住居空間の構成と経済が家庭・産業

廃棄物の量と成分に及ぼす影響 (1)

申 丘 澈*

序 文

近年文明国において、ごみの処理、処分、再利用は、人口の増加、産業の発達とともに緊急に解決しなければならない問題となってきた。それにもかかわらず、ごみ問題の解決は、一般に民間企業体に任せられていて、学問的な基礎研究を行なっている大学はいまだに少ない現状である。ドイツ連邦では、1960年に初めて Stuttgart 工科大学で衛生工学科の講義科目に、ごみ学 (Abfallwirtschaft) が正式に取り上げられるようになった。

ごみの問題を、学問的に究明する必要性が痛感されると同時に、ごみ検査の推せん書が作成され、しかもこの推せん書に基づく検査機械が同大学で製作された。本文は、ドイツ連邦政府の委託研究として、14地域のごみ検査の結果を総合的な立場からまとめたものである。

本論文を、日本で発表する機会を与えて下さった京都大学工学部教授岩井重久博士に深く謝意を表する。

1. 緒 論

住居地域の住民、工業、商業および農業などの各系から、ごみが排出される。これらのごみは収集されて処理、または回収されたり、あるいは衛生的に安全に処分されなければならない。公衆衛生、水資源、経済、美観などの諸要求と一致するようごみの収集、処理および処分などの技術的な方法を選択する場合には、つぎの事項を考慮しなければならない。

1. 住居地域の規模と構造。
2. 住居地域の地形および地質的条件と交通事情。
3. 住居地域の人口密度と住民の分布。
4. 住居地域の住民の職業分野、すなわち農業、商

業、工業および行政など。

5. 住居地域における産業の種類。

これらの諸項目が、住居地域から排出されるごみの量と成分とに影響を及ぼしている。正しいごみの処理と処分とを計画する場合には、長期間の予備検査によって、ごみの量と成分とを正確に調べる必要がある。

このようなごみの予備検査が、1963～1967年の間に、ドイツ連邦の4都市と10地方郡において実施された。いままでに、局地的な問題を解決するのに役だってきたこれらの検査結果を、総合的な立場から検討してみる必要がある。

本文においては、住居地域の構造、とくに住居地域の人口、人口密度、住民の職業および社会的地位などと、これらの地域から排出されるごみの量と成分との関係を考察することにした。

さらに、毎年ごみの排出量が増加し、またその成分も多様化しているので、現在のごみの検査から将来予想されうごみの排出量と成分とを推定する必要がある。ごみの検査時に測定したごみの組成別の量を、同一成分である生産物の量、たとえば、紙くずと新しい紙、ガラスくずと新しいガラス、残飯、ちゅうかいと缶詰食料品、灰と石灰などとの関係を求めて、ごみの組成別の将来の傾向を推定してみることにした。

2. ごみ検査の実施

2.1 ごみの定義

ごみとは家庭、道路、広場、市場、産業系などから、それぞれ排出される固形状の廃棄物のなかで、下水道へ排出されないものの総称である。この定義によれば、粗大物、すなわち、かさばる物 (家具、冷蔵庫、洗たく機など) もこのなかに含まれる。

* Koo Cheul Shin

西独 Stuttgart 工科大学主任研究員, Dr.-Ing.

したがって、住居地域のごみにはつぎのものが含まれる。

家庭ごみ、粗大ごみ、庭園ごみ、道路清掃ごみ、産業廃棄物、と畜（殺）場廃棄物、土建廃材など。

これらのごみの組成・成分を表 2.1 に示す¹⁾。ごみの予備検査では、家庭ごみ、粗大ごみ、産業廃棄物などを調査したので、本稿ではこの 3 種類のごみだけに関して述べることにする。

