

국가과학기술정책 변화가 기술료 수입 구조에 미치는 영향 : 멱함수 분포 이론의 적용

조준휴*·이익찬**·이덕희***

I. 서 론

1) 연구배경

세계 경제는 실물중심 산업경제(Industrial Economy)에서 정보·지식 중심의 지식경제(Knowledge Economy)로 전환해왔으며, 최근 들어 창조경제(Creative Economy)로의 패러다임 전환에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 1990년 노무라 종합연구소에서 “창조의 전략-창조화시대 경영과 노하우” 보고서에서 창조사회(창조활동의 가치와 역할이 중요하게 등장하는 사회로 창조산업이 새로운 성장산업으로 등장하고 문화력이 국력을 좌우하는 사회)의 개념을 언급한 이래로, 현재 새 정부는 ‘일자리 중심의 창조경제’를 국정목표로 제시하고, 국가과학기술을 통한 신성장동력·사회이슈 해결·실용기술 활용·과학기술서비스·거대-전략기술 기반산업 이상 창조산업 육성을 핵심 국정과제로 강조하였다. [1]

산업경제에서는 토지, 노동, 자본 등 물리적 자산이 중요하였다면, 지식경제에서는 지식정보 등 지적재산의 중요성이 강조되었다. 창조경제에서는 융합, 콘텐츠, 창의성의 선순환이 핵심자원으로 부각되고 있으며, 이에 따라 ICT(정보통신기술)가 지식정보의 창조적 활용과 개인의 창의성, 융합을 촉진하여 신성장동력 및 새로운 부가가치를 창출할 것으로 주목받고 있다. [2]

한편 우리 주위에서 일어나는 자연현상과 사회적 현상을 설명하는 이론으로서 복잡계(complex system)에 대한 관심이 뜨겁다. 복잡계란 ‘구성요소 간 비선형 상호작용의 체계’라고 학문적으로 정의할 수 있다. 구성요소 간 비선형적으로 상호작용하므로 복잡하다는 의미다. [3]

복잡계는 서로간의 협동현상을 통하여 끊임없이 변화하며, 자체조직화(self-organization)되고, 더욱 더 복잡한 구조를 이끌어 낸다. 생태계에서 진화에 의한 보다 복잡한 생물체의 출현, 세포내의 신진대사 조절현상, 별들의 진화에 의한 복잡한 은하계의 출현, 경제계에서 교역의 증대에 의한 화폐, 금융기관, 보험회사, 주식시장의 출현 등 그 예는 이루 다 열거할 수 없다. 이러한 자체조직화된 복잡계는 어떤 특이축척(characteristic scale) 양이 존재하지 않고, 모든 축척이 존재하는 상태, 즉 자체적으로 임계상태(critical state)에 이르게 되는데 이때, 거시적으로 나타나는 현상은 멱함수법칙(power-law)을 따르게 되며, 장거리 축척 질서를 갖게 된다. [4]

2) 연구목적

이에 본 논문은 창조경제의 핵심인 과학기술의 정부정책 진화과정을 살펴보고, ICT분야 핵심 연구개발기관인 ‘E’ 정부출연연구소의 기술료 수입구조를 멱함수 분포 이론을 적용하여 실증 분석을 실시코자 한다. 이를 통해 국가과학기술정책 변화가 ICT분야 기술료 수입 구조에 미치는 영향과

* 조준휴, ETRI 기술이전팀, 담당, 042-860-1295, chjh329@etri.re.kr

** 이익찬, ETRI 기술이전팀, 팀장, 042-860-6904, ickchanlee@etri.re.kr

*** 이덕희, KAIST IT경영학과, 교수, 042-350-6306, dhlnexys@kaist.ac.kr

그 원인을 살펴보고, 나아가 창조경제 시대에 과학기술정책수립에 대한 정책적 시사점을 제공해 보고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 우선 국가과학기술정책과 먹힘수 분포에 대한 선행연구를 살펴본다. 'E' 연구원의 2000년부터 2013년까지 기술료 수입 자료를 바탕으로 본 연구의 주요 목적인 먹힘수 이론을 적용하여 실증분석을 실시하고, 분석결과를 국가과학기술정책의 변화 관점에서 제시한다. 마지막장에서는 본 연구를 요약하고, 시사점과 의의, 한계점, 향후연구에 대해 기술한다.

