

발 간 등 록 번 호

11-1240000-001426-01

2020년도 국가통계 품질개선 컨설팅 연구용역

『재활용가능자원가격조사』  
품질개선 컨설팅 최종결과보고서

2020. 12.



통계청  
Statistics Korea



## 주 의

1. 이 보고서는 통계청에서 수행한 국가통계 품질개선 컨설팅 연구용역 결과보고서입니다.
2. 이 보고서에 대한 지식재산권 귀속 등에 대하여는 「용역계약 일반조건」 제35조의 2(계약목적물의 지식재산권 귀속 등) 및 「일반용역계약특수조건」 제16조(계약목적물의 지식재산권 귀속 등)에 의합니다.



제 출 문

## 제 출 문

### 통계청장 귀하

본 보고서를 「재활용가능자원가격조사」 품질개선 컨설팅의 최종결과  
보고서로 제출합니다.

2020년 12월

한국조사연구학회



### 연구진

---

책 임 연 구 원	이기성, 우석대학교 아동복지학과 교수
연 구 원	손창균, 동국대학교 빅데이터응용통계학과 부교수
연 구 보 조 원	우영제, 동국대학교 통계학과 박사과정 수료

---



요약문

최종결과보고서 요약문

연구과제명	재활용가능자원가격조사 품질개선 컨설팅
주제어	재활용가능자원가격조사, 표본추출틀 구축, 표본설계
연구기간	2020. 9. 3 - 2020. 12. 2.
연구기관	한국조사연구학회
연구진구성	이기성, 우석대학교 아동복지학과 교수 손창균, 동국대학교 빅데이터응용통계학과 부교수

본 연구에서는 2020년 재활용가능자원가격조사 결과와 2018년 정기통계 품질진단 결과를 토대로 표본추출틀 개선을 통한 모집단 분석을 실시하고, 모집단의 변화에 따른 새로운 표본설계 방안(표본추출방법, 표본배분, 가중치 부여 및 모수추정 등)을 마련하여 재활용가능자원가격조사의 품질을 개선하고자 하였다.

재활용가능자원가격조사의 표본추출틀은 한국환경공단의 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 통계 자료를 기준으로 사용하고 있다. ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 자료는 권역별 업체리스트와 취급하는 품목, 수량 등의 자료가 자세히 제공되고 있으나, 폐기물 코드 등이 가격조사 해당 품목과 일치하지 않는 경우가 있어 실제 자료수집에 어려움이 있는 것으로 파악되었다. 한편 현재 사용 중인 재활용가능자원가격조사 표본추출틀은 2014년에 작성된 것으로, 표본추출틀의 정비와 보완이 필요한 상황이었다.

본 연구의 통해 얻은 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 최신 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 자료를 활용하여 모집단의 변동을 충분히 반영할 수 있도록 재활용가능자원가격조사의 표본추출틀을 새롭게 구축하였다.

둘째, 조사모집단의 변화에 따른 새로운 표본설계 방안을 마련하였다. 품목과 권역을 층화기준으로 사용하여 조사모집단을 구축하였으며, 구축된 조사모집단에 대한 충분한 분석을 통해 모집단의 특성을 잘 반영한 효과적인 표본배분방법과 표본추출방법을 제시하였다. 그리고 층의 수를 고려하여 표본크기를 확대하는 방안을 제안하였다. 또한 정확한 통계산출을 위해서는 표본설계에 따라 설계가중치와 조사과정에서 발생하는 무응답 조정을 위한 무응답조정가중치 등을 적용한 가중치를 부여하는 과정을 구체적으로 기술하였고, 모수추정 식을 제시하였다.



## 차 례

요약 ..... 1

제 1 장 서론 ..... 7

    제 1 절 연구배경 및 목적 ..... 7

    제 2 절 연구내용 및 방법 ..... 9

    제 3 절 연구의 기본 목표와 절차 ..... 11

제 2 장 재활용가능자원가격조사 검토 및 조사데이터 분석 ..... 13

    제 1 절 재활용가능자원가격조사 및 표본설계 ..... 13

    제 2 절 재활용가능자원가격조사 현황 분석 ..... 18

    제 3 절 재활용가능자원가격조사 검토 내용 ..... 21

제 3 장 재활용가능자원가격조사 모집단 분석 ..... 23

    제 1 절 모집단의 정의 ..... 23

    제 2 절 모집단 분석 ..... 25

제 4 장 표본설계 방안 ..... 35

    제 1 절 표본설계안의 특징 ..... 35

    제 2 절 층화 ..... 35

    제 3 절 표본크기 결정 및 표본배분 ..... 36

    제 4 절 표본추출 ..... 48

제 5 절 가중치 작성 및 추정 .....	49
제 5 장 결론 및 제언 .....	57
참고문헌 .....	59
<부록 1> 재활용가능자원 가격조사 조사표 .....	61
<부록 2> 재활용가능자원 가격조사 현지조사 점검표 .....	66
<부록 3> 가중치 산출 SAS 코드 .....	67

## 표 차 례

〈표 1-1〉	신구 표본설계 요약 비교 .....	1
〈표 2-1〉	품목별 권역별 재활용가능자원가격조사 조사업체 수 현황 .....	18
〈표 2-2〉	품목별 권역별 재활용가능자원가격 조사현황 .....	20
〈표 2-3〉	품목별 권역별 재활용가능자원가격 상대표준오차 .....	21
〈표 3-1〉	재활용가능자원가격 조사항목 및 가격 기준 .....	24
〈표 3-2〉	품목별 권역별 사업체 수 .....	26
〈표 3-3〉	품목별 권역별 종사자 수 .....	27
〈표 3-4〉	품목별 권역별 종사자수 상대표준오차 .....	27
〈표 3-5〉	품목별 권역별 폐기물 수탁량 .....	28
〈표 3-6〉	품목별 권역별 폐기물 수탁량 상대표준오차 .....	29
〈표 3-7〉	품목별 권역별 폐기물 처리량 .....	30
〈표 3-8〉	품목별 권역별 폐기물 처리량 상대표준오차 .....	30
〈표 3-9〉	품목별 권역별 폐기물 판매량 .....	31
〈표 3-10〉	품목별 권역별 폐기물 판매량 상대표준오차 .....	32
〈표 3-11〉	품목별 권역별 판매금액 .....	33
〈표 3-12〉	품목별 권역별 판매금액 상대표준오차 .....	33
〈표 4-1〉	품목별 권역별 네이만 배분(표본크기=300) .....	38
〈표 4-2〉	품목별 권역별 네이만 배분(표본크기=400) .....	39
〈표 4-3〉	품목별 권역별 네이만 배분(표본크기=500) .....	40
〈표 4-4〉	품목별 권역별 멱등배분(표본크기=300, $p = 0.3$ ) .....	41
〈표 4-5〉	품목별 권역별 멱등배분(표본크기=300, $p = 0.4$ ) .....	42
〈표 4-6〉	품목별 권역별 멱등배분(표본크기=300, $p = 0.5$ ) .....	42
〈표 4-7〉	품목별 권역별 멱등배분(표본크기=400, $p = 0.3$ ) .....	43
〈표 4-8〉	품목별 권역별 멱등배분(표본크기=400, $p = 0.4$ ) .....	44

<표 4-9> 품목별 권역별 먹등배분(표본크기=400, $p = 0.5$ ) .....	45
<표 4-10> 품목별 권역별 먹등배분(표본크기=500, $p = 0.3$ ) .....	46
<표 4-11> 품목별 권역별 먹등배분(표본크기=500, $p = 0.4$ ) .....	47
<표 4-12> 품목별 권역별 먹등배분(표본크기=500, $p = 0.5$ ) .....	47

## 요약

재활용가능자원가격조사의 표본추출들은 한국환경공단의 ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’ 통계 자료를 기준으로 사용하고 있다. ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’ 자료는 권역별 업체리스트와 취급하는 품목, 수량 등의 자료가 자세히 제공되고 있으나, 폐기물 코드 등이 가격조사 해당 품목과 일치하지 않는 경우가 있어 실제 자료수집에 어려움이 있는 것으로 파악되었다. 한편 현재 사용 중인 재활용가능자원가격조사 표본추출들은 2014년에 작성된 것으로, 표본추출들의 정비와 보완이 필요한 상황이었다.

따라서 본 연구에서는 2020년 재활용가능자원가격조사 결과와 2018년 정기통계 품질진단 결과를 토대로 표본추출들 개선을 통한 모집단 분석을 실시하고, 모집단의 변화에 따른 새로운 표본설계 방안(표본추출방법, 표본배분, 가중치 부여 및 모수추정 등)을 마련하여 재활용가능자원가격조사의 품질을 개선하고자 하였다.

연구결과, 현행 표본설계와 표본설계 개선안을 비교하여 요약하면 다음과 같다.

**<표 1-1> 신규 표본설계 요약 비교**

구분	현행 표본설계	표본설계 개선안
모집단과 표본추출 들	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표모집단 :</li> <li>· 현재 국내 재활용 처리 업체(폐기물 재활용 시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 만드는 영업을 하는 사업체)</li> <li>· 폐기물관리법 제 25조의3 규정에 의한 폐기물처리업 허가를 득한 자</li> <li>· 폐기물관리법 제 46조의1 규정에 의한 폐기물처리 신고를 한자</li> <li>- 조사모집단 : 매년도 2월말까지 폐기물 재활용실적(별지 제52호서식)을 작성하여 해당기관에 제출한 업체</li> <li>- 표본추출들 : 2014 폐기물 재활용실적 및 업체현황</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표모집단 :</li> <li>· 현재 국내 재활용 처리 업체(폐기물 재활용 시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 만드는 영업을 하는 사업체)</li> <li>· 폐기물관리법 제 25조의3 규정에 의한 폐기물처리업 허가를 득한 자</li> <li>· 폐기물관리법 제 46조의1 규정에 의한 폐기물처리 신고를 한자</li> <li>- 조사모집단 : 매년도 2월말까지 폐기물 재활용실적(별지 제52호서식)을 작성하여 해당기관에 제출한 업체</li> <li>- 표본추출들 : 2018 폐기물 재활용실적 및 업체현황</li> </ul>

구분	현행 표본설계	표본설계 개선안
층화기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차 층화 : 8개 권역(수도권, 강원, 충북, 대전/충남, 전북, 광주/전남, 대구/경북, 부산/울산/경남) 제주제외</li> <li>- 2차 층화 : 5개 품목(폐고무, 폐합성수지, 폐지, 폐금속류, 폐유리류)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 품목별(5개) 권역별(8개)로 층화</li> <li>- 권역(수도권, 강원, 충북, 대전/충남/세종, 전북, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남)에 세종과 제주를 포함하여 재구성</li> </ul>
표본크기 및 표본배분	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 표본크기 : 295개</li> <li>- 표본크기 산출식 제공</li> <li>- 표본배분 : 각 층의 최소 표본 수는 5개로 하고, 권역·품목별 목표 표준오차 5% 이내에서 산정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 표본크기 : 400개</li> <li>- 표본크기 산출식 제공</li> <li>- 표본배분 : 네이만배분 및 멱등배분(p=0.3)</li> </ul>
표본추출	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 층별 정렬변수(종사자 수, 세부품목, 행정구역)를 이용하여 정렬하여 계통추출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 품목별 권역별 층에서 지역, 폐기물처리량으로 정렬 후 계통추출</li> </ul>
가중치	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가중치 : 설계가중치만 제시</li> </ul> $w_{hi} = \frac{N_{hi}}{n_{hi}}$ <p> <math>N_{hi}</math> : 권역 <math>h</math>, 층별 <math>i</math>의 모집단 수  <math>n_{hi}</math> : 권역 <math>h</math>, 층별 <math>i</math>의 표본 수 </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본가중치 : <math>w_h^B = \frac{N_h}{n_h}</math></li> <li><math>N_h</math> : <math>h</math> 층의 모집단 사업체 수</li> <li><math>n_h</math> : <math>h</math> 층의 표본 사업체 수</li> <li>- 무응답 조정 가중치 : <math>w_h^R = \frac{n_h}{r_h}</math></li> <li><math>r_h</math> : <math>h</math> 층에서 응답한 사업체의 수</li> <li>- 사후층화가중치 :</li> </ul> $w_{hi} = w_h^B \times w_h^R \times \frac{X_{hi}}{\hat{X}_{hi}}$ <p> <math>X_{hi}</math> : <math>h</math> 층의 <math>i</math> 품목별 사업체의 총수  <math>\hat{X}_{hi}</math> : <math>h</math> 층의 <math>i</math> 품목별 사업체의 가중합 </p>

