

일본의 인듐 순환구조 및 관리 전략 분석

김 유 정¹⁾ · 김 종 성²⁾

1) 한국지질자원연구원 정책연구부

2) 에코리켄

인듐은 액정 모니터, 플라즈마 디스플레이 패널 등에 이용하는 투명전극용 ITO 타겟재료로 주로 사용된다. 인듐을 함유한 ITO(Indium-Tin Oxide)가 1990년대 들어 투명성, 전기 전도성, 열적 반사도에 탁월한 성능 덕분에 LCD(액정디스플레이)에 활용되면서 인듐의 수요가 급증하고 있다. 2009년에는 액정 텔레비전은 5,900만대, 플라즈마 디스플레이는 1,160만대로 증가하여 세계 텔레비전의 37%를 차지할 것으로 예측되고

있어 지속적으로 인듐의 수요가 확대될 것으로 예상된다. 또한, 에너지 절약형 조명 기구로서 인듐을 사용하는 LED램프 제품이 개발되어 공항의 착륙용 램프, 차 전조등, 교통 신호 등에서의 사용이 증가하고 있다.

이러한 인듐 수요의 급증으로 인해 2001년 kg당 113\$이던 인듐의 가격이 2005년 상반기에는 1000\$까지 올라 같은 기간에 급속 증가 큰 가격증가율을 나타내었으며, 현재는 다소

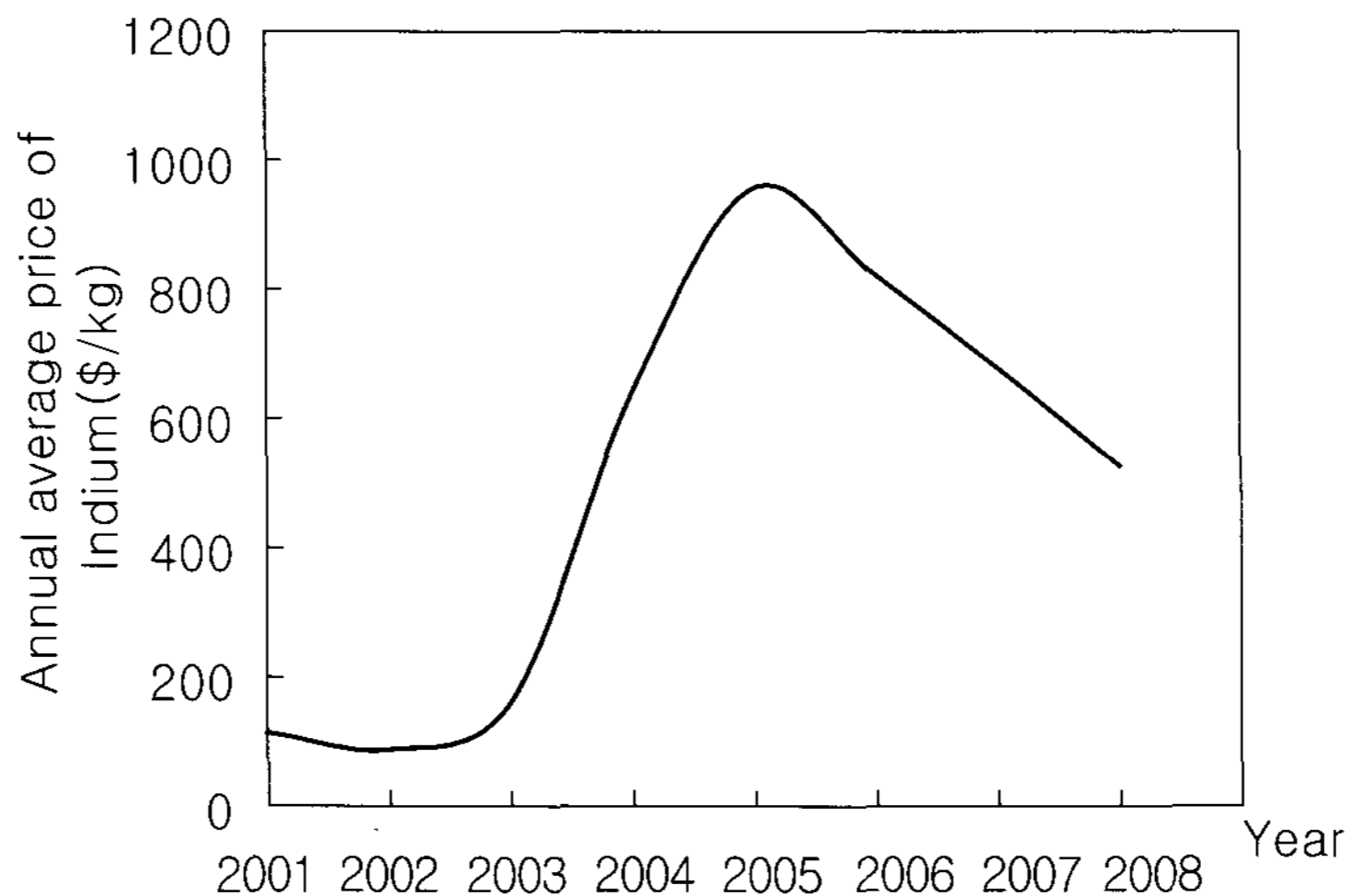


그림 1. 인듐의 연평균가격(대한광업진흥공사 홈페이지 및 USGS Mineral Commodity Summaries, 2008). 2008년은 1월 평균가격임.

