

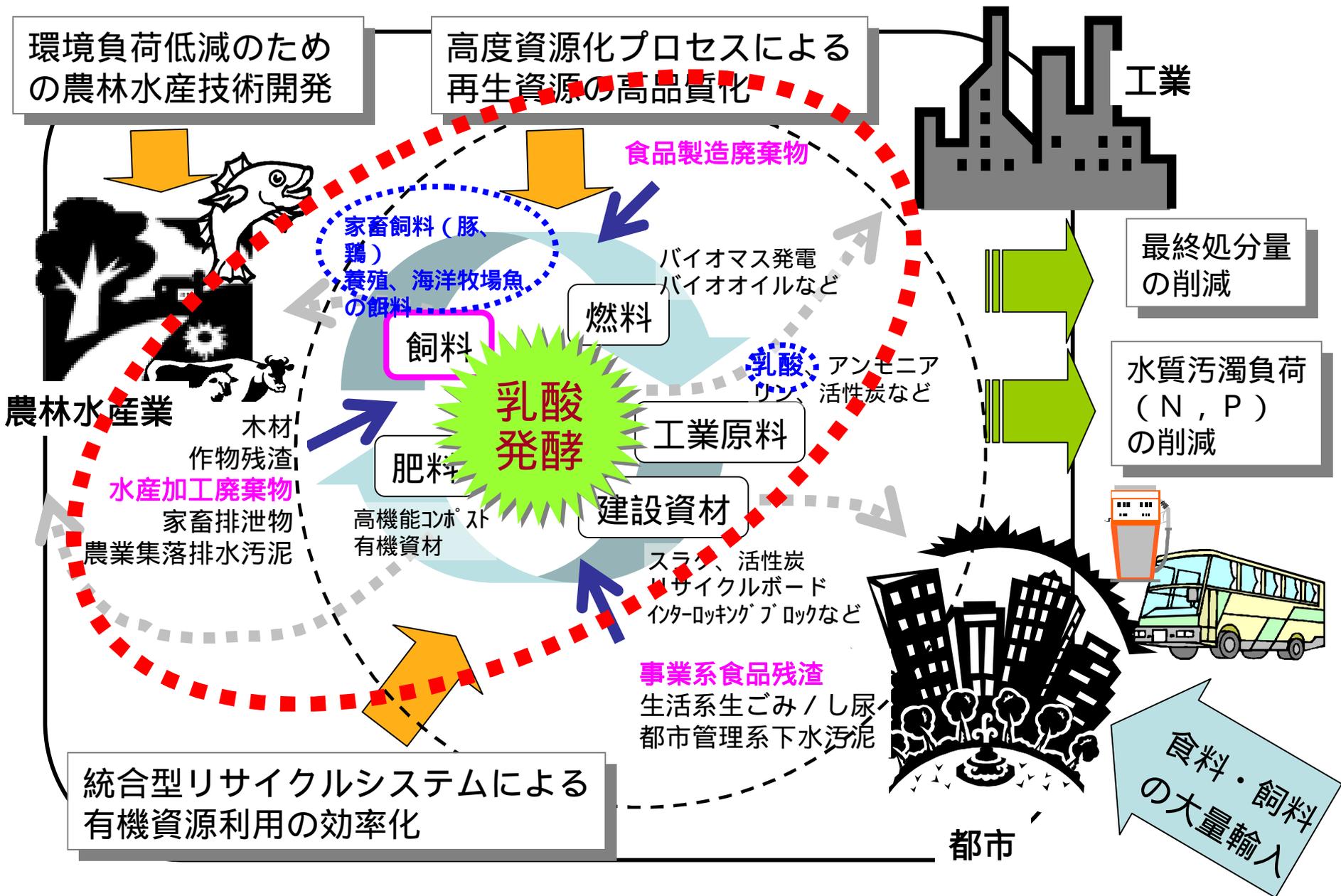
平成17年9月22日

資料 5-2

循環資源特性に着目した 有機性廃棄物循環利用システム の構築(中間報告)