表 2.1 ごみの組成・成分

1. 家庭ごみ	
有機質：	ちゅうかい、残飯、紙、布、 ビニール・プラスチック、木くずなど
無機質：	灰、ガラスの破片、陶磁器、 金属製調度品など
2. 粗大ごみ	家具、冷蔵庫、洗濯機など調度品、 大きい庭園ごみ、大きい包装物、 古タイヤなど
3. 庭園ごみ	植物ごみ、落葉、切枝など
4. 道路清掃ごみ	
有機質：	市場からのごみ、街路樹の落葉と切枝、 紙くず、家畜糞など
無機質：	道路表面の磨滅物、冬季の雪氷用散布物、 飛じんなど
5. 産業廃棄物	
有機質：	食品工場の生産廃棄物、なめし皮工場 繊維工場、および化学工場などの廃棄物、 紙、ビニール・プラスチック、木製などの包装物、 のこくず、塗料など
無機質：	各種生産部門からの廃棄物、灰とスラッグ、 金属、陶磁器、ガラス製包装物など
6. と畜（殺）廃棄物	家畜の糞、内臓、骨、角、ひずめなど
7. 土建廃材	
有機質：	木、プラスチック製建材など
無機質：	石、土砂、金属など

2.2 ごみ検査の必要性

ごみの処理、処分の方法としては、

- a. 正規のたい積
- b. コンポスト化
- c. 焼却

などがまず考えられる。これらの方法は単独に、あるいは、適当に組み合わせられて行なわれる。ごみの処理、処

分の方法に関して、誤った判断を下すことによって、経済的に大きな損失をこうむったり、水資源の汚濁という大きな危険をおかしたりすることがある。これらのことを考えると、ごみ処理の方法を選択する場合には、じゅうぶんな注意と慎重さが必要なことは容易に理解できるよう。したがって、ごみの予備検査に要する費用を節約しようとする考えは誤っているといえる。

予備検査は、計画地区のごみ処理の問題に及ぼす各種の影響の相互関係を明確にし、採用すべき処理または処分方法を最終的に決定するために、重要な使命をもっている。

たとえば、ごみ量は処理場の機械、構造物の設計に、成分は処理方法（コンポスト化、焼却など）の選定に役だつものである。ごみの量と成分とは、いずれも季節の変化とともに変動するので、処理場を計画する場合には、この変動をじゅうぶんに考慮しなければならない。ごみの予備検査が処理場の正確な計画の基礎になることに対して、疑いをもつ人が多い。下水処理場を計画する場合には、通常下水の水質検査を行なうが、ごみの場合には、ほとんど行なわれていないのが現状である。下水の量と成分とは、長期間にわたる統計上の平均値があるが、ごみの場合には、このような資料が整備されていないので、ごみの検査が非常に重要であることは疑うまでもない。ドイツ連邦では、上・下水道の場合におけるような検査基準書が、ごみに関してはまだ決められていない。しかし、Verband Kommunalen Fuhrparks- und Stadtreinigungs betriebe (VKF と称する“都市ごみの運搬および清掃協会”)では、ごみの検査を推せん書 (Merkblätter) にしたがって行なうことをすすめている²⁾。本稿で述べる 14 地域におけるごみの検査は、この VKF の推せん書にしたがって行なわれたので、検査結果の相互比較が可能である。

2.3 ごみ検査の方法

ごみ検査は野外および実験室で行なわれ、それぞれつぎの諸項目が対象となっている。

1. 野外検査

重量・容積、粒径、組成、水分

2. 実験室における分析

有機質・有効有機質、発熱量、全炭素・有効炭素、全窒素・有効窒素、pH 値、自己発酵、有毒物

ごみ検査の精確度は、主としてつぎの 4 項目に左右される。

1. 検査区域の代表的なごみの試料を収集すること。
2. 収集したごみの試料を、実験室における分析用に、正確に準備・処理すること。

3. 現場の事情に一致した検査結果が得られるような検査方法、分析方法を採用すること。

4. 検査結果を正確に、しかも正当に判断すること。

2.3.1 ごみの野外検査

2.3.1.1. ごみの重量

処理場の設計には、ごみの重量がまず問題になる。同一場所で、週2回以上のごみの収集が行なわれる場合には、そのつどいちじるしい重量の差が現われるので、重量測定は1週間にわたって行なわれるべきである。また、一都市の特定区域を選ばずに、全都市にわたって重量測定を行なう必要がある。精確な値を得るには、1年間連続的に、少なくとも隔週ごとに測定することが望ましい。処理場の計画基準や統計用には、測定量を単位人口および単位年当りに換算する($t/人/年$)。処理場の機械装置、たとえば運搬装置、破碎機などの効率を評価するためには、さらにごみの量を作業日数当りに換算する必要がある($t/人/日$)。

