

สารบัญ

คำนำ	v
สารบัญ	vii
1. บทนำ	1
1.1 พลังงาน	1
1.2 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีและการใช้พลังงาน	3
1.3 ความเชื่อมโยงระหว่างพลังงานกับปัญหาสิ่งแวดล้อม	6
1.4 การหาทางออกสำหรับอนาคต	11
1.5 เอกสารอ้างอิง	14
2. พลังงานและความต้องการพลังงาน	15
2.1 บทนำ	15
2.2 แหล่งพลังงานปฐมภูมิ	19
2.3 แหล่งพลังงานในปัจจุบัน	24
2.4 การใช้พลังงานในโลก	27
2.5 การผลิตและการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย	33
2.6 การใช้เชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมและถ่านหินในประเทศ	37
2.7 ภาพรวมการใช้พลังงานในประเทศ	39
2.8 ความต้องการพลังงานในอนาคต	42
2.9 บทสรุป	44
2.10 เอกสารอ้างอิง	44
3. ระบบพลังงานและความยั่งยืน	47
3.1 บทนำ	47
3.2 เชื้อเพลิงและพลังงาน	51
3.2.1 ปิโตรเลียม	52
3.2.2 แก๊สธรรมชาติ	55

ดัชนี

ก

กฎข้อที่สองทางเทอร์โมไดนามิกส์, 113, 126

กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์, 106, 149

กฎข้อที่หนึ่งทางเทอร์โมไดนามิกส์, 113, 124,
156

กฎข้อหนึ่งทางเทอร์โมไดนามิกส์, 110

กรดไขมันอิสระ, 221-223, 228

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,
33, 39, 199

กระทรวงพลังงาน, 33, 43, 83

กระบวนการ, 107

กระบวนการจัดการคาร์บอนไดออกไซด์

กระบวนการที่ใช้สมบัติทางกายภาพ, 243

กระบวนการที่ใช้สมบัติทางเคมี, 243

กระบวนการที่ใช้สมบัติทางเคมี-กายภาพ,
244

กระบวนการที่ใช้สมบัติทางชีวภาพ, 244

กระบวนการตรึงคาร์บอน, 135

กระบวนการแปรรูปชีวมวล, 63

กระบวนการผลิตที่สะอาด, 288

กระบวนการผันกลับได้, 86, 113, 127

กระบวนการผันกลับไม่ได้, 113

กระบวนการเผาไหม้ทางชีวภาพ, 17

กระบวนการแพร่เพื่อแยกแก๊ส

คาร์บอนไดออกไซด์, 248

กระบวนการรีฟอร์มอินน้ำ, 99, 253

กระบวนการลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์,
241

กลไกการพัฒนาที่สะอาด, 236

กลไกทางชีวภาพ, 243, 262, 269

กลไกห่วงโซ่อาหาร, 273

กลีเซอรอล, 221-226, 284

การกรองระดับโมเลกุล, 247-248

การกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะยาว,
264

การกำหนดเป้าหมายการประเมิน, 194

การเกิดฝนกรด, 70, 208, 212

การคาร์บอนไนซ์, 60-62

การคำนวณภาระทางสิ่งแวดล้อม, 200

การจัดทำบัญชีวัสดุและของเสีย, 192, 202

การจำแนกของเสีย, 202

การใช้เชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมและถ่านหิน
ในประเทศ, 37

