

Delphi기법에 의한 기계공학기술과 다른 기술분야의 국제적 기술수준과 국제기술협력 가능성에 대한 비교연구

권 영 주*

A Comparative Study on the International Technology Levels and R&D Cooperation Capabilities of Mechanical Engineering and Other Technologies by Delphi Method

Youngjoo Kwon*

ABSTRACT

We provide a set of information on technologies to draw meaningful action plans for the internationalization of National R&D activities. In this study, we employed a modified Delphi method to evaluate levels of our technological capabilities and developed countries' as well. We investigated technology acquisition methodologies, technology characteristics and various aspects of international cooperation in terms of technology. Then, we analyzed final responses of participants (i.e., the third round results of Delphi method) to see the correlation among various factors in developing technologies through international R&D cooperation. The technology classification used in this research was developed by STEPI (Science and Technology Policy Institute). In conclusion, levels of our technologies were investigated to be between the stage of imitating/absorbing advanced technologies and the stage of digesting acquired technologies. Especially, comparing with other technologies, mechanical engineering was evaluated to be almost near the stage of digesting acquired technology(the middle level stage of technology). Our overall technological capabilities were evaluated to be 40~60% of top level countries'.

Key Words : Delphi Method(델파이기법), International technology cooperation(국제기술협력), Technology Push(기술-생산중심), Demand Pull(시장-수요중심), Correlation Analysis(상관분석), Analysis of Variance(ANOVA:분산분석), Technology digestion/absorption capability(기술소화/흡수능력), Technology life cycle(기술수명주기), Technology acquisition method(기술획득동기)

1. 서론

오늘날 민간 기업을 중심으로 하는 경제 활동이 초국경화(borderless)되면서 자원, 생산, 판매, 자본, 연구개발 등에서 그 무대를 범 세계화하고 있고, 생산요소 비교우위에 의존하던 국제교류 형태에서 기술 비교우위에 입각한 분업내지는 협력의 형태로 변화되고 있다. 특히 과학 기술 발전양상이 복합화·융합화되어 가고 그 투자도 대형화되어 가고 있으며 발전 속도가 가속화되는 등의 현상을 보이고 있다. 따라서 단일 국가나 기업의 독자적 기술 개발에 따른 비용이 가중되고 투자에 대한 위험성도 증가되고 있어서, 소수 기술 선진국간의 전략적 제휴 혹은 권역별 협력체 등을 통하여 상호 보완적 혜택을 취하고 있다. 이와함께 과학기술은 산업경쟁력과 직결되어 있을 뿐만 아니라, 국가의 안보, 국민의 공공복지, 삶의 질 향상 등 그 영역 및 파급효과의 범위가 사회 제분야로 광범위해 지고 있어서, 과학기술 분야에 있어서 국제화의 문제는 가장 중요한 정책 과제로 부각되고 있다.

이러한 국제화의 중요성 인식하에서 우리의 과학기술력 강화를 위해서 global sourcing 개념에 근거하여 어떻게 국제적으로 연구개발인력을 포함한 자원을 활용할 것인가, 국제화를 위한 연구개발사업의 수행체제는 어떻게 개선할 것인가, 기술적 비교우위 분야는 무엇인가, 현재 진행 중인 국제공동연구는 어떻게 내실화, 활성화할 것인가, 과학기술 분야의 국제화의 장애요소는 무엇인가 등에 대한 연구는 성공적 국제화를 추진하기 위해서 선행연구되어야 할 과제인 것이다. 이와같은 취지에서 "연구개발의 국제화 실천 방안"이라는 주제하에 연구과제가 최근에 시도되었다⁽¹⁾. 이 연구의 핵심내용중 하나는 국제협력전략 도출을 위한 기술조사연구⁽²⁾이며, 이와같은 조사연구를 통하여 우리나라의 기술역량이 정확히 파악되고 그 결과는 국가연구개발정책수립시 주요지표로 활용될 수 있을 것이다. 이 기술조사연구의 주요내용은 기술분야별 국내외 기술현황/수준 및 연구개발 국제화를 위한 국제협력 과제 도출로 구성되어 있다. 상기 연구내용 중 기계공학 기술(기계·설비기술)분야의 최신 기술수준 및 국제기술협력기반에 국한된 내용만 발췌하여 기 발표된 적이 있다⁽³⁾. 본 논문에서는 기계공학기술과 다른 기술분야 즉, 정보·전자·통신, 소재·공정, 생명과학, 자원·에너지·원자력, 환경·지구과학 등의 기술분야에 대한 국제적 기술수준 및 국제기술협력 가능성에 대한 비교분석 연구내용을 요약 정리하여 재구성하였다.

2. 연구방법

2.1 연구방법 개요

연구방법은 기 발표문⁽³⁾에 기술한 Delphi기법을 사용하였다. 여기서 약간 수정하여 채택된 Delphi기법의 주요단계별 내용을 다시 정리하면 다음과 같다.

- 연구의 목적에 부합될 수 있도록 국내외 기술현황, 기술특성, 국제협력의 제반사항 등을 포함하는 설문문항 초안을 설계하였고
- 설문초안의 보안개선을 위해서 외부전문가와외 면담, 그리고 외부전문가 15인에 대해서 우편조사를 통하여 설문초안의 사전시험(pretest)을 하였고
- 사전시험(pretest)에서 얻어진 의견을 검토 조정하여 설문을 완성하였다
- 설문대상 전문가를 선정하고 설문지를 우편으로 배포하였고
- 설문회수율을 높이기 위해서 전화확인 실시하였다
- 설문응답자료를 정리 및 입력하였고
- 기술부분별/문항별 평균치 및 도수분포를 중심으로 하여 설문에 대하여 1차 분석하였다
- 기술부분별 전문가회의를 통하여 Delphi 방법에 의하여 설문 1차 분석결과의 제시·의견수렴 및 미비사항을 보완하였고
- 주요 문항간의 상관분석을 포함한 2차 분석을 실시하였다

2.2 연구대상 기술분야

과학기술정책관리연구소(STEPI)에서 작성된 기술분류표상의 건설기술 분야를 제외한 전 분야(기계·설비, 정보·전자·통신, 소재·공정, 생명과학, 자원·에너지·원자력, 환경·지구과학의 6개 기술분야)를 망라해서 조사를 실시하였으며, 기술분야에 대한 분류체계는 STEPI의 "기술분류표"⁽⁴⁾에 근거하여 중분류 기술분야를 기준으로 하되, 적합치 않은 경우 소분류 혹은 세부기술 분야에 대해서 조사를 실시하였다.

