

レクチンとエクソソーム

ー期待される医療・創薬分野でのパラダイムシフトー

2020/5

三井物産戦略研究所
技術・イノベーション情報部 インダストリーイノベーション室
阿部 裕

Summary

- 医薬・創薬分野においては、高額な薬価¹による医療費圧迫²や、副作用等の患者への負担の払拭が求められており、その解決のための有力なツールとしてレクチンとエクソソームの活用が注目される。
- 例えば、レクチンと抗がん剤との複合体を、DDSを用いてマウスへ投与した結果、既存の抗体医薬の1,000倍強力な抗がん効果を示したと報告されている。
- また、細胞から放出される小胞体エクソソームの内部に抗がん剤等を含有させ、疾病細胞に安全に送り届けて治療を施すDDSの研究が進んでいる。
- レクチンとエクソソームの利点を融合させた新たな領域が医薬・創薬のフロンティアとなる可能性がある。

はじめに

2019年4月の拙著「糖鎖テクノロジー³」では、幅広い産業分野で利活用可能な「糖鎖」についての情報発信を行った。本稿では、細胞表面の「糖鎖」に結合する性質を持つタンパク質である「レクチン」(Lectin)と、細胞から放出される「エクソソーム」(Exosome)という小胞体⁴について取り上げ、レクチンとエクソソームの特性を融合させたドラッグ・デリバリー・システム (Drug Delivery System: 以下、「DDS」という) である「レクチン-エクソソーム-薬物複合体」が今後、医療・創薬分野において注目されるだろうとの見解を示す。さらに、レクチンの多様な機能を利用したレクチン医薬と、エクソソーム研究の今後の展開について解説する。

糖鎖 (Glycan) とは

糖鎖は、文字どおり「糖」が連なった生体物質であり、DNA (第1の生命鎖)、タンパク質 (第2の生命鎖) に次ぐ第3の生命鎖といわれている。糖鎖の「糖」は、「炭水化物」と同じ意味である。お米などに含まれる「デンプン」も炭水化物の一つであるが、このデンプンは「グルコース」という「糖」が長く鎖

¹ 京都大学の本庶佑特別教授のノーベル生理学医学賞受賞で有名な小野薬品工業の免疫チェックポイント阻害薬「オプジーボ」は当初1回の処方で72万9,849円 (100mg: 現在は17.4万円)、年間薬剤費 (26回投与) は3,459万6,874円。

² 政府推計によれば、2040年に医療費は66兆7,000億円に達するとしており、医療費高騰の抑制が喫緊の課題。

³ 三井物産戦略研究所、2019年4月「糖鎖テクノロジー」

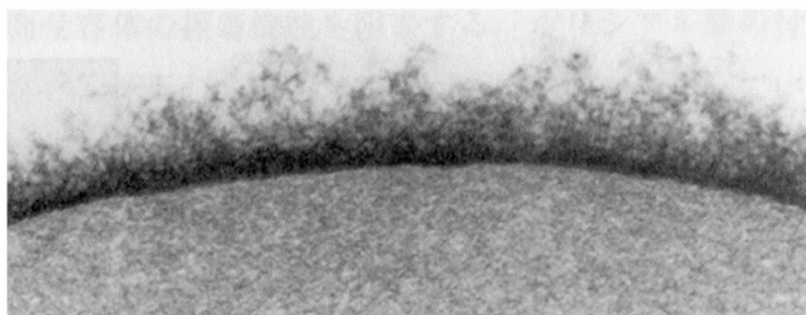
https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/_icsFiles/afieldfile/2020/01/30/1904t_abe_1.pdf

⁴ 細胞は、体内の物質を、さまざまな大きさの袋に詰めて放出する。この袋を小胞体と呼ぶ。エクソソームは30~200nm (ナノメートル) の大きさ。

状につながったもので、消化されると分解され生物のエネルギー源となる。このグルコースは、「単糖」と呼ばれる**糖の最小構成物質**であり、糖鎖は単糖が長くつながり、枝分かれした生体物質である⁵。

糖鎖は、タンパク質、脂質、神経伝達物質、ホルモンなどの生体物質のほか、ほぼ全ての細胞の表面を覆いアンテナのように周りに張り出して（図表1）、周囲の生体分子を識別したり、近くの細胞とのコミュニケーションを通じて情報を収集、または伝達したりすることにより、さまざまな生命現象に関与している。

