

제품 다양화와 제품 차별화 지연 생산의 조화

이 호 창*

Coordination of Product Variety and Delayed Product Differentiation

Hochang Lee*

■ Abstract ■

One of challenging issues of market oriented manufacturing organization is product proliferation. However, increasing product variety not only incurs additional direct and indirect production cost, but also aggravates production system performance such as inventory level, customer lead time and fill rate. Recently, as one of the most beneficial strategic choices to manage the risks associated with product variety and uncertain sales, special attention is focused on the product/process redesign to delayed product differentiation. In this paper, we develop an analytical model to demonstrate the existence of an optimal level of product differentiation, which can be used to provide theoretical basis in establishing market oriented SCM strategy.

Keyword : Product Variety, Delayed Product Differentiation, SCM, Product Proliferation, Market Oriented Manufacturing Organization

1. 서 론

시장중심(market oriented)의 기업은 고객만족을 목표로 시장의 요구를 모니터링하며 고객가치(customer value)를 극대화하기 위해 기업의 내부 프로

세스를 능동적으로 변화시킨다. Day[4]는 시장중심의 기업에게 요구되는 기업 프로세스를 세 가지로 분류하고 있다. 첫째, 시장 및 기술동향 파악, 고객과의 신뢰관계 구축, 유통채널 확보 등과 같이 시장의 수요 및 환경 변화에 대응하는 외적(external,

outside-in) 프로세스, 둘째, 물류관리, 생산관리, 인사조직관리, R&D, 재무관리 등과 같이 기업 내부의 역량에 해당하는 내적(internal, inside-out) 프로세스, 셋째, 납기만족, 구매 및 가격 책정, 신제품 개발, 전략수립 등과 같이 내부 프로세스와 외부 프로세스를 연결, 통합 조정하는 연결(spanning) 프로세스가 그것이다. 이러한 측면에서 볼 때, 외적 프로세스를 통해 시장의 변화를 감지하고 이에 소비자 만족을 극대화하는 제품생산을 위해 기업 내부의 역량을 효과적으로 발휘하게 하는 연결 프로세스가 시장 중심 기업이 갖추어야 할 제일 요건이라고 볼 수 있다.

최근 들어 다양한 소비자의 기호와 짧아진 제품 주기(product life cycle)로 특징 지워지는 소비자 중심의 시장은 기업으로 하여금 더욱 다양한 제품의 생산을 요구하고 있다. 그러나 생산 제품의 다양화는 직간접 생산비, 재고유지비, 수송유통비 등 공급사슬의 전 영역에 걸쳐 예외 없이 추가비용을 발생시킬 뿐만 아니라 수급의 불일치, 납기 지연, 재고량 증가 등 생산시스템의 성과에도 막대한 영향을 미치며 기업의 생존까지 위협한다.

고객의 다양한 수요를 만족시키기 위해 생산 제품의 다양화가 필수 조건이지만, 각 모델 별 개별 수요의 변동성(variability) 때문에 수급의 불일치가 항상 발생하게 된다. 이러한 수요의 변동성에 대처하여 공급사슬의 이윤을 극대화하기 위한 물류관리 방안들은 ① 사전(proactive) 관리 방안, ② 사후(reactive) 관리 방안으로 분류될 수 있다. 사전 관리 방안으로는 비수기의 판촉활동을 통해 수요의 변동성을 줄인다거나, 유통경로를 단축하여 공급시간을 줄이는 등 수요와 공급의 변동성을 사전에 적극적으로 관리하는 방법을 들 수 있다. 사후 관리 방안은 제품의 설계나 공정을 변화시켜 주어진 수요의 변동성에 공급을 맞추는 방식으로 제품대체(substitution), 전문화(specialization), 유통의 중앙집중화(centralization) 등을 예로 들 수 있으며, 제품 차별화 지연(postponement, delayed product differentiation) 생산도 이 범주에 포함된다.

제품 차별화 지연 생산은 생산과정 중 최종 제품화 공정을 가능한 생산 공정의 뒷부분으로 미룸으로써, 다양한 최종제품으로의 완성 시점을 지연하는 생산 방식이다. 다양한 제품으로 분화되기 이전에 공통의 재공품이 통합(pooling) 사용됨으로써 수요의 불확정성이 감소될 뿐만 아니라 제품의 완성 시점이 뒤로 미루어지는 동안 각 제품별 수요의 불확정성도 해소될 수 있다. 즉 최종 제품의 종류, 최종 수요처, 최종 수요 및 시점이 확정적으로 결정되는 마지막 순간까지 제품의 차별화 공정을 미룰 수 있다면 다품종 생산으로 인해 발생하는 재고증가, 납기 지연, 품질률증가 등과 같은 공급사슬의 각종 비경제적 요인들을 줄일 수 있다(제품차별화 지연 생산의 경제적 가치를 정량화한 기존의 연구결과와는 이호창[1]을 참조).

최근 소비자 중심의 시장상황 하에서 다품종 생산을 위한 부분적인 해결방안으로서, 제품 차별화 지연 생산에 학계와 산업계의 관심이 집중되고 있으며, 몇몇의 경우에 그 효과가 입증되고 있다. 대표적인 성공 예로는 HP 프린터[14]와 베네통 스웨터[9]를 들 수 있다. HP는 제품차별화 시점을 지연하여 수급을 맞추도록 유통채널을 포함한 생산 기반시설(production infrastructure)을 개편하였으며, Motorola는 고가의 부품을 장착시키는 고객 차별화 시점을 뒤로 미루기 위하여 생산공정을 재구성하였다. 그러나 제품 차별화 지연 생산은 차별화 공정을 지연하기 위해 수반되는 제품의 표준화, 공정의 모듈화 또는 공정의 재 정렬 때문에 추가적 생산비용을 유발하기도 한다[13]. 즉 제품이나 공정의 재 디자인 때문에 생산 관련 직접비용을 증가시킬 뿐만 아니라, 생산기반시설과 인력을 포함한 생산자원의 이용률에 영향을 주게 되고, 이는 생산 및 유통과정에 변화를 초래하여 간접비용을 증가시킨다. 따라서 기업의 입장에서는 제품의 다양화와 제품 차별화 지연 생산 간의 경제적 득실을 규명함으로써 적절한 생산제품의 종류와 상품구색(product variety)을 정하는 일이 매우 중요한 의사결정 문제가 된다.

