ドライ（粉体ハンドリング）系食品工場建設における計画/設計の現状と課題

七蔵司　和哉*

1. はじめに

「安全で安心できる食品」を供給することは食品企業の使命であり，食品供給に携わるものは，安全で（Safety），良質で（Soundness），健全な（Wholesomeness）食品を確保するためのあらゆる手段に取り組まなければならない…『WHO 食品衛生についての定義より』。

「食品の安心・安全」というフレーズは，食品製造に携わるわれわれのみならず消費者においてもすでに定着した感があり，まさに空気のような存在になっている。安心・安全の確保のために，食品の製造における環境整備（≒製造現場の整備）から取り組むことの有効性はすでに議論の余地がないほど周知されたと理解しており，食品工場建設のシーンにおいても，ゾーニングの云々，動線の云々という議論も当たり前のように行われるようになっている。

当社は，日清製粉グループ本社のエンジニアリング事業会社として，「食品」と「粉体」という，2つのキーワードで顧客の工場建設に携わっている。近年は，弁当・惣菜工場や外食チェーンのセントラルキッチンなど，ウェット系食品工場建設の案件も多くこなすようになってきてはいるが，やはり，粉体をハンドリングする食品工場の建設案件数は依然，大きな比重を占めている。

粉体をハンドリングする工場にあっては，ドライな環境のエリアが多いことからも，ペストコントロール的菌管理の必要性もあまり高くない場合が多く，以前は比較的簡易なゾーニングなどの設計で済ませてきた工場も多かったように認識している。しかしながら，昨今は社会的な要求もあり，ドライ系食品工場にあっても新工場建設の場面のみならず，既存工場においても改修項目としてゾーニング（① 清浄度，② 室圧，③ ドライ/ウェット）の検討が行われている。

本稿では，当社が多くのドライ系，ウェット系双方の食品工場を建設してきた経験を踏まえて，粉体を扱う食品工場の建設計画についての最近の動向について述べてみたい。

2. 食品工場建設において必要とされるもの

食品工場において望まれる機能（要件）は取り巻く環境の変化からさまざまな視点での指摘がなされるが，本質のところは大きく変わることはないし，製造ジャンルの違いによる差異もそれほどないであろうと理解している。

現時点ではとくにハード面で望まれる要素としては以下のようなものがあげられる。

- 安心・安全の確保
- 生産性を高く…操作・運用のしやすさ，省人・省力化，メンテナンスの容易さなど
- 経済性…低コスト，高いコストパフォーマンス
- フレキシビリティと将来対応の確保…ハード，ソフト両側面の柔軟性
- 環境への配慮も無視できない

とくに「安心・安全の確保」の手段として，具体的には

- 適正なゾーニング（清浄度，空気圧，ドライ/ウェット）
- 人，物，廃棄物の最適（シンプルかつワンウェイ）な動線計画
- 清掃性，洗浄性の向上
- トレーサビリティシステムの導入
- セキュリティの確保

などがあげられることは，もういまさらの感がある。

ここで，当社はドライ系食品工場の計画において，「AIB 食品安全統合基準（以下 AIB 最近改定が行われ AIB 国際検査統合基準となった）」に注目している。

* Kazuya NANAZOUSHI；日清エンジニアリング(株)
プラント第2部部次長（Tel. 03-3660-3435）

図1　HACCPシステムと一般的衛生管理プログラム

もちろんご存知の諸氏も多いことと思うが，AIBはAmerican Institute of Bakingの略称で，文字通り米国の製パン業界がルーツであるが，現在ではすべての食品を対象に世界共通基準として活用できる国際的な指導・監査システムとなっており，80ヵ国以上もの国で実績がある。この指導・監査システムは工場の製造部門に限らず，原料の受入から製品の出荷まで倉庫・物流部門を含む工場のすべての施設が対象とされ，その指導はHACCPシステムの足回りとなる一般的衛生管理プログラム（GMP，SSOP）の充実（**図1**），高次元化へ役立つことにつながるものである。

AIBの基準では評価の方法が明確に設定されており，それにより施設の評価が行われる。この工場の施設評価の対象（カテゴリー）には5つの項目（① 作業方法と従業員規範，② 食品安全のためのメンテナンス，③ 清掃活動，④ IPM：総合的有害生物管理，⑤ 前提条件と食品安全プログラムの妥当性）があり，それぞれのカテゴリーで200点満点での評価が行われ，総合評価として900点以上で【Superior：最優秀】の評価となる。