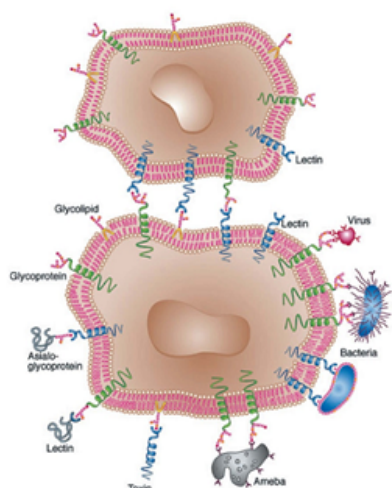
図表1 細胞を覆っている糖鎖



出所：化学同人『糖鎖生物学入門』83ページ

例えば糖鎖は、生殖、成長、血液、抗酸化、老廃物除去、免疫、老化などに関与している（図表2）。糖鎖は、ヒトのABO式血液型の判定にも使われている。赤血球の表面にある糖鎖の違いによって、A型、B型、O型、AB型という4種類の血液型に分類される。また、インフルエンザウイルスやコロナウイルスなどの病原体は、細胞表面で防御している糖鎖を、ヘマグルチニンという特殊なタンパク質を利用してだまして細胞内に侵入し増殖する。逆に血液細胞の表面に付いている「糖鎖」の状態を調べることでアルツハイマー病の発症を早期に検出することができるなど、医療分野における糖鎖の重要性は高い。

図表2 糖鎖の働き



- ・ 遺伝子の働きを調節する
- ・ 抗体の働きを調節する
- ・ 血液型の違いを作る
- ・ タンパク質の飾りつけをする
- ・ タンパク質の品質管理をする
- ・ 細胞外のタンパク質と結合する
- ・ コレラ菌や大腸菌O-157と結合する
- ・ インフルエンザウイルスや細菌と結合する
- ・ がんの転移を決める
- ・ 糖鎖と結合する分子はがんの診断に使用する
- ・ がんやアルツハイマー病を治療する

出所：図はSharon and Lis (2004) *Glycobiology* 14:53Rからの引用。三井物産戦略研究所作成

⁵ 糖鎖の詳細については、丸善『コールドスプリングハーバー 糖鎖生物学 第2版』、名古屋大学出版会『糖鎖生物学 生命現象と糖鎖情報』を参照。なお、『コールドスプリングハーバー 糖鎖生物学 第3版』（Essentials of Glycobiology, 3rd edition）は全文Web公開されている。<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK310274/>

レクチンとエクソソーム

レクチンとは

レクチン (Lectin) は、細胞表面の「糖鎖」に結合する性質を持つタンパク質の総称である。レクチンは、ウイルス、微生物、植物、動物、人間などの体液中や細胞、臓器などに広範囲に存在する。レクチンの発見は、1860年、ガラガラ蛇の毒に血液を凝集させる（多数の赤血球を塊にする）物質（レクチン）があると報告されたのが最初とされる⁶（通説ではレクチンの最初の発見は、1888年、エストニアのヘルマン・スティルマークの研究が最初とされる場合が多い）。このレクチンを有名にしたのは、ブルガリアの亡命作家が1978年、雨傘に仕込まれたリシン (Ricin) により暗殺された事件である。リシンはレクチンの一つで、極微量で人を死に至らしめる能力がある⁷。

レクチンの機能と種類

レクチンは発見の経緯から、全てのレクチンが血液を凝集させる毒性を持つと長く誤解されてきたため、医療分野で活用されてこなかった。しかし、研究が進むにつれて、逆にレクチンの血液凝集性を利用して、人間の血液型の判定や、病理診断の際の細胞染色などが行われるようになった。また、レクチンは、古くなったタンパク質を識別して細胞内のリソソーム（廃棄物処理を担当）に運んで分解させたり、さらには血管内をパトロールして有害な細菌を発見し無力化したりするなど、免疫細胞に似た働きをすることが判明している。

図表3 レクチンの主な種類

レクチンの種類	概要
ガレクチン	唯一、細胞質に存在するレクチンで、細胞間の情報伝達に関与
セレクチン (C型レクチン)	白血球と血管内皮細胞間で炎症時の白血球の浸潤に関与
シグレック (I型レクチン)	免疫細胞表面に存在し、細菌など抗原の糖鎖を認識する
R型レクチン	幅広い生物種に存在するレクチン、リシンもR型レクチン (注1)
L型レクチン	細胞内の糖タンパク質選別輸送機能や生体防御機能を有する
P型レクチン	細胞内のリソソームにある酵素 (注2) を輸送する機能
カルネキシン・カルレチキュリン	タンパク質の折り畳み (フォールディング) に関与するレクチン
アネキシン	ほぼ全ての細胞内に存在し、細胞膜を通過し細胞外に移動
マメ科レクチン	植物レクチンの中で最大のファミリーでタンパク質を選別・輸送

注1：日本で採れるムール貝から、ヒトの自己免疫疾患であるギラン・バレー症候群の腫瘍細胞に結合するレクチン「セヴィル」が発見されている。 <https://doi.org/10.1111/febs.15154>

