

## Biotechnology 연구실을 위한 지식 경영시스템의 개발에 관한 연구

배진 · 양여주 · 노재정

한국정보통신대학교 경영학부

### A Study on the Development of Knowledge Management System for Biotechnology Laboratory

Bae, Jin · Yang, Yeo Joo · Rho, Jae Jeung

School of Management, Information and Communications University(ICU)

#### 요 약

2000년 7월 인간게놈프로젝트 (Human Genome Project)가 완성되면서 Biotechnology(BT)산업에 대하여 많은 관심이 집중되고 있다. BT산업은 기술집약적·지식집약적인 산업 특성을 가지고 있고 R&D 활동의 중요성이 두드러진다. 이에 따라 방대한 데이터와 지식에 대한 효율적인 관리 등 R&D 전 과정에 걸쳐 생성되는 지식들에 대한 체계적인 관리가 요구된다. 본 연구에서는 BT산업의 기초 조직인 BT연구실의 효과적이며 효율적인 업무 수행을 지원하기 위하여 기존의 지식경영시스템(Knowledge Management System, KMS)에 실험실정보관리시스템(Laboratory Information Management System, LIMS)이 통합된 BT실험실의 지식경영시스템 모델을 제시하였다. 이를 위해 BT연구실에서 생성되는 지식들의 체계를 분류하고 지식경영시스템 구축에 있어서의 핵심성공요인을 분석하였으며, 분석 결과를 바탕으로 모델을 개발하여 대학교 유전자 연구실에 실제 적용하였다.

Key words : Biotechnology(BT), Laboratory Information Management System(LIMS), Knowledge Management System(KMS)

#### 1. 서론

생물에 대한 연구는 인류역사와 함께 해왔다. 초기에는 주로 식량자원과 농업기술력 확보에 대한 연구에 집중되었다가 20세기 초반 유전 현상의 매커니즘을 물질의 분자적 수준에서 해결하고자 하는 분자생물학의 DNA개념이 등장하면서 그동안 풀지 못했던 난제들에 대한 새로운 접근방법이 제시되기 시작했다. Biotechnology란 생물에 관한 연구와 연구 프로세스를 이용하여 관련 문제를 해결하고 새로운 제품과 서비스를 생산하는 산업으로 정의할 수 있다[4].

이후 20세기 후반에는 생물의 분자적 구조를 다루는 기술들이 발전하고 생물학의 패러다

임이 변화하고, 생물학에 각 분야의 테크놀러지가 결합된 형태로 발전하게 되었다. 이 과정에서 그동안 개발되었던 데이터 마이닝, 패턴인식 등의 IT기술이 적용되면서 수작업으로는 불가능하던 연구분야에 많은 발전을 가져오게 되었다. 이는 컴퓨터 기술을 이용해 생물학 데이터를 저장, 분석 및 해석하는 계산적 생물학(computational biology)을 의미하며, Bioinformatics의 일부분으로 발전되었다[2].

미국내에서만 BT산업 시장은 200억달러 이상의 규모이고, 이 중 IT와 관련된 분야는 2004년 경에는 약 116억달러의 시장규모로 성장할 전망이다[1]. 특히 2000년 7월 인간게놈 프로젝트가 완료되어 인간의 질병 치료에 획기적인 장이 열리면서 BT에 대한 관심이 사회 각 층으로 확산되고 있다.

BT산업은 1) 실험실에서의 정보/자료생산 2) 생산된 정보를 바탕으로 한 비즈니스 모델화

3) 제품 및 서비스의 생산 / 판매 라는 전체 흐름을 보이고 있으며, 이 중 실험실에서의 R&D 활동은 전반적인 가치 사슬의 첫 단계를 이루고 있다는 점에서 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 BT연구실은 다양한 형태의 데이터를 비교적 소수 인원이 다루고 있다는 한계와, 양산된 지식을 체계화하고 공유화하는 과정에서 많은 문제점을 노출하고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 연구실 내부의 자원 및 프로세스 관리를 지원하는 실험실 정보 관리 시스템 (Laboratory Information Management System, LIMS)과 지식경영시스템 (Knowledge Management System, KMS)의 도입이 요구되고 있다.

BT연구실에서의 지식경영시스템은 기존연구에서 일반적으로 다루었던 기업환경에서의 시스템 구축과는 다음의 몇 가지 차이점을 보이고 있다. 첫째, 구성원들의 정보기술에 대한 이해가 부족하며 이를 지원하기 위한 전담 부서의 구성도 어렵다는 점, 둘째, 실험실에서의 R&D 활동은 가치사슬의 첫 단계를 이루고 있어 실험실의 연구 결과가 전체 가치사슬에 파급되며 변화에 민감하게 작용한다는 점, 셋째, 비교적 장기간에 걸친 투자와 연구가 이루어져야 연구성과가 도출된다는 점, 넷째, 다른 분야와의 협업이 빈번하게 이루어진다는 점 등이 그것이다.

본 논문의 구성은 2장에서 BT 산업과 지식경영 일반 및 선행 시스템을 연구 하였으며, 3장에서 BT연구실에서의 지식경영시스템구축 모델을 제안하고, 4장에서는 이를 적용한 대학 연구실에서의 사례를 소개하였다.

## 2. 지식과 지식경영

### 2.1. BT 산업과 지식경영

생명공학은 전통적인 발효육종기술 뿐 아니라 유전자재조합기술, 세포융합기술, 유전체, 단백질학, 바이오인포메틱스 등에 이르기까지 생물체를 대상으로 적용하는 틀의 개념이며 DNA 구조 규명과 유전자 재조합기술의 개발로 획기적인 발전을 가져 왔다. BT산업은 생물체가 가지는 유전, 번식, 성장, 자기제어 및 물질대사 등의 기능과 정보를 생명공학을 이용하여 인류에게 필요한 유용물질과 서비스로 재가공 생산하는 고부가가치 산업이다[4].

BT 산업의 특징은 다음과 같다. 1) 특허 및 신기술 의존도가 높은 기술집약적인 산업이다. 2) 인구 증가로 인한 식량문제, 환경문제 등의 해결과 노령화로 인한 삶의 질과 의료서비스 등에 대한 요구증가로 높은 성장잠재력이 있는

산업이다. 3) 구성원들의 지적자산 (intellectual knowledge)에 대하여 높은 의존도를 보인다. 4) 신제품, 신기술이 개발될 때까지 R&D 부문에 장기간의 노력 및 비용 투자를 요한다.

이러한 BT산업 특성에 비추어 BT산업에서의 지식경영 도입의 필요성은 다음과 같다.

1) 신기술 의존도가 높은 고부가가치 산업이므로 조직원이 조직 외부에 존재하는 지식에 빠르게 접근하고 식별하여 이를 습득해야 한다. 이를 위해서는 조직 내외부에 존재하는 핵심 지식을 규명하는 지식감사(knowledge audit)를 거친 후 도출된 핵심지식을 출처와 함께 지식지도(knowledge map)로 작성한다. 또 각 분야의 전문지식을 갖고 있는 사람들을 표시하는 전문가지도(expert map)를 작성하여 해당 분야 전문가의 조언을 받을 수 있도록 하고 학습 프로그램을 강화하여 구성원들의 신기술 습득을 지원해야 한다.