2.3 연구내용

2.3.1 조사연구 설문구조 및 내용

기 발표문⁽³⁾에 기술한 대로 설문지는 인적사항, 국내 기술현황, 선진국 기술현황, 기술특성, 국제협력에 따른 제반사항의 5개 부문으로 구성되어 있고, 인적사항에 관련된 문항을 제외하면 총 24개의 문항으로 되어있다. 선택

형 문항 3개, 7점 척도 문항 12개, 10점 척도 문항 2개, 3점 척도(강·중·약 형태) 문항 2개, 주관식 문항 5개의 분포를 보이고 있다. 그 주요내용을 요약하면 다음과 같다.

- 설문자의 인적사항
- 국내현황 및 수준
- 선진국 기술현황 및 수준
- 기술특성
- 국제협력의 필요성 및 효과
- 기술협력의 가능성 및 제약요인

2.3.2 조사연구 설문조사자 표본내용 및 회수율

설문조사자 표본내용 및 회수율을 기계·설비기술과 다른 기술분야(정보·전자·통신, 소재·공정, 생명과학, 자원·에너지·원자력, 환경·지구과학)와 비교분석하면 다음과 같다.

1) 총괄현황

Table 1 Response rate (단위, 명)

구분	정보·전자·통신	기계·설비	소재·공정	생명과학	자원·에너지·원자력	환경·지구과학	합계
발송량(A)	375	462	527	441	298	215	2318
회수량(B)	178	182	225	283	117	79	1064
유효입력량	164	168	197	269	93	75	966
B/A(%)	47	39	43	64	39	37	46

Table 2 Sectional distribution of respondents

소속별	산	학	연	불분명	계
	175명	485명	295명	11명	966명
	18.1%	50.2%	30.5%	1.1%	100%

여기서 산업계는 기업 및 기업체 부설연구소는 의미하고 학계는 대학 및 대학 부설 연구소 그리고 연구계는 국책 연구소 및 정부산연연구소로 의미한다

Table 3 Distribution of final academic degrees of respondents

학위별	박사	석사	학사	불분명	계
	807명	98명	45명	16명	966명
	83.5%	10.1%	4.6%	1.6%	100%

Table 4 Distribution of research experience years of respondents

경력별	5년 이하	5~10년	11~15년	16~20년	21년 이상	계
	232명	357명	187명	125명	65명	966명
	24.1%	37.0%	19.4%	12.9%	6.7%	100%

Table 5 Respondants' age distribution

나이별	31세 이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세 이상	계
	24명	411명	381명	128명	22명	966명
	2.5%	42.6%	39.4%	13.3%	2.3%	100%

2) 분야별 설문응답자 특성

기술분야별 설문응답자 특성을 아래와 같이 정리하였다.

① 정보·전자·통신

유효입력량 : 164명 (44%) (단위: 명)

구분	회수량				
	산	학	연	불분명	계
소속별	32	69	63	0	
학위별	박사	석사	학사	불분명	
	123	29	12	0	
경력별	5년이하	6~10년	11~15년	16~20년	21년이상
	45	71	28	17	3
나이별	30세이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세이상
	2	92	58	12	0
학위취득 국가별	미국	일본	프랑스	한국	기타
	56	9	3	91	5

② 기계·설비

유효입력량 : 168명 (36%) (단위: 명)

구분	회수량					
	산	학	연	불분명	계	
소속별	57	62	47	2		
학위별	박사	석사	학사	불분명		
	123	25	20	0		
경력별	5년이하	6~10년	11~15년	16~20년	21년이상	
	53	55	28	27	5	
나이별	30세이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세이상	
	2	92	61	10	3	
학위취득 국가별	미국	독일	영국	일본	한국	기타
	62	9	3	13	74	7

③ 소재·공정

유효입력량 : 197명 (37%) (단위: 명)

구분	회수량							
	산	학	연	불분명	계			
소속별	37	103	54	3				
학위별	박사	석사	학사	불분명				
	166	13	5	13				
경력별	5년이하	6~10년	11~15년	16~20년	21년이상			
	46	79	34	27	11			
나이별	30세이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세이상			
	5	86	81	20	5			
학위취득 국가별	독일	미국	벨기에	일본	캐나다	프랑스	한국	기타
	13	72	1	20	2	4	81	4

④ 생명과학

유효입력량 : 269명 (61%) (단위: 명)

구분	회수량									
	산	학	연	불분명	계					
소속별	27	172	65	5						
학위별	박사	석사	학사	불분명						
	257	9	0	3						
경력별	5년이하	6~10년	11~15년	16~20년	21년이상					
	54	96	52	35	32					
나이별	30세이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세이상					
	11	88	105	55	10					
학위취득 국가별	독일	미국	스위스	영국	일본	캐나다	프랑스	한국	호주	기타
	7	53	1	1	35	1	1	164	2	3

⑤ 자원·에너지·원자력

유효입력량 : 93명 (31%) (단위: 명)

구분	회수량				불분명			
	산	학	연					
소속별	17	32	43		1			
학위별	박사	석사	학사		불분명			
	72	15	6		0			
경력별	5년이하	6~10년	11~15년	16~20년	21년이상			
	14	34	24	12	9			
나이별	30세이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세이상			
	2	32	43	14	2			
학위취득국가별	독일	미국	벨기에	영국	오스트리아	프랑스	한국	기타
	1	30	1	2	1	5	47	6

