

기후변화의 위험헷지와 기온파생상품*

손동희** · 임형준*** · 전용일****

〈요 약〉

지구온난화에 대처하기 위한 한 가지 방안으로, 최근 녹색성장과 녹색금융이 활성화되고 있다. 특히, 금융시장을 통하여 기온상승에 대한 적응을 가능케 하는 기온파생상품은 녹색금융의 능동적 형태로서 주목받고 있다. 본 논문에서는 서울의 일별평균기온에 대한 특성을 파악하여 계절성, 주기성 등을 포함한 일별평균기온 예측모형을 설정한 후, 기온옵션의 일종인 CDD 옵션가격과 HDD 옵션가격을 시뮬레이션을 통해 분석한다. 오차항의 주기성 모형여부에 따라 구분하여 분석을 진행한 결과, CDD 콜옵션과 HDD 풋옵션의 위험중립가치가 시간이 지남에 따라 상승한 것으로 나타나 기온상승의 추세를 금융시장에서 정량적으로 파악할 수 있는 것으로 나타났다. 기존 모형과는 달리, Vasicek 모형에 기반한 CDD 콜 옵션가치분석시, 특정 행사가격 이상에서 옵션의 가치가 존재하여, 기온상승위험 회피를 위한 금융상품으로서 활용이 가능하다.

주제어 : 기온예측모형, 일별평균기온, CDD/HDD 옵션, Vasicek 모형

* 본 논문은 2012년 한국환경경제학회 하계 정기학술대회에서 발표되었다. 학술대회의 논평을 통해 본 논문이 질적으로 향상될 수 있게 해주신 서울대학교 홍종호 교수와, 유익한 심사평을 해주신 익명의 심사위원 두 분께 감사드린다.

** 성균관대학교 경제학과 박사수료(제1저자).

*** 성균관대학교 경제학과 박사수료(공동저자).

**** 성균관대학교 경제학과 교수(교신저자).

Climate change, a result of increasing global warming, has been receiving more public attention due to its serious impact upon many industries. In this study we consider sustainable- (Green-) Growth and Green-Finance, and in particular temperature derivatives, as appropriately active responses to the world's significant climate change trends. We characterize the daily average temperatures in Seoul, South Korea with their seasonal properties and cycles of error terms. We form forecasting models and perform Monte Carlo simulations, and find that the risk-neutral values for CDD call-options and HDD put-options have risen since 1960s, which implies that the trend of temperature increase can be quantified in the financial markets. Contrary to the existing models, the Vasicek model with the explicit consideration of cycles in the error terms suggests that the significant option-values for the CDD call-options above certain exercise prices, implying that there is the possibility of explicit hedging against the considerable and stable increase in temperature.

Keywords : Temperature forecasting model, Daily average temperatures, CDD/HDD option, Vasicek model

JEL 분류 : Q54, G12, G17

I. 서 론

세계 각국들은 환경을 보전하고 기후변화로 인한 피해를 줄이기 위해 범국가적인 기후변화 대응 노력을 경주하고 있다. 2005년 2월 16일 공식발효된 교토의정서에서 다수의 국가들이 참여한 가운데 기후변화협약에 따른 온실가스 감축 목표를 구체적으로 설정하고 있다. 교토의정서에서는 온실가스 감축 대상국들의 배출총량을 1990년 기준으로 1차공약기간인 2008년부터 2012년까지 5.2% 감축하는 것을 목표로 국가별로 차등화된 온실가스감축 목표를 제시하고 있다. 이러한 온실가스감축의무 및 지속가능 성장을 위한 성장전략 중 하나가 녹색성장이며, 이는 녹색 기술을 신성장동력으로 하여 경제·산업 구조 및 전반적인 삶의 양식을 저탄소·친환경으로 전환하는 시도이다.

하지만, 녹색성장산업은 초기 비용이 높고 장기적인 투자가 요구되며 미래 불확실성이 높다는 산업특성으로 인해, 민간으로부터의 투자가 활발히 이루어지지 않고 있는 실정이다. 녹색금융(Green Finance, Sustainable Finance, Environmental Finance)은¹⁾ 많은 경우에, 정부가 녹색성장산업에 대한 정책적·재정적 지원을 직접적으로 하는 형태로 진행되어 왔으나, 이러한 재정 지원에는 예산상의 제약으로 한계가 발생할 수밖에 없다. 따라서 민간금융기관의 참여를 통해 녹색산업의 발전에 대한 자본조달이 이루어지는 것이 중요한 과제라 할 수 있다. 즉, 민간금융기관의 참여를 통한 녹색금융의 활성화는 새로운 성장 패러다임인 녹색 성장에 대한 원활한 자금지원과 더불어 새로운 금융수익원의 창출을 가능하게 하는 긍정적인 요소로서 작용하게 되는 것이다.

녹색성장을 위한 금융기법을 녹색금융이라 한다면, 기온상승과 같은 지구온난

1) 광의의 녹색금융은 일반적으로 (민간)금융기관의 참여를 통한 녹색성장산업에 대한 자금조달, 산업활동에 대한 환경성 평가를 통한 친환경적 산업활동 유도 인센티브를 부여하는 금융활동 등을 지칭한다.

화로 인한 기후변화에 대처하는 방안 중 하나인 탄소배출권도 녹색금융상품의 한 종류로 볼 수 있다. 탄소배출권 거래는 금융시장을 활용하여 온실가스를 감축하는(market-based greenhouse gases mitigation) 대표적인 수단으로, 현실적으로 대부분의 기후변화 대응책들은 탄소배출권 활용을 통한 온실가스 감축(mitigation)에 초점이 맞추어져 있다. 하지만 기후변화에 대한 적응(adaptation)도 이상기후현상 대응에 있어서 중요한 과제이다. 기후변화 적응은 미래에 예상되는 기후변화의 파급효과와 영향에 대한 자연·인위적 시스템의 조절을 통해 피해를 완화시키는 활동으로, 금융시장에서 기후변화에 대한 적응을 가능하게 하는 수단(market-based climate change adaptation) 중의 하나가 날씨파생상품이다(구정환, 손동희, 전용일 2010). 이에 금융시장이 발달한 미국, 유럽 등지에서는 날씨와 연계된 금융상품을 개발·거래하여 폭풍, 폭우, 가뭄, 폭염, 폭설 등의 이상기후변화에 기인한 날씨리스크를 회피하고 있다.

하지만, 날씨파생상품시장은 아직 국내에는 도입되어 있지 않고 설립에 관한 논의만 이루어지고 있는 실정이다. 날씨파생상품이 도입되지 않은 중요한 이유 중 하나로, 글로벌 금융위기를 거치며 파생상품에 대한 부정적 인식이 확산되었다는 점을 들 수 있다. 즉, 파생상품에 대한 부정적 인식의 확산이 관련 금융상품의 규제강화로 이어져, 새로운 파생상품의 도입과 운용이 용이하지 않은 방향으로 자본시장이 변모되는 결과를 초래하였다. 이는 날씨라는 새로운 기초자산을 활용한 파생상품의 도입을 주저하게 만드는 요인으로 작용하게 되었다.²⁾ 현재 날씨위험을 회피하는 수단으로 날씨보험이 개발되어 있기는 하지만, 보험의 특성상 날씨위험을 정확히 파악하여 실손보상하기는 현실적으로 힘든 부분이 많다. 따라서 특정 날씨사건이 발생할 경우 계약된 금액이 지급되는 날씨파생상품 시장의 형성을 통해, 경제주체가 능동적으로 날씨위험을 관리하고 기후변화에 적응하는데 기여해야 할 시점으로 판단된다.

본 연구에서는 날씨(기온)예측모형의 설정을 통한 날씨(기온)파생상품의 읍

2) 박철호(2011) 참조.

