

# 물류용기 재사용 활성화를 위한 건조방법 개선에 따른 탄소배출량 감소에 관한 연구 - 표준형 파렛트 중심으로 -

서형주\* · 김형도\* · 강경식\*

## 1. 서론

우리의 생활은 언제나 환경의 지배를 받아왔으며, 산업이 발전할수록 생활의 편리를 위해 물동량은 증가되었지만, 물류는 표준화와 공동화가 확대되고 또 자동화가 이루어지면서 물류의 속도를 증가시키 환경에 적응해 왔다. 공동물류의 발전과 물류속도를 향상시키기 위해서는 물류용기의 표준화를 통한 포장모듈화와의 필연적이며 점진적으로 자동화로 유도되고 있다. 현재 많은 기업들은 물류용기 사용 개념이 1회용 사용에서 경쟁력 확보를 위해 Returnable 으로 변화되고 있다. 오늘날의 세계는 지구환경의 변화에 따라 자원순환 활용과 탄산가스 배출 등의 문제에 관심이 커지면서 물류분야에서도 환경물류에 관심이 증가되고 있다. 물류용기는 재사용하면 재사용한 그대로 자원순환과 지구환경에 순방향으로 반영된다. 물류용기의 공동사용이나 재사용은 우리들의 조그만 관심으로 우리자신들의 생활을 보다 안전하게 만들며 우리의 후대에게도 좋은 환경을 물려주는데 보탬이 된다. 그러나 물류용기는 몇 번 재사용 하면 오염되어 반복재사용에 한계가 있다. 때문에 고품질·정밀제품 등 고가의 상품이나 의약품·식·음료품 등 위생관련 업종에서는 재사용을 위하여 세척·정비 과정이 필요하다. 또한 세척 후 수분이 많이 남아 있으면 상품이 변형되거나 변질되어 상품품질보증에 문제를 발생시키기 때문에 건조가 매우 중요하다.

연구 목적은 물류용기 건조시 제시할 신방법과 기존방법의 잔류수분량을 비교하고 잔류수분 차이량을 증발시키기 위한 에너지를 전기량으로 계산하고 다시 전기에너지를 생산하기 위한 평균탄소배출량으로 계산하여 표시하고자 한다. 또한 앞으로 개발할 물류용기는 세척과 건조의 효율을 향상하도록 설계되고, 물류용기의 공동사용의 활성화로 자원과 에너지 사용을 최소화하여 지금보다 탄소배출이 줄어들어 자원순환형 녹색물류를 실현하는데 조그만 방법을 제시하고자 한다

\* 명지대학교 대학원 산업공학과

## 2. 연구 방법

### 2.1 물류와 물류용기 표준화, 물류공동화

물류관리의 기본적인 활동은 포장, 보관, 하역, 수송 활동과 기능을 지원하는 정보, 유통가공 활동으로 요약할 수 있으며, 이들 기능들은 유기적으로 작용하는 하나의 시스템이라 할 수 있다.[3] 파렛트를 사용하는 방법은 1940년대에 미국에서 처음으로 개발되어 세계 각국에 보급되기 시작한 것이다.[5] 파렛트는 공장이나 사업장의 내부에서 사용하는 구내작업용에서 시작하였으나 지게차가 광범위하게 보급되면서 물류합리화의 기본인 유니트로드 단위가 형성되고, 운반 합리화의 수단으로 발송지에서 도착지까지 화물을 파렛트에 적재된 상태로 상하차와 수송하는 일관파렛트화로 발전하게 되었다.

표준파렛트의 사용이 증가하면서 물류공동화가 더욱 활성화되어 연구가 활발해졌다. 최근에는 Pallet 에 RFID기술도입에 관하여 연구[2] 와 운영테스트를 실시하고 있다.

물류용기의 종류는 파렛트, 컨테이너, 시트, 패드, 탑보드 등이 있으나 이들은 상품포장을 안전하게 보관 운송 배송하거나 다음공정에 투입하는 공정의 이동, 보관, 운송하는 것으로 관리 하는 것에 중점이 되고 있다. 물류용기는 이제 국가간에도 수출입 물동량의 이동에 서서히 일회용 파렛트에서 재사용, 재활용 파렛트가 사용되고 있다.

