

연구소 건축 계획의 테크놀로지 특성 표현 요소에 관한 연구

- 현대 연구소 건축을 중심으로 -

A Study on the Elements of Technological Specific Expression in Research Institute Architecture

- Focused on the Contemporary Research Institutes -

김환식* / Kim, Hwan-Sik
이정수** / Lee, Jeong-Soo
송용호*** / Song, Yong-Ho

Abstract

This study is a understanding on technological specific expression to reflect of a research institute in modern architecture. For this study, it separately reduce space program, plan program, design elements of elevation, structural system, mechanical system, building material program to its expressional elements of research institute. Also, it's arranged about a specificity that is expressed for technology each plan elements of a research institute. As a result, elements what is expressive of technology on research institute are influenced an aesthetic expression, expression of an arrangement system, structural expression, expression of architectural organization, and it influences more getting feels technological specificity expressed an aesthetic, structural system, architectural composition, mechanical distribution system in order of their magnitude. This is offered suggestion what must be an achievable complex both a simply technological expression and aesthetic expression.

키워드 : 연구소 건축, 건축계획 요소, 테크놀로지, 표현 특성, 의미차분법

Keywords : Research Facility, Architectural Elements, Technology, Specific Expression, Semantic Differential Method

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

산업혁명 이후, 자연과학의 진보와 자본주의의 경제성장과 더불어 발달해 온 20세기의 문명은 전반에 걸쳐 테크놀로지의 특성을 뚜렷하게 나타내고 있다. 더욱이 현대에 이르러 그 발전 속도와 변화가 빠르게 일어나고 있으며, 완전한 전환기와 있다. 건축에서도 이러한 양상은 현대에까지 이어지며, 테크놀로지와 사회 전반적인 패러다임의 변화에 따른 건축적 시대 정신의 반영으로 나타나고 있는데, 특히 현대건축에서는 기능적, 기술적, 형태적 측면에서 이러한 테크놀로지가 건축물에 표현된 양상을 뚜렷하게 보이며 전개되고 있다. 건축물의 용도에 따른 외부 형태의 표현은 각각의 내부에 담겨있는 기능을 표현하고 있으며, 표현방식 역시 다르다고 판단된다. 기념비적이며, 대형화, 복잡화 된 건축물 일수록 건축물에 기술 척도로서 테크

놀로지의 표현이 두드러지게 나타나고 있는 경향을 보이고 있다.

본 연구는 연구소 건축을 대상으로 현대 건축의 테크놀로지를 표현하는 특성을 고찰하고자 하며, 특성 표현을 위해 사용된 건축계획 요소를 밝히고자 한다.

현대 건축물 기능, 용도 중 연구소 건축물은 다른 건축용도에 비하여 확연히 다르게 나타나는 기술적 고려사항이 포함되어 있다. 연구소 건축의 성격은 연구원들이 합리적 이론이나 과학적 실험 결과에 의거하여 진일보 시켜 새로운 이론이나 제품을 연구, 개발, 생산하는 역할을 수행하여 건축가 들은 연구소 건축디자인 과정의 형태 표현에 반영시키고자 노력한다. 내부 기능의 복잡함은 건축설계 시, 전문적인 컨설턴트나 엔지니어와 협업 설계가 복합적으로 수행될 만큼 전문성이 요구된다. 연구소 건축의 기능을 발휘하기 위해선 설비, 공급체계 등의 복잡하고 까다로운 기술적 요구조건이 있어 이 해결과정은 자연스럽게 건물의 형태에 반영된다. 더욱이 연구 프로젝트의 변화 혹은 축소, 연구여건의 변화 등에 의한 연구과제의 변화에 대응하도록 건물의 내부공간의 기능이 변화와 확장 등 다른 건축물보다도 융통성과 가변성이 있는 건축계획이 요구되며, 건

* 정희원, 영동대학교 건축공학과 조교수

** 정희원, 충남대학교 건축학과 부교수, 공학박사

*** 정희원, 충남대학교 건축학과 교수, 공학박사

축 계획에 있어 효율성과 경제성이 필요하다.¹⁾ 따라서 연구소 건축물에 투영되는 건축적인 의미를 탐색해 보는 것은 현대 건축의 형태 표현의 분석이라는 측면에서 의의가 크다고 생각된다.

이런 배경 하에, 본 연구의 목적은 현대 연구소 건축물에 나타난 건축 계획적 특성과 건축계획 요소를 분석 정리하고, 기술의 표현 수단으로서 테크놀로지의 특성을 표현하는 요인들을 추출하여, 연구소 건축설계 및 디자인에 활용 가능한 디자인 언어를 추출하고자 한다.

12. 연구 범위 및 방법

본 연구의 범위는 현대 연구소 건축에 있어 건축계획요소에 테크놀로지가 표현된 특성을 알아보기 위해 문헌조사를 통한 연구소 건축의 계획적 특성 분석 및 건축계획 요소를 파악, 테크놀로지의 특성 분석, 테크놀로지 표현을 위한 건축계획 요소 추출 등이다. 연구소 건축은 연구 성격과 분야 및 목적에 따라 기능적 요구가 다양하여 내부평면 형태와 공간의 차이가 심하게 나타나는 데, 본 연구에서는 내부 공간 구성에 필요한 다양한 요구에 대응하여 건축물 구성 과정에 영향을 주는 형태상의 테크놀로지 표현을 위한 건축계획 요소의 분석, 추출에 대하여 연구를 진행한다.

연구의 방법은 2장에서는 연구소 건축의 설계 시 고려되는 건축계획 요소를 분석, 정리하여 테크놀로지의 개념에 의한 표현 유형의 사용어휘를 도출하고, 3장에서는 연구소 건축물의 테크놀로지 표현 유형과 시지각적 특성을 알아보기 위해 설문 조사를 통하여 분석하였다.

연구 대상 사례는 문헌을 통하여 연구소 건축의 27개를 추출하였으며, 본 연구에는 예비설문 분석에 의해 테크놀로지의 표현 경향이 강하게 나타난 연구소 건축 사례와 연구의 흐름상 필요하다고 판단된 사례를 포함하여 연구소 건축물 10개를 선별 추출하여 분석과 설문조사를 실시하였다.

사례의 시기적 대상은 현대건축의 시작으로 논의되고 있는 1958년 이후 건축된 연구소 건축물로 하였다.

