

항공기 기술파급효과 의 정량화(계량화)

항공기 기술 파급효과 연구회
위원장인 일본항공우주산업(주) 사카이 마사오

머리말

(사)일본항공우주공업회는 지금까지 「항공기 산업기술의 이전, 평가」(1985), 「일본에 있어서의 항공기술의 파급에 관한 조사」(1997) 등을 실시하여 기술파급 사례를 추적함과 함께 기술파급의 경로분석을 실시하였다. 이번, 미쯔비시 종합연구소와의 공동연구에서 기술파급효과의 정량화를 시도해 보았기에 정량화의 방법과 개요, 추산결과를 소개하고자 한다.

1 기술파급효과 정량화의 필요성

특정산업의 파급효과는 일반적으로 산업파급효과와 기술파급효과로 크게 구분된다. 산업파급효과는 해당산업의 산업활동(생산활동 등)이 다른 산업의 산업활동을 유발하는 효과이고, 보통 산업관련표에서 산출되는 생산유발액(계수)으로 나타낸다. 한편 기술파급효과는 해당산업에서 새롭게 생겨나는 기술이 다른 산업으로 이전되어 신제품의 개발이나 생산활동의 효율향상 등의 형태로 타 산업의 활성화를 유발하는 효과로 생각되는데, 종래의 산업관련표에서는 파악이 불가능하고 정량적인 표현방법도 정해져 있지 않다.

따라서, 항공기산업과 같은 기술 인센티브(incentive)적인 산업의 파급효과를 논하는 경우에는 산업파급효과만으로는 그 실체를 파악할 수 없고, 기술파급효과를 파악할 필요가 있을 때는 정량적인 지표가 큰 도움이 될 것이라 생각된다.

2 정량화의 방법

기술파급효과의 정량적인 지표는 타 산업과의 비교가 가능하고 산업파급효과와 대비가능한 지표가 바람직하다. 그래서, 산업파급효과에 일반적으로 사용되는 방법을 제안하기로 한다.

(1) 산업파급효과

일반적으로 산업관련표를 이용한 생산유발액(산업파급효과)의 유도식은 다음과 같은 행렬식으로 나타낸다.

$$X=(I-A)^{-1} \times F$$

여기서, X: 생산유발액

I: 단위행렬

A: 투입계수행렬(단위생산액에 대한 중간투입필요액)

F: 최종수요액

$(I-A)^{-1}$ 은 레온체프의 역행렬로 불리워지는 것으로 단위 최종수요액에 대한 궁극적인 생산필요액을 나타낸다.

현체의 산업관련표에서는 산업이 499부분으로 분류되어 통계치가 정리되어 있다. 예를 들면 승용 자동차 부문에 새롭게 100의 수요가 생긴 경우 해당부문의 생산유발액은 물론 100이지만 그 수요는 다른 산업부분, 예를 들면 자동차부품, 동 부속품, 반도체소자, 집적회로, 민수용 전기기계, 그외의 전기기기, 그외의 일반적인 기계기구, 전기 음향기기 부분품 등으로 분류되어진 것외의 산업부문에서도 산업파급효과에 의한 생산활동이 유발된다. 각각의 부문에서 유발된 생산액은 산업관련표에서 정해진 각 부문의 투입계수행렬로부터 위의 레온체프 역행렬을 산출하여 최종수요액을 곱하면 구할 수 있다. 승용 자동차의 예에서는 다른 산업부문에서 유발되는 생산액의 합계는 202.6이 되고 해당부문과 합치면

산업파급효과에 의한 생산유발액은 302.6이라는 숫자가 나온다.

(2) 기술파급효과

이와 같은 산업관련표를 이용한 산업유발액의 산출식을 제안하면 기술파급효과에 의해 새로운 기술이 도입되었을 경우, 그 산업이 영향을 받는 것은 F항과 A항이다.

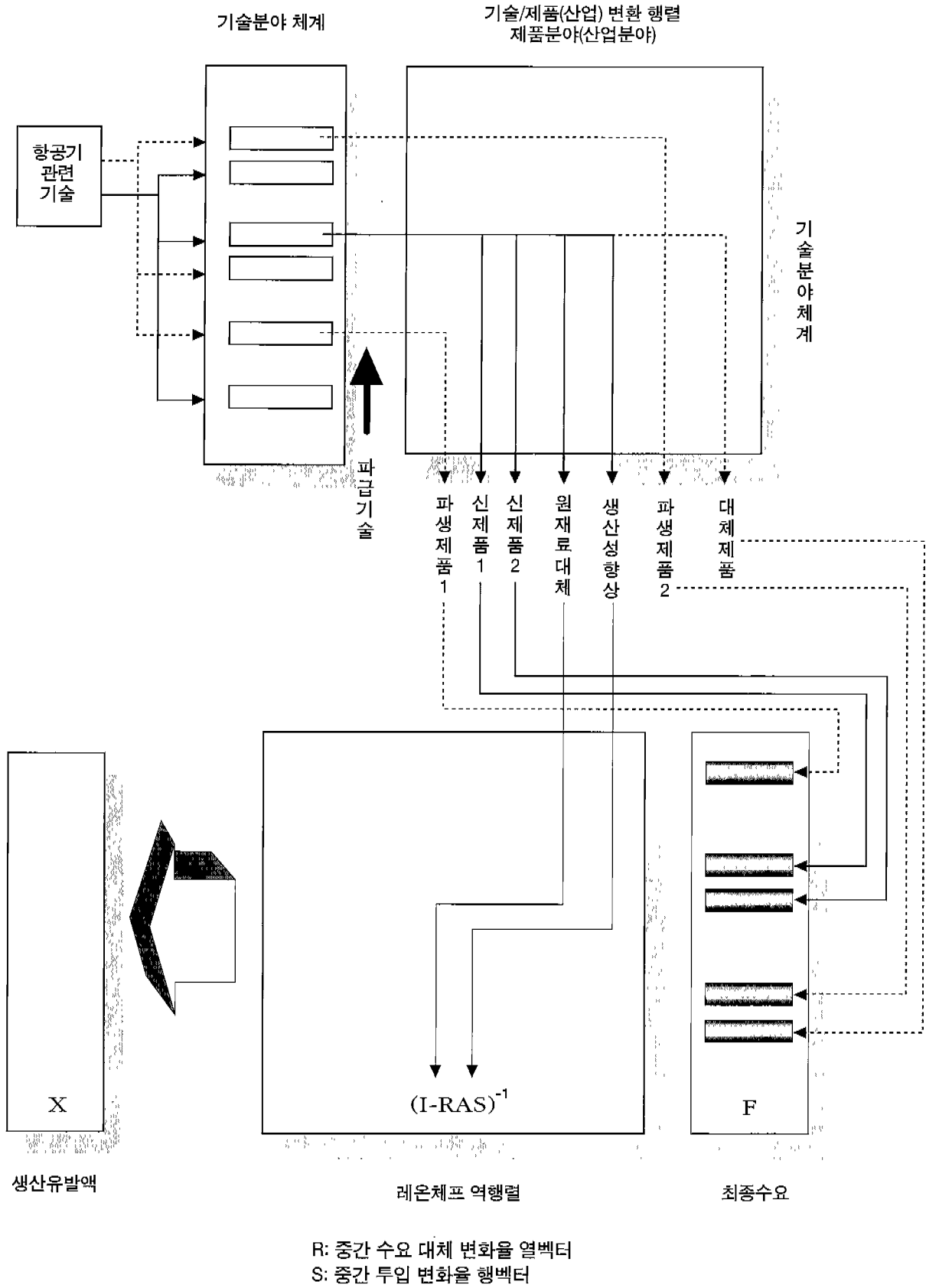
먼저 F(최종수요)항은 신기술의 파급에 의해 신제품 등의 새로운 수요가 창출되는 경우이다. 예를 들면 자동차의 ABS(Anti-lock Brake System)와 같이 항공기산업에서 개발 실용화된 기술이 다른 산업에서 신규수요를 낳는 경우 등이 이것에 해당한다. 또, 그러한 신규수요의 보급과 함께 파생제품의 수요가 창출되는 경우도 포함된다. 이러한 경우를 기술파급의 프로세스(process)에 의해 유형화함과 함께, 항공기의 기술분야를 체계적으로 정리하여 기술(미크로)과 산업관련표의 산업부문(마크로)과를 대비할 수 있는 매트릭스(matrix)를 구축하면, 해당산업부문에 있어서의 잠재시장 규모를 분석, 추정함에 따라 기술파급에 의해 초래되는 최종수요를 산출할 수 있을 것이다.