2.3.1.2 ごみの容積

ごみの容積は、ごみ箱の数、運搬車、ピットおよびごみたい積場などの設計に必要である。ごみの総容積を直接測定することは、技術的に困難であるので、一定の計画下に選定された試料の容積重量(比重に相当する)($Raumgewicht, t/m^3$)を、まず直接求める。

総容積は、つぎのように計算される。

$$\text{総容積} = \frac{\text{総重量}(t)}{\text{平均容積重量}(t/m^3)} (m^3)$$

容積重量は、ごみの圧密性の度合によっていちじるしく異なるので測定は困難である。ごみを平地に軽く台形状に積んで測定する一般の方法では、大きな誤差を生じる。図2.1に示すようなごみの検査は、ごみ箱が充満するのを待って、ごみ収集日と同一日に行なわれるべきである。

図 2.1 ごみの容積重量の測定用の板囲い

a. ごみのふるい分け

b. ごみの選別

図 2.2 ごみの分析機械(野外用)

しかしごみ検査は、検査地区の平常のごみ搬出作業に支障をきたさないで、これと平行して行なわれなければならない。試料用のごみ箱は、前もってペンキで印をつけておく。ごみ運搬車は、試料用に指定されたごみ箱以外のごみ総量を全地域にわたり、平常どおりに収集して、もよりの車両ばかりで総重量が測定される。運搬車の自重を1日1回ひょう(秤)量する必要がある。ごみの重量測定後に、ごみ捨て場で $3m \times 4m$ の木さく内に、運搬車からごみを軽く落して容積を測定する。あらかじめ測定されたごみの重量とそれからあとの容積とから比重(ドイツ連邦では、ごみに関しては $Raumgewicht$, 容積重量, kg/l で表現する)が計算される。容積測定は手間がかかるので、運搬車1台当たり1日1回だけ測定される。検査用の試料を集めるためには、別途に収集車1台が走りまわり、指定されたごみ箱からごみを集めて検査機械の場所へもってくる。

2.3.1.3 ごみ試料の収集

なるべく大量のごみを、できるだけ簡単な方法で検査する必要がある。精確な検査結果を得るには、正確な試料の収集が重要である。ごみ収集区域の経済的、社会的機構にしたがって、ごみの量と成分とはいちじるしく異なる。したがって、全地域から代表的な試料を集めるた

めには、商店街、住宅と商店との混成街、住宅街、官庁街、会社街などの配分を考慮しなければならない。一度決められた試料の収集地点は、検査の全期間中は変更してはいけない。

試料の量は多いほどよいが、1日で完了される野外分析量によって制限される。図2.2に示す Stuttgart 工大の野外分析機械では、1日約3～5 m³のごみが処理される。重量測定と同じように分析も、1週間にわたって行なわれるべきである。重量測定と分析を同じ日に平行に行なえば、分析結果を直接ごみの総量に換算できる利点がある。大都市では年間12回、小都市では6回または4回、一定間隔をおいて行なうのが望ましい。ごみ分析機はコンベア、三段式振動ふるい、破碎機、これに付属している選別作業台、バケツ、小型運搬車などから構成されている。図2.3に野外実験と実験室用試料の準備作業の工程を示す。

図 2.3 ごみ検査の順序

2.3.1.4 ごみのふるい分け（粒径検査）

ごみ分析の第1作業として、ふるい分けが行なわれる。図2.2.aに示すように、コンベアによって、ごみは三段式振動ふるいに送られ、つぎの4種類の大きさにふるい分けられる。

フラクシオン I 粒径 0～8 mm 微細ごみ

フラクシオン II 8～40mm 中ごみ
フラクシオン III 40～120mm あらごみ
フラクシオン IV 120mm以上 ふるいかす

微細ごみは、主として灰、土から成り立っており、これはごみの焼却またはコンポスト化などに対して、ときには悪影響を及ぼすので、その量を知る必要がある。しかし、中ごみ以上をさらに3種類にふるい分けることは、処理場の計画には重要でなく、単にそれからあとの選別作業を容易にするためである。

