

방사선을 이용한 개발

이 글은 1996년 일본아이소토프협회와 관련기관이 공동 개최한 '제22회 일본아이소토프·방사선 종합회의'에서 발표된 논문중 일부를 요약한 내용으로, 이번호 부터 4회에 걸쳐 연재할 예정이다.

I. 환경대응 電線의 개발

선조사에 의한 절연재료 개선에 대하여 논한다.

I. 머리말

전자선 조사기술은 고분자 재료의 비교적 간편한 개질수단, 내지는 제조 프로세스 혁신수단으로, 공업적으로 매우 유효하다. 전선, 열수축 튜브, 발포체 이외에도 타이어의 프레큐어(Precuring), 플로피디스크, 식품 등의 포장용 필름 등 전자선 조사 架橋가 공업적으로 사용되고 있다.

특히 절연전선의 전자선조사에 의한 가교는 공업이용으로 35년 이상의 실적이 있으며 지금은 약 15개 회사에서 전자선 조사설비를 설치하여 개발 및 생산에 사용하고 있다. 전자선 가교에 의한 절연전선의 조사효과는, 내열성, 내약품성, 기계적 특성 등의 향상이 열거되어, 전자공학 분야를 중심으로 폭넓게 사용되어 왔다. 최근에는 특히 지구환경에의 영향이 주목을 받고 있어, 절연전선에 대해서도 환경대응이 요구되고 있다. 여기서는 절연전선의 환경대응에 관한 상세한 내용과 방사

2. 절연전선과 환경대응

전선용으로는 PVC가 약 18만t ('94년)이나 사용되고 있어, 대부분이 슈레더-더스트(Shredder dust)로서 분쇄후 매립에 이용되고 있다. 이때 PVC 가공안전제로 사용되고 있는 납화합물의 토양에의 溶出이 규제되어 있어, 非鉛 안정제의 검토가 이루어지고 있다.

또한 염소를 분자구조 내에 함유하는 PVC 등은 디옥신 오염과의 관련 때문에 가까운 장래에는 사용이 제한될 가능성이 있다. 더우기 터널 안에 화재가 일어났을 때 연기나 유독가스의 발생에 의한 사고를 예방하는 보다 안전한 難燃전선이 요망되었다. 이를 위해 연소시에 연기가 나지 않는 재료나 염소 등의 할로젠을 전혀 포함하지 않는 보다 안전한 難燃전선의 개발이 요구되고 있다.

3. 환경대응 전선의 개발

이와 같은 사회의 환경보전에 대한 요구에 의하여, 조사 가교기술을 응용한 다음과 같은 환경대응 전선을 개발하였다.

1) 非데카브로(Non-decabro) 전선: 데카브로모디페니 에테르 등의 특정 臭素難燃劑를 사용하지 않는 150°C 내열조사 가교 폴리오레핀 전선을 개발

2) 非鉛系안정제사용 내열 PVC전선: 96년 4월부터 실시된 매립재의 鉛溶出 기준의 강화(0.3mg/1이하)로, 鉛系 안정제를 사용하지 않는 내열가교 PVC전선을 개발, 조사가교 타입의 PVC 재료의 가공안정성을 유지하여, 내열성·전기절연성이 뛰어난 가교 PVC재료를 개발하여 자동차용 가교 PVC전선으로 채용

3) 非할로젠 전선: 폴리오레핀 수지를 바탕으로 전혀 할로젠系 難燃劑를 사용하지 않고, UL규격(미국 보험조합 규격)의 수직 난열시험에 합격하여, 연소시에 유해한 할로젠 가스를 내지 않는 내열 難燃 조사가교 전선을 개발

上野 桂二(Keiji UENO) - 일본 住友 전기공업 주식회사 중부지사

II. 소형 低에너지 전자가속기의 개발

住友 중기 기계공업은 관련회사의 RPC 인더스트리즈와 공동으로 소형 低에너지 전자 가속기 WIPL(Wire Ion Plasma의 약자)을 개발하여 전력화에 성공하였다. 이 가속기는 기존의 低에너지 가속기의 거의 반 정도 크기이지만, 충분히 생산용으로도 사용할 수 있는

가속기이다. 이와 같은 가속기 개발의 배경에는 일본에서 연구용의 라보機라고 하는 소형기 상당히 대량으로 도입되고 있는데 대해, 생산용기의 수가 적다는 사정이 있다. 생산기는 라보機에 비해 대형으로 고가이므로 도입에 따르는 리스크가 크기 때문이라 생각된다. 따라서 이러한 문제를 해소하여 생산기의 시장을 확대하고자 소형 생산기를 개발하여 시장에 투입하였다. 이 가속기는 재래형의 기종이 전자선원으로 가열 필라멘트를 사용하는 것에 대해, 헬륨이온이 음극판에 충돌할 때에 발생하는 2차전자를 사용하는 점이 특징이다. 이 전자는 다음의 순서에 의해 이루어진다.

