



국내 및 ISO 기준을 기반으로 한 국내 고형연료(SRF) 품질 등급 평가 및 개선

한소영^{1)*} · 최상규²⁾ · 정연우³⁾ · 임은주⁴⁾ · 오무혁⁵⁾

Evaluation and Improvement of Domestic Solid Refuse Fuel (SRF) Quality Classification Based on Korea and ISO Standards

Soyoung Han^{1)*} · Sang-Kyu Choi²⁾ · Yeon-Woo Jung³⁾ · Eun-Joo Im⁴⁾ · Moo-Hyuk Oh⁵⁾

Received 19 February 2025 Revised 4 March 2025 Accepted 6 March 2025 Published online 25 March 2025

ABSTRACT This study analyzes the quality of Solid Refuse Fuel (SRF) products produced and used in South Korea by comparing them with both domestic and international quality standards (ISO 21640). The results indicate that low heating value and chlorine content are the most critical factors in determining SRF grades, with sulfur content playing an additional role in BIO SRF. However, the current domestic classification system evaluates quality based on a simple summation of individual scores, which can lead to overestimated product quality and reduced differentiation between grades. Compared with ISO 21640, the domestic system incorporates more detailed criteria, such as sulfur content, but lacks sufficient variability to establish a reliable grading structure. The study proposes a new classification method based on the lowest individual quality parameter score, which provides clearer differentiation among products. Moving forward, a systematic accumulation and analysis of past data will be necessary to identify long-term quality trends and establish a more precise grading system. This study provides a basis for improving the credibility and sustainability of SRF classification and contributes to the ongoing enhancement of waste-to-energy applications.

Key words Solid recovered fuel(고형연료), Quality classification(품질등급), ISO 21640, Low heating value(저위발열량), Chlorine(염소), Sulfur(황), Waste-to-Energy(폐기물에너지화)

Subscript

SRF : solid refuse fuel

RPF : refuse plastic fuel

RDF : refuse derived fuel

TDF : tire derived fuel

WCF : wood chip fuel

MSW : municipal solid waste

1) Principal Research Engineer, Korea Institute of Machinery & Materials

2) Principal Researcher, Korea Institute of Machinery & Materials

3) Senior Engineer, Korea Institute of Machinery & Materials

4) Principal Researcher, Korea Testing Laboratory

5) Principal Researcher, Daedeok Analytical Research Institute

*Corresponding author: syhan@kimm.re.kr

Tel: +82-042-868-7363

Fax: +82-042-868-7284

1. 서론

폐기물 고형연료(SRF, Solid Refuse Fuel)는 폐기물을 단순히 매립하거나 소각하는 대신, 에너지 회수 및 자원 재 활용을 목적으로 활용하기 위해 개발된 연료이다. 전 세계

에서 매년 20억 톤 이상의 도시 고형폐기물(MSW)이 발생하고 있으며 현재 폐기물 증가 속도가 유지될 경우, 2050년까지 3.8억 톤으로 증가할 전망이다. 이에 반해 전 세계적으로 도시 폐기물의 19%만이 재활용되고 있는 실정이며, 나머지는 아직도 단순 매립과 소각에 의존하고 있다.^[1] 유럽연합(EU)의 폐기물 정책(2008/98/EC Waste Framework Directive)에 따르면, 매립보다는 에너지 회수가 더 나은 선택지로 여겨지고 RDF(Refuse Derived Fuel)는 폐기물의 에너지적 가치를 회수함으로써 자원의 순환성을 극대화할 수 있다고 평가하고 있다.^[2] 국내에서도 SRF는 여러 단계의 발전 과정을 거쳐 오늘날 중요한 에너지 자원 중 하나로 자리잡게 되었다. 1990년대 후반, 산업화와 도시화에 따른 폐기물 증가와 매립지 한계, 환경 오염 문제 등이 심화되면서 폐기물의 자원화 및 에너지 회수 방안에 대한 관심이 높아지고 이 시기에 폐기물을 연료로 전환하는 개념이 국내 학계와 산업계에 소개되기 시작했다. 고품질연료(SRF) 관련 기술과 공정에 대한 기초 연구가 진행되었으며, 일부 파일럿 프로젝트를 통해 폐기물의 전처리, 혼합, 성형 등의 기술적 가능성이 검토되었다. 이때의 연구는 주로 폐기물의 성상 분석, 연소 효율 및 배출가스 특성 평가 등에 초점을 맞추었다. 2000년대 중반, 환경오염 문제와 폐기물 처리 비용 상승, 그리고 자원순환에 대한 필요성이 대두되면서 정부는 폐기물 관리 및 자원순환 관련 법령(예: 폐기물관리법, 자원순환기본법 등)을 강화하기 시작했다. 이러한 정책 변화는 폐기물 고품질연료 기술의 상용화와 관련 산업 발전을 촉진하는 역할을 하였다. 정부와 민간 연구기관, 기업들이 협력하여 폐기물을 고품질연료로 전환하는 기술 개발에 박차를 가하였고 특히, 폐기물의 성상에 따른 전처리 기술, 연소 효율을 개선할 수 있는 혼합 및 성형 기술 등이 집중적으로 연구되었으며, 일부 시범사업을 통해 SRF의 경제성과 환경적 이점을 검증하는 사례들이 등장하였다. 2010년대에 들어서면서 SRF는 시멘트 공장, 보일러, 발전소 등에서 대체 연료로서 활용되기 시작했고 이는 폐기물 처리 비용 절감, 자원 재활용, 그리고 온실가스 배출 저감 효과를 고려한 결과로, 관련 산업에서는 SRF의 품질 기준과 안정적 공급 체계 마련에 주목하게 되었다. 상용화가 진행되면서 SRF의 품질 안정성과 연소 효율, 배출가스 특성 등을 평가할 수 있는 산업 표준 및 인증 제도가 마련되어서 정부

