

二次燃焼炉付き外熱式ロータリーキルンガス化炉による POPs 等廃農薬無害化处理

Optimum Treatment of Agricultural Chemical POPs (Persistent Organic Pollutants) by Indirect Heating Rotary Kiln Gasfire with Secondary Combuster

米田 健一*1
Kenichi Yoneda

奥野 敏*2
Satoshi Okuno

荒岡 衛*3
Mamoru Araoka

甘利 猛*4
Takeshi Amari

青木 泰道*5
Yasumichi Aoki



POPs 等廃農薬の高効率分解を目的に二次燃焼炉付き外熱式ロータリーキルンガス化炉を用いて、廃農薬の無害化处理実証試験を実施し、POPs 分解率 99.9999 % 以上を得た。また廃農薬中ダイオキシン類濃度は 5.5 ng-TEQ/g でありダイオキシン類の分解率 (TEQ) は 99.7 % 以上で、分解後廃農薬中ダイオキシン濃度は最大 0.11 ng-TEQ/g (飛灰) と安全なレベルまで無害化处理された。安全な操業、環境保全を実現する実機的设计・建設は十分に可能であり、POPs 等廃農薬处理に期待できる。

1. はじめに

平成 13 年 5 月 22 日に採択された“残留性有機汚染物質 (以下“POPs”という) に関するストックホルム条約”により我が国でも過去に埋設された残留性有機塩素農薬などについて適正な管理を行いながら最終处理に向けた準備を進めることになった。国は、過去に埋設した残留性有機塩素農薬 (BHC, DDT, アルドリン, デルドラリン及びエンドリン) について都道府県に依頼した実態調査の結果を取りまとめ、昭和 46, 47 年に埋設处理による保管の指導を行った。また平成 13 年 5 月 23 日に国において埋設处理した POPs の実態調査を行った結果、全国 174 か所、総数量 3 680 t であった。

廃農薬の处理技術として、従来の技術としては流動層炉を用いた焼却実験を実施しており、廃農薬を焼却处理する場合排ガスに農薬が極力同伴されないようにシステムを考慮する必要があると^①報告されている。

本論文では、廃農薬の高効率分解を目的 (RUN 2 では目標 POPs 分解率 99.9999 % 以上) に、二次燃焼

炉付き外熱式ロータリーキルンガス化炉を用いて、排ガスに農薬が同伴されないように廃農薬の無害化处理実証試験を実施した結果を報告する。

2. 実証試験

2.1 実証試験設備

図 1 に本試験で用いた外熱式ロータリーキルン実証試験設備フローを示す。

また装置の主要仕様を表 1 に示す。炉の形式は、外熱式ロータリーキルンガス化炉で、処理能力は、脱水汚泥として 85 kg/h であった。

2.2 試験方法

RUN 1 は、廃農薬と汚泥の混合物を試料として、RUN 2 は廃農薬と土壌の混合物を試料とした。二次燃焼炉の燃焼温度は、RUN 1 は 850 ℃、RUN 2 は 1 100 ℃ として二次燃焼場の温度の影響を調査した。

2.2.1 RUN 1

129 kg の廃農薬を受け入れ生活系汚泥と混合処理するにあたり、事前準備として全量をミキサで混合し、ビニール小袋に 400 g 毎に、320 袋に子分けして極力キルン炉への定量供給を具現化した。外熱式ロータリーキルンガス化炉への廃農薬供給量は 10 kg/h で、1 日 6.4 時間の連続運転で 2 日間合計 12.8 時間の運転を行った。ダイオキシン類のサンプリングは両日も燃焼が安定した後半 4 時間に連続して行った。

表 1 外熱式ロータリーキルン主要仕様

名称	数量	能力等	備考
炭化キルン	1 基	径 500 mm × 長さ 5 100 mm 能力 85 kg/h	間接加熱キルン
燃焼炉	1 基	径 500 mm × 長さ 3 000 mm	

*1 横浜製作所環境ソリューション技術部企画開発グループ主席 工博

*2 横浜製作所環境ソリューション技術部主幹

*3 横浜製作所環境ソリューション技術部環境システム設計課主席

*4 技術本部横浜研究所環境装置研究推進室

*5 技術本部横浜研究所熱・化学研究室

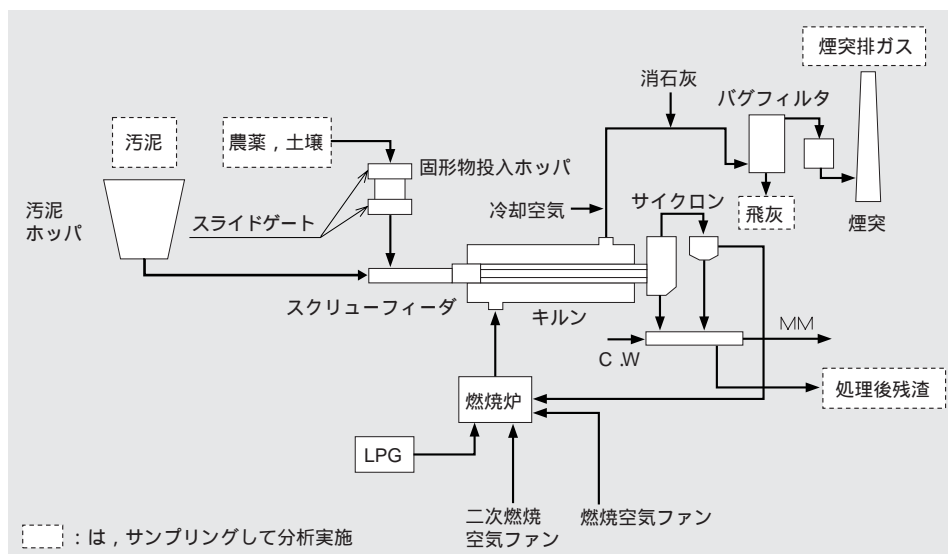


図1 外熱式ロータリーキルン実証試験設備フロー 本実証試験設備のフロー及びフローにPOPs農薬とダイオキシン類の分析を実施した農薬、土壌、汚泥、処理後残渣、飛灰、煙突排ガスのサンプリング箇所を示す。

2.2.2 RUN 2

受け入れ廃農薬をRUN 1と同様な前処理を行った。一方、廃農薬と混合する土壌は園芸用のもので水分が約50%と高水分であったため、風乾して水分を20%とした。原料の投入方法は、土壌と廃農薬の投入量が一定になるように予め小分けしたものを固形物投入ホッパから人手により投入した。1回あたりの農薬及び土壌の投入量は、それぞれ0.46 kg / 回数, 0.6 kg / 回数とした。廃農薬中の水分が18.2% (RUN 1は0.01%)であったため、乾重量をRUN 1と合わせるため、1回投入量は0.46 kg / 回とした。RUN 2で供した廃農薬は173 kgであった。

2.3 廃農薬

2.3.1 RUN 1

受け入れた廃農薬129 kgは、サンプルが濡れて水分が10 kg程度含まれていたが、DDTは商品名キルソン(キング除虫菊工業(株))及びDDT粉剤(キング化学(株))の1 kg袋を13袋、BHCは商品名ブラビー粉剤(キング化学(株))の3 kg袋を15袋及びエンドリンはエンドリン粉剤(キング化学(株))の3 kg袋を21袋であった。

受け入れた農薬袋は、破損したサンプルや濡れたサンプルが一部見られた。特にDDTは濡れたものが多く見られた。

2.3.2 RUN 2

受け入れた農薬173 kgは、RUN 1より袋も破れ、水分も多い状態で、3 kg袋でも実際の重量はそれ以上で、混合後農薬含水率18%から推定すると3 kg程度の水分が含まれていたが、DDTは商品名ヒトン、キルソン、DMの3 kg袋を15袋(48.24 kg)、BHCは、

ブラビー粉剤の3 kg袋を15袋(51.2 kg)、エンドリンはエンドリン粉剤の3 kg袋21袋(73.94 kg)であった。

2.4 分析方法

廃農薬中のPOPsの分析は、灰及び残渣試料をアセトン/ヘキサン混合液(1:1)で超音波抽出し、濃縮後カラム精製しGC/MSで定量分析した。また、排ガス試料(全量)を固相に対しアセトン/ジクロロメタン混合液(1:1)で超音波抽出し、その残渣をソックスレー抽出した。液相に対し液液抽出を施し、固相及び液相抽出液を混合した後、適量分取し、カラム精製後GC/MSで定量分析した。

ダイオキシン類の分析は、土壌、廃農薬については、ダイオキシン類に係る土壌調査マニュアル、処理残渣、飛灰については特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法、排ガスについてはJIS K 0311排ガス中のダイオキシン類及びコプラナーPCBの測定方法で行った。

2.5 試験条件

外熱式ロータリーキルンガス化炉での試験条件を表2に示す。RUN 1は、二次燃焼炉850℃、RUN 2は、1100℃とした。RUN 1-1は、サイクロン灰は排出しないでホッパに貯え、RUN 1-2は、サイクロン灰は定期的にホッパから抜き取り、残渣と混合して系外排出した。RUN 2-1, 2については、サイクロン灰は定期的にホッパから抜き取り廃農薬、土壌と一緒にキルンに再投入して再度処理した。

3. 試験結果及び考察

3.1 廃農薬の組成

RUN 1のPOPs混合農薬の農薬成分含有量分析結

表2 試験条件

RUN	1 - 1	1 - 2	2 - 1	2 - 2
農薬投入量 (kg/h)	10	10	11.6	11.6
生活系汚泥(汚泥)供給量 (kg/h)	75 (汚泥)	75 (汚泥)	15.1 (土壌)	15.1 (土壌)
2次燃焼炉出口温度 ()	853	853	1119	1124
バグフィルタ入口排ガス温度 ()	162	161	108	199
サイクロン灰	取り出さない	取り出し残渣と混合	取り出し農薬と混合再投入	取り出し農薬と混合再投入

表中数値はDXNs計測時間の平均値

表4 POPs混合農薬のダイオキシン類含有量

単位: pg - TEQ/g

RUN	1	2
農薬	混合農薬	混合農薬
ダイオキシン		
2, 3, 7, 8 - TeCDD	6.7【参】	0
1, 2, 3, 7, 8 - PeCDD	7.4	10
1, 2, 3, 4, 7, 8 - HxCDD	1.6	100
1, 2, 3, 6, 7, 8 - HxCDD	0.33	5.9
1, 2, 3, 7, 8, 9 - HxCDD	0.49【参】	0.69【参】
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 - HpCDD	1.2	110
OCDD	0.038	7.3
Total PCDDs	17.758	233.89
ジベンゾフラン		
2, 3, 7, 8 - TeCDF	1.2【参】	0.3【参】
1, 2, 3, 7, 8 - PeCDF	27	380
2, 3, 4, 7, 8 - PeCDF	19	23【参】
1, 2, 3, 4, 7, 8 - HxCDF	3.2	21
1, 2, 3, 6, 7, 8 - HxCDF	0.81	0
1, 2, 3, 7, 8, 9 - HxCDF	0	0
2, 3, 4, 6, 7, 8 - HxCDF	1.6	2.2
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 - HpCDF	0.17	1.9
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 - HpCDF	0.067	0.36
OCDF	0.0009	0.0072
Total PCDFs	53.0479	428.7672
Total (PCDDs + PCDF)	70.8059	662.6572
コプラナーPCB		
3, 4, 4', 5 - TeCB(81)	0.014	0.17
3, 3', 4, 4' - TeCB(77)	2.0	75
3, 3', 4, 4', 5 - PeCB(126)	800	4700
3, 3', 4, 4', 5, 5' - HxCB(169)	2.0	10
Total のノンオルト体	804.014	4785.17
2', 3, 4, 4', 5 - PeCB(123)	0.015【参】	0
2, 3', 4, 4', 5, 5 - PeCB(118)	0.87	4.9
2, 3, 3', 4, 4' - PeCB(105)	0.57	1.7
2, 3, 4, 4', 5, 5 - PeCB(114)	0.070	0.070【参】
2, 3', 4, 4', 5' - HxCB(167)	0.0081	0.019
2, 3, 3', 4, 4', 5 - HxCB(156)	4.7【参】	4.3
2, 3, 3', 4, 4', 5' - HxCB(157)	0.21	0.80
2, 3, 3', 4, 4', 5, 5' - HxCB(189)	0.65【参】	0.029
Total モノオルト体	7.0931	11.748
Total コプラナーPCB	811.1071	4796.918
Total (PCDDs + PCDFs) + コプラナーPCB	880	5500

備考 1. 毒性等価係数: ダイオキシン類対策特別処置法施行規則(平成十一年総理府令第六十七号)第三条に定める係数を用いた。
2. 毒性等量: 定量下限値以上の値はそのままの値を用い, 定量下限未満のものは0(ゼロ)として毒性等量を算出する。
毒性等量は参考値も含め合算している。
3. 有効数字: 原則, 数値は有効数字2桁とするが, 検出下限値の桁を超えての取扱いはしない。
4. 参考値等: 表中【参】で示すものは, 夾雑成分による妨害が除ききれない恐れがあるため参考として示す。
: 各農薬の分析値の数値は, 有効数字を2桁とし, Total (PCDDs + PCDFs) + コプラナーPCBも有効数字2桁としたので, 各成分量の合計と一致しない。

表3 POPs混合農薬の農薬成分含有量

単位: mg/kg

RUN	1	2
農薬	混合農薬 ²	混合農薬 ²
製品名	BHC, DDT, エンドリン	BHC, DDT, エンドリン
- BHC	30000	39000
- BHC	6700	5400
- BHC	9100	8600
- BHC	3500	3000
BHC(Total)	49300	56000
o, p' - DDE	<20	<20
p, p' - DDE	<20	30
o, p' - DDD	22	120
p, p' - DDD	<20	750
o, p' - DDT	900	2700
p, p' - DDT	3100	13000
DDT(Total) ²	4022	16600
アルドリノ	<20	50
エンドリン	6200	9300
ディルドリン	<20	110
Trans - クロルデン	<20	<20
Cis - クロルデン	<20	<20
クロルデン(Total)	<20	<20
ヘプタクロル	<20	<20
ヘプタクロルエポキシド	-	<20
ヘプタクロル(Total)	-	<20
HCB	-	<20
Total ¹	59522	82060

- は, 計測なし

1: RUN1 ヘプタクロルエポキシド, HCB及び<20は0として算出

2: 混合農薬濃度は乾燥重量あたりの濃度を記載

果を表3に示すが特に濃度が高い成分は, BHC(,), DDT(p, p'), エンドリンであった。また, POPs混合農薬のダイオキシン類含有量(TEQ)の分析結果を表4に示すが, Co-PCBが多く検出された。

RUN 2のPOPs混合農薬の農薬成分含有量分析結果を表3に示すが, RUN 1と比べDDTが高い濃度であるが他はほぼ同様な傾向である。また, POPs混合農薬のダイオキシン類含有量(TEQ)の分析結果を表4に示すが, RUN 1と同様にCo-PCBに依存しかつ, 高濃度である。

3.2 物質収支・熱収支

RUN 1についてRUN 1-1とRUN 1-2は炉運転条件は同一であるが, RUN 1-2は, サイクロン灰からの排出物をキルン処理後残渣に加えたため, 処理後残渣回収量はRUN 1-1では10.1 kg/h, RUN 1-2では少し増加して, 11.2 kg/hとなり, RUN 1-2が1.1 kg/h多かった。この1.1 kg/hはサイクロン灰流量である。

RUN 2-1とRUN 2-2の炉及び付属設備運転条件は同一である。処理後残渣回収量は, RUN 2-1では14.7 kg/h, RUN 2-2では15.1 kg/hで差は0.4 kg/h, 約

表5 処理後残渣，飛灰，排ガス中の農薬成分含有量 (RUN 2-1)

	処理後残渣	飛灰	排ガス
	μg/g	μg/g	μg/m ³ N
- BHC	0.0017	0.080	0.03
- BHC	< 0.0005	0.011	< 0.01
- BHC	< 0.0005	0.011	< 0.01
- BHC	< 0.0005	0.0083	< 0.01
BHC(Total) ²	0.0017	0.1103	0.03
o, p' - DDE	< 0.0005	0.0041	< 0.01
p, p' - DDE	< 0.0005	0.0090	< 0.01
o, p' - DDD	< 0.0005	< 0.0005	< 0.01
p, p' - DDD	< 0.0005	< 0.0005	< 0.01
o, p' - DDT	< 0.0005	< 0.0005	< 0.01
p, p' - DDT	< 0.0005	0.0011	< 0.01
DDT(Total)	< 0.0005	0.0142	< 0.01
アルドリソ	< 0.0005	< 0.0005	< 0.01
エンドリン	< 0.0005	< 0.0005	< 0.03
ディルドリン	< 0.0005	< 0.0005	< 0.01
Trans - クロルデン	- 1	- 1	- 1
Cis - クロルデン	- 1	- 1	- 1
クロルデン(Total)	- 1	- 1	- 1
ヘブタクロル	- 1	- 1	- 1
ヘブタクロルエボキシド	- 1	- 1	- 1
ヘブタクロル(Total)	- 1	- 1	- 1
HCB	< 0.0005	< 0.0005	< 0.01
Total ²	0.0017	0.1245	0.03 ²

1: 農薬原体中濃度が検出下限値以下

2: 定量下限値未満の数値は0として算出

3%であり，この程度の変動幅でRUN 2-1, 2は運転できた。

3.3 廃農薬ガス化及び分解

本実証試験では，外熱式ロータリーキルンガス化炉と二次燃焼炉の組み合わせで廃農薬を無害化するプロセスを採用した。本プロセスは，外熱式ロータリーキルン炉でPOPsのガス化に必要な温度と滞留時間を保持してPOPsを完全ガス化してキルンから二次燃焼室に導き，ここで高温分解するものである。したがって，キルンでの完全ガス化条件と二次燃焼室での分解条件がPOPs処理の要素技術である。

3.3.1 RUN 1

農薬の分解についての結果と考察は，次の通りである。

- (1) 本無害化処理装置での分解率^(注1)は，BHC (, , 合計) が 99.9% 以上，エンドリンが 99.999% 以上，全 DDT (o, p' 及び p, p'-DDE, o, p' 及び p, p'-DDD, o, p' 及び p, p'-DDT の合計) が 99.99% 以上であった。

注1: $\{ 1 - (\text{残渣中POPs流量} + \text{飛灰中POPs流量} + \text{排出ガス中POPs流量}) / (\text{廃農薬中POPs流量}) \} \times 100 (\%)$

- (2) 本実証試験では，工場内で排出される汚泥 (水分

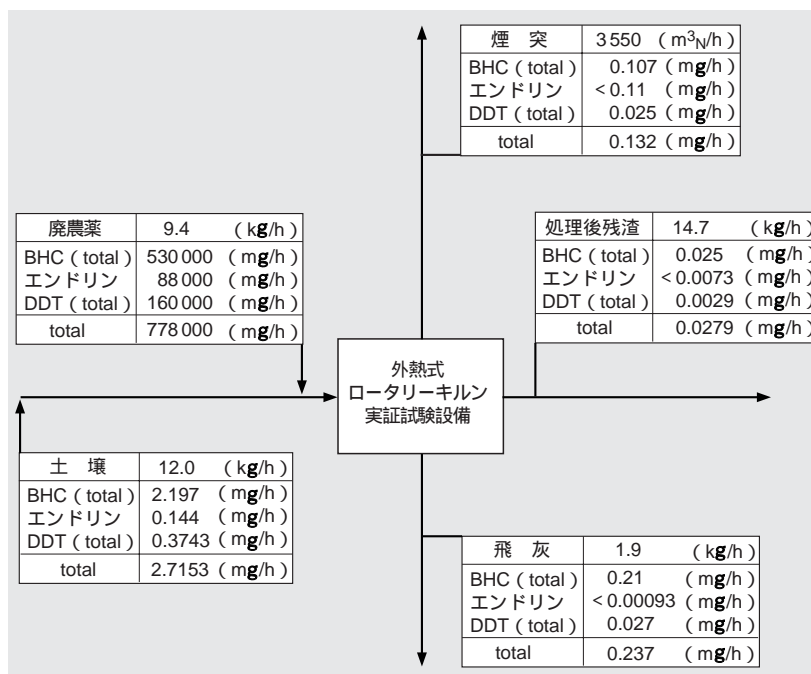


図2 POPs分解挙動 (RUN 2-1) 本試験RUN 2-1での外熱式ロータリーキルン実証試験設備に於けるBHC (total), エンドリン及びDDT (total)のPOPsの流入, 流出量を表す。

85%以上)と廃農薬を混合して試験した。したがってキルン内滞留時間の約2/3は汚泥の乾燥に使われたため，更に高効率分解を狙うにはより長い滞留時間の確保が必要であると示唆された。

3.3.2 RUN 2

1例としてRUN 2-1の処理後残渣，飛灰及び排ガス中農薬成分含有量分析結果を表5に示す。分析結果及び流量に基づいてPOPs分解挙動を計算した結果の1例としてRUN 2-1を図2に示す。さらにRUN 2-1のガス化率と分解率を算出した結果を表6に示す。

- (1) 廃農薬と混合投入するものを，低水分率 (水分約 20%) の土壌に変えることにより，キルン内の乾燥時間を短縮して，ガス化時間を増加させキルン内ガス化率を99.9999%に上げた。また，二次燃焼炉の温度を1100以上で保持することによって，POPs分解率99.99996%を達成した。
- (2) 廃農薬中POPsは，煙突入口排ガスでは， - BHCのみ0.03 μg/m³Nと定量され，その他は定量下限以下であった。BHCの排出濃度は大気濃度指針値0.3 μg/m³Nよりも1桁低い濃度であった。処理後残渣についても， - BHCのみ0.0017 μg/g定量された。飛灰は，全BHC 0.11 μg/g定量されたが，全BHC及びPOPs分解率は，99.99993及び99.99996%であり目標分解率99.9999%以上を達成した。
- (3) RUN 1に比べ，キルン内でのガス化滞留時間の増加，二次燃焼炉の高温化により，処理後残渣及び

表6 POPs 農薬ガス化率及び分解率 (RUN 2-1)

単位：%

農薬組成	キルン内ガス化率	装置分解率
- BHC	99.99999	99.99992
- BHC	99.99998	99.99988
- BHC	99.99999	99.99992
- BHC	99.99997	99.99994
BHC(Total)	99.99999	99.99993
エンドリン	2	3
o, p' - DDE	1	1
p, p' - DDE	2	99.99408
o, p' - DDD	2	3
p, p' - DDD	2	3
o, p' - DDT	2	99.99999
p, p' - DDT	99.99999	99.99997
DDT(Total)	99.99996	99.99996
Total	99.99999	99.99996

- 1：混合農薬中20 mg / kg 以下のため計算できない。
- 2：残渣中濃度が検出下限値以下のため計算できないが、seven - nineは満足
- 3：残渣、飛灰、煙突灰ガス中濃度が検出下限値以下のため計算できないが、six - nineは満足

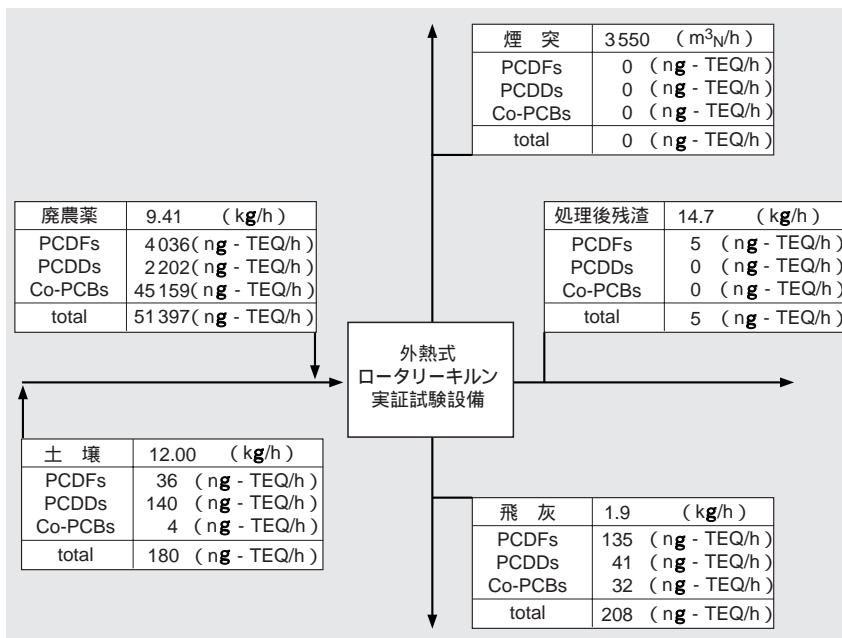


図3 ダイオキシン類分解挙動 外熱式ロータリーキルン実証試験設備に於けるPCDFs, PCDDs, Co-PCBs等のダイオキシン類の流入, 流失量を表す (RUN 2-1)。

表7 汚泥, 農薬原料, 処理後残渣, 飛灰及び排ガス中の重金属含有量 (RUN 1)

RUN No.	1		1 - 1		1 - 2		1 - 1		1 - 2	
	生活系汚泥 (75 kg/h)	農薬 (10 kg/h)	処理後残渣 (10.1 kg/h)	飛灰 (3.5 kg/h)	処理後残渣 (11.2 kg/h)	飛灰 (3.4 kg/h)	排ガス (5510 m³/h)		排ガス (5510 m³/h)	
成分 (流量)							ガス	ダスト	ガス	ダスト
単 位	mg/kg - dry						µg/m³N			
Hg	0.21	0.76	0.04	12.8	0.07	48.5	< 10	< 10	< 10	< 10
As	6.5	24	13.0	10.8	16.2	5.2	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cu	806	9.1	557	788	646	227	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

煙突入口排ガスなど POPs の分解率は飛躍的に向上した。

3.4 重金属の挙動

重金属については、表7に示すように RUN 1 の生活系汚泥、農薬、処理後残渣、飛灰及び煙突排ガス中の重金属分析値より下記の傾向がある。

- (1) Hg はキルン内で大部分がガス化した後バグフィルタにて回収される。
- (2) Cu, As は大部分が処理後残渣側に残留する。

3.5 ダイオキシン類分解

表4の農薬中ダイオキシン類の分析結果及び残渣、飛灰、煙突排ガス中のダイオキシン類の分析結果よりダイオキシン類の分解率を算出し、ダイオキシン類の挙動について結果を考察すると、次の通りである。

- (1) 煙突出口排ガス中ダイオキシン類濃度については RUN 1-2 が 0.084 ng-TEQ/m³N, RUN 1-1 が 0.22 ng-TEQ/m³N であった。飛灰中のダイオキシン類濃度は RUN 1-2 が 760 pg-TEQ/g に対して RUN 1-1 が 5400 pg-TEQ/g と大きな差異が認められた。RUN

1-1 における飛灰中及び煙突ガス中ダイオキシン類濃度が RUN 1-2 より高くなった理由は、サイクロン灰をサイクロン下部に保持したため、ここで DXNs の再合成が起こったと考えられる。廃農薬無害化処理運転データとしては、通常運転条件である RUN 1-2 を採用した。

- (2) 処理後残渣中ダイオキシン類濃度は RUN 1-1 では、サイクロン灰を処理残渣に混入しなかったため、19 pg-TEQ/g と少なく、RUN 1-2 で、38 pg-TEQ/g であった。RUN 1-2 の 38 pg-TEQ/g が通常運転値で、その内訳は PCDFs 21 pg-TEQ/g, PCDDs 13 pg-TEQ/g, Co-PCBs 4 pg-TEQ/g であった。
- (3) 農薬中 Co-PCBs は、TEQ で 98 % 分解した。一方、PCDFs, PCDDs については TEQ で、本試験の RUN 1-2 においても低濃度ではあるが各々約 4 倍に増加した。この理由は、再合成等が考えられる。
- (4) 二次燃焼炉燃焼温度 850 の RUN 1 において、農薬を無害化処理されると同時に農薬中ダイオキシンについても安全なレベルまで無害化処理された。

(5) 二次燃焼炉燃焼温度1100 のRUN 2-2 の農薬中のダイオキシン類は5500 pg-TEQ/gであったが、処理後残渣中には0.3 ~ 3.5 pg-TEQ/g、飛灰中0.11 ng-TEQ/g、煙突入口0.00081 ng-TEQ/m³N以下で、ダイオキシン類の挙動を図3に示したがダイオキシン類の分解率(TEQ)は99%以上であった。

4. 実機への展開

実機におけるPOPs処理は分解率以外に、分解過程でのPOPsの系外への飛散防止が重要な要素である。外熱式ロータリーキルンガス化炉は、実機では100 ~ 150 t / 日クラスまで設計は可能であり、外部飛散防止対策としては、炉内を負圧(約 - 5 mmH₂O)に保持してPOPsの大气噴出防止を計り、さらにキルン特有の回転中の断面オーバーリテ(Overlyty, 断面変形)、軸方向の熱伸びの双方を考慮した外気とのシール構造が系外へのPOPs飛散防止に欠かせない重要な技術⁽²⁾で次の3点がある。

- (1) 高温使用時におけるキルン本体の複雑な断面オーバーリテを軽減し、長寿命化を実現するベアリング支持構造。
- (2) 高温加熱に伴うキルン本体の伸縮や変形にも、伸縮継手とスプリングによる強制密着機構で高いシール性を確保。
- (3) 摺動面へのN₂強制吹き込みで万が一の場合でも確実にPOPsの系外飛散を防止。

当社ではPOPsの分解というソフト面に加えて、環境保全を安全・安心を醸し出す最大の要素と位置付け、以上のような技術的にはかなりハードルが高い高温回転シールのエア・シール構造を実現した。更に、POPsの所要分解率を維持させるために、実機ではキルン軸方向に数箇所の風箱(コンパートメント)を設け、キルン入口/出口間で個々に必要な受熱量を調整できるようにしている。これは、埋設POPs中の水分変化がキルン軸方向の水分蒸発域の変動をもたらすPOPのガス化を阻害することを防止するために必要なキルン内での十分な滞留時間を確保し、安定な操業を維持するように配慮したものである。以上のように、埋設POPs特有の入口性状の変動、材料の腐食、キルンシール部からの有害物の大气放散などを考慮した安全な操業、環境保全を実現する実機的设计・建設は十分に可能であり、埋設POPs処理に貢献できると考えている。本設備の実績は、ドイツTech Trade社(当社と技術提携)の大型間接加熱式ロータリーキルンな

どがあり、これまで約20年間の長期安定運転実績を有している。さらに国内では三重中央開発(株)向けの木材チップの炭化炉として2004年12月完成予定である。

5. ま と め

廃農薬の高効率分解を目的に、二次燃焼炉付き外熱式ロータリーキルンガス化炉を用いて、廃農薬の無害化処理実験を実施し、次のような結果を得た。

- (1) 廃農薬を高効率処理するに当たり、外熱式ロータリーキルン内の必要滞留時間、温度及び二次燃焼炉温度と滞留時間の設計条件を見出した。
- (2) 廃農薬中POPsが高効率で安全に分解された時の煙突排ガス、処理後残渣、飛灰中のPOPs及びHCB濃度を確認した。
- (3) 農薬中ダイオキシン類も安全に分解され、煙突排ガス、処理後残渣、飛灰中のダイオキシン類濃度を確認した。
- (4) 安全な操業、環境保全を実現する実機的设计・建設は十分に可能であり、埋設POPs処理できることを確認した。

本研究は、平成13、14年度環境省委託業務として(社)土壤環境センターが受託した研究⁽³⁾の一環として実施した。本研究技術部会委員の早稲田大学教授 永田勝也委員長及び委員の各氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) (財)廃棄物研究財団, 汚染修復技術の開発研究, 平成8年度報告書(1997) p.144
- (2) 山本洋民ほか, RPS法適合バイオマスのエネルギー・マテリアルリサイクルシステム, 三菱重工技報 Vol.41 No.1 (2004) p.32
- (1) (社)土壤環境センター, 平成14年度環境省委託業務POPs農薬無害化処理技術実証等検討調査報告書(2003)



米田健一



奥野敏



荒岡衛



甘利猛



青木泰道