

講座名:エネルギーシステム論
(副題):エネルギーの供給と利用の変革

社会システムの変革による省エネルギー (第12回)

2013年12月21日

お茶の水女子大学講義棟

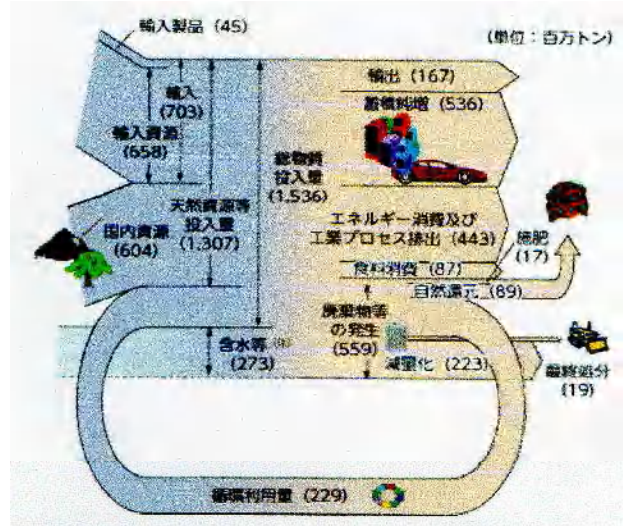
特定非営利活動法人 NPO ブルーアース 松村 眞

目次

1. 日本のマテリアルバランス
2. 一人1日あたりの資源消費量
3. 資源消費抑制の方法
4. ライフスタイルの変革事例
5. ビジネススタイルの変革事例
6. 社会システムの変革事例
7. リサイクルの目的と優先順位

1. 日本のマテリアルバランス ① H21年度

H24年版:環境・
循環型社会・
生物多様性白書
図3-1-1



1. 日本のマテリアルバランス ② H21年度 単位: 百万トン/年

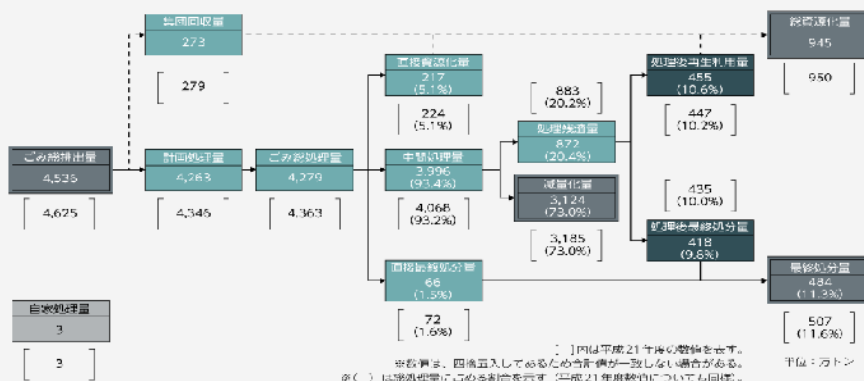
投入量	総物質投入量	1,536	703(輸入)	658(輸入資源)
	天然資源投入量	(1,307)	604(国産)	45(輸入製品)
	循環資源投入量	229		
	付随水分、銹滓など	273		
産出量	536(蓄積純増加分)			
	443(エネルギー消費と、原料中の水分など大気と水域への放散分)			
	167(輸出)			
	87(食糧消費)			
	559(廃棄物)	229(循環資源)		
		223(減量化)		
		89(自然還元、うち17が施肥)		
	19(最終処分: 埋め立て)			

1. 日本のマテリアルバランス ③ 特徴

- (1)日本の資源投入量は年間で18億トン。国民一人当たりでは14トン／年、38kg／日。産出も約18億トン。
- (2)資源循環量は2.3億トンで投入量の13%
- (3)産出の30%は建築物や設備になって蓄積、25%は主にエネルギーして消費、31%の5.6億トンが廃棄物になる。
- (4)輸入資源は国内資源より多い。主にエネルギーと鉱物資源。
- (5)エネルギー消費量が高水準。
- (6)製品輸出は輸入資源の約4分の1。廃棄物は日本に残る。
 - ・ 廃棄物には一般廃棄物と産業廃棄物に区分される。
 - ・ 一般廃棄物は、家庭系が約2／3、業務系(オフィスとサービス業)が約1／3。
 - ・ 産業廃棄物は、主に製造業・建設業・農畜産業・下水処理業の廃棄物で19品目が指定されている。

