

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาอุบัติเหตุการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas ;LPG) จากถังกักเก็บแบบลอย มีขนาดความยาว 3.74 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของถัง 1.7 เมตร มีปริมาตรกักเก็บ 5,208.32 กิโลกรัม/ถัง ซึ่งผลการวิเคราะห์ ความเสี่ยงและผลกระทบที่เกิดจากอุบัติเหตุการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas ; LPG) จากถังกักเก็บ พร้อมทั้งแนวทางในการลดระดับความรุนแรง มีดังนี้

1. การประเมินความเสี่ยงจากอุบัติเหตุการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas ; LPG) จากถังกักเก็บ พบว่า มีค่าความเสี่ยงเท่ากับ  $3 \times 10^{-3}$  /ปี โอกาสเสี่ยงอยู่ที่ระดับ Unlikely (มากกว่า  $1 \times 10^{-2}$  /ปี ถึง  $1 \times 10^{-6}$  /ปี ) หมายถึง มีโอกาสเกิดขึ้นได้ บางเวลาภายใน 10 เปอร์เซ็นต์ (%) ของช่วงอายุโรงงาน

2. การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากอุบัติเหตุการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) จากถังกักเก็บ กรณีศึกษาบริษัท เจริญไทย อินดัสเทรียล (ประเทศไทย) จำกัด โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ BREEZE HAZ ซึ่งทำการศึกษาโดยจำแนกรูปแบบเหตุการณ์ออกเป็น 4 กรณีที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ กรณีเกิดรั่วที่ตัวถัง ขนาดรั่ว 1 นิ้ว กรณีเกิดรั่วที่ตัวถัง ขนาดรั่ว 2 นิ้ว กรณีถังเก็บถูกทำลายทันที และกรณีถังเก็บเกิดการระเบิด ผลการศึกษารูปได้ดังตารางที่ 5.1 ถึง 5.4

## 1) การรั่วไหล

## ตารางที่ 5.1

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลองย่อย EXPERT

ผลการวิเคราะห์	ช่วงเวลาในการรั่วไหล 10 นาที			หน่วย
	ขนาดรั่ว 1 นิ้ว	ขนาดรั่ว 2 นิ้ว	กรณีถึงก๊าซ ถูกทำลายทันที	
Continuous or Finite	Finite	Finite	Finite	
Container type	Horizontal tank (cylindrical)	Horizontal tank (cylindrical)	Horizontal tank (cylindrical)	
Discharge orientation	Horizontal	Horizontal	Horizontal	
Stored as a	Liquefied Gas (Pressurized)	Liquefied Gas (Pressurized)	Liquefied Gas (Pressurized)	
Number of Phases	Two-phase	Two-phase	Two-phase	
Buoyancy	Dense Gas	Dense Gas	Dense Gas	
Chem. ID	LPG Thai	LPG Thai	LPG Thai	
Chem. Name	LPG Thai	LPG Thai	LPG Thai	
CAS #	Mixture	Mixture	Mixture	
Evaporating pool	No	No	No	
Emission rate	13.27781	53.11123	8.680534	kilograms/s
Storage container quantity - mass	5208.32	5208.32	5208.32	kilograms
Total quantity released	5208.32	5208.32	5208.32	kilograms
Exit velocity	44.55	44.55	44.55	m/s
Wind speed at anemometer height	1.6	1.6	1.6	m/s
Wind speed at release height of 1 meters	0.83	0.83	0.26	m/s
Specified Release duration	10	10	10	minutes
Computed Release duration	6.54	1.63	10	minutes
Used Release duration	6.54	1.63	10	minutes
Storage temperature	28	28	28	° C
Ambient temperature	28	28	28	° C
Boiling temperature	-23.59	-23.59	-23.59	° C
Release temperature	-23.59	-23.59	-23.59	° C
Storage pressure	17	17	17	atm
Ambient pressure	1	1	1	atm
Exit pressure	9.808904	9.808904	9.808904	atm
Storage density	588.2595	588.2595	588.2595	kg/m <sup>3</sup>
Ambient air density	1.152584	1.152584	1.152584	kg/m <sup>3</sup>
Release density	14.93758	14.93758	14.93758	kg/m <sup>3</sup>
Storage container diameter	1.7	1.7	1.7	meters
Diameter of hole	1	2	2.05E-02	inches
Release diameter after expansion	6.275443	12.55089	0.1288808	inches
Vapor fraction	0.1590405	0.1590405	0.1590405	

จากตารางที่ 5.1 พบว่าที่รั่วขนาด 1 นิ้ว ในเวลาการรั่วไหล 10 นาที มีอัตราการรั่วไหล เท่ากับ 13.28 กิโลกรัม/วินาที (kg/s) ปริมาณสารเคมีที่รั่วไหล เท่ากับ 5,208.32 กิโลกรัม (kg) และระยะเวลาที่ใช้ในการรั่วไหล เท่ากับ 6.54 นาที

