

第6回

より安全な設計（2）

ボパール事故（1984）

- Union Carbide社：インド・ボパール
 - 2500人死亡、被災者20万人
 - メチルイソシアン酸メチル流出事故
 - 殺虫剤合成の中間物であるメチルイソシアン酸メチルの貯蔵に失敗。
 - 中間体は通常高反応性
 - インベントリーの減少化
 - 作ったら貯蔵せずすぐ使う。 (教訓)

微量混入した水を除去するためにMICに添加しているホスゲンと水との反応で発生したHClが発生。

本来ステンレス製であるべきパイプが鉄製であったためにこの鉄パイプと反応しFeCl₃が発生。

これを触媒としてMICの重合反応を引き起こし、タンク内の圧力が上昇、安全弁が破損、ガスが漏洩した。

中和装置等の安全装置は適切に作動しなかった。

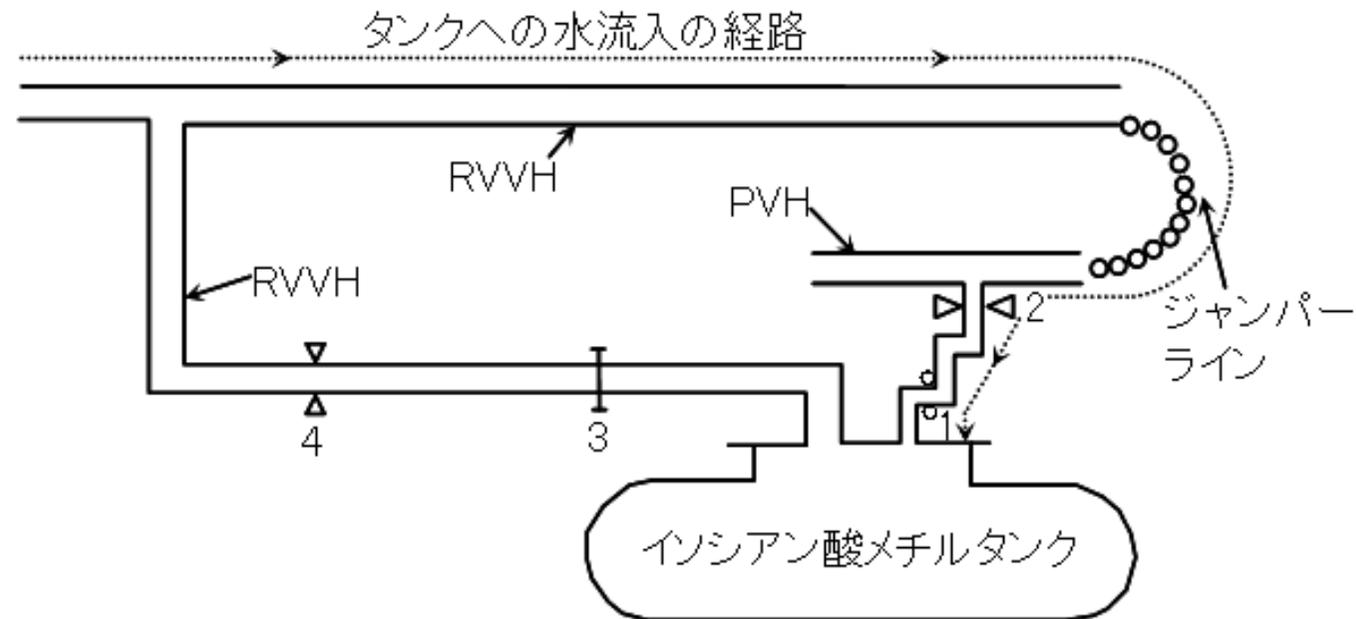
MICタンクに圧がかからなかった。

プラント監督者はパイプラインの洗浄を指示

パイプライン洗浄を実施

洗浄のためにパイプラインに溜まっていた水が安全排出ヘッダへ
流れた。

ジャンパーラインを通してMICタンクに水が流入



- 1:窒素排出バルブ, 2:PVH閉鎖バルブ, 3:破裂板,
4:安全弁, PVH:プロセスベントヘッダ, RVVH:安全弁排出ヘッダ

MICタンクへの水の流入経路

- (1) MICプラントからのガスの漏洩で被害が出始めたとき、警察に適切な情報を提供できなかった。
- (2) ガス漏洩が始まっていたにもかかわらず、警報サイレンを鳴らさなかった。鳴らされたサイレンはすぐに止められてしまった。ほとんどすべてのガスが漏洩し、安全バルブがリセットされた後になって再びサイレンは鳴らされた。
- (3) オペレーターはMICタンクの圧力上昇が異常事態の発生の為に起こっているとは考えなかった。
- (4) 圧力上昇時に圧力を降下させる目的で一つの空のタンクが設置されていたが、オペレーターはこのタンクのバルブを開放しなかった。
- (5) ガスが漏洩した際、オペレーターはこれを重大視しなかった。
- (6) プラントで働いていた人々は漏洩が始まったとき、ただちに責任者に知らせなかった。漏洩の重大さを理解できる者は誰もいなかった。
- (7) MICの大量貯蔵は旧西ドイツおよびオランダ等で許可されていない。他国の状況を的確に判断していなかった