独立行政法人 国立環境研究所 井上雄三

有機性廃棄物の資源化システム構築



調査研究の方向性

多種多様な有機性廃棄物

データベース化
種類・量・成分特性

ある設定地域における
廃棄物発生状況の把握

循環資源回収量の予測

成分特性に適した
循環技術の選択

循環技術の組み合わせ検討

設定地域における
循環資源の需要

循環利用システムの設計・評価

有機性廃棄物の循環利用の形態

発酵プロセス

目的製品は化学物質
残さ発生量が多い
排水発生量が多い

バイオガス化

メタン発酵

水素発酵

工業原料化

アルコール発酵

乳酸発酵

高含水量
廃棄物向き

マテリアルリサイクル

減量化プロセス

製品組成が複雑で変動が大きい
残さはほとんど発生しない

固形燃料化

低含水量
廃棄物向き

焼却

サーマルリサイクル

炭化

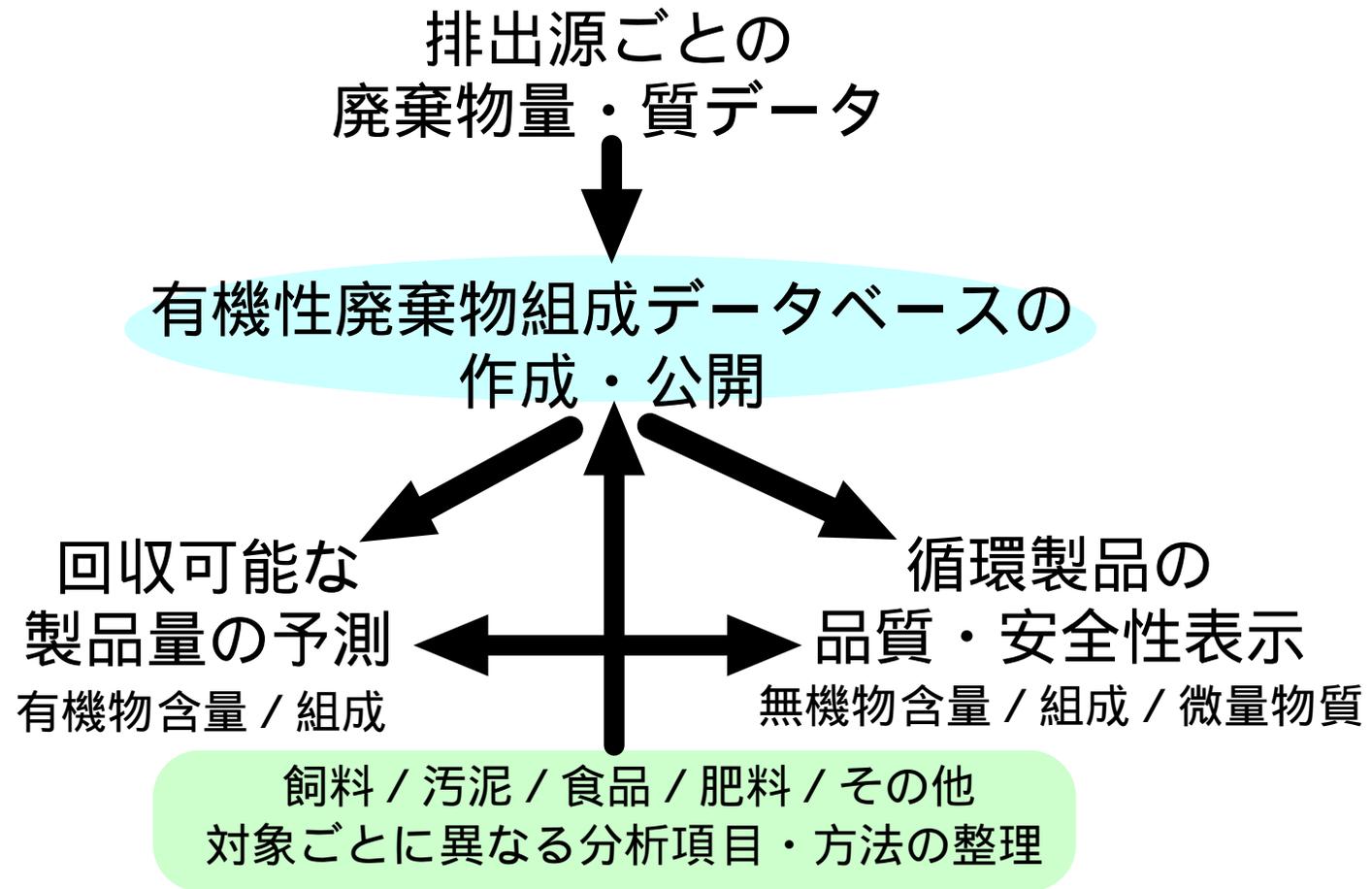
飼料化

コンポスト化

循環製品回収量が最重要
残さの再循環利用が必要

製品品質・安全性の確保
需給バランスに注意

循環利用システム設計・需給伝達に必要な情報とは？



例えば重金属類を対象とした場合

廃棄物（環告13号）：溶出量規制 ↔ 飼料（飼料分析基準）：含有量規制
堆肥（肥料取締法）：含有量規制

廃棄物組成データに基づいた循環資源回収量の予測 (1)

- メタン発酵の場合 -

CH₄ガス生成量 V

$$V(\text{m}^3/\text{kg-湿潤廃棄物}) = 3.16 \times 10^{-3} \times C_A + 0.03 \quad (\text{A})$$

C_A : 有機物 - (リグニン+ヘミセルロース) (%)
(保井ら, 環境科学会誌14(2))

廃棄物の擬似分子式を $C_n H_a O_b N_c$ と仮定して(Buswellの式)

$$V(\text{m}^3 / \text{mol}) = 22.4 \times (0.5n + 0.125a - 0.25b - 0.375c) \quad (\text{B})$$