1) 가속기의 플라즈마 챔버에 극히 얇은 헬륨가스를 충전한다. 이 챔버에는 와이어가 뻗어 있어, 이 와이어에 전류를 흐르게 하면 헬륨은 그 電場에 의해 플라즈마化 된다.

2) 한편 음극판에는 별도로 설치한 고전압 전원에서 -의 고전압을 印可해 둔다.

3) 플라즈마 성분인 헬륨이온 +의 電荷를 갖기 위해 -에 帶電한 음극판을 향하여 가속되어, 충돌한다.

4) 음극판은 헬륨이온의 충돌에 의해 전자를 발생하지만, 발생한 전자는 주위의 電場에 의해 반발을 일으켜 헬륨이온과 역방향으로 가속하는 것이 된다.

이와 같은 시스템은 재래형의 가속기가 필라멘트에서 발생하는 전자를 제어하여 빔 전류를 콘트롤하기 위해 필요했던 絶緣트렌스와 제어기구가 필요하지 않게 되어 소형화되는 것으로 인해 그것으로 경제적이 되는 것이다.

현재 생산기로 사용하고 있는 것 이외에 우리 회사에서는 250kV와 165kV의 2기를 전 시용으로 보유하고 있어, 널리 고객의 시험조사에 사용되고 있다. 이 기기가 시장에서 인정을 받아 전자빔의 이용확대로 발전되기를

기대한다.

桂一郎(Ichiro Katsura) - 일본 住友 중기 주식회사 양자기기 영업부 과장

III. 耐熱性 폴리에틸렌 튜브 용기 개발

레토르트 살균 내지 열충전이 가능하고 또한 유연성(사용감)이 뛰어난 내열성 폴리에틸렌(PE) 튜브 용기를 개발함을 목적으로 방사선 架橋法에 의한 질적 개량을 검토하였다.

내열성의 향상은 방사선 가교에 의해 PE분자가 3차원 網目구조를 취하여 凝胶화하는 것에 기인한다. 그러나 3차원 망목구조가 된 PE분자는 일반적으로 融点 이상의 온도에 있어서도 용해가 잘 되지 않으므로 튜브 용기 등의 봉인 부위를 Heat-Seal할 때 용해특성이 떨어져 Heat-Seal 강도의 저하가 인정된다.

여기서 Heat-Seal 강도의 저하를 방지하기 위해 低에너지 전자가속기를 사용하여 丹筒 모양의 튜브 용기에 조사를 실시하였다. 그 결과 Heat-Seal 강도를 저하시키지 않고 내열성을 향상시키는 것에 성공하였다. 이것은 전자의 투과력이 낮은 低에너지 전자가속기를 사용하는 것에 의해 튜브 용기의 바깥 표면만이 架橋하여 Heat-Seal 면인 튜브 용기의 안쪽 표면에는 전자가 도달하지 않고 架橋하지 않기 때문이다.

실제로 두께 0.48mm 円筒狀의 PE 튜브 용기에 가속전압 3.0MeV의 전자선을 조사해보니, 흡수선량의 증가와 더불어 분자가 架橋하여 凝胶分率은 상승하였지만 Heat-Seal 강도는 저하하였다. 그러나 가속전압 270KeV의 低에너지 전자선을 조사해보니, Heat-Seal에 있어 용해특성의 劣化는 나타나지 않고 양호한 Heat-Seal 강도를 유지하였다.

방사선 가교법을 응용하고 거기에다 그 튜

브 용기의 투께에 적합한 에너지 전자선을 조사하는 것에 의해, Heat-Seal성을 손상하지 않고 내열성을 향상시킨 PE튜브 용기가 개발되었다.

