

# 폐 이동전화 역 물류 네트워크 품질수준 향상을 위한 정책대안

정영복\*† · 정병희\*\*

\* 한국산업기술시험원/승실대학교 박사과정

\*\* 승실대학교 산업정보시스템공학과

## Alternative Policies to Improve the Quality Level of Reverse Logistics Network for Used Mobile Phones

Jeong Young Bok\*† · Chung Byung Hee\*\*

\* Korea Testing Laboratory

\*\* Department of Industrial Information System Engineering, Soongsil University

Key Words : Collection Ratio, Reverse Logistics Network, EPR, ENR

### Abstract

The number of mobile telecommunication service subscribers has been over 50 millions as of the end of Nov. 2010. And the number of used mobile phones has been growing continuously caused by shortened life cycle of products and competing between service providers, which is about 21 millions for only one year, 2010 in Korea. However, the quality level of reverse logistics network for used mobile phones is very low and statistics show that the collection ratio of them has not been over 40%. The current low collection ratio can be one of the significant causes of environment destruction due to the cumulated growth. Accordingly new practical alternative recovery systems are required in addition to the current one with EPR(Extended Producers Responsibility). In this paper, suggested are alternative policies to improve the quality level of reverse logistics network for used mobile phones effectively. ENR(Extended Network service providers Responsibility) is representative of them.

## 1. 서 론

1983년 국내에서 이동통신서비스가 시작된 이래 이동전화 가입자 수는 꾸준히 증가하여, 2010년 말 현재 50백만 명을 넘어선 상태로 이른바 전 국민 가입자 시대를 맞고 있다.

가입자 수 증가와 함께 갈수록 짧아지는 제품수명주기, 이동통신서비스사업자(NSP, Network Service Provider)간, 그리고 생산자간의 치열한 시장경쟁 등이 이동전화 교체시기를 앞당기게 하는 요인이 되고 있으며,

사용하던 이동전화의 재활용 문제가 환경적, 경제적 측면에서 이슈가 되고 있다.

폐 이동전화 재활용 관련 제도적 장치는 2005년부터 시행되어 온 포괄적 생산자책임 (EPR, Extended Producer Responsibility)제도라는 것이 있는데, 이는 정부에서 수립한 생산자의 연간 출하량 대비 재활용 수량에 대한 목표비율을 해당 생산자가 준수하도록 하는 것으로 폐 이동전화 재활용제도로 유일한 것이다. 그리고 그 비율도 '12년까지 25%를 목표로 하고 있어 매우 낮은 수준이다. 이와는 별도로 정부, 지자체 등에서 간헐적으로 캠페인을 벌여 폐 제품을 회수하는 경우도 있으나, 소량에 그치고 있다.

† 교신저자 ybjung@ktl.re.kr

따라서, 제도적 문제로 인해 폐 이동전화에 대한 역 물류 네트워크의 품질수준이 매우 낮다고 할 수 있으며, 환경적 영향 및 경제적 가치손실의 최소화를 위해 제도개선이 필요한 시점이다.

본 논문에서는 이러한 문제의 획기적 개선을 위한 제도적 대안을 물류네트워크 관점에서 제시하고자 한다.

## 2. 연구 배경

폐 이동전화는 부품류 및 재료 중에 납, 카드뮴 등 중금속과, 베릴륨, 비소 등 유해한 성분들을 포함하고 있어 적절한 절차를 거치지 않고 폐기하게 되면 환경오염은 물론 인간에게도 위해를 줄 수 있다. 이러한 위험요소를 줄이기 위해 선진국을 중심으로 폐 이동전화 회수 및 재활용관련 제도가 정착되어 가고 있으며, 최근에는 여러 나라에서 재제조, 재사용, 재생 등 환경 친화적 process의 도입이 늘어나고 있다. 이와 함께 이러한 폐 제품의 회수 및 재활용 등의 과정에 대한 역물류에 대한 관심도 높아지고 있다.

선진국, 특히 EU의 경우 수년 전부터 이동전화를 포함한 가전제품의 의무 재활용률을 80%로 규정하여 시행하고 있다.(WEEE(2002/96/EC))

우리나라의 의무비율에 비하면 매우 높은 수준이지만, 국내의 대 EU 수출 기업도 이를 준수하고 있는 상황을 감안하면 달성 불가능한 목표는 아니라고 볼 수 있다. 다만, 급격한 제도변화에 대한 시장충격, 여론 및 효율성 등을 감안하여 적절한 개선대안이 제시되어야 할 것이다.

이를 위해 국내의 관련 제도 및 시장구조 분석, 시장 이해관계자들의 역할 및 폐 제품 반납 주체인 소비자의 인식 등을 조사하여, 역 물류 네트워크 관점에서의 제도적 개선 대안을 도출하고, 가능한 시나리오를 제시, 기대효과 분석 등을 통한 타당성을 검증하고자 한다.

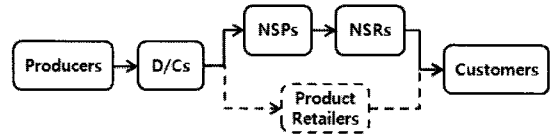
## 3. 폐 이동전화 재활용

### 3.1 국내 이동전화시장 유통구조

폐 이동전화 재활용 프로세스를 알기 위해서는 시장 유통구조를 파악할 필요가 있다.

