

新製品 開發 期間 短縮을 爲한 CE 模型 設定

A Set-up of CE Model for the Shortening of New Product Development

김 만 균*
Kim, Man-Kyun
함 효 준**
Hahm, Hyo-Joon

Abstract

This paper is concerned with the set-up of the CE(Concurrent Engineering) model for the shortening of new product development. Recently, the situation of the new product development has been drastically changed. Customers require cheaper, better, stronger products in shorter product cycle time. To cope with this requirements from customers, engineers must accept new paradigm based on the CE and some special tools. This paper shows a tool, CE which is a good for shortening of new product development. So, CE was applied broadly in whole process of new product development and we could make it very successfully in quality, function, cost and developing time.

1. 序 論

최근 제조 기업을 비롯한 전 산업계에는 국내외 시장의 성숙화에 따른 고객 needs의 다양화, 製品 life cycle의 단기화와 고급리, 고 물가 WTO 출범에 따른 시장개방 압력 등 이루 헤아릴 수 없을 만큼 어려운 환경속에서 기업의 생존 성장을 위한 새로운 개념의 기업 전략의 필요성을 느끼고 있다. 고객의 요구는 고객 기호의 다양성 만큼이나 다양해 졌으며, 제품에 대한 기호와 시각은 매우 까다롭게 변모하고 있다. 제품의 life cycle 주기가 단축됨에 따라 제조 기업은 고객의 기호에 대응하기 위하여 좀더 빠른 대응책이 요구되어 지고 있으며, 이는 적시에 적절한 방법으로 소비자의 지속적인 요구를 충족시키기 위하여 제품개발 리드타임을 단축시키는 것이 기업의 생존과 성장을 위한 절대적인 과제로 인식하게 되었다.^[22] 기업의 환경에 대처하기 위하여 기업은 단순히 고객의 요구에 대응하는 수동적인 기업 경영에서 벗어나 고객의 기호를 유도해 나가는 경영이 요구되고 있다. CE에 관한 기존의 연구들은 Morris 와 Hough^[14]에 의한 제품개발의 동시적 진행에 의한 참여부문과 참여자간의 신속한 의사 조정을 위한 연구, Varney^[13]는 CE에 의한 제품 개발과정에서의 성공요인에 관한 연구, Perter^[15], Ha 와 Porteus^[16]에 의한 CE의 평가라고 할수 있는 비용절감과 시간단축 비교에 관한 연구 등으로 분류할 수 있다. 최근에는 환경의 변화와 더불어 製品의 性能, 品質, 價格등의 면에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 새로운 패러다임의 전환이 필요하게 된다. 과거의 경제적 品質基準이란 豫防, 評價 및 失敗 費用에 의한 전체 품질 비용을 最小化하는 品質 基準으로 이해되어 왔으나 이러한 개념은 고객의 변화에 의하여 점차 무너지고 있다. 고객이 要求하는 品質과 새로운 모델의 適期 開發이 製造業體의 경쟁력을 좌우하는 현실에서 製品 開發을 위한 새로운 접근 방

* 大宇그룹 會長秘書室

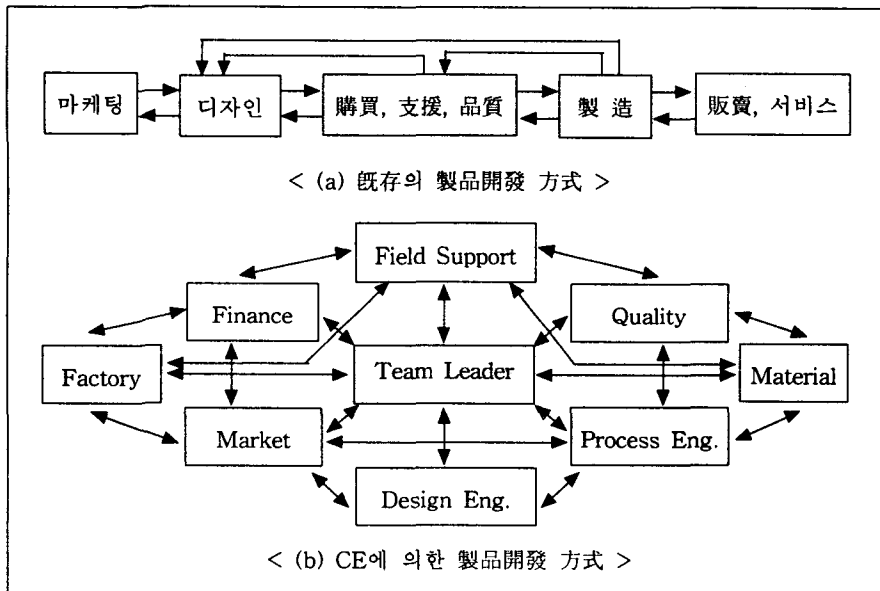
** 亞洲大學校 機械 産業工學部

법이 요구된다. 즉, 내적 외적 환경의 변화에 의하여 製品開發 절차상에 새로운 패러다임이 설정되고 이의 실현을 위한 새로운 engineering 기법의 개발 및 적용을 필요로 하는 것이다.

