

## 肥料造粒用 專門 시스템

〈Nitrogen No.201 January-February 1993〉

베네주엘라의 Intevep社는 傳統的인 TVA식 工場에서 生産되는 DAP-NPK肥料의 專門的인 造粒시스템을 개발하였다. 이 시스템은 肥料을 造粒할때 생기는 문제점을 解決하는데 사용될 수 있으며 새로 建設한 工場을 運轉하는 運轉員들의 訓練 기구로도 사용될 수 있다.

세계의 年間 肥料消費量은 대략 3億6千萬톤인데 그중 약 6千萬톤은 그레놀형 NPK肥料이며 2千5百萬톤은 그레놀형 NP肥料 즉, 예를 들면 DAP나 MAP와 같은 肥料이다. 현재 세계에는 약 275基의 NPK肥料造粒工場이 있다. 특히 開發途上國에서는 앞으로 生産量이 적절하게 증가되고 NPK肥料과 NP肥料에 대한 그레놀형의 사용량이 증가될 것으로 예상된다. 그레놀형의 NPK肥料과 NP肥料은 植物의 必須的인 영양소로서 施肥效果를 높이고 農家の 生産費를 줄임으로써 穀物의 收穫增大를 도모하는데 필요한 것이다. 그레놀형 NPK肥料과 NP肥料에 대한 이러한 경향과 重要性은 일반적으로 化學肥料의 使用으로 받게 되는 環境的 壓力과 값이 싸고 品質이 좋은 肥料製品을 需要에 만족시킬 수 있는 기존 生産工場의 能力에 주로 의존하게 된다.

固形의 原料를 回轉드럼에 注入하여 그레놀형 肥料을 生産하는 암모니아化合物-그레놀化技術은 1950년부터 사용되어 왔다. 일반적으로 이 技術은 科學的인 技術이라기 보다는 오히려 藝術的인 技術이라 생각할 수 있다.

그러므로 그레놀化工場の 運轉員들은 訓練을 통하여 필요한 技術을 決定을 하기 보다는 實驗에 의한 經驗的 方法을 指向하게 된다. 그러나 運轉員의 經驗的인 決定보다도 적절한 計裝化나 自動化에 의하여 工程의 制御를 가능하게 할 수 있도록 修理的인 모델의 工程을 數値化하는데 많은 努力을 傾注하였다. 지금까지의 이러한 努力은 단지 運轉員의 “實驗的 經驗”만으로 완전하게 代替할 수 없는 그레놀化工場の 知識을 改善하는데 불과하였다. 특히 人工知能을 이용한 情報시스템의 出現(사람보다도 컴퓨터를 사용하여 課題를 처리하는 것이 더 知能的일 수 있음)과 專門시스템은 專門家の 知識과 經驗을 要因과 知識의 形式으로 검색할 수 있게 하므로써 또 다른 것을 決定하는데 도움이 되도록 하였다. 그러므로 非專門人도 科學的 方法으로 고려된 모든 經驗的 知識을 가진 專門家の 經驗의 長點을 사용할 수가 있다.

專門的인 시스템開發의 첫째 단계는 해결할 問題點에 대하여 정확한 定義를 내린 다음 問題點의 理解를 돕고 綜合的인 解決을 하는데 필요한 作業量을 推定하기 위하여 하나의 작은 標準시스템을 축조한다. 그 다음 단계는 問題點에 대한 規格을 形式化하고 專門시스템을 완전하게 設計하는 것이다. 이 期間中 專門시스템은 어떠한 知識의 習得이다 修正에 대한 계속적인 循環過程에 영향을 주게 되며 完成단계에 가서 標準規格을 形式化한다.

本文은 DAP와 NPK肥料를 造粒하는데 있어서 專門시스템의 應用에 관하여 설명코자 하는 것이다. 專門시스템을 開發하는데는 일반적으로 受容된 基本的인 方法論에 따랐다. 주어진 NPK形式(12-24-12)에 대한 造粒의 잘못으로 인하여 야기된 問題點을 전문시스템으로 解決할 수 있는지를 推定한 다음 專門시스템의 범위와 목표를 정하기 위해 문제점이 있는 部分을 검토할 수 있게 하는데 相應한 標準專門시스템을 開發하였다.

