บทที่ 5
บทวิจารณ์

5.1 การบ่งชี้อันตราย (Hazard Identification)

การบ่งชี้อันตราย ศึกษาในกรณีการเกิดอุบัติเหตุการขนส่งก๊าซแอมโมเนียบนทางหลวงแผ่นดินในจังหวัดสงขลา รวมถึงการขนส่งผ่านไปสู่จังหวัดใกล้เคียงด้วย โดยพิจารณาเพียงการเกิดอุบัติเหตุของถังชนิดติดตั้งบนตัวรถบรรทุกที่ใช้เส้นทางการขนส่งผ่านจุดอันตรายอันดับ 1 จำนวน 4 แห่ง ผลการศึกษาความเสี่ยงพบว่า จุดที่ 1 มีความเสี่ยงสูงที่สุด (ตาราง 4.7) และจากการสำรวจสภาพภูมิประเทศ พบว่า ถนนมีการปรับยกระดับสูง ทำให้เกิดพื้นที่ลาดต่ำจากถนนประมาณ 5 เมตร ซึ่งถนนที่มีระดับสูงกว่าอาจเป็นฉนวนกั้นการแพร่กระจายระดับพื้นดินของก๊าซแอมโมเนียได้ นอกจากนี้ใกล้ถนนยังมีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ การแพร่กระจายของก๊าซแอมโมเนียมีโอกาสที่จะละลายสู่แหล่งน้ำได้ ซึ่งสภาพภูมิประเทศดังกล่าวอาจทำให้พื้นที่ผลกระทบเปลี่ยนแปลงได้ (ภาพ 4.4 และ ภาพ 4.5) เนื่องโปรแกรม ALOHA ถูกออกแบบสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบในแนวราบและขณะจำลองการแพร่กระจายสารเคมีไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ ดังนั้นจุดที่ 1 จึงไม่เหมาะสมในการเป็นตัวแทนพื้นที่ศึกษาด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงพิจารณาจุดอันตรายอันดับ 1 ที่มีความเสี่ยงรองลงมา คือ จุดที่ 3 จากการศึกษาไม่พบปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดในการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม ALOHA

5.2 ผลกระทบ (Vulnerability)

ผลกระทบ ศึกษากรณีอุบัติเหตุการขนส่งก๊าซแอมโมเนียชนิดติดตั้งถังบนรถบรรทุก ที่นำส่งโรงงานอุตสาหกรรมในเวลากลางวัน เนื่องจากโรงงานมีการจัดเก็บก๊าซแอมโมเนียชนิดหลอดไว้สำรองด้วย บางโรงงานมีถังบรรจุก๊าซแอมโมเนีย จำนวน 2 ถัง ในขนาดความจุที่แตกต่างกัน เช่น ขนาดความจุ 10 ตัน หรือ ขนาดความจุ 21 ตัน และตัวแทนจำหน่ายได้ยืนยันว่าไม่มีการขนส่งในเวลากลางคืน ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้ข้อมูลในช่วงเวลากลางวัน โดยใช้ข้อมูลของทิศทางลมที่มีความถี่มากที่สุด มาวิเคราะห์หารัศมีจุดสิ้นสุดของความเป็นพิษระดับต่าง ๆ ตามค่า LOC ที่กำหนด ซึ่งในกรณีร้ายแรงที่สุด (worst case) จำลองให้มีการรั่วไหลในปริมาณมาก จึงไม่พบความแตกต่าง ของรัศมีผลกระทบทั้งสองฤดู (ตาราง 4.8 และตาราง 4.9) หากมีการรั่วไหลที่น้อยลง เช่น กรณีที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้มากที่สุด (most probable case) พบว่ารัศมีผลกระทบในฤดูฝนจะมีค่ามากกว่าในฤดูร้อน (ตาราง 4.10 และตาราง 4.11) รัศมีผลกระทบอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจาก ผู้ศึกษาไม่พิจารณาถึงสภาพอากาศที่ผิดปกติ เช่น การเกิดลมมรสุม พายุ ลมฝน เป็นต้น