2. CE의 概念 및 期待效果

2.1 CE의 概念

제품 및 그와 관련된 여러 과정 즉 제조 및 지원부분을 포함하여 동시적이며, 병행적으로設計하기 위하여 다양한 여러 분야의 전문가들에 의해 동시에 수행하는 일련의 계통적 접근 방법이다. 즉, CE는 각 부문이 협조하여 중복과 낭비되는 작업을 없애고, 전체적 효율 향상과 speed up을 꾀하는 것이 그의 목적이다. 제품개발에서 제품개발과정, 개발조직의 혁신, 그리고 운영에 있어서의 모든 단계에 운영할 수 있으나 기초 핵심 기술개발과 같은 R&D에서부터 제품에 이르기까지 핵심기술을 적합 시키는 제품 실현 단계에 초점을 둔다⁶⁾. 따라서 CE 과정은 개발자의 개발 초기 단계인 아이디어 창조에서 製品의 폐기에 이르기까지 전 life cycle에 包含된 모든 要素 즉, 品質, cost, schedule 및 고객의 요구 조건을 초기부터 고려하는 것이다. CE 과정은 對象製品, 周邊資源, 條件등에 의해 지배를 받는다. CE가 도입되기 前 기존의 보편적인 製品開發 과정은 한 부서에서 作業이 끝나면 연속하는 다음 段階의 부서로 책임과 함께 되는 인계되는 과정으로 製品의 개발이 완료될때까지 순차적으로 진행되어 왔다. 반면에 CE는 각 유관 부서들이 동시에 製品開發 단계를 가지는 각 단계들이 일련의 연속과정을 아래 <그림 1>과 같이 수행한다.



<그림 1> 既存의 製品開發 方式과 CE에 의한 開發 方式의 flow 比較

CE의 역사는 第2次 世界大戰 이전인 1931년 Henry Ford에 의해 세계최초의 低 費用 V-8 엔진의 개발에 적용된 이후부터 싹트기 시작하여 1980年代의 CE의 개념이 재정립되었다. 1990年代에 와서는 전략적 tool로서의 CE 활용이 증시되면서 顧客滿足이라는 經營戰略에 맞추어

기존 업무과정을 근본적으로 재고하고 재 설계하여 극적인 효과를 이루는 내부적인 관점의 經營革新 技法으로 알려진 BPR(Business Process Re-engineering)의 개념과 결합되어 製品開發 업무의 BPR의 위상으로 전개되고 있다. 또한 미래에는 더욱 확장된 개념을 가지고 CALS(Commerce At Light Speed[1994年度 概念]), IMS-RPD(Intelligent Manufacturing System-Rapid Product Development), 假想實現 製品開發(Virtual Product Development) 및 統合 客體指向 設計 過程(Integrated oriented-Object Design Processes)등과 연계되어 계속적으로 발전할 것이다.

2.2 CE 期待效果

각 부문별 製品開發 기간의 시점이 서로 over-lap되면서 製品開發 담당자들은 제품에 대한 각 기능별 정보를 서로 공유할 수 있다. 따라서 이러한 활동들은 제품개발자로 하여금 製品開發 초기 즉, 개념 도입으로부터 제품의 폐기시까지 品質, 價格, 開發日程, 顧客의 요구 등을 포함하는 모든 제반 요소들을 동시에 분석하여 新製品 開發에 반영할 수 있다^[23]. 일반적으로 제품개발에는 수 많은 설계 수정이 이루어지지만 CE에 의해 제품 설계에 대한 수정을 최소화 할 수 있으며, 이 결과로 인하여 기술변동에 따른 설계 보고서의 75% 정도를 줄일 수 있으며, 이에 따른 중복 활동의 제거와 신속한 변경과정을 통하여 최소한의 비용으로 제품개발 사이클 타임의 50% 이상의 감축 효과를 얻을 수 있다. 즉, CE의 도입은 시간효율에 의한 목표체계의 전 사적 지향, 원가절감, 리드타임의 단축, 설계품질의 개선에 의하여 신제품의 조기 시장도입에 의하여 최종적으로는 이익을 증가시키게 되는 것이다.^[22] 따라서 도입의 효과는 첫째, 不良品 減少에 의한 品質向上, 둘째, 生産의 不必要 要因 除去, 資材 工數의 最適化 및 再作業의 減少 등에 의한 原價 節減, 셋째, 設計變更 減少에 의한 開發期間의 短縮, 넷째, 各 工程別 業務改善 效果에 따른 工程效率 增加 등을 들 수 있으며, CE 導入 효과는 <표 1>과 같다.

