

Riccardo Valentini, University of Tuscia, Viterbo, ITALY, Email: Rik@unitus.it
Yoshiki Yamagata, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, JAPAN, Email:
yamagata@nies.go.jp

执行主席

Josep(Pep)Canadell, CSIRO Atmospheric Research, Canberra, AUSTRALIA, Email: pep.canadell@csiro.au

全球碳计划由位于澳大利亚首都堪培拉的国际计划办公室(IPO)支持。一个下一级的IPO将于2003年在日本的筑波组建。全球碳计划还有许多附属的办公室,包括位于法国巴黎的SCOR-IOC海洋CO₂顾问小组和德国耶拿欧洲碳办公室(是位于意大利威特宝(Viterbo)的温室气体协调行动办公室的一部分),其他的附属办公室在美国和中国。另外,全球碳计划将与START地区办公室共同与世界其他地区的研究计划和科学团体保持联络。

全球碳计划国际计划办公室

澳大利亚

Earth Observation Centre, CSIRO Division of Atmospheric Research, GPO Box 3023, Canberra,
ACT 2601, Australia, Tel.: 61-26246-5630; Fax: 61-2-6246-5988

Pep Canadell, Executive Director, Email: pep.canadell@csiro.au

Rowena Foster, Administration Manager, Email: rowena.foster@csiro.au

日本

NIES, Tsukuba, Japan

执行主席待定

全球碳计划附属办公室

SCOR-IOC海洋CO₂的顾问小组

Maria Hood, Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO, 1, rue Miollis, 75732 Paris
Cedex 15, FRANCE, Tel: 33-1-4568-4028; Fax: 33-1-4568-5812; Email: m.hood@unesco.org

CarboEurope

Annette Freibauer, Max-Planck-Institute for Biogeochemistry, PO Box 100164, 07701 Jena,
GERMANY, Tel: 49-3641-576164; Fax: 49-3641-577100; Email: afreib@bgc-jena.mpg.de

参与途径

全球碳计划是一个从事环境研究的非政府机构,感谢许许多多科学家自愿花时间和精力推动实施策略的执行和发展,是他们使该计划得以运作。

欢迎为策略的实施提供建议和意见,请联系Pep Canadell(pep.canadell@csiro.au)或任何科学指导委员会成员。

四、致谢

非常感谢以下几百位科学家(见贡献者),他们通过参加会议,提供书面帮助,总结已有的成果,站在科学的前沿提出了当前碳循环研究最紧迫的问题,为本文的完成给予了直接或间接的帮助。万事开头难,对Berrien Moore 和 Will Steffen为使全球碳计划变为现实在最初阶段所做的协调工作表示衷心的感谢!

荷兰科学研究协会(NOW)为全球碳计划编制过程的开展与实施提供了最初的资金支持。欧洲议会(DGXII),美国国家航空航天局(NASA),日本国立环境科学研究所(NIES),美国国家自然科学基金会(NSF),环境问题科学协会(SCOPE)和全球碳计划的3个倡导计划:国际地圈-生物圈计划(IGBP)、全球环境变化的人文因素计划(IHDP)、世界气候研究计划(WCRP)为1999~2003年期间的多个专题研讨会提供了资金。在计划的初始阶段,美国国家自然科学基金会(NSF)通过拨给全球分析、解释和模拟(GAIM)的项目经费资助了Kathy Hibbard的参与。

澳大利亚温室气体办公室(AGO)和澳大利亚科学与商业研究组织共同体(CSIRO)通过支持全球碳计划设在堪培拉的国际计划办公室,促成了Michael Raupach, Rowena Foster 和 Josep Canadell的加盟,正是他们在协调全球碳计划的发展,并编辑了这一实施框架。

贡献者: Francis J Ahern, Canada; Larry Akinson, USA; Georgii Alexandrov, Japan; Arthur Alexiou, France; Keith Alverson, Switzerland; Diogenes Alves, Brazil; Bob Anderson, USA; Mike Apps, Canada; O. Arino, Italy; Paulo Artaxo, Brazil; Beatrice Baliz, Norway; Alan Barr, Canada; Michael Bender, USA; Wu Bingfang, China; Bert Bolin, Sweden; Frank Bradley, Australia; Robert Braswell, USA; Francis Bretherton, USA; Wendy Broadgate, Sweden; Claus Bruening, Belgium; Ken Caldeira, USA; Josep G. Canadell, Australia; Doug Capone, USA; Mary-Elena Carr, USA; David Carson, Switzerland; Howard Cattle, UK; Alain Chedin, France; Arthur Chen, China-Taipei; Jing Chen, Canada; John Church, Australia; Philippe Ciais, France; Josef Cihlar, Canada; Martin Claussen, Germany; Peter Cox, UK; Wolfgang Cramer, Germany; Christopher Crossland, Australia; Qin Dahe, China; Hein de Baar, Netherlands; Gerard Dedieu, France; Ruth Defries, USA; Scott Denning, USA; Ray L. Desjardins, Canada; Chad Dick, Norway; Andrew Dickson, USA; Lisa Dilling, USA; Craig Dobson, USA; Han Dolman, The Netherlands; Ellen RM Druffel, USA; Hugh Ducklow, USA; Symba Ebbin, USA; Jae Edmonds, USA; James Ehrlinger, USA; Ian Enting, Australia; Paul Falkowski, USA; Christopher B. Field, USA; Roger Francey, Australia; Louis Francois, Belgium; Roger Francois, USA; Annette Freibauer, Germany; Pierre Friedlingstein, France; Inez Fung, USA; Anver Gahzi, Belgium; Véronique Garçon, France; Roy Gibson, France; René Gommès, Italy; David Goodrich, USA; James Gosz, USA; Mike Goulden, USA; Tom S Gower, USA; John Grace, UK; Watson Gregg, USA; Nicolas Gruber, USA; Kevin Gurney, USA; Mykola Gusti, Ukraine; Neil Hamilton, Australia; Dennis A Hansell, USA; Roger Hanson, Norway; Martin Heimann, Germany; Barry Heubert; Kathy Hibbard, USA; Nicolas Hoepffner, Italy; Terri Hogue, USA; Tony Hollingsworth, UK; Maria Hood, France; Richard Houghton, USA; George Hurtt, USA; Tamotsu Igarashi, Japan; Gen Inoue, Japan; Robert Jackson, USA; Roger Janson, Norway; Fortunat Joos, Switzerland; Pavel Kabat, Netherlands; Michael Keller, USA; Haroon S Khesghi, USA; Dave Knapp, USA; Christian Koerner, Germany; Swami Krishnaswami, India; Thelma Krug, Germany; MDileep Kumar, India; Gregor Laumann, Germany; Sandra Lavorel, France; Louis Lebel, Thailand; Cindy Lee, USA; Rik Leemans, The Netherlands; Corinne LeQuéré, Germany; Ricardo Letelier, USA; Ingeborg Levin, Germany; Sune Linder, Sweden; Karin Lochte, Germany; Sabine Lutkemeier, Germany; Ernst Maier-Reimer, Germany; Gregg Marland, USA; John Marra, USA; Phillippe Martin, France; David McGuire, USA; Liliane Merlivat, France; Jerry Melillo, USA; Patrick Monfray, France; Berrien Moore III, USA; Daniel Murdiyarso, Indonesia; Ranga Myneni, USA; Nebojsa Nakicenovic, Austria; Pascal Niklaus, Switzerland; Ian Noble, Australia; Carlos Nobre, Brazil; Yukihiko Nojiri, Japan; Rich Norby, USA; Dennis Ojima, USA; Dick Olson, USA; James Orr, France; Steve Pacala, USA; Anand Patwardhan, India; Diane Pataki, USA; Joyce E. Penner, USA; João Santos Pereira, Portugal; Louis Pitelka, USA; Stephen Plummer, UK; Christopher Potter, USA; Michael Prather, USA; Colin Prentice, Germany; Kamal Puri, Australia; Navin Ramankutty, USA; Ichtiaque Rasool, France; Michael Raupach, Australia; Dominique Raynaud, France; Peter Rayner, Australia; Monika Rhein, Germany; Donald

Rice, USA; Aida F Rios, Spain; Paul Robbins, USA; Humberto Rocha, Brazil; Patricia Romero-Lanko, Mexico; Eugene A. Rosa, USA; Steve Running, USA; Casey Ryan, UK; Christopher Sabine, USA; Dork Sahagian, USA; Toshiro Saino, Japan; Scott Saleska, USA; Maria José Sanz, Spain; Jayant Sathaye, USA; Bernard Saugier, France; Bernhard Schlamadinger, Austria; John Schellnuber, UK; David Schimel, USA; Reiner Schlitzer, Germany; Robert J Scholes, South Africa; Edetlef Schulze, Germany; Uwe Send, Germany; Emanuel A Serrao, Brazil; Steven Shafer, USA; Anatoly Shvidenko, Austria; Brent Smith, USA; Pete Smith, UK; Steve Smith, USA; Allen M Solomon, USA; Elliott Spiker, USA; Will Steffen, Sweden; Gerard Szejjwach, Germany; Arnold H Taylor, UK; Bronte Tilbrook, Australia; Richard Tol, Germany; John Townshend, USA; Neil BA Trivett, Canada; Jeff Tschirley, Italy; Ed Urban, USA; Riccardo Valentini, Italy; Pier Vellinga, The Netherlands; Douglas Wallace, Germany; Virginia M Walsh, USA; Rik Wanninkhof, USA; Andrew Watson, UK; Diane E Wickland, USA; Anna Wieczorek, The Netherlands; Ian Woodward, UK; Jenny Wong, Malaysia; Yoshiki Yamagata, Japan; Yoshifumi Yasuoka, Japan; Oran Young, USA; Guangsheng Zhou, China.

