

## 환경부하 저감을 위한 택배 수송용 연성포장의 포장공간비율 대체 방안 연구

오재영<sup>1,2,\*</sup> · 김혜림<sup>1</sup> · 유찬종<sup>1</sup> · 김승돈<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국건설생활환경시험연구원

<sup>2</sup>한국포장학회

## A Study on Alternative Approaches of Packaging Space Ratio in Flexible Transport Packaging for Environmental Load Reduction

Jae Young Oh<sup>1,2,\*</sup>, Hye Rim Kim<sup>1</sup>, Chan Jong Yu<sup>1</sup>, and Seung Don Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Conformity Laboratories

<sup>2</sup>Korea Society of Packaging Science & Technology

**Abstract** Due to the rapid transition from traditional cardboard boxes to disposable plastic film packaging in e-commerce parcel transportation and the corresponding increase in their use, a method for measuring the packaging space ratio of flexible packaging materials was prepared to prevent excessive packaging. However, due to the amorphousness of plastic film packaging, several problems arose in the measurement process, making policy implementation difficult. As a method to supplement and replace the existing method of measuring the ratio of packaging space in the plastic film packaging like plastic bag(PB), 'the method of limiting the size of enclosed products based on the PB packaging size' was proposed, and its potential for policy application was confirmed. The advantages of the proposed method are as follows: 1) maintaining regulatory consistency by using the existing packaging space ratio calculation formula and method, 2) preventing inevitable excessive packaging caused by the use of standardized packaging in the industry, and 3) ultimately contributing to logistics efficiency as well as inducing packaging standardization.

**Keywords** Plastic Bag(PB), Waste Reduction, Packaging Waste, Parcel Delivery, Packaging to Product Ratio

### 서 론

국가 온실가스 감축 목표(NDC) 및 상향안의 이행을 위해 전력, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물 등 각 관리부문에서 국가 주도의 정책적 감량 목표를 설정하고 있다. 폐기물 부문에서도 생산·유통·소비 단계 폐기물 원천감량 및 재활용성 향상을 통해 2018년 대비 2030년까지 46.8% 감축(17.1백만톤CO<sub>2</sub>eq/2018년 → 9.1백만톤CO<sub>2</sub>eq/2030년)을 목표하고 있으며, 다회용 용기 확대 및 택배포장 과대포장 관리 개선 등 포장폐기물에 대한 감량 요소도 포함하고 있다.<sup>1)</sup> 특히, IoT 기반의 글로벌 이커머스(e-commerce) 시장의 폭발적 성장과 소비자 구매패턴의 변화는 국내를 비롯하여 전 세계적으로 택배 물동량의 지속적 증가와 동시에

유통·물류 산업의 성장을 견인하고 있다.<sup>2)</sup> 국토교통부 및 한국통합물류협회의 생활물류 통계자료에 의하면, 2024년 국내 택배 물량은 약 59억 5천만 건으로 나타났으며, 이는 우리나라 국민 1인당 이용 건수로는 116.3회, 국내 경제활동인구 1인당은 204.3회로 조사되었다. 이는 2023년(51억 5천만 건) 대비 15.48% 성장한 것으로, 전년 대비 물동량 증가율은 '22년 16.05%, '23년 22.45%, '24년 15.48%로 지속적인 증가세를 보이고 있으며, 2019년(27억 8천만 건)에 비해 5년 만에 2.1배 늘었다.<sup>3)</sup>

반면에, 이러한 이커머스 시장의 성장은 택배유통 포장재 사용량의 급증과 동시에 포장폐기물 발생 등 환경 부담 증가를 야기하고 있으며, 국내외 정부 기관뿐만 아니라 다양한 유통물류 전문연구기관 및 관련단체, 산업계에서도 택배유통 포장폐기물 감량화 및 환경비용 경감을 위한 방안을 주요 의제로 삼아 고민하고 있다. 우리나라에서는 2019년 Oh 등<sup>4,5)</sup>의 택배 유통포장 폐기물 감량화 방안 연구를 토대로, 2022년 환경부에서 일회용 수송포장의 원천감량을 위한 포장공간비율 및 포장횟수 규제안(포장공간비율 50% 이

\*Corresponding Author: Jae Young Oh  
Korea Conformity Laboratories, 199, 1st Gasan Digital Road, Gumi-cheon-gu, Seoul, 153-803 Korea  
Tel : 02-2102-2605  
E-mail : jyoungo@kcl.re.kr

하, 포장횟수 1차 이내)을 마련하였다.<sup>6,7)</sup>

반면, 유통 산업계에서도 2018년 수도권 쓰레기 대란(2018년 4월 1일) 및 재활용 폐기물 종합관리 대책(2018년 5월 10일, 환경부)<sup>8)</sup>을 경험하면서 택배 포장폐기물 발생 최소화를 위한 필요성을 인식하고, 신선식품 배송용 재사용 포장(returnable packaging)의 도입이나 포장작업 효율성 및 유통 경제성 확보와 동시에 택배 유통포장재 감량화를 위한 노력의 일환으로 2018년 이후 골판지 상자에서 플라스틱 필름 포장재로의 전환을 지속적으로 확대 추진해 왔다. 실제로 우리나라 대표적인 풀필먼트 기업인 쿠광의 경우에는 2024년 기준으로 택배용 플라스틱 필름 포장재 적용 비율이 전체 배송량의 약 70% 정도 차지하고 있는 것으로 파악되고 있다.

그런데, 환경부에서 정책적으로 규제하는 포장공간비율은 포장의 부피를 제한하는 방법으로, 골판지 상자 등 직육면체 형태의 정형화된 공간을 가지고 있는 포장에 대해서는 유용하지만, 비닐류 등 플라스틱 필름 포장과 같은 일정한 빈 공간을 가지지 않는 포장에 적용하기에는 측정방법의 합리성이나 명확성, 시험결과의 재현성 등 다소 많은 문제점이 잠재되어 있다. 이를 보완하기 위해 「제품의포장재질 및 포장방법에 대한 간이 측정방법(환경부 고시)」에서 Fig. 1와 같이 수송용 연성포장의 포장용적 산출방법<sup>9)</sup>을 제시하고 있으나, Table 1에 나타난 바와 같이 제품 및 포장재의 크기(가로, 세로, 높이의 합)가 동일하더라도 제품의 높이에 따라 포장공간비율 결과값의 가변성으로 인한 포장기준 적용의 합리성 문제와 산업계에서의 연성포장 규격화/표준화

요소 반영이 간과되고 있어 자동화 공정 도입의 애로 등 규제 의 합리성 및 실효성 문제가 지속적으로 제기되고 있다.

현행 ‘부피’ 개념을 기초로 한 포장공간비율 규제 방법 및 기준은 앞서 언급한 택배 유통포장재 감량화를 위한 산업계의 노력과 성과에 대한 반영이 미흡한 실정이며, 산업계 포장기술의 정책적 연계성 및 실효성을 나타내기에는 다소 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 일회용 택배 유통포장재 감량을 위해 산업계에서 적용하고 있는 택배용 플라스틱 필름 포장재에 ‘두께’ 및 ‘면적’, ‘길이’ 요소 및 ‘포장규격화’ 요소를 고려함으로써, 기존 ‘부피’ 개념의 포장공간비율의 문제점을 보완하여 산업과 정책 사이의 갈등을 줄이고 합리적 규제 적용 방안을 제시하고자 한다. 우선적으로 택배 유통용 비닐 포장재(PB, Plastic Bag)의 크기(치수)를 일정 간격에 따라 규격화하고, 환경적 관점 및 현행 포장 기준의 측면에서 과대포장이 유발되지 않도록 이 포장재에 담기는 제품 크기(치수)의 허용 범위를 제시함으로써 포장공간비율 대체 방안 제시하고자 하였으며, 이를 통해 궁극적으로 포장 표준화를 유도할 수 있고 물류 표준화에도 기여할 것으로 기대한다.

### 실험방법

#### 1. 일회용 수송포장의 포장공간비율 산출을 위한 계산식<sup>9)</sup>

##### 1.1. 제품체적 (V)

제품의 둘레에 외접하는 최소한의 육면체의 가로(*a*), 세로(*b*), 높이(*h*)의 곱

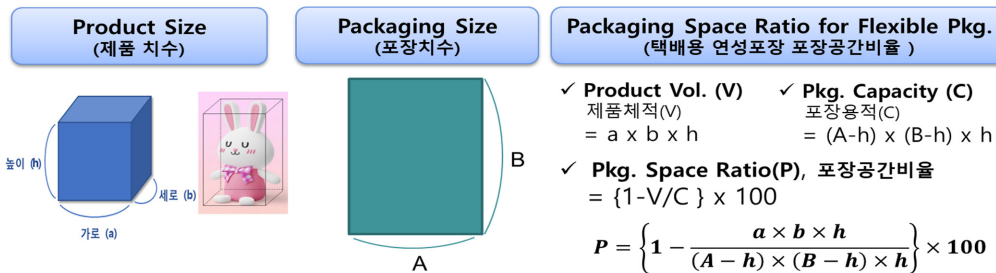


Fig. 1. Calculation method for the packaging space ratio in flexible transport packaging.

Table 1. Examples of variability in packaging space ratio results according to product dimension changes within the same packaging size

제품 치수 (mm)			제품 치수합 (l) (m)	제품체적 (V) (mm <sup>3</sup> )	포장재 치수 (mm)		포장재 치수 합 (L) (mm)	포장재 면적 (S) (mm <sup>2</sup> )	포장용적 (C) (mm <sup>3</sup> )	포장공간비율 (P) (%)
a	b	h	a+b+c	axbxh	A	B	A+B	AxB	(A-h)x(B-h)xh	1-V/C
100	100	100	300	1,000,000	200	300	500	60,000	2,000,000	50.0%
110	110	80	300	968,000	200	300	500	60,000	2,112,000	54.2%
120	110	70	300	924,000	200	300	500	60,000	2,093,000	55.9%
140	100	60	300	840,000	200	300	500	60,000	2,016,000	58.3%
200	50	50	300	500,000	200	300	500	60,000	1,875,000	73.3%

$$V = a \times b \times h \quad (1)$$

1.2. 일회용 수송포장의 포장용적 (C)