區 分	效 果 分 析
Development time	30~50% less
Engineering change	65~95% fewer
Time to market	20~90% less
Field failure rate	60% less
Cost of quality	60% reduced
Service life	70~90% increased
Scrap and rework	50~75% reduced
Overall quality	100~500 higher
Defects	30~80% fewer
White collar productivity	20~110 higher
Return of assets	20~120 higher

<表 1> CE 導入 效果 分析

지금까지 정량적으로 평가할 수 있는 여러 가지의 효과를 설명하였지만, 보다 큰 효과는 숫자로 나타낼 수 없는 각종 정성적인 효과이다.

1) 開發期間 schedule에 대한 認識 變化

新製品 開發에 있어 종합 製品開發 期間, 終了始點, 作業에 필요한 소요시간 등은 과거의 습관에 입각한 고정 관념으로 결정되는 경우가 많다. 몇 개의 project가 최고의 management로

종래의 상식을 타파하고 성숙을 계속 올림에 따라 시간에 대한 기업의 인식이 변해 점점 좋은 방향으로 전환된다. Schedule을 지키고 있는 것도 의식의 문제가 크다. Schedule의 정도를 올리는 의식이 있고서야 비로소 개선으로 연결된다.

2) 엔지니어의 culture change

엔지니어는 대개 표준화는 아무래도 좋다고 생각하고 있다. 그러나 短期間에 新製品을 개발하기 위해서는 방법과 규칙의 개선이 필요하다. 종래의 엔지니어 業務處理 方式은 자신의 머리속에서만, 게다가 조잡하고 개략적인 設計에서 정도를 높이는 느낌으로 일을 하고 있다. 많은 사람이 서로 협력해서 작업을 하는 경우 제대로 되지 않는다. CAD를 이용해서 설계를 하는 경우에는 처음으로 확실한 정보를 만들어 컴퓨터에 入力하는 것에 집중하는 것이 必要하다. 과거의 resource를 활용할 수 있는 것은 철저히 표준화를 한다. 표준화는 과거의 resource 활용의 한 가지이다. 이것을 행하고, 간단히 끝낼 수 있는 것은 글썽 다음, 정말 unique함을 필요로 하는 부분에 노력을 집중한다. 이러한 엔지니어의 設計에 대한 태도 변화는 커다란 效果이다.

3) 工場 全員の 一體感

CE의 최종적인 목표는 신제품 개발에 관련된 전 부문, 전원이 “新製品 開發이 자신에게 가장 重要한 일이다”. “全 部門이 新製品 開發에 모든 方法으로 貢獻 해야 한다”라는 의식을 갖게 되는 것이다. concurrent process, tool의 도입으로, 최종적으로 조직원의 의식이 변화하지 않으며 충분한 성과는 나올 수 없다. 반대로 전 부문이 일체감을 얻을 수 있는 것은 tool, process의 미비를 보충하고도 남는 큰 성과로 연결되는 것이다.

3. CE의 成功要因 및 接近 模型

3.1 CE의 成功要因

CE가 최종 목표로 하고 있는 것은 製品開發, 製造, 販賣, 保守, 廢棄의 전 life cycle에서의 QCD(Quality, Cost, Delivering)를 최적화 하는 것이다. 다시 말하면 total life cycle에 있어 문제점, needs를 파악하고 그것을 개발 계획에 반영하는 것이다. 따라서, CE가 제 기능을 다하기 위해서는 다음 같은 내부적, 외부적 요소들의 기능이 적절히 발휘되어야 한다.

1) 새로운 Engineering Process의 設定

기존의 순차적 開發段階에서 CE에 기초한 製品開發의 패러다임 전환과 체계적인 활동 process의 定立이 必要하다. 즉, 製品開發 cycle의 개념 확보와 CE의 개념에 입각한 作業흐름을 설정하고 토착화시키는 것이 중요하다. 새로운 패러다임은 모든 선행 업무가 새로운 업무가 시작하기 전에 완료되어야 한다는 개념으로부터 동시에 수행될 수 있는 여러 가지의 업무들이 존재한다는 시각에서 변화되어야 한다.

