

이화학연구소

광양자공학연구센터의 연구 방향

글 미도리카와 가즈미 / 국립연구개발법인 이화학연구소 광양자공학연구센터 센터장

번역 유정훈 / 그린광학 사업개발그룹장



1. 처음

2018년 4월 1일, 국립연구개발법인 이화학연구소에서 광양자공학연구센터가 발족했다. 그때까지의 광양자공학연구영역의 3그룹 16팀 체제를 개편해서 4영역 17팀으로 스타트를 끊었다. 영어명은 RIKEN Center for Advanced Photonics, 약칭 RAP이다.

2. 4개의 연구방향

레이저를 중심으로 한 광 과학 연구는 폭넓은 분야에 걸쳐 있다. 그러한 중에서 광양자공학연구센터는 네 가지 방향을 중심으로 기초연구를 전개하는 것으로 정했다. 첫 번째 방향은 초단 펄스 레이저가 만들어 내는 강력한 광 전장에 의한 여러 가지 비선형 광학현상의 연구이고, 그 대표예가 고차고주파에 의한 아토초 펄스 발생과 그것을 사용한 초고속 현상의 해명이다. 그것들의 연구영역은 고강도장 물리 혹은 극단비선형 광학이라고 한다. 두 번째는 레이저광을 사용해서 원자·분자의 동작을 멈추는 소위 '레이저냉각'방법을 사용해서 초고정도의 원자시계를 실현하고, 이것을 물리정수 등의 초정밀 계측과 상대론적인 측지학으로 전개하려고하는 분야이다. 세 번째 방향은 광의 회절현상을 넘는다는 연구이다. 고전적인 광학에 있어서는 광으로 물체를 볼 때는 광의 회절에 기초하는 한계가 있어 광 파장의 반분정도까지밖에 식별할 수 없다는 것이 상식이었다. 그 한계를 파괴해서 가시광에서 나노미터 사이즈의 대상을 식별하려고 하는 시도가 있고, 그것이 근접장광학과 초해상현미법 등의 연구이다. 한편, 인공적으로 형성된 파장이하 사이즈 구조체에 의해 광을 제어하는 것을 목적으로 하고 있는 것이 메타물질(metamaterial)에 관한 연구이고, 이들 파장이하 사이즈의 구조와 이미지를 연구대상으로 하는 것이 세 번째 방향이다. 그리고 네 번째 방향은 전파와 광 사이를 연결하는 테라헤르츠 광의 연구이다. 레이저가 출현하기 이전, 1954년에 마이크로파의 증폭기로서 메이저(MASER)가 발명되었다. 그러자 많은 연구자는 다음의 타깃은 광 증폭이라고 생각하고, 전파와 광의 중간영역인 테라헤르츠 광의 연구는 주류에서 방치되어 있었다. 그러나 근년, 그 유니크한 특성이 기초연구에서 산업응용까지 폭넓은 분야에서 새롭게 주목을 모으고 있다.

이들 연구를 추진하기 위해, 광양자공학연구센터에서는 광이 가지는 퍼텐셜을 극한까지 추구하는 '익스트림 포토닉스연구영역'과 전파와 광 사이를 연결하는 '테라헤르츠 광 연구영역', 초해상 이미징과 파장이하의 구조에 의한 신기능 개척을 겨냥한 '서브파장 포토닉스 연구영역'이라는 세 가지 연구영역을 설정했다. 특히 새롭게 설치된 '서브파장 포토닉스 연구영역'은 레이저 정밀가공과 메타물질에 관한 물리·공학 분야의 연구팀과 초해상 이미징을 중심으로 한 생

명과학 분야의 연구팀을 하나의 영역으로 융합시키는 것에 의한 상승효과에 의해 새로운 분야가 개척되는 것을 기대하고 있다.

한편, 이화학연구소의 연구센터는 그 사명으로서 사회적 과제의 해결, 즉 연구성과의 사회 환원이 요구되고 있다. 그것에 대한 하나의 방책으로서 당 센터에서는 굳이 '연구'라는 문자를 영역의 명칭에서 분리된 '광양자공학기반기술 개발영역'이라는 네 번째 그룹을 설치했다. 이 영역에서는 기초연구에서 개발된 레이저광원과 측정 장치 등을 실험실 밖의 과혹한 환경에서도 안정적으로 동작시키기 위한 기술개발과 개량 및 타 기관 등으로의 기술 및 장치의 공용을 주요 미션으로 하고 있어 보다 공학을 의식한 체제로 되어 있다.

3. 보이지 않는 것을 보이도록

광양자공학연구센터의 발족에 앞서 '광양자공학연구'를 개시함에 있어 전문가 외의 사람들에게도 센터가 겨냥하는 곳의 연구내용을 한마디로 알 수 있는 표어가 필요하다고 생각했다. 그래서 생각한 것이 "Making the invisible visible", "보이지 않는 것을 보이도록 한다"이다. 우리들은 무엇을 보고 싶은가? 그것을 보는 것에 의해 무엇이 가져오는가? 예를 들면 매우 고속으로 동작하는 것과 현상이 있다. 레이저가 발명된 이후, 레이저광의 펄스폭은 급격히 짧게 되고, 2000년쯤에는 펨토초 레이저를 사용해서 분자와 원자 거동을 파악하는 것까지 가능으로 되었다. 그리고 지금, 다음 과제는 원자와 분자를 구성하는 전자 동작을 파악하는 것이다. 그것이 아토초 과학이고, 화학반응의 본질적 이해에 연결될 가능성이 높다. 또 그러한 전자를 제어하는 것에서 페타(1000조)헤르츠영역에서 동작하는 초고속 전자디바이스의 가능성도 열리는 것이 기대되고 있다.

또 선진국에서의 공통 문제의 하나가 의료비 상승이다. 이것을 억제하는 수단으로서 중요한 것이 생체정보를 비침습으로 얻는 것이다. 고속으로 발전파장을 절환 하는 것이 가능한 적외 레이저를 사용한 혈류의 광 음향 이미징과 광대역의 중적외 레이저에 의한 내쉬는 숨의 미량분석 및 테라헤르츠 광에 의한 체표면의 보습상태 계측 등은 그 역할을 담당하는 것으로 기대되고 있다. 테라헤르츠 광에 관해서는 그 투시능력을 살린 시큐리티 응용도 중요한 과제이고, 당 센터



터에서는 광원개발에서 이미징 계측방법 그리고 산업이용을 응시한 양자 캐스케이드 레이저의 개발까지 폭 넓게 연구하고 있다.

한편, 일본에서는 터널과 교량 등 1960년부터 1980년대의 고도 경제성장기에 만들어진 대형구조물의 대부분이 이후 10년부터 20년에서 그 수명을 맞이하려 하고 있다. 이러한 대형 인프라의 검사는 대량생산된 공업제품과는 달리, 하나로서 같은 상황의 것은 없어 현 지에서의 비파괴검단이 불가결하다. 광양자공학연구센터에서는 레이저, 테라헤르츠 광 그리고 중성자 빔이라고 하는 여러 가지 광·양자 빔 기술을 구사한 비파괴검사법을 개척해서 이 과제에 도전하고 있다. 특히 중성자 빔은 투과력이 클 뿐만 아니라 X선에서는 곤란한 수분 등의 검출이 가능한 것에서 대형구조물의 비파괴검사로의 이용이 기대되고 있다. 그와 같은 상황 중에서 최근, 당 센터에서 개발하고 있는 소형 중성자빔을 사용해서 반사계측이 가능한 것이 실증되어 산업계에서도 그 이용이 크게 주목을 모으고 있다.

더욱더 큰 스케일에서는 지구 그것의 활동을 파악하는 것도 도전하고 있다. 일본은 수년정도마다 지진과 화산 분화라고 하는 큰 자연재해에 휩쓸려왔다. 지금까지 여러 가지 방법에서 그 예측이 시도되어 왔지만 아직 불충분하고, 그곳에 완전히 새로운 광기술로 도전하고 싶다고 생각한다. 그 일례가 당 연구센터에서 개발해온 초고경도의 광 격자시계가 있고, 중력 퍼텐셜에 민감히 반응해서 표고차를 1cm이하의 정도에서 단시간에 계측하는 것이 가능으로 되었다. 즉 시간을 측정하는 것이 아니라 중력 퍼텐셜을 정밀한 한편 고속으로 측정할 수 있도록 되었다. 이 기술을 이용하는 것에 의해 화산에 대한 마그마활동의 관측, 지하자원의 탐사라고 한 원자시계의 이미징에서는 생각지도 않은 응용이 생기고 있다. 덧붙여서 당 센터에서 개발된 레이저 레이더는 남극과 북극과 같은 극한환경에도 설치되고, 지구환경의 모니터링에 공헌하고 있다.

4. 결론

영어로 'Enabling Technology'라는 말이 있다. 일본어에서는 '실현 기술' 즉 사회 변혁을 일으키는 '뭔가를 실현하는 기술'이다. 돌이켜보면 18세기중반부터 19세기에 걸쳐 일어난 산업혁명은 '증기기관' 발명이 그 큰 요인이고, 그와 같은 의미에서 '메카닉스의 세기'였다고 할 수 있다. 그리고 20세기는 전신과 컴퓨터로 대표되는 전자공학 '일렉트로닉스의 세기'라고 할 수 있을 것이다. 그리고 현재는 그 전자가 담당해온 기능의 대부분이 광에 의해 대체 대도록 되고 있고, 수십 년 후에 돌이켜 보았을 때에는 21세기는 광양자공학 '포토닉스의 세기'였다고 말할 수 있는 것을 기대한다. 광이 가지는 퍼텐셜은 무한하고, 당 센터가 공헌할 수 있는 영역은 한정되어 있을지도 모르지만, 광양자공학연구센터에서는 지금까지 보이지 않는 것을 보는 것을 제일 목표로 하고, 그것을 위해 광의 가능성을 극한까지 추구한다. 볼 수 있으면 그것을 이해하고, 제어하는 것에도 가깝게 된다. 그리고 그 과정에서 축적된 광양자기술을 연구의 세계뿐만 아니라 실용가능한 장치를 만드는 곳까지 진행해 사회에 도움 되고 싶다.