

## 물류센터에서 VNA 지게차로 대체시 경제성 분석모형

김태성 · 김초원 · 임석철<sup>†</sup>

아주대학교 산업공학과

### Economic Analysis Model for Substituting VNA Truck in Distribution Centers

Tae-Seong Kim · Cho-Won Kim · Suk-Chul Rim

Department of Industrial Engineering, Ajou University

VNA(Very Narrow Aisle) forklift trucks require narrower aisle width than traditional counter-balanced trucks do because only the fork assembly turns in the aisle instead of the entire body of the truck. Substituting the VNA trucks for the existing counter-balanced trucks will result in the significant increase of revenue due to the increased storage capacity in the distribution centers. In this study, we present an economic analysis model for the substitution, in which we present a closed-form equation for the number of racks to stay unmoved, while maximizing the additional storage capacity; and resulting payback period of the substitution. A case study shows the payback period of only 8.1 months, indicating that this substitution is very profitable.

**Keywords:** VNA forklift trucks, Aisle, Distribution Centers, Economic Analysis

#### 1. 서론

##### 1.1 연구의 배경

기업 경영의 글로벌화에 따라 공급사슬관리의 영향이 확대되고 있는 오늘날, 물류센터의 중요성도 점점 커지고 있다. 단순히 제품을 보관하는 역할만을 담당하던 과거의 물류창고와는 달리 오늘날의 물류센터는 제품의 분류, 재포장, 라벨링 등 다양한 고부가가치 업무를 수행하게 됨에 따라 그 역할이 확대되고 있다. 특히 제 3자 물류업(3PL)의 확대로 기업들은 자사의 재고를 3PL이 운영하는 창고에 보관하면서 수요에 따라 출하한다. 이에 따라 3PL들은 보관공간이 곧 수입(revenue)이기 때문에 보관시설(rack)의 공간 활용도를 극대화하고자 한다. 특히 우리나라와 같이 수도권에 경제활동이 집중된 경우에는 물류센터가 수도권에 밀집하면서 높은 지가에도 수지를 맞출 수 있도록 창고의 공간 활용도를 높여야만 한다.

물류창고에서의 공간 활용도에 가장 큰 영향을 주는 요인은

랙(rack)의 높이와 랙 사이의 통로(aisle) 폭이다. 신축 창고에서는 랙의 높이가 선택의 여지가 있지만 기존 창고건물 내에 있는 랙은 건물 천장에 의해 랙의 높이가 제한된 상태이기 때문에 본 연구에서는 랙 사이의 통로 폭만을 다루고자 한다.

현재 대부분의 물류창고에서 사용중인 카운터 밸런스(counter-balanced)형 지게차는 <Table 1>에서 보듯이 포크 쪽의 하중을 지탱하기 위해 뒷부분이 커서 통로 내에서 지게차가 작업하기 위해 약 3.5~4미터 정도의 통로 폭이 필요하다. 한 쌍의(paired) 랙의 폭이 2.2미터 정도인 것을 감안할 때 보관지역 면적의 약 61~65%를 통로로 사용하고 있는 셈이다. 그러나 VNA 지게차를 사용하면 현재의 통로 폭을 30~40% 정도 줄일 수 있으며, 그 결과 새로 생긴 공간에 랙을 추가 설치하여 수익을 증가시킬 수 있다.

외국의 사례로서 영국의 Maidstone 지역 유통센터인 Blue print는 기존의 넓은 통로 폭 시스템에서 3방향 지게차를 도입하여 통로 폭을 2.1m로 줄임으로써 10,500평방피트의 보관지역에서 공간 활용도를 크게 개선하였다. 또한 영국에서 단일



본 연구에 많은 협조를 제공하신 CJ GLS 신덕평 물류센터 오병직님과 윤성채님께 감사드립니다.

<sup>†</sup> 연락저자 : 임석철 교수, 443-749) 경기도 수원시 영통구 원천동 산5 아주대학교 산업공학과, Tel : 031-219-2424, Fax : 031-219-1610,

E-mail : scrim@ajou.ac.kr

2012년 10월 4일 접수; 2012년 11월 26일 수정본 접수; 2012년 12월 7일 게재 확정.