<그림 1>에서 생산자를 통해 출하된 제품은 NSP 유통망을 거쳐 판매되는데, 그 이유는 NSP에게 고유번호

를 등록한 단말기만 사용할 수 있게 하는 이른바 'White List' 방식을 채택하고 있기 때문이다. 그러나 미국, 유럽 등은 문제가 있는 고유번호만을 등록하는 'Black List' 방식을 채택하고 있어 시장을 생산자가 주도하고 있다.



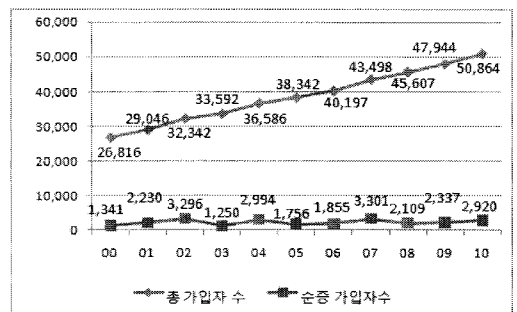
D/Cs : Distribution Centers  
 NSPs : Network Service Providers  
 NSRs : Network Service Retailers

<그림 1> 이동전화 국내시장 유통구조

### 3.2 폐 이동전화 배출/처리 현황

폐 이동전화 배출량을 파악하기 위해서는 내수규모와 순수 증가 가입자 수를 알 필요가 있다. 그것은 소비자가 이동전화를 구매할 때, 폐 제품이 발생하지 않는 경우는 신규로 가입하는 경우밖에 없으므로 내수규모에서 순증 가입자 수를 빼면 배출수량을 파악할 수 있기 때문이다.

<그림 2>는 지난 10년 간 국내 총 가입자 수와 순증 가입자 수의 추이를 나타낸 것으로 총 가입자 수는 2000년 26백여만 명에서 2010년 50백여만 명으로 증가하였고, 순증 가입자 수는 매년 약 2백여만 명을 유지하고 있다.



단위 : 천대 출처 : KOSIS

<그림 2> 국내 이동전화가입자 수 추이

<표 1>에서 이동전화 내수 규모는 2001년 15백여만대에서 2010년 24백여만대로 증가하였으며, 폐 제품 발생량도 13백여만대에서 21백여만 대로 큰 폭으로

〈표 1〉 국내 이동전화 출하량 및 폐 이동전화 발생량 비교 (만 대)

년도	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
출하량(A)	1,535	1,543	1,389	1,670	1,551	1,634	1,929	2,165	2,350	2,425
발생량(B)	1,312	1,213	1,264	1,371	1,375	1,449	1,599	1,954	2,116	2,133
비율(B/A)	85.5	78.6	91.0	82.1	88.7	88.6	82.9	90.3	90.1	88.0

증가되었고, 폐제품 발생비율은 약 90%, 누적 배출량은 177백만여 대에 달함을 알 수 있다.

### 3.3 재활용 관련 법규 및 현황

현재 우리나라의 폐 이동전화 재활용 관련 제도의 법률적 근거는 “전기전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률”(“자원순환법”), 그리고 재활용기반시설 설치와 관련된 “자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률”(“재활용법”)등이다.

자원순환법에서는 재활용을 ‘폐기물을 재사용·재활용 이용하거나 재사용·재활용에 이용할 수 있는 상태로 만드는 활동’으로 정의하고, 재활용법에서는 “의무재활용률”이라 하여생산자가 출하한 제품수량에 대해 정해진 비율만큼 재활용하여야 하는 의무비율을 규정하고 있다.

재활용 의무율은 다음과 같이 규정하고 있다.

{전년도재활용의무율+(장기재활용목표율-전전년도재활용률)×재활용목표율 반영계수+ 조정계수}

“재활용목표율 반영계수”란 장기 재활용목표율을 계획기간동안 매년 분할하여 반영하는 계수이며, 조정계수는  $\pm 0.05$ 이다.

재활용률은 생산자가 해당 연도 제품의 재활용량을 합산한 총 재활용량을, 해당 생산자가 전년도에 회수한 폐 제품의 평균중량에 제품 생산자의 해당연도 출고대수를 곱한 값으로 나눈 비율로 정의하고 있으며, 이를 수식으로 표현하면 다음 식 (1)과 같다.

$$r_{i(mt)} = \frac{\sum R_{i(t)}}{\sum W_{i(t-1)} \cdot S_{i(t)}} \quad (1)$$

$r_{i(mt)}$  : t 기간 생산자 i의 실제 재활용률 (%)

$W_{i(t-1)}$  : t-1기간에 생산자 i가 재활용한 제품의 평균중량 (Kg/unit)

$S_{i(t)}$  : t 기간 생산자 i가 출하한 제품수량(unit)

$R_{i(t)}$  : t 기간 생산자 i가 재활용한 총중량(Kg)

$rp(mt)$  : t 기간 생산자의무재활용률(%)

또한, 재활용 의무비율목표보다 실제 재활용률이 미치지 못하는 경우, 미 이행 비율만큼 가산금액을 부과하고 있는데, 생산자 i의 미 이행률을  $A_{pi}$ 라 하면,

$$A_{pi} = rp(mt) - r_{i(mt)} \quad (2)$$

이며, 가산금액( $C_{pi}$ )은 출하량에 미이행률( $A_{pi}$ ), 재활용 단위비용( $d$ ), 가산률( $g$ )을 곱한 금액이다.

$$C_{pi} = S_{i(t)} \cdot C_{pi} \cdot d \cdot g \quad (3)$$

$d$ 는 2,634원(2010년)이며,  $g$ 는 미 이행률 정도에 따라 0.15 ~ 0.30으로 정하고 있다.