표 1. 세계의 인듐 생산량과 매장량 (단위/톤)

Country	정련인듐 생산량					매장량	
	2002	2003	2004	2005	2006	매장량	기저매장량
미국	-	-	-	-	-	300	600
벨기에	40	30	30	30	30	*	*
캐나다	45	50	50	50	50	1,000	2,000
중국	160	180	200	300	300	280	1,300
프랑스	65	10	10	10	10	*	*
독일	10	10	10	10	-	NA	NA
일본	60	70	70	70	55	100	150
페루	6	6	6	6	6	100	150
러시아	15	15	15	15	15	200	300
기타	15	15	15	15	14	800	1,500
Total	416	386	406	506	480	2,800	6,000

* 자료출처: U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries(2002-2007)

가격이 안정되어 527\$(2008년 1월 평균)에 이른다(그림 1). 이러한 인듐의 가격 급등은 인듐을 비롯한 희유금속의 순환자원관리 중요성을 인식하는 시발점이 되었다.

인듐은 아연·연 광석, 석광석 등의 부산물로서 생산되지만, 가채매장량은 2800톤(2006년 기준)으로 은이나 수은 등보다도 많으나 2006년 생산량기준 가능채집 년 수는 약 6년으로 짧다. 인듐의 세계생산은 총 506톤(2005년 기준)으로 그 중 중국이 300톤을 생산하고 있으며, 일본이 70톤을 생산하고 있다(표 1). 또한 2005년 기준으로 인듐 공급의 29%에 해당하는 210톤을 2차 자원(스크랩)으로 충당하고 있어 재활용률이 높은 편이며, 그 중 일본이 200만 톤을 공급하고 있으며 일본의 인듐 재활용기술 및 재활용률은 세계적이다. 우리나라는 최근 인듐 재활용 공정기술이 개발되고 있으며, 특히 회수 기술 개발로 종래의 95%정도 회수율에서 99.999% 고순도의 인듐을 얻을 수 있는 원천기술을 확보하였다.

일본의 인듐 물질흐름

인듐 수급동향

일본의 인듐 수요는 세계 최대로 2002년 이후 평균 연 22%로 증가하고 있으며 2005년에는 634톤으로 전년 대비 17%의 증가율을 보였다. 이러한 높은 증가율은 전체의 수요의 80%를 차지하는 투명 전극용 ITO 타겟재 수요 증가로 인한 것이다. IPS 알파 테크놀로지(히타찌, 마쓰시타, 도시바 등이 출자한 회사)는 액정패널을 연간 500만대(2007년 10월 기준) 생산하는 체제를 이루고 있고, 플라즈마 디스플레이 역시 마쓰시타, 후지쓰, 히타찌, 파이어니어 등의 기업들이 생산 증강을 도모하고 있다. 현재 인듐은 투명 전극용 ITO타겟 용도의 본딩재, 화합물 반도체, 형광체, 저융점 합금 등이 있지만 액정에도 사용되는 본딩재를 제외하고 대부분 수요 변화는 없다(표 2).

2006년 일본 인듐 공급구조를 살펴보면 인듐

표 2. 인듐의 일본 수요추이(단위: 톤)

		2000*	2001	2002	2003	2004	2005	2006
공급	국내생산	50	55	60	70	70	70	73
	수입량	131	171	140	264	421	422	433
	스크랩 재생		127	158	160	230	329	530
	공급 합계	188	353	358	494	721	821	1036
수요	투명전극	282	260	300	360	470	610	790
	본딩	18	19	21	25	35	46	73
	화합물 반도체	5	17	4	7	7	7	9
	형광체	6	8	8	8	8	8	8
	저용점 합금	6	6	6	6	8	12	12
	전지재료	6	5	5	5	5	5	5
	기타	7	8	11	8	8	8	8
	수요 합계	335	323	355	419	541	696	905

* 스크랩 재생은 포함되어 있지 않음

* 자료출처 : 工業レアメタル No. 119-123(2003-2007)

은 아연 제련의 부산물로서 일본내 아연정련업체(도와광업(주), 미쓰이금속광업(주), 스미토모금속광산(주), 도호아연(주) 및 니치코금속(주))에서 73톤을 생산하고 해외에서 수입 433톤, 스크랩 재생량 530톤으로 합계 1,036톤에 이른다. 그리고 2006년 공급이 수요를 131톤을 상회하고 있지만 이 물량은 ITO 타겟생산업체, 인듐정련업체, 수출입업체 등이 재고로 보유하고 있다.

일본은 세계 2위의 생산국이었지만 도요하광산이 광량 고갈로 2006년 3월말 조업 중단으로 연간 약 30톤의 인듐 공급이 중단되어 수입 아연광의 부산물로부터 생산과 ITO타겟 등으로부터의 재활용 증강으로 그 공급이 보충될 전망이다. 이를 위해 안나카 제련소에서 19년 만에 인듐 회수를 재개했고 도와광업에서는 재활용 회수 설비를 증강(50톤→100톤→150톤으로 단계적으로 증강)하고 있다. 그리고 가전제품생산업체는 ITO부대설비로부터 인듐의 회수 및 재활용을 강화하는 노력을 하고 있다.