⑥ 환경·지구과학

유효입력량 : 75명 (35%) (단위: 명)

구분	회수량				불분명			
	산	학	연					
소속별	5	47	23		0			
학위별	박사	석사	학사		불분명			
	66	7	2		0			
경력별	5년이하	6~10년	11~15년	16~20년	21년이상			
	20	22	21	7	5			
나이별	30세이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세이상			
	2	21	33	17	2			
학위취득국가별	독일	미국	캐나다	영국	일본	프랑스	한국	기타
	1	19	1	1	1	35	35	0

3. 연구결과

연구개발을 성공적으로 수행하기 위하여 국제 기술협력이 이루어질 경우 성공확률의 증속변수에 대하여 국내 기술개발수준, 개발주체별 소화/흡수 능력, 국내의 전반적인 기술능력, 기술수명주기, 세계최고수준의 기술선진국과의 기술격차, 기술획득동기, 선진기술국 수준진입에의 애로사항 등의 영향요인에 대하여 분산분석(ANOVA)과 상관분석(Correlation Analysis)방법으로 분석하였다.

3.1 국내 기술개발 수준을 선진국과 비교했을 때 기술개발 수준과의 관계

국내의 6개 기술분야에 대하여 선진국대비 국내 기술개발 수준의 평균을 아래의 식을 이용하여 구하였고 그 결과는 Table 6에 제시되어 있다.

$$(식) R_j = \frac{[O_i \times \text{각 단계별 도수}_j]}{[\text{전체 도수}_j]} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5)$$

단, R_j = j기술분야의 선진국대비 국내기술개발수준의 평

균(j=1:정보·전자·통신, j=2: 기계·설비, j=3: 소재·공정, j=4:생명과학, j=5:자원·에너지·원자력, j=6:환경·지구과학)

$O_i = i$ 기술개발수준단계(i=1:해당·기술분야의 기술개발·미착수·단계, i=2:선진기술을·모방/습득 하는·단계, i=3:자체 기술개발의 활성화 단계, i=4:기술선진국 수준에는 못미치나·우수기술 확보단계, i=5:기술선진국 수준)

Table 6 Technology level average values compared with the developed country's level(R_j)

기술분야 평균(R_j)	(5.0 : 기술선진국수준)					
	정보·전자·통신	기계·설비	소재·공정	생명과학	자원·에너지·원자력	환경·지구과학
국내 기술개발 수준	2.63	2.92	2.47	2.73	2.66	2.55

Table 7 Technologies of comparative advantage in the mid-level classification

기술분야	대분류기술	중분류기술
정보·전자·통신	통신 및 통신망기술	전송, 교환, 통신망
	전자계통기술	영상기기
	정보산업요소기술	망
기계·설비	조선해양장비기술	시스템·성능요소, 구조·진동, 설계·생산
	국한기술	파장 및 입자빔
	세라믹소재기술	전자기기술재료(EM)
소재·공정	고분자소재기술	고분자복합재료
	정밀화학소재	생리활성기능재료
	금연화학소재	산림화공정
생명과학	생명공학기술	유전공학, 미생물이용, 효소공학, 생물공정
	생물자원생산·이용기술	식물자원생산·이용, 산림자원생산·이용
자원·에너지·원자력	에너지기술	산림에너지 절약
	원자력기술	에너지 생산 및 이용
환경·지구과학	지구물리·지질기술	지질조사
	해양과학기술	해양조사 및 예측

Table 6의 결과는 분야별 선진국 대비 국내 기술개발 수준이 전체적으로 선진기술을 모방/습득하는 단계에서 벗어나 자체 기술개발을 활성화하는 단계에 있으며, 기계·설비기술분야는 후자에 더욱 근접해 있음을 보여주고 있다. 또한 분야별 국제 기술협력이 이루어 질 경우 성공확률도 보통이상으로 나타나고 있다. 위의 결과를 좀더 구체적으로 살펴보기 위하여 국내 기술개발 단계별 국제 기술협력 성공확률간의 관계성을 기술분야별 분산분석(ANOVA) 통계기법을 이용한 분석결과가 Table 8에 제시되어 있다. 분석결과에서 보여주듯이 기술개발 단계별로 국제 기술협력의 성공확률간에는 유의성있는 차이가 없다는 것을 보여 주고 있다. 그러나 기계·설비기술과 생명과학분야에서는 기술선진국 수준에는 못 미치나 우수기술 확보단계에 있을 때 자체기술 개발의 활성화단계

Table 8 Possibilities of the successful international cooperation at various technological innovation capability levels(ANOVA analysis)

(1.0 : 관성계 7.0 매우성숙형인)

기술분야별 분석	국내 기술개발 수준	배경기술 분야의 기술개발 미숙수 단계	선진기술은 모방/습득 하는 수준	자체기술 개발의 활성화단계	기술선진국 수준에는 못 미치나 후수기술 확보	기술선진국 수준	F-값 (p-값 < 0.05)
국제 기술협력의 가능성	정보·전자·통신	5.50* (2.07) (6)	5.26 (1.32) (74)	5.09 (1.08) (51)	5.57 (0.79) (28)	-	1.00 (0.39)
	기계·설비	6.00 (-) (1)	5.24 (0.80) (50)	5.09 (1.16) (53)	5.61 (1.00) (41)	-	2.27 (0.08)
	소재·공정	4.67 (1.03) (6)	5.14 (1.12) (104)	5.38 (1.05) (83)	5.57 (0.776) (14)	6.0 (-) (1)	1.37 (0.25)
	생명과학	5.60 (1.17) (10)	5.21 (1.12) (110)	5.31 (0.96) (72)	5.58 (0.90) (55)	4.5 (1.29) (4)	2.00 (0.09)
	에너지·자원·원자력	-	5.58 (1.02) (46)	5.75 (0.91) (20)	5.69 (1.07) (16)	7.00 (-) (1)	0.76 (0.53)
	환경·지구과학	3.5 (0.70) (2)	5.40 (1.16) (37)	5.47 (0.84) (10)	5.00 (1.15) (10)	7.00 (-) (1)	1.05 (0.38)