2.3.1.5 ごみの選別（組成検査）

ごみの組成は、処理の可能性に従ってつぎの3種類に手で選別される⁸⁾。

第1類：焼却にもコンポスト化にもできないもの。これを不活性質（inerte stoffe）と称する。

1) 鉄類。

2) ガラス、石、陶器、れんがなど。

第2類：焼却にもコンポスト化にもできるもの。便宜上、これを有機第1種（Organisches I）と称する。

布、紙、わら、動・植物性廃棄物など。

第3類：焼却だけできるもの。これを有機第2種（Organisches II）と称する。

木、皮革、厚紙、ゴム、骨、プラスチックなど。

微細ごみ（フラクシオン I）の選別はできない。中ごみ（フラクシオン II）は、焼却にもコンポスト化にもできる有機質第1種に属しているという前提で、前記のような選別は行なわれないが、手磁石で鉄類だけを選別する。したがって、あらごみとふるいかす（フラクシオン III と IV）だけが、それぞれ別個に手選別される（図2.2 b 参照）。選別されたごみは、それぞれひょう量される。第1類の不活性質は、それからあとの実験には、もはや使用されずに廃棄されるが、実験結果の解析計算には、不活性質の量を考慮しなければならない。そのほかの第2、第3類は、フラクシオンごとに再びいっしょに集められ、それからあとの実験室の試料用にあらかじめ破碎される（図2.3参照）。

2.3.1.6 実験室用の試料の準備

分析用の試料には、さらに少量のごみでじゅうぶんである。この試料をなるべく正確に収集するために、ごみをフラクシオンごとに（フラクシオン I は除外）8 mm 以外に破碎機で碎き、この破碎ごみをじゅうぶんに混合したあとでまず約10 ℓを採集する。この10 ℓからさらに1 ℓごとに3個の試料を取り、105℃の乾燥器内で24時間乾燥させる（図2.3参照）。

2.3.1.7 ごみの水分

ごみの試料を現場から実験室へ運搬する途中でごみの水分損失を防ぐために、ごみの水分を現場において直ちに測定する必要がある。2.3.1.6 項の実験室用の試料の乾燥が、同時に水分の測定にもなる。乾燥時に試料を3個に分ける理由は、乾燥をよくするためと3個の平均水分を求めるためである。水分の測定後には、3個の試料をフラクションごとに再びいっしょにする。すなわち、毎日4個の試料ができあがり、月曜から金曜までの5日間には計20個の試料が集められる。水分は、コンポスト化や焼却の可能性の判断に役だつものである。

$$\text{水分}(W) = \frac{\text{乾燥前の重量} - \text{乾燥後の重量}}{\text{乾燥前の重量}} \times 100(\%)$$

2.3.2 実験室におけるごみの分析

野外で大きっぱに破碎されて実験室へ持ち込まれた試料は、精密分析用にさらに2段階に分けて破碎される。

手磁石によって細かい鉄類が除去されたあとで、まず切断式破碎机 (Messermühle) によって5 mm以下に破碎される。この試料は、自己発酵および pH の測定に使用される。残りの試料は、グライнда式破碎机 (Kugelmühle) によって、さらに粉状にされ、つぎの測定に用いられる。

有機質量、有効有機質量、発熱量、全炭素、有効炭素、全窒素、有効窒素

実験目的に従って、分析は個々の試料または混合試料について行なわれる。Wiedenbrück 郡の混合試料の計算例を表2.2に示す。

- 1) 4個のフラクションの混合からなる日平均試料 (たとえば, 167 g)。
- 2) 各フラクションの週平均試料 (たとえば, 521 g)。
- 3) 全フラクション混合からなる週平均試料(100 g)。

この平均混合試料の分配は、試料収集区域のごみの総量、ふるい分け、選別、水分などの野外検査の結果を考慮にいれて計算される。

2.3.2.1 ごみの有機質 (Organische Substanz)

有機質量の測定は、ごみの焼却、コンポスト化の可能性の予備判断に役だつものである。全有機質量は、775°Cにおける強熱減量 (Glühverlust) として表わされ、

$$\text{強熱減量} = \frac{\text{乾燥重量} - \text{強熱残量}}{\text{乾燥重量}} \times 100(\%)$$

全有機質のほか、ごみや汚泥のコンポスト化には、生物学的な分解の可能性または有機質が問題になる。詳細は2.3.2.3項に述べられている。

2.3.2.2 ごみの発熱量 (Heizwert)

