

Pu燃第2開発室作業環境中の
空気流線調査について

1977年6月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

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。したがってその取扱いには充分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用等には事業団の承認が必要です。

プル燃第2開発室作業環境の 空気流線調査

実施責任者 加藤 仁 三
報告者 日野田 長 夫
桑 名 克 巳
吉 田 守
磯 部 芳 弘
石 川 久

- 調査期間 1976年3月～4月
- 調査対象 プルトニウム燃料部第2開発室のペレット製造工程を中心とした管理区域内全般。
- 目 的 作業環境の空気の流れを調査し、汚染管理および空気モニタリング計画上の指針を得る。
- 要 旨 プルトニウム燃料部第2開発室のペレット製造工程を中心に、常時作業に従事する場所での空気流を煙の動きを観察する方法によって調査した。
- 第2開発室内での空気流線の観察結果、特徴的なこととして次の3点が明らかになった。
1. 局所的に強い空気流が観察されるが、通常の作業域での空気流は、 0.1 m/sec 前後の弱いものである。
 2. 上昇流が比較的多く認められた。
 3. ペレット製造工程では、グローブボックスと給気口との位置関係からグローブボックス間の流線が3つのパターンに分類できることが認められた。
- なお調査の結果は可能な限り図面に表現するようにし、部屋単位の流線観察図を作成した。
- 観察結果から共通的な事柄や特徴的なことを見い出すとともに、それらの結果に基づき、空気汚染発生時の初期行動や効果的な空気モニタリング法についても検討を加えた。

目 次

1. 序 論	1
2. 調査方法	2
2-1 作業環境の空気流線観察	2
2-2 給・排気口の空気流速測定方法	3
2-3 ドア開放時の空気流速測定	3
2-4 人の動きによる空気流観察	3
2-5 使用器材	3
3. 空気流線調査結果	4
3-1 観測結果	4
3-1-1 空気の主流線観察結果	4
3-1-2 ペレット製造工程の流線観察結果	5
(F-101~F-103, A-101~A-103)	
3-1-3 加工工程の流線観察結果	5
(F-105~F-114, A-105~A-114)	
3-1-4 湿式工程の流線観察結果	5
(F-104, A-104)	
3-1-5 分析・物性試験室の流線観察結果	5
3-1-6 廊下・フィルタ室の流線観察結果	5
3-1-7 人の動きによる空気流線への影響	6
3-2 ドア開放時の流速測定結果	6
3-3 結果のまとめ	6
4. 考 察	38
4-1 室内空気流と影響因子	38
4-2 空気汚染管理と空気流線	39
4-2-1 空気試料のサンプリングポイント	39
4-2-2 異常時の初期行動	40
4-3 空気流の調査方法について	40
5. 結 語	42

図 表 の 索 引

項 目	頁
空気流線調査方法関係	
図 2 - 1 煙の発生手順	2
図 2 - 2 空気流線の観察風景図	2
図 2 - 3 給・排気口における風速測定点	3
空気流線観察結果関係	
表 3 - 1 給・排気口での風速測定結果	9
図 3 - 1 作図上の記号の説明・凡例	8
図 3 - 2 プル燃第 2 開発室の給気口形状の種類	10
図 3 - 3 水平方向の空気主流線観察図	11
図 3 - 4 ベレット製造工程の代表的な空気流線パターン	12
1. 給気口がグローブボックス間に位置している場合	12
2. 給気口がグローブボックス間に位置していない場合	12
3. 給気の影響がおよばない作業空間	13
図 3 - 5 ベレット製造工程の水平方向流線観察結果	14
図 3 - 6 F B R ベレット製造工程の各作業域における空気流線観察結果	15
} 図 3 - 2 3	
図 3 - 2 4 A T R ベレット製造工程の各作業域における空気流線観察結果	20
} 図 3 - 4 1	
図 3 - 4 2 室内における一連の空気の流れ (循環流)	25
図 3 - 4 3 F B R 加工工程の各作業室における空気流線観察結果	26
} 図 3 - 4 5	
図 3 - 4 6 A T R 加工工程の各作業室における空気流線観察結果	27
} 図 3 - 4 8	
図 3 - 4 9 湿式工程の空気流線観察結果	30
図 3 - 5 0 分析・分性試験室 (C-101~C-103) における空気流線観察結果	31
} 図 3 - 5 2	
図 3 - 5 3 廊下における空気流線観察結果	34
図 3 - 5 4 フィルター室 (C-215) における空気流線観察結果	35
図 3 - 5 5 人の動きによる煙の挙動	35
図 3 - 5 6 各作業室における扉の空気流速測定結果	37
空気流線観察結果の検討関係	
図 4 - 1 ベレット製造工程の推定空気流線	41

1. 序 論

プルトニウム取扱い施設の放射線管理のうち、空気汚染管理は最も重要な課題の一つである。空気のモニタリング方法やエアロゾルの空気中での挙動および空気汚染発生時の初期行動など空気汚染管理に関連して、作業環境の空気流線が度々議論の対象となってきた。

プルトニウム燃第2開発室における作業環境中での空気流線調査は昭和47年にDOP(Di-octyl phthalate)を用いて実施されている。しかしそれは、室内給気口からの一次吐出流を中心としたものであって、実際の場合問題となる作業空間の空気流調査は十分なものではなかった。

今回の調査は、床面上1.5 mの作業空間を中心に発煙点を設定し、必要にそくした調査を心がけた。しかし、過去の調査で使用したDOPはその有害性が問題となり、今回の調査で使用する事が困難になったことから、調査手段は煙による目視法という定性的な方法によらざるを得なかった。

室内に空気流を生じさせる一次要因は、①給気口からの吐出圧・②排気口での吸引圧があり、実際にはこの他の要因として、③冷暖房や施設内の熱源・④作業者の動き・⑤作業室間の負圧差やドアの開閉・⑥扇風機や局所排気装置などが加わる。これらの要因によって発生した空気流が室内の壁や床・天井およびグローブボックス等の装置類と作用し、返流・乱流となって室内の空気が常に攪拌されている状態にあると推定される。今回の調査の結果でいう空気流線とは、発煙点からある方向に拡散しながら流れて行く煙の軌跡を示したものである。煙の軌跡は室内の空気により、攪拌されたり拡散されたりするが、これらの過渡的な状態を流線としてとらえ表現した。

調査結果を放射線管理上のデータとしてのほか、作業環境の評価や事故対策上の基礎データとして、より広く周知し、作業環境の空気流の実体を理解してもらうことが必要と考え、ここに結果を整理した。

2. 調 査 方 法

空気流の調査は、①空気流速計を用いての給・排気口周辺流速の測定、②発煙缶による空気流線の観察、③各作業室のドア開放時に於ける流速の測定の各項目について実施した。なお、調査期間が冬期であった事から調査期間を通して室内は暖房がなされていた。

2-1 作業環境の空気流線観測

- 煙の発生点は、作業頻度の高い場所を中心に床上1.5 mの点を原則とした。
- 煙の発生は、図2-1に示す手順に従って発煙させ、煙の動きを懐中電燈で追跡した。図2-2は流線の観察風景を図示したものである。
- 煙が拡散によって薄くなった点で再度発煙し、煙の動きを線として記録できるようにした。
- 上昇流が認められた場合は煙草を併用し、線香の熱流によるものか否かを判別した。

図2-1 煙の発生手順

- ① 収煙缶に線香の煙を入れる。
- ② 室温に近づける為、しばらく放置しておく。
- ③ 収煙缶から暖やかに煙を出す。

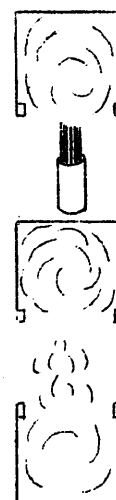
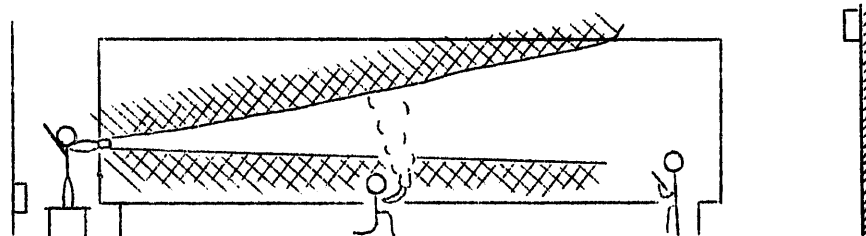


図2-2 空気流線の観察風景図

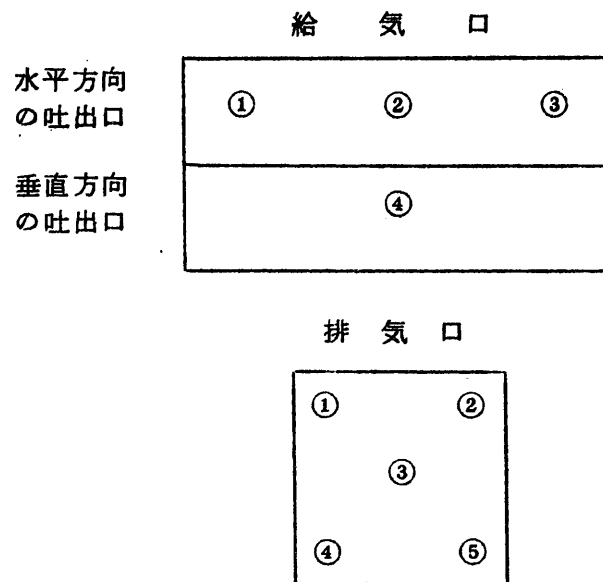


2-2 給・排気口の空気流速測定方法

- 給・排気口の空気流速測定は、図2-3に示す様な測定点を設け、各作業室につき1~2箇所代表的な位置に於ける給・排気口を対象に、空気流速計（アネモメータ）を用いて測定した。
- 給気口の吐出速度の測定は、給気口から約5 cmの点で、また、排気口の吸引速度は排気口表面にて、それぞれ流速計指示針が安定した時の平均値を記録した。

図2-3

給・排気口における風速測定点



2-3 ドア開放時の空気流速測定

- 各作業室のドアを開いた場合の空気の方向と流速をドアの開放角度との関係で測定した。
- 空気流速計を使用し、測定は指示値が安定した時点で読み取りを行なった。

2-4 人の動きによる空気流の観察

- 任意の作業空間床上約1.5 m（人の胸にあたる高さ）地点に発煙し、その時の煙の挙動を観察した。

2-5 使用器材

- 空気流速計（アネモメータ）
 - メーカー： 日本化学工業K.K
 - 型式： MODEL AM-A11/11-1111
 - 性能： 0.1~40 m/s 測定可能
 - その他、温度・静圧測定用
- 線香・煙草・収煙缶
- 懐中電燈

3. 空気流線調査結果

空気流線の調査はATRおよびFBRのペレット製造工程を中心に第2開発室全般にわたって調査した。実際の観察結果は煙の拡散現象が加わり複雑なものであったが、発煙点から煙が拡散するまでにどのような軌跡をたどったかをその場の空気流線としてとらえた。

また、室内での空気の動きを表現するに際して便宜的に観察結果を次の3つに分類した。なお、作図上の凡例を図3-1に示す。

- (1) 流線：ある一定方向に空気が動いている状態。
- (2) よどみ：空気の動きがほとんど観測されないかまたは、非常に穏やかな状態。
- (3) 乱れ：空気の動きが特に乱れ、乱流や渦流となって攪拌現象をうながす状態。

さらに流線については、流速の強さによって主観的な分類ではあるが、3段階に表現した。

- (1) 主流線：給気口からの一次吐出流。
- (2) 速い傍流：主流線の壁からの反射流や、主流線への巻込み流。（肌に風を感じる。）
- (3) 一般傍流：二次的に生じている比較的弱い空気の流れ。

3-1 観察結果

3-1-1 主流線の観察結果

主流線は給気口からの吐出圧によって発生する。プル燃第2開発室には3種類の給気口の形状（図3-2）があり、給気方向は給気口にある案内羽根によって調整できる。図3-3は水平方向の主流線観察結果である。ペレット製造工程では1つの給気口から水平方向と垂直方向にそれぞれ給気され、主流線は複数となる。水平方向の主流線は一般に天井に沿って流れ、壁、装置等により反流、乱流となる。また垂直方向の主流線は床より上昇流や乱流となって作業環境の空気流に寄与していく。分析関係の部屋（O-101～O-103）では給気方式の違いもあって主流線と一般流との識別は行なえなかった。なお主流線は給気口の案内羽根によって方向を変えたり、広がりを持たせたりすることができ、固定されたものではない。

表3-1は各作業室における代表的な給排気口での風速の測定結果を整理したものである。給気口での平均空気流速は 3.1 m/sec であり、最大の流速が観測されたのはA-104の給気口で 12.5 m/sec であった。給気口の案内羽根のため、同じ給気口でも測定点によって測定値は大きく異なる。

排気口での平均流速は 1.2 m/sec であり、最大の流速が観察されたのはF-105の排気口で 6.3 m/sec であった。

加工工程では排気流速が大きく、製造工程では一般に小さい。これは排気量に差がある

他、排気口の有効面積の大きさの違いによるものと思われる。

3-1-2 ベレット製造工程の流線観察結果 (F-101~103, A-101~103)

ベレット製造工程における主流線とグローブボックス間の作業空間での空気流は、その位置関係によって次の3つのパターンに類型化できる。

- (1) 給気口的位置が、グローブボックス間の空間と一致している場合。
- (2) 給気口がグローブボックス間に位置しない場合。
- (3) 給気口の影響がおよばない場合。

基本的には上記の3つのパターンに従いながらも、グローブボックス間に設置されている装置類・グローブボックスと給気口の微妙な位置関係、給気口の案内羽根の位置などの違いによって、各々複雑に気流の変化を生じる。図3-4-(1)~(3)にベレット製造工程の代表的な3つの流線パターンを示し図3-5に製造工程全般の水平方向流線観察結果を示した。なお図3-6~図3-23にFBR工程の、図3-24~図3-41にATR工程のグローブボックス間の作業域における詳細な観察結果を作業域毎に示した。

3-1-3 加工工程の流線観察結果 (F-105~114, A-105~114)

加工工程の給気は水平方向にのみ吐出されている。また、装置類の配置と給気口との位置関係にベレット製造工程のような規則性はなく、各室とも独特の流線パターンである。共通している点は、床上1.5mの位置での流線が、一方向への単純な流線ではなく、上昇流・反対流が共存し複雑な状態になっていることである。図3-43~図3-48に各作業室毎の流線観察結果を示す。

3-1-4 湿式工程の空気流線観察結果 (A-104, F-104)

湿式工程は、作業空間としては一番大きな部屋でありまた、グローブボックスは床からの立ち上りボックスが多く、形状も不規則なものが多い。空気流線のパターンは複雑で、観察内容も断片的なものとなった。

図3-49に流線観察結果を示す。

3-1-5 分析・物性試験室の空気流線観察結果 (C-101~C-103)

物性試験室及び分光分析室 (C-103, C-102) の給気口は天井部に設置されていて、斜め下方に吐出している。

床上1.5mの位置での空気流としてはグローブボックスに沿った流れが多く観察された。

化学分析室 (C-101) にはフードがあり、フード方向への空気流が目立った。図3-50~図3-52に流線観察結果を示す。

3-1-6 廊下・フィルター室での流線観察結果

廊下での空気流線観察結果を図3-53に示す。強い流れとして、C-103前の段階からの空気流が観察されたが、その他比較的弱い流れがA, D廊下とも貯蔵庫方向へ向けて

存在する。フィルター室では弱い流れが存在するが、流線としての把握はできなかった。
図 3-54 に断片的ではあるが観察結果を示した。

図 3 - 1 作図上の記号の説明・凡例

<記号説明>

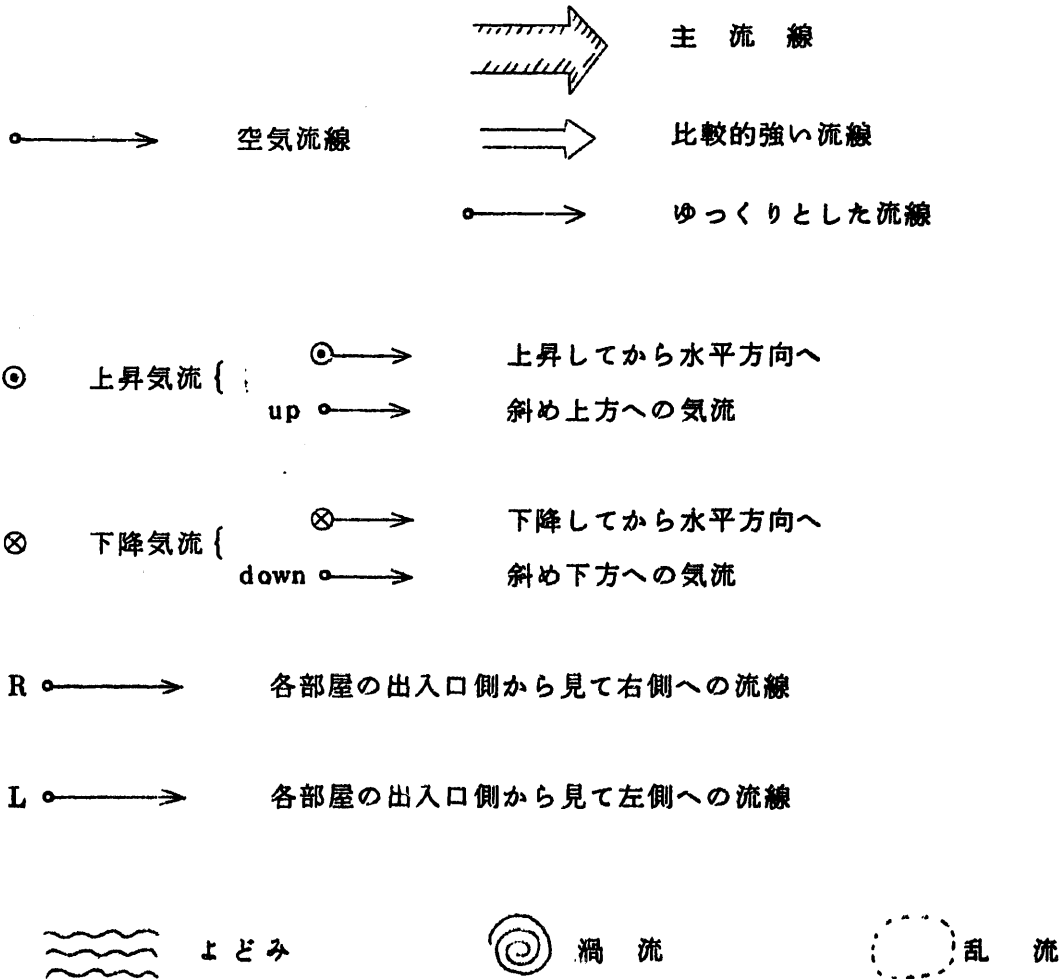
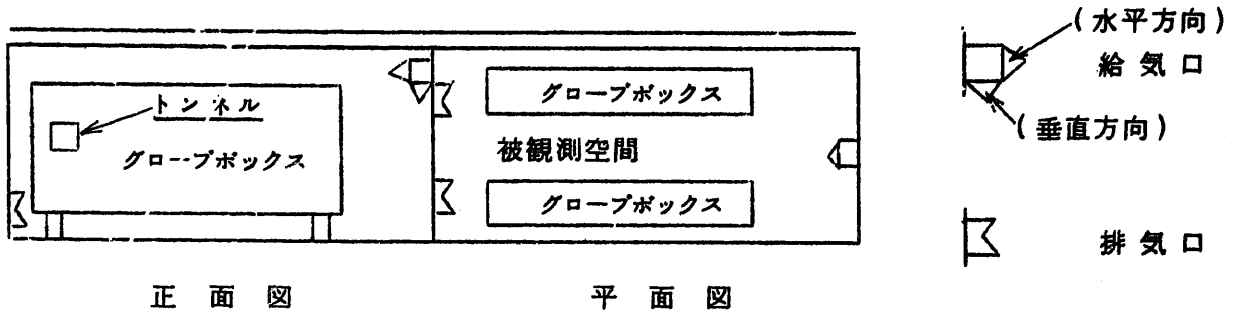
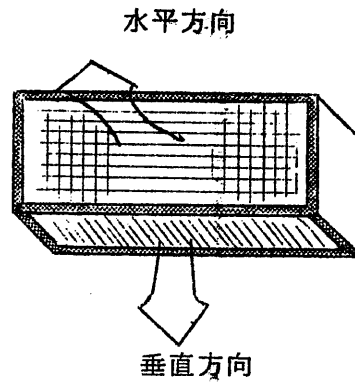


