

3. 実証試験結果の概要

3.1 直接溶融ロータリーキルンにおける実験結果

(1) 概況

- ① 廃プラスチックから得た固形燃料 (RDF) を助燃材とした POPs 農薬等による処理実験を行ったが、RDF 中の可燃分組成のばらつきによる排ガス性状の変動がみられた。
- ② そこで、助燃材を RDF から通常の灯油に変更して、改めて POPs 農薬の分析を行った。
- ③ 排出ガスならびに排出された処理残さ(スラグと飛灰)の性状は表 3.1 のとおりであり、POPs 農薬にかかる環境管理指針値ならびにダイオキシン特別措置法の基準をクリアしている。

表 3.1(1) POPs 農薬に係る評価

対象	物質	分析結果	環境管理指針値	評価
排ガス (mg/m ³ _N)	BHC	N.D(<0.00001)	0.0003 (大気中)	排ガス中濃度が一般大気中指針値を満足している。
	DDT	同上	0.0017 (同上)	
	アルドリソ	同上	0.00003 (同上)	
	エンドリン	同上	0.0001 (同上)	
	ディルドリン	同上	0.00003 (同上)	
スラグ (mg/L)	BHC	0.014	0.025	管理型最終処分場の受入指針値を満足している。
	DDT	0.0012	0.125	
	アルドリソ	0	0.0025	
	エンドリン	0	0.005	
	ディルドリン	0	0.0025	
飛灰 (mg/L)	BHC	0.0155,0.003	0.025	同上
	DDT	0,0.001	0.125	
	アルドリソ	0	0.0025	
	エンドリン	0	0.005	
	ディルドリン	0	0.0025	

注. スラグと飛灰は、含有量分析 (有機溶媒によるソックスレー抽出及び超音波抽出法による) 値から、溶出値として、全て溶出するとした計算値。

表 3.1(2) DXNs に係る評価

対象	分析結果	ダイ特法の基準値	評価
排ガス(ng-TEQ/m ³ _N) (O ₂ =12%)	0.036、0.01	0.1	基準を満足している。
スラグ(ng-TEQ/g)	0.024、0.012	3	管理型最終処分場受入基準を満足
飛灰(ng-TEQ/g)	2.8*、16**	3	管理型最終処分場受入基準を超えるデータがある。

*5 点の平均値。

**3 点の平均値。

(2) 処理対象物

1) 一回目：RDF と POPs 農薬

投入した POPs 農薬等と助燃材の量は以下のとおりである。

POPs 等農薬（水銀を含まないもの）： $60\text{kg}/\text{時} \times 24^* \text{ 時}/\text{日} = 1389\text{kg}/\text{日}$

*：排ガス性状（CO）の変動等が激しかったため、約 1 時間停止して、運転条件変更後に試験を再開した。

廃プラスチック類： $300\text{kg}/\text{時} \times 11 \text{ 時}$
 $+ 200\text{kg}/\text{時} \times 13 \text{ 時（試験再開後）}$
 $= 5900\text{kg}/\text{日}$

表 3.2 投入農薬の内訳（1 回目）

農薬名	品名	供給回数	供給量(kg)
エンドリン	エンドリン粉剤 2	209	627
アルドリン	アルドリン粉剤 4	12	36
DDT	キング ED 粉剤	22	66
DDT	キルソン、ヒトン	12	36
BHC	三共ガンマ粒剤	69	207
BHC	キングブラビー	139	417
合計			1389

2) 2 回目：灯油と POPs 農薬

投入した POPs 農薬等と灯油の量は以下のとおりである。

POPs 等農薬（水銀を含まないもの）： $60\text{kg}/\text{時} \times 11 \text{ 時}/\text{日} = 660\text{kg}/\text{日}$

灯油： $220\text{L}/\text{時} \times 11 \text{ 時}/\text{日} = 2420\text{L}/\text{日}$

表 3.3 投入農薬の内訳（2 回目）

農薬名	品名	供給回数	供給量(kg)
エンドリン	エンドリン粉剤 2	99	297
アルドリン	アルドリン粉剤 4	6	18
DDT	キング ED 粉剤	16	48
DDT	キルソン、ヒトン	0	0
BHC	三共ガンマ粒剤	33	99
BHC	キングブラビー	66	198
合計			660

1 回目、2 回目ともに、BHC とエンドリンを主体とした農薬を投入している。当初、予定していた水銀含有農薬は調達することが出来なかった。なお、各製品に含まれる農薬成分の種類と量はそれぞれ異なる。また、各製品の含有成分の種類と量の分析結果は後述する。

(3) 運転条件

1) 運転条件 (1回目、2回目ともに共通)

(ア) 運転温度 (輻射式温度計による測定)

- ・キルン出口排ガス温度基準： 1000～1300℃
- ・二次燃焼炉出口温度： 1000～1100℃

(イ) 運転中の溶融炉内の滞留時間

約 1 時間

2) 農薬等の投入方法・条件

(ア) 投入方法

設備投入口より、作業員によるマニュアル投入とした。

(イ) 農薬投入間隔

$3\text{kg}/3\text{分毎} \times 20\text{回/時} = 60\text{kg/時}$

(ウ) 投入条件

事前にビニル袋に詰めて、投入物を調製しておく。先に示した農薬の構成比に基づいて均一な組成となるように投入した。

3) 排ガス処理

(ア) 基本フロー

二次燃焼炉 + バグフィルター (消石灰を噴霧) + 触媒塔

(イ) 消石灰噴霧量

投入物の塩素含有量分析結果に基づき、排ガス中の塩化水素目標値達成のための必要量を算定する。

(ウ) 触媒塔

2元触媒 (Ti-V) を充填した触媒塔を使用した。

(4) 測定分析結果

1) 投入物の分析結果

(ア) POPs 農薬の分析結果

(i) POPs 農薬成分の含有量

今回、実験に供した農薬の大半を占めた 5 製品について、POPs 成分とその異性体の含有量を分析した結果は表 3.4 に示すとおりである。

表 3.4 POPs 農薬の農薬成分含有量(mg/kg-dry)

農薬	BHC	BHC	DDT	アルドリ	エンドリン
製品名	キングブラビー	三共ガンマ粒剤	キング ED 粉剤	アルドリ粉剤4	エンドリン粉剤2
α-BHC	127,191	281,870	575	274	131
β-BHC	16,032	32,153	0	0	0
γ-BHC	30,462	68,697	1,796	949	382
δ-BHC	7,760	24,363	1,513	675	291
BHC(Total)	181,445	407,083	3,884	1,898	804
o,p'-DDE	0	0	0	0	0
p,p'-DDE	0	0	293	0	0
o,p'-DDD	0	0	0	0	0
p,p'-DDD	0	0	0	0	0
o,p'-DDT	0	0	424	0	0
p,p'-DDT	342	0	17,554	0	0
DDT(Total)	342	0	18,271	0	0
アルドリ	0	0	92	33,938	99
エンドリン	0	0	0	0	11,650
ディルドリ	0	0	363	569	131
Trans-クロルテン	0	0	0	0	0
cis-クロルテン	0	0	0	0	0
クロルテン(Total)	0	0	0	0	0
ヘプタクロル	0	0	0	0	0
ヘプタクロルエポキシド	0	0	0	0	0
ヘプタクロル(Total)	0	0	0	0	0
HCB*	---	---	---	---	---
Total	181,788.5	407,083.6	22,610	36,404	12,683

*農薬原体としては含まれていないので、分析していない。

注. 農薬成分の分析は、有機溶媒(アセトン+ジクロロメタン(50:50))を用いたソックスレー抽出(6時間)による。

BHC 剤については、2 製品において含有量の差はあるものの、POPs 成分の含有量は「キングブラビー」が重量比で 18%、「三共ガンマ」が同じく 40%強を占めている。その大部分を BHC が占めており、中でも α-BHC が多く、POPs 農薬成分の総量の約 70%を占めている。なお、γ-BHC は製品全体の重量比で、それぞれ 3%、6.8%ずつ含まれている。2 つの製品において、その含有量は異なるものの、BHC の異性体成分の比率はほぼ同じであり、BHC 剤としての特徴を示しているものと考えられる。文献によれば、わが国の BHC 剤の製造工程では、γ-BHC を「リンデン」のように 99%以上含有するまで精製することがなく、

他の異性体も含むまま製品とした経緯があるので、今回の結果は妥当と考えられる。なお、「キングブラビー」では、DDT も検出された。

DDT 剤については、POPs 成分の含有量は重量比で 2.3%程度であるが、その約 80%を DDT が占めている。また、BHC やアルドリン、ディルドリンも含まれている。

アルドリン剤では、POPs 成分が重量比で約 3.6%を占めている。その 90%以上がアルドリンである。

エンドリン剤では、POPs 農薬成分が 1.2%程度含まれているが、その大部分はエンドリンであり、その他に BHC、アルドリン、ディルドリンが検出された。

なお、今回、使用した農薬からは、クロルデン、ヘプタクロルは検出されなかった。また、HCB については、農薬の原体としては含まれていないので、分析対象外とした。

(ii) DXNs の含有量 (質量ベース)

次に、各農薬に含有される DXNs を分析した結果を表 3.5 に示す。

表 3.5 POPs 農薬の DXNs 成分含有量(ng/g)

農薬	BHC	BHC	DDT	アルドリン	エンドリン
製品名	キングブラビー	三共ガンマ粒剤	キング ED 粉剤	アルドリン粉剤4	エンドリン粉剤2
TeCDDs	0.27	4.2	N.D	0.36	0.12
PeCDDs	0.41	0.13	0.038	N.D	N.D
HxCDDs	0.55	4.7	0.018	0.016	N.D
HpCDDs	1.4	13	N.D	N.D	N.D
OCDD	1.1	36	0.065	0.061	0.066
Total PCDDs	3.7	58	0.12	0.44	0.19
TeCDFs	35	52	3.6	5.9	8.3
PeCDFs	4.8	12	0.21	0.14	0.61
HxCDFs	1.2	22	N.D	N.D	0.098
HpCDFs	0.065	9.2	N.D	N.D	0.047
OCDF	N.D	4.0	N.D	N.D	N.D
Total PCDFs	41	99	3.8	6.0	9.0
Total PCDD/Fs	45	160	3.9	6.5	9.2
Co-PCB(Non o-)	94	48	10	2.3	1.6
Co-PCB(mono o-)	30	29	2.2	0.93	0.6
Total Co-PCB	120	77	12	3.2	2.3
DXNs	170	230	16	9.7	12

注. 計算に使用している各農薬の DXNs 量の数値を有効数字 2 桁としているため、PCDDs、PCDFs、Co-PCB の計は各成分量の合計と一致しない。

BHC を含む 2 製品がそれぞれ 170ng/g、230ng/g の DXNs を含有している。その構成比は、製品によって異なり、一方は Co-PCB が DXNs の 71%を占めるが、他方は PCDFs が 43%を占める結果となっている。

DDT 剤では、16ng/g の DXNs を含有しており、その 75%を Co-PCB が占めている。

アルドリン剤では、9.7ng/g の DXNs を含有しており、その 62% を PCDFs が占めている。

エンドリン剤は、12ng/g の DXNs を含有しているが、その 75% を PCDFs が占めており、アルドリン剤に似た傾向を示している。

(iii) DXNs の毒性等量

各農薬に含有されている DXNs の毒性等量を整理すると、表 3.6 のようになる。

BHC 剤では、DXNs の毒性等量がそれぞれ、1.4ng-TEQ/g、1.1ng-TEQ/g である。そのうち、一方の製品は Co-PCB (特に、Non o-体) が大部分を占めるのに対して、他方の製品は Co-PCB ばかりではなく PCDFs も高い濃度を示している。ただし、双方ともに、Co-PCB のうち Non o-体の 3,3',4,4',5-PeCB(#126)が高い濃度となっている。ちなみに、一般廃棄物最終処分場における焼却残さの受け入れ基準値は、3ng-TEQ/g であり、それを下回っている。

DDT 剤では、DXNs 毒性等量が 0.098 ng-TEQ/g であり、その大部分は Non o-体の 3,3',4,4',5-PeCB(#126)によるものである。

アルドリン剤、エンドリン剤の DXNs 毒性等量は、それぞれ 0.022 ng-TEQ/g、0.018 ng-TEQ/g であり、どちらもその大部分が Non o-体の 3,3',4,4',5-PeCB(#126)に由来するものである。これは DDT 剤と同様の傾向を示している。