이 글은 흔히 제품의 고객화(product custom-

ization)로 대변되는 제품 다양화와 이러한 다품종 생산을 가능케 하는 제품 차별화 지연 생산 간의 경제적 관계를 정량화 함으로써, 시장 중심의 공급 사슬관리 전략 수립에 관한 이론적 토대를 제공한다. Day[4]에 의한 시장중심의 공급사슬전략 측면에서 볼 때, 고객화(customization)를 위한 기업의 능동적 전략 수립은 외적 역량이고, 이러한 고객화 생산을 부분적으로 가능하게 하는 제품차별화 지연 생산은 내적 역량이며, 적절한 상품구색 결정과 그에 따른 생산시스템의 구축 및 운용 전략은 기업의 연결 역량이라고 볼 수 있다. 따라서 제품 다양화와 제품차별화 지연생산 간의 경제적 관계 분석은 시장중심 기업의 연결 역량(spanning capability) 구축에 기초가 되는 연구이다.

2. 제품 다양화의 경제성

제품 고객화는 일반적으로 제품의 종류 자체를 다양화 하거나 개별제품에 있어서 그 기능이나 옵션 및 사양을 다양화함으로써 고객에게 제품 선택의 폭을 넓게 제공하는 것을 말한다. 엄밀한 의미에서 제품 고객화는 제품을 고객의 취향에 맞도록 제공한다는 의미이므로, 제품 다양화는 제품 고객화의 한 방안일 뿐이다. 따라서 Hoffman and Kahn [10]은 제품 다양화가 목적이 아니고 고객화가 목적이라면 대안을 중심으로 제품구색을 복잡하게 만드는 것 보다 오히려 단순화하고 이에 다양한 제품 속성(attribute)에 관한 정보를 소비자에게 효과적으로 제공하는 것이 오히려 바람직하다고 주장하기도 한다.

제품 다양화의 득실에 대해서는 이호창[2]이 신제품의 출시를 통한 제품 다양화가 시장 점유율에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 이 연구는 개인 효용을 극대화하는 소비자 선택이론의 기본적 모형인 MNL(multinomial logit) 모형으로 설명하기 어려운 제품속성의 계층적 구조 하에서, 신제품 진입이 기존 제품의 선택확률, 즉 시장점유율에 미치는 효과를 GEV(generalized extreme value) 모형을

통해 정량화하였다. 상품 속성에 따라 계층적으로 구분된 제품나무를 GEV 모형의 특수 형태인 순차적(sequential) MNL 모형으로 표현하고, 신제품의 기대효용이 진입계층에 관계없이 일정하다는 가정 하에 각 계층별 신제품의 진입이 기존 제품의 시장 점유율에 미치는 영향을 구분하여 분석하였다. 연구결과는 실증분석을 통한 직관적 사실과 대부분 일치하며 다음과 같이 요약될 수 있다.

- ① 신제품의 진입은 그 계층에 관계없이 항상 제품 그룹(상표)의 시장점유율을 증가시킨다.
- ② 제품 계층 구조의 상위에 위치할수록, 즉 사소한 속성보다는 혁신적인 주요 제품 속성을 갖을수록 신상품에 의한 시장점유율 확대 효과가 크게 나타난다.
- ③ 신제품의 진입 계층에 관계없이 모든 기존 제품의 구매 확률은 감소한다. 즉 신제품의 출시는 상표의 전체적인 점유율 면에서 보았을 때는 시장을 확대시키는 효과가 있지만, 과당경쟁으로 인해 기존 개별 제품의 판매율에는 부정적인 영향을 미치게 된다.
- ④ 신제품에 의한 기존 제품의 시장점유율 감소효과는 제품 계층의 하위로 내려갈수록 증가하여 신제품과 동일한 계층에서 최대화 되지만, 그 하위에서는 더 이상 증가하지 않고 일정하다.

결론적으로, 전체 제품그룹(상표)의 시장 점유율을 높이기 위해서는 동일 상표 내 제품 구색을 다양화 하는 것이 필요하지만, 이로 인해 유발되는 생산부문의 비효율성을 감안할 때, 과당경쟁으로 인한 기존 제품과의 상살효과(carnivalization)를 최소화하는 상위계층의 혁신적 신제품 개발이 절실히 요구된다.

한편 제품구색 다양화에 따르는 비용도 다양하게 발생한다. 구매원가, 제품 개발비, 직간접 생산비, 운송/유통비용, 재고비용, 물류비용 상승 등 비용측면에서 다품종 생산에 따른 규모의 비경제 효과가 공급사슬 전역에 걸쳐 일어날 뿐 만 아니라, 납기지연, 품질률 증가, 총생산시간 증가 등 생산과

인의 비효율성이 증가된다. 제품 다양화에 따른 득과 실의 정량적 관계는 구체적으로 밝혀진 바는 없고, 다만 다양한 상황적 가정 하에서 제한적으로 연구돼 왔으며 그들 중에는 부분적으로 서로 상충되는 연구결과들이 발표되기도 하였다. 그러나 제품 다양화가 마케팅 측면에서는 판매를 촉진하기도 하지만, 범위의 경제(economies of scope)효과가 발생하는 극히 제한된 생산 환경을 제외하면, 제품 다양화가 생산비용, 소비자의 혼동, 재고의 불균형, 품질 가능성 증가 등으로 볼 때 부정적인 영향을 미칠 것이라는 것이 일반적인 사실로 여겨져 왔다[16].