表 3-1 給・排気口での空気流速測定結果

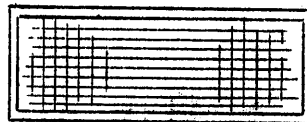
室名	測定対象 給気口位置	給気口 (m/s)				測定対象 排気口位置	排気口 (m/s)				
		①	②	③	④		①	②	③	④	⑤
F-101	D-27ボックス前	1.3	2.7	1.5	1.5	D-25ボックス後	1.0	1.4	1.15	0.9	1.2
F-102	D-21ボックス前	0.6	2.2	1.6	6.0	D-19ボックス後	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
F-103	D-11とD-13ボックス間	1.7	4.2	2.2	4.6	D-9ボックス後	0.45	0.7	0.55	0.4	0.6
"	D-5ボックス前	2.9	0.4	1.9	3.4	D-3ボックス右後	0.6	0.4	0.4	0.4	0.45
F-104	W-11・W-7ボックス間	2.4	3.4	2.6	2.3	W-1-1・W-7ボックス間	0.55	0.5	0.5	0.55	0.45
"	W-5ボックス前	3.1	2.9	2.1	1.8	W-5ボックス右後	0.35	0.45	0.4	0.35	0.35
F-105	出入口上	3.0	2.5	2.4	水吐 平出 方口 向が だけ の もの	F-105室左端	6.0	5.75	6.25	5.5	5.75
"	F-105中央ドア上	1.5	1.8	2.0		A-3ボックス後	5.0	5.25	5.5	6.0	5.5
F-106	F-108の壁	4.6	4.0	4.5		F-111室壁	0.55	0.65	0.27	0.37	0.4
F-113	F-113室出入口左上	3.0	3.2	2.5		F-113室左から5番目	1.8	1.4	1.3	1.4	1.1
F-114	F-114室ビン貯蔵棚上	1.2	3.2	2.7		F-114室右から2番目	0.55	0.57	0.49	0.50	0.54
A-101	D-28ボックス前	4.4	0.8	6.0	2.8	D-26とD-28ボックス間	0.35	0.3	0.3	0.4	0.25
A-102	D-20とD-22ボックス間	5.0	1.6	9.0	1.1	D-20ボックス後	0.3	0.3	0.3	0.35	0.45
A-103	D-12とD-14ボックス間	2.5	1.5	6.5	1.9	D-10ボックス左後	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3
"	D-6ボックス前	1.5	1.0	5.0	1.6	D-4とD-6ボックス間	1.3	1.2	1.4	1.3	1.0
A-104	W-10ボックス前	1.6	1.4	0.85	12.5	W-2-2ボックス右後	0.6	0.55	0.55	0.45	0.35
"	W-2-2ボックス前	1.9	1.3	1.0	2.3	W-8ボックス左後	0.5	0.5	0.55	0.65	0.6
A-105	A-105室左から2番目	4.1	3.8	4.2	吐 出口 が 水 平 方 向 だ け の もの	A-7ボックス右	1.35	1.6	1.6	1.1	1.5
"	A-105室右から2番目	2.5	2.7	3.5		A-105室左から2番目	1.4	1.3	1.6	1.1	1.8
A-106		4.9	4.0	4.4			0.23	0.23	0.23	0.25	0.25
A-107	A-107室左から2番目	3.8	4.0	4.2		A-107室右から3番目	1.1	1.15	1.25	1.3	1.55
"	A-110室壁	1.1	0.3	0.45		A-111室壁	0.9	0.95	1.0	0.95	0.9
A-113	A-113室左ドア上	2.2	2.1	0.3	A-113室ドア左	1.1	1.0	1.1	1.2	1.15	
A-114	ATRローディングドック側	0.75	6.5	8.5	A-114左から3番目	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	
C-101	C-13ボックス前 (水平方向のみ)	4.0	4.0	4.5		フード(H-2)	3.5	2.8	2.4	(フードを測定)	
C-102		0.2	0.3	0.25	給気口		0.45	0.5	0.5	0.35	0.55
C-103			4.5		円形		0.63	0.8	0.75	0.45	0.7
廊下A		2.5	1.8	4.8	直給気口						
廊下D					給気口が垂						
A-100		1.3	8.0	5.0	直給気口のみ		0.5	0.48	0.53	0.63	0.55
A-110		0.2	4.1	2.75	水吐		2.0	1.7	1.9	1.5	1.4
F-100		3.5	4.4	3.5	平出		1.8	1.2	1.3	1.5	1.5
A-110		4.0	3.4	5.0	方口		1.2	1.15	0.95	0.9	0.9

図 3 - 2 燃第 2 開発室の給気口の種類

- (1) 垂直・水平方向の吐出口を持っている給気口



- (2) 吐出口が水平方向だけの給気口



- (3) 吐出口が円形で斜め下方に給気をしている給気口

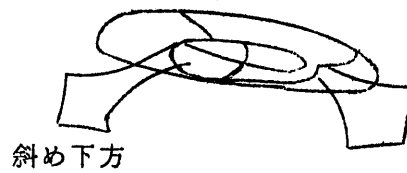


図 3-3 水平方向の主流線観察図

プルトニウム燃料第2開発室1階(平面図)

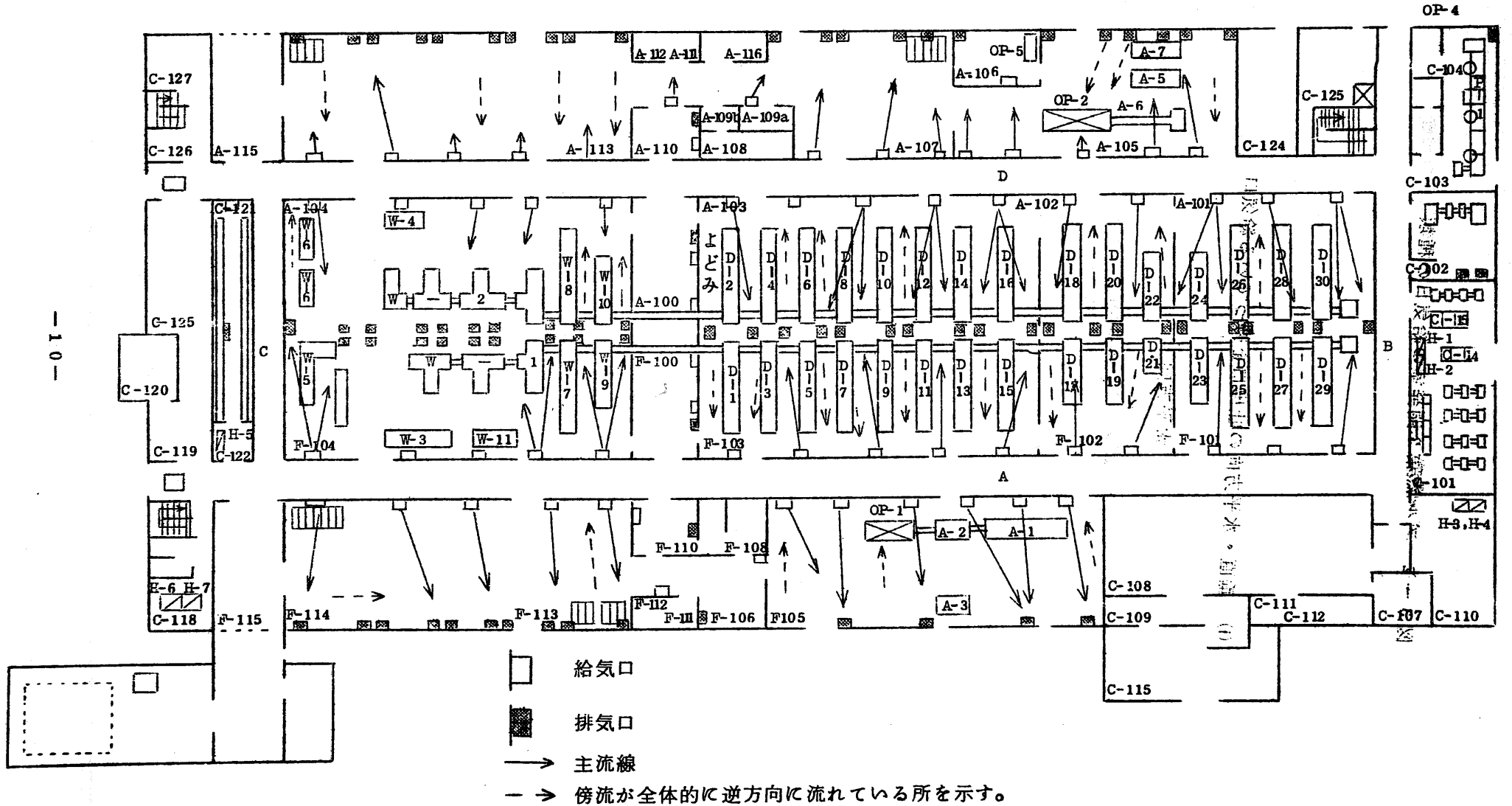
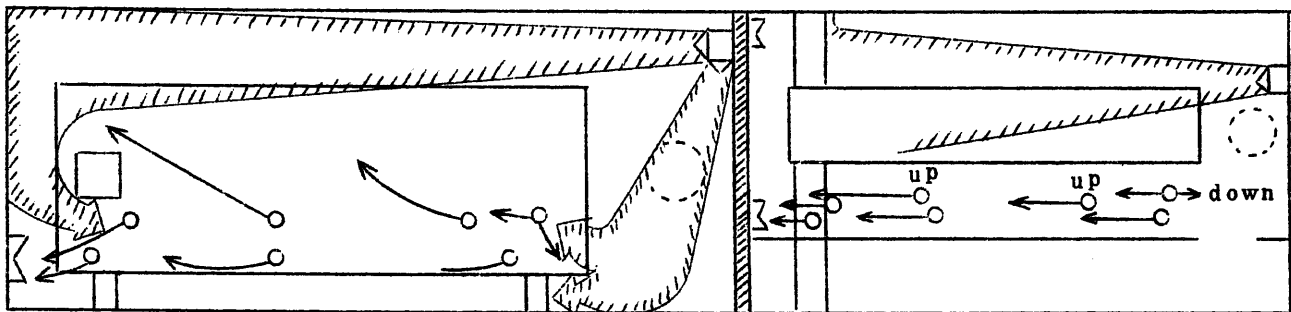
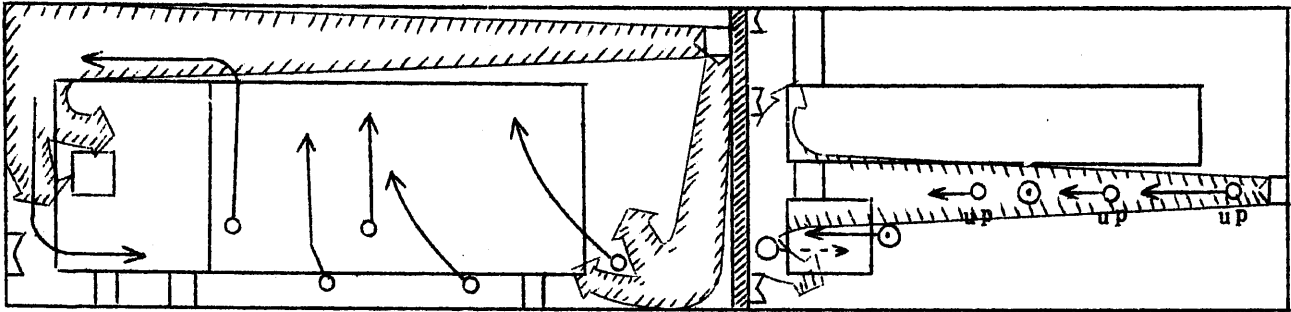


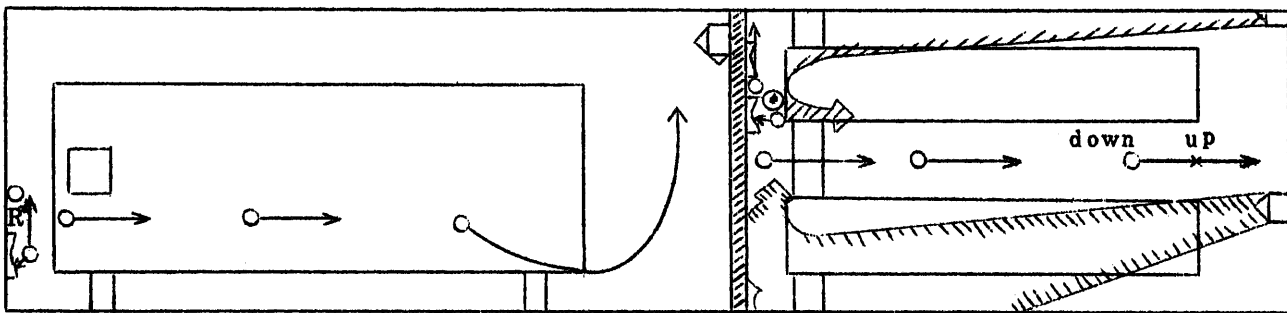
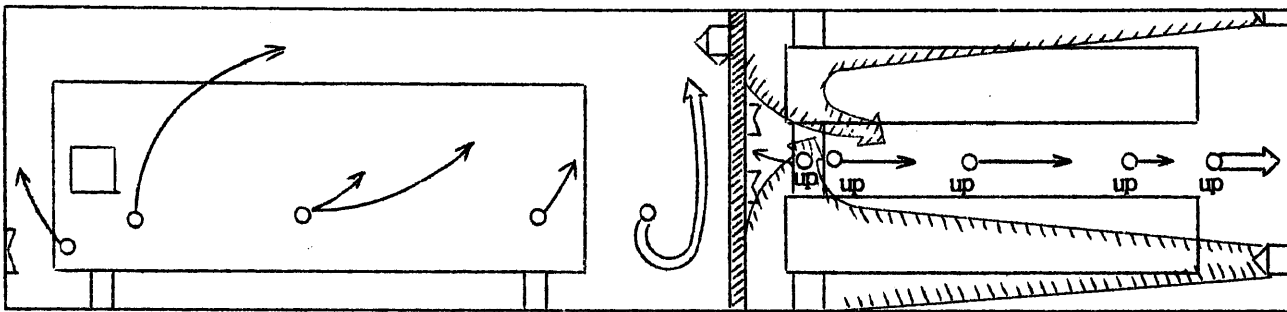
図 3-4 ペレット製造工程の基本的な空気流線パターン

- (1) 給気口がグローブボックス： 作業空間を水平に，又は，上昇しながら主流線と同じ方向に流
クス間と合っている場合 れる。



- (2) 給気口がグローブボックス： 主流線が壁，グローブボックス，装置類等に反射して出来る正
クス間の位置にない場合 方向とは逆方向の流線。

垂直方向の主流線の影響により給気口附近に上昇流が生じる
場合が多い。



(3) 給気口の影響が及ばない場合

作業空間を、傍流がゆっくりとした速度で上昇する。同時によどみを伴う場合が多い。

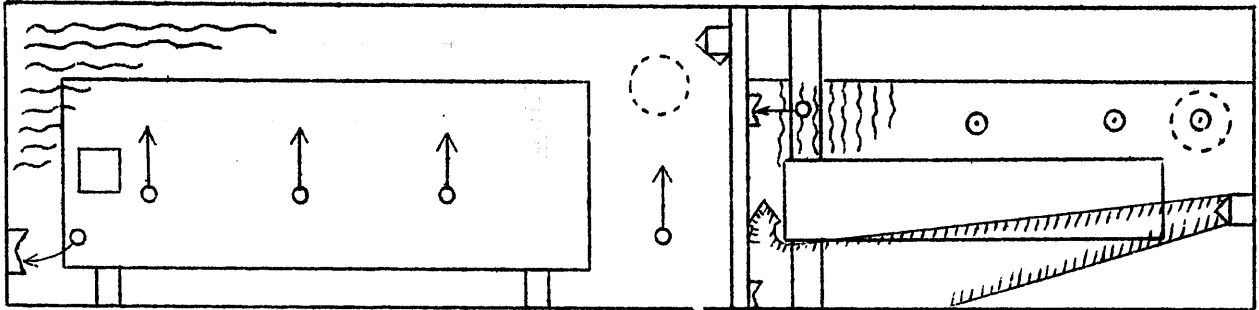
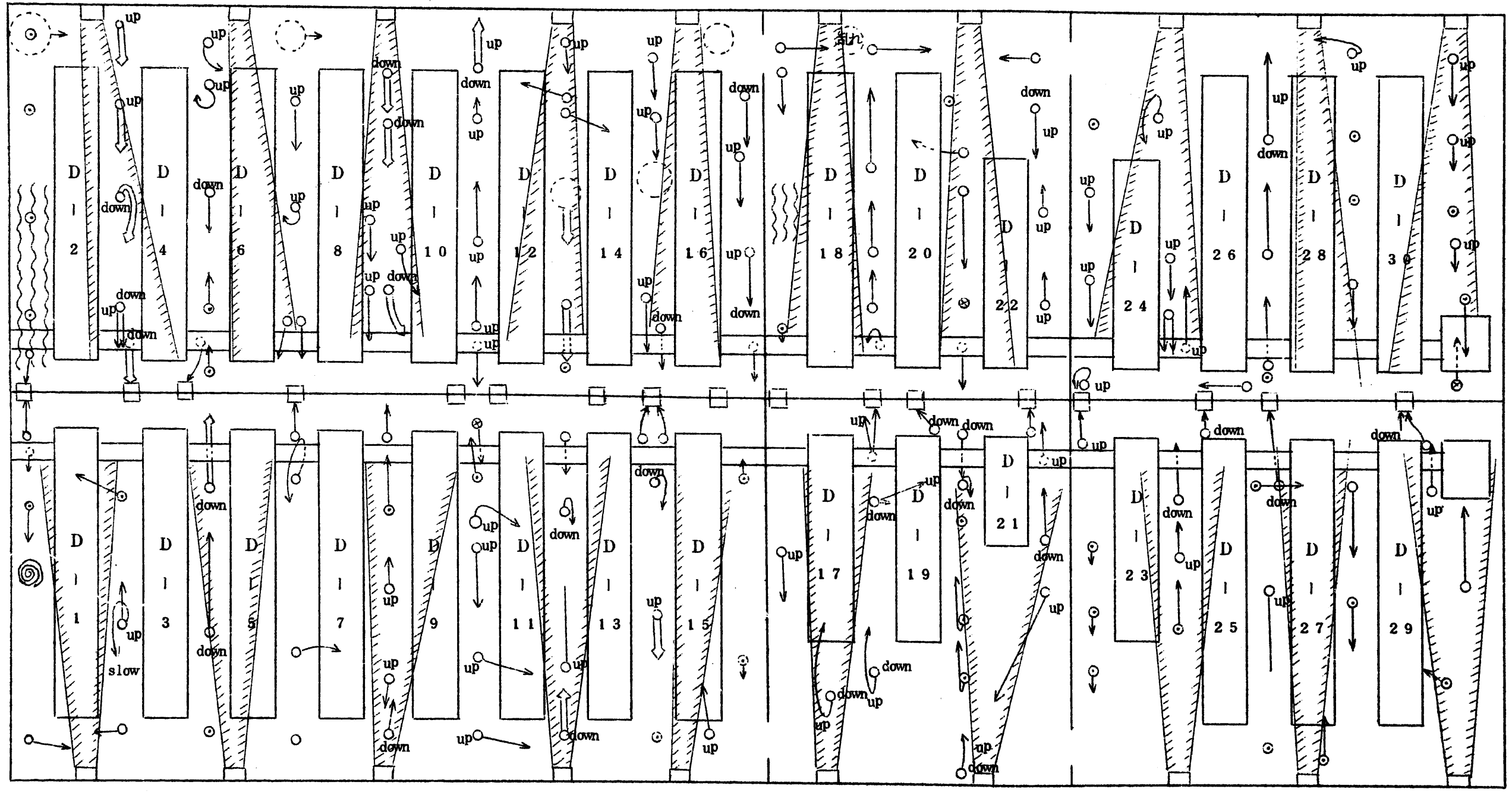


図 3-5 ベレット製造工程における水平方向流線観察図



ブル燃第2開発室管理区域内空気流線

1. FBR工程

a) F-101

図3-6 D-29と壁の空間

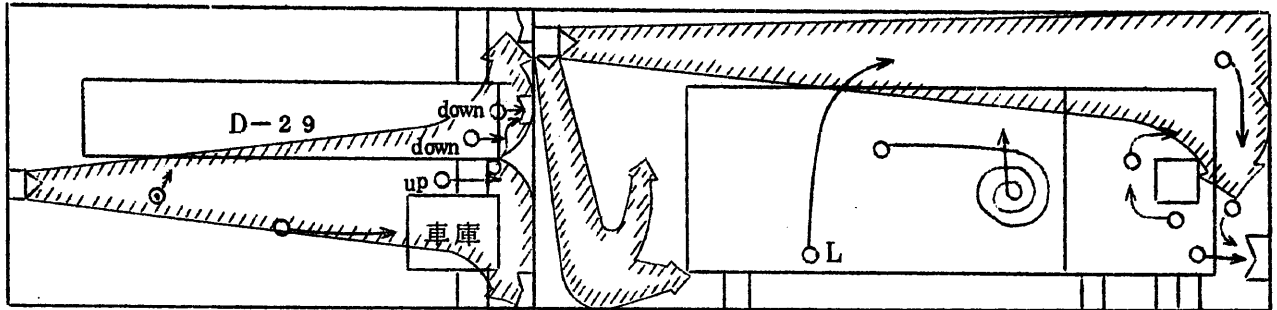


図3-7 D-29とD-27の空間

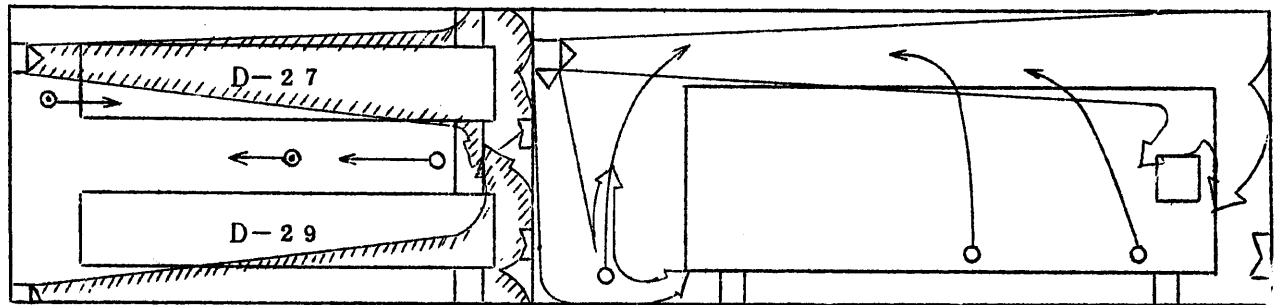


図3-8 D-27とD-25の空間

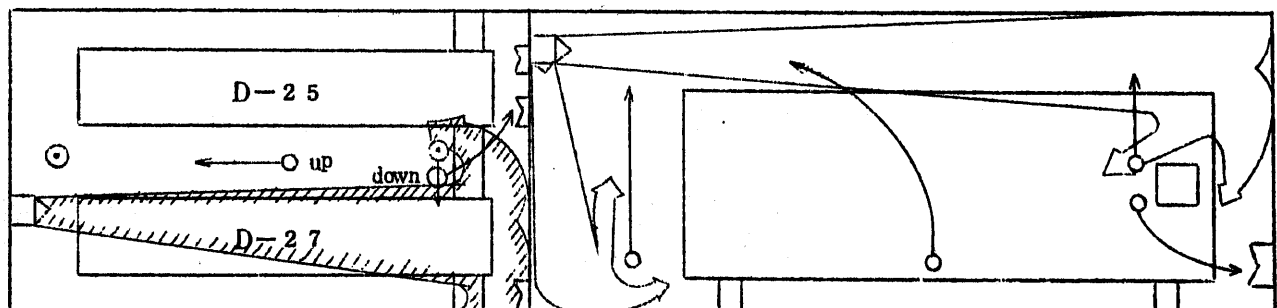


図 3-9 D-25 と D-23 の空間

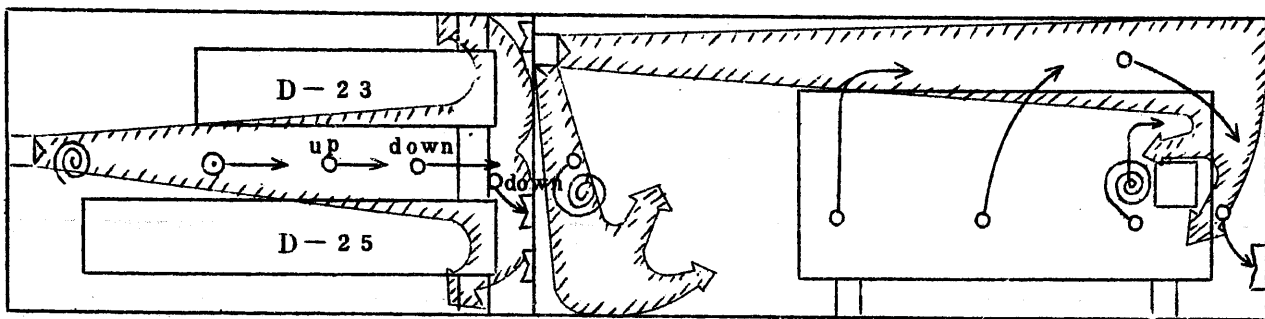
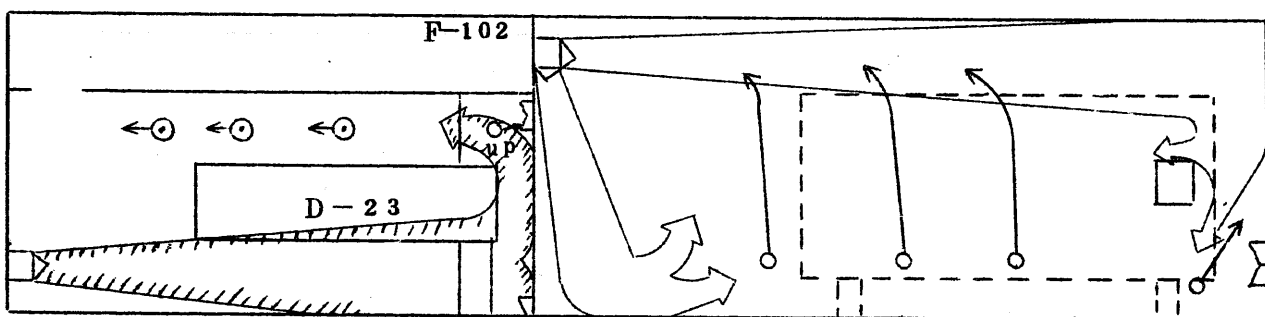


図 3-10 D-23 と F-102 室の空間



b) F-102

図 3-11 F-101 と D-21 の空間

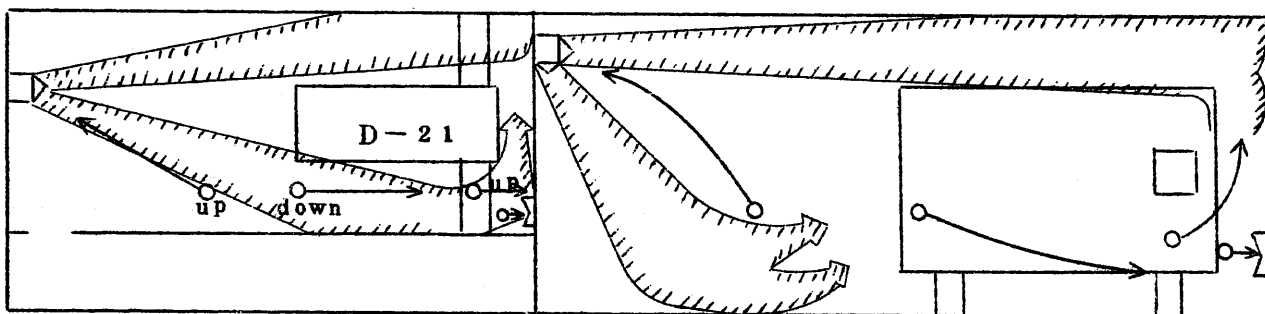


図 3-12 D-21 と D-19 の空間

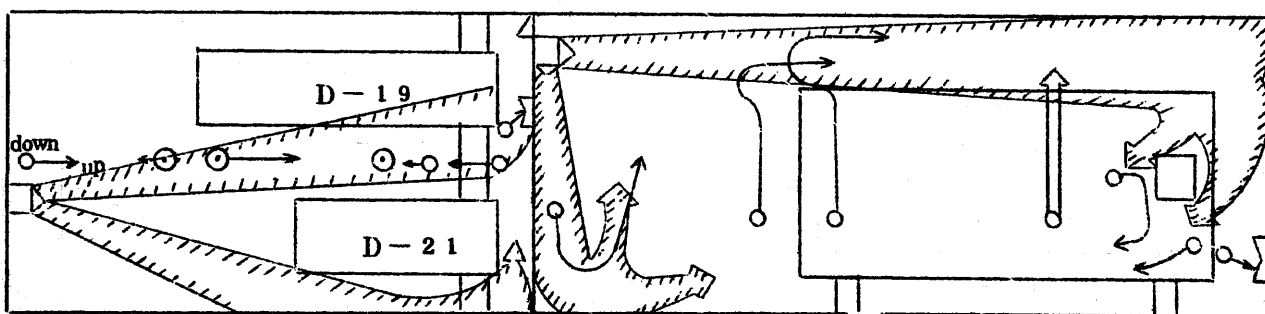


図 3-13 D-19 と D-17 の空間

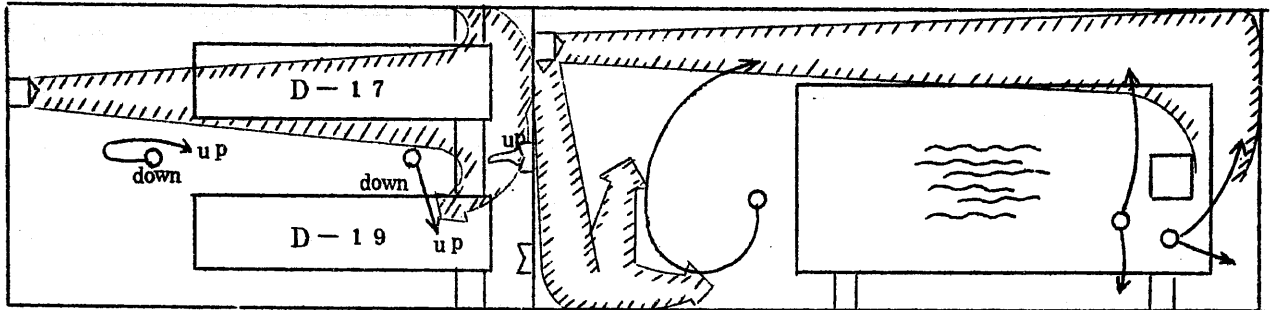
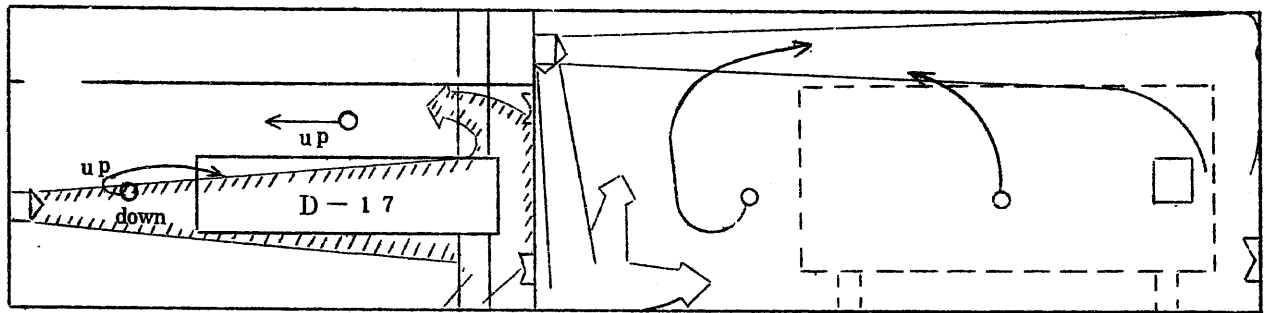


図 3-14 D-17 と F-103 室の空間



c) F-103

図 3-15 F-102 と D-15 の空間

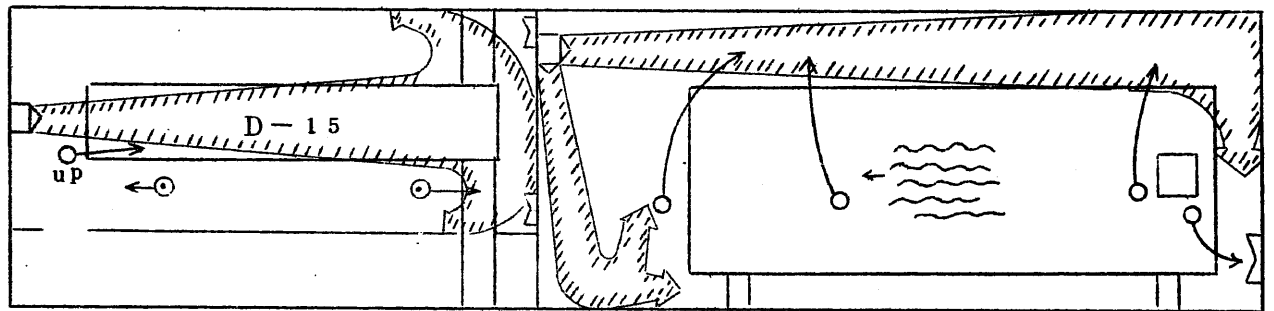


図 3-16 D-15 と D-13 の空間

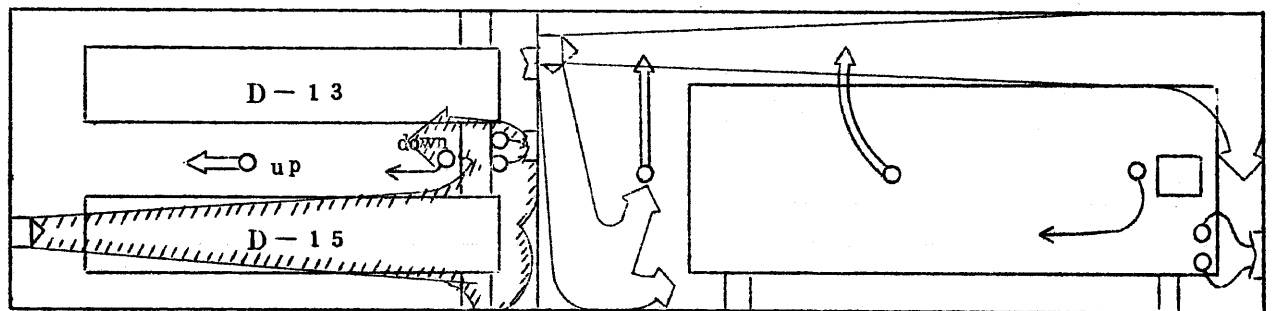


図 3-17 D-13 と D-11 の空間

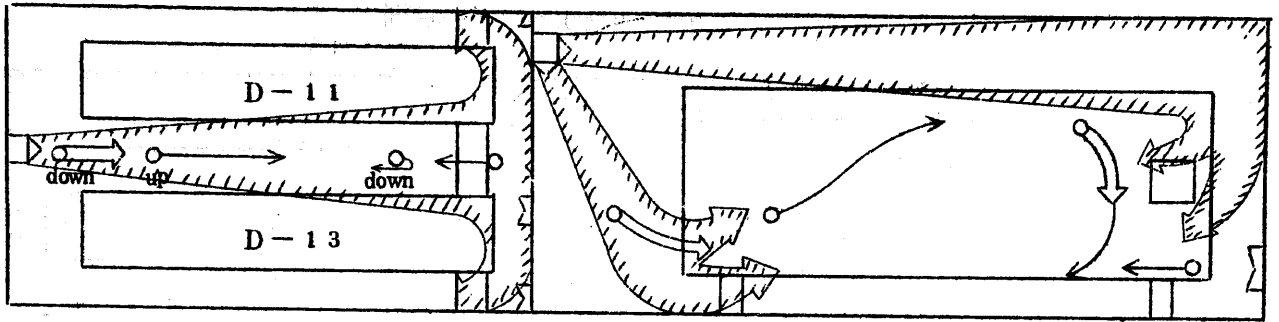


図 3-18 D-11 と D-9 の空間

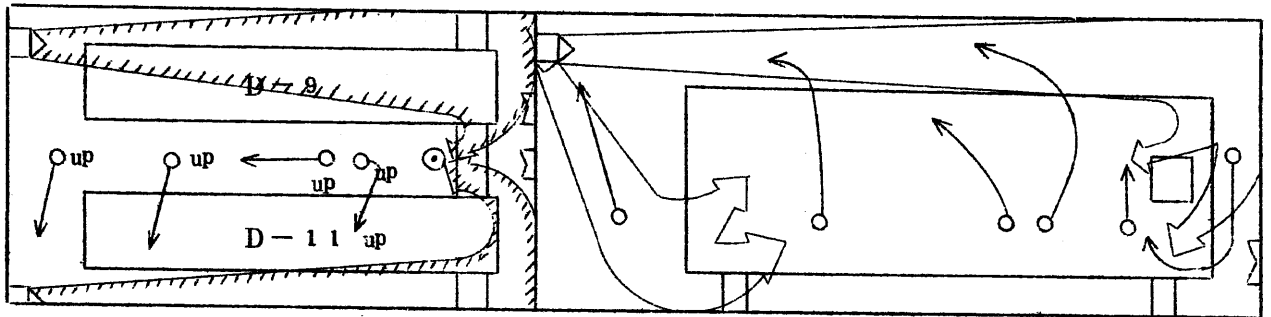


図 3-19 D-9 と D-7 の空間

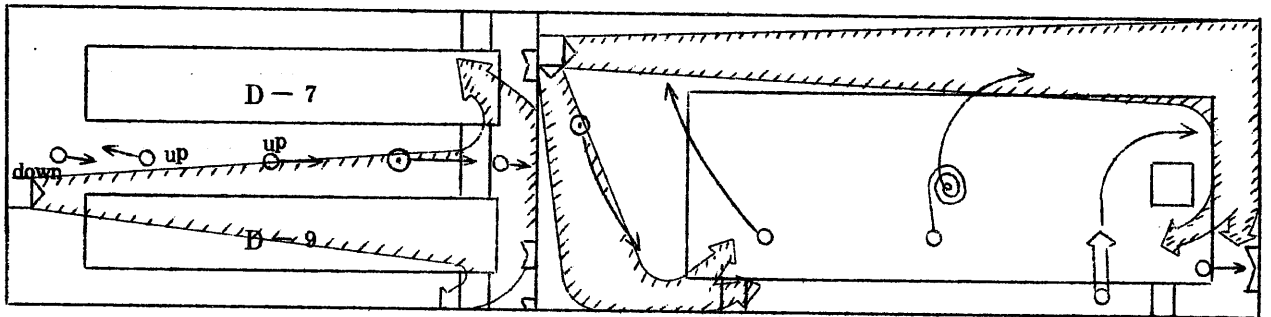


図 3-20 D-7 と D-5 の空間

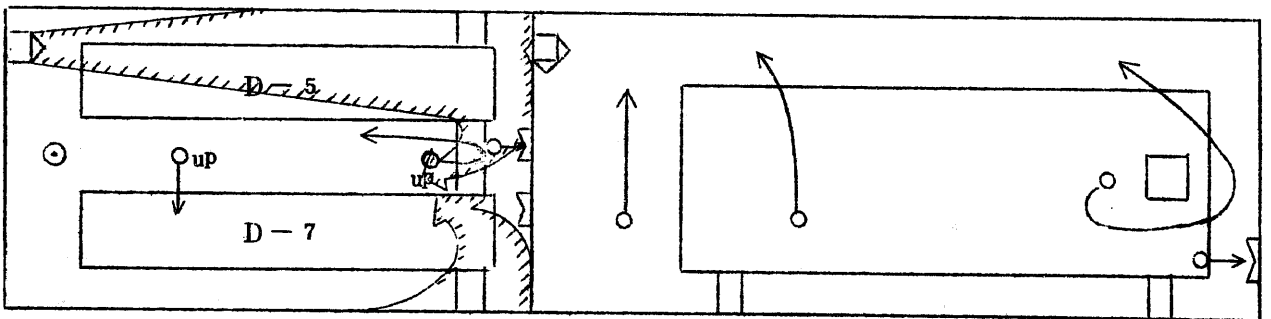


図 3 - 2 1 D - 5 と D - 3 の空間

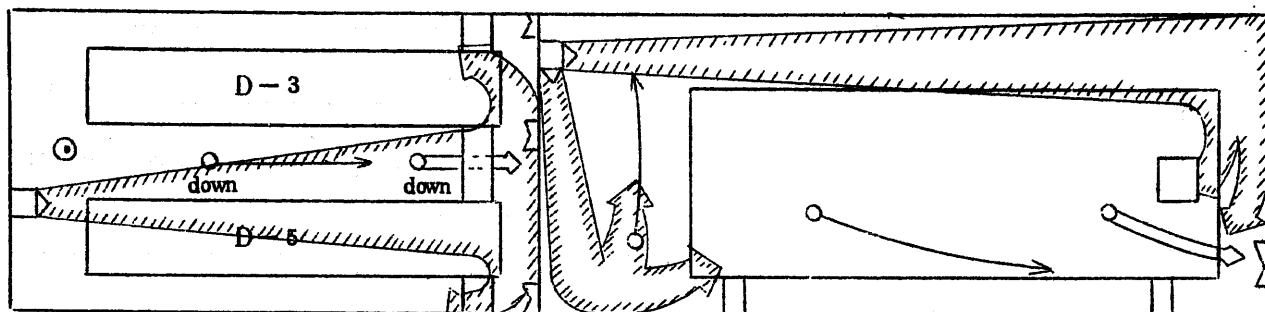


図 3 - 2 2 D - 3 と D - 1 の空間

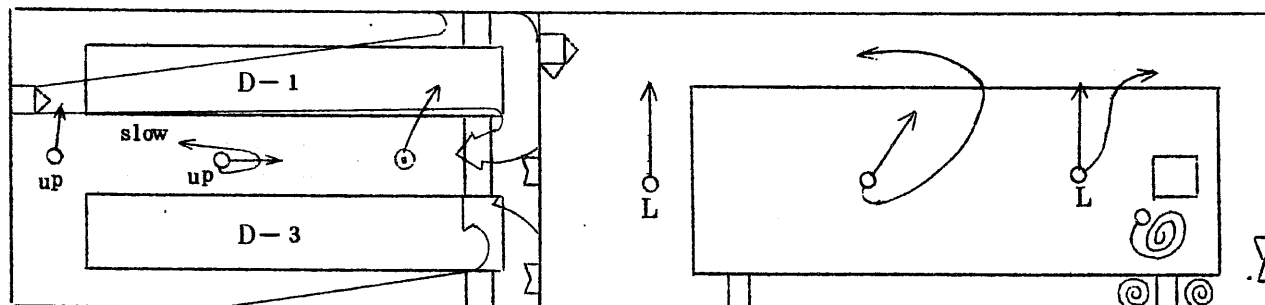
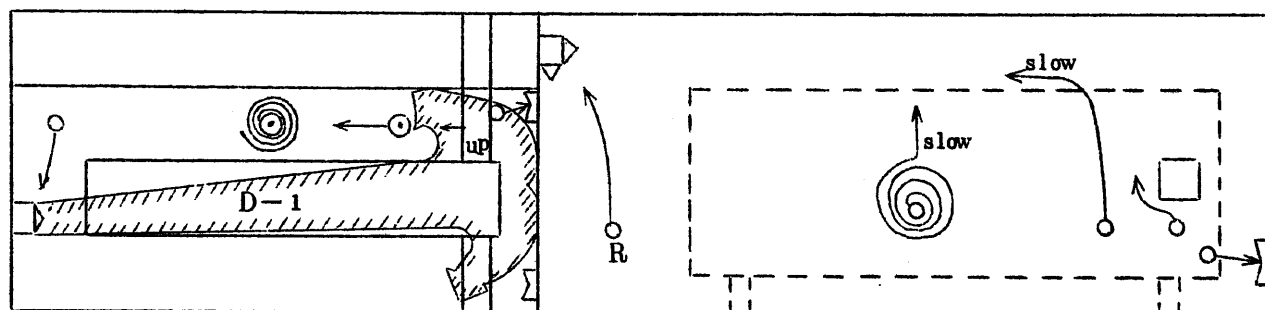


図 3 - 2 3 D - 1 と 工程管理室の空間



2 ATR工程

a) A-101

図3-24 D-30と壁の空間

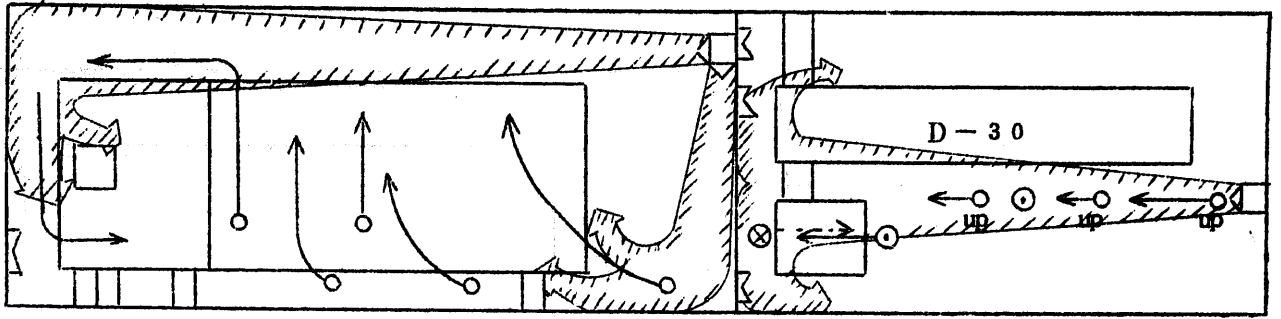


図3-25 D-30とD-28の空間

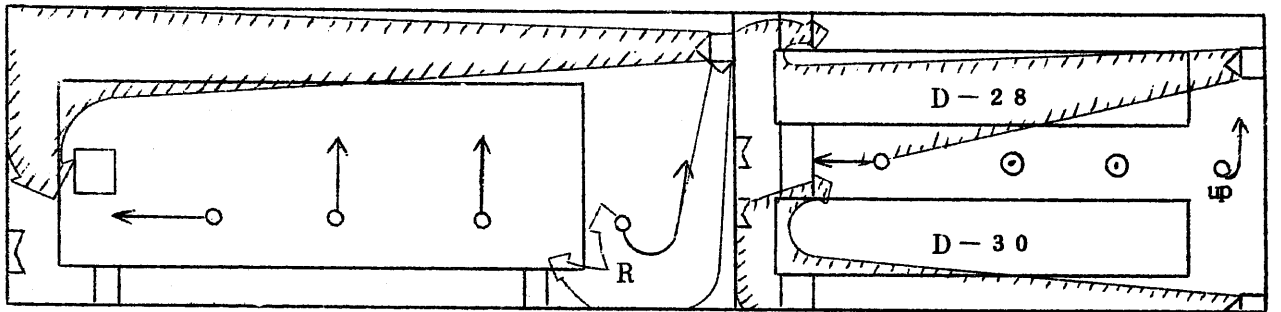


図3-26 D-28とD-26の空間

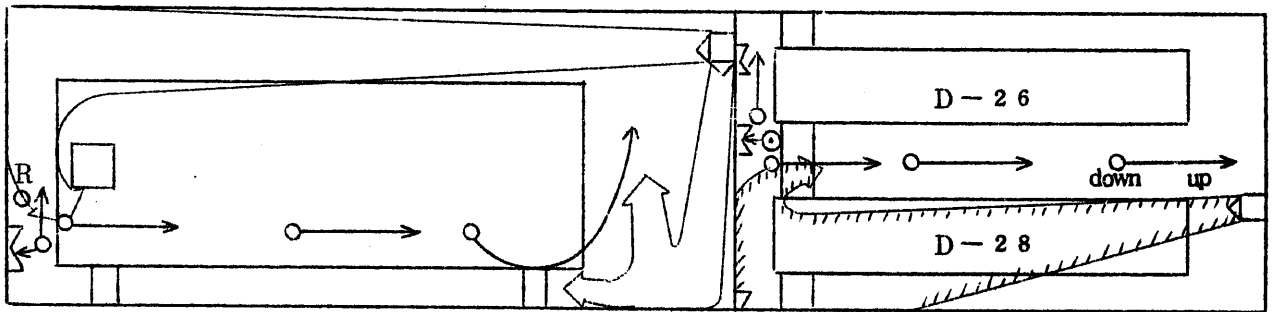


図3-27 D-26とD-24の空間

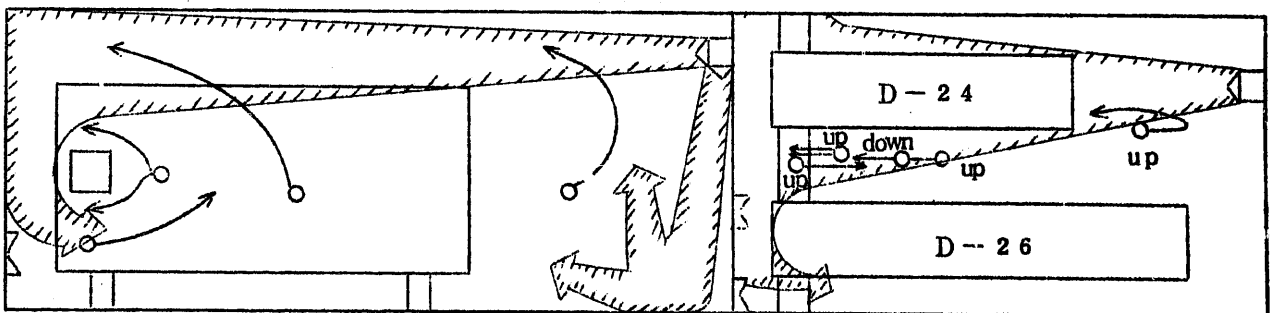
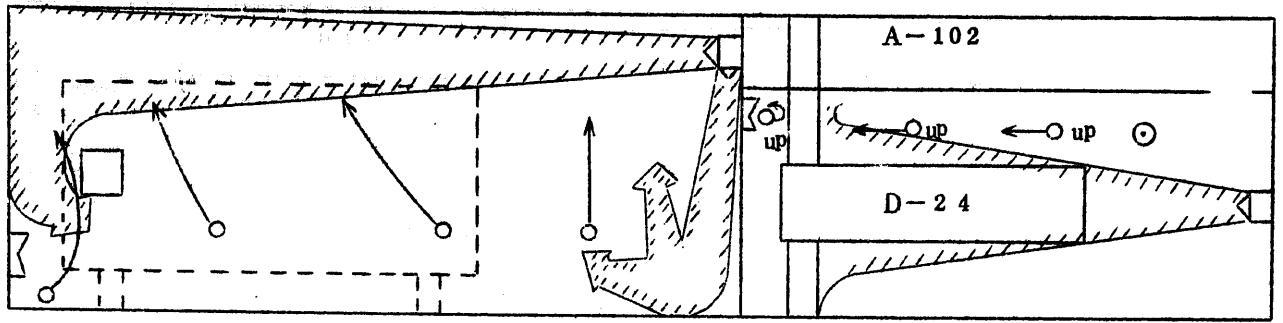


図 3-28 D-24とA-102の空間



b) A-102

図 3-29 A-101とD-22の空間

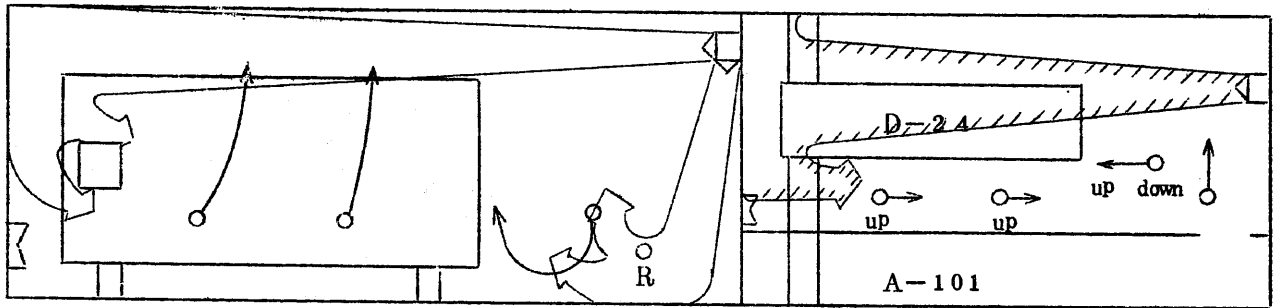


図 3-30 D-22とD-20の空間

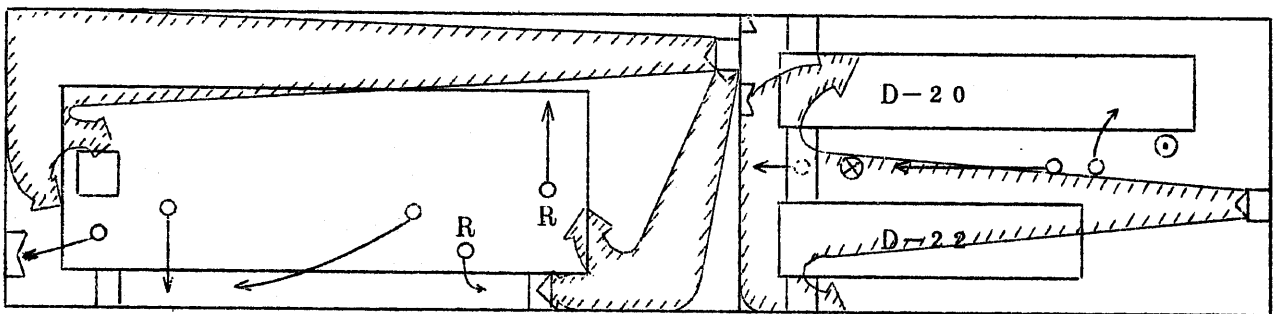


図 3-31 D-20とD-18の空間

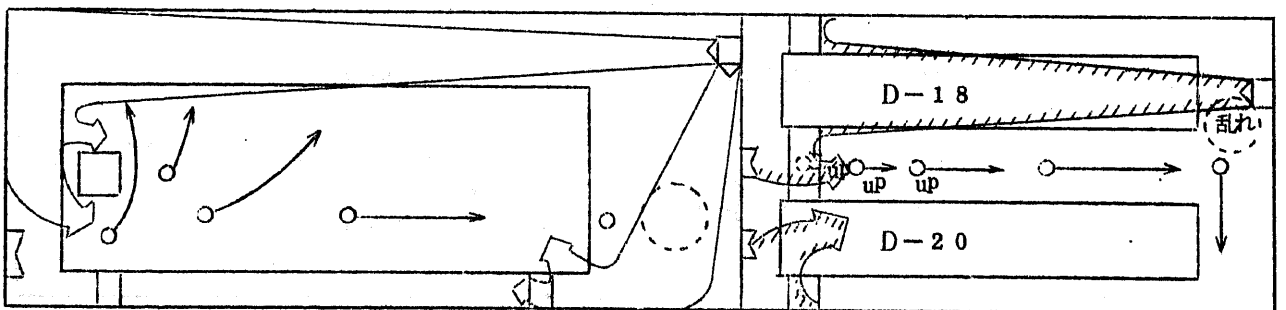


図 3-32 D-18とA-103の空間

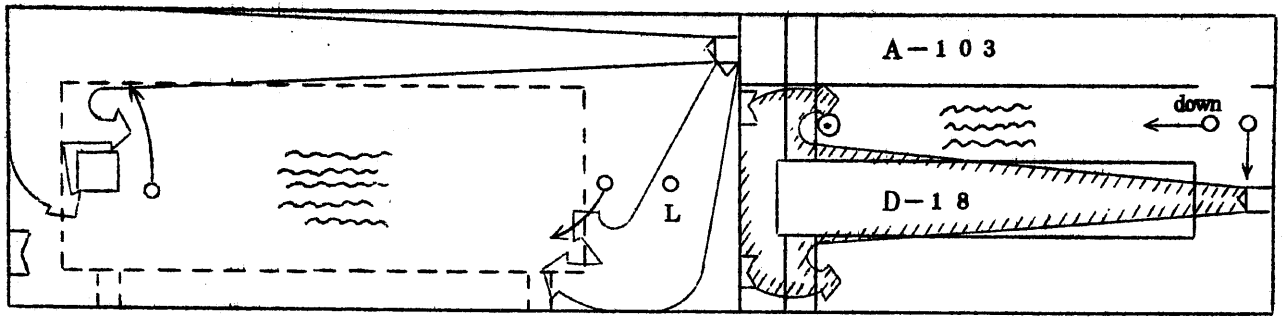
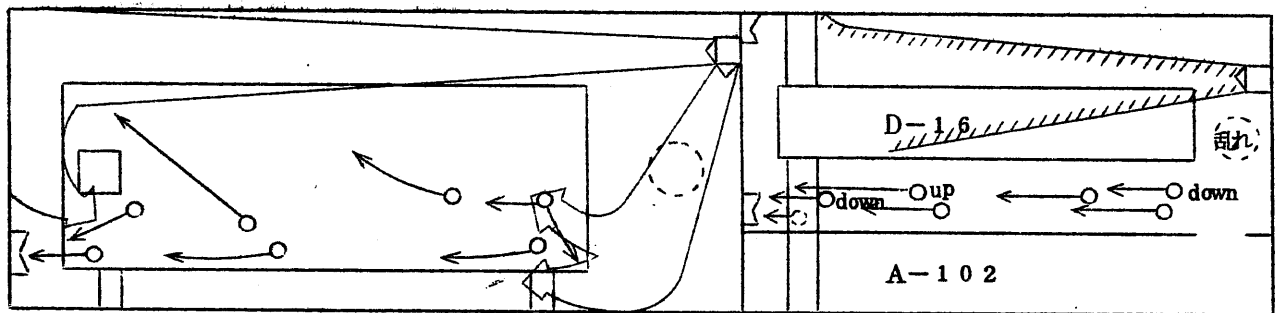


図 3-33 A-102とD-16の空間



C) A-103

図 3-34 D-16とD-14の空間

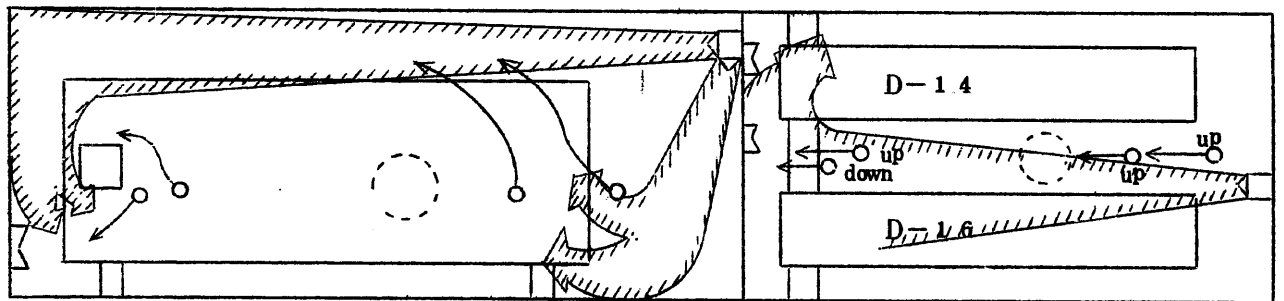


図 3-35 D-14とD-12の空間

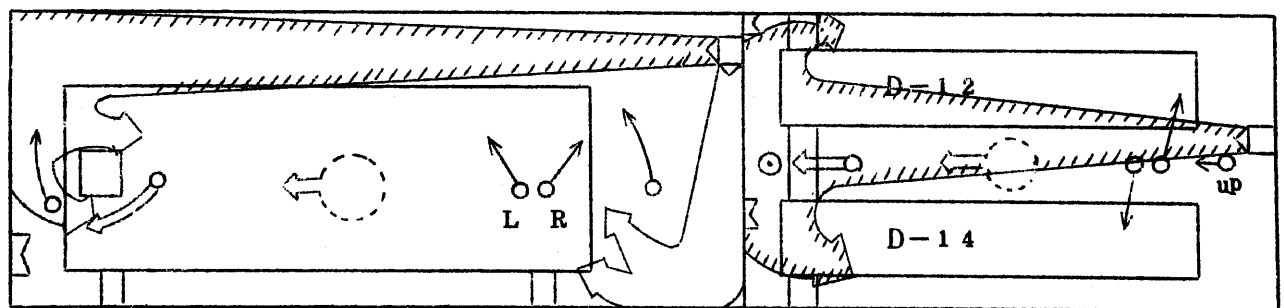


図 3-36 D-12とD-10の空間

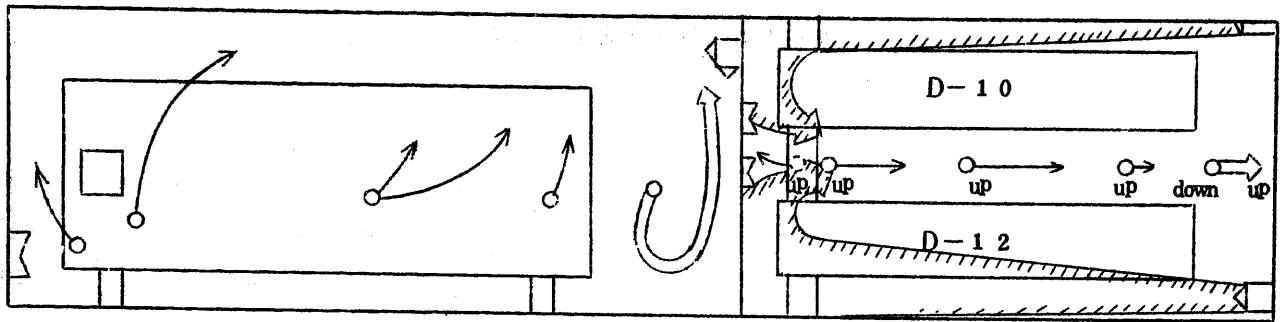


図 3-37 D-10とD-8の空間

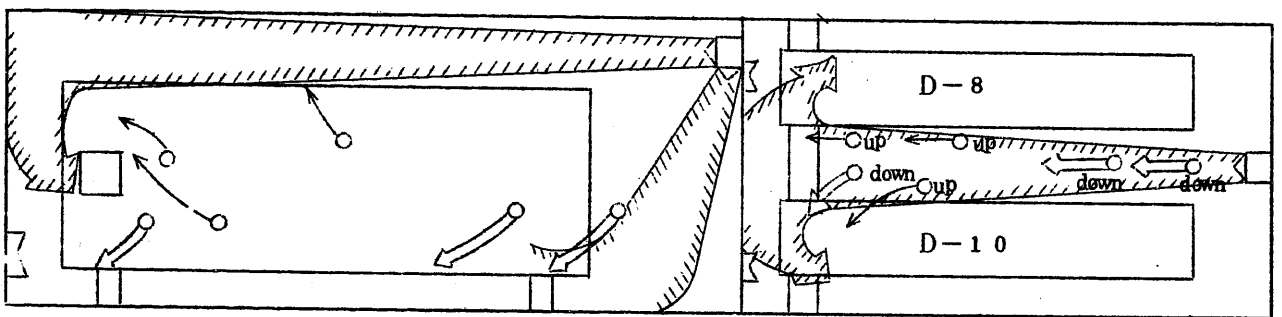


図 3-38 D-8とD-6の空間

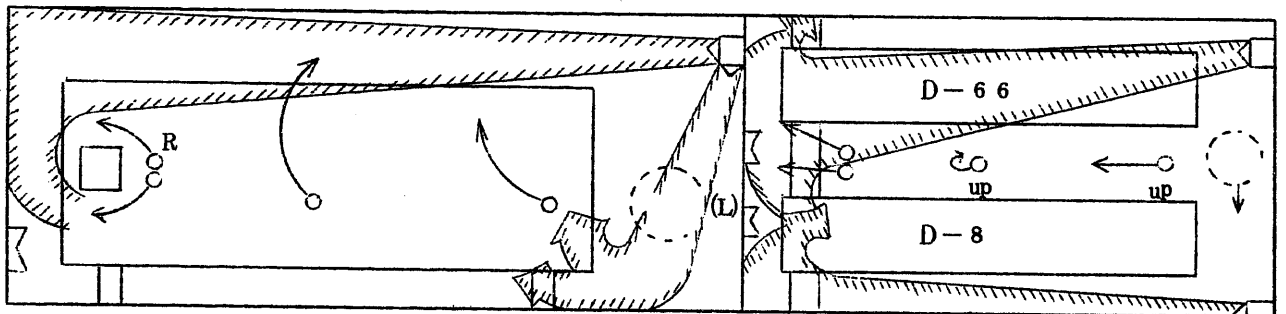


図 3-39 D-6とD-4の空間

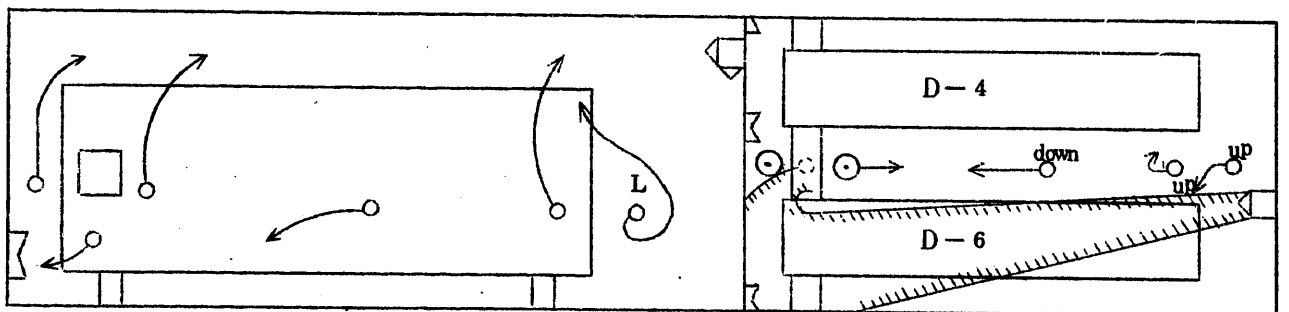


図 3-40 D-4 と D-2 の空間

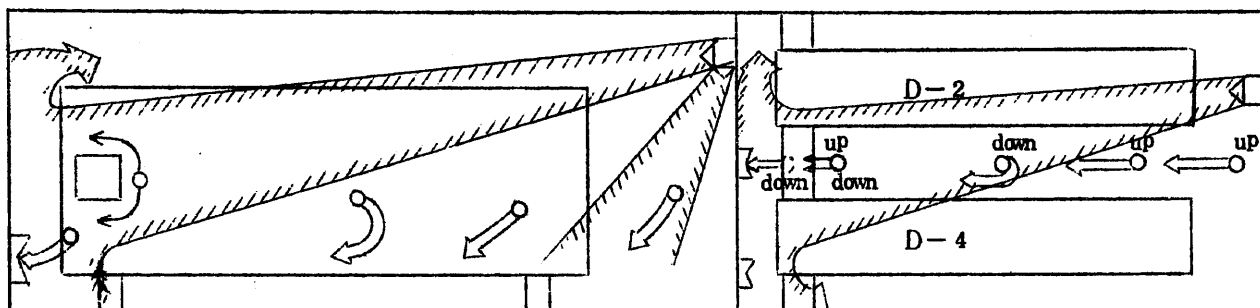


図 3-41 D-2 と A-110 の空間

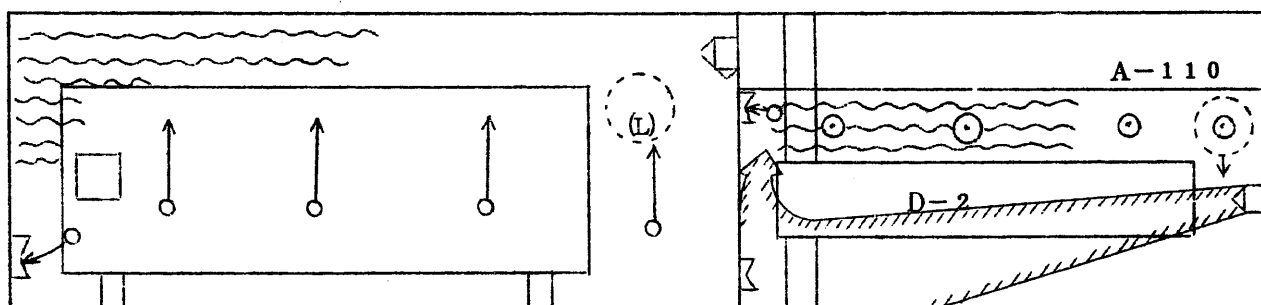


図 3-42 室内における一連の空気の流れ (循環流)

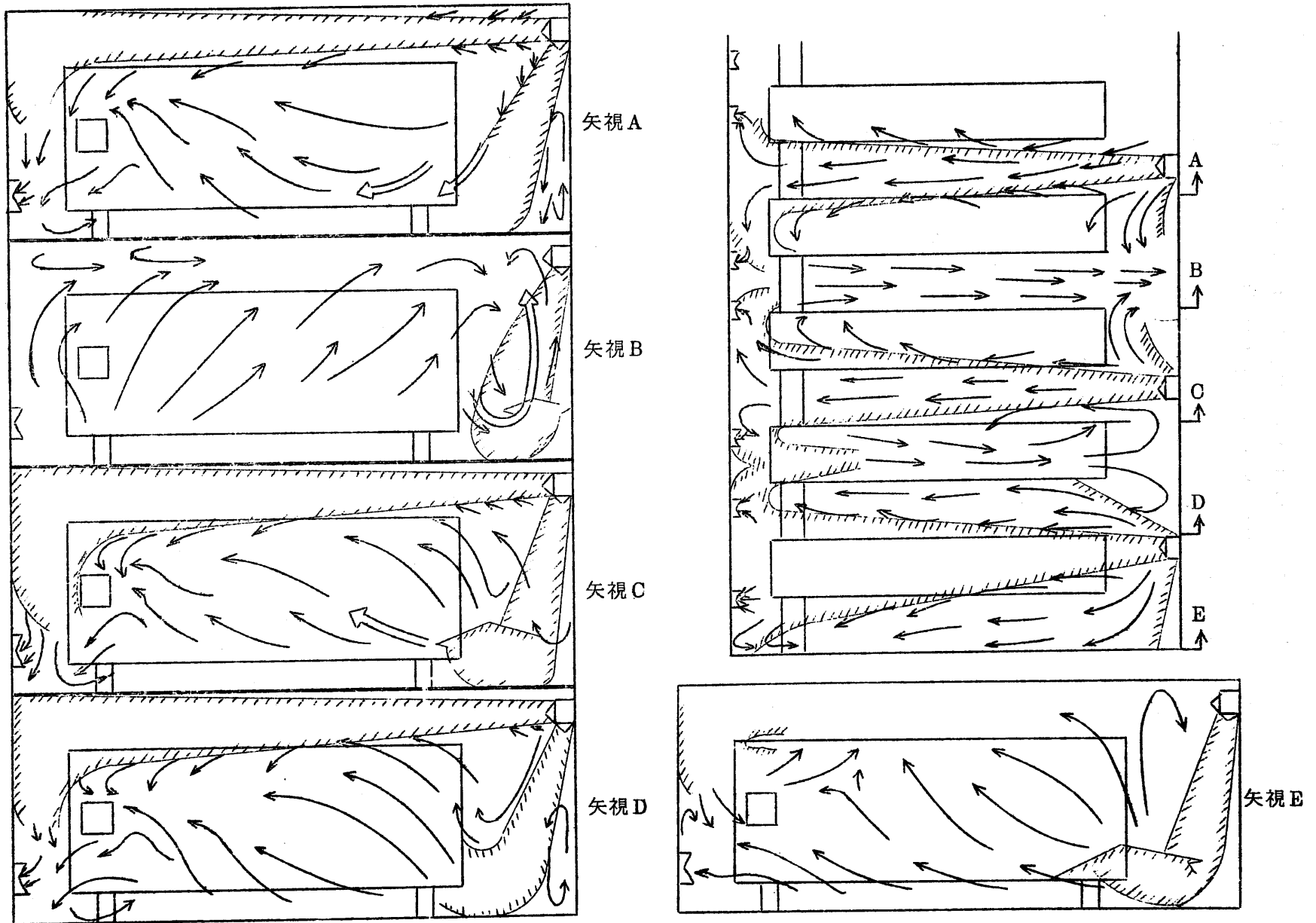
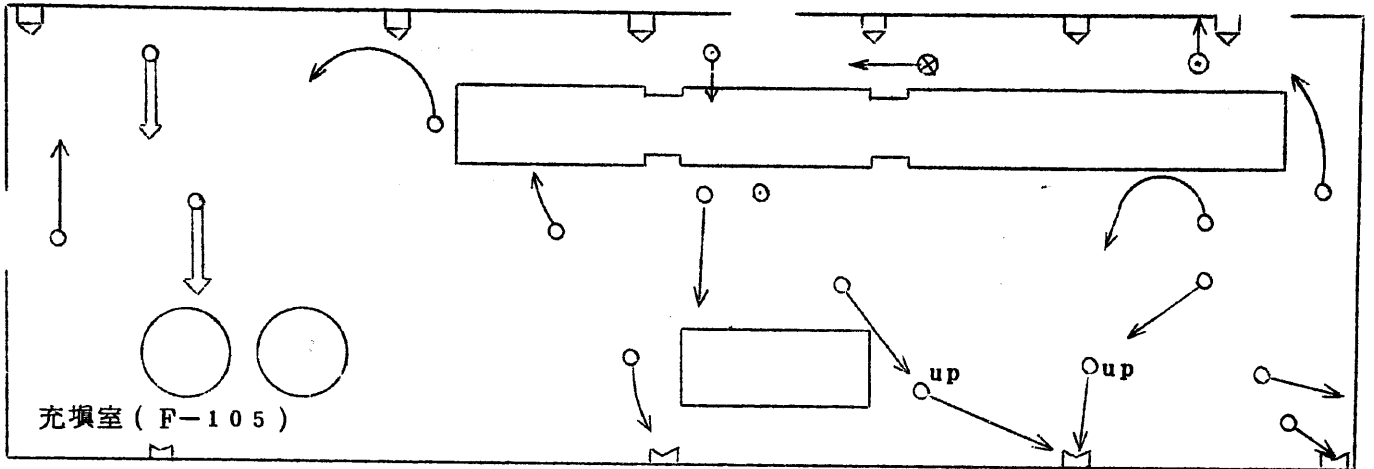


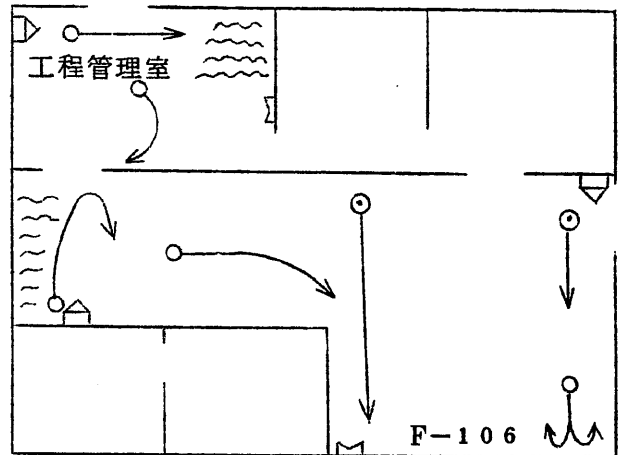
図 3-43 FBR加工工程 (F-105~F114)

<充填室> 排気口近辺と作業空間に正方向流線が多く見られる。



<ヘリウムリーク試験室・工程管理室>

図 3-44



<組立室> 図 3-45

給気口の位置が高いため、作業域への影響が小さく、ゆるやかな流れや上昇流が目立つ。

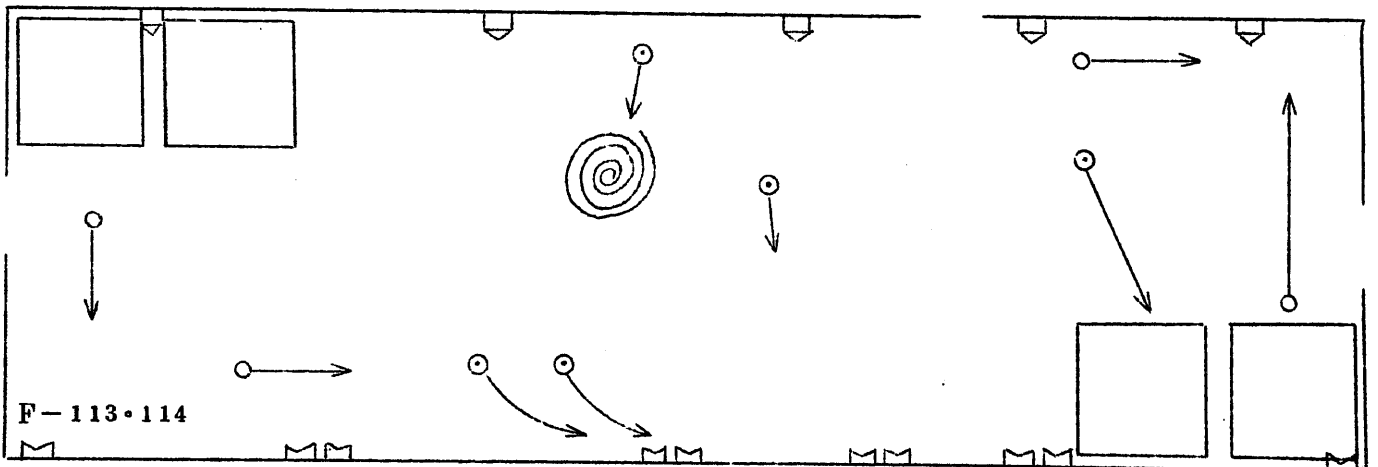
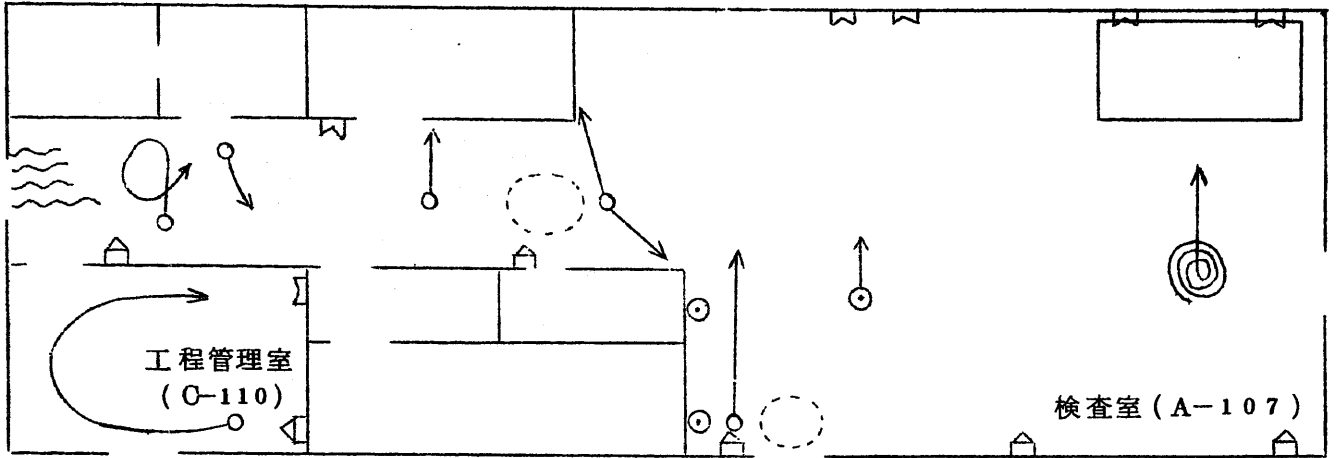


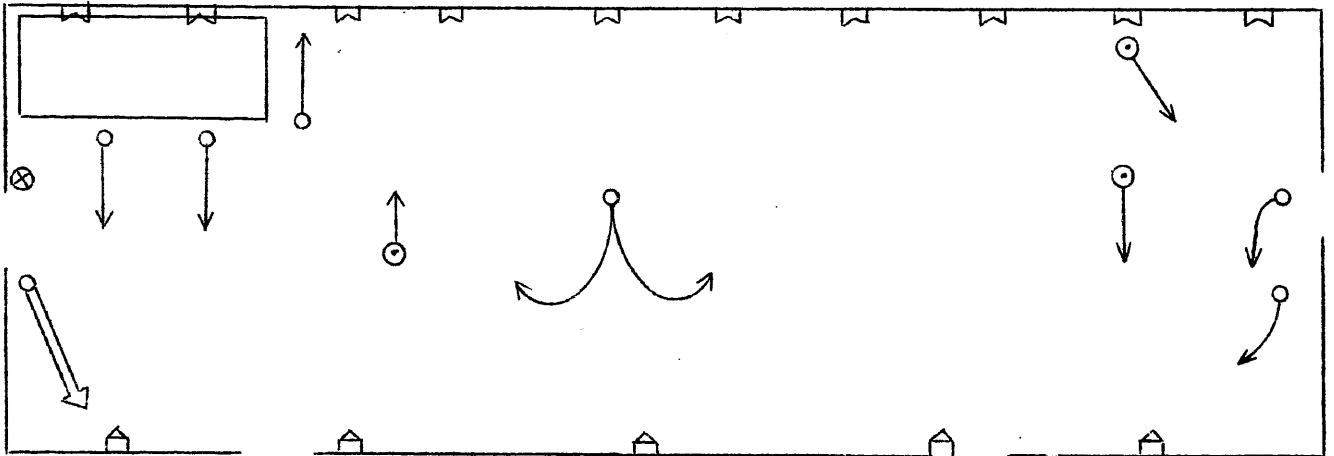
図 3-46 ATR加工工程 (A-105~A-114)

<検査室・工程管理室>

障害物が少ないので、流線は一方方向へゆるやかに流れる。



組立室 (A-113・114)



<充填室・除染室> 図3-47

主流線に水平方向しかなくまた、グローブボックスが主流線に直角に配置されているので、ボックス間に上昇流が目立つ。排気の影響範囲は約1m四方。

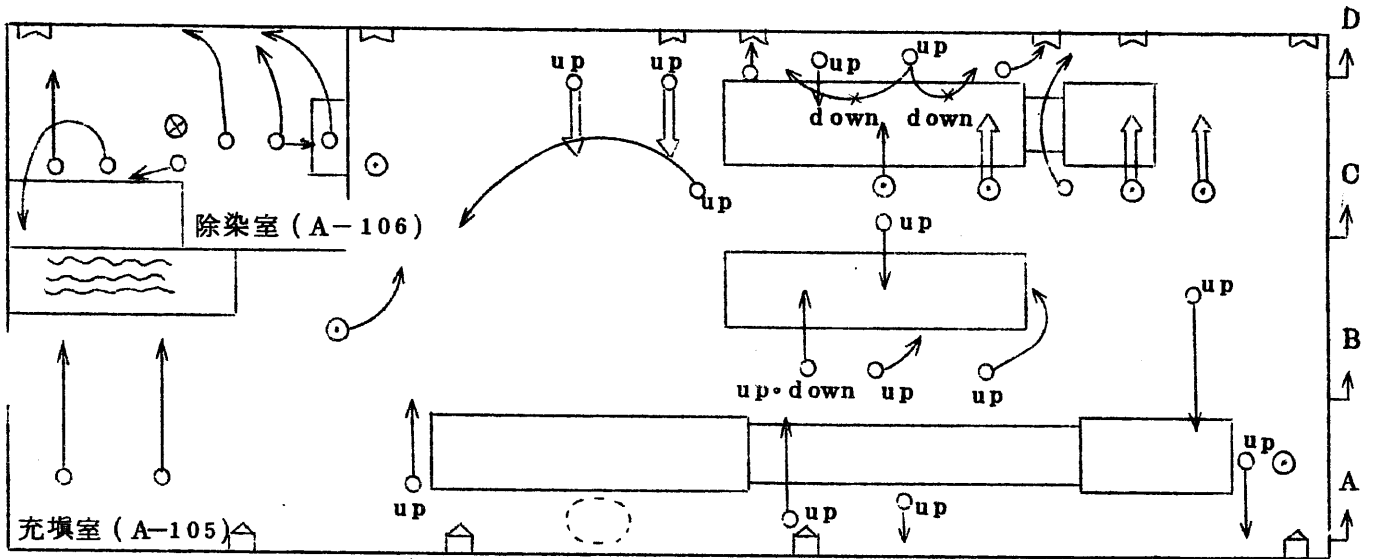
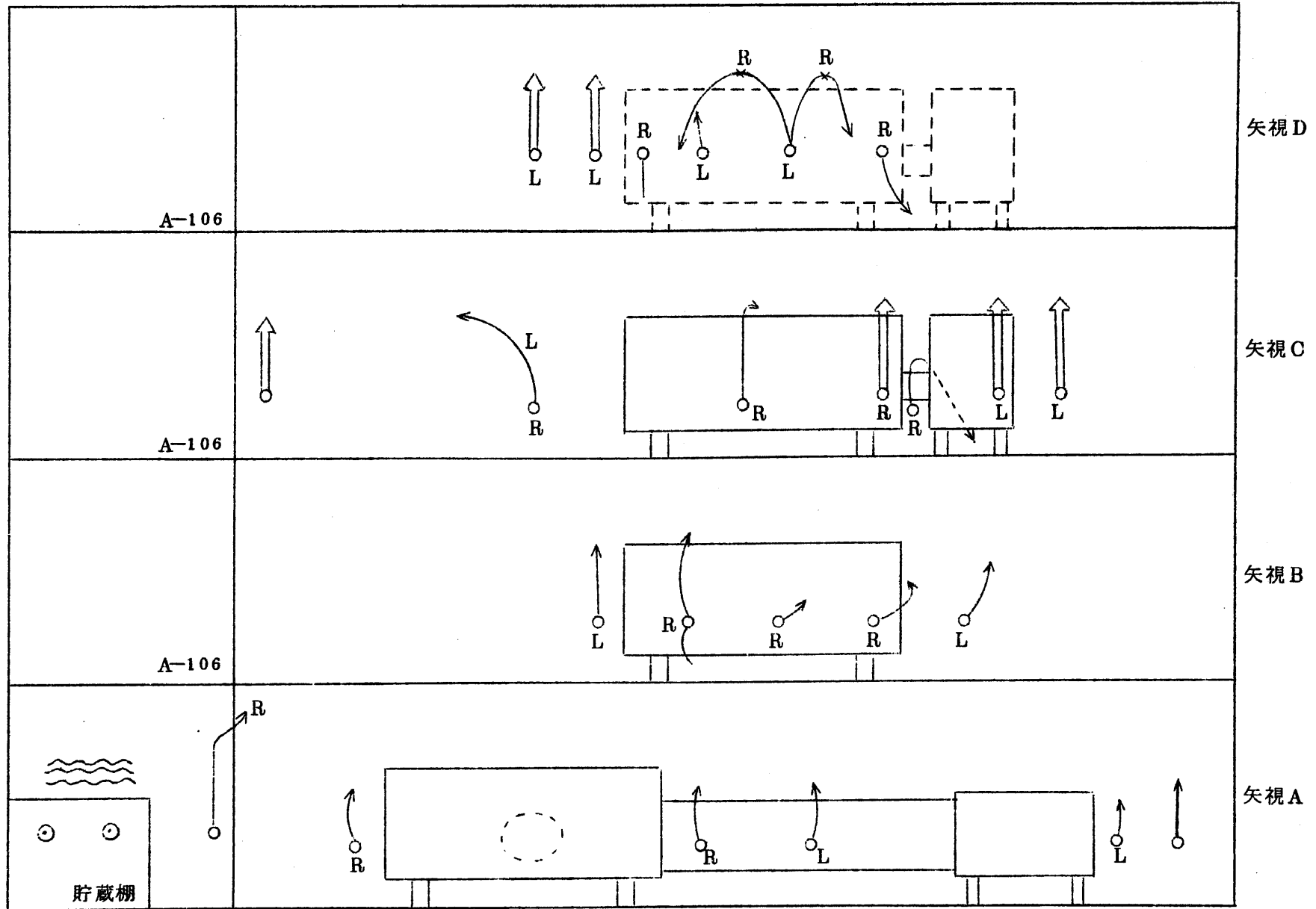


图 3-48 A T R 加工工程充填室 (A-105) 侧面图



C-101

フードが排気口の役割をしているので、室内流線は、フードからの影響が大きい。

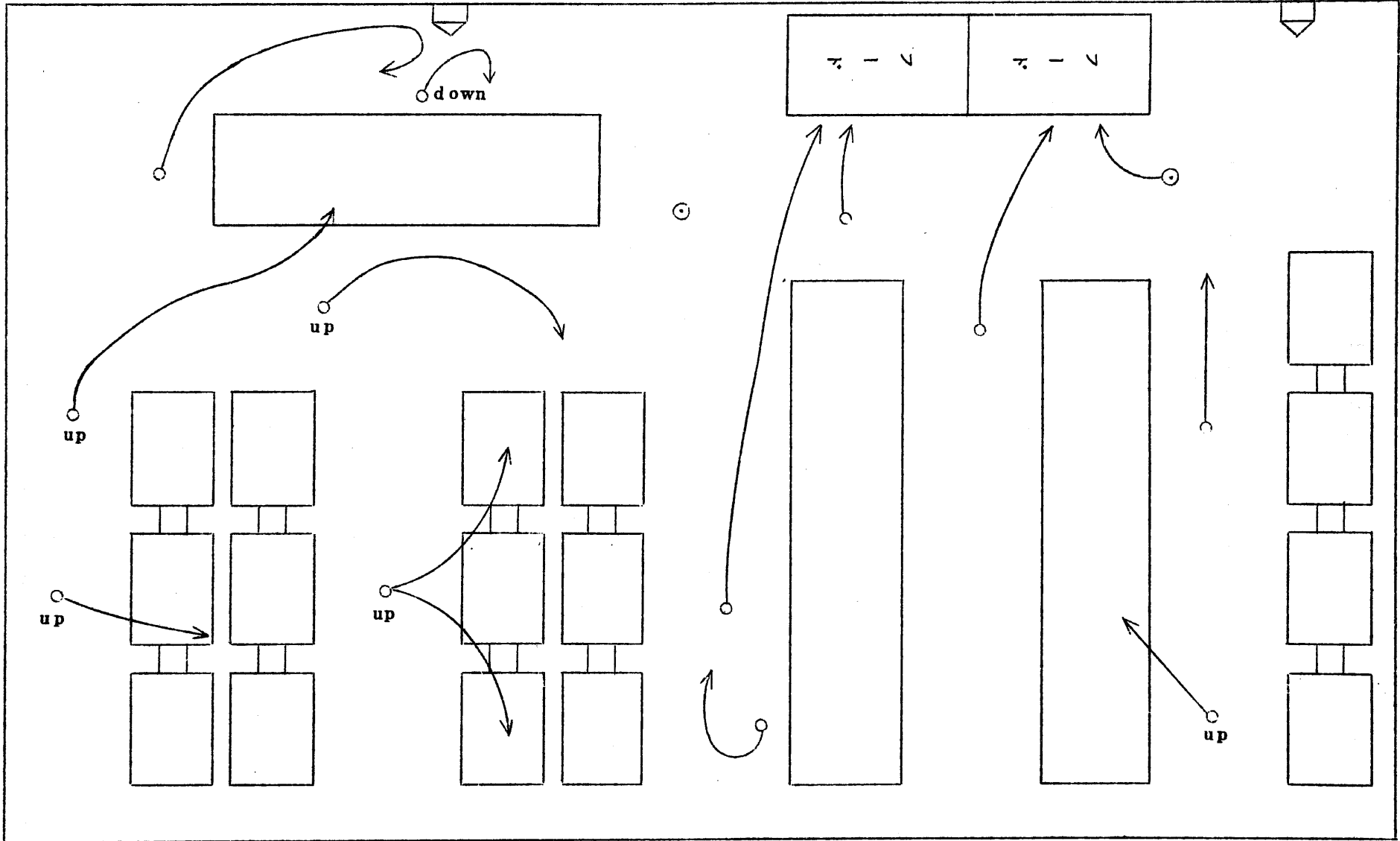


図 3 - 5 1

C-102

給気口が天井に設けられており、その附近に乱流ができています。室内流線は、グローブボックスの外側を排気口に向かってゆっくりと流れている。

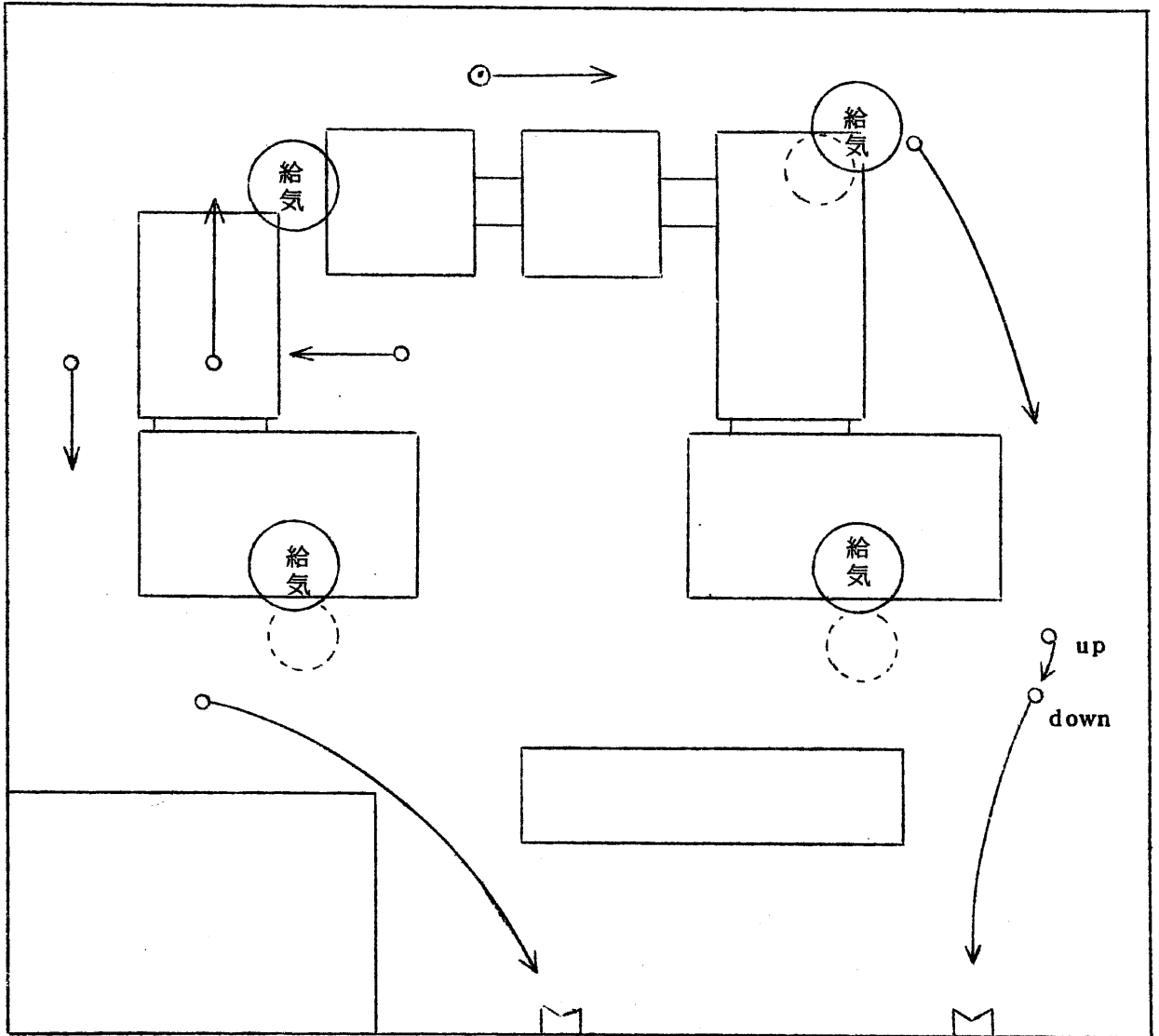


図 3 - 5 2

C-103

給気が天井に設けられているので、下降流と上昇流が目立つ。グローブボックスと壁との空間は、ゆっくりとした速度の流線が排気口に向かって水平に流れている。

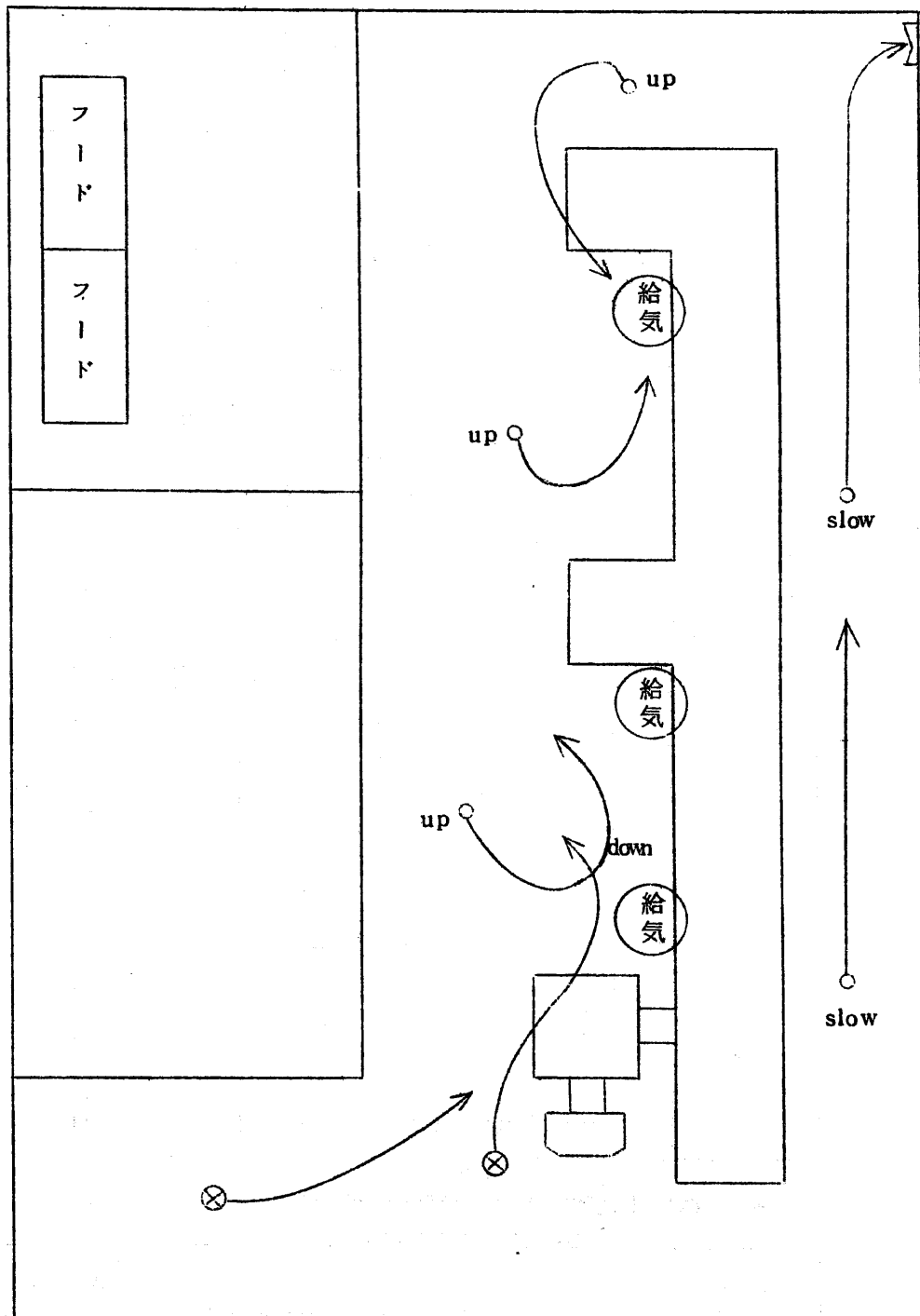
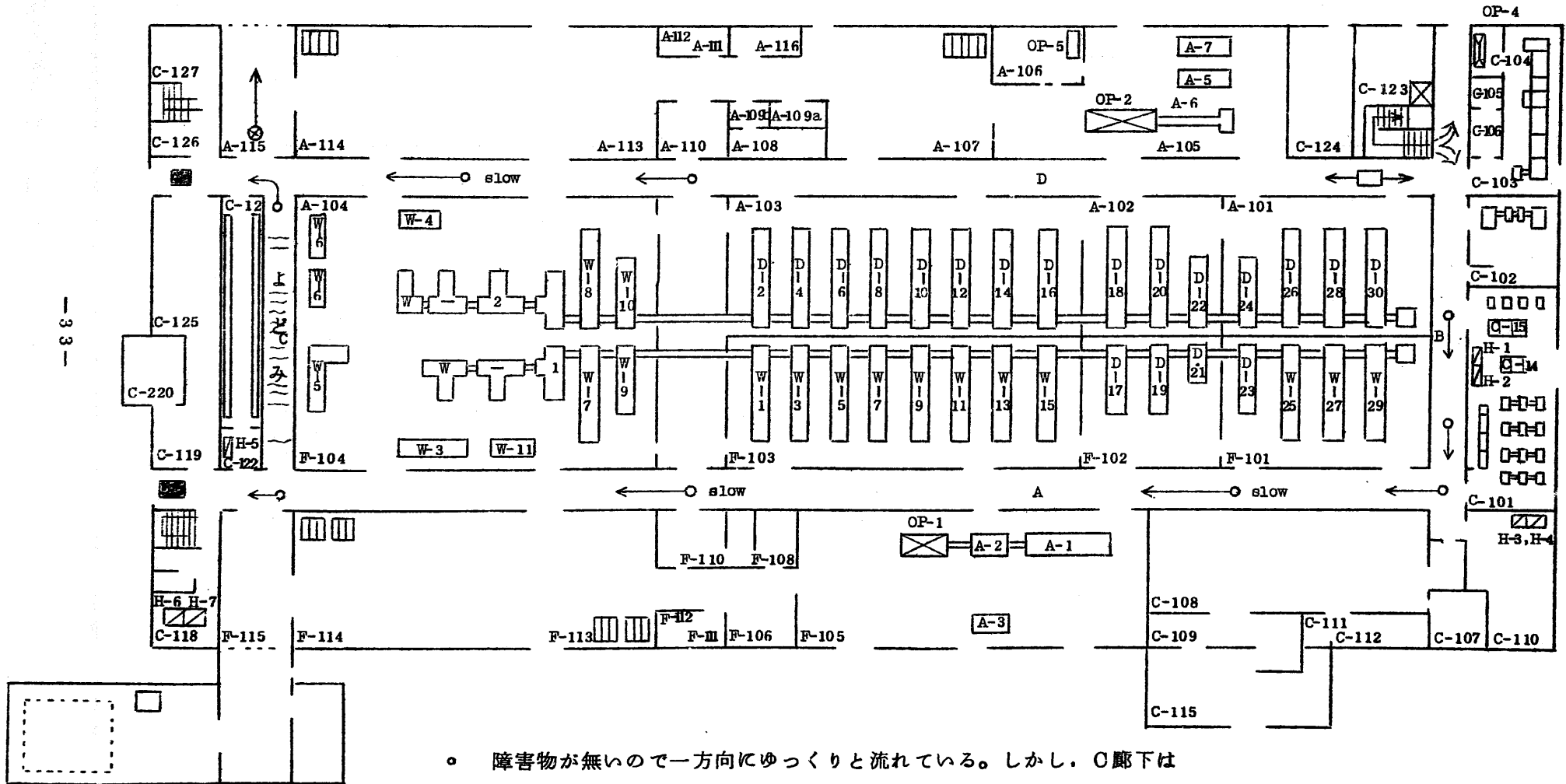


図 3-53 廊下の空気流線図

プルトニウム燃料第2開発室1階(平面図)

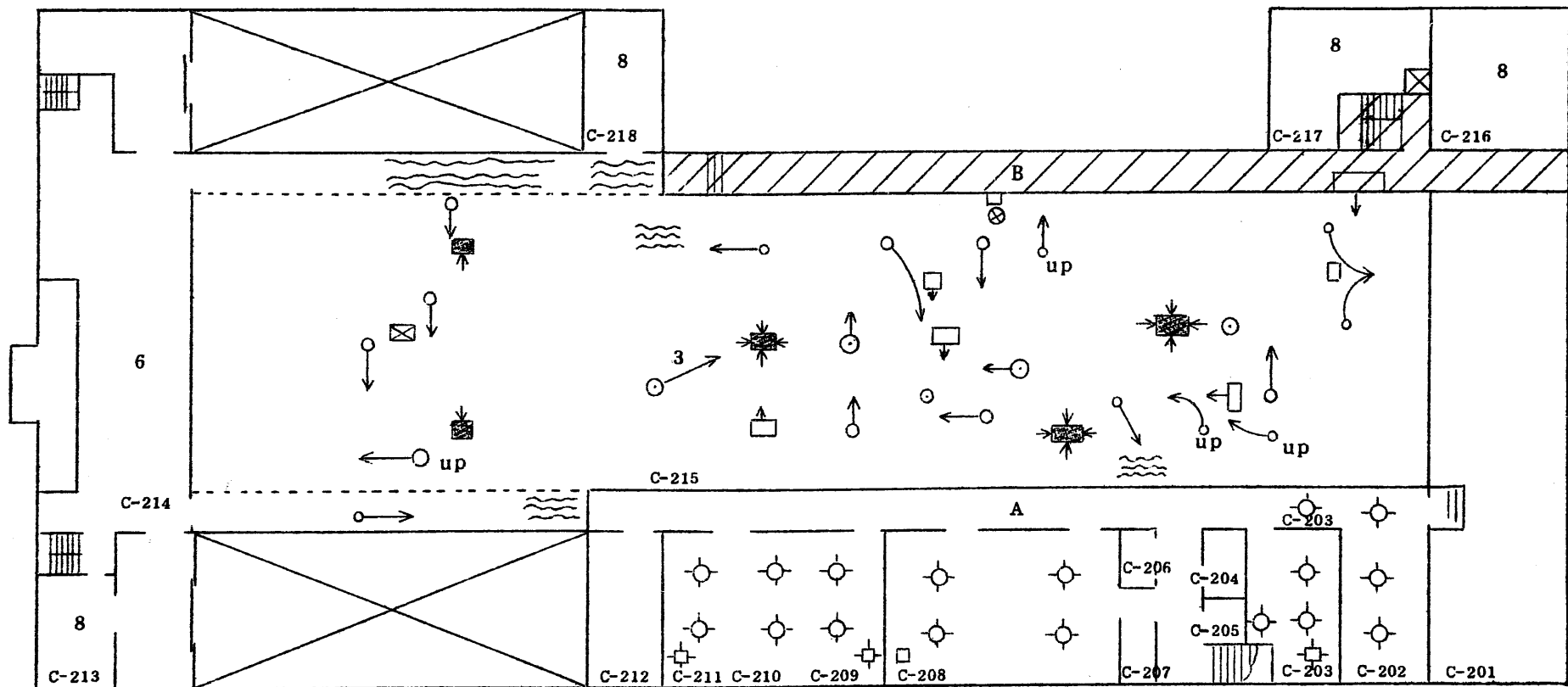


- 障害物が無いので一方向にゆっくりと流れている。しかし、○廊下は
外の流線に影響されないで、ほとんどよどみの状態になっている。

図 3-54

フィルター室 室内流線はフィルタやダクト等によって局所の変化が多く、非常に複雑になっている。

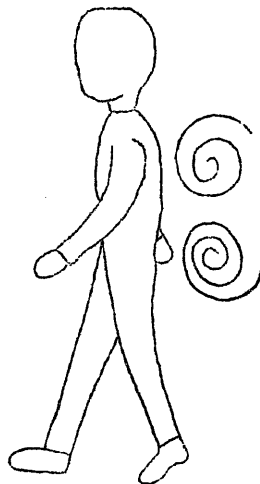
プルトニウム燃料第2開発室2階(平面図)



3-1-7 人の動きによる空気流線への影響

図3-55に人の動いた場合の空気流を示した。人の動きにともない、図の様に渦流を生じ、人の動きに従って煙が挙動する事が確認された。

図3-55



人がそこを通り過ぎて行くと、人の後に渦を作りながら共に挙動する。

3-2 ドア開放時の流速測定結果

ドアを開放した後、安定した状態での開口部における流速測定結果を図3-56に示した。部屋からの出入に必要な開放度 45° の場合、ペレット製造工程で 0.4 m/sec 、通常核物質を取扱う部屋では 0.2 m/sec 以上の流速がドア部で確保されており、廊下側へ逆流する様を箇所は当然ならなかった。図3-56に各作業室に於ける定常状態での負圧関係を併記した。なお、ドアの開放によって負圧バランスがくずれたり、廊下側へ逆流するような現象は観測されなかった。

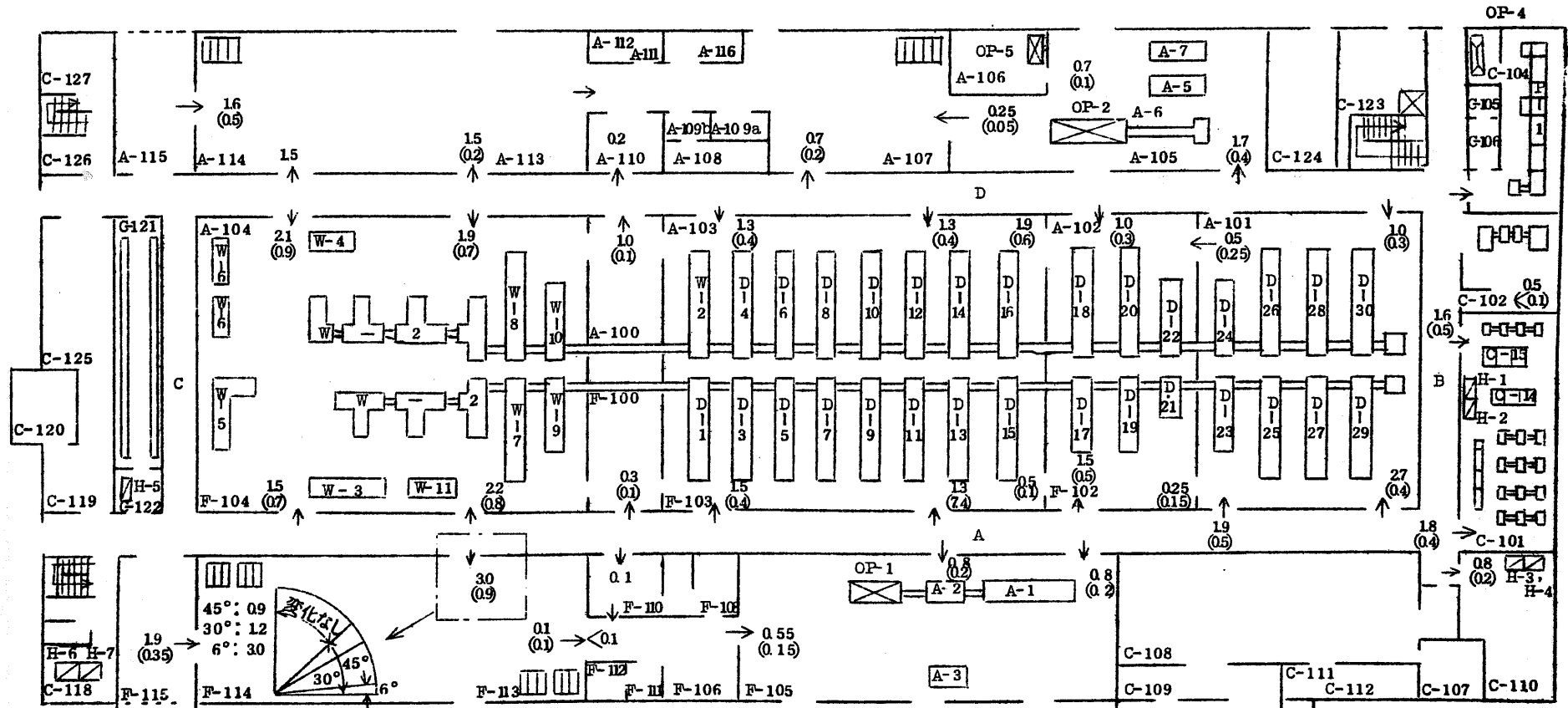
3-3 観察結果のまとめ

空気流線の観察、測定結果を整理すると次のようになる。

- (1) 空気流発生の主要因は、給気口からの吐出圧と考えられるが、吐出流である主流線と作業域の空気流とは性格の異なるものである。
- (2) 作業域の空気流に上昇流や逆流（吐出流に対して）が比較的多く観察された。一方下降流は壁面で主に観察されたが、一般環境では少なかった。
- (3) 作業域の空気流は 0.1 m/sec 前後の弱い流れが多い。
- (4) 給気口からの吐出流は平均 3 m/sec 程度で、最高は 12.5 m/sec であった。
- (5) 主流線と作業域の空気流との関係は、グローブボックス配置が規則的であるベレット製造工程において三つに類型化できた。
- (6) 室内排気口の空気流に対する影響はその吸気面から 50 cm 前後であり排気面での平均流速は 1.2 m/sec 程度であった。
- (7) ドアの開放によっても扉部で 0.2 m/sec 以上の風量が確保されている。
- (8) 人の動きに追従して煙が挙動することが観察された。

図 3-56 各扉の空気流速測定図

プルトニウム燃料第2開発室1階(平面図)



- 図内数字は、扉を6°開いた時と45°以上開放した時の空気流速(m/sec)を示し、45°以上開放時の値は()内に示した。
- ←空気流の流れる方向を示す。

4. 考 察

4-1 室内空気流と影響因子

ブル燃施設の各室内に空気流を発生させる要因として、①給気口からの吐出圧、②排気口からの吸引圧、③室内の熱源や冷暖房による空気の温度差、④人や装置の動き、⑤廊下や他の部屋との負圧差などがあり、また流れの方向を変える要因として、①給気口案内羽根の方向、②吐出流の強さ、③給・排気口や壁、装置類の位置関係などがある。これらの各要因が関係しあって、各室固有の空気流線が生ずるものと推定される。

今回の調査は、定常時の空気流を対象とし人の動きやドア開閉時の影響などは分離して調査した。また冬期の調査であったことから、その間室内は暖房がなされており、また、炉室(A-102)では炉の運転が行なわれていた。

これらの事を踏まえ特徴的な観察結果について検討を加えた。

(1) 上昇流について

上昇流発生要因として、①垂直方向への吐出流の床面での反流。②水平方向の吐出流による巻き上げ。③グローブボックスや壁による上方向への流れ。④暖房による対流、以上4点が考えられる。各作業室によって、給気方法や部屋の形状、装置類の配置など条件の違いもあり、その原因も単純ではない。

ペレット製造工程の観察結果を中心にその現象を検討してみる。

給気口からの吐出流は平均3 m/sec、最大で10 m/sec以上にも達する。一般に局所的な強い流れへの空気の巻き込みはよく知られた現象である。また壁に当たった吐出流は、天井の低さもあって、壁沿いに下降したり横へ広がったりする。

一方、垂直方向への吐出流は、床面で反流となり強い上昇流を生じさせる。ペレット製造工程で観察される下降流は、垂直方向吐出流と壁沿の下降流である。

作業域で下降流が期待できる積極的な要因として、室内の下部にある排気口での吸引力があるがその流線に及ぼす影響範囲は50 cm前後である。

これらの事から製造工程では、垂直方向への吐出流と壁沿いの流れとにより、部屋の両端に下降流が存在するが、グローブボックス間の作業域では、熱対流による要因も加わって上昇流が支配的になるものと考えられる。

(2) 逆方向流の発生要因として

(i) 給・排気口、グローブボックスなどの装置類と壁との位置関係

(ii) 給気方向(案内羽根のセット方法)と給気の強さ

の2つが考えられる。ペレット製造工程の場合、グローブボックスの配列が給気口に対して、平行になっているため、ボックス間に給気口が位置している所は、吐出流により傾向

として、順方向へ流れる。

一方、ボックス間に給気口が位置していない場合、壁からの逆流による影響で壁側で空気圧が高くなりその結果、逆流を生ずる。

この様な理由で給気方向に対して逆方向への空気流が2～3列のボックス単位に存在するものと推定される。

給気口の案内羽根を調整することによって、局部的に空気流を変える事は可能であるが、部屋全体として考えた場合、逆方向流をなくすことは困難であろう。図4-1は、観察結果を基に製造工程での推定空気流をモデル的に抽いたものである。

(3) 他の要因による空気流の乱れ

一般にグローブボックス間などの作業空間の空気流は、 0.1 m/sec 前後の弱い場合が多く、人の動きやドアの開閉、排気カートの駆動などの一時的な空気流発生要因（外乱）に、かなり影響されるものと思われる。人の動きに対して、煙は追従するように挙動することが観察されており、またドアの開放によつては平均 0.2 m/sec の流速で廊下側より空気が流れ込む。空気汚染の発生時などエアゾルの拡がりを推定する場合、これらの一時的な要因も見逃さない。

4-2 空気汚染管理と空気流線

今回の調査結果を基に、定常的な空気試料のサンプリングポイントおよび、空気汚染事故発生時の初期行動について考察してみた。

4-2-1 空気試料の採取点

空気試料の採取点（エアースニッフアのセット場所）を設定するに当って考慮すべき事は、

- (1) 着目した範囲の空気汚染が確実にキャッチできる事。
- (2) 検出された汚染の評価が可能なこと。

空気流の調査結果、ベレット製造工程を除いて流線に規則性は認められない。ベレット製造工程では、グローブボックス2～3列単位に空気流線のループが存在することが推定できた。分析室のように排風量の大きいフードが室内排気をかねている場合のように各工程にも部分的には一過性の流線も認められるが、一般には、各部屋毎に特有のループが存在し、汚染が発生した場合、エアゾルはそのループにのみ除々に拡散・稀釈されながら排気口より排気されて行くものと推定される。以上のことがらに基づいて、空気試料採取点を決める上での指針を考えると、次のことが言える。

- ① ベレット製造工程では空気流線のループを見出し、そのブロック毎に採取点を設定すると良い。

② 現実的な採取点として作業室内の排気口近傍に設定するのが良い。

③ 人の動きや、ドアの開閉などの要因によって容易に空気は攪拌されるので②の採取点の他に、作業域の中で比較的作業頻度の高い場所の近くにも採取点を設けると良い。

現在ブル燃第2開発室では、室内排気口面と給気口側のグローブボックス側面を中心にエアースニッフアを配置してあるが、現実的な空気試料採取箇所として基本的に妥当と思われる。

4-2-2 異常時の初期行動

異常が発生し空気汚染の可能性が考えられる場合、初期行動で配慮しなければならないものとして、空気流線観察結果から次の4項目を上げる事ができる。

- (1) 初期には、空気流に乗って流線方向に挙動すると考えられる。
- (2) 汚染した空気は、時間の経過とともに空気流によって攪拌、混合され、室内に拡散して行くものと考えられる。
- (3) 作業域の空気の流速は、一般に人の動きよりも遅い。
- (4) 汚染空気が人の動きに追従して挙動する場合がある。

実際の空気汚染が発生した場合、ブルトニウム粒子はその粒径や密度によって重力沈降しながら、空気に乗って浮遊しているものと想定されるが、上記4項目から次の指針が得られる。

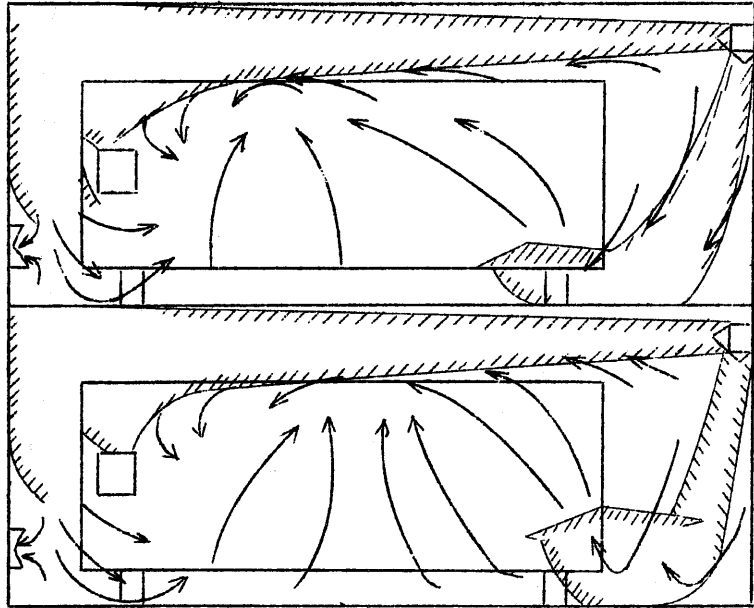
- 汚染発生近傍から遠方に退避すると良い。
- 汚染発生点近くでは、あわてずかがむようにして退避した方が良い。
- 再入室は、十分な時間をおいてから行方が良い。
- 身体サーベイを行なう場合背中なども大切なポイントである。

以上、室内に空気汚染が考えられる場合、上記の項目に留意して、あわてずひとまず室外に退避し、その上で事故処理を考えるのが現実的のようである。

4-3 空気流の調査方法について

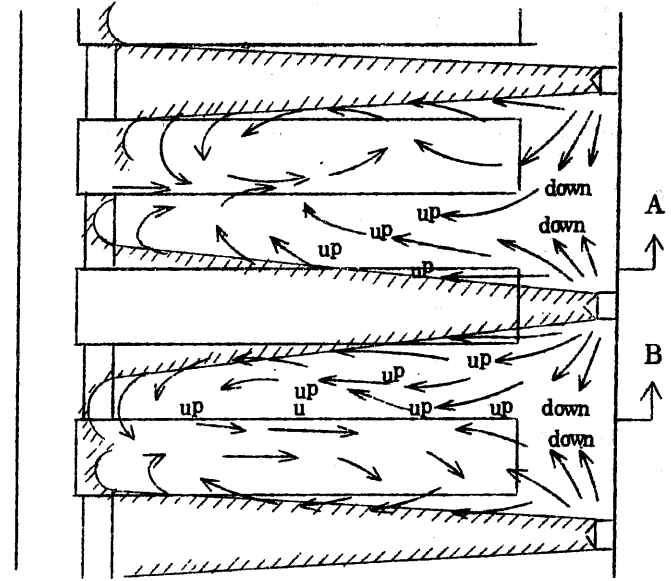
今回の空気流線調査は、線香による煙の動きを目視で追う事を中心に実施したため、観察結果が主観的にならざるを得なかった。また、線香の熱による上昇流と空気流の上昇流を見分けるのに苦慮したが、煙草の煙がその判定に有効であった。今後、空気流を調査する場合、精密な風速計を用いて定量的に観測する事を検討すべきである。また、空気流の方向と風速を測定することによって、作業環境での空気流のループを見出すのが一つの課題である。一方室内の空気流を拡散現象としてとらえNaCl等を用いた拡散実験を行なう事により、過渡的な動きではなく時間の経過を考慮した場合のブルトニウムエアロゾルの拡散を調査する事も、今後の課題として大切である。

図4-1 給気口とグローブボックスの位置の違いによる流線の変化推定図



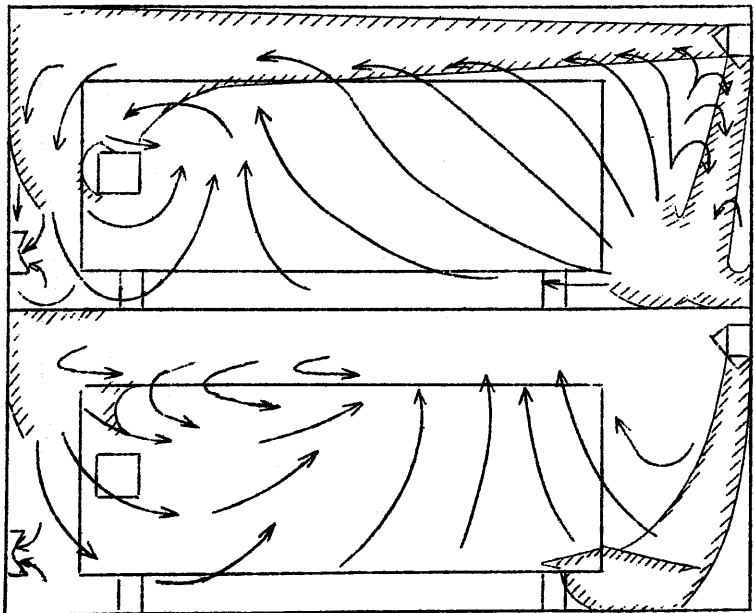
矢視 A

矢視 B



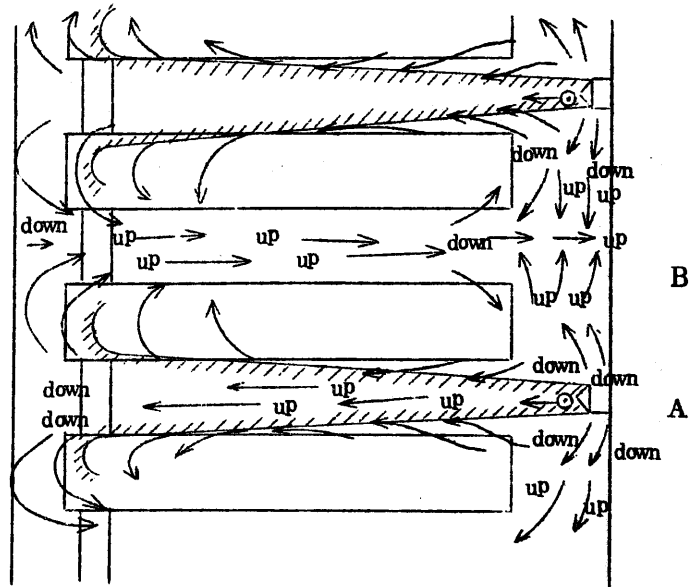
A

B



矢視 A

矢視 B



B

A

5. 結 語

今回の調査結果については、必ずしも満足されるものではないが、作業環境の「空気流」が単純なものではない事が改めて確認された。日常の作業の中で、また異常事態に遭遇した場合など、放射線管理課員のみならず、施設で働く従業員一人一人が空気流の実体を正しく理解しておく事が大切と考える。

なお、今回の調査のみで終了することなく、平常および異常時における作業環境モニタリング、あるいは行動について、より明確にするため、今後、不十分な点を一つ一つ調査してゆきたい。

最後に、今回の調査に際し、プルトニウム燃料部の関係者に多大の協力を得ました。ここに感謝の意を表します。