녹색성장 연구 11-19-6-2

산업의 녹색기술개발과 표준화를 위한 법제연구(Ⅱ)

- 미국의 녹색기술혁신을 위한 정책과 법 -

Daniel Farber

한국법제연구원
KOREA LEGISLATION RESEARCH INSTITUTE

녹색성장 연구 11-19-6-2

산업의 녹색기술개발과 표준화를 위한 법제연구

- 미국의 녹색기술혁신을 위한 정책과 법 -

Daniel Farber

한국법제연구원
KOREA LEGISLATION RESEARCH INSTITUTE

산업의 녹색기술개발과 표준화를 위한 법제연구

-미국의 녹색기술혁신을 위한 정책과 법-

Legal and Policy Approaches for Green Technology Innovation and Standardization

- Clean Technology: Challenges for the Legal System and Legal Education -

연구자 : Daniel Farber(UC Berkeley)

2011. 12. 30.

한국법제연구원
KOREA LEGISLATION RESEARCH INSTITUTE

요 약 문

Ⅰ. 배 경

□ 에너지 사용에 따른 탄소배출로 인해 청정기술(CT: clean technology)의 필요성이 발생했다.

□ CT에 대한 투자가 급속하게 늘어 이와 관련하여 새로운 법적 문제가 중요한 분야로 대두할 것으로 예상한다.

Ⅱ. CT의 특성

□ 부분적으로는 규제와 환경목표를 달성하기 위한 CT 기술은 앞으로 수십 년간은 주로 탄소배출을 목표로 하는 형태로 단계적으로 발전해 나갈 것이다.

□ 소프트웨어와 같은 여타 첨단기술 분야와 달리 기술을 활용하기 전에 대규모 투자가 필요하기 때문에 생산비용이 대단히 높다. 이러한 특성으로 인해 필요한 자금조달의 특성에 변화가 나타난다.

□ 또한, CT는 협력적 결정 및 부대 비용이 필요하게 되는데, 예를 들어 재생에너지원의 입지선정과 그리드의 개발 간에 조정이 이루어지는 것과 같다. 마찬가지로 자동차용 재생연료도 차량설계와 연료공급시스템의 변화를 요구한다.

□ 대부분의 사업 분야와 달리 규정은 단지 사업운영에 있어

서 장애가 아닌 CT 시장형성에 중요한 역할을 한다.

○ 탄소 배출 제한을 통해 CT의 수요를 창출한다.

○ 신재생에너지 의무할당제(renewable portfolio standard)와 같은 규정을 적용하면 더욱 직접적으로 CT시장을 촉진할 것이다.

Ⅲ. CT는 새로운 환경에서의 다양한 법 영역에서 발생되는 문제들이 결합하여 나타난다.

□ CT 발전을 공고히 하는데 필요한 혁신정책을 마련하기 위해서는 전통적인 지식재산권(IP rights) 뿐만 아니라 CT 개발을 촉진할 수 있는 새로운 도구를 개발해야 한다. 혁신에 대한 인센티브를 유지하면서 기술이전원칙을 정해서 개발도상국이 CT에 접근할 수 있도록 해야 한다.

○ CT 에너지시설을 건설하고 그리드와의 통합과 관련한 장벽을 제거하기 위해서는 에너지 규제와 환경법을 수정해야 한다.

○ 실리콘밸리의 특성인 자기자본기반과 반대개념인 대출자금 기반 자금조달에 더 의존해야 하는 벤처자본 자금조달방식이 CT의 상업화에는 적합하지 않기 때문에 자금조달에 있어서 특수한 문제가 나타난다.

Ⅳ. CT는 법조인을 위한 새로운 교육을 필요로 한다.

○ CT 법률교육은 에너지법과 환경법, IP(지식재산), 기업재정 등과 같은 전통적으로 분리되어 있는 법 영역에 대한 지식을 요구한다.

□ CT관련 법률교육은 에너지시스템 운영에 대한 기본적인 지식도 요하므로 법학도는 에너지 분야의 과학, 공학, 경제학을 접해야 할 필요가 있다.

주제어: 청정기술, 재생에너지, 지적재산권, 벤처자본, 기후변화 완화, 프로젝트 파이낸싱, 에너지법

Abstract

Ⅰ. Background

□ The need for clean technology (CT) springs from carbon emissions from energy use.

□ Investment in CT is expected to grow rapidly, opening up an important new area of related legal issues.

Ⅱ. Distinctive Features of CT

□ The phased development of these technologies, in part driven by regulatory and environmental goals, primarily in the form of carbon emissions targets for future decades.

□ Unlike other high technology fields like software, production costs are very high requiring large scale investments before the technology can be used. This changes the nature of the financing required.

□ CT also presents the need for coordinated decisions and associated costs, For instance, siting for renewable energy sources has to be coordinated with the development of the grid. Similarly, renewable vehicles fuels may require changes in vehicle design and in the fuel distribution system.

□ Unlike most business sectors, regulation is not simply a barrier to business operations but is critical to creating the market for CT.

○ Restrictions on carbon emissions create demand for CT as an alternative.

○ Other interventions, like renewable portfolio standards, more directly promote markets for CT.

Ⅲ. CT combines issues from various areas of law in a new setting.

□ Innovation policy requires the development of new tools, in addition to traditional IP rights, to foster the development of CT. Technology transfer rules must give developing countries access to CT while maintaining the incentives for innovation.

○ Modifications in energy regulation and environmental laws are needed to remove barriers to the construction of CT energy facilities and their integration with the grid.

○ Financing present special problems because the kind of venture capital financing that has characterized Silicon Valley may not be suitable for CT commercialization, which may require a greater use of debt-based financing as opposed to equity-based.

Ⅳ. CT will require new kinds of education for lawyers.

○ CT legal practice requires knowledge of energy law, environmental law, IP, and corporate finance, which are traditionally very separate areas of the law.

□ CT practice also requires some basic understanding of the operation of energy systems, which requires law students to be exposed to the science, engineering, and economics of energy.

Key words : clean technology, renewable energy, intellectual property law, venture capital, climate change mitigation, project financing, energy law

목 차

Clean Technology: Challenges for the Legal System and Legal Education

Daniel Farber[1)]

Clean technology (CT) is a priority because of the need to control emissions of greenhouse gases, but adoption of CT can also help energy security and promote public health by reducing conventional air pollution. As compared with other "high tech" fields, CT has several distinctive traits: high upfront costs for construction and installation; the need for coordinated decisions and associated high infrastructure costs; the necessary role of government on the demand side; and phased development driven by regulatory and environmental goals. These characteristics have implications for the legal framework of CT compared with other technology areas: a greater need to address licensing practices in addition to the definition of IP rights, expansion beyond the traditional Silicon Valley VC model to new forms of financing involving greater debt capital, and new regulatory strategies to promote the use of CT and lower barriers to CT deployment. Addressing these issues will require contributions from diverse legal fields: IP law, corporate finance, energy law, and environmental law.

1) Sho Sato Professor of Law and Chair, Energy and Resources Group (ERG), University of California, Berkeley. This paper evolved from a joint project with Professor Eric Talley, but he was unable to continue work on the project due to other commitments.

Introduction

Until recently, energy has been a staid area of legal practice and a largely ignored area of legal teaching and research. Public utility law was long considered (rightly or wrongly) a routine, static subfield of regulatory law and economics:

> The question of energy has long dominated the shape of our society, but the emphasis we have placed on making sound energy policy rarely has matched the subject's importance. Critical energy decisions-from electric generation mix to transmission planning, from fuel economy to infrastructure efficiency-have come under repeated and varying federal and state scrutiny, but by and large our nation's energy policy has been this: let the market act, let the market decide, and so long as the product is not one that butts up too harshly against negative short-term economic effects, carry on, no matter how mish-mashed, short sighted, or contradictory the rationales and results might be.[2)]

Traditional energy regulation was based on a limited number of goals, none of them related to sustainability:

> Energy policy in the United States, from the conception of domestic energy regulation through today, has focused on: first, assuring abundant supplies of energy; second, maintaining reasonable prices;

2) Lincoln L. Davies, *Energy Policy Today And Tomorrow - Toward Sustainability?,* 29 Journal Of Land, Resources & Environmental Law 71, 72 (2009). The economic effects of renewable energy policy may be more positive, at least under certain circumstances, than is commonly believed. See Jürgen Blazejczak, Frauke G. Braun, Dietmar Edler, and Wolf-Peter Schill, Economic Effects of Renewable Energy Expansion: A Model-Based Analysis for Germany (2011), available at SSRN: http://ssrn.com/abstract =1940413.

> third, limiting the ability of industry players to exercise market power and set non competitive prices; fourth, promoting competition among fuels based on price and quality; and fifth, focusing on supporting a very limited number of "conventional" fuels, specifically, "oil, natural gas, coal, hydro-power, and nuclear power."[3)]

But the energy sector is now facing a transformative moment.[4)] Driven by urgent concerns about climate change and energy security, our economy is pressed to reduce the use of fossil fuels through renewable and alternative energy and efficiency measures. Making this shift will require the discovery and implementation at scale of new technologies, providing challenges that may dwarf the shift from punch card driven mainframes to internet linked PCs. According to some observers, "[t]the growth of clean energy looks as if it will be one of the major economic engines of the coming decades," with some estimates of $200 billion in spending by 2030.[5)]

The need for clean technology (CT) springs from carbon emissions from energy use. For this reason, markets for CT vary geographically. As Table 1 shows, carbon emissions are not evenly distributed globally. It is particularly important for high emission countries to rapidly adopt improved technologies, meaning that China and the United States are key in terms of using CT to combat climate change.

---

3) *Id.* at 74.

4) Michael B. Gerrard (ed.), The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables (2011), is a useful source of information on this topic. A survey of policy issues for the U.S. government is provided by President's Council of Advisors on Science and Technology, The Energy Imperative: Technology and the Role of Emerging Companies (2006).

5) Michael B. Gerrard, *Introduction and Overview,* in Gerrard, *supra* note 4, at 2.

Table 1: Global Distribution of CO_2 Emissions

Country	Percentage of Global Emissions (2007)
China	23%
United States	20%
European Union	14%
Russian Federation	5%
Korea	2%
Rest of the World	36%

Source: WRI, CAIT v. 8.0

The transformation of the energy system involves tremendous challenges. The most obvious challenges are technological and economic, but changes of this magnitude also have a legal dimension. Lawyers played an important role in the information technology (IT) revolution through their work on intellectual property (IP) and on new forms of finance for entrepreneurial technology forms. Law will play an even more important role in CT because of government's key role on the demand side of CT.

This article represents a first effort at thinking through a set of topics for research and teaching in the law and CT space. After an overview of the CT space, the substantive analysis begins with a section on innovation policy, followed by a section on finance issues. The article then addresses the connections between CT, energy regulation, and environmental law. After these discussions of the legal and policy dimensions of CT, the Articles turns to the implications of CT for legal education.

A few initial words are appropriate on the definition of the subject. CT is an exciting emerging field involving cutting edge technologies, innovative policies, and an array of novel financial and regulatory mechanisms. At

the leading edge, boundaries can be difficult to clearly define, and CT may never have precise boundaries. In broadest terms, CT spans a wide range of technologies designed with environmental concerns in mind. Such technologies extend across diverse sectors, including but by no means limited to energy, water and wastewater, agriculture, and materials. In this broad sense, CT includes products, services, and processes that reduce their resource use, energy consumption, and/or waste streams relative to their conventional counterparts.[6)]

This article, however, will focus more narrowly on technologies that reduce energy consumption and greenhouse gas emissions reductions, including electricity generation, energy storage, energy infrastructure, energy efficiency, vehicles and transportation fuels.[7)] As the CT field continues to develop and grow, so too will its boundaries continue to evolve. The CT energy space that we have identified poses distinctive legal issues and is becoming the domain of specialized legal practice groups.

The specific CT energy space being explored comes into increasingly sharper focus as one plumbs a nested set of categories that one could represent in a Venn like fashion as depicted in Figure 1.

---

6) Ron Pernick & Clint Wilder, The Clean Tech Revolution: Discover the Top Trends, Technologies, and Companies to Watch 2-3 (Reprint ed. 2008). Since supplying water is an important use of energy, policies addressed to improved efficiency can indirectly reduce carbon emissions. See Steven Weissman and Lindsay Miller, *The California Public Utiities Commission's Pilot Program to Explore the Nexus of Energy Efficiency and Water Conservation,* 22 Pacific McGeorge Global Business & Dev. L. J. 257 (2010).

7) This working definition fits with the technology vision set forth by the U.S. Climate Change Technology Program to reduce greenhouse gas emissions, as detailed here: U.S. Department of Energy, Strategic Plan (2006), http://www.climatetechnology.gov/stratplan/final/index.htm (last visited Apr 26, 2010).

Figure 1. Characterizing the CT Energy Space

The private sector activities of greatest interest for present purposes are those that focus on bringing CT to market, including innovation, finance, and regulation. Although our focus is on the private sector, government policies play a fundamental role in creating demand and shaping utilization in the CT sector – thus, the topic of CT cuts across public and private law.

Even with the above parameters, drawing boundaries is not always easy. For example, improvements in water efficiency may substantially reduce energy needs because so much energy is used to move water, especially in the American West.[8] Even so, technologies directed to other environmental ends (for instance, reducing air or water pollution) fall farther from our core interest. Furthermore, climate change measures will have implications for the private sector, such as the possible creation of a large market in carbon related instruments. Other climate change issues may impact developers, such as changes in land use patterns in the

8) In California, for example, 19% of all electricity used in the state is used for water-related activities, see Gary Klein et al., California's Water-Energy Relationship 8 (2005).

direction of decreased sprawl. Despite their importance, these changes are also outside the CT space for present purposes. Before leaping into the issues associated with innovation, finance, and policy, though, it is useful to add both context and depth to our understanding of the CT energy space.

CT is potentially a very broad field, encompassing all technologies designed to produce environmental benefits. As explained above, this article will focus more narrowly on a subset of technologies that harness solar, wind, tidal, and geothermal power, as well as the use of biomass for power and liquid transportation fuels. As so defined, CT has a unique cluster of characteristics that shape the development of this sector and mold the related legal and policy issues. Apart from the convenience of having a narrower field of investigation, it is the existence of these unifying features that motivates our narrower focus on energy CT.

These unifying characteristics, which will be discussed in depth in Section I.C, include high upfront costs, the need for coordinated decisions and associated costs, the necessary role of government on the demand side, and he phased development of these technologies, in part driven by regulatory and environmental goals.[9] These characteristics will result in a greater need to address licensing practices in addition to the definition of IP rights, in an expansion beyond the traditional Silicon Valley VC model to new forms of financing involving greater debt capital, and to new regulatory strategies. Addressing these issues will require contributions from diverse legal fields: IP law, corporate finance, energy law, and environmental law.

One goal of this article is to begin to address some of the information

9) See Part II(C) below for discussion of these characteristics.

gaps that hinder policy development. Lack of information and analysis is among the significant barriers to the development of renewable energy, according to the IPCC:

> Barriers to making and enacting policy include a lack of information and awareness about RE resources, technologies and policy options; lack of understanding about 'best' policy design or how to undertake energy transitions; difficulties associated with quantifying and internalizing external costs and benefits; and lock in to existing technologies and policies.[10)]

Legal and policy analysts can play a key role in overcoming these challenges. Some of the issues are universal, but some are country specific, making it important for the legal establishment in each country to take responsibility for investigating the appropriate framework for developing CT there.

In the developed world, the Industrial Revolution of the 19th and early 20th centuries saw the transformation from an energy system based on wood burning and animal power to one based on coal and oil. Today, that energy transformation has reached most of the world, although some of the poorest segments of the world population are still living in the pre industrial age in terms of energy. But we have learned in the past few decades that another great transformation of the energy system is required, because our dependence on fossil fuels is not sustainable. CT is not merely a marginal add on to the energy system. Instead, environmental sustainability requires that by mid century, the energy system be dominated by CT in its various forms. A transformation of this order will certainly

10) C. Mitchell, Policy, *Financing and Implementation,* in IPCC, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation 17 (2011).

not leave the legal sphere untouched. In fact, as we will see, law is an integral part of the process of change that is required in order to reach the goal of a transformed energy system.

Ⅰ. An Overview of the Clean Technology Space

CT is obviously different from the dominant fossil fuel technologies, which have changed only incrementally in the past century. Besides technology novelty, CT is typically less prone to economies of scale than conventional technology, so that it takes the form of multiple distributed facilities rather than focusing on a relatively small number of generators. Within the area of low carbon energy, some forms continue to involve massive facilities such as large hydroelectric dams and nuclear reactors. The transportation sector, too, tends to involve distinctive large scale enterprises given the nature of rail infrastructure, vehicle manufacturing, and fuel refining and distribution. But buildings and the electrical system provide a distinctive setting for small to mid scale ventures to develop and commercialize new technologies. Our focus, then, will be on those sectors.

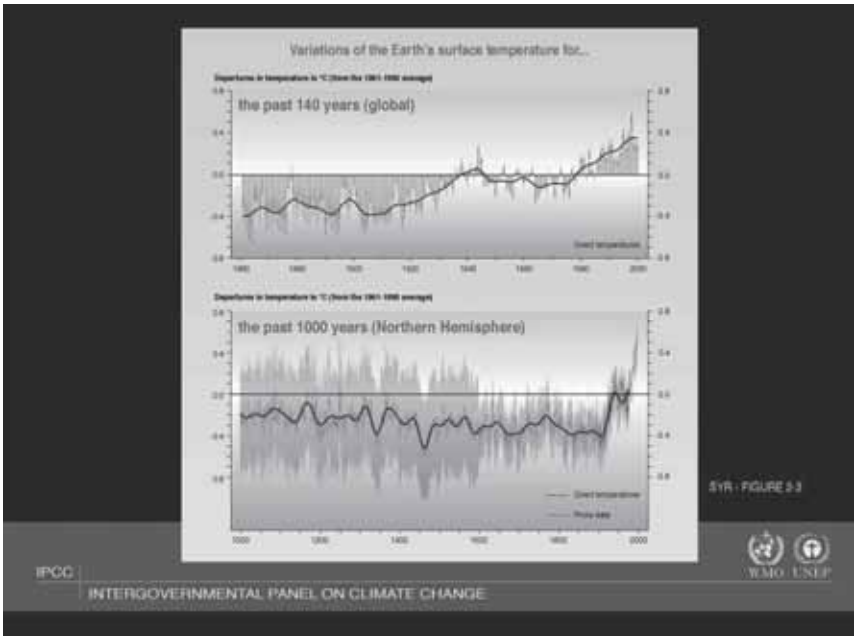
Before examining the legal context for CT, we need a better understanding of the CT space. This section begins by explaining the reasons for adopting CT, since these reasons motivate the entire development of technology. The next topic is the role of CT in the energy system and its current expansion. Finally, the section takes a careful look at the factors that distinguish CT from other sectors with innovative technologies such as information technology or biotech. These special characteristics of CT are crucial for understanding the legal challenges that must be overcome in the transition to a low-carbon economy.

A. The Need for Clean Technology

CT can provide numerous benefits, including increased energy security, but there is no doubt that the primary motivator is environmental. Among environmental drivers of CT, one stands out. Clean technology is important in terms of other environmental harms, but it is most vital because of the problem of climate change. Thus, to understand CT, we must first take a few moments to discuss the issue of climate change.

Although it is common to think of climate change as a future problem, the reality is that climate change is already underway. As the following Figure shows, global temperatures are already above the norms for the past few centuries and the past thousand years:

Figure 2. Temperature Trends



As this figure indicates, the up-shift in temperatures in the past century is unmistakable. With rare exceptions, recent years rank at the top of the list of the warmest global temperatures.[11] Depending on future emissions and climate sensitivity, the world will end up 2 – 7 ˚C warmer than it is today.[12] Temperature change in the arctic will be about twice as large.[13] Even warming of 2 ˚C would leave the earth warmer than it has been in millions of years.[14] Thus, unless greenhouse gases are brought under control, we will be entering largely uncharted territory for human civilizations.

Clearly we need to begin assessing and responding to the foreseeable impacts. Those impacts have large implications for our society. Sea level rise is one of the most predictable climate change impacts.[15] Apart from the potential contribution of melting from Greenland and Antarctica,[16] the simple change in temperature of the oceans will contribute to thermal expansion, just as increased temperature causes the mercury in a thermometer to rise.[17] This rise in sea level will result in loss of coastal lands,[18]

---

11) David Archer and Stefan Rahmstorf, The Climate Crisis: An Introductory Guide to Climate Change 43 (2010).

12) *Id.* at 129.

13) *Id.* at 133.

14) *Id.* at 225.

15) See e.g., K. Hasselman et al., *The Challenge of Long-Term Climate Change,* 302 Science 1923, 1924 (2003) (Figure 2) (predicting a two meter increase in sea level under a "business as usual" scenario by 2100; but only 20 centimeters under an optimum regulatory strategy).

16) On the potential for catastrophic melting in these areas, see Nicholas Stern, The Economics of Climate Change 16 (2007); IPCC, supra note 10, at 16.

17) Changes in ocean temperature will also affect fish stocks. See Hans O. Portner and Rainer Knust, *Climate Change Affects Marine Fishes Through the Oxygen Limitation of Thermal Toleration,* 315 Science 95 (2007).

18) A. Barrie Pittock, Climate Change: Turning Up the Heat (2005) gives examples, including China, *id.* at 264, India, Pakistan, Bangladesh, *id.* at 268, and the United States, *id*. at 278.

inundation of some estuary systems with salt water, salt water intrusions into some drinking sources, and increased exposure to flood damage.[19)]

Sea level rise is a particularly significant problem because much of the world's population lives near the ocean. The reasons include the greater availability of arable land in lowlands, the economic significance of water transportation, and the attraction of coastal amenities. Especially in developing countries, it may be difficult to provide sufficient protection to these populations.

Other changes are also foreseeable. Snow cover will decrease in most areas,[20)] and oceans will become increasingly acidic.[21)] Even moderate climate change will trigger significant extinctions,[22)] and extreme events such as fires, floods, and heat waves will become more widespread.[23)] Effects on mortality have already begun to emerge in some parts of the world, as showing by the following Figure:

19) See Elizabeth Kolbert, Field Notes from a Catastrophe: Man, Nature, and Climate Change 123-24 (2006) (British governmental study indicating that what are now hundred-year floods could become routine by late in this century); *see also* Pittock, *supra* note 18 , at 118).

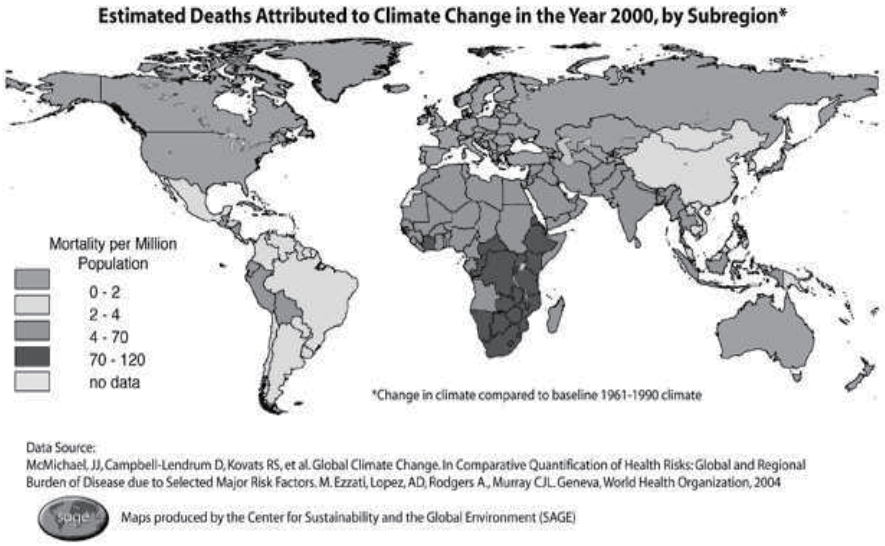
20) Archer and Rahmstorf, *supra* note 11, at 147.

21) *Id.* at 148.

22) *Id.* at 162.

23) *Id.* at 174; Heidi Cullen, The Weather of the Future: Heat Waves, Extreme Storms, and Other Scenes from a Climate-Changed Planet (2010). On the flooding issues, see Howard C. Kunreuther and Erwann O. Michel-Kerjan, At War with the Weather: Managing Large Scale Risks in a New Era of Catastrophes 11-12 (2009) (impact of climate change on catastrophic weather events).

Figure 3. Climate Change Effects on Mortality



The most detailed studies of climate impacts focus on the United States or Western Europe. The United States is large and geographically diverse, with correspondingly varied climate impacts.[24] Wetter conditions are expected in the Northeast and on the coasts, while drier conditions are expected in the inland west.[25] Temperatures are expected to rise everywhere, but more inland than in coastal or southern areas in the continental United States, with the greatest increases in Northern Alaska.[26] In the southeast, even though absolute changes will be smaller, the baseline is high, resulting in many more very hot days later in this century.[27]

---

24) The most recent information about U.S. climate impacts can be found in U.S. Global Change Research Program, Global Climate Change Impacts in the United States (2010) (hereinafter U.S. Impacts).

25) *Id*. at 42.

26) *Id.* at 29.

27) *Id*. at 112.

Cities in the Midwest will experience increasing heat waves and decreased air quality.[28]

Sea level rise may cause dramatic losses in wetlands in the United States.[29] Two thirds of all U.S. coastal wetlands would be lost with a one-meter rise in sea level.[30] What used to be a one hundred year flood in New York City is now an eighty year flood, and may be a twenty year flood by mid century.[31]

Meanwhile, in the arid southwestern United States, the future of the water supply is uncertain, with potentially major impacts on agriculture.[32] Scientists have examined the prospect of prolonged drought over the next 100 years.[33] Increased temperature, drought, wildfire, and invasive species will change the southwestern landscape, while ironically the droughts may be punctuated by increased flooding.[34]

Public health impacts of climate change are also a concern.[35] The number of heat wave days in Los Angeles is expected to at least double by midcentury and to quadruple the end of the century.[36] The most vulnerable group (aged over 65) will double as a proportion of the

28) *Id*. at 117.

29) Cat Lazaroff, *Climate Change Could Devastate U.S. Wetlands,* available at http://www.ens-newswire.com/ens/jan2002/2002-01-29-06.asp.

30) U.S. Impacts, *supra* note 24, at 84.

31) Cullen, *supra* note 23, at 238.

32) See Jason Mark, *Climate Change Threatens to Dry Up the Southwest's Future,* www.alternet.org/story/103366/ (Nov. 18, 2008).

33) Juliet Eilperin, *Faster Climate Change Feared: New Report Points to Accelerated Melting, Longer Drought,* Washington Post, Dec. 25, 2008, available at http://www.washingtonpost.com/wpdyn/content/article/2008/12/24/AR2008122402174.html?hpid=moreheadlines.

34) U.S. Impacts, *supra* note 24, at 131-132.

35) See Louise Bedworth, Climate Change and California's Public Health Institutions (Public Policy Institute of California, 2008).

36) *Id*. at 2.

California population over the same time.[37] Higher ozone levels due to the increased temperatures will cause additional deaths.[38] The probability of large wildfires is also expected to increase by 12 – 53% by the end of the century.[39]

There is nothing unique about the United States. Local circumstances will vary, but the United States exemplifies the types of issues that will be faced by most countries within the temperate zone. Other countries have sea coasts, wetlands, arid areas, and so forth. There will be local variations, and some countries will face more severe problems than the United States and others less severe problems because of their location and internal geography. But the predictions for the United States are more typical than not.

Some of these changes cannot be prevented, and adaptation to these impending changes poses serious challenges.[40] The Stern Report estimates that the cost of adapting infrastructure "to a higher risk future could be $15–150 billion each year (0.05–0.5% of GDP), with one third of the costs borne by the US and one fifth in Japan."[41] "Extreme events such as floods and drought cause extensive damage to many parts of society, and thus a critical issue for adaptation is the degree to which frequency, intensity, and persistence of extreme events change."[42]

---

37) *Id.* at 3.

38) *Id*. at 7.

39) *Id*. at 10.

40) These challenges are discussed in Tim Bonyhady, Andrew Macintosh, Jan McDonald, Adaptation to Climate Change: Law and Policy (2010); U.S. Government Accountability Office, *Climate Change Adaptation: Strategic Federal Planning Could Help Government Officials Make More Informed Decisions,* http://www.gao.gov/products/GAO-10-113 (2010).

41) Stern, supra note 16, at 417.

42) William E. Easterling III, Brian H. Hurd, and Joel B. Smith, Coping with Global Climate Change: The Role of Adaptation in the United States 17 (2004) (available at

Although there is room for reasonable disagreement about how quickly to reduce emissions of greenhouse gases and what techniques to use, it is clear that we need to begin taking action. In order to maintain and improve standards of living, however, increased energy supplies will be needed, particularly in developing countries. Consequently, we will need to produce energy with much lower emissions, which will require technological innovation. Some major economies are already headed in this direction:

> The European Union has taken a lead in supporting environmental policies to counteract climate change and to increase the utilization of renewable energies. The ambitious "20-20-20" goals postulate a reduction of greenhouse gas emission of 20%, a share of renewable energy sources of 20%, and an increase of energy efficiency of 20% by 2020.[43)]

Currently, world energy use is dominated by fossil fuels. Unless this situation changes, climate change will be out of control, with consequences somewhere between serious and disastrous. Global dependence on fossil fuels needs to change, and we need increased efficiency to limit the need for fossil fuels when renewables are not suitable. CT is the key to this transition, as discussed in the next section.

B. CT in the Context of the Energy System

To understand the role of clean technology, we can begin by examining the energy systems and policy environment of the United States. Consider

---

http://www.pewclimate.org/docUploads/Adaptation.pdf).

43) Jan Abrell and Hannes Weigt, The Interaction of Emissions Trading and Renewable Energy Promotion (2010), available at http://ssrn.com/abstract=1317310.

first, the scale of energy consumption. In 2009, the United States consumed about 95 quadrillion Btus. As Table 1 showed, the United States consumption is approximately one fifth of global energy use, and Korea's share (although much smaller) is still large relative to its share of world population. Table 2 provides a breakdown of United States energy use:

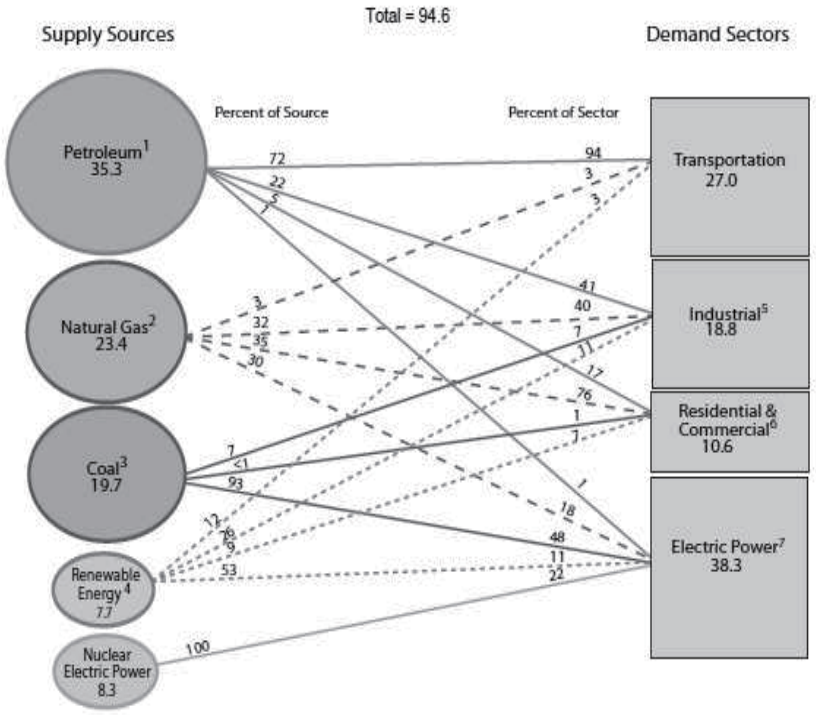
Table 2. U.S. Energy Usage by Sector

U.S. Economic Sector	Percentage of Global Energy Use
Electric Power	8%
Transportation	6%
Industrial	5%
Residential & Commercial Buildings	2%

Energy is used, among other things, to generate electricity, heat buildings, power industry, and fuel vehicles.[44] See Figure 4 for a summary table of U.S. energy flows by source and sector. This figure makes it clear that each sector has a different mix of energy types, meaning that CT will face different competitors and have different climate impacts depending on sector.

