

本資料は2001年04月15日付で

登録区分変更する。

[東海事業所技術情報室]

## 氷粒プラスト装置の試験研究(Ⅱ)

(昭和59年度)

1985年4月



石川島播磨重工業株式会社

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配布するものです。従って、その取扱いには十分注意を払って下さい。

事業団の承

認が必要

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184

茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

電話:029-282-1122(代表)  
ファックス :029-282-7980  
電子メール:jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構  
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2001

## 氷粒プラスト装置の試験研究(II)\*

西本 亘\*\* 木室 晴 視\*\*

石橋 征二郎\*\*\*, 宮原 修二\*\*\*, 山下 三郎\*\*\*

林 三雄\*\*\*, 鈴木 洋二\*\*\*, 広瀬 康雄\*\*\*

### 要 旨

大洗工学センター固体廃棄物前処理施設(WDF)内の $\alpha$ 除染セルに於いて、氷粒プラスト装置を除染装置として使用する場合を考え、装置化を目標とした試験研究を実施した。

粒子の選定に関しては、製造法の異なる二種類の粒子についてプラスト試験を実施して比較した。結果は、両者に顕著な差はなく、氷の含有が多くなるほど、硬さの効果で煉瓦等の研削能力に優れ、ドライアイスの含有が多くなるほど、低温の効果で塗料等の剥離能力に優れていることが分かった。WDFに搬入されるルーズな付着の汚染物や塗装製品の汚染物に対し剥離効果が得られ、粒子製造装置としては、装置の小型化、自動操作化に適するブレミックス法を選定した。

選定した粒子について、プラスト性能に影響を及ぼすと考えられる因子をパラメータとし、模擬試験片への投射実験を実施して、研掃力限界および研掃効率の把握を行った。

また、前年度の設計研究で提起された装置化上の諸問題点について、対策方法を実験あるいは調査検討により解決を行い、WDF向の氷粒プラスト装置の基本設計を実施した。

---

\* 本報告書は、石川島播磨重工業株式会社が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

\*\* 技術本部 技術研究所

\*\*\* 原子力事業部 保守技術部

\*\*\*\* 原子力事業部 第2プラント設計部

April 1985

## Test and Research of Ice-Blasting Equipment (II)\*

Watari Nishimoto \*\* Harumi Kimuro \*\*  
Seijiro Ishibashi \*\*\* Syuji Miyahara \*\*\* Saburou Yamashita \*\*\*  
Mitsuo Hayashi \*\*\*\* Youji Suzuki \*\*\*\* Yasuo Hirose \*\*\*\*\*

## Abustract

Study with test has been widely carried out to realize the ice-blasting-equipment which would be used as the decontamination equipment in  $\alpha$ -decontamination cell in the waste Dismantling Facility (WDF) at Oh-arai Engineering Center.

Two types of particle, Pre-mix and Post-mix were produced with different methods and blasting tests were performed using the particle to select the most efficient one. The test results are as shown below.

- (1) The blasting effectiveness of Pre-mix and Post-mix particle is almost the same.
- (2) Higher paint scale-off ability is obtained as the dryice content gets higher because the target material is kept at Low temperature.
- (3) Higher brick scrape-off ability is obtained as the ice content gets higher because of the hardness of the particles.

As the result, Pre-mix particle has been selected as the preferable one for WDF because the target of decontamination of the facility are the ones with loosely adhered contaminants or painted objects. Furthermore the equipment can be made compact or automated more easily by adopting-Pre-mix.

Additional blasting test using Pre-mix particle was carried out with the factors of influence on blasting efficiency as the parameters and the limitation on decontamination ability has been clarified.

The basic design of the ice-blasting equipment to be installed in WDF has been completed reflecting the countermeasures against the problems posed by the study of the previous year.

---

\* Work performed by Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co. Ltd., under contract with power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

\*\* Technical department Research Institute.

\*\*\* Nuclear power division Maintenance engineering department.

\*\*\*\* Nuclear power division 2nd. plant design department.

Fig. Table 中の略称説明

Pre-mix :

Extrusion product of mixture of two kind of snow, one is dryice snow created by adiabatic expansion of liquefied carbon dioxide and the other is water snow produced by water injection using a spray nozzle into expanding carbon dioxide.

Post-mix :

Mixture of ice particles and dryice ones.

## 1. 諸 言

氷粒プラストにおいて、プラスト効果の向上およびプラスト材が溶融して発生する二次廃棄物の量を減らすため、氷とドライアイスを混合したプラスト材の適用について調査研究を行ってきた。58年度では氷とドライアイスを別個に製造したのち混合したいわゆるポストミックス粒子でのプラスト効果を研究した。59年度は水とドライアイスの混合物を成形したいわゆるプレミックス粒子でのプラスト効果を調査し、前年度の設計研究で得られたポストミックス粒子での最適条件下でのプラスト効果と比較し、プラスト粒子の選定を行った。さらに、選定した粒子でのプラスト性能を把握し、動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター 固体廃棄物前処理施設（WDF）内の $\alpha$ 除染セル用氷粒プラストシステムの選定を行い、これらの結果をもとに装置化のための問題点を解決して、装置の基本設計を行った。