発熱量には、高位発熱量 (Brennwert, H_o) と低位発熱量 (Heizwert, H_u) とがあるが、焼却炉では (高位発熱量には達しないので)、後者を使ったほうがよい。これは1 kgのごみの燃焼時に、実際に得られる熱量を意味する。この熱量は、焼却炉や蒸気ボイラの設計に役だつものである。実験的には固形燃料に関する DIN 51708に従って、燃焼熱 (高位発熱量, H_o) だけが測定されるので、低位発熱量 H_u は、ごみ中の水分蒸発熱 (585 kcal / 1000g, 水, 20°C) を差し引くことによって計算される。すなわち、つぎのように表わされる。ただし、 W は水分 (%) である。

$$H_u = H_o - 5.83W \text{ (kcal/kg)}$$

ごみの燃焼の可能性を判断する場合には、使用時の状態、すなわち、生ごみに対して行なわれるべきである。

ごみの燃焼熱の測定は、不活性質を除去した (2.3.1.5 項参照) 乾燥試料に対して行なわれるので、水分 W % 以外にこの不活性質量 I % も発熱量の計算には考慮にいれなければならない。すなわち、つぎようになる。

$$H_u = H_o \frac{100 - W - I}{100} - 5.83W \text{ (kcal/kg)}$$

2.3.2.3 ごみの有効有機質

(Wirksame organische Substanz)

2.3.2.1 項の強熱減量で測定される有機質全部が、微生物によって分解、利用されるとは限らない。たとえば、たんぱく質、セルロース、ヘミセルロースなどのように、微生物へのエネルギー供給源になる有機質を有効有機質といい、コークス、石炭、コルク、皮、化学製材料など微生物によって分解、利用されないものを不活性有機質 (inaktive organische Substanz) と称する。コンポストのように生物学的分解作用を伴う場合は、強熱減量で求められる有機質量よりも、生物学的に有効な有機質量を知る必要がある。

300 ml のフラスコに 5 g (a) の乾燥した微細ごみをいれ、ごみ中に存在する炭酸カルシウム CaCO_3 が崩壊するまで20%の HCl を加える (普通、数滴でじゅうぶんである)。これに 5% の HCl 100 ml を加えて、30分間 70°C に加温したのちに、遠心分離器で塩化物がほとんどなくなるまで数回洗浄する。残留物に0.5%の NaOH 200 ml を加えてフラスコで洗浄する。つぎにロートにのせて、たびたびかくはんしながら1時間沸騰させる。さらに前述のように、遠心分離器で色がほとんどなくなるまで洗浄する。遠心分離器のガラス中の残留物を 70°C で乾燥したあとで、細かく破碎する。これに80%の H_2SO_4 を 10 ml 加えてじゅうぶん混合したのちに、たび

表 2.2 平均混合試料の計算例

検査地: Wiedenbrück

検査期間: 1966年3月21日～25日

フラクション	ごみ量	ふるい分け				ふるい分け				不活性質を除いた場合				不活性質を除いた場合			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	kg	%	%	%	%	kg	kg	kg	kg	%	%	%	%	kg	kg	kg	kg
曜日	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)= (1)・(2)	(7)= (1)・(3)	(8)= (1)・(4)	(9)= (1)・(5)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)= (6)・(10)	(15)= (7)・(11)	(16)= (8)・(12)	(17)= (9)・(13)
月	19,090	34.9	28.6	30.9	5.6	6,662	5,460	5,899	1,069	100.0	96.7	35.5	63.4	6,662	5,280	2,094	678
火	10,850	40.9	24.0	26.8	8.3	4,438	2,604	2,908	900	100.0	97.6	46.8	39.6	4,438	2,542	1,361	356
水	6,630	42.5	25.3	25.7	6.5	2,818	1,677	1,704	431	100.0	98.5	39.1	50.0	2,818	1,652	666	265
木	30,610	29.0	32.0	32.7	6.3	8,877	9,795	10,010	1,928	100.0	97.9	51.8	57.1	8,877	9,589	5,185	1,101
金	37,720	35.0	30.7	26.8	7.5	13,202	11,580	10,109	2,829	100.0	96.3	46.1	55.0	13,202	11,152	4,660	1,556
計						35,997	31,116	30,630	7,157								

