

なにを、なんのためにリサイクルするのか

(その3) リサイクルの品目と再資源化方法の選定

本稿は「化学装置：2011年8月号」に掲載したレポートを、許可を得て転載するものだが、後半は大幅に加筆している。

環境企画 主宰 松村 眞

現在、ほとんどの地方自治体が容器包装を中心にリサイクルを推進しているが、対象品目は統一されていない。このために引っ越しをすると、これまで住んでいたところとは違う分別を求められたり、これまで分別していた資源ごみが混合収集になっていたりして驚くことがある。端的な例は廃プラスチックである。大部分の都市が廃プラスチックの分別収集を実施しているのに、東京都は「燃えるごみ」として混合収集することにした。リサイクルのために何を分別収集し、何を収集しないかは、地方自治体が地方の実情に合わせて決めることになっているから、今後も全国的な統一は考えられない。それに再生原料の市況や需給状況は地域によって異なるので、地方自治体がリサイクル品目と再資源化の方法を判断するのは合理的と言えよう。問題があるとすれば、必ずしも合理的な理由がないままに、リサイクル品目と再資源化の方法が決められることにある。では、どのような考えでリサイクル品目と再資源化の方法を選定すればよいのであろうか。

1. 非収益リサイクルの品目選定

収益リサイクルは民間企業が展開するので、行政機関は届出や設備基準を定めるだけでよく、特段の支援は必要ない。リサイクル活動だとしても、一般的な事業活動の一つに過ぎないからである。一方、収益性がないけれどもリサイクルが必要な場合は、なんらかの誘引（インセンティブ）施策で収益性を付与するか、あるいは行政機関が直轄運営する必要がある。現実的なインセンティブ施策には複数のメニューがある。代表的な方法は必要な設備投資に対する税制優遇処置と、公的金融機関による低利融資、および運営段階での補助金給付である。税制優遇処置と低利融資は、大気や水質の環境保全設備にも適用されており、必要な要件を備えた特定の設備が対象になる。しかし、この程度のインセンティブでは、非収益リサイクルを収益リサイクルに転換させるだけの影響力を期待できない。一方、運営段階における補助金の給付は、収益性付与の直接的なインセンティブになる。現在、多くの地方自治体が古紙の回収について1kgあたり5円から10円を補助しているが、この補助金の給付によって古紙回収の収益性が維持されているのであり、補助金がなけれ

ば現在の回収率は大きく低下するであろう。

非収益リサイクルを維持するには、補助金の給付よりも費用はかかるが、行政機関が直轄で運営する方が確実で継続性と安定性がある。現在の容器包装リサイクルは、地方自治体が直轄で収集を担当しており、収集した容器包装を選別する資源化センターも直轄で運営している。多くの資源化センターは、収集したスチール缶、アルミ缶、ペットボトルを選別し、資源化の障害になる異物を除去して扱いやすい荷姿に梱包している。容器包装の収集も資源化センターの管理運営も自治体の予算で運営されているから、多大な費用を納税者が負担しているのである。

古紙回収の補助金も容器包装の収集や選別も、費用は納税者が負担しなければならないから、リサイクルを開始しようとする第 1 段階でリサイクル目的と目標の合意形成が必要である。次の第 2 段階では、分別収集品目の選定に十分な理解が得られなければならない。そのためには、採用しようとする品目と再生利用の方法が、リサイクルの目的と目標を実現できる範囲で、もっとも経済的でなければならない。廃プラスチックのリサイクルが必要でも、飲料容器だけを対象とするのか、飲料容器以外の容器包装も対象とするのか、白色トレイを別に収集するのかで手間と費用が異なる。分別収集の品目が多くなれば、それだけ排出者の分別の手間が増え、分ける袋や箱のスペースが増える。収集するにも回収日が増え、車両が増え、収集要員の作業が増え、選別と梱包の作業が増えて経費が増大する。したがって、リサイクルの目的と目標を実現するには、何を分別収集の対象とするのか、また何を対象としないのかを、費用対効果の観点から客観的に評価して判断する必要がある。また、リサイクルせずに焼却処理する選択肢もあるので、その場合の費用も同等に評価して対比する必要がある。清掃工場での焼却処理費用もほとんど税負担だが、計算すると 1 kgあたり 70 円程度の費用を要している。したがって、「リサイクルするより焼却処理の方が安い」とは必ずしも言えない。市民に分別の協力を求める地方自治体は、品目選定の根拠を明確にし、納税者である地域住民に開示する義務があるだろう。

