บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎี

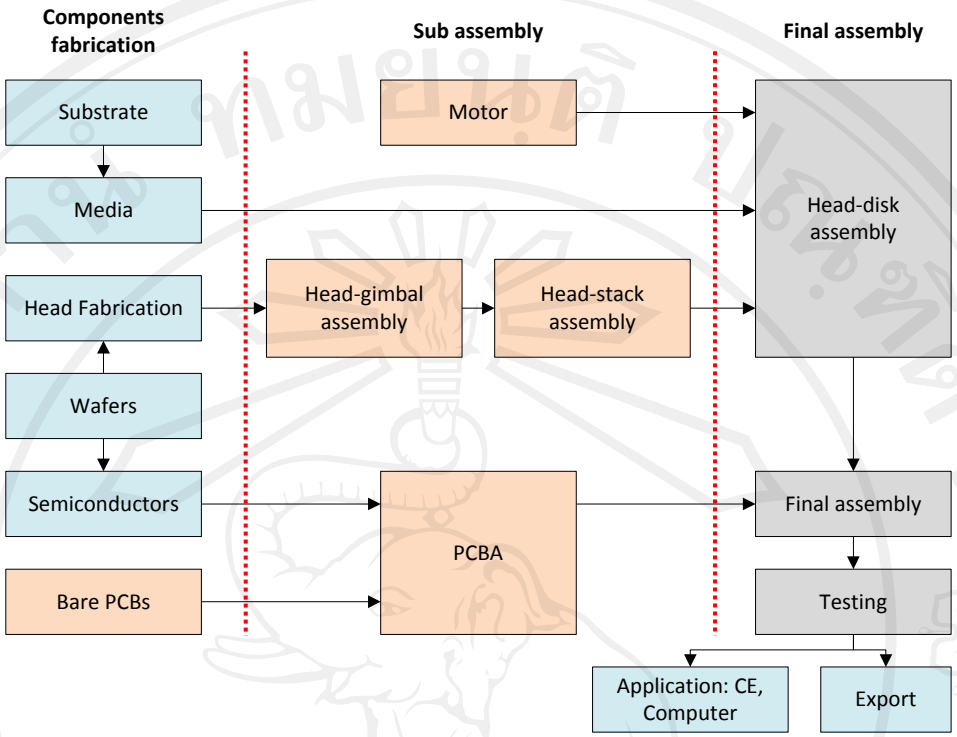
2.1 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard disk drive: HDD)

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ หรือจานบันทึกแบบแข็ง เป็นสื่อบันทึกข้อมูลประเภทหนึ่ง (Storage device) ใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำขนาดใหญ่สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลแบบถาวร ได้แก่ ระบบปฏิบัติการ ระบบการใช้งานของซอฟแวร์ โปรแกรมประยุกต์ และข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยข้อมูลเหล่านี้จะไม่สูญหายไปเมื่อปิดเครื่อง ในปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสามารถพบได้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ไม่เฉพาะภายในคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ อีกด้วย เช่น เครื่องบันทึกภาพดิจิตอล กล้องถ่ายรูป และโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

2.1.1 อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกสูงมากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งอุตสาหกรรมดังกล่าวได้เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามภาวะตลาดอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลก และกำลังซื้อจากตลาดส่งออกหลัก นอกจากผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแล้วในกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ยังมีห่วงโซ่อุปทานที่มีขนาดใหญ่ ทั้งในส่วนของอุตสาหกรรมการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สนับสนุนในการผลิต ในการวิเคราะห์ห่วงโซ่มูลค่าระดับโลกของอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ดังรูป 2.1 โดยเริ่มจากการศึกษาถึงขั้นตอนในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อน กิจกรรมหลักที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมดังกล่าวไม่แตกต่างจากอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าประเภทอื่นที่เริ่มต้นจากการคิดค้นวิจัย การออกแบบสินค้า การหาวัตถุดิบ การผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ การประกอบสินค้า การขาย การตลาด และการบริการหลังการขาย การคิดค้นวิจัยและการออกแบบสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นจะเกิดขึ้นในบริษัทที่เป็นผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรายใหญ่ โดยเป็นงานวิจัยและการออกแบบที่ทำขึ้นเอง งานวิจัยและการออกแบบที่ทำร่วมกับ Supplier ที่สำคัญ หรือเป็นงานวิจัยที่ซื้อมาจากบริษัทอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.1 ห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
ที่มา: สถาบันฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (2555)

โดยทั่วไปขั้นตอนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) Component fabrication 2) Subassembly และ 3) Final assembly สำหรับ Component fabrication ซึ่งเป็นขั้นตอนในการผลิตส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากนั้นเป็นการประกอบย่อยเพื่อที่จะสร้างชิ้นส่วนที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในขั้นของ Subassembly และขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการประกอบขั้นสุดท้ายของ Final assembly ก่อนที่จะเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อที่จะนำไปจำหน่ายต่อไป การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการ คือ Head disk assembly (HDA) และ Printed circuit board assembly (PCBA) ซึ่งส่วนแรกจะเป็นส่วนการประกอบชุดหัวอ่านและเขียน จานเก็บข้อมูล และส่วนประกอบที่เป็นทางด้านกลไกการทำงาน ในขณะที่ส่วนที่สองจะเป็นการประกอบชิ้นส่วนทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

<u>ในการประกอบ HDA มีขั้นตอนดังต่อไปนี้</u>

- **Component fabrication:** โดยเริ่มจากผลิตชิ้นส่วนพื้นฐานต่าง ๆ เป็นการผลิตแผ่น Wafer เพื่อที่จะทำหัวอ่าน (slider) ในกระบวนการของ Head fabrication การผลิต Media ซึ่งใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่นี้คือแผ่นดิสก์ ซึ่งผลิตจากแก้วที่ต้องทำเป็นพิเศษเคลือบด้วยสารแม่เหล็ก รวมไปถึงชิ้นส่วนในการประกอบมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนแผ่นดิสก์ (Spindle motor) ได้แก่ Hub motor stator shaft และ Bearing นอกจากนี้ยังการผลิต Base plate และชิ้นส่วนอื่น ๆ ในการผลิต Suspension