II. 선행연구

1. 국가과학기술정책

국가 과학기술정책이란 과학기술투자, 과학기술인력, 과학기술성과 등 과학기술과 관련된 공공 부문과 민간부문을 포함한 국가 전체의 정책들을 기획하고 실행하며 평가하는 전체 프로세스를 포괄한다. 기본적으로 국가과학기술위원회, 교육부(舊교육과학기술부), 기획재정부, 산업자원부(舊지식경제부), 국가교육과학기술자문회의 등 정부 부처를 중심으로 기획·수립·실행되고 법률 및 예산과 관련해서는 국회의 심의·의결을 거치게 되며, 국가 과학기술정책의 효과적인 기획과 수립을 지원하기 위해 과학기술정책 연구를 수행하는 기관도 존재한다. [5] 본 논문에서는 국가과학기술정책 중 과학기술성과에 초점을 두고 연구를 진행하였다.

1) 국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 규정 (국가과학기술위원회)

국가연구개발사업은 기업의 본원적 경쟁우위의 원천이 되는 기술혁신 및 연구개발 활동을 지원하여 외국기업과 동등한 경쟁력을 가질 수 있도록 하는 정부 차원의 지원 정책이다. 국가 R&D 사업은 높은 위험과 성과불확실성으로 특징되어지는 기업의 R&D 투자활동에 대하여 인위적 자원 배분을 통해 시장의 실패를 해결하며, 특히 혁신 형 중소기업의 기술개발활동을 촉진한다는 긍정적 측면을 갖고 있다. [6]

현재 우리나라는 '국가연구개발 사업의 관리 등에 관한 규정'을 대통령령으로 제정하고 각 부처마다 정부가 정한 기준에 따라 기술료산정 및 징수를 실시토록 하고 있다. 아울러 주요국가의 국가연구개발사업은 아래 <표 1>과 같다. [7]

<표 1> 주요 국가별 국가연구개발사업 및 기술료 징수제도

구분	한국	미국	일본	독일
근거법규	국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정	베이-돌법(특허법) 연방기술이전법	産業技術力強化法	중업원발명법
성과귀속	주관연구기관 등	주관연구기관 등	주관연구기관 등	주관연구기관 등
기술료 산정 기준	부처마다 다른 정부가 정한 기준	기술의 시장가치 (관련규정 無)	기술의 시장가치 (관련규정 無)	기술의 시장가치 (관련규정 無)
기술료 사용 기준	정부가 정한 기준	주관연구기관 자율 (관련규정 無) (연방특허는 정부기준)	주관연구기관 자율 (관련규정 無) (국유특허는 정부기준)	주관연구기관 자율 (관련규정 無)
징수기술료 정부환수 제도	有 (비영리기관 제외)	無	無	無

2) 기술이전 및 사업화 촉진계획 (산업자원부)

기술이전·사업화 정책은 기술개발 및 기업성장촉진 정책의 중간영역으로 추진되어 오다, 2000년 산업자원부는(舊 지식경제부)는 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정을 근거로 기술이전·사업화 촉진법(舊기술이전촉진법)을 제정하고, 동법 제5조에 의거 매 3년마다 기술이전 및 사업화 촉진계획을 수립하여 시행하고 있다.¹⁾

제1차('00-'05년)때 정책방향은 '기술시장 조성', 제2차('06-'08년)는 '기술이전·사업화 기반확충', 제3차('09-'11년)는 '순주기지원시스템 구축'에 정책 주안점을 두었으며, 제4차('12-'14)에서는 '수요자 중심의 기술사업화 생태계 조성'을 통해 실질적인 시장성과 창출'에 주력하였다. 이를 요약 정리하면 아래 <표 2>와 같다. [8]