* 각 Group별 평균
 ** 각 Group별 표준편차
 *** 각 Group별 표준수
 **** 각 Group별 Duncan 사후분석(Post-hoc analysis) 결과 차이값 보 이는 group에 대하여 L(평균값이 낮음), H(평균값이 높음)을 표시

(기계·설비), 선진기술을 모방/습득 하는 단계(생명과 학) 보다 성공확률이 높다는 유의성있는 결과를 제시하고 있다. 위의 분석결과를 토대로 각 기술분야별 기술개발수준의 평균이 자체기술개발 활성화단계 이상인 중분류기술들을 Table 7에 제시하였으며, Table 7에 나타나 있는 중분류기술들에 관해서는 국내 평균기술개발수준 보다 비교우위에 있는 기술이라 일컫을 수가 있다.

3.2 기술개발 주제별 소화/흡수 능력과의 관계성

국내의 6개 기술분야에 대하여 각 기술개발 주제별 소화/흡수 능력을 산업계, 연구계, 학계에 대하여 인력, 시설 및 자본투자, 기타 R&D능력 측면에서의 설문응답 결과의 평균을 Table 9에 제시하였다.

Table 9에서 보느바와 같이 산업계와 연구계는 인력, 시설 및 자본투자, 기타 R&D능력 측면에서 편차를 크게

Table 9 Mean values of technology digestion/absorption capability in R&D Groups

(1.0이하 미숙, 4.0보통 7.0극히 우수)

개발주제	산업계			연구계			학 계		
	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력
정보·전자·통신	3.35	3.53	3.40	3.99	3.77	3.84	4.00	2.56	3.50
기계·설비	3.81	3.87	3.52	4.11	3.56	3.89	4.17	2.67	2.60
소재·공정	3.42	3.26	3.19	4.10	3.58	3.98	4.09	2.51	3.45
생명과학	3.00	2.90	2.91	3.77	3.64	3.76	3.90	2.62	3.41
자원·에너지·자력	3.37	3.04	3.15	4.47	3.90	4.47	4.04	2.69	3.60
환경·지구과학	2.66	2.48	2.48	3.73	3.28	3.50	3.91	2.66	3.34

보이지 않으나, 학계의 경우는 인력이 산업계와 연구계 보다 약간 높으나 시설 및 자본 투자 측면에서는 상대적으로 뒤쳐지고 있다. 또한 시설 및 자본투자 측면에서 산업계의 환경·지구과학 분야의 기술개발 소화/흡수 능력이 타 분야에 비교하여 상대적으로 낮다는 것은 아직은 환경·지구과학 분야의 산업이 활성화되지 않고 있다는 것으로 분석된다. 그러나 기술개발 소화/흡수 능력에 있어서 기술분야별, 기술개발 주제별로 약간의 차이는 있으나 세계 최고수준과 비교했을 때 국내의 기술개발 소화/흡수 능력이 보통 및 그 이하정도로 나타났다.

국제기술협력의 성공확률과의 상관관계(Pearson Correlation Coefficient)를 분석했을 때 자원·에너지·원자력 분야에서 연구계의 기타 R&D능력과 환경·지구과학 분야에서 기타 R&D능력간에 유의성있는 약한 상관관계를 보이며 그 이외의 분야에서는 유의도($\alpha < 0.05$) 수준에서 유의성있는 결론을 얻을 수가 없었다 (Table 10 참조).

Table 10 The analysis on the relation between the successful international R&D cooperation possibility and the technology digestion/absorption capability of R&D Groups (Correlation analysis-Pearson Coefficient)

기술개발 주제	산업계			연구계			학 계		
	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력
정보·전자·통신	0.06* (157) (0.44)	0.08 (157) (0.47)	0.16 (157) (0.04)	0.15 (151) (0.07)	0.02 (151) (0.83)	0.14 (150) (0.05)	-0.05 (153) (0.54)	-0.13 (153) (0.12)	-0.13 (153) (0.12)
기계·설비	0.01 (143) (0.92)	-0.05 (142) (0.32)	-0.12 (143) (0.84)	0.18 (132) (0.04)	0.09 (132) (0.29)	0.14 (132) (0.10)	0.16 (133) (0.07)	0.14 (133) (0.12)	0.14 (133) (0.11)
소재·공정	0.05 (185) (0.40)	0.04 (186) (0.54)	0.04 (185) (0.55)	-0.01 (184) (0.94)	-0.01 (184) (0.95)	0.01 (183) (0.90)	0.07 (184) (0.32)	0.01 (184) (0.84)	0.07 (184) (0.35)
생명과학	0.04 (204) (0.53)	0.08 (203) (0.22)	0.10 (202) (0.12)	0.15 (203) (0.02)	0.14 (203) (0.03)	0.16 (204) (0.02)	0.15 (201) (0.02)	0.00 (202) (0.95)	0.13 (202) (0.05)
에너지·자원·원자력	-0.19 (79) (0.08)	-0.06 (79) (0.61)	-0.14 (81) (0.21)	0.11 (81) (0.33)	0.20 (81) (0.07)	0.23 (81) (0.04)	-0.15 (78) (0.20)	-0.00 (78) (0.96)	-0.09 (78) (0.42)
환경·지구과학	0.01 (63) (0.96)	0.00 (63) (0.98)	0.20 (63) (0.12)	0.23 (63) (0.07)	0.06 (63) (0.60)	0.20 (63) (0.11)	0.19 (64) (0.13)	0.16 (64) (0.15)	0.26 (64) (0.04)

* 각 Group별 상관계수
 ** 각 Group별 표준수
 *** 각 Group별 p값 (< 0.05)