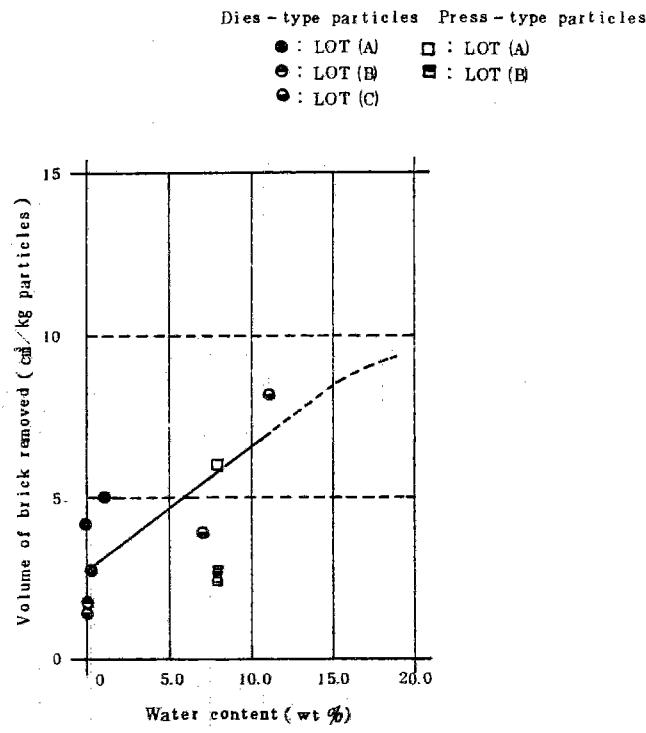
## 2. プラスト粒子の評価

### 2.1 プレミックス粒子製造方法の選定

市販されている造粒装置のうち、冰粒プラスト用に使用可能な機種としては、現状では、ダイス押し出し方式とロールプレス方式の2種類がある。この2種類の粒子製造方法の優位差を見るため、両造粒機を使って、それぞれプレミックス粒子を製造した。この2機種のプレミックス粒子について、実験用冰粒プラスト装置を使って、同一の投射条件で投射試験を行い、試験片に対する研削あるいは剥離効果を調査した。

試験の結果、赤煉瓦に対する研削効果については、両方式の粒子共に顕著な違いではなく、水の添加量の違いによってのみ、その効果が異なることが分かった。

また、塗膜に対する剥離効果に関しては、両粒子間に差違を認めることができなかつた。



この結果から、粒子製造方法は、粒子の製造が可能であれば、特に方法を限定する必要はないと考えられる。ただし、氷粒プラスト装置としての装置化を考えた場合は、以下の条件を満足させることが望まれる。

- I) 水とドライアイスの混合比を任意に変化させることができること。
- II) プラストに必要な粒子量を安定して供給させることができること。
- III) 操作が容易、装置がコンパクトで軽量、かつ、簡単な構造で可搬性があること。

そこで、本試験で使用した2種類の粒子製造方法について比較検討を行った場合、上記の条件をほぼ満たすダイス押し出し方法が有利と考えられる。

したがって、プレミックス粒子の製造方法としてはダイス押し出し方式を選定した。

## 2.2 プレミックス粒子のプラスト効果

選定したダイス押し出し方式によるプラスト粒子を使用して、前年度の設計研究に於けるポストミックス粒子を使った試験で把握した最適投射条件と同一条件でプラスト試験を行い、ポストミックス粒子に対するプレミックス粒子のプラスト効果の差を調べた。

なお、試験は前年度使用した試験片との差違を考慮して、本試験においても、ポストミックス粒子によるプラスト試験も併せて実施した。

### I) 赤煉瓦に対するプラスト効果

赤煉瓦に対するポストミックス粒子とプレミックス粒子の研削効果およびそれらの粒子の硬さ(破壊強度)をFig. 2-2に示す。

なお、プレミックス粒子は、現状の造粒機に於いては、水添加率10%程度が粒子製造可能限度であるため、ここまでデータしか得られていない。

この結果から、赤煉瓦に対するプラスト効果としては、ポストミックス粒子の方がプレミックス粒子よりも若干上廻ることが分かった。

この理由としては、煉瓦の硬さの違い等も一因あるが、別の主要な理由として、ポストミックス粒子の硬さ—氷の含有量で0wt%~100wt%の間のものについては不明であるが、プレミックス粒子のそれよりも上廻っていることが推定され、これが、研削効果で、プレミックス粒子によるよりも優る結果となったものと考えられる。

水または氷の含有量が0wt%，すなわち、ドライアイスのみの場合をみ

ると、ポストミックス粒子は、市販の硬いドライアイスの塊を砕いて作るため、比較的硬い粒子が得られる。

一方、プレミックス粒子は、ドライアイス・スノウをダイスから押し出して成形するので、硬さの点では、上記ポストミックス粒子よりも若干劣ったものとなり、Fig. 2-2 に示すような差となって現われるものと考えられる。