สำหรับที่รั้วขนาด 2 นิ้ว ในเวลาการรั้วไหล 10 นาที มีอัตราการรั้วไหล เท่ากับ 53.11 กิโลกรัม/วินาที (kg/s) ปริมาณสารเคมีที่รั้วไหล เท่ากับ 5,208.32 กิโลกรัม (kg) และระยะเวลาที่ใช้ในการรั้วไหล เท่ากับ 1.63 นาที และกรณีถังก๊าซถูกทำลายทันที ในช่วงเวลา 10 นาที มีอัตราการรั้วไหล เท่ากับ 8.68 กิโลกรัม/วินาที (kg/s) ปริมาณสารเคมีที่รั้วไหล เท่ากับ 5,208.32 กิโลกรัม (kg) และระยะเวลาที่ใช้ในการรั้วไหล เท่ากับ 10 นาที

## 2) การติดไฟ

### ตารางที่ 5.2

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลองฯ Fire  
ช่วงเวลาในการรั้วไหล 10 นาที ความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D

ระดับรังสีความร้อน (kW/m <sup>2</sup> )	อาณาเขตของผลกระทบ (m)		
	แบบจำลองฯ ย่อย Unconfined Pool Fire		
	ขนาดรั้ว 1 นิ้ว	ขนาดรั้ว 2 นิ้ว	ถังก๊าซถูกทำลายทันที
37.5	21.63	35.69	87.37
12.5	27.54	46.69	117.94
5.0	34.32	58.75	153.77
4.0	36.45	62.53	164.98

จากตารางที่ 5.2 พบว่า อาณาเขตของผลกระทบจากระดับรังสีความร้อนของการติดไฟ ในกรณีถังก๊าซถูกทำลายทันทีที่มีอาณาเขตของผลกระทบมากที่สุด โดยมีอาณาเขตของผลกระทบที่ระดับรังสีความร้อน 37.5 kW/m<sup>2</sup> อยู่ในระยะ 87.37 เมตร อาณาเขตของผลกระทบที่ระดับรังสีความร้อน 12.5 kW/m<sup>2</sup> อยู่ในระยะ 117.94 เมตร อาณาเขตของผลกระทบที่ระดับรังสีความร้อน 5.0 kW/m<sup>2</sup> อยู่ในระยะ 153.77 เมตร และอาณาเขตของผลกระทบที่ระดับรังสีความร้อน 4.0 kW/m<sup>2</sup> อยู่ในระยะ 164.98 เมตร

## 3) การรั่วระเหยและติดไฟ

## ตารางที่ 5.3

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลองฯ Fire  
ช่วงเวลาในการรั่วไหล 10 นาที ความคงตัวของบรรยากาศแบบ A และแบบ D

ระดับรังสีความร้อน (kW/m <sup>2</sup> )	อาณาเขตของผลกระทบ (m)		
	แบบจำลองฯ ย่อย BLEVE		
	ขนาดรั่ว 1 นิ้ว	ขนาดรั่ว 2 นิ้ว	ถังก๊าซ ถูกทำลายทันที
37.5	141.27	141.27	141.27
12.5	244.68	244.68	244.68
5.0	386.87	386.87	386.87
4.0	432.54	432.54	432.54
ขนาดของ Fireball (m)	100.54	100.54	100.54
ช่วงเวลาที่เกิด Fireball (วินาที)	7.8	7.8	7.8

จากตารางที่ 5.3 พบว่า อาณาเขตของผลกระทบจากรังสีความร้อนของการรั่วระเหยและติดไฟที่ขนาดรั่ว 1 นิ้ว 2 นิ้ว และถังก๊าซถูกทำลายทันที มีอาณาเขตของผลกระทบเท่ากัน โดยมีอาณาเขตของผลกระทบที่ระดับรังสีความร้อน 37.5 kW/m<sup>2</sup> อยู่ในระยะ 141.27 เมตร อาณาเขตของผลกระทบที่ระดับรังสีความร้อน 12.5 kW/m<sup>2</sup> อยู่ในระยะ 244.68 เมตร อาณาเขตของผลกระทบที่ระดับรังสีความร้อน 5.0 kW/m<sup>2</sup> อยู่ในระยะ 386.87 เมตร และอาณาเขตของผลกระทบที่ระดับรังสีความร้อน 4.0 kW/m<sup>2</sup> อยู่ในระยะ 432.54 เมตร มีขนาดของลูกไฟ (Fireball) เท่ากับ 100.54 เมตร และระยะเวลาที่เกิดลูกไฟ (Fireball) เท่ากับ 7.8 วินาที

## 4) การระเบิด

## ตารางที่ 5.4

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลองฯ Explosion  
ช่วงเวลาในการรั่วไหล 10 นาที ทุกสภาพความคงตัวของบรรยากาศ

แรงดันเนื่องจากการระเบิด (atm)	อาณาเขตแรงดันเนื่องจากการระเบิด (m)		
	แบบจำลองฯ ย่อย HSE TNT Equivalency		
	ขนาดรั่ว 1 นิ้ว	ขนาดรั่ว 2 นิ้ว	ถึงก๊าซถูกทำลายทันที
0.039	453.086	453.086	453.086
0.068	293.704	293.704	293.704
0.069	291.702	291.702	291.702
0.345	101.809	101.809	101.809