中島 靜(Sei Nakajima) - 일본 (주)吉野공업소 연구부주임

IV. 방사선에 의한 새로운 쌀의 개발

방사선 조사에 의해 돌연변이를 유발하여, 쌀의 신품종을 육성하는 것은 옛부터 실시되어 왔다. 수확량을 향상시키기 위해, 多肥재배로 많은 수확을 거두는 키가 낮은 돌연변이를 이용, 잡종강세로 많은 수확을 가져오는 F₁ 하이브리드 품종을 위한 雄性不稔 돌연변이체가 만들어졌다. 多收性은 가장 중요한 육종목표이지만, 일본에서는 현재 쌀이 생산과잉이 되어 있어, 쌀의 새로운 수요를 개척하기 위해 새로운 품질·성분특성을 지닌 쌀을 만들어내는 것이 요구되고 있다. 그러나 새로운 품종을 육성하기 위해서는 일반적으로 오랜 기간이 필요하며, 소비자 요망의 변화를 따라잡기가 용이하지 않다. 소비자의 수요에 응하여 단기간에 새로운 쌀의 품종을 개발하는 데는 교배 母本으로 이용할 수 있는 성분특성의 변이계통을 다수 보유하는 것이 필요하다.

성분특성의 변이계통을 만들어내는 데는 방사선을 이용한 돌연변이 육종법이 유효하다. 돌연변이 유발에 의한 성분특성의 변이는 비교적 얻기가 쉽다. 방사선조사에 의해 돌연변이 유발을 하게 되면 각종 유전자에 변이가 발생하지만, 그 중에서 목적으로 삼은 변이형질을 가진 것을 선별한다. 동시에 발생한 바람직하지 않은 변이는 원품종과 교배시키는 것에 의해 쉽게 제거할 수가 있다. 이에

비해 近緣 야생종이나 재배특성이 크게 다른 품종에 있는 특성을 교배하여 주요품종에 도입시키는 경우에는 장기간에 걸친 육종작업을 필요로 한다.

쌀 성분의 개량에 돌연변이 육종법을 이용한 예로서는 低아미로스 쌀이 있다. 찰쌀 품종을 만들어내는 돌연변이는 옛부터 이용되어 왔다. 이것은 아미로스가 0%인 것이지만, 아미로스를 20% 정도 포함한 멥쌀의 변이로서, 중간형의 아미로스 10~15%의 쌀이 얻어진다. 찰기가 강한 쌀을 선호하는 일본에서는 이 低아미로스 특성이 맛좋은 쌀의 육종에 이용되고 있다. 근년에 소비가 늘고 있는 레토르트 팩으로 판매하는 취반용 쌀에는, 低아미로스 쌀이 적당하다는 결과가 나와 있다. 또한 술이나 과자 등의 가공용에도 유망시되어 있다.

기술자들은 쌀의 단백질 성분의 돌연변이체를 다수 만들어내었다. 쌀의 단백질은 글루테린, 프롤라민, 글로블린, 알부민으로 분류되지만, 글루테린이 가장 많이 함유되어 있다. 글루테린은 비교적 아미노산 배합이 좋아 소화에도 좋은 것으로 되어 있다. 프롤라민은 다음으로 많은 단백질이지만, 리진 함량이 낮아 인체에서 소화되기가 어렵기 때문에 영양적 가치가 낮은 것으로 되어 있다. 글로블린은 몇 개의 종류가 있지만, 그 중 α 글로블린이 중요한 것이다. 이것은 소화에는 좋으나 리진을 거의 함유하지 않는다. 그밖의 여러 종류의 단백질은 알부민에 속하지만, 그 중에는 미국 알레르기의 원인이 되는 알레르겐도 함유된다. 이러한 글루테린, 프롤라민, 글로블린, 알부민이 각각 적거나 많은 변이체를 얻고 있어서 개개의 단백질의 특성에서 그 이용법을 검토하고 있다. 그 중 글루테린이 적고 프롤라민이 많은 돌연 변이체와 16kDa 알레르겐이 적은 계통은 육종소재로서의 이용이 기대되고 있다. 그 특성이 충분히 알려지

지 않은 변이체도 있어, 단백질의 특성해명이 이루어질 때까지 단백질 변이계통으로 보존되어 새로운 수요에 대비한다.