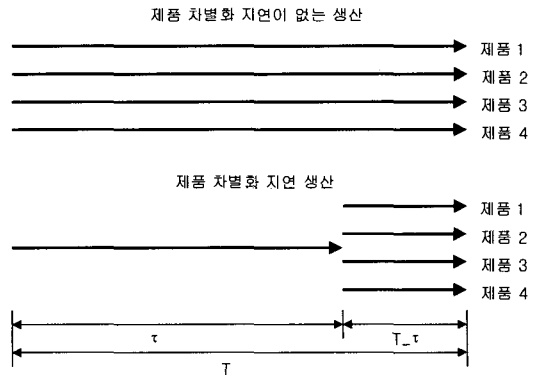
대기행렬 네트워크로 모형화된 생산시스템 시뮬레이션[3, 18] 결과에 의하면 생산비용은 품목 수에 대해 위로 볼록 증가(concave increasing) 함수인데 품목 수가 어느 이상으로 증가하면 그 변화는 선형적으로 증가하는 현상을 보인다. 또한 그 증가율은 수요율, 사이클타임, 셀업타임이 증가할수록 높아진다. 한편 품목별로 수요량, 사이클타임, 셀업타임의 편차가 심할수록, 즉 각 경우의 분산계수가 클수록 생산비용의 격차는 더욱 벌어지는 것으로 보고되었다. 즉 제품 수요량이 증가하고, 개당 생산시간 및 생산 준비시간이 길어지고 그 편차가 심해질수록 제품 다양화의 비용은 급격히 증가하여 제품 다양화를 통한 고객화의 시장적 가치를 크게 훼손시키게 된다.

3. 제품차별화 지연생산의 경제성

제품 차별화 지연 생산은 다품종 생산에서 제품을 차별화시키는 공정을 가능한 전체 공정의 뒷부분으로 지연시킴으로써 차별화 시점 전까지 모든 모델에 적용되는 공통의 반제품을 가공한다. 제품 차별화 생산 시점에 도달하면 그때까지 확정된 생산계획이나 주문에 따라 서로 다른 공정을 거쳐 다양한 완제품으로 생산된다. [그림 1]은 제품 차별화 지연 생산을 도식화 한 것이다.

시점 τ 는 소비자 주문에 따라 제품 차별화되어

생산되는 시작점이며 $\frac{\tau}{T}$ 가 커질수록 제품 차별화 지연 수준이 높다고 말한다. 즉 τ 기간에 걸쳐 모든 제품에 공통으로 사용되는 반 제품을 생산한 후, 소비자의 최종 수요에 따라 이를 $T-\tau$ 기간에 걸친 차별화 공정을 거쳐 다양한 완제품으로 가공, 생산한다.



[그림 1] 제품 차별화 지연 생산

차별화 생산 시점이 최종 소비 시점에 가까울수록 최종 제품별 수요의 변동성이 줄어들기 때문에 수급 불일치에 따른 재고량도 감소하며 소비자 만족도를 높일 수 있다. 그러나 차별화 시점을 지연하기 위해서는 각종 생산비용이 증가할 수 있으며, 부품 공유나 모듈화를 통한 제품 디자인의 혁신 등 기술적 난제가 발생하게 된다. 제품 차별화 지연 생산은 <표 1>에 열거하는 생산 및 시장 환경에서 그 역할과 경제적 가치가 극대화 된다[11, 13].

제품 차별화 지연 생산이 경제적 타당성을 갖기 위해서는 그에 따른 기대 이익이 추가적 비용 부담을 상회해야 한다. 기대이익으로는 우선 제품 다양화로 인한 판매량의 증가를 들 수 있다. 제품 차별화 시점을 수요 발생 시점에 근접하도록 지연함으로써 수요의 불확실성은 감소하며 반대로 수요예측의 정확도는 증가한다. 따라서 품질률이 감소하여 소비자 서비스 수준을 증가시키며 이는 판매량 증가로 이어진다. 마찬가지로 이유로 재고비용이 감소하며 유행에 뒤떨어져서 발생하는 제품가치의 하락

〈표 1〉 제품 차별화 지연 생산의 최적 환경

시장 수요 환경	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 계절상품과 같이 수요의 변동성이 큼 ◦ 첨단기술 상품과 같이 제품수명이 짧고 수요예측의 불확실성이 큼 ◦ 상품 납기시간이 짧음 ◦ 소비자 기호의 차별이 확실하여 제품 간 대체성이 낮음 ◦ 제품 수요 간 음의 상관관계를 갖음 ◦ 제품별 수요량의 편차가 작음
제품 구색 환경	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 제품의 개당 가격이 높아서 재고유지비용이 큰 상품에 적합함 ◦ 제품 간 부품의 공유도(component commonality)가 높은 제품에 적합함
제품 생산 환경	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 셀업 비용이 높은 저원가 중심의 대량 생산체제에는 부적합함 ◦ 유연한 공급시스템을 갖은 원료공급자와의 네트워크가 필요함 ◦ 수급정보의 원활한 소통을 위해 정보시스템이 필수적임

이 줄어들고, 제품의 폐기 처분비용도 절감할 수 있다(다단계 재고시스템(multiechelon inventory system)에서 재고 감소와 소비자 서비스 수준 증가 효과는 [5, 6, 17]의 연구를 참조).

그러나 이러한 기대 이익을 얻기 위해서는 두 가지 조건이 전제되어야 한다. 첫째, 보다 효과적인 수요예측이 가능해야 한다. 둘째, 제품 차별화 시점이 가능한 뒤로 지연됨으로써 차별화 공정의 길이가 짧아야 하며, 특히 높은 부가가치의 공정이 차별화 시점 이후에 집중되어야 한다는 점이다. 이렇게 함으로써 제품차별화 시점 이전에 발생하는 저가 제품들의 재고 풀링(pooling) 효과를 극대화 할 수 있기 때문이다.

한편 제품 차별화 지연 생산은 생산비용을 추가적으로 발생시킬 수 있다. 첫째, 제품이나 공정을 다시 디자인해야 하므로 생산관련 직접비용을 증가시킨다. 둘째, 생산 기반시설과 인력을 포함한 생산 자원의 이용률에 영향을 주게 되고, 이는 생산 및 유통 과정에 변화를 초래하여 간접비용을 증가시킨다. 따라서 이러한 차별화 생산방식은 그에 따른 비용절감이 비용증가를 상회할 때 만 신중하게 시행되어야 하며 수요량이 집중된 소수의 품목에 한하여 선택적으로 적용하는 것이 바람직하다.

