

JAERI-M
84-001

マイクロ波加熱による $\beta\cdot\gamma$ 雑固体廃棄物の
熱分解・溶融固化試験

1984年2月

福田 勝男・栗林 寿*・三戸 規生
進士 義正・岩本 貞雄・佐藤 元昭
菊地 順彦*: 田村 貢大*

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）
あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section, Division
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1984

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 山田軽印刷所

マイクロ波加熱による β ・ γ 雑固体廃棄物の熱分解・溶融固化試験

日本原子力研究所大洗研究所管理部

福田勝男・栗林 寿*・三戸規生

進士義正・岩本貞雄・佐藤元昭

菊地順彦*・田村貢大*

(1984年1月5日受理)

β ・ γ 雑固体廃棄物のうち、難燃性の廃棄物、焼却処理に有害な廃棄物及びイオン交換樹脂について、より一層の減容と安定な固化処理を目的として、マイクロ波加熱による熱分解・溶融固化処理を検討し、試験した。また、溶融固化処理では、焼却灰、スラッジ、砂について、溶融固化特性を調べた。

この結果、下記の事項が得られた。

- (1) 雜固体廃棄物試料は、単独もしくは混合系で容易に熱分解し、低分子量ガス成分に変換された。
 - (2) トレーサーの排ガス系への移行率は、熱分解処理、灰化処理、溶融固化処理ともマイクロ波出力、バージガス量等には影響を受けず、試料それぞれについて固有の値となった。
 - (3) 热分解・溶融固化処理におけるトータル移行率は、 ^{137}Cs では 15.7 %, ^{60}Co では 2.9 %であった。
 - (4) 热分解・溶融固化処理におけるトータル減容比は、廃棄物の種類によって異なるが、布、紙、塩化ビニールシートの混合系で約 1500 (減重比 : 約 70) が得られた。
 - (5) 模擬焼却灰、模擬スラッジ、砂の減容比は、それぞれ 11, 5, 1.5 が得られた。
- このように、マイクロ波加熱による β ・ γ 雑固体廃棄物の熱分解・溶融固化処理は、全体として良好な結果が得られた。

* 三機工業株式会社技術研究所

Pyrolysis and Melt Solidification Test of β,γ Solid Wastes
by Microwave Heating

Katsuo FUKUDA, Hisashi KURIBAYASHI,^{*} Norio MITO,
Yoshimasa SHINJI, Sadao IWAMOTO, Motoaki SATO,
Masahiko KIKUCHI^{*} and Mitsuhiro TAMURA^{*}

Department of Administrative Services
Oarai Research Establishment, JAERI

(Received January 5, 1984)

To aim at more decreasing volume and stable solidification for the β,γ solid wastes which are unburnable and give harmful effects to the furnace and spent ion exchange resin, we investigated and experimented the pyrolysis and melt solidification treatment by the microwave heating. And in the melt solidification treatment we investigated the melt solidification characteristics about incinerator ash, sludge and sand.

We obtained the following results.

- (1) Simulated β,γ solid wastes samples were pyrolyzed easily by itself or by mixing other samples, and they were changed to low molecular weight gas component.
- (2) In the pyrolysis treatment, ashing treatment and melt solidification treatment, the volatilization rates of tracer to off-gas system were not influenced by the microwave power or the volume of purge gas, etc.. And each sample had characteristic volatilization rates.
- (3) The total volatilization rates were 15.7 % for ^{137}Cs and 2.9 % for ^{60}Co in the pyrolysis and melt solidification treatment.
- (4) The total volume reduction ratio was about 1500 (the total weight reduction ratio :about 70) in the mixture of cloth, paper and polyvinyl chloride sheet, though the value varies in the sort of wastes.
- (5) The volume reduction ratio of simulated incinerator ash, simulated sludge and sand was 11, 5 and 1.5, respectively.

Thus, we obtained good results entirely in the pyrolysis and melt solidification treatment of the simulated β,γ solid wastes by microwave heating.

Keywords: Pyrolysis, Melt Solidification, Ashing, Microwave Heating, β,γ Solid Wastes, Incinerator Ash, Sludge, Sand, Decomposition Gas, Volatilization Rates, Volume Reduction, Weight Reduction Radioactive Waste Disposal

* Technical Research Laboratories, Sanki Engineering Co., LTD

目 次

1. はじめに.....	1
2. マイクロ波加熱（誘電加熱）の原理と特徴.....	3
3. 試験装置.....	6
3.1 概要.....	6
3.2 試験装置仕様.....	6
4. 試験方法.....	13
4.1 热分解試験.....	13
4.1.1 热分解特性（反応速度）.....	13
(1) マイクロ波出力による热分解特性.....	13
(2) 固体廃棄物試料の種類による热分解特性.....	13
(3) 混合系試料の热分解特性.....	13
(4) 洗剤、金属屑の混入による热分解特性.....	14
4.1.2 热分解ガス組成.....	14
4.1.3 物質収支（タールの分布）.....	14
4.1.4 トレーサーの排ガス系への移行性.....	15
(1) 加熱時間の影響.....	15
(2) パージN ₂ ガス量の影響.....	15
(3) マイクロ波出力の影響.....	16
(4) 洗剤の影響.....	16
(5) 金属屑の影響.....	16
(6) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違.....	16
(7) 混合系の影響.....	16
4.1.5 減容比及び減重比.....	16
4.2 灰化試験.....	17
4.2.1 灰化特性（反応速度）.....	17
4.2.2 トレーサーの排ガス系への移行性.....	17
(1) マイクロ波出力の影響.....	17
(2) パージ空気ガス量の影響.....	17
4.2.3 減容比及び減重比.....	17
4.3 热分解・灰化連続処理試験.....	17
4.3.1 トレーサーの排ガス系への移行性.....	18
(1) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違.....	18
(2) 混合系の影響.....	18
(3) 金属屑の影響.....	18

4. 4 溶融固化試験	18
4. 4. 1 溶融固化特性（反応速度）	19
4. 4. 2 トレーサーの排ガス系への移行性	19
(1) マイクロ波出力の影響	19
(2) 加熱時間の影響	19
(3) 試料の物理的形態及びトレーサーの仕込形態の影響	19
(4) 試料及び放射性核種の種類による移行率の相違	19
4. 4. 3 減容比	20
5. 結果と考察	31
5. 1 熱分解試験	31
5. 1. 1 熱分解特性（反応速度）	31
(1) マイクロ波出力による熱分解特性	31
(2) 固体廃棄物試料の種類による熱分解特性	31
(3) 混合系試料の熱分解特性	31
(4) 洗剤、金属屑の混入による熱分解特性	32
5. 1. 2 熱分解ガス組成	32
5. 1. 3 物質収支（タールの分布）	33
5. 1. 4 トレーサーの排ガス系への移行性	33
(1) 加熱時間の影響	33
(2) パージN ₂ ガス量の影響	33
(3) マイクロ波出力の影響	33
(4) 洗剤の影響	34
(5) 金属屑の影響	34
(6) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違	34
(7) 混合系の影響	34
5. 1. 5 減容比及び減重比	35
5. 2 灰化試験	35
5. 2. 1 灰化特性（反応速度）	35
5. 2. 2 トレーサーの排ガス系への移行性	35
(1) マイクロ波出力の影響	35
(2) パージ空気量の影響	35
5. 2. 3 減容比及び減重比	36
5. 3 熱分解・灰化連続処理試験	36
5. 3. 1 トレーサーの排ガス系への移行性	36
(1) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違	36
(2) 混合系の影響	36
(3) 金属屑の影響	37
5. 4 溶融固化試験	37

5.4.1 溶融固化特性（反応速度）	37
5.4.2 トレーサーの排ガス系への移行性	37
(1) マイクロ波出力の影響	37
(2) 加熱時間の影響	37
(3) 試料の物理的形態及びトレーサーの仕込形態の影響	37
(4) 試料及び放射性核種の種類による移行率の相違	38
5.4.3 減容比	38
5.5 固体廃棄物の熱分解・溶融固化におけるトレーサーのトータル移行率	38
5.6 固体廃棄物の熱分解・溶融固化におけるトータル減容比	38
6.まとめ	74
7.今後の試験予定	75
謝辞	76
参考文献	76

Contents

1. Introduction	1
2. Principle and Characteristics of Microwave Heating (Dielectric Heating)	3
3. Pyrolysis and Melt Solidification Unit	6
3.1 Introduction	6
3.2 Specification of Pyrolysis and Melt Solidification Unit	6
4. Test Method	13
4.1 Pyrolysis Test	13
4.1.1 Pyrolysis Characteristics (Reaction Velocity)	13
(1) Pyrolysis Characteristics by Microwave Power	13
(2) Pyrolysis Characteristics by Species of Solid Wastes Samples	13
(3) Pyrolysis Characteristics in Mixed Solid Wastes Samples	13
(4) Pyrolysis Characteristics by Addition of Dtergent and Metal Tips	14
4.1.2 Decomposition Gas Component	14
4.1.3 Material Balance (Distribution of Tar)	14
4.1.4 Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System	15
(1) Influence of Heating Time	15
(2) Influence of Purge N ₂ Gas	15
(3) Influence of Microwave Power	16
(4) Influence of Detergent	16
(5) Influence of Metal Tips	16
(6) Difference of Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System by Species of Solid Wastes Samples and Nuclide	16
(7) Influence of Mixed Sample	16
4.1.5 Volume Reduction Ratio and Weight Reduction Ratio	16
4.2 Ashing Test	17
4.2.1 Ashing Characteristics (Reaction Velocity)	17
4.2.2 Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System	17
(1) Influence of Microwave Power	17
(2) Influence of Purge N ₂ Gas	17
4.2.3 Volume Reduction Ratio and Weight Reduction Ratio	17

4.3 Pyrolysis/Ashing Continuous Treatment Test	17
4.3.1 Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System	18
(1) Difference of Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System by Species of Solid Wastes Samples and Nuclide	18
(2) Influence of Mixed Sample.....	18
(3) Influence of Metal Tips	18
4.4 Melt Solidification Test	18
4.4.1 Melt Solidification Characteristics (Reaction Velocity) ...	19
4.4.2 Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System	19
(1) Influence of Microwave Power	19
(2) Influence of Heating Time.....	19
(3) Influence of Physical State of Sample and Adding Method of Tracer	19
(4) Difference of Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System by Species of Solid Wastes Samples and Nuclide	19
4.4.3 Volume Reduction Ratio	20
5. Results and Discussion	31
5.1 Pyrolysis Test	31
5.1.1 Pyrolysis Characteristics (Reaction Velocity)	31
(1) Pyrolysis Characteristics by Microwave Power	31
(2) Pyrolysis Characteristics by Species of Solid Wastes Samples	31
(3) Pyrolysis Characteristics in Mixed Solid Wastes Samples ...	31
(4) Pyrolysis Characteristics by Addition of Detergent and Metal Tips	32
5.1.2 Decomposition Gas Component.....	32
5.1.3 Material Balance (Distribution of Tar)	33
5.1.4 Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System	33
(1) Influence of Heating Time	33
(2) Influence of Purge N ₂ Gas	33
(3) Influence of Microwave Power	33
(4) Influence of Detergent	34
(5) Influence of Metal Tips	34
(6) Difference of Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System by Species of Solid Wastes Samples and Nuclide	34
(7) Influence of Mixed Sample.....	34

5.1.5	Volume Reduction Ratio and Weight Reduction Ratio	35
5.2	Ashing Test	35
5.2.1	Ashing Characteristics (Reaction Velocity)	35
5.2.2	Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System.....	35
(1)	Influence of Microwave Power	35
(2)	Influence of Purge N ₂ Gas	35
5.2.3	Volume Reduction Ratio and Weight Reduction Ratio	36
5.3	Pyrolysis/Ashing Continuous Treatment Test	36
5.3.1	Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System.....	36
(1)	Difference of Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System by Species of Solid Wastes Samples and Nuclide	36
(2)	Influence of Mixed Sample.....	36
(3)	Influence of Metal Tips	37
5.4	Melt Solidification Test	37
5.4.1	Melt solidification Characteristics (Reaction Velocity)...	37
5.4.2	Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System	37
(1)	Influence of Microwave Power	37
(2)	Influence of Heating Time	37
(3)	Influence of Physical State of Sample and Adding Method of Tracer	37
(4)	Difference of Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System by Species of Solid Wastes Samples and Nuclide	38
5.4.3	Volume Reduction Ratio	38
5.5	Total Volatilization Rates of Tracer to Off-gas System in Pyrolysis and Melt Solidification Treatment of Solid Wastes Samples	38
5.6	Total Volume Reduction Ratio in Pyrolysis and Melt Solidification Treatment of Solid Wastes Samples	38
6.	Conclusion	74
7.	Future Schedule on Pyrolysis and Melt Solidification Test	75
	Acknowledgment	76
	Reference	76

List of Tables

- Table 2.1 Relative dielectric constant and loss tangent of dielectrics
- Table 4.1 Item and conditions for the pyrolysis and melt solidification test of β, γ solid wastes
- Table 4.2 Component of simulated samples of β, γ solid wastes
- Table 4.3 Component of simulated samples used for melt solidification test of β, γ solid wastes
- Table 5.1 Decomposition gas component of cloth (Influence of microwave power)
- Table 5.2 Decomposition gas component of paper (Influence of microwave power)
- Table 5.3 Decomposition gas component of polyvinyl chloride sheet (Influence of microwave power)
- Table 5.4 Decomposition gas component of polyvinyl acetate sheet (Influence of microwave power)
- Table 5.5 Decomposition gas component of polyethylene sheet (Influence of microwave power)
- Table 5.6 Decomposition gas component of rubber (Influence of microwave power)
- Table 5.7 Decomposition gas component of mixed ion exchange resin (Influence of microwave power)
- Table 5.8 Decomposition gas component of simulated samples of β, γ solid wastes
- Table 5.9 Material balance of simulated samples of β, γ solid wastes in pyrolysis treatment
- Table 5.10 Distribution of tar generated by pyrolysis treatment of simulated samples of β, γ solid wastes
- Table 5.11 Volatilization rates of cold tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of heating time)
- Table 5.12 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of purge N_2 gas)
- Table 5.13 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of purge N_2 gas)
- Table 5.14 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of microwave power)

- Table 5.15 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of microwave power)
- Table 5.16 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of detergent)
- Table 5.17 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of metal tips)
- Table 5.18 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment of simulated samples of β,γ solid wastes
- Table 5.19 Distribution of tar and hot tracer at the off-gas system
- Table 5.20 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of Cobalt chloride used as cold tracer)
- Table 5.21 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of mixed samples)
- Table 5.22 Volume reduction ratio and Weight reduction ratio of simulated samples of β,γ solid wastes in pyrolysis and ashing treatment
- Table 5.23 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in ashing treatment of pyrolyzed residues(char) (Influence of microwave power)
- Table 5.24 Volatilization rates of cold tracer to off-gas system in ashing treatment of pyrolyzed residues(char) (Influence of purge air)
- Table 5.25 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis/ashing continuous treatment of simulated samples of β,γ solid wastes
- Table 5.26 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis/ashing continuous treatment (Influence of mixed samples)
- Table 5.27 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis/ashing continuous treatment (Influence of metal tips)
- Table 5.28 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in melt solidification treatment of simulated incinerator ash (Influence of microwave power)
- Table 5.29 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in melt solidification treatment of simulated sludge (Influence of microwave power)

Table 5.30 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in melt solidification treatment of simulated incinerator ash [Influence of physical state of sample (dry or wet) and adding method of tracer (homogeneous or heterogeneous)]

Table 5.31 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in melt solidification treatment of simulated wastes

Table 5.32 Volume reduction ratio of simulated wastes in melt solidification treatment

List of Figures

- Fig. 1.1 Treatment process of pyrolysis and melt solidification of β, γ solid wastes
- Fig. 2.1 Principle of microwave heating
- Fig. 3.1 Flow sheet of pyrolysis and melt solidification unit
- Fig. 3.2 Transmission method of microwave and transmission mode in pyrolysis and melt solidification unit
- Fig. 4.1 Effect of additive in pyrolysis treatment of polyvinyl chloride sheet
- Fig. 4.2 Flow sheet of pyrolysis unit for test of decomposition gas analysis and material balance of simulated samples
- Fig. 4.3 Flow sheet of pyrolysis and melt solidification unit for test of volatilization rates of tracer
- Fig. 4.4 Analysis method of cold tracer volatilized to off-gas system in pyrolysis treatment [I]
- Fig. 4.5 Analysis method of cold tracer volatilized to off-gas system in pyrolysis treatment [II]
- Fig. 4.6 Results of differential thermal analysis of simulated samples for melt solidification
- Fig. 5.1 Effect of microwave power on pyrolysis velocity of cloth
- Fig. 5.2 Effect of microwave power on pyrolysis velocity of paper
- Fig. 5.3 Effect of microwave power on pyrolysis velocity of polyvinyl chloride sheet
- Fig. 5.4 Difference of pyrolysis velocity in species of samples at microwave power 4.1 kw
- Fig. 5.5 Difference of pyrolysis velocity in species of samples at microwave power 7.4 kw
- Fig. 5.6 Mode of pyrolysis treatment of cloth
- Fig. 5.7 Mode of pyrolysis treatment of paper
- Fig. 5.8 Mode of pyrolysis treatment of polyvinyl chloride sheet
- Fig. 5.9 Mode of pyrolysis treatment of polyvinyl acetate sheet
- Fig. 5.10 Mode of pyrolysis treatment of polyethylene sheet
- Fig. 5.11 Mode of pyrolysis treatment of rubber
- Fig. 5.12 Mode of pyrolysis treatment of mixed ion exchange resin

- Fig. 5.13 Effect of cloth contents in pyrolysis treatment of polyvinyl chloride sheet
- Fig. 5.14 Effect of cloth contents in pyrolysis treatment of rubber
- Fig. 5.15 Effect of cloth contents in pyrolysis treatment of polyethylene sheet
- Fig. 5.16 Effect of cloth contents in pyrolysis treatment of mixed ion exchange resin
- Fig. 5.17 Effect of cloth contents used to accelerate decomposition of simulated samples in pyrolysis treatment
- Fig. 5.18 Effect of detergent on pyrolysis velocity of cloth
- Fig. 5.19 Effect of metal tips on pyrolysis velocity of cloth
- Fig. 5.20 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of cloth
- Fig. 5.21 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of paper
- Fig. 5.22 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of polyvinyl chloride sheet
- Fig. 5.23 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of polyvinyl acetate sheet
- Fig. 5.24 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of polyethylene sheet
- Fig. 5.25 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of rubber
- Fig. 5.26 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of mixed ion exchange resin
- Fig. 5.27 Ashing rates of pyrolyzed residue (char)
- Fig. 5.28 Melting velocity of simulated sludge
- Fig. 5.29 Volatilization rates of cold tracer to off-gas system in melt solidification treatment of simulated sludge
(Influence of heating time)
- Fig. 5.30 Volatilization rates of tracer to off-gas system in pyrolysis and melt solidification treatment of simulated sample of β , γ solid wastes
- Fig. 5.31 Volume reduction of simulated sample of β , γ solid wastes in pyrolysis and melt solidification treatment

List of Photographs

- Photo. 3.1 Appearance of pyrolysis and melt solidification unit
Photo. 3.2 Microwave power unit
Photo. 3.3 Microwave power controller
Photo. 3.4 Appearance of retolt and positions of purge gas inlet and off gas outlet
Photo. 4.1 Adding appearance of metal tips to cloth in retolt at pyrolysis treatment
Photo. 4.2 Situation of sample in retolt at melt solidification treatment
Photo. 5.1 Cloth before and after pyrolysis treatment
Photo. 5.2 Paper before and after pyrolysis treatment
Photo. 5.3 Polyvinyl acetate sheet before and after pyrolysis treatment
Photo. 5.4 Polyethylene sheet before and after pyrolysis treatment
Photo. 5.5 Rubber gloves for handling radioisotope before and after pyrolysis treatment
Photo. 5.6 Mixed ion exchange resin before and after pyrolysis treatment
Photo. 5.7 Mixture of polyvinyl chloride sheet and cloth before and after pyrolysis treatment
Photo. 5.8 Mixture of polyvinyl chloride sheet and cloth after pyrolysis treatment
Photo. 5.9 Mixture of rubber and cloth before pyrolysis treatment
Photo. 5.10 Mixture of rubber and cloth after pyrolysis treatment
Photo. 5.11 Mixture of polyethylene sheet and cloth before and after pyrolysis treatment
Photo. 5.12 Mixture of polyethylene sheet (PE) and cloth (C) after pyrolysis treatment
Photo. 5.13 Mixture of polyethylene sheet (PE) and cloth (C) after pyrolysis treatment (opened sample)
Photo. 5.14 Mixture of mixed ion exchange resin and cloth after pyrolysis treatment
Photo. 5.15 Pyrolyzed residue (char) before and after ashing treatment
Photo. 5.16 Simulated sludge before and after melt solidification treatment
Photo. 5.17 Volume reduction of simulated incinerator ash by melt solidification treatment
Photo. 5.18 Volume reduction of simulated sludge by melt solidification treatment
Photo. 5.19 Volume reduction of sand by melt solidification treatment

1. はじめに

原子力発電所等の原子力施設では、施設の運転、維持、保守等において発生する放射性廃棄物のうち、発生量が極めて多い β ・ γ 雑固体廃棄物については、現在のところ焼却処理あるいは圧縮処理により廃棄物を減容し、施設内の保管施設に保管している。

このため、放射性廃棄物の最終処分が実現されていない今日、保管廃棄物量は着実に増加しており、廃棄物のより一層の減容と安定な固化処理が当面の課題となっている。

最近では、放射性廃棄物の種類、性状に応じて溶融技術に着目した減容処理の研究技術開発が進められている。

溶融技術の β ・ γ 雑固体廃棄物への適用としては、可燃性雑固体廃棄物では、焼却処理後の灰についてマイクロ波加熱法^{1),2)} または高周波加熱法³⁾による溶融固化が、また、不燃性雑固体廃棄物では、金属、保温材、コンクリート等についてプラズマアーク溶融法⁴⁾、エレクトロスラグ溶融法⁵⁾等による溶融固化が、さらには、使用済ガラス器具についてマイクロ波加熱法⁶⁾による溶融固化がある。

本試験では、 β ・ γ 雑固体廃棄物について、より一層の減容と安定な固化処理を目的として熱分解・溶融固化に着目し、マイクロ波加熱による熱分解・溶融固化処理を検討した。熱分解・溶融固化処理システムをFig. 1.1に示す。

本処理法の特徴は、1つのエネルギー源で熱分解、灰化、溶融、ガス燃焼の一連の処理工程をまかなうことである。

試験用廃棄物は、 β ・ γ 雑固体廃棄物のうち、難燃性の廃棄物（主に含水物）、焼却処理に有害な廃棄物（主に塩化ビニールシート、ゴム類）、使用済イオン交換樹脂を対象とした。

また、溶融固化処理では、二次廃棄物として発生する焼却灰、スラッジ、砂も試験用廃棄物とした。

本試験では、熱分解・溶融固化処理を一連のシステムとして評価するため、熱分解処理、灰化処理、溶融固化処理の各工程について、放射性同位元素の挙動等、基礎的な特性調査を主眼とした。

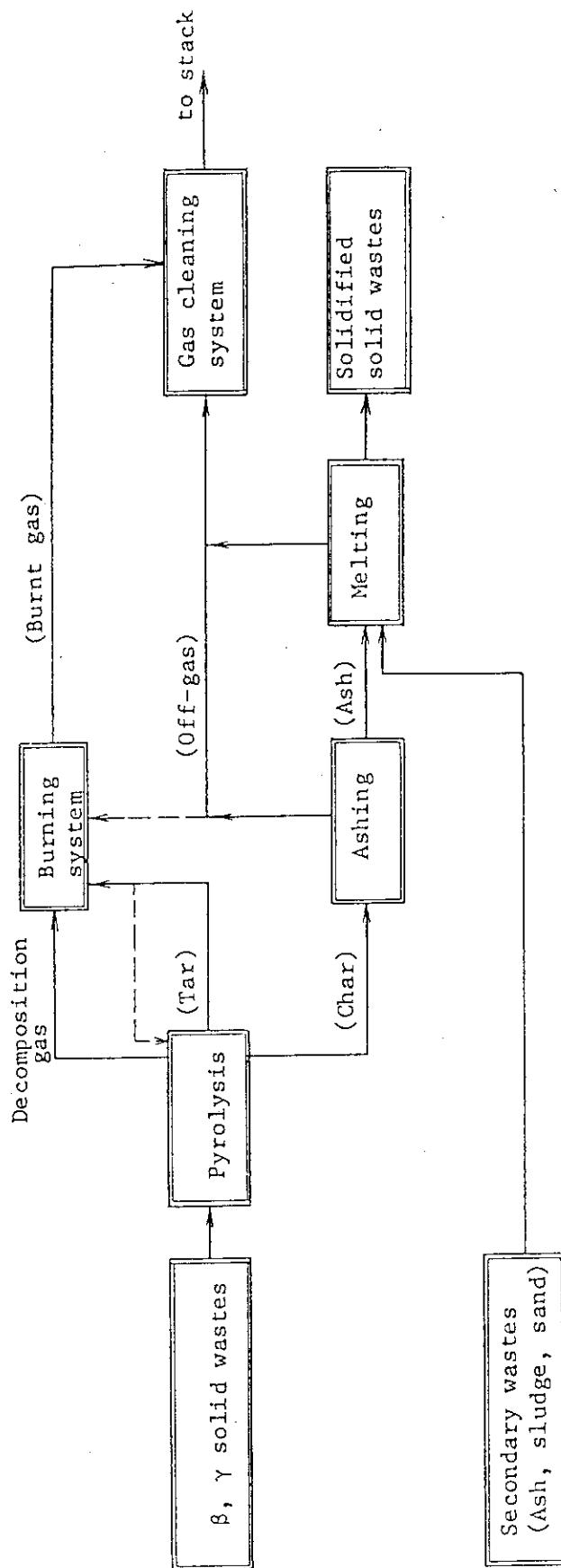


Fig. 1.1 Treatment process of pyrolysis and melt solidification of β, γ solid wastes

2. マイクロ波加熱(誘電加熱)の原理と特徴

一般に、マイクロ波とは周波数 1,000 ~ 30,000 MHz の電磁波を総称するが、誘電加熱とはこのマイクロ波をエネルギー源として誘電体を直接加熱する方法をいう。

誘電体にマイクロ波のような高周波の電界をかけると、誘電体は分極を起こし、電気双極子となる。この分極作用は電界の変化に追従しようとするが、他の分子や原子との結合力の抵抗があるため、摩擦熱が発生し、誘電体が加熱される⁷⁾。

誘電加熱による誘電体の単位体積あたりの誘電発熱力 P は、次式のように表わされる。

$$P = 5/9 f E^2 \epsilon_s \tan \delta \times 10^{-12} \text{ [W/cm}^3\text{]}$$

ここで、 f : マイクロ波周波数 [Hz]

E : 電界強度 [V/cm]

ϵ_s : 誘電体比誘電率

$\tan \delta$: 誘電体損失角

従って、上記式から比誘電率と損失角の大きい物質ほど加熱され易く、また、周波数および電界即ち高周波電力が大きいほど発熱効果が大きいことになる。物質の比誘電率、損失角のデータの1例をTable 2.1に示す。

マイクロ波を用いた誘電加熱を放射性廃棄物の処理に適用した場合、次のような特徴が上げられる。

(1) 誘電体の分子運動に起因した内部加熱であるため

- ① 加熱昇温が迅速である。
- ② 表面と内部を一様加熱できる。
- ③ 熱効率が良い。

(2) レンガ等の保温材、炉材が不用で炉を簡素化できる。従って二次廃棄物の発生が少なく、また、炉体のメインテナンスが簡単である。

(3) マイクロ波は導波管により無限延長に伝送できるためマイクロ波発生装置、制御盤はコールドエリアに配置し、管理できる。このため、遠隔制御が可能であり、保守点検も容易となる。

(4) 装置の起動・停止が容易である。

このような種々の利点をもつ一方、次のような欠点も有する。

(1) 発生ガスにより放電が起りやすい。従って炉内の速やかなガス抜き、放電自動消去機構が必要となる。

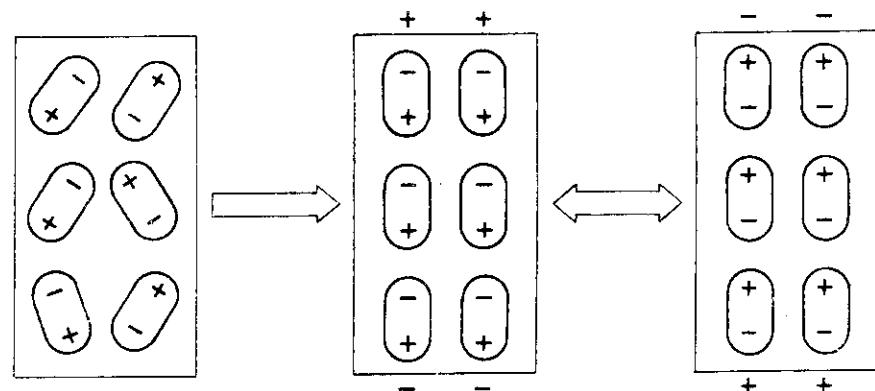
(2) 金属廃棄物への適用は困難である。従って、廃棄物中の金属の混入量はある程度制限される。

(3) センサーによる内部温度の直接測定は困難である。従って、赤外線温度検知器等を利用した間接測定となる。

Table 2.1 Relative dielectric constant and loss tangent of dielectrics

物質名	温度 [°C]	比誘電率 ($\epsilon_r' = \epsilon'/\epsilon_0$)		誘電損係数 ($\tan \delta \times 10^{-4}$)	
		$1 \times 10^4 \text{Hz}$	$3 \times 10^4 \text{Hz}$	$1 \times 10^4 \text{Hz}$	$3 \times 10^4 \text{Hz}$
液体	水	25	78.2	76.7	400
	氷	-12	4.15	3.20	1,200
	雪	-6	1.55	1.5	2,900
	メチルアルコール	25	31.0	23.9	260
	エチルアルコール	25	24.5	6.5	900
	ガソリン	25	a) 1.94	1.92	a) 1
固体	絶縁油	26	2.18	2.16	17
	テフロン	22	2.1	2.1	<2
	ポリスチレン	25	2.56	2.55	0.7
	ナイロン(±66)	25	3.33	3.03	257
	ベークライト	25	(4~7)	(3~5)	(300~1,000); (400~1,000)
	生ゴム	25	2.4	2.15	14
	ニトリルゴム	25	4.05	2.80	720
	ネオプレンゴム	26	5.7	2.84	950
	ガラス(マイカレックス)	25	(7~9)	(7~9)	(10~30)
	"(石英)	25	3.78	3.78	2.0
木	"(ソーダシリカ)	25	(5~8)	(5~7)	(100~400)
	紙	25	2.99	2.7	380
	木材	25	1.93	1.82	260
(注) 1) () の数字は添加物の割合で変化するので既端の値と範囲を示す。 2) a) は測定周波数 $1 \times 10^4 \text{Hz}$ の値を示す。					