ขนาดของพื้นที่ผลกระทบ ความเร็วลมและระดับเสถียรภาพของบรรยากาศ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผลกระทบ เมื่อเกิดการรั่วไหลกลุ่มควันก๊าซจะมีการเคลื่อนตัวไปในทิศใต้ลม หากกระแสเร็วลมเบาบางและบรรยากาศค่อนข้างเสถียร จะทำให้ก๊าซลอยตัวได้ยาก พื้นที่ผลกระทบจะมีลักษณะรูปวงรีขนาดใหญ่ ตรงข้ามเมื่อกระแสลมมีความเร็วเพิ่มขึ้นและบรรยากาศมีสภาพคงตัวน้อย ก๊าซจะลอยตัวได้ค่อนข้างดี ผลกระทบก็มีระยะทางลดลงและขนาดพื้นที่เล็กลง ดังเช่น ผลการจำลองสถานการณ์ซึ่งใช้ค่าความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ภาพ 4.6) ลักษณะของพื้นที่ผลกระทบเป็นวงรีที่เรียวแหลมมากขึ้น (ภาพ 4.10) ระดับความเสถียรภาพของบรรยากาศ มีผลต่อรัศมีผลกระทบเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระดับ (ERPG1-3) โดยมีรัศมีผลกระทบสูงสุดเมื่อมีระดับเสถียรภาพของอากาศ D รองลงคือ ระดับเสถียรภาพของอากาศ C ทั้งนี้เปรียบเทียบที่ความเร็วลมเท่ากันและปัจจัยอื่น ๆ คงที่ เมื่อพิจารณาที่ระดับเสถียรภาพของบรรยากาศเดียวกัน จะเห็นว่า รัศมีผลกระทบจะลดลงเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น (ภาพภาคผนวก จ.1 (ข)) ความชื้นมีผลต่อรัศมีผลกระทบเล็กน้อย หากบรรยากาศที่มีความชื้น ประมาณร้อยละ 50 จะทำให้มีรัศมีผลกระทบของระดับ ERPG 2 มากที่สุด (ภาพภาคผนวก จ.1 (ง)) สำหรับอุณหภูมิมีผลรัศมีผลกระทบมากขึ้นเมื่อบรรยากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น (ภาพภาคผนวก จ.1 (ก)) ซึ่งในสภาพความเป็นจริงตามธรรมชาติ ทิศทางลมไม่มีทิศทางที่แน่นอน พื้นที่ผลกระทบจึงมีในทุกทิศทางที่ลมพัดผ่านและมีขนาดผลกระทบไม่เท่ากัน ทำให้การประมาณการขนาดพื้นที่ผลกระทบให้ตรงความเป็นจริงเป็นไปได้ยาก