การใช้ประโยชน์จากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, 263

การใช้ประโยชน์จากที่ดิน, 203-204

การใช้พลังงานในโลก, 27

การซื้อขายสิทธิ์การปล่อยแก๊สเรือนกระจก, 236

การตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, 262

การตีมูลค่า, 202

การทำเหมือง, 196

การทำอากาศเป็นของเหลว, 256

การประเมินความยั่งยืน, 277

การประเมินต้นทุนตลอดวงจรชีวิต, 292

การประเมินตลอดวงจรชีวิต, 72, 185, 220, 231,
240

การประเมินตามประเภทของผลกระทบ, 202

- การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม, 292
- การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม, 202, 207
- การประเมินผลกระทบอยู่ที่จุดวัดกลางทาง, 207
- การประเมินผลกระทบอยู่ที่จุดวัดปลายทาง, 207
- การประหยัดพลังงาน, 94-96
- การปรับฐานค่าผลกระทบ, 213
- การปรับฐานผลกระทบ, 202
- การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, 180, 237
- การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน, 280
- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ, 203
- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 208
- การแปลงรูป, 116
- การแปลหรืออธิบายผลการประเมิน, 218
- การผลิตไบโอดีเซล, 220, 231
- การผลิตไฟฟ้า, 65, 84, 241
- การผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน, 193, 207, 297, 303
- การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์เชื้อเพลิง, 163
- การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังไอน้ำ, 156
- การผลิตไฟฟ้าโดยเทอร์ไบน์แก๊ส, 159
- การผลิตและการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย, 33
- การผลิตไฮโดรเจน, 254
- การเผาไหม้, 57
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล, 249
- การเผาไหม้ถ่านหิน, 57
- การฝังเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, 264, 278, 302
- การพร้อมลงของทรัพยากร, 203
- การพร้อมลงของแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล, 203
- การพัฒนาที่ยั่งยืน, 47, 51, 72
- การเพิ่มประสิทธิภาพ, 79
- การแยกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, 250
- การแยกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้หินปูน, 252
- การแยกสลายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยกระบวนการเคมีไฟฟ้า, 256
- การวิเคราะห์, 173
- การรีดิวซ์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, 257
- การลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยคาร์บอน, 251
- การลดลงของชั้นโอโซน, 212
- การสลายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้กระบวนการความร้อน, 260
- การสลายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้กระบวนการเคมีเชิงแสง, 259
- การสลายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้การฉายรังสีพลังงานสูง, 258
- การสังเคราะห์แสง, 106, 262, 272
- การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ, 203
- การสูญเสียชั้นโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์, 203
- การสูญเสียศักย์ไฟฟ้า, 167
- การสูญเสียหน้าดิน, 203
- การให้คุณค่า, 217
- การอยู่ร่วมกันในทางอุตสาหกรรม, 284
- การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม, 188, 291
- กำลัง, 2
- แกซีฟิเคชัน, 57, 61, 100, 251
- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, 244
- แก๊สธรรมชาติ, 55, 153
- องค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติ, 56
- แก๊ส-โปรตีวเซอร์, 61
- แก๊สเรือนกระจก, 8, 213
- แก๊สไฮโดรเจน, 253

ข
ขีดความสามารถในการรองรับได้ของสิ่งแวดล้อม,
49

ค
ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, 11, 70
ความเข้มของพลังงาน, 76
ความต้องการพลังงานในอนาคต, 42
ความเป็นพิษต่อมนุษย์, 203, 209
ความเป็นพิษต่อแหล่งน้ำ, 209
ความยั่งยืน, 177
ความร้อน, 109
ค่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงสุด, 11
ค่าความร้อนค่าสูง, 170
ค่าความหนาแน่นกระแสแลกเปลี่ยน, 168
ค่าดัชนีเอมเมอร์จี, 181
ค่าทรานส์ฟอร์มมิตี, 137
ค่าปัจจัยผลกระทบที่เกิดจากวัสดุหรือของเสีย
ชนิด j , 212
ค่าแฟกเตอร์สภาพอัด, 119
คาร์บอน-เครื่องยนต์, 79
คาร์บอนขับออกไซด์, 259
คาร์บอนเป็นกลาง, 251
คาร์บอนไนเซชัน, 57
ค่าสภาพเบส, 250
ค่าสัดส่วนมวลสารสัมพันธ์, 170
ค่าเอ็กเซอร์จีเชิงเคมีมาตรฐาน, 125-126
เคมีเพื่อสิ่งแวดล้อม, 285
เคมีไฟฟ้า, 163
เครื่องยนต์ความร้อน, 64
เครื่องยนต์พลังงานความร้อน, 3

ง
งาน, 1, 109
งานจากการไหล, 112

ฉ
ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภท 3, 197-198

ช
ชีวมณฑล, 146, 276
ชีวมวล, 20, 62-64, 74
เชื้อเพลิงทดแทน, 253
เชื้อเพลิงสังเคราะห์, 64

ซ
เซลล์เชื้อเพลิง, 67, 85, 163
เซลล์แสงอาทิตย์, 67, 83
โซลาร์เอมจูล, 136
โซลาร์เซลล์, 67
โซลาร์เอมเมอร์จี, 136

