

## (地域課題名) 廃棄物からのアルミ資源回収 (高岡市)

提案実施者： 富山大学 先進アルミニウム国際研究センター センター長  
柴柳 敏哉  
学術研究・産学連携本部 副本部長/統括コーディネーター  
住本 研一

### 1. 本課題解決の要約

富山県の西部地域においては、アルミ産業は工業出荷額の数十%を占める重要な産業であるが、今後のアルミ産業の発展のためにはアルミリサイクルが重要なキーとなっている。

現在富山大学を中心にアルミリサイクル技術の研究が推進されているが、その一方で、原料となるべきアルミスクラップの確保も重要な問題である。

そこで、現状、一般ごみにどれくらいアルミが含まれているか調査をして、市民の皆様にも、アルミスクラップ回収量の増大に貢献頂けることが無いかな調査した。

結果としては、高岡市では年間最大 36.73 t (現在の鋳造用アルミスクラップ価格換算で約 550 万程度) のアルミを金属類・家電品類ゴミから得られる可能性があることが分かった。

実際には、複合物などもあり、アルミの全量を回収することは困難ではあるが、①アルミゴミのうち 6～7 割を占める鍋・フライパン・調理用具については、回収ボックスを設置し回収することで、柄などが複合の場合の切断の手間はかかるが、可能ではないか。なお、この場合の効果金額は 348.5 万円/年である。②また、アルミよりスチール回収の要素が大きいですが、食用の缶も飲食用缶の区分に入れることを市民に周知・徹底することでリサイクル効率が多少向上するのではないかな。③今回は、地域が一か所で 2 回しか実施しなかったが、今後もう少し幅広く、回数も増やして、定期的にも実施することでより細かいデータが取得できると共に、今度の市民に対する「ごみをださない生活スタイルの推進 (第 2 次高岡市一般廃棄物処理基本計画より)」の成果を見ることができると考えられる。の 3 点を中心にいくつか提言を行った。

### 2. 本調査研究の目的

富山県西部地域においてアルミ産業は重要な産業であるが、現状、①アルミの新地金製造には大量の電気が必要であり、出来た製品の 10 倍もの重さの二酸化炭素を排出すると言われている。現在、欧州などからカーボンニュートラル対応が強く求められ、アルミ製造においても CO2 排出量削減を迫られている。②EV

の普及などによりアルミの需要が今後世界中で強く求められるが、日本からはアルミ製錬産業は撤退しており、新地金は全て海外からの輸入品である。よって、アルミ地金の争奪戦が起こっており、今後「我が国にアルミ新地金が入ってこなくなる」という脅威が迫っている。一方で、アルミスクラップは海外に多く輸出(2021年度 43.7万t)されており、この抑制も必要である。

これらの脅威をチャンスに変えるのが、「アルミリサイクル」である。アルミは混入した他の元素と強く結びつき、一度混入した元素を取り除くのは非常に困難であるという性質をもつ。

そのため、現在のアルミリサイクルは添加元素の少ない押出し・圧延(展伸材)用のアルミから、添加元素の多い鋳造用のアルミにリサイクルされ、やがては酸化物として処理されるという一方通行のカスケードリサイクルになっている。(図1 現在のカスケードリサイクル)

これを、多少不純物が混じっても同じく押出し・圧延用途に使う水平リサイクルや、不純物を上手に除去して鋳造材用のアルミを展伸材用のアルミにするアップグレードリサイクルが確立されれば、CO2 排出量も大幅に削減でき、資源問題も解決に向かう。そのため現在、アルミの高度なリサイクル技術について世界中で開発競争が起こっており、富山大学でも多くの企業と共に研究開発を進めている。(富山大学の目指すアップグレード・水平リサイクル)