2. 연구소 건축의 계획요소와 테크놀로지 표현 특성

2.1. 연구소 건축의 계획 요소

(1) 공간계획 요소

연구소의 공간계획은 크게 실험실, 실험보조시설, 사무실, 공용 지원시설의 네가지 주요기능으로 나뉜다.²⁾ 따라서 이들 기

능간의 상관관계와 연결동선, 각 기능공간을 위한 공급시설 체계와 요구되는 작업 환경의 유지 등 효율적인 배치에 의해 상호 기능을 충족시키는 것이 연구소 시설 설계의 관건이고, 공간구성은 배치유형을 결정짓는 공간 배치 상 중요한 기본과제라 할 수 있다.

주변 환경과 조화를 이루면서, 대지 조건 및 기능적 상관관계에 따라 배치 유형의 결정 요컨데, 각 공간의 기능적 분리와 이에 대한 공간의 유기적 연결이 공간 계획의 핵심으로 볼 수 있다. 기능별 동선의 분리는 대지의 형상 및 접근성, 주요 기능에 의해 구분하여 처리하고, 동과 동과의 연결은 홀이나 복도 혹은 연결통로 등의 배개공간을 구성하여 단일건물과 같은 기능을 갖도록 연결하여, 기능공간과 동선체계에 의하여 연결되는 구성요소라 할 수 있다. 분산 배치된 연구 및 실험시설, 실험 보조시설, 공용 지원시설 상호간의 외부 동선을 연결하는 주 통로(spine)를 두거나, 연결 복도에 의해 상호 연결 및 접근이 용이하도록 해주고 옥외 공간의 휴게 공간을 제공하여 휴식과 상호 교류할 수 있는 공용공간이 필요하며, 각 시설의 내부에도 대형의 아트리움, 공용의 홀이나, 로비가 도입된다. 이들과 연결되는 외부공간을 배치하여 공간의 질을 높이는 것이 필요하다. 이외에도, 연구소 시설의 공간계획 요소 중 중요한 것은 장래 확장 가능한 여유 공간의 확보인데, 장차 증축 가능한 여유 부지를 전체 계획상에서 미리 고려하여 반영하여야 한다. 즉, 공간계획에서는 공간의 구성체계의 명확성과 주변 환경과의 조화가 핵심 요소라 판단된다.

(2) 평면계획 요소

연구소 평면 계획상 가장 기본적 요소로 나타나는 연구실과 실험실의 배치관계와 연구·실험실의 모듈, 설비시설의 공급 방식을 정하는 평면 형식으로 기능상 필요한 모든 시스템이 종합적으로 표현된다. 주 기능이 되는 연구실과 실험실과 보조기능이 되는 실들의 배치와 상호간의 기능적 연계를 충족시키는 가 하는 것이 연구소의 평면계획에 있어서 주요 과제인데, 그 중에서도 실험실과 연구실 사이의 기능상의 상관관계가 연구소 평면계획의 설계 개념상 가장 기본적인 주안점으로 대두된다. 최근의 연구소들은 사무공간을 실험실에 인접하면서도 명확히 구분시키며, 같은 공간 내의 일체형 배치보다는 연구원의 업무 쾌적성과 독립된 연구 환경과 실험중의 폭발이나 누출 등 위험으로부터의 안전을 위해서 내부의 독립된 칸막이로 실험실과 인접하여 분리 배치하는 경향을 보인다. 평면 계획에서 다른 시설과 확연히 차이 나는 요소가 설비 덕트의 처리와 복도 형식이다. 내부의 설비 덕트는 수직, 수평으로 각 연구 실험실에 공급하여주며, 복도는 본래 기능인 통행이외에도 연구실의 제

시설, 공용시설, 서비스 시설 외에 특수실험실로 분류하였고, 임상권은 연구실험 공간, 행정사무 공간, 복지 공간, 설비지원 공간, 특수실험 공간으로 분류하였다.

1) 연구소건축은 기능과 형태상 특색을 가지는 하나의 독립된 건축유형으로 보며, 다른 건축물과 구별되는 건축 기술의 선택과 현대적 디자인을 통해 설계되어야 할 독특한 요소를 가지는 것으로 본다.

2) 규모와 연구 성격에 따라 다양하게 나타나서 연구자 마다 다르게 분류하는데, 아라이(新井吉衛)는 '연구소 계획 설계'에서 연구실험시설, 관리

반 장비에 필요한 각종 복잡한 설비라인의 연결, 공급에서 생겨나는 문제인데, 이중 복도에 의한 설비 공급 해결과 3중 복도를 사용하여 공용복도를 서비스 복도로 사용하기도 한다.³⁾

단위 실험실의 모듈계획(modular planning)은 연구소 평면 계획의 핵심인데, 연구, 실험실 평면 계획의 기본단위는 사용인원, 실험 장비 및 가구의 배치, 작업 또는 이동상의 여유 공간 확보, 설비 공급방식 등이 종합적으로 고려되어야 하며, 적정규모의 결정과 모듈계획은 연구실험실의 표준화의 기본이 된다. 기본 모듈계획에 의한 평면구성은 이동, 확장, 변경 등 가변성과 융통성에 가장 큰 영향을 주며 효율성을 갖기 위한 가장 기본적 요소이다. 기존 연구에 의하면, 연구소의 기본 모듈은 실험실 모듈치수의 배수가 적용되는 경우에는 통상 3.0~3.3m로 채택되고, 구조모듈은 그의 배수인 6.0~6.6m가 실험실의 구조모듈이 채용된다. 실험실의 깊이는 최소 8.2~최대 11.59m까지 나타나 폭보다 깊어지는 경향을 보이는데, 이러한 경향은 흡후드 설비 및 대형장비의 사용 증가에 따라 장비의 다양화와 공간의 융통성에 의한 장기적인 경제성을 고려하여 실험실의 모듈들이 넓어지고 깊어지는데 기인한다.^{4) 5)}

평면 계획상의 모듈 개념은 실험실과 연구실의 공간 활용이 자유롭게 해주는 데, 이는 평면 자체만의 문제가 아니고 구조 및 설비 시스템과의 복합적 문제이다. 다시 말해, 연구 분야와 프로젝트의 성격에 따라 필요한 평면의 모듈계획, 구조 시스템, 설비계획은 상호연관성을 갖고 시스템화 된다.

또한 계획상 모듈의 반복에 의한 건물 구성 방식은 평면상 공간 사용상의 낭비를 줄일 수 있고, 가구와 실험용 설비의 배치에 유용하며, 입면의 외부 형태에 있어서도 반복에 의한 질서감을 줄 수 있어 규격화, 표준화에 의한 공장의 대량 생산 방식으로 만들어진 규격화된 건축 재료의 사용을 가능하게 할 뿐만 아니라, 공장생산에 의한 현장설치라는 산업사회 이후의 현장조립 구축방식의 적용이 가능한 기본 원리로 작용한다.