- **Subassembly:** ในส่วนของหัวอ่านนั้นจะมีการเชื่อม Slider และ Suspension เข้าด้วยกันในกระบวนการของ Head gimbal assembly (HGA) และนำ HGA หลาย ๆ อันมาวางซ้อนกันและทำการเชื่อมต่อกับ Actuator หรือมอเตอร์สำหรับการหมุนหัวอ่าน Coil assembly และ Flexible printed circuit (FPC) เพื่อทำการประกอบเป็นระบบของหัวอ่านที่ซ้อนกันเป็นชั้นๆ ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ในกระบวนการของ Head stack assembly (HSA) ในส่วนของการประกอบ Actuator coil assembly และ FPC นั้นในบางทีอาจเรียกว่า Voice coil motor assembly (VCMA) นอกจากนี้ยังมีการประกอบชิ้นส่วนต่างๆของ Spindle motor อีกด้วย
- **Final assembly:** หลังจากที่ได้ HAS, Spindle motor, Base และ Cover และแผ่นดิสก์จะมีการประกอบชิ้นส่วนเหล่านี้เข้าด้วยกันเป็น HDA เพื่อรอการประกอบกับส่วนของ PBCA

<u>PCBA สามารถแบ่งขั้นตอนในการผลิต</u> ได้ดังต่อไปนี้

- **Component fabrication:** โดยเริ่มจากการผลิตแผ่น Wafer เพื่อที่จะทำ Semiconductor หรือ Integrated circuit (IC) และมีการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)
- **Subassembly:** เป็นการนำ Semiconductor และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ไปประกอบเข้ากับแผ่น PCB ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า PCBA

เมื่อได้ทั้ง HDA และ PCBA แล้วจึงนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในขั้นตอนสุดท้ายของ Final assembly เช่นกัน ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้นยังมีกลุ่มวัสดุอื่น ๆ และกลุ่มวัสดุทางอ้อม (Indirect materials) ที่ใช้อยู่ในทุกขั้นตอนของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตั้งแต่ Component fabrication ไปจนกระทั่งถึงขั้นตอน Final assembly กลุ่ม Other materials จะเป็นชิ้นส่วนที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบหลัก เช่น สกรู ชิ้นส่วนโลหะอื่นๆ หรือชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ไม่สามารถบอกได้ว่าถูกใช้เป็นส่วนประกอบในกระบวนการผลิตใดอย่างแน่ชัด ในขณะที่กลุ่ม Indirect materials เป็นเพียงสิ่งที่ใช้ร่วมในการผลิต แต่ไม่ได้เป็นชิ้นส่วนในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยตรง เช่น วัสดุที่เกี่ยวข้องกับห้อง Clean room ต่างๆ ได้แก่ ตัวกรอง ถุงมือ ชุดทำงาน หน้ากาก รองเท้า วัสดุที่เกี่ยวข้องกับการลดประจุไฟฟ้า เช่น แผ่นรองพื้น วัสดุที่ใช้การบรรจุ และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงระบบ Automation และการสร้าง Jig fixture ที่จะช่วยสนับสนุนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2.1.2 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นมีกระบวนการที่สำคัญ 2 ส่วน โดยในส่วนของ HDA สามารถแบ่งส่วนประกอบย่อยออกได้เป็น 10 ส่วนประกอบหลัก และในส่วนของ PCBA มีเพียงส่วนประกอบเดียวเท่านั้น มีรายละเอียดของแต่ละส่วนประกอบ ดังนี้

ก. **Breather filter** คือ แผ่นกรองอากาศที่ผ่านเข้า-ออกระหว่างภายนอกและภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อกรองฝุ่นและอนุภาคต่าง ๆ ในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้มีปริมาณลดลง

ข. **Recirculation filter** คือ แผ่นกรองอากาศที่ไหลเวียนอยู่ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อกรองฝุ่นและอนุภาคต่าง ๆ ในที่จะเข้าสู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ค. **Head stack arm** คือ แขนยึดชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ มีด้านหนึ่งยึดติดกับ Suspension และอีกด้านหนึ่งติดกับชุดมอเตอร์ของชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (VCM Coil) สำหรับชิ้นส่วนนี้โดยปกติจะถูกประกอบมาพร้อม ๆ กับ VCM Coil

ง. **Head stack flex circuit** คือ ชุดประกอบวงจรพิมพ์ชนิดอ่อนของหัวอ่าน ที่ใช้ร่วมกับงาน PCB ทั่ว ๆ ไปที่ไม่สามารถติดตั้งได้ อาจเพราะถูกกำจัดด้วยพื้นที่ในการติดตั้งหรือการใช้งานที่จำเป็นต้องมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา เพื่อทำการเชื่อมต่อระหว่างชุดหัวอ่านภายในตัวฮาร์ดดิสก์กับแผงวงจรพิมพ์สำเร็จรูป

จ. **Motor base หรือ Spindle motor** คือ ชุดมอเตอร์หลักที่ทำหน้าที่ในการหมุนแผ่นบันทึกข้อมูล (Media) ให้เคลื่อนที่ไปรอบ ๆ ที่ความเร็วหนึ่ง การที่ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการส่งผ่านข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงขึ้นตาม

ฉ. **Glass disk substrate หรือ Media** คือ แผ่นบันทึกข้อมูลผลิต ซึ่งทำมาจากแผ่นแก้วที่ต้องทำเป็นพิเศษเคลือบด้วยสารแม่เหล็ก แล้วทำการสร้างแท่งแม่เหล็กบนผิวหน้าของตัวแผ่นโดยวางเรียงเป็นวงกลม เพื่อทำหน้าที่ในการเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ

ช. **จุดพักหัวอ่าน (Ramp)** เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สำหรับพักหัวอ่าน-เขียน (Slider) ในขณะที่ไม่มีการทำงาน

