

친 환경적인 물류 활동을 위한 역방향 공급 사슬

최 강 화*

.....

최근 들어 역방향 물류관리에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데, 역방향 공급사슬관리의 관계성과 최적의 물류 흐름을 파악하는 것이 역방향 공급사슬 관리의 가장 중요한 이슈로 부각되고 있다.

따라서 본 연구에서는 수명이 다한 제품 혹은 폐기품의 수거 및 처리에 관련된 일련의 활동들을 총칭하는 개념인 역방향 공급사슬에 대하여 소개한다. 또한 역방향 공급사슬 시스템 설계 및 운영에 관련된 의사결정 문제들을 분류하고 정의한 후 전반적인 접근방법 및 관련 사례들도 소개하였다. 이러한 의사결정 문제들은 효과적인 역방향 공급사슬 시스템의 구축에 필요한 기본적인 문제들로 효율적인 해법의 개발이 필요하다. 특히, 기존의 순방향 공급사슬과의 통합적인 관점에서 근본적으로 각 문제들에 대한 새로운 접근방법에 대한 연구가 필요하며 특히 역방향 물류의 기본적인 특징인 불확실성에 어떻게 대응할 것인가가 매우 중요한 문제가 된다. 지속가능발전이라는 환경문제의 큰 틀은 정부 및 산업에서 환경문제를 더 이상 미룰 수 없는 현실문제로 인식시키고 있다. 그래서 이와 관련된 국내외 환경규제들은 우리 기업의 발전에 큰 제약으로 다가 올 것이 분명하다. 이에 우리는 공급사슬이라는 개념이 정부 및 산업에 도움을 줄 수 있으리라 생각한다.

.....

I. 서 론

환경이란 일반적으로 우리를 둘러싸고 있는 물리적인 지구환경을 말하며 대기, 물, 토양 및 인간이 만들어 놓은 다양한 기반시설 등으로 구성되어 있다. 이러한 물리적인 환경은 지구상의 생명체에 직접 혹은 간접적으로 영향을 미치고 있으며 특히 인류의 영향이 매우 크다. 즉, 인류역사를 통해 문명은 자연환경과 불가분의 관계를 가져왔으며 인류의 문명이 발전할수록 인류는 자연을 더 많이 이용하고 개발하여왔다. 특히, 산업혁명 이후 현재까지 인류는 환경에 끊임없이 부정적 영향을 미치고 있으며 최근 들어 그

*서울대학교 경영연구소 객원연구원(choi1130@snu.ac.kr)

영향이 전 지구적으로 매우 심각해지고 있다 그 대표적인 형태로 기후변화, 오존층 파괴, 자원고갈, 폐기물문제 등이 있으며 지구가 감당할 수 있는 능력을 초과함에 따라 환경문제가 전 지구적인 시급한 문제로 인식되었고 전 세계적으로 환경보전을 위한 다양한 노력들을 해 오고 있다.

최근 범세계적으로 부각되는 문제가 수명이 다한 제품 혹은 폐기품의 수거 및 처리에 관한 문제들이다. 일반적으로 수명이 다한 제품 혹은 폐기물 문제의 중요성이 높아진 이유를 몇 가지 정리하면 아래와 같다.

- 제품의 수명주기: 과거 대량생산체제 하에서 소비자의 요구가 다양화됨에 따라 다 품종 소량생산체제로 변화하여 대부분의 제품들의 수명이 단축되었고 그 결과 수명이 다한 제품의 처리요구가 급격히 증가
- 제품 폐기시설의 부족: 제품들을 폐기하는 시설인 매립지가 급격히 줄고 있으며 폐기관련 규제의 강화로 매립비용 및 폐기비용의 급격한 상승
- 폐기 제품 재사용/재활용의 경제성 증가: 제품폐기에 필요한 관련비용이 과거에 비해 급격히 증가하여 제품의 재사용/재활용으로 기업이 얻을 수 있는 이익이 상대적으로 증가

이러한 이유들 외에 다양한 국내외 폐기제품 수거관련 환경규제들이 제정되고 국제 환경협약이 체결되고 있어 수명이 다한 제품의 수거 및 처리에 관한 문제는 더 이상 미룰 수 없는 문제가 되었다. 그리고 제품의 수거 및 처리에 관한 문제를 포함하는 전반적인 환경문제들은 정부, 기업 및 민간부분간의 긴밀한 협조를 통하여 해결될 수 있다.

수명이 다한 제품 혹은 폐기물의 수거 및 처리문제의 기본원칙은 오염자부담원칙으로 정부의 환경관련 규제나 법규수립 시 이를 기본으로 하고 있다. 오염자부담원칙은 환경에 직접적으로 영향을 끼치는 당사자가 그 책임을 져야한다는 것을 말하며 기업의 입장에서 제품의 생산 및 판매뿐만 아니라 판매된 제품이 수명이 다했을 때 수거 및 처리에 관한 부분도 고려해야 한다는 것을 의미한다. 이에 따라 기업에서는 설계, 제조, 사용 및 수명 후까진 제품의 전체 수명주기를 관리해야하며 특히 수출중심의 우리나라의 경우 제품의 환경문제가 정부와 기업에게 곧 심각한 문제로 다가올 것으로 예상된다. 예를 들면, 전자산업의 경우 수명이 다한 전기/전자 제품의 처리에 관련된 WEEE

(Waste of Electrical and Electronic Equipment)의 여러 규제들과 자동차 산업의 경우 ELV(end-of-life vehicle)에서 제안한 다양한 폐차 처리 지침 등이 있다. 이 과제에서는 수명이 다한 제품 혹은 폐기물의 수거 및 처리문제에 관련하여 20세기 말부터 개념이 정립되기 시작하고 현재 많은 연구를 수행하고 있는 역방향 공급사슬에 대하여 설명한다. 역방향 공급사슬은 앞에서 설명한 수명이 다한 제품 혹은 폐기물 수거 및 처리문제에 대한 프로세스 관점에서의 개념적인 틀로 기존의 원자재 공급, 생산 및 분배를 총괄하는 순방향 공급사슬에 수명이 다한 제품 혹은 폐기물의 수거 및 처리 활동을 포함하여 확장한 양방향 공급사슬개념의 일부분으로 볼 수 있다. 계속해서 기업의 물류관리와 친환경적 물류관리에 대한 기본적인 개념을 다룬다.

II. 기업의 물류관리

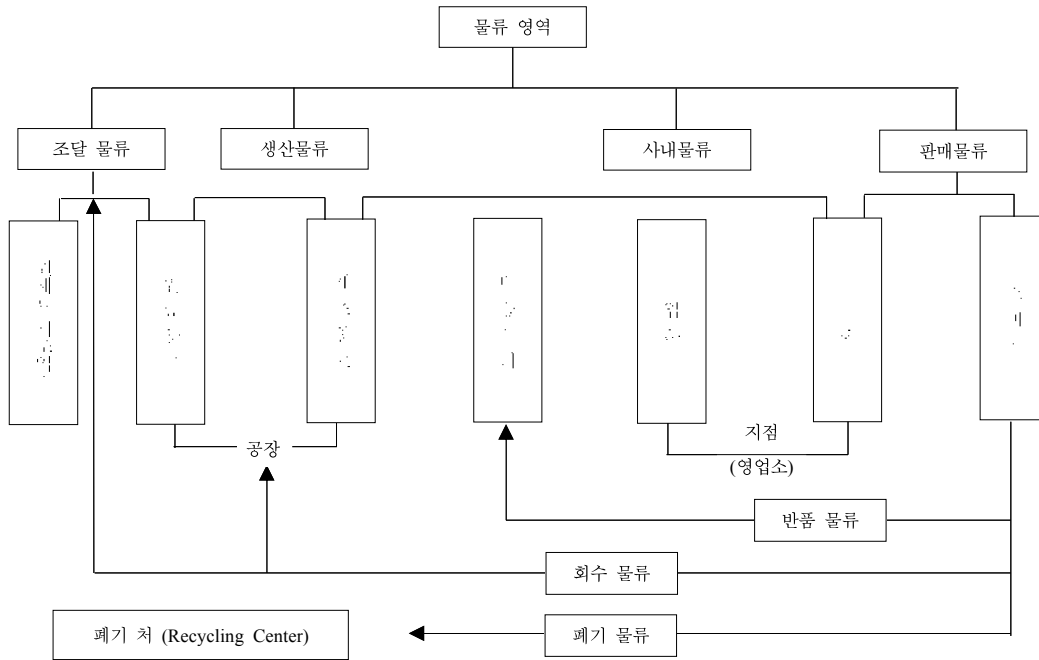
1. 물류관리의 목적

미국 물류관리협회의 정의에 따르면 물류란 ‘고객의 욕구를 만족시킬 목적으로 공급처에서부터 소비자에 이르기까지 원재료, 부품, 완제품 및 정보의 흐름과 보관을 효과적으로 계획, 집행 그리고 통제하는 과정’으로 정의하고 있다. 1986년에는 ‘물류’ 대신에 로지스틱스란 용어를 보다 광범위하게 사용하고 있다. ‘로지스틱스’란 기업내부의 각 섹션이 별도로 움직이고 있는 기능을 통합하여 관리함에 따라 부분최적화로부터 기업의 전체최적화를 목표로 하게 된다. 즉 로지스틱스는 고객의 니즈를 만족시키기 위하여 원재료, 반제품, 완성품 및 그에 관련되는 정보의 원산지에서부터 소비지까지의 능률적, 효율적인 이동 및 보관을 계획, 실시, 통제하는 과정을 말한다.

물류가 중요시 되는 이유는 세 가지로 요약된다. 첫째, 물류는 마케팅의 절반을 차지한다. 둘째, 물류는 판매기능을 촉진하는 데 판매기능은 다음과 같은 물류의 기준에 의해 수행될 때 비로소 달성된다. 즉, 적절한 상품을 적절한 품질로써 적절한 양만큼 적절한 시기에 적절한 장소에 적절한 인상을 주면서, 적절한 가격으로 소비자에게 전달하는 것이 바로 그것이다. 셋째, 물류는 제3의 이윤의 원천이다. 물류비는 판매액에서 높은 구성 비율을 차지하고 있기 때문이다.

2. 물류의 영역

물류를 영역별로 구분하면 아래 그림과 같다.