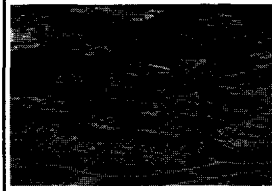
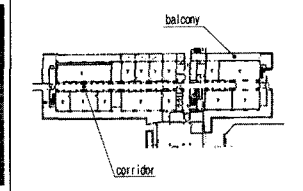
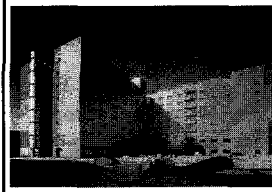
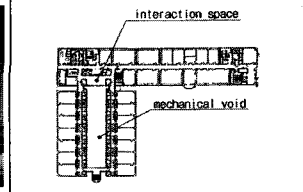
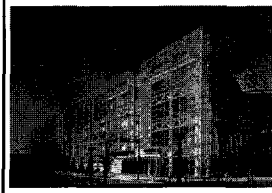
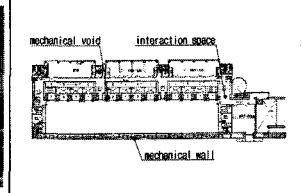
(3) 입면계획 요소

입면상 외부 매스의 형태는 연구실과 실험실의 배치 방식에 의해 드러나는데, 초기의 전형적인 연구소의 매스 형태는 연구실과 실험실 복합형태의 표준화 된 모델의 단순 큐브형태로 형성되었다. 연구실 군과 실험실 군 간의 분리 형태가 나타나면서 매스의 분화가 나타났으며, 최근에는 변형된 매스의 출현 등 테크놀로지의 발전에 따라 변화, 발전을 거듭하여 왔다. 연구시설의 평면구성과 이에 따른 매스형식은 불가분의 관련이

3)설비계획은 평면 계획상 주요 요소이나, 연구소 건축에서 처리방식이 복잡, 다양하게 나타나므로 별도의 계획요소로 고려되어야 한다.
4)길성호, 연구소 건축의 연구실험 공간계획의 유형과 특성분석, 대한건축학회 논문집 13권 10호, 1997. 10, p.43
5)이외에도, 틈스에 의하면 폭3.0~3.3m와 깊이6.0~10.5m의 규격이 사용되며, 입찰일의 연구에 의하면 3.6m x 9.6m가, 익스에 의하면 3.6m x 7.2m가 바람직한 모듈규격으로 제안되고 있다.

있다. 초기 평면 개념에서부터 발전된 변화를 거치면서 평면 기능상, 설비 개념상 그리고 심미적인 요구 조건을 만족시켜주면서 변화 발전하여 왔는데, <표 1>은 니혼 세케이(日本設計)의 연구소 시설 설계의 변천과정의 발전된 모습을 보여준다. 1970년대 제1 세대의 쓰쿠바 산업기술 종합연구소에 제시된 개념은 표준 실험실 제안, 표준 실험실과 특수 실험실의 스펙에 따라 분동화, 연구실과 실험실의 인접, 장래 대응을 고려한 실험실 급배기구의 설치 등의 개념과 외부로는 단아한 입방체로 표현되어있다. 1980년대의 제2세대를 대표하는 일본 금속재료 연구소는 연구실 동과 실험실 동의 분리가 제안되었으며, 연구자의 상호교류 공간(interaction space)과 설비공급 및 유지관리를 위해 중정형 설비 공간(mechanical void)을 만들어 설비기기를 중정 외벽에 노출하였다. 1990년대 후반의 제3세대를 대표하는 도쿄 산업기술 종합연구소는 대공간의 오픈 스페이스를 만들어 여러 개의 소규모 연구실로 대체가 가능하며, 외벽에 각종 설비기와 공조기를 미적으로 표현한 설비 벽체(mechanical wall)를 제안하여 일반 연구실에서 특수 실험실까지 융통성 있게 수용이 가능한 고도의 표준 설비를 갖추었다.⁶⁾ 시대별 변천은 평면 계획요소와 입면계획 요소, 설비 시스템이 복합적으로 구성되어, 테크놀로지의 발전에 의해 진화한 과정을 보여준다.

<표 1> 니혼 세케이(日本設計)의 연구소 시설 설계의 변천 및 발전과정

제 1세대 (1970년대)		
산업기술 종합연구소, 쓰쿠바 (표준 실험실 제안, 중복도, 설비 발코니)		
제 2세대 (1980년대)		
금속재료 연구소 (연구실, 실험실 동 분리, 상호 교류 공간, 중정 설비 공간)		
제 3세대 (1990년대 후반)		
산업기술 종합연구소, 도쿄 (대공간 오픈 스페이스, 외부 설비 벽, 고도의 표준설비)		

6)建築畫報, 日本設計 教育・研究所施設 特集 1997-2002, 2003.1, pp. 84-85

탈 큐브 매스는 최근에 활발하게 나타나는데, 고전적 디자인 요소인 수직과 수평에서 벗어나 경사 부재의 활용, 계단 부재의 외부 노출 등의 수법을 사용하여 운동감의 표현하고 긴장감을 주게 한다. 기하학적 입방체의 파괴로 이루어지는 역동성을 표출하는 기계미학적 형태를 나타내는데 벽면을 중첩시키거나 단순한 기하학적 큐브 매스를 중첩과 삭제에 의한 건물 축을 전이 및 치환시켜 그리드 체계 중첩, 벽면 중첩 및 비정형의 추상적 형태로 표현하여 긴장감과 운동감을 표현한다.

(4) 단면계획 요소

연구소 건축에서 단면 계획 요소로서 외벽 시스템 상 테크놀로지를 활용한 요소는 자연채광의 활용 방식이다. 이것은 실내의 쾌적한 연구 환경의 제공과 에너지 절약에 대한 합리적인 접근 시도로서 외부 일조 일사의 실내유입을 극대화 시키고자 격자창 또는 유리 커튼월에 의해 가능한 많은 빛의 유입시키고, 천창과 아트리움 등을 설치하여 자연채광이 들지 않는 실내로 빛을 유입시키고자 적용한 방식이다. 또한 실내로 유입되는 직사광의 조절을 위해 외벽 면에 부착하여 일조 일사의 조절방식은 외벽에 수직 또는 수평의 루버의 설치하여 강한 직사광선을 반사시켜 실내로 유입을 조절하고 반사된 은은한 빛을 실내로 유입 시도 하거나, 외벽체의 일부 또는 전부에 가동 스크린을 설치하여 건물전체의 일조일사량을 조절하거나, 외벽면에 가동 조리개를 부착하여 전자 감응식 장치에 의해 외부의 일사량을 감지하고 실내 환경에 맞도록 조절하여 제공하는 수법 등이 사용되고 있다. 후미히코 마키의 후쿠오카 대학원 연구소(표 4의 사례1)에서는 콘크리트의 수직, 수평의 격자 루버를 이용하여 자연채광의 직사광을 조절하려 시도하였으며, 외벽 면의 디자인 요소로도 활용하였다. 또한, 장 누벨이 설계한 아랍 문화연구원(표 4의 사례2) 건물의 외벽의 내부에 가동식 조리개를 직접 부착하여, 태양광의 조도 변화에 따라 실내로 쾌적한 일조환경을 제공하고자한 시도이다. 이는 카메라의 기계 기술과 전자센서 기술의 테크놀로지를 건축에 직접적으로 적용한 것이라 볼 수 있는 데, 건축을 기계와 같이 취급하여 기계적 장치를 건축에 적용한 실험적인 시도이다.