1. 日本のマテリアルバランス ④ 一般廃棄物フロー

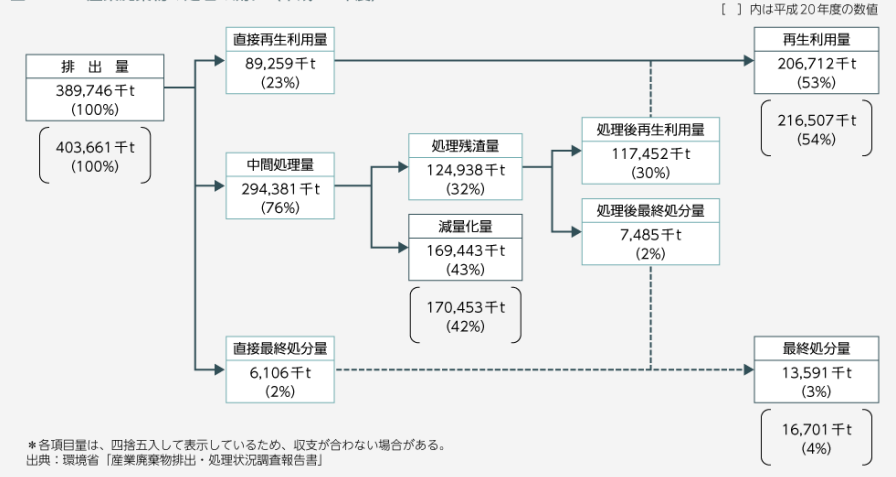
図3-1-6 全国のごみ処理のフロー (平成22年度)



注1：計量基準等により、「資源運出量」と「ごみの最終処理量」(＝焼却処理量＋直接資源化量)は一致しない。
 2：資源運出量は、焼却処理量と一致しない場合がある。
 3：「1」内は平成21年度の数字を示す。
 4：資源運出量(%)＝(中継処理量÷(直接資源化量＋中継処理量))×100
 5：「直接資源化」とは、資源化等を行う施設を経ずに直接再生産業者に搬入されるものであり、平成10年度家庭資源より新たに設けられた項目。平成9年度までは、項目「資源化等の中継処理」に計上されていたと推定される。
 6：東日本大震災により、南三陸町(宮城県)の廃物が欠損である。

1. 日本のマテリアルバランス ⑤ 産業廃棄物フロー

図 3-1-7 産業廃棄物の処理の流れ (平成 21 年度)



1. 日本のマテリアルバランス ⑥ 廃棄物フローの概要

- (1) 一般廃棄物の発生量は年間で0.5億トン。
国民一人当たりで350kg/年、0.96kg/日。
- (2) リユースとリサイクルが5.1%、焼却が93%、直接埋立てが1.6%。
- (3) 焼却すると22%に減少し、この半分が資源化利用、残る半分が埋立て。
- (4) 産業廃棄物の発生量は年間で3.9億トン。一般廃棄物の7.8倍。
- (5) 国民一人当たりで約3トン/年、8.3kg/日。
- (6) 内訳は、がれき15%、汚泥45%、家畜糞尿23%で可燃物は5%以下。
リユースとリサイクルが23%、減量化処理が76%、直接埋立てが2%。
減量化は脱水と焼却で、76%が32%に減少、ほとんどが資源化利用。