ด
ดัชนีความยั่งยืนเชิงเอมเมอร์จี, 149
ดีคาร์บอนเซชัน, 253

ต
ต้นทุนสำหรับการจัดการแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์,
266

เต
เตาแบบตะกั่ว, 57
เตาแบบเบดนิ่ง, 57
เตาแบบฟลูอิดซ์เบด, 57

ถ

ถ่านหิน, 21, 57

ท

ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน, 221

เทคโนโลยีใหม่เชิงเคมี, 97

เทอร์โมไดนามิกส์, 2, 107, 244

สมบัติ, 107

น

น้ำมันดิบ, 52-53

น้ำมันปาล์มดิบ, 221

น้ำมันปาล์มดึก, 221

น้ำมันปิโตรเลียม, 22

น้ำมันลิโนลิก, 221

น้ำมันโอเลอิก, 221

นิเวศวิทยาอุตสาหกรรม, 274, 277

นิเวศอุตสาหกรรม, 73

บ

บัญชีวัสดุและพลังงาน, 177

เบาว์ดัวร์ด-ปฏิกิริยา, 61

ป

ปฏิกิริยานิวเคลียร์, 16

ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม, 202

ประตูถึงประตู, 189

ปัจจัยผลกระทบจากวัสดุ, 209

ปิโตรเลียม, 52

ปูนขาว, 252

โปรแกรมแบบจำลองกระบวนการ, 221

ผ

ผลกระทบต่อทรัพยากร, 229

ผลกระทบต่อระบบนิเวศ, 229

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม, 67, 186, 195

ผลกระทบต่อสุขภาพ, 229

ผลผลิตมวลรวม, 36

ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม, 196

ผลิตภัณฑ์มวลรวม, 36, 43, 76

ผังกระบวนการผลิต, 283

ผู้ผลิตปฐมภูมิ, 135

ฝ

ฝนกรด, 203

พ

พลังงาน, 1, 106

พลังงานกล, 105

พลังงานเคมี, 105

พลังงานจลน์, 105

พลังงานใช้แล้วหมดไป, 78

พลังงานทุติยภูมิ, 29, 32, 44, 47, 51, 64, 67, 84

พลังงานน้ำ, 21

พลังงานนิวเคลียร์, 23, 78, 81, 105

พลังงานปฐมภูมิ, 51

พลังงานพาณิชยฝั่งตัว, 2

พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อ CO₂ ที่เกิดขึ้น, 239

พลังงานภายในวัสดุ, 107

พลังงานลม, 21

พลังงานศักย์, 105

พลังงานเสรีกิ๊บส์, 123, 245

พลังงานแสงอาทิตย์, 19, 133, 135

พลังงานหมุนเวียน, 78, 83

พลังงานไฮโดรเจน, 75

พลูโตเนียม, 23

พันธะเคมี, 106

พิธีสารเกียวโต, 236, 279

พืชพลังงาน, 63, 75

โพลาริเซชัน, 165

ไพโรไลซิส-กระบวนการ, 62

พ

ฟังก์ชันสถานะ, 108, 111, 116

ฟังก์ชันวิถี, 108

พืชชั้น, 23, 85, 259

พิสเซอร์โทรอปซ์-กระบวนการ, 51

ปิวชัน, 15, 23, 78, 85, 88

พุกูชิมะ, 68

ภ

ภาพรวมการใช้พลังงานในประเทศ, 39

ภาวะเรือนกระจก, 7

ภาวะสมดุล, 108

ม

มลพิษทางอากาศ, 69-70

มลสาร, 70

มลสารทางอากาศ, 70

เมทานอล, 221

เมทานอลภาวะเหนือวิกฤต, 223

เมทิลโอเลโท, 222

เมแทบอลิซึม, 16, 283

เมแทบอลิซึมในเชิงอุตสาหกรรม, 283

ย

ยุคของพลังงาน, 16

ยูเรเนียม, 16, 23-24, 139

ร

รอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์, 239

ระบบ, 106

ระบบกายภาพ/เคมี, 256

ระบบการดูดซับและแยก, 247

ระบบการดูดซึมและแยก, 247

ระบบนิเวศ, 185, 271

ระบบปิด, 109, 120

ระบบเปิด, 109, 120

ระบบพลังงาน-ความยั่งยืนของ, 71

ระบบลดผลกระทบจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์,
246

ระบบวางแผนความต้องการวัสดุ, 284

ระบบเอกเทศ, 2

โรงกลั่นน้ำมัน, 53

โรงไฟฟ้าที่นำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลับมาใช้,
256

