

Industrial Reorganization through High-Tech Ceramics

Hiroaki YANAGIDA
University of Tokyo

지금 紹介받은 東京大學의 YANAGIDA입니다. 오늘은 最近 우리가 關心을 갖고 있는 fine ceramics 라는 것이 어떤 產業的 意義를 가지고 있는가 하는 것에 대하여 이야기 하고저 합니다. 제가 日本 通産省의 委員會에서 파인 세라믹스와 産業과의 聯關性에 대하여 研究會를 개최하였을 때 생각한 일이 있는데 이를 整理하여 이야기 하고저 합니다.

먼저 왜 最近 파인 세라믹스, 뉴 세라믹스, 또는 advanced ceramics 라고 하는 것에 많은 사람들이 興味를 가지고 있는가 하는 것을 생각해 본다면 다음에 이야기할 첫번째의 이유가 아마 제일 크리라 생각됩니다.

즉 많은 사람들이 興味를 가지고 있기 때문에 그것에 아마도 무엇이 있음에 틀림이 없다. 같이 흥미를 갖지 않으면 時代に 뒤떨어지게 되기 때문에 나도 흥미를 가져야 한다. 아마도 이것이 제일 큰 이유라 생각합니다. 다음에 아마 이것은 韓國에는 적용되지 않을지 모르나 日本에서는 鐵이나 플라스틱 등의 素材産業이 産業적으로 크지 못하고 있습니다. 따라서 代替材料의 business 를 찾지 않으면 안되는데, 이 때문에 세라믹스에 흥미를 가지게 되는 일이 있습니다. 또 다른 이유도 있겠습니다만 대부분의 사람들이 상기한 이유 때문에 세라믹스에 흥미를 가지고 있다고 말할 수 있습니다.

그러나 이 두 단계에 머물러 있어서는 파인 세라믹스의 참 뜻은 알지 못하게 됩니다. 파인 세라믹스에 흥미를 가지는 다른 이유로서는 이 세번째—이는 새로운 device 나 技術體系를 만들때 세라믹스가 중요하기 때문에—이유를 들 수 있습니다. 그리고 후에 차차 言及하게 되겠습니다만 실은 세라믹스가 産業構造의 變革, 或은 사고방식까지 變更시키는 그러한 立場, 觀點에서 세라믹스에 흥미를 가지거나 또는 관여하게 되는 일이 必要하게 됩니다. 따라서 중요한 것은 첫번째와 두번째가 아니고, 더 발전한 세번째, 네번째 혹은 네번째와 다섯번째 등, 즉 세번째 이후의 것에 重要性을 두고 세라믹스를 생각할 必要가 있게 됩니다.

尖端技術과 세라믹스와의 연관성에 대하여 여러가지로 討論해 보고저 합니다. 우선 세라믹스가 이들 産業(표 1)의 基盤을 형성하는 데 상당히 중요한 역할을 하고 있습니다.

Table 1. High Technology and Ceramics

Supporting High Technology

Communication/Information

Energy Technology/Precision Machinery

Biotechnology/Life Science

Supported by High Technology

Fabrication }
Evaluation } Hard

R and D }
Design } with New Concept: Soft

Thus

Nuclei of Hightech Society.

이들 산업 즉 通信, 情報 혹은 에너지 技術, 精密機械技術, 그리고 biotechnology, life science 등을 可能케 하기 위해 우선 세라믹스를 必要로 하고 있습니다.

그러나 실은 이 세라믹스라고 하는 것이 High-technology 를 지탱하고 있다는 事實만이 重要한 것이 아니라 또 high-technology 에 ceramics 가 지탱당하고 있다는데 意義가 있는 것입니다. 예를 들면 세라믹스는 다른 在來의 철이나 프라스틱에 비하여 만드는 일이 힘이 듭니다. 使用法도 어렵습니다. 어떤것이 安全하게 사용될 수 있는지의 評價도 困難합니다. 또 材料의 素質이 여러가지로 상이하기 때문에 어떤 design 을 採擇하여야 할지의 판단도 困難합니다. 사실은 이들 모두가 high-technology 이며, 만든다는 의미의 hard 라는 意味가 사용한다는 의미의 soft 라는 意味의 兩面의 high-technology 가 세라믹스에 있어서는 必要하게 됩니다.

세라믹스가 high-technology에 어떤 關係성이 있는가 하는가를 다른 각도에서 살펴보면, 세라믹스가 재료의 소재보다 뛰어난 素質, 性能과 特性이 있기 때문에 사용된다는 면과, 세라믹스가 철이나 프라스틱에 없는 機能을 가지고 있기 때문이라는 측면이 있습니다. 성능이 뛰어나다는 의미로는 耐熱性, 耐蝕性, 耐藥品性, 耐磨耗性이라는 면에서 에너지와 관계있는 곳에서 사용됩니다. 또 새로운 전자기적인 특성등에서는 情報, 通信에 사용되고 있습니다. 그리고 중간적인 의미가 될는지 모르겠습니다만 生化學的인 특징이라고 하여 bio-technology, life science 적인 사용법이 있습니다.

재래의 재료인 철이나 플라스틱은 상당히 만들기 쉬운 재료로 우리들은 그런 재료를 취급하는 概念에 너무 익숙해 있습니다. 따라서 이제부터 세라믹스를 취급하려고 할 때 잘못 생각하는 경우가 있습니다. 세라믹스를 취급하기 위해서는 새로운 개념이 필요하게 되는데 세라믹스는 만들기 힘들다는 사실과, 이를 어떻게 기술적으로 극복하느냐 하는 것, 또 어떤 새로운 개념으로 사용하느냐 하는 일이 필요하게 됩니다. 따라서 high-technology 를 支한다는 의미와 high-technology 에 의하여 支撐 당한다는 의미로 실은 high-technology 전체의 핵(혹은 core)라는 개념이 필요하게 됩니다. 새로운 개념에 대하여 일례를 들어 설명하기로 합니다. 구조용 세라믹스의 예로 Si_3N_4 가 자동차 엔진부에서 사용되고 있으며 또 사용되고져 하고 있습니다만, 실은 엔진 부재를 만드는 세라믹스의 cost 의 약 반이 그 評價를 위해 쓰이고 있습니다. 그리고 또 鐵 등의 金屬材料에서의 design 을 그대로 사용하여 세라믹스의 엔진을 만들면 이는 전혀 힘을 내지 못합니다. 따라서 새로운 設計概念, 세라믹스의 특징을 살린 엔진의 모양으로 하지 않으면 힘이 나오지 않게 됩니다.

이 엔진의 이야기에서 세라믹스를 사용한 엔진을 금속일 때의 모양과 같은 모양으로 만들어 힘이 나오지 않았을 때, 원래 세라믹스에 대하여 反對派의 사람들은 그것은 역시 세라믹스가 나쁘기 때문에 엔진에서 힘이 안 나온다고 생각합니다. 그런데 세라믹스에 대하여 원래 好意的인 사람들은 이것은 세라믹스가 나쁜 것이 아니고 design 이 나쁘다고 생각합니다.

사실 이것은 상당히 중요한 일로 우리는 철이나 플라스틱 등의 재료에 너무 익숙해 있기 때문에 그런 것에 맞는 개념으로 모든 것을 생각해 버립니다. 예를 들면 만들기 힘들다는 사실이 있습니다. 실제로 세라믹스는 상당히 만들기 힘듭니다. 이 때문에 산업적으로 伸張할 수 없다든지, 만들기 힘들기 때문에 사용하기 곤란하다는 경우가 되어 버립니다. 플라스틱이나 철은 상당히 만들기 쉽기 때문에 항상 大量生産이 可能합니다. 이에 대하는 세라믹스 쪽은 大量生産에 적합하지 않아서 필요한 곳에서 필요한 만큼만 만든다는 思考方式이 필요하게 됩니다. 따라서 지금까지의 소재와 세라믹스 혹은 파인 세라믹스가 産業構造的인 의미에서도 상당히 다르다는 사실을 알 수 있습니다. 이는 우선 만들기 힘들다는 사실에서 나오고 있습니다. 産業的인 位置에 대하여서는 후에 언급하겠습니다.

여기에서 새로운 재료가 誕生하였을 때, 이에 따라 歷史도 변한다는 事實을 잠깐 생각해 보고자 합니다. 人類는 먼저 石器時代, 石器文明을 만들고, 다음에 陶器文明, 鐵器文明, 그리고 지금 세라믹스 時代, 혹은 第二次 石器時代, 혹은 이제부터의 사용법이 知識集約的인 사용법을 필요로 하게 됨으로 이를 knowledge ware (知識器時代)라고 부를 수 있는 시대로 옮겨 가려고 하고 있습니다. 각각의 시대에는 모두 材料의 이름, 혹은 素材의 이름이 붙어 있음을 인식하여야 할 것입니다.

Table 2. History with Innovation of New Materials

Stoneware Age
 Earthenware Age
 Ironware Age
 Plasticware Age
 Ceramicware,
 2nd Stoneware
 or
 Knowledgeware) Age

우선 석기시대에 사용된 재료는 黑曜石이었습니다. 이때 사용된 기능은 硬度입니다. 이 경도를 이용한 화살촉이나 도끼는 상대방의 물건을 加工하거나 상처를 내는 道具로 사용되었습니다. 이 결과 화살촉이나 도끼를 사용하여 狩獵을 하게 되었습니다. 그러나 이와같은 흑요석을 사용하여 이들 도구를 만드는 生産性은 별로 좋지 않았습니다. 더우기 이런 도구를 사용하여 얻어지는 수렵의 생산성도 좋지 않았기 때문에 이때의 사회는 분산된 적은 사회만이 형성되었습니다. 즉 이 시대에도 이미 素材가 社會構造를 정하고 있는 예를 볼 수 있습니다.

Table 3. Stoneware Age

Obsidian
 Hardness:
 Arrowhead
 Stoneax
 Tools
 Hunting
 Dispersed Small Society

계속하여 인류는 점토를 발견하여 이 점토로 용기를 만들었습니다. 土器를 만들었습니다. 이것은 점토가 形態를 만들기 쉽다는 特徵이 있었기 때문에 용기가 만들어진 것입니다. 이 용기를 사용하여 食品의 貯藏을 합니다. 식품의 저장 가능성이 가능해지면 農業을 하게 됩니다. 따라서 전술한 石器만 사용한 시대보다는 生産性이 다소 커졌기 때문에 곧 部落이 형성되게 됨

니다. 이와 동시에 石器時代에는 住居가 비교적 移動的이었으나, 토기의 발명으로부터 定着性이, 같은 곳에 살게 되는 傾向이 생기게 됩니다. 여기에서도 새로운 점토라는 재료를 발견하였기 때문에 사회구조까지 변한 예를 볼 수 있습니다.

Table 4. Earthenware Age

Clay

Easiness in Shaping:

Vessel's

Storage

Farming

Village Society

계속하여 鐵器時代가 도래하여 현재도 철기시대가 계속되어 있습니다만, 철이라는 것은 아주 뛰어난 재료로, 이는 道具로 사용하기에 적절한 정도도 있고, 容器로 사용하고자 하면 또 형태를 만들기도 용이합니다. 따라서 우선 철을 소재로 하여 만드는 道具 혹은 容器의 生産性이 좋아지게 됩니다. 이 때문에 사회구조도 여러가지 형태의 것이 생기고 이에 따라 여러 문화도 생기게 됩니다. 이와 동시에 생산성이 높은 工場에 의하여 富나 힘이 모이게 되므로 大國家의 發生이 철에 의해 가능해 졌다고 생각됩니다.

Table 5. Ironware Age

Iron

Enough Hardness for Tools

Enough Easiness in Shaping for Vessels

Variety of Society and Culture

Birth of Large Nation

鐵과 人類의 聯關性은 아주 길기 때문에 인류가 재료를 사용할 때는 철에 관한 지식으로 모든 것을 생각해 버리는 경향마저 생기고 있습니다. 때문에 전술한 바와 같이 철의 결점은 缺點이 아니고 세라믹스의 결점은 결점이라고 생각해 버리게 됩니다. 계속하여 프라스틱의 시대가 왔습니다. 이것은 아주 형태를 만들기 쉬운 소재로 여러가지 형태의 것이 만들어집니다. film, fiber, 薄膜등이 만들어지게 되었습니다. 그러나 이것은 너무도 형태를 만들기 쉽기 때문에 상당히 큰 裝置로 같은 물건을 대량으로 만드는 大量生産 방식을 工業이 취하게 되었습니다. 따라서 공업으로서도 그 소재를 만드는 기업과 소재를 사용하는 기업등과

같이 산업이 소재의 user 와 maker 로 확실하게 나누어지는 체계가 되는 것이 organic polymer 를 통한 産業構造의 變革이라고 말할 수 있습니다.

Table 6. Plasticware Age

Organic Polymers
 Excellent Shapeliness
 Various shapes of Vessels (Including Films
 and Fibers)
 Large Scale Industry
 Specialized Production
 Specialized Personality

석기에서 철기 그리고 프라스틱이라는 재료를 향한 變遷은, 실은 형태를 만들기 쉬운 재료를 구하는 흐름이었다고 할 수 있습니다. 그러나 이제부터 언급하고자 하는 파인 세라믹스는 이 흐름에 따르고 있지 않음을 인식할 필요가 있습니다. 파인 세라믹스가 왜 필요한가 하면 이는 형태를 만들기 쉬운 것이기 때문이 아니고 보다 優秀한 特性이 요구되기 때문이라는 데 의의가 있는 것입니다. 따라서 프라스틱 다음에 오는 것은 보다 형태를 만들기 쉬운 물건이 아니고 지금까지의 소재보다 더 우수한 소재가 필요하기 때문에 파인 세라믹스가 요구되고 있는 것입니다. 그리고 파인 세라믹스가 登場하는 또 하나의 意義는 特性의 向上이라는 것 이외에 새로운 機能의 探索 혹은 導入이라는 것입니다. 기능이, 혹은 특성이 우수한 물질이라는 것은 전술한 바와 같은 構造用的 세라믹스에 연결되며, 또 새로운 기능을 탐색하는 일은 정보, 통신 관계의 機能性 세라믹스와 깊은 관계가 있습니다.

Table 7. Ceramicware Age

Hightech Ceramics
 Excellent Performance
 Various Novel Functions
 Hightech required for fabrication.
 Hightech (soft) required for application.
 New type of industry -- Integration R, D and M
 New type of Culture --- Integrated Personality

지금 우리가 들어가고져 하는 세라믹스 시대라는 것은 지금 말한바와 같이 뛰어난 特性, 새로운 機能을 갖는 것이 됩니다. High-tech ceramics 를 사용하여 새로운 High-tech 를 만드는 것뿐 만이 아니고 전술한 바와 같이 세라믹스 自體가 만들기 힘들기 때문에 High-tech 가 필요하게 되면, 또 이를 사용하기 위한 새로운 設計概念이라는 새로운 개념이 필요하게 됩니다.

따라서 이제부터 언급하는 바와 같이 새로운 소재를 통해 새로운 기술, 혹은 새로운 공업의 체계가 이룩되고져 하고 있습니다.

이 새로운 산업구조에 있어서는 研究와 開發, 그리고 營業과의 구별이 확실하지 않습니다. 또 앞에서 얘기한 user 와 maker 의 구별도 점점 모호해지고 있습니다. 그리고 가능하면 이에 종사하는 연구자, 관계자의 인격이 연구에서 영업까지 전부 할 수 있는, 세라믹스를 통해서 그런 사람이 필요한 시대가 오고 있습니다.

앞에서 세라믹스의 결점에 대하여 철의 관점에서 보면 세라믹스가 결점이라는 것을 이야기 하였읍니다만, 이것은 저로서는 세라믹스는 天才이며, 천재이기 때문에 결점도 가지고 있다는 것입니다. 이 결점을 무리하게 고치려고 천재가 가지고 있는 좋은 소질을 없애서는 안 됩니다. 혹은 그것이 정말 결점인가 하는 것을 다시 한번 생각해 볼 필요가 있음을 하나의 예를 들어 이야기 하고져 합니다.

예를 들면 형태를 만들기 힘들다는 것, 혹은 재료를 만들기 힘들다는 것이 결점이라고 하고 있으나 이것은 逆으로 말하면 이것을 만든 사람은 成功하는 것이 됨으로 이는 High-technology 의 開發을 促進하고 있는 것이 됩니다. 따라서 이것은 결점이 아니고 새로운 기술의 開發動機가 되는 것입니다. 또 꾸부리든가 늘리든가 할 수 없기 때문에 불편하다. 따라서 좋지 않다고 철의 개념에 익숙한 사람들은 말하고 있습니다만 이것도 잘 생각해 보면, 실은 이것은 결점이 아니고 精密한 機械部品을 만드는데는 상당히 뛰어난 성질이라고 바꾸어 말할 수 있습니다. 또 깨지기 쉽다고 잘 말합니다. 이것도 맞는 이야기 입니다만, 이것은 깨지기 쉬움이 결점이 아니라 그 깨지기 쉬움이 露出되지 않는 사용법, design 을 잘 개발하면 克服할 수 있는 문제입니다. 그리고 또 한가지 大學教授를 하고 있는 저희 들은 세라믹스에 대한 과학적인 이해가 적기 때문에, 혹은 빈곤하기 때문에 이 재료는 좋지 않다는 말을 흔히 듣게 됩니다. 그러나 이것은 반대로 새로운 科學을 만들기 위한 challenge 을 우리는 지금 하고 있다고 생각합니다. 그리하면 이제까지의 재료의 사고방식에 의한 缺點이 모두 長點으로 바뀌어지게 됩니다.

이 파인 세라믹스라는천재는 아주 오랜 家門... 세라믹스의 歷史는 인류의 시초이래, 석기시대이래 繼續되어 있으므로... 그리고 가난한 집안에 태어난 천재 입니다. 현재의 재료의 기

Table 8. New Concept to Grow Hightech Ceramics

Ceramic a Genius

*Strong points

Must not be destroyed by Criticism

Must not be spoiled by Favoritism

*Weak points by Conventional Viewpoints

Are they really weakpoints by New Concept?

Difficulty in Shaping Development of High-tech.

Lack in Flexibility Pricise Mechanical parts.

Fragility Development of design.

Poor Scientific Understanding

Challenge to new Science

e.t.c..

Genius born in a very old but poor family.

술 체계에 의하면, 裕福한 rich 한 家族이 소위 금속이나 프라스틱에 해당됩니다. 과인 세라믹스라는 가족은 최근에 와서야 약간 풍족하게 되었읍니다만 저는 아직 가난한 가족이라고 생각합니다. 따라서 周圍의 돈이 많은 富裕한 가족들이 때로 못살게 굴 때도 있습니다.

이 가난한가 부유한가 하는 것을 예로 들어 말한다면 세라믹스의 研究者는 日本에서도 수가 적습니다. 이에 대하여 철이나 프라스틱의 연구자의 수가 상당히 많기 때문에 어떤 재료가 좋은가 하는 문제를 討論하게 되면, 아무리 세라믹스가 좋은 소질을 갖고 있어도, 多數決로 지고 마는 수가 있습니다. 따라서 이 천재인 세라믹스를 키우기 위해서는, 이 물질이 좋기 때문에 좋다고 말만하고 있어서는 안되며, 튼튼하게 키우지 않으면 안되는 것입니다.

세라믹스는 크게 나누면 두 종류가 있다고 말하였습니다. 뛰어난 특성을 살리는 쪽이 構造用 세라믹스로 Si_3N_4 , SiC 등 입니다. 그리고 이 구조용 세라믹스를 만드는 기술로 어떤 재료를 만들 때 뛰어난, 새로운 다른 性質이 나타나는 수가 있습니다. 이것이 機能性 세라믹스로 그 電子的 성질, 化學的 성질, 光學的 성질등을 이용하는 것입니다. 여기서 중요한 것은 이 기능성 세라믹스가 구조용 세라믹스를 만드는 기술로 만들어 진다는 사실입니다.

이들 구조용 세라믹스와 기능성 세라믹스중 어떤 것이 좋은가, 어떤 것을 연구하여야 할 것인가 하는 토론은 실은 無意味한 토론이며, 중요한 것은 현재 아직 구조용 세라믹스의 買

상이 적지만 기술적으로 상당히 重要하기 때문에 먼저 이를 연구한다는 것입니다. 그러나 이 구조용 세라믹스는 장래 伸張할 展望이지만 현실적으로 매상이 없기 때문에 연구 개발을 계속할 수가 없습니다. 따라서 기능성 세라믹스로 市場開發을 잘 해 나가면서, 즉 이쪽에서 研究資金을 벌면서 技術을 蓄積하고, 구조용 세라믹스에서 축적한 기술로 이 기능성 세라믹스를 만든다. 제조한다는 것과 같은 循環이 필요하게 됩니다. 따라서 양쪽이 차의 두 바퀴와 같이 필요하다고 저는 생각합니다.

새로운 재료를 개발하는데 어떤 것이 動機가 되고 있는가 하는 것을 요약해 보면 보다 쉽게 형태를 만들 수 있는 것을 구하는 것이었는데 이것이 지금까지의 플라스틱의 역사입니다. 이에 대하여 보다 뛰어난 특성을 구하고, 보다 새로운 기능을 구하고자 하는 것이 이 파인 세라믹스에 요구되고 있는 것입니다. 그리고 이 두개가 채워졌을 때 이 재료를 어떻게 사용할 수 있도록 형태를 만드는가 하는 것이 기술이 되는 것입니다. 이와 같은 두개의 function 과 performance 를 살릴 수 있도록 기술 개발을 하지 않으면 안된다는 것입니다.

Table 9. Incentive for New Materials

- *Improvement of Easiness in Shaping
- *Improvement of Performance
- *Introduction of Novel Functions.

구조용 세라믹스와 기능성 세라믹스에 대하여 앞서 언급한 바와 같이 양쪽이 필요한 것입니다만 구조용 세라믹스는 어느 쪽인가 하면 技術指向의이며, 기능성 세라믹스는 새로운 기능을 發見한다는 쪽에 重點이 놓여 있습니다. 더욱 이 새로운 現象, 기능을 사용하여 조속히 製品化하여야 한다는 요소가 들어오게 됩니다. 이에 대하여 구조용 세라믹스 쪽은 기술을 충분히 축적한다는 것이 되기 때문에 開發方法이 양쪽이 약간 다릅니다. 더욱 중요한 것은 앞서 말한 바와 같이, 이와 같이 성격이 다른 개발방식을 취하지 않으면 안되는 구조용 세라믹스와 기능성 세라믹스와를 차의 두 바퀴와 같이 集積化한다. Integration 한다는 것이 세라믹스의 개발을 위해 필요하다는 것입니다.

그런데 세라믹스를 개발하고자 할 때 問題가 되는 것은 買上이 어느 정도 되느냐 하는 것입니다. 이것을 토론하는 것 자체가 실은 철이나 플라스틱이라는 재료를 취급하는 개념에 사로 잡히게 되는 것입니다. 그러나 그 매상이 어느 정도 되는가 하는 것을, 어떻게 생각하느냐 하는 것을, 着實하게 생각하는 것이, 파인 세라믹스를 開發하는데 필요한 soft, 생각하는 方法중의 생각이기 때문에 soft 중의 soft 이며 이것이 필요한 것입니다.

일반적인 方法으로 市場調査를 하면 買上이 아주 적다는 것이 나옵니다. 때문에 企業으로서는 이와 같은 매상이 적은 것이라면 할 필요가 없다는 結論이 나오기 때문에 새로운 事業의 機會를 뻔히 알면서 놓치게 됩니다. 이 이유에 대하여 잠깐 언급해 보고자 합니다.

Table 10. Market of High Tech Ceramics

Very small of estimated by the conventional approach.
 Not interested or approved by managers.
 Missing new business chance

The reasons are:

Does not form its own market.

Forms big market of devices/systems with use of the mat'ls
 as keys to

ex. Sensors in Electric Ovens.

Needs are not apparent when developed.

Too novel for the market analysts.

Needs must be created or potential needs be discovered.

첫째로는 材料가 system의 全體로서 사용되어지는 것이 아니고 key, 혹은 core 로 사용되기 때문에 그 자체의 市場이라는 것을 생각할 수 없게 됩니다. 이 一例로 전자레인지에 쓰이고 있는 습도 센서가 있습니다. 이는 Matsushita Denki 가 개발한 것으로 電子레인지에 세라믹스의 습도 센서가 사용되고 있는데, 세라믹 센서의 또 그 센서중의 세라믹 部品만을 생각하면 買上이 아주 적어져서 쓸모 없는 것이 되어 버리는데, 세라믹스를 사용한 센서를, 또 이것을 사용한 電子레인지를 생각해 볼 것 같으면 이 센서가 있기 때문에 상당히 큰 賣上額이 됩니다. 즉 이와 같은 思考方式이 세라믹스에서는 필요한 것입니다.

다음은 새로운 특성이 발견되었을 때 이를 사용하는 market 혹은 그 needs 라는 것이 露出되지 않기 때문에 시장 조사를 해도 시장이 없다는 대답이 되돌아 오는 수가 있습니다. 이 경우에는 needs 를 끄집어내고, 혹은 숨겨진 needs 를 開拓하는 意圖로 해나가지 않으면 안됩니다.

maker 가 어떤 좋은 seeds 를 발견하였을 때 素材自體로 팔아서는 市場規模가 적기 때문에 이를 利用한 最後의 system까지 만들려고 하는 것이 됩니다. 이것은 seeds 로 까지 出發하여 現實적으로는 아직 나타나지 않는 潛在的인 needs 를 개척해 나간다는 것으로 see-

ds-push 라고 하며, 또 기술의 흐름면에서 볼 것 같으면 소재라는 강의 上流로 부터 素材를 사용한 製品이라는 下流까지 만드는 것이 됩니다. 한편 system을 만드는 측으로 말하면 system의 工場을 위해 필요한 材料를, 그러한 재료를 만드는 maker에 부탁하면 그것의 買上이 너무 적어서 팔지 않는 수도 있습니다. 그리하여 自體調達을 하고져 개발을 하게 됩니다. 이것은 system을 만드는 사람이 그에 필요한 예를 들면 앞서 언급한 濕度센서의 세라믹스를 만드는 것으로 上流쪽으로 점점 거슬러 올라가는 것입니다. 따라서 이것이 上流邇及形의 기술개발입니다. 현재의 세라믹 산업에 있어서는 産業構造가 하나는 下流쪽으로, 다른 하나는 上流쪽으로, 즉 down-stream과 up-stream의 흐름이 渾然一體의 상태가 되고 있습니다.

예를 들면 상류로 올라가는 것으로는 自動車の 排氣가스를 淨化하기 위해 센서가 사용되고 있는데 이에 사용되는 세라믹 센서를 자동차의 部品 會社가 自體 製作하고 있습니다. 자체 제작을 하려고 여러가지 研究를 하게 되면 드디어 최후로 세라믹 粉末을 만들어야 된다는 곳까지 到達하게 되어, 현재 日本에서는 자동차의 센서 부품을 만드는 maker가 그것을 위해 필요한 ZrO_2 의 粉末을 自體製作하는 곳까지 邇及되고 있습니다.

또 한편 센서素子로서의 세라믹스로 재미있는 것을 발견한 곳이 있는데 - 이는 이 세미나에 參加하고 있는 scimarec라는 회사, (Chichibu cement)인데 - 여기서 재미있는 센서 소자를 발견하여 이를 자체에서 센서로 組立하여 센서의 形態로, 혹은 그 센서를 사용한 裝置를 여러분에게 팔고 있는 것으로 下流로 향하고 있는 것입니다. 이와 같이 세라믹스의 경우에는 센서라는 예에서도 上流方向으로 가는 예와 下流로 가는 예를 뚜렷하게 볼 수 있습니다.

표 11에 있는 바와 같이 좋은 seeds를 발견하면 needs라고 하는 것은 자기가 그것을 파내지 않으면 안됩니다. 또 이와같은 材料가 요구되는 needs로 부터 시작하여 마지막에는 재료를 만드는 것에 관한 周邊 技術에서 needs가 發生하는 수도 있습니다. 신소재는 needs에 對應할 뿐 아니라 needs를 發生시키는 것입니다.

Table 11. Seeds and Needs

The Stage of R and D in Mat'ls

1. Fulfil apparent needs.
2. Finding new phenomenon.
3. To create new needs or to discover potential needs.
4. To stimulate new industry supporting and supported.

새로운 물질의 發見이 機能性 세라믹스에 대해서는 중요하다고 앞에서 언급하였을지언만 그러면 어떻게 하면 새로운 材料를 發見할 수 있는가 하는 것을 생각해 보면 serendipity

라는 말로 表現되는 概念이 상당히 중요하게 됩니다. 이 serendipity 라고 하는 것은 어떤 目的을 위해 研究하고 있을 때 그 目的에는 꼭 들어 맞지 않아도 아주 흥미로운 現象을 發見하는 chance 가 많다는 것입니다. 세라믹스에서는 serendipity 에 의하여 發見된 새로운 材料가 새로운 技術을 開拓하고 있는 예가 아주 많습니다. 예를 들어 보면 BaTiO₃ 誘電體의 발견, 또 반도체 BaTiO₃ 의 PTC 效果, 安定化 ZrO₂, 部分 安定化 ZrO₂, 酸化亞鉛 varister, 放熱性的 絶緣基板으로서의 SiC 등등, 지금 列舉한 예는 모두 새로운 技術을 개척하고 있음을 잘 알 수 있습니다.

그러나 이 serendipity 라는 것은 누구에게나 주어지는 能力은 아니어서 最初의 目的에 딱 들어 맞지 않아서 實驗者도 이를 發表하는 것을 꺼리며, 또 그것을 發見하였다고 報告받은 上司도 그런 쓸데 없는 일은 하지 말라고 해버리기 때문에 실제의 발견중 5% 정도만이 세상에 公表되고 있습니다.

serendipity 의 惠澤에 많이 접하기 위해서는 어떤 條件이 필요한가 하면 우선 새로운 技術을 발견하는 餘裕가 있어야 하므로 잘 노는 사람이어야 합니다. 또 발견된 技術이 정말 價値있는 것이라고 判斷하기 위해서는 基礎學力이 있어야 함으로 잘 공부하고 있지 않으면 안됩니다. 따라서 잘 일하고, 잘 놀고, 잘 研究하는 사람이 이 serendipity 의 혜택을 많이 접하게 됩니다.

Table 12. Serendipity. Origin of the New Findings.

Work ----- Having more chances
 Play ----- Positive Thinking
 Study ----- Basic Science

Interaction

----- Materials
 ----- Humanity
 ----- Science
 etc.

이 serendipity 로 發見한 것은 물론 originality 가 充滿합니다. 歐美諸國에 제품을 팔았을 때, 혹은 紹介하였을 때 최근까지 日本은 흥내를 잘 낸다는 말을 들어 왔으나 serendipity 로 科學技術을 연구하는 사람에게 있어서는 serendipity 로 뒷받침되는 originality 라는 것을 좀더 尊重할 필요가 있다고 생각합니다.

이 serendipity의 일례로 Hitachi 生産研究所에서 발견된 SiC가 있습니다. 이는 構造用的 세라믹스를 연구하고 있을 때 機能性 세라믹스의 特性이 발견되었는데, 이 기능성 세라믹스로서의 使用法에 대하여 user에 意見を 묻고 있는 사이에 모인 지식이, 실은 구조용 세라믹스의 技術發展에 큰 역할을 한 것입니다. 情報가 잘 feed-back하여 技術개발이 잘 이루어 졌다는 한 예로 들 수 있습니다.

Table 13. Integration of Structural and Functional Ceramics

Ex. SiC (+BeO) by Hitachi.

Technology from Structural's

Practical Application with Functional's

Quick Feed Back from users

Improvement of Technology

새로운 機能이 어떤 곳으로부터 생겼는가 하는 것으로 serendipity의 경우를 잘 해석해 보면 두 종류이상의 相이 共存하고, 또 相互作用이 일어나 새로운 특성을 나타내는, 새로운 기능을 내는 예가 아주 많음을 알 수 있습니다. 따라서 역으로 이를 적극적으로 사용하는 것을 試圖하여 보는 것도 좋으리라 생각됩니다. 전술한 SiC, 또 Matsushita Denki에서 발견한 습도센서로서 鹼基性耐火物과 酸性耐火物로 된 것. 비슷한 경우입니다만 varistor에서 ZnO에 Bi_2O_3 을 넣은 것, 혹은 AlN에 Y_2O_3 나 CaO을 넣은 放熱性 基板등, 이들은 전부 酸化 還元이라는 것에 의한 것입니다.

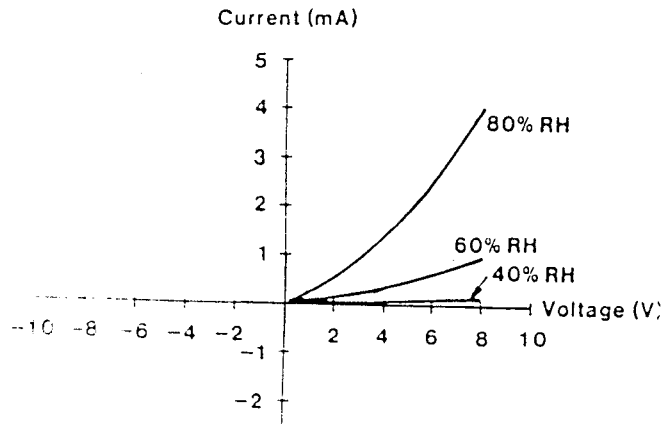
다른 組合으로서 p, n의, 半導性的 p와 n의 組合이라는 것을 생각할 수 있습니다. 이와 같이 相異한 性質의 組合이 새로운 性質을 나타내게 된다는 것을 잘 알수 있으리라 생각됩니다. 그 一例로서 우리 研究室에서 발견한 p와 n의 接觸이 濕度센서라든가 gas sensor가 되는 예를 이야기 하고저 합니다. N형의 半導體로서 ZnO, P형의 半導體로서 CuO을 사용하여 이를 點接觸시키고, gap이 되는 곳에 gas나 液體가 드나들 수 있도록 합니다. 그림 2에 나타낸 것과 같이 橫軸에 電壓, 縱軸에 電流를 취하여 그라후를 그려 보면 乾燥狀態에서는 確實한 特徵은 나타나지 않으나 습도가 높아지면, 이것은 물에 담근 예인데 아주 확실이 앞의 것과 다름을 알 수 있습니다. 그리고 습도가 낮을 때에는 中間의, 즉 dry와 液狀

과의 中間狀態가 나타납니다.

Table 14. Multiphase Interaction for Novel Phenomena

p-n junction: SiC (+BeO): Heatconducting Substrate (Hitachi's)		
Base-Acid	MgCr ₂ O ₄ /TiO ₂ MgO/ZrO ₂	- Humidity Sensor (Matsushita)
p-n contact	NiO/ZnO CuO/ZnO	- Humidity & Solvent Sensor (Yanagida)
Red-ox	ZnO (Bi ₂ O ₃) ZnO (+Pr ₄ O ₁₁)	- Varistor's (Matsushita)
Red-ox or Precipitatic	AlN (+Y ₂ O ₃) or (+CaO)	- Heat Conducting Substrates (Toshiba)

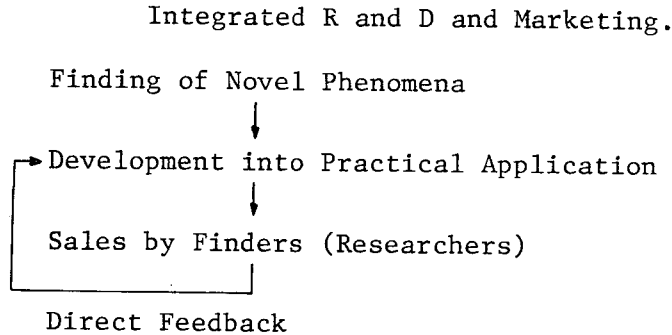
Opposites coexist and interact.



그리고 이번에는 溶媒를 alcohol, acetone 으로 바꾸면 모양이 달라집니다. 따라서 이것으로 濕度센서, 溶媒센서가 될 수 있음을 알 수 있습니다.

이와 같은 새로운 발견은 말하자면 基礎研究입니다만 이를 實用化하기 위하여 무엇이 必要한가 하면 發見者 自身이 user 한테 가서 意見을 들어 온다. 그 意見을 듣고 또 좋은 材料로 고치는 이런 cycle이 必要하게 됩니다. 이것이 鐵이나 프라스틱과 같이 大量으로 材料를 파는 사람이 從來의 思考方式을 가지고 중간에 들어가면, 그런 買上이 적은 것은 쓸모가 없으니 고만 두라고 하는 일이 있어서 이 cycle이 끊어지고 맙니다. 따라서 發見者 自身이 販賣하여야 한다는 사고방식이 必要하게 됩니다.

Table 15. Integrated Production



The chain may be disconnected by any person not interested in the finding.

중요한 것은 應用研究에 자신이 있는 사람이 基礎研究를 하여야 하며, 基礎를 알고 있는 사람이 應用開發, 應用的 技術開發을 할 必要가 있는 시대가 되었습니다. 이와 같이 기초를 아는 사람이 應用研究를 하고 또 應用技術을 기초에 全通하고 있는 사람이 한다는 것은 情報의 斷絶이 일어나지 않게 하기 위한 것입니다. 또 價値觀이 다른 사람이 사이에 들어가서 그 일이 쓸모없는 일이라고 생각되지 않게 하는 것은 실은 情熱의 斷絶을 방지하는데 도움이 되고 있습니다. 그러므로 저는 이 “情”을 주어서 파인 세라믹스를 개발하기 위해서는 情報 혹은 情熱이 도중에서 끊어지는 것을 방지한다는 마음 가짐이 必要하다고 생각합니다.

시간이 되었으므로 結論을 지으려고 합니다. 지금 이야기 한 바와 같이 파인 세라믹스는 철이나 프라스틱 등의 在來素材의 단순한 代替物은 아닙니다. 技術的으로 혹은 産業構造的으로 훨씬 더 깊은 役割을 가지고 있으므로 이를 잘 인식한 후 파인 세라믹스 개발에 뛰어들

Table 16. Basic Applied

o Originality is the key to Novel Device

o Finding Application Period Shortened Res.

Basic Research be performed by Applied Sense
Researcher

Applied Technology be conducted by Basic Scientist

ex. R and D of Gas Sensor.

必要가 있으리라 생각됩니다. 그 意味로 우리는 第2次 石器時代 혹은 세라믹스 시대를 맞이하려고 하고 있습니다만, 이를 위해서는 앞의 serendipity와 관련하여 이야기한바와 같이 아주 意慾的이고 知的生産力이 높은 사람들이 必要하게 됩니다. 저는 이 意慾的인 사람들이란 日韓 兩國民이라고 믿고 있으므로 열심히 일하고자 합니다. 경청하여 주셔서 감사합니다.