$$V(\text{m}^3/\text{kg-COD}_{cr}) = 0.35 \times \text{COD}_{cr} \times R \quad (\text{C})$$

R : 分解率 (生ごみの場合0.6 ~ 0.8 , 汚泥0.3 ~ 0.4)

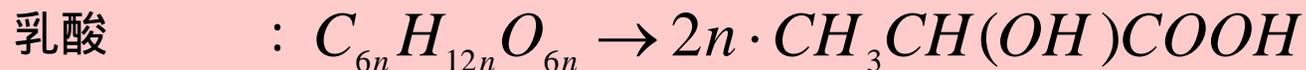
< 有機物成分の細分類 : 生分解性の違いにより細分化 >



廃棄物組成データに基づいた循環資源回収量の予測 (2)

- アルコール・乳酸発酵の場合 -

理論的には, 1molの糖質から2molの乳酸 / アルコール生成



乳酸生産量 P_L (kg/kg-湿潤廃棄物)

$$P_L = 2 \times (0.01 \times C_B / 180) \times 90 \times X = 0.01 \times C_B \times X \quad (D)$$

生ごみの場合 $X=0.7 \sim 0.8$ (大河内ら実測値)

アルコール生産量 P_A (kg/kg-湿潤廃棄物)

$$P_A = 2 \times (0.01 \times C_B / 180) \times 46 \times X = 0.0051 \times C_B \times X \quad (E)$$

C_B : 糖質 (%)

X : 基質として利用できる糖類の割合 (-)

セルロース + ヘミセルロース + 糖質の合計量のうち,
糖質の占める割合で近似できないか? 検証必要

廃棄物組成データに基づいた循環資源回収量の予測 (3)

- その他の循環利用 -

炭化の場合

炭化物量 C_H (kg/kg-湿潤廃棄物)

600 処理時 :

$$C_H = 0.01 \times (\text{灰分} + \text{有機物} \times 0.29) \quad (\text{F})$$

(中野ら, 化学工学会(2001))

400 ~ 450 処理時 :

$$C_H = -1.34 \times A + 1.48 \quad (\text{G})$$

A : 強熱減量 (堀井ら, 廃棄物学会(2000))

熱利用の場合 (固形化燃料 / 焼却熱)