다음 A(투입계수)항은 신기술의 파급과 함께 생산성의 향상이나 원재료의 대체 등에 의해 중간투입이나 중간수요의 구성 등이 변화하는 경우이다. 하지만 생산성의 향상이나 원재료의 대체에 의해 초래되는 투입계수행렬의 변

〈표 1〉 기술파급효과 정량화의 방법			
신기술에 의한 파급효과		생산유발액 산출을 위한 데이터 설정방법	
최종수요(F)의 변화	신제품 수요의 창출	신제품의 내용이 예전 제품과 유사한 경우	신수요를 동 부문의 F(소비·수출)에 최종수요로서 설정
		신제품의 내용이 예전 제품과 전혀 틀린 경우	신제품의 생산수준에 상응하는 부문별 투입액을 별도 산출하고 F에 최종수요로서 설정
	신제품의 보급에 의한 파생제품수요의 창출	파생제품의 내용이 예전 제품과 유사한 경우	파생제품수요를 동 부문의 F(소비·수출)에 최종수요로서 설정
		신제품의 내용이 예전 제품과 전혀 틀린 경우	신제품의 생산수준에 상응하는 부문별 투입액을 별도 산출하고 F에 최종수요로서 설정
대체 제품의 소실	소멸수요를 동 부문의 F에 마이너스의 최종수요로서 설정		
투입계수(A)의 변화	신기술에 의한 생산성 향상 등에 원재료 등 중간투입물의 향상	중간투입의 변화율을 나타내는 행 벡터의 작성(RAS법의 S의 작성). 또 중간투입물의 향상에 의해 부수적으로 제품의 수요증가가 예상되는 경우는 해당부문의 F에 증분율 설정	
	신기술의 적용 등에 의한 원재료 등 중간수요의 대체	중간수요의 변화율을 나타내는 행 벡터의 작성(RAS법의 R의 작성). 중간수요의 대체에 의해 부수적으로 제품의 수요증가가 예상되는 경우는 해당부문 F에 증분을 설정	

기술파급효과 정량화의 모식도

〈그림 1〉



회를 설정하는 것은 분석자료의 부족 등으로 인해 현실적으로는 생각하기 힘든 면이 있다. 그래서, 생산성의 향상 등에 의해 초래되는 가격의 하락이 최종수요의 증가로 귀결된다는 경향에 따라 제품단가와 생산액의 관계를 회귀식으로 특정짓는 것이 가능하다면, 기술파급에 따르는 최종수요(F)의 증가분으로서 생산유발액을 구할 수 있게 될 것이다.

예를 들면, 항공기산업에서 실용화된 제조기술이나 품질보증기술 등이 다른 산업의 제품에 적용되고 그 때문에 생산성이 향상된 경우에 대해서 기술파급에 따르는 최종수요(F)의 증가분으로서 생산유발액을 구할 수 있게 된다는 것이다. 또, 카본섬유복합재료, 티탄, 알루미늄합금 등 원재료의 대체에 대해서도 기술의 이전이 신규요소를 유발한다는 시점에서 정리될 수 있고, 신규요소 또는 최종수요의 증가분으로서 보충할 수 있는 경우에 대해서는 생산유발액을 산정하는 것이 가능하게 된다. 이러한 기술파급효과에 의한 생산유발액의 추산 방법은 표 1과 같이 정리할 수 있다. 또 추산의 순서는 그림 1에 모식화 하였다.

3 신규개발 프로젝트의 기술파급효과

일정규모의 항공기를 새롭게 개발하는 경우 어떠한 파급효과가 발생하는지가 과제이다. 산업파급효과에 대

해서도 이미 앞에서 서술한 것과 같이 산업관련표로부터 산출되고 항공기산업의 생산유발액(계수)은 1.07(1998년)이다.

(1) 기술체계

기술파급효과를 추산하기 위해서는 먼저 그림 1의 순서에 따라 항공기의 개발에 관련하는 기술체계를 정리하여 산업관련표의 업종부문으로 변환할 수 있는 매트릭스(matrix)를 설정해야 한다.

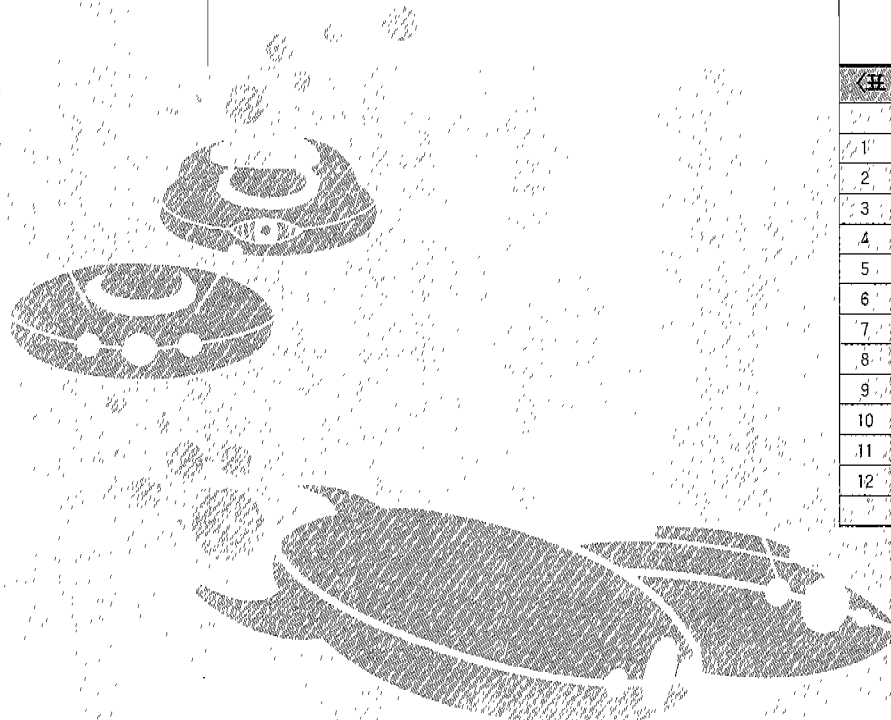
기술체계는 가정하는 기체의 타입이나 규모 등에 의해 전혀 틀려지므로, 여기서는 고정익, 수송기타입의 기체로 하고 기체규모로서는 민간여객기의 100~200인승 국제선을 포함하여 트렁크라인(trunkline)으로 사용되는 범주의 기체이며, 보잉 737 시리즈 또는, 에어버스 320 시리즈 등이 이것에 상당한다.