ผลกระทบที่ตามมา (consequences) จากผลการศึกษา พบว่ามีกลุ่มประชากรที่อ่อนไหวอาจได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตจำนวนมาก และมีคลองอู่ตะเภาซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับอุปโภคบริโภคของหมู่บ้านและชุมชน รวมถึงการนำมาผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค อาจได้รับผลกระทบด้วย (ภาพ 4.12 และ ภาพ 4.13) ก๊าซแอมโมเนียมีคุณสมบัติที่ละลายน้ำได้ดี และขณะเกิดการรั่วไหลจะมีการดูดความชื้นเข้ากลุ่มก๊าซ ทำให้ก๊าซมี 2 สถานะคือ กลุ่มละอองก๊าซและกลุ่มควันก๊าซ ซึ่งจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อมีกระแสลมพัดจะเคลื่อนตัวระดับพื้นดินในทิศใต้ลม เมื่อเกิดกระแสลมสงบ (calm) ซึ่งมีความถี่เกิดขึ้นในฤดูร้อนมากกว่าฤดูฝน คือ ร้อยละ 37.95 และ ร้อยละ 33.96 ตามลำดับ (ตาราง ภาคผนวก ง.2 และ ตารางภาคผนวก ง.3) กลุ่มก๊าซจะเคลื่อนตัวลงตามแรงโน้มถ่วงของโลกสู่พื้นที่ต่ำกว่า ดังนั้นด้านทิศตะวันตกของจุดเกิดอุบัติเหตุและพื้นที่ราบลุ่มต่ำอื่น ๆ บริเวณใกล้จุดเกิดอุบัติเหตุ อาจได้รับผลกระทบที่รุนแรงขึ้นเนื่องจากสาเหตุดังกล่าว ปัจจัยความลาดเอียงของสภาพภูมิประเทศเกี่ยวข้องกับจำลองสถานการณ์ในลักษณะ 3 มิติ ซึ่งโปรแกรม ALOHA สามารถจำลองสถานการณ์ ได้ในลักษณะ 2 มิติเท่านั้น อนึ่งผลกระทบจะลดลงชัดเจน เมื่ออยู่ภายในอาคารที่ปิดมิดชิด (ภาพ 4.7, ภาพ 4.9 และ ภาพ 4.11) ดังนั้นการตัดสินใจที่หลบภัยในอาคาร

(shelter-in-place) เพื่อหลีกเหลี่ยงหรือลดการได้สัมผัสก๊าซพิษ ควรเลือกห้องที่ปิดมิดชิด ปิดช่องทางอากาศเข้า เช่น หน้าต่าง ประตู เครื่องปรับอากาศ เครื่องดูดอากาศ เป็นต้น และจัดให้มีการปิดทับด้วยกระดาษและเทปกาวอีกชั้นบริเวณประตูหรือหน้าต่าง ๆ (Baert, Breurec and Curtes, n.d) การอยู่ในอาคารเป็นการหลีกเลี่ยงการสัมผัสก๊าซพิษที่มีผลที่สุด เมื่อมีการรั่วไหลในระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น (Sorensen, *et al.*, 1996) การตัดสินใจปฏิบัติการว่าจะใช้มาตรการ หลบภัยในอาคาร หรือ อพยพ (evacuation) ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ กรณีเกิดอุบัติเหตุรั่วไหลอย่างต่อเนื่องมากกว่า 30 นาที มาตรการอพยพควรเลือกใช้เป็นมาตรการสุดท้าย หากตัดสินใจใช้มาตรการอพยพ ระยะทางอพยพจะต้องประเมินในเหตุการณ์ที่เกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลจริง (Ramabrahman and Mallikarjunan, 1995, Ramabrahman and Swaminathan, 2000)

5.3 ความเสี่ยง (Risk)

ข้อมูลสถิติในประเทศไทย ยังไม่มีการจัดเก็บสถิติของการอุบัติเหตุรั่วไหลจากการขนส่งวัตถุอันตราย (Oumbantalard, 2002) ส่วนในพื้นที่จังหวัดสงขลา มีการจัดเก็บสถิติจำนวนรถบรรทุกเท่านั้น โดยไม่จำแนกในลักษณะบ่งชี้ว่าเป็นรถบรรทุกวัตถุอันตรายหรือก๊าซแอมโมเนีย ดังนั้นผู้ศึกษาจึงใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก FEMA, U.S.DOT and U.S.EPA (1990) ซึ่งค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวอาจจะคลาดเคลื่อนจากค่าความน่าจะเป็นของจังหวัดสงขลา เนื่องจากมีความแตกต่างทางกายภาพหลายด้าน เช่น สภาพภูมิประเทศ ลักษณะของถนน เป็นต้น

