

世界の研究、開発状況を紹介した。これら2つの材料に関しては、生産・供給は充実して来た現状であるが、ナノテクノロジーとの応用はまだこれからであるとの印象を報告者は得た。また、講演者はナノ化学を通して少年・少女の教育に注力していることも話された。

(3) 一般発表

ナノテクノロジーと関連のある分野は下線で示す。

special session、minisymposium として設定されたのは以下の通りである。

- Molecular Targeting to Treat Disease Minisymposium
- Bioinformatics Approaches to Drug Delivery and Targeting Minisymposium
- Industrial Session
- Novel Characterization Tools for Drug Delivery Materials and Systems, Minisymposium
- Cell Culture Models of Biological Barriers

また、それ以外での発表の分野は以下の通りである。

- Drug Delivery Into and Across the Skin
- Imaging: From Molecule to Humans
- Modulation of Transporters and Efflux Systems
- Nasal and Pulmonary Delivery
- Novel Polymers
- Particulate Drug
- Peptide and Protein Delivery
- Vascular and Tissue Engineering Systems
- Advance Drug Delivery for Cancer Therapy
- Colloidal Drug Carriers
- Combination Chemotherapy
- Diabetic Therapies: Oral, Injectable, Inhaled
- New Strategies in Oral Drug Delivery
- Vaccines
- Delivery of Nucleotide Based Therapeutics
- Drug Delivery to the Brain
- Improving Drug Solubility
- Integrating Drug Delivery into Product Development
- Methods to Enhance Bioavailability
- Nanotechnology

- Ocular Drug Delivery

以上の中でナノテクノロジーに関連があり、報告者が聴いた発表について記したい。

- Z. Lu (University of Utah)

血液内で分解する合成高分子MRI造影剤を発表した。MRI造影剤を高分子化し、血液内に滞留する時間を長くすることで、高解像度のMRI画像を得ることが可能であるが、高分子であることにより画像診断後の造影剤の体外への排出が遅くなるという欠点がある。Luらはシステインを高分子内に有するMRI造影剤を作成した。システイン部分は血液内で還元されて分解するので、分子量が減少し、腎臓からの速やかな排出が確保されるとした。マウスに投与したときのMRI画像の時間経過からこの分解が有効に機能していることを確認した。

- M. Yokoyama (Kanagawa Academy of Science and Technology)

<http://www.kast.or.jp/kenkyu/res/project/proj28.html>

報告者の発表である。1980年頃から、高分子化MRI造影剤によって固形がん特異的なMRI画像を得ようとする研究が成されてきた。これは固形がん組織の血管の高分子物質に対する異常に高い透過性を利用したものである。しかしながら、この固形がんへのデリバリーを高効率で行うには高分子物質の血液内濃度を高く保つ必要があるが、そうすると固形がんのみでなく正常組織もコントラスト高く造影されてしまう欠点がある。それは、血管はがん組織のみではなく正常組織も通っているからである。横山らは、高分子ミセルの形成と解離という現象を利用して、血液中を循環している間はMRI造影能が低く抑えられ、がん組織に到達すると高い造影能を発揮し得るMRI造影剤を合成した。In vitroの実験で、ミセル形成状態と解離状態でMRI造影能が3倍も変化することを確認し、高分子ミセル型の固形がん特異的MRI造影剤の概念が確立されたとした。

- U. Bakowsky (Phillips University of Marburg)

http://www.pharmazie.uni-marburg.de/studium/fachsemester/wahlpflichtfach/ag_bakowsky/

薬物をキャリアーに封入してそこからの制御放出を目指す場合、その薬物の状態を把握することは重要であるが、技術的に難しく、従来はブラックボックスとなることが多かった。Bakowskyらは原子間顕微鏡を用いることでこの問題へのアプローチを試みた。この方法により、ナノ微粒子中に封入されたインスリンが結晶化していることが観察さ

れた。インスリンのようなペプチドの場合、その存在形態は放出速度のみではなく、その生理活性にも大きく影響する因子であり、このようなナノテクノロジーの解析技術がDDSに有効に活用されるようになったことが感じられた。

・ K. Leong (Johns Hopkins University)

<http://www.bme.jhu.edu/labs/kleong/>

再生医療、組織工学にどのようにナノテクノロジーが応用されるかが多く注目を集めている。Leongらはelectrospinningという特殊な製糸法によって極めて極細の繊維ができることを利用して、ポリエステル-ポリリン酸のコポリマーのナノファイバーを作成し、その中に神経成長因子を封入した。このナノファイバー中で神経肝細胞を培養したところファイバーに沿って細胞が配向して、良好な細胞形態を示していた。ナノファイバーでなければ得られないような特性を示すのかに興味が集まるところであり、これが達成されればナノテクノロジーと再生医療の関連が飛躍的に高められると予想される。

・ M. Prausnitz (Georgia Institute of Technology)

http://www.che.gatech.edu/faculty_staff/faculty/prausnitz.htm

マイクロニードルによる無痛の経皮薬物デリバリーシステムの発明者がPrausnitzである。同氏は今回の学会でYoung Investigator Awardを受賞したため、30分の受賞講演があり、そこでマイクロニードルのレビューが成された。また、一般発表でも同氏の研究室から5件の発表があった。マイクロニードルは底部の直径が120~180 μ m位で、1つのデバイスには70個くらいの針がついている。針の素材はステンレス、合成高分子と多彩にでき、さらに電界をかけることで薬物の浸透を促進することも行われている。モデル薬物を用いて針の形状を最適化する基礎的な検討を行う一方、遺伝子や生理活性タンパク質のデリバリー効率を評価し始めており、これからの発展・実用化が期待される。

【その他】

報告者が参加しなかった(あるいは全てを通して聴かなかった)セッションとして、Young Scientist Workshop(40歳以下の若い研究者がDDSの領域に入ってから5年以内の人を対象とするDDSの教育プログラム) Pearl of Wisdom(特定の話題に賛成と反対の意見のスピーカーを用意して議論をする)、Soapbox session(企業からの5分間の発表・宣伝とその後のディスカッション時間、36件)、Releasing Technology Workshop(1時間ずつの企業からの発表・宣伝、13件)、企業展示(108件)であった。DDSからは少し遠い領域の研究者や企業の方も初めて参加しても楽しめる構成となっていると感じる。

(2) Europe's Premier Nanomedicine Conference of 2005, Euro Nano Forum 2005 (欧州のナノメディシン動向)

