

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

산업의 기초원료 광물자원

서울대학교 에너지자원공학과 세미나 2008. 10. 28

조성준
한국지질자원연구원 자원탐사개발연구실장



Engineering geophysics

Outline

- 광물자원 소개
- 광물자원의 수급 현황과 전망
- 해외자원개발 진출 현황/전략 및 문제점
- 자원개발 프로시저-FS를 중심으로
- 자원물리탐사

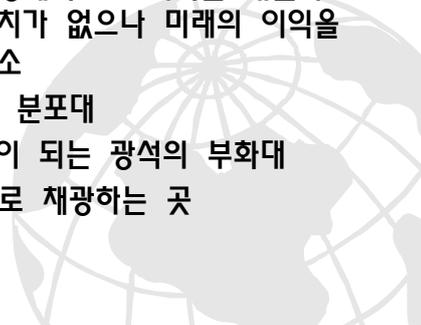


광물자원 소개



광물자원 관련 주요용어

- **광물 (Mineral):** 일정한 원자의 결정구조를 갖는 천연적으로 형성된 균질한 무기물의 고체물질 [예, 석영(SiO_2), 암염(NaCl), 섬아연석(ZnS), 방연석(PbS)]
- **광석 (Ore Mineral):** 광장에서 경제적으로 이익을 내면서 채굴할 수 있는 광물의 집합체
- **맥석광석 (Gangue Mineral):** 선광과정에서 제거되는 광물
- **광상 (Ore Deposit):** 지각중에 광물이 경제적으로 이익을 내면서 채굴할 수 있을 만큼 또는 현재는 채굴가치가 없으나 미래의 이익을 내면서 채굴할 수 있을 만큼 모여있는 장소
- **광화대 (Mineralized area):** 광상의 밀집 분포대
- **광체 (Ore body):** 경제적으로 채광 대상이 되는 광석의 부화대
- **광산 (Mine):** 경제성 있는 광상을 대상으로 채광하는 곳



광물의 정의

- 광물은 한가지 혹은 두 가지 이상의 원소가 일정한 결정격자에 따라서 배열된 무기물질

The diagram illustrates the definition of minerals as inorganic substances with specific crystal lattices. It shows three examples:

- 흑연 (Graphite):** A layered crystal lattice of carbon atoms (C). The diagram shows a hexagonal arrangement of atoms in layers, with a photo of a graphite specimen below.
- 다이아몬드 (Diamond):** A three-dimensional crystal lattice of carbon atoms (C). The diagram shows a tetrahedral arrangement of atoms, with a photo of a diamond specimen below.
- 소금 (Halite):** A cubic crystal lattice of sodium (Na) and chlorine (Cl) ions. The diagram shows a cubic arrangement of alternating ions, with a photo of a halite crystal below.

Labels in the diagram include '결정격자' (Crystal lattice) and '원소광물' (Elemental mineral).

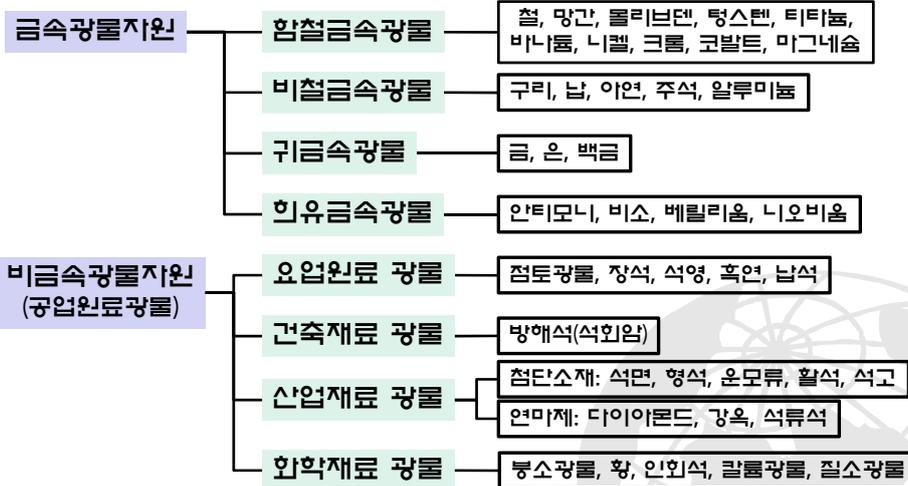
광물은 지각을 구성하는 가장 작은 단위의 물질

This diagram shows the hierarchy of geological materials:

- 암석 (Rocks):**
 - 편마암 (Sedimentary rock):** Examples include 사장석 (Sandstone) and 목운모 (Wooden hornstone).
 - 화강암 (Igneous rock):** Examples include 석영 (Quartz), 각섬석 (Amphibole), and 정장석 (Orthoclase).
 - 퇴적암 (Sedimentary rock):** Example is 암석조각 (Rock fragment).
- 광물 (Minerals):** Examples include 목운모 (Wooden hornstone), 석영 (Quartz), 각섬석 (Amphibole), 정장석 (Orthoclase), and 백운모 (Biotite).
- 분자 (Molecules):** Example is SiO_4 (실리카) (Silica).
- 원소 (Elements):** Example is Si (규소) 원자 (Silicon atom).

The diagram also includes a diagram of an atom showing the nucleus (neutrons and protons) and high-speed electrons.

광물자원



귀금속 광물자원의 용도

금 속	용 도	함유광물
금(Au)	금은 장식용품, 치과용, 전자통신기자재, 맥기 용	자연금(native gold) Au
		일렉트럼(electrum) 은함량20% 이상
		캘러버라이트(calaverite) AuTe ₂
은(Ag)	사진재료, 공예품, 전자공업	자연은(native silver) Ag
		휘은석 Ag ₂ S
백금족(platinum group)	전자공업용, 촉매제, 전 극, 온도계, 맥기용	자연백금(native platinum) Pt
		Polyxene (PtFe, 80~88% Pt)

비철금속 광물자원의 용도

금속	용도	함유광물
구리(Cu)	전기기기, 합금재료 등	적동석(cuprite) CuO 위동석(chalcocite) CuS 황동석(chalcopyrite) CuFeS ₂
납(Pb)	축전지용, 고급유리, 안료 방사성차폐제 등	방연석(galena) PbS 백연석(cerussite) PbCO ₃
아연(Zn)	부식 방지용 도금재료, 피복재료, 주물용 합금 등	섬아연석(zincblende) ZnS 뉴아연석(smithsonite) ZnCO ₃
석(Sn)	양철, 땀납 합금, 도금, 화학약품 등	석석(cassiterite) SnO ₂
알루미늄(Al)	항공기 재료, 건축자재, 가정용품, 전기통신 등	보오크사이트(bauxite) AL ₂ O ₃ · 2H ₂ O

합철금속 광물자원의 용도

금속	용도	함유광물
철(Fe)	조선, 자동차, 기계기구 건설업 등	자철석(magnetite) Fe ₃ O ₄ 적철석(hematite) hematite
망간(Mn)	합금용(경도, 견고성, 강인성, 내구성, 방식성 제고)	연망간석(pyrolusite) MnO ₂ 망가니이트(manganite) MnOOH
니켈(Ni)	철합금용, 특수강, 전자기기 축매제	Pentrandite, (Fe, Ni) ₉ S ₈
크롬(Cr)	철합금용, 내화재료용, 화학용	크롬철(ferrochromium) FeOCr ₂ O ₃
몰리브덴(Mo)	철합금용, 특수강, 자동차 항공기, 전기부품, 윤활제 등	위수연석(molybdenite) MoS ₂

광물자원의 수급 현황과 전망



세계 광물자원 시장 동향

수급 동향

- 1994~2003년까지 시장 침체로 **광산투자 부진**
- 세계경제 회복 및 **BRICs 고속성장**
- 2003년부터 **공급부족사태 야기**