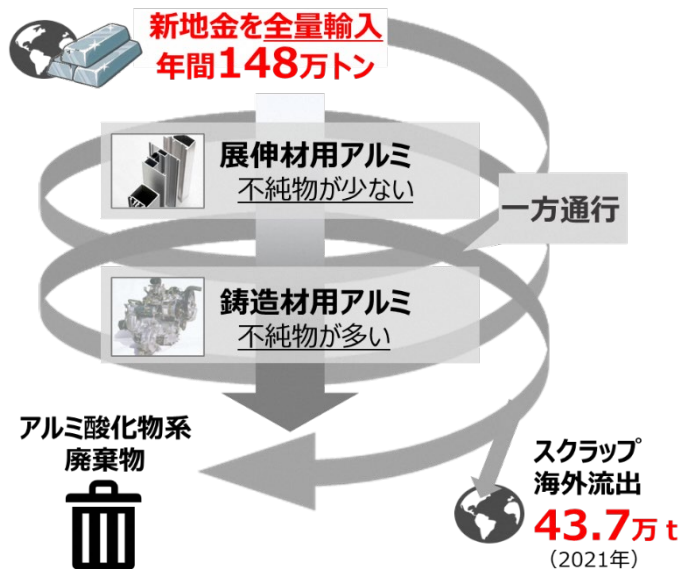


図1 カスケードリサイクル (2020年)