(5) 구조 계획 요소

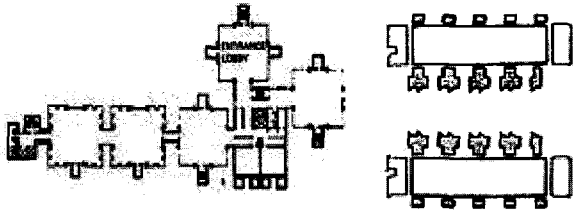
구조 시스템 또한 연구소 건축계획에서 주요 계획요소로 고려되어야 한다. 구조 해석기술과 구조 디자인 테크놀로지의 지속적 발전은 건물 내부의 구조적 해결 이룰때면 일반적인 라멘 구조 해석차원을 벗어나, 이를 외부로 노출시키는 구조자체가 기계의 내부골격을 표현하려는 듯한 구조형식이 시도되고 있다. 현대건축에서 형태구성을 위한 구조적 측면의 테크놀로지는 주요한 수단으로 작용하고 있으며 진정한 건축 구조미는 결국 테크놀로지의 매개체를 통하여 구체적 형태로 나타난다. 구조미의 표현은 건축물의 단순한 기계미학의 표현이라기보다는 합리적 건축의 접근 태도에 의하여 나타나는 것이며, 공학

적인 구조 해석의 발전된 테크놀로지에 의해 나타나는 구조체는 가장 단순하며, 힘의 흐름을 자연스럽게 표현하고 최적의 구조형태를 표현한 공학적 테크놀로지의 결정체이다. 외부로 드러난 구조체는 구조미의 표현 이외에 내부 공간 속에 들어있는 구조물을 밖으로 끌어내고 실내공간에는 배치가 자유롭고 개방적이며 융통성 있는 공간의 구성을 가능하게 해 준다.

리차드 로저스의 P.A테크놀로지 연구소 복합시설(표 4의 사례5)나 마이클 홉킨스의 슬림버거 연구소(표 4의 사례6)은 주 구조체인 수직 경사진 구조부재에 매달린 인장 와이어에 의한 구조 형식을 보여주고 있으며, 구조미에 의한 기계 미학적 디자인의 대표적인 사례를 보여준다.

(6) 설비계획 요소

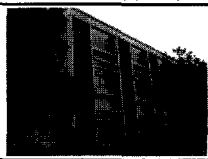


연구소 건축계획 요소 중 설비 라인의 처리는 건물의 급배수, 공조, 전기 설비 등 건축물에 필요한 기초적인 설비 시설 이외에 연구나 실험 자체에 필요한 공급설비 즉, 전기, 급배수, 각종 가스 등의 다양한 종류와 조건의 유틸리티 공급·배출이 필요하다. 이 설비라인의 처리는 다른 용도의 건축물에 비해 형태상 건물의 요소를 명확히 구별할 수 있는 요소이다. 필요한 설비라인을 집적하여 한 곳에 모아 공급하게 되는데, 건물의 내부에서 평면적인 처리 방법은 실험실 내의 일부분에 수직 덕트(utility duct)를 형성하거나, 실험실 사이의 벽(utility wall)에 설치하거나 내부의 서비스 복도(utility corridor) 또는 외벽에 설비 덕트를 돌출시켜 공급 한다. 단면적으로는 층간 덕트(interstitial space)를 이용하여 상하층간에 공용으로 사용할 수 있다. 건물의 외벽을 이용하여 처리하는 방법은 별도의 외주부 공간의 지역을 통해 직접 파이프라인으로 공급하거나, 노출 덕트가 일반적으로 사용 가능하다. 또 다른 처리방식은 외벽에 설비용 발코니(utility balcony)를 설치하여 실험장비나 유틸리티 장비 공간으로 사용될 수 있는데, 설비부분이 각 단위공간의 일부에 설치되었던 것이 최근에는 하나의 독립된 하나의 기능요소로 구분하는 추세로서, 유지관리의 효율을 높이기 위해서이다. 외부로 노출된 설비시스템은 구조체와 함께 주 건물에서 분리되어 내부 공간에 그만큼 융통성을 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 설비시스템 요소는 하나의 독립적인 역할을 하여 연구소 건축의 독특한 외관형태 표현요소이다. 1960년대 루이스 칸은 설비 공간 처리에 있어 획기적인 개념을 제안하였다. 그것은 연구기능의 건물에 매우 적합한 주요 공간(served space)에 대한 보조 공간(servant space)이며, 자신이 설계한 리차드 의학 연구소와 소크 인스티튜트(salk institute)에서 핵심적인 개념으로 설명하였다.



<그림 1> 리처드 의학연구소와 소크 인스티튜트의 서비스 공간 개념

리처드 로저스의 P.A테크놀로지 연구소(표 4의 사례5)에서는 설비 시스템이 구조체에 매달려 한곳에 집중되어 설치되어 노출이 되어있다. 니콜라스 그림쇼의 랭크 제록스 연구개발센터(표 4의 사례3)는 건물 밖으로 대형 원형 설비 라인이 노출되어 건물이 마치 기계의 속을 보여 주듯이 디자인 되어 있다.

