

## 회의 요약: 제1차 국내 지표 플럭스 관측 및 모델링 전문가 워크숍

홍진규<sup>1</sup> · 권효정<sup>1</sup> · 김맹기<sup>2</sup> · 임종환<sup>3</sup> · 하경자<sup>4</sup> · 김성준<sup>5</sup> · 홍성유<sup>1</sup> · 이정훈<sup>6</sup> · 최태진<sup>7</sup>  
 김규량<sup>8</sup> · 이길재<sup>9</sup> · 이나연<sup>10</sup> · 오현미<sup>4</sup> · 장근창<sup>11</sup> · 정유란<sup>12</sup> · 이영희<sup>13</sup> · 이치이  
 카즈히토<sup>14</sup> · 변영화<sup>15</sup> · 설경희<sup>1</sup> · 홍경하<sup>16</sup> · 김홍철<sup>17</sup> · 김준<sup>1</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 지구환경연구소/대기과학과, <sup>2</sup>공주대학교 대기과학과, <sup>3</sup>국립산림과학원 산림생태과  
<sup>4</sup>부산대학교 대기환경과학과, <sup>5</sup>건국대학교 사회환경시스템공학과, <sup>6</sup>유량조사사업단  
<sup>7</sup>한국해양연구원 극지연구소, <sup>8</sup>국립기상연구소 응용기상연구과, <sup>9</sup>국립농업과학원 농업환경부  
<sup>10</sup>고려대학교 BK21 환경생태공학연구팀, <sup>11</sup>강원대학교 환경과학과, <sup>12</sup>경희대학교 생명과학부  
<sup>13</sup>경북대학교 천문대기과학과, <sup>14</sup>후쿠시마대학교 공생시스템 이공학부, <sup>15</sup>국립기상연구소 기후연구과  
<sup>16</sup>(주)비엔피, <sup>17</sup>Campbell Sci. Inc.

(2009년 6월 24일 접수; 2009년 7월 20일 승인)

## Meeting Summary: The First Domestic Expert Workshop on Surface Flux Measurement and Modeling

J. Hong<sup>1</sup>, H. Kwon<sup>1</sup>, M.-K. Kim<sup>2</sup>, J. Lim<sup>3</sup>, K. Ha<sup>4</sup>, S. Kim<sup>5</sup>, S. Hong<sup>1</sup>, J. Lee<sup>6</sup>, T. Choi<sup>7</sup>,  
 K. R. Kim<sup>8</sup>, G. Lee<sup>9</sup>, N. Lee<sup>10</sup>, H. Oh<sup>4</sup>, K. Jang<sup>11</sup>, U. Chung<sup>12</sup>, Y. Lee<sup>13</sup>, K. Ichii<sup>14</sup>,  
 Y.-H. Byun<sup>15</sup>, K. Seol<sup>1</sup>, J. Jang<sup>1</sup>, K. Hong<sup>16</sup>, H. Kim<sup>17</sup> and J. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Global Environment Lab/Department of Atmospheric Sciences, Yonsei University, <sup>2</sup>Department of Atmospheric Science, Kongju National University, <sup>3</sup>Division of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, <sup>4</sup>Department of Atmospheric Environmental Sciences, Pusan National University, <sup>5</sup>Department of Civil & Environmental System Engineering, Konkuk University, <sup>6</sup>Hydrological Survey Center, <sup>7</sup>Korea Ocean Research & Development Institute, Polar Research Institute, <sup>8</sup>Meteorological Application Research Lab, National Institute of Meteorological Research, <sup>9</sup>Department of Agricultural Environment, National Academy of Agricultural Science <sup>10</sup>BK21 Environmental Science and Ecological Engineering Research Team, Korea University, <sup>11</sup>Department of Environmental Science, Kangwon National University, <sup>12</sup>Department of Ecosystem Engineering, Kyunghee University, <sup>13</sup>Department of Astronomy and Atmospheric Sciences, Kyungpook National University, <sup>14</sup>Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, <sup>15</sup>Climate Research Lab, National Institute of Meteorological Research, <sup>16</sup>B&P International Co., <sup>17</sup>Campbell Sci. Inc.

(Manuscript received 24 June 2009; in final form 20 July 2000)

### Abstract

The first domestic expert workshop on surface flux measurement and modeling was held on 10-12 June 2009 in Seoul to invigorate research cooperation on soil-vegetation-atmosphere interactions in Korea and to promote interdisciplinary studies. This article provides a summary of the workshop presentations and recommendations, and future research directions for surface processes in Korea.

**Key words:** The first domestic expert workshop for surface flux measurement and modeling, soil-vegetation-atmosphere interactions, interdisciplinary research

### 1. 서론

\*Corresponding Author: Jinkyu Hong, Sinchon-dong 134, Seodaemun-gu, Seoul, Korea 120-749 Global Environment Lab/Department of Atmospheric Sciences, Yonsei University. Phone: +82-2-2123-7576, fax: +82-2-365-5163 E-mail: jkhong@yonsei.kr

전세계는 현재 아주 빨리 진행되고 있는 산림 파괴, 농지전환 및 도시화에 따른 지표 피복 변화와 기후 변화를 경험하고 있다. 이러한 기후 변화는 전지구 규모

와 지역 규모의 다양한 규모에서 물 순환과 탄소 순환의 변화를 가져오며, 이는 인간의 삶을 심각하게 위협하게 될 것이라고 많은 연구들이 경고하고 있다 (Costa *et al.*, 2003; Feddema *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2008; Pielke and Niyogi, 2009; Denman *et al.*, 2007; Shin and Kim, 2009). 특히 최근 들어 심해진 태풍 발생 빈도와 강도, 가뭄의 강도와 홍수, 그리고 강수량의 지역적 편차에 의한 물 부족 문제와 지속적 경제 발전 문제는 현재를 살아가는 우리들에게 큰 도전이 아닐 수 없다. 특히 지속적인 경제 발전을 위하여 이러한 지표 피복 변화와 이에 따른 생태계의 탄소 순환 조절 능력이 미치는 기후 변화 문제를 보다 잘 이해하기 위한 학제간 연구가 활발하게 진행되어야 하며 이를 위한 생지화학 과정 (biogeochemical cycles)의 중요성은 IPCC 보고서에서 여러 차례 강조되어 왔다 (e.g., Denman *et al.*, 2007).

이러한 급격한 변화에 적응하기 위한 대책을 준비하는데 토양-생물-대기 상호작용 연구는 초석이 될 수 있다. 이러한 인식에 따라 토양-생물-대기 상호작용이 일어나는 대기 하부의 대기 경계층을 대기 순환을 결정하는 무생물적인 경계조건으로 인식하던 시기에서 지금은 다양한 생지화학과정을 포함하는 역동적인 계로 인식하고 있다 (Pielke, 2005). 아울러 이러한 토양-생물-대기 상호 작용 연구를 위해서는 기상학, 수문학, 생물학, 생태학, 도시공학, 지질학, 농업산림학, 토양학 그리고 환경공학을 포함하는 다양한 학문들간의 학제간 연구가 필요하며, 따라서 다양한 연구 배경을 가진 연구자들의 토론의 장이 필요하다.

우리나라에서 그 동안 진행되어왔던 토양-생물-대기 상호 작용 연구를 정리해보고 학제간 연구의 필요성을 충족시키기 위하여 제1차 지표 플럭스 관측 및 모델링 전문가 워크숍이 국립기상연구소, 국립산림과학원, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 유량조사사업단, 한국과학재단, (주)비엔피, KoFlux와 사단법인 한국농림기상학회의 후원으로 2009년 6월 10일부터 12일까지 사흘간 연세대학교에서 개최되었다. 토양-생물-대기 상호 작용을 연구하는 국내 연구자들의 첫 번째 모임으로서 의의를 가진 이번 워크숍은 1) 국내 지면 플럭스 관련 연구자들의 네트워크 구축과 정보 교환; 2) 관측/모형자료 사용의 극대화를 위한 관측 및 모형의 융합을 위한 토론; 그리고 3) 자료 처리 및 데이터베이스 구축을 위한 방향 모색을 위하여 열렸다. 본 워크숍 첫날에는 토양-생물-대기 상호 작용 전문가들

의 발표와 토론이 이루어졌으며 나머지 이틀 동안은 지표 플럭스 관측 장비를 접하고 다룰 수 있는 교육 프로그램이 진행되었다.

특히 첫째 날 전문가 워크숍에서는 10여 개의 대학교, 5개의 연구소와 3개의 회사에서 70여명의 연구자들이 참여하여 오전에는 국내 관측 현황에 대한 여덟건의 발표가 진행되었고, 오후에는 지면 과정의 수치 모델링에 관한 여덟 개의 발표 및 종합 토론이 수행되었다. 본 워크숍에 발표된 내용과 토론 내용에 대한 요약은 다음과 같다.

## 2. 회의 I: 지표 플럭스 관측

(좌장: 김맹기, 공주대; 임중환, 국립산림과학원)

오전 회의는 지표 플럭스 관측 및 모델링 전문가 워크숍의 목적과 일정에 관한 간단한 소개로 시작되었으며, 우리나라와 해외의 다양한 생태계에서 관측되고 있는 지표 플럭스에 관한 현황 보고와 문제점들에 관한 발표가 있었다. 연세대학교 권효정 박사는 전세계 지표 플럭스 관측망인 FluxNet (<http://www.fluxnet.ornl.org>)과 아시아 지표 플럭스 관측망인 AsiaFlux (<http://asiaflux.net>)의 하부구조로서 출범 9년째를 맞이한 국내 지표 플럭스 관측망인 KoFlux (<http://koflux.org>)에 관한 관측 현황을 전반적으로 소개하였다. KoFlux는 4곳의 국내 관측지와 남극과 북극의 관측지로 구성되어있으며, 각 관측지의 관측 장비와 자료 기록 현황 그리고 자료 처리 방법에 대해서 설명하였다. 특히 최근 발표된 경기도 광릉 수목원내의 관측지에서 관측된 이산화탄소 교환량의 연간 변동과 설마천 유역의 물수지의 계절 변화에 대한 의미를 논의하였다.

유량조사사업단의 이정훈 연구원은 설마천과 청미천 유역을 중심으로 에디공분산 방법 (eddy-covariance method)을 사용하여 이루어지고 있는 증발산 측정에 관한 발표를 하였다. 수문조사선진화 5개년 계획 중에서 계획된 증발산 측정 지점에 관련 계획을 소개하고 전문 인력과 예산 부족으로 인한 증발산 측정망 확장의 어려움에 대하여 논의하였다. 그리고 수문학에서 차지하는 증발산 측정의 중요성과 증발산 일변화의 월 변동에 관한 논의와 강수량의 변화에도 불구하고 연간 총증발량이 변하지 않음을 관측 사실로 보여주었다. 그리고 위성 자료를 이용하여 얻어진 관측지 주변의 식생지수와 지면 온도의 공간 분포에 관한 결과를 통하여 유역내의 대표성있는 증발산값으로 연결시키려

는 시도에 관하여 언급하였다. 발표 후에 타워 관측의 공간 대표성과 규모 확장에 관한 토의가 수행되었다.

해양연구원 극지연구소 최태진 박사는 남극의 세종 기지와 북극의 다산 기지에서 관측중인 지표 플럭스 관측 시스템과 토양 호흡 관측 장비에 대하여 소개하였다. 지구 온난화와 극지 지역 환경 변화를 감시하기 위하여 설치된 관측 장비를 소개하고 주변 환경 소개, 그리고 공간의 불균질성 문제를 간단히 다루었고, 국내 최초의 쇠패연구선인 아라온 호에 장착될 장비에 대한 소개도 이루어졌다. 발표 후에는 동해안 이산화탄소 농도의 배경값에 대하여 아라온 호가 제공할 수 있는 정보에 관한 질문이 있었다.

국립기상연구소 응용기상연구과의 김규광 박사는 도시환경변화에 관한 플럭스 관측이라는 제목으로 국립기상연구소에서 수행 중인 도시 지역의 플럭스망 관측과 대청호 주변의 플럭스망 관측 사업에 대하여 발표하였다. 도시 지역 플럭스관측은 기상환경 영향 평가 기술 개발 연구사업으로서 현재 진행 중에 있는 은평 뉴타운 개발 지역에서 2006년부터 수행되고 있으며, 도시 개발에 따른 에너지 수지 변화 감시와 지표 거칠기 변화 분석을 그 목적으로 하고 있다. 특히 개발이 진행됨에 따라 관측지 주변 환경의 변화로 인한 관측의 어려움에 대한 문제와 이와 관련된 논의가 일부 이루어졌다. 도시에서의 지표 플럭스 일변화에 대한 연구 결과 발표에 대해서 2007년과 2008년의 차이와 야간의 현열 방출에 관한 질문과 토론이 있었다. 그리고 중규모 모형의 성능 평가를 위한 고해상도 관측 자료 생산을 목적으로 대청호 주변에서 수행중인 관측 시스템을 소개하였다.

국립농업과학원의 이길재 연구원은 농경지가 지구 탄소 순환에서 가지는 이산화탄소 증립과 메탄과 같은 주요 온실가스의 배출원으로서 가지는 의의를 이야기 하고, 농업 생태계의 역할을 재조명하는 의미에서의 이산화탄소 플럭스 관측의 필요성에 대하여 언급하였다. 그리고 경기도 이천의 논, 경북 의성의 사과 과수원, 그리고 전북 김제의 벼-보리 순환 재배 지역에서 수행되었던 이산화탄소 플럭스 및 메탄 관측, 그리고 생태 조사, 토양 호흡 및 줄기 호흡 관측에 대한 개요와 지표 피복 변화에 따른 관측의 어려움에 대하여 논의 하였다. 국립농업과학원에서 수행 중인 메탄 관측 방법과 지표 피복에 변화를 고려하는 관측의 정당성에 관한 질문과 토의가 진행되었다.

고려대학교 이나연 박사는 토양 호흡을 구성하는

자가 호흡 (autotrophic respiration)과 종속 호흡 (heterotrophic respiration)의 개념을 설명하고, 전체 호흡에서 자가 호흡이 차지하는 비율이 생태계와 주변 환경 변화에 따라 크게 달라질 수 있음을 지적하였다. 그리고 2004년부터 2007년까지 광릉 수목원내의 침엽수림과 활엽수림에서 각각 관측된 토양 호흡과 자가 호흡량의 계절 변화와 토양 온도 및 토양 수분과 같은 환경 변화에 따른 토양 호흡량의 반응에 대한 연구 결과를 소개하였다. 특히 전체 토양 호흡량에서 자가 호흡량이 차지하는 비율이 계절 변화를 보일 뿐만 아니라 수중에 따라서도 다른 계절변화를 보인다는 연구 결과를 밝혔다. 또한 가뭄에 따른 토양호흡 속도의 반응이 수중에 따라 달리 나타나는데 그것이 자가 호흡에 의한 반응을 반영하는 것임에 대하여 질문이 있었다. 그리고 발표를 통하여 관측 타워에서 관측된 기상 자료를 제공 받을 수 있는지에 대한 문의와 함께 월1회 측정된 토양 호흡 자료가 가지는 한계점에 대한 의견을 제시하였고, 광릉수목원 관측지에서 제2타워가 있는 전나무림에서 장기적으로 관측되는 토양 호흡 측정법에 대한 관측 필요성에 대하여 언급하였다. 타워 자료 공개 방식과 방법에 관한 논의가 발표 후에 진행되었다.

부산대학교 오현미 박사는 이어도 해양 기지에서 에디공분산 시스템으로 관측되고 있는 관측 자료를 처리하는 방법과 그 의미에 대한 발표를 하였다. 소개된 자료 처리 과정은 10Hz로 측정된 자료를 다양한 수학적 물리적 방법으로 자료의 품질을 검증하고, 품질 검증 이후 제거된 자료의 제거율과 풍속, 상대습도, 파도 높이, 그리고 시정의 관계를 분석하였다. 그리고 다양한 좌표 변환 방법으로부터 계산된 운동량 플럭스, 현열 및 잠열 플럭스 값의 차이를 정량화 하였다. 그리고 해양에서의 항력 계수 (drag coefficient)가 대기 안정도에 따라 계절 변화를 보인다고 보고하였다. 발표 후에는 해양에서 좌표 변환이 필요한 이유와 대기가 안정할 때 상대적으로 다른 항력 계수에 관한 질문이 있었다.

연세대학교 홍진규 박사는 AsiaFlux의 비전과 목표를 소개하고 관측 자료 처리의 표준화가 필요함을 역설하였다. 이러한 자료 처리 표준화의 필요성에 따라 KoFlux에서 수행된 자료 처리 표준화 노력과 그 결과를 소개하였다. 특히 발표에서는 다양한 자료 처리 방법의 장단점을 되짚어보고 어떤 기준으로 자료 처리 방법을 결정하였는지 설명하였다. 발표 후에는 제시된

표준화 방법에서 개회로 기체 분석기 값을 활용한 뒤는 자료 처리에 관한 질문이 있었으며, KoFlux에서 표준화된 자료 처리 방법을 다른 목적을 사용하기 위한 조건과 자료 공유에 관한 의견이 개진되었다.

### 3. 회의 II: 지표 플럭스 모델링 (좌장: 이경자, 부산대; 김성준, 건국대)

오후에는 토양-생물-대기 상호 작용의 수치 모델링에 관한 발표와 논의가 진행되었다. 강원대의 장근창 연구원은 위성 원격탐사 알고리즘 평가를 위한 플럭스 자료라는 제목으로 발표를 하였다. 위성 영상을 통하여 얻어진 지표 플럭스 (예, 총일차생산량, 증발산량, 식물 계절학) 결과와 점봉산과 계방산 장기생태관측감시 관측지, 광릉 수목원 등지에서 이루어지고 있는 생태생리학 관측에 대하여 소개하였다. 위성 영상을 통한 증발산 계산을 위한 알고리즘 소개와 알고리즘 평가를 위하여 한국, 일본, 중국의 플럭스 관측지 자료를 활용한 사례 연구를 소개하였고, 중규모 기상 모형 MMS와 위성 자료를 결합하여 지표 플럭스의 보다 연속적인 공간정보를 얻으려는 노력에 대하여 소개하였다.

건국대학교 김성준 교수는 수문학 연구자의 입장에서 수문 모형에서 지표 플럭스를 계산할 때 필요한 매개 변수들에 관한 발표를 하였다. 모형 내에서 상태 변수와 매개 변수를 구분하고, 다양한 생물권 모형 (biosphere model)을 활용하여 유역단위의 물수지 연구를 위한 사례 연구를 보여주었고, 모형의 매개 변수를 보정하는 것에 대하여 논의하였다. 아울러 모형에서 지면 과정을 다루는 알고리즘에 대하여 설명하였고 위성 영상과 생물권 모형을 이용하여 증발산량을 추정하는 과정도 설명하였다. 그리고 여러 장소에서 관측된 증발산, 토양 수분, 지하수를 이용한 분포형 모형의 검보정, 모형의 정확도 향상을 위한 우리나라 실정에 맞는 다양한 식생 정보의 필요성을 강조하였다.

경희대학교의 정유란 박사는 대표적 생물권 모형의 하나인 SiB2 (Simple Biosphere model version 2)와 ArcGIS를 통합하여 만들어진 ArcSiB2라는 연구 도구에 대한 발표를 하였다. 생물권 모형을 구동하기 위하여 식생 및 토양에 공간 정보와 기상 정보를 만들어내는 과정을 설명하고 타워에서 관측된 지표 플럭스 자료를 활용한 모형 검증 방법이 발표되었다. 그리고 보다 나은 실용성을 위한 제안을 하였다. 발표 후 모형 구

동을 위한 공간자료 산출에 관한 질문이 이어졌다.

경북대학교 이영희 교수는 생물권 모형중의 하나인 CLM (Community Land Model)을 구동하였을 때 잡열의 계절 변화를 잘 모사하지 못함을 알아내고 이를 보완하기 위하여 모형에 유기물층을 넣는 과정과 그 결과에 대하여 발표하였다. 특히 모형의 토양 상부에 유기물층을 넣음으로써 변한 열적 성질로 인하여 모형의 성능이 개선될 수 있음을 KoFlux 관측지에서 얻어진 결과를 활용하여 보여주었다.

후쿠시마 대학의 Ichii 교수는 지상의 타워에서 관측된 자료와 위성 자료를 활용하는 하나의 예로서 육상 생태계 모형의 주관적 개선 방법에 대하여 발표하였다. 육상 생태계 모형이 가지는 불확실성의 원인을 언급하고 FluxNet에서 관측된 지표 플럭스 자료와 위성 영상에서 계산된 지표 플럭스 공간 정보로부터 모형의 최적화를 수행하는 과정에 대하여 상세하게 설명하였다. 특히 강설 과정, 뿌리층 깊이, 광이용효율 (light use efficiency)이 모형의 최적화에 얼마나 중요한 영향을 미치는지 보여주었다.

국립기상연구소 기후연구과의 변영화 박사는 기후 모델에서의 지면 과정의 역할 및 최근의 모델 개발 동향에 발표를 통해 토양-식생-대기 사이의 에너지 및 물 교환에 의한 상호작용의 중요성과 함께 기후변화 예측에 있어 기후-탄소 순환 되먹임작용 (feedback)의 중요성을 언급하였다. 또한 기상청에서 추진하고 있는 지구시스템모델링에 대한 소개와 함께 기후 변화에 대응하는 감시-예측-적응의 중요성을 강조하였다. 특히 기술 융합, 관측-모델 상호 진화 및 검증/해석 기술의 필요성을 역설하였고 최근 연구 동향을 소개하였다.

연세대학교 설경희 연구원은 ARM (Atmospheric Radiation Measurement) 프로그램을 통해서 1997년 여름에 관측된 지표 플럭스 자료를 활용하여 네가지 서로 다른 생물권 모형이 만들어내는 지표 플럭스의 차이의 원인을 분석한 결과를 발표하였다. 관측된 순복사, 하향 및 상향 장파 복사, 현열, 잠열, 지중열 플럭스와의 비교를 통하여 각각의 생물권 모형이 계산하는 방식을 비교하고 그 차이가 만들어내는 결과에 대하여 토의하였다. 그리고 알베도, 식생 비율, 거칠기 길이 (roughness length)의 기본값 차이에 의한 결과 차이도 정량화하였다.

연세대학교 홍진규 박사는 지상 관측 자료를 이용하여 지구시스템 모델을 구성하는 각각의 하부 모형들을 검증하고 개선하는 몇 가지 사례에 대하여 발표하

었다. 관측 자료를 활용하여 모형 검증은 대기 모형에서 수치 모사된 대기의 온도, 운량, 에어로솔, 광학 두께의 타당성을 검증한 연구를 소개하였다. 그리고 생물권 모형의 차이가 발생하는 근본적 원인을 밝혀내는 연구와 한반도 증발산 공간 분포를 생산하는 진단 모형을 관측 자료로부터 어떻게 최적화하는지를 보여주었다. 그리고 수치 모형이 어떻게 관측자에게 유용한 정보를 제공할 수 있는지 발자국 모형 (footprint model)과 복잡 지형에서의 공기 흐름 수치 모사 결과를 활용하는 사례를 보여주었다. 마지막으로 권효정 박사는 연구자들간의 보다 효과적이고 투명한 연구와 공동연구의 극대화를 위한 관측 자료의 공개와 공유 방안에 대해 언급 하였고, 현재 생물권 모형의 장단점과 개발 상황을 지표 플럭스 모델링 연구 공동체와 대기 모델링 연구 공동체로 나누어 소개하는 발표와 질문이 진행되었다.

### 3. 맺음말

이번 제1차 지표 플럭스 관측 및 모델링 전문가 워크숍의 성과는 다음과 같다.

1) 그 동안 국내에서 저변이 확대된 토양-생물-대기 상호작용 연구자들간의 상호 인지와 공동연구 가능성을 확대하였다.

2) 국내의 다양한 생태계에서 진행되고 있는 관측자들간의 자료 공유, 자료 처리 방법의 표준화, 관측 시스템 및 보정 시스템 비교를 통하여 향후 관측의 개선 방향에 대해서 생각해볼 수 있는 기회를 제공하였다.

3) 인공 위성과 수치 모형을 사용하여 토양-생물-대기 상호작용을 연구하는 연구자들의 입장에서 필요한 관측 자료에 대한 의견을 수렴하였다.

4) 관측자료를 어떻게 활용하여 원격 탐사와 수치 모델에 적용할 수 있는지 그리고 개선 방향에 관한 다양한 사례를 접할 수 있었고, 관측자들에게 수치 모형에 관한 정보를 제공하였다.

5) 지표 플럭스 관측과 자료 처리가 가지는 어려움에 대한 공통된 인식이 이루어졌으며, 기후 변화 과학으로서의 지표 플럭스 관측 및 모델링의 중요한 역할을 공유하게 되었다.

워크숍 이후에 실시된 설문 조사를 통하여 1) 향후 국내의 전문가들을 아우르는 워크숍이 계속 진행되어야 한다는 점과; 2) 국내 연구자들의 인적 네트워크를 위한 다양한 방법들이 제시되었고; 3) 발표된 연구 결

과의 국내 논문 특별호 추진에 관한 의견도 논의되었다. 그리고 다양한 연구 주제를 짧은 시간에 다루는 한계로 인한 토론 시간의 부족과 소규모 토론의 필요성, 그리고 다양한 배경을 가진 연구자들의 용어 정리의 필요성, 보다 열린 분위기의 토론 필요성도 제시되었다.

### 감사의 글

본 워크숍을 준비하는데 많은 도움을 준 이동호, 김수진, 유재일, 장지현, 강민석, Aastha Malla와 모든 참가자분들께 감사 드린다. 본 연구는 기상청 국립기상연구소 주요사업 "선진기상기술개발 (NIMR-2009-C-1)", 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원 (과제번호: 1-8-3), 국립산림과학원 "지구환경변화에 대응한 장기생태연구"의 지원과 과학재단의 A3 Foresight 프로그램: CarboEastAsia, 교육인적자원부의 BK21사업의 지원으로 수행되었다.

### 인용문헌

- Costa, M. H., A. Botta, and J. A. Cardille, 2003: Effects of large scale change in land cover on the discharge of the Tocantins river, Amazonia. *J. Hydro.*, **283**, 206-217.
- Denman, K.L., and Coauthors, 2007: Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 499-587.
- Feddema, J. J., K. W. Oleson, G. B. Bonan, L. O. Mearns, L. E. Buja, G. A. Meehl, and W. M. Washington, 2005: The importance of land-cover change in simulating future climates. *Science*, **310**, 1674-1678.
- Liu, M., H. Tian, G. Chen, W. Ren, C. Zhang, and J. Liu, 2008: Effects of land-use and land-cover change on evapotranspiration and water yield in China during 1900-2000. *J. Ameri. Water Resour. Ass.*, **44**, 1193-1207.
- Pielke, R. A., 2005: Land use and climate change. *Science*, **310**, 1625-1626.

- \_\_\_\_\_, and D. Niyogi, 2009: The role of landscape processes within the climate system, In *Landform-Structure, Evolution, Process Control. Proceedings of the International Symposium on Landforms organized by the Research Training Group 437*. Otto, J. C. and R. Dikaum, Eds. Lecture Notes in Earth Sciences, Springer, 115. 30 pp.
- Shin, I. C. and Y. Kim, 2009: A policy suggestion for the adaptation of climate change in Korea. *Atmosphere*, **19**, 53-66.