2) 성장잠재력이 크고, 많은 신규 업체들이 뛰어들고 있는 시장의 초기 단계에 있기 때문에 지식을 자산화 할 수 있는 조직만이 경쟁우위를 가지게 된다. R&D 중심의 세계적인 제약회사인 Pfizer는 대규모의 업체들이 할거하고 있는 제약업계에서의 비교우위를 점하기 위해서 의사소통, 집중, 효율성에 목표를 둔 지식경영을 도입하여 지식을 자산화하고 있다[18].

3) 조직구성원들의 지적자산에 대한 의존도가 높기 때문에 구성원과 인적 네트워크가 조직의 핵심 자산이 된다. 조직구성원과 인적네트워크는 학습에 의해 이전의 지식을 습득하고, 경험에 의해 best practice와 lessons learned 등의 새로운 지식을 생성한다. 다양한 현업 활동 배경을 가진 구성원들의 집합체인 CoP(Community of Practice)는 상호간의 지식과 경험을 공유함으로써 업무와 관련된 다양한 문제들을 함께 해결한다. 또한 CoP가 형성하는 네트워크는 외부환경에까지 연결되어 특정 분야의 전문 지식이나 기술을 다른 직원에게 전파하는 창구의 역할을 한다. 따라서 고도의 지식기반산업인 BT산업에서는 CoP의 생성과 활동을 장려하는 기업문화와 조직의 자산인 구성원들의 지식이 급속한 기술과 지식의 변화에 사장되지 않도록 새로운 지식을 효율적으로 학습, 습득할 수 있는 시스템이 뒷받침되어야 한다. 이에겐 쉬운 사용자 인터페이스와 수준 높은 정보 검색 및 색인 기술, 사용자 수준별 보안, 메일 등의 각종 협업을 위한 도구들이 고려되어야 한다. 미국의 BT업체 Monsanto는 CoP에서 생성되는 지식이 조직적 지식으로 발전되도록 관리하는 knowledge steward, CoP에서 다루는 각종 주제에 정통한 topic experts 그리고 CoP간의 교류를 통해 새로운 지식을 창조하

는 cross pollinator 등을 임명하여 CoP를 적극 지원한다[14].

- 4) R&D 활동의 결과는 곧 신제품, 신기술의 개발로 이어지기 때문에 준비단계에서부터 진행, 결과까지의 R&D 전과정은 통합적으로 관리되어야 한다. R&D 활동 중에 생성되는 지식에는 업무 중에 습득한 best practice, lessons learned 등도 포함된다. R&D 활동 중 생성된 best practice와 lessons learned 는 그 자체로 개별 지식이 되어 지식창고(knowledge repository)에 저장되고, 유사한 업무 수행 시 문제해결능력에 중요한 역할을 담당할 뿐만 아니라 새로운 인력 투입 시에 학습도구로서의 기능도 하게 된다.
- 5) 비교적 장기간에 걸친 투자와 연구가 이루어져야 R&D 활동의 성과가 도출되기 때문에 개인별 작업관리, 팀별/프로젝트별 공동작업 관리 지원을 통한 기간 단축 및 비용절감의 중요성이 부각된다. 작업자 배정, 보고체계 생성 등의 진행초기에서부터 업무진척상황을 추적·관리하며 프로젝트 결과물, 특히 관련 절차 등에 이르는 프로젝트 전 과정을 지식화 하게 되면 현업 뿐 아니라 유사한 업무 수행 시에 공통 작업에 소요되는 시간과 노력을 크게 절감할 수 있다. 즉 구성원들은 프로젝트 업무템플릿 등 프로젝트와 관련된 모든 자원에 접근하여 업무수행능력을 높이고 각자의 best practice나 lessons learned 등을 교환하여 문제해결능력을 고양할 수 있다.
- 6) 지식과 기술의 라이프 사이클이 짧은 R&D 중심의 산업 특성을 갖고 있으므로 일단 생성되어 저장된 지식에 대한 효율적인 관리가 요구된다. 따라서 인터넷, 인트라넷 등의 콘텐츠의 출처와 함께 여러 가지 다양한 미디어 포맷에 따라 콘텐츠의 생산, 활용, 폐기에 이르는 전 과정이 관리되어야 한다. Hewlett-Packard는 콘텐츠 관리자를 두어 콘텐츠의 저장수명을 정하고 만기 된 콘텐츠에 대한 심사를 통해 재등록과 폐기를 결정하고 유효한 지식만을 관리하고 있다[16].
- 7) R&D 활동의 상당 부분이 실험실에서 이루어지고 실험실에서 양산되는 데이터와 지식이 방대함과 비정형성을 특징으로 한다는 점에서, 업무성과와 효율적인 실험실 환경, 데이터·지식 분석 작업의 연관성은 다른 어느 산업보다 두드러진다. 즉 효과적인 BT산업에서의 지식경영시스템 구축을 위해서는 분석자는 실질적인 실험분석에만 집중할 수 있게 하고 데이터 처리, 문서화 작업 등의 업무는 시스템을 이용하여 처리할 수 있는 실험실 환경이 고려되어야 한다. LIMS는 바로 이 부분에서 지식경영시스템을 지원하는 하나의 어플리케이션으로서 실험실의 업무 흐름과 지식의 통합·관리를 지원하여 실험실 표준작

업 절차의 준수, 정확한 데이터 처리, 오류 데이터 입력의 최소화 등을 가능하게 한다. 따라서 LIMS는 실험의 전 과정을 기록하고 표준화하며 실험과정에서 생성된 지식을 효율적으로 관리하여 실질적으로 신제품, 신기술의 개발 기간을 단축하고 실험 자체를 지식화하는 기능을 담당할 수 있다.

## 2.2 선행 시스템 연구

BT 연구실의 지식경영시스템 모델링을 위한 이론적 배경으로 조사대상이 된 연구들은 다음과 같다.

### 1) 지식의 개념 분류에 대한 연구

일반적인 지식 분류로는 존재유형에 따라 언어, 문장으로 표현 가능한 객관적인 정보인 형식지(explicit knowledge)와 표현하기 어려운 개인적이고 주관적인 지식인 암묵지(tacit knowledge)의 이원적인 분류법이 있다 [12][13]. Nonaka는 이들 형식지와 암묵지가 공동화, 표출화, 연결화 그리고 내면화의 네 단계의 '지식 변환 프로세스'를 거쳐 새로운 지식으로 창출된다고 하였다[11][12]. 김영걸 외(1999)는 Polanyi와 Nonaka의 암묵지 개념을 형식지화 할 수 없는 지식은 암묵지, 형식지화 할 수 있는 것은 잠재지(implicit knowledge)로 세분화하였다.