[그림 1] 물류 영역도

조달물류는 원자재의 조달에서부터 구입자인 제조업자의 자재창고에 입하될 때까지의 물류를 말하며, 생산물류는 원자재가 생산 공정에 투입될 때부터 완제품 포장에 이르기까지의 물류를 말한다. 사내물류는 제조공장의 완제품 포장에 이르기까지의 물류와 배송센터에서의 보관 및 입, 출고 활동을 말한다. 판매물류란 물류센터에서 소비자에게 인도될 때까지의 물류활동을 의미하며, 고객에게 인도된 후 발생하는 반품물류는 고객으로부터 클레임이 청구된 제품 또는 유통기간이 초과된 제품이 되돌아오는 물류이고, 회수물류는 빈 용기, 빈병, 포장재 등을 고객으로부터 재사용하기 위하여 회수되어 오는 물류를 말하며, 폐기물류는 제품, 포장, 이송용 용기, 자재 등의 폐기처분을 위

한 물류를 말한다. 반품, 회수, 폐기물류는 판매물류 영역으로 설명하고 있지만 포워드 물류에 대하여 역 채널을 구축하고 있어서, 총칭하여 역 물류라 부르고 있다. 특히, 역 물류는 지속가능 발전을 위한 자원 순환형 경제시스템 구축을 위하여 환경보호와 공해 방지, 자원절약 차원에서 재사용, 재활용, 재생산에 대한 기술적인 검토가 필요하다. 로지스틱스는 고객의 니즈를 만족시키기 위하여 원재료, 반제품, 완성품 및 그들과 관련된 정보의 원산지에서부터 소비지까지의 능률적, 효율적인 이동 및 보관을 계획, 실시, 통제하는 과정을 말한다.

물류와 로지스틱스는 다음과 같은 공통점을 가진다. 첫째, 완성품의 원재료와 반제품도 대상으로 한다. 둘째, 원산지부터 소비지까지 포괄한다. 셋째, 실행과 관리의 2가지 과정을 포함하며, 관리는 계획과 통제로 구성되어 있다.

그러나, 로지스틱스는 다음과 같은 점에서 물류와 다르다. 첫째, 고객의 니즈를 만족시키기 위하여 행하며, 고객지향이 그 중심이 된다. 둘째, 원재료, 반제품, 완성품 외에 그들과 관련된 정보를 대상으로 하고, 정보관리가 새롭게 들어가 있다. 셋째, 이동뿐만 아니라 보관도 포함하고 능률화뿐만 아니라 효율화도 촉진한다. 물류의 효율화 결국 ‘물류의 로지스틱스화’이다.

물류서비스는 토털서비스의 형태로 발전되고 있으며, 조달, 생산, 판매 등을 연결하고 포괄하는 의미로 확대되고 이들 부문간의 최적화를 추구하는 형태인 로지스틱스 단계로 변화되고 있다. 또한 전체 공급체인상의 모든 관련 당사자 간의 효율적 연계를 통한 전체 공급체인을 최적으로 관리하는 형태로 발전하고 있다.

III. 환경친화적 물류관리

1. 환경친화적 물류의 대응형태

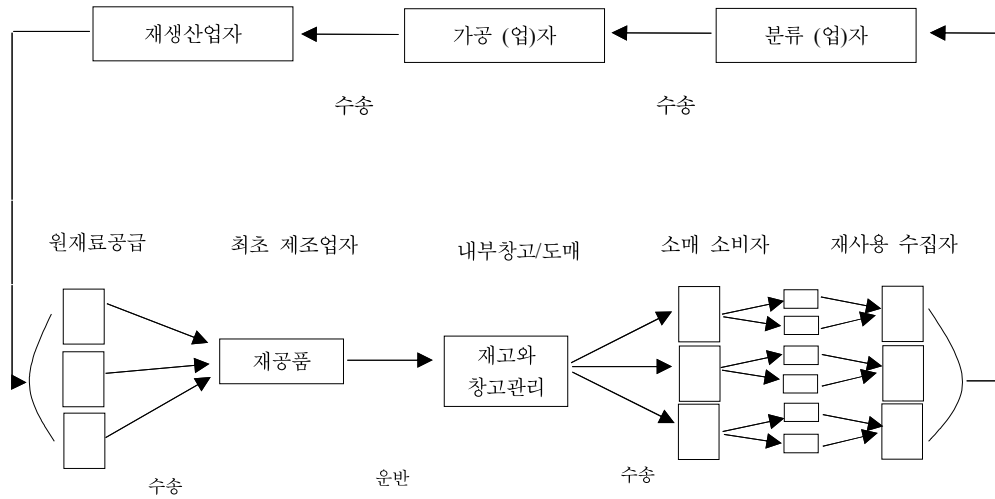
기업이 환경친화적이 되어야 하는 이유는 경제적으로 이익이 되며, 사회적 명성, 투명성과 정당성을 높일 수 있어서 구성원들이 보람을 느낄 수 있기 때문이다. 환경문제가 심화됨에 따른 기업들의 대응양태를 다음과 같이 분류할 수 있다. 기업의 대응형태를 크게 외면형, 임기 응변형, 능동 대처형, 초월형 등으로 분류한다. 외면형의 기업은

환경은 무시하고 이윤만을 추구하는 기업형을 말하며, 다수의 중소기업에서 많이 관찰된다. 이 기업군들은 환경문제를 부담스러운 것으로 보고 있으며, 되도록 무시 혹은 회피하며 당장의 회사이익이나 생산에 직결되지 않은 것에 대해서는 투자하지 않는다. 임기응변형 기업들은 환경문제가 중요하다는 사실은 인정하지만 환경오염방지 및 환경개선을 위한 노력과 기업의 이윤 사이에는 기본적으로 상충관계가 있다고 생각한다. 여기에 속하는 기업들은 환경 규제나 시민단체의 구체적인 영향이 가시화 되어야만 마지못해 환경문제에 신경을 쓰고 대책을 수립한다. 대부분의 한국기업들이 속하며, 정부의 직접규제에 대응하여 주로 사후오염 처리시설만을 설치한다. 능동 대처형 기업들은 환경 분야가 기업의 경쟁력을 좌우하는 매우 중요한 요인이라고 생각한다. 따라서 환경에 관한 소비자들의 기호나 정부의 정책 및 규제의 성격과 방향에 주목하고 이를 미리 예측하려고 노력하면서 환경문제에 적극 대처한다. 자본이 축적된 규모가 큰 기업이 많다. 환경오염물질의 대체품을 개발하여 정부로 하여금 환경기준을 대폭 강화시키게 함으로써 임기응변형 기업들을 따돌려 독점 이윤을 챙기는 경우가 있다. 초월형 기업은 자신이 당면한 환경문제에만 신경을 쓰지 않고 사회 전체의 환경문제에 깊은 관심을 가지는 기업의 형태로 일반적인 기업의 속성상 다수는 아닐 것으로 판단된다.

2. 물류활동 시스템의 특성

환경의 사전적인 정의는 ‘유기체에 직접, 간접으로 영향을 주는 모든 것’이라고 포괄적으로 정의되어 있다. 환경정책 기본법에서는 ‘환경이라 함은 자연환경과 생활환경을 말한다’라고 정의하고 있다. 환경문제는 일단 현실화된 이후에 해결을 시도한다고 하여도 그 부정적 영향을 해소하는 데 매우 긴 시간이 걸리며, 경우에 따라서는 회복자체가 불가능해질 경우도 있다. 이 때문에 문제해결을 위한 사전 예방성이 강조되고 있다.

제품의 생산부터 재활용 및 매립장까지의 제품 라이프사이클은 전단계의 환경친화적 활동의 추진이 필요하다. 자원순환을 통한 지속가능한 사회를 건설하기 위한 환경친화적 물류정책은 적극적인 3R(Reduce, Reuse, Recycle)의 추진이 필요하다.



[그림 2] 순 물류와 역 물류 채널

1) 환경친화적 물류정책

(1) 생산자책임 재활용제도

경제개발협력기구(OECD)는 생산자책임재활용제도의 목표를 ‘자원절약, 폐기물절감, 환경친화적인 상품설계, 지속가능한 사회를 위한 자원 순환고리 형성’으로 제시한바 있으며, 폐기물 관리 정책의 평가기준을 환경적 효과성, 경제적 효율성, 정치적 수용성, 행정적 이행가능성, 혁신의 성취 등 다섯 가지로 들고 있다. 이 제도는 재활용 가능 폐기물의 일정량 이상을 재활용하도록 생산자에게 의무를 부여하고 재활용목표가 달성되지 못할 경우 실제 재활용에 소요되는 비용 이상을 징수하는 제도이다. 제품, 포장재별 재활용 의무총량 및 재활용 의무율 산출기준은 다음과 같다.

$$1\text{년 전 재활용 의무율} \times 0.5 + 2\text{년 전 재활용률} \times 0.3 + 3\text{년 전 재활용률} \times 0.2 + \text{조정계수}(0\sim 0.05)$$

(2) 환경친화적 역물류 시스템

순 물류와 역 물류 채널은 아래와 같이 나타낼 수 있으며, 역 물류 채널에는 수집자, 분류자, 프로세서, 재생산자로 나눌 수 있다.

수집자는 지방자치단체의 회수 프로그램에 의해 채택된 재료를 피킹하는 것으로 재활용 가능한 자재를 모으고 재활용 회수센터에 인도한다. 분류자는 자재가 회수센터에 도착했을 때 동질그룹으로 자재를 분류한다. 분류된 수 이 제품은 적합한 프로세서로 보내진다. 프로세서는 재활용할 수 있는 아이템의 형태를 구매하기 위하여 자치단체와 접촉하고 2차 원재료로 변형시킨다. 2차 원재료는 재 생산자에게 보내진다. 재 생산자는 신선한 원재료와 2차 원재료를 조합한다. 재 생산공정은 복잡하며 결과물은 재활용된 재료를 포함한 제품이다. 역 물류시스템 구축이 잘 안되는 이유로는 다른 이슈와 관련된 역 물류의 중요성, 기업정책, 시스템의 부재, 경쟁전략, 집중관리, 재무적인 자원, 인적자원, 법규제 등 8가지를 들고 있다.

