

天然ゴム・ラテックスの放射線加工

IAEA の南東アジアおよび太平洋地域計画を通じ新技術開発される。

幕内恵三
V・マルコヴィッチ¹⁾

過去5年間に、南東アジアおよび太平洋地域の産業界に大きな利益をもたらす放射線技術を利用した新しいゴム材料の開発面で著しい進歩が見られたが、この開発の背後で推進力となったのは、IAEA の国際計画を通じた共同調整研究と、地域協力協定 (RCA) として知られる国連の開発計画 (UNDP) であった。

この技術は天然ゴム・ラテックスの加硫もしくは RVNRL と呼ばれ、ゴムの弾性および強度をもたらす化学的な分子結合プロセス、すなわち加硫反応を起こさせるために、高エネルギーのガンマ放射線を利用している (このほか電子ビームの利用も可能である)。製品は、他の放射線工業プロセスの場合と同様、放射能をおびない。

RVNRL プロセスでは、硫黄を利用するプロセスに代わり放射線エネルギーが用いられ、この利用により、従来方式による製品が備えられる性質のすべてをそなえた材料が生産される。しかしこれにとどまらず、このプロセスには、このほかにいくつかの顕著な特長がある。すなわち、発ガン性のニトロソアミンを含んでいないこと、細胞障害性が極めて低いこと、硫黄および鉛の酸化物を伴わないこと、ならびに透過性および柔軟性が優れていること等である。

このような特長は多くの製品、特にカテーテル、防護用手袋、そのほかの医療用品および病院用品に関して重なるものである。この種の利用に関しては、製品が汚染物質をはじめ、有毒成分および発ガン成分等を伴わないことが、人体を有害な影響から護る上で肝要である。このような製品に求められる各種要件が厳しさを加えるに従い、RVNRL は現存する加硫プロセスに代わり、技術的、生態学的に将来性が見込めるプロセスである。

地域協力

天然ゴム・ラテックスの加硫に放射線を利用する可能性は、極めて早い時期から認められていた。1950年代、この可能性に関する検討が英国、日本、フランス、ソ連、ポーランド、インド、インドネシアなどの各国で行われていた。これと並行して、成功率の高い放射線の架橋利用の可能性も、そのほかの開発とともに、ワイヤーおよびケーブル関連工業界で開発された。産業界は放射線技術がコスト的に見合う良質の製品を生産できるとした場合、その利用に常に積極的であった。

しかしながら、RVNRL はプロセス自体の原理は早くから開発されてきたにもかかわらず、いわゆる本格的な軌道に乗るまでは比較的緩慢な推移をたどった。最終的な製品は、少なくとも従来方式によるものにくらべ遜色はなかったが、しかしプロセスの経済性という点になると、やはり新技術への投資に見合う取扱群

1) 幕内氏は日本原子力研究所 (JAERI) 高崎研究所に所属する研究員である。また、マルコヴィッチ氏は IAEA の物理化学部の部員である。



に魅力的であるというものでも。

この技術に対する関心は1982年、IAEA/UNDPのアイソトープおよび放射線の工業利用に関する地域プロジェクトがスタートするに伴い復活することとなった。天然ゴム・ラテックス加硫への放射線利用は、当初からこの計画の一部をなしていたが、これは主として以下の理由による。

●当該地域が世界の天然ゴム・ラテックス材料の主要な生産地であったこと；

●当該地域の各国が単に原材料だけでなく、完成品もしくは半製品をも輸出できる開発政策を追求していたこと。

今日では、放射線源および照射プロセスのコストは20年または30年前に比べ、格段に低下してきている。いくつかの工業領域では、放射線技術はすでに十分確立されたものとなっている。例えば医療用品の殺菌目的、架橋への利用、放射線表面硬化等に関するものである。

さらに、当該地域のいくつかの国は、天然ゴ

ム・ラテックスの生産技術に強大な研究ポテンシャルを保持しており、ただ放射線技術の構成要素が欠けているだけである。

この地域協力プロジェクトは、第一段階としては技術開発に、次の段階では工業界への技術移転に、必ずや有益なインパクトを与えることになる期待のもとに、個々の能力をまとめあげることとなった。