또, 기술요소의 추출·선정이나 체계화를 진행시킨 뒤에는 국내에 개발실적이나 제조실적을 갖는 C-1 수송기 및 P-3C 초계기를 참조함과 함께 그 후계기에 적용될 듯한 기술요소도 검토한다.

이러한 가정에 의해 기체구조는 물론 엔진, Avionics를 포함한 각종의 장비품, 요소부품, 소재 등에 대해서도 일정한 기술요소의 추출이 가능케 된다. 설정한 기술체계는 기술요소 분류에서 992항목에 이르므로 그 일부를 표 2에 예시한다. 또 기능분류별로 본 기술요소 항목수

〈표 3〉 기능분류별 기술요소 항목의 구성

	기능분류	기술요소 항목수	비율(%)
1	기체구조	23	1.31
2	엔진	173	17.44
3	장비품	239	24.09
4	기계요소부품	22	2.22
5	재료	41	4.13
6	제조기술	79	7.96
7	설계	35	3.53
8	평가·시험	46	4.64
9	생산	7	0.71
10	운동	11	1.11
11	장비	30	3.02
12	Avionics	296	29.84
	합계	1,002	100



〈표 2〉 기술체계의 기술요소분류(예)

기본 분류	기능분류	기술 대 분류	기술 중 분류	기술 소 분류	기술요소분류 부품 등의 요소기술 레벨					
Avionics	기본적으로 기능에 주목하여 분류	기능에 주목한 기술분야 항목	시스템 레벨/재료 등의 기본분류	장치·기기레벨/ 재료 등의 기술분류	디스플레이	디스플레이	고 내구성 고품질 디스플레이 UNIT			
						계기판	비행기기 엔지기기			
							계기판 레이아웃	시인성		
							기본소프트웨어	내구성 고 신뢰시스템		
						제어기	관련 소프트웨어	기호표시 소프트웨어		
							통합 제어기	조작 입력키, 소형 표시부		
							전용 제어기	개별 스위치, 다이얼		
							페데스탈 레이아웃	조작성		
						조종장치	조종간			
							스크롤(Throttle)			
					조작 레버					
					경보장치		음성경보			
					조종 (설계/개발/평가/훈련)	Cockpit 시스템 설계	Cockpit 시스템 최적설계 (최적장치)	Cockpit 레이아웃		
								시계확보	시계선도	
						Cockpit 시스템 개발	Cockpit 시스템 소프트웨어 개발 환경	호스트 컴퓨터 소프트웨어 테스트 세트	고급언어 입출력 모의	
								리얼타임 시뮬레이션	포사심봉/검증 기체 운동 모의, 센서신호 모의 하드웨어 In-the-loop 시험	
						Cockpit 시스템 훈련	Flight Simulator			
						비행제어	비행 제어 시스템	비행 제어 시스템	비행제어용 내구성 강한 컴퓨터	
					비행제어용 컴퓨터 소프트웨어 (자동조종, 자동착륙 등을 포함)				기본소프트웨어	내구성, 고 신뢰 시스템
									제어축	자동제어
데이터저장관리	시스템 재구성									
자기진단	Built in test									
비행제어용 센서	관성운동센서	자세, 자세변화율, 가속도								
	속도센서	공중속도, 지상속도								
	고도센서	기압고도, 대기고도								
	항법센서	자기위차파악, 유도제어								
비행제어용 데이터 베이스	일정표 데이터 베이스	데이터 전송 프로토콜								
환경 광데이터 베이스 기술	광 데이터 베이스	광섬유								
비행제어용 액츄에이터	전동 액츄에이터 (actuator)	조종간 제어								
	유압 액츄에이터 (actuator)	조종간 제어								
비행제어 (설계/개발/평가/훈련)	비행 제어 시스템 설계	조종시스템리그	하드웨어 연계장치	계통설계 검증, 내구성 검증						
			소프트웨어 개발	호스트 컴퓨터 소프트웨어 테스트 세트	고급 언어 입출력 모의 테스트					
	비행 제어 시스템 훈련	Flight Simulator		리얼타임 시뮬레이션	비행제어축 설계/검증 기체운동 모의 테스트, 센서신호 모의 테스트 하드웨어 In-the-loop 시험					
					교류발전기 직류발전기					
동력공급	전원공급	전원시스템	발전장치	주 전원	정류기, 인버터					
				2차 전원	배터리					
			배전장치	전원베이스 전환장치	콘택터					
				회로보호 장치	서킷 브레이크					
	전원제어장치	전원계통제어	발전제어 유닛, 배전제어 유닛							
	전원공급(설계/개발/평가/훈련)	전원시스템 설계	전원시스템 설계	전력부하해석	계통설계 사양 계통설계 검증					
전원시스템	발전, 배전 기능확인									

의 구성을 표 3에 나타내었으며, Avionics, 기체, 장비품, 엔진 등의 점유율이 크다.

(2) 기술요소와 산업관련표 분류의 상관

이러한 기술요소를 산업관련표로 나타내기 위해 항공기기술과 다른 산업과의 연관구조를 확실히 할 필요가 있다. 이것은 기술요소 자체가 갖고 있는 특성에 기인하는 연관과 일본의 산업구조의 특성에 기인하는 연관이 있을 수 있다. 미국의 경우이지만 1976년 이후의 데이터가 갖춰져 있는 것으로 보아 기술파급선산업(技術波及先産業)의 구성비율이나 경향과약이 가능하고 또한 참고가 된다. 또 항공우주공업회가 지금까지 축적하고 있는 기술파급의 사례조사는 일본의 기술파급에 관련하는 산업구조를 분석하기에 유효하다. 기술의 발전단계(기술초창기 단계→기술확립→기술개선→용도개발→기술융합)에서 보면 일본에서는 기술의 초기 확립에 속하는 기술보다도 기술개선 또는 용도개발에 관계하는 기술파급이 상대적으로 많다. 예를 들면 액정디스플레이가 항공기에 적용된 예인데, 항공기의 요구사항이 높음에 따라 기술의 개선 고도화가 추진되어, 다시금 다른 산업으로 이전되어 용도 개발, 확대되고 있는 것이 바로 그것이다.