<표 2> 기술이전·사업화 촉진계획 정책 비교

구분	1차('00-'05)	2차('06-'08)	3차('09-'11)	4차('12-'14)
정책 방향	기술시장 조성	기술이전·사업화 기반확충	순주기지원시스템 구축	기술사업화 생태계 조성을 통한 실질적인 시장성과 창출
세부 추진 전략	·기술거래시장 제도 정비 ·지원책 및 기반구축	·기술평가지원 ·기술금융지원	·기술자원관리강화 ·글로벌시장진출	기술시장 주체의 역량 강화
추진 성과	·기술이전촉진법('00.1) ·기술거래소설립 ·NTB구축 등	·기술이전·사업화촉진법('06.12) ·TLO, R&BD 등	·기술사업화 성공사례 창출 ·글로벌네트워크 구축 (EEN)	진행 중

2. 멱함수 분포 이론

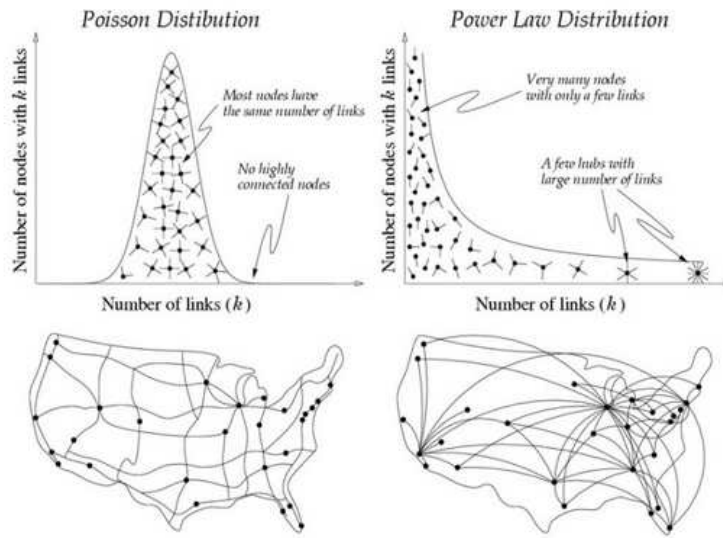
멱함수 분포란 매우 작은 값을 가지는 다수의 사례들과 극단적으로 큰 값을 가지는 극소수의 사례들이 함께 공존하는 형태의 분포로서, 바라바시(Barabasi) 등의 물리학자들이 먼저 주목한 이래로, 최근 사회적 함의가 활발하게 논의되고 있다. 정규분포 곡선은 잘 알려진 바와 같이 평균에 가장 많은 사례가 분포되어 있고, 평균을 중심으로 대칭을 이루고 있으며, 평균으로부터의 거리가 멀어짐에 따라 줄어드는 사례의 수가 확률적으로 알려져 있다(예를 들어 평균으로부터 3 표준편차 이내에 전체의 99%가 포함됨). 반면, 멱함수 분포는 Y축에 거의 달라붙다시피 한 곡선이 원점을 향해 내려가다가 원점 부근에서 방향을 바꾸어 X축에 매우 가까운 위치에서 오른쪽으로 길게 이어지는 형태를 띠고 있다.²⁾ 이러한 형태는 곡선과 축을 구분하는 것을 어렵게 만들기 때문에 일반적으로 X축과 Y축에 모두 로그를 취한 로그-로그 플롯(log-log plot)의 형태로 나타내는데, 로그를 취한 상태에서는 좌상향에서 우하향으로 이어지는 직선의 모습을 취한다. [9]

평균 주위에 정점이 없고 계속 감소하는 모양을 나타내는 멱함수는 $y = cx^{-a}$ 의 관계를 가진다. 이는 무작위성의 세계관에서 벗어나, 네트워크의 복잡성 뒤에는 일정한 법칙이 있음을 의미한다. 즉 무질서에서 질서로의 전이를 나타내는 것이다. 파레토법칙(Pareto Distribution), Zipf's Law, 좁은 세상(Small World) 등 자연현상의 많은 부분들이 멱함수 분포를 따르고 있으며, 멱함수 분포를 따르는

