แนวคิดการออกแบบเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์
ของการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็ก

โดย นายธงชัย อินทรางกูร ณ อยุธยา
ที่ปรึกษาสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์

เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์เริ่มเกิดขึ้นจากการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์ขึ้นก่อน (Eco-Industrial Estate) โดยมีการบริหารจัดการด้านการควบคุมมลภาวะอย่างมีประสิทธิภาพ การบริหารจัดการใช้ทรัพยากรในนิคมอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิผล เช่น กากของเสียของอุตสาหกรรมหนึ่งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบของอีกอุตสาหกรรมหนึ่ง หรือการใช้ความร้อนส่วนเกินผลิตไอน้ำ พลังงานไฟฟ้าใช้ภายในนิคมอุตสาหกรรม เป็นต้น สิ่งที่ได้ตามมาก็คือ การพัฒนาอุตสาหกรรมที่ก้าวหน้าไปพร้อมกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำให้การพัฒนาอุตสาหกรรมสามารถอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตต่างๆและชุมชนได้อย่างมีความสุขและยั่งยืน

เมื่อนิคมอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์เติบโตร่วมกับชุมชนและระบบนิเวศน์วิทยา จึงทำให้มีการพัฒนา การบริหาร การจัดการสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม ทั้งนี้ด้วยการสนับสนุนระหว่างภาคอุตสาหกรรมและชุมชนให้เกิดระบบ 3R ระบบ Recycle-oriented society ระบบ Low carbon society การให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยและสุขภาพ (Safety and Health) การพัฒนาคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ สิ่งที่ได้รับคือ “เมืองอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐนิเวศน์” หรือ “เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์” หรือ Eco-Industrial Town

ลักษณะเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์ที่เกิดขึ้นโดยอุตสาหกรรมเหล็กเป็นปัจจัยสำคัญ รูปแบบต้องเริ่มจากการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรต่างๆของอุตสาหกรรมเหล็กก่อน แล้วจึงนำข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศน์วิทยา ชุมชน ขนบธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรม ตลอดจนข้อมูลในอดีตของปัญหาที่เกิดจากการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กมาบูรณาการ เพื่อค้นหาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์ที่เป็นทางออกอย่างแท้จริง (Solution) และนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป ต่อไปนี้เป็นปัจจัยต่างๆที่นำมาพัฒนาเพื่อนำไปสู่การออกแบบเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์

1. การวางแผนผังเมืองที่ดี ได้แก่ การวางแผนการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสม

1.1 ท่าเรือ

1.2 ย่านอุตสาหกรรม

1.3 ย่านพาณิชกรรม

1.4 ย่านพักอาศัย

1.5 พื้นที่สีเขียว พื้นที่กันชน

1.6 พื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ

1.7 ระบบสาธารณูปโภคต่างๆ

- น้ำประปา
- ไฟฟ้า
- โทรคมนาคม
- ถนน ระบบระบายน้ำฝน ป้องกันน้ำท่วม
- ระบบท่อน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง (Sewerage system)

1.8 การออกแบบเมืองใหม่เพื่อเชื่อมโยงกับชุมชนเดิม

2. การใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและพลังงาน

2.1 การบริหารจัดการเกี่ยวกับ Raw material, Product, By-product, waste และการ recycle เพื่อนำไปสู่ Zero waste, Zero discharge

2.2 การอนุรักษ์พลังงาน เช่น Heat recycle, Gas recycle, Surplus pressure utilization

2.3 การใช้กากอุตสาหกรรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและระบบนิเวศน์วิทยา

2.4 การอนุรักษ์ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมเพื่อส่งเสริมระบบนิเวศน์วิทยาอย่างยั่งยืน เช่น การอนุรักษ์ป่าชายเลน การอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ การอนุรักษ์เพื่อส่งเสริมการประมง การอนุรักษ์สัตว์-พืชทะเลหายาก เป็นต้น