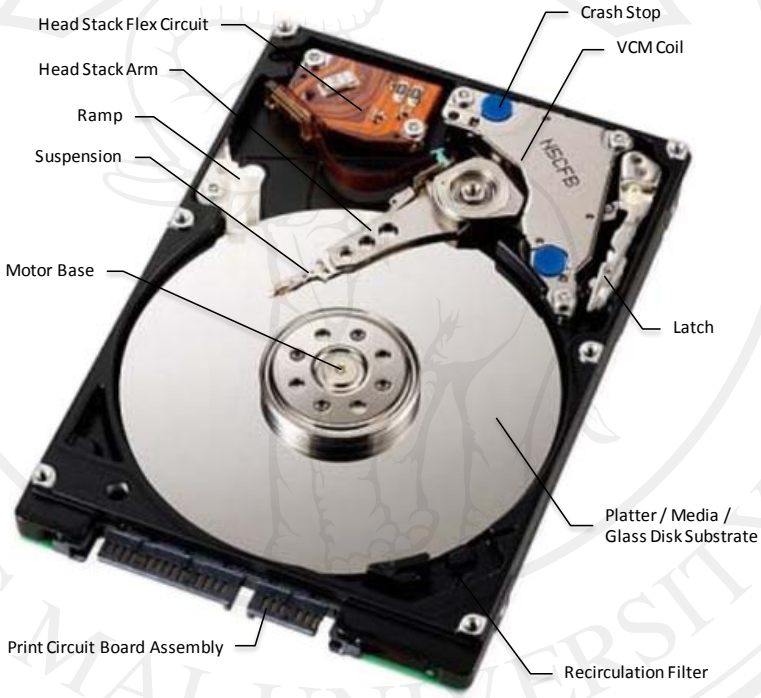
ซ. **ตัวล็อคแขนหัวอ่าน (Latches)** เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ช่วยยึดชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Head stack assembly) ให้อยู่กับที่เมื่อถูกเลิกใช้งาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฌ. ตัวป้องกันการชน (Crash stops) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมระยะทางการเคลื่อนที่ของชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Head stack assembly) เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นส่วนนี้เคลื่อนที่เข้าใกล้กับขอบของแผ่นบันทึกข้อมูล

ญ. ฝาปิดด้านบน (Top cover) เป็นชิ้นส่วนสำหรับปิดฝาด้านบนของฮาร์ดดิสก์ เพื่อป้องกันอนุภาคฝุ่นละอองทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เข้ามาสู่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฎ. Print circuit board assembly คือ แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ



รูป 2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ที่มา: วรุณ รักสกุลกานต์ (2554)

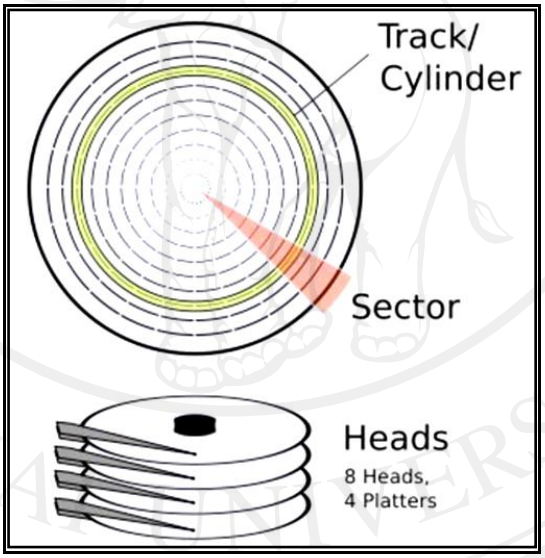
2.1.3 หลักการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ภายในผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะมีแผ่นจานโลหะที่เรียกว่า “Media” ผลิตมาจากแก้วหรือแผ่นอลูมิเนียมเคลือบด้วยสารแม่เหล็ก ในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องมี Media อย่างน้อยหนึ่งแผ่น โดยถูกยึดติดอยู่บนแกนมอเตอร์ ซึ่งจะหมุนด้วยความเร็วสูง เมื่อฮาร์ดดิสก์ได้อ่าน-เขียนข้อมูล แขนหัวอ่านที่มีหัวอ่าน-เขียนอยู่ตรงปลายจะเคลื่อนที่เพื่อนำหัวอ่าน-เขียนไปยังบริเวณที่ต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล สำหรับการเคลื่อนที่ของแขนหัวอ่านเกิดจากการที่มอเตอร์อีกตัวหนึ่งซึ่งเรียกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

“Stepping motor” ซึ่งทำหน้าที่หมุนเป็นจังหวะ เพื่อนำหัวอ่านไปยังแทร็ก (Track) และเซกเตอร์ (Sector) ที่มีข้อมูลที่ต้องการอ่านหรือเขียน ซึ่งต่อมาได้เปลี่ยนจาก Stepping motor ไปเป็นแบบ VCM coil ซึ่งทำให้แขนของหัวอ่าน-เขียนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ โดยอาศัยแรงผลักของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งส่งผลให้สามารถที่จะอ่าน-เขียนข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

สำหรับหลักการบันทึกข้อมูลลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งไม่แตกต่างจากการบันทึกลงบนเทปคาสเซ็ท เพราะทั้งคู่ต้องอาศัยสารบันทึก คือสารแม่เหล็กเหมือนกัน สารแม่เหล็กเหล่านี้สามารถลบหรือเขียนได้ใหม่อยู่ตลอดเวลา โดยเมื่อบันทึกหรือเขียนไปแล้ว มันสามารถจำรูปแบบเดิมได้เป็นเวลาหลายปี สำหรับการเก็บบันทึกข้อมูลลงในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ข้อมูลที่ถูกเก็บจะอยู่บน Sector และ Track ดังรูป2.3 ซึ่งแสดงรูปแบบของ Track ที่มีลักษณะเป็นรูปวงกลม (แถบสีเหลือง) ส่วน Sector เป็นเสี้ยวหนึ่งของวงกลมอยู่ภายใน Track (แถบสีแดง)



รูป 2.3 ลักษณะของ Track และ Sector บนแผ่นบันทึกข้อมูล

ที่มา: วิกิพีเดีย (2555)