1) '기술이전촉진법'이 '기술이전·사업화촉진법'으로 전부 개정되면서 5년 단위의 촉진계획이 3년 단위의 중기 촉진계획으로 변경

2) Chris Anderson은 2004년 롱테일(The Long Tail) 또는 롱테일 현상이라 언급함

네트워크를 척도 없는 네트워크(Scale-free networks)라고 부른다. 이러한 멱함수 분포는 부익부 빈익빈으로 성장하는 네트워크이며, 이는 시스템 내 개체들의 불평등성이 존재함을 의미한다. [10]



(그림 1) 정규 분포와 멱함수 분포

III. 연구분석

1) 자료수집

본 연구를 위해 ICT분야 핵심 R&D 기관인 'E' 정부출연연구소의 2000-2013년까지 기술료 수입 자료를 분석하였다. 기술료는 착수기본료와 경상기술료로 구성되어 있으며, 백만원 기준으로 반올림하여 천만원 단위로 자료를 재구성하였다.

재구성된 자료는 앞에서 언급한 '기술이전·사업화 촉진계획'의 정책변화 시기에 따라 총4단계로 구분하여 실증분석을 실시하였으며, 자료의 기초통계는 아래 <표 3>과 같다. 각 시기별로 기술료 수입액과 전체건수에 차이를 보이고 있으나, 이는 1차의 경우 5개년, 4차의 경우 2개년만이 포함되어 있기 때문이며, 각 연도별 기술료 수입액과 발생 건수는 양적으로 비슷한 수준이다.

<표 3> 시기별 정책방향과 기술료 수입 자료에 대한 기초 통계

시 기	정책 방향	기술료 수입액	전체 건수
1차('00-'05)	기술시장 조성	610억원	1,914건
2차('06-'08)	기술이전·사업화 기반확충	697억원	1,288건
3차('09-'11)	중소기업지원시스템 구축	650억원	1,210건
4차('12-'13)	기술사업화 생태계 조성을 통한 실질적인 시장성과 창출	251억원	634건
전체('00-'13)*	시장 자율화, 개방화 중소기업 지원 및 상용화 과제 초점	2,178억원	4,532건

* 전체('00-'13)는 기간별 자료를 풀링(Pooling) 방식으로 분석하였으며, 이에 기술료 수입액과 전체 건수의 총합은 다소 차이를 보임.

2) 분석방법

국가과학기술정책의 기간별 변화에 따른 기술료 수입구조의 $y = kx^{-a}$ 변화를 파악하는 적절한 방법론의 하나로 네트워크 분석을 들 수 있다. 기술료 수입의 양적변화(수입액, 발생건수)와 더불어 기술료 수입 구조의 전체 분포와 집중도 (또는 불균등도)는 네트워크의 구조적 특성 가운데 척도없는 네트워크(Scale-free Network)과 관련이 있기 때문이다. 이러한 척도없는 네트워크의 특성을 정량적으로 파악하는 방법 중 하나가 바로 멱함수(Power-law) 분포를 확인하는 것이 있다. 이에 본 연구에서는 Clauset, Shalizi, Newman (2009)의 분석기법을 이용해 Matlab으로 기술료 수입 및 도수에 대해 멱함수 분포를 정책 시기별로 구분하여 분석하였다. [11]

전형적인 멱함수 분포는 아래의 함수식 (1)과 같다. 멱함수 검정은 본 함수의 log-log 분포를 변환한 함수식 (2)를 통해, 우하향하는 그래프 식과 데이터 분포의 추정식 간 일치 또는 거리간의 차이를 통계적으로 검증하였다.