구분	현행 표본설계	표본설계 개선안
모수추정	<p>- 평균추정</p> $\bar{y}_{hg} = \frac{\sum_i N_{hi} \bar{y}_{hgi}}{N_{hi}} = \frac{\sum_i \sum_k w_{hi} y_{hgik}}{\sum_i \sum_k w_{hi}}$ <p><math>y_{hgik}</math>는 권역 <math>h</math>, 품목층 <math>i</math>의 <math>k</math>번째 자료에서 얻어진 품목 <math>g</math>의 값</p> <p>- 분산추정</p> $\widehat{Var}(\bar{y}_{hg}) = \frac{\sum_i N_{hi}^2 s_{hgi}^2 (1 - f_{hgi}) / n_{hgi}}{N_{hi}^2}$ <p>특히 모집단 수는 품목 <math>g</math>에 상관없이 같은 값임. 즉, <math>N_{hi} = N_{hgi}</math></p> <p>- 상대표준오차</p> $RSE = \frac{\sqrt{Var(\bar{y})}}{\bar{y}}$	<p>- 품목 <math>D</math>에 대한 평균가격 추정량 <math>\bar{y}_D</math> :</p> $\bar{y}_D = \frac{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi} y_{hi}}{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi}}$ <p><math>h = 1, 2, \dots, L</math>: 층의 수 (품목대분류*권역)  <math>i = 1, 2, \dots, n_h</math>: <math>h</math>층 내의 품목  <math>w_{hi}</math>: <math>h</math>층의 <math>i</math>번째 품목을 취급하는 사업체의 최종 가중치  <math>y_{hi}</math>: <math>h</math>층의 <math>i</math>번째 품목을 취급하는 사업체로부터 조사된 가격</p> $I_D(h, i) = \begin{cases} 1 & \text{만일 } h\text{층의 } i\text{번째 품목이 영역 } D\text{에 속하면,} \\ 0 & \text{그외} \end{cases}$ $v_{hi} = w_{hi} I_D(h, i) = \begin{cases} w_{hi}, & h\text{층의 } i\text{번째 품목이 영역 } D\text{에 속하면,} \\ 0 & \text{그외} \end{cases}$ <p>- 품목 <math>D</math>에 대한 평균가격 추정량 <math>\bar{y}_D</math>의 분산 추정량 :</p> $\widehat{V}(\bar{y}_D) = \sum_{h=1}^L \frac{n_h (1 - f_h)}{n_h - 1} \sum_{i=1}^{n_h} (r_{hi} - \bar{r}_h)^2$ $r_{hi} = v_{hi} (y_{hi} - \bar{y}_D) / \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi}$ $\bar{r}_h = \left( \sum_{i=1}^{n_h} r_{hi} \right) / n_h$ <p>- 품목 <math>D</math>에 대한 평균가격 추정량 <math>\bar{y}_D</math>의 상대 표준오차 :</p> $\widehat{RSE}(\bar{y}_D) = \frac{\sqrt{\widehat{V}(\bar{y}_D)}}{\bar{y}_D} \times 100 (\%)$

구분	현행 표본설계	표본설계 개선안
모수추정	<p>- 평균추정</p> $\bar{y}_{hg} = \frac{\sum_i N_{hi} \bar{y}_{hgi}}{N_{hi}} = \frac{\sum_i \sum_k w_{hi} y_{hgik}}{\sum_i \sum_k w_{hi}}$ <p><math>y_{hgik}</math>는 권역 <math>h</math>, 품목층 <math>i</math>의 <math>k</math>번째 자료에서 얻어진 품목 <math>g</math>의 값</p> <p>- 분산추정</p> $\widehat{Var}(\bar{y}_{hg}) = \frac{\sum_i N_{hi}^2 s_{hgi}^2 (1 - f_{hgi}) / n_{hgi}}{N_{hi}^2}$ <p>특히 모집단 수는 품목 <math>g</math>에 상관없이 같은 값임. 즉, <math>N_{hi} = N_{hgi}</math></p> <p>- 상대표준오차</p> $RSE = \frac{\sqrt{Var(\bar{y})}}{\bar{y}}$	<p>- 품목 <math>D</math>에 대한 총계 추정량 <math>\hat{Y}_D</math> :</p> $\hat{Y}_D = \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi} y_{hi}$ <p>- 품목 <math>D</math>에 대한 총계 추정량 <math>\hat{Y}_D</math>의 분산추정량 :</p> $\widehat{V}(\hat{Y}_D) = \sum_{h=1}^L \frac{n_h(1-f_h)}{n_h-1} \sum_{i=1}^{n_h} (z_{hi} - \bar{z}_h)^2$ $z_{hi} = v_{hi} y_{hi}$ $\bar{z}_h = \sum_{i=1}^{n_h} z_{hi} / n_h$ <p>- 품목 <math>D</math>에 대한 총계 추정량 <math>\hat{Y}_D</math>의 상대표준오차 :</p> $\widehat{RSE}(\hat{Y}_D) = \frac{\sqrt{\widehat{V}(\hat{Y}_D)}}{\hat{Y}_D} \times 100(\%)$ <p>- 품목 <math>D</math>에 대한 비율 추정량 <math>\hat{p}_D</math> :</p> $\hat{p}_D = \frac{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi} y_{hi}}{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi}}$ <p><math>y_{hi}</math>는 특정한 속성을 가지면 1, 그렇지 않으면 0</p> <p>- 품목 <math>D</math>에 대한 추정량 <math>\hat{p}_D</math>의 분산추정량 :</p> $\widehat{V}(\hat{p}_D) = \sum_{h=1}^L \frac{n_h(1-f_h)}{n_h-1} \sum_{i=1}^{n_h} (r_{hi} - \bar{r}_h)^2$ $r_{hi} = v_{hi}(y_{hi} - \hat{p}_D) / \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi}$ $\bar{r}_h = \left( \sum_{i=1}^{n_h} r_{hi} \right) / n_h$ <p>- 품목 <math>D</math>에 대한 비율 추정량 <math>\hat{p}_D</math>의 상대표준오차 :</p> $\widehat{RSE}(\hat{p}_D) = \frac{\sqrt{\widehat{V}(\hat{p}_D)}}{\hat{p}_D} \times 100(\%)$

결론적으로 새로운 표본설계에서는 최신의 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 통계 자료를 활용하여 표본추출틀을 구축한 후, 모집단 분석을 통해 기존의 표본설계에서 미흡한 표본배분, 가중치 및 모수추정 분야를 수정 보완하였다. 그리고 층별 상대표준오차를 줄이기 위해 표본크기를 확대하는 방안을 제안하였다. 또한 표본추출틀의 주기적인 갱신을 통한 표본설계 방안 마련의 필요성, 모집단의 변동과 가중치를 적용한 추정에 의한 재활용가능자원 가격조사 결과에 대한 전문가들의 충분한 검토 및 논의의 필요성, 그리고 표본업체에 대한 체계적인 관리 및 조사과정에서 발생할 수 있는 비표본오차를 줄이기 위한 노력의 필요성에 대하여 제안하였다.



# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구배경 및 목적

재활용가능자원가격조사는 국내·외 경제, 원자재 시장 및 재활용가능자원에 대한 시장동향과 전망을 조사 발표하여 재활용품목의 발전 및 제도 개선에 필요한 기초자료 제공하기 위한 조사통계이다.

한국환경공단에서 작성하고 있는 재활용가능자원가격조사는 2003년에 폐기물 재활용정책 및 제도 집행기관으로써의 역할을 수행하고 건전하고 예측가능한 재활용시장 형성을 통한 재활용품목 활성화를 유도하기 위해 「재활용가능자원시장동향」이라는 통계명으로 개발되었다. 2015년에 통계명칭을 「재활용가능자원가격조사」로 변경하고 조사기준일을 1일 기준 가격조사에서 10일 기준 가격조사로 변경되었다.

재활용가능자원가격조사는 통계법 제18조 1항에 의해 국가승인통계(제392001호, 2003년)로 지정되었으며, 한국환경공단법 제17조에 근거하고 있다. 재활용가능자원가격조사는 한국환경공단 자원정책통계부에서 담당하고 있으며, 조사는 한국환경공단 권역별 지역본부에서 각각 전담하고 있고 분석은 한국환경공단 자원정책통계부에서 처리하고 있다.

조사대상은 국내 재활용 처리 업체(폐기물 재활용 시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 만드는 영업을 하는 사업체)로 정의하며, 매년도 2월말까지 폐기물 재활용실적을 작성하여 한국환경공단에 제출한 업체를 조사모집단으로 정의하고 있다. 표본추출틀인 폐기물 재활용실적 및 업체현황 통계자료는 권역별 업체리스트와 취급하는 품목, 수량 등의 자료가 자세히 제공되어있다.

조사방법은 면접원이 사업체를 방문하여 응답자를 만나 조사표를 작성하는 면접조사 방식이 원칙으로 하나 사업체에서 원할 경우에는 팩스·메일·유선 조사방법을 병행하여 진행하고 있다.

조사항목 체계는 5종 23개 품목별 가격으로 폐지(신문지, 폐골판지), 폐플라스틱(재생 플레이크: PE, PP, PS, PVC, ABS, 재생펠릿: PE, PP, PS, ABS, EPS), 잉고트(Ingot), 압축 플라스틱(압축 PET, 압축 PE, 압축 PP), 폐유리병(백색 Cullet, 갈색 Cullet, 청록색 Cullet), 폐금속(철스크랩, 철캔, 알루미늄캔), 폐타이어(고무분말)로 구분되어 조사되고 있다.

재활용가능자원가격조사는 매월 26일 작성기관 홈페이지를 통해 제공되고 있으며, 자원순환정보시스템(www.recycling-info.or.kr)에도 보고서, 인포그래픽 등의 형태로 제공하고 있다. 또한, 가장 최근 공표된 데이터를 기준으로 작성된 통계표를 KOSIS에 업로드하여 서비스하고 있다.

공표통계의 분류 수준은 8개 권역(수도권, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남)으로 공표되고 있고, 품목종류별(5종 23개 품목)으로 공표되고 있다. 그리고 이용자 편의를 위해 통계보고서에 재활용가능자원가격조사에 대한 용어 설명, 품목별 세부기준, 작성기관 업무 소개 등이 같이 수록되어 있다.

2019년 재활용가능자원가격조사의 표본설계와 관련하여 검토한 결과 ‘표본추출틀 정비’, ‘새로운 표본설계 방안’ 등이 필요한 것으로 파악되었다.

따라서 본 연구에서는 2020년 재활용가능자원가격조사 결과와 2018년 정기통계 품질진단 결과를 토대로 표본추출틀 개선을 통한 모집단 분석을 실시하고, 모집단의 변화에 따른 새로운 표본설계 방안(표본추출방법, 표본배분, 가중치 부여 및 모수추정 등)을 마련하여 재활용가능자원가격조사의 품질을 개선하고자 한다.

## 제 2 절 연구내용 및 방법

본 연구에서는 재활용가능자원가격조사 통계의 신뢰성 제고를 위해 개선방안을 제시한다. 타당성 높은 표본추출틀이 될 수 있도록 정비하여, 표본이 모집단을 잘 대표하고, 모집단의 특성이 표본에 반영되도록 설계하며, 과거 조사설계의 한계점이나 문제점 등을 검토한다. 그리고 2020년 재활용가능자원가격조사 자료 분석을 통해 표본배분을 위한 변수 등을 찾아 표본설계안에 반영한다. 이를 위해서 다음과 같은 단계에 걸쳐서 세부적인 내용을 다룬다.

### 1. 표본추출틀 정비 필요

재활용가능자원가격조사의 표본추출틀은 한국환경공단의 ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’ 통계 자료를 기준으로 사용하고 있는데, 폐기물 코드가 가격조사 해당 품목과 일치하지 않는 경우가 있어 실제 자료수집에 어려움이 있는 것으로 파악되고 있다. 이러한 내용에 대한 검토 및 정비를 통해 타당성 있는 표본추출틀을 마련한다. 구축된 조사모집단의 특성을 분석하여 표본배분에 활용하면 대표성 있는 표본을 얻을 수 있다. 또한 구축된 모집단 자료는 추정 시 가중치 계산에 사용된다.

### 2. 표본설계 방안

2020년에 조사된 재활용가능자원가격조사 원시자료(raw-data)를 이용해서 주요 문항별 특성을 분석한다. 그리고 2019년의 조사설계 전 과정을 상세히 검토해서 현행 조사의 문제점, 개선내용 등을 종합적으로 파악하여 표본설계안에 반영한다.

표본설계안에서는 기존의 조사설계에서의 미흡했던 점이나 한계점들을 찾아서 보완토록 한다. 2020년 재활용가능자원가격조사 자료와 최신 모집단 자료를 심층 분석해서 주요 관련변수를 찾고 이를 표본배분에 반영한다. 최종적으로 연구진, 외부전문가 그리고 작성기관 실무진들과의 협의를 통해 표본배분 기준을 정한다. 표본추출은 품목별 권역별로 층화하여, 표본배분 원칙에 따라 표본추출프로그램(SAS)을 이용하여 배분한다. 모수 추정을 위한 가중치와 추정치의 오차계산을 위해 분산추정식을 제시하고 아울러 가중치 계산과정을 다룬다.

상기의 단계적인 세부 내용을 수행하기 위해서 다음과 같은 방법을 사용한다.

## 1) 조사연구

최근 재활용가능자원가격조사 보고서와 현행 조사설계 방안 등을 분석한다. 그리고 표본추출틀 정비, 모집단 분석, 표본오차의 추정을 위하여 연관된 조사 자료를 수집한다. 또한 추정량, 추정량의 오차를 계산하기 위한 가중치 계산, 표본추출방법, 표본배분 공식, 분산추정식 등에 대한 통계이론들을 살펴본다. 문헌검토 및 자료 수집을 통해서 여러 사례들을 검토한다.

## 2) 관련전문가의 의견 수렴 및 검토회의 개최

본 조사를 총괄적으로 담당한 작성기관 관련자들과 재활용가능자원가격조사 관련 전문가, 통계청 관계자들, 그리고 표본설계 전문가들과 자문회의 등을 통해 수시로 문제점 등을 협의한다.

### 제 3 절 연구의 기본 목표와 절차

본 연구에서는 다음 사항들을 기본목표로 한다.

- (1) 재활용가능자원가격조사를 최신의 표본추출틀 구축 방안을 마련한다.
- (2) 2019년 표본설계의 장·단점을 분석하고 문제점을 보완해서 조사결과  
의 정확성과 신뢰성을 높일 수 있도록 표본설계를 한다.
- (3) 확률추출을 근간으로 해서 특성별 추정이 가능하도록 추정량과 추정량  
의 분산추정식을 제시한다.
- (4) 조사항목과 항목무응답 및 그 발생 이유를 검토한다.

한편, 효율적인 연구를 위해서 다음과 같은 단계적 절차를 밟는다.