報告者 馬目 佳信 東京慈恵会医科大学総合医科学研究センター

DNA医学研究所 分子細胞生物学研究部助教授

【概論】

欧州におけるナノテクノロジーの拠点としてはスコットランドにある Institute of Nanotechnology (IoN: University of Stirling Innovation Park 内) が挙げられる。この施設は1997年1月に Ottilia Saxl 先生が設立したものであり(前身は1994年に設立した The center for Nanotechnology)、今回の EuroNanoForum 2005 (Nanotechnology and the Health of the EU Citizen in 2020, Europe's Premier Nanomedicine Conference of 2005) は IoN とそのオンラインベースでの活動を行っている The A to Z of Nanotechnology (AZoNano™.com) が企画したものである。European Commission の支持を受け、dti や NMT ネットワーク、スコティッシュ・エンタープライズなど欧州の多くの企業の協賛の下に開催された。

参考HP：<http://www.euronanoforum2005.org/index.html>

フォーラムを通して「欧州は米国のナノ技術に対して遅れをとるのではないか」という欧州の危機感を強く感じた。その危機感は、「欧州は共同体となって技術を磨き、テクノロジーと投資の勝利を勝ち取らなければならない」といった意気込みとなっており、現状を良く把握するために、世界を代表するような研究者を米国から招待し講演をさせると共に、南アフリカやインド、中国、日本など欧州外のテクノロジーの現状についてセッションを設け、真剣に国際動向を調べていた。

一方、このフォーラムでは、欧州にはどのようなナノ技術があるのか、安全対策はどうか、という現時点での現実を調査するという目的も感じられた。具体的には ESF(European Science Foundation)がフォーラムの初日に欧州全体のテクノロジーの概括をワークショップとして企画した事や、2003年に「ナノテクノロジーの倫理性や社会的影響、健康や環境への影響」に対して、調査を依頼された Royal Society と Royal Academy of Engineering が2004年6月に提出した“Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties”という影響の大きなレポートを捉えてワークショップを企画したことがその事を示している。安全性に関しては、欧州全体でトキシコロジーのデータベース化が進みつつあり、ここに日本を含めるか否かという議論がされている最中である。こうした現状を受け、わが国が欧州と協力してデータベース化を行う必要があるのならば、どの施設がどのようにデータベースを集めて欧州と共同するかといった検討を早急に進めなければいけないという印象を強く持った。

【各セッションにおける講演要旨】

(内容は抄録と異なることも多かったが、ここでは実際になされた講演を基に要旨をまとめる)

9月5日(月)

フォーラムの初日は、「現在問題となっている論点を総括する」といった意図でワークショップ・オン・デマンドが8セッション開かれた。1) ESF によるナノメディシンの展望、2) 知的財産権、3) Royal Society と Royal Academy of Engineering が共同で出した「ナノ科学とナノ技術：逃してはならない機会と不確定な懸念される要素」について、4) ナノローグプロジェクト 2005、5) eHealth、6) ナノメディシンの活用と宣伝、7) 医療診断用機器や装置、8) 欧州とのパートナーとしての南アフリカなどである。この中では、1) ESF のセッションと 3) Royal Society のセッション、6) ナノメディシンの活用と宣伝のセッションに人が集まっていた。

この中から、1) ESF によるナノメディシンの展望と、6) ナノメディシンの活用と宣伝のセッションを取り上げ、その模様を記載する。

(ESF によるナノメディシンの展望)

ESF (European Science Foundation)は Cardiff 大学、ウエルシュ薬科学学校のルース・ダンカン教授がステアリング・コミッティーの長を務める財団で、ナノメディシンの分野においても欧州全体の取りまとめの役割を担っている。ワークショップでは、マイクロ・ナノテクノロジー (MNT) ネットワークとの共催でナノメディシンの展望 (Forward Look) としたタイトルで現在の技術の総括と将来目指すべき方向を示した。ESF 全体としては、①ナノメディシン、②システム生物学、③構造学的医療薬、④RNA についての分野で重点的に活動を進め、臨床試験の登録などを通して欧州での科学の振興を発展させていこうという方針であることを明らかにした。また、ESF はこの分野における米国主導のありかたに危機感を抱いており、欧州全体が協力して対処する必要性を強調している。さらに、ダンカン教授は、まず、ESF としてのナノメディシンの定義や解釈を決定することが必要であり、その定義に基づき欧州の得意な分野、得意でない分野を区別した上で、どのような戦略が良いかを見極めるべきだという意見を強調した。

その上で「ナノメディシンとはナノサイズの道具を疾患の診断・予防・治療に用い、病気の病態生理学に横たわる複雑性の知見を積み重ねることを目指す。究極の目的はクオリティー・オブ・ライフの改善である。」という ESF の見解を提示し、ナノサイズの道具として1から100nm：リボソームで80-100nm、抗体で5-35nm、ナノ粒子で20-500nm、ポリマー5-80nmがあることを示した。

特に、ナノ材料とデバイスについての技術は欧州がきわめて強い分野であることを強調し、ナノ構造体の物理学的・化学的アセンブリ、薬剤伝送のためのコロイドおよびポリマー化学について現況を述べた。これを踏まえ、今後はこのような強い既存の技術の最適化を行ってナノメディシンへ応用することを目標にするべきで、再現性が高く保証された品質での製品化を基本目的とし、ターゲット・ドラッグ・デリバリーのために新たな多機能性（空間的に系統立てられたデリバリーを行うもの、いくつかの異なった構造から成り均一でない組成で優位性を出すデリバリーシステム）を持ったものの開発等が必要だと述べた。

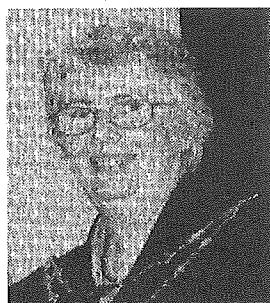
しかし、現在の欧州の研究施設の状態はあまりにも貧弱な上、不十分な研究資金の下での研究を強いられており、ベンチャー・キャピタルから投資を引き出すための正確なコンセプトを伝えるのが難しい。ナノメディシンの領域では、技術開発に5年・10年、検証するのにさらに5年・10年という長い時間が必要であり、この間ずっと投資を続ける投資家にきられないようする努力や、資本投下のシステムを新たに作ることも大切であると説明した。また Europe Research Council の研究への助成は政策ではなく、行われている研究の質でのみ評価していると述べた。

最後にダンカン教授は、現在、がんでは4秒に1人、脳血管障害で6秒に1人、AIDSでは11秒に1人、糖尿病で35秒に1人、アルツハイマー病で86秒に1人死んでいるという現実を示した。こうした現状に対し、なぜナノテクノロジーが必要なのか、またそれによって予防・診断・治療を根本的に改めることができるようになるために、欧州は積極的に技術開発を進めていかなければならないという決意で締めくくった。