2.5 การส่งเสริมและพัฒนาสังคมแห่งการรีไซเคิ้ล (Recycle-oriented society) และสังคมคาร์บอนต่ำ (Low carbon society)

2.6 การพัฒนาโครงการ Artificial wetland เพื่อรองรับ Treated effluent และการพัฒนาไปสู่การฟื้นฟูคุณภาพน้ำไปสู่คุณภาพน้ำดิบที่ดีพร้อมป้อนเข้าเข้าไปใช้ได้อีกในขบวนการอุตสาหกรรม และการใช้ Artificial wetland เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ

2.7 การพัฒนาระบบฐานข้อมูล LCA, Carbon footprint และ Green purchasing promotion

3. การบริหารจัดการติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัย

3.1 ระบบ CEMs

3.2 ระบบ AQMS

3.3 ระบบการตรวจวัด Health hazards ในสิ่งแวดล้อม

3.4 การติดตามตรวจสอบสุขภาพชุมชน

3.5 การวิจัย Childhood development

3.6 การมีส่วนร่วมในการบริหารติดตามผลระหว่างโรงงาน รัฐ และชุมชน

4. การบริหารระบบความปลอดภัย (Management of public safety)

4.1 โครงสร้างและการบริหารงานในภาวะฉุกเฉิน (ไฟไหม้ ระเบิด) แผนดำเนินการในกรณีเกิดภาวะฉุกเฉิน

4.2 สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆที่จำเป็นในกรณีเกิดภาวะฉุกเฉินและการจัดการ

4.3 การฝึกอบรม – การซ้อมเหตุการณ์

5. โครงการปรับปรุงคุณภาพชีวิตเพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็ก

5.1 การว่างงาน การมีงานทำ การกระจายรายได้

5.2 การสนับสนุนอาชีพเดิมในรูปแบบของการส่งเสริมให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน การพัฒนาวิสาหกิจชุมชน (Community enterprise)

5.3 การปรับปรุงระบบอนามัยสิ่งแวดล้อม (Environmental health) เช่น การจัดการขยะชุมชน น้ำเสียชุมชน เป็นต้น

5.4 การพัฒนาบริการสาธารณสุขชุมชน เช่น สถานีอนามัย โรงพยาบาล

5.5 การพัฒนาระบบการศึกษาให้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของประชากรที่เกิดจากการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็ก

5.6 การส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น วัฒนธรรมท้องถิ่น แหล่งท่องเที่ยวต่างๆ

5.7 สวัสดิการสังคม การชดเชยกรณีอุบัติเหตุ เงินกองทุน

6. การส่งเสริมการเรียนรู้/การวิจัยและพัฒนา

6.1 การบริหารระบบสถิติและฐานข้อมูลของภาครัฐ ภาคอุตสาหกรรม ภาคชุมชน

6.2 การสร้างฐานข้อมูลด้านเทคโนโลยีของขบวนการผลิต เทคโนโลยีการควบคุมมลภาวะ เทคโนโลยีการติดตามผลสิ่งแวดล้อม

6.3 การนำสถาบันการศึกษามามีส่วนร่วมวิจัยพัฒนา และการร่วมมือกันวิจัย-พัฒนาระหว่างอุตสาหกรรมเหล็กและภาครัฐ

6.4 การจัดทำโปรแกรมการเผยแพร่ความรู้และผลของการวิจัย-พัฒนา การจัดสัมมนากับกลุ่มเป้าหมายต่างๆ ตลอดจนการจัดประชุมของนักวิชาการ (Symposium)

7. การสร้างองค์กรเพื่อการบริหารจัดการเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์ การแก้กฎหมาย การเตรียมการด้านงบประมาณ