จากตารางที่ 5.4 พบว่า อาณาเขตแรงดันเนื่องจากการระเบิดของรั่วรัวขนาด 1 นิ้ว 2 นิ้ว และถึงก๊าซถูกทำลายทันที มีอาณาเขตของผลกระทบเท่ากัน โดยมีอาณาเขตแรงดันเนื่องจากการระเบิดที่ 0.345 atm อยู่ในระยะ 101.809 เมตร อาณาเขตแรงดันเนื่องจากการระเบิดที่ 0.069 atm อยู่ในระยะ 291.702 เมตร อาณาเขตแรงดันเนื่องจากการระเบิดที่ 0.068 atm อยู่ในระยะ 293.704 เมตร อาณาเขตแรงดันเนื่องจากการระเบิดที่ 0.039 atm อยู่ในระยะ 453.086 เมตร

3. การพิจารณาทางเลือกในการลดระดับความรุนแรงจากอุบัติเหตุการรั่วไหลของ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas; LPG) จากถังกักเก็บ ซึ่งในการศึกษานี้ได้พิจารณาทางเลือกในการลดความรุนแรงของเหตุการณ์ คือ การพิจารณากำแพงป้องกันการรั่วไหล (Dike) น่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เนื่องด้วยสภาพพื้นที่ของโรงงานที่มีพื้นที่จำกัด จึงไม่สามารถพิจารณาสถานที่กักเก็บสารใหม่ได้ และโรงงานกำลังดำเนินการขยายกำลังการผลิต ดังนั้นจึงไม่สามารถพิจารณาการลดปริมาณการกักเก็บสารได้ ผลการวิเคราะห์การรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยใช้แบบจำลองฯ ย่อย Confined Pool Fire ซึ่งกำหนดขนาดของกำแพงป้องกัน (Dike) ความยาว 12 เมตร (m) ความกว้าง 8 เมตร (m) ความสูง 2 เมตร (m) พบว่า ที่ขนาดรั่ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีอาณาเขตของผลกระทบเท่ากัน ผลการศึกษิตามเกณฑ์มาตรฐานระดับรังสีความร้อนของ World Bank ที่อาณาเขตของระดับรังสีความร้อน

สูง ( $37.5 \text{ kW/m}^2$ ) ด้านหน้า อยู่ในระยะ 16.72 เมตร ด้านข้าง อยู่ในระยะ 14.25 เมตร อาณาเขตของระดับรังสีความร้อนปานกลาง ( $12.5 \text{ kW/m}^2$ ) ด้านหน้า อยู่ในระยะ 29.72 เมตร ด้านข้าง อยู่ในระยะ 25.29 เมตร และอาณาเขตของระดับรังสีความร้อนขั้นเริ่มต้น ( $4.0 \text{ kW/m}^2$ ) ด้านหน้า อยู่ในระยะ 47.95 เมตร ด้านข้าง อยู่ในระยะ 41.95 เมตร สำหรับมาตรฐานระดับรังสีความร้อนของ US.EPA ที่อาณาเขตของระดับรังสีความร้อน  $5.0 \text{ kW/m}^2$  ด้านหน้า อยู่ในระยะ 43.71 เมตร ด้านข้าง อยู่ในระยะ 38.16 เมตร

### ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการศึกษา พบว่า การรั่วไหลในหลายกรณีอาจมีผลกระทบที่มีอาณาเขตทั้งภายในและภายนอกโรงงาน ดังนั้นมาตรการลดผลกระทบนี้สำคัญที่สุดที่ควรนำมาใช้คือ มาตรการป้องกันไม่ให้อุบัติเหตุการรั่วไหลดังกล่าวเกิดขึ้น เช่น มีระบบตรวจสอบสภาพของถังกักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas; LPG) ให้อยู่ในสภาพที่ดี อย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง ตรวจสอบระบบขนถ่าย วาล์ว และอุปกรณ์ประกอบตามกำหนด เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

2. ควรปฏิบัติตามแผนป้องกันการเกิดอัคคีภัยอย่างเคร่งครัด เช่น การซ้อมการหนีไฟตามระยะเวลาที่กำหนด มีการกำหนดอาณาเขตที่จะต้องเตรียมการอพยพ เช่น ภายในรัศมี 400 เมตร เป็นต้น

3. การพิจารณาทางเลือกในการลดระดับความรุนแรงจากอุบัติเหตุการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas; LPG) จากถังกักเก็บ ซึ่งเลือกพิจารณากำแพงป้องกันการรั่วไหล (Dike) โดยคำนึงถึงขนาดพื้นที่ที่ใช้กักเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas; LPG) เป็นหลัก ซึ่งการศึกษานี้เป็นการศึกษาในระดับเบื้องต้นเท่านั้น ดังนั้นหากจะดำเนินการก่อสร้างกำแพงป้องกันการรั่วไหล (Dike) ควรมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้การป้องกันใช้ได้ผล เช่น จะต้องใช้วัสดุที่ทนแรงระเบิดในกรณีการป้องกันการระเบิด เป็นต้น