3.3 국내의 기술능력과의 관계성

국내의 전반적인 기술능력을 기술획득능력, 생산조업능력, 기술적응능력, 기술혁신능력의 지표로 구분한 설문응답 결과의 평균을 Table 11에 나타냈다. Table 11의 분석결과로부터 국내의 기술혁신능력이 타 기술능력에 비하여 낮은 결과를 보여주고 있다. 특히 기계·설비기술 분야는 기술획득능력, 생산조업능력, 기술적응능력이 타 분야에 비교하여 상대적으로 높게 나타나 있는데 이는 국

대산업에서 차지하는 비중이 상대적으로 높으며 이에 대한 투자도 많이 했기 때문이라 판단된다. Table 12의 기술능력과 국제기술협력 성공확률과의 상관관계 분석결과는 환경·지구과학분야의 기술혁신능력과 유의성있는 약한 상관관계를 보여주고 있다. 전체적으로 기술혁신능력이 다른 능력에 비하여 낮은 결과를 보였으며 기계·설비 기술 분야는 기술획득능력, 생산조업능력, 기술적응능력이 타 분야에 비교하여 보통이상을 보이고 있다. 또한 상관관계 분석결과 환경·지구과학분야에서 기술혁신능력과 국제기술협력 성공확률사이에 유의성있는 약한 상관관계를 보여 주었다.

3.4 해당 기술분야가 기술수명주기 단계와의 관계

국내의 6개 기술분야에 대하여 기술수명주기 단계를 다음의 식을 이용하여 설문응답 결과의 평균을 Table 13에 제시하였다. Table 13의 결과는 국내 6개 기술분야가 기술수명주기 단계상 기술개발 활동의 보편화기(성장기)에서

$$(식) R_j = \frac{[O_i \times \text{각 단계별 도수}]_j}{[\text{전체 도수}]_j} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5)$$

단, $R_j = j$ 기술분야의 기술수명주기평균($j=1$:정보·전자·통신, $j=2$:기계·설비, $j=3$:소재·공정, $j=4$:생명과학, $j=5$:자원·에너지·원자력, $j=6$:환경·지구과학)

$O_i = i$ 기술수명주기($i=1$:기술의 초기 생성기(도입기), $i=2$:기술개발 활동의 보편화기(성장기), $i=3$:기술의 소화/ 흡수기(성숙기), $i=4$:대체기술의 등장 및 소멸단계(쇠퇴기))

Table 13 Mean life-cycle span values for six technologies

기술분야	정보·전자·통신	기계·설비	소재·공정	생명과학	자원·에너지·원자력	환경·지구과학
기술수명주기	2.28	2.54	2.26	2.28	2.49	2.32

Table 11 Mean values of technological innovation capability by categories

(1.0: 아주 미약, 4.0: 보통, 7.0: 세계최고수준)

기술분야	기술능력지표	기술획득능력	생산조업능력	기술적응능력	기술혁신능력
정보·전자·통신		4.28	3.78	4.18	3.46
기계·설비		4.61	4.71	4.60	3.62
소재·공정		4.28	3.66	4.07	3.32
생명과학		4.38	3.68	4.20	3.51
자원·에너지·원자력		4.63	3.85	4.52	3.84
환경·지구과학		4.17	3.44	3.96	3.56

Table 12 The analysis on the relation between the technological innovation capabilities and the successful international R&D cooperation possibility (Correlation analysis-Pearson Coefficient)

기술개발능력	기술획득능력 (Acquisitive Capability)	생산조업능력 (Operative Capability)	기술적응능력 (Adaptive Capability)	기술혁신능력 (Innovative Capability)
정보·전자·통신	0.21** (161) (0.01)**	0.08 (159) (0.30)	0.15 (161) (0.06)	0.03 (161) (0.72)
기계·설비	-0.02 (146) (0.85)	-0.02 (146) (0.82)	0.05 (145) (0.57)	0.15 (146) (0.07)
소재·공정	0.09 (187) (0.24)	-0.01 (186) (0.87)	0.04 (187) (0.60)	0.12 (187) (0.10)
생명과학	0.14 (252) (0.03)	0.07 (248) (0.29)	0.09 (251) (0.14)	0.06 (250) (0.31)
자원·에너지·원자력	0.06 (83) (0.61)	-0.05 (82) (0.68)	-0.00 (83) (0.97)	0.18 (83) (0.11)
환경·지구과학	0.22 (65) (0.09)	0.07 (63) (0.60)	0.18 (65) (0.16)	0.30 (65) (0.01)

.. 각 Group별 상관계수
 ... 각 Group별 표준수
 *** 각 Group별 p값 (< 0.05)

Table 14 The possibility of the successful international cooperation at various technology life cycles(ANOVA)

기술수명주기	기술의 초기 생성기 (도입기)	기술개발활동의 보편화기 (성장기)	기술의 소화/흡수기 (성숙기)	대체기술의 등장 및 소멸 (쇠퇴기)	F-값 (p-값 < 0.05)	
국제 기술협력의 성공확률	정보·전자·통신	5.37 (19)**	5.30 (102)	5.26 (148)	5.00 (0.00) (2)	0.75 (0.97)
	기계·설비	5.60 (0.97) (10)	5.24 (0.87) (50)	5.29 (1.11) (77)	5.00 (1.22) (5)	0.47 (0.70)
	소재·공정	5.04 (0.89) (23)	5.26 (1.20) (96)	5.31 (0.97) (62)	4.50 (0.58) (4)	0.96 (0.41)
	생명과학	5.28 (1.00) (29)	5.37 (1.04) (129)	5.28 (1.07) (88)	5.29 (0.84) (5)	0.17 (0.91)
	자원·에너지·원자력	5.33 (1.21) (6)	5.47 (1.02) (34)	5.89 (1.36) (36)	5.80 (0.84) (5)	1.26 (0.29)
	환경·지구과학	5.14 (1.67) (7)	5.66 (0.82) (32)	5.52 (1.20) (23)	4.50 (0.71) (2)	1.04 (0.37)

* 각 Group별 평균
 ** 각 Group별 표준편차
 ... 각 Group별 표준수
 *** 각 Group별 Duncan 사후분석(Post-hoc analysis) 결과 차이표 보이는 group에 대하여 L(평균값이 낮음), H(평균값이 높음)를 표시

약간 벗어난 상태에 있는 것으로 나타났다. 그리고 분산 분석 방법을 이용하여 기술수명주기 단계별 국제 기술협력의 성공확률을 비교분석한 결과 각 기술수명주기 단계 별로 유의성있는 차이가 없다는 것을 보여주고 있다(참조 Table 14).