### 2) 지식경영 문화 형성과 사람에 관한 연구

사원들의 지식공유활동에 대한 평가 및 보상 체계를 수립하여 조직 내 공유문화를 장려했던 Buckman Lab.사의 사례에서는 공유문화 확립이 지식경영의 성공 조건이라 밝히고 있다[15]. Szulanski는 공유대상 지식 중에서 best practice의 중요성을 강조하고 조직 내에 best practice 전파의 방해 요소를 연구하였다[7].

### 3) Bio Database 관련 연구

BT산업에서는 유전자 서열정보 분석, 이차구조 예측, 그리고 재조합생적 분석 등의 분야에서 발견한 자료를 저장하고 이를 빠른 속도와 효율적으로 처리하는 것이 중요하다.

반복적인 연구결과 처리와 분석하는 활동에 있어 새로운 지식을 발견하고 이를 창의적인 결과물로 발전시키는 것은 R&D활동의 주된 역할이라 할 수 있다. 그러므로 데이터 저장과 처리를 지식과 연관시켜 통합된 시스템의 형태로 BT의 R&D활동을 지원하는 데에 있어 지식경영기반의 데이터베이스연구는 필요하다.

다음은 선행 연구되어 사용하고 있는 시스템들이다.

#### ▶ Bio Database

##### - GenBank

1980년대 초 미국의 에너지성에서 출발한 GenBank는 기술자들이 학술저널에 게재된 DNA 서열정보를 데이터베이스화하는 작업에서

시작되었다. 이후 GenBank는 NCBI(National Center For Biotechnology Information)로 이관되었고 연구자들이 직접 데이터베이스에 접근, 스스로 자료를 입력하고 이용할 수 있도록 지원함으로써 양적인 측면에서 생물유전자정보의 대표적인 데이터베이스가 되었다[1].

- EMBL DB

EMBL DB는 영국 EMBL(European Molecular Laboratory)에서 운영하는 유전자 서열 데이터베이스로 유럽 14개국과 이스라엘의 지원을 받아 운영되고 있다. GenBank와 일본의 DDBJ(DNA Data Bank of Japan)와 정기적인 통신을 통해 지속적으로 내용을 업그레이드하고 있다.

- ALFRED

ALFRED(the Allele Frequency Database)는 대립형질 유전자에 대한 데이터베이스로서 단일염기변이(Single Nucleotide Polymorphisms, SNP)를 비롯한 156개의 유전정보시스템을 포함하고 있다[10].

▶ LIMS

LIMS는 연구실 환경에서 전산기술을 바탕으로 주어진 자원의 관리와 프로세스의 효율적인 운용을 위한 시스템이다.

IT기술의 발전과 더불어 90년대에 진일보된 형태의 4세대 LIMS가 개발되면서[8], 연구 관련 장비들의 제어와 효율적인 프로세스 관리가 가능해졌다. 현재 LIMS는 샘플 추적 혹은 워크플로우 관리의 형태로 발전하고 있으며, 기존의 Bioinformatics의 도구들과 결합하는 양상을 보인다.

- SRS(Lionbioscience, 독일)

Biotechnology에서 사용되는 NCBI의 GenBank, dbSNP 등의 공공 DB를 비롯하여 400여개의 접근가능한 BT의 DB를 자체 제공하는 알고리즘과 사용자 인터페이스를 통해 통합된 형태로 보여주는 시스템으로 PUBMED DB의 BT 논문도 함께 검색 가능하다.

- Sappire(LABVantage, 미국)

BT연구실 내부의 워크플로우 관리 시스템으로서 실험 수행 과정 중 양산되는 데이터들을 통합하여 실시간으로 처리, 이를 비주얼한 형태로 보여줌으로써 사용자 중심의 시스템 통합에 주력하였다.

- WebGen-LIMS/SNP(INTEC W&G, 일본)

Gen-LIMS/SNP는 실험과 관련된 장비들을 제어하고 프라이머를 설계, 구매하며, 특히 SNP 발견과 관련한 연구실을 지원하는 것이 특징이다.

▶ 어플리케이션 및 기타 연구

- BLAST

BLAST(Basic Local Alignment Search

Tool)는 웹이나 S/W를 통해 DNA 염기서열을 검색하고 대조할 수 있는 어플리케이션이다. 검색과 매칭에 적합한 알고리즘을 포함하고 있으며, 가장 대중적인 유전자검색 도구로 자리잡고 있다.

- 표준화

XML(eXtensible Markup Language)은 기존 HTML의 한계를 극복하여, 데이터의 의미와 뷰를 하나로 통합 표현함으로써 데이터 자체가 가지는 의미가 확연하여 데이터베이스에 쉽게 처리될 수 있는 meta language이다. GAME(Genome Annotation Markup Elements)은 BT산업에서의 데이터 처리 및 교환을 위한 bioXML 프로젝트로 Bio Sequence에 관한 DTD(Document Type Declaration)를 개발하고 있다.

### 3. BT연구실에서의 지식경영시스템 모델 구축

#### 3.1. BT 연구실의 특성 및 문제점

BT연구실은 일반적으로 소규모로 운영된다. 이곳에서 이루어지는 프로세스는 크게 다음의 3가지로 분류할 수 있다.

▶ 실험 및 결과분석 수행 프로세스

실험실내에서 이루어지는 프로세스는 시약 샘플, 관련장비 등의 구매에서부터 적정한 샘플을 배양하고 실험을 수행하며 그 결과를 분석하는 작업으로 이루어진다. 실제 실험에 들어가기 전에 원하는 샘플을 배양·획득하고 시약 등 관련 장비들을 셋팅하는 사전 준비 과정에서 도출되는 지식들은 실험결과에 중대한 영향을 미친다는 점에서 핵심 관리 대상이 된다. 또 실험과정 중 생성된 지식 뿐 아니라 통계 처리, 관련 알고리즘 등의 적용 과정이 필요한 데이터 분석 과정도 실험실에서 생성되는 중요 지식으로 관리되고 공유되어야 한다. 특히 전 실험 과정의 상당 부분이 반복적으로 수행되고 있지만 연구원 개개인이 독자적인 task를 담당하고 있기 때문에 연구원의 교체는 업무효율성과 효과에 큰 손실을 가져온다. 따라서 이들이 실험 중 발견한 best practice와 lessons learned는 인력 이동이 잦은 실험실 환경에서 신입연구원에 대한 중요한 학습자료로도 이용될 수 있다.

▶ 프로젝트 진행 프로세스

프로젝트 진행 프로세스는 관련 정보 및 자료를 입수·분석하고, 예산 및 수행계획서를 작성하며, 관련 팀을 구성하고 계획서를 발표·제안하는 준비 과정을 거친다.