五、参考文献

- Archer S (1995) Tree-grass dynamics in a subtropical savanna: Reconstructing the past and predicting the future. *Ecoscience* 2:83-99.
- Baldocchi D, Valentini R, Running S, Oechel W, Dahlman R (1996) Strategies for measuring and modeling carbon dioxide and water vapour fluxes over terrestrial ecosystems. *Global Change Biology* 2:159-168.
- Barrett DJ (2002) Steady state turnover time of carbon in the Australian terrestrial biosphere. *Global Biogeochemical Cycles* 16:art-1108.
- Barrett DJ, Galbally IE, Graetz RD (2001) Quantifying uncertainty in estimates of C emissions from aboveground biomass due to historic land-use change to cropping in Australia. *Global Change Biology* 7:883-902.
- Bolle H-J, Feddes RA, Kalma JD (Eds.) (1993) Exchange Processes at the Land Surface at a Range of Space and Time Scales. IAHS Publication No. 212, IAHS Press, Wallingford.
- Bovensmann H, Burrows JP, Buchwitz M, Frerik J, Noel S, Rozanov UU, Chance KU, and Goede APH (1999) SCIAMACHY - Mission objectives and measurement modes. *Journal of Atmospheric Science* 56: 127-150.
- Boyd PW, Watson AJ, Law CS, Abraham ER, Trull T, Murdoch R, Bakker DCE, Bowie AR, Buesseler KO, Chang H, Charette M, Croot P, Downing K, Frew R, Gall M, Hadfield M, Hall J, Harvey M, Jameson G, LaRoche J, Liddicoat M, Ling R, Maldonado MT, McKay RM, Nodder S, Pickmere S, Pridmore R, Rintoul S, Safi K, Sutton P, Strzepek R, Tanneberger K, Turner S, Waite A, Zeldis J (2000) A mesoscale phytoplankton bloom in the polar Southern Ocean stimulated by iron fertilization. *Nature* 407:695-702.
- BP (2002) BP Statistical Review of World Energy, UK.
- Braswell BH, Schimel DS, Linder E, Moore B (1997) The response of global terrestrial ecosystems to interannual temperature variability. *Science* 278:870-872.
- Brenkert AL (1998) Carbon Dioxide Emission Estimates from Fossil-Fuel Burning, Hydraulic Cement Production, and Gas Flaring for 1995 on a One Degree Grid Cell Basis. ORNL/CDIAC-98, NDP-058A (2-1998). Carbon Dioxide Analysis Center, Oak Ridge, Tennessee. (<http://cdiac.esd.ornl.gov/epubs/ndp/ndp058a/ndp058a.html>)
- Buchwitz M, Rozanov UU, Burrows JP (2000) A nearinfrared optimized DOAS method for the fast global retrieval of atmospheric CH₄, CO, CO₂, H₂O, and N₂O total column amounts from SCIAMACHY/ENVISAT-1 nadir radiances. *Journal of Geophysical Research* 105:15231-15245.
- Canadell JG, Mooney HA, Baldocchi DD, Berry JA, Ehleringer JR, Field CB, Gower ST, Hollinger DY, Hunt JE, Jackson RB, Running SW, Shaver GR, Steffen W, Trumbore SE, Valentini R, Bond BY (2000) Carbon metabolism of the terrestrial biosphere: A multitechnique approach for improved understanding. *Ecosystems* 3:115-130.
- Canadell JG, Steffen W, White P (2002a) IGBP/GCTE Terrestrial Transects: Dynamics of terrestrial ecosystems under environmental change. *Journal Vegetation Science* 13:298-300.
- Canadell JG, Guangsheng Z, Noble I (2002b) Land use/cover change and the terrestrial carbon cycle in the Asia-Pacific region. *Science in China (Series C)* 45 Supplement:1-141.
- Cannell MGR, Milne R, Hargreaves KJ, Brown TAW, Cruickshank MM, Bradley RI, Spencer T, Hope D, Billett MF, Adger WN, Subak S (1999) National inventories of terrestrial carbon sources and sinks: The UK experience. *Climatic Change* 42:505-530.
- Cannell MGR (2003) Carbon sequestration and biomass energy offset: theoretical, potential and achievable capacities globally, in Europe and the UK. *Biomass and Bioenergy* 24:97-116.
- CDIAC (2003) Trends Online: A Compendium of Data on Global Change Carbon Dioxide Information Center. Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee. (<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/trends.htm>)
- Charney JG (1975) Dynamics of deserts and drought in the Sahel. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 101:193-202.
- Chedin A, Hollingsworth A, Scott NA, Serrar S, Crevoisier C, Armante R (2002) Annual and seasonal variations of atmospheric CO₂, N₂O and CO concentrations retrieved from NOAA/TOVS satellite observations. *Geophysical*

- Research Letters 29:110-114.
- Chedin A, Saunders R, Hollingsworth A, Scott NA, Matricardi M, Clerbaux C, Etcheto J, Armante R, Crevoisier C (2003a) The feasibility of monitoring CO₂ from high resolution infrared sounders. *Journal of Geophysics Research* 108(D2), 4064.
- Chedin A, Serrar S, Scott NA, Crevoisier C, Armante R (2003b) First measurement of mid-tropospheric CO₂ from NOAA polar satellites: The tropical zone. *Journal of Geophysics Research*, in press.
- Chen CR, Lamb PJ (2000) Improved treatment of surface evapotranspiration in a mesoscale numerical model part II: Via the assimilation of satellite measurements. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences* 11:789-832.
- Ciais P, Meijer HAJ (1998) The ¹⁸O/¹⁶O isotope ratio of atmospheric CO₂ and its role in global carbon cycle research. In: Griffiths H (ed) *Stable Isotopes: Integration of Biological, Ecological and Geochemical Processes*. Bios Scientific Publishers Ltd., Oxford, pp. 409-431.
- Ciais P, Naegler T, Peylin P, Freibauer A, Bousquet P (2001) Horizontal displacement of carbon associated to agriculture and its impact on the atmospheric CO₂ distribution. *Proceedings from the 6th International Carbon Dioxide Conference*. Sendai, Japan, p. 673-75.
- Ciais P, Moore B, Steffen, Hood M, Quegan S, Cihlar J, Raupach M, Rasool I, Doney S, Heinze C, Sabine C, Hibbard K, Schulze D, Heimann H, Chédin A, Monfray P, Watson A, LeQuéré C, Tans P, Dolman H, Valentini R, Arino O, Townshend J, Seufert G, Field F, Chu I, Goodale C, Nobre A, Inoue G, Crisp D, Baldocchi D, Tschirley J, Denning S, Cramer W, Francey R (2003) *Integrated Global Carbon Observing: A Strategy to Build a Coordinated Operational Observing System of the Carbon Cycle and its Future Trends*. IGOS-P.
- Claussen M (1998) On multiple solutions of the atmosphere-vegetation system in present-day climate. *Global Change Biology* 4:549-559.
- Cox PM, Betts RA, Jones CD, Spall SA, Totterdell IJ (2000) Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408:184-187.
- Cramer W, Bondeau A, Woodward FI, Prentice IC, Betts RA, Brovkin V, Cox PM, Fisher V, Foley JA, Friend AD, Kucharik C, Lomas MR, Ramankutty N, Sitch S, Smith B, White A, Young-Molling C (2001) Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models. *Global Change Biology* 7:357-373.
- Cramer W, Field CB (Eds.) (1999) *The Potsdam NPP model intercomparison*. *Global Change Biology* 5:1-76.
- Dietz T, Rosa EA (1997) Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94:175-179.
- Doney SC, Wallace DWR, Ducklow HW (2000) The North Atlantic carbon cycle: New perspectives from JGOFS and WOCE. In: Hanson RB, Ducklow HW, Field JG (eds) *The Changing Ocean Carbon Cycle: A Midterm Synthesis of the Joint Global Ocean Flux Study*. Cambridge University Press, pp 373-391.
- Edmonds J, Joos F, Nakicenovic N, Richels R, Sarmiento J (2003) Scenarios, Targets, Gaps and Costs. In: *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World*, Field C, Raupach M (Eds.). Island Press, Washington D.C., in press.
- Ehleringer JR, Field CB (Eds.) (1993) *Scaling Physiological Processes: Leaf to Globe*. Academic Press, San Diego, 388 pp.
- Enting IG (2002) *Inverse problems in atmospheric constituent transport*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Falkowski P, Scholes RJ, Boyle E, Canadell J, Canfield D, Elser J, Gruber N, Hibbard K, Hogberg P, Linder S, Mackenzie FT, Moore B, Pedersen T, Rosenthal Y, Seitzinger S, Smetacek V, Steffen W (2000) The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system. *Science* 290:291-296.
- Field CB, Raupach MR (Eds.) (2003) *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World*. Island Press, Washington, D.C., in press.
- Ganopolski A, Kubatzki C, Claussen M, Brovkin V, Petoukhov V (1998) The influence of vegetation-atmosphere-ocean interaction on climate during the mid-Holocene. *Science* 280:1916-1919.

- Ghil M (1994) Cryothermodynamics - the chaotic dynamics of paleoclimate. *Physica D* 77:130-159.
- Gloor M, Bakwin P, Hurst D, Lock L, Draxler R, Tans P (2001) What is the concentration footprint of a tall tower? *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 106:17831-17840.
- Goodale CL, Apps M, Birdsey RA, Field CB, Heath LS, Houghton RA, Jenkins JC, Kohlmaier GH, Kurz WA, Liu S, Nabuurs G-J, Nilsson S, Shvidenko AZ (2002) Forest Carbon sinks in the Northern Hemisphere. *Ecological Applications* 12:891-899.
- Hibbard KA, Archer S, Schimel DS, Valentine DW (2001) Biogeochemical changes accompanying woody plant encroachment in a subtropical savanna. *Ecology* 82:1999-2011.
- Gurney KR, Law RM, Denning AS, Rayner PJ, Baker D, Bousquet P, Bruhwiler L, Chen YH, Ciais P, Fan S, Fung IY, Gloor M, Heimann M, Higuchi K, John J, Maki T, Maksyutov S, Masarie K, Peylin P, Prather M, Pak BC, Randerson J, Sarmiento J, Taguchi S, Takahashi T (2002) Towards robust regional estimates of CO₂ sources and sinks using atmospheric transport models. *Nature* 415:626-630.
- Gupta J, Lebel L, Velling P, Young O, IHDP Secretariat (2001) IHDP Global carbon cycle research. Bonn, IHDP.
- Houghton RA (1999) The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990. *Tellus B* 51:298-313.
- Houghton RA (2003) Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus* 55B: 378-390.
- Hutjes RWA, Kabat P, Running SW, Shuttleworth WJ, Field C, Bass B, Dias MAFD, Avissar R, Becker A, Claussen M, Dolman AJ, Feddes RA, Fosberg M, Fukushima Y, Gash JHC, Guenni L, Hoff H, Jarvis PG, Kayane I, Krenke AN, Liu C, Meybeck M, Nobre CA, Oyebande L, Pitman A, Pielke RA, Raupach M, Saugier B, Schulze ED, Sellers PJ, Tenhunen JD, Valentini R, Victoria RL, Vorosmarty CJ (1998) Biospheric aspects of the hydrological cycle - Preface. *Journal of Hydrology* 213:1-21.
- IPCC (1996) *Climate Change 1995: The science of climate change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 572 pp.
- IPCC (2000a) *Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- IPCC (2000b) *Special Report on Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- IPCC (2001a) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1032 pp.
- IPCC (2001b) *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 752 pp.
- IPCC (2001c) *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 881 pp.
- Kalma JD, Sivapalan M (1995) *Scale Issues in Hydrological Modelling*, Kalma JD, Sivapalan M (Eds.). Wiley, Chichester, 489 pp.
- Kaminski T, Knorr W, Rayner PJ, Heimann M (2002) Assimilating atmospheric data into a terrestrial biosphere model: A case study of the seasonal cycle. *Global Biogeochemical Cycles* 16: art-1006,
- Keeling CD, Whorf TP (2000) *Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., USA.*
- Kurz WA, Apps MJ (1999) A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector. *Ecological Applications* 9:526-547.
- Leemans R, van den Born GJ (1994) Determining the potential global distribution of natural vegetation, crops and

- agricultural productivity. *Water, Air, and Soil Pollution* 76: 133-161.
- Lloyd J, Kruijt B, Hollinger DY, Grace J, Francey RJ, Wong SC, Kelliher FM, Miranda AC, Farquhar GD, Gash JHC, Vygodskaya NN, Wright IR, Miranda HS, Schulze D-E (1996) Vegetation effects on the isotopic composition of atmospheric CO₂ at local and regional scales: theoretical aspects and a comparison between rain forest in Amazonia and a Boreal Forest in Siberia. *Australian Journal of Plant Physiology* 23:371-399.
- Marland G, Boden TA, Andres RJ (2000) Global, regional, and national CO₂ emissions. Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., USA.
- Mason M (1997) A look behind trend data in industrialization - The role of transnational corporations and environmental impacts. *Global Environmental Change - Human and Policy Dimensions* 7:113-127.
- McConnell WJ, Moran EF, Brondizio E, DeFries R, Laney R, Latham JS, Leon A, Schneider L, Verburg P, Walsh SJ (2001) Meeting in the middle: the challenge of meso-level integration. Lucc Report Series No. 5, Lucc Focus 1 Office, Indiana University, and Lucc International Project Office, Belgium, 62 pp.
- Michaud JD, Shuttleworth WJ (Eds.) (1997) Aggregate Description of Land-Atmosphere Interactions. *Journal of Hydrology* 190:173-414.
- Mooney H, Canadell J, Chapin FS, Ehleringer J, K?rner Ch, McMurtrie R, Parton W, Pitelka L, Schulze DE (1999) Ecosystem Physiology Responses to Global Change. In: *The Terrestrial Biosphere and Global Change. Implications for Natural and Managed Ecosystems*. Walker BH, WL Steffen, J Canadell, JSI Ingram (Eds.) Cambridge University Press, London, p. 141-189.
- Nakicenovic N, Victor N, Morita T (1999) Emissions Scenarios Database and Review of Scenarios, RR-99-4, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. Reprinted from *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 3:1381-2386.
- Norby RJ, Kobayashi K, Kimball BK (2001) Rising CO₂ - future ecosystems - Commentary. *New Phytologist* 150:215-221.
- O'Brien KL, Leichenko RM (2000) Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global Environmental Change - Human and Policy Dimensions* 10:221-232.
- Pacala SW, Hurtt GC, Baker D, Peylin P, Houghton RA, Birdsey RA, Heath L, Sundquist ET, Stallard RF, Ciais P, Moorcroft P, Caspersen JP, Shevliakova E, Moore B, Kohlmaier G, Holland E, Gloor M, Harmon ME, Fan SM, Sarmiento JL, Goodale CL, Schimel D, Field CB (2001) Consistent land- and atmosphere-based US carbon sink estimates. *Science* 292:2316-2320.
- Papale D, Valentini R (2003) A new assessment of European forest carbon exchanges by eddy fluxes and artificial neural network spatialization. *Global Change Biology* 9:525-535.
- Park SK, Zupanski A (2003) Four-dimensional variational data assimilation for mesoscale and storm-scale applications. *Metereology and Atmospheric Physics* 82:173-208.
- Pataki DE, Ehleringer JR, Flanagan LB, Yakir D, Bowling DR, Still CJ, Buchmann N, Kaplan JO, Berry JA (2003) The application and interpretation of Keeling plots in terrestrial carbon cycle research. *Global Biogeochemical Cycles* 17 (1).
- Petit JR, Jouzel J, Raynaud D, Barkov NI, Barnola JM, Basile I, Bender M, Chappellaz J, Davis M, Delaygue G, Delmotte M, Kotlyakov VM, Legrand M, Lipenkov VY, Lorius C, Pepin L, Ritz C, Saltzman E, Stievenard M (1999) Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399:429-436.
- Raupach MR (2001) Inferring biogeochemical sources and sinks from atmospheric concentrations: general considerations and applications in vegetation canopies. In *Global Biogeochemical Cycles in the Climate System*, pp. 41-60. Schulze E-D, Heimann M, Harrison S, Holland, Lloyd EJ, Prentice IC, Schimel D (Eds.). Academic Press, San Diego.
- Raupach MR, Barrett DJ, Briggs PR, Kirby JM (2002) Terrestrial biosphere models and forest-atmosphere interactions. In: *Forests and Water*, Vertessy R, Elsenbeer H (Eds.). IUFRO.
- Raupach M, Canadell JG, Bakker D, Ciais P, Sanz M-J, Fang JY, Melillo J, Romero-Lankao P, Sathaye J, Schulze D,

- Smith P, Tschirley J (2003) Interactions between CO₂ stabilisation pathways and requirements for a sustainable earth system. In: *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World*, Field C, Raupach M (Eds.). Island Press, Washington D.C., in press.
- Rayner PJ, Knorr W, Scholze M, Giering R, Heimann M, Le Quere C (2001) Inferring terrestrial biosphere carbon fluxes from combined inversions of atmospheric transport and process-based terrestrial ecosystem models. *Extended Abstracts of the 6th International Carbon Dioxide Conference, Sendai, Japan, October 2001*, Oct, 2001, pp 1015-1017.
- Rayner PJ, O'Brien DM (2001) The utility of remotely sensed CO₂ concentration data in surface source inversions. *Geophysical Research Letters* 28:175-178.
- Rödenbeck C, Houweling S, Gloor M, Heimann M (2003) O₂ flux history 1982-2001 inferred from atmospheric data using a global inversion of atmospheric transport. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 3:2575-2659.
- Roughgarden T, Schneider SH (1999) Climate change policy: quantifying uncertainties for damages and optimal carbon taxes. *Energy Policy* 27:415-429
- Running SW, Baldocchi DD, Turner DP, Gower ST, Bakwin PS, Hibbard KA (1999) A global terrestrial monitoring network integrating tower fluxes, flask sampling, ecosystem modeling and EOS satellite data. *Remote Sensing of Environment* 70:108-127.
- Rustad LE, Campbell JL, Marion GM, Norby RJ, Mitchell MJ, Hartley AE, Cornelissen JHC, Gurevitch J (2001) A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. *Oecologia* 126:543-562.
- Sabine CL, Feely RA (2001) Comparison of recent Indian Ocean anthropogenic CO₂ estimates with a historical approach. *Global Biogeochemical Cycles* 15:31-42.
- Sabine CL, Heimann M, Artaxo P, Bakker D, Arther Chen C-T, Field CB, Gruber N, LeQuereC, Prinn RG, Richey JE, Romero-Lanko, P Sathaye J, Valentini R (2003) Current status and past trends of the global carbon cycle. In: *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World*, Field C, Raupach M, (Eds.). Island Press, Washington, DC, in press.
- Sabine C, Hood M (2003) Ocean carbon scientists organize to achieve better cooperation, coordination. *EOS* 84:18-20.
- Sarmiento JL, Orr JC (1991) Three-dimensional simulations of the impact of Southern Ocean nutrient depletion on atmospheric CO₂ and ocean chemistry. *Limnology and Oceanography* 36:1928-1950.
- Schimel DS, House JI, Hibbard KA, Bousquet P, Ciais P, Peylin P, Braswell BH, Apps MJ, Baker D, Bondeau A, Canadell J, Churkina G, Cramer W, Denning AS, Field CB, Friedlingstein P, Goodale C, Heimann M, Houghton RA, Melillo JM, Moore B, Murdiyarsa D, Noble I, Pacala SW, Prentice IC, Raupach MR, Rayner PJ, Scholes RJ, Steffen WL, Wirth C (2001) Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature* 414:169-172.
- Schulze E-D, Höglberg P, van Oene H, Persson T, Harrison AF, Read D, Kjölller A, Matteucci G (2000) Interactions between the carbon and nitrogen cycle and the role of biodiversity: A synopsis of study along a north-south transect through Europe. *Ecological Studies* 142:468-492.
- Smith P, Faloon P, Smith JU, Powlson DS (2001) Soil organic matter network (SOMNET): 2001 Model and experimental metadata. GCTE Report No. 7 (second edition), Wallingford.
- Styles JM, Raupach MR, Lloyd J, Kolle O, Farquhar GD, Shibistova O, Lawton KA, Schulze E-D (2002) Soil and canopy CO₂, CO₂, H₂O and sensible heat flux partitions in a forest canopy inferred from concentration measurements. *Tellus B* 54:655-676.
- Tans PP, Fung IY, Takahashi T (1990) Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget. *Science* 247:1431-1438.
- Takahashi T, Sutherland SC, Sweeney C, Poisson A, Metzl N, Tilbrook B, Bates N, Wanninkhof R, Feely RA, Sabine C, Olafsson J, Nojiri Y (2002) Global sea-air CO₂ flux based on climatological surface ocean pCO₂, and seasonal biological and temperature effects, *Deep-Sea Res. II* 49:1601-1623.

- Valentini R, Matteucci G, Dolman AJ, Schulze ED, Rebmann C, Moors EJ, Granier A, Gross P, Jensen NO, Pilegaard K, Lindroth A, Grelle A, Bernhofer C, Grunwald T, Aubinet M, Ceulemans R, Kowalski AS, Vesala T, Rannik U, Berbigier P, Loustau D, Guomundsson J, Thorgeirsson H, Ibrom A, Morgenstern K, Clement R, Moncrieff J, Montagnani L, Minerbi S, Jarvis PG (2000) Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature* 404:861-865.
- Vellinga P, Herb N, editors (1999) *Industrial Transformation - Science Plan*, Bonn: IHDP
- Walker BH, Steffen WL, Canadell J, Ingram JSI (Eds.) (1999) *The Terrestrial Biosphere and Global Change. Implications for Natural and Managed Ecosystems*. Cambridge University Press, London.
- Wang YP, Barret DJ (2003) Estimating regional terrestrial carbon fluxes for the Australian continent using a multiple-constraint approach: I. Using remotely sensed data and ecological observations of net primary production. *Tellus* 55B:270-289.
- Watson AJ, Bakker, DCE, Ridgwell AJ, Boyd, PW, Law CS (2000) Effect of iron supply on Southern Ocean CO₂ uptake and implications for glacial atmospheric CO₂. *Nature* 407:730-733.
- Wofsy SC, Goulden ML, Munger JW, Fan SM, Bakwin PS, Daube BC, Bassow SL, Bazzaz FA (1993) Net exchange of CO₂ in a midlatitude forest. *Science* 260:1314-1317.
- Yamagata Y, Alexandrov GA (2001) Would forestation alleviate the burden of emission reduction?: An assessment of the future carbon sink from ARD activities. *Climate Policy* 1:27-40.
- Young OR (1999) *Institutional Dimensions of Global Environmental Change (IDGEC)*. Science Plan, Bonn: IHDP.
- Young OR (2002) *The institutional dimensions of environmental change: Fit, interplay, and scale*. Cambridge, MIT Press.

六、附录

附录A 相关行动和网络的选编

A.1 全球碳计划发起者计划及其碳行动计划

共同发起全球碳计划的3个全球变化科学计划是IGBP、IHDP和WCRP。迄今为止，各全球变化科学计划以独自、二者共享以及3个计划均参与的方式正在进行或建议大量的全球碳循环研究活动。最初由这3个计划倡导的协作为联系国家和区域的活动以及全球碳计划的未来项目提供了强有力的平台。

国际地圈-生物圈计划(IGBP) (<http://www.igbp.kva.se>)

IGBP有一套长期的碳研究行动计划，从海洋的施铁效应，陆地生态系统对CO₂升高和增温的响应研究，海岸地区碳通量的估算方法以及有关碳循环模型比较。

全球分析、解释与模拟 (GAIM) (<http://gaim.unh.edu>)

- 海洋碳模型比较(OCMIP)
- 生态系统模型/数据的比较(EMDI)
- 大气示踪传输模型比较计划(TransCom)
- 全球净第一性生产力模型比较
- 地球系统痕量气体和气溶胶的循环(Traces)
- 中等复杂的地球系统模型(EMICs)
- 耦合的碳循环气候模型比较计划(C4MIP) (与WCRP共同发起)
- 耦合的碳模型联接计划(CCMLP)

全球变化与陆地生态系统(GCTE) (<http://www.gcte.org>)

- CO₂升高对陆地生态系统的影响
- 温度升高对陆地生态系统的影响
- 生物圈-大气圈稳定同位素网络(BASIN)
- 土壤有机质网络(SOMNET)
- 干扰与生物地球化学
- 动态全球植被模型(DGVM)发展
- 通量网

土地利用与土地覆盖变化(LUCC) (与IHDP共同发起) (<http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC>)

- 土地利用和气候变化对碳通量的影响(LUCCI)
- 热带森林固碳和碳汇的清洁发展机制规划:哥斯达黎加土地利用与土地覆盖变化的案例研究

陆地计划 (与IHDP共同发起)

- 陆地耦合的生物地球化学
- 干扰与碳排放
- 耦合的人类-生物地球化学陆地系统

备注:这是一个GCTE和LUCC相融合的新计划,准备在2004年开始。

全球海洋生态系统动态(GLOBEC) (与SCOR和IOC共同发起) (<http://www.pml.ac.uk/globec/main.htm>)

- 海洋中的食物网络动态

联合全球海洋通量研究(JGOFs) (<http://ads.smr.uib.no/jgofs/jgofs.htm>)

- 全球调查:大气-海洋CO₂通量
- 大陆边缘区
- 时间序列站点
- 盆地勘察

备注: JGOFs将在2003年年底结束,新的IGBP/SCOR IMBER计划将在2004年启动。

集成海洋生物地球化学和生态系统研究(IMBER) (与SCOR共同发起)

该计划将于2004年启动。

- 碳在深海的运输与储存

相互作用的陆地生态系统—大气过程(LEAPS)

这项关于陆地—大气相互作用的新计划主要是研究陆地—大气相互作用的机理。该计划将于2004年启动。

海岸区陆地海洋的相互作用(LOICZ) (<http://www.nioz.nl/loicz/>)

- 外部驱动力或边界条件变化对海岸通量的影响
- 海岸生物地球化学与全球变化；海岸及大陆架水域的碳状况
- 碳通量和温室气体排放：由河流向海岸区的碳传输
- 海岸系统中全球变化的经济和社会影响；海岸系统的可持续发展和资源管理问题

过去全球变化(PAGES) (<http://www.pages.unibe.ch/>)

- PAGES和气候变率与可预报研究(CLIVAR)—通过冰芯和深海沉积物研究碳—气候系统
- 国际海洋过去全球变化研究(IMAGES)
- 过去生态系统过程和人类—环境相互作用

表层海洋—低层大气研究(SOLAS) (与SCOR、大气化学与全球污染委员会(CACGP)及WCRP共同发起)

(<http://www.solas-int.org>)

- 海洋与大气之间生物地球化学的相互作用和反馈
- 海洋—大气界面的交换过程及其在海洋—大气边界层的输送转化作用
- CO₂通量与其他长寿命辐射活性气体的大气—海洋通量

全球环境变化的人文因素计划(IHDP) (<http://www.ihdp.org/>)

通过其4个核心科学主题：IDGEC、IT、LUCC 和全球环境变化与人类安全(GECHS)，IHDP已经开展了大范围的与碳有关的行动计划，其中首要的主题是碳管理的制度因素(调查控制温室气体排放的制度问题)，还包括工业转型能源系统脱碳研究、土地利用系统转型和全球碳循环中陆地成分行为研究(及我们对这些变化的响应)以及碳循环动态变化的人类安全问题。要想得到更多的信息，请查询全球碳计划网站上有关IHDP全球碳研究的材料。

全球环境变化的制度因素(IDGEC) (<http://fiesta.bren.ucsb.edu/~idgec>)

- 热带与北方林的政治经济 (PEF)
- 碳管理研究活动(CMRA)
- 经济特区运作状况(PEEZ)

工业转型 (IT) (<http://www.vu.nl/ivm/research/ihdp-it/>)

- 能源和物质流通
- 城市/交通
- 治理与转换过程

IT已经编写了一套材料，列出了与全球碳计划相关的具体IT研究的问题，该材料可从全球碳计划网站找到。

土地利用与土地覆盖变化 (与IGBP共同发起) (<http://www.geo.ucl.ac.be/>)

- 土地利用与气候变化对碳通量的影响(LUCCI)
- 热带森林碳库与碳汇的清洁发展机制规则：哥斯达黎加土地利用与土地覆盖变化的案例研究

世界气候研究计划 (WCRP) (<http://www.wmo.ch/web/wcrp/wcrp-home.html>)

WCRP为气候变率及变化提供了模拟工具，以从本质上理解碳循环的年际至百年际变化，碳输送和贮存的海洋和大气环流以及碳水循环的联系。以下简要列出了WCRP主办的有关行动计划。

全球能量与水循环实验 (GEWEX) (<http://www.gewex.org>)

- 全球陆地/大气系统的研究(GLASS)，特别是陆地表面参数化方案的比较计划(PILPS C-1)
- GEWEX模拟与预测专业委员会(GMPP)以发展和改进云与陆地表面参数化方案及其与GCM的整合
- 数据计划
- 空间全球CO₂测量

气候变化与可预报性(CLIVAR) (<http://www.clivar.org/>)

- 海洋物理特性与碳系统变化的10年尺度的重复横跨海洋剖面
- 季节至年际预报工作组(WGSIP)

耦合模拟工作组 (WGCM) (<http://www.wmo.ch/web/wcrp/wgcm.htm>)

- 完全交互式综合地球系统模型发展, 包括碳循环的真实体现

数字实验工作组(WGNE—由WCRP JSC和WMO大气科学委员会(CAS)共同发起)(<http://www.wmo.ch/web/wcrp/wgne.htm>)

- 改善GCM的CO₂过程特征的模型比较
- 数据同化方法

北极气候系统研究与气候和低温层计划 (ACSYS/CLIC) (<http://www.npolar.no/acsys/>)

- 冻土温室气体排放
- 永久冻土带温室气体的排放
- 北冰洋碳汇强度

A.2 国家和区域计划的选编

国家水平的碳研究计划是各科学委员会发展全球策略的基础。通过各种行动计划, 全球碳计划希望能提高这些方法和认知的可比性、资源杠杆作用和快速转移, 进一步促进各个国家和地区计划的能力, 同时将全球碳循环的各部分组合在一起, 使其起到科学领导作用。在这部分, 描述了国家和区域计划的3个例子, 可以在全球碳计划网站上查到其他的国家计划信息。

澳大利亚碳循环计划(<http://www.greenhouse.gov.au/science/index.html>), (<http://www.greenhouse.crc.org.au>)

澳大利亚碳循环计划包括CSIRO (生物圈工作组, BWG)和温室气体估算协作研究中心(CRCGA)的行动计划。具体如下:

- 澳大利亚地区大气圈和生物圈之间的相互作用过程, 特别是生物圈在生物产生的温室气体循环中的作用(CO₂、CH₄、N₂O);
- 澳大利亚地区陆地、海洋和大气系统之间的反馈及其对区域气候变化的影响;
- 确定区域温室气体汇源的多元限制方法及改善耦合的海洋—大气—陆地系统气候模型的发展与应用。

欧洲碳计划 (<http://www.bgc-jena.mpg.de/public/carboeur/>)

欧洲碳计划是由一系列目的在于理解和量化欧洲碳平衡的计划组成。该计划由欧洲委员会DG Research—第五框架计划资助(将在第六框架计划继续执行)。欧洲碳计划的目的是促进对固碳机制的理解和定量描述欧洲陆地生态系统的碳汇源及其怎样受制于气候可变性、养分有效性、氮沉降的变率以及与管理体系的相互作用。西伯利亚和亚马孙森林的碳汇强度研究完善了欧洲生态系统的研究。具体的相关研究包括:

- 提供学科的、完整体的框架以检验从生态系统到区域及洲际尺度碳源汇的时空变化以及评估其社会经济驱动力及其影响;
- 利用已经掌握的技术进行碳估算和模拟;
- 对不同尺度采用一致的碳评估策略。

中国碳通量计划

国家自然科学基金委(NSFC)、国家科学技术委员会(SSTC)和中国科学院(CAS)已经启动了一些碳项目, 主要集中在以下5方面:

- 中国典型陆地和近海生态系统的碳通量与碳储量, 包括森林、农田、草地、水体和近海生态系统;
- 中国陆地和近海生态系统的碳通量和碳储量的生物地球化学过程及其生物驯化;
- 中国陆地碳循环的历史过程和土地利用变化;
- 陆地和近海生态系统的碳循环模拟;
- 碳收支的综合研究和碳减排/截留。

更多的信息: 周广胜 (zhougs@public2.bta.net.cn)

日本碳管理集成研究

该计划由日本环境部全球环境研究基金倡办, 其目的在于阐明亚洲大气和陆地生态系统之间的碳动态, 以最大程度的减小CO₂浓度增加的速率。该计划包括以下4个主题:

- 基于微气象学和生态学方法采用自下而上的尺度化方法分析陆地生态系统的碳平衡；
- 基于大气监测采用由上而下的尺度化方法分析中尺度陆地碳平衡；
- 陆地生态系统碳平衡动态评估与陆地生态系统碳收支管理方法的评价；
- 促进集成研究和信息共享。

更多的信息：Toshinori Okuda (toecolog@sakura.cc.tsukuba.ac.jp)

亚马孙流域大尺度生物圈大气圈实验(LBA) (<http://lba.cptec.inpe.br/lba/indexi.html>)

作为LBA的一部分，包括巴西、美国和几个欧洲国家共同参与了亚马孙流域的碳循环研究。该实验主要涉及5个领域的研究：

- 亚马孙森林和调控热带森林碳循环的气候驱动力之间的生物地球化学相互作用和反馈；
- 森林砍伐和人类驱动力引起的碳通量；
- 气候变化对热带生态系统的影响；
- 水淹林的CO₂排放；
- 气溶胶对辐射平衡和碳循环的影响。

美国碳循环科学计划 (USGCRP) (<http://www.carboncyclescience.gov>)

美国全球变化研究计划已经建立了一个碳循环科学计划。这个新计划提供了环境中碳状况以及碳循环怎样改变和未来可能变化的重要信息。它提供了管理环境中碳的科学基础。协调并综合各项研究以确定和量化从区域到全球尺度的CO₂和其他温室气体的汇源，理解这些汇源未来怎样运行，为将来地球系统的预测提供必要的信息。

A.3 其他的国际行动计划选编

除国家和区域计划外，几个其他国际项目和计划正尝试着说明一系列有关全球碳循环、气候变化及其变率的问题：

基于商船的碳变率研究(CAVASSO) (<http://lmacweb.env.uea.ac.uk/e072/>)

该计划的目的是为了对北大西洋CO₂的吸收及其季节和年际变化提供可靠的估计。同时，这些研究结果有助于限定使用大气反演模拟方法对欧洲和北美洲陆地(植被)汇的估计。

长寿命痕量气体观测的全球质量控制(GLOBALHUBS)

该计划的目的是改进各实验室之间对长寿命大气痕量气体种类测量的可比性，从而改进来自于不同空间和时间的的大气组成变化的源/汇通量估算。

集成全球观测策略联盟(IGOS-P) (<http://ioc.unesco.org/igospartners/igoshome.htm>)

该联盟将提出由全球观测系统来实施和协调的综合策略：

- 全球海洋观测系统(GOOS) (<http://ioc.unesco.org/goos/>)
- 全球陆地观测系统(GTOS) (<http://www.fao.org/gtos/index.html>)
- 全球气候观测系统(GCOS) (<http://www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html>)

政府间气候变化专业委员会(IPCC) (<http://www.ipcc.ch/>)

为了认识全球气候变化的潜在问题，世界气象组织(WMO)和联合国环境委员会于1988年建立了政府间气候变化专业委员会(IPCC)。该委员会的作用是评估与理解人类引起的气候变化危险性的科学、技术和社会经济信息。它不进行研究，亦不进行与气候有关的数据或其他相关参数的监测。它的评估主要依靠专业综述和已出版的科学/技术文献。

千年生态系统评估(MA) (<http://www.millenniumassessment.org/en/index.htm>)

千年生态系统评估是一个国际评估行动计划，负责检查地球支撑生命过程，包括草地、森林、河流、湖泊、农田和海洋，以及生态系统为人类发展提供的物质和服务的能力。该4年计划的目标是通过提供决策者(政府和私人部门)以及大众需要的专业综述、与政策相关的生态系统状况、生态系统变化的结果及其响应选择的科学信息，来改进自然和人工生态系统的管理。另外，该计划将为人类发展和制度的制定提供信息。

北欧地球科学联盟倡议(NEESPI) (<http://neespi.gsfc.nasa.gov/>)

该倡议的目的是建立大尺度、多学科计划，在国际科学计划的支撑下，以增进对北欧生态系统、大气和人类动态之间相互作用的理解。该联盟包括NASA和其他美国机构、俄罗斯科学院、俄罗斯和国际研究机构、GOCF、IGBP及其他国际计划。该联盟的碳研究方法是将该区域的野外实测数据、遥感观测与测量、模型(包括陆地碳、

社会经济、景观和综合模型)结合起来进行分析。有关碳的计划包括:

- 模拟两个森林地区,即美国太平洋西北部和俄罗斯西北部的碳动态及其经济影响;
- 模拟改变经济范式条件下西伯利亚森林土地覆盖变化以及碳循环;
- 确定从北方森林火灾到高纬地区大气CO₂浓度的年际间变动对碳排放的贡献;
- 模拟和监测西伯利亚中部被燃烧过的地方和火灾的严重程度对碳循环、碳排放、森林的健康及其可持续性的影响;
- 西伯利亚景观的联合卫星绘图;
- 最近的干扰和土地利用变化引起的俄罗斯陆地碳储量的变化。

海洋研究科学委员会 (SCOR) (<http://www.jhu.edu/~scor>)

除了共同倡导的JGOFs、SOLAS、IGBP的海洋生物地球化学和生态系统计划以及IOC的海洋CO₂顾问委员会外,海洋研究科学委员会 (SCOR)还有几个有关碳循环研究的工作组:

- 大西洋二氧化碳(CARINA) (<http://www.ioc.unesco.org/iocweb/co2panel/>);
CARINA是与IOC/SCOR专业委员会相联系的一个计划,其目的是给出北大西洋CO₂清单。
- 海水中铁的生物地球化学;
- 全球气候调控中海洋浮游植物的作用;
- 关于以下方面的新方法:
 - 调查浮游生物;
 - 估计从海洋表面向下的碳流通。

海洋研究科学委员会(SCOR) - 政府间海洋学委员会(IOC)海洋CO₂专业委员会(<http://ioc.unesco.org/iocweb/co2panel/>)

海洋研究科学委员会(SCOR)和联合国科教文组织(UNESCO)的政府间海洋学委员会(IOC)于2000年建立了海洋CO₂专业委员会,以促成、协调和交流国际团体有共同兴趣的海洋碳行动计划。该计划目前包括:

- 观测协调(通过IOCCP与GCP协调);
- 标准和参考材料的提倡;
- 信息交换和测量技术;
- 海洋碳截留信息的发展与维护。

附录B 综合全球碳观测战略 (IGCO)

碳循环及其未来趋势协作观测系统的发展战略。

P Ciais, B Moore, W Steffen, M Hood, S Quegan, J Cihlar, M Raupach, I Rasool, S Doney, C Heinze, C Sabine, K Hibbard, D Schulze, M Heimann, A Chédin, P Monfray, A Watson, C LeQuéré, P Tans, H Dolman, R Valentini, O Arino, J Townshend, G Seufert, C Field, I Chu, C Goodale, A Nobre, G Inoue, D Crisp, D Baldocchi, J Tschirley, S Denning, W Cramer, R Francey

内容提要

综合全球碳观测战略的总体目标就是为下个10年全球碳循环的系统观测发展一个灵活、健全的实施方案。这篇报告是在IGCO战略的基础上形成,并提出了可操作的全球碳观测系统。该系统的主要目标如下:

- 为增进对全球碳循环的现状及未来的理解,提供长期观测,尤其是对大气CO₂水平控制因素的观测。
- 监测和评估碳截存和/或减排的效率,包括不同区域、部门碳源/汇的分布。

为达到上述目标,该系统将对地球表面与大气之间的CO₂通量交换的全球分布进行常规的量化和评估,并定期测量关键碳库的变化。这些观测将有助于阐明基本的生物地球化学过程。全球碳观测系统综合了碳循环3个主要区域:海洋,陆地和大气的多个界面方面;其最成功的进展是对不同区域的数据和模型的结合以理解碳源汇。这些不同区域来自于该区域对其他区域的运转有重要限制作用。

实施全球碳观测系统要求:

- 为可操作的碳观测建立数据标准、设计网络配置及发展先进的算法是全球碳观测系统持续运作到2015年的基础;
- 发展值得花费的、低维护的大气CO₂、海洋溶解的CO₂以及陆地生态系统碳通量原位传感器;
- 发展并实施空气CO₂遥感技术;
- 与研究机构合作发展可操作的碳循环模型,并通过严格的测试进行验证,用系统观测数据驱动,这些资料传递着碳循环状态的日常特征。
- 加强数据标准的统一、存档和归类以支持模型的发展和实施。

该报告介绍了全球碳观测系统的目标(将由研究和运作团体共同实现),并为认识该系统提供了线索。该报告确定了一套核心的基于研究的现存观测资料,并以此建立系统。该系统取自陆地碳观测策略和全球海洋观测系统。此外,它还描述了亟待优先开展的研究和将这一核心的研究观测资料转入一个可操作系统的步骤。

全球碳观测系统应当围绕着互补的核心观测组来建设以服务于3个主题:通量、库和过程:

通量。通量是首要的一组观测数据,它能够量化地球表面与大气圈之间CO₂通量的分布与变异规律。它主要包括:

- 至少 1×10^{-6} 精度的全球覆盖(所有纬度和季节)的完整大气CO₂分布卫星观测。
 - 类似这样的观测还没有开展,因此这要作为最优先考虑。
- 一个最优化的可操作的大气观测站网和至少 0.1×10^{-6} 精度的气瓶采样点。
 - 目前,这些观测资料来自于研究观测,由全球分布的100个站组成。这些站点应向水平和垂直方向发展,包括大陆内部及很少采样区。这就要求值得花费的探测器和随机平台的系统应用。
- 一个最优化可操作涡动相关塔网络以连续测量陆地生态系统CO₂通量、能量和水汽通量。
 - 目前这些观测来自于研究观测,由100个塔组成。该网络必须在未来很长一段时间内安全运行,并且扩展到更多的生态系统类型、演替阶段和土地利用强度。
- 一个利用科考船、商船及自由浮标联合组成的全球海洋CO₂观测系统。
 - 目前这方面数据来自约100次科考巡游,发展全球尺度的可操作海洋碳观测网络的最大挑战就是缺乏高精度的、可靠的、值得花费的海洋CO₂自动传感器。
 - 在长期连续的传感器支持下的卫星观测联合体,并传输很少直接测量地区估算表层大气CO₂通量的全球观测数据。
 - 这些关键的卫星观测主要有:陆地覆盖状况,扰动范围和强度,与植被活动相关的参数,海洋颜色以及控制通量的辅助大气和海洋变量。

用这些观测量化地表和大气之间CO₂的通量分布和变化的那些观测方法需要自下而上尺度化估计的协调。大气传输模型被用于将大气CO₂测量降尺度至通量。碳循环通量模型要求利用遥感变量将原位观测资料尺度化。

一旦可操作的碳观测系统准备就绪，模型数据融合技术将会每周对上面所列的碳测量数据流进行常规同化以产生周频率的陆地10 km和海洋50 km典型分辨率的全球CO₂通量的一致而精确估算。

库。全球碳观测系统将监测3个关键碳库的变化：

- 森林地上生物量。通过原位清单的方法每5 a测量一次，并由更加频繁的遥感技术来验证；

- 土壤碳含量，主要通过原位清单方法每10 a测量一次。

- 这些观测基于森林商业价值和土壤质量评价的系统基础而分别收集。可是，这些测量需要适应于碳循环研究和作为地理标准基础而延伸到非管理森林。

- 主要海域中可溶性碳清单，每5~10年检测一次，用以评估人类引起的CO₂向水体表面的转移。

- 这些观测通常由一些研究机构进行实施。这些工作需要被系统化，仔细地相互校准，并延伸到极少采样的海洋区，最为重要的是，这些工作必须去做。

过程。该系统的第三组观测是重要碳循环过程的测量。这些工作中的大部分仍在研究之中，以与全球碳计划的框架（图21）相协调。然而，2个与过程相关的观测更适于操作领域，并且将成为该系统的核心部分：

- 火分布（点）和燃烧区域范围，以估算干扰期间，如火，所释放出来的碳通量值，火点每天检测，而对火范围则每月检测一次；

- 陆地覆盖变化，以估算与森林砍伐和农业用地恢复到自然生态系统相关的碳通量，取样间隔时间为5年，空间分辨率是1 km。

观测成果与首尾相连的数据分析系统相结合以传输高质量产品，这些成果直接面对全球科研和政策机构。

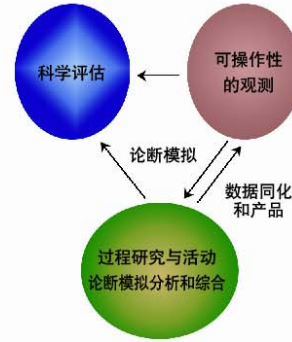


图21 运行的观测系统（综合全球碳观测，IGCO）、研究计划（全球碳计划，GCP）和评估（IPCC）三者之间的关系（Ciaisetal, 2003）

C.1 已有碳观测资料提供者举例

类型 (原地, 卫星) 陆地	发起者*	提供的数据与产品	时空覆盖	更多信息
FLUXNET	国家/IGBP/WCRP	生态系统数据和通量; 微气象数据	各洲(除南极洲)	http://www-ecosdis.ornl.gov/FLUXNET/
ILTER	国家/	生态系统数据	21个国家	http://www.ilternet.edu/
GT-Net	国家/GTOS	生态系统数据	84个国家, 大量网站	http://www.fao.org/gtos/gt-net.html
SOMNET	国家/IGBP	土壤数据	70个站点, 6个洲	http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/somnet/index.htm
GOOS	国家/IOC	见附录B	全球或区域	http://ioc.unesco.org/goos/
CDIAC Oceans	JGOFs, CLIVAR, GLODADP, CARINA	CO ₂ 测量	全球	http://cdiac.esd.ornl.gov/oceans/home.html
PICIS PICNIC	PICIS	CO ₂ 测量	北太平洋	http://picnic.pices.jp
CARINA	CARINA	碳数据	大西洋	http://www.ifm.uni-kiel.de/fb2/research/carina
IOCCP	IOC - WMO - UNEP - ICSU	观测系统信息与协调	全球, 区域, 国家水平	http://www.ioccp.org
CLIVAR	WCRP	碳酸盐系统的重复水文地理考察, 水文地理, 痕量气体, 气象观测, 载有ADCP的考察船	全球, 盆地尺度, 5~10a重复; 沿着具有较密采样点的大陆的30~50 km分辨率。整个水柱	http://www.sprint.clivar.org/ http://www.ioccp.org
Carbon SOOP	由IOCCP协调	海面CO ₂ 分压, 海洋颜色, 气象变量, 与CO ₂ , ¹³ C, ¹⁴ C, ¹⁸ O 的相关变量	区域(盆地尺度), 沿着轨道的连续观测, 月至季节水平	http://www.ifremer.fr/ird/soopip/instr.html http://www.ioccp.org
全球海洋时间序列观测系统	OOPC - CLIVAR - POGO; 由IOCCP编纂的碳信息	海洋CO ₂ 分压, 碳酸盐系统, 海洋颜色变量, 辅助的物理解、气象、化学、生物观测	对策研究点的固定系泊处或可重测站点; 高频至年际水平	http://www.oceantimeseries.org

* 包括直接发起者(通常是国家机构)和国际组织。

续表

类型 (原地, 卫星)	发起者*	提供的数据与产品	时空覆盖	更多信息
海洋 国际海洋颜色协调工作组	IOCCG, SCOR	盆地尺度表层生物生产力; 浮游植物自然荧光	全球空间覆盖, 4-8 km分辨率; 海岸区, 0.5-2 km分辨率; 每天到每周	http://www.ioccg.org/
大气 GLOBALVIEW-CO ₂	国家/WMO	痕量气体浓度	全球; ~每周	http://www.cmdl.noaa.gov/ccgg/globalview/index.html
多类型 CO ₂ 信息中心	U.S. DOE	来自全球、区域和国家研究计划的海洋碳数据库	全球, 区域和国家	http://cdiac.ornl.gov/oceans/home.html
卫星 精细分辨率	NASA/CEOS CNES/CEOS NASDA/CEOS CSA/CEOS	图像、土地覆盖 图像、土地覆盖 图像 图像	全球 全球 全球 全球	http://ivanova.gsfc.nasa.gov/daac/ http://www.spot.com/ http://www.eoc.nasda.go.jp http://www.spot.com/
中到大分辨率	NASA/CEOS NOAA/CEOS NASDA/CNES/CEOS ESA/JRC (WFW)/EC CNES/SNSB/OSTC/ SAI/EC	图像、土地覆盖及其变化 LAI; 火; CH ₄ 太阳辐射; NPP 太阳辐射, 图像 OCT, POLDER 火 图像、土地覆盖及其变化 火; 生态系统生产力	全球 全球 全球 全球 全球	http://ivanova.gsfc.nasa.gov/daac/ http://www.gewex.com/srb.html http://www.osdpd.noaa.gov/ http://www.eoc.nasda.go.jp http://www.gvm.sai.jrc.it/ http://www.vgt.vito.be/

* 包括直接发起者(通常是国家机构)和国际组织。

C.2 碳信息用户举例

计划	发起者*		所用/所需资料		时空覆盖		更多信息
	发起者*	所用/所需资料	所用/所需资料	时空覆盖	更多信息		
全球/国际计划							
政府间气候变化专业委员会(IPCC)	联合国气候变化框架公约 (UNFCCC)	生态系统生产力	全球; 过去, 现在	http://www.ipcc.ch/			
全球环境研究计划 (GERP)	所有国家和地区	所有变量	全球; 过去, 现在	http://www.igbp.kva.se/ http://www.ihdp.org/ http://www.wmo.ch/web/wcrp/wcrp/wcrp-home.html			
国际海洋委员会(IOC)	联合国教科文组织(UNESCO)	海洋变量	全球, 区域; 所有时间尺度	http://ioc.unesco.org			
国际地圈生物圈计划 (IGBP) (几个核心研究项目)	所有国家和地区	所有变量	全球; 过去, 现在	http://www.igbp.kva.se/			
森林资源评估	联合国粮农组织(FAO)	土地覆盖及其变化; 生物量, 野火, 生产力	全球; 每5 a				
全球环境框架	联合国环境规划署(UNEP)	所有变量	全球; 现在; 每2 a	http://www1.unep.org/unesp/eia/geo/reports.htm			
非政府组织(NGOs)	公众, 个人	土地覆盖及其变化; 生物量, 野火, 生产力	全球, 区域; 现在	http://www.wri.org/ http://www.wcmc.org.uk/ http://www.biodiv.org/			
生物多样性公约	国家	土地覆盖及其变化; 生物量, 野火, 生产力	国家至全球; 过去, 现在				
沙漠化防治公约	国家	所有变量	国家; 现在	http://www.unccd.de/			
国家计划							
碳估算	国家, 如澳大利亚、美国、挪威	所有变量	现在; 国家; 基于预测	http://www.greenhouse.gov.au/ncas/ http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/ggrrpt/			
资源规划(植被, 森林)	国家, 如澳大利亚、非洲、加拿大	所有变量	现在; 国家或次国家尺度	http://www.nlwra.gov.au/ http://metart.fao.org/default.htm			
资源管理: 与火有关的管理	国家, 如非洲、印度尼西亚	野火, 土地覆盖及其变化, 生物量	现在; 国家	http://www.iffm.or.id/			
资源管理: 作物, 水资源	国家, 如非洲	土地覆盖及其变化; 生物量, 生产力	现在; 国家	http://www.ruf.uni-freiburg.de/fireglobe/			

C.3 用于全球碳循环观测的卫星*

机构	卫星***	碳循环传感器	分类**
CASST			
CNES	SPOT-3,-4	HRV	1
CNES, EU	SPOT-4, SPOT -5	HRG, VEGETATION	
CSA	Radsatsat -1, -2	SAR	1
DARA	***		
ESA	ENVISAT-1	ASAR, MERIS, AATSR, SCIAMACHY	1
ESA	ERS-2	ATSR, AMI	1
ESA, CNES	SMOS ***	MIRAS	1
EUMETSAT	METOP -1, -2, -3	AVHRR /3, IASI, ASCAT	1
EUMETSAT	MSG	SEVI	1
INPE	MECB SSR-1, -2	OBA	计划中
ISRO	IRS -1C, -1D	LISS-III, PAN, WIFS	
ISRO	IRS -P2, -P5, -P6	LISS-II (-IV), WIFS, HR-PAN, AwIFS	
ISRO	IRS -P3, -P4	MOS, WIFS, MSMR	
NASA	EOS Aqua	CERES, MODIS, AMSR-E	
AIRS	1	HIRLDS, TES	1
NASA	EOS Aura	ASTER, CERES, MISR, MODIS, MOPITT	1
NASA	EOS Terra	MBLA	
NASA	ESSP/VCL	GLAS	1
NASA	ICESat		
NASA	Sea Winds		
NASA	QuikScat		
ORBIMAGE(NASA data buy)			
NASA	SeaStar***	OCO	1
NASA,NASA	NMP/EO-1	SeaWIFS	1
NASDA	TRMM	ALI, Hyperion	4
NASDA, CNES	ALOS	CERES, VIRS	
NASDA, CNES, NASA	GCOM-B1, -B2 ***	ALOS/PRISM, AVNIR-2, PALSAR, PRISM	1
NASDA, NASA	ADEOS-II	GLI, POLDER, IMG	2
NOAA	GCOM - A1, - A2 ***	GLI, POLDER-2	1
NOAA	Landsat	SAGE-III, ILAS-II??	2
NOAA	NPOESS	ETM	1
NOAA	TIROS-N	VIIRS, CrIS/ATMS, CMIS, OMPS, CERES	
NOAA	GOES I, J, K, L, M	AVHRR, TOVE	
NOAA	GOES -N, O, P, Q		
NOAA	GOES SEI		
NOAA, NASA	NPOESS Preparatory Project(NPP)***	VIIRS, CrIS/ATMS	3

* 该表也包括了直接支持观测和产品的卫星，其他卫星也可能提供支撑信息。

** 分类：1=已计划发射卫星的确认与时间安排；2=利用已有技术的候选卫星；3=研究仪器/卫星向使用仪器/卫星转变；4=新技术、产品或卫星的发展；5=数据和信息系统。

*** 未包含在WMO/CEOS数据库中。

七、缩写和缩略词

ACSYS	北极气候系统研究	GCTE	全球变化和陆地生态系统
AGO	澳大利亚温室气体办公室	GECAFS	全球环境变化和食物系统
AIACC	气候变化的影响和适应评估	GECHS	全球环境变化和人类安全
AIRS	大气红外探测器	GEO	全球欧拉观测
AMSU	微波探测单位 (NOAA-15)	GEWEX	全球能源和水循环实验
APN	全球变化研究的亚太网络	GLASS	全球陆地/大气系统研究
APO	大气潜氧	GLOBEC	全球海洋生态系统动态
AutoMOD	自动模式海洋诊断装置	GLOBALHUBS	长寿命痕量气体测量的全球质量控制
AVHRR	甚高分辨率辐射计	GLODAP	全球海洋数据分析计划
BAHC	水循环的生物圈方面	GMPP	GEWEX 模拟和预测专业委员会
BASIN	生物圈 - 大气圈稳定性同位素网络	GOFC	森林覆盖全球观测
BATS	百慕大大西洋时间序列研究	GOOS	全球海洋观测系统
BWG	生物圈工作组	GPP	总第一性生产力
C4MIP	耦合碳循环气候模型比较计划	GTOS	全球陆地观测系统
CACGP	大气化学和全球污染委员会	HOT	夏威夷海洋时间序列计划
CARBOSAT	碳循环检测的ESA空间任务	IAI	全球变化研究美洲间研究所
CARINA	大西洋二氧化碳	IAEA	国际原子能机构
CAS	大气科学委员会	IASI	红外大气观测探测仪
CAVASSOO	商船碳变率研究	ICSU	国际科学联盟理事会
CCMLP	耦合碳模型联接计划	IDGEC	全球环境变化制度因素
CLIVAR	气候变化和可预报研究	IEA	国际能源机构
CMRA	碳管理研究活动	IGBP	国际地圈-生物圈计划
CMTT	大陆边缘任务组	IGCO	综合全球碳观测
COP	团体会议	IGOS-P	综合全球观测战略联盟
CRCGA	温室气体估算合作研究中心	IHDP	全球环境变化的人文因素计划
CSIRO	澳大利亚联邦科学和工业研究组织	ILEAPS	相互作用的陆地生态系统-大气过程
CZCS	海岸区域颜色扫描数据	IMAGE	评估温室效应的综合模型
DGVM	动态全球植被模型	IMBER	综合海洋生物地理化学和生态系统研究
DIC	溶解无机碳	IOC	政府间海洋学委员会
EMDI	生态系统模型数据比较	IOCCP	国际海洋碳协调计划
EMIC	中等复杂的地球系统模型	IPCC	政府间气候变化专业委员会
ENRICH	全球变化研究的欧洲网络	IT	工业转型
ENSO	厄尔尼诺南方涛动	ILTER	国际长期生态研究
ENVISAT	ESA卫星	JGOFs	联合全球海洋通量研究
EOS	地球观测卫星	JSC	联合科学委员会
ESA	欧洲空间机构	LBA	亚马孙大尺度生物圈大气圈实验
ESSP	地球系统科学联盟	Land project	陆地计划
EU	欧盟	LOICZ	海岸区陆地与海洋相互作用
FACE	自由大气二氧化碳富集	LUCC	土地利用与土地覆盖变化
FAO	联合国粮农组织	LUCCI	土地利用和气候变化对碳通量的影响
GAIM	全球分析、解释和模拟	MA	千年生态系统评估
GCM	全球气候模式	METOP	气象业务极地卫星
GCOS	全球气候观测系统	MODIS	中等分辨率成像分光辐射计
GCP	全球碳计划	NACP	北美碳计划

NASA	国家航天航空局	WMO	世界气象组织
NCAR	大气研究国家中心	WOCE	世界海洋环流实验
NEESPI	北方欧亚地球科学联盟计划		
NOAA	国家海洋和大气管理局		
NOCES	北部海洋碳交换研究		
NPP	净第一性生产力		
NSCAT	国家航空航天局电子散射仪		
OCO	轨道碳观测		
OCMIP	海洋碳循环模型比较计划		
OCTS	海洋颜色和温度扫描		
PAGES	过去全球变化		
PEEZ	经济特区特性		
PEF	热带森林和北方林的政治经济		
PEP	极地赤道极地样带		
PICES	北太平洋海洋科学组织		
PILPS	陆地表面参数化方案比较计划		
POLDER	地球反射的偏振和定向		
POC	颗粒有机碳		
ppm	百万分之一		
ppmv	体积的百万分之一		
SARCS	全球变化的分析、研究和培训系统的 东南亚区域委员会		
SBSTA	科学技术咨询辅助团体		
SCIAMACHY	大气绘图扫描成像吸收分光计		
SCOPE	环境问题科学委员会		
SCOR	海洋研究科学委员会		
SeaWiFs	海洋观测宽视域传感器		
SOIREE	南部海洋铁释放实验		
SOLAS	表层海洋-低层大气研究		
SOMNET	土壤有机质网络		
SOOP	商船		
SSC	科学指导委员会		
SST	海面温度		
START	全球变化的分析、研究和培训系统		
SVAT	土壤植被大气传输方案		
TCO	陆地碳观测		
TIROS-N	电视红外观测卫星 - Next		
TOPEX	雷达高度计海平面示踪美法轨道使命		
TOVS	TIROS 垂直操纵探测仪		
Traces	地球系统痕量气体和气溶胶循环		
TransCom	大气示踪传输模型比较计划		
UNFCCC	联合国气候变化框架公约		
USGCRP	美国碳循环科学计划		
WCRP	世界气候研究计划		
WGCM	耦合模型工作组		
WGSIP	季节至年际预测工作组		