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์, 68, 81

เซอร์โนบิล, 68, 82

พุกูชิมะ, 68, 82

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม, 162

โรงไฟฟ้าพลังงานร่วม-แก๊สฟิเคชัน, 91

โรงไฟฟ้าวัฏจักรรวม, 162

ล

ลิกวิแฟกชัน, 57

ลิกวิแฟกชัน-กระบวนการ, 62

ว

- วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, 187
- วงปฏิกิริยาเคมี, 265
- วอเตอร์-แก๊สชิฟต์-ปฏิกิริยา, 100, 246
- วอเตอร์-แก๊สชิฟต์ กลับทาง-ปฏิกิริยา, 245
- วัฏจักรแรงคิน, 3, 20, 47, 64-65, 86, 97, 114, 162, 177
- วัฏจักร, 115
- วัฏจักรคาร์บอน, 114-115
- วัฏจักรคาร์บอน, 62
- วัฏจักรเครื่องยนต์ความร้อน, 64-65
- วัฏจักรทางเทอร์โมไดนามิกส์, 114
- วัฏจักรเบรตัน, 3, 64
- วิธีประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม, 216
- วิวัฒนาการของเทคโนโลยี, 3
- วิศวกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม, 72, 285, 287

ศ

- ศักดิ์เคมีของสาร, 120
- ศักดิ์ไฟฟ้าส่วนเกิน, 167
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC), 196
- เศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม, 196

ส

- สถานะ, 107
- สถานะคงตัวไร้สมดุล, 128
- แซฟอนนิฟิเคชัน, 222
- สมการดุลพลังงาน, 110
- สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์, 118
- สมบัติที่ขึ้นกับปริมาณ, 107
- สมบัติที่ไม่ขึ้นกับปริมาณ, 107

- สมาคมพิษวิทยาทางสิ่งแวดล้อมและเคมี, 186
- สัมพรรคภาพทางเคมี, 250
- สารละลายโมโนเอทานอลามีน, 247
- สำนักงานพลังงานนานาชาติ, 27
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.), 196
- เส้นทางการแปรรูปชีวมวล, 65
- เส้นทางการผลิตสารเคมีจากวัตถุดิบหมุนเวียน, 290
- เส้นทางเดิน, 108, 110, 120, 283

ท

- หน่วยการแตกตัวเนฟทา, 201
- หน่วยการทำงาน, 191
- หน่วยปรับโครงสร้างโมเลกุล, 53, 75
- หมอกควัน, 209
- หมอกและควัน, 203
- เหมือง-การทำ, 68
- แหล่งแก๊สธรรมชาติ, 25
- แหล่งน้ำมันดิบ, 25
- แหล่งน้ำและคุณภาพ, 203
- แหล่งพลังงานปรมาณู, 19, 84

อ

- อะเดียแบติก, 108
- อีโคเอ็กเซอร์จี, 127
- อุณหพลศาสตร์, 2, 106
- อุตสาหกรรมน้ำมันใหม่, 13
- อุตสาหกรรมปิโตรเคมี, 5, 271
- อุทกพลศาสตร์, 59
- เอ็กเซอร์จี, 81, 119, 154, 156, 174
- ประสิทธิภาพ, 176

สมการเอ็กเซอร์จี, 120
เอ็กเซอร์จีจำเพาะ, 122
เอ็กเซอร์จีเชิงกล, 162
เอ็กเซอร์จีเชิงเคมี, 122, 129, 154, 161
เอทานอล, 177
 กระบวนการผลิต, 179
เอนไซม์ในเชิงอุตสาหกรรม, 283
เอนทัลปี, 112
เอนโทรปี, 2, 113, 117, 127
เอนโทรปี-การสร้าง, 118
เอนโทรปี-สมการดุล, 117

เอนเมอรัจี, 133, 136, 177
 การวิเคราะห์เอนเมอรัจี, 146
 ค่าดัชนีเอนเมอรัจี, 180
 ตัวชี้วัด, 148
 พีชคณิตของเอนเมอรัจี, 143
ไอเซนโทรปีก-กระบวนการ, 81

ฮ

ไฮโดรเจน, 164, 174
ไฮโดรเจน-การผลิต, 100

ชื่อ
20 พ.ศ. 56

พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์

พลังงาน : วิวัฒนาการ กระบวนการผลิต การวิเคราะห์และความยั่งยืน / พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์
1. พลังงาน. 2. การใช้พลังงาน.