(3) 역 제조공정(inverse manufacturing)

재활용에 있어서 원가상승 요인은 회수기술, 분류, 분리, 분해기술등의 다양한 중간 처리기술, 재생기술 등 재활용에 관련된 기술의 생산성이 충분히 확립되어 있지 않다. 이 때문에 처리, 재생을 위한 플랜구축에 채산성이 있는지 검토되고 있지 않다. “회수, 수집 운반 → 분해, 선별 → 재자원화, 재사용 →생산의 시스템화”가 역 제조공정시스템으로, 이 시스템은 소재로부터 시작되는 제조공정에 대하여 ‘역 제조공정’이라고 부를 수 있다. 제품설계 단계부터 분해와 분류, 재자원화를 고려한 완전히 새로운 생산시스템으로 폐쇄된 자원순환의 고리가 계속 회전하게 되어 배출의 최소화로 환경부하의 감량을 꾀할 수 있다. 역 제조공정에서는 열 회수, 재사용, 자재회수시스템을 구축하고, 환경유발요인을 최소화할 수 있어야 한다.

BMW는 리사이클링 시설을 생산라인에 투입하고 있으며, ‘폭스바겐 리사이클’회사와의 파트너십에 의해 신차의 재생품 사용을 70%에서 80%로 증가시키고 있다. 부가적으로 수송이나 하역기기로 사용되고 있는 산성 배터리의 80%가 현재 재활용되고 있다.

2) 환경친화적 물류활동 추진 방법 및 방향

(1) 추진 방법

경영활동에 있어서 목표수립과 실천체계는 중요하다고 할 수 있다. 환경친화적인 물류활동에서 폐기물 및 배출물을 없애는 방침이 우선적으로 요구되는데 이는 유해물질의 배출량 삭감, 온실효과 가스의 배출량 삭감 등의 활동이 요구된다. 둘째, 자원, 에너지소비 효율화 향상을 위한 방침과 활동이 요구되며, 셋째, 환경친화적 물류시스템 설

계로서 물류를 고려한 제품개발과 이를 위한 물류활동으로 고찰할 수 있다.

환경물류추진 원칙은 첫째, 근원적 감축으로 원천적으로 환경적인 문제를 제거하는 것이다. 무 배출운동으로 생산 공정에서 나오는 폐기물을 최소화 하고 개발 및 설계 단계의 리사이클링 설계는 부품수 감소에 의한 제품의 단순화, 분해의 용이성을 고려한 설계, 공통부품 사용, 재활용이 가능한 재질 사용 및 원료 가치를 극대화한다. 환경친화형 설계기술의 일환이라 볼 수 있다. 환경친화형 설계기술이란 제품의 가격, 성능, 품질 등 기존의 기준을 만족시키면서 환경적으로 적합한 제품, 공정, 포장 등을 개발하는 것을 의미한다. 먼저, 구매 단계에서 자원순환을 위한 환경친화적 물류관리로서 기업녹색 구매는 친환경제품 및 서비스를 구매하는 행위로 볼 수 있다. 근원적으로 감축을 시도하여야 한다. 둘째, 재사용으로 현 상태그대로 또는 변형하여 원래의 용도 또는 타 용도로 재사용하는 것을 말한다. 셋째, 재활용으로 선별, 파쇄, 세척, 건조, 정제, 감용, 고품화, 펠릿화, 분쇄화, 등 중간처리 과정을 거쳐 이를 원래의 용도 또는 타 용도의 원료로 재사용하는 것이다. 재회수는 중간처리 과정을 거쳐 필요 물질만을 추출하여 원료 또는 에너지원으로 사용하는 것으로 폐컴퓨터 등 가전품에서 귀금속 추출, 폐플라스틱을 열분해하여 가스화 또는 오일화 등을 들 수 있다.

기업은 환경 물류에의 대응을 첫째, 비용절감의 기회로 활용하여야 한다. 환경관련 투자금액을 최소한으로 줄이고 투자 시기는 최대한 늦추려고 하고 있으나 환경물류 관련 투자를 현장에서의 비용절감의 기회로 활용 하는 것이 유리하다. 예를 들면 토요타 자동차는 낭비요인을 제거하는 ‘가이젠’ 정신을 환경 분야에 적용하여 현장의 비용절감을 도모하고 있다. 환경관련 규제가 급속히 강화될 것 고려할 대 가능한 한 빠른 시기에, 자사에 필요한 환경대책을 강구하는 것이 비용을 최대한 절약하는 방법이다. 장기적인 관점에서 보면 환경투자비용보다 이로 인한 경제적 효과가 클 것으로 판단된다. 둘째, 환경친화적 물류활동에 대한 접근으로 타 기업과의 차별화를 도모하여야 한다. 환경 친화적 소비자가 증가하고 있으므로 환경을 고려하는 기업이미지 구축은 경쟁기업과 차별화 전략으로 유효하며, 궁극적으로 경제적 이익으로 환원된다. 예를 들면 공해형 이미지를 청산하고 환경친화 기업의 이미지를 구축함으로써 경쟁기업과 차별화를 도모할 수 있다. 셋째, 신규사업 창출기회로 활용하여야 한다. 마켓 변화에 선점하고 표준을 선점하는 전략으로 업계 표준을 장악하고, 전략적 제휴와 응용제품의 확대에 유리하다. 이러한 ‘선택과 집중’으로 환경물류에 대한 기회를 창출할 수 있다. 이러한 환경

물류를 위한 방법 중의 하나인 역방향 공급사슬에 대하여 자세히 알아보겠다.

IV. 역방향 공급사슬

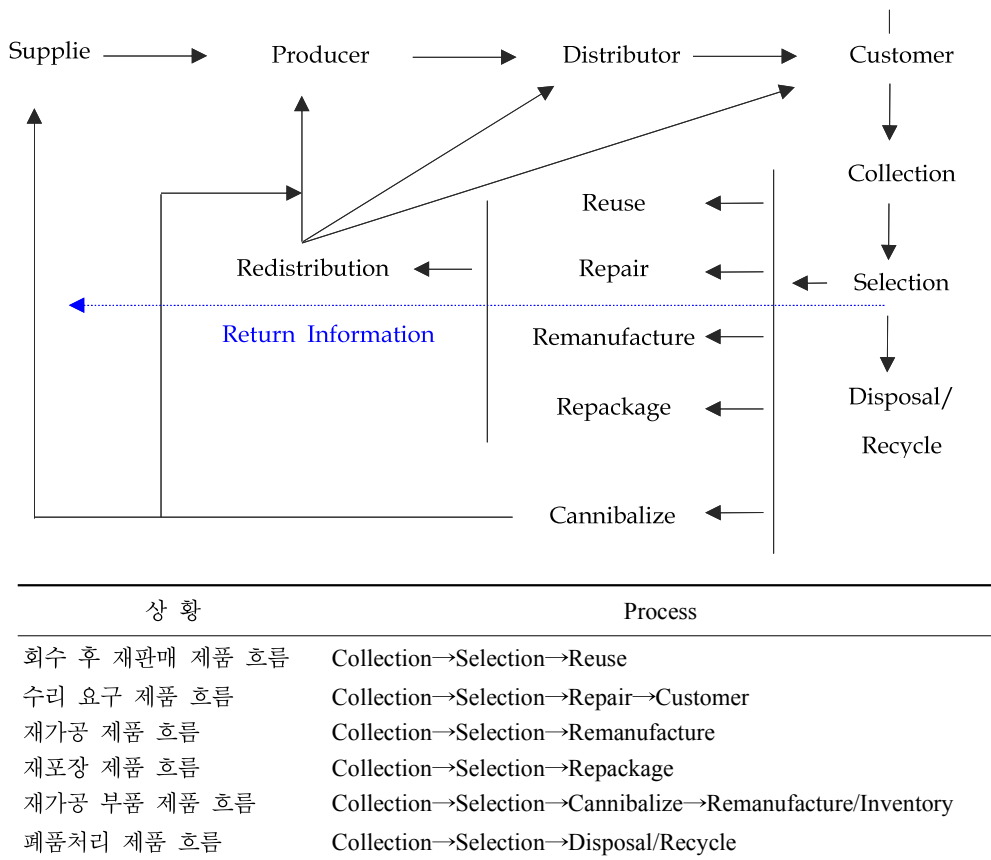
1. 개 요

역방향 공급사슬이란 수명이 다한 제품 혹은 폐기물의 수거 및 처리에 관련한 프로세스 관점에서의 총괄적 개념이다 일반적으로, 역방향 로지스틱스란 소비자가 더 이상 사용하지의 수거(collection), 재사용(reuse), 재생(remanufacturing), 재활용(recycling) 및 폐기(disposal)에 관련된 일련의 활동을 총칭하는 개념으로 기존의 순방향 공급사슬 개념을 확장한 양방향 공급사슬 개념에서 물류활동 부분으로 볼 수 있다.

역방향 공급사슬에 대한 간단한 개념도는 [그림 3]과 같다.

그림에서 보면 원자재공급자(supplier)에서 생산자(producer), 유통담당자(distributor) 및 소비자(customer)에게로 가는 전통적인 순방향 공급사슬에서 수명이 다한 제품이나 폐기물의 역방향 물류를 추가적으로 표현한 것으로 이러한 역방향 물류의 총괄적 개념이 역방향 공급사슬이다. 여기서, 소비자로부터의 역방향 물류는 크게 제품 및 원자재 복구(material and product recovery)에 관련된 물류와 폐기물 처리(waste disposal)에 관련된 물류로 구분할 수 있다. 제품복구에 관련된 역방향 물류를 좀 더 구체적으로 보면 소비자에서 유통담당자로의 역방향 물류가 발생하는 제품/부품 재사용(reuse), 소비자에서 생산자로의 역방향 물류인 재제조(remanufacturing) 및 소비자에서 원자재 공급자로의 역방향 물류가 발생하는 재활용(recycling)으로 나누어 볼 수 있다 여기서, 재사용과 재제조는 제품복구의 범주에 들어가며 재활용은 원자재 복구에 들어간다.

