

폐탄을 이용한 농업 대체에너지 개발

이귀현

(강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부)

Development of Substitute Energy for Agriculture Using Wasted Coal

Lee, Gwi-Hyun

Division of Agricultural Engineering, Coll. of Agric. & Life Sci., Kangwon
National Univ., Chuncheon, 200-701, Korea

적 요

각 탄전지역에서 생산되는 폐탄을 농업 시설난방에 효율적으로 활용하기 위해 강원도 도계 및 사북광업소와 백산역에서 3종류의 폐탄시료를 채취하였으며, 폐탄의 발열량을 증대시키기 위한 방안으로 염화나트륨수용액을 혼합하여 건조한 폐탄 시료와 폐탄 원석의 열·물리적 특성을 조사 및 비교 분석하였다. 폐탄시료의 회분에 대한 성분분석 결과 모든 시료가 같은 구성성분을 갖고 있으나, 다소 다른 무기물질의 함유량을 나타내었다. 일반 점토의 성분과 같이 SiO_2 와 Al_2O_3 가 주성분으로써 각각 53~62% 및 30~34%를 차지하였으며, 특히 Fe_2O_3 가 약 3~4%의 함유량을 나타내었다. 폐탄의 시료에 염화나트륨수용액을 첨가시켰을 때 시료내에서 서로간에 약간의 응집현상을 일으켜 약한 결합에 의한 분리의 원인을 제공함으로써 발열량 향상에 다소 영향을 주었고, 연소되는 발열점을 약간 낮추는 결과를 가져왔다. 연소 후 폐탄의 총 무게 감소는 36~58%로 염화나트륨수용액의 첨가에 의한 영향을 크게 받지는 않으나, 염화나트륨수용액이 첨가된 폐탄에 있어 무게감소는 염화나트륨수용액이 첨가되지 않은 폐탄에 비해 약간 낮은 온도에서 빨리 진행됨을 알 수 있었다. 폐탄의 형상은 원석 일 경우 비교적 작은 10-50 μm 정도의 분말이 응집되어 구상체 모습을 형성하고 있으나, 염화나트륨수용액을 혼합한 경우는 크게 응집하여 커다란 집합체를 형성하는 모습을 나타내었다. 사북광업소에서 채취한 폐탄시료의 수분함량은 6%이상으로 도계광업소 및 백산역에서 채취한 폐탄시료보다 2%이상 높게 나타났다. 도계 및 사북광업소에서 채취한 시료의 탄소함량은 50% 이상이었으나, 백산역에서 채취한 폐탄에서는 매우 적은 양을 함유하는 것으로 나타났다.

I. 서론

현재, 우리나라의 농업은 에너지 집약형 산업으로 변하고 있다. 그 동안 농업의 생력화를 위해 농업생산 시설의 자동화 시책을 추진해 오면서 온실, 축사 등을 중심으로 하여 농업도 에너지 소비형 산업으로

변모하였다. 그러나, 에너지원이 한정되어 있는 우리나라의 현실로 볼 때 에너지원의 확보를 위한 대책이 명확하게 수립되어 있지 못한 실정에서 IMF 시대를 맞이하여 에너지원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라의 여건을 더욱 곤경에 처하게 만들고 있다. 자본구조가 취약한 농업부문에서는 에너지 가격의 상승이 농업생산비를 증가시키고 있으며, 특히

시설농업분야는 그 운영에 있어서 위기를 맞이하고 있다. 우리나라의 일반적인 에너지 소비 추세를 보면 석유, 가스, 전기 등의 고급에너지 소비가 급증하는 반면 석탄소비의 감소로 에너지의 해외 의존도 및 석유 의존도가 점차 증가추세로 1998년 통계에 의하면 국내 에너지 사용량의 97% 이상이 수입에 의존하고 있는 실정이다(에너지관리공단, 2000).

특히, 우리나라 농림업부문(작물생산, 화훼, 축산부문을 합산)의 에너지원별 소비 추이(1984~1995)를 보면 전체 에너지 소비는 지속적으로 증가하여 1984년을 기준으로 할 때 1993년에 2.32배 1995년에 2.95배 증가하였다(농촌진흥청, 1998). 특히 전력, 프로판, 석유 등의 순으로 급격히 증가한데 비해 석탄은 급격히 감소하는 경향을 보였다. 또한, 에너지원별 구성비를 1995년 기준으로 보면 석유가 87.8%, 전력이 10.9%로서 대부분이 농림업 부문의 에너지원이 전량 외국으로부터 수입되는 석유에 의존하고 있으므로 다각적인 에너지원의 확보가 요구됨을 알 수 있다(농촌진흥청, 1998). 우리나라의 에너지 소비형 농업 시설의 경우 채소 및 화훼원예용 시설만 보더라도 1992년 이후 연간 8.3%씩 증가하였으며, 가온면적도 연간 32.8%씩 급격히 증가하여 1997년 현재 전체면적의 약 22%에 달하였다(농촌진흥청, 1998). 또한, 원예 시설용 난방기 보유대수는 1997년 말 66,086대로 1992년 이후 연평균 38.6%씩 증가하였고, 이에 따른 1997년의 유류 소모량은 966,000키로 연평균 39.8%씩 증가하였으며, 이를 금액으로 환산하면 1997년도의 경우 약 3,138억원에 달했다(농촌진흥청, 1998). 이는 원예시설에 대한 것이지만 농업분야 전체를 보면 1996년도의 경우 1,837,000키 소비에 금액으로는 4,243억원에 달했는데, 이는 연평균 공급량이 19.2%, 공급액이 26.2% 증가한 것이다. 이 가운데 농업시설 난방 에너지원의 주류를 이루고 있는 경유의 가격은 면세가격을 기준으로 할 때 인상률은 101.7%였다. 이와 같은 농업시설 난방설비의 주요 에너지원인 경유의 높은 인상률은 시설원에 농업의 난방비를 가중시키는 원인으로 크게 작용하여 시설영농에 위협적인 요소로 작용하고 있는 것이다(권영삼, 1992).