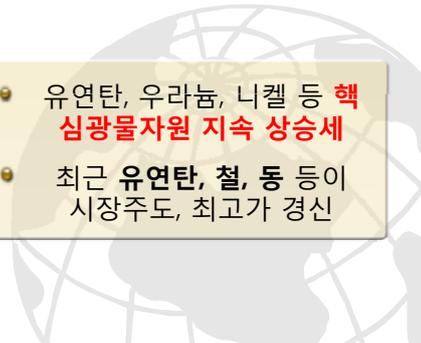
- **공급력 부족, 단기회복곤란**
- **이머징마켓의 수요 급증**
- **수급 불안 지속**

가격 동향

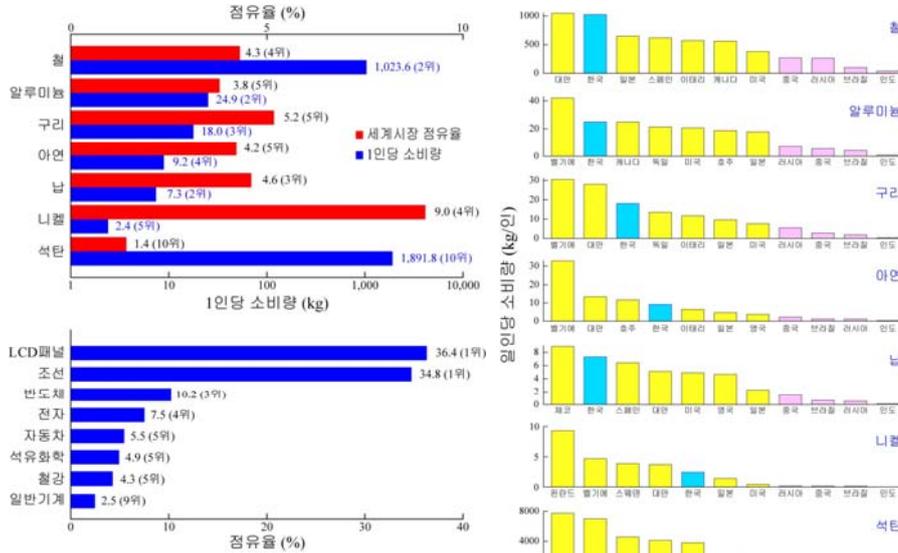
- 수급불안, 투기성 자금 유입, **미달러화 약세**
- 고유가 및 시장과열 양상



- 유연탄, 우라늄, 니켈 등 **핵심광물자원 지속 상승세**
- 최근 **유연탄, 철, 동** 등이 시장주도, 최고가 경신



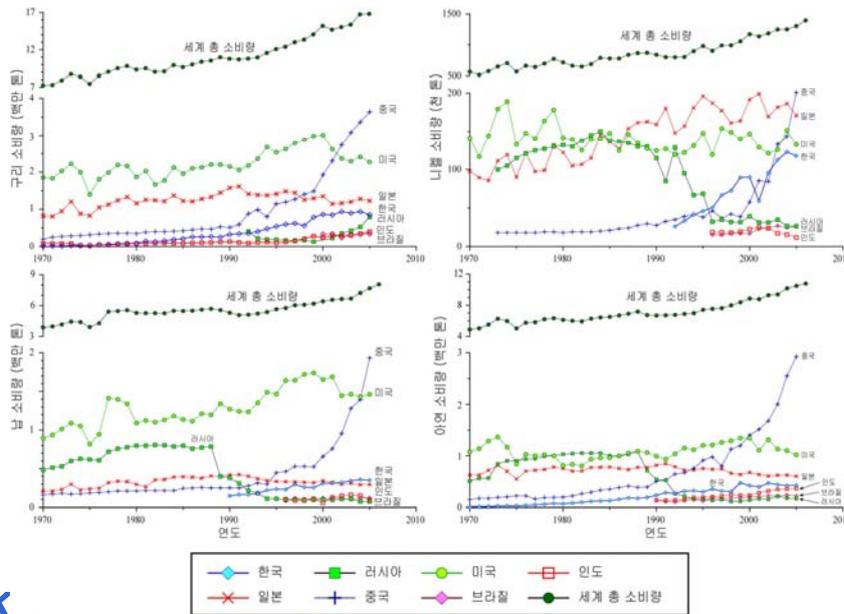
광물자원 소비량



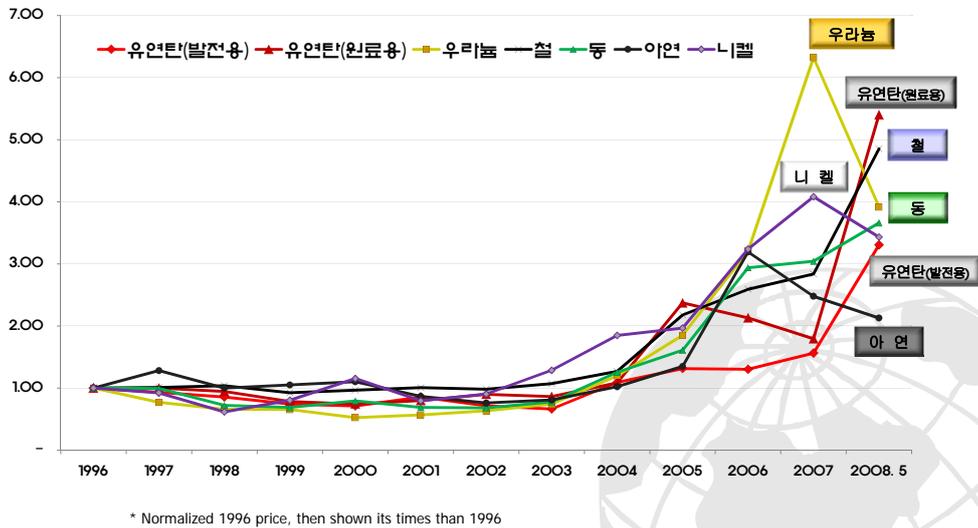
한국의 소비량 및 시장점유율



세계 자원소비량 변화



주요 광종별 가격 추이

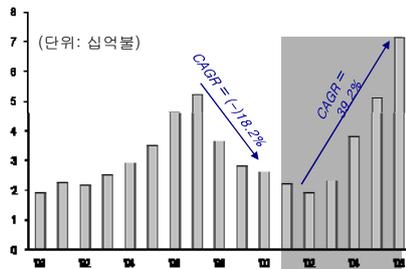


공급력 추세

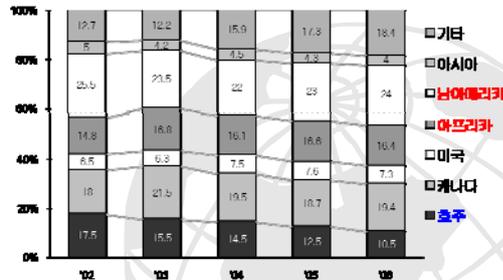
자원탐사 규모의 증대

- '98~'02년 시장장기침체로 탐사투자감소(연평균 18.2%) → 신규 매장량 확보 부진
- '02년 이후 자원가격 상승으로 탐사투자급증(연평균 39.2%)
- 개발가치는 크나, 리스크가 존재하는 남미, 아프리카 지역 탐사투자비율 높음

연도별 세계 자원탐사 투자규모



지역별 세계 자원탐사 투자비율



주요 광종별 시장동향 (6대전략광종: 우라늄, 유연탄, 철, 동, 아연, 니켈)



유 연 탄

수급 총괄

- 중국, 인도의 전력 및 제철산업 성장으로 수요 증가 지속
- 호주, 인니의 증산으로 공급량 증가, 수급균형 전망

최근 동향

- '08년초 중국, 호주, 남아공의 폭설, 폭우로 공급 차질 → 공급불안심리 확산
- 중 국
 - 수출량 1,850만톤, 수입량 1,880만톤 ('08. 1~ 5)
 - 비효율 소규모 화력발전소 83개 폐쇄 완료('08. 4), 소규모 탄광 생산재개 승인
- 베트남 : 수출세 추가 인상 추진 (10% → 15%('08. 4) → 20%('08. 6))