또 항공기용의 가스터빈(Gas Turbine)이 발전이나 선박에 적용되는 사례는 있지만 일본에서는 시스템으로서도 상

대적으로는 소규모 시스템이고, 장비품이나 그 구성요소기술의 기술파급이 상대적으로 많은 것이 특징적이고 또한 구조, 단조, 용접, 접착 같은 제조기술의 파급이 현저하다.

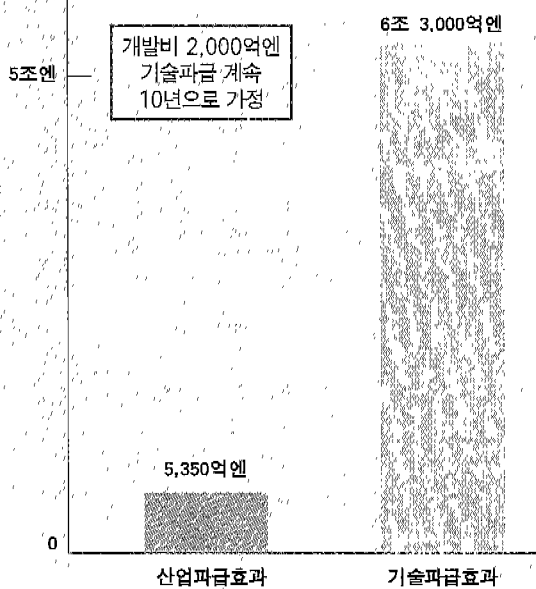
(3) 잠재시장과 생산유발액

이러한 검토를 각 분야의 전문가집단에 의한 브레인스토밍(Brain Storming)적인 평가에 기초하여, 현실에서 기술파급이 예상가능한 50항목을 추출하고 그 각각의 항목에 대해서 파급영역, 파급형태, 파급기술의 적용률 등에 대해서 검토하여 그 잠재시장을 추정했다.

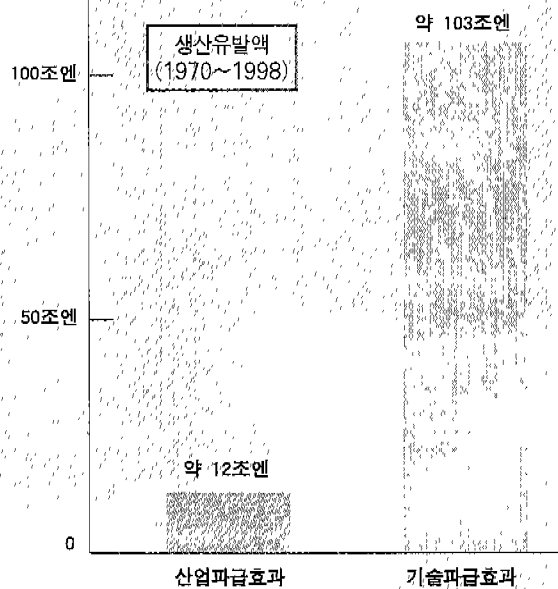
추출한 50항목의 파급제품과 잠재시장 설정의 기본적인 경향을 표 4에 나타내었다. 이러한 순서에 의해 잠재시장 규모를 계산하여 정하고, 그 각각의 산업부문에 해당하는 생산유발계수를 곱하면 각 산업부문에 있어서의 생산유발액(기술파급효과)이 산출된다. 산출한 결과를 표 4와 같이 기록하여 나타내었다.

표 4는 연차 데이터에 기초하고 있기 때문에 실제로는 기술파급효과가 유효하게 작용하는 기간을 파악할 필요가 있다. 즉 각각의 파급기술(제품)에 대해서 잠재시장의 장래를 예측할 필요가 있지만 추정오차가 크다고 생각되는 것이 있고, 또 기술파급제품의 시장규모가 일반적으로 확대경향을 갖기 때문에 현상 베이스로 산출한 표 4의 값이 꽤 확실한 값이라고 생각되어지므로 일률적으로 기술파급의 유효기간을 곱해도 좋다고 생각된다.

