



横浜市臨海部におけるバイオテクノロジー 関連施設の現状と安全性について

伊藤好夫
(横浜市消防局)

横浜市では、国際的に競争力のある産業拠点の形成と雇用の場の創出を目的に、臨海部の再整備を推進している。その目的達成の手法としては、市内に多数立地する企業・大学等と連携し、着想から基礎・応用研究、開発・試作、生産という一連の過程をつなぎ合わせ、新技術・新産業を創り出す場を形成していくべく、市内に多数立地する企業・大学等の研究機関とゆるやかな連携を保ちながら、市民生活のニーズと新たな技術のシーズとを結びつける「ネットワーク型の国際研究開発拠点」の形成を目指している。その骨子は、国際的研究開発拠点を中核とした研究開発機能の強化、産・学・官の新たなネットワークの構築、地域の魅力を生かした研究環境の形成などである。

具体的整備に当たっては、次のとおり総合研究ゾーンと産学交流ゾーンに分け推進されている。

総合研究ゾーン(約5.4ha)は、R研究所と市立大学(大学院)により構成され、遺伝子関係の研究・技術開発を行う地域である。R研究所は、我が国のゲノム科学研究の中核拠点として、分子レベルから個体レベルに至るまでの研究を体系的に行うことにより生命現象を総合的に理解し、生命活動の基本であるゲノムに焦点をあて、ゲノム科学の総合的な研究開発拠点を目指しており、その研究所の構成は、DNA(遺伝子:ゲノム)及びタンパク質の構造と機能に関する研究を行うゲノム科学総合研究センター(平成12年10月開設)、個人毎の遺伝暗号

の違いと病気との関連などの解明研究を行う遺伝子多型研究センター(平成14年度移転開設予定)、植物の様々な生育機能の解明を遺伝子と生体分子の面から研究し、生育機能の制御手法などの開発を行う植物科学研究センター(平成14年度移転開設予定)の他、アトピーや花粉症などのアレルギー疾患の原因究明、ワクチンなどの治療法の開発、臓器移植での拒否反応について抑制機構の解明などを行う免疫・アレルギー科学総合研究センター(平成14年度開設予定)から構成されている。

市立大学(平成13年4月開設)は、生命活動を司るタンパク質の構造機能、タンパク質やDNAの総合作用などの分子・原子レベルの解明研究を主なテーマとした教育研究を行うものであり、このキャンパスはR研究所に隣接して整備され、同研究所と連携大学院を構築する。

一方、産学交流ゾーン(約3.0ha)は、産業界の優れた技術力と大学等の研究開発力を結集し、既存産業の高度化と新たな産業の創出を目指している。交流の内容は、高度な遺伝子研究・技術開発、エネルギー交換工学、有機合成、高分子合成工学、半導体工学などの高度かつ広範囲にわたる先端技術、新製品の開発である。

このゾーンの構成は、産学連携活動を促進するため、地域産業の活性化や市民生活の向上に寄与するテーマを中心に、共同研究・共同実験の場として、研究者の多様な開発ニーズに応える大規模な実験空間(実験棟)と会議室や交流スペースを持つ研究空間(研究棟)を提供する

産学共同研究センター、産学連携活動等による研究成果の起業化や新技術を利用した事業活動を支援する（仮称）技術開発支援センター（平成14年度工事着手予定）、隣接する産学共同センターや総合研究ゾーンとの人的・技術的連携を図りながら、新技術・新製品開発などに取り組む研究開発型中小製造業やバイオ関連企業が集積する工業団地である末広ファクトリーパーク（平成13年度企業移転開始予定）などから構成されている。

以上が、横浜市における臨海部のバイオテクノロジー関連施設の現況概要である。

次に、これらバイオテクノロジー関連施設における消防的危険性について考察する。

上記の地域における研究・開発事象としては、化学・物理・電気・生物など高度かつ広範囲な分野に及ぶ。これら事象について、火災・爆発・漏洩などの消防的危険性から考察した場合、化学物質であれば、その化学物質の性状（臭い、色など）により人間の五感で感知可能であり、また、それが困難な場合でも、化学的性状により科学的に検出可能である。さらに、電氣的性状を有する物質や放射性物質については、目には見えないが、これら物質の電氣的・物理的性状等により検出器で検出可能である。

しかし、特に目に見えない微生物等については、我々人間を取り巻く空気中に、常に様々な微生物等が存在することから、特定の微生物そのものの漏洩を検出することは不可能である。従って、例えば、漏洩したとしても、人間を含む他の生物に何らかの影響が出て始めて微生物等が原因であると特定出来ることになる。特に、遺伝子や微生物については、消防的危険性や消火方法について未だ未知な部分が多く、掌握されていないのが現状である。

さらに、微生物等のDNA分析や解析に当たっては、強大な磁場を形成するNMR（液体水素、液体窒素なども使用されている。）やR I

などの最新鋭の分析・解析機器が使用されており、災害時においては、それらの危険性についてどう対応するかという点についても把握しておく必要がある。

当該地域のバイオテクノロジー関連施設で行われる組み換えDNA技術は、その最初の成功以来20年近くを経て、現在では生物の遺伝子の構造や機能を明らかにする基盤的な生物学的研究はもとより、がん、その他の疾病の原因の究明、ヒトインシュリン、ヒト成長ホルモン等の希少医薬品の量産、有用微生物の育種や作物の品種改良等の応用研究に至るまで、直接人類の福祉に大きく貢献する分野における研究に欠かせない重要な実験手法として確立されて来ている。我が国では、組み換えDNA研究の安全を確保しつつその適切な推進を図るため、「組み換えDNA実験指針」（昭和54年8月27日内閣総理大臣決定）が策定され、本指針に基づき研究等されている。また、研究する医薬品、工業用品などの対象により主管する省がそれぞれ実用化指針を策定している（例えば、「農林水産分野等における組み換え体の利用のための指針」農林水産省、「組み換えDNA技術工業化指針」経済産業省など（図1））。さらには、県や市によりバイオテクノロジー環境安全管理指針及び先端技術産業環境保全対策暫定指導指針に基づき細部が規定されている。

組み換えDNA実験については、上記の「組み換えDNA実験指針」等により、その安全や適正を確保するため、実験の安全度評価に応じて、物理的封じ込め及び生物学的封じ込めの2種の封じ込めの方法を適切に組み合わせて実施されている。物理的封じ込めとは、組み換え体を施設、設備内に閉じこめることにより、実験従事者その他のものへの伝播及び外界への拡散を防止しようとするもので、封じ込めの設備、実験室の設計及び実験実施要項の3要素からなり、実験施設の軽易な方から、P1、P2、P

各省庁	指 針
文部科学省	大学等の研究機関等における組み換えDNA実験指針 (昭和54年3月文部省告示) 組み換えDNA実験指針 (昭和54年3月内閣総理大臣決定-科学技術庁)
厚生労働省	組み換えDNA技術応用医薬品の製造のための指針 (昭和61年12月厚生省薬務局長通達) 組み換えDNA技術応用食品・食品添加物の製造指針及び 組み換えDNA技術応用食品・食品添加物の安全性評価指針 (平成3年12月厚生省生活衛生局長通知)
農林水産省	農林水産分野等における組み換え体の利用のための指針 (平成元年4月農林水産事務次官通達)
経済産業省	組み換えDNA技術工業化指針 (昭和61年6月通商産業省告示)

図1 各省庁の組み換えDNA技術取り扱いに関する指針

3、P4の4段階に分類されている。

一方、生物学的封じ込めとは、ウイルス等の伝達性等の観点から、特殊な培養条件以外では、生存しない宿主（組み換えDNA分子が移入される生細胞）と実験用でない他の生細胞への伝達性がないバクテリア（宿主に異種のDNAを運ぶDNA）との組み合わせにより実験の安全性を確保するものである。

なお、組み換えDNA実験を伴わない大学等の微生物研究における安全管理マニュアルである、学術審議会特定研究領域推進分科会バイオサイエンス部会の「大学等における研究用微生物安全管理マニュアル」によれば、実験室等における微生物の取扱を安全に行うため、大学等ではバイオセーフティ委員会を設置し、微生物の病原性レベルの分類、実験室などの安全設備及び運営、事故発生時や災害時の措置に関することなどを行うこととなっている。微生物のレベルは、ヒトへの病原性の観点からレベル1からレベル4までの4段階に分類されている。このマニュアルには、安全管理基準としてレベルの分類のほか、病原性微生物の運搬、指定実験室の表示、微生物の処理、緊急事態、緊急対策

本部の構成などが規定されており、職員の健康管理として、健康診断、血清の保存、病気の届出などが規定されている。その他、バイオセーフティについては、労働安全法（昭和47年法律57号）、労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）、薬事法（昭和35年法律145号）、薬局等構造設備規則（昭和36年厚生省令第32号）などに記載がある。