詳しくは(社)日本パン技術研究所のホームページをご覧いただければと思う。AIBに関するさまざまな資料が入手できるので参考になるのではないだろうか。

AIBの指導は俗にいう現場重視で，「より具体的・実践的で有効な基準」といわれている。つまり，食品工場の建設シーンにおいて考慮できることが多く，かつそれによりその後の運用や評価をより高いレベルにすることが可能だと筆者は考えている。

当社グループも保有するほとんどの工場で導入してずいぶんと経過し，最高スコアとなる「Superior」の評価を持つ工場も多く，さまざまなノウハウが蓄積されていると自負している。

この経験から，当社はドライ系食品工場の計画においては，たとえ顧客がHACCPシステムやISO22000シリーズの認証を視野に入れているとしても，このAIBを考慮した設計を行うことも有効であることを提案し，実際に計画・設計に採用するケースも多い。

次に，「生産性を高く」というのも企業活動をする上で，当然，優先度の高いテーマの一つである。

AIBによる指導に「良好な清掃性」というものが必ず要求されるが，高い生産性を実現するための製造工程の省人化・省力化⇒自動化とは，ある意味トレードオフの関係にあるといえるだろう。この部分は常日頃，われわれの重いテーマとなっている。

「高い生産性」と「良好な清掃性」の両方の側面に対して期待できる技術として，コンテナシステム（IBC's：Intermediate Bulk Container System）は，食品分野でもここ数年注目されてきたバルクハンドリングシステム（**図2**）である。その歴史は古く，医薬品業界やファインケミカル業界では世界的にも多くの導入実績を持っている。その特徴はいくつかあるが，とくに食品業界で注目されているのが，容器ハンドリングシステムという生産ロットごとの独立性と高い① 生産性，② 密閉性，③ 洗浄性である。

たとえば，コンテナシステムを導入して製造工程と充填包装工程を分離し，工程間移送にIBC，ストックに自動倉庫を利用することで，充填包装工程アイテムに製造工程アイテムが制限されることから開放され，充填包装工程アイテムは製品出荷の要件により決定し，製造工程アイテムはさまざまな製造に関わる制限（たとえば，生産計画，ロットサイズ，原料入荷状況，アレルゲン物質，洗浄予定など）により決定できる。しかも，コンテナのハンドリングにはスタッカークレーンが活用でき，製造ラインと自動倉庫のレイアウトの工夫により大幅な自動化も実現が可能である。

図 2　マトコン IBC（Intermediate Bulk Container）システム

これらにより，生産性の劇的な向上とアレルゲン原料などとのクロスコンタミネーションの防止を期待できる。また，このシステムにはコンテナを直接マウントするブレンダもあり，このブレンダが利用できれば粉体混合の工程でもコンタミネーションフリーが実現できる。この 2 つの要素を採用した実例について，次に紹介する。

3. 食品工場の設計事例（図 3）

最近の当社での設計事例である「AIB への対応」と「IBC システムの導入」をキーワードとしている。

S 造一部 2 階建ての構造で，1 階が入出荷/倉庫と製造エリア，2 階が事務厚生エリアと一部製造（コンテナ投入ステーション）エリアとなっている（**図 4**）。

- ゾーニングの考え方は，昨今の一般的な考え方を踏襲している。清浄度のゾーニングは原料や製品が暴露される原料投入室と充填室をもっとも高い【清浄区】と設定し，これに隣接する準備室，中間品コンテナ倉庫や前室を【準清浄区】としている。さらに原料，資材・包材，製品の倉庫は【非清浄区】に設定し，もちろん外部とのアクセスは前室経由である。
- また，すべての製造室の室圧を大気圧よりも高くしたうえで，清浄度のランクに合わせて室圧の差を設定し，清浄度の高い部屋から低い部屋へ，そして外部へとエアフローするように設計されている。
- 人の動線は，玄関から 2 階へ上がり，更衣後 1 階のサニテーション室で入場準備を行って各自の作業エリアに入っていく。この手法は人をいったん 2 階に上げることにより，製造エリアの好きな位置にサニテーション室をプロットできるので，ゾーニングに合わせた作業員の入退場を厳格に行ううえでは都合の良い手法である。
- 物の動線は，基本的に一方通行である。原料，包材・資材は図面右上の荷受室より荷受けされ，倉庫に保管される。必要量が各準備室に横持ちされ，所定の処理をして製造室ないしは充填室，包装室に持ち込まれる。