### 2.2 환경물류와 물류용기의 재사용

#### 1) 환경물류

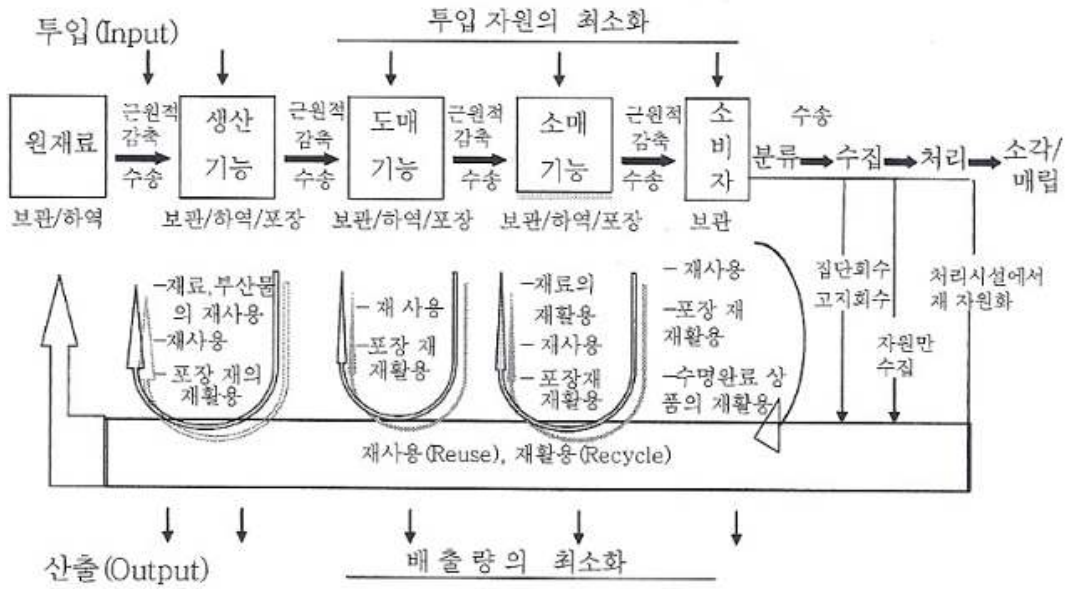
환경친화적인 물류는 전혀 새로운 물류의 영역이 아니라 물류에서 나타날 수 있는 제반 환경적인 문제를 해소해 나가는 것이라고 볼 수 있다. 도식화하면 [그림2-1][1] 로 설명할 수 있다.

#### 2) 물류용기 재사용

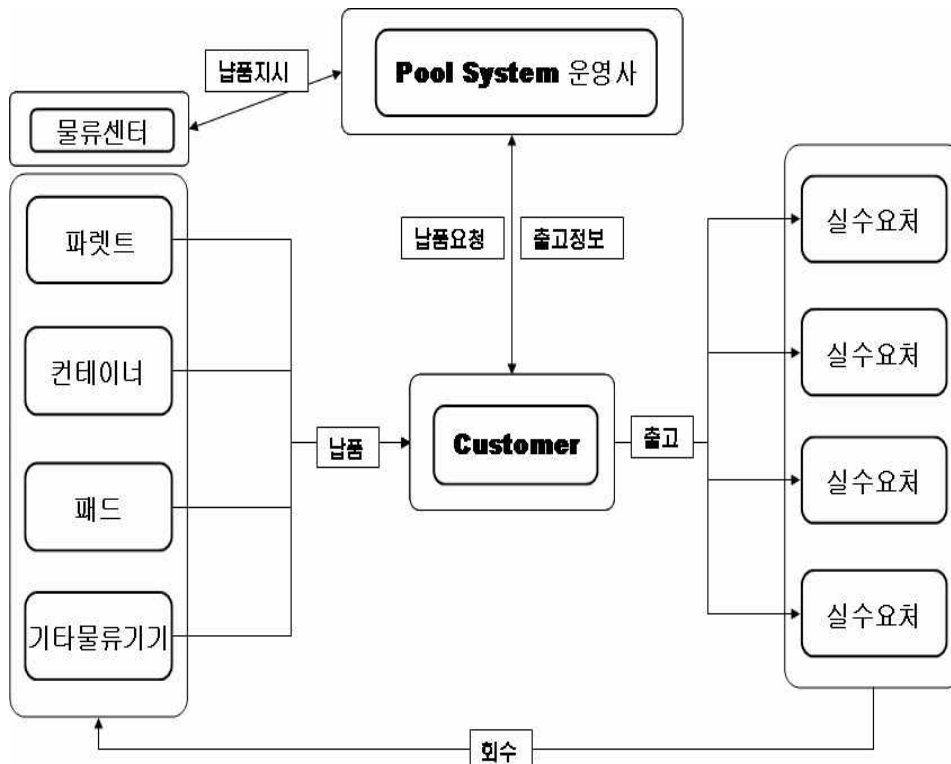
표준화 공동화로 발전된 파렛트풀시스템은 익히 알려진 친환경시스템이다. 파렛트풀 시스템은 파렛트의 규격과 치수 등을 표준화해 일관파렛트화함으로써 파렛트의 공동이용과 공동회수를 통해 물류비를 절감하고 동시에 파렛트의 총량을 줄여 구매자원, 조달과 회수에 소요되는 환경부하를 감소시켜 이산화탄소를 감축시킨다는 것이다.