- (1) 최신의 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 자료를 활용하여 표본추출  
틀을 정비한다.
- (2) 2020년 재활용가능자원가격조사 자료로부터 품목별 권역별 특성을 분  
석하고 표본배분을 위한 변수 등을 찾아 표본설계에 반영한다.
- (3) 주어진 조사여건 하에서 층화방법, 추출방법, 표본배분방법 등을 결정  
한다.
- (4) 가중치와 추정량, 그리고 추정량에 대한 오차공식 등을 제시한다.



## 제 2 장 재활용가능자원가격조사 검토 및 조사데이터 분석

### 제 1 절 재활용가능자원가격조사 및 표본설계

#### 1. 2019년 재활용가능자원가격조사 개요

##### 1) 조사목적

- 국내·외 경제, 원자재 시장 및 재활용가능자원에 대한 시장동향과 전망을 조사 발표하여 재활용품목의 발전 및 업무 참고자료 제공

##### 2) 조사항목

- 23개 항목(폐지 2, 폐플라스틱 14, 폐유리병 3, 고철 및 폐금속캔 3, 폐타이어 1)에 대한 국내·외 경제동향, 원자재 시장동향, 재활용 가능자원 시장동향 및 전망, 가격현황 등
  - 폐지(2) : 폐신문지, 폐골판지
  - 폐플라스틱(14) : PE, PP, PS, ABS 재생Flake 및 재생Pellet
    - : EPS(cf. 스티로폼)(2) - EPS Ingot, EPS Pellet
    - : 압축품(3) - 압축PET, 압축PE, 압축PP
  - 폐유리병(3) : 백색, 갈색, 청·녹색
  - 고철 및 폐금속캔(3) : 철스크랩, 철캔, 알루미늄캔
  - 폐타이어(1) : 고무분말

## 2. 2019년 재활용가능자원가격조사 표본설계

### 1) 모집단과 표본추출틀

- 목표모집단
  - 현재 국내 재활용 처리 업체(폐기물 재활용 시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 만드는 영업을 하는 사업체)
  - 폐기물관리법 제 25조의3 규정에 의한 폐기물처리업 허가를 득한 자
  - 폐기물관리법 제 46조의1 규정에 의한 폐기물처리 신고를 한자
- 조사모집단
  - 매년도 2월말까지 폐기물재활용실적(별지 제52호서식)을 작성하여 해당 기관에 제출한 업체
- 표본추출틀
  - 2014 폐기물 재활용실적 및 업체현황, 한국환경공단

### 2) 표본추출방법

- 층화
  - 1차 층화 : 8개 권역(수도권, 강원, 충북, 대전/충남, 전북, 광주/전남, 대구/경북, 부산/울산/경남)
  - 2차 층화 : 5개 품목(폐고무, 폐합성수지, 폐지, 폐금속류, 폐유리류)
- 표본배분
  - 권역별, 품목별 평균과 상대표준오차를 사용하여 목표 상대표준오차를

결정하여 권역별, 층별(품목) 표본규모를 산정

$$n_1 RSE_1^2 = n_2 RSE_2^2$$

- 표본규모가 모집단 보다 큰 경우는 전수조사를 실시(특히 독점, 과점인 사업체 조사는 전수조사)
- 각 층의 최소 표본 수는 5개로 함
- 이상의 규칙을 이용하여 권역·품목별 목표 표준오차 5% 이내에서 산정

- 표본추출

- 각 층별 정렬변수(종사자 수, 세부품목, 행정구역)를 이용하여 정렬하여 계통추출

### 3) 표본크기

- 표본규모 : 295개 처리업체

### 4) 가중치

- 설계가중치

$$w_{hi} = \frac{N_{hi}}{n_{hi}}$$

- $N_{hi}$  : 권역  $h$ , 층별  $i$ 의 모집단 수
- $n_{hi}$  : 권역  $h$ , 층별  $i$ 의 표본 수

### 5) 추정식

- 평균추정

$$\bar{y}_{hg} = \frac{\sum_i N_{hi} \bar{y}_{hgi}}{N_{hi}} = \frac{\sum_i \sum_k w_{hi} y_{hgik}}{\sum_i \sum_k w_{hi}}$$

•  $y_{hgik}$ 는 권역  $h$ , 품목층  $i$ 의  $k$ 번째 자료에서 얻어진 품목  $g$ 의 값

- 분산추정

$$\widehat{Var}(\bar{y}_{hg}) = \frac{\sum_i N_{hi}^2 s_{hgi}^2 (1 - f_{hgi}) / n_{hgi}}{N_{hi}^2}$$

• 특히 모집단 수는 품목  $g$ 에 상관없이 같은 값임. 즉,  $N_{hi} = N_{hgi}$

- 상대표준오차

$$RSE = \frac{\sqrt{Var(\bar{y})}}{\bar{y}}$$

## 6) 무응답

- 항목무응답

- 재활용가능자원에 대한 거래가격을 매월 설문조사하는 방식으로 진행되고 있으므로 기존 거래 품목을 더 이상 취급하지 않거나 일시적으로 거래가 발생하지 않은 품목은 응답이 불가함
- 소규모 사업장 등에서 사정에 따라 단위무응답이 일부 발생할 수 있으나, 항목무응답의 경우 조사자 및 관리자 이중체크 및 재조사가 이루어지고 있어 항목무응답 발생이 없거나 허용하지 않은 것으로 간주
- 직전 3개월 내 응답했던 품목을 응답 기준품목으로 고려한 경우 23개 품목 전체에 대한 총괄 항목 무응답률은 매월 5% 내외임('18.2월 기준 301개소 중 286개소가 사전 기록·관리되고 있는 기준품목 응답)

$$\text{항목 무응답률(\%)} = \left(1 - \frac{\sum \text{항목 응답 사업체 수}}{\sum \text{해당월 조사 성공 사업체 수}}\right) \times 100$$

- 단위무응답

- 매월 단위무응답 업체 수는 평균 6~7개소 정도로 1인 기업 또는 소규모 사업장들이 이에 해당하며 업체 일정 등 사정에 따라 무응답 발생

$$\text{단위 무응답률(\%)} = \frac{\text{단위무응답 사업체 수}}{\text{전체 추출 사업체 수}} \times 100$$

## 7) 표본대체

- 항목무응답 대체

- 평균 대체법(cell mean imputation) : 항목별로 얻어진 자료의 단순 평균값으로 무응답을 대체
- 이월 대체법(carry-over imputation) : 각 사업체 별로 얻어진 자료에서 전월에서 얻어진 자료값으로 무응답을 대체
- 대체의 용이성과 효율성을 고려하여 본 조사에서는 만약 전월과 조사월의 조사값에 큰 차이가 없다면 이월 대체법으로 무응답을 대체하고, 만약 가격 차이가 크거나 첫 조사월처럼 전월의 가격이 없다면 평균 대체를 실시

- 단위무응답 대체

- 표본업체가 휴업 또는 폐업 등으로 조사 불가 또는 조사기준에 적합하지 않은 경우 해당지역의 동일 품목 업체로 대체하며, 대체표본 사용 시 표본추출틀에서 추출된 원표본의 직전과 직후 자료를 추출하여 조사기준에 맞는 사업체가 있을 때까지 대체표본을 사용하여 조사 실시

## 제 2 절 재활용가능자원가격조사 현황 분석

### 1. 품목별 권역별 재활용가능자원가격조사 조사업체 수 현황

품목별(세부품목 23개) 권역별(8개) 재활용가능자원가격조사 조사업체 수 현황(2020년 8월 기준, 중복 허용)을 살펴보면 다음과 같다.

<표 2-1> 품목별 권역별 재활용가능자원가격조사 조사업체 수 현황

(단위 : 개)

구분		수도권	강원	충북	대전/충남	전북	광주/전남	대구/경북	부산/울산/경남	계	
폐지	1. 폐신문지	9	6	4	5	5	8	5	9	51	
	2. 폐골판지	11	8	6	7	5	8	5	10	60	
페플라스틱	플레이크 (파쇄분쇄품)	3. PE 재생 플레이크	7	4	6	8	7	6	6	4	48
		4. PP 재생 플레이크	8	4	7	9	8	6	8	6	56
		5. PS 재생 플레이크	0	0	4	0	0	0	3	3	10
		6. ABS 재생 플레이크	3	0	6	0	0	1	3	2	15
		7. PVC 재생 플레이크	0	0	0	0	0	0	2	8	10
		펠릿	8. PE 재생 펠릿	11	3	8	6	4	11	4	8
	9. PP 재생 펠릿		11	1	6	4	4	7	6	5	44
	10. PS 재생 펠릿		0	0	4	0	0	0	0	0	4
	11. ABS 재생 펠릿		1	0	5	0	0	2	0	0	8
	EPS	12. EPS 펠릿	4	0	0	0	0	0	0	0	4
		13. EPS 잉고트	8	13	4	7	4	4	6	8	54
	압축품	14. 압축 PET	8	9	4	7	8	4	4	9	53
		15. 압축 PE	9	7	3	6	3	5	2	5	40
		16. 압축 PP	9	8	3	6	2	5	3	5	41
	폐유리병 (Cullet완제품)	17. 백색 Cullet	7	5	3	4	4	1	5	2	31
		18. 갈색 Cullet	7	5	3	4	4	1	5	2	31
19. 청록색 Cullet		4	2	3	4	4	1	5	2	25	
폐금속	20. 철스크랩	4	10	2	4	9	4	7	10	50	
	21. 철캔	2	7	3	5	5	3	4	6	35	
	22. 알루미늄캔	4	9	4	7	4	3	4	9	44	
폐타이어	23. 고무분말	0	0	0	0	0	1	5	0	6	
계		127	101	88	93	80	81	92	113	775	

재활용가능자원가격조사의 조사업체 수를 살펴보면, 전체가 775개이었으며, 이를 품목별로 살펴보면 플라스틱이 57.0%로 가장 많았고, 세부 품목별로는 플레이크가 31.5%로 많이 나타났다. 조사업체 수를 권역별로 살펴보면, 수도권이 16.9%로 가장 높은 비율을 나타내었고, 그 다음으로는 부산/울산/경남이 14.6%로 높게 나타났다.

조사응답업체 수를 세부품목별 권역별로 살펴보면, 세부품목이 PE 재생 펠렛, PP 재생 펠렛 등이고 권역이 수도권인 경우가 8.7%로 사업체가 가장 많은 것으로 나타났다.

## 2. 품목별 권역별 재활용가능자원가격 조사현황

품목별(세부품목 23개) 권역별(8개) 재활용가능자원가격 조사현황(2020년 8월 기준)을 살펴보면 다음과 같다.

재활용가능자원가격을 세부품목별로 살펴보면 ABS 재생 펠렛이 1,750원으로 가장 높았고, 권역별로는 충북이 1,546원으로 가장 높게 나타났다.

재활용가능자원가격을 세부품목별 권역별로 살펴보면, 세부품목이 ABS 재생 펠렛이고 권역이 수도권인 경우가 1,750원으로 가격이 가장 높은 것으로 나타났다.

<표 2-2> 품목별 권역별 재활용가능자원가격 조사현황

(단위 : 원)

구분		수도권	강원	충북	대전/충남	전북	광주/전남	대구/경북	부산/울산/경남	계		
폐지	1. 폐신문지	88	62	83	77	64	81	79	64	75		
	2. 폐골판지	66	43	58	56	53	57	59	48	55		
페플라스틱	플레이크 (파쇄분쇄품)	3. PE 재생 플레이크	519	528	506	504	549	503	485	505	513	
		4. PP 재생 플레이크	473	455	469	427	471	455	519	455	466	
		5. PS 재생 플레이크	.	.	520	.	.	.	804	683	654	
		6. ABS 재생 플레이크	717	.	658	.	.	650	883	700	720	
		7. PVC 재생 플레이크	.	.	.	.	.	.	375	473	453	
		펠릿	8. PE 재생 펠릿	753	797	662	790	769	654	648	768	722
			9. PP 재생 펠릿	685	670	603	660	783	574	738	597	660
	10. PS 재생 펠릿		.	.	748	.	.	.	.	.	748	
	11. ABS 재생 펠릿		1,750	.	1,010	.	.	1,150	.	.	1,138	
	EPS	12. EPS 펠릿	678	.	.	.	.	.	.	.	678	
		13. EPS 잉고트	483	554	590	568	452	380	523	589	529	
	압축품	14. 압축 PET	236	222	265	233	204	195	251	240	229	
		15. 압축 PE	330	271	380	328	323	260	365	288	310	
		16. 압축 PP	263	235	287	253	182	214	313	256	251	
	폐유리병 (Cullet원제품)	17. 백색 Cullet	68	53	64	81	84	100	46	68	66	
		18. 갈색 Cullet	44	31	36	44	46	45	25	31	37	
19. 청록색 Cullet		25	27	18	31	36	35	18	26	26		
폐금속	20. 철스크랩	203	190	170	230	186	190	206	153	187		
	21. 철캔	130	167	175	160	162	212	210	195	177		
	22. 알루미늄캔	990	928	893	909	955	1,007	1,013	935	944		
폐타이어	23. 고무분말	.	.	.	.	.	200	220	.	217		
계)		949	987	1,546	1,091	747	924	816	980	979		

### 3. 품목별 권역별 재활용가능자원가격 상대표준오차

품목별(세부품목 23개) 권역별(8개) 재활용가능자원가격 상대표준오차(2020년 8월 기준)를 구해 보면 다음과 같고, 품목별 권역별 기준으로 재활용가능자원가격의 상대표준오차가 0.3%(강원의 PE 재생펠릿)에서 44.6%(강원의 폐유리 청록색)까지 차이를 나타냈다.