<표 2> 설비라인 외부 노출 처리 방식

설비 덕트 외부 노출	설비 파이프 외부 노출	서비스 발코니 노출
		
산업기술 종합연구소, 쓰쿠바	산업기술 종합연구소, 도쿄	도쿄가스 스테이션

<표 2>는 외부로 드러난 설비라인 처리방식의 사례를 보여 주는 데, 쓰쿠바 산업기술 연구소에는 설비 시설이 외부로 노출되어 덕트를 형성하고 있으며, 수평루버와 같이 연결되어 계획되어 있다. 도쿄의 산업기술연구소에는 건물 외벽 밖으로 더블 스킨이 형성되어 글라스월로 형성된 외부 설비 벽(mechanical wall)공간에 설비라인을 집적하여 배관하고 각 설비라인마다 칼라를 부여하여, 유지관리상 편리성을 도모하였다. 도쿄 가스 센주 테크노 스테이션은 외벽면의 설비라인 노출 이외에 층별 유틸리티 발코니를 설치하여 설비장치 거치 공간으로 활용한 사례를 보여준다. 또한 이 건물에는 외부 계단이 노출독립 되어 내부 공간 평면상의 효율성을 추구하고 있다. 계단 등의 서비스 시설의 독립 및 외부 노출은 주공간인 연구 및 실험실 평면 계획의 효율성을 위하여 층간 이동 수단인 계단을 옥외로 독립시키고, 노출된 계단은 디자인 측면에서도 기계의 부품을 드러다 보는 듯한 이미지를 주어 새로운 제품이나 연구 개발을 하고 있는 듯한 느낌을 간접 전달할 수 있다.

(7) 재료, 구축적 요소

재료, 구축적 요소 차원에서는 두 가지를 고려할 수 있다. 평면의 모듈에 의한 반복을 전제하여 고려해 볼 때

첫째는, 연구소 건축의 외벽 마감 재료는 과거에는 습식 재료인 적벽돌과 타일 등이 있으나, 최근에는 유리, 유리 커튼월, 금속재 커튼월 등의 경량재료를 사용하는 추세이다. 재료는 구축 방식과 함께 결부지어 고려하여야 하는데, 산업화의 진행과 함께 오픈 조인트 방식에 의한 건식화 재료의 사용 경향을 보

인다. 마찬가지로 구축 방식은 구조시스템 및 재료와 복합적으로 관련되어 고려해야 하는 데, 기본적으로 연구, 실험실의 모듈과도 관련이 된다. 과거의 현장 제작 방식에서 산업혁명 이후 지속화된 공장의 대량생산에 의한 금속재 패널, 유리커튼월 등 건식화 부재의 현장 이동에 의한 조립, 설치의 구축방식을 의미하는 데, 현장에서는 부착, 설치 등의 단순화가 이루어지며 부재 생산의 표준화와 모듈화 생산이 필수적이다. 이는 기계의 부품을 조립하는 제작 방식을 건축에 적용한 것으로 마치 건물을 기계와 같이 취급하여 조립에 의해 완성해 가려는 시도이다.

연구소 건축이 다른 건축용도에 비해 내부 공간 사용상 변화, 이동, 확장 등이 요구가 필요하다고 볼 때, 적용상의 융통성과 효율성 및 경제적 효율성을 제공할 수 있다. 입면의 구성은 반복성과 규칙성 있는 연속적 패턴화 된 건물형태를 보여준다.

다른 하나는, 신 재료의 개발 및 발전의 가속화에 힘입어 건축의 테크놀로지는 표피의 경량성을 표현하는데 커다란 역할을 하고 있다. 막 구조(membrane structure)는 다양한 형태의 공간 창출이 가능한 특유의 조형적 특성과 대 공간 형성 및 재료적인 경제성 등의 물성 때문에 현대사회가 요구하는 목적에 크게 부응하는 건축구조 재료로 부각되고 있다. 초경량 재료적 특성과 투광성 및 시공성은 우주 대 공간 구조물의 실현 가능성을 높여 준다. 건축 재료와 구법의 발전에 인장재를 활용하는 방법을 고안한 건축구조 테크놀로지가 가능성을 실현시켰다. 마이클 흄킨스의 슬름버거 연구소(표4의 사례6)에서는 주요 수직 구조부재인 마스트와 인장용 와이어 부재에 매달린 현수막 구조에 의한 25m 스패의 대 공간을 형성시켜준다.

2.2. 소결

이상과 같이 연구소 건축의 공간, 평면, 입면, 단면, 구조, 설비, 재료별 계획요소의 특성을 고찰한 결과 각각의 계획요소별로 다음과 같이 정리하고 그 표현 어휘를 도출할 수 있었다. 공간계획에서는 공간의 구성체계의 명확성과 주변 환경과의 조화가 핵심요소라 판단된다. 평면계획에서는 기능에 따른 평면 형식과 모듈의 적용이 주된 체계를 형성하고 있으며, 입면계획 요소는 매스의 형태와 그 표현 의도가 주요한 요소가 되고 있다. 구조계획에서는 구조방식과 표현 양식이, 설비계획요소는 그 기계적 설비라인의 처리방식이 관건이다. 재료의 사용과 구축적 요소는 외벽의 재료 및 벽체 구축방식이 표현의 체계를 이루고 있다.

결과적으로 기능적 요소와 건축적 표현 요소가 동시에 전개되는 경우가 대부분이며 건축가의 테크놀로지 표현 의도에 의한 형태로 적용 여부가 건축물의 형태를 결정한다고 할 수 있다.

<표 3> 연구소 건축의 계획요소별 테크놀로지 표현요소

건축 계획 요소	세부 계획 요소	테크놀로지 표현
공간 계획 요소	· 블록의 배치 · 옥외 공간의 구성	· 공간 구성 체계 · 주변 환경과의 조화
평면 계획 요소	· 연구, 실험실 배치계획 · 평면의 모듈 계획	· 다양한 형태 표현
입면 계획 요소	· 매스의 형태 · 입면 디자인요소	· 역동적 이미지 · 실험적 시도 · 다중 표피구조
단면 계획 요소	· 자연채광의 활용 · 직사 일광의 조절	· 외피를 통한 실내조절 · 일조, 일사의 유입, 조절
구조 계획 요소	· 구조시스템	· 구조 기술적 이미지 · 구조체 노출
설비 계획 요소	· 설비라인의 처리	· 설비 시스템 집적 · 설비, 서비스 노출 및 독립
재료, 구축 요소	· 재료 생산 · 벽체 구축 방식	· 공업생산 이미지 · 공장생산 현장조립 · 조립 및 해체 용이성

의 건축적 표현이라는 관점에서 전개되어 왔다. 미학적 관점에서 추상적이고 철학적인 관점에서의 시대정신의 해석으로만 받아들여져 실질적인 관점에서의 평가기준이 필요하다. 따라서 연구소 건축물이 테크놀로지적 표현을 추구할 경우 보다 포괄적이고 실용적인 관점에서 어떤 식으로 받아들여질지에 대한 분석과 예측이 필요하다. 이때, 평가의 기준이 될 수 있는 물리적 속성과 그것이 심리적으로 어떻게 받아들여지는가가 중요한 기준이 될 수 있다. 기존의 철학적·미학적 관점에서의 평가보다는 보다 실용적 관점에서의 시지각적 관점을 연구소 건축물의 테크놀로지적 표현특성의 해석방향을 제시할 필요가 있고, 이에 대한 보다 구체적인 연구 방향의 설정이 필요하다.