제품의 재사용/재생/재활용에 관련된 활동은 새로운 현상이 아니라 이미 많은 재활용 업체들을 중심으로 관련 활동들이 있어 왔다. 이에 따라 과거 역방향 공급사슬이라는 용어가 출현하지 않았지만 재활용산업이라는 개념으로 존재해 왔다. 기존의 대표적인 재활용산업으로 철, 종이, 공병 재활용업체 등이 있으며 이러한 제품/원자재들은 폐기하는 것보다 재사용/재생/재활용하는 것이 경제적으로 유리하기 때문에 관련 사업이 가능하였다. 이러한 기존의 재활용 산업에 대하여 역방향 공급사슬이라는 개념이 출현하



[그림 3] The Concept Of Reverse Supply Chain Management

고 관련연구가 진행되고 있는 주요한 동기들로 다음 세 가지를 들 수 있다.

1) 환경규제(environmental regulation)

환경문제의 대한 정치경제적인 수단으로 제품 수거, 재사용, 재생, 재활용 및 폐기에 관한 다양한 법규들이 제정되고 있다. 이러한 법규들 크게 제품의 복구와 관련된 법 (legislation for product recovery)과 제품의 수거에 관련된 규제(take-back obligation)들이 있다. 예를 들어, 독일의 경우 1990년대 초반 이미 제품 수거 및 복구에 관련법규 (Recycling and Waste Control Act)를 제정하며 모든 제조업체가 수명이 다한 제품을 수거하고 가능한 수준까지 재사용/재생/재활용을 하며 동시에 제품폐기를 최소화하도록

유도하고 있으며 유럽의 국가들도 2000년 초반부터 제품에 환경에 관련된 세금을 의무적으로 부과하고 있다. 또한 유럽연합에서는 1998년부터 법규를 제정하여 각 회원국이 다른 회원국으로부터 재활용이 불가능한 폐기물의 수입을 거부하며 회원국이외 다른 OECD 국가의 수출을 금지하는 권한을 갖도록 하였다. 결과적으로 이러한 법규들은 역방향 물류흐름이 증가되도록 하고 있으며 각 기업들의 상황에 맞는 역방향 공급사슬망을 구축하도록 하고 있다.

2) 경제적 이익(economic profitability)

역방향 공급사슬에 대한 경제적인 동기는 먼저 매립이나 소각 등 제품폐기에 관련된 비용이 최근 꾸준히 증가되어 재사용/재생/재활용의 경제성이 증가되고 있다는 점이다. 따라서 제품의 재사용/재생/재활용으로부터 얻는 이익이 상대적으로 증가되어 기업들이 제품의 수거 및 복구에 상당한 관심을 가지기 시작하였다. 예를 들어, 세계적인 우수기업인 BMW, IBM, Hewlett Packard, Xerox 등이 이미 제품의 재사용/재생/재활용으로부터 상당한 경제적 이익을 얻었다고 보고하고 있다. 또한, 유럽에서 1994년의 경우 종이의 43%, 유리의 60%가 재활용되고 있으며 네덜란드의 경우는 1998년 통계로 보면 가정용 폐기물의 46%가 재활용된다고 보고하고 있다.

3) 상업적 고려(commercial considerations)

소비자의 환경에 대한 인식이 높아짐에 따라 점차 환경친화 제품을 선호하게 되어 기업에서도 이를 적극적으로 경영에 반영하고자 하고 있다. 이에 따라 최근 기업들이 환경경영에 대하여 많은 관심을 가지기 시작하였으며 환경친화적 이미지 구축에 노력하고 있다.

이상의 여러 동기들로 인하여 세계적으로 많은 대학, 연구소 및 기업들이 역방향 공급사슬분야에 대한 이론 및 기술개발을 위한 연구에 매진하고 있다. 역방향 로지스틱스란 개념은 환경문제에 있어 적극적인 유럽에서 먼저 제안하였고 그 이후로 전 세계적으로 다양한 관련과제들을 수행해 오고 있다. 하지만, 국내의 경우는 관련 연구가 매우 초보적인 단계로 국가 단위의 대규모 연구과제는 거의 없고 한국 전자 산업 환경협회나 한국 유리 공업 협동조합 등 개별 산업별로 소규모 과제를 수행하고 있으며 기업에서도 대기업을 중심으로 필요에 의한 부분적인 연구를 수행하고 있다.

앞에서 설명한 다양한 동기 및 파급효과에도 불구하고 현재까지 역방향 공급사슬에 대하여 연구결과가 미흡한 편이며 실제 시스템 구현에 많은 어려움이 따르고 있다. 이러한 어려움들 중 대표적인 몇 가지를 소개하면 다음과 같다.

(1) 순방향 공급사슬과의 차이점: 역방향 공급사슬의 다양한 활동들을 기존의 순방향 공급사슬 시스템을 통하여 처리하기가 어려운 점이 있으며 수명이 다한 제품의 처리방법과 순방향 공급사슬의 미사용 제품의 관리방법에 본질적인 차이점들이 존재

(2) 역방향 공급사슬의 고비용 구조: 역방향 공급사슬 시스템 구축 및 운영비용이 순방향 공급사슬의 관련 비용보다 매우 높음. 이에 따라 역 방향 공급사슬 시스템 구축 및 운영 시 기존의 순방향 공급사슬 시스템을 어떻게 효과적으로 이용할 것인가에 관련된 연구가 필요.

(3) 협소한 재사용/재생/재활용 원자재나 제품 시장: 재사용, 재생, 재활용 등 원자재나 제품의 복구라는 환경친화적 개념에도 불구하고 중고품이라는 소비자의 인식으로 인하여 그 시장이 크지 않음.

이러한 어려운 점들을 역방향 공급사슬 시스템의 구축에 장애가 되지만 미래의 산업이 반드시 고려해야 지속가능 발전이라는 기본 철학 하에 전 세계적으로 다양한 역방향 공급사슬 관련 연구들이 진행될 것으로 예상된다. 이에 국내에서도 정부 및 산업에서 역방향 공급사슬 개념을 시급히 도입하고 효과적인 시스템 구축 방법론 및 관련기술의 개발을 통하여 역방향 공급사슬의 효율성을 높이도록 해야 한다.

2. 분 류

제품/원자재 복구가 발행하는 상황은 다양한 형태로 나타나며 각 형태별로 관련 의사결정 문제의 형태 및 접근방법이 다르다. 이러한 다양한 상황을 분류할 수 있는 기준으로는 재사용 동기(reuse motivation), 복구 제품/원자재의 종류(types of recovered items), 재사용의 형태(forms of reuse), 역방향 공급사슬 종사자의 형태(involved actors) 들로 나누어 볼 수 있으며, 이 기준들은 제품/원자재 복구에 관련된 역방향 공급사슬의 형태를 분류하는데 적용할 수 있다. 각각의 기준 및 관련형태에 대하여 정리하면 다음

<표 1>과 같다.

<표 1> 역방향 공급사슬의 분류

분 류 기 준	형 태
재사용 동기	환경적 동기, 경제적 동기 및 상업적 동기
복구 제품/원자재의 종류	포장재, 예비부품 및 소비제품 등
재사용의 형태	직접재사용, 수리, 재활용, 제조품 등
역방향 공급사슬 종사자의 형태	제품생산자, 3자 역방향 물류업체 등

1) 재사용 동기(reuse motivation)

역방향 공급사슬에서 제품/원자재 재사용을 하는 동기로는 크게 환경적 동기(environmental motivation), 경제적 동기(economical motivation) 및 상업적 동기(commercial motivation)가 있으며 각각은 앞에서 설명한 바와 같이 역방향 공급사슬이라는 개념이 출현하게 된 기본 이유들이다. 여기서, 각 동기들은 독립적이지 않으며 동시에 고려해야 하는 것들로 특히 정부입장에서는 환경적 동기가 중요하며 기업의 입장에서는 경제적 동기와 상업적 동기가 다른 동기에 우선한다. 또한, 선진국들의 전략적 입장에서 보면 주로 유럽 국가들이 환경적 동기에 우선순위를 주며 일본과 미국은 주로 경제적 동기를 중요시 한다. 전반적으로는 환경적 동기와 경제적 동기가 같이 고려되는 경우가 대부분이며 환경에의 영향을 최소화하며 경제적 이익을 얻는 방향으로 역방향 공급사슬 시스템이 구성되어야 하며 이를 통하여 지속가능발전의 방향에 부응할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 복구 제품/원자재의 종류(types of recovered items)

재사용/재생/재활용되는 제품의 형태에 따라 역방향 공급사슬의 형태를 분류할 수 있다. 가장 기본적인 형태로는 포장재(package), 예비부품(spare parts) 및 소비제품(consumer goods)이 있으며 이들은 제품을 언제 그리고 왜 회수하는 지에 따라 분류한 형태들이다. 각 형태에 대하여 제품종류 및 특성을 설명하면 아래와 같다.

① 포장재(packages): 포장박스, 공병 등을 말하며 일반적으로 내용물이 소비자에게 전달되는 즉시 수거

② 예비부품(spare parts): 기계부품, 자동차/전자제품의 부품 등이 있으며 제품수리나 보전을 목적으로 제품판매 후 상당한 시간이 지난 후 수거

③ 소비제품(consumer goods): 냉장고, 자동차, 복사기 등 제품의 수명이 다했을 경우 수거하며 일반적으로 예비 부품의 경우보다 긴 시간이 지난 후 수거

3) 재사용의 형태(forms of reuse)

제품 혹은 원자재의 재사용에는 기본적인 직접재사용(direct reuse), 수리(repair), 재활용(recycling), 재제조(remanufacturing) 등이 있다. 직접재사용이란 기본 형태나 성격이 변하지 않으며 주로 세척이나 간단한 수선공정을 통하여 제품을 다시 사용하는 것으로 대표적으로 공병, 포장박스 등의 포장재를 들 수 있다. 수리는 제품의 고장을 수선하는 것을 말하며 재활용은 앞에서 설명한 바와 같이 제품에 포함된 원자재의 재사용을 말한다. 재제조란 수명이 다한 제품을 적절한 공정을 통해 기능이나 품질 면에서 미사용 제품과 같거나 우수한 제품으로 만드는 것을 의미한다.

앞에서 설명한 단편적인 분류와는 달리 일반적인 제품/원자재 복구형태를 투입제품의 복잡도(input product complexity)와 산출제품의 복잡도에 따라 크게 세 가지로 분류할 수 있으며 각각 원자재 복구(material reclamation), 부품 복구(component reclamation) 및 제제조로 말할 수 있다.