利用可能な熱量 Q (kJ/kg-湿潤廃棄物)

$$Q = \text{低位発熱量} = \text{高位発熱量 } H_0 - 600 \times (9h + w) / 100 \quad (\text{H})$$

h : 水素の量 (%) w : 水分の量 (%)

$$Q = 210 \times C - 1035.5 \quad (\text{保井ら, 環境科学会誌14(2)}) \quad (\text{I})$$

C : 有機物含有率 (%) = 100 - 水分 (%) - 灰分 (%)

廃棄物組成データに基づいた循環資源回収量の予測

(4)

- 適用例 -

組成データ (湿重ベース)

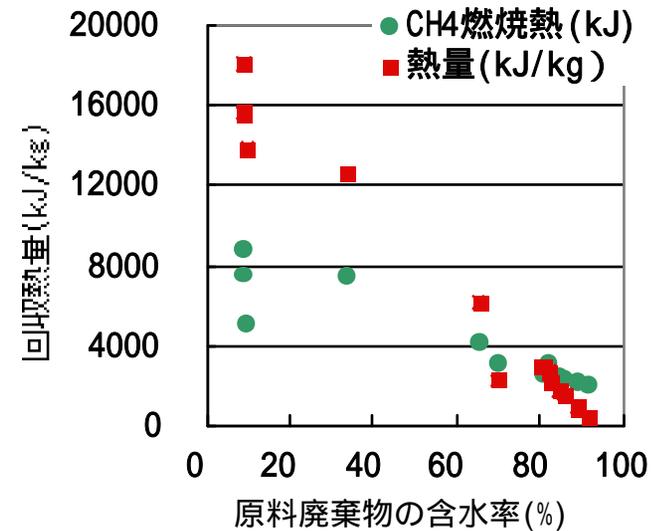
乳酸: (D)式

メタン: (A)式

熱量: (I)式を用いて
それぞれ予測

	試料名	含水率	糖質	リグニン	セルロース	ヘミセルロース	たんばく質	脂質	灰分
農業系 廃棄物	トマト残さ	84.6	5.5	1.7	2.5	1.2	1.7	0.4	2.7
	なす残さ	82.8	3.3	3.6	4.1	1.7	2.2	0.3	2.3
	ブロッコリー残さ	89.1	3.4	0.4	1.7	1.2	2.6	0.3	1.9
	はくさい残さ	91.6	3.6	0.2	1.1	0.5	1.4	0.1	1.8
	にんじん残さ	85.9	4.1	2.3	2.1	1.2	2.5	0.2	2.1
	もみ殻	9.7	9.7	18.9	19.3	21.7	1.0	0.4	19.7
	稲わら	8.9	16.7	13.0	25.6	16.0	6.0	2.9	12.1
	木くず	8.7	22.6	25.4	33.5	5.0	2.4	1.9	0.5
食品系 廃棄物	コーヒーかす	65.5	6.3	5.6	10.2	5.1	4.4	2.7	0.3
	おから	80.6	2.4	0.4	2.3	6.9	6.0	0.9	0.8
	ミカンの皮	82.1	7.0	2.0	3.7	0.9	1.5	2.4	0.3
	パンくず	33.7	36.9	0.0	1.2	14.9	9.1	2.9	1.6
	汚泥	69.9	13.7	0.7	0.0	0.0	2.2	0.3	14.4

	試料名	乳酸(kg)	CH4燃焼熱(kJ)	熱量(kJ/kg)
農業系 廃棄物	トマト残さ	0.039	2427	1634
	なす残さ	0.023	2397	2098
	ブロッコリー残さ	0.024	2127	848
	はくさい残さ	0.025	1928	344
	にんじん残さ	0.029	2265	1491
	もみ殻	0.068	4974	13791
	稲わら	0.117	7489	15555
	木くず	0.158	8783	18033
食品系 廃棄物	コーヒーかす	0.044	4153	6151
	おから	0.017	2612	2871
	ミカンの皮	0.049	3041	2661
	パンくず	0.258	7447	12552
	汚泥	0.096	3074	2262