333.79

ISBN 978-974-03-3121-6

สปจ. 1769



ศูนย์ความรู้วิชาการ ผู้สังคม
www.ChulaPress.com
Knowledge to All

ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,000 เล่ม พ.ศ. 2556

เลขหมู่ 333, 79
พ 246
2556
เลขทะเบียน 20042
วันที่ 20 พ.ย. 2556

115266

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BSTI DEPT. OF SCIENCE SERVICE

สำนักหอสมุดฯ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



1110016115

ผู้จัดทำหน้าย่ ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา

ศาลาพระเกี้ยว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441

สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881-2 โทรสาร 0-2254-9495

ม.เรศวร จ.พิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-4 โทรสาร 0-5526-0165

ม.เทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-4 โทรสาร 0-4421-6135

ม.บูรพา จ.ชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9 โทรสาร 0-3839-3239

โรงเรียนนายร้อย จปร. จ.นครนายก โทร. 0-3739-3023 โทรสาร 0-3739-3023

จัตุรัสจามจूर (CHAMCHURI SQUARE) ชั้น 4 โทร. 0-2160-5301-2 โทรสาร 0-2160-5304

รัตนธานีเบสร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9 โทรสาร 0-2950-5405

Call Center (จัดส่งทั่วประเทศ) โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>

เครือข่าย

ศูนย์หนังสือ ม.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย โทร. 0-5391-7020-4 โทรสาร 0-5391-7025

ศูนย์หนังสือ ม.วลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช โทร. 0-7567-3648-51 โทรสาร 0-7567-3652

ร้านหนังสือดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) रामค้ำแห่ง 43/1 โทร. 0-2538-2573 โทรสาร 0-2539-7091

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏเชียงราย จ.เชียงราย โทร. 0-5377-6000

ศูนย์หนังสือ ม.อุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี โทร. 0-4535-3140, 0-4528-8400-3 ต่อ 1803

โทรสาร 0-4535-3145

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏสุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี โทร. 0-7735-5466, 0-7791-3333 โทรสาร 0-7735-5468

ศูนย์หนังสือเทคโนโลยีโออาร์พีซี จ.ระยอง โทร. 0-3889-9130-2 ต่อ 331 โทรสาร 0-3889-9130 ต่อ 301

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏเทพสตรี จ.ลพบุรี โทร. 0-3642-7485-93

ร้านค้า, หนังสือเข้าชั้นเรียน ติดต่อแผนกขายส่ง สาขารัตนธานีเบสร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9 โทรสาร 0-2950-5405

กองบรรณาธิการ : ทัศนีย์ ผิวขำ

พิสูจน์อักษร : ปุณณิสา บุญเปี่ยม

ออกแบบปกและรูปเล่ม : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชอบและทำ โทร. 0-2447-2464, 08-1642-0419

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [5610-099]