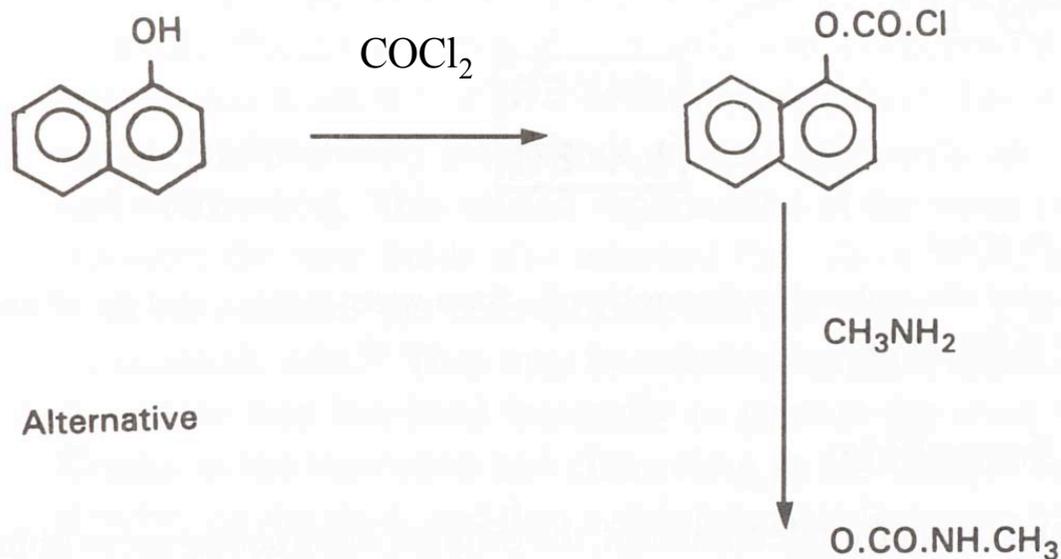
代替法

α -ナフトール

ホスゲン

メチルアミン

MIC経由せず