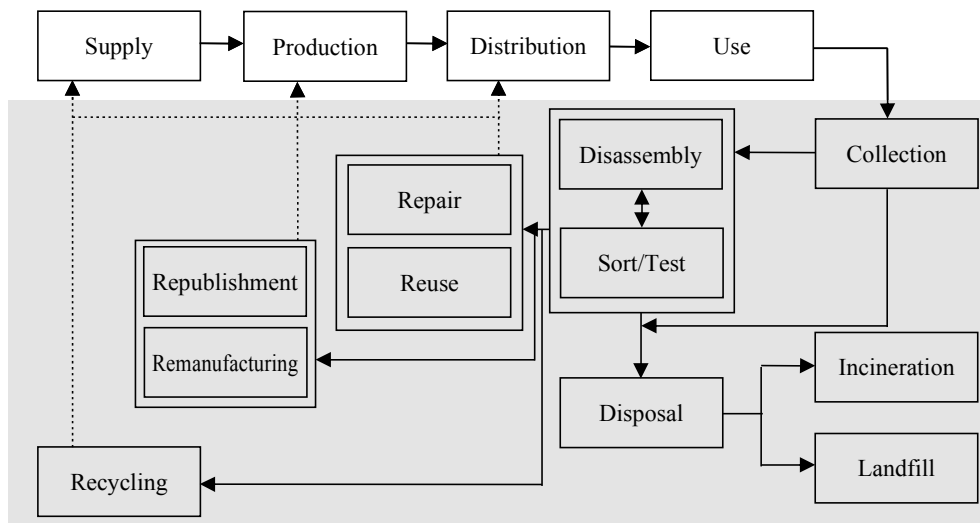
4) 역방향 공급사슬 종사자의 형태(involved actors)

역방향 공급사슬을 구성하는 주요한 종사자가 누구인가를 의미하며 기본적인 제품생산 당사자(original producer)와 제 3자 물류업체(third party)로 구분할 수 있다. 이 기준은 역방향 공급사슬과 기존의 순방향 공급사슬과의 통합에 관하여 주요한 제약이 되는 것으로 제품생산 당사자의 경우 자체 순방향 공급사슬과의 통합이 상대적으로 수월한 반면 3자 물류업체의 경우 그렇지 못하다. 또한 재사용의 형태에서 보면 제품생산 당사자가 주요한 역할을 하는 경우는 주로 직접재사용이나 재제조 형태가 많으며 3자 물류업체의 경우는 주로 원자재재활용에 관계되는 경우가 많다.

3. 구조

1) 기본구조

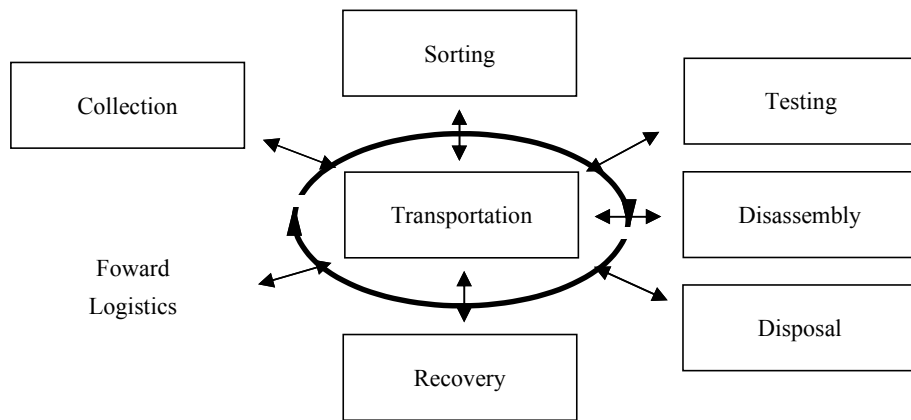
역방향 로지스틱스란 수명이 다한 제품 혹은 폐기물의 수거 및 처리에 관한 총체적인 개념으로 소비자가 더 이상 사용하지 않는 제품의 수거, 재사용, 재활용 및 폐기에 관련된 일련의 활동을 총칭한다. 이러한 추상적인 개념은 역방향 공급사슬의 기본구조를 설명하기에는 부족하여 좀더 확장된 형태의 개념도를 설명하려 한다. 먼저, 확장된 역방향 공급사슬의 기본개념을 나타내면 아래 그림과 같다. 이는 단순히 수거, 재사용, 재생, 재활용 및 폐기라는 기본활동들에 추가적인 활동 및 선후관계를 표현하며 단순한 역방향 공급사슬 개념을 확장하고 구체화하였다.



[그림 3] 역방향 공급사슬의 기본구조

위 그림에서 보면 역방향 로지스틱스란 기본적인 원자재의 공급, 생산, 분배로부터 소비자의 사용까지를 다루는 전통적인 순방향 공급사슬(forward supply chain)을 확장한 양방향 공급사슬(bi-directional supply chain)의 역방향 부분으로 제품의 수거(collection)에서부터 분해(disassembly) 및 분류/검사(sort/test) 후 재사용/재생/재활용으로

로 가는 제품/원자재 복구에 관련된 물류와 제품의 폐기(disposal)에 관련된 폐기물 처리에 관련된 물류를 통합/관리하는 분야로 정의할 수 있으며 다른 용어로 역방향 공급사슬(reverse supply chain)이라고도 한다. 이러한 역방향 공급사슬은 원래의 순방향 채널(original forward channel), 순방향채널과 분리된 역방향 채널(separate reverse channel) 혹은 두 가지가 결합된 채널(combination of the forward and the reverse channels)의 형태로 구성될 수 있는데 역방향 공급사슬 네트워크의 형태에 따라 다양한 형태가 나타날 수 있다. 앞에서 설명한 바와 같이 역방향 공급사슬은 전통적으로 많은 연구가 되어 온 순방향 공급사슬과 밀접한 관련이 있다. 순방향 공급사슬 역시 다양한 환경관련 문제와 기법 및 개선사례에 관한 연구가 진행되고 있다.



[그림 4] 역방향 공급사슬의 관련 기능

위 그림에서 보면 역방향 공급사슬 관련 전체 기능들이 수송(transportation) 기능을 중심으로 순방향 공급사슬 부분과 역방향 공급사슬 관련된 기능들이 연결되어 있다. 여기서 수송기능은 역방향 공급사슬의 가장 중요한 기능들 중의 하나로 역방향 공급사슬의 각 활동간 폐기물(수명이 다한 제품, 중고제품/부품, 폐기품 등)의 이동에 관련되는 활동으로 정의된다. 특히, 역방향 공급사슬의 경우 수거대상 폐기물이 지역적으로 널리 분포하고 있으며 그 수량이 많지 않은 특성으로 인하여 폐기물의 재처리나 폐기에 드는 비용에 비해 상대적으로 수송비용이 매우 높다. 특히, 재사용/재생/재활용에 관련된 역방향 공급사슬 시스템의 경우 전체비용 중 수송이 차지하는 비중이 약 25%에 이

른다고 보고하고 있다.

수송기능 이외에 역방향 공급사슬 관련 다른 기능들은 아래와 같다.

(1) 수거(Collection)

수거란 제품의 복구 및 폐기(product recovery and disposal)를 위하여 수명이 다한 제품, 중고제품 혹은 폐기품을 수집하여 재생/재활용 시설이나 폐기시설로 보내는 일련의 활동들을 의미한다. 일반적으로 환경공학의 한 분야인 고체폐기물공학(solid waste engineering) 분야에서는 이를 폐기물수거(refuse collection)라고 하며 폐기물에는 크게 산업폐기물(industrial refuse)과 가정폐기물(household refuse)이 있다. 여기서, 폐기물의 의미는 수명이 다한 제품이나 폐기제품을 모두 포함하는 포괄적인 의미이다. 일반적으로 폐기물의 수거는 지방자치단체(municipality)나 대상 제품을 생산 및 판매한 기업(company)이 담당하고 있으며 이 두 가지 상황을 모두 고려하는 일반적인 수거기능에 대하여 설명한다. 역방향 공급사슬내의 수거기능은 기본적으로 제품을 구입 후 사용한 소비자로부터 시작되며 기본방식으로는 아래와 같은 두 가지 경우가 있다.

① Curbside collection: 소비자가 폐기물을 도로가에 배치되어 있는 수거상자에 버리면 수거차량이 이 수거상자를 수거하는 형태

② Backyard collection: 소비자가 각 가구별로 비치된 수거상자(보통은 쓰레기 통)에 폐기물을 버리면 수거차량이 이를 수거하는 형태

위의 일반적인 두 경우 모두 폐기품과 재활용품을 구분하는 분류작업(sorting)은 주로 제품사용 후 폐기하고자하는 소비자가 수행한다. 그 밖에 재활용품의 수거와 관련한 방식으로는 소비자가 직접 폐기물을 수송하여 버리는 drop-off center나 재활용품을 현금과 교환하는 buy-back center 등이 있다. 일반적으로 폐기물수거시스템(refuse collection system)은 간단히 작업자/차량 시스템(person/truck system)으로 볼 수 있으며 폐기물을 운반하는 수거차량(collection vehicle)과 폐기물을 수거하는 작업자(worker)로 구성된다. 이러한 폐기물수거시스템의 운영에 관한 이해를 위하여 일반적인 가정폐기물의 경우 수거과정을 단계별로 나누어 설명하면 아래와 같다. 단, 아래의 네 가지 단계는 넓은 의미에서 수거기능이 해당되며 순수한 의미에서의 수거기능은 첫 세 단계까지가 된다.

□ 단계 1(House to Can)

각 가구별로 더 이상 사용하지 않은 폐기물을 수거상자에 담은 단계로 폐기물 수거상자는 각 가구의 내부 혹은 외부에 있을 수 있다. 여기서, 폐기물 수거상자가 내부에

비치된 경우 backyard collection, 외부의 경우 curbside collection에 해당한다. (대부분의 나라에서 폐기품과 재활용품을 분리하여 배출하도록 하고 있으며, 우리나라의 경우 폐기품의 경우 비닐봉투를 구입하여 버리도록 하고 있다.)

□ 단계 2(Can to Truck)

폐기물 수거상자를 수거차량으로 옮기는 단계이다. 이 경우 폐기물 수거상자를 직접 수거차량으로 옮기거나 이를 컨테이너에 담고 이 컨테이너를 수거차량으로 옮길 수도 있다.