โทร. 0-2218-3557 โทรสาร 0-2218-3551 www.cuprint.chula.ac.th

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.2.3	ถ่านหิน	57
3.2.4	ชีวมวล	62
3.2.4.1	การจัดการชีวมวลเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมพลังงาน	63
3.2.4.2	เทคโนโลยีสำหรับการแปรรูปชีวมวลไปเป็นเชื้อเพลิง	64
3.2.5	เทคโนโลยีสำหรับการแปรรูปเชื้อเพลิงไปเป็นไฟฟ้า	64
3.3	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน	67
3.4	ความยั่งยืนของระบบพลังงาน	71
3.4.1	ประเภทพลังงานที่จะมีบทบาทมากขึ้น	74
3.4.2	พลังงานกับเศรษฐกิจ	75
3.5	มีทางเลือกอะไรบ้าง ที่จะนำมาประยุกต์เพื่อลดการใช้หรือทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล	78
3.5.1	การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	79
3.5.2	พลังงานนิวเคลียร์	81
3.5.3	พลังงานหมุนเวียน	83
3.6	เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงาน	84
3.6.1	แหล่งพลังงานปรมาณูที่ใช้ในปัจจุบัน	84
3.6.2	กระบวนการเปลี่ยนรูปพลังงานที่ใช้ในปัจจุบัน	85
3.6.3	การส่งผ่านและแจกจ่าย	86
3.6.4	การเก็บรักษา	86
3.6.5	การใช้ประโยชน์	86
3.6.6	การประหยัดพลังงานสำหรับภาคธุรกิจและครัวเรือน	96
3.6.7	การประหยัดพลังงานสำหรับภาคอุตสาหกรรม	96
3.6.8	เทคโนโลยีใหม่เชิงเคมีเพื่อการผลิตไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง	97
3.7	บทสรุป	101
3.8	เอกสารอ้างอิง	102
4.	พลังงาน เอ็กเซอร์จี และเอนเมอร์จี	105
4.1	บทนำ	105
4.2	พลังงาน (Energy)	106
4.2.1	สมบัติ (Properties) ในบริบทของเทอร์โมไดนามิกส์	107
4.2.2	สมดุล (Equilibrium)	108
4.2.3	ความร้อนและงาน (Heat and Work)	109
4.2.4	สมการดุลพลังงานตามกฎข้อที่หนึ่งสำหรับระบบปิดและระบบเปิด	110

4.3	กฎข้อที่สองทางเทอร์โมไดนามิกส์และเอนโทรปี (Entropy)	113
4.3.1	กระบวนการผันกลับได้และผันกลับไม่ได้ (Reversible and Irreversible processes)	113
4.3.2	วัฏจักรทางเทอร์โมไดนามิกส์และวัฏจักรคาร์โนต์	114
4.3.3	เอนโทรปี	116
4.3.4	สมการดุลเอนโทรปีสำหรับระบบปิดและระบบเปิด	117
4.3.5	สมการความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ต่าง ๆ	118
4.4	เอ็กเซอร์จี (Exergy)	119
4.4.1	สมการเอ็กเซอร์จีเชิงกล-ความร้อน สำหรับระบบปิดและระบบเปิด	120
4.4.2	สมการเอ็กเซอร์จีเชิงกล-ความร้อนและเคมี สำหรับระบบปิดและระบบเปิด	122
4.4.3	อีโคเอ็กเซอร์จี (Eco-exergy)	127
4.5	เอมเมอร์จี (Emergy หรือ Embodied energy)	133
4.5.1	การคำนวณค่าเอมเมอร์จีและพีชคณิตของเอมเมอร์จี	136
4.5.1.1	กรณีที่กระแสการไหลของเอมเมอร์จีมีการแยกออกเป็นสาขา	139
4.5.1.2	กรณีที่กระแสการไหลของเอมเมอร์จีเข้ามารวมกัน	140
4.5.1.3	กฎเกณฑ์ในการทำพีชคณิตของเอมเมอร์จี	143
4.5.2	วิธีการวิเคราะห์เอมเมอร์จี	146
4.5.3	ตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินผลสำหรับการวิเคราะห์เอมเมอร์จี	148
4.6	ความเห็นเกี่ยวกับความเหมือนและความต่างระหว่างเอ็กเซอร์จีกับเอมเมอร์จี	149
4.6.1	นักวิเคราะห์ที่ใช้เอ็กเซอร์จีเป็นเครื่องมือ	149
4.6.2	นักวิเคราะห์ที่ใช้เอมเมอร์จีเป็นเครื่องมือ	151
4.7	การประยุกต์ พลังงาน เอ็กเซอร์จี เอมเมอร์จี เพื่อวิเคราะห์การแปรรูปพลังงาน	153
4.7.1	การวิเคราะห์กระบวนการเผาไหม้โดยใช้เอ็กเซอร์จี	153
4.7.2	การวิเคราะห์กระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังไอน้ำโดยใช้เอ็กเซอร์จี	156
4.7.3	การวิเคราะห์กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โบแก๊สโดยใช้เอ็กเซอร์จี	159
4.7.4	การวิเคราะห์กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์เชื้อเพลิงแบบฟิวเอ็ลล์ โดยใช้เอ็กเซอร์จี	163
4.7.4.1	การวิเคราะห์กระบวนการผ่านการทำตุลมวล พลังงานและเอ็กเซอร์จี	169
4.7.4.2	การวิเคราะห์พลังงานจากมุมมองของเอ็กเซอร์จี	174
4.7.5	การวิเคราะห์กระบวนการเอทานอลโดยใช้เอมเมอร์จี	177