3.5 세계 최고수준의 선진국과의 기술격차 관계

국내의 6개 기술분야에 대하여 과학기술수준, 제품기술수준, 생산공정기술수준을 지표로 하여 한국, 미국, 일본, 영국, 프랑스, 독일 등의 국가별 기술수준에 대한 설문응답 결과의 평균을 Table 15에 제시하였다. Table

Table 15 Technological capability level comparison of major countries

(10.세계최고수준)

기술분야		정보·전자·통신	기계·설비	소재·공정	생명과학	자원·에너지·원자력	환경·지구과학
과학기술수준	한국	3.82	4.35	3.62	3.73	4.28	3.70
	미국	8.65	9.14	9.57	9.38	9.63	9.10
	일본	8.58	8.94	8.84	8.34	8.51	8.20
	영국	7.23	7.54	7.26	7.57	7.70	7.85
	프랑스	7.40	7.45	7.22	7.28	7.96	7.75
	독일	7.58	8.45	8.07	7.97	8.27	8.24
제품기술수준	한국	4.48	5.47	4.11	4.18	4.51	3.79
	미국	9.53	8.56	9.07	9.14	9.47	8.91
	일본	8.89	9.34	9.23	8.59	8.67	8.29
	영국	6.94	7.52	7.21	7.49	7.72	7.80
	프랑스	7.16	7.56	7.25	7.35	8.00	8.00
	독일	7.58	8.72	8.26	8.06	8.46	8.22
생산공정기술수준	한국	4.54	5.63	4.06	4.16	4.35	3.84
	미국	8.90	8.38	9.06	9.06	9.31	8.83
	일본	8.99	9.56	9.36	8.63	8.92	8.32
	영국	6.90	7.31	7.23	7.37	7.69	7.73
	프랑스	7.13	7.39	7.31	7.34	8.05	7.77
	독일	7.45	8.36	8.20	8.00	8.64	8.21

분야 보다 상대적으로 세계 최고수준과의 격차가 적음을 보여주고 있지만 아직도 전체적인 기술수준은 선진국에 비교하여 상당히 뒤쳐져 있다. 세계 최고수준국가와의 기술격차와 국제기술협력의 성공확률간의 상관관계 분석결과 유의수준($\alpha < 0.05$)에서 유의성있는 결과를 보여주지 못하고 있다(참조 Table 16).

3.6 기술획득동기 상관관계

기술분야별 기술획득동기를 시장·수요중심형(Demand Pull)과 기술·생산중심형(Technology Push)중 어느 쪽에 더 가까운지 대하여 설문응답 결과의 평균을 Table 18에 제시하였다. 설문응답 결과는 국내 기술획득 동기가 전체적으로 시장/수요중심형에 치우쳐 있는 것으로 나타났다으며 특히, 에너지·자원·원자력과 환경·지구과학 분야는 더욱더 시장/수요중심에 편중되어 있다. 그리고 기술획득동기와 국제 기술협력 성공확률과의 상관관계 분석결과 유의수준 ($\alpha < 0.05$)범위 내에서는 유의성있는 결과를 나타내지 않고 있다(참조 Table 19).

Table 16 The analysis on the relation between the technological gap and the successful international R&D correlation(Correlation analysis-Pearson Coefficient)

세계최고수준의 기술수준지표		과학기술수준	제품기술수준	생산공정기술수준
국제기술협력의 성공확률	정보·전자·통신	-0.08* (157) (0.29)**	-0.13 (155) (0.12)	-0.15 (149) (0.07)
	기계·설비	-0.03 (144) (0.74)	0.08 (144) (0.36)	0.05 (141) (0.60)
	소재·공정	-0.10 (184) (0.19)	-0.06 (180) (0.44)	-0.05 (179) (0.54)
	생명과학	0.05 (247) (0.45)	0.04 (230) (0.57)	0.03 (223) (0.68)
	자원·에너지·원자력	-0.17 (81) (0.14)	-0.14 (76) (0.23)	-0.11 (74) (0.37)
	환경·지구과학	-0.03 (63) (0.83)	-0.00 (56) (0.99)	-0.00 (55) (0.99)

* 각 Group별 상관계수
 ** 각 Group별 표준수
 *** 각 Group별 p값(< 0.05)

Table 17 Top level countries in each technology capability

기술분야	정보·전자·통신	기계·설비	소재·공정	생명과학	자원·에너지·원자력	환경·지구과학
과학기술수준	미국	미국	미국	미국	미국	미국
제품기술수준	미국	일본	일본	미국	미국	미국
생산공정기술수준	일본	일본	일본	미국	미국	미국

15의 설문결과를 토대로 각 기술수준지표에 대하여 기술분야별로 미국과 일본이 세계최고의 과학기술수준국가임을 보여주고 있다. 그리고 기계·설비기술분야가 타 기술

Table 18 The mean technology acquisition purpose value for each technology

(1.0 Demand - Pull에 가깝다. 4.0 두 가지 동기가 비슷하다. 7.0 Tech-Push에 가깝다)

구분	정보·전자·통신	기계·설비	소재·공정	생명과학	에너지·자원·원자력	환경·지구과학
기술획득동기 평균	3.34	3.21	3.38	3.56	2.88	2.84

Table 19 The analysis on the relation between the technology acquisition purpose and the successful international R&D cooperation(Correlation analysis-Pearson Coefficient)