<표 1> BT연구실의 특성

	특성	지식경영시스템 구축 시 고려사항	구축도구
일반산업과 대비되는 BT 산업의 특성	▶ 초기단계에 있는 새로운 분야이며, 따라서 관련 지식과 기술의 변화가 급속하다	▶ 지식내용, 지식분류, 지식링크의 수정·보완이 용이하도록 설계되어야 한다 ▶ Best practice와 Lessons learned에 대한 체계적인 관리가 중요하다.	▶ 전문검색엔진 ▶ 전문가지도; 사내외 관련 지식 전문가 리스트 조회 ▶ 관련 사이트 링크; 유관 기관, 저널 등 ▶ 콘텐츠 관리; 지식생명 주기 관리
	▶ 대부분의 연구가 실험에 의존한다	▶ 데이터의 양이 방대하고 형태가 다양하므로(image, numerical data, string, document) 효과적인 처리를 위한 시스템이 우선되어야 한다 ▶ 실험실의 업무 흐름과 데이터와 지식의 통합·관리를 지원할 수 있어야 한다	▶ XML을 통한 데이터 및 문서 관리 ▶ LIMS
	▶ 데이터 마이닝, AI 통계학 등 타 분야와의 연계가 빈번하며 필요하다.	▶ 타 분야의 지식 전파 및 습득이 연구원들에게 용이하도록 하여야 한다.	▶ 전문가지도; 사내외 관련 지식 전문가 리스트 조회 ▶ 관련 사이트 링크 ▶ e-learning (온라인 학습 지원); 타 분야 학습
일반조직과 대비되는 연구실의 특성	▶ 소규모로 운영된다.	▶ 핵심요소만 갖춘 시스템이 설계되어야 한다 ▶ 최소한의 노력으로 기존의 연구실 내부 및 외부 자원과 결합될 수 있도록 설계되어야 한다	▶ LIMS
	▶ 대학연구실의 경우 연구인력 갖춘 교체오인하여 지식의 효과적인 생산과 전달이 어렵다.	▶ 전문가지도의 변경이 유연하여 쉽게 재설정할 수 있도록 디자인되어야 한다 ▶ 새로운 연구인력에 대한 학습 프로그램 비중이 강화되어야 한다.	▶ 전문가지도 ▶ 지식지도 ▶ Best practice, lessons learned 발굴과 생성
	▶ 별도의 IT 관련 조치가 없으며 운영하기도 어렵다	▶ 일관된 환경을 제공하고, 직관적으로 사용이 용이한 사용자 인터페이스를 제공하여야 한다 ▶ 관리와 유지보수가 편리해야 한다 ▶ 시스템 관리인력의 아웃소싱이 필요하다	▶ 편리한 지식생성 도구(지식생성방법사) ▶ 다양한 콘텐츠 생성 템플릿 제공 ▶ 전문가지도; 외부 시스템 전문가 조회
	▶ 지식확산을 위한 성과·보상체계 적용이 어렵다.	▶ 지식공유 문화에 대한 인식확산이 필수적으로 선행되어야 한다. ▶ 연구원들의 자발적인 참여 유도과 자연스러운 공유 문화를 형성하기 위해 CoP 활동을 지원할 수 있어야 한다	▶ CoP -자료실 -회의록 -토론펙 - Q&A
	▶ 일반적으로 복수의 프로젝트가 진행된다	▶ 연구소 내의 자원이 프로젝트를 중심으로 통합적으로 관리되도록 설계한다 ▶ 프로젝트 관련 문서(기술문서, 기안문서 등)와 결과물, best practice, lessons learned와 같은 모든 지식을 통합적으로 관리하여 복수 혹은 향후의 프로젝트 수행 시 반복작업을 줄여야 한다 ▶ 관련 프로젝트간 정보공유가 용이해야 한다	▶ 프로젝트 업무 템플릿 ▶ 수행절차 및 일정 관리 ▶ 지식지도 ▶ LIMS
▶ 다수의 연구인력에 의해 동시에 실험이 진행된다	▶ 연구인력 간의 자료 공유가 가능해야 한다 ▶ 연구원별로 소속된 모든 프로젝트, task, 일정 등을 조회할 수 있어야 한다	▶ LIMS ▶ 진도관리시스템 ▶ 개인화 페이지	

프로젝트 수행 프로세스는 이러한 준비 과정에서부터 업무진척도 관리, 최종 결과 평가에 이르는 모든 제반 사항을 총괄하는 프로세스이다. 많은 연구실에서는 복수의 프로젝트가 병렬적으로 진행되거나 한 연구원이 여러 프로젝트를 병행하여 수행하고 있기 때문에 프로젝트 관리와 연구원들의 task 관리가 체계적으로 이루어져야 한다.

▶ 논문 관련 연구 프로세스

논문 관련 연구 프로세스는 위의 실험 및 결과분석 수행 프로세스, 프로젝트 진행 프로세스 등에서 얻어진 연구결과를 바탕으로 선행 연구 및 관련 자료를 조사하여 논문을 작성, 이를 발표·전파하는 일련의 과정으로 이루어진다.

위의 프로세스들이 효율적이며 효과적으로 진행되기 위해서는 이를 돕는 지원 어플리케이션이 있어야 하며, 특히 반복적인 수행과정을 통해 양산되는 각종 데이터들을 효율적으로 관리하여 이를 지식화 하기 위해서는 데이터베이스를 구축하고 LIMS를 도입하여 워크플로우를 체계적으로 관리해야 한다. 데이터베이스와 LIMS는 정보와 데이터가 실시간으로 처리될 수 있어야만 업무효율성으로 이어질 수 있으며 이를 위해서는 통합된 형태의 시스템 모델이 요구된다. 이러한 통합 시스템 모델은 위의 데이터베이스와 LIMS 그리고 지식창고가 함께 통합된 형태로서, 단순한 업무효율화 지원 시스템에 그치지 않고 지식의 생산·저장·전파·사용이라는 지식경영 프로세스를 지원하는 시스템이 되어야 한다.

BT연구실에서의 지식경영시스템 모델링을 위해서 먼저 대상을 BT 산업과 연구실이라는 두 가지 속성으로 구분하여 각각의 특성을 정리하였다. 그리고 그 특성에 기반하여 각 경우의 지식경영시스템 구축 시 고려해야 할 세부사항과 구축도구를 분석하였다.

<표 1>은 BT연구실의 지식경영시스템 모델링을 위하여 BT연구실을 BT산업으로서의 속성과 실험실이라는 속성으로 구분하여 각각의 특성과 지식경영시스템 구축 시 고려사항, 구축도구 등을 정리한 것이다. BT산업으로서의 특징은 관련 지식, 기술의 변화가 급속하다는 점과 대부분의 연구가 실험에 의존하고 있다는 점, 그리고 실험 결과 분석을 위해서는 데이터 마이닝, AI, 통계학 등 타 분야의 지식을 필요로 한다는 점 등이 파악되었다. 이러한 산업 특징을 반영하여 지식경영시스템을 구축 할 때의 전략적 고려사항은 다음과 같다. 조직 내·외부에 존재하는 지식에 대한 접근을 용이하게 하고 구성원들의 학습을 지원할 수 있어야 한다는 것 그리고 효과적인 데이터 처리와 실험실 업무 흐름의 효율화 그리고 실험과정 중 생성된 지식을 통합 관리할 수 있어야 한다는 것이다. 위의 고려사항을 반영한 BT실험실 지식경영시스템의 구축 도구에는 관련 지식에 대한 접근·획득 용이성을 위한 것으로서 전문검색엔진, 전문가지도, 관련사이트 링크 등을, 실험업무의 효율성을 위한 도구로서 데이터 인터페이스로 XML과 LIMS를 생각하였다.