Table 1. Comparison between counter-balanced and VNA lift truck

	Counter-balanced	Very-Narrow-Aisle
Configuration		
Weight	2000(kg)	2000(kg)
Minimum aisle width	3.3(meters)	1.6~2.1(meters)
Horizontal speed(loaded/empty)	10.2/10.4(km/h)	8.0/8.5(km/h)
Vertical speed(loaded/empty)	0.26/0.4(m/sec)	0.35/0.46(m/sec)
Highest reach	7meters	10.2meters

소매업체 중 가장 큰 면적(375,000평방피트)을 자랑하는 99p Stores에서는 11개의 VNA 지게차를 운영하여 일주일에 약 52,000개의 팔레트를 출고하는데 매우 효율적으로 VNA 지게차를 사용하고 있다. 본 연구에서는 기존 카운터 밸런스형 지게차를 사용하고 있는 물류창고에서 VNA 지게차로 전환시의 경제성 분석모형을 제시하고, 사례연구를 통하여 경제성 모형의 유용성을 보이고자 한다.

## 1.2 VNA 지게차의 특성

VNA 지게차는 <Table 1>에서 보듯이 포크 뭉치만이 회전하면서 (이 때문에 3방향 지게차라고도 부름) 랙으로부터 팔레트단위의 물품을 적재 또는 반출하기 때문에 통로의 폭은 VNA 지게차의 폭보다 조금 넓은 2미터 내외면 된다. 기존 카운터 밸런스 지게차와 비교할 때 하중은 동일하고 주행속도는 약간 느리다. 그러나 짐을 들어 올리는 인상속도는 더 빠르고, 특히 최대인상높이가 높아 고층 랙 운영이 가능한 장점이 있다.

## 1.3 VNA 지게차 도입의 장애

이러한 장점에도 불구하고 현재 우리나라에는 VNA 지게차가 거의 도입되지 않았는데, 물류현장 인력과 인터뷰 결과 그 이유로는 1) VNA 지게차의 인지도가 낮고, 2) 조작성이 어렵거나 작업속도가 느리다는 선입관이 있으며, 3) 구매가가 비싸고 기존 랙을 재배치하는 비용 부담 등으로 요약된다. 실제 물류현장을 방문해 본 결과, 의외로 VNA 지게차의 존재 자체를 모르는 현장 직원들이 많았는데 이는 처음에 창고 설계시 지게차를 포함한 다양한 물류장비에 대한 폭넓은 연구가 없었기 때문으로 보인다. 그러나 위 2)와 3)의 경우, 즉 VNA 지게차의 존재를 알고 있는 경우에도 생산성 저하에 대한 우려와 초기 투자비용이 클 것이라는 막연한 판단으로 VNA 지게차 도입에 부정적인 생각을 가지고 있었다.

그러나 VNA 지게차를 사용중인 물류센터를 방문하여 실측한 결과 생산성에는 차이가 없다는 점을 확인하였다. 또한 투자비용에 대해서는 초기에는 수입 VNA 지게차의 구매가격이 약 1억 원에 이르렀으나 당시 환율 등의 영향도 컸으며, 이후 가격은 6천만 원대까지 하락하였고, 내년부터 국산제품이 나오면 가격은 더 하락할 것으로 예상된다. 더욱 중요한 점은 만일 VNA 지게차로 전환한다면 추가적인 저장공간 발생에 따른 수익 증가와 랙 재배치 비용 등에 대한 추정이 어려워져 현업에서는 VNA 지게차로의 전환을 고려하지 않고 있는 현실이다. 이에 본 연구에서는 현재 카운터 밸런스형 지게차를 사용중인 물류센터에서 만일 지게차를 VNA 지게차로 교체하는 경우에 발생할 추가적인 수익 증가와 랙 재배치 비용 등을 포함하는 총 투자비용을 종합적으로 검토하여 그 경제성을 판단할 수 있는 모형을 제시하고자 한다.

## 1.4 관련 연구

기존 지게차를 VNA 지게차로 교체시 경제성 분석에 대한 직접적인 연구는 보고된 바가 없는 것으로 보인다. 그러나 이와 관련된 연구논문들을 요약하면 다음과 같다. Kim *et al.*(2010)은 물류현장에서 사용되고 있는 카운터 밸런스, 리치(reach), VNA 등 세 종류의 지게차에 대하여 각각 적합한 표준 통로폭 산정기준을 도출하였다. Hong *et al.*(2012)은 오더 픽킹에서 픽커들의 막힘(blocking)현상을 줄임으로써 총 반출시간을 5~15% 단축할 수 있는 주문 묶음(batching) 및 순서결정(sequencing) 절차를 제시하였다. 이 방법은 특히 픽커들의 막힘이 많은 좁은 통로의 경우에 더 효과적이다. Raymond(1985)는 카운터밸런스 지게차의 직각 적재 통로 폭에 대해 제시하였으나 VNA형 지게차는 산정기준을 제시하지 않았다. Rouwenhorst *et al.*(2000)은 보관시설의 설계를 전략적, 기술적, 운영적 수준으로 구분하여 제시하였으며, 처리량(throughput)과 같은 성능을 향상시키는 랙의 배열 및 AS/RS, 캐로젤(carousel) 시스템 같은 자동