한편, 현행 법규는 시장 주요 이해관계자인 NSP는 물론, 정부 등 관련 당국, 그리고 소비자 등에 대해서는 재활용과 관련된 어떠한 역할도 규정하고 있지 않다. 다만 NSP가 고객서비스 수준 향상을 위해 일부 폐 제품을 회수하여 재활용하고 있는데, <표 2>는 국내 NSP군의 폐 이동전화 재활용 및 처리 실적을 정리한 것이다.

<표 3>은 <표 1>과 <표 2>의 내용을 반영하여 EPR 제도에 의한 재활용실적과 NSP군의 재활용실적을 분석한 것이다. <표 3>에서 EPR제도가 본격적으로 시행되기 시작한 2005년 이후 생산자 및 NSP 전체 재활용 실적은 배출량의 약 40 %를 넘지 못하고 있음을 보여 주고 있다.

### 3.5 재활용의 경제적 성과분석

폐 이동전화 재활용을 통한 경제적 성과는 NSP사업자들이 발표한 2000년~2010년 실적인 <표3>을 바탕으로 분석하였다.

NSP는 회수된 폐 제품 중 간단한 재처리를 통한 재사용제품을 확보하여 고객서비스수준 향상을 위한 임대제품으로 활용, 또는 매각하거나 리 사이클링을 통하여 처리한 것으로 나타났다.

<표 2> 국내 이동통신 3사의 폐 이동전화 재활용 현황 (천 대)

연도	회수량	처리				보관 (처리대기)
		폐기	재사용	매각	소계	
'03	4,254	2,263	516	1,756	4,535	277
'04	6,016	2,312	649	2,631	5,592	864
'05	3,862	1,618	379	2,050	4,047	687
'06	3,404	1,074	176	2,137	3,387	827
'07	2,508	897	62	1,448	2,407	933
'08	3,958	1,692	130	2,146	3,968	955
계	24,002	9,856	1,912	12,168	23,936	4,543

주) 디지털데일리(2009.10..11, 재활용량/처리량 재활용시점/처리시점이 달라 함께 일치하지 않음.

<표 3> EPR 및 NSP 재활용 실적 및 비율

연도		'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
EPR	의무비율(%)	-	-	-	-	-	11.9	15.4	16.5	18.0
	재활용실적(만대)	-	-	-	-	-	185	252	318	390
NSP	재활용비율(%)	0.4	7.9	20.7	32.6	36.0	24.9	20.8	13.0	18.3
	재활용실적(만대)	53	121	320	452	602	386	340	251	396
전체 재활용실적(만대)		53	121	320	452	602	571	592	569	785
전체 재활용률(%)		0.4	7.9	20.7	32.6	36.0	36.8	36.2	29.5	36.3

각 활동에 대한 비용 및 수익 data는 김민철, 장용철 (2009)의 reuse 및 recycling 수익 및 비용을 비교분석한 자료, 그리고 윤대광(2008)의 재활용비용 및 가치평가관련 자료를 인용하였다. 수익 및 비용요소는 재사용품(임대폰) 재처리비용으로 6,328원/대, 보관비용은

14원/대, 회수비용 203원/대, recycling 수익-148원/대, 매각수익 8,890원/대를 입력하였으며, 운반비용, 폐제품 손실비용 등 기타비용 등은 해당 항목에 포함된 것으로 고려하였다.

계산결과는 <표 4>와 같으며, 수익은 매각과 re-

<표 4> NSP의 폐 이동전화에 대한 재활용 수익/비용 비교 (백만원)

구분	수익		비용			수익-비용
	매각수익	recycling수익	회수비용	재처리비용	보관비용	
2003	15,611	-335	864	14,377	4	31,260
2004	23,340	-342	1,221	20,756	12	1,058,230
2005	18,225	-239	784	15,371	10	1,820,720
2006	18,998	-159	691	14,637	12	3,499,724
2007	12,873	-133	509	9,555	13	2,662,498
2008	19,078	-250	803	14,403	13	3,608,152
계	108,125	-1,458	4,872	89,099	64	12,680,584

cycling을 통해 얻을 수 있으며, 비용은 회수, 재처리 및 보관비용 등으로 6년 간 총 이득은 36억여원이 되었다.

생산자의 경우는 국내 생산자들이 관련 법에 따라 설립한 ‘한국전자산업환경협회’에서 회수된 폐 제품을 리사이클링 하는데, 생산자는 NSP와 달리 회수된 폐 제품을 재사용품으로 재판매하기보다는 리사이클링을 선호하고 있다.

이는 cannibalization effect (자기잠식효과)라 하여 생산자의 제품라인에서 확장된 제품 간에 충돌이 일어나 수익성 낮은 제품, 즉 재사용 단말기의 판매가 수익성 높은 제품, 즉 신제품 단말기의 판매를 잠식하는 효과를 우려하는 생산자가 실제 그런 현상이 발생하는가에 여부에 관계없이 자사의 제품을 재처리하여 재판매하지 않는 경향이 있기 때문이다.(Roland Geyer, Vered Doctori Blass (2009))

### 4. 소비자 인식조사

이동전화 사용 및 반납 주체인 소비자는 현재의 재활용제도 및 개선대책에 대해, 그리고 폐 이동전화 처리 문제 등에 어떤 인식을 갖고 있는 지 조사를 실시하였다.