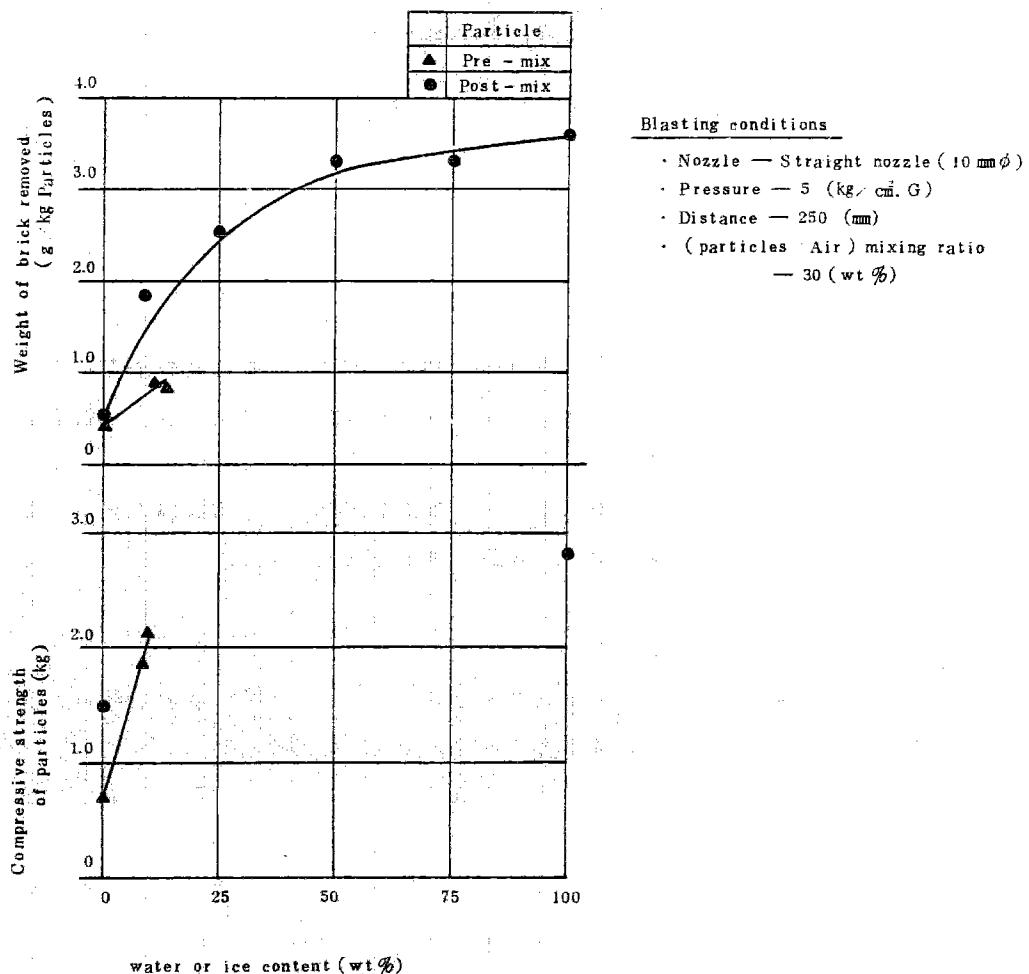


Fig. 2-2 Weight of brick removed  
and compressive strength particles

## II) 鉛系鉄止め塗装片に対するブラスト効果

鉄止め塗装試験片に対するポストミックス粒子とプレミックス粒子を投射した時の剥離効果および同試験片表面温度をFig. 2-3に示す。

また、ドライアイスのみの粒子を塗装および塗装なし試験片に投射した場合の試験片表面温度の変化をFig. 2-4に示す。

この結果から、塗膜に対しては、氷粒ブラストによる研削力に加えて、急激な温度降下に伴なう塗膜の接着強度の低下が、剥離され易い状況を生ずるものと考えられる。

したがって、塗膜のようなものに対して最大の剥離効果を得るために、温度が一番低いドライアイスのみの粒子を使用するのが良く、その研削効果がほぼ同程度であることから、粒子の製造方法の違いによる優位差は認められないことが分かった。