注2：リソソームの酵素には、加水分解酵素群、タンパク質、核酸を分解する酵素など多様な酵素が存在する。

出所：各種資料を基に三井物産戦略研究所作成

⁶ 野口英世は、シモン・フレクスナーと共に、蛇毒の血液凝集反応を詳細に研究した一人である。また、カブトガニの血リンパからリムリン (Limulin) というレクチンを発見している。リムリンは動物由来のレクチンとして最初の発見である。

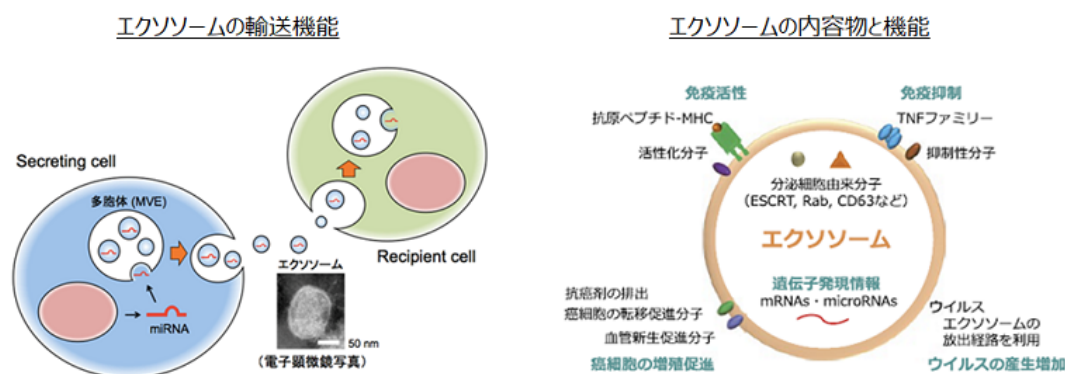
⁷ 致死量は体重50kgで150 μ g。リシンは、青酸カリより500倍から1,000倍強力な猛毒物質でバイオテロに使用される可能性が最も高いと指摘されている。旧ソビエト連邦の国家保安委員会 (KGB) が政治的暗殺に多用したとされる。なお、リシンは、日本では化学兵器の禁止及び特定物質の規制等に関する法律により「特定物質」に指定されており、製造・所持・使用が禁止されている。

普通のタンパク質は、与えられた一つの機能を厳格に遂行するが、レクチンは、生体の環境変化に伴い臨機応変に対応する特性を持つ「タンパク質の異端児⁸」とも呼ばれている特異な存在である。図表3に主なレクチンの種類を示す。

エクソソームとは

細胞は、恒常的に外部の物質を包んだ「袋」を取り込んだり、逆に内部の物質を「袋」に詰めて外部に放出したりしている。特に直径50-150nm（ナノメートル：10億分の1メートル）の「袋」を「エクソソーム」（Exosome）と呼ぶ⁹（図表4）。当初、外部に放出されるエクソソームには、単に細胞内の「ゴミ」が入っていると考えられていた。しかし、2007年にスウェーデンの科学者がエクソソームの中身を分析したところ、DNA、RNAなど核酸物質が存在することを発見した。特にDNAのほか、メッセンジャーRNA¹⁰（messenger RNA：mRNA）とマイクロRNA¹¹（micro-RNA：miRNA）が含まれていることから、エクソソームにより核酸物質が他の細胞へ受け渡しされている可能性が示され、にわかに研究が加速し現在に至っている。2013年のノーベル生理学医学賞は、細胞がエクソソームを放出し、他の細胞に送り届ける輸送機能を解明した業績に対し授与されている。

図表4 エクソソームの概要



出所：（左）東京医科大学 医学総合研究所 分子腫瘍研究部門

http://team.tokyo-med.ac.jp/ims_onc/research/report01.html

（右）富士フイルム 和光純薬株式会社 <https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/siyaku-blog/011004.html>

エクソソームは、ほぼ全ての細胞から放出されており、血液や尿、唾液、母乳などの体液から簡単に採取することができる。このエクソソームには、DNAやRNAのほか、タンパク質、脂質など多くの生体物質が含まれており、内容物の一つであるmiRNAを調べることで、どのがん罹患しているかが判定できる¹²。こ

⁸ 「タンパク質の異端児」という表現は、笠井献一著『おしゃべりな糖 第三の生命暗号、糖鎖のおはなし』（岩波書店）P.52より引用。

⁹ 1983年に発見され、1987年にエクソソームと名付けられた。

¹⁰ メッセンジャーRNAは、DNAの遺伝情報のコピーを運搬し、タンパク質の生合成機構に引き渡すRNA。

¹¹ マイクロRNAは、遺伝情報を持たないRNAで、細胞の発生、分化、増殖および細胞死などの生命現象に関与していることが研究から判明している。特にmiRNAが遺伝子発現の制御を行っていることから注目を集めている。