〈그림 2〉 항공기 개발사업의 파급효과



〈그림 3〉 항공기산업의 파급효과 실적



〈표 4〉 각 산업부문에 있어서의 잠재시장 심정기준과 생산유발액						
	요소기술	산업부문	잠재시장 산출기준	잠재시장 규모(백만엔)	생산유발액(백만엔)	
재료	티타늄 합금	건축용 금속제품	빙빙용 건축재료로서, 커튼 월 등으로의 적용	193	428	
		승용차	고급차(연차 생산베이스에서 국내생산 대수의 약 5.7%)의 경량화용 재료로서 차체 골격구성에 약 0.3% 적용 또 같은 범주의 차의 연가장치에 적용	155	412	
	마그네슘 합금	자동차 부품	자동차용 부품으로서 주로 경합금 호일에 적용, 주로 고급차, 고급 스포츠 자동차의 약 10%	73	194	
		자동차용 내연기관·동 부품	고급차용 엔진의 피스톤 헤드에 적용	650	1,606	
	분말 야금	자동차용 내연기관·동 부품	복잡한 형태를 갖는 피스톤 헤드에 적용(0.15%)	4,245	10,487	
			건축용 금속제품	샷시 제철 이외의 건축 자재에서 가격대가 비싼 것에 적용	251	557
			승용차	소형 스포츠카 및 4WD차의 약 0.5%	4,550	12,083
	복합재료(CFRP)	자동차 부품	고급차용 프롤러 샤프트의 약 5.7%	265	705	
		자동차 부품	이미 낮산자동차의 「산타나」 등에서의 플라스틱 연료탱크의 적용 예는 있지만 보다 고성능의 것으로서, 고급차의 약 5%에 적용	2,300	6,122	
		자동차 부품	대형 버스, 트럭 등에서 특히 대형의 브레이크에 약 5% 적용	1,474	3,923	
	금속계 복합재료	자동차용 내연기관·동 부품	고급 승용차용의 비교적 대형 엔진에 적용	8,269	20,429	
		원동기	발전용 원동기에 약 1%에 적용	975	2,311	
		광산·토목건설기계	건설기계에서 특히 대형에서 운용부하가 큰 것에 일부에 적용	506	1,091	
		세라믹계 복합재료	건축 비금속제품	ALC의 대체로서 ALC 시장의 약 1%를 상징	751	1,597
재료 데이터 베이스	정보서비스	현재 복합재료용 데이터 베이스에서 상업적으로 정보서비스를 하고 있는 것은 없다 여기서 금속소재계의 데이터 베이스 시장과 거의 같은 정도까지 수요가 늘어난다고 하고 잠재시장을 산출	3,100	4,754		
제조 검사	비파괴 검사기술	분석기·시험기·계량기·측정기	현재의 비파괴검사 시장에서 로목, 건축, 차량 검사, 가스, 석유, 전력, 철강, 선박용 등으로 파급된다고 가정, 항공기 기술에서 파급은 약 1% 정도	111,911	212,559	
설계	시뮬레이션 기술	정보서비스	정보서비스에 있어서의 패키지 소프트웨어의 시장은 베이스로, 시뮬레이션이 중요한 영역 즉 현재 사용되는 항공기, 자동차 등의 영역에 대상을 넓어 잠재시장을 산출	439	673	
운용·훈련	시뮬레이터	주택 건축	내진구조 등 이동부가 있는 것으로 큰 기업 수준의 주택 제작자 수, 동향, 시뮬레이터 단가 등을 기초로 산출	100	194	
		자동차 부품	현재 자동차용 훈련 시뮬레이터에서 특히 성능이 좋은 것은 한 대에 약 2000만엔으로 고가(일반형은 300만엔 정도의 것도 있다)이지만 항공기기술의 적용에 의한 가격이 1/4 정도까지 내려간다고 가정하고 국내의 교습소, 연구센터 수 등을 기초로 잠재시장을 산출	15,000	39,927	
		선박	자동차용 시뮬레이터와 같은 선박의 연구관련기관 등으로의 도입은 전제로 잠재시장으로 산출	50	120	
		철도	자동차용 시뮬레이터와 같은 철도의 연구관련기관(공적기관, 민간기관 모두) 등으로의 도입을 전제로 잠재시장을 산출	100	245	
정비	고장 모니터링	건설 보수	건축의 성능보형제도 등을 받아서 신축검사를 전제로 잠재시장을 산출. 현재의 기초, 본체, 완성 등의 단가를 기초로 잠재시장을 산출하고 있음. (600~2,000엔/㎡ 정도)	2,537	5,292	
		자동차 부품	자동차용 고장 모니터링에 대해서는 여기서는 탑재형으로 가정하고 특히 고급차 시장을 대상으로서 잠재시장을 산출	184	490	
		분석기·시험기·계량기·측정기	산업용 분석기, 계량·측정 시장 등에서 산출	6,389	15,934	
	복합재료 수리	건설 보수	복합재료의 수리수요는 복합재료 출하량의 약 3%로 가정	8	17	
		자동차 부품	복합재료의 수리수요는 복합재료 출하량의 약 3%로 가정	214	570	
기체 시스템 제어	제어기구	그외의 일반 기계기구 및 부품	산업용 유압 시스템의 약 1%로 상징	504	925	
		산업용 로봇	산업로봇, 수처제어, 지능로봇에는 앞으로는 거의 도입될 것으로 생각된다. 단, 여기서는 잠재시장으로서 전체의 10%로 예상하고 있다.	15,825	33,787	
		자동차 부품	자동차용 브레이크 시스템에 장래 거의 도입될 것이라 생각된다. 여기서는 당초의 단가가 비싼 것을 생각하여 고급차의 일부를 대상으로서 하고 있다	77	205	
	기내 환경제어	운반기계	초고층 빌딩용 엘리베이터의 약 5%를 잠재시장으로 산출	1,323	3,071	
		자동차 부품	장래 대부분의 자동차에 도입되겠지만 여기서는 고급차에 한정	42,140	112,168	
	경용·진동제어	트럭, 버스 그외의 자동차	버스 등 여객수송용 대형차를 잠재시장으로 하고 장래 트럭 등으로의 적용도 예상됨	1,500	4,496	
		철도	철도에 대해서는 특히 차내 진경이 중시되는 신간선, 특급열차 등을 대상으로 한다	150	367	
	기내 엔터테인먼트 시스템	서비스용 기기	업무용 아케이드 게임, 특히 네트워크 성능이 중시되는 시스템을 대상으로 하고 있다	2,000	4,397	
	회계 대책시스템	건축 비금속제품	성능, 비용 모두가 우수하면 상당한 수요가 기대되지만 동시에 법적인 후원도 중시될 것이다 (우선 비교적 높은 층을 대상으로 한다.)	2,897	6,162	
		그외 제조 공업품	주택이나 빌딩 등으로의 적용이 생각되지만 여기서는 업무용 빌딩 등의 고급인 것으로 대상으로 한다.	608	1,213	
	비행 기록시스템	자동차 부품	자동차 정비, 안전중시 등으로 인하여 앞으로는 상당한 시장이 예측되지만 여기서는 당면한 시장으로서 고급차를 대상으로서 하고 있다. 최종적으로는 현재의 에어백 모듈과 같은 정도의 시장이 된다고 가정하고 있다.	10,000	26,618	
Anonics	안테나	무선 통신기기	이동가능한 소형 안테나 및 가정용의 것으로 가정	731	1,585	

	요소기술	산업부문	잠재시장 산출기준	잠재시장규모 (백만엔)	생산유발액 (백만엔)
Avionics	신호 처리장치	무선 통신기기	소형 안테나에 연관하여 시장을 상징	7,349	15,935
	GPS 관련장치	무선 통신기기	현재의 GPS기기 시장을 베이스로 산출	305	661
	암호·세큐리티	정보 서비스	현재의 정보 세큐리티 서비스 시장을 근거로 산출	2,480	3,803
	외부 환경에 강한 컴퓨터	전자계산기 본체	현재의 WS클래스의 수요구성을 근거로 향후 GPS나 각종 자동제어 기술의 발전에 따른 농업의 정보화 시장을 대상으로 한다.	476	928
	비행제어용 OS	정보기록물	산업기계외 제어부의 성능향상, 시장으로서는 현재의 독자 OS시장(1998년에서 약 900억)의 전체에 대한 비율을 근거로 잠재시장 산출	8,730	13,223
	적외선 센서	반도체소자·집적회로	세큐리티 시장을 베이스로 산출	13	17
	고정밀 LCD	전자응용장치	의료용, 영축 데이터처리용의 고정밀 디스플레이를 전제로 하여 현재의 약정디스플레이의 고정밀형의 시장을 약 10%로 상징	6,456	13,278
	일체형 안테나	무선통신기기	일체형은 자동차용 등에서 고급차를 상징 NTT의 DOKOMO(일본의 통신회사명)의 대용량의 전송서비스가 개시되는 것이 전제 또 가정용으로서도 시장성이 있기 때문에 장래적으로는 가정용의 약 1할이 일체형이 된다고 상징	1,064	2,307
CCD	반도체소자·집적회로	의료용, 검사용의 시장을 대상. 또, 고급 고가격 디지털 카메라 시장도 대상으로 한다(현재 최고가는 600만화소)	25,711	33,719	
엔진	IR-CCR	반도체소자·집적회로	현재의 정보 세큐리티 서비스 시장을 근거로 산출	257	337
	光 시스템	전자응용장치	현재의 光 개록시스템 시장을 근거로 산출	1,669	3,433
	저 NOx/CO ₂ 기술	분석기·시험기·계량기·측정기	NOx, CO ₂ 의 현행의 공해 측정기기 시장을 근거로 산출	2,212	4,201
계				301,116	629,556
기술파급효과의 평가대상 기간 年=10년				6,295,560	

앞으로 짧게 적어도 10년간은 기술파급효과가 계속된다고 가정하면 항공기의 개발에 의해 초래되는 기술파급효과는 6조 3,000억엔에 달한다.