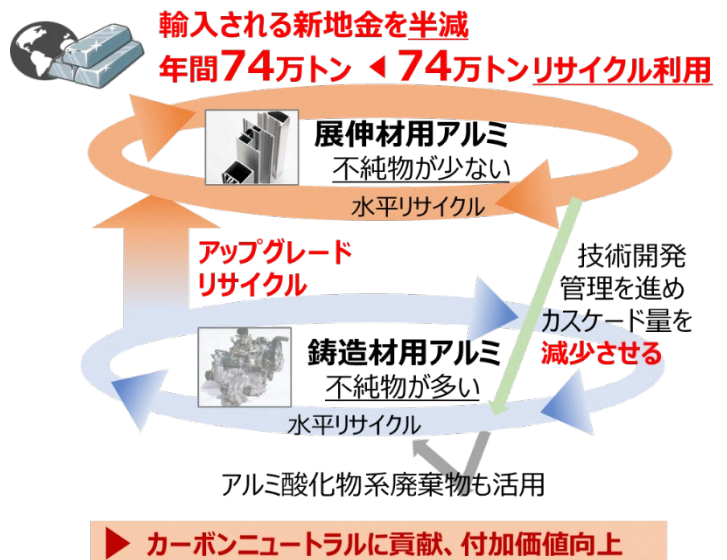


図2 富山大学の目指すアップグレード・水平リサイクル

新地金の輸入量を減らし、リサイクルアルミに置き換えるためには、図3にあるように、対策1) 現在、対応できない圧延・押出し向けにスクラップ由来の再生

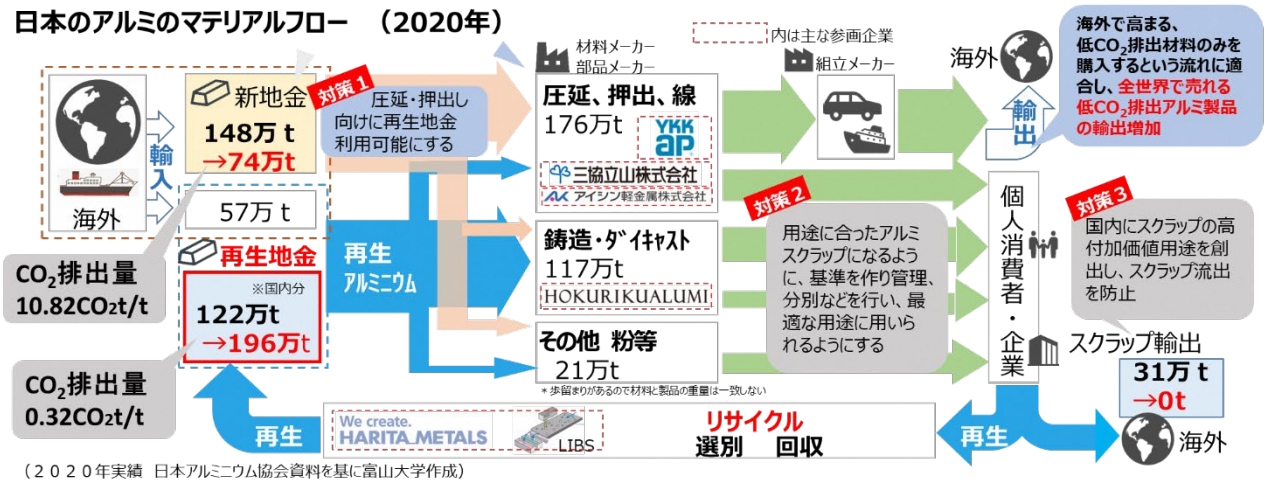
アルミを利用できるように技術開発に取り組む。

対策2) 途中で、他の金属に混入したりして廃棄されたりして未回収になってしまふアルミを回収する。

対策3) 国内のスクラップ市場価格を、高付加価値をつけることで高くし、海外に買い負けないような価格で購入できる用途を見つける。

等の対策が考えられる。

日本のアルミのマテリアルフロー (2020年)



(2020年実績 日本アルミニウム協会資料を基に富山大学作成)

図3 2020年の我が国のアルミのマテリアルフロー

青が再生アルミ、肌色が新地金であり、青の矢印を増やし、肌色の矢印を細くする

上記対策1に関しては現在、富山大学を中心として産官学民連携で取り組んでいる。一方、対策2に関しては、i) 企業などから排出される工程から発生するアルミスクラップ、ii) 車や建材など専門業者が回収選別するアルミスクラップ、iii) 市民の日常生活の中で出てくるアルミ廃棄物が、対象として考慮される。i) ii) については、今後、産学で取組むことになっている。一方、iii) については、資源回収の点から検討がなされた例はない。本調査では、上記iii) がどれぐらいの量があるのか。それらを回収するのにどのような課題があるかを調査し、対策2) への貢献を目指すものである。

### 3. 本調査研究の内容

調査の方法および対象については、以下のように考えて設定した。

家庭から出てくるアルミ廃棄物については、上記 ii) 大型家電や建材のように専門業者が回収・選別するものを除くと、「図4 高岡市のごみ分別表」に従って、以下のように廃棄されている可能性が高いと思われる。

- ① 可燃ごみ 食品の周りについているアルミ箔、豆乳パック等の紙パックの内側のアルミ箔、薬を覆っているアルミ箔、菓子袋等のアルミ蒸着あるいはアルミ箔が袋と一体化しているもの。カップ麺やヨーグルトなどの蓋が考えられます。
- ② 飲食用缶 実際には飲用缶については、ほぼ100%ここに捨てられると思われる。一方で食用缶については飲用缶とは別であるというイメージが強い。飲用缶に捨てずに金属として出されているものも多くあるのではないかと類推している。
- ③ 高分子系ごみ ここにも菓子袋等のアルミ蒸着あるいはアルミ箔が袋と一体化しているものは多く捨てられていると思われる。あと、プラスチックと複合化されているものの一部はここに入っているかもしれない。
- ④ 金属類・家電類 他の金属と複合しているもの、アルミかどうか判別できないものは全てここで廃棄されている可能性が高い。

他にもビンのキャップなどもアルミだが、飲食用びんに入っている可能性があるが、アルミが比較的多く含まれるゴミ分類領域としては、上記の4つになると考えた。



図4 高岡市のごみ分別表

上記のうち、②の飲食用缶に入っているアルミ量は、清掃組合が入札にかけ業者に販売しており、令和4年度の高岡市で回収されたアルミ缶量は97,060kgであった。①や③は実際に分別が困難なもの（袋を破って確認が大変、分けたとしても菓子袋のうちのどれぐらいがアルミなのか分からない。また、実際には蒸着アルミは非常に薄く、その後のアルミのリサイクル技術もまだできていないので量を知っても現状では回収できない。）である。