1) 권역별 품목 전체에 대한 재활용가능자원가격 평균

<표 2-3> 품목별 권역별 재활용가능자원가격 상대표준오차

(단위 : %)

구분		수도권	강원	충북	대전/충남	전북	광주/전남	대구/경북	부산/울산/경남	계		
폐지	1. 폐신문지	6.2	10.4	6.5	6.6	18.6	7.3	10.7	10.3	12.8		
	2. 폐골판지	6.6	10.0	10.0	9.4	14.5	7.8	12.3	10.6	11.5		
페플라스틱	플레이크 (파쇄분쇄품)	3. PE 재생 플레이크	6.0	1.8	9.2	5.4	7.3	5.7	9.6	7.1	13.2	
		4. PP 재생 플레이크	4.7	1.2	4.1	5.5	4.8	5.1	8.0	4.5	12.0	
		5. PS 재생 플레이크			11.3				6.3	5.3	31.1	
		6. ABS 재생 플레이크	5.0		11.7				6.7		25.2	
		7. PVC 재생 플레이크							0.9	7.7	31.1	
		펠릿	8. PE 재생 펠릿	4.9	0.3	5.9	6.6	7.4	4.4	7.2	6.7	12.2
			9. PP 재생 펠릿	4.1		2.9	1.0	2.4	6.4	8.6	2.3	13.9
	10. PS 재생 펠릿				12.5						49.7	
	11. ABS 재생 펠릿				6.5			3.1			34.9	
	EPS	12. EPS 펠릿	11.1								49.7	
		13. EPS 잉고트	9.8	7.2	7.1	10.0	5.8	14.4	5.3	4.5	12.3	
	압축품	14. 압축 PET	2.9	10.3	9.4	3.4	7.7	5.9	12.4	4.1	12.5	
		15. 압축 PE	4.4	14.8	13.0	3.9	13.6	12.1	12.6	7.0	14.7	
		16. 압축 PP	4.2	13.4	13.4	5.6	12.5	10.6	7.7	4.9	14.5	
	폐유리병 (Cullet원제품)	17. 백색 Cullet	9.5	23.6	3.8	13.8	11.3		13.9	21.9	17.0	
		18. 갈색 Cullet	9.8	16.8	2.8	10.5	14.9			32.0	17.0	
19. 청록색 Cullet		26.4	44.6	18.9	28.7	17.0		15.4	38.2	19.2		
폐금속	20. 철스크랩	7.1	4.6	16.7	4.6	5.4	14.2	11.7	9.5	12.9		
	21. 철캔		5.4	22.4	15.0	14.3	2.6	7.1	5.8	15.9		
	22. 알루미늄캔	4.0	4.6	7.8	4.5	12.5	4.0	3.5	4.7	13.9		
페타이어	23. 고무분말							10.0		40.5		
계		11.1	12.8	18.9	14.4	16.8	15.4	15.3	15.8	5.5		

### 제 3 절 재활용가능자원가격조사 검토 내용

재활용가능자원가격조사의 2018년 정기통계 품질진단을 통해 도출된 문제점 및 개선사항과 본 연구에서 검토하여 개선이 필요한 사항을 정리하면 다음과 같다.

#### 1) 표본추출틀 정비 필요

재활용가능자원가격조사의 표본추출틀은 한국환경공단의 ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’ 통계 자료를 기준으로 사용하고 있다. ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’ 자료는 권역별 업체리스트와 취급하는 품목, 수량 등의 자료가 자세히 제공되고 있으나, 폐기물 코드 등이 가격조사 해당 품목과 일치하지 않는 경우가 있어 실제 자료수집에 큰 어려움이 있는 것으로 파악되고 있다. 현재 사용 중인 재활용가능자원가격조사 표본추출틀은 2014년에 작성된 것으로, 추출된 표본 중 유고사업체가 발생시 유사한 표본으로 교체하여 조사하고 있다.

모집단의 변동을 적절히 반영하기 위해서는 표본추출틀을 정비하고 조사여건에 맞게 주기적으로 갱신하고 표본개편도 이에 맞추어 이루어질 필요가 있다.

따라서 정확한 모집단을 구축하여 모집단 현황 분석을 통해 새로운 표본설계에 반영할 필요가 있다.

## 2) 새로운 표본설계 방안 필요

변화된 모집단의 정보를 활용하여 새로운 표본설계안이 마련될 필요가 있다. 조사의 신뢰성 및 정확성을 높이기 위해서는 통계결과에 대한 상대표준오차를 제시해야 한다. 그리고 표본설계 시 조사결과에 대한 상대표준오차를 이용한 표본규모 및 층별 표본크기에 대한 적정성의 검토와 적절한 표본배분이 필요하다.

또한 모수를 추정하기 위해 필요한 가중치에 대한 보완이 필요하며, 가중치를 적용한 모수 추정식과 분산추정식 및 상대표준오차가 제시되고 산출되어야 한다.

## 제 3 장 재활용가능자원가격조사 모집단 분석

### 제 1 절 모집단 정의

#### 1. 모집단 및 표본추출틀 정의

재활용가능자원가격조사의 목표모집단은 현재 국내 재활용 처리 업체(폐기물 재활용 시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 만드는 영업을 하는 사업체)로 폐기물관리법 제 25조의3 규정에 의한 폐기물처리업 허가를 득한 자이거나 폐기물관리법 제 46조의1 규정에 의한 폐기물처리 신고를 한 자로 정의한다.

조사모집단은 매년도 2월말까지 폐기물재활용실적(별지 제52호서식)을 작성하여 해당기관에 제출한 업체로 정의한다.

표본추출틀은 2018 폐기물 재활용실적 및 업체현황으로 정의하며, 한국환경공단에서 관리하고 있다.

#### 2. 조사항목

재활용가능자원가격조사의 조사항목 및 가격기준은 다음과 같다.

<표 3-1> 재활용가능자원가격 조사항목 및 가격 기준

구분		기준	
폐지	폐신문지	<b>미압축 선별</b> 고지를 <b>매입</b> 하는 가격	
	골판지		
폐플라스틱	플레이크 (파쇄·분쇄 품)	PE	원재료를 <b>파쇄·분쇄</b> 하여, 펠릿 또는 플라스틱 제품 제조업체에 <b>납품</b> 하는 가격
		PP	
		PS	
		ABS	
		PVC	
	펠릿	PE	펠릿을 원료로 플라스틱 제품을 제조하는 회사 등에 <b>납품</b> 하는 가격
		PP	
		PS	
		ABS	
	EPS	EPS(펠릿)	EPS잉고트를 제품 원료로 사용하는 업체에 <b>납품</b> 하는 가격
		EPS(잉고트)	
	압축품	PET	원재료를 <b>선별·압축</b> 하여, 플레이크·펠릿 제조업체 등에 <b>납품</b> 하는 가격
		PE	
		PP	
	폐유리병 (Cullet완제품)	백색	유리병 파쇄품( <b>컬릿완제품</b> )을 유리제품 제조회사 등에 <b>납품</b> 하는 가격
		갈색	
청·녹색			
고철	철스크랩	고철 스크랩을 <b>매입</b> 하는 가격	
폐금속캔	철캔	캔을 <b>선별·압축</b> 하여 제강사 등에 <b>납품</b> 하는 가격	
	알루미늄캔		
폐타이어	고무분말	타이어분말을 <b>납품</b> 하는 가격	

## 제 2 절 모집단 분석

### 1. 표본추출틀 검토

본 연구에서는 재활용가능자원가격조사를 위해 최신의 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 자료를 표본추출틀로 활용한다. 폐기물 코드 등이 가격조사 해당 품목과 일치하지 않는 경우가 발생하지 않도록 표본추출틀을 체계적으로 정비 및 보완하도록 한다.

### 2. 조사모집단 분석

2018 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 자료를 이용하여 조사모집단을 분석하고자 한다.

#### 1) 품목별 권역별 사업체 수 분석

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 재활용가능자원가격조사 모집단 사업체 수를 살펴보면 다음과 같다. 이 때, 기존 8개 권역에 포함되지 않았던 세종과 제주를 포함하여 수도권, 강원, 충북, 대전/충남/세종, 전북, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남으로 권역을 새롭게 재구성하여 모집단에 있는 17개 시도가 8개 권역에 모두 포함될 수 있도록 하였다.

재활용가능자원가격조사의 모집단 사업체 수를 살펴보면, 전체가 2,716개이었으며, 이를 품목별로 살펴보면 폐플라스틱이 77.1%로 가장 많았고, 그 다음으로는 고철 및 금속캔이 13.0%로 많이 나타났다. 사업체 수를 권역별로 살펴보면, 수도권이 29.8%로 가장 높은 비율을 나타내었고, 그 다음으로는 부산/울산/경남이 20.7%로 높게 나타났다.

사업체 수를 품목별 권역별로 살펴보면, 품목이 폐플라스틱이고 권역이 수도권인 경우가 24.4%로 사업체가 가장 많은 것으로 나타났다.

<표 3-2> 품목별 권역별 사업체 수

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	66	9	11	13	7	15	22	25	168
폐플라스틱	662	49	179	175	82	169	366	411	2,093
폐유리병(Quillet원제품)	7	0	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	61	14	17	50	12	38	57	105	354
페타이어	14	6	5	4	3	13	12	18	75
계	810	78	213	247	108	240	459	561	2,716

## 2) 품목별 권역별 종사자 수 분석

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 모집단 종사자 수를 살펴보면 다음과 같다. 전체 종사자 수는 53,663명이었으며, 이를 품목별로 살펴보면 폐플라스틱 사업체 종사자가 28,415명으로 가장 많았고, 그 다음으로는 폐지가 19,140명으로 많이 나타났다. 종사자 수를 권역별로 살펴보면, 수도권이 26,781명으로 가장 많이 나타났고, 그 다음으로는 부산/울산/경남이 8,416명으로 많이 나타났다.

종사자 수를 품목별 권역별로 살펴보면, 품목이 폐지이고 권역이 수도권인 경우가 17,991명으로 종사자가 가장 많은 것으로 나타났다.

<표 3-3> 품목별 권역별 종사자 수

(단위 : 명)

구분	수도권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	17,991	51	81	227	46	136	218	390	19,140
폐플라스틱	7,754	1,112	3,427	2,275	965	1,723	4,434	6,725	28,415
폐유리병(Outlet원제품)	159	0	9	411	332	29	71	93	1,104
고철 및 폐금속캔	745	77	165	341	344	370	744	866	3,652
폐타이어	132	409	47	36	13	292	81	342	1,352
계	26,781	1,649	3,729	3,290	1,700	2,550	5,548	8,416	53,663

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 종사자수 상대표준오차를 구해 보면 다음과 같고, 품목별 권역별 기준으로 상대표준오차가 5.9%(수도권의 폐플라스틱)에서 93.8%(수도권의 폐지)까지 차이를 나타냈다.

<표 3-4> 품목별 권역별 종사자수 상대표준오차

(단위 : %)

구분	수도권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	93.8	20.2	15.8	37.3	29.9	26.2	22.1	15.5	88.6
폐플라스틱	5.9	48.0	25.1	12.6	19.0	9.7	24.9	24.7	8.2
폐유리병(Outlet원제품)	33.9	-	0.0	34.5	79.4	17.9	48.8	55.5	31.6
고철 및 폐금속캔	18.4	28.9	28.2	14.7	55.9	25.7	28.8	12.4	10.0
폐타이어	25.0	81.2	50.2	29.1	38.2	36.2	17.0	61.3	31.9
계	63.5	39.0	23.2	11.3	23.7	8.9	20.3	20.0	32.0

### 3) 품목별 권역별 폐기물 수탁량 분석

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 모집단의 폐기물 수탁량을 살펴보면 다음과 같다. 총 폐기물 수탁량은 27,763.6천톤이었으며, 이를 품목별로 살펴보면 고철 및 폐금속캔이 13,389.4천톤으로 가장 많았고, 그 다음으로는 폐플라스틱 9,956.2천톤으로 많이 나타났다. 폐기물 수탁량을 권역별로 살펴보면, 광주/전남/제주가 5,992.4천톤으로 가장 많이 나타났고, 그 다음으로는 대구/경북이 5,609.6천톤으로 많이 나타났다.

폐기물 수탁량을 품목별 권역별로 살펴보면, 품목이 고철 및 폐금속캔이고 권역이 광주/전남/제주인 경우가 4,860.5천톤으로 폐기물 수탁량이 가장 많은 것으로 나타났다.

<표 3-5> 품목별 권역별 폐기물 수탁량

(단위 : 천톤/년)

구분	수도권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	862.6	86.9	104.4	186.4	58.7	218.0	192.9	401.5	2,111.4
폐플라 스틱	2,291.9	1,157.9	2,398.9	518.3	163.1	484.9	803.1	2,138.0	9,956.2
폐유리 병(Oillet완 제품)	54.1	-	26.2	124.7	38.9	15.0	13.4	54.5	326.8
고철 및 폐금속 캔	680.9	141.6	60.2	613.1	137.4	4,860.5	4,546.9	2,348.8	13,389.4
폐타이 어	63.1	1,293.5	99.6	0.4	1.3	414.0	53.2	54.7	1,979.9
계	3,952.6	2,680.0	2,689.2	1,442.8	399.4	5,992.4	5,609.6	4,997.6	27,763.6

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 폐기물 수탁량 상대표준오차를 구해 보면 다음과 같고, 품목별 권역별 기준으로 상대표준오차가 3.9%(부산/울산/경남의 폐

유리병(Cullet완제품)에서 88.9%(강원의 폐타이어)까지 차이를 나타냈다.