(1) 分子の動き



(2) マイクロ波加熱の過程

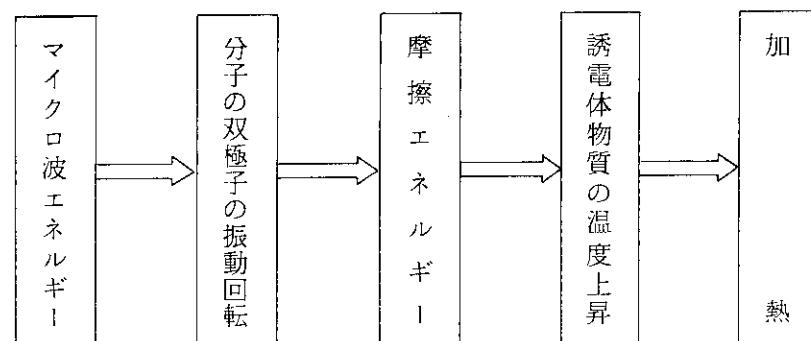


Fig. 2.1 Principle of microwave heating

3. 試験装置

3.1 概要

熱分解・溶融固化試験装置は、マイクロ波エネルギーを利用して、試験試料を熱分解し、その残渣を灰化し、溶融固化するもので、マイクロ波発生装置、導波管、熱分解溶融炉、排ガス処理装置（ガス吸収器、HEPA フィルタ）及びこれらの関連機器から構成される。

試験装置の配管系統図を Fig. 3.1 に示し、装置の外観を Photo. 3.1 に示す。

熱分解試験における装置の運転では、熱分解溶融炉内に試料を入れ、導波管末端部に熱分解溶融炉を密着させた後、系内に熱分解用ガス（N₂ガス）を流す。次いで、排ガスファンを作動させ、炉内が負圧になるように手動ダンパーで調節する。この後、マイクロ波発生装置を作動させ、試料にマイクロ波を照射し、熱分解させる。

灰化・溶融固化試験では、炉内に熱分解残渣を入れ、導波管末端部に炉を密着させた後、系内に空気を流入させ、熱分解試験と同様に炉内を負圧にする。次いで、再度マイクロ波発生装置を作動させ、試料を灰化し、溶融固化する。

熱分解試験及び灰化・溶融固化試験で発生する排ガスは、排ガス処理装置（ガス吸収器、HEPA フィルタ）で浄化する。

浄化された排ガスは、既設の排ガス浄化装置で再度浄化し、放射能をモニタリングしたのち、大気中に放出する。

3.2 試験装置仕様

熱分解・溶融固化試験装置の主要機器の仕様を下記に示す。

(1) マイクロ波発生装置

- ① 型式；マグネットロン発信方式
- ② 使用周波数；915 MHz ± 25 MHz
- ③ 出力；最大 25 kW, 連続可変

マイクロ波発生装置を Photo. 3.2 に、制御盤を Photo. 3.3 に示す。

(2) 热分解溶融炉

- ① 炉型；バッチ式熱分解溶融炉
- ② サイズ・容量；206 mmφ × 250 mmH, 約 8.4 ℥
- ③ 材質；SUS 316

Photo. 3.4 に熱分解溶融炉の外観と炉内へのバージガス入口及び排ガス出口の位置を示す。

(3) 導波管

- ① 矩形導波管のサイズ・材質；250 mm × 125 mm□ × 12 mm t, 金属アルミニウム
- ② 円筒導波管のサイズ・材質；206 mmφ, SUS 304

(3) マイクロ波伝送方式 ; TE₁₁ モード (伝送方法と熱分解溶融炉における伝送モードを Fig. 3.2 に示す。)

(4) 排ガス処理装置

① ガス吸収器のサイズ・材質 ; 210 mm ϕ × 290 mmH, SUS 304

② HEPA フィルタの型式・サイズ ; SP-8 型 (忍足研究所製),
310 mm 口 × 105 mm t

(5) 運転制御

① マイクロ波の整合操作 ; EH チューナーによる遠隔手動操作

② 放電対策 ; アークセンサーによる放電自動消去機構

③ 热分解溶融炉内負圧制御

(6) 放射線管理

① 試験装置の配置 ; 試験装置のうち, コールド機器として運転管理できる機器は, コールドエリアに配置した。(Fig. 3.1 の配管系統図にコールド, ホットの境界を示す。)

② 放射性ガス, ダストのコールドエリアへの流出防止対策 ; 導波管内部はコールドエリアに直結しているため, 放射性ガス, ダストの流出防止対策として, 热分解溶融炉上部に石英板 (238 mm ϕ × 10 mm t, 1 層), 管理区域境界の矩形導波管にテフロン板 (250 mm × 128 mm × 10 mm t, 2 層) を設置した。

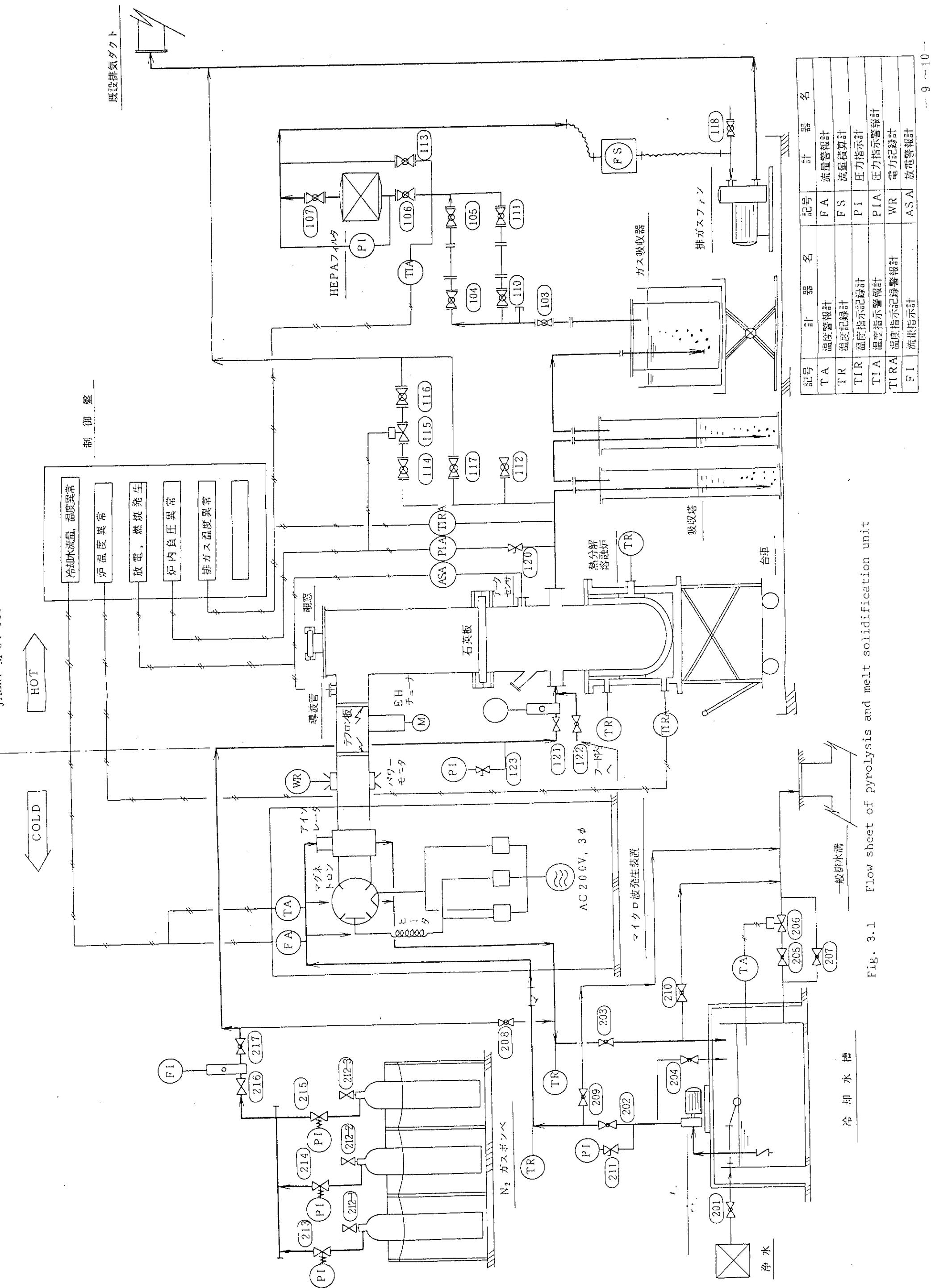


Fig. 3.1 / Flow sheet of pyrolysis and melt solidification unit

伝送方法

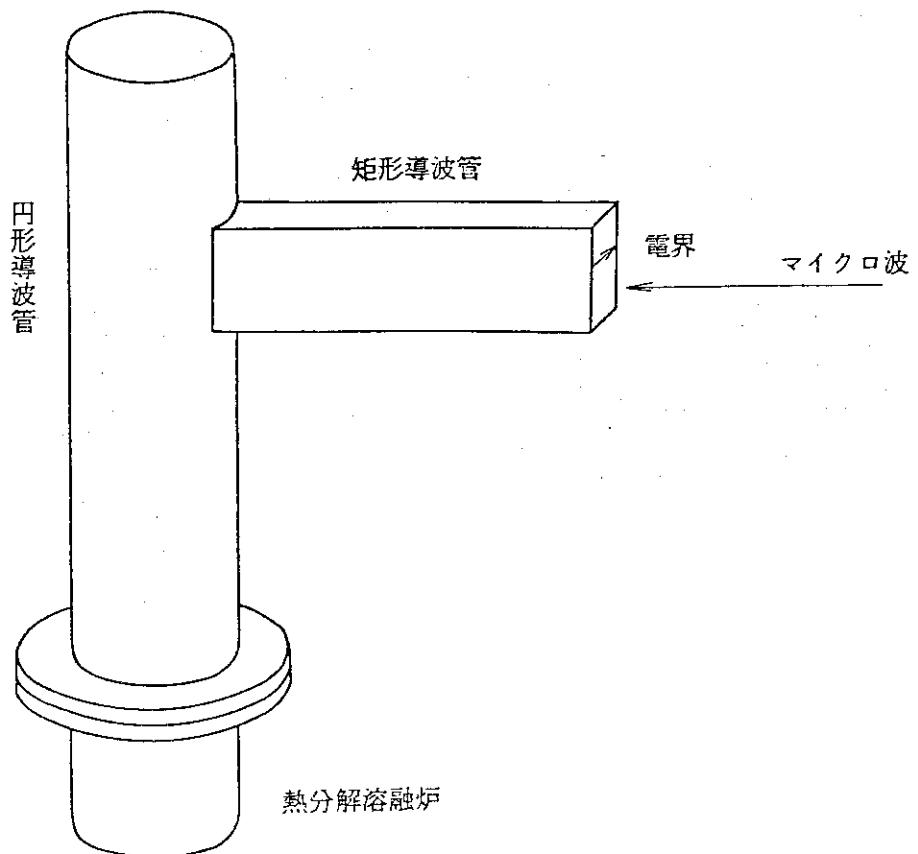
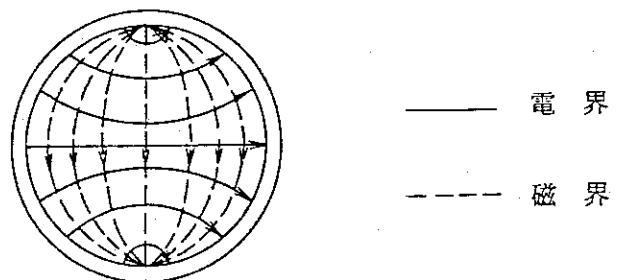
伝送モード (TE_{11})

Fig. 3.2 Transmission method of microwave and transmission mode in pyrolysis and melt solidification unit

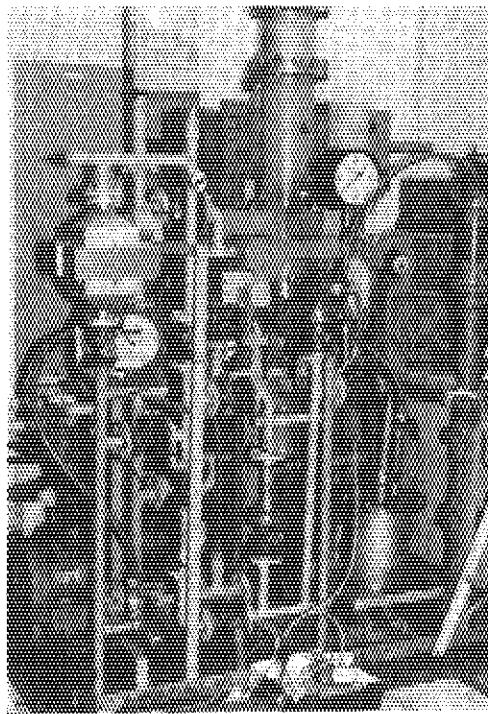


Photo. 3.1 Appearance of pyrolysis
and melt solidification
unit

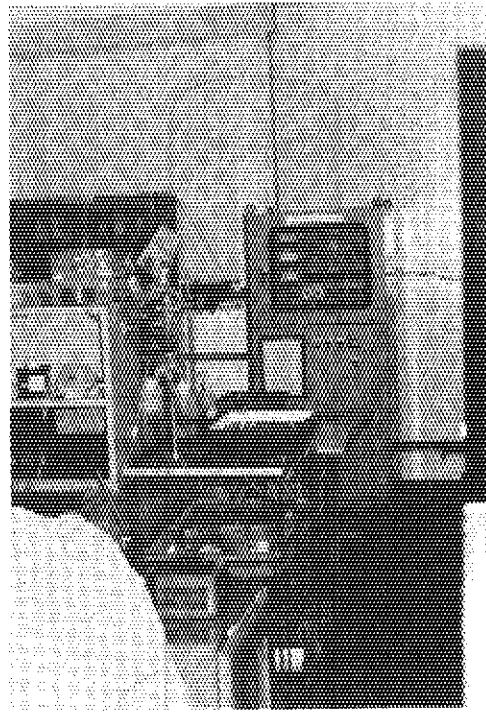


Photo. 3.3 Microwave power
controller

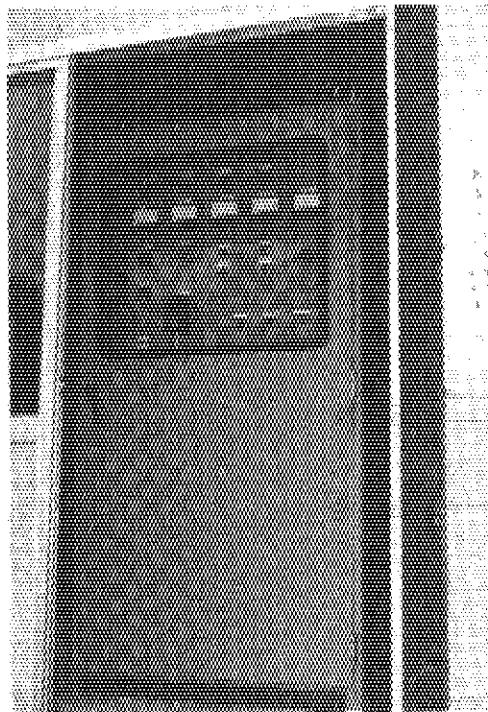


Photo. 3.2 Microwave power
unit

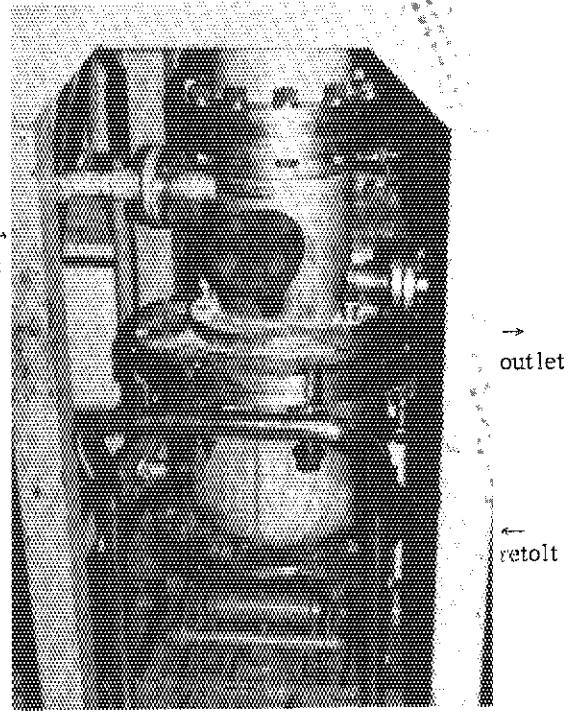


Photo. 3.4 Appearance of retolt
and positions of purge
gas inlet and off gas
outlet

4. 試験方法

4.1 热分解試験

β ・ γ 雑固体廃棄物の熱分解試験に関する試験項目及び試験条件をTable 4.1に示す。

4.1.1 热分解特性（反応速度）

β ・ γ 雑固体廃棄物のうち、7種類のコールドの模擬試料を用いて、下記の熱分解特性を調べた。模擬試料の組成分析結果をTable 4.2に示す。

(1) マイクロ波出力による熱分解特性

7種類の模擬試料のうち、代表試料として布（RI汚染除去用タオル）、紙（ペーパータオル）、塩化ビニールシートについて、マイクロ波の出力を変えて熱分解特性を調べた。

マイクロ波出力は4.1 kW, 5.7 kW, 7.4 kWの3段階とした。バージN₂ガス量は20ℓ/minとした。試料量はそれぞれ約250 gとした。塩化ビニールシートは、本試験装置のマイクロ波加熱モード（TE₁₁）では、単独では熱分解させにくいため、熱分解促進材としてガラスピーズ（2～3 mmφ, 1000 g）を試料の下部においていた。熱分解促進材の添加量の効果をFig. 4.1に示す。

熱分解特性（反応速度）は、熱分解時間に対する分解ガスの累積発生割合で整理した。

(2) 固体廃棄物試料の種類による熱分解特性

7種類の模擬試料について、試料の化学構造、試料中への添加物の有無等の違いによる試料の熱分解特性を調べた。

試料量はそれぞれ250 gとした。マイクロ波出力は5.7 kW、バージN₂ガス量は約20ℓ/minとした。

本試験装置のマイクロ波加熱モード（TE₁₁）では、単独では熱分解させにくい試料（塩化ビニールシート、酢酸ビニールシート、RIゴム手袋）及びマイクロ波透過性のポリエチレンについては、熱分解促進材としてガラスピーズ（2～3 mmφ, 1000 g）を試料の下部においていた。また、イオン交換樹脂については、ルツボ（金属溶融用、140 mm I.D×200 mm H×15 mm t）を内部容器として用いた。

熱分解特性は、各試料とも熱分解時間に対する分解ガスの発生量（微分値）で整理した。

(3) 混合系試料の熱分解特性

本試験装置のマイクロ波加熱モード（TE₁₁）では、単独では熱分解させにくい試料（塩化ビニールシート、RIゴム手袋）、マイクロ波透過性のポリエチレン、イオン交換樹脂（陽イオン/陰イオン=1/1、重量比）について、熱分解が容易な布との混合系をもとにし、布の混入量を変化させて、それぞれの試料の熱分解特性を調べた。

試料量は、混合系全体として250 gとし、試料の仕込形態は層状または渦巻状に成形した。マイクロ波出力は4.1 kW、バージN₂ガス量は20ℓ/minとした。

混合系試料の熱分解の終点は分解率 90 %以上を目安とした。

それぞれの試料の熱分解特性は、加熱時間に対する分解ガスの発生量（微分値）及び布の混入率に対する分解率で整理した。

(4) 洗剤、金属屑の混入による熱分解特性

実廃棄物中に混入することの多い洗剤及び金属屑のマイクロ波加熱による熱分解への影響について調べた。

模擬試料は、布（250 g）を用いた。洗剤は中性洗剤を、金属屑は旋盤の削り屑を用いた。洗剤の布への混入量は 0.1 wt %, 4 wt %, 10 wt %とした。金属の混入量は、4 wt %, 10 wt %, 20 wt %とした。

洗剤及び金属屑の添加方法は、洗剤の場合には、布中にはほぼ均一に巻き込み、金属屑の場合には、布の上面に散布した。金属屑の添加状態を Photo. 4.1 に示す。

マイクロ波出力は 5.7 kW, パージ空気ガス量は 20 ℓ/min とした。

洗剤及び金属屑の混入量に伴う熱分解特性は、熱分解時間に対する分解ガスの累積発生割合で整理した。

4.1.2 热分解ガス組成

7種類の模擬試料について、マイクロ波の出力変化に伴う分解ガスの発生量とその組成の経時変化を調べた。

試料量はそれぞれ 250 g とした。マイクロ波出力は 4.1 kW, 5.7 kW, 7.4 kW の 3 段階とした。パージ N₂ ガス量は約 20 ℓ/min とした。

なお、塩化ビニールシート、酢酸ビニールシート、ポリエチレンシート、RI ゴム手袋については、熱分解促進材としてガラスピーブーズ（2 ~ 3 mmφ, 1000 g）を試料の下部において。またイオン交換樹脂については、ルツボ（金属溶融用、140 mm I.D × 200 mm H × 15 mm t）を内部容器として用いた。

分解ガスの発生量とその組成の経時変化については、試料の熱分解開始からガス流量計により分解ガス量を測定するとともに一定時間ごとに試験装置のガス吸収器の下流側から分解ガスの一部（排ガス量の約 1/10）を抜き出し、ガス分析用バック（テフロン製、容量 2 ℓ）に捕集した。捕集した分解ガスはガスクロマトグラフィー（炭化水素ガス分析用（GL-6A, 島津製）、無機ガス分析用（GC-3 BT, 島津製））により分析した。

4.1.3 物質収支（タールの分布）

7種類の模擬試料について、熱分解処理における物質収支を調べた。

試験装置には、本試験用に Fig. 4.2 に示すように熱分解溶融炉出口部にタール回収塔を付加した。

物質収支は、分解ガス、タール、熱分解残渣について求めた。分解ガスは試料の分解ガス量、分解ガスの平均分子量から理想気体の状態方程式 ($PV = nRT$) を用いて質量に換算した。タールは熱分解溶融炉内に残留したもの、炉上部及び炉出口配管に付着したもの、タール回収塔に回収したものの合計とした。熱分解残渣は熱分解処理後、炉内から残渣を取り出し、重量を

測定した。

また、タールの装置系内（熱分解溶融炉内、炉上部、炉出口配管、タール回収塔）の分布についても調べた。

4.1.4 トレーサーの排ガス系への移行性

熱分解溶融炉内に予め調製したコールドまたはホットトレーサーを含有する模擬試料を約250 g入れ、N₂ガス雰囲気下において、マイクロ波を照射し、試料の熱分解に伴い、炉外に排出されるトレーサーの割合について調べた。

試験装置には、トレーサーの吸収用として炉出口以降に吸収塔を2基（直列）とガス吸収器を設けた。Fig. 4.3に試験装置の概略図を示す。

本試験では、トレーサーの排ガス系への移行性に関する諸因子として、(1)加熱時間の影響、(2)バージN₂ガス量の影響、(3)マイクロ波出力の影響、(4)洗剤の影響、(5)金属屑の影響、(6)固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による相違、(7)混合系の影響について調べた。

試料の調製は、コールドトレーサーを用いた試験では、模擬試料にコバルト及びセシウムをトレーサーとして散布し、渦巻状（RIゴム手袋については層状）に成形して行った。コバルトトレーサーは、塩化コバルト六水塩（CoCl₂・6H₂O）を、セシウムトレーサーは塩化セシウム（CsCl）を用いた。

ホットトレーサーの試験では、模擬試料に⁶⁰Co、¹³⁷Csを含有する蒸発缶濃縮液（pH；6.0、密度；1.15 g/cm³、固形物含量；19.8 wt %）を含浸または滴下し、渦巻状（RIゴム手袋については層状）に成形して行った。

塩化ビニールシートとRIゴム手袋については、ガラスビーズの移行率への寄与が無視できたため、熱分解促進材としてガラスビーズ（1000 g）を試料の下に置いた。

混合系の試料の調製では、模擬試料それぞれにトレーサーを等量ずつ含浸または滴下し、それぞれの試料をはさみ込み、かつ、渦巻状に成形して試験に供した。

トレーサーの排ガス系への移行性は、炉出口配管からガス吸収器までについてトレーサーを分析し、評価した。

トレーサーの分析は、コールドトレーサーにおいては、Fig. 4.4またはFig. 4.5に示す方法により、原子吸光光度計（AA-780型、日本ジャーレルアッシュ製）で分析した。ホットトレーサーにおいては、洗浄液または吸収液を全量濃縮し、14規定硝酸-35%過酸化水素水によりタールを灰化し、放射能測定用試料皿（50 mmφ × 9 mmH）に蒸発乾固したのち、Ge(Li)波高分析器で分析した。

(1) 加熱時間の影響

模擬試料に布を用いて、コールドトレーサーの排ガス系への移行性を調べた。

加熱時間は、布の熱分解所要時間をもとに、熱分解途上（熱分解率；約80%）の7分、熱分解が完了する10分及び15分、さらに、5分延長した20分の4条件とした。

マイクロ波出力は5.7 kWとし、バージN₂ガス量は20 ℓ/minとした。

(2) バージN₂ガス量の影響

模擬試料に布、塩化ビニールシートを用いて、コールドトレーサーとホットトレーサーの

排ガス系への移行性を調べた。

コールドトレーサーとホットトレーサーは別々に用い、マイクロ波出力 5.7 kWとした。加熱時間はそれぞれの模擬試料の熱分解所要時間を目安とした。バージN₂ガス量は、0 ℥/min, 20 ℥/min, 40 ℥/min の3段階とした。

(3) マイクロ波出力の影響

模擬試料に布、塩化ビニールシート、RIゴム手袋を用いて、コールドトレーサーとホットトレーサーの排ガス系への移行性を調べた。

コールドトレーサーとホットトレーサーは別々に用い、バージN₂ガス量は 20 ℥/min とした。加熱時間はそれぞれの模擬試料の熱分解所要時間を目安とした。マイクロ波出力は、4.1 kW, 5.7 kW, 7.4 kW の3段階とした。

(4) 洗剤の影響

模擬試料に布を用い、実廃棄物中に混入することが多いと考えられる洗剤を混入させ、ホットトレーサーの排ガス系への移行性を調べた。

洗剤の混入量は、模擬試料に対して 0.1 wt %, 4 wt %, 10 wt % とした。バージN₂ガス量は 20 ℥/min とし、マイクロ波出力は 5.7 kW とした。加熱時間は、RIタオルの熱分解所要時間を目安とした。

(5) 金属屑の影響

模擬試料に布を用い、実廃棄物中に混入することが多いと考えられる金属屑を混入させ、ホットトレーサーの排ガス系への移行性を調べた。

金属屑の混入量は、模擬試料に対して 4 wt %, 10 wt %, 20 wt % とした。バージN₂ガス量は 20 ℥/min とし、マイクロ波出力は 5.7 kW とした。加熱時間は、布の熱分解所要時間を目安とした。

(6) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違

模擬試料として化学構造の異なる布、塩化ビニールシート、RIゴム手袋の3種類を用いてコールドトレーサーとホットトレーサーについて排ガス系への移行率の相違について調べた。

トレーサーは、コールドトレーサーとホットトレーサーを別々に用いた。マイクロ波出力は平均 5.7 kW、バージN₂ガス量は 20 ℥/min とした。

(7) 混合系の影響

実廃棄物の発生形態である混合系について、ホットトレーサーの排ガス系への移行性を調べた。

混合試料は布と塩化ビニールシートの等量混合物、布、塩化ビニールシート及び RIゴム手袋の3種類の等量混合物をそれぞれ用いた。

ホットトレーサーは、試料個々に等量ずつ添加した。

マイクロ波出力は、5.7 kW とし、バージN₂ガス量は 20 ℥/min とした。

4.1.5 減容比及び減重比

7種類の模擬試料について、減容比及び減重比を調べた。

減容比及び減重比は、熱分解処理前後の試料の容積変化及び重量変化から求めた。

減容比は、熱分解溶融炉内における試料の嵩容積の変化の割合とした。

4.2 灰化試験

試料は、前記4.1の熱分解試験において、比較的残渣の多い布、紙、塩化ビニールシートの熱分解残渣の等量混合物とイオン交換樹脂の熱分解残渣を用いた。前者の試料では、灰化特性(反応速度)、トレーサーの排ガス系への移行性、減容性を調べ、後者の試料では、減容性を調べた。

4.2.1 灰化特性(反応速度)

灰化の終了点を評価するため、マイクロ波出力を2.4 kW, 4.1 kW, 5.7 kWの3段階に、また灰化時間を5~120分に変化させて、灰化率を調べた。なお、バージ空気量は50ℓ/minに固定した。

4.2.2 トレーサーの排ガス系への移行性

(1) マイクロ波出力の影響

コールドトレーサーおよびホットトレーサーは、前記4.1.4で述べたものと同一のものを用い、マイクロ波出力を2.4 kW, 4.1 kW, 5.7 kWに変化させ、コールドトレーサー及びホットトレーサーの排ガス系への移行性に与える影響を調べた。バージ空気量は50ℓ/minとした。コールドトレーサー入り試料の調整は、熱分解溶融炉内において熱分解残渣とトレーサーを攪拌混合して行った。また、ホットトレーサー入り試料の調整は、熱分解溶融炉内に熱分解残渣を四分割し、1分割ごとにホットトレーサーを(約5mℓ)滴下して行った。コールドトレーサー及びホットトレーサーの分析は前記4.1.4と同様に行った。

(2) バージ空気量の影響

バージ空気量を8.5, 30, 50ℓ/minの3段階に変化させ、コールドトレーサーについて排ガス系への移行性に与える影響を調べた。マイクロ波出力は、4.1 kWに固定した。コールドトレーサー入り試料の調整及びコールドトレーサーの分析は、前項4.2.2(1)と同様に行った。

4.2.3 減容比及び減重比

熱分解溶融炉内における試料の灰化前後の嵩容積を測定し、減容比を算出した。また、重量測定により、減重比を算出した。

4.3 热分解・灰化連続処理試験

β ・ γ 雑固体廃棄物を熱分解し、その熱分解残渣を直ちに灰化処理する熱分解・灰化の連続処理試験についての試験項目及び試験条件をTable 4.1に示す。

4.3.1 トレーサーの排ガス系への移行性

熱分解溶融炉内に予め調製したホットトレーサーを含有する試料を約 250 g 入れ、装置系内を N₂ ガス霧囲気とし、マイクロ波を照射し、試料を熱分解させる。次いで、装置系内を N₂ ガス霧囲気から空気ガス霧囲気とし、熱分解残渣を灰化する。この熱分解・灰化の一連の処理において炉外に排出されるトレーサーの割合について調べた。

試験装置、使用したホットトレーサー、試料の調製法、分析法は前記 4.1.5 と同様とした。

本試験では、トレーサーの排ガス系への移行性に関する諸因子として、(1) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違、(2) 混合系試料による影響、(3) 金属屑の影響について調べた。