□ 단계 3(Truck Routing)

폐기물을 수거차량에 담은 후 다른 가구의 폐기물 수거를 위해 이동하는 단계이다. 이 단계에서는 기본적으로 수거대상 가구들을 어떤 순서로 방문할 것인가에 대한 차량 경로문제(vehicle routing problem)가 발생하며, 이 이외에 다양한 관련 의사결정문제들이 있다. 이 단계는 수거차량의 경로에 따라 시간/거리의 차이가 많이 발생할 수 있어 수거시스템의 성능에 큰 영향을 미치는 단계이다.

□ 단계 4(Truck to Reprocessing/Disposal)

각 수거차량별 수거를 완료한 후 수거된 폐기물의 처리방식에 따라 재생/재활용 시설이나 폐기시설로 보내는 단계를 말한다.

일반적으로 수거기능은 역방향 공급사슬에서의 기능들 중 가장 기본적인 기능이며 동시에 병목에 해당한다. 즉, 기존에 역방향 공급사슬 시스템이 효과적으로 구축되지 못한 가장 큰 이유들 중 하나가 수거기능에 있으며 특히 재사용/재생/재활용에 관련된 역방향 공급사슬 시스템에서는 매우 중요한 기능이다. 따라서 관련 문제들의 합리적인 해결을 통한 효율적인 폐기물 수거시스템의 구축은 역방향 공급사슬 시스템 구축에 핵심적인 부분이며 관련 연구가 시급히 필요하다.

(2) 분류/검사(sorting/testing)

분류한 수거한 폐기물을 재사용, 재생, 재활용 및 폐기 등 폐기물 처리방식에 따라 구분하는 활동으로 정의된다. 앞에서 설명한 바와 같이 분류작업은 기본적으로 소비자에 의해 수행될 수 있으나 수거담당자 혹은 폐기물 처리담당자에 의해 추가적인 분류작업이 되기도 한다. 그리고 검사는 분류된 제품이나 제품의 분해 전후 발생하는 부분조립품이나 부품들에 대한 품질을 측정하는 작업을 말한다.

(3) 분해(disassembly)

분해 역시 역방향 공급사슬 관련 기능들 중 주요한 기능으로 수거한 제품을 부분조립품(subassembly) 혹은 부품(part/component)들로 분리해나가는 체계적인 과정으로 정의된다. 제품분해를 하는 기본적인 이유는 가치 있는 부분조립품 혹은 부품을 복구기능을 통하여 재사용/재생/재활용하는데 있으며 그 밖에 위험물질을 분리폐기 할 경우도 적용된다.

분해에는 크게 세 가지 형태가 있으며 각각에 대하여 살펴보면 아래와 같다.

① 비파괴 분해(non-destructive disassembly): 분해과정을 통해 얻게 되는 부분조립품이나 부품의 파괴가 없이 제품을 분해하는 것으로 주로 제품의 재사용이나 재생에 적용

② 부분파괴 분해(partially destructive disassembly): 분해과정을 통해 얻게 되는 부분조립품이나 부품들 중 고가품을 얻을 목적으로 저가품은 파괴하는 형태로 주로 부분조립품이나 부품의 재사용에 적용

③ 완전파괴 분해(completely destructive disassembly): 제품이 분해 과정을 통해 완전히 파괴되는 형태의 분해로 주로 원자재 재활용에 적용

분해는 간단히 조립(assembly)의 역으로 생각할 수 있으나 불확실성이 매우 높다는 분해의 고유특성으로 인하여 조립과는 차별화된다. 여기서 불확실성이란 분해로부터 얻는 부분조립품이나 부품은 분해과정 이후에나 그 상태를 판단할 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 같은 종류의 제품이라도 소비자의 사용방식에 따라 제품의 상태가 달라 분해시스템의 운영에 어려움이 따른다. 일반적으로 분해는 제품 복구나 폐기에 선행하는 핵심적인 기능으로 분해 생산성 향상 및 제품 설계의 관점에서 관련기술이 꾸준히 개발되어 오고 있다.

(4) 제품 복구/폐기(product recovery/disposal)

복구란 제품의 분해 후 발생하는 부분조립품 혹은 부품을 재사용, 재생 혹은 재활용하는 것을 의미하며 폐기란 복구가 어려운 제품, 부분조립품 혹은 부품을 매립하거나 에너지 재활용을 위해 소각하는 것을 의미한다. 여기서 재사용은 간단한 세척(cleaning)이나 수리(repair) 공정을 통해 부분조립품 혹은 부품을 원래의 목적과 동일하게 이용하는 것을 의미하고 재활용이란 앞에서 설명한 바와 같이 부분조립품 혹은 부품에 포함된 원자재를 추출하여 재사용하는 것을 의미한다. 그리고 재생(remanufacturing)이란 수명이 다한 제품을 적절한 재생공정들을 통해 성능과 품질이 신제품과 동일하거나 더 우수

하게 제조하는 것을 의미한다.

V. 사 례

자동차는 약 20,000여 점의 부품으로 구성되어 있으며, 철과 비철금속, 플라스틱, 고무, 유리, 오일류 등의 다양한 소재로 되어 있다. 현재 폐플라스틱의 가장 큰 발생원이 자동차 부품과 전자 부품 및 포장 폐기물이고, 우리나라 고철발생량의 약 81%가 폐자동차에서 발생하고 있다는 사실을 살펴보면, 특히 자동차에 사용되는 다양한 플라스틱 부품 재활용의 중요성이 점차 강조되고 있다.

1. 국내폐기자동차 처리 현황

아래 표에서 보면 알 수 있듯이 매년 자동차 등록대수가 증가하고 있는 추세이다. 그리고 이에 따라 폐차대수도 거의 비례하여 증가하고 있다. 폐차대수는 신규업체의 급증으로 인한 자체 경쟁심화 등의 내부적 요인과 경기불황 및 자동차 제조기술력 향상 등 사회적 요인이 복합적으로 작용한 결과로 매년 증가하거나 감소하는 차이가 있다.

<표 2> 국내 폐기 자동차 처리 현황

연도	등록대수	폐차대수	폐차율(%)
1999	11,164,319	456,191	4.1
2000	12,059,851	455,592	3.8
2001	12,914,623	461,621	3.6
2002	13,949,441	462,996	3.3
2003	14,586,795	549,463	3.8
2004	14,934,092	509,308	3.4
2005	15,396,715	528,998	3.4

폐자동차의 회수, 처리 체계를 살펴보면 다음과 같다. 차량 소유자 또는 사용자가 폐자동차의 처리를 의뢰하면, 해체와 파쇄 과정을 거치게 된다. 경로별로 살펴보면, 정비

업체를 통해 폐차를 의뢰하는 경우가 65.8%로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 소비자가 직접 폐차장에 가서 처리를 의뢰하는 경우는 전체의 25.3%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

폐자동차는 해체업자에 의해 해체되어 부품별로 분리를 한다. 그리고 이를 수거업자와 철강업자가 수거하고 이를 재용하고, 재생품으로 사용한다. 더 이상 재활용이 불가능한 부품들은 소각하거나 매립하게 된다. 여기서 ASR(Automobile Shredder Residues)란, 파쇄잔류물이라 하여 유용 가능한 부품을 회수한 나머지 부분을 말한다.

2. 현재의 재활용률

폐차는 폐차장에서 분리가 쉽고 재사용이 가능한 철 및 비철금속, 오일류, 타이어, 배터리 등을 분리·회수한 후 재활용하고, 나머지 범퍼나 시트, 플라스틱 재료의 내·외장품은 차체에서 분리하지 않고 압축 및 절단과정을 거쳐 파쇄한 후 매립 및 소각처리하고 있다. 이 경우 고철과 비철금속 등 재활용이 가능한 부분은 폐차 중량대비 75%를 차지한다. 그러나 플라스틱이나 유리 등은 따로 재활용하지 않고, 처리업자에게 위탁하거나 파쇄기를 통하여 파쇄한 후 소각처리하고 있는데 이들은 폐차 중량대비 25%를 차지하고 있다.

<표 3> 자동차 재활용률

(단위: % 1500cc급 자동차 기준)

계	Steel	비철금속	플라스틱	타이어	고무	Fluid	유리	기타
100	67.9	4.9	11.0	2.6	1.5	4.6	2.9	4.6

[표 4] 재활용되는 중량과 비율

재활용 되는양(kg) / 전체무게(kg) × 100 = 전체 부품 재활용률(%)

구분	철	비철	플라스틱	고무	유리	오일류	기타	계
무게(kg)	610	93	74	45	29	40	78	969
구성비(%)	63.0	9.6	7.6	4.6	3.0	4.1	8.0	100
재활용 되는양(kg)	610	88.35	0	19	0	-	16.28	730
재활용 비율(%)	100	95	0	42.22	0	-	12.7	75.3

<표 5> 폐차로 인한 연간 경제적 손실

(단위: 억 원)

구분	유해물질 피해비용	재활용 가능 물질의 폐기	프레온 가스 미처리 손실	매립비용	액상폐기물 처리비용	총계
자동차	1593	81	680	320	69	2743
전기, 전자	983	21	-	13	-	1017
전 체	2576	102	680	333	69	3760

1500cc급 자동차 한 대를 기준으로 재활용되는 중량과 비율은 <표 4>와 같다.

자동차 및 전자제품 폐기물 발생량 증가와 부적정한 처리로 인한 환경오염뿐만 아니라 경제적 손실 또한 적지 않은데 전기, 전자제품 및 자동차에 함유되는 납, 수은, 카드뮴 등 중금속으로 인한 피해비용, 폐차 냉매물질의 미처리로 인한 경제적 손실, 재활용가능한 물질의 폐기로 인한 경제적 손실 등을 추정할 경우 연간 약 3천760억 원에 이른다.

우리나라 자동차 업계의 재활용 기술수준을 선진 외국자동차업체와 비교한 자료를 살펴보면, 우리나라는 폐차 해체기술 등에서는 선진국 수준에 근접해 있으나 특히 단순 매립 및 소각처리 되어 환경적 유해성을 발생시킬 수 있는 부품의 재활용 기술은 아직 부족하다. 아래 표는 우리나라와 일본과의 재이용률을 비교하여 나타낸 것이다.