일본의 인듐 수입구조를 상세히 살펴보면 다음과 같다. 2006년 일본의 인듐 수입원은 중국이 240톤, 한국 116톤, 캐나다 44톤, 그 외 지역이 약 33톤으로 수입대상국 중 중국이 총 수입량의 약 55%에 이른다. 한편, 중국에서 2001년 7월에 일어났던 광산 사고에 의해 히로니시 치완족 자치구 난단현에 있는 많은 광산이 폐광되어 인듐 공급량은 급격하게 떨어질 것이라 예상되었다. 하지만 가격이 낮을 때 비축된 중국 내 인듐재고나 방치되고 있던 아연 잔사 등에서 인듐을 회수하는 것을 통해 공급 부진은 비교적 적게 나타났고, 일본이 중국에서 수입한 인듐량은 2003년 및 2004년에는 역으로 크게 증가하였다. 그러나 2005년도에는 중국의 환경규제 강화에 의해 중국내 소규모 비인가 공장이 많이 폐쇄되면서 중국으로부터 수입량은 전년 수준에 그쳤으며, 2006년에는 오히려 감소하였다. 그리고 2002년까지는 프랑스에서의 수입량도 40톤 이상이었으나, Metaleurope사의 폐쇄에 의하여 급격하게 감소하였다(표 3).

표 3. 일본의 인듐 수입(단위: 톤/년)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
중국	49.8	86.0	75.2	156.0	299.0	295.6	239.7
한국	-	-	-	-	-	37.0	115.9
미국	2.6	10.9	30.0	47.8	26.9	25.6	1.6
캐나다	20.8	20.1	13.8	29.6	34.8	29.9	44.3
러시아/CIS	0.9	1.3	0.2	12.9	19.7	4.3	4.0
프랑스	49.3	41.6	16.2	5.1	1.8	0.1	0.0
기타	7.1	11.3	5.1	13.1	38.4	29.6	27.9
합계	130.5	171.2	140.5	264.5	420.7	37.0	433.4

* 자료출처 : 工業レアメタル No. 119(2003), No. 123(2007)

일본의 인듐 SFA (Substance Material Flow Analysis)

인듐을 지속가능하게 관리하기 위해서 인듐의 전주기적 흐름을 분석하는 물질흐름(Material Flow Analysis)분석이 필요하다. 즉 인듐의 제

조·판매, 공정 폐기물의 발생·처리, 인듐을 원재료로 하는 제품의 수출입, 사용필 제품으로부터 회수, 국내 및 해외의 인듐 스크랩의 수출입 등의 국제적인 자원순환도 포함한 인듐의 전생애(life cycle) 흐름을 파악해야 한다. 이와 더불어 일본의 수출된 제품내 인듐이 수입국에서

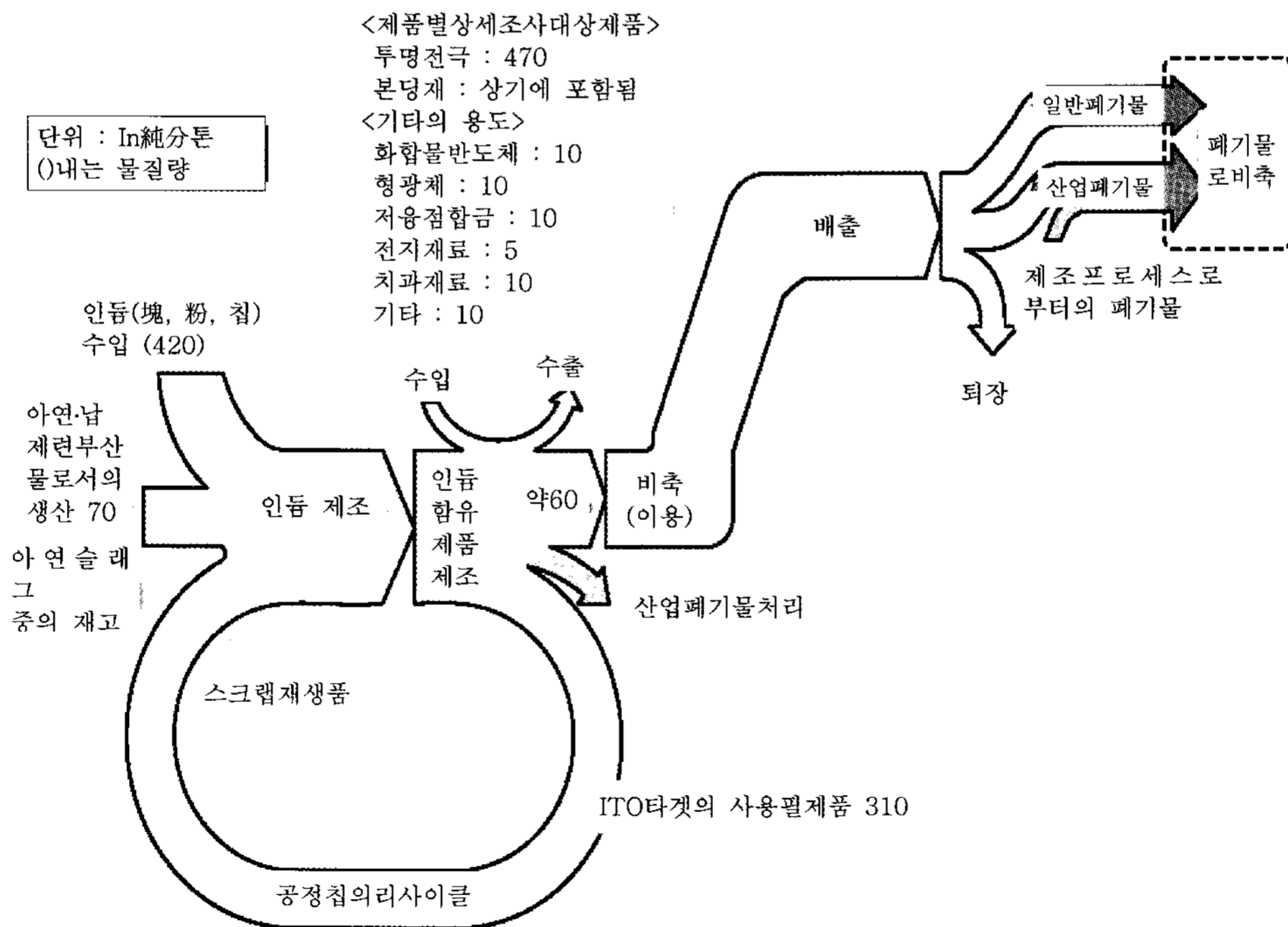


그림 2. 일본의 인듐 물질흐름(資源戰略研究會, 2006).