현재 시설농업의 에너지 위기는 위에 살펴 본 바

와 같이 에너지원 가운데 유류 의존율이 너무 높고 환율에 의해 유류 단가가 급격히 상승한데 기인함을 알 수 있다. 그 동안 정부의 저유가 정책에 힘입어 대부분의 시설농업에 유류를 사용하였기 때문에 에너지원의 다양화, 대체에너지의 개발 등이 이루어지지 못한 것이 오늘의 가장 큰 문제이다. 우리는 과거 에너지 파동이 있을 때마다 그 대응방안으로 그때마다 가격이 낮은 에너지원을 선택하는 정책을 펼쳐왔던 관계로 난방설비를 대체해야만 하는 어려움을 겪어왔다. 현재에도 바로 이러한 상황을 맞이하게 되었다. 따라서 에너지원의 지역화와 다양화를 통해 에너지 가격의 변동에 동요하지 않도록 해야 할 것이다. 즉, 탄전이 가까운 지역은 무연탄을 활용토록 하고, 목재 자원의 공급이 가능한 경우는 장작을 활용토록 하며, 폐자원의 구입이 손쉬운 도시근교에서는 폐자재를 활용토록 하는 등 에너지원의 지역화와 다양화가 필요한 것이다. 아울러 영농유형과 농가수준을 고려한 수급대책 모형을 개발하여 철저한 분석에 기초한 농업용 에너지원의 장단기 수급계획을 마련해야 한다. 여기에는 유류의 수급에 대한 것 뿐 아니라 상기한 에너지원의 다양화를 위한 대책도 당연히 포함되어야 할 것이다. 또한, 새로운 에너지 절감기술 개발과 대체 농업에너지 개발시책을 더욱 활성화하기 위해서는 시설 및 장비를 시범적으로 운영해 보고 석유를 사용하지 않는 난방시설 도입시 소요비용의 일부를 지원해 주는 적극적인 시책을 펼쳐 볼 필요도 있다.

이와 같이 농림업 부문의 에너지원이 석유에 편중됨에 따라 석유를 이용하는 난방설비는 많은 연구개발이 이루어져 상당한 기술이 축적되어 있다. 그러나 우리나라에 다량 부존되어 있는 석탄을 이용하기 위한 난방설비는 상대적으로 낙후되어 있는 실정이며, 연탄용 난방시스템을 생산하는 업체도 전국적으로 5개 정도에 불과하다.

석탄은 크게 무연탄과 유연탄으로 구분되며, 역청탄, 갈탄, 토탄이 유연탄에 속한다. 석탄은 탄화정도에 따라 4종류, 즉 무연탄, 역청탄, 갈탄 및 토탄으로 분류된다. 또한 석탄의 휘발 성분이 5% 이하, 고정탄소가 80% 이상으로 되면 흑연으로 변성된다. 석탄

화 정도에 따른 분류뿐만 아니라 입경의 크기에 의해 괴탄(60mm이상), 중소괴탄(25~60mm), 분탄(5~25mm), 미분탄(5mm이하), 막장탄(미정립탄) 등으로 분류하는 입도별 분류가 있다(채재우 등, 1994). 그 외에도 용도에 따라 보일러용탄, 발생로용탄, 원료탄 등으로 분류하는 용도별 분류, 성상에 의한 강점결탄, 약점결탄, 유연탄 등으로 분류하는 성상별 분류가 있으며, 채탄 후 수세의 정도에 따라서 회분이 적은 순서로 특, 상, 보통, 2등으로 분류하는 품질별 분류 등이 있다. 본 연구에서 시설난방시스템의 연료로 활용하고자 하는 탄은 9등급 이하의 등외품으로 열량이 3,500kcal/kg이하인 폐탄을 의미하며 각 탄전지역과 일부 역두에 다량이 생산 및 적재되어 있으나, 정확한량은 파악되고 있지 않다. 최근에는 에너지원의 가격 상승에 따라 폐타이어, 장작, 연탄, 폐오일, 하수슬러지(정재택, 1999) 등 폐자재를 활용한 난방설비가 개발되고 있으나, 본 연구에서 개발목표로 하는 폐탄을 이용한 대체에너지 개발 등은 전혀 연구개발이 이루어지지 않고 있어 농촌현장의 시급한 애로기술로 대두되고 있다. 이러한 상황에서 우리나라의 에너지자원 확보는 계속적으로 대두될 문제라는데 심각성이 크다. 이 때문에 관계 정부당국에서는 면세유 확대공급, 대체 에너지원 개발, 에너지 절약형 설비 시스템 구축 등 다각적인 노력을 강구하고 있다. 그러나, 이러한 노력은 단기적이어서는 안되며, 장기적이고, 항구적인 농업에너지 수급대책이어야 한다. 이를 위해서는 근본적으로 에너지원의 다양화, 부존자원 이용의 극대화가 이루어지지 않으면 안 된다.

따라서, 본 연구의 목적은 현재 탄전지대에 다량 방치되어 있는 폐탄의 품질을 향상시켜 농가의 시설난방용 에너지원으로 공급하고자 하는 것이다.

II. 재료 및 방법

각 탄전지역에서 생산되는 폐탄을 농업 시설난방에 효율적으로 활용하기 위해강원도 도계광업소, 사북광업소 및 백산역에서 3종류의 폐탄을 채취하였으며, 폐탄의 발열량을 증대시키기 위한 방안으로 염화나트륨수용액을 혼합하여 건조한 폐탄시료와 폐탄

원석의 열·물리적 특성을 조사 및비교 분석하였다. 각 시료의 회분 분석은 XRF를 이용하였으며, 폐탄시료를 약 1200°C에서 태워 성분분석을 수행하였다. 여기서, 성분분석에 사용된 기기는 Philips PW1480 model WDX -type sequential XRF였다. 열분석은 TA instruments사의 SDT2960 model을 이용하여 동시에 TGA-DSC를 측정하였다. 시료의 양은 10~30mg을 취하였고 분당 20°C로 승온시켰으며 공기분위기 하에서 실험하였다. 또한, 각 폐탄의 산원지별 원소분석을 수행하였으며, 폐탄에 염화나트륨수용액을 첨가했을 경우의 형상을 파악하고자 전자현미경 분석을 하였고, 염화나트륨에 의한 실질적 열효율의 증가 정도를 파악하기 위하여 열분석(TGA-DSC)을 병행하였다. 각 산원지별 폐탄의 수분함량을 측정하기 위해 300g의 분탄시료를 70°C의 오븐에서 15시간 건조시킨 후 데시케이터 내에서 완전히 수분을 제거한 후 무게를 측정하여 수분함량을 계산하였다. 또한, 폐탄의 산원지별 입도분포를 조사하기 위해 입도분석(particle size analysis)을 수행하였다. 폐탄의 입도분석은 Tyler 체와 체가름기계(Ro-tap)를 사용하여 100g의 시료를 처음 10분간 체가름한 후 5분간씩 더 체가름하고 제일 작은 눈금의 체에 0.2% 이하의 중량변화가 있을 때 분석을 완료하였다. 각 폐탄 시료별 원소분석은 원소분석기(Model Vario EL, Elemental Co., Germany)를 사용하여 측정하였다. 원소분석방법은 2mg 내외의 폐탄시료를 tin-foil에 싼 후 기기에 삽입하여 1,150°C의 furnace에서 연소, 분해되어 각 column을 통과, 시간차에 의한 무게함량을 측정하였다. 폐탄 원석과 염화나트륨수용액을 혼합한 폐탄의 절대 발열량은 Bomb Calorimeter(Model 1341, PARR Instrument Co., USA)를 이용하여 측정하였다. 여기서, 각 폐탄의 열·물리적 특성분석은 40번 체로 입도를 선별한 후 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. XRF분석

도계광업소, 사북광업소 및 백산역의 3지역에서 채

표 1. 산지별 저질분탄 회분의 화학적 조성

(weight percent)											
Coal Number	Name	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
1	Dogae	59.65	3.19	31.60	1.71	0.00	0.44	0.48	2.94	0.00	0.00
2	Sabuk	53.94	3.98	33.86	1.81	0.04	0.56	0.72	4.77	0.09	0.22
3	Baeksan	61.34	3.24	9.56	1.28	0.00	0.52	0.58	3.47	0.00	0.00

취한 폐탄시료의 회분에 대한 성분분석 결과를 표 1 및 그림 1에 나타내었다. 폐탄시료 모두 같은 구성성분을 갖고 있으나, 다소 다른 무기물질의 함유량을 나타내었다. 일반 점토의 성분과 같이 SiO₂와 Al₂O₃가 주성분으로써 각각 53~62% 및 30~34%를 차지하였으며, 특히 Fe₂O₃가 약 3~4%의 함유량을 나타냈다. Fe₂O₃, MgO, Na₂O 등 회분 중에 알칼리성분은 회분의 용융온도를 낮추고 점성을 낮추는 역할을 하며, 반대로 Al₂O₃는 용융을 높이는 역할을 한다. 용융온도가 낮은 탄이 slagging성이 크다는 점을 고려할 때, 본 연구의 시료는 slagging성이 낮을 것으로 판단된다. 또한 K₂O의 함유량은 fouling을 야기 시키는 것으로 알려져 있으며 특히 국내 혼합탄의 경우 K₂O의 함유량이 큰 것으로 알려져 있다. 본 폐탄의 경우에도 potassium이 함유된 illite 및 muscovite 등의 존재로 인하여 fouling현상이 있을 것으로 생각된다.

2. TGA-DSC분석

도계광업소, 사북광업소 및 백산역의 3지역에서 채취한 폐탄 원석 및 폐탄에 염화나트륨수용액을 첨가한 시료에 대한 TGA-DSC 분석결과를 그림 2에 나타내었다. 이미 알려진 석탄의 분자구조는 분자량이 약 300에서 1,000사이를 나타낸다. 유기화합물은 탄소 원자로 구성된 많은 고리를 갖고 있으며 그 중 어떤 고리는 서로 연결되어 있으나 또 다른 고리는 긴 사슬로 연결되어 있다. 본 연구에서 사용된 폐탄시료는 저급석탄으로써 이미 알려질 무연탄과는 분자구조적인 면에서 약간의 차이가 있다고 할 수 있다. 즉 많은 연결고리 및 보다 강한 결합에 의해서 연소시 큰 에너지를 필요로 하는 것으로 판단된다. 이와 같이 많은 에너지의 필요는 낮은 발열량과 상관관계가 있다.

도계 및 사북광업소와 백산역에서 채취한 3종류의 각 시료는 단지 염화나트륨수용액을 첨가(도계(S), 사북(S), 백산(S)) 시켰을 때 시료내에서 약간의 서로간 화학(응집)을 일으켜(약한 결합에 의한 분리의 원인 제공) 발열량 향상에 다소 영향을 주었고, 연소되는 발열점을 약간 낮추는 결과를 초래하였다(표 2). 그림 2에서 나타난 것과 같이 약 100°C까지의 완만한 질량의 감소는 시료내의 포함된 수분 및 흡착된 이산화탄소 등이 빠져나갔음을 의미하고 약 600°C에서 800°C사이의 급격한 발열피크 및 질량감소는 포함된 유기물의 산화반응에 의한 영향이 대부분을 차지할 것이며, 또한 광물의 Al₂O₃, SiO₂, H₂O 및 다른 금속 산화물로의 해리에 의해 발생하는 분해반응열이 소량관계 된 것으로 판단된다. 또한, TGA-DSC 두 곡선에서 약 50°C 정도의 불일치를 보이고 있으나 먼저 발열반응이 일어난 후 질량의 감소가 이루어진 것으로 보이며, 각각의 시료에서 두 곡선의 형태는 잘 일치하는 것으로 나타났다.

염화나트륨수용액의 첨가로 인한 인화점의 이동현상을 그림 3, 4, 5에 나타내었다. 대체적으로 발열량이 4,000kcal/kg이상의 무연탄인 경우에 열분석 결과 약 67.1%의 총 무게감소를 나타내는 것으로 알려져 있다(박원훈, 1998). 그러나, 본 연구에서 사용된 시료는 폐탄으로 총 무게 감소가 36~58%로 염화나트륨의 영향을 크게 받지는 않으나, 염화나트륨수용액이 첨가된 폐탄에 있어 무게감소는 염화나트륨수용액이 첨가되지 않은 폐탄에 비해 약간 낮은 온도에서 빨리 진행됨을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 폐탄에 염화나트륨수용액을 혼합하여 시설난방을 위한 고형연료로 사용한다면 연료의 연소를 용이하게 할 수 있다는 것을 나타낸다.

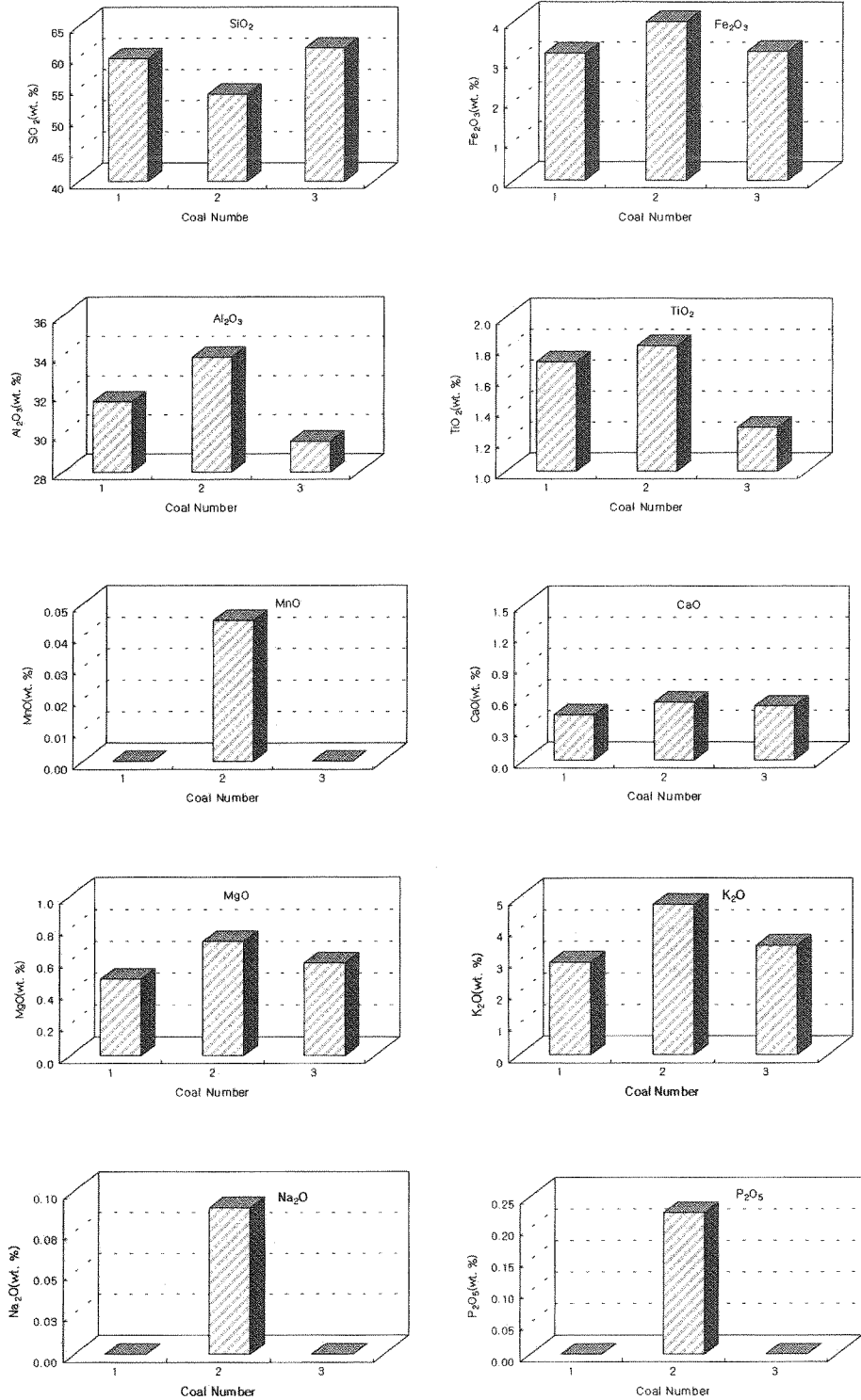


그림 1. 산원지별 페탄 회분의 주요 화학조성 비교

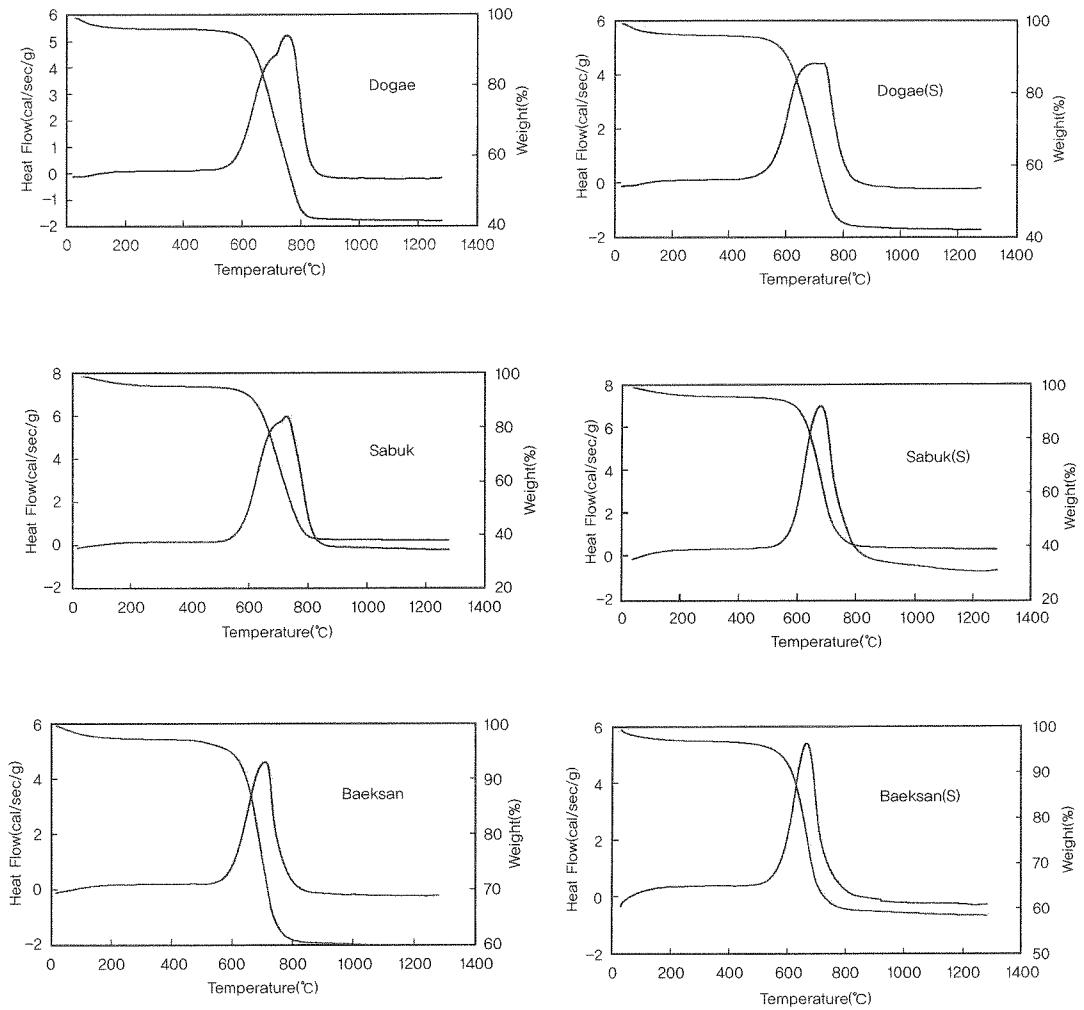


그림 2. 저질분탄의 TGA-DSC 분석 결과

표 2. TGA-DSC 분석결과

시료종류	질량변화(%)	발열 피크온도(°C)	발열량(cal/g)
도계	54.4	753.2	2,489
도계(S)	53.6	731.4	2,615
사복B	57.1	729.9	2,597
사복B(S)	56.5	681.4	2,727
백산B	36.8	710.5	1,629
백산B(S)	37.9	668.2	1,699

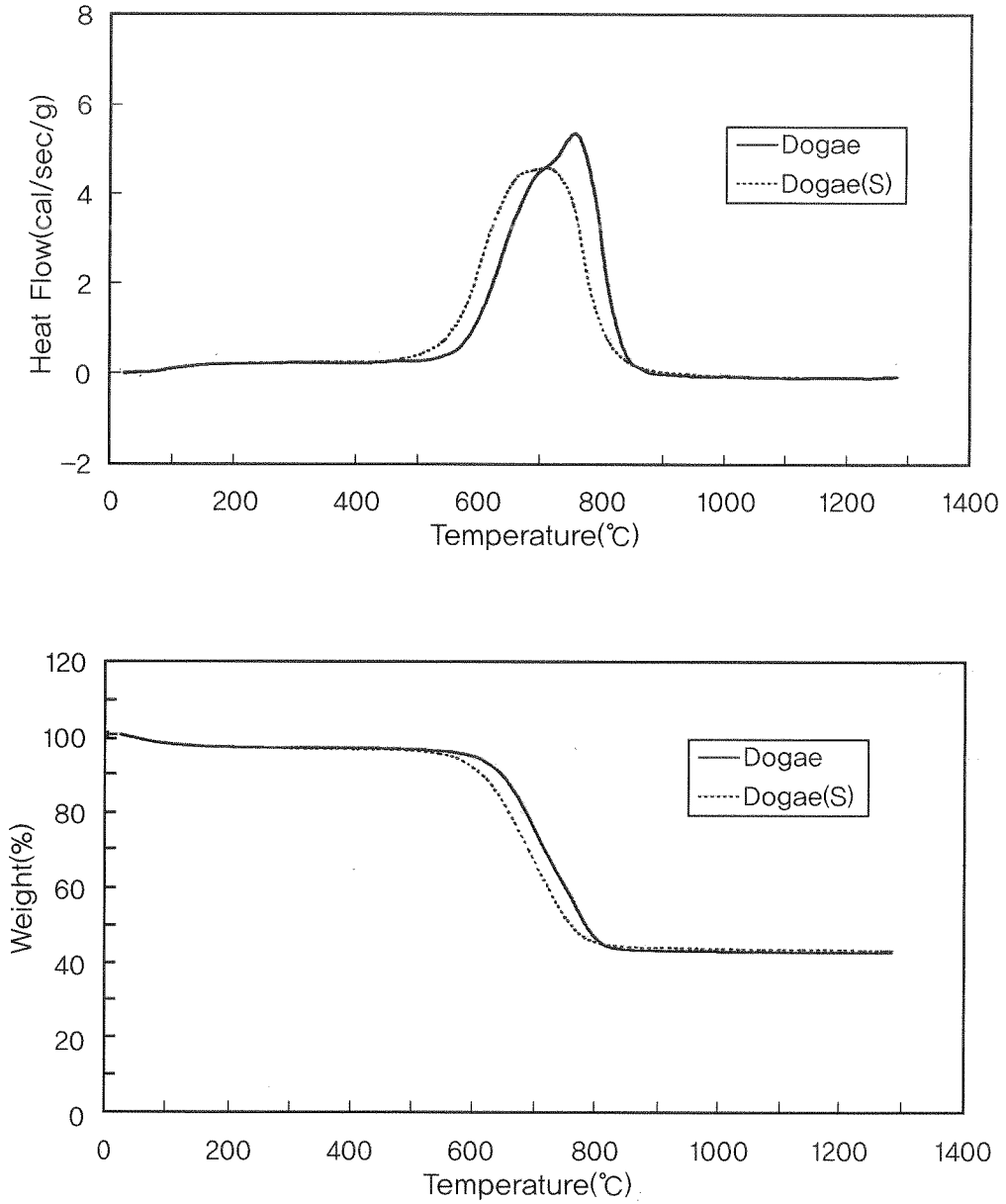


그림 3. 도계광업소에서 채취한 페탄과 페탄에 염화나트륨수용액을 혼합한 시료에 대한 TGA-DSC 분석결과

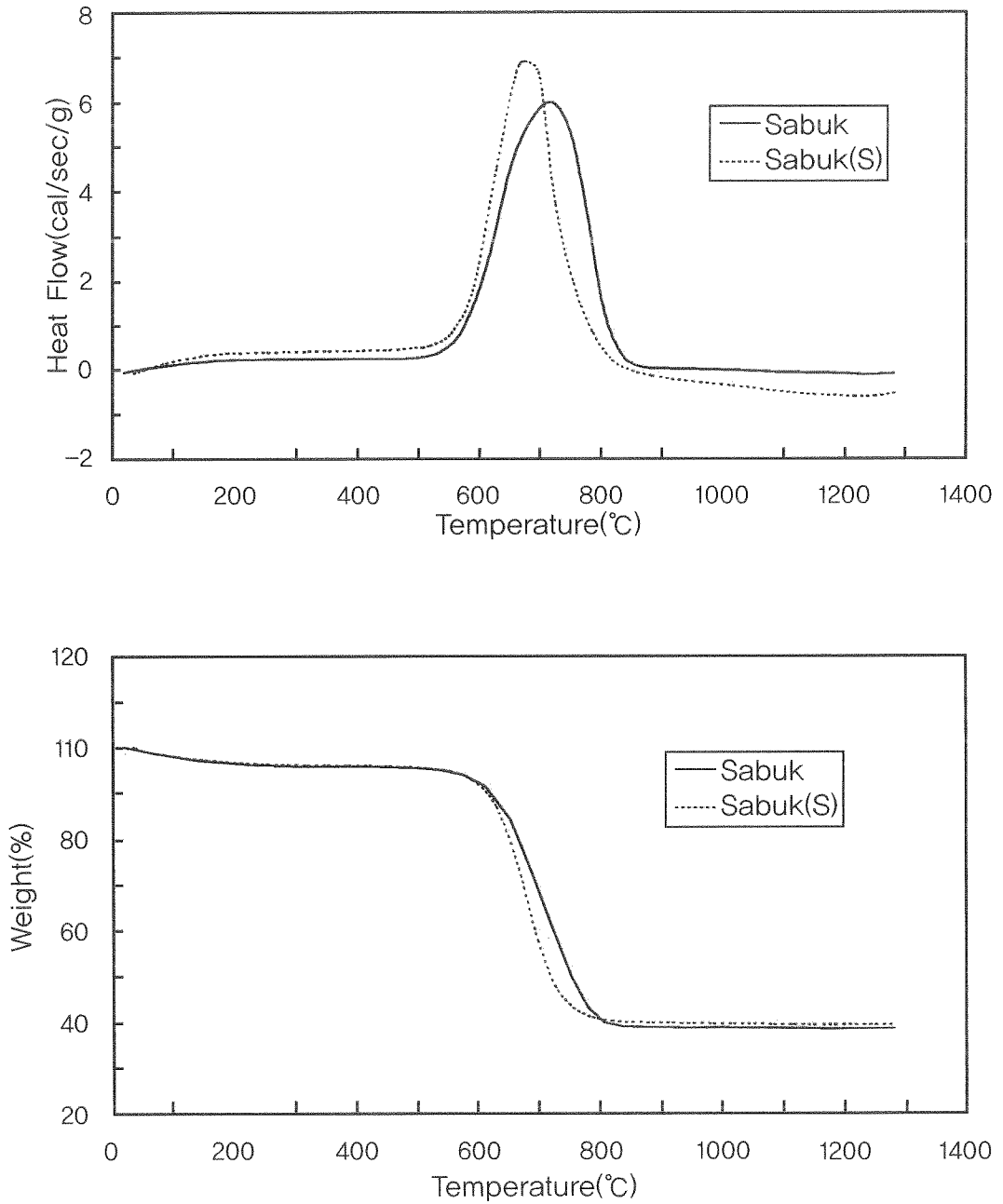


그림 4. 사북광업소에서 채취한 분탄시료와 폐탄에 염화나트륨수용액을 혼합한 시료에 대한 TGA-DSC분석결과

3. 전자현미경 분석결과

산원지별 폐탄 원석 및 폐탄에 염화나트륨수용액을 첨가하고 건조한 폐탄시료에 대한 SEM 분석 결과를 그림 6, 7, 8, 9, 10, 11에 나타내었다. 폐탄 원석일 경우 비교적 작은 10~50 μ m 정도의 분말이 응집되어 구상체 모습을 형성하고 있으나, 염화나트륨수용

액을 혼합한 경우는 큰 응집을 하여 커다란 집합체를 형성하는 모습을 나타내고 있다.

4. 수분함량 및 입도분석

각 탄전지역에서 채취한 폐탄의 수분함량 분석결과를 표 3에 나타내었다. 사북광업소에서 채취한 폐

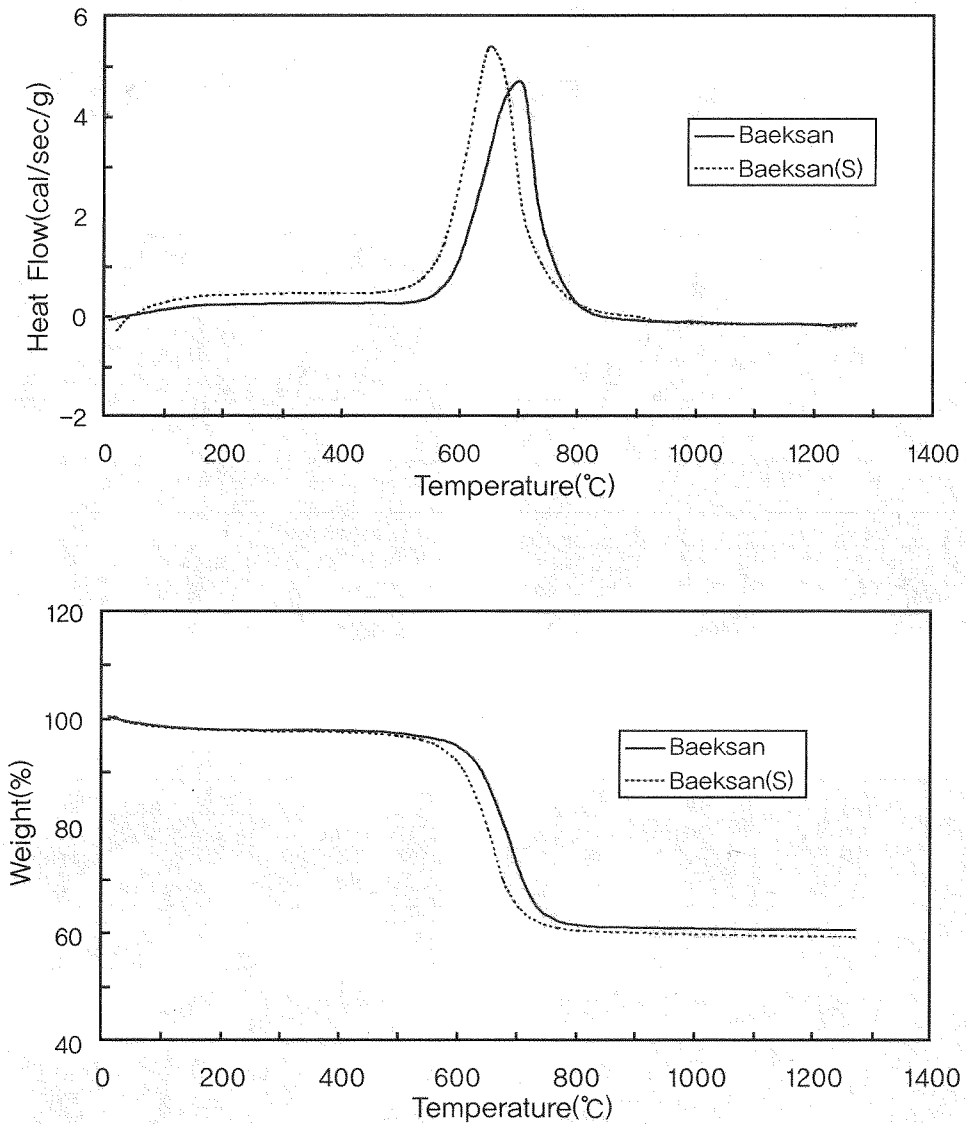


그림 5. 백산역에서 채취한 분탄시료와 폐탄에 염화나트륨수용액을 혼합한 시료에 대한 TGA-DSC 분석결과

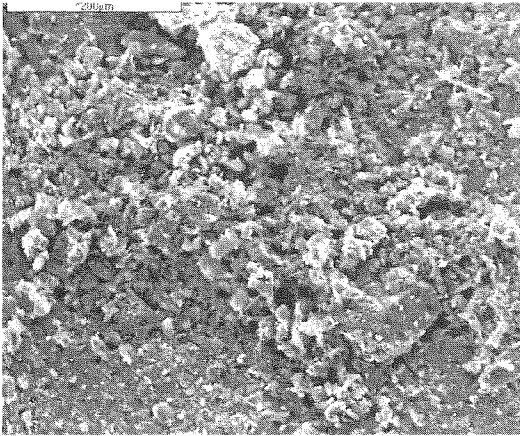


그림 6. 도계광업소에서 채취한 페탄 원석

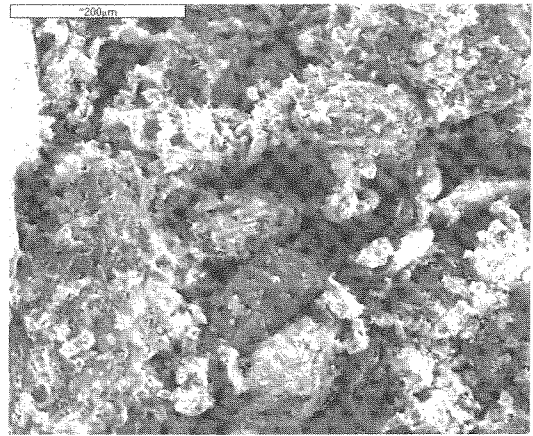


그림 7. 도계광업소에서 채취한 페탄에 염화나트륨 수용액을 첨가한 시료

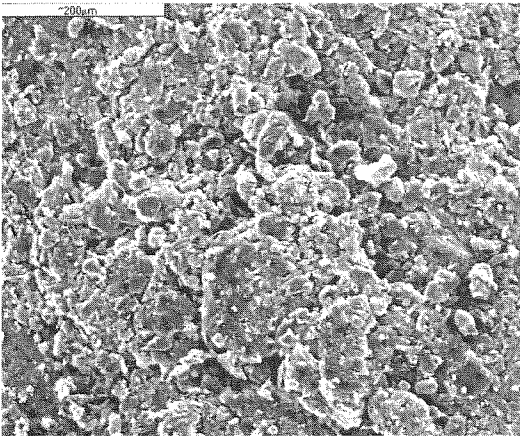


그림 8. 사북광업소에서 채취한 페탄 원석

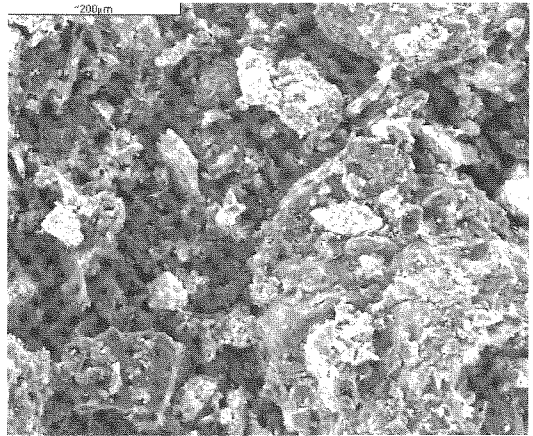


그림 9. 사북광업소에서 채취한 페탄에 염화나트륨 수용액을 첨가한 시료

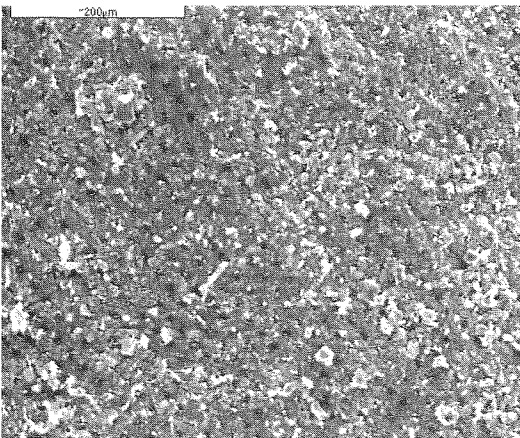


그림 10. 백산역에서 채취한 페탄 원석

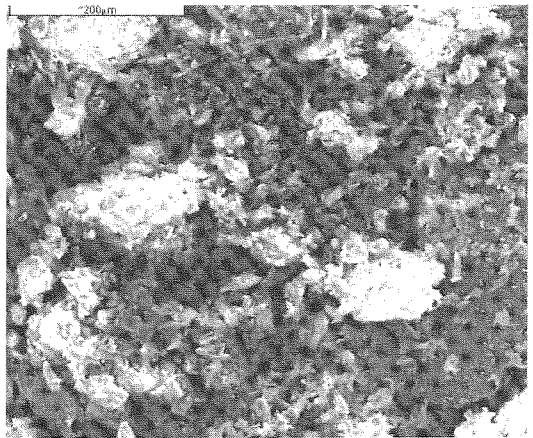


그림 11. 백산역에서 채취한 페탄에 염화나트륨 수용액을 첨가한 시료

탄시료의 수분함량은 6% 이상으로 도계광업소 및 백산역에서 채취한 폐탄시료보다 2% 이상 높게 나타났다. 폐탄의 산원지별 입도분포를 조사하기 위해 입도분석(particle size analysis)을 수행하였고, 그 결과를 표 4에 나타내었다. 도계광업소, 사북광업소, 백산역에서 채취한 폐탄시료는 12mesh 이상이 각각 53.44, 71.07, 67.64% 분포하는 것으로 나타났으며, 그러므로 사북광업소에서 채취한 폐탄시료 입자의 크기는 대체로 작은 쪽에 많이 분포되어있고, 상대적으로 도계광업소에서 채취한 시료의 입자는 조금 큰 쪽에 분포되고 있다는 것을 알 수 있다.

5. 원소분석

각 폐탄 시료별 원소분석 결과를 표 5에 나타내었다. 도계 및 사북광업소에서 채취한 시료의 탄소 함량은 50% 이상이었으나, 백산역에서 채취한 폐탄에서는 매우 적은 양을 함유하는 것으로 나타났다. 이러한 탄소 함량의 정도는 발열량에 크게 영향을 미

치며, 그러므로 이러한 결과는 백산역에서 채취한 시료의 발열량이 다른 시료에 비해 낮음을 나타낸다. 또한 모든 폐탄시료는 2~3% 범위의 수소를 함유하고 있는 것으로 나타났다.

6. 발열량 분석

각 산원지별 폐탄시료의 절대 발열량 측정은 각 시료에 대해 3회 수행하여 평균하였으며, 그 결과를 표 6에 나타내었다. 폐탄시료에 염화나트륨수용액을 혼합한 폐탄의 발열량 값은 첨가물 없는 순수 폐탄의 발열량 값보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 각 폐탄 시료의 발열량에 대해 다소 낮은 발열량 값을 나타냈지만 폐탄 시료간의 상대 비교자료로 쓰일 수 있는 TGA-DSC 열분석 결과에서 나타난 것과 유사한 결과로 염화나트륨수용액은 폐탄의 발열량을 다소 증대시키는 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

표 3. 산원지별 폐탄의 함수율 분석

시료채취 장소	도계광업소	사북광업소	백산역
함수율(%)	4.23	6.97	3.82

표 4. 산원지별 폐탄의 입도분석

시료채취 장소 particle size size (mesh)	도계광업소		사북광업소		백산역	
	wt. (%)	cum. wt. (%)	wt. (%)	cum. wt. (%)	wt. (%)	cum. wt. (%)
4 이하	16.25	100	8.94	100	11.35	100
4~8	24.27	83.75	14.43	91.06	15.34	88.65
8~12	6.04	59.48	5.56	76.63	5.67	73.31
12~16	9.52	53.44	12.62	71.07	9.22	67.64
16~20	3.13	43.92	4.56	58.45	13.49	58.42
20~30	9.06	40.79	15.20	53.89	10.58	44.93
30~40	5.79	31.73	10.30	38.69	6.94	34.35
40~100	11.48	25.94	15.02	28.39	12.56	27.41
100이상	14.46	14.46	13.37	13.37	14.85	14.85

표 5. 산원지별 폐탄의 원소분석 결과

원소종류 분탄 분류	C	H	N	S
도계	52.38	2.51	0.34	0.15
사북	53.20	2.46	0.28	0.11
백산	33.96	2.34	0.34	0.16

표 6. Oxygen Bomb Calorimeter에 의해 측정된 각 폐탄시료의 발열량

시료종류	열량(kcal/kg)	시료종류	열량(kcal/kg)	시료종류	열량(kcal/kg)
도계	3,414	사북	3,302	백산	2,153
도계(S)	3,630	사북(S)	3,469	백산(S)	2,427

IV. 결론

도계광업소, 사북광업소, 백산역에서 채취한 모든 시료는 서로간 다소 다른 형상 및 발열량을 갖고 있다. 모든 시료는 염화나트륨수용액을 포함 할 경우 시료내에서 약간의 서로간 화학작용을 일으켜 약한 결합에 의한 분리의 원인 제공으로 인화점을 낮추고, 발열량을 다소 증가시키는 것으로 생각된다. 복잡한 화학식 및 분자구조를 갖고 있는 석탄은 고체 화석 연료로 지역 및 석탄의 질에 따라 다소 다른 구조를 나타내고 있으며, 정확한 메커니즘을 구현한다는 것은 매우 힘든 일이라 할 수 있다. 그러나, 폐탄의 낮은 발열량을 염화나트륨수용액을 첨가함으로써 다소 높게 향상시킬 수 있음은 매우 고무적인 일이라 할 수 있다. 그러므로, 적절한 방법으로 이러한 열량의 회수는 폐탄의 또 다른 에너지원으로서 활용가능성을 제시하고 있다. 또한, 염화나트륨수용액의 첨가에 의해 폐탄을 비교적 낮은 온도에서 최대의 발열을 하게 함으로서 인화점을 낮출 수 있다는 것은 폐탄의 농업시설난방을 위한 고형연료로 활용될 수 있는 가능성을 한층 더 확고히 하고 있다.

인용문헌

1. 권영삼(1992), 시설원예의 잠재력과 전망, 농어촌

진흥, 92년 5집(통권 92호).

2. 농촌진흥청 농업기계화연구소(1998), 농업용 에너지의 효율적 이용과 대체에너지 개발.
3. 박원훈(1998), 석탄의 국내 종합 활용 연구, 과학기술처.
4. 에너지관리공단(2000), 기술세미나 자료집.
5. 정재택(1999), 시설원예 난방시스템 및 저가원료 대체기술 개발, 연구보고서. 농림부.
6. 채재우, 안수길, 홍명석(1994), 연소공학, 원창출판사.