화 시스템의 설계를 주로 다루었으나 통로 폭에 대한 구체적인 산정기준에 대한 논의는 없다. Tompkins and Smith(1998)도 보관시설 내 공간 및 Layout들을 결정하기 위해 필요한 고려사항들을 다루고 있으나 구체적인 통로 폭 산정방식은 다루지 않았다.

## 2. VNA 대체 효율성 모형

본 장에서는 VNA 지게차로 교체하는 경우 기존 랙을 재배치하여 통로 폭을 줄임으로써 저장용량이 얼마나 증가할 수 있는지, 그리고 기존 랙을 재배치할 때 현재 위치에서 이동하지 않아도 되는 랙이 몇 개나 되는지 등을 산정하는 모델을 제시한다. 이들은 다음 장에서 논의할 경제성 모형의 주요 입력자료가 된다. <Table 1>에서 보듯이 VNA 지게차는 카운터 밸런스형 지게차에 비해 일반적으로 최대 인상높이가 높기 때문에 고층랙(high rack) 작업으로 인한 보관용량 상승도 있을 수 있지만, 일반적으로 랙의 최대 높이는 기존 창고건물의 높이에 따라 결정되는 경우가 많기 때문에 본 연구에서는 통로 폭 감소로 인한 효과만을 고려한다.

### 2.1 보관용량 증가

본 절에서는 물류센터의 기존 랙을 VNA 지게차에 적합하도록 통로 폭을 좁혀 랙을 재배치한다면 기존의 보관면적으로부터 최대 몇%나 보관용량(즉 선반의 Cell 수)이 증가할 수 있는지를 알아본다. 가정사항으로는 (1) 랙은 <Figure 1>과 같이 한 쌍의(paired) 랙이 등을 마주대고 서있는 형상이며, 직사각형의 보관지역의 양쪽 끝면은 뒷면이 벽으로 차단된 한쪽(one-sided) 랙으로 구성된다. (2) 기존의 보관지역만을 VNA형 랙으로 재구성한다.

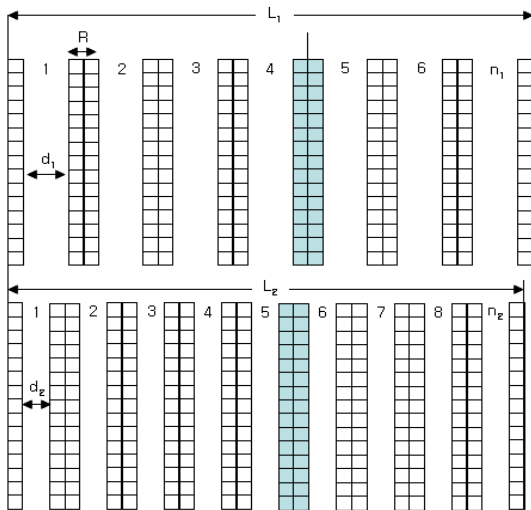


Figure 1. Redesigning existing racks with 7 aisles to 9 aisles for VNA truck

<Figure 1>에서 보듯이 기존 배치와 VNA 배치에서 통로의 수를 각각  $n_1, n_2$ 로, 통로의 폭을 각각  $d_1, d_2$ 로, 보관지역의 폭을 각각  $L_1, L_2$ 로, 그리고 한 쌍의 선반의 폭을  $R$ 로 표시하자. 그러면  $L_1 = n_1(d_1+R), L_2 = n_2(d_2+R)$ 이다. 새로운 VNA 배치는 기존 보관지역의 폭을 초과하지 않아야 하므로  $L_1 \geq L_2$ , 즉  $n_1(d_1+R) \geq n_2(d_2+R)$ 에서  $n_2 \leq n_1(d_1+R)/(d_2+R)$ 이고  $n_2$ 는 정수이므로

$$n_2 = \lfloor n_1(d_1+R)/(d_2+R) \rfloor \quad (1)$$

이다. 여기서  $\lfloor k \rfloor$ 는  $k$ 보다 크지 않은 최대 정수를 의미한다. 따라서 VNA 배치로 대체함에 따라 추가될 수 있는 통로(랙)의 최대 수( $K$ )는 식 (2)과 같고, 그 결과 보관용량의 증가율( $\delta$ )은 식 (3)과 같다.