가격 총괄

- '03년 하반기~'05년까지 지속상승 후 '06~'07년 안정, '08년 급상승 재현
 - 수요급증과 공급차질로 인해 가격 상승, '08년초 중국 폭설로 불안 가중
- 연료탄의 경우 비교적 수급안정, '10년까지 고가 추세 지속
- 원료탄의 경우 수급 불안감 극심, '10년까지 고가 추세 지속
 - ❖ 호주, 남아공 등 주요 수출국의 공급 인프라 구축여부가 안정화의 관건

최근 동향

- 금년초 중국, 호주의 자연재해에 따른 공급중단으로 가격 급상승 (불안심리 가중)
 - '08. 2 남아공 Richard Bay(U\$115.90/톤), 호주 뉴캐슬(U\$139.16/톤)
 - '08. 4 BMA-한일 강점탄 계약체결 : FOB U\$300~305/톤 (206~235% 인상)
- 맥쿼리, UBS, ABARE, 골드만삭스 등 제기관 지속적인 유연탄 가격 강세 전망

국내수급 (현황 및 수요변동)

사용처	현 황	향후수요 변동요인
발전	<ul style="list-style-type: none"> 500MW당 년 140만톤 소비 '07년 발전용량 19.3GW '07년 58.3백만톤 소비 	<ul style="list-style-type: none"> 발전용량 증가 - ('11) 23.1GW, ('16) 25.8GW '11년 66.4백만톤, '16년 73.5백만톤 소비
제철	<ul style="list-style-type: none"> 선철 톤당 760kg 소비 '07년 선철용량 28백만톤 '07년 17.3백만톤 소비 	<ul style="list-style-type: none"> POSCO 증설, 현대제철 신설 - POSCO 150만톤, 현대제철 600만톤 '11년부터 26.4백만톤으로 소비 증가
시멘트	<ul style="list-style-type: none"> 크랑카 톤당 100kg 소비 '07년 크랑카 용량 59백만톤 '07년 5.0백만톤 소비 	<ul style="list-style-type: none"> 가동률 회복 - '16년 95% 가동률 전제 '16년 5.9백만톤 소비
기타	<ul style="list-style-type: none"> '07년 2.2백만톤 소비 	<ul style="list-style-type: none"> '16년 2.8백만톤 소비

※ '07년 유연탄 발전 점유율 : 발전용량 28%, 발전량 37%



우라늄

수급 총괄

- 중국, 인도의 전력소요량 증가로 수요 소폭 증가
- 장기간 가격침체로 인한 투자부진으로 광산 공급력 증대 어려움
- 향후 원전신설로 수요증가가 예상되지만 건설소요기간으로 점진적 상승
- 공급부분에서 희석우라늄 소진 등으로 공급위기 발생가능성 높음

최근 동향

- 남아공, 나미비아 등 아프리카 우라늄 탐사 증가
- CAMECO社 Rabbit Lake 가동 재개 ('07년 1,800톤U 생산)
- 카자흐 연산 3만톤(~'18), Rio Tinto 1.5만톤(~'15) 증산 추진
- 러시아 4기 등 전 세계 약 350개 신규원전 계획 발표(IQPC우라늄회의)
- 캐나다 BC州 우라늄 탐사, 개발 금지 결정
- CAMECO社 맥아더리버, 인카이 생산 지연, 나미비아 발렌시아, 트레콤제 개발 승인



가격총괄

- **청정에너지원**으로 원자력 관심 증대, 2차 우라늄 공급원 **비축분의 고갈**
우려 및 공급 부족 등으로 지속적 상승세
- 최근 캐나다, 카자흐스탄 등의 증산 및 신규개발로 가격하향세를 보이고 있으나 `10년까지는 **파운드당 80불 내외의 고가세 유지** 전망

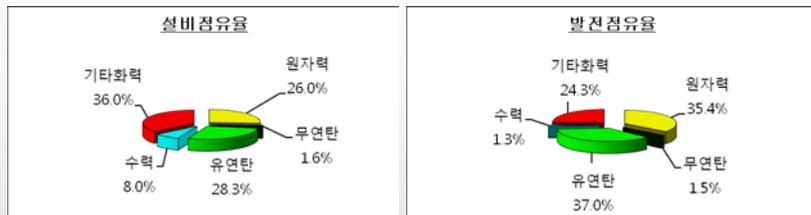
최근 동향

- `07. 6 현물가 U\$136/lb 정점으로 지속 하락 추세
- `08. 4 호주, 카자흐, 러시아 증산에 따른 공급초과로 U\$68/lb까지 가격 하락
- 각 기관들 U\$60/lb 전환점으로 하반기 U\$75/lb(최고 U\$90/lb) 수준으로 전망



국내수급 (현황 및 수요변동)

- `07년말 원전설비는 17.7GW, 중 발전설비 68.3GW 중 26.0% 점유
 - 경수로(농축연료사용) : 14.9GW(고리, 영광, 울진 등 16기)
 - 중수로(천연연료사용) : 2.8GW(월성 4기)
- 운전비용 면에서 유리해 가동률이 높은 원자력의 **발전 점유율은 35.4%**



- 1백만kw급 발전소의 연간 연료소요량
 - 경수로 : 농축우라늄 25.5톤 (≒ 천연우라늄 220tU)
 - 중수로 : 천연우라늄 147tU 내외
- 향후 `16년까지 경수로 9기 추가건설 예정





철

수급 총괄

- 중국, 인도 제철산업의 폭발적인 수요증가
- 호주, 브라질의 증산으로 공급량 증대 → 공급부족 해소
- 향후 철광 3대 메이저(Vale, Rio Tinto, BHP)의 장악력 확대 강화

최근 동향

- 아르셀로미탈社 모리타니아 철광개발 MOU 체결 (연산 25백만톤)
- Rio Tinto 철광생산량 3억톤/년으로 확장 추진 (~'13년까지)
- 중국 Wuhan Steel 마다가스카르 철광 탐사 계획
- Sinosteel 브라질 철광 투자, 남아공 Palabora社 10억불 투자계획 (2백만톤 → 10백만톤)
- 호주 Gindalbie, Karara광산 조기생산 12백만톤으로 사업타당성 검토 착수
- 인도정부의 철광 수출금지 검토, 15% 수출관세 부과 ('08. 6)



가격 총괄

- 철광석 메이저(Vale, Rio Tinto, BHP)의 협상력 우위와 중국의 폭발적인 수요증가로 가격 상승
- 지속적인 수요증가로 '10년까지 가격 강세. 호주, 브라질의 신규 프로젝트 개발로 '11년부터 안정 기대

최근 동향

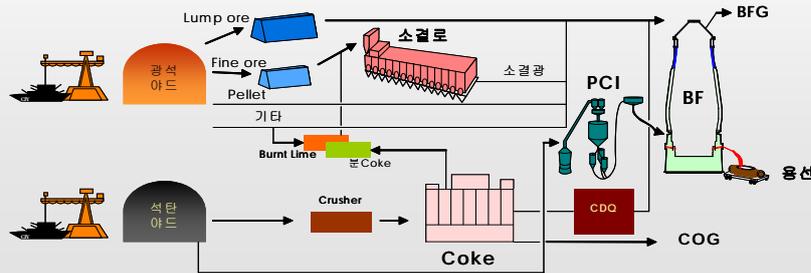
- Vale社 아시아제철소들과 기준가격 협상 체결 : 분광가 65%, 71% 인상
- 중국정부 자국 내 제철관련 기업에 BHP-Rio 현물 불구매 요청 및 무분별한 해외 철광산 투자 규제 실시
- Cisa港 재고정리 지시로 중국의 철광석 현물가격 하락 예상
- Credit Suisse-Deutsche Bank 공동으로 철광석 장의거래 출발 → 철광석 시장의 수요-공급 편차변화 기대
- 중국(Baosteel)-호주(Rio Tinto) 철광석 기준가격 80~97% 인상 합의



국내수급 (현황 및 수요변동)

- 유일한 고로 사업자인 POSCO의 제선능력은 28백만톤
 - 27.3백만톤의 선철 생산
 - 광석소요량은 43백만톤으로 선철 1톤당 1.54톤의 철광석 소요
- 수요 변동요인은 POSCO FINEX 설비(150만톤/년)와 현대제철의 600만톤 규모 일관제철소 건설('09년 300만톤, '11년 300만톤)

<고로방식 제철소의 철광석/석탄 사용 공정>



동

수급 총괄

- 세계 경제 회복으로 중국, 미국, 일본 등 주요 소비국의 수요증가
- '03년부터 공급부족으로 인해 수급불안 지속
- 향후 중국 수요 강세, 유럽, 일본의 경기 회복으로 수요가 증가하나 대형광산의 상업생산으로 공급력 또한 증대 예상

최근 동향

- '08년 인니 동 생산량 23% 증가(104만톤)
- 칠레 '08년 570만톤 생산 전망 (전년대비 3.4% 증가), Gaby/Spence/ Callahuasi 생산개시
- '07년 중국 전기동 수입량 149만톤(전년대비 80% 증가)
- 중국 중남부 인프라 재건설로 수요 폭증 전망
- 칠레 El Teniente(Codelco), Escondida(BHP-b) 및 페루광업계 피업 등으로 공급불안 심리 확산
- 중국 Chinalco社 페루 토로모초(매장량 20억톤)광산 개발 결정

가격 총괄

- 잦은 생산차질로 인한 공급불안, 투기수요까지 가세 시장불안 지속
- 향후 미국 경제 및 중국 수요 증가세 둔화로 수요정체
- '09년까지 고가 추세 유지 전망

최근 동향

- 중국의 수요 증가 및 자국 제련설비 중단으로 아시아 현물가격 상승 견인
- 대규모 광산 파업 등 조업부실에 따른 공급불안심리 확산으로 가격 강세
- 잠비아 수출세 인상(15%) 예고
- 전문인력 부족, 경쟁전환, 품위저하, 원가 인상, 황산공급 부족 등 중장기적 가격 상승 유인 전망



국내수급 (현황 및 수요변동)

- 동은 광석 → 정광 → 반제품(조동, Anode Copper) → 전기동 순으로 가공된 후, 전선·건축 등 각종 산업에 이용
- 우리나라는 정광(온산), 반제품(온산,장항), 전기동(풍산 등 가공공장) 상태로 수입

구 분	현 황	향후수요 변동요인
전기동 중수요	· '06년 중 수요 : 980천톤 · 전선, 파이프, 건축용	· '04년 이후 경기부진 및 광섬유 대 체 등으로 인해 성장세 둔화 · 이후 3% 증가
동정광 처리	· 온산 제련용량 : 연산 400천톤 · 제련용량톤당 3.3톤의 정광소요	· 이후 증설 어려움
반제품 처리	· 정련용량 : 570천톤(온산, 장항) · 정련용량톤당 1톤의 반제품 소요	· 이후 증설 어려움





아 연

수급 총괄

- 자동차 산업의 활황으로 중국 등 주요소비국의 수요증가
- '04 ~ '05년 기간의 누적재고 부족분으로 인해 수급불안 지속, '07년말 공급초과로 전환
- 향후 중국 등 아시아지역 중심으로 지속적 수요증가, '08 신규광산 증가로 수급 균형 전망

최근 동향

- 호주, 중국, 볼리비아, 페루의 아연정광 생산 증가 (전년대비 15% 증가)
- 중국 '08 수출량 감소 전망('07년 27.5만톤 수출), 수출관세 부과('08년 5~15%)
- 중국 지진여파로 아연생산 50만톤 차질 전망
- 캐나다 Noranda 아연 증산 계획 ('07년 262천톤 → '08 275천톤)
- 이머징마켓의 수요증가, 재고감소, 폭설 및 홍수, 전력난 등 타이트한 수급 전망
- 중국 Yunnan Metallurgy社 신규 제련소 착공 계획 (생산용량 150천톤)

가격 총괄

- 투기펀드유입, 정광 공급 감소, 높은 수요증가, LME 재고감소 등이 가격 강세의 탄탄한 펀더멘털로 작용
- 미국 경제 둔화로 인한 수요 감소와 신규프로젝트 증가에 의한 공급 과잉으로 가격 하락을 보였으나 톤당 2,200불 이상의 고가주세 지속

최근 동향

- 유럽지역 공급량은 증가하였으나 수요량은 변동 없어 가격 약세 예상
- Teck Cominco-고려아연 TC 인상 합의 (톤당 2,500불 기준 300불 ↑)
- 중국 소규모 제련업체들 거래가 대비 높은 생산원가 부담 → 상승 요인 내재

국내수급 (현황 및 수요변동)

- 아연은 광석 → 정광 → 아연괴 순으로 가공된 후 자동차 산업 등에 이용
- 우리나라는 정광(온산/석포), 아연괴(가공공장) 상태로 수입

구 분	현 황	향후수요 변동요인
아연괴 총수요	· '06년 총수요 : 약800천톤 · 도금, 주조, 합금재로 사용	· 년 4% 증가
정광 처리	· 제련용량 : 연산 710천톤 (온산 430천톤, 석포 280천톤) · 제련용량톤당 2톤의 정광소요	· 향후 증설은 어려움 · 공해, 공장부지 문제로 해외투자확대 (예, 호주 터운스빌 : 200천톤)

니 켈

수급 총괄

- 스테인리스 산업 성장회복과 신용도 개발로 수요증가
- 향후 중국 등 아시아 지역의 소득증대로 스테인리스 산업 지속성장
- 수요 증가량은 신규투자광산과 대형제련소 신설로 원활한 공급가능

최근 동향

- 중국 사천금광그룹 필리핀 3개 니켈광산 개발 (매장량 3백만톤)
- 브라질 산타리타 프로젝트 매장량 708천톤 확인 (황화광 세계 3위)
- 인도 스테인리스강 증산('07년 2백만톤 → '13년 4.6백만톤)
- 중국야금그룹 PNG 라무니켈 '09년부터 생산 개시 (연산 니켈금속 31천톤)
- 중국 미드웨스트사 필리핀 광업권 취득(광석매장량 60백만톤)
- 노르딕스 러시아 야쿠츠크 1억불 투자, 영국 툴레도사 필리핀 배롱광산 증산 ('09년 1백만톤/년)

가격 총괄

- '04년까지 비교적 안정적이었으나, 투기자금융유입과 공급불안으로 지속상승세
- 산화니켈 광산 신설 등으로 공급 증가와 스테인리스강 생산업체들의 생산 감축으로 '08년부터 가격 하향세를 보여 톤당 20,000불 내외로 안정 전망

최근 동향

- AME, MB 등 관련기관 '08~'09 니켈 수요량 증가 전망
- 이머징마켓의 지속적인 스테인리스 수요 증가
- 인니 안탐, 진달社 합작플랜트 건설, BHP 아블루 제련소 확장 등 공급력 증대에 따른 안정심리 확산으로 가격 하향 안정 기조
- 호주 Kalgoorlie 유지보수에 따른 생산 중단으로 가격변동 불안요인으로 작용



국내수급 (현황 및 수요변동)

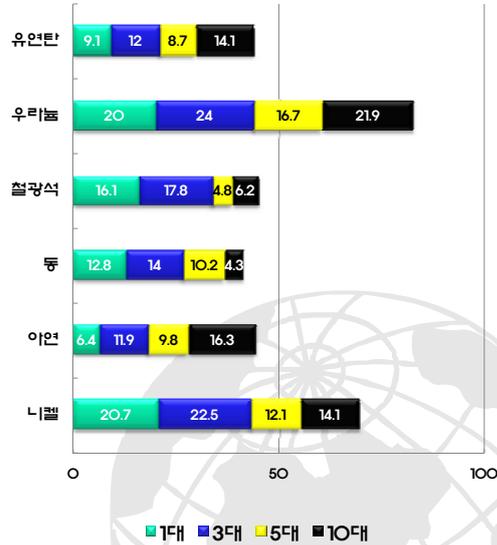
- 니켈가격 상승으로 니켈함량이 낮은 200계열 스테인리스 생산증대와 내수부진 등으로 니켈수요 감소 ('05년 Δ 4.5%, '06년 Δ 18.4%)
- 수요 감소세는 니켈가격 급등에 따른 일시적인 현상으로 가격안정 시에는 연간 6% 내외의 수요증가세 예상
- 최대 수요처인 POSCO의 정상적인 니켈 수요는 83천톤이며, 2010년까지 100천톤으로 증가할 것으로 증가예상
- 국내 니켈 생산설비
 - 코리아니켈(가동 중) : 연산 32,000톤(유틸리티니켈)
 - POSCO페로니켈('09년 생산) : 연산 30,000톤(페로니켈, 함유니켈기준)



자원개발업체의 거대화/과점화

- 호주 BHP Billiton, Rio-Tinto, 브라질 Vale 등 철광석 빅 3, 영국 Anglo American, Xstrata 등 글로벌 자원개발 메이저들은 공격적 M&A를 통해 기업의 규모 및 진출분야를 확대
- 광업메이저는 대규모 자본을 기반으로 기술집중과 지역화를 통해 경쟁력 강화
- 탐사 및 채광 비용 절감을 위한 첨단기술 관련 연구개발을 강화 추세
- 광업메이저들의 투자와 M&A로 주요 광종의 10대 메이저 시장점유율은 50%에 육박

메이저 광물기업의 시장 점유율 (%)



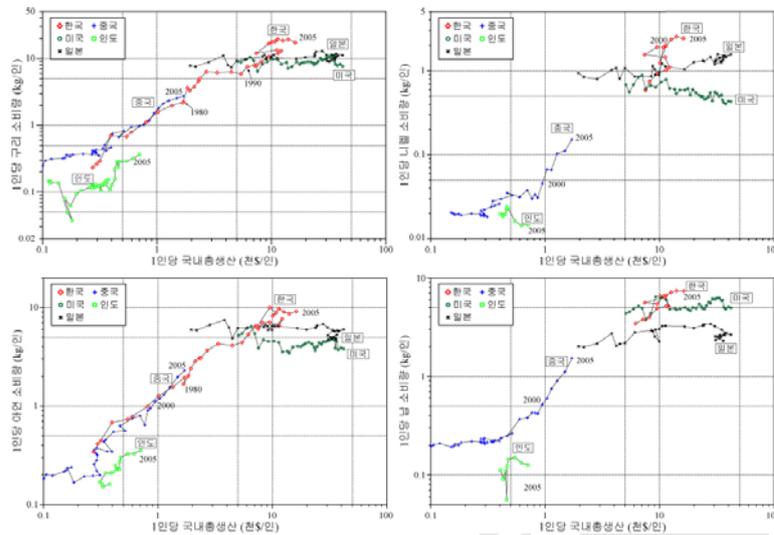
다국적 메이저 기업의 수익률

주요 기업	매 출			순 수 익			이익률 (순수익/매출, %)	
	2005년	2006년	전년비(%)	2005년	2006년	전년비(%)	2005년	2006년
다국적 메이저 기업 (광업분야; 백만\$)								
BHP Billiton	31,150	39,099	126	6,628	10,534	159	21.3	26.9
Anglo American	34,472	38,637	112	3,736	5,471	146	10.8	14.2
Rio Tinto	20,742	25,440	123	5,215	7,438	143	25.1	29.2
CVRD	13,405	25,715	192	4,841	6,976	144	36.1	27.1
Xstrata	17,199	26,877	156	2,458	5,298	216	14.3	19.7
일본 기업 (제조, 통신분야; 억엔)								
Toyota	210,369	239,481	114	13,722	16,440	120	6.5	6.9
Honda	99,080	110,871	112	5,970	5,923	99	6.0	5.3
NTT	107,411	107,606	100	4,987	4,769	96	4.6	4.4
Sony	75,016	82,957	111	1,236	1,263	102	1.6	1.5
Tocomo	47,659	47,881	100	6,105	4,573	75	12.8	9.6
Canon	37,542	41,568	111	3,841	4,553	119	10.2	11.0
한국 기업 (십억원)								
삼성전자	80,630	85,426	106	7,640	7,926	104	9.5	9.3

출처: 기업 웹사이트(메이저 광업회사); 기업별 유가증권보고서(일본 기업); 재무성과 요약보고서(삼성전자)



광물자원소비량/1인당 국내총생산



수요국 동향

중 국

해외 자원개발업체 M&A를 통한 메이저기업 육성 (예, 신화그룹)
국영기업 중심으로 대규모 자본집약적인 투자 실시

정책 및 전략

- 원료광물의 수입을 위해 해외자원개발 적극 추진
- 적절한 수급을 위해 비축사업에 주력
- 아프리카, 라틴아메리카, 태평양지역, 동남아시아

목표 광종

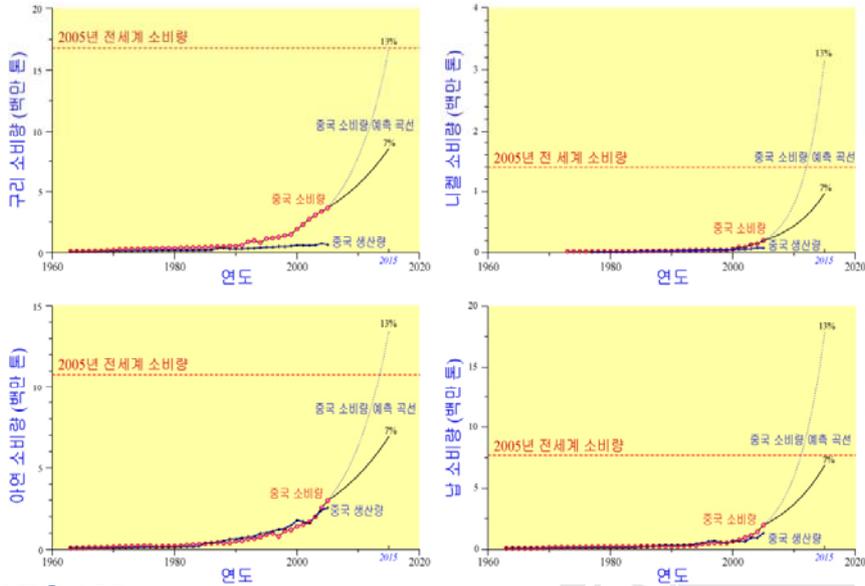
- 철광, 보크사이트, 동, 니켈, 우라늄

진출국가

- 아프리카의 자원확보를 위해, 국영기업을 앞세워 대규모의 자본집약적인 투자 실시
- '06~'07년 알루미나, 철, 동, 니켈, 제철용 유연탄을 중심으로 호주, 브라질 등 13개 사업진출

최근투자현황

중국의 소비량 변화예측



인본

기업 공동진출방식을 통한 해외자원 확보 추진
 주요 부족 및 확보목표 광종인 **유연탄, 우라늄** 및 **동**은 우리나라 전략광종과 중복, 자원확보를 위한 경쟁 불가피

정책 및 전략

- 자원의 공급장애로부터 생기는 문제를 최소화 하기 위해 **비축사업에 주력**
- 안정적 공급체계와 해외전략 생산기지 확보를 위한 **정보 및 기초탐사단계에 대한 중점 지원**
- 해외자원개발 및 수급선의 **다변화에 주력**

- **호주, 캐나다, 칠레, 중국, 인니, 멕시코, 페루, 필리핀, 미국**
- * 호주로부터 석탄61%, 철광석55%, 알루미늄 27%, 우라늄 22% 수입

진출국가

목표 광종

- 에너지 : 유연탄, 무연탄, 우라늄
- 금 속 : 동, 아연, 보크사이트, 희유금속
- 비금속 : 석회석
- '06 **자주개발물** : 유연탄(41%), 우라늄(16%), 철광(52%), 동(41%), 아연(13%), 니켈(20%)

- '06~'07년 유연탄, 우라늄, 동, 아연, 철, 니켈 중심으로 호주 등 7개국 19개 사업 신규 진출
- 아프리카의 경우 '06년말까지 **100억불** 투자

최근투자현황



인도

성장속도가 가속화되어 석탄을 포함한 에너지자원의 수요가 급증
에너지자원의 확보를 위해 중국, 호주와 협력체계 구축

정책 및 전략

- 에너지 자원확보를 위해 **중국과 협력관계 구축**
 - 석유/가스전 등 해외자원 공동확보에 합의
 - 제철원료 공급협력(인도: 철광, 중국: 석탄)
- 해외자원개발을 위해 자국 **민간기업의 투자** 선도

목표 광증

- **석탄**, 석유, 천연가스 등 에너지 자원
 - * 정결탄 파동으로 '04년부터 제철사 및 코크스제조사 등 정결탄의 해외자원개발 적극 추진

- **아프리카**(남아공, 모잠비크), 호주

- **아프리카**에 3.2억불 이상 직접투자, 향후 110억불 추가 투자 계획 확정
- **제철용 유연탄**을 중심으로, '06~'07년 호주, 뉴질랜드, 인니 등 3개국 12 사업 신규 진출

진출국가

최근투자현황



해외자원개발 진출현황/전략 및 문제점



우리나라의 해외자원개발 진출 현황

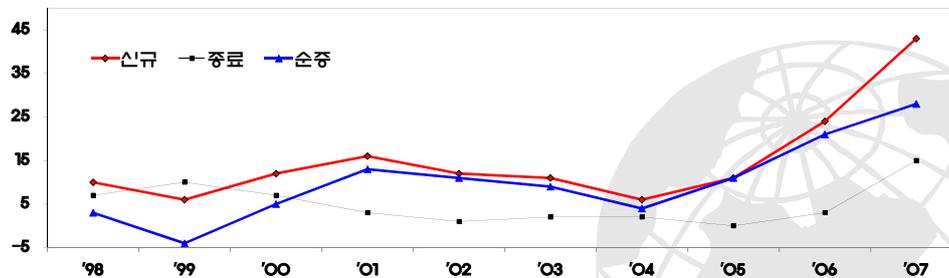
- '77년 파라과이 산 안토니오(San Antonio) 우라늄광을 시초로 해외자원 진출
- '07년말 현재 46개국, 29개 광종, 246개 사업 진출 (현재 163 사업 진행 중)
 - ↳ 실 진행(휴광 제외) 93개 사업 중 전략광종은 65개 사업 (70%)

구 분	진 행 사 업				종 료	계
	조 사	개 발	생 산	소 계		
사 업 수	72	58	33	163	83	246
광 종	15	22	11	27	15	29
국 가	26	21	9	37	28	46
추진업체	64	66	19	127	54	160
투자액(백만\$)	144	516	1,798	2,458	530	2,988



- 2007년 사상 최고 증가세 : 신규진출 43개 사업, 종료 15개 사업

구 분	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	계
신 규	95	10	6	12	16	12	11	6	11	24	43	246
종 료	33	7	10	7	3	1	2	2	-	3	15	83
순 증	62	3	△4	5	13	11	9	4	11	21	28	163
누 적	62	65	61	66	79	90	99	103	114	135	163	



2007년도 자주개발률 실적

(금액단위 : 백만\$)

구 분	유연탄 (백만톤)	우라늄 (톤U)	철 (백만톤)	동 (천톤)	아연 (천톤)	니켈 (천톤)
총 수입량	82.8	3,016	46.2	941	787	89
수 입 액	5,830	522	2,856	7,194	1,793	3,014
자주개발량	31.2	-	4.9	43.9	261.5	23.1
자주개발액	2,196	-	306	470	846	117
자주개발률	37.7%	-	10.7%	4.7%	33.2%	26.1%

광종별 진출전략: 유연탄

- 목표 : '16년 자주개발률 50%
- 추진방향
 - 기 진출사업의 **중산과 신규투자사업 발굴** 노력 강화
 - 파시르 등 기존사업 중산 및 생산연계
 - 신규 광산 투자 및 생산 연계
 - 광진공과 관련업체가 역할 분담 및 보완
 - 광진공-실수요자-전문기업-종합상사 등 **실무형 컨소시엄**
- 진출전략
 - **원가경쟁력이 있는 국가를 중점투자국으로 선정**
 - 탄층부존여건이 노천 또는 장벽식 채탄법 적용 가능
 - 발전용인 경우 육상 운송비가 **US 15** 미만
 - **호주, 캐나다, 인니, 중국**
 - 자주개발국 다변화 위해 미래대비 전략투자국 선정
 - 남아공, 러시아, 몽골, 모잠비크 등



우리농

- 목표 : '16년 자주개발률 15%
- 추진방향
 - 기 진출사업 **생산연계 및 신규투자사업** 발굴노력 강화
 - 캐나다 베이커레이크, 크리이스트 등 생산 연계
 - 카자흐 부제노브스코예, 호주 마운트기 등 투자 진출
 - 광진공과 관련업체가 역할 분담 및 보완
 - **한전/인수원과 협력하여 신규사업 발굴 또는 구매보장하 진출**
 - 중앙아(카자흐, 우즈벡), 아프리카(나미비아, 잠비아) 대형사업 집중 발굴
- 진출전략
 - 양호한 외국인 투자환경, 선린관계로 공급안정 국을 **중점투자국으로 선정**
 - 생산원가 **US 80/kgU** 미만의 매장량 풍부, 기술력 보유국
 - **ISL** 또는 노천채광 적용 가능국
 - 갱내채광의 고품위 광상 보유국
 - **카자흐, 캐나다, 호주, 우즈벡, 니제르, 미국, 남아공, 나미비아**



철

- 목표 : '16년 자주개발률 30%
- 추진방향
 - 기 진출사업의 **중산과 신규투자사업** 발굴노력 강화
 - 호주 포스맥, 잭힐 등 기존사업 중산
 - 신규 광산 투자 및 생산 연계
 - 광진공과 관련업체가 역할 분담 및 보완
 - 광진공-실수요자-전문기업 등 **실수요자 중심 컨소시엄**
- 진출전략
 - **원가경쟁력이 있는 국가를 중점투자국으로 선정**
 - 노천대량생산 가능 부존량, 선광 불필요 광황조건
 - 저렴한 육상운송비, 대형선반 접안 가능 인프라 양호국
 - **호주, 인도, 브라질**
 - 자주개발국 다변화 위해 미래대비 전략투자국 선정
 - 남아공 등 아프리카국





동

- 목표 : '16년 자주개발률 35%
- 추진방향
 - 기 진출사업의 **중산과 신규투자사업 발굴노력 강화**
 - 중국 북방동업 등 기존사업 증산, 생산성 증대
 - 페루 마르코나 등 진행사업 생산연계 및 신규사업 발굴
 - 광진공과 관련업체가 역할 분담 및 보완
 - 광진공-실수요자-종합상사 등 **실수요자 동반 컨소시엄**
- 진출전략
 - **원가경쟁력과 수출능력 보유국가를 중점투자국으로 선정**
 - 매장량 1억톤, Cu 0.8%(산화광 0.3%) 이상의 광황조건
 - **칠레, 페루, 인니, 호주, 캐나다**
 - 자주개발국 다변화 위해 미래대비 전략투자국 선정
 - **몽골, 잠비아, 콩고민주, 러시아, 카자흐, 아르헨티나 등**



이연

- 목표 : '16년 자주개발률 40%
- 추진방향
 - 기 진출사업의 **중산과 신규투자사업 발굴노력 강화**
 - 호주 타운스빌 등 기존사업 증산 및 생산연계
 - 신규 광산 투자 및 생산 연계
 - 광진공과 관련업체가 역할 분담 및 보완
 - 광진공-실수요자-종합상사 등 **실수요자 동반 컨소시엄**
- 진출전략
 - **원가경쟁력과 수출능력 보유한 국가를 중점투자국으로 선정**
 - 매장량 3천만톤, Zn 5% 이상의 광황조건
 - **캐나다, 중국, 호주, 페루, 미국, 카자흐**
 - 자주개발국 다변화 위해 미래대비 전략투자국 선정
 - **콩고민주, 이란**





니켈

- 목표 : '16년 자주개발률 30%
- 추진방향
 - 기 진출사업의 **중산과 신규투자사업** 발굴노력 강화
 - 임바토비, 누메아 등 기존사업 생산연계 및 중산
 - 신규 광산 투자 및 생산 연계
 - 광진공과 관련업체가 역할 분담 및 보완
 - 광진공-실수요자-종합상사-건설/플랜트 등 **패키지형 컨소시엄**
- 진출전략
 - **원가경쟁력이 있는 리테라이트광산 부존국기**를 중점투자국으로 선정
 - “Fe/Ni < 6” 인 saprolite 광석 산출국
 - “Ni > 1%, Mg < 6%” 인 limonite 광석 산출국
 - “Fe > 40%, ni > 2%” 인 limonite 광석 산출국
 - **호주, 마다가스카르, 뉴칼레도니아, 인니, 필리핀 등**



우리의 여건 및 문제점

투자규모의 차이가 해외자원 개발 결과로 귀착



<대한광업진흥공사와 세계 주요 광업회사의 비교>

회 사 명	자산규모 (US\$백만)	매출액 (US\$백만)	연간투자비 (US\$백만)	비 고
광진공	597.1	51.5	7	투자비는 해외투자비
BHP Billiton(호주)	42,110	31,107	9,547	'01.3 BHP와 Billiton 합병
Codelco(칠레)	8,833	8,204	836	세계 1위 동 생산 회사



우리의 여건 및 문제점



이태리, 스페인 등 석유자원 빈국은 ENI, Repsol 등 Major급 E&P 전문기업이 에너지 확보를 주도

우리 석유산업은 하류 중심의 불균형 구조

- 정제량 對 생산량 : (미) 320 b/d 對 160 b/d, (스) 208 對 117, (한) 285 對 11



• 자원개발 기술력은 선진국의 50 ~ 60% 수준

• 인력은 지난 20년간 최소수준 투자 → 540명으로 축소

- 석유공사(300명), SK(23명), CNPC(417,000명)



• 정부내 자원정책 조직 축소 → 정책기획, 추진능력 한계

- ('92) 1국 4과 → ('98) 2과 → ('99~'05) 1개과 → ('06년) 3개팀

- 일본 자원에너지청 인원 : 1,100여명



해외자원개발 국가전략 정책 방향

① 에너지 안보를 위한 국가 중력 체제 구축

- 해외자원개발 정책을 국가적 핵심 아젠더로 확립
- “국가 권트를 타워” 를 확립해 전략 수립 및 전략적 집행
- 특정부처 중심의 지원에서 범정부적 중력 지원체제로 전환

② 가시적 성과로 이어지는 해외자원개발 정책

- 세계적인 player로 성장한 국내 자원개발 전문기업이 에너지·자원 확보의 중심 축으로 확립
- 해외 비축이라는 인식하에 생산자산 매입 본격화 => 자주개발을 획기적 제고

③ 중장기 주진역량을 지속 강화 : 체질 강화를 통해 경쟁력 확보

- 인력양성, 기술개발 및 서비스 인프라 지속 확충
- 차세대 석유·가스 개발기술 확보 및 신재생 에너지 개발·보급 확대

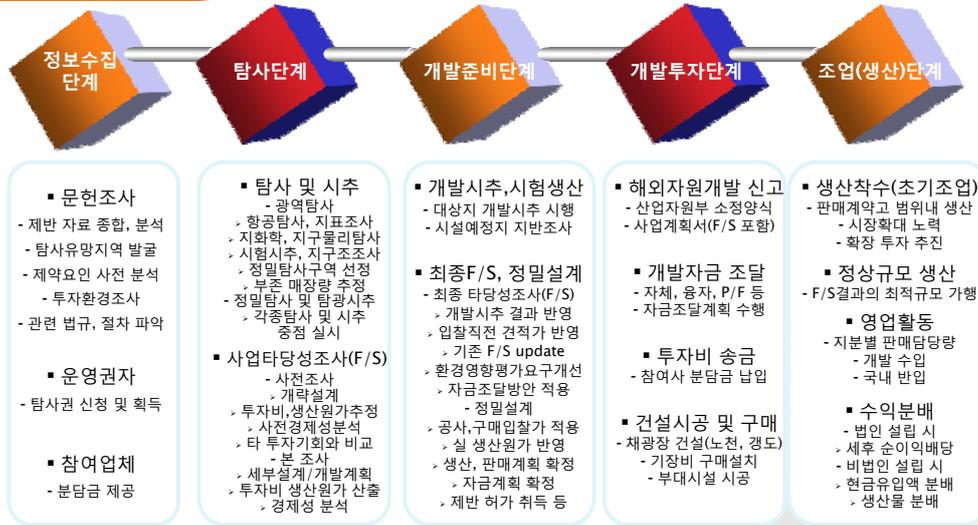


해외자원개발 모멘텀 강화 방안

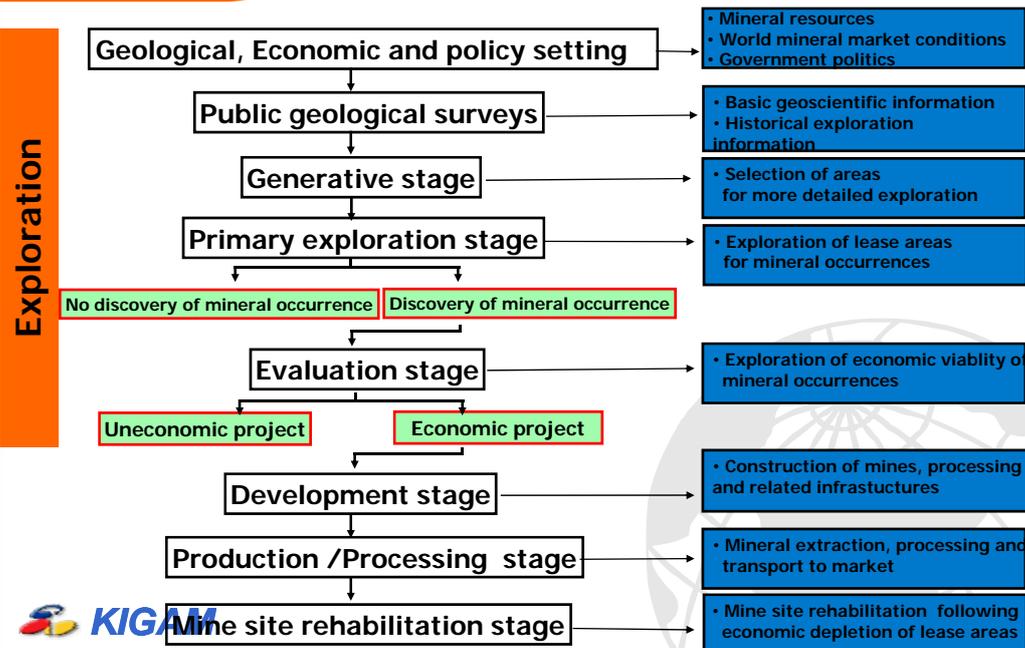
1. 실무형 컨소시엄 구성 및 실효성 제고
2. 진입장벽 해소 및 리스크 안전판 제공 위한 자원외교
3. 협의체 내실화 및 정보분야 펀던멘탈 확충
4. 분야별 핵심역량 응집을 통한 경쟁력 제고
5. 선도진출 등 구심점 역할의 자원전문기업 육성

자원개발 프로시져-FS 를 중심으로

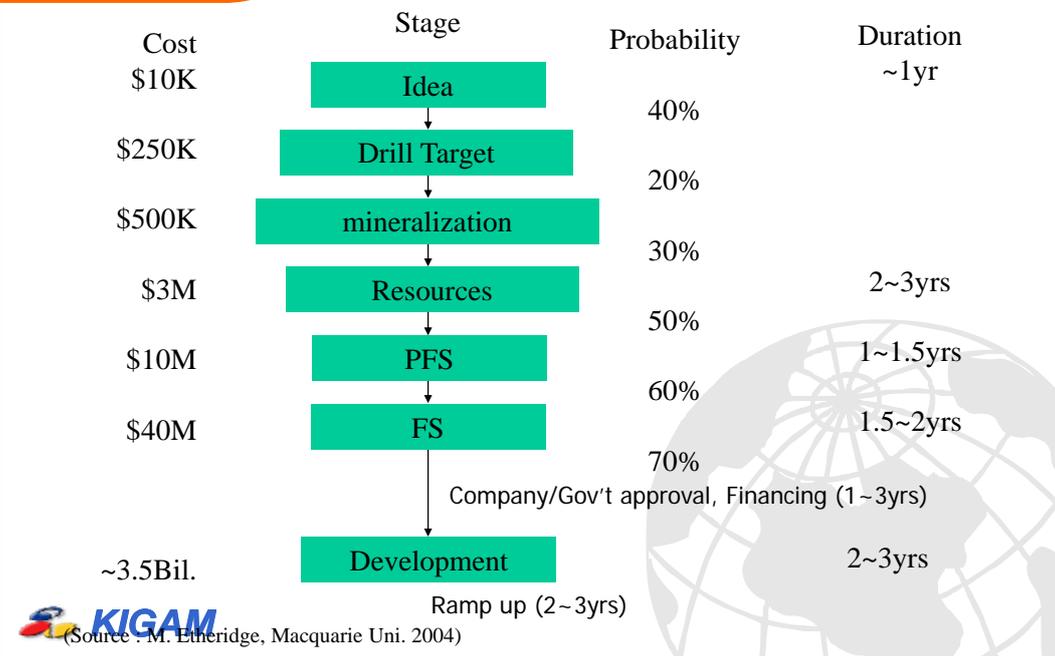
자원개발 프로시저



자원개발 단계



Mining Development Stage



Feasibility Study : 광산의 상업적 개발 가능성에 대한 공학적, 경제적 평가

구분	Preliminary Feasibility (scoping study)	Pre-Feasibility (intermediate economic study)	Project Feasibility
분석자료	<ul style="list-style-type: none"> 광체를 관통한 일부 시추 자료 광역지질 또는 위성자료 	<ul style="list-style-type: none"> 상세 지질자료 광물처리 기술 및 현황 국가 현황(교통, 세제, 법규 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 지질적인 접근 보다는 공학적, 경제적인 부분에 초점을 맞춘 분석
분석내용	<ul style="list-style-type: none"> 최대 매장량? 매장량 확인을 위한 추가 조사 비용? 프로젝트 진행을 위한 추가 조사의 필요성 판단 	<ul style="list-style-type: none"> Project description Geology Mining - geometry of ore body, production plan, equipment, plant Processing Operation needs - energy, water, Towns, related facilities Labor requirements Environmental Protection Legal Considerations Economic Analysis - cost, market, revenue, cash flow 	<ul style="list-style-type: none"> Comprehensive framework Completion of plan, design, equipment list Accurate cost estimation & associated economic results Investment timing Legal factors Environmental regulation Risk.... Pre-Feasibility에서 다루어진 내용들에 대한 보다 상세한 분석 및 개별 비용 분석
불확정성	< 50%	< 30%	< 15%
비고	<ul style="list-style-type: none"> 예비 타당성 조사 주로 매장량 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 기본 계획 개발광체 규정 및 개발방안 검토 분야별 기조안 및 대안 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 기본설계 ~ 실시설계 개발 스케줄 확정, 개별 비용 분석 광산설계, 개발계획 등 확정 투자자 설명자료 : Bankable....

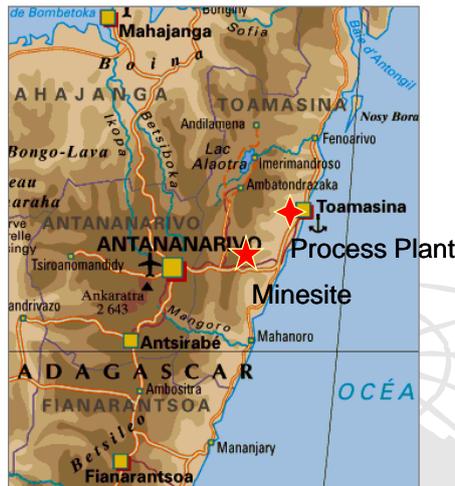
Feasibility study?

구분	세부항목	분석내용
Information on Deposit	Geology	mineralization, geologic structure, rock types, extent of zones
	Geometry	size, shape, attitude, continuity, depth
	Geography	location, topography, access, climate & surface condition, political condition
	Exploration	historical, current program, sampling, assaying, proposed program
Information on General Project Economics	Market	marketable form of product, market location, price, sales characteristics
	Transportation	property access, product transportation(method, distance, costs)
	Utilities	electric power, natural gas, on-site generation
	Tenures	ownership(land, water, mineral rights), acreage requirements
	Water	potable and process(source, quantity, quality, costs), mine water(..., drainage, treatment)
	Labor	type(skilled in mining), rates, trends, organization, local labor history, housing
	Government	taxation, reclamation and operating requirements, pending mining legislation, legal issue(employment laws, licenses, currency exchange, agreements...)
Mining Method Selection	Financing	alternatives(sources, magnitudes), obligation(repayment, interest)
	Physical controls	strength, uniformity & continuity of mineralization, geology, subsidence
	Selectivity	dilution, ore recovery estimates, waste mining and disposal
	Preproduction	layout, method, plan, time
	Production	continuing development(method, quantity, time), labor, equipment requirement
Processing Method	Mineralogy	properties of ore(metallurgical, chemical, physical), ore hardness
	Alternatives	degree of processing, establish flowsheet, production schedule
	Recoveries and Product Quality	(estimates effects of variations in ore type or grade)
Capital and Operating Cost Estimates	Plant layout	cost, space, proximity to deposit
	Capital costs	exploration, preproduction development, working capital, mining and Mill (building, site preparation, equipment, engineering and contingency fees)
	Operating costs	mining and milling(labor, maintenance and supplies), administrative and supervisory(overhead charges, social costs)



Ambatovy Overview

- Open-pit mine
- Ore preparation
- 220 km pipeline
- Pressure acid leach plant
- Intermediate product:
 - 55.2% nickel
 - 4.2% cobalt
 - Refinery
- Finished Metal:
 - 60,000 t/y nickel
 - 5,600 t/y cobalt



Feasibility Study Team (Example)

 SNC-LAVALIN Engineers & Constructors	Overall study coordination. Engineering & design, Value Improvement Program, capital and operating cost estimates, project execution plan
Spence Resource Management	Drilling program design and geology and ore resources
Dynatec - Mettech Metallurgical Technologies Division	Test work, process design/ flowsheet, operating requirements, owners' cost estimate, financial evaluation
Watts Griffis and McOuat	Ore resource model and resource estimate, National Instrument (NI) 43-101 Report
Independent Mining Consultants Inc.	Mine plan and ore reserve estimate, NI 43-101 Report
Knight Piésold Consulting	Tailings management and surface water management
Aker Kvaerner	Solvent extraction design
Murray & Roberts Engineering Solutions	Concept initial feasibility
Paterson & Cooke Consulting Engineers	Slurry pipeline test work and design criteria
Pipeline Systems Incorporated	Slurry pipeline engineering
Golder Associates Ltd.	Environment Assessment study
AMEC Americas Limited Mining & Metals	Audit of resources and ore reserves
Marsh Canada Limited	Conduct and interpret risk analysis
Geopractica Geotechnical Engineers	Geotechnical investigations
Yates Mineral Consultants Inc.	Nickel / cobalt market study



Feasibility Study - Key Findings

- Annual production capacity
 - 60,000 tonnes LME Class 1 nickel metal
 - 5,600 tonnes cobalt
 - 186,000 tonnes ammonium sulphate
 - Estimated total mineral reserves
 - 125 million tonnes @ 1.04% Ni, 0.10% Co (0.8% nickel cutoff)
 - Additional 39.4 million tonnes @ 0.69% Ni, 0.064% Co
 - Potential to increase reserves with additional drilling (additional 79 million tonnes of inferred resource identified at 0.8% Ni cutoff)
 - 27-year project life
 - Project to utilize only proven metallurgical processes, all process unit operations can be found elsewhere operating on a commercial scale



Feasibility Study - Key Findings

After tax, all equity, in real terms Price Case	IRR (%)
Project (base case) (\$5 /lb Ni, \$12.00 /lb cobalt)	13.3%
Kores (base case)	16.6%

- Positive return at US\$6.5/lb long-term nickel price

* In constant 2007 dollars



Feasibility Study Overview