조사는 여론조사 전문기관인 (주)엔아이리서처에 의뢰하였으며, 인구분포, 연령대, 직업군, 성별 등을 고려하여 총 7,700명에게 이메일 설문을 실시하여 980명이 응답, 그 중 유효하지 않은 표본을 제외한 607명을 표본으로 분석하였다. 표본오차는 95% 신뢰수준에서 ±3.48%이다.

최종 표본 집단의 지역분포는 서울 32.8%, 경기 27.3%, 경상 21.8%, 충청 9.4%, 전라 6.3% 등이었으며, 직업군은 사무기술직34.6%, 주부16.3%, 자영업 11.0%, 전문직 10.7%, 학생 10.0%이었다. 연령대는 응답수가 극히 적은 10대,60대 이상을 제외하고, 20대~50대까지 균등하게 구성되었고, 성별 또한 균형을 이루었다.

결론적으로 표본구성이 인구통계학적으로 적절하게 분포되었다고 할 수 있다.

본 논문 주제 관련 문항은 총 17개이며, 먼저 이동전화 사용 및 폐기 관련 9개 문항 설문결과를 간추리면 다음과 같다.

- i) 이동전화 사용기간 : 2~3년 42.9%, 1~2년 26.2%, 3~4년 15.6%
- ii) 폐 이동전화 처리 : 가정보관 70.2%, 대리점 반납 22.4%, 기타 7.4%

- iii) 가정보관 폐 제품 수량 : 2대 35.9%, 1대 21.6%, 3대 20.3%, 4대 12%
- iv) 가정보관기간 : 3년 이상 32.9%, 1~2년 29.5%, 2~3년 20.5%, 1년 이하 17.1%
- v) 가정보관 이유 : 처리방법 모름 49.6%, 개인정보 유출 27.0%, 경제적 가치 8.6%
- vi) 바람직한 처리방법 : 재활용 캠페인 52.6%, 공공장소 반납함 설치 27.0%, NSR에 무상반납 8.6%
- vii) 반납함 설치 장소 : 은행 53.4%, 관청 19.1%, 우체국 13.3%, 학교 8.1%
- viii) 금전보상 기대금액 : 7천원~1만원 47.6%, 3~5천원 23.7%, 5~7천원 14.7%, 1만원 이상 9.1%
- ix) 최신 중고폰 구입용의 : 그렇다 63.4% 그 다음으로 재활용 관련 8개 문항에 대한 설문결과는 다음과 같다.
- i) 시장의 이해관계자를 폐 이동전화 재활용 책임이 큰 순서는 <표 5>와 같다.

<표 5> 시장이해관계자 재활용책임 (%)

구분 \ 순위	1	2	3	4	계
소비자	9.1	5.3	17.6	68.0	100
정부	23.7	15.5	40.9	19.9	100
NSP	45.6	38.1	13.2	3.1	100
생산자	21.6	41.2	28.3	8.9	100
계	100	100	100	100	

각 이해관계자에 대한 책임의 정도를 종합하여 수치화하기 위해 가중치를 부여하여 계산하면, 다음 식 (4)와 같다.

$$R = \sum P_i \cdot W_i \tag{4}$$

R : 책임정도에 대한 평점,

P<sub>i</sub> : 응답도수,

W<sub>i</sub> :가중치 (W1=4,W2=3,W3=2,W4=1)

NSP 평점을 R<sub>n</sub>, 생산자 R<sub>m</sub>, 정부 R<sub>g</sub>, 그리고 소비자를 R<sub>c</sub>라 하면 각각의 평점은 식(4)에 따라 계산하면 다음과 같다.

$$R_n=3.26, R_m=2.76, R_g=2.43, R_c=1.56$$

따라서, 재활용책임의 정도는 NSP, 생산자, 정부, 소

비자의 순으로 큰 것으로 나타났다.

- ii) 소형가전폐기제도 필요성: 필요 86.2%
- iii) EPR제도 재활용률 상향 한도 : 50% ; 34.3%, 60% ; 28.2%, 30% ; 14.5%, 40% ; 14.3%, 70% ; 4.6%, 20% ; 3.5%, 100% ; 0.7%
- iv) 무단폐기 경고라벨 부착 : 필요 94.2%
- v) ENR(Extended NSP Responsibility),예치금, 재구매, 우편회수 등 새로운 제도 선호도 : 재구매 37.7%, ENR 33.4 %, 예치금 24.1%, 우편 제도 4.9%
- vi) 예치금제도의 예치금수준 : 1~2만원 33.8%, 5천원~1만원 27%, 3~5천원 18.3%, 3천원이하 15.8%
- vii) 재구매 제도의 재구매 금액 수준 : 1~2만원 47.4%, 5천원~1만원 26.7%, 3~5천원 15%, 3천원 이하 4.8%
- viii) NSP 의무재활용률 최종 도달목표 : 40% ; 43.5%, 50% ; 23.7%, 30% ; 19.8%, 20% ; 10.4%, 10% ; 2.35%

이상의 설문결과를 종합, 분석하여 보면, 폐 제품이 발생되면 그 중 70%는 가정에 보관되고 있고, 가정에 보관하고 있는 폐 제품은 평균 2대 이상이었으며 평균 보관기간도 2년 이상이었다.