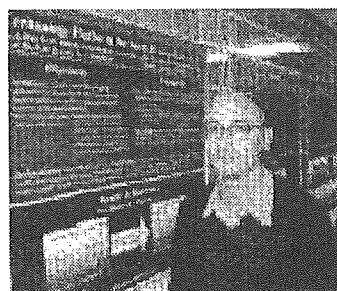
次いで、マイクロ・ナノテクノロジー・ネットワーク（MNT Network）のジュリー・デーコン博士はナノテクノロジーによる分析的技術と診断ツールの紹介を行った。

MNT Network は UK の大学、デベロッパー、工・産業界、政府などを巻き込んだ企業で、学術研究や応用技術研究に投資を行っており、それらの工業化を進めている。デーコン博士はナノサイズ技術を利用することで全体にサイズの大きなものを小さくできる、そしてサイズの変化は性質も変わり、小さくて解像度が高い機器となる等の利点生まれ、また診断ツールへの応用としては DNA やタンパクチップを例としてあげた。そして、この分野では自己会合型のナノアレイの開発、AFM、細胞内伝達の可視化、量子ドットなどを用いることにより複雑な細胞内伝達系の中からターゲットとなるものを同定してくれるといった利点生まれることを強調した。デーコン博士はナノ材料やナノデバイスの開発の上で一番大切なのは、当たり前であるが、「まず技術をしっかりと確立すること」で、技術の裏打ちがないと良いコンセプトであっても開発にはつながらない事を主張した。この確立された技術としては、欧州が強いバックグラウンドを持つ、リポソームやナノ粒子、ミセル、抗体化合物、ウイルスベクターや特にポリマー治療薬を挙げさらに物理的・多機能を付加した化学的アセンブリの技術を高めて、①1分子解析、②多数の複雑系を感知す

る技術、③3次元的構築、④モバイル「生体内」センサーとデバイスの開発を行っていく必要があると述べた。



Ruth Duncan 教授



Andreas Briel 博士

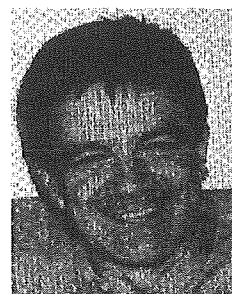
シェーリング AG 社のアンドレアス・ブリー博士は欧州でのナノ・イメージングの動向について述べた。博士自身はナノ診断薬、例えばターゲット特異的磁性体の開発を行っている。開発を行っている診断薬について、安全性は開発初期段階から保障されていたが、この材料を用いたイメージング・可視化を行った時、何が見えているのか？といった部分でまだ分からないことが多いと述べた。またマイクロバブルによる対象特異的超音波診断について述べ、治療を同時に行うことができる可能性について説明した。その他、開発されている技術として、形態学的観察に優れている CT と代謝など組織の性質を見ることができる PET の画像を重ね合わせる事により、極小の原発性悪性腫瘍を見つけた例を画像で示し、この技術の素晴らしさを訴えた。ナノ・イメージングの開発には、造影剤技術、装置、画像化技術をそれぞれ行っている 3 者が協力して開発を進める必要があり、具体的にはシーメンスやフィリップス社の名前を挙げて開発が進行中であることを述べた。彼のスローガンは「見つけて、闘って、追跡する (Find, fight, and follow)」であると述べたが、講演後、フロアーの聴衆から、症状がない状態でどこを検査するのか？といった質問がなされた（注：どこかが悪くて医者にかかるわけで欧州ではオランダで健康診断が否定されたように病気を「見つけだす」という概念があまりない）。これに対して博士は日本などではがん検診が行われていることを説明していた。

再び、ダンカン教授から欧州での創薬の状況の説明があった。創薬の部分で欧州が強い技術は①リポソーム、②ナノ粒子、③抗体とその化合物、④ポリマー、などであることを強調し、まず実現しようとしていることが「サイエンス・ファクト」であるのか、「サイエンス・フィクション」であるのか見極める必要があることを述べた。実現するためには時間がかかるので研究と投資を続けていく必要があるが、どれぐらいで完成するのかという見通しも示さないと投資家の支援を得られにくいことも強調した。実際にこれらの薬剤の開発状況を全て把握することは困難であり全体をカバーしているかどうかは分からないが、例えば、抗体結合ポリマーまたは抗体結合ナノ粒子に関しては 10 以上の製品がマーケット

にでており、来年はTNFをターゲットとしたものがリウマチを対象に市場に出てくることを示した。モノクロナール抗体では現在3つが市場にでており、薬剤を結合させたものが1つ、放射性同位元素を結合させたものが2つある。ナノスフェアは少なくとも2つは臨床試験中である。ポリマー治療薬も安全性試験が終了したものが複数あり、5年以内にはダンカン教授自身が開発したものを含めて、多くの薬が市場にでることが予想されると説明し、これらの事実は投資家にとっても研究者にとっても大きな励みとなることが述べられた。また、教授自身の経験では、数多くのなかから候補となるものを探すのに1-10年、開発に5-10年かかり、ようやく材料となる例が多いことを付け加えた。こうした技術開発は多くの専門分野にまたがるものであり、構造化学や物理学、分子生物学、IT、統計学など幅広い分野の人たちの協力が必要であると述べた。

(ナノメディシンの活用と宣伝 (Exploitation of Nanomedicine))

臨床応用と安全性 (トキシコロジー) についてエジンバラ大学のケン・ドナルドソン博士が講演した。炭塵が肺に壊死をもたらすこと、クォーツやアスベストが肺癌を誘発すること、アスベストはまた中皮腫も起こすなどの例を挙げ、ナノ粒子の安全性に関しては暴露量と頻度が大切であることを述べた。また関節へ尿酸が沈着する痛風や血管壁へのコレステロールの沈着なども広い意味では生体へのナノ粒子の暴露と考えることができるという考えを披露し、ナノパーティクル・パラドックスすなわち、ナノ粒子



Ken Donaldson 教授

は閉塞性肺疾患や冠動脈狭窄の治療に用いられるが、一方、ナノ粒子が沈着することによって閉塞性肺疾患や冠動脈狭窄などが引き起こされる可能性を説明し、このジレンマをどのように考えれば良いのか、結局よく「分からない」と述べた。次いでナノ粒子の吸入により粒子が脳に移行するといった研究を紹介し、最後にナノ粒子によって引き起こされる生体への毒性は酸化ストレスであると説明した。