<표 6> 중고 부품 재이용률 현황

(단위:%)

부품 구분	한국	일본
원동기(엔진)	0	20~25
발전기, 시동전동기	7	15~20
차축, 디스크 휠	2~5	20~25
타이어	0	35~40
변속기	8	15~20
범퍼/보닛	5	15~25
door	5	40~45

3. 재이용의 경제적 분석

폐자동차 역방향 공급사슬에서 폐플라스틱을 재활용할 경우의 경제성을 먼저 분석해보자. 앞의 자료에서 보았듯이 폐자동차는 2743억원의 비용이 든다. 그중에서 1593억 원에 해당되는 자동차 유해물질은 플라스틱이다. 현재 재활용이 안 되고 가장 큰 비중을 차지하는 폐플라스틱 가운데에서도 범퍼는 자동차에서 분해하기가 비교적 쉬운 편이다. 따라서 현재 재활용의 가능성이 가장 큰 범퍼를 재활용할 때의 경제성 효과를 산정해보려 한다.

1) 재생범퍼의 성능

현재 자동차업계에서는 재생범퍼의 성능개선과 재활용이 용이하도록 범퍼를 개발하고 있다. 우리가 참고한 ‘재활용범퍼 활성화 방안에 관한 연구 (김지원)’의 자료를 보면 자동차 안전기준에 의거한 범퍼 인증시험은 크게 두 가지로, 펜듈럼 시험(진자충격시험)과 실차 충돌시험을 실시했다. 이 시험을 하면서 번호 등을 제외한 등화장치의 이상 유무, 승강구와 후드 및 트렁크의 정상 개폐 여부, 연료 및 냉각장치의 누출 여부 배관 계통의 수축, 봉밀상태 및 뚜껍의 정상개폐 여부 등 전문가가 선정한 8가지 선정기준을 심사하였다. 이 시험 결과, 범퍼 및 차량이 아무런 이상이 없었고, 재생범퍼가 정품과 비교해 성능 면에서 특별한 차이가 없었다.

2) 재생범퍼의 경제적 이익

아래 제시한 표는 현대, 기아 자동차의 범퍼를 수리하여 다시 재사용하는 재생공급가액과 범퍼를 새로 만들 때의 비용을 나타낸 것이다. 이 자료를 이용하여 현대와 기아 자동차의 경제적 이익을 알아보았다. 국내자동차시장점유율(2003년 1/4분기)이 현대자동차가 48%, 기아자동차가 22.8%, GM대우자동차가 10.1%, 쌍용자동차가 10.1%, 르노삼성자동차가 8.5%, 기타(외국산자동차)가 0.5% 였다. 국내 폐자동차의 기업별 통계자료를 찾을 수 없어서 국내 시장점유율을 2003년도 폐차대수에 적용하여 보았다.

<표 7> 재생범퍼의 경제적 이익

구분	차종	품명	보험수가(커버+도장)	재생공급가	차액	
현대	뉴그랜저	전범퍼	146,000	105,000	41,000	
		후범퍼	148,000	105,000	43,000	
	그랜저GX	전범퍼	148,000	105,000	43,000	
		후범퍼	158,000	130,000	28,000	
	EF소나타	전범퍼	120,000	105,000	15,000	
		후범퍼	128,000	105,000	23,000	
	아반떼	전범퍼	112,500	80,000	32,500	
		후범퍼	112,500	105,000	7,500	
	평균격차					29,125
	기아	포텐샤	전범퍼	266,000	130,000	136,000
후범퍼			297,000	130,000	167,000	
크레도스		전범퍼	220,000	110,000	110,000	
		후범퍼	232,000	110,000	122,000	
세피아2		전범퍼	189,500	110,000	79,500	
		후범퍼	194,500	110,000	84,500	
카니발		전범퍼	184,500	110,000	74,500	
		후범퍼	176,500	110,000	66,500	
카렌스		전범퍼	177,400	110,000	67,400	
		후범퍼	183,400	110,000	73,400	
평균격차				98,080		

(1) 현대자동차 - 2003년도 폐자동차 549,463대중 48%가 현대 자동차라고 보면 약 263,742대가 나온다. 우리나라의 범퍼 재이용률 비율은 위의 표에 나와 있듯이 5%였으므로 대략 13,187개의 범퍼만 재활용 될 수 있다. 현대 자동차의 경우 보험수가와 재생공급가의 평균격차가 29,125원이 난다. 따라서 현재의 5%의 재이용만으로 약 3조8407만원의 비용을 절감할 수 있었다.

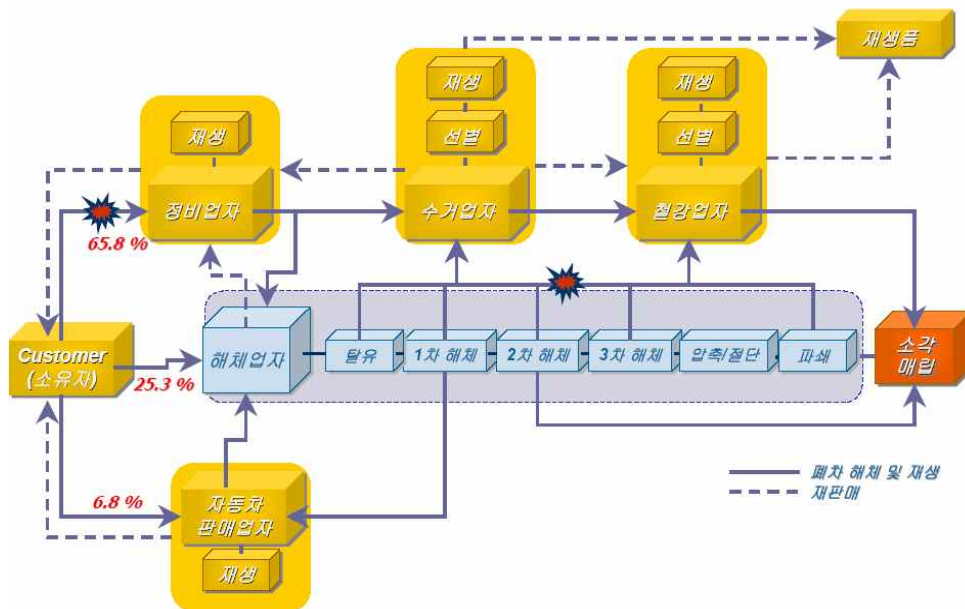
(2) 기아자동차 - 기아자동차는 549,463대중 22.3%인 122,530대가 폐차되고 이중 5%인 6,126개가 재이용된다. 기아자동차의 범퍼 평균격차는 98,080원 이므로, 6조83만원 정도가 절약된다.

(3) 재이용률 향상으로 인한 이익 - 이를 일본의 재이용률 수준인 20%까지 높인다면, 현대 자동차는 약 15조3629만원의 비용을 절약할 수 있다. 시장점유율이 현대자동차의 절반인 기아자동차의 경우 위의 표에 나와 있듯이 보험수가로 범퍼를 새로 생산할 경우

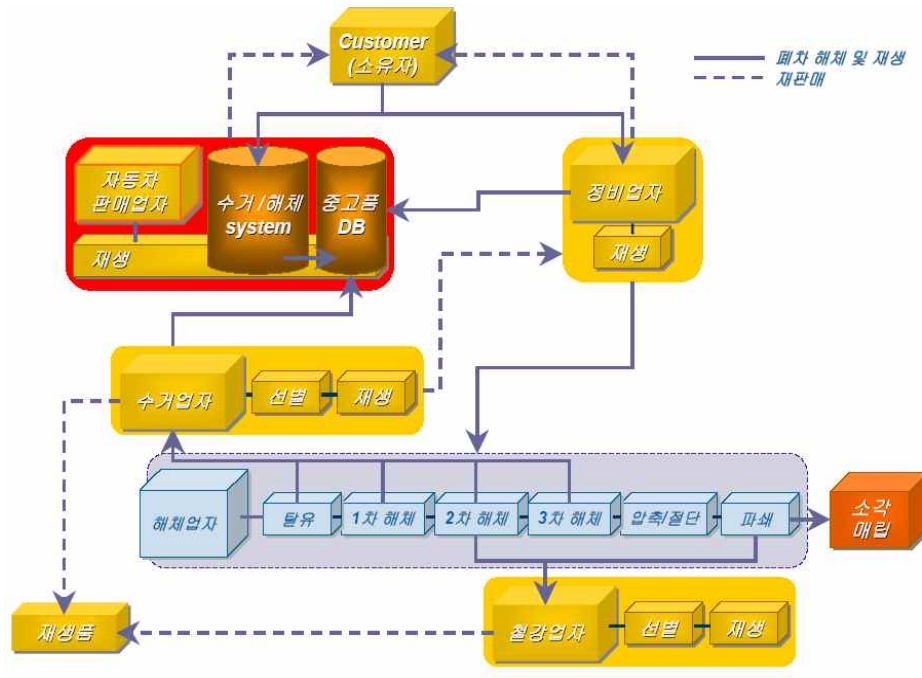
비용이 많이 든다. 그러므로 재생범퍼를 이용함으로써 27조 32억이라는 막대한 비용을 절약 할 수 있다.

4. Reverse Supply Chain 적용

아래 그림에서 보면, 체계적이지 못한 수거 시스템으로 인해 불필요한 수거 활동이 반복적으로 일어나기도 하고 소유자가 폐자동차를 폐차 처리하고 재생품이 다시 판매 되는 과정에서 어떠한 정보의 흐름도 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 따라서 중고 부품의 거래를 활성화시키고 효율적인 수거 체계를 확립하여 폐자동차 부품의 재활용률을 높이기 위해서는 제조업자 중심의 역방향 공급사슬이 고려되어야 한다. 역방향 공급사슬 상의 어떤 주체보다 자동차 부품에 대하여 많은 정보를 가지고 중심에서 이끌어 나갈 수 있는 것이 제조업체이기 때문이다.