2) Teamwork

CE가 제 기능을 다하기 위해서는 teamwork이 필수적이다. 대부분 명확한 팀웍의 정의 없이 팀웍이 완성되었다고 생각하는 것은 잘못된 사고이며, 이 팀웍을 이루기 위해서는 다음과 같은 요소들이 명확화 되어야 한다. CE에서는 구성원의 직능그룹이 매우 중요하며, 이들은 고도로 적절하게 상호작용 하는 것이 필요하다. CE의 효과가 발휘되기 위해서는 CE 그룹이 정말로 팀

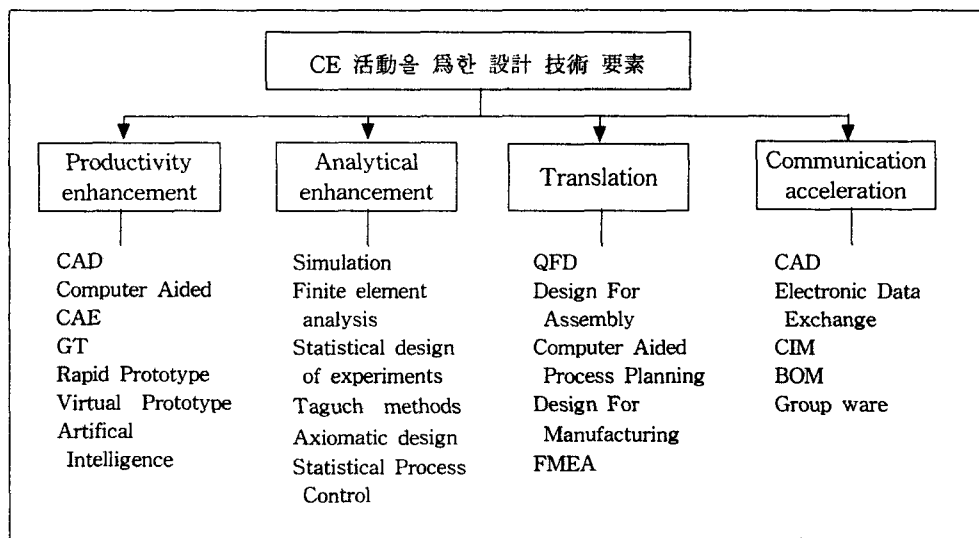
이 되어야 한다는 것이다.^[21]

- ① 공동의 목적 및 목표
- ② 명확한 우선 순위
- ③ 잘 배분된 지속적인 참여
- ④ 목표 달성을 위한 활동
- ⑤ 자료와 사실에 근거한 결정
- ⑥ 인적자원을 효율적으로 통제하고 장애물을 헤쳐 나갈 수 있는 leader

이상의 요소에 팀웍을 유지하기 위하여 인적자원에 대한 교육 시스템이 필수적으로 요구되고 CE team 활동의 각 단계에 따른 교육과 컨설팅의 중요성이 증대된다.

3) 새로운 技術과 技法의 活用

CE의 효과를 극대화하기 위해서는 여러 가지의 환경과 새로운 기법이 선택적으로 적용되어 製品開發 단계별로 업무의 정확성과 효율을 증대 시켜야 한다. 이러한 기술과 기법들은 CE 활동과정에서 필수적인 요소로 CE활동을 원활하고 정확하게 한다. 또 CE활동에 사용될 기술의 수준은 적용 필요성과 컴퓨터, 自動化 裝備, 그리고 재정 등에 따라 결정 될 수 있다. 이들은 생산성 향상과 다른 부문과의 상호 교류를 가능케 하는 기술적인 영역이다. 그 적용 예로서, team leader를 공식적인 의사소통의 본부로 이용하고 공동의 data base를 이용할 수 도 있다. 이러한 환경에 적용케 하기 위한 새로운 기술과 기법들은 아래 <그림 2>와 같다.