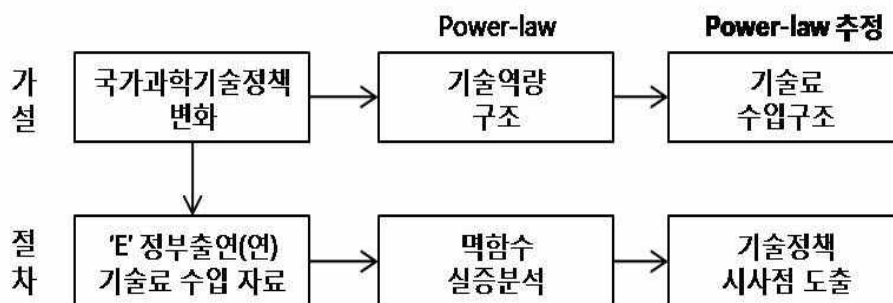
$$y = kx^{-a} \quad \dots(1)$$

$$\log(y) = \log k - a \log(x) \quad \dots(2)$$

3) 가설설정

국가과학기술정책의 변화는, 이에 직접 영향을 받는 기술공급자의 특허 등 기술역량 구조의 변화를 초래할 수 있다. 조상섭(2012)에 의하면, 기술변화환경에 중요한 패러다임으로 대변되는 융합 기술환경에서 국가별 기술정책의 결과로 나타나는 기술역량(특허를 중심으로) 분포형태에 대해 구조분석을 실시하였고, 그 결과 비모수적 Hill추정치와 모수적 Rank-1/2추정치가 유사하게 멱법칙을 보인다는 사실을 발견하였다. 또한 기술역량분포를 결정하는 멱법칙의 결정인자추정계수가 시간이 지남에 따라서 지속적으로 증가하고 있음을 나타냈다. [12]

상기 기술역량 구조의 정량 또는 정성적 변화는 기술료 수입 구조에도 영향을 미친다. 따라서 국가과학기술정책의 결과로 나타나는 기술역량 구조 형태가 멱함수 분포의 존재가능성을 나타낸다는 사실은, 기술역량 구조에 영향을 받는 기술료 수입 분포에서도 멱함수와 유사한 특성을 가질 것으로 예상할 수 있다.



(그림 2) 연구 가설설정 및 추진 절차

4) 분석결과

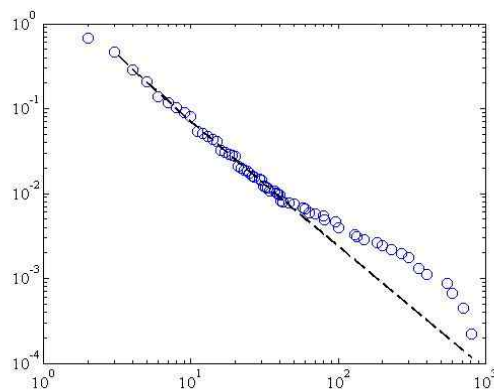
<표 4>는 과학기술정책의 변화에 흐름에 따라 기술료 수입의 중앙값과 최빈값이 평균값보다 미만인 구간에서 점차 높아지고 있음을 보여준다. 반면에 최대값의 크기가 큰 폭으로 줄어들고 있으며 상위 20%가 전체수입에서 차지하는 비중 또한 점차 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 중대형 원천기술개발을 통한 대형 기술료 수입이 점차 감소함에 따라 나타나는 현상으로 해석할 수 있으며, 'E' 연구소의 정부출연연구소의 역할이 중대형 원천기술개발에서 기업지원형 상용화 단기·소형 과제 중심으로 그 역할이 재편되고 있음을 시사하는 것으로 추정할 수 있다. 이는 다음 멱함수 검정 결과에서 다시 살펴해보도록 하겠다.