(4) 개발규모

이미 논한 것과 같이 항공기의 신규개발에 의해 초래되는 기술파급효과는 개발기의 형식, 크기, 용도 등으로부터 필요시 되는 기술사양과 연동한다. 따라서 표 4의 추산결과를 초래한 기체의 개발규모를 파악해 놓을 필요가 있다. 아음속 여객기에 대해서는 몇십년에 걸쳐 보잉, 에어버스 등에 의한 다수의 개발사례가 있고 이들 항공기의 이륙중량과 개발경비와의 사이에는 일정한 상관관계가 인정되고 있다. 이 경우 이륙중량은 개발기체 규모를 대표하고 있다고 봐도 좋다.

따라서 상정한 항공기의 개발규모를 현 시점에서 보면 개발경비로서 약 4,000~6,000억엔이라는 견적이 나온다. 이상의 검토 추산의 결과로부터 개발비 4,000~6,000억엔 규모의 아음속 여객기 타입의 항공기가 개발되면 10년간에 거의 6조 3,000억엔 규모의 기술파급효과가 항공기 이외의 다른 산업부문에서 유발된다고 할 수 있다. 개발규모를 5,000억엔으로 하여 산업파급효과와 비교한 예를 그림 2에 나타내었다.

4 기술파급 사례조사의 정량화

3항에서 논한 신규개발 프로젝트의 기술파급효과를 정량화하는 작업은 논거는 있다고 하여도 추정을 배제할 수 없으므로 다소 소극적인 값을 채용했다고는 하나 그 점에서는 추산의 범위에서 탈피할 수 없다고 본다.

(1) 생산유발액의 산정

여기서 과거의 기술파급 사례의 정량화를 시도하였다. 항공우주공업회에서는 지금까지 기술파급의 사례조사를 실시하여 상당히 상세한 사례를 축적하고 있다. 사례로부터 정량(생산유발액)을 끌어내기 위해서는, 예를 들면 디스크 브레이크(disk brake)가 신간선이나 자동차에서 제품화되고 있는 것과 같이, 항공기산업으로부터 기술파급에 의해 다른 산업에서 실현되고 있는 제품이 명확한 경우는 그 생산액을 공업통계로 집계 가능하므로 그 값에 해당업종의 생산유발계수를 곱하면 된다. 또 제품화되고 있지만 원재료나 부품이란 형태로 제품의 일부가 되어 있고 제품의 공업통계는 있지만 해당부품 등의 출하액이 명확하지 않은 경우 또는 설계, 개발, 생산, 시험, 평가라는 제품화의 과정에서 기술파급이 발생하고 있는 경우가 있다.

이러한 경우(부분과급)는 생산액안에 항공기산업에서 과급한 기술의 해당제품에 대한 기여율(과급효과계수)을 곱하는 것으로 생산액을 산출했다. 기여율에 대해서는 미쯔비시 종합연구소가 자동차산업을 대상으로 하여 조사한 결과를 이용하였다. 사용한 과급효과계수(점유율비율)을 표 5에 나타내었다.

구체적인 정량화는 많은 사례조사중에서도 과거의 생산액 통계를 얻을 수 있는 것을 조건으로 주요한 57건을 추출하여 실시했다. 통계자료의 제약으로부터 1970년부터 1998년까지의 29년간에 대해서 산정한 결과를 표 6에 나타내었다.

항공기산업은 그 기술과급에 의해 1970년 이후 약 30년간에 다른 산업에서 약 103조엔에 이르는 생산을 유발한 것이 된다.

근래의 산업과급효과 11조 9,400억엔과 비교한 것을 그림 3에 나타내었다. 또 일본의 제조업에 있어서의 항공기산업의 위치를 알기 위해 이들의 결과를 제조부문 GDP와 비교하면 표 7과 같고 기술과급효과의 제조부문 GDP에 대한 기여는 5.12%에 달하고 있다.

(2) 산정결과의 검토

표 6의 산정결과는 추정의 범위가 한정되어 있으므로 신뢰도가 꽤 높은 값이라 생각된다. 또 과거의 통계자료를 얻을 수 없는 사례를 배제했기 때문에 실체를 밀도는

산정결과가 되었을 것이라 생각된다. 또 이 실적치는 개발사업에 한정치 않고 라이선스생산 등의 과급효과도 포함하고 있다. 기술과급효과에 관해서는 개발사업과 라이선스생산의 우열은 가리기 힘들지만, 효과적인 기술과급을 위해서는 설계상의 노하우가 필요한 것은 분명하다. 그리고 제조에 관한 노하우밖에 얻을 수 없는 라이선스생산의 기술과급효과는 개발사업에 비교하면 보다 한정될 것이라 생각된다. 이러한 관점으로 보면 양자의 피리가 메워지고 개발사업의 기술과급효과 추산치는 과거의 실적산정에 의해 보장될 것이라고 말할 수 있다.

5 자동차산업의 과급효과와의 비교

항공기산업이 다른 산업과 비교하여 일반적으로 기술과급이 큰 산업이라고 인식되어 있다. 하지만 산업과급효과에 대해서 산업간의 정량적인 비교가 가능하지만 기술과급효과에 대한 정량적인 비교는 찾아볼 수 없다. 그래서 미쯔비시 종합연구소가 별도로 진행하고 있었던 자동차산업의 실적조사의 결과와 비교하였다. 그 결과를 표 8에 나타내었다.

자동차산업은 1970년 이후 거의 30년간 906조엔에 이르는 생산액을 유발해 왔지만 그 대부분(96%)은 산업과급효과에 의한 것으로 기술과급효과는 34조엔(4%)에 머물고 있다. 한편 항공기산업의 과급효과는

〈표 5〉 부분기술과급의 과급효과계수(점유율비율)

완전 기술이전	부분 기술이전(제품레벨)				부분 기술이전(프로세스 레벨)			
	소재	부품·기기	서비스시스템	어셈블리(assembly 조립부품)	설계	개발	생산	시험평가
100%	20.00%	10.00%	30.00%	40.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%

〈표 7〉 항공기산업의 과급효과와 GDP의 비교

산업과급효과		기술과급효과	
산업 전체에 대한 GDP(%)비	제조부문에 대한 GDP(%)비	산업 전체에 대한 GDP(%)비	제조부문에 대한 GDP(%)비
0.15	0.56	1.39	5.12

〈표 8〉 자동차산업과 항공기산업과의 과급효과 구성내역의 비교

	자동차산업	항공기산업
과급효과(총계)	906조엔 100%	115조엔 100%
(1)산업과급효과	872조엔 96%	12조엔 10%
(2)기술과급효과	34조엔 4%	103조엔 90%

〈표 6〉 기술파급에 의한 각 산업부문의 생산유발액(1970-1996)