기술분야별분석	국제기술협력의 성공확률					
	정보·전자·통신	기계·설비	소재·공정	생명과학	에너지·자원·원자력	환경·지구과학
기술획득 동기	-0.07 (161) (0.41)	0.17 (145) (0.04)	-0.04 (187) (0.59)	0.08 (208) (0.21)	-0.03 (83) (0.77)	-0.04 (63) (0.78)

* 각 Group별 상관계수
 ** 각 Group별 표준수
 *** 각 Group별 p값(< 0.05)

위의 결과를 좀더 구체적으로 살펴보기 위하여 각 기술분야별 현재 국내에서 나타나고 있는 기술획득 방법과 향후 기술개발 추진시 바람직한 방법들에 대한 결과를 Table 20에 제시하였다. Table 20의 결과는 전 기술분야에 있어서 보편화가 가장 많이 되어있는 기술획득 방법은 모방개발이며, 다음으로는 기술도입, 자체 기술개발 노력 순으로 나타났다. 그리고 향후 바람직한 기술개발

Table 20 Technology acquisition methods and R&D cooperation methods for each technology

(기술획득 및 기술개발의 가장 바람직한 척도 : 7.00)

구분	보편화 되어있는 정도에 따른 기술획득 방법(평균)	바람직한 정도에 따른 기술개발방법(평균)
정보·전자·통신	1. 모방개발 (4.64) 2. 기술도입 (4.06) 3. 자체 기술개발 노력 (4.01) 4. 전체적 기술구매 (3.83)	1. 자체 기술개발 노력 (6.06) 2. 전문가의 해외파견 (5.63) 3. 기술자문 (5.28) 4. 국제공동연구 (5.25)
기계·설비	1. 모방개발 (4.97) 2. 기술도입 (4.82) 3. 전체적 기술구매 (4.35) 4. 자체 기술개발 노력 (4.05)	1. 자체 기술개발 노력 (6.27) 2. 전문가의 해외파견 (5.63) 3. 기술자문 (5.29) 4. 국제공동연구 (5.08)
소재·공정	1. 모방개발 (4.56) 2. 기술도입 (4.06) 3. 자체 기술개발 노력 (3.58) 4. 전체적 기술구매 (3.53)	1. 자체 기술개발 노력 (5.90) 2. 전문가의 해외파견 (5.66) 3. 국제공동연구 (5.39) 4. 모방개발 (4.88)
생명과학	1. 모방개발 (4.52) 2. 자체 기술개발 노력 (3.73) 3. 기술도입 (3.44) 4. 기술자문 (3.34)	1. 전문가의 해외파견 (5.88) 2. 자체 기술개발 노력 (5.85) 3. 국제공동연구 (5.49) 4. 기술자문 (5.28)
에너지·자원·원자력	1. 모방개발 (4.64) 2. 기술도입 (4.11) 3. 자체 기술개발 노력 (4.08) 4. 전문가의 해외파견 (3.98)	1. 자체 기술개발 노력 (5.99) 2. 전문가의 해외파견 (5.70) 3. 국제공동연구 (5.66) 4. 모방개발 (5.04)
환경·지구과학	1. 모방개발 (4.17) 2. 자체 기술개발 노력 (3.71) 3. 기술도입, 기술자문 (3.44) 4. 전문가의 해외파견 (3.38)	1. 전문가의 해외파견 (5.42) 2. 자체 기술개발 노력 (5.41) 3. 국제공동연구 (5.39) 4. 기술자문 (4.86)

추진방법은 자체 기술개발 노력, 전문가의 해외파견이나 기술자문 순이다. 위의 결과는 기술획득에 있어서 가장 바람직한 방법은 자체기술개발이라는 사실은 인정하나 현재의 기술적 어려움을 극복하기 위해서는 상대적으로 시간이 적게 소요되는 모방개발, 기술도입이라는 방법을 택하고 있는 것으로 파악 할 수 있다. 그러나 위와는 달리 자체기술개발 노력으로 국내 기술개발 수준이 비교적 높아진 중분류기술은 정보·전자·통신기술분야는 통신 및 통신망기술의 교환기술, 기계·설비기술분야는 조선/해양장비기술의 설계/생산기술, 생명과학분야는 산림자원 생산이용기술인 것으로 분석되었다.

3.7 기술선진국 수준에 도달하는데 따른 애로사항 상관관계

기술선진국 수준에 도달하는데 따른 애로사항을 설비비용, 기술경쟁, 기술보호벽, 기술수명주기, 대체기술/제품의 출현가능성 측면으로 구분하여 기술분야별 설문응답 결과 평균을 Table 21에 제시하였다. Table 21 결과는 기술적 난이도가 높은 기술분야인 정보·전자·통신, 기계·설비, 소재·공정분야는 "기술보호벽이 높다", 현재 미래 유망산업으로 각광을 받고 있는 생명과학분야에서는 "기술경쟁이 극심하다", 거대과학의 특징을 갖고 있는 자원·에너지·원자력과 환경·지구과학은 "설비 비용이

크다"가 각각 커다란 애로요인임을 나타내 주고 있다. 애로사항과 국제 기술협력의 성공확률과의 상관관계를 분석한 결과를 Table 22에 제시하였으며, 이 결과로부터 자원·에너지·원자력분야에서는 "설비비용이 너무 크다"와는 유의성있는 약한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 타 기술분야에 비해서 설비비용이 크고 기술수명주기가 긴 자원·에너지·원자력과 환경·지구과학 분야와 "기술수명주기가 짧다"와는 유의성있는 부(負)의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 21 Mean values of entry barriers to developed countries for each technology

(1.0:전혀 아니다, 4.0:보통정도, 7.0:매우 그렇다)

기술분야	정보·전자·통신	기계·설비	소재·공정	생명과학	자원·에너지·원자력	환경·지구과학
애로사항 분류						
설비 비용이 너무 크다	4.50	4.74	4.71	4.43	5.47	4.76
기술경쟁이 극심하다	5.47	4.96	5.43	4.74	4.74	3.67
기술보호벽이 높다	5.62	5.20	5.72	4.61	5.38	3.92
기술수명주기가 짧다	4.62	3.86	3.71	3.80	3.17	3.11
대체기술/제품의 출현가능성이 높다	3.89	3.55	4.04	4.06	3.47	3.45