技術開発

1983年、RVNRLのパイロット・プラントがインドネシア・ジャカルタにある原子力庁のアイソトープ・放射線利用センター（CAIR）に設置された。1983年から1986年に至る期間、このプラントは、ゴム関係研究者の訓練用、および工業化を対象とした、同技術の原理の実証用に使用された。

この初期段階に引き続き、1986年にはIAEAの技術開発に関する総合的な計画がスタートしたが、この計画は放射線のコスト減少、および最終的な製品の品質改良を主目的とするもので

現在、タイでは放射線架橋技術を利用したゴム製品として風船が試作されている。(Credit: AECL)



天然ゴム・ラテックス

天然ゴム・ラテックスは、医療用品ならびに一連の家庭用品および工業用品等の製作に利用される重要な原材料のひとつである。天然ゴム・ラテックスは Euphobiaceae 科の *Hevea Brasiliensis* 樹木から抽出されるが、この樹木はその名が示すとおり、原産地はブラジルである。その後、東南アジアおよびアフリカの一部地域への移植が成功している。現在、マレーシアおよびインドネシアの2国だけで、世界の天然ゴム・ラテックス総量のおよそ85%、乾燥重量で50万トン近くが生産されている。

天然ゴム・ラテックスは野外で収集され、次いで濃縮、安定化が施され、その後加工のため工場に出荷される。加工工程には加硫が含まれるが、この工程では個々の有機分子が化学的に結合され、橋架けゴム状組織が産出されるが、この組織はその後各種プロセスを経て最終製品に成型される。普遍的な技法のひとつは“浸せき”と呼ばれるものであるが、この技法では、

ラテックスはモールド周辺に形成され、上昇された温度で乾燥された後、望ましい形状を保持するとともに、室温では弾性を備えるものとなる。高温では、この物質は崩壊し、また極低温ではもろくなる。

このような“浸せきが施された”製品は、生産されたラテックスの70%近くを消費している。このうち最大容量は各種ゴム手袋(外科用、家庭用、その他)をはじめ、子供の風船玩具、コンドーム、カテーテル、そのほかいずれも高水準の清潔さが求められる製品の製作に使用される。天然ゴム・ラテックスから製造された単一製品のうち最大のもは、健康診断に用いられ各種ゴム手袋であり、実に年間およそ120億双が製造されているという現状にある。医療関係作業員および患者の安全を憂慮する気運が高まるにつれ、これらゴム手袋の市場拡大が創出されることになり、また需要も発展途上国では著しく増大することになると思われる。

あった。関連研究開発(R&D)の具体的業務は日本原子力研究所(JAERI)の高崎研究所(TRCRE)が調整に当たった。計画には中国をはじめ、インドネシア、マレーシア、スリ

ンカ、タイなどの研究グループが参加した。また計画の一部は、参加国の国内研究施設およびTRCREの研究施設で、上記各国の研究フェロー参加のもとに実施された。計画の進捗状況は

関連科学者の定例会合でチェックされた。

1950年代に行われたRVNRL関連の初期業務は、放射線増感剤として四塩化炭素を利用するものに基づいていた。このプロセスは一応の効用はあったが、二つの点で重要な欠点を持っていた。すなわち、1) 照射コストが高いこと(40キログレイ程度の吸収線量を必要とし、このため放射線の利用効率が減少することとなり、コスト増をもたらす)；および2) 放射線増感剤の有毒性である。これは添加物として必然的に最終製品に残留する性質のものである。

同様に、現行の従来方式の硫黄利用プロセスもまた、有毒で潜在的に有害な添加物であるジオチ炭塩酸の残留物を伴うものとなっている。細胞毒性およびニトロソアミンの存在は、天然ゴム・ラテックス製品に含まれる危険物質として考察される傾向がますます強まって来ており、現に、一定範囲の製品に含まれるこれら物質の存在に、厳しい規制を導入している国もいくつか見受けられる。特に医療用器械ならびにゴム製乳首およびおしゃぶり等の幼児用製品が対象品目に考察されている。このほか製造現場におけるニトロソアミンの存在も憂慮の対象とされるが、ここでは作業員に及ぼす健康障害の可能性が考えられる。