フラクション	固形質含量=100%-水分 (不活性質を除いた場合)				固形質(不活性質を除いた場合)					混合試料				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	合計	I	II	III	IV	合計
	%	%	%	%	kg	kg	kg	kg	kg	g	g	g	g	g
曜日	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)= (14)・(18)	(23)= (15)・(19)	(24)= (16)・(20)	(25)= (17)・(21)	(26)= (22)+(23)+ (24)+(25)	(27)= (22):Σ(26)	(28)= (23):Σ(26)	(29)= (24):Σ(26)	(30)= (25):Σ(26)	(31)= (27)+(28)+ (29)+(30)
月	88.0	59.7	48.3	60.8	5,863	3,152	1,011	412	10,438	94	50	16	7	167
火	93.4	72.5	56.6	80.1	4,145	1,843	770	285	7,043	66	30	12	4	112
水	92.1	69.7	49.8	69.1	2,595	1,151	332	183	4,261	41	18	5	3	67
木	89.8	63.7	58.4	72.0	7,972	6,108	3,028	793	17,901	127	98	49	13	287
金	91.4	65.2	55.5	67.3	12,067	7,271	2,586	1,047	22,971	193	116	41	17	367
計					32,642	19,525	7,727	2,720	62,614	521	312	123	44	1,000

たびかくはんしながら2時間放置する。つぎに容器の内容物を150 mlの水で球状フラスコに洗いいれ、向流式冷却器で5時間沸騰させる。遠心分離器で硫酸がほとんど無くなるまで洗い、残留物を110°Cで乾燥してひょう量(b)する。このようにして求めたa, bから、有効有機質量は、つぎのように求められる。

$$\begin{aligned}\text{有効有機質量} &= \frac{a-b}{a} \times 100 \\ &= \frac{5-b}{5} \times 100 (\%) \end{aligned}$$

残留物は不活性質(無機質+不活性有機質)で、不活性炭素および不活性窒素の測定時の試料になる。b/a = m で表わし、これも有効炭素含量の計算に必要である(2.3.2.4および2.3.2.5項参照)。

このような分析方法では、加水分解性および水溶性の各物質を捕そく(捉)するだけであるので、本当の微生物の分解とは直接の関係はない。加水分解性および水溶性の各物質は、生物学的に分解されるという仮定の下に、このような分析方法が許容される。理論的には、

有効有機質量 = 全有機質量 - 不活性有機質量

であるが、実測では前記の分析方法で得られる有効有機質量が、強熱減量で得られる全有機質量よりも大きいことがたびたびありうる。

2.3.2.4 ごみの有機性全炭素と有効炭素

全有機質中の炭素を全炭素 C_t (Gesamtkohlenstoff), 有効有機質中の炭素を有効炭素 C_w (wirksamer Kohlenstoff), 不活性有機質中の炭素を不活性炭素 C_i (inaktiver Kohlenstoff) と称する。すなわち、

$$C_w = C_t - C_i$$

である。 C_w 値を知るには2個の測定が必要である。す

なわち、原試料に対する C_t 値および前項の有効有機質の測定時の加水分解残留物(b)に対する C_i 値を測定する。 C_t 値も C_i 値も湿式燃焼法によって測定される(図2.4)。

湿式燃焼法による炭素量測定の原理

一定量のごみ試料①は H_3PO_4 ④で前処理されたあとで、酸素中で酸化剤⑤により加熱処理②される。この酸化剤によって有機質は酸化される。そのさいに生じる CO_2 を含有する発生ガスは、燃焼炉⑧を通過し、ガス中に含まれている揮発性有機質も同様に酸化される。両方で生じた CO_2 をアスベストソーダ(Natronasbest)に吸着⑩⑫させてひょう量する。または、 CO_2 をカセイソーダ液に捕そくさせ、液の伝導度の変化によって炭素量を知ることでもできる。次式で炭素量が計算される。

$$\begin{aligned}C &= \frac{C}{CO_2} \cdot \frac{X}{Y} \cdot 100 \\ &= \frac{12.01}{44.01} \cdot \frac{X}{Y} \cdot 100 \\ &= 27.29 \cdot \frac{X}{Y} \cdot 100 (\%) \end{aligned}$$

ただし、

X : アスベストソーダの CO_2 吸収による増加重量

Y : 分析試料の初期重量

原試料で全炭素 C_t が、また有効有機質の測定時の残留物で不活性炭素量 C_i が測定されれば、有効炭素量 C_w をつぎのように計算できる。

$$\begin{aligned}C_w &= C_t - C_i \\ &= 27.29 \cdot \left(\frac{X_1}{Y_1} - m \frac{X_2}{Y_2} \right) \times 100 (\%) \end{aligned}$$