본 연구에서는 이를 위해 건축실무에 관계된 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 테크놀로지 표현 특성에 대한 시지각적 접근을 시도했으며, 이를 통해 연구소 건축물이 추구해야 할 건축 계획의 물리적 속성과 심리적 표현의 척도를 밝혀내고자 한다.

3. 테크놀로지 표현을 위한 건축계획 요소 추출

3.1. 연구소 건축물의 테크놀로지 표현 특성의 해석

모더니즘 이후 하이테크 건축이 가지는 표현 의도는 기능과 표현의 일치라는 합리적 관점과 테크놀로지가 가지는 시대정신

3.2. 설문 조사

<표 4> 본 설문에 적용된 연구소 건축의 사례별 건축계획 요소와 테크놀로지 표현

연구소 건축 사례	사례 1	사례 2	사례 3	사례 4	사례 5
	후쿠오카 대학원 연구소	아랍 문화 연구소	랭크 제록스 연구개발 센터	산업기술 종합연구소, 도쿄	PA 테크놀로지 연구소
연구소 건축 사례					
평면 계획	모듈 적용	모듈 적용	모듈 적용	-	모듈 적용
외벽 시스템	유리 커튼월+ 루버	유리 커튼월+ 조리개	유리커튼월+ 루버	유리 커튼월	금속 커튼월
매스 형태	-	큐브 변형	-	큐브 변형	-
일조일사 유입, 조절	외부 수직, 수평 루버 돌출	가동 조리개	일부 수평 루버	내부 루버	-
주요 구조방식	-	-	-	입체 트러스	마스트+ 인장구조
구조미의 표현	-	-	설비라인 노출의 기계미학	입체 구조 방식 노출	입체 구조 방식 노출
설비라인 처리	-	-	설비 라인, 서비스 공간 외부 노출	외벽 설비 벽체 활용, 이중외피	지붕 상부 노출처리
외벽 재료	유리커튼월+ 콘크리트 격자창	유리커튼월+ 가동 조리개	금속재 패널+ 일부 커튼월	유리 커튼월	금속재 패널
외벽 구축방식	유니트 부착방식	유니트 부착+ 현장설치	유니트 부착+ 현장설치	유니트 부착방식	유니트 부착방식
주요 건축계획 요소	외부 돌출 격자 루버	전자 가동식 조리개	설비 라인 외부 노출	설비라인 노출+ 입체 트러스	마스트+인장 구조, 설비 노출
연구소 건축 사례	사례 6	사례 7	사례 8	사례 9	사례 10
	슬름버거 연구소	사이버도로프 연구소	하이솔라 연구소	파이오니아 전기 연구개발	산업기술 종합연구소, 쓰쿠바
연구소 건축 사례					
평면 계획	모듈 적용	모듈 적용	벽체, 그리드의 중첩	모듈 적용	모듈 적용
외벽 시스템	금속재 패널	금속재 패널+ 이중벽	스틸 패널+ 유리, 솔라 콜렉터	금속재 커튼월	금속재 패널
매스 형태	큐브형 변형	큐브형+ 돌출된 이중벽	비정형	-	-
일조일사 유입, 조절	수평 띠창	격자창 + 이중벽	유리창 + 솔라 콜렉터	수평 띠창 + 천창	-
주요 구조방식	철골+ 현수 막구조	필로티 경사기둥	-	-	-
구조미의 표현	경사 기둥+ 인장재+ 막구조	-	-	-	-
설비라인 처리	-	-	-	-	외부 노출 덕트, 서비스 발코니
외벽 재료	금속커튼월+ 유리+ 테프론 섬유	금속재 패널+ 금속재 이중벽	금속재 패널+ 유리	금속재 커튼월	금속재 패널
외벽 구축 방식	유니트 부착방식+ 막 구조 인장	유니트 부착방식	철근콘크리트+ 스틸 패널	유니트 부착방식	유니트 부착방식
주요 건축계획 요소	경사기둥 노출, 막 구조	1층 경사 기둥, 이중 가벽	해체적, 즉흥적 구성	융통성, 가변, 확장성	설비 노출, 융통성, 가변, 확장성

(1) 예비 설문

본 연구에서는 연구소 건축물의 테크놀로지 표현 특성에 대한 건축계획요소의 특성을 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다. 예비설문은 본 설문을 실시하기 전, 9월12일~15일까지 건축학 전공 대학원생 들을 대상으로 실시하였다. 예비 설문조사한 사진은 테크놀로지의 표현 정도가 뛰어난 미국, 영국, 일본 등의 대표적인 연구소 건축물 사례 27개를 추출하였다. 예비 설문조사의 결과, 테크놀로지의 특성을 잘 표현하였다고 분석된 사례 10개를 선정하고 설문 문항의 중복 부분을 1차 정리하였다.

(2) 본 설문 조사

설문은 조사의 오류를 최소화하고 연구목적에 부합되도록 건축계획요소 및 표현 특성을 명확히 파악할 수 능력이 있는 서울과 대전지역의 건축 관련 전문가(건축사 사무소를 운영하는 건축사와 실무경력 5년 이상의 직원)를 대상으로 10월4일~6일까지 조사하였으며, 서면을 통해 실시하였다. 설문지는 총 100부를 배부하여 10월14일까지 80부를 회수하였으며 회수한 전체 응답 자료를 통계 분석하였다.

본 설문의 내용은 물리적 속성을 나타내는 항목 13개와 테크놀로지 표현 형태에 대해 느껴지는 심리적 표현을 나타내는 어휘 7개로 구성되어 있다. 이때의 물리적 속성이란 연구소 건축에서 시지각적으로 인식되는 건축물의 테크놀로지 표현 형태 중 '역동적인 이미지'나, '설비시스템의 노출' 등의 구체적인 표현 형태를 의미한다. 그리고 심리적 표현이란 이러한 구체적인 건축적 표현 양상에 대해 응답자가 직관적으로 느낄 수 있는 '과감한'이나 '가벼운' 등의 감성을 표현한 어휘를 의미한다. 또한, 사례에 나타나는 테크놀로지 특성의 표현 정도와 심리적 표현의 정도를 다른 항목과 연계하여 구체적으로 파악하기 위해 '테크놀로지 특성의 표현'과 '좋아하는'이라는 두 항목을 추가하였다.