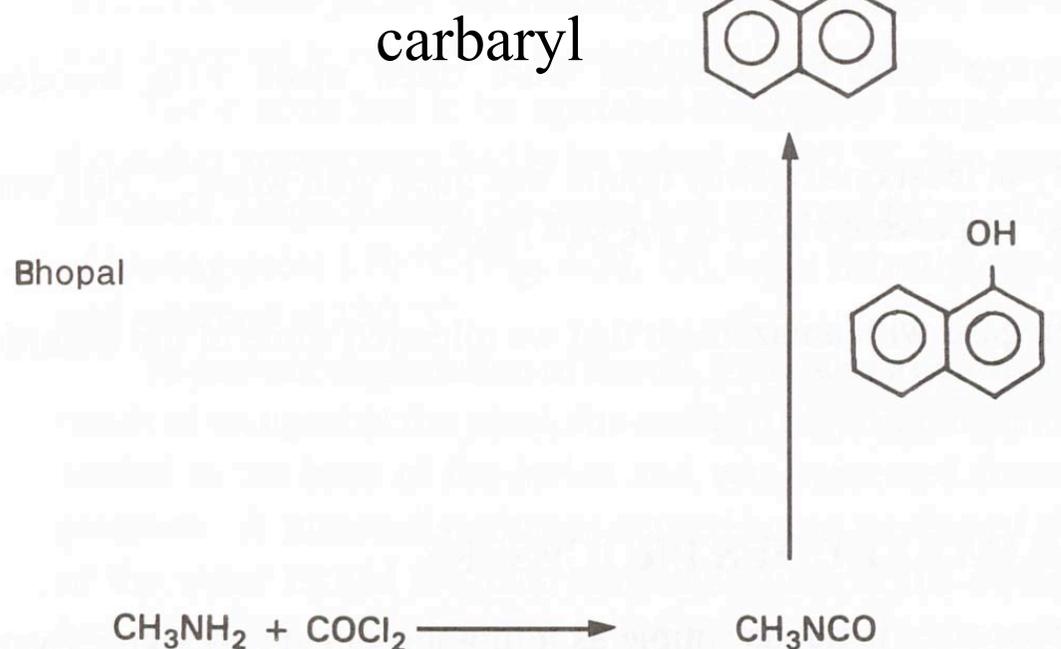
Bhopal

メチルアミン

ホスゲン

α -ナフトール

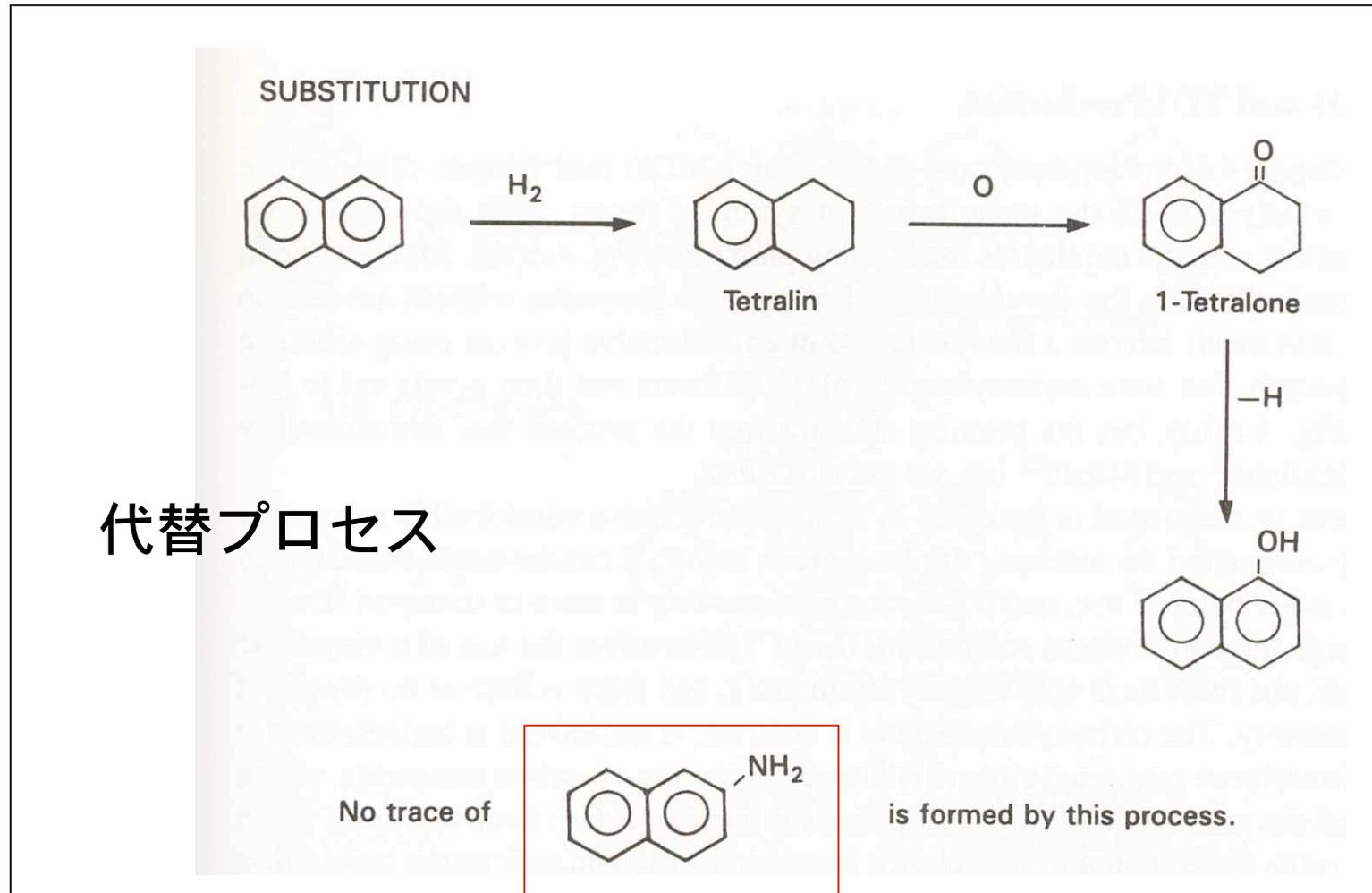