廃棄物性状と回収熱量の相関

メタン発酵 > 直接熱利用
含水率70~80%

組成データベースの利用法

組成データベースを作成することで何が可能になるか？

(資料2)

国立環境研究所・埼玉県環境科学国際センター



<作成中の組成データベース例>

	試料名	含水率	灰質	糖質	たんぱく質	脂質	セルロース	ヘミセルロース	リグニン	炭素	窒素	T-C	T-N
農林産物	トマト乾き	87.1	2.2	1.2	2.9	2.5	1.8	0.3	2.3	4.7	0.3		
	なす乾き	82.8	0.0	3.5	5.2	4.3	2.2	0.3	2.3	6.9	0.4		
	ブロッコリー乾き	89.1	2.9	0.4	2.2	1.1	2.6	0.3	1.9	4.1	0.4		
	はくさい乾き	91.6	3.6	0.2	1.1	0.5	1.4	0.1	1.8	2.9	0.2		
	にんじん乾き	85.9	4.4	1.3	2.0	2.0	2.5	0.2	2.1	5.5	0.4		
	ほうろふんそう乾き	86.4	4.0	0.5	1.4	2.5	3.1	0.3	2.7	5.1	0.5		
	さといも(糖芋)	83.8	8.2	1.2	1.9	0.9	2.5	0.2	2.1	5.5	0.4		
	まきわり乾き	88.0	3.0	1.0	2.4	1.2	1.3	0.3	3.2	4.1	0.2		
	らみ草	9.7	9.7	18.9	19.3	21.7	1.0	0.4	19.7	27.6	0.6		
	稲わら	8.9	16.7	13.0	25.6	16.0	6.0	2.9	12.1	27.3	0.7		
まぐず	8.7	22.6	25.4	33.5	5.0	2.4	1.9	0.5					
食品産物	コーヒー粉	65.5	2.2	8.5	8.9	7.2	4.4	3.2	0.3	18.6	0.7		
	お茶がら	69.7	6.0	5.1	2.7	11.6	3.6	1.0	1.3	14.0	0.6		
	大豆	68.1	0.0	1.1	2.8	9.1	16.8	5.1	4.2	17.0	2.7		
	小豆がら	69.5	7.3	2.9	11.1	6.2	2.8	0.1	0.4	4.1	0.7		
	冷凍麺	68.1	26.8	0.8	0.0	0.4	3.1	0.2	0.6	13.9	0.5		
	キャベツくず	93.9	2.9	0.4	1.1	0.1	1.2	0.1	0.7	2.3	0.2		
	肉類	86.0	0.0	1.0	1.1	6.4	5.5	0.1	1.0	6.4	0.9		
	畜産生ごみ(肉)	78.5	6.4	0.6	0.9	3.7	3.7	5.7	1.4	11.1	0.6		
畜産生ごみ(骨)	71.5	8.2	0.0	1.7	2.6	4.0	5.4	1.7	11.7	0.6			

○成分値に基づいた循環資源回収量の予測例

<各廃棄物からの資源回収量予測式>

乳酸発酵による乳酸回収

$$L(\text{kg/kg}) = 9.1 \times 10^{-3} \times (1 + 4.34 \times C_H/C) \times C_{\text{Carb}} - 0.0069$$

メタン発酵で得られるエネルギー(メタン燃焼熱)

$$V(\text{m}^3/\text{kg}) = 3.16 \times 10^{-3} \times C_A + 0.03$$

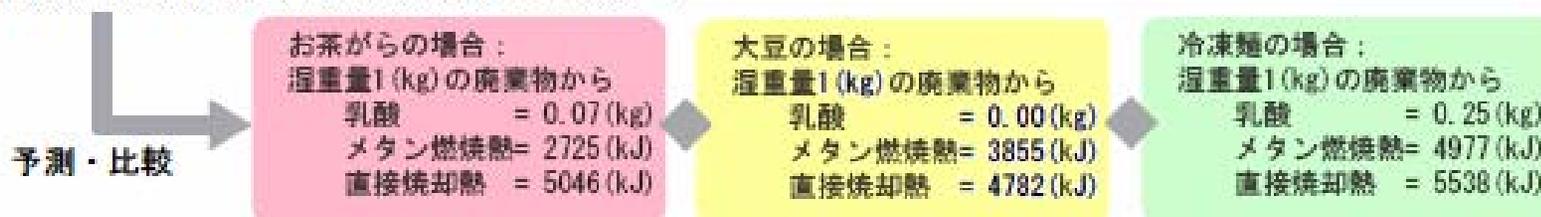
$$E_c(\text{kJ/kg}) = 8.91 \times 10^5 \times (V/22.4)$$

