

◎市の事業と循環型システム

① 二十一世紀の資源循環型ごみ処理施設—金沢工場の焼却灰溶融設備とごみ発電について

■小山和夫・山中信幸・長谷部孝広

1 はじめに

これまでの大量生産・大量消費・大量廃棄型のシステムでは、環境に与える負荷が大きい社会となる。資源の問題や環境破壊、ごみ問題が、私たちの生活を脅かすようになっており、廃棄物の発生を抑制し、減量化・資源化を推進する資源循環型社会へ転換を図っていかねばならない。

本市でも資源循環型社会へ向けて色々な取り組みを実施しているが、廃棄物を可能な限り減量化・資源化したとしても、残る可燃ごみは焼却処理する必要がある。焼却処理は減量化と安定化を目的としているが、資源循環の観点から焼却の際に発生する熱エネルギーはサーマルリサイクルとして発電等に利用し、焼却灰は溶融設備の導入などによって再

資源化する取り組みがなされている。

本稿では、平成十三年四月から「二十一世紀の循環型ごみ処理施設」として稼働した金沢工場における焼却灰溶融設備並びに発電設備による資源有効利用の取り組みを紹介する。

2 焼却灰溶融スラグの有効利用について

① 金沢工場への焼却灰溶融設備の導入と背景

最終処分地の逼迫や資源循環型社会の構築が叫ばれている中で、焼却灰等の廃棄物を減量化・資源化するため、焼却灰をセメント原料として利用することや、焼却灰を溶かす溶融炉の導入、さらには、ごみの段階から溶融させるガス化溶融炉の設置が増加している。

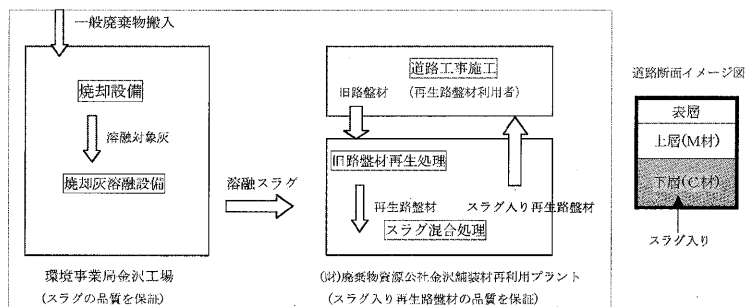
国においては、平成八年九月一般廃棄物処理施設の国庫補助事業の中で、対象となるごみ処理施設の新設時に灰溶融・固化設備を付設することとし、溶融固化処理の推進を行っている。

また、平成十年三月「一般廃棄物の溶融固化物の再利用に関する指針」を定めて溶融固化物の再利用先や再利用にあたっての留意事項を指針として示し、溶融固化物の再利用の促進を図っている。この指針の中で、焼却灰の溶融固化とは、燃焼熱や電気から得られた熱エネルギーにより、焼却灰等の廃棄物を加熱し、高温条件下で有機物を燃焼、ガス化させるとともに、無機物を溶融した後冷却してガラス質の固化物（以下「溶融固化物」という。）とする技術であり、重金属の溶出を防止し、ダイオキシン類の分解・削減をする

① 二十一世紀の資源循環型ごみ処理施設—金沢工場の焼却灰溶融設備とごみ発電について
② 循環型社会への取り組みと下水道

- 1 はじめに
- 2 焼却灰溶融スラグの有効利用について
- 3 高効率化に向けたごみ発電の取り組み
- 4 おわりに

図—1 溶融スラグ有効利用の全体の流れ



とともに廃棄物の減容化に資するものである。また、溶融固化物（いわゆる溶融スラグ*1）は、その品質が確保されれば、路盤材やコンクリート用骨材などに利用することも可能であり、この場合には、最終処分場の延命化に一層効果的であると記載されている。本市では、平成六年に、平成十三年度稼働予定の金沢工場への導入を計画し、処理能力日量六十トンの焼却灰溶融設備を設置した。

この設備は、余熱発電した電気による熱エネルギーを利用する電気抵抗式溶融炉の採用と、路盤材に適したスラグが製造できる空冷式を採用するとともに、粒度調整や丸み付けができる成形設備を備えている。

平成十三年度の焼却処理しなければならぬ全市の計画ごみ量は、約百五十五万トンで、金沢工場では、そのうちの約三十三万トンを焼却処理する。この焼却に伴って発生する焼却灰量は、約六万トンで、そのうちの約一万八千トンを溶融して製造される溶融スラグ量は、約一万三千五百トン（約七千七百四十四方メートル）となり、その全量の有効利用を図る。

② 有効利用に関する共同研究

平成六年から道路局と溶融スラグの利用に関する共同研究を実施してきた。主な研究内容としては、平成七、八、九年度の三カ年にわたる、溶融スラグを混合した路盤材の試験施工調査やそれぞれの三カ年にわたる追跡調査と同施工箇所を掘削して、再び利用する再々利用調査などを実施している。

共同研究結果として、次のことが確認され、

溶融スラグは道路路盤材としての利用が可能であるとの結論を得ている。
・重金属が溶出する危険性はなく、安全である。
・再生路盤材として施工することについて問題がない。
・試験施工の追跡調査の結果、性状等の変化は見られない。
・再々利用が可能である。（なお、再々利用については追跡調査を実施する。）

③ 利用システム

溶融スラグの有効利用の流れを図1に示す。金沢工場で製造された溶融スラグは、スラグ生産量と（財）横浜市廃棄物資源公社「金沢舗装材再利用プラント」（以下「金沢プラント」という。）の再生路盤材出荷予定量から決められた混合率（平成十三年度は七％）に合わせて、金沢プラントへ輸送される。また、年間を通じて一定の混合率を維持するため、金沢工場内にもストックされる。

輸送された溶融スラグは、一定量が金沢プラント内にストックされながら、再生路盤材（道路工事施工者から金沢プラントへ搬入された旧路盤材を再生した路盤材）と混合された「スラグ入り再生路盤材」として金沢プラントから出荷（販売）され、再び路盤材として道路工事施工者によって利用される。なお、溶融スラグは当面下層路盤材（C材）に混合して使用する。

④ 品質保証

溶融スラグを路盤材に混合して有効利用す

るための品質保証を、表1の試験項目で実施する。

⑤ 今後の課題

ごみ焼却施設の新設には、ごみ焼却灰及び飛灰のリサイクル・減量化を図るための溶融固化設備の設置が指定されたこともあり、これから全国的に溶融スラグの生産量は一層増加していくものと考えられる。また、建設リサイクル資材との競合などにより、今後は、さらに安定的な有効利用先の確保が困難になるものと予想される。

有効利用については、地方自治体の取組だけでは限界があり、七都県市首脳会議においても国への要望が行われているが、土木資材等としての規格化（日本工業規格）など、体制等の整備が急がれる。

3 高効率化に向けたごみ発電の取り組み

① 廃棄物発電の背景

廃棄物発電は平成六年九月に閣議決定された「石油代替エネルギーの供給目標」を達成するための指針となる「新エネルギー導入大綱」で、重点導入を図る新エネルギーとなっている。焼却処理施設は社会資本の一環として整備が進められているが、廃棄物から発生するエネルギーの有効利用を考慮し、エネルギー回収を積極的に行うことが必要となる。廃棄物発電のメリットは次の通りである。

・焼却処理された際の焼却熱をエネルギーとして利用するので、新たな化石燃料の利用を削減し、炭酸ガスの発生を抑制できる。

表1-1 品質保証のために行う試験項目と頻度

試験項目	規格値及び試験法	頻度	試験機関
溶出試験（6項目） カドミウム、鉛、六価クロム 砒素、総水銀、セレン	「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針」 旧厚生省「生環発第508号」通達 旧環境庁告示第46号に準拠（試験法）	1回/月	計量証明 事業所
ふるい分け試験	JIS K 5001（規格値） JIS A 1102（試験法）	2回/月	
比重及び吸水率試験	表乾比重2.45以上（表・基層）（参考） JIS A 1110（試験法）	1回/月	
ロサンゼルスすり減り試験	50%以下（JIS A 5001） JIS A 1121（試験法）	1回/月	

*1 溶融スラグとは、1200℃以上の高温で溶かされた焼却灰が、冷却・固化しガラス質になった物

・新エネルギーの中では供給の安定性が高い。
 ・設備に直結した電源であり、送電損失が少ない。

・発電と併せて余熱利用設備等へ熱を供給することが可能である。

平成九年度末における全国の一般廃棄物処理施設約千九百施設の内、発電可能な連続炉は約四百四十施設であるが、発電を設けているのは約1/3の百七十三施設であり、発電容量は七十五キロワットである。「新エネルギー導入大綱」では、平成二十二年度の廃棄物発電目標値を五百キロワットとしている。

② 横浜市のゴミ発電状況
 焼却工場から発生する蒸気は、工場内の機器運転、冷暖房、給湯、併設された余熱利用施設へ供給する他、蒸気タービンによる発電に利用している。発電された電力は工場内で使用した上で余剰分を（株）東京電力へ売却すると共に、他局や市民利用施設へ供給している。

焼却工場の能力と発電実績を表1-2に示す。全体として、発電電力量の四六・五パーセントを工場所内で使用し、残りを売電や余熱施設で利用している。今後は、金沢工場の実績が増えることにより、売電の割合が増加すると予想される。

③ 金沢工場のごみ発電設備
 焼却工場の設計は、焼却の際に発生する熱を効率良く取り出し利用することが重要となる。金沢工場の発電機定格出力は、ごみ焼却能力が同じ鶴見工場と比較して、一・六倍となり、一般廃棄物発電では国内最大級の三万五千キロワットである。ごみの持つエネルギーが発電に利用できる割合を発電効率と呼ぶ。工場の蒸気利用状況により一律に比較はできないが、従来のごみ発電機の発電効率一〇～一五％に対して、金沢工場は二〇％を達成している。

発電はごみ焼却の際に発生する熱によりボイラーにて蒸気を発生させ、その蒸気を更に過熱器で過熱し、蒸気タービンを駆動して発電するものである。効率を高めるためには蒸気温度を高くすることが有効となる。

電力会社の火力発電所は、蒸気温度を五百度～六百度にまで過熱して、発電効率を約四〇％程度にまで高めている。ごみを燃料とする発電では管壁温度が三百二十度近傍の温度になるとボイラーチューブが高温腐食するために、蒸気の温度を三百度以下に押さえる必要があった。高温腐食とはごみ焼却の際に排ガス中に含まれる塩化水素と管上に堆積する塩化物と硫酸塩から成る焼却灰飛に起因する高温腐食であり、溶融塩腐食であると言われている。しかし、近年になって高温部の過熱器管の材質をニッケル合金等に置換する技術が開発され、高温の蒸気を発生させても腐食

が進みにくくなった。

金沢工場では蒸気温度を四百度、管壁温度を四百二十度以下として設計している。過熱器管の材質の選定に当たっては、管壁温度より高めの四百五十度を前提として、耐用年数の延命を図っている。又、材料入手の容易性、経済性を考慮して代表的耐熱鋼数種による四ヶ月間の実炉試験と、同結果から材料を選択し、更に十二ヶ月間の実炉試験を実施して腐食量を測定した。試験結果からSU310TB (2Cr12Ni) が十分耐える材質であるとの結論に達した。

④ 1-1 ごみ発電による二酸化炭素削減効果試算
 ごみ発電は新たな化石燃料を使わないで発電することから二酸化炭素の排出量削減効果がある。表1-2の発電電力量実績から削減量を試算すると十三万三千トンとなるが、金沢工場の稼働により削減量が増加すると予想される。

4 おわりに

焼却工場は、循環型社会形成に向けた取り組みの中で、ごみを焼却処理するだけでなく資源として循環させるための工場として変貌している。今後は、資源化技術を積極的に導入し環境負荷の軽減を図っていきたい。

△小山 環境事業局工場整備担当課長／山中 担当係長／長谷部 担当係長

表1-2 焼却工場の能力と発電実績

工場名	焼却能力 トン/日	発電能力 kw	平成12年3月～平成13年2月実績			
			総発電電力量 kwh	内 訳		
				所内消費量	売電電力量(下水道局、交通局、東京電力)	余熱等供給電力量
港南工場	900	2,800	19,761,053	14,894,813	4,866,240	0
栄工場(～H13.1工場休止)	1,500	5,100	38,731,250	24,846,914	13,884,336	0
保土ヶ谷工場	1,200	4,200	22,965,700	19,722,640	3,243,060	0
都筑工場	1,200	12,000	90,716,300	34,163,400	53,961,960	2,590,940
鶴見工場	1,200	22,000	130,427,660	53,288,965	73,135,857	4,002,838
旭工場	540	9,000	55,274,140	20,228,760	34,547,660	497,720
金沢工場(実績は2月分)	1,200	35,000	14,649,700	6,184,660	8,465,040	0
合計(能力は栄工場除く)	6,240	85,000	372,525,803	173,330,152	192,104,153	7,091,498
			100%	46.5%	51.6%	1.9%

372,525.803kWh × 0.357 + 1,000 = 132,991トン-CO₂
 温室効果ガス総排出量算定方法ガイドラインによる一般電気事業者の排出係数(平成11年度) 0.357kg-CO₂/kWh