

# 광 기술 로드맵

지난 1996년부터 광기술 로드맵 책정 활동을 해오고 있는 일본광산업기술진흥협회(OITDA)는 올해 2010년대의 사회적 요구에 대응할 수 있는 광산업기술의 비전을 제시하고 그 실현을 위한 구체적 방안을 모색해 볼 수 있는 광 가공분야의 기술 로드맵을 완성했다. 특히 '광 산업 구조 중장기 전망'에는 2010년과 2015년의 광 기술과 광 기술 관련 제품이 총망라 되어 있어 우리나라를 비롯하여 일본 이외의 다른 국가들의 연구 개발 방향 설정에 상당한 도움이 될 것으로 보인다. 따라서 본 고에서는 '옵토뉴스 2003년 3월호'에 게재된 OITDA의 광 기술 로드맵의 내용을 정리해 보았다. <편집자 주>

## 1. 서론

일본광산업기술진흥협회는 2010년대의 사회적 요구에 대응할 수 있는 광 산업 기술의 비전을 제시하고 그 실현을 위해 어떠한 방법으로 기술을 개발해 나가야 하는지에 대한 구체적인 방향을 제시하여, 기업별 기술 개발 전략의 지침이나 국가적 프로젝트의 형성, 산학연의 전략적인 연구 추진 및 나아가 일본 이외의 다른 국가들의 연구 개발을 촉진시키는 것을 목적으로 하여 광 기술의 로드맵 책정 활동을 1996년부터 전개해 오고 있다.

올해는 이미 책정되어 있는 광 정보 통신, 광 정보 기록, 전자 디스플레이, 입출력, 계측 센싱 및 광 에너지 각 분야에 이어, 광 가공 분야의 기술 로드맵을 책

정하였다. 또한 [광 산업 구조 중장기 전망]활동으로서 2010년과 2015년의 광 기술과 광 기술 관련 제품을 총망라하여, 내년도 이후의 [광 산업의 장래 비전] 검토에 도움이 되도록 하였다.

## 2. 광 가공 로드맵

### 2.1 광 가공 분야의 개요

광 가공의 필요성은 여러 분야에서 요구되고 있다. 고출력 레이저를 이용한 소위 매크로 가공 분야의 경우 자동차 분야나 일반 금속 가공 분야 뿐만 아니라 철강 분야나 중전(重電)기기, 교량, 차량, 항공기, 선박 등의 중공업 분야에 이르기까지 앞으로 한층 더 새로운 전개가 기대되고 있다.

한편, 극소(미크로) 나노 가공의 신산업 창조 분야에서는 고출력 자외단파장 레이저나 초단 펄스 레이저 등 새로운 레이저 광원을 이용한 회로 기판의 미세 구멍 뚫기나 유리 등 투

명체의 미세 가공, 단파장 CW 고체 레이저 어닐링 (Annealing) 등을 이용한 다결정 Si-TFT의 고성능화, 디지털 정보 가전이나 광대역, IT용 디바이스에 레이저를 이용한 미세 나노 가공 등이 주목을 받고 있다.

광 가공 로드맵 분과회에서는 이와 같은 광 가공 분야를 산업적 측면에서 장래성을 검증하기 위하여, 특히 그 핵심이 되는 레이저 (CO<sub>2</sub>, YAG, 엑시머, 반도체 레이저, 기타 펄스 초 레이저 등의 장래성이 있는 신규 레이저)에 대해 현재의 시장 규모와 장래를 고찰하여 광 가공 분야의 로드맵을 책정하였다.

2.2 로드맵 책정

분과회에서는 광 가공의 응용 분야 = needs면과 광 가공의 요소 기술 = seeds면으로 나누어서 광 가공의 로드맵을 정리하였다.