선가격결정을 토대로, 금융시장에서 최근의 기온상승현상에 대한 정량적인 파악이 가능하고, 이에 따라 경제주체들이 금융시장을 활용하여 기후변화에 능동적으로 대처할 수 있음을 보이고자 한다. 제II장에서는, 날씨파생상품을 개관하고 날씨(일별평균기온)예측모형에 대하여 논의하며, 기온예측모형과 파생상품에 대한 선행연구를 분석한다. 제III장에서는, 서울의 일별평균기온자료를 활용하여 해당 지표의 특성을 분석하고 적절한 실증분석 모형을 결정하며, 기온옵션에 대한 가격결정분석을 실시한다. 제IV장에서는, 본 연구에서의 내용을 요약하고 시사점을 제시한다.

II. 측정가능한 기후변화의 위험회피수단 - 날씨파생상품과 날씨예측모형

날씨파생상품은 HDD(heating degree days), CDD(cooling degree days), 강설량 지수(snowfall index), 서리 지수(frost index), 허리케인 지수(CHI; Carvill Hurricane index) 등과 같은 지수화된 날씨변화요소와 연동되어 거래되는 새로운 형태의 Arrow-Debreu 증권으로서,³⁾ 기상이변으로 인한 날씨 관련 위험을 일정 부분 제거할 수 있는 날씨리스크 관리 수단이다.⁴⁾ 날씨파생상품의 도입은 기후변화에 따른 날씨위험에 직면한 경제주체가

3) Arrow-Debreu 증권은 특정 상황이 발생하였을 경우 수익을 지불하는 청구권적 특성을 지닌다.

4) CME 눈 선물·옵션에서는 강설량 지수(snowfall index)가 기초자산으로 이용된다. 강설량 지수란 일별 적설량을 합산화한 지수이고, 이 때 일별 적설량은 하루 동안의 특정 지역에 쌓인 눈의 양을 말한다. CME 서리 선물·옵션은 서리 지수(frost index)를 기초자산으로 이용하며, 이 경우 서리 지수는 서리일에 관해 설정된 조건 중 하나 이상을 충족하는 일수를 합산하여 구성된다. CME 허리케인 선물·옵션은 허리케인 지수(CHI; Carvill hurricane index)를 바탕으로 파생상품을 설정하며, 허리케인 지수는 허리케인이 발생시키는 잠재적 피해에 대한 측정치로서 허리케인의 풍속과 반경을 측정하여 지수화하고 있다(민경욱 2010).

해당 리스크를 회피하는 것이 가능하게 함으로써 기후변화 적응을 효율적으로 달성할 수 있게 한다. 즉, 지구온난화가 경제주체들에게 단순히 비용으로만 작용하는 것이 아니라, 날씨파생상품을 활용함으로써 금융시장의 측면에서 녹색성장을 위한 신성장동력을 제공하고 기후변화 적응에 대한 효율적 수단으로서의 역할이 가능하다는 것이다.

날씨파생상품은 1999년 9월 시카고상품거래소(CME: Chicago Mercantile Exchange)에서 HDD/CDD 등의 기온관련 선물과 옵션의 형태로 최초로 상장거래되었으며, 2005년 이후 서리, 적설량 등을 포함한 보다 다양한 날씨관련 변수들을 기초자산으로 하는 날씨파생상품들이 거래되고 있다.⁵⁾ 또한, 세계 3대 파생상품 거래소 중 하나인 Eurex에서도 날씨파생상품이 거래되어 기후관련 위험을 회피함과 동시에 금융기관의 새로운 수익원으로 활용되고 있다.

손해보험사에서 판매되고 있는 날씨보험은 보험료 수령 및 지급을 위해 손해를 증명(prove damage)해야 하나, 날씨파생상품의 경우 계약 시 정해진 특정 조건의 날씨 사건(weather event)이 발생할 경우에 계약 시 약정한 금액을 지급하도록 고안된 상품이므로 도덕적 해이 문제가 거의 발생하지 않고, 표준적인 결제방법이 적용된다. 그리고 날씨파생상품을 통해 다른 지역의 날씨에 기인하여 발생하는 특정 지역의 비즈니스에 대한 악영향 문제도 회피(hedge)할 수 있으나, 대부분의 날씨보험은 날씨변동으로 인한 실손보상(Principle of Indemnity)을 원칙으로 하고 있기 때문에 외부요인에 따른 손해가 발생하였을 경우에도 이를 보전하는 기능을 하기 어렵다.

날씨파생상품이 날씨위험을 회피하는데 대한 장점을 갖추고 있음에도 불구하고, 날씨위험에 대한 인식의 부재와 거래기술상의 어려움으로 인해 국내에서는 현재 관련 연구가 많이 진행되지 않고 있다. 하지만, 최근 들어 기온상승과 관련된 날씨피해가 커지면서 날씨예측에 대한 중요성이 부각되고 있다.⁶⁾

5) 날씨파생상품의 종류로는 날씨선물(weather futures), 날씨옵션(weather option), 날씨스왑(weather swap) 등을 들 수 있다.

6) 2009년 2월 발효된 “자본시장과 금융투자업에 관한 법률”로 인해 파생상품에서의 포괄적

날씨과생상품 중 현재 가장 활발히 거래되고 있는 것은 일별평균기온을 활용하는 HDD, CDD 기온선물 및 옵션으로, HDD는 겨울에 하락한 기온의 정도와 난방 정도를 나타내는 지수이고 CDD는 온도 상승 정도를 나타내는 지수이다. CME에서 정의한 HDD(난방지수)와 CDD(냉방지수)는,

$$HDD = \sum_{t=T_1}^{T_2} \max[18 - w_t, 0] \quad (1)$$

$$CDD = \sum_{t=T_1}^{T_2} \max[w_t - 18, 0] \quad (2)$$

로서, 이 때 T_1, T_2 는 한 달이나 계절의 시작과 끝 시점이며, w_t 는 t시점의 일별평균기온이다.⁷⁾ 즉, HDD, CDD지수는 일정기간 동안의 일별평균기온에서 기준온도(화씨 65도, 섭씨 18도)를 빼거나(여름) 기준온도에서 평균기온을 빼(겨울) 온도를 누적화하여 이를 지수화한 것을 뜻한다.⁸⁾

기온과생상품의 대표적인 거래참여자로서 에너지생산기업, 에너지소비자, 음료기업, 농수산 관련 기업, 날씨과생상품 딜러 등을 들 수 있다.⁹⁾ 현재 HDD, CDD 파생상품에 가장 활발히 참여하고 있는 기업은 에너지 관련 기업으로, 미국시장에서는 에너지 관련 규제완화로 인해 에너지의 생산업과 배분업이 분리

기초자산 운용이 가능하기 때문에 날씨과생상품 등장에 대한 제도적 장애요인이 없다.

- 7) 일별평균기온이란 하루(00~24시) 중 3시간별로 관측한 8회 관측값(03, 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24시)을 평균한 기온으로 정의된다.
- 8) HDD, CDD지수를 산정하기 위한 기준온도는 미국의 경우 65°F, 유럽의 경우 18°C를 적용하고 있다. CME에서 기준 온도를 65°F로 설정하는 것은 온도가 65°F 이하로 내려가면 난로를 피우기 시작하였던 오래된 관습에서 비롯된 것이다(김규형 2001a).
- 9) 에너지 생산자는 따뜻한 겨울, 시원한 여름에 매출액이 감소할 수 있고, 소비자는 혹한기나 혹서기에 냉난방비용의 상승을 경험한다. 음료업자 또한 에너지생산자와 마찬가지로 따뜻한 겨울, 시원한 여름에 타격을 입을 수 있다. 농수산 관련 기업들은 기온의 변화가 수확량의 감소 및 재배가능품종의 변화를 초래할 수 있어 기온변화와 관련된 기온위험에 대한 회피 수요가 충분히 존재한다.

되고 가격의 자유화가 이루어짐으로써 에너지 기업 간의 경쟁이 심화되고 있는 현상에 기인한다.

일반적인 파생금융상품과는 달리, 기온파생상품의 경우에는 기온이 기초자산으로 활용되기 때문에 기초자산을 거래할 수 없다. 하지만, 공공기관인 기상청의 자료를 활용하여 기온 정보가 공표되기 때문에 기초자산의 공신력 확보가 가능하다는 장점이 있다. 또한, 기온파생상품은 수량헷징(quantity hedging)에 이용되는 반면, 일반적인 금융파생상품은 가격헷징(price hedging)에 이용된다. 즉, 기온파생상품은 일반적인 금융파생상품을 통한 가격리스크 관리 수단과 보완적인 관계를 가지는 날씨와 관련된 수량 변동 헷지전략인 셈이다. 기온의 영향을 많이 받는 전력회사의 경우를 살펴보면, 겨울 기온이 예상보다 높게 되면 전력의 수요가 감소한다. 이러한 수요량 감소는 전력회사에 손실을 안겨준다. 하지만, 전력회사가 날씨파생상품을 이용하게 되면(이 경우, CDD 풋 옵션 매입), 이러한 전력수요 감소에 기인한 손실보전이 가능하다.

날씨파생상품을 개발하고 거래하는데 있어서 날씨예측모형의 선택이 중요하다. 날씨파생상품의 가격결정에 관한 분석은 대부분 시물레이션 형태로 이루어지는데, 이 때 날씨예측모형의 설정에 따라 날씨파생상품의 가격이 달라지기 때문이다. 일기예보에 활용되는 기상학적 날씨예측모형은 날씨가 지수화된 형태로 거래되는 날씨파생상품에 적용하는데 한계가 있어, 경제학적인 날씨예측모형 구축 방법론 및 분석 방안이 필요하다. 현재까지 어떤 모형도 다른 모형들에 비해 날씨예측력이 탁월하게 우월하다고 알려진 것이 없기 때문에, 하나의 표준적인 모형이 아닌 다양한 형태의 날씨예측모형이 활용되고 있다.

선행연구에서는 날씨 중 특히 기온을 예측하는 모형을 설정하는 것에 중점을 두고 있다. 이는 현재 미국, 유럽 등지에서 거래되고 있는 날씨파생상품의 대부분을 차지하고 있는 상품이 기온을 바탕으로 만들어진 HDD, CDD지수 선물·옵션이기 때문이다.¹⁰⁾ 이에, 본 논문에서는 기온에 초점을 맞춘 선행연구

10) 국내에 날씨파생상품이 도입된다면, 선진금융시장에서 활발히 거래되고 있으며 시장참여자들이 비교적 쉽게 이해할 수 있는 지수인 HDD, CDD를 활용한 날씨파생상품이 주를 이룰

들을 살펴보고 국내 기온예측모형을 구축하는데 활용할 것이다.

Campbell and Diebold(2005)는 EarthSat(Earth Satellite corporation)에서 제공한 1960년 1월 1일부터 2001년 11월 5일까지 Atlanta, Chicago, Las Vegas, Philadelphia 등 4개 지역의 일별평균기온을 활용한 시계열 기온예측모형을 구축하고 이를 통한 기온예측에 초점을 맞추고 있다. 이 논문에서 기온예측에 활용되는 모형은 기온의 추세(trend), 계절성(seasonality), 주기적 순환성(cyclical variation), 자기상관(autocorrelation)적 특성 등을 반영한다. 이러한 시계열적 접근은 점예측 상에서 상당히 정확한 예측치를 제공할 뿐만 아니라, 예측의 불확실성에 대한 세부적인 정량화를 가능하게 하는 분포예측에도 유용한 것으로 밝혀져 있다.

Cao and Wei(2004)는 기온과생상품시장이 성장하고 있음에도 불구하고, bid/ask 스프레드가 여전히 크다는 점에서 효과적인 기온과생상품 가격결정방안이 구축되어야함을 역설하고 있다. 이를 위해 예측력이 높은 기온예측모형 구축이 선행되는 것이 아주 중요하다고 주장한다.¹¹⁾ 이 논문은 기온과생상품에 대한 균형가격결정모형(equilibrium valuation model)을 이용하여, 기온 리스크의 날씨가격이 날씨파생상품 가격결정에 중요한 요소인지 아닌지를 입증한다. 균형가격결정모형의 일환으로, 경제의 근본적인 불확실성(fundamental uncertainties in the economy)이 총배당(aggregate dividend)과 기온조건으로 대표되는 상태변수(state variable)로 구성되기 위해 루카스 균형모형(Lucas'(1978) equilibrium asset-pricing model)을 확장하여 활용한다. 이 모형의 특징은 기온과 소비데이터로 조정(calibrate)되며, 이후 기온리스크의 시장가격을 분석하고 정량화하는데 이용된다는 점이다.

것으로 예상된다.

- 11) 기온예측모형의 구축에 앞서, 다음과 같은 기온의 특징을 설명하고 모형에 반영하고 있다. 첫째, 모형은 계절적 순환 패턴(seasonal cyclical patterns)을 반영하고 있어야 한다. 둘째, 기온의 일별변동은 평균기온을 중심으로 분포되어 있어야 한다. 셋째, 기온의 자기회귀적 특성을 반영해야 한다. 넷째, 변동범위는 여름보다 겨울에서 크게 나타난다. 마지막으로, 기온예측모형은 지구온난화 추세(global warming trend)를 반영해야 한다.

이준행(2002)은 1961년부터 2000년까지의 서울 일평균기온 실측치를 토대로 평균회귀모형(mean-reverting model)과 Cao-Wei(2000) 모형을 기온예측에 대한 확률모형으로 설정하고 있다. 이들 기온예측모형에 몬테카를로 시뮬레이션 방법을 적용한 결과, 계절성, 자기회귀성 및 이분산성(heteroskedasticity) 등과 같은 기온의 특성을 모형에 포함하고 있는 Cao-Wei(2000) 모형을 통한 몬테카를로 시뮬레이션의 추정결과가 우월한 것으로 나타났다. 따라서 이 논문에서는 Cao-Wei(2000) 모형을 바탕으로 HDD와 CDD지수옵션의 가격을 제시하였다.¹²⁾

김무성, 김지민(2004)은 1961년 1월 1일부터 2003년 6월 30일까지 우리나라 주요도시의 기상자료를 활용하여 날씨예측모형에 적용하고 있다. 날씨예측모형은 계절성과 선형추세를 반영하고 있는 Alton, Djehiche, Stilberger (2002)의 기상예측모형에 확률적 접근방법을 적용하여 설정하고 있다. 또한, 이를 활용하여 몬테카를로 시뮬레이션을 실시하여 날씨파생상품 중 하나인 HDD 및 CDD지수의 옵션가격을 계산하였다. 이와 더불어, 기상요소와 업종별지수의 관계를 분석하고 있다. 분석결과, 날씨와 제조업 및 유통업과는 밀접한 관계가, 금융업과는 거의 관계가 성립하지 않는다고 제시하고 있다. 이러한 날씨파생상품에 대한 분석모형들에서는 대개 어떻게 미래의 계절성(seasonality)과 장기추세(time trend)를 반영하여 날씨를 예측하느냐에 따라 날씨옵션가격이 변동될 수 있다. 한편, 배광일, 정진희(2009)는 1977년 1월 1일부터 2006년 12월 31일까지의 서울 지역 일별평균기온 데이터를 이용하여 Richards, Manfredo, and Sanders(2004)와 유사하게 기온예측모형을 설정하고 온도 프로세스 도출에 활용하고 있다.

12) 이 논문에서는 옵션가치평가 방법으로 Burn-rate 방법과 몬테카를로 시뮬레이션 방법을 통해 HDD와 CDD지수 옵션가격을 추정하고 있다. Burn-rate 방법은 과거의 날씨유형이 미래에도 나타난다는 가정 하에, 옵션 매입자의 해당 옵션 보유 가치를 산정하는 것으로, 주로 보험에서의 위험프리미엄 책정에 관행적으로 많이 활용된다. 하지만 과거 날씨자료의 선택기간에 따라 가치평가가 상당부분 다르게 나타난다. 이로 인해, 계량경제학적 분석을 바탕으로 하는 몬테카를로 시뮬레이션이 우월한 예측결과를 가져온다고 설명하고 있다.

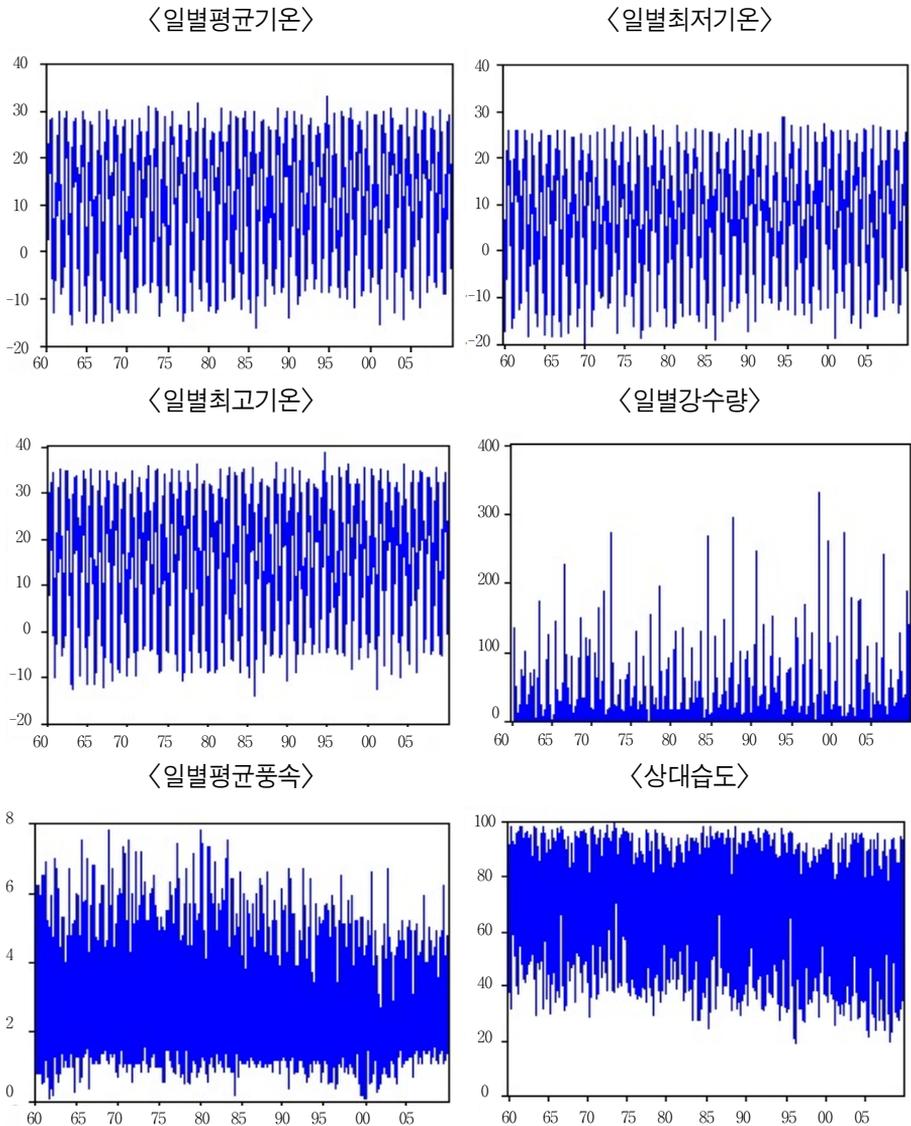
기존 문헌을 통해 살펴본 결과, 기온을 예측하기 위해서 하나의 표준적인 모형을 도입하기보다는 다양한 기온예측모형이 활용되고 있는 것으로 나타났다. 하지만, 선행연구에 활용된 기온예측모형의 특징을 살펴보면, 추세, 계절성, 순환성, 자기회귀성, 이분산성 등과 같은 기온의 특성을 반영하고 장기시계열 자료를 활용하여 장기적인 예측을 실시하는 것이 기온과생상품을 위한 기온예측모형에 요구된다는 것에는 합의가 형성되어 있다.

III. 기온예측모형을 활용한 실증분석

본 논문에서는 기상청에서 제공하는 기후데이터를 활용하여 날씨과생상품의 가격결정에 적용이 가능한 날씨예측모형을 설정하고자 한다. 기상청에서 제공하고 있는 기상자료는 1960년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지의 기상관측소별 기상관측치로서, 일별평균기온, 최저기온, 최고기온, 강수량, 신적설, 평균 풍속, 상대습도, 일조시간, 운량 등이 있다. 이들 변수 중에서 날씨과생상품에 가장 활발히 활용되는 변수가 일별평균기온을 단순전환(simple transform)한 HDD, CDD지수이다. 본 논문에서는 추세, 계절성, 순환성 등 기온의 특성을 잘 반영하고 있는 일별평균기온자료를 분석에 이용한다. <그림 1>은 1960년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지 서울의 기상요소별 관측치 추이를 보여준다. 일별평균기온은 일별최고기온과 일별최저기온의 평균 주변에 위치하고 있어 일별평균기온으로 기온의 전반적인 특성 표현이 가능하다. 강수량의 경우, 대부분 여름철 장마기간인 6, 7, 8월에 집중적으로 관측되는 것으로 나타났다.¹³⁾

13) 강수량은 일별평균기온과는 또 다른 추세와 계절성 및 순환성을 나타내고 있어, 해당 기상 요소의 특성을 반영하여 기온과는 다른 모델링이 요구되므로 향후 분석과제로 남겨둔다. 또한, 일별평균풍속, 상대습도는 기온에 비해 계절적 특성이 명확하게 드러나지 않기 때문

〈그림 1〉 1960년 1월 1일~2009년 12월 31일 서울의 기상요소별 관측치 추이



에 분석에서 제외하였다.

〈표 1〉에서는 기상청에서 제공하는 서울의 기상데이터에 대한 기초통계량을 보여준다. 〈표 1〉에서 나타나는 Jarque-Bera 검정¹⁴⁾을 통해서, 기상청에서 제공하고 있는 기상요소들과 HDD 및 CDD지수의 오차항이 정규분포를 따른다는 귀무가설을 모두 기각하고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 기온예측모형을 추정하는 데 있어서, 이러한 기온의 분포적 특성을 반영하는 것이 필요하다.

또한, 서울의 일별평균기온 시계열자료를 분석에 이용하기 때문에 서울의 일

〈표 1〉 서울의 기상자료에 대한 기초통계량(1960년 1월 1일~2009년 12월 31일)¹⁵⁾

	평균	최대값	최소값	표준편차	왜도	첨도	Jarque-Bera 검정값
평균기온	12.229	33.1	-16.4	10.40013	-0.286283	1.94773	1085.776
최저기온	8.2739	28.8	-20.2	10.47127	-0.193793	1.946557	953.269
최고기온	16.886	38.4	-13.6	10.65614	-0.333221	1.956662	1159.614
강수량	3.7226	332.8	0	14.34071	8.194012	103.9481	7913168
평균풍속	2.3719	7.8	0.1	0.973198	1.126486	4.860702	6459.782
상대습도	66.318	99	19	14.12089	-0.155571	2.512378	253.1405
일조시간	5.6918	13.6	0	3.748174	-0.211401	1.735302	1345.373
운량	5.0744	10	0	3.269997	-0.037275	1.732781	1219.16
HDD	2808.57	-	-	215.18	-0.01	2.09	622.07
CDD	693.26	-	-	86.91	0.02	2.60	122.88

14) Jarque-Bera 검정은 χ^2 분포를 이용하는 일종의 대표본 정규분포 검정방안이다. 우선 OLS

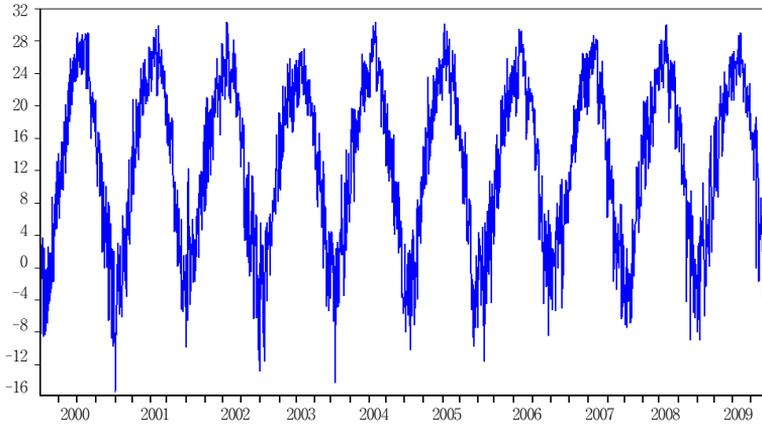
회귀잔차항을 도출하고 이들의 왜도와 첨도를 산출한다. 이후 $JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right] = \chi^2_2$

(단, 왜도(S): $S = \frac{1}{n} \sum \frac{e^3}{s_e^3}$, 첨도(K): $K = \frac{1}{n} \sum \frac{e^4}{s_e^4}$) 에 산출된 왜도와 첨도를 대입한다. 정규

분포의 왜도는 0이고, 첨도가 3이므로, 잔차항이 정규분포를 따른다면 JB 값이 0값을 가지게 되는데 착안한 검정통계량이다.

15) 기상청의 기후데이터를 활용하여 기초통계량을 작성하였다. 강수량 변수는 강수가 없었던 시점이 공란으로 남겨져 있어 이를 0으로 대체하였다. 일조시간 변수는 천둥번개, 흐린 날씨 등의 이유로 일조시간이 0으로 나타나는 경우가 존재하였으며, 일조시간에서 공란으로 남겨진 부분은 일조시간 계측이 되지 않았거나 장애가 발생하여 기록되지 않은 부분으로 공란으로 남겨두었다.

〈그림 2〉 서울의 일별평균기온¹⁶⁾

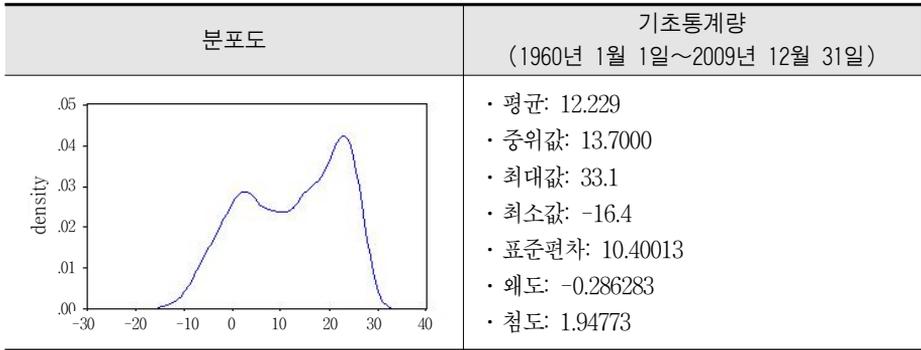


별평균기온에 대한 시계열의 안정성을 평가해보는 것이 필요하다. 시계열의 안정성 평가를 위해 이용되는 대표적인 방법론은 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 단위근(unit root) 검정이다. ADF 단위근 검정을 통해 단위근이 존재하는 것으로 나타나면 해당 시계열의 1차 차분을 통해 안정성을 확보해야 한다. ADF 단위근 검정 결과, ADF 통계치가 -12.016 (p -값=0.00)으로 귀무가설이 기각되어 서울의 일별평균기온에 단위근이 나타나지 않고 있다. 따라서 서울의 일별평균기온 시계열은 차분을 하지 않은 수준(level) 변수로서 분석에 이용된다.

〈그림 2〉는 2000년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지의 서울의 일별평균기온을 나타낸 그래프이다. 〈그림 2〉에서 보이듯, 기온 변수는 대부분 일정한 범위 내에서 계절성과 주기적 순환성을 가지고 변동하고 있는 것을 알 수 있다. 〈그림 3〉은 서울의 일별평균기온에 대한 분포도를 나타낸다. 이 분포는 좌왜도분포(negatively skewed)를 보이고, 저온과 고온의 밀도가 각각 높

16) 표본내측에 이용되는 데이터는 1960년 1월 1일에서 2004년 12월 31일까지의 서울 일별 평균기온이나, 약 45년간의 모든 자료를 그래프에 포함하게 되면 기온의 주기성과 계절성을 확인하기 어려워 2000년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지의 기온자료만을 이용하여 도식화하였다.

〈그림 3〉 서울의 일별평균기온 분포도¹⁷⁾



	$\rho(-1)$	$\rho(-7)$	$\rho(-14)$	$\rho(-21)$	$\rho(-30)$
서울 일별평균기온 자기상관	0.974	0.907	0.883	0.848	0.783

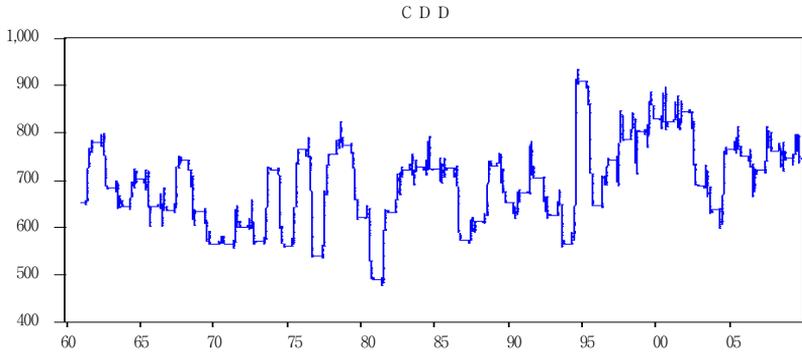
게 나타나는 쌍봉형(bimodal) 그래프로서, 서울의 일별평균기온의 계절성을 보다 명확하게 보여준다. 또한, 짧은 기간 중에는 기온이 강한 자기회귀적 성향을 가진다는 특징을 보여준다.

서울의 일별평균기온에 대한 HDD와 CDD지수는 온난화가 지속될수록 서로 상이한 방향성을 나타낼 것으로 예상할 수 있다. 즉, 온난화가 지속될수록 HDD는 하락할 것이고 CDD가 높아질 것으로 예상할 수 있으며, 일별평균기온의 변동폭이 클수록 양 지수 모두 상승할 것으로 예상할 수 있다. 〈그림 4〉에서 볼 수 있듯이, CDD는 후반부에 올수록 상승하는 추세를 보이며 진폭이 커져, 금융시장에서 기온상승과 같은 지구온난화 현상을 판단할 수 있는 정량적 지표로 활용가능하다. 즉, 기온상승으로 인한 지구온난화의 지속은 CDD 콜옵션 가치의 상승, 풋옵션 가치의 하락을 초래할 것으로 예측가능하다.

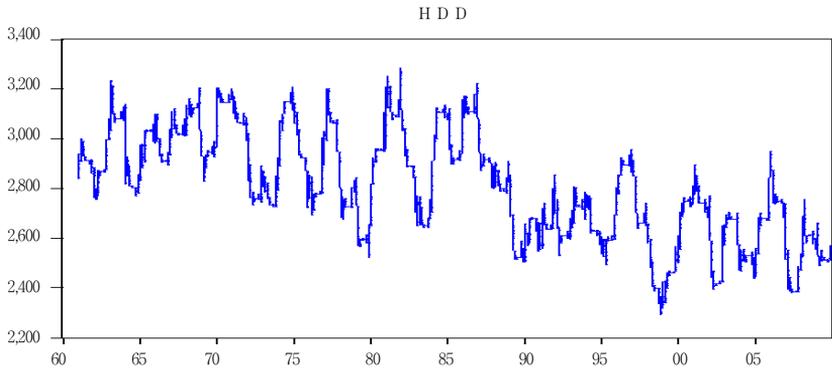
한편 HDD는 〈그림 5〉와 같이 기온상승으로 인한 지구온난화의 추세를 반

17) 〈그림 3〉은 1960년 1월 1일~2009년 12월 31일까지의 서울의 일별평균기온에 대한 커널 분포이다. 커널분포추정은 비모수적추정의 한 형태로서, 평활화(smoothing) 분포를 추정하는 기법이다. 이 분석에서 활용된 커널은 Epanechnikov 커널이고 평활화 파라미터 (bandwidth) h 는 Silverman's rule에 따라 $h = 0.9\hat{\sigma}N^{-0.2}$ 를 활용하였다.

〈그림 4〉 CDD지수



〈그림 5〉 HDD지수



영하면서 후반부로 갈수록 하락하는 추이를 보이고 있어, HDD 콜옵션가치는 하락, 풋옵션가치는 상승할 것으로 예측할 수 있다.

앞선 분석결과, 서울의 일별평균기온은 추세성, 계절성, 주기적 순환성, 자기회귀적 성향 등을 가지고 있는 것으로 판단된다. 또한, HDD와 CDD지수는 지구 온난화 추세를 반영하면서, HDD지수의 하락, CDD지수의 상승으로 나타났다.

우선, 서울의 일별평균기온에 대한 정량적 분석의 경우, 아래와 같은 회귀분석모형의 수립이 가능하다. 본 연구에서 분석에 활용되는 모형들은 서울의 일별평균기온의 계절성, 자기회귀적 성향 등과 같은 특징을 반영함으로써 모형의 현

실적합성을 제고하고자 하였다. 서울의 일별평균기온의 특성을 반영한 계량모형은 (3)과 같다.

$$\text{온도}_t = \text{상수} + \text{Slope} * \frac{t}{365} + A * \sin\left(\frac{2\pi}{365}t + \psi\right) + \epsilon_t \quad (3)18$$

- t : 시간 · Slope : 연간 온도의 선형추세의 상승속도
- A : 계절항목의 진폭
- ψ : 위상 (임의의 상수값)

(3)식을 기반으로 한 다중회귀분석은 (4)식으로 전환하여 시행가능하다.

$$\text{온도}_t = \text{상수} + \text{Slope} * \frac{t}{365} + C * \sin\left(\frac{2\pi}{365}t\right)\cos(\psi) + D * \cos\left(\frac{2\pi}{365}t\right)\sin(\psi) + \epsilon_t \quad (4)$$

(단, $A = \sqrt{C^2 + D^2}$)

1960~1999년까지의 서울 일별평균기온에 대한 다중회귀분석을 실시한 결과, 모든 계수(coefficient)가 통계적으로 유의하게 추정되었으며, 모형적합도도 0.89($\sigma = 3.385105$)로 나타났다.

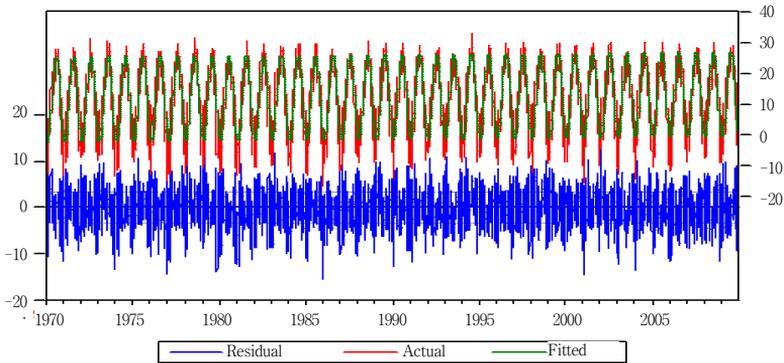
$$\text{온도}_t = 11.401 + 0.0340 * \frac{t}{365} - 6.196 * \sin\left(\frac{2\pi}{365}t\right) - 12.522 * \cos\left(\frac{2\pi}{365}t\right) + \epsilon_t \quad (5)$$

(0.056) (0.002) (0.040) (0.040)

1970~2009년까지의 서울 일별평균기온에 대한 다중회귀분석을 실시한 결과, 모든 계수(coefficient)가 통계적으로 유의하게 추정되었으며, 모형적합도도 0.89($\sigma = 3.343062$)로 나타났다.

18) 김무성·김지민(2004) 참조.

〈그림 6〉 서울의 일별평균기온 추정결과



$$\text{온도}_t = 11.517 + 0.043 * \frac{t}{365} - 5.920 * \sin\left(\frac{2\pi}{365}t\right) - 12.399 * \cos\left(\frac{2\pi}{365}t\right) + \epsilon_t \quad (6)$$

(0.055)
(0.002)
(0.039)
(0.039)

두 기간으로 전체 자료기간을 구분하여 분석한 결과를 종합하면, 전자(1960~1999년)보다 후자(1970~2009년)의 평균온도가 0.1°C 증가하였으며 증가속도 0.009(도/년) 가속되는 것으로 나타났다.

한편 〈그림 6〉은 1970~2009년까지의 추정치와 실제온도를 함께 나타낸 것으로 동 모형이 기온의 계절성을 잘 표현하고 있으나, 오차항에 주기성이 남아 있는 것으로 나타났다.

CASE 1

본 연구에서는 일별평균기온 예측모형에 기반하여, 오차항의 주기성 분석여부에 따라 2가지 경우로 구분하여 연구를 진행한다. 일별평균기온을 활용한 기온 옵션의 가격결정분석을 위해, 1960~1999년까지와 1970~2009년까지의 기간으로 구분한다. 옵션가치를 평가할 경우에는 옵션가치의 평가시점에서 접근가능한 정보를 대상으로 한 분석이 실시되어야 한다. 즉, 1960~1999년은 1999년말의 옵션평가를, 1970~2009년은 2009년말에 옵션평가를 하는데 활

용된다. 이러한 기간구분은, 1960년대와 2000년대의 일별평균기온의 평균차이가 유의한가에 대하여 t-test를 실시한 결과, t-통계량이 4.8529로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타나 본 연구에서의 기간구분의 기준으로 활용하게 되었다. 또한, HDD와 CDD지수 구성을 위한 기준온도는 18도(화씨 65도)로 설정하며, 기간은 1년으로 설정한다. 이 때, (시장)이자율은 3.3%를 가정한다. 시뮬레이션은 몬테카를로 기법을 이용하여 (4)식을 기반으로 진행되고, 계산된 HDD와 CDD를 사용한 옵션의 가치는 아래의 식을 통해 계산된다.

$$\text{콜 옵션}_{HDD}(T=1\text{년}, X) = e^{-rT} E[\max(HDD - X), 0]$$

$$\text{풋 옵션}_{HDD}(T=1\text{년}, X) = e^{-rT} E[\max(X - HDD), 0]$$

$$\text{콜 옵션}_{CDD}(T=1\text{년}, X) = e^{-rT} E[\max(CDD - X), 0]$$

$$\text{풋 옵션}_{CDD}(T=1\text{년}, X) = e^{-rT} E[\max(X - CDD), 0]$$

옵션의 가치는 1,000회의 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 산정된다. 세부적으로, 우선, 추정식을 이용해 365개의 난수를 생성하여 HDD와 CDD를 계산하고, 이를 옵션가치계산에 반영하는 시뮬레이션을 1,000회 실시한다. 이를 통해 도출된 옵션의 평균을 산정하고 할인하는 과정을 거쳐 최종적으로 옵션가격을 결정한다. Vasicek 모형을 활용한 추가분석모형에서는, 난수 생성시 오차항이 Ornstein-Uhlenbeck process를 따르도록 설정함으로써 오차항의 주기성을 통제하는 모형을 활용한다. 1,000회의 몬테카를로 시뮬레이션 실시 결과, 1999년까지를 대상으로 시뮬레이션한 경우보다 2009년까지의 데이터를 대상으로 시뮬레이션한 경우에서, CDD의 평균은 상승하고, HDD의 평균은 감소한 것으로 나타났다. 또한, 변동성(표준오차)은 CDD의 경우 증가하였고 HDD에서는 감소하였다. HDD와 CDD지수를 활용한 날씨옵션의 가격은 변동성에 비례하고, 콜옵션가치는 기초자산이 높을수록 높아지고 풋옵션의 가치는 기초자

〈표 4〉 시뮬레이션된 CDD와 HDD

구분	CDD		HDD	
	1960년~1999년	1970년~2009년	1960년~1999년	1970년~2009년
평균	838.74	878.31	2742.96	2610.36
표준오차	37.07	38.20	49.57	47.54

산이 낮을수록 높아진다는 사실을 고려하면, CDD 콜옵션과 HDD 풋옵션의 가치는 상승할 것으로 예상할 수 있다.

CDD와 HDD의 옵션행사가격은 1960년 1월 1일~2009년 12월 31일의 CDD지수와 HDD지수의 연평균을 도출하여, 해당 연평균의 범위 근처에서 설정하였다.¹⁹⁾ 시뮬레이션에 따른 CDD 콜옵션과 HDD 풋옵션의 위험중립가치는 예상대로 상승하였다. 한편 CDD 풋옵션과 HDD 콜옵션의 가치는 하락하였는데, 이는 일별평균기온의 증가추세가 변동성보다 날씨옵션의 가격에 더 큰 영향을 미친다는 것을 나타낸다.

〈표 5〉에서 나타나듯, CDD 콜옵션가치는 행사가격 1,000의 경우를 제외하고, 행사가격과 관계없이 1970~2009년에서 증가한 것으로 나타났다. CDD

〈표 5〉 CDD 옵션의 행사가격별 가치

행사가격	콜옵션		풋옵션	
	1960년~1999년	1970년~2009년	1960년~1999년	1970년~2009년
760	76.15	116.56	0.21	0.02
820	25.42	58.97	6.57	1.15
880	2.28	13.92	43.26	15.55
940	0.04	0.78	98.54	61.25
1000	0.00	0.00	156.02	116.04

19) CDD지수의 연평균은 489.1~909.3의 범위를 보였고, HDD지수의 연평균은 2322.9~3145.7로 나타났다. CDD의 옵션행사가격의 경우 CDD 연평균 범위에서 벗어난 940, 1,000의 행사가격이 추가로 설정되어 있는데, 그 이유는 CDD지수의 상승이 기온상승을 정량적으로 반영하는 것이므로, 지구온난화의 지속으로 기온이 상승했을 때 CDD 옵션이 어떻게 반응하는지를 보고자 한 것이다.

콜옵션의 경우, 행사가격 760일 때, 1970년~2009년의 CDD 콜옵션가치가 1960년~1999년 대비 1.53배, 행사가격이 820일 때 2.31배, 행사가격이 880일 때 6.11배, 행사가격이 940일 때는 19.5배 증가하여, 외가격으로 갈수록 옵션의 가치변화가 커진 것으로 나타났다.

반면, CDD 풋옵션가치는 감소하는 양상을 보였다. CDD 풋옵션의 경우, 행사가격이 760일 때 10.5배, 820일 때 5.71배, 880일 때 2.78배, 940일 때 1.61배, 1,000일 때 1.34배 감소한 것으로 나타났다. 다만, 외가격(OTM)으로 갈수록 옵션의 가치변화가 커졌다는 CDD 콜옵션의 경우와 유사한 결과를 보였다.

HDD 옵션의 경우, CDD 옵션의 행사가격별 가치와 반대의 양상을 보였다. <표 6>에서 보이듯, CDD 콜옵션의 가치가 행사가격과 관계없이 증가한 반면, HDD의 경우에는 풋옵션의 가치가 상승한 것으로 나타났다. 또한, HDD 콜옵션의 경우, CDD의 풋옵션과 유사하게, 옵션가치가 감소한 것으로 나타났다. 이는 HDD와 CDD지수의 정의상의 차이와 기온상승으로 인한 지구온난화 경향을 금융시장에서 정량적으로 판별할 수 있게 한다. 또한, 외가격옵션가치의 상승은 옵션시장참여자들의 관심을 고조시키고 헷지의 가능성을 증대시켜 날씨 파생상품을 통한 날씨위험의 회피와 수익창출에 기여할 것으로 판단된다.

CASE 2 - Vasicek 모형

<표 6> HDD 옵션의 행사가격별 가치

행사가격	콜옵션		풋옵션	
	1960년~1999년	1970년~2009년	1960년~1999년	1970년~2009년
2400	332.33	203.34	0.00	0.00
2500	235.93	103.50	0.00	0.18
2600	138.35	23.71	0.02	13.69
2700	47.80	0.43	5.47	87.23
2800	3.04	0.00	58.22	184.95

〈그림 6〉은 (2)식을 활용하여 서울의 일별평균기온을 추정된 결과 오차항에 여전히 주기성을 가지는 성분이 남아 있다는 것을 보이고 있다. 이에, 오차항이 Vasicek 모형의 추계적 과정을 따른다고 가정하여 주기성에 대한 분석을 실시하였다. Vasicek 모형은 확률요인이 균형수준(θ)으로 회귀하는 성향이 있다는 Ornstein-Uhlenbeck Process에 의거하여 설정된다. 여기에서 위너과정은 백색잡음을 연속적인 확률과정으로 나타낸 개념으로, 불규칙적인 분자운동을 의미하는 브라운운동을 수학적으로 표현한 것이다.

$$dr_t = k[\theta - r_t]dt + \sigma dz_t$$

- r_t : 확률요인(여기서는 오차항)
- θ : 장기 평균수준(회귀하는 평균)
- k : 평균으로 회귀하는 속도
- σ : 확률요인의 변동성
- dz_t : 위너과정 $\sim N(0, dt)$

동 모형에 따라 추정된 계수는, 〈표 7〉과 같이, 구분된 2개 기간 모두에서 k 가 100을 상회하는 양상을 보이면서 평균수준인 0에 상당히 빠른 속도로 회귀하는 것으로 나타났다.

시뮬레이션 결과, HDD와 CDD가 증가하여 CASE 1의 경우보다 역사적 변동성에 가까워진 것으로 나타났다. 한편, CASE 1처럼 1960~1999년까지보다 1970~2009년까지 데이터를 대상으로 시뮬레이션한 경우의 평균은 HDD에서 낮아지고 CDD에서 높아지는 것으로 나타났다. 변동성(표준오차)의 경우, HDD에서는 감소하고 CDD에서는 증가하여, HDD 풋옵션과 CDD 콜옵션의 가치는 상승할 것으로 예상할 수 있다(〈표 8〉).

시뮬레이션에 따른 CDD 콜옵션과 HDD 풋옵션의 위험중립가치는 예상대로 상승하였다. 반면, CDD 풋옵션과 HDD 콜옵션의 가치는 하락하였다. 한

〈표 7〉 Vasicek 모형의 계수

	k	θ	σ
1960~1999년	101.70	0.00	48.28
1970~2009년	101.17	0.00	47.54

편, 변동성이 높아졌기 때문에 CASE 1에 비해 옵션가격이 전반적으로 상승한 결과가 초래되었다.

〈표 9〉와 〈표 10〉에서는 Vasicek 모형을 통해 주기성을 통제한 후의 CDD와 HDD 옵션가치에 대한 분석 결과를 보여준다. 즉, CDD 콜옵션의 가치는 증가하였고 풋옵션은 감소하였으며, 외가격으로 갈수록 옵션가치의 변화폭이 크게 나타났다. 반면, HDD 콜옵션가치는 감소하였고 풋옵션가치는 증가한 것으로 분석되었다. 다만, 외가격으로 갈수록 옵션가치의 변화폭이 크게 나타났다는 결과는 CDD와 HDD 옵션에서 동일하게 나타났다. 따라서 Vasicek 모형을 통해 주기성을 통제한 후에도, CDD 콜옵션가치의 상승, HDD 풋옵션가치의 상승으로 대변되는 금융시장에서의 기온상승(지구온난화) 현상에 대한 정량적 파악이 가능한 것으로 나타났다.

CASE 1과 CASE 2의 비교과정에서, 한 가지 특이할 만한 점은 CDD 콜 옵션에서의 옵션가치의 차이가 적지 않은 수준으로 발생하였다는 점이다. CDD 콜옵션가치의 상승은 기온의 상승추세를 금융시장의 관점에서 나타내는 것으로 해석가능하다. CASE 1에서 행사가격이 1,000일 때, CDD 콜옵션의 가치는 기간에 관계없이 0.00으로 도출되어 옵션의 가치가 없는 것으로 나타났다. 반면, CASE 2에서 Vasicek 모형을 활용하여 옵션가격을 분석한 경우, CDD

〈표 8〉 시뮬레이션된 CDD와 HDD

구분	CDD		HDD	
	1960년~1999년	1970년~2009년	1960년~1999년	1970년~2009년
평균	847.62	886.44	2741.95	2645.21
표준오차	99.73	102.44	129.57	127.47

〈표 9〉 CDD 옵션의 행사가격별 가치

행사가격	콜옵션		풋옵션	
	1960년~1999년	1970년~2009년	1960년~1999년	1970년~2009년
760	91.67	130.92	10.40	4.28
820	56.71	77.58	26.60	13.02
880	25.06	41.57	56.39	34.63
940	8.70	19.40	103.54	69.29
1000	2.76	7.00	150.68	116.87

〈표 10〉 HDD 옵션의 행사가격별 가치

행사가격	콜옵션		풋옵션	
	1960년~1999년	1970년~2009년	1960년~1999년	1970년~2009년
2400	334.70	236.64	0.10	1.10
2500	231.42	145.36	1.64	8.45
2600	145.51	82.29	8.17	27.51
2700	75.17	28.18	37.05	78.89
2800	27.31	7.38	86.78	157.15

콜옵션이 deep OTM(행사가격 1,000)일 경우의 옵션가치가 각각 1960년~1999년 2.76, 1970년~2009년 7.00으로 높아지는 결과가 도출되었다. 즉, CASE 1에서는 해당 행사가격에서의 옵션가치가 없는 것으로 나타나 실제로 기온상승위험의 회피에 해당 파생상품이 활용될 가능성이 낮은 것으로 나타났다. 하지만, CASE 2에서는 해당 행사가격에서 옵션가치가 존재하는 것으로 나타났으므로 금융상품으로서의 가치가 부여되어 기온상승위험의 회피에 금융시장을 활용할 수 있게 된다는 측면에서 상당한 의의를 지닌다 하겠다.

IV. 결 론

인류의 활발한 산업활동은 온실가스배출을 증가시켜 기온상승과 같은 지구온

난화 현상을 일으키면서 전세계적으로 기후변화현상을 초래하고 있다. 기온상승으로 인한 지형 및 생태계 전반의 변화는 인류의 존속과 직결될 만큼 중요한 문제로 인식되고 있다. 따라서 세계 각국들은 환경을 보전하고 기온상승으로 인한 피해를 최소화하기 위해 범국가적인 기후변화 대응 노력을 경주하고 있다. 범지구적인 기온상승으로 인한 기후변화 대응의 일환으로 최근 주목을 받고 있는 성장전략이 녹색성장이며, 이를 금융측면에서 활성화시키는 방안이 녹색금융이다. 즉, 녹색금융이란 새로운 성장 패러다임인 녹색성장에 대한 자금지원과 새로운 금융수익원의 창출을 가능하게 하는 것을 의미한다.

녹색금융의 대표적인 예로서 탄소배출권과 날씨파생상품을 들 수 있다. 금융시장에서 기온상승과 같은 기후변화에 대한 적응을 가능하게 하는 수단이 바로 날씨파생상품이며, 미국, 유럽 등지에서는 이미 날씨와 연계된 금융상품의 개발 및 거래를 통해 다양한 이상기후변화에 기인한 날씨리스크를 회피(hedge)하고 있다. 하지만, 국내의 경우 현재 날씨파생상품시장이 도입되어 있지 않고 선진국에 비해 날씨위험에 대한 인식이 부족하여 날씨파생상품에 관한 연구가 활발하게 이루어지지 않고 있다. 그러나 최근 들어 날씨로 인한 피해가 커지면서 날씨예측에 대한 중요성이 부각되고, 다양한 산업군에서 날씨위험을 헷지하려는 움직임이 늘어나고 있다. 현재와 같이 날씨위험을 보험을 통해 회피하고자 하는 경우, 보험의 실손보상적 특성으로 인해 날씨로 인한 피해에 대한 실사가 필요한데, 현실적으로 날씨로 인한 피해부분을 정확하게 가늠하는 것은 상당히 어려운 문제이다. 따라서 특정한 날씨이벤트가 발생하는 경우 특정액수를 지급하기로 하는 계약인 날씨파생상품이 각광을 받게 되고, 향후 발전가능성도 높다고 판단된다. 또한, 일별평균기온을 고려한 날씨옵션의 가격결정을 통해, 기온상승으로 인한 지구온난화의 증거를 금융시장에서 정확하게 정량화 할 수 있으므로, 경제주체들의 기후변화에 대한 능동적인 대응을 가능케 한다. 이러한 관점에서, 적절한 날씨예측모형을 설정하여 날씨리스크 예방과 날씨파생상품의 적절한 가격결정에 이용할 필요성이 크며, 향후 날씨파생상품 시장을 국내에 도입하여 기후변화에 대한 녹색금융측면의 대응노력을 강화할 필요가 있다.

◎ 참 고 문 헌 ◎

1. 강성진·김상협·문영석·박대규·배정환·이창훈·정상기·조창현·주형환·최영국·최원기, 『녹색성장의 길』, 미래기획위원회, 중앙북스, 2009.
2. 구정환·손동희·전용일, “녹색성장을 위한 녹색금융의 자본조달역할에 관한 연구”, 자원·환경경제연구, 한국환경경제학회, 제19권 제3호, 2010, pp. 659~688.
3. 김경도·황인혁·이향휘·이진명·장용승·문수인·서진우·김재관·안정훈, 『그린쇼크』, 매경출판, 2010.
4. 김규형, “장의날씨파생상품”, 월간 선물시장, 금융투자협회(구 한국선물협회), 제42호, 2001b, pp. 468~476.
5. 김규형, “CME에서 거래되는 날씨선물과 날씨선물옵션”, 월간 선물시장, 금융투자협회(구 한국선물협회), 제40호, 2001a, pp. 429~433.
6. 김무성·김지민, “날씨옵션가격결정에 대한 연구: 기상요소별 옵션상품개발에 대한 고찰”, 한국과생상품학회 학술대회발표자료, 2004.
7. 모정운·양승룡·조용성, “국제 탄소배출권 가격의 일물일가 검정 및 동태적 분석”, 자원·환경경제연구, 한국자원경제학회·한국환경경제학회, 제14권 제3호, 2005, pp. 569~593.
8. 박철호, “날씨파생상품 도입에 대한 소고”, 자본시장 Weekly, 자본시장연구원, 2011, 2011-01호
9. 배광일·정진희, “날씨 파생상품 가격 결정 모형 연구”, 선물연구, 한국과생상품학회, 제17권 제2호, 2009, pp. 49~66.
10. 손동희, “장기 기온데이터를 활용한 기온예측모형 연구”, 성균관대학교 대학원 경제학과 석사학위논문, 2010.
11. 이준행, “날씨옵션상품의 가격결정에 대한 연구: CDD/HDD지수 옵션을 중심으로”, 증권학회지, 한국증권학회, 제31권 제1호, 2002, pp. 229~255.
12. 전용일·구정환, 『녹색금융의 자본조달론 - 녹색성장 달성을 위한 녹색금융의 활성화』, 금융연구 working paper, 한국금융연구원, 제11-02호, 2011.

13. Campbell, S. D. and F. X. Diebold, “Weather Forecasting for Weather Derivatives,” *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 100, 2005, pp. 6~16.
14. Cao, M. and J. Wei, “Pricing the Weather,” *Risk*, 2000, pp. 67~70.
15. Cao, M. and J. Wei, “Weather Derivatives Valuation and Market Price of Weather Risk,” *Journal of Futures Markets*, Vol. 24, 2004, pp. 1065~1089.

접수일(2012년 8월 5일), 수정일(2012년 9월 4일), 게재확정일(2012년 9월 14일)