## ○ 肥料의 造粒은 藝術인가 科學인가 ?

그레놀형 DAP와 NPK肥料는 2個以上の 微量要素나 主要素가 配合이나 또는 化學反應에 의하여 物理的 또는 化學的으로 混合된 形式으로 되어 있다. 그레놀형 肥料의 生産工場은 일반적으로 造粒節次와 여기서 필요한 再循環比를 調節하고 處理할 수 있도록 設計된다. 이 設計基準들은 결코 絶對적인 것이 아니며 항상 生産容量에 관한 한 修正이나 變動(運轉할때 마다)이 될 수 있다. 이들은 生産하는 肥種이나 사용되는 原料, 製品의 品質 및 그레놀化工程에 직접 종사하는 사람들의 경력에 따라 의존된다.

肥料를 造粒할때 調節되어야 할 가장 중요한 파라미터는 液體나 固體의 比率이나 造粒器內에서 그레놀이 형성될 때의 溫度이다. 이 파라미터는 엄밀하게 計算될 수 없는 것이며 運轉員의 技能이나 原料의 調劑 및 再循環量에 크게 의존된다. 이러한 技能은 長期間의 運轉經驗을 통해서만 얻어지는 것이다. 그러므로 그레놀형 肥料의 生産은 科學的이라고 하기 보다는 오히려 藝術的인 것이라고 생각할 수 있는 것이며 이러한 技能이 있는 運轉員은 前文家(熟鍊者)라 칭하게 된다. 專門知識이 많아지면 신속하고 효율적이며 조리있는 결정을 할 수 있기 때문에 造粒工場의 生産性을 높게 할 수 있고 NPK製品의 品質도 더 좋아지게 할 수 있다.

이러한 모든 專門知識을 사용할 수 있게 하는 것은 앞서 말한바와 같이 쉬운 일이 아니며 長期間의 經驗과 努力이 필요한 것이다. 그러므로 그레놀형 肥料의 生産分野에서 모든 專門知識을 집중시킬 수 있는 시스템을 開發하는데는 專門시스템에 대한 技術의 사용이 매우 유용하고 편리하다는 것을 생각하게 되었다. 이 것이 세디스퍼의 아이디어(Idea of Sedisper)를 탄생시킨 것이다. 세디스퍼는 그레놀형 NPK肥料의 生産과 관련된 問題點의 診斷이나 取扱方法 및 解決을 하는데 사용되는 專門시스템을 의미하는 것이다.

세디스퍼의 개발에 대한 主目的은 다음과 같다.

(1) 그레놀형 NPK肥料의 生産에 있어서 工場이나 工程의 연결이 가능한 知識이나 經驗을 수집통합한 방법을 인간의 專門知識으로 하여 問題點을 해결한다.

(2) 問題點에 대한 原因調査시간을 단축하고 解決策을 제시하여 줌으로서 이 시스템이 工程의 問題點에 대한 原因分析과 해결에 종사하는 사람들을 支援해 주는 指針이 되도록 한다.

(3) 工程에 대한 구체적인 情報을 제시해 주므로써 工場에 종사하는 사람들의 訓練을 빠르고 쉽게하는 한편 爭點에 대한 解決策을 수립하고 合理化한다.

(4) 어느때나 集約的이고 一貫된 專門知識의 사용을 가능하게 한다.