2.2 การจัดการห่วงโซ่อุปทาน

2.2.1 ห่วงโซ่อุปทาน

ห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) หมายถึง การเชื่อมต่อของหน่วยหรือจุดต่าง ๆ ในการผลิตสินค้าหรือบริการ ที่เริ่มต้นจากวัตถุดิบไปยังจุดสุดท้ายคือลูกค้า โดยห่วงโซ่อุปทานประกอบด้วยจุดสำคัญ ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ผู้ส่งมอบ (Suppliers) หมายถึง ผู้ที่ส่งวัตถุดิบให้กับโรงงานหรือหน่วยบริการ เช่น ผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยผู้ผลิตชิ้นส่วนเหล่านี้จะนำชิ้นส่วนที่ทำการผลิตได้ไปส่งโรงงานผู้ผลิตฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ เพื่อนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่อไป
- โรงงานผู้ผลิต (Manufacturers) หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่ในการแปรสภาพวัตถุดิบที่ได้รับจากผู้ส่งมอบ ให้มีคุณค่าและมูลค่าสูงขึ้น
- ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution centers) หมายถึง จุดที่ทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าไปให้ถึงมือผู้บริโภคหรือลูกค้า ซึ่งอาจมีสินค้ามาจากหลายโรงงานการผลิต เช่น ศูนย์กระจายสินค้าของร้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีสินค้ามาจากโรงงานที่ต่างๆ กัน เช่น โรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ผลิตจอคอมพิวเตอร์ โครงของเครื่องคอมพิวเตอร์ เม๊าส์ คีย์บอร์ด เป็นต้น
- ร้านค้าย่อยและลูกค้าหรือผู้บริโภค (Retailers or Customers) คือ จุดปลายสุดของโซ่อุปทาน ซึ่งเป็นจุดที่สินค้าหรือบริการต่าง ๆ จะต้องถูกใช้จนหมดมูลค่า โดยที่ไม่มีการเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าหรือบริการนั้น ๆ

2.2.2 การจัดการโซ่อุปทาน

การจัดการโซ่อุปทาน หมายถึง การบรูณาการ และการจัดการเชื่อมต่อของหน่วยหรือจุดต่างๆ ในการผลิตสินค้าของโซ่ระหว่างองค์กร และกิจกรรมต่าง ๆ โดยการร่วมมือของแต่ละองค์กรซึ่งมีกระบวนการทางธุรกิจที่ใช้ร่วมกันอยู่ และมีการแบ่งปันข้อมูลข่าวสารระหว่างกันในระดับที่มาก เพื่อสร้างระบบปฏิบัติการที่มีคุณค่า ทำให้ทุกองค์กรที่เกี่ยวข้องมีความได้เปรียบในการแข่งขันแบบยั่งยืน (อภิชาต โสภาแดง, 2550)

รูป 2.4 การจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ระหว่างองค์กร

ที่มา : The Council of Logistics Management, USA (1992-3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

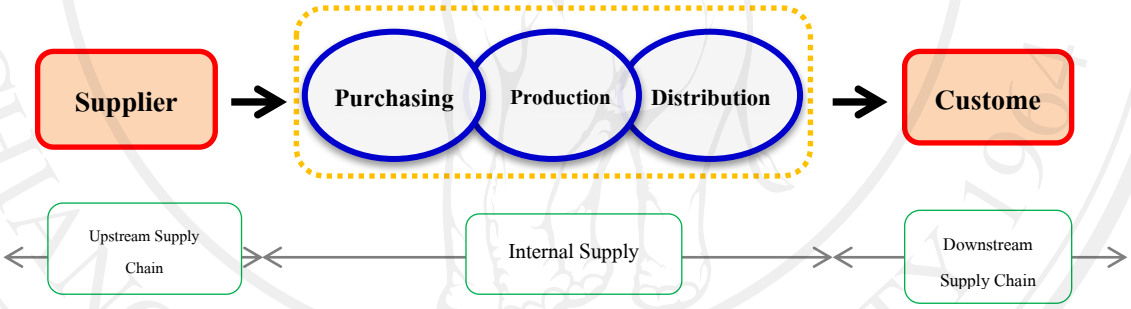
2.2.3 การจำแนกของห่วงโซ่อุปทาน

สำหรับองค์ประกอบของห่วงโซ่อุปทาน สามารถจำแนก ได้ดังนี้

Internal Supply Chain เป็นองค์ประกอบส่วนกลางของห่วงโซ่อุปทาน เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการรับวัตถุดิบจากผู้ค้า (Supplier) ขั้นตอนการผลิต ไปจนถึงการบรรจุหีบห่อ และจัดเก็บในคลังสินค้า

External Supply Chain จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- Upstream supply chain เป็นองค์ประกอบแรกสุดของห่วงโซ่อุปทาน เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ รวมถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบ จนกลายเป็นวัตถุดิบในการผลิตและเข้าสู่กระบวนการผลิตขององค์กร
- Downstream supply chain เป็นองค์ประกอบส่วนท้ายของห่วงโซ่ โดยเริ่มต้นที่ผู้กระจายสินค้า ผู้ค้าปลีก ผู้ขายตรง จนถึงผู้บริโภคคนสุดท้าย



รูป 2.5 การจำแนกห่วงโซ่อุปทาน

สำหรับห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในประเทศไทยสามารถแจกแจงความสามารถในการผลิตของไทยในกรณีของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากอุตสาหกรรมต้นน้ำถึงปลายน้ำของห่วงโซ่มูลค่าระดับโลก ได้ดังนี้

(ก) การผลิตในระดับต้นน้ำ (Upstream) อันได้แก่ Component fabrication อาทิเช่น Semiconductor, Diodes, Transistors และ ICs เป็นต้น ซึ่งยังมีการนำเข้าชิ้นส่วนดังกล่าวจากต่างประเทศ

(ข) การผลิตในระดับกลางน้ำ (Midstream) ซึ่งจะเป็นผู้ผลิตขนาดกลางและเล็กเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้มีทั้งทำการผลิตภายในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ โดยทั่วไปอุตสาหกรรมชิ้นส่วนจะแบ่งออกได้ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลุ่ม 1st-tier (direct material) ประกอบด้วยผู้ผลิต Head stack assembly (HSAs), Head stack flex circuit (HSFC), Head stack arm (HSA), Spindle motor (SM), Printed circuit board assembly (PCBA), Top cover (TC) และ Glass disk substrate (GDS)

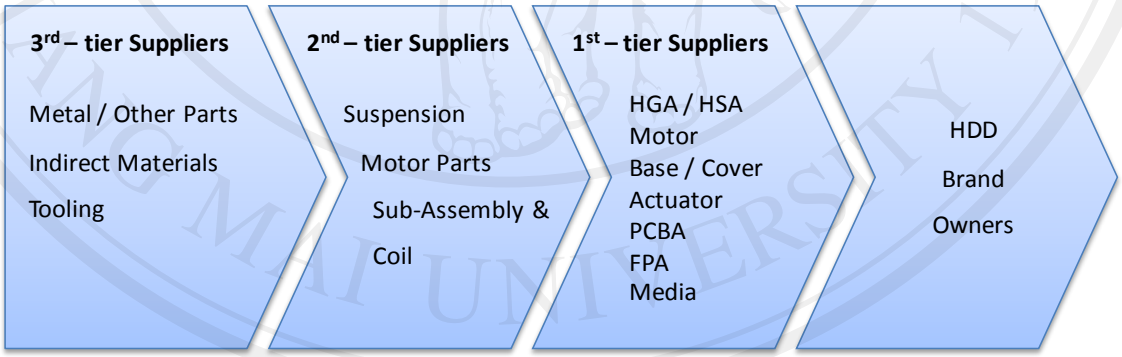
กลุ่ม 2nd-tier ประกอบด้วย ผู้ผลิต Suspension, Motor parts, Sub-assembly & Coil

กลุ่ม 3rd-tier ประกอบด้วย Metal/Other parts, Indirect materials, Tooling

(ค) การผลิตในระดับปลายน้ำ (Downstream) ประกอบด้วยผู้ผลิต HDD ชั้นนำระดับโลกจำนวน 2 รายใหญ่

อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรม HDD ยังมีการนำเข้าที่ค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้อุตสาหกรรม HDD ในไทยมีการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value added) ได้เพียงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่า HDD เท่านั้น

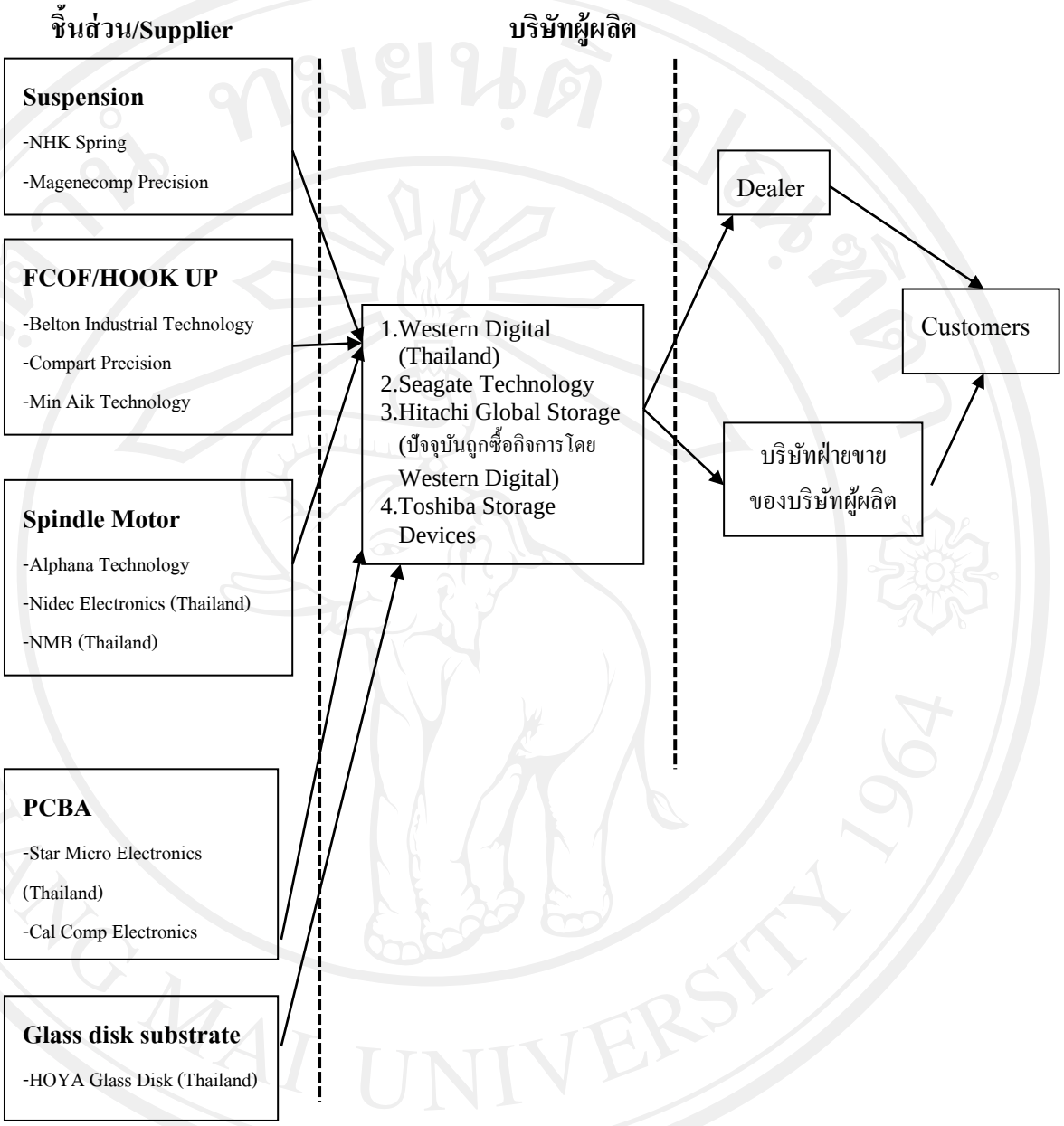
จากรายงานของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ได้จำแนกส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตามลำดับของผู้ส่งมอบ โดยทำการแบ่งผู้ส่งมอบของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกเป็น 3 ลำดับ ได้แก่ ผู้ส่งมอบลำดับที่ 1(1st-tier) ผู้ส่งมอบลำดับที่ 2 (2nd-tier) และ ผู้ส่งมอบลำดับที่ 3 (3rd-tier) ดังรูปต่อไปนี้



รูป 2.6 โครงสร้างของคลัสเตอร์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในประเทศไทย

ที่มา: สถาบันฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (2555)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.7 ผู้ผลิตหลักในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในประเทศไทย

2.3 การวิเคราะห์ด้านพลังงาน (Energy analysis)

2.3.1 ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific energy consumption: SEC)

ถือเป็นค่าดัชนีชี้วัดปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ในระดับกระบวนการผลิต โดยวัดปริมาณพลังงานที่ใช้ เทียบกับหน่วยนับของผลผลติทางกายภาพ เช่น ต่อชิ้น ต่อตัน ต่อตารางเมตร ต่อลิตร ฯลฯ ถือเป็นการวัดประสิทธิภาพพลังงานในระดับมูลฐาน (รายงานสถานภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม, 2545) โดยค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ได้วิเคราะห์ทั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ทั้งนี้ขึ้นกับประเภทของพลังงานที่ใช้ในการคำนวณ สำหรับพลังงานไฟฟ้าจะใช้แทนในหน่วยของกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) และพลังงานความร้อนส่วนใหญ่จะใช้ในหน่วย เมกกะจูล (MJ)

นอกจากนี้ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ถือเป็นการประเมินสมรรถนะการใช้พลังงานของผู้ส่งมอบ (Supplier) ที่ใช้ในผลิตชิ้นส่วนต่างๆ (Gyu-Bong L. *et al*., 2012) โดยนำค่า SEC มาใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของโรงงานควบคมเป็นรายโรงงาน และรายกลุ่มโรงงานที่มีผลผลิตเดียวกัน โดยค่า SEC สามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$SEC_i = \frac{\sum EC_{E,i} + \sum EC_{T,i}}{P_i} \quad (2.1)$$

เมื่อ SEC_i หมายถึง ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตของผู้ส่งมอบ i (kJ/Pcs.)
$EC_{E,i}$ หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ส่งมอบ i (kJ)
$EC_{T,i}$ หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานความร้อนของผู้ส่งมอบ i (kJ)
P_i หมายถึง ปริมาณการผลิตชิ้นส่วนต่างๆของผู้ส่งมอบ i (Pcs.)

ค่าดัชนีการใช้พลังงานจะมีประโยชน์อย่างมากในการติดตาม และควบคุมการใช้พลังงาน ซึ่งโรงงานควรมีการจัดทำและวิเคราะห์ค่าดังกล่าวทุกเดือน ทุกปี โดยค่าที่ได้นี้สามารถนำมาใช้ในการควบคุมและติดตามการใช้พลังงานของโรงงาน ซึ่งยังสามารถสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากอดีตจนถึงปัจจุบันว่ามีการพัฒนาดีขึ้นหรือลดลง รวมถึงสามารถนำไปเทียบเคียงกับค่าดัชนีการใช้พลังงาน SEC benchmarking เพื่อประเมินระดับของปริมาณการใช้พลังงานได้

2.3.2 ประโยชน์ของค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

- สามารถใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงงานประเภทเดียวกัน รวมถึงมีกิจกรรมการใช้พลังงานที่มีลักษณะคล้ายกันได้
- ใช้ในประกอบการตัดสินใจในการจัดซื้อ
- ใช้เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอดีตกับปัจจุบันของโรงงานนั้นๆ
- ใช้เปรียบเทียบศักยภาพการประหยัดพลังงานเบื้องต้นของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรจากผู้ผลิตหลาย ๆ ราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment analysis)

2.4.1 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases)

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases: GHGs) หมายถึง กลุ่มก๊าซที่อยู่ในชั้นบรรยากาศโลก มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนช่วยในการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ แต่หากมีปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่มากเกินไปในบรรยากาศ ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น หรือก๊าซเรือนกระจก หมายถึง กลุ่มก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และสารประกอบจำพวกฟลูออไรด์ 3 ชนิด คือ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon: HFC) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbon: PFC) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfurhexafluoride: SF_6) ซึ่งเป็นก๊าซ 6 ตัวหลักที่มีค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential: GWP)

2.4.2 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

สำหรับการแปลงค่าก๊าซเรือนกระจก ให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบค่าการทำให้เกิดโลกร้อน โดยหน่วยของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental panel on climate change: IPCC) หรือ GWP_{100} ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ (IPCC, 2007) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา 100 ปี

Species	Chemical formula	GWP100
Carbon dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	25
Nitrous oxide	N_2O	298
Hydrofluorocarbon	HFCs	124 – 14,800
Sulphur hexafluoride	SF_6	22,800
Perfluorocarbon	PFCs	7,390 – 12,200

ที่มา: IPCC Fourth Assessment Report (2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.3 การประเมินก๊าซเรือนกระจกขององค์กร (Greenhouse gas of organization)

การประเมินก๊าซเรือนกระจกขององค์กร หมายถึงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งเกิดจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

2.4.3.1 หลักการพื้นฐานในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

สำหรับหลักการพื้นฐานในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เพื่อให้ได้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องและมีความเชื่อถือได้นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยหลักการ 5 ข้อ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2555) ดังต่อไปนี้

ก. ความตรงประเด็น (Relevance) มีการเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล วิธีการคำนวณและวิธีการติดตามข้อมูลที่เหมาะสม ผลของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้จะต้องสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในองค์กร

ข. ความสมบูรณ์ (Completeness) ต้องระบุปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกแหล่งปล่อยก๊าซที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมภายในองค์กรและต้องมีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกแหล่งปล่อยดังกล่าว แต่หากมีแหล่งปล่อยก๊าซใดที่ถูกตัดออกจากการประเมินไม่มีผลแสดงอยู่ในรายงานต้องเปิดเผยพร้อมทั้งแสดงเหตุผลอย่างชัดเจน

ค. ความสอดคล้อง (Consistency) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ติดตามและรายงานผลในแต่ละครั้ง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ต้องไม่ขัดแย้งกัน แม้จะดำเนินการในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งในแต่ละครั้งต้องมีการใช้วิธีการติดตามข้อมูล และใช้ชุดข้อมูลแบบเดียวกัน

ง. ความถูกต้อง (Accuracy) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้ต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ลดความไม่แน่นอนในการรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ และความถูกต้องของข้อมูลจะต้องมากพอที่จะทำให้ผู้ที่ได้รับข้อมูลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

จ. ความโปร่งใส (Transparency) มีการเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด วิธีการประเมินอย่างเพียงพอและเหมาะสม เพื่อให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.3.2 แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

สำหรับแนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ได้กำหนดแนวทางการประเมินตามขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2555) ดังต่อไปนี้

รูป 2.8 ขั้นตอนการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร
ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2555)

ก. การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Geographical boundary)

การกำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

ก.1 แบบควบคุม (Control approach) กำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุม แบ่งเป็นการควบคุมการดำเนินงาน และการควบคุมทางการเงิน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ควบคุมการดำเนินงาน (Operational control)

องค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร ไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานที่องค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของ แต่มีอำนาจการควบคุมการดำเนินงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การควบคุมทางการเงิน (Financial control)

องค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมทางการเงิน ซึ่งยึดตามสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริง และมีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินขององค์กรเป็นหลัก

ก.2 แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity share) กำหนดขอบเขตการรวบรวมผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยปันส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์หรือหน่วยผลิตนั้นๆ

ข. การระบุแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน ต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร โดยกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความหลากหลายกิจกรรม และได้แบ่งกิจกรรมทั้งหมดออกเป็น 3 ขอบเขต ตามที่ระบุไว้ใน ISO 14064-1 ดังนี้

ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์กร ดังนี้

- การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่ในองค์กรเป็นผู้ผลิต
- การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการได้แก่ กระบวนการอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีภายในกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการเผาจนกลายเป็นผงของการผลิตปูนซีเมนต์
- การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกชีวมวลที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่
- การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลและอื่นๆ (Fugitive emissions)
- การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ได้แก่ ปริมาณ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งองค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อการรายงานผลเพิ่มเติมได้ โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ

ค. การคัดเลือกวิธีการคำนวณ

ค.1 การตรวจวัด

ทำการตรวจวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยก๊าซอย่างต่อเนื่องหรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ตามวิธีการมาตรฐานสากล ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูง

ค.2 การคำนวณ

ในการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสร้างโมเดล หรือการทำสมการมวลสารสมดุล หรือ การคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($CO_{2\text{-equivalent}}$)

ค.3 การตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ

การหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ เช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บ และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งได้จากการตรวจวัด มาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล เป็นต้น

ง. เก็บข้อมูลและเลือกค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ ต้องมีการเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการคำนวณที่ได้เลือกไว้ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต้องคัดเลือกหรือพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามเงื่อนไขดังนี้

ง.1 ควรทราบแหล่งที่มา

ง.2 ความเหมาะสมใช้กับแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่ง

ง.3 ควรเป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ทำการคำนวณ

ง.4 ควรคำนึงถึงความไม่แน่นอนและนำมาใช้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง.5 ไม่ขัดแย้งกับความตั้งใจในการใช้งานบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก และในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้ สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรม หรือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่แล้วตามแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยหากเรียงตามลำดับความสำคัญความน่าเชื่อถือและคุณภาพของข้อมูลได้ดังนี้

- ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ
- ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศ ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)
- ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ เป็นต้น
- ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC)

จ. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละกิจกรรมมารวมกันโดยแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2555) แสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$E_{\mathrm{i}} = \sum (A_j \times EF_j \times GWP_x) \qquad (2.2)$$

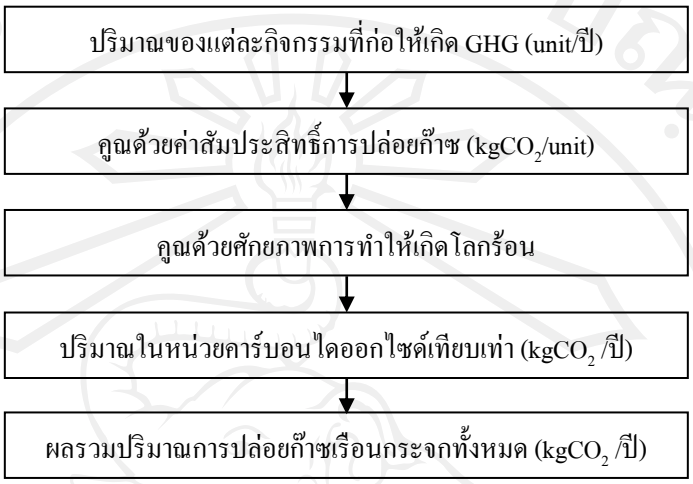
เมื่อ E_i = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผู้ส่งมอบ i ($kgCO_{2\text{-eq.}}$)

A_j = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในกิจกรรม j จากผู้ส่งมอบ i (หน่วย)

EF_i = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ในแต่ละกิจกรรม j จากผู้ส่งมอบ i ($kgCO_{2\text{-eq.}}$/หน่วย)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งนี้สามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในแต่ละกิจกรรมที่ระบุไว้ในขอบเขตการดำเนินงาน ได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



รูป 2.9 ขั้นตอนการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร
ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2555)

2.4.3.3 การรายงานผล

สำหรับการรายงานผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ซึ่งประกอบไปด้วย ภาพรวมของรายงานที่ดำเนินการคำนวณ รายละเอียดของข้อมูลกิจกรรม ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้ และอื่นๆ

2.5 การวิเคราะห์ค่าภาษีคาร์บอน

ภาษีคาร์บอน หรือภาษีที่เก็บจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรต่างๆ โดยเฉพาะการใช้ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง ขององค์กร หรือหน่วยงาน ฯลฯ ซึ่งเป็นภาษีด้านสิ่งแวดล้อมที่ออกมาเพื่อใช้ในการควบคุมและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ (Boqiang Lin. *et al*., 2011)

ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า ภาษีคาร์บอนเป็นภาษีประเภทสะท้อนต้นทุนที่สังคมจะต้องแบกรับผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันสืบเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศหรือที่เรียกว่าต้นทุนคาร์บอนที่เกิดแก่สังคม (Social cost of carbon: SCC) (ศราวุธ ไผ่บง, 2555)