어휘 추출과 동시에 연구소 사례 10개를 선정하였으며, 본 설문의 형태는 사례의 사진을 보고 사진에 따라 응답하는 방식으로 구성되었다. 설문 문항의 구성은 '매우 잘 표현되었다'부터 '전혀 표현되지 않았다' 까지 7단계의 의미차분법에 의해 작성하였다.

3.3. 결과의 해석

설문 결과의 분석 처리는 SPSS 12.0을 활용하여 항목별 t검정과 인자분석, 중 회귀 분석을 실시하였다.

(1) 테크놀로지 표현 특성에 영향을 미치는 요인

요인 분석⁷⁾은 설문 문항 중 물리적 속성에 관련된 문항과

7)요인 분석은 전체 응답의 결과를 설명할 수 있는 요인을 추출하여 이를 중심으로 응답성향을 해석하는 것이다. 전체 문항은 각각 나름의 측정 내용을 가지고 있지만, 결과적으로 추출된 몇 가지 요인이 전체 응

답의 대표성을 획득한다고 할 수 있다는 것이다. 따라서 전체 응답 성향을 추출된 몇 가지 요인을 중심으로 해석할 수 있는 것이다.

<표 5> 인자 추출 - 물리적 속성

요인	초기 고유값			추출 제곱합 적재값			회전 제곱합 적재값		
	전체	% 분산	% 누적	전체	% 분산	% 누적	전체	% 분산	% 누적
1	5.189	39.913	39.913	5.189	39.913	39.913	3.594	27.647	27.647
2	1.869	14.379	54.292	1.869	14.379	54.292	2.281	17.547	45.195
3	1.228	9.447	63.739	1.228	9.447	63.739	1.738	13.367	58.562
4	1.044	8.034	71.773	1.044	8.034	71.773	1.717	13.211	71.773

물리적 속성에 관련된 문항의 요인추출 결과 4개 요인이 추출되었다. 요인 회전을 통해 4개 요인이 각각의 문항에 미치는 영향력을 측정해본 결과 '미학적 표현', '설비시스템 표현', '구축방식 표현', '건축적 구성 표현'으로 정리할 수 있었다. 이는 테크놀로지의 건축적 표현 유형을 4가지 요인에 의해 구분하여 설명할 수 있음을 의미한다.

<표 6> 물리적 속성 - 회전된 요인 행렬

물리적 속성	요인 1	요인 2	요인 3	요인 4
	(미학적 표현)	(설비시스템표현)	(구축방식 표현)	(건축적 구성 표현)
역동적 이미지	.840	.043	.152	.126
실험적 시도	.821	.212	.092	.244
다양한 형태 표현	.791	-.046	-.072	.417
구조체 노출	.748	.180	.135	-.026
기계미학 이미지	.706	.311	.396	.026
설비 시스템 집적	.206	.818	.197	-.040
설비,서비스의 노출 독립	.382	.745	.156	-.062
내부 환경 조절	-.140	.677	.105	.490
외피를 통한 실내조절	.079	.579	.131	.538
공장생산 현장조립	.040	.155	.839	.233
공업 생산방식 이미지	.263	.220	.809	.027
다중 표피 구조	.475	.124	-.063	.671
공간 구성 체계	.152	-.023	.271	.654

요인추출 방법 : 주성분 분석.
회전 방법 : Kaiser 정규화가 있는 베리맥스, 7반복계산에서 요인회전이 수렴

심리적 표현에 관련된 문항의 인자추출 결과 2개 요인이 추출되었고, 이를 요인 회전을 통해 '적극적인 느낌'과 '합리적인 느낌'으로 정리하였다. 이는 테크놀로지의 심리적 표현 특성을 2가지 유형으로 구분하여 설명할 수 있음을 의미한다.

<표 7> 심리적 표현 - 회전된 요인 행렬

심리적 표현	요인 1	요인 2
	(적극적인 느낌)	(합리적인 느낌)
자극적인	.924	.051
과감한	.915	.160
독특한	.874	.196
명쾌한	.018	.833
솔직한	.108	.813
투명한	.130	.783
가벼운	.313	.491

요인추출 방법 : 주성분 분석.
회전 방법 : Kaiser 정규화가 있는 베리맥스, 7반복계산에서 요인회전이 수렴

(2) 테크놀로지 표현 특성 해석

‘물리적 속성’과 ‘심리적 표현’에서 추출된 요인들이 테크놀로지 특성의 표현에 영향을 미치는 우선순위를 측정하고 이를 해석하기 위하여 각각의 체계 안에서 중회귀 분석을 실시하였다.

먼저, ‘물리적 속성’에서는 테크놀로지의 건축적 표현어휘들이 건축적 표현 양식을 어떻게 설명하는지 파악하기 위하여, 설문 문항 중 ‘테크놀로지 특성 표현’ 항목을 종속변수로, 추출된 4개의 요인을 독립변수로 설정하여 중회귀 분석⁸⁾을 실시하였다. 그 결과 미학적 표현>구축방식 표현>건축적 구성 표현>설비시스템 표현의 순으로 우선순위가 정해질 수 있었다. 또한 회귀결정 계수(R 제곱)이 0.582이므로 각각의 인자들이 ‘테크놀로지의 특성을 표현’하는데 미치는 영향력은 58.2%임을 알 수 있다. 이를 통해 응답자들이 건축물의 테크놀로지적 특성을 시각적으로 인지하는데 있어서 가장 큰 영향을 미치는 표현이 미학적 표현이며, 가장 작은 영향을 미치는 표현이 설비 시스템 표현이라고 인식하고 있음을 알 수 있다.

<표 8> 물리적 속성요소 인자별 가중치 분석결과

요인	비표준화 계수		표준화 계수		t	유의확률
	B	표준오차	베타			
(상수)	4.742	.036			130.095	.000
미학적 표현	.849	.036	.537		23.272	.000
설비시스템 표현	.320	.036	.203		8.779	.000
구축방식 표현	.622	.036	.394		17.066	.000
건축적 구성 표현	.491	.036	.311		13.472	.000

종속 변수 : 테크놀로지 특성의 표현

심리적 요인 2개를 독립변수로 하였을 경우 ‘테크놀로지 특성 표현’이라는 종속변수에 영향을 미치는 요인은 55.6%의 영향력을 가지며 적극적인 느낌>합리적인 느낌의 우선순위를 나타냈다.

즉, 응답자들이 테크놀로지의 속성이 표현된 연구소 건축물은 자극적이며, 과감하고 독특한 인상의 적극적인 느낌이 명쾌하고 솔직하거나 투명하고 가벼운 합리적인 인상에 우선한다고 반응한 것임을 알 수 있다.

