

ジャン＝ピエール・デュピュイ、フランソワーズ・ルル
『ナノテクノロジー：倫理と産業的展望』

Dupuy, Jean-Pierre., Roure, Françoise, 2004, Les Nanotechnologies: Ethique
et Prospective Industrielle., Coseil Général des Mines.

目 次

序説

第1部：倫理とナノテクノロジー

1. ナノテクノロジーの産業的現実

- (1) ナノサイエンスとナノテクノロジー
- (2) ナノテクノロジーへの公的支援と公共・民間のシナジー
- (3) 萌芽的市場

2. ナノテクノロジーにより生み出されるリスク

- (1) 単純な因果関係について
- (2) ナノテクノロジーに関するリスクのダイナミックでシステム論的な性格

3. ナノテクノロジーにより提起される倫理問題

- (1) リスク分析を超えた倫理
- (2) 漸進的な制度的考慮の方へ
- (3) 倫理問題の取り扱いへの文化的障壁

第2部：ナノテクノロジーとメタ収斂

1. 次世代テクノロジーの波におけるナノテクノロジーの位置

- (1) 単純結合による収斂
- (2) 複数の結合による収斂
- (3) 認知科学とニューロテクノロジーの特異な場所

2. NBIC・収斂技術をめぐる二つのアプローチの米欧間での分岐

- (1) 全米科学財団 NSF とパフォーマンス増強の問題
- (2) 欧州委員会の専門家レポートと目標の問題
- (3) 二重の技術の問題と競争の質

3. イノベーションと貿易にのしかかるリスク

- (1) 規制枠組みを進化させる必要
- (2) 標準と知的財産権の決定的問題について

第3部：メタ収斂におけるナノテクノロジーの展望と補完性

1. 公的責任の問題

2. 共同体規則に照らして欧州連合の立場を促進すること

3. 責任ある国際的対話に参加すること

結論

序説

本報告書は、鉱山大学校理事会 *Conseil General des Mines* および情報技術審議会 *Conseil General des Technologies de l'Information* の「イノベーションと企業」共同部会のプログラム、「ナノテクノロジーの多様なインパクトおよび、ナノテクノロジーの規制についての含意に関する作業部会」の成果である。

この作業部会は、国際レベルまた欧州連合において、この政策テーマが緊急課題であることに鑑みて、ナノテクノロジー領域におけるフランスの公共政策評価にかかる基本方針を確立するために、通常の分析及びとりまとめ作業と並んで、将来展望もしくは多様な意思決定領域での一連の検討を行った。

とりわけ「科学技術評価選択議会オフィス OPECST」や科学アカデミー、技術アカデミー、文部・高等教育・研究省により実施された、ナノテクノロジーへのフランスの公的支援の評価についての作業に依拠することで、我々のミッションは、当該分野における公共活動の適切さと重要性をいっそう明らかにするために、より広範で、将来展望的な視点を採用しようとするためである。

こうして我々は、これらの作業から、ナノサイエンスの定義を採用した。すなわち、「(物理的ないし化学的、生物学的) 特徴を与えられたナノ物質の総合及び研究、ナノマテリアルの獲得を可能とさせるアセンブリ手法の発見、応用物質に至ることを可能とさせるような組織手法の発見、これらを目的とする研究の全体」である⁽¹⁾。なお「ナノ」という接頭辞は 10 億分の 1 を指し、ナノメートルは 10 億分の 1 メートルを指す。

ナノマテリアルそのものは、「ナノメートル規模(1~100 ナノメートル)の改善された、もしくは特殊な特性を物質に与えるような、ナノ物質から合成され、もしくは構成される物質」と定義される⁽²⁾。ナノマテリアルは自由に動き回る状態で、もしくは固定された状態で、繊維もしくはチューブ、結晶もしくは薄板、または多孔形の形態で提示される。これは、カーボン・ナノチューブの領域で顕著な工業的発展を遂げている。2~10 ナノメートルの規模のナノクリスタル半導体はメディアの呼び方では、量子粒 *grains quantiques* と呼ばれているが、これはその特徴が量子力学の法則により定義されているからである⁽³⁾。

ナノテクの発展が不可避であるという、ナノテクに好意的な主たる議論は、この技術が膨大な困難 — 工業社会及びポスト工業社会が、官民挙げて、対処しなければならない困難(気候や高齢化、健康、汚染、エネルギー、公平で持続的な発展) — を解決することができるであろう、というものである。しかしその実現可能性そのものが、概念的、物理的、工業的、経済的、社会的な複数の不確実性に服している。

とりわけ、ナノテクに関連したリスクは、その性格そのものにおいて、我々が今日熟知しているような技術に結びついたリスクとは比較しようがない(とりわけ、変容的能力を持った他の技術とナノテクとの結合の潜在性に言及するとき)。なるほど、ナノメートル的なスケールでの特性を理解する際の伝統的やり方は、メゾ、マイクロ、ナノメートルというスケールに固有な限界値を持った漸進的な微小化である。しかし微小化はそれだけでは十分ではないであろう。自己組織性を持った複雑システムの理論に言及する、いわゆる逆向きの工学過程(ボトム・アップ)をこれに結びつけなければならないのである。欧州研究プログラムは、すでに、この概念を考慮しており、これは、プロジェクトの名称の中にさえ翻訳されている。すなわち *Bottom-Up Nano-calculator*, BUN がそれであり、その調整は国立科学研究センター CNRS に委ねられている⁽⁴⁾。

ナノテクに期待される多くの利点に対する代償は、正確には評価しがたい。リスクの観念及び

観察、管理、評価の重要な作業が、国際的な学会及び産業界のコミュニティと協調して行われなければならない。メタ収斂に対応するのが、メタリスクであり^⑥、つまり日常生活や構造的権力、関係の権力に対して、ナノテクの影響により、直接もしくは間接に生み出されるあらゆるタイプのリスクに対処することができるような手続きや規範、規則を構想することがきわめて困難なのである。

その結果として、ナノテクの社会的領有の質は、倫理的なガイドラインに依存する。ナノテクの使用に対して社会的に受容可能な制限を設定するために、社会はこうしたガイドラインを与えられることになるだろう。とりわけ、潜在的に対立した目的を持った、ナノバイオ、情報、認知 NBIC の収斂により、人間の認知的、物理的能力の増加の可能性が問題となるときに、こうしたガイドラインが与えられるのである。

こうして我々の作業部会のこの報告書は、メタ収斂に直面したナノテクの産業的展望と倫理に焦点を当てることになる。それは、フランスにとっての本質的な争点と、そのクレディビリティ、その将来的な影響力が、こうした問題設定を優先させるその能力に由来するであろうと考えるからである。

工業的現実と研究の現実に関する入手可能な主たるデータを示した後で、本報告書は、第1部では、ナノテクにより引き起こされる萌芽的なリスクの問題に、そのダイナミックで体系的な次元において、取りかかるであろう。さらにこの技術及び合成素材、システム — その最初の特徴は、目に見えずに肉体に入り込み、搭載され、撒き散らされることである — により提起される倫理的問題にも取りかかるであろう。

第2部では、本報告書は、2020年時点での新しいテクノロジーの波に照らしてナノテクを展望するであろう。ナノテクをそれ自体としてとらえられることなく、公共市場や民間市場、民生市場、軍事市場で販売される財やサービスの産業的供給について、既存のもしくは新しい生産過程にどのようにナノテクを統合できるかという観点から、ナノテクに期待される社会的効用を深く検討することが重要であろう。二つの側面を持った決定的技術と主権という問題が、「ナノ・バイオ・情報・認知」というメタ収斂によりもたらされる経済的競争力への期待という問題設定に加えて、ここで展開されることになるだろう。

第1部及び第2部のとりまとめにより我々は、当然のことながら、第3部において、相互に補完性をもった各レベルのそれぞれの責任に基づいた公共活動における補完性の問題と、当該アクターの役割の問題への回答をとりまとめることになるだろう。本報告書をとりまとめる13の勧告は、そこから直接に引き出される。

検討段階を進める中で著者たちにより刊行された論考もあり、また報告書の本質的なことに集中させるために、記述上の詳細や、基本文献については、読者は、常に付録（省略）を参照することができよう。

第1部 倫理とナノテクノロジー

社会と技術との間の関係について、きわめて普通に実践されている二つのアプローチが存在する。ナノテクの歴史にこれに移し換えてみるのが興味深かった。すなわち、最初のアプローチは、科学が常に技術に先行するという格言を打ち立てることである。また第二のアプローチは、その採用から期待される便益と不利益との間での格差の合理的計算を基礎に、社会は常に技術を選択している、と提示することにある。

我々のミッションは、当初から、こうしたアプローチと距離をとった。なぜかと言えば、こう

したアプローチは操作性において劣っているからであり、そうであることがわかるであろう。

物理学や化学といった伝統的な学問において全く新しい基礎研究を切り開くだけでなく、アカデミックな様々な科学研究の相互交流を切り開くのが、トンネル電子顕微鏡といった、ナノメートルスケールでの物質の観察とシミュレーション、操作の新しい道具なのである（度量衡の最新の発展に基づいている）。その上、実験科学的な手法が、ナノメートルスケールで実現され、フェムト秒 *femtosecond* の間、行われることができるとき、観察の時間規模は現象を定義する手段となる。こうした現象は、通常の状態では振動的であるが「エラー状態では」固定され、かくして「微粒子に対する振動の優位」を認めることになる⁶⁾。このように、微量の化学物質がえられ、そこで化学的反應そのものをストロボスコープによって撮影することができるようになる。

したがってナノテクは、新しい科学領域を開示する力を有しており、なにがしかの遅滞は、従属のリスクについても、（激化する経済戦争という背景において）重大な利益や国家主権への侵害という点でも、甚大な影響を及ぼすことになる。

この第1部は、ナノテクが依拠している産業的基盤、それがもたらすリスクの性質についての議論、品質と競争力という正統なる配慮と倫理的問題との緊張について、順を追って論じることになる。

1. ナノテクノロジーの産業的現実

ナノテクとナノマテリアルは、国民経済計算の意味での産業部門や分野をなしてはいないし、ましてや工業経済に準拠した一つの部門をなしてもいない。産業連関表や貿易統計を逃れており、フランスや欧州の経済活動や製品のいかなる分類にも、また例えば OECD の対応した分類表にも存在していない。ナノテクおよびナノマテリアルは、最も近い科学領域（物理学、化学的な分野）の下で登場している特許オフィスの分類にも、直接的には現れていない。これらは、2004年9月末以降、とりわけ化学的サブスタンスの既存の分類の中に考慮されるかどうかの検討の対象となる。それがどんなものであれ、国際レベルでのすべてのパートナーにとって共通な定義や分類、言語について、合意を得ることが必要となろう。

（1）ナノサイエンスとナノテクノロジー

欧州委員会にとっては、ナノサイエンスとナノテクは研究開発の新しいアプローチをなしており、それは、原子や分子のレベルで、物質の基本構造と作用を管理することを目的としている。これらは新しい現象を理解し、ミクロスコピックおよびマクロスコピックなレベルで活用しうる新しい特性をもたらす可能性を提供する⁷⁾。

こうした領域は、定義されつつある最中なのであり、このことが、その読解とその解釈、いわんやその投影と展望を、科学的厳密性の観点から、注意を要するものとさせているのである。アクセスするのに極めて高くつく市場調査は、パネルや別の標本に入った企業等の実体の自己申告的な価値に基づいている。こうした調査は、製品市場の詳細なセグメント（化粧品など）に基づき、また製造手続きの詳細なセグメント（燃焼抑制剤、カーボンナノチューブによるエアフィルター等）に基づいており、全体の評価を提供することはきわめてまれである。こうした市場調査は、アクターたちの意図や予想について、公共的意思決定者を啓蒙するためには有益であるとしても、特定された方法論的バイアスを考慮すれば、その生産量のみに基づいて、決定的結論や一般的妥当性を引き出すことはできないであろう。

こうして⁸⁾、当該部門のアメリカの主要な民間アクターを集める「Nano Business Alliance」

というグループは、455 億ドルの国際市場規模を予測しており、2008 年には 7,000 億ドルの市場を想定している。全米科学財団 NSF は、2015 年までには、1 兆ドルの予測を公表し、これは次のように配分される。すなわち情報関連が 57%、材料が 32%、生命科学が 17%である。しかしながら、こうしたデータの作成方法は公表されていない。したがって、観察に基づいた、事実に関するアプローチと関連づけられなければならない。織物や化粧品、スポーツ用品といった、きわめて広大な領域を各市場ごとに検討しなければならない。

ナノサイエンスはしばしば水平的（横断的）とされる。というのもそれは、以下のような、欧州委員会により調査された複数の領域によって利用されることができからである。

- ・情報およびコミュニケーション技術。極めて高い記録密度を提示するデータ保存手法による（1 平方インチあたり 1 テラバイト）。分子的、もしくは分子生物学的ナノエレクトロニクスやスピントロニック、量子力学的インフォマティックの活動は、微小化を構成する（もしくはそれに付随する）発展との技術上の断絶を垣間見させてくれる。データ転送のためのクリプトグラフィの手法や、ナノリトグラフィも関与する。

- ・エネルギー技術。この領域において、単に省エネ（絶縁体、輸送効率、照明効率）のためだけでなく、再生エネルギー資源（太陽光セル）もしくは輸送中の利用のための「モバイル」上の搭載エネルギー（燃料セル、水素貯蔵のために利用される軽量ナノ構造固形体）についても、多くの根本的貢献が期待される。

- ・医療テクノロジーとナノテク。外科、組織工学、バイオミメティック・マテリアル、生物活性のインプラント、腫瘍細胞の的を絞った温熱療法、心臓弁製造、病気の初期の診断のための DNA チップ試験キット。ニューロプロテアーゼ市場は膨大な需要に牽引されている（蝸牛殻インプラント、網膜インプラント等）。

- ・エコテクノロジー、とりわけ水。細菌や農薬の探索と中立化、水質及び土壌の浄化、ナノマーキング製品の可能性、製品サイクルを通じたゴミの削減。

- ・安全技術。環境及び敵地において、化学的もしくは生物学的要素の存在を探索するためのセンサーが設置される。ナノラベリングによる食品安全性。

これらのリストは、工業国においては、輸送や建設資材、セラミックス、ガラス、テキスタイル、衣服、化粧品、化学、新しい「増強されたリアリティ」サービスを通じたレジャー活動、教育といった重要な部門を含まなければならない。

ナノマテリアルは、それが、製造される製品の「土台的ブロック」をなしているという意味で、取り分けて開発の意義がある。経済部門全体がその開発から、また製造過程へのその統合から利益を得る。ナノマテリアルを開発している企業は、EADS や Rhodia、Michelin、Atofina、Saint-Goban、Air Liquide、Snecma といった大企業、および DGTec、Alcimer、Inanov といった中小企業である⁽⁹⁾。フランスにおけるナノマテリアルのアクターのデータベースは、経済産業省工業情報技術郵便総局 DiGITIP の支援の下で実現された⁽¹⁰⁾。

ナノマテリアルは、とりわけ 2004 年には、公的支援の庇護の下で、ドイツおよびオーストリアとの間で、クリーンで燃費の良い自動車、および持続的発展への貢献について二国間の交流の対象となっている⁽¹¹⁾。

欧州委員会で、フランスは公式に次のことを認めている。すなわちナノテクの応用は、学際的であり、工業的世界と経済的世界を収斂させ、すべての部門に影響を与えることになるであろうというのである⁽¹²⁾。

(2) ナノテクノロジーへの公的支援と公共部門・民間部門のシナジー

ナノサイエンスとナノテクを支援するための公共的イニシアチブは、欧州（主として英国、ドイツ、フランス）でも、米国でも（NSF の全米ナノテクイニシアチブ NNI）、日本、韓国、台湾でも登場している。中国は、こうした展開を決定的なこととして捉え、急速にこれに投資している（2004 年 12 月の上海での第二回 SINC 会議で報告された⁽¹³⁾、学問・工業会パートナーシップへの言及が示しているように）。