<표 2> BT연구실내부의 지식 분류

		형식지		잠재지
		정형화된 지식	비정형 지식	
정의		수식 또는 기타 구조적인 형태로 표현된 지식	수식 또는 기타 구조적인 형태를 갖고 있지는 않으나 언어로 서술된 지식	형식지화 할 수 있으나 아직 형식지로 표현되지 않은 지식
BT 연구실에서의 예		반복된 실험 결과 데이터에서 도출된 지식	실험 워크플로우	연구 성격에 따른 실험 디자인, 실험 결과 해석
특성		전자적으로 변환이 용이하며 다루기 쉽다	구조적인 형태로 표현되어 있지는 않으나 요구되는 지식에 대해 습득가능하다	문서화하며 일정을 갖추기 힘들다
라이프 사이클	생산	데이터 마이닝, 모델링	텍스트 마이닝, 문서 검색 및 정보 추출	협업에 의한 지식 도출
	저장	데이터 웨어하우스	문서 저장 창고	전문가 프로파일
	분배	각 사용자별로 개인화 된 형태로 분배 가능하다	포탈의 형식이나 콘텐츠 관리를 통해 사용자에게 배포 가능하다.	전문가의 서술

연구실의 특성으로는 소규모 조직, 연구인력의 잦은 교체, 별도의 IT 전담 인력의 부재 등과 같은 특성들과 지식공유활동에 대한 성과·보상체계 마련이 어렵다는 점이 파악되었다. 또 실제 업무가 대부분 팀 체제의 프로젝트를 중심으로 운영되며 일반적으로 여러 개의 프로젝트가 병렬적으로 진행되고 있다는 점과 여러 연구인력이 동시에 실험을 진행한다는 특징도 파악되었다. 이러한 특징에서 도출된 BT연구실의 지식경영시스템의 구축 고려 사항들은 다음과 같다. 소규모로 운영되며 IT 전담 인력이 없기 때문에 핵심요소만을 갖춘 시스템이 설계되어야 하고 구성원들에게 쉬운 사용자 인터페이스를 제공하여야 한다는 점, 잦은 인력 교체로 인한 업무의 공백이나 비효율성을 막기 위해서 신입 연구인력에 대한 학습 프로그램을 강화해야 한다는 점, 공유활동에 대한 성과·보상체계의 대안으로서 활발한 CoP 활동을 통하여 이를 극복해야 한다는 점 그리고 프로젝트 관리, task 관리가 필요하다는 점 등이 분석되었다. 이를 지원하는 구축도구로는 LIMS와 전문가지도, 지식지도, 편리한 지식 생성 도구, 다양한 콘텐츠 생성 템플릿, 프로젝트 업무 템플릿, 일정관리, 진도관리시스템 등을 생각하였다.

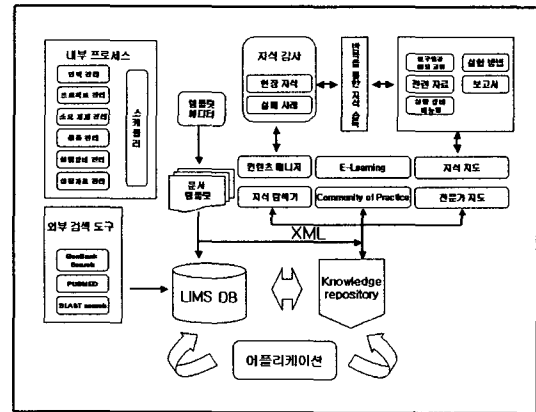
<표 2>는 BT연구실의 지식경영시스템의 관리 대상이 되는 지식을 먼저 김영걸 외의 지식 분류에 따라 인간의 언어나 수식 또는 기타 구조적인 형태로 표현되어 있는 지식인 형식지와 형식지화 할 수 있으나 아직 형식지로 표현되지 않은 지식인 잠재지로 구분하였다[3]. 여기서는 형식지를 다시 세분화하여 수식 또는 기타 구조적인 형태를 가지고 있는 정형화된 지식과 수식 또는 기타 구조적인 형태를 갖고 있지는 않으나 언어로 서술된 지식인 비정형 지식으로 분류하였다. 논리적 구조를 가지고 있어 다루기 쉽고 전자적 변환이 용이한 정형화된 지식은 데이터 마이닝, 모델링에 의한 생산 과정, 데이터 웨어 하우스를 통한 저장 과정 그리고 각 사용자별로 개인화된 형태로 분배되는 지식의 라이프 사이클을 거치게 된다. 비정형지식은 논리적 구조를 가지고 있지는 않지만 언어로 서술되어 문서 등의 형태로 존재하기 때문에 다른 구성원들에게 전파가 가능한 지식이다. 비정형지식은 텍스트 마이닝, 문서 검색 및 정보 추출 등의 방법으로 생성되어 문서 저장 창고에 저장되며 포털의 형식이나 콘텐츠를 통해 구성원들에게 분배된다. 잠재지는 형식지화할 수 있으나 아직 표현되지 않은 지식으로 구성원들이 업무 수행 과정에서 체득한 best practice나 lessons learned 등이 이에 해당된다. 잠재지는 협업 등을 통해서 생산되고, 전문가 프로파일에 저장되며 언어로 기술됨으로써 분배되는 라이프 사이클을 거친다. BT 연구실의 지식경영시스템의 효과는 전문가지도, 지식지도 등을 제공하여 지식의 출처에 대한 접

근을 용이하게 하고 CoP 활동을 적극 지원함으로써 얼마나 많은 잠재지를 형식지화 할 수 있느냐에 달려 있다.

### 3.2. BT연구실을 위한 지식경영시스템 모델

BT연구실을 위한 지식경영시스템은 효율적인 데이터 관리를 위한 LIMS storage DB, 실험실 내부에서 생성되는 지식을 저장·관리하는 지식 창고 그리고 실험과 관련된 자료를 다루는 어플리케이션 간의 데이터 교환이 이루어지도록 설계된다. 이를 도식화 하면 [그림 1] 과 같다.

[그림 1] BT연구실을 위한 지식경영시스템 모델



[그림 1]의 지식경영시스템 모델의 특징은 다음과 같다.