<표 9> 심리적 표현요소 인자별 가중치 분석결과

요인	비표준화 계수		표준화 계수		t	유의확률
	B	표준오차	베타			
(상수)	4.743	.037			126.864	.000
적극적인 느낌	.947	.037	.601		25.313	.000
합리적인 느낌	.694	.037	.441		18.562	.000

종속 변수 : 테크놀로지 특성의 표현

8) 중 회귀 분석은 제시된 문항에 영향력을 지닌 요인을 파악하고 그 설명력을 해석하여 제시된 문항을 해석하기 위하여 사용되었다.

<표 10> 회귀 결정 계수

모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차	통계량 변화량				
					R 제곱 변화량	F 변화량	자유도 1	자유도 2	유의확률 F 변화량
1	.763(a)	.582	.580	1.02446	.582	272.866	4	785	.000
2	.745(a)	.556	.555	1.05156	.556	492.655	2	788	.000

예측값 : (상수), 미학적 표현 for analysis 1, 설비시스템 표현 for analysis 1, 구축방식 표현 for analysis 1, 건축적 구성 표현 for analysis 1
 모형 1 : 테크놀로지 특성 표현과 물리적 속성
 모형 2 : 테크놀로지 특성 표현과 심리적 표현

건축물의 테크놀로지 표현 형태에 대한 응답자들의 감각적 선호도와 구체적 느낌의 관계를 파악하기 위하여, ‘좋아하는’의 항목을 종속변수로 설정하고, 추출된 2개의 요인을 독립변수로 설정하여 중 회귀 분석을 실시하였다. 응답자들이 좋아한다고 느끼는 감정에 영향을 미치는 요인은 합리적인 느낌>적극적인 느낌의 우선순위로 나타났다. 또한 그 영향력은 40.3%인 것으로 나타났다. 이는 응답자들이 과도한 표현이나 역동적인 느낌보다 솔직하고 명쾌한 느낌을 선호한다는 것을 의미한다.

<표 11> ‘좋아하는’ 인자별 가중치 분석결과

	비표준화 계수		표준화 계수		t	유의확률
	B	표준오차	베타			
(상수)	3.943	.042			94.098	.000
적극적인 느낌	.334	.042	.219		7.969	.000
합리적인 느낌	.907	.042	.595		21.628	.000

종속 변수 : 좋아하는

<표 12> ‘좋아하는’ 회귀결정 계수

모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차	통계량 변화량				
					R 제곱 변화량	F 변화량	자유도 1	자유도 2	유의확률 F 변화량
1	.635(a)	.403	.401	1.17855	.403	265.635	2	788	.000

예측값 : (상수), 환경조절 시스템 표현 for analysis 1, 구성체계 표현 for analysis 1

4. 결론

본 연구는 연구소 건축의 테크놀로지 적용 측면에서 특성을 고찰하고자 연구소 건축물에 나타나는 건축계획 요소별로 테크놀로지가 표현된 특성을 분석하고, 연구소 건축물이 테크놀로지의 표현을 추구할 경우 그 표현 유형과 시지각적 특성을 알아보기 위해 설문조사를 통하여 분석하였다. 본 연구를 통해 분석된 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 테크놀로지적 특성을 나타낼 수 있는 연구소 건축의 계획 요소별로 나타난 표현 어휘는 공간 구성체계의 명확성, 설비 시스템의 집적과 노출 독립, 외피를 통한 실내 조절, 내부 환경의 조절, 일조 일사의 유입 및 조절, 역동적 이미지와 실험

적 시도, 다중 표피 구조, 다양한 형태 표현, 구조체의 노출과 구조 기술적 이미지, 공업생산 이미지와 공장생산을 통한 현장 조립과 조립해체의 용이성 등으로 정리할 수 있다.

둘째, 테크놀로지의 표현 유형을 파악하기 위한 건축 관계전문가의 설문조사결과를 통해 연구소 건축물의 테크놀로지적인 표현정도는 미학적 표현>구축방식 표현>건축적 구성 표현>설비시스템 표현의 순으로 4가지 유형에 의해 영향을 받는다고 할 수 있다. 테크놀로지적인 특성이 잘 표현되었다고 느껴질 때에는 설비적 측면보다 미학적 측면의 요소가 더 영향력을 발휘한다고 할 수 있으며, 심리적으로도 적극적 표현의 양상으로 느껴지는 형태를 우선시한다는 것을 알 수 있다. 이는 건축에 있어서의 테크놀로지의 표현이란 단순히 기술적 요소의 표현뿐만 아니라 미학적 차원과 감성적 차원에서 논해져야 한다는 것을 시사한다.

또한, 응답자들이 심리적으로 ‘좋아한다’고 받아들인 느낌은 ‘적극적인’ 보다도 오히려 ‘합리적인’ 느낌을 선호하는 것으로 나타나며, ‘테크놀로지적 표현’이 응답자들에게 반드시 좋은 반응을 얻을 수 있다고는 할 수 없으며 테크놀로지와 선호도에 관한 후속 연구가 필요하다.

참고문헌

1. A+U, Richard Rogers, 1988
2. Colin Amery, Architecture, Industry and innovation, Phaidon, 1995
3. Colin Davies, High Tech Architecture, Rizzoli, 1988
4. Brien Griffin, Laboratory Design Guide 3rd edition, Architectural Press, 2005
5. Daniel Watch, Building Type Basics for Research Laboratories, John Wiley & Sons, Inc. 2001
6. Hopkins2, Phaidon, 2001
7. Leonard Mayer, Design and Planning of Research and Clinical Laboratory Facilities, John Wiley & Sons, 1995
8. Louis J. Diberardinis, Guidelines for Laboratory Design, John Wiley & Sons, 1995
9. 建築畫報, 日本設計 教育・研究施設 特集, 2003. VOL.39
10. 新井吉衛, 研究所の 計劃と 設計, 1981
11. 只野康夫, 연구시설(건축계획, 설계시리즈31권), 도서출판 보원, 1995
12. 김성호·이건모, 연구소 건축의 연구실험 공간 계획의 유형과 특성 분석, 대한건축학회 논문집, 1997년 10월
13. 김환식·이정수·송용호, 테크놀로지에 의한 건축형태 표현 특성에 관한 연구, 한국실내디자인학회 논문집, 2005년 6월
14. 이정만, 연구실험시설 설계의 체계적 구성을 위한 연구, 대한건축학회 논문집, 1992년 12월

<접수 : 2005. 10. 31>