

## 鶏伝染性気管支炎 (IB) の予防を考える上での血清学的交差性の重要性 (2)

— 片側交差性の向きと抗原域の広さを実務にどう生かすか —

日生研株式会社  
林 志鋒

前稿では、IBVの抗原性の多様性と血清学的交差性の基本的な捉え方に加え、中和試験や遺伝子解析の役割について整理しました。本稿では、これらの知見を実際のワクチン選択や接種プログラムにどのように生かしていくかという観点から、「片側交差性」と「抗原域 (抗原の幅)」の二つの概念を軸に、現場での判断に役立つ考え方を解説します。

IBVの血清学的交差性は、必ずしも双方向で同じ反応を示すわけではありません。ある株 (A株) によって誘導された抗体が別の株 (B株) を中和しない場合でも、B株由来の抗体がA株に対して中和反応することがあり、このような非対称的な関係は片側交差性と呼ばれます。これは、IBVが抗原構造を連続的かつ段階的に変化させながら進化していく過程に由来すると考えられます。一般に、新しい株で誘導された抗体は過去の抗原構造を部分的に保持しているため古い株にも反応しやすい一方、古い株の抗体は新たに付加された抗原構造に十分対応できず、新しい株への反応性が低下する傾向があります。これは、IBVが宿主体内で免疫圧を受ける中で、既存の抗体からエスケープした変異株が選択されて生き残るといった進化プロセスを反映したものです。その結果、新しい抗原構造を獲得して進化した株ほど古い株由来の抗体との反応性が弱まり、片側交差性がより明瞭になります。こうした反応性の違いは中和試験において、「どちらの方向で中和価が高く保たれるか」という形ではっきりと表れ、遺伝的近縁性だけでは読み取れない抗原的なつながりを把握する手がかりとなります。

### IBV 抗原域の広狭 (イメージ)



- A株由来の免疫血清は、A株のみを中和する
- B株由来の免疫血清は、A株およびB株を中和するが、C株を中和しない
- C株由来の免疫血清は、A株、B株、C株のすべてを中和する

このような向きを伴う交差性と並んで重要なのが抗原域という考え方です。抗原域とは、ある株がどれだけ多様な別株に対して交差反応しうるかを示す、防御能の広さに関する概念です。抗原域の広い株は複数の系統に共通するエピトープを比較的多く保持しているため、ある程度離れた株に対しても免疫反応を誘導でき、防御範囲が広がります。一方、抗原域の狭い株は特定の近縁株には強い反応を示すものの、抗原構造がわずかに変化しただけでも交差反応が低下しやすく、結果として軽微な抗原変化でも防御効果が損なわれるため、野外株の変動に対する対応力は低くなります。重要なのは、この抗原域の広狭が単純な遺伝子配列の類似度だけでは判断できない点です。実際の抗体反応は立体構造やエピトープの配置にも左右されるため、系統樹上の位置関係と血清学的データの双方を照らし合わせて評価することが不可欠です。

これらを踏まえたワクチンプログラムの設計では、防御の「幅」と「深さ」をどのように確保するかが基本となります。基礎免疫では抗原域の広い株を用いて防御の間口を広げ、その後に流行株や近縁株に基づくワクチンで追加免疫を行うことで、特定株に対する防御の強度、すなわち「深さ」を補強します。この深さは流行株への対応力を高めるだけでなく、免疫スペクトル全体を底上げし、結果として防御の幅も押し広げます。

複数株を組み合わせる場合も同様で、重要なのは単に株数を増やすことではなく、それぞれの抗原域の広さや片側交差性の向き、さらに免疫スペクトルの谷間をどう補うかを踏まえて組み合わせることです。たとえば、抗原域の広い株を基盤とし、その上に流行株に近縁な株を重ねることで、幅と特異性（深さ）の双方を効率よく確保できます。また、現在の流行株が免疫スペクトルの谷間に位置している場合には、その部分を埋める株を追加することで、防御の抜けを最小限に抑えることができます。

さらに、接種のタイミングや間隔もワクチン効果に関わる重要な要素です。孵化後早期では移行抗体が免疫の立ち上がり遅らせるため、日齢に応じた接種時期や実測抗体価に基づく調整が必要です。また、多くのワクチンを急いで接種してスケジュールを過密にすると、免疫が十分に成熟しないまま次の接種が重なり、免疫応答のばらつきが生じます。そのため、確実に免疫を獲得させるには、基本的に2週間（少なくとも10日程度）の間隔を空けることが必要です。一方、採卵鶏のような長期飼育群では、過去のワクチン接種や自然感染の履歴が後の免疫応答に影響し、いわゆる免疫の刷り込み（免疫応答の偏り）が生じます。そのため、どの株を使うかに加え、どの順序で、どの間隔で接種するかという設計全体が、防御体制の確立に関わってきます。

同一ワクチンで効果にばらつきが見られる背景には、抗原的要因だけでなく、群の免疫歴、健康状態、飼養環境などさまざまな要素が関与しています。流行株の情報だけに頼るのではなく、群の状態を継続的に把握し、モニタリング結果に応じてプログラムを柔軟に調整していく姿勢が求められます。特に、サンプリング方法や検査頻度を適切に設計し、小さな変化を早期に捉える体制を整えることは、防御の安定化につながります。

今後の課題としては、遺伝子型情報に比べて血清学的交差性、特に中和試験のデータ蓄積が十分とは言えない点が挙げられます。このギャップを埋めるためには、モニタリング結果を踏まえ、単に多く検出されたタイプだけでなく、長期間にわたり継続して検出されるタイプや、広い地域に拡散しているタイプを主要株として選び出し、どの株を優先的に詳細解析すべきかを見極めることが重要です。こうした情報をまとめ、抗原性の全体像として共有できる基盤が整備されれば、ワクチン選択の根拠が明確になり、判断の再現性と透明性を高めることができます。また、中和試験の実施には時間を要するため、遺伝子解析結果に抗原性の指標を組み合わせた簡便な評価方法を確立しておくことも有用です。検査機関と現場で情報を双方向に共有し、発生状況と検査結果を相互にフィードバックする体制を整えることで、変化への対応をより迅速かつ的確に進めることができます。

以上のように、片側交差性の向きと抗原域の広さを踏まえた設計は、変異が起こりやすいIBVに対抗するうえで欠かせない視点です。遺伝子解析と中和試験を相補的に活用し、時系列でのモニタリング結果と群の免疫背景を組み合わせながらワクチンプログラムを継続的に最適化することが、安定した防御体制の構築につながります。その際、流行状況に応じて、基礎免疫と追加免疫の役割を明確に意識した設計を行うことが、限られた資源の中で効果を高めるポイントとなります。