2. 非収益リサイクルの再生利用方法選定

リサイクル品目の選定と同時に考慮する必要があるのだが、回収廃棄物の再生利用方法の選定も重要である。というのも、同じ廃棄物でも再生利用方法によって、費用や効果が大きく異なるからである。たとえば廃プラスチックの再資源化には、いくつかの選択肢がある。分別せずに「燃えるごみ」として混合回収し、清掃工場で焼却して排熱発電により電力を回収するのも一つの選択肢である。現在の日本の清掃工場は、ごみ焼却排熱発電の効率が低く、平均すると 10%程度である。しかも 1 日 100 トン以上を焼却している連続稼働の工場でも、過半数が自家発電設備を保有していない。一方、欧米諸国の清掃工場は多

くが 25%程度の発電効率で稼働している。日本では歴史的な経緯から、清掃工場を主に公衆衛生施設として建設してきた。このため、発電や発電効率を重視してこなかったのであり、技術的には欧米と同等の 25%程度の効率で発電できるのである。したがって設備を改善して 25%の効率で排熱発電すれば、プラスチックが保有するエネルギーの 25%を電力で回収できる。この電力を消費者がヒートポンプエアコンで冷暖房に使うと、約 4 倍の熱に増幅できるから、廃プラスチックは石油やガスと同等のエネルギーとして利用できるのである。この利用形態は可燃ごみとの混合収集で構わないから、分別回収にともなう容器、貯蔵場所、車両、選別といった費用が発生しない。

廃プラスチックのリサイクルには、燃料油に変換する選択肢もある。歩留まりが 60%程度に止まるのと油化設備が安くないのが難点だが、貯蔵性のある燃料になるから使い勝手がよい。油化せずに粉碎して圧縮成形し、固形燃料にすることもできるし、化学工場に戻してメタノールやアンモニアの原料にすることもできる。同じ廃プラスチックでも、このように複数の再生利用方法があるので、どの利用形態がその地域に最適なのかを比較し、客観的に判断するのが望ましい。廃プラスチック以外の資源ごみも、発生量、発生源と再生品利用者との距離、再生品や再生エネルギーの地域需要と市況によって、経済性に差異があるであろう。したがって、廃プラスチックと同様に品目別の経済性評価によってリサイクルの対象とするのか否か、リサイクルするならどのような資源化が好ましいかを判断する必要がある。なお、リサイクルの経済評価には、対象廃棄物の発生から資源化・再利用に至る全経費を含めなければならない。資源化処理の費用は当然のことだが、もっと上流の分別費用、収集費用、貯蔵費用、および下流の輸送費用や販売費用も含めて、初めて客観性のある評価になるのである。

3. 非収益リサイクルの対象品目と再生利用方法のメニュー

リサイクル対象品目の選定も、再生利用方法の選定も地域特性を考慮する必要があるのだが、リサイクル再生品の単価は最終消費財よりも安いので、収集や配送など輸送費の割合が高い。したがって、都市部と農林水産地域のように、人口の集積密度の違いも対象品目と再生利用方法の選定に影響を与える。しかし、すべての品目が同じように地域特性の影響を受けるのではなく、地域特性の影響を受けやすい品目と影響の小さい品目がある。たとえば飲料容器は全国的に同じ容器が使用され、再生品の用途も限定されているから地域特性の影響を受けにくい。一方、学校給食の調理くずや残飯などは腐敗しやすいから、飼料や肥料に使う農家が近くに立地しているのが望ましく、地域特性の影響を受けやすい。そこで、いくつかの対象品目について、多少の独断を恐れずに品目選定の選択肢と再生利用の方法を述べる。