어떤 소재·부재·부품에서 회수되고 있을까, 또 회수는 어떻게 되고 있으며, 어떻게 재활용되고 있는가, 또한 재활용의 실정은 어떠한가 등의 의문을 수입국 현지 기업, 수입국 진출 일본계 기업 등에의 설문 및 현지 조사를 기초로 파악하여 제3국의 재수출 상황에 대해서도 확인할 수 있다. 이러한 접근은 정확한 상황을 파악하여 문제점을 도출한다는 점과 공정 폐기물의 발생 억제나 재활용의 추진전략 도출에서 실효성을 높여 새로운 원료의 확보와 환경문제 해결이라는 관점에서 지극히 중요하다.

이를 위해 경제산업성에서 2006년도에 실시한 광물자원공급 대책조사(經濟産業省, 2007a)에서는 일본 경쟁력의 확보차원에서 19개 광종 및 액정 패널 등, 네오디뮴 자석, 촉매, 단단한 공구, 리튬 이온 전지, 특수강, 자동차의 7품목을 대상으로 원료채취에서부터 생산, 사용, 재활용 및 폐기단계까지 전생애주기를 분석하여 그 결과를 근거로 개별 희유금속 및 제품분야별 개별 대응 전략을 구성하였다(그림 2). 일본의 산업

원료로 투입되는 인듐의 발생지는 다음과 같이 구성된다. 국내 광산(광석 제련)/국외 광산(수입)/국내 비축(국가 비축과 민간 비축)/국내 광산 아연슬래그 중의 재고(슬래그 제련)/국내 제조 설비공정 스크랩(재활용)/국내 폐제품(재활용)/수입되는 국외 폐기물 (스크랩(분해 후) 또는 함유 폐제품(분해 전))(수입 & 재활용) 등이다. 일본의 경우 인듐 자원 관리의 범위는 상기의 7개의 공급 Source와 제조공정 및 소비 부분이 된다. 한국의 경우는 인듐 광산이 존재하지 않으므로 5개의 공급 Source가 형성되어 있다.

일본의 인듐 순환구조

일본의 인듐 순환 현황

일본은 2005년 기준으로 국내 인듐 수요의 52%를 인듐스크랩을 통해 수급하였다. 인듐스크랩은 비철제연이나 재활용회사에 정제된 후

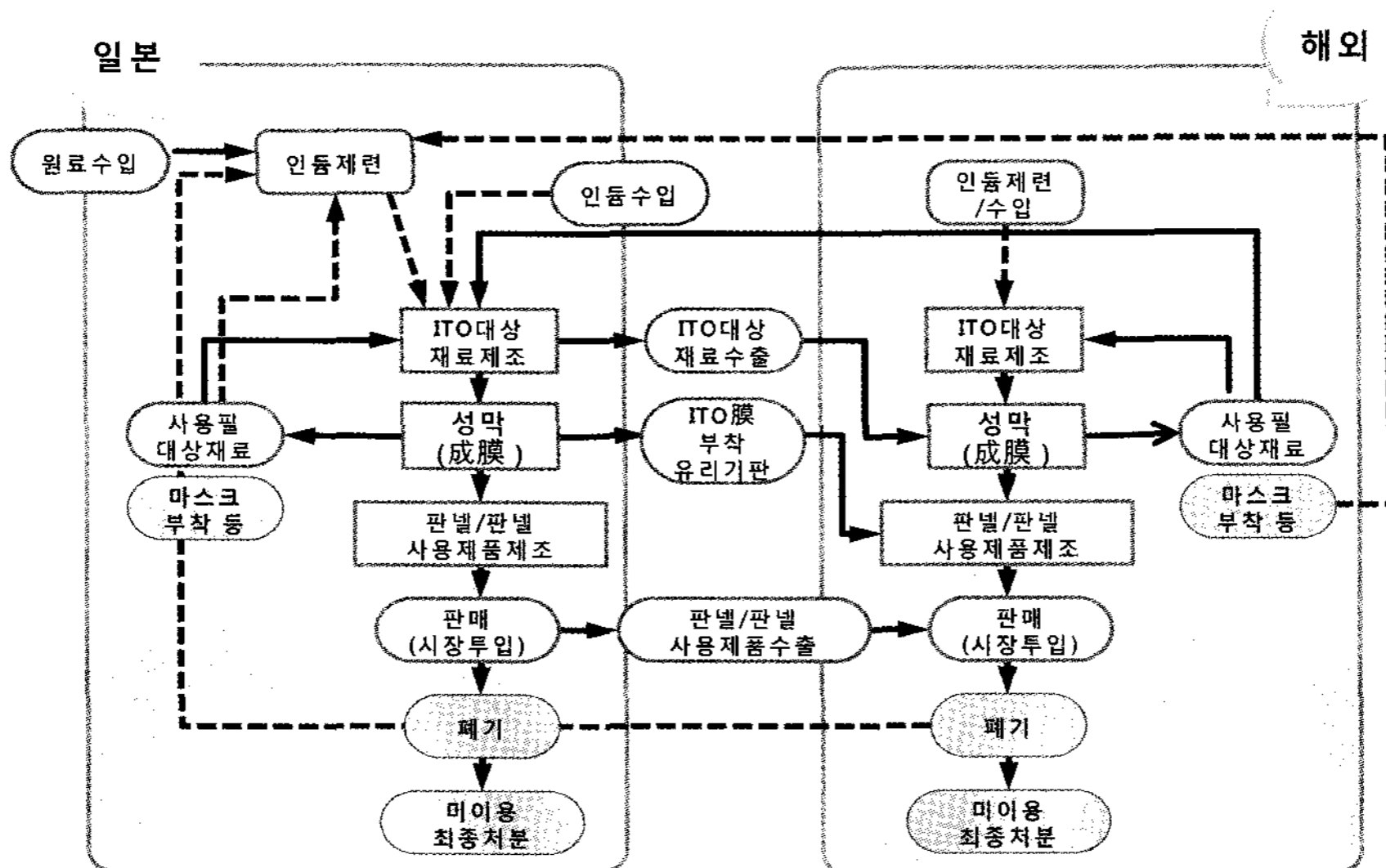


그림 3. ITO 제조용 인듐의 물질 흐름(遠藤小太郎, 2006).

타겟생산업체로 판매되어 인듐 버진재와 동일한 용도로 사용되고 있다. 타겟재에 사용된 인듐의 약 70%가 사용될 ITO타겟재에서 배출되고 다시 타겟 원료로서 재활용되는 특수한 체제이다 (그림 3). 그러나 지금까지는 최종 제품인 액정 디스플레이로부터의 인듐 회수는 대부분 행해지지 않았다. 최종제품인 액정 모니터 속에 포함되는 인듐량은 1~2g 정도이며, 또 최근 기술 개발로 점차 인듐량 사용이 감소하고 있어 경제적으로 재활용 채산이 맞지 않았기 때문이다. 경제적인 요인 외에 최종제품을 분해하고 나서 인듐을 회수할 때까지 시간이 걸리는 것, 스크

랩을 저장해 두는 방대한 토지가 필요한 것, 인듐을 취한 후의 폐기물 처리에 비용이 드는 것 등을 들 수 있다. 그리고 ITO에는 인듐이외 원소가 미량 포함되어 있는데 제조회사 및 기종에 따라서 그 성분이 달라 인듐을 회수해도 그대로 이용할 수 없어 새로운 폐기물로 인식되고 있다. 또한, 장치 부착분을 제외하고 폐에칭액, 불량 패널 등에 함유된 것에 관한 재활용은 이루어지지 않고 있다. 한편, ITO타겟 제조과정에서는 상당량의 공정 폐기물이 발생하고 있어 그 발생 억제가 과제로 남아 있다(표 4).

현재 일본에서 인듐 순환에 있어서는 액정 등

표 4. 인듐 함유 제품의 재활용 현황(2006년 기준)

제품	사용될 제품 내 인듐		재활용 구조			
	형태	양① (톤)	재활용 실태	재활용 주기②	재활용률③	재활용 현상평가④
인듐 함유 납땀 및 퓨즈	전자기기 등의 납땀, 퓨즈 넣은 전자기기	(8)	전자기기 등 사용될 제품에서 재활용 없음	휴대폰(1~2년) 텔레비전 10년	50%	B-E
형광체	브라운관 내부 도포 막	(8)	재활용 없음	(5년)	0%	B-E
액정 및 플라즈마 텔레비전	ITO박막	790	ITO타겟의 사용될 제품은 재생품화	매회	80%	AA
			사용될 패널에서 리사이클 시작	(5~10년)	0%	E
치과재료	치과합금	(3)	귀금속 전문 업자가 재활용	(5~10년)	0%	B-D
베어링	합금	(1)	재활용 없음	(5~10년)	0%	C-D
반도체소자	칩	(9)	폐제품 회수 재활용 없음	(5~10년)	0%	E
			InP 등의 공정내 스크랩 재생	매회	100%	
본딩합금	기판류	(77)	재활용 없음	(5~10년)	0%	B
전지재료	ITO박막	(5)	사용될제품으로부터 없음	(10~30년)	0%	E

* 출처 : JOGMEC (2007)

* 양 : 제품생산에 사용된 인듐의 양. ()값은 추정량

* 재활용주기 : ()값은 추정 사용 연수, 그 외는 실제 재활용 연수

* 재활용율 : 제품내 인듐 재활용율을 의미하는 것이 아니라 제품의 재활용율을 의미함

* AA. 재활용 경로 확보 / A. 응용 제품이 소모품 / B. 첨가물로서 사용 / C. 재활용 유통 시스템 부재 / D. 효과적인 재활용 기술 부재 / E. 경제성 부재 / F. 수요 개발이 불충분

패널 제조 시 공정칩의 발생 억제, 사용필 ITO 타겟의 재활용(프로세스의 수율·경제성의 향상), 내벽 부착분의 재활용(라이닝(lining)재료의 개발), 패널 불량품의 재활용(추출 비용 절감에 의한 경제성의 향상)이 요구된다. 또한, 사용필 제품 내 인듐의 함유량이 소량이어서 재활용으로 인한 효과성과 효율성을 검토한 후 경제성이 있는 기술을 개발하는 것이 필요하다. 최근에 인듐의 순환구조 형성을 위해 산업계 및 학계에서는 인듐 회수시스템 구축 및 회수·재활용기술 및 대체물질개발을 시도하고 있다. 샤프(주)는 2006년부터 본격적으로 휴대전화 같은 소형 액정패널로부터 인듐을 회수하는 사업에 착수하고 대형 액정패널로부터 시험적 회수를 시작하고 있다. 도와광업은 2005년 열용해로나 전기분해 설비를 증설하여 인듐 회수량은 150톤/년으로 증강하고 있으며 이는 세계 최대수준이다. 미쓰이금속 광업(주)은 2007년까지 다케하라 제련소의 산화 인듐 생산 능력을 30톤/월로부터 50톤/월로 증강하였다. 도호아연은 2005년 11월부터 안나카 제련소에서 19년 만에 인듐의 생산을 재개했고, 대학 등에서도 ITO의 대체재로서 ZnO(산화 아연)가 착안되고 이를 개발하는 연구가 진행되고 있다. 또한 높은 인듐의 높은 가격 때문에 시중 스크랩으로부터 인듐 회수율도 높아질 것으로 생각되며, 제품생산에 사용되는 인듐 스크랩량은 더욱 증가할 것으로 전망된다.

일본 인듐 자원순환 기술개발

일본 문부과학성의 희유금속 수급리스크진단(文部科學省, 2006)에 따르면 인듐은 '공급'과 '가격적 측면'에서는 리스크가 중간이지만 '수요'와 '비축 및 재활용'에 있어서는 리스크가

높은 것으로 나타났다. 그리고 일본자원전략연구회는 희유금속별 탐광개발 및 무역, 재활용, 대체재 등의 관점에서 전략을 제시하였다(資源戰略研究會, 2006). 탐광개발과 무역투자에 관해서는 인듐의 경우 중국에서 70%를 수입하고 있기 때문에 공급원의 다각화와 아연광산의 탐광개발 및 광채로부터 회수하는 것이 과제로 부각되었다. 이에 대한 구체적 대안으로 러시아 및 캐나다에서 광물 상태의 황화물광상에서 인듐을 회수하는 것과 볼리비아, 페루, 아르헨티나에서 아연광석 중에서 인듐 회수하는 것을 제안하고 있다. 재활용과 관련해서는 사용이 끝난 제품으로부터 인듐을 회수하는 기술개발 및 회수 경로 확립 등이 해결해야할 과제로 지적되었다. 마지막으로 대체재료 개발은 투명전극용 ITO에 대해서 아연이 대체품의 후보지만 인듐과 동등한 투과율과 전기 전도성을 소유하는 대체 재료의 개발은 어려운 상황이다. 따라서 모든 분야에서 인듐 대체를 목표로 하는 것이 아니라, 화면 사이즈나 용도별로 적절한 대체재료를 개발하는 것이 필요하다고 지적하였다. 또한 기능 발현의 이론연구, 계면제어 등의 재료개발 관련 기술연구, 프로세스 관련 기술연구의 추진, 관청 사용화 기술개발을 제안하였다.

한편, 일본 경제산업성은 2006년 금속자원의 순환구조 형성을 위해 '금속 3R(Reduce, reuse, recycle)기술로드맵'을 작성하였다(經濟産業省, 2006). 3R기술로드맵에서 인듐과 관련된 기술개발은 박형 디스플레이 패널에서 ITO분리 및 ITO스크랩으로부터 In을 재활용하는 기술개발과 박형 디스플레이나 자동차 실내의 ITO에 사용되는 In을 대체할 물질 개발을 제시하고 있다.

일본 경제산업성에서는 2007년부터 희유금속 대체물질 개발사업의 총 7개 과제를 진행하고 있는데 그 중 인듐에 대해서는 2개의 과제를 수

행하고 있다. 첫 번째 과제는 ITO박막에 있어 현재 상태의 In₂O₃ 조성(90%)을 신규 원소의 첨가에 의하여 50%까지 줄이면서, 현재의 상태와 동등한 기능(도전성, 투과도)을 갖는 재료 조성을 알아내고 그 타겟 양산 기술을 개발하는 것이다. 그리고 박막 자체의 두께도 절감시키는 기술을 개발하며 박막 형성시의 낭비를 최소화하고, ITO 나노 잉크 및 그 도포법을 개발한다. 두 번째 과제는 대형 Flat Display용의 반응성 플라즈마 증착법(RPD법)성막 기술을 개발하고, In을 전혀 사용하지 않는 신규 재료와 새로운 산화 억제형 성막 기술(기초 기술은 직류 마그네트론 스퍼터링)을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

순환전략을 통한 인듐 수요 예측

일본(遠藤小太郎, 2007)은 액정제품의 장래 수요를 예측한 후 재활용률 제고 및 인듐 물질 대체 등 2개의 개선 시나리오를 설정하여 인듐의 고갈

시기를 예측하였다. 시나리오 1은 2011년부터 공정 내 재활용 향상과 폐제품 재활용을 도입하는 경우이며, 시나리오 2는 2015년부터 2019년까지 단계적으로 인듐을 다른 물질로 대체(29인치 이상 대형 TV의 50%와 그 이외의 액정제품 모두를 대체하는 한편 화면 면적당의 사용량을 감축)하는 경우이다. 그 결과 인듐의 기저매장량 6000톤을 기준으로 한다고 해도 2011년(현상 유지 시나리오)~2017년(시나리오 2)경에 고갈의 위험이 나타날 것으로 예상하였다(그림 4, 표 5).

이와 더불어 4개의 인듐 유효이용을 위한 개선전략을 수립하고 전략별 시나리오분석을 통해 인듐의 누적사용량을 예측하여 전략의 효과를 확인하였다. 개선전략은 ① 공정 배출물(제조 프로세스에서 발생한 인듐을 포함한 배출물)의 회수·재활용 ② 인듐의 이용 원단위 삭감 ③ 사용 후 제품으로부터 회수·재활용 ④대체물질 개발로 선정하였다. 공정배출물을 재활용하는 전략의 결과는 현상태(세계전체 재활용률 70)를 유지할 경우나 일본 내 재활용 수준을 80%, 97% 증가시킨 두 경우, 세계전체 재활용률을

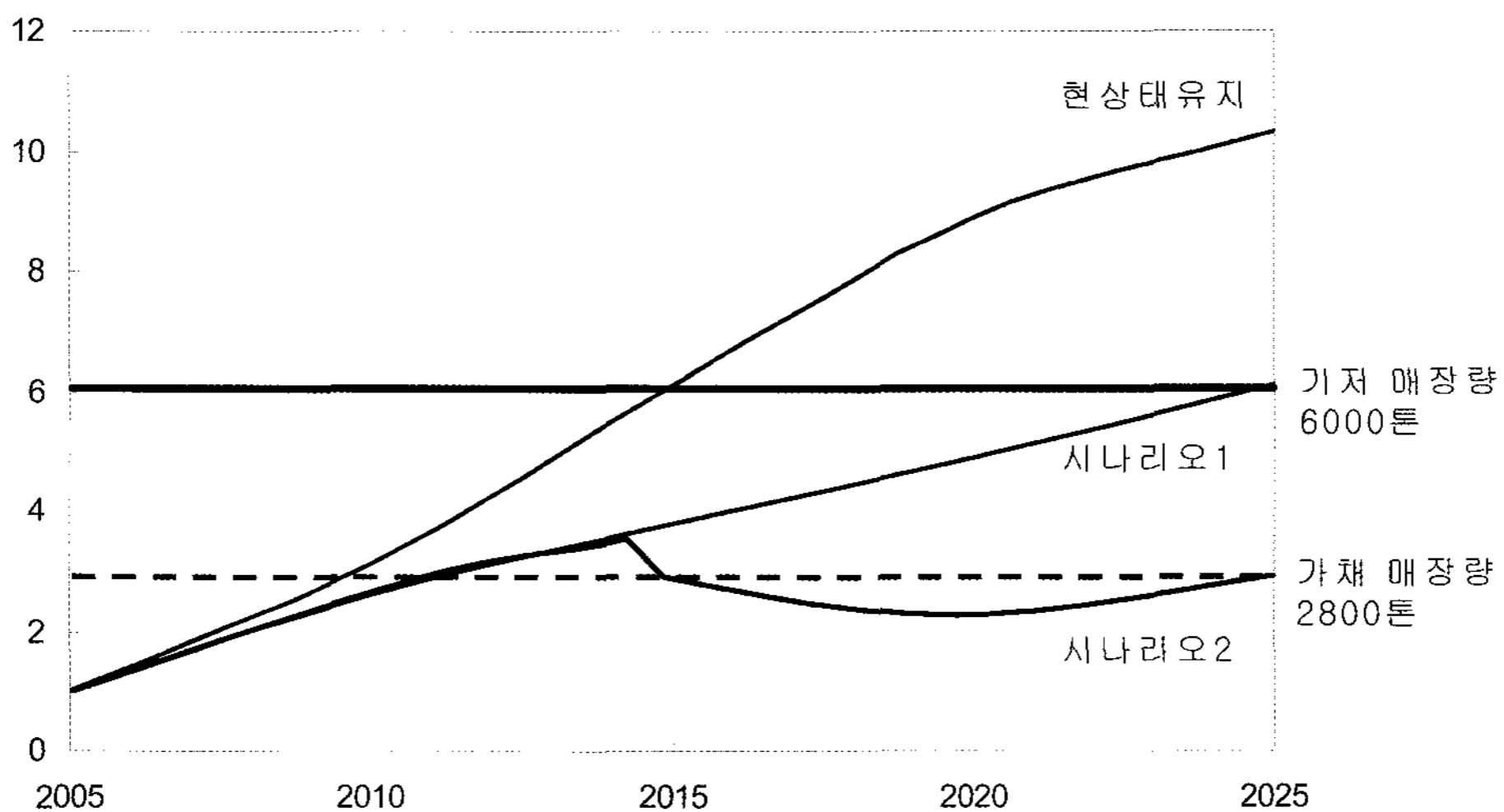


그림 4. 시나리오별 인듐 일차자원 누적 사용량(遠藤小太郎, 2006).

표 5. 시나리오별 인듐 고갈 시기 예측

	시나리오 0	시나리오 1 (재활용 추진)	시나리오 2 (시나리오1+사용량저감)
도입시기	-	2011년	2015년
공정내 재활용율 향상	70%	85%	85%
폐제품 재활용율 향상	0%	50%	50%
제품내 함유량 저감	0.09 g/inch	0.09 g/inch	0.06 g/inch
인듐 대체	없음	없음	있음
인듐 고갈 시기 예측 (확인 매장량 6,000톤 기준)	2019	2025	< 2025

* 출처: 遠藤小太郎(2006)

* 시나리오0 : ITO타겟 재활용만하는 현시스템 유지

* 시나리오1 : 2011년부터 공정 내 재활용 향상과 폐제품 재활용을 도입

* 시나리오2 : 2015→2019년에 단계적으로 대체 (29형태 이상 대형 TV의 50%와 그 이외의 액정제품 모두를 대체하는 한편 화면 면적당의 사용량을 삭감)

80%로 증가시켰을 경우 등을 고려했을 때 모든 경우에서 인듐의 고갈시점이 2018년에서 2020년으로 큰 차이가 없었다. 그러나 세계전체 재활용률을 97%로 증가시켰을 경우에는 2025년까지 인듐누적사용량이 가채매장량인 2800톤 보다는 많지만, 기저매장량보다는 적은 4000톤으로 나타났다. 그리고 1인당 인듐함유량을 현 수준의 2/3수준으로 하였을 경우 인듐은 2021년에 인듐고갈에 이르고, 현 수준의 1/2수준으로 하였을 경우 고갈시점은 2025년으로 나타났다. 폐제품의 재활용 및 회수 전략에 있어서는 '현 상태 유지'와 '일본에서 폐기되는 제품을 100% 회수하여 인듐 회수'와 '세계에서 폐기된 제품을 100% 회수하여 인듐 회수' 하는 시나리오 모두 고갈시점이 2018년으로 나타나 전략적 효과가 떨어지는 것으로 나타났다. 마지막으로 대체전략별 분석결과 대체율을 50%로 하였을 경우 2023년에 누적 인듐 사용량이 잠재매장량인 6,000톤에 이르며, 액정 텔레비전은 50%로 대체하고 그 외 인치수가 작은 물건에 대해 100% 대체하였을 경우에는 인듐사용 누적량이

2015년에 가채매장량(2006년 기준)인 2,800톤을 넘어서며 2025년에는 4,000톤에 이른다. 이러한 분석으로 지속적인 인듐의 사용을 위해서 인듐이용원단위 삭감과 대체물질 개발이 가장 효과적이며 필수적임을 확인할 수 있었다.

또한 효과가 있는 상기 두 전략에 대해 도입시기를 분석한 결과 인듐원단위 삭감전략은 대책시작 시기를 바꾼다고 해도 누적 수요량이 일반적으로 2025년경에는 6,000톤에 달할 것이 예상되었다. 또한 물질대체전략(100% 대체 경우)에 대해서는 대책개시 시기가 늦으면, 예를 들어 2020년일 경우에는 누적 수요량이 2025년까지 6,000톤에 달해 지속적인 사용에 제약이 생기는 것으로 나타났다.

인듐순환구조 형성 전략

이상에서 살펴본 내용을 바탕으로 인듐의 순환구조 형성을 위해 향후 추진해야 하는 전략을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 인듐을 이용할 수 있는 아연 광산의 개발
- ② 인듐 정련 기술의 개선
 - 아연 정광 잔사로부터 인듐 추출률 : 50% 정도 향상
- ③ ITO 제조 기술의 개선
 - ITO 소결 밀도의 향상
 - 스퍼터 캐소드의 개량에 의한 타겟 사용 효율의 개선
 - 스퍼터링 방법의 개량에 의한 부착량 저감화
 - ITO 사양의 적정화를 통해 · 박막화에 의한 제품 중 함유량의 절감
 - ITO 타겟 중(속) 인듐 함유량의 절감
 - ITO의 대체 재료 개발, 적용 분야의 개척
- ④ 패널 제조 공정에 있어서 공정 재활용의 촉진
 - 기관 마스크용 플레이트에 부착한 ITO의 회수(15%)
 - 에칭 액에서 ITO의 회수(5%)
 - 불량 패널에서 ITO의 회수(2%)
- ⑤ 폐 제품의 회수
 - 가전 재활용 경로를 통해 폐액정 텔레비전 회수패널 유리, ITO 회수)
 - 퍼스널 컴퓨터 재활용 경로를 통해 폐액정 모니터 회수
 - 휴대 전화 등 액정 모니터 회수
 - 회수 루트의 구축(국내, 해외): 해외에서 판넬 박리 후 일본에서 재생
 - 패널의 해체 기술 확립(국내, 해외)
 - 각종 폐제품으로부터 회수한 ITO의 고순도화 정제 기술
 - 다른 유용 금속과 공동 회수를 통해 경제성 개선
- ⑥ 수익률이 높은 인듐 원료를 사용한 액정 패널 제조 기술
- ⑦ 거점 정비와 비용
 - 액정 텔레비전에 관해서는 장래의 가전재활

- 용법에 의한 재활용 시설+비철제련
- 휴대 전화에 관해서는 이미 확립하고 있는 판매점 회수+비철제련
 - 폐 제품의 해체는 소비지에 행하고 해외의 경우는 일본에 패널 유리의 형태로 반입
 - 개발 과제 : 국제 순환을 실현하기 위해 해체 방법의 확립 및 표준화 필요(단기)
- ⑧ 환경 부하(노동 위생)
 - ITO 소결체의 절삭 · 연마 작업 종사자의 건강(폐결핵) 문제 해결 필요

참고문헌

- 대한광업진흥공사 홈페이지 (www.kores.or.kr)
- 經濟産業省 (2006) 3R(リデュース'リユース'リサイクル)分野の技術戦略マップ.
- 經濟産業省 (2007) 今後のレアメタルの安定供給対策について.
- 資源エネルギー廳 (2007) レアメタル17鑛種のマテリアル・フローと課題について.
- 文部科學省 (2006) 文部科學省として取り組むべき元素戦略.
- 遠藤小太郎 (2006) 希少資源の循環とリサイクル — インジウムを例として.
- 資源戰略研究會 (2006), 非鐵金屬資源の安定供給確保に向けた戰略.
- アルム出版(2003-2006), 工業レアメタル No. 119-122.
- JOGMEC (2007) 鑛物資源マテリアルフロ 2006.
- USGS (2002-2008) Mineral Commodity Summaries 2002-2008.