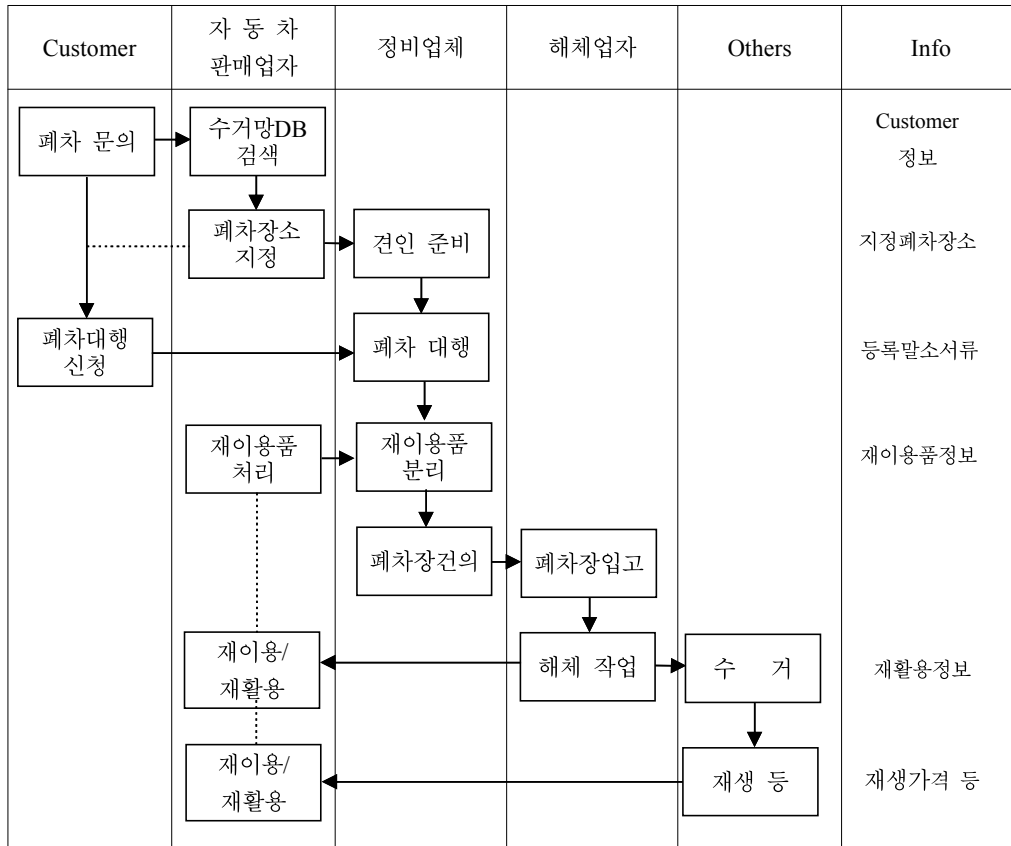


[그림 5] 현재의 폐자동차 역방향 공급사슬



[그림 6] 개선된 역방향 공급사슬

재생 공정을 갖추고 있는 자동차 판매업체는 자동 해체 시스템과 함께 중고 물품 데이터베이스, 그리고 수거 망 데이터베이스를 갖추고 있어야 한다. 폐차를 원하는 소유자가 있는 경우, 판매업체에서는 정비업자에게 소유자의 정보를 넘겨주고 정비업자에서 회수한 중고 부품의 정보들을 직접 관리하도록 하여야 한다. 자동차 판매업체를 통해 직접 수거되거나 정비업체의 재생과정을 통해 회수된 재이용품 또는 재활용 소재들은 물론이고, 다음 폐차장의 해체과정에서 수거되는 물품 또한 데이터베이스에 저장되도록 하는 것이 바람직하다. 해체 과정에서 수거업자와 철강업자에게서 얻어지는 재활용 소재는 각각의 재생 과정을 거쳐 재생품으로 판매할 수 있게 되고, 이것은 판매업체의 데이터베이스에 저장되어 소비자의 요구가 있을 때 보일 수 있도록 한다. 자동차 소유자들은 판매업체의 데이터베이스를 조회하거나 해당 정비업체에 방문하여 필요한 중고 부품들을 쉽게 구입할 수 있도록 한다.



[그림 7] 역방향 공급사슬상의 주체별 역할

VI. 결 론

역방향 공급사슬관리는 단순히 순방향 공급사슬관리에 반대 방향으로 가는 물류 활동이라고 생각하기는 힘들다. 순방향 공급사슬관리는 공급자, 생산자, 중간 유통업자, 소비자가 가장 중요한 요소로 영향을 주고받는 것이라 할 수 있지만, 역방향 공급사슬관리는 공급자와 생산자, 소비자뿐만 아니라 수거업자, 해체업자 등 다양한 관련자들이 존재하기 때문이다. 이러한 역방향 공급사슬관리의 관계성에서 최적의 물류 흐름도를 파악하는 것이 역방향 공급사슬 관리의 가장 중요한 문제이며 이슈라고 할 수 있다. 본

연구에서는 수명이 다한 제품 혹은 폐기품의 수거 및 처리에 관련된 일련의 활동들을 총칭하는 개념인 역방향 공급사슬에 대하여 소개하였다. 또한 역방향 공급사슬 시스템 설계 및 운영에 관련된 의사결정 문제들을 분류하고 정의한 후 전반적인 접근방법 및 관련 사례들도 소개하였다. 이러한 의사결정 문제들은 효과적인 역방향 공급사슬 시스템의 구축에 필요한 기본적인 문제들로 효율적인 해법의 개발이 필요하다. 특히, 기존의 순방향 공급사슬과의 통합적인 관점에서 근본적으로 각 문제들에 대한 새로운 접근방법에 대한 연구가 필요하며 특히 역방향 물류의 기본적인 특징인 불확실성에 어떻게 대응할 것인지가 매우 중요한 문제가 된다. 지속가능발전이라는 환경문제의 큰 틀은 정부 및 산업에서 환경문제를 더 이상 미룰 수 없는 현실문제로 인식시키고 있다. 그래서 이와 관련된 국내외 환경규제들은 우리 기업의 발전에 큰 제약으로 다가 올 것이 분명하다. 이에 우리는 공급사슬이라는 개념이 정부 및 산업에 도움을 줄 수 있으리라 생각한다.

참고문헌

- 건설교통부(<http://www.kama.or.kr>)
- 국가청정생산지원센터(www.kncpc.re.kr)
- 김지원 (2003), “재활용범퍼 활성화 방안에 관한 연구,” *Repair Research News, Automobile Insurance*.
- 김해중, 유미연, 심억수, 박진우 (2004), “자동차부품의 재활용률 증대를 위한 역공급사슬에 관한 연구” 2004대한산업공학회/한국경영과학회 춘계 학술발표회
- 박석하 (2006), “친환경적 물류활동과 물류운영 전략이 물류성과에 미치는 효과,” 지속가능발전 위한 환경친화적 물류시스템 구축방안 세미나, 대한상공회의소.
- 오세영, 이신모(2002), “환경 물류에 관한 서설적 연구,” *로지스틱스연구*, 제9권 제2호.
- 이위식, 한호형, 양일모, *로지스틱스관리론*, 한울출판사, 2002, 116쪽.
- 임장호 (2002), “자동차 보수용 부품 유통실태 및 식별기법 조사연구,” 보험개발원 자동차 기술연구소
- 좋은차닷컴(<http://www.goodbuycar.co.kr>)

통계청(<http://www.nso.go.kr>)

홍준희 (2003), “각국의 자동차 리사이클 정책과 폐차 재활용 기술개발 동향,” 현대·기아 연구개발본부 선행개발센터.

한국자동차공업협회(<http://www.kama.or.kr>)

Ammons, J.C., Realff, M.J. and Newton, D., “Reverse Production System Design and Operation for Carpet Recycling,” Working Paper, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, 1997.

Barros, A.J., Dekker, R. and Scholten, V., “A two-level network for recycling sand: a case study,” *European Journal of Operation Research*, Vol. 110, 1998, pp. 199-214.

Berger, T. and Debaillie, B., “Location of disassembly centers for reuse extending existing distribution networks,” Masters thesis, University of Leuven, Belgium, 1997.

Carter, Craig R. and Lisa M. Ellram, “Reverse Logistics: A Review of the Literature and Framework for Future Investigation,” *Journal of Business Logistics*, Vol. 19, No. 1, 1998, pp. 85-102.

Council of Logistics Management, *1999 Membership Roster*, Oak Brook, IL: Council of Logistics Management, 1999, p. 506.

Crainic, T.G., Gendreau, M. and Dejax, P., “Dynamic and stochastic models for the allocation of empty containers,” *Operation Research*, Vol. 41, No. 1, 1993, pp. 102-126.

Ferrer, G., “Managing the recovery of value from durable products,” PhD thesis, INSEAD, Fontainebleau, France, 1997.

Flapper, S. D.P., Kip, B.J. Louwers, D., Peters, G. and Souren, F., “Location-allocation model for the re-use of carpet materials,” Technical report 97-11, Eindhoven University of Technology, The Netherlands, 1997.

Handfield, Robert B. and Ernest L. Nichols, Jr., *Introduction to Supply Chain Management*, Prentice-Hall, 1999.

- Jacqueline M. Bloemhof-Ruwaard, Mortiz-Fleischmann, and Jo A.E.E. van Nuneun, "Reviewing Distribution Issues in Reverse Logistics," *New Trend in Distribution Logistics*, Springer-Verlag Berlin, 1999, pp. 23-44.
- Jahre, M., "Logistics System for Recycling - Efficient Collection of Household Waste," PhD thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 1995.
- Jayaraman, V., Guide, V.D.R. and Srivastava, R., "A Closed-loop Logistics Model for Use within a Recoverable Manufacturing Environmental", Working Papers, Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson, Ohio, 1997.
- Kirke, H.R., "Recovery Strategies and Reverse Logistics Network Design," PhD thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1998.
- Kroon I. & G. Vrijens, "Returnable containers; an example of reverse logistics," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 25, No. 2, 1995. pp. 56-68
- Laan, E. van der, "The effects of remanufacturing on inventory control," PhD thesis, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, 1997.
- Lambert, Douglas M. and James R. Stock, *Strategic Physical Distributio Management*, Homewood, IL: Irwin, 1981, p.9
- Murphy, Paul R. and Richard P. Poist, "Management of Logistical Retromovements: An Empirical Analysis of Literature Suggestions," *Transportation Research Forum*, Vol. 29, No. 1, 1989, pp. 177-1784.
- Pohlen, T.L. and Farris, M. "Reverse Logistics in plastic recycling," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 22, No. 7. 1992, pp. 34-47.
- Rogers, Dale S. and Ronald S. Tibben-Lembke, *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*, Pittsburgh, PA: RLEC Press, 1999, p. 2.