ただし、

X_1 : 原試料のアスベストソーダの増加重量

Y_1 : 原試料の初期量

X_2 : 不活性質のアスベストソーダの増加重量

Y_2 : 不活性質の初期量

m : 2.3.2.3 項の b/a

2.3.2.5 ごみの全窒素と有効窒素

有効炭素の測定と同様に、有効有機質中の有効窒素 N_w (wirksamer Stickstoff) は、全窒素 N_t (Gesamtstickstoff) と不活性有機質中の窒素 N_i との差で求められる。

$$N_w = N_t - N_i$$

図 2.4 湿式燃焼法による炭素測定装置

全窒素量 N_t は原料試料について求められるが、不活性窒素 N_i は、不活性炭素 C_i の測定時と同様に加水分解残留物 (2.3.2.3 項) の試料について求められる。窒素分析法は、ケルダール法によってなされる。

2.3.2.6 ごみの自己発酵 (Selbsterhitzung)

ごみ中の発酵を妨害する物質は、コンポスト化に影響を及ぼす。コンポスト化に支障を与える物質を個々に全部見つけ出すことは実際に不可能である。したがって、ごみのコンポスト化の可能性に対して、一般的な判断を下す方法として総合試験が考えられる。微生物によって発生する発酵熱によって、ごみの分解速度を推定することができる。ここで述べる自己発酵試験は、実験室規模の第一段階の急速試験にすぎず、この試験が現場におけるパイロットプラントにかわるものではない。

600 g の乾燥試料が水分 40% になるまで水を加える。計画中のコンポスト場で下水汚泥もいっしょに処理する場合は、水のかわりに汚泥を加える。そのさいには、乾燥ごみの水分を 0 とみてさしつかえない。灰含量が多く、水分吸収能力の少ないごみでは、水分を 35% にまで下げる。湿潤試料を図 2.5 にみられるような 2 l の恒温びんに軽く入れ、5 cm 厚さのスチロポール製のふたを上に乗せる。試料の自己発酵温度は自記温度計で記録される。びん内の空気温度の変化が発酵の進行に及ぼす影響を除くために、さらに恒温びんを 26°C の恒温器内に納める。温度が 14 日後になっても上昇しないか、または、ほんのわずかに上昇する場合は、試料がコンポスト化

に適さないといえる。しかし前述のように、自己発酵試験は予備的判断にすぎないから、これで最終結論を下すことはできない。もし、有機質含量が多いにもかかわらず、温度が徐々に、しかも上昇しても 40°C 以下であるような場合でも、ごみのコンポスト化は条件いかによっては可能である。逆に温度が 40°C 以上になれば、コンポスト化はじゅうぶん可能である。この試験では温度の上昇速度は重要でなく、単に達成温度だけが問題となる。したがって、水分の温度上昇速度に及ぼす影響を考慮にいれないで、試料の水分を試料の状態に応じて、35% または 40% のいずれかに選定する。

2.3.2.7 ごみの pH

コンポスト化の可能性を pH で判断することは不可能であるが、極端に酸性または塩基性反応はコンポスト化に対して障害物の存在を意味している。

実験室で試料をあらかじめ 5 mm 以下に破碎して、ごみと 0.1N KCl 溶液の比を 1:5 にして pH を測る。有機質の多いごみでは、ごみと KCl との混合比を 1:10 にするのがよい。ただし、この場合は混合比を明記しなければならない。指示薬による比色法はあまり適していない。ガラス電極による測定がもっともよい結果をもたらす。

2.4 ごみ検査の実施状況

表 2.3 に、ごみの検査を行なった 14 地域、検査の時期と回数などを示す。これらの検査は、1963 年末から 1967 年末までの 4 か年にわたるものである。検査の回数 (週数) は、地方によって年間 4 ~ 12 週間に及んでいる。Bonn 市では 8 回の検査を実施したが、3 か月ごとに 2 週間連続して検査を行なった。したがって、ここでは連続した 2 週間の検査結果の平均値を示す。