(1) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違

模擬試料として布、紙、塩化ビニールシート、RI ゴム手袋を用いて、試験した。

マイクロ波出力は熱分解時には 5.7 kW とし、灰化時には 4.1 kW とした。バージガス量は、熱分解時には N₂ ガスを 20 ℓ/min とし、灰化時には空気ガス量を 50 ℓ/min とした。

試験時間は熱分解では、各模擬試料の熱分解所要時間とし、灰化では、前記 4.2 及び後記 5.2 の灰化試験及び灰化試験結果をもとにし、30 分とした。

(2) 混合系の影響

混合試料は 3 種混合物とし、布、紙、塩化ビニールシートの等量混合物と布、塩化ビニールシート、RI ゴム手袋の等量混合物の 2 種類とした。

マイクロ波出力、バージガス量、灰化時間は前記(1)と同様とした。熱分解での加熱時間は、混合試料それぞれの熱分解において発生する分解ガス量の経時変化をもとに決定し、前者混合試料の場合には 23 分、後者混合試料の場合には 30 分とした。

(3) 金属屑の影響

模擬試料として布を用い、金属屑を 20 wt % 混入させ、試験に供した。

金属屑の混入方法は、布の上面に散布した。

マイクロ波出力、バージガス量、試験時間は前記(1)と同様とした。

4.4 溶融固化試験

焼却灰、スラッジ、砂の溶融固化試験についての試験項目及び試験条件を Table 1 に示す。

試料としての焼却灰は模擬試料として一般事務用灰を、スラッジは模擬スラッジとして水酸化第二鉄 [Fe(OH)₃] とリン酸二水素カルシウム－水塩 [Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O] の等量混合物を、砂は川砂を用いた。これら 3 試料の組成、嵩比重、溶融温度を Table 4.3 に示す。また、示差熱分析結果を Fig. 4.6 に示す。

本溶融固化試験は、溶融固化物の炉内からの取り出しやすさ等を考慮して、熱分解溶融炉内にさらに内部容器として金属溶融用ルツボ (140 mmφ × 200 mmH × 15 mmT) を用い、下記の試験項目について試験を行った。試料の装填状況を Photo. 4.2 に示す。

4.4.1 溶融固化特性

3 試料について、目視で湯面の拡がり状態等の溶融特性を観察した。また、模擬スラッジ、600 g (1 ℥) を用いて、加熱時間と溶融率の関係を調べた。

マイクロ波出力は 10.7 kW, パージ空気量は 50 ℥/min とした。

4.4.2 トレーサーの排ガス系への移行性

溶融固化時におけるトレーサーの排ガス系への移行性の諸因子として、(1)マイクロ波出力の影響、(2)加熱時間の影響、(3)試料の物理的形態及びトレーサーの仕込形態の影響、(4)試料及び放射性核種の種類による移行率の相違について調べた。

(1) マイクロ波出力の影響

試料は、模擬焼却灰 250 g (嵩容積； 1 ℥) と模擬スラッジ 600 g (嵩容積； 1 ℥) を用いた。

マイクロ波出力は 8.2 kW, 10.7 kW, 13.0 kW の 3 段階とした。パージ空気量は 50 ℥/min とした。

コールドトレーサー及びホットトレーサーは、前記 4.1.4 と同様のものを用い、これらの分析も同様に行った。

コールドトレーサー入り試料の調製は、金属溶融用ルツボ内に試料を入れたのち、コールドトレーサーを添加し、攪拌混合して行った。

ホットトレーサー入り試料の調製は、金属溶融用ルツボ内に試料を 4 分割にして入れ、1 分割ごとにホットトレーサーを試料の上部に分散させて滴下し、含浸 (1 滴下量； 5 mL) させて行った。

(2) 加熱時間の影響

溶融体からのトレーサーの揮発率を調べるために、加熱時間をかえて、コールドトレーサーの排ガス系への移行性を調べた。

試料は溶融特性の良好な模擬スラッジ 600 g (1 ℥) を用いた。

加熱時間は溶融率が約 80 % になる 3 分、溶融率 100 % の 6 分、さらに、10 分、15 分、20 分の 5 段階とした。

マイクロ波出力は 5.7 kW とし、パージ空気量は 50 ℥/min とした。

(3) 試料の物理的形態及びトレーサーの仕込形態の影響

模擬焼却灰を用いて試料の物理的形態及びトレーサーの仕込形態をかえて、ホットトレーサーの排ガス系への移行性を調べた。

試料の物理的形態は、乾燥状態のもの、含水率を変えたもの (37 wt % 及び 50 wt %) の 3 種類とした。

トレーサーの仕込形態は、試料への層状添加と均一添加の 2 種類とした。

マイクロ波出力は 10.7 kW とし、パージ空気量は 50 ℥/min とした。

(4) 試料及び放射性核種の種類による移行率の相違

模擬焼却灰、模擬スラッジ、川砂の 3 種類についてコールドトレーサー及びホットトレーサーの排ガス系への移行率を調べた。

試料量は3試料とも1ℓとした。マイクロ波出力は、模擬焼却灰、模擬スラッジでは平均10.7 kWとし、川砂では10.7 kWとした。ページ空気量はいずれも50ℓ/minとした。

4.4.3 減容比

金属溶融用ルツボ内の試料の溶融固化前後の高さを測定し、減容比を算出した。

Table 4.1 Item and conditions for the pyrolysis and melt solidification test of β , γ solid wastes

β ・ γ 固体廃棄物		熱 分 解		灰 化		容 融 固 化	
模擬試料	試験試料	試験試料	試験試料	試験試料	試験試料	試験試料	試験試料
① 布 (RI タオル)	左記の模擬試料						
② 紙 (ペーパータオル)	試験項目	試験条件					
③ 塩化ビニルシート	①熱分解特性: (反応速度)	マイクロ波出力の影響	①灰化特性: (反応速度)	マイクロ波出力の影響	①マイクロ波出力の影響	①試料の組成分析	①模擬焼却灰
④ 酢酸ビニルシート	②熱分解ガス組成 ③物質収支		②トレーサーの排ガス系への移行性	②マイクロ波出力の影響	②マイクロ波出力の影響	②試料の示差熱分析	②模擬スマッシュ
⑤ ポリエチレンシート	④トレーサーの排ガス系への移行性	①マイクロ波出力の影響	③熱分解・灰化の連続処理におけるトレーサーの排ガス系への移行性	③マイクロ波出力及びマイクロ波出力の影響	③トレーサーの排ガス系への移行性	③マイクロ波出力の影響	③加熱時間の影響
⑥ ゴム類 (RI ゴム手袋)	⑨ N_2 ガス量の影響 ⑩熱分解時間の影響	⑨ N_2 ガス量の影響	⑩熱分解時間の影響	⑩熱分解時間の影響	⑩熱分解時間の影響	⑩試料の状態、トレーサーの仕込形態の影響	⑩試料の状態、トレーサーの仕込形態の影響
⑦ イオン交換樹脂 (陽イオン / 陰イオン = 1/1)	⑪洗剤、金属屑の影響	⑪洗剤、金属屑の影響	⑫減容性	⑫減容性	⑫減容性		
	⑬減重性						

Table 4.2 Component of simulated samples of β , γ solid wastes.

上段：分析値*，下段：計算値

固体廃棄物	Molecular formula	Component (%)					
		C	H	N	S	CL	O
布 (RITアル)	C ₆ H ₁₀ O ₅	44.5	6.1	< 0.5	—	—	—
紙 (ペーパータオル)	C ₆ H ₁₀ O ₅	44.4	6.2	—	—	—	49.4
塩化ビニルシート	CH ₂ CHCl	42.6	6.0	< 0.5	—	—	—
ゴム (RIGム手袋)	C ₅ H ₈	44.4	6.2	—	—	—	49.4
ポリエチレンシート	CH ₂ CH ₂	38.4	4.8	< 0.5	—	38.6	—
酢酸ビニルシート	(CH ₂ CH ₂) ₁₆ • CH ₂ CHCH ₂ COOH	85.1	11.4	< 0.5	1.1	—	56.8
陽イオン交換樹脂		88.2	11.8	—	—	—	—
陰イオン交換樹脂		68.1	8.5	6.6	—	16.8	—

* : 神奈川県工業試験所での分析結果

Table 4.3 Component of simulated samples used for melt solidification test of β,γ solid wastes

	Incinerator ash	Sand (River sand)	Sludge
Water contents (wt%)	1.2	2.0	
C (wt%)	6.7	-	
SiO ₂	42.7	51.8	
Al ₂ O ₃	16.1	7.41	Fe(OH) ₃ : 50%, Ca(H ₂ PO ₄) ₂
Fe ₂ O ₃	1.73	4.12	H ₂ O : 50%
CaO	0.67	0.13	
MgO	14.2	1.65	
Na ₂ O	0.74	1.41	
K ₂ O	0.99	1.17	
ZnO	1.77	0.015	
SnO	0.030	0.089	
PbO	0.002	0.004	
MnO	0.079	0.046	
CuO	0.016	0.002	
NiO	0.028	0.005	
Bulk density	0.2	1.6	0.6
Melting point (°C)	1260	1370	1120

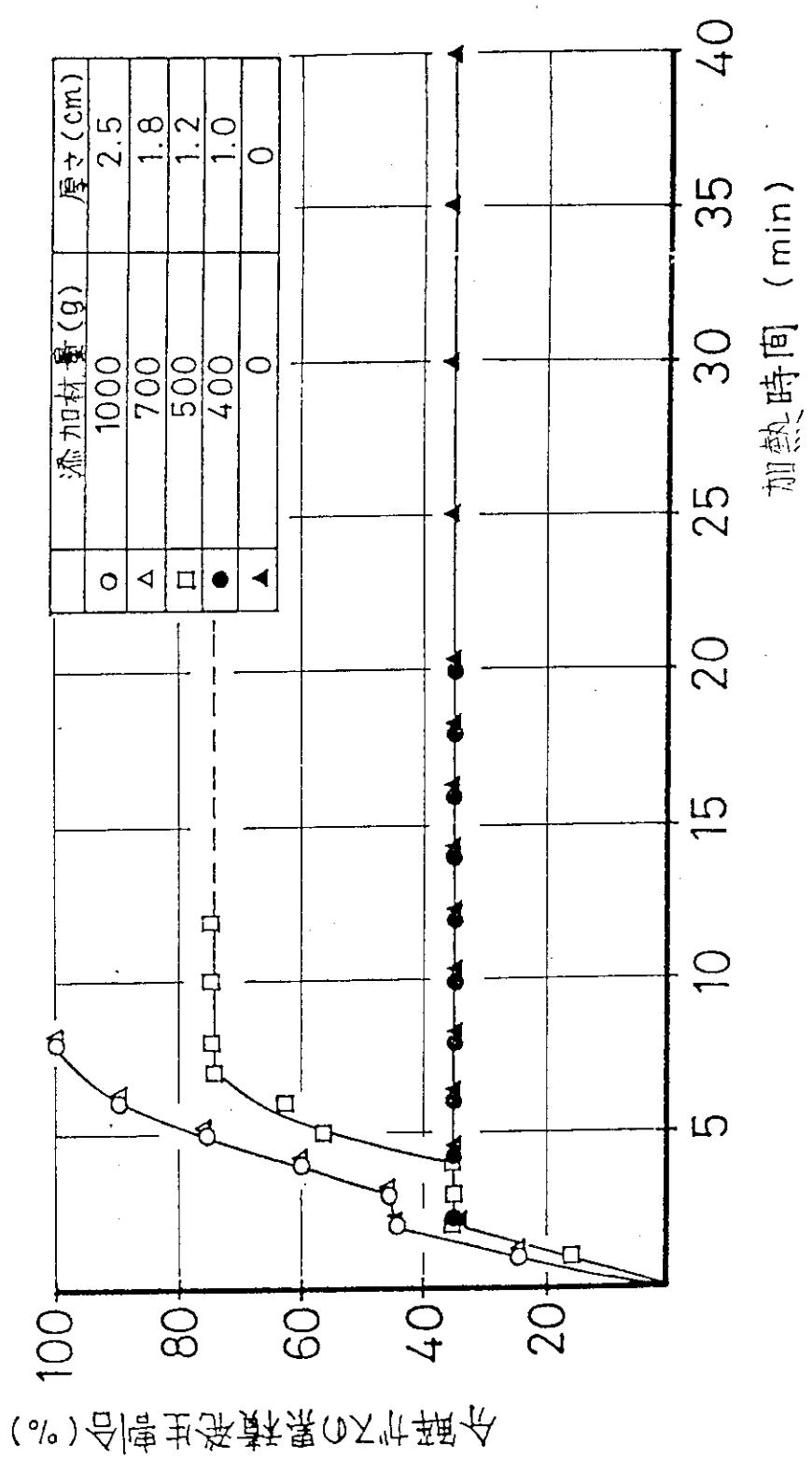


Fig. 4.1 Effect of additive in pyrolysis treatment of polyvinyl chloride sheet

- マイクロ波出力 : 5.7 KW
- 添加材 : ガラスビーズ (2.9 ~ 3.2 mmφ)
- 試料量 : 250 g

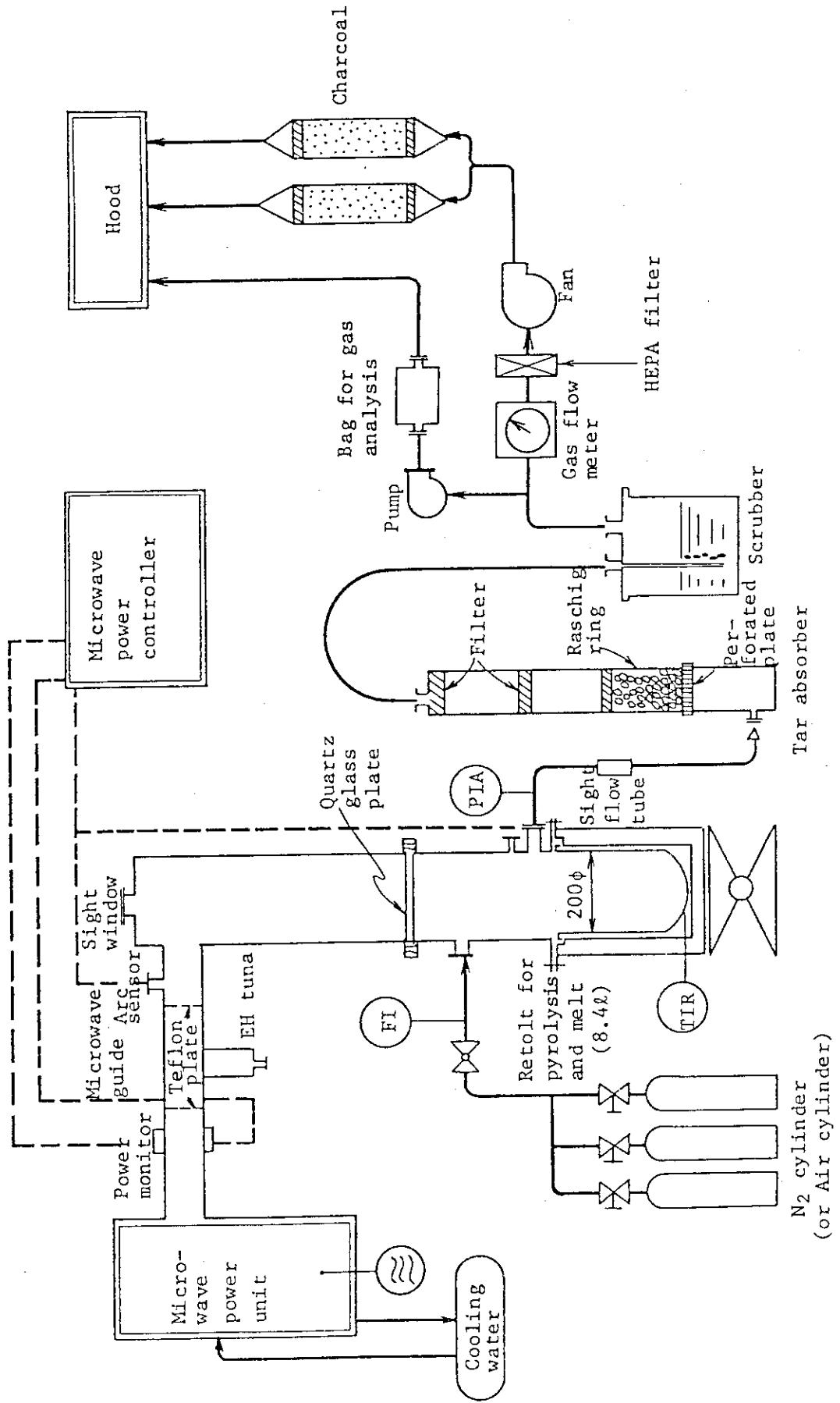


Fig. 4.2 Flow sheet of pyrolysis unit for test of decomposition gas analysis and material balance of simulated samples

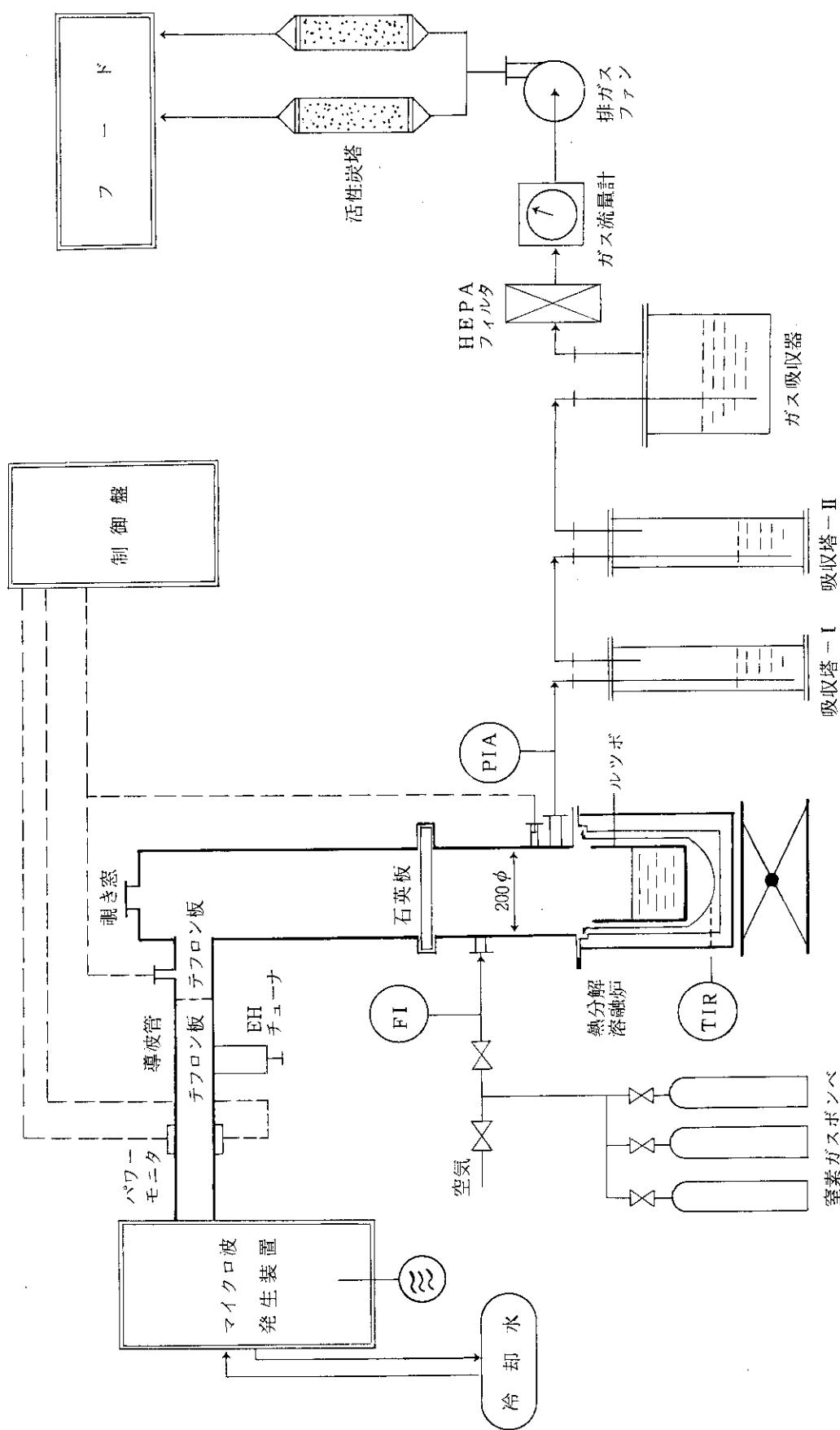


Fig. 4.3 Flow sheet of pyrolysis and melt solidification unit for test of volatilization rates of tracer

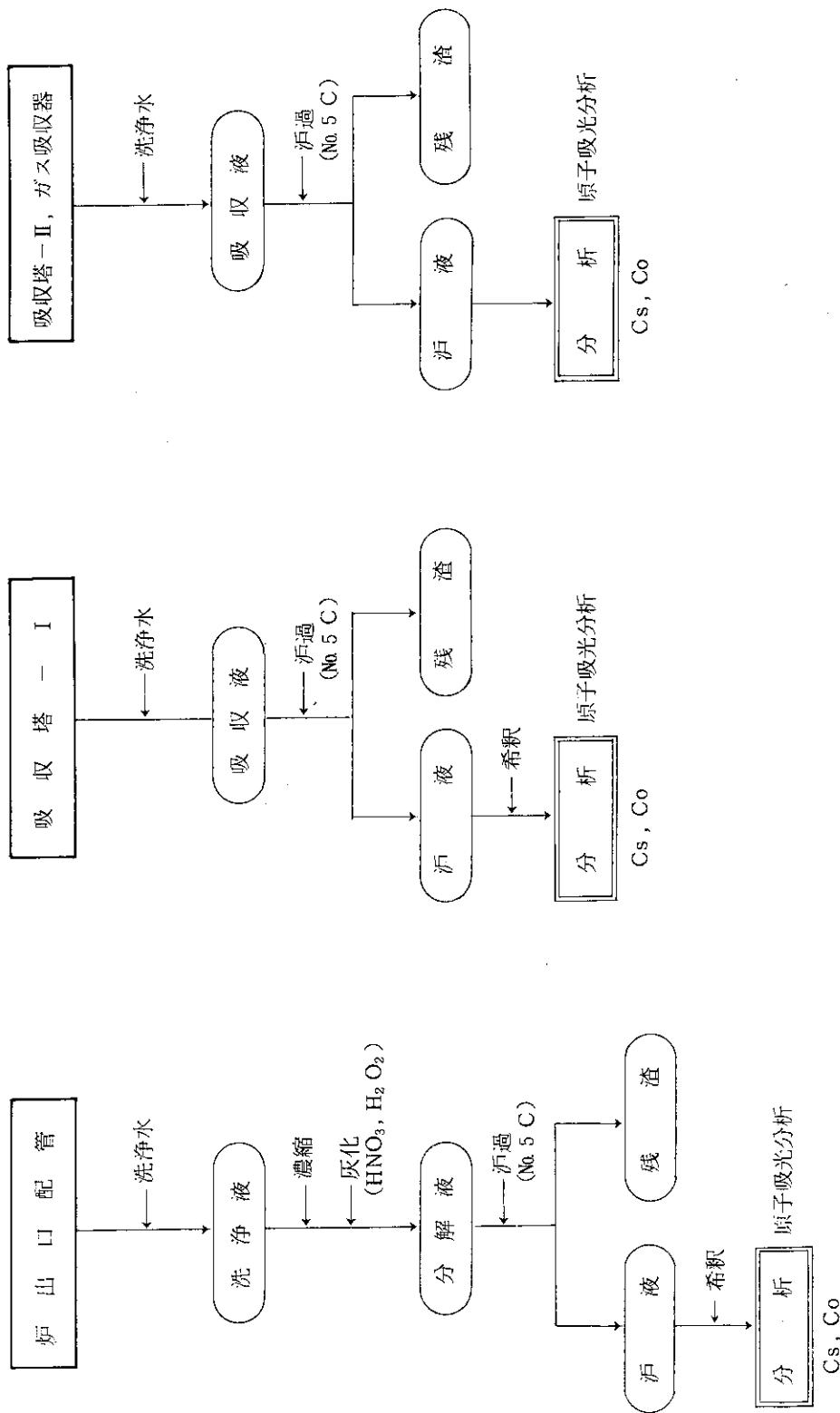


Fig. 4.4 Analysis method of cold tracer volatilized to off-gas system
in pyrolysis treatment [I]

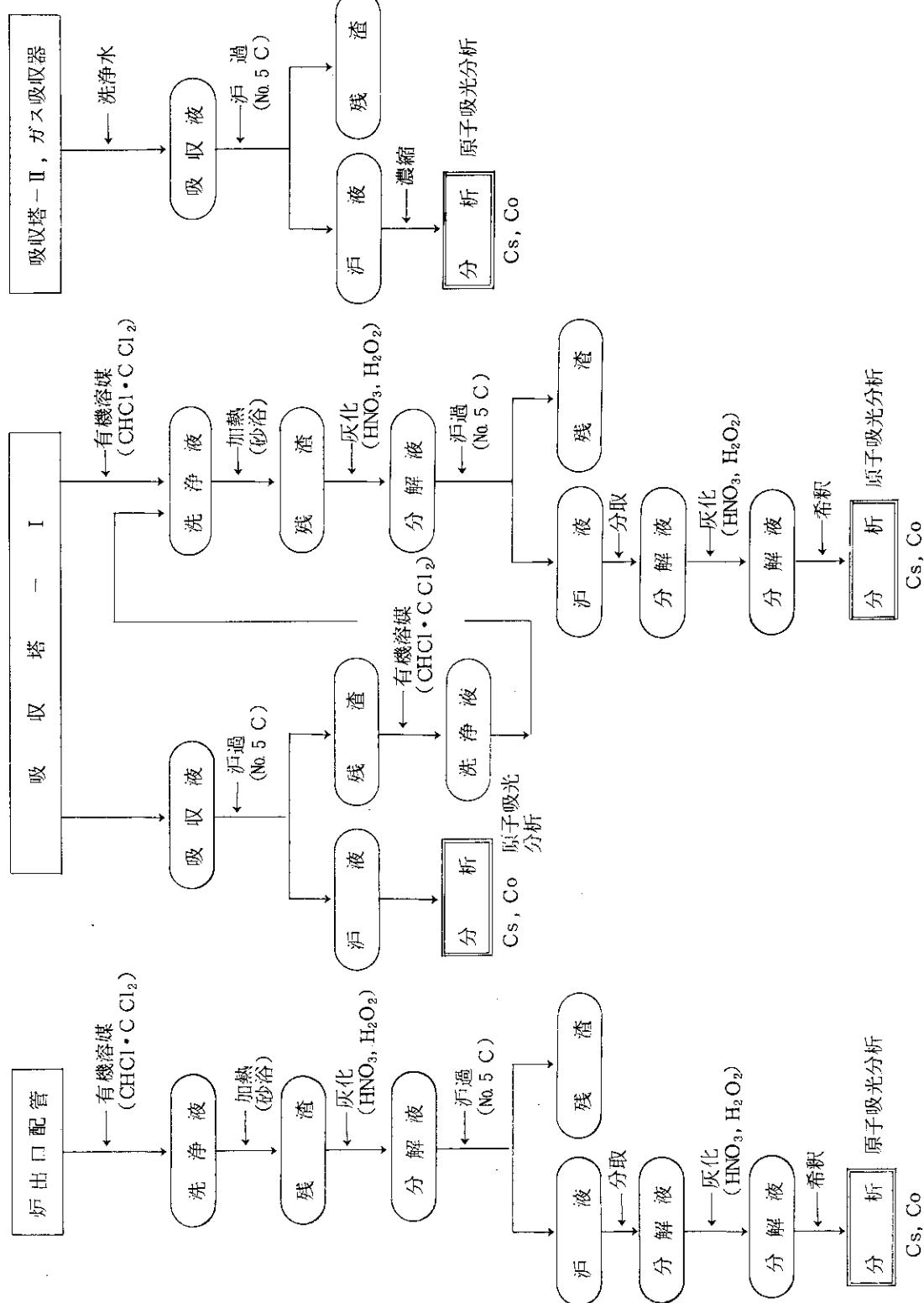


Fig. 4.5 Analysis method of cold tracer volatilized to off-gas system in pyrolysis treatment [II]

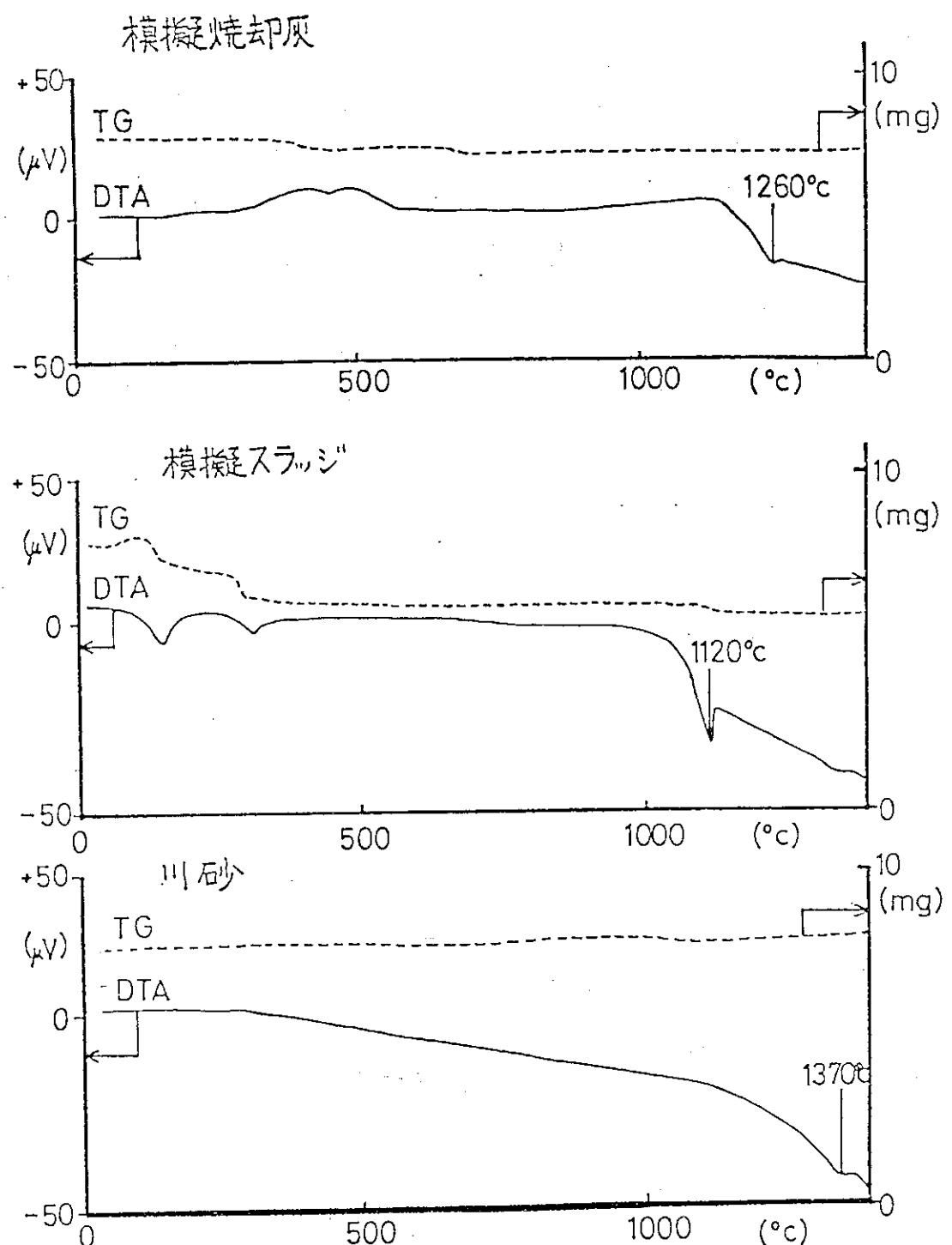


Fig. 4.6 Results of differential thermal analysis of simulated samples for melt solidification

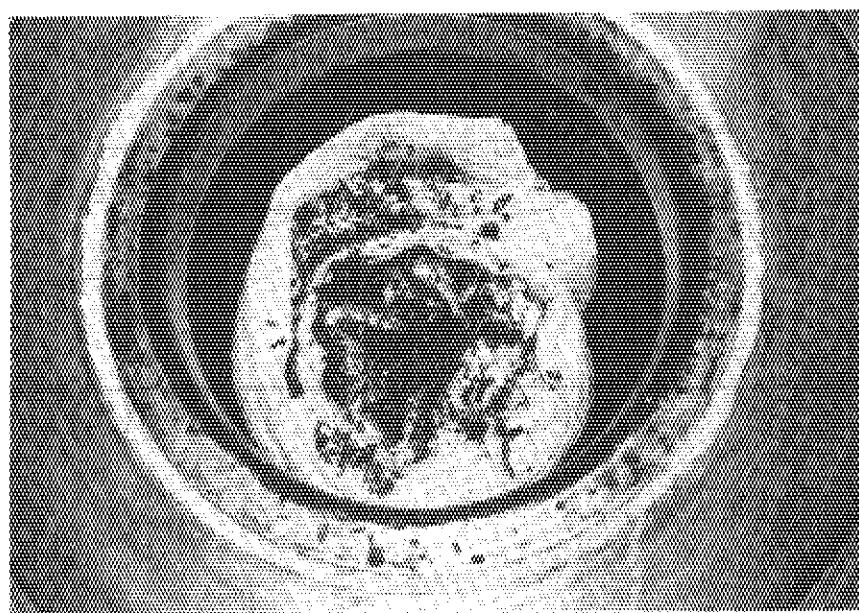


Photo. 4.1 Adding appearance of metal tips to cloth in retolt at pyrolysis treatment

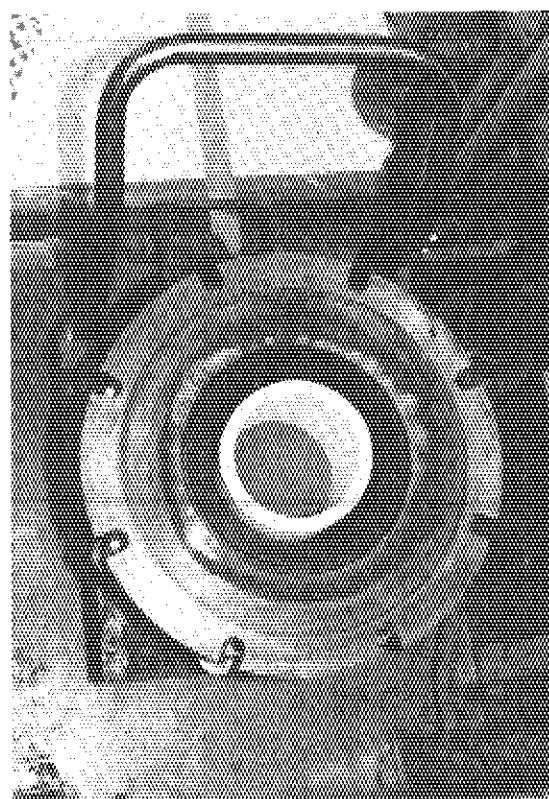


Photo. 4.2 Situation of sample in retolt at melt solidification treatment

5. 結果と考察

5.1 热分解試験

5.1.1 热分解特性

(1) マイクロ波出力による热分解特性

7種類の模擬試料のうち、代表試料として布、紙、塩化ビニールシート（試料量；各々250 g）を用いて、マイクロ波出力を4.1 kW, 5.7 kW, 7.4 kWの3段階に変化させて熱分解速度を調べた。

この結果、各試料ともマイクロ波出力が大きくなるに伴い熱分解速度が出力にはほぼ比例し、速くなった。試料個々について評価すると、布の場合10分から16分（約230 g/kWh）、紙の場合10分から14分（約230 g/kWh）、塩化ビニールシートの場合7分から11分（約270 g/kWh）で熱分解が完了した。布、紙、塩化ビニールシートの熱分解特性をそれぞれFig. 5.1, Fig. 5.2, Fig. 5.3に示す。またこれらの比較をFig. 5.4, Fig. 5.5に示す。

(2) 固体廃棄物試料の種類による热分解特性

7種類の模擬試料について、試料の化学構造等の違いによる熱分解特性を調べた。

この結果、布及び紙のセルロース系試料はマイクロ波の照射により直ちに分解が生じ、容易に分解が完了した。Fig. 5.6 及び Fig. 5.7 に布及び紙の熱分解特性を示す。塩化ビニールシートは2段階に熱分解が進行した。これは、試料がマイクロ波の吸収により一部分解して軟化し、次いで軟化物が分解するためと思われる。Fig. 5.8 に塩化ビニールシートの熱分解特性を示す。酢酸ビニールシート、ポリエチレンシート、RIゴム手袋はマイクロ波照射により直ちに分解が起こらず、ある時間経過した後分解が生じた。分解開始後は、いずれの試料も15分程度で分解が完了した。これは各試料の下部に置いたガラスピーブズにマイクロ波の熱が吸収され、ガラスピーブズが加熱体となり分解が進行したものと思われる。Fig. 5.9, 5.10, 5.11 に酢酸ビニールシート、ポリエチレンシート、RIゴム手袋の熱分解特性を示す。イオン交換樹脂は熱分解促進用の内部容器（金属溶融用ルツボ）の使用によりマイクロ波の照射とともに直ちに分解が進行し、前記試料と同様に15分程度で分解が完了した。

Fig. 5.12 にイオン交換樹脂の熱分解特性を示す。

このように7種類の模擬試料について、試料の化学構造、試料中の添加物（製品の製造過程で混入するもの）の有無等に起因するマイクロ波の吸収性を調べたが、ポリエチレンのようなマイクロ波透過性の試料もガラスピーブズのようなマイクロ波を吸収する物質を用いることにより完全に分解ができた。また、ガラスピーブズまたは内部容器の利用により、今回の試験で選定した7種類の試料（250 g）はいずれも15分程度で熱分解が完了した。これらの熱分解前後の写真を Photo. 5.1 ~ 5.6 に示す。

(3) 混合系試料の熱分解特性

本試験装置において単独では熱分解が起こりにくい塩化ビニールシート、RIゴム手袋、

マイクロ波透過性のポリエチレン、さらに、イオン交換樹脂について、熱分解が容易な布との混合系について、各試料の熱分解特性を調べた。

この結果、塩化ビニールシートは布の混入量が30%では49%しか分解しないが、布を40%混入させることにより94%の分解率となった。Fig. 5.13に示す。また、熱分解前後の写真をPhoto. 5.7に、布の混入率を変えた時の熱分解後の状況をPhoto. 5.8に示す。RIゴム手袋は、布の混入量が40%で分解率27%であったが、布を50%混入させることにより95%の分解率となった。Fig. 5.14に示す。またPhoto. 5.9, 5.10に熱分解前後の写真を示す。ポリエチレンシートは、布を90%混入させることにより完全に分解した。Fig. 5.15に示す。Photo. 5.11には熱分解前後の写真を、Photo. 5.12, 5.13にはタオルの混入率を変えた時の熱分解後の状況を示す。イオン交換樹脂は布の混入量が50%で完全に分解した。Fig. 5.16に示す。また、Photo. 5.14に混入率を変えたときの熱分解後の状況を示す。Fig. 5.17にこれら4試料の布の混入量に伴う分解率を示す。

このように、布との混合系（布の混入量；約50%）で充分分解できることがわかった。

(4) 洗剤、金属屑の混入による熱分解特性

実廃棄物中に混入することの多い洗剤及び金属屑の熱分解速度への影響について調べた。

この結果、洗剤は、布中に0.1 wt %から10 wt %混入させたところ、無添加の場合の熱分解速度に比べ若干速度が速くなった。しかし、洗剤混入量による熱分解速度の差は認められなかった。Fig. 5.18に洗剤の影響を示す。これは、洗剤中に含まれる亜硝（ Na_2SO_4 ）等が少量でも充分、試料の熱分解の促進に寄与するためだと思われる。

一方、金属屑は、布上に4 wt %から20 wt %まで散布させても、金属屑に起因するマイクロ波放電が初期に生じるが、熱分解速度には影響が認められなかった。Fig. 5.19に金属屑の影響を示す。これは、試料が熱分解初期のマイクロ波放電で過熱炭化し、そのまま熱分解が進行するため、全体として熱分解速度に影響が認められなかったものと思われる。

5.1.2 热分解ガス組成

7種類の模擬試料について、マイクロ波の出力変化に伴う分解ガスの発生量とその組成の経時変化を調べた。

(1) 分解ガスの発生状況と分解ガス組成の経時変化

- ① 布は熱分解初期には一酸化炭素と二酸化炭素が支配的であるが、熱分解のピーク時以後には水素が急激に増加し、一酸化炭素と水素が支配的となった。Fig. 5.20に示す。
- ② 紙は、熱分解初期から終期までの熱分解過程において、一酸化炭素と水素ガスが支配的であった。Fig. 5.21に示す。
- ③ 塩化ビニールシートは、熱分解が2段階に生じるが、1段階目はエチレン、メタン、水素が比較的多く、2段階目は水素が極端に多く発生した。Fig. 5.22に示す。
- ④ 酢酸ビニールシートは、熱分解初期から終期までの熱分解過程において、メタン、エチレンが同程度に多く、次いで水素がほぼ一定の割合で発生した。Fig. 5.23に示す。
- ⑤ ポリエチレンシートは、熱分解開始時には水素が大部分を占めるが、徐々にメタン、エチレンが増加し、全体として、メタン、エチレン、水素が主要な分解ガスとなった。

Fig. 5.24 に示す。

- (6) RI ゴム手袋は、熱分解開始時から、水素、メタンが主要な分解ガスとなった。Fig. 5.25 に示す。
- (7) イオン交換樹脂は、熱分解開始時はメタンが多く発生したが、熱分解中期から後期には、水素、一酸化炭素が主要な分解ガスとなった。Fig. 5.26 に示す。

(2) マイクロ波の出力に伴う分解ガス組成

7種類の模擬試料ともマイクロ波出力 4.1 kW から 7.4 kW の範囲においては分解ガス組成に有意な差が認められなかった。Table 5.1 から Table 5.7 に 7種類の模擬試料の分解ガス組成を示す。また、7種類の模擬試料の熱分解ガス組成をまとめて Table 5.8 に示す。

このように、7種類の模擬試料について分解ガス組成を調べた結果、主要な分解ガスは H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_4 の低分子量成分から成り（塩化ビニールシートは HCl を含む）、全体の約 90 % を占有した。

5.1.3 物質収支（タールの分布）

7種類の模擬試料について、熱分解処理における物質収支を調べた。

この結果、模擬試料の平均で分解ガスが約 50 %、タールが約 25 %、残渣が約 10 %（平均回収率：88.4 %）であった。また、これら試料の中で特異的なものはイオン交換樹脂で、他の試料に比べタール分が少なく（8.9 %）、残渣分が多く（31.9 %）なった。これらの詳細を Table 5.9 に示す。

熱分解処理において発生したタールは平均約 65 % がタール回収塔で回収され、排ガス配管に平均約 13 % 付着し、残りが熱分解溶融炉及び炉上部に残留ないし付着した。試料個々のタールの分布を Table 5.10 に示す。

5.1.4 トレーサーの排ガス系への移行性

熱分解処理におけるトレーサーの排ガス系への移行性は試験因子として、(1)加熱時間の影響、(2)ページ N_2 ガス量の影響、(3)マイクロ波出力の影響、(4)洗剤の影響、(5)金属屑の影響、(6)固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違、(7)混合系の影響について調べた。

(1) 加熱時間の影響

模擬試料として布を用い、コールドトレーサーについて調べた。

この結果、コバルト及びセシウムトレーサーとも試料の熱分解途上で排ガス系に移行し、それ以後は加熱を継続しても移行率の増加傾向がほとんど認められなかった。Table 5.11 に示す。

(2) ページ N_2 ガス量の影響

模擬試料に布、塩化ビニールシートを用いて、コールドトレーサーとホットトレーサーについて調べた。

この結果、ページ N_2 ガス量を $0 \ell/min$, $20 \ell/min$, $40 \ell/min$ の 3 段階に変えてもまた、いずれの試料においてもコールドトレーサー及びホットトレーサーとも移行率に有意な差が認められなかった。これは、本試験装置の炉構造（ページガス入口及び排ガス出口の

位置、試料位置等)に寄因した結果と思われる。Table 5.12 にセシウムトレーサー(コールド及びホット)の移行率を示し、Table 5.13 にコバルトトレーサー(コールド及びホット)の移行率を示す。

(3) マイクロ波出力の影響

模擬試料に布、塩化ビニールシート、RI ゴム手袋を用い、コールドトレーサー及びホットトレーサーについて調べた。

この結果、上記いずれの試料においてもマイクロ波出力を 4.1 kW, 5.7 kW, 7.4 kW の 3 段階に変えても、コールドトレーサー及びホットトレーサーとも移行率に有意な差が認められなかった。Table 5.14 にセシウムトレーサー(コールド及びホット)の移行率を示し、Table 5.15 にコバルトトレーサー(コールド及びホット)の移行率を示す。

(4) 洗剤の影響

模擬試料に布を用い、洗剤の混入量を 0.1 wt %, 4 wt %, 10 wt % と変えてホットトレーサーについて調べた。

この結果、 ^{60}Co 及び ^{137}Cs とも洗剤が 10 wt % 混入しても無添加の場合と同程度の移行率となり、洗剤の影響は認められなかった。Table 5.16 に示す。

(5) 金属屑の影響

模擬試料に布を用い、金属屑の混入量を 4 wt %, 10 wt %, 20 wt % と変えて、ホットトレーサーの移行率について調べた。

この結果、 ^{60}Co 及び ^{137}Cs とも金属屑が 20 wt % まで混入しても無添加の場合に比べ、有意な差は認められなかった。これは、金属屑によるマイクロ波放電(局部過熱)が熱分解初期に生じてしまうため、トレーサーの移行率にほとんど寄与しなかったものと思われる。

Table 5.17 に示す。

(6) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違

模擬試料として布、塩化ビニールシート、RI ゴム手袋の 3 種類を用いて、コールドトレーサーとホットトレーサーについて移行性を調べた。

この結果、コールドトレーサー及びホットトレーサーとも試料の種類ごとに移行率が異なり、布、RI ゴム手袋、塩化ビニールシートの順に高い値を示した。Table 5.18 に示す。これは、試料の熱分解で生じる、タールの物性(布、RI ゴム手袋、塩化ビニールシートの順にタールの粘性が大きくなる。すなわち高分子量のタールになる)に寄因し、トレーサーがタールに同伴して移行するためと思われる。このことは、炉出口配管に付着したタールと ^{60}Co 及び ^{137}Cs トレーサーの割合がよい一致を示していることからもわかる。炉出口配管に付着したタール及びトレーサーの割合を Table 5.19 に示す。

トレーサーの種類による相違では、コールドトレーサーとホットトレーサーは同程度の移行率を示した。また核種間では、 ^{137}Cs が ^{60}Co に比べ、数倍高い値を示した。しかし、布については、コールドトレーサーのセシウムがコバルト及びホットトレーサーの ^{60}Co 及び ^{137}Cs に比べ極端に高い移行率を示した。これは、巨視量の塩化コバルトが良好なマイクロ波吸収性を示すため、共存する低沸点の塩化セシウムが高温状態となり揮発したためと思われる。

Table 5.20 にホットトレーサー(^{60}Co 及び ^{137}Cs)の移行率に及ぼす塩化コバルトの添加量

の影響を示す。

(7) 混合系の影響

布と塩化ビニールシートの等量混合物及び布、塩化ビニールシート、RIゴム手袋の等量混合物を用いて、ホットトレーサーの移行性を調べた。

この結果、 ^{60}Co 及び ^{137}Cs とも混合系試料による影響はほとんど認められず、試料個々の移行率に依存した。Table 5.21 に単一試料及び混合試料におけるホットトレーサーの移行率を示した。

以上のように、7種類の試験因子について、トレーサーの排ガス系への移行性を調べたが、いずれの因子においてもトレーサーの移行率には有意な差が認められなかった。

5.1.5 減容比及び減重比

7種類の模擬試料の熱分解処理における減容比と減重比を Table 5.22 に示す。

セルロース系試料の布及び紙は熱分解処理において約 $1/10$ に減重するが、その形状はほとんど変化しなかった。一方、熱可塑性及び滴下性であるプラスチック系試料の塩化ビニールシート、酢酸ビニールシート、ポリエチレンシート、RIゴム手袋は大幅な減容 ($1/10$ 以下) を示した。

イオン交換樹脂は、逆に、容積が3倍に増加し、減重効果も $1/3$ と少なかった。

5.2 灰化試験

5.2.1 灰化特性

布、紙、塩化ビニールシートの熱分解残渣の等量混合物を用い、マイクロ波出力を変えて灰化特性（反応速度）を調べた。

この結果、本試験範囲内のマイクロ波出力 (2.4 kW ~ 5.7 kW) では、灰化速度に差が認められなかった。また、灰化率は、30分で約 90% に達し、それ以後は顕著な進行が認められなかった。

これは、熱分解残渣と空気との接触面積が一定なためマイクロ波出力を変えても、灰化速度に寄与しなかったものと思われる。Fig. 5.27 に熱分解残渣の灰化率を示す。Photo. 5.15 に灰化前後の状況を示す。

5.2.2 トレーサーの排ガス系への移行性

(1) マイクロ波出力の影響

マイクロ波出力を 2.4 kW, 4.1 kW, 5.7 kW の 3段階に変化させ、コールドトレーサー及びホットトレーサーについて移行率を調べた。

この結果、コールドトレーサー、ホットトレーサーとも排ガス系への移行率にマイクロ波出力の影響は認められなかった。

また、トレーサーの種類では、コールドトレーサーとホットトレーサーは同程度の移行率を示した。核種間では、 ^{137}Cs トレーサーは ^{60}Co トレーサーに比べ、約 1 枠高い移行率を示

した。Table 5.23 に熱分解残渣の灰化処理におけるトレーサーの移行率を示す。

(2) パージ空気量の影響

パージ空気量を $8.5 \ell / \text{min}$, $30 \ell / \text{min}$, $50 \ell / \text{min}$ の 3 段階に変化させ、コールドトレーサーについて移行率を調べた。

この結果、コバルト及びセシウムトレーサーとも排ガス系への移行率にパージ空気量の影響は認められなかった。これも前記 5.1.4(2)と同様な理由によるものと思われる。Table 5.24 にトレーサーの移行率を示す。

5.2.3 減容比及び減重比

布、紙、塩化ビニールシートの熱分解残渣の等量混合物は、灰化処理により $1/107$ に減容し、 $1/7.6$ に減重した。また、イオン交換樹脂は、熱分解処理では約 3 倍に増容 ($1/3$ に減重) したが、灰化処理において測定限界の $1/100$ 以下に減容（減重は $1/750$ 以下）した。これらについて、熱分解処理前の模擬試料をもとに算出した減容比及び減重比を Table 5.22 に示す。

5.3 热分解・灰化連続処理試験

5.3.1 トレーサーの排ガス系への移行性

試料を熱分解し、次いで灰化処理する熱分解・灰化の連続処理において、排ガス系に移行するトレーサーの割合を、試験因子として、(1) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による移行率の相違、(2) 混合系の影響、(3) 金属屑の影響について調べた。

(1) 固体廃棄物試料及び放射性核種の種類による相違

試料として布、紙、塩化ビニールシート、RI ゴム手袋を用いて、ホットトレーサーの排ガス系への移行性について調べた。

この結果、固体廃棄物試料の種類個々では、布、紙のセルロース系試料は ^{60}Co 及び ^{137}Cs とも同程度の移行率を示した。塩化ビニールシート、RI ゴム手袋はそれぞれ個別の移行率を示し、前記熱分解試験結果、5.1.4(6)と同様な傾向となった。移行率の値は、熱分解のみの値に比べ、約 2 倍程度高くなった。しかし、RI ゴム手袋については、熱分解処理の過程で熱分解残渣分が他の試料に比べ、極端に少なくなってしまうため、熱分解処理のみの移行率と同程度の値を示した。Table 5.25 に各試料の熱分解、灰化の連続処理におけるトレーサーの移行率を示す。

トレーサーの種類では、 ^{137}Cs は ^{60}Co に比べ、数倍高い移行率を示した。前記熱分解試験結果、5.1.4(6)と同様な傾向であった。

(2) 混合系の影響

混合系試料は、布、紙、塩化ビニールシートの等量混合物と布、塩化ビニールシート、RI ゴム手袋の等量混合物の 2 種類を用いてホットトレーサーの移行率を調べた。

2 種類の試料とも、トレーサーの移行率には混合系試料による影響はほとんど認められなかった。Table 5.26 に混合系試料を用いたトレーサーの移行率を示す。この結果は、前記熱分解試験結果、5.1.4(7)と同様であった。

(3) 金属屑の影響

模擬試料として布を用い、金属屑を 20 wt % 混入させて調べた。

この結果、金属屑を 20 wt % 混入した試料は、布のみの試料のトレーサーの移行率と同程度の値を示した。Table 5.27 に示す。このことから、熱分解初期にマイクロ波放電により被膜を形成した金属屑は灰化過程においてもトレーサーの移行率に影響を及ぼさないことがわかった。

5.4 溶融固化試験

5.4.1 溶融特性（反応速度）

模擬スラッジ及び砂は、溶融時の湯面の拡がりが良好で速やかに溶融できた。Photo. 5.16 にスラッジの溶融前後の写真を示す。また、模擬スラッジ (600 g) についてはマイクロ波出力 10.7 kW により、約 6 分で完全に溶融した。Fig. 5.28 に示す。砂は 1000 g が約 15 分で完全溶融となった。

模擬焼却灰 (250 g, 1 ℥) は嵩密度が低いため湯面の拡がりが遅く、本格溶融開始までに時間を要した（約 10 分）が、マイクロ波出力を段階的に上げる等、運転操作方法により速やかに溶融できることがわかった。本格溶融時間は約 6 分であった。

5.4.2 トレーサーの排ガス系への移行性

(1) マイクロ波出力の影響

模擬焼却灰、模擬スラッジを用いて、マイクロ波出力を 8.2 kW, 10.7 kW, 13.0 kW の 3 段階に変え、コールドトレーサー及びホットトレーサーの移行率を調べた。

この結果、模擬焼却灰、模擬スラッジとともに、コールドトレーサー及びホットトレーサーの移行率にマイクロ波出力の影響はほとんど認められなかった。これは、溶融体の粘性が高く、また、溶融体へのマイクロ波吸収が低下する等により、溶融時にトレーサーの物質移動がほとんどないためと推定される。Table 5.28 に模擬焼却灰について、Table 5.29 に模擬スラッジについてのトレーサーの移行率を示す。なお、本試験と合わせて、試料の排ガス系への飛散率を調べた結果、飛散率は模擬焼却灰では、0.092 %、模擬スラッジでは、0.18 % 程度であった。

(2) 加熱時間の影響

溶融体からのトレーサーの揮発率を評価するために、模擬スラッジを用いて加熱時間の影響を調べた。

この結果、マイクロ波加熱時間はコールドトレーサーの移行率にほとんど影響が認められなかった。これについても上記(1)と同様の理由によるものと思われる。Fig. 5.29 に示す。

(3) 試料の物理的形態及びトレーサーの仕込形態の影響

試料の物理的形態及び試料中へのトレーサーの仕込形態をかえてホットトレーサーの移行率を調べた。

この結果、試料の物理的形態を乾燥状態で溶融しても、また、スラリー状態に調製して溶

融してもトレーサーの移行率はほとんど変化が認められなかった。また、トレーサーを試料中に層状（不均一）に添加しても、均一に添加しても、トレーサーの移行率には有意な差が認められなかった。Table 5.30 にこれらの結果を示す。

(4) 試料及び放射性核種の種類による移行性の相違

模擬焼却灰、模擬スラッジ、砂の3種類の試料について、コールドトレーサー及びホットトレーサーの排ガス系への移行性を調べた。

この結果、コールドトレーサー及びホットトレーサーとも試料の種類によって移行率が異なり、その値は、前記5.4.1の各試料の溶融特性に依存し、模擬スラッジ、砂、模擬焼却灰の順に高い値を示した。Table 5.31 に示す。

コールドトレーサーとホットトレーサーの移行率の比較では、全般にコールドトレーサーはホットトレーサーに比べて1桁程度高い移行率を示した。また、核種間の比較では、¹³⁷Cs は⁶⁰Co に比べ、全般に1桁程度高い移行率を示した。これは、使用したトレーサーの化学形による沸点、トレーサーの添加量（巨視量と微視量）等が起因しているものと思われる。

5.4.3 減容比

模擬焼却灰、模擬スラッジ、川砂について溶融固化処理における減容比を調べた。

この結果、模擬焼却灰は1/11に、模擬スラッジは1/5に、川砂は1/1.5にそれぞれ減容した。これらを Table 5.32 に示す。Photo. 5.17 ~ 5.19 にこれらの減容の様子を写真で示す。

5.5 固体廃棄物の熱分解・溶融固化におけるトレーサーのトータル移行率

前記5.1 熱分解試験、5.2 灰化試験、5.4 溶融固化試験の結果から、固体廃棄物の熱分解、灰化、溶融の一連の処理工程において、排ガス系に移行するホットトレーサーの移行率を評価した。

固体廃棄物試料は、布、塩化ビニールシート、RIゴム手袋の等量混合物とした。

この結果、熱分解、灰化、溶融の全工程における⁶⁰Co の移行率は2.9%となり、¹³⁷Cs の移行率は15.7%となった。Fig. 5.30 に β ・ γ 固体廃棄物試料の熱分解・溶融固化におけるトレーサーの排ガス系への移行率を示す。

この全工程における移行率の中では、⁶⁰Co 及び¹³⁷Cs とも熱分解処理での移行率が大きく寄与した結果となった。しかし、熱分解処理における移行率は、トレーサーが熱分解タールに同伴して移行するため、タールの炉内循環、再分解の手段を講じることにより、更に軽減できるものと思われる。

また、灰化処理においては、¹³⁷Cs の移行率が高くなっていることから、今後さらに移行率の低減化を検討する必要がある。

5.6 固体廃棄物の熱分解・溶融固化におけるトータル減容比

前記5.5と同様に、熱分解試験、灰化試験及び溶融固化試験結果から、熱分解、灰化、溶融

の一連の処理工程における固体廃棄物の減容比を評価した。

固体廃棄物試料は、今回の試験試料のうち、灰化残渣分として、多く残留する試料として布、紙、塩化ビニールシートの等量混合物とし、これらの嵩密度を 0.1 g/cm^3 とした。

この結果、全工程における減容性は約 $1/1500$ が得られた。また、このときの減重性は約 $1/70$ であった。Fig. 5.31 に β ・ γ 固体廃棄物試料の熱分解・溶融固化における減容性を示す。

Table 5.1 Decomposition gas component of cloth (Influence of microwave power)

マイクロ波出力(KW)	分解ガス組成(%)										平均分子量
	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	N-C ₄ H ₁₀	I-C ₄ H ₁₀	
4.1	31.5	42.7	14.5	7.3	1.9	0.6	0.4	0.07	0.02	0.1	0.91
5.7	32.9	45.6	12.2	6.0	2.1	0.6	0.4	0.06	0.01	0.1	0.03
7.4	31.7	48.5	11.9	5.6	1.8	0.4	0.3	0.05	0.01	0.03	—
Av.	32.0	45.6	12.9	6.3	1.9	0.5	0.4	0.06	0.01	0.08	0.25
											21.0

AIR / N₂ RATIO <1 / 9

Table 5.2 Decomposition gas component of paper (Influence of microwave power)

マイクロ波出力(KW)	分解ガス組成(%)										平均分子量
	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	N-C ₄ H ₁₀	I-C ₄ H ₁₀	
4.1	36.2	45.4	11.3	5.5	1.5	0.4	0.3	0.04	< 0.01	—	—
5.7	33.7	47.7	11.5	5.0	1.5	0.3	0.2	0.03	< 0.01	—	0.06
7.4	31.8	47.3	11.8	5.5	1.9	1.1	0.3	0.04	< 0.01	—	0.25
Av.	33.9	46.8	11.5	5.3	1.6	0.6	0.3	0.04	< 0.01	—	0.1
											20.5

AIR / N₂ RATIO <1 / 30

Table 5.3 Decomposition gas component of polyvinyl chloride sheet (Influence of microwave power)

マイクロ波出力(KW)	分解ガス組成(%)										平均分子量
	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	N-C ₄ H ₁₀	I-C ₄ H ₁₀	HCl	ETC.	
4.1	33.4	14.0	6.0	1.6	1.4	0.3	0.1	0.02	39.7	3.48	—
5.7	35.9	12.4	6.7	2.6	1.7	0.4	0.1	0.01	39.7	0.49	—
7.4	41.0	10.7	5.2	1.7	1.1	0.3	0.1	0.01	39.7	0.19	—
Av.	36.8	12.4	6.0	2.0	1.4	0.3	0.1	0.01	39.7	1.29	20.3 *
											9.7 **

AIR / N₂ RATIO <1/30

*; INCLUDE HCl

**; EXCLUDE HCl

Table 5.4 Decomposition gas component of polyvinyl acetate sheet
(Influence of microwave power)

マイクロ波 出力 (KW)	分解ガス組成 (%)									平均分子量
	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	N-C ₄ H ₁₀	I-C ₄ H ₁₀	ETC.	
4.1	20.2	29.9	30.7	3.9	7.4	0.9	0.4	—	6.6	—
5.7	19.8	30.3	31.5	3.4	7.3	1.0	0.4	—	6.3	—
7.4	21.9	32.1	29.9	3.6	7.3	0.7	0.2	—	4.3	—
Av.	20.6	30.8	30.7	3.6	7.3	0.9	0.3	—	5.8	18.7

AIR / H₂ RATIO; < 1/47

Table 5.5 Decomposition gas component of polyethylene sheet (Influence of microwave power)

マイクロ波 出力 (KW)	分解ガス組成 (%)									平均分子量
	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	N-C ₄ H ₁₀	I-C ₄ H ₁₀	ETC.	
4.1	21.9	24.9	34.9	3.9	9.7	1.1	0.5	0.01	3.09	—
5.7	27.2	26.4	30.7	3.5	8.0	1.0	0.4	—	2.8	—
7.4	31.3	24.5	27.4	2.7	6.7	0.9	0.4	—	6.1	—
Av.	26.8	25.3	31.0	3.4	8.1	1.0	0.4	—	4.0	18.4

AIR / N₂ RATIO; < 1/21

Table 5.6 Decomposition gas component of rubber (Influence of microwave power)

マイクロ波 出力 (KW)	分解ガス組成 (%)										平均分子量
	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	N-C ₄ H ₁₀	I-C ₄ H ₁₀	H ₂ S	ETC.	
4.1	41.7	32.9	15.3	1.8	4.3	0.3	0.1	0.04	1.2	2.4	—
5.7	43.0	29.6	14.6	1.9	4.5	0.4	0.07	0.05	1.2	4.7	—
7.4	45.0	31.2	13.9	1.6	3.6	0.3	0.04	0.02	1.2	3.1	—
Av.	43.2	31.2	14.8	1.8	4.2	0.3	0.07	0.04	1.2	3.2	12.9

AIR / N₂ RATIO; < 1/16

Table 5.7 Decomposition gas component of mixed ion exchange resin
(Influence of microwave power)

マイクロ波出力(kW)	分解ガス組成(%)										平均分子量
	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	HCl	H ₂ S	SO ₂	
4.1	35.7	30.5	7.7	8.2	0.9	0.2	0.1	9.8	2.1	2.0	2.8
5.7	35.2	30.5	6.9	7.3	0.8	0.2	0.1	9.8	2.1	2.0	5.1
7.4	34.0	38.4	1.6	8.1	0.9	0.1	0.1	9.8	2.1	2.0	2.9
Av.	34.9	33.2	5.4	7.9	0.9	0.1	0.1	9.8	2.1	2.0	3.5
											20.1

イオン交換樹脂；陽イオン / 陰イオン = 1/1

空気 / 窒素比；1/20 以下

Table 5.8 Decomposition gas component of simulated samples of β,γ solid wastes

分解ガス 試料	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	他	平均分子量
布(RIタオル)	32.0	45.6	12.9	6.3	1.9	0.5	0.4	0.41	21.0
紙(ペーパータオル)	33.9	46.8	11.5	5.3	1.6	0.6	0.3	0.14	20.5
塩化ビニルシート	36.8	—	—	12.4	6.0	2.0	1.4	41.4 (HCl) 39.8	20.3
酢酸ビニルシート	20.6	—	—	30.8	30.7	3.6	7.3	7.0	18.7
ポリエチレンシート	26.8	—	—	25.3	31.0	3.4	8.1	5.4	18.4
ゴム類(RIゴム等袋)	43.2	—	—	31.2	14.6	1.8	4.1	5.04	12.9
イオン交換樹脂 (陽イオン / 陰イオン = 1/1)	34.9	33.2	5.4	7.9	0.9	0.1	0.1	16.8	20.1

・マイクロ波出力：4.1 ~ 7.4 kW

・空気 / 窒素比 : 1/9 以下

Table 5.9 Material balance of simulated samples of β, γ solid wastes in pyrolysis treatment

試 料	物 質 収 支 (%)			回 収 率 (%)	備 考
	分解ガス	タ ー ル	残 渎		
布 (RI タオル)	44.0	31.7	10.8	86.5	
紙 (ペーパータオル)	50.4	31.2	14.5	95.6	
塩化ビニルシート	47.6 ^{*1}	32.0	10.7	90.3	*1; HCl 39.7を含む
酢酸ビニルシート	75.3	16.9	1.0	93.2	
ポリエチレンシート	62.2	26.7	1.0	89.9	
ゴム類 (RI ゴム手袋)	31.6	30.2	4.0	65.8	
イオン交換樹脂 (陽イオン/陰イオン=1/1)	57.0 ^{*2}	8.9	31.9	97.8	*2; HCl 17.3を含む
平 均	52.6	25.4	10.6	88.4	

Table 5.10 Distribution of tar generated by pyrolysis treatment of simulated samples of β, γ solid wastes

試 料	系 内 分 布 (%)				分 布 の 割 合	
	炉 内	炉上部	排ガス 配 管	タール 回収塔	炉まわり 排ガス系	配管 回収塔
布 (RI タオル)	8.9	4.6	6.1	80.4	1 / 6.4	1 / 13.2
紙 (ペーパータオル)	8.2	4.1	6.2	81.5	1 / 7.1	1 / 13.1
塩化ビニルシート	6.7	11.0	9.6	72.7	1 / 4.6	1 / 7.6
ポリエチレンシート	5.8	16.4	14.2	63.6	1 / 3.5	1 / 4.5
酢酸ビニルシート	7.0	15.0	23.0	55.0	1 / 3.5	1 / 2.4
ゴム類 (RI ゴム手袋)	15.5	17.8	13.1	53.6	1 / 2.0	1 / 4.1
イオン交換樹脂 (陽イオン/陰イオン=1/1)	2.1	26.0	20.5	51.4	1 / 2.6	1 / 2.5
平 均	7.7	13.6	13.2	65.5	1 / 3.7	1 / 5.0

Table 5.11 Volatilization rates of cold tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of heating time)

加熱時間 (min)	マイクロ波出力 (KW)	バージN ₂ ガス量 (l/min)	移行率 (%)	
			Co	Cs
7	5.7	20	0.31 (±0.14)	5.3 (±2.6)
10	5.7	20	0.32 (±0.04)	3.7 (±0.7)
15	5.7	20	0.39 (±0.27)	6.1 (±1.6)
20	5.7	20	0.55 (±0.22)	6.2 (±2.2)
Av.	5.7	20	0.43 (±0.21)	5.6 (±2.2)

・試料：布 (RIタオル)、約 250 g

・トレーサー：CoCl₂·6H₂O, CsCl
(10g) (1.0g)

Table 5.12 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of purge N₂ gas)

バージN ₂ ガス量 (l/min)	Cs の 移 行 率 (%)			
	布 (RIタオル)		塩化ビニルシート	
	コールド	ホット	コールド	ホット
0	3.5 (±1.4)	0.34 (±0.08)	—	9.5 (±3.3)
20	4.6 (±2.0)	0.34 (±0.17)	—	20.5 (±2.5)
40	4.4 (±2.0)	0.34 (±0.04)	—	16.6 (±10.1)
Av.	4.2 (±1.6)	0.34 (±0.10)	—	15.5 (±7.3)

・マイクロ波出力：5.7 KW

・試料量：約 250 g

・トレーサー：コールド；CoCl₂·6H₂O (10g), CsCl (1.0g)
ホット；⁶⁰Co (3.4 μCi), ¹³⁷Cs (1.0 μCi)

Table 5.13 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system
in pyrolysis treatment (Influence of purge N₂ gas)

パージN ₂ ガス量 (l/min)	Coの移行率 (%)			
	布 (RIタオル)		塩化ビニルシート	
	コールド	ホット	コールド	ホット
0	0.28 (±0.07)	0.14 (±0.01)	—	4.0 (±2.3)
20	0.26 (±0.12)	0.19 (±0.11)	—	9.1 (±0.23)
40	0.29 (±0.10)	0.19 (±0.10)	—	7.6 (±5.3)
Av.	0.27 (±0.09)	0.18 (±0.08)	—	6.9 (±3.7)

- マイクロ波出力 : 5.7 KW
- 試料量 : 約 250 g
- トレーサー : コールド ; CoCl₂·6H₂O (10 g), CsCl (1.0 g)
ホット ; ⁶⁰Co (3.4 μCi), ¹³⁷Cs (1.0 μCi)

Table 5.14 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system
in pyrolysis treatment (Influence of microwave power)

マイクロ波 出力 (KW)	Csの移行率 (%)					
	布 (RIタオル)		塩化ビニルシート		ゴム類 (RIゴム手袋)	
	コールド	ホット	コールド	ホット	コールド	ホット
4.1	3.2 (±2.0)	0.15 (±0.03)	10.1 (±2.4)	11.4 (±2.5)	8.2 (±3.6)	4.6 (±0.8)
5.7	4.5 (±1.4)	0.34 (±0.17)	12.3 (±5.0)	20.5 (±2.5)	7.6 (±1.2)	7.6 (±0.2)
7.4	4.2 (±2.3)	0.31 (±0.07)	11.5 (±3.3)	12.5 (±1.5)	15.1 (±2.0)	6.8 (±1.1)
Av.	4.0 (±2.0)	0.27 (±0.13)	11.3 (±3.8)	14.8 (±4.7)	10.3 (±4.2)	6.3 (±1.5)

- パージN₂ガス量 ; 20 l/min
- 試料量 : 約 250 g
- トレーサー量 ; コールド : CoCl₂·6H₂O (10 g), CsCl (1.0 g)
ホット : ¹³⁷Cs (1.0 μCi)

Table 5.15 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system
in pyrolysis treatment (Influence of microwave power)

マクロ波出力 (KW)	Co の 移行率 (%)					
	布 (RIタオル)		塩化ビニルシート		ゴム類 (RIゴム手袋)	
	コールド	ホット	コールド	ホット	コールド	ホット
4.1	0.14 (±0.08)	0.040 (±0.006)	3.4 (±0.95)	3.6 (±1.7)	1.3 (±0.26)	0.88 (±0.37)
5.7	0.26 (±0.08)	0.19 (±0.11)	4.7 (±1.5)	9.1 (±0.2)	0.40 (±0.06)	3.2 (±1.1)
7.4	0.13 (±0.08)	0.22 (±0.09)	5.1 (±1.6)	4.5 (±0.7)	2.4 (±0.18)	2.6 (±1.0)
AV.	0.19 (±0.10)	0.15 (±0.11)	4.5 (±1.6)	5.7 (±2.7)	1.4 (±0.84)	2.2 (±1.3)

- ・ パージN₂ガス量 : 20 l/min
- ・ 試料量 : 約250 g
- ・ トレーサー : コールド; CoCl₂·6H₂O (10 g), CsCl (1.0 g)
ホット; ⁶⁰Co (3.4 μCi)

Table 5.16 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in
pyrolysis treatment (Influence of detergent)

添加物	添加率 (wt%)	トレーサーの移行率 (%)	
		⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs
洗剤	0	0.15 (±0.11)	0.27 (±0.13)
	0.1	0.45 (±0.14)	0.58 (±0.03)
	4	0.18 (±0.18)	0.59 (±0.52)
	10	0.18 (±0.06)	0.46 (±0.07)

- ・ 布 ; RIタオル, 250 g
- ・ マクロ波出力 ; 5.7 KW
- ・ パージN₂ガス量 ; 20 l/min

Table 5.17 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of metal tips)

添加物	添加率 (wt%)	トレーサーの移行率 (%)	
		^{60}Co	^{137}Cs
金属屑	0	0.15 (± 0.11)	0.27 (± 0.13)
	4	0.35 (± 0.06)	0.41 (± 0.01)
	10	0.29 (± 0.11)	0.35 (± 0.03)
	20	0.23 (± 0.09)	0.46 (± 0.10)

- ・ 布 : RIタオル, 250 g
- ・ マイクロ波出力; 5.7 kW
- ・ パージ N_2 ガス量; 20 l/min

Table 5.18 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment of simulated samples of β , γ solid wastes

固体廃棄物	コールド, ホット の区分	トレーサーの移行率 (%)	
		Co	Cs
布 (RIタオル)	コールド	0.19 (± 0.10)	4.0 (± 2.0)
	ホット	0.15 (± 0.11)	0.27 (± 0.13)
塩化ビニルシート	コールド	4.5 (± 1.6)	11.3 (± 3.8)
	ホット	5.7 (± 2.7)	14.8 (± 4.7)
ゴム類 (RIゴム手袋)	コールド	1.4 (± 0.84)	10.3 (± 4.2)
	ホット	2.2 (± 1.3)	6.3 (± 1.5)

- ・ マイクロ波出力; Av. 5.7 KW
- ・ 試料量; 約 250 g
- ・ トレーサー; コールド: $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (10 g), CsCl (1.0 g)
ホット: ^{60}Co ($3.4\mu\text{Ci}$), ^{137}Cs ($1.0\mu\text{Ci}$)

Table 5.19 Distribution of tar and hot tracer at the off-gas system

Sample	Tar, Tracer	Distribution (%)	
		Pipe-line	Scrubber
Cloth (towel)	Tar	7.0	93.0
	^{60}Co	6.2	93.8
	^{137}Cs	6.0	94.0
Vinyl chloride (sheet)	Tar	11.6	88.4
	^{60}Co	11.3	88.7
	^{137}Cs	9.8	90.2
Rubber (for handl- ing of R.I.)	Tar	19.6	80.4
	^{60}Co	27.7	72.3
	^{137}Cs	10.8	89.2

Table 5.20 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of Cobalt chloride used as cold tracer)

添 加 物	添 加 率 (%)	トレーサーの移行率 (%)	
		^{60}Co	^{137}Cs
塩化コバルト六水塩 ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	0	0.15 (± 0.11)	0.27 (± 0.13)
	0.1	0.21 (± 0.04)	0.83 (± 0.25)
	1	0.15 (± 0.09)	1.56 (± 0.10)
	4	0.19 (± 0.14)	2.2 (± 1.6)
	10	0.22 (± 0.02)	6.2 (± 0.1)

- 布; RI タオル, 250 g
- マイクロ波出力; 5.7 kW
- ページ N_2 ガス量; 20 ℥/min

Table 5.21 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis treatment (Influence of mixed samples)

	試 料	トレーサーの移行率 (%)	
		^{60}Co	^{137}Cs
單一試料	布 (RIタオル)	0.15 (± 0.11)	0.27 (± 0.13)
	塩化ビニルシート	5.7 (± 2.7)	14.8 (± 4.7)
	RIゴム手袋	2.2 (± 1.3)	6.3 (± 1.5)
混合試料	布 : 塩化ビニルシート = 1 : 1	3.5 (± 2.0)	11.5 (± 2.1)
	布 : 塩化ビニルシート : RIゴム手袋 = 1:1:1	3.3 (± 1.8)	6.5 (± 2.3)

・マイクロ波出力 ; 5.7 kW

・バージN₂ガス量 ; 20 l/min

Table 5.22 Volume reduction ratio and Weight reduction ratio of simulated samples of β , γ solid wastes in pyrolysis and ashing treatment

固体廃棄物	熱分解処理		灰化処理	
	減容比	減重比	減容比	減重比
布 (RIタオル)	1.25	9.3	130	60
紙 (ペーパータオル)	1.25	7.3		
塩化ビニルシート	10	9.3		
酢酸ビニルシート	< 10	1000	—	—
ポリエチレンシート	< 10	< 1000		
ゴム類 (RIゴム手袋)	< 10	< 25	< 100	750
イオン交換樹脂 (陽イオン/陰イオン=1/1)	1/3	3		

Table 5.23 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in ashing treatment of pyrolyzed residues(char) (Influence of microwave power)

マイクロ波出力 (kW)	トレーサーの移行率 (%)			
	Co		Cs	
	コールド	ホット	コールド	ホット
2.4	0.61 (±0.06)	0.87 (±0.23)	6.1 (±2.7)	7.9 (±1.4)
4.1	0.59 (±0.06)	0.45 (±0.18)	16.4 (±2.8)	5.9 (±1.4)
5.1	0.52 (±0.03)	1.19 (±0.66)	15.1 (±4.5)	7.4 (±1.7)
Av.	0.57 (±0.06)	0.84 (±0.48)	12.6 (±5.7)	7.1 (±1.6)

・試料：布、ペーパータオル、塩化ビニルシートの熱分解残渣の等量混合物、30 g

・トレーサー：コールド； $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (10 g), CsCl (1.0 g)

　　ホット； ^{60}Co (3.4 μCi), ^{137}Cs (1.0 μCi)

・パージ空気量：50 l/min

Table 5.24 Volatilization rates of cold tracer to off-gas system in ashing treatment of pyrolyzed residues(char) (Influence of purge air)

パージ空気ガス 量 (ℓ/min)	マイクロ波出力 (kW)	加熱時間 (min)	移 行 率 (%)	
			Co	Cs
8.5	4.1	30	0.69 (±0.04)	17.9 (±3.2)
29.8	4.1	30	0.66 (±0.22)	21.6 (±6.6)
50	4.1	30	0.59 (±0.06)	16.4 (±2.8)
Av.	4.1	30	0.64 (±0.11)	18.3 (±4.3)

・試料：布、ペーパータオル、塩化ビニルシートの熱分解残渣の等量混合物、30 g

・コールドトレーサー量： $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (10 g),
 CsCl (1.0 g)

Table 5.25 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis/ashing continuous treatment of simulated samples of β , γ solid wastes

試 料	トレーサーの移行率 (%)	
	^{60}Co	^{137}Cs
布 (RIタオル)	0.31 (± 0.10)	1.23 (± 0.50)
紙 (ペーパータオル)	0.22 (± 0.11)	1.64 (± 0.55)
塩化ビニルシート	16.1 (± 3.3)	29.3 (± 1.6)
RIゴム手袋	1.3 (± 0.9)	4.0 (± 2.1)

・マイクロ波出力：熱分解時；5.7 kW
灰化時；4.1 kW

・バージガス量：熱分解時；20 l/min
灰化時；50 l/min

Table 5.26 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis/ashing continuous treatment (Influence of mixed samples)

試 料	トレーサーの移行率 (%)	
	^{60}Co	^{137}Cs
混合試料 布 : 紙 : 塩化ビニルシート = 1:1:1	7.9 (± 0.8)	13.8 (± 4.8)
	: 塩化ビニルシート : RIゴム手袋 = 1:1:1	6.8 (± 2.4)

・マイクロ波出力：熱分解時；5.7 kW
灰化時；4.1 kW

・バージガス量：熱分解時；20 l/min
灰化時；50 l/min

Table 5.27 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in pyrolysis/ashing continuous treatment (Influence of metal tips)

添加物	添加率 (wt%)	トレーサーの移行率 (%)	
		^{60}Co	^{137}Cs
	0	0.31 (± 0.10)	1.59 (± 0.52)
金属屑	20	0.31 (± 0.04)	3.0 (± 1.4)

・布 : RIタオル, 250 g

・マイクロ波出力：熱分解時；5.7 kW
灰化時；4.1 kW

・バージガス量：熱分解時；20 l/min
灰化時；50 l/min

Table 5.28 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system
in melt solidification treatment of simulated incinerator ash
(Influence of microwave power)

マイクロ波出力 (kW)	移行率 (%)			
	Co		Cs	
	cold	hot	cold	hot
8.2	0.15 ± 0.01	0.20 ± 0.11	15.4 ± 2.1	1.21 ± 0.43
10.7	0.14 ± 0.03	0.09 ± 0.03	15.4 ± 2.3	0.73 ± 0.18
13.0	0.16 ± 0.01	0.06 ± 0.02	14.6 ± 0.5	0.57 ± 0.15
Av.	0.15 ± 0.02	0.12 ± 0.09	15.1 ± 2.0	0.85 ± 0.38

Table 5.29 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system
in melt solidification treatment of simulated sludge
(Influence of microwave power)

マイクロ波出力 (kW)	移行率 (%)			
	Co		Cs	
	cold	hot	cold	hot
8.2	0.16 ± 0.01	0.008 ± 0.007	0.66 ± 0.55	0.027 ± 0.012
10.7	0.12 ± 0.02	0.016 ± 0.009	0.54 ± 0.13	0.068 ± 0.006
13.0	0.29 ± 0.10	0.012 ± 0.003	0.48 ± 0.05	0.049 ± 0.005
Av.	0.19 ± 0.10	0.012 ± 0.006	0.56 ± 0.39	0.048 ± 0.020

・試料量 : 600g Tracer: cold: Co: 2.5 g
 $\text{Fe(OH)}_3/\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Cs: 0.8 g
 パージ空気量 : 50 l/min hot: ^{60}Co : 3.4 μCi
 ^{137}Cs : 1.0 μCi

Table 5.30 Volatilization rates of hot tracer to off-gas system in melt solidification treatment of simulated incinerator ash
[Influence of physical state of sample (dry or wet) and adding method of tracer (homogeneous or heterogeneous)]

試料量		試料の状態	トレーサーの仕込形態	移行率 (%)	
重量 (g)	容量 (l)			^{60}Co	^{137}Cs
250	1	乾燥状態	層状(3層)	0.12 ± 0.09	0.84 ± 0.40
250	0.6	50%W/Wに含水(スラリー)	均一	0.06 ± 0.03	0.36 ± 0.13
420	1	37%W/Wに含水(塊状)	均一	0.12 ± 0.10	0.38 ± 0.13

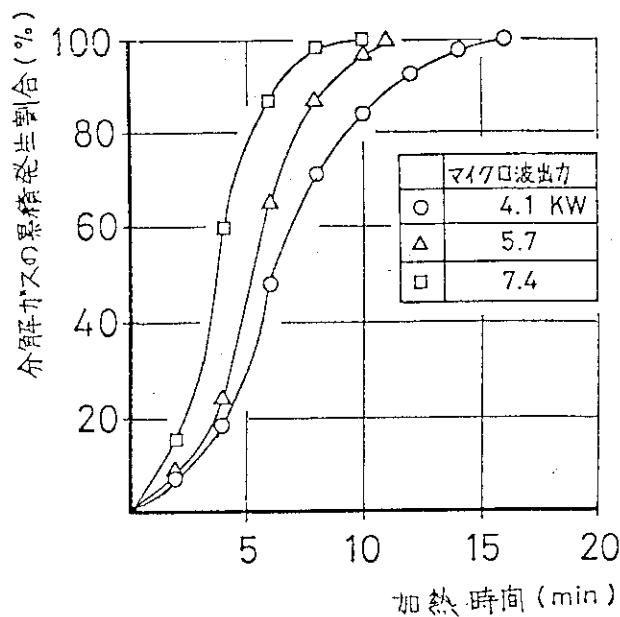
・ マイクロ波出力 : 10.7 kW Tracer ^{60}Co : 3.4 μCi
 ・ パージ空気量 : 50 l/min ^{137}Cs : 1.0 μCi

Table 5.31 Volatilization rates of cold and hot tracer to off-gas system in melt solidification treatment of simulated wastes

Sample	Tracer	移行率 (%)	
		Co	Cs
模擬スラッジ	cold	0.19 (± 0.09)	0.56 (± 0.09)
	hot	0.012 (± 0.006)	0.048 (± 0.020)
川砂	cold	0.29 (± 0.10)	1.93 (± 0.82)
	hot	0.009 (± 0.005)	0.12 (± 0.06)
模擬焼却灰	cold	0.15 (± 0.01)	15.1 (± 0.4)
	hot	0.12 (± 0.09)	0.84 (± 0.40)

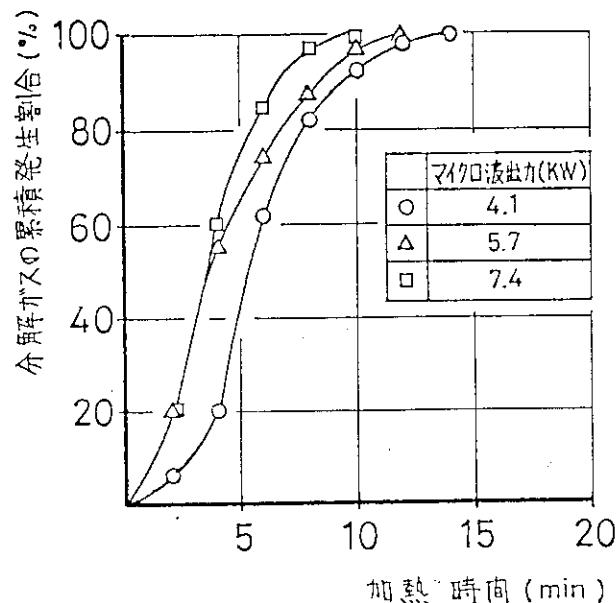
Table 5.32 Volume reduction ratio of simulated wastes in melt solidification treatment

試料	比重		減容比
	溶融前	溶融後	
模擬焼却灰	0.2	2.33	11
模擬スラッジ	0.6	3.15	5
川砂	1.6	2.38	1.5



- ・試料量：250 g
- ・N₂ガス流量：21 ℥/min
- ・分解ガス発生量：104 ℥

Fig. 5.1 Effect of microwave power on pyrolysis velocity of cloth



- ・試料量：250 g
- ・N₂ガス流量：22 l/min
- ・分解ガス発生量：119 l

Fig. 5.2 Effect of microwave power on pyrolysis velocity of paper

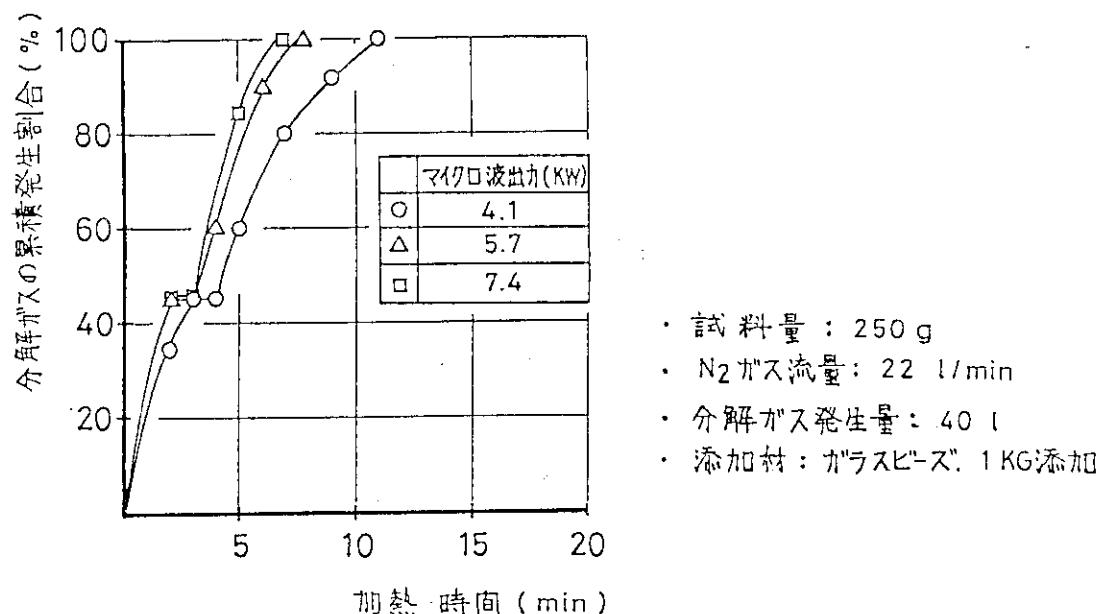


Fig. 5.3 Effect of microwave power on pyrolysis velocity of polyvinyl chloride sheet

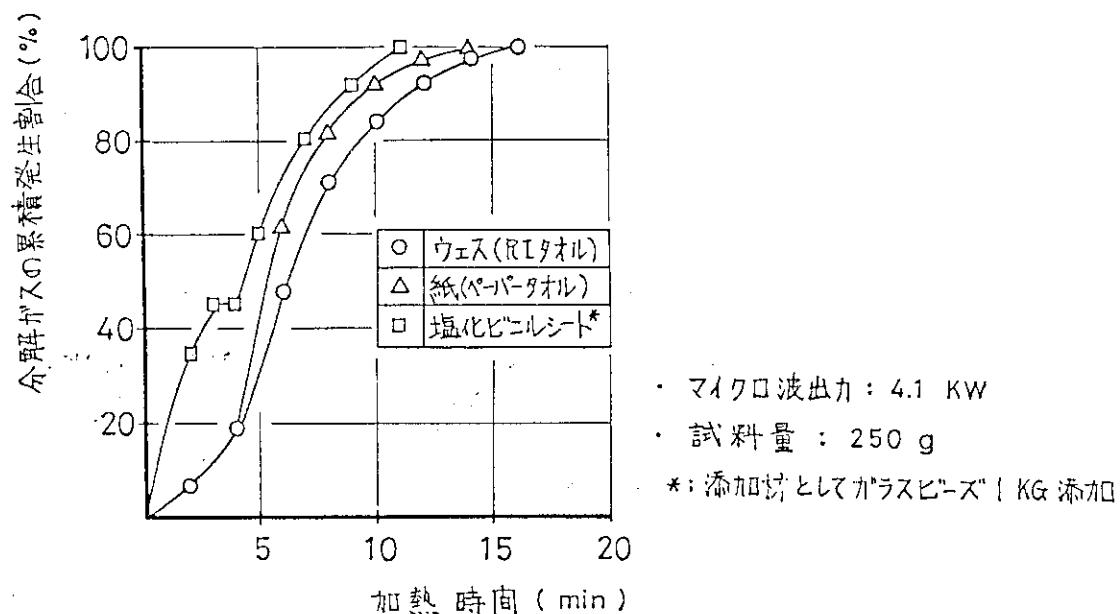


Fig. 5.4 Difference of pyrolysis velocity in species of samples at microwave power 4.1 kw

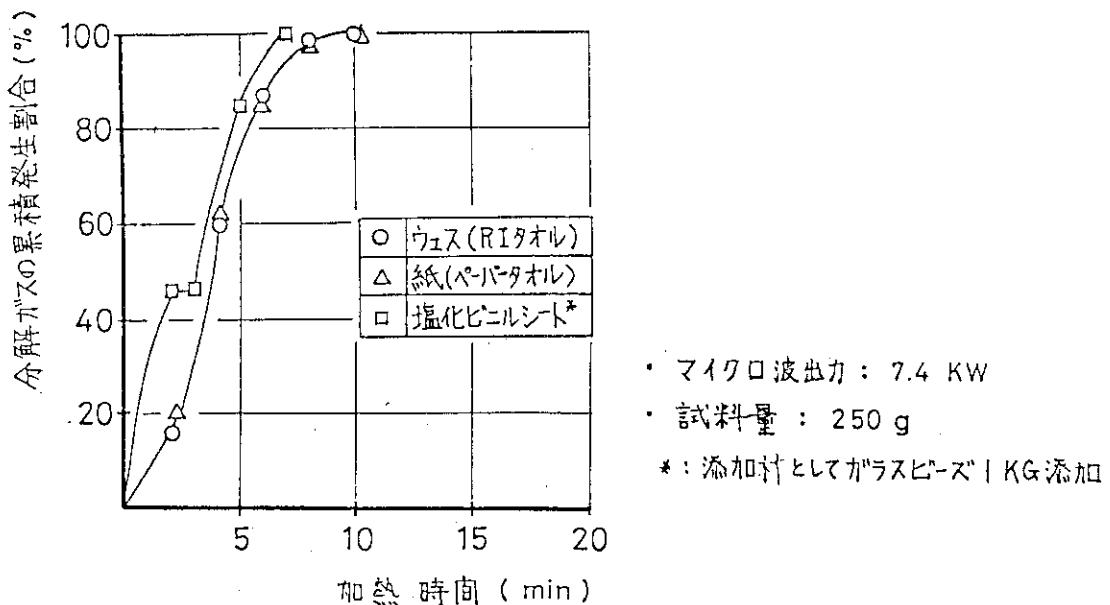


Fig. 5.5 Difference of pyrolysis velocity in species of samples at microwave power 7.4 kw

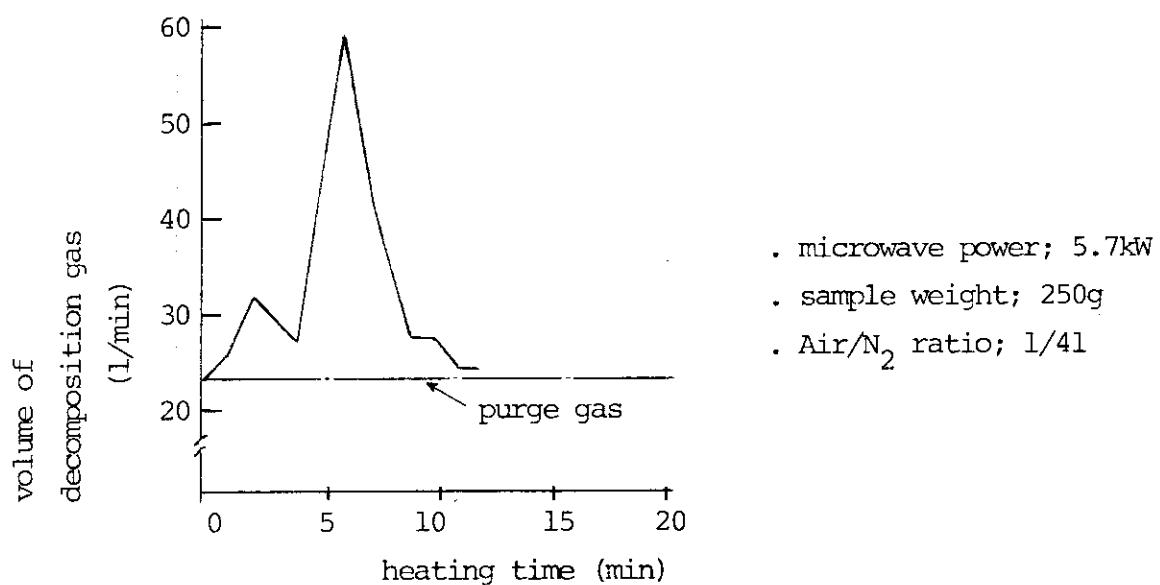


Fig. 5.6 Mode of pyrolysis treatment of cloth

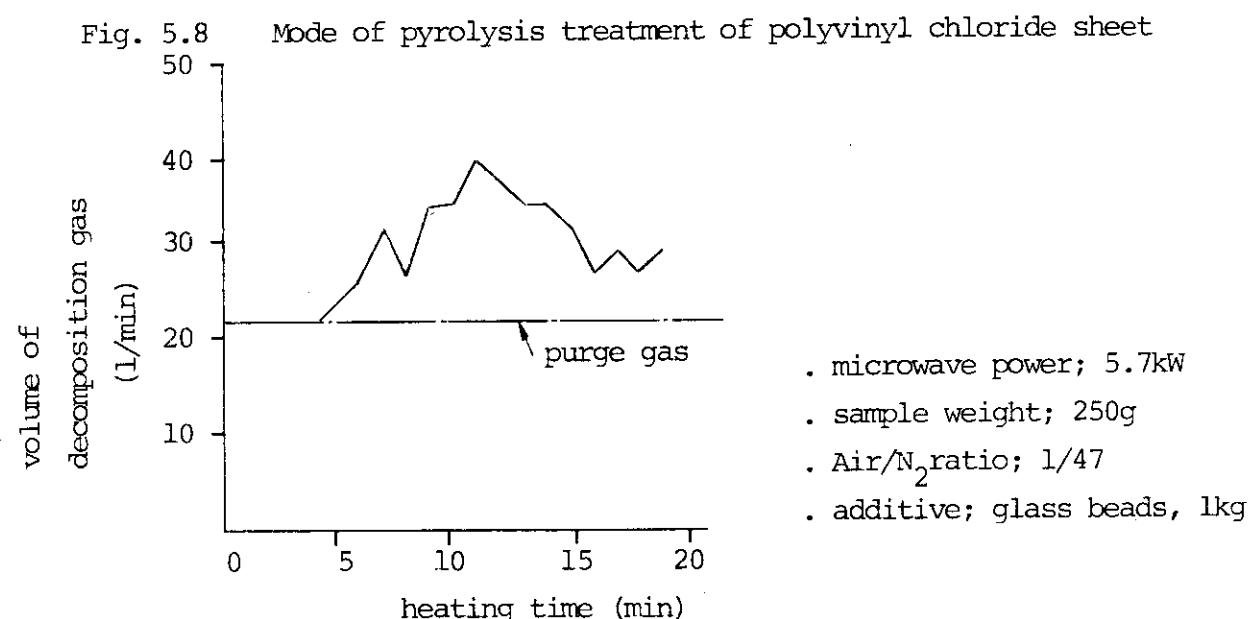
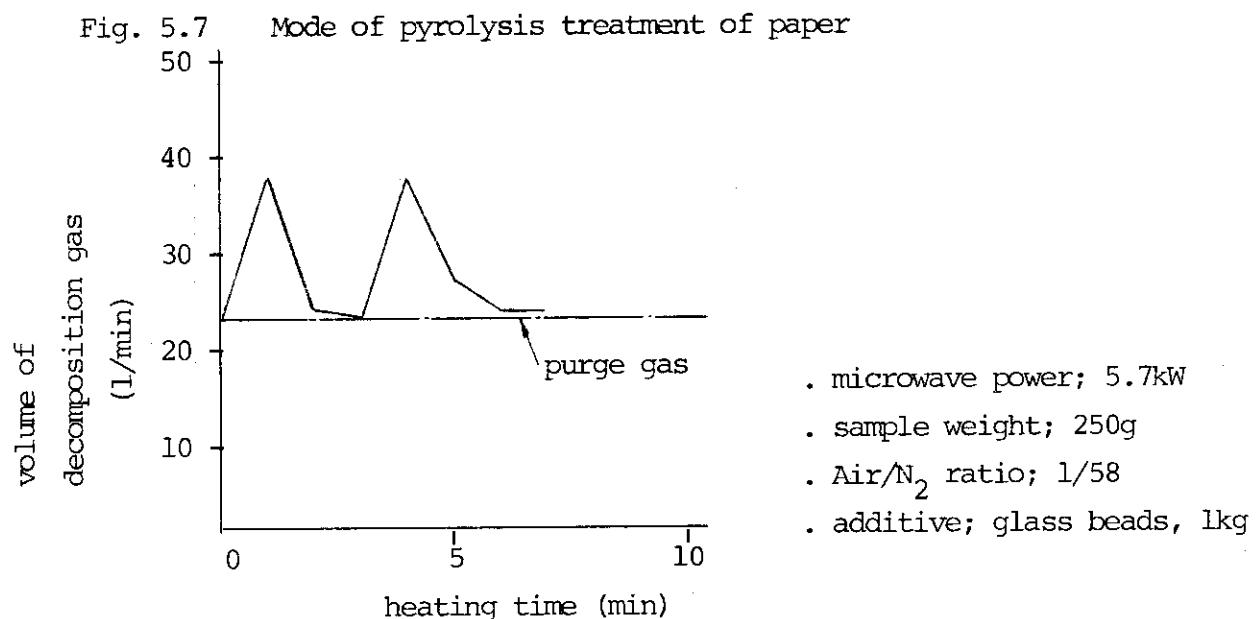
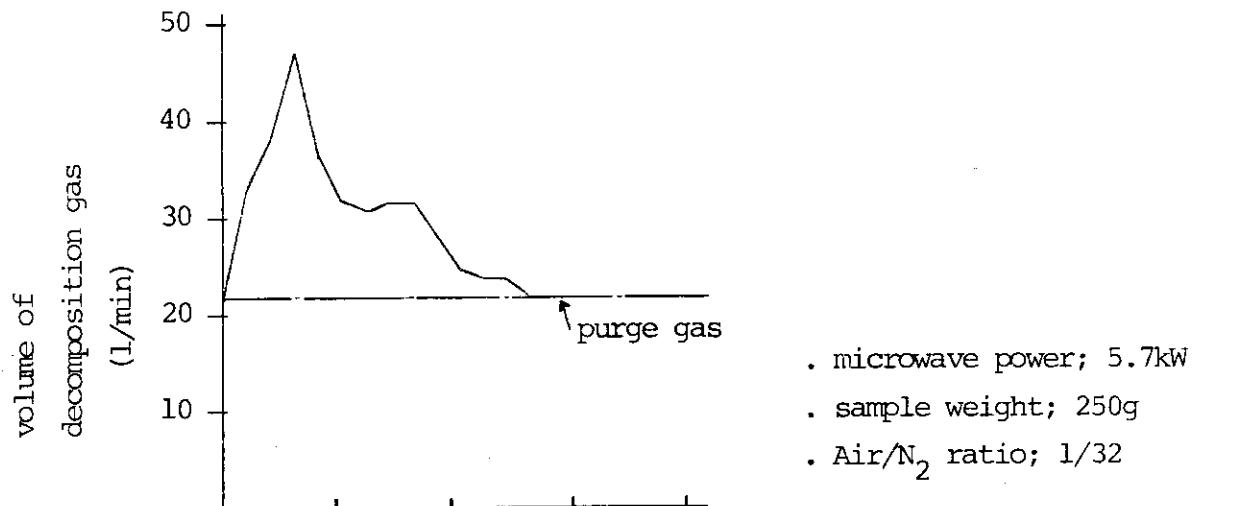


Fig. 5.9 Mode of pyrolysis treatment of polyvinyl acetate sheet

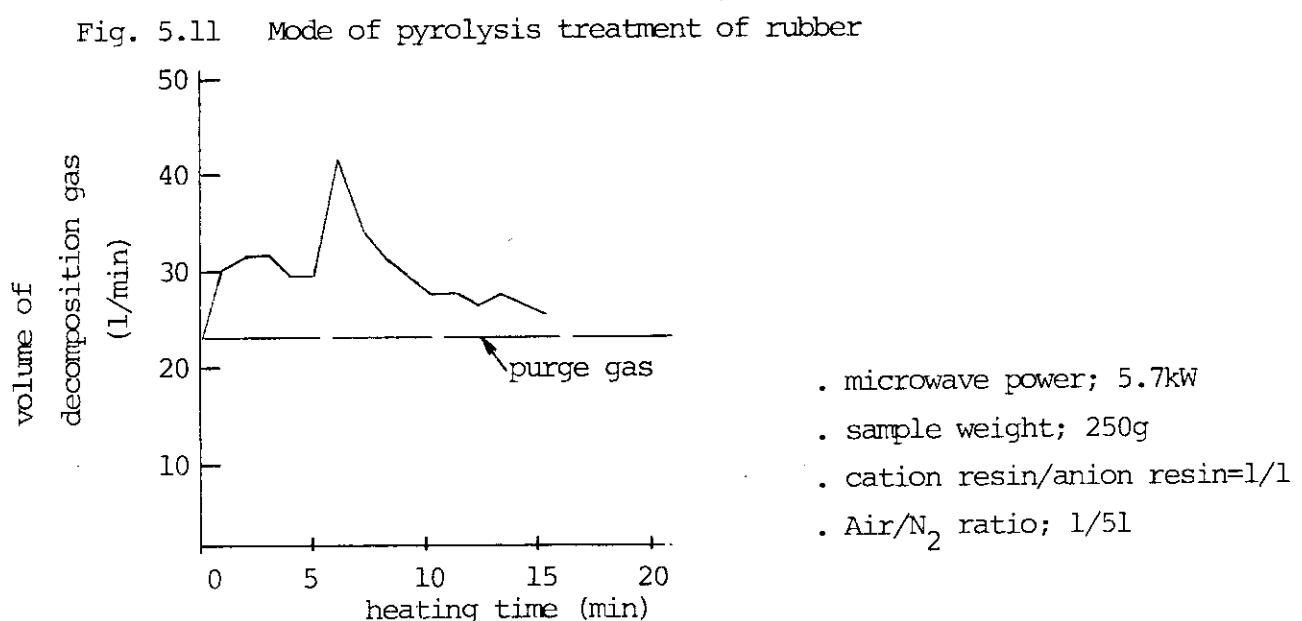
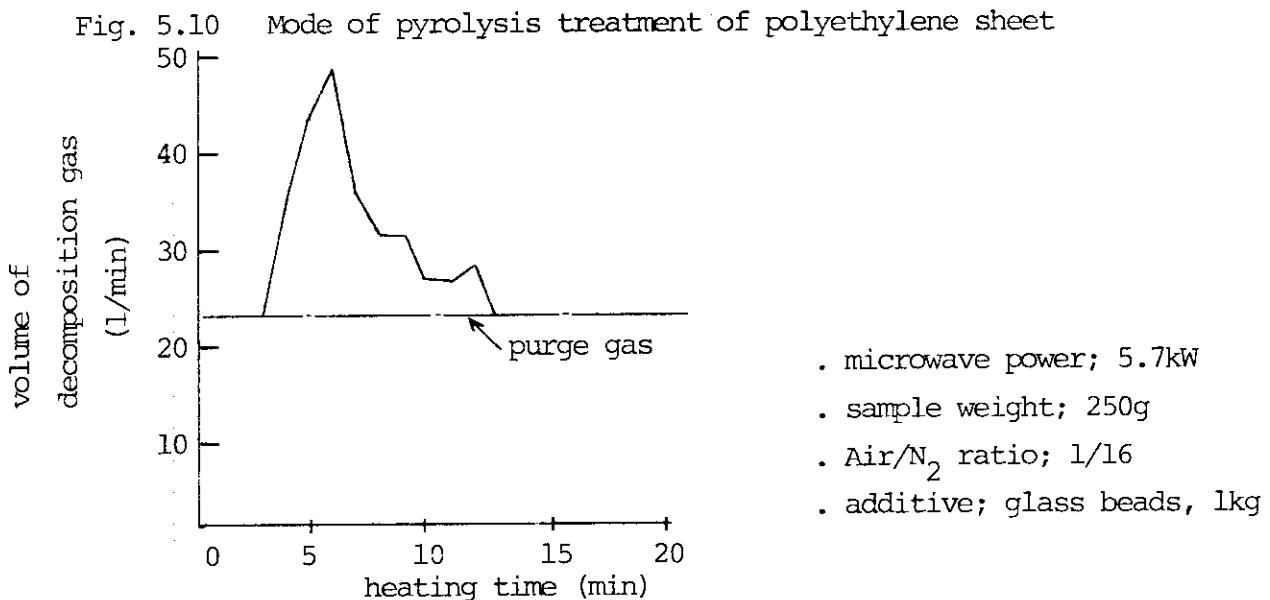
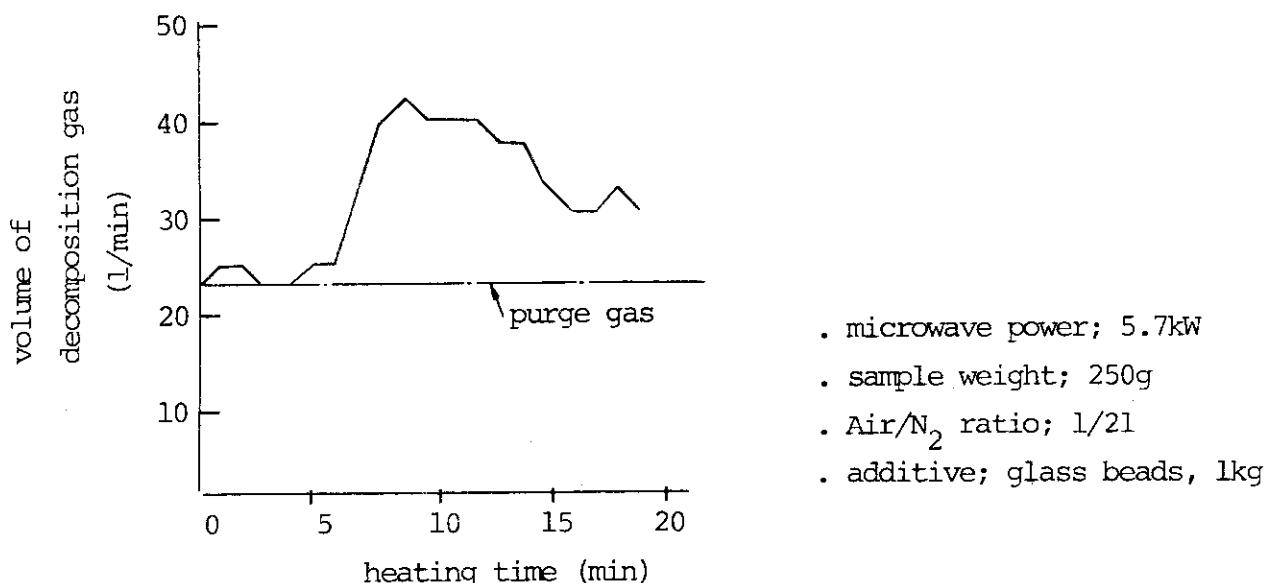


Fig. 5.12 Mode of pyrolysis treatment of mixed ion exchange resin

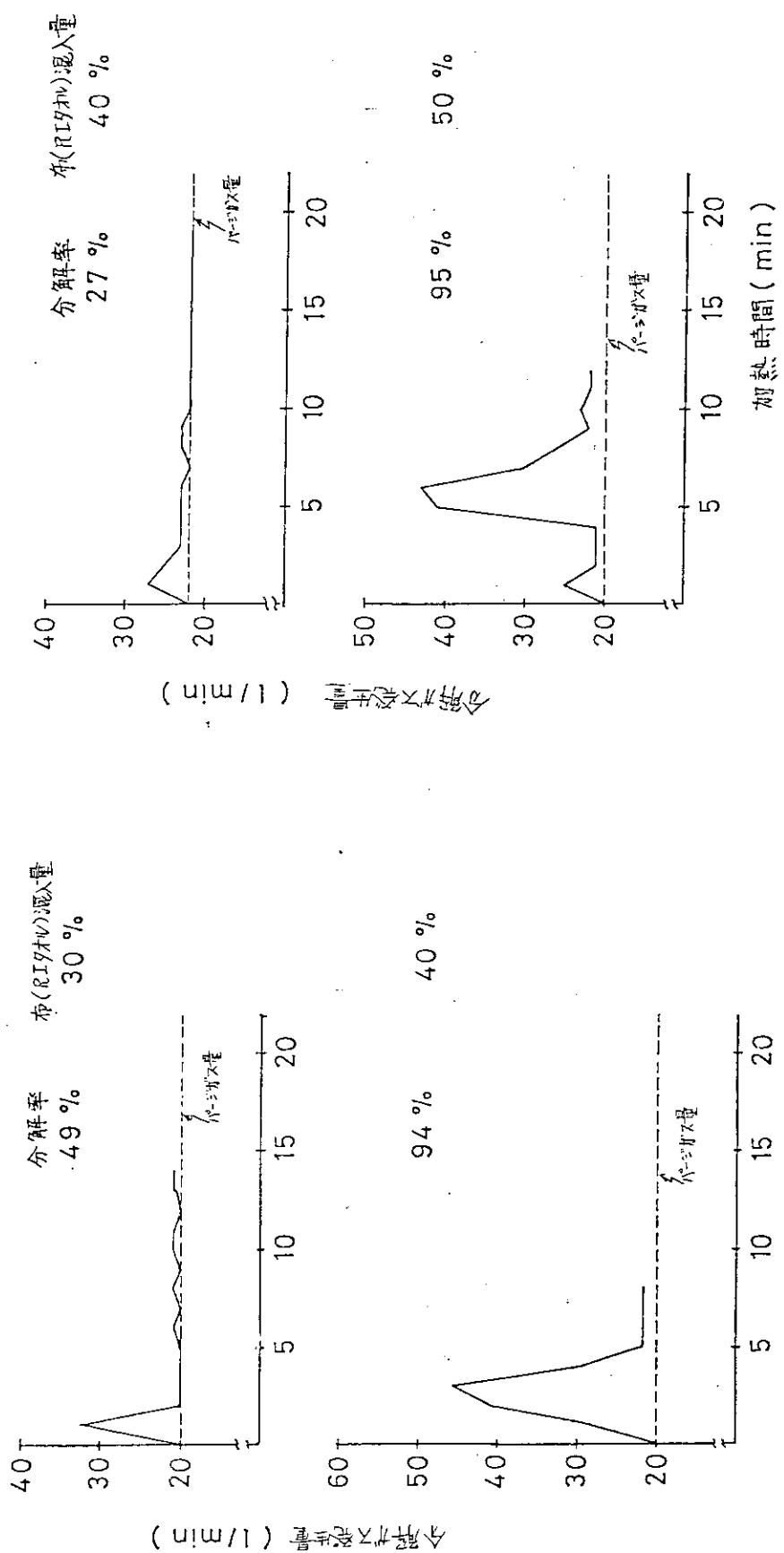


Fig. 5.13 Effect of cloth contents in pyrolysis treatment of polyvinyl chloride sheet

- マイクロ波出力: 4.1 KW
- Rubber; gloves for handling radioactive

Fig. 5.14 Effect of cloth contents in pyrolysis treatment of rubber

- マイクロ波出力: 4.1 KW
- Rubber; gloves for handling radioactive

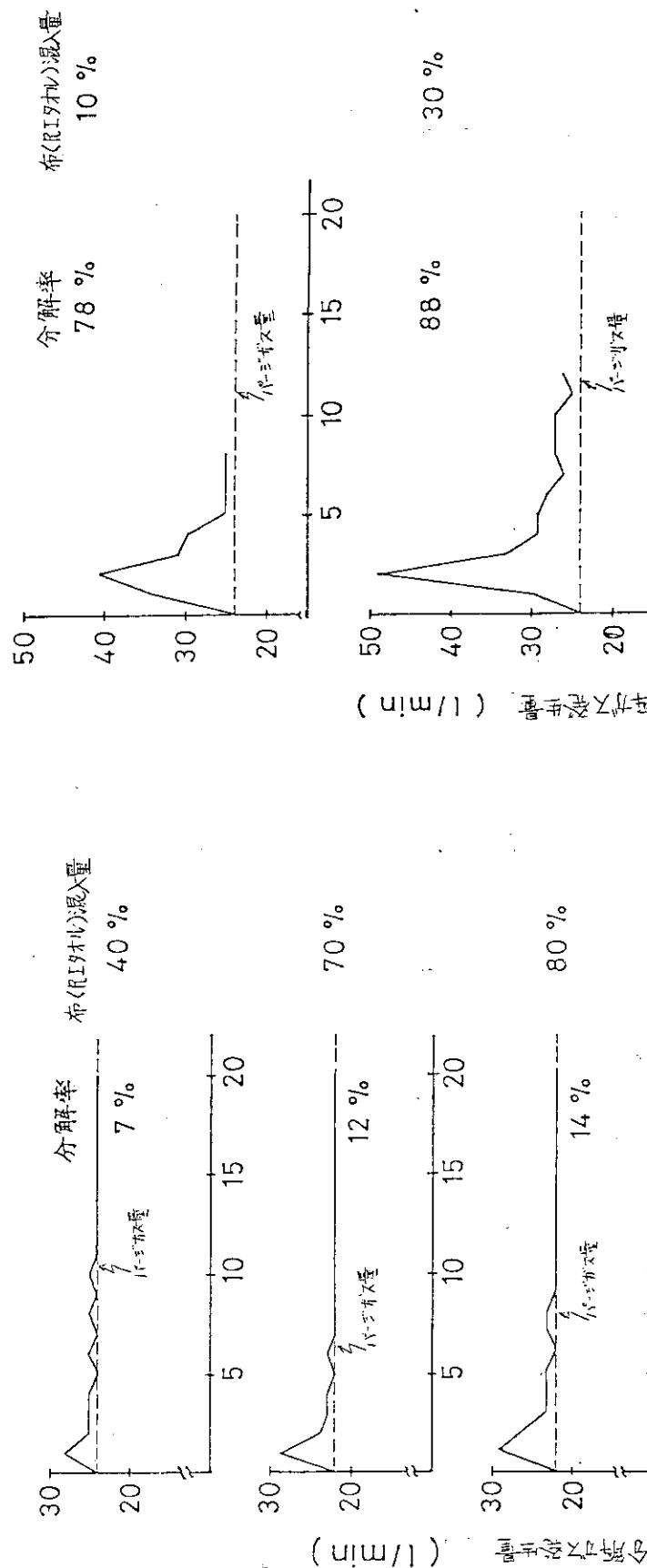


Fig. 5.15 Effect of cloth contents in pyrolysis treatment of polyethylene sheet

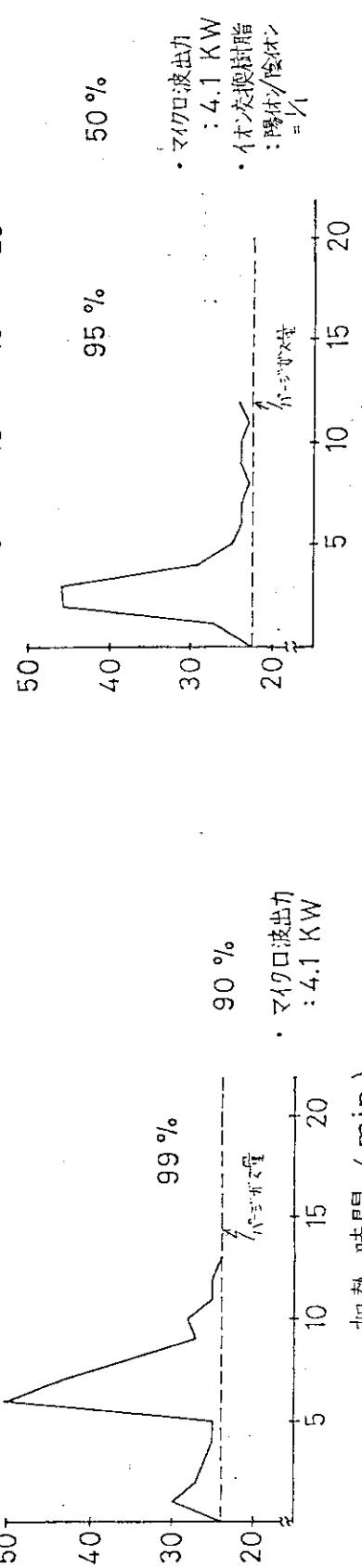


Fig. 5.16 Effect of cloth contents in pyrolysis treatment of mixed ion exchange resin

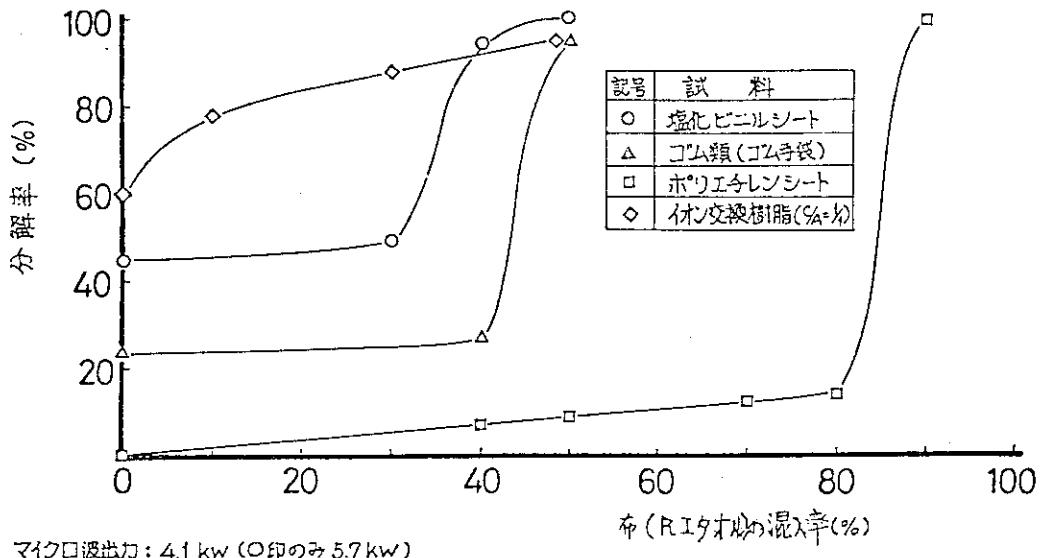


Fig. 5.17 Effect of cloth contents used to accelerate decomposition of simulated samples in pyrolysis treatment

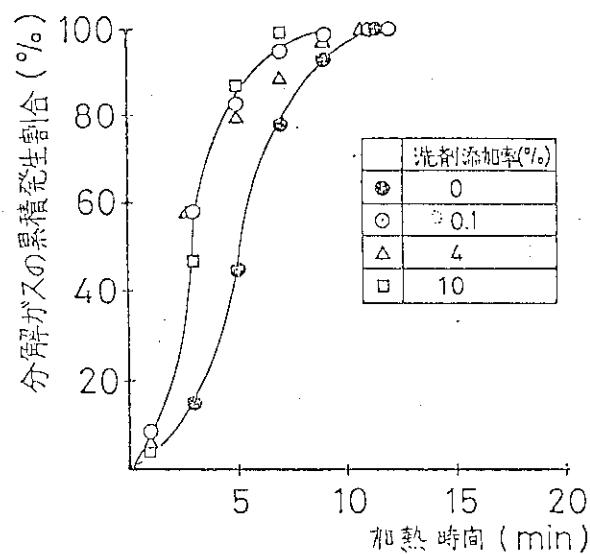


Fig. 5.18 Effect of detergent on pyrolysis velocity of cloth

・マイクロ波出力: 5.7 kW
・布(R1タオル): 250 g

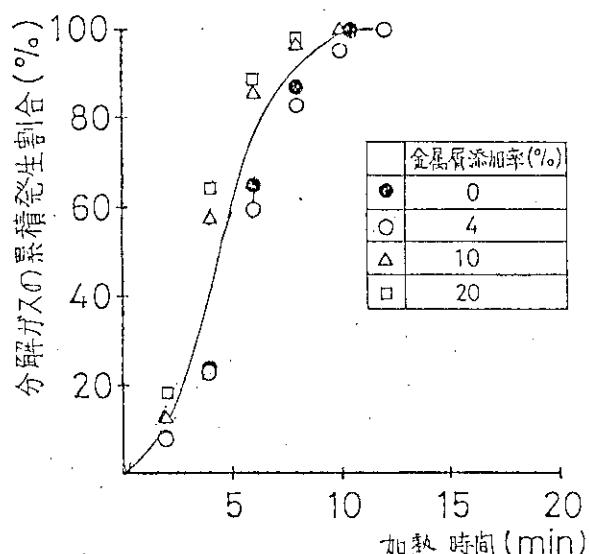


Fig. 5.19 Effect of metal tips on pyrolysis velocity of cloth

・マイクロ波出力: 5.7 kW
・布(R1タオル): 250 g

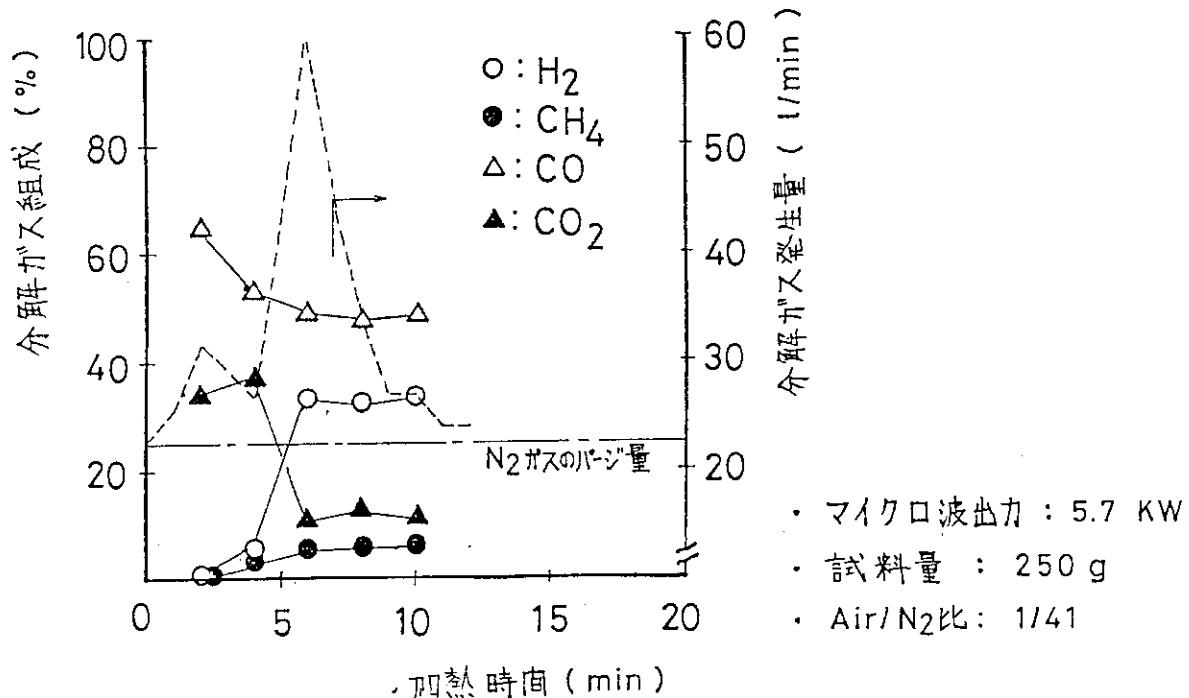


Fig. 5.20 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of cloth

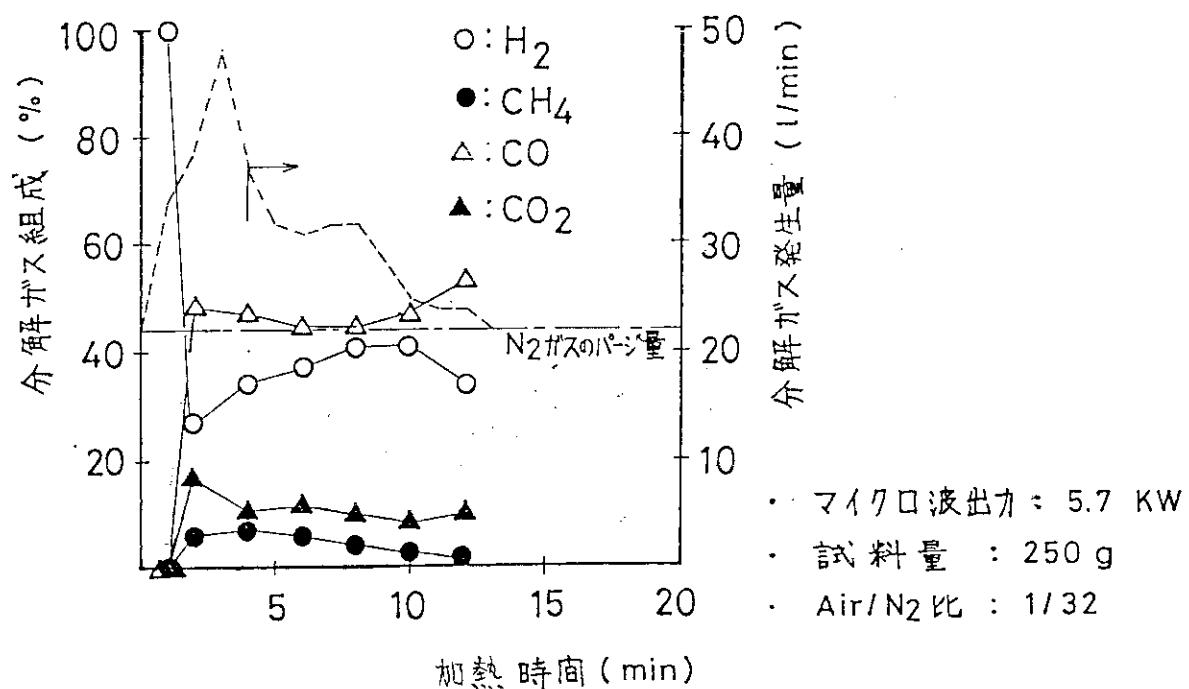


Fig. 5.21 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of paper

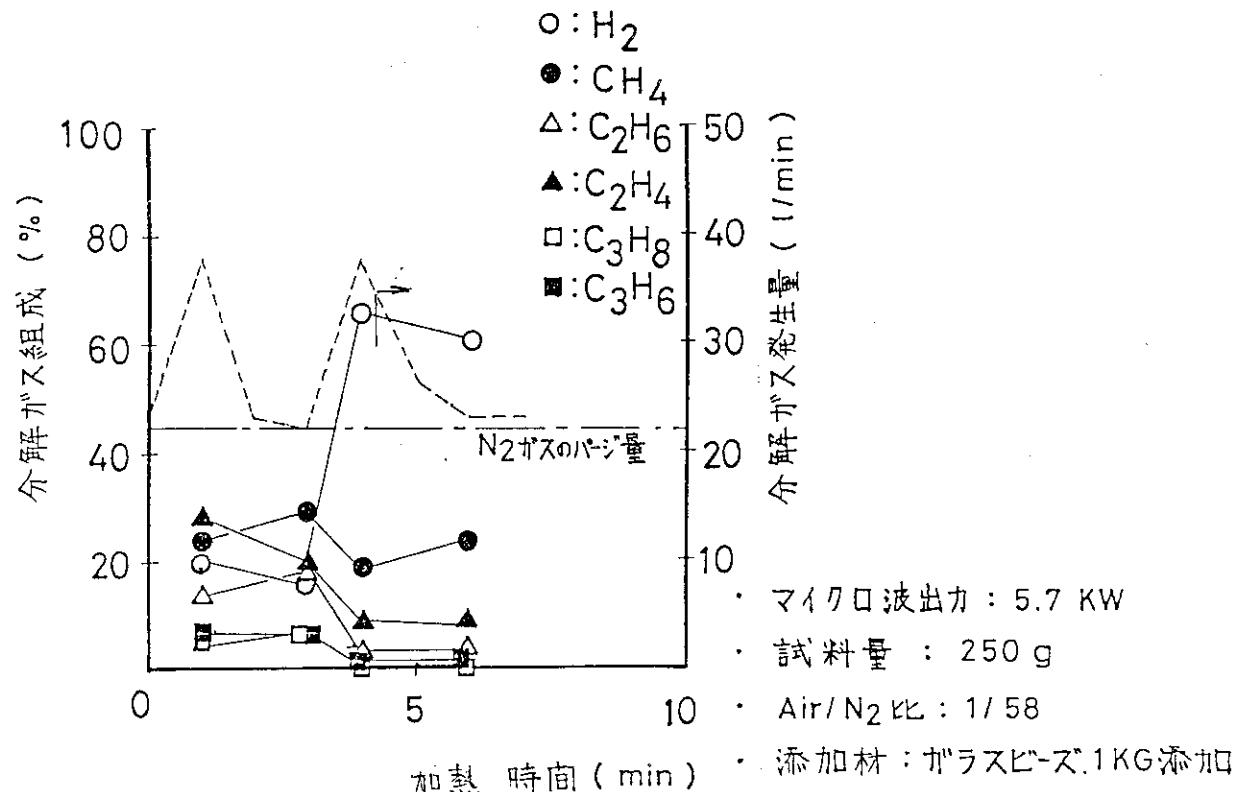


Fig. 5.22 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of polyvinyl chloride sheet

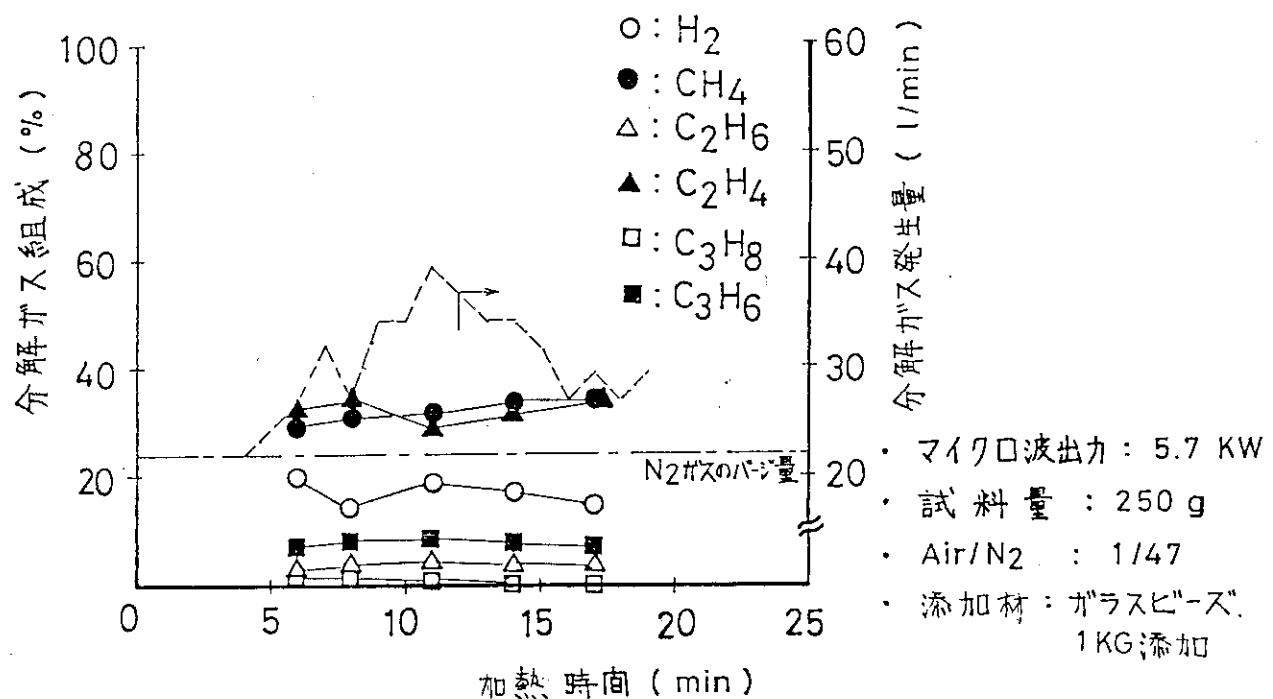


Fig. 5.23 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of polyvinyl acetate sheet

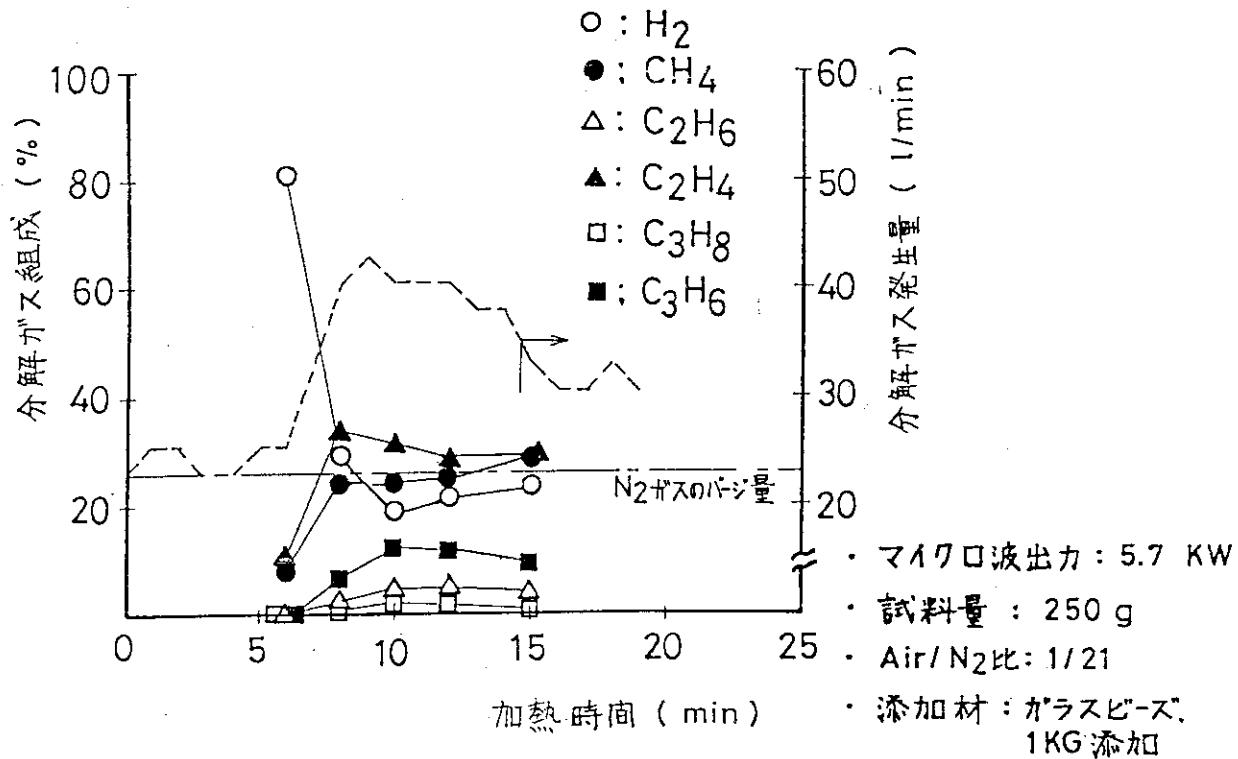


Fig. 5.24 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of polyethylene sheet

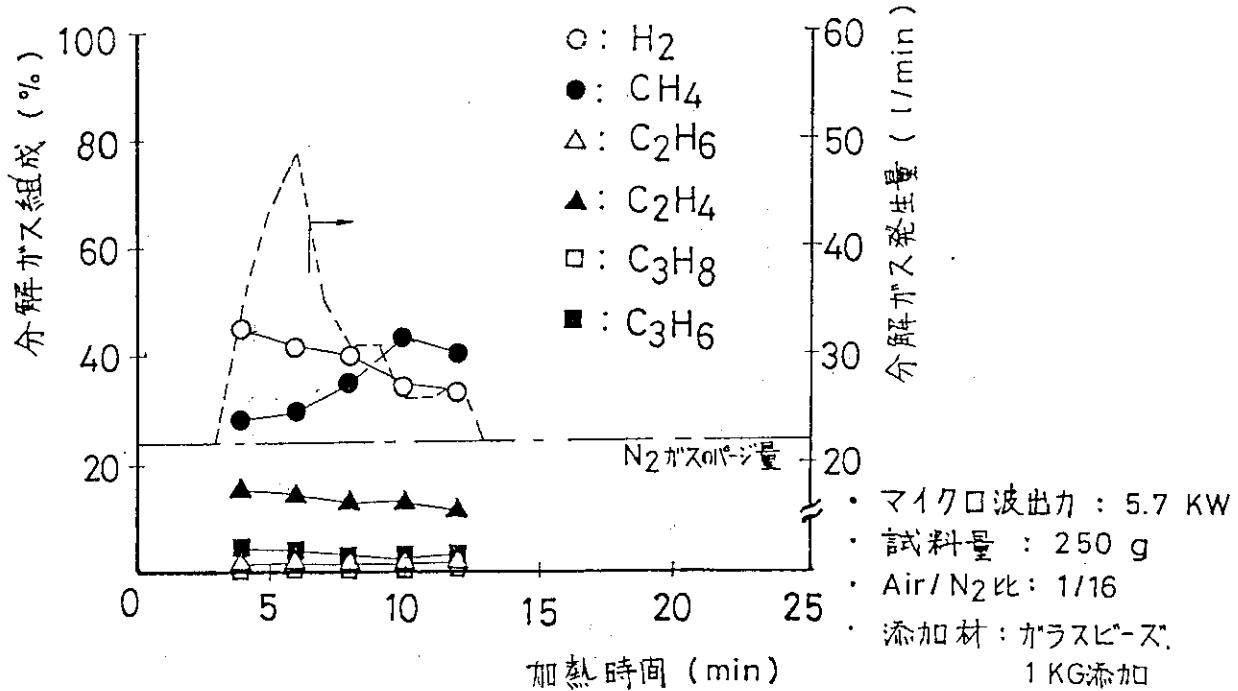


Fig. 5.25 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of rubber

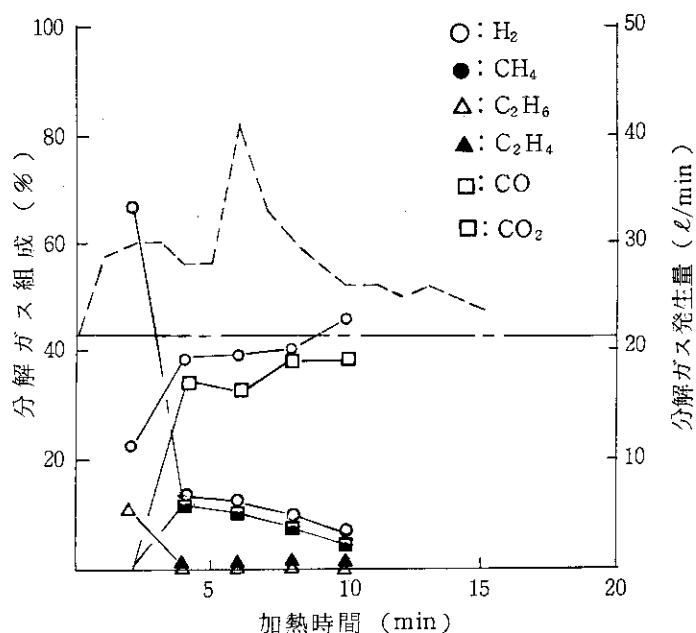


Fig. 5.26 Change of decomposition gas component produced by pyrolysis treatment of mixed ion exchange resin

- マイクロ波出力； 5.7 kW
- 試料量； 250 g
- イオン交換樹脂；陽イオン / 陰イオン = $1/1$
- Air/N₂ 比； $1/51$

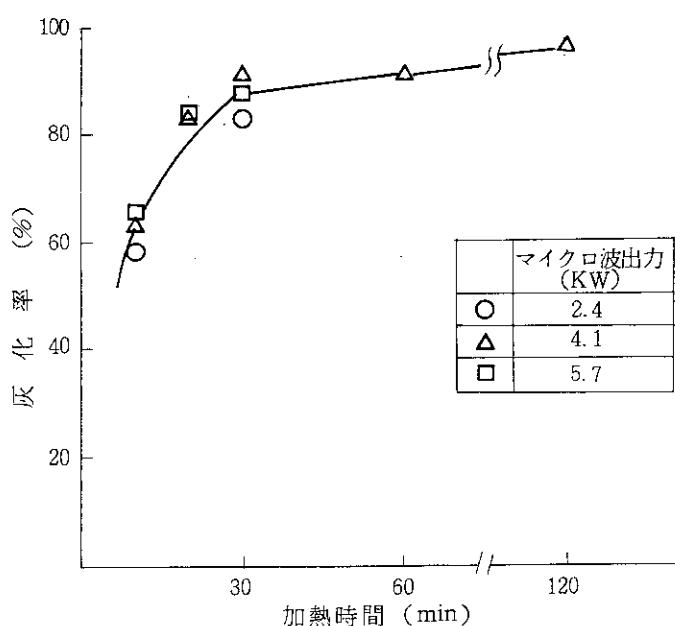


Fig. 5.27 Ashing rates of pyrolyzed residue (char)

- 試料；布, ペーパータオル, 塩化ビニールシートの熱分解残渣（等量混合物）
- 試料量； 30 g
- パージ空気量； 50 l/min

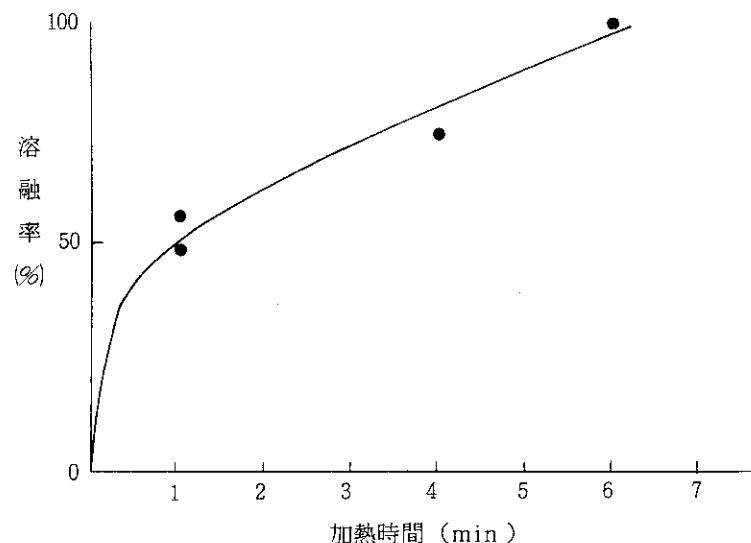
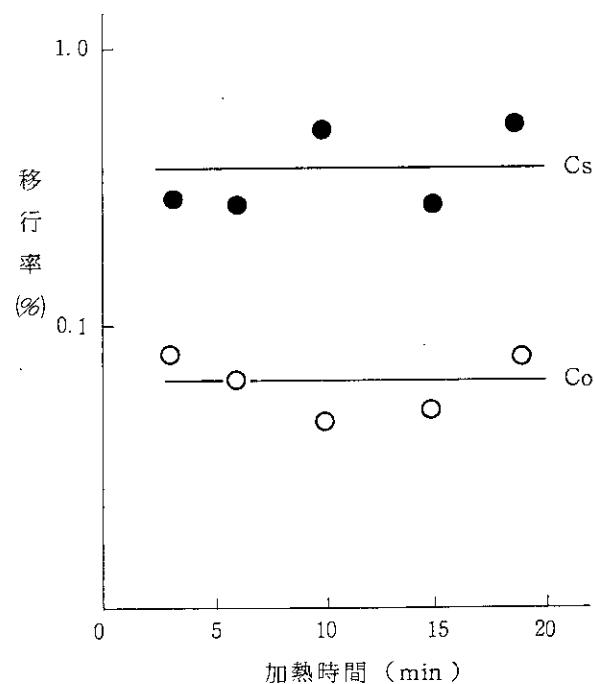


Fig. 5.28 Melting velocity of simulated sludge

• マイクロ波出力； 10.7 kW

• 試料量； 600 g

Fig. 5.29 Volatilization rates of cold tracer to off-gas system in melt solidification treatment of simulated sludge
(Influence of heating time)

• マイクロ波出力； 5.7 kW

• パージ空気量； 50 ℓ/min

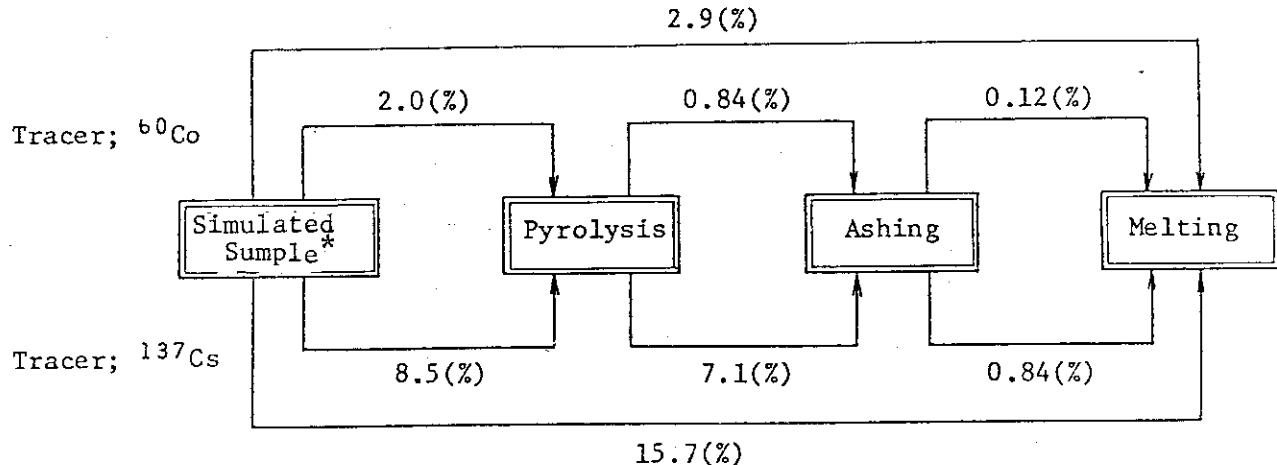


Fig. 5.30 Volatilization rates of tracer to off-gas system in pyrolysis and melt solidification treatment of simulated sample of β, γ solid wastes

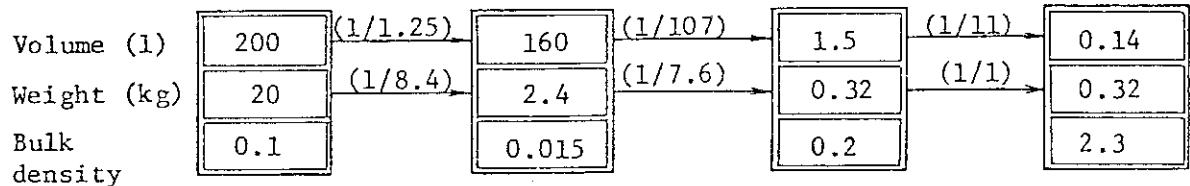
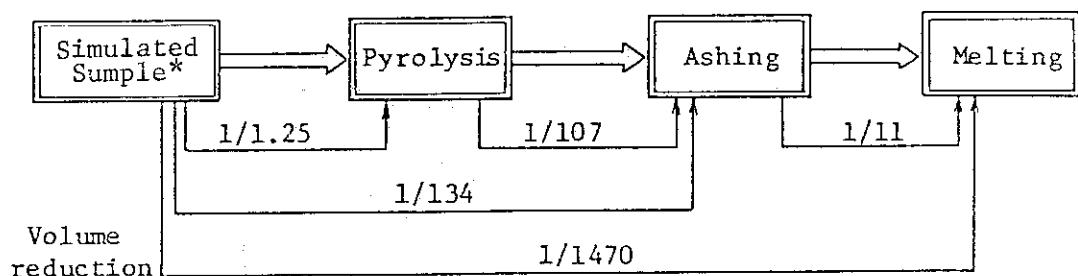


Fig. 5.31 Volume reduction of simulated sample of β, γ solid wastes in pyrolysis and melt solidification treatment

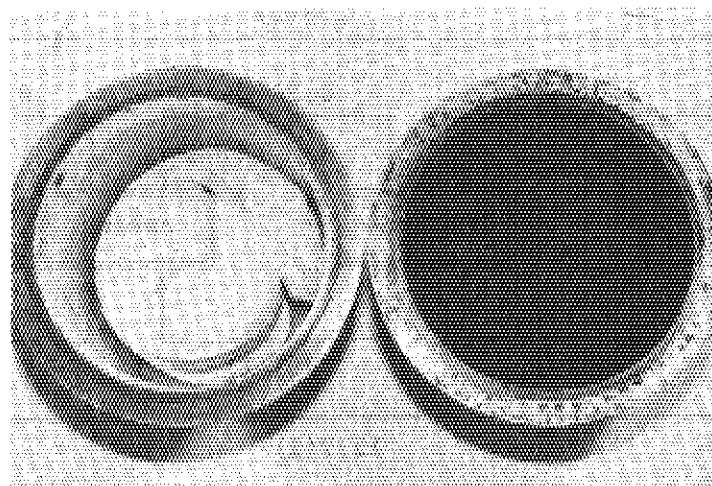


Photo. 5.1 Cloth before and after pyrolysis treatment

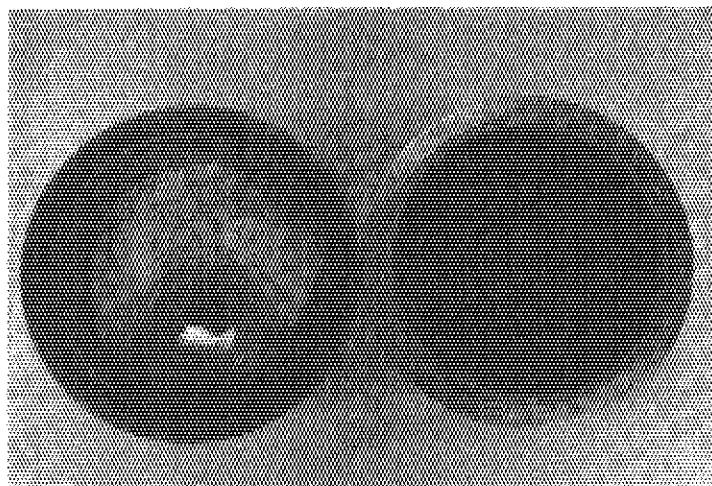


Photo. 5.2 Paper before and after pyrolysis treatment

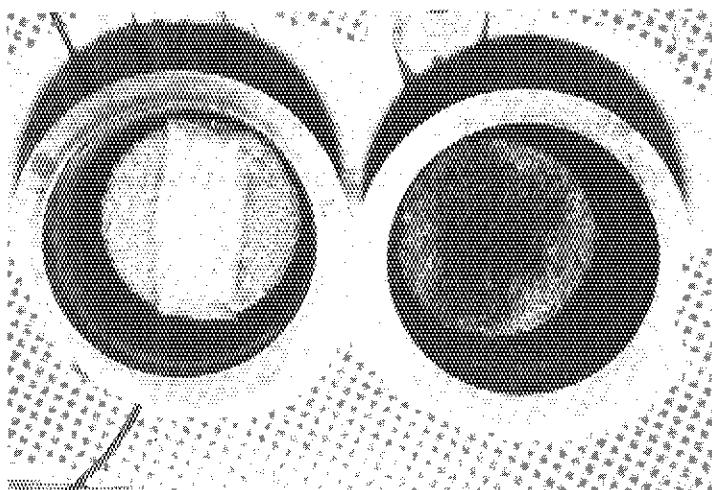


Photo. 5.3 Polyvinyl acetate sheet before and after pyrolysis treatment

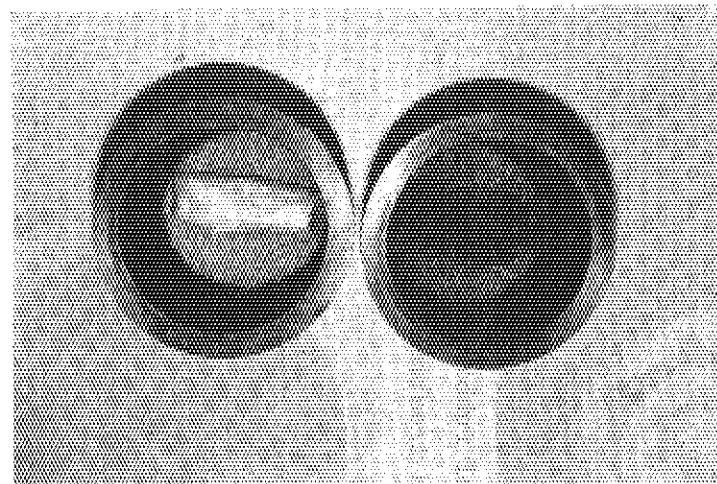


Photo. 5.4 Polyethylene sheet before and after pyrolysis treatment

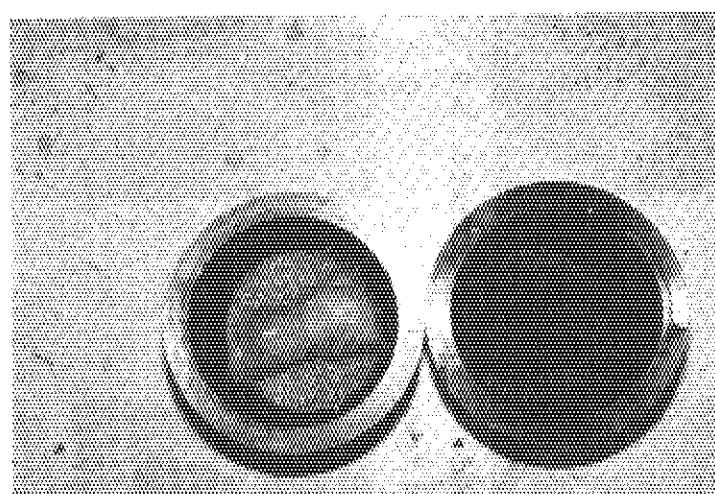


Photo. 5.5 Rubber gloves for handling radioisotope before and after pyrolysis treatment

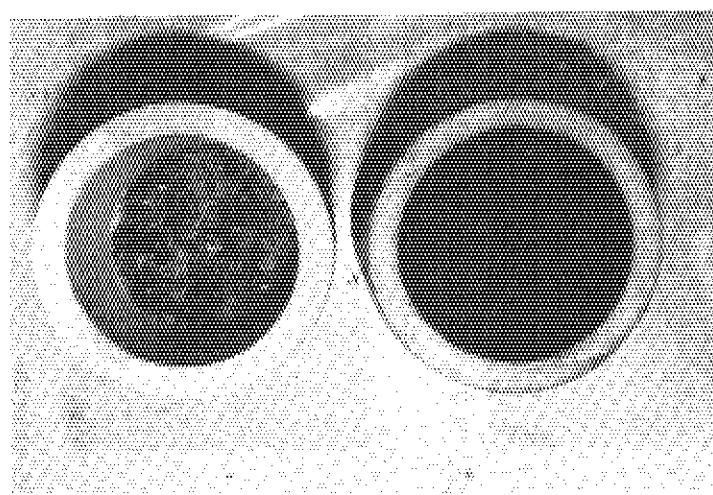


Photo. 5.6 Mixed ion exchange resin before and after pyrolysis treatment

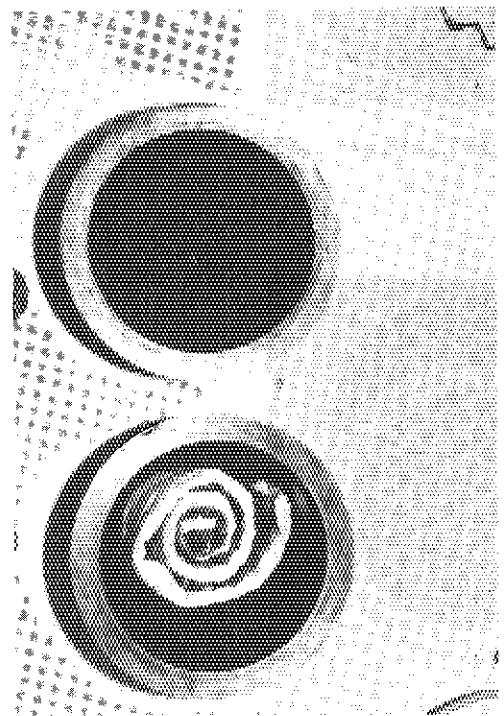


Photo. 5.7 Mixture of polyvinyl chloride sheet and cloth before and after pyrolysis treatment

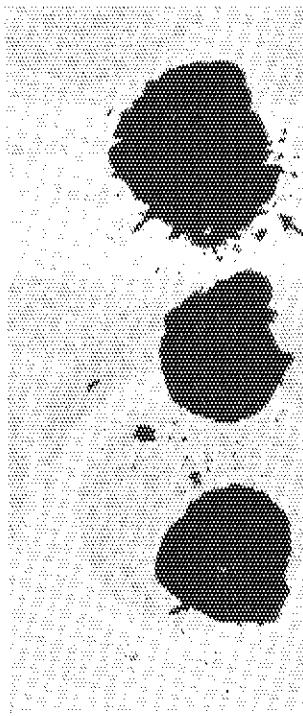


Photo. 5.8 Mixture of polyvinyl chloride sheet and cloth after pyrolysis treatment
Cloth/Polyvinyl chloride sheet
1/1 4/6 3/7

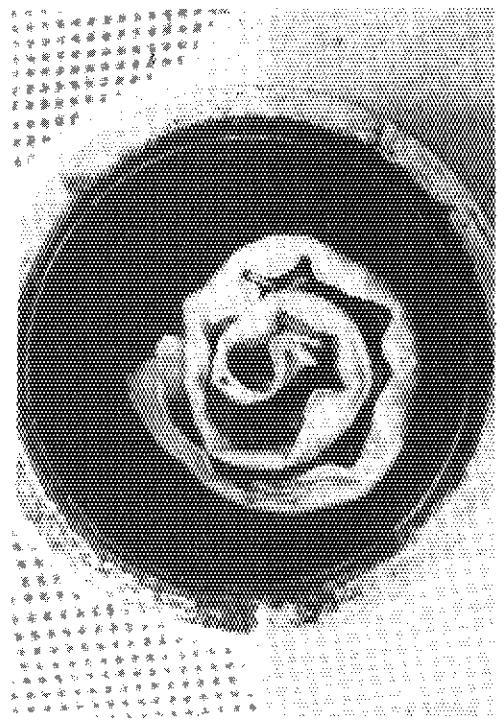


Photo. 5.9 Mixture of rubber and cloth before pyrolysis treatment

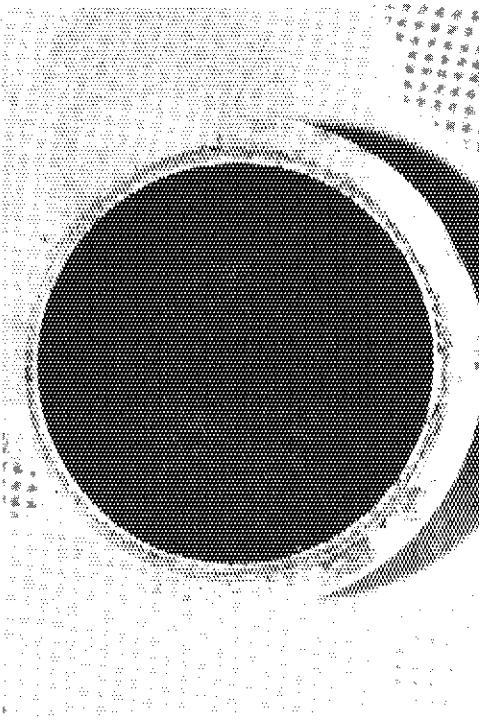


Photo. 5.10 Mixture of rubber and cloth after pyrolysis treatment

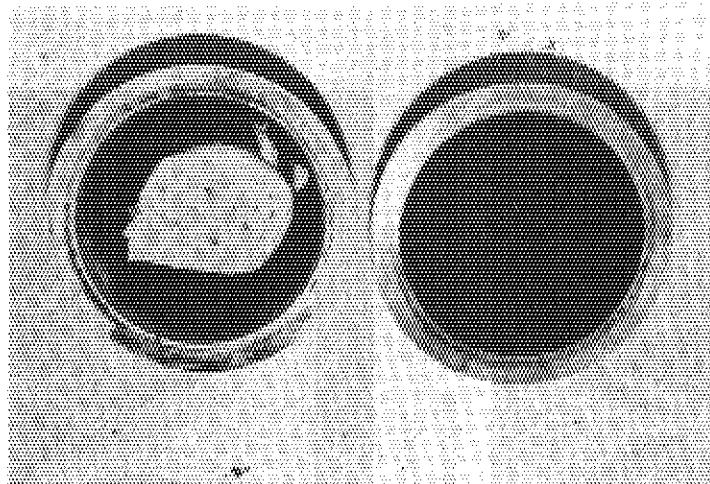


Photo. 5.11 Mixture of polyethylene sheet and cloth before and after pyrolysis treatment

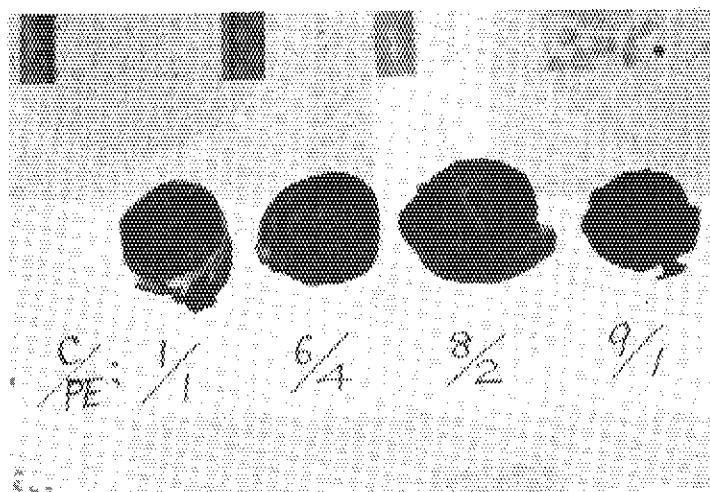


Photo. 5.12 Mixture of polyethylene sheet (PE) and cloth (C) after pyrolysis treatment

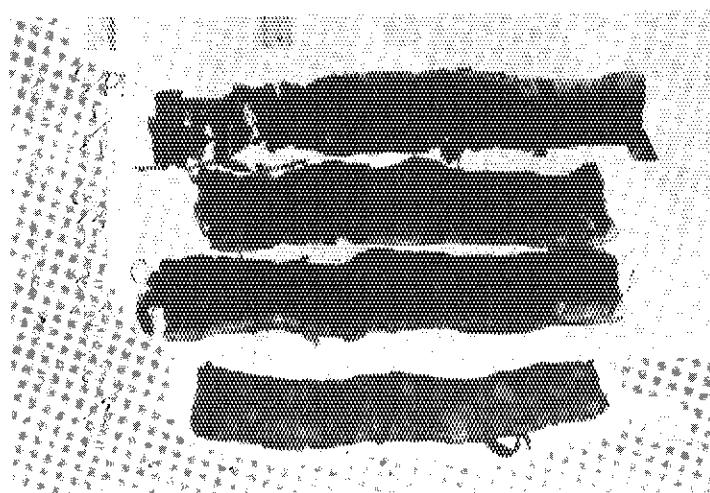


Photo. 5.13 Mixture of polyethylene sheet (PE) and cloth (C) after pyrolysis treatment (opened sample)

Cloth
Mixed
ionexchange
resin

1/9

3/7

1/1

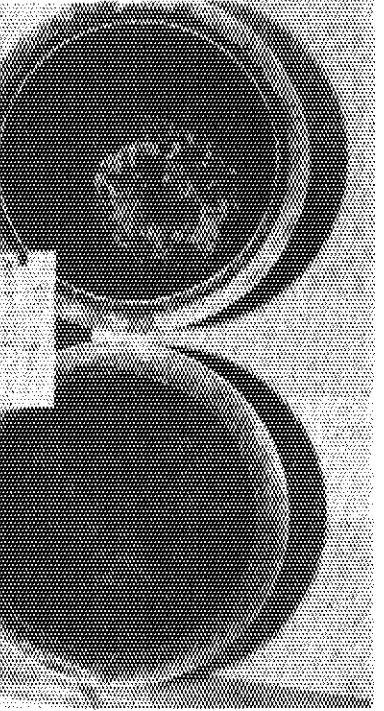


Photo. 5.15 Pyrolyzed residue (char) before and after ashing treatment

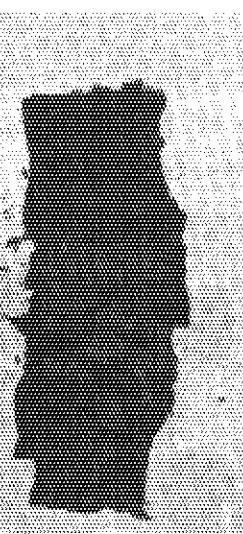


Photo. 5.14 Mixture of mixed ion exchange resin and cloth after pyrolysis treatment

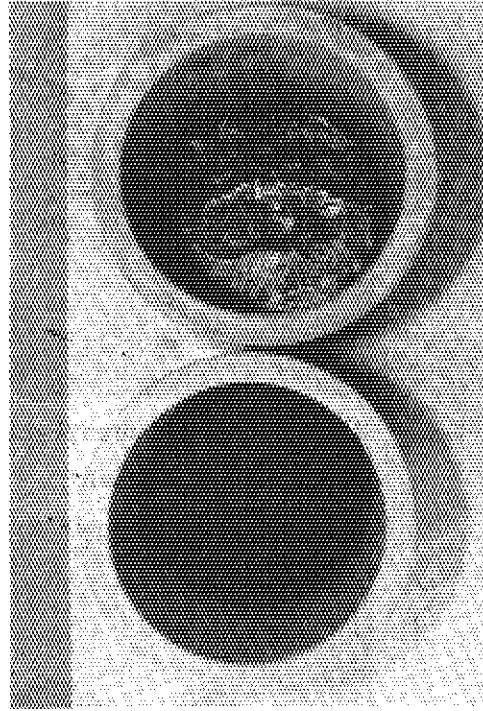


Photo. 5.16 Simulated sludge before and after melt solidification treatment

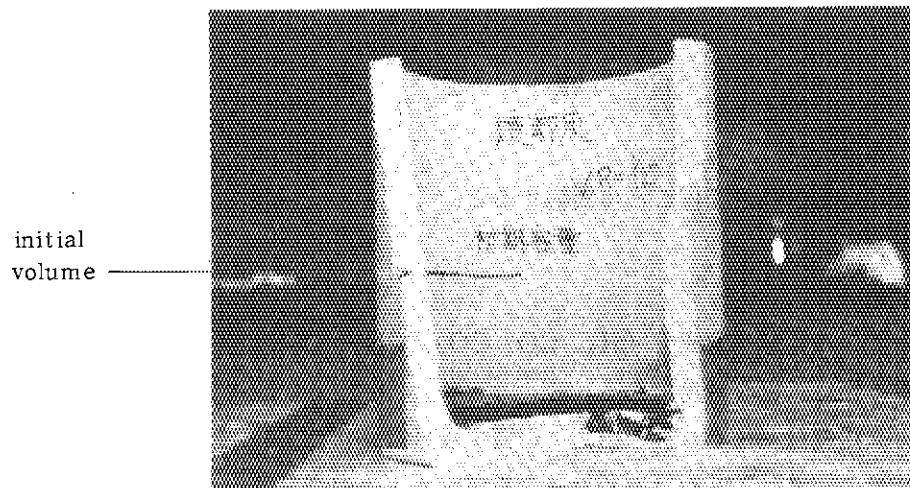


Photo. 5.17 Volume reduction of simulated incinerator ash by melt solidification treatment

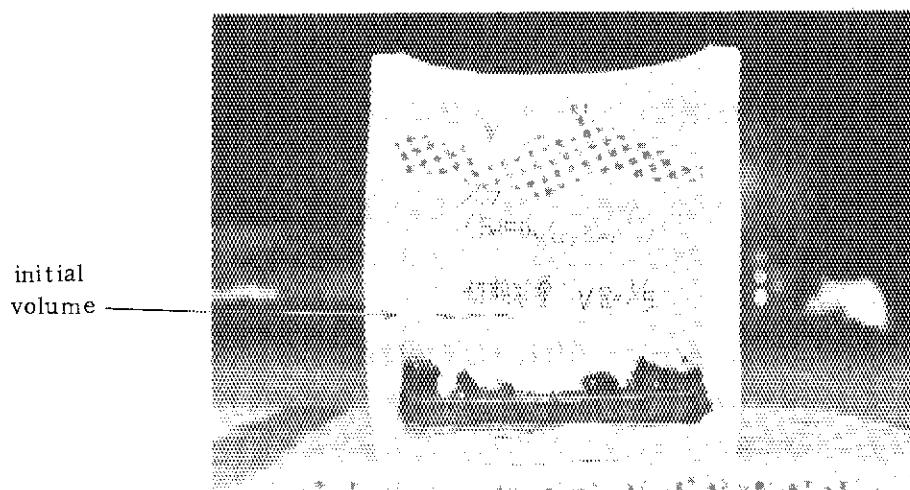


Photo. 5.18 Volume reduction of simulated sludge by melt solidification treatment

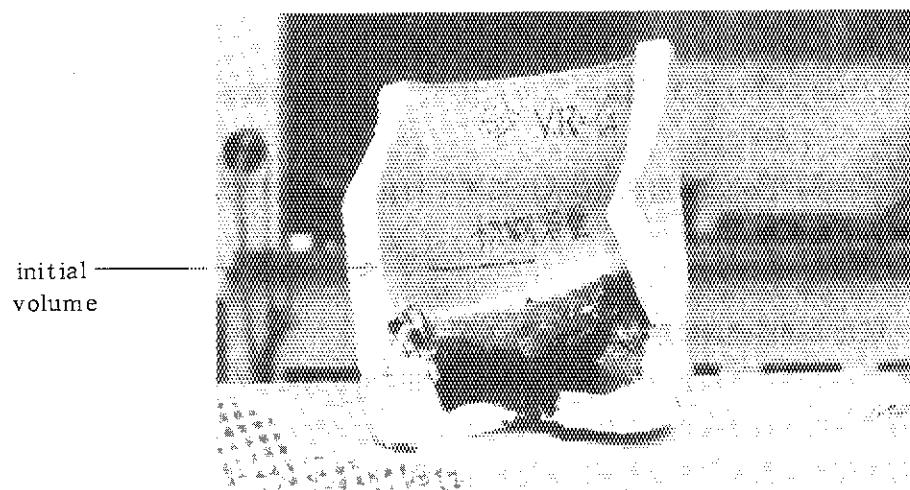


Photo. 5.19 Volume reduction of sand by melt solidification treatment

6. ま　と　め

以上の試験結果を各処理工程ごとに要約すると、

1. 热分解試験

- ① 热分解ガスは低分子量成分 (H_2 , CO, CO_2 , CH_4 , C_2H_4 で約 90 %を占有) から成り、後段の燃焼工程が容易である。
- ② 分解ガス組成はマイクロ波の出力に影響を受けなかった。
- ③ 難分解性のポリエチレンはセルロース系廃棄物との混合系で完全に分解する。
- ④ トレーサーの排ガス系への移行率は廃棄物試料個々に異なり、トレーサーの挙動は発生するタールに同伴した。
- ⑤ トレーサーの排ガス系への移行率はマイクロ波出力、ページガス量、加熱時間にほとんど影響を受けなかった。
- ⑥ 洗剤、金属屑は熱分解特性、トレーサーの排ガス系への移行性にほとんど影響を与えた。
- ⑦ ^{60}Co と ^{137}Cs の移行率は、全般に ^{137}Cs が ^{60}Co に比べ数倍高い値を示した。(セルロース系; ^{60}Co : 0.15 %, ^{137}Cs : 0.3 %, プラスチック系; ^{60}Co : ~ 6 %, ^{137}Cs : ~ 15 %)
- ⑧ 混合系試料におけるトレーサーの移行率はその構成試料個々での移行率に依存した。
- ⑨ 物質収支は分解ガスが約 50 %, タールが約 25 %, 残渣が約 10 %であった。
- ⑩ プラスチック系試料は大幅な減容となるが、セルロース系試料はほとんど減容しなかった。また、イオン交換樹脂は約 3 倍の増容となった。

2. 灰化試験

- ① トレーサーの排ガス系への移行率はマイクロ波出力、ページ空気量にほとんど影響を受けなかった。
- ② ^{60}Co と ^{137}Cs の移行率は ^{137}Cs が ^{60}Co に比べ、約 1 衍高い値を示した。 $(^{60}Co$; ~ 0.8 %, ^{137}Cs ; ~ 7 %)
- ③ セルロース系試料の熱分解残渣は灰化処理で 1/107 に減容した。イオン交換樹脂は 1/100 以上の減容となった。

3. 热分解・灰化の連続処理試験

- ① トレーサーの排ガス系への移行率は試料の種類により異なるが、熱分解処理及び灰化処理の移行率の和と同程度であった。
- ② 热分解処理時に混入する金属屑は灰化処理においてもトレーサーの移行率に影響を与えた。

③ 減容比は、布、紙、塩化ビニールシートの等量混合物で約130が得られた。また、減重比は60であった。

4. 溶融固化試験

- ① 模擬スラッジ及び砂は溶融時の湯面の拡がりが良好で、速やかに溶融できた。
- ② 模擬焼却灰は湯面の拡がりが遅く、本格溶融開始までに時間を要したが、マイクロ波の出力調整等の運転操作方法により速やかに溶融できることがわかった。
- ③ トレーサーの排ガス系への移行率は廃棄物の種類によって異なり、その値は上記溶融特性に依存し、模擬スラッジ、砂、模擬焼却灰の順に高い値を示した。
- ④ マイクロ波出力、加熱時間ともトレーサーの移行率にはほとんど影響を及ぼさなかった。
- ⑤ 試料の物理的形態（乾燥、含水）及びトレーサーの仕込形態についても移行率に有意な差が認められなかった。
- ⑥ コールドトレーサーとホットトレーサーの比較では、各試料ともホットトレーサーが約1桁程度低い移行率を示した。
- ⑦ ^{60}Co と ^{137}Cs では、 ^{137}Cs が ^{60}Co に比べ、約1桁程度高い移行率を示した。
- ⑧ 減容性は焼却灰が1/11に、スラッジが1/5に、砂が1/1.5にそれぞれ減容した。

以上1から4の要約をマイクロ波加熱による β ・ γ 固体廃棄物の熱分解・溶融固化処理システムとして総括すると、

- ① 固体廃棄物試料は、単独もしくは混合系で容易に熱分解し、低分子量成分に変換されるため、後段の燃焼工程の負荷が軽減できる。
- ② トレーサーの排ガス系への移行率は、熱分解処理、灰化処理、溶融固化処理ともマイクロ波出力、バージガス量、加熱時間及び熱分解工程での洗剤、金属屑の共存物質等には影響をほとんど受けず、試料それぞれに固有の値となった。このため、対象試料についての評価が容易となる。
- ③ 熱分解・溶融固化処理におけるトータル移行率は、 ^{60}Co では2.9%， ^{137}Cs では15.7%であった。この値は、熱分解処理が大きく寄与（約50%）しているため、熱分解で生じるタールの再分解を行なうことによりさらに軽減できる。
- ④ 熱分解・溶融固化処理におけるトータル減容比は廃棄物の種類によって異なるが、布、紙、塩化ビニールシートの混合系で約1500（減重比；約70）が得られた。

このように、全体として良好な結果が得られた。

7. 今後の試験予定

本試験では、マイクロ波加熱による β ・ γ 固体廃棄物の熱分解・溶融固化処理のシステムの確立を目指しパッチ試験で基礎データの採取を行なった。

③ 減容比は、布、紙、塩化ビニールシートの等量混合物で約130が得られた。また、減重比は60であった。

4. 溶融固化試験

- ① 模擬スラッジ及び砂は溶融時の湯面の拡がりが良好で、速やかに溶融できた。
- ② 模擬焼却灰は湯面の拡がりが遅く、本格溶融開始までに時間を要したが、マイクロ波の出力調整等の運転操作方法により速やかに溶融できることがわかった。
- ③ トレーサーの排ガス系への移行率は廃棄物の種類によって異なり、その値は上記溶融特性に依存し、模擬スラッジ、砂、模擬焼却灰の順に高い値を示した。
- ④ マイクロ波出力、加熱時間ともトレーサーの移行率にはほとんど影響を及ぼさなかった。
- ⑤ 試料の物理的形態（乾燥、含水）及びトレーサーの仕込形態についても移行率に有意な差が認められなかった。
- ⑥ コールドトレーサーとホットトレーサーの比較では、各試料ともホットトレーサーが約1桁程度低い移行率を示した。
- ⑦ ^{60}Co と ^{137}Cs では、 ^{137}Cs が ^{60}Co に比べ、約1桁程度高い移行率を示した。
- ⑧ 減容性は焼却灰が1/11に、スラッジが1/5に、砂が1/1.5にそれぞれ減容した。

以上1から4の要約をマイクロ波加熱による β ・ γ 固体廃棄物の熱分解・溶融固化処理システムとして総括すると、

- ① 固体廃棄物試料は、単独もしくは混合系で容易に熱分解し、低分子量成分に変換されるため、後段の燃焼工程の負荷が軽減できる。
- ② トレーサーの排ガス系への移行率は、熱分解処理、灰化処理、溶融固化処理ともマイクロ波出力、バージガス量、加熱時間及び熱分解工程での洗剤、金属屑の共存物質等には影響をほとんど受けず、試料それぞれに固有の値となった。このため、対象試料についての評価が容易となる。
- ③ 熱分解・溶融固化処理におけるトータル移行率は、 ^{60}Co では2.9%， ^{137}Cs では15.7%であった。この値は、熱分解処理が大きく寄与（約50%）しているため、熱分解で生じるタールの再分解を行なうことによりさらに軽減できる。
- ④ 熱分解・溶融固化処理におけるトータル減容比は廃棄物の種類によって異なるが、布、紙、塩化ビニールシートの混合系で約1500（減重比；約70）が得られた。

このように、全体として良好な結果が得られた。

7. 今後の試験予定

本試験では、マイクロ波加熱による β ・ γ 固体廃棄物の熱分解・溶融固化処理のシステムの確立を目指しバッチ試験で基礎データの採取を行なった。

今後は、システムの確立をさらに発展させるため本試験の結果得られた基礎データをもとに、試験装置の規模の拡大を図り、半連続供給下におけるタールの再分解を主とした熱分解試験及び焼却灰の半連続溶融固化試験を行なう予定である。

謝 辞

マイクロ波加熱による熱分解・溶融固化試験を計画し、遂行するために絶大な協力をいただいた日本原子力研究所大洗研究所、管理部長 新谷英友氏、および管理部 放射性廃棄物処理課並びに放射線管理課の関係諸氏、さらには、本試験において各種の分析に協力をいただいた三機工業株式会社 技術研究所 分析測定課に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 佐々木仁他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊，J 30，1979
- 2) 小松史明他；神戸製鋼技報 / Vol. 33 No. 1 P. 35 ~ 38. 1983
- 3) 高橋和司他；日本原子力学会秋の分科会予稿集 第Ⅱ分冊 K 16, K 17. 1983
- 4) 熊田賦他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊，F 21, F 22. 1981
- 5) 松本洋他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊，J 33. 1980
- 6) 佐藤博夫他；理工学における同位元素研究発表会要旨集 5 P - II - 11 1982
- 7) 鈴木清著；マイクロ波回路の基礎 啓学出版
- 8) 高橋勘次郎他著；高周波の工業への応用 東京電機大学出版局

今後は、システムの確立をさらに発展させるため本試験の結果得られた基礎データをもとに、試験装置の規模の拡大を図り、半連続供給下におけるタールの再分解を主とした熱分解試験及び焼却灰の半連続溶融固化試験を行なう予定である。

謝　　辞

マイクロ波加熱による熱分解・溶融固化試験を計画し、遂行するために絶大な協力をいただいた日本原子力研究所大洗研究所、管理部長 新谷英友氏、および管理部 放射性廃棄物処理課並びに放射線管理課の関係諸氏、さらには、本試験において各種の分析に協力をいただいた三機工業株式会社 技術研究所 分析測定課に深く感謝の意を表します。

参　考　文　献

- 1) 佐々木仁他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊，J 30, 1979
- 2) 小松史明他；神戸製鋼技報 / Vol. 33 No. 1 P. 35 ~ 38. 1983
- 3) 高橋和司他；日本原子力学会秋の分科会予稿集 第Ⅱ分冊 K 16, K 17. 1983
- 4) 熊田賦他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊, F 21, F 22. 1981
- 5) 松本洋他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊, J 33. 1980
- 6) 佐藤博夫他；理工学における同位元素研究発表会要旨集 5 P - II - 11 1982
- 7) 鈴木清著；マイクロ波回路の基礎 啓学出版
- 8) 高橋勘次郎他著；高周波の工業への応用 東京電機大学出版局

今後は、システムの確立をさらに発展させるため本試験の結果得られた基礎データをもとに、試験装置の規模の拡大を図り、半連続供給下におけるタールの再分解を主とした熱分解試験及び焼却灰の半連続溶融固化試験を行なう予定である。

謝　　辞

マイクロ波加熱による熱分解・溶融固化試験を計画し、遂行するために絶大な協力をいただいた日本原子力研究所大洗研究所、管理部長 新谷英友氏、および管理部 放射性廃棄物処理課並びに放射線管理課の関係諸氏、さらには、本試験において各種の分析に協力をいただいた三機工業株式会社 技術研究所 分析測定課に深く感謝の意を表します。

参　考　文　献

- 1) 佐々木仁他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊，J 30, 1979
- 2) 小松史明他；神戸製鋼技報 / Vol. 33 No. 1 P. 35 ~ 38. 1983
- 3) 高橋和司他；日本原子力学会秋の分科会予稿集 第Ⅱ分冊 K 16, K 17. 1983
- 4) 熊田賦他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊, F 21, F 22. 1981
- 5) 松本洋他；日本原子力学会年会要旨集第Ⅱ分冊, J 33. 1980
- 6) 佐藤博夫他；理工学における同位元素研究発表会要旨集 5 P - II - 11 1982
- 7) 鈴木清著；マイクロ波回路の基礎 啓学出版
- 8) 高橋勘次郎他著；高周波の工業への応用 東京電機大学出版局