바람직한 처리방법에 대해서는 재활용캠페인이 약 50%로 응답되었으나, 재활용캠페인을 통한 회수효과가 크지 않은 것은 현실과 설문 답변이 상충되는 것이며, 공공장소에 반납함을 설치하는 방안도 약 30%인데 이는 반납 루트의 다양화를 소비자들이 바라고 있다는 것을 보여주고 있다.

재활용책임의 정도가 가장 큰 시장 이해관계자를 NSP로 답변한 것은 소비자들이 반납의 효율성과 편의성을 추구하고, NSP의 재활용책임에 대하여 구체적으로 인식하고 있음을 말해주고 있다. 생산자와 NSP의 최대 부과 재활용 의무비용 수준에 대한 의견은 양쪽 모두 약 50%로 비슷한 수준이었다. 예치금, 재구매제도에서는 평균적으로 약 1만원의 금전관계가 있어야 할 것으로 조사되었다.

## 5. 재활용제도 개선대안의 제시

### 5.1 개선대안

현재 20% 대인 생산자 재활용 의무비율을 단 기간에 EU처럼 80% 수준으로 상향시키기는 어려운 일이지만,

그렇다고 현행 제도를 그대로 유지하는 것도 문제가 있어 제도적 개선대안의 제시가 시급하다고 할 수 있다.

다음은 지금까지 기술된 내용들을 고려하여 구성한 제도적 대안들이다.

첫 번째로, NSP의 재활용 활동의 제도화, 즉 ENR제도를 시행하는 것이다. 소비자설문에서도 반영된 내용이기도 하지만 NSP가 실제 시장에서 가장 효율적으로 폐 제품을 회수할 수 있는 이해관계자이고, 또한 현재 자발적 재활용활동을 하고 있어 현실적으로 어려운 일이 아닐 것이다.

두 번째로, 공공장소, 즉, 은행, 관청, 학교 등에 반납함을 설치, 생산자 등이 회수하는 방법으로, 회수캠페인 다음으로 많은 응답을 한 방법이다.

세 번째로, 예치금제도와 재구매제도를 들 수가 있는데 ENR제도와 응답도수에서 크게 차이하지 않는다. 그러나 예치금제도나 재구매제도 모두 NSP가 관련 데이터를 관리하고 유지하여야 하는 부담이 발생되어 NSP입장에서는 피하고 싶은 방법이라 할 수 있다. 그 외에 외국에서 일부 시행되고 있는 우편제도를 들 수 있는데, 소비자에게 우편봉투를 배포해 반납하게 하는 것으로 봉투의 배포, 취급, 수령방법 등 운용측면에서 고려해야 할 요소들이 있다.

또한 제품에 무단폐기 경고라벨을 부착하는 것도 고려할 필요가 있는 방안이라 할 수 있다.

### 5.2 역물류 네트워크

#### 5.2.1 현재의 역물류 네트워크

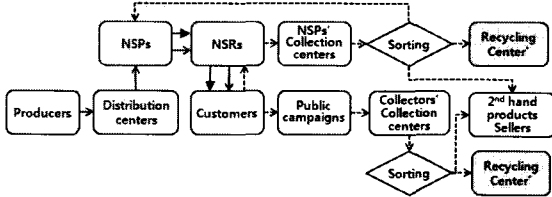
현재 우리나라의 이동전화 물류 네트워크는<그림 3>과 같으며, 소비자의 폐 이동전화처리 방법은 대부분 NSR이나 공공 캠페인을 통한 반납, 또는 폐기 등을 통한 것임을 알 수 있다. 소비자가 폐 이동전화를 NSR에 반납하는 경우, 폐 제품은 NSP 수집장소에 집하되어 재사용 가능여부 분류 후, 리사이클링센터로 보내지거나 재처리를 거쳐 재사용품으로 판매 또는 NSP 고객서비스 수준제고를 위한 임대제품으로 공급된다.

공공캠페인을 거쳐 재활용되는 폐 이동전화는 주로 전문수집사업자에 의해 수출용 재사용품으로 분류되어 재판매되거나 폐기 또는 리사이클링을 위해 리사이클링센터로 보내진다.

#### 5.2.2 개선된 역물류 네트워크

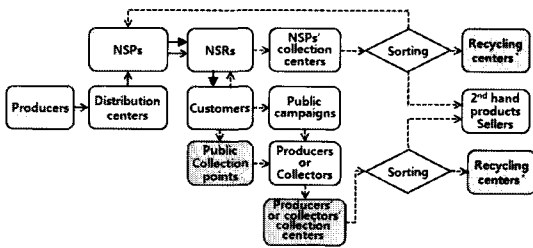
이동전화 역물류 네트워크의 개선은 앞서 기술한 개

선대안을 중심으로 설계되었는데, 현재의 EPR제도에 추가하여 ENR제도와 공공장소 재활용함의 설치 등을 반영하였다. 공공캠페인, 우편제도 및 예치금/재구매제도 등은 예상되는 효과가 크지 않으며 실행 및 관리 상 고려해야 할 부분들이 많아 포함되지 않았다.