ในปัจจุบันมีการประมาณค่า SCC ไว้มากมายกว่า 200 ค่า เริ่มตั้งแต่ประมาณ 15 บาทต่อตัน$CO_{2\text{-eq.}}$ ไปจนถึง 24,000 บาทต่อตัน$CO_{2\text{-eq.}}$ อย่างไรก็ดีผลการศึกษาที่สำคัญและเป็นที่ยอมรับใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วงกว้างได้ประมาณค่า SCC ณ ราคาปี 2552 ไว้ตั้งแต่ 192 – 3,133 บาทต่อตัน$CO_{2-eq.}$ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 483 บาทต่อตัน$CO_{2-eq.}$ ซึ่งจากการศึกษาการใช้ภาษีคาร์บอนในการควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไทย จากคณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ได้ศึกษาอัตราภาษีคาร์บอนที่เหมาะสมของไทย พบว่า อัตราภาษีคาร์บอนที่เหมาะสมโดยประมาณไม่ควรต่ำกว่า 200 บาทต่อตัน$CO_{2-eq.}$ ไม่ควรเกิน 3,000 บาทต่อตัน$CO_{2-eq.}$ และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยข้างต้น อัตราภาษีคาร์บอนควรจะอยู่ที่ประมาณ 500 บาทต่อตัน$CO_{2-eq.}$ (อนันต์ วัฒนกุลจรัส, 2554)

2.5.2 กรอบแนวทางในการวางหลักเกณฑ์การจัดเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทย

ในการจัดเก็บภาษีประเภทใดก็ตามของรัฐบาล จะมีองค์ประกอบที่ต้องทำการพิจารณาหลักๆ คือ ฐานภาษี (Tax base) อัตราภาษี (Tax rate) และ รายรับภาษี (Tax revenue) (สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา, 2554) โดยมีความสัมพันธ์ ดังสมการต่อไปนี้

$$Tr_i = Tb_i \times R_i \tag{2.3}$$

เมื่อ Tr_i = ค่าภาษีจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ณ ช่วงเวลา i (บาท)

Tb_j = ฐานภาษี ณ ช่วงเวลา i ($tCO_{2-eq.}$)

R_i = อัตราภาษีที่เรียกเก็บณ ช่วงเวลา i (บาท/ $tCO_{2-eq.}$)

2.5.3 แนวทางในการจัดเก็บภาษีของประเทศไทย

แนวทางในการจัดเก็บภาษีคาร์บอนที่เป็นไปได้ในประเทศไทย สามารถดำเนินการได้ 3 รูปแบบดังต่อไปนี้ (สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา, 2554) ได้แก่

(ก) **เก็บภาษีบนฐานการใช้ไฟฟ้า**

จัดเก็บภาษีคาร์บอนจากการใช้ไฟฟ้าตามปริมาณคาร์บอนที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าหนึ่งหน่วย โดยการจัดเก็บเพิ่มเติมในรูปของราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่สูงขึ้น อัตราภาษีคาร์บอนต่อหน่วยไฟฟ้า ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนไปตามส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากน้อยเพียงใด

การเก็บภาษีบนฐานการใช้ไฟฟ้านี้จะมีต้นทุนในการดำเนินการจัดเก็บที่ต่ำ ซึ่งการไฟฟ้านครหลวง หรือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสามารถเรียกเก็บภาษีเพิ่มเติมในใบเสร็จค่าไฟฟ้า อีกทั้งยังครอบคลุมผู้ใช้รายย่อยในภาคครัวเรือนอีกด้วย อย่างไรก็ตามภาษีชนิดนี้จะส่งผลให้เกิดการลด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งภาระภาษีส่วนใหญ่ได้อยู่ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้าค่อนข้างมาก เช่น อุตสาหกรรมเสื้อผ้าและสิ่งทอ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และยานยนต์ เป็นต้น

(ข) **เก็บภาษีบนฐานใช้เชื้อเพลิง**

จัดเก็บภาษีคาร์บอนจากปริมาณคาร์บอนที่จะถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ โดยการจัดเก็บเพิ่มเติมในรูปของค่าเชื้อเพลิงต่อหน่วยที่สูงขึ้น การจัดเก็บภาษีชนิดนี้มีต้นทุนการดำเนินงานที่ต่ำโดยการจัดเก็บภาษี ณ โรงกลั่น หรือ ที่หัวจ่ายหรือ ณ แหล่งใช้เชื้อเพลิง

ฐานภาษีรูปแบบนี้สามารถครอบคลุมผู้ใช้เชื้อเพลิงทั้งในภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือน ผู้ใช้รถยนต์ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการเผาไหม้เชื้อเพลิง ภาระภาษีส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการเผาผลาญเชื้อเพลิงค่อนข้างมาก เช่น อุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า เสื้อผ้าและสิ่งทอ และภาคการขนส่ง เป็นต้น

(ค) ฐานภาษีจากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยตรงจากแหล่งผลิต

จัดเก็บภาษีตามปริมาณการปลอดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิด ไม่ว่าจะเป็นจากการผลิตของโรงงาน หรือจากกระบวนการกำจัดน้ำเสีย จะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อมีระบบการตรวจวัด และตรวจสอบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แต่ในการดำเนินการดังกล่าวย่อมมีต้นทุนในการดำเนินการที่สูง เนื่องจากต้นทุนการจัดเก็บภาษีบนฐานภาษีนี้จะมีค่าสูงมาก อย่างไรก็ตามภาคอุตสาหกรรมอาจผลักภาระภาษีไปยังผู้บริโภคในรูปของราคาที่สูงขึ้น

สำหรับการจัดเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทย อาจใช้เป็นเครื่องมือในการเจรจาต่อรองทางการค้า เพื่อบรรเทาปัญหาการกีดกันทางการค้าอันเนื่องมาจากปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งหากประเทศไทยเป็นผู้นำในการจัดเก็บภาษีคาร์บอน จะส่งผลให้ภาพพจน์ของประเทศไทยในเรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมดีขึ้นในมุมมองของต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งถือเป็นการเปิดโอกาสในการขอรับความช่วยเหลือด้านการเงิน หรือ การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาจทำให้ประเทศไทยเป็นผู้นำของประชาคมอาเซียนในการผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ประเทศไทยสามารถส่งออกสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมไปยังประเทศที่พัฒนาแล้วในทวีปอเมริกาและยุโรป ซึ่งผู้บริโภคในประเทศเหล่านั้นให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved