

TN8410 88-088

PNC 8410-08-022

内部資料

本資料は 年 月 日付けで登録区分、  
変更する。

2001. 6. 20

[技術情報室]

## 新型溶解槽部分モックアップ試験報告書

1988年6月

動力炉・核燃料開発事業団  
東海事業所

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 挨城県那珂郡東海村大字村松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

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

TN8410 88-088  
内 部 資 料  
PNC-18410-88-022  
1 9 8 8 年 6 月



## 新型溶解槽部分モックアップ試験報告書

須永 札倫 木下 節雄  
小島 久雄 林 正太郎

### 要 旨

リサイクル機器試験施設に適用する連続溶解槽を目標に球面体回転型連続溶解槽の開発を進め昨年度部分モックアップ試験装置を作成した。

この部分モックアップ試験装置を用いて、球面体回転型連続溶解槽の機械的な特徴である次の3点について評価を行なった。

- 1) 単一駆動力のみで溶解、洗浄、ハル排出の一連の動作が可能である。
- 2) バスケットの移動と同時にスラッジ捕集が可能である。
- 3) 装置のコンパクト化をはかるためバスケット間隔可変機構を採用した。

その結果として単一駆動力による一連の基本動作については問題がないことが確認された。しかし、摩耗や腐食環境下で使用される実機については尚次の2つの課題について取組まねばならない。

- 1) バスケット間隔可変機構の信頼性向上
- 2) スラッジ捕集機能の確実性の評価

## 目 次

1. 目的と背景 .....	1
2. 新型溶解槽部分モックアップ試験装置 .....	2
2.1 モックアップ装置の構造 .....	2
2.2 モックアップ装置の作動原理 .....	4
3. 試験項目と方法 .....	5
3.1 駆動確認試験 .....	5
3.1.1 無装荷バスケット駆動試験 .....	5
3.1.2 装荷済バスケット駆動試験 .....	5
3.2 剪断片装荷試験 .....	5
3.3 液切り試験 .....	6
3.4 ハル排出試験 .....	6
3.5 バスケットの穴と液交換性確認試験 .....	6
3.6 スラッジ捕集板の機能確認試験 .....	7
4. 試験結果 .....	8
4.1 駆動確認試験 .....	8
4.2 剪断片装荷試験 .....	9
4.3 液切り試験 .....	10
4.4 ハル排出試験 .....	10
4.5 バスケットの液交換性評価試験 .....	10
4.6 スラッジ捕集板の機能確認試験 .....	11
5. 考 察 .....	12
5.1 駆動確認試験 .....	12
5.2 剪断片装荷 .....	13
5.3 液切り時間の検討 .....	14
5.4 バスケットの傾斜板角度の検討 .....	14
5.5 バスケットの穴と液交換性 .....	15
5.6 スラッジの捕集について .....	16

6. 今後の課題	1 7
7. 結 言	1 7
図 (Fig.)	1 8
写真 (Photo)	4 0
表	4 6
APPENDIX	4 8

## 1. 目的と背景

R E T F に適用する連続溶解槽を目標に今まで球面体回転型連続溶解槽の開発を進めて来た。この連続溶解槽は、昨年概念を構築し、それまでの概念設計段階における円環型水平回転式連続溶解槽<sup>1), 2)</sup>の課題であった、バスケットハンドリングの簡略化をはかったものである。この簡略化によって 4 つ必要であった駆動装置は一つに減少した。一つの駆動装置すなわち単一駆動と言っても、その駆動方法はいくつか考えられるが具体化の可能性が高いリンク連結方式とギヤー運動方式の 2 つのタイプに絞って検討を行い、このうち比較的製作しやすいギヤー方式を採用して、球面体型連続溶解槽（新型溶解槽）の部分モックアップ試験装置を製作することになった。しかし、ギヤー方式ではギヤーの製作にかなりの日数を要することが判明したため、実際には、入手が容易で、ギヤー方式と原理的に同等なスプロケット・チェーン方式を適用して製作を行なった。

本試験では、この部分モックアップ試験装置によって、本機で採用したバスケット駆動方式の機械的な動きについて所定の性能を有するか確認し問題点の抽出を行なうとともに本連続溶解槽の一つの特徴である小孔バスケットについて模擬燃料剪断片と水を用いて固体と液体の両面からその特性評価を行なうことを目的とする。

## 2. 新型溶解槽部分モックアップ試験装置

### 2.1 モックアップ試験装置の構造

本モックアップ試験装置は「球面体回転型連続溶解槽の概念設計」(PNC-I8410-88-016)を基本にして設計されたが、駆動方式についてはスプロケット・チェーン方式を採用して製作した。モックアップ装置の構造について以下に説明する。

装置の全体構造をPhoto. 1に示す。本来の溶解槽には気密を保持する機能があるが、モックアップ装置では観察のためカバーを省略し、水シールについても簡略化を行なったので気密は保持できない構造となっている。装置の寸法については240kgHM/dの処理容量を前提にして決定した。次に装置各部についてFig. 1を使って説明する。

#### ① 貯液槽

貯液槽を構成する内壁と外壁は中心を共有する2つの球面から形成され槽中心部を通る球面の半径はバスケット同士が干渉せず、しかもできるだけ小さくなるように決められて1154mmとなっている。貯液槽はバスケットと同様に球面構造とすることによって装置全体としてコンパクト化がはかられている。槽の巾については槽とバスケットの製作精度を考慮して干渉を防止する対策を講じ本来の臨界寸法より大きい114mmに設定した。貯液槽は、溶解部、洗浄部およびハル排出部に区分され、溶解部と洗浄部には水を流す注水口が槽底部に、その溢水を流す溢水口を槽の側面に取り付けてある。また、溶解部側面にはアクリル製の窓を取り付け、内部が観察できるようになっている。貯液槽は、水試験を行なうことを考慮してSUS304製とした。

#### ② バスケット

バスケットは貯液槽の中に挿入するため、貯液槽を構成する球面と中心を共有する球面で成形されている。その内巾は70mmで実機と同じ寸法にしてある。バスケットの総数は12個でそれぞれ1から12までの番号が付けられ、1つ1つ区別できるようになっている。No.12のバスケットは1mmφパンチングプレートと3mmφのパンチングプレートを張り合わせた合板構造で、実機に適用する0.9mmφ以下の穴に近似させた。他のバスケットは3mmφのパンチングプレートのみで製作したダミーである。No.12のバスケットはFig. 2に示すように、排出角を変えられるように傾斜板の交換が可能な構造になっており、傾斜板として30°、40°、50°、60°の4種類用意した。各バスケットに共通してバスケット最下部にはスラッジ捕集板を取り付ける基板を設け、片側面にはバスケットの姿勢を調整するローラーを取り付けた。

### ③ スプロケット・チェーン

実機の連続溶解槽には前述の概念設計で検討したリンク連結方式の適用を考えているが、本モックアップ装置では第二案のスプロケット・チェーン（ギヤ連動）方式を採用しているので、リンク方式のように、バスケット間隔が任意に調整できず、ステップ的に間隔を調整することになる。しかし、ステップ数を増やすと、バスケット間隔の調整自由度は大きくなるがスプロケットとチェーンの種類が増え更に余分なスペースが必要となり間隔調整のメリットが薄れる。本装置では、ステップ数を最低の1としてバスケット間隔を2段階に設定し、4組のスプロケット・チェーンを選定した。それを2つに分けて長間隔用と短間隔用として貯液槽の上面に配置した。各チェーンは、槽の両側円周に沿って固定され、バスケット回転軸に取り付けられたスプロケットがこのチェーンの上を回転してバスケットが水平方向に回転移動する。スプロケットの有効径の比は長間隔用と短間隔用で2:1に設定してあるので移動速度の比は2:1となる。Fig. 3に長間隔↔短間隔の乗り継ぎ部を示す。

### ④ 水平回転駆動リング

水平回転駆動リングは、台座の中心にある支柱に取り付けられ水平面で回転できる構造となっている。この駆動リングはギヤーと一体化しており支柱に固定されたギヤードモーターによって回転する。駆動リングの外周下面にはチェーンが全周に取り付けられ、バスケット回転軸のスプロケットとのかみ合いによって回転駆動させるようになっている。

### ⑤ 駆動用ギヤードモーター

水平回転駆動リングを直接回転させる駆動源で、台座上支柱の側面に固定されている。モーターの出力は100W、回転数は1500rpmで内臓ギヤーによって1/1200に減速されて、1.25rpm となっている。

### ⑥ バスケットローラーガイド

バスケット側面に取り付けられているローラーがガイド上を移動することによってバスケットの姿勢を抑制するものである。ローラーガイドの下りのスロープには蝶番が取り付けられ、ガイドが折れ曲がり、バスケット回転軸が通過できるようになっている。

### ⑦ 浮き上がり防止板

スプロケットがチェーンの上を動くと外側のスプロケットは浮き上がり、ピッチがずれる恐れがある。その対策として浮き上がり防止板を設置した。実機では、この浮き上

がり防止板はカバーと一体になる。

#### ⑧ 装荷用シート

モックアップ装置本体にある装荷用シートは、それだけでは短いため別のシートを取り付けた。バスケットに剪断片を投入する装荷試験では常にこのシートを使用する。シートの形状等をFig. 4に示す。

### 2.2 モックアップ試験装置の作動

本モックアップ装置の特徴である水平回転駆動のみによるバスケットの運動動作について説明する。

12個のバスケットのうち7個は短間隔用チェーン対上に、残り5個は長間隔用チェーン対上に配置されている。これらのバスケットは回転軸に固定されたスプロケットがチェーン上を回転することによって連続的に水平方向に旋回移動する。この水平方向に一回転する間に、初め装荷位置にあったバスケットは溶解→洗浄→ハル排出→待機→装荷と一順し元の位置に戻る。この経過を貯液槽の展開図Fig. 5に示す。特に横転・反転ローラとローラガイドによってバスケットの姿勢を変化させる状況をFig. 6に示した。

### 3. 試験項目と方法

#### 3.1 駆動確認試験

##### 3.1.1 無装荷バスケット駆動試験

モックアップ装置設置後、初めて行なう試験であるため、バスケットが所定の基本動作を示すか、その観察を中心に次の項目について確認を行なった。

- ① バスケット間隔の保持（不変性）
- ② バスケットの移動状況（溶解部）
- ③ バスケットの横転状況（溶解部～洗浄部）
- ④ バスケットの反転状況（洗浄部～ハル排出部～溶解部）

①バスケット間隔の保持に関してはバスケットの初期位置をバスケット回転軸端の中心点で設定し、その直下の貯液槽にマーキングを行ないバスケットを水平回転させて、特定のバスケット（No.1）が1周する度に他のバスケットの初期位置からのずれを測定した。

##### 3.1.2 装荷済バスケット駆動試験

この試験では、実際のハルの重量に相当する負荷約4kgを各バスケットにかけて3.1.1と同様な項目について確認を行なった。

#### 3.2 剪断片装荷試験

No.12のバスケットを装置の装荷口の直下に停止させてシートを通じて10kgHM相当の模擬燃料剪断片（合計個数1690）をいくつかのパターンで装荷し次の各項目について確認を行なった。使用した剪断片の形状、材質等についてはFig. 7に示す。

- ① 剪断片、ワイヤーのシートバスケット間隙やバスケット孔からの飛び出し有無
- ② 剪断片によるシートの閉塞
- ③ バスケット内のブリッジ生成有無
- ④ バスケット内の剪断片の分布状況

剪断片の装荷パターンは次の4通りで各々2度繰り返して行なった。

- i) 1カット分（169個）を10回装荷
- ii) 2カット分（338個）を5回装荷
- iii) 5カット分（845個）を2回装荷

iv) 10カット分(1690個)を1回装荷

装荷はまず、剪断片を装荷単位毎に袋に分けて用意し、所定の数だけ順次シートの上部より投入する自然落下方式で行なった。袋毎の装荷時間の間隔は特に限定せず、前の装荷が終了した後速やかに次の装荷を行なうこととした。

### 3.3 液切り試験

溶解が終了するとバスケットは洗浄槽へ移行するが、この移行の間にバスケットは溶解液面上で保持されて溶解液を溶解側に戻すいわゆる液切りを行なう。また、洗浄が終了しハル排出工程へ移行する時点でも洗浄液の液切りを行なう。

モックアップ試験では1mmφの穴をあけたバスケットの液切り性について評価する。試験は初め、貯液槽に水を所定レベルまで満たし、バスケットには、あらかじめ模擬燃料剪断片を1690個装荷しておく。このバスケットを水平に回転させて液切りの位置に移動して液面から約20mmの高さでその姿勢を保持する。その後から滴下液の回収を開始しその液量の経時変化を測定した。この試験では、剪断片に同伴された液量については測定しなかった。バスケットに模擬燃料剪断片を装荷した場合に加えて比較のため何も装荷しない場合についても同様な測定を行なった。いづれの場合にも滴下液量の測定は溶解部から洗浄部の間と、洗浄部から排出部間の各液切り場所で1回ずつ計2回行なった。

### 3.4 ハル排出試験

No.12のバスケットにハルの代りに模擬燃料剪断片を装荷し、ハル排出位置でバスケットを手で支えながら徐々に反転させ、剪断片が完全に排出される時のバスケットの角度を分度器によって測定した。尚No.12のバスケットは、傾斜板の付け替えにより30°から60°まで10°毎に排出角の調整ができるようになっているので、各々の傾斜板について2回反転を行なってそれぞれバスケットの角度の測定を行なった。

### 3.5 バスケットの穴と液交換性確認試験

溶解中あるいは、洗浄中の溶解液または洗浄液が拡散する時バスケット穴による影響を受けるかを2つの試験によって確認した。

- 1) 洗浄槽(容量30ℓ)に水を満たし、槽の端の所定の場所から飽和食塩水を約70mℓ/minで15分間定量ポンプにより供給し洗浄槽内の決まった点における食塩濃度の経時変化

を測定した。

濃度測定は、槽内にバスケットを入れた場合と入れない場合で行ない測定点は、洗浄中のバスケットの位置を代表するようにバスケットの中央部の水深約50mmの位置とした。

2) 洗浄槽に水を満たし 1) の場合における食塩水の供給位置と濃度測定位置を逆にして食塩濃度の経時変化を測定した。

1)、2)の場合とも槽内の食塩濃度の測定には、複合ナトリウム電極を用いた食塩濃度計（8H-7型、堀場製作所製）を使用した。食塩水の定量供給には「イワキ電極定量ポンプEP型」を使用した。槽内浸漬用のバスケットには1mmΦの穴をあけてあるNo.12のバスケットを使ったが、この場合にバスケットの中には模擬燃料剪断片等は装入しなかった。

### 3.6 スラッジ捕集板の機能確認試験

バスケットを使用する連続溶解槽では、スラッジの堆積が起こりやすいため、連続的にスラッジを槽内から取出す方法を考えなければならない。モックアップ装置では、スラッジ堆積防止の一つの方策としてスラッジ捕集板なるものを考えて各バスケットの底部に装着した。試験では、あらかじめ貯液槽底部に投入した模擬スラッジ100cc (SUS粉42~120mesh) をバスケットの水平移動とともにこの捕集板によって貯液槽の端に設けたピットに落とし込むことを試み、スラッジが捕集板によってどのように移動するか観察した。捕集板には、厚さ0.1mmと0.2mmのステンレス板を使用し、その形状と寸法は、移動する時に貯液槽底面のみに接するように決めた。Fig. 8に捕集板をバスケットに装着し貯液槽に装入しバスケットの側面から見た状況を示す。Photo. 2にバスケット底部に装着した捕集板の様子を写真で示した。

## 4. 試験結果

### 4.1 駆動確認試験

#### i) バスケット間隔の保持

バスケットを水平方向に4回旋回させ1周毎にバスケット各々について初期位置からのずれを測定した結果をFig. 9とFig. 10に示す。

Fig. 9はバスケット中に何も装荷しない状態で旋回させた時の位置のずれを表わすもので、バスケットNo.1を基準点(0点)に合わせると、他のバスケットは全体的にマイナス側に寄ってはいるが基準点からのずれは3mm以内に入っていることがわかる。またFig. 10はバスケット中にハルの重量に相当する模擬材料を装荷して行なった時の位置のずれを表わすが、この場合のずれ方は、+と-の両側に広がりを持ちその分布巾の絶対値は3.5mm以内で納まっている。

本モックアップ試験装置のスプロケット・チェーンの持った進行方向前後のガタツキは最大±3mm程度、バスケットNo.1を基準点に合わせる時の停止精度は±0.5mm及び測定誤差が±0.5mm位はあるので全体として±4mmのずれを観測する可能性がある。いっぽうスプロケット・チェーンの歯が一つずれると最低でも16.5mmのずれが生ずる。実際に測定されたずれは高々3.5mmであることからスプロケット・チェーンの歯のずれは起らなかった。したがって、スプロケット・チェーンによるバスケット間隔の保持については問題なく達成された。

#### ii) バスケットの移動（溶解部）

溶解部におけるバスケットの水平移動はバスケットに負荷をかけてもかけなくともスムーズでバスケットの半径方向のブレもほとんどなく良好であった。

#### iii) バスケットの横転（溶解部～洗浄部）

バスケットが溶解部から洗浄部へ移行する時や、洗浄部から排出部へ移行する時には、横転棒により横転（バスケットが90°回転）するがその状況についてはバスケット中の負荷の有無によらずスムーズに行なわれた。また、バスケットのブレもなく良好な結果が得られた。しかし、横転棒については局部的に摩耗しているところがありバスケット側板との平行がずれていることが認められたが、バスケットの横転には特に問題となるものではない。また、このずれは修正が可能である。

Photo. 3に溶解部から洗浄部へ移行するときのバスケットの状況を写真で示した。

## iv) バスケットの反転（洗浄～ハル排出～溶解）

洗浄終了後、バスケットはⅲ)で述べたように横転状態でハル排出工程へ移行し、反転棒の作用によってバスケットは更に90°回転し、初めの姿勢から見て上下が逆になる。この間のバスケットの回転（反転）はバスケットローラーとローラーガイドの働きによって連続的にスムーズに行なわれ、バスケット中の負荷の有無による差異はほとんど見られなかったが、バスケット中に負荷があるとその重量によるバスケット重心が後方へわずかにずれるためにバスケットが反転するタイミングが若干遅れることが認められた。

バスケットが完全に反転し排出部を通過するとバスケットは、バスケットローラーとローラーガイドによって横転姿勢に戻るがこの時後続の反転しているバスケットとはi)で述べたように間隔が保たれており干渉することはなかった。引き続く溶解部への移行もバスケットローラーとローラーガイドによりスムーズに行なわれた。

以上洗浄部からハル排出部を経て溶解部へ移行するときのバスケットの状況をPhoto. 4に示す。

## 4.2 剪断片装荷試験

4通りの装荷パターンで模擬燃料剪断片をバスケットに装荷した時の状況について説明する。装荷中の観察では装荷パターンによらず次のことを確認した。

- ① 剪断片（含ワイヤー）のバスケットの装荷口や穴からの飛び出しへはなかった。
- ② 剪断片によるシート内の閉塞はなかった。
- ③ バスケット内に剪断片によるブリッジは起こらなかった。
- ④ 模擬燃料 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の粉体の飛散、水の跳上がりは認められた。

Fig. 11に装荷パターンごとの剪断片の分布状況を示す。試験は各パターンについてそれぞれ2回繰り返しているがどのパターンもよい再現性が認められる。各パターンの分布状況の特徴については次のような傾向がある。

- ① 1回の装荷量が少ないと装荷口直下における剪断片の堆積高さが高くなる。液レベルから測った剪断片の平均深さと装荷単位カット数との関係をFig. 12に示した。
- ② 1回の装荷量が多くなると剪断片は横に広がりやすくなる。堆積した剪断片の山の勾配と装荷単位カット数の関係をFig. 13に示した。

これら2点について装荷単位カット数が5以上になるとカット数の影響が薄れてくる傾向があることが認められる。

#### 4.3 液切り試験

Fig. 14にNo.12のバスケットを用いた液切り量の経時変化を示す。バスケット中に剪断片を含んでも含まなくとも液切りを始めて数分間は液の滴下が早く、その後はかなり遅くなつて30分後には液切りがほとんど終了したと見なせる状態になっている。このことから液切り時間として30分程確保できれば充分ということになるが、実際に取れる液切り時間については後で考察する。

#### 4.4 ハル排出試験

バスケットの傾斜板角度 $\theta$ とハル（模擬燃料剪断片）排出時のバスケットの反転角度 $\varphi$ からハル排出角 $(\theta + \varphi - \pi)$ を求め、傾斜板角度 $\theta$ との関係を表わすとFig. 15のようになる。この図からわかるように傾斜板の角度 $\theta$ が大きくなるにつれてハル排出角 $(\theta + \varphi - \pi)$ が小さくなり、 $\tan(\theta + \varphi - \pi) = 0.5$ 程度で一定する傾向がる。4種類の傾斜板で最も角度の小さい30°の場合にはバスケットの反転角 $\varphi = 185^\circ$ となって、バストットが180°完全に反転してもハル（剪断片）排出が完了せずさらに5°程度余分に回転が必要であったが、他の傾斜板ではその必要はなかった。

ワイヤーについてはハルが完全に排出されても常に数本あるいは多い時には10数本バスケット中に残ることが観察されたが、残留ワイヤーが増加することはなかった。

#### 4.5 バスケットの液交換性評価試験

i) 洗浄槽の一端から飽和食塩水を定量供給してバスケットの洗浄位置でNaCl濃度の経時変化を測定した結果をFig. 16に示す。図中のNaCl濃度率は飽和食塩水の供給を停止して5分後に槽内を充分に攪拌した後NaCl濃度を測定しその時の濃度を1.0として各時間における濃度を表したものである。また黒丸(●)と白丸(○)はそれぞれNaCl濃度をバスケットの中及びバスケットを槽外に取り出して同じ位置で測定したものを表わしている。食塩水の供給開始から4～5分後にセンサーがNa<sup>+</sup>イオンの検出を始め2分間程度濃度計の指針が不安定となるが、その後は直線的な濃度上昇に転じ安定する。この直線部分の比較ではバスケットの存在はNaClのバスケット中への拡散に影響を与えていないといえる。したがって1mmの穴があいているバスケットの内外での液交換性については全く問題がないことになる。

ii) i) の場合における食塩水の供給と濃度測定位置を逆にした時の濃度変化をFig.17に示すが、この場合のNaCl濃度率の変化はi) の場合と同様な結果となっているが、見掛け上バスケット有無によって若干ずれが認められる。図中の黒丸(●)はバスケット中に食塩水を供給したものであるがNaCl濃度率がバスケットを使用しない場合(白丸○)に較べて低めの値になっている。これは攪拌後の到達濃度の値が若干高めに測定されたためと考えられ、この値の替りに経過時間20分の時点の濃度を到達濃度としてこれを濃度率1.0にした場合の濃度率の直線はバスケットなしの場合の直線とほとんど一致するようになる。このような直線関係については後で考察する。

#### 4.6 スラッジ捕集板の機能確認試験

バスケットにスラッジ捕集板を取り付けて水平に回転させスラッジがどのように捕集されるか観察した結果次のことがわかった。

1) 厚さ0.2mmの捕集板を取り付けるとバスケット自体が捕集板から大きな力を受けてバスケットが浮き上がり、バスケットローラーが貯液槽に接触しなくなる。

この状態でバスケットを水平回転させるとスラッジは捕集板により移動したが徐々に捕集板と貯液槽のすき間へ押しやられ槽底部のコーナに残留した。また、捕集板が通過接触した後の槽底面には僅かながらスラッジが残存していたが、この状況は目視でははっきりせず指先の感触により確認した。

2) 厚さ0.1mmの捕集板の場合はバスケットが浮き上がることがなくローラーは常に貯液槽と接触していた。バスケットの水平回転に伴うスラッジの移動については0.2mmの捕集板と比較すると捕集板の通過接触した後の槽底面に残るスラッジの量が多く捕集板の下をすり貫ける率が高いことがわかった。その時の状況はスラッジの多いところと少ないところが交互に現われ捕集板と平行な縞模様を呈していた。捕集板の厚さによる比較では0.2mmのほうが0.1mmよりも捕集の効率がよいことが確認された。

## 5. 考 察

### 5.1 駆動確認試験

#### (1) バスケット間隔の保持について

本モックアップ試験装置の特徴であるバスケット間隔保持についてはバスケットが水平回転移動しても特に問題はなかった。このようにバスケットの間隔がバスケットの周回数によらず一定していることは、このタイプの連続溶解槽では最も重要な機能の一つである。駆動確認試験中にはバスケットの間隔保持は充分に達成されたが、厚さ 0.2 mm のスラッジ捕集板を取りつけて行なった後のスラッジ捕集板の機能確認試験ではバスケットの間隔保持について異常が生じた。この異常の原因は厚い捕集板を取り付けたバスケットを水平回転させると長間隔チェーン（高速チェーン）から短間隔チェーン（低速チェーン）にスプロケットが乗り継ぐ時一次的にスプロケットがチェーンから開放され本来球面の中心に向いているバスケット軸が傾いて外側のスプロケットの歯が一個分遅れてチェーンに乗り継いだため、スプロケットの回転とチェーンのピッチが周期的にマッチせず、このミスマッチングの度に回転駆動リングが浮き上がる現象によるものであった。このミスマッチングは次の低速チェーンから高速チェーンの乗り継ぎ地点でも解消されずそのまま 1 ピッチのずれを引き継ぐ確率は高い。低速チェーンから高速チェーンへとミスマッチングを受け継ぐと高速チェーンのピッチが大きいためにより大きなずれが生じバスケットは貯液槽に当たりバスケットの移動に支障をきたすので乗り継ぐ前にミスマッチングを解消する必要がある。

このようななずれの発生は高速チェーンから低速チェーンに移行する時にのみ見られ低速側から高速側へ移行する時には起こらなかった。この理由としては高速側ではスプロケット及びチェーンが大きいため乗り継ぎ時にずれを生じても 1 ピッチ分ずれるまでに致らないことによると考えられる。しかし既に乗り継ぐ前に 1 ピッチ分ずれていると前述のように乗り継ぎ時に高速側にもずれが引き継がれるので注意が必要である。バスケット駆動の信頼性を高めるためには、このようななずれの発生を防止する対策を講じなければならない。それには乗り継ぎ時チェーンから一時的に開放されたスプロケットを拘束しバスケット軸が傾かないようにすることが最も効果的である。すなわち乗り継ぎ時の開放されたスプロケットを新たに設けたギヤー（ラック）の谷に導いてずれの拡大を防止する。

本モックアップ試験装置のスプロケット・チェーンは製作上の便宜をはかるために採

用したものであって本来はギヤー方式（ラック・ピニオン）を使うことを考えていた。

しかし、このギヤー方式でも必然的にラックの不連続部が存在するので上述のずれが生じる恐れがあり注意を要する。実機の場合には貯液槽の巾は臨界寸法の約90mmであるからバスケット回転軸が少しずれるとバスケットが貯液槽に接触するためずれが大きくなることはなくなり、ギヤーが1ピッチずれる可能性はほとんどなくなると考えられるが、ギヤーの乗り継ぎ時のずれ防止対策を講じておく必要がある。また長期間の連續運転によりラック・ピニオンが腐食や摩耗によって形状が変化すると、ずれが発生する危険性があり定期的に綿密な検査を行ない交換等の時期を正確に予測しておく必要がある。

次に本モックアップ装置を腐食と摩耗の観点から考えることにする。

## (2) バスケット駆動時の摩耗について

本モックアップ装置は機械的に駆動させるためにかなり多くの部品から構成されているが、このことは実機を想定しても基本的に変わりはない。実機の場合には、これらの部品の内多くのものが腐食性雰囲気に曝され且つ摩耗が生じる。腐食環境下における摩耗についてはまだ定量的なデータはほとんどないが詳細設計にはこのようなデータが反映されなければならない。ここでは摩耗が生じる部品をリストアップし問題点の抽出を行なった。その結果を表-1にまとめた。表中装置に及ぼす影響について主なものはチエーン乗り換え時のピッチのずれが生じ、バスケットの駆動が不能になるとスラッジ捕集板の捕集効率が悪くなることであることを示した。ピッチのずれを最小限に止める方法については前にその例を示したように対策は講じられるので今後は許容される摩耗量がどの位か、また稼動日数でどの位かを明らかにすればよい。捕集板の捕集効率の悪化についてはどの程度まで悪化するのか、板厚形状を変えて調べる等今後の開発結果を待たねばならない。

## 5.2 剪断片装荷

剪断片の装荷パターンを変えて行なった試験の結果ではいづれの場合にも問題はなかった。実機で剪断片をバスケットに装荷するパターンは1カット分づつ10回で装荷するパターンに近くなると考えられる。この場合は試験結果で述べたように剪断片の堆積ピークが液レベルより上に出ないように注意することが必要である。というのは剪断機による剪断は剪断刃の移動に応じて順次行なわれるので剪断片の山のピークが高くなると考えられるからである。この対策としては次の3つの方法がある。第一にはバスケットを長くし貯液

槽も深くすることである。

この方法では貯液槽の径が大きくなり、装置のコンパクト化に対して不利になる。第二の対策として装荷終了後にバスケットを一時的に傾斜させて剪断片の山をなだらかにすることが考えられる。しかし、この方法はバスケットの水平方向に回転を行ないバスケットを横転させるため新たなローラーガイドが必要となると同時にバスケットの間隔を広げなければならぬことにもなり装置のコンパクト化に逆行する。第三の対策としてFig. 16に示すように装荷用シートをバスケットに対して垂直でなく傾きをもたせて装荷口直下での集積を緩和する方法が考えられる。3つの対策の中では装置に対して何ら悪影響を与えない第三の方法が最も適している。

### 5.3 液切り時間の検討

剪断片を装荷して行なった液切り試験では液切り時間として30分程度確保すれば充分であるという結果が得られたが、実際に液切り時間として何分間取れるか検討してみる。

Fig. 19に溶解槽の運転モードを示す。このモードでわかるように装荷時間として10分間、洗浄時間Rとして30分間取ると液切り時間L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>は共に30分間確保できる。各時間を合計すると1時間10分となるが装荷以外の場所では装荷時間は、その位置で保持されるのみであるから洗浄時間30分の内10分間は装荷の時間に対応している。また液切りのタイミングについては溶解液切り、洗浄液切りを同時に行なうことによって液切り時間の極大化をはかる必要がある。液切り時間の延長についてはその必要があるかはわからないが、その場合には今後洗浄効率を高めることによって30分の洗浄時間を20分とか15分位に短縮できる可能性があるのでその分液切り時間の延長はできると考える。しかし装荷時間10分についてはこれ以上短縮することは剪断機に余分な負荷をかけるので好ましくない。以上のことから液切り時間として30分確保することは工程上からも充分可能である。また、中空のハルの液切り時間についてはアルミナ入り剪断片の場合と同等と考えてもよいだろう。

### 5.4 バスケットの傾斜板角度の検討

バスケットの傾斜板の角度が大きくなるとハル排出角( $\theta + \varphi - \pi$ )はある値に収束する傾向があり、その正接 $\tan(\theta + \varphi - \pi)$ は0.5近傍であることが試験結果で示された。この値については傾斜板の角度が大きくなるにつれて傾斜板の長さが大きくなるためバスケットの側壁の影響が薄れ傾斜板の性質が排出時に強く現れたことによる見掛けの傾斜板

の静止摩擦係数に相当するものと考える。

ハル排出の確実さを考えると傾斜板の角度は大きいほうがよいのであるが、バスケット容積の有効利用の観点からは好ましいとは言えない。また、30°の場合のように余分にバスケットを反転させることもできれば避けたい。したがって傾斜板の角度としては40°～45°位が適当であると考える。

## 5.5 バスケットの穴と液交換性

液交換性の試験結果で示したFig. 16及びFig. 17の濃度率の直線を最小自乗法で求めると次のようなになる。

(1) 洗浄槽の端から食塩水を供給して洗浄位置で濃度を測定した場合

i) バスケットを使用して得られた直線 (Fig. 16中●印)

$$C = 0.0684 T - 0.160 \quad \text{寄与率} = 0.9998$$

ii) バスケットを使わずに得られた直線 (Fig. 16中○印)

$$C = 0.0698 T - 0.183 \quad \text{寄与率} = 0.9985$$

i) と ii) の直線の傾きの比較ではバスケットのない ii) のほうが 2 % 大きい。

(2) バスケット洗浄位置で食塩水を供給して洗浄槽の端で濃度を測定した場合

i) バスケットを使用して得られた直線 (Fig. 17中●印)

$$C = 0.0677 T - 0.1194 \quad \text{寄与率} = 0.9983$$

最終の到達濃度を補正すると次のようなになる。

$$C = 0.0693 - 0.122 \quad \text{寄与率} = 0.9983$$

ii) バスケットを使わずに得られた直線 (Fig. 17中○印)

$$C = 0.0715 T - 0.159 \quad \text{寄与率} = 0.9889$$

i) と ii) の直線の傾きの比較ではバスケットのない ii) のほうが 5.3 % 大きく、最終到達濃度を補正しても 3.2 % 大きくなっている。

(1)と(2)の結果からバスケットが介在しない場合に比べて介在する場合には  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  の拡散速度が見掛け上数 % 遅れると考えられるが取扱い上はほとんど差がないと見ることができる。実燃料の硝酸溶液中における溶解反応で生成する各種イオンの拡散については  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  と異なると考えられるが、バスケットの孔が拡散に与える影響については無視しても問題ないと考えられる。しかし実際の溶解にはガスの発生が伴うため、バスケット孔の液流に何らかの影響を与えると思われ、今後この評価を行なう必要がある。

### 5.6 スラッジの捕集について

スラッジの捕集板として0.1mmと0.2mmの肉厚のものを使って比較を行なった結果では、0.1mmの場合はスラッジが充分に捕束されず貯液槽底部に残留することがわかった。このような状況が実際のスラッジで起こるとスラッジが貯液槽底面に固着される恐れがあり、捕集板としては機能しなくなると考えられ捕集板の厚さとしては不充分であることがわかった。0.2mmの場合はスラッジの残留がほとんど起らなかつたが腐食や摩耗による減肉で0.1mmと同様に捕集機能の低下をもたらすと考えられる。腐食環境下で摩耗が生じるような状況では捕集板によるスラッジ回収方法はかなり難しく、捕集板をさらに厚くするだけでなく形状寸法も最適化を行ない且つ、交換が容易に行なえる脱着方法の検討が必要である。また5.1で考えたように装置の各部における摩耗はスラッジの捕集効率を悪化させて單に捕集板のみの検討では充分な結果が得られない。今後はこのことを含めて総合的に捕集板によるスラッジかき集め方式の妥当性を評価をしなくてはならない。

## 6. 今後の課題

モックアップ試験装置による試験結果の考察で抽出した主な今後の開発課題は次の3項目に集約される。

### (1) スプロケットの乗り継ぎ信頼性の向上

- i ) 乗り継ぎを確実に行なう方法を検討する。
- ii ) 部品等の腐食及び摩耗による装置寿命の推定を行う。
- iii ) 乗り継ぎのない方式例えはリンク方式の可否を判定する。

### (2) スラッジ回収の確実性の評価

- i ) スラッジ捕集板方式によるスラッジ回収方式の妥当性を総合的に評価する。
- ii ) 捕集板によらないスラッジ回収方法の検討を行う。

### (3) バスケット孔を通過する液流に及ぼす反応ガス気泡の影響評価

## 7. 結 言

連続溶解槽の実機を想定するとまだ多くの課題がある。今後はこれらの課題を中心に遠隔保守性を考慮しながら開発を進め連続溶解槽としての信頼性を高めなければならない。

### <参考資料>

- 1) 「新型溶解槽の設計研究（その1）」 P N C Z J 102 85-04
- 2) 「新型溶解槽の概念設計」 P N C Z J 6124 86-004 (1)
- 3) 「せん断試験装置（II）せん断試験報告書」 P N C S N 8410 86-15 より

百分率表示に変換を行なった。

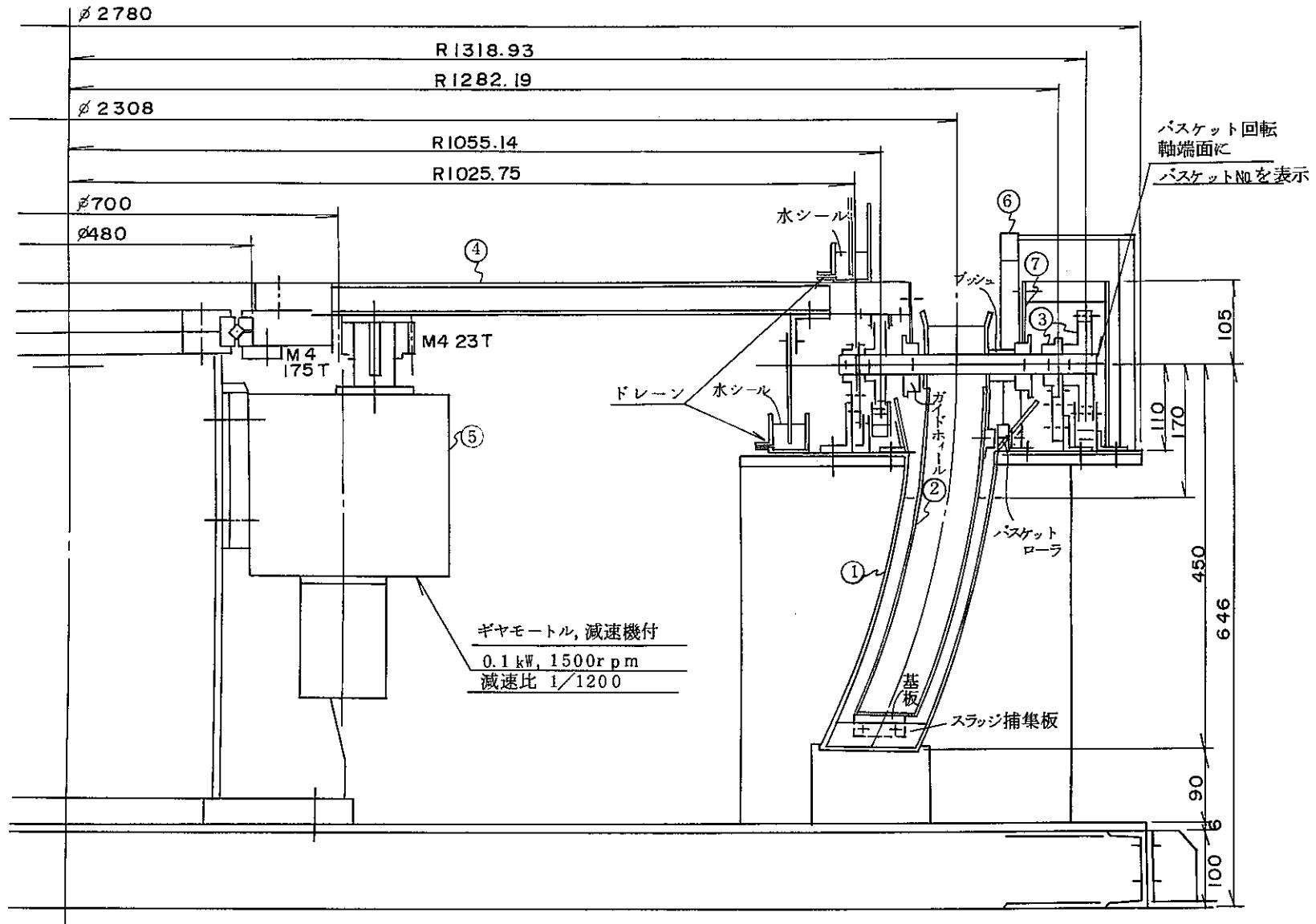


Fig. 1 新型溶解槽部分モックアップ試験装置の構造と主要寸法

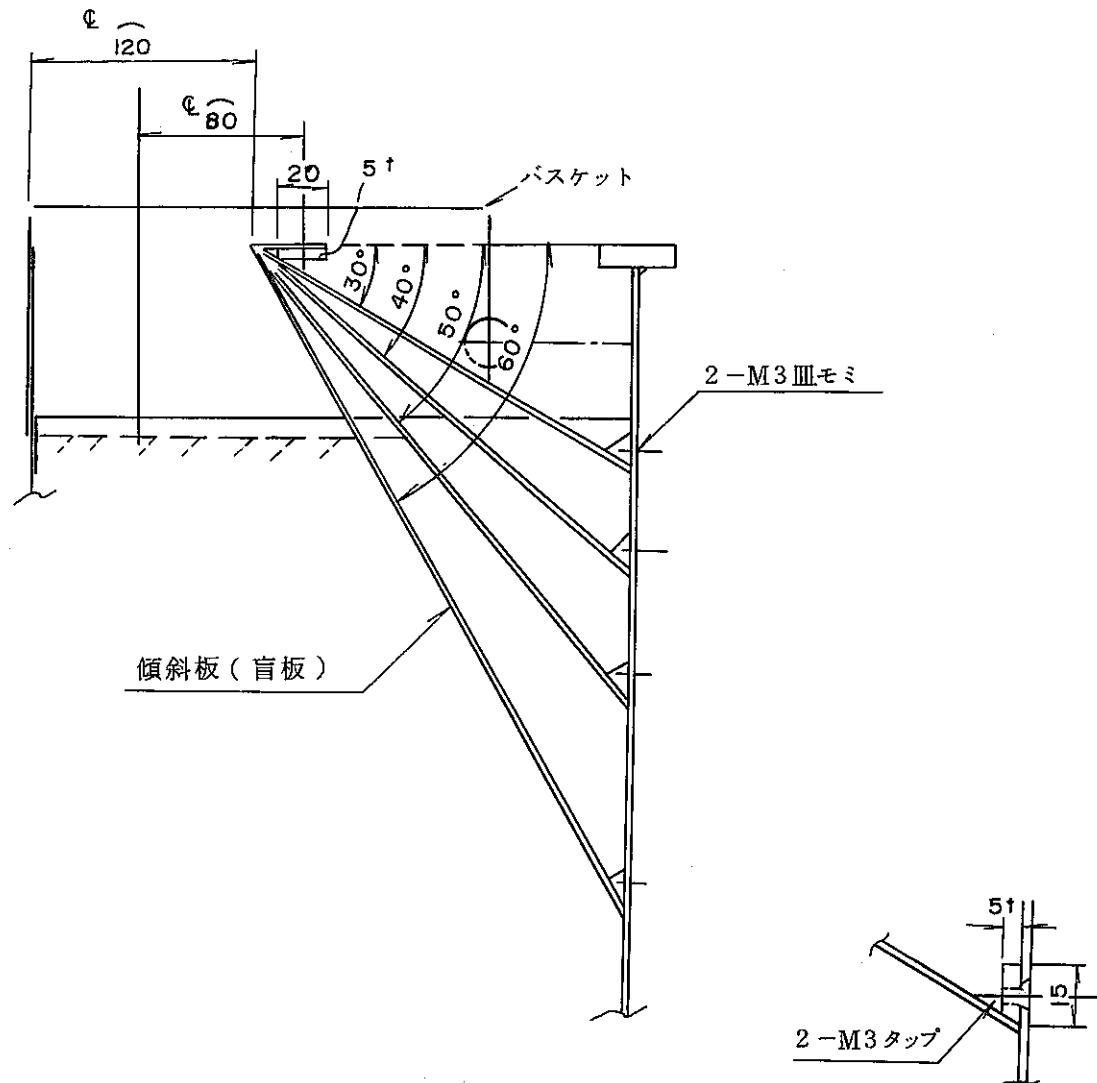
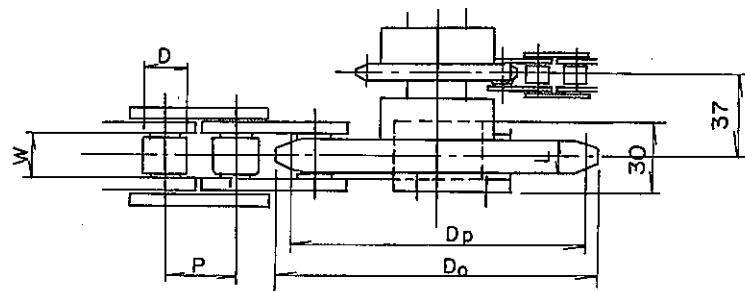
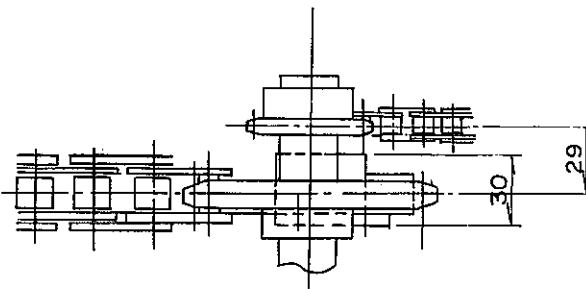


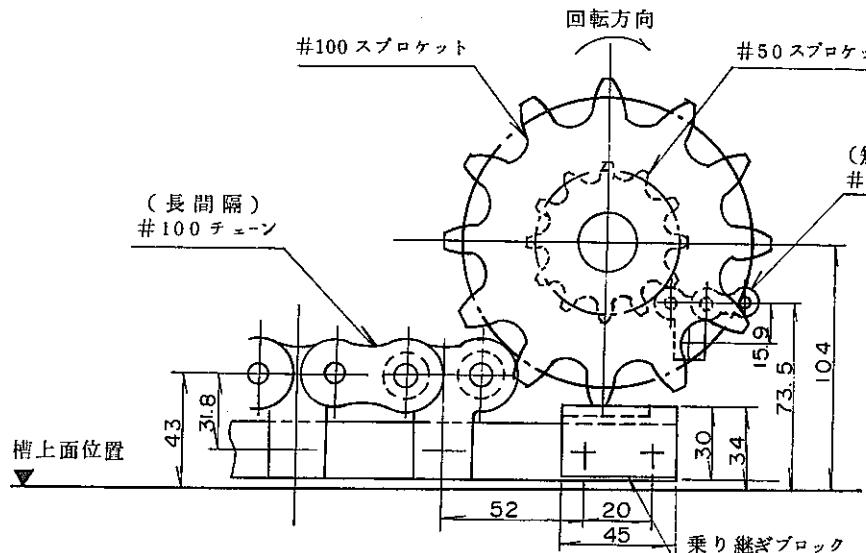
Fig. 2 バスケット傾斜板の取り付け角度の調整



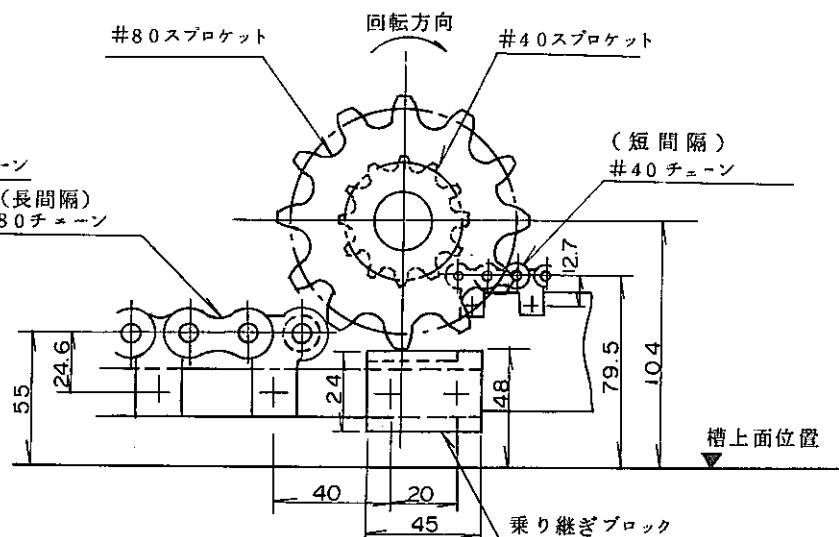
No.	スプロケット番号	箇数	ピッチ $D_p$	外径 $D_o$	歯幅
1	# 40	12	49.07	55	7.2
2	# 50	12	61.34	69	8.7
3	# 80	12	98.14	110	14.6
4	# 100	12	122.67	138	17.6



No.	チェーン番号	ピッチ $P$	ローラ径 $D$	ローラリング内幅 $W$	最小曲り半径
1	# 40	12.70	7.94	7.95	350
2	# 50	15.875	10.16	9.53	400
3	# 80	25.40	15.88	15.88	600
4	# 100	31.75	19.05	18.90	800



#100 チェーンと #50 チェーン間の乗り継ぎ(外側)



#80 チェーンと #40 チェーン間の乗り継ぎ(内側)

Fig. 3 長間隔 ↔ 短間隔 の乗り継ぎ部

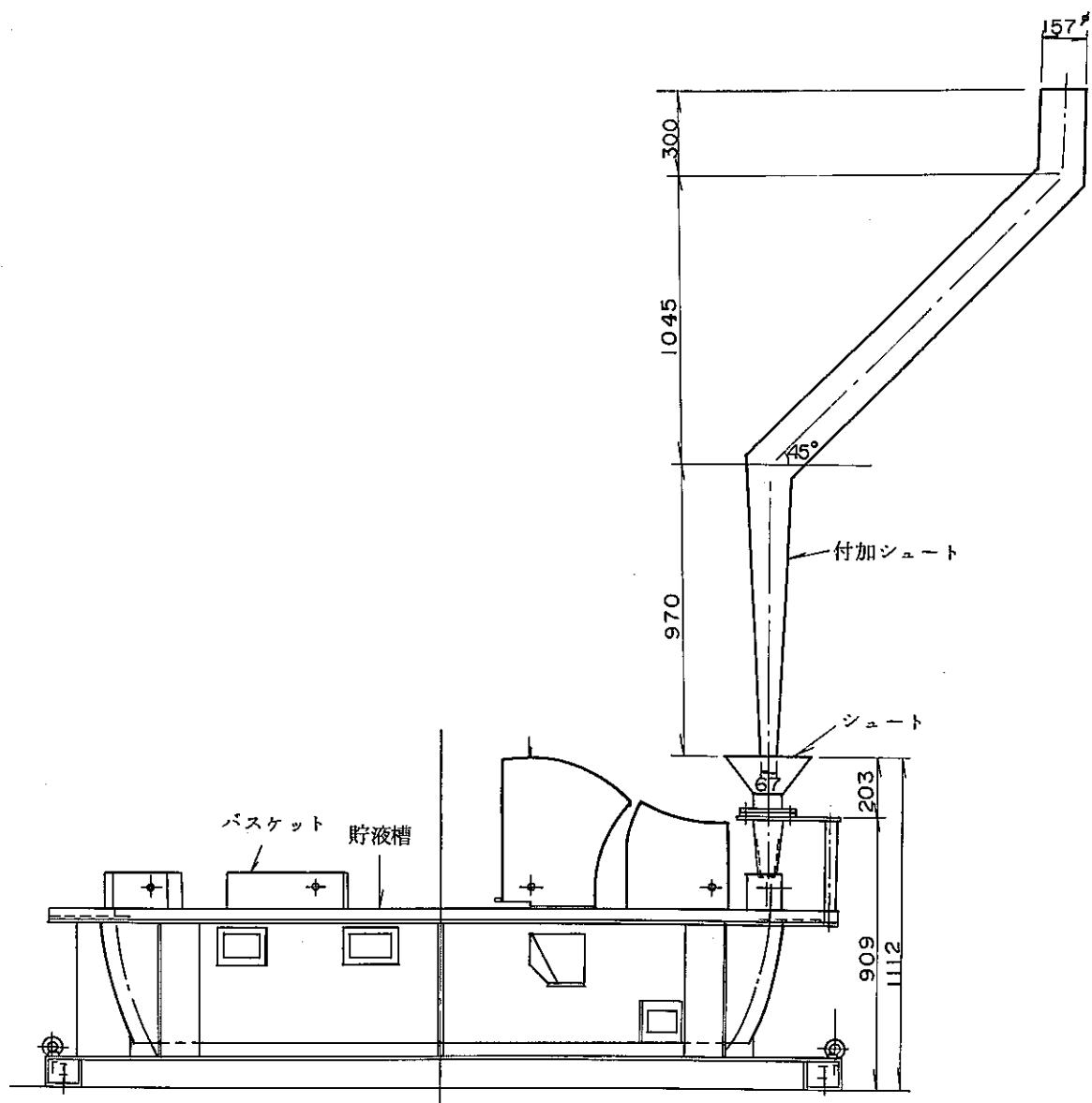


Fig. 4 装荷シートの構造と寸法

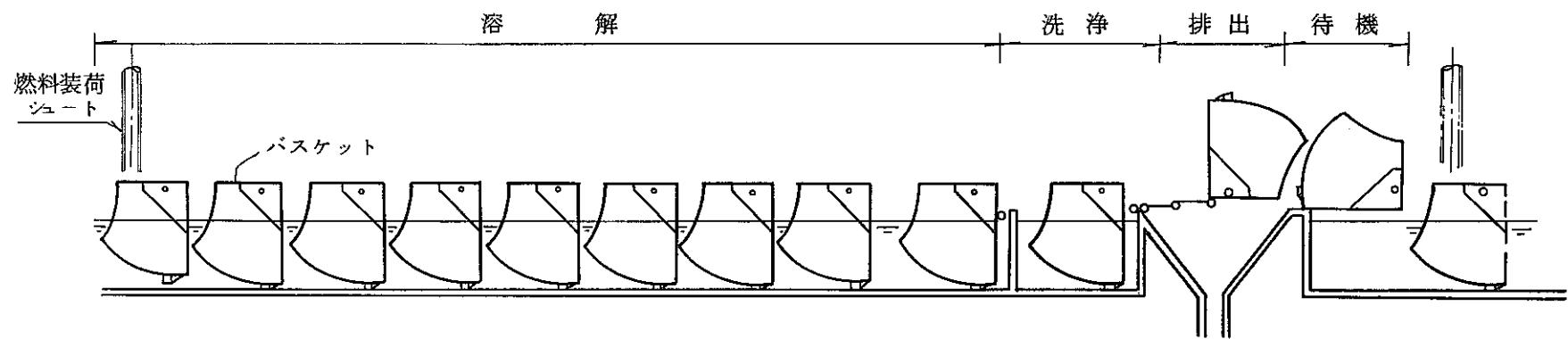
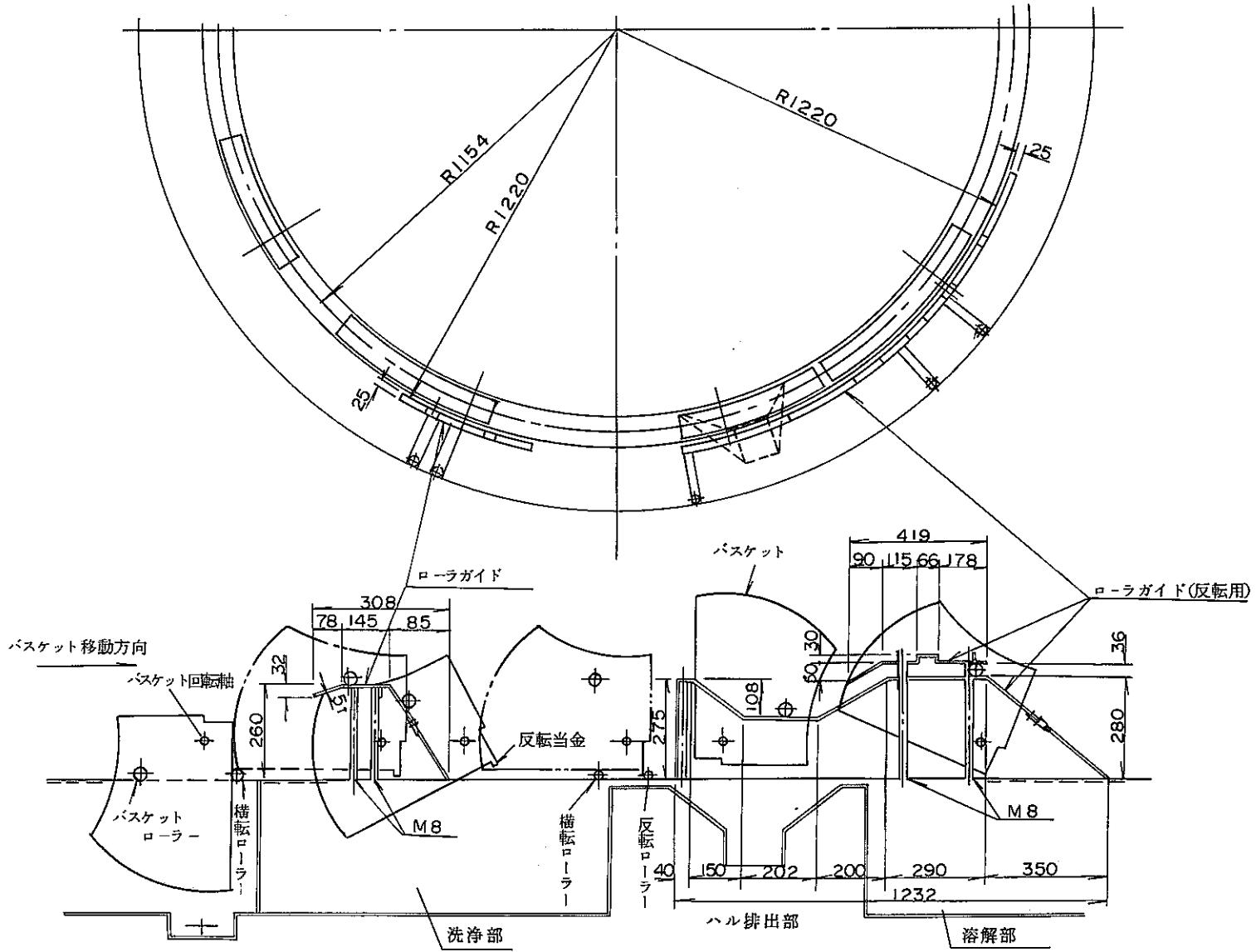
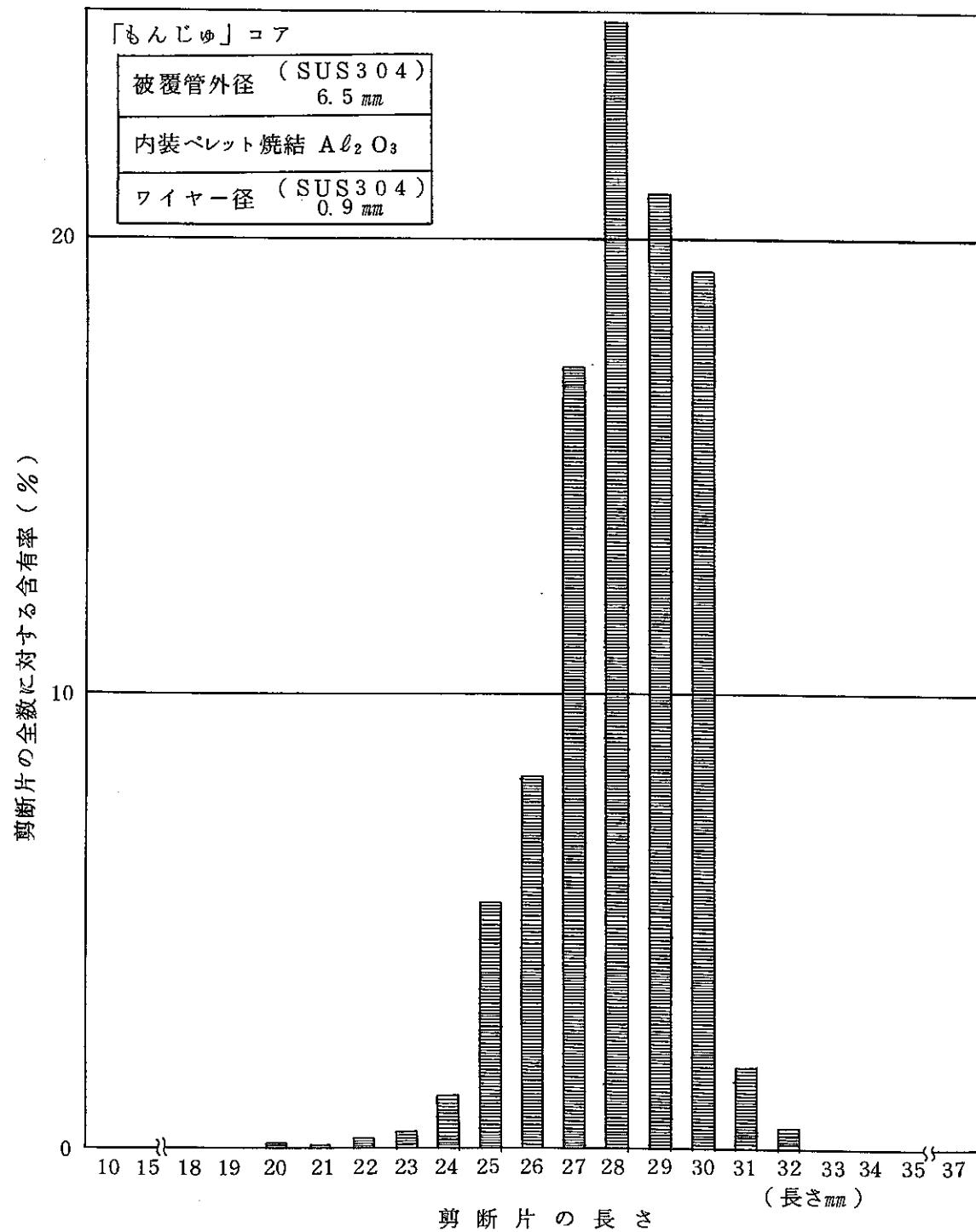


Fig. 5 貯液槽の展開図とバスケットの配列状況



Fig. 7 剪断片の材質と長さ分布について<sup>3)</sup>

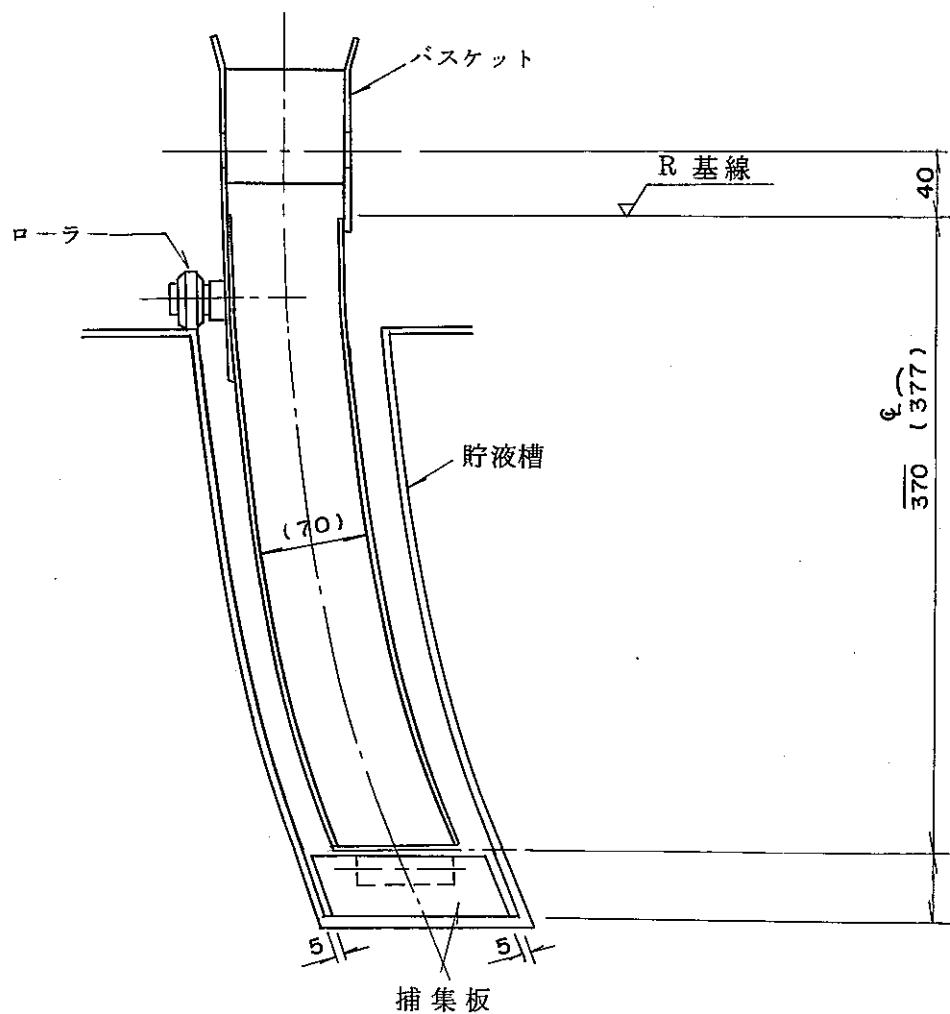
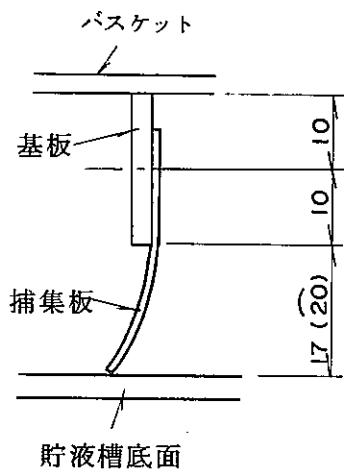


Fig. 8 スラッジ捕集板の取り付け

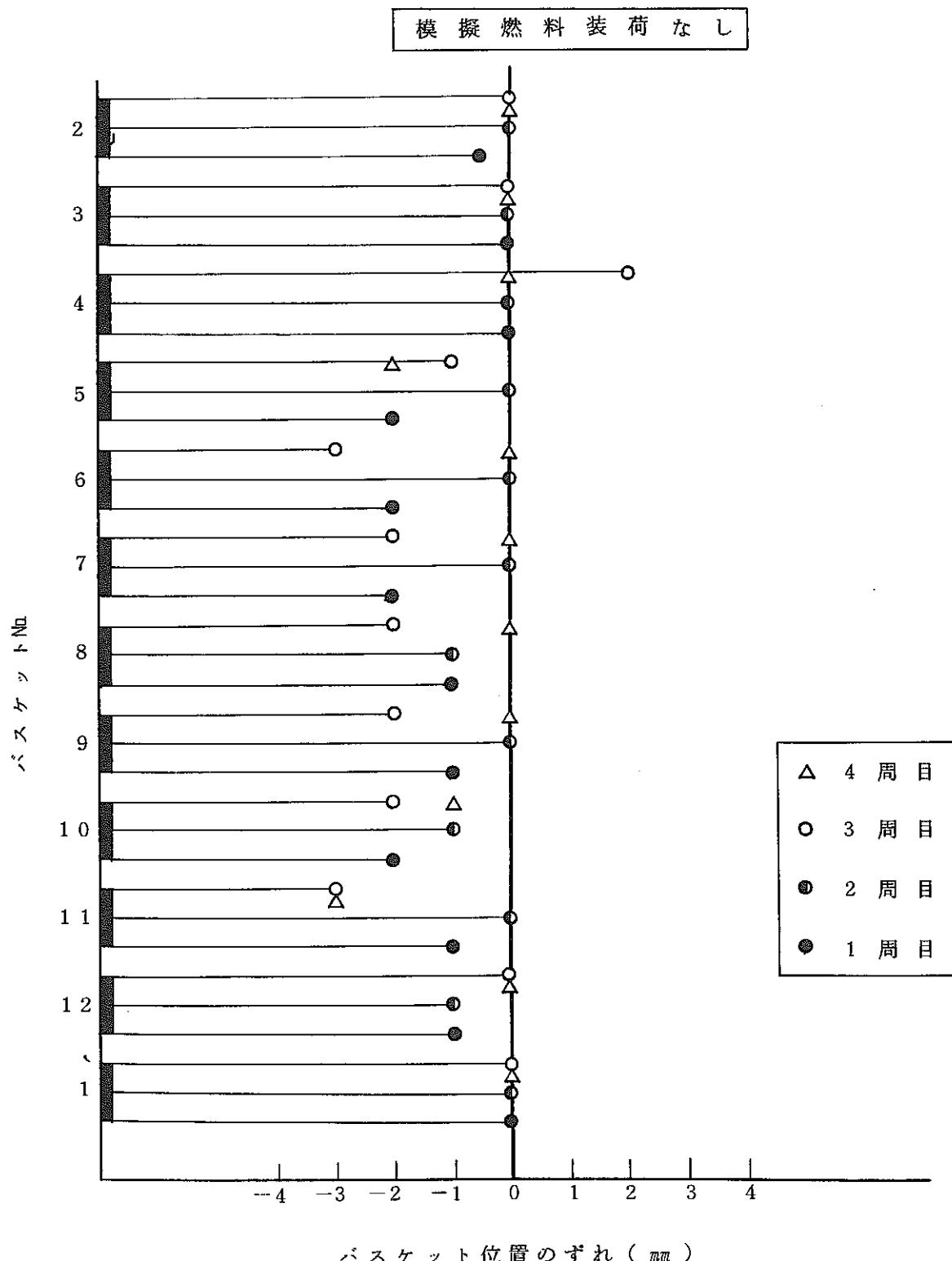


Fig. 9 バスケット旋回後のバスケットの位置のずれ

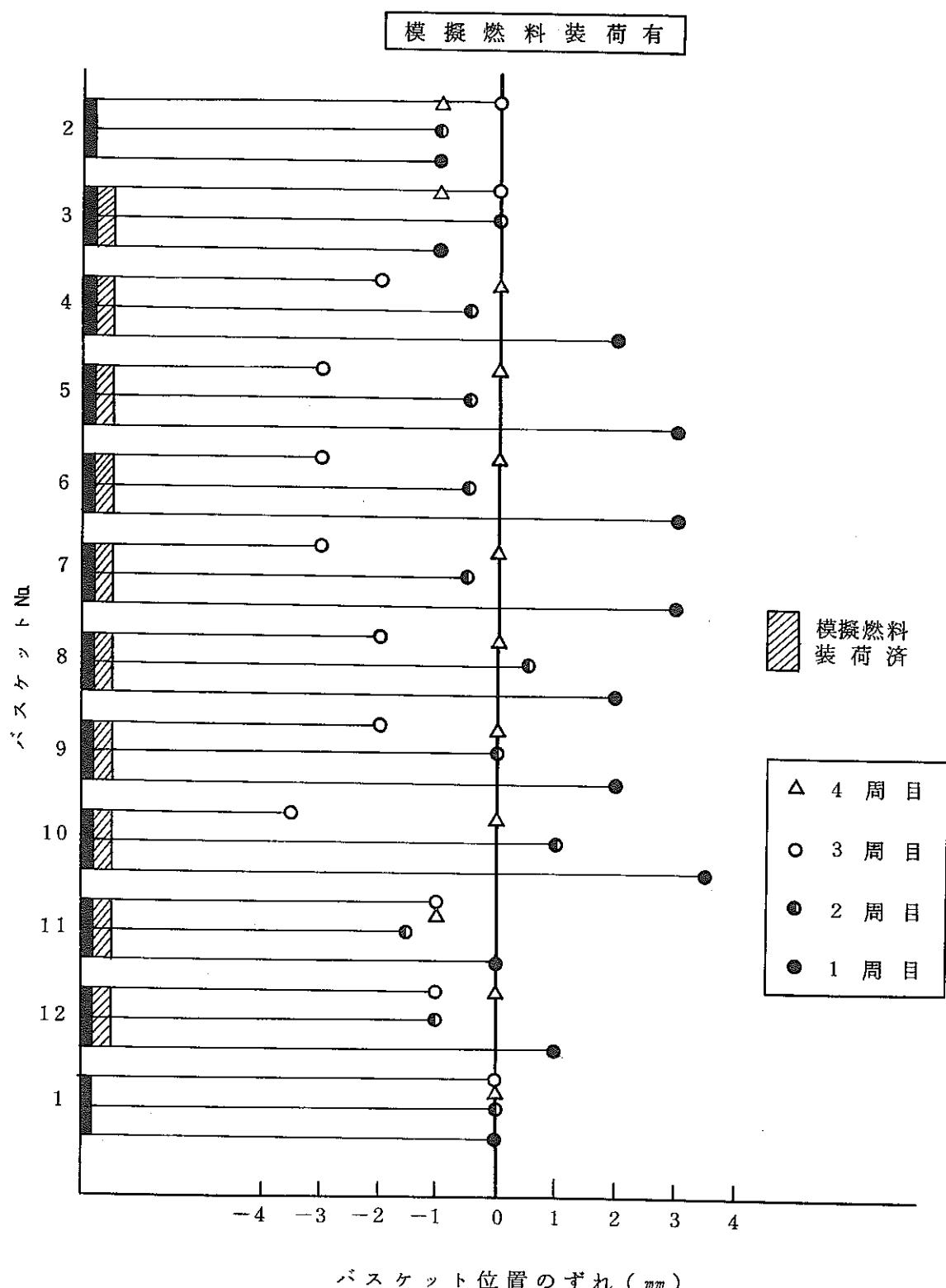
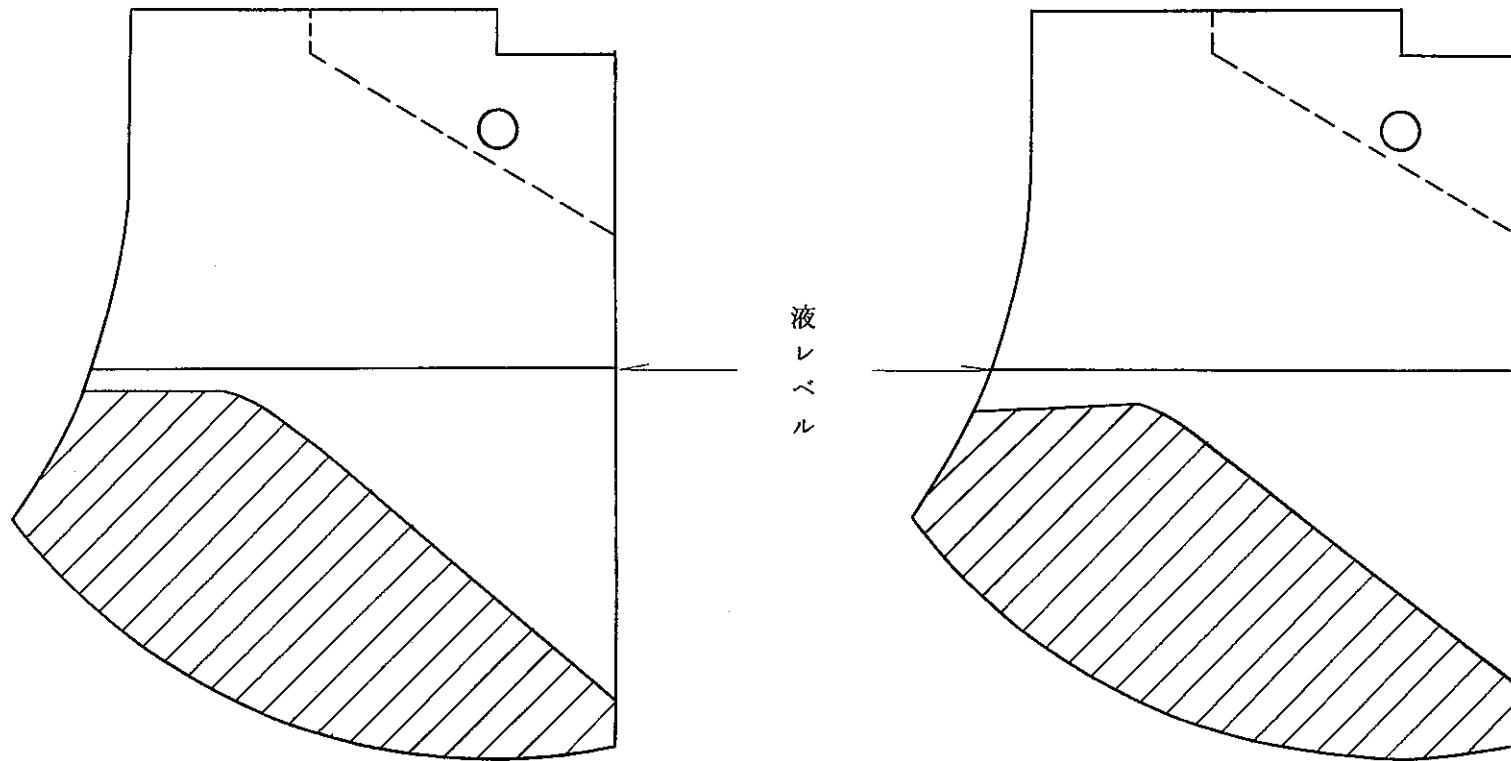


Fig. 10 バスケット旋回後のバスケットの位置のずれ

(a) 装荷パターン : 1カット × 10回

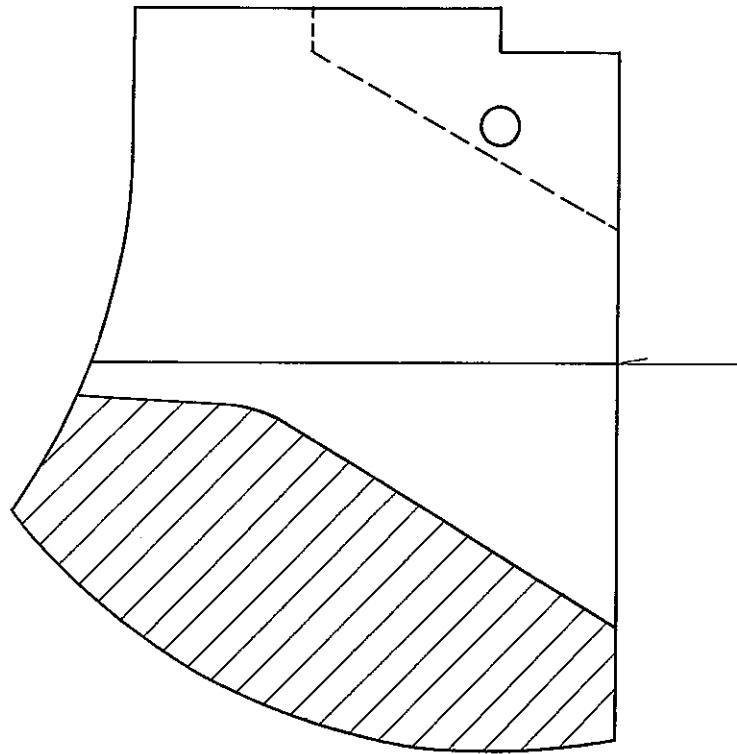


装荷量 10kgHM相当

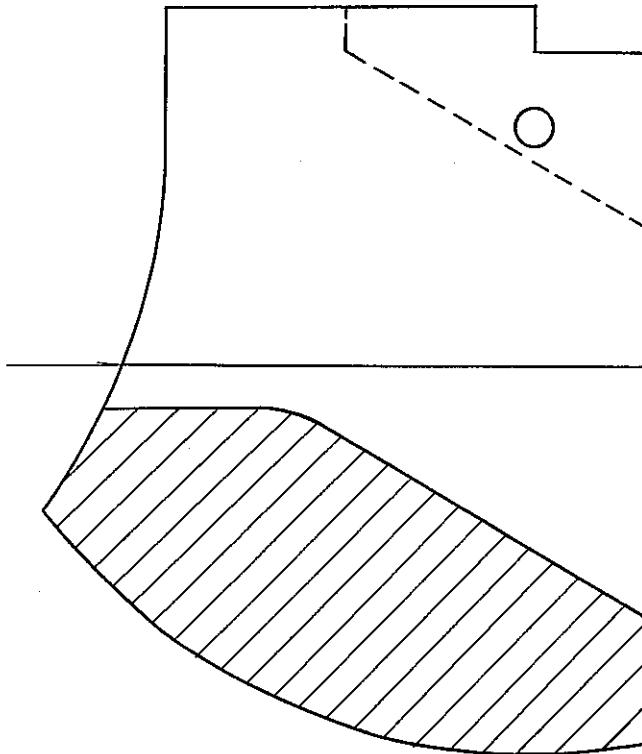
10カット (1,690個)

Fig. 11 装荷模擬剪断片分布状況

(b) 装荷パターン : 2カット×5回



液  
レ  
ベル

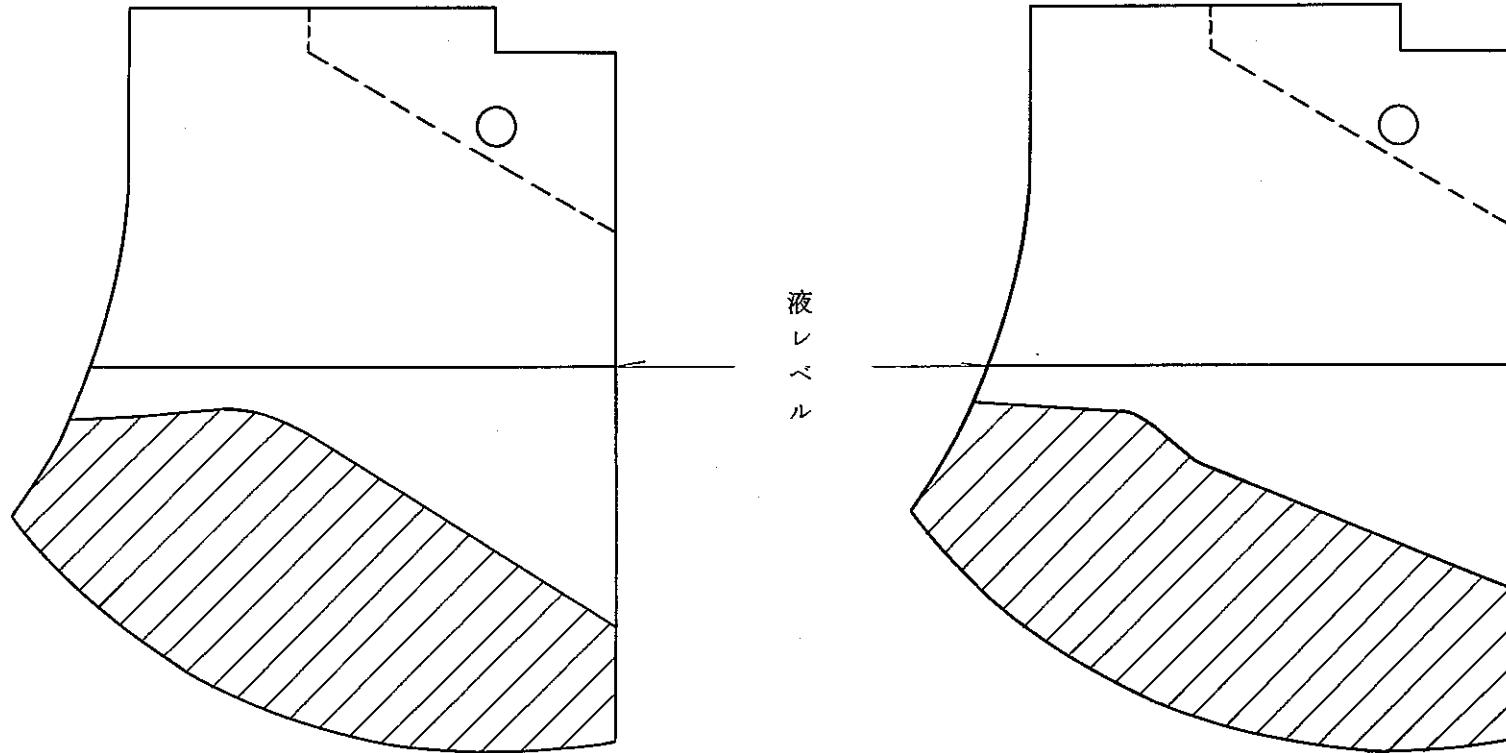


装荷量 10kgHM相当

10カット (1,690個)

Fig. 11 装荷模擬剪断片分布状況

(c) 装荷パターン : 5 カット × 2 回

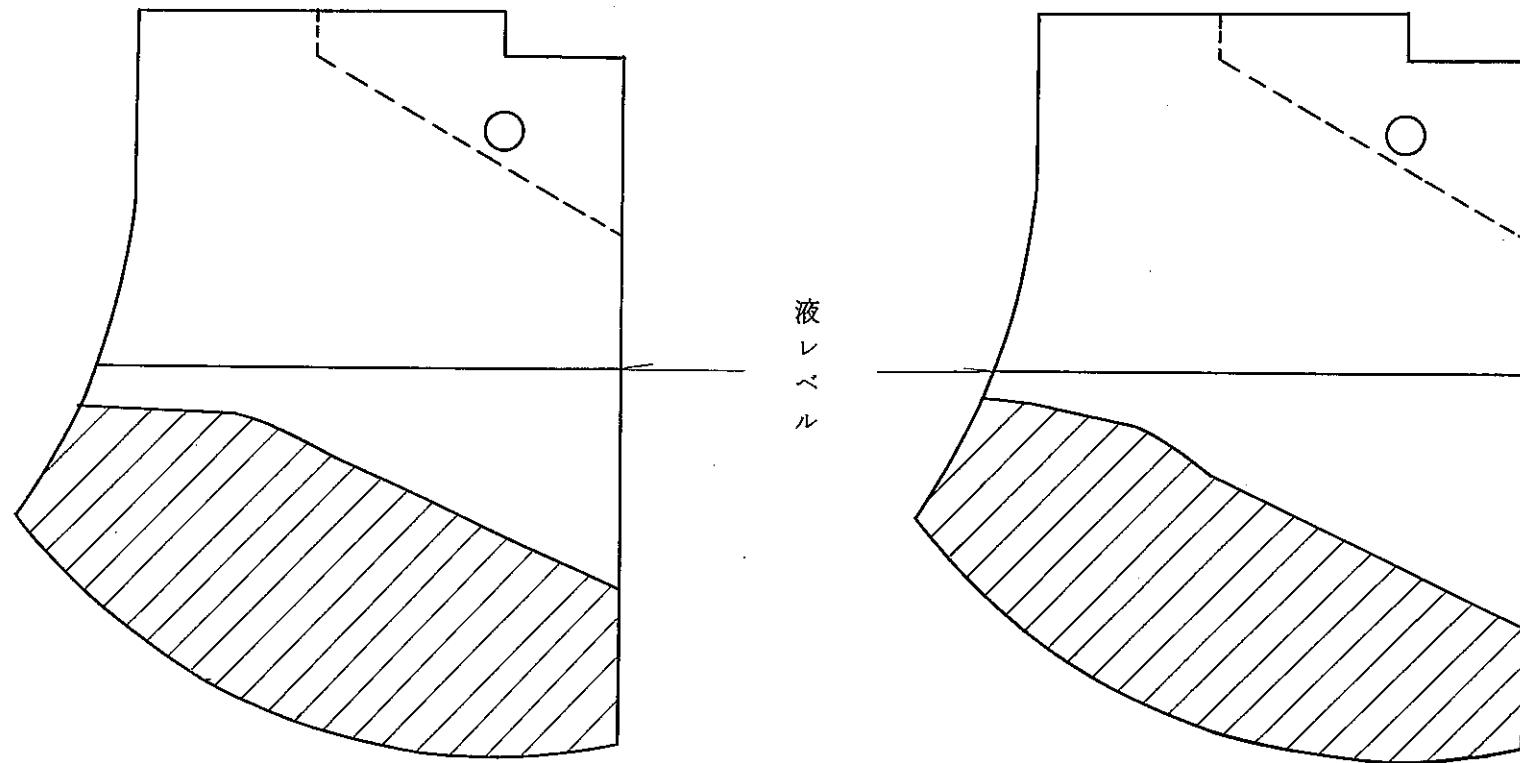


装荷量 10 kgHM相当

10 カット ( 1,690 個 )

Fig. 11 装荷模擬剪断片分布状況

(d) 装荷パターン : 10カット×1回



装荷量 10kgHM相当

10カット (1,690個)

Fig. 11 装荷模擬剪断片分布状況

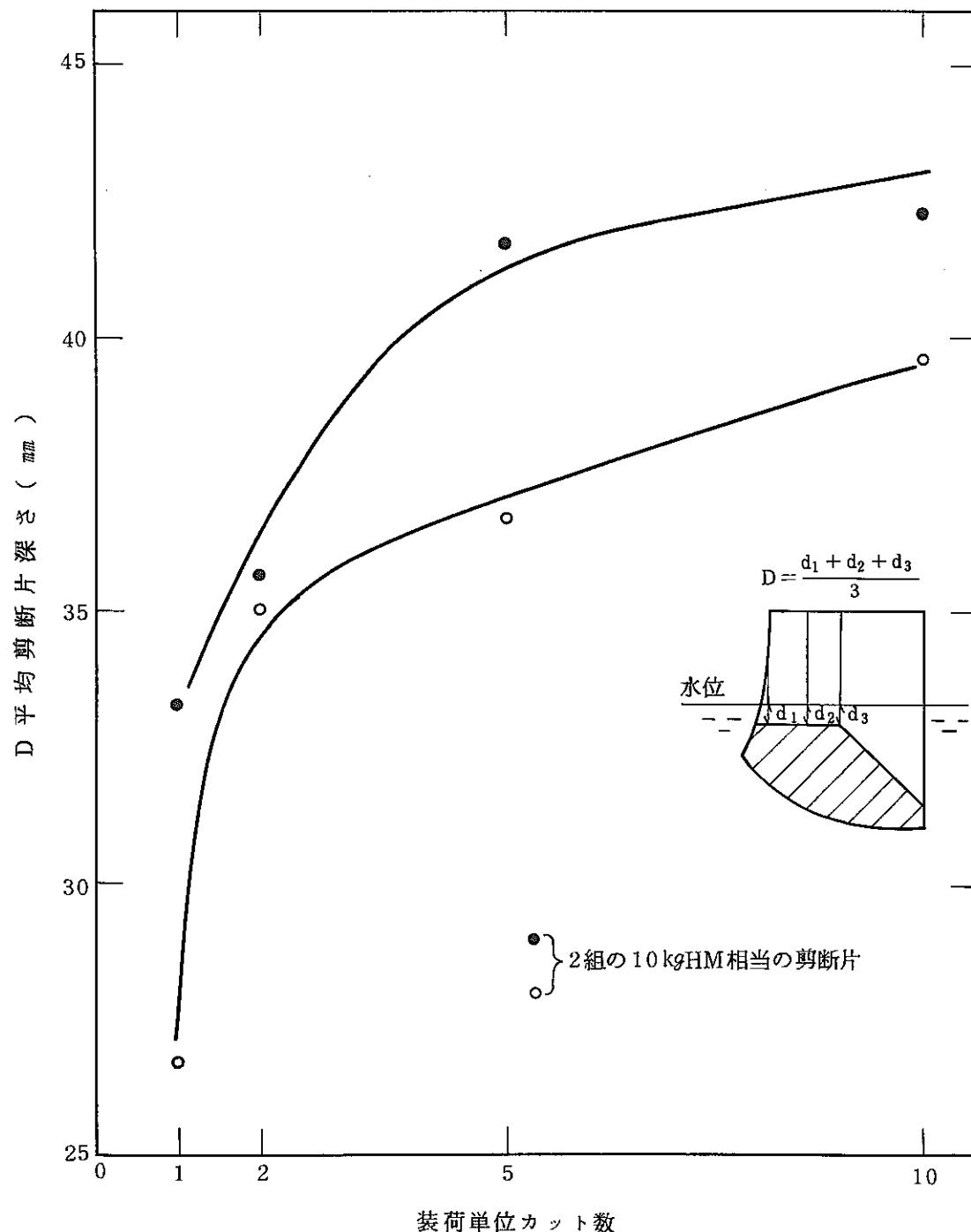


Fig. 12 装荷パターンと剪断片深さの関係

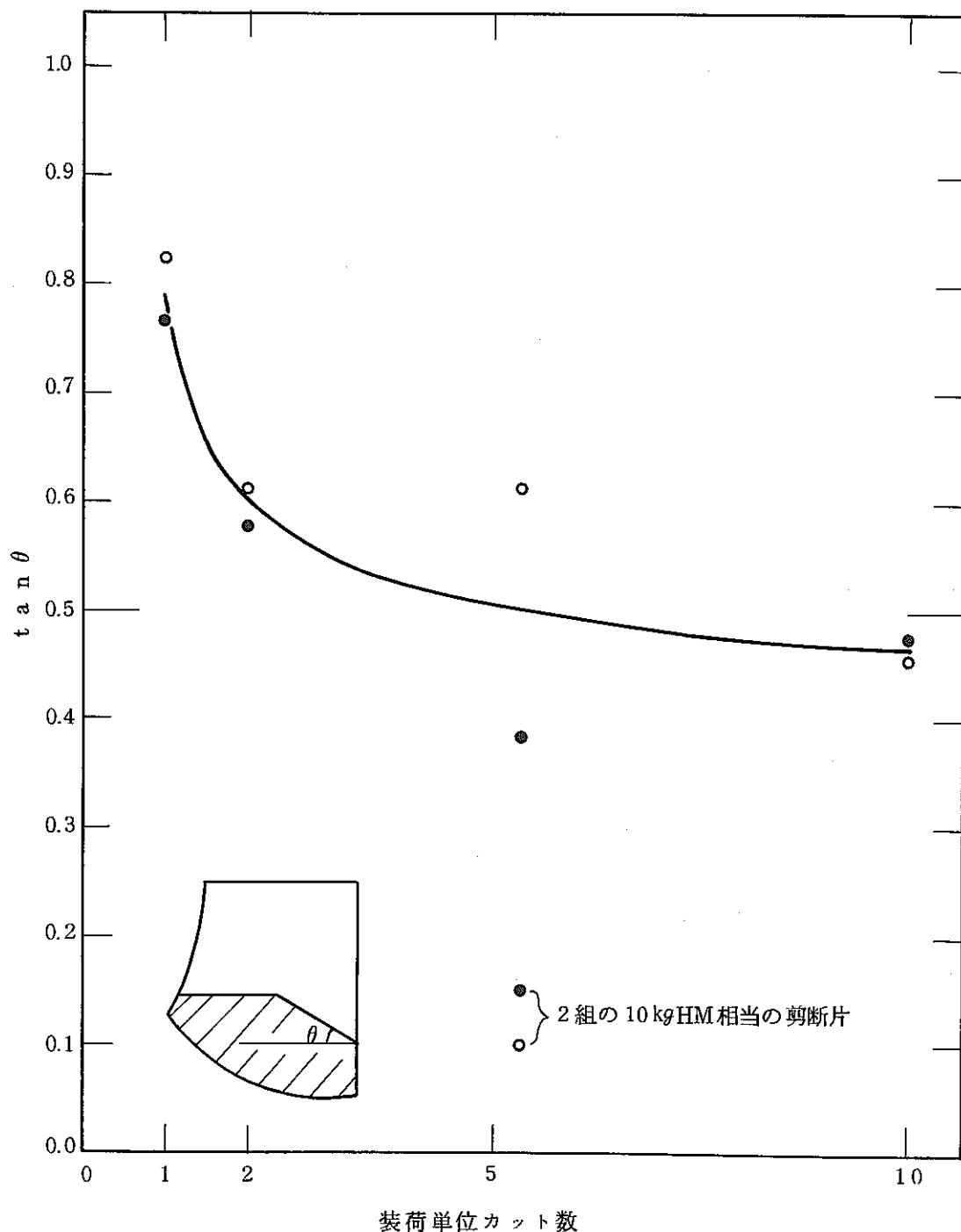


Fig. 13 装荷パターンと剪断片堆積勾配の関係

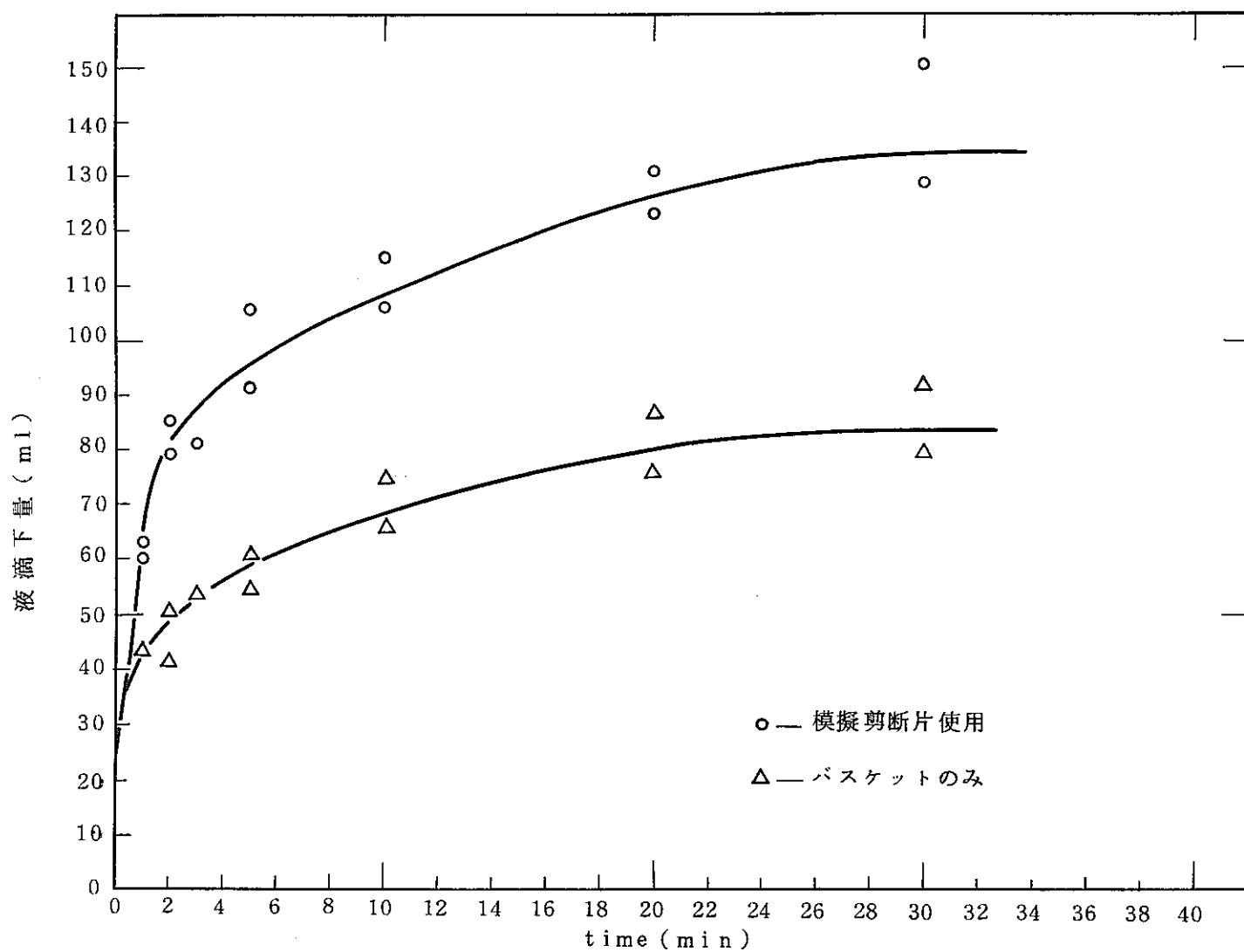
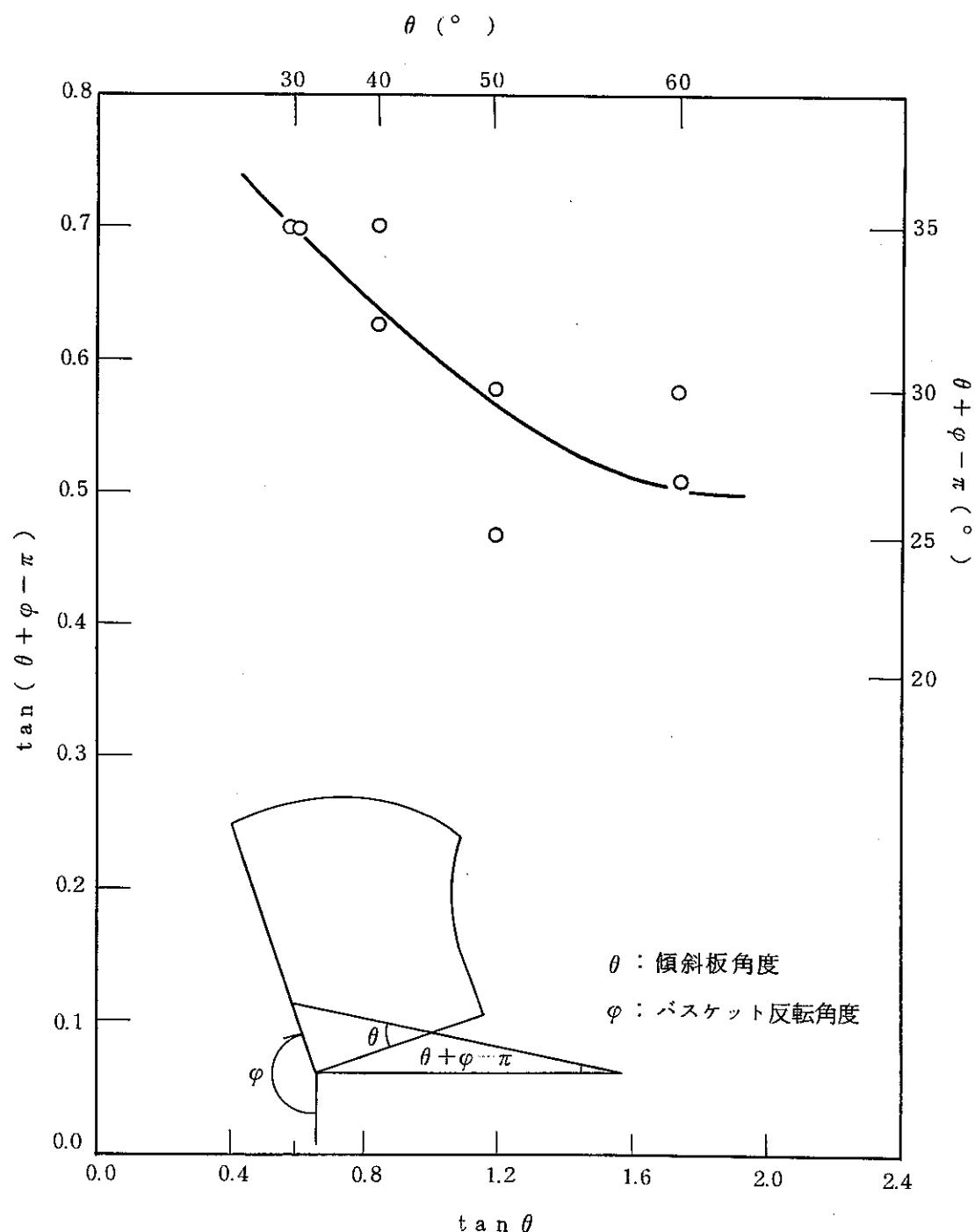


Fig. 14 液切り保持時間と液滴下量の関係

Fig. 15 バスケット傾斜板角度 ( $\theta$ ) と ハル排出角 ( $\theta + \varphi - \pi$ ) の関係

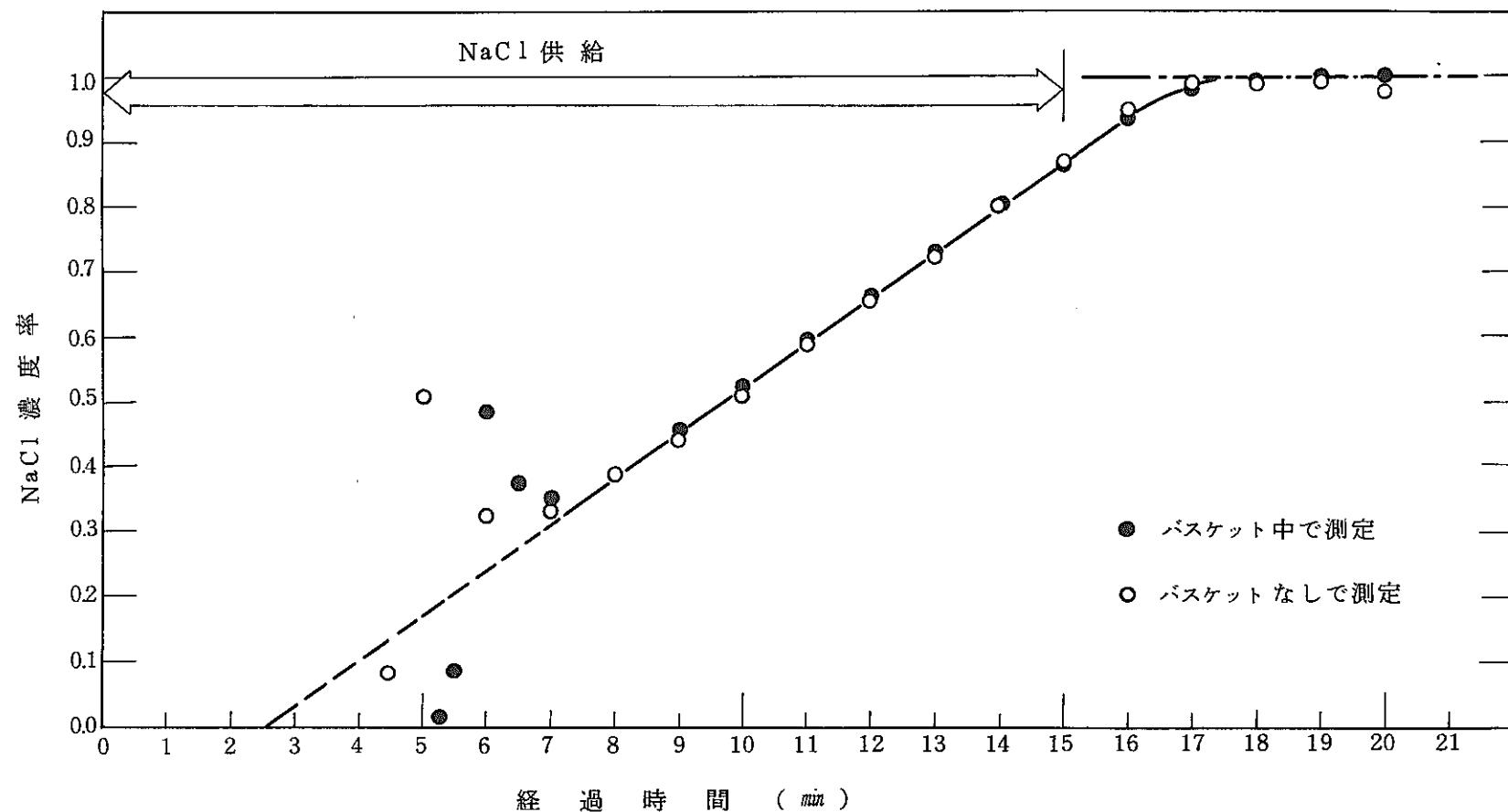
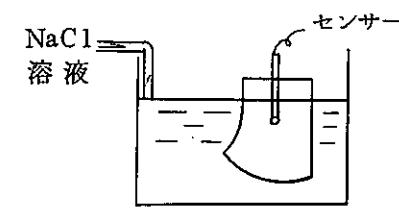
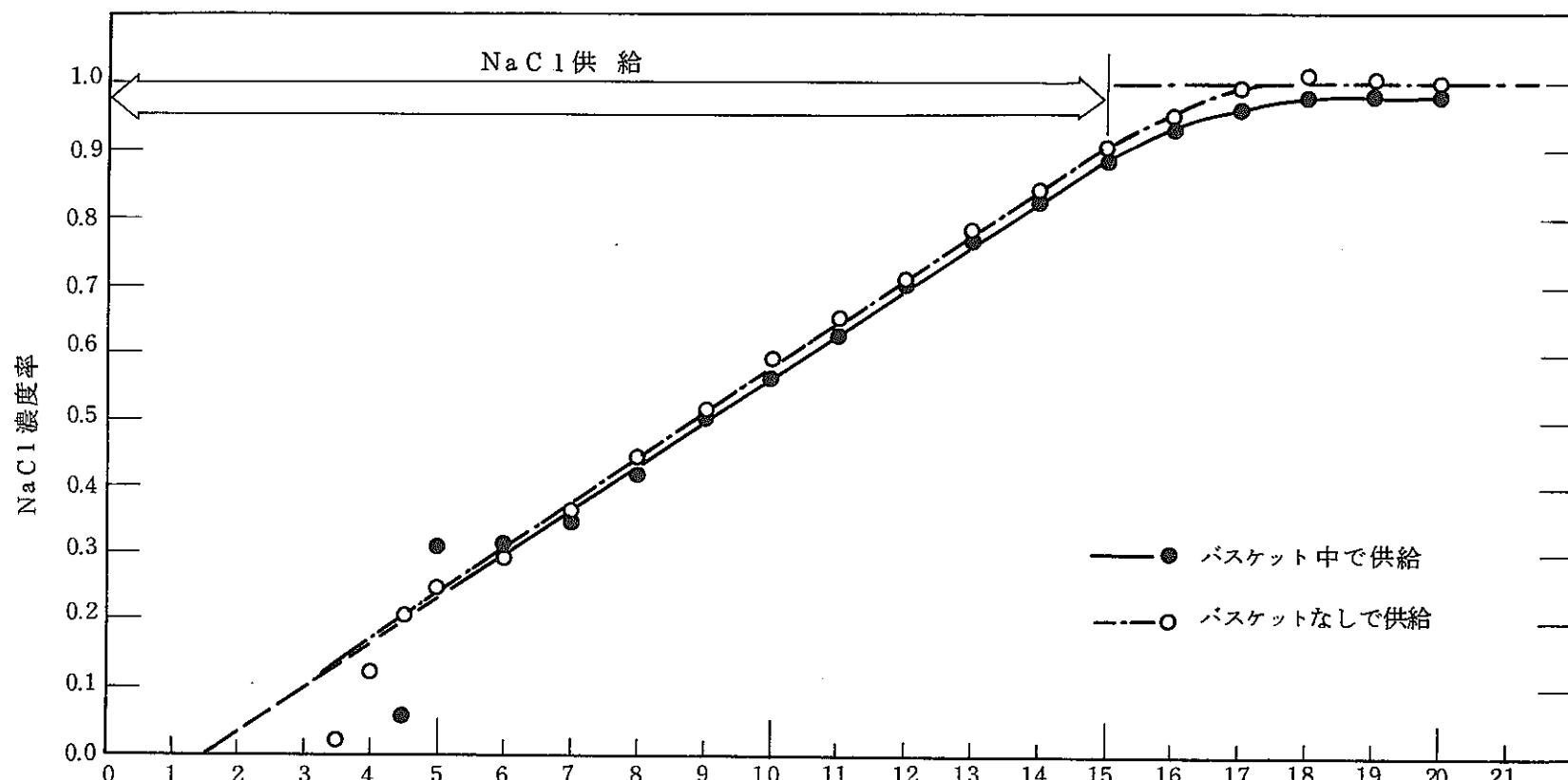


Fig. 16 水槽内における NaCl 濃度変化





経 過 時 間 ( min )

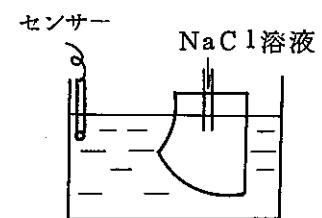


Fig. 17 水槽内における NaCl 濃度変化

バスケットの開口率 = 7.4%

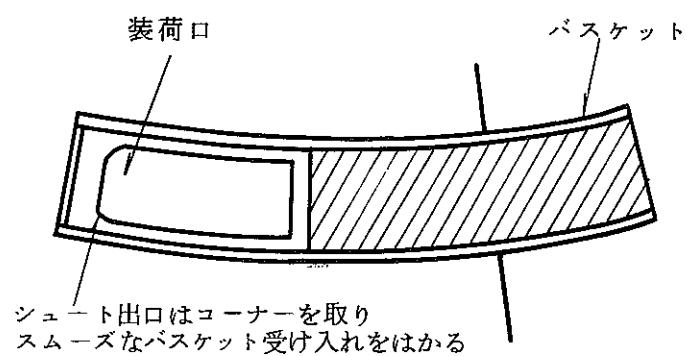
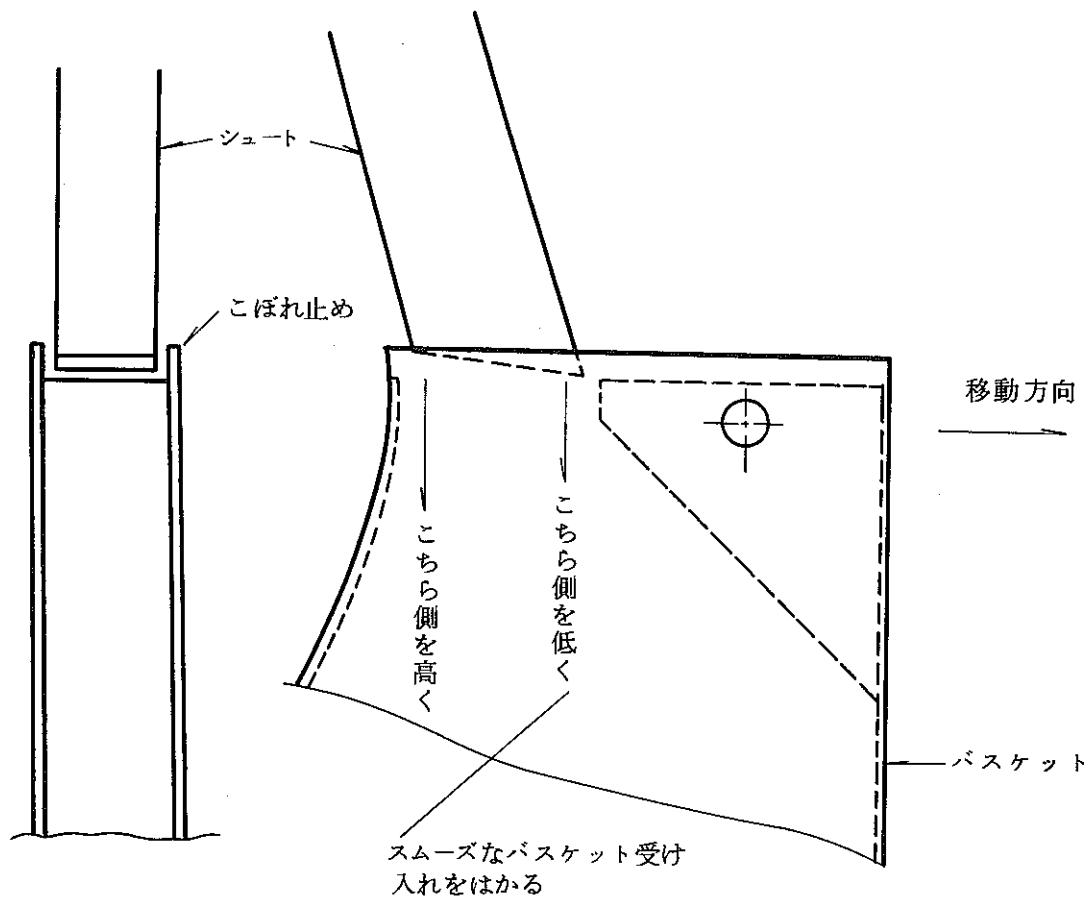
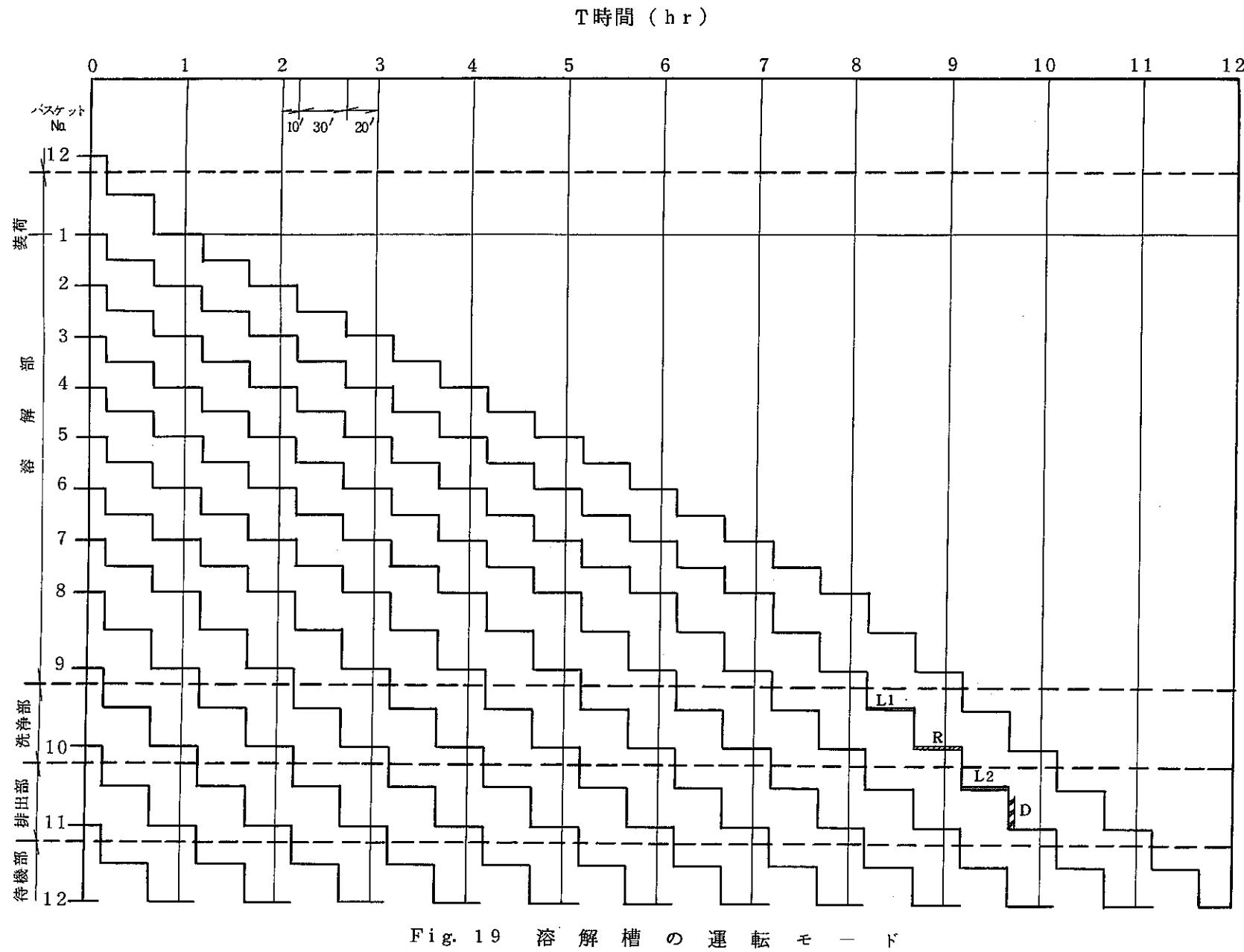


Fig. 18 装荷シートの取り合い



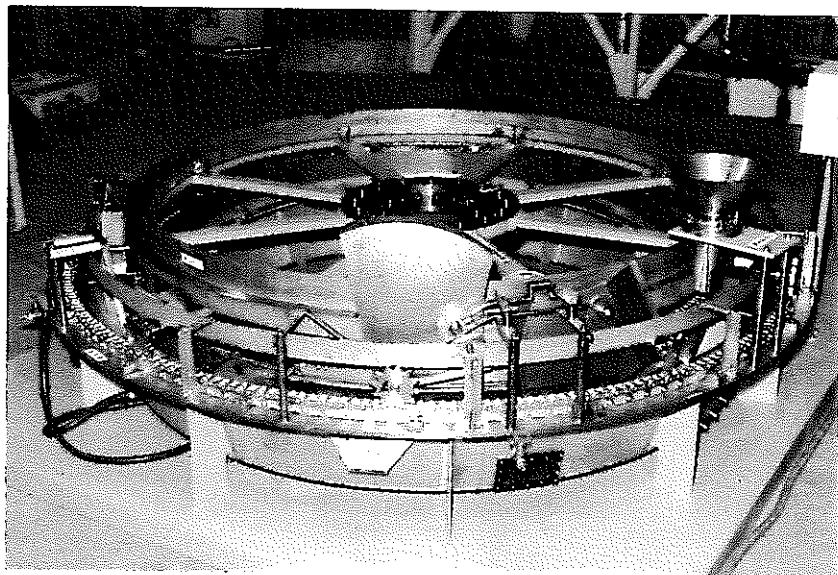


Photo.1 部分モックアップ試験装置の全景

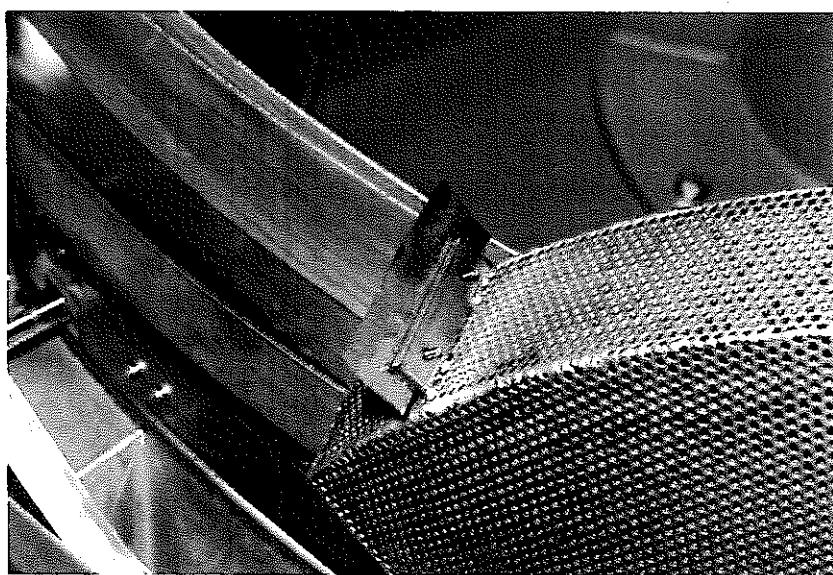
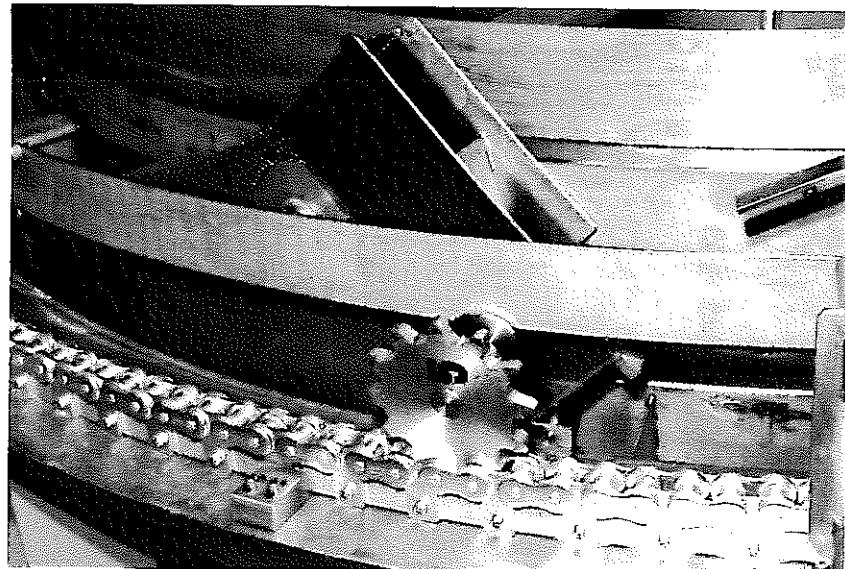
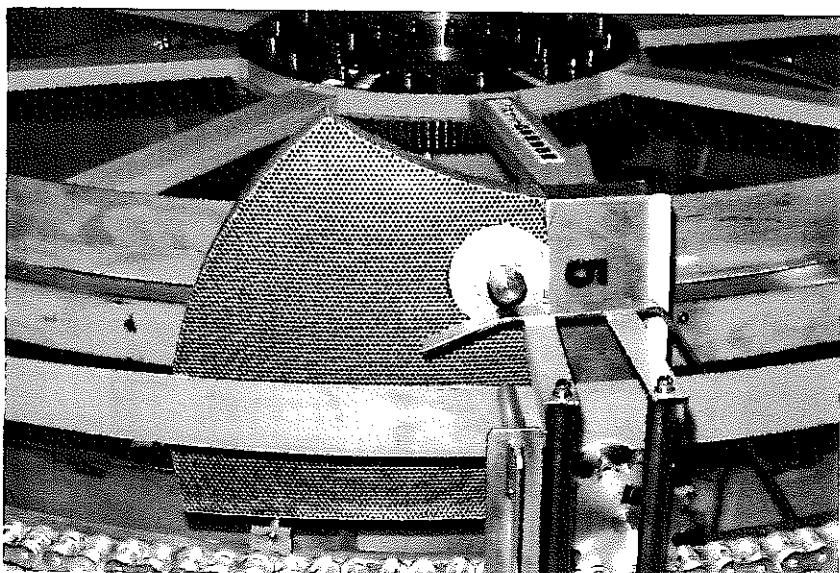


Photo.2 スラッジ捕集板のバスケット装着

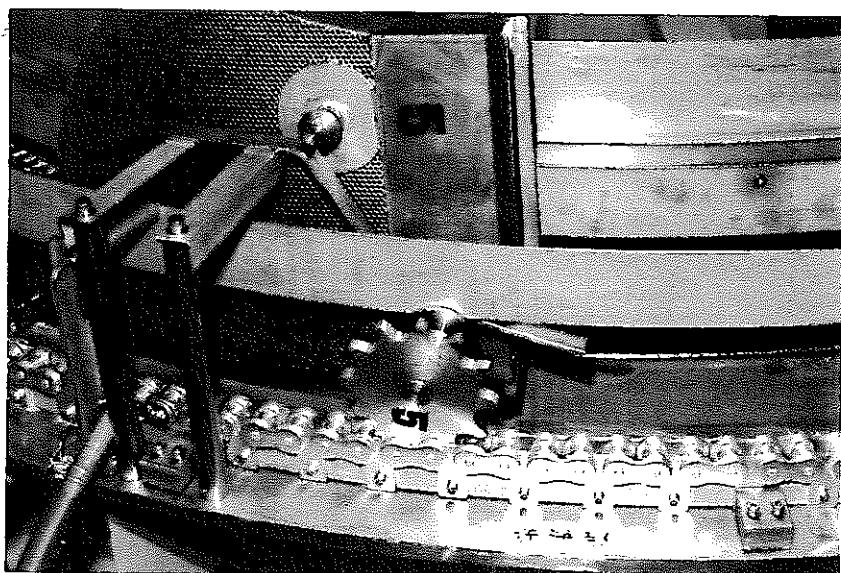
(この捕集板は寸法調整前のものである)



1. 溶解が終了しバスケットの横転が始まったところ。  
バスケットの右側面に横転ローラーがあり、スプロケットが右方向に回転しながらバスケットが横転する。この後バスケットは液切り位置に到達する。

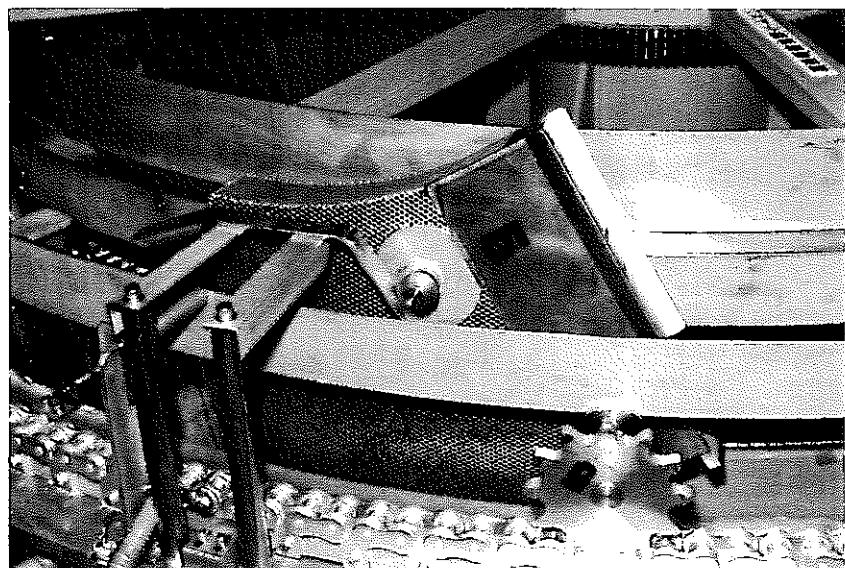


2. 液切りが終了し、さらに横転が行われバスケットが完全に横転したところ。  
この状態では横転ローラがバスケットの下方よりバスケットを支えている。バスケットのローラはローラーガイド上に到達している。

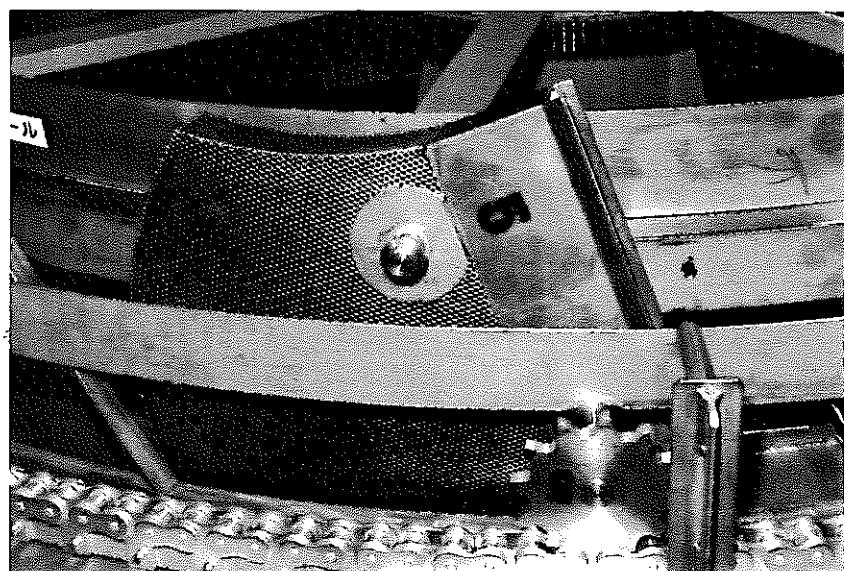


3. バスケットローラがローラーガイド上を移動しバスケットの姿勢を徐々に変えながら洗浄槽側へ移行するところ。  
ローラーガイドの下り坂は中央がちょうどいにより曲がってバスケット回転軸が通過できる。

Photo. 3 溶解部から洗浄部へ移行するバスケットの状況

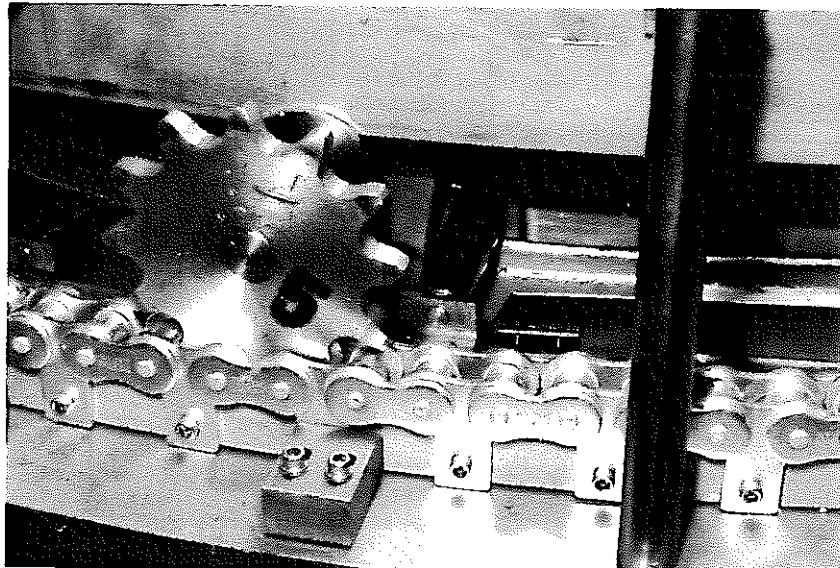


4. バスケットローラーがローラーガイドに沿って下降し、バスケットが洗浄槽に移行するところ。  
ローラーガイドのスロープはまだ折れ曲がったままである。  
この後はバスケットローラーはローラーガイドから貯液槽上に移動し、バスケットは洗浄位置に到達する。

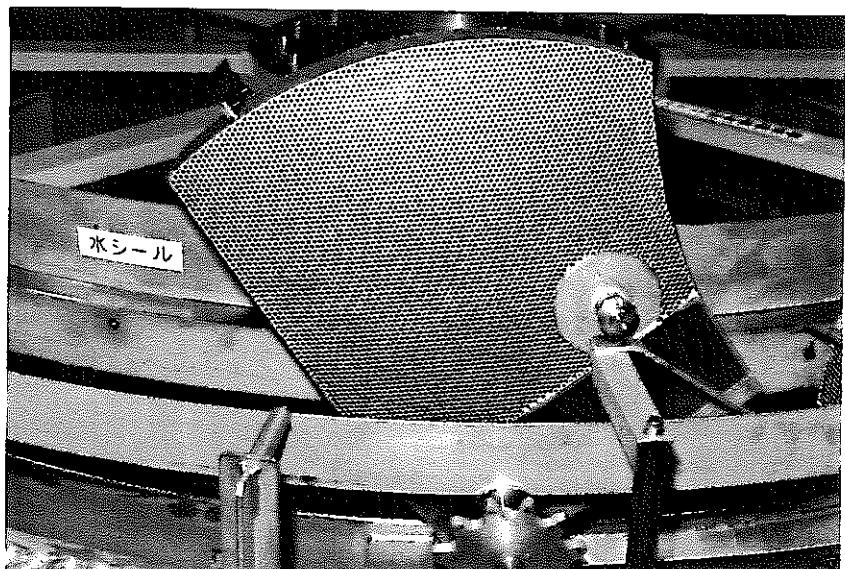


5. 洗浄終了後バスケットは洗浄側の横転ローラーによって横転を始め洗浄液を切る位置に到達する。

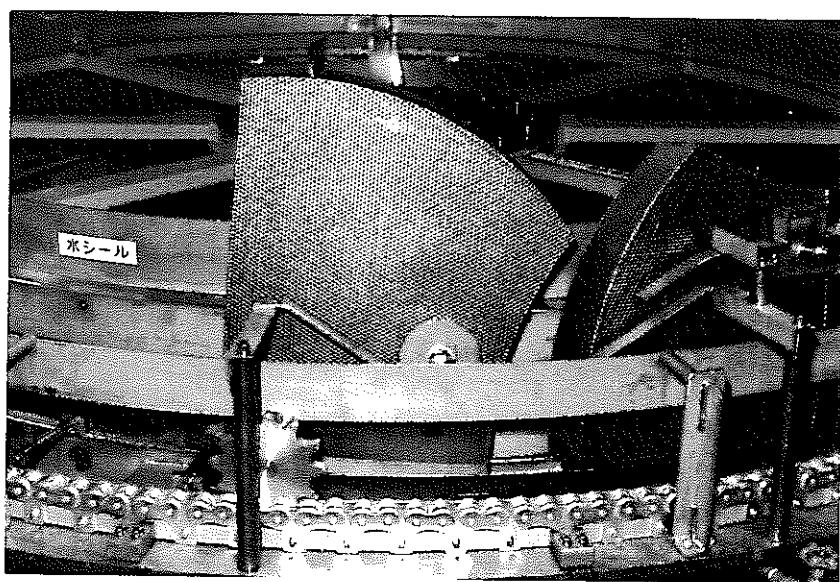
Photo. 3 溶解部から洗浄部へ移行するバスケットの状況（続き）



1. 洗浄が終了しバスケットは反転ローラーによって反転を開始する。反転ローラーは横転ローラーよりも径を太くしてある。

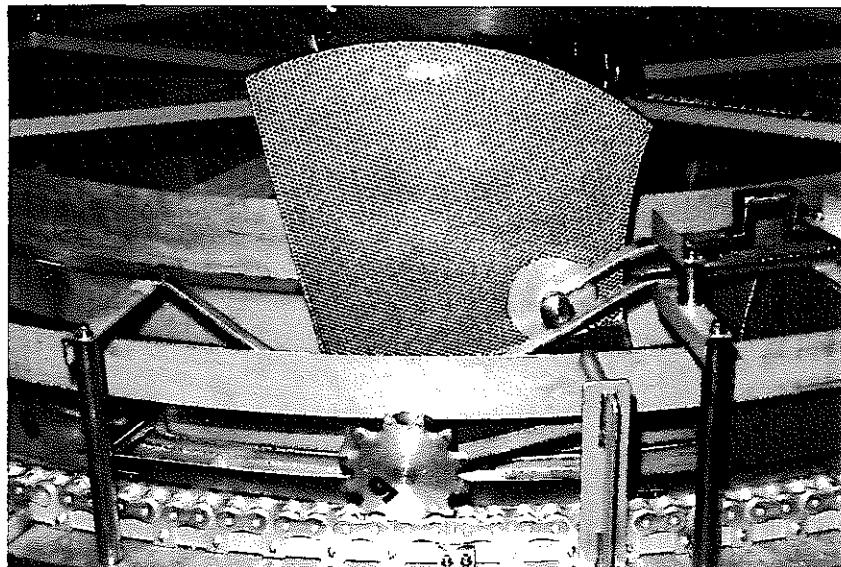


2. 徐々にバスケットが反転されバスケットローラーはローラーガイドに到達した。

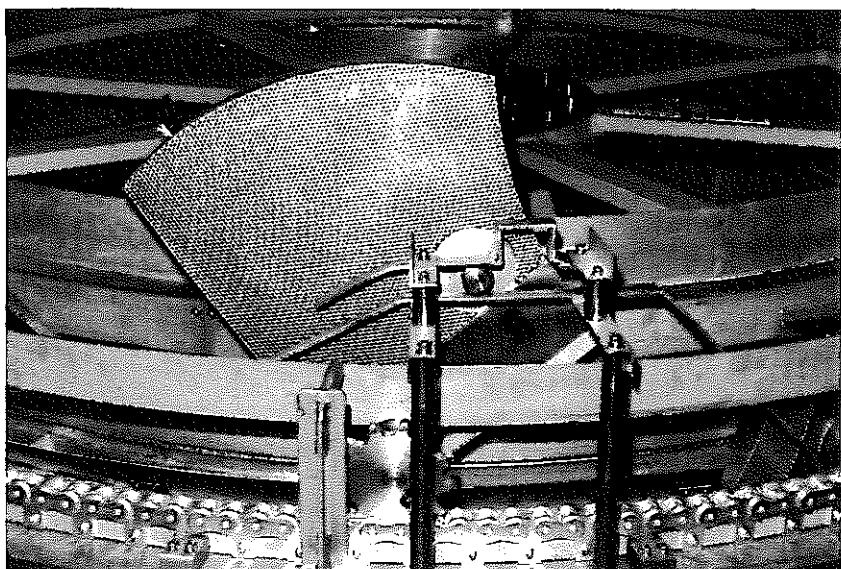


3. バスケットはローラーとガイドによって徐々に反転を続け完全に反転される。この状態でハルが排出される。

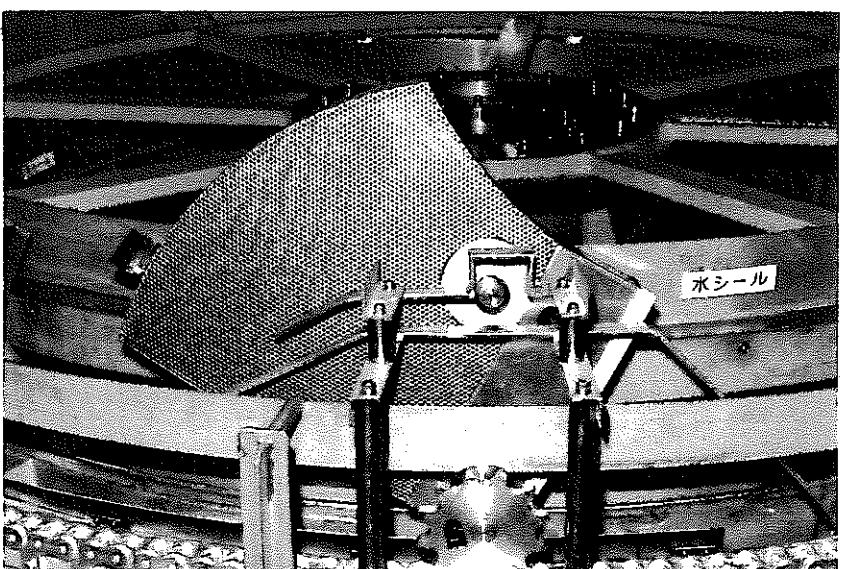
Photo. 4 洗浄部から排出部を経て溶解部へ戻るバスケットの状況



4. 排出が終了し、ローラーがガイドに沿って上昇を開始し、バスケットは元の横転姿勢に戻り始める。

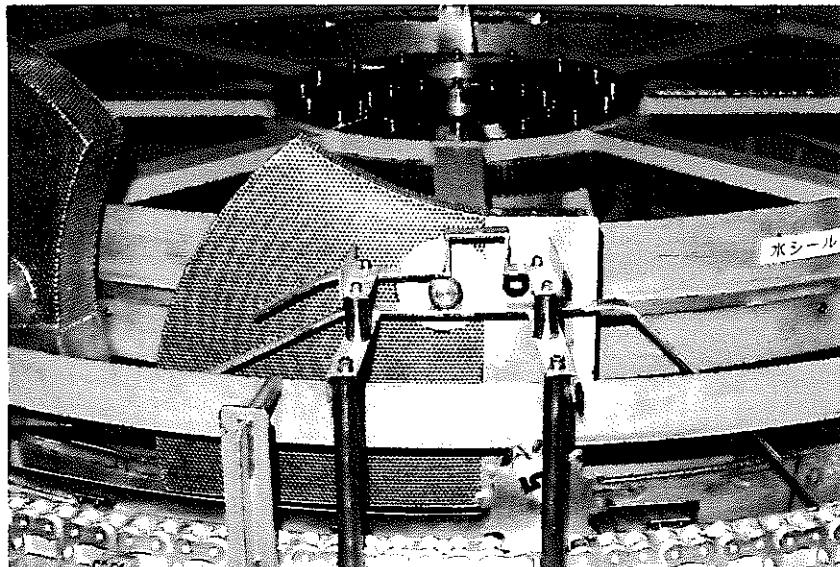


5. ローラーとローラーガイドによってバスケットは更に元の横転姿勢に近づく。

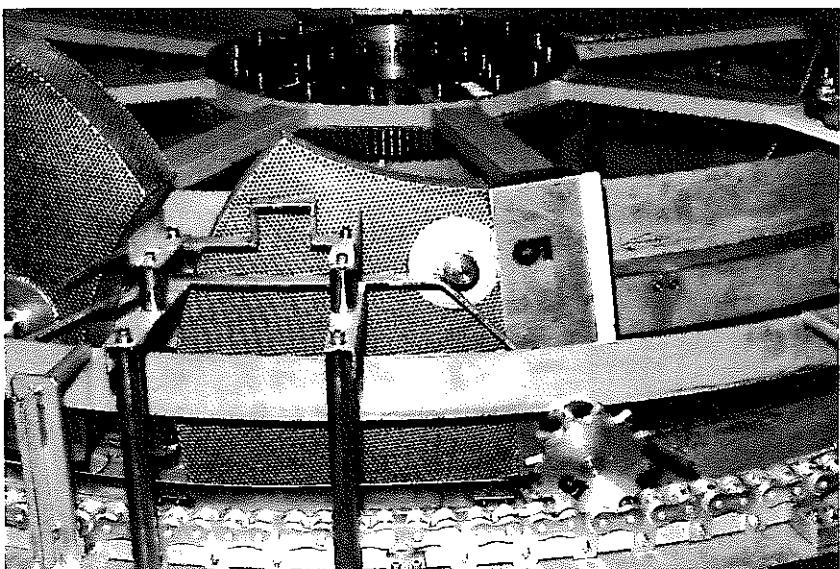


6. ローラーとバスケット回軸が垂直に並ぶところでローラーは浮き上がりながらさらにバスケットを横転姿勢に近づける。

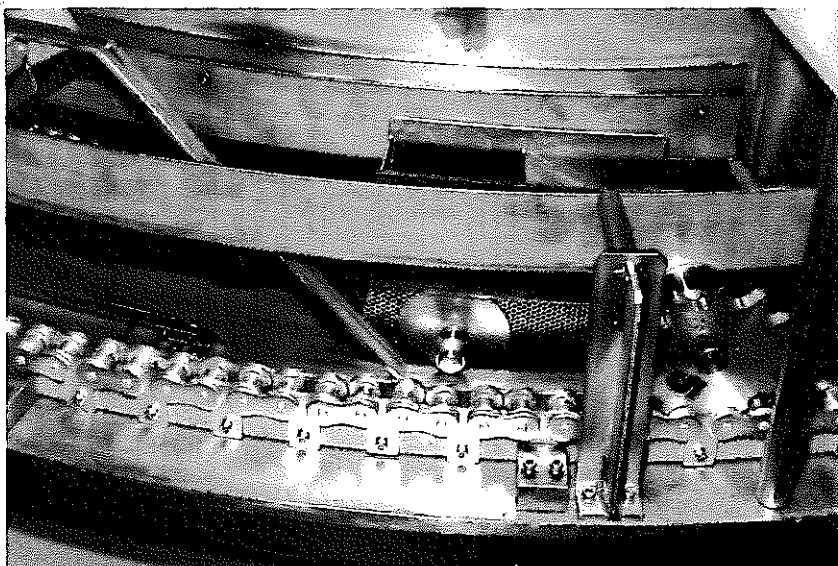
Photo. 4 洗浄部から排出部を経て溶解部へ戻るバスケットの状況（続き）



7. バスケットが完全に元の横転姿勢に戻ったところ。  
後続のバスケットは排出を始めている。



8. バスケットはローラーとローラーガイドによって横転姿勢を保って水平移動し、徐々に下降へ向かう。



9. バスケットローラがローラーガイドのスロープを完全に降下してバスケットが溶解部に完全に戻ったところ。  
右上部には装荷シートが見えている。

Photo. 4 洗浄部から排出部を経て溶解部へ戻るバスケットの状況（続き）

表-1 摩耗する部品名とその影響

	部品名	接触する部品名等	装置に及ぼす影響について
硝酸溶液中	貯液槽（底部）	スラッジ捕集板（スラッジ）	貯液槽底面の形状が変化し、スラッジ捕集効率が悪化する。
	スラッジ捕集板	貯液槽（底部）（スラッジ）	捕集板の形状と肉厚が変化しスラッジの捕集効率の悪化もしくは不能をきたす。
硝酸ミスト中	スプロケット	チエーン（燃料粉体）	形状の変化によりピッチのずれが生じバスケットが干渉したり、駆動が不能になる。
	チエーン	スプロケット（燃料粉体）	同上
	ローラー	ローラーガイド	ローラー径が小さくなりバスケットの姿勢が変化する。外れない限り問題とならない。
	端面	横転ローラー	バスケット端面は横転ローラが正常に回転する限り摩耗は少ない。
	軸受部	バスケット回転軸	軸受け部はバスケットの姿勢に影響を与え、ピッチのずれやスラッジ捕集効率の悪化を招く。
	反転当金部	反転ローラー	多少の摩耗では特に問題はない。僅かに反転のタイミングが遅れる程度
	バスケット回転軸	バスケット軸受部	回転軸の摩耗はバスケットの姿勢特にブレを生じピッチのずれやスラッジ捕集効率の悪化を招く。

表-1 摩耗する部品名とその影響（続き）

	部品名	接触する部品名等	装置に及ぼす影響について
硝酸ミスト中	バスケットガイドホイール	浮き上がり防止板	バスケット回転軸の上下の動きが大きくなりチェーン乗り換え時にピッチがずれる恐れがある。
	ブッシュ	バスケット側面 バスケットガイドホイール	貯液槽のバスケットが半径方向にずれ、スラッジの捕集効率が悪化する。
	浮き上がり防止板	バスケットガイドホイール	バスケット回転軸の上下の動きが大きくなりチェーン乗り換え時にピッチがずれる恐れがある。
	バスケットローラーガイド	バスケットローラー	バスケットの姿勢制御が若干ずれるがローラーが外れない限り問題とならない。
	横転ローラー(溶解)	バスケット側面	問題なし。外れても仕切板で代用できるので液切りはできる。
	横転ローラー(洗浄)	バスケット側面	問題なし。外れても仕切板で代用できる。ただし液切りのタイミングがかなり遅れる。
	反転ローラー	バスケット反転当金部	反転のタイミングが若干ずれる。外れない限り問題とならない。
	貯液槽(上面)	バスケットローラー	装荷溶解中のバスケットの姿勢が少し変わるが問題とはならない。

## APPENDIX

## 連続溶解槽の実機装置の検討

## 1. 駆動機構の変更

部分モックアップ試験装置のスプロケット・チェーン方式は便宜上採用したもので実機ではピニオン・ラック方式を適用する。ピニオン・ラック方式による構造変更について検討する。

## (1) 検討条件

- i) チェーン据付け面上にラックを取り付ける。
- ii) バスケット間隔は短間隔区間で 500mm (7 区間)、長間隔区間で 750mm (5 区間) とする。
- iii) ピニオン仕様は JIS に基づく標準品を使用する。

## (2) 検討内容

スプロケット・チェーン #40に相当するピニオン・ラックの選定を代表例として以下に示す。

## i) 基準ピッチ円直径

スプロケットのピッチ円直径に近い値として48mmとする。

## ii) モジュールと歯数

スプロケット #100に対応するピニオンまでピッチ円直径が近い標準品を採用すると各ピニオン仕様は表-1 の様になる。ここで歯数は24とした。

## iii) 歯幅

標準品としての歯幅は14mmとなっているが円弧上のラックを移動するピニオンとラックの歯間隙裕度及びスプロケットの実績をベースにして歯幅を 6 mmとする。

## iv) 1 区間 (500mm) のピッチ数と据付半径

据付半径  $R_2$  を1030と仮定する。

① 500mmに対する角度  $\theta$  は

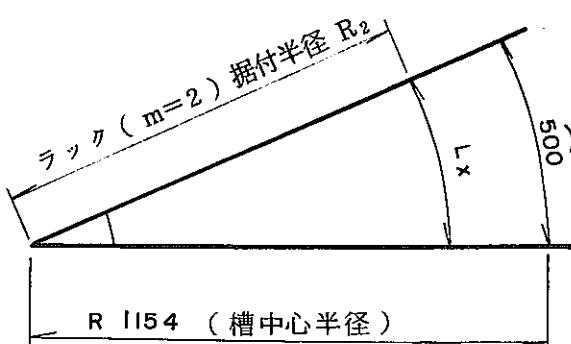
$$\theta = 360 \times 500 / 2\pi \times 1154 = 24.82^\circ$$

② ラック ( $m=2$ ) 据付の弧長  $\ell_x$  は、

$$\ell_x = 2\pi \times 1030 \times 24.82 / 360 = 446.3(\text{mm})$$

③ ピッチ数  $P$  は

$$P = 446.3 / 6.28 = 71.1 \approx 71$$



よって弧長  $\ell_x$  は  $\ell_x = 71 \times 6.28 = 445.88$  (mm)

④ 据付半径  $R_2$  は

$$R_2 = 445.88 / 2\pi \times 360 / 24.82 = 1029$$

以下同様の手順によって他のピニオン・ラック仕様を設定した結果を表-1に示す。

ピニオン・ラックの計画図を図1にラック取付計画図を図2に示す。

## 2. バスケットに 0.9 φ の穴を開ける加工法

モックアップ試験装置では製作上の都合から 1 φ - Δ P 2 mm と 3 φ - Δ P 5 mm のパンチングプレートの合板構造としたが実機では 0.9 φ - Δ P 3 mm の一枚板を使用する。ここでは 0.9 φ の穴開け加工について検討する。

### (1) 検討条件

- i) 材質 : SUS 304
- ii) 板厚 : 6 mm
- iii) 穴径とピッチ : φ 0.9 - Δ P 3 mm (三角配列)
- iv) 1 バスケット当りの穴数 : 40,000 個／バスケット

$$\begin{cases} \text{バスケット穴開け面積} = 308,280 \text{ (mm}^2\text{)} \\ \text{穴密度} = 7.8 \text{ mm}^2 / 1 \text{ 穴} \\ \text{穴数} = 308,280 / 7.8 = 40,000 \text{ (個)} \end{cases}$$

### (2) 穴開け加工法の比較検討

バスケットの穴開け加工として有力と考えられる加工法を表-2に示し、各加工法の特徴を以下に挙げる。

#### ① 放電加工

穴開け加工時間よりも穴開け終了後電極を上昇させ、次の穴開け位置まで移動し、放電開始条件を設定するまでの段取り時間が大部分を占める。穴開け加工時間の短縮化のためには板を重ね合わせた状態にして一度に穴開けを行なう方法が考えられる。

問題点としては電極消耗や電解液劣化にともない、一定間隔で交換を行う必要があり、これらを自動化するシステムに接続させなければならないことがある。

#### ② レーザー加工

最も短時間で穴開け加工ができる方法ではあるが、溶融しながらの穴開け加工になるため、穴寸法が一定にならずしかも穴形状は円錐台形となるために精度の良い穴とはな

らない。

③ ドリル加工

現在開発されている超硬ドリルを用いても約10個の穴開け毎にドリル破損が生じ（板厚2 mmの場合）、ドリルの交換が必要となる。板厚が増した場合破損頻度は更に高くなるため、ドリルの自動交換システムを接続する必要がある。また、 $\phi 0.9$  のドリル刃長は約10 mmであるため、板を重ね合わせて一度に加工することができない。

④ パンチング加工

一般に板厚が最小パンチング穴径限界値となっているため、板厚1 mm以上の板に $\phi 0.9$  のパンチング穴加工は困難である。

①～④の各加工法の比較から加工時間が短く、かつ加工精度が良好である方法としては、現状放電加工が最も有力である。

今後更に位置決め、電極交換、電解液交換の自動化システムを検討することで加工時間の詳細算定、適用性の見通しについて明らかにする必要がある。

表-1 スプロケットとピニオンの仕様

No.	スプロケット仕様					ピニオン仕様 (JIS B1721)				
	呼び番号	歯数	ピッチ円直径 [mm]	ピッヂ [mm]	歯幅 [mm]	モジュール	歯数	基準ピッチ 円直径 [mm]	ピッヂ [mm]	歯幅 [mm]
1	40	12	49.07	12.70	7.2	2	24	48	6.28	6
2	50	12	61.34	15.875	8.7	2.5	24	60	7.85	8
3	80	12	98.14	25.4	14.6	4	24	96	12.57	14
4	100	12	122.67	31.75	17.6	5	24	120	15.70	16

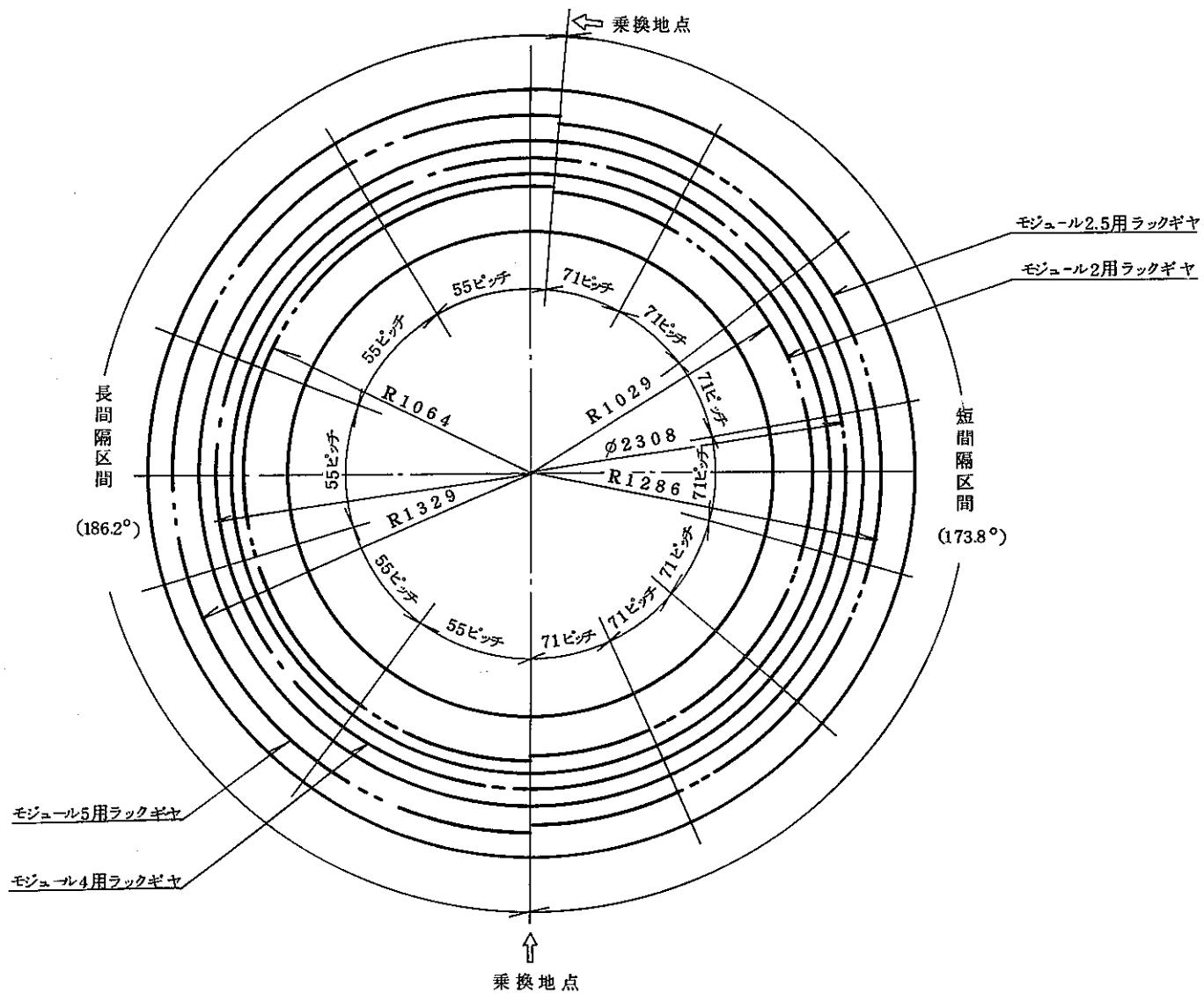
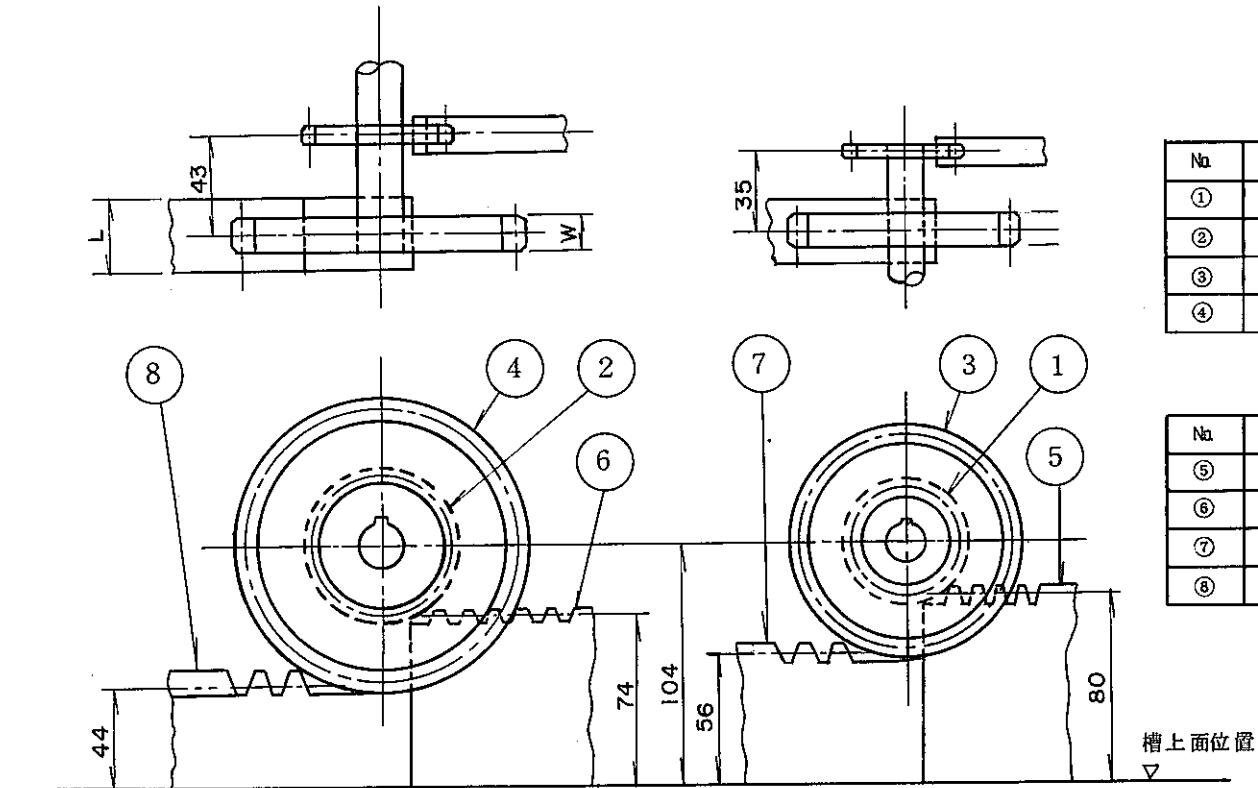


図1 ラック取付計画図



ピニオン仕様

No	歯形	モジュール	基準ピッチ 歯高径	歯幅 (W)	備考
①	並歯	2	48	6	
②	並歯	2.5	60	8	
③	並歯	4	96	14	
④	並歯	5	120	16	

ラック仕様

No	歯形	モジュール	幅 (L)	据付半径	備考
⑤	並歯	2	12	1029	
⑥	並歫	2.5	16	1286	
⑦	並歫	4	28	1064	
⑧	並歫	5	3	1329	

図2 ピニオン・ラック計画図

表-2 穴開け加工法の比較

No.	加工法	技術的問題点	穴開け加工時間	加工精度	備考
1	放電加工	・電極交換、電解液交換等の自動化システムが必要	(1) 3mm厚の穴開け加工 (1バスケット分) 約1分／個×40,000個=40,000分 = 667時間  (2) 6mm厚の穴開け加工 (12バスケット分) 12枚を重ね合せて一度に穴開けを実施 約2分／個×40,000個=80,000分 = 1334時間	良	・電極消耗 ・電解液交換 (40~50時間毎) *)電極、電解液の交換時間は含まない。
2	レーザー加工	・穴寸法が一定にならない。 形状が円錐台形となる。	(1) 3mm厚の穴開け加工 (1バスケット分) 約30秒／個×40,000個=1200,000分 = 333時間  (2) 6mm厚の穴開け加工 (12バスケット分) 333時間×12 = 4000時間	劣	
3	ドリル加工	・ドリル耐久性が難 (約10個穴加工毎に交換)	(1) 3mm厚の穴開け加工 (1バスケット分) 約1分／個×40,000個=40,000分 = 667時間  (2) 6mm厚の穴開け加工 (12バスケット分) 約1.5分／個×40,000個×12=720,000分 = 12000時間	良	*)ドリル交換時間は含まない
4	パンチング加工	・小口径穴のパンチングは難 (最小パンチング穴径は板厚)	—	—	

注) いずれの加工時間も位置決めは自動化されていると仮定した場合