すべての国を合わせれば、ナノテクへの公的支援は、2003 年では 35 億ユーロである。それは年間 40% の割合で増加している。2003 年の欧州連合の予算の 3 億 5,000 万ユーロに対して、加盟国、関連国は 8 億ユーロを支出している（ドイツは 2 億 5,000 万ユーロ、フランスは 1 億 8,000 万ユーロ、英国は 1 億 3,000 万ユーロ）。日本の公的支援は 8 億 1,000 万ユーロ、米国は 10 億 7,000 万ユーロ（うち 3 億ユーロは州で、7 億 7,000 万ユーロが連邦プログラム）である。他の国は、5 億 1,100 万ユーロ（とりわけ、中国やブラジル、インド、イスラエル、韓国、台湾）を支出している。

2005 年において、NNI のために提案されている米国の予算は、98,200 万ドルを暫定的な配分としており、これが NSF を含む 10 の連邦エージェンシーに配分される（これは非民生エージェンシーによる政府支援には含まれない）。一例として、連邦環境保護局 EPA は、ナノマテリアルの毒性、環境とのナノマテリアルの相互作用を研究するために必要とされる額が、2005 年には 500 万ドルと見積もっている。さらに国立職業安全健康研究所 NIOSH は、大気中に浮遊するナノ粒子のより良い理解を得るために、またカーボンナノチューブは心臓や肺に悪影響を及ぼすかどうかを決定するために、230 万ドルを支出するとしている。国防省 DoD は 2005 年に、イオン放射及び細菌を探索し、保護するために使用されるべきナノ構造研究のために与えられていた 2,000 万ドルに加えて、ナノ粒子から毒性を除去するためのモデルシュミレーション及びモデルを開発するために、550 万ドルを支出する計画である。全米毒性プログラムは、ナノ粒子の毒性及び発ガン性について、300 万ドルの予算で、5 年間の研究を開始した。

カリフォルニア州は、ニューエコノミーブームの破綻の帰結と空洞化により脅威を与えられたシリコン技術へのその国際的専門特化の推進力を維持するために、「第二の風」の必要性を期待して、カリフォルニア・ナノシステム研究所を設立するために 1 億ドルを投じた。この研究所の主要な研究テーマは、タングステン・フィラメント・バルブに代えた白色ダイオード、情報通信技術（分子エレクトロニクス、スピントロニクス、フォトニクス等）、ナノテクを使った医薬スクリーニング手法、医療診断ツールの開発である⁽¹⁴⁾。

フランスと米国による公的資金の貢献度を比較することはそれほど意味がない。フランスのマクロ経済的規模は米国全体というよりもむしろカリフォルニア州の規模でしかないからである。欧州連合の結合した力のみが、米国との適切な比較可能性を提供するであろう。しかしその場合でさえ、数字の重要さは、注意を要する。つまり、例えばこうした統計が研究者の賃金を含んでいるのかどうか、である。

フランスはアメリカの NNI に匹敵するようなイニシアチブを発揮していない。それでもいくつかの資金援助があり、それは研究省、経済財務産業省、防衛施設庁 DGA、（特別の目的を持ったプログラムに依存する）研究振興庁 ANVAR の間に配分される⁽¹⁵⁾。さらに政府高官は、2003 年には、ナノサイエンス及びナノテクの開発支援への関心を表明しており、2005 年におけるその予想展望でもこれを確認している。マイクロテクノロジーとナノテクノロジーにおける研究機能の混在が両者を区別することを困難にしている（とりわけ研究者に関連した統計において）⁽¹⁶⁾。おおざっぱに言って、データは、少なくともナノテクに関与している国立健康医療研究所

INSERM、航空研究所 ONERA、国立宇宙研究センター CNES を含まなければならない（数字の中では、これらはかかるものとしては現れないのであるが）。

とりわけ、2004 年 9 月 24 日に開催された欧州競争理事会 *Conseil Competitivite* の結論をめぐる議論の中でフランスのポジションを準備する際のその指導的役割によって示されるように、研究担当省がこの分野ではリーダーであり続けているが、多くの分野での応用研究が進展しているので、ますます省際的になっている（とりわけ、産業、内務、厚生、農業などの各省）。さらに今や、それはエコロジー持続的発展省も関与している。

将来の研究庁 ANR は、プライオリティとされる主要な技術テーマの中に、ナノサイエンスとナノテクを含むことが計画されている。この点に関して、マイクロ・ナノテクノロジー・ネットワーク RMNT が 410 万ユーロを与えられており、うち 230 万ユーロが防衛施設庁との共同活動に当てられることになる。

このエージェンシー(ANR)は公益事業体 GIP としての地位を持つことが研究担当省により表明されているが⁽¹⁷⁾、この地位は過渡期には適していると思われる。このような過渡期においては、プライオリティ研究の助成は予算法では開示されない資金へと政府により向けられるのである（借入金、官民パートナーシップ）。しかしながら欧州の次元が、かなり急速に支配的になるに違いなく、情報技術戦略委員会の勧告の早期の実施が必要となる。その手法は、今後決められることになるが、例えば、欧州経済利益集団などが考えられる⁽¹⁸⁾。これは、官民パートナーシップ、民生・防衛パートナーシップにおいて、知識や雇用、競争力の点で優先的で戦略的とされる研究開発への資金供与を結合させるのである。

第6次研究開発フレームワークプログラム PCRD (*Programme Cadre de Recherche et Developpement*) が、ナノサイエンスとナノテクのために 13 億ユーロの予算を充てると計画されている。欧州委員会はこの予算は、第7次プログラムでは3倍に増加されると予想しており、その主たる方向付けは現在決められつつある。これらのデータに付加されなければならないのは、共同体予算を用いる情報通信技術やバイオテクノロジー、医療技術、持続的発展のための技術に属するナノテクを資金援助する予算であり、さらに新しい萌芽的構想のためのプロジェクト(NEST プログラム)のための予算である。

欧州研究領域 ERA の構築は、大規模欧州プロジェクトの調整をアウトソーシングするための新しい機会を切り開くであろう。ANR により支援されることになるプライオリティプログラムのケースでは、第7次研究開発フレームワークプログラムにより素描されるプライオリティとの特定の重複がある。そのために、ANR の地位は、第7次研究開発プログラムの最初の公募以降、研究総局の行動の分権化から恩恵を受けることができるような地位を持たなければならないであろう。

真の国際的クレディビリティを得られるような COE プログラムを立ち上げる必要があるもので、2つ以上の欧州パートナー（ドイツと英国を手始めとして）を結びつける機構が、純粋に一国的な法的機構よりもより適切であるように思われる。

（3）萌芽的市場

企業秘密が支配しているようなきわめて競争的な分野において、民生的市場、(民生・軍事) 二重の市場、もしくは軍事的な萌芽的市場の特定と、応用研究に基づいたこれらの市場のセグメント化の特定は、統計データの現状では、(情報技術やバイテク、医療技術を輸入したり生産したりしている) スタートアップ企業から多国籍企業に至る企業の概算やパネルデータによってしか導き出せない。企業の内部統計はほとんどアクセス不可能である。

そのために我々のミッションは次の勧告を行った。すなわち経済的、社会的、倫理的な含意の観点から、科学技術進歩の影響について、またステークホルダーたちの行動への影響について、信頼に足る情報を得るためには、政府機関及び欧州機関は、特定の手法（例えば欧州モニタリングなど）を備えていなければならない、ということである。この勧告は、ナノテクの責任ある開発に関する競争理事会の議論におけるフランスの公的立場の文言の中に取り上げられた。この勧告は、「多様な欧州のための収斂技術に関するコンファレンス」（2004年9月14-15日）の席上で提起された際に、多くの関心を集めた。

貿易局 DREE・C5 部は 2004 年についてのそのプログラムの中に、「ライフサイエンス・ネットワーク」の名称の下に、サハラ以南アフリカと南米を除く、ほとんどすべての国際市場でのナノテクの将来についての報告を含んでいる。2004 年 11 月に公表されることになっているこの報告は、ナノテクを通じたバイテクの開発について多くの情報を提供することになる。

先端技術を導くことになる、実験室で使用する道具と科学設備のための市場は、ビジネスと消費者市場の上流にある。

道具と度量衡は、ナノサイエンスとナノテクの開発を増強させるツールである。これらは、戦略的依存のリスクがすでに存在し、深刻となっているような部門である。そのためにこれらは、先端研究開発において高度のプライオリティを有し、フランス、あるいは少なくとも欧州連合における生産の工業的能力の確立にプライオリティが与えられることが重要である（手ごろな価格で、入手可能な最新の道具を販売することを拒む人などいないのだから）。これらの分野は、すでに、膨大な市場を構成しているが、それは（民生と軍事の）二重の市場なので、そこでは、財の輸出と技術移転の一時的禁止が生じ得る。この国際市場は、NSF により 2012 年には年間 220 億ドルと予想されている。

工業部門へのサービス提供は、コンタクトフリーな度量衡の分野において、とりわけ自動車や航空宇宙、原子力、研究分野（シンクロトロン）において進んでいる。学際的チームにより統合されて、これらのサービスはセンサーから、エンジニアリング、関連情報に至る「シームレス」なサービスを提供している⁽¹⁹⁾。

修正された、量的サブナノメートル顕微鏡の分野で、重要な研究が行われており、その応用は、オングストローム Angstrom のサイズ、すなわちナノメートルの 10 分の 1 を正確に、一瞬にして、しかも歪曲なく、測定することを可能とするであろう。こうした進歩が異方性のシグナルを獲得することによって（例えば当該の方向に応じてその特性が異なるような結晶）、等方性的マテリアルと異方性的マテリアルを選別することができる。ナノ粒子とナノ構造化されたマテリアルの開発と市場は、観察とシミュレーションに由来する科学技術的進化に密接に依存している。

新素材及びその特性についての特許の申請という観点から、ここでは時間的要素が決定的である。予算的もしくはより戦略的な理由で、実験室による適切な設備の利用におけるあらゆる遅滞は、科学的、学術的コミュニティにとっても、一般的に産業界、経済にとっても、致命的である。現在の状況は、フランス及び欧州の中小企業は、もはや大規模実験室から注文をもらっておらず、これらの実験室は日本や米国からの「売れ残り」を調達することを選ぶのである⁽²⁰⁾⁽²¹⁾。

民生市場および軍需市場も存在し、二重の技術のための資金は DARPA、DoE、保健局及び内務局といった米国の部局により供与されている⁽²²⁾。こうした資金供与から派生する民生応用によって膨大なポテンシャルが存在する（例えばバイオロジカルセンサーネットワーク）。

ナノ兵器をめぐる競争がすでに開始されており、それ自体として市場を構成している。この競争は、こうした兵器の広がりが見込まれ、これを抑制することが不可能であろうから、戦略的、戦術的な転換をなしている。

(核抑止という観念の疑問視から生じた、センサー能力及び駆動力の増強の特別手段と関連した) 対戦相手に的を絞った、先制攻撃への、また最大限の防御への追求は、ナノテクに基づいた大量破壊兵器への競争が無限であることを確認させるに十分であろう⁽²⁴⁾。

2. ナノテクノロジーにより引き起こされるリスク

リスクが存在するためには、原則的に、三つの要素が存在していなければならない。すなわち、

- a) 通常、マイナスの徴候を与えられる損害の起こりうる可能性
- b) この損害が現実には発生する確率の度合い
- c) 損害に潜在的に関わる個人の集団 (その「効用」が、損害の評価にとっての測定基準として役立つ)

予防原則をめぐる論争が、「認識論的」区別をもたらした。すなわち損害の発生の真実らしさの度合いについて、例えば、アクターたちは客観的確率の形で持っているのか、もしくは持っていないのか、という知識のタイプである。こうしたリスクの定義はきわめて厳格であり、新技術が、一般的に、こうした意味でのリスクではないような効果を有しているのは明らかである。全米科学財団 NSF が、ナノテクについて、それが「文明の変化をもたらす」ことになると語るとき、我々は、こうした現象の可能性をプラスと評価するか、マイナスと評価するのが困難であろうし、もしくはその真実らしさの度合いについて意見を述べることも困難であろう。さらには住民全体における「効用」の格差を付け加えることで、その結果を評価することはきわめて困難であろう。リスク分析が、新技術の規範的評価の重大な要素であるが、しかしリスク分析は、それだけでは規範的評価の全体を代表することはできないであろう。イギリス環境庁の言葉を使えば⁽²⁶⁾、「リスク分析の専制のリスク」が存在するのである。我々の作業部会は、リスク分析をはるかに超えて、とりわけメタ収斂の枠組みにおいて考察されるナノテクプログラムの倫理的評価へと拡張することが肝要であると考えている。

つまり古典的なリスク分析は、リスクの特定と管理、評価という段階を含んでいる。このテーマについては多くの文献が存在し、少なくともフランスや西洋世界では、それぞれの機関が、こうした次元のそれぞれを考慮しているのである。企業もまた、企業活動報告書の義務的データとして、工業的リスクの財務的側面を統合するように促されているのである。

保険及び再保険の分野そのものが、久しい以前から、自らのサービスの価格を設定するために、確率と金額の計算を可能とするようなモデル化に取り組んできた。この領域の先端を行く再保険会社の一つ Swiss Re 会社は、こうした観点から問題を提起している。すなわちナノテクに関連した不確実性を削減するためには、リスク分析とリスク管理及び、受容可能なリスクの転嫁のためのオプションが、共通のプラットフォーム — 産業界と科学者、公共政策当局、保険会社との間で共有された — に従って検討されなければならないというのである⁽²⁷⁾。ここでは医療保険分野が反対モデルとして役立つ。炭塵やアスベスト、ディーゼル排ガスなどに関連した問題の甚大なるマクロ経済的損失は、こうしたプラットフォームの欠如の結果である。

責任とリスクの関連づけは、伝統的に、過失の生起と証明によって決定される。このことは、主観的な責任を含む。ナノテクによりもたらされるリスクは、保険によるリスクのカバーの条件についての考察という領域を切り開き、それはこうした観点から経済社会審議会 CES による検討が開始されている。過失ではなくリスクを責任の根拠とすることで、主観的責任の原則に、客観的責任の原則を代替することができる⁽²⁸⁾。この場合、公的介入の正統性と介入手法の含意が重要であり、こうした手法は、無過失責任という概念を特徴づけている「ナノエラー」の考慮から、

(その発生が熟慮の行動に結びついていようがいまいが)「重大なるリスク」を参照するナノ・テロの考慮に至るのである⁽²⁹⁾。

(1) 単純な因果関係について

ナノテクによるリスクについての発見論的アプローチは、費用最小化ないし便益極大化に応じても、ナノテクを開発するかもしれないし制限するか、を選択することにある。このアプローチは因果論的であり、人間の身体に関する毒性についての、まだきわめて最近の、あまり発展していない研究に基づいている。NNIにより支援された Vicky Colvin 博士 (米国の Rice University) の研究が、この領域での世界的な基準となっている。

このアプローチは不可欠である。またそれは、微小製品の創造、コーティング、散布に関連したリスクにとって十分な基準を有している化学工業と協力して、強く発展される必要がある。こうした微小製品の中でも、着色料や工業的香料、化粧品、スプレー、農薬が、生物組織と日常的に接触している製品の中に登場している。例えば製造されたナノ粒子への CAS 番号 (Chemical abstract safety registry number) 付与をはじめとして、適切な規制が実施されるためには、消費者からの圧力が決定的に重要である。