2.2.1 광 가공의 응용 분야

(1) 대표적인 산업 분야

광 가공의 산업 이용면에서 자동차·중공업 분야, 정보·통신 분야, 반도체·전기 분야, 의료 분야라는 4개의 대표적

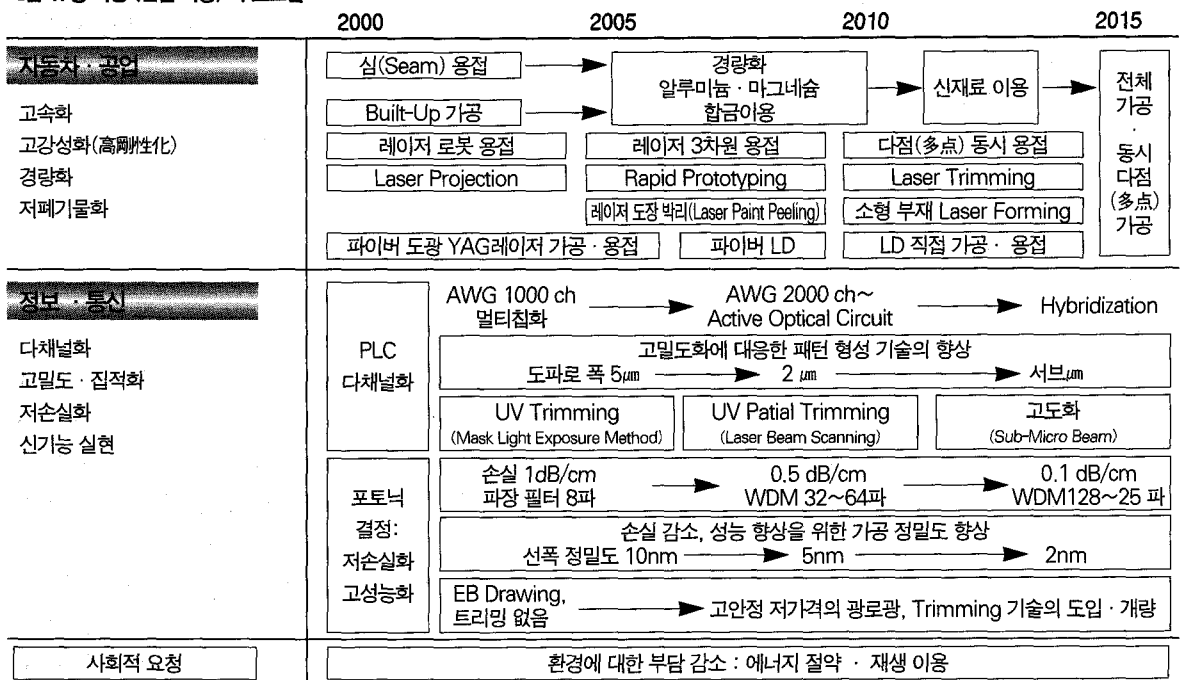
인 분야를 예로 들어, 해당 분야에 응용한다는 관점에서 광 가공의 로드맵을 그려 보았다 (그림 1, 그림 2). 광 가공이 이러한 산업 분야에서 어떻게 사용되며, 어떻게 산업 발전을 촉진시켜 나갈 수 있는지와 해당 분야의 가공 니즈(needs)에 광 가공 기술을 어떻게 대응시킬 수 있는가에 대하여 전망해 보았다.

(2) 신 산업 창조 (시즈(seeds)에서 이용으로)

산 산업의 창조라는 관점에서 최첨단 기술 시즈(seeds)를 어떠한 방향에서 이용할 수 있을지를 전망하기 위해서 나노 어플리케이션, 펄스초 가공, 원자·분자의 직접 가공이라는 3개의 관점에서 로드맵을 그려 보았다 (그림 3).

산업상 아직 뚜렷이 존재하지 않고, 가공 니즈와 광원 시즈의 구체적인 대응도 명확하지 않지만 앞으로 신산업이 될 것이 유력하다.

그림 1. 광 가공 (산업 이용) 의 로드맵



2.2.2 광 가공의 요소 기술

앞에서 설명한 니즈(needs)를 실현하기 위해서 필요한 가공용 레이저 광원의 로드맵을 광 발생 기술, 광 제어 기술로 나눠 제시해 보았다.

그림 4, 그림 5는 광원 기술 개발에 이용 분야를 대응시켜서 로드맵으로 나타낸 것이다. 업계의 트렌드를 반영하여 광원

으로는 고체 레이저를 중심으로 정리해 보았다. 직접 이용하든 고체 여기용(勵起用)으로 하든 공통 기반은 '반도체 레이저'이다. 이것은 CO<sub>2</sub>, 엑시머, LD-YAG에 이은 국가적 프로젝트의 광원 개발에 있어서 차후 유력한 후보로서 기대를 모으고 있다. 또한 '초단 펄스 레이저'도 새로운 가공 기술을 개척해 나갈 도구로서 유망하다. 궁극적으로는 고평균 출력을 가능케 하는 '자유 전자 레이저'도 광원으로 들었다. 또한 '방사광'이라고 하는 극단파장의 빛을 이용하는데 있어서 유용한 초미세 광 가공 기술과 로드맵도 나타내었다.

그림 2. 광 가공 (산업 이용) 로드맵 2

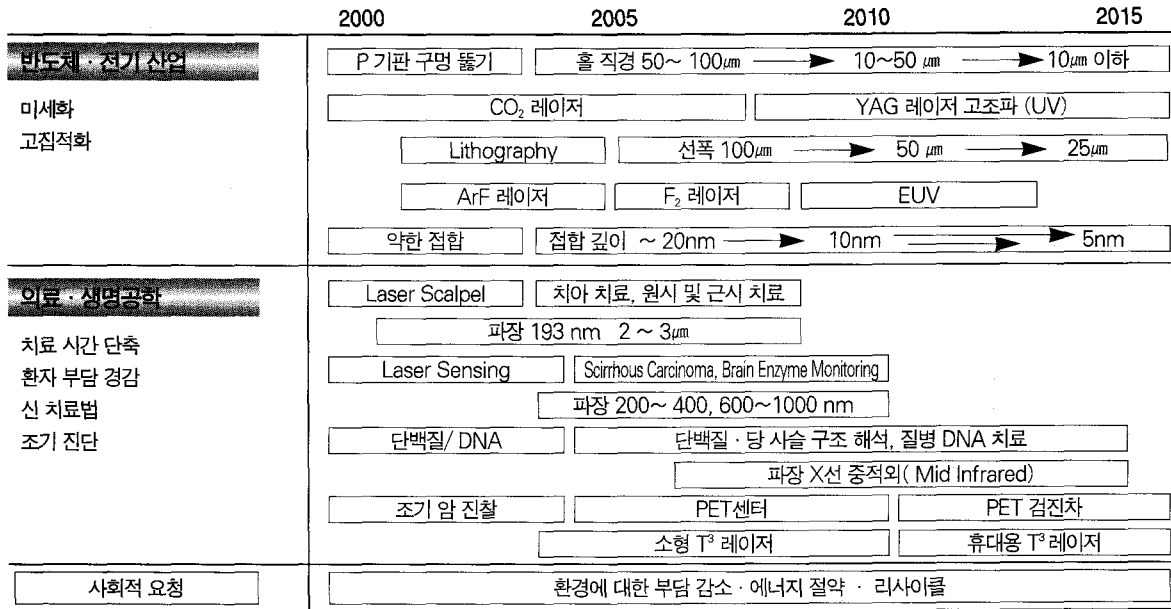


그림 3. 광 가공 (신산업 창조) 로드맵

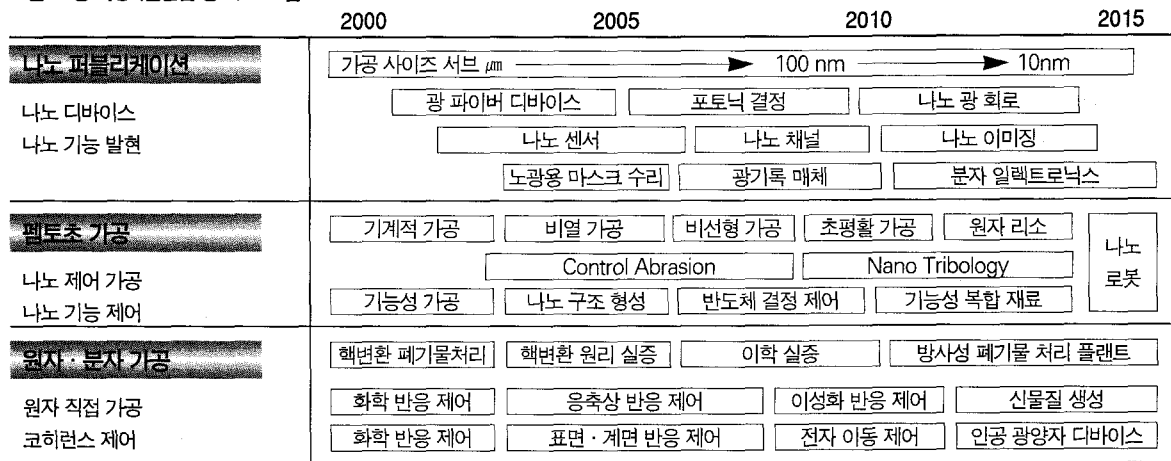


그림 4. 광 가공용 광원 로드맵 1.

	2000	2005	2010	2015
<b>직접 가공용 반도체 레이저</b>				
고휘도화		CW 1MW/cm <sup>2</sup>		CW 10MW/cm <sup>2</sup>
고출력화		CW 바출력 100W	→ 300W	→ 600W
고효율화		KW-LD의 경우 50%	→ 60%	→ 60%
고수명화		200 시간	→ 300 시간	
10kW 파이버 전송		0.6mm Core	→ 0.4mm	→ 0.2mm
LD 직접 가공 · 용접				
<b>반도체 여기 고체 레이저</b>				
고출력/고효율화		15kW/20%	→ 20kW/30%	→ 50kW/50%
고품질화		M <sup>2</sup> ~10@10kW	→ M <sup>2</sup> ~1@1kW	→ M <sup>2</sup> ~1@10kW
단파장 고출력화		200W @가시역 40W @355nm 20W @266nm	→ 1kW @가시역 0.5kW @355nm 0.1kW @266nm	→ 2kW @가시역 1kW @355nm 0.2kW @266nm
파장 변환 효율		20%	→ 30%	→ 40%
신형 매질		세라믹 레이저 · 파이버 레이저 · 박막 레이저		
P기판 홀 뚫기/미세 마이크로 나노 가공/ Laser Peeling, Forming, Trimming				
<b>소형 초단 펄스 레이저</b>				
소형 고성능화		Briefcase	→ Palmtop	→ Fingertop
		주파수 기준	3차원 메모리 R/W	휴대 기기 주파수 기준

그림 5. 광 가공용 광원 로드맵 2

	2000	2005	2010	2015
<b>고출력 초단 펄스 레이저</b>				
고평균 출력화				
1ps ~ 100 fs		5kHz, 5W	→ 50kHz, 50W	→ $\begin{matrix} \text{주 } 100\text{kHz} \\ \text{주 } 100\text{W}/600\text{W} \end{matrix}$
		High Throughput 3차원 나노 가공, 기능성 가공		
30 ~ 10 fs		1kHz, 30W	→ 1kHz, 300W	→ 1kHz, 1kW
		화학 반응 제어	PET 압 검진	
고 피크 출력화		1PW	→ 10PW	→ 1EW
		원자 직접 가공 · 진공 파피		
<b>자유 전자 레이저</b>				
고평균 출력화		10~20kW	→ 100kW	→ 1MW
		고 스루풋 가공(High Throughput Processing)		
단 파장화		200nm	→ 100nm	→ <10 <sup>25</sup>
방사 광원		반도체 노광, 단백질 구조 해석		
고휘도화		10 <sup>20</sup>	→ 10 <sup>23</sup>	→ 10 <sup>25</sup>
Brightness : photons / s2mm / 0.1 % BW				
		Deep Xray Lithography		
		Nano-Imprinting	소형 액추에이터	나노 디바이스
		Narrow Pitch Probe Card	DNA 칩	

그림 6에서는 상기의 광원 개발과 병행하여 진행해야 할 광 제어 기술로서, 3 가지 주요 제어 기술인 [파장 변환 기술], [위상 제어 기술] 및 [회절 · 광 제어 기술]을 예로 들어 이에 대해 소개한 후 장래성에 대해 전망해 보았다.

### 2.3 광 가공 기술의 보급을 위하여

상기 광 가공의 로드맵을 실현하기 위하여 일본이 당면하고 있는 과제와 더불어 앞으로 해결해 나가야 할 방안에 대해서 고찰해 보았다.

우선 [기초 연구에서 실용화 연구로]에서는 광 가공 산업의 발전을 위해 산업계에 정말로 필요한 실용적이고 핵심적인 것들을 어떻게 시의 적절하게 신뢰도를 높이고 안정화시켜 적어도 준양산 규모로 제공할 수 있는지 시나리오를 세우고, 실용화를 효과적으로 성공시키기 위한 연구 개발 프로젝트의 기획의 중요성에 대하여 설명하였다.

다음에 [인재 육성]에서는 일본의 경우, 자외광을 이용한 반도체 미세 가공, 비열 가공, 펄스초 레이저 가공 등 고부가가치의 최첨단 가공으로의 전환이 불가결하므로 민관 협동으로 인재 육성을 위한 프로젝트를 입안하고, 광 기술 연구 교육의 거점을 일본 대학에서 찾는 등 집중적으로 광 가공 분야의 전문가를 육성하는 것이 당면 과제임을 설명하였다. 마지막으로 [광 기술 보급 네트워크]에서는 기초와 실용화 사이의 보급 체제라 할 수 있는 완충 장치(버퍼)의 존재가 불가결하므로 전국적으로 이러한 광 기술 개발 · 보급 네트워크 거점을 구축해야만 하는 필요성을 제기하였다.

### 3. 광 산업 구조 중장기 전망

### 3.1 활동의 배경과 개요

본 활동은 로드맵 책정 활동을 산업 구조적 관점에서 재검토하여 광 산업이 2001년도에 마이너스 성장을 한 이유에 대해 살펴본 후, 과거 3차에 걸쳐 이루어진 [장래 비전]을 재 정비해야 할 시기라는 점을 감안하여 장래 비전의 준비 단계라는 의미를 두고 올해 검토된 것이다.

광 산업, 광 관련 제품의 장래 시장 규모를 정량화하여 예측하는 것은 내년으로 미루고, 올해는 그 기초적인 데이터로서 광 기술, 광 관련 제품이 2010년과 2015년에 어떻게 전개될 지에 대해 중장기적 관점에서 광 기술, 광 관련 제품의 현황 및 동향을 조사 분석하고 장래를 예측해 보았다.

### 3.2 제4차 장래 비전을 책정함에 있어서

1994년도에 책정된 제3차 [광 산업의 장래 비전]은 다가올 21세기를 제2정보화 시대의 시작으로 보고, 네트워크가 가져올 연대 혁명, 멀티 미디어화를 통한 고도 정보화 사회의 도래에 대응할 수 있는 광 산업의 신기축 및 광 산업·광 기술의 동향을 주시한 내용으로 이루어져 있다. 제3차 장래 비전을 책정한 후, 인터넷과 휴대 전화가 폭발적으로 보급됨에 따라 개인의 생활 스타일이 변화되었다는 것은 주지의 사실이다. 또한 순식간에 인터넷 비즈니스가 경제 성장의 견인차가 되어 버렸고 아울러 환경 보호, 고용의 유동화, 출산율 저하, 고령화 등이 사회적 현상으로서 한층 더 현저해지기 시작하였다.

올해의 [광 산업 구조 증장기 전망]에서는 기술적 측면에서 2010년, 2015년의 광 기술·광 관련 제품에 대하여 전망

그림6. 광 가공용 광 제어 기술 로드맵

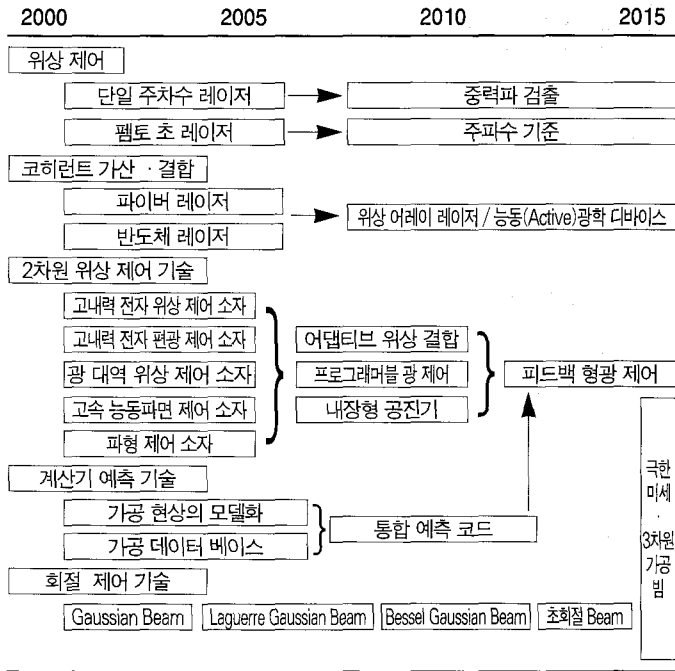
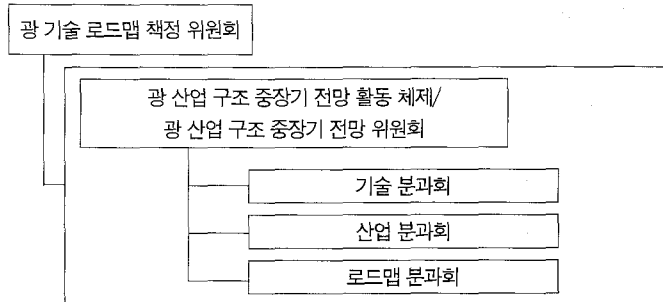


그림 7. 광 산업 구조 증장기 전망 활동·체제



해 보았다. 이것을 토대로 내년도 이후, 지구 환경 보전과 화석 연료의 대체 에너지 전환이라는 세계적인 추세를 따르고, 일본의 출산율 저하·고령화라고 하는 필연적 현상과 더불어 나아가 유비쿼터스(Ubiquitous) 정보 사회화로의 진전 등과 같은 외부 환경의 변화를 고려하여 이러한 사회가 도래했을 때의 사회적 요구 그리고 산업계의 요구가 무엇인지, 그리고 여기서 생기는 니즈(needs)와 요망(wants)이 무엇인가를 고찰하여 한층 더 발전적으로 광 산업의 장래 모습을 그려나갈 예정이다.