7.1 บทบาทของโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก

7.2 บทบาทของชุมชน

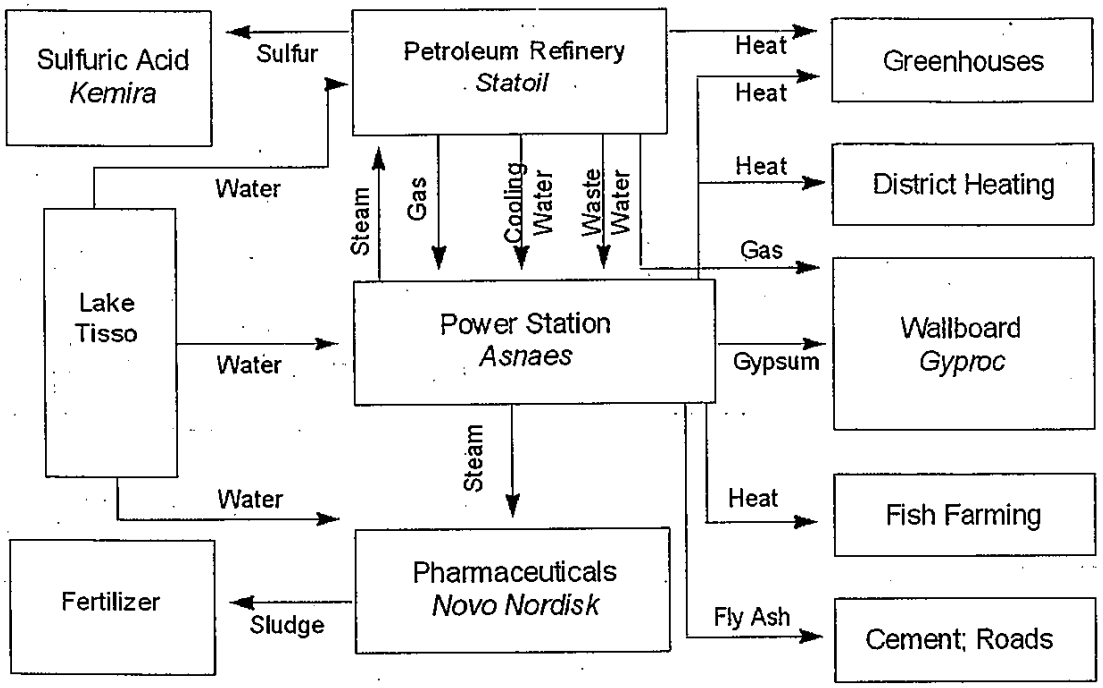
7.3 บทบาทของภาครัฐ

7.4 บทบาทของสถาบันการศึกษา

7.5 บทบาทของ NGO กลุ่มต่างๆ

7.6 โครงสร้างองค์กรที่เหมาะสม ซึ่งมีการบริหารจัดการปัจจัยต่างๆของความเป็น Eco-Industrial Town ไว้อย่างเหมาะสม พร้อมการมีส่วนร่วมของภาคโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก ภาคชุมชน ภาครัฐ สถาบันการศึกษา และกลุ่ม NGO ต่างๆ