2. 一人1日あたりの資源消費量 ①

区分	種類	消費量(概略)	
		一人1日あたり	年間/国
エネルギー	石油 (2010)	4.6 リットル (4.1 kg)	214,326 千kl
	LNG(2010)	2.1 m ³ (1.51kg)	7,056 万トン
	LPG(2010)	0.36 kg	1,695 万トン
	石炭 (2010)	4.0 kg	18,664 万トン
	(エネルギー計)	(10.0 kg)	
食料	米 (2009)	0.16 kg	746 万トン
	トウモロコシ(2010)	0.36 kg	1620 万トン
	魚介類 (2009)	0.21 kg	986 万トン
	果実 (2009)	0.18 kg	820 万トン
	小麦 (2009)	0.13 kg	603 万トン
	芋類(2009)馬・甘	0.09 kg	445 万トン
	大豆(2009)	0.08 kg	362 万トン
	(食料計)	(1.21 kg)	

2. 一人1日あたりの資源消費量 ②

区分	種類	消費量(概略)	
		一人一日あたり	年間/国
無機素材	鉄鋼(2011)	1.06 kg	4970 万トン(内需)
	アルミニウム(2010)	0.08 kg	385 万トン
	ガラス(2011)瓶・板	0.05 kg	250 万トン
	セメント(2009)	1.24 kg	5800 万トン
	(無機素材計)	(2.38 kg)	
その他参考	木材(2010)	0.75 kg (1.50m ³)	7025 万m ³
	紙(木材の一部)	0.59 kg	2658 万トン(2011)
	プラスチック(2011) (石油の一部)	0.24 kg	1122 万トン
資源消費量計(紙とプラスチックを除く)		14.3 kg	

日本の毎日の資源消費量は、体重の約2割に達している。子孫に貴重な資源を残し、サステナブル(継続可能)な社会を築くには、貴重な資源の消費抑制とリサイクルが必要。

3. 資源消費抑制の方法 ① 環境対策の3領域

(第1領域): 環境負荷物質の発生抑制分野

大分類	中分類	細分類、事例
環境負荷物質の発生抑制	製品の長寿命化と再利用	ライフスタイルに含める
	廃棄物の資源化(リサイクル)	回収廃棄物から再生原料へ
		再生原料から製品や燃料へ
	ライフスタイルと社会システムの変革	ライフスタイルの変革
		ビジネススタイルの変革
		社会システムの変革
	クリーンエネルギーの供給	太陽エネルギー、風力など
原・燃料からの汚染物質除去	燃料脱硫、石炭の洗炭など	
省エネルギー、省資源	1次産業、製造業、サービス業など全業種と民生分野	

3. 資源消費抑制の方法 ② 環境対策の3領域

(第2領域): 環境負荷物質の処理と処分の分野、(第3領域): 環境管理の仕組の分野

大分類	中分類	細分類、事例
環境負荷物質の処理と処分	発生源処理(上流対策)	集塵、排煙脱硫 有害物資処理など
	集中処理(中流対策)	下水処理 廃棄物集中処理
	最終処分(下流対策)	埋立
	損傷環境の修復(最下流対策)	土壌汚染サイトの修復、植林、富栄養化湖沼の修復
環境管理の仕組	環境関連法令整備	法規制整備
	環境アセスメント	事前対策体制整備
	環境マネジメントと環境モニタリング	日常管理と監視

4. ライフスタイルの変革事例 ① 身近な生活改善

ライフスタイルメニュー	内容と省エネルギー・省資源効果
ヒートポンプエアコンの利用 給湯器、エアコン	1万Kcalの値段：都市ガス135円、電気290円、 灯油100円、LPG180円。 ヒートポンプなら約100円(暖房用)
インターネット新聞購読 (宅配との選択制導入)	新聞用紙需要(現12%)の節減。 宅配エネルギーの節減。夕刊廃止。
そば屋も割り箸から塗り箸へ	消費量は年間260億膳、1人200膳。 消費量の9割以上が輸入(中国)。 中国は丸太から作る。そば屋は今も割り箸。
賞味期限表示冷蔵庫(期待)	ICタグによる液晶画面表示。食材ロス節減。
HEMS(家庭エネルギー管理)	家庭内のエネルギー消費を「見える化」する。
カーシェアリング	自家用車は1日平均1時間利用。カーシェアリング は1日3時間利用で効率大。集合住宅で普及期待
太陽熱温水器	ガス機器との接続使用で給湯需要の5割カバー。