<그림 2> CE 활동에 適用되는 設計 技法

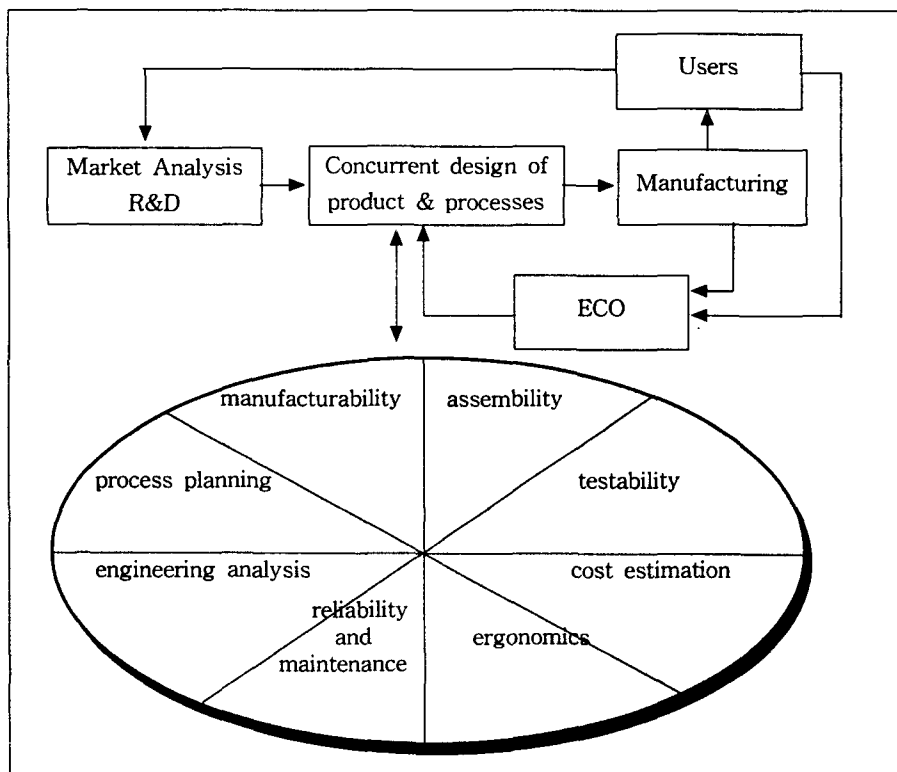
4) IT(Information Technology)의 基盤構築

성공적인 CE 활동을 위해서는 공학적 데이터(Engineering Data)와 업무흐름(Work flow)의 명확한 정의가 필요하다. 공학적 데이터는 생산과 공정분야에서 엔지니어링이나 다른 기능 활동에서 사용되거나 창조되는 것이다. 또, 이러한 정의된 데이터에 대한 효율적인 관리시스템의 주요한 인자가 된다. 데이터의 효율적 관리를 위한 전략적 해결로서 PDM(Product Data

Management)가 제시되어 지고 있다. PDM은 전체 제품의 life cycle 동안에 걸쳐 모든 생산과 공정에 대해 정의된 데이터를 관리하는 도구이다. IT는 데이터를 create, access하는 방향에서 정보를 PDM을 통해서 상호교환 하는 형태로 발전하고 궁극적으로 모든 지식의 종합에 의해 decision을 지원할 수 있도록 하는 방향으로 진행하여야 한다.

3.2 CE의 接近 模型

제품개발 사이클상에서 CE 접근은 <그림 3>과 같이 나타낼 수 있다. 고객을 대상으로 시장에 대한 연구와 조사를 수행하고 이를 바탕으로 상품과 생산 과정에 대한 배려를 동시수행의 배경하에서 설계를 수행하는 것이다. 同時工學은 製品開發의 전 과정에서 각 단계별 상태에 맞추어 진행될 수 있다. 일반적으로 성공적인 시스템은 3 단계에서 많게는 7 단계로 나누어 질 수 있는데 이러한 단계는 필수적으로 企劃, 設計, 開發, 量産段階를 포함하게 되고, 이들 과정 중 CE의 적용은 각 단계의 효율을 높이기 위한, 즉, 시스템의 효율을 극대화하고 그 조직의 경직된 단점을 보완할 수 있다. 또 CE활동을 통한 제품 개발의 진행여부를 판단하는 진행결정 (Decision to Process)을 하는 設計審査(Design Review)의 개념을 가지고 진행할 수도 있다. 또한, CE의 접근 모형을 개발설계에 있어서 커버할 범위와 영향도에 따라 다음과 같이 4종류의 activity로 분류한다.