しかしながら、このような単純なる因果論的アプローチが、たとえどんなに不可欠であろうとも、より広範な、適切なパノラマ (生態学的毒性のアプローチ、とりわけナノテクにより、直接、間接にもたらされる特殊なリスクのアプローチ) の中に統合されなければならない。

こうした二つのアプローチの間に、その最初の Nanosafe プロジェクトが位置づけられる。欧州連合は、第 5 次 PCRD (研究開発フレームワークプログラム) 以降、GROWTH プログラムの NANOSAFE プロジェクトにより、単純なる因果関係の現象と、システム論的分析とを結合させようとした。30 万ユーロを与えられたそれは、「予防措置と実践コードの開発を伴う、ナノ粒子の生産と使用におけるリスク評価」と名付けられており、2004 年 6 月に終了した。その主たる結論は、この領域における欧州連合にとっての単一の規制枠組みの設定を求めている。こうした領域では、情報が曖昧であればあるほど、懸念と疑念を生み出すのである。第 6 次 PCRD の公募は、「人間の健康と環境に対するナノ粒子の影響」というタイトルをつけられている。

(2) ナノテクノロジーに関するリスクのダイナミックでシステム論的な性格

単純なる因果関係アプローチの最初の改善は、生態学的毒性研究において解明されている方法論に従って、ナノ粒子及びナノ生産物に由来するリスクのシステム論的理解を促すことにある。ナノ粒子の排出、輸送、曝露、影響にかかる環境の概要的なイメージは、欧州委員会の保健及び消費者保護総局の作業部会の枠組みの中で試みられた⁽³⁰⁾。これは、リスクのシステム論的アプローチの利点を浮き彫りにしている。

環境的危機の管理において、公共政策がますます動員されており、このことが、リスクの性格と影響の理解における量的、質的な理解を促し、公的措置を最適化させることになる。「危険の特定、被曝、用量反応評価、リスクの特徴付け」という連鎖にしたがって、環境リスクの評価が実施される。

生態学的毒性アプローチは、ナノ粒子及びナノ構造マテリアル (製造されたもしくは、他の目的のための製造工程により排出された、自由な状態もしくは固定された、コーティングの有無、可変的な持続期間を持った) に集中している。

製造されたナノ粒子、もしくはきわめて長期にわたり環境中に自然に存在するナノ粒子 (塵の酸化や火山の排出物など)、さらにはナノ構造を持った物質、これらの特性の予測不可能性につい

ては、専門家たちの間でコンセンサスが、現在のところ存在している。こうした条件の下で、またこの領域での重大なる進歩がないために、用量反応評価というアプローチによる、もしくは被曝データの記録によって十分なリスク評価を行うことができると主張することは不可能である。

ここでもまた、システム論的アプローチは、厳密な意味でのリスクには限定されず、(ナノテクが、持続的発展の大いなる挑戦に貢献することのできる) 解決策を考慮しなければならない。ナノマテリアルは、その新しい特性によって、単に、環境中における汚染物質のいっそうの知識の改善によってだけでなく、有用なフィルターやナノ多孔質セラミックの使用によってもまた、生態汚染の削減を可能とさせるのである。

ナノ粒子の生態学的毒性についての知識を増大させるために中期的に必要なのは、特徴付け、分類、標準の作成、ナノ度量衡及び道具化への投資である。

しかしシステム論的なアプローチを超えて、可能とあれば包摂的な国際協力において、別のもう一つの質的側面が超えられなければならない。それは「ダイナミックな」アプローチであり、これのみが、時間的・空間的な次元を考慮することで、ナノテクによりもたらされた「諸リスクの結合もしくはメタリスクの規範的評価手法」に至ることができる。

こうした方法論が緊急に必要である。これがないために、すでに、ナノテクの推進派と批判派との間での不毛なコミュニケーション闘争が見られるのである。

一方では、ある人々は、現行の科学技術革命の人間への利益を誇張した表現で称揚している。全米科学財団 NSF の報告書は、おそらくすべての記録を更新するような「人間的パフォーマンスを改善するための収斂技術」(2002)というタイトルで、ナノプログラムを開始した。しかしそれでも、中期的には、科学技術の統一、普遍的な物質的、精神的福祉、世界平和、人間と知的マシーンとの間での相互に有益な、平和的な相互行為、一般的なコミュニケーション障害(言語の多様性から生じる障害)の完全な修復、などしか約束しない。

しかしながら、現場の研究者は、こうしたことをきわめて明快に理解している。すなわち現行の革命の「奇想天外な」プラスの結果を称揚しすぎるならば、やはり誇張された批判が、革命を未然につぶそうとするという事態をもたらすことになるのである。

批判派によりしばしば指摘されているリスク — 小説や映画によってすでに登場しているのであるが — は⁽³¹⁾、プログラミングの事故もしくはテロリスト行為に引き続いて、ナノロボットの野外での自己複製のリスクである。この場合、生物圏のすべてもしくは一部が、当該のナノ・マシンの自己再生産に必要な炭素の枯渇により破壊されることになるというのである。こうしたナノロボットの可能性は Eric Drexler — ナノテクという観念の創出者で、未来予測研究所 Foresight Institute の創始者 — により検討されていた。Drexler 自身、Safe exponential manufacturing と題された 2004 年 6 月の論文で、彼の立場について回想している⁽³²⁾。いずれにしても、このようなリスクは、こうした機械の可能性を信じ込んでいる人しか驚かすことはできない。萎縮への擬似的リスクを除去するためには、こうした可能性を否定するだけで十分である。

これらの二つの両極端の間で動揺しながら、ナノテクプログラムのリスクに関する討議は、あまり好調ではない。費用と便益(それぞれ膨大ではあるが、うまく定義されていない)を、同一の天秤にかけることによって、規範的な評価は非決定に陥らざるを得ない。問題設定を移動させる前に、萌芽的技術を予防原則とは別様に特徴づけているものは何なのか — これこそが、我々に対して新しい種類のリスクについて語ることを可能とさせる — を指摘しなければならない。

技術の逸脱への古典的批判は、デカルトの夢(「自然の主人および所有者を任じる」)もしくは、人間の「プロメテウスの」野心が偏向したことを嘆くのである。「管理の管理」に立ち戻ることが緊要だというのである。こうした批判は、ここでは本質を捉え損なっていると考えられる。ナノ

バイオテクノロジーのプログラムを支えている想像上の目的は、生命のエンジニアリングと、次いで、中期的に、生命の製造である。生命を製造しようとする者たちは、自らの本質的能力を再生産することを望まないわけにはいかない。それこそ、全く新しいものを作り出すことである。

J.フォン・ノイマンが、自己再生産するロボットについての 1948 年の自らの考察において、すでに予測していたように、将来のエンジニアは少なくとも冒険家および実験家であると同時に、製造者でもあろう。その成功は、少なくとも、(彼自身を驚かせるような) 想像の視点に照らしてと同様、あらかじめ決められた仕様書へのその実現の適合性によって測定されるであろう。人工生命や遺伝アルゴリズム、ロボット工学、分散的人工知能といった学科が既にこうした図式に対応している。科学と技術の間での、また発明と発見、科学者とエンジニアとの間での古典的な区別を消し去る傾向にあるこうした展望の中にこそ、リスクの問題は置き直されなければならないのである。

メディアと公衆は、バイテクとそのおびただしいコンフリクトによる大規模な科学的リスクを考慮するようになった(とりわけ GMO のモラトリアム、幹細胞 stem cell 領域における研究に関する倫理委員会の立場)。米国やいくつかの北欧諸国で起こっていることとは逆に、フランスではまだなお、ナノテクは公衆への普及のテーマとはなっていない。主としてコメントは、アクターたちの競争力とその地位の観点からの、経済アナリストによるものである。しかしこうした状況は、極めて急速に変化している。ナノテクプログラムの巨大アクターたちは、準備ができていなければならない、このことが意味するのは、(主として、今後案出されるべき手法や規則に従って)、討議及び討論の空間を、こうしたアクターたちが早晩、組織するということである。

3. ナノテクノロジーにより提起される倫理問題

我々は以下で、リスクを超えた倫理の問題、(倫理問題に直面する) 文化的障害に、順次取りかかろう。

(1) リスク分析を超えた倫理

ナノテクプログラムに由来する主要な倫理問題を示している 5 つの側面を、我々のミッションは導き出した。厳密な意味でのリスクの問題設定から脱却するために、我々は、ナノテクの「影響」について語ることになる。支配関係への影響と自然関係への影響、知識関係への影響、倫理的影響、形而上学的影響をそれぞれ区別しなければならない。

1) 支配関係への影響(権力の影響)

世論を動員し、その拒絶の本質を説明しているのがこれらの影響である。これらの影響は、生命の生産及び再生産の条件の、少数企業による領有から、(科学技術文化へのアクセスを持たない) 人々に対して科学技術が行使する支配にまで及ぶ。それはまた、ますます消失しつつある「受容可能性」を獲得するために科学者が PR 活動しなければならないと感じる屈辱感から、自分たちが食べているものについての掌握をもはや有していない人々の怒りにまで及ぶ。さらにこうした影響は、世界的な不平等の深まりから、(伝統的にテクノロジーを免れていた行為もしくは関係に対して、新しいテクノロジーが行使する) 独占により生み出された新しい貧困にまで至る。

2) 自然との関係への影響(存在論的影響)

ニュー・テクノロジーにより引き起こされる自然との関係の変容についてもまた、現在、討議

が広く提起されている。一方では、ディープ・エコロジーは、自然を均衡と調和の不変モデルとし、人間を無責任で危険な略奪者とする。他方では、近代的なヒューマニストのプロジェクトは自然から人間を引き離すことを目的としており、また人間を世界及び自分たち自身の主人及び所有者とさせることを目的としている。一方では「侵犯」が告発され、他方ではそれが要請されているのである。

このように導き出される討議は、我々のミッションにとっては、きわめて不十分に思われる。あらゆる科学技術的「パラダイム」の背後には、カール・ポパーが「研究の形而上学的パラダイム」と呼ぶものが存在する。すなわちそれは、命題の検証不可能な総体（それを疑問視しようとすることなく、真実と見なされるような）であり、つまり提起されるべき問題のタイプを制限する理論枠組み、さらにまたその最初のインスピレーションを与えるような理論枠組みである。ナノテク研究の形而上学的プログラムは、認知科学が全く特異なる役割を演じているようなメタ収斂の枠組みの中で考えられているのだが、こうしたプログラムは、以下のように一見したところ矛盾しているように思われる二つの提案の中で示される。

①精神や生命は、自らを生み出した自然のまっただ中にその場を再び見いだすために、精神及び生命を自然化させることを目標としなければならない。

②こうした自然化は、自然の、また生命及び精神の機械化と人工化とを通じて行われる。

もしナノテクが、自然及び生命を引き継ぐという野心を持つとすれば、それは、ナノテクが、それ以前に、自らのイメージに合わせて自然や生命を完全に再定義していたからでしかない。「人工的自然」という表現は、今後はもはや、言葉の矛盾などではないのである。

いったんこうした世界観が認められるならば、こうした情動的ないし演算的機械の主人となるというプロジェクトを作成するに至るためには、たったの一歩しかないが、それはまず、こうした機械をシミュレートし、これを再生産することによってであり（人工知能、次いで人工生命の誕生）、次に、エンジニアのようにこの機械に介入することによってである（バイテク、認知テクノロジー、ナノバイオテクノロジーなど）。問題はもはや、自然をどこまで「侵犯する」ことができるか、しなければならないかを知ることではない。問題は、侵犯という概念そのものが、そのあらゆる意味を失うほどにまでなっていることである。科学技術に基づいた民主主義社会において、実現できるものへの制限を設定するに際しては、すべての市民により自由意思により同意された手続きがなければ、倫理は存在しえない。したがって、ここでは、想像力（科学技術の進歩を統御する）と、倫理の条件そのものとの間で、根本的な緊張が示される。中期的に、拒絶の暴力的反動を回避したいならば、こうした緊張について、はっきりと解明しなければならないであろう。

人が、それを超えては進みたくはないような、自然の変容の臨界点を決定しなければならないのは、まさに、とりわけ、自分自身及びそれ自身の自然をめぐってなのである（もし、人が、超えてはいけない臨界点を持っていることを認めるとするならば）。

著名な天文学者 Sir Marin Rees 卿は次のように要約している。「最も重要な新しいことは、人間そのものが今後変化することができる、ということである。ここ 1,000 年の間、人間の特性、その肉体は全く変化してこなかった。しかし、ここ数百年のうちには、特定の医薬品、遺伝子操作、おそらくは脳へのマイクロ・コンピュータの移植と共に、人間存在は、変化し始めることができるであろう。このために、それ以前の世紀よりも、今世紀はますます予測可能ではなくなっているのである」⁽³³⁾。

ここではバイオニクス人間の問題が倫理的問題の中心にある。すでに、遺伝子治療とともに討議が開始されており、欠損機能を回復することについては賛成的結論が、また感覚的パフォーマンス

ンス、運動能力の改善が検討される場合には反対的結論が与えられている。ナノバイオテクノロジーは、こうしたきわめて大まかな区別（このような対立する結論が依拠している）を、確実に粉砕することであろう。

3) 知識との関係への影響（認識論的影響）

18 世紀初頭のイタリアの哲学者 J.-B. ヴィーコは、有名な言葉の中で、彼が「新しい科学」と呼ぶものについて定式化している。すなわち「*Verum et factum convertuntur*.（真実であることと作り出すことができることは、交換可能である）」。我々が合理的に知ることができるのは、我々がその原因となっているものでしかなく、また我々が造り出したものでしかない。知識の完成度を大きい順に並べるならば、こうした基準によれば、数学が筆頭にきて、それに続くのは自然科学ではなく、道徳科学及び政治学であった。しかしながら自然科学自体は、その当初から、造り出すことによってしか知ることができない、という確信によって方向付けられていたに違いない。事物の存在そのものよりもむしろ過程の「いかに」の強調はこのように説明される。さらにまたとりわけ、科学が実験やモデル化の役割を高く評価するのもこのように説明されるのである。

ナノテクによって、こうした科学哲学はその究極の到達点を見いだすに違いない。人間が自然を認識するのは、もはや単に、自然について経験することによってだけでなく、またもはや単に自然をモデル化することによってでもない。それは文字通り自然を作り直すことによってなのである。しかし、その結果、人間が認識することになるのはもはや自然ではなく、彼らが作ったであろうものなのだ、ということになる。あるいはむしろ、自然の観念そのもの、自我の外在的所与という観念そのものこそが、克服されたと思われることになろう。今日、なお、学者と技術者を隔てている区別と同様、認識することと造ることとの間での区別そのものが、その意味を喪失する傾向を持つことになろう。今日、ただバイオテクノロジーだけによってでさえ、発見と発明の間での区別（特許権はこの区別に依拠している）が、ますます裁定するのに困難になっているのがわかるのである（生物の特許可能性についての論争が示しているように）。

4) 倫理の可能性そのものへの影響（倫理的影響）

ナノテクは広大な大陸を開拓しているのであり、人間は、もしこの大陸に意味と目的を与えたいのであれば、これを規範化 *normer* しなければならないことになろう。人間主体は、自らが行うことができるのではなく、行わ「なければならない」ことを定義するべく、よりいっそうの意欲と意識に訴えなければならないであろう。そこでは、（今日、バイオテクのリズムと、あるかもしれない逸脱を抑制するために緩慢に実施されている倫理よりも）より厳しい倫理が必要となる。

「倫理」や「意識」、「意欲」について語る者は、主体の支配（勝利 *triomphe*）を語る。しかし、人間を含んだ自然を計算機械、ないし演算として扱うような世界観において、この支配は何を意味しているのだろうか。このようにして自らを機械にした人間が、何の名前の下で、誰の名前の下で、自然もしくは自分自身への自らの膨大な権力を行使するというのだろうか。人間が一体化しているメカニズムの名前の下でだろうか。それとも人間が外観ないし現象でしかないと主張しているという意味でだろうか。人間の意欲やその選択は、虚空で宙づりになる他はない。倫理領域の無制限の拡大は、長期的には、倫理の可能性そのものを脅かすことになる。