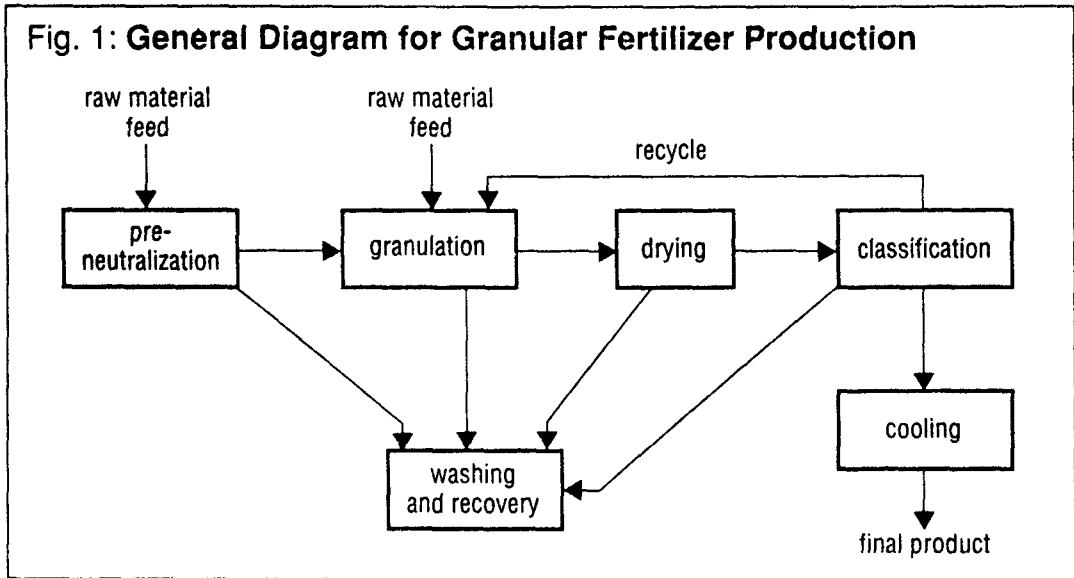
(5) 工場이나 研究所의 從事者들이 會社를 떠나더라도 그들이 이루어 놓은 經驗을 잃지 않도록 보장한다.

## ○ 세디스퍼시스템의 概要

세디스퍼는 베네주엘라의 모론石油化學工團(카라카스의西部150km지점)에 위치한 페쿠이벤社의 그레놀형 NPK - DAP工場을 위하여 開發되었다. 이 工場에서 生産된 NPK肥料의 肥種은 12-24-12, 15-15-15, 13-26-06, 12-12-17등이었다. 基本的인 生産工程은 中和, 造粒, 乾燥, 選別, 冷却, 洗滌 및 回收部門(Fig.1)으로 구성되어 있다.

磷酸은 N/P의 比가 1.4가 되도록 암모니아로 中和된다. 이것은 造粒되는 懸濁液이나 또는 슬러리의 형성이 일어나게 해주는 것이며 N/P比를 1.8로 높여주기 위해서 TVA형 回轉드럼에서 다시 한번 中和된다. 造粒된 製品은 乾燥器에서 대부분의 水分을 제거한 다음 規格品을 選別한다. 規格品보다 작은 粒子는 粉碎하여 微細한 粉末과 함께 再循環한다. 選別된 規格品은 최종제품으로서 冷却器에서 冷却된 다음 倉庫로 들어간다. 工程의 處理過程중 발생된 흙이나 가스 및 粉塵등은

Fig. 1: General Diagram for Granular Fertilizer Production



大氣로 排出되기 전에 工場의 洗滌 및 回收部門에서 處理하여 肥料成分을 回收한다.

세디스퍼의 목적이나 그레놀형 肥料의 生産에는 여러가지 많은 問題點이 일어나기 때문에 이러한 問題點들을 工場의 運轉에 가장 중요한 영향을 미치는 다음과 같은 3가지의 주요 모듈로 體系化하였다.

(1) 生産性의 모듈 - 規格品보다 굵거나 微細한 粒子의 再循環量이 많아 生産성이 낮은 문제점.

(2) 品質의 모듈 - 製品의 粒度分布와 化學的 品質(形式)의 문제점.

(3) 環境영향의 모듈 - 工場에서 環境에 不利한 物質(粉塵이나 암모니아등)을 放出하는 문제점.

NPK형 肥料과 관련된 대부분의 知識은 DAP형 肥料에도 적용할 수 있다. NPK형 肥料중 12-24-12는 가장 많이 生産되는 肥種이다. 肥料의 粒子가 規格品보다 굵거나 過度한 造粒으로 再循環量이 많아 生産성이 낮아지는 문제점은 이 12-24-12

의 肥種을 造粒할때 가장 많이 일어나는 문제점이다. 따라서 이 문제점을 해결하기 위하여 最初로 開發한 專門시스템이 原型세디스퍼 1.0이었다.

현재 세디스퍼 1.0은 다음과 같이 이용된다 :

(1) 12-24-12肥種의 과도한 造粒으로 인하여 生産性이 낮아지는 가장 보편적인 원인을 간단하게 處理한다.

(2) 爭點의 原因을 說明해 주거나 調整해준다.

(3) 可能的 修正措置를 提案하거나 調整해준다.