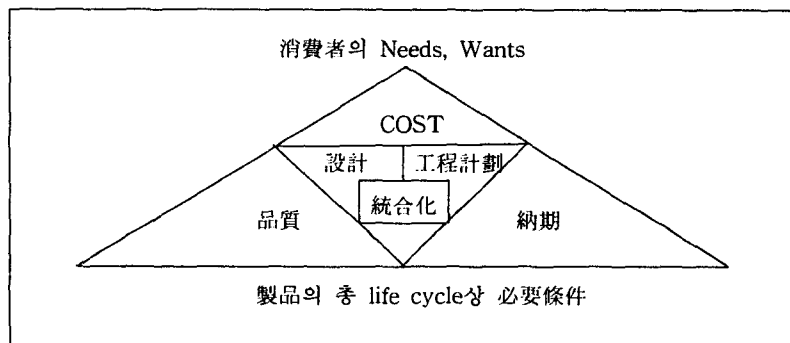
<그림 3> 製品開發 cycle 上에서 CE 接近 方法

1) Concurrent Design

개발 엔지니어, 생산기술 엔지니어의 설계작업에 관련된 부분을 concurrent하게 하는 작업이다. 종래에 자주 사용되고 있는 수법으로, 개발 生産技術, 자재 구입 담당자가 기술을 가지고 製造原價, cost performance를 보다 극대화하기 위한 활동이다. 그 중에서 新製品 開發에 대한 VE(Value Engineering)는 확실히 concurrent design 그 자체이다. 기업의 QCD 경험, know-how를 제정하는 것이 기술 표준화이다. 표준화를 따르다 보면 자연스럽게 concurrent한設計가 이루어지기 때문에 매우 중요한 요소이다. 재 이용을 標準化 범주에 포함한다. hardware, software, 전기계, 기계계 등과 관계없이 과거의設計, 思考方式, 技術을 유효하게 활용하는 것이다. 과거의 제조, 고객에게서 확인한 것을 재 이용하는 것은 매우 중요한 CE 이다. 혼자서 설계할 경우 시간이 걸리는 것을 여럿이서 분담하여, 병렬로 작업함으로써 단시간에 완성할 수 있다. 따라서 병렬작업으로 효율성을 증가시키기 위해서는 그 나름대로 know-how를 축적하여야 한다.

2) Concurrent Process

개발에서 제조까지 네트워크로 연결 일체화된 개발 제조 環境의 CIM 자체를 말한다. 종래에는 개발에 따른 모든 공정, 작업이 개발 중에 완결되었고, 필요가 있으며 개발 중에 몇 번이나 반복 후에 설계도만을 제조에 이관하였다. 그러나 CE에서는 개발과 제조를 일관된 公정으로 나누어 생각, 반복이 필요한 경우는 개발 製造工程 전체를 반복하는 구조로 <그림 4>와 같다. 종래에는 marketing, 開發, 品質保證이 각각 독립된 기능으로 責任 分擔을 완결하는 形態였다. 그러나 business speed를 최우선으로 하는 現 狀況에서는 이 方法으로는 競爭에서 패할 수밖에 없다.



<그림 4> CE 구축을 위한 필요조건

3) Concurrent Technology

설계 초기의 構想設計 단계에서 computer simulation을 이용해 평가하면서 설계를 상세화 해가는 수법 및 그것을 지원하는 도구, 기술을 의미한다. 종래와 같이 詳細設計, 試驗作品까지 이르러서야 평가가 행해지는 수법과는 근본적으로 다른 강력한 방법이다. 또한 software engineering을 이용하여 概要設計로 우선 시험하고, 順次設計를 詳細化 하며 필요한 테스트, 평가를 反復하여 점차 설계를 완성시키는 proto-type 수법은 매우 효과를 발휘할 수 있다.

4) Concurrent Management

Marketing이 기획하고, 이 기획이 확정되면 개발부문이 개발한다. 개발이 완성되면 品質保證

이 평가한다. 평가가 양호하면 제조가 생산준비를 하는 것과 같이 어느 작업이 끝나고서야 비로소 다음 작업을 시작한다. 앞 부문이 끝나고 나서야 다음 부문이 시작된다. 이 방법의 장점은 각 부문의 책임을 명확하게 할 수 있다는 것이다. 그러나 경쟁에서 승리하기 위해서는 이것으로 충분하지 않다. 보다 도전적인 방법을 필요로 한다. 즉, 企劃은 marketing이 주도하지만, 開發, 品質保證, 製造, 販賣 서비스 담당도 동시에 참가하여야 한다. Concurrent management를 활성화하기 위해서는 software에서 사용하는 CM(Configuration Management) tool을 hardware에 활용하여, 기획서, 외부 사양서 등을 비롯한 모든 정보를 집중관리하면 情報管理, 成果管理 뿐만 아니라, project management, 品質開發, 生産性 管理에도 위력을 발휘할 수 있다.