→ Forward flows for remanufactured products for rent  
 --> Reverse flows  
 \* Established by Producers

<그림 3> 현재의 물류 흐름도



→ Forward flows for remanufactured products for rent  
 → Forward flows  
 --> Reverse flows  
 \* Established by Producers

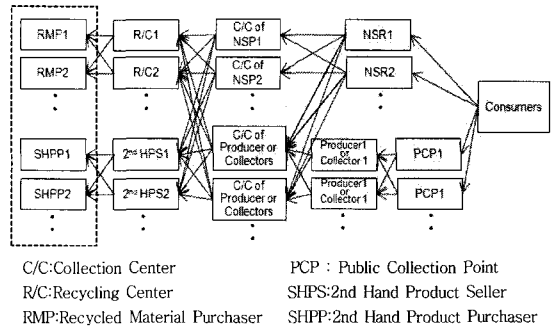
<그림 4> 개선된 물류 흐름도

<그림 4>에서 NSR과 공공회수장소(PCP)를 통해 반납된 폐 제품은 NSP와 생산자 또는 생산자 위탁 재활용사업자 등에 의해 재사용품 또는 물질재생용품으로 분류되어, 재사용품은 중고제품 판매사업자를 통해 재판매(주로 수출)되고, 물질재생용품으로 분류된 것은 생산자들이 설립한 리사이클링센터로 보내지게 되어 있다.

물류흐름상으로는 현재의 것과 비교하여 PCP가 추가된 것과 NSP에 폐 제품회수를 의뢰하던 생산자가 ENR제도의 시행으로 NSP에만 회수를 의존하지 않고 직접 역물류 네트워크에 참여하는 것으로 설계되었다. 다음 <그림 5>는 개선된 역물류 네트워크 구조이다.

여기에서 개선된 역물류 네트워크가 회수효율을 높이기 위해 현재의 것보다 복잡하게 설계되어 있으므로 회수비용, 운반비용 등의 비용이 추가적으로 발생되고,

재사 폐 이동전화의 회수량 증가로 제반 비용이 현재의 것보다 증가할 수 밖에 없다.



<그림 5> 개선된 역물류 네트워크

그러나 회수량 증가에 따른 판매 가능한 재사용제품 및 재생물질의 증가로 전체적인 경제적 성과에 있어서는 3.5에서 산출한 사례와 같이 오히려 더 크게 증가될 것이다.

### 5.3 재활용제도 개선대안 기대효과

개선대안의 기대효과는, EPR 및 ENR제도 이외의 대안의 경우 그 효과성이 EPR 및 ENR제도의 실적으로 연결되어 나타날 것이므로, EPR 및 ENR제도를 중심으로 측정하였다.

우선 생산자와 NSP의 현재 재활용실적을 분석하면 다음과 같다.

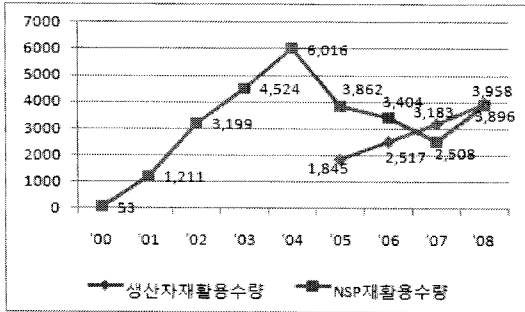
환경부 고시에서 정한 EPR제도에서의 생산자 재활용 의무비율은, 2005년 11.9%를 시작으로 2012년 25%를 목표로 하고 있으며, 연평균 비율상승 평균치는 약 1.87%p이다.

그리고 NSP의 자발적 재활용은 2000년부터 2004년까지 상승하다가 EPR제도 본격 시행시기인 2005년부터 감소하는 추세인데 이러한 상황이 <그림 6>에 나타나 있다.

NSP와 생산자의 폐 제품 총 재활용량을 전체 폐 제품 발생량과 비교하면 <표 3>과 같으며, 실제 전체 재활용률은 약 40%인 것은 전술한 바 있다. <표 3>의 NSP재활용량 data는 ENR제도를 시행할 경우 시행초기 NSP의무비율 부과 정도에 대한 근거자료로 활용될 수 있다.

본 논문에서는 중장기적 최종 재활용률 목표를 EU와 같은 80%로 설정하고, 그 수준까지 도달하는데 소요되는 기간과 그 때까지 재활용되지 않고 방치되는 폐

제품 수량 등에 대해서 제시 가능한 시나리오들 간 비교분석을 통해 개선대안의 기대효과를 측정하였다.



<그림 6> 폐 이동전화 재활용실적 비교 (천 대)

최종 목표를 80%로 설정한 것은 현실적으로 가능한 최고 수준의 목표를 설정하기 위해 실제로 국가 차원의 제도 시행이 이루어지고 있는 사례 중 가장 그 수준이 높은 경우를 반영한 것이다.

전술한 바와 같이 단말기 관리방식의 차이로 인해 우리나라는 NSP가 유통시장을 장악하고 있는 반면, EU는 생산자도 유통시장의 주요 이해관계자이기 때문에

EPR제도에 따른 생산자 의무 재활용률을 시행 초기부터 높게 책정할 수 있었다.

그러나, 우리나라는 EU와는 달리 NSP가 유통시장을 장악하고 있어 생산자에게만 의무비용을 높게 책정할 수 없었을 것으로 보이며, 반면 NSP는 자체 수요 충족 등을 위해 유통시장에서의 위치를 활용해 쉽게 자발적 재활용활동을 해 왔던 것이다.

단말기 관리방식이 EU와 같은 방식으로 전환되지 않는 한 EPR제도만으로는 재활용실적의 획기적 개선을 기대하기 어려우므로 ENR제도를 시행하여야 한다는 것은 전술한 바 있다.