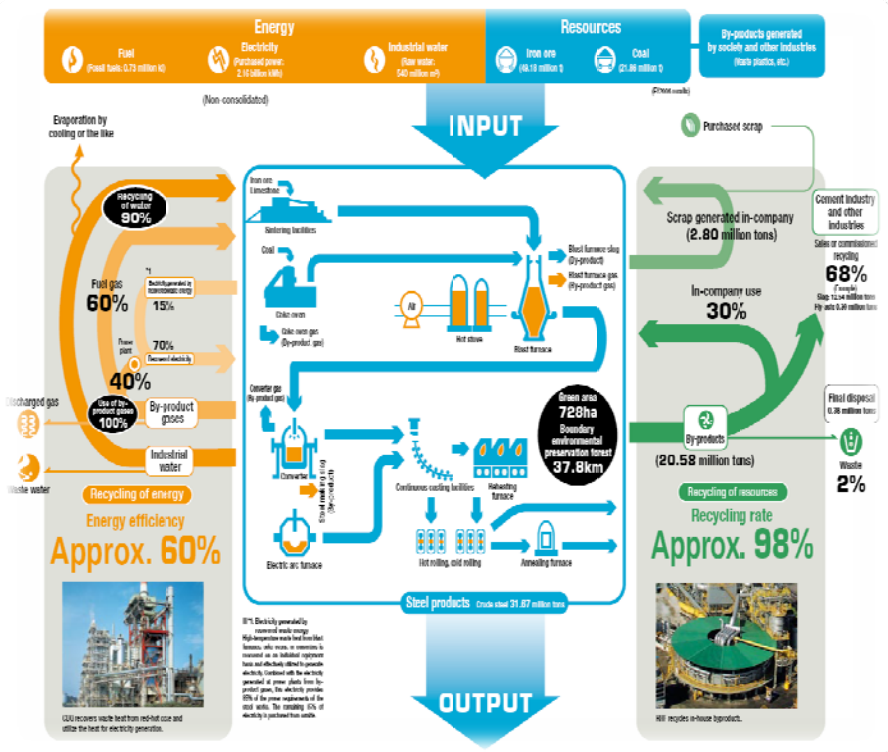
<u>นิคมอุตสาหกรรมแบบเศรษฐนิเวศน์ที่เมืองคาลันด์บอร์ก (Kalundborg) ประเทศเนเธอร์แลนด์</u>



ที่เมืองคาลันด์บอร์ก (Kalundborg) ประเทศเนเธอร์แลนด์ ได้มีการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมแบบเศรษฐนิเวศน์ (Eco-Industrial Complex) ในหลักการ ก็คือ พยายามใช้ทรัพยากรทุกชนิดให้มากที่สุด เพื่อลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด (โรงงานในนิคมอุตสาหกรรม, ชุมชน, มีการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน) กล่าวคือ

1. การใช้ gas, cooling water, wastewater จากโรงงาน Petroleum refinery ป้อนเข้าโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า (Power station)
2. การใช้ความร้อนที่เหลือ (Waste heat) ป้อนเข้าระบบเกษตรเรือนกระจก (Green houses), ชุมชนเมือง, ฟาร์มเลี้ยงปลา
3. การใช้ไอน้ำ (Steam) ที่เหลือจากโรงไฟฟ้าป้อนไปใช้งานที่โรงงานผลิตยา (Pharmaceuticals)
4. การใช้ขี้เถ้าลอย (Fly ash) จากโรงงานไฟฟ้าไปผลิตปูนซีเมนต์, ก่อสร้างถนน เป็นต้น
5. ตะกอนที่เกิดขึ้นในขบวนการจัดการของเสียของโรงงานผลิตยาสามารถใช้ทำปุ๋ยได้
6. ยิปซั่ม (Gypsum) ที่ได้จากขบวนการ Desulphurization ของโรงงานไฟฟ้าสามารถนำไปผลิตแผ่นชิปซั่ม เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง (Wallboard)

Theme V : การบริหารทรัพยากรและพลังงาน



การบริหารจัดการด้านพลังงาน

ในอุตสาหกรรมเหล็ก ได้มีการนำแก๊ซเสียมาฟอกให้สะอาดและนำกลับมาใช้งานโดย นำกลับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในขบวนการผลิต 60% และนำไปผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม 40%

จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด 70% ผลิตจากแก๊ซที่รีไซเคิล 15% ผลิตจากความร้อนส่วนเกิน เช่น จากเตาถลุง เตาผลิตถ่านโค้ก เตาผลิตเหล็กกล้า ที่เหลืออีก 15% ซื้อจากระบบผลิตไฟฟ้าภายนอก (Outsource)