直接燃焼(焼却)熱:

$$E_d(\text{kJ/kg}) = 210 \times C - 1035.5$$

C_H :ヘミセルロース(%), C_{Carb} :糖質(%),

C :有機物(=100-水分-灰分)(%), C_A : $[C - (\text{リグニン} + C_H)]$



- 各廃棄物から回収可能な資源量を予測し、比較検討することが可能
→ 最適なりサイクル方法の選定
- 複数の組成が異なる廃棄物の組み合わせを比較検討することが可能
→ 近隣で発生しているバイオマス資源の探索

システム設計のフロー

有機性廃棄物循環利用システムの設計に関する調査研究

(資料1)

国立環境研究所・埼玉県環境科学国際センター



食品廃棄物の実態調査方法

大分類	中分類	調査対象の抽出及び調査方法等		廃棄物量原単位 推定方法
		調査対象の抽出	調査法及び 回収結果等	
製造業	食料品製造業 飲料・たばこ・飼料製造業 (飲料品等製造業を対象)	市販の工場に関するデータブックから埼玉県における食料品及び飲料製造工場全て(食料品製造業920件、飲料品等製造業100件の計1,020件)を抽出	アンケート調査を実施 住所不定等による返却が食料品161件、飲料品等21件、回収率はどちらも約28%	アンケート調査及びヒアリング調査結果より推定
卸売・小売業	飲食料品卸売業	市場に関するインターネットホームページ及び埼玉県公開資料をもとに抽出	食品、青果、総合市場各1ヶ所の現地調査	現地調査結果及び文献調査結果より推定
	各種商品小売業 (スーパーマーケット)	市販のスーパーマーケットに関するデータブックから埼玉県における売上高上位6社を抽出し、インターネットの情報からアンケート調査に協力的であると思われる、計7社を抽出	アンケート調査を実施 回答があったものは、4社5店舗(このうち全店舗平均値が2店舗)	アンケート調査及びヒアリング調査結果より推定
飲食店、宿泊業	一般飲食店 遊興飲食店	保健所データより、産業分類細分類の分布割合にしたがって1,000件抽出	アンケート調査を実施 回収率平均25%(産業分類小分類別0%～63%)	アンケート調査及びヒアリング調査結果より推定
医療、福祉	医療業(病院、一般診療所)	埼玉県公開資料及び保健所データより抽出		
教育、学習支援業	学校(小中学校を除く)			
	小学校	給食施設設置校	埼玉県内、 の教育委員会より調査結果提供(詳細:1校、月別廃棄物量:全校)	埼玉県川越市教育委員会提供資料より推定
		給食センター利用校		
	中学校	給食センター利用校		
サービス業	その他のサービス業 (集会場)	保健所データより抽出	アンケート調査を実施 回収率平均25%(産業分類小分類別0%～63%)	アンケート調査及びヒアリング調査結果より推定
その他	事業所(社員食堂等)	埼玉県公開資料及び保健所データより抽出		