산업분야	기술파급 기술분야	항공기산업으로부터의 파급기술	해당제품의 생산고 합계(억엔)	파급효과 계수	기술파급에 의한 생산고(억엔)	기술파급에 의한 생산유발액(억엔)
자동차	자동차 엔진관련	Turbo Charger/Super Charger	579	1.00	579	1,430
		자동차 엔진용 오일필터	7,871	0.11	889	2,196
		덕트 호스	10,268	0.11	1,160	2,866
		라디에이터	28,369	0.11	3,206	7,920
	자동차 바퀴, 호스 등 (제동기술 등)	디스크 브레이크	24,329	1.00	24,329	64,759
		ABS(Anti-lock Brake System)	4,399	1.00	4,399	11,709
		브레이크 라이닝	2,917	0.11	330	878
		브레이크 파이프	6,727	0.11	760	2,023
		브레이크 관련 전자장치	8,572	0.11	969	2,579
		전자 서스펜션(현가장치)	49	0.28	14	37
		경 합금호일	6,995	0.11	790	2,103
	자동차 전자공학관련	내비게이션	3,473	1.00	3,473	9,244
		Digital Meter	26	0.11	3	8
	그외	자동차용 검사기	1,134	0.42	471	1,251
	재료·소재	정밀주조	1,346	0.19	254	676
알루미늄 주조품		47,228	1.00	47,228	125,711	
알루미늄 단조품		2,331	1.00	2,331	6,205	
마그네슘		43	1.00	43	115	
산업차량	재료·소재	알루미늄 주조품	1,640	1.00	1,640	4,131
		알루미늄 단조품	293	1.00	293	834
철도	철도 요소기술	브레이크 장치(주로 디스크 브레이크)	3,208	1.00	3,208	7,852
		베어링	543	0.11	61	149
	신간선 차량	차량	7,122	0.42	2,956	7,235
		전면 복층 유리용	178	1.00	178	436
선박	선박 추진기관	선박용 가스터빈	957	1.00	957	2,253
		속도조절기-엔진 부속품	4,387	0.11	496	1,168
		프로펠러	4,361	0.11	493	1,184
	선박 부위 등	선박용 알루미늄 단조품	86	1.00	86	207
산업기계	원동기, 터빈, 압축기, 송풍기 등	가스터빈	6,768	1.00	6,768	16,045
		증기터빈	54,563	0.11	6,166	11,438
		압축기	24,086	0.11	2,722	5,609
		송풍기	14,556	0.11	1,645	3,390
		팬(환풍기)	4,710	0.11	532	1,096
	산업기계기 기 등	유압기기	63,849	0.28	18,069	38,769
		볼 베어링	64,663	0.11	7,307	3,428
		고압용 호스	3,558	1.00	3,558	66,087
	산업기계 가공· 제조기술	와이어 방전가공	6,717	0.25	1,679	14,464
		NC 작성기	129,483	0.25	32,371	871
		FMS 시스템	1,632	0.25	408	6,780
	산업기계기 구 소재	알루미늄 주조	4,031	1.00	4,031	6,905
		알루미늄 단조품	370	1.00	370	634
정밀 주조품		2,445	1.00	2,445	4,573	
마그네슘		37	1.00	37	63	
범용 제품	알루미늄 주조	2,751	1.00	2,751	4,713	
건설·건축	샷시	알루미늄 샷시	142,249	1.00	142,249	280,534
		빌딩용 알루미늄 샷시	43,233	1.00	43,233	87,921
전자공학	실드 빔 전구	10,318	1.00	10,318	19,674	
	마이크로 파이프	7,971	0.11	901	1,799	
	양면 프린트기판	23,176	1.00	23,176	30,395	
소프트웨어	게임 소프트웨어	219,000	0.25	54,750	83,960	
	팩키지 소프트웨어	59,179	0.25	14,795	22,688	
의료	데이터 베이스	29,454	0.25	7,363	11,291	
	의료측정기	10,881	0.11	1,230	1,770	
	내시경	8,815	1.00	8,815	12,681	
	인공관절	117	0.19	22	42	
	합계		1,143,054	31	509,107	1,028,813

115조엔에 지나지 않지만 그 대부분(90%)은 기술과급 효과(103조엔)에 의한 것이다. 지금까지의 약 30년동안 항공기산업의 기술과급효과는 자동차산업의 그것에 비 교해서 약 3배(103/34)가 된다. 항공기산업의 산업규모가 자동차산업의 약 1/50(1997년 출하액과 비교하여 1/47)인 것을 감안하면 항공기산업의 기술과급효과는 매우 크다. 자동차산업은 산업과급효과가 큰 산업으로 생각되지만 그것에 비해서 항공기산업은 전형적인 기술과급형의 산업이라고 말할 수 있을 것이다. 항공기산업의 기술과급이 큰 원인은 다음과 같은 특징을 갖기 때문이라고 생각되어진다.

— (1)기술체계가 대규모이고 관련하는 기술분야가 극히 넓다.

항공기산업은 일정한 산업규모와 산업레벨을 배경으로 하지 않으면 성립하지 않는 종합산업이다. 그 때문에 항공기에서 획득된 기술은 광범위한 분야로 파급된다고 생각된다.(기술요소의 항목수가 자동차의 3.67배)

— (2)고부가가치의 극히 선진적 기술이 최초에 투입된다.

항공기는 효율과 안전을 추구하고 항상 연구 개발되는 제품이다. 그 때문에 선진적인 기술이 항상 투입됨과 동시에 투입된 기술이 한없이 연구되어 고도화되어 그 기술과급은 계속된다.

— (3)고도의 시스템 인티그레이션(시스템 통합)

항공기산업은 기술의 통합 및 통합화 기술이 열쇠를 쥐고 있는 산업이다. 시스템 통합(System Integration)에 관한 기술은 다른 산업에 있어서의 신제품 컨셉개발 등에 대한 자극작용이 강하다.