¹² がん患者体液中のエクソソーム内に存在が確認されたmiRNAについては

https://www.gelifesciences.co.jp/newsletter/201707_exosome.htmlに詳しい記載がある。

のように体液からエクソソームを取り出して、がんや病気の有無を調べる検査法をリキッドバイオプシー (Liquid biopsy)¹³という。また、エクソソームには、生体物質を他の細胞に運搬するキャリアーとしての機能がある。例えば、がん細胞が放出したエクソソームには、がん細胞のレプリカとしての物質が詰まっている。がん細胞は増殖するため、エクソソームにがん物質を詰めて放出し、がんを他の臓器に転移させていることが知られている。このエクソソームの細胞から細胞へ物質を運搬する機能を利用して薬物を必要とされる場所に届けるDDSについて、次節で解説する。

医療と創薬に変革をもたらす「レクチンとエクソソーム」

本節では、研究が進むDDSである、①「抗体－薬物複合体」、②「レクチン－薬物複合体」について述べた後、次世代のDDSとして期待される、③「レクチン－エクソソーム－薬物複合体」と、その発展形である「レクチン－人工エクソソーム－薬物複合体」についての説明を行う。

①「抗体－薬物複合体」 (薬物を確実に届ける)

人間の体は、病原菌などの異物 (抗原) が体内に侵入してくると、その異物と結合する抗体をつくり、異物を無力化する働きをもっている。これを「抗原－抗体反応」、または免疫反応と呼ぶ。「抗体医薬」は、この「抗原－抗体反応」の仕組みを利用した治療薬である。例えば、白血病の治療に用いられるキムリア¹⁴という抗体医薬は、最初に患者の免疫細胞 (T細胞) を血液から採取し、がん細胞に対する攻撃力を高めるように、免疫細胞の遺伝子に改変を施し、この能力強化された免疫細胞を患者に再度投与して、がん細胞を攻撃させ死滅させる薬である。このような治療法を遺伝子改変T細胞療法 (一般的にはCAR-T (カーティー) 細胞療法 (Chimeric Antigen Receptor-T cell)) という。キムリアは、がんに対する有効性が期待されている反面、重篤な副作用を引き起こす可能性があり¹⁵、患者には厳しい治療法である。

抗体医薬の分野で研究されているのが、新しい発想に基づく「抗体－薬物複合体」 (Antibody Drug Conjugate : ADC) と呼ばれるDDSである。抗体に薬を結合させた物質 (図表5) で、抗体とともに細胞に取り込まれた後、薬物を放出する仕組みである。

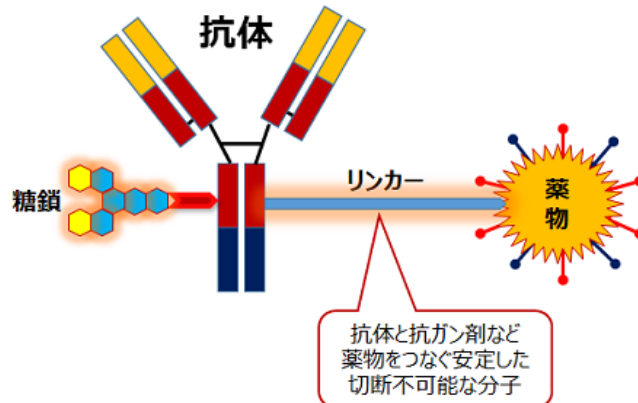
「抗体－薬物複合体」は、難治性のがん治療や再発したがんに対して有効とされ、海外では50以上の臨床試験が行われている。しかし、抗体医薬や「抗体－薬物複合体」の抗原となるタンパク質は、ほぼ探索し尽くされており、大きな進展があるとは考えにくいとの指摘がなされている。医療・創薬分野では、抗体医薬や「抗体－薬物複合体」ではない、全く新しいアプローチによる、安全・安価で患者の負担にならない薬物の登場が求められている。

¹³ がん診断を目的としたリキッドバイオプシーは、エクソソームのほか、循環腫瘍細胞、循環腫瘍DNAなどが対象となる。

¹⁴ キムリアは、ノバルティスファーマが開発した白血病治療薬で、1患者当たり3,349万3,407円。

¹⁵ キムリアなど抗体医薬が標的とするのは、がん細胞表面にある特定のタンパク質であるが、がん細胞以外の正常細胞にも少なからず存在し、がん細胞のみならず正常細胞をも攻撃する。