44) U.S. Energy Information Administration, Annual Energy Review 2009, 1.1, 11.1, (2010), http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pdf/aer.pdf (last visited July 25, 2011).

Figure 4. U.S. Primary Energy Flow by Source and Sector in 2009 (quadrillion Btus)[45)]



[1] Does not include biofuels that have been blended with petroleum – biofuels are included in "Renewable Energy."

[2] Excludes supplemental gaseous fuels.

[3] Includes less than 0.1 quadrillion Btu of coal coke net imports.

[4] Conventional hydroelectric power, geothermal, solar/PV, wind, and biomass.

[5] Includes industrial combined-heat-and-power (CHP) and industrial electricity-only plants.

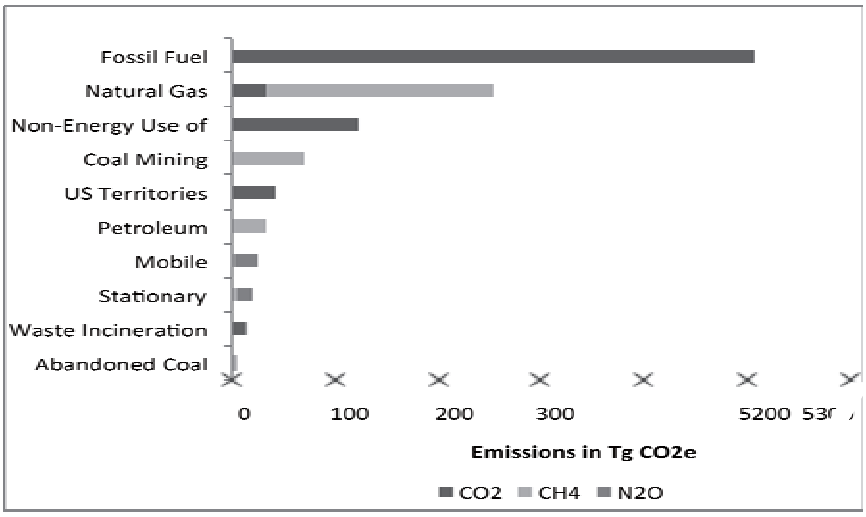
[6] Includes commercial combined-heat-and-power (CHP) and commercial electricity-only plants.

[7] Electricity-only and combined-heat-and-power (CHP) plants whose primary business is to sell electricity, or electricity and heat, to the public.

45) Image from U.S. Energy Information Administration, *id.* at 37.

Fossil fuels – petroleum, natural gas, and coal – currently provide about 83% of energy consumed in the United States. The combustion of fossil fuels is also the largest source of carbon dioxide (CO_2) emissions in the United States. In addition, a variety of other energy related activities, including coal mining, oil and gas systems, and control technologies, also produce CO_2 and other more potent greenhouse gases like methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). In total, about 87% of U.S. greenhouse gas emissions come from the production of energy.

Figure 5. Greenhouse Gas Emissions from the Energy Sector, 2009[46)]



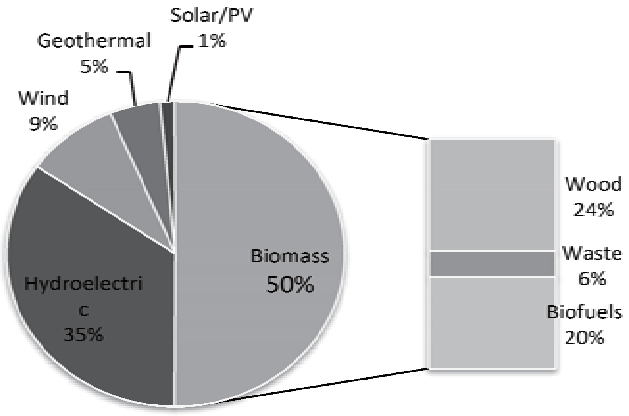
Our working definition of the CT energy space includes technologies that harness solar, wind, tidal, and geothermal power, as well as the use of biomass for power and liquid transportation fuels. At present, renewable sources account for a small fraction of U.S. energy consumption, only

46) Image from U.S. Environmental Protection Agency, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 2009, Table 3-1 (2009), http://epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport. html (last visited July 25, 2011).

8%. Biomass is the largest renewable fuel source and is used to generate electricity, produce heat, and fuel vehicles, see Figure 4. Conventional hydroelectric power, a technology that is too mature to be considered CT, accounts for about 1/3 of renewable energy.[47)]

Well established "conventional" technologies are a mismatch with other clean technologies in terms of scale, financing, and policy implications. Nuclear power, which provides about 20% of U.S electricity, does not generally fit the CT definition despite being a low-carbon electricity source.[48)] For the same reason, natural gas also falls outside the CT space, despite its important role in reducing greenhouse gas emissions in the near term.

Figure 6. Sources of Renewable Energy in the United States, 2009[49)]



47) U.S. Energy Information Administration, *supra* note 44.

48) However, small modular nuclear reactors might be an exception; see, for example, Kevin Bullis, *Technology Review: A Preassembled Nuclear Reactor,* MIT Technology Review, 2009, http://www.technologyreview.com/energy/22867/?a=f (last visited Apr 8, 2010); Steven Chu, *America's New Nuclear Option, http://online.wsj.com/article/SB10001 424*052748704231304575092130239999278.html?mod=WSJ_topics_obama, last visited Apr. 8, 2010).

49) U.S. Energy Information Administration, *supra* note 44.

While the absolute quantity of renewable energy generated remains modest, renewable energy projects are rapidly expanding across the United States. Between 2001 and 2007, electricity generation from non hydro renewables grew 34%. Forty five states saw increases in non hydro renewables during this time. Wind power grew the fastest, seeing a 411% increase in generation.[50] Private investment in the form of venture capital also grew during this time. Although the economic downturn in 2009 led to a decrease in overall investment, the percentage of venture capital directed toward CT energy projects increased to 12.5%.[51]

Within our working definition of the CT energy space, renewables provide a familiar example of the emerging field. However, electricity generation and transportation fuels are just two facets of the CT energy space. Another significant type of CT technology is energy efficiency. Energy efficiency presents a significant opportunity for low cost energy and emissions savings. For example, a recent report found that 23% of projected demand for end-use energy consumption could be achieved through energy efficiency improvements.[52] In addition, the CT energy space includes technologies that relate to vehicles, energy storage, and energy infrastructure. Examples of these include plug in hybrid electric vehicles, flywheels, and smart grid, respectively. The following figure shows the broad distribution of investment flows to clean technology:

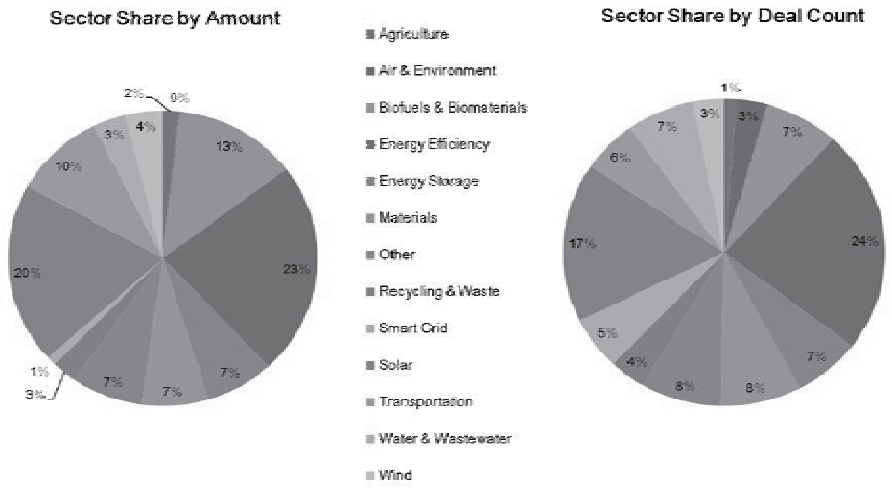
---

50) Elizabeth Doris et al., State of the States 2009: Renewable Energy Development and the Role of Policy 212, 8-9 (2009).

51) Ron Pernick et al., Clean Energy Trends 2010 3 (2010).

52) Unlocking Energy Efficiency in the U.S. Economy, 165 1 (2009), www.mckinsey.com /USenergyefficiency.

Figure 7. Investment Flows for Clean Technology[53)]



In the United States, commercialization of CT takes place in the context of an existing energy infrastructure. CT will face varying contexts in different countries due to differences in the existing infrastructure combined with differences in geography, economic development, and population distribution. Countries with limited existing energy infrastructure may favor more rapid adoption of new technologies, particularly those that do not rely on an effective national grid. Those countries may be more prone to leapfrog technologies than more developed energy systems.[54)]

If we put aside hydropower and nuclear, clean energy forms only a small portion of the energy system in most places. If that remained

53) From http://svtechtalk.com/wp content/uploads/2011/08/Cleantech-Group-Sector-shares by- amount-+-deal-count-Q23.jpg

54) See, e.g., Integrated Regional Information Networks, Pakistan: Alternative energy to boost power generation (2003), http://www.irinnews.org/report.aspx?reportid=21429 (last visited Apr 11, 2010).

constant, CT would be a niche subject. But the expected growth trajectory of CT, combined with its social importance, entitle it to far more attention.

C. Distinctive Characteristics of CT

This article focuses on CT in the context of renewable energy and energy efficiency. The technologies involved are very different – a windmill has little in common, for instance, with a photovoltaic panel. The unifying factor is not the technology but rather the environmental benefits shared by both technologies and the fact that both usually must be integrated into the electrical grid.

To the extent that our interest is in CT as an innovative technology, we might ask what various forms of CT have in common that they do not share with other innovative technologies such as IT or biotech. Here, we think that there are at least four markers, which-while perhaps not individually unique-in confluence distinguish CT as compared with other economic sectors involving new technologies.

These four markers include the (1) high upfront costs, (2) the need for coordinated decisions and associated costs, (2) the necessary role of government on the demand side, and (4) the phased development of these technologies, in part driven by regulatory and environmental goals. Each is discussed in detail below.

1. Capital costs

Consider first the production costs. Across many clean technologies, capital costs are typically quite high, while operation and maintenance costs are relatively low. This is especially true for energy generation

technologies; for example, a wind farm has high upfront costs, but relatively low operational expenses.[55] Contrast this with the information technology (IT) and biotech sectors, where innovation is expensive but copying may be essentially free. Once a software program is written, producing CDs or arranging for downloads from the web is essentially free. In contrast, producing windmills or concentrated solar facilities is expensive even after the design is perfected.

As the IPCC has explained:

> Transforming the energy system would require substantial investment, potentially binding capital for multiple decades. Hence, for such a target, investors would need clear and stable framing regulatory conditions as well as well developed capital, insurance and futures markets to diversify investment risks. Information asymmetries (regarding, e.g., the innovation, learning and potential deployment of technologies) on capital markets increase the perceived risks and thus also the cost of investments. This is particularly relevant for some RE technologies, which as capital intensive technologies suffer from high capital costs.[56]

Certain technologies provide or create interesting exceptions. For example, smart meters have high initial deployment costs, but once installed create a rich opportunity for energy management technology that may be more communications and IT oriented and, thus, may have intellectual property (IP) issues more akin to those existing industries.[57] Another exception

55) Asieh Mansour & Stella Yun Xu, Infrastructure Investments in Renewable Energy 28 8 (2009), http://www.dbcca.com/dbcca/EN/investment-research/investment_research_1771.jsp (last visited Apr 11, 2010).

56) Mitchell, *supra* note 10, at 10.

57) Electricity Advisory Committee, Smart Grid: Enabler of the New Energy Economy 18 (2008), http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/final-smart-grid-report.

may come from biofuels research where some new technologies (biofuels, etc.) may involve biotech and its accompanying IP issues.[58]

High production costs raise financing problems in the commercialization phase, but investors in the research and development phase anticipate these problems. As a result, in trying to understand and promote R&D in CT, we need to take into account the anticipated high capital costs for commercialization.

2. Supply side coordination

Adoption of new energy technologies often requires coordinated decisions beyond those made by an individual firm or consumer. Renewables may require planning and infrastructure coordination. Workable grids do not emerge spontaneously. New transportation fuels may introduce a "chicken and egg" problem that requires coordination to ensure that vehicles that can use the new fuel are available and changes to the fuel distribution system are made so that the fuel is available for use.[59] Crop based fuels for transportation or power may raise significant concerns about land use and allocation of land for food versus fuel.[60]

Coordination costs and other lock in effects may give incumbent energy providers a competitive advantage. Utilities can more easily integrate

---

pdf (last visited Oct. 13, 2011).

58) United Nations Conference on Trade and Development, The Biofuels Market: Current Situation and Alternative Scenarios 104 5 (2009), http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/19798/biofuels_market.html?breadcrumb=%2Fproject%2F39%2Fscience_technology_and_globalization(last visited Apr 11, 2010).

59) Alexander E. Farrell, David W. Keith & James J. Corbett, *A Strategy for Introducing Hydrogen Into Transportation,* 31 Energy Policy 1357-1367, 1359 (2003).

60) David Tilman et al., *Beneficial Biofuels—The Food, Energy, and Environment Trilemma,* 325 Science 270-271 (2009).

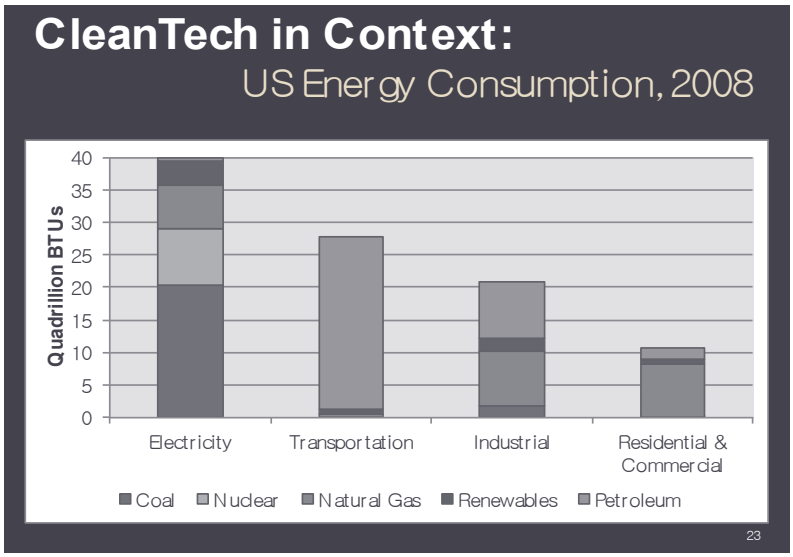
planning for renewable sources with grid planning, while incumbent fuel companies have distribution networks in place. In some cases, smart grid and other IT oriented technologies may help reduce coordination costs, for example by helping integrate intermittent renewable sources into the grid. These connections will also strengthen the linkages between the CT and IT sectors.[61)]

3. Affirmative role of government

The government is a necessary contributor in much of the CT energy space, playing a variety of important roles. These roles vary, depending on the energy sector involved. As Figure 8 shows, energy use is spread across different sectors, some of which are more dominated by fossil fuels than others. Various government programs are obviously targeted to different sectors—the regulatory scheme for electricity is far different than that for transportation fuels, while buildings are primarily governed by state and local land use requirements. Renewable fuels are socially valuable because they do not incur the social cost of carbon emissions. Since that social cost is not priced into fossil fuel use, renewable fuels may need government incentives or may find a market only if carbon is directly or indirectly priced.

61) Electricity Advisory Committee, *supra* note 57 at 8.

Figure 8. Energy Consumption by Sector (WRI, CAIT 8.0)



Existing regulatory structures at the state and federal levels govern key sectors, such as electricity distribution.[62] Also, many large-scale CT projects are subject to environmental regulations. For example, a new solar farm and the resulting grid connections may require an environmental impact statement or raise issues under the Endangered Species Act. Indeed, a great deal of environmental law deals with extraction, creation, distribution, and use of energy.[63] In addition, a wide range of climate related policy mechanisms are now driving the expansion of the CT market and will likely continue to do so for years to come.[64]

Investors recognize the important role of government in promoting CT,

62) For discussion of how regulations impact clean technology, see Steven Ferrey, *Sale of Electricity,* in Gerrard, *supra* note 4; and Patricia Salkin, *Facility Siting and Permitting,* in Gerrard, *supra* note 4.

63) U.S. Environmental Protection Agency, Energy Regulations and Standards, U.S. EPA Energy Portal (2009), http://www.epa.gov/energy/regs.htm (last visited Apr 11, 2010).

64) Doris et al., *supra* note 50 at 3.

a role that may make some investors uncomfortable because it conflicts with their free market orientation. Interviews with venture capitalists confirm their awareness of this factor:

> The level of regulation required to drive clean technology investment is a source of discomfort for many investors. Venture capitalists pride themselves on being the frontiersmen of capitalism because they are better able to navigate the information symmetries and risk/reward premiums of new ideas than the general market. They are naturally resistant to government intervention which they see as distorting the market and propping up bad ideas. [65]

Nevertheless, government regulation is important to the demand for clean tech:

> Another way in which regulation makes a big difference for clean tech investors in both the United States and Europe is through standards or regulations which change the demand for clean tech products. Standards are described as demand side or "market pull" measures before they offer greater certainty to businesses that they products will be purchased. These measures are in contrast to feed-in tariffs discussed above which are supply-side or "technology push."[66]

Tax policy also plays an important role in guiding investment.[67] Traditional tax policy provides unequal incentives to different energy sources, including significant benefits to conventional energy sources.[68] Tax reforms

---

65) Eric W. Knight, *The Economic Geography of Clean Tech Venture Capital,* Oxford University Working Paper Series in Employment, Work and Finance (April 13, 2010). Available at SSRN: http://ssrn.com/abstract=1588806.

66) *Id.*

67) See Roberta F. Mann and E. Margaret Rowe, *Taxation,* in Gerrard, supra note 4.

68) Gilbert E. Metcalf, *Investment in Energy Infrastructure and the Tax Code,* in Investment

will be necessary to create a level playing field by eliminating old incentives or creating new ones. Government regulations can also create markets for CT either directly-as do renewable portfolio standards – or indirectly-as by placing an explicit or implicit price on carbon, or by setting the rates and terms of service for energy utilities in a manner designed to promote renewable energy use, energy efficiency, and energy infrastructure projects that incorporate or facilitate CT.[69]

The last role for the government comes from the significant inertia and network like effects created by the production and coordination costs. This inertia will likely require a "big push" to move the energy system to a different equilibrium path. Such a push might come in a variety of forms, for example through cutting edge research and development from the recently created Advanced Research Projects Agency – Energy(ARPA-E).[70]

In short, for most businesses other than government contractors, government regulation is essentially a problem that can only make constraint constrain their business decisions. But for CT, government regulation can be a positive force that is essential to creating market demand.

4. Phased development

The final marker that distinguishes CT from other sectors is its phased development. The CT sector is in part motivated and driven by environ-

in Energy Infrastructure and the Tax Code 46 42-43 (2009), available at http://www.nber.org/papers/w15429 (last visited Apr 12, 2010).

69) To learn more about existing state-level policies and programs for renewables and energy efficiency, see DSIRE, Database of State Incentives for Renewables & Efficiency, http://www.dsireusa.org/(last visited Apr 12, 2010); Daniel M. Kammen & Sergio Pacca, *Assessing the Costs of Electricity,* 29 Annu. Rev. Environ. Resourc. 301 344, 319 325 (2004).

70) Phil McKenna, *ARPA E Lays $150m Bet on Future Energy,* 204 New Scientist 24 (2009).

mental goals, such as for greenhouse gas emission reductions,[71] and regulatory targets, such as those set by renewable portfolio standards.[72] These goals have been consciously phased, which also translates into phasing for CT.

Meeting 2020 targets will predominantly involve incremental improvements and scaling up existing technologies. This build out will also need to be flexible enough incorporate enough flexibility for new technologies to be incorporated as they are developed. Achieving targets for 2050 and beyond will require more radical, disruptive technological improvements.[73] In this way, we expect CT to progress in phases with evolution before revolution. For different economic sectors, game-changing technologies will come in different forms. In the electricity sector, it might be cheap storage or inexpensive solar, which might transform industry structure by allowing people to go off the grid. Farther down the road, the answer may be controlled fusion or some other technology beyond the current spectrum of feasibility.

This combination of high capital costs, supply-side coordination needs, government created markets, and long term phasing plans, create unique legal and policy challenges for CT. Of course, these challenges are all set in the context of intense technological innovation. We turn next to consider how these challenges may interact with technology policy.

---

71) Pew Center on Global Climate Change (PCGCC), Greenhouse Gas Emissions Targets (2009), http://www.pewclimate.org/what_s_being_done/in_the_states/emissionstargets_map.cfm(last visited Dec 15, 2009).

72) DSIRE, Portfolio Standards/Set Asides for Renewable Energy Database of State Incentives for Renewables & Efficiency (2009), http://www.dsireusa.org/incentives/index.cfm?SearchType=RPS&&EE=0&RE=1 (last visited Apr 12, 2010).

73) Lawrence H. Goulder & Ian W. H. Parry, *Instrument Choice in Environmental Policy,* 2 Rev. Environ. Econ. Pol'y 152-174, 167 (2008).

Ⅱ. Innovation Policy

Fossil fuel technologies are well established, but technologies for renewable energy and energy efficiency are much less mature. This section considers policies for encouraging the development of new technologies and their deployment. Of course, society already has some standard mechanisms for encouraging the development of new knowledge and technology, such as funding for university research and IP rights of various kinds. The question, however, is whether more is needed for CT, or at least whether the standard mechanisms require adjustment.

Part A begins by briefly surveying some of the technology challenges facing CT. Full coverage of the technological issues would require a long article if not a book. Only a few short paragraphs are given in order to give a general sense of the technological opportunities. Part B then explores the issues of innovation policy regarding CT. Part C considers ways in which regulation may actually undermine investment in R&D.

A. Technological Challenges in the Energy Space

The IPCC has summarized some of the key areas in which technological advances are needed in order to increase the role of renewables in the energy system:

> Examples of important areas of potential technological advancement include: new and improved feedstock production and supply systems, biofuels produced via new processes (also called next generation or advanced biofuels, e.g., lignocellulosic) and advanced biorefining; advanced PV and CSP technologies and manufacturing processes; enhanced geothermal systems (EGS); multiple emerging ocean

> technologies; and foundation and turbine designs for offshore wind energy. Further cost reductions for hydropower are expected to be less significant than some of the other RE technologies, but R&D opportunities exist to make hydropower projects technically feasible in a wider range of locations and to improve the technical performance of new and existing projects.[74]

Solar photovoltaics are a good example of the potential for innovation. In the near term, incremental technological improvements are on the horizon:

> Emerging PV technologies are still under development and in laboratory or (pre) pilot stage, but could become commercially viable within the next decade. They are based on very low cost materials and/or processes and include technologies such as dye-sensitized solar cells, organic solar cells and low cost (printed) versions of existing inorganic thin film technologies.[75]

Over the longer term, disruptive technologies are also of interest:

> Novel technologies are potentially disruptive (high risk, high-potential) approaches based on new materials, devices and conversion concepts. Generally, their practically achievable conversion efficiencies and cost structure are still unclear. Examples of these approaches include intermediate band semiconductors, hot-carrier devices, spectrum converters, plasmonic solar cells, and various applications of quantum dots (Section 3.7.3). [M]ost of the novel technologies aim at reaching very high efficiencies by making better use of the entire solar spectrum from infrared to ultraviolet.[76]

---

74) IPCC, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Summary for Policy Makers 11 (2011).

75) Chapter 3 of IPCC, supra note 74, at 25.

76) *Id.* at 26. The hope is that, "[a]s the solar energy market matures and solar

The details vary for different technologies, but all forms of CT are subject to incremental improvement to increase efficiency and decrease costs. Reaching more ambitious climate change goals later in the century will require more than these incremental changes. To reach goals for 2050 and beyond, disruptive technologies — quantum leaps — will be required.

B. Clean Technology and Innovation Policy

Developing CT requires a national strategy for innovation, as a leading policy analyst explains:

> New technologies will lead the warfront against climate change. EU, Japan, and US recognize this well, and have been most aggressive in incentivizing inventions in green technologies since 1991. Historically too, just a handful of countries have led most of world's R&D efforts: only ten countries spend more than 90% of global R&D expenditure. Success in technological inventions requires more than mere spending. It requires a robust national system of innovation with a long term vision that closely integrates and coordinates basic R&D expenditure (mostly by the government) with commercial R&D through favorable policies to pull these technologies in the marketplace.[77]

---

technology, particularly photvoltaic technology, evolves to become increasingly affordable and/or efficient, the lower development costs will allow solar energy to be an economically attractive alternative to fossil fuels notwithstanding the costs of carbon or government subsidies." Craig M. Kline, *Solar,* in Gerrard, *supra* note 4, at 391. Kline also explains solar technologies and also describes their current market penetration, *id*. at 392 393.

77) Varun Rai and David G. Victor, Climate Change and the Energy Challenge: A Pragmatic Approach for India, available at http://ssrn.com/abstract=1452868. Even when an industry is able to adapt existing technologies, the process may require creativity:
Viewed generally then, the process of redomaining means that industries adapt themselves to a new body of technology, but they do not do this merely by adopting

Lawyers will be instrumental in shaping the policy environment for this new industry. There are a number of challenges that will immediately face private sector lawyers in fostering CT development. First, how can we negotiate public and private partnerships for research and development, such as the recent funding from energy company BP for UC Berkeley's Energy Biosciences Institute to develop alternative fuels?[78] Second, how can CT tap more public research and development funds, such as those offered by the Department of Energy or through the California Energy Commission's Public Interest Energy Research Program, as well as assist clients in receiving government loans, loan guarantees, grants and tax breaks?[79] Third, how to help clients license the products of government funded research for commercial use? And finally, private sector lawyers will be key in ensuring that state and federal regulations and policies facilitate the development of new CT technologies.

C. Regulatory Barriers to CT Innovation

Despite the key role of lawyers in facilitating CT innovation, a number of existing bodies of law may also stand in the way of CT innovation. For instance, antitrust law may provide an obstacle to CT because of the

---

it. They draw from the new body, select what they want, and combine some of their parts with some of the new domain's, sometimes creating subindustries as a result. As this happens the domain of course adapts too. It adds new functionalities that better fit it to the industries that use it.

W. Brian Arthur, The Nature of Technology: What It is and How It Evolves 155 (2009).

78) Energy Biosciences Institution, Seeking a New World of Renewable Energy, http://www.energybiosciencesinstitute.org/index.php?option=com_content&task=view&id=104&Itemid=118.

79) *See, e.g.*, California Energy Commission, Research, Development and Demonstration, http://www.energy.ca.gov/research/index.html.

limitations on entry into some CT markets, particularly those that are already fairly concentrated with incumbent firms. High capital investment is often required to get some products to sufficient scale, and antitrust issues may be problematic when firms hold crucial IP. As noted earlier, incumbents may have inherent advantages (as they have had in some portions of the telecom industry) that raise competitiveness concerns.[80]

Similarly, climate policy may also hamper CT development. Both international and domestic environmental accords may require firms to disseminate technologies more broadly than they would normally prefer, particularly to developing countries.[81] These requirements raise questions about whether a compulsory licensing scheme, where innovators forgo some IP rights and profit in order to facilitate cheaper access to their products, or voluntary licensing incentives, such as awarding prizes instead of patents as suggested in the biotech industry,[82] might be appropriate in the CT sector.

Regulatory uncertainty may also prove to be an obstacle. Many of the regulations that will likely have a great impact on the CT industry are still in flux, or are open to legal challenge. For example, California's governor signed an Executive Order increasing the state's Renewable Portfolio Standard from 20% to 33%, requiring all electricity retailers to serve 33% of their load from renewable sources by 2020.[83] The legal

80) For a more in depth exploration of potential antitrust concerns in the future of CT, see Craig Waldman & Margaret Ward, *Antitrust Issues in Clean Technology,* available at www.abanet.org/antitrust/at-source/10/04/Apr10 Waldman4-14f.pdf (April 2010).

81) For example, the Kyoto Protocol requires that all developed country parties take practicable steps to promote the transfer of, or access to, environmentally sound technologies to undeveloped parties. UNFCCC, Development and Transfer of Technologies, http://unfccc.int/technology/items/2681.php.

82) *See, e.g.*, Scott Woodley, *Prizes Not Patents,* Forbes.com Blank Slate, www.forbes.com/2006/04/15/drug patents prizes_cx_sw_06slate_0418drugpatents print.html.

status of this Order, however, is questionable, and it is yet to be seen whether this regulation will in fact have the binding effect of law.[84] At this writing, California's key climate statute, AB 32, has survived challenge at the polls, and the California Air Board (CARB) is issuing key implementing regulations.[85] Nevertheless, there is still on-going litigation regarding key features of CARB's plan.[86] It will likely be difficult for the industry to make long-term decisions without more predictable regulatory requirements.

Another issue relates to the technology component of climate policy. It requires a delicate balancing act to reconcile the need to provide incentives for innovation and the need to make technologies available in developing countries.[87] According to Elizabeth Burleson,

> Since intellectual property rights fuel the innovation necessary for the development of environmentally sound technology, protecting intellectual property rights leads to advances in environmentally sound technology. Thus, environmentally sound technology transfer requires a careful balancing act that includes both fair treatment for innovators and energy policies that stimulate global diffusion of environmentally sound technology to address climate change.

83) Exec. Order No. S-21-09 (Sept. 15, 2009), available at http:// www.pewclimate.org/docUploads/CA%20Exec%20order%20S-21-09.PDF

84) *See* Daniel B. Wood, *Schwarzenegger Veto of Renewable-Energy Bill Could Be Risky,* The Christian Science Monitor, Sept. 15, 2009,

85) Margo Thorning, *Opinion: California's AB 32 is a losing climate bet,* San Jose Mercury News, April 14, 2010.

86) See Cara Horwitz, *Calif Court Tentatively Rules AB 32 Implementation Unlawful* (2011), at http://legalplanet.wordpress.com/2011/02/02/calif-court-tentatively-rules-ab-32-implementation-unlawful/.

87) On the need for technology transfer in this setting, see David M. Driesen and David Popp, *Meaningful Technology Transfer for Climate Disruption,* 64 J. Int'l Affairs 1 (Fall/Winter 2010).