注)事業所(社員食堂等)は、産業分類上は様々な区分に含まれることになるが、排出形態は類似するものと考え、「その他」として括り、区分することとした。

注)飲食店、医療業、学校(小中学校を除く)、集会場、社員食堂の回収率平均はこれら全体の回収率の平均値。

業種別有機性廃棄物量の推計方法

大分類	中分類	小分類あるいは細分類	廃棄物量原単位	単位	廃棄物量推計式
製造業	食料品製造業及び飲料品等製造業		従業員当り廃棄物量	kg/人/日	原単位×従業員数
			出荷額当り廃棄物量	kg/円	原単位×出荷額
卸売・小売業	飲食料品卸売業	野菜卸売業及び果実卸売業	取扱い重量当り廃棄物量	kg/t	原単位×取扱い重量
		食肉卸売業	牛、豚取扱い頭数当り廃棄物量	kg/頭数	原単位×取扱い頭数
		生鮮魚介卸売業	取扱い金額当り廃棄物量	kg/円	原単位×取扱い金額
	各種商品小売業	百貨店・総合スーパー(スーパーマーケット)	従業員当り廃棄物量	kg/人/日	原単位×食品売上率(利益)×従業員数
飲食店、宿泊業	一般飲食店 遊興飲食店		従業員当り廃棄物量	kg/人/日	原単位×従業員数 (ただし、1～4人と5人以上と2区分)
医療、福祉	医療業	病院、一般診療所	病床数当り廃棄物量	kg/床/日	原単位×病床数
教育、学習支援業	学校(小中学校を除く)		生徒あるいは学生当り廃棄物量	kg/人/日	原単位×生徒数(または学生数)
	小・中学校	小学校、中学校	児童あるいは生徒1人当り廃棄物量	g/人/日	原単位×生徒数(または児童数)
サービス業	その他のサービス業	集会場	従業員当り廃棄物量	kg/人/日	原単位×従業員数
その他	事業所(社員食堂等)		従業員当り廃棄物量	kg/人/日	原単位×従業員数

注) 製造業(食料品製造業、飲料品等製造業)における廃棄物量原単位は、他業種とのバランスを考慮した場合、従業員当り廃棄物量の方が適当であるが、出荷額当り廃棄物量の方がばらつきが少ない。

発生量原単位

大分類	中分類	小分類	細分類	単位	今回調査			文献値			
					件数	廃棄物量原単位			廃棄物量原単位		
						平均	最大	最小	a	b	c
卸売業			食肉卸売業	kg/頭数	1	70.50	-	-	-	-	-
			生鮮魚介卸売業	kg/円	-	-	-	-	-	13.0	-
			野菜・果実卸売業	kg/t	1	16.60	-	-	0.18	-	-
小売業	各種商品小売業	その他の各種商品小売業(スーパー)	kg/人/日	5	2.15	-	-	3.54	4.27	3.31 ~ 4.54	
		飲食物品小売業	kg/店/日	-	-	-	-	-	30	-	
製造業	食料品製造業	畜産食料品製造業		kg/円	24						
				kg/人/日	30	4.55	22.29	0.00			
			肉製品製造業 (その他肉製品含まず)	kg/円	17	52.00			58	-	-
				kg/人/日	10	2.14	7.50	0.00			
		乳・乳製品	kg/円	7	62.00			-	-	-	
			kg/人/日	18	6.04	22.29	0.00				
		水産製品	kg/円	7	10.00			45	-	-	
			kg/人/日	7	3.76	13.79	0.10				
		農産製品	kg/円	18	83.00			148	-	-	
			kg/人/日	30	6.25	24.46	0.00				
		調味料	kg/円	9	14.00			115	35	-	
			kg/人/日	19	4.65	43.33	0.00				
		パン・菓子	kg/円	46	71.00			74	-	-	
			kg/人/日	60	6.04	180.00	0.00				
		小麦粉・その他の粉製品	kg/円	15	91.00			135	-	-	
			kg/人/日	38	7.92	180.00	0.00				
		調理済・半調理済製品その他	kg/円	21	92.00			-	44、89	-	
			kg/人/日	58	7.92	125.00	0.00				
	飲料製造業	清涼飲料水	kg/円	6	126.00			106	-	-	
			kg/人/日	3	0.00	0.01	0.00				
酒類		kg/円	2	405.00	807.00	2.00	506	-	-		
		kg/人/日	10	286.00	2,402.88	0.00					
茶・コーヒー		kg/円	-	-			35	-	-		
	kg/人/日	10	11.28	112.40	0.00						
飲食店		従業員1~4人	kg/人/日	102	1.89						
		従業員5人~	kg/人/日	11	2.16			1.25	-	-	