<표 4> 기술료 수입 자료의 관련 통계값 및 상위20%가 전체수입에서 차지하는 비중

(단위: 백만원)

구분	평균	중앙	최빈	최소	최대	상위20%가 전체수입에서 차지하는 비중
1차('00-'05)	45	20	10	10	8,120	71%
2차('06-'08)	59	30	20	10	4,410	66%
3차('09-'11)	59	30	30	10	4,030	61%
4차('12-'13)	49	30	30	10	1,470	56%
전체('00-'13)	57	30	20	10	8,120	66%

아래 (그림 3-7)의 X축은 기술료 규모를 Y축은 빈도수를 나타낸다. 우하향하는 점선이 멱함수이며, '○'으로 표기된 부분이 실제 값으로 점선과 피팅(Fitting)이 잘 될수록 멱함수에 근접함을 의미한다. (그림3)의 전체 데이터를 풀링(Pooling)한 기술료 수입 분포를 살펴보면, 일정 규모 이하의 거래에서는 멱함수에 가까움을 알 수 있으나, 그 이상의 규모에서는 그러한 집중도가 약해지는 경향을 확인 할 수 있다.

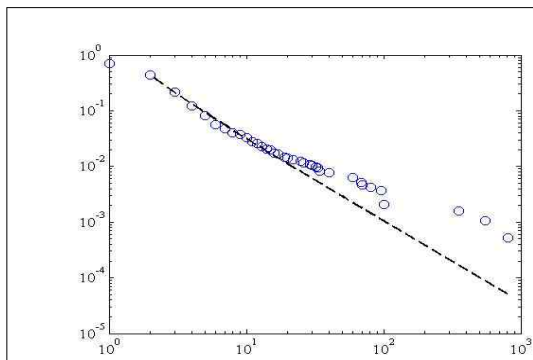


(그림 3) 전체기간('00-'13) 멱함수 검정 결과

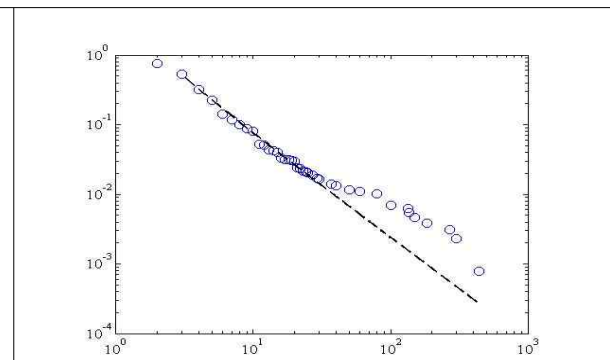
정책변화 구분에 따라 살펴보면, 1차에서 4차 모두 일정 규모 이하에서는 멱함수 분포에 근접해 있는 경향을 확인 할 수 있다. 또한 정책이 변화해 감에 따라 전체 기술료 수입구조 분포가 멱함수에 미세하게나마 수렴해가고 있다는 사실을 살펴볼 수 있다. 먼저 1차('00-'05)에서는 가장 멱함수와 다른 분포를 보이고 있으며, 2차('06-'08)에서 또한 일정 기술료 규모 이상에서는 멱함수 분

포와 다른 분포를 나타낸다. 즉 중대형 기술료 수입의 분포가 다른 밀집한 그룹과 멀어지는 모습을 나타내는 것이다. 반면에 3차('09-'11)와 4차('12-'13)에서는 일정 규모이상의 기술료 수입 구간에서 그 격차가 감소하고 있으며 전체적으로 멱함수 분포에 피팅(Fitting)되어 가고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 패턴을 종합해서 해석해보면, 중대형 기술료 수입의 빈도와 그 영향이 정책의 변화에 따라 점점 작아지고 있으며, 전체 기술료 수입구조는 미세하게나마 멱함수 분포에 다가서며 집중화 현상을 보여주고 있는 것이다.