ที่มา : http://www.nsc.co.jp/en/eco/report/pdf/english_2007.pdf

การบริหารจัดการน้ำ

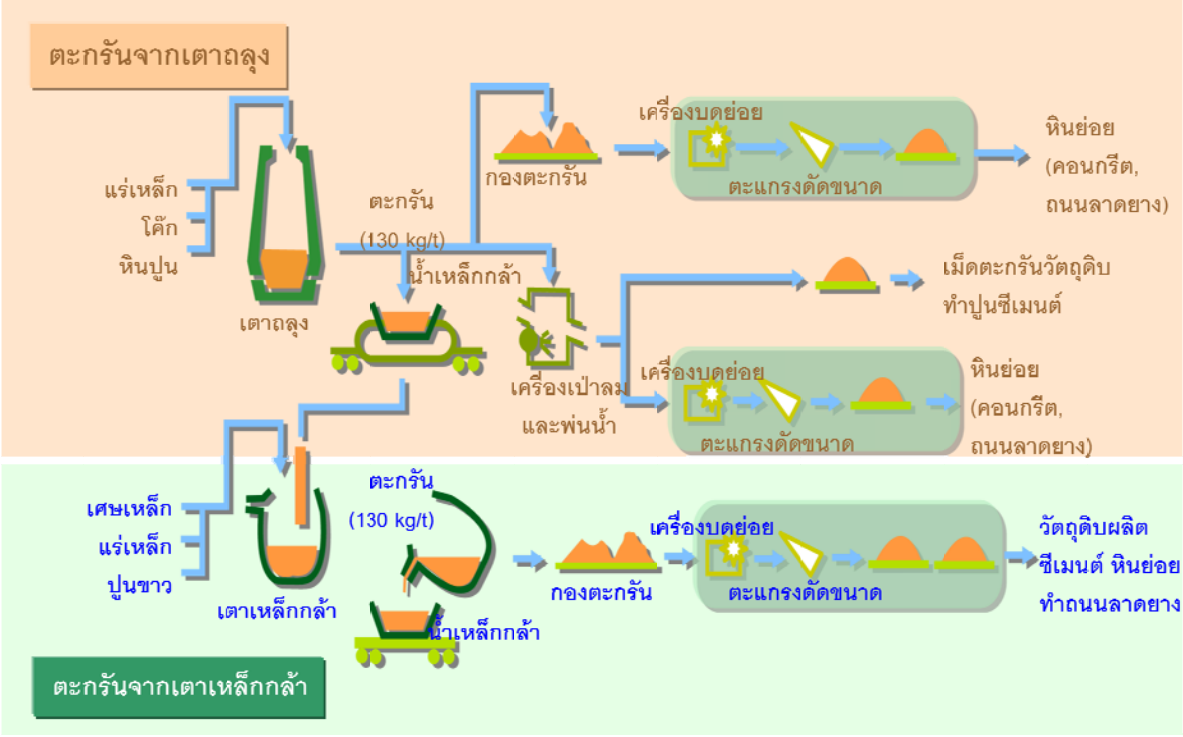
สำหรับการบริหารจัดการเรื่องน้ำ ในโรงงานที่มีทั้งอุตสาหกรรมต้นน้ำ (Upstream) และอุตสาหกรรมปลายน้ำ (Downstream) ใช้น้ำดิบเฉลี่ยประมาณ 17.05 ลบ.ม.ต่อตันเหล็กกล้าที่ผลิตได้ โดยมีการหมุนเวียนน้ำสูงในระดับ 90% ในกรณีที่โรงงานตั้งอยู่ในพื้นที่มีข้อจำกัดด้านแหล่งน้ำจะสามารถหมุนเวียนน้ำให้ได้มากขึ้นโดยมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียขั้นสูง (Advance treatment) เช่น ในประเทศยุโรปจะสามารถลดการใช้น้ำได้ลงอีก กล่าวคือ บางแห่งลดลงได้ถึงไม่เกิน 5 ลบ.ม.ต่อกำลังการผลิตเหล็กกล้า 1 ตัน โดยมีการหมุนเวียนการใช้น้ำสูงถึง 97%

การบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม

ส่วนกากอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นประมาณ 600 กิโลกรัมต่อการผลิตเหล็กกล้า 1 ตัน ได้แก่ ตะกรัน (Slag) ฝุ่น (Dust) ตะกอนต่างๆ (Sludge) กากอุตสาหกรรมเหล่านี้ใช้หมุนเวียนภายในโรงงาน (Recycle) ในสภาพวัตถุดิบหรือใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตปูนซีเมนต์หรือใช้เป็นวัสดุก่อสร้างโดยเฉพาะงานฐานรากถนน เป็นต้น การหมุนเวียนกากอุตสาหกรรมต่างๆ ประกอบด้วย การใช้งานภายในโรงงานเอง (In-company use) 30% และส่งไปขายหรือใช้เป็นวัตถุดิบในขบวนการผลิตนอกโรงงาน 68% รวมแล้วการรีไซเคิลกากอุตสาหกรรมมีสูงถึง 98% เหลืออีก 2% ระบายไปทิ้งในระบบที่ปลอดภัย เช่น การฝังกลบชนิดพิเศษ (Secure landfill) หรือบางแห่งนำกลับไปเข้าเตาหลอมกากอุตสาหกรรม (Smelting Furnace) ได้เป็นวัสดุก่อสร้าง

บางโรงงานรับของเสียจากชุมชนมาจัดการได้อีก โดยเฉพาะพลาสติกและยางรถยนต์ เป็นต้น เพราะของเสียดังกล่าวสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าโรงงานผลิตถ่านโค้กหรือเตาถลุงเหล็กก็ได้