図3　製造工程　ブロックフロー

- 製造は，原料準備⇒計量・配合⇒コンテナ充填⇒混合⇒中間品ラック倉庫へストックと進められる。充填包装工程とは分離されているため，緊急の場合を除き充填包装工程のスケジュールには影響されない。
- また，ロット単位でコンテナに収容しそのままブレンディングするので，洗浄などが必要となる部品はきわめて少ない。
- ラック倉庫に収容されている中間品コンテナは充填包装スケジュールによりラック倉庫から呼び出し，排出ステーションにセッティングすることにより自動的に充填包装機に供給される。空になったコンテナは，コンテナ洗浄機で洗浄・乾燥した後ラック倉庫に戻し，次回の製造ロットまで待機する。
- 充填包装された製品はパレタイザでパレット積みされ，製品倉庫で出荷を待つこととなる。
- 工場内全体の物の動線は，U ターン型の一方通行を実現している。

建築構造として実施例ではイニシャルコストの面などから S 造を採用しているが，必ずしもベストの選択とはいえない場合もある。なぜならば，粉体をハンドリングすることにより発生する粉塵が，S 造構造ではたとえば内壁と外壁との空間や天井裏などに侵入する可能性を完全に否定できないからである。この点は AIB の監査では必ず指摘されることとなる。もしこの粉溜まりが製品安全上の危害となる場合（たとえば虫やカビの発生源など）は対応策としては，“定期的な点検と清掃で…”ということになってしまう。そのような視点からすると，ウェット系の食品工場で一般的に採用されている建築構造も，ドライ系では採用しない方がよかったり，特殊な工夫が別に必要であったりというような結論になる場合も少なくないのである。

建築的な配慮はもちろんのこと，生産機器においても AIB に対する配慮がされている。**図5** に示す例はまさに清掃のしやすさを追求している。以下がポイントとなる。

1）粉塵の発生自体を極力押さえる生産設備設計（プロセス設計）
2）粉塵やほこりが堆積しない建築的，生産設備的構造
3）速やかに粉塵やほこりを除去できる清掃のしやすい建築的，生産設備的構造

実は，清掃のしやすさに対しては建築的要因よりも生産設備的要因の方が検討すべき比重が大きいのである。建築構造の仕上げについては，さまざまな技術の開発や設計/施工での検討，多くの先駆者の方々によるトライアルアンドエラーなどにより，ある程度のレベルまで達成できていると認識している。しかしながら，生産設備においては，直接プロセスと接する部分におけるサニタリー性や清掃/洗浄性

2FL 平面レイアウト

1FL 平面レイアウト

図 4　食品工場のレイアウト

図5　AIBの適用事例

についての議論や開発は以前から活発に進められてきているが，直接プロセスと接しない部分については十分配慮がされているとはいえないものがまだまだ粉体機器には多くある。この部分に対応することで，工場内の清掃性を大幅に改善させることができる伸び代があると筆者は考えている。

4. エンジニアリング会社の役割

工場建設において，計画・設計作業の進め方に大きな変化は見られない。しかしながら，検討しなければならない要件，機能などについては取り巻く環境によって少なからず変化している。工場建設においての設計作業は概ね**図6**に示すような作業手順となる。

ドライ系食品工場の計画・設計も，先に述べたような実施例を見ても，筆者がこの仕事に携わるようになった20数年前の設計思想とは大きな変化がある。当時から当社はエンジニアリング会社としては標準的な手法で，工場設計においては「まず生産設備計画から」というスタンスで進めることが当時の食品工場建設のシーンで一定の評価を受けてきたと認識している（当時の食品業界ではまだまだエンジニアリング企業の認知度は高くなかったと記憶している）。

前出の「清掃のしやすさ」のポイント3点のうち，最初の2点【粉塵の発生抑制】，【堆積の排除】は，建築設計にしろ生産設備設計にしろ個別の設計の中で対応が可能であると考える。しかしながら，3番目の【清掃性の向上】については個別の設計だけでは対応しきれない側面を持っている。

具体的には，たとえば，ラック倉庫の清掃はラックに荷が入っていようがいまいが定期的な実施を昨今は要求される。そのために，通常はラックを壁際に設置することが多いと思うが，清掃性を考慮する場合，壁とラックのクリアランスを500 mm程度確保して，荷がある状態でも清掃ができるようにする。また，たとえば機器の設置にしても，従来であれば機器ベースをフロアにそのままアンカー施工していたものを，清掃性への配慮からフロアから200 mm程度の脚付ベースとしてほうきや掃除機が入るスペースを確保したり，ラックと同様に壁からのクリアランスを大きくする，また，機器間のスペースも大

図6　工場建設においての設計作業

きくするなどの設置上での配慮をした場合は部屋の階高やスペースに多大な影響を与えることとなってしまう。このような場合は，生産機器の詳細設計時点ではすでに手遅れ状態となっていることは簡単に想像できるであろう。

このような事態を避けるためにも，「いかに計画の早い段階でその思想を落とし込めるか？」が重要で，ある意味そのプロジェクトの成否を左右することにもなってくる。基本計画時点から生産設備の配置や仕様をある程度想定した上で工場計画を進めることが後々に後悔しない，設定したコンセプトの実現につながるのである。

エンジニアリング会社は日々，数多くの工場を建設することで，工場建設に関わる数多くの技術や知見・経験を保有している（もちろん失敗も含めて…）。この技術や知見・経験は，われわれがユーザーとともに計画時点からさまざまな視点でディスカッションする中で上手に使っていただくことができるものであると筆者は信じている。

5. 今後の課題

AIB 以外で最近工場建設をする上で話題に出てくるようになったキーワードや優先度が上がってきたキーワードについても，いくつかあげてみたい。

① 環境面への配慮【CASBEE】

「工場建設を機に【環境面への配慮】も PR したい…でもイニシャルコストのアップは受け入れ難い」とされていた（異論もあるかもしれませんが少なくとも筆者はそう認識していた）“環境”も，いよいよ最近は避けて通れなくなってきたようである。工場建設のシーンでは【CASBEE：建築物総合環境性能評価システム】という格付けシステムが注目されているようである。これもご興味ある方は，(財)建築環境・省エネルギー機構のホームページを参照いただきたい。

建築物を環境性能で評価し，格付けするシステムである。省エネや省資源・リサイクル性能といった環境負荷削減の側面と室内の快適性や景観への配慮といった環境品質・性能の向上の側面について建築物の環境性能を総合的に評価している。

今後，工場建設を機に CASBEE による格付けを取得し，「環境に配慮している企業」とされる目に見える社会的評価を得ようという動きにつながっていきそうな気配がある。

② 見学者への対応

ほとんどの計画で，「見学者への対応をしたい」，「見学者通路を設置したい」という希望を受けるようになった。以前は最終製品を製造する工場が消費者向けにという目的で設定されていたと認識している。最近はそれ以外に「顧客の視察対応」「営業手段（高品質，安全性，オープン性などを PR)」，などの目的が多いのではないか。製造エリアへの入室手続きの厳格化も一役買っていることは間違いないだろう。

「顧客の品質管理担当は製造エリアに入れざるを得ないが，それ以外の人は背広のままで OK」というニーズは今後も増加することはあれ，減少することはないであろう。

③ BCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）

BCP とは，「災害などの緊急事態が発生した際に，特定の重要な事業（業務）を中断しないこと，または万一中断した場合でも迅速に機能を復旧・再開させ，事業の中断によるロスを最小化するための計画」である。最近，企業のリスクマネジメントの一環として経営課題とされてきている。食品を製造する企業にあっては，工場の災害時などの対策・対応計画はまさにその企業の BCP の根幹となるわけで，BCP に取り組む企業の工場建設においては必須の検討事項となっている。

工場の生産活動においてはハードウェアとソフトウェアの２つの側面を持つが，少なくともハードウ

ェアについては建設計画時にしっかりと検討しておかなければならないだろう。要件はさまざまではあるが，施設の耐震構造，代替機器の保管，システムの２重化，インフラの維持手段の確保，原料・資材保管機能，図面やマニュアルの管理などが考えられる。個々の要件についての検討は，これまでも計画時に行ってきてはいたが，BCP においては，トータル的な検証が必要になる。「本当にそれで機能するか？」という多面的なシミュレーションとなるのである。

終わりになるが，先にも述べたように当社は日清製粉グループのエンジニアリング事業会社で，工場建設というシーンにおいて「粉体」と「食品」というキーワードはもっとも得意とするところである。粉体ハンドリングの奥の深さは実際に使っていらっしゃる方々が一番ご存知のことであろう。また，食品製造企業に対する要求は日々高く，広く，継続的に求められている。そのような環境の中，新工場建設を検討する場面で計画の考え方や進め方に頭を悩まされている方々も少なくないであろう。その際，われわれが持つ技術や知見・経験も少なからずお手伝いの役に立つはずである。そんなときはぜひ当社のことを思い出していただいて（できればなるべく早い段階で…），ご相談いただければ幸いだと考える。