Table 22 The analysis on the relation between entry barriers to developed countries and the successful international R&D cooperation possibility(Correlation analysis-Pearson Coefficient)

기술분야별 애로사항	애로사항					
	설비비용이 너무크다	기술경쟁이 극심하다	기술보호벽이 높다	기술수명주기가 짧다	대체기술/제품의 출현가능성이 높다	
국제 기술협력의 성공확률	정보·전자·통신	0.07 (160) (0.63)**	0.04 (161) (0.62)	0.11 (160) (0.15)	-0.07 (160) (0.40)	-0.05 (160) (0.54)
	기계·설비	0.15 (146) (0.07)	0.02 (146) (0.79)	-0.00 (146) (1.00)	0.04 (146) (0.60)	-0.01 (146) (0.55)
	소재·공정	0.03 (186) (0.71)	0.25 (186) (0.01)	0.08 (187) (0.30)	-0.09 (184) (0.23)	0.00 (186) (0.98)
	생명과학	0.08 (251) (0.21)	0.12 (247) (0.06)	0.10 (247) (0.12)	-0.09 (249) (0.16)	-0.04 (244) (0.52)
	자원·에너지·원자력	0.33 (81) (0.00)	0.19 (81) (0.09)	0.13 (81) (0.26)	-0.20 (81) (0.07)	-0.15 (81) (0.19)
환경·지구과학	0.17 (65) (0.18)	-0.09 (65) (0.45)	-0.04 (65) (0.76)	-0.24 (65) (0.05)	-0.09 (64) (0.46)	

* 각 Group별 상관계수
 ** 각 Group별 표준수
 *** 각 Group별 p값 (< 0.05)

4. 맺음 말

본 연구결과를 토대로 볼 때 국내의 기계·설비기술(기계공학기술)을 위시한 전반적인 기술분야는 아직「자체기술개발 활성화 단계」에는 미치지 못하지만 「선진기술을 모방/습득하는 단계」는 넘어선 수준으로 분석되었다. 특히 다른 기술분야와 비교해 볼 때 기계·설비기술은 거의 「자체기술개발 활성화 단계」에 육박해 있음을 알 수 있다. 또 전반적인

국내 기술능력중 기술획득능력, 생산조업능력, 기술적응능력은 보통정도의 수준이나 기술혁신능력은 타 기술능력에 비하여 떨어지는 수준으로 분석되었다. 기계·설비기술을 다른 기술분야와 비교했을 때 기술획득능력과 기술혁신능력은 자원·에너지·원자력기술과 비슷한 수준으로 분석되었고 그외의 기술분야보다는 높은 수준으로 분석되었으며, 생산조업능력과 기술적응능력은 다른 기술분야보다 높은 수준으로 분석되었다.

국가별기술수준 비교에 있어서는 과학기술수준에서는 모든 기술분야에서 미국이, 제품기술수준에서는 기계·설비기술과 소재·공정기술분야는 일본이 다른 기술분야는 미국이, 생산공정기술수준에서는 정보·전자·통신, 기계·설비, 소재·공정기술분야는 일본이 그의 다른 기술분야는 미국이 각각 세계 최고수준으로 분석되었다. 우리나라의 경우, 과학기술수준에서는 기계·설비기술은 세계최고수준인 미국의 48%수준이지만 다른 기술분야는 세계최고수준인 미국의 38-44%수준으로 기계·설비기술보다 약간 낮은 것으로 분석되었다. 제품기술수준에서도 기계·설비기술은 세계최고수준인 일본의 59% 수준이지만 다른 기술분야는 세계최고수준의 43-49% 수준을 보이고 있어 기계·설비기술보다 약간 낮은 수준으로 분석되었다. 생산공정기술수준에서도 기계·설비기술은 세계최고수준인 일본의 60%수준이지만 다른 기술분야는 이보다 낮은 43-51%수준을 보이고 있어 전반적으로 기계·설비기술이 다른 기술보다 약간 높은 것으로 분석되었다. 요약해서 전반적인 우리나라의 기술수준은 세계최고의 40-60%수준으로 분석되었다.

기술획득동기에 따른 기술특성을 비교하면 기계·설비기술을 포함한 정보·전자·통신기술, 소재·공정기술, 에너

지·자원·원자력기술, 환경·지구과학 등은 시장-수요중심(Demand Pull)형 기술특성을 보이는 반면, 생명과학은 시장-수요중심(Demand-Pull)형과 기술-생산중심(Technology Push)형 두가지 동기가 비슷한 기술특성을 보여주고 있다.

또 기술선진국 수준에 도달하는데 필요한 국제적 연구개발에 제일 큰 애로사항 분석비교에서는 기계·설비기술, 정보·전자·통신기술, 소재·공정기술들은 선진국들의 기술보호벽이 높은 점이 제일 큰 애로사항으로 분석된 반면, 생명과학은 기술경쟁이 극심한 점, 에너지·자원·원자력기술, 환경·지구과학은 설비비용이 너무 큰 점 등이 제일 큰 애로사항으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 과학기술처, "연구개발의 국제화 실천방안연구," 과학기술정책관리연구소 연구보고서, 1995.
2. 과학기술처, "국제협력기술조사연구," 과학기술정책관리연구소 연구보고서, 1995.
3. 권영주, 주상호, 김홍범, "Delphi기법에 의한 기계공학기술의 수준평가 및 국제기술협력기반에 관한 연구", 한국정밀공학회지 제13권 제7호 pp45-58, 1996년 7월.
4. 과학기술정책관리연구소, "연구개발을 위한 한국의 기술분류체계," 1994.
5. Martino, J.P., "Technological Forecasting for Decision Making," New York, McGraw Hill, 1993.