<u>Theme IV</u> : การจัดการของเสียและกากอุตสาหกรรม

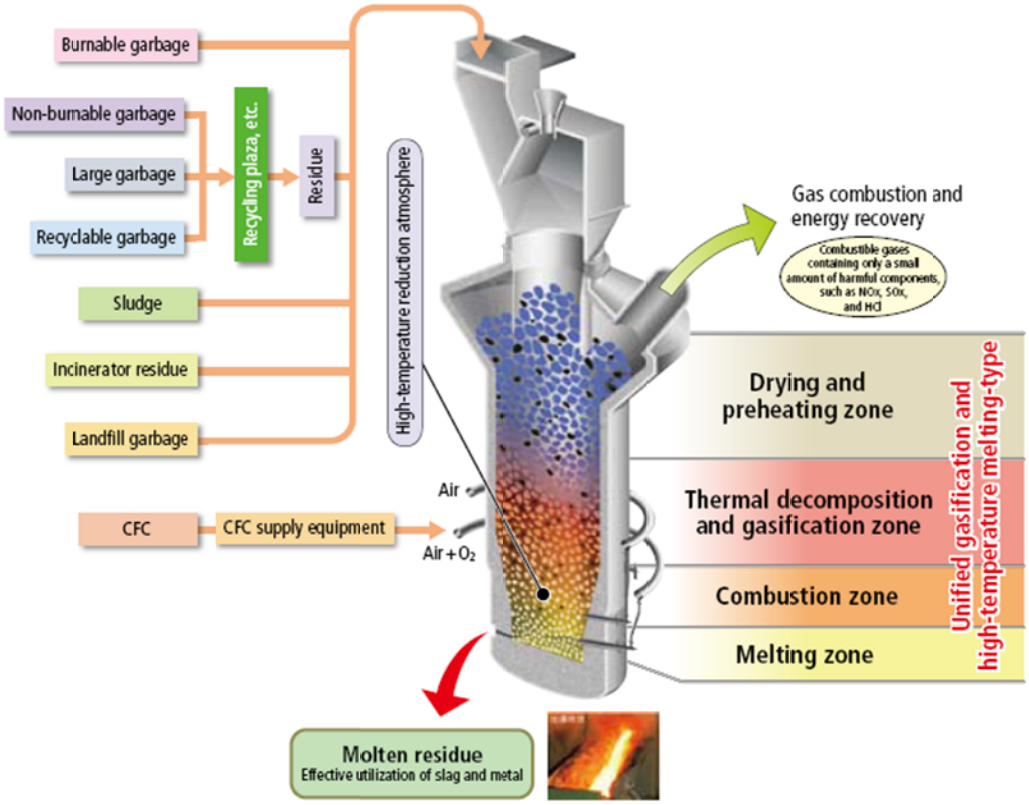


ตะกรันจากเตาถลุง (BF Slag) จะถูกปล่อยให้เย็นลงในบ่อทิ้งตะกรัน (Cooling yard or coking pit) โดยวิธีธรรมชาติ (Air cooling) ตะกรันประเภทนี้จะเป็นก้อนใหญ่และต้องนำไปบดก้อนเล็ก (Crushing) และคัดขนาดต่างๆไว้ เพื่อนำไปใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เป็นคอนกรีต ในกรณีที่ระบายตะกรันร้อนเข้าไปโรงงานผลิตตะกรันเม็ด (Granulation plant) จะได้ตะกรันเป็นเม็ดเล็ก นอกจากจะสามารถใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้แล้วยังสามารถนำไปบดเป็นปูนซีเมนต์ได้ด้วย (Slag cement)

ตะกรันจากเตาเหล็กกล้า (BOF Slag) จะถูกระบายไปลงบ่อทิ้งตะกรัน (Slag pit) และปล่อยให้เย็น โดยอาศัยอากาศ (Air cool) และน้ำ หากองค์ประกอบมี FeO, Fe_2O_3, ค่อนข้างสูง มักนิยมนำไปแยกส่วนที่เป็น FeO และ Fe_2O_3 ออกด้วยระบบแยกเหล็ก (Metallic recovery plant) และนำส่วนนี้ไปรีไซเคิลในเตาผลิตเหล็กกล้า (BOF) ส่วนที่มี FeO และ Fe_2O_3 ต่ำจะถูกนำไปบดย่อยเป็นหินเกรดต่างๆใช้ผสมยางมะตอยทำถนนลาดยางหรือใช้เป็นวัสดุรองรับถนนลาดยางได้ สิ่งที่ต้องระมัดระวังก็คือ ตะกรันจากเตาผลิตเหล็กกล้าจะมีส่วนที่เป็นปูนขาว (CaO) สูงมากและยังเป็นสารเคมีที่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้อีก จึงไม่เหมาะสมที่จะนำตะกรันประเภทนี้ไปผสมปูนซีเมนต์ เพื่อผลิตคอนกรีต

Cooperation between the iron and steel industry and other industries

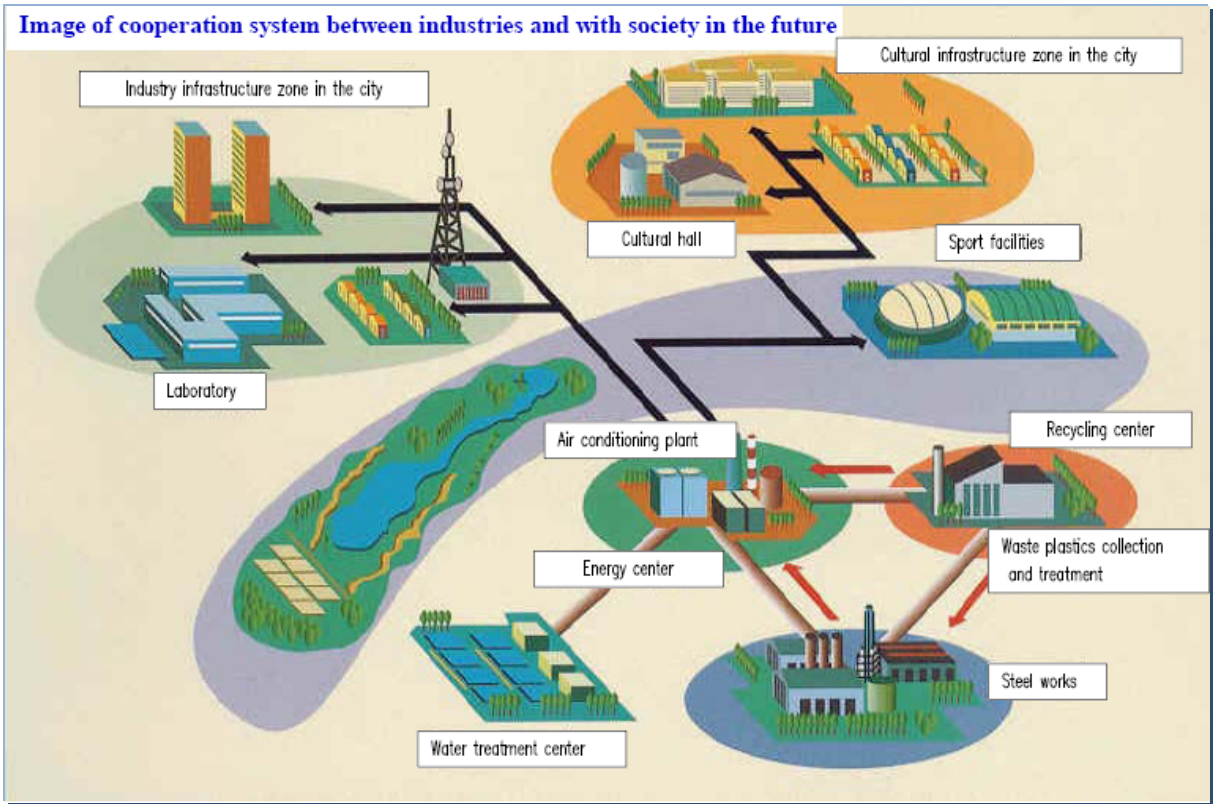
<u>Theme IV</u> : การจัดการของเสียและกากอุตสาหกรรม