1.2.1. 상자형 포장의 포장용적

상자의 내부치수를 기준으로 한 가로(A), 세로(B), 높이(H)의 곱 (mm<sup>3</sup>)

$$C = A \times B \times H \quad (2)$$

1.2.2. 연성포장의 포장용적 (C)

연성포장의 가로(A), 세로(B) 각 길이에서 제품의 높이(h)를 뺀 길이 (A-h), (B-h)와 제품의 높이(h)의 곱 (mm<sup>3</sup>)

$$C = (A - h) \times (B - h) \times h \quad (3)$$

1.3. 일회용 수송포장의 포장공간비율 (P)

식(1), (2), (3)으로부터 포장용적(C)에서 제품체적(V)를 제외한 빈 공간의 비율 (%)

$$P = \left(1 - \frac{V}{C}\right) \times 100 \quad (4)$$

2. 택배 유통용 플라스틱 필름 포장의 과대포장 방지 및 규격화 도입을 위한 설계조건

기준에 제시된 택배 유통용 플라스틱 필름 포장의 포장공간비율 측정방법 및 기준의 일관성을 유지하고, 산업계의 포장 규격화 및 자동화에 따른 합리적 규제 적용을 위해서 ‘포장 규격화’ 요소를 측정방법 과 기준 운영방안에 반영하고자 하였다. 이를 위해 현행 포장공간비율 측정방법을 기준으로 다음과 같은 고려사항 및 설계 방향을 제시하였다.

2.1. 제품 및 포장재에 대한 가변성을 배제하고, 가능한 불변값(최대값 또는 최소값) 활용

‘제품의 크기’를 표현하는 방법으로, 제품에 외접하는 육면체의 최소 체적 또는 육면체를 구성하는 세변의 길이의 합으로 나타낼 수도 있다. 그런데, 길이의 합은 일정할지라도 각 변의 길이의 변화에 따라 제품의 체적은 계속 달라지게 된다. 따라서, 본 연구에서는 포장 규격화 개념을 도

입하기 위해 ‘제품 크기’의 가변성을 배제하는 방안으로 세 변의 길이의 합을 활용하였다. 또한, 더 나아가 육면체에서 세 변의 길이의 합이 일정할 경우 이를 구성하는 체적의 최대값은 정육면체(V<sub>max</sub>)이고(Table 1 사례 참조), 사각형에서는 두 변의 길이가 일정할 경우 면적의 최대값은 정사각형이라는 점을 활용하였다.

2.2. 제품 크기별 최대 체적(=정육면체)에 대한 택배 포장기준을 만족하는 최소 포장 치수 도출

세 변 길이의 합을 기준으로 하는 ‘제품 크기’의 최대 체적(=정육면체)에 대하여, 택배 유통포장의 포장공간비율 기준(P=50%)을 만족하게 하는 포장재의 최소 면적 및 치수(두 변 길이의 합)는, A=B의 조건일 때(즉, 동일 치수에서 면적이 최대인 값) 이므로 이 값을 산출하기 위해 다음과 같이 식 (7) 및 식 (8)을 도출하였다.

즉, 식 (1), 식 (3)과 식 (4)로 부터 다음과 나타낼 수 있다.

$$P = \left(1 - \frac{a \times b \times h}{(A - h) \times (B - h) \times h}\right) \times 100 \quad (5)$$

B에 대해 정리하면,

$$B = \frac{a \times b}{(1 - 0.01P)(A - h)} + h \quad (6)$$

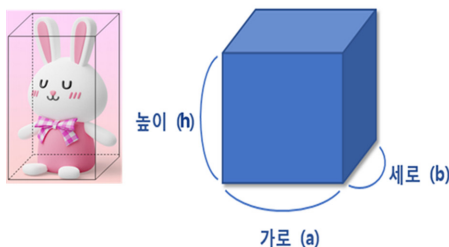
식 (6)에서 A=B를 적용하여, A 또는 B에 대해 정리하면 다음 식과 같다.

$$A = B = \sqrt{\frac{ab}{1 - 0.01P}} + h \quad (7)$$

여기서, P=50%를 적용하면 다음과 같다.

$$A = B = \sqrt{2ab} + h \quad (8)$$

따라서, 식 (7)로 부터 특정 제품 크기(a+b+h)에 대하여 포장공간비율 50% (P=50%)를 만족하는 최소 포장 크기(A+B)를 구할 수 있다. 즉, Table 2의 사례에 나타낸 바와 같이 포장 기준을 만족하는 필요 최소량의 포장재 크기는 가로와 세로의 길이가 동일한 정사각형일 때이며, 당연히



- ✓ **Sum of a hexahedron dimension**(직육면체 길이의 합)  
= a + b + h  
→ Constant results(계산값 일정)
- ✓ **Volume of a hexahedron**(직육면체의 부피)  
= a x b x h  
→ Variable results by dimension change(계산값 가변적)  
→ Max. Vol.=Cubic → use V<sub>max</sub> (최대값 활용)

Fig. 2. Methods for expressing product size.

**Table 2.** Calculation examples for the minimum packaging size satisfying a 50% packaging space ratio for a specific product size

포장공간비율 (P) (%)	제품체적 (V) (mm <sup>3</sup> )	제품 치수합 (l) (mm)	제품 치수 (mm)			포장용적 (C) (mm <sup>3</sup> )	포장재 치수 (mm)		포장재 치수 합 (L) (mm)	포장재 면적 (S) (mm <sup>2</sup> )
			a	b	h		A	B		
1-V/C	axb <sup>2</sup> h	a+b+c	a	b	h	(A-h)×(B-h)×h	A	B	A+B	A×B
50%	1,000,000	300	100	100	100	2,000,000	200.0	300.0	500.0	60,000
50%	1,000,000	300	100	100	100	2,000,000	220.0	266.7	486.7	58,667
50%	1,000,000	300	100	100	100	2,000,000	241.4	241.4	482.8	58,284
50%	1,000,000	300	100	100	100	2,000,000	260.0	225.0	485.0	58,500
50%	1,000,000	300	100	100	100	2,000,000	280.0	211.1	491.1	59,108

이 포장재의 치수 합(L) 및 포장재 면적(S) 또한 최소값임을 확인할 수 있다. 이러한 최소 포장 치수의 적용을 통해 포장재 감량화 요소를 반영하고자 하였다.

**2.3. 현행 포장공간비율 측정 및 운영에서 ‘포장 표준화’ 개념 도입 및 반영 방안**

서두에 언급한 바와 같이, 현행 포장규칙<sup>6,7)</sup>에서의 포장공간비율은, 세 변의 합이 동일한 제품 크기에도 불구하고 각 변의 길이 변화에 따라 포장공간비율 산출 값이 달라져, 매번 택배용 PB포장재의 크기를 기준에 적합하게 조정 또는 변경해야 하는 불합리성이 존재하고 있다. 반면에 생산성과 물류효율화 등 경제성을 무시할 수 없는 산업계 현상

을 고려할 때, 표준화는 산업에서 매우 중요한 요소 중 하나이다. 따라서, ‘과대포장 억제’와 ‘생산성 향상을 위한 포장 표준화’라는 두 가지 명제를 절충하는 방안을 제시할 필요가 있다. 이를 위해 식 (5) - 식 (8)의 현행 포장공간비율 측정방법과 기준에 기초하여, 특정 크기의 PB 포장재에 담을 수 있는 제품 크기의 허용 범위를 설정해 주는 방법을 제안하였다. 다만, 이 과정에서 특정 포장 크기(두 변의 합)에 대하여 일정 제품 크기(세 변의 합)의 허용 범위 지정에 따른 ① 하한 치수와 상한 치수에서 포장공간비율 차이 분석과 보완 방안을 검토하였으며, ② 동일 제품 크기(세 변의 합)에서 제품별 다양한 높이 변화에 의한 포장공간비율 산출값의 부득이한 상승 효과에 대해 포장 표준화 및 물류효

**Table 3.** Minimum Packaging dimensions satisfying packaging space ratios of P = 50%, 40%, and 30% for maximum volume (=Cube) by product size (A:B=1:1, R=1.0)

제품 크기별 최대 체적(=정육면체) 치수 합 (a + b + h, by a = b = h) (mm)	포장공간비율(P)에 대한 최소 포장 크기 (A + B, by A = B, R = 1.0) (mm)		
	P = 50%	P = 40%	P = 30%
300	482.8	458.2	439.0
330	531.1	504.0	483.0
360	579.4	549.8	526.9
390	627.7	595.7	570.8
420	676.0	641.5	614.7
450	724.3	687.3	658.6
480	772.5	733.1	702.5
525	845.0	801.8	768.3
570	917.4	870.6	834.2
600	965.7	916.4	878.1
645	1038.1	985.1	943.9
690	1110.5	1053.9	1009.8
735	1183.0	1122.6	1075.7
780	1255.4	1191.3	1141.5
840	1352.0	1283.0	1229.3
900	1448.5	1374.6	1317.1
990	1593.4	1512.1	1448.9
1080	1738.2	1649.5	1580.6
1170	1883.1	1787.0	1712.3
...	...	...	...

을화 관점에서 환경적 이득 및 상쇄 효과를 검토하였다.

## 연구 결과

### 1. 택배용 플라스틱 비닐의 포장공간비율 대체 및 과대 포장 방지를 위한 포장 규격화 방안

#### 1.1 제품 크기별 최대 체적(=정육면체)에 대한 포장기준을 만족하는 최소 포장 치수(R = B/A = 1.0)

식 (7) 및 식 (8)을 활용하여, 제품 크기별 최대 체적(=정육면체)에 대한 택배 포장공간비율 기준 50, 40, 그리고 30%를 만족하는 최소 포장 크기(A+B)를 도출하여 Table 3에 나타내었고, 이 값들의 추세선을 통해 Fig. 3과 같이 추정 가능한 함수값을 도출하였다. 즉, 이 추정 함수를 통해 각 제품 크기 및 포장공간비율 기준에 대응하는 포장재 크기를 구할 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 본 연구의 목적은 산업현장의 업무 특성을 고려하여 합리적 규제를 통한 제도의 실효성 확보 방안을 마련하는 것이므로, 산업계에서 사용하고 있는 특정 포장 규격에 대응할 수 있는 제품 크기의 범위를 설정함으로써 과대포장이 되지 않도록 유도하는 방법을 제시하고자 하였다. 이 과정에서 특정 포장재 크기에 대한 제품 크기의 범위에서 있어서 포장공간비율 기준을 50%(P = 50%)로 적용할 경우, 상위값에서는 P = 50% 기준을 만족하지만 하위값에서는 P = 60% 이상을 차지하게 되어 부득이하게 과대포장이 유발된다. 이를 보완하기 위해 포장공간비율 P = 40%를 만족하는 기준으로 제품크기의 상위값과 하위값 범위를 설정함으로써 상호 상쇄되도록 설계하였다. 다시말해, Fig. 3에서 포장공간비율 P = 40%를 만족하는 포장재 크기 및 제품 크기의 추세 함수인  $y = 1.5273x$  (무시 가능한 값으로 소수점 이하 생략)를 활용하여, 포장재 크기( $y = A + B = 2A$ )의 간격을 100 mm로 정하고 함수

에 대입하여 대응하는 제품 크기값( $x = a + b + h = 3h$ )을 구하였다. 여기서 포장재 크기의 간격을 정하는 것은 절대적인 것이 아니라 포장 표준화를 위해 필요한 간격을 사회적·정책적·산업적 협의에 의해 직관적으로 조정될 수 있는데, 간격이 넓으면 제품크기의 중·하위값에서 과대포장의 경향이 높아질 것이고, 반면 간격이 좁아지면 포장재 크기의 종류가 많아져 포장 표준화의 의미가 퇴색될 것이다. 본 연구에서는 포장전문가, 소비자, 산업계 등과 협의하여 포장재 크기별 간격을 100 mm로 산출하였고, 현행 포장규칙에서 포장재 크기(가로+세로+높이) 600 mm이하는 포장공간비율 적용 제외 규정 등을 반영하여, Table 4에 나타낸 바와 같이 특정 포장재 크기에 대한 적정 제품 크기의 범위 산출하였고 제품 크기의 상위값은 P = 40%, 하위값은 P = 60% 수준을 가지게 된다. 실제로 산업계에서 다루어지는 다수의 제품은 궁극적으로 중간값에 수렴할 것이므로 하위값에서의 다소 부득이한 과대포장은 상위값의 충만포장으로 상쇄될 것으로 판단된다. 또한, 이를 통해 산업계에서 원만한 포장 규격 활용과 동시에 포장 표준화 유도 및 과대포장 방지효과를 기대할 수 있다.

반면에, Table 4를 유도하는 과정 중에 과대포장 관점에서 간과된 부분이 있는데, 제품 크기(a + b + h)를 표현할 때 동일한 크기에 있어서 치수의 변동에 따른 체적 변화(Table 1에서의 제품체적 변화 참조)를 없애고 이론적 추정식을 도출하기 위해 최대값(=정육면체, a = b = h)을 기준으로 유도하였다. 그러나 실제로는 세 변의 합이 동일한 제품일지라도 치수의 변화에 따라 제품체적이 달라지므로, 직육면체 형태의 제품에서는 포장공간비율 더 상승되는 현상이 발생하게 된다. 이러한 문제점은 앞서 서론 부분에서도 제기된 부분이므로, 이를 개선하는 방안으로 ‘포장 표준화’라는 거시적 관점에서 제품 크기의 다양한 변형 치수에 의한 체적 변화 및 포장공간비율 변화는 무시하는 것으로 제안하였다.

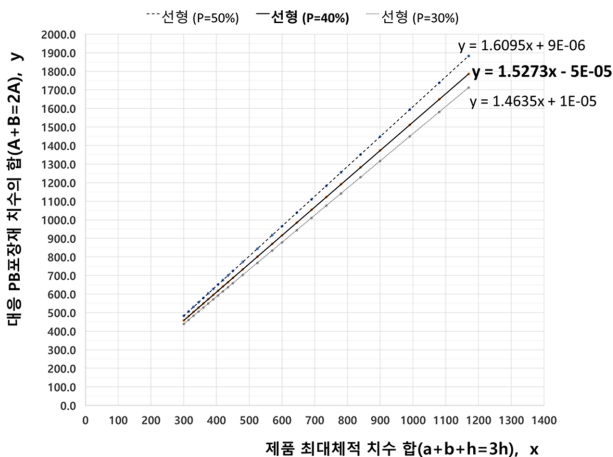


Fig. 3. Minimum PB packaging size estimation functions satisfying packaging space ratios of P = 50%, 40%, and 30% by product dimensions (a+b+h).

Table 4. Product size and optimal packaging size calculated based on a packaging space ratio of P = 40% (R = 1.0, y = 1.5273x)

제품크기(a + b + h) 범위 (mm)	PB 포장재 크기(A+B, R = 1.0) (mm)
400-460	700
460-530	800
530-590	900
590-660	1000
660-720	1100
720-790	1200
790-860	1300
860-920	1400
920-990	1500
...	...

다시말해, 포장 표준화 및 물류 표준화 등을 통해 얻을 수 있는 유통의 전과정에서의 환경적 이득을 고려해야 할 필요가 있기 때문이다.

**1.2. 산출된 최소 포장 치수(P=40% R=1.0)를 R=1.3 포장재 치수에 대응한 제품 크기로의 변환**

앞서 1.1항의 Table 4에서 산출된 제품 크기 수치는 포장재 가로 및 세로 치수 비율이 A:B=1:1, 즉 B/A=1 (R=1)일 기준으로 계산한 값이다. 그러나 실제 산업현장에서 사용하고 있는 연성 포장재 치수 비율은 R=1.3-1.6 사이에서 많이 사용되고 있다. 따라서, 실제 사용되고 있는 포장재의 치수 비율을 반영하여 제품 크기 범위를 재산출할 필요가 있으며, 이를 위해 여기서는 R=1.3을 적용하고자 한다. 왜냐하면, R값이 높을수록 동일한 포장기준 및 동일한 제품 크기에 대해 더 큰 포장재 사용이 가능하게 되므로, 폐기물 감량화를 고려하여 산업현장에서 쓰이는 연성 포장재 가로.세로 비율(R=A/B) 중 가급적 낮은 값을 적용하고자 하였다.

먼저, Table 3에 산출된 포장공간비율 P=40%에서의 제품 크기별 포장재 크기의 값들은 R=1.0으로 계산된 값들이므로 이 값들을 R=1.3 (A:B=1:1.3)로 적용하여 다시 포장공간비율을 산출하면, Table 5에 나타난 바와 같이 P'=36.6%(약 37%)가 된다. 이 경우 포장재 축소에 따른 제품의 봉입성 저하 등 산업계 현장 특성을 최대한 반영할 수 있도록 다시 P'=40%로 환산함으로써 정책과의 이해 충돌을 최소화하고자 하였다. 이를 위해 식 (5)로부터 포장공간비율 P=40%, A, B=1.3A, a=b=h 각각 대입하면 다음과 같다.

$$40 = \left(1 - \frac{h^3}{(A-h) \times (1.3A-h) \times h}\right) \times 100 \quad (9)$$

A 또는 h에 대해 정리하면,

$$0.75A^2 + 1.38hA - 0.4h^2 = 0 \quad (10)$$

이 방정식으로부터 근의 공식을 이용하여 다음과 같이 A 또는 h 값을 구할 수 있다.

$$A = \frac{-1.38h \pm \sqrt{(1.38h)^2 - 4 \times 0.78 \times (-0.4h^2)}}{2 \times 0.78} \quad (11)$$

$$h = \frac{-1.38A \pm \sqrt{(1.38A)^2 - 4 \times 0.4 \times (-0.78A^2)}}{2 \times 0.4} \quad (12)$$

여기서는 포장 표준화 도모를 위해 포장재 크기는 고정하고 제품의 크기를 조정하도록 식 (12)를 사용하였고, 포장재 가로.세로 비율 R=1.3 포장재를 적용하여 포장공간비율 P=40%를 만족하게 하는 최대 제품체적(=정육면체)의 치수 합(제품 크기, a'+b'+h'=3h')를 구하여 Table 6에 나타내었다.

Table 6에서 살펴보면, 포장재 치수 비율 R=1.0에서의 제품 크기(치수 합 = a + b + h = 3h)가 R=1.3에 대응하여 조정된 제품크기(a' + b' + h' = 3h')에 비해 약 1.5% 정도 감소되는 것을 확인 할 수 있고, 여기에 나타난 포장재 크기와 조정 산출된 최대 제품크기(a' + b' + h' = 3h') 값들로부터 추세선을 도출하여 Fig. 4와 같이 추정 가능한 조정 함수값을 도출하였다.

따라서, 최종적으로 이 추정 함수 즉, 제품 크기별(a + b + h) 포장공간비율 P=40%를 만족하는 최소 PB 포장재 (R=1.3) 크기 추정 함수 y=1.5508x (무시 가능한 값으로 소수점 이하 생략)를 활용하여, Table 7에 나타난 바와 같이 특정 포장재 크기에 대한 적정 제품 크기의 범위 산출하였다.

**2. 기존 포장공간비율 측정방법과 대체 방법(PB포장재 크기별 봉입 제품크기 제한법)의 동등성 및 유효성 비교 분석**

택배용 플라스틱 비닐 포장재의 현행 포장공간비율 측정 방법과 본 연구에서 제시한 포장 표준화를 고려한 'PB 포

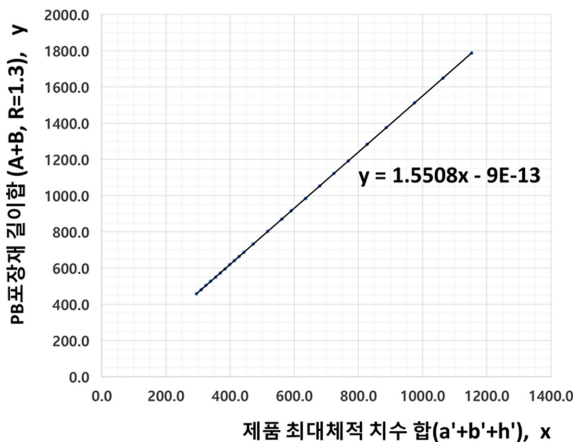
**Table 5.** Packaging space ratio when applying a dimension ratio of R=1.3 to the minimum packaging size( with R=1.0) meeting P=40%

제품 크기별 최대 체적(=정육면체) 치수 합 (a+b+h, by a=b=h) (mm)	포장공간비율 P=40%에 대한 최소 포장 크기 (A+B, by A=B, R=1.0) (mm)	동일 포장 크기에 대한 R=1.3 포장재 치수 (mm)		R=1.3을 적용한 포장공간비율 (P') (%)
	A+B	A'	B' (=1.3A')	1-V/C
300	458.2	199.2	259.0	36.6
330	504.0	219.1	284.9	36.6
360	549.8	239.1	310.8	36.6
390	595.7	259.0	336.7	36.6
420	641.5	278.9	362.6	36.6
...	...	...	...	...

**Table 6.** Sum of dimensions ( $a'+b'+h'=3h'$ ) of the maximum product volume (=cube) satisfying  $P'=40%$  at the same packaging size with  $R=1.3(A:B=1:1.3)$  based on the packaging space ratio  $P=36.6%$  calculated by product size in Table 5

제품 크기별 최대 체적 (=정육면체) 치수 합 ( $a+b+h$ , by $a=b=h$ ) (mm)	R=1.0, P=40% 최소 포장재 크기 (A+B, by A=B, R=1.0) (mm)	동일 크기에 대한 R=1.3 포장재 치수 및 크기 (mm)			R=1.3, P'=40%를 만족하는 최대 제품 크기 ( $a'+b'+h'$ , by $a'=b'=h'$ ) (mm)
	A+B	A'	B' (=1.3A')	A'+B'	3×h'
300	458.2	199.2	259.0	458.2	295.5
330	504.0	219.1	284.9	504.0	325.0
360	549.8	239.1	310.8	549.8	354.6
390	595.7	259.0	336.7	595.7	384.1
420	641.5	278.9	362.6	641.5	413.6
450	687.3	298.8	388.5	687.3	443.2
480	733.1	318.7	414.4	733.1	472.7
525	801.8	348.6	453.2	801.8	517.1
570	870.6	378.5	492.1	870.6	561.4
600	916.4	398.4	518.0	916.4	590.9
645	985.1	428.3	556.8	985.1	635.2
690	1053.9	458.2	595.7	1053.9	679.6
735	1122.6	488.1	634.5	1122.6	723.9
780	1191.3	518.0	673.4	1191.3	768.2
840	1283.0	557.8	725.1	1283.0	827.3
900	1374.6	597.7	776.9	1374.6	886.4
990	1512.1	657.4	854.6	1512.1	975.0
1080	1649.5	717.2	932.3	1649.5	1063.7
1170	1787.0	776.9	1010.0	1787.0	1152.3
...	...	...	...	...	...

< 포장재 가로 : 세로 비율 R=1.3 적용 & P=40% 변환 >



**Fig. 4.** Estimation function for the minimum PB packaging size (to R=1.3) satisfying a packaging space ratio of P = 40% by product dimensions ( $a + b + h$ ).

장재 크기별 봉입 제품 크기 제한범' 사이의 동등성 분석을 통해 실제 정책적 활용의 유효성을 검증하고자 하였다. 실제 사용 사례를 가정하여, Table 7로부터 특정 PB 포장

**Table 7.** Product size and optimal packaging size calculated based on a packaging space ratio of P = 40% ( $R = 1.3$ ,  $y = 1.5508x$ )

제품크기( $a+b+h$ ) 범위 (mm)	PB 포장재 크기(A+B, R=1.3) (mm)
320 초과-390 이하	600 이하
390 초과-450 이하	700 이하
450 초과-520 이하	800 이하
520 초과-580 이하	900 이하
580 초과-650 이하	1000 이하
650 초과-710 이하	1100 이하
710 초과-780 이하	1200 이하
780 초과-840 이하	1300 이하
840 초과-900 이하	1400 이하
900 초과-970 이하	1500 이하
...	...

재 크기(800 mm, R = 1.3)에 대하여 제품 크기를 상위값(520 mm), 중간값(485 mm), 하위값(450 mm)으로 구분하고, 다시 3가지 유형에서 제품체적을 a, b, h의 치수 변화에

따라 대형(정육면체,  $a=b=h$ ), 중형, 소형으로 구분한 후, 각각 수치를 대입하여 상호 포장공간비를 결과값을 확인함으로써 비교·분석하였다.

앞서 'PB 포장재 크기별 봉입 제품 크기 제한법'을 설계 시에 언급한 바와 같이 현행의 포장공간비율 기준 50%이하 준수를 원칙으로, 최대 제품 크기(대형)의 상위값은  $P=40\%$ , 하위값은  $P=60\%$ 으로 산출하였기에 이들은 상호 상쇄되는 수준을 확인할 수 있었다. 더욱이 제품의 수가 많아 질수록 궁극적으로는 중간값에 수렴할 것이므로 이는 기존  $P=50\%$  수준을 유지할 것으로 판단된다. 다만, 제품 크기의 범위에 있어서 상위값, 중간값, 하위값에 있는 각각의 제품들의 다양한 치수 변화(중형, 소형)에 따라 제품체적 감소 및 포장공간비율 산출값이 상승하여 현행 포장기준 ( $P=50\%$ )을 초과하는 결과를 보여주고 있다. 이는 기존에도 제기되었던 문제이며, 개선 방안 및 대체 방법 설계시 이미 '포장 표준화'를 통한 물류 효율화 및 환경부하 저감이라는 거시적 관점에서 제품 크기의 다양한 변형 치수에 의한 체적 변화 및 포장공간비율 변화는 무시하는 것으로 제안했던 사안이다. 그러므로, 제품크기 하위값에서의 소형 제품들이 현행 포장공간비율 기준을 초과할지라도, 궁극적으로는 포장 표준화 및 물류 표준화 등을 통해 실제 산업 현장에서 얻을 수 있는 유통의 전과정에서의 환경적 이득을 고려해야 할 필요가 있다.

추가적으로, Table 7은 앞서 언급했듯이 PB 포장재의 가로/세로 비율이  $R=1.3$ 을 기준으로 한 보수적 설계 및 산출값으로 대부분  $R=1.4$  이상이 많이 사용되고 있는 실제 산업계 현실을 반영하면,  $R=1.3$  일 때 보다 포장재 면적이 작아지므로 실제로는 추가적인 감량화 효과가 있을 수 있다.

## 고 찰

택배용 플라스틱 필름 포장재(PB, Plastic Bag)에 대한 기존 포장공간비율 측정 방법을 보완하고 대체하는 방법으

로 'PB 포장재 크기별 봉입 제품 크기 제한법'을 제안 (Table 7)하였고, 정책적 활용 가능성을 확인하였다. 기존 포장공간비율 및 포장 기준 적용 대체 방법으로서의 장점은 1) 기존 포장공간비율 산출식과 방법을 그대로 활용함으로써 규제의 일관성 유지, 2) 산업계에서의 규격화 포장 사용에 따른 다양한 치수 제품의 봉입에 의한 부득이한 과대포장을 방지, 3) 궁극적으로 산업계 정착이 되면 포장 표준화 유도는 물론 물류 효율화에도 기여할 것으로 판단된다.

유통 및 유품 산업계에서는 포장 자동화 공정이 적극적으로 도입되고 있는 상황에서, 택배용 PB 포장재에 제품 자동 봉입 및 자동 썰링 공정에서 발생하는 부득이한 포장 공간이나 면적을 고려할 필요가 있으므로, 향후 필요공간용적에 대해 추가적인 검토할 필요가 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 탄소중립 정책포털(<https://www.gihoo.or.kr/menu>), 탄소중립/온실가스 감축목표(NDC) & 온실가스 감축시책
2. Jae Young Oh, Mijin Lim et al., 2020, A Study on Adaptability of Returnable Transport Packagings in the Parcel Delivery Service by e-commerce, J. Korea Soc. Packaging Sci. & Tech. Vol. 26, No. 2 : 99-103.
3. 생활물류통계 년도별 생활물류실적, 국가물류통합정보센터 (<https://www.nlic.go.kr/nlic/parcelServiceLogistics.action>)
4. Jae Young Oh, Hyun Jun Jo et al., 2019, A Study on the Waste Reduction of Parcel Delivery Packaging, J. Korea Soc. Packaging Sci. & Tech. Vol. 25, No. 2 : 1-7.
5. 한국건설생활환경시험연구원, 2018, 과대포장 방지를 위한 실태조사 및 적정기준 마련 연구, 환경부.
6. 제품의 포장재질·포장방법에 관한기준 등에 관한 규칙, 2025, 법제처 법령정보센터.
7. 제품의 포장재질 및 포장방법에 대한 간이측정방법 [별표 3], 2025, 환경부 고시 제2025-165호.
8. 재활용 폐기물 종합관리 대책, 2018.05.10., 환경부.

투고: 2026.02.01 / 심사완료: 2026.04.21 / 게재확정: 2026.04.21