この地域計画により達成された最初の、かつ最も重要な躍進は、新しい放射線増感剤n-ブチル・アクリレート(NBA)の発見であった。この添加物は、少量で(100分の5程度)で吸収線量要件を30-40キログレイからおよそ12キログレイに減少させたが、これにより、プロセスの経済性にインパクトが与えられたことは明らかである。

さらに、計画開始時の材料特性の解析で、このプロセスに最適のラテックスが特定されたほか、制御された加熱および浸出法等、いくつかのプロセス要素は最終的な製品の特質をさらに改良するものであることが、研究の結果実証された。

予測されたように、RVNRLを用いて製作された製品の分析を行った結果、ニトロソアミンの存在を裏付ける証拠は全く認められず、また細胞毒性は極めて低いことが明らかになった。

RVNRLの各種利用

ゴム製品の医療用および衛生用利用は、RVNRL技術に将来性が見込める最高の適用例である。これはRVNRL製品には発ガン性および有毒性製品が伴わないからである。このような重要な要求は、放射線技術を用いること

放射線架橋技術でのデモンストレーション含む訓練コースは、IAEAの東南アジアにおける地域協力活動の一環として行われている。写真はジャカルタにおける訓練コースの1シーン



で容易に充足することができ、現時点ではこれに代わる技術は他に見当たらない。技術開発計画の中で、コンドーム、クムローブ、乳首、おしゃぶり、風船玩具等、各種製品の試験的な製作が、現在、同計画に参加している各国のセンターで進められている。健康診断用コンドームおよび手袋の試験的な生産がインドネシアで行われているが、製品はさまざままで徹底したテストを受けている。

タイでは、RVNRL 技術を利用した風船玩具の製品テストに備えて、同国の原子力平和利用委員会が、地元メーカーとの協力プロジェクトに着手した。天然ゴム・ラテックスの調整は、現在バンコクのタイ照射センターで行われている。

加硫利用を目的とする低コスト照射装置が具体的に設計されるに及んでおり、また製品コストの予測、およびフィージビリティ・スタディの実施に関連する主要なパラメーターも開発されるに至っている。

このような現状にもかかわらず、現在まで、このプロセスは大規模にわたり利用されるところまでには至っていないが、これはこの技術が新しく開発されたもので、まだ産業界で十分周知されるに至っていないこと、ならびにある種の重要なラテックス製品に対する厳密な健康上および安全上の基準が設定されるに至っていないこと等が一因となっている。商用利用の 2 例が日本で開発されたが、これは放射性物質

の取り扱い作業に使用されるゴム手袋、および健康診断用光学レーザー内視鏡に使用されるゴム製ソケットに関するものである。

各種技術移転関連活動

RVNRL の産業界への技術移転は、地域プロジェクトを通じて実施されている。

この関連の各種活動には、1989 年に東京および高崎の両市で開催された国際シンポジウムが含まれるが、この国際シンポジウムは日本原子力研究所が IAEA との協力で組織したものである。15 か国から参集したおよそ 60 名の参加者は、RVNRL 技術の現状についてレビューした（議事録は原研より発行されている）。このほか、情報交換および技術移転を促進するため、IAEA による地域セミナーおよび国内セミナー、ならびに訓練コース等も実施されている。

今後の努力は、RVNRL プロセスの技術的な各種要因および基礎研究部門に焦点が当てられることになると思われる。

この技術の利用が安全であり、また環境に対する影響も最小にとどめることのできる技術であること等は、すでに確立されることとなっている。RVNRL 技術は大容量加工条件下で利用される際には、経済的にも受容可能となる技術であり、また大型照射装置 1 基がいくつかの小規模メーカーにより利用されるといったサービス契約には最適の技術である。