와 관련 기관들은 정기적인 품질 검사 및 모니터링 체계를 구축하여, SRF의 사용으로 인한 환경적 문제를 최소화하고 신뢰성을 확보하는 데 노력하고 있다.

국내에서 고품질연료 제품이 본격적으로 도입된 과정은 다음과 같다. 2003년 8월, 최초로 폐플라스틱을 이용한 고품질연료(RPF, Refuse Plastic Fuel)가 공식화되었으며, 2006년 6월에는 생활계 폐기물에서 유래한 RDF(Refuse Derived Fuel)의 품질기준과 저위발열량이 설정되었다. 이후, 2008년 10월까지 페타이어연료(TDF, Tire Derived Fuel)와 폐목재연료(WCF, Wood Chip Fuel)가 추가되면서 고품질연료의 범위가 확대되었으며, 이와 함께 품질 관리 기준도 강화되었다. 이를 통해 연료의 모양과 크기, 금속 성분(수은, 카드뮴, 납, 비소 등), 발열량, 염소 함량 등의 관리 체계가 마련되었다.

2013년 초, 정부는 폐기물의 에너지 회수를 촉진하기 위한 정책을 수립하고, 기존에 RPF, RDF, TDF, WCF로 나뉘던 분류를 SRF(Solid Refuse Fuel)로 통합하였다. 이에 따라 SRF는 성형(Pelletized SRF)과 비성형(Fluff SRF)으로 이분화 되었으며, 이후 BIO SRF(바이오 고품질연료)가 추가되면서 사용 가능한 연료의 범위가 더욱 확대되었다. 주요 원료로는 생활폐기물, 폐합성수지, 폐섬유, 폐고무, 페타이어 등이 활용되었으며, BIO SRF는 폐목재, 농업폐기물(양겨, 옥수수대 등), 식물성 잔재물(땅콩껍질, 호두껍질 등) 등이 주원료로 사용되었다.

2014년 7월부터는 품질표시제도가 도입되어 생산자 및 수입자는 고품질연료 제품에 대한 품질 정보를 의무적으로 공개해야 했다. 이 제도를 통해 제품의 기본 특성(모양, 크기, 수분, 회분, 저위발열량)과 중금속 및 화학물질 함량(수은, 카드뮴, 납, 비소, 크롬 등) 총 19개 항목을 검사하도록 규정하였다. 또한, 2020년 5월부터 품질등급제를 시행하여 연료의 품질 개선을 유도하였다.^[3]

2023년 기준으로 국내 SRF 제조사는 285곳이고 수입회사는 2곳이며, 약 180만 톤의 SRF와 270만 톤의 Bio-SRF가 국내에서 생산되었으며 약 21만 톤의 Bio-SRF가 수입되었다. 고품질연료의 약 58%는 발전용 연료로 사용되었고 약 41%가 제지산업 등에서 보일러 연료로 사용되었으며 일부는 지역난방 연료로 사용되었다.^[4]

최근 들어서는 폐기물 고품질연료의 효율성을 높이고, 환경 영향을 줄이기 위한 노력이 계속되고 있다. 재활용 가능

Table 1. Quality classification criteria for domestic Solid Refuse Fuel (SRF) products^[5] (Related to Article 20-2, Paragraph 3)

1) General Solid Recovered Fuel (SRF)

Quality Criteria	Unit	3 Points (Highest Grade)	2 Points (Medium Grade)	1 Point (Lowest Grade)
Lower Heating Value (Imported Products)	kcal/kg	≥6,000 (≥6,150)	≥5,000 (≥5,150)	≥3,500 (≥3,650)
Mercury Content	mg/kg	≤0.2	≤0.5	≤1.0
Chlorine Content	wt. %	≤0.5	≤1.0	≤2.0
Sulfur Content (For TDF)	wt. %	≤0.2 (≤1.6)	≤0.4 (≤1.8)	≤0.6 (≤2.0)

2) BIO Solid Refuse Fuel (BIO SRF)

Quality Criteria	Unit	3 Points (Highest Grade)	2 Points (Medium Grade)	1 Point (Lowest Grade)
Lower Heating Value (Imported Products)	kcal/kg	≥3,600 (≥3,750)	≥3,300 (≥3,450)	≥3,000 (≥3,150)
Mercury Content	mg/kg	≤0.1	≤0.3	≤0.6
Chlorine Content	wt. %	≤0.1	≤0.3	≤0.5
Sulfur Content	wt. %	≤0.05	≤0.1	≤0.6

3) Quality Grade Classification Table

Grade	Classification Criteria
Excellent	Total score of 10 or higher across the four quality parameters
Good	Total score of 8 or higher but less than 10
Satisfactory	Total score of 4 or higher but less than 8

Table 2. Quality Standards for SRF Grades (ISO 21640:2021)^[6]

Measurement Parameter	Statistical Processing Method	Unit	Grade 1 (Highest)	Grade 2	Grade 3	Grade 4	Grade 5 (Lowest)
Lower Heating Value (LHV)	Mean Value	MJ/kg (ar)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Chlorine (Cl) Content	Mean Value	% in mass (d)	≤ 0.2	≤ 0.6	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 3
Mercury (Hg) Content	Median	mg/MJ (ar)	≤ 0.02	≤ 0.03	≤ 0.05	≤ 0.10	≤ 0.15
Mercury (Hg) Content	80th Percentile	mg/MJ (ar)	≤ 0.04	≤ 0.06	≤ 0.10	≤ 0.20	≤ 0.30

한 폐기물의 자원화와 함께, 탄소중립 및 에너지 전환 정책에 부응하는 친환경 연료로의 전환 노력이 강화되고 있으며, 정부의 순환경제의 기초아래 폐자원의 물질회수의 흐름에도 SRF가 한 축을 이루고 있는 상황이다.

이러한 노력에도 여전히 SRF는 환경적 문제로 인해 지역사회에서 부정적인 인식을 받고 있다. 특히, 유해물질 배출 우려로 인해 일부 지역에서는 사용이 제한되거나 반대 여론이 형성되기도 한다. 따라서 향후 품질 개선과 환경적 안전성을 더욱 강화하는 정책적 보완이 필요하다.

본 논문은 국내 폐기물 고형연료제품(SRF)의 제도 도입 10여년을 넘게 맞이하면서 국내에서 생산·사용되는 폐기물 고형연료(SRF)의 품질을 국내 및 ISO 21640 기준과 비교하여 현재 등급 체계의 한계를 평가하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해 SRF의 품질 평가 방식이 제품 간 변별력이 낮고 일부 제품의 품질이 과대평가될 가능성이 있음을 확인하였다. 이에 따라, 기존의 점수 합산 방식 대신 최하위 항목 점수를 기준으로 한 새로운 등급 분류 방안을 제안하고, 향후 장기적인 품질 변화 분석을 위해 과거 데이터를 지속적으로 추적·검토할 필요성을 제시한다. 본 연구는 SRF 품질의 신뢰성을 높이고, 지속 가능한 활용을 위한 개선 방안을 마련하는 데 기여할 수 있을 것이다.

2. 연구방법

국내 고형연료제품(SRF)의 품질 현황을 알아보기 위해 2024년도 한 해 품질표시검사 자료 약 370 여건을 대상으로 하였다. 모든 자료는 국내에서 제조 및 수입되어 사용되고 있는 고형연료제품이다. 아래 Table 1과 Table 2에 나

타나 있는 국내 고형연료 등급과 ISO 21640 등급 기준에 맞추어 자료를 분류 및 분석 하였다. 분석 툴은 엑셀 프로그램을 기본으로 사용하여 표 및 그래프를 작성하였다.

3. 연구 결과

3.1 SRF의 국내 품질등급 분포 분석

국내 SRF는 일반 SRF와 BIO SRF로 구분되어 있으며, 일반 SRF 와 BIO SRF의 품질등급을 국내 고형연료 등급 기준으로 분류 하여 Fig. 1과 같이 나타내었다.

Table 1의 점수 구분에 따라 10점 이상은 최우수, 8점이상 10점 미만은 우수, 4점이상 8점미만은 양호로 구별된다. Fig. 1 상에서 나타나는 바 와 같이 국내 제조 및 사용되는 일반 SRF의 경우 최우수를 받은 비율은 90.5%이며, 우수를 받은 비율은 9.0%, 양호를 받은 비율은 0.5% 로 최우수의 제품이 가장 높은 비율을 차지하고 있음을 알 수 있다. BIO SRF의 경우에도 최우수를 받은 비율이 97.5%로 대부분이었으며 나머지 2.5% 만이 우수 등급으로 분류되었다.

Fig. 2는 국내 고형연료의 등급 기준에 따른 점수 분포를 자세하게 나타낸 그래프이다. 일반 SRF의 경우 저위발열량, 염소, 황과 수은 4개 항목에서 모두 3점을 받아 총점 12점을 받아 최고 높은 등급을 받은 제품이 제일 많았고, BIO SRF의 경우 4개의 항목에서 총점 11점의 점수를 받은 제품이 제일 많은 것으로 나타났다. 일반 SRF의 경우에 11점을 받은 제품 중 약 68%의 제품이 저위발열량으로 인해 점수를 받지 못했으며 나머지 32%에서 염소항목으로 인해

점수를 받지 못하는 것으로 나타났다. 10점의 점수를 받은 제품에서는 약 69%의 제품이 저위발열량 항목만으로 점수를 받지 못했으며, 나머지 31% 제품에서는 저위발열량과 더불어 염소의 항목에서 점수를 받지 못한 것으로 나타났다. BIO SRF의 경우에 11점을 받은 제품 중 약 72%가 저위발열량 항목으로, 약 28%의 제품이 염소와 황 항목으로 인해 점수를 받지 못한 것으로 나타났다. 10점을 받은 제품들도 8.3%가 저위발열량으로만 점수를 받지 못했고, 25.0% 제품이 저위 발열량과 더불어 황 항목으로 인해 점수를 받지 못한 것으로 나타났다. 이는 일반 및 BIO SRF 통틀어 저위발열량 항목이 점수기여에 가장 많은 영향을 미치고 있으며, 그 다음으로는 일반 SRF에서는 염소항목이 BIO SRF에서는 염소 보다는 황 항목이 점수기여에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다.



Fig. 1. Grade distribution of general SRF and BIO SRF according to domestic SRF classification standards

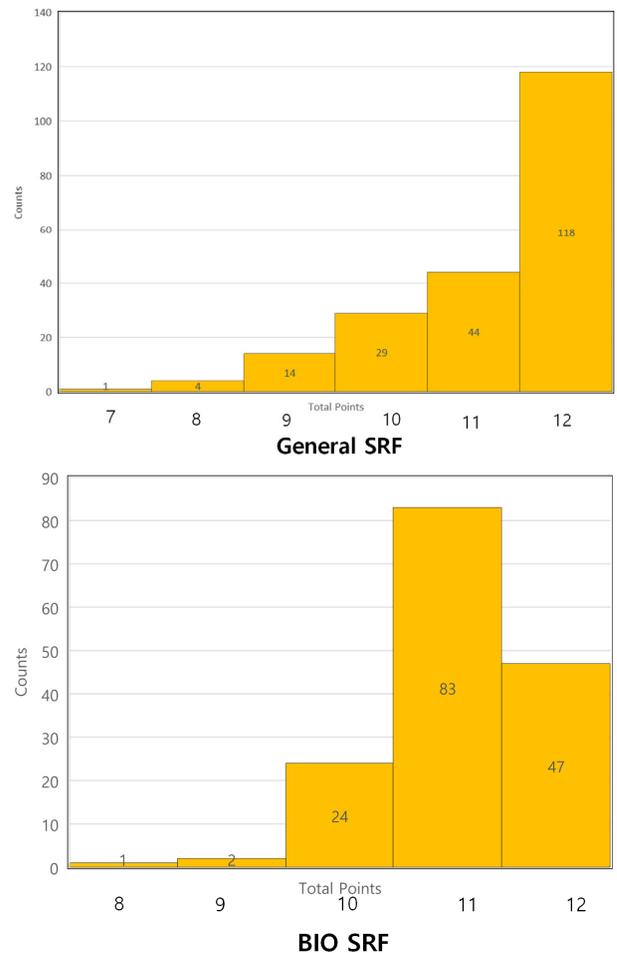


Fig. 2. Grade distribution of general SRF and BIO SRF according to domestic SRF standards

이와 같은 내용은 아래 Fig. 3과 Fig. 4에서처럼 저위발열량, 염소, 황 그리고 수은의 각 항목과 총점 사이의 상관관계를 분석함으로써 나타낼 수도 있다. 일반 SRF와 BIO SRF의 총점에 각 항목별 상관관계가 가장 강한 항목은 저위발열량으로 상관계수가 각각 0.87, 0.81로 강한 상관관계임을 보여주며, 일반 SRF의 염소는 중간정도($r = 0.68$)의 상관관계, BIO SRF의 황은 약한($r = 0.41$) 상관관계를 보이고 있으며, 수은은 고형연료 전체에 상관관계가 아주 약하거나 전혀 없으므로 나타냈다.

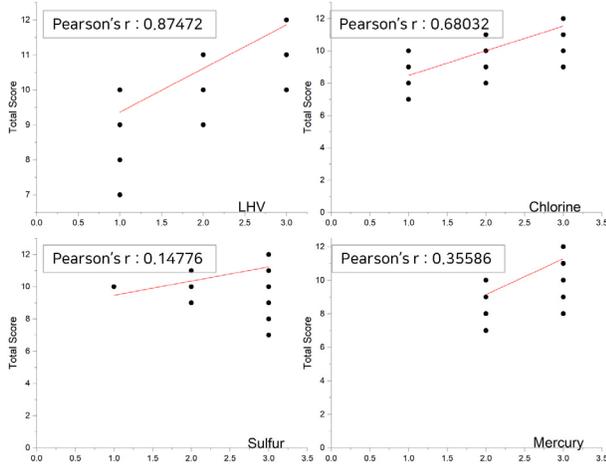


Fig. 3. Correlation graph between total score and Each parameter of general SRF standards

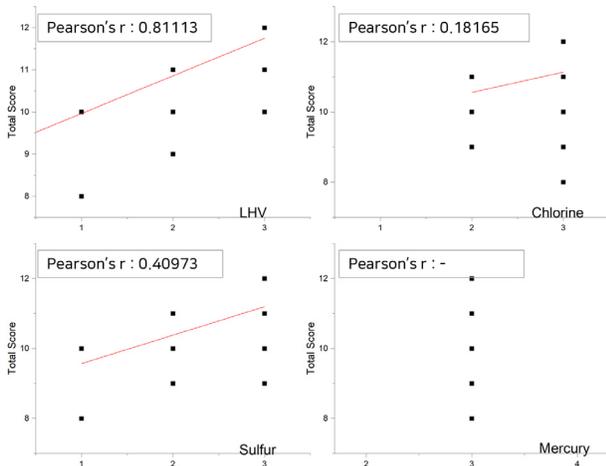


Fig. 4. Correlation graph between total score and each Parameter of BIO SRF standards

3.2 SRF의 ISO 21640 기준에 따른 등급분포

Fig. 5는 Table 2의 ISO 등급기준에 따라서 국내 생산되는 일반 SRF와 BIO SRF의 등급을 나누고 그 비율을 나타

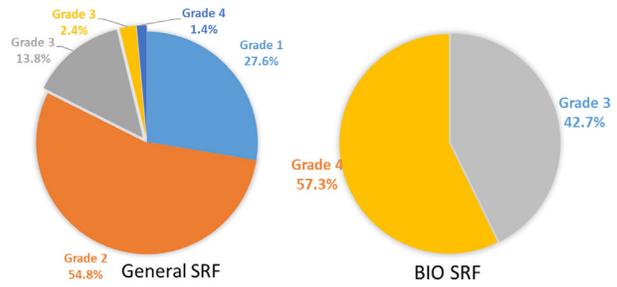


Fig. 5. Grade distribution of domestic general SRF and BIO SRF according to ISO 21640 classification standards

내고 있다. 일반 SRF는 1등급 27.6%, 2등급 54.8%로 주요 비율을 차지하고 있으며, 3등급 13.8%, 4등급 2.4% 그리고 5등급 1.4%의 비율로 나타내고 있다. BIO SRF의 경우는 3등급 42.7%, 4등급 57.3%로 나타내고 있다.

ISO 21640 등급기준은 국내기준과 비교했을 때, BIO SRF의 범위를 따로 두지 않고 있으며 기준항목 중 황이 빠져 있고, 저위발열량, 염소 및 수은의 각 등급기준이 모두 만족하는 범위에서 등급이 정해진다. 따라서 일반 SRF에 비하여 비교적 낮은 값의 저위발열량을 보유하고 있는 BIO SRF는 3등급과 4등급에 주로 분포하고 있음을 알 수 있다.

유럽의 EN15359의 기준도 ISO 21640과 다르지 않으며, 유럽의 SRF는 1~2등급 SRF는 고품질 연료로 분류되며, 시멘트 소성로(Cement Kiln), 제철소(Blast Furnace), 산업용 보일러 등에서 사용되고 있다. 3등급 SRF는 중급 연료로, 시멘트 공장 및 일부 산업 보일러에서 사용되고, 4~5등급 SRF는 저품질 연료이며, 주로 폐기물 소각 발전소에서 활용된다.^[7]

3.3 일반 SRF의 종류에 따른 품질 특징

이번 연구에 사용된 국내 일반 SRF의 종류는 크게 폐플라스틱, 페타이어(TDF), 폐섬유, 생활계폐기물 고형연료(RDF)를 원료로 하고 있으며 그 중 폐섬유를 제외한 아래 Fig. 6처럼 4가지 형태가 주를 이룬다고 볼 수 있다. 폐플라스틱을 원료로 하는 고형연료는 형태에 따라 Fluff와 Pellet 형태가 있다. 비성형 폐플라스틱 고형연료제품(P-Fluff)이 59.0% 정도로 주를 이루고 있으며, 펠릿 형태의 성형 폐플라스틱 고형연료제품(P-Pellet)이 34.3%, 생활계 폐기물 고형연료(RDF)가 4.8% 그리고 페타이어 고형연료제품(TDF) 1.9%를 이루고 있다.

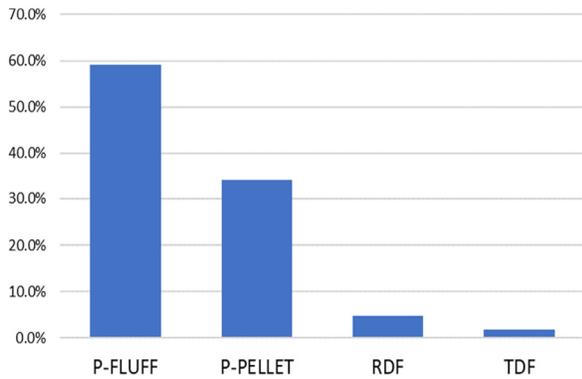


Fig. 6. Proportion of different types of domestic SRF

Fig. 7에 나타나는 바와 같이 종류별 SRF의 등급을 나타내었을 때 P-FLUFF 제품이 다양한 등급이 존재하고 있는 것을 볼 수 있고 2등급이 48%로 가장 많이 차지하고 1등급도 31%로 상당한 비율로 차지하고 있음을 볼 수 있다. 3,4,5 등급도 혼재하여 분포하고 있음을 볼 수 있다. 반면 P-PELLET 제품은 2등급이 72%로 다수를 차지하며 1등급의 비율은 22%를 점유하고, 3등급이 6%를 이루고 있으며 다른 등급의 제품은 없음이 관찰되어 비교적 제품 균일도가 높은 것으로 나타났다. RDF의 경우 1등급이 없이 2등급 30%, 3등급 70%로 이루어져 대체로 품질이 낮음을 보여줬다. RDF는 기본적으로 MSW에서 금속, 유리 등의 비연소성 물질을 제거한 후 가공하여 생산되며 지역별 폐기물 조성 차이로 인해 RDF의 표준화 및 상업화가 어려운 특징이 있다.^[8]

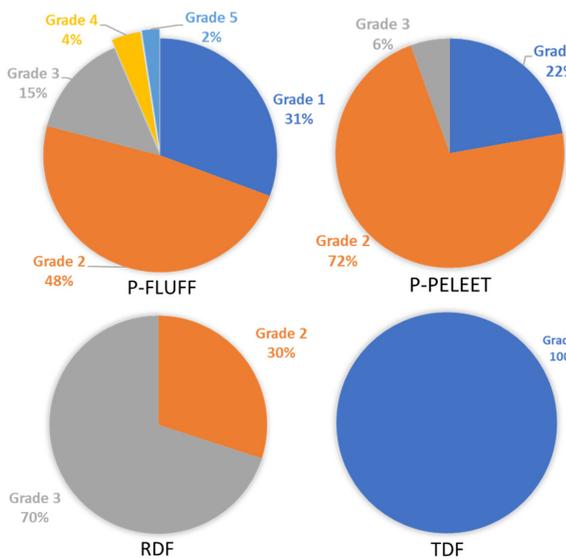


Fig. 7. Grade distribution by type of domestic SRF according to ISO classification standards

TDF의 경우 전제품이 1등급으로 품질이 제일 좋았으나, 이는 ISO 21640의 기준에 황 성분이 포함되지 않음을 고려해야 한다.

Fig. 8은 일반 SRF 중 P-FLUFF, P-PELLET과 RDF

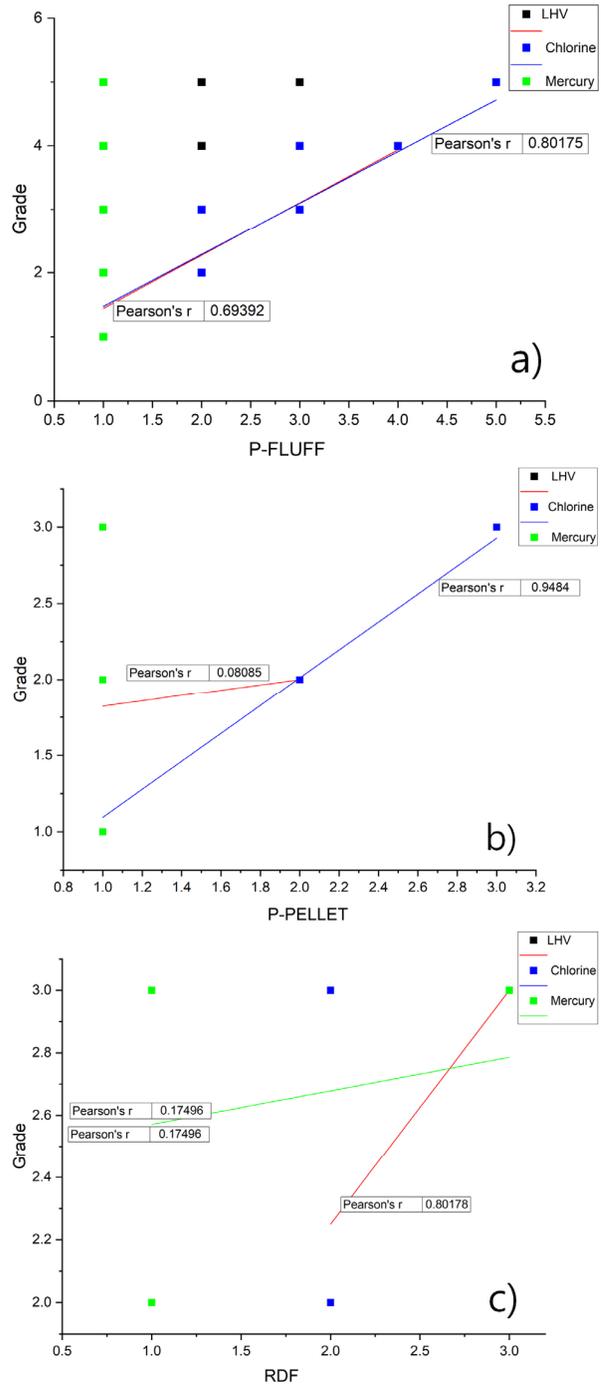


Fig. 8. Correlation diagram between ISO standard item grades and total score for solid fuel a) P-FLUFF, b) P-PELLET, c) RDF

를 대상으로 등급을 결정짓는 어떠한 항목이 가장 관계가 있는지 나타내는 상관그래프이다. P-FLUFF의 경우 상관계수 0.80으로 염소 등급이 증가할수록 등급이 높아지는 경향이 가장 강하게 나타나고 있음을 보여 주며 저위발열량도 등급과 어느 정도 양의 상관관계($r = 0.69$)가 있지만 염소보다는 영향이 적은 것으로 나타났다. 수은은 전부 1등급으로 전체등급과 관계 없는 것으로 나타났다. P-PELLET의 경우 염소와 등급 간 상관관계($r = 0.95$)가 매우 강한 것으로 나타났다. 저위발열량은 등급과 거의 관계가 없으며, 수은 역시 등급과 관계가 없는 것으로 보여진다. 이는 P-PELLET의 경우 발열량은 거의 균일한 값을 나타낸다고 볼 수 있을 것이다. 따라서 P-PELLET의 등급은 주로 염소 함량에 의해 결정되는 것으로 나타나고 있다. RDF의 경우 저위발열량과 등급 간 상관관계($r = 0.80$)가 강한 것으로 나타나고 염소와 수은은 등급과 거의 관계가 없는 것으로 보여진다($r = 0.17$). 따라서 RDF의 등급은 주로 저위발열량에 의해 결정되나 염소나 수은은 큰 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

3.4 결과 분석

위의 국내SRF의 품질 별 등급으로 나누어 분석한 결과 국내에 SRF의 원료 물질별, 성상별 등급의 차이가 많이 있음이 관찰되었다. 주로 등급을 결정하는 항목은 저위발열량과 염소 항목으로 나타났으며, BIO SRF의 경우 황성분이 등급결정에 일부 영향을 끼치고 있음을 알 수 있었다. 국내 기준은 ISO21640 과는 달리 황성분이 기준에 포함이 되므로 이는 더 세분화 된 기준이라고 볼 수 있다. 하지만 각 항목당 단 3가지 기준으로는 구별되어 있고 각 항목당 점수를 합산하는 기준으로 변별력이 부족함을 알 수 있다.

Fig. 9는 국내 고형연료의 품질등급을 기준으로 점수 산정을 각 항목 합산이 아닌 ISO21640 처럼 각 항목 중 가장 낮은 점수를 기준으로 다시 구분을 하여 나타내었다. 기존의 국내 등급기준으로 최우수 항목을 받은 제품이 일반 SRF 90.5%, BIO SRF 97.5%를 나타냈었는데, 위 Fig. 9는 최상위 점수와 최하위 점수 사이의 분포가 골고루 분포함을 알 수 있었다. 기존의 등급기준 으로는 최우수를 받은 제품 중 일부가 하위권으로 하락하며 나타난 결과로 생각된다. 고형연료에 제품에 대한 신뢰성을 높이기 위해서는

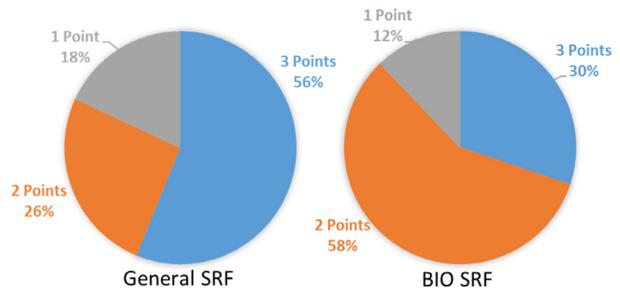


Fig. 9. Domestic solid fuel grade ratio applying the revised domestic solid fuel grading standards

이러한 등급기준을 새로이 재정비 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

4. 결론

본 연구는 국내에서 생산 및 사용되고 있는 고형연료제품(SRF, Solid Recovered Fuel)의 품질을 국내 기준과 국제 기준(ISO 21640)과 비교하여 분석하였다. 이를 통해 현재 국내 고형연료 등급 체계의 문제점을 도출하고, 보다 신뢰할 수 있는 평가 방법을 제안하고자 하였다.

연구 결과, 국내 SRF 등급 기준에서는 저위발열량(LHV)과 염소(Cl) 함량이 가장 중요한 품질 결정 요소로 작용하며, BIO SRF의 경우 황(S) 함량이 추가적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 현재 국내 기준은 개별 품질 항목 점수를 단순 합산하는 방식으로 등급을 평가하고 있어, 일부 제품의 품질이 실제보다 과대평가될 가능성이 있으며, 제품 간의 변별력이 낮은 문제점을 보였다. 특히, 국내 최우수 등급을 받은 제품이 일반 SRF의 경우 90.5%, BIO SRF의 경우 97.5%에 달할 정도로 높은 비율을 차지하고 있어, 평가 기준이 지나치게 일괄적이라는 한계가 보여졌다.

ISO 21640 기준과 비교했을 때, 국내 기준은 황 성분을 포함하는 등 보다 세부적인 평가 기준을 적용하고 있지만, 평가 방식이 지나치게 단순하여 제품 간의 품질 차이를 명확히 구분하기 어려운 문제가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 각 품질 항목의 개별 점수 중 가장 낮은 점수를 기준으로 등급을 재설정하는 방식을 제안하였다. 이를 적용한 결과, 제품 간의 품질 차이가 보다 두드러지게 구분되는 것으로 나타나, 기존의 점수 합산 방식보다

신뢰성이 높은 평가 기준이 될 가능성을 확인할 수 있었다.

향후 고품질연료제품의 신뢰성을 높이고, 보다 실질적인 품질 관리를 강화하기 위해서는 단순 점수 합산 방식 대신 최하위 품질 항목을 기준으로 등급을 결정하는 방식의 도입이 필요하다. 또한, 본 연구는 1년 동안의 데이터를 기반으로 한 분석이므로, 장기적인 품질 변화 추이를 파악하기 위해 과거 데이터를 지속적으로 축적하고 분석하는 과정이 필수적이다. 이를 통해 보다 정밀한 등급 체계를 확립할 수 있으며, 궁극적으로 고품질연료의 활용성을 극대화하고, 폐기물 에너지화(Waste-to-Energy) 정책과 연계할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것이다.

본 연구는 국내 고품질연료 등급 체계의 한계를 진단하고, 보다 신뢰성 높은 평가 기준을 제안함으로써 고품질연료의 품질 신뢰성과 지속 가능성을 높이는 데 기여할 것으로 생각된다. 향후 국내 SRF 등급 체계가 보다 정교하게 개편되고, 국제 기준과의 정합성을 확보할 수 있도록 정책적 지원과 추가 연구가 필요할 것이다.

References

- [1] United Nations Environment Programme (UNEP), 2024, “Global waste management outlook 2024 - Beyond an age of waste: Turning rubbish into a resource”, Nairobi, <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>.
- [2] Mateus, M.M., Cecilio, D., Fernandes, M.C., and Neiva Correia, M.J., 2023, “Refuse derived fuels as an immediate strategy for the energy transition, circular economy, and sustainability”, *Business Strategy and the Environment*, **32**(6), 3915–3926.
- [3] Ministry of Environment, 2003-2020, “Act on the promotion of saving and recycling of resources”.
- [4] Korea Environment Corporation, Waste Resources Business Division, 2024, “2023 Solid fuel product manufacturing, usage, and import performance report”, Accessed 12 December 2024, <https://srf-info.or.kr/cust-sprt/PostManage/2>.
- [5] Ministry of Environment, 2003-2020, “Act on the promotion of saving and recycling of resources”, Article 25-5 (Quality inspection of solid fuel products).
- [6] International Organization for Standardization (ISO), 2021, “ISO 21640:2021 - Solid recovered fuels — Specifications and classes”.
- [7] European Investment Bank (EIB), 2024, “Managing refuse-derived and solid recovered fuels: Best practice options for EU countries”, European Investment Bank, <https://doi.org/10.2867/056652>.
- [8] Mayoral Chavando, J.A., Silva, V.B., Tarelho, L.A.C., Cardoso, J.S., and Eusébio, D., 2022, “Snapshot review of refuse-derived fuels”, *Utilities Policy*, **74**, 101316.