> Countries can remove export restrictions on environmentally sound technologies and facilitate their export through tax relief/rebates for income or sales taxes on environmentally sound technologies exported. This can be achieved in a manner consistent with supporting international trade. The law is unsettled regarding the degree to which environmentally sound technology transfer initiatives conflict with such regulations as the Agreement on Subsidies and Countervailing Measures of the World Trade Organization.[88]

Uncertainty about future subsidies or other incentives is another potential damper on investment in CT R&D. The short time frame of government incentives designed to encourage CT may not provide a sufficient window for developing technologies to become profitable and sustainable.[89] For instance, the federal Renewable Energy Production Incentive program pays companies per each kilowatt-hour of renewable energy generated or sold, but the payments are only made for 10 years.[90] Similarly, the federal government provides tax incentives for the manufacture of energy efficient appliances, but only during a 2-year period.[91] These time lines may prove too short to allow CT businesses to thrive.

---

88) Elizabeth Burleson, *Energy Policy, Intellectual Property and Technology Transfer to Address Climate Change,* 18 Transnational Law & Contemporary Problems 69, 86 (2009). In another article, the same authors make recommendations about methods for bringing innovations into widespread use to achieve sustainable development. See Elizabeth Burleson and Winslow Burleson, *Innovation Cooperation: Energy Biosciences and Law,* 2011 U. Ill. L. Rev. 651 (2011).

89) Tax policy may be a potent method of encouraging innovation. See OECD, Taxation, Innovation, and the Environment (2010).

90) Department of Energy, Renewable Energy Production Incentive: About the Program, http://apps1.eere.energy.gov/repi/about.cfm.

91) Database of State Incentives for Renewables & Efficiency, Energy Efficient Appliance Manufacturing Tax Credit, http://www.dsireusa.org/incentives/incentive.cfm?Incentive_Code=US42F&re=1&ee=1.

Ultimately, although defining IP rights may initially appear to present the issues most relevant to CT, the more interesting policy questions may relate to licensing and joint research ventures rather than conventional IP doctrines.[92] Patent issues and other IP questions remain important, however, particularly in applications of information technology such as smart grids. IP rights may also play an important role in fostering the creation of start ups in the CT field, which may or may not parallel start-ups in the dotcom or biotech fields. Nonetheless, the unique problems facing the growth of the CT industry requires creative policy solutions beyond new applications of traditional IP concepts.

92) It should be noted that small tweaks in the IP law could have desirable effects. For example, simply streamlining and expediting the patent approval process for CT could be a significant incentive. See Sarah Tran, Expediting Innovation: the Quest for a New Sputnik Moment, available at http://ssrn.com/abstract=1774821.

Ⅲ. Finance

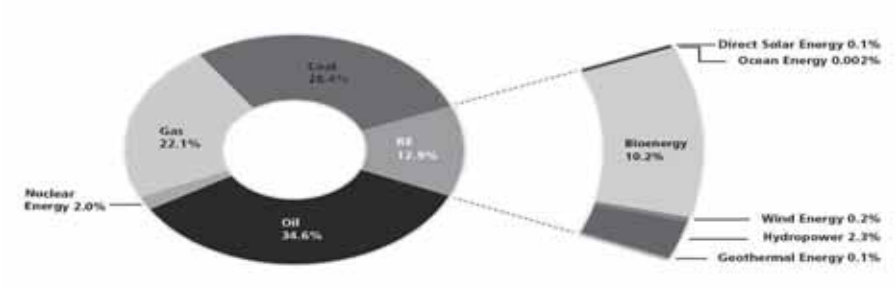
As discussed above, developing innovative CT and bringing it to scale will require large investments. The extent of those investments and the current investment flows are discussed in Part A. Part B considers the misfit between the traditional Silicon Valley model of venture finance and the distinctive needs of CT.

A. Financing Scale and Projections

In terms of software, product development is the most critical phase because production requires relatively little additional financial investment, although marketing may be an expensive phase. CT involves creating durable equipment or infrastructure, requiring an entire different level of financial support.

CT is beginning from a relatively low level of deployment. To play a significant role in climate change mitigation, CT must be scaled up by one or two orders of magnitude-that is, by a factor of ten to a hundred. The following figure shows the current situation regarding energy technologies.

Figure 9. Current Global Deployment of CT and Conventional Energy Sources. Source IPCC, Report on Sustainable Energy



Obviously, the development of the CT sector requires effective finance.[93] Silicon Valley and similar areas elsewhere in the world have fostered the growth of the IT industry and other cutting edge technologies. Current venture capital (VC) finance structures, however, may be imperfectly suited for the CT energy. In this section, we discuss these challenges.

The amounts involved over the next decade are potentially quite large, as shown in the following table[94]:

Table 3. Global Clean Energy Projected Growth: 2009-2019 ($U.S. billions)

Sector	2009 (Actual)	2019 (Projected)
Biofuels	44.9	112.5
Wind Power	63.5	114.5
Solar Power	36.1	116.5

Source: Clean Edge 2010.

These future projections are necessarily speculative, but the following table shows that even to date the investment flows are significant[95]:

Table 4. Investment Flows, Venture Capital, and Energy Technology

Year	Total Venture Investments (US$ billions)	Energy Technology Investments (US$ billions)	Energy Technologies Percentage of Venture Total
2001	$40.6	$351	0.9%
2002	$22.0	$271	1.2%
2003	$19.7	$424	2.2%
2004	$22.5	$650	2.9%

93) See Braden W. Penhoet, *Financing Structures and Transactions,* in Gerrard, supra note 4, at 241.

94) Ron Pernick and Clint Wilder, Clean Energy Trends 2010 (April 2010), available at http://www.cleanedge.com/reports/reports trends2010.php.

95) Pernick and Wilder, *id.*

Year	Total Venture Investments (US$ billions)	Energy Technology Investments (US$ billions)	Energy Technologies Percentage of Venture Total
2005	$23.0	$797	3.5%
2006	$26.5	$1308	4.9%
2007	$29.4	$3213	9.8%
2008	$28.3	$3,213	11.4%
2009	$17.7	$2,216	12.5%

Clearly, moving to an energy world based on solar, wind, and other clean technologies will require a huge and very expensive expansion comparable to the investments already made in energy production from fossil fuels. Those investment were made over many decades, so we underestimate their magnitude. We will need an equally large effort to finance the expansion of CT. CT does have the advantage that it does not require on-going expenditures for fuels that must be purchased in often volatile markets.

B. Challenges to the Venture Capital Model of Technology Financing

According to the IPCC,

> Private and public equity investment in RE electricity (excluding hydro) and biofuels grew from USD2005 691 million in 2004 to USD2005 13.5 billion in 2009, representing a compound annual growth rate of 81%. Even with this very fast growth in manufacturing investments, several technologies had supply bottlenecks through early 2008 that delayed sector growth and pushed up prices. In 2008, stock markets in general dropped sharply, but RE shares fared worse due to the energy price collapse and the fact that investors

> shunned stocks with any sort of technology or execution risk, particularly those with high capital requirements. Financing for manufacturing facilities has also been negatively affected by some policy induced boom and bust cycles that have made long term production planning difficult.[96]

The VC investing approach has been to have nimble venture funds make equity investments across a diversified portfolio of startups.[97] This model has worked well for the IT industry and has become a hallmark of Silicon Valley. However, this business strategy is likely to be a poor fit in much of the CT energy space where investors must contend with issues of scale, delay, and incumbency.

The first issue pertains to the scale of investment. Unlike typical IT startups, energy investments are much more capital intensive. By many accounts, a typical CT venture investment requires a capital investment that is at least an order of magnitude larger than a typical IT venture. In the CT sector, firms have to invest in R&D and proof of concept like other firms. However, commercialization of CT technologies often requires significant infrastructure investments as well, such as hydrogen- fuel cell refueling stations, grid location, and capacitance. This infrastructure, like the technology itself, often involves considerable novel thinking and proof of concept.[98] This leads to what investors call the "valley of death" between creation of the technology and successful commercial implementation. As one venture capitalist explained:

---

96) Mitchell, *supra* note 10, at 18.

97) The structure of VC investments is discussed in Penhoet, *supra* note 93, at 248-251.

98) Kelly Sims Gallagher, John P. Holdren & Ambuj D. Sagar, *Energy-Technology Innovation,* 31 Annu. Rev. Environ. Resourc. 193-237, 223-226 (2006).

> "I think definitely on the capital intensity dimension there's a huge barrier there [to doing clean tech deals]. The downturn in the economy hasn't helped but it is a structural problem. We can simply refer to this valley of death issue where we have enough venture capitalists with enough clean tech capital who are willing to invest in earlier and sort of mid-stage companies. But when companies need $100 million factors we actually frankly need project finance. But they don't want the technology risk."[99)]

A second challenge to the traditional VC model for the CT energy sector is the time to implementation. In addition to expense, many CT energy projects involve significant delays between time of investment and time of implementation. In particular, building infrastructure and capacity can require a considerable amount of time.[100)] This delay element also extends the likely time that venture investors must be involved with the CT firm before an exit event and with added time comes added risk.[101)]

Additionally, many CT startups face barriers to entry in the field beyond those created by time and scale. In the IT field, the lower relative scale and more limited time commitment have traditionally permitted the VC market to be potentially liquid and deep, whereas in the CT field time and scale contribute to the incumbency advantage of conventional energy firms. The energy industry is already packed with large players who have significant capacity already installed in numerous facets of operation, including infrastructure, distribution, risk management and diversification, and political influence. These large players focus on conventional

99) Knight, *supra* note 65, at 25.
100) Gallagher, Holdren and Sagar, *supra* note 98, at 223-226.
101) A useful recent paper is Knight, *supra* note 65.

energy sources, including coal, natural gas, and oil, and they probably have a better way to deal with the regulatory and legal risks explored below, as well as prospective "uncertainty" about dominant modalities of production.

Moreover, the existing assets of existing firms are likely investment complements to CT investments. The incumbency advantage may be so large as to afford established firms the luxury of sitting back and wait for fringe players to jockey for a winning technological improvement, only to sweep in and beat them at their own game. In this way, new firms may function essentially as R&D shops for the incumbents.

Finally, even if aspiring VC investors can overcome the scale, delay, and incumbency disadvantages, CT energy firms often face another barrier because many of these technologies provide end users with a fungible energy service, such as heat or electricity, rather than a material product. Since the technologies at issue, especially prior to 2020, are more likely to be evolutionary than revolutionary, they are unlikely to change existing paradigms, unless they can do something such as allow consumers to move off the grid. (Even such transformative technologies are unlikely to grow to large scale in a decadal time scale.) Moreover, unless radical innovators can scale up, they can't take the entire market. Contrast this scenario with the typical IT investment where an innovation can have a dramatic "disruptive" effect on the market, effectively stealing large networks of users from established providers.

An additional issue arises because much of current investment is taking place in developing countries:

> Last year, investors pumped a record $211 billion into renewables

> -about one third more than the $160 billion invested in 2009, and a 540% rise since 2004. For the first time, developing economies overtook developed ones in terms of "financial new investment" – spending on utility scale renewable energy projects and provision of equity capital for renewable energy companies.

On this measure, $72 billion was invested in developing countries vs. $70 billion in developed economies, which contrasts with 2004, when financial new investments in developing countries were about one quarter of those in developed countries.[102)]

New techniques may be needed to ensure the necessary capital flows. Heavier reliance on debt financing seems to be common in the later stages of commercialization in the CT sector.[103)] We need to find some way of combining the ability of VC's to assess promising technologies and take risks with the ability of banks and other traditional sources of debt financing to support long-term investments in infrastructure. The phrase "VC Bank" may seem like an oxymoron, but we will need to find some way of hybridizing these very different kinds of institutions and functions.

The existence of risk is not, by itself, a barrier to debt financing given the existence of modern tools such as CDOs to hedge against risks. But we know from the subprime mortgage debacle that those tools can be destabilizing in the absence of accurate risk assessment. In the case of

---

102) Bloomberg, New Energy Finance, Global Trends in Renewable Energy Investment 2010, available at http://bnef.com/PressReleases/view/158.

103) See Penhoet, *supra* note 93, at 253-256. At least in the deployment stage, long-term customer contracts of the kind used in the natural gas industry may be one way of providing financing. See Anne Neumann and Karsten Neuhoff, Facilitating Low-Carbon Investments: Lessons from Natural Gas (2011), available at http://ssrn.com/abstract=1940345.

CT, there are many imponderable factors relating to the development of the entire sector, added to the difficulties of predicting the future of individual technologies. Thus, the risk may be closer to those of traditional equity securities than traditional debt. One possibility might be for the government to hold some of the residual risk, but this heightens the need for accurate risk assessment.

Ⅳ. Regulatory Incentives and Barriers

Innovation incentives, financing mechanism, and CT regulation are all linked. CT innovation is ultimately based on predictions about the ultimate rollout costs and market demand, both of which are influenced by regulation. Thus, legal practice in the CT sector will require the services of IP lawyers, finance lawyers, and regulatory lawyers – groups that may not otherwise interact frequently.

In the CT sector, regulation has dual faces, both unfavorable and favorable. Part A discusses the regulatory barriers that may hinder the use of CT. From a policy point of view, the challenge is to find ways to ease these barriers. Part B discusses regulatory and other government incentives for the use of CT.

CT projects face a number of regulatory barriers. The existing rules that govern infrastructure projects, such as new energy generation facilities or transmission lines, affect clean tech projects. Some of the most familiar regulations that clean tech projects might face include air and water pollution regulations, licensing for electrical generation and transmission facilities, requirements for environmental impact assessments, and public land regulations.[104)]

---

104) For a discussion of these barriers in the U.S. context, see Amy J. Wildermuth, *Is Environmental Law A Barrier to Emerging Alternative Energy Sources,* 46 Idaho L. Rev. 509, 530-539 (2010). She concludes:

In short, solar, wind, geothermal, and biomass energy producers must comply with environmental laws, but those laws appear to be only a small part of the challenge that those technologies face. Biomass plants, in general, and particularly those burning garbage, face more hurdles when it comes to environmental regulation, but those have not proved to be insurmountable. Environmental law, then, does not appear to be a barrier to the development of these energies.

Id. at 535.

The following table provides a survey of potential barriers and policy responses:

Table 5. CT Barriers and Policy Instruments (IPCC)[105)]

Type of barrier	Potential policy instruments include
Market failures and economic barriers Cost barriers Financial risk Allocation of government financial support Trade barriers	Public support for RE R&D; deployment policies that support private investment, including fiscal incentives, public finance, and regulatory mechanisms (e.g., FITs, quotas, use standards)
Information and awareness barriers Deficient data about natural resources Skilled human resources (capacity) Public and institutional awareness	Resource assessments; energy standards; green labeling; public procurement; information campaigns; education, training and capacity building
Institutional and policy barriers Existing infrastructure and energy market regulation Intellectual property Industry structure	Enabling environment for innovation; economic regulation to enable access to networks and markets and investment in infrastructure; revised technical regulations; international support for technology transfer (e.g., under UNFCCC); microfinance; technical training
Issues relevant to policy Social acceptance	Information campaigns; community projects; public procurement; governmental (national

105) Mitchell, *supra* note 10, at 70.

	and local) policy cooperation; improved processes for land use planning

Overcoming regulatory hurdles to new projects is a formidable challenge. Transaction costs can be high and sometimes insurmountable for new projects. In addition, the planning process for some projects may require a multi year planning process; this is true, for example, of transmission lines needed to connect new clean sources of electricity to population centers.[106] Moreover, the existing rules do not take into account the unique environmental benefits of CT. For example, biofuel projects may be hindered by very high air pollution standards for new sources, which do not take into account the carbon and conventional air pollutant benefits of reducing reliance on conventional energy sources. This is a factor that is distinct to the CT sector.

CT energy projects are also subject to conventional, economic oriented energy regulations. In the U.S., for example,

> Federal regulators, chiefly at the FERC, and state regulators, chiefly at the pertinent state public utilities commission, will regulate issues concerning economics and price, such as: (1) the rates at which the power plant can sell its energy on the wholesale market, and then the price at which that power may be sold at retail to you and me, (2) the procurement of this electricity by the utilities that go on to make the retail sales to the public, namely, whether such purchases and investments are "prudent," and (3) the siting of the plant in the first instance, typically focusing on its public necessity

106) J. Eto, B. Lesieutre & S. Widergren, Transmission-Planning Research & Development Scoping Project 66 xi (2004), certs.lbl.gov/pdf/trans-scoping.pdf (last visited Apr 27, 2010).

or, in other words, whether it is necessary to help provide a reliable, abundant supply of energy.[107]

There is no one size fits all solution for these regulatory barriers—each one needs to be addressed to achieve the right balance between promoting clean tech and meeting other environmental and economic goals. In the meantime, lawyers need access to expertise on these issues. Key areas to address span a wide range of topics. Important environmental statutes include the Clean Air Act, the Clean Water Act, and environmental impact assessments under the National Environmental Policy Act and any relevant state statutes. Another area needing to be addressed is energy regulation, including the Federal Power Act and public utility regulations affecting new projects.[108] Public lands regulations are another pertinent area because many important sites for projects or ancillary infrastructure occur on or pass through public land.[109]

The following table summarizes the statutory areas that are relevant to CT:

Table 6. Areas of Law Relevant to CT

Area of Law	Relevance to CT
Environmental law	CT facilities may require environmental impact assessments and may have air pollution or water pollution impacts. In addition, climate change laws such as carbon taxes or environmental trading systems shape CT markets.

107) Davies, *supra* note 2, at 76.

108) Kammen and Pacca, *supra* note 69.

109) See, e.g., U.S. Department of Interior, Bureau of Land Management, Renewable Energy Resources Bureau of Land Management (2010), www.blm.gov/wo/st/en/prog/energy/renewable_energy.html (last visited Apr 27, 2010).

Area of Law	Relevance to CT
Energy law	Laws regulating energy, particularly electricity, are crucial to the ability of CT firms to operate facilities and distribute their output on the electrical grid.
Land use law	Siting facilities, whether large central power generators or distributed rooftop solar, depends on laws governing land use on private and public land.
Administrative procedures	CT use generally requires permission if not support from the government, making a knowledge of administrative procedures crucial.
Tax laws	Usually this is a specialized area, but the tax system may be used to provide incentives for CT, requiring special attention from lawyers.
International trade rules	Another specialized area, but particularly important as a possible limitation on international sales of CT or alternatively as a way of opening up foreign markets
International climate agreements	These agreements help set national goals and may contain provisions relating to financing or to licensing technology.
Safety laws: consumer safety (where relevant); tort law; occupational safety (for employees).	As with all products, safety is an important requirement for CT.

Another area that will need to be addressed pertains to the distinctive nature of CT: how to incorporate the environmental benefits of CT into

regulatory decisions. For instance, a facility to use methane from landfills to generate power may emit air pollutants but decrease net air pollution by displacing fossil fuel sources. Unless the offsetting decrease is taken into account, the methane facility may be subject to in appropriately stringent and economically prohibitive air pollution requirements under new source standards. One possible approach comes from within the regulations, some of which already allow the use of offsets or mitigation measures. Perhaps CT projects could be considered "self offsetting" to the degree they produce environmental benefits or their environmental benefits could be banked as offsets for other projects.

Another model might come from EPA's now defunct Project XL, a pilot program that provided regulatory flexibility to projects with "superior" environmental performance.[110] Project XL involved facility specific negotiation involving EPA, business, and sometimes community or environmental stakeholders. The transaction costs proved to be daunting, but Project XL did have some notable successes in finding ways to achieve environmental progress outside of the strictures of conventional regulation. Project XL could be revived and improved to facilitate CT development.

A final approach might be to formalize efforts to account for the full environmental costs and benefits of a project across its lifetime. However, applying life cycle analysis (LCA) to new technologies involves serious analytic and measurement difficulties.[111] These difficulties are especially

110) U.S. Environmental Protection Agency, Project XL (2009), http://www.epa.gov/projectxl/ (last visited Apr 11, 2010). For a discussion of the land use issues involved in siting renewable facilities and attendant power lines, see Uma Outka, *The Renewable Energy Footprint,* 30 Stan. Env. L. Rev. 241, 269-285 (2011).

111) Annette Evans, Vladimir Strezov & Tim J. Evans, *Assessment of Sustainability Indicators for Renewable Energy Technologies,* 13 Renewable and Sustainable Energy

severe when an LCA encompasses indirect effects mediated by markets and political actors. EPA and CARB have already confronted these issues in the context of creating renewable fuel standards (EPA)[112] and low carbon fuel standards (CARB).[113]

Regulations can also support CT directly, by creating markets, and indirectly, by putting a price on carbon. One regulatory mechanism that has been broadly adopted at the state level is the renewable portfolio standard (RPS).[114] RPS require that utilities purchase specified portions of their power from renewable sources, often with provisions for trading between utilities. Other mechanisms that require a certain percentage or absolute quantity of an eligible technology be used include the energy efficiency resource standard (EERS) and the low carbon fuel standard (LCFS).[115] These policies remain relatively new regulatory innovations and may require improvement or have more effective alternatives. For example, feed-in tariffs, which have been popular in Europe, but relatively untested in the United States, may be a more efficient means of fostering the development of renewables than RPS.[116] Opportunities for policy

---

Reviews 1082-1088, 1083 (2009).

112) U.S. Environmental Protection Agency, EPA Lifecycle Analysis of Greenhouse Gas Emissions from Renewable Fuels 4 (2010), http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420f10006.htm (last visited Apr 11, 2010).

113) California Air Resources Board, California's Low Carbon Fuel Standard: An Update on the California Air Resources Board's Low Carbon Fuel Standard 35 (2009), http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/lcfs.htm.

114) Eric Williams et al., A Convenient Guide for Climate Change Policy and Technology 418 2-57 to 2-64 (2007), http://www.nicholas.duke.edu/ccpp/convenient guide/(last visited Apr 11, 2010).

115) Pew Center on Global Climate Change (PCGCC), Climate Change 101: State Action (2011), http://www.pewclimate.org/climate-change-101/states (last visited Oct. 13, 2011).

116) K. Cory, T. Couture & C. Kreycik, Feed-in Tariff Policy: Design, Implementation, and RPS Policy Interactions 17 (2009).

innovation in this area persist. There might be lessons from telecom on regulations designed to promote access by new entrants to facilities (such as the grid) owned by legacy companies.

Renewable energy is obviously a very active area of public policy. There are a number of tools available to promote renewable energy, each of which has found use somewhere in the world. Thus, we are beginning to have a substantial body of experience on which to draw in improving the regulatory toolkit. There are noticeable differences in the tools used in different places: for instance, as noted above, feed in tariffs are popular in Europe whereas renewable portfolio standards are preferred in the United. These differences may be due to historical accidents, cultural differences, or differences in governance frameworks. For instance, feed in tariffs raise preemption problems for state governments in the United States because the federal government has jurisdiction over the wholesale electricity market.

The following table surveys the methods used to promote renewable energy (and hence CT) in various jurisdictions:

Table 7. European/U.S. Renewable Energy Policies[117)]

Country	Emissions cap-and-trade system	Carbon tax	Non-renewable Generation tax	Emissions performance standard	RPS/ TGCs	Feed-in tariffs	RES production subsidies	Investment/ R&D incentives
Canada		√[10]	√		√	√		√
Denmaek	√	√	√			√		√
Germany	√					√		√
Japan	√				√			√
Netherlands	√		√		√	√[11]		√
New Zealand	√							√
Norway	√	√	√			√		√
Spain	√					√		√
UK	√		√		√	√[12]		√
U.S. Federal	proposed				proposed		√	√
U.S. States	√			√	√	√	√	√

A variety of other regulatory mechanisms support CT indirectly. These policies include ones that place a price on carbon including cap and trade programs, like the Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI), and carbon taxes. Other policies that increase the regulatory burden of conventional energy technologies can also foster CT.[118)] For example, revising new source regulations to increase the cost of running existing coal fired power plants indirectly improves the market for CT. CT firms have a

117) Carolyn Fischer and Louis Preonas, Combining Policies for Renewable Energy: Is the Whole Less than the Sum of Its Parts? 6 (2010), available at http://ssrn.com/abstract=1569634. Policies by U.S. states are discussed in more detail in Sanya Carley, *The Era of State Energy Policy Innovation: A Review of Policy Instruments*, 28 Rev. of Pol'y Res. 265 (2011). Gerrard, supra note 4, provides detailed information on state and federal policies. Standardization policies may also be important, although that issue lies outside the scope of this article. For a general discussion of the issues posted by standard setting, see Mark A. Lemley, *Intellectual Property Rights and Standards Setting Organizations*, 90 Cal. L. Rev. 1889 (2002).

118) Gallagher, Holdren, and Sagar, *supra* note 98 at 223.

strong interest in ensuring the integrity and enforcement of these regulations that indirectly raise the cost of their traditional competitors. Yet too little attention has been paid to the actual operation and enforcement of cap and trade systems and similar regulatory mechanisms, resulting in these tools failing to fulfill their potential to foster CT. Similarly, for these regulations to truly maximize their impact, they must be expanded beyond large firms to include smaller energy sources, an expansion that has so far been difficult.

Regulation of the CT space has several distinctive features. Regulatory targets, for example for greenhouse gas emission reduction levels, have not yet been federally established and, once established, may require future revision based on new scientific information. This regulatory uncertainty poses a significant challenge for private investors who need stable expectations about future prices.[119] For instance, recent stumbles in enacting federal climate legislation may have already impacted interest in carbon markets and incentives for renewable producers.

The CT energy space also confronts multiple levels of regulation that raise a variety of coordination and preemption issues. For years, states have taken the lead on addressing climate change, for example through greenhouse gas emission reduction targets and regional cap and trade programs, and creating new markets for clean technologies, through RPSs and LCFSs among other things.[120] Under the Obama Administration, the federal government has taken more active steps to address climate change, and in June 2009, the House passed comprehensive climate legislation.[121]

119) M. A Brown & S. J Chandler, *Governing Confusion: How Statutes, Fiscal Policy, and Regulations Impede Clean Energy Technologies,* 19 Stanford L & Pol'y Rev. 472-509, 497 (2008).

120) Pew Center on Global Climate Change (PCGCC), *supra* note 115.

At present, however, the prospect of congressional action has disappeared because of Republican control of the House of Representatives and a general political gridlock in Washington.

Despite the legislative stalemate, the U.S. has continued to make some progress via the administrative process. EPA has issued a finding that greenhouse gases endanger human health and safety, which triggers requirements for regulation under the federal air pollution law.[122] EPA has begun developing regulations to reduce greenhouse gases based on this finding.[123] If Congress fails to take effective action, EPA may well end up creating the primary mechanism for controlling greenhouse emissions administratively. Potentially, these regulations could provide the basis for a comprehensive federal regulation of greenhouse gas emissions.

Regardless of the timing of federal climate regulation, CT energy space will face a growing number of regulatory issues pertaining to the coordination of policies across levels of government and, potentially, the preemption of state policies by new federal policies.

Beyond interactions between state and federal governments, NGOs also stand to be major regulatory players in the CT sphere, far more so than is the case in traditional economic regulation due to the breadth and strength of environmental NGOs. But whereas in traditional environmental regulation NGOs predictably tend to line up on the same side of a given issue, these organizations may differ when it comes to the complicated

121) Henry Waxman & Edward Markey, American Clean Energy and Security Act of 2009 (2009), http://www.govtrack.us/congress/billtext.xpd?bill=h111-2454 (last visited Dec 17, 2009).

122) See Finding of Endangerment, http://www.epa.gov/climatechange/endangerment.html.

123) The proposed regulations are described on the EPA website. http://www.epa.gov/climatechange/initiatives/index.html

technologies and trade offs involved in CT. How NGO preferences will shape the regulatory space surrounding CT may be difficult to predict.

Finally, technological uncertainty poses another challenge. Since future technological breakthroughs are uncertain, the government may need to employ hedging strategies in regulatory design.

It is almost equally important to consider methods to coordinate renewable energy regulations. As a report from Resources from the Future explains:

> While there may be broad political consensus on the popularity of renewable energy and scientific consensus on the important role it will need to play in a carbon-constrained world, less attention has been paid to how well the supporting policies work together-or whether they may work at cross purposes. In particular, the shift toward market based tradable quota systems for expanding RESE market shares and reducing emissions of greenhouse gases (GHGs) and other air pollutants has important implications for the roles of additional policy provisions. With tradable quotas, certain policy outcomes (like total emissions or shares of renewable generation) tend to be decoupled from additional efforts, while the incentive levels generated by tradable quotas are linked to all other policy measures. As a result, the net effect of those overlapping measures is much less transparent.[124)]

Thus, even if individual policies are well designed, it is also important to ensure that they work in harmony rather than causing confusion or interfering with each other.

---

124) Fischer and Preonas, *supra* note 117, at 1.

Ⅴ. CT and Legal Education

Given the distinctive nature of CT and the cluster of associated legal issues, students need an equally new approach to prepare them for practice in this area. In the context of legal education, CT requires a different approach than many other specialized areas. CT issues cut across traditional legal disciplines and can only be understood if put into a broader functional context. Students need to be "multilingual"-able to understand technical, economic, finance, and environmental issues. As the following table shows, they also need background in multiple areas of law from other courses.

Table 8. CT Curriculum

Courses	Relevance to CT
Introduction to Environmental Law	Environmental law constrains some applications of CT but creates markets for others.
Climate Change Law and Policy	Climate policy is a key driver of clean technology.
Energy Law	Most CT involves energy use and must be integrated into national energy systems.
Renewable Energy Law	Renewable energy is a central type of CT and the law relating to its deployment is crucial.
Corporations and Corporate Finance	CT involves business ventures, and lawyers must understand the legal context for these businesses.
Intellectual Property Law	Because CT involves new technologies, IP law is critical.
Patent Law	This form of IP law is most relevant to CT, but is

Courses	Relevance to CT
	too complex to cover in detail in introductory IP courses.
International Business Transactions	The IP market is international. Students need to learn the legal side of international transactions.

In addition, CT involves environmental and technological issues, as well as the legal and regulatory issues. Developing an understanding of the technical issues will require students to focus in part on science and engineering issues, topics not traditionally addressed in legal education. A course on Energy and Society would be especially useful. Such a course can develop an understanding-and a real working knowledge-of our energy technologies, policies and options. This should include analysis of the different opportunities and impacts of energy systems that exist within and between groups defined by national, regional, household, ethnic, and gender distinctions. Analysis of the range of current and future energy choices is crucial, as well as an understanding of the role of energy in determining local environmental conditions and the global climate.

Outside of the standard class setting, some types of clinical education might offer a beneficial setting for combining students with various academic and professional backgrounds, including graduate students from the business school, engineering, and more. In these clinics, students would work on joint problem solving activities. The evolving nature of the CT sector makes it a rich area for student research and writing opportunities. In addition, for all of these reasons, executive education is also particularly promising in the CT space. The following table lists some opportunities for clinical education:

Table 9. Clinical Opportunities

Type of Client	Activity	Area of Law
Individual or small group inventors	Assistance with forming a business entity	Business Law
Individual or small group inventors	Assistance with filing for patent or other IP rights	IP Law
Building owners	Obtaining permissions or land use changes to allow solar panels or other CT installations	Land Use Law
Environmental group	Providing information to legislators or other policy makers about the need for CT	Environmental Law

Ultimately, the preexisting strong interest of students across universities in this area is something law schools should draw inspiration from and help to channel. In curricular terms, the core of the CT offering is energy law. The basic energy law course should introduce students to the legal, economic, and structural issues that both shape our energy practices and provide opportunities to overcome these critical problems. The course should focus primarily on the regulation and design of electricity systems and markets, since so many energy choices the use of oil, natural gas, coal, nuclear, the green alternatives such as solar, wind, and energy conservation or “demand side management” relate to the way we generate or deliver electricity, or avoid the need to do so. An energy law course should explore both the traditional monopoly model of regulation and evolving competitive alternatives. The course should expose students to

energy resource planning, pollution management, rate design, green markets, energy efficiency, demand side management, renewable energy portfolios, climate change, and carbon management.