JPR(일본파렛트렌탈)과 일본국립도쿄해양대학의 연구결과에 따르면 기업의 보유파렛트와 비교해 일관파렛트화는 파렛트 1매당83%의 이산화탄소절감 효과를 얻을 수 있다고 분석됐다.[4]

또한 컨테이너풀시스템도 물류포장용기의 공동사용으로 활성화되어있고, 제관물류용기 풀시스템과 섬유팬드 물류용기 공동사용시스템이 추진 중에 있다.



[그림 2-1] 자연순환형 사회시스템과 환경친화적 물류활동



[그림 2-2] 풀시스템 운영 Flow

### 3) 탄소배출

2009년 한국의 1인당 이산화탄소 배출량은 10.9 톤으로서, 1인당 국민소득이 2~3배나 높은 독일(9.3 톤), 일본(8.6 톤), 영국(8.4 톤)보다 훨씬 많은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 우리나라의 에너지 효율이 대다수 선진국들에 비해 매우 낮다는 사실을 확인해주는 것이다.

탄소배출계수는 각 연료별 발열량을 원유 1kg에 대한 발열량비를 기준으로 한 석유 환산계수에 대한 2차 계수이다.

예를 들어 원유 1kg을 태우면 10,000kcal의 발열량이 나오고 프로판가스 1kg을 태우면 12,000kcal의 발열량이 나와서 프로판가스의 석유환산계수는 1.2 kg(원유)/kg(프로판)이다. 그리고 탄소와 이산화탄소의 관계는 C 와 CO<sub>2</sub>의 관계로서 분자량으로 따지면 12g대 44g의 관계이므로 855g의 탄소는 이산화탄소가 되면 855×44÷12=3135이다. 결론적으로 1 kg의 프로판가스를 태우면 3.135kg의 이산화탄소가 발생된다.

[ CO<sub>2</sub>배출량 추정식 ]

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{배출량} &= \{ \text{공통단위(TJ)로 표시된 명시적인 연료(i) 소비량(i)} \\ &\times \text{탄소배출계수(i)} \times \text{산화율(i)} - \text{몰입탄소량(i)} \} \\ &\times 44/12 (\text{CO}_2\text{와 C의 질량비}), \\ &i = \text{연료의 형태} (1, 2, 3, \dots, N) \end{aligned}$$

구분	1회사용 포장재		반복사용 포장재		비고
	CO <sub>2</sub>	코스트	코스트	CO <sub>2</sub>	
구입	생산재 생산에 드는 CO <sub>2</sub>	구입비용	구입비용 ÷ 예상사용회수	생산재 생산관련 CO <sub>2</sub> ÷ 예상사용회수	
	조달처에서 포장재 수송 CO <sub>2</sub>	(물류비)	(물류비) ÷ 예상사용회수	조달처에서 포장재 수송 CO <sub>2</sub> ÷ 예상사용회수	
사용	하역, 보관기기 CO <sub>2</sub>	개봉, 적입 등 작업시간	1회사용당 개봉, 적입 등 작업 시간	1회사용 당 하역, 보관기기 CO <sub>2</sub>	포장재에 의한 적재움차이와 수송비(중량에 의한 CO <sub>2</sub> ) 차이점 확인
수송	고객에게 상품수송 중 포장재 CO <sub>2</sub>	상품수송시 포장재관련	1회사용당 상품수송시 포장재관련	1회사용당 고객에게 상품수송 중 포장재 CO <sub>2</sub>	
회수			1회사용당 고객사 보관비(작업 시간)	1회사용당 고객보관시 CO <sub>2</sub>	
			1회사용당 회수 수송비	1회사용당 회수수송 CO <sub>2</sub>	
			1회사용당 자사보관비	1회사용당 자사보관시 CO <sub>2</sub>	
폐기·리사이클	폐기물 수송 CO <sub>2</sub>	폐기물수송비용	폐기물수송비용 ÷ 예상사용회수	폐기물 수송 CO <sub>2</sub> ÷ 예상사용회수	
	폐기·리사이클 CO <sub>2</sub>	폐기·리사이클 비용	폐기·리사이클 비용 ÷ 예상사용회수	폐기·리사이클 CO <sub>2</sub> ÷ 예상사용회수	

