

초점기획

3)환경친화적인 국가혁신체제의 모색

목차

I . 머리말

II . 국가혁신체제에 관한 이론적 고찰

III . 환경기술혁신체제

IV . 맺음말: 환경기술혁신체제를 넘어서

鄭善陽

기술제도팀 선임연구원, 과학기술정책학 박사

(Tel: 02-250-3072)

I . 머리말

국가발전에 기술혁신의 중요성이 점점 강조되고 있다. 기술혁신은 점점 다양하고 빠르게 새로운 제품, 공정으로 변환되어 우리의 생활의 질을 향상시키고 있다. 이에 따라 세계 각국들은 기술경쟁력의 확보에 총력을 기울이고 있다. 기업들은 물론 정부들도 기술혁신을 효과적으로 창출하고 상업화하는데 총력을 기울이고 있다. 기술혁신은 새로운 고용을 창출하고 보다 많은 부가가치를 창출하여 국민경제에 이바지한다. 특히 미세전자기술 및 생명공학과 같은 새로운 기술의 개발 및 확산은 새로운 산업을 창출하고 있다. 이에 따라 최근에는 국가의 전 부문이 상호협력을 통해 기술혁신을 효과적으로 창출하는 방안이 모색되고 있으며, 이를 위해 새롭게 대두된 개념이 국가혁신체제(national innovation system)이다.

그러나 기술혁신은 우리에게 긍정적인 효과만을 주는 것은 아니며 상당한 부정적인 효과도 가져오는데, 대표적인 예가 환경문제의 유발이다.

인류는 기술혁신을 통하여 자연을 점점 효율적으로 활용하는 방법을 터득하였으며, 그 과정에서 자원 및 에너지의 낭용, 환경에 부담을 주는 폐기물의 배출, 자연계의 존재하지 않았던 새로운 물질의 배출 등을 가져와 환경오염을 가중시키고 있다.

그러나 문제는 기술혁신을 통해 생기는 환경오염이 비단 일부 지역 혹은 일부 환경매체에 국한되어 나타나는 것이 아니라 모든 환경매체에 걸쳐 국가적 혹은 전지구적으로 발생하며, 그 영향이 시간을 두고 장기에 걸쳐 나타나며 환경오염의 양과 강도가 점점 증가하여 이른바 환경위기(environmental catastrophe)로 치닫고 있다는 점이다 (Krupp, 1990; Kemp/Soete, 1992).

그 동안 우리 인류는 이 환경위기를 극복하고자 지속적인 노력을 펼쳐왔으나 환경문제는 아직도 점점 증가하고 있다. 이는 그 동안의 환경문제의 해결자원이 사후적 대응 혹은 이미 발생한 환경오염의 치유적인 측면에 집중되어 온 데에도 기인한다. 여기에서 환경오염의 사전적인 방지의 필요성이 대두된다. 그러나 다른 한편으로는 그 동안 우리가 추진해왔던 환경오염의 해결노력이 혁신적이지 않았던 데에도 기인한다. 예를 들면, 그 동안의 환경문제해결을 위한 노력은 정부의 규제 지향적인 수단들에만 의존해 와 환경오염 유발자들이 오염을 근본적으로 줄이거나 제거하는 혁신적인 해결방법을 찾기보다는 환경규제를 회피하는 방향으로 행동해 왔다.

국가가 환경문제를 해결하기 위한 방법에는 여러 가지가 있다. 그 동안 배출규제와 같은 규제 지향적인 방법 혹은 환경세와 같은 경제적인 유인제도 등이 많이 논의되었고 실제로 활용되어 왔다. 그러나 이들은 환경문제의 근본적인 해결책이 되지 못하였다. 그동안 과학기술이 국가경제의 발전에 있어서 점점 중요해지고, 환경문제의 발생에 근본적인 원인을 과학기술에서 찾을 수도 있다는 점을 감안하면 환경문제의 근본적인 해결방법중의 하나로서 기술혁신을 강조하지 않을 수 없다. 특히 최근 생산시스템이 점점 대형화·복잡화되어 가고 있는 추세를 감안하면 기술혁신을 통한 환경문제의 해결은 매우 중요한 것으로 보인다. 이 노력의 초점은 환경기술혁신으로 모아지고 있다. 그 동안 많은 나라들이 환경기술혁신을 통해 환경문제를 해결하려고 상당한 노력이 있어왔으며, 이는 상당한 효과를 거두어 온 것도 사실이다. 그러나 환경문제가 점점 복잡·광범해지고 그 동안의 기술을 통한 환경문제의 해결노력이 사후적인 대응에 초점이 맞추어짐에 따라 기술혁신을 통한 환경문제의 해결이 상당한 비용이 들고, 다양한 학문분야의 도움을 필요로 하게 되었다.

이처럼 중요한 환경기술혁신은 한 국가의 환경관련 주체들이 상호간에 긴밀한 협력을 하여야만 효과적으로 창출될 수 있다. 특히 우리나라와 같이 기술혁신을 위한 자원이 부족한 나라에서는 환경기술분야에서도 관련 주체들의 긴밀한 협력이 필요하다. 이 점에서 환경기술혁신을 효과적으로 창출할 수 있는 새로운 정책개념으로써 국가혁신체제의 개념을 환경분야에 적극 도입할 필요가 있다. 국가혁신체제의 개념을 환경기술분야에 적용하면 이른바 "환경기술혁신체제"라고 명명할 수 있을 것이며, 이는 국가혁신체제의 하위체제의 개념으로 파악할 수 있을 것이다. 국가의 환경관련 혁신주체들이 이 같은 개념으로 긴밀하게 연계를 맺고, 국가가 이 개념을 바탕으로 혁신주체들에 대한 적극적인 지원을 해줄 때 환경기술혁신이 효과적으로 창출·확산되어 질 것이다. 아울러 환경기술혁신 시스템이 확고하게 구축되어 효율적으로 운영되어 질 때 국가경제가 환경친화적으로 변환될 수 있을 것이며, 전체 시스템으로서 국가혁신체제 역시 환경 친화적으로 변환될 수 있을 것이다.

II. 국가혁신체제에 관한 이론적 고찰

1. 혁신과 제도와의 관계

환경기술을 포함한 다양한 과학기술이 상호간에 긴밀한 연계관계를 맺으며 복잡해져가고, 그로 인해 기술혁신이 연구개발 집약적이 되어가면서 이들을 효율적으로 개발하기 위해서는 국가의 거의 모든 연구개발 주체들이 적극적으로 참여하여야 할 것이라는 데에는 의문의 여지가 없다. 최근 기술혁신을 효과적으로 촉진시키기 위한 제도적인 노력으로 국가혁신시스템(national innovation system)이라는 개념이 대두되고 있다. 이 개념은 환경기술의 혁신문제에도 효과적으로 적용되어 질 수 있다. 특히 다양한 과학기술분야의 영향을 받아 탄생하는 새로운 첨단 환경기술의 개발 및 확산을 촉진시키기 위해서는 이와 같은 국가혁신시스템의 개념이 효과적으로 적용될 수 있다.

국가혁신시스템에 관한 논의는 혁신(innovation)과 제도(institution)와의 관계와 이로부터 나타나는 학습(learning)의 문제에서 출발한다(Johnson, 1992). 여기에서는 혁신을 둘러싸고 있는 제반 구성요소들의 학습이 기술혁신의 원천으로 보며, 이와 같은 학습효과를 창출하여 이를 혁신으로 이르게 하는 제도적인 구성(institutional setting)의 중요성을 강조한다. 이 같은 제도적 구성의 효율적인 단위로서 혁신을 둘러싼 국가차원의 제도적 구성 즉 국가혁신시스템의 중요성이 강조되고 있다.

혁신은 속성상 매우 동력적이고, 제도적인 구성 속에서 문제가 발생하면 혁신과 제도와의 사이에는 일종의 긴장관계가 형성되게 되며 이는 학습에 대한 욕구로 이어지게 된다. 이에 따라 이미 구성되어 있는 제도가 혁신을 창출하기 위해 발생하는 학습을 기술적인 학습(technological learning)이라고 나타낼 수 있을 것이다. 이 방향의 학습은 우리가 접할 수 있는 매우 일반적으로 학습의 방향으로서 이 같은 학습은 결국 기술변화 혹은 기술혁신으로 이어지게 된다. 그러나 이와 같은 학습은 반대의 방향으로도 진행될 수 있다. 다양한 혁신의 창출과 이의 우리 사회에의 광범한 확산, 이를 둘러싼 국내외적으로 다양한 사회 구성요소들이 격심한 경쟁을 하고 있는 상황은 제도에 있어서의 변화를 요구하게 된다. 이 같은 방향으로의 학습은 제도적인 학습(institutional learning)으로 정의할 수 있을 것이며 이와 같은 학습을 통해 축적된 지식은 제도의 변화 혹은 제도혁신으로 나타나게 될 것이다. 이와 같은 제도의 변화는 기술변화와 함께 넓은 의미에서의 혁신을 구성하여 이는 국가경쟁력의 향상으로 이어지게 된다. 일찍이 Perez(1983)는 대단한 경제적인 영향을 미치는 새로운 기술혁신을 창출하는데 제도적인 혁신이 필요함을 주장하고 있다

이 같은 제도적 혁신은 새로운 조직을 만드는 것보다는 기존의 조직 및 제도를 개선하는 것을 의미한다.

여기에서 강조되는 것은 이와 같은 제도적 학습 및 이에 따른 제도적 변화의 중요성이다. "급변하는 기술·경제환경 속에서 이같은 변화 및 혁신의 물결에 대응하기 위해 어떠한 제도적인 구성을 갖는가"의 과제를 국가수준에서 파인하는 것이 국가혁신시스템의 개념을 구축하는 출발점이다. 이와 같이 국가혁신에 있어서 효율적인 제도적 구성(efficient institutional setting)의 중요성을 강조하는 배경에는 무엇보다도 다음의 네 가지의 배경에서 비롯하는 것으로 파악할 수 있다. 먼저, 제도 자체가 근본적으로 경직성을 가지고 있다는 점이다. 이 점에서 제도적 변화는 기술변화를 뒤따르는 경향이 많아 이를 제도의 지체현상 혹은 동맥경화 현상으로 표현하기도 한다. 그러나 과학기술 및 경제환경이 급변하고 있는 상황에서는 이와 같은 제도의 지체된 변화는 혁신을 둘러싼 경쟁에서 심각한 패배로 이어질 가능성이 크다는 점에서 제도적 구성의 유연하고 신속한 변화를 통해 혁신을 빨리 창출하여야 할 당위성이 있는 것이다. 두 번째로, 자금의 환경위기로 특징지어지는 상황은 환경문제의 신속한 해결을 위한 제도적인 유연성을 필요로 하며 제도적 학습의 중요성이 강조된다. 세 번째로, 학습은 상호작용적인 특성을 가지고 있기 때문이다. 상호작용적인 학습이 혁신의 원천이라면 이와 같은 상호작용을 충분히 달성할 수 있는 마당, 즉 제도적 구성이 필요하다는 점이다. 합리적인 제도적인 구성 속에서 혁신을 둘러싼 여러 구성주체들간의 다양한 형태의 학습이 이루어져 혁신의 활발한 창출로 이어져야 할 것이다. 마지막으로, 혁신의 창출을 위한 제도적인 구성에 있어서 다양성이 존중되며, 이는 학습 및 혁신에 있어서 다양성으로 이어지고 장기적으로는 국가경쟁력의 다양성으로 이어진다는 점에서 다른 나라들보다 효율적인 제도적인 구성을 필요로 한다.

2. 국가혁신체제의 구성

혁신과 제도와의 관계와 이들간의 관계에서 나타나는 상호작용적인 학습을 국가적인 차원에서 살펴보면 국가혁신시스템(national system of innovation)의 개념으로 이어진다. 그동안 이에 관한 여러 학자들의 정의가 있지만(Freeman(1987, 1988), Johnson(1992), Lundvall(1988, 1992), Patel and Pavitt(1994), 국가혁신시스템은 "혁신의 창출 및 확산을 둘러싼 국가의 다양한 주체들의 연계형태와 이들간의 상호작용적인 학습과 유형무형의 상호관계"로 정의될 수 있다. 특히 Freeman(1988)은 효율적인 국가혁신체제는 국가의 제한된 자원을 결집시키고 이의 효율적인 사용을 보장해 줌으로써 국가의 경쟁력의 제고에 대단히 중요한 공헌을 하지만 효율적이지 않은 국가혁신시스템의 경우에는 국가의 제한된 과학기술 및 경제자원의 낭비를 가져와 오히려 국가경쟁력의 약화로 이어지게 된다고 주장한다. 여기에 효율적인 국가혁신체제의 구축의 당위성이 있는 것이다. 한 국가의 혁신체제는 그 나라의 사회적, 경제적, 문화적인 특성을 반영하여 상당히 다른 모습을 하게 된다(예를 들어 Chung(1996), Nelson(1993) 참조).

국가혁신시스템의 구성요소는 학자들간의 의견이 조금씩 다르지만 크게 세 개의 직접적인 혁신주체와 이 집단들을 혁신행위를 조정하고 혁신과 관련된 정책결정기관으로서 정부를 포함하여 네 개의 주체로 구성되어 있는 것으로 파악한다. 혁신활동에 참가하는 직접적인 주체들로는 과학자와 엔지니어들을 교육시키고 새로운 기초적인 연구를 수행하고 있는 대학부문, 혁신활동의 결과를 상업화시켜 국가경쟁력의 향상에 직접적인 기여를 하는 수많은 기업들로 구성된 산업부문, 이들의 중간에 위치하여 효율적인 연계를 담당하고 다양한 연구기관들을 바탕으로 기초연구와 응용연구를 넘나들며 혁신활동을 수행하는 공공연구부문에 나누어 볼 수 있다. 국가혁신시스템을 구성하는 네 번째의 주체로서 이들 혁신활동의 주체들을 국가발전의 장기비전을 가지고 조정·감독하는 정부부문의 경우에도 중앙정부와 지방정부들로 나누어 볼 수 있다. 산업계, 대학, 공공연구기관과 같은 혁신의 직접적인 주체들간의 관계는 위에서 설명한 혁신의 생산자와 공급자의 역할을 담당하며 상호작용적인 학습을 하게된다.

그러나 국가혁신체제의 모습을 보다 실무적인 측면에서 파악하면 특정산업, 특정기술, 특정지역을 중심으로 한 하위체제들(subsystems)의 총합으로 파악할 수 있다. 무엇보다도 국가혁신체제는 특정 산업분야를 중심으로 한 개별 산업혁신체제의 총합으로 구성되는 것으로 파악하여야 할 것이다. 즉, 한 국가경제의 중요 산업분야의 혁신체제들의 총합이 국가혁신체제를 구성하게 된다. 이같은 논리가 타당성을 가질 수 있는 것은 현재 대부분의 국가들에 있어서 주요 산업에는 어떤 형태로든 기술 및 혁신을 둘러싸고 사용자-생산자의 관계가 형성되어 있기 때문이다. 산업의 분류방법에 따라서 자본재 산업의 혁신체제, 혹은 농업혁신체제 등의 명칭으로 형성되어 지고 분석되어 질 수 있을 것이다. 한 국가경제에 있어서 이와 같은 혁신을 둘러싸고 구성요소들간의 연계가 잘 이루어지고 있는 산업들은 세계 시장에서 강력한 경쟁력을 보일 것이며, 이같은 연계가 어떤 형태로든 취약하면-예를 들어 사용자의 수요의 부족 혹은

은 생산자의 기술능력의 부족, 혹은 이들간의 쌍방적인 정보흐름의 부족 등-이들 산업분야는 국제시장에서 상당히 낮은 경쟁력을 보이게 될 것이다. 이같은 관점은 한 국가가 모든 산업분야에서 경쟁력을 모두 가지지 못하고 있는데 대한 설명을 가능하게 해주며, 반대로 현재 경쟁력이 취약한 산업분야에서 혁신체제를 잘 구축하면 상당한 경쟁력을 확보·유지할 수 있음을 시사해 주는 것이다.

III. 환경기술혁신체제

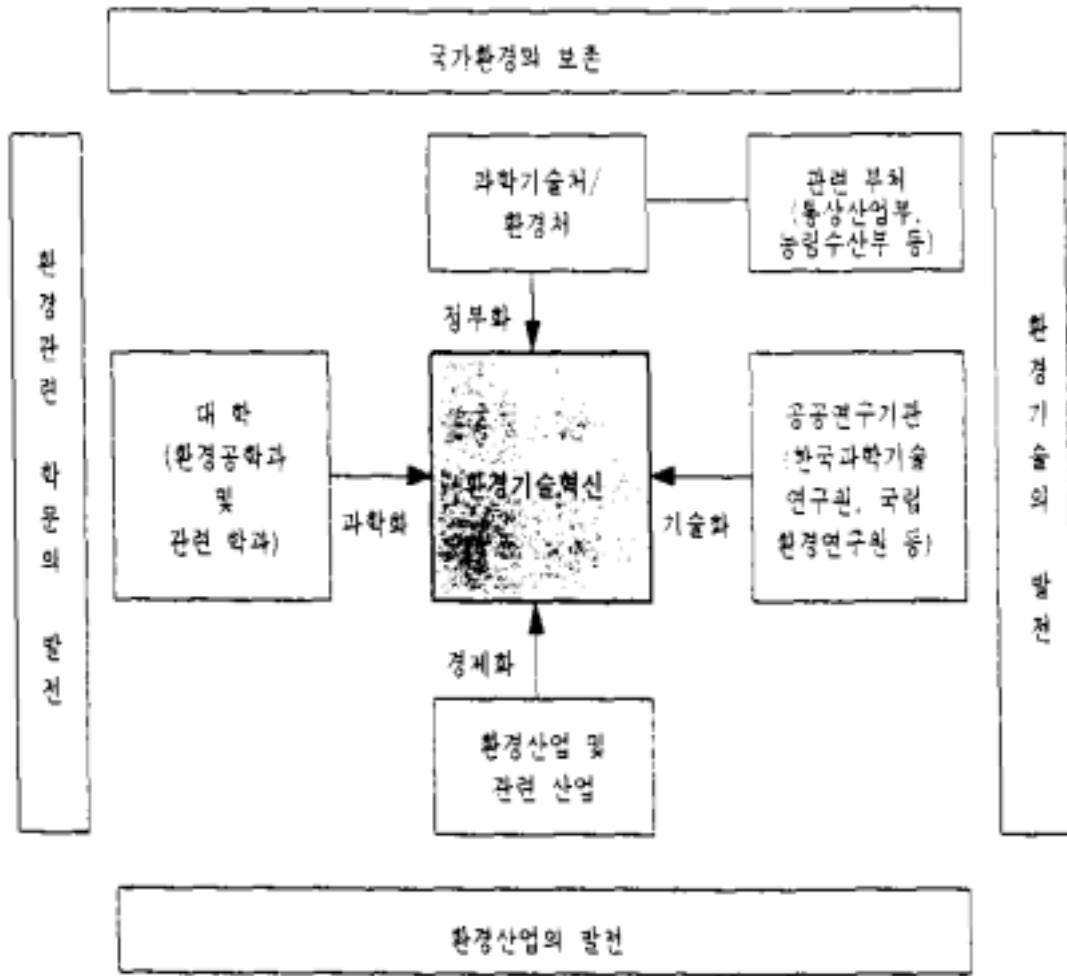
1. 현황과 문제점

선진국들은 통합적 생산기술의 개발 및 활용에 심혈을 기울이고 있는데 비하여, 우리나라의 환경기술은 주로 환경매체 지향적이고, 사후대응을 지향하고 있으며, 전반적인 기술수준이 선진국과 비교하여 상당히 낮다. 아울러 우리나라의 환경기술혁신을 위한 연구개발투자도 상당히 적은 편이다. 우리나라의 환경기술의 수준을 제고하여 새로운 환경기술 및 통합적 환경기술을 개발 확산시키기 위해서는 환경기술혁신을 위한 투자의 확대가 필요하며, 환경기술과 관련된 모든 구성요소들의 긴밀한 협력과 상호작용이 필요하다. 이에 따라, 우리나라의 환경기술의 발전을 위한 유용한 개념으로 국가혁신체제의 개념을 적용할 수 있으며 이로부터 환경기술혁신시스템을 구축할 수 있다. 이와 같은 분석은 그 동안 국가혁신체제에 관한 논의는 국가 전체적인 차원에서 분석되었졌을 뿐 그 구성요소에 대한 분석은 별로 없어왔다는 점에서 상당한 의미가 있다.

우리나라의 환경기술혁신시스템은 90년대를 넘어오면서 우리 사회의 환경의식의 확대와 함께 구체적으로 자리를 잡게 되었다. 환경기술혁신시스템은 <그림 1>에서 나타나 있는 바와 같이 주요 혁신주체로서 공공연구기관, 대학부문, 산업계와, 이들 혁신주체들의 혁신활동을 지원하는 정부부처가 있다. 정부부처의 차원에서는 환경기술혁신에 관계하는 주요 부처로는 과학기술처, 환경부가 있으며 이외에도 통상산업부, 보건복지부, 농림수산부와 같은 관련부처들이 환경기술혁신의 노력에 직·간접적으로 관계하고 있다. 환경기술혁신체제의 궁극적인 목표는 환경기술혁신의 촉발이다. 이 목표는 환경혁신체제의 구성요소들이 각자의 환경친화적인 목표를 추구할 때에 달성이 가능한 것이다.

먼저 정부부문을 살펴보면, 환경문제는 과학기술을 통해 효율적으로 그리고 근본적으로 해결할 수 있다는 점에서 과학기술처가 환경기술의 개발 및 확산에 적극적인 개입을 하여야 한다. 다른 한편 환경은 공공재로서 정부가 직접적인 규제수단이나 경제 지향적인 수단을 통해 개입을 하고 있고 환경기술의 혁신에 있어서도 정부의 효과적인 개입이 대단히 중요하다는 점

<그림 1> 우리나라 환경기술혁신체제의 현황과 강화방향



에서 환경부도 환경기술혁신에 있어 중요한 역할을 담당한다. 이들은 환경기술의 혁신을 통해 국가환경의 보존의 목표를 추구한다. 이들의 국가환경의 보존의 노력은 환경혁신의 촉발로 이어질 것이다. 일반적으로 환경에 대한 혁신 주체들의 접근이 환경의 보존보다는 효율적인 활용 및 경제지향적인 목표를 추구하고 있기 때문에 정부부처들의 보존 지향적인 목표추구는 환경기술의 개발 및 확산의 측면에서도 중요한 공헌을 한다. 정부부처들의 이와 같은 목표의 추구는 환경기술혁신과 관련하여 대형의 환경기술 개발 프로그램의 기획 및 시행으로 이어진다. 가장 대표적인 예로서 선도기술사업(G-7 프로젝트)의 일환으로 G-7 환경공학기술개발사업이 1992년부터 2001년까지 4,315억원이 투자될 계획으로 있다.

정부의 환경기술혁신의 노력을 효과적으로 뒷받침하는 환경기술혁신체제의 중요 구성요소로서 공공연구기관을 들 수 있다. 우리나라의 환경기술에 관한 연구는 1978년 7월 보건사회부의 산하에 국립환경연구소가 설립되면서 미약하나마 본격적인 출발을 보이게 되었다. 그 후 환경에 대한 국민의 인식이 점차 고조되고 환경문제가 급격히 확산되어 환경정책을 뒷받침할 연구 수요가 급증함에 따라 동 연구소를 현재의 국립환경연구원으로 개편하여 환경기술을 종합적으로 연구할 수 있는 체제를 갖추게 되었다. 또한, 환경문제의 다양화 추세에 따라 국립환경연구원 산하에 수계별 수질검사소, 자동차공해연구소 등 전문환경연구소가 설립되었고, 현재 각 시·도의 보건환경연구원도 직제개편을 거듭하여 환경연구에 참여하고 있다(환경백서, 1996). 아울러 과학기술처 산하의 거의 모든 출연연구기관 및 공공연구기관에서도 환경전담 부서를 설립하여 환경분야 연구활동을 확대하고 있으며, 이들은 기관의 특성에 맞는 환경매체별 연구를 수행하고 있다. 예를 들면, 한국과학기술원 환경연구센터에서는 CFC의 대체물질의 개발에 노력하고 있으며, 한국해양연구소에서는 해양오염방지기술의 개발에 노력하고 있다. 통상산업부 산하의 생산기술연구원은 공업기반기술사업의 일환으로 중소기업의 환경친화적인 경영 및 기술개발을 지원하고 있다. 아울러 1993년에는 한국환경기술개발원이 설립됨에 따라 대형 국책연구과제를 수행하는 물론 환경정보의 체계화, 환경과학기술의 개발 등 국내·외 환경문제에 적극적으로 대처하고 있다. 이들 공공연구기관들은 G-7 환경공학기술개발사업에 적극적인 참여를 하고 있다.

대학부문은 국가혁신시스템의 주요 구성요소로서 국가혁신시스템내의 다양한 기관들에서 활동할 인재를 배출하고 기초 지향적인 연구를 통해 국가혁신시스템의 미래발전의 잠재력을 확충하는 중요한 역할을 담당한다. 환경문제는 국가의 미래지향적 발전의 초석이 되는 중요한 사안이므로 대학부문은 학생들의 환경의식의 제고에 공헌을 하며, 아울러 환경친화적인 기초연구의 활성화를 통해 국가혁신시스템의 영속성을 제고한다. 최근 급격히 늘어난 환경수요에 대처하기 위해 대부분 대학에 환경공학과가 설치되어 있으며, 다른 환경관련 학과에서 나름대로의 환경문제의 연구에 상당히 노력하고 있다. 환경기술은 다양한 기술분야의 영향을 받아 발전하고, 통합적 환경기술의 경우에는 다양한 학문분야의 발전과 더불어 발전한다는 점을 감안하면 대학의 모든 학과에서 연구되어지는 학문이 환경문제를 반드시 고려하여야 할 것이다. 대학의 기초연구를 바탕으로 나타나는 새로운 첨단 환경기술은 물론 환경문제를 미연에 방지할 수 있다는 점에서 대단한 의미가 있다. 그러나 우리나라의 국가혁신시스템에서 대학부문은 그 역할이 가장 미미하고, 그 결과 대학부문의 환경친화적인 교육·연구활동은 기대하기가 어려운 점이 많다.

마지막으로, 국가혁신체제의 가장 중요한 구성요소로는 산업계가 있다. 환경문제는 전 산업의 경제활동에서 비롯되는 것으로 경제전체의 모든 산업부문이 이에 해당한다. 국가혁신시스템 중 환경문제를 직접적으로 발생시키는 부문이 산업계인 점을 감안하면 전 산업이 환경친화적인 경제활동을 하여 국가경제전체가 환경친화적인 구조로 바뀌게 되어 국민의 환경의 질 및 생활의 질의 향상에 큰 공헌을 하게 된다. 여기에서 새로운 유망산업으로 환경산업(environment industry)이 대두된다. 환경산업은 전 산업을 수요자로 하여 환경기술을 바탕으로 영업을 하는 기업들을 의미하는데, 우리나라의 경우 환경오염 방지시설업을 비롯한 17개의 업종에 약 10,000여개 업체가 종사하고 있으며 연간 총매출액은 약 4조원에 이르는 것으로 추정되고 있다(환경백서 1996, 336쪽). 이중 가장 대표적인 환경산업은 환경오염방지시설업으로 여기에는 대기오염방지시설업, 수질오염방지시설업, 소음 진동방지시설업 등 3가지로 분류되며, 1995년 기준으로 약 737개 업체가 영업을 하고 있는 것으로 나타났다. 우리나라의 환경산업에 속해 있는 기업들은 대부분이 중소기업인데 특히 환경오염 방지시설업의 737개 기업 중 자본금이 10억원 이상인 기업은 36%에 해당하는 265개 기업이었으며, 자본금 규모가 5억~10억 정도인 기업이 6%에 해당하는 44개 기업이며, 전체의 58%에 해당하는 428개의 기업이 자본금의 규모가 5억 미만인 것으로 나타났다(환경백서 1996, 338쪽). 이처럼 우리나라의 환경산업에 종사하는 기업들이 영세한 이유는 우리나라의 환경기술이 대단히 낮아 고부가가치의 첨단 환경기술을 바탕으로 영업을 하지 못하는 데서 근본원인을 찾을 수 있다. 환경기술은 다른 기술에 비해 막대한 자금이 필요한 반면 기술개발로 인한 수익이 상대적으로 낮으며, 환경기술은 그 특성상 다른 여러 분야의 기술들이 복합되어 발전되는 시스템 기술이라는 점에서 기업들이 전통적인 사업영역에서처럼 공격적인 경영을 하기 어렵다.

이상의 우리나라의 환경기술혁신체제의 특징을 살펴보면, 먼저, 환경기술혁신의 노력이 국립환경연구원, 한국과학기술연구원 등 공공연구기관에 집중되어 있다는 점이 두드러진다. 특히 대학의 역할이 미비하여, 환경산업에 속하는 기업들의 경우에도 환경기술혁신에 큰 공헌을 하고 있지 못하다. 이는 우리나라의 환경혁신시스템의 역사가 일천한 데서 비롯하는 것이다. 이에 따라 정부는 환경기술혁신시스템의 개념에 입각하여 환경관련 부처들의 협력을 통해 공공기관 및 대학의 환경기술혁신에 관한 연구능력을 강화시킬 필요가 있다. 이와 같은 환경기술의 공급주체들의 환경기술의 공급능력의 강화는 우리나라의 영세한 환경산업에 활력을 불어넣을 수 있을 것이다. 예를 들면, 통상산업부는 환경산업의 육성을 할 수 있는 다양한 제도적 장치를 마련하고 다른 산업에서 환경기술을 적극적으로 활용할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있을 것이다. 이는 역으로 환경기술혁신의 공급주체들의 연구능력의 향상에 상당한 동인을 제공할 것이다.

2. 환경기술혁신체제의 강화방법

환경기술혁신이 효과적으로 창출되고 산업화되어 국가의 산업구조가 환경친화적으로 변환되기 위해서는 효율적인 환경기술혁신체제가 구축되어야 할 것이다. <그림 1>에 나타나 있는 것처럼 우리나라에도 환경기술혁신체제가 어느 정도 형태는 갖추어져 있다. 이제는 역사가 일천한 환경기술혁신체제를 강화·세련화시키는 것이 중요하다. 이를 위해서는 환경기술혁신체제의 구성요소들이 환경문제를 정부화, 경제화, 과학화하려는 노력이 필요하다.

먼저 환경문제의 정부화를 살펴보면, 환경은 집합재인 동시에 공공재로서 무료로 사용되는 것으로 인식되어 있기 때문에 경제주체들의 효용극대화의 노력은 필연적으로 환경문제를 발생시킨다. 따라서 정부는 경제주체들의 환경오염을 방지하고, 줄이기 위해서 이들 경제주체들이 이해관계에 대응하여 환경보호의 파수꾼이 되어야 한다. 정부가 혼

환경문제를 해결하기 위해 접근하는 방법으로는 두 가지의 방법을 가지고 있다. 먼저 환경문제의 법제화이다. 정부는 환경을 보호하기 위하여 사회구성원들의 환경폐해적인 행동을 제한하고 변화시키기 위하여 법규를 제정하여야 한다. 이론적인 측면에서 환경규제는 규제대상에 따라 특정제품의 오염물질의 허용한계치를 규정하는 배출규제, 생산공정에 투입되는 원자재 및 공정자체를 규제하는 생산공정규제, 오염물질을 포함한 제품의 생산자체를 규제하는 생산규제로 나누어 볼 수 있다(Tischler, 1994). 그러나 정책실무에 있어서는 일반적으로 환경법규의 제정 및 시행이 환경매체를 중심으로 다양하게 나타난다. 많은 국가들에 있어서 환경문제가 심각해지기 시작한 1970년대 이래로 일련의 환경법규들이 제정되어 왔으며, 우리나라의 경우에도 1990년 8월 1일 환경정책기본법의 제정을 시작으로 자연환경보전법, 환경영향평가법, 소음·진동규제법 등 24개의 법령을 가지고 있다. 그러나 이와 같은 환경매체 지향적인 환경규제가 환경문제를 충분히 해결할 수 있을 것인가는 상당한 의문이 있다. 왜냐하면 환경문제는 어떤 단일의 환경오염으로부터 발생하는 것이 아니라 다양한 오염원이 복합적인 상승작용을 통해 발생하는 것이기 때문이다.

환경문제의 법제화와 아울러 정부가 환경문제를 해결하는데 필요한 것은 환경문제의 제도화 혹은 관리화이다. 앞서서 논술한 환경관련법규 및 규제는 환경에 부담을 주는 사회구성원들의 행위를 제한할 수 있는 준거의 틀만을 제공해줄 뿐 이 같은 법규 및 규정이 효율적으로 집행되는가는 다른 문제이다. 이 같은 환경법규들이 효율적으로 집행되어서 환경문제 해결에 상당한 성과를 거두기 위해서는 정부의 집행능력의 중요성을 들지 않을 수 없다. 정부의 환경문제에 대한 집행은 다양한 부처들에 의하여 제도화 될 수 있다. 가장 대표적인 부처인 환경부는 환경문제가 점점 심각해짐에 따라 이를 종합적으로 대응하는 역할을 담당한다. 환경부가 환경문제에 대해 종합적인 대응을 하는 것고 더불어 정부내의 다른 부처들도 환경문제의 해결에 상당한 노력을 기울이고 있다. 대표적인 정부부처를 예를 들면 과학기술처, 교통부, 농림수산부, 보건복지부, 통상산업부 등이다. 정부가 법률의 제정 및 그 집행을 통하여 환경문제를 정부화 하면 국가혁신체계의 각 구성요소들은 환경친화적으로 행동할 직접적인 유인이 생긴다. 기업들은 환경규제로 인해 환경오염의 발생을 회피하려는 직접적인 유인을 받게 되며, 환경문제의 과학적인 해결책이 있을 경우 환경오염을 줄이거나 방지하기 위한 보다 혁신적인 해결책을 찾을 것이다. 아울러 정부는 대학 및 공공연구기관들은 환경기술혁신에 관한 연구를 강화하여 기업들에 대한 환경기술의 공급을 원활하게 할 수 있을 것이다. 또한 정부의 환경문제에 대한 적극적인 개입은 환경기술혁신을 위한 재정지원의 증가를 가져와 환경기술혁신체제의 기초를 튼튼하게 할 것이다.

두 번째로, 환경기술혁신체제의 구성요소로서 대학 및 공공연구계는 환경문제의 과학화를 통해 환경기술혁신의 창출에 직접적인 공헌을 할 수 있다. 과학기술은 환경문제의 사후처리적인 측면과 사전적 방지의 측면에서도 중요한 공헌을 한다. 환경문제의 해결에 있어서 과학기술은 다른 정책수단과 달리 생산시설 및 공정에 있어서 환경문제의 근본적인 해결을 가져올 수 있다는 점에서 중요하다. 특히 많은 국가에서 사용하고 있는 환경규제에 있어서 환경기준의 설정은 "현재의 이용 가능한 기술의 수준"을 바탕으로 이루어지기 때문에 이같은 기술의 수준을 확장하는 것이 환경문제의 해결에 초석이 되고 있다. 이같은 이용 가능한 기술수준의 확장은 다양한 학문과 기술분야의 상호작용적인 협력을 통해 탄생하기 때문에 환경기술혁신체제에 참여하는 환경 관련 학문 분야 및 기술분야의 긴밀한 상호작용이 강조된다. 한편 앞으로의 과학기술의 발전은 환경에 부담을 주지 않는 방향으로 이루어져야 할 것이다. 기존의 환경문제를 해결하는 과학기술의 대표적인 사례는 환경오염처리기술로 이는 현재의 환경산업의 근간을 형성하고 있다. 그러나 이 글에서도 살펴보았듯이 최근의 환경친화적인 과학기술의 발전 및 활용은 청정기술과 같은 통합적 환경기술로 옮겨지고 있는데 이 기술의 개발은 대학, 공공연구기관, 산업계의 긴밀한 상호작용을 통해 개발될 수 있다. 아울러 환경문제를 예방하는 연구로서 환경영향연구(impact analysis)와 생태계 연구의 상당한 진보를 필요로 한다. 여기에서의 대표적인 지원수단으로는 환경연구기관, 대학 환경공학과 및 관련학과에 대한 제도적인 지원과 프로젝트 지원, 공동연구지원을 들 수 있다.

세 번째로, 환경문제를 해결하는데는 경제계의 다양한 구성요소들이 자율적으로 환경문제를 해결해 주면 더 큰 효과를 발휘할 수 있을 것이다. 기술혁신을 통해 환경친화적인 환경기술이 개발되어져 있다하더라도 산업계가 이와 같은 기술들을 적극적으로 활용하지 않으면 큰 효과를 볼 수 없다. 이에 따라 정부는 환경오염자들이 자발적인 환경친화적인 기업행위를 할 수 있도록 상당한 정도의 경제적 유인을 제공할 필요가 있다. 환경문제를 해결하는데 있어서 정부화의 일환으로 환경법규를 집중적으로 활용하는 것은 민간의 경제활동을 상당히 위축한다는 비판을 받는다. 환경규제는 환경과 관련한 민간의 자발적인 의사결정의 여유를 좁히며, 특히 환경문제를 근본적으로 해결할 수 없을 뿐만 아니라, 현재의 기술수준을 지향하여 환경분야의 기술적인 진보를 방해하는 역할을 한다. 이에 따라 기업들이 자

신의 경제적인 이익에 기초한 환경문제의 해결을 요구하며, 이에 따라 경제적인 유인제도에 관한 논의가 활발하게 진행되고 있다. 이와 같은 경제적 유인제도의 적극적인 활용은 기업의 독자적인 의사결정 속에서 환경기술의 적극적인 활용을 가능하게 해준다. 예를 들면, 환경세의 강화 및 배출권 가격의 상승은 기업들로 하여금 환경오염을 회피하기 위한 근본적인 해결책을 강구하게 하는데 이때 환경기술혁신시스템의 대학 및 공공연구기관, 그리고 환경산업 부문에서 충분히 이용가능한 혁신적인 환경기술을 제공할 능력이 있을 때 기업들은 환경기술을 통해 환경문제의 근본적인 해결을 추구할 수 있을 것이다. 경제적인 유인제도는 정부가 직접적인 개입을 할 필요가 많지 않기 때문에 집행하기가 간단하며 그 효과가 단기에 나타나는 장점이 있다.

환경문제가 심각해져가며 환경기술이 점점 발전하게 됨에 따라 환경기술을 바탕으로 한 새로운 산업으로서 환경산업이 탄생하게 된다. 이를 환경문제의 산업화라고 명명할 수 있는데, 여기에서는 기업들이 환경문제를 해결하기 위해 다양한 환경기술들을 활용하여야 하며, 이 기술을 바탕으로 환경산업이 창출된다는 논리이다. 환경문제의 산업화는 환경오염을 감소한다는 측면도 있지만 새로운 산업을 창출함으로써 고용을 창출 유지한다는 점에서 국민경제적으로 상당한 의미가 있다. 환경산업은 대단히 빠르게 성장하는 산업임에도 불구하고 이에 대한 정의를 하기 어렵다. 그러나 OECD는 환경산업을 다양한 환경매체에 있어서 환경보호를 하게 하기 위해 제공되어지는 재화 및 서비스를 포괄하는 것으로 파악하고 1) 환경장비, 2) 환경서비스, 3) 산업공정 및 청정제품에 있어서 통합적 환경기술로 나누어 정의하고 있다. 환경산업은 국가경제의 전부문의 환경친화성을 달성하고 환경친화적 국가경제구조를 구축하는데 가장 중요한 역할을 한다는 점에서 국가가 이를 적극적으로 육성할 필요가 있다. 대표적인 지원수단으로는 환경산업에 속하여 있는 기업들에 대한 조세감면제도, 주요 기자재에 대한 특별상각, 연구요원 고용을 위한 특별보조금 제도, 다양한 산업에서 핵심환경기술을 도입하는 기업들에 대한 간접특정 지원제도 등을 들 수 있다.

IV. 맺음말: 환경기술혁신체제를 넘어서

이 글에서는 국가전체 차원에서 환경기술혁신을 달성하여 국가경제에 이바지할 수 있는 개념으로써 환경국가혁신시스템에 관해 논술하였다. 우리나라에도 '90년대에 들어서면서 환경기술혁신체제가 구축되어 있으나 전반적인 기술혁신 창출능력이 낮으며, 구성요소들간 혁신창출능력도 상당한 차이가 있다. 이 점에서 환경기술혁신시스템을 강화하고 세련화시켜야 할 것이다. 이 글에서는 환경기술혁신시스템을 강화할 수 있는 방법으로 혁신주체들의 개별적인 노력을 강조하였다. 무엇보다도 정부부처의 환경문제에 대한 적극적인 관심과 개입(정부화), 대학 및 공공연구기관과 같은 연구개발주체들의 과학기술을 통한 환경문제의 해결노력(과학화), 환경산업계의 환경기술의 산업화 및 전체 산업의 환경문제의 자발적인 해결 노력(경제화)등을 강조하였다. 이를 바탕으로 우리나라의 환경기술혁신체제가 세련화 되면 환경기술혁신이 효과적으로 창출될 것이며, 이는 아직 대단히 영세한 상황에 있는 환경산업의 활성화를 가져와 환경산업이 앞으로의 전략산업이 될 수 있는 계기를 마련해 줄 것이다.

이처럼 새로운 환경기술이 전 산업에 확산되어, 국가경제의 환경친화적인 구조의 조정이 진행된다면 국가혁신체제의 가장 중요한 구성요소인 기업들에 의해 국가혁신체제 자체의 환경친화성이 점차 강화될 수 있을 것이다. 그 동안의 국가혁신체제의 목표가 물질적인 측면에서의 국가경쟁력 향상을 강조해 왔으나 환경친화적인 국가혁신체제에서는 물질적인 측면은 물론 환경적인 측면에서도 국제 경쟁력의 강화가 아울러 추진될 것이다. 여기에서 환경기술혁신체제가 확고하게 자리매김을 하는 것은 국가혁신체제가 환경친화적으로 바뀔 수 있는 근본적인 토대가 될 것이다. 환경문제는 국가경제의 전 산업에 해당되는 문제인 점을 생각하면 모든 산업혁신체제가 환경친화적으로 변환되어야 할 필요가 있다. 이를 경제학에서는 환경적 현대화(ecological modernization)이라고 명명하고 있으며(예를 들어 Tischler, 1994, 279~305쪽), 기술경제학자들은 "기술경제패러다임의 녹색변화(green techno-economic paradigm)로(예를 들어 Freeman, 1992, 191~211쪽) 명명하고 있다. 이는 결국 앞에서 논술한 모든 산업혁신체제가 환경친화적인 변환하는 것을 의미하는 것으로서 이는 국가혁신체제의 환경친화적인 변환을 의미하는 것이다.

물론 환경기술혁신만이 국가의 환경문제를 해결하고 국가의 지속적인 발전을 달성하는데 공헌을 하는 것이 아니다. 국가경제 혹은 국가혁신체제가 환경친화적으로 변환하는 데에는 국가혁신체제를 구성하는 모든 구성요소들의 환경의식의 제고 및 확산이 중요하다. 환경친화적인 국가혁신체제의 달성을 위한 구성요소들의 환경문제의 정부화, 과학화, 경제화의 노력은 이들이 충분한 환경의식을 가지고 있을 때에만 가능할 것이다. 이 점에서 정부는 환경의식의 확산에 보다 많은 노력을 기울여야 할 것이며, 이는 국가혁신체제 구성요소들의 환경친화적인 행동을 상호 연결하

주어 국가혁신체제가 환경친화적으로 변환하여 국가경제의 환경친화적인 현대화를 가능하게 해 줄 것이다.

[참고문헌]

- 1) 과학기술처(1995), 과학기술연구활동조사보고
- 2) 과학기술처(1996), 환경관련 연구개발사업현황, 8월.
- 3) 김병완(1994), 한국의 환경정책과 녹색운동, 나남신서.
- 4) 정선양(1995), "지방화 시대를 대비한 새로운 정책개념으로써 "통합적 지역혁신정책"의 모색", 한국정책학회 1995년 동계 학술대회, 한국외국어대학교, 11월 18일.
- 5) 정선양(1996), "농업발전과 기술혁신", 한국정책학회 1996년 하계 학술대회, 한국외국어대학교, 6월 15일.
- 6) 환경연구회, 환경논의의 쟁점들, 1994
- 7) 환경부(1996), 환경백서.
- 8) Boehm, E.(1995), "Entwicklungs-tendenzen in der Umwelttechnologie", in: Zahn, E.(Hrsg.),

- Handbuch Technologiemanagement, Stuttgart, Schaeffer-Poeschel Verlag, S. 151~168.
- 9) Bruno, S., Cohendet, P., Desmartin, F., Llerena, D., Llerena, P., and Sorge, A.(1991), *Modes of Usage and Diffusion of New Technologies and New Knowledge: A Synthesis Report*, Commission of the European Communities, Brussels.
 - 10) Chung, S.(1996), *Technologiepolitik fuer neue Produktionstechnologien in Korea und Deutschland*, Heidelberg, Physica-Verlag.
 - 11) Edquist, C. and Lundvall, B. - A.(1993), *Comparing the Danish and Swedish Systems of Innovation*, in: R. R. Nelson(Editor) *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press, New York/Oxford, pp. 265-298.
 - 12) Freeman, C.(1982), *The Economics of Industrial Innovation*, Massachusetts, The MIT Press.
 - 13) Freeman, C.(1988), *Japan: A New National System of Innovation?*, in: G. Dosi et al. (Editors), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, London/New York, pp. 330~348.
 - 14) Freeman, C.(1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, Pinter Publishers, London/New York.
 - 15) Hauff, V., Scharpf, F. W.(1975), *Modernisierung der Wirtschaft: Technologiepolitik als Strukturpolitik*, Europ ische Verlagsanstalt, Frankfurt am Main/Koeln.
 - 16) Hiessl, H., Meyer-Krahmer, F., Schoen, M.(1995), *Auf dem Weg zu einer voe kologischen Stoffwirtschaft (Teil II: Die Rolle einer ganzheitlichen Produktpolitik)*, in: *GAiA* 4, No. 2.
 - 17) Johnson, B.(1992), "Institutional Learning", in Lundvall, B. - A.(Editor), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, London, pp. 24~44.
 - 18) Kemp, R. and Soete, L.(1992), "The Greening of Technological Change", *Futures*, June.
 - 19) Krugman, Paul(1994), "Does Third World Growth Hurt First World Prospertiy", *Harvard Business Review*, July-August.
 - 20) Krupp, H.(Editor)(1990), *Technologiepolitik angesichts der Umweltkatastrophe*, Physica-Verlag.
 - 21) Lundvall, B. -A.(1988), *Innovation as an Interactive Process: User-Producer Relations*, in: G. Dosi et

- al.(Editors), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, London/New York, pp. 349~369.
- 22) Lundvall, B. -A.(Ed.) (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Publishers.
- 23) Majer, H.(1992), *Wirtschaftswachstum: Paradigmenwechsel vom quantitativen zum qualitativen Wachstum*, Muenchen/Wien, Oldenbourg.
- 24) Nelson, R. R.(1988), *Institutional Supporting Technical Change in the United States*, in: G. Dosi et al.(Editors) *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, London/New York, pp. 312~329.
- 25) Nelson, R. R.(Ed.) (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, New York /Oxford, Oxford University Press.
- 26) OECD(1996), *The Global Environmental Goods and Services Industry*, Paris.
- 27) Patel, P. and Pavitt, K.(1994), *The Nature and Economic Importance of National Innovations Systems*, STI Review, OECD, Paris, pp. 9~32.
- 28) Perez, C.(1983), "Structural Change and the Assimilation of New Technologies in the Economic and Social System", *Futures*, 15, pp. 357~375.
- 29) Piekenbrock, D., Olsson, M.(1996), *Gabler Lexikon Umwelt- und Wirtschaftspolitik*(2. Auflage), Augsburg, Gabler.
- 30) Porter, M. E.(1990), *The Competitive Advantage of Nations*, The Free Press, New York.
- 31) Roobeek, A. J. M.(1990), *Beyond the Technology Race: An Analysis of Technology Policy in Seven Industrial Countries*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- 32) Simon, H.,(1992), *Lessons from Germany's Midsized Giants*, *Harvard Business Review*, March-April, pp. 115-123.
- 33) Simonis, Udo, Ernst(Hrsg.) (1988), *Präventive Umweltpolitik*, Campus.
- 34) Staudt, E., Schmeisser, W.(1986), *Der Betrieb als Objekt der Technologiepolitik*, in: E. Staudt(Editor), *Das Management von Innovation*, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Frankfurt, pp. 184~195.
- 35) Tischler, K(1994), *Umweltökonomie*, Oldenbourg.
- 36) Wicke, Lutz(1993), *Umweltökonomie: Eine praxisorientierte Einführung*, Verlag Franz Vahlen.