さらにこの表には、検査地域に関する重要な統計資料、すなわち、人口、面積およびこれらの両者から計算した人口密度を示している。この表からわかるように、都市においては総人口のほとんど 100% が、ごみの重量測定と分析との対象になっている。しかし、地方郡においては、重量測定には総人口の 40 ~ 100% が、ごみの分析には 28 ~ 100% が対象になっている。一般に、人口の少ない小村落が多い郡ほど、ごみ検査の対象となる人口の総人口に対する比率が低くなっている。たとえば、Bergstrasse と Lörrach などの場合である。これは分散している小村落のごみを、検査場所までに運んでくるのが技術的に困難であること

図 2.5 自己発酵温度の測定装置

表 2.3 ごみの検査を実施した地域と統計資料

検査地域	検査期間	検査週	自治体数	人 口		検査の対象となった自治体数と人口						面 積	人口密度
				総 数	現 在	重 量 測 定			分 析				
						人		自治体数	人 口	%	自治体数		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) = (8) : (5)	(10)	(11)	(12) = (11) : (5)	(13)	(14) = (5) : (13)
都 市													
Bonn	1966年 3 月～1967年 2 月	8(4)	1	141,669	30. 6. 65	1	140,000	100	1	140,000	100	3,130	45.3
Dorsten	1966年 5 月～1967年 4 月	4	1	39,654	30. 6. 67	1	39,654	100	1	39,654	100	3,996	9.9
Heidelberg	1964年 4 月～1965年 7 月	4	1	126,279	1. 7. 64	1	126,000	100	1	126,000	100	9,427	13.4
Ingolstadt	1966年11月～1967年10月	4	1	68,369	31. 12. 65	1	65,600	96	1	65,600	96	4,980	13.7
地方郡													
Bergstraße	1964年 9 月～1965年 8 月	6	106	199,843	1. 7. 64	14	130,560	65	10	115,830	58	72,260	2.7
Bühl	1965年 8 月～1966年 7 月	6	39	88,990	31. 12. 66	13	45,313	51	6	32,912	37	37,944	2.3
Emmendingen	1964年 7 月～1965年 6 月	12	58	107,157	1. 7. 64	11	43,000	40	6	29,800	28	66,603	1.6
Lörrach	1965年11月～1966年 9 月	6	83	147,796	31. 12. 66	14	100,651	68	8	80,389	54	63,853	2.3
Lüdinghausen	1965年 7 月～1966年 6 月	6	23	134,756	1. 7. 64	7	85,870	64	4	65,700	49	69,768	1.9
Marl	1966年 5 月～1967年 4 月	6	4	95,585	30. 6. 67	4	98,585	100	4	98,585	100	6,499	11.6
Pinneberg	1963年 8 月～1964年 7 月	12	53	234,864	1. 7. 64	4	108,050	46	4	108,050	46	69,460	3.4
Tübingen	1964年11月～1965年10月	12	54	134,112	1. 7. 64	21	104,869	78	15	97,572	73	48,199	2.8
Weinheim	1964年11月～1965年10月	6	5	55,229	31. 12. 66	5	39,530	72	3	34,775	63	8,710	6.3
Wiedenbrück	1966年 3 月～1967年 2 月	4	27	164,000	1. 7. 66	27	121,000	74	13	58,000	35	49,973	3.3

図 2.6 ドイツ連邦においてごみ検査を実施した地域

と、また、いまだにごみの収集が行なわれていない小村落が多いことに起因している。しかし、これらの検査の対象としていない小村落のごみは、郡全体の人口1人当りのごみの量や成分には、あまり大きい影響を与えていないとみてさしつかえない。

図2.6の検査地域の地理的配置が示すように、これらの地域はドイツ連邦内で一様に分散されている。したがって、これらのごみの検査結果を検討すれば、ドイツ連邦内で排出されるごみの概要がつかめるものと考えられる。

＜参考文献＞

- 1) Pöpel, F. Shin, K. C. : Die Ermittlung des optimalen Standorts für gemeinsame Müllbeseitigungsanlagen benachbarter Gemeinden unter Berücksichtigung eines rationellen und wirtschaftlichen Mülltransports, Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Gesundheitswesen.
- 2) Kumpf, E. Maas, K. Straub, H. : Merkblätter des Vkf, Frankfurt/M., 1961. Müll- und Abfallbeseitigung Erich-Schmidt-Verlag
- 3) Statistisches Jahrbuch Deutscher Gemeinden, Waisenhaus Druckerei, Braunschweig.