図表5 「抗体－薬物複合体」の概念図

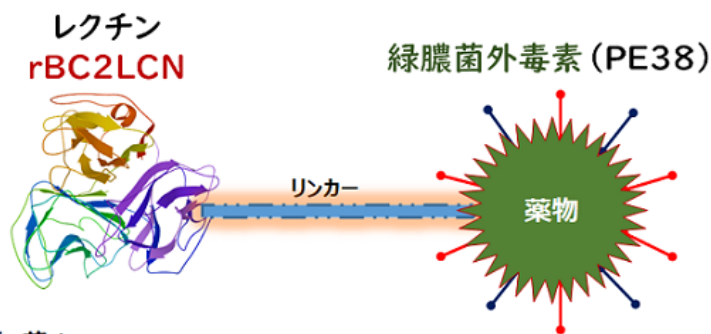


出所：各種資料を基に三井物産戦略研究所作成

②レクチン－薬物複合体（薬物を確実に、大量に届ける）

免疫反応に基づかない創薬分野で、注目すべき候補の一つにレクチンがある。産業技術総合研究所と筑波大学が、血液凝集性を持たない、「rBC2LC-N」と名付けられたレクチンを発見した。このrBC2LC-Nを、薬物を運ぶキャリアーとして活用することを検討し、実際に、抗がん剤（緑膿菌の外毒素PE38）とrBC2LC-Nを融合させた「レクチン－薬物複合体」（Lectin Drug Conjugate：LDC）と呼ばれるDDSを開発し（図表6）、膵臓がんのマウスに投与した。

図表6 膵臓がん投与されたレクチン－薬物複合体イメージ図



- **rBC2LCN**は、細菌（Burkholderia cenocepacia）が生み出すレクチン。
- **rBC2LCN**はヒトES/iPS細胞表面に存在する糖鎖との親和性が高く、ヒトES/iPS細胞の未分化マーカーである。
- **rBC2LCN**は、病理検査（細胞染色）で使用。
- **PE38**は緑膿菌が生み出す、細胞死を誘導する毒素。
- **PE38**は、大腸菌で安価に製造可能。

出所：国立研究開発法人産業技術総合研究所、筑波大学の資料を基に三井物産戦略研究所作成

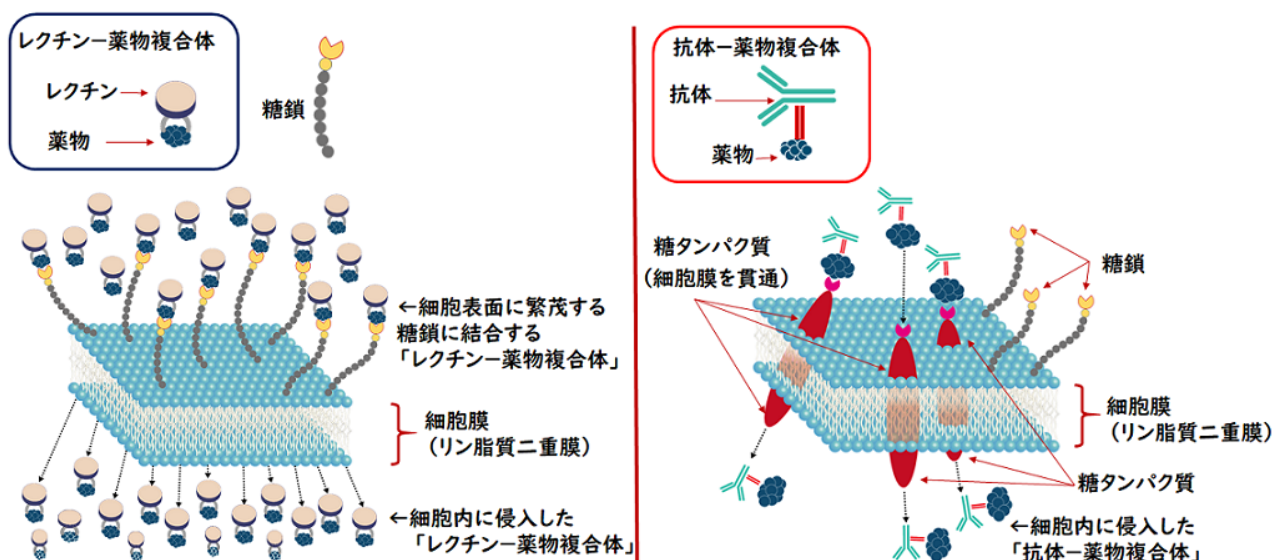
「レクチン－薬物複合体」の投与結果は良好で、既存の抗体医薬の1,000倍強力な抗がん効果を示したと報告されている¹⁶。抗体医薬では、「抗原－抗体反応」という抗原と抗体の1対1対応による反応¹⁷を利用し

¹⁶ 産総研ホームページ：https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2017/pr20170926/pr20170926.html

¹⁷ 抗体の中には、複数の抗原結合部位を持つ、多重特異的抗原も存在する。詳しくは、Nature Volume 580 15 April 2020 「Multispecific drugs herald a new era of biopharmaceutical innovation」を参照。バイオ医薬品の歴史から現在までが俯瞰的に記載されている。<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2168-1>

ているが、細胞表面にある抗原の数自体が少なく、せっかく抗体を送り込んでも、細胞に取り込まれる薬物は微量であり、有効な治療効果を得るためには何度も薬物の投与を行わなくてはならない¹⁸。図表7の右側は、「抗体－薬物複合体」のイメージ図だが、薬物が細胞に取り込まれても薬理効果が薄いことを示している。

図表7 レクチン－薬物複合体と抗体－薬物複合体のイメージ図



出所：国立研究開発法人産業技術総合研究所、筑波大学の資料を基に三井物産戦略研究所作成

図表7の左側は、多数の「レクチン－薬物複合体」が、細胞表面に繁茂する多数（数百から数千）の糖鎖と大量に結合することにより、確実にかつ薬物を疾病細胞に送り込んでいることを表している。例えば「抗体－薬物複合体」が細胞に送り込める薬物を1とするならば、「レクチン－薬物複合体」は1,000という桁違いの薬物を投入でき高い薬理効果を得ることができる。なお、筑波大学は、レクチンrBC2LC-Nが、膵がんの手術を受けた69名の患者のがん組織を用いて結合する効果を調べたところ、ほぼ全員のがん組織に強く結合することを確認している。

膵臓がんは、がんの中でも難治性が高く、5年生存率は10%以下である（平均的ながんの5年生存率は約60%）。現在、筑波大学の小田竜也主任教授らのグループが、科学研究費助成事業（科研費）の助成を受け、「レクチン－薬物複合体」による膵がん治療の前臨床試験を行っており¹⁹、今後、膵臓がんなどの疾患治療に大いに役立つと期待されている。

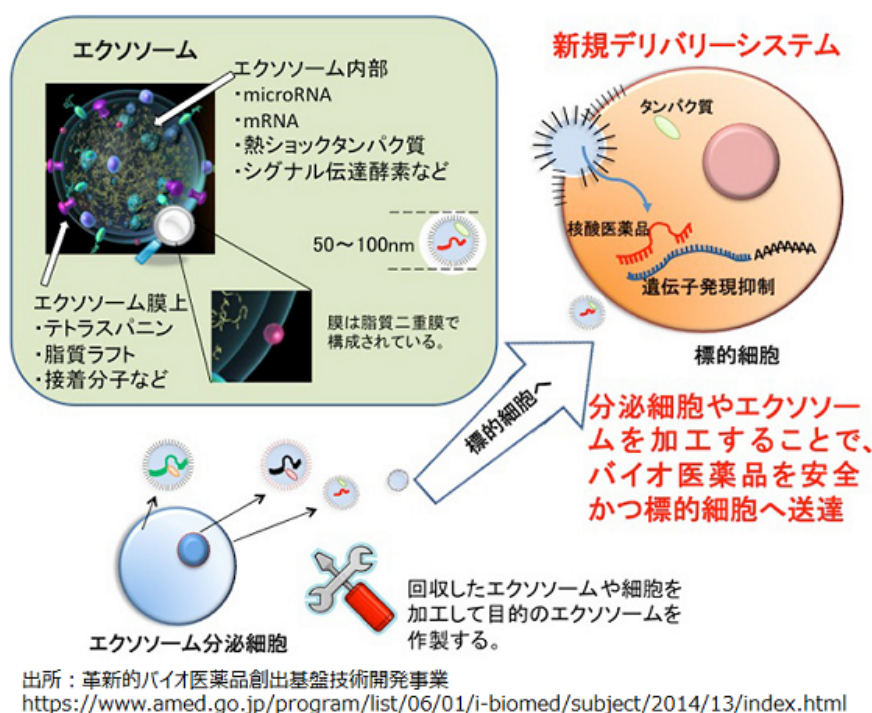
¹⁸ 注1で紹介した免疫チェックポイント阻害剤「オプジーボ」は、年間26回投与する。

¹⁹ 科研費の助成を受け、3件の研究開発を進めている。①がん細胞表面糖鎖をレクチン融合薬で標的とする革新的がん治療開発（2018年～2022年：4,400万円）、②ポスト抗体医薬としてのがん細胞糖鎖標的レクチン創薬：rBC2レクチン－Drug融合体による膵がん治療の前臨床試験（2018年～2020年：1億6,000万円）、③レクチンイメージング：糖結合蛋白による革新的ながん画像診断（2019年～2023年：2,600万円）。<https://research-er.jp/researchers/view/114983>

③レクチン-エクソソーム-薬物複合体（薬物を確実に大量に安全届ける）

②ではレクチンの、薬物を運ぶキャリアーとしての働きを用いた「レクチン-薬物複合体」について述べたが、エクソソームも遠隔の細胞に物質を輸送する機能があることから、その内部に、抗がん剤や、次世代治療薬（低分子医薬²⁰、核酸医薬²¹）を含有させ疾病細胞に送り届けるDDSの研究が行われている。特にエクソソームは、内部に薬物を包み込んで外部環境から守る機能があり、DDSに用いるのに優れた特質を持っている。例えば、低分子薬や核酸医薬の場合、そのまま直接体内に投与すると体液中に存在するタンパク質分解酵素や核酸分解酵素によって分解されるリスクが高く薬理効果が得られにくい欠点がある。やはり貴重な薬物は、エクソソームという「袋」に包み込んで体内を安全に移動させ目的地に到達させることが必要である（図表8）。

図表8 エクソソームを利用したDDSイメージ



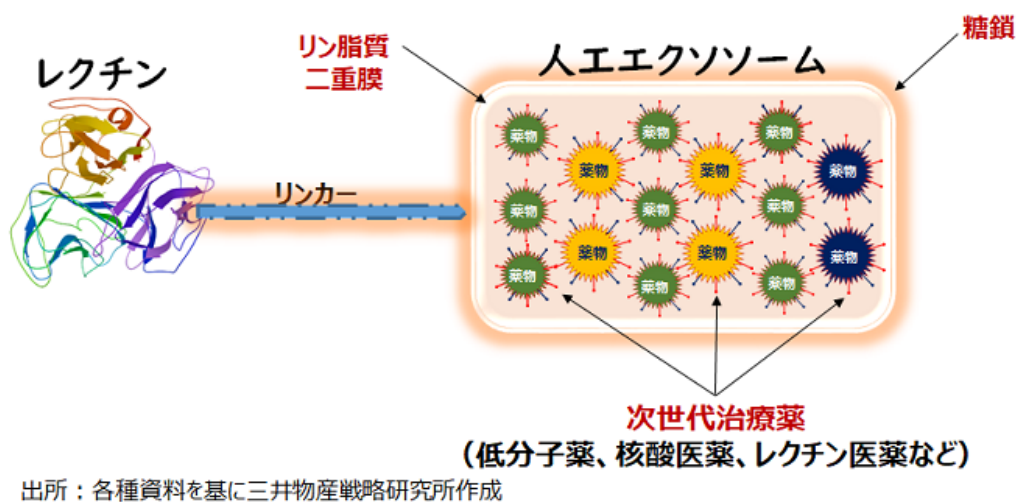
次世代のDDSとして、疾病細胞に確実にかつ大量に到達できるレクチンを利用し、さらに次世代治療薬をエクソソームに包んだ「レクチン-エクソソーム-薬物複合体」が有効だと考えられる。例えば、リキッドバイオプシーにより膵臓がんと診断された場合、膵臓がん用のレクチン複合体を作る。この複合体に、産業技術総合研究所が行っているように抗がん剤（緑膿菌の外毒素PE38）を付ける、もしくは低分子医薬や核酸医薬など次世代の治療薬を含有させたエクソソームを合体させて「レクチン-エクソソーム-薬物複合体」として投与し、確実に疾病細胞に到達させ、完治に導く治療法がイメージされる。

²⁰ 低分子治療薬は、文字どおり分子の大きさが小さい薬で、小さいが故に細胞の隅々まで浸透し、治療効果を高めることが期待されている薬。

²¹ 核酸（DNA）を利用して、低分子治療薬や抗体医薬では治療が難しい疾患を治療する可能性があると期待される医薬品。

しかし、体内で分泌されるエクソソームは微小で、含有できる薬物の量は極めて微量とならざるを得ない欠点がある。このため薬物の搭載量を増やし、薬理効果を高める工夫が必要となる。そこで合成生物学²²のノウハウを利用して、人工的にエクソソーム（人工エクソソーム：Artificial Exosome）を作製しレクチンと組み合わせて薬物を疾病細胞に大量に送り届けることが考えられる。将来的には、複数の薬物を大量に搭載できる人工エクソソームとレクチンを合体させた「レクチンー人工エクソソームー薬物複合体」（図表9）により、飛躍的に高い治療効果を有する薬物が登場するかもしれない。

図表9 レクチンー人工エクソソーム薬物複合体



今後の展望

レクチンは、DDSに用いられる以外でも、その多様な機能を利用した薬物の開発が進められている。例えば**ガレクチン**と呼ばれるレクチンは、肝臓病の進行を遅らせる効果あることから臨床応用が行われている。そのほか、**セレクチン**は、血管閉塞を治療する薬として臨床試験が行われ、**シグレック**は自己免疫疾患や炎症性疾患に効果があることが分かっている。また、肝臓や脾臓の肥大化を防ぐ合成酵素関連阻害剤など、既存の薬物では効果が得られない疾患に対するレクチンを用いた医薬品が存在する（図表10）。最近の知見では、レクチンの一部が**免疫チェックポイント分子**²³の機能を果たすことが判明しており、新たながん免疫療法の可能性が示唆されている。レクチンは、微生物により大量に生産できることから、新たな創薬分野として注目される。

エクソソームは、開発が進められる抗体医薬、低分子医薬、核酸医薬などのバイオ医薬品を効果的に疾病細胞に送り届ける役割のほか、いろいろな疾患の診断に今後多用されることになるだろう。既にごん診

²² 合成生物学は、現在までの生命・生物学で得られた知見を基に細胞などの機能を工学的手法により「創る」ことで、生命現象の基本原理の解明を目指す研究領域。

²³ 免疫チェックポイント分子は、免疫恒常性を保つために自己に対する免疫応答を抑制するとともに、過剰な免疫反応を抑制する分子群。本来、T細胞の過剰な活性化を抑制するとともに、自己を攻撃しないために存在しているが、発がん過程では、がん細胞が免疫系からの攻撃を回避し増殖するために利用される。

図表10 レクチン医薬

糖鎖医薬	概要	実現時期
ガレクチン阻害剤	ガレクチンは、さまざまな生命現象に関与していることから医薬品の開発に期待。	英国で突発性肺腺症の吸入薬としてTD139が臨床試験中。10年以内。
セレクチン阻害剤	セレクチンは、鎌状赤血球症の血管閉塞、急性骨髄性白血病、多発性骨髄腫等の治療に有効。	鎌状赤血球症の血管閉塞剤として臨床試験中。ケモカイン受容体抑制剤。5年以内。
シグレック制御剤	シグレックは、シグナル機能を持ち、免疫細胞に発現することから、自己免疫疾患や炎症性疾患に対する創薬に期待。	合成が容易で、活性特性や体内動態に優れた化合物の開発が必要。5年以内。
合成酵素関連阻害剤	特定の糖鎖が過剰に蓄積して発症するゴーシェ病など肝臓や脾臓の肥大や中枢神経症状を呈する病気に効果。	ゴーシェ病向けに合成酵素阻害剤エリグルスタットが実用化。その他の合成酵素阻害剤は5年以内。

出所：各種資料を基に三井物産戦略研究所作成

断、気管支ぜんそくなど呼吸器疾患、腎臓・肝臓疾患、アルツハイマー病など神経疾患などその領域は、人類の主な疾患を網羅するほどのポテンシャルを有している。また、HIVウイルス、C型肝炎ウイルス、結核菌などに感染した細胞もエクソソームを放出することからウイルス感染症の検知にも有効である。

2020年以降、世界の死亡原因の第3位に浮上すると危惧され、新型コロナウイルス（COVID-19）の重症化因子と指摘されている慢性閉塞性肺疾患は、エクソソームの研究によりその病態が明らかにされている。このエクソソームによる診断と治療の世界市場規模は、2023年には1億8,620万ドルに成長すると予測²⁴されており、今後の医療・創薬分野や疾病対策のあり姿を変えると期待されている。

おわりに

米国では「Choosing Wisely²⁵」と呼ばれる、価値のある医療に医療リソースを回そうとする活動が広がっているといわれている。日本でも、患者に対して最も有効で経済的な医薬品の使用方針をあらかじめ定める「フォーミュラリー」（Formulary）と呼ばれる仕組みが広がりつつあり、今後、高額で副作用の強い薬物で患者に負担を強いる治療から、患者の意思を尊重した患者価値を優先する「バリュー・ベースド・メディシン」（Value Based Medicine）への転換の重要性が増すと考えられる。転換のための有力なツールとなるのがレクチンとエクソソームであり、DDSやレクチン医薬、エクソソーム診断技術などであろう。

未来の医療は、糖鎖、レクチン、エクソソームなど、人間の体に普遍的に存在している生体物質の機能を最大限に引き出して疾病を治療する「ユビキタス医療」が主流となるのかもしれない。

²⁴ BCC Research <https://www.bccresearch.com/market-research/biotechnology/exosome-diagnostics-and-therapeutics-global-markets-report.html>

²⁵ 医療者と患者が、対話を通じ科学的な裏づけ（エビデンス）があり、患者にとって真に必要で、かつ副作用の少ない医療（検査、治療、処置）の選択を目指す、国際的なキャンペーン活動。 <https://choosingwisely.jp/service/>

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。