しかし、バイオテクノロジー関連施設において、過去事故（バイオハザード）がなかったわけではない。ここで、バイオハザードとは、「生物災害」と訳されるもので、病原体などを扱う遺伝子組み換え実験施設における職員の感染被害のほか、この実験施設からの排気、排水、感染廃棄物などによって排出・漏出される病原体や組み換え微生物等によって外部の住民に及ぼされる感染被害をいうものである。

その主な事故例は、1978年にイギリスのB大学で天然痘ウイルスが漏出し、実験に関係ない市民が死亡した例や1979年にスヴェルドロフ市の施設から炭疽菌が漏出した例の他、1987年にオーストラリアの施設で職員がウイルスに感染した例や1994年にアメリカのE大学で職

員がウイルスに感染した例などがある。その他、地震によるバイオ施設の災害としては、1978年、宮城県沖地震により国内のT大学医学部で火災が発生し、実験動物997匹が逃走した例や、阪神大震災で神戸市等のバイオ施設で爆発、設備・器具の倒壊、病原体の散乱、ダクト破壊等の被害があった例などがある。

バイオハザードの一般的特徴として挙げられるのは、取り扱う微生物そのものの危険性と実験に伴う危険性であり、特徴としては不顕性と被害の未知性の2点に整理される。

不顕性とは、感染をしても直ぐに症状が現れない場合があり、この間に漏洩などが続き、被害の拡大する可能性があるということである。感染経路は皮膚、呼吸・吸入、経口、血清などがある。また、被害の未知性には、①何かの感染症が起こって、発病が見られても、その感染源となった病原微生物が特定できない場合には処置の取りようがない。②遺伝子の組み換え実験により、未知の性状を持つ生物が出現する可能性があり、また、その性状についても未知である。③火災に遭った場合、遺伝子や微生物の漏洩拡散状況やこれらの人体への危険性については、掌握されていない・・・などが挙げられる。

消防的危険性については、取り扱う微生物等そのものに起因する漏洩拡散に伴う消防隊員の人体上への危険性と組み換えDNAを取り扱う施設での火災危険性が予想される。

特に実験室では、入出者が限定され、部外者には内部の状況が分かりにくいこと、さらに実験室内では、組み換え実験に際しアルコール、エーテル、有機溶剤などの危険物を取扱い、加えて安全キャビネットでは汚染防止用にホルムアルデヒド等燻蒸剤を使用している例もあり、かつ、加熱用のガスや電気的設備を有していることから火災危険性が十分考えられる。

以上の点から、一般的に消防としては次の事

項について危険性等を掌握し、対応すべきと考ええる。

- 消防隊員への人体上の危険性
組み換えDNA実験に使用する微生物等そのものがもつ毒性等
- 火災危険性の把握
 - ・ソフト面－研究員の取扱いミス、取り扱う薬品の管理
 - ・ハード面－施設そのものの危険性及びガス、電気等設備の欠陥・老朽化による危険性
- 災害対応ための防護資機材の把握
 - ・微生物等そのものが持つ毒性による汚染から隊員の安全性を図るもの。
 - ・微生物の毒性に対応した防護資機材－マスク、手袋、防護服等

ところで、組み換えDNA研究については、消防として未知の分野であり、組み換えDNAそのものの危険性、どのような実験要領に基づきなされるのか、どのような施設や条件下で行われるのかなど一切分からないのが現状であり、そのため、まず始めに、どこでどのような研究がなされ、取り扱う微生物等そのものの危険性、薬品、施設・設備、研究に伴う実験指針、防災マニュアル、防護資機材などを具体的に調査し、消防における諸問題及びその対策を検討することを痛感し、現地調査を行った。

現地調査については、市内にあるA研究所、B研究所、C研究所、D研究所及びR研究所の5カ所の研究施設に対して行った。調査項目は通常の防災体制、バイオ研究に対する通常の管理・設備、バイオハザードに対する防災体制、危険度の基準及び法令等の規制などについて、聞き取り・現場確認・資料収集を行った。調査結果は、別添(図2)のとおりである。

名 称	場 所	研 究 員	業 務 内 容	通 常 の 管 理 ・ 実 験 レ ベ ル	防 災 規 定
A 研究所	金沢区	約 70 人	遺伝子組換え実験 (食品関係)	実験施設としてはP1、P2施設がある が実験レベルはレベル1のみである。	防災規定はあり 通常の消防訓練を実施
B 研究所	神奈川区	約 40 人 研究所全体 約 800 人	遺伝子組換え実験 タンパク質の培養	実験施設としてはP1、P2施設がある が実験レベルはレベル1のみである。 酵母を利用したタンパク質の培養生産を 行う。	防災規定はあり 通常の消防訓練を実施
C 研究所	鶴見区	約 10 人	遺伝子組換え実験	実験施設としてはP1、P2施設がある が実験レベルはレベル1のみである。	防災規定はあり 通常の消防訓練を実施
D 研究所	鶴見区	約 100 人	遺伝子組換え実験 タンパク質の培養	実験施設としてはP1～P3施設がある が実験レベルはレベル1のみである。	防災規定はあり 通常の消防訓練を実施
R 研究所	鶴見区	現在約 300 人 将来 約 1000 人	遺伝子組換えによ る遺伝子の解析と タンパク質の解析	実験施設全体がP2となっているが、解 析のため、無害な大腸菌にヒト遺伝子を組 み込んで培養解析を行っている。 実験レベルはレベル1である。	防災規定作成中 消防訓練を共同で実施

調査結果の説明

- 1 今回の調査の主眼は、実験施設が消防にとって危険なものなのか、遺伝子組換え実験がどの程度危険なのか、災害に対する規定はあるのか、主管省庁の規制はあるのかを中心に調査を行ったもので、実験施設内で具体的に何を行っているのかは調査の対象としなかった。
- 2 その結果、病原性微生物、特にヒトに影響を及ぼす感染性の病原性微生物（レベル3、レベル4）を扱わない限り、微生物の遺伝子組換えを行っていても危険性はないと考えるに至った。しかも、レベル3或いはレベル4については、国内でも数例しかないとのことであった。
- 3 現地調査をした事業所所属の研究所は食料品関係などであり、実験レベルは1程度であった。災害があってもバイオハザードに発展することがなく、従って防災規定も通常の微生物実験室を想定したものであった。
- 4 当初、R研究所での遺伝子組換え実験が一番危険であると想定していたが、上記からも分かるように、P2の施設であり、感染性の病原性微生物を扱わないということ、また、ヒト遺伝子の解析と遺伝子をベースとしたタンパク質の解析に基づき、遺伝子治療により病気治療を目指しているということが判明してきた。むしろ、危険性の判断は病原性の微生物を扱うか、または感染性の病原性微生物を扱うかであり、医科大学や製薬会社の研究施設に対する対策を検討するべきではないか考えるに至った。

図 2 現地調査結果

以上の調査結果により、次の事項について、留意し、対応する必要があると思われる。

① 防災体制について

防災指針は特になく、防災については各研究機関に任されているのが現状である。現在、各主管省による実験指針や実験要領等はあるが、その中で、発災した場合の防災マニュアルの項目はあるが、具体的な内容は示されておらず、各研究機関や事業所の実情に任されている状況である。

② 微生物そのものの危険性

実験に使用する微生物等は、実験指針により、生物学的、物理学的封じ込めレベルが決まっており、かつP2クラスまでのものは、比較的熱に弱く、通常、冷凍保存であることから、空気に暴露されたり、常温や火災熱により死滅し、人体への危険性の度合いは比較的少ないと考えられる。

ただし、感染媒体が空気あるいは液体の場合、微生物等の感染力の強弱により大きく異なる。一方、微生物等は、紫外線や放射線による照射にも弱く、その変位や危険性は予想し難いのが現状である。

また、漏洩拡散による人体への危険性については、取り扱う微生物等により実験施設(雰囲気は陰圧)、安全キャビネット内(雰囲気は陰圧)での取扱が決められていることから施設外への漏洩拡散は比較的少ないと考える。以上のことから、特に、実験に使用する微生物の感染性などの危険性を掌握することが肝要である。

③ 実験での火災危険性

R研究所以外の研究施設は、P2程度の施設での実験(実験レベルは1程度、つまり、ヒト又は動物に重要な疾患を起こす可能性がない。)であり、中学校、高等学校の化学実験室や生物実験室と同等のもので、微生物及びその中で扱う薬品の危険性や設備状況を把

握していれば、通常の実験室での火災防御と同様と考えられる。

一方、R研究所では、上記の研究所とは規模や施設が大分違い、広大な敷地の中に数棟を有し、中でも、強大な磁場を形成しているNMR施設棟や、広大な施設そのものがP2(実験はレベル1程度)の研究棟があり、人命救助や消火活動に当たっては、全体を詳細に掌握している安全主任者と連携を密にし、早期に方針決定を行うとともに、消防隊への徹底を図り、人命救助・消火活動を行う必要がある。(図3)

施設	危険物
R研究所	屋内貯蔵所 第4類特殊引火物、第1石油類、アルコール類、第2石油類 指定数量の20倍(廃油10倍含む) 少量危険物1対象 0.9倍
市立大学	屋内貯蔵所 第4類特殊引火物、第1石油類、アルコール類、第2石油類、 第3石油類、第4石油類、動植物油類 指定数量の20倍(廃油9倍含む) 少量危険物2対象 各0.9倍

図3 主な施設の危険物の貯蔵状況

④ 安全主任者からの情報収集の重要性

前述した実験指針により、取り扱う微生物の性状、実験要領、実験施設・設備などを掌握しているのは安全主任者であり、実験によっては実験室が部外者立入禁止となっていることもある。従って、災害時には早期に安全主任者と接触し、情報や対応方法を聴取し、対応すべきである。特に、夜間時については、安全主任者との連携確保の有無が消防活動の成否を決定すると考えられるので、キーポイントとなる平常時からの連携が重要である。

⑤ 二次災害の防止

当該地域では現在のところ感染等危険性のある病原菌を扱う実験は行われてはいないが、将来的に該当するに至った場合は、人命の救出、病原菌の流出、漏洩防止を最優先として、組み換えDNA実験の安全主任者との

密な連携を図る必要があると考える。

以上の点をまとめると、組み換えDNA技術は、まだ20年近くの新しいものであり、今後、基礎的な研究から、生物の育種や医療薬剤・作物の品種改良等の応用研究、実用化に至る幅広い分野で急速に展開するものと推測される。

なお、総合研究ゾーン及び産学交流ゾーンを含めて、当該地域におけるDNA組み換え技術は、基本的には、ヒトのDNA解析とDNAから導かれるタンパク質の解析に用いられるものである。また、遺伝子治療の研究にあっては、遺伝子による病気に対して研究と治療が進められ、病原性微生物に起因する病気の研究と治療が行われるものではないので、現在のところ、致命的なバイオハザードに発展する可能性は少ないと推察される。

しかし、将来にわたっては不確定要素が多く、安全性が確保されているとは言いがたいので、今後、次のA～Cについて措置及び対策を推進する必要があると考えている。

A 研究所・事業所に対する措置

- ・新たな組み換えDNAの出現、それに伴う新たな危険性の掌握
- ・上記に伴う消防署への情報提供
- ・上記に伴う設備、施設の拡充
- ・上記に伴う防護資機材の拡充
- ・災害防止マニュアル
- ・防災教育
- ・隣接類似研究所との防災協定

B 当該地域に対する措置

当市火災予防条例に基づき、事業所で組織する自衛消防組織の連合体が、地理的に当該地域を包含するように存在しており、共同で総合な消防訓練が実施されている。将来的には、地理的一体化を図るとともに、地域の自衛消防体制を活性化させるため、当該地域全体を1ブロックとした自衛消防体制を

形成し、既存自衛消防組織の連合体に統合化するのが最善と考えている。

C 消防機関の対策

- ・研究所との連携を密にした実態にあった警防計画の作成
- ・研究所災害防止マニュアルを基にした消防活動マニュアルの作成
- ・上記に基づく職員教育及び消防訓練の実施
- ・上記に基づく必要資機材の整備

最後に、現在、組み換えDNAの実験指針は策定されているが、災害防止マニュアルや消防活動マニュアルはないといっても過言ではなく、各研究機関や消防機関が手探りの状態でハード面やソフト面での対応に努めているのが現状である。バイオテクノロジーの研究実験施設には、前述したとおりアルコールや特殊引火物などの危険物の存在が不可欠であり、火災危険が高い。実験者がいくらか人為的に安全対策をとっても、地震などの不測の事態ではどこまで安全性が保てるか疑問である。市民の安全性を確保する観点から、全国的に統一的な防災指針が早急に作成されることを望むものである。

また、我々消防にとっても、総務省消防庁の通知「消防防災科学技術高度化戦略プランの作成」の記載のように、救急業務がバイオハザードの被害拡大要因となる可能性があることから防護技術の検討を早急に行う必要がある。

参考文献

- 1) リーフレット「横浜サイエンスフロンティア（京浜臨海部研究開発拠点の形成に向けて）」編集発行 横浜市企画局京浜臨海部整備担当
- 2) 「バイオハザード」とは<http://vilage.infoweb.ne.jp/~yoken/biohazardj.html>