なお、①については他の自治体で可燃ごみ中の金属量を調査した結果がある。

例えば、可燃ごみの中の金属の混入割合は札幌市の例で金属 0.5% (この中には鉄も入っており、アルミになると更に少なくなる)、郡山市の例でアルミ缶が 0.1%、鎌倉市の例でアルミ紙パックなど全て足して 0.38% (%は全て重量%) 程度と非常に少なかった。これぐらい割合が少ないと選別も難しく、ゴミに混ぜてしまっただけからの選別は不可能で、分別を徹底してもらえないと思われる。

よって、今回の対象は④金属類・家電品類に含まれるアルミ量を調べることにした。

また、回収地域としては、軽金属材料共同研究棟のある二上・太田地区を対象とした。

対象地域の人口は 2022 年 6 月段階で男性 2229 名、女性 2380 名、合計 4609 名。高岡市全体の男性 80704 名、女性 85775 名、計 166479 名 と比べると、2.8%程度を占める。また、世帯人口は高岡市 2.38 名/世帯、に対して二上・太田地区 2.47 名/世帯 男女の割合も高岡市 48:52 に対して二上地区 48:52 と、ほぼ同等で都市化が進んでいるわけでも完全なる農村でもなく高岡市の平均的な地域として取り上げるには適している地域と思われたために選定している。

しかし、実施するとこの地区の全体に対する人口比は 2.8%程度であるのに対し、右記の年間の金属類・家電品類の量の比較からは、全市のゴミの量に対するこの地区のごみの量は 1.8%程度と量が少ない。この要因については現状不明である。よって今後、①通年で実施して季節変動をなくす。②対象地区を変えてみる。(地域ごとの一人当たりの金属類・家電品類ゴミの量は計量するだけ

令和 4 年度 金属類・家電品類の量 (t)				
			今回採取量 × 2	
4 月	97.64	11%		
5 月	91.91	10%		
6 月	78.63	9%	1.42	1.8%
7 月	74.66	8%		
8 月	75.29	8%		
9 月	68.12	7%		
10 月	84.41	9%		
11 月	79.8	9%		
12 月	81.01	9%	1.426	1.8%
1 月	60.42	7%		
2 月	49.55	5%		
3 月	76.93	8%		
合計	918.37		二上・太田地区	

表 1 高岡市 v s 2 地区の金属類・家電品類の収集量

なのでそれほど負荷なく知ることができると思われるので、それを参考にする)。

等の対応も精度向上のためには必要になると思われる。

なお、小型家電からのアルミニウムの回収量については、廃棄家電の台数を数え、環境省の行った「小型電気電子機器に含まれる有用金属含有量 一覧表 (基板、部品、素材構成)」(資料2 小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について (事務局の考え方) (env.go.jp)) より、1台ごとに含まれるアルミ量を計算して算出した。実際には今回、2回分合わせても7.4kg程度で、しかもどこにあるかわからないことを考えると、かなり人手で選別するのは困難だと思われる。

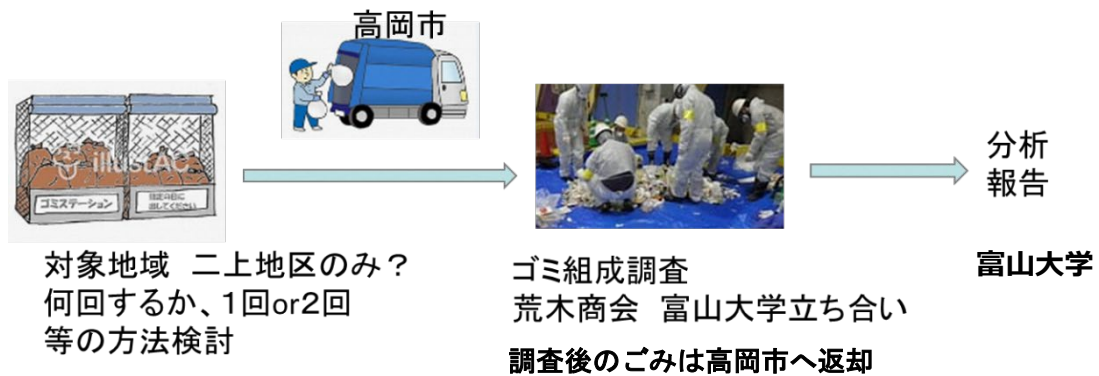


図5 今回の作業手順

実作業については、上記のように高岡市環境政策課 選別作業を委託した(有)荒木商会と打ち合わせを行い、令和5年6月22日と、12月6日の2回実施した。選別作業に当たっては荒木商会の建屋内で実施し、提案実施者である富山大学の住本が立ち会い、選別区分の確認を行った。