$$K = n_2 - n_1 \quad (2)$$

$$\delta = (K/n_1) \times 100(\%) \quad (3)$$

<예제 1>

$n_1 = 7$ 개,  $d_1 = 3.4m, d_2 = 2.1m, R = 2.0m$ 일 때  $n_2 = \lfloor 9.22 \rfloor = 9, K = 9 - 7 = 2$ 개이며, 보관용량의 증가율  $\delta = 28.6\%$ 로서 3PL의 고객 수요가 충분한 경우 이는 곧 물류센터의 수입(revenue)이 28.6% 증가함을 의미한다고 볼 수 있다. 기존 통로의 수가 많을수록, 그리고 기존 통로폭에 비해 VNA 통로폭이 작을수록 수입증가 효과는 커진다.

### 2.2 랙 재배치 소요

기존의 랙들을 VNA형으로 재배치하려면 기 설치된 랙을 분해하여 다시 적절한 위치에 설치 및 조립해야 하며, 이 비용 부담 때문에 VNA로의 대체를 꺼리는 경우가 많다. 그러나 이러한 랙 재배치 소요비용을 조사해 본 결과 추가용량에 따른 수입 증가에 비하면 충분히 경제성이 있는 것으로 나타났다. 특히 기존의 랙 배치를 VNA형으로 재배치할 때 기존의 랙을 모두 조금씩 이동하는 대신에 중간에 위치한 일부 랙들은 이동하지 않고 현 위치에서 그대로 활용함으로써 재배치 비용을 일부 줄일 수 있다. 본 절에서는 이처럼 이동하지 않아도 되는 랙(이하 '비이동(staying) 랙')의 수를 산정하는 모델을 제시한다.

<Figure 2>의 상단에 보인 기존 랙 배치에서 좌로부터  $m$ 번째 쌍랙(즉  $m$ 번째 통로의 우측에 위치한 paired rack)이 VNA 배치에서 그 좌측에 하나의 쌍랙이 등간격으로 추가 배치되면 서도 위치가 이동하지 않는 첫 번째 비이동 쌍랙이라고 하자.  $m$ 번째 쌍랙의 중심선까지의 거리를  $X_m$ 으로 표시하면  $X_m = m(d_1+R)$ 이며, VNA 배치에서는 통로가 하나 추가되므로  $(m+1)(d_2+R) \leq X_m$ 이 되어야 한다. 또  $m$ 는 정수이므로

$$m = \lceil (d_2+R)/(d_1-d_2) \rceil \quad (4)$$

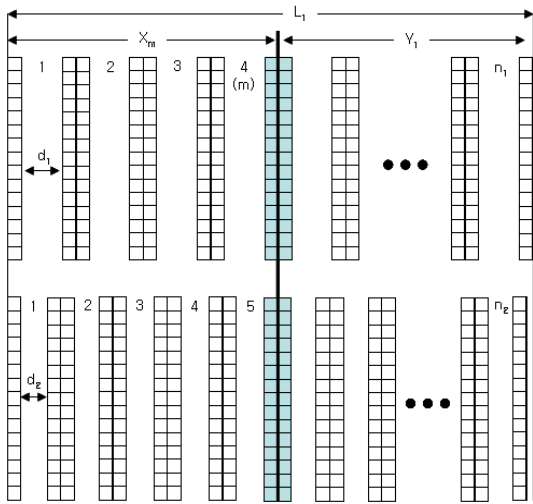


Figure 2. Counting the number of staying racks

이다. 여기서  $\lceil k \rceil$ 는  $k$ 보다 작지 않은 최소 정수를 의미한다. 뿐만 아니라 나머지 폭( $Y_1 = L_1 - X_m$ )에  $n_2 - (m+1)$ 개의 통로와 랙이 배치될 수 있어야 하므로  $Y_1 = (n_1 - m)(d_1 + R) \geq (n_2 - m - 1)(d_2 + R)$ 이 만족되어야만  $m$ 번째 paired rack이 이동하지 않아도 되는 첫 번째 paired rack이 될 수 있다. 즉 식 (5)의  $Z_1$  값이 비음수이어야 한다.