4. ライフスタイルの変革事例 ② 身近な生活改善

ライフスタイルメニュー	内容と省エネルギー・省資源効果
4サイクル低燃費 原付自転車	ギアチェンジ4ストローク: 120km/リットル(新聞配達)。 ギアチェンジなし4ストローク: 50~80km(メットイン)。
年賀状メール	郵便1通は原油換算で5g分のエネルギー消費。 電子年賀状100通で0.5g分。
長寿命住宅	120平方メートル住宅の建築は木材15トンが必要。 エネルギー消費は原油換算10トン分が必要。 木材住宅寿命: 日本30年、欧米80年以上。
生分解プラスチック	釣り具、魚網、ゴルフのティー、キャンプ用品、 農業ビニール、農業マルチ、苗木ポット。
二重ガラスと外断熱	複層ガラス窓、天井断熱に代わる屋根下断熱。 床断熱に代わる地表面断熱で空調エネルギー5割節減。
電磁(IH)ヒーター	安全性大、エネルギー効率はガスと同等。

5. ビジネススタイルの変革事例 ①

ビジネススタイルメニュー	内容と省エネルギー・省資源効果
テレビ会議	航空機・新幹線エネルギーの節減。 出張時間・旅費の節減。
在宅勤務	通勤エネルギー・時間の節減。 時間自由度の拡大。 2010年500万人？ 在宅勤務手当支給。 石油140万KL分節減、運動不足懸念？
人感センサー照明・空調管理	不在時自動消灯、空調自動スイッチオフ。
人感センサー自販機管理	不在時、休日スイッチオフ。 自販機電力：120kWh～200kWh/月
転勤の抑制	転勤より現地採用（共働き増加、生活重視）。 引越し負担とエネルギーの節減。
出向の抑制	出向より転籍（流動性増大）。

5. ビジネススタイルの変革事例 ②

ビジネススタイルメニュー	内容と省エネルギー・省資源効果
職住接近	首都圏の職住地域最適配分で、平均通勤距離35%短縮、エネルギー消費は大幅に低減。 石油換算：400万KL分節減可。 現在：1人1日平均で4200kcal（往復）
タクシー相乗り追加料金	ロンドン、パリ、シカゴが採用。
電子ペーパー	1人1年1万枚のコピー用紙半減。
学校給食の選択制	残飯（1食50～70g）の減量効果大。
宅配便の集約化	コンビニ拠点で、新聞・封書・クリーニング・通販の宅配を集約。宅配車の大幅減。緊急は別。
スーパーの計り売り	サイズ規格の軽減、規格外品の廃棄防止（流通側）。 パック売りによる買い過ぎロス防止（消費側）。
賞味期限の改善	商品廃棄量の軽減。店頭商品管理の負担軽減。

6. 社会システムの変革事例 ①

社会システムメニュー	内容と省エネルギー・省資源効果
サマータイム	省エネルギー：午前中の日照エネルギー有効利用、夕方は増エネルギー、差し引き60万KL分の節減。
風力発電の拡大	最大5000kw（直径116メートル）。海上設置の推進。 抗力ではなく揚力で駆動、先端は時速80k/h。
ごみ焼却発電	日本の発電効率は平均で12%、欧米25%。
プラスチック混合収集	発電効率25%なら焼却発電で電力回収が有利。
ごみ処理有料化	発生量は1人1日1.2kg、収集と処理の費用は1kg70円。 有料化で減量化とリサイクル促進。
合併浄化槽	下水処理場同等処理水準、集中と分散の最適選択。 事業者が定期的に浄化槽汚泥を処理し、設備を保守。
ディスプレイ導入	焼却ごみ減量化、衛生環境向上、ごみ収集エネルギー低減、下水処理汚泥のメタン発酵増大。
部品交換	BMWは再生エンジンを純正部品扱い、自動車の長寿命化。