3.1 容器包装プラスチック（混合廃プラスチック）

現状を理解するために、初めにプラスチックのマテリアルフローを見ておくことにする。表 1 に示すように、家庭やサービス業から排出される一般廃棄物の廃プラスチックは、年間で 444 万トンである。このうち、ペットボトルを中心に 16%の 70 万トンが再びプラスチック製品に生まれ代わり再利用されている。ケミカルリサイクルとされている約 5%の 22 万トンは、3%が製鉄所のコークス原料や高炉の還元剤に使用され、2%が特定の化学工場でガス化されている。しかし 2010 年になって、ガス化事業者は原料入手難から撤退してしまった。数年前まで稼働していた油化事業は、設備と運転の費用がかかり過ぎて現在は稼働していない。したがって一般廃棄物のケミカルリサイクルは、今のところ製鉄所での再利用だけである。ケミカルリサイクルというのは、本来は化学的な再利用の意味だが、製鉄所での利用は実質的にコークスに代わる燃料としての利用である。なお、表 1 の再生利用とケミカルリサイクル分だけが分別収集によるもので、固形燃料化は固形燃料に加工する「燃えるごみ」に含まれるプラスチックである。廃棄物発電は、発電設備がある清掃工場で焼却される「燃えるごみ」に含まれているプラスチックで、燃焼排ガスのエネルギーを電力で回収している。焼却熱利用は、発電設備がない清掃工場で焼却される「燃えるごみ」に含まれるプラスチックで、排熱を電力ではなく温水プールの加温など熱として利用している。単純焼却は、発電設備も熱回収設備もない清掃工場で焼却される「燃えるごみ」に含まれるプラスチックである。

表 1. プラスチックのマテリアルフロー（2009 年）と資源化 単位：万トン

	一般廃棄物	産業廃棄物	処理処分状況(合計)	
再生利用	70 (16%)	130 (28%)	再生利用	200 (22%)
ケミカルリサイクル	22 (5%)	11 (2%強)	ケミカルリサイクル	32 (3%強)
固形燃料化	7 (1%強)	35 (7%)	固形燃料化	42 (5%弱)
廃棄物発電	185 (42%)	143 (31%)	廃棄物発電	328 (36%)
焼却熱利用	36 (8%)	80 (17%)	焼却熱利用	116 (13%)
単純焼却	70 (16%)	36 (8%)	単純焼却	107 (12%)
埋立	54 (12%)	34 (7%)	埋立	88 (10%)
計	444	468		912

出典：プラスチック処理促進協会HP

表 1 に示すように、一般廃棄物に含まれるプラスチックは 67%までが分別収集されずに「燃えるごみ」として焼却されている。一方、21%のプラスチックは分別回収されているが、ペットボトルと白色トレイを除く容器包装プラスチックは 5%に過ぎない。われわれは、この 5%のために廃プラスチック容器を分別し、自治体は税金を投入して分別収集している

のだが、結局のところ、ほとんどがエネルギーとして使われている。それなら分別せずに「燃えるごみ」として混合収集し、清掃工場で焼却して焼却排熱を電力で回収すればよいではないか。そうすれば発電効率が十分に高いなら、分別が不要なだけ手間も費用も少なくて済むから、費用対効果が大きく改善されるであろう。では現実的に廃棄物発電の発電効率は十分な水準なのであろうか。