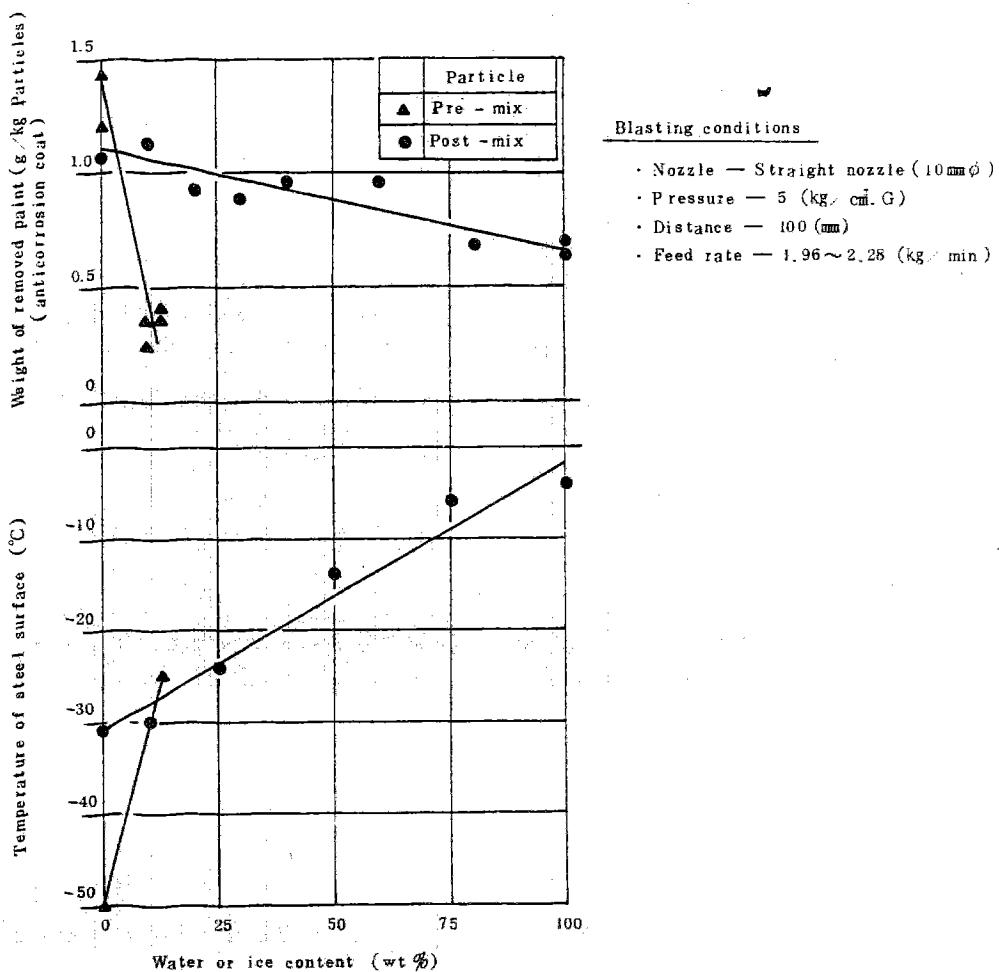


Fig. 2-3 Weight of removed paint  
and temperature of steel surface

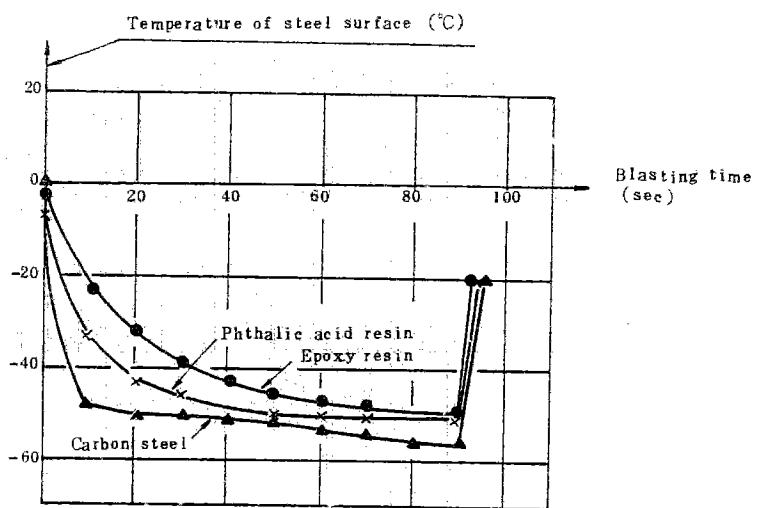
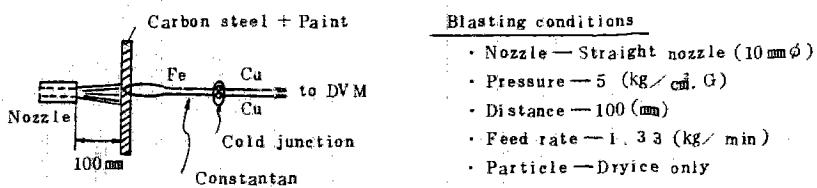


Fig. 2-4 Temperature changes of steel surface being blasted



## 2.3 プラスト粒子の選定

以下の3つの面から評価した結果から、WDF向のプラスト粒子としては、プレミックス粒子が有利であると考えられる。

### i) 性能面

#### a) 赤煉瓦に対する研削効果

現状のダイス押し出し方式によるプレミックス粒子との比較に於いては、圧縮製造されているポストミックス粒子の方が硬さの点から若干優る。

#### b) 塗装試験片に対する剥離効果

ドライアイスのみの粒子が最も剥離効果があり、粒子の製造方式による優位差はほとんどなし。

性能面では、両粒子の効果に大差はないが、粒子の硬さを考慮すると、現状ではポストミックス粒子の方が若干優る。

## II) 粒子製造上の収率面

### a) プレミックス粒子

液化炭酸からドライアイス・スノウに変換する時の収率は約40%。

ドライアイス・スノウから粒子に成型する時の収率が約90%。

したがって、液化炭酸からプラスト用粒子を製造する時の収率は約36%となる。

### b) ポストミックス粒子

市販のドライアイスの塊を破碎して、所要のサイズの粒子を得る収率は、これまでの経験から約15%である。

収率面では、プレミックス粒子の方が優る。

## III) 粒子製造設備面

### a) プレミックス粒子

液化炭酸と水の貯蔵・供給系および粒子製造装置があればよく、システムが非常に簡素化される。

また、粒子の原料の貯蔵が容易で、必要な時に即供給可能である。

### b) ポストミックス粒子

ドライアイスと氷の塊の貯蔵・供給系、クラッシャ、ふるい機、粒子混合調整槽および粒子搬送装置が必要で、システムが複雑化する。

また、粒子の原料であるドライアイスと氷の塊は、あまり長期保存が利かないため、必要な時に、その都度、手配しなければならないという煩わしさがある。

粒子製造設備面では、プレミックス粒子の方が優る。

### 3. プラスト性能の把握

#### 3.1 研磨力限界の把握

各種の除染対象物を模擬した以下の試験片に対し、研磨力に影響を及ぼすと考えられる因子をパラメータとして、プレミックス粒子を投射する試験を実施した。

本試験では、塗装片（3種類）、錆付着片（2種類）、油脂付着片（2種類）の計7種類の試験片に対して試験した。氷粒プラスト試験において概ね共通して言えることは、投射圧力が高く、粒子供給速度が小さいほど塗膜あるいは付着物の除去量が大きいということであった。