#### 4. 調査研究の成果

分類結果を別紙1に示す。6月に710kg、12月に715kgの金属類・小型家電類のごみを選別した。金属類・小型家電類の中のアルミ成分は計算では、4%弱だと計算される。今回の調査では1.4tぐらいのごみから、最大53kgのアルミが回収可能だと計算された。アルミは鋳物用スクラップでも¥150/kg程度なので、この地区の2回の回収から約8000円のアルミがとれる可能性があることが示された。

また、本来金属類・小型家電類に入れるべきでないものの混入についていうと、1回目の飲食用缶類の誤廃棄は6.8%となっていた。(2回目は計量時にスプレー缶と分けなかったのが不明だがほぼ同じと思われる。)

その他可燃ごみや陶磁器などの別の区分のものを金属類・小型家電類に出している割合は全て足しても重量比で1.8%となっており、この中には例えばプラ容器と共に鉄くずを出している等の例もありやむを得ないこともある。

なお、可燃物に含まれる金属中のアルミの構成比も同様だと考えると、可燃物の組成調査実績があり、可燃物中の金属量が分かれば、①可燃物中のアルミ量も類推できる。もちろん、現状の可燃物の中からアルミを選別するのは困難（有機物やゴミと一体化している。非常に薄くて酸化しやすい等）だが、混入防止により、年間これだけのアルミを回収できるというアピールになる。但、3で記載したように他地域の例をみるとそれほど期待できない結果ではあった。

## 5. 調査研究に基づく提言

今回、アルミリサイクルを推進するという観点で、金属ごみ・小型家電中のアルミニウムの総量を算出した。今回の結果からは金属ごみ・小型家電ゴミ中には最大4%程度含まれると考えられる。

アルミがゴミの中に含有されていることとそれをリサイクルで全て回収できるかは同義ではないものの、年間の金属ごみの回収量に3～5%をかけることで、最大限どれぐらいのアルミ量を回収できるかが判明する（生産量的にもアルミは鉄の4%程度なので妥当）。

高岡市の場合の令和4年度の金属類・家電品類の回収総量は918.37tであった。よってこの中にはアルミが36.73t入っている可能性がある。鋳造用アルミスクラップ価格¥150/kgで計算すると550万円程度が収入として入ることになる。

以下に今回の選別作業に立ち会い、高岡市でのアルミ回収率を上げるための提案をいくつか記す。

- 1) 今回の調査で回収した金属ごみ・小型家電に含まれるアルミは約53kgとの結果であった。そのうち、鍋・フライパン・調理器具が36kgであり、全体の68%を占めている。今回の調査で回収した全体の重量（約1.423t）に対しては2.53%であり、高岡市全体の令和4年度の金属ごみ・小型家電ごみ量918,370kgに対しては、23,234kg(348.5万円)になる。

小型家電などに比べ比較的アルミ部分が明瞭で区分しやすいことから、金属ごみ・小型家電中からのアルミ回収は、当面、鍋・フライパン・調理用具に絞って実施するのが現実的に良いと思われる。

具体的には、アルミ製の鍋・フライパン・調理用具を回収するボックスを市内に設けて、市民にもってきて頂くのが良いのではないかと。

- 2) 金属ごみ中には、飲料缶は分別が徹底されれば入っていないが、食料缶は多く入っている。2回目はスプレー缶と混ぜてしまったが、1回目は48kg（1回目総重量710kgに対して6.8%）混入している。それらの食料缶はほ



ばスチール缶としてカウントしているが、実際に見ているとアルミ缶も多少ある。割合は非常に少なく作業効率などもあり作業者にもよるが、あまりアルミを分別されていない気がした。