MIC経由

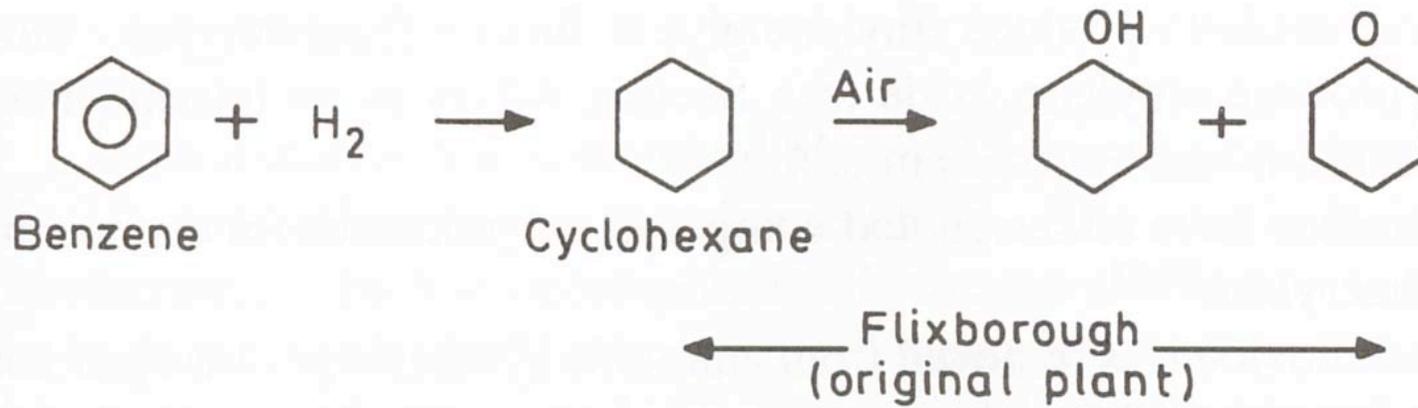


α -ナフトール製造 (従来法)