이 시스템은 다음과 같은 條件에서 생기는 대략 94種類의 狀況을 해결하는데 예를 들면 造粒器로 들어가는 슬러리의 密度가 낮거나 中和反應중 발생되는 熱量이 불충분한 경우, 슬러리중의 N/P比가 낮고 洗滌液의 密度가 낮으며 새로 送入되는 補充水나 液體 및 슬러리등의 量이 많은 狀況등이다. 이러한 狀況내에서 또 다른 문제점의 原因이 있다면 그것은 사용자가 이 狀況과 모순되거나 常識밖의 데이터를 제공했기 때문이라 할 수 있다. 이러한 경우 세디스퍼는 그러한 狀況의 사용자를 경고하고 모순된 狀況의 사용으로 인하여 생기는 爭點을 說明해 준다.

解決策을 診斷하기 위하여 세디스퍼는 약 20種의 변수와 原料의 特性이나 溫度 및 材料의 흐름등과 같은 運轉上의 파라미터를 注視한다.

## ○ 시스템開發의 方法

세디스퍼의 開發에 있어서 가장 중요시하는 것은 이 시스템을 쉽게 사용할 수 있어야 한다는 것이다. 세디스퍼의 性能을 保障하기 위해서 세디스퍼의 일종인 마이크로소프트 윈도우 변형 3.0은 그래픽 인터페이스의 設計를 사용하기 편리하게 하였다. 이 作品에서는 LEVEL5 OBJECT 변형 2.2의 工具를 사용하였다. 이것은 인포메이시온 빌더스社가 製作한 作品인데 특별히 專門시스템의 開發용으로

---

設計되어 있다. 이 工具는 세디스퍼와 같은 專門시스템을 開發하는데 윈도즈내부에 인터페이스의 설계와 策造를 하는데 여러가지 便宜를 제공해주고 저렴한 價格으로 이용할 수 있으므로 매우 인기가 있는 것이다. 세디스퍼는 80286이나 80386 프로세서가 달린 IBM-결용식 PC와 함께 사용할 수 있다.

세디스퍼는 妥當性調査나 概念設計(Conceptual design) 등 여러가지 페이스로 開發되었다.

그레놀형 肥料를 主題로 妥當性調査를 하는 동안 專門知識을 가진 엔지니어는 이 시스템에 익숙하게 되고 專門家の 相談을 통하여 수반된 문제점의 要求條件이나 特性이 측정되므로 專門시스템의 技術을 적용할 수 있게 된다. 일단 專門시스템사용의 가능성이 확인되면 專門知識을 가진 엔지니어는 자세한 專門用語나 工場運轉등에 익숙해진다. 이 목적을 달성하기 위하여 專門家が 추천한 특수한 研究文獻이 참조되었으며 의심이 나는 부분은 완전하게 이해를 할 수 있도록 專門家와 相談을 하였다.

概念設計페이스에 있어서 세디스퍼의 목적이나 범위는 사용자나 인터페이스의 형태, 하드웨어나 소프트웨어의 형태 및 기타 기능상의 特性에 관련하여 상세하게 定義되었다.

專門知識習得용 페이스는 專門家로부터 知識을 蒐集하고 習得하여 이것을 이용한 專門시스템의 知識베이스(Knowledge base)를 移轉해 주는 엔지니어를 필요로 한다. 專門知識의 習得課程은 工場의 運轉이나 工程을 다루는 水準의 專門家와 相談하여 수행되었다. 이 知識의 習得過程을 돕기 위하여 “分枝圖”(Tree of decisions)라는 것이 사용되었다. 세디스퍼용 專門知識은 “If-Then”이라는 計劃目標를 사용하여 설명되었다.

일단 完成된 이 시스템은 일정 期間동안 專門家와 사용자의 相談에 의한 도움, 事例研究 및 工場試驗을 통하여 有效性이 確認되었다. 有效性을 확인하는 期間중

---

이 시스템에 나타난 提案을 감안하여 修正된 다음 工場에 移轉되었다. 이러한 工程의 結果로서 前述한 바와 같은 特性을 가진 最初의 原型세디스퍼를 얻게 되었다. 上述한 바와 같은 最初의 이 세디스퍼는 하나의 카운터파트시스템으로 생각할 수 있게 되므로써 그레놀형 肥料를 生産할때 基本的인 問題의 하나 즉 예를 들면 과도한 造粒으로 인하여 生産性이 낮아지는 문제점을 해결해 주는 시스템에 대하여 만족감을 나타냈으며 工場從事者들에게 매우 有用한 道具로서 重視하였다.