5) カテゴリへの影響（形而上学的影響）

（認知科学と分子生物学の双方がその上に打ち立てられている）機械論的また情動的メタファーは、科学的にも、哲学的にも誤りであると考えられると同時に、他方では、こうしたメタファーが行動の力を我々に与え、自然的世界、生物的世界に対する根本的に新しい掌握を我々に可能とすると考えることもできる。もしそうであるとすれば、新しい技術がもたらすであろう成功そのものが、自然と生命の機械論的、情動的な表象を疑い得ないものにさせ、もはや誰もそれが幻想であるとは考えられないであろう。形而上学的影響について語ることは誇張ではないのである。

もっともやっかいな影響は、（人間がその登場以来、つねにそれによって、世界の中で自らを位置づけてきたような）カテゴリ上の区別の混乱である。非生物的自然、生物、人工物、これらがまさに融合しつつあるのである。

ここできわめて簡潔に概略が示されたこのようなタイポロジーの要素のそれぞれが⁽³⁴⁾、公的研究プログラムに統合されるべきであろう（国立科学研究センターの人文社会科学部門も含めて）。その成果は、様々な倫理委員会の討論を豊富にしてくれることができよう。ここでの争点が重要であることを繰り返し述べておこう。それは、研究及び技術の進展を受容可能にさせるために、またその結果として、この社会を構成している市民により領有可能にさせるために、社会の進化の所与の時点において、社会が設定したいとする臨界点に関わるのである。

（2）漸進的な制度的考慮の方へ

欧州倫理協議会は、その 2004 年プログラムの中に、新しい情報コミュニケーション手段の開発とナノテクにより提起される倫理的問題を統合した。この委員会によれば、人間と機械との間での新しいインターフェース（ナノテクによりもたらされる、非侵略的で生物適合的な *biocompatibles*）により開かれる展望を考慮すれば、人間存在のアイデンティティという観念の修正が、討議の中心をなすことになるだろう。

これらの配慮が、NEST プログラムにおける将来構想の領域における、欧州委員会の公募のプライオリティと重なる。科学における複雑性と、合成生物学 *biologie de synthèse* と並んで、このプログラムは第三のプライオリティをなしているが、これは、「人間存在とは何か」というこの特異なる表現によって、技術進歩と関連づけて認知科学に言及するのである。NNI と、DARPA により資金援助された進歩を意識して、このプログラムは、その関係的、感情的な側面における脳の機能を理解する場合に、慎重なアプローチを維持しながらも、この領域での研究を促進しようとするのである。

ナノサイエンス・ナノテクにおける第 6 次研究開発プログラムの公募は、当該プロジェクトに対して、「倫理的」側面を含むように課すのである。しかしながら、どのアクターも、この要請を満たす準備はできていなかったばかりか、その構想者や実施者、評価者もそうなのであった。したがって、この領域における完成の余地が残されている。公共資金から援助される研究の選択が、（ステークホルダーの参加により、はっきりと定義された倫理原則に基づいて作成された）確な評価基準に基づいてなされることがきわめて重要である。

リスク評価手法及び社会的、倫理的影響評価手法に固有な限界を意識しつつ、国際コミュニティーは、この領域における責任ある開発のための対話空間を追求し始めた。2004 年 6 月に NSF のイニシアチブにより、ナノサイエンス及びナノテクの責任ある国際的開発というテーマについて、アレキサンドリアで会議が開催されたが、この会議は、社会経済的、倫理的側面についての

作業グループを、そのプログラムに組み込んだのである（本報告書の第3部を参照）。

この作業グループは、ナノテクが、社会における対話のテーマであり始めたことを認め、データの生産、受容度の測定、価値の明示化が、科学者と政府、企業、市民社会代表、公共政策責任者、メディア、そしてあらゆるその他のステークホルダーの間での議論の統合的要素となるであろうと認めた。

このグループはまた、（それが自由意思により同意されたものであろうがなかろうが）人間的パフォーマンスの「向上」により提起される倫理的問題に光を当てた。例えば、ある国が、とりわけ論争的となっているような技術もしくは製品を開発することを決定するとすれば、どうすべきであろうか。これは、（こうした技術ないし製品を選択するかもしくは排除するように強いられた他国に対して）圧力を作り出しはしないだろうか。こうした圧力は、すでにこれを進めようと決めていた国に対して加えられるであろうか、またそれぞれはこの問題に対して、どんな手段を有するであろうか⁽³⁵⁾。

2004年9月24日の欧州共同体競争理事会に配布されたオーストリアの立場は、この問題についてきわめてはっきりしている。すなわち「公衆衛生及び、消費者と環境への安全性及び保護への影響の領域において入手可能な、ナノテクによりもたらされる問題についての最初の結果を考えれば、安全性についての研究が、欧州で支持され続けなければならない。結果への公衆のアクセス及び、その積極的普及、その応用が、（別の研究領域において行われてきた）誤りを予防するためにきわめて重要である。該当するパートナー（研究、工業、公的部門、消費者、職能団体代表）との責任ある対話が実施されなければならない」⁽³⁶⁾。

しかしながら、こうした立場は、入手可能な結果の性格と質に照らせば、きわめて楽観主義的である。観察手法は、まだなお、きわめて断片的であり、その結果として、現状では、満足のいくパノラマを供給するには不十分である。とりわけ、こうした立場は、上述の方針に従って、誠実な規範的評価に至るために十分な、概念化と方法論的手法の欠如を重視していないように思われる。

フランスでは全国倫理諮問委員会 *Comite consultative national d'ethique*(CCNE)が、2004年に、ナノテク分野に特化した作業部会を設置した。我々のミッションは、このグループを、一方でのマイクロ・ナノテクノロジー・ネットワーク RMNT と⁽³⁷⁾、他方での国立科学研究センター CNRS 全国倫理委員会と結びつけることに貢献した。しかし、こうしたイニシアチブはまだなお、評価手法の欠如に突き当たっている。

リスク評価についての研究と、毒物学・生態毒物学 *ecotoxicologie* の研究は確かに有用であるが、しかしそれらは、消費者や市民に対して、（彼等がナノテクの開発を支持するに必要としている）確実性の証拠を、わずかにしか与えることができないであろうし、（技術進歩の意味と目的について、彼等が自らに提起することになる）問題にも、わずかな回答しか与えることができないであろう。

重大なリスクは、（測定可能で、解釈可能な事実に基づいたデータが欠けているような）まがいものの根拠に基づいて、あらゆるリスクの存在そのものを否定することにある。公衆の信頼は維持するには容易であっても、それが裏切られたとわかったときには、1世代かけても再構築するのは不可能である。この場合、ナノテクにより期待される進歩の受容可能性のみならず、その方向付け、将来のその具体化という根本的争点として、倫理的次元が現れるのである。

実践的には、産業界は次のことを認めている。つまり、カーボン・ナノチューブの生産と使用に関連した衛生的リスクは、明確には確立されておらず、（回避されるべき）制約要因をなすかもしれないのである。こうしたリスクの考慮の「調整」と、適切な「コミュニケーション」が、と

りわけ、このテーマについて不可欠であると、ATOFINA の代表は考えている⁽³⁸⁾。この会社は、1kg で 10 ユーロ以下の価格（Nanoledge 会社の基準のコストの 10 分の 1）でカーボン・ナノチューブ、1 日 10 トン生産できるとするシミュレーションを行っている。

諸制度は近年、制約という観点から倫理的争点について意識するようになっている。工業的リスクがよりよく認識されるに応じて、またこのリスクがよりよく評価されるに応じて、こうした意識が進むであろう。リスク分析を超えた倫理的争点が良く理解されていない限りでは、この意識は不十分なままに留まるであろう。いずれにしても抵抗——大部分は文化的である——が、予見されているのである。

（３）倫理問題の取り扱いへの文化的障壁

今日、ナノテク分野に倫理的問題設定を導入することには重大な障害が存在する。こうした障害は一方では、欧米間での関係において、モラトリアムへの懸念に関連しており、他方では、潜在的な工業的、文化的争点に関連している。

すべての国が、国際的なパブリックに対して、その社会を構造化している基本的傾向を開示しているわけではない。この点では米国はむしろ、他の国々よりもいっそう分析にアクセスしやすい。この国では、二つの肯定的傾向が相互に補強し合い、ナノテクにより可能となった応用の発展を促進させているのである（たとえ、これらの傾向がコミュニケーションの実質的相違を示しているとしても）⁽³⁹⁾。

一方では、我々が「明るい進歩主義者 *progressiste éclairé*」と呼ぶであろう傾向が登場しており、これにとっては、発見及び、その学際的な結合の応用について、責任ある態度を採用することで、公益部門での進歩を促進することが重要である。こうした進歩は、プラスの歴史哲学的背景において提示されている。すなわちショックのその豊富さとその波は、新しいルネサンスをもたらすであろう。責任ある態度の促進は、毒性、生態毒性の研究において最小限の投資を伴うが、しかし、厳密には倫理問題そのものを根本的とは考えない。その言外の意味は、倫理がそうしなければならない以上、倫理は技術により生み出された新しいゲームに適應するであろう、ということである。プラスはマイナスに対して、「ほとんど」公理的に優越する。

他方で、我々が「リバタリアン」と名付ける傾向は、「超人」によりもたらされるナノテクのビジョンによって「平凡化された」、人間＝機械インターフェースを通じて、自らの感覚的、運動的パフォーマンスの向上についての一時的な、もしくは結合的な、可逆的な、もしくは不可逆的な能力を、各個人が自分で選択するという、不可侵の権利を確認しようとする⁽⁴⁰⁾。こうした傾向によれば、あらゆる形の制限は不当なのであり、その結果として倫理問題は提起されない。個人のプラスが、「絶対的に」公理的に、集団的アプローチに優越し、あるかもしれないマイナスに優越する。あるいはより正確には、倫理問題は、公的介入の拒絶へと解消される。こうした介入は、自由の死、さらには米国憲法に対立すると考えられているのである。

欧州連合では、2004 年 1 月・2006 年 6 月の期間についての「ナノ・ロードマップ」と題された、第 6 次研究開発フレームワークプログラム PCRD のこのプロジェクトが示しているように、倫理的争点は、十分に受け止められてはいない⁽⁴¹⁾。ロードマップのプロジェクトは、競争力や成長、雇用への期待されるその貢献を考慮すれば、きわめて重要な部門（エネルギーや材料、医療技術）におけるナノテクの応用を予想することができる。しかしながら、倫理的争点は、このロードマップの仕様書には「欠如して」おり、それはあたかも社会が倫理的争点を無しですますことができるかのようである。

ナノテクにより切り開かれた可能性への制約という、きわめて倫理的な問題は全く、もしくは

ほとんど提起されていないので、このことの直接の帰結は、欧州連合とその他の世界における世論のナノテク受容の、短期での強い格差のリスクであり、これは、当該領域での科学技術的發展への公的支援に対して、きわめて不確定な影響をもたらす。

倫理と社会的受容性との間の関係の問題は、多様な形で取り扱うことができる。現実主義者と冷笑家が強調するのは、利害の論理が、共通意識に根付いた倫理的要請を侵犯することになったとしても、いずれにしても、利害が優越するであろうというのである。それというのも、彼らは、こうした根付きが、偶然的であり、部分的には恣意的であり、従って、永続的ではない、と考えているからである。しかしながら、歴史的経験が示すところでは、技術と倫理との間の分岐がきわめて大きいときには、そこから生じる社会的緊張が、時に不可逆的な損害と苦悩を生み出すのである。倫理の専門家は、このテーマについては、事実と価値との間での「耐えられうる分岐」の原則を指摘している。したがって現実主義者でさえ、損失と利益の観点から倫理問題を省略することを回避しなければならないであろう。

この観点からは、日本が、省際レベルで定義されつつあるナノテクのための全国イニシアチブを立ち上げる際に、倫理的側面についての考察を確立しようと考えていることは注目に値する。首相官邸の科学及び技術政策委員会の次長 Shimizu Kazuharu 博士は、2004年4月4日に次のように書いている。「ナノテクを適用することによって、(中略)これらの進歩は社会システムや産業構造、個人生活のドラスティックな変化を引き起こすであろう。こうした変化に備えるために、イノベーションと教育システム、さらには(経済や法律、倫理、文化といった)社会科学的領域における有効な措置が議論されなければならない」(42)。

ロシアは短期的にはこうしたアプローチを与えられるとは思われない。アメリカ技術貿易次官補 Philip J. Bond 氏により表明されているように、アメリカの公式的立場は、NNI によりなされる投資への顕著な収益を要求することにある。応用のプライオリティは、一方での国防及びテロ対策、他方での全米での高資格者の雇用創出に与えられている。

しかしながらナノテク研究に配分される連邦予算の1%が、社会的・倫理的含意についての研究に割り当てられなければならないことを指摘しておかなければならない。こうした恩恵のおかげで、コロンビアのサウス・カロライナ大学やスタンフォード大学は、これらの問題に向けられた研究所を設立しつつあり、これには、人文科学や哲学における著名な研究者が参加している。したがって、こうした領域でもまた、米国が先頭を行くものと思われるのである。我々のミッションの二人の著者は、あれこれの資格で、米国のこうした努力に協力している。

しかしながら、次のように言うことができよう。つまり経済競争力への競合においても、軍備の競合においても、ナノテクの応用への制限の問題は、なおざりにされたままである。こうしたなおざりは短期的な選択でしかないかもしれないし、また将来的には、比較優位は、「予想」能力と、社会的な忍耐力の随伴能力、領有メカニズムや表現様式の中に見いだされることもあり得る。

ここで我々の関心を引くナノテクの問題は、単に、技術そのものの効果ではなく、技術を引き出す観念の効果でもあることを繰り返しておこう(技術的実現がなされようが、なされまいが)(43)。集合的表象様式と、その進化の中に存在している諸力が、ここでは重要な争点であり、その妥当さについて、公権力は関心を抱いている(それがたとえ、これをよりよく理解するためだけであつたとしても)。

倫理的次元及び、地理戦略的な争点や競争力に照らして倫理を実現すること、これらを正当に考慮する際の困難が顕著に増大するのは、ナノテクを、その自然的ビオトープの中で、すなわち工業的メタ収斂の過程の中で考慮するときである。本報告書の第2部は、このメタ収斂の現実を対象とし、米欧のアプローチの相違、イノベーションと貿易への潜在的影響に当てられる。

第2部 ナノテクノロジーとメタ収斂

収斂というプロブレマティークは、伝統的に、情報技術の領域、つまりテレコミュニケーションと情報科学に関わり、ついで、この二つとオーディオヴィジュアルとの収斂、さらには財とサービスの移動性への移行に関わる。ここで問題となっている結合は、まったく「直感に反する」。というのもこれらの結合は、構想から販売へと至る、伝統的に強く仕切られた科学技術チェーンを、今や乗り越えているからである。

メタ収斂というプロブレマティークは、2004年では、現実というよりも将来展望に属している。しかしながら、少なくとも二つの異なった部門に由来するインプットの結合が、異なったリズムに応じて、登場し始めている。この第2部の目的は、こうした結合が、—— それ以外の経済への刺激力をそれ自身の特徴の中に有している —— 諸技術の収斂から生じる際の、潜在性とその経済的利益を簡潔に提示することである。

我々のミッションは次のように考えている。すなわち変容的能力を持った諸技術の収斂が、比類なき機会を創出し、そのためにこそ、有利な国際的特化の意欲的創出が正当化されるのである。