西味 剛(Takeshi Nishio) - 일본 농업생물 자원연구소 방사선 육종장

V. 방사선 그래프트 중合法으로 만들어지는 고성능 기능재료

그래프트 중合法은 줄기(幹) 폴리머(基材)에 가지(枝) 폴리머(그래프트 사슬)를 접목하는 수법이다. 접목으로서의 라디컬(基)을 만들기 위해 방사선을 조사하는 경우를 방사선 그래프트 중合法이라 한다. 이것에 의해 줄기 폴리머는 形과 견고함을 담당하고, 가지 폴리머는 분리나 반응에 도움을 주는 「역할 담당」의 재료를 만들어낼 수가 있다.

지금까지는 필요에 따라 방사선 그래프트 중合法을 구사하여 平膜 및 中空系狀의 이온 교환막을 개발해 왔다. 여기서는 「방사선 그래프트 중合法으로 작성한 이온 교환 多孔性膜 모듈을 사용하여 단백질을 회수하면 모두가 잘 되어 나간다」는 것을 밝히므로써 방사선 그래프트 중合法의 매력을 논하고자 한다.

中空系狀 多孔性膜의 내면에서 외면까지 균일하게 高分子鎖를 배치하는 것이 방사선 그래프트 중合法의 특징이다. 폴리에틸렌製의 中空系狀정밀로 過膜에 방사선을 쬐어 라디컬을 만들어, 거기에 에폭시기를 가진 비닐모노머를 접촉시켜 高分子鎖를 접목(그래프트)하였다. 그 에폭시기의 일부를 디에틸아민으로 열면, 음이온 交換基인 디에틸아미노기를 도입할 수 있다. 나머지 에폭시기를 에타놀아민으로 열어 水酸基를 포함하는 官能基로 하였다.

中空系狀 이온 교환다공성막과 이온 교환

비즈 충전컬럼과의 단백질 회수성능을 비교하였다. 막의 外徑과 동일한 內徑을 가진 유리관에 막의 길이와 같은 높이까지 비즈를 충전하였다. 거기에 동일한 단백질 용액 (소혈청 알부민의 녹은 트리스 염산 완충액)을 동일한 조작압력으로 흐르게 하였다. 막의 외면에서의 유출액, 또한 컬럼의 출구에서의 유출액을 채취하여 단백질의 농도를 추적하였다.

流量을 바꾸어 얻어지는 막과 컬럼의 破過曲線에서 破過點 (從軸의 $C/Co=0.1$ 이 되는 橫軸의 액량)을 판독하여, 각각의 지금까지의 흡착용량 (동적 흡착용량 Dynamic Binding Capacity, DBC라 부른다)을 유량의 關數로써 나타내었다. 막은 유량을 높여도 DBC가 일정한데 대해, 컬럼은 유량이 증가함에 따라 감소하였다. 막은 결정적으로 유리하다. 그것은 물론 막이 「對流 지원형」 회수인데 대해, 컬럼이 「 확산 제한형」 회수라고 하는 차이를

나타내고 있다.

또한, 흡착-세척-溶出-세척-흡착...과 같이 되풀이하여도 막에 흡착한 단백질을 溶出하므로 다음 번에도 같은 양의 단백질을 회수할 수 있다는 것을 막으로 확인하였다. 또한 이온교환 多孔性膜을 겹쳐 膜모듈을 제작하여, 유량이나 흡착량을 측정하였다. 어느 것도 本의 막의 本數만큼 배로 하는 값이 되었다. 따라서 다공성막의 스케일업은 비즈 충전 컬럼에 비해 간단하다.

「방사선 그래프트 重合法에 의해 작성한 이온 교환 다공성모 모듈을 사용하여 단백질을 회수하면 모두가 잘 되어 나간다」라는 것을 명시하는 것으로 방사선 그래프트 重合法의 매력을 이해해 주는 것이 요망된다.

齊藤 恭(Kyoichi saito) - 일본 千葉대학 공학부 기능재료공학과 조교수



우리 協會에서는 매 분기 발간하는 會報誌에 게재할 기술정보, 국내외소식, 수필, 학술활동, 論壇 및 時論을 모집하오니 회원 여러분께서는 적극 투고하여 주시기 바랍니다.

- 접 수 : 수시
- 보 낼 곳 : 한국방사성동위원소협회 정보관리팀(담당 : 최윤석)
서울시 강남구 대치동 960-12(과학회관)
우편번호 : 135-280
전화번호 : 566-1092 FAX : 566-1094

※ 채택된 원고에 대하여는 소정의 원고료를 지급합니다.