食料缶になるとサイズがバラバラでアルミとスチールの選別が機械でできるかは分からないが、機械で選別できるなら市民に対して、改めて食品用の缶類も飲食用缶類として出すように周知徹底した方が良い。(手作業で僅かのアルミとスチールとを分けるのは非常に手間で採集量に見合わない想定)。

引っ越してきた方は以前住んでいた地域の分類に従い、缶とは飲料缶のことだと思っている人が多く、教えてもらわなければ、食料缶は金属として出しがちな傾向がある。私も海苔の四角い缶も飲食用缶類に分類されていると初めて知った。将来的には自治体で統一的なゴミ分類の方法があれば人々も迷わないが、なかなか設備の違いなどから困難であるので、組成調査で3%以上間違っているものについては何度も周知することが重要だと思われる。

- 3) 食料缶のスチール缶でもタブはアルミであることが多いが、実際には区分されていない(正確な重量の把握が困難であること、総重量に大きな影響はないと考えられるため、割愛した)。今回の表でも缶の中にはアルミタブも実際には入っている。タブだけ集めて捨てるのは手を切る可能性などもあり、やはり量が少ないので、人手での



実施は採集量に見合わないと思われるが、機械などでうまく区分するか、ペットボトルの蓋の様に分けて回収するのが一般化すれば少しではあるが、アルミの回収量は増加すると思われる。

- 4) 自治体で決められる話ではないが、やはり複合物についてはどこで廃棄すべきか判断に迷うと感じた。プラスチックの割合が多いから高分子系だとか、金属部分が有るから金属だとか、一概に決定することができないものが多い。また、「家庭で素材ごとに分解して捨てることを依頼する」としても、強固に接合しており、不可能あるいは時間がかかるものが多い。今後は製造段階でリサイクルを考え、なるべく単一素材で廃棄するときによりやすい、分別しやすい製品が多くなれば良いと思われる。

5) 本調査について、途中で缶とスプレー缶が混ざったりしてしまうなどあったが、調査方法を他市の事例も参考に定型化して、今後も数年に一度実施すれば、第2次高岡市一般廃棄物処理基本計画に記載されている「ごみをださない生活スタイルの推進、あるいは富山大学が市民と目指す「100%循環ライフスタイル」の普及の成果を評価、他地域との比較等に利用できると考えられる。

## 6. 課題解決策の自己評価

これまで、アルミリサイクルと言えば、アルミ缶回収だけで、それ以外は工場等の事業者が行うことで、市民が関与できる部分は少ないと思われていたが、それを定量的に測定した例はなかった。

年間最大 550 万円、あるいは 348.5 万円が、増加する作業量に対して妥当かは議論の余地があるが、今回今後市民のリサイクルで最大どれぐらいのアルミ資源を回収することができるかを定量的に示せたことは非常に大きな意味を持つと考えている。

今後は、もう少し定式化し、地域や実施時期も考慮して、他地域との比較もできる形で実施できれば良いと考えている。

また、ゴミの分別が非常に徹底されていることにも感銘を受けた。富山大学でなぜ富山で循環経済を進められるのかという問われた理由の一つが、地域の環境に対する意識の高さ、決められたことは守るという遵法精神の高さを挙げたが、それをそのまま体現した数字だと思われ、富山での循環経済型社会の実現を裏付ける数字だと認識している。