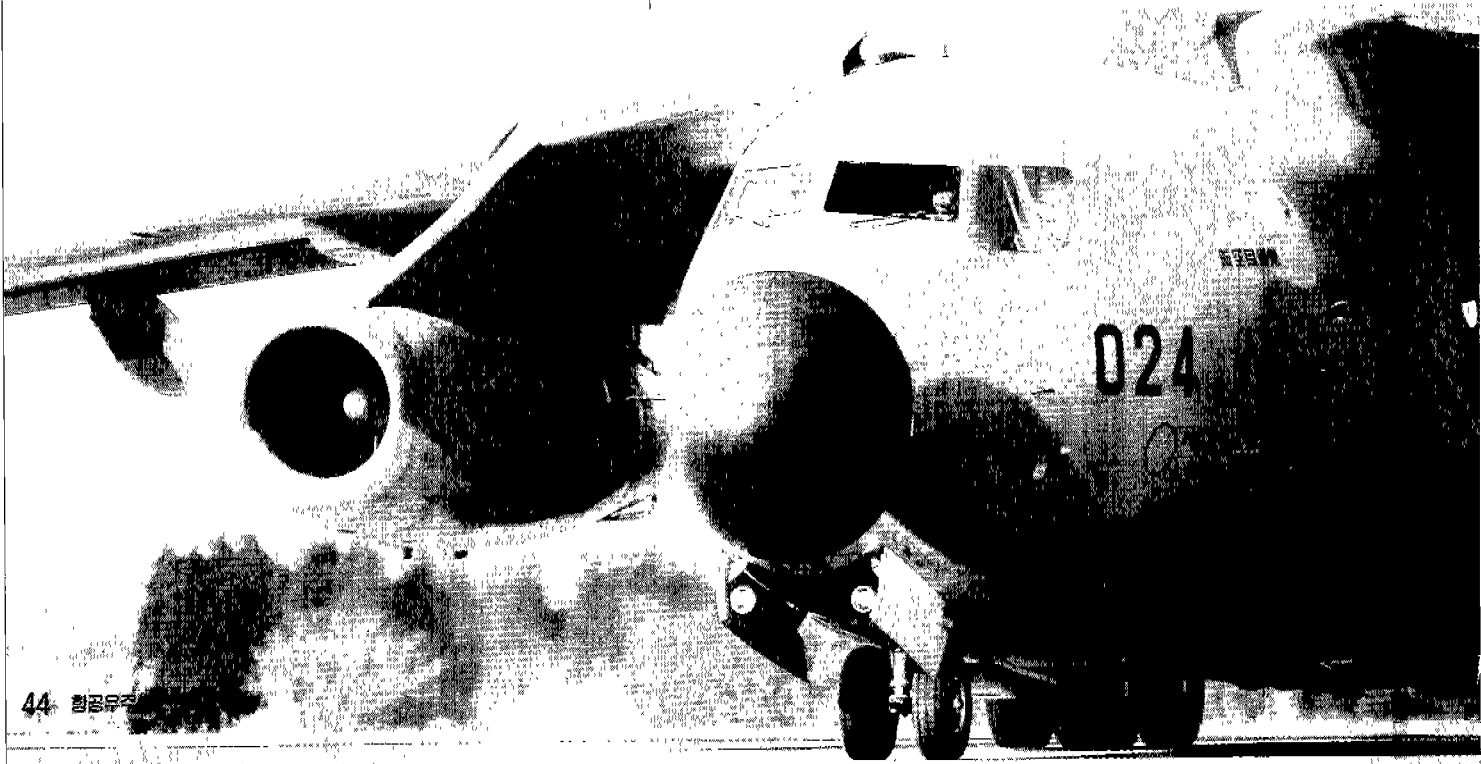
● 6 연구활동으로의 파급효과

산업관련표에는 학술연구기관 및 기업내 연구개발 분야가 포함되어 있다. 그래서 몇 개인가의 업종에 대해서, 각각의 분야에서 100의 수요가 생긴 경우에 학술연구기관 및 기업내 연구개발부문에서 유발되는 생산액(생산과급효과)을 표 9에 나타내었다. 학술연구기관으로의 파급은 항공기분야가 가장 높고 기업내 연구개발으로의 파급도 전산기, 반도체, 통신기기에 이어서 크다. 산업과급효과의 면에서도 항공기산업의 기술과급효과가 큰 것을 엿볼 수 있다.

● 7 성과와 과제

항공기산업의 기술과급효과의 정량화 방법에 대해서 검토하고 추산을 시도한 결과 다음과 같은 사항이 명확해졌다.

- (1)항공기산업은 전형적인 기술과급형 산업이고 개발비 4,000~6,000조엔 규모의 아음속 수송기의 신규개발은



10년간 6조엔을 넘는 기술과급효과를 초래한다고 추정된다.(산업과급효과의 10배 이상)

- (2) 항공기산업은 1970년 이후 약 30년간 적어도 103조엔에 이르는 기술과급효과를 유발했다.(산업과급효과의 8.6배)

이것은 자동차산업의 기술과급효과 3배에 상당한다.

- (3) 항공기산업은 연간 생산고 1조엔에 이르지 못하는 비교적 소규모산업으로 보여지지만 기술과급효과는 1970년 이후 약 30년간에 대해서 제조부문에 대한 GDP 비로 5.12%에 달한다. 이번 실시한 기술과급효과 정량화의 시도는 그 과정에서 몇 개인가의 과제를 남기게 되었다. 그 주요한 것은 다음과 같다.

(a) 레온체프의 역행렬에 관해서 생산성의 향상이나 원재료(原材料)의 대체 등에 의해 초래되는 중간투입계수의 변화나 중간수요구성의 변화는 통계자료 보충상의 난점 등으로 인해 파악 불가능하여 이번의 추산에는 포함할 수 없었다.

(b) 기술과급 사례의 집적도 그렇지만 사례대상 제품에 관여되는 통계자료의 수집, 분석에서 한계가 있어서 이번의 추산에서는 할애하지 않을 수 없었던 사례가 많았다.

(c) 부분과급에 관한 기술과급기여도는 자동차산업에 있어서 부가가치 구조로 나타내고 있다.

앞으로 사례조사의 집적도를 올리고 관련하는 통계자

료의 수집에 노력하고 기술과급의 메커니즘 등에 대해서도 보다 상세한 분석을 하면 기술과급효과는 더욱 확대되고 보다 신뢰성 높은 지표를 얻을 수 있을 것이다.

맺음말

여기서 소개한 정량화의 시도는 기술과급에 의해서 다른 산업부문에서 창출되는 산업활동의 증가분으로서 기술과급효과를 이해한다는 사고에서 시도되었다.

지금까지 기술과급효과를 정량화한 예는 없었기 때문에 정량화의 방법을 포함하여 이러한 사고 그 자체가 「시도」이다. 그러므로 신랄한 비판을 해주면 감사할 것이다.

또 개인적인 일이지만 근래 항상 염두에서 떠나질 않는 것은 산업기술과급효과의 측정만으로는 뭔가 부족하다는 것과 또 그 부족한 그 무언가로써의 집념이었다. 하지만 그것이 항공기산업의 과급효과라고 말하기보다 「비행기」 자체의 과급효과일지도 모른다고 생각하였다.

2001년도부터 C-1 및 P-3C 후계기의 개발이 예정되어 있다고 들었다. 그 개발이 젊은 항공기술자의 의지의 도표가 되고 세계에 자랑할 만한 성과를 올릴 것과 함께 YS-11 이후 잠시 주춤한 민간수송기 개발로의 전망을 열어가도록 바라마지 않는다. ☺

〈표 9〉 수요 100에 대한 학술연구기관 기업내 연구부문의 생산유발액(산업과급)

산업관련표 분류	학술연구기관 A	기업내 연구개발 B	산업유발액(계수) C	A/C %	B/C %
항공기·동 수리	1.34	9.46	218.67	0.61	4.33
전력	0.57	1.14	164.31	0.35	0.69
중전기계	0.43	5.64	215.6	0.2	2.62
통신기계	0.47	17.82	254.34	0.18	7.01
트럭·버스·그외	0.52	7.48	311.38	0.17	2.4
민수용 전기기계	0.38	7.89	240.42	0.16	3.28
이륜·자전거	0.47	6.83	300.17	0.16	2.28
전자계산기·동·부속품	0.34	15.5	244.16	0.14	6.35
반도체·집적회로	0.28	15.49	227.88	0.12	6.8
자동차부품·동·부속품	0.33	5.81	268.76	0.12	2.16
승용차	0.37	7.23	302.59	0.12	2.39
선박·동 수리	0.19	2.94	237.71	0.08	1.24
비주택건설	0.15	1.09	196.71	0.08	0.55
철도·동 수리	0.17	2.65	224.28	0.08	1.18
주택건설	0.15	0.97	201.31	0.07	0.48
공공사업	0.1	0.77	190.85	0.05	0.4