3.2.1 CE를 통한 製品開發 Process 革新

CE를 이용한 製品開發은 조직 및 開發過程에서 責任을 決定하는 일이 많으며, 部門間의 의사 불소통과 待期時間이 많이 생기고 있으며, CE 製品開發에서는 모든 life cycle에서 가치를 향상시킬 수 있는 데에서부터 출발을 하여야 한다. 따라서 흐름화, 동시화 할 수 있는 開發 process의 re-engineering이 필요하며, 지속적인 개선이 요구된다. 동시에 IE적인 분석 수법을 개발 업무에 응용하여 보유공수와 소요공수를 분석하여 resource에 대한 구체적인 계획 수립이 필요하다. 다음은 CE를 이용한 제품개발 process의 혁신 절차를 열거한 것이다.

- ① 製品의 全 life cycle상에서의 요구점 및 환경변화 등에 근거한 만족과 공헌을 위한 Needs, Wants를 파악한다.
- ② 사업목표 즉, 매출 이익 등에 대한 공헌도를 산정 한다.
- ③ 이와 연관된 사람, 關聯度, 所要 工數 등 把握 및 業務의 目標, 活動內容 把握, 製品開發의 전 cycle 즉, 企劃→ 開發 → 生産 → 使用 → 廢棄까지의 문제점 및 개선점을 파악한다.
- ④ Process를 강화하여야 할 부분 및 추가 기능 등의 검토를 명확히 한다.
- ⑤ 원류화에 필요한 활동들을 개발 process에 positioning 한다.
- ⑥ 시간이 걸리는 업무의 명확화 및 부정확성 정도에 따라 소요기간을 산정하여 착수시기 결정 등 무엇을 하는 것이 그 업무를 효율적으로 추진하는 것인지를 검토하여 병렬 處理化 / 辭典化 / 直結化 / 排除, 改善 / 課題 限定化 추진으로 기간을 단축시킨다.
- ⑦ 製品開發에 있어서 어디에 중점을 두고 방향을 정해야 할지를 명확히 한다.

3.2.2 CE의 製品開發 導入 展開

자사의 개발구조, 스타일, 企劃機能, 開發機能, 生産技術 機能, 製造機能의 실력과 수준의 평가가 필요하며, 목표를 설정하여 양자간의 사이에서 과제도출, 어느 단계에서 어느 수준을 목표로 할 것인지를 사전에 검토하여 다음과 같은 製品開發 목표 설정을 위한 추진 master plan을 작성한다.

- ① 회사의 목표, 목적을 명확히 설정한다.
- ② 現在의 design system, manufacturing system 등의 分析으로 圖式化/ 問題點/ 重要點/ 推進方法 등을 檢討한다.
- ③ 개발목표를 명확히 설정하고 그 system을 이해한다.
- ④ 開發目標을 명확히 設定하고 그 system을 評價한다.
- ⑤ 技術的인 측면에서 문제점을 명확히 검토하고 이를 문서화 한다
- ⑥ 해결하여야 할 問題點 分析 및 優先順位를 나열한다.

- ⑦ 技術情報, 도구 / 원칙, 인사 조직, process을 통하여 해결 방법을 선정한다.
- ⑧ 문제점을 해결할 tool에 대한 해결 방법의 효과 등을 평가한다.
- ⑨ CE 推進을 위한 master plan을 作成한다.
 - 복합적 기술 plan, schedule/ 예산, 경영 plan, 추진체제 schedule 등
- ⑩ 製品開發을 위한 CE를 실시한다.

제조 기업은 경쟁우위 확보와 신 시장의 조기 진입이 기업의 생존과 성장 발전에 가장 큰 영향을 미치기 때문에 제품개발 과정에 CE의 도입 여부를 신중이 고려하여야 한다.

4. 結 論

급변하는 세계시장에서 高品質 高機能을 유지하며, 製品開發 期間을 크게 단축시키기 위해서는 製品開發의 정책과 過程에서 同時工學을 적용함으로써 커다란 효과를 얻을 수 있다. 同時工學은 開發期間 短縮의 가장 뛰어난 方法임을 확인할 수 있다. 成功的인 製品開發의 必須的인 要素인 研究員의 자질향상과 적극적인 참여 의지 및 최고경영자의 의지는 모든 技法의 導入 및 適用에서와 같이 CE活動에서도 絶對的인 役割을 한다. 따라서 CE活動을 보다 效率的으로 適用하기 위해서는 研究員의 의식과 능력 교육 및 관련 데이터를 共有하고 서로간의 情報交流를 원활히 하기 위한 시스템의 確立이 必要하다. 또, 意思決定을 도울 수 있는 다수의 기법들을 확립하고 적절히 적용하여 그 효율을 극대화함이 필요하다고 할 수 있다. 來來의 製品開發 方法에서 CE로의 변화는 수년의 기간이 소요될 수 있지만 CE活動에 의한 업무진행의 변화를 피함으로서 그 派生效果를 극대화 할 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