以上

小型家電1台中のAl量計算 (kg)						6月22日			12月6日			合計			高岡市全域			
大品目	小品目	素材(除く基盤)構成中のAl量	基盤中のAl量	年間排出台数	Al(kg)/台	個数	Alの重量(kg)	総重量(kg)	個数	Alの重量(kg)	総重量(kg)	個数	Alの重量(kg)	総重量(kg)	年間を通じた回収量(t)	金属ごみ中のAlの割合		
金属	鉄(大物+小物くず)							176			139			315				
	スチール缶(別項目混入)							48			85			133	本来、飲食用缶類で出すべき			
	飲料は少なくほとんど食品スプレー缶													38				
	ステンレス鍋類							7						7				
	自転車						106		3		61			167				
	電線類						10							10				
	その他()													0				
	複合ゴミ	混在(特に傘)														36		143
アルミ製品	鍋・フライパン・調理用具					20	17	17		19	19			36		2.53%	23,234	2.5%
	アルミ缶(別項目混入)						2	2					2	2	本来、飲食用缶類で出すべき	1,291	0%	
	アルミ製日常器具(杖など)					2	1	1					1	1		645	0%	
	アルミ箔板						1	1		1	1		2	2		1,291	0%	
	その他、端材													0		0	0	0%
家電製品	レンジ	89,000	9,362	3,529,000	0.028	2	0.056	24					0.056	24		家電類アルミの総量は11,573	7,469	1%
	炊飯器	235,600	32,886	618,033	0.387	6	2,319	19	3	1,159,591	8		3,479	27				
	ポット	56,400	16,107	626,746	0.093	8	0.740	13	11	1,018,143	22		1,759	35				
	トースター	46,400		313,819	0.148				3	0.443,574	35		0.444	35				
	電磁調理器(IHヒーター)	20,000	1,063	102,500	0.205	1	0.205		6	1,232,946			1,438	0				
	扇風機orファン類	30,000	1,421	201,000	0.016	6	0.094	18	5	0.078,161	15		0.172	33				
	暖房器具	44,000	705	127,300	0.035	6	0.211	36	9	0.316,059	32		0.527	68				
	掃除機	103,000	8,556	555,967	0.020	7	0.140	18	7	0.140,456	9		0.281	27				
	ドライヤー	0	1,913	445,633	0.000	6	0.003		6	0.002,575	2		0.005	2				
	美容機器								1	0			0.000	0				
	シェーバー	0	528	810,800	0.000	1	0.000						0.000	0				
	照明器具	118,500	12,604	597,542	0.020	8	0.160	12	9	0.180,379	45		0.341	57				
	体重計								6	0			0.000	0				
	携帯電話	0	50,388	401,576	0.001	12	0.015	3	4	0.005,019			0.020	3				
	電話機	26,000	28,901	399,193	0.014				3	0.041,259	27		0.041	27				
	オーディオ関係(CDプレーヤーで代用)	0	889	671,000	0.001	7	0.009	13	2	0.002,649			0.012	13				
	プリンタ スキャナー	154,100	294,956	563,867	0.326				1	0.325,601			0.326	0				
	リモコン 家電周辺部品	0	251	428,635	0.001	3	0.002						0.002	0				
	電卓	0	2,011	770,650	0.000				2	0.000,522			0.001	0				
	電子辞書	0	1,953	256,700	0.001								0.000	0				
	ACアダプター	0	78	116,856	0.000	1	0.000		3	0.000,199			0.000	0				
	ミシン	281,900	2,434	127,227	2.218				1	2,217,629			2,218	0				
	電動工具	44,000		205,201	0.214				2	0.428,847			0.429	0				
アイロン	20,000	6,691	217,933	0.012				2	0.024,494			0.024	0					
その他(家電や機械の一部)など							100	6			56		0.000	156				
他分類混入	ガラス・ビン類					6		3						3	本来、陶磁器類			
	陶器・レンガ類													4		本来、陶磁器類		
	コンクリート 石材 土砂・灰類								3					4		可燃ごみ		
	木材													4		可燃ごみ		
	紙・布類													0		or古紙		
	プラスチック、ゴム・タイヤ								5					10		高分子系ごみorプラ容器		
	ペットボトル、その他													0		プラ容器		
合計							24,954	97		27,618	713		52,573	08	918,370	令和4年度高岡市の回収量		

Al混入割合

3.5% Al混入割合

3.9% Al混入割合

3.7%

33,929

↓四捨五入  
4%

36,735

かっこはまとめて計量したのもの



スチール缶



ステンレス製鍋



アルミ製鍋 料理器具



食料缶 (ほぼスチールだが)



複合ゴミ (特に傘 大物では自転車)



以下家電 (同じパレットの上に追加で載せて計量したので複数の家電の画像が入っている)



分類間違いの例  
プラスチック



木材