수요의 불확실성이 작거나, 제품 개발기간이 짧고, 제품구색이 좁으며 재고비용이 낮은 생산 환경인 경우에는 차별화 지연 생산으로 경제적 이득을 취하기는 어렵다. 반대로 제품 수명, 유통 및 개발 속도가 빠른 첨단 전자산업이나 패스트푸드 산업에

서의 차별화 지연 방식의 활용도는 점차 중요하게 자리잡아가고 있다. 환언하면, 수요의 불확실성이 크고, 제품의 구색 폭이 넓으며, 시장으로부터의 신속한 반응이 중요한 생산 환경에서는 그 효과가 증대된다.

3.1 재고비용

제품 차별화 지연 생산으로 가장 크게 절감되는 비용은 재고비용이다. 수요 발생 지점에 가깝도록 제품 차별화를 지연함으로써 상품의 개별 수요예측이 정확해질 뿐 만 아니라 차별화 공정 이전까지 공통 반제품의 수요량도 통합됨으로써 총수요량의 분산도 줄어들게 된다. 이는 수급의 불일치를 줄여서 소비자 서비스 수준을 높이며 재고량과 품질량을 크게 감소시키므로 판매이익의 증가에 기여하게 된다. Lee[12]는 제품차별화 공정의 시점이 지연됨에 따라 재고 비용이 감소하는 사실을 모형화 하였는데, 이 경우 ① 제품별 수요사이에 음의 상관관계가 클수록, ② 제품 수요의 변화 폭이 클수록, ③ 제품 구색이 다양할수록 재고비용 감소효과는 더욱 커진다는 것을 밝혔다. Lee and Tang[15]은 공정 중에 반제품의 완충재고를 허용함으로써 이전의 연구를 확장시켰다.

Lee[12]의 주문생산(build-to-order) 모형을 가정한다. 즉 [그림 1]에서 보는 바와 같이 처음 τ 기간에 걸쳐 모든 제품에 공통으로 사용되는 반제품을 배치사이즈 q 로 생산, 저장한 후, 매 기간 *i.i.d.* 무작

위 변수로 발생하는 소비자의 최종 수요에 따라 이를 $T-\tau$ 기간에 걸친 차별화 공정을 거쳐 다양한 완제품으로 가공, 생산한다. 만약 반제품의 양이 충분치 않을 경우에는 반제품의 추가 생산을 통해서 추후제공(backlog)되며, 반제품의 재고는 조사기간(review period) 1인 정기조사 목표 S 보충 시스템(periodic review order up to S system)에 의해 관리되는 것으로 가정한다.

한편 Y 를 소비자 수요에 대한 리드타임이라고 하면, $Y = T - \tau + W$ 가 되는데, 여기서 W 는 미리 준비된 중간 반제품의 양이 완제품의 수요량보다 작은 경우에 반제품이 추가로 생산될 때까지 소비자가 추가로 기다리는 대기시간이다. 따라서 $D(t)$ 가 t 기간동안 발생하는 완제품의 수요이고 $F(x|t) = P(D(t) \leq x)$ 라고 할 때, $(\tau - t)$ 기간 동안에 발생하는 수요가 S 보다 크면 r 기간 이상 추가로 기다려야 하므로 $P(W \leq r) = 1 - P(D(\tau - r) > S) = F(S|\tau - r)$ 가 된다. 따라서 Y 의 기대치는

$$\begin{aligned} E(Y) &= T - \tau + \int_0^\tau [1 - F(S|\tau - r)] dr \\ &= T - \int_0^\tau F(S|\tau - r) dr \end{aligned}$$

가 된다[12]. $E(Y)$ 는 고객 서비스 척도, k 가 되며 이를 통해 재고 보충 목표치 S 가 결정된다. 즉 $E(Y) = k$ 를 τ 에 대해 1차 미분, 2차 미분하면,

$$\begin{aligned} F(S|\tau) + \int_0^\tau f(S|\tau) \frac{dS}{dr} dr &= 0 \\ 2f(S|\tau) \frac{dS}{dr} + \int_0^\tau f(S|\tau) \frac{d^2S}{dr^2} dr &= 0 \end{aligned}$$

가 되며 반제품 재고 보충 목표치 S 와 제품차별화 시점 τ 는 $dS/dr \leq 0$, $d^2S/dr^2 \geq 0$ 의 관계에 있음을 알 수 있다.

[정리 1] 반제품 재고 보충 목표치 S 는 제품차별화 시점 τ 에 따라 감소하며, 그 감소율은 줄어든다

한편 $E[H(\tau)]$ 가 τ 시점에서 총 반제품의 단위시간 당 재고 유지비용의 기대치이고, $g(\tau)$ 가 τ 시점에서

반제품 한 개의 단위시간 당 재고 유지비용이라면, Hadley and Whitin[8]의 연구결과로 $E[H(\tau)] = g(\tau) \int_0^S F(x|\tau) dx$ 이 알려져 있으며 이를 τ 에 대해서 미분하면 다음과 같은 관계식을 얻는다[12].

$$\begin{aligned} \frac{dE[H]}{d\tau} &= g(\tau) \left\{ F(S|\tau) \frac{dS}{d\tau} + \int_0^S \frac{\partial F(x|\tau)}{\partial \tau} dx \right\} \\ &\quad + g'(\tau) \int_0^S F(x|\tau) dx \end{aligned}$$