$$Z_1 = (n_1 - m)(d_1 + R) - (n_2 - m - 1)(d_2 + R) \quad (5)$$

주어진 모수들에 대하여 VNA형 재배치를 하면 몇 개의 통로가 추가될 수 있는지를 closed-form 수식으로 표현해 보자. 여기서 주의할 점은 식 (1)에서는 모든 랙이 조금씩 움직인다는 전제하에  $K$ 개의 랙이 추가될 수 있다고 산정하였지만, <Figure 1>에서 만일 기존 배치의 4번째 쌍랙이 첫 번째 비이동 랙이라면 <Figure 2>의 하단에서 보듯이 VNA 배치의 5번째 쌍랙의 위치가 기존 배치의 4번째 쌍랙의 위치와 일치하기 위해 우측으로 약간 이동하면서 남은 우측 공간을 잠식하기 때문에  $(n_2 - m - 1)$ 개의 통로가 나머지 우측 공간에 배치될 수 있는지를 확인해야만 한다. 따라서 최대 추가 통로 수( $K$ )를 유지하면서 비이동 랙의 최대 수( $Q$ )를 결정하는 수식을 유도하기 위해 먼저 다음과 같은 반복적(iterative) 알고리즘을 사용하여 결과를 분석해 보자.

알고리즘

```

Read n1, n2, d1, d2, R
Set Q = 0
m = ⌈(d2+R)/(d1-d2)⌉
100 Z = (n1-m)(d1+R) - (n2-m-1)(d2+R)
If Z ≥ 0,
    Q = Q+1
    n1 = n1-m
    n2 = n2-(m+1)
    
```

go to 100  
else stop.

<예제 2>

폭이 2.0미터인 쌍랙을 사용하여 폭이 3.6미터인 통로 17개로 구성된 기존 랙 배치를 통로 폭이 2.1미터인 VNA형으로 재배치하는 경우를 생각해 보자.  $R = 2.0$ ,  $n_1 = 17$ ,  $d_1 = 3.6$ ,  $d_2 = 2.1$ 이다. 그러면 VNA형 재배치시 최대 통로 수는 식 (1)로부터  $n_2 = \lfloor 23.22 \rfloor = 23$ 개이며, 좌로부터 첫 번째 비이동 랙은 식 (4)로부터  $m = \lceil 2.73 \rceil = 3$ 이다. 알고리즘의 단계별 연산 결과는 <Table 2>와 같으며, 비이동 랙의 총 수는  $Q = 2$ 개이다.  $m = 3$ 이므로 기존 랙의 3개마다 하나씩 비이동 랙이라고 판단한다면 기존 17개 랙 중 5개가 비이동 랙이라고 잘못 판단할 수 있으나 실제로는 이 중에서 좌측의 첫 2개만이 비이동 랙에 해당함을 알 수 있다.

Table 2. Variable values of example 2

iteration	$Z_1$	$Q$	$n_1$	$n_2$
0	...	0	17	23
1	0.5	1	14	19
2	0.1	2	11	15
3	-0.3	...	...	...

<Table 2>에서  $Z$ 값이  $Z_1 = 0.5$ 로부터 시작하여  $\Delta = 0.4$ 씩 규칙적으로 감소하는 것을 이용하면  $Q$  값은 식 (5)와 식 (6)을 사용하여 식 (7)과 같은 수식으로 표현된다.

$$\Delta = m(d_1 + R) - (m + 1)(d_2 + R) \quad (6)$$

$$Q = \lfloor Z_1 / \Delta \rfloor + 1 \quad (7)$$

만일 최대 추가 통로 수( $K$ )를 유지하는 대신 이를 약간 희생한다면 비이동 랙의 최대 수( $Q$ )는 증가할 수 있다. 예를 들어 예제 2에서 좌로부터 매 4번째 쌍랙을 비이동 랙으로 지정한다면 비이동 쌍랙은 4개로 증가하겠지만, 총 통로수는 23개가 아닌  $4 \times 5 + 1 = 21$ 개로 줄어든다. 통로(즉, 선반) 1개를 추가하는 이익은 선반 1쌍을 이동배치하는 1회적 비용에 비해 훨씬 크기 때문에 최대 추가 통로 수( $K$ )를 희생하는 대안은 고려할 필요가 없다.