ที่มา *: http://www.nsc.co.jp/en/eco/report/pdf/english_2009.pdf*

การจัดการกากอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมเหล็ก บางโรงงานในประเทศญี่ปุ่น ได้นำขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดไม่ว่าจะเป็น ขยะเผาไหม้ได้ ขยะเผาไหม้ไม่ได้ ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย เถ้าจากเตาเผาขยะทั่วไป ขยะจากบ่อฝังกลบแบบปลอดภัย ตะกรันเหล็กจากกระบวนการผลิต เป็นต้น มาเผาด้วยเตาเผากากอุตสาหกรรมชนิดหลอมละลาย (Smelting Furnace) ได้เป็นวัสดุก่อสร้าง และได้พลังงานจากการเผานำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าหรือนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆได้ นอกจากนั้นไม่ก่อให้เกิดไดออกซินจากกระบวนการเผานี้ด้วย

Image of future inter-industry and social collaboration system



ที่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์ Kitakyushu ประเทศญี่ปุ่น บริษัทนิปปอนสตีล จำกัด ได้ก่อสร้างเตาเผากากอุตสาหกรรมชนิดหลอมละลายขนาด 320 ตันต่อวัน ซึ่งประกอบด้วย ระบบหลอมละลายกากอุตสาหกรรมที่ให้แก๊สเชื้อเพลิง เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า (Gasification melting facilities and Industrial waste power generating facilities)

โรงงานเผากากอุตสาหกรรมนี้ จะมีกระบวนการแยกขยะที่รีไซเคิลได้ก่อน เช่น Plastic, glass, rubber และเหล็ก ส่วนที่เหลือจะนำไปเข้าเตาเผากากอุตสาหกรรมดังกล่าวข้างต้น ภายหลังผ่านกระบวนการเผากากอุตสาหกรรมแล้ว จะได้ตะกรันเป็นก้อนแข็ง สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้ทั้งหมดหลักการนี้จึงนำไปสู่การจัดการโดยไม่มีของเสียที่เป็นกากอุตสาหกรรมออกสู่สิ่งแวดล้อม (Zero waste) และยังได้พลังงานไฟฟ้าไว้ใช้ได้อีก โดยส่วนหนึ่งจ่ายเข้าโรงงานถลุงเหล็กฯและอีกส่วนหนึ่งจ่ายให้อาคารบางแห่งในเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศน์