

지난 6월11일부터 16일까지 이태리 서남부의 휴양지 카프리(Capri) 섬에서 제12회 국제레이저분광학회(12th International Conference On Laser Spectroscopy)가 열렸다.

나폴리에서 배를 타고 남쪽으로 40분 쯤 걸려서 도착한 이 섬은 사방이 석회암의 절벽으로 둘러싸여 있었다. 소형 전차로 꼭대기에 올라가니 광장

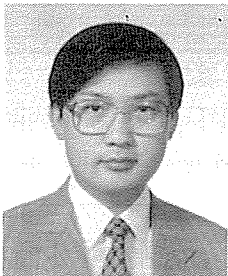
이 있는 2층 건물에서 진행되었고 이미 오래 전에 개조되어 최신 시설을 갖춘 전문학회 장소로 사용되어 왔다. 카프리라는 단어는 카프로스(kapros)라는 희랍어에서 나온 말로 이는 멧돼지를 의미하는데 아마 옛날 로마황제 일가가 이 곳을 휴양지로 애용할 때만해도 이 섬에 멧돼지가 많았던 것 같다. 물론 그 멧돼지들의 조상은 언젠가 이 섬이

40개국서 2백20여명 참석 국제레이저 분광학회

●일시 ... 6월 11일~16일

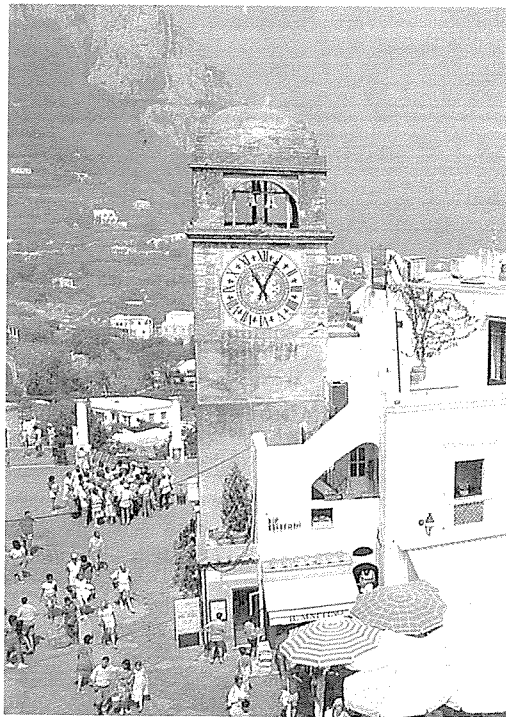
●장소 ... 이태리 카프리섬

「과학과 기술」은
지난 8월호부터
국내외에서 활약하는
과학기술인들의
「국제학술회의 참관기」를
신는다.



제 원 호

〈서울대 교수〉



▲학회장소 근처의 piazza 전경

(piazza) 근처에 조그만 집들이 다닥다닥 붙어있는 것이 보였다. 학회는 광장 근처에 조그만 분수와 아담한 정원

소렌토(Sorrento) 근처의 본토에서 지각 변동으로 분리될때 섬과 함께 운명을 같이한 것이 아닌가 생각된다.

자유토론 분위기로 진행

국제레이저분광학회는 1972년 미국의 몇몇 레이저물리 관련학자들을 중심으로 Vail에서 처음 개최된 이래 2년마다 Megeve, Jackson Lake, Jasper Park, Interlaken, Hawaii 등 세계 여러 곳에서 열려 왔다. 전체 학회 규모는 작은 편이지만 참가 인원을 2백여명 정도로 제한하여 초청함으로써 세계의 여러 활발한

연구자들 사이에 다양하고도 심도있는 자유토론의 분위기를 제공하는 것이 특징이다. 주로 원자물리, 광물리, 레이저분광학 및 관련 인접분야에서 지

난 2년동안의 중요한 연구 내용들을 정리하고 앞으로의 새로운 연구 방향에 대해 의견을 교환하는 것이 주된 목적이다.

올해에는 40여개국에서 2백20명 정도의 학자가 참가하여 성황을 이루었다. 월요일부터 금요일까지 매일 오전 9시부터 오후 8시까지 별 쉴 틈 없이 빽빽한 일정으로 진행되었다. 전체 구두 초청연사는 본인을 포함하여 55명이었고 포스터 발표도 1백50편 정도 있었다. 모든 구두강연은 parallel session 없이 모두가 다 참여한 가운데 이루어졌다.

筆者 등 55명이 초청연사로

그중에는 레이저분광학 및 원자물리분야에서 세계적인 몇몇 거장들의 초청 강연도 포함되어 있었는데 하버드대학의 노벨상 수상자 N. Bloembergen교수는 「A Quarter Century of Transient Raman Spectroscopy」에 대해서, College de France의 C. Cohen-Tannoudji 교수는 「Linear Superpositions of States in Radiative Processes」, 막스프랑크연구소의 T. Haensch교수는 「Precision Spectroscopy in Atomic Hydrogen」, 스탠포드대학의 S. Chu 교수는 「Experiments with Single Molecules of DNA : Polymer Dynamics and Biophysics」, Russian Academy of Sciences의 V. Letokhov 교수는 「Laser Photo-Electron Spectromicroscopy with Sub-Wavelength Spatial Resolution」, 그리고 Scuola Normale Superiore의 E. Picasso교수는 「Anomalous Magnetic Moment of the Muon and Related

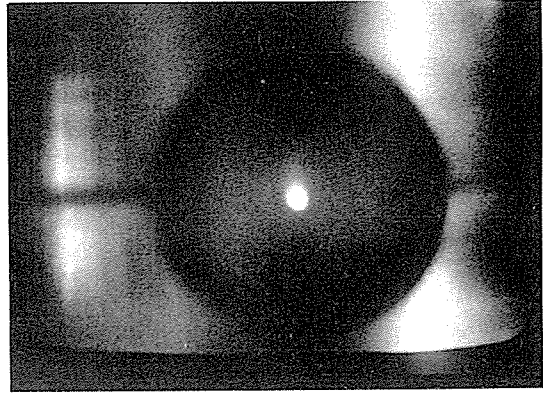
Topics」 등을 발표하였다.

이번 학회에서 발표된 내용중 가장 획기적이고 주목할 것은 미국 콜로라도대학의 E. Cornell교수(C. Wieman 교수와 공동연구)가 발표한 중성 원자의 레이저 냉각 및 포획을 이용한 Bose-Einstein Condensation (BEC)의 관측이다.

이는 오래 전부터 양자통계역학적 이론에 의해 예상되어 왔던 하나의 Holy Grail이었지만 실험적으로 관측되기는 이번이 처음이다. 포획된 원자들의 온도는 약 10nK(10⁻⁸K) 정도이고 그 트랩된 원자 샘플의 크기는 약 10⁻⁴m(10⁻⁵m)이었다.

이러한 조건하에서는 원자의 입자성보다는 파동성이 중요하게 되는데 그의 질량중심 운동에 따른 물질파장(혹은 de Broglie 파장)이 원자들 사이의 간격보다 길어지게 되고 이때 상전이에 의한 하나의 거시적인 응축된 상태가 생기게 되는 것이다. 즉 boson의 성질을 가지는 원자들은 그들의 운동 기저상태(motional ground state)에 무한히 축퇴되어 존재할 수 있게 됨으로써 고전적으로 설명할 수 없는 전혀 새로운 양자역학적 상태가 생기게 된다. 이 결과는 Cornell교수팀이 학회 참석 며칠 전에 얻은 것으로서 물리학 전반에 걸쳐 매우 획기적인 일로 평가되며 앞으로 이에 대한 연구가 활발히 이루어지리라 기대된다.

여기서 한가지 재미있고 기억할 만한 에피소드가 있었다. 이 BEC의 관



▲레이저에 의해 냉각 및 포획된 원자들의 형광(螢光)을 찍은 사진. 원자의 냉각 및 포획 원리는 원자가 레이저 빛을 흡수할 때 빛의 운동량, 즉 힘이 전달되고 이 광압(光壓)에 의해 원자의 운동 에너지가 줄어든다는 데 있다. 이 사진은 진공에서 반도체 레이저에 의해 냉각 및 포획된 기체상태의 루비듐원자가 발생하는 형광신호를 CCD (Charge Coupled Device) 카메라를 사용해서 촬영한 것이다. 포획된 원자트랩의 지름은 약 1mm였고 온도는 0.0002K 정도였다. 이 상태에서 포획된 원자의 온도가 더 낮아지고 밀도가 더 높아지면 BEC관측이 가능해진다. (사진 : 서울대 물리학과 원자물리실험실 제공).

측에 대하여 전 세계적으로 몇 몇 앞서가는 그룹들이 경쟁을 하고 있었는데 그 중 대표적인 것이 MIT의 Ketterle교수팀이었다. Ketterle교수는 Cornell교수 발표 바로 전의 연사로 초청되어 있었으나 참석하지 못한다는 팩스 한 장을 보내고는 결국 나타나지 않았다. 아마 학회 며칠 전부터 떠돌던 소문을 듣고 그 후로 계속 실험실에서 밤잠을 설치면서 BEC의 관측을 위해 안간힘을 다하고 있을 것이라고 많은 참가자들은 어렵지 않게 추측할 수 있었다.

質 중시하는 연구풍토 바람직

사실 1980년대 후반 레이저를 이용한 원자의 냉각 및 포획 실험이 성공적으로 발표된 이래 이것이 BEC를 볼 수 있는 가장 좋은 방법일 것이라고 많은 사람들이 기대해 왔었다. 관심은 과연 누가 어떻게 여러 산적해 있는

어려움들을 지혜롭게 해결하는가에 있었다고 해도 과언은 아니다. 이러한 종류의 일, 즉 학문적으로 큰 영향을 끼칠 수 있을 뿐 아니라 새롭고도 독창적인 Holy Grail을 찾으려는 연구 주제들에 대해서는 우리도 이제 중·장기적으로 투자를 하면서 끈질기게 도전해 볼 만하다는 생각이 들었다. 이를 위해서는 우선 양보다 질을 중요시하고 서두르지 않는 연구 풍토가 바람직할 것이다.

또 한가지 재미있고도 경이로운 일은 스탠포드대학의 Chu교수가 발표한 레이저 핀셋(optical tweezer)에 관한 것이었다. 이는 물리학과 생물학이 함께 만들어낸 최첨단 연구내용인데 레이저를 이용하여 원자들뿐 아니라 0.01cm 정도의 미세한 입자들도 마음대로 포획 및 조작할 수 있다는 점을 이용하고 있다. 이것을 이용하면 살아있는 생체기관(예 : 박테리아)을 아무런 상처없이 다른 위치로 이동시킬 수 있고, 또 살아있는 세포 내에 있는 물체(예 : 세포의 핵 속에 있는 염색체)를 세포막에 구멍을 뚫지 않고도 레이저로 조작할 수 있다. Chu교수는 레이저를 이용한 DNA의 광학적 조작에 대한 최근 연구를 발표했는데 간단한 유전자 조작뿐 아니라 나아가 gene regulation, gene transcription, gene repair, gene mapping 등의 연구에도 응용이 가능함을 보였다.

이러한 레이저 핀셋을 이용하면 분자들을 여러개 모여있는 하나의 집합체로서가 아니라 분자 하나 하나를 개별적으로 연구할 수 있게 되고, 이는 물리, 화학, 분자 생물학 연구 등에 새로운 가능성을 제공하고 있다. 특히 이 분야는 학제간 공동 연구가 활발히

이루어 질 수 있는 좋은 연구분야가 아닌가 생각한다.

주로 3~4명의 초청 연사들이 하나의 공통된 주제에 관해서 발표를 하는 방식으로 학회가 운영되었는데 그 주제들을 살펴보면, 우선 laser-cooled atom을 이용한 Bose-Einstein condensation, cold atom을 이용한 optical lattice, 새로운 laser cooling techniques, optical atom manipulation과 atom lithography, cavity quantum electrodynamics (Cavity QED) in atoms and semiconductors, round-table on hydrogen spectroscopy, QED and fundamental constants, laser biophysics, high-resolution atomic and molecular spectroscopy, quantum optics with trapped ions, spectroscopy with clusters, laser instrumentations 등등이 있다.

필자는 첫날 optical atom manipulation / atom nanophysics 주제하에 「Photon Scanning Tunneling Microscope와 그의 양자 광학적 특성」을 발표하였는데 Bloembergen교수 등 여러 학자들로부터 아주 새롭고 흥미로운 연구 내용이라는 평을 들었다. 일반적으로 종래의 광학현미경으로는 사용하는 조명광의 파장보다 작은 물체를 관측하기 어렵다. 이는 광이 렌즈의 초점면에 맺힐때 파장보다 작은 영역에는 집속되지않고 상이 희미해지기 때문이다. 이와같은 분해능의 한계를 회절한계라 부르고 일상적인 광학현미경으로는 극복할 수 없는 기본적인 한계이다.

그러나 물질과 빛의 상호작용에 의하여 물질 근방에 공간적으로 국소된

광을 참여한 광섬유로 관측하면 회절한계를 넘는 고분해능의 광학현미경을 실현시킬 수 있는데 이를 광자주사 터널링 현미경 (Photon Scanning Tunneling Microscope : PSTM)이라 부른다. 필자는 이 PSTM의 물리학적 작동 원리에 대한 새로운 이론을 제안하였고 이를 뒷받침하는 여러 실험결과들과 응용들에 대해 발표하였다. 참고로 이것을 사용하면 초고밀도 광기록, 생체구조 관찰, 반도체 및 광소자 평가 등 미세 물체의 측정 및 평가뿐 아니라 단원자 수준의 미세기공이 가능하게 된다.

국제회의의 참가인원 늘려야

본 학회 참석자들은 주로 atomic, molecular and optical (AMO) 분야의 학자들이었는데 다른 물리분야에 비해 비교적 이 society는 작지만 거의 서로가 친숙한 관계를 가지고 있다. 여러 사람들과 최근의 이슈뿐 아니라 각자 수행중인 연구 내용들을 교환할 수 있었고 우리나라 연구자들의 연구 활동에 대해서도 홍보를 하였다.

특히 '오 솔레미오' 노래를 들으며 앞으로 도움이 될 많은 정보와 의견을 나눌 수 있어서 본인으로서 매우 뜻깊은 시간들이었다. 그리고 그동안 비교적 교류가 적었던 중국, 일본, 러시아, 호주의 학자들과도 여러 공동 관심사를 나눌 수 있었다.

한가지 아쉬웠던 것은 한국에서 참석된 연구자는 본인 혼자였는데 아시아의 다른 나라에서 참석한 인원과 비교해 볼 때 앞으로 이 분야에서 연구중인 국내의 많은 분들에게서도 함께 참석하여 더욱 활발한 교류를 했으면 하는 바람이다. 