日本には約 1300 の清掃工場があるが、このうち 630 か所が処理量の多い 24 時間連続稼働の工場で、廃棄物発電に適している。しかし現実には発電設備を保有しているのは、約半分の 300 工場程度である。しかも発電効率は前に述べたように欧米よりかなり低い水準に止まっている。具体的には平成 18 年度で 5%未満が 23 工場、5%～10%が 87 工場、10%～15%が 109 工場、15%～20%が 56 工場、20%以上が 12 工場で、平均は 10.9%に過ぎない。発電している工場の割合が低く、発電していても発電効率が低いのは、清掃工場の設計思想が衛生的なごみ処理だったからで、エネルギー効率が重視されなかったのである。このため、近年、エネルギー効率が重視されるようになってからは、新規の清掃工場ほど発電効率が高くなっている。既設の工場も更新のたびに発電設備を設置し、または増強しているので、多少の時間はかかるが、いずれは欧米並みの発電効率になるであろう。そうなるごみは「混ぜても資源」になるから、容器包装プラスチックは分別せずに「燃えるごみ」として混合収集し、清掃工場で焼却してエネルギーを電力で回収するのが望ましい。ただし、廃棄物発電は清掃工場の規模がある程度大きくないと経済性がない。このため、人口の集積密度が低い地域では、容器包装プラスチックを分別収集し、固形燃料に加工するのが望ましい。廃プラスチックの固形燃料化は、表 1 に見られるように現在でも産業廃棄物系のプラスチック再利用で採用されている。

3.2 ペットボトル

現在、分別収集されているペットボトルは、主に自治体が運営する資源化センターで塩ビなど材質の違うボトルと異物を除去している。キャップもボディとは材質が違うので除去する。さらにラベルをはがし洗浄したら、輸送しやすいようにベールと呼ばれる立方体に圧縮し、競争入札で引き取り価格の高い再生事業者に売却する。再生事業者は、購入した圧縮ペットボトルを 10 ミリから 20 ミリ程度のサイズに粉碎し、フレークと称する碎片かペレットにして、シートや成型品メーカーに販売する。2009 年には 56 万トンのペットボトルが販売され、44 万トンが収集されて 34 万トンが海外に輸出された。国内の再生事業者よりも、中国の再生事業者の方が高価格で引き取るからである。この流れを費用の面とリサイクルの意義の面から考えてみよう。

地方自治体がペットボトルを分別収集し、資源化センターが異物を除去してベールに加

工するまでに、キログラムあたり 100 円から 200 円の費用がかかる。一方、再生事業者の引き取り価格はキログラムあたり 40 円から 60 円程度だから、この差額は税金で賄われている。ペットボトルリサイクル税と言ってもよいかもしれないが、その利益を享受するのが主に外国だということに疑問が残る。国内であろうと外国であろうと、資源の保全に貢献すればよいと思えばよいのかもしれないが、釈然としないのは筆者だけではないであろう。次に資源の保全効果について考えてみよう。ペットボトルは石油から作られるから、資源化されれば、その分だけ石油の消費量を減らすことができる。では分別回収せずに「燃えるごみ」として清掃工場に搬入し、焼却して排熱のエネルギーを電力で回収すればどうであろうか。この場合、発電効率が現状の 10%程度と低ければあまり石油資源の保全に貢献できない。しかし 25%程度であれば、前に述べたように石油と同等のエネルギー回収になるから、その分だけ火力発電に使っている化石燃料の消費量を減らすことができる。ペットボトルも容器包装プラスチックも、元をたどれば同じ石油から作られている。そして同じ石油が発電所の燃料にも、家庭用の燃料にも大量に使われている。したがって、プラスチックはペットボトルも含めて、モノとしてのリサイクルと廃棄物発電が、同じ資源消費抑制効果をもたらすのである。清掃工場の発電効率向上は、現在リサイクルの対象になっている分別収集品目の削減と、そのための手間や労力の削減に大きく寄与するであろう。ただし、ペットボトルを「燃えるごみ」として混合収集する場合は、容積が大きいだけに収集効率を低下させるのが気に入らない。まるで空気を運んでいるようなものだから、4 トントラックでも数百kgしか運べない。そこで家庭には簡単な足踏みのプレス器を用意し、潰してからごみ袋に入れるようにしたらどうであろう。このプレス器で飲料缶も潰してから排出すれば、分別収集の輸送効率を高めるのに大きく貢献するであろう。