一方、ナノメディシンの開発については、まずグラクソ・スミスクライン社のブライアン・ワーリントン先生はドラッグ開発のための方法論について解説し、薬物の開発で資金が必要となるのは薬剤の発見の部分ではなく、発見した候補の薬剤を開発していく過程であることを説明した。国際的にはこの分野では468のものが開発中であるが、UKでは30個が現在開発中であると数値を具体的に示しこの分野の欧州での重要性を述べた。また薬剤の発見は干草の山の中から針を探すのに似ていると説明し効率の良い探索方法をとらないとアッセイで検証することが間に合わなくなることを示した。どうして、アッセイの部分で多大な労力が必要とされるのかについては、例えば「A+B」といった簡単な組み合わせでもこれがそれぞれ2プレート(2千個)ずつアッセイを行う場合には2千x2千で計4百万

個のアッセイが必要であり、これが 10 プレートになると計一億個のアッセイを要するようになる、さらにこれが A+B ではなく、「A または B」といったアッセイになると量が桁外れに大きくなり 10000 億個のアッセイが必要になると説明し、将来に向けてのパラレルアッセイの必要性を述べた。

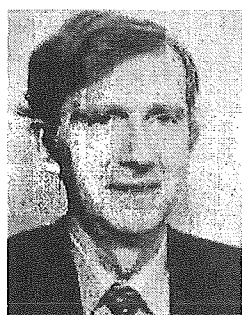
ユニパス社のデビット・ウィリアム先生はイムノクロマト法の利点を説明し、感染症などの診断薬として、家庭で使用でき、結果が 1 分以内にわかるような診断薬を作る必要があることを述べた。このモデルとして家庭用の妊娠判定試験薬を挙げ、この方法が尿中の HCG を 20pM まで検出できることを説明した。この方法を応用することで、抗体 1 と反応、洗浄、ついで抗体 2 との反応を自動的に行うことがさらにナノテクノロジーを用いることで視覚的増幅が行え、結果判定を肉眼で行なうことが可能であったと説明した。こうしたイムノクロマト法の応用では、抗体の持つ 10^{11} M といた高い結合定数を利用できる優位性があるため、次のステップでは風疹など感染症への利用やデジタルによる数値読み取りによる判定機能が付加されるであろうと述べた。さらに今後はサンプル量の減少、反応時間の短縮、低価格が目標であるが、信頼性の確保と、高い再現性が何より重要であると述べた。

最後にオックスフォード・バイオセンサー社のリンディー・マーフィー先生が、同社の電気化学的バイオセンサーの紹介を行った。これは微小電極の改良や光で基盤を加工し酵素を乗せる技術など複数の技術の組み合わせにより製品化された装置で、心臓疾患のリスクをパネルで診断することができる。現在、総コレステロールや中性脂肪、HDL コレステロール、LDL コレステロールをわずかな血液から 2 分間で測定することが可能で、同社は今後、腎疾患、肝機能、免疫能などを測定するパネルを次々と開発して行くことを予定している。

(ナノテクノロジー：ヘルスケアでの革命を約束するもの)

フォーラム初日の夕方は、「ナノテクノロジー：ヘルスケアでの革命を約束するもの」(Nanotechnology – Promising a Revolution in Healthcare) というタイトルで一般の聴衆を交えて公開討論会が開かれた。司会は BBC のニュース・ナイト、科学集部のスーザン・ワットが行い、この討論会には報道陣を含めて多くの人達が参加した。パネラーは英国リーズにある General Infirmary of Leeds のシェバンティー・ホーマー・バニアシンカム教授、ドイツボン大学のロルフ・エックミラー教授、オーストリア miniFAB Pty Limited 社のアンドリュウ・カンピテリ博士、イタリア Fidia Advanced Biopolymers 社のアレサンドラ・パベシオ博士の 4 人であった。シェバンティー・ホーマー・バニアシンカム教授は救急医療の現場に携わっている血管外科医で、組織エンジニアリングに強い関心を持っており、こ

の分野でのナノメディシンの動向について概説した。さらに彼女はこれらの技術が普及するためには一般の人たちの理解と受容が大切であるが、その人たちが心配や関心を寄せる対象は非常に広い分野にわたることが問題である。一方、これらの技術に関する実際のデータがあまりにも少ない現実について述べ、より幅広い分野からの共同研究が必要であることを説明した。この問題については、科学・産業界・医学が三位一体となって地球的な視野で問題を解決しなければならないと語った。ロルフ・エックミラー教授はコンピューターサイエンスの分野で網膜への植え込み型の装置を開発している科学者で、バイオシステムテクノロジー製品の原理について情報処理と細胞・器官・オルガニズムの間ではセンサーとアクチュエーターを介して情報のやり取りを行っているという図を見せ、この意味について解説した。この図はヒトと相互作用をする製品のあるべき姿を示したもので、その解説に時間のほとんどを費やした。一方、アンドリュー・カンピテリ博士はステージの上を歩き回りながら、小さな材料が役に立つことについて述べたが、この材料が本当に役に立つためにはヘルスケアシステムに技術がとりこまれなければならないと説明した。博士は第6回欧州フレームワーク・インテグレイテッド・プロジェクトである smartHEALTH について説明し、患者が近くの医師を訪れ、検体採取と分析、医師による結果の解析、そして最終的に患者の治療が始まるといった時間のかかる医療のシステムを、コーヒー休憩を含めても1日以内に全部やってしまうようなシステムをナノ技術は創出できることを述べた。



Rolf Eckmiller 教授



Alessandra Pavesio 博士

アレサンドラ・パベシオ博士は再生医学のためのポリマー等を開発している。組織が損傷を受けた場合、これまでの治療はそこにある組織を除去または置換するといった方法が主体であった。現在は自己または同種の移植により外科的に再建を行うという方法が中心であるが、将来は再生による医療がこれらにとって代わるだろうと説明した。再生医療については、細胞を取り出し生体外で増殖させ培養することで外皮、真皮、軟骨、骨格筋、脂肪などの組織が現在利用可能であるが、さらに幹細胞を利用することにより心臓、中枢神経系、膵臓島細胞などが可能となってくるだろうと述べた。しかし、実際の組織エンジニアリングには困難な作業が伴い、さらにできた細胞を的確に追跡調査するという作業を行うことは、極めて難しい。本当に実験室内で細胞を育てるといった作業が必要なのかどうか

という疑問が生まれてくる。ともあれ、内在性幹細胞というのが6ヶ月前発見されたため、組織エンジニアリングは将来2005年から2025年までに「生体内での再生」を目指す方向に向かうであろう。組織エンジニアリングのためには生物学的活性を持つ「シグナリング・マテリアル」（細胞の再生のための方向付けを誘導する物質や材料）と実際に再生が行われる「細胞」の2つがあれば良いので、2025年までには「疾患を修正する戦略 disease modifying strategy」が期待できると述べた。