<표 3-6> 품목별 권역별 폐기물 수탁량 상대표준오차

(단위 : %)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	13.9	35.5	28.2	28.7	41.1	32.4	23.1	13.5	8.3
폐플라스틱	10.7	59.9	51.5	21.6	27.8	20.6	11.5	28.9	15.9
폐유리병(Cullet완제품)	47.9	-	0.0	49.2	73.6	30.8	70.7	3.9	26.5
고철 및 폐금속캔	25.2	43.6	21.5	34.6	34.7	72.2	54.2	31.0	33.0
폐타이어	54.7	88.9	72.1	24.6	41.6	65.9	43.1	49.5	64.8
계	8.5	53.1	46.0	18.4	21.0	60.0	45.1	19.4	17.7

#### 4) 품목별 권역별 폐기물 처리량 분석

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 모집단의 폐기물 처리량을 살펴보면 다음과 같다. 전체 폐기물 처리량은 26,966.5천톤이었으며, 이를 품목별로 살펴보면 고철 및 폐금속캔이 13,332.6천톤으로 가장 많았고, 그 다음으로는 폐플라스틱이 9,257.7천톤으로 많이 나타났다. 폐기물 처리량을 권역별로 살펴보면, 광주/전남/제주가 5,915.4천톤으로 가장 많이 나타났고, 그 다음으로는 대구/경북이 5,577.2천톤으로 많이 나타났다.

폐기물 처리량을 품목별 권역별로 살펴보면, 품목이 고철 및 폐금속캔이고 권역이 광주/전남/제주인 경우가 4,797.3천톤으로 폐기물 처리량이 가장 많은 것으로 나타났다.

<표 3-7> 품목별 권역별 폐기물 처리량

(단위 : 천톤/년)

구분	수도권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	855.7	96.3	104.1	186.5	31.8	215.8	205.3	376.9	2,072.4
페플라스 틱	2,221.9	703.2	2,372.2	517.3	160.7	470.6	768.0	2,043.7	9,257.7
폐유리병( Cullet완제품)	54.4	-	26.2	125.0	38.9	15.1	15.9	54.5	329.8
고철 및 폐금속캔	669.4	133.9	58.6	606.3	132.0	4,797.3	4,542.0	2,393.3	13,332.6
페타이어	60.8	1,297.2	97.2	0.5	1.3	416.7	46.1	54.2	1,974.0
계	3,862.2	2,230.5	2,658.3	1,435.6	364.7	5,915.4	5,577.2	4,922.6	26,966.5

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 폐기물 처리량 상대표준오차를 구해 보면 다음과 같고, 품목별 권역별 기준으로 상대표준오차가 4.0%(부산/울산/경남의 폐유리병(Cullet완제품))에서 88.9%(강원의 페타이어)까지 차이를 나타냈다.

<표 3-8> 품목별 권역별 폐기물 처리량 상대표준오차

(단위 : %)

구분	수도 권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	13.9	32.1	30.8	28.6	49.3	33.0	21.3	14.7	8.4
페플라스 틱	10.7	74.4	51.8	21.9	28.3	21.2	11.7	28.4	16.1
폐유리병(Cullet완제품)	48.0	-	0.0	48.9	73.7	30.9	70.7	4.0	26.2
고철 및 폐금속캔	25.6	43.6	21.9	34.5	36.9	72.7	54.3	30.3	33.0
페타이어	57.4	88.9	71.7	25.3	42.4	65.8	48.4	50.1	65.2
계	8.6	60.8	46.3	18.4	22.2	60.3	45.3	19.2	18.0

### 5) 품목별 권역별 폐기물 판매량 분석

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 폐기물 판매량 현황을 살펴보면 다음과 같다. 총 폐기물 판매량은 21,648.4천톤이었으며, 이를 품목별로 살펴보면 고철 및 폐금속캔이 12,408.5천톤으로 가장 많았고, 그 다음으로는 폐플라스틱이 5,569.5천톤으로 많이 나타났다. 폐기물 판매량을 권역별로 살펴보면, 광주/전남/제주이 6,447.1천톤으로 가장 많이 나타났고, 그 다음으로는 대구/경북이 4,622.7천톤으로 많이 나타났다.

폐기물 판매량을 품목별 권역별로 살펴보면, 품목이 고철 및 폐금속캔이고 권역이 광주/전남/제주인 경우가 5,747.8천톤으로 폐기물 판매량이 가장 많은 것으로 나타났다.

<표 3-9> 품목별 권역별 폐기물 판매량

(단위 : 천톤/년)

구분	수도권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	899.3	274.3	98.7	134.3	31.8	210.3	205.3	402.3	2,256.2
폐플라스틱	1,519.8	163.4	660.3	381.0	89.7	347.7	601.7	1,805.9	5,569.5
폐유리병(Quile 원제품)	73.6	-	48.8	529.9	260.4	15.1	6.6	72.4	1,006.7
고철 및 폐금속캔	565.6	136.0	46.4	591.5	173.6	5,747.8	3,760.1	1,387.6	12,408.5
폐타이어	50.2	27.1	87.2	0.2	0.9	126.3	49.0	66.6	407.5
계	3,108.4	600.7	941.3	1,636.9	556.5	6,447.1	4,622.7	3,734.8	21,648.4

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 폐기물 판매량 상대표준오차를 구해 보면 다음과 같고, 품목별 권역별 기준으로 상대표준오차가 11.7%(수도권의 폐플라

스틱)에서 86.4%(전북의 폐유리병(Cullet완제품))까지 차이를 나타냈다.

<표 3-10> 품목별 권역별 폐기물 판매량 상대표준오차

(단위 : %)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	16.8	74.8	31.4	28.0	49.3	34.4	21.2	14.2	12.7
페플라스틱	11.7	34.0	21.6	23.4	39.6	23.9	27.3	32.8	12.1
폐유리병(Cullet완제품)	53.2	-	0.0	73.9	86.4	31.0	70.7	20.5	49.3
고철 및 폐금속캔	29.6	43.9	22.4	35.8	41.5	72.8	64.6	16.0	39.7
페타이어	69.8	57.9	82.3	76.8	63.6	79.3	46.9	45.3	34.2
계	9.9	38.9	18.3	31.3	48.9	66.2	53.6	17.2	23.3

#### 6) 품목별 권역별 판매금액 분석

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 판매금액 현황을 살펴보면 다음과 같다. 총 판매금액은 48,685억원이었으며, 이를 품목별로 살펴보면 고철 및 폐금속캔이 23,099억원으로 가장 많았고, 그 다음으로는 페플라스틱이 20,324억원으로 많이 나타났다. 판매금액을 권역별로 살펴보면, 부산/울산/경남이 11,388억원으로 가장 많이 나타났고, 그 다음으로는 수도권이 11,345억원으로 많이 나타났다.

판매금액을 품목별 권역별로 살펴보면, 품목이 고철 및 폐금속캔이고 권역이 부산/울산/경남인 경우가 6,988억원으로 판매금액이 가장 많은 것으로 나타났다.

<표 3-11> 품목별 권역별 판매금액

(단위 : 억원)

구분	수도권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	1,813	64	150	120	51	338	406	603	3,545
폐플라스틱	5,937	297	3,906	2,627	977	863	2,266	3,450	20,324
폐유리병(Outlet완 제품)	262	-	40	679	0	24	14	261	1,280
고철 및 폐금속캔	3,315	323	230	2,324	1,954	3,226	4,738	6,988	23,099
폐타이어	18	20	5	3	1	247	57	87	437
계	11,345	704	4,330	5,753	2,984	4,699	7,481	11,388	48,685

품목별(품목 5개) 권역별(8개) 판매금액 상대표준오차를 구해 보면 다음과 같고, 품목별 권역별 기준으로 상대표준오차가 8.7%(수도권의 폐플라스틱)에서 92.4%(광주/전남/제주의 폐타이어)까지 차이를 나타냈다.

<표 3-12> 품목별 권역별 판매금액 상대표준오차

(단위 : %)

구분	수도 권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	21.4	42.3	35.6	49.2	49.6	41.6	32.3	15.8	13.0
폐플라스틱	8.7	34.1	53.5	40.3	66.3	18.3	14.3	14.2	12.6
폐유리병(Outlet완제품)	77.9	-	0.0	60.4	86.6	33.9	11.1	58.9	43.4
고철 및 폐금속캔	20.2	48.4	39.6	35.7	87.4	22.6	24.7	18.9	12.2
폐타이어	66.3	51.5	78.2	86.6	56.7	92.4	24.1	33.1	54.3
계	9.0	28.1	48.3	25.1	63.4	19.4	17.9	13.4	8.2



## 제 4 장 표본설계 방안

### 제 1 절 표본설계안의 특징

재활용가능자원가격조사를 위한 표본설계가 갖는 특징은 다음과 같다.

- (1) 조사의 목적을 충실히 달성하기 위해서 합리적인 표본배분 원칙과 실사의 효율성을 높이도록 한다.
- (2) 최신의 모집단 분석 결과와 2020년 조사데이터 분석결과를 토대로 표본배정을 위한 층화변수 등을 찾고, 표본배분을 하는데 네이만배분(Neyman allocation), 멱등배분(power allocation) 등을 검토하고, 조사여건을 고려하여 최종 결정한다.
- (3) 본 설계에서는 가중치 부여 과정을 포함해서 모수 추정식과 추정식의 오차계산 공식을 제시한다.

### 제 2 절 층화

본 연구의 표본설계 안에서는 품목별 권역별을 층화 기준으로 정하였다. 본 연구에서는 품목별(5개: 폐지, 폐플라스틱, 폐유리병, 고철 및 폐금속캔, 폐타이어) 권역별(8개: 수도권, 강원, 충북, 대전/충남/세종, 전북, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남)로 층을 구성하였으나, 층의 수가 많아 표본 크기를 확대하는 방안에 대하여 검토하였다.

### 제 3 절 표본크기 결정 및 표본배분

#### 1. 표본크기 결정

재활용가능자원가격조사의 주요 관심 변수는 품목별 권역별 재활용가능자원가격이다. 따라서 표본설계에서 고려하는 중요 증화변수는 품목별 권역별 구분이다. 표본조사를 계획할 때에는 조사에서 얻고자 하는 추정값의 오차의 한계를 미리 정해두는데, 이것을 목표오차(목표정도, target precision)라고 한다.

목표오차는 절대적인 값으로 정해줄 수도 있고, 상대적인 값으로 정해줄 수도 있다. 본 연구에서는 품목별 권역별에 따라 상대표준오차를 기준하여 표본크기를 결정하고자 한다. 표본조사에서 표본크기는 가용 조사인력 및 예산, 조사 소요시간 등 조사에 필요한 제반여건을 고려하고, 작성되는 통계의 표본오차 수준을 종합적으로 검토하여 결정된다. 표본크기는 주어진 예산과 조사인력 등의 제한조건에 따라 정해질 수 있다. 본 연구에서도 전체 조사비용과 인력의 한계로 전체 표본크기의 대략적인 범위가 정해질 수 있다.

이 조사의 주요 관심 조사항목은 재활용가능자원가격이다. 목표 상대표준오차를 달성하기 위해 필요한 표본크기 산출 식은 다음과 같다.

$$n = \frac{\left( \sum_{h=1}^L W_h S_h \right)^2}{\sum_{h=1}^L W_h S_h^2 / N + \left( \alpha \sum_{h=1}^L W_h \bar{Y}_h \right)^2}$$

- $L$  : 층의 수(품목×권역)
- $W_h = N_h/N$
- $S_h^2$  :  $h$  층의 폐기물 처리량 분산

- $N$  : 총 사업체 수
- $\bar{Y}_h$  :  $h$  층의 폐기물 처리량 평균
- $\bar{Y}$  : 폐기물 처리량의 전체 평균
- $\alpha = \frac{\sqrt{V(\bar{Y})}}{\bar{Y}}$  : 목표 상대표준오차

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 300개 사업체일 때, 목표 상대표준오차는 12.4%이며, 400개 사업체일 때 6.0%, 443(최대)개 사업체일 때 1.0%가 된다.

## 2. 표본배분방법

표본크기를 변화시켜가면서 다양한 배분방법에 의해 표본 사업체 수를 정하였다. 표본 사업체를 배분하는 방법으로 네이만배분과 역등배분을 제안하였다. 이러한 배분방법들은 층내 변동을 고려하지 않고 층의 크기만을 고려한 비례배분을 사용할 경우 특정 층에 대부분의 표본이 배분되는 문제점을 해결할 수 있다. 따라서 재활용가능자원가격조사와 같이 사업체를 대상으로 하는 조사에서는 비례배분보다는 네이만배분과 역등배분 등이 표본배분 방법으로 적절하다고 할 수 있겠다.

### 1) 네이만배분

네이만 표본배분 식은 다음과 같다.

$$n_h = n \times \frac{N_h S_h}{\sum_h N_h S_h}$$

여기서  $s_h$ 는  $h$ 층의 폐기물 처리량의 모표준편차이며, 만일 모분산을 모르면 추정치  $s_h$ 을 이용한다.

네이만배분은 층의 크기와 층내 변동을 함께 고려한 배분방법으로 층의 크기가 크고 층내 변동이 큰 층에 표본을 많이 배분하도록 하는 방법이다. 따라서 네이만배분은 사업체조사에서 널리 이용되는 배분방법이기도 하다.

본 연구에서는 목표 상대표준오차와 조건 여건 등을 고려하여 표본크기를 300개, 400개, 500개로 하는 방안을 고려하였다.

각 층의 크기가 10개 미만인 경우는 전수층으로 고려하여 이들을 제외하고 표본배분을 실시하였다.

(1) 표본크기가 300개일 때, 네이만배분

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 300개일 때, 품목별 권역별 네이만배분을 한 결과는 다음 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 품목별 권역별 네이만 배분(표본크기=300)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/ 충남/ 세종	전북	광주/ 전남/ 제주	대구/ 경북	부산/ 울산/ 경남	계
폐지	2	9	0	0	7	1	1	1	21
폐플라스틱	15	9	40	4	1	3	4	29	105
폐 유리병(Quilet원제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	3	1	1	4	0	53	46	18	126
폐 타이어	0	6	5	4	3	3	0	1	22
계	27	25	47	17	15	65	53	51	300

(2) 표본크기가 400개일 때, 네이만배분

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 400개일 때, 품목별 권역별 네이만배분을 한 결과는 다음 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 품목별 권역별 네이만 배분(표본크기=400)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	3	9	0	1	7	1	1	1	23
페플라스틱	21	13	57	5	1	5	6	41	149
폐유리병(Quil&원제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	5	1	0	5	1	76	65	26	179
폐타이어	0	6	5	4	3	4	0	1	23
계	36	29	63	20	16	91	74	71	400

(3) 표본크기가 500개일 때, 네이만배분

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 500개일 때, 품목별 권역별 네이만배분을 한 결과는 다음 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 품목별 권역별 네이만 배분(표본크기=500)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	4	9	1	1	7	1	1	1	25
페플라스틱	27	17	74	7	2	6	8	53	194
폐유리병(Quil원제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	6	1	0	7	1	96	85	34	230
페타이어	1	6	5	4	3	5	0	1	25
계	45	33	81	24	17	113	96	91	500

300개, 400개, 500개 사업체를 네이만배분한 결과, 품목별 권역별 폐기물 처리량의 변동이 심하게 나타나는 경우, 이러한 품목별 권역별 변동을 그대로 반영할 경우 특정 업종에 표본이 배분되지 않는 현상이 발생하였다.

## 2) 역등배분

층별 역등배분 식은 다음과 같다.

$$n_h = n \times \frac{(N_h S_h)^p}{\sum_h (N_h S_h)^p}$$

여기서  $0 < p \leq 1$  이다.

역등배분은 네이만배분 식에 역수를 주어 최적배분의 형식을 취하면서, 층의 크기와 표준편차의 곱에 비례하도록 표본을 배분함으로써 특정 층에 지나치게 많은 표본이 배분되는 것을 방지할 수 있는 방법이다. 역등배분은 네

이단배분의 장점과 비례배분의 장점을 동시에 가지고 있어 최근에 널리 이용되고 있는 배분방법이다.  $p$ 값에 따라 다양한 배분이 가능하기에 최적의  $p$ 값을 찾는 데 어려움을 가질 수 있으나, 일반적으로 강제배분을 최소화하는  $p$ 값을 최적값으로 선택한다.

(1) 표본크기가 300개일 때, 멱등배분( $p=0.3$ )

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 300개이고, 멱등상수  $p=0.3$ 일 때, 품목별 권역별 멱등배분을 한 결과는 다음 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 품목별 권역별 멱등배분(표본크기=300,  $p=0.3$ )

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	8	9	4	5	7	6	5	7	51
폐플라스틱	14	12	19	9	6	9	10	17	96
폐유리병(Quillet원제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	10	5	3	9	5	21	20	15	88
폐타이어	5	6	5	4	3	8	4	4	39
계	44	32	32	32	25	49	41	45	300

(2) 표본크기가 300개일 때, 멱등배분( $p=0.4$ )

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 300개이고, 멱등상수  $p=0.4$ 일 때, 품목별 권역별 멱등배분을 한 결과는 다음 <표 4-5>와 같다.

<표 4-5> 품목별 권역별 먹등배분(표본크기=300, p=0.4)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	7	9	3	4	7	5	4	4	43
페플라스틱	15	13	23	9	5	8	9	20	102
폐 유리병(Quillet완제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	8	4	2	9	4	26	24	17	94
폐 타이어	3	6	5	4	3	8	3	3	35
계	40	32	34	31	23	52	42	46	300

(3) 표본크기가 300개일 때, 먹등배분(p=0.5)

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 300개이고, 먹등상수 p=0.5일 때, 품목별 권역별 먹등배분을 한 결과는 다음 <표 4-6>과 같다.

<표 4-6> 품목별 권역별 먹등배분(표본크기=300, p=0.5)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	6	9	2	3	7	3	3	3	36
페플라스틱	16	13	27	8	4	7	9	22	106
폐 유리병(Quillet완제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	8	3	2	8	3	30	28	18	100
폐 타이어	2	6	5	4	3	7	2	3	32
계	39	31	37	28	21	52	44	48	300

역등배분 결과 폐지의 경우  $p=0.3$ 일 때 권역별로 충북과 대전/충남/세종에 4개 및 5개의 표본이 배분되었으며,  $p=0.4$ 일 때 폐지의 경우 충북과 대전/충남/세종에 3개와 4개의 표본이 배분되었고,  $p=0.5$ 일 때 폐지의 경우 충북과 대전/충남/세종에 2개와 3개 사업체가 배분되어 품목별 권역에 따라 사업체가 배분되지 않는 문제점이 보완되었다.

결과적으로  $p=0.3$ 일 때 300개 업체를 배분한 방법이 가장 적절한 것으로 나타났다.

(4) 표본크기가 400개일 때, 역등배분( $p=0.3$ )

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 400개이고, 역등상수  $p=0.3$ 일 때, 품목별 권역별 역등배분을 한 결과는 다음 <표 4-7>과 같다.

<표 4-7> 품목별 권역별 역등배분(표본크기=400,  $p=0.3$ )

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	12	9	6	7	7	8	7	8	64
페플라스틱	20	17	27	13	9	13	14	25	138
페유리병(Quilet완제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	13	7	6	13	7	29	28	21	124
페타이어	6	6	5	4	3	12	5	7	48
계	58	39	45	42	30	67	56	63	400

(5) 표본크기가 400개일 때, 멱등배분(p=0.4)

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 400개이고, 멱등상수 p=0.4일 때, 품목별 권역별 멱등배분을 한 결과는 다음 <표 4-8>과 같다.

<표 4-8> 품목별 권역별 멱등배분(표본크기=400, p=0.4)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	10	9	4	6	7	6	7	7	56
폐플라스틱	22	18	32	12	7	12	13	28	144
폐유리병(Quilet완제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	12	6	3	12	5	36	34	24	132
폐타이어	5	6	5	4	3	11	4	4	42
계	56	39	45	39	26	70	60	65	400

(6) 표본크기가 400개일 때, 멱등배분(p=0.5)

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 400개이고, 멱등상수 p=0.5일 때, 품목별 권역별 멱등배분을 한 결과는 다음 <표 4-9>와 같다.

<표 4-9> 품목별 권역별 먹등배분(표본크기=400, p=0.5)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	9	9	3	4	7	5	4	5	46
페플라스틱	23	18	38	11	6	11	12	32	151
페 유리병(Quil원제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	11	4	2	11	4	43	40	25	140
페타이어	3	6	5	4	3	9	3	4	37
계	53	37	49	35	24	73	61	68	400

p=0.3일 때 먹등배분 결과 폐지의 경우 권역별로 충북, 대전/충남/세종, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남에 각각 6개, 7개, 8개, 7개, 8개의 표본이 배분되었으며, p=0.4일 때 폐지의 경우 충북, 대전/충남/세종, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남에 각각 4개, 6개, 6개, 7개, 7개의 표본이 배분되었고, p=0.5일 때 폐지의 경우 충북, 대전/충남/세종, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남에 각각 3개, 4개, 5개, 4개, 5개의 표본이 배분되어 품목별 권역별 사업체가 배분되지 않는 문제점이 보완되었다.

결과적으로 p=0.3일 때 400개 업체를 배분한 방법이 가장 적절한 것으로 나타났다.

(7) 표본크기가 500개일 때, 멱등배분(p=0.3)

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 500개이고, 멱등상수 p=0.3일 때, 품목별 권역별 멱등배분을 한 결과는 다음 <표 4-10>과 같다.

<표 4-10> 품목별 권역별 멱등배분(표본크기=500, p=0.3)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	15	9	8	9	7	10	9	10	77
페플라스틱	26	22	35	17	12	16	18	32	178
폐유리병(Quil&완제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	17	10	8	17	9	38	36	28	163
페타이어	8	6	5	4	3	13	8	9	56
계	73	47	57	52	35	82	73	81	500

(8) 표본크기가 500개일 때, 멱등배분(p=0.4)

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 500개이고, 멱등상수 p=0.4일 때, 품목별 권역별 멱등배분을 한 결과는 다음 <표 4-11>과 같다.

<표 4-11> 품목별 권역별 역등배분(표본크기=500, p=0.4)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	14	9	6	7	7	8	7	8	66
페플라스틱	28	23	42	16	10	15	17	37	188
폐유리병(Quilet완제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	15	8	5	16	7	47	44	31	173
폐타이어	6	6	5	4	3	13	5	5	47
계	70	46	59	48	31	88	75	83	500

(9) 표본크기가 500개일 때, 역등배분(p=0.5)

재활용가능자원가격조사에서 표본크기가 500개이고, 역등상수 p=0.5일 때, 품목별 권역별 역등배분을 한 결과는 다음 <표 4-12>와 같다.

<표 4-12> 품목별 권역별 역등배분(표본크기=500, p=0.5)

(단위 : 개)

구분	수도권	강원	충북	대전/충남/세종	전북	광주/전남/제주	대구/경북	부산/울산/경남	계
폐지	12	9	4	5	7	6	5	6	54
페플라스틱	30	23	49	15	8	14	16	41	196
폐유리병(Quilet완제품)	7	-	1	5	4	5	2	2	26
고철 및 폐금속캔	14	6	3	15	5	55	52	33	183
폐타이어	4	6	5	4	3	12	3	4	41
계	67	44	62	44	27	92	78	86	500

p=0.3일 때 역등배분 결과 폐지의 경우 권역별로 충북, 대전/충남/세종, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남에 각각 8개, 9개, 10개, 9개, 10개의 표본이 배분되었으며, p=0.4일 때 폐지의 경우 충북, 대전/충남/세종, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남에 각각 6개, 7개, 8개, 7개, 8개의 표본이 배분되었고, p=0.5일 때 폐지의 경우 충북, 대전/충남/세종, 광주/전남/제주, 대구/경북, 부산/울산/경남에 각각 4개, 5개, 6개, 5개, 6개의 표본이 배분되어 품목별 권역별 사업체가 배분되지 않는 문제점이 보완되었다.

결과적으로 p=0.3일 때 500개 업체를 배분한 방법이 가장 적절한 것으로 나타났다.

#### 제 4 절 표본추출

표본추출은 품목별, 권역별로 층화를 한 후, 각 층에 표본을 할당하고, 할당된 표본의 크기대로 각 층에서 표본을 추출하기 위해 지역과 폐기물 처리량으로 사업체를 정렬 후 계통추출법으로 표본을 추출한다. 실제 조사를 수행했을 때 표본 사업체 중에서 표본으로 사용할 수 없는 사업체가 발생하는 경우에는 교체 표본을 사용하는데 이를 위해 예비표본을 추출한다. 예비표본은 표본 사업체로 선정된 사업체를 제외하고 나머지 사업체들을 대상으로 필요한 수의 예비표본을 표본 사업체의 선정과 동일한 계통추출방법으로 추출하여 사용한다. 예비표본 규모는 실제표본의 2~3배수만큼 선정한다.

## 제 5 절 가중치 작성 및 모수 추정

### 1. 가중치 조정방법

일반적으로 조사단위에 대해 가중의 절차는 (1) 추출가중치 또는 설계가중치 (2) 무응답조정가중치 (3) 사후층화가중치의 단계로 이루어진다.

#### 1) 설계가중치

설계가중치는 표본추출 설계로부터 직접적으로 얻어지는 값이다. 임의의 모집단으로부터 적절한 크기의 표본을 추출할 때 단위가 표본에 포함될 확률의 역수로 설계가중치를 계산할 수 있다. 이때 포함확률은 기지(known)의 값이다.

#### 2) 무응답조정가중치

무응답조정가중치의 중요한 역할은 조사로부터 발생한 무응답으로 인한 무응답 편향을 제거하기 위한 것이다. 무응답 편향은 무응답자들이 응답자들과 차이가 있을 때 발생하며, 모집단에 대해 매우 높은 비율로 추정치에 영향을 줄때 발생한다. 무응답조정가중치를 계산하는 방법으로는 이용 가능한 정보의 근원에 따라 ‘표본에 기초한 무응답조정 방법’ 과 ‘외부정보를 이용한 무응답 조정방법’ 이 있다. 표본에 기초한 무응답 조정방법은 이용 가능한 정보가 표본으로 한정되며, 전체 모집단에 대한 정보는 알 수 없고, 무응답 단위들의 설계가중치를 표본응답자들에게 배정하여 응답단위들에 대해 조정된 가중치의 합이 전체 표본단위들에 대한 설계가중치의 합이 된다. 외부정보를 이용한 무응답 조정방법은 표본에 기초한 무응답조정가중치를 계산한

후 외부자료를 이용하여 사후층화, raking, 또는 calibration 등의 방법으로 이  
가중치를 조정한다.

### 3) 사후층화 가중치

사후층화조정은 표본추출틀의 불완전으로 인한 포괄성의 차이, 표본의 불  
균형 또는 비대표성, 무응답에 의한 차이 등을 조정하기 위해 광범위하게 이  
용되는 방법이다. 즉, 표본응답자들의 가중치를 조정함으로써 가중된 표본분  
포가 기지의 모집단분포와 같아지도록 하는 방법이다. 이러한 사후층화 조정  
을 실시하는 주된 이유는 첫째, 추정치의 정도를 개선할 수 있으며, 둘째, 추  
정분산을 줄이기 위해 층화와 비추정을 사용할 수 있고, 셋째, 부차모집단간  
의 포괄성과 무응답에 따른 추정치의 편향을 감소시키며, 넷째, 모집단의 다  
양한 그룹에 대해 추정치의 일치성을 보장한다.

## 2. 재활용가능자원가격조사의 가중치 산정

일반적으로 추정단계에서 가중치를 이용하면 모집단에 대한 특성치인 모수  
에 대한 비편향추정량(unbiased estimator)을 얻을 수 있다. 만약 통계분석 과  
정에서 가중치를 무시하고 계산한 추정치는 심각한 편향이 발생할 수 있다.  
표본의 크기가 큰 대규모 조사에서 문제가 되는 것은 추정량의 편향이기 때  
문에 추정과정에서 반드시 가중치를 이용해야 한다. 일반적으로 복합표본조  
사의 가중치는 기본 가중치, 무응답에 대한 조정, 사후층화에 대한 조정 등  
의 세 가지 요인을 통합하여 산정된다.

이번 표본설계에서는 특성별 평균 및 비율에 대한 추정치 계산이 가능토록  
하였고, 추정량과 추정량의 표준오차공식을 제시하였다.

재활용가능자원가격조사에서 각종 통계치는 사후층화 조정을 통해서 얻어

진 가중치를 이용하여 계산된 것으로 추정량의 분산 계산이 복잡하다. 최근에는 복합표본조사 데이터를 전문적으로 분석할 수 있는 다양한 통계소프트웨어들이 개발되어 널리 활용되고 있다. 대표적인 복합표본조사 분석용 통계소프트웨어는 SAS 9.4판 이상, SUDAAN, WestVarPC, Stata 등이다. 재활용가능자원가격조사 자료에 대한 고급분석을 위해서는 복합표본조사 분석용 통계소프트웨어를 활용하는 것이 필요하다.

재활용가능자원가격조사에서 각 사업체에 부여되는 가중치 산출은 총 3단계에 걸쳐 이루어진다. 제 1단계에서는 다음과 같은 방법으로 설계가중치를 계산한다. 품목별 대분류(5개 층)과 권역별(8개 층)을 층화변수로 사용하여 총 40개의 층을 고려하고 있으므로, 각 층에 부여되는 설계가중치는 각 층에 속한 모집단 사업체와 표본 사업체의 비율로 표현할 수 있다.

$h$ 층(품목대분류\*권역)에 속한 표본사업체의 기본가중치는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{기본가중치} : w_h^B = \frac{N_h}{n_h}$$

여기서  $N_h$ 는  $h$ 층의 모집단 사업체 수이고,  $n_h$ 는  $h$ 층의 표본 사업체 수이다.

2단계에서는 다음과 같이 무응답 조정 가중치를 계산한다.

$$\text{무응답 조정 가중치} : w_h^R = \frac{n_h}{r_h}$$

여기서  $r_h$ 는  $h$ 층에서 응답한 사업체의 수이다.

3단계에서는 사후층화를 이용한 가중치를 다음과 같이 산출한다.

$$\text{사후증화가중치} : w_{hi} = w_h^B \times w_h^R \times \frac{X_{hi}}{\hat{X}_{hi}}$$

여기서  $X_{hi}$ 는  $h$ 층의  $i$ 품목별 사업체의 총수이며,  $\hat{X}_{hi}$ 는  $h$ 층의  $i$ 품목별 사업체의 가중합이다.

### 3. 재활용가능자원가격조사의 모수 추정

#### 1) 품목별 평균 가격 추정

복합표본조사 데이터를 분석할 때 가중치를 무시하고 분석하면 모수 추정에 심각한 편향(bias)이 발생할 수 있고, 추정량의 분산이 과소평가되어 문제가 된다. 따라서 재활용가능자원가격조사에서 모집단의 특성치에 대한 추정은 가중치를 이용해야 한다. 만약 단순총계를 사용하면 추정치에 편향이 발생할 수 있다.

재활용가능자원가격조사에서 모집단 특성치의 추정에 사용될 기호들은 다음과 같다.

$h = 1, 2, \dots, L$ : 층의 수(품목대분류\*권역)

$i = 1, 2, \dots, n_h$ :  $h$ 층 내의 품목

$w_{hi}$ :  $h$ 층의  $i$ 번째 품목을 취급하는 사업체의 최종 가중치

$y_{hi}$ :  $h$ 층의  $i$ 번째 품목을 취급하는 사업체로부터 조사된 가격

$f_h$ : 추출률

$$I_D(h, i) = \begin{cases} 1 & \text{만일 } h\text{층의 } i\text{번째 품목이 영역 } D\text{에 속하면,} \\ 0 & \text{그외} \end{cases}$$

$$v_{hi} = w_{hi} I_D(h, i) = \begin{cases} w_{hi} & h\text{층의 } i\text{번째 품목이 영역 } D\text{에 속하면,} \\ 0 & \text{그외} \end{cases}$$

따라서 재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 평균가격 추정량  $\bar{y}_D$ 는 다음과 같다.

$$\bar{y}_D = \frac{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi} y_{hi}}{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi}}$$

그리고 재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 평균가격 추정량  $\bar{y}_D$ 의 분산추정량은 다음과 같다.

$$\hat{V}(\bar{y}_D) = \sum_{h=1}^L \hat{V}_h(\bar{y}_D),$$

$$\hat{V}_h(\bar{y}_D) = \frac{n_h(1-f_h)}{n_h-1} \sum_{i=1}^{n_h} (r_{hi} - \bar{r}_h)^2$$

여기서  $r_{hi} = v_{hi}(y_{hi} - \bar{y}_D) / \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi}$ ,  $\bar{r}_h = \left( \sum_{i=1}^{n_h} r_{hi} \right) / n_h$  이다.

또한 재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 평균가격 추정량  $\bar{y}_D$ 의 상대표준오차는 다음과 같다.

$$\widehat{RSE}(\bar{y}_D) = \frac{\sqrt{\hat{V}(\bar{y}_D)}}{\bar{y}_D} \times 100 (\%)$$

## 2) 품목 $D$ 의 총계 추정

재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 총계 추정량  $\hat{Y}_D$ 는 다음과 같다.

$$\hat{Y}_D = \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi} y_{hi}$$

그리고 재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 총계 추정량  $\hat{Y}_D$ 의 분산 추정량은 다음과 같다.

$$\hat{V}(\hat{Y}_D) = \sum_{h=1}^L \hat{V}_h(\hat{Y}_D),$$

$$\hat{V}_h(\hat{Y}_D) = \frac{n_h(1-f_h)}{n_h-1} \sum_{i=1}^{n_h} (z_{hi} - \bar{z}_h)^2$$

여기서  $z_{hi} = v_{hi}y_{hi}$ 이고,  $\bar{z}_h = \sum_{i=1}^{n_h} z_{hi}/n_h$ 이다.

또한 재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 총계 추정량  $\hat{Y}_D$ 의 상대표준오차는 다음과 같다.

$$\widehat{RSE}(\hat{Y}_D) = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{Y}_D)}}{\hat{Y}_D} \times 100(\%)$$

## 2) 품목 $D$ 의 비율 추정

재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 비율 추정량  $\hat{p}_D$ 는 다음과 같다.

$$\hat{p}_D = \frac{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi} y_{hi}}{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi}}$$

여기서  $y_{hi}$ 는 특정한 속성을 가지면 1, 그렇지 않으면 0이다.

그리고 재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 추정량  $\hat{p}_D$ 의 분산추정량은 다음과 같다.

$$\hat{V}(\hat{p}_D) = \sum_{h=1}^L \hat{V}_h(\hat{p}_D),$$

$$\hat{V}_h(\hat{p}_D) = \frac{n_h(1-f_h)}{n_h-1} \sum_{i=1}^{n_h} (r_{hi} - \bar{r}_h)^2$$

여기서  $r_{hi} = v_{hi}(y_{hi} - \hat{p}_D) / \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} v_{hi}$ ,  $\bar{r}_h = \left( \sum_{i=1}^{n_h} r_{hi} \right) / n_h$  이다.

또한 재활용가능자원가격조사의 품목  $D$ 에 대한 비율 추정량  $\hat{p}_D$ 의 상대표준오차는 다음과 같다.

$$\widehat{RSE}(\hat{p}_D) = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{p}_D)}}{\hat{p}_D} \times 100 (\%)$$



## 제 5 장 결론 및 제언

재활용가능자원가격조사는 국내·외 경제, 원자재 시장 및 재활용가능자원에 대한 시장동향과 전망을 조사 발표하여 재활용품목의 발전 및 제도 개선에 필요한 기초자료 제공하는데 그 목적이 있다.

2019년 재활용가능자원가격조사의 표본설계와 관련하여 검토한 결과 ‘표본추출틀 정비’, ‘새로운 표본설계 방안’ 등이 필요한 것으로 파악되었다.

재활용가능자원가격조사의 표본추출틀은 한국환경공단의 ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’ 통계 자료를 기준으로 사용하고 있다. ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’ 자료는 권역별 업체리스트와 취급하는 품목, 수량 등의 자료가 자세히 제공되고 있으나, 폐기물 코드 등이 가격조사 해당 품목과 일치하지 않는 경우가 있어 실제 자료수집에 어려움이 있는 것으로 파악되었다. 한편 현재 사용 중인 재활용가능자원가격조사 표본추출틀은 2014년에 작성된 것으로, 표본추출틀의 정비와 보완이 필요한 상황이었다.

따라서 본 연구에서는 2020년 재활용가능자원가격조사 결과와 2018년 정기통계 품질진단 결과를 토대로 표본추출틀 개선을 통한 모집단 분석을 실시하고, 모집단의 변화에 따른 새로운 표본설계 방안(표본추출방법, 표본배분, 가중치 부여 및 모수추정 등)을 마련하여 재활용가능자원가격조사의 품질을 개선하고자 하였다.

본 연구의 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 최신 ‘폐기물 재활용실적 및 업체현황’ 자료를 활용하여 모집단의 변동성을 충분히 반영할 수 있도록 재활용가능자원가격조사의 표본추출틀을 새롭게 구축하였다.

둘째, 조사모집단의 변화에 따른 새로운 표본설계 방안을 마련하였다. 품목과 권역을 층화기준으로 사용하여 조사모집단을 구축하였으며, 구축된 조사모집단에 대한 충분한 분석을 통해 모집단의 특성을 잘 반영한 효과적인 표

본배분방법과 표본추출방법을 제시하였다. 그리고 층의 수를 고려하여 표본 크기를 확대하는 방안을 검토하였다. 또한 정확한 통계산출을 위해서는 표본 설계에 따라 설계가중치와 조사과정에서 발생하는 무응답 조정을 위한 무응답조정가중치 등을 적용한 가중치를 부여하는 과정을 구체적으로 기술하였고, 모수추정 식을 제시하였다.

다음으로 전문가 자문회의에서 언급된 가중치 전 후의 품목별 재활용가능 자원가격 비교 및 결과 공표 검토, 표본업체에 대한 체계적 관리 등의 내용을 토대로 제안하면 다음과 같다.

첫째, 모집단의 변동을 적절히 반영하기 위해서는 최신의 ‘폐기물 재활용 실적 및 업체현황’ 자료를 활용하여 표본추출틀을 정비하고 조사여건에 맞게 주기적으로 표본설계를 갱신할 필요가 있다.

둘째, 모집단의 변동과 가중치를 적용한 추정에 의해 재활용가능자원가격 조사 결과의 시계열 변동이 심할 경우, 가중치 적용 전과 후의 자료 비교 분석을 통해 한국환경공단 및 관련 전문가들의 충분한 논의를 거친 후에 재활용가능자원가격 결과를 공표할 필요가 있다.

셋째, 5개 품목별 8개 권역별 기준에 따라 층화를 하여 표본추출을 하고 있어 23개 세부품목 재활용가능자원가격을 작성하는데 어려움이 있을 수 있는데, 이러한 문제를 해결하기 위하여 표본크기를 400개로 확대하도록 제안하였다. 또한 기존의 조사 정보를 활용하여 23개 세부품목의 통계 작성이 가능하도록 업체 표본추출에 사후조정이 필요할 수 있다.

넷째, 표본으로 선정된 업체가 매월 조사에 응답해야 하므로 기존의 응답 표본을 가능한 계속 표본으로 유지하는 것이 응답률을 제고할 수 있는 방안이므로 표본업체에 대한 체계적인 관리가 필요하다.

다섯째, 조사과정에서 발생할 수 있는 비표본오차를 줄이기 위한 노력이 지속적으로 이루어져야 한다.

## 참고문헌

- 자원순환정보시스템(2020). 2018년도 기준 폐기물 재활용실적 및 업체현황 통계청(2014). 재활용가능자원시장동향조사 품질개선 컨설팅 최종결과보고서 통계청(2018). 재활용가능자원가격조사 정기통계품질진단 결과보고서 한국보건사회연구원(2006). 표본추출 및 관리 매뉴얼 한국환경공단(2020). 재활용가능자원가격조사
- Beaumont, J-F., and Rivest, L-P.(2007). A Weight Smoothing Method for Dealing with Stratum Jumpers in Business Surveys. *Proceedings of the Survey Methods Section of SSC Annual Meeting*.
- Bernier, J., Nobrega, K.(1998). Outlier Detection in Asymmetric Samples: A Comparison of an Inter-quartile Range Method and a Variation of a Sigma Gap Method, *Proceedings of the Survey Research Methods Section, American Statistical Association*, 137-141.
- Bethlehem, J.(2009). *Applied Survey Methods*, Wiley.
- Biemer, P. P., and Lyberg, L. E.(2003). *Introduction to Survey Quality*, John Wiley and Sons.
- Cochran. W. G.(1977). *Sampling Techniques*, John Wiley & Sons, Inc.
- Groves, R. M., Dillman, D. A. Eltinge, J. L., and Little, R. J. A.(2002). *Survey Nonresponse*, John Wiley and Sons.
- Groves, R. M., Fowler, Jr., F. J., Couper, M. P., Lepkowski, J. M., Singer, E., and Tourangean, R.(2004). *Survey Methodology*, John Wiley and Sons.
- Hansen, M. H., and Hurwitz, W. N.(1946). The Problem of Non-response in Sample Surveys, *Journal of the American Statistical Association*, 41, 517-529.