- [1] W. R. Carey, "Simultaneous Engineering : Concurrent Product and Process Development", *Tools For today's Engineer*, pp.15-20, 1992.
- [2] D. G. Ullman, "*The Mechanical Design Process*", McGraw-Hill, Inc., 1992.
- [3] Status Meetings Ltd. and authors, "Simultaneous Engineering", *Proceeding of the 1st International Conference*, Cotswold Press Ltd., 1990.
- [4] Clark, K. B and Zvi Griliches, "Productivity Growth and R&D at the Business Level ; Results from the PIMS Data Base in R&D", *Patents, and Productivity*, Chap. 19, Ed. by Zvi Griliches, The University of Chicago Press, Chicago, 1984.
- [5] Durand, T., "Concurrent Engineering and Interfunctional Project Groups", *Int. J. Technology Management*, Vol. 10, No. 1, pp 67-78, 1995.
- [6] Solow, R. M., Technical Change and the Aggregate Production Fuction, *Review of Economic and Statistics*, Aug. 1957.
- [7] Mansfield, E., "Basic Research and Productivity Increase in Manufacturing", *The American Economic Review*, Vol.70, No.5, Dec., 1980.
- [8] Hayes, R., Wheelwright, s., and Clark, K., "*Dynamics Manufacturing : Creating the High Performance Organization*", NY : The Free Press, 1988.
- [9] Scherer, F. M., "Corporate Inventive Output, Profits, and Growth", *Journal of Political Economy*, Vol.73, No.3, pp.290-297, 1965.

- [10] Kim, Man-kyun & Hahm, Hyo-joon, "A study on optimal evaluation model for FMSs using Activity-Based Costing", *Journal of the society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol. 19 No. 38, Jun. 30, pp. 147-148, 1996.
- [11] Ozden, M., " A simulation study of multiple load carrying AGV in FMS", *International Journal of Production Research*, Vol.26, pp1353-1366, 1988.
- [12] Clark, K., and Fijimoto. T., "*Product Development Performance*", HBR, Jan.-Feb., pp. 67-75, 1991.
- [13] Varney, G., "*Building Productive Teams : An Action Guide and Resource Book*". S.F. : Jossey-Bass, 1989.
- [14] Kanter, R. M., "*The Change Masters*". NY : Simon and Schuster, 1983.
- [15] Dean. W., and Suaman, G. I., "Organizing for Manufacturable Design", *HBR*, Mar.-Apr., pp 23-30, 1989.
- [16] Ha, A. Y., and Porteus, E. L., "Optimal Timing of Reviews in Concurrent Design for Manufacturability", *Management Science*, Vol. 41, No. 9, pp 1431-1447, 1995.
- [17] Pooley, R. J., "Towards a standard for Hierarchical process oriented Discrete Simulation Diagram", *Transactions of the society for computer simulation*, 8(I), 1991.
- [18] Li Chih, Wang, "An Integrated object-oriented Petri-net Paradigm for manufacturing control systems", *The International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 9, No.1, pp73-87, 1996.
- [19] Kai-Ying, Chen and Shui-Shong, Lu, "A Petri-net and Entity-relationship diagram based object-oriented design method for manufacturing systems control", *The International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol.10, No.1-4, pp17-28, 1997
- [20] G. M., Lenart and S. Y., Nof, "Object-oriented Design of Information Integrated in Sheet Metal Manufacturing", *The International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol.10, No.1-4, pp29-50, 1997.
- [21] Nicholas, J. M., "Concurrent Engineering : Overcoming Obstacles to Teamwork", *PIM Journal*, third quarter, pp 18-22, 1991.
- [22] Adachi, T., Enhawa, T., and Shih, L. C., "A Concurrent Engineering Methodology using analogies to Just-In-Time concept," *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 33, No. 3, pp 587-609, 1995.
- [23] Carter, D., "*Concurrent Engineering*". Addison Wesley, 1992.
- [24] Rosenthal, S. R., and Tatikonda, M. V., "Time Management in New Product Development : Case Study Findings", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 11, No. 5, pp 359-368, 1994.
- [25] 齊藤實, "*Concurrent Engineering*", 韓國能率協會컨설팅 譯, 1995.