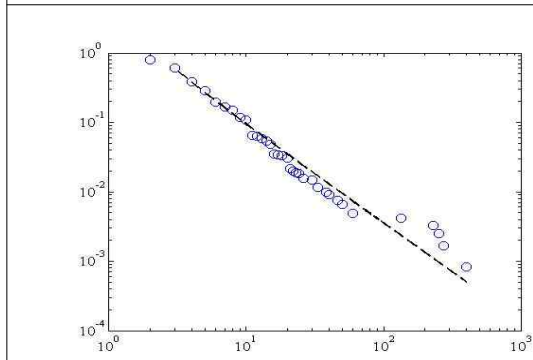
상기 변화에 대한 정책적 요인 중, 단기적 요소로서는 대형 기술료 수입의 원천인 Q社의 C기술 경상기술료('08년)와 S社의 W기술의 정액기술료('11년)가 종료되었다는 사실을 들 수 있다. 즉 대형과제가 연속적으로 이어지지 못하는 상황이 발생하면서 일정 규모이상에서 발생하던 불균형이 점차 안정화된 것이다. 장기적인 요인으로는 국가 중대형 원천기술에 대한 투자와 개발의 정책적 무게중심이 정부 출연연구소로부터 민간 대기업 중심으로 이동해가고, 정부출연연구소에서 점차 PBS중심의 기업지원 및 상용화중심의 단기·소형과제를 진행해가고 있음을 이야기 할 수 있다. 즉, 다시 말하자면 중대형 원천기술 개발의 패러다임 속에서는 중장기 대형 기술료가 전체 기술료 수입구조에 미치는 영향력과 의존도가 큰 반면, 중소형 거래의 영향력은 상대적으로 매우 낮았다. 반면에 기업지원형 상용화 단기·소형 과제의 패러다임 속에서는 중장기 대형 거래의 빈도수와 그 영향력이 작아진 반면, 중소형 기술료 규모의 집중도와 멱함수 분포를 따른 성향이 어느 정도 강해져 가고 있음을 이야기 한다.



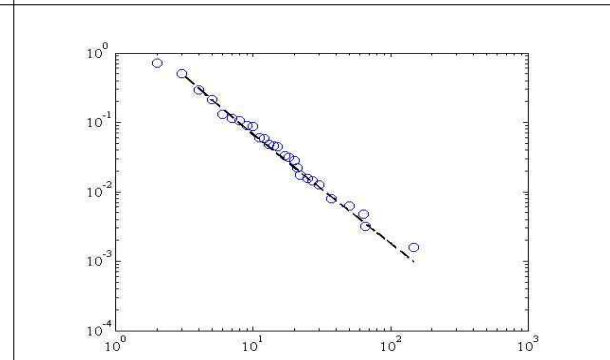
(그림 4) 1차('00-'05) 멱함수 검정 결과



(그림 5) 2차('06-'08) 멱함수 검정 결과



(그림 6) 3차('09-'11) 멱함수 검정 결과



(그림 7) 3차('09-'11) 멱함수 검정 결과

아래 <표 5>에서 alpha 값은 수식(2)에서 알 수 있듯이 멱함수의 기울기 값을 의미한다. 정책이 변화함에 따라 alpha 값이 점차 커지고 있는데, Newman (2001)에 의하면 이는 전체 구조의 불균

형성이 점차 완화되어 감을 의미한다. [13] 1차에서 4차로 이동해 감에 따라 일정 규모 이상의 빈도수가 감소하고 점차 멱함수 분포에 근접해간다는 위 분석결과를 잘 뒷받침해준다.

<표 5> 멱함수 검정 관련 통계값

구분	p-value*	alpha	X_min**
1차('00-'05)	0.0010	2.4490	2.1
2차('06-'08)	0.0000	2.4698	3.1
3차('09-'11)	0.0070	2.4121	3.0
4차('12-'13)	0.0050	2.5458	3.1
전체('00-'13)	0.0000	2.4379	3.0

* p-value : 값이 미세하게 증가하나, 0.1 이하로 유의미하다 할 수 없음

** X_min : 멱함수 분포를 따르는 데이터의 최소값

IV. 결 론

1) 요약 및 시사점

본 연구에서는 창조경제의 핵심원천인 과학기술의 정책변화가 ICT부문 기술료 수입구조에 미치는 영향을 멱함수 이론을 통해 실증 분석하고, 결과를 토대로 기술료 수입 구조 파악 및 정책적 시사점 제시하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 분석 기간동안 일정규모 이하에서 멱함수 분포에 근접하고 있음을 추정할 수 있었으나, 그 이상에서는 차이를 나타내었다. 둘째, 정책환경이 변화해 감에 따라서 중대형 기술료 수입의 빈도수가 감소하고 점차 멱함수 분포에 근접해간다는 사실이다. 이는 전체 기술료 수입구조의 불균형 요소가 점점 해소되고 있다는 사실을 나타내기도 한다.