3. VNA 대체 경제성 모형

본 장에서는 기존의 카운터 발란스형 지게차를 VNA 지게차로 대체하고 보관 랙도 좁은 간격으로 재배치하는 대안이 경제적 타당성을 갖는지를 분석하는 모형을 제시한다. 이를 위해서는 이 대안의 비용과 이익을 정량적으로 도출해야 한다. 먼저 비용은 초기투자비용과 운영비용으로 구분할 수 있다. 초기투자

비용으로는 (1) VNA 지게차 구입비 : VNA 지게차를 구입하는 경우 구입비 투자액은 (VNA 지게차 총 구입비-기존 지게차 총 매각액)이 된다. 지게차를 임대 사용하는 경우에는 초기투자 비용이 아닌 운영비로 계상해야 한다. (2) 랙 재배치 비용: 랙을 좁은 간격으로 재배치하기 위해 기존 랙을 분해, 이동, 설치하고 보관물품을 일시적으로 불출 및 재배치된 랙에 다시 저장하는 비용, (3) 추가 랙 설치비용: 기존 랙의 재배치 결과로 생긴 공간에 랙을 추가로 설치하는 비용 등을 고려해야 한다.

운영비용으로는 (1) 지게차를 임대 사용하는 경우 카운터 밸런스형 지게차에 비해 비싼 VNA 지게차 임대 총 추가비용과 (2) 운영유지비 증가분: 지게차 유지보수 비용 및 증가한 랙에 대한 추가 인건비 및 유지보수비 등을 고려해야 한다. 고객의 수요가 충분한 경우에 3PL의 수입(revenue)은 일반적으로 보관 용량에 비례한다고 볼 수 있기 때문에 식 (3)의 보관용량 증가율( $\delta$ )에 해당하는 수입의 증가가 있다고 본다.

본 투자대안에 대한 순현재가(Net Present Value)는 식 (8)과 같다. 여기서  $t$ 는 시간(년)이고,  $N$ 은 투자대안의 생애기간,  $r$ 은 년 최저기대수익율(MARR : Minimum Attractive Rate of Return),  $A$ 는 매년 추가수입-추가 운영비, 그리고  $C$ 는 초기투자비용이다 (Ham, 2003).

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{A}{(1+r)^t} - C \quad (8)$$

식 (8)의 NPV 값이 양수이면 이 교체 프로젝트는 경제적 타당성이 있다. 그러나 현업에서 보다 직관적으로 투자 타당성을 판정하는 기준은 투자회수기간(Payback Period)으로서, 초기투자비 대비 기간당 순이익으로 표시된다.

#### 4. 사례 분석

국내 대형 물류업체인 A사의 경우 현행 랙의 배치는 <Figure 1>과 같고, 28개 통로를 가지고 있으며, 랙 간격은 카운터 발란스형 지게차의 회전 반경을 고려하여 3.3m이다. VNA 지게차를 도입하면 통로 폭을 1.8m로 줄일 수 있다. 랙의 폭은 한 쌍이 2.2m, 길이는 30cell, 높이는 4단이다. 현재 사용 중인 14대의 카운터 발란스형 지게차를 VNA 지게차로 대체하면 유지보수비를 포함한 월 임대료가 대당 85만 원 증가한다. 신규로 임대하는 VNA 지게차는 월 임대료가 150만 원과 기사 인건비 월 175만 원이 추가로 소요된다. 랙의 재배치 비용은 보관중인 물품의 핸들링 비용을 포함하여 27,000원/cell이며, 랙을 추가로 설치하는 비용은 59,000원/cell이다. 팔렛(cell)당 보관료 수입은 월 27,000원이다.

제 2장에서 제시한 모델에 따라  $n_1 = 28$ ,  $d_1 = 3.3$ ,  $d_2 = 1.8$ ,  $R = 2.2$ 이며 식 (1)~식 (4)로부터  $n_2 = 38$ ,  $K = 10$ , 보관용량의 증가는  $\delta = 35.7\%$ ,  $m = 3$ 이다. 제 2장의 알고리즘을 적용하면 <Table

3>과 같이 비이동 랙 수( $Q$ )는 4개이며 이들은 좌로부터 3, 6, 9, 12번째 쌍랙이다. 동일한 결과가 식 (5)~식 (7)로부터  $Z_1 = 1.5$ ,  $\Delta = 0.5$ ,  $Q = \lfloor 3 \rfloor + 1 = 4$ 로 얻어진다. 나머지 24개 랙은 이동 배치되어야 하고, 신규로 10개의 쌍랙이 통로 폭 1.8m로 추가 설치될 수 있다.