따라서, ENR제도를 EPR제도와 병행하여 시행함에 있어 시행 가능한 시나리오들을 상정해 비교해 봄으로써 그 효과를 측정해 보고자 한다. 비교분석한 시나리오는 (a) EPR제도만을 시행하는 경우, EPR제도와 함께 ENR제도를 병행하는 경우 NSP의 자발적 재활용 자료를 근거로 하여 최소 10%에서 25%까지 의무비용을 부과한, (b) EPR + ENR 10%, (c) EPR + ENR 15%, (d) EPR + ENR 20%, 그리고 (e) EPR + ENR 25% 등 총 5가지로 나누었다.

<표 6> EPR 및 ENR제도 재활용 예상실적 비교

구분		(a) EPR only	(b) EPR+ ENR 10%	(c) EPR+ ENR15%	(d) EPR+ ENR20%	(e) EPR+ ENR25%
재활용률(%)	2021년	56.4	65.7	70.7	75.5	80.0
	2023년	59.8	72.6	75.0	80.0	80.0
	2024년	61.3	76.0	80.0	80.0	80.0
	2026년	61.3	80.0	80.0	80.0	80.0
	2036년	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
누적 재활용량 (2000년부터, 백만 대)	2021년	229	233	249	265	281
	2023년	276	289	308	328	344
	2024년	301	321	341	361	376
	2026년	356	389	410	430	446
	2036년	728	795	816	836	852
누적 미 재활용량 (2000년부터, 백만 대)	2021년	247	243	227	211	195
	2023년	271	258	240	220	204
	2024년	284	264	244	224	208
	2026년	307	274	253	234	218
	2036년	398	331	311	291	275



생산자와 NSP의 2012년 이후의 재활용 실적 예측 data는 최근의 실적자료를 바탕으로 엑셀 “FORE AST” 기능을 사용하여 산출하였다. 생산자의 경우, 2005년 ~2011년 정부 고시자료를, NSP는 2000년부터 2008년까지 재활용 실적을 반영하였다.

다음으로 위 시나리오들에 대해 전체 재활용률이 80%를 넘는 시점과 누적 재활용수량 및 미 재활용 수량을 계산한 결과는 <표 6>과 같으며, 요약하면 다음과 같다.

(a) EPR제도만 시행했을 때 전체 폐 제품 재활용률이 처음으로 80%가 넘는 시점은 2036년(80.4%)이며 재활용률은 생산자 66.0%, NSP 14.4%이었고, 다른 시나리오들과의 비교를 위해 2036년 재활용률을 80%로 조정하였다.

2036년까지의 폐 이동전화 총 누적발생량은 약 1,141백만대, 생산자 누적 재활용량은 약 524백만대, NSP 누적재활용량은 약 205백만 대이었으며, 폐 이동전화 총 누적 미 재활용량은 약 412백만 대이었다.

(b), (c), (d), (e)의 경우도 (a)의 경우와 동일한 방법으로 계산하였다.

그 결과, 2021년에 전체 재활용률이 80%를 넘는 (e)의 경우와 2036년인 (a)의 경우를 비교하면 전체 재활용률은 23.6%p의 차이를 보였고, 누적 미 재활용량은 123백만 대의 차이를 보였다. (a)를 제외한 (b), (c), (d), (e) 경우만을 비교하면 80% 도달시점은 최대 5년, 전체 재활용률 최대 14.3%p, 누적 재활용량 최대 57백만 대, 누적 미 재활용량은 최대 56백만 대의 차이를 보였다.

따라서 EPR제도와 함께 ENR제도를 병행하여 시행할 경우 EPR제도만을 시행할 경우와 비교하여 그 기대효과가 뚜렷하게 나타났으며, ENR제도의 시행에 있어서는 그 초기 의무비율의 차이에 따라 그 효과가 두드러지지 않은 점을 고려하여 초기의무비율의 결정 등을 탄력적으로 운용할 수 있음을 보여주고 있다.

## 6. 결론 및 향후 과제

### 6.1 결론

본 논문에서는 이동전화 재활용 관련 자료 및 문헌, 국내 시장상황, 그리고 국내 소비자 설문조사 실시 결과를 반영하여 현행 이동전화 재활용 제도의 심각한 문제점을 효과적으로 개선할 수 있는 정책적 대안을 도

출하여 제시하였다.

그것은 물류네트워크 상 실질적 시장지배자인 NSP에게도 재활용의무비율을 판매량에 따라 부과하는 이른바 ENR제도, 공공재활용장소 설치의 제도화, 그리고 소비자가 이동전화 구매 시 금액의 일부분을 부담하게 하는 방안 등이다.

가장 확실하고 효과적인 방안은 ENR제도할 수 있는데, 이는 EPR제도만 시행했을 때와 ENR제도를 병행하여 시행했을 때 동일기간동안의 재활용수량 측면에서 최대 1억대 이상 차이가 나는 등 그 기대효과가 매우 큰 것으로 나타났기 때문이다.

결론적으로 본 논문에서는 실질적으로 시장을 주도하고 있는 NSP의 자발적 재활용활동을 현재의 실적 수준에서 제도화하는 것을 현재의 낮은 수준의 폐 이동전화 역물류 네트워크 품질수준을 비교적 단기간에 높일 수 있는 최적의 대안으로 제시하고자 하며, 그 외 공공장소 회수함 설치제도, 예치금/재구매제도 제도, 우편제도, 제품에 경고라벨 부착 등의 방안들도 적극적으로 검토할 필요가 있다.