[그림 2-3] 1회용사용 포장재와 반복사용 포장재의 코스트와 CO<sub>2</sub> 비교

#### 4) 세척과 건조

##### 1) 세정의 목적

- (1) 외관의 향상
- (2) 위생적 품질
- (3) 기능, 정밀도의 향상
- (4) 표면가공 부드럽게 하기위해 전반적으로 오염을 제거하는데 있다고 할 수 있다.

##### 2) 세정의 기본개념

액체 사용 여부에 따라 습식과 건식이 있다. 대부분 습식을 사용하며 제품의 신뢰성의 유지, 다음공정의 품질의 확보를 위하여 세정이 행하여지고 있다.

세척 - 린스 - 건조 의 공정으로 구분되어 진다.

공기,가스 등으로 건조시키는 것이지만, 이 공정이 제품의 가치를 결정짓는 것으로 사용하는 방법의 지속적인 연구가 필요하다. 특히 환경오염을 시키지 않고, 작업자의 건강과 사용자의 안전은 항상 고려하여야 한다.[6]

##### 3) 건조방법의 종류와 특징

건조방법은 사용한 세척제와 세척물의 모양에 따라 여러 가지 방법이 있고 경우에 따라 복합 방법을 사용하기도 한다.

##### (1) 기화시켜 건조하는 방법

###### ① 온(열)풍건조

가장 많이 이용되는 건조방법이다. 일반적으로 세정대상의 전기히터나 스팀히터 등으로 가열시켜 공기를 피세정물에 내뿜어 붙어있는 세정제나 물을 기화건조시키는 방법이다.[7]

###### ② 진공감압건조

건조실을 진공감압하여 부착된 액체의 끓는점을 낮추고 건조속도를 빠르게 하거나 세정물에 끼어있는 액체의 건조를 촉진시킨다.

###### ③ 복사 건조기

전기가열에 따른 원적외선히터 등을 이용하여 복사열이나 분자운동을 통해 건조를 행한다.

##### (2) 물리화학적 제거방법

###### ① 페이퍼 건조

보통 피세정물 온도가 세정액의 증기온도보다도 낮아서 세정액의 증기가 피세정물 표면에서 냉각, 액화하여 피세정물표면을 흘러내리고 이 때 청정도 높은 세정이 이뤄진다.

###### ② 에어브로우건조 ③ 회전건조 ④ 흡인건조 ⑤ 저주파공기진동방식건조

###### ⑥ 원심탈수건조 ⑧ 계면활성제를 이용한 수분리건조시스템

종합하면 얇은 것들이 겹쳐져 있는 것과 딱 들러붙어 있는 것 깊게 파인 구멍 안에

있는 작은 가공품 등 세척도 건조도 어려운 제품들이 많다. 따라서 건조공정 전에 가능한 높은 온도의 린스 등으로 제품의 온도를 높이고 사용할 세정제 등도 건조시 함께 고려해야 한다.

### 3. 탄소배출량 감소를 위한 건조기 실험 설계

세척기의 능력은 건조의 능력이라 할 수 있다. 특히 대용량 처리에서는 현재의 세척기는 건조과정에서 에너지 사용량 많고 설치면적이 너무 커서 별도의 세정시스템을 갖추게 된다. 특히 건조부분은 축소시키면서 지금과 같은 효과를 나타내면 설치공간과 에너지소모량이 감소되어 비용절감과 공간효율 향상 그리고 탄소배출량이 줄어들 것이라 판단되어 실험을 계획했다.