1. 次世代テクノロジーの波におけるナノテクノロジーの位置

我々は、一対一の二つの結合による収斂、複数の結合による収斂、最後に、種別的役割を演じべきものとしての認知的次元を巻き込む収斂を、順を追って検討することにしよう。

(1) 単純な結合による収斂は、ナノテクと情報コミュニケーション技術との結合によって得られる生産、もしくはナノテクと、主としてバイテクとの結合によって得られる生産、さらには、生物学と情報コミュニケーション技術のマイクロメートル以下での規模での接合に関連する。

エレクトロニクス部品の微小化は、すでにナノ・メートル規模に到達しており、サイズの縮小のリズムについて、見解が共有されている。すなわち例えば、ITRSの国際ロードマップにより、2004年にはDRAMメモリーについて90ナノメートル、2013年には32ナノメートルと予告されている。ある部品は、その統合能力が、6年間で、10億のトランジスタから16倍の能力にまで増大することになる。費用とサイズの減少が、あらゆる社会全体につながる利用に道を開き、いわゆるインテリジェントな環境のサービスの開発の新しい展望を切り開く(バーチャルリアリティ、増加するリアリティ、適切な情報の的確な普及、人工物の利用など)

(2) 複数の結合による収斂が工業的メタ収斂の現実を示す。

結局、一対一の二つの結合は、それだけでは工業的現実を説明していない。よりよい付加価値を持った応用を特定するためには、少なくとも三つの部門を結合しなければならない。

こうして、ナノテクとバイテク、そして情報コミュニケーション技術TICの結合は、共通の道具と設備により促進される、新しい学際的ノウハウを必要とするのである。製造ラインにおいて使用されるならば、ネットワークに組織された生物学的センサーはきわめて有望である。ガン細胞の探知と破壊のために、また医療への応用におけるリモート・モニタリングのために、的を絞った管理の先進システムが、顕著な市場展望と同時に、医療保険費用における節約を提供する。より将来的に、離れたところから触覚の感覚を用いる「アクティブな皮膚」システムに言及することもできよう(離れたところから、そこにいる感覚を得ることができる)。

(3) 認知科学とニューロテクノロジーの特異な場所

認知科学は知識に制限されず、科学的心理学のすべての領域と、哲学や論理学、人文科学一般

におけるその対応領域をカバーする。

情報社会は、知識をデータとして考えるのに対し、認知科学は次のような条件を探求する。すなわちエージェントが、ある知識を獲得し、採択し、喪失し、変容し、伝達する際の条件、つまり、能力と表象の全体（知識はその知覚可能な一部をなしているにすぎない）を探求するのである⁽⁴⁶⁾。それは、いかにして人間の脳が、学習や言語、推論、思考、感情、行動、社会関係、行為を創発するのかを理解しようとする、学際的な領域である。

（例えばロボットやコンピュータといった外在的手段を思考によって制御するための）命令シグナルへと情報を変容するための、神経ネットワークにおける情報解読は、認知科学とニューロテクノロジーを含んだメタ収斂の応用にとっての主要な争点である。ニューロテクノロジーは中枢神経に影響を与えることができる一連のツールによって具体化される。研究の未来は、三次元電極を使用する実験室技術から、柔軟な電極バッテリーのインプラントに基づいた生体内技術への移行にある。これらの技術のテストと、その開発速度は、一部は、幹細胞や生体組織のクローンに対する社会の態度（促進剤と考えられる）に依存するのである。

ナノテクや情報コミュニケーション技術、バイオテクといった、強い変容的技術と認知科学との収斂の産業的応用は、損傷された決定的な機能の修復という問題設定（パーキンソン氏病やアルツハイマー病、くも膜下出血に由来する半身不随など）においてきわめて有効である——たとえばその原因は何であれ（兵士にとっては暴力的な原因、その他の人にとっては、事故や年齢による原因——）。こうした産業的応用はまた、パフォーマンス増強や生産性、創造性の向上、態度の修正、さらにはパーソナリティの修正をも切り開くのである。従ってこうした応用は、制限の問題に服することもあり得る。

情報社会における教育そのものが認知的繰返し *cognitive walkthrough* の方法に集中したメタ収斂から利益を引き出すことができる。この方法は、主観的評価にというよりも、むしろ潜在的な意味論的分析に基づいて、当該の公衆に適した意味論的空間を選択するのであり、こうして学習の効率性を増大させるのである。離れたところから、随意に訴えかけるパーソナルな支援に含まれることで、こうした方法は、初等教育、職業教育及び職業実践の中で、他文化的、多言語的環境において、複数の応用を可能とする。

2. NBIC・収斂技術をめぐるアプローチの米欧間での分岐

2004年には、欧州委員会の専門家会合の責任の下で、NBIC収斂に関する全米科学財団 NSF 報告書への回答が与えられた。本章では我々は、倫理とメタ収斂の観点から、NSF 報告書の特徴について述べることにしよう。またそれと同時に我々は、欧州のアプローチのオリジナリティ——NBICを支えている考えとは異なった考え方に示される——を提示しよう。こうした相違は、異なった目的に関連づけられているのである。我々は、こうした説明を、民生軍事という二重の技術の争点の簡潔な要約によって終えるであろうし、またこうしたアプローチの違いが社会的整合性と競争力に対して有する潜在的影響の検討によって終えるであろう。

（1）全米科学財団NSFとパフォーマンス増強の問題

人間的パフォーマンスの向上という問題設定は、全米ナノテクイニシアチブ NNI を促進すべき軸の一つとして受け容れられてきた。それは少なくともメディア言説においては、「夢の部分」を安心してもたらすのである。しかしながら、ここでは、木を見て森を見ず、とはいかない。アメリカの NNI はその予算の 45%を総合的ナノ構造の研究（物理学や生物学、エレクトロニクス、工学、磁気）のために支出し、20%をシステム・アーキテクチャ（相互連結 *interconnexion*、統

合 integration) に支出している。ナノエレクトロニクスや光エレクトロニクス optoelectronic、磁気エレクトロニクスは、大きな挑戦を担うとされるプログラムの 39% を占めており、これにナノ構造化された物質の 22% が付加されるのである。それに対してナノメートルスケールでのバイオシステムに関する研究は、NNI により支援される資金の 14% しか占めていないのである。

したがって製品のミニチュア化及びエレクトロニクス部門の派生サービスが、情報社会の先進技術への米国の国際的特化の中心及びその延長線上に留まったままなのである。エレクトロニクス戦争とも呼ぶべきものにおける、磁気エレクトロニクスの武器の効果に対する戦略的防衛の選択もまた、基礎研究の方向付けにおいて背景的に存在しているのである。

市場への支援もまた、研究への公的支援過程の以前から存在しており、ナノメートルレベルでの製造工程支援と、道具化 instrumentation と度量衡への投資を伴っているのである。

付録に引用された彼等の 2001 年及び 2003 年の著作の中で、Roco 氏と Bainbridge 氏とにより提示された図式によれば、21 世紀から始められた新しいパラダイムが、NBIC 収斂によって導入されるであろうという。(それに対して人間が自らのコントロールを行使し得るアルゴリズムとして考えられる) 現実もしくは自然の完全なる理解は、旧来のあらゆるパラダイムが突き当たってきた目標であり、これは、収斂により初めてアクセス可能になるのだという。すなわちそれは「人間とコンピュータとのインターフェースの支援によってであり、これこそが、人間に対して、自らのポテンシャルを最大限に利用することを支援することを可能とさせるような機械と情報システムを構想し、実現することを可能とさせるであろう」。

自然の人工化と人間の自然化とは、NSF の米国的アプローチにより既成事実として扱われている(単純な因果関連もしくは、場合によっては生態系汚染学のシステム論という意味でのリスク評価を伴わなければならないものの)。従って、変容的な能力を持った技術領域すべてにおいて、またその収斂において、急速な進歩への道が開かれているのである。公権力の役割は、世論による受容可能性を確保しつつ、民間イニシアチブ促進的な条件全体を確立することである。

(2) 欧州委員会の専門家レポートと目標の問題

欧州委員会は、2003 年 10 月から 2004 年 9 月にかけて、NSF の NBIC 報告書により提起された問題について、欧州的な基準を確立するための学際的な専門家会合を開催し、NSF とは異なったオプションを提示しようとし、また 2020 年時点での収斂的技術の展望の実施においてこれを行おうとした。この報告書の執筆者である我々も、この専門家会合に参加し、自身の責任の下で、付録(省略)で引用したような、的をしばった論稿を生み出すように促された。この会合の結論は欧州委員会を拘束しない。しかしながら、欧州研究総局将来予測部長 Theodius Lennon 氏の勧告から、この結論はリスボン・アジェンダの修正過程に統合される任務を持ち、知識社会に関する共同体の公共政策の方向付けのための要素を提供する任務を持っていた。

収斂的技術の経済的効果は、この会合の中心ではなかったが、それでも、特別なドキュメント⁽⁴⁷⁾(本報告書⁽⁴⁸⁾の二人の著者の一人により進められている作業を基礎にして、その主要な勧告が準備されている)の中のシナリオに基づいて、我々の要求によって含まれることになった。最終文書は、技術の獲得の歴史的分析という背景における社会的な強い含意を示している。

社会のモデル — 自らの価値を有し、社会が自らに与える目標の意味を有し、また社会が自らに設定するプライオリティや制限を有している、という社会のモデル — は、半世紀後に展望される大規模な工業的メタ収斂を前にしては、きわめて脆弱である。

自然の人工化は、GMO に対するしばしば暴力的な反応によって、その受容可能性の限界を示した。人間の自然化によって、「我々は、我々が人工物、科学的産品になることができる限りにお

いてのみ、我々は自然的であること、また我々が、自然の法則を利用することによって、我々が変容され、改良され、経済化（節約）されることができると」を意味するのであれば、人間の自然化の過程について、何を言うことができようか？⁽⁴⁹⁾

（バイオエンジニアリングにより神経の束 *noeuds neuronaux* を作りだし、離れたところから脳の作用に影響を与えることができることによって）生物と両立可能な *biocompatibles* ナノ・インプラントの結合は、工学者に対して、「意識」への介入手法を付与することを可能とする。つまり意識は、記憶、存在の知覚、行動及び意思の目的、これらのグローバル化として見られるのである。科学者コミュニティは、目下のところ、自らの意図を修復的活動に制限している（思考を修正するようになるのではなく、単に、うまく作用しない回路をショートカットするだけであろうという）。しかし、社会的な意図についてはどうであろうか。

欧州の専門家会合が、NSF 報告書と袂を分かっているのは、基礎研究及び応用研究の方向付けにおいて追求されている「目標」の点についてである。

欧州の専門家会合は次のように考えた。すなわち欧州連合の構造的な文化的モザイクを考慮して、工業的なメタ収斂の利点は、公権力を通じて、「人の役に立つように」利用されるべきであろう、というのである。NSF のアプローチに特有な目標は、（人やその価値観、その基本的権利の場合によっては犠牲にしても）まずもって経済競争力に役立つこととして考えられていたのである（それが誤っていようが、正当であろうが）。

アメリカのアプローチと欧州のそれとの間での可能な和解があるとしても、それは、まだなお全く形成されてはいないのである。

欧州専門家会合はまた、次のようにも考えた。つまり発見のリズムは極めて急速で、その普及の「以前に」この技術の評価する能力をすでに超えているほどであり、かくして暗黙のうちに、集合的警戒の義務に傾きがちとなる。この専門家会合は次のように期待していた。すなわち、その発展と同じ速度で、またもし可能であれば、それを予測することで、（影響評価及び永続的なフォローアップによって）ナノテクの前のステップについて、つまり学際性ではなくナノサイエンスそのものに同伴することができることである。言わば、科学技術的变化のリアルタイムでの反省が、このように、人類史において初めて登場することになる。おそらくそれは、こうした現象の加速化によって不可避となる。

（3）二重の技術の問題と競争の質

民生市場と軍事市場とは、仕様とセグメント化の観点で異なっている。一方の市場にとって構想されたイノベーションは、それほどのコストを伴わずに、しばしば、もう一方に移転することができる。防衛に関しては、ナノテクの貢献は、複数の領域で期待されている⁽⁵⁰⁾。それには、以下が含まれる。エネルギー的なナノ物質や兵士の保護、情報の探索と移転、通信管理、遠くから指令される行動、航空宇宙機械、エネルギー供給である。

収斂的技術の変容能力は潜在的に、情報コミュニケーション技術のコスト低下の追求によって引き出される。「将来展望的」見方によれば、今から 2024 年までには、個人用のパソコンは 2004 年のそれよりも、8,000 倍パフォーマンスを向上させ、2004 年に入手可能な同一性能の機種は 20 セントでしかなくなり、洋服のボタン程度の大きさに収まるという⁽⁵¹⁾。しかしながら ITRS のロードマップの 2003 年版により、2018 年に予測されている、7 ナノメートルのグリッド上のトランジスタの製造ラインコストの概算を評価しなければならず、これは、現在の費用（25 億ドル）より高いであろう。憶えておくべきことは、グルノーブルのナノテク拠点である Crolles II の投資が 35 億ユーロと見積もられていることである。

ナノテクは、(所与の環境で、化学汚染やバクテリアが登場するとすぐに、これらを探索し、識別できる) センサーネットワークを製造するためにすでに用いられている。たとえこうした技術が、当所は軍事目的で利用されているとしても、それは、数年後には、医療技術へも応用することができる。

民生的応用に向けられた、また分子的な製造に基づいた工業過程は、Chris Phoenix と Eric Drexler によれば、経済及び国際関係を深刻に混乱させるに十分な潜在力を持つであろう。彼等は次のように見積もっている。つまりこうした潜在力を完全に活用するような国は、毎年、10 倍以上、その潜在力を増大させ、公共政策の責任者たちに対して、富と資源の生産における顕著で急速な進化に対処するように強いというのである。

同様に、(米国の主要な情報学者の一人で、Java プログラムの開発者で、サン・マイクロシステム社の共同創業者である) Bill Joy は、次のように考えた。情報コミュニケーション技術とナノテクの物理的利用との結合が、21 世紀には、世界市場で、米国経済の 100 倍の富を作り出すというのである。

工業的メタ収斂におけるナノテクの二重性は、軍事的資金援助により作り出される民生的販路が競争優位をもたらす、という問題を提起する。科学的進歩の絶対的保護と、(国防を脅かすような要素や技術移転を公表することの) 禁止とならんで、研究目標の強い方向付けによってこうした競争優位が増加し、社会的影響をもたらすことになる。

かくして DARPA は、2004 年に、NBIC 収斂を強調することで、ナノマテリアルやナノサイエンス、その関連技術への支援に、4 億 4,500 万ドルの予算を計上している。この省庁の LifeLog プログラムは、世論における論争のためにその後、公的に名称変更されたが、個人支援という形で認知システムの新しい創出を構想するという野心を持っていた。

3. イノベーションと貿易にのしかかるリスク

投資が実施されるためには、透明性とゲームの規則の平明さ、アクターのゲームへの信頼を必要とする。確かに、ナノテクの飛躍的發展を確保するためには、イノベーションと貿易が、公共政策により促進されなければならない。したがって、最も適切な公共活動を提案するためには、投資への制約を特定しなければならない。我々の作業部会は網羅的なパノラマを提示することはできなかった。しかしそれは、次の二つの改善点をはっきりと指摘することができる。すなわちまず、法律の不適合、ついで特許及び知的財産保護に関する困難である。

(1) 規則枠組みを進化させる必要

極度に投機的な行為を優先しようとするのでない限り、市場が、長期にわたり発展するためには、安定した枠組み、またできるだけ予見可能な枠組みを必要とする。安全性と工業的リスクの予防という観点からの制約を遵守するのに高くつくのは、すでにプロセスが実施されているのに、リスクが登場するときである。プロセスそのものと同時に、もし可能であれば、慎重なシステムを構想し、実施することの方が、いっそう経済的である。しかしながらわれわれは、影響評価研究の入手困難さ、リスクの特徴付けの不在にぶつかり、またリスクの性格を理解するさいの困難や、保険によるか、もしくは訴訟によるリスクの金銭的代償を評価するさいの困難、さらには適切な概念化の明らかな欠如にぶつかるのである。

ナノテクの法律的含意は、実際のところ、今日、全く知られていない。ましてや工業的メタ収斂の法律的含意についてはなおさらである。欧州連合の中では、企業は、その年次報告書の中で、会計報告とならんで、自らの企業活動のために環境に与えられる損害が起こった場合に企業によ

り負担されるであろうコストの評価を公表する義務を遵守しなければならない。

投資家たちは、不確実性を削減しようとしている。いかにして株式相場を、あるいは株式上場の以前に、「ベンチャー資本」を、応用研究に必要な投資へと、またスタートアップ企業の登場へと惹きつけるべきか？ Sofinnova Partners や CdC-PME、BioMerieux といった企業グループは、（こうした企業が、そこから投資への正当な見返りを期待するべき）生産に適用されることになる公的規制を、正確に知る権利がある。

そのためには、規制枠組みの構成要素を決めるための、欧州レベル及び国際レベルで協力する必要があるように思われる。こうした規制枠組みは、すべての当事者の信頼に値するナノテクの開発を枠組みづけることができなければならず、それはすべてのステークホルダーと協調して、規定されるべき監視や罰則の手続きを作成しなければならない。過剰規制はイノベーションにとって否定的な効果を持つとしても、規制の不在は市場を直接的に損なう。したがって、公益と一致するように、協力的精神に基づいて、規制についてのバランスが積極的に追求され見出されなければならない。

（２）標準と知的財産権の決定的問題について

ナノテクにより切り開かれる潜在的市場が重要である以上、適切な標準を確立しなければならない。それは、欧州での販売を担う組織が、収益の最低限が達成されるやいなや、こうした発展から完全に利益を引き出すことができることを確保するためなのである。標準化の観点からは、ナノテクはその性格からして横断的な学問として考えられ、化学や物理学、生物学、情報といった妥当な部門を横断し、結合させるのである。

欧州標準化センター CEN において、妥当なものとして同定されている領域は次の通りである。すなわちナノテクを支える基礎的度量衡の標準化、物理的特性の定義、構造の特徴づけ、生物学的特性、ナノメートルスケールでの評価、である。

ナノテクに関する欧州標準化センターの新しい欧州作業部会 WG166 により探求される作業の主軸の中に、定義と分類が統合される。この作業部会は、このプロセスへの潜在的ステークホルダーに対して、そのテーマごとに表明された利益の評価について質問票を作成した。しかしながら、ナノテクは工業的実践の中にそれほど強く根ざしているわけではないので、欧州標準化にかかる技術委員会が、民間資金だけに基づいて作業を進め、掌握することができるとは思えない。いかなる遅延も起こらないようにするためには、分類及び標準化への支援の公的資金が、まさに不可欠となる。

同時に、連邦政府に推し進められた萌芽的コンセンサスを反映して、全米標準機構 ANSI のナノテク定義運営パネル Nanotechnology Terminology Steering Panel は、米国で、2004 年 9 月に最初の会合を開催した。欧州標準化センターの英国のオブザーバーである Peter Hatto 博士によれば、アメリカの事務局による国際標準化機関 ISO の枠組みの中での国際標準化への直接的移行の提案をめぐって、かなり広範なコンセンサスが獲得された。その際、米国＝欧州連合の混合事務局が設置されるように、共通部会のタスクフォースが、特定数の参加メンバーの下で誕生した。これは、2004 年 10 月初頭に欧州標準化センターの作業部会の会合時点で、土壇場の状況で決められた立場であった。この立場は、— ISO/欧州標準化センター CEN のイニシアチブを管理し調整することを可能とさせる — いわゆる「ウィーン」条約に基づくことになろう⁽⁵²⁾。

フランス標準化協会 AFNOR は、フランスの公権力により促進されるべき積極的な役割を演じた。つまりそれは、標準の精緻化に実際に貢献することができるパネルを設置することによってであり、また欧州標準化センターの中でその立場を示すことによってであり、さらにはナノテク

に特有な最初の質問票を普及することによってである⁽⁵³⁾。しかし AFNOR はナノテクの、萌芽的であると同時に横断的な特徴に関連した困難に突き当たる。ナノテクは、「標準化の領域」の厳格な境界線の間での交差点に存在しているのである。

こうした困難にもかかわらず、取り組まれているプロセスにおけるあらゆる遅滞を回避しなければならない。最も大きなリスクは、国際的次元からの離脱であり、ナノテク領域での標準化は、当所からこうした傾向を持っているのである。

その上 AFNOR は 2004 年 3 月以降、リスク評価に関する欧州及び国内での作業グループを牽引しているのである (CEN WG 160 「リスク評価」と全国リスク評価委員会 CNRISQUE)。

ナノテクの「工業的リスク」次元が、あれこれのやり方で標準化機関により考慮されることが望ましいであろうし、標準化機関の結論が遅滞なく国際的な対話において活用されることが望ましい。この問題への別のアプローチが可能であり、また促進されるべきである (労働現場での衛生及び安全性は、2005 年以降の、労働災害及び職業病の予防に関する国立研究安全機構 INRS 及び国立公衆衛生警戒研究所 INERIS、またとりわけ国立衛生監視研究所 INVS のプログラムの方針である)。

知的財産権は、構想とイノベーションに対してなされる投資への報酬の源泉である。そのために、知的財産権の保護は資金動員への決定的条件である。ナノテクに関して言えば、「特許」は各国の特許オフィスにより受け容れられており、こうしたオフィスは、観察者に対して、何が厳密にナノテクに属するかを確定させるような分類の詳細な基準を特に実施することもなかったのである。申請される特許の分類は、従来の項目にしたがって行われる。ナノテクを統合した特許申請の増加を考慮して、米国は 2004 年 10 月に、ナノテクとイノベーションとの結合した基準に応える特許の新分類の定義を検討することを決定したのである。共同体特許にとっての欧州特許局 OEB のような分類が、遅滞なく検討されなければならないであろう。

米国特許オフィス USPTO と OEB の統計は、ナノテクの特許の科学的起源は複数の科学に分散しており、いずれが支配的ということもないことを示している。最も重要な三つの源泉は、化学(特許の 21%)と、収斂を具体的に反映している学際的カテゴリ(16%)、応用物理である。マテリアル科学は特許の 4%を占めている。DuPont de Nemours や Dow Chemical、Procter et Gamble、IBM といった米国の巨大グループは、特許のポートフォリオを構成し、自ら最適化している。L'Oreal もまたその領域で特許を保有している。

とりわけ生物が考慮される場合には、特許可能性が倫理問題となるが、これは、ナノテク及びそのメタ収斂の領域においては、まだなお明確には提起されていない。倫理問題がクリアされたとしても、投資を安全化させる規則枠組み(投資を呼び寄せるために特許が申請されるのである)が早急に定義されないならば、市場で販売されるようになるのに応じて、多くの法律的問題が強調されることになるだろう。ナノ、ニューロ、情報技術の合流点に位置づけられている領域は、ゲームの規則における透明性の欠如によって、その飛躍を大きく制約されることもあり得る。

逆に、例えばニューロサイエンス領域における、暗黙に認められている無制限の特許可能性は、強い社会的効用を持った医療技術の応用の発展を阻害するかもしれない(使用が意識的に制限されたり、経済格差が生じるほどの価格の場合には)。

実際には、特許のポートフォリオ管理に特化した会社が、とりわけスイスでは、販売促進のために設立されている。ナノ製造を含んだ構造の特殊性は、これが同一の物理的土台の上に知的所有権のブロックを積み上げていることである。その結果、知的所有権のこうした堆積の法的管理における特別な能力が、訴訟を予防するためには不可欠なのである。同様に、十分な「一般的」空間が、それを希望する人すべてに入手可能にされるべきであろう。さもなければ多くのイノベ

ーションを妨害し、かくして社会を貧しくさせることになる。

一般的に、科学者たちが、近い将来において新しい可能性もしくは「手に届く」可能性を正確に表明することができるためには、対話の空間が創出されなければならないであろう（こうした可能性が、収斂の枠組みのなかでの生体内試験を必要とするときも含む）。こうして製造企業や経済学者、法律学者、倫理学者、議員、公権力が、それぞれ世論や勧告、規範、規則枠組みや良好な実践コードを表明する以前に、彼らは何が重要であるかをよりよく理解することができるのである。

この第二部の締めくくりとして、我々は、工業的メタ収斂の射程の広さに鑑みて、この第二部を補完するために、MEDEA+により与えられた強いシグナルを引用しておこう。すなわちマイクロエレクトロニクス部門の欧州における成功が、携帯電話サービス領域、また（金融取引や保険のためのチップカードにより提供される）サービス領域において獲得されたリーダーシップに由来しているという確認から出発することで、MEDEA+は、次のように考えている。つまりリーダーシップの維持のために、欧州の既存の工業的な力強い基礎は、マイクロエレクトロニクスからナノエレクトロニクスへと進化しなければならない。しかし、これまでの成果が顕著であったとしても、欧州での（ナノ）エレクトロニクス工業の未来は、保証されているとは言い難い(55)。このことは、促進的なコンテクストの創出のための、公的アクター及び民間アクターの責任の問題を提起するのである。

第3部 メタ収斂におけるナノテクノロジーの展望と補完性：どんな公共政策が必要か？

公共・民間のパートナーシップが広範な広がりを見ている昨今において、公共政策を定義する以前に、公的责任における補完性原則について考えることが必要である。

ナノテクや、（変容能力を持った技術への）ナノテクの統合は、——（効率性と国土整備とが常に、よりよい均衡を追求している）地域経済振興担当部局から、政府高官や産業界といったアクター、もしくは市民の名前で活動する特定の利益集団代表に至るまで —— 補完性概念に基づいた包括的なアプローチを必要とする。

この第3部では、我々は、2004年11月1日時点で入手可能な現実の情報をとりまとめることで、ローカルからグローバルに至るアプローチを採用することにした。したがって、協力と競争との最適解を求めて、ローカルで地域的な次元から、欧州的な次元へ、最後には萌芽的な国際的次元へと、順次取りかかることになる。

第3部は、一連のオペレーショナルな勧告によって要約されることになり、こうした勧告は、工業発達のためにフランスで利用可能な公共政策と調和することが期待されている。

1. 公的责任の問題

責任を有するということは、自らの活動の否定的帰結を受け止め、これに服することとして定義することができる。責任とは逆に、「アクター」の「ゲーム」は、「深刻さのない」活動として考えることができ、こうした活動は、直接的もしくは間接的にいかなる結果ももたらさず、誰も傷つけることはない。ナノテクの場合、「土台ブロック」の特性は、そもそも、まだ広く知られてはおらず、ましてやそれらの間での結合においては、またそのライフサイクルを通じた拡散においてもこれらの特性は知られていないのである。さらにまた、GMO 反対派から刺激を受けた論法に基づいて、モラトリアムの明示的要求によって特徴づけられるような背景においては、将来の「リスク」の公的な考慮が不可欠である。

社会的、また産業的争点がきわめて重大であるために、危機が起こった後のパニック状態において、「コミュニケーション」と呼ばれている唯一の資源に訴えることで、こうした問題を緊急に扱うことはできないであろう。

この報告書の中で提案されている行動がオリジナルなのは次の点である。つまりそれは、市場への登場の以前の段階で、ナノテクへの公的支援をめぐる社会的コンセンサスを、十分に包括的な倫理的反省の上に「基づかせる」ことを提案しているのである。倫理的次元が、極めて急速に、観察と介入、コミュニケーションという手法全体に関わる以上、我々はプロセスにおけるアクターたちの役割について考察することになる。

公共的責任は、社会的コンセンサスの精緻化と維持に関与するが、また科学的また産業的リスクから住民や労働現場における作業員を保護することにも関与する。経験の示すところでは、主要なリスク（イオン放射 *rayonnements ionisants* やアスベスト — その公衆衛生費用は 2005 年に 10 億ユーロ —）に関しては、「最終的に」応えるのは国である。したがって、ナノ粒子やナノ構造の特徴が特定され、特徴づけられ、またその産業的使用のためにモデル化されるに応じて、国は、何よりもまず、最も正確に、また最も正しく制約と責任を割り振るべきである。

我々は、国レベル、地方レベルでの観察の限界、規則枠組みの領域において検討されうる選択、最後にナノテクに関する公共活動における説明（アカウンタビリティ）原則の適用に、順次取り組むことにしよう。

（１）国レベル及び地方レベルで管理し、理解するために観察すること

ナノテクに関わる、フランスの 5 つの専門的な技術センターのプログラムの実施の目標が、現在作成されつつある方法に従って、2004 年 9 月の地域振興省際委員会 *CIADT* により決定される州競争力拠点により引き継がれることになるという。今の段階では、地域の論理と *COE* エクセレンスの論理とが対立しているのか、それとも結合されているのかを判断することはできない。欧州、さらには国際的なパートナーシップにとって決定的な規模であるかどうかという基準が、こうした（地域と *COE* という）弁証法において決定的な要素として考えられることが望ましいであろう。

今日では、当該の技術センターは、3 年間で、1 億 4,000 万ユーロの資金援助を引き出しており、うち 1 億ユーロは研究省から、4,000 万ユーロは国立科学研究センター *CNRS* や原子力エネルギー庁 *CEA* からである。これらは次の地帯に設置される。

- ・リール：*IEMN* リール大学（マイクロ・ナノ高感度光エレクトロニクス *optoelectroique rapide*、マイクロシステム）
- ・ブザンソン：*FEMTO ST*（マイクロシステム、マイクロエレクトロニクス）
- ・パリ南部 *Paris-sud*：*IEF/LPN*（ナノ光子学 *nanophotonique*、ナノエレクトロニクス、ナノ物理）
- ・トゥールーズ：*LAAS*（パワーエレクトロニクス、ナノ・マイクロシステム）
- ・グルノーブル：ナノサイエンス及びマイクロ・ナノテクノロジーのための *Minatec* 拠点：中期的に 4,000 人（うち 2,000 人は研究者や教官、1,000 人の学生、研究開発関連企業において 1,000 人の雇用）。1 万 6,600 人の工業地帯への統合（うち 3,500 人は研究に）。30 の多国籍企業、30 のスタートアップ企業。原子力エネルギー庁、グルノーブル工科大学 *Joseph Fourier* 大学が当地の国立科学センターに結合している。

トゥールーズの未来のガン研究拠点を支える基金のプロジェクトは、2004 年の 4 月に首相が予告しているように、バイオテクノロジー・ナノテク・プラットフォームを含むかもしれない。

フランス研究庁 ANR はナノテクノロジーを促進するべく、とりわけ欧州や国際的なパートナーの巨大技術センターとの連携を促進するべく、公的資金を増加させなければならないであろう。こうした連携は、公的資金の欠如のために、これまで発展することができなかったのである。この ANR という公益行政法人 GIP の創出を機会に、マイクロ・ナノテクノロジー・ネットワーク RMNT（その応用領域は、メタ収斂をカバーしている）にいかなる予算的中断も起こらないことが重要である⁽⁵⁶⁾。

公的資金から恩恵を受けるこれらの研究センターの管理者たちの間でのコンフリクトの一つの要因は、このやり方の人気から生じる。すなわち中小企業とスタートアップ企業は、自らが必要とするであろう時間に照らして、センターの空いている時間を割り当てとして受け取るのである。センターの責任ある意思決定者たちは、自分たちがセンター使用時間の 70% を保持しなければならない、別の参加者たちのための時間の 50% が上限となろう（これを超えては彼らは断念することになる）、と考えている。

フランスでは原子力エネルギー庁 CEA/Leti と国立科学研究センターのイニシアチブに基づいて、観測手法（モニタリング・ツール）が作り上げられた。

マイクロ・ナノテクノロジー観測 OMNT は、技術的ブレークスルーのかすかな予兆シグナルを探索することを目的としている。この手法は、順調な公共・民間パートナーシップの例である。OMNT の年次集会の成功は、毎年科学及びその進歩の現状紹介に対する産業界や科学者、ベンチャー資本のその他のアクターたちのいっそうの関心を示している。150 人の科学技術専門家のネットワークからなる軽い機構として、OMNT はその効率性を証明してきた。2003 年には、CNES と DGA、防衛省の軍事応用局がこのネットワークに加盟した⁽⁵⁷⁾。

OMNT は、短期的にはエネルギーのマイクロ資源、バイテク、分子エレクトロニクス、ナノテクという四つの部局においてその技術観察を発展させると予定している。公的意思決定当局の観点からは、一つの次元がまだなお未発達なままに留まっており、それは、萌芽的技術への社会的観察、人文社会科学の次元である。

公共政策の方向付け以前での、もう一つの観測手法は、フランスにおけるマイクロエレクトロニクスとマイクロテクノロジーの業界団体であり (JEMI)、そのスキルは、今後、ナノテクの萌芽的産業活動の知識により精緻化され、補完されることになる。

欧州連合加盟国において存在している観測手法のハーモニゼーションは、ナノテク及び、変容的能力のあるテクノロジーへのナノテクの統合の社会的観測の形で、特別の欧州プログラムによって効果的に「引き出される」ことができよう。その仕様は、アクターたちの補完性を考慮することで、ステークホルダーたちや公的また民間の意思決定者の必要に応じて定義されるであろう。

（2）レッセフェールの空間と、規制に服する活動との間で選択する

当然のことながら、所与の時点において、この選択は欧州及び国際的な規制によって制約されているとしても、こうした選択は、必ずしも常に制約されているわけではない（アクターたちの期待と動員が重要であるので）。国レベル及び地域レベルでの実施において、評価の幅が常に存在するのである。

フランスでは公権力が、工業的リスクについての厳格な規制と監視措置を保持している（例えば SEVESO 分類される事業所や、州工業研究局 DRIRE の行動）。合成ナノ粒子による毒性や生態毒性の予防の領域においては、その結果、新しい手法を作り出すよりも、アクションプログラムを活性化させ方向付ける方が、重要である。リスク知識への必要性に対して資金援助されなければならないであろう。

他方、ナノテクやメタ収斂により引き起こされるメタリスクに特有な複雑性と不確実性との帰結を、公権力は引き受け、注視することが重要である⁽⁵⁸⁾。つまりこうした現象 — そこでは、すべてのステークホルダーの協力をよりよく確保するために、この状況を説明するコミュニケーションを確立しなければならない — に直面して、懸念と謙虚さが必要なのである。しかしまた、厳密な概念的的努力も必要なのであり、それは「予防」という概念に固有な、過剰な単純化を克服することになる。

ナノテクの将来は、そのテーマに対してなされる期待に、社会がどのように反応するかに依存している。他方、こうした期待そのものが、普及されているイメージや表象に依存しており、それはすでに、最も若い年齢の人々に向けられているのである（「働き蟻」から連想されるモデルを参照⁽⁵⁹⁾）。

企業活動を行い、イノベーションを行い、実験を行うのにある程度必要なレッセフェールは — もし、それが、ナノテクについての十分に積極的で、楽観的で、クレディブルなイメージの構築に貢献したいのであれば —、絶えず、自らが、アプリオリに付与された信頼に値するということを証明しなければならない。そのためには、我々のミッションは、A. Grinbaum et J-P. Dupuy の論考に基づいて、次のように考える。すなわち全く新しい評価手法、いわゆるダイナミックな規範的評価(ongoing normative assessment)という手法を構想しなければならない。この手法によって、ナノメートルレベルで発見された特性についてのそれぞれの新しい知識は、評価を遅滞なく調節し、公共活動を方向付けることを可能とさせる。この点がオリジナルであると同時に、主要な点である。つまりオリジナルであるというのは、この手法がいかなるシナリオにも閉じこめられておらず、それぞれの段階で、科学的、工業的現実を考慮し、より大多数の人々に役立つように好循環を描くのである。また主要であるというのは、この手法が、おそらく、長期にわたる適切な信頼の鍵を含んでいるからである。

分子レベルでの製造や原子クラスターの利用が今後可能となり、E. Drexler と R. Smaller（ノーベル化学賞受賞者、フラーレンの発見）との間の論争が、今や、我々を支持している。潜在的リスクに直面して、公的責任は、ここでは、レッセフェールと規制との間での境界線が、明確に、また時間を通じて修正可能なように設定されることを確保することにある。短期的には、既存の、もしくは採用されつつある規制が適用されることになる。その中には、バイオ・ナノテクノロジーに対してフランスにより署名された国際条約（カルタヘナ議定書）や、将来の欧州規則 REACH が含まれる（ナノメートルもしくはナノ構造的な要素へのその適用条件において）。

（3）説明（アカウンタビリティ）原則を適用すること

公的資金が関与する以上、会計検査院の標語が想起させるように、1 ユーロに至るまで、納税者により負担されている活動についてアカウンタビリティ原則が適用されなければならない。それ自体、重要ではあるが、予算的側面以外に、アカウンタビリティ原則が、民生及び軍事においては異なって適用される。特定の公共活動は、相互利益の承認のために、民生部門と軍事部門の間のパートナーシップにおいて構想されることができる。

しかしながら、立法府や執行府、司法の間での責任の特定や、透明性の度合い、情報の様式、これらの特定が多くの問題を引き起こし、それは、アドホックな契約的手法を見いださない限り（民生向けの病院と、そのプログラムを開発する MIT の兵士ナノテク研究所の場合）、これらのパートナーシップを阻害する傾向にある（公衆衛生部局もしくは軍事医療部局により実施されるべき診断テストの例）。

アカウンタビリティ原則は、また、工業的、商業的な領域においてその利点を持っている（た

とえそれが、消費者の不信感——その究極の表明がボイコットへのアピールである——を回避するためでしかなかったとしても)。よりよい実践への職業憲章や他の職業倫理コードは、興味深い(すべてのアクターたちを引きつける)動員の行動をなしている。これらは、次のようなことを証明する傾向にある。すなわち供給側のアクターたちは、競争的枠組みの中で集団的選好(とりわけ衛生保護や持続的発展)と自らの利益を和解させるために、最大限の努力を行っているという証明である。

職業憲章や倫理コードは、公衆にとってアクセス可能な知識量を増強させるという効果を持つ(しかし、その品質は測定され得ないのであるが)。それらはコミュニケーションツールであるという意味で、科学的厳密さとは異なる。必要とあれば、コミュニケーションの真実らしさの判断や、賠償金額を宣告するのが裁判所ということもある。Converging technologies Bar Associationの代表でニュー・ヨークの弁護士 Sonia Miller は、このことについて公言している。「製品が、ナノスケールで統合される、より複雑で学際的な技術を統合するにしたがって、ナノマテリアルが市場に出回る以前に、また裁判所に提訴される以前に、より予防的で、いっそう積極的な措置が統合されなければならない」⁽⁶¹⁾というのである。

ナノテクの責任ある開発に関する行動規範に向けて進むという欧州委員会の勧告を考慮しつつも、我々は、それがいかに有効で、望ましいにしても、こうした倫理コードは「説明(アカウンタビリティ)」の要素の一つをなすにしか過ぎず、またそれだけでは、責任を明確にさせ、割り当てるには十分でないと考える。したがって時が至れば、こうしたコードは、監視の厳密さ、効率性、手段を保証するような正確な規定上の条文を伴わなければならないであろう。

観測し、方向付け、意思決定し、行動し、評価すること、これらは、同一のオペレーション上の流れの連続的要素である。研究や生産、貿易のグローバル化された背景において、こうした連続性をグローバルに考え、可能とあれば、民主主義的に表明された集合的選好にかなうように、この連続性に影響を与えることが不可欠なのである。今や、我々の妥当な領域は、25の加盟国を備えた欧州連合の領域である。

2. 共同体規則に照らして欧州連合の立場を促進すること

憲法条項を伴おうが、伴うまいが、共同体の競争政策及び通商政策は、欧州委員会の固有の手段に留まるとされており、共同体諸制度(主として、理事会や欧州議会、欧州委員会)に対して、フランスから我々が与えるべき行動推進力について検討しなければならない。しかし、欧州連合の立場を鼓舞することができるためには、できるだけ国民的コンセンサスを反映したまとまった意見を携えて語ることが望ましい。

(1) 欧州連合の諸制度に対する明確なフランスの立場のためのいくつかの前提

我々はこれまで、フランスの立場は、科学的領域に関する当然のリーダー、すなわち研究省により定式化されてきたことを見てきた。

第5次、また第6次研究開発フレームワークプログラム PCRD の準備枠組みにおいて有効であったこうした状況は、2005年以降、それほど有効でなくなるであろう。それは次のような二つの理由による。最初の理由は、メタ収斂を考慮すれば、欧州委員会の内部でのナノテクについての対話相手の増加により、研究総局はもはや、この問題を扱う唯一の部局ではないのである。二つめの理由は、実験室だけがもはや唯一関与しているのではなく、財やサービスの多くの産業界、保険やベンチャー資本、国際貿易、多くの公共活動領域(とりわけ司法、産業、運輸、防衛、エコロジー、持続的発展、教育、関税)もまた、関与しているのである。

コラム：首相府に属している常設省際調整チームが、萌芽的牽引的経済部門としてのナノテクの発展を促進でき、またすべてのステークホルダーとの相互作用の質を確保することができるのであるが、こうした調整は、今後不可欠である。今後創出されるべきこうした機能は、オペレーショナルなフォローアップチームに基づくことができなければならない、こうしたチームが、(科学アカデミー及び技術アカデミーの報告に描かれた勧告である) ナノテクに関する公共政策の効率的実施を保証するのである。

(2) 欧州連合における、その他の大規模公共活動領域と、ナノテクの公共政策との整合化

長期展望から評価に至るまで、共同体活動との相互作用とそれへの影響の多様な道筋が存在する。この領域において、上述のオペレーショナルなフォローアップチームが、より具体的な提案を定式化することができよう。

既存のダイナミズム（それに対するフランスの明確な態度が望ましい）にナノテクを統合する際の重要で予測可能な手段の中で、我々は次を指摘することができる。

- ・メソッドの方向付け及び横断的もしくは的を絞ったテーマの方向付けへの参加、共同研究センターJRC、技術予測研究所 IPTS の作業プログラムへの参加。こうした行動は共通の見解を構築するために決定的であり、従って、意欲さらには行動のプライオリティを確認するのに十分に積極的な期待を構築するために決定的である（たとえ、結果は、長期的にしか得られないとしても）。

- ・ナノテクに関わるすべての領域での第7次研究開発プログラム PCRD の作成への参加。その先頭に、情報及びコミュニケーションのテクノロジーがある（また単に、研究総局のナノサイエンスプログラムの特定への参加だけに留まらない）。フィードバックさせるために第6次研究開発プログラムの結果の評価。収斂技術の領域においては、特別な努力が要求されなければならないであろう。というのも、それは、その倫理的次元におけるプロジェクト評価基準の定義を伴いつつ、明日の競争力の焦点をなすからである。

- ・四つの収斂技術（ナノ、バイオ、情報、認知 NABIC）の領域における欧州委員会ハイレベル作業グループへの参加と、（こうしたグループが存在しない場合には、メタ収斂を将来のための導きの糸とすることで）こうした作業グループを創出することの提案。

- ・自らの製造工程やその製品へのナノマテリアルを統合することができるすべての部門での、10年展望の専門的セミナーへの参加。

- ・毒性、生態毒性の研究を担うチームのネットワークの創出のために、欧州保健総局 DG SANCO の共通政策への積極的支援。

- ・STOA（欧州議会科学技術オプションアセスメント委員会）の下でのナノテクの倫理問題の啓発

- ・当該領域のスタートアップ企業及び中小企業のための、欧州支援措置の促進。

最後に、ナノテク領域での、とりわけ米国及び中国と欧州連合の国際協力プログラムに関心を向けなければならない。ナノテク領域での責任ある国際対話の豊富化へのフランスの積極的参加が、2004年第一四半期に構築された。遅滞なく、こうした機会を捉えなければならない。

3. 責任ある国際対話に参加すること

責任ある国際対話のためのイニシアチブはNNIのコーディネーター、M.C.Roco氏から発せら

れた⁽⁶²⁾。このイニシアチブは、ナノサイエンス・ナノテクの連邦政府による資金援助における慎重性原則の遵守について、米国立法府に説明しなければならないという要請の中に、その根拠を見ている。2003年12月にトリエステでのユーロナノフォーラムの時に簡潔に表明された、Roco氏の直感は次のようであった。すなわち、制約的な法令を提起することを回避しながらも、(公共、民間を問わず)投資の動員に必要な信頼を構築することを可能とさせるような共通の行動コードを見つけ出すための作業に、関連する国々を取りかからせなければならないということであった。このイニシアチブは、「アレクサンドリアのプロセス」の開始を可能とした。

(1) 責任ある国際対話の性格と将来

最初のインフォーマル会合は、NSFのイニシアチブにより、アレキサンドリアで2004年6月17-18日に開催された。「責任ある」ナノテクに関する国際的対話のための関心の表明を目的としていた、この会合の開催は、かなり大規模で(25カ国と欧州委員会研究総局)、地理的広がりも、また発展段階においても多様であった(米国、日本、カナダ、メキシコ、ブラジル、アルゼンチン、インド、フランス、ドイツ、英国、オランダ、オーストリア、ベルギー、チェコ、ルーマニア、スイス、イスラエル、ロシア、韓国、台湾、オーストラリア、ニュージーランド、南アフリカ)。

この会合は、ナノテクの登場により引き起こされた市民社会への恩恵と不安とについてのよりよい配慮を可能とした。締めくくりの会合では、ナノサイエンス・ナノテクノロジーの領域でのダイナミックな対話と協力、調整とを緊急に実施することについての国際的コミュニティの要求を承認するための参加者の合意がはっきりと確認された。それ自体インフォーマルな「準備会合」(国際対話と協力との基礎を提起することを担うことになる)に委ねられるべき方針について合意することが決定された。

このグループの性格はまだなお決められてはいないことは明らかである。この段階では、こうしたダイナミズムの発揮を確保するための複数のオプションが開かれたままである。すなわち独特な科学団体もしくは、ICSUのような既存の実体を後ろ盾にした、科学団体。OECD内部でのフォーラム(しかしこれはすべての国に関わるわけではない)、国連のタスクフォースなど。こうしたオプションは開かれたままであり、いかなるオプションも、この萌芽的領域では、「自然な」外交的手法を予見させるような取り決めを規定していないのである。

生物多様性と人権を促進しようとしているNPOであるETCグループは、アレキサンドリアのプロセスの開始を、ナノテクのグローバルな影響を諸政府が承認した最初の重要な段階と位置づけることで⁽⁶³⁾、これを好意的に受け止めている。このグループは国連主導の下でのメカニズム確立への支持を表明している。

アレキサンドリアで、OECD代表のS. Michalowski氏(executive secretary, Global Science Forum)は、次のような考えを表明した。興味深い前例がIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の中に存在しており、これは世界気象機関と国連環境計画により設置されたのである。

アレキサンドリア会合の結論に従って、このグループは、すべての国とすべての大陸により受け容れられることができるような、行動とメカニズム、スケジュール、最も適切な制度枠組みについて、対話の可能性を探究しなければならないことになろう。このグループは、継続的な対話と協力、(その採択のための手続きを伴う)共同声明のための行動プランのプロジェクトを準備しなければならないであろう。25の参加国に別の諸国が加わることも予想されるのである。

とりわけフランスとドイツの欧州連合加盟国の代表者たちにより支持された立場——それによれば、こうした対話は、将来的には、とりわけ中国について、できるだけ包摂的であるべきで

あるという ― は、欧州委員会の代表者たちにより絶えず支持されてきた。こうした立場は、2004年9月24日の競争理事会の結論によっても確認された。

(2) 責任ある国際対話を定義する必要性と、プロセスの続行

2004年6月23日の外務省公電により、この会合の詳細が説明された。フランス側代表たちは、パリで、2004年6月29日に省際情報会合を開催し、これには、原子力エネルギー庁や国防総局SGDN、環境省の代表者たちが参加した。この文書は、鉱工業審議会 CGM、情報技術審議会 CGTI、内閣官房、欧州経済協力省際委員会事務局 SGCI、外務省、研究省、経済産業省（大臣官房及び産業・情報・テクノロジー・郵便総局 DiGITIP）、防衛省高官経済インテリジェンス局 HFD//MiNEFI、ワシントンフランス大使館へと、広く配布された。

最もありそうな継続の形は、短期的には、最初のワーキンググループ（タスクフォース）のインフォーマルな運営機関の設置であり、これについては Roco 氏が、「準備グループ」（これは具体化されるのはもっと後のことになる）の形成を待たずに、あらかじめ登場することになると指摘している。

この最初のワーキンググループは暫定的に、「ナノテクのリスク評価のためのデータベース、規格、方法論についての国際ワーキンググループ International Working group on Databases, Norms and methodologies for risk assessment in Nanotechnology」と呼ばれている。その共同進行役は、米国人（環境保護局）、日本人（科学技術政策審議会）、フランス人（情報技術審議会 CGTI）、台湾人（ナノテクのための教育省アドバイザー）である。

このワーキンググループのロードマップは四つの点に分けられる。すなわち情報交換の促進、様々な傾向のハーモニゼーション、年次会合の組織化、協力のためのプライオリティの特定、である。

この点で、フォローする利点がフランスによりはっきりと表明されたのだから、フランスにとっての実施方法を早急に決めなければならない。つまり「対話は開始された（アレキサンドリアの会議を参照）。ナノテクの開発過程に関与するすべての国との対話を拡大し、追求することが大事である（とりわけ、この会合に欠席していた中国との）」（2004年11月23日 SGCI）。国の間での対話については、またその結果として、責任と公共政策については、フランスの外交によるプロセス支援が望ましい。

結論

この報告書を終えるに当たり、我々は、我々が選択したアプローチの視点のオリジナリティを強調したい。ナノテクの開発促進と、バイテクや情報技術、認知科学とナノテクとの工業的収斂の開発促進のための戦略的方向付けにとって、こうしたアプローチが二重の競争優位をなしているのは、それが以下を提起しているためである。

- ・フランスにおいて、ナノテクに関する適切で、持続的な社会的コンセンサスを、倫理の上に基礎づけること。

- ・工業的メタ収斂によって確認される現実我真に適したダイナミックな規範的評価手法の定義に積極的に貢献すること、責任ある国際対話を導くこと。

このためには、ナノテクに集中した方向付けとオペレーショナルな実施の公共的仕組みの強化と調節が、短期のうちに、実施されなければならない。欧州連合の活動において、さらに加盟各国において補強された観察能力をもったネットワークのなかで、とりわけナノテクの社会的観察

への資金援助を通じて、継続と支援が積極的に追求されなければならないであろう。

この報告書の中で導入された、我々のミッションの勧告のほとんどは、以下で要約されている。

行動のための13の勧告

- ・勧告1：常設省際調整機能を早急に構想し、実施すること。こうした機能は、ナノテクにより開始される強度に変容的な能力を持った技術の収斂の発展をもたらすことができる。
- ・勧告2：欧州標準化センターのWG166の枠組みの中で、フランス標準化協会の標準化の努力を支えること（産業界をそこに参加するように促すことで、ISOでのEUと米国との共同事務局の要請を含む）
- ・勧告3：とりわけ第7次研究開発フレームワークプログラムの公募へのフランス側の提案を促すことができるようなマイクロ・ナノテクノロジーネットワークRMNT、ソフトウェアテクノロジーネットワークRNTL、全国テレコミュニケーションネットワークRNRT、国際マルチメディア会議RIAM、全国医療技術ネットワークといったネットワークを補完するべく、NBICのメタ収斂の技術的ネットワークを確立すること。
- ・勧告4：収斂的技術の欧州社会観測を創出するために「新しい技術の波」の展望に関する欧州委員会のハイレベル専門家会合の勧告を支援すること。
- ・勧告5：そのすべての科学技術、及び社会的側面において、フランスにおけるナノテクの観測を促進すること（OMNTにより実施される機能の調節と制度化への公的支援を与えることで）。またその結果の上に、あらゆるステークホルダーの間での建設的対話を打ち立てること。
- ・勧告6：国内及び国際社会に対して、対応する手法（ピア・レビューにとって妥当な基準）の提案と実施のために、ダイナミックな規範的評価基準の精緻化に必要な人的資源及び予算を動員すること。
- ・勧告7：国際貿易や関税問題を含んだ、収斂技術に関する新たな規制及び補完性についての研究プログラムを開始すること。
- ・勧告8：学際的な教育・訓練の利点に、若者の関心を惹きつけること、また中等教育における技術教師の教育的な支援と訓練を早急にアップデートすることで、中等教育課程におけるナノテクと萌芽的技術のイメージを改善すること。
- ・勧告9：製品の分類やデータベースをはじめとして、物理的、社会的リスクの予防のために、国立安全研究所INRS、工業的環境リスク研究所INERIS、国立衛生監視研究所INVS及び公衆衛生及び消費者保護のアクターたちを動員すること。
- ・勧告10：州研究・環境産業部DRIREの任務の中に、ナノ粒子やナノマテリアルを扱うあらゆる性格の施設についての地域での監視を統合すること、また、国レベル及び欧州レベルの規制当局との連携に努めること。
- ・勧告11：生命科学のための全国倫理協議委員会CCNEが、ナノテク及びメタ収斂に対してその任務を実施し、また（とりわけ国立科学研究センターCNRSの全国倫理委員会と連携して）こうした側面についての国際交流に参加できるように、必要な手段を持つように確保すること。
- ・勧告12：国立科学研究センター及び国立衛生医療研究所INSERMをはじめとした巨大研究機関に対して、メタ収斂の視点から観察されるナノテクの倫理的社会的含意についての研究のプラットフォームを定義するよう促すこと。
- ・勧告13：科学アカデミー及び技術アカデミーの報告書で輪郭を与えられている提案の延長線上において、ナノテクに関する公共政策の実施に責任を有するオペレーショナルなフォローアップ

プ・ボードを定義すること。

パリ、2004年11月8日、

ジャン＝ピエール・デュピュイ、 フランソワーズ・ルル

原注・参考文献

- ¹ Rapport rst n°18 – avril 2004, « Nanosciences Nanotechnologies », Editions Tec & Doc, p.11
- ² « Les nano-matériaux, au cœur de la galaxie nano ». Gilles Le MAROIS, Réalités Industrielles, N° de février 2004, Les Annales des Mines, p. 64.
- ³ « Grains quantiques pour diodes électroluminescentes ».
- ⁴ JOACHIM Christian “Nanoelectronics, the Bottom-Up Nano-Calculator”, CNRS, in Emerging Technologies. Empowering People in the Information Society. Issue 21, September 2004.
- ⁵ DUPUY Jean-Pierre « Impact du développement futur des nanotechnologies sur l'économie, la société, la culture et la paix économique mondiale ». Document de travail section « Innovation et entreprise ».
- ⁶ Expression de Thierry GAUDIN, Entretiens de la section commune CGM-CGTI avec la Commission européenne/ DG RDT/Unité K Prospective, 9 février 2004.
- ⁷ « Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies ». Communication de la Commission COM (2004) 338 final, p.3.
- ⁸ Les indications suivantes sont issues de sources citées in ROURE F. « Economie internationale des nanotechnologies et initiatives publiques ». Revue Réalités industrielles, février 2004, pp. 5 à 11.
- ⁹ « Les nanomatériaux », Gilles Le MAROIS, DIGITIP/ MINEFI, 12 juillet 2004.
- ¹⁰ <http://www.nanomateriaux.org>
- ¹¹ séminaire organisé par la DiGITIP / MINEFI le 22 octobre 2004, avec l'appui du BMBF allemand et du BIT autrichien.
- ¹² Note SGCI du 23 septembre 2004 pour le point 12 du Conseil compétitivité du 24 septembre 2004, fixant les éléments de langage de la France.
- ¹³ 2nd Shanghai international nanotechnology cooperation Symposium, Asia Pacific Nanotechnology annual conference <http://www.anpf.org>
- ¹⁴ In Etude Yole Développement pour la DiGITIP, « Nanotechnologies, environnement international », septembre 2003.
- ¹⁵ HAGEGE S. ROURE F. Contribution to the National Science Foundation international dialogue on nanotechnologies », Alexandria (VA), juin 2004.
- ¹⁶ cf. Annexe n° 4, tableaux et représentations graphiques n°1.
- ¹⁷ Discours de M. François d'AUBERT, 12 octobre 2004 in <http://www.recherche.gouv.fr/budget/2005/priorite2.pdf>

¹⁸ Solution préconisée par le Conseil stratégique des technologies de l'information/CSTI in <http://www.csti.pm.gouv.fr>

¹⁹ Cf. société Fogale Nanotech en particulier, <http://www.fogale.com>

²⁰ Jeol News, in <http://www.jeoleuro.com>

²¹ Voir Annexe 4, tableaux et représentations graphiques n°4.

²² cf Tableaux et représentations graphiques n° 5, Annexe n° 4.

²⁶ *See-through Science*, James Wilsdon et Rebecca Willis, avec une préface de Barbara Young, Directrice de l'Agence britannique de l'environnement, Demos, Londres, 2004.

²⁷ « Small size – large impact? » Invitation to Conference on nanotechnology, Swiss Re.

²⁸ FITERMAN C., Conseil économique et social, 11 mai 2003.

²⁹ En référence aux « scénarios catastrophiques de Sir Martin Rees, le Pari à 1 million de morts », in *Le Monde* 2, 2 octobre 2004. Voir son livre *Our Final Hour. A Scientist's Warning : How Terror, Error, and Environmental Disaster Threaten Humankind's Future in this Century – on Earth and Beyond*, Basic Books, New York, 2003.

³⁰ « Mapping out nano risks » Groupe de travail ad hoc de la Commission européenne DG SANCO 1-2 mars 2004. Annexe n° 4. Tableaux et représentations graphiques n°2.

³¹ Cf. le roman de Michael Crichton *Prey*.

³² DREXLER Eric, PHOENIX Chris. "Safe exponential manufacturing" Institute of Physics Publishing Nanotechnology 15 (2004) 869-872.

³³ Sir Martin REES, *Our Final Hour*, op. cit.

³⁴ Voir cependant les documents d'accompagnement en annexe.

³⁵ Report of the international dialogue on responsible research and development technology. August 2004, The Meridian Institute/ NSF, 52 p. in <http://www.nanodialogues.org/international>

³⁶ <http://www.bmbwk.gv.at> « Austrian comments on the questions for the public debate on nanotechnologies ».

³⁷ ROURE F. *Ethique et nanotechnologies* », Présentation au Réseau Micro-Nanotechnologies (comité d'orientation). Juin 2004-09-30.

³⁸ Note DiGITIP du 5 mai 2004, Activité ATOFINA dans le domaine des nano-matériaux, 2 p.

³⁹ « La convergence des nanotechnologies, des biotechnologies, des technologies de l'information et des sciences cognitives, pour une augmentation des performances humaines ». Françoise Roure. Compte-rendu du colloque NBIC., New York février 2004.

⁴⁰ Cf. Center for cognitive liberty and ethics. Etats-Unis.

⁴¹ <http://www.nanoroadmap.it/project/project.htm>

⁴² Official Japanese contribution to the NSF and Meridian Institute questionnaire about International dialogue on responsible R&D of nanotechnology. 4th Paris 2004.

⁴³ DUPUY Jean-Pierre “ Do we shape technologies or do they shape us ? Proceedings of the Conference “ Converging technologies for a diverse Europe”, September 2004, European Commission, Brussels.

⁴⁴ FERT Alain, unité mixte de physique CNRS / Thalès et Université de Paris-Sud Orsay, in 5^{èmes} journées du RMNT, 13 octobre 2004S.

⁴⁵ Id. LOURTIOZ Jean-Michel, Institut d'électronique fondamentale, CNRS Université Paris-Sud Orsay.

⁴⁶ ANDLER Daniel, professeur de philosophie, Université de Paris Sorbonne, 19 septembre 2003. “What does C stand for in the NBIC acronym”. Working paper, 2p.

⁴⁷ ROURE F.HLEG Foresighting the new technology wave. “Economic and social effects of converging transformational technologies (CTTs)”, report on Madrid meeting, 21 may 2004. F. Roure.

⁴⁸ ROURE F. « The main economic focus of converging transformational technologies (CTTs) ». High Level expert group Foresighting the New Technology Wave, European Commission / DG RDT, unit K Foresight. Special interest group meeting 21 May 2004, Madrid.

⁴⁹ Cf DUPUY Jean-Pierre “ Do we shape technologies or do they shape us? , loc. cit.

⁵⁰ BOILEAU Jacques : « Les aspects duaux des nanotechnologies. Peut-on envisager une initiative nanotechnologique nationale (INN) ? ». In Réalités industrielles février 2004, p. 76.

⁵¹ BAINBRIDGE W.S, id, p. XXXV.

⁵² Selon M. Pascal GAUTIER, responsable du projet AFNOR pour les nanotechnologies.

⁵³ Cf. Tableaux et représentations graphiques p. 8, annexe n°4.

⁵⁴ Souhait formulé par l’American Association for the advancement of science, Rapport “Neuroscience and the Law: brain, mind and the scale of justice”, sept. 2004, Dana Press, summary report, 29 p.

⁵⁵ Arthur Van der Poel, MEDEA+ Chairman of the board, 19 octobre 2004.

⁵⁶ Cf. tableaux et représentations graphiques n° 9, annexe n° 4.

⁵⁷ Rapport d’activité 2003 du CEA- L’Éti, p. 45.

⁵⁸ « Complexity and uncertainty, a prudential approach to nanotechnology », Jean-Pierre Dupuy, Proceedings of the meeting « Mapping out nano risks », march 2004, DG Health and Consumer protection. European Commission, 32 p.

⁵⁹ « Bienvenue dans le nanomonde », OKAPI nov. 2003 p.10 in Tableaux et représentations graphiques n°7, annexe n°4.

⁶⁰ Jean-Pierre Dupuy et Alexei Grinbaum, “Living With Uncertainty: Toward a Normative Assessment of Nanotechnology”, *Hyle/Techne*, sous presse.

⁶¹ MILLER, Sonia: « A matter of Torts: why nanotechnology must develop processes of risk analysis », New York Law Journal vol. 232-N°. 67, 10-05-2004.

⁶² Mihail Roco, *senior advisor on nanotechnology for the National Science Foundation (NSF), Chairman of the Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology (NSET) of the U.S. National Science and Technology Council.*

⁶³ « 26 governments tiptoe toward global nano governance: grey goovernance? » June 30, 2004-10-22.

⁶⁴ Cf. annexe Sommaire du dossier pour la réunion d'information interministérielle du 29 juin 2004