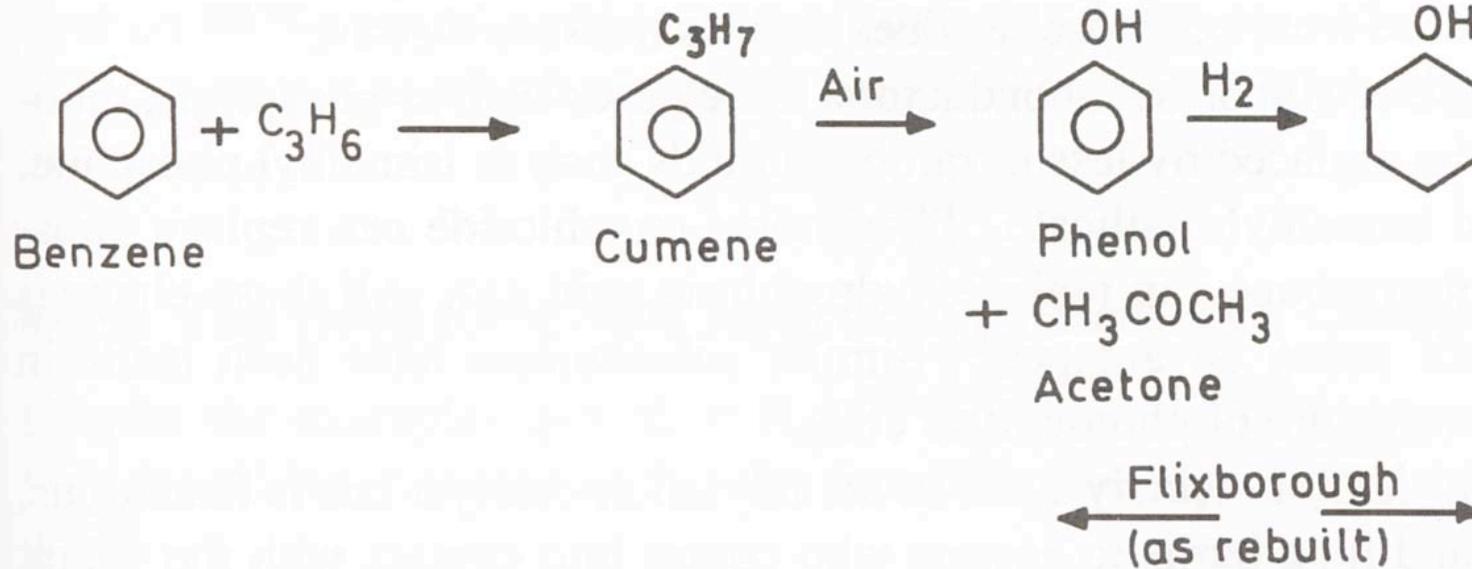
ナフタレンのニトロ化と還元

⇒ β -ナフチルアミン (副生成物: 発ガン性)





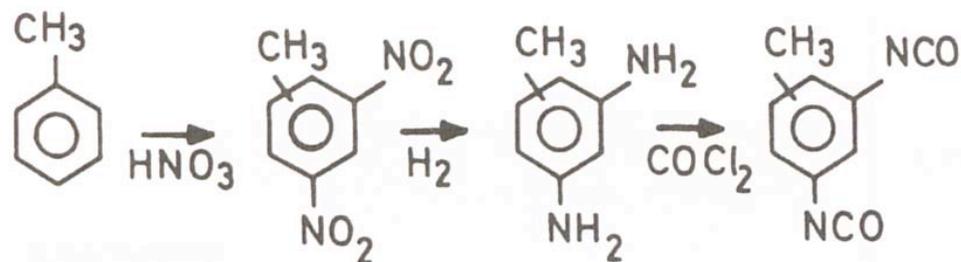
(a) Via cyclohexane



(b) Via phenol

ポリウレタン製造

トルエン・ジイソシ
アン酸エステル



(a) Usual route using phosgene

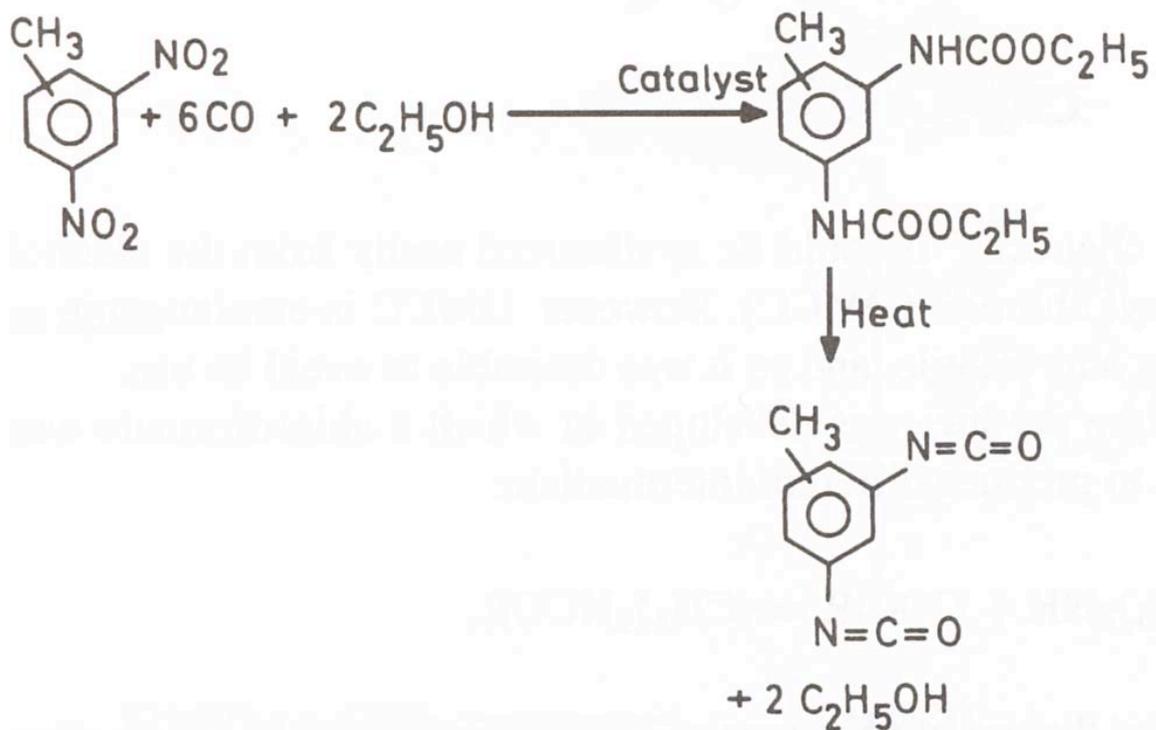
代替プロセス

ホスゲンフリーの
プロセス

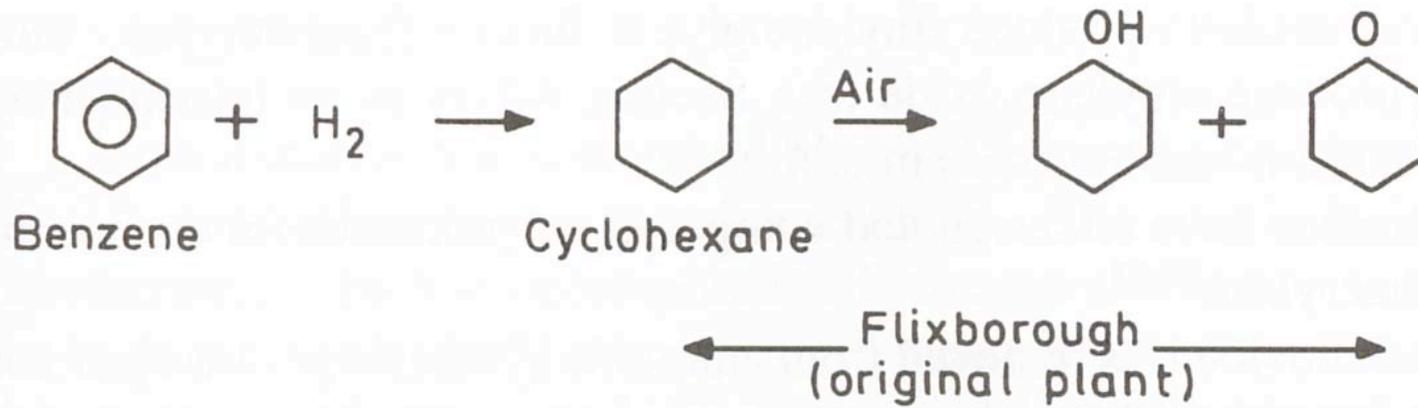
カルボニル化反応

暴走の危険

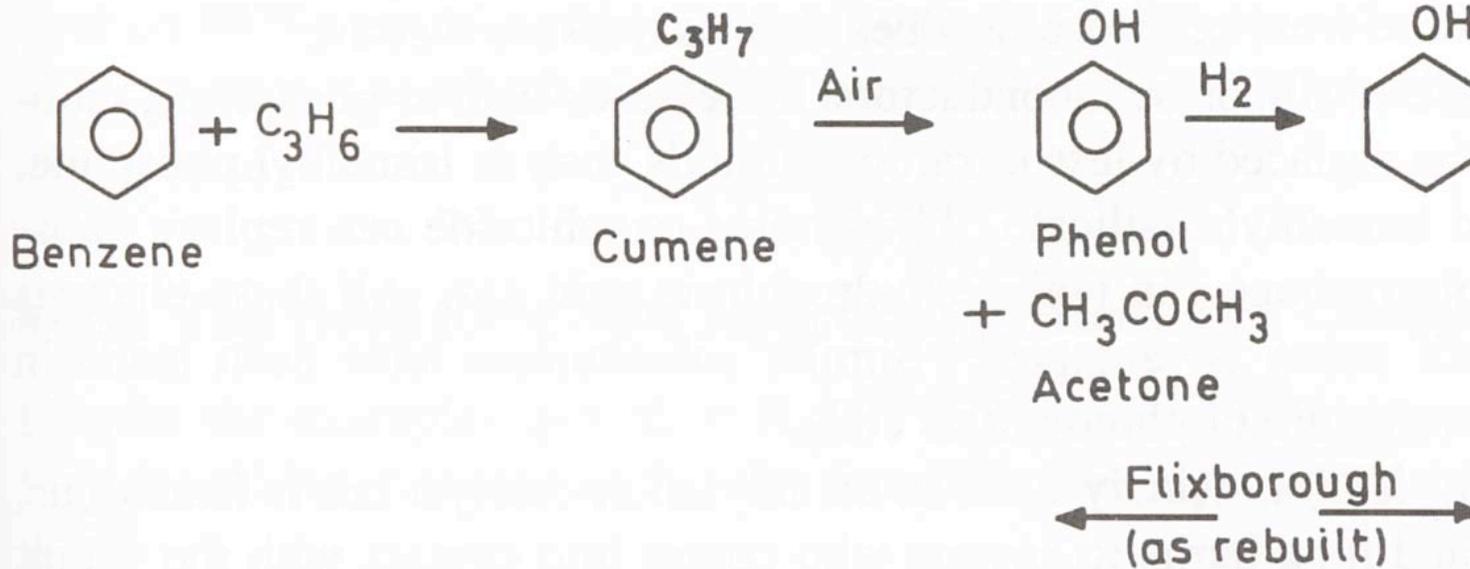
CO



(b) Proposed route avoiding the use of phosgene



(a) Via cyclohexane

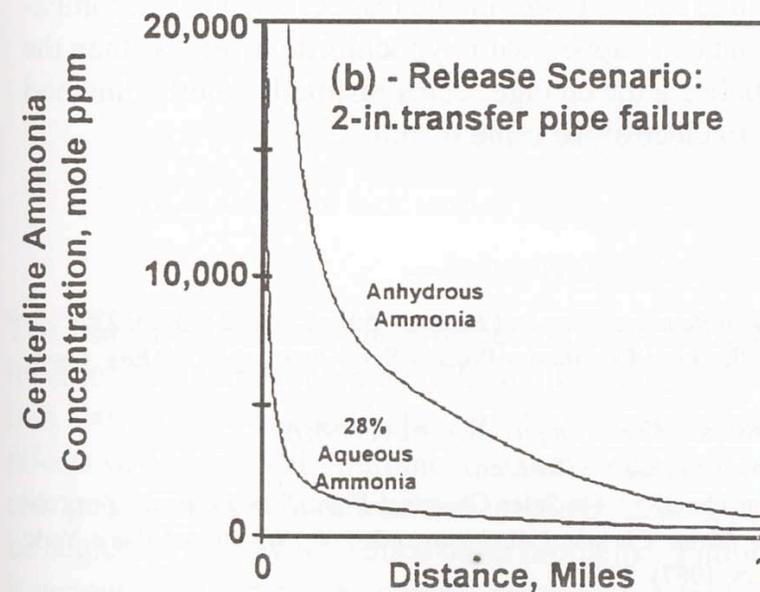
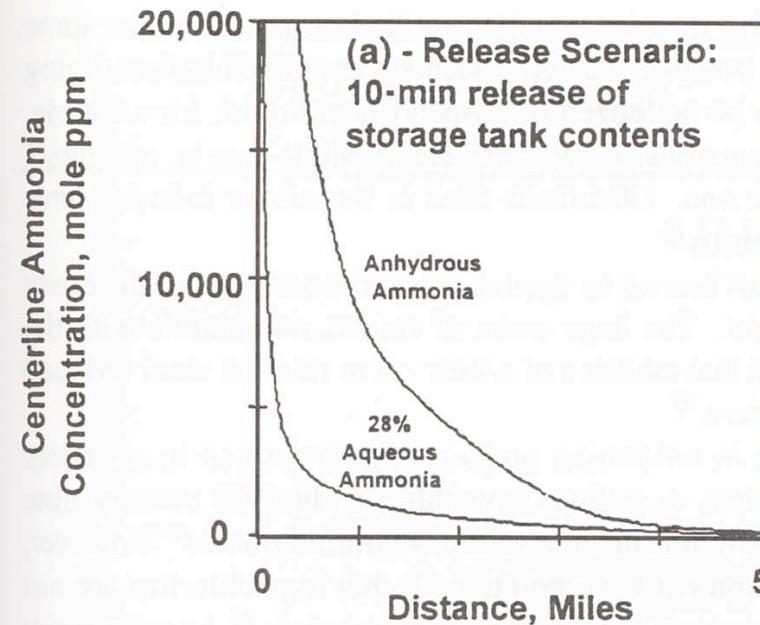


(b) Via phenol

ATTENUATED

Storage and Transport

- (1) 可燃性アンモニア
⇒水に溶解
- (2) 水素
⇒トルエンを水素化
メチルシクロヘキサン
- (3) アセチレン
⇒アセトンに溶解
- (4) その他



LIMITATION OF EFFECTS by Changing Design

- Normal gaskets \Rightarrow Spiral wounded gaskets
- Reverse buckling disc \Rightarrow Normal rapture disc
- The smaller diked area for a leak.
- Bach reactor \Rightarrow Tublar Reactor
- The smaller tubes and valves
-

LIMITATION OF EFFECTS by Changing Reaction Conditions

- Different Vessels for Different Stages
- Changing the Order of Operations
- Changing Temperature, Concentration, or others
- Limiting the Level of the Energy Available
-

ELIMINATION OF HAZARDS

- Elimination of Hazardous Equipment
- Elimination of Hazardous Operations

冷媒

- 液化ガスの利用
 - エチレン、プロピレン
 - アンモニア
 - 可燃性ガス（ハザード）
- 代替物質
 - 液体窒素、炭酸ガス（直接接触冷媒）
 - フッ化炭化水素