### 6.2 향후 과제

폐 이동전화 회수 및 재활용의 효과성 및 효율성을 높이기 위한 제도 개선대안에 대한 성공여부는 전적으로 시장의 이해관계자 모두의 공감대 형성이 최우선이라 할 수 있다. 그리고 무엇보다도 정책을 담당하는 관계 기관의 의지도 매우 중요한 요소가 될 것이다.

그리고 개선대안을 적용했을 때 환경적 리스크가 감소한다는 것은 상식적으로 알 수 있는 부분이지만, 경제적 성과측면에서는 전체 공급망 수준의 수익성, 생산자와 NSP 간의 재활용 의무비율 부담 배정, 수익의 주요요소인 재사용품 분류비율의 조정 등을 통한 수리적 검토가 수반되어야 할 것이다. 이러한 경제성 측면의 검증은 이동전화 역물류 네트워크 모델을 최적화시키기 위한 중요한 요소 중 하나가 될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] 강희석(2007), “국내 폐휴대폰 발생량 예측 및 수거/관리체계”, 「2007환경 공동학술대회」, pp. 78-81
- [2] 김기만, 김기범, 정봉주(2008), “휴대폰산업의 역공급망구조를 고려한 EPR제도의 개선에 관한 연구”, 「2008대한산업공학회 춘계공동학술대회」

[3] 김기범, 정봉주(2007), “폐휴대폰의 환경친화적 역공급망 네트워크 설계 및 전략수립 모델”, 「2007대한산업공학회춘계공동학술대회」, pp.254~261

[4] 김민철, 장용철(2009), “폐휴대폰의 경제적 가치추정 및 비용편익분석에 관한 연구”, 「한국폐기물학회지」, 제26권 제6호 pp.580~585

[5] 김성훈, 박철순(2007), “한국이동통신서비스 및 단말기산업의 변천과 발전 방향”, 「서울대학교 출판부」

[6] 류재환(2007), “폐가전제품 회수물류체계효율화 연구”, 「아주대학교」

[7] 송석훈(2009), “폐휴대폰 재활용관련 보도자료”, 「국회」

[8] 이화조, 강홍윤, 심강식, 김진한, 신재술 (2009), “전기전자제품 재활용가능률 표준산정방법” 「청정기술」, Vol.15, No.1, 2009.03, pp. 23~30

[9] 임영순(2001), “이동통신단말기재활용제고를 위한 연구”, 「성균관대학교」, 국회도서관, 338.476213809980

[10] 윤대광(2007), “E-waste의 재활용 가치평가모델개발을 통한 자원순환촉진방안에 관한 연구”, 「경희대학교」, 국회도서관, 658.1-8-25

[11] 장용철, 강희석, 윤현명, 김민철, 이성우, 송효택, 이원영, 김영화(2008), “폐휴대폰의 발생량산정, 재활용 및 유통체계”, 「한국폐기물학회지」, 제 25권 제1호, pp. 82~89

[12] 전병현(2007), “중고휴대폰 재활용 법제 방안공청회자료”, 「국회」

[13] 통계청(2010), “이동전화가입자동계”, 국가 통계포털 (<http://www.kosis.kr>)

[14] 환경부(2006), “폐휴대폰 수거 및 재활용 활성화 대책”, <http://www.me.go.kr>

[15] 환경부(2007), “제4차 자원재활용 기본계획 (‘08~12)”, <http://www.me.go.kr>

[16] 환경부(2010), “전기전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률”, 국가법령정보센터, <http://www.law.go.kr/>

[17] 환경부(2010), “자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률”, 국가법령정보센터, <http://www.law.go.kr/>

[18] A. K. Bhuei, O. A. Ogunseitani, J. D. M. Saphores, A.A.Shapiro(2004), “Environmental and economic trade-offs in consumer electronic products recycling”, *IEEE*, 0-7803-8250-1/04

[19] EU(2002), “The Waste Electrical and Electronic Equipment(WEEE)” *Directive(2002/96/EC)*

[20] Jaco Huisman, Ab L. N. Stevels(2006), “Eco-efficiency of take-back/recycling, a comprehensive approach”, *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, Vol.29, No.2

[21] Joaquin Nwira, Leigh Favret, Mihoyo Fuji, Robert Miller, Sarvy Mahdavi, Vered Doctori Blass(2006), “End-of-Life management of cellphones in US”, University of California, Santa Barbara

[22] Kibum Kim, Iksoo Song, Hyong Kim, Bongju Jeong(2006) “Supply planning model for remanufacturing system in reverse logistics environment”, 「Science direct」, *Computer & Industrial Engineering* Vol.51 pp. 279-287

[23] Roland Geyer, Vered Doctori Blass (2009), “The economies of cell phone reuse and recycling”, *Int J Adv Manuf Technol* DOI 10.1007/s00170-009-2228z

[24] Samir K. Srivastava(2008), “Network design for reverse logistics”, Science Direct, *Omega* Vol.36 535-548

[25] Steven J. Skerlos, Guenther Seliger(2003), “Economic and environmental characteristics of global cell phone remanufacturing”, *IEEE*, 0-7803-7743-5/03

2011년 8월 31일 접수, 2011년 9월 10일 수정, 2011년 9월 15일 채택