この後、フロアーとのやり取りで出た意見を記す。

- ・ メディアの報道は患者にとって誇張されているものが多くあり、一方、多くの患者や家族たちは「聴きたいことしか耳に入れない」という傾向がある。同様にベンチャーの人達も儲かるかどうかという判断で「聴きたいことしか耳に入れない」報道を聞いてしまうことが多いためジャーナリズムはもう少し冷静に事実を流すようにしてはどうか？という報道のあり方を問う。
- ・ 何ができるのか、いつまでにできるのかという説明や、技術や概念自体の説明が難しいため、なかなか技術そのものが世間に判ってもらえない。
- ・ あるひとつの新たに発見された技術を説明するにも、そのナノ技術の後ろにクエスチョンマークがつくのかエクスクラメーションマークが付くのか、その他何が付くのか皆分からない状況である。
- ・ 患者のニーズに合わせて技術開発が進むものもあるが、逆に新たな技術が出ると直ぐに患者も試みてみたいと考えてしまうのは問題である。
- ・ いつまで待てばこうした技術が使えるのか、もう少し時間的なスケールを説明してもらいたい。また開発は大きな企業で行うのか、あるいは小さな会社で行う方がよいのか。またナノ技術の製品は免疫系で排除されないのか？といった疑問。
- ・ 技術の開発や応用は開発途上国で始める方が良いのか、先進国で始めるのが良いのか。出来上がった製品の値段が高くなりすぎると一部の人しか恩恵をあずかれないので対コスト効果を考えるべきだ。
- ・ 一方、ナノ技術はベンチャーにとって「儲けがある」というのが技術開発を後押しする力になっているのだという事実を認識するべきだとする意見。
- ・ 質問した学生に対して1つの領域だけを習うのではなく、今後、様々な多数の領域の知識を身につけていくほうが良いといった忠告。
- ・ 痙攣発作に対するような発作波（脳波）を感知して刺激電気を送るような埋め込み型のシステムは動作が確約できないので不安であるといった意見や、それに対して心臓では既に同じ原理が不整脈で使われており、ポジティブな評価も重要であるという反論。
- ・ 「網膜埋め込み型の技術はいつ完成するのか？」「私の技術は10年以内である」（ロルフ・エックミラー教授）といったやり取り。
- ・ 現実には、平均的な知能を持った人にも把握が難しいので解説の専門家が必要であるとい

った意見。

- ・ 技術者と医療関係者がもう少し親密になって開発を進めるべきだ、さらに政治政策家も参加が必要だとする議論。

このように多くの意見が出された。

各意見に対して、結論は当然出なかったが、最終的にはナノ技術に関してはもっと多くの分野の人が参加して時間をかけて論議する必要があるということについてパネラーと聴衆の意見が一致した。

9月6日(火)

2日目は最初に、Institute of Nanotechnology (IoN)のCEOである Otilia Saxl 先生のウエルカム挨拶があり、この後、本格的なフォーラムが開始された。

フォーラムの企画面で印象的だったのは、欧州でのナノテクノロジー現況や、それをどのようにヘルスケアに転換させようとしているのか (GE Healthcare, USA) など、戦略的な議論に関しては大きな会議室で全体で討議する形をとる一方、個々のテーマ、例えば組織エンジニアリングやドラッグデリバリー、ナノ・イメージングなどについては、平行して3箇所の会議室で同時にセッションを進めていくといった形式をとったことである。また、欧州における問題や今後の展開については初日と2日目の午前中で集中的に議論されたため、参加者が問題を明確に認識して、後のフォーラムに参加することができた点については評価できた。しかし一方、前半に参加できなかった参加者にはフォーラムの意義は十分伝わらなかったかもしれないと感じた。

2日目の午後は、

A：組織エンジニアリング、ナノスカフォールド（細胞の足場）とインターフェース

B：ドラッグデリバリーと製薬の発展

C：細胞構造と機能

に分かれてセッションが行われ、各7人の演者による発表が行われた。

（ドラッグデリバリーと製薬の発展）

まずBのドラッグデリバリーのセッションの様子から記す。

ギリシャのコスタス・キパリシデス教授はターゲット・ドラッグ・デリバリーシステムの最近の動向について紹介した。最初に、このフォーラムで何回も問題となっている事だがあらためてナノメディシンが何なのかを定義し、開発を進める必要があることを述べ、定義として：ナノサイズ（100nm以下）の構造体、篩、生物学的システムを用いて、予防・診断・治療するもの、とする考えが一般的であることを示した。ナノメディシンの対象と

して、細胞表面を狙うのか細胞全体を狙うのか、対象疾患は癌や脳血管障害なのか、技術が水溶性のものであれば、安全性も高くなるが同時にタンパクやペプチドを体内にある酵素による加水分解による失活などから守る必要性があるのかなどを検討して開発が進められている現状を話した。この場合、対象臓器への選択性が大切であり、薬剤の投与方法としては、経口、経粘膜、肺、注射などがあるが吸入型のものが現在、市場ではもっとも需要が高く、2005年度で430億ユーロが見込まれることを示した。素材としてはポリマーやナノ粒子、ナノカプセルなどがあり、良い薬剤の概念として、自動的に対象を認識し、薬剤を到達させ、その場所で薬剤を切り離すことができるようなシステムを挙げ、リポソームでペプチドを導入する例を示した。ここで紹介された例は、抗体にリポソームを結合させ中にナノ粒子を封じ込めておいて診断と治療を同時に行えるようなシステムである。またナノテクノロジーのロードマップを示し、技術は2050年まで、その内多くのものは2020年までに完成されるだろうと予測した。そして2000年以前に最初の試験が開始されている14個の製品が2010年、遅くとも2015年までには商品化されるだろうと述べた。

XstalBio社のバリー・ムーア博士は、世界の生物活性分子（バイオロジカル・モレキュール）の市場は2005年では708億ドルとなり、2004年より16.5%上昇する見込みであることを示し、2010年までは増加率が年10%以上となるであろうことを述べた。現在、350以上のバイオテクノロジー関連の医療薬が開発されているが、この際問題となるのは投与経路で、通常の注射によるものは敬遠されるであろうと思われるため、吸入薬や「痛みのない針」による投与方法が良いと述べた。また生物活性分子としては中心にアミノ酸や糖、塩など水溶性の結晶構造体を配置し、その表面をタンパクやペプチド、DNA、RNAなど生物学的活性をもつ物質でおおった材料が良く、こうした剤型だと肺から吸入される時、従来の方法よりも生体への移行効率が良いことを示した。またナノ材料のサイズは極小さければ良い訳ではなく、他の性質との絡みで最適なサイズが決まること、肺内に入れた場合でも安全性は高いこと、開発は急がれるが安全性試験に関しては時間をかけて開発する必要があることなどをフロアーからの質問に対して答えた。