LIMS는 실험실의 인력 관리, 소요 자재 관리 샘플 관리, 실험 장비와 자료 관리 등을 지원하는 각각의 어플리케이션에 생산되는 데이터를 한곳에서 통합 관리하여 전체 프로세스의 효율성을 기한다. 또 프로세스 관리 어플리케이션을 통해 동시에 여러 개의 프로젝트가 병렬적으로 진행되더라도 통합된 데이터베이스를 기반으로 했기 때문에 실시간으로 각 프로젝트의 업무 진척 상황을 보여줄 수 있다. 스케줄러는 연구원별로 소속된 모든 프로젝트, task, 일정 등을 개인화된 형태로 보여준다. LIMS DB는 BT연구실에서 자주 사용되는 웹의 검색 도구들인 BLAST, GenBank 논문 검색 도구 PUBMED 등의 검색결과도 함께 관리하여 타 연구원들이 중복 검색하는 수고를 줄일 수 있고, 이러한 검색 결과들은 내부자료로 활용됨으로써 연구 성과 향상에 기여한다.

지식창고는 실험실에서 사용되는 지식이나 지식화 할 수 있는 자료들을 모아 둔 곳으로서, 이 곳에서는 연구 보고서, 관련 자료 매뉴얼 등의 정형적 지식과 문서 형태로 존재하는 구성원들의 best practice, lessons learned 등의

비정형 지식을 관리하고 콘텐츠 관리자는 이러한 지식들의 배포 시기나 폐기 여부를 결정한다. XML 기반으로 작성된 강력한 지식 탐색기와 지식지도는 지식의 접근 용이성을 높이고 구성원들의 지식 습득을 돕는다.

어플리케이션은 실험실 내부의 각 프로세스 처리 및 관리를 지원하는 소프트웨어로서 이들 각각의 어플리케이션은 해당 단계에서의 중복업무와 비효율성을 줄이고, 전체 업무 프로세스 관점에서 전사적 자원을 통합적으로 관리하여 지식경영시스템 구축에 크게 일조한다. LIMS, 지식창고, 어플리케이션은 실험실 정보관리가 포함된 지식경영시스템의 입장에서 통합되어 운영되어야 한다.

데이터 인터페이스로는 XML을 사용하여 상이한 포맷으로 존재하는 데이터와 문서를 통합·관리하도록 하였다. XML은 태그가 고정되어 있는 HTML과는 달리 태그의 사용에 제한이 없고 태그에 의미를 부여할 수 있기 때문에 시스템이 데이터의 의미를 이해할 수 있게 된다. 따라서 데이터 및 문서 교환 표준을 XML 기반으로 하게 되면 원하는 지식만을 세부적으로 검색할 수 있고 서로 다른 문서들을 하나의 문서로 생성하거나 일부분만을 새로운 문서로 작성할 수 있어 궁극적으로 지식의 재사용이 용이하게 된다.

### 3.3. 핵심 성공 요인

3.2에서 제안하였던 BT연구실에서의 지식경영 시스템 모델은 다음과 같은 4가지 핵심 성공 요인을 모두 반영하여 설계되었다.

#### ▶ 사용의 용이성

전체 프로세스가 동적이고 별도의 유지보수 부서가 없으므로 필요 시 자체적으로 수정 가능하도록 설계되어야 한다. 이를 위해서는 사용자 중심의 인터페이스를 지원하고 손쉬운 유지보수 및 운영이 가능하도록 고려되어야 한다.

#### ▶ 지식의 공유문화 형성

일반 기업에서는 구성원들의 지식공유활동을 장려하기 위해 성과 및 보상 체계를 마련한다. 그러나 수평조직적 성격을 강하게 띠고 있어 차별성에 근거를 둔 성과 평가체계 수립이 어렵고 실제적으로 기업과 같은 보상체계를 수립하는 것이 불가능한 소규모 연구실의 경우엔 자연스럽게 공유문화를 지원할 수 있는 시스템이 설계되어야 한다.

#### ▶ 가시적인 효과

지식경영시스템에 대한 이해가 부족하고 IT 전담 인력이 부재한 BT실험실에서의 지식경영시스템은 구성원들이 실제 사용하면서 업무수행능력을 향상시킬 수 있도록 설계되어야 한다. 연구인력의 교체는 업무의 지체·공백과 함께 기존 연구원이 보유한 잠재지, 즉 best practice와

lessons learned 의 상실을 의미한다. 따라서 인력 교체가 빈번한 연구소에서의 지식경영시스템은 연구 프로세스 전 과정에 걸쳐 생성되는 비정형 지식을 효과적으로 전파·사용할 수 있도록 설계 되고, 신규 인력은 이를 교육 프로그램으로 활용하여 새로운 업무에 대한 적응시간을 줄이고 문제해결능력을 고양할 수 있다. 또 XML을 기반으로 한 강력한 검색엔진과 전문가지도를 통하여 원하는 지식을 정확하게 검색하여 사용할 수 있도록 고려되어야 한다.

#### ▶ 효율성

지식경영시스템의 도입은 시스템에 관련 데이터 및 지식을 입력하기 위한 추가적 작업을 요하기 때문에 이를 위해 수집과정에서부터 데이터를 자동처리하고 XML기반의 솔루션을 제공함으로써 보다 인텔리전트한 시스템을 구축, 사용자에게 시스템 이용에 편리함을 주는 것이 필요하다. 전체 업무에서 실험이 차지하는 비중이 상당히 높은 BT연구실에서는 방대한 데이터와 지식을 효율적으로 처리하고 실험 과정 중에 생성된 지식을 체계적으로 관리하는 것이 전체 업무 효율성 재고의 관건이다. LIMS는 다양한 형태의 데이터와 지식을 표준화 된 방식으로 효율적으로 관리하고 실험실 워크플로우의 통합관리를 지원한다.

## 4. A대학 B유전자연구실의 적용사례

### 4.1. 연구실 현황

A대학 B연구실은 유전자의 변이 위치를 찾고 이를 통계 처리하여 일반화하고 치료법과 약품개발에 응용하는 자료를 연구하고 있으며 일반적 BT연구실의 특성을 가지고 있다. 시스템이 도입되기 전 실험에서 양산되는 자료는 수작업으로 처리되고 있었으며, 관련 문서와 데이터교환에 따른 표준이 없어, 연구원들의 포맷에 따라 자료와 데이터를 수작업으로 관리하고 있었다.