3.3 スチール缶とアルミ缶

人口が多い地方自治体では、スチール缶とアルミ缶、ペットボトル、ガラスビンを混合収集し、資源化センターに搬入してから選別している。選別の方法は、ベルトコンベアを流れる飲料容器から、最初に人手でペットボトルを選別する。次に磁石を使ってスチール缶とアルミ缶を選別し、最後に重いガラスビンを選別する。磁石が使えるので、スチール缶とアルミ缶の機械選別は技術的に困難ではないが、それでも専用の機械設備や動力が必要である。資源化センターに機械選別機がない場合は、排出者がスチール缶とアルミ缶を分けて出さなくてはならない。では本当に飲料容器としてスチール缶とアルミ缶の2種類を使い、飲料の種類に応じて使い分ける必要があるのだろうか。もしどちらか一方に統一できれば、排出者は手間がはぶけ、分別に必要な袋も場所も不要になり、資源化センターの設備も人もエネルギーも少なくて済む。

現在、スチール缶は主にコーヒーとお茶とジュースに使われており、年間消費量は約 120

億缶、国民一人あたり 100 缶である。一方、アルミ缶はビールに 6 割、ソフトドリンクに 3 割が使われており、年間消費量は約 180 億缶、国民一人あたり 150 缶である。アルミ缶はスチール缶に比べて強度が低いため、以前はお茶やコーヒーなど非炭酸飲料に使うのが難しかった。しかし現在は缶の成形や充填技術が向上したため、お茶やジュースにも使えるようになった。だからスチール缶でなければならない飲料は非常に限られるであろう。ではリサイクルの観点からは、どちらが優れているのだろうか。

筆者の計算では 350 ミリリットルのアルミ缶を製造するのに、石油換算で 58 グラムのエネルギーが必要である。一方、同じサイズのスチール缶なら 43 グラムのエネルギーで済む。だから使い捨てならスチール缶の方が、エネルギー消費量が少ない。しかし資源化のための溶融に必要なエネルギーは、スチール缶だと 3.4 グラムが必要で、アルミ缶だと 1.8 グラムで済む。したがって、8 回ぐらいリサイクルするなら、アルミ缶の方がトータルでエネルギー消費量が少ない。回収缶の市場価値はアルミ缶の方が高いから、ホームレスはアルミ缶しか収集しない。アルミ缶の方が市場価値が高いのは、アルミ缶は 6 割以上が缶材に再生できるのに、スチール缶は市場価値の高い製缶用の薄板に戻せないことにある。このためスチール缶からのリサイクル製品は、飲料缶ではなく鉄筋などの肉厚製品である。それにスチール缶もトップだけはアルミを使っているのだが、このアルミは再利用できない。このように考えると、分別収集する飲料缶はアルミ缶だけでよいのではないだろうか。なお、スイスや北欧諸国とアメリカの飲料缶はアルミだけである。分別回収による資源化を前提にするなら、対象品目を拡大するのではなく、限定する方がエネルギー消費の抑制に寄与できる可能性があると同時に、消費者の分別の負担を軽減することができる。客観的な評価と対比による品目選定を期待したいし、評価の結果は広く公開してもらいたい。

3. おわりに

廃棄物のリサイクルでは、よく「混ぜればごみだが、分ければ資源」と言われる。しかし廃プラスチックは他のごみと一緒に混ぜたまま焼却しても、排熱発電で電力を回収すれば「混ぜても資源」になる。一方、分別回収しても用途がなければ「混ぜても分けてもごみ」でしかない。身近なリサイクルは多くの市民の善意による協力と、多大な公費負担で成り立っている。したがって情緒的に「リサイクルは環境によい」という理念だけでなく、目的意識の合意形成と同時に、客観的な評価による納得性の向上を期待したい。本稿は「なぜリサイクルするのか」、「何をリサイクルすべきなのか」、「どのような資源化が適切なのか」、「費用対効果はどうなのか」といった疑問が執筆の動機である。調べてみて疑問が解消し納得できたこともあるが、まだ疑問に思っていることも残っている。今後も情報を収集し、研究を続けて広範囲の善意の市民の合意形成に寄与したい。

(おわり)