ความน่าจะเป็นของการเกิดอุบัติเหตุรั่วไหล ในกรณีร้ายแรงที่สุด (worst case) พิจารณาจากขนาดบรรทุกสูงสุด ซึ่งจำลองให้รั่วไหลสู่บรรยากาศตามคำแนะนำของ U.S.EPA and CEPP(1999) โดยไม่พิจารณาความเป็นไปได้ สำหรับกรณีที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้มากที่สุด (most probable case) พิจารณาเพียงขนาดบรรทุกที่มีความถี่การขนส่งมากที่สุดและเกิดความบกพร่อง ของวาล์วรักษาแรงดัน (relief valve) ทำให้ก๊าซรั่วไหลสู่บรรยากาศ ทั้งนี้ผู้ศึกษาไม่ได้พิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย เนื่องจากโปรแกรม ALOHA ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยด้านอุปกรณ์ความปลอดภัย

กรณีศึกษาเป็นการศึกษาความเสี่ยงเชิงคุณภาพ ระดับความเสี่ยงจากผลการศึกษาเป็นการประมาณการความเสี่ยงเบื้องต้น ซึ่งมักมีช่วงห่างมากกับความเสี่ยงที่แท้จริงและเป็นการยากที่หาความเสี่ยงที่แท้จริง (absolute risk) ได้ (Rowe, 1983) การวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยใช้ รัศมีผลกระทบสูงสุดได้และผลที่ตามมา ทั้งกรณีร้ายแรงที่สุด (worst case) และกรณีที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้มากที่สุด (most probable case) เป็นเพียงตัวแทนของเหตุการณ์หนึ่ง เพื่ออธิบายให้ผู้รับผิดชอบสามารถมองเห็นภาพกว้าง ๆ และสามารถนำมาประกอบการวางแผนฉุกเฉินล่วงหน้าได้ ในกรณี

เกิดเหตุการณ์จริงต้องจำลองสถานการณ์ด้วยข้อมูลในขณะเกิดอุบัติเหตุรั่วไหลให้มากที่สุด (US EPA, FEMA and US DOT, 1987)

สำหรับระดับความเสี่ยงของกรณีที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้มากที่สุด (most probable case) ที่จัดอยู่ในระดับหายนะนั้น มีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุรั่วไหลน้อย คือ มีค่าประมาณ $3.536*10^{-5}$ ครั้งต่อปี เนื่องจากการขนส่งก๊าซแอมโมเนียผ่านพื้นที่ในกรณีศึกษามีความถี่ต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ย 18 เที่ยวต่อเดือน (ตาราง 4.7) และจากสถิติการเกิดอุบัติเหตุการขนส่งวัตถุอันตรายระหว่างปี พ.ศ. 2533 ถึง 2544 ยังไม่พบอุบัติเหตุการขนส่งก๊าซแอมโมเนีย (ตาราง 1.1) ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงนั้น ใช้รัศมีผลกระทบสูงสุดจากการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ALOHA ซึ่งมิไม่ได้คำนึงถึงอุปกรณ์ความปลอดภัยที่ติดตั้งบนรถบรรทุกด้วย ซึ่งอาจมีผลทำให้รัศมีผลกระทบที่วิเคราะห์ได้มีค่ามากกว่าความเป็นจริง ดังจะเห็นได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจากฐานข้อมูลอุบัติเหตุการขนส่งวัตถุอันตรายที่เกิดขึ้นจริงในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า กรณีก๊าซแอมโมเนียรั่วไหลในปริมาณมาก (มากกว่า 200 กิโลกรัม) ระหว่างการขนส่งในเวลากลางวัน รัศมีผลกระทบมีค่าอยู่ที่ประมาณ 600 เมตร (US DOT and TC, 2004) และกรณีศึกษาเปรียบเทียบทางห้องทดลองพร้อมการจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลอง พบว่า รัศมีผลกระทบกรณีก๊าซแอมโมเนียรั่วไหล มีค่าอยู่ที่ประมาณ 805 เมตร (US EPA and CEPP, 1999) ดังนั้นการประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA จึงควรตระหนักถึงข้อจำกัดนี้ของโปรแกรมและปรับค่ารัศมีผลกระทบให้เหมาะสมกับผลลัพธ์ของเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงด้วย