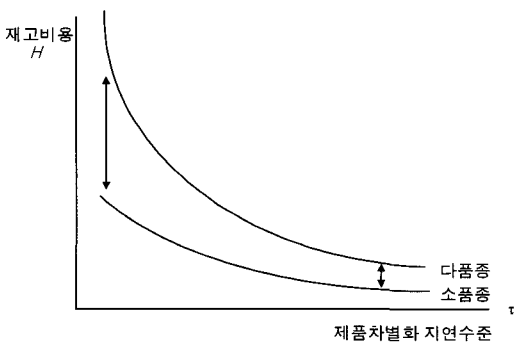
공정의 흐름에 따라 반제품에 가치가 부가되는 일반적인 생산공정에서 $g(\tau)$ 는 τ 에 관해 비감소(nondecreasing) 함수이다. $dS/d\tau \leq 0$ 이고 $\partial F(x|\tau)/\partial \tau \leq 0$ 이므로 $g'(\tau)$ 가 0에 가깝다면, $d[H]/d\tau \leq 0$ 이 성립한다. 즉 생산 공정을 따라 차별화 시점이전까지 반제품에 부가되는 가치의 증가율이 현저히 낮다면, 즉 $g'(\tau) \approx 0$ 이면 차별화 지연 시점을 뒤로 미룰수록 기대 재고비용이 감소함을 알 수 있다. 따라서 제품 차별화 지연 생산의 경제적 효과를 극대화하기 위해서는 저 부가가치의 공정을 통해 반제품을 생산하고, 부가가치가 큰 차별화 공정은 뒤로 배치하는 것이 유리함을 알 수 있다. HDD와 Workstation 생산공정에서 비싼 부품의 장착공정을 뒤로 미루는 것은 좋은 예이다. 한편, $E[H(\tau)]$ 를 τ 에 대해 2차 미분하면,

$$\begin{aligned} \frac{d^2E[H]}{d\tau^2} &= g(\tau) \left\{ 2 \frac{\partial F(S|\tau)}{\partial \tau} \frac{dS}{d\tau} + F(S|\tau) \frac{d^2S}{d\tau^2} \right. \\ &\quad \left. + \int_0^S \frac{\partial^2 F(x|\tau)}{\partial \tau^2} dx \right\} \\ &\quad + 2g'(\tau) \left\{ F(S|\tau) \frac{dS}{d\tau} + \int_0^S \frac{\partial F(x|\tau)}{\partial \tau} dx \right\} \\ &\quad + g''(\tau) \int_0^S F(x|\tau) dx \end{aligned}$$

가 된다. 기간 내 최종 상품의 수요가 시간 간격에 비례하여 발생한다면 $\partial^2 F(x|\tau)/\partial \tau^2 \approx 0$ 이며, 생산 공정을 따라 차별화 시점이전에 반제품에 부과되는 가치의 증가율이 현저히 낮다면, $g'(\tau) \approx 0$, $g''(\tau) \approx 0$ 이 된다. 따라서 [정리 1]에 의해서 $d^2E[H]/d\tau^2 \geq 0$ 임을 알 수 있다.

[정리 2] 제품 차별화 시점이전까지 반제품에 부과되는 가치의 증가율이 현저히 낮다면 반제품의 단위시간 당 재고 유지비용의 기대치 $E[H]$ 는 제품 차별화 시점 τ 에 따라 감소하며, 그 감소율은 줄어든다

[정리 2]는 Lee[12]의 연구결과의 연장으로서 제품 차별화 지연 수준에 따른 재고비용의 감소 행태를 보여준다. 이 결과는 재고비용이 감소율이 증가하는 형태(위로 볼록 형태)로 감소한다는 Lee and Billington[13]의 직관적 주장과 일치하지 않는다. 한편 주어진 제품 차별화 지연 수준에서 제품의 구색이 증가할수록 재고량은 증가하므로 재고비용은 일률적으로 증가하게 된다. 또한 소품종에 비해 다품종의 경우 제품차별화 지연 수준에 따른 재고비용의 감소효과는 증대된다[12]. 즉 H_h 와 H_l 을 각각 다품종, 소품종인 경우의 재고비용이라고 하면 $\frac{d^2 E[H_h]}{d\tau^2} < \frac{d^2 E[H_l]}{d\tau^2}$ 가 된다. 위의 결과를 종합하면, 제품차별화 지연수준 τ 와 재고비용 $E[H]$ 와의 관계가 [그림 2]와 같이 도식화된다.

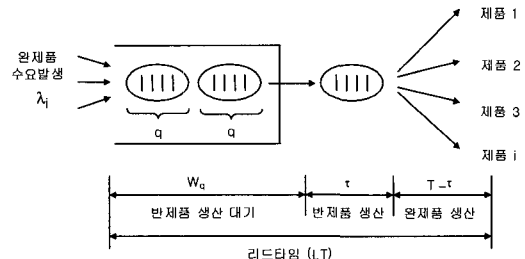


[그림 2] 제품차별화 지연수준과 재고비용

3.2 리드타임 비용

차별화 생산 공정이 지연됨에 따라 일반적으로 최종제품이 소비자에게 전달되는 리드타임은 증가한다. 3.1에서의 재고비용분석과 동일한 주문생산 (build-to-order) 모형을 가정한다. 즉 최종제품

$i(i=1,2,\dots,I)$ 의 수요가 수요율 λ_i 인 *i.i.d.* 포아송 분포를 따라 발생하고, 이에 재고로 보관중인 반제품이 차별화 가공되어 소비자 수요를 만족시킨다. 반제품 재고가 충분치 않을 경우에는 반제품의 생산이 시작되고 이에 따라 재고가 보충된다. 반제품은 3.1에서와 마찬가지로 배치 사이즈 q 인 주문배치 (build-to-order batch) 생산과정을 통해 생산된다. 반제품 배치 당 생산시간이 τ 이고, 완제품 생산을 위한 차별화 공정시간은 $(T-\tau)$ 이므로 완제품별 순생산시간은 T 가 된다. 그러나 완제품이 소비자에게 전달될 때까지 소요되는 총 리드타임(LT)은 순생산시간에 추가적으로 완제품의 수요량이 배치 사이즈 q 에 이르러 반제품생산 공정에 투입될 때까지 기다리는 대기시간(W_q)을 더해 주어야 한다. 즉 $LT = W_q + T$ 이다. [그림 2]는 주문 배치 생산시스템과 리드타임을 도식화한 것이다.



[그림 2] 리드타임

한편 제품의 종류 I 가 많을 경우, 완제품 수요에 따른 반제품 생산 배치의 도착과정(arrival process)은 $\lambda = \sum_{i=1}^I \lambda_i/q = \lambda/q$ 을 갖는 포아송 과정으로 수렴하므로[7], 반제품 생산 대기시간 W_q 의 기대치는 $\mu = 1/\tau$ 를 갖는 대기행렬 $M/D/1$ 으로부터 구할 수 있다. 따라서 $E[W_q] = \frac{\lambda}{2\mu(\mu-\lambda)} = \frac{\lambda\tau^2}{2(1-\lambda\tau)}$ 이므로,

$$E[LT] = \frac{\lambda\tau^2}{2(1-\lambda\tau)} + T$$

가 된다. 제품 차별화 시점 τ 의 지연에 따른 리드타임의 변화를 알아보기 위해 $E[LT]$ 를 τ 에 대해 1차, 2차 미분 하면, 각각

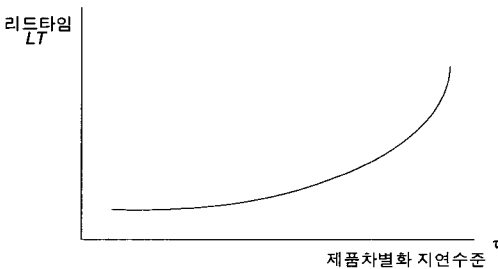
$$\frac{\partial E[LT]}{\partial \tau} = \frac{\lambda\tau(2-\lambda\tau)}{2(1-\lambda\tau)^2}$$

$$\frac{\partial^2 E[LT]}{\partial \tau^2} = \frac{\lambda}{(1-\lambda\tau)^3}$$

가 되는데 대기행렬 $M/D/1$ 의 평형조건 $\rho < 1$ 로부터 $\lambda\tau < 1$ 이므로 $\partial E[LT]/\partial \tau > 0$, $\partial^2 E[LT]/\partial \tau^2 > 0$ 이 된다.

[정리 3] 완제품의 리드타임은 제품 차별화 시점 τ 가 지연됨에 따라 증가하며, 그 증가율은 늘어난다.

[정리 3]은 차별화 수준에 따라 리드타임이 증가한다는 Waller, Dabholkar and Gentry[19]의 가설을 계량적으로 뒷받침한다. 한편 제품 종류 I 가 증가하면 각 개별 제품의 수요가 감소하는 것이 일반적이므로 완제품의 총 수요 A 가 무한적으로 증가하지 않기 때문에(경우에 따라서는 제품 구색의 증가에 따라 부분적으로 시장확장 효과가 있기는 하나, 제품수요 간 상살효과(carnivalization) 때문에 총수요의 증가는 매우 제한적임) $\lambda = \sum_{i=1}^I \lambda_i / q = A/q$ 가 I 에 관계없이 일정하다고 가정하면 $E[LT]$ 는 I 와 무관하다. 리드타임 LT 와 제품 차별화 시점 τ 와의 관계를 도식화 하면 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 리드타임과 제품 차별화 지연 수준

3.3 기타 고정비용

재고비용과 리드타임 비용과 같은 변동비용 이외에도 차별화 지연 생산 정책에는 일반적으로 공정과 제품의 디자인 변경이 수반되기 때문에 이에 따른 각종 고정비용이 추가적으로 발생된다. 이 이외에도 증가나 반품비용 감소 등 정량적으로 측정하기

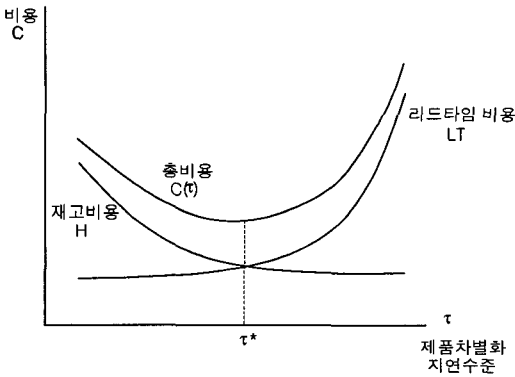
어려운 여러 가지 기타 비용요소가 발생하기도 한다. <표 2>는 재고비용과 리드타임비용을 제외한 생산비용, 물류비용 및 기타 비용의 변동 요인을 구분, 정리한 것이다.

<표 2> 차별화 지연 생산에 따른 비용의 변동요인

비용 구분	비용 변동 요인
공정/제품 디자인 변경 비용	재가공/재검사 비용 추가
	훈련 비용 증가
	DC나 공급사슬 하부의 특수 공정 설비 비용 증가
생산 비용	포장 변경 및 디자인 비용 증가
	DC 증설 및 설비 확충에 따른 고정 비용 증가
	다기능성 부품 생산으로 인한 표준화 비용 증가
	부품수 감소로 인한 재고 및 공급자 관리비용 감소
	DC에서의 분산 소규모 구매로 인한 원료 구매비용 증가
	부품 표준화에 따른 범용 원료의 구매 비용 증가
	공용원료의 대량 구매로 인한 원료 비용 절감
	공용원료의 대량 구매로 인한 대 공급자 교섭력 강화
	물류 비용
반제품 bulk 포장에 따른 파레트 밀도 증가	
공급사슬 내 반제품 운송 및 포장비용 감소	
기타 비용	DC 증가로 인한 수송 비용 증가
	공급사슬 내 반제품의 유통에 따른 관세 및 통관비용 절감
	최종제품의 자체 완성으로 인한 A/S 비용 및 반품비용 절감
	지역 DC의 A/S 효과 향상에 따른 소비자 만족도 증가
	DC의 A/S 기능 강화에 따른 훈련 및 설비 비용 증가
	공급사슬 내 관련 분야 및 부서간의 협력 요구 증대
	지역별 생산관련 규제 및 법령 대처 용이
모듈생산 구조와 부품공유로 인한 업그레이드 및 신상품 개발 용이	
포장재 현지 조달로 인한 포장재 수거 및 회수 비용 감소	

4. 제품 다양화와 제품차별화 지연생산의 조화

2장과 3장에서 살펴본 바와 같이 제품 다양화와 제품 차별화 지연생산 간에는 밀접한 연관관계가 있다. 생산자는 다품종 생산의 비경제성[3, 18]에도 불구하고, 제품을 다양화 하여 시장 점유율의 확대 효과[2]를 기대한다. 동시에 다품종 생산에 따르는 생산의 비효율성을 줄이기 위해 셀업타임을 줄이거나 개별 생산시간을 줄이는 등 공정개선에 다각적인 노력을 기울이게 된다. 그러한 개선 노력의 하나로 제품 차별화지연 생산을 고려하게 되는데, 이에 따른 비용과 이익이 다양하게 발생하게 된다. 제품 차별화 지연생산의 경제성 분석을 정량화하기 위해, 3.3에서 언급한 기타 고정비용과 정성적 특질을 제외하고, 주요 변동비용 요소인 재고비용(H) 감소와 리드타임(LT) 증가 만을 고려한 총비용을 도식화 하면 [그림 4]와 같다.

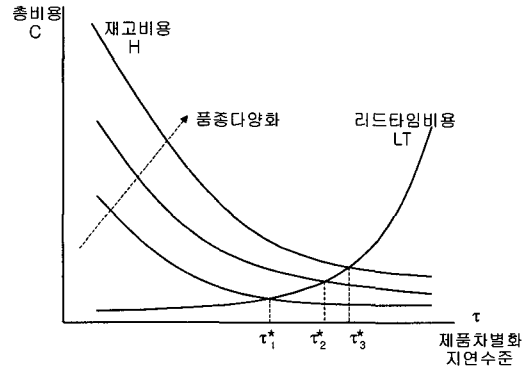


[그림 4] 제품 차별화지연 생산의 비용

총비용을 $C(\tau) = E[H] + E[LT]$ 라고 하면 [정리 2]와 [정리 3]에 의해 $\partial^2 C(\tau) / \partial \tau^2 > 0$ 이므로 $dE[H] / d\tau + dE[LT] / d\tau = 0$ 을 만족하는 최적의 제품 차별화 지연 수준 τ^* 에서 총비용은 최소화 된다.

[정리 4] 재고비용과 리드타임 비용으로 구성된 제품 차별화 생산의 총비용이 최소화 되는 최적의 차별화지연 수준 τ^* 가 존재한다.

한편 품종이 다양화될수록 재고비용은 증가하는데, 그 증가폭은 제품 차별화 지연수준이 높아질수록 감소하므로([12], [그림 2] 참조), 이를 리드타임비용과 함께 도식화 하면 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 품종 다양화에 따른 최적의 차별화 지연 수준

여기서 τ_1^* , τ_2^* , τ_3^* 를 각각 품종 다양화에 따른 최적의 차별화 지연수준이라고 하면, [그림 5]에서 보는 바와 같이 품종이 다양화됨에 따라 재고비용과 리드타임비용으로 구성된 총비용은 증가하지만, 최적 차별화 지연 수준의 증가폭($\tau_2^* - \tau_1^*$, $\tau_3^* - \tau_2^*$)이 급격히 감소하는 것을 알 수 있다. 즉 $y = E[LT] = f(\tau)$ 라고 하면, 최적 차별화 지연 수준의 증가폭 $\Delta \tau^*$ 는 $\Delta \tau^* = f^{-1}(y + \Delta y) - f^{-1}(y)$ 가 된다. 한편 $df(\tau) / d\tau > 0$ 이고 $d^2 f(\tau) / d\tau^2 > 0$ 이므로 $df^{-1}(y) / dy > 0$, $d^2 f^{-1}(y) / dy^2 < 0$ 이다. 따라서 $\frac{d\Delta \tau^*}{dy} = \frac{df^{-1}(y + \Delta y)}{dy} - \frac{df^{-1}(y)}{dy} < 0$ 가 된다. 즉 제품의 다양화에 따라 총비용을 최소화 하기 위한 최적 차별화 지연 수준의 증가폭은 감소하게 된다.

[정리 5] 제품이 다양화됨에 따라 재고비용과 리드타임비용으로 구성된 총비용을 최소화하기 위한 최적의 차별화 지연 수준 τ^* 는 증가하지만 그 증가폭 $\Delta \tau^*$ 는 감소한다.

[정리 4]는 주요 변동비용(재고비용+리드타임비용)을 최소로 하는 생산환경에서 최적의 제품 차별

화 지연 수준이 존재함을 말한다. [정리 5]는 이러한 이상적인 생산공정에서 제품의 다양화와 제품차별화 지연 수준 간에 양의 상관관계가 있음을 밝히고 있다. 또한 다양한 제품 수요를 충족시키기 위해서 생산의 측면에서 차별화 지연 생산이 요구되지만, 그 차별화 지연의 정도는 점차 감소한다. 이는 생산공정이 진행될수록 잔여공정의 시간과 수가 감소하기 때문에 차별화 지연 수준의 증가폭이 감소할 수 밖에 없는 직관적 예상과도 일치한다.

5. 결 론

제품 다양화는 마케팅의 측면에서 필수적인 소비자의 요구이지만, 생산측면에서는 각종 생산 성과를 저해하는 최대 장애 요인이다. 시장중심의 기업이 갖는 특징 중 하나는 시장의 다양한 수요에 부합하도록, 생산을 중심으로 한 기업의 내부역량을 재구성하는 조정기능 즉 시장 중심적 공급사슬전략이 뛰어나다는 사실이다.

기존 연구에서는 제품 다양화를 위해 제품 차별화 생산이 효과적이며, 이 경우 차별화가 지연됨에 따라 재고비용이 감소한다는 일반적인 사실을 보여주고 있다[12]. 또한 계량분석적 뒷받침없이 Lee and Billington[13]는 재고비용의 감소형태가 위로 볼록형태로 감소한다고 말하고 있다. 한편 리드타임은 차별화 지연 수준이 증가하면서 아래로 볼록형태로 증가할 것이라고 가정하였다[19]. 이에 본 연구는 시장중심적 공급사슬 관리의 관점에서 재고비용과 리드타임을 최소화하는 최적의 차별화 수준이 구조적으로 존재하는지에 관한 의문에서 출발하였다. 이를 밝히기 위해 Lee[12]의 연구결과를 연장하여 Lee and Billington[13]의 재고비용 감소형태에 관한 주장과 다른 결과를 도출해 내었다. 한편 기존의 리드타임의 증가 행태에 대한 계량적 분석을 제공하였으며, 이 두가지 비용의 변화 행태로부터 최적의 차별화 지연 수준이 구조적으로 존재한다는 사실을 밝혔다.

제품 다양화에 따른 생산시스템의 성과 저하를

최소화 하면서 소비자의 다양한 수요를 충족시킬 수 있는 하나의 대안이 제품 차별화 지연 생산이다. 따라서 제품 다양화와 제품 차별화 지연 생산 간의 관계를 이해하는 일은 시장 중심적 공급사슬전략의 수립에 기본적인 전제가 되어야 한다. 이 글은 이전의 직관적 가설이나 관찰 결과와는 달리 제품다양화와 차별화 지연 생산 간의 관계를 단순화한 수학적 모형을 통해서 정량적으로 밝히고 있다. 즉 주요 변동비용을 최소화하는 최적의 차별화 지연 수준이 존재하며, 이 수준은 제품이 다양화되면서 증가하지만 그 증가폭은 감소한다는 사실이다. 더구

나 $\frac{d^2 E[H_f]}{dr^2} < \frac{d^2 E[H_r]}{dr^2}$ 이므로 차별화 지연 수준의 증가폭 Δr 는 더욱 급속히 감소하게 된다. 이는 생산 제품이 다양화됨에 따라 제품 차별화 지연 생산의 경제적 효과가 급속히 증대함을 의미한다.

이 연구는 제품 다양화와 제품 차별화 지연 생산의 연관 관계만을 구조적으로 밝힌 것에 불과하므로 분석의 제한점과 이에 따른 향후 연구과제도 몇 가지 지적할 수 있다. 첫째, 정량적 모형을 단순화를 위해, 주문생산(make-to-order) 환경을 가정했으며 기타비용을 제외한 재고비용과 리드타임 비용만을 고려했다. 따라서 다양한 생산환경 하에서 r 를 결정짓는 각종 생산요소들을 도출하는 일도 흥미있는 연구과제가 될 것이다. 둘째, 계산 상의 난점으로 $dE[H]/dr + dE[LT]/dr = 0$ 를 만족하는 최적의 차별화 지연 수준 r^* 를 정식화(closed form solution)하지 못하였다. 따라서 제품 차별화 지연 생산 시스템의 적정성을 평가하기 위해서는 수치 해석적 방법을 이용하여 최적의 차별화 지연 수준을 근사적으로 계산해 보는 것도 의미있는 후속 연구이다.

참 고 문 헌

- [1] 이호창, "제품 차별화 지연생산의 경제적 타당성 : 문헌연구", 『IE Interfaces』, 제17권, 제1호 (2004a).
- [2] 이호창, "제품 다양화가 시장 점유율에 미치

- 는 영향”, 「한국경영과학회지」, 제29권, 제1호 (2004b).
- [3] Benjaafar, S., J.S. Kim and N. Vishwanadham, “On the Effect of Product Variety in Production-Inventory Systems,” Working Paper, University of Minnesota, 2002.
- [4] Day, G.S., “The Capabilities of Market-Driven Organizations,” *Journal of Marketing*, Vol.58, No.4(1994).
- [5] Eppen, G.D. and L. Schrage, “Centralized Ordering Policies in a Multiwarehouse System with Lead Times and Random Demand,” in *Multi-Level Production/Inventory Systems : Theory and Practice*, L.B. Schwarz (Eds.), North Holland, Amsterdam and New York, 1981.
- [6] Federgruen, A. and P. Zipkin, “Approximations of Dynamic Multi-location Production and Inventory Problems,” *Management Science*, Vol.30(1984).
- [7] Franken, P., “A Refinement of the Limit Theorem for the Superposition of Independent Renewal Processes,” *Theory of Probability and its Application*, Vol.8(1963).
- [8] Hadley, G. and T. Whitin, *Analysis of Inventory System*, Prentice Hall, New Jersey, 1963.
- [9] Harvard Business School Note, “Quick Response in the Apparel Industry,” N9-690-038, February 27, 1990.
- [10] Hoffman, C. and B. Kahn, “Variety for Sale : Customization or Mass Confusion?,” *Journal of Retailing*, Vol.74, No.4(1998).
- [11] Lee, H., “Design for Supply Chain Management : Methods and Examples,” in *Perspectives in Operations Management*, R. Sarin (Eds.), Kluwer, Norwell, MA, (1993), pp.45-66.
- [12] Lee, H., “Effective Inventory and Service Management through Product and Process Design,” *Operations Research*, Vol.44, No. 1(1996).
- [13] Lee, H. and C. Billington, “Designing Products and Processes for Postponement,” in *Management of Design : Engineering and Management Perspectives*, S. Dasu and C. Eastman (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, (1994), pp.105-122.
- [14] Lee, H., C. Billington, and B. Carter, “Hewlett-Packard Gains Control of Inventory and Service through Design for Localization,” *Interfaces*, August, 1993.
- [15] Lee, H. and C. Tang, “Modelling the Costs and Benefits of Delayed Product Differentiation,” *Management Science*, Vol.43, No.1(1997).
- [16] Quelch, J. and D. Kenny, “Extended Profits, not Product Lines,” *Harvard Business Review*, Vol.72, No.5(1994).
- [17] Schwarz, L.B., “Model for Assessing the Value of Warehouse Risk Pooling : Risk Pooling over Outside-Supplier Leadtimes,” *Management Science*, Vol.39(1989).
- [18] Thonemann, U.W. and J.R. Bradley, “The Effect of Product Variety on Supply-Chain Performance,” *European Journal of Operational Research*, Vol.143(2002).
- [19] Waller, M.A., P.A. Dabholka, and J.J. Gentry, “Postponement, Product Customization, and Market-Oriented Supply Chain Management,” *Journal of Business Logistics*, Vol. 21, No.2(2000).