Table 3. Variable values of the case study

iteration	Z	Q	$n_1$	$n_2$
0	...	0	28	38
1	1.5	1	25	34
2	1	2	22	30
3	0.5	3	19	26
4	0	4	16	22

초기투자비용은 랙 재배치 비용 24쌍 $\times$ 2 $\times$ 30cell $\times$ 4단 $\times$ 27,000원 = 15,552만 원, 추가 랙 설치비용 10쌍 $\times$ 2 $\times$ 30cell $\times$ 4단 $\times$ 59,000원 = 14,160만 원 등 총 29,712만 원이다. 비이동 랙 4개를 통해 절감된 재배치 비용은 4쌍 $\times$ 2 $\times$ 30cell $\times$ 4단 $\times$ 27,000원 = 2,592만 원에 달한다.

월 추가수입은 증가된 보관용량의 보관료 10통로 $\times$ 2 $\times$ 30cell $\times$ 4단 $\times$ 27,000원 = 6,480만 원이다. 기존 지게차와 VNA 지게차의 처리능력에 차이가 없다고 가정하면 신규로 38/2-14 = 5대가 필요하므로 지게차 임대료의 월 추가비용은 85만 $\times$ 14대+(150+175)만 $\times$ 5대 = 2,815만 원이다. 따라서 월 순익(profit)은 3,665만 원이 되고, 투자회수기간은 29,712만 원/(3,665만 원/월) = 8.1개월로서 수익성이 매우 좋은 투자대안이다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 기존의 물류센터에서 주로 사용하는 카운터 밸런스형 지게차가 보관 랙(rack)으로부터 물품을 불출 또는 적재하기 위해 통로의 폭이 3.5미터 정도로 매우 크게 설정되어 있어 그 결과 보관지역의 공간 활용률이 낮은 것을 개선하는 대안으로서 VNA(Very Narrow Aisle) 지게차로 교체하면서 통로 폭을 2미터 내외로 대폭 줄이는 방안에 대하여 경제성을 판단할 수 있는 모델을 제시하였다. 고객의 수요가 충분히 있는 대형 물류센터의 사례를 통해 투자회수기간이 8.1개월에 불과하여 매우 수익성이 높은 대안이라고 판단된다. 본 연구에서 제시한 수식을 Excel 등의 스프레드시트에 구현하면 다양한 모수값에 대하여 투자회수기간을 즉각적으로 쉽게 구할 수 있어서 투자결정에 유용한 의사결정 지원 시스템이 될 것이다.

지가(地價)가 비싼 우리나라의 수도권 물류창고에서는 VNA 지게차를 사용하여 공간 활용도를 극대화하는 것이 경제적 타당성이 있는 것으로 보인다. 또한 물류 현장에서 우려하는 VNA 지게차 구매 투자비 또는 임대비 부담은 향후 국산 제품이 출시되면 수입제품에 의존하고 있는 현재보다 가격이 상당

히 하락할 것으로 전망된다. 지게차를 VNA형 지게차로 교체하는 경우 물류 현장에서는 지게차 기사의 작업 생산성이 종전에 비해 저하되지 않도록 교육훈련이 필요하다.

## 참고문헌

- Hahm, H. J. (2003), *Engineering Economy*, Dong-Hyun Press.
- Hong, S., Johnson, A. L., and Peters, B. A. (2012), Batch picking in narrow-aisle order picking systems with consideration for picker blocking, *European Journal of Operational Research*, **221**(3), 557-570.
- Kim, Y.-J., Lee, S., Kim, K.-T., and Kwon, Y.-J. (2010), Study on Aisle Width for Forklift Truck in Warehouse, *KOREA LOGISTICS REVIEW*, **20**(5), 175-200.
- Raymond, A. K. (1985), *Materials Handling Handbook*, John Wiley and Sons, 223.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stochrahm, B., Van Houtum, G. J., Mantel, R. J., and Zijm, W. H. M. (2000), Warehouse design and control: Framework and literature review, *European Journal of Operational Research*, **122**, 515-533.
- Tompkins, J. A. and Smith, J. D. (1998), *The warehouse management handbook*, Tompkins Press.