- Hidiroglou, M. A., and Berthelot, J. M.(1986). Statistical Edit and Imputation for Periodic Surveys, *Survey Methodology*, 12, 73-83.
- Hulliger, B.(1999). Simple and Robust Estimators for Sampling, *Proceedings of the Survey Research Methods Section, American Statistical Association*, 54-63.
- Lavalee, P., and Hidiroglou, M. A.(1988). On the Stratification of Skewed Populations. *Survey Methodology*, 14(1), 33-43.
- Rivest, L.-P.(1999). Stratum Jumpers: Can We Avoid Them? *Proceedings of the Survey Research Methods Section, American Statistical Association*, 64-72.
- Rouseeuw and Zomeren(1990). Unmasking Multivariate Outliers and Leverage Points, *Journal of the American Statistical Association*, 85, 633-639.
- SAS/STAT User's Guide, Version 8, SAS Publishing.
- Srinath, K. P., and Carpenter, R. M.(1995). Sampling Methods for Repeated Business Surveys, *Business Survey Methods*, Eds. Cox, B.G. et al., Wiley.
- Thompson, K.(2007). Investigation of Macro Editing Techniques for Outlier Detection in Survey Data, *Proceedings of the Third International Conference on Establishment Surveys, American Statistical Association*.
- Thompson, K. J.(2001). Ratio Edit Tolerance Development Using Variations of Exploratory Data Analysis(EDA) Resistant Fences Methods, *Statistical Policy Working Paper 29, a Federal Committee on Statistical Methodology Conference Paper*.

부록 1: 재활용가능자원 가격조사 조사표

(기존업체용)

안녕하세요. 한국환경공단입니다. 재활용가능자원 가격조사는 재활용가능자원의 원활한 유통을 위하여 통계청으로부터 작성승인을 받은 국가승인통계(승인번호 제392001)입니다. 재활용가능자원 시장동향 및 전망을 조사하여 재활용산업 발전에 기여하고자 하오니, **매월 10일 기준으로 재활용품 가격 및 시장동향·전망**에 대한 조사표 작성에 협조 부탁드립니다.

※ 본 조사표에 기재된 모든 내용은 통계법 제33조에 의해 철저히 비밀이 보장되고 있으며, 통계목적 이외에는 절대로 사용되지 않습니다.

**FAX:**                      **Email:**                      **담당자:**                      **담당자 전화:**                      -                      -

□ 재활용가능자원 가격현황

단위 : 원/kg(VAT포함)

품 목		지난달 10일 가격	이번달 10일 가격	기 준	시장동향 및 전망
폐 지	폐신문지			<u>미압축 선별</u> 고지를 <u>매입</u> 하는 가격	- 폐지
	골판지				
폐플라ستيك	플레이크 (파쇄·분쇄품)	PE		원재료를 <u>파쇄·분쇄</u> 하여, 펠렛 또는 플라스틱 제품 제조업체에 <u>납품</u> 하는 가격	- 폐플라스틱
		PP			
		PS			
		ABS			
		PVC			
	펠렛	PE		펠렛을 원료로 플라스틱 제품을 제조하는 회사 등에 <u>납품</u> 하는 가격	- 폐유리병
		PP			
		PS			
		ABS			
	EPS	EPS(펠렛)		EPS잉고트를 제품 원료로 사용하는 업체에 <u>납품</u> 하는 가격	- 고철
		EPS(잉고트)			
	압축품	PET		원재료를 <u>선별·압축</u> 하여, 플레이크·펠렛 제조업체 등에 <u>납품</u> 하는 가격	- 고철
PE					
PP					
폐유리병 (Cullet완제품)	백색		유리병 파쇄품( <u>컬릿완제품</u> )을 유리제품 제조회사 등에 <u>납품</u> 하는 가격	- 폐금속캔	
	갈색				
	청·녹색				
고철	철스크랩		고철 스크랩을 <u>매입</u> 하는 가격	- 폐타이어	
폐금속캔	철캔		캔을 <u>선별·압축</u> 하여 제강사 등에 <u>납품</u> 하는 가격		
	알루미늄캔				
폐타이어	고무분말		타이어분말을 <u>납품</u> 하는 가격		

업체명:                      작성일:                      년    월    일                      성명:                      (서명)

(신규업체용)



본 조사표에 기재된 모든 내용은 통계법 제33조에 의해 철저히 비밀이 보장되고 있으며, 통계목적 이외에는 절대로 사용되지 않습니다.



## 재활용가능자원 가격조사 조사표

1. 본 조사는 재활용가능자원의 원활한 유통을 위해 한국환경공단이 통계청으로부터 작성 승인을 받은 국가승인통계(제392001호)입니다.
2. 본 조사는 재활용 가능자원에 대한 국내·외 경제, 원자재 시장 동향, 재활용가능자원 시장동향 및 전망등을 신속하고 정확하게 조사하여 **재활용산업발전에 기여**하고자 합니다.
3. 재활용과 관련한 업무의 참고자료로 널리 활용될 수 있도록 협조 바라며, 특히 게재된 내용과 관련한 의견이나 발전 및 보완할 사항에 대하여 공단 담당자에게 연락주시면 추후 개선될 수 있도록 반영하겠습니다.
4. 상세한 기술이 필요한 사항은 별도의 참고자료로 제공하여 주시면 감사하겠습니다.

### 한국환경공단 자원정책통계부

※ 이 조사표 작성과 관련된 의문사항은 한국환경공단 자원정책통계부로 문의 바랍니다.

전화:(032)590-4113 팩스:(032)590-4119

## 1. 업체일반 현황

사업체		연락처	전화	
사업자등록번호			팩스 (이메일)	
대표자				
소재지	도(시)	군(구)	읍·면·동	리
조직형태	<input type="checkbox"/> 개인 <input type="checkbox"/> 법인 <input type="checkbox"/> 기타(협회, 단체 등)			
사업의 종류	<input type="checkbox"/> 중간가공상		종업원 수	명
	<input type="checkbox"/> 재생원료를 사용한 제조업체			
담당자		취급 또는 생산품목		

### - 생산제품 사양

(단위 : 톤)

사용원료	주요 생산품	제품규격	중량(개당)

### - 월간 생산/판매현황

(단위 : 톤)

최대생산능력	평균판매량	평균재고량	주요판매지역

## 2. 재활용가능자원 가격현황

단위 : 원/kg(VAT포함)

품 목		지난달 10일 가격	이번달 10일 가격	기 준	시장동향 및 전망
폐 지	폐신문지			<u>미압축 선별</u> 고지를 <u>매입</u> 하는 가격	- 폐지
	골판지				
폐플라스틱	플레이크 (파쇄·분쇄품)	PE		원재료를 <u>파쇄·분쇄</u> 하여, 펠렛 또는 플라스틱 제품 제조업체에 <u>납품</u> 하는 가격	- 폐플라스틱
		PP			
		PS			
		ABS			
		PVC			
	펠렛	PE		펠렛을 원료로 플라스틱 제품을 제조하는 회사 등에 <u>납품</u> 하는 가격	- 폐유리병
		PP			
		PS			
		ABS			
	EPS	EPS(펠렛)		EPS잉고트를 제품 원료로 사용하는 업체에 <u>납품</u> 하는 가격	- 고철
		EPS(잉고트)			
	압축품	PET		원재료를 <u>선별·압축</u> 하여, 플레이크·펠렛 제조업체 등에 <u>납품</u> 하는 가격	- 폐금속캔
PE					
PP					
폐유리병 (Cullet완제품)	백색		유리병 파쇄품( <u>컬릿완제품</u> )을 유리제품 제조회사 등에 <u>납품</u> 하는 가격	- 폐타이어	
	갈색				
	청·녹색				
고철	철스크랩		고철 스크랩을 <u>매입</u> 하는 가격		
폐금속캔	철캔		캔을 <u>선별·압축</u> 하여 제강사 등에 <u>납품</u> 하는 가격		
	알루미늄캔				
폐타이어	고무분말		타이어분말을 <u>납품</u> 하는 가격		

※ 폐지는 납품상(대납업체포함)이 미압축 선별고지(중급 또는 B급)를 매입하는 가격 기준

※ 폐플라스틱은 생활계 혼합색(중급 또는 B급) 가격 기준

Flake(파쇄·분쇄품), EPS(잉고트)는 Pellet 재생업체 또는 제조회사에 납품하는 가격 기준  
압축(PET·PE·PP)제품은 중간처리업체가 선별·압축하여 납품하는 가격 기준

Pellet은 중간처리업체가 제조회사에 납품하는 가격 기준

※ 폐유리병은 Cullet완제품(중급 또는 B급)을 유리제품 제조회사에 납품하는 가격 기준

※ 고철은 납품상(대납업체포함)이 스크랩 고철(중급 또는 B급)을 매입하는 가격 기준

※ 폐금속캔, 폐타이어는 중간가공업체가 납품하는 가격 기준(중급 또는 B급)

### 3. 품목별 시장동향 및 전망

- 폐지 :

- 폐플라스틱 :

- 폐유리병 :

- 고철 및 폐금속캔 :

- 폐타이어 :

본 조사에 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

부록 2: 재활용가능자원 가격조사 현지조사 점검표(지역본부 담당자 용)

구분		조사 내용	비고
조사 지역			
업체명			
업체 담당자			
지역본부(지사) 담당자 매월 조사방법			면접/팩스/전화
취급 품목			- 재활용 매입 및 납품 상태 (압축/파쇄/용융 등) 파악 (예) 압축 PE 매입 파쇄하여 납품
전반적인 재활용 경기 현황 (취급 품목)	시장 현황		
	업계 현황		
취급 품목 가격	금월 취급 품목 가격		조사표 기재 가격과 상이한 경우 이유
	전월 가격대비 변동 여부 및 이유		전월 가격대비 상승/하락 및 이유 기재
조사표 기재 가격 기준	품질(상/중/하)		
	색상(잡색(혼합)/흰색 등)		
	거래가격(매입/납품 가격)		
매입 또는 납품 현황	매입량 또는 납품량 변화		증가 또는 감소
	증가 또는 감소 이유		
향후 가격 및 시장상황 예측			
조사 응답 시 불편 사항			
비고			- 연락처, 주소, 담당자 변경 시 기재 - 업체 협조 정도

### 부록 3: 가중치 산출 SAS 코드

가중치 산출 SAS 코드
<pre> /*층별 모집단 크기, 표본선택 시 배분 된 표본크기, 유효 표본 수 자료 불러오기*/ PROC IMPORT DATAFILE = 'E:\프로젝트\2020 재활용가능자원가격조사 품질개선 컨설팅\사후가중치\프레임SIZE.XLSX' OUT = SIZE DBMS = EXCEL REPLACE; SHEET = 'SIZE'; RUN; PROC SORT DATA = SIZE; BY STRATA_ID; /*Survey data(엑셀 파일) 불러오기*/ PROC IMPORT DATAFILE = 'E:\프로젝트\2020 재활용가능자원가격조사 품질개선 컨설팅\사후가중치\조사 완료.XLSX' OUT = SURVEY_DATA DBMS = EXCEL REPLACE; SHEET = 'RAWDATA'; RUN; PROC SORT DATA = SURVEY_DATA; BY STRATA_ID; DATA SURVEY_DATA1; MERGE SURVEY_DATA SIZE(DROP = _COL1 _COL2); BY STRATA_ID; RUN; /*1 단계: 초기 가중치*/ DATA SURVEY_DATA2; SET SURVEY_DATA1 ; /*초기가중치: 추출확률의 역수*/ W_INITIAL = FRAMESIZE/SAMPLESIZE; RUN; /*2 단계: 무응답 가중치*/ DATA SURVEY_DATA3; SET SURVEY_DATA2; A1=SAMPLESIZE/REAL_SAMPLE_SIZE; /*무응답 가중치 조정*/ WDA = W_INITIAL*A1; RENAME _COL19 = STRATA; RUN; </pre>

가중치 산출 SAS 코드

```

/*3단계: 사후층화 */
PROC SORT DATA=SIZE;
BY STRATA_ID;
RUN;
PROC SORT DATA = SURVEY_DATA3;
BY STRATA_ID;
RUN;
DATA TOTAL;
MERGE SURVEY_DATA3 SIZE(KEEP = STRATA_ID FRAMESIZE );
BY STRATA_ID;
RUN;
PROC MEANS DATA = TOTAL;
CLASS STRATA_ID;
VAR WDA;
OUTPUT OUT = POST_ST_WT_RESID SUM = Sum_Of_WDA;
RUN;
PROC SORT DATA = POST_ST_WT_RESID;
BY STRATA_ID;
PROC SORT DATA = TOTAL;
BY STRATA_ID;
DATA TOTAL1;
MERGE POST_ST_WT_RESID(FIRSTOBS = 2) TOTAL;
BY STRATA_ID;
W_POST = FRAMESIZE / Sum_Of_WDA; *사후층화 가중치 산출;
W_FINAL = WDA * W_POST; *최종 가중치 산출;
RUN;
/**가중치 산출 값 확인: 가중치의 합 = 모집단 크기*/
PROC MEANS DATA = TOTAL1 sum;
VAR W_FINAL ;
RUN;

```

가중치 산출 SAS 코드

*/\*평균 추정 시 PROC SURVEYMEANS 프로시저 사용\*/*

**PROC SURVEYMEANS DATA = TOTAL1;**

**STRATA STRATA;** \*층 변수;

**WEIGHT W\_FINAL;** \*최종가중치;

**VAR VAR1;** \*분석하고자 하는 변수명;

**DOMAIN ITEM;** \*품목(ITEM)별 추정 시 **DOMAIN** 명령어를 사용하여 품목에 해당 변수를 지정;

**RUN;**

*/\*비율 추정 시 PROC SURVEYFREQ 프로시저 사용\*/*

**PROC SURVEYFREQ DATA = TOTAL1;**

**STRATA STRATA;** \*층 변수;

**WEIGHT W\_FINAL;** \*최종가중치;

**TABLES DOMAIN\_VAR \* VAR1;** */\*비율 추정 시 DOMAIN 변수는 교차표의 형태로 사용(별도로 "DOMAIN"을 지정할 필요가 없음)\*/*

**RUN;**