4.8	บทสรุป	182
4.9	เอกสารอ้างอิง	182
5.	การประเมินตลอดวงจรชีวิต	185
5.1	บทนำ	185
5.2	คำจำกัดความของการประเมินตลอดวงจรชีวิต	186
5.3	กรอบการทำงานของ การประเมินตลอดวงจรชีวิตตามมาตรฐานสากล	188
5.3.1	การกำหนดเป้าและกรอบการประเมิน	188
5.3.2	การกำหนดขอบเขตการประเมิน (Boundary)	189
5.3.3	ระดับของรายละเอียดในการประเมิน	190
5.3.4	การเลือกขอบเขตเชิงพื้นที่และเวลา	190
5.4	หน่วยการทำงาน (Functional unit)	191
5.5	การจัดทำบัญชีวัสดุและของเสีย (Inventory analysis)	192
5.5.1	ตัวอย่างการคำนวณภาระทางสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการ	200
5.6	การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Impact assessment)	202
5.6.1	วิธีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)	207
5.6.2	วิธีการคำนวณค่าปัจจัยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	217
5.7	การแปลหรืออธิบายผลการประเมิน (Interpretation)	218
5.8	ข้อจำกัดของการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิต	219
5.9	กรณีศึกษา : การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 2 กระบวนการ	220
5.9.1	เป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา	220
5.9.2	การทำบัญชีวัสดุและของเสีย	221
5.9.3	การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	221
5.9.4	การจำลองกระบวนการ	221
5.10	บทสรุป	231
5.11	เอกสารอ้างอิง	232
6.	การจัดการกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	235
6.1	บทนำ	235
6.2	การคำนวณเกี่ยวกับการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	237
6.3	รอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ (Carbon footprint)	239

6.3.1	เป้าหมายและขอบเขต	240
6.3.2	แหล่งข้อมูล	240
6.4	ขั้นตอนการพิจารณาระบบสำหรับลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ	241
6.5	สมบัติทางกายภาพ เคมี เคมี-กายภาพและชีวภาพ ที่จำเป็นสำหรับการสร้าง	
	กระบวนการลดผลกระทบจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	243
6.5.1	กระบวนการที่ใช้สมบัติทางกายภาพในการดำเนินการ	243
6.5.2	กระบวนการที่ใช้สมบัติทางเคมีในการดำเนินการ	243
6.5.3	กระบวนการที่ใช้สมบัติทางเคมี-กายภาพในการดำเนินการ	244
6.5.4	กระบวนการที่ใช้สมบัติทางชีวภาพในการดำเนินการ	244
6.6	ค่าทางเทอร์โมไดนามิกส์กับการเปลี่ยนรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	244
6.7	กระบวนการลดผลกระทบจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	
	และผลการประเมินเบื้องต้น	246
6.7.1	ระบบกายภาพ	247
6.7.2	ระบบเคมี	249
6.7.3	ระบบกายภาพ/เคมี	256
6.7.4	ระบบชีวภาพ	262
6.8	การใช้ประโยชน์จากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	263
6.9	การกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะยาว	264
6.10	แนวคิดเกี่ยวกับการใช้วงจรปฏิกิริยาเคมี (Chemical Looping System)	265
6.11	ประเด็นต้นทุนสำหรับการจัดการแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้า	266
6.11.1	ต้นทุนจากการดักเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	266
6.11.2	ต้นทุนจากการหลีกเลี่ยงการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	267
6.11.3	ต้นทุนของไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	268
6.12	บทสรุป	269
6.13	เอกสารอ้างอิง	270
7.	นิเวศวิทยาอุตสาหกรรม	271
7.1	บทนำ	271
7.2	ความเป็นมา คำจำกัดความและเป้าหมายนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม	274
7.2.1	เป้าหมายของนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม	277
7.2.2	การประเมินความยั่งยืนในเชิงปริมาณ	277
7.3	แนวคิดหลักของนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม	279

7.4	เมแทบอลิซึมในทางอุตสาหกรรม	283
7.5	เครื่องมือสำหรับสนับสนุนแนวคิดนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม	285
7.5.1	เคมีเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green chemistry)	285
7.5.2	วิศวกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green engineering)	287
7.5.3	กระบวนการผลิตที่สะอาด (Green production)	288
7.5.4	การออกแบบเพื่อตอบคำถามด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับขั้นตอนต่าง ๆ	291
7.6	กรณีศึกษา	296
7.6.1	นิเวศวิทยาอุตสาหกรรมที่เมือง Kalundborg	296
7.6.2	การคาดการณ์พลังงานในอนาคต โดยใช้แนวคิดนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม	297
7.7	บทสรุป	309
7.8	เอกสารอ้างอิง	313
ดัชนี		315
Indices		322

ชื่อ
20 พ.ศ. 56

พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์

พลังงาน : วิวัฒนาการ กระบวนการผลิต การวิเคราะห์และความยั่งยืน / พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์
1. พลังงาน. 2. การใช้พลังงาน.

333.79

ISBN 978-974-03-3121-6

สปจ. 1769



ศูนย์ศูนย์ข่าวการ สู้สังคม
www.ChulaPress.com
Knowledge to All

ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,000 เล่ม พ.ศ. 2556

เลขหมู่ 333, 79
พ 246
2556
เลขทะเบียน 20042
วันที่ 20 พ.ย. 2556

115266

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้จัดทำหน้าย ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา

ศาลาพระเกี้ยว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441

สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881-2 โทรสาร 0-2254-9495

ม.เรศวร จ.พิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-4 โทรสาร 0-5526-0165

ม.เทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-4 โทรสาร 0-4421-6135

ม.บูรพา จ.ชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9 โทรสาร 0-3839-3239

โรงเรียนนายร้อย จปร. จ.นครนายก โทร. 0-3739-3023 โทรสาร 0-3739-3023

จัตุรัสจามจूर (CHAMCHURI SQUARE) ชั้น 4 โทร. 0-2160-5301-2 โทรสาร 0-2160-5304

รัตนธานีเบศรี (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9 โทรสาร 0-2950-5405

Call Center (จัดส่งทั่วประเทศ) โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>

เครือข่าย

ศูนย์หนังสือ ม.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย โทร. 0-5391-7020-4 โทรสาร 0-5391-7025

ศูนย์หนังสือ ม.วลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช โทร. 0-7567-3648-51 โทรสาร 0-7567-3652

ร้านหนังสือดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) रामคำแหง 43/1 โทร. 0-2538-2573 โทรสาร 0-2539-7091

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏเชียงราย จ.เชียงราย โทร. 0-5377-6000

ศูนย์หนังสือ ม.อุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี โทร. 0-4535-3140, 0-4528-8400-3 ต่อ 1803

โทรสาร 0-4535-3145

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏสุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี โทร. 0-7735-5466, 0-7791-3333 โทรสาร 0-7735-5468

ศูนย์หนังสือเทคโนโลยีโออาร์พีซี จ.ระยอง โทร. 0-3889-9130-2 ต่อ 331 โทรสาร 0-3889-9130 ต่อ 301

ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏเทพสตรี จ.ลพบุรี โทร. 0-3642-7485-93

ร้านค้า, หนังสือเข้าชั้นเรียน ติดต่อแผนกขายส่ง สาขารัตนธานีเบศรี (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9 โทรสาร 0-2950-5405

กองบรรณาธิการ : ทัศนีย์ ผิวขำ

พิสูจน์อักษร : ปุณณิสา บุญเปี่ยม

ออกแบบปกและรูปเล่ม : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชอบและทำ โทร. 0-2447-2464, 08-1642-0419

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [5610-099]

โทร. 0-2218-3557 โทรสาร 0-2218-3551 www.cuprint.chula.ac.th

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

BSTI DEPT. OF SCIENCE SERVICE

สำนักหอสมุดฯ มหาวิทยาลัยพระปริการ



1110016115