#### 3.1 실험계획

연구방법은 물류용기의 재사용을 위해 세척 후 건조과정에서 기존에 사용되는 여러 가지 방법을 검토하여 그중 크게 영향을 주는 원심력(탈수), 풍력(바람), 온도(열)를 중심으로 실험을 하고자 한다. 이 3인자를 3수준의 직교배열하고 다구찌 방법으로 실험하여 최적조건을 찾아서 비교하여 잔류수분량을 증발시키기 위한 에너지를 전기량으로 계산하고 다시 전기에너지를 탄소배출량으로 계산하였다.

##### 1) 연구 순서를 정리하면

- (1) 사용중인 파렛트 세척기의 수분제거 방법 점검.
- (2) 실생활 세척기의 수분제거 기술 검토.
- (3) 실험목적 설정.(잔류수분량 최소화)
- (4) 특성치와 인자 선정.(특성치 : 수분잔량)
- (5) 새로운 파렛트 세척기 수분제거 기술 연구.
- (6) 실제 설비제작 핵심인자에 대한 실험계획.
- (7) 실험 - Taguchi 방법활용.
- (8) DATA분석-Minitab 의 순서로 실험할 계획이다.[\*\*\*\* 현재 6)이 진행중이다.]

##### 2) 연구 실험계획 절차

- (1) 실험 목적 설정(잔류수분량 최소화)
- (2) 특성치 선정(잔류수분량)
- (3) 인자와 인자수준 결정(3인자=원심력, 풍력, 온도. 3수준)
- (4) 실험의 배치
- (5) 실험 계획 방법 결정(다구찌 실험 실시)
- (6) 데이터 해석(Minitab 활용)

(7) 실험결과의 해석 및 표준화

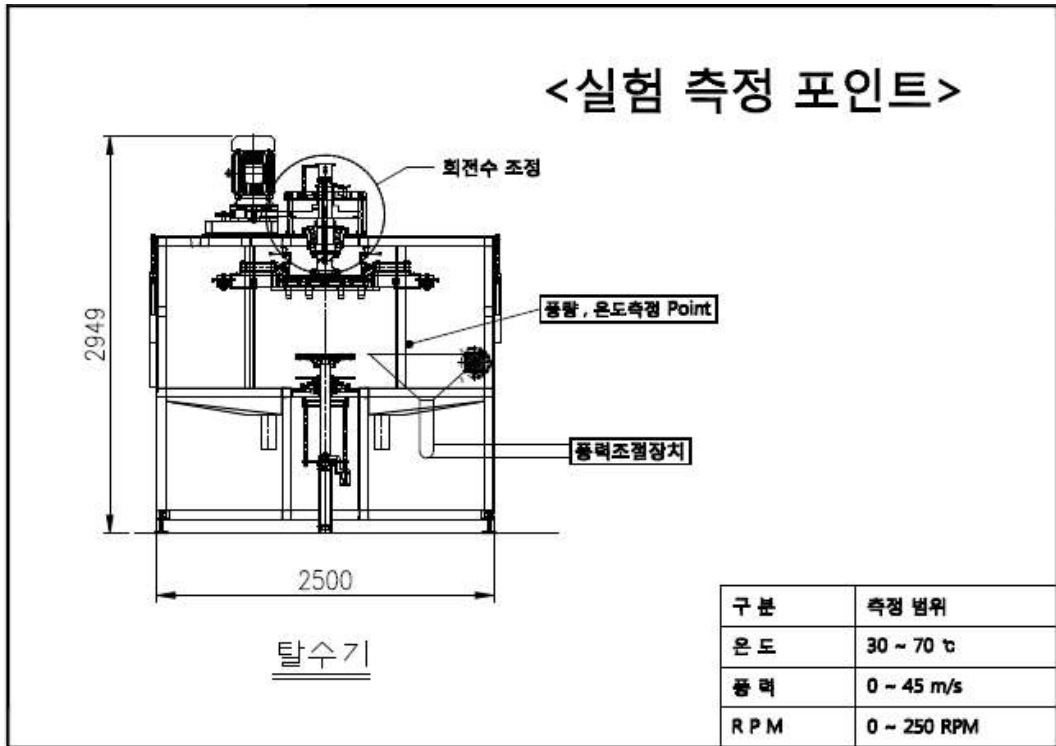
3) 인자 결정

기본적으로 현재보다 에너지를 줄이는 실험이므로 현재 사용하고 있는 인자들의 수준값을 최고치의 값으로 했다.