#### ▶ 인원:

노화 연구 : 석사출신 연구원 3명

SNP 연구 : 박사과정 연구원 2명,

석사출신 연구원 3명

총 전임 1명, 박사과정 연구원 2명, 석사출신 연구원 5명

#### ▶ 프로젝트 (발주처, 기간, 연구비):

진행중 : 정부출연과제, 4년, 2억 6천만원,

정부출연과제, 2년, 3억 6천만원

준비중 : 정부출연과제, 10년, 10억,

재단기금출연과제, 1년, 5천만원

#### ▶ 주요 기술

PCR (Polimerase Chain Reaction) :

DNA분자의 선택된 부분을 다양한 열처리에 의해 시험관내에서 증폭시키는 기술



TDGS (Two Dimensional Gene Scanning) : 연구 대상 집단에서 발굴된 유전자의 2차원 이미지 패턴 분석을 통해 SNP를 발굴하는 기술  
 EP (Electrophoresis, one dimensional) : 전기장 하에서 하전을 띤 단백질이 전기적 성질에 따라 이동하는 성향을 이용, 그 분포와 특성을 파악하는 기술  
 ▶ 주요연구

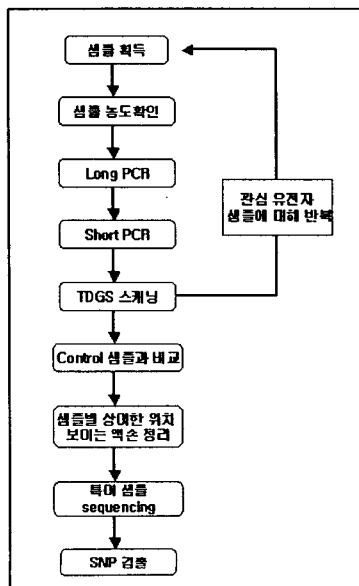
SNP(Single Nucleotide Polymorphisms, 단일 염기변이)를 발견하고 통계처리에 필요한 데이터를 관리하는 것이 주된 연구이며 분석하는 대상은 한우, 쥐 그리고 인간의 SNP이다. 이 같은 연구는 국내에 특히 많이 발병하는 암, 간암의 원인 규명에 이용되며, 향후 치료개발에 기초가 된다.

B연구실은 양산되는 데이터를 대부분 수작업으로 처리하고 있었으나, 최근 IT기술에 대한 관심이 연구원들간에 증폭되고 있었다. 8명의 인원은 별다른 회의록을 가지지 않고도 서로에게 필요한 지식을 1대1 대화식으로 전달하고 있다는 의식을 가지고 있었으나, 인터뷰 및 분석결과 필요 지식에 대한 정의가 전무했으며, 전파되는 지식은 지식이라기 보다 LIMS의 체계적인 구축에 의해 해결될 수 있는 정보에 가까운 것이었다.

## 4.2 B연구실 지식의 특성

B연구실의 주요연구 중 하나인 SNP검출은 샘플을 획득하고 PCR단계를 거쳐 TDGS 스캐닝을 통해 액손을 분리한 다음, 각각의 샘플에 대해 위의 방법을 반복하여 분리된 액손(유전정보를 포함하고 있는 부분)을 비교함으로써 변이점을 찾는 작업이다.[그림 2]는 SNP 데이터를 검출하는 프로세스를 보여준다.

[그림 2] SNP 데이터 검출 단계



샘플의 농도를 확인한 후 PCR단계를 계획하고 수행하는 작업 및 TDGS 스캐닝을 통해 패턴 인식하는 단계는 연구원들의 경험과 축적된 지식에 의존하여 실험이 진행되고 있다

본 연구에서는 이러한 지식을 표출하고 지식 경영시스템으로 개발하고자, B연구실에서 연구원들과의 인터뷰 및 프로세스 분석을 통해 사용되어지는 지식을 정의하고 분류하였다.

다음은 본 논문의 3.1에서 언급되었던 지식의 분류체계에 따른 B연구실 지식의 예를 보여준다  
 ▶ 정형화된 지식

예 : SNP discovery 실험방법 중 Long PCR수행 조건

Long PCR은 샘플유전자를 증폭시키는 단계이며, 대략 9시간정도의 시간이 소요된다. 이 단계에서 사전 샘플 농도가 적정수준을 넘어서거나 보관이 잘못 되었을 경우, 프로세스는 진행되지 못한다. 파일럿 샘플로 최초 실험을 진행하며, 이 과정에서 모 샘플의 적정여부가 결정된다. 이 단계에서 추출되는 샘플에 대한 지식은 체계화되어 수치화된 형태로 저장되며 전 연구원에게 전파된다.

▶ 비정형 지식

예 : 양질의 샘플 및 시약 공급자 선택

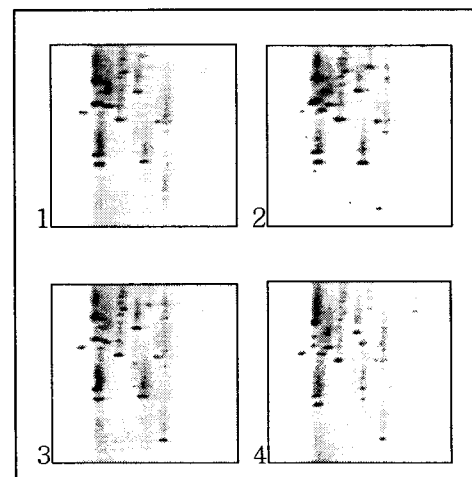
실험의 각 단계에서 발생하는 필수적인 데이터 기록 이외에도 제반 주관적 사항을 실험일지에 서술식으로 연구자가 기술하는 과정은 이후 연구책임자나 관련자가 양질의 샘플 및 시약 공급자를 선택하는데 필요한 지식을 제공한다. 메뉴얼에 기재된 사양과 같은 샘플과 시약을 사용한다 하더라도 어떠한 공급자가 제공했느냐에 따라 연구결과에 차이를 보이고 있으며, 이는 연구 후 기록된 실험상황을 서술한 텍스트를 바탕으로 추출해 낼 수 있는 지식이다.

▶ 암묵지

예 : TDGS 패턴인식

TDGS방식으로 각 샘플 유전자를 액손별로 분리한 데이터는 이차원 이미지형태로 나타난다.

[그림 3] TDGS방식으로 검출된 액손데이터



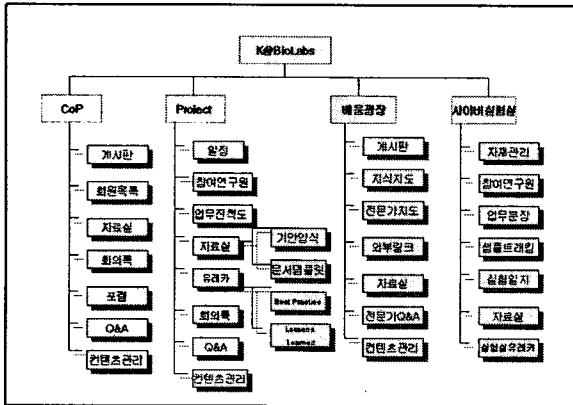
[그림 3]은 TDGS방식으로 검출된 엑손데이터로서 검은 점들은 엑손의 사이즈와 유전자 위의 위치에 따라 이차원 이미지상에서 각기 다른 곳에 나타나는 것을 보여주며, 이 샘플에서는 24개의 엑손이 검출되고 있다. 예시된 4개의 이미지는 모두 동일한 유전자 샘플이나 매 실험마다 미세한 차이를 보인다. 이러한 판단은 연구자의 경험과 축적된 지식에 의해서 이루어질 수 있다.