5.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรม

กรณีศึกษานี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ชุดโปรแกรม CAMEO ซึ่งจัดทำเผยแพร่ฟรี และมีการปรับปรุงทุก 5 ปี โดย U.S. EPA ประกอบด้วย 3 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรม CAMEO สำหรับการจำลองสถานการณ์ ฐานข้อมูลสารเคมีและความปลอดภัย โปรแกรม ALOHA สำหรับจำลองสถานการณ์และฐานข้อมูลสารเคมี โปรแกรม MARPLOT สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์

โปรแกรม CAMEO จำลองสถานการณ์โดยใช้แบบจำลองเกาส์เสียน (Guassian model) สารเคมีที่ศึกษาต้องเป็นสารเคมีบริสุทธิ์ มีคุณสมบัติน้ำหนักเบากว่าอากาศ (buoyancy gas) และความถูกต้องน้อยกว่าโปรแกรม ALOHA

โปรแกรม MARPLOT เป็นข้อมูลแผนที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เฉพาะ สามารถเชื่อมโยงผลการจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม ALOHA และ CAMEO ในรูปรัศมีผลกระทบลงในแผนที่ได้ การเตรียมแผนที่สามารถดึงเข้าจากโปรแกรม Arcinfo และสามารถแปลงข้อ

มูลของโปรแกรม Arcveiw ได้ด้วยการใช้โปรแกรมย่อย shp2mie.avx เมื่อนำเข้าโปรแกรม MARPLOT พบความไม่เหมาะสมในการนำมาใช้หลายด้านคือ การแสดงผล ไม่สามารถแสดงแผนที่ภาษาไทยได้ การขาดความยืดหยุ่น เช่น ป้ายกำกับ (label) และ สัญลักษณ์ (symbol) เนื่องจากมีการออกแบบให้ใช้ไฟล์ข้อมูลเดียวกัน คือ MARPLOTP.FOT การแสดงผลผิดพลาด คือ หากชั้นข้อมูล (layer) ใดมีข้อมูลว่าง เมื่อกำหนดให้แสดงเป็นป้ายกำกับในชั้นข้อมูลนั้น จะแสดงคำว่า “untitle” แทน การนำมาประยุกต์ใช้วางแผนเหตุฉุกเฉินล่วงหน้า ควรใช้โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์อื่น ๆ เช่น โปรแกรม Arcview, Arcinfo, ArcGIS เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมมีความยืดหยุ่นและความพร้อมของข้อมูลมากกว่า สามารถนำมาศึกษาทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณได้

โปรแกรม ALOHA ได้รับการออกแบบเพื่อจำลองสถานการณ์การแพร่กระจายของก๊าซสู่บรรยากาศ โดยมีสมมติฐานทิศทางและความเร็วลมคงที่ สารเคมีบริสุทธิ์ไม่เกิดปฏิกิริยากับสารอื่น ไม่พิจารณาถึงสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร ตึก สภาพพื้นที่สูงต่ำ ซึ่งมีผลทำให้ทิศทางลมเปลี่ยนและความเข้มข้นของก๊าซอาจไม่สม่ำเสมอได้ การวิเคราะห์หารัศมีผลกระทบรับรองความน่าเชื่อถือที่ระยะทางอย่างน้อย 100 เมตร (ดังตาราง 4.11 และ 4.12 ลำดับที่ 1) การจำลองการแพร่กระจายของก๊าซมีข้อจำกัดในระยะทางสูงสุด 10 กิโลเมตร ซึ่งที่ระยะห่างออกไปความเร็วและทิศทางลมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ (US EPA and NOAA,1999a) ดังนั้นในการจำลองสถานการณ์จึงควรคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขของโปรแกรมด้วย ฐานข้อมูลสารเคมีในโปรแกรม ได้กำหนดให้ใช้ค่า LOC ของ AEGL ฉบับร่าง ดังนั้นควรติดตามข้อมูลนี้ต่อไป ซึ่งเป็นค่าตัวเลือกที่ดีที่สุด (NOAA, 2004)