A more advanced course on renewable energy is also desirable. This course should introduce legal and policy issues related to the accelerated development of renewable energy supplies. The coverage should include local, state, and federal laws and policies that promote (or impede) the development of such sources. In the interests of depth, it would be helpful to investigate some specific examples related to individual technologies.

Because of the central role of project financing in developing and deploying clean technology, a course on that subject would also be very useful to law students (as well as business students with an interest in clean tech). Such a course should explore the key commercial, legal, economic, and policy issues affecting the development and financing of infrastructure projects, with special emphasis on practical concerns related to investments in alternative energy and other power generation facilities.

Ⅵ. Conclusion

Prospects for clean technology are enticing. As a U.S. government report concluded:

> In recent years, entrepreneurs and private sector leaders have substantially increased investment in technology innovations that, if successfully commercialized, could increase the Nation's energy supply, ensure its competitiveness, and improve U.S. energy security through greater reliance on home grown solutions, while reducing local and global environmental impacts. New concepts for vehicles, fuels, power generation, and buildings could yield substantial benefits in the near term and enable significant changes in the Nation's energy infrastructure by 2030. Internally, commercial success of these technologies could transform the efficiency and cleanliness of energy production and use in both developing and developed nations, and encourage greater international collaboration and trade in advanced energy systems.[125)]

But developing the right portfolio of policies to encourage this development is not simple and involves complex tradeoffs:

> The challenge to policymakers is one of balance: encouraging competition while guaranteeing a large market for minimum economic scale, reducing uncertainty about future resource prices while

125) President's Council of Advisors on Science and Technology, supra note 4, at 72. China is already beginning to emerge as a major player in the CT market, which highlights the need for other countries to take aggressive action to position themselves in this market. See Joel B. Eisen, *The New Energy Geopolitics?: China, Renewable Energy, and the "Greentech Race,"* 86 Chi.-Kent L. Rev. 9 (2011)(note, however, that Eisen feels that fears of Chinese dominance in this market are premature if not overblown).

> keeping alternatives open, offering rights of exclusion to intellectual property holders while not curtailing the ability of sequential innovators to build upon past successes, promoting social goals while respecting market pressures. This is no doubt complicated by the policy distortions and market failures that characterize the markets for competing and complementary goods. The exercise is one of structuring the future by permitting innovators to creatively fill in the frame and to build out in unpredictable directions. The unenviable challenge requires flexibility and vigilance by policymakers, but the challenge is only commensurate with the stakes.[126)]

Although navigating the path to a low-carbon economy will be difficult, it is important to keep a steady eye on the goals of energy policy. Clean Technology policies should be evaluated according to five standards. The first is providing an affordable and adequate long-term supply of energy. This is the traditional goal of energy policy, with the more recent addition of environmental protection as a consideration.[127)] Energy efficiency can contribute to affordability, with returns on investment over twenty percent for many actions.[128)] Renewables may actually raise costs, but this effect may be partly countered by efficiency improvements.

The second standard is environmental responsibility. Here, the primary issue is the need to reduce carbon emissions. But fossil fuels are also a major source of urban air pollution, which leads to over three quarters

126) Daniel K.N. Johnson and Kristina M. Lybecker, Innovating for an Uncertain Market: A Literature Review of the Constraints on Environmental Innovation 26 (2009), available at http://ssrn.com/abstract=1454882.

127) See John C. Dernbach and Marianne Tyrrell, *Federal Energy Efficiency and Conservation Laws,* in Gerrard, supra note 4 at 25 (“the traditional purposes of U.S. energy policy have been to supply plentiful energy at low prices with appropriate environmental and public health protections”).

128) Gerrard, *supra* note 4, at 6.

of a million deaths per year globally.[129] Putting a price on carbon, in order to make carbon producers responsible for the climate impact of their energy use, would also encourage energy efficiency.[130] Note, however, that renewables may also have an environmental footprint to be considered.

The third standard is energy security. Oil and gas, in particular, are often located in global "hotspots," leading to uncertainty about future supplies and prices.[131] Some countries also are forced to import large quantities of coal. Efficient use of energy can reduce the need to rely on foreign energy sources.

Fourth is equity. Fairness is another important aspect of energy policy. For instance, emissions trading systems or carbon taxes can have their greatest impacts on the poor, who must spend a greater percentage of their income on energy or on energy intensive products. Assisting the poor to increase energy efficiency can offset price increases due to other aspects of climate policy.

The fifth standard is economic vitality. CT promises to be a major industry throughout the twenty-first century. Wise investments today can strengthen a country's long term economic prospects, providing a source of economic growth and employment.

Creating a low carbon economy will be the task of decades, involving many policy challenges as well as technological ones. But CT's promise demands that we make the effort. The legal system can be an important part of the transition to the low-carbon economy. If nothing else, the economic importance of CT will mandate that lawyers, judges, legal researchers, and educators engage with the issues.

---

129) *Id.* at 1.
130) *Id.* at 14-15.
131) *Id.* at 1.

Ⅵ. Conclusion

In the 1990s, law schools across the United States and beyond discovered that intellectual property was an exciting area of legal scholarship and a crucial area for aspiring lawyers. These developments were sparked by the take-off of IT and to a lesser extent of biotech industries. The dramatic transformations awaiting the energy industry will spark a similar explosion of interest in CT by law students and faculty. The challenge will be to understand the complex web of interconnections between various aspects of CT development and their connections with IP, finance, and regulatory law.

Intellectually, the most intriguing aspect of this emerging field is the need to bridge private law (IP and corporate finance) with public law (environmental and energy regulation). These are individually vibrant areas of legal practice and academic research. Bridging these fields will call for the efforts of a generation of creative legal practitioners and scholars. But the effort will be more than worthwhile, if it helps with the transition to a more sustainable energy future.

번 역 본

청정기술: 법체제 및 법률교육을 위한 과제

다니엘 파버(Daniel Farber)[1)]

청정 기술(CT)는 온실가스 배출을 조절할 필요가 있기 때문에 우선순위에 두어야 하지만 CT를 채택하면 에너지 안전보장과 계속된 대기오염을 줄여서 공공의 건강을 개선하는 데도 도움이 될 것이다. 다른 “첨단 기술”분야와 비교할 때 CT는 다음과 같은 두드러진 특성이 있다. 건설 및 설치에 필요한 높은 선 투자 비용, 결정 조율의 필요성과 높은 관련 기반 시설 비용, 수요 측면 정부역할의 필요성, 규제 및 환경 목표에 따른 단계적인 개발이 바로 그러한 특성이다. 이러한 특성은 다른 기술 분야와 비교했을 때 CT의 법체계에 영향을 미친다. 즉 지적재산권의 정의에 덧붙여 실제로 인허가 발급을 처리해야 하고, 실리콘벨리에서 전통적으로 나타나는 VC 모델을 뛰어넘어 더 큰 채무 자본을 포함한 새로운 자금조달형태를 확대하고, CT의 활용을 활성화하고 CT적용의 장벽을 낮추기 위한 새로운 규제 전략이 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 지적재산권법, 기업재무법, 에너지법, 환경법 등 다양한 법 분야의 도움이 필요할 것이다.

1) 캘리포니아 버클리 대학교, 에너지 및 자원 대학원(ERG), 소사토(Sho Sato)법학교수, 학과장.

본 논문은 에릭 텔리(Eric Talley)교수와 공동프로젝트로 시작되었지만 다른 책무 때문에 공동프로젝트를 계속할 수 없었다.

서 론

최근까지 에너지 관련분야는 지루한 법무 분야로 법교육과 연구에 있어서 대부분 주목받지 못하는 영역이었다. 공익법은 오랫동안 평가의 옳고 그름을 떠나 규제법과 경제학의 하위학문분야로 판에 박히고 정적이라는 인식이 지배적이었다.

> 에너지문제는 오랫동안 우리사회의 형성에 지대한 영향을 미쳤지만, 바람직한 에너지정책에 대해서는 그 주제의 중요성에 걸맞지 않게 소홀히 생각하고 있다. 전력구성비율에서 전송계획, 연료효율에서 기반시설 효율성에 이르는 중요한 에너지정책결정은 반복적이고 다양한 연방 및 주의 정밀한 검토를 통해 이루어 지지만 대체로 우리 나라의 에너지정책은 시장이 움직이게 하고, 시장이 결정하게 하고, 결과물이 아주 심하게 부정적으로 단기적 경제효과가 있다고 판단하지 않으면 그 원인과 결과가 아무리 뒤죽박죽이고, 근시안적이거나 모순적이라도 그대로 수행하는 방식이다.[2)]

전통적인 에너지규정은 제한된 수의 목표에 기반하지만 그러한 목표는 지속가능성과는 하등의 관계가 없다.

> 오늘날까지 적용되는 국내 에너지규정의 개념을 기초로 한 미국의 에너지정책은 다음에 초점을 맞추고 있다 첫째, 풍부한 에너지공급을 보장한다. 둘째, 적정한 가격을 유지한다. 셋째, 기업이 행사하는 시장

2) Lincoln L. Davies, Energy Policy Today And Tomorrow-Toward Sustainability?(현재와 미래의 에너지 정책 지속가능성 측면에서), 29, Journal Of Land, Resources & Environmental Law(토지, 자원, 환경법 저널), 71, 72 (2009). 재생에너지의 정책의 경제 효과는 최소한 특정 환경에서는 흔히 생각하는 것보다 더 긍정적이다. Jürgen Blazejczak, Frauke G. Braun, Dietmar Edler, and Wolf-Peter Schill, Economic Effects of Renewable Energy Expansion: A Model-Based Analysis for Germany(재생에너지 확대의 경제적 효과: 모델기반 독일분석) 참고, http://ssrn.com/abstract=1940413 에서 이용가능

> 지배력과 경쟁없이 이루어지는 가격결정을 제한한다. 넷째, 가격과 질에 따라 연료간 경쟁을 활성화한다. 다섯째, 매우 제한적인 수의 "전통적인" 연료, 특히 "원유, 천연 가스, 석탄, 수력, 원자력"의 지원에 초점을 맞춘다.[3)]

그러나 에너지부문은 현재 전환기에 놓여있다.[4)] 기후변화와 에너지 안전보장에 대한 관심이 높아짐에 따라 재생에너지와 대체에너지, 그리고 효율성을 높이기 위한 조치가 나오면서 우리경제는 화석연료 사용을 줄여야 한다는 압박을 받고 있다. 이러한 전환이 가능하기 위해서는 새로운 기술을 개발하고 적용하여 펀치 카드로 움직이는 중앙컴퓨터에서 인터넷으로 연결 된 PC로의 전환이 무색한 정도의 도전이 성공해야 한다. 일부 관측에 따르면 "청정에너지의 성장은 앞으로 수십 년간 중요한 경제동력 중 하나가 될 것이며" 2030년까지 2천억 달러에 달하는 투자가 유입될 것으로 추정하고 있다고 한다.[5)]

에너지사용에 따른 탄소배출로 인해 청정기술(CT: clean technology)의 필요성이 대두되었다. 이러한 이유에서 CT시장은 지리적으로 다양하게 분포되어 있다. 표 1은 탄소배출이 전 세계적으로 균일하게 분포되지 않는다는 사실을 보여준다. 배출량이 많은 국가는 조속하게 개선된 기술을 채택해야 하며 다시 말해 중국과 미국이 기후변화를 해결하기 위한 CT의 이용에 있어서 핵심적인 국가라는 점을 의미한다.

---

3) 전게서. P. 74.

4) Michael B. Gerrard(개정판), The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables(청정에너지 법: 효율성과 재생에너지)(2011)은 본 주제와 관련한 유용한 정보자료다. 미국 정부의 정책문제에 대한 조사는 대통령 과학기술자문위원회(President's Council of Advisors on Science and Technology), 에너지 원칙: 신규기업의 기술 및 역할(The Energy Imperative: Technology and the Role of Emerging Companies)(2006)에서 제공한 내용이다.

5) Michael B. Gerrard, 입문 및 개관(Introduction and Overview), Gerrard, 전게서 4, p. 2.

표 1. 전세계 이산화탄소 배출 분포

국 가	전세계 이산화 탄소 배출 백분율(2007)
중 국	23%
미 국	20%
유럽 연합	14%
러시아 연방	5%
한 국	2%
기 타	36%

출처: 세계자원연구소(WRI)의 기후분석기(CAIT)v. 8.0

에너지시스템을 전환하려면 풀어야 할 문제가 무수히 많다. 가장 분명한 선결과제는 기술과 경제적인 문제이지만 이러한 큰 문제를 변화시키는 데는 법적인 문제도 포함된다. 변호사는 지적 재산(IP)과 기업 기술유형에 맞는 새로운 형태의 자금조달에 힘을 쏟아 정보기술(IT)혁명에 있어서 중요한 역할을 했다. 정부가 CT의 수요측면에서 핵심적인 역할을 하기 때문에 법 분야는 CT의 경우 더욱 중요한 역할을 하게 될 것이다.

본 논문은 처음으로 법과 CT분야와 관련한 일련의 연구 및 교육 주제를 통해 고찰한 노력의 결과물이다. 우선 CT분야에 대해 개괄적으로 살펴본 후 혁신정책과 관련한 장에서 실질적으로 분석하고 재무문제에 대한 장으로 넘어갈 것이다. 그리고 CT에너지규정과 환경법 간의 관계를 다룰 것이다. 이처럼 CT의 법적, 정책적 차원에 대해 논의한 후에는 법률교육에서 CT가 미치는 영향에 관해 논의하게 될 것이다.

주제를 정의하기 위해 우선적으로 다음을 언급하고자 한다. CT는 최첨단기술, 혁신적인 정책, 일련의 참신한 재무 및 규제체계를 포함하는 새롭게 떠오르고 있는 흥미로운 분야다. CT는 첨단 분야로 경계를 명확히 규정하기 어렵고, 엄밀한 경계가 없을 수도 있다. 가장 넓

게 경계를 정의한다면 CT는 환경에 대한 관심에서 설계한 넓은 범위의 기술을 포괄한다. 그와 같은 기술은 다양한 영역에 걸쳐 있어 에너지, 물, 폐수, 농업, 물질 등을 제한없이 포함한다. 이러한 넓은 관점에서 CT는 자원이용과 에너지소비를 줄이는 생산물, 서비스, 처리과정 그리고/ 또는 전통적으로 그에 상응하는 폐기물배출경로도 포함한다.[6)]

그러나 본 논문은 발전, 에너지 저장, 에너지기반시설, 에너지효율성, 차량 및 운송수단용 연료를 포함한 에너지소비를 줄이는 기술과 온실가스 배출감소에 더욱 집중할 것이다.[7)] CT분야가 계속해서 발전하고 성장함에 따라 그 경계는 계속해서 진화할 것이다. 우리가 규정한 CT에너지분야는 법적 문제를 내포하기 때문에 전문적인 법 실무집단의 영역이 되고 있음이 분명하다.

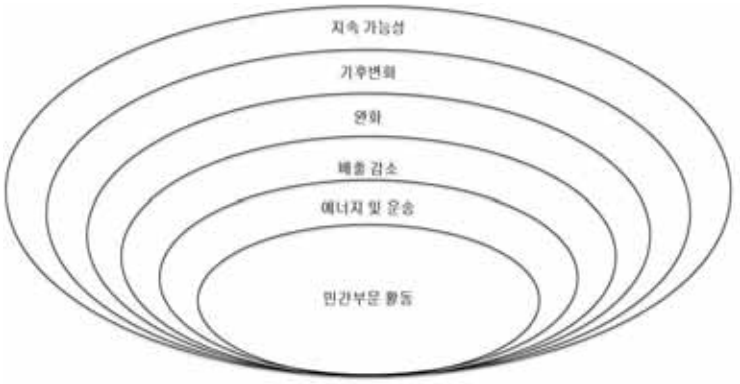
탐구할 특정 CT에너지영역은 그림 1의 벤다이어그램과 같은 방식으로 나타난 포개진 일련의 범주들을 수직으로 세운 것처럼 더욱 급격하게 집중된 형태를 띤다.

---

6) 물 공급을 위해 많은 에너지를 사용하기 때문에 효율성 개선을 위한 정책을 펴서 탄소 배출을 간접적으로 줄일 수 있다.
Steven Weissman and Lindsay Miller, 에너지 효율성과 수자원 보존의 관계 탐구를 위한 캘리포니아 공익 위원회의 시범프로그램(The California Public Utiities Commission's Pilot Program to Explore the Nexus of Energy Efficiency and Water Conservation), 22 Pacific McGeorge Global Business & Dev. L. J. 257 (2010).

7) 이러한 기본적인 정의는 온실 가스배출을 줄이기 위한 미국 기후변화기술프로그램(U.S. Climate Change Technology Program)과 일치한다. 상세한 내용은 미 에너지부의 전략계획(2006) http://www.climatetechnology.gov/stratplan/final/index.htm(마지막 방문일 2010년 4월 26일) "citationItems": http://zotero.org/users/92227/items/54CI5WNU을 참고하기 바란다.

그림 1. CT 에너지 영역의 특징화



현재목적에 가장 높은 관심을 보이는 민간부문은 CT를 시장에 내놓는데 활동의 초점을 맞추기 마련인데 이를 위해서는 혁신, 재정, 법규의 문제가 관련되어 있다. 본 논문의 초점은 민간부문에 맞추어도 정부정책이 CT분야에서 수요를 발생시키고, 활용형태를 결정함에 있어 기초가 된다. 그러므로 CT라는 주제는 공법과 사법을 걸쳐서 모두 관련이 있는 것이다.

위에 제시한 도표를 활용한다고 해도 경계를 정하는 것이 쉽지만은 않다. 예를 들어, 특히 미국 서부에서 알 수 있듯이 수자원을 이동시키기 위해서는 많은 에너지가 필요하기 때문에 수자원의 효율성을 개선하면 실질적으로 필요한 에너지를 줄일 수 있다.[8] 그렇다고 하더라도 공해나 수질오염을 줄이는 경우와 같이 다른 환경을 보호하기 위한 목적으로 방향을 정한 기술은 우리의 핵심적인 관심에서 멀리 떨어져 있다. 더욱이 기후변화조치는 탄소와 관련된 기계장치로 넓은 시장을 만들 수 있는 것에서 알 수 있듯이 민간부문과 밀접한 관계가 있다. 무분별한 도시확대를 줄이는 방향으로 토지이용형태가 변화는

8) In California, for example, 19% of all electricity used in the state is used for water-related activities, see Gary Klein et al., California's Water-Energy Relationship 8 (2005) 참고.

것처럼 다른 기후변화문제는 개발자에게 영향을 미칠 수도 있다. 이러한 변화가 중요하기는 하지만 현재 목적에 따른 CT분야에 포함되어있지 않다. 혁신, 자금조달, 정책과 관련된 문제에 뛰어들기 이전에 CT에너지분야에 대한 통찰력 있는 이해를 하는 것이 유용할 것이다.

CT는 잠재적으로 매우 광범위한 분야로 환경에 이익이 되는 결과를 낳기 위해서 설계한 모든 기술을 포함한다. 위에서 설명했듯이 본 논문을 태양열, 풍력, 조력, 지열뿐만 아니라 에너지생산을 위한 바이오메스와 액체수송용연료에 활용하는 기술에 초점을 맞출 것이다. 이미 정의했듯이 CT는 이러한 분야의 개발을 구체화하는 독특한 일련의 특성을 가지고 있을 뿐만 아니라 관련된 법과 정책 문제를 형성하는 데도 영향을 미친다. 좁은 분야를 탐구하는 것은 편리성 면에서 라기보다는 이처럼 통합된 특성이 있기 때문에 에너지CT로 더욱 좁혀서 초점을 맞추려 하는 것이다.

I.C 절에서 깊이있게 논의할 이와같은 통합된 특성에는 높은 선 투자비용, 결정조율의 필요성과 관련비용, 수요측면 정부역할의 필요성, 부분적으로 규제 및 환경 목표에 따른 단계적인 기술개발이 있다.[9] 이러한 특성으로 인해 지적재산권을 규정하는 것뿐만 아니라 라이선스발급을 처리해야 할 필요가 더욱 많아지고, 전통적인 실리콘벨리의 VC 모델을 넘어서 더 큰 부채자본을 부담하는 새로운 형태의 재원조달과 새로운 규제전략으로 확대하는 결과를 초래할 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 지적재산권법, 기업재무법, 에너지 법, 환경법 등의 다양한 법 분야의 도움이 필요할 것이다.

본 논문의 목표가운데 하나는 정책개발에 장애가 되는 정보격차를 일부라도 해소하는 것이다. 정보와 분석이 결여되면 재생에너지의 개발의 장애요소가 된다. IPCC에 따르면,

9) II 부(C)의 이러한 특성에 대한 내용 참고.

> 정책을 입안하고, 제정하는 데 장애가 되는 것에는 정보결여와 RE 자원, 기술, 정책선택에 대한 인식부족, “최선”의 정책설계 또는 에너지전환 착수방법, 외부비용 및 혜택의 수량화와 내부화와 관련된 어려움, 기존기술 및 정책의 폐지가 있다.[10]

법과 정책분석은 이러한 도전을 극복하는 데 핵심적인 역할을 한다. 이러한 문제가운데 일부는 보편적이지만 일부는 특정나라에서만 일어나기 때문에 각 국가가 자국의 CT개발에 맞는 적절한 체계를 책임지고 연구해야 제도를 정착시키기가 쉽다.

선진국의 경우 19세기와 20세기 초의 산업혁명으로 나무를 태워 에너지를 얻는 시스템에서 전환하고, 동물에서 석탄이나 원유로 동력원이 이동하는 것을 목격했다. 오늘날 그와 같은 에너지전환은 거의 전 세계에서 모두 일어났지만 일부 최빈지역의 인구는 여전히 에너지 면에서는 산업시대 전 단계에 살고 있다. 그러나 지난 수십 년간 우리는 또 한 번의 에너지시스템의 대규모 전환이 필요하다는 사실을 알게 되었다. 왜냐하면 우리가 의존하고 있는 화석연료는 지속가능하지 않기 때문이다. CT는 에너지시스템에 결과가 한계적일 수 밖에 없는 무언가를 추가를 하는 것이 아니다. 그 대신 환경의 지속가능성을 위해서 21세기 중반까지는 다양한 형태의 CT를 에너지시스템의 대세로 만들 필요가 있다. 이처럼 기존질서에 변화가 일어나면 법 분야에 변화가 없을 수가 없다. 사실상, 누구나 목격하겠지만 에너지 시스템전환이라는 목표에 도달하기 위해서는 법도 함께 변화과정을 겪기 마련이다.

---

10) C. Mitchell, Policy, Financing and Implementation(정책, 재정조달, 이행), IPCC, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation 17(재생에너지원과 기후변화 완화에 관한 특별보고서 17) (2011).

Ⅰ. 청정기술 영역의 개관

CT는 현재 지배적으로 사용하는 화석연료와는 완전히 다르다. 지난 세기에 화석연료는 사용량이 거의 계속 늘었다. 기술이 새롭다는 점 이외에도 CT는 전형적으로 전통적인 기술보다는 규모경제적 특성이 적다. 그래서 CT는 상대적으로 수가 적은 에너지발전기에 집중하기 보다는 다중의 분산된 시설의 형태를 취하는 것이다. 저탄소 에너지 분야에서는 대규모 수력발전 댐과 원자력발전소와 같은 일부형태는 계속 대규모시설로 운영할 것이다. 운송분야에도 철도기반시설, 차량 제조, 연료정제, 유통을 하는 특히 규모가 큰 기업이 있을 것이다. 그러나 건축물과 전기시스템은 새로운 기술을 개발하고 상업화하는 중소 규모의 벤처기업을 위한 독특한 환경을 제공한다. 따라서 우리의 초점도 그러한 분야에 맞출 것이다.

CT에 적합한 법률적 환경을 검토하기에 앞서 CT영역을 더 잘 이해할 필요가 있다. 이번 절은 CT를 채택해야 하는 이유를 설명하면서 시작하려 한다. 이러한 이유가 전체적인 기술개발을 동기화하기 때문이다. 그 다음에는 에너지시스템에서 CT의 역할과 현재 확대되고 있는 추세를 주제로 삼아 논의하고 마지막으로 정보기술이나 생물공학과 같은 혁신적인 기술분야와 CT분야가 차별화되는 요소를 자세히 알아본다. 이와같은 특수한 CT의 특성이 저탄소경제로 전환하기 위해 극복해야 하는 제도적 도전을 이해하는 데 있어서 중요하다.

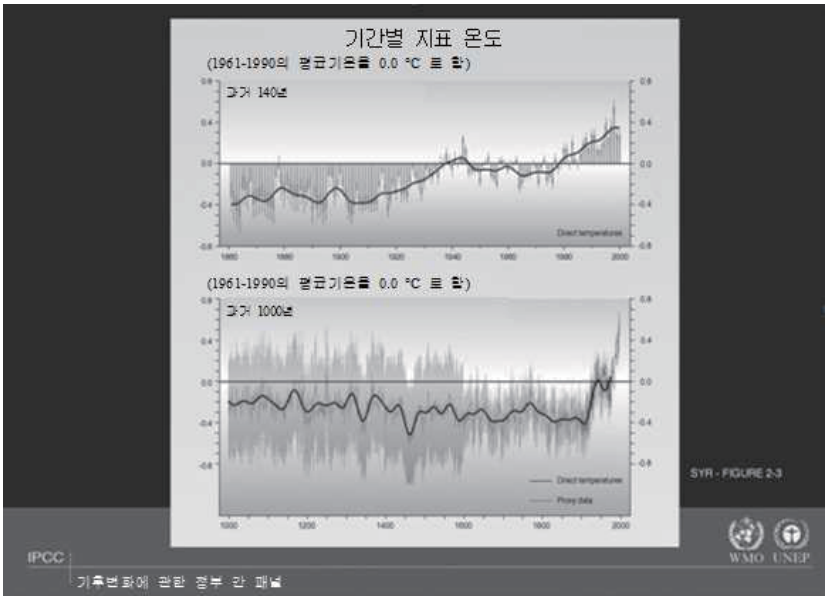
A. 청정기술의 필요성

CT는 에너지안전보장 이외에도 많은 혜택을 주지만 최초로 필요성을 알려준 분야는 환경이라는 데는 이의가 없다. 환경가운데서도 한 부분이 CT의 필요성을 두드러지게 한다. 청정기술은 다른 환경문제에

있어서도 필요하지만 기후변화문제에서 청정기술은 가장 필수적이다. 그러므로 CT를 이해하기 위해서는 기후변화문제를 조금이라도 다루어야 한다.

누구나 공통적으로 기후변화가 미래에 닥칠 문제라고 생각하지만 기후변화는 이미 일어나고 있는 것이 현실이다. 다음에 제시한 그림에서 볼 수 있듯이 지구의 온도는 이미 지난 수천 년과 수 세기 동안의 정상치를 넘어섰다.

그림 2. 기후 추이



위의 표가 보여주듯이 지난 세기동안 온도는 계속 상승했다. 최근 수년간 극히 적은 예외를 제외하고는 매번 가장 높은 지구온도를 기록했다.[11] 앞으로의 탄소배출과 기후가 민감한 정도에 따라 전 세계적으로 온도가 현재보다 2 - 7 ˚C 높아질 것이다.[12] 북국의 온도변화

11) David Archer and Stefan Rahmstorf, The Climate Crisis: An Introductory Guide to Climate Change 43(기후위기: 기후변화 입문서 43) (2010).

폭은 2배가 될 것이다.[13] 온도가 2 ℃ 가 높아져도 대지는 수백 만년 전보다 훨씬 더 따뜻해진다.[14] 그러므로 온실가스를 조절하지 않으면 인류는 대부분 익히 본적이 없는 미지의 세계를 맞이하게 될 것이다.

예측 가능한 충격을 처리하고, 대응하기 시작할 필요가 있음은 분명하다. 그와 같은 충격은 사회와 밀접한 관계가 있다. 해수면상승은 기후변화에 따른 가장 예측가능한 충격가운데 하나다.[15] 그린란드와 남극대륙이[16] 녹아 생기는 영향은 차치하더라고 기온이 상승하면 온도계의 수은이 올라가는 것처럼 해수의 온도가 변하기만 해도 열팽창이 일어난다.[17] 이러한 해수면 상승으로 해안의 토지면적은 줄어들고,[18] 일부 하구에 바닷물이 침수하고, 일부 식수원에도 바닷물이 침투하며, 홍수피해를 입는 지역이 늘어난다.[19]

전 세계적으로 많은 인구가 바다가까이 거주하기 때문에 해수면 상승은 특히 심각한 문제다. 저지대농경지는 유용성이 높고, 물을 이용한 운송은 경제적으로 중요하며, 해안의 편의시설에는 사람이 많이

12) 전게서 p.129
13) 전게서 p.133
14) 전게서 p.225
15) K. Hasselman 공저., *The Challenge of Long Term Climate Change*(장기적 기후변화의 도전), 302 Science 1923, 1924 (2003)참고. (표 22) (2100년까지 "평상시와 같은 생활"시나리오에서는 2m의 해수면 상승도 가능하다고 예측하지만, 최적의 규제전략에 따르면 20cm이상은 심각하다고 예측한다.)
16) 이 지역의 심각한 해빙 잠재력에 대해서는 Nicholas Stern, The Economics of Climate Change 16(기후변화의 경제학 16); IPPC, 전게서 10, p.16 참고.
17) 해수 온도의 변화는 어류의 수량에도 영향을 미칠 것이다. Hans O. Portner와 Rainer Knust, Climate Change Affects Marine Fishes Through the Oxygen Limitation of Thermal Toleration(온도상승 따른 산소량 감소를 통해 본 기후변화가 수중 생물에 미치는 영향), 315 Science 95 (2007).
18) A. Barrie Pittock, Climate Change: Turning Up the Heat(기후변화: 온도 상승) (2005)에서 중국, 전게서, p. 264, 인도, 파키스탄, 방글라데시, 전게서, p.268, 미국, 전게서. P. 278를 포함한 예를 제시하고 있다.
19) Elizabeth Kolbert, Field Notes from a Catastrophe: Man, Nature, and Climate Change 123-24(대재앙 현장 보고서: 인간, 자연 그리고 기후변화 123-24) (2006)) (현재는 100년에 한 번 일어나는 홍수가 금세기 말에는 일상적으로 일어날 것이라고 지적한 영국정부의 연구보고서) 참고, Pittock, 전게서 18, p. 118 또한 참고.

몰리기 때문에 문제가 크다. 특히 개발도상국에서는 이런 지역의 인구를 충분히 보호하기 어려울 수도 있다.

다른 변화도 예측할 수 있다. 대부분의 지역에서 눈에 덮인 면적이 줄어들 것이고,[20] 바다의 산성도가 높아질 것이다.[21] 기후변화가 약간만 일어나도 멸종되는 종이 심각하게 발생하고,[22] 화재, 홍수, 폭염과 같은 극단적인 현상이 더욱 광범위하게 나타날 것이다.[23] 다음 그림에서 제시하는 바와 같이 사망률에도 영향을 미치는 증거가 전 세계의 일부 지역에서 나타나기 시작했다.

그림 3. 기후변화가 사망률에 미치는 영향

20) Archer and Rahmstorf, 전게서 11, p. 147.

21) 전게서. p. 148.

22) 전게서. p. 162.

23) 전게서. p. 174; Heidi Cullen, The Weather of the Future: Heat Waves, Extreme Storms, and Other Scenes from a Climate-Changed Planet (2010)(미래의 기상: 폭염, 폭풍과 기후변화로 인한 지구의 기타 영향(2010)). 홍수 문제에 대해서는 Howard C. Kunreuther and Erwann O. Michel-Kerjan, At War with the Weather: Managing Large-Scale Risks in a New Era of Catastrophes 11-12(기상와의 전쟁: 대재앙 시대의 대규모 위기관리 11-120 (2009) (impact of climate change on catastrophic weather events(기후변화가 기상재앙에 미치는 영향))참고.

가장 자세한 기후변화 연구는 미국이나 서유럽에 초점을 맞추고 있다. 미국은 넓고 지리적으로 다양하여 그에 따라 기후영향도 다르게 나타난다.[24] 북동부과 해안에서는 더 습한 기후가 나타나고, 내륙 서부에서는 더 건조한 기후가 나타날 것으로 예상한다.[25] 기온은 모든 지역에서 올라가겠지만 미대륙 해안이나 남부보다는 내륙에서 더 높아질 것이고, 북부의 알라스카에서 상승폭이 가장 클 것이다.[26] 남동부의 경우 변화폭은 적겠지만 기준온도가 높기 때문에 금세기 후반에는 매우 더워질 것이다.[27] 중서부의 도시는 더 높은 기온의 폭염을 겪게 될 것이고, 대기오염은 악화될 것이다.[28]

해수면상승으로 미국의 습지는 급격히 줄어들 수 있다.[29] 해수면 1m가 상승하면 미국 해안의 습지가운데 3분의 2가 사라질 것이다.[30] 뉴욕에서 100년에 한 번 나타날 정도였던 규모의 홍수가 현재는 80년만에 한 번씩 일어나고 있으며 금세기 중반에는 20년에 한 번씩 일어날 가능성이 있다.[31]

그 사이에 미국의 건조한 남서부지역에서는 미래의 물공급이 불투명하고 그 결과 농업에 심각한 영향을 미칠 가능성이 있다.[32] 과학자들은 향후 100년간의 장기적인 가뭄의 가능성에 대해서 연구하고 있

24) 미국의 기후영향에 대한 가장 최근의 정보는 미 지구변화연구프로그램, 미국의 기후변화 영향(2010)(U.S. Global Change Research Program, Global Climate Change Impacts in the United States (2010)) 에서 찾아볼 수 있다.(이후 U.S. 영향으로 표기)

25) 상게서, p.42.

26) 상게서, p.29.

27) 상게서, p.112.

28) 상게서, p.117.

29) Cat Lazaroff, Climate Change Could Devastate U.S. Wetlands(기후변화로 미국습지가 사라진다.), “http://www.ens-newswire.com/ens/jan2002/2002-01-29-06.asp”에서 이용가능.

30) U.S. Impacts, 전게서 24, p. 84.

31) Cullen, 전게서 23, p. 238.

32) Jason Mark, Climate Change Threatens to Dry Up the Southwest’s Future(기후변화가 남서부의 미래를 말려버리려 위협하고 있다.), “http://www.alternet.org/story/103366/” (2008.11.18)참고.

다.[33] 기온상승, 가뭄, 화재, 외래종침입으로 인해 남서부의 풍경이 바뀌고, 모순적이게도 가뭄 사이사이 홍수가 발생하는 빈도가 늘 가능성도 있다.[34]

기후변화가 공중보건에 미치는 충격도 우려할 부분이다.[35] 로스앤젤레스에서 폭염이 발생한 날수는 금세기중반이 되면 최소한 2배가 될 것이고 금세기 말에는 4배가 될 것으로 추정한다.[36] 가장 취약한 집단인 65세 이상은 같은 시기에 캘리포니아의 경우 인구비율이 2배로 늘어날 것이다.[37] 기온상승으로 인해 오존수치가 더 상승하면 사망자수가 늘어날 것이다.[38] 대화재가 발생할 가능성도 금세기말에는 12.53% 높아질 것으로 예상한다.[39]

미국에 특별한 점은 없다. 지역적으로 환경이 다르겠지만 미국의 온대지역에 있는 대부분에 국가가 직면하고 있는 문제를 예시적으로 보여주고 있는 것이다. 위치와 국가의 지리적 차이 때문에 지역적으로 차이가 나타나 일부 국가에서는 미국보다 문제가 심각하고, 다른 국가에서는 덜 심각할 수도 있다. 그러나 미국의 경우가 오히려 전형적일 것으로 보고 있다.

이러한 기후변화가운데 일부는 막을 수 없으니, 눈앞에 닥친 변화에 적응하기 위해서는 상당한 도전을 맞이하게 될 것이다.[40] "큰 위험이

---

33) Juliet Eilperin, Faster Climate Change Feared: New Report Points to Accelerated Melting, Longer Drought(공포의 기후변화 가속화: 새로운 보고서 해빙과 가뭄장기화를 지적하다), Washington Post, 2008.12.25. "http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2008/12/24/AR2008122402174.html?hpid=moreheadlines"에서 이용가능.

34) U.S. Impacts, 전게서 24, pp. 131 132.

35) See Louise Bedworth, Climate Change and California's Public Health Institutions(기후변화와 캘리포니아 공중보건 제도)(Public Policy Institute of California(캘리포니아 공공정책 연구소), 2008)

36) 전게서. p. 2

37) 전게서. p. 3.

38) 전게서. at 7.

39) 전게서. p.10.

40) 이와 같은 도전에 대해서는 Tim Bonyhady, Andrew Macintosh, Jan McDonald,

도사리고 있는 미래에 적응할 수 있도록 기반시설을 건설하기 위한 비용은 GDP의 0.05-0.5%인 매년 150억-1500억 달러가 될 것으로 보이며 그러한 비용의 3분의 1은 미국이 부담하고 15분의 1은 일본이 부담하게 될"이라고 스턴 보고서는 추정한다.[41] "홍수와 가뭄과 같은 극단적인 재해가 발생하면 사회의 많은 부분이 광범위하게 해를 입는다. 그러므로 적응을 위해 극단적인 재해가 빈도, 강도, 지속성에 있어서 얼마나 큰 폭으로 변할지 판단하는 것이 중요하다.[42]

얼마나 빨리 온실가스배출을 줄일 것인지, 어떤 기술을 사용할 것인지에 대해 합의가 어려운 합당한 이유가 있음에도 불구하고 행동을 개시할 필요가 있다는 것은 확실하다. 그러나 삶의 질을 유지하고 개선하기 위해서 특히 개발도상국의 경우는 에너지공급을 늘려야 할 것이다. 결과적으로 우리는 배출가스가 훨씬 적은 에너지를 생산할 필요가 있고, 기술혁신이 필요할 것이다. 일부 주요 경제국가는 이미 이러한 방향으로 나아가고 있다. :

> 유럽연합은 기후변화에 대응하고, 재생에너지의 활용을 늘리기 위해 환경정책을 지원하는 데 앞장서고 있다. 2020년까지 온실 가스배출을 20% 줄이고, 재생에너지원의 비율을 20%로 하고, 에너지효율성을 20% 늘린다는 야심 찬 "20-20-20"목표를 정했다.[43]

Adaptation to Climate Change: Law and Policy(기후변화 적응: 법과 정책)(2010); U.S. Government Accountability Office(미국 감사원), Climate Change Adaptation: Strategic Federal Planning Could Help Government Officials Make More Informed Decisions(기후변화 적응: 정부의 전략적인 계획수립을 통해 공무원은 더욱 현명한 결정을 할 수 있다), http://www.gao.gov/products/GAO 10 113 (2010).

41) Stern, 상게서16, p.417.

42) William E. Easterling III, Brian H. Hurd, and Joel B. Smith, Coping with Global Climate Change: The Role of Adaptation in the United States 17 (글로벌 기후변화 대응: 미국에서 적응의 역할 17)(2004))("http://www.pewclimate.org/docUploads/Adaptation.pdf"에서 이용가능).

43) Jan Abrell and Hannes Weigt, The Interaction of Emissions Trading and Renewable Energy Promotion (배출권거래제도와 재생에너지활성화의 상호작용)(2010), "http://ssrn.com/abstract=1317310"에서 이용가능

현재 전 세계적으로 화석연료를 주 에너지원으로 사용하고 있다. 만일 이러한 상황이 바뀌지 않는다면 기후변화는 통제불능상태가 될 것이고 결과적으로 심각한 상황이 발생하거나 재난이 일어날 것이다. 전 세계적으로 화석연료에 대한 의존도에 변화를 줄 필요가 있으며, 재생연료가 적합하지 않은 경우라도 필요한 화석연료를 줄여 효율성을 높일 필요가 있다. 다음 절에서 논의하듯이 CT는 이러한 전환에 있어서 핵심적인 위치에 있다.

B. 에너지 시스템 상황과 CT

청정기술의 역할을 이해하기 위해서 미국의 에너지시스템과 정책환경부터 검토하도록 하겠다. 2009년 에너지소비규모를 우선 살펴보면, 미국은 약 95,000조 Btus를 소비했다. 표1에서 알 수 있듯이, 미국의 소비량은 전세계가 소비한 에너지의 약 5분의 1이고 한국의 비율도 수치상으로는 낮아도 전 세계의 인구에서 차지하는 비율로 볼 때 높은 편이다. 표 2는 미국의 에너지소비를 자세히 표시한 것이다.

표 2. 부문별 미국의 에너지 소비

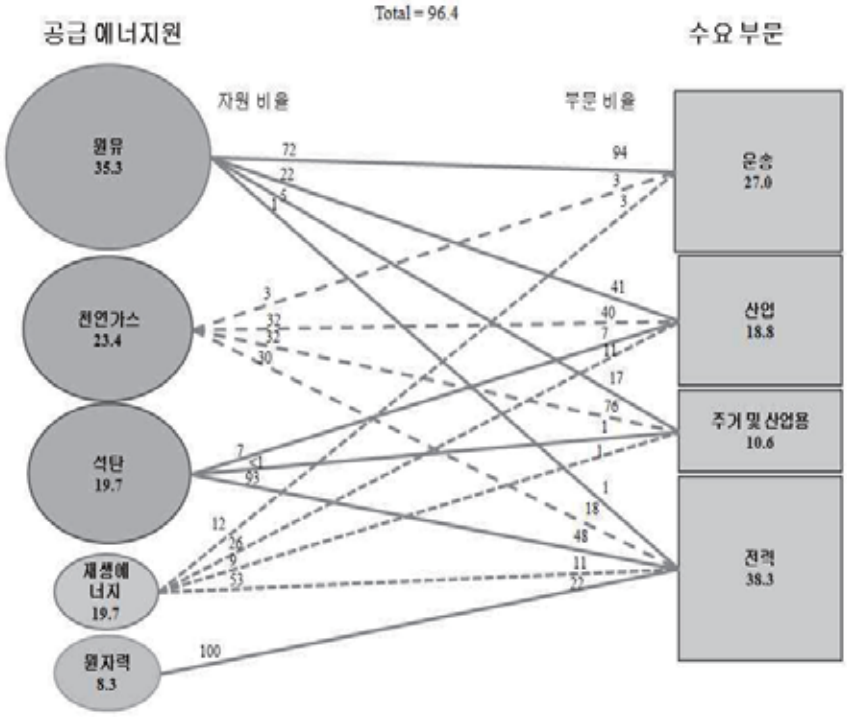
미국의 경제부문	전세계 에너지소비에 대한 비율
전력	8%
운송	6%
산업	5%
주거 및 상업용 건물	2%

에너지는 주로 발전, 난방을 하고 산업에 동력을 공급하고, 차량이 움직이게 하는데 사용한다.[44] 에너지원과 부문에 따라 미국의 에너지

44) U.S. Energy Information Administration(미국에너지정보행정연구원), Annual Energy

흐름을 요약한 표 4를 보면 각 부문마다 다른 유형의 에너지조합이 이루어지고 있음을 알 수 있는데 이는 CT가 부문에 따라 다른 경쟁 상대와 다른 환경적 영향을 받을 것임을 의미한다.

그림 4. 에너지원과 부문별 2009년 미국의 주요 에너지의 흐름 (1000조 Btus)[45]



1- 원유에 혼합된 바이오연료를 포함시키지 않았다.
- 바이오연료는 “재생에너지”에 포함시켰다.

2- 혼합기체연료 제외

3- 100조 Btu미만의 순 수입 석탄코크스 포함

4- 전통적인 수력, 지열, 태양열/ PV, 풍력, 바이오메스

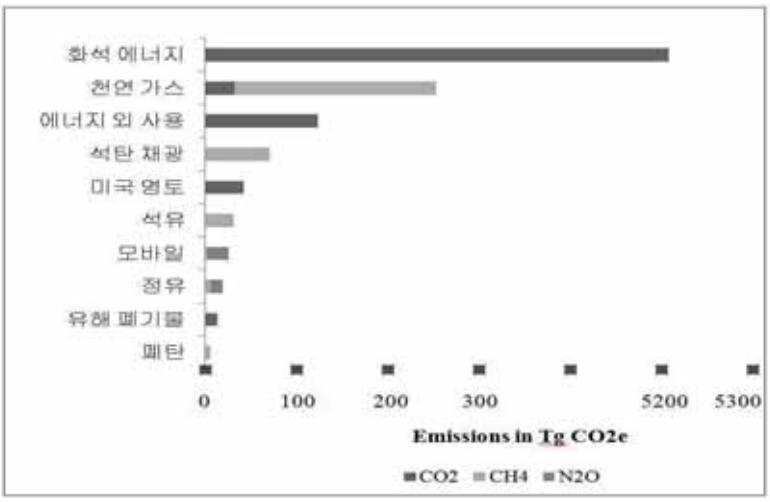
Review 2009(에너지 리뷰 연보 2009), 1.1, 11.1, (2010), http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pdf/aer.pdf(최종 방문일 2011.7.25).

45) Image from U.S. Energy Information Administration, id. at 37.

5- 산업용 열병합 발전(CHP)플랜트와 산업용 발전플랜트 포함.
6- 상업용 열병합발전(CHP)플랜트와 상업용 발전플랜트 포함
7- 일반인에게 전기 또는 전기와 열을 파는 것이 주 사업인 발전 플랜트와 열병합(CHP) 플랜트

석유, 천연가스, 선탄과 같은 화석연료로 현재 미국에서 소비하는 에너지의 83%를 공급한다. 이산화탄소(CO^2)는 화석연료의 연소를 통해 가장 많이 배출된다. 또한 석탄채굴, 석유 및 가스시스템, 통제 기술과 같은 다른 에너지관련 분야에서도 이산화 탄소와 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O)와 같은 더 강한 다른 온실가스가 배출되며, 미국 온실가스의 약 87%는 에너지를 생산하는 과정에서 나온다.

그림 5. 에너지 분야의 온실 가스 배출, 2009[46)]



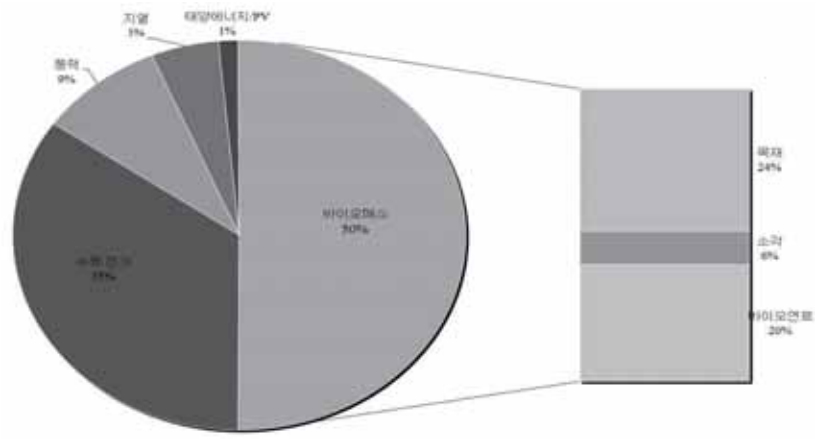
여기서 적용하고 있는 CT에너지 분야의 기본개념에는 태양열, 풍력, 조력, 지열발전의 활용뿐만 아니라 바이오메스를 전기와 액체 수송용

46) 자료출처 U.S. Environmental Protection Agency, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 2009, Table 3-1 (2009), http://epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport. html (last visited July 25, 2011).

연료에 이용한 것도 포함한다. 현재 재생에너지는 미국의 에너지소비에 있어서 8%라는 적은 부분을 차지하고 있을 뿐이다. 그림 4를 보면 바이오메스는 가장 큰 재생에너지원으로 전기와 열을 발생시키며, 차량의 연료를 공급하는 데 사용한다는 것을 알 수 있다. 전통적인 수력발전은 CT로 생각하기에는 너무 오래된 기술로 재생에너지의 3분의 1을 차지하고 있다.[47]

이미 자리잡고 있는 "전통적인" 기술은 규모, 자금조달, 정책 관련성 면에서 다른 청정기술과는 맞지 않는다. 미국 전력의 20%를 공급하는 원자력발전은 저탄소 전력원이지만 일반적으로 CT의 정의에 부합하지 않는다.[48] 같은 이유에서 천연가스는 온실가스를 단기간에 줄이는 데 중요한 역할을 함에도 불구하고 CT영역 밖에 있다.

그림 6. 미국의 재생에너지원, 2009[49]



47) U.S. Energy Information Administration, supra note 44.

48) However, small modular nuclear reactors might be an exception; see, for example, Kevin Bullis, Technology Review: A Preassembled Nuclear Reactor, MIT Technology Review, 2009, http://www.technologyreview.com/energy/22867/?a=f (last visited Apr 8, 2010); Steven Chu, America's New Nuclear Option, http://online.wsj.com/article/SB10001424052748704231304575092130239999278.html?mod=WSJ_topics_obama, 최종 방문일 2010.4.8).

49) U.S. Energy Information Administration, supra note 44.

재생에너지의 절대량이 여전히 미비하지만 재생에너지프로젝트는 빠르게 미국 전역으로 확대되고 있다. 2001년과 2007년 사이에 수력발전 외의 재생에너지의 발전량은 34% 성장했다. 45개 주에서 수력발전 이외의 재생에너지가 같은 기간 동안에 증가했다. 풍력발전이 가장 빠르게 늘어서 발전량이 411% 증가했다.[50] 벤처자본 형태의 민간투자 또한 같은 시기에 성장했다. 2009년 경기하락으로 모든 투자가 감소했음에도 불구하고 CT에너지 프로젝트에 대한 벤처투자의 비율은 12.5%로 늘었다.[51]

CT에너지 분야의 기본정의에는 새롭게 떠오르는 분야의 재생에너지가 유사한 역할을 하는 예를 볼 수 있다. 그러나 발전과 수송용 연료는 CT 에너지 분야의 단지 두 가지 측면에 지나지 않는다. CT 기술의 또 다른 중요한 형태는 에너지효율이다. 에너지효율은 저비용 에너지와 배출감소측면에서 중요한 역할을 한다. 예를 들어 최근에 발표한 한 보고서는 23% 최종용도 에너지 소비수요의 23%를 에너지 효율을 통해서 획득할 수 있다고 발표했다.[52] 더욱이 CT 에너지 분야에는 차량, 에너지저장, 에너지기반시설과 관련있는 기술도 포함된다. 예를 들어, 플러그인 하이브리드 전기자동차, 플라이 휠, 스마트그리드가 각각 포함된다. 다음의 도표는 청정기술에 유입되는 넓은 투자 흐름의 분포를 보여주고 있다.

50) Elizabeth Doris et al., State of the States 2009: Renewable Energy Development and the Role of Policy 212, 8-9 (2009).

51) Ron Pernick et al., Clean Energy Trends 2010 3 (2010).

52) Unlocking Energy Efficiency in the U.S. Economy, 165 1 (2009), www.mckinsey.com/USenergy efficiency.

그림 7. 청정 기술의 투자 흐름[53)]

미국에서 CT의 상업화는 기존 에너지기반시설의 환경에서 이루어지고 있다. 지리, 경제발전, 인구분포와 결합된 기존의 기반시설이 다르기 때문에 나라마다 CT의 여건은 다를 것이다. 기존의 에너지기반시설이 한정될 수밖에 없는 국가는 새로운 기술을 더욱 빠르게 채택하고 싶어할 것이며, 특히 전국 배전망이 효율적이지 않은 국가는 더욱 빠른 도입을 원할 것이다.[54)]

수력발전과 원자력발전을 제외한다면 대부분 국가의 에너지시스템에서 청정에너지형식이 차지하는 비율은 아주 적다. 만일 이러한 현상이 그대로 유지된다면 틈새시장분야가 될 수 밖에 없지만 CT의 사회적 중요성을 기초로 예상할 수 있는 성장곡선을 고려한다면 CT는 훨씬 많은 주목을 받을 자격이 있다.

---

53) From http://svtechtalk.com/wp-content/uploads/2011/08/Cleantech-Group-Sector-shares-by-amount- +-deal-count-Q23.jpg

54) See, e.g., Integrated Regional Information Networks, Pakistan: Alternative energy to boost power generation (2003), http://www.irinnews.org/report.aspx?reportid=21429 (last visited Apr 11, 2010).

C. CT의 특성

본 논문은 재생에너지와 에너지효율성의 맥락에서 CT에 초점을 맞추고 있다. 관련된 기술은 매우 다르다. 예를 들어, 풍차와 광전지기판은 공통점이 거의 없다. 둘의 공통점은 기술이라기보다는 오히려 양쪽의 기술이 모두 환경적으로 이롭고 양쪽 모두 전력그리드로 통합되어야 한다는 사실이다.

하나의 혁신기술로서 CT에 관심을 두고 있는 만큼 IT나 바이오테크 같은 혁신적인 기술과는 다르면서 다양한 형태의 CT가 공통적으로 가지고 있는 것이 무엇인지 의문을 가지게 된다. 여기서 개별적으로는 독특하지 않지만 새로운 기술을 활용하는 다른 경제적 분야와 비교했을 때 공통적으로 CT를 구별할 수 있는 최소한 4개의 특징이 있다고 우리는 생각한다.

이러한 특징으로는 (1) 높은 선 투자비용, (2) 결정조율의 필요성과 높은 관련 기반시설비용, (3) 수요측면 정부역할의 필요성, (4) 부분적으로 규제 및 환경목표에 따른 단계적인 기술개발이 있는 데 각각에 대해서 아래에서 자세히 논의하도록 하겠다.

1. 자본비용

우선 생산비용을 고려해 보자. 많은 청정기술은 모두 운영과 유지비는 상대적으로 낮으면서도 자본비용은 상당히 높은 것이 전형적이다. 특히 에너지발생기술이 특히 그러한데 예를 들어, 풍력발전은 선 투자비용은 높지만 운영비용은 상대적으로 낮다.[55] 기술혁신에는 비용이 많이 들지만 복제에는 기본적으로 비용이 전혀 들지않는 정보기술

55) Asieh Mansour & Stella Yun Xu, Infrastructure Investments in Renewable Energy 28 8 (2009), http://www.dbcca.com/dbcca/EN/investment-research/investment_research_1771.jsp (last visited Apr 11, 2010).

(IT)과 바이오테크분야와는 대조적이다. 일단 소프트웨어 프로그램을 설계하면 CD를 생산하거나 웹에서 다운로드하기 위한 작업은 기본적으로 돈이 들지 않는다. 반대로 풍력발전소를 건설하거나 태양력시설을 집중적을 세우는 것은 아무리 설계가 완벽하다고 해도 비용이 많이 든다.

IPCC가 설명하듯이:

> 에너지시스템을 전환하기 위해서는 실질적인 투자가 필요하며 수 십년간 자본이 묶여있을 가능성도 있다. 따라서 에너지시스템전환과 같은 대상에 투자한 사람들에게는 투자위험을 분산시키기 위해서 잘 개발한 자본, 보험, 미래의 시장뿐만 아니라 투명하고 안정적으로 규제의 골격을 잡는 환경도 필요하다. 자본시장의 정보불균형(기술혁신, 교육, 잠재적 기술 전개와 관련하여)은 위험인식을 증가시켜서 투자비용도 높아지게 한다. 이러한 점은 자본집약적인기술로써 높은 자본비용으로 어려움을 겪고 있는 일부 RE기술과 특히 관련이 있다.[56]

> 특정 기술이 흥미로운 예외를 나타내거나 만들기도 한다. 예를 들어, 스마트미터기(smart meter)는 초기 설치비용이 높지만 일단 설치하면 더 많은 정보교환이 가능한 IT지향적인 에너지관리기술을 적용할 여지가 많아서 기존 기업과 더욱 유사한 지적재산권(IP)문제가 있다.[57] 또 다른 예외로는 일부 신기술(바이오 연료 등)에 바이오 테크와 그에 따른 문제가 걸려있는 바이오 연료 연구가 있다.[58]

---

56) Mitchell, 전게서10, p. 10.

57) Electricity Advisory Committee, Smart Grid: Enabler of the New Energy Economy 18 (2008), http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/finalsmartgridreport.pdf (last visited Oct. 13, 2011).

58) United Nations Conference on Trade and Development, The Biofuels Market: Current Situation and Alternative Scenarios 104 5 (2009), http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/19798/biofuels_market.html?breadcrumb=%2Fproject%2F39%2Fscience_technology_and_globalization (last visited Apr 11, 2010).

높은 생산비용은 상업화단계에서 자금조달문제를 발생시키지만 연구 및 개발 단계의 투자자들은 이러한 문제를 예상한다. 결과적으로 CT분야의 R&D를 이해하고 활성화하기 위해 상업화 단계의 높은 자본비용을 고려할 필요가 있다.

2. 공급측면의 조정

새로운 에너지기술을 채택하기 위해서는 개개 기업이나 소비자가 내린 결정 이상으로 조정결정이 필요한 경우가 자주 발생한다. 재생에너지는 계획수립과 기반시설의 조정이 필요한 것이다. 작동가능한 그리드가 저절로 나타나는 것은 아니다. 새로운 수송용연료는 새로운 연료를 사용할 수 있는 차량을 확보해야 하고 연료를 이용할 수 있도록 연료분배시스템을 변경하는 것을 보장해야 하는 조정이 필요해 "닭이 먼저냐 달걀이 먼저냐"하는 문제를 발생시킬 수도 있다.[59] 곡물이 주성분인 차량 또는 동력연료는 토지이용과 식량 대 연료를 위한 토지할당에 대한 우려를 불러 일으킨다.[60]

조정비용과 기타 고착효과(lock‐in effect)가 있어 현 에너지 공급업자는 경쟁우위를 유지할 수 있다. 공익사업은 재생에너지원의 계획을 그리드계획과 더욱 쉽게 통합할 수 있는 반면 기존 에너지기업은 유통네트워크를 운영한다. 일부 경우에는 스마트그리드와 기타 다른 IT 지향적인 기술을 이용하여, 예를 들어, 부정기적으로 재생에너지원을 그리드에 통합시킴으로써 조정비용을 줄일 수도 있을 것이다. 이러한 연결로 CT와 IT 분야 사이의 연대도 강해질 것이다.[61]

---

59) Alexander E. Farrell, David W. Keith & James J. Corbett, A Strategy for Introducing Hydrogen Into Transportation, 31 Energy Policy 1357 1367, 1359 (2003).

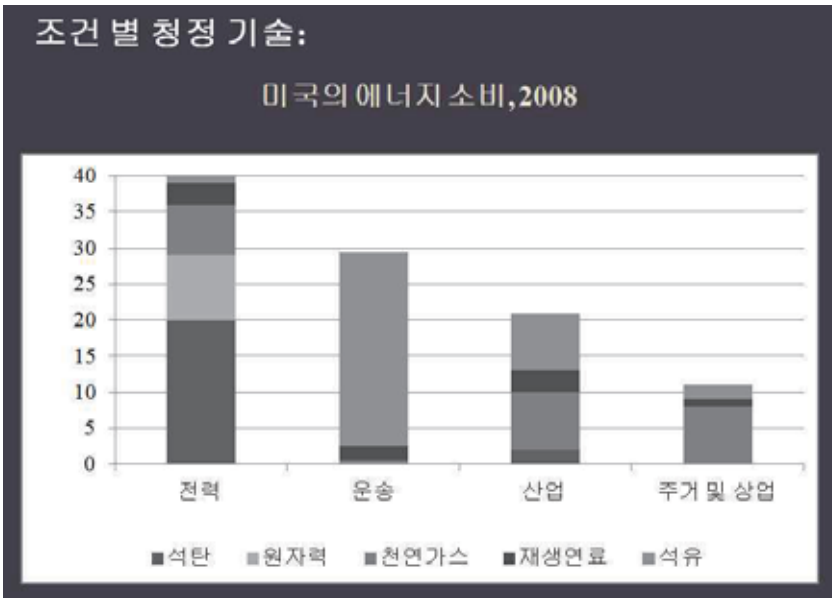
60) David Tilman et al., Beneficial Biofuels－The Food, Energy, and Environment Trilemma, 325 Science 270 271 (2009).

61) Electricity Advisory Committee, supra note 57 at 8.

3. 정부의 적극적인 역할

CT에너지 분야에서 정부는 필요한 조력자로써 중요하고 다양한 역할을 수행한다. 이러한 정부의 역할은 연관된 에너지 분야에 따라 다르다. 그림 8에서 나타나듯이 다양한 분야에서 넓게 에너지를 이용하고 있고 일부 분야는 다른 에너지보다 화석연료가 우위를 차지하고 있다. 전력체계는 연료수송체계와는 다르고 건축물은 주로 국가나 지역의 토지이용요건의 통제를 받는 것처럼 다양한 정부프로그램은 분명하게 다른 분야를 표적으로 하고 있다. 재생연료는 탄소를 배출하여 사회적 비용을 초래하지 않기 때문에 사회적으로 가치가 있다. 사회적 비용이 화석연료의 이용비용에 반영되지 않기 때문에 재생연료는 정부가 인센티브를 주거나, 탄소가 직접 또는 간접적으로 가격형성에 영향을 미치는 경우에만 시장이 형성될 수도 있다.

그림 8. 분야별 에너지 소비(WRI, CAIT 8.0)



기존의 주와 연방의 규제구조는 전력분배와 같은 핵심분야를 통제한다.[62] 또한 많은 대규모 CT프로젝트는 환경관련 규제를 따른다. 예를 들어, 신규 태양열농장건설과 그에 따른 그리드를 연결하려면 멸종위기 종 보호법(Endangered Species Act)에 따라 의무적으로 환경 영향평가보고서를 제출해야 하거나 문제가 발생할 수도 있다. 정말로 아주 많은 환경법이 에너지의 추출, 생산, 분배, 사용에 대해 다루고 있다.[63] 더욱이 광범위한 기후관련 정책 메카니즘이 현재 CT 시장 확대를 추진하고 있고 향후 수년간 계속 확대해 나갈 것으로 보인다.[64]

투자자는 CT활성화에 있어서 정부의 역할이 중요하다는 것을 인식하고 있다. 이러한 정부의 역할은 투자자들이 가지고 있는 자유경쟁시장 개념과 상충하기 때문에 정부의 역할에 대해서 일부 투자자들은 껄끄럽게 생각할 수도 있는 것이 사실이다. 벤처투자가들과의 인터뷰에서 이러한 요인에 대해 인식하고 있다는 것이 사실임을 확인할 수 있었다.

> 청정기술에 대한 투자를 촉진하기 위해서 필요한 규제의 수준은 많은 투자자들이 불편해하는 근본적인 원인이다. 벤처 자본가들은 일반적인 시장보다 균형잡인 정보와 참신한 아이디어의 위험/보상의 프리미엄을 찾아내는 면에서 능력이 뛰어난 능력을 가지고 있어 자본주의 최전선에 있다는 자부심을 가지고 있다. 벤처 투자자들은 시장을 왜곡하고, 잘못된 아이디어를 지원한다고 밖에 보지 않는 정부개입에 대해 태생적으로 거부감을 가지고 있다.[65]

---

62) 규제가 청정기술에 어떻게 영향을 미치는지에 대해서, Steven Ferrey, Sale of Electricity(전기판매), in Gerrard, 전게서 4와 Patricia Salkin, Facility Siting and Permitting (시설입지와 허가), in Gerrard, 전게서4. 참고.

63) U.S. Environmental Protection Agency, Energy Regulations and Standards, U.S. EPA Energy Portal (2009), http://www.epa.gov/energy/regs.htm (last visited Apr 11, 2010).

64) Doris et al., *supra* note 50 at 3.

65) Eric W. Knight, The Economic Geography of Clean Tech Venture Capital(청정기술 벤처자본의 경제적 지리학), Oxford University Working Paper Series in Employment, Work and Finance (2010.4.13). SSRN(사회과학 네트워크 SSRN): http://ssrn.com/abstract

그럼에도 불구하고 정부규제는 청정기술의 수요발생에 있어서 중요하다:

> 미국과 유럽처럼 청정기술을 통한 생산물의 수요에 변화를 주는 기준이나 규정을 통해서 청정기술 투자자에게 큰 영향을 주는 다른 방법이 있다. 기준은 청정기술생산물이 팔릴 것이라고 기업이 확신하기 전에 내리는 수요측면 또는 "시장유인(market pull)"수단으로 규정되어진다. 이러한 조치는 공급측면 또는 "기술주도(technology push)"인 위에서 논의한 발전차액지원제도와 대조적이다.[66]

세금정책도 투자의 방향결정에 중요한 역할을 한다.[67] 전통적인 세금정책은 전통적인 에너지원에는 상당한 혜택을 주는 등 에너지원에 마다 차등을 두어 인센티브를 준다.[68] 기존의 인센티브를 없애거나 새로운 인센티브를 만들어서 공평한 경쟁의 장을 마련하기 위해서 세금개혁이 필요할 것이다. 정부규제는 직접 또는 간접적으로 CT시장을 형성할 수 있다. 직접적인 방법으로는 신·재생에너지 의무할당제가 있고, 간접적 방법으로는 탄소배출에 명시적이거나 암묵적으로 부담금을 책정하거나, 재생에너지이용과 에너지효율성과 함께 CT를 통합하고 활성화하는 에너지기반시설 프로젝트를 촉진하는 방식으로 에너지요금과 조건을 정하는 것이 있다.[69]

=1588806에서 이용가능

66) 전게서.

67) Roberta F. Mann and E. Margaret Rowe, Taxation(조세제도), in Gerrard(저자 Gerrard), supra note(전게서) 4.참고

68) Gilbert E. Metcalf, Investment in Energy Infrastructure and the Tax Code, in Investment in Energy Infrastructure and the Tax Code 46 42 43 (2009), available at http://www.nber.org/papers/w15429 (last visited Apr 12, 2010).

69) To learn more about existing state level policies and programs for renewables and energy efficiency, see DSIRE, Database of State Incentives for Renewables & Efficiency, http://www.dsireusa.org/(last visited Apr 12, 2010); Daniel M. Kammen & Sergio Pacca, Assessing the Costs of Electricity, 29 Annu. Rev. Environ. Resourc. 301-344, 319-325 (2004).

마지막 정부의 역할은 생산 및 조정비용으로 인해 나타난 상당한 관성과 네트워크와 같은 효과에서 나타난다. 이러한 관성은 에너지 시스템을 또 다른 평형경로로 “빅 푸시(big push)”하는 것이 필요하다. 그와 같은 지원은 최근에 발족한 에너지첨단연구프로젝트사무국(ARPAE: Advanced Research Projects Agency Energy)의 첨단연구개발처럼 다양한 형태를 띤다.[70]

간단히 말해 정부와 계약을 맺은 기업 외의 대부분의 기업에게 정부의 규제는 본질적으로 기업의 의사결정을 계속해서 제한할 수 있는 골칫거리 같은 존재다. 그러나 CT의 경우는 정부규제가 시장의 수요를 창출하는 필수적이며 긍정적인 원동력이 될 수 있다.

4. 단계적 개발

CT를 다른 분야와 차별화하는 마지막 특징은 단계적인 개발이다. CT분야에서 온실가스배출감소[71]와 같은 환경목표와, 신 재생에너지 의무할당제[72]에서 정한 것과 같은 규제목표는 어느 정도 동인이고 동기이다. 이러한 환경과 규제목표는 단계적으로 이루어지고 CT에도 단계적으로 적용된다.

2020년의 목표를 충족하기 위해는 대부분 더 많이 개선하고 기존 기술의 규모를 확대해야 할 것이다. 새로운 기술을 개발하는 과정에 통합할 수 있을 정도로 충분한 유연성이 있어야 성장이 가능하다. 2050년의 목표에 도달하고 그 이상을 능가하기 위해서는 더욱 급진적

70) Phil McKenna, ARPA E Lays $150m Bet on Future Energy, 204 New Scientist 24 (2009).

71) Pew Center on Global Climate Change (PCGCC), Greenhouse Gas Emissions Targets (2009), http://www.pewclimate.org/what_s_being_done/in_the_states/emissionstargets_map.cfm (last visited Dec 15, 2009).

72) DSIRE, Portfolio Standards/Set Asides for Renewable Energy Database of State Incentives for Renewables & Efficiency (2009), http://www.dsireusa.org/incentives/index.cfm?SearchType= RPS&&EE=0&RE=1 (last visited Apr 12, 2010).

이고 파괴력이 있는 기술의 개선이 필요하다.[73] 이러한 방식을 취한다면 CT가 진화의 단계로 발전하여 혁신할 수 있을 것이라고 예상할 수 있다. 다른 경제 분야에는 기존의 판도를 완전히 바꾸는 기술이 다양한 형태로 나타날 것이다. 전기분야에서는 저장비용이 낮고 저렴한 태양열기술이 실용화되어 사람들이 전기그리드를 통하지 않아도 전기를 얻을 수 있기 때문에 산업구조가 완전히 바뀔지도 모른다. 더 먼 미래에는 현재 실행 가능한 폭을 능가하는 통제된 융합이나 어떤 다른 기술에서 해답이 나올 수도 있다.

CT의 높은 자본비용, 공급측면조정의 필요성, 정부주도시장, 단계적인 장기계획을 모두 해결하려면 CT와 관련한 독특한 제도 및 정책적 도전에 직면하게 된다. 물론 이러한 도전은 모두 집중적인 기술 혁신 과정에서 나타난다. 이제 어떻게 이러한 도전이 기술정책과 상호작용하는지 고찰해 보도록 하겠다.

73) Lawrence H. Goulder & Ian W. H. Parry, Instrument Choice in Environmental Policy, 2 Rev. Environ. Econ. Pol'y 152-174, 167 (2008).

Ⅱ. 혁신정책

화석연료기술은 잘 자리잡고 있는 반면 재생에너지와 에너지효율성에 대한 기술은 훨씬 미숙한 단계에 있다. 이러한 분야에는 새로운 기술의 개발과 전개를 장려하는 정책이 필요해서 그러한 정책을 찾기 마련이다. 물론 사회에는 대학의 연구와 다양한 지적재산권에 기금지원을 하는 것처럼 새로운 지식과 기술의 개발을 장려하는 표준적인 메커니즘이 있기는 하다. 그러나 CT의 경우 그와 같은 지원이 더 많이 필요한지 또는 최소한 표준적인 메커니즘을 조정해야 할 필요가 있는지 여부에 의문이 있다.

파트 A는 간략하게 CT가 직면한 기술적 도전에 대해 일부만 조사하는 것으로 시작한다. 기술적인 문제를 완전히 다루기 위해서는 책 한 권은 아니더라도 긴 논문을 써야 하지만 기술적인 기회에 대한 일반적인 이해가 가능하도록 짧게 몇 단락으로 줄여서 논하겠다. 파트B에서는 CT와 관련한 혁신정책문제를 탐구한다. 파트C에서는 규제가 어떤 방식으로 R&D와 관련된 투자의 기반을 실제로 약화시킬 수 있는지 고찰한다.

A. 에너지 분야의 기술적 도전

IPCC는 에너지시스템에서 재생에너지의 역할을 늘리기 위해 기술발전이 필요한 핵심영역을 요약했다.

> 기술진보의 잠재력이 있는 중요한 영역의 예는 새롭게 개선된 공급원료생산과 공급시스템, 새로운 공정으로 생산한 바이오연료(소위 차세대 또는 첨단 바이오연료, 예로는 리그노셀룰로직(Lignocellulosic)와 첨단 바이오정제, 첨단 PV와 CSP기술 및 제조공정, 심부지열발전시스템(EGS), 다중 신해양기술, 해상풍력자원용기반과 터빈설계가 있다. 수

> 력발전의 비용절감을 더욱 많이 하는 것보다는 다른 RE 기술을 개발하는 것이 더욱 중요할 것이라고 예상하지만 수력발전프로젝트를 기술적으로 더 넓은 지역에서 시행할 수 있도록 하고, 신규 프로젝트와 기존프로젝트 모두의 기술적인 성과를 개선하기 위한 R&D가 필요할 가능성은 여전히 있다.[74]

태양전지는 혁신 잠재력이 있는 좋은 예다. 가까운 시기에 기술개선이 많이 이루어 질 것으로 보인다.

> PV신기술은 여전히 개발이 진행중으로 실험실 단계 또는 시험(전)단계에 있지만 향후 10년 이내에 상업적으로 활용할 수 있을 것이다. 곧 상업화가 가능한 PV신기술은 저비용원료 그리고/또는 공정에 기반하고, 연료감응형 태양전지, 유기태양전지, 기존의 무기물 박막재료의 저비용(인쇄)버전과 같은 기술이 있다.[75]

장기적으로는 와해성 기술도 관심을 끈다. :

> 신기술은 잠재적으로 새로운 물질과 장치, 전환개념에 뿌리를 둔 와해적(고위험, 고잠재성)인 접근법이다. 일반적으로 그러한 기술은 현실적으로 가능한 전환효율성과 비용구조가 여전히 분명하지 않다. 이러한 접근법의 예로는 중간대반도체, 핫케리어장치, 스펙트럼변환기, 플라즈마태양전지, 다양한 양자점의 응용영역이 있다.(3.7.3 장) 대부분의 신기술은 적외선부터 자외선까지의 태양스펙트럼전체를 더욱 잘 이용하여 대단한 고효율에 도달한다는 데 목표를 두고 있다.[76]

---

74) IPCC, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (재생에너지원 및 기후변화 완화에 대한 특별 보고서), Summary for Policy Makers 11(정책입안자용 요약 11) (2011).

75) 3장 IPCC , 전게서 74, p. 25.

76) 전게서. p. 26. 희망은 “태양에너지 시장이 성숙하고 태양력 기술, 특히 광전지 기술이 발전해서 점점 감당할 수 있는 수준이 되고/ 또는 효율적이 되고, 탄소 비용이나 정부 보조금 외에도 개발비용이 낮아져 태양 에너지가 경제적인 면에서 화석연료를 대체할 수 있을 정도로 매력적이 되는 것이다.” Craig M. Kline, Solar, in Gerrard, 전게서4, p. 391. Kline도 태양열 기술을 설명하고 현재의 시장침투에 대해

세부사항은 기술에 따라 다르지만 모든 형태의 CT는 효율성을 높이고 비용을 줄이기 위해 계속 개선하지 않을 수 없다. 금세기 후반에 더욱 야심찬 기후변화완화목표에 도달하기 위해서는 많은 변화 그 이상이 필요하다. 2050년의 목표에 도달하고 그 이상을 이루기 위해서 파괴력이 있는 기술 즉 비약적인 발전이 필요하다.

B. 청정기술과 혁신정책

CT를 개발하기 위해서는 뛰어난 정책분석가가 다음과 같이 설명한 것과 같은 국가적인 혁신정략이 필요하다:

> 신 기술은 기후변화에 대항하는 전선을 이끌 것이다. 유럽연합, 일본, 미국은 이점을 잘 인식하고 1991년 이후 녹색기술 분야의 발명을 장려하는 데 있어서 가장 공격적인 자세를 유지해 왔다. 역사적으로도 역시 소수의 국가가 전 세계 대부분의 R&D활동을 주도해 왔다. 즉 10개 국가가 전 세계 R&D투자의 90%이상을 지원했다. 성공적으로 기술을 발명하기 위해서는 단순한 투자 그 이상이 필요하다. 이러한 기술을 시장에 내놓기 유리하게 하는 정책을 통해 R&D기본투자(주로 정부의)를 상업적 R&D와 긴밀하게 통합, 조정할 수 있는 국가적으로 탄탄한 혁신시스템 있어야 한다. [77]

자세히 다루었다. 전게서. pp. 392-393.

77) Varun Rai and David G. Victor, Climate Change and the Energy Challenge: A Pragmatic Approach for India(기화변화와 에너지 도전: 인도의 실용적 도전) , http://ssrn.com/abstract=1452868에서 이용가능. 한 기존의 기술을 산업에 적용할 경우도 그 과정에 창의성이 필요하다. 일반적으로 판단할 때 리도메인(redomain)과정은 기업이 새로운 기술체계에 스스로 적응하는 것을 의미하지만 기업은 단순히 적응만 하는 것이 아니다. 기업은 새로운 기술에서 자신들이 원하는 것을 끌어내어 새로운 사업 도메인과 기존에 보유하고 있는 사업 도메인의 일부를 통합하여 결과적으로 하부산업을 형성하는 경우도 있는 것이다. 이러한 과정을 겪으며 새로운 사업 도메인도 적응을 하게 된다. 기업에 더 잘 맞게 새로운 기능을 추가하는 것이다. W. Brian Arthur, The Nature of Technology: What It is and How It Evolves 155(기술의 특성: 기술은 무엇이고 어떻게 진화하나 155) (2009).

변호사는 이와 같은 신 산업에 유리한 정책환경을 조성하는 데 도움이 되는 역할을 하게 될 것이다. CT개발을 촉진하는 데 있어서 민간변호사는 곧 다수의 도전에 직면하게 될 것이다. 첫째, 최근에 에너지기업 BP가 UC 버클리대학 에너지·바이오사이언스 연구소의 대체에너지개발에 연구비를 지원한 것처럼 어떻게 공공과 민간의 연구 개발을 위한 협력관계를 성사시킬 수 있을까?[78] 둘째, 에너지부가 제공하는 연구개발기금이나 캘리포니아 에너지위원회가 주관하는 공익에너지연구프로그램(Public Interest Energy Research Program)과 같이 CT분야에 더 많은 공공 연구개발 기금을 활용할 뿐만 아니라, 정부대출, 대출보증, 보조금, 감세를 받도록 어떻게 고객을 지원할 수 있을까?[79] 셋째, 정부가 연구비지원을 한 연구결과물을 상업화하는 면허를 고객이 받을 수 있도록 어떻게 도울 것인가? 그리고 마지막으로 민간변호사는 주와 연방법규와 정책이 확실하게 신 CT기술의 개발을 활성화하도록 하는 핵심적인 역할을 하게 될 것이다.

C. CT혁신에 대한 규제장벽

CT혁신을 촉진하기 위해 변호사가 핵심적인 역할을 해야 함에도 불구하고 기존의 법체계는 상당수 CT혁신에 방해가 될 수 있다. 예를 들어, 반독점법은 특히 기존기업이 이미 상당히 집중된 시장일 경우는 특히 심하지만 일부 CT시장의 진입에 제한을 두기 때문에 CT에 장애가 될 수 있다. 일부 생산물의 규모가 충분하려면 높은 자본투자가 필요한 경우가 자주 있고, 기업이 중요한 지적재산권을 보유하고 있을 때는 반독점논쟁이 문제가 될 수 있다. 앞에서 언급했듯이 통신

78) Energy Biosciences Institution, Seeking a New World of Renewable Energy(재생에너지의 신세계를찾아서), HTTP://www.energybiosciencesinstitute.org/index.php?option=com_content&task=view&id=104&Itemid=118.

79) California Energy Commission, Research, Development and Demonstration(연구개발 및 실증) http://www.energy.ca.gov/research/index.html. 예로써 참고

산업에서 일정 부분을 확보하고 있는 기업처럼 기존 기업은 경쟁우려를 제기할 수 있는 내재된 장점을 가질 수 있다.[80]

마찬가지로, 기후정책도 CT의 발전에 장애가 될 수 있다. 국내 및 국제적 환경협정으로 인해 기업이 통상적으로 원하는 것보다 더 넓은 지역, 특히 개발도상국에 의무적으로 기술을 전파해야 하는 경우도 있다.[81] 이러한 요청은 강제적 허가제도가 CT분야에 더 적절한 것인가 여부의 문제를 일으키는데, 강제적 허가제도는, 특허대신 부상을 수여하는 바이오테크 산업분야에서처럼,[82] 혁신자들이 지식재산권을 포기하는 대신, 더 저렴하게 그 제품을 이용하도록 하거나 자발적인 허가상의 인센티브를 주는 것을 용이하게 하도록 수익을 준다.

규제상의 불확실성도 장애요소로 밝혀졌다. CT산업에 큰 영향을 미칠 것으로 보이는 많은 규정이 여전히 많이 제정되거나 법적인 도전을 받고 있다. 예를 들어, 캘리포니아 정부는 주의 신·재생에너지 의무할당을 20%에서 33%로 높이는 행정명령을 승인하여 2020년까지 모든 전력 판매사업자가 판매하는 전력의 33%를 재생에너지에서 충당하도록 의무화했다.[83] 그러나 이 행정명령의 법적 지위는 의심스럽고, 이 규정이 사실상 법의 구속력이 있을지 여부는 더욱 지켜봐야 할 것이다.[84] 본 논문을 작성하고 있을 당시 캘리포니아의 핵심 기후법령

80) CT의 미래를 고려할 때 반독점과 관련한 잠재적인 우려를 더욱 깊이 탐구하기 위해서는, Craig Waldman & Margaret Ward, Antitrust Issues in Clean Technology(청정 기술에 있어서의 반독점 문제), 참고, www.abanet.org/antitrust/at source/10/04/Apr10-Waldman4-14f.pdf에서 이용가능 (2010년 4월)).

81) 예를 들어 교토 의정서는 모든 선진국은 환경적으로 건전한 기술을 후진국에게 이전하거나, 후진국이 접근할 수 있도록 실제적인 조치를 취할 것을 요구한다. UNFCCC, Development and Transfer of Technologies(기술개발과 이전), http://unfccc.int/technology/items/2681.php.

82) Scott Woodley, Prizes Not Patents(특허대신 보상), Forbes.com Blank Slate, www.forbes.com/2006/04/15/drug-patents-prizes_cx_sw_06slate_0418drugpatents_print.html 참고.

83) 행정명령No. S-21-09 (2009.9.15), http://www.pewclimate.org/docUploads/CA%20Exec%20order%20S21-09. PDF에서 이용가능

84) Daniel B. Wood, Schwarzenegger Veto of Renewable-Energy Bill Could Be Risky(재

AB32가 표결에서 통과됐고, 캘리포니아 대기자원국(CARB: California Air Board)이 핵심적인 시행규제들을 공표했다.[85] 그럼에도 불구하고, 여전히 CARB의 계획의 핵심적인 주안점에 대한 소송이 진행 중이다.[86] 더욱 예측 가능한 규제요건이 마련되지 않은 상태에서 기업이 장기적인 사업결정을 한다는 것은 어려울 것으로 보인다.

또 다른 문제가 환경정책의 기술적 요소와 결부되어 있다. 혁신에 대해 보상을 하라는 요구와 개발도상국도 기술을 이용할 수 있게 하라는 요구사이에 타협을 보기 위해서는 정교하게 균형 잡힌 법령이 필요하다.[87] 엘리자베스 벌슨(Elizabeth Burleson)은 다음과 같이 주장한다.

> 지식재산권이 환경적으로 건전한 기술개발에 필요한 혁신이 일어날 수 있게 하기 때문에 지식재산권 보호로 환경적으로 건전한 기술의 발전이 이루어지고 있다. 그러므로 환경적으로 건전한 기술의 이전을 위해서는 혁신을 하면 그에 상응하는 대우를 받는 분위기가 조성되어야 하고, 기후변화에 대응하는 환경적으로 건전한 기술의 전 세계 보급을 촉진하는 에너지정책도 그에 따라 이루어져야 한다. 국가는 환경적으로 건전한 기술의 수출규제를 풀고 환경적으로 건전한 기술을 수출한 부분의 소득세와 매출세에 대한 세금 경감/환불을 통해서 수출을 촉진할 수 있다. 이러한 조치는 국제무역을 지속적으로 지원하는 자세를 유지하면 가능할 것이다. 환경적으로 건전한 기술의 이전 계획안이 세

생에저니 법안에 스와제네거가 행사한 거부권은 위험하다.), The Christian Science Monitor, 2009.9.15.

85) Margo Thorning, Opinion: California's AB 32 is a losing climate bet(의견: 캘리포니아의 AB 32는 진 환경시합이다.), San Jose Mercury News, April 14, 2010.

86) See Cara Horwitz, Calif Court Tentatively Rules AB 32 Implementation Unlawful (캘리포니아 법원, 잠정적으로 AB 32 이행을 불법으로 판결.)(2011), http://legalplanet.wordpress.com/2011/02/02/calif-court-tentatively-rules-ab-32-implementation-unlawful/

87) 이러한 배경에서의 기술 이전의 필요성에 대해서는, David M. Driesen and David Popp, Meaningful Technology Transfer for Climate Disruption(기후혼란 해결을 위해 의미 있는 기술이전), 64 J. Int'l Affairs 1 (Fall/Winter 2010).참고

계무역기구의 보조금 및 상계조치에 관한 협정과 같은 규정에 부합하지 않는 문제를 해결할 관련법이 아직은 제정되지 않았다.[88]

미래의 보조금이나 다른 인센티브가 불확실하다는 점이 CT R&D에 대한 투자에 찬물을 끼얹는 또 하나의 잠재적 요인이다. 정부가 CT를 장려하기 위해서 설계한 인센티브가 단기적인 틀에서 움직이고 있기 때문에 기술이 수익을 창출하고 지속가능하게 되도록 발전시키기 위한 충분한 시야를 확보할 수 없다.[89] 예를 들어, 연방의 재생에너지생산인센티브 프로그램은 기업이 생산하거나 파는 재생에너지의 시간당 킬로와트에 따라 보조금을 지원하지만 기간이 단지 10년이다.[90] 마찬가지로 연방정부는 에너지 효율성을 개선하는 설비를 제조하면 세금 인센티브를 주지만 이것도 기간이 2년이다.[91] 이러한 기간은 CT 사업이 제자리를 잡기에는 너무 짧은 시간이다.

결국 지식재산권 규정이 우선적으로 CT에 가장 관련 있는 문제를 드러내는 것으로 보이지만 더욱 흥미 있는 정책문제는 기존의 지식재산권 원칙보다는 오히려 사업자선정, 합작연구투자와 관련이 있을 수 있다[92]. 그러나 특히 스마트그리드와 같은 정보기술의 적용에 있어서

88) Elizabeth Burleson, Energy Policy, Intellectual Property and Technology Transfer to Address Climate Change(기후변화 해결을 위한 에너지 정책, 지적 재산권, 기술이전), 18 Transnational Law & Contemporary Problems 69, 86((2009). 동일 저자는 다른 논문에서 지속가능한 발전을 이루기 위해 혁신기술을 광범위하게 활용할 수 있도록 하는 방법에 대해 권고 한다.). Elizabeth Burleson and Winslow Burleson, Innovation Cooperation: Energy Biosciences and Law(혁신 협력: 에너지생명과학 및 법) , 2011 U. Ill. L. Rev. 651 (2011) 참고.

89) 세금정책은 혁신 촉진의 잠재적인 방법이 될 수 있다. OECD, Taxation, Innovation, and the Environment(세금, 혁신 그리고 환경) (2010) 참고.

90) Department of Energy, Renewable Energy Production Incentive: About the Program (재생에너지 생산 인센티브: 프로그램에 관하여), http://apps1.eere.energy.gov/repi/about.cfm.

91) Database of State Incentives for Renewables & Efficiency(미국 재생에너지 및 효율성 지원 데이타베이스), Energy Efficient Appliance Manufacturing Tax Credit(에너지 효율성 설비 제조 세금공제), http://www.dsireusa.org/incentives/incentive.cfm?Incentive_Code=US42F&re=1&ee=1.

특허문제와 기타 지적재산권문제도 여전히 중요하다. 지식재산권은 인터넷기업이나 바이오테크분야의 창업기업과 유사하거나 유사하지 않을 수 있는 CT분야의 신규기업의 창업을 촉진하는 중요한 역할을 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 CT산업이 성장하려면 독특한 문제에 직면하기 때문에 정통적인 지식재산권 개념을 다시 적용하기보다는 창의적인 정책해법을 마련해야 할 필요가 있다.

92) IP법을 약간만 변경하면 바람직한 효과가 나올 것임에 주목해야 한다. 예를 들어 CT 특허 승인 과정을 단순히 능률화 해서 신속히 처리하기만 해도 상당히 고무적일 수 있다. Sarah Tran, Expediting Innovation: the Quest for a New Sputnik Moment (발급 현신: 스프트티크와 같은 새로운 국면을 위한 탐구)탐구, http://ssrn.com/abstract=1774821에서 이용가능.

Ⅲ. 금 융

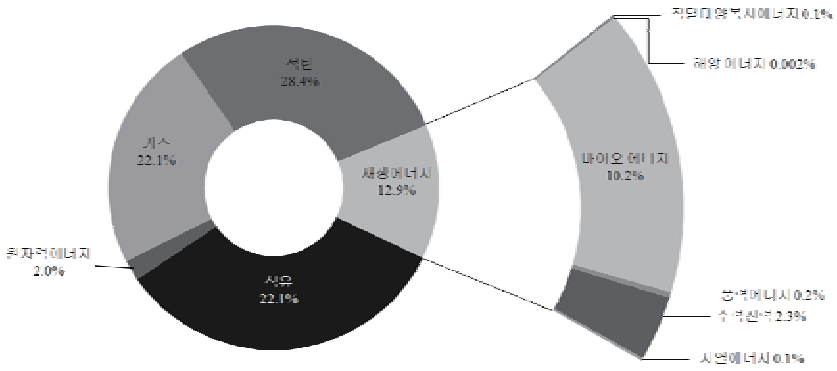
앞에서 논의했듯이 현신적인 CT를 개발해서 어느 정도의 규모로 늘리기 위해서는 많은 투자가 필요하다. 그러한 투자의 범위와 현재의 투자흐름에 대해서는 파트A에서 다루고, 파트B에서는 전통적인 실리콘벨리의 벤처자금조달 모델과 CT에서만 특징적으로 필요한 자금조달방식 사이의 불협화음에 대해 알아보겠다.

A. 자금조달 규모와 전망

소프트웨어의 경우는 판매단계는 비용이 많이 드는 단계라고 하더라도 생산을 위해서는 상대적으로 적은 자금투자를 추가하면 되기 때문에 제품개발이 가장 중요한 단계이다. CT는 영속성이 있는 장비나 기반시설의 건설도 포함하기 때문에 완전 다른 수준의 재정지원을 요한다.

CT는 상대적으로 낮은 수준의 배치부터 시작한다. 기후변화를 완화하는 데 있어서 중요한 역할을 하기 위해서는 CT의 규모를 10배나 20배 늘려야 하며 이는 구성요소를 10에서 100배를 늘려야 한다는 것을 의미한다. 다음에 제시한 그림은 에너지기술과 관련하여 현재의 상황을 보여주기 위한 것이다.

그림 9. 전세계 CT와 전통적인 에너지원의 현 상황. 출처 IPCC, 지속가능 에너지 보고서



CT분야가 발전하기 위해서는 효과적인 자금조달이 필요하다는 것은 분명하다.[93] 실리콘벨리와 전 세계에 있는 유사한 분야는 IT산업과 기타 첨단기술의 성장을 지원해 왔다. 현재의 벤처자본(VC)의 재무구조는 CT에너지에 맞지 않을 수도 있다. 본 장에서는 이러한 문제를 짚어 보겠다.

향후 수십 년간 필요할 자금은 다음의 표에서 보이는 것처럼 잠재적으로 대단히 크다.[94]

표 3. 글로벌 청정에너지 예상성장률: 2009 2019(미화 10억 달러)

분 야	2009 (실제)	2019 (예상)
바이오연료	44.9	112.5
풍력	63.5	114.5
태양력	36.1	116.5

93) See Braden W. Penhoet, Financing Structures and Transactions (자금조달구조 및 거래), in Gerrard, 전게서4, at 241.

94) Ron Pernick and Clint Wilder, Clean Energy Trends 2010 (April 2010), http://www.cleanedge.com/reports/reportstrends2010.php에서 이용가능

출처: 클린 에지 보고서(Clean Edge 2010)

이와 같은 미래예측이 추측일 수 밖에 없지만 다음의 표는 현재까지도 투자흐름이 상당하다는 것을 보여주고 있다.[95]

표 4. 투자흐름, 벤처자본, 에너지기술

년 도	총 벤처투자 (미화10억 달러)	에너지기술투자 (미화10억 달러)	총 벤처투자에 대한 에너지기술 비율
2001	$40.6	$351	0.9%
2002	$22.0	$271	1.2%
2003	$19.7	$424	2.2%
2004	$22.5	$650	2.9%
2005	$23.0	$797	3.5%
2006	$26.5	$1308	4.9%
2007	$29.4	$3213	9.8%
2008	$28.3	$3,213	11.4%
2009	$17.7	$2,216	12.5%

태양열, 풍력과 다른 청정기술에 기반하는 에너지세계로 이동하기 위해서는 화석연료에너지생산에 투입한 것보다 훨씬 큰 규모로 투자해야 할 필요가 있다는 점은 명백하다. 화석연료에 대한 투자도 수십년간에 걸쳐 이루어졌기 때문에 그 규모를 과소평가하게 되는 경향이 있다. CT확대에 필요한 자금조달을 위해서도 많은 노력이 필요할 것이다. CT는 과열이 자주 발생하는 시장에서 연료조달을 하기 위해 계속해서 지출을 할 필요가 없는 이점이 있다.

B. 기술에 대한 벤처자본식 자금조달의 문제점

IPCC에 따르면

95) Pernick and Wilder, 전게서.

> 재생에너지전력(수력발전 제외)과 바이오연료에 민간 및 공공의 주식투자가 2004년 6억 9,100만 달러에서 2005년 135억 달러로 늘어나서 연평균성장률 81%를 나타냈다. 제조업투자가 이처럼 빠르게 늘어났지만 몇몇 기술은 2008년 초반의 공급병목이 있어 해당 분야의 성장이 지연되고 가격이 상승하는 결과를 초래했다. 2008년 주식시장은 대부분 급강하하긴 했지만 재생에너지주의 경우 투자자들은 기술위험 또는 기술의 실행위험이 있는 주와 특히 많은 자본을 요하는 주는 기피했고, 에너지 가격폭락이 있었기 때문에 상황이 특히 나빴다. 비정상적인 호황과 불황을 연속적으로 발생하게 해 결과적으로 장기적인 생산계획을 어렵게 만든 일부 정책은 설비제조를 지원할 자금조달에도 부정적인 영향을 미쳤다. 96)

VC투자의 접근방식은 재빠른 벤처펀드를 통해 창업기업의 다양한 제품에 대해 주식투자를 하게 만든 것이다.97) 이러한 모델은 IT산업에는 효력이 있어서 실리콘벨리의 전형적인 방식이 되었다. 그러나 이러한 기업전략은 투자자들이 규모, 시기지연, 책임문제와도 씨름을 해야 하는 CT에너지 분야와는 맞지 않는다.

첫 번째 문제는 투자규모와 관련이 있다. 정형적인 IT창업기업과는 달리 에너지투자는 훨씬 집약적인 자본이 필요하다. 전형적인 CT벤처투자는 전형적인 IT벤처보다 최소한 10배의 자본투자가 필요하다는 것이 많은 사람들의 의견이다. CT분야의 기업도 다른 기업처럼 R&D와 개념증명부분에 투자를 해야 한다. 그러나 CT기술을 상업화하기 위해서는 수소연료전지 충전소, 그리드 설치, 전기용량과 같은 중요한 기반시설에 대한 투자도 필요한 경우가 자주 발생한다. 기술과 마찬가지로 이러한 기반시설도 상당히 신선한 사고와 개념증명이 필요하

96) Mitchell, 전게서10, p. 18.

97) VC 투자의 구조는 Penhoet의 저술에서 다루고 있다. Penhoet, 전게서 93, pp. 248-251.

다.[98] 그러기 위해서는 기술을 고안한 시점과 그 기술을 적용하여 상업적 성공을 이루는 시점 사이에 투자자들이 "죽음의 계곡"이라고 부르는 시기를 맞이하게 된다. 한 벤처 자본가는 다음과 같이 설명했다.

> "자본집중의 규모 때문에 [청정기술거래에 있어서] 커다란 장애가 분명히 있다고 생각한다. 경기하강이 상황을 어렵게 만들기는 했지만 이것은 구조적인 문제다. 기업의 초기나 중간정도의 단계에 기꺼이 투자할 청정기술을 겨냥한 충분한 자본의 벤처자본가가 있는 분야라면 단순히 죽음의 계곡문제라고 말할 수 있다. 그러나 기업이 1억 달러의 액수가 필요할 때는 솔직하게 프로젝트 파이넨스가 필요하다. 그러나 그런 투자자들은 기술위험을 감수하고 싶어하지 않는다."[99]

CT에너지분야에 전통적인 VC모델을 활용하는 데 있어서 두 번째 문제는 실행에 필요한 시간이다. 경비 이외에도 많은 CT에너지 프로젝트에는 투자시기와 실행시기 사이에 상당한 시간이 소요된다. 특히 기반시설을 건설하고, 생산능력을 키우기 위해서 상당한 시간이 필요하다.[100] 이러한 지체요인으로 인해 벤처투자자들이 CT기업과 밀접하게 접촉해야 할 적기를 놓치고 투자를 회수를 하거나 시간을 끈 것이 위험만 늘린 결과가 나타나기도 한다.[101]

많은 CT창업기업은 시간과 규모로 인해 생긴 문제 이상으로 CT 분야에 진입할 때 여러 장애에 직면하게 된다. IT분야에서는 상대적으로 규모가 작고 투입시간이 더욱 많이 제한되어 있기 때문에 VC 시장이 잠재적으로 유동적이고 깊은 것이 관례인 반면, CT분야에서는 시간과 규모의 특성 때문에 기존의 에너지기업이 선점자의 이익을 누릴 수 있다. 에너지산업분야는 기반시설, 유통, 위기관리, 다각화를 포함한

98) Kelly Sims Gallagher, John P. Holdren & Ambuj D. Sagar, Energy-Technology Innovation, 31 Annu. Rev. Environ. Resourc. 193-237, 223-226 (2006).
99) Knight, 전게서 65, p. 25.
100) Gallagher, Holdren and Sagar, supra note 98, at 223-226.
101) 유용한 최근 논문은 Knight, 전게서65.다

다양한 운영면에서 상당한 역량이 있는 대기업으로 꽉 차있다. 이들 대기업은 석탄, 천연가스, 석유를 포함한 전통적인 에너지원에 집중하고 있고, 앞으로 살펴볼 규제와 법적 위험뿐만 아니라 지배적인 생산양식과 관련해서 예측되는 “불확실성”을 다루는 더욱 좋은 방법을 확보하고 있을 수도 있다.

더 나아가서 기존 기업의 보유자산은 CT투자를 보완하는 투자가 될 것으로 보인다. 선점이익에 힘입어 기존기업은 뒤로 물러나 비주류사업자가 기술발전을 위해 다투는 것을 기다렸다가 유리한 게임에서 상대방을 넘어뜨릴 만한 여유를 가질 수 있다. 이런 방식으로는 새로운 기업은 기존 기업의 R&D매장과 같은 기능만 하게 될 수도 있다.

마지막으로 만일 야망있는 VC투자자가 규모, 시기 지체, 후발사업자의 불이익을 모두 극복할 수 있다 하더라도 CT에너지기업의 기술은 최종 사용자에게 물질적 제품이 아니라 열이나 전력 같은 대체에너지 서비스를 제공하는 것이기 때문에 CT에너지기업은 또 다른 난관에 봉착하게 된다. 문제의 기술이 혁명적이라기보다는 진화적인 특성이 있기 때문에 소비자가 그리드를 더 이상 이용할 필요가 없게 할 수 있는 것이 아니라면(그와 같은 변화를 몰고 올 기술이 10년 안에는 대규모로 발전할 가능성은 없어 보이다.), 특히 2020년 이전에는 기존의 패러다임을 변화시킬 가능성은 없다. 더욱이 급진적인 혁신가가 규모를 키우지 않는다면 시장 전체를 감당할 수도 없다. 이러한 시나리오를 혁신을 통한 시장의 극적인 “파괴적인” 효과로 기존 사업자로부터 대규모 사용자망을 효과적으로 빼앗아오는 전형적인 IT투자와 비교해 보자.

현재 많은 투자는 개발도상국에서 이루어지기 때문에 추가적인 문제가 나타난다:

> 지난해 투자자들은 2009년에 투자한 1,600억 달러보다 약 3분의 1이 많고, 2004년 이후 540% 늘어난 2,100억 달러를 투자했다. 처음에 개

> 발도상국은 공익사업규모의 재생에너지 프로젝트와 재생에너지 기업의 주식에 자금을 쏟는 “새로운 금융투자”라는 각도에서 선진국을 보았다.
>
> 투자 면에서 본다면 선진국에 700억 달러를 투자하고 개발도상국에는 720억 달러를 투자했는데 이는 개발도상국에 대한 금융투자가 선진국의 약 4분의 1 이었던 2004년과는 대조적이다.[102]

새로운 기술은 필요한 자본흐름을 확보해야 할 필요가 있다. 대출자금조달에 과도하게 의존하는 것이 CT분야에서 마지막 상업화 단계의 일반적인 현상으로 보인다.[103] 유망한 기술을 평가하고 위험을 감수하는 VC의 장점과 장기적으로 기반시설투자를 지원하는 은행과 기타 대출자금조달이라는 전통적인 방식의 장점을 하나로 결합하는 방법을 찾을 필요가 있다. “VC은행”이라는 용어는 모순된 어법으로 보일 수 있지만 이처럼 매우 다른 특성의 제도와 기능을 하나로 만드는 방법을 찾아야 할 필요가 있을 것이다.

위험이 있다는 것을 전제로 한다면 위험에 대비하기 위해 CDO와 같은 현대적 도구가 있는 대부자금조달에 있어서의 장애는 아니다. 그러나 정확한 위험평가가 없다면 그와 같은 도구가 불안정할 수 있다는 것을 서브프라임 주택담보대출을 통해 누구나 이미 알고 있다. CT의 경우 전 분야 개발과 관련해서 각 기술의 미래를 예측하는 것이 어렵다는 것 외에도 가늠하기 힘든 요소가 많다. 그러므로 위험은 전통적인 대부보다는 전통적인 보통증권에 더욱 가까이 있을 것이다. 정부가 잔여위험을 일부 부담하는 것도 하나의 가능성이 되겠지만 이를 위해서는 위험평가가 정확해야 한다.

---

102) Bloomberg, New Energy Finance, Global Trends in Renewable Energy Investment 2010(신 에너지 재원, 재생에너지 투자의 글로벌 추세2010), http://bnef.com/ PressReleases/view/158에서 이용가능.

103) Penhoet, 전게서 93, pp. 253 256. 참고, 최소한 배치단계에서 천연가스 산업에서 사용한 종류의 장기 고객계약이 자금 조달의 한 방법이 될 수 있다. Anne Neumann and Karsten Neuhoff, Facilitating Low-Carbon Investments: Lessons from Natural Gas 저탄소 투자: 천연가스의 교훈)(2011) 참고, http://ssrn.com/abstract=1940345에서 이용가능.

Ⅳ. 제도적 인센티브와 장벽

혁신 인센티브, 자금조달체계, CT규제는 모두 연결되어 있다. CT혁신이란 결국은 배치비용과 시장수요에 대한 예측에 기반하고 있고 이 모두는 규제의 영향을 받는다. 그러므로 CT분야의 법 실행을 위해서는 이외의 경우는 빈번하게 상호 자주 교류하지 않는 지식재산권담당 변호사, 재정담당 변호사, 규제담당 변호사의 도움이 필요할 것이다.

CT분야의 규제에는 양면이 있는데 양쪽 모두 유리하기도 하고 불리하기도 하다. 파트 A 에서는 CT이용을 방해하는 규제장벽에 대해 논의한다. 정책적 관점에서는 이러한 장벽을 낮추는 방법을 찾는 것이 과제가 될 것이다. 파트 B에서는 CT이용에 대한 제도적 인센티브와 정부의 다른 인센티브를 다룬다.

CT프로젝트는 다수의 규제 장벽에 직면하고 있다. 신에너지생산 시설이나 전송선로와 같은 기반시설프로젝트를 관장하는 기존 원칙은 청정기술프로젝트에 영향을 준다. 청정기술프로젝트에 영향을 미치는 가장 많이 알려진 규제에는 대기와 수질오염규정, 발전 및 전송시설 면허, 환경영향평가요건, 공유지규정이 있다.[104)]

아래 표는 잠재적 장벽과 정책대응에 대한 조사결과다.

---

104) 미국을 배경으로 한 이러한 장벽에 대한 논의는, Amy J. Wildermuth, Is Environmental Law A Barrier to Emerging Alternative Energy Sources(환경법, 신 대체에너지원의 장벽인가), 46 Idaho L. Rev. p.509, pp.530-539 (2010)참고. 저자는 다음과 같이 결론을 내린다.간단히 말해서 태양열, 풍력, 지열, 바이오메스는 등 에너지원은 환경법을 따라야 하지만 r와 같은 법은 이러한 기술이 부딪혀야 하는 도전의 일부에 지나지 않는다. 일반적으로 바이오매스 식물, 그 쓰레기의 소각은 환경규제와 만나면 더욱 많은 장벽에 부딪히지만 극복할 수 없는 것은 아니다. 그렇다면 환경법은 이러한 에너지의 개발에 장벽이 아닌 것으로 드러난 셈이다. 전게서. p.535.

표 5. 장벽과 정책 도구(IPCC)[105] Table

장벽의 유형	잠재적 정책도구
시장실패와 경제적 장벽 • 비용장벽 • 재정위험 • 정부재정지원의 할당 • 무역장벽	공공 재생에너지 R&D지원: 회계상의 인센티브, 공공재정, 규제체계(예: FIT, 쿼터, 이용기준)을 포함한 민간투자 지원정책 전개
정보와 인식 장벽 • 자연자원에 대한 자료부족 • 숙련된 인적자원(역량) • 공공 및 제도적 인식	자원평가, 에너지기준, 환경보호표시, 공공조달, 정보전달운동: 교육, 훈련, 역량구축
제도 및 정책 장벽 • 기존기반시설과 에너지시장의 규정 • 지식소유권 • 산업구조	환경의 혁신가능성, 네트워크와 시장접근을 가능하게 하는 경제적 규정, 기반시설투자, 기술규정개정, 기술이전에 대한 국제적 지원(예: UNFCCC), 소액금융, 기술 훈련
정책관련 문제 • 사회의 수용	정보전달운동, 지역사회프로젝트, 정부(국가 및 지역)정책협력, 토지이용계획 절차개선

신규 프로젝트에 대한 규제장벽을 극복한다는 것은 대단한 도전이다. 처리비용은 높고, 때로는 신프로젝트가 감당하기에는 너무 어렵다. 게다가 일부 프로젝트의 계획수립과정은 수년이 소요된다. 인구가 집중된 곳에 새로운 청정전력원을 연결하는 전송선로의 경우가 그렇

105) Mitchell, 전게서 10, p. 70.

다.[106] 더욱이 기존원칙은 CT만의 독특한 환경적 이익을 고려하지 않는다. 예를 들어, 바이오연료 프로젝트는 기존의 에너지원에 대한 의존도를 줄이면 탄소와 대기오염 감소에 도움이 된다는 점을 참작하지 않았기 때문에 새로운 에너지원에 대한 대기오염기준이 매우 높아 벽에 부딪힐 수 있다. 이러한 요인은 CT분야에서 특정적으로 나타난다.

CT에너지 프로젝트는 전통적이고, 경제지향적인 에너지규정에 영향을 받기 쉽다. 미국의 예를 들면,

> 주로 FERC인 연방규제기관과 주로 공익사업 위원회인 주의 규제기관은 다음과 같은 자본환경과 가격과 관련된 문제를 규제한다. (1) 발전소가 에너지를 도매시장에서 팔 때의 요금과 일반인에게 소매로 팔 때의 에너지의 가격. (2) 일반대중에게 팔기 시작한 공익시설생산 전력의 조달, 즉 그러한 구매와 투자가 "신중한" 것인지의 여부 (3) 첫 번째 예에서 전형적으로 대중의 필요에 초점을 맞춘 발전소건설, 다시 말해서, 신뢰할만하고, 풍부한 에너지공급을 하는 것이 필요한가의 여부.[107]

이러한 규제장벽을 모두 극복할 만능해결책이란 없다. 청정기술의 활성화와 다른 환경과 경제 목표의 달성 사이에서 균형을 맞추기 위해서는 하나하나 해결해야 한다. 이러한 때에 변호사가 이러한 문제의 전문지식을 알아야 할 필요가 있다. 처리해야 할 핵심영역은 광범위한 주제에 걸쳐 있다. 중요한 환경법규에는 대기오염방지법(Clean Air Act), 수질오염방지법(Clean Water Act), 국가환경정책법(National Environmental Policy Act)에 따른 환경영향평가와 관련된 국가법규가 있다. 처리해야 할 또 다른 영역은 연방전력법(Federal Power Act)과 신규 프로젝트에 영향을 미치는 공익사업 규정을 포함한 에너지관련

106) J. Eto, B. Lesieutre & S. Widergren, Transmission Planning Research & Development Scoping Project 66 xi (2004), certs.lbl.gov/pdf/trans-scoping.pdf (last visited Apr 27, 2010).

107) Davies, 상게서 2, p.76.

규정이다.[108] 공유지규정은 신규프로젝트나 보조기반시설에 필요한 주요 현장이 공유지에 있거나 공유지를 가로지르기 때문에 생긴 또 하나의 관련 분야다.[109]

다음 표는 CT와 관련 있는 법의 영역을 요약한 것이다.

표 6. CT관련 법 영역

법 영역	CT 관련성
환경법	CT가 활성화되기 위해서는 환경영향평가가 필요하고, 대기오염이나 수질오염 영향평가도 있어야 한다. 게다가 탄소세나 환경거래시스템과 같은 기후변화법이 CT시장을 형성한다.
에너지법	에너지 특히 전력을 규제하는 법은 시설을 운용하고 전기배전망으로 자사의 생산물을 배포하는 CT기업의 역량에 크게 영향을 미친다
토지이용법	큰 중앙발전기든 지붕에 설치하는 태양열 집열판이든 상관없이 시설의 위치선정은 사유지와 공유지를 관장하는 법에 따른다.
행정절차	CT를 활용하기 위해서는 일반적으로 정부의 지원은 아니더라도 허가는 필요하기 때문에 행정절차에 대한 지식이 매우 중요하다
세법	세법은 보통 전문화된 영역이지만 세금시스템을 통해 CT에 인센티브를 제공하기도 하기 때문에 변호사가 특히 관심을 가져야 한다.

108) Kammen and Pacca, supra note 69.

109) See, e.g., U.S. Department of Interior, Bureau of Land Management, Renewable Energy Resources Bureau of Land Management (2010), www.blm.gov/wo/st/en/prog/energy/renewable_energy.html (last visited Apr 27, 2010).

법 영역	CT 관련성
국제무역법	또 하나의 전문영역으로 CT를 수출할 경우 있을 수 있는 제약이나 대안적으로 국외시장을 개척하는 방법을 찾을 때 특히 중요하다.
국제기후변화협정	국제 기후 협정은 국가의 목표를 세우는 데 도움이 되고, 자금조달이나 기술 사용허가와 관련한 조항이 있을 수 있다.
안전법: 소비자 안전(관련 있는 경우), 불법 행위법, 직업안전법(고용인 대상)	모든 생산물과 함께 CT에 대해서도 안전은 중요한 필수요건이다.

CT 고유의 특성과 관련하여 처리할 필요가 있는 또 하나의 영역은 CT의 환경에 대한 혜택을 규정할 때 어떻게 포함시키도록 하느냐는 것이다. 예를 들어, 쓰레기 매립지에서 나오는 매탄으로 전기를 생산하기 위한 시설이 대기오염물질을 발생할 수 있지만 화석연료자원을 대체하기 때문에 순 대기오염은 감소시킨다. 오염상쇄효과를 고려하지 않는다면 메탄을 이용한 시설은 부적절할 정도로 엄격하고 경제적인 면에서 지키기 너무 어려운 새로운 자원기준의 대기오염요건을 따를 수 밖에 없다. 하나의 가능한 접근방법은 규정 내에 일부 있는 상쇄 또는 완화조치의 사용을 허용하는 조항에서 찾는 것이다. CT프로젝트의 환경적인 이점만큼 프로젝트의 오염을 “스스로 상쇄”하는 것으로 인정하거나 그러한 환경적 이점을 다른 프로젝트에서 상쇄할 수 있도록 저축해 놓을 수 있게 하는 것도 가능할 것이다.

또 다른 모델은 EPA에서 현재는 폐지한 프로젝트 XL에서 찾을 수 있다. 프로젝트 XL은 “탁월한” 환경적 성과를 내는 프로젝트에 규제

유연성을 적용하는 시험프로그램이다.[110] 프로젝트 XL에서는 EPA, 기업, 때로는 지역사회나 주주도 참여하는 관련 시설별로 협상을 진행한다. 처리비용이 너무 많이 드는 것이 문제이긴 하지만 프로젝트 XL는 전통적인 규정의 구속을 벗어나 환경발전을 이룰 수 있는 방법을 찾아내는 주목할 만한 성공을 일부 거두었다.

마지막 접근법은 전체 환경비용과 프로젝트 생애주기 전체에 걸친 혜택을 밝히는 활동을 공식화하는 것이다. 그러나 생애주기분석(LCA)을 새로운 기술에 적용하면 심각한 분석 및 측정의 어려움이 있다.[111] LCA에 시장과 정치적 주체가 영향을 미치는 간접효과까지 포함시키면 더욱 어려워진다. EPA와 CARB은 이미 재생연료기준(EPA)[112]과 저탄소연료기준(CARB)[113]을 정하는 과정에서 이러한 문제와 부딪혔다.

규정은 CT를 직접적으로 지원할 수 있고, 탄소에 부담금을 책정해 간접적으로 지원할 수도 있다. 국가차원에서 광범위하게 채택한 하나의 규정체계가 신재생에너지의무할당제(RPS)다.[114] RPS는 공익시설에서 전력의 일정부분은 재생에너지원을 구매해서 이용해야 한다고 의

110) U.S. Environmental Protection Agency, Project XL (2009), http://www.epa.gov/projectxl/ (last visited Apr 11, 2010). 재생에너지 시설과 부속 송전선의 부지와 관련한 토지이용문제에 대한 논의는, e Uma Outka, The Renewable Energy Footprint(재생에너지의 발자국) , 30 Stan. Env. L. Rev. p.241, pp.269-285 (2011).

111) Annette Evans, Vladimir Strezov & Tim J. Evans, Assessment of Sustainability Indicators for Renewable Energy Technologies, 13 Renewable and Sustainable Energy Reviews 1082-1088, 1083 (2009).

112) U.S. Environmental Protection Agency, EPA Lifecycle Analysis of Greenhouse Gas Emissions from Renewable Fuels 4 (2010), http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420f10006.htm (last visited Apr 11, 2010).

113) California Air Resources Board, California's Low Carbon Fuel Standard: An Update on the California Air Resources Board's Low Carbon Fuel Standard 35 (2009), http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/lcfs.htm.

114) Eric Williams et al., A Convenient Guide for Climate Change Policy and Technology 418 2-57 to 2-64 (2007), http://www.nicholas.duke.edu/ccpp/convenientguide/ (last visited Apr 11, 2010).

무화하고 있고, 공익시설간의 거래규정도 마련하고 있다. 적합한 기술을 특정 비율이나 절대량을 사용하도록 의무화한 다른 규정체계에는 에너지효율성자원기준(EERS: the energy efficiency resource standard)과 저탄소연료기준(LCFS: the low carbon fuel standard)이 있다.[115] 이러한 정책은 상대적으로 새로운 규제혁신으로 개선이 필요하거나 더욱 효과적인 대안으로 대체되어야 할 수도 있다. 예를 들어, 유럽에서는 인기가 있지만 미국에서는 충분히 시험해 보지 않은 발전차액지원제도가 RPS보다는 재생에너지 개발을 촉진하는 더욱 효율적인 정책일 수도 있다.[116] 이러한 영역의 정책을 혁신할 가능성은 계속 있다. 전통있는 기업이 소유한 시설(그리드와 같은)사업에 새로 진입하는 기업의 접근을 촉진하기 위한 규정과 관련하여 통신산업에서 배울 교훈이 있을 것이다.

재생에너지는 매우 활발한 공공정책분야임이 분명하다. 전 세계에서 개별적으로 사용하고 있는 재생에너지를 촉진할 수 있는 다수의 도구가 있다. 그러므로 이러한 규제의 개선에 관심을 가질 때 기초가 될 수 있는 실제적인 경험을 하기 시작해야 할 것이다. 지역에 따라 사용하는 도구에는 상당한 차이가 있다. 예를 들어, 유럽에서는 발전차액지원제도가 인기 있는 반면 미국에서는 신・재생에너지의무할당제를 선호한다. 이러한 차이는 역사적인 사건, 문화적 차이 또는 통치체계의 차이에 기인한다. 예를 들어, 발전차액지원제도는 연방정부가 도매전력시장에 대해 사법권을 가지고 있기 때문에 미국에서는 주정부 규정에 대한 우선효의 문제를 발생시킨다.

다음 표는 다양한 관할권에서 재생에너지(따라서 CT)를 촉진하기 위해 사용하는 방법을 조사한 것이다.

115) Pew Center on Global Climate Change (PCGCC), Climate Change 101: State Action (2011), http://www.pewclimate.org/climate-change-101/states (last visited Oct. 13, 2011).

116) K. Cory, T. Couture & C. Kreycik, Feed in Tariff Policy: Design, Implementation, and RPS Policy Interactions 17 (2009).

표 7. 유럽/미국의 재생에너지 정책[117)]

국 가	배출가스 총량 거래제	탄소 세금	비재생 에너지세	배출성능 기준	RPS/ TGC	발전차액 지원제도	RES 생산 보조금	투자/ R&D 보상금
캐나다		√	√		√	√	√	√
덴마크	√	√	√			√		√
독일	√					√		√
일본	√				√			√
네델란드	√		√		√	√		√
뉴질랜드	√							√
노르웨이	√	√	√			√		√
스페인	√					√		√
영국	√		√		√	√		√
미국 연방	상정				상정		√	√
미국 주	√			√	√	√	√	√

이외의 다양한 규제체제도 CT를 간접적으로 지원한다. 이러한 정책에는 배출가스총량거래제를 포함해서 지역온실가스방안(RGGI: Regional Greenhouse Gas Initiative)과 탄소세와 같이 탄소에 부담금을 책정하는 방식이 있다. 전통적인 에너지기술에 제도적 압박을 가중시키는 다른 정책도 CT를 촉진할 수 있다.[118)] 예를 들어, 기존 석탄화력발전소를

117) Carolyn Fischer and Louis Preonas, Combining Policies for Renewable Energy: Is the Whole Less than the Sum of Its Parts? 6 (재생에너지 연합 정책: 연합이 각각을 합한 것보다 약할 것인가?) (2010), available at http://ssrn.com/abstract=1569634. 상세한 미국 주의 정책에 대해서는 Sanya Carley, The Era of State Energy Policy Innovation: A Review of Policy Instruments(주 에너지 정책혁신시대: 정책수단 리뷰), 28 Rev. of Pol'y Res. p.265 (2011)참고. Gerrard, 전게서4, 는 주와 연방정책에 대한 상세한 정보를 제공한다. 본 논문의 영역 밖이지만 정책의 표준화도 중요하다. 기준 설정으로 제기되는 문제에 대한 일반적인 논의는 Mark A. Lemley, Intellectual Property Rights and Standards Setting Organizations(지식재산권과 기준설정조직화), 90 Cal. L. Rev. 1889 (2002)참고.

운영하는 비용을 높이도록 새로운 자원규정을 개정하면 간접적으로 CT 시장을 넓힐 수 있다. CT 기업은 간접적으로 자신들과 전통적으로 경쟁관계에 있는 기업이 부담할 비용을 간접적으로 높이는 이러한 규제를 확실하게 완결하고 강화하는 데 강한 관심을 보이고 있다. 그러나 배출가스총량거래제와 유사한 규제체계에는 너무 관심을 보이지 않아 이러한 제도적 도구를 강화할 수 있는 가능한 분위기조성이 미흡하다. 비슷하게 이러한 규정의 효과를 극대화하기 위해서는 대기업을 넘어서 이제까지 포함시키기 어려웠던 더 작은 규모의 에너지자원도 규제대상에 넣어야 한다.

CT 분야의 규정은 몇몇 특징적인 점이 있다. 예를 들어, 온실가스 배출 감축수준에 있어서 규제의 목표는 아직 연방차원으로 정하지 않았지만 일단 정하더라도 앞으로 새로운 과학정보가 나타나면 그에 따라 개정해야 할 것이다. 이러한 규정의 불확실성으로 인해 미래의 가격에 대해 안정적인 예측이 필요한 민간 투자자는 투자의 어려움을 겪는다.[119] 예를 들어, 최근에 연방 기후법의 제정이 삐걱거려 이미 탄소시장과 재생에너지 생산자에게 주는 인센티브에 대한 관심에 영향을 미친 것을 보면 알 수 있다.

CT 에너지는 분야는 다양한 협력과 우선효과와 관련한 문제를 불러일으키는 여러 수준의 규제들을 따라야 한다. 수년간 주는 온실가스 배출을 축소목표와 지역적인 배출가스총량거래제, RPS와 LCFS를 통해 기후변화해결을 위해 앞장서서 새로운 청정기술시장을 개척했다.[120] 오바마 행정부에서는 연방정부가 기후변화를 처리하기 위해 더욱 적극적으로 나서고 있고 2009년 6월에는 의회가 광범위한 기후입

118) Gallagher, Holdren, and Sagar, supra note 98 at 223.

119) M. A Brown & S. J Chandler, Governing Confusion: How Statutes, Fiscal Policy, and Regulations Impede Clean Energy Technologies, 19 Stanford L & Pol'y Rev. 472-509, 497 (2008).

120) Pew Center on Global Climate Change (PCGCC), supra note 115.

법을 통과시켰다.[121] 그러나 현재는 공화당이 하원을 장악하고 있고 워싱턴의 정치가 대체로 정체되어 있기 때문에 의회활동을 기대하기 어렵다.

입법부가 교착상태에 있지만 미국은 행정절차를 통해 어느정도 발전을 계속하고 있다. EPA는 온실가스가 인간의 건강과 안정을 위협한다는 연구결과를 발표하여 연방 대기오염법에 따르는 규제가 필요하다는 분위기를 조성하고 있다.[122] EPA는 이러한 연구결과에 기반을 두고 온실가스를 줄이기 위한 규제를 개발하기 시작했다.[123] 만일 의회가 효과적인 조치를 취하지 못한다면 EPA가 행정적으로 온실가스 배출을 조절할 기본적인 체계를 마련할 것이라고 봐도 무방하다. 잠재적으로 이러한 규제가 광범위한 연방의 온실가스배출 규정의 기초를 마련할 수 있을 것이다.

연방 기후 규제의 시기선택과는 상관없이 CT 에너지분야는 정부 차원의 정책의 조정과 잠재적으로 새로운 연방정책이 주 정책에 우선하는 것과 관련된 점점 더 많은 제도적 문제에 직면하게 될 것이다.

주와 연방 정부의 상호작용을 떠나서 CT영역에서는 환경 NGO의 입김과 힘이 크기 때문에 NGO도 전통적인 경제관련 규제의 경우보다 더 중요한 규제주체의 자리를 차지하고 있다. 그러나 전통적인 환경규제의 경우 NGO가 특정한 문제에 대해 행동을 같이하는 경향이 있다고 예측할 수 있는 것에 반하여, CT와 관련된 복잡한 기술과 교섭문제와 만나면 의견이 갈릴 것으로 보인다. NGO가 어떻게 CT와 관련된 규제문제를 선택할지는 매우 예측하기 어렵다.

---

121) Henry Waxman & Edward Markey, American Clean Energy and Security Act of 2009 (2009), http://www.govtrack.us/congress/billtext.xpd?bill=h111-2454 (last visited Dec 17, 2009).

122) Finding of Endangerment(위험보고서), http://www.epa.gov/climatechange/endangerment.html 참고.

123) 제안된 규정은 EPA 웹사이트에 자세히 나와있다. http://www.epa.gov/climatechange/initiatives/index.html

마지막으로 기술의 불확실성은 또 다른 도전을 내포한다. 미래의 기술을 통한 혁신적 발명은 불확실하기 때문에 정부는 규제 설계에 있어서 대비하는 전략을 도입할 필요가 있을 것이다.

재생에너지 규정을 조정하는 방법을 고찰하는 것도 마찬가지로 중요할 것이다. 미래의 자원보고서에는 다음과 같이 설명하고 있다.

> 재생에너지는 인기가 있으며, 탄소를 제한해야 하는 세상에서 재생에너지가 중요한 역할을 할 것이라는 데는 정치적으로 광범위한 합의가 이루어진 반면, 어떻게 힘을 모아 정책을 지원할지 또는 전반적인 목적을 위해서 일할 것인지에 대해서는 거의 주의를 기울이지 않고 있다. 특히 RES-E 시장 점유율을 확대하고, 온실가스 배출(GHGs)과 기타 대기오염물질의 감소를 위한 시장에 기반한 거래 가능한 쿼터시스템으로 전환한다면 추가적인 정책을 제시한 효과가 있다. 결과적으로 이러한 중복된 조치의 순 효과는 훨씬 불투명하다.[124]

그러므로 개별 정책을 잘 설계한다고 해도 그러한 정책이 서로 혼란을 일으키거나 방해하지 않고 조화를 이루어 효과를 내도록 확실히 하는 것이 중요하다.

124) Fischer and Preonas, 전게서117, p. 1.

Ⅴ. CT와 관련법 교육

CT의 두드러진 특성과 관련된 법적 문제의 심각성을 고려할 때 학생들은 CT분야에서 법률활동을 할 준비를 한다는 자세로 한결같이 새롭게 접근할 필요가 있다. 법률교육의 맥락에서 CT는 다른 많은 전문분야보다 다양한 접근을 해야 한다. CT문제는 전통적인 법의 지식분야를 넘나들기 때문에 더욱 광범위한 기능적인 맥락에서 접근해야 이해할 수 있다. 학생은 기술, 경제, 재정, 환경문제를 이해하기 위해서 "다중언어 능력"이 있어야 한다. 다음에 제시한 표에서 볼 수 있듯이 다른 학문에서 온 다중적인 법 분야의 배경지식도 필요할 것이다.

표 8. CT 교과과정

강 좌	CT 관련성
환경법입문	환경법은 CT의 적용을 일부 제한하지만 시장을 조성하기도 한다.
기후변화법 및 정책	기후정책은 청정기술의 핵심 동인이다.
에너지법	대부분의 CT는 에너지이용과 관련이 있고 국가 에너지시스템과 통합되어야 한다.
재생에너지법	재생에너지는 CT의 중심적인 형태이고 재생에너지도입과 관련된 법은 매우 중요하다.
법인과 법인재정	CT는 벤처사업과 관련이 있고 변호사는 그와 같은 사업의 법적인 배경을 이해해야 한다.
지적재산권법	CT가 새로운 기술과 관련이 있기 때문에 지식재산권법은 매우 중요하다.

강 좌	CT 관련성
특허법	이러한 형태의 IP법은 CT와 가장 연관되어있는 분야다. 그러나 지식재산권 입문강좌에서 세부적으로 다루기에는 너무 복잡하다.
국제거래	IP 시장은 국제적으로 광범위하게 퍼져있다. 학생은 국제거래의 법적 측면을 배울 필요가 있다.

덧붙여서 말하자면 CT는 환경 및 기술문제뿐만 아니라 법 및 규제문제와도 연관이 있다. 기술적인 문제에 대한 이해를 높이기 위해서 학생은 법률교육에서 전통적으로 다루지 않는 주제인 과학 및 공학문제에도 부분적으로 초점을 맞추어야 할 필요가 있다. 에너지와 사회에 관한 강좌도 특히 유용할 것이다. 그와 같은 강좌는 에너지기술, 정책, 선택의 이해와 실제로 도움이 되는 지식을 발전시키는 데 도움이 될 것이다. 에너지와 사회강좌는 국가, 지역, 가정, 민족, 성별의 특성을 가진 집단 내와 집단 간에 존재하는 에너지시스템의 다양한 기회와 영향에 대한 분석을 다룬다. 일련의 현재와 미래 에너지 선택에 대한 분석은 매우 중요할 뿐만 아니라 지역환경의 상태와 지구의 기후를 결정하는 데 있어서 에너지의 역할을 이해하는 데 유용하다.

표준적인 수업내용 이외에 일부 임상강의 형식은 경영, 공학 및 그 외의 대학원생을 포함한 다양한 학문 및 전문적 배경을 가진 학생에게 이익이 되는 환경을 제공할 것이다. 이러한 임상강의에서 학생은 공동문제해결 활동을 할 것이다. CT분야의 진화하는 특성때문에 학생이 연구하고 논문을 쓸 분야는 풍부하다. 덧붙여서 이러한 모든 이유 때문에 CT분야에서 임원교육은 특히 전망이 좋다. 다음의 표는 임상교육의 기회를 일부 열거한 것이다.

표 9. 임상교육 기회

고객의 유형	활 동	관련법의 영역
개인이나 소규모 투자집단	기업실체형성 지원	상 법
개인이나 소규모 투자집단	특허출원 또는 기타 IP권 지원	지적재산권법
건축물 소유자	태양열집열판이나 기타 CT 시설의 설치를 위한 허가나 토지용도 변경취득	토지이용법
환경조직	국회의원이나 기타 정책입안자에게 CT의 필요성에 대한 정보 제공	환경법

궁극적으로 전체 대학에 걸쳐 이 분야 학생의 높은 관심은 로스쿨이 영감을 끌어내어 방향을 잡아 주어야 한다. 교육과정기간 내 핵심적인 CT강좌는 에너지법이다. 기초적인 에너지법 강좌는 학생들에게 미국의 에너지 실무를 형성하는 법, 경제, 구조적 문제를 소개하고, 이러한 중요한 문제를 극복할 수 있는 기회를 제공한다. 발전과 전력공급 또는 그러한 필요를 피하는 것과 관련하여 석유, 천연가스, 석탄, 원자력과 태양열, 풍력과 같은 녹색 대체에너지와 에너지보존 또는 “수요측면관리” 등의 너무 많은 에너지관련 주제가 있기 때문에 강좌는 주로 전력시스템과 시장의 규정과 설계에 초점을 맞추어야 한다. 에너지법강좌는 규정의 전통적인 독점모델과 경쟁적인 대안의 진화 모두를 탐구할 것이다. 에너지법 강좌는 학생이 에너지자원 계획수립, 공해관리, 요금설계, 녹색시장, 에너지효율성, 수요측면 관리, 재생에너지 의무할당, 기후변화, 탄소관리 등의 주제에 접할 수 있도록 해야 한다.

재생에너지와 관련한 더욱 고급강좌를 개설하는 것도 바람직하다. 본 강좌는 재생에너지 공급이 가속도를 내며 발전하는 것과 관련하여 법 및 정책 문제를 소개해야 한다. 이 과목이 다루는 범위에는 그와 함께 자원의 개발을 촉진(방해)하는 지역, 주, 연방법과 정책이 포함된다. 깊이를 더하기 위해 이 과목은 개개 기술과 관련된 일부 특정 예를 탐구하는 데 도움을 줄 것이다.

청정기술의 개발과 보급에서 프로젝트 파이낸싱이 중심적인 역할을 하기 때문에 관련 주제에 대한 과목이 법을 공부하는 학생에게(또한 청정기술에 관심이 있는 경영학 학생에게도) 매우 유용하다. 그와 같은 과목은 대체에너지와 기타 발전시설에 대한 투자와 관련된 실질적인 관심영역을 특히 강조하면서 기반시설 프로젝트의 개발과 자금조달에 영향을 미치는 핵심 상업적, 법적, 경제적, 정책적 문제를 깊이 다루어야 한다.

Ⅵ. 결 론

청정기술의 전망은 매우 밝다. 미 정부 보고서는 다음과 같이 결론을 내렸다.

> 최근 수년 동안 기업과 민간 부문의 지도자들은 상업화가 성공하면 지역과 전세계 환경영향을 줄이면서 더욱 자족적으로 국가의 에너지 공급을 늘리고, 경쟁력을 보장하며, 미국의 에너지안보를 개선할 수 있는 기술혁신에 대해 실질적으로 투자를 늘리고 있다. 차량, 연료, 발전, 건설과 관련된 신개념에 힘입어 가까운 장래에 실제적인 혜택을 거둘 수 있을 뿐만 아니라 2030년까지 국가의 에너지 기반시설을 상당히 변화시킬 수 있을 것이다. 국내적으로는 이러한 기술의 상업적 성공으로 에너지 생산의 효율성과 청정도를 바꾸고 개발도상국과 선진국에서도 이러한 기술을 이용할 수 있게 하고, 국제적인 공조를 통해 더욱 이를 공고히 하며, 선진 에너지 시스템의 거래도 활발하게 할 것이다.[125]

그러나 이러한 발전을 지원하는 정책을 올바르게 개발하는 일은 단순하지 않고 복잡한 선택이 필요하다.

> 정책입안자가 해결해야 하는 도전은 균형이다: 최소한의 이익을 보장하면서 대규모 시장의 경쟁을 부추기고, 대체자원의 가능성을 열어두는 동시에 미래자원의 불확실성을 줄이고, 지식 재산권자에게 독점권을 주면서도 성공한 지식을 기반으로 하려는 뒤따른 혁신가의 신기

125) President's Council of Advisors on Science and Technology(대통령과학기술자문위원회), 전게서 4, p.72. 중국은 이미 CT 시장에서 중요한 역할을 하기 시작해서 다른 국가도 CT시장에서 자리를 차지하기 위해 공격적으로 행동 할 필요성을 부여했다. Joel B. Eisen, *The New Energy Geopolitics?: China, Renewable Energy, and the "Greentech Race,"*(중국, 재생에너지 그리고 "녹색기술 경쟁"), 86 Chi. Kent L. Rev. 9 (2011)(주: 그러나 Eisen은 중국이 CT시장을 주도할 것이라는 두려움은 과장이 아니라면 시기상조라고 생각한다.) 참고

> 술 도입기회를 축소시키지 않고, 시장의 압력을 존중하면서 사회적 목표는 장려해야 한다. 이러한 균형은 정책왜곡과 보완재와 경쟁재 시장의 특징인 시장실패가 나타나면 어려워진다는 점은 의심의 여지가 없다. 균형은 혁신가들이 창의적으로 틀을 완성하고, 예측할 수 없는 방향으로 발전할 수 있다는 것을 인정하면서 미래를 구축해가는 과정가운데 하나이다. 피하고 싶은 도전은 정책입안자의 유연성과 경계가 필요하지만 그러한 도전은 이해관계와 부합되어야 한다.[126]

저탄소의 경제성으로 가는 길을 찾는 것이 어렵겠지만 에너지정책을 계속 주시하는 것이 중요하다. 청정기술정책은 다섯 가지 기준에 따라 평가해야 한다. 첫 번째는 감당할 수 있고 적절한 장기적인 에너지 공급을 하는 것이다. 더 최근에는 환경보호에 대한 고려를 덧붙였지만 첫 번째 기준은 전통적인 에너지정책의 목표다.[127] 에너지효율성은 많은 경우 투자 이익을 20% 이상 돌려 주면서 감당할 수 있는 가격을 형성하는 데 도움을 준다.[128] 재생에너지는 실제로 비용이 높겠지만 그 효과는 부분적으로 효율성개선으로 상쇄될 것이다.

두 번째 기준은 환경에 대한 책임이다. 여기서 주요 문제는 탄소배출을 줄여야 한다는 것이다. 그러나 화석연료는 매년 전 세계적으로 100만 명의 4분의 3 이상을 죽음으로 몰고 가는 도시 대기 오염이 주원인이다.[129] 탄소발생자에게 에너지 사용으로 인한 영향에 대해 책임

126) Daniel K.N. Johnson and Kristina M. Lybecker, Innovating for an Uncertain Market: A Literature Review of the Constraints on Environmental Innovation 26 (불확실한 시장을 위한 혁신: 환경 혁신의 제약에 대한 문헌조사) (2009), http://ssrn.com/abstract=1454882에서 이용가능.

127) See John C. Dernbach and Marianne Tyrrell, *Federal Energy Efficiency and Conservation Laws* (연방 에너지 효율 및 보존법), Gerrard, 전게서4 p. 25 (“the traditional purposes of U.S. energy policy have been to supply plentiful energy at low prices with appropriate environmental and public health protections(미국 에너지 정책의 전통적인 목적은 환경과 국민의 건강을 적절하게 보호하면서 충분한 에너지를 낮은 가격에 공급하는 것이다”).

128) Gerrard, 전게서4, p. 6.

129) 전게서. p. 1.

을 지게 만들기 위해 탄소에 부담금을 책정하는 것도 에너지효율성을 신장시킬 것이다.[130] 그러나 재생에너지도 고려해야 할 만큼 환경적으로 영향을 미칠 수 있다는 점을 주목해야 한다.

세 번째 기준은 에너지안전보장이다. 석유와 가스는 특히 지구의 "분쟁지역"에 있기 때문에 미래의 공급과 가격이 불확실하다.[131] 일부 국가는 많은 양의 석탄을 수입하지 않을 수 없다. 에너지의 효율적인 이용은 외국의 에너지자원에 의존할 필요성을 줄여준다.

네 번째는 형평성이다. 공정함은 에너지 정책에서 또 하나의 중요한 측면이다. 예를 들어, 배출거래시스템이나 탄소세는 수입 중 에너지나 에너지 집약적 제품을 구입하는 비용의 비율을 높여 가난한 사람들에게 가장 큰 영향을 미친다. 가난한 사람들을 지원해서 에너지효율성을 높인다면 다른 측면의 기후정책으로 인한 가격 상승을 상쇄할 수 있다.

다섯째 기준은 경제의 활력이다. CT는 21세기에 주요 산업이 될 것이 분명하다. 현재 현명하게 투자하면 국가의 장기적인 경제전망을 튼튼하게 할 수 있고, 경제성장과 고용의 원천을 제공할 수 있다.

저탄소 경제를 세우기 위해서는 수십 년이 걸릴 것이며 많은 정책적 도전뿐만 아니라 기술적인 도전에 직면하게 될 것이다. 그러나 CT가 약속하는 미래를 이루려면 우리의 노력이 필요하다. 법 시스템은 저탄소 경제의 전환에서 중요한 부분을 차지한다 적어도 CT의 경제적 중요성은 변호사, 판사, 법학자, 교육자가 이러한 문제를 다루어야 하는 중요한 이유이다.

1990년 미 전역과 그 외 지역의 로스쿨은 지식재산권이 법학의 흥미로운 분야이며 변호사가 포부를 가질 중요한 분야라는 것을 발견했다. 지식재산권 분야의 발전은 IT의 출범으로 촉발되었고 바이오테크

130) 전게서. p. 14-15.
131) 전게서. p. 1.

산업에서 또한 영향을 받았다. 에너지산업의 전환이 이루어지기 때문에 법학도들과 법조인이 CT에도 마찬가지의 폭발적인 관심을 가지게 될 것이다. 이루어야 할 도전은 CT 개발의 다양한 양상과 지식재산권법, 금융법, 규제법과의 연관성 사이의 복잡한 상호관련성에 대한 이해가 될 것이다.

지식적 측면에서 볼 때, 이처럼 떠오르는 분야에서 가장 흥미를 끄는 면은 사법(IP과 기업재무)과 공법(환경과 에너지 규정)을 연결할 필요가 있다는 점이다. 이들 영역은 개별적으로 활력있는 법 실무분야이자 학문적 연구분야이다. 이러한 분야에 다리를 놓으려면 창의적인 법 실무가와 학자가 한 세대 동안 노력해야 할 것이다. 그러나 그와 같은 노력으로 더욱 지속가능한 에너지의 미래로 나아가는데 도움이 된다면 진정 가치 있을 것이다.

참 고 문 헌

Marilyn, A. Brown & J Chandler S., “Governing Confusion: How Statutes, Fiscal Policy, and Regulations Impede Clean Energy Technologies”, 19 Stanford L & Pol’y Rev. 472-509, 497, 2008.

Abrell, Jan & Weigt Hannes, “The Interaction of Emissions Trading and Renewable Energy Promotion”, 2010, http://ssrn.com/abstract= 1317310.

Arthur, W. Brian, The Nature of Technology: What It is and How It Evolves 155, 2009.

Bedworth, Louise, “Climate Change and California’s Public Health Institutions” (Public Policy Institute of California, 2008.

Blazejczak, Jürgen, Braun, Frauke G., Edler, Dietmar & Schill, Wolf-Peter, “Economic Effects of Renewable Energy Expansion: A Model-Based Analysis for Germany”, 2011, SSRN: http://ssrn.com/abstract =1940413.

Bloomberg, “New Energy Finance, Global Trends in Renewable Energy Investment 2010”, http://bnef.com/PressReleases/view/158.

Bonyhady, Tim, Andrew Macintosh, Jan McDonald, Adaptation to Climate Change: Law and Policy, 2010.

Bullis, Kevin, “Technology Review: A Preassembled Nuclear Reactor”, MIT Technology Review, 2009, http://www.technologyreview.com/energy/ 22867/?a=f (last visited Apr 8, 2010).

Burleson, Elizabeth & Burleson, Winslow, “Innovation Cooperation: Energy

Biosciences and Law", 2011 U. Ill. L. Rev. 651.

Burleson, Elizabeth, "Energy Policy, Intellectual Property and Technology Transfer to Address Climate Change", 18 Transnational Law & Contemporary Problems 69, 86, 2009.

California Air Resources Board, "California's Low Carbon Fuel Standard: An Update on the California Air Resources Board's Low Carbon Fuel Standard" 35, 2009, http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/lcfs.htm.

California Energy Commission, "Research, Development and Demonstration", http://www.energy.ca.gov/research/index.html.

Carley, Sanya, "The Era of State Energy Policy Innovation: A Review of Policy Instruments", 28 Rev. of Pol'y Res. 265, 2011.

Chu, Steven, "America's New Nuclear Option", http://online. wsj.com/ article/SB10001424052748704231304575092130239999278.html?mod= WSJ_topics_obama, (last visited Apr. 8, 2010).

Cory, K., Couture, T. & Kreycik, C., "Feed-in Tariff Policy: Design, Implementation, and RPS Policy Interactions" 17, 2009.

Cullen, Heidi, The Weather of the Future: Heat Waves, Extreme Storms, and Other Scenes from a Climate-Changed Planet, 2010.

Database of State Incentives for Renewables & Efficiency, "Energy-Efficient Appliance Manufacturing Tax Credit", http://www.dsireusa.org/incentives/ incentive.cfm?Incentive_Code= US42F&re=1&ee=1.

David, Archer & Stefan, Rahmstorf, The Climate Crisis: An Introductory Guide to Climate Change 43, 2010.

Davies, Lincoln L., “Energy Policy Today And Tomorrow-Toward Sustainability?”, 29 Journal Of Land, Resources & Environmental Law 71, 72 2009.

Department of Energy, “Renewable Energy Production Incentive: About the Program”, http://apps1.eere.energy.gov/repi/about.cfm.

Dernbach, John C. & Tyrrell, Marianne, “Federal Energy Efficiency and Conservation Laws”, in Michael B. Gerrard (ed.), The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables, 2011.

Doris, Elizabeth et al., “State of the States 2009: Renewable Energy Development and the Role of Policy” 212, 8-9, 2009.

Driesen, David M. & Popp David, “Meaningful Technology Transfer for Climate Disruption”, 64 J. Int’l Affairs 1 (Fall/Winter 2010).

DSIRE, “Database of State Incentives for Renewables & Efficiency”, http://www.dsireusa.org/ (last visited Apr 12, 2010).

DSIRE, “Portfolio Standards/Set Asides for Renewable Energy Database of State Incentives for Renewables & Efficiency” 2009, http://www.dsireusa.org/incentives/index.cfm?SearchType=PS&&EE=0&RE=1 (last visited Apr 12, 2010).

Easterling III, William E., Hurd, Brian H. & Smith, Joel B., “Coping with Global Climate Change: The Role of Adaptation in the United States” 17, 2004, http://www.pewclimate.org/docUploads/Adaptation.pdf.

Eilperin, Juliet, “Faster Climate Change Feared: New Report Points to Accelerated Melting, Longer Drought”, Washington Post, Dec. 25,

2008, http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2008/12/24/AR2008122402174.html?hpid=moreheadlines.

Electricity Advisory Committee, “Smart Grid: Enabler of the New Energy Economy” 18 2008, http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/ final-smart-grid-report.pdf (last visited Oct. 13, 2011).

Energy Biosciences Institution, “Seeking a New World of Renewable Energy”, http://www.energybiosciencesinstitute.org/index.php?option=com_content &task=view&id=104&Itemid=118.

Eto, J., Lesieutre, B. & Widergren, S., “Transmission-Planning Research & Development Scoping Project” 66 xi, 2004, certs.lbl.gov/pdf/trans-scoping.pdf (last visited Apr 27, 2010).

Evans, Annette, Strezov, Vladimir & Evans, Tim J., “Assessment of Sustainability Indicators for Renewable Energy Technologies”, 13 Renewable and Sustainable Energy Reviews 1082-1088, 1083, 2009.

Exec. Order No. S-21-09 (Sept. 15, 2009), http:// www.pewclimate.org/docUploads/CA%20Exec%20order%20S-21-09.PDF.

Farrell, Alexander E., Keith, David W. & Corbett, James J., “A Strategy for Introducing Hydrogen Into Transportation”, 31 Energy Policy 1357-1367, 1359, 2003.

Ferrey, Steven, “Sale of Electricity”, in Michael B. Gerrard (ed.), The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables, 2011.

Fischer, Carolyn & Preonas, Louis, “Combining Policies for Renewable Energy: Is the Whole Less than the Sum of Its Parts?” 6, 2010,

http://ssrn.com/abstract=1569634.

Gallagher, Kelly Sims, Holdren, John P. & Sagar, Ambuj D., "Energy-Technology Innovation", 31 Annu. Rev. Environ. Resourc. 193-237, 223-226, 2006.

Gerrard, Michael B. (ed.), "The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables", 2011.

Goulder, Lawrence H. & Parry, Ian W. H., "Instrument Choice in Environmental Policy", 2 Rev. Environ. Econ. Pol'y 152-174, 167, 2008.

Hasselmann, Klaus. et al., "The Challenge of Long-Term Climate Change", 302 Science 1923, 1924, 2003 (Figure 2).

Horwitz, Cara, "Calif Court Tentatively Rules AB 32 Implementation Unlawful", 2011, at http://legalplanet.wordpress.com/2011/02/02/calif-court-tentatively-rules-ab-32-implementation-unlawful/.

Image from U.S. Environmental Protection Agency, "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009", Table 3-1, 2009, http://epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html (last visited July 25, 2011).

Integrated Regional Information Networks, "Pakistan: Alternative energy to boost power generation" 2003, http://www.irinnews.org/report.aspx?reportid=21429 (last visited Apr 11, 2010).

IPCC, "Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Summary for Policy Makers" 11, 2011.

Johnson, Daniel K.N. & Lybecker, Kristina M., “Innovating for an Uncertain Market: A Literature Review of the Constraints on Environmental Innovation” 26, 2009, http://ssrn.com/abstract=1454882.

Kammen, Daniel M. & Pacca, Sergio, “Assessing the Costs of Electricity, 29 Annu. Rev. Environ. Resourc”. 301-344, 319-325, 2004.

Klein, Gary et al., “California’s Water-Energy Relationship” 8, 2005.

Kline, Craig M., “Solar”, in Michael B. Gerrard (ed.), The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables, 2011.

Knight, Eric W., “The Economic Geography of Clean Tech Venture Capital”, Oxford University Working Paper Series in Employment, Work and Finance (April 13, 2010). SSRN: http://ssrn.com/abstract =1588806.

Kolbert, Elizabeth, Field Notes from a Catastrophe: Man, Nature, and Climate Change 123-24, 2006.

Kunreuther, Howard, C. & Michel-Kerjan, Erwann O., “At War with the Weather: Managing Large-Scale Risks in a New Era of Catastrophes” 11-12, 2009.

Lazaroff, Cat, “Climate Change Could Devastate U.S. Wetlands”, http://www. ens-newswire.com/ens/jan2002/2002-01-29-06.asp.

Lemley, Mark A., “Intellectual Property Rights and Standards-Setting Organizations”, 90 Cal. L. Rev. 1889, 2002.

Mann, Roberta F. & Margaret Rowe E., “Taxation”, in Michael B. Gerrard (ed.), The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables, 2011.

Mansour, Asieh & Stella, Yun Xu, “Infrastructure Investments in Renewable Energy” 28 8 2009, http://www.dbcca.com/dbcca/EN/investment-research/investment_research_1771.jsp (last visited Apr 11, 2010).

Mark, Jason, “Climate Change Threatens to Dry Up the Southwest’s Future”, www.alternet.org/story/103366/ (Nov. 18, 2008).

McKenna, Phil, “ARPA-E Lays $150m Bet on Future Energy”, 204 New Scientist 24, 2009.

Metcalf, Gilbert E., “Investment in Energy Infrastructure and the Tax Code”, in Investment in Energy Infrastructure and the Tax Code 46 42-43, 2009, http://www.nber.org/papers/w15429 (last visited Apr 12, 2010).

Mitchell, Catherine, “Policy, Financing and Implementation”, in IPCC, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation 17, 2011.

Neumann, Anne & Neuhoff, Karsten, “Facilitating Low-Carbon Investments: Lessons from Natural Gas” 2011, http://ssrn.com/ abstract=1940345.

OECD, “Taxation, Innovation, and the Environment”, 2010.

Outka, Uma, “The Renewable Energy Footprint”, 30 Stan. Env. L. Rev. 241, 269-285, 2011.

Penhoet, Braden W., “Financing Structures and Transactions”, in Michael B. Gerrard (ed.), The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables, 2011.

Pernick, Ron & Wilder, Clint, “Clean Energy Trends 2010”, (April 2010), http://www.cleanedge.com/reports/reports-trends2010.php.

Pernick, Ron et al., Clean Energy Trends 2010 3, 2010.

Pernick, Ron & Wilder, Clint, The Clean Tech Revolution: Discover the Top Trends, Technologies, and Companies to Watch 2-3 (Reprint ed. 2008).

Pew Center on Global Climate Change (PCGCC), “Climate Change 101: State Action”, 2011, http://www.pewclimate.org/climate-change-101/states (last visited Oct. 13, 2011).

Pew Center on Global Climate Change (PCGCC), “Greenhouse Gas Emissions Targets” 2009, http://www.pewclimate.org/what_s_being_done/in_the_states/emissionstargets_map.cfm (last visited Dec 15, 2009).

Pittock, A. Barrie, Climate Change: Turning Up the Heat 2005.

Portner, Hans O. & Knust, Rainer, “Climate Change Affects Marine Fishes Through the Oxygen Limitation of Thermal Toleration”, 315 Science 95, 2007.

President’s Council of Advisors on Science and Technology, “The Energy Imperative: Technology and the Role of Emerging Companies”, 2006.

Rai, Varun & Victor, David G., “Climate Change and the Energy Challenge: A Pragmatic Approach for India”, http://ssrn.com/abstract=1452868.

Salkin, Patricia, “Facility Siting and Permitting”, in Michael B. Gerrard

(ed.), The Law of Clean Energy: Efficiency and Renewables, 2011.

Stern, Nicholas, “The Economics of Climate Change” 16 2007; IPCC, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation 16, 2011.

Thorning, Margo, “Opinion: California’s AB 32 is a losing climate bet”, San Jose Mercury News, April 14, 2010.

Tilman, David et al., “Beneficial Biofuels-The Food, Energy, and Environment Trilemma”, 325 Science 270-271, 2009.

Tran, Sarah, “Expediting Innovation: the Quest for a New Sputnik Moment”, available at http://ssrn.com/abstract=1774821.

U.S. Department of Interior, “Bureau of Land Management, Renewable Energy Resources Bureau of Land Management”, 2010, www.blm.gov/wo/st/en/prog/energy/renewable_energy.html (last visited Apr 27, 2010).

U.S. Energy Information Administration, “Annual Energy Review 2009”, 1.1, 11.1, 2010, http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pdf/aer.pdf (last visited July 25, 2011).

U.S. Environmental Protection Agency, “Energy Regulations and Standards, U.S. EPA Energy Portal”, 2009, http://www.epa.gov/energy/regs.htm (last visited Apr 11, 2010).

U.S. Environmental Protection Agency, “EPA Lifecycle Analysis of Greenhouse Gas Emissions from Renewable Fuels” 4, 2010, http://www.epa.

gov/otaq/renewablefuels/420f10006.htm (last visited Apr 11, 2010).

U.S. Environmental Protection Agency, “Project XL” 2009, http://www.epa.gov/projectxl/ (last visited Apr 11, 2010).

U.S. Global Change Research Program, “Global Climate Change Impacts in the United States”, 2010.

U.S. Government Accountability Office, “Climate Change Adaptation: Strategic Federal Planning Could Help Government Officials Make More Informed Decisions”, http://www.gao.gov/products/GAO-10-113, 2010.

UNFCCC, “Development and Transfer of Technologies”, http://unfccc.int/technology/items/2681.php.

United Nations Conference on Trade and Development, “The Biofuels Market: Current Situation and Alternative Scenarios” 104 5, 2009, http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/19798/biofuels_market.html?breadcrumb=%2Fproject%2F39%2Fscience_technology_and_globalization (last visited Apr 11, 2010).

Waldman, Craig & Ward, Margaret, “Antitrust Issues in Clean Technology”, www.abanet.org/antitrust/at-source/10/04/Apr10-Waldman4-14f.pdf (April 2010).

Waxman, Henry & Markey, Edward, “American Clean Energy and Security Act of 2009”, 2009, http://www.govtrack.us/congress/ billtext.xpd?bill=h111-2454 (last visited Dec 17, 2009).

Weissman, Steven & Miller, Lindsay, “The California Public Utiities Commission’s Pilot Program to Explore the Nexus of Energy Efficiency

and Water Conservation", 22 Pacific McGeorge Global Business & Dev. L. J. 257, 2010.

Wildermuth, Amy J., "Is Environmental Law A Barrier to Emerging Alternative Energy Sources", 46 Idaho L. Rev. 509, 530-539, 2010.

Williams, Eric et al., "A Convenient Guide for Climate Change Policy and Technology" 418 2-57 to 2-64, 2007, http://www.nicholas.duke.edu/ccpp/convenientguide/ (last visited Apr 11, 2010).

Wood, Daniel B., "Schwarzenegger Veto of Renewable-Energy Bill Could Be Risky", The Christian Science Monitor, Sept. 15, 2009.

Woodley, Scott, "Prizes Not Patents", Forbes.com Blank Slate, www.forbes.com/2006/04/15/drug-patents-prizes_cx_sw_06slate_0418drugpatents_print.html.

인터넷자료

Finding of Endangerment, http://www.epa.gov/climatechange/endangerment.html.

http://svtechtalk.com/wp-content/uploads/2011/08/Cleantech-Group-Sector-shares-by-amount-+-deal-count-Q23.jpg.

The proposed regulations are described on the EPA website. http://www.epa.gov/climatechange/initiatives/index.html.

"Unlocking Energy Efficiency in the U.S. Economy", 165 1, 2009, www.mckinsey.com /USenergyefficiency.

U.S. Department of Energy, Strategic Plan 2006, http://www.climate-technology.gov/stratplan/final/index.htm (last visited Apr 26, 2010).

연구자 약력

□ Daniel A. Farber

○ 미국 캘리포니아 주립대학 버클리, 법학대학원, 교수(Sho Sato Professor of Law, School of Law, University of California, Berkeley)

○ 환경법 프로그램 위원장, 에너지・자원 프로그램 위원장(Director, Environmental Law Program, and Chair, Energy and Resources Program)

○ 에너지・환경법 센터장(Faculty Director of the Center for Law, Energy, and the Environment)

○ 파운데이션 출판사 편집위원, 미국 예술·과학 학술원 위원 (Member of Editorial board of Foundation Press, and the American Academy of Arts and Sciences)

○ 대표저서: 『Eco-Pragmatism: Making Sensible EnvironMental Decisions in An Uncertain World』 (1999) 외 다수

□ 위 보고서의 내용은 본 연구원의 공식적인 견해가 아니므로, 각 연구내용에 대한 책임에 관하여는 연구책임자 및 각 연구자에게 있음