## ○ 시스템의 機能

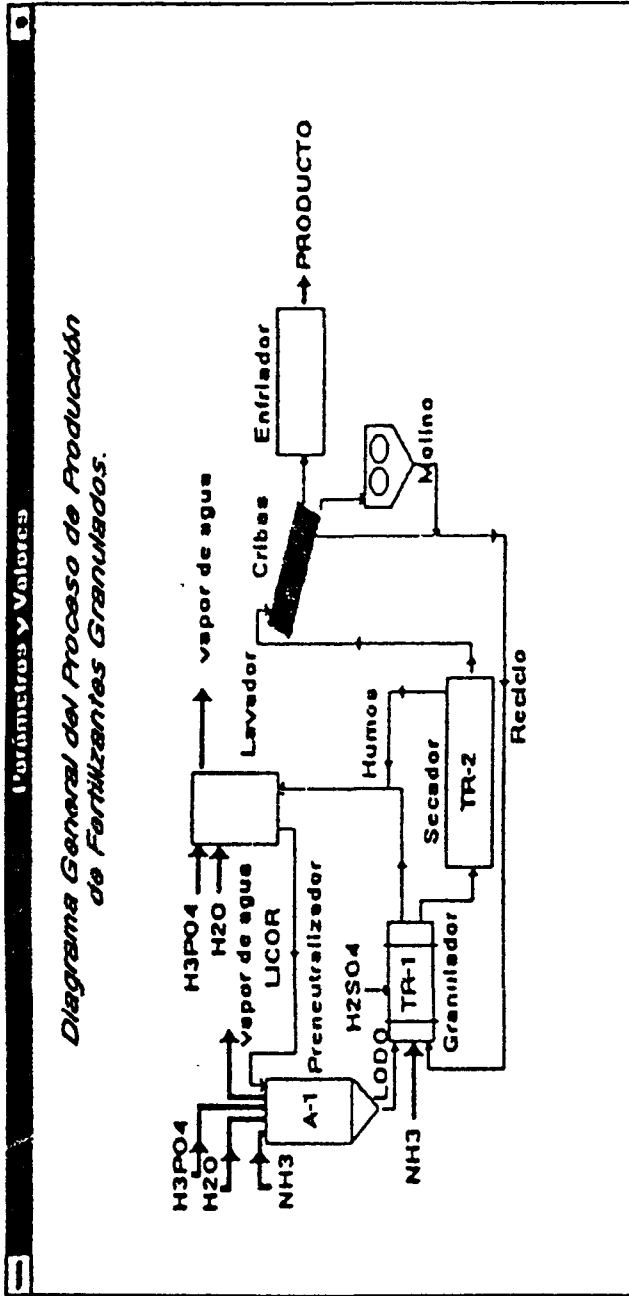
세디스퍼가 접속되면 이 시스템은 사용자에게 原料의 特性이나 材料의 흐름, 溫度 및 工程의 운전변수에 관련된 여러가지 質問을 한다. 각 質問에 대하여 사용자는 解答을 주어야 하며 마련된 데이터에 의해서 세디스퍼는 사용자에게 最終 結論을 주기 전에 문제점에 관한 論議를 하게 된다. 이 시스템이 檢出한 結論은 문제점의 原因으로 구성될 수도 있으나 正確한 措置 또는 矛盾的인 狀況으로 구성될 수도 있다. 질문을 하는 동안 사용자는 이 시스템에게 질문형식의 說明이나 그의 爭點 및 마련된 데이터의 修整까지도 요구할 수 있다.

세디스퍼는 마이크로소프트 윈도우즈의 情況을 통하여 사용자와 情報交換을 할 수 있다. 세디스퍼는 각기 다른 特性과 目的을 가지고 있는 6가지 종류의 윈도우즈를 제공한다. 이들은 主윈도우, 중간 및 최종결론을 위한 윈도우, 解說용 윈도우, 파라미터值에 관한 윈도우 詳細한 파라미터值에 관한 윈도우 및 誤謬메시지용 윈도우등으로 되어 있다.