注1) 食品・飲料製造業について、今回の廃棄物量推計では、飲食業及び小売業とのバランスをとるために従業員当り廃棄物量原単位を使用。

注2) 文献値の出典は以下の通り。

卸売市場(水産)b; 不明

卸売市場(青果)a; 日環センター所報No.27 2000 p.67より。0.6g/kgの30%が厨芥。

スーパーa; 日環センター内部資料より。990kg/人/年。

スーパーb; 「産業廃棄物再資源化等可能性調査研究報告書」平成12年3月、産業廃棄物再資源化等可能性調査研究委員会(埼玉県)p.10-11

スーパーc; 今岡先生調査資料より計算。

小売; 青果店のみ。「野菜くず等資源化システムづくりをめざして 野菜くず堆肥化等検討会平成10年度報告」1999年3月、東京都生活文化局編、p.109

食品工場a; すべて日環センター内部資料より。

食品工場b; すべて「広島県福山地域振興計画調査報告書」平成14年3月、財団法人中国産業活性化センターより。

飲食店a; 日環センター内部資料より。312kg/人/年。

埼玉県における食品系廃棄物発生量

大分類	中分類	小分類	細分類		従業員数等	廃棄物量 (t/年)		
				番号				
卸売業		食肉卸売業		238	147,477	2,984		
			生鮮魚介卸売業	239		-		
			野菜・果実卸売業	237	274.5	4,557		
小売業	各種商品小売業	その他の各種商品小売業(スナック)	280	2,310	134			
		飲食料品小売業	267	-	-			
製造業	食品工場	畜産食料品製造業	22	8,582	142			
		水産製品	23	2,196	30			
		野菜缶詰・果実缶詰・農産保存食料品	24	3,945	90			
		調味料製造業	25	2,887	49			
		糖類製造業	26	-	-			
		精穀・製粉業	27	-	-			
		パン・菓子製造業	28	19,517	430			
		動植物油脂製造業	29	-	-			
		その他の食料品製造業	30	27,825	805			
		飲料・たばこ・飼料製造業	清涼飲料製造業	32	865	679		
			酒類製造業	33	134	0		
			茶・コーヒー	34	994	1		
		小計						9,901
	飲食店	(平均値)	従業員 4人以下	一般飲食店		140,800	3,459	
食堂、レストラン					91,637	3,237		
一般食堂(別掲を除く)				306	27,792	1,370		
日本料理店				307	16,624	1,037		
西洋料理店				308	15,499	485		
中華料理店				309	20,706	122		
焼肉店(東洋料理のもの)				310	9,808	111		
東洋料理店				311	1,208	112		
そば・うどん				312	13,692	5		
すし				313	10,954	0		
喫茶店				314	7,827	2		
その他の一般飲食店				315	16,690	215		
ハンバーガー				316	10,310	223		
お好み焼き				317	1,941	366		
その他の一般飲食店				318	4,439	29		
その他の飲食店					52,763	301		
居酒屋・ビアホール				322	32,358	19		
料亭				320	1,231	3		
バー・キャバレー・ナイトクラブ				321	19,174	279		
従業員 5人以上				(平均値)	一般飲食店		114,678	
					食堂、レストラン		77,113	
					一般食堂(別掲を除く)	306	24,534	
					日本料理店	307	13,976	
					西洋料理店	308	14,229	
					中華料理店	309	14,633	
					焼肉店(東洋料理のもの)	310	8,726	
					東洋料理店	311	1,015	
	そば・うどん	312	9,170					
	すし	313	7,536					
	喫茶店	314	5,282					
	その他の一般飲食店	315	15,577					
	ハンバーガー	316	10,295					
	お好み焼き	317	1,041					
	その他の一般飲食店	318	4,241					
	その他の飲食店		0					
	居酒屋・ビアホール	322	17,451		1,269			
	料亭	320	1,083					
	バー・キャバレー・ナイトクラブ	321	11,764					
	小計							12,644
	総計							22,545