（組織エンジニアリング、ナノスカフォールド（細胞の足場）とインターフェース）

一方、組織エンジニアリングのセッションでも新しい技術が次々と発表されていた。

スウェーデンの欧州組織エンジニアリング協会の会長であるジョンズ・ヒルボーン教授は、脳動脈瘤の手術後、頭蓋骨を開けた際に外した前頭骨が細菌に感染して大きな欠損となった症例の写真を示し、10-12センチメートル以上の骨欠損に対してどのような方法がこれまで取られてきたのか、またどうして失敗し続けてきたのかという事について具体的な事例をあげて述べ、骨を再生させるためには血流と癒痕組織（スカー）形成が重要な役割を担っていることを説明した。さらに血流を残存させた筋肉組織を利用し、BMP-2というタンパクをヘパリンと共に組織にパッキングして修復する方法を紹介した。また、これまでに

研究室内で成功した技術でも生体に応用した場合は必ずしも上手くいくとは限らず、組織と移植片の接合部の細胞はズレ応力によって死に至ること、接合部を平坦にしたほうが線維化は起こりにくく移植片が良く生着すること、などを示し、血流を保たせることと良く接合面を磨くことの大切さを強調した。

イタリアのフランセスコ・クルシオ助教授は 2003 年にイタリアで行われた腎臓、心臓、肝臓、肺とそれらの組み合わせなどの手術件数を示し、それに比べて移植を待っている患者数がずっと多いこと、待っているうちに半数の患者が死に至ってしまうことを説明し、再生医学がいかに必要とされているかについて述べた。現在、Udine 大学の再生医学センターでは、膵臓島細胞や心臓、肝臓、弁、嗅細胞、骨髄幹細胞などが外科に用いられ、さらに対費用効果が優れていて機能的で信頼のある方法、安全であり規制された骨組みに基づく倫理的なものを求めて開発が進んでいることを述べた。

日本の上田実 (Ueda Minoru) 教授は日本で行われている新しい「注入できる骨」の技術を紹介した。この方法では間葉性幹細胞 (MSCs) と PRP (plate-rich plasma) をシリンジで欠損部に注入して骨の再生を図る。間葉性幹細胞は多分化可能な細胞であり PRP が成長因子の役目を果たして骨形成を行うことができる。動物実験での成果と名古屋大学/GMP 施設で作られた薬剤を用いた臨床試験の結果を示した。骨髄液を 4 週間培養し、マイコプラズマ等の汚染のないことを確認して RPR と混合して患者に返す方法である。実際の患者に行ったところ、サイナス・リフト (sinus lift) 法では 9 人中 9 人、100%、パーティカル・リッジ・オーグメンテーション (vertical ridge augmentation) 法では 8 人に成果が上がったことを示した。この方法は安全であり、免疫原性がなく、操作が簡単で、患者への侵襲が少なく、何回でも行うことができると述べた。

UK の UCL Tissue Repair and Engineering Centre のロバート・ブラウン教授は、ナイジェリアの踊り子の傷あとを見せ、組織エンジニアリングは実際にどのように行っていく必要があるかについて説明した。傷の修復にコラーゲンは極めて重要な役目を果たすが、何の処置もせずそのまま傷の修復を待つと、生体での修復はままとまりのないもの (大きな瘢痕など) となってしまうことを述べ、鍵はコラーゲンの構築、すなわちどのように再生させるかであり、コラーゲンを基にしたプラスチック・コンプレッションの効果について紹介した。

この日の夜はポスターセッションが開かれた。学会中、ポスターは最終日まで掲示が可能であったため、何回も見返すことができた。ポスターについては後述する。

9月7日(水)

3日目の朝は再びIoNのSaxl先生が座長となり、ナノメディシンの展望(The Promise of Nanomedicine)というタイトルで3人の講演が行われた。

米国の国立がん研究所、マウロ・フェラーリ博士はナノテクノロジーと腫瘍学(オンコロジー)を結びつけることによって新しい技術が創生されることを示した。人類の死亡原因として結核やマラリア、HIV、癌などが挙げられるが、この中でも癌による死亡数は飛び抜けて多いことを示し、癌に対処するには血管新生、アポトーシス、自己増殖シグナル、増殖抑制シグナル不応答、組織への浸潤や転移、無限増殖能力など様々な方面での研究が必要なことを説明した。癌に対しては、予防、診断、調節、排除など各過程でのコントロールが必要だが、将来的にも癌は治癒が困難であり、完治させるのではなく進行や死亡を遅らせる方向にテクノロジーは向かうであろうと述べた。米国国立がん研究所ではナノテクノロジーに9億8百万ドルの資金を投じていることを報告し、分子治療(Gleevec)や早期発見のための選択的な分子マーカーをどのように見つけるか、マス・スペックのための基質や蛋白チップ、BioFETアレイ)、埋め込み型バイオセンサーや分子増幅型埋め込み装置、プロテオミクス、バイオマーカーのナノ・ワイヤーによる探知法、NewLab、マルチプレキシング・プロテオミック・デテクション・キャバビリティ、経口投与ナノ技術(キャリアと共に投与し、胃酸で溶けてカプセルから薬剤が抜け、小腸に結合して吸収されるような技術)、ナノベクター(注入した時、浸透が最大となるような直径を持つもの)、神経膠芽腫の新規イメージング、シリカ・コート・ナノシェル(腫瘍に取り込ませて光をあてる新規光化学療法)、浸透圧でバリアーを突破させる技術、ナノチャンネルなど様々な技術について早口で内容にあまり触れず一通り紹介した。

次にエルサレム大学のシムシオン・ベーキン教授は、細胞を1つまるごと用いたバイオセンサー(Whole Cell Biosensors)について説明した。まず、「自分がナノ技術者でないことをここに告白し聴衆の皆様の許しを請います」と述べ、本当は微生物学者でありこのシステムは微生物を利用したセンサーであることを説明した。ここでゲノミクス、プロテオミクス、トランスクリプトミクス(転写(RNA)ミクス)、メタボロミクス(代謝ミクス)、に対して、セロミクス(celomics: 細胞ミクス)という概念を提唱した。彼の用いた細胞とはバクテリアのことで、このセンサーはバクテリアに遺伝子工学的に改変を行ない、環境の種々のストレスによって反応するようにさせ、結果を生物発光または蛍光発光で知らせるようなシステムである。その原理について、ある遺伝子が発現する時は、通常はDNAからRNAに転写され、翻訳されてからタンパク質が作られるが、この時、なぜ特定の遺伝子だけが発現するかというと、DNAにはプロモーターという領域があり、ここが活性化することによって遺伝子が発現する、例えば細胞が環境のストレスなどでSOSのシグナルを出すと、プロモーターにこの信号が伝わってSOSに対処するタンパク質が合成されると説明

し、今回のテクノロジーはこの性質を利用していると述べた。さらに教授はレポーター遺伝子戦略といって、プロモーターの下流にある遺伝子の代わりに生物発光遺伝子、例えば蛍のルシフェラーゼ (lux) といった発光タンパクをコードする遺伝子や、発光クラゲから同定されて改変された緑(GFP)や赤の蛍光色素をコードする遺伝子を結合させることにより、感知エレメントとしてプロモーターを、報告エレメントとして lux や GFP を持った知的なシステムを構築することができることを説明した。そしてこのシステムを大腸菌など細菌に組み込んでチップ化することによって、周りの状況を色で教えてくれる「チップ・カナリア (Chip Canaries)」をデザインすることができると述べた。チップは使い捨てとし、測定したいもの、例えば水などにつけることにより、発色のパターンで危険度を感知することが可能になると述べ、現在のシステムは靴程度の大きさであるが最終的には携帯電話の大きさにすることが可能であると説明した。

最後に Celltech Therapeutic 社のマイク・イートン教授は抗体を利用した技術とそのマーケットについて説明した。Mylotarg や現在臨床試験第Ⅲ相にある PEG 化した Fab' 抗 TNF アルファ抗体(Cimzia)について試験成績を述べ、ヒト化抗体は抗原に結合する可変部の一部以外を全部ヒトの抗体のものに置き換えたものであり、免疫原性が少ないこと、化合物と結合させても 200 nm 以下なら効率よくターゲットを認識して細胞内に入る可能性があることなどを説明した。製品化の見通しとして、細胞障害性薬剤と結合させたものや放射性同位元素を結合させたもの、ポリマーと結合させたものについては開発が進んでいるが、核酸や無機質粒子、有機質粒子との結合についてはまだ進んでいないと述べた。製品化までのタイムコースについては、非常に時間がかかった例として Mylotarg をあげ、1981年8月に同定された calcicheimicin が 1992年10月に抗体と結合され、1995年に臨床試験に入り 2000年に承認されたという経緯を説明した。抗体は少ない投与量でも効率よくターゲットを認識する分子であるため Cimzia のように PEG 化などで半減期など生物学的性質を修飾できることを述べた。

朝の講演に引き続き、

A：技術の医療やヘルスケアへの収束

B：先天性/変性疾患へのナノ

C：ナノ・イメージングと機能化されたナノ粒子

というタイトルで主に各技術に関するセッションが開かれた。各セッションでの演者は4人であり、聴衆の数はどのセッションもほぼ同数であったが、ナノ・イメージングのセッションはやや人気が高かった。

(ナノ・イメージングと機能化されたナノ粒子)

ナノ・イメージングのセッションではまずスイス、バーゼル大学のウエリ・アービ教授が

ナノメディシン：ベンチから患者へという題で2つの例を挙げて講演を行った。ここでいうベンチというのは研究室の作業台のことである。まず教授は骨関節炎により膝関節の軟骨の障害について診断技術の発展について述べた。欧州では2002年に1450万人の 사람들이がこの軟骨の障害を受けたがこれは2012年には1580万人に増加する見通しで軟骨は自然には再生しないので何らかの対策が必要となる。膝関節の軟骨はプロテオグリカンと間質液、コラーゲン線維よりなるが大切なのは弾性や堅さである。堅さについてはIT-SFM（インデントーションタイプのスキャニング・フォース顕微鏡）で観察しながら膝軟骨を診断する方法が2004年に発表され、力と変位の関係を表した曲線で堅さを計測、算出することができるようになった。この方法で患者の軟骨を調べるとナノ単位で測定した軟骨の値は、マイクロメートルやミリメートル単位で計測された正常人全体の値に比べて100倍程度低いことがわかり、患者に対してほとんど侵襲なしに診断を行うことができる関節鏡SFMの開発が可能であることを示した。次にペプチドナノ粒子の例を挙げ、25ナノメートル以下の多面体の中に自己組み立て型にペプチドが入ることが可能な粒子が出現することで、抗原ディスプレイやレセプターや細胞表面のマーカーをターゲットにすることができると述べた。

ベルギー、ナムル大学ステファン・ルーカス教授は放射性ナノクラスターの医療への応用について述べた。例えば、抗体などのベクターに放射性物質を結合させて治療を行う場合、ベクターにいくつかのアイソトープが結合しても活性が弱くなり、効果は不十分となる。このような場合には、径が数ナノメートルの放射性ナノクラスターを作ることにより1粒子の中に数百放射性原子を封入することができ、強い活性を持つ材料を作り出すことができると述べ、開発中の ^{103}Pd のナノクラスターについて説明した。現在、非小細胞肺癌について研究を進めておりおそらく次の機会には成果発表ができるであろうと語った。

ドイツ、シェーリングAG社のアンドレア・ブリー博士は超音波を用いることによって治療と診断を同時に行うという新たな「セラノスティックス：theranostics, (therapy+diagnosticsより)」という概念を発表した。まず分子イメージングには定量性が必要であるという信念から、超音波イメージでも定量ができることを示した。これは直径2ミクロンのポリマーで安定化させたマイクロバブルを用いて投与量と超音波画像で検出されたバブルの破裂によるフラッシュの数とがきれいに相関することを挙げて、このバブルをターゲット特異的なリガンドと結合させることにより定量性を持たせながら診断と治療が可能であることを示した。ターゲット特異的なドラッグデリバリーとしてはキャリアとともに到達した薬剤が組織で選択的に切り離されることである。もし上手くキャリアがデザインできれば超音波により薬剤を切り離すことができるため選択的なデリバリーが可能となる。このコンセプトから超音波とリガンドと結合したポリマー安定化マイクロバブルの組み合わせでセラノスティックスが可能であることを示し、生体での結果がもうすぐ出

ることを述べた。

またドイツ、バイエル・テクノロジー・サービス GmbH 社、ウエルナー・ホーハイゼル博士はナノ粒子の医療への応用について講演した。ナノマーケットのニーズは安価で感度と特異性が高く、迅速な診断治療が可能な軽くて小さいものを求めていることを述べ、ナノ粒子の優位性を述べた。特に蛍光色素による可視化への応用について述べ、例としてナノリン化合物として $CePO_4:Tb$ の例を挙げ、アメーバに取り込まれても光っているほど安定で、安価で環境にも優しく、定量 PCR のためのラベルへの応用の可能性について語った。また Q ドットと比較し工業化に関しては価格や安定性などで自社の方が勝っていることを語った。

このセッションでは4題とも、非常に具体的な技術内容の発表であり、質も高く、セッション終了後もフロアーの聴衆と各演者との個別のディスカッションが続いていた。

一方、午後は、技術自体の紹介というよりは、技術も紹介するがどのように社会に影響を与えるかという意味のセッションが組まれていた。

ここでも

A:社会への還元－危険性と一般の人たちの理解

B:価格が手ごろな治療 - 開発途上国の疾病対策

C:社会に与える衝撃 - 高齢者のニーズ

D:実験室から臨床へ - ナノ医療の商品化

の4つのセッション、各4題ずつが平行して行われた。

(社会に与える衝撃 - 高齢者のニーズ)

C の社会への衝撃のセッションについて記載する。

オーストリア、Institute of Medical Technologies and Health Management の Frank Sinner 博士は、自らコーディネートする9つのサブプロジェクトからなるジョイントリサーチプロジェクト「ナノヘルス」について説明した。これは最初の2年間に、180万ユーロの予算を得て開始されている。オーストリアの「ナノヘルス」は当初インターネットで開始したが、次々に情報が付加されたことで、爆発的に価値が増し、枝分かれをしてどんどん込み入ったプロジェクトに成長してきていることを述べた。Sinner 博士自身は慢性疾患を対象にしており、ナノ粒子、特にリポソームを基盤にしたもの (PEG 化、ニューラミニダーゼや内因子とクロスリンキング) やアミロイドベータ吸収剤ナノ粒子、硫黄原子を含むサイオミアなどを用いてインスリンの経口投与、経鼻的成長ホルモン投与、経肺的 VIP 投与 (VIP は血管拡張、気管支拡張、抗炎症作用を持つペプチドでここでは原発性肺高血圧症や慢性閉塞性肺疾患、急性呼吸窮迫症候群を対象としている) を行っている。今回は

サイオミアの構造や直径 80–100 nm のリポナノ粒子について説明した。

次いで英国オクスフォード大学の Tipu Aziz 教授は脳への埋め込み型電極刺激装置について講演した。電極の直径は 1.5mm で、視床の一部をターゲットにして埋め込み、ワイヤー導線をつないで、皮下のペースメーカーやバッテリーで駆動する型のものである。この講演ではパーキンソン患者の症例と、10 歳の少年のジストニアの症例に対して良好な結果を得たビデオを紹介した。とくにジストニアの例では患者から得られた脳波をフーリエ解析等によりどの波が体動と関連するかを丹念に調べ、7 Hz の群発波が関連することを突止め、この波が出る時に脳の淡蒼球を刺激することで著効が得られていることを紹介した。非常にインパクトのある発表で、聴衆は皆驚いていた。教授は 15–20 年保つことのできる装置の開発を目指している。

イタリア、フィディア・アドバンスド・バイオポリマー社の Enrico Tagnana 博士は、欧州では毎年 40 万人の患者が膝軟骨半月板の治療を受けていることを述べ、ヒアルロンン (Hyaluronan) を用いた組織エンジニアリングによる半月板再生について語った。

デンマーク Danish Teknological Institute の Naseem Theilgaard 博士は、ナノ技術とナノ構造体を利用して骨や皮膚、軟骨の組織エンジニアリングを目的とする「INTELLISCAF」プロジェクトについて述べた。

このセッションでは、座長 (Shanghai Medical College 脳神経外科学教授 Jianhong Zhu 先生) がセッションの位置付けをあまり把握しておらず中途半端なセッションとなっていた。演者も自分のプロジェクトについてだけ述べ、社会とのかかわりについてはほとんど議論となっていなかった。

9月8日(木)

4 日目は朝から

A : 新しい埋め込み材料と装置

B : ナノ・センサーと診断装置

C : ナノ粒子のリスクアセスメント

の 3 つのセッションに分かれ、フォーラムが平行して進められた。各セッションとも 6 題ずつであったが、欠席した演者が多かったため、逆に各セッションで討論の時間が十分に取ることができ、フロアーとのやりとりで盛り上がっていた。

(新しい埋め込み材料と装置)

Aの埋め込み材料のセッションでは、最初の演者のダイエター・クレム教授は結局姿を現さなかった。

スペイン、Nanostructured Material GroupのRamon Torrecillas博士は、2001年のナノ技術の市場は540億ユーロであり、この中の23%がナノ粒子でその中の98%がナノコンポジットであることをまず語り、この技術の開発で最も難しいのはナノ構造体を保たせることだと述べた。膝・股関節や歯の入れ換えなどは大きな市場となっていることを示し、ナノ構造体も100nmを境にしてそれより大きい素材と小さい素材では性質が全く変わってしまうことを述べた。素材については様々なものを検討したが、結局、セラミックしかない結論付け、セラミックの利点（ウエアー、アセスチック、無イオン放出、生物活性、大きさ）と欠点（ブリトルネス、時間と共に疲弊、骨との適合）について説明した。そして新しい性質を持つ開発中の素材（200nmの中に5-10nmの材料が入っているもの）について述べ、次の会で具体的にどのようなものなのかを示せる見通しであると語った。

ドイツ、ボン大学のRolf Eckmiller教授は、自身で開発を進めている視覚障害者のための網膜埋め込み装置について語った。網膜は目の組織というよりその神経回路のネットワークより脳の一部と考えたほうが良いと述べ、網膜の神経節細胞の下、マイクロコンタクトフォイルの部分に埋め込む電極について語った。網膜が変性している患者でも視神経から中枢側は変性に陥っておらず、網膜神経節細胞も保たれているものが多いため、刺激を送ることで視覚を取り戻せる可能性があることを示して動物実験が進行中であることを述べた。この装置はコインより少し大きなデバイスとなり眼球の中と外で電磁気信号のやりとりをするシステムになることを説明した。この演題に関してはフロアーからの質問も多く、教授は現時点でいろいろな動物でうまくいっていることから、ヒトへの応用は10年以内にはできると述べた。

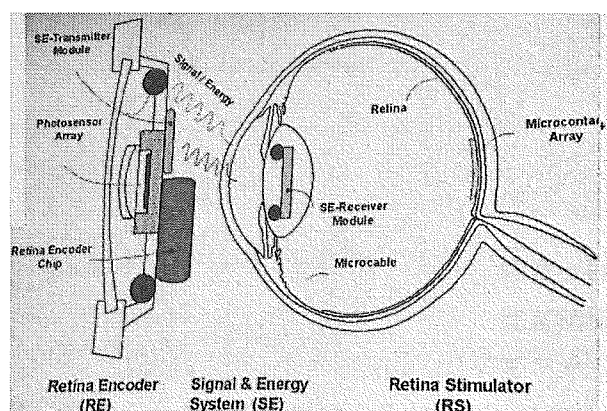


図 3.1-1 エックミラー教授のシステム
(Concept of Learning Retina implantのスライドより)

(ナノ粒子のリスクアセスメント)