 เมตร				
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0	0
400 เมตร				
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0	0
500 เมตร				
ตำแหน่งที่ 1	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 2	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 3	0	0	0	0
ตำแหน่งที่ 4	0	0	0	0

เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำในระยะทางต่างๆ ห่างจากจุดปล่อยน้ำร้อนอันเนื่องมาจากผลของการคิดการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวน้ำในตารางที่ 7.12 จะพบว่าในระยะทางที่ห่างจากจุดปล่อยน้ำต่อเย็น 50 เมตร ความแตกต่างของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในทั้งสองกรณีจะมีไม่มากนัก โดยเฉพาะในระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของท่อปล่อย ทั้งนี้เนื่องจากท่อปล่อยน้ำร้อนที่อยู่ใต้ผิวน้ำทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำร้อนในบริเวณนี้จะอยู่ในบริเวณใต้ผิวน้ำทำให้การถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำไม่ส่งผลกระทบต่อค่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิมากนัก ในขณะที่เมื่อระยะทางห่างจากจุดปล่อยเพิ่มขึ้นการกระจายตัวของน้ำต่อเย็นจะขยายตัวเป็นบริเวณที่กว้างขึ้นและสามารถขึ้นไปยังผิวน้ำได้ทำให้ในกรณีที่มีการคิดการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะมีค่าน้อยกว่าในกรณีที่ไม่คิดการถ่ายเทความร้อนที่บริเวณผิวน้ำ โดยเฉพาะในบริเวณที่ใกล้กับผิวน้ำซึ่งจะเห็นได้จากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของน้ำในแหล่งน้ำโดยเฉลี่ยแล้วในกรณีที่มีการคิดค่าการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากรณีที่ไม่คิดค่าการถ่ายเทความร้อน โดยความแตกต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในทั้ง 2 กรณีจะเห็นได้ชัดเจนที่สุดในระยะทางห่างจากจุดปล่อยเท่ากับ 100 และ 200 เมตร ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณที่ไกลออกไปจากจุดปล่อย การลดลงของอุณหภูมิของน้ำต่อเย็นจะขึ้นอยู่กับผลกระทบที่เกิดจากการแพร่ระหว่างน้ำที่มีอุณหภูมิต่างกันและการถ่ายเทความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวน้ำจึงทำให้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของน้ำในแหล่งน้ำมีค่าลดลง

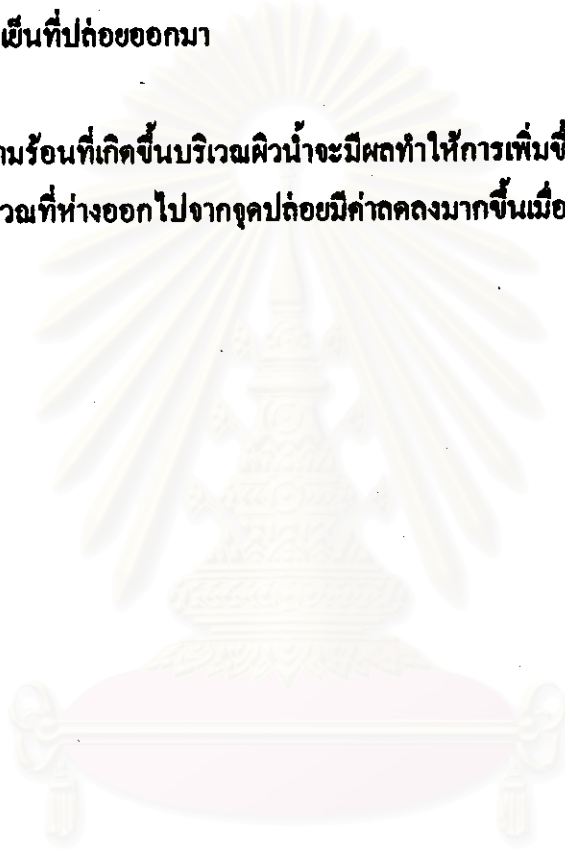
7.3 สรุปผลการจำลอง

1. ด้วยอัตราการปล่อยน้ำต่อเย็นที่เท่ากันเมื่ออัตราการไหลของน้ำในแหล่งน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เกิดจากการปล่อยน้ำต่อเย็นของน้ำในแหล่งน้ำค่าลดลง เนื่องจากน้ำในแหล่งน้ำจะสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นจึงทำให้สามารถเข้ามาผสมกับน้ำต่อเย็นที่ปล่อยออกมาด้วยอัตราการผสมกันระหว่างน้ำต่อเย็นกับน้ำในแหล่งน้ำที่รุนแรงขึ้น
2. ด้วยอัตราการปล่อยน้ำต่อเย็นที่เท่ากันเมื่อท่อที่ใช้ในการปล่อยมีขนาดใหญ่ความเร็วที่ใช้ในการปล่อยน้ำต่อเย็นจะมีค่าไม่สูง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำจะมีมากในบริเวณใกล้ๆ กับจุดปล่อยและจะ ไม่มีการการกระจายตัวของอุณหภูมิออกไปเป็นบริเวณที่กว้าง ในทางกลับกันถ้าใช้ท่อที่มีขนาดเล็กความเร็วที่ใช้ในการปล่อยน้ำต่อเย็นจะมีค่าสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าน้อยกว่าในกรณีของการใช้ท่อที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากจะมีอัตราการผสมระหว่าง

น้ำหล่อเย็นกับน้ำในแหล่งน้ำที่รุนแรงขึ้น แต่ทั้งนี้จะต้องผลให้การกระจายตัวของอุณหภูมิมีการขยายตัวเป็นบริเวณที่กว้างขึ้น โดยเฉพาะในทิศทางตามความกว้างของแม่น้ำ

3. เมื่อกำหนดให้อุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำมีค่าคงที่ การเพิ่มขึ้นของผลต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ระหว่างน้ำหล่อเย็นกับน้ำในแหล่งน้ำจะไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำมากนัก โดยจะทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบริเวณที่อยู่ไม่ห่างจากจุดปล่อยของน้ำหล่อเย็นมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ปล่อยออกมา

4. การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณคือน้ำจะมีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะในบริเวณที่ห่างออกไปจากจุดปล่อยมีค่าลดลงมากขึ้นเมื่อเทียบกับในกรณีที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย