

TPM과 COQ 프로세스에서 시간동인 ABC시스템의 활용

최성운*

*가천대학교 산업공학과

Application of Time-Driven Activity-Based Costing(TDABC) for Total Productive Maintenance(TPM) and Cost of Quality(COQ) Processes

Sungwoon Choi*

*Department of Industrial Engineering, Gachon University

Abstract

This study introduces the methods to apply and develop the integrated Cost of Quality (COQ) and Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) model for seeking not only quality improvement but also reduction of overhead cost. Inefficient and uneconomical COQ activities can be identified by using time driver which also maximizes the quality improvement for Prevention-Appraisal-Failure (PAF) quality costs. In contrast, reduction of the indirect cost of unused capacity resource using Quality Cost Capacity Ratio (QCCR) of TDABC minimizes overhead cost for COQ activities. In addition, linkage between Overall Equipment Effective (OEE) and Time Driver develops the integrated system of Total Productive Maintenance (TPM) and TDABC model. Lean OEE maximizes when an Unused Time (UT) of TDABC that are TPM losses and lean wastes reduces whereas the TPM Cost Capacity Ratio (TCCR) of TDABC minimizes indirect cost for non-value added TPM activities. Numerical examples are derived to better understand the proposed COQ/TDABC model and TPM/TDABC model from this paper. From the proposed model, process mapping and time driver of TDABC are known to lessen indirect cost from general ledger of comprehensive income statement with a better quality innovation and improvement of equipment.

Keywords : COQ, TDABC, PAF, Time Driver, QCCR, TPM, Lean OEE, TCCR, UT, Loss, Waste

1. 서론

1800년 후반 F.W. Taylor가 과학적 관리법 (Scientific Management)에 의한 동작시간연구로 단위 당 노무시간에 의한 원가표준을 만든 이후 직접노무비가 원가의 대부분을 차지한 20세기 초의 노동집약산업

에서는 계획과 통제를 위한 관리회계로 표준원가계산을 사용하였다. 그러나 고객요구가 다양해지고 요구품질이 고급화될수록 대규모 자동화 설비투자로 인한 제조간접비의 증가로 과거 표준원가계산에서 사용하던 조업도 즉 직접노무시간, 직접기계시간 등의 단순 배부기준에 의해서는 간접비를 올바르게 할당할 수 없게 되었다.

†Corresponding Author : Sungwoon Choi, 1342 Seongnamdaero, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyunggi-do, Korea MP : 011-256-0697, Email : swchoi@gachon.ac.kr

Received October 20, 2014; Revision Received March 09, 2015; Accepted March 15, 2015.

다품종 소량생산의 경우 스펙의 다양성에 따른 가공 방법과 특성이 달라지며, 수량의 상이함에 따른 작업, 감독 및 관리의 복잡성으로 인해 이를 지원하기 위한 간접비가 증가하게 된다. 이 경우 기업 자원(Resource)이 간접비를 야기(Driving, Causing)하는 활동을 원가동인(Activity Driver, Cost Driver)이라 하며, 이를 발생시킨 고객, 채널, 주문, 거래 등의 해당 원가대상(Cost Object)과의 인과관계 원칙에 의해 직접 할당(Assignment)해야 한다. 이와 같이 활동(Activity)은 자원(Resource)을 소비하고 원가대상(Cost Object)은 활동을 소비하는 인과관계를 맺으며 비부가가치의 활동을 야기시키는 원가동인에 의해 간접비를 직접추적(Tracing)하여 배부(Allocation)하고 프로세스를 개선하는 활동기준 원가계산방식을 ABC(Activity-Based Costing)라 한다.

그러나 ABC에서는 활동이 세부적으로 분석되어 구체화될수록 활동사전(Activity Dictionary)에 대한 원가동인의 수와 이를 계산하기 위한 데이터처리량이 비선형적으로 증가하여 원가측정의 복잡성으로 인한 원가운영 조직의 저항에 부딪히게 된다. 이와 같이 ABC에서 활동수 증가에 따른 원가동인의 양과 해석의 어려움을 극복하기 위해서 프로세스에 복잡하고 세부적인 활동이 추가되더라도 자원능력(Resource Capacity)에 대한 시간방정식(Time Equation)에 선형적으로 추가만 하면 되는 유연성과 정확성을 동시에 고려한 시간동인 활동기준 원가계산방식이 TDABC(Time-Driven Activity-Based Costing) [17,18]이다. TDABC는 인적자원과 설비자원인 경우는 작업 및 공정시간, 건물인 경우는 면적, 유틸리티인 경우는 전력사용량의 공급에 대한 자원능력(Capacity)을 산출한다. 또한 TDABC에서는 간접비를 유발하는 실제 활동의 시간동인(Time Driver)과 양(Quantity)에 의한 부하(Load) 시간방정식의 프로세스에 대한 유희시간(Idle Time)의 절감을 위한 재배치와 활동개선을 위한 합리적인 원가전략도 구로 사용되며 시장수요에 대한 자원공급능력의 예측과 조정이 가능하다.

TDABC의 기존연구로는 로지스틱산업에서 TDABC 적용[3,4,12], 메디칼산업에서 TDABC적용[10,30], 사서시스템에서 TDABC적용[23], 제조업에서 TDABC적용[2,14,19,22,28], 항공정밀캐스팅공정에서 TDABC적용[15], 음식점에서 TDABC적용[13], 축산업에서 TDABC 적용[5], ICT산업에서 TDABC적용[1], TDABC에서의 리더십과 조직의 참여도 관계[16], 항공서비스산업에서 TDABC적용[24], 연구실실험에서 TDABC적용[11], 호텔서비스산업에서 TDABC적용[31], TDABC에 의한 문서처리 효율성[20], TDABC에서 측정오차의 리스크

관리[7,21,33], TDABC와 BSC, EVA의 통합모형개발 [9] 등에 관한 연구가 수행되고 있다. 그러나 불량과 클레임의 품질실패비용을 절감하기 위해 최적의 예방품질과 평가품질의 수준을 모색하는 COQ(Cost of Quality) [6,27]와 ABC의 통합연구[26,32]는 일부 수행되고 있으나, TDABC와 COQ의 통합연구는 전혀 수행되고 있지 않다. 또한 설비종합효율을 저해시키는 로스를 개선하는 TPM(Total Productive Maintenance) [8,29]과 ABC의 통합연구[25]는 일부 수행되고 있으나, Lean TPM과 TDABC의 통합연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고객 요구품질의 고도화에 따른 자동화, 정보화된 생산공정에서 품질원가의 대부분을 차지하는 간접비의 절감과 품질프로세스 개선에 동시에 추구할 수 있는 COQ와 TDABC의 통합 모형을 최초로 개발한다. 통합모형의 적용예에서는 불량과 클레임의 품질실패 간접비용을 최소화하기 위한 최적의 품질자원(Resource)의 재배치와 개선방안을 제시한다. 또한 본 연구에서는 고객의 다양한 제품요구에 따른 대규모의 자동화 투자가 이루어진 설비의 간접원가절감과 설비의 공정프로세스개선을 동시에 추구할 수 있는 Lean TPM과 TDABC의 통합모형을 최초로 개발한다. 개발된 통합모형의 적용예에서는 Lean OEE (Overall Equipment Effectiveness) 향상을 위한 TPM과 PAC(Performance Analysis and Control)의 로스, LPM(Lean Production Management)의 낭비 유희시간(Unused Time)을 야기시키는 활동과 원가대상에 대해 간접비를 최소화하는 TDABC통합 방안을 제시한다.

2. COQ와 TDABC의 통합모형개발 및 적용

2.1 COQ/TDABC 통합모형의 개발

2.1.1 COQ/TDABC에서 BOA에 의한 활동의 구분

COQ(Cost of Quality)프로세스[6]와 TDABC(Time-Driven Activity-Based Costing) 통합모형의 활동소요계획 ARP(Activity Requirement Planning)의 활동명세서 BOA(Bill of Activity)는 <Table 1>과 같으며 인적자원의 경우 SPU(Standard Time Per Unit)가 되며 역수인 경우 Throughput인 UPPH(Unit Per Person Hour)이다.

<Table 1>의 평가코스트프로세스(APP)는 내부실패품질향상을 위해 구매, 제조, 필드 단계에서 품질스펙을 벗어나는 불량을 선별하기 위한 시험, 검사의 사후관리적인 품질관리(Quality Control)활동이다. 그러나 품질이

검사에 의해 이루어지지 않고 생산기술, 제품기술 등에 의해 만들어지듯이 예방코스트프로세스(PCP)에서는 생산 전 고객조사, 스펙설계, 공정설계, SCM(Supply Chain Management) 단계에서 내부불량과 외부클레임을 미연에 방지할 수 있도록 전사적으로 수행하는 사전적인 품질보증(Quality Assurance)과 품질경영(Quality Management) 활동을 실시해야 한다. 특히 PCP단계에서는 기업 내 생산기술조건에 의한 불량과 고객의 사용조건에 의한 고장, 클레임을 구별하는 소극적 품질(Quality) 활동에서 기업내 양품도 고객의 사용조건에서는 클레임이 될 수 있다는 적극적인 신뢰성(Reliability) 관점으로 PCP 활동을 확산전개할 필요가 있다. 또한 외부실패품질프로세스에서는 제품의 이상인 클레임 대응뿐만 아니라 제품사용중 고객안전사고의 제조물책임(Product Liability)과 제품으로 인한 환경과 폐기물의 사회적 책임(Corporate Social Responsibility)을 위한 지속가능경영(Sustainability) 직무활동까지도 업무범위를 확장해야 한다. 이를 위해 사회손실함수의 기능한계가 제대로 작동되기 위해 여유설계(Safety Margin)된 규격한계의 구현을 위해 잡음에 둔감한 로버스트 설계(Robust Design)도 실시해야 한다.

COQ/TDABC 모형에서 시간측정을 위해서는 <Table 2>와 같은 활동분석(Activity Analysis)을 실시해야 한다. 특히 TDABC에서는 시간이라는 단일의 활동동인을 사용하기 때문에 이러한 시간동인에 대한 활동구분[9]이 명확치 않을 경우 간접비 배부의 오류가 발생하게 된다. 대부분의 COQ프로세스 직무는 요소작업활동(Element Work Activity)과 단위작업활동(Unit Work Activity)에 의해 시간방정식(Time Equation)을 구할 수 있으며 비부가가치 활동개선에 의한 간접비 원가절감방안으로도 활용된다.

2.1.2 COQ/TDABC 통합프로세스에서 자원별 처리시간과 이용률 계산

프로세스 활동에 대한 자원동인의 실제자원능력당 간접비 비율 CPC(Cost of Practical Capacity)과 이용률 UPC(Utilization of Practical Capacity)를 구하는 절차[9, 18]는 다음과 같다.

단계 1 : 원가대상이 되는 PR_k 에 투입되는 노동, 자본, 토지, 설비의 자원에 대하여 $RE_j(j = 1, 2, \dots, m)$ 를 설정한다.

단계 2 : 포괄손익계산서의 총계정원장에서 자원동인 RE_j 에 해당하는 간접비 계정과목을 집계하여 AC_j 를 계산한다.

<Table 1> Bill of Process Activity for COQ/TDABC Model

Mega process	Process	Activity
PCP : 예방코스트 프로세스	MCU : 시장예방 품질	MR : 시장조사, CPS : 고객품질조사, CDR : 계약검토
	PSDD : 설계예방 품질	DQPR : 설계품질진도평가, DSA : 설계지원활동, PDQT : 제품설계타당성조사, SPQ : 서비스설계타당성평가, FT : 필드테스트
	PU : 구매예방 품질	SR : 공급자심사, SRT : 공급자평가, POTDR : 구매주문기술데이터검토, SQP : 공급자품질계획
	OMS : 제조예방 품질	OPV : 생산공정타당성검토, OSPQ : 생산지도품질계획, OQE : 작업자품질교육, OSPC : 통계적공정관리
	QA : 품질경영 활동	QPP : 품질활동계획, QPR : 품질성과보고, QE : 품질교육, QI : 품질개선, QA : 품질감사
APP : 평가코스트 프로세스	PA : 구매평가 품질	RIT : 수입검사, ME : 계측기, QSP : 공급자제품인정시험, SICP : 공급처현지검사
	OMSA : 제조평가 품질	POITA : 제조검사의계획, SIT : 검사준비, ST : 특별시험, PCM : 공정관리평가, LS : 실험실지원, MITE : 계측기, OEC : 3자인증
	EA : 필드평가 품질	FPE : 필드성과평가, SPE : 특별제품평가, EFSSP : 필드제조예비품질평가
	RTID : 시험검사 데이터의 검토	IDR : 시험데이터분석, TDR : 검사데이터의평가
IFCP : 내부실패품질 프로세스	PSDF : 설계실패 품질	DCA : 설계변경조치, RDC : 설계변경에의한제작업, SDC : 설계변경으로인한자재손실, PLN : 생산변경
	PF : 구매실패 품질	PMRD : 구매자재 불합격처리, PMR : 구매자재대체, SCA : 공급자시정조치, RSR : 불량자재에의한제작업
	OPSF : 제조실패 품질	MRC : 자재시정조치, ORR : 재작업과 수리, RIRT : 재검사시험, EO : 추가작업
EFCP : 외부실패품질 프로세스	CICS : 클레임조사 및처리	CI : 클레임조사, US : 고객서비스
	PL : 제조물 책임	PLP : PL예방활동, PLD : PL방어활동

단계 3 : <Table 1>과 같이 r 프로세스 i 활동 PA_{ri} ($r = 1, 2, \dots, q$), ($i = 1, 2, \dots, l$)를 ARP의 BOA관점에서 설정한다.

단계 4 : 자원동인 수 $W_{r,j}$ 와 AC_j 를 이용하여 r 프로세스 j 자원에 대한 간접비 $CPC_{r,j}$ (Cost of Practical Capacity)를 (1)식과 같이 구한다.

$$CPC_{r,j} = AA_j \times \frac{W_{r,j}}{\sum_{r=1}^q W_{r,j}} \quad (1)$$

단계 5 : r 프로세스에 대한 j 실제자원의 능력 $PC_{r,j}$ (Practical Capacity)를 (2)식과 같이 구한다.

연간인적작업능력 = 1일인적작업시간 × 연평균인적작업일수 × 작업자수 × 인적작업종합효율 [Person Hour]
 연간설비공정능력 = 1일설비가동시간 × 연평균설비가동일수 × 설비대수 × 설비종합효율 [Machine Hour] (2)

단계 6 : 프로세스 r 과 j 자원의 간접비 $CPC_{r,j}$ 와 연간실제자원의 능력 $PC_{r,j}$ 를 이용하여 단위자원당 간접비 $CCR_{r,j}$ (Cost Capacity Rate)를 (3)식과 같이 구

한다.

$$CCR_{r,j} = \frac{CPC_{r,j}}{PC_{r,j}} \quad (3)$$

단계 7 : <Table 2>에서 r 프로세스, i 활동, j 자원에 대한 시간동인(Time Driver) β_{rij} 와 시간동인의 양 x_{rij} 를 이용하여 처리시간 $PT_{r,j}$, 유효시간 $UT_{r,j}$, 이용률 $UPC_{r,j}$ 를 (4)식과 같이 구한다.

$$PT_{r,j} = \sum_{i=1}^l \beta_{rij} x_{rij}$$

$$UT_{r,j} = PC_{r,j} - PT_{r,j}$$

$$UPC_{r,j} = \frac{PC_{r,j}}{PT_{r,j}} \times 100(\%) \quad (4)$$

<Table 2> Time Equation of COQ/TDABC Model

Process		Activity					
PCP	MCU	$\beta_1 x_1 :$ <i>MR</i>		$\beta_2 x_2 :$ <i>CPS</i>		$\beta_3 x_3 :$ <i>CDR</i>	
	PSDD	$\beta_1 x_1 :$ <i>DQPR</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>DSA</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>PDQT</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>SPQ</i>	$\beta_5 x_5 :$ <i>FT</i>	
	PU	$\beta_1 x_1 :$ <i>SR</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>SRT</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>POTDR</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>SQP</i>		$\beta_5 x_5 :$ <i>OSPC</i>
	OMS	$\beta_1 x_1 :$ <i>OPV</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>OSPO</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>OOE</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>QA</i>		$\beta_5 x_5 :$ <i>QA</i>
	QA	$\beta_1 x_1 :$ <i>QPP</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>QPR</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>QE</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>QI</i>	$\beta_5 x_5 :$ <i>QA</i>	
APP	PA	$\beta_1 x_1 :$ <i>RIT</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>ME</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>OSP</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>SICP</i>		
	OMSA	$\beta_1 x_1 :$ <i>POITA</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>SIT</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>ST</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>PCM</i>	$\beta_5 x_5 :$ <i>LS</i>	$\beta_6 x_6 :$ <i>MITE</i> $\beta_7 x_7 :$ <i>OEC</i>
	EA	$\beta_1 x_1 :$ <i>FPE</i>		$\beta_2 x_2 :$ <i>SPE</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>EESSP</i>		
	RTID	$\beta_1 x_1 :$ <i>IDR</i>			$\beta_2 x_2 :$ <i>TDR</i>		
IFCP	PSDF	$\beta_1 x_1 :$ <i>DCA</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>RDC</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>SDC</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>PLN</i>		
	PF	$\beta_1 x_1 :$ <i>PMRD</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>PMR</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>SCA</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>PSR</i>		
	OPSF	$\beta_1 x_1 :$ <i>MRCA</i>	$\beta_2 x_2 :$ <i>ORR</i>	$\beta_3 x_3 :$ <i>RIRT</i>	$\beta_4 x_4 :$ <i>EO</i>		
EFCP	CICS	$\beta_1 x_1 :$ <i>CI</i>			$\beta_2 x_2 :$ <i>US</i>		
	PL	$\beta_1 x_1 :$ <i>PLP</i>			$\beta_2 x_2 :$ <i>PLD</i>		

<Table 3> Notations for Calculating Indirect Cost for COQ/TDABC Model

Resource Drivers		$RE_1 \cdots RE_j \cdots RE_m$
Account Amount		$AC_1 \cdots AC_j \cdots AC_m$
Product Order		$PR_1 \cdots PR_k \cdots PR_n$
Process	Activity	W_{kijr} where $r = 1, 2, \dots, q$ $i = 1, 2, \dots, l$ $j = 1, 2, \dots, m$ $k = 1, 2, \dots, n$
P_1	PA_{11}	
	:	
	PA_{1i}	
:	:	
	PA_{1l}	
	:	
P_r	PA_{ri}	
	:	
	PA_{q1}	
:	:	
	PA_{qi}	
	:	
P_q	PA_{ql}	

$$\begin{aligned}
 CPT_{r..k} &= \sum_{j=1}^m CPT_{r..jk} \\
 CUT_{r..k} &= \sum_{j=1}^m CUT_{r..jk} \\
 CPT_{..k} &= \sum_{r=1}^q CPT_{r..k} \\
 CUT_{..k} &= \sum_{r=1}^q CUT_{r..k} \tag{6}
 \end{aligned}$$

2.2 COQ/TDABC 통합모형의 적용

본 연구에서는 <Table 1>과 같이 시장, 설계, 구매, 제조관련 예방품질과 품질경영활동의 예방코스트프로세스(PCP), 구매, 제조, 필드관련 평가품질과 시험검사데이터의 검토활동의 평가코스트프로세스(APP), 설계, 구매, 제조관련 내부실패코스트프로세스(IFCP), 클레임 조사 및 처리, 제조물책임활동의 외부실패품질프로세스(EFCP)로 구성된 COQ/TDABC의 가정된 적용예를 제시한다.

시장예방품질프로세스에는 시장조사(MR), 고객품질조사(CPS), 계약검토(CDR) 활동, 설계예방품질프로세스에는 설계품질진도평가(DQPR), 설계지원활동(DSA), 제품설계타당성조사(PDQT), 설비설계타당성평가(SPQ), 필드테스트(FT) 활동, 구매예방품질프로세스에는 공급자심사(SR), 공급자평가(SRT), 구매주문기술데이터검토(POTDR), 공급자품질계획(SQP) 활동이 있다. 제조예방품질프로세스에는 생산공정타당성검토(OPV), 생산지도품질계획(OSPQ), 작업자품질교육(OQE), 통계적공정관리(OSPC) 활동이 있고 품질경영프로세스에는 품질활동계획(QPP), 품질성과보고(QPR), 품질교육(QE), 품질개선(QI), 품질감사(QA) 활동이 있다.

구매평가품질프로세스에는 수입검사(RIT), 계측기(ME), 공급자제품인정(QSP), 공급처현지검사(SICP) 활동, 제조평가품질프로세스에는 제조검사의 계획(POITA), 검사준비(SIT), 특별시험(ST), 공정관리평가(PCM), 실험실지원(LS), 계측기(MITE), 3자인증(OEC) 활동이 있다. 필드평가품질프로세스에는 필드성과평가(FPE), 특별제품평가(SPE), 필드재고예비품평가(EFSSP), 시험검사데이터검토프로세스에는 시험데이터 분석(IDR), 검사데이터평가(TDR) 활동이 있다.

설계실패품질프로세스에는 설계변경조치(DCA), 설계변경제작업(RDC), 설계변경자재손실(SDC), 생산변경(PLN) 활동, 구매실패품질프로세스에는 구매자재불합격처리(PMRD), 구매자재대체(PMR), 공급자시정조치(SCA), 불량자재제작업(RSR) 활동, 제조실패품질프로세스에는 자재시정조치(MRCA), 재작업과수리(ORR), 재검사시험(RIRT), 추가작업(EO) 활동이 있다.

2.1.3 COQ/TDABC에서 제품별 간접비 계산

원가대상에 대한 프로세스별 자원에 대한 실제능력(PC), 처리시간(PT), 유희시간(UT)에 대한 간접비 CPC(Cost of PC), CPT(Cost of PT), CUT(Cost of UT)를 구하는 단계는 다음과 같다.

단계 1 : 제품, 고객, 채널의 원가대상 PR_k ($k = 1, 2, \dots, n$)에 대한 j 자원동인과 r 프로세스 i 활동의 간접비 $CPC_{r..jk}$, 실제자원능력 $PC_{r..jk}$ 시간동인 β_{rijk} , 시간동인의 양 x_{rijk} 에 의해 $CPT_{r..jk}$, $CPC_{r..jk}$, $CUT_{r..jk}$ 를 (5)식과 같이 구한다.

$$\begin{aligned}
 PT_{r..jk} &= \sum_{i=1}^l \beta_{rijk} x_{rijk} \\
 CCR_{r..jk} &= \frac{CPC_{r..jk}}{PC_{r..jk}} \\
 CPT_{r..jk} &= CCR_{r..jk} \times PT_{r..jk} \\
 CUT_{r..jk} &= CCR_{r..jk} \times UT_{r..jk} \\
 CPC_{r..jk} &= CCR_{r..jk} \times PC_{r..jk} \tag{5}
 \end{aligned}$$

단계 2 : 원가대상 PR_k ($k = 1, 2, \dots, n$)별 r 프로세스의 간접비 $CPT_{r..k}$ 를 (6)식과 같이 구하면 직접비와 포괄손익계산서에 반영하여 원가경쟁력을 찾고 $CUT_{r..k}$ 를 고려하여 유희자원에 대한 이용률향상과 재배치방안을 모색한다.

클레임조사및처리프로세스에는 클레임조사(CI), 고객 서비스(US)활동, 제조물책임프로세스에는 PL예방활동(PLP), PL방어활동(PLD)이 있다.

품질코스트프로세스는 예방품질, 평가품질, 실패품질의 간접지원활동이 대부분을 차지하므로 <Table 4>와 같이 인적자원(Labor)과 관리에 필요한 건물면적(Building)이 주요한 투입자원으로 활용된다. 따라서 포괄손익계산서의 총계정원장으로부터 COQ/TDABC 프로세스에 관련한 급여, 복리후생비, 여비교통비, 임차료, 보험료 등의 간접비 계정과목을 집계하여 (1)식과 같이 <Table 1>의 11개 프로세스별 인적자원과 건물

Capacity)를 <Table 4>와 같이 구한다. 또한 인적자원과 건물자원에 대한 실제자원의 능력 PC를 (2)식을 이용하여 구하며 클레임조사 및 고객서비스(CICS)프로세스의 산출은 (7)식과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{인적자원 } PC_1 &= 1\text{일 근무시간} \times \text{연평균근무일수} \\
 &\quad \times \text{관리자수} \times \text{인적근무효율} \\
 &= 8\text{시간/일} \times 300\text{일/연} \times 10\text{명} \times 0.935 \\
 &= 1870\text{hrs} \\
 \text{건물자원 } PC_2 &= \text{건물대장면적} \times \text{공유면적제외점유율} \\
 &= 867\text{m}^2 \times 0.9 \\
 &= 780\text{m}^2 \tag{7}
 \end{aligned}$$

<Table 4> CCR and UPC of Labor and Building Resource for COQ/TDABC Model

Process	Labor					Building					UPC
	CCR ₁	CPC ₁	PC ₁	PT ₁	UT ₁	CCR ₂	CPC ₂	PC ₂	PT ₂	UT ₂	
MCU	298	176	590	525	65	150	75	500	445	55	89
PSDD	85	85	300	276	24	45	36	800	736	64	92
PU	295	130	440	396	44	80	56	700	630	70	90
OMS	365	325	890	641	249	174	139	800	576	224	72
QA	371	278	750	525	225	153	119	780	546	234	70
PA	293	354	1,210	1,065	145	160	152	950	836	114	88
OMSA	350	727	2,080	1,560	520	312	312	1,000	750	250	75
EA	282	257	910	828	82	193	110	570	519	51	91
RTID	380	668	1,756	1,229	527	325	286	880	616	264	70
PSDF	360	1,474	4,100	3,034	1,066	809	631	780	577	303	74
PF	306	941	3,080	2,680	400	463	403	870	757	113	87
OPSF	295	587	1,990	1,851	139	270	251	930	865	65	93
CICS	332	620	1,870	1,646	224	340	265	780	686	94	88
PL	576	3,457	6,000	4,260	1,740	1,646	1,481	900	639	261	71

Dimension of Resource Supplied : Labor : [hr], Building : [m²],

PC₁, PT₁, UT₁ : [hr] PC₂, PT₂, UT₂ : [m²], CPC₁, CPC₂ : [10³won], CCR₁ : [₩/hr], CCR₂ : [₩/m²],
UPC : [%]

<Table 5> Time Equation for Claim Processing Activity

Process	Time Equation and Time Driver
Megaprocess : EFCP(External Failure Cost Process)	$PT = 30 + 15y_1y_2 + 16y_3 + 70y_4 + 15$
Process :	where
CICS(Complaint Investigation and Customer Service Process)	30 : Claim Input Time
Subprocess : CI(Complaint Investigation) Activity : Claim Processing	y_1 : Claim Account Setup Time General Claim Type (1), Versus Special Claim Type (2)
Process Time = New Claim Account Setup Time + Claim Preparation Time + Claim Processing Time + Claim Reporting Time	y_2 : Number of Claim y_3 : Number of Claim Preparation y_4 : Number of Claim Processing 15 : Claim Reporting Time

<Table 2>와 (4)식을 이용하여 CICS프로세스 인적 자원의 처리시간 PT_1 을 구하면 (8)식과 같다.

$$\begin{aligned}
 &CICS\text{프로세스 처리시간 } PT_1 \\
 &= CI\text{활동 처리시간} + US\text{활동 처리시간} \\
 &= \beta_1x_1 + \beta_2x_2 \\
 &= 2\text{시간/단위활동} \times 248\text{단위활동} \\
 &\quad + 2.3\text{시간/단위활동} \times 500\text{단위활동} \\
 &= 496\text{시간} + 1,150\text{시간} \\
 &= 1,646\text{hrs} \tag{8}
 \end{aligned}$$

(8)식에서 CI단위활동을 요소활동으로 심층분

석하여 처리시간을 구하면 <Table 5>와 같으며 $PT(\text{단위활동}) = f(\text{요소활동})$ 의 관계에 의하여 클레임조사단위활동 PT 는 클레임인포요소활동 30 hrs, 클레임계정설정요소활동 $15y_1y_2\text{hrs}$, 클레임준비요소활동 $16y_3\text{hrs}$, 클레임처리요소활동 $70y_4\text{hrs}$, 클레임관련부서통보 15hrs로 구성한다.

마찬가지로 건물자원의 $PT_2 = 686m^2$ 이며, (4)식의 유희시간 $UT = PC - PT$, 이용률 $UPC = PC/PT \times 100\%$ 의 관계에 의하여 $UT_1 = 1,870 - 1,646 = 224\text{hrs}$, $UT_2 = 780 - 686 = 94m^2$, $UPC_1 = 1,646/1,870 = 88\%$, $UPC_2 = 686/780 = 88\%$ 이다.

원가대상인 두 종류의 제품별 11개 프로세스에 대해 투입된 인적자원과 건물자원의 실제능력시간 PC(Practical Capacity), 처리시간(PT), 유희시간(UT)에 대한 간접비 CPC, CPT, CUT를 (5)식에 의해 구하면 <Table 6>과 같다.

<Table 6>에서 COQ/TDABC 프로세스의 두 제품별 간접비 CPC를 각각 2,228만원, 8,902만원으로 <Table 7>과 같이 포괄손익계산서의 매출원가와 판매관리비의 간접비에 해당한다. COQ/TDABC 프로세스에서 직접비는 예방품질프로세스 관련 직접인건비(AS), 직접경비(AE), 내부실패품질프로세스 관련 설계변경스크랩(SDC), 관리불능자재로스(UML), 스크랩비용(SC), 최종제품등급저하(DEPS), 내부실패인적손실(IFLL), 외부실패품질프로세스관련 반품(RG), 개조비(RFC), 리콜비(RC), 보증클레임(WC), 벌금(PE), 영업권손실(CUG), 판매기회손실(LS)에 해당하며 두 제품별 직접비는 <Table 7>과 같이 각각 2,862만원, 1,908만원이다.

<Table 6> CPT, CUT and CPC of Products Sold for COQ/TDABC Model

Process	Product 1			Product 2			Total		
	CPT_1	CUT_1	CPC_1	CPT_2	CUT_2	CPC_2	CPT	CUT	CPC
MCU	45	5	50	178	23	201	223	28	251
PSDD	22	2	24	89	8	97	111	10	121
PU	33	4	37	134	15	149	167	19	186
OMS	67	26	93	267	104	371	334	130	464
QA	56	23	79	222	96	318	278	119	397
PA	89	12	101	356	49	405	445	61	506
OMS	156	52	208	623	208	831	779	260	1,039
EA	67	6	73	267	27	294	334	33	367
RTID	134	57	191	534	229	763	668	286	954
PSDF	312	109	421	1,246	438	1,684	1,558	547	2,105
FF	234	35	269	935	140	1,075	1,169	175	1,344
OPSF	156	12	168	623	47	670	779	59	838
CICS	156	21	177	623	85	708	779	106	885
PL	701	287	988	2,805	1,145	3,950	3,508	1,432	4,938
Total	2,228	651	2,879	8,902	2,614	11,516	11,130	3,265	14,395

10³won

<Table 7> Product and Quality Cost Calculation
Using Integrated TDABC and COQ System

10 ³ won			
Category	Product 1	Product 2	Total
Sales Revenue	63,600	42,400	106,000
Quality Direct Cost PDC : AS, AE IFDC : SDC, UML, SC, DEPS, IFLL EFDC : RG, RFC, RC, WC, PE, CUG, LS	2,862	1,908	4,770
Quality Overhead Cost Adjusted by TDABC	2,228	8,902	11,130
Total Quality Cost	5,090	10,810	15,900

PDC : Prevention Direct Cost, AS : Administrative Salaries, AE : Administrative Expenses, IFDC : Internal Failure Direct Cost, SDC : Scrap due to Design Changes, UML : Uncontrolled Material Losses, SC : Scrap Costs, DEPS : Downgraded End Product Services, IFLL : Internal Failure Labor Losses, EFDC : External Failure Direct Cost, RG : Returned Foods, RFC : Retrofit Costs, RC : Recall Costs, WC : Warranty and Claims, PE : Penalties, CUG : Customer and User Goodwill, LS : Lost Sales

<Table 7>에서 제품1은 매출액도 크고 품질간접비용이 작으나 제품2는 매출액이 작으면서도 주문된 제품스펙의 옵션이 다양하고 복잡하여 이로 인한 설계미스와 생산불량이 많이 발생하게 된다. 또한 강화된 예방, 검사 품질활동에도 불구하고 필드에서 클레임이 계속 제기되고 있어 이를 처리하기 위한 품질간접비용이 증가되고 있다. 또한 제조물책임법에 의해 일어날 수 있는 고객의 제품안전관련 소송은 기업의 브랜드이미지와 배상에서 치명적인 위기가 될 수 있으므로 제품2의 품질향상을 위한 COQ/TDABC 프로세스의 개선이 요구된다.

이를 위해 제품2에 투입된 인적자원과 건물자원의 이율(UPC)이 <Table 4>와 같이 70%대로 저조한 품질경영활동(QA), 제조예방품질(OMS), 시험검사데이터의 검토(RTID), 제조평가품질(OMSA), 설계실패품질(PSDF), 제조물책임(PL)활동에 대한 자원의 재배치와 개선이 요구된다. 또한 제품2의 예방적관점에서의 전수검사(Figure 1.1), 선별적관점에서의 무검사(Figure 1.2)의 평가코스트활동과 예방코스트활동 및 실패코스트활동의 적정비율을 통해 품질과 코스트의 타협점을 찾으려는(Figure 1.3, Figure 1.4) 현재의 경제적품질활동으로는 근본적인 품질개선과 품질간접비절감활동을 동시에 수행할 수 없다. 따라서 제품2에 대한 식스시그마같은 혁신운동을 실행해야 불량을 만들지 않는 ZD(Zero

Defect)지향의 시그마수준이 높아지게 되고(Figure 1.5, Figure 1.6) 예방코스트활동과 평가코스트활동은 불필요하게 된다. 이로 인해 자연히 내부불량처리와 외부클레임대응을 위한 실패코스트활동도 줄어들게 되어 품질향상과 품질간접관리비절감을 동시에 달성할 수 있다.

3. TPM에서 TDABC의 통합모형개발 및 적용

3.1 TPM/TDABC 통합모형의 개발

TPM(Total Productive Maintenance) [29]과 TDABC(Time-Driven Activity-Based Costing)통합모형의 ARP의 BOA는 <Table 8>과 같으며 라인설비공정의 경우 Tact Time이 되며 역수인 경우 Throughput인 UPEH(Unit Per Equipment Hour)이다.

<Table 8>의 시간가동률향상업무프로세스에는 자주보전(AM), 계획보전(PM), 보전교육과훈련(MTE)활동이 있고 성능가동률향상업무프로세스에는 초기관리(EM), 사무간접보전(ATPM), 개별개선(FI)활동이 있다. 수율향상업무프로세스에는 품질보전(QM), 환경과 안전보전(ESBT), 식스시그마혁신(SSI)활동이 있고 린효율향상업무프로세스에는 린혁신(LI)활동이 있다. TPM/TDABC의 통합프로세스는 OEE(Overall Equipment Effectiveness) 설비개선의 정도를 <Table 8>의 PDLT, ROUT, ANOT, VGOT에 의해 (9)식과 같이 구할 수 있다.

$$OEE = Availability Rate \times Performance Rate \times Yield Rate \times Lean Rate \quad (9)$$

TPM/TDABC프로세스 시간측정을 위해서는 <Table 9>와 같은 활동분석을 실시해야 하며 11개의 프로세스에 대한 단위작업활동(Unit Work Activity)의 시간 방정식이 나타나 있다.

TPM/TDABC 프로세스에서 CPC(Cost of Practical Capacity), CCR(Cost Capacity Rate), UPC(Utilization of Practical Capacity), CPT(Cost of Process Time), CUT(Cost of Unused Time)를 구하는 방법은 (1)-(6)식과 같다.

<Table 8> Bill of Process Activity for TPM/TDABC Model

Megaprocess	Process	Activity
PDLTLOTP : Planned Duty Loading Time Less Other Time Process	AM : Autonomous Maintenance	IC : Initial Cleaning, CS : Contamination Source, CGS : Checking Standard, GEI : General Equipment Inspection, GPI : General Process Inspection, SAM : Systemic AM, FSM : Full Self-Management
	PM : Planned Maintenance	EE : Evaluation of Equipment, CW : Correction of Weakness, IMS : Information Management System, PMS : Periodic Management System, PRMS : Predictive Maintenance System, EPMS : Evaluation of PM System
	MTE : Maintenance Training and Education	ETS : Establishment of Training Strategy, DSP : Designation of Skill Program, IPT : Implementation of Training Program, DSDS : Development of Skill-Development System, ESD : Encouragement of Self-Development, EA : Evaluation of Activities
ROUTLOTP : Rated Operating Up Time Less Other Time Process	EM : Early Management	IES : Investigation of Exciting Situation, EEMS : Establishment of EM System, DNS : Debugging of New System, ANS : Application of New System
	ATPM : Administrative TPM	WFI : Work Focused Improvement, AAM : Administrative Autonomous Maintenance, ET : Education and Training, ESS : Efficient Staffing System, WES : Work Evaluation System
	FI : Focused Improvement	ST : Selection of Topics, US : Understanding of Situation, EA : Elimination of Abnormalities, AC : Analysis of Causes, PI : Planning of Improvement, II : Implement of Improvement, CR : Checking of Results, CG : Consolidation of Gains
ANOTLOTP : Actual Net Operating Time Less Other Time Process	QM : Quality Maintenance	QAM : Quality Assurance Matrix, APIC : Analysis of Production-Input, PC : Problem Chart, PFMEA : Preliminary Failure Mode Effect Analysis, PPMM : Phenomenon Physical Mechanism and 4M, PTFMEA : Post FMEA, II : Implementation of Improvement, RPIC : Review of PIC, QCM : Quality Check Matrix, QCS : Quality Conditions Standard
	ESBT : Environment and Safety By TPM	ESR : Establishment of Safety Requirements, PEP : Proficiency of Equipment and Process, CS : Consolidation of Step
	SSI : Six Sigma Improvement	DE : Define, ME : Measure, AN : Analyze, IM : Improve, CO : Control
VGOTLOTP : Valued Good Operating Time Less Other Time Process	LI : Lean Innovation	EOBW : Elimination of Overproduction and Blocking Waste, EISW : Elimination of Inventory and Stock Waste, ECTW : Elimination of Conveyance Transporting Waste, EOOW : Elimination of Overprocessing and Overmachinery Waste, EWSW : Elimination of Waiting and Starving Waste, EMMW : Elimination of Motion Moving Waste, EMDW : Elimination of Making Defective Waste

3.2 TPM/TDABC 통합모형의 적용

본 연구는 <Table 8>과 같이 시간가동률향상을 위한 품질보전, 계획보전, 보전교육과 훈련활동, 성능가동률향상을 위한 초기관리, 사무간접보전, 개별개선활동, 수율향상을 위한 품질보전, 환경과 안전보전, 식스시그마혁신활동, 린효율향상을 위한 린혁신활동에 대한 TPM/TDABC의 가정된 적용예를 제시한다.

TPM(Total Productive Maintenance)과 PAC(Performance Analysis and Control) 프로세스에서는 OEE(Overall Equipment Effectiveness)와 OLE(Overall Labor Effectiveness)향상을 위해 간접지원 활동이 대부분을 차지하므로 <Table 10>과 같이 설비

자원(Machinery)과 인적자원(Human Resource)이 투입자원으로 주로 활용된다. 따라서 포괄손익계산서의 총계정원장(General Ledger)으로부터 급여, 상여금, 감가상각비, 수선비의 계정과목을 집계하고 활동동인의 수를 고려하여 10개의 프로세스에 대한 인적자원과 설비자원에 대한 간접비 CCR을 <Table 10>과 같이 산출한다. 또한 자주보전(AM) 프로세스의 인적자원과 설비자원에 대한 실제자원의 능력PC는 (2)식을 이용하여 (10)과 같이 구한다.

<Table 9> Time Equation for TPM/TDABC Model

Megaprocess	Process	Activity									
PDLTLOTP	AM	β_1x_1 : <i>IC</i>	β_2x_2 : <i>CS</i>	β_3x_3 : <i>CGS</i>	β_4x_4 : <i>GEI</i>	β_5x_5 : <i>GPI</i>	β_6x_6 : <i>SAM</i>	β_7x_7 : <i>FSM</i>			
	PM	β_1x_1 : <i>EE</i>	β_2x_2 : <i>CW</i>	β_3x_3 : <i>IMS</i>	β_4x_4 : <i>PMS</i>	β_5x_5 : <i>PRMS</i>	β_6x_6 : <i>EPMS</i>				
	MTE	β_1x_1 : <i>ETS</i>	β_2x_2 : <i>DSP</i>	β_3x_3 : <i>IPT</i>	β_4x_4 : <i>DSDS</i>	β_5x_5 : <i>ESD</i>	β_6x_6 : <i>EA</i>				
ROUTLOTP	EM	β_1x_1 : <i>IES</i>	β_2x_2 : <i>EEMS</i>	β_3x_3 : <i>DNS</i>	β_4x_4 : <i>ANS</i>						
	ATPM	β_1x_1 : <i>WFI</i>	β_2x_2 : <i>AAM</i>	β_3x_3 : <i>ET</i>	β_4x_4 : <i>ESS</i>	β_5x_5 : <i>WES</i>					
	FI	β_1x_1 : <i>ST</i>	β_2x_2 : <i>US</i>	β_3x_3 : <i>EA</i>	β_4x_4 : <i>AC</i>	β_5x_5 : <i>PI</i>	β_6x_6 : <i>II</i>	β_7x_7 : <i>CR</i>	β_8x_8 : <i>CG</i>		
ANOTLOTP	QM	β_1x_1 : <i>QAM</i>	β_2x_2 : <i>APIC</i>	β_3x_3 : <i>PC</i>	β_4x_4 : <i>PFMEA</i>	β_5x_5 : <i>PPMM</i>	β_6x_6 : <i>PTFMEA</i>	β_7x_7 : <i>II</i>	β_8x_8 : <i>RPIC</i>	β_9x_9 : <i>QCM</i>	$\beta_{10}x_{10}$: <i>QCS</i>
	ESBT	β_1x_1 : <i>ESR</i>	β_2x_2 : <i>PEP</i>	β_3x_3 : <i>CS</i>							
	SSI	β_1x_1 : <i>DE</i>	β_2x_2 : <i>ME</i>	β_3x_3 : <i>AN</i>	β_4x_4 : <i>IM</i>	β_5x_5 : <i>CO</i>					
VGOTLOTP	LI	β_1x_1 : <i>EOBW</i>	β_2x_2 : <i>EISW</i>	β_3x_3 : <i>ECTW</i>	β_4x_4 : <i>EOOW</i>	β_5x_5 : <i>EWSW</i>	β_6x_6 : <i>EMMW</i>	β_7x_7 : <i>EMDW</i>			

<Table 10> CCR and UPC of Human Resource and Machinery Resource for TPM/TDABC Model

Process	Human Resource					Machinery					UPC
	CCR ₁	CPC ₁	PC ₁	PT ₁	UT ₁	CCR ₂	CPC ₂	PC ₂	PT ₂	UT ₂	
AM	157	1,654	10,560	9,504	1,056	77	1,102	14,400	12,960	1,440	90
PM	163	1,157	7,100	6,390	710	77	772	9,980	8,982	998	90
MTE	152	496	3,260	2,934	326	78	331	4,230	3,807	423	90
EM	171	1,138	6,660	5,661	999	83	758	9,160	7,786	1,374	85
ATPM	176	613	3,490	2,967	523	82	408	5,020	4,267	753	85
FI	178	437	2,460	2,091	369	83	292	3,500	2,875	525	85
QM	183	1,116	6,100	4,880	1,220	91	744	8,200	6,560	1,640	80
ESBT	181	744	4,100	3,280	820	87	496	5,670	4,536	1,134	80
SSI	176	465	2,640	2,112	528	91	310	3,400	2,720	680	80
LI	194	992	5,120	3,840	1,280	92	661	7,150	5,363	1,787	75

Dimension of Resource Supplied : Human Resource, Machinery : [hr], PC, PT, UT : [hr] CPC : [10³won], CCR : [W/hr]

인적자원의 $PC_1 = 1\text{일}8\text{시간근무} \times 1\text{년}300\text{일근무}$
 \times 인적자원의수 \times 인적능력환산계수
 \times 인적근무작업효율
 $= 8\text{시간/일} \times 300\text{일/년} \times 80\text{명} \times 0.75$
 $\times 0.88$
 $= 10,560\text{hrs}$

설비자원의 $PC_2 = 1\text{일}10\text{시간근무} \times 1\text{년}300\text{일근무}$
 \times 설비자원의수 \times 설비가동효율
 $= 10\text{시간/일} \times 300\text{일/년} \times 64\text{대} \times 0.9$
 $= 14,400\text{hrs}$ (10)

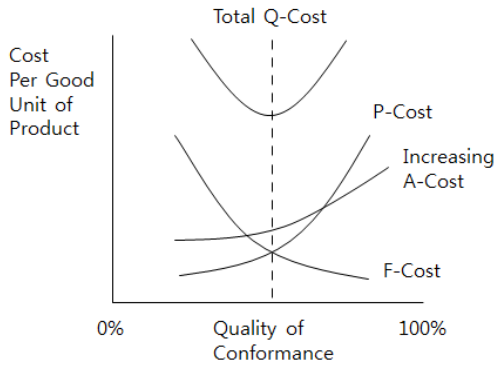
AM프로세스에 대한 단위자원당 간접비 CCR은 (3) 식을 이용하여 구하면 $CCR_1 = CPC_1/PC_1 = W1,654,000/10,560\text{hrs} = 157\text{원/시간}$, $CCR_2 = CPC_2/PC_2 = W1,102,000/14,400\text{hrs} = 77\text{원/시간}$ 이다.

<Table 11> Time Equation for Daily Checking Activity

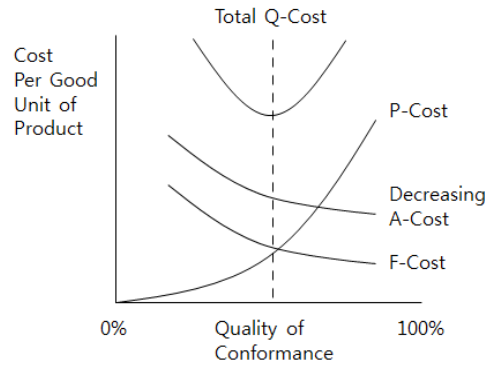
Process	Time Equation and Time Driver
Megaprocess : PDLOTP(Planned Duty Loading Time Less Other Time Process) Process : AM(Autonomous Maintenance) Subprocess : GEI(General Equipment Inspection) Activity : DC(Daily Checking) Process Time = Nuts and Bolts System Checking Time + Lubrication Checking Time + Transmission System Checking Time + Hydraulic System Checking Time + Pneumatic System Checking Time + Electrical System Checking Time + General-Purpose Equipment Checking Time	$PT = y_1(30 + 4y_8) + y_2(20 + 5y_9) + y_3(25 + 6y_{10}) + y_4(70 + 8y_{11}) + y_5(50 + 3y_{12}) + y_6(60 + 7y_{13}) + y_7(10 + 2y_{14})$ <p> y_1 : Checking for Nuts and Bolts : Yes(1) or No(2) y_2 : Checking for Lubrication : Yes(1) or No(2) y_3 : Checking for Transmission : Yes(1) or No(2) y_4 : Checking for Hydraulic System : Yes(1) or No(2) y_5 : Checking for Pneumatic System : Yes(1) or No(2) y_6 : Checking for Electrical System: Yes(1) or No(2) y_7 : Checking for General-Purpose Equipment : Yes(1) or No(2) y_8 : Number of Checking Points for Defects, Length, Washer and Attachment y_9 : Number of Checking Points for Storage, Inlet and Oil-Level Gauges y_{10} : Number of Checking Points for V-belts, Pulley, Roller Chain, Shaft, Bearing Coupling and Gear y_{11} : Number of Checking Points for Heat Exchanger and Piping y_{12} : Number of Checking Points for Filter, Regulator Wiring y_{13} : Number of Checking Points for Control Panel and Switching y_{14} : Number of Checking Points for Pumps and Pans </p>

<Table 12> CPT, CUT and CPC of Product Manufactured for TPM/TDABC Model 10³won

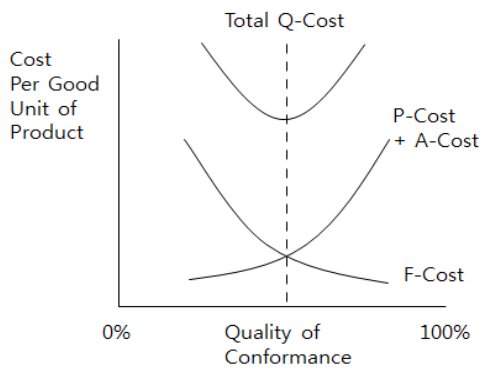
Process	Product 1			Product 2			Total		
	CPT ₁	CUT ₁	CPC ₁	CPT ₂	CUT ₂	CPC ₂	CPT ₃	CUT ₃	CPC ₃
AM	1,736	193	1,929	744	83	827	2,480	276	2,756
PM	1,215	135	1,350	521	58	579	1,736	193	1,929
MTE	521	58	579	223	25	248	744	83	827
EM	1,128	199	1,327	484	85	569	1,612	284	1,896
ATPM	608	107	715	260	46	306	868	153	1,021
FI	434	76	510	186	33	219	620	109	729
QM	1,042	260	1,302	446	112	558	1,488	372	1,860
ESBT	694	174	868	298	74	372	992	248	1,240
SSI	434	109	543	186	46	232	620	155	775
LI	868	289	1,157	372	124	496	1,240	413	1,653
Total	8,680	1,600	10,280	3,720	686	4,406	12,400	2,286	14,686



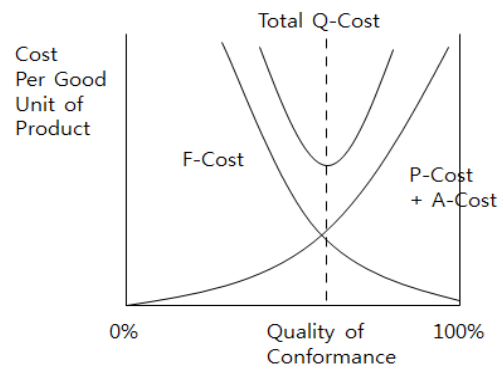
[Figure 1.1] Charbonneau's Model



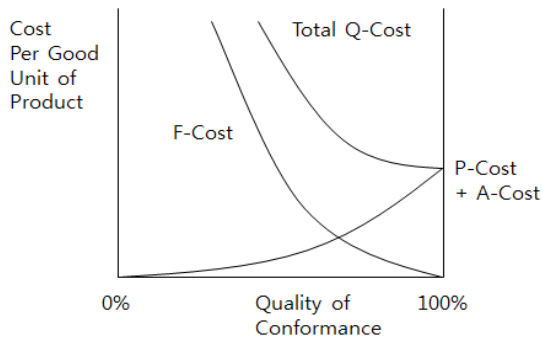
[Figure 1.2] Kirkpatrick's Model



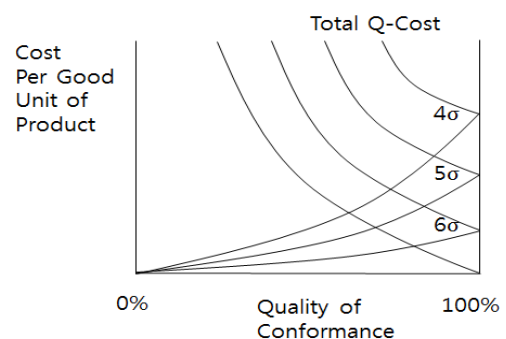
[Figure 1.3] Juran's Model 1



[Figure 1.4] Juran's Model 2



[Figure 1.5] Schneiderman's Model



[Figure 1.6] Harry and Schroeder's Model

[Figure 1] Model Types of Quality Cost [6]

<Table 9>와 (4)식을 이용하여 AM프로세스의 설비 자원에 대한 처리시간 PT_2 를 구하면 (11)식과 같다.

$$AM\text{처리시간 } PT_2 = IC\text{활동처리시간} + CS\text{활동처리시간} + CGS\text{활동처리시간} + GEI\text{활동처리시간} + GPT\text{활동처리시간} + SAM\text{활동처리시간} + FSM\text{활동처리시간}$$

$$= \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_4x_4 + \beta_5x_5 + \beta_6x_6 + \beta_7x_7$$

$$= 2\text{시간/건} \times 648\text{건} + 1.5\text{시간/건} \times 1,296\text{건} + 6\text{시간/건} \times 324\text{건} + 16\text{시간/건} \times 162\text{건} + 32\text{시간/건} \times 81\text{건} + 4\text{시간/건} \times 324\text{건} + 3\text{시간/건} \times 432\text{건}$$

$$= 12,960\text{hrs} \tag{11}$$

식에서 GEI단위활동을 요소활동으로 정밀분 석하여 처리시간을 구하면 <Table 11>과 같 으며 $PT(\text{단위활동}) = f(\text{요소활동})$ 의 관계식에

의하여 총설비점검 (GEI) 단위활동은 볼트너트 점검 ($y_1(30 + 4y_8)$), 급유점검 ($y_2(20 + 5y_9)$), 전동점검 ($y_3(25 + 6y_{10})$), 공기압계통점검($y_4(70 + 8y_{11})$), 유압계통점검($y_5(50 + 3y_{12})$), 전기기점검($y_6(60 + 7y_{13})$), 범용기기점검($y_7(10 + 2y_{14})$)의 7가지 요소활동으로 구성된다

AM프로세스의 설비자원의 처리시간과 같이 인적자원에 대해서도 구하면 $PT_1 = 10,560hrs$ 이며 유휴시간 $UT_1 = PC_1 - PT_1 = 10,560 - 9,504 = 1,056hrs$, $UPC_1 = PT_1/PC_1 \times 100 = 9,504/10,560 \times 100 = 90\%$, $UPC_2 = PT_2/PC_2 \times 100 = 12,960/14,400 \times 100 = 90\%$ 이다.

원가대상인 제품1과 제품2의 10개 프로세스별 인적자원과 설비자원의 실제능력시간 PC, 처리시간 PT, 유휴시간 UT에 대한 간접비 CPC, CPT, CUT는 (5)식에 의해 구하면 <Table 12>와 같다. 포괄손익계산서의 매출원가와 판매관리비에서 간접노무비와 간접경비로 계상되는 제품별 간접비는 각각 ₩8,680,000, ₩3,720,000으로 제품1이 제품2에 비해 2.3배 크므로 이를 절감할 필요가 있다. 제품1의 간접비를 절감하기 위해서는 <Table 10>의 인적자원과 설비자원의 이용률 UPC(Utilization of Practical Capacity)가 저조한 프로세스 활동의 유휴시간을 없애기 위한 재배치와 개선이 요구된다. 이러한 개선이 요구되는 프로세스를 RTU(Rolled Throughput Utilization)으로 나타내면 (12)식과 같다.

$$\begin{aligned}
 RTU &= UPC_1 \times UPC_2 \times \dots \times UPC_q \\
 &= UPC_1 \times UPC_2 \times UPC_3 \times UPC_4 \times UPC_5 \\
 &\quad \times UPC_6 \times UPC_7 \times UPC_8 \times UPC_9 \times UPC_{10} \\
 &= 0.9 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.85 \times 0.85 \\
 &\quad \times 0.85 \times 0.8 \times 0.8 \times 0.8 \times 0.75 \\
 &= 0.172
 \end{aligned} \tag{12}$$

(12)식의 RTU는 RBD(Reliability Block Diagram)에서 가장 약한 체인이 전체 체인에 크게 영향을 주는 직렬(Series)모형의 개념과 같이 10개의 TPM, PAC 프로세스중 이용률이 가장 저조한 LI프로세스 $UPC_{10} = 0.75$ 가 전체 $RTU = 0.172$ 에 나쁜영향을 크게 주므로 이 프로세스에 대한 간접비개선이 우선적으로 요구된다. RTU지표의 특징은 프로세스UPC의 개수가 많을수록 작아지고 가장 작은 UPC_r 보다 절대로 큰 RTU가 나오지 않아 개별프로세스가 전체시스템에 영향을 주는 나쁜정도를 민감하게 반영할 수 있다.

부분이 모여 전체를 이룬다는 시스템적 사고에 의해 간접비절감프로세스를 찾아내는 (12)식의 RTU적도에 산출(Output)과 투입(Input)의 비인 생산성(Productivity)관점에 의해 PC와 UT의 누적연계방식을

이용하여 OEE, OLE를 <Table 10>의 설비자원과 인적자원에 대해 (9)식을 이용하여 구하면 (13)식과 같다.

$$\begin{aligned}
 OEE, OLE &= \frac{ROUT}{POLT} \frac{ANOT}{ROUT} \frac{VGOT}{ANOT} \frac{LVAT}{VGOT} \\
 &= Availability Rate \times Performance Rate \\
 &\quad \times Yield Rate \times Lean Rate \\
 \text{설비자원 } OEE &= \frac{67,849}{70,710} \frac{65,197}{67,849} \frac{61,743}{65,197} \frac{59,956}{61,743} \\
 &= 0.960 \times 0.961 \times 0.947 \times 0.971 \\
 &= 0.842 \\
 \text{인적자원 } OLE &= \frac{49,308}{51,490} \frac{47,507}{49,308} \frac{44,939}{47,507} \frac{43,659}{44,939} \\
 &= 0.958 \times 0.963 \times 0.946 \times 0.972 \\
 &= 0.848
 \end{aligned} \tag{13}$$

(13)식의 OEE와 OLE는 <Table 13>과 같이 유휴시간이 되는 8가지 TPM Loss와 5가지 PAC Loss, 7가지 Lean Waste를 4단계의 연계된 PC와 UT의 누적방식을 이용한 척도로 각 단계에서의 Loss와 Waste 절감에 의해 간접비절감방안을 생산성향상과 동시에 추구할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 품질혁신 및 설비개선 프로세스활동과 시간동인에 의한 활동기준원가계산을 통합하는 COQ/TDABC, TPM/TDABC모형을 다음과 같이 개발하였다.

1) 품질혁신을 위한 품질코스트프로세스에 대해 시간동인을 활용하여 간접관리비를 추적배분할 수 있는 COQ/TDABC 통합시스템을 제안하였다. 매출액이 작고 주문옵션이 많아 스펙이 복잡한 제품에 대해 COQ/TDABC 통합모형을 적용할 경우 예방, 평가 간접품질활동을 강화하더라도 불량과 클레임의 실패간접품질활동에 의해 간접비증가와 더불어 체질개선과 시간경쟁력을 잃게 될 수 있다. 따라서 ZD, 6시그마활동에 의한 COQ/TDABC모형을 적용할 경우 예방평가 간접품질활동의 통제간접코스트와 더불어 기업불량처리와 고객클레임대응의 간접품질활동에 의한 실패간접코스트를 동시에 절감할 수 있다.

2) 설비개선을 위한 전사적설비보전 프로세스에 대해 시간동인을 이용하여 관리간접비를 추적할당할 수 있는 TPM/TDABC 통합모형을 개발하였다. 그리고 유휴시간단축과 재배치를 통한 간접비절감의 우선순위를 정하기 위해 개별 프로세스의 UPC에 의한 RTU척도를 제시하였다. 또한 제안한 통합시스템의 실제자원시간과 유휴시간을 TPM의 OEE와 PAC의 OLE생산성척

도의 누적연계시간으로 재구성하여 단계별 로스와 낭비제거의 생산성향상과 간접비절감을 보완적으로 실시하게 하였다.

3) 본 연구에서 개발한 TDABC 통합시스템을 BPM, TQM, 6시그마등의 프로세스개선활동에 대한 재무효과 산출에 적용할 경우 원가대상에 따른 간접비의 합리적인 추적배분을 통해 체질개선과 시장경쟁력을 동시에 추구할 수 있다.

5. References

- [1] Adeoti A.A., Valverde R. (2014), "Time-Driven Activity-Based Costing for the Improvement of IT Service Operations", *International Journal of Business and Management*, 9(1):109-128.
- [2] Barret R. (2005), "Time-Driven Costing : The Bottom Line on the New ABC", *Business Performance Management*, March : 35-39.
- [3] Bruggerman W., Everaert P. (2007), "Time-Driven Activity-Based Costing : Exploring the Underlying Model", *Cost Management*, 21(2) : 16-19.
- [4] Bruggerman W., Everaert P., Levant Y., Saens G., Anderson S. (2008), "Cost Modeling in Logistics Using Time-Driven ABC : Experiences from a Wholesaler", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(3) : 179-191.
- [5] Bryon K., Everaert P., Lauwers L., Van Meensel J. (2009), "Time-Driven Activity-Based Costing for Supporting Sustainable Decisions in Pig Production", Working Paper, Ghent University.
- [6] Campanella J. (1999), *Principles of Quality Costs : Principles, Implementation and Use*, ASQ Quality Press.
- [7] Cardinaels E., Labro E. (2008), "On the Determinants of Measurement Error in Time-Driven Costing", *The Accounting Review*, 83(3) : 735-756.
- [8] Choi S. (2012), "Development and Implementation of Chain Metrics for Obtaining Lean Overall Equipment Effectiveness Using Availability Measures", *Journal of Korea Safety Management and Science*, 14(2):147-158.
- [9] Choi S. (2014), "Development of Integrated System of Time-Driven Activity-Based Costing Using Balanced Scorecard and Economic Value Added", *Journal of Korea Safety Management and Science*, 14(4):451-469.
- [10] Demeere N., Stouthuysen K., Roodhooft F. (2009), "Time-Driven Activity-Based Costing in a Outpatient Clinic Environment : Development, Relevance and Managerial Impact", *Health Policy*, 92(2-3):296-304.
- [11] Dewi D.S., Di Mascio R., Van Voorthuysen E.J. (2012), "Application of Time Driven Activity Based Costing to an Industrial Service Provider", *Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management System Conference*, 1960-1967.
- [12] Everaert P., Bruggeman W., De Creus G. (2008), "Sanac Inc. : From ABC to Time-Driven ABC(TDABC) : An Instructional Case", *Journal of Accounting Education*, 26:118-154.
- [13] Everaert P., Gleuren G., Hoozee S. (2012), "Using Time-Driven ABC to Identify Operational Improvements : A Case Study in a University Restaurant", *Cost Management*, 26(2):41-48.
- [14] Fladkjaer H., Jensen E. (2011), "The ABC-Paradox : Is Time Driven ABC Relevant for Small and Medium Sized Enterprises?", Working Paper, Aalborg University, 2:1-23
- [15] Hon J., Chu S. (2012), "Implementation of Time-Driven Activity-Based Costing : A Case Study of Aerospace Precision Casting Factory", *Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference*, 426-435.
- [16] Hoozee S., Bruggeman W. (2010), "Identifying Operational Improvements During the Design Process of a Time-Driven ABC System : The Role of Collective Worker Participation and Leadership Style", *Management Accounting Research*, 21:185-198.
- [17] Kaplan R.S., Anderson S. (2004), "Time-Driven Activity-Based Costing", *Harvard Business Review*, 82:131-138.
- [18] Kaplan R.S., Anderson S. (2007), *Time-Driven Activity-Based Costing : A Simpler and More Powerful to Higher Profits*, Harvard Business School Press.

[19] Lee J. (2011), "Time-Driven ABC Model as a Tool of Strategic Decision Making : Case Study on Cost Accounting", POSRI Business Review, 11(2):5-29.

[20] Max M.(2007), "Leveraging Process Documentation for Time-Driven Activity Based Costing", Journal of Performance Management, 20(3):16-28.

[21] Mielcarek J.(2012), "Falsification of Time-Driven Activity-Based Costing and Instead What?", Working Paper, The Poznan Banking School, 1(14):1-27.

[22] Ozyurek H., Dinc Y. (2014), "Time-Driven Activity Based Costing", International Journal of Business and Management Studies, 6(1):97-117.

[23] Pernot E., Roodhooft F., Van den Abbeele A. (2007), "Time-Driven Activity-Based Costing for Inter-Library Services : A Case Study in a University", The Journal of Academic Librarianship, 33(5):551-560.

[24] Riccardo G., Caterina V., Paola Miolo V. (2011), "Time-Driven Activity-Based Costing and Capacity Cost Management : The Case of a Service Firm", Cost Management, July(August):6-16.

[25] Rchild D., Bouksour O., Beidouri Z.(2013), "The Activity Based Costing Method Opportunity to Assess and Master the Aircraft Maintenance Service Cost for Third Party : A Case Study", International Journal of Computer Science Issues, 10(1):699-706.

[26] Sailaja A., Basak P.C., Visuanadhan K.G.(2013), "Activity Based Cost Management : An Effective Tool for Quality Performance Measurement in Manufacturing Industries", International Journal of Scientific & Engineering Research, 4(1):1-9.

[27] Schiffauerova A., Thomson V. (2006), "A Review of Research on Cost of Quality Models and Best Practices", International Journal of Quality and Reliability Management, 23(6):647-669.

[28] Stout D.E., Propri J.M., "Implementing Time-Driven Activity-Based Costing at a

Medium-Sized Electronics Company", Management Accounting Quarterly, 12(3):1-11.

[29] Suzuki T. (1994), TPM in Process Industries, Productivity Press.

[30] Tanis V.N., Ozyapici H. (2012), "The Measurement and Management of Unused Capacity in a Time Driven Activity Based Costing System", Journal of Management Accounting Research, 10(2) : 43-55.

[31] Terungwa A. (2013), "Time-Driven Activity-Based Costing and Effective Business Management : Evidence From Benue State, Nigeria", International Journal of Finance and Accounting, 2(6):297-306.

[32] Tsai W. (1998), "Quality Cost Measurement Under Activity-Based Costing", International Journal of Quality & Reliability Management, 15(7) : 719-152.

[33] Wu X., Wang Y., Yue D., Sun Z. (2011), "Modeling and Error Analysis of Time-Driven Activity-Based Costing", International Conference of Industrial Engineering and Engineering Management, (1) : 401-405.

저 자 소 개

최 성 운



현 가천대학교 산업공학과 교수. 한양대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고, 1994년 한국과학재단 지원으로 University of Minnesota에서 1년간 Post-Doc을 수행했으며, 2002년부터 1년 반 동안 University of Washington에서 Visiting Professor를 역임하였음. 주요 관심분야는 BCM, 통신, 정보시스템의 보안, 신뢰성 설계 및 분석, 자동화 생산 및 장치 산업에서의 품질관리이며 서비스 사이언스, 재무금융공학, Wavelet, Business Dynamics & Analytics, TRIZ에도 관심을 가지고 있음.

주소 : 경기도 성남시 수정구 성남대로 1342 가천대학교 산업공학과 ☎031)750-5366, swchoi@gachon.ac.kr