#### 4.4 시스템 구성

3장에서 연구된 모델을 A대학 B유전자연구실에 적용하여 K@BioLabs라는 지식경영시스템을 구축하였으며, 그 모델은 [그림 4]와 같다.

K@BioLabs는 [그림 4]의 메뉴구성을 바탕으로 설계되었으나, 일부 모듈은 연구구성원의 요구에 맞게 다른 모듈과 통합되거나 간략화되었다.

[그림 4.] K@BioLabs 메뉴구성



K@BioLabs는 사용자에게 친숙한 인터페이스로 설계되어 직관적인 사용이 가능하도록 하였다. 각 메뉴에서 바로 콘텐츠 관리가 될 수 있도록 하였으며 전문가지도를 통해 외부 시스템 전문가를 조회하고 자문을 받아 간단하게 관리 및 유지보수를 할 수 있도록 설계하였다.

소규모의 수평조직이라는 특성상 지식활동에 대한 성과,평가 체계 확립이 어렵다는 점을 고려하여 CoP의 자료실, 회의록, 포럼, 유레카, Q&A 등 하위 메뉴와 배움광장의 지식지도, 전문가지도, 외부링크, 자료실, 전문가 Q&A 등을 통해 자연스러운 공유활동 및 학습이 가능하도록 디자인하였다.

짧은 연구 인력의 교체로 인한 업무의 지체·공백, 기존 연구원이 보유한 잠재지, 즉 best practice와 lessons learned의 상실을 막기 위해서 프로젝트, 사이버실험실 메뉴의 유레카라는 하위 메뉴를 만들어 best practice와 lessons learned를 공유하도록 하여 신규 인력에 대한

교육 프로그램으로 활용할 수 있게 하였다. 또 XML을 기반으로 한 강력한 검색엔진과 배움광장의 지식지도, 전문가지도, 외부링크, 전문가 Q&A 등을 통해 지식에 쉽게 접근하고 획득할 수 있도록 하였다.

전체 업무 중 실험이 차지하는 비중이 대단히 높은 BT연구실의 특성을 반영하여 사이버실험실을 통하여 시약,장비 등의 자재관리, 샘플추적 등 수집과정에서부터 데이터를 자동처리하고 연구원은 분석연구에 몰두함으로써 업무성적으로 이어나도록 하였다.

#### 5. 결론

본 논문은 소규모 조직에서의 지식경영시스템 연구라는 점에서 다음과 같은 의의가 있다.

첫째, 방대한 양의 데이터와 지식이 생성되는 실험 연구 비중이 높은 BT연구실의 경우, 구성원들의 의사소통 지원 툴에 초점을 둔 기존의 지식경영시스템과 효율적인 실험실 환경 구축과 실험 데이터의 자동처리를 지원할 수 있는 실험실정보관리 시스템을 통합하여 구축하였다.

둘째, BT연구실에서 생성되는 지식에 대한 정의 및 분류를 체계화하고 이를 반영한 연구실 지식경영시스템 모델을 제안하여 실제 A대학 B유전자연구실에 적용하였다.

그러나 BT산업의 연구실은 대학내의 연구실 뿐만 아니라 BT벤처 연구소 실험실, 대기업 연구소 실험실, 제약회사 연구소 등 조직구성이나 규모 측면에서 다양한 형태로 존재한다. 따라서 BT실험실의 유형에 따라 각 조직 특성에 적합한 지식경영시스템에 대한 통합적인 연구가 필요하다. 또 BT실험실 지식경영시스템에는 암호화를 이용하여 기밀 정보·지식에 대한 유출 및 위조를 방지하고 조직 내에서도 개인별·그룹별로 이용 권한이 설정되어 기능 및 접속이 통제되는 보안성이 고려되어야 한다. BT실험실을 위한 지식경영시스템 모델은 연구원, 시약, 샘플 등의 공급업체, 협력업체 등이 유무선 방식의 웹 인터페이스를 통하여 정보 검색 및 분류, 콘텐츠 수집 등의 방식으로 조직 내외부의 지식에 접근하여 목적에 맞게 사용할 수 있도록 조직 내 시스템의 통합과 개인화를 통해 이용자에게 통합 인터페이스를 제공하는 기업 지식 포털(Enterprise Knowledge Portal, EKP)을 응용하여 연구실 지식 포털(Laboratory Knowledge Portal, LKP)로 확장 시킬 예정이다.

## 참고 문헌

- [1] "Bioinformatics 기술/시장 보고서," 한국전자통신연구원, 2001
- [2] 김정환, "Bioinformatics 기술 및 시장 동향," 한국전자통신연구원, 2001
- [3] 김영걸, 유성호, 이장환, "성과측정체계 및 업무 프로세스 수행 분석에 기반한 지식전략계획 (P<sup>2</sup>-KSP) 수립 방법론에 관한 연구," 한국경영정보학회 추계국제학술대회 논문집, 1999
- [4] Adrienne Massey, "Guide to Biotechnology", *Biotechnology Industry Organization*, 1999
- [5] Avijit Chatterjee and Antony Satyadas, "Knowledge Management Technologies," *IBM*, 2001
- [6] Frederic Achard, Guy Vaysseix and Emmanuel Barillot, "XML, Bioinformatics and data integration," *Bioinformatics*, 2001.2
- [7] G. Szulanski, "Exploring Internal Stickiness: Impediments to the Transfer of Best Practice within the Firm," *Strategic Management Journal Vol.17*, 1996
- [8] Gerst Gibbon, "A Brief History of LIMS," *Laboratory Automation and Information Management*, pp 1-5 1996
- [9] Jayne Clarke and Paul Turner, "Information Systems Strategy and Knowledge-based SMEs: Developing a framework for analysis of the Australian Biotechnology Industry," *University of Tasmania Press*, 2001
- [10] Kel-Hol Cheung, Michael V.Osier, Judith R.Kidd, Andrew J. Pakstis, Perry L. Miller and Kenneth K. Kidd, "ALFRED : an allele frequency database for diverse populations and DNA polymorphisms," *Nucleic Acids Research Vol. 28 No1*, 2000
- [11] Nonaka and Konno, "The Concept of "Ba": Building a Foundation for Knowledge Creation," *California Management Review, Vol. 40 No.3*, 1998
- [12] Nonaka and Takeuchi, "The Knowledge-Creating Company," *Oxford University Press*, 1995
- [13] M. Polanyi, "The Tacit Dimension," *Doubleday*, 1966
- [14] Rebecca O.Barclay, "Leading the Knowledge Enterprise-CIOs, CLOs, CKOs and Beyond," *KM Matazine issue 2*, 1996
- [15] "Buckman Laboratories," *Harvard Business Review*, 1999
- [16] "Managing Knowledge @ Work: An Overview of Knowledge Management," *Knowledge Management Working Group of the Federal Chief Officers Council*, 2001
- [17] <http://www.kribb.re.kr/>, 한국생명공학연구원
- [18] <http://www.eyeforpharma.com/>