氷粒プラスト試験による研磨力の限界は、以下のとおりであった。

##### 1) 塗装物は塗料の種類によつて、以下のように分類できる。

a) 錆止め塗料のよう  
に剥離できるもの

b) フタル酸樹脂のよう  
に困難を伴なうが、剥  
離できるもの

c) エポキシ樹脂のよう  
に剥離が困難なもの

ところで、氷粒プラス

ト時の塗装試験片の最低  
表面温度は、塗装の種類

や厚みによって異なるが、  
だいたい -50°C 位であ  
る。（Fig. 2-4 を参照）

また、低温時の塗膜の剥離強度試験結果によると、-50°C 時の各塗膜の  
剥離応力は、それぞれ以下のとおりである。（Fig. 3-4 を参照）

錆止め塗料 : 約 1.0 kgf/cm<sup>2</sup>

フタル酸樹脂 : 約 1.2 kgf/cm<sup>2</sup>

エポキシ樹脂 : 約 4.8 kgf/cm<sup>2</sup>

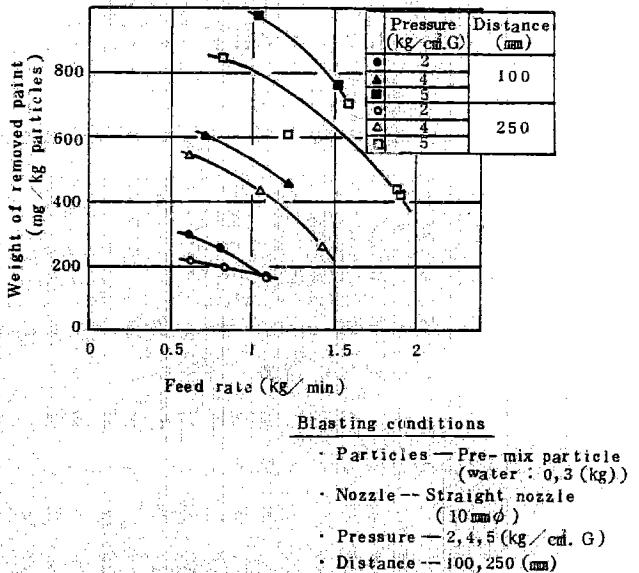


Fig. 3-1 The effect of blasting pressure and feed rate on anticorrosion coat

したがつて、氷粒ブロストの塗膜に対する剥離力の限界としては、塗料の種類や厚み、投射継続時間等によって異なるが、おおよそ  $10 \sim 15 \text{ kgf/cm}^2$  程度と考えられる。

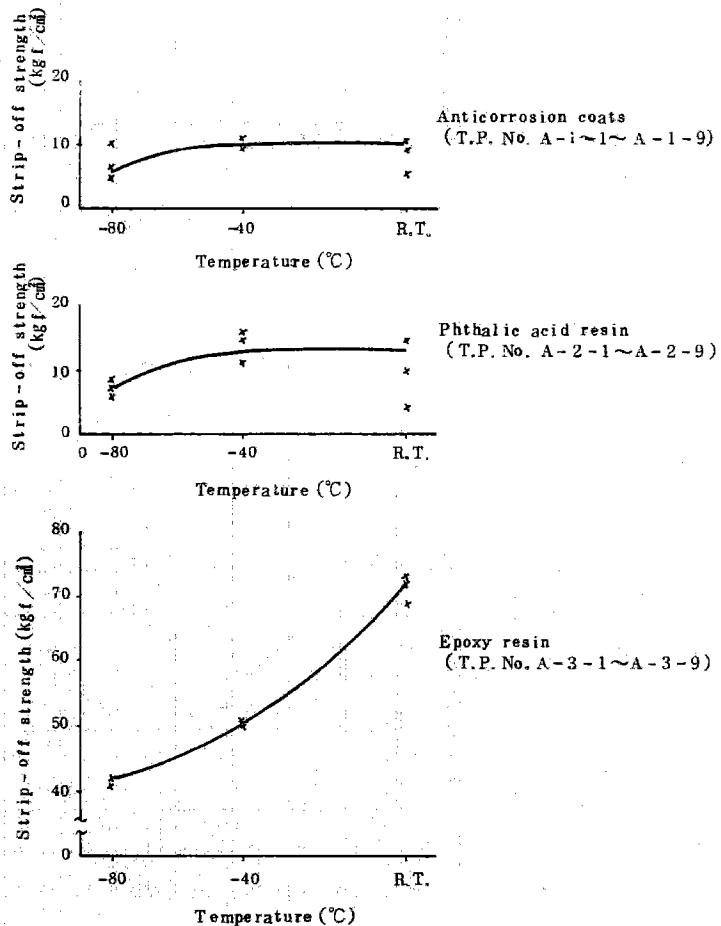


Fig.3-4 Test results - Strip-off strength of coats at low temperature

ii) 発生間もない赤錆  
のように、金属の表  
層面がおかされた程  
度のルースなものは  
簡単に除去できる。

しかし、黒錆や長  
期間を経て内面深く  
おかされた赤錆には  
ほとんど効果が期待  
できない。

iii) 油脂等のように、  
粘性はあるが、金属  
表面にのっている程  
度の付着物は簡単に  
除去できる。

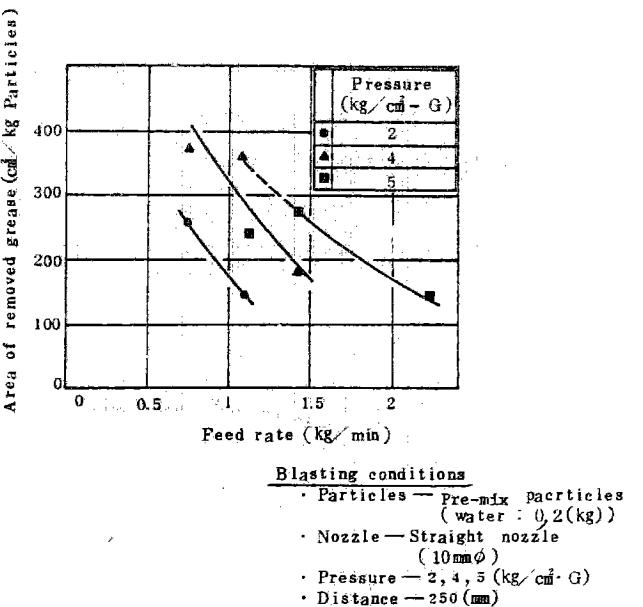


Fig. 3-5 The effect of blasting pressure and feed rate on rust \*<sup>2</sup> (2)

\*2 : rust during 17 days outdoor

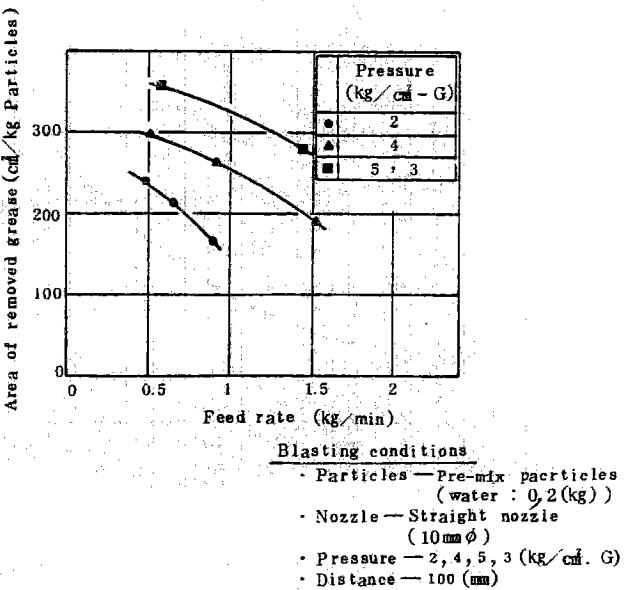


Fig. 3-6 The effect of blasting pressure and feed rate on grease

以上のような結果に対して、現状で研磨力に限界のある対象物の除去を可能  
に近づける方法としては、粒子の物性改良が第一と考えられる。

### 3.2 研削効率の把握

除染作業に於いて重要なことは、いかに短時間で除染効果をあげ、かつ、二次廃棄物の発生を少なくするかである。

性状、形状の異なる除染対象物毎に、どのタイプのノズルを適用すれば、最も短時間で除染効果が得られるかを把握するために実験を行った。試験を簡略化するため、模擬試験片は、深さ方向に研削効果が把握できる赤煉瓦一種類に絞った。ノズルの形状と投射距離をパラメータとしてプラスト試験を行った。その研削効果と研削パターンから、どの形状のノズルが、どういった対象物に適しているかを推定することとした。

本試験で使用したノズルは、以下の4種類である。

- a) 超音速型拡がりノズル(I) ..... (ディフューザ部の広がり角 $15^{\circ}$ 、空気吸い込み口がノド部の入口側)
- b) 超音速型拡がりノズル(II) ..... (ディフューザ部の広がり角 $15^{\circ}$ 、空気吸い込み口がノド部の出口側)
- c) 超音速型絞りノズル ..... (ディフューザ部の広がり角 $2.5^{\circ}$ 、空気吸い込み口がノド部の入口側)
- d) ストレートノズル ..... (ディフューザ部の広がり角 $0^{\circ}$ 、空気吸い込み口はなし)

以上4つのノズルについて、投射距離とプラスト効果(粒子の広がりおよび赤煉瓦の研削深さ)の試験結果をFig. 3-7に示す。

ここで、ストレートノズルの場合は、他の3つのノズルの場合に比べて、煉瓦の硬さが若干柔らかかったため、そのプラスト効果は大き目に出ているので注意を要する。

この結果から、除染作業を効率的に行うには、以下の選択で行うのが良いことが分かった。

- I) 除染対象物の被除染面が単純な平面で、かつ、投射距離が自由に選べる場合の除染用 ..... ストレートノズル
- II) 除染対象物の被除染面が複雑な形状のものや、平面であっても投射距離に制約がある場合の除染用 ..... 絞りノズル

特に、絞りノズルは、研削跡が狭く、かつ、深くえぐれることと、投射距離に対してフラットな研削特性があるため、被除染面が狭い隙間や凹凸がある等して、投射距離が若干变っても、研削効果が変わらないで欲しい場合に適する。

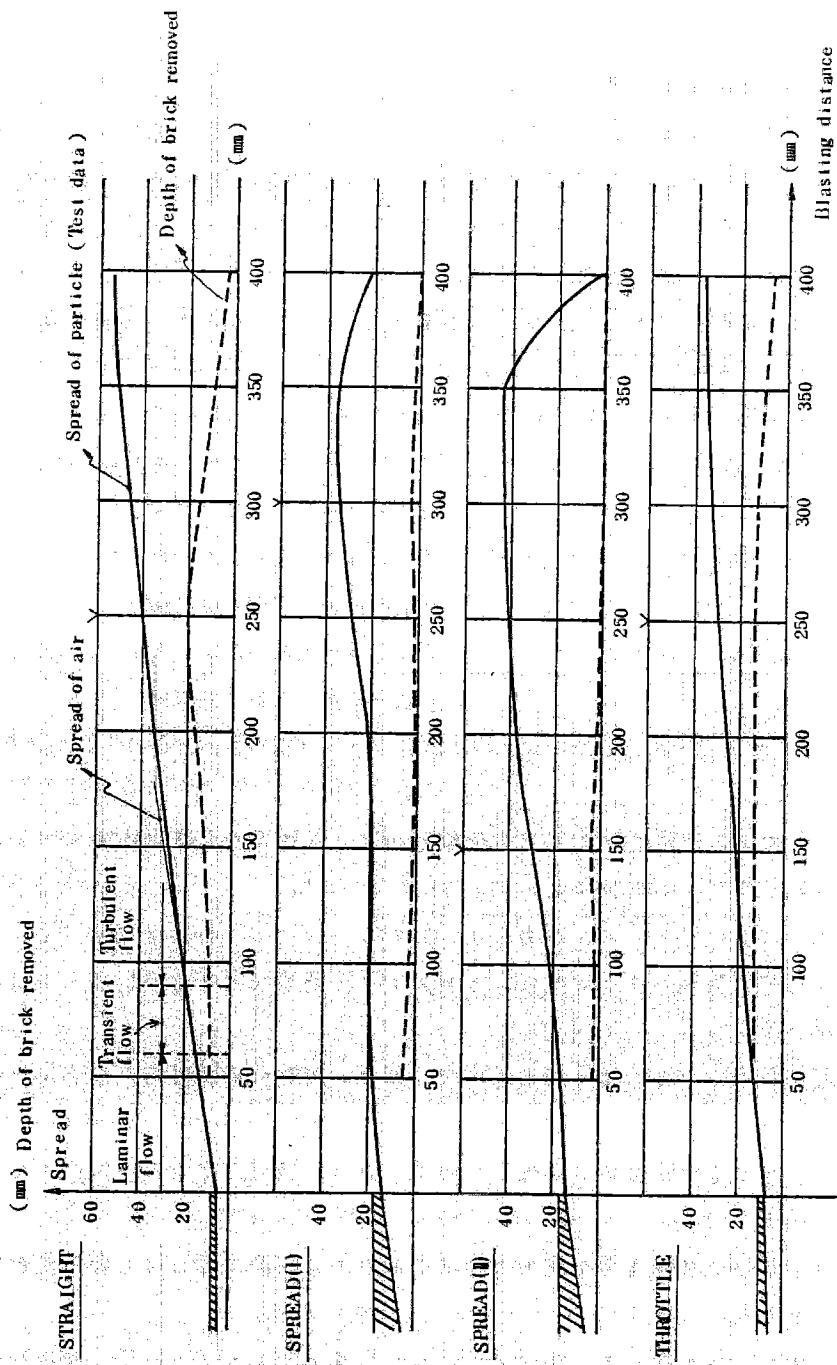


Fig. 3-7 Cross section of Spread of particle and depth of brick removed by nozzle shape

#### 4. 氷粒プラスト装置の基本設計

##### 4.1 基本仕様

本装置に要求される基本仕様は以下のとおりである。

- (1) 実用・実験併用装置であること。
- (2) 動燃事業団殷大洗工学センターWDF内操作室に設置でき、使用しない時には、取り外し、移動可能であること。
- (3) 氷粒・ドライアイス粒およびその混合物の投射が可能であること。
- (4) セル内に設置する構成部品の操作および保守がMSミニプレータにて実施できること。
- (5) 実除染作業に必要な連続投射時間は15分とする。
- (6) 将来装置が改良改善される場合を考慮し、それに対応出来るようにしておくこと。
- (7) 出来るかぎり自動化、省力化を計ること。

##### 4.2 装置化の為の問題点の検討

58年度の設計研究に於いて提起された諸問題点について、本試験研究で、対策方法を実験による確認あるいは調査検討した結果の要点は、以下のとおりである。

###### (1) プラスト粒子製造装置

WDF向けにはプレミックス法が適している。粒子製造装置の形式は、未だ検討・開発すべき項目を残してはいるが、他に有効な装置が見い出せない現時点に於いては、ダイス押出し方式を選定することとした。

###### (2) プラスト粒子連続供給方法

数kg/cm<sup>2</sup>～10kg/cm<sup>2</sup>ある搬送空気圧力の境界をフィードタンクまでとする方法が、シールの容易さから採用できる。

また、連続供給の最適方法としては、二基のフィードタンクを並列二系統になるように置き、弁を介して粒子製造装置と直結し、弁の切替え操作にて、一方のタンクを使ってプラスト中に、他方のタンク粒子を充填するタンク切替え式供給方法（Fig. 4-2 を参照）を提案した。

(3) フィードタンク内ブリッジ対策

振動法の一種であるエアノッカが最有望と見たので、今回、試験装置に取り付けて、実地に試験を行った結果、有効な方法であることが実証できた。

(4) 装置保冷方法

上記(2)で提案した方法の二槽のフィードタンクおよびロータリーフィーダ部を、冷蔵庫にまとめて収納するのが、現段階に於いては、最良な方法と考えられる。

(5) ノズル・ワンタッチ脱着機構

市販されているレバーロック式カブラおよび両路開放型クイックカブラの構造を一部改良したものが、製作可能で、信頼性の面からも最良な方法と考え、これらを提案した。

(6) フィーダの選定とスティック対策

研磨効率の向上方法として、粒子供給速度の低減、すなわち、搬送空气中の粒子密度を下げるやればよいことが分かったが、試験装置では、限度一杯で、最適値の把握まで出来なかった。

この対策としては、粒子供給を司るフィーダ部の改造案を、また、スティック対策としては、冷気によるプラスト装置の冷却と除湿を提案した。

(7) プラストホースの選定

耐寒性があり、低温時にも柔軟性を保つステンレス鋼のブレード付シリコンゴムホースおよびテフロンホースについて、低温下での曲げ伸ばし試験を行った。その結果、プラスト時に、ホース内側温度は約 -50°C 前後で、これら合成樹脂の柔軟性を保てる範囲にあり、使用上、問題ないことを確認した。

#### (8) 間歇的プラスト機構

試験用プラスト装置を使って、フィーダの運転・停止による間歇運動試験を実施した結果から、フィーダ部への冷気によるバージと上記(3)で提案したエアノッカを併用したシーケンシャル運動方法の採用で、間歇運動は可能であることを確認した。

### 4.3 基本設計

58年度および本年度の実験ならびに上記4.2項の検討結果から、WDF向水粒プラスト実用・実験装置としては、以下に示すシステムづ、プラスト粒子製造装置にダイス押し出し式プレミックス粒子製造装置を採用し、粒子供給装置と一緒にパッケージ化した装置が良いと考えられる。

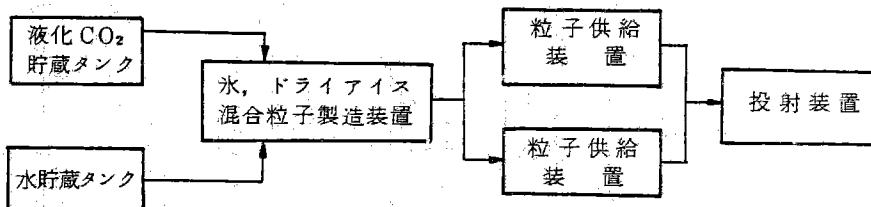


Fig. 4 - 1 Optimum ice-blasting system

このシステムおよび装置の設計条件に基づいて基本設計を行い、装置および主要構成機器の設計仕様を明確にした。

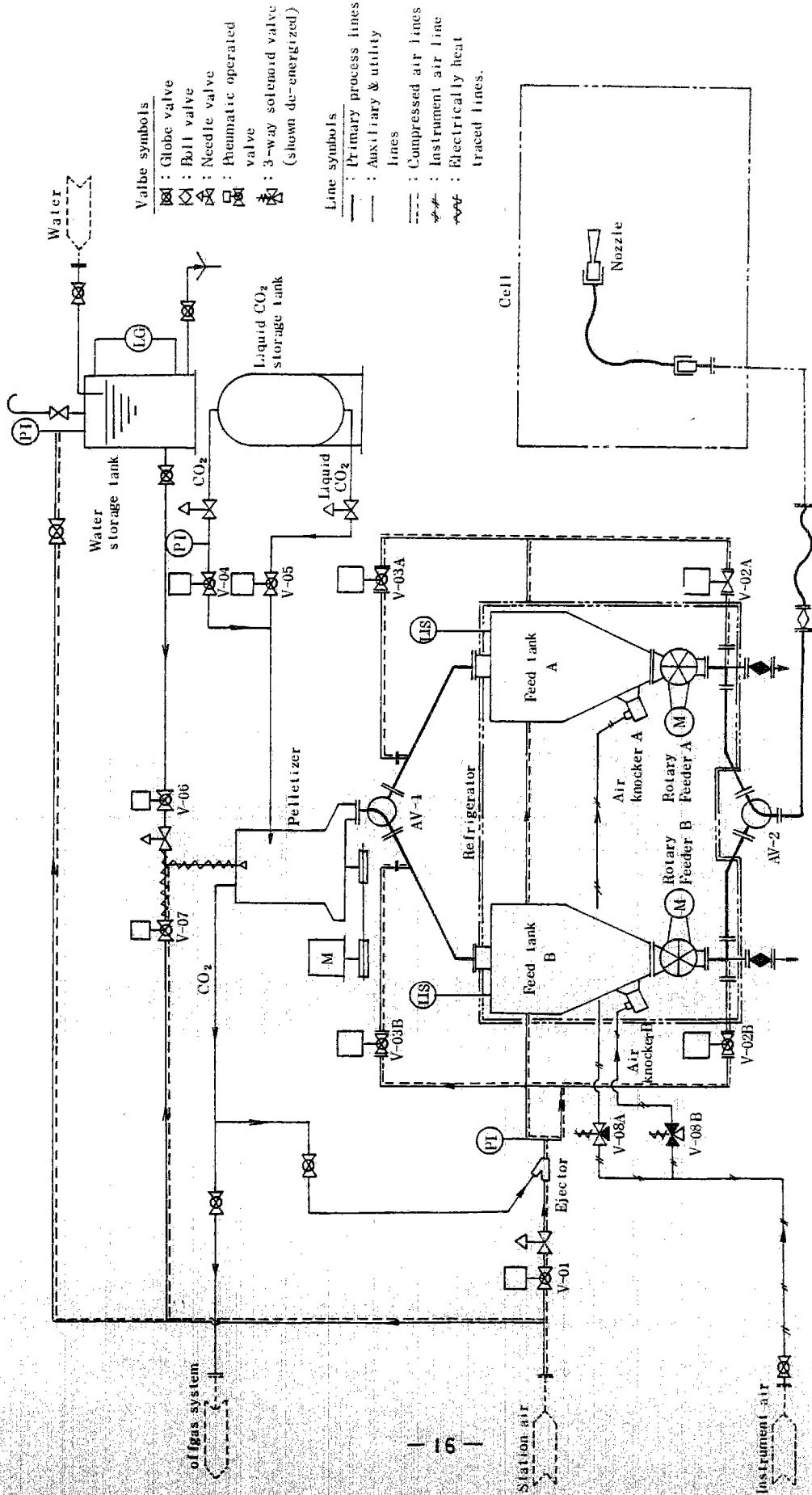


Fig. 4 - 2 Flow diagram of ice-blasting equipment