연구의 분석 결과는 다음과 같은 정책적 시사점을 제공한다. 첫째, 정부 출연연구소의 역할이 중장기 중대형 원천기술개발 중심에서 기업지원형 상용화 단기·소형 과제 중심으로 변화해 가고 있다는 사실이다. 변화의 흐름 속에서 R&D 추진 주체의 명확한 임무 부여와 자율적 협력체계 구축을 위한 정책방향이 요구된다. 둘째, 기술료 수입 구조 내 불안정성이 해소되어 가고 있음에도 불구하고, 멱함수 분포 자체가 지니는 의미를 간과해서는 안 된다. 파레토 법칙처럼 소수의 대형 기술이전이 전체 수입구조에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 향후 양극화 현상을 지속적으로 초래할 수 있는바, 특정 과제로의 쏠림 현상을 예방할 수 있는 제도적 뒷받침이 필요하다.[13]

2) 의의와 한계

본 연구의 학술적 의의는 국가과학기술정책의 변화에 따라 ICT 기술료 수입구조의 영향을 분석하는 데 있어 복잡계 이론(멱함수 분포) 적용하였다는 사실이다. 아울러 분석결과를 바탕으로 창조경제 시대에 정책적 시사점을 제시하였다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있겠다.

본 연구의 한계는 첫째, 한 개 출연연구소의 데이터로 국가과학기술정책의 전체적인 영향을 분석하기엔 무리가 있다. 둘째, 멱함수 분포 검정을 위한 p-value가 정책변화에 따라 미세하게 증가하고는 있으나, 엄밀히 유의미한 값을 나타내지는 않았다.

아울러 향후 연구에서는 멱함수를 따르는 것으로 추정되는 기술료 수입 구간을 추출하여, 관련 구조를 규명하고 시사점을 도출해보고자 한다. 아울러, 다른 분야의 출연연구소의 기술료 수입 자료 분석을 통하여 비교 분석하고 시사점을 도출하는 연구 또한 의미있는 일이라 판단된다.

[참고문헌]

- [1] KISTEP (2013), "창조경제 개념과 주요국 정책 분석"
- [2] NIA (2013), "창조경제 실현을 위한 ICT의 새로운 역할과 과제"
- [3] 윤영수, 채승병 (2006), "복잡계개론"
- [4] 정하웅, 강병남 (2007), "복잡계의 이해 : 네트워크의 구조적 성질 및 그 응용"
- [5] 장병열 (2012), "국가 과학기술정책"
- [6] 김우진 (2013), "국가 R&D과제의 사업화 촉진방안"
- [7] 최치호 (2011), "KISTEP, 출연(연) 기술이전 및 사업화 촉진방안"
- [8] 산업자원부 (2011), "제4차 기술이전사업화 촉진계획 수립"
- [9] 장덕진 (2008), "인터넷 세상의 여론 폭발 : 네트워크 관점에서"
- [10] 바라바시 (2002), "링크(Linked: The New Science of Networks)"
- [11] Clauset, Shalizi, Newman (2009), "Power-Law Distributions in Empirical Data"
- [12] 조상섭 (2012), "융합기술환경에서 먹법칙과 과학기술정책체계 분석"
- [13] Newman (2001), "The structure of scientific collaboration networks"
- [14] Gabaix (2011), "The Granular Origins of Aggregate Fluctuations"
- [15] 이덕희 (2008), "네트워크 이코노미"
- [16] 이동희 (2012), "R&D 네트워크의 구조가 혁신에 미치는 영향"
- [17] 최호철 (2013), "Patent citation network analysis for the domain of organic photovoltaic cells : Country, institution, and technology field"