6. 社会システムの変革事例 ②

社会システムメニュー	内容と省エネルギー・省資源効果
太陽電池発電事業	発電事業者が、住宅や工場の屋根を借りて太陽電池を設置、発電して卸売りする。個人の投資リスク回避。 設備資金はファンドとして、個人を含めて出資者を集める。設備の設置と維持は個人ではなく発電事業者。
飲料缶の材料統一	製造エネルギーはアルミが大、再利用はアルミが少。 飲料缶はアルミに統一。消費者の分別排出、分別収集、施設の分別に要する手間と費用の削減。
学校教科書の電子媒体化	小中学校の教科書をタブレット端末化。複数の教科書を収録配布。ランドセル小型化。教科書印刷の紙資源削減（8000ページ、木材30kg、石油エネルギー10kg分）。
地域ネットワーク会社	電力供給・ガス供給・水道供給・下水道など、基礎インフラサービスは、地域ごとに集約。検針と集金の集約、ネットワーク設備の共同管理と維持で効率向上。
図書館サービスの一部有料化	図書館費用は一人1回700円。定額負担（低額）や貸出の有料化で利用効率向上。

7. リサイクルの目的と優先順位 ①

種類	目的	回収率、再資源化率
収益リサイクル	収益確保	市場価値が高いもの（例：貴金属）が高 市場価値が低いもの（例：鉄くず）が低
資源リサイクル	地球資源保全	希少な資源（例：銅、鉛、亜鉛）が高 豊富な資源（例：鉄、アルミ）が低
	資源セキュリティ確保	輸入資源は高（例：銅、鉛、亜鉛） 国産資源は低（例：石灰、ガラス）
省エネルギーリサイクル	温暖化抑制 エネルギー資源の保全	エネルギー多消費財が高（例：アルミ、紙） エネルギー少消費財が低（例：PETボトル）
環境保全リサイクル	埋立容積負荷軽減	かさばるもの（例：空き缶・ビン）が高 かさばらないもの（例：泥状物質）が低
	環境汚染防止	有害物質（例：有害重金属）が高 無害物質（例：焼却灰）が低
	中間処理費用軽減	中間処理費用の高いものが高 （例：焼却処理を要する廃棄物）
	景観保護	散乱しやすいものが高（例：飲料カン、ビン）
理念リサイクル	環境意識の向上	分別しやすいものが高（飲料容器）

7. リサイクルの目的と優先順位 ②

天然資源の
稀少性

資源名	生産量 (P)	埋蔵量 (R)	可採年 (R/P)
銀	1.46万 t	28万 t	19年
亜鉛	733万 t	1.47億 t	20
スズ	21.1万 t	428万 t	20
金	1818 t	4.2万 t	23
チタン	645万 t	1.73億 t	27
銅	903万 t	3.52億 t	39
石油	29.9億 t	1328億 t	45
天然ガス	19.3億 t	1018億 t	53
ニッケル	87.2万 t	4900万 t	56
鉄	9.83億 t	661億 t	67
コバルト	4.34万 t	331万 t	76
石炭	34.7億 t	5158億 t	148
アルミニウム	1.14億 t	218億 t	192

出典：
「廃棄物工学」
表1.3、p26

7. リサイクルの目的と優先順位 ③

飲料容器のリサイクル目的 適合性評価(例)		中古自動車・参考	飲料容器 (非収益リサイクル・税負担)								
			スチール缶	アルミ缶	アルミボトル	ガラスビン	PETボトル	塩ビボトル	紙カートン	紙缶	
収益リサイクル	収益確保	◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—
資源リサイクル	地球資源保全		△	△	△	×	○	△	×	×	
	資源セキュリティ確保		△	△	△	×	△	△	×	×	
省エネルギー	省エネ効果と温暖化抑制		○	◎	◎	△	△	△	△	△	
環境保全リサイクル	埋立容積負荷軽減		◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	
	汚染防止 (重金属など)		×	×	×	×	×	×	×	×	
	景観保護 (散乱抑制)		◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	
	処理費用軽減 (焼却など)		×	×	×	×	×	×	×	×	
理念リサイクル	環境意識の向上		○	○	○	○	○	○	○	△	

7. リサイクルの目的と優先順位 ④

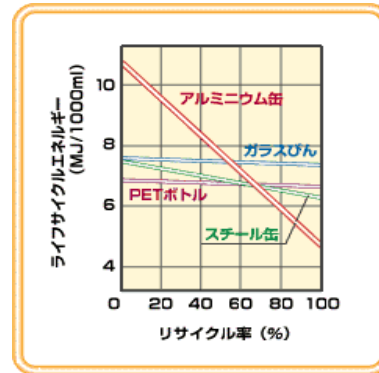
リサイクル飲料容器の 容器適合性評価(例)	重要性	スチール缶	アルミ缶	アルミボトル	ガラスビン	PETボトル	塩ビボトル	紙カートン	紙缶
分別の容易さ (混合のし難さ)	A	○	○	◎	○	○	○	△	×
積載容易性 (強度) (輸送、貯蔵)	B	◎	◎	◎	○	◎	○	△	×
素材の複合性 (分離不要性)	A	○	◎	◎	○	○	○	○	○
資源化必要エネルギー	A	△	◎	◎	△	○	○	◎	◎
重量	B	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎
耐久性	C	◎	◎	◎	○	○	○	△	×
資源化商品価値	A	○	◎	◎	△	○	×	×	×
内容透視性	C	×	×	×	◎	◎	◎	×	×
使用中保存性	B	△	△	◎	◎	◎	◎	△	△
容器費用	C	◎	○	△	○	○	△	◎	◎
総合評価		○	◎	◎	△	◎	×	×	×

7. リサイクルの目的と優先順位 ⑤

スチール缶とアルミ缶のエネルギー消費
(350ml)

エネルギー	スチール缶	アルミ缶
鉱石から製造	43g	58g
回収・再熔融	3.4g	1.8g

- ・アルミの熔融エネルギーは鉄より小さい
- ・使い捨てならスチール缶がエネルギー少
- ・回収率が高ければアルミ缶が少
- ・スチール缶は缶材の薄板に戻せない。
- ・トップのアルミは資源化困難。
- ・アルミは約8割が缶材に戻せる。



出展 : 軽金属、Vol. 46, No11, p,611

8. ライフスタイルとリサイクルのまとめ ① ライフスタイル

ライフスタイルと社会システム

- ・ われわれは、わずかな利便性と快適性のために、無意識に多くの資源とエネルギーを使っている。
- ・ ライフスタイル・ビジネススタイル・社会システムの変革で、技術革新と関係なく環境負荷を減らせる方法は多い。
- ・ 環境問題は日常生活に結びつけて具体的に考えるのが有益。抽象的な総論はもう十分。

8. ライフスタイルとリサイクルのまとめ ② リサイクル

1. 収益性のないリサイクルは、リサイクルの目的を明確にし、社会的な合意形成を図る(省資源? 省エネ? 環境保全?)。
2. 同じリサイクルでも、効率の視点から対象品目を選ぶ。
(紙: オフィス用紙? 包装用紙? プラスチック: 飲料容器? 包装容器?)
3. 複数の資源化方法がある場合は、費用対効果を定量的に評価し最適な方法を採用する(プラスチック: 焼却発電? 再生資源化?)。
4. リサイクルの費用には、排出者の分別、貯蔵、収集、輸送、資源化処理、販売まですべてを含める。分別品目と回収頻度の増大による人件費の負担、回収車両のエネルギー消費も定量的に考慮する
5. 飲料容器リサイクルは、容器を限定し集約化することで、分別・収集・選別の費用を減らせないか? スチール缶とアルミ缶の両方が必要か?
6. プラスチックのリサイクルは、焼却発電より有意義か?
7. 「混ぜればごみ、分ければ資源」もあれば、「混ぜても分けてもごみ」もある。