- (1) 회전수 : 현재의 회전수가 200RPM이고 그 이상에서는효과가 미흡하다. 100RPM 이하에서는 아직 큰물이 남아있다. 30RPM 간격 수준으로 설정했다.
- (2) 풍력 : 현재의 풍력이 40M/S로 10M/S씩 3수준으로 설정했다.
- (3) 온도 : 정상시는 세척수 등으로 35C 유지되고 있고 보통 80C 운영하고 있다.  
80-35=45 45/3=15C 15C 간격으로 3수준 설정했다.

[표 3-1] 실험 인자와 인자 수준

인자	1수준	2수준	3수준
회전수(RPM)	110-140	141-170	171-200
풍력(M/S)	10-20	21-30	31-40
온도(°C)	35-50	51-65	66-80



[그림 3-1] 실험의 장비 설치 개략도

### 3.2 DATA 분석

실험분석 과정

- 1) 각 실험번호별로 SN 비 구한다.
- 2) 구한 SN비를 데이터로 하여 변동을 계산한다.
- 3) 분산분석표를 작성한다.
- 4) F검정을 실시한다.

[표 3-2] 직교배열표

#### 직교배열표

$$L_{27}(3^{(3^m-1)/2}) = L_{27}(3^{13})$$

행의 수로서 실험의 횟수 27번  
 인자를 배당하는 열의 수는 13열  
 된다.

실험번호	열 번호												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
10	2	1	2	3	1	1	3	1	2	3	1	2	3
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1
12	2	1	2	3	3	3	2	3	1	2	3	1	2
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	2	1	2
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2
기본표시	a	b	a	b	c	a	b	a	b	a	b	a	b
		b	b	b <sup>2</sup>	c	c	c <sup>2</sup>	c	b	b <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>	b <sup>2</sup>	b
군	1	2			-			3			-		

### 4. 결론 유추 향후 과제

본 연구는 물류용기의 재사용을 위한 콤팩트건조 방법으로 물류용기의 표준화와 공동사용에 영향을 미치게 될 것이며 장점은 다음과 같다. 첫째 물류용기의 재사용시 세정으로 이물질 및 오염물질이 제거되어 신규물류용기와 동일하게 상품의 품질보증됨으로써 재사용이 활성화되고, 둘째 물류용기 재사용 활성화로 기업은 물류포장비 원가절감으로 경쟁력이 높아지고 지구환경은 원자재의 낭비를 억제하게 되며 물류용기 생산에 사용되는 에너지가 줄어들고, 셋째 물류용기의 공동사용으로 발전되고 활성화되어 환경개선에 시너지효과를 나타내게 되며, 넷째 추후 개발되는 물류용기는 재사용을 위한 세척과 건조과정의 사용되는 에너지를 더욱 고려하게 될 것이며, 다섯째는 물류용기의 과다보유나 설비 가동면적 축소 등으로 운영공간이 축소되어 공간효율이 향상되고, 여섯째 축소된 공간 운영으로 운영에 필요한 에너지가 줄어들며, 끝



으로 이들을 종합하여 연결하면 탄소배출이 줄어들고 자원을 절약하는 자원순환형 녹색물류가 실현되리라 확신한다.

## 5. 참 고 문 헌

- [1] 박석하(2004), 환경친화적 물류활동과 물류운영전략이 물류성과에 미치는 효과, 상지대 대학원 박사학위논문.
- [2] 안종윤 (2004). 파렛트 풀 운용에 있어서 RFID 시스템 도입에 관한 연구, 명지대 대학원 박사학위논문.
- [3] 윤문규(2002), 『물류총론』, 도서출판범한.
- [4] 물류와 경영, 2010년 1월
- [5] 通商産業省 産業政策局 編 ( 1976 ) 物流시스템化의 手段 파렛트 시스템, 1976.
- [6] 日本産業洗淨協議會編著 (1999) よくわかる洗淨洗淨のすべて.
- [7] 日本産業洗淨協議會洗淨技術委員會便(2006) 洗淨洗淨の本.