主윈도우는 세디스퍼와 사용자간의 對話를 마련해 준다. 세디스퍼는 이 윈도우에서 사용자에게 工程에 관한 情報(특정한 문제점, 肥料의 種類, 슬러리의 흐름 등)을 요구하고 사용자는 세디스퍼가 그의 推理工程(Inference Process)을 가지



Fig. 2: Window for Parameters and Values



고 진행할 수 있는 필요한 情報를 마련해 준다.

中間 및 最終結論을 위한 윈도우는 세디스퍼가 선택된 문제점의 診斷을 '完了'한 후 나타난다. 그것은 이 시스템의 결론을 나타내는데 사용자가 제시한 문제점의 原因에 따라 導出된 結論과 가능한 修正措置方法을 보여준다. 이 윈도우는 質問 段階에도 나타날 수 있는데 이 경우 세디스퍼는 中間結論을 나타낼 수 있다.

解説用 윈도우는 사용자가 要求한 質問을 調整說明하고 그의 論議計劃에 대한 情報를 마련해 준다.

파라미터值용 윈도우(Fig.2)는 그래놀형 비료의 生産工程에 대한 일반적인 도표를 나타내는 것이다. 이 도표는 主要用語를 나타낸 것인데 이 윈도우의 각각은 세디스퍼가 推理工程중에 사용한 더 詳細한 情報를 가지고 있는 또 다른 윈도우에 접속되어 있다.

상세한 파라미터值에 관한 윈도우(Fig.3)는 12개의 윈도우로 구성되어 있는데 각 윈도우는 上述한 파라미터值용 윈도우에 나타나는 主用語의 하나의 관련되어 있다. 각 윈도우는 사용자가 각 파라미터에 대하여 지정한 값이나 測定單位 및 受容할 수 있는 規格 또는 원하는 범위로 고려하고 있는 파라미터를 나타낸다.

이러한 방법으로 세디스퍼가 解釋되고 있는 工程의 狀態를 總體的인 方法으로 修正할 수 있다. 이것은 시스템의 有效性을 檢證하는데 매우 有用하며 세디스퍼가 相談중이거나 또는 相談후 導出한 結論이나 結果를 이해하는데도 편리하다.

誤謬메시지용 윈도우는 사용자가 준비한 不正確한 데이터(不正確한 것이나 範圍밖의 데이터)는 언제나 세디스퍼를 통하여 檢出되어 나오게 된다. 이 윈도우는 발견된 誤謬를 사용자에게 알려주고 이 시스템이 受容할만한 범위의 값을 指示해 준다. 일단 誤謬가 지적되면 사용자는 데이터를 다시 준비하는 기회를 갖게 된다. 이 工程解釋은 導入되는 데이터가 有效할때만 계속된다.

Fig. 3: Detailed Window for Values and Parameters

SEDISFER - Modulo de Producción  
Parámetros y Valores

*Diagrama General del Proceso de Producción de Fertilizante* ← Características del Licor →

Parámetro	Unidad	Valor	Especif
Densidad	gr/ml	UNDETERMINED	1.48
Flujo al A-1	LPM	UNDETERMINED	
Temperature	°C		

Parámetro	Unidad	Valor	Especif
Densidad	gr/ml	UNDETERMINED	1.48
Flujo al Granulador	LPM	UNDETERMINED	280

← Características del Lodo →

## ○ 結 論

肥料造粒工場을 適切하게 運轉하는데 要求되는 專門技術은 長期間의 練習工程을 거친후 얻어진다. 따라서 工場主는 이 知識을 會社의 매우 有益한 資源으로 여겼다. 지금까지 이 知識을 保全해온 重要한 方法의 하나는 한 熟練된 運轉員으로 부터 新參者에게 傳授되어 온 것이다.

새로운 知識의 技術은 專門시스템을 開發할 수 있는데 이것은 專門家들이 가진 知識을 유지하고 效率적으로 活用한 것이라 할 수 있다. 이러한 專門知識의 活用은 TVA의 재래식 技術로 製造한 12-24-12肥種의 NPK肥料를 과도하게 造粒할때 생기는 문제점을 해결하는데 필요한 知識을 가지고 製作한 原型의 專門시스템인 세디스퍼의 開發을 통해서 示範되었다.

이와 같은 專門시스템을 開發하는데 드는 費用이나 努力을 하나의 會社資源으로서 시스템의 專門知識을 蒐集하고 保全하므로써 補償될 수 있는 것이다.

가정에는 소비절약 기업에는 원가절감