

現代를 變化시킨 20대 發明

20세기의 막을 올리고 그 독특한 성격을 명백하게 보여 준 것은 여러 과학의 기하급수적인 성장이라고 할 수 있다. 과학과 과학이 낳은 기술이 세계를 바꿔 놓았다는 것은 이 변화의 진정한 규모를 흔히 잊기 쉽다고 하지만 명백한 사실이라고 하겠다.

과학은 우리가 세계를 인식하는 방법과 우리가 질문하는 성격 그리고 우리가 걸고 있는 기대를 근본적으로 바꿔 놓으면서 이제

사회를 움직이는 중요한 힘이 됐다. 미국과학진흥협회(AAAS)가 펴내는 세계적인 과학대중지 '사이언스 84'(Science 84)는 지난 11월 창간 제5주년을 기념하여 20세기의 과학·기술·의학분야의 20대 발견을 주려 『우리 생활을 바꾼 20대 발견』이라는 주제의 특집호를 발간했다. 1년여에 걸친 준비작업기간을 두고 미국의 저명한 과학자들과 역사가들과의 신중한 협의를 거쳐 주려 낸 20개

의 대상은 노벨수상자를 포함한 정상급의 과학자와 역사가 그리고 과학저술가들의 집필로 그 내용과 의의가 다시 조명되었다.

『과학과 기술』지는 21세기의 「世界속의 科學韓國」을 위해 온갖 힘을 기울이고 있는 우리에게 「溫故知新」의 지혜를 줄 이 글들을 완역하여 매달 한편씩 연재하기로 했다. 우선 1900~1919년 사이 발명·발견된 내용을 실는다. 玄 源 福 譯 <과학저널리스트>

차 례

<1900 - 1919>

- <1> 플라스틱이 바꾼 세계
- <2> IQ 테스트와 함정
- <3> 아인슈타인의 멋진 해
- <4> 혈액형발견이 구제한 숫한 인명
- <5> 수의 재판
- <6> 휴지통에서 나온 진공관
- <7> 식량증산의 길을 틔 잡종옥수수
- <8> 진공소제기에서 揚力을 얻은 현대 항공술

<1920 - 1939>

- <9> 醫學의 第2 革命을 가져온 抗生劑
- <10> 人類의 뿌리를 밝힌 胎兒의 어린이

頭蓋骨

- <11> 核融合과 두개의 날
- <12> 밝혀진 宇宙開闢의 수수께끼
- <13> 短命의 DDT와 環境運動
- <14> 20世紀의 얼굴, TV가 나오기 까지

<1940 ~ 1959>

- <15> 人口의 均衡을 잡은 避妊藥
- <16> 나치스의 暗號풀기로 출발한 컴퓨터
- <17> 精神疾患을 구제한 클로르프로마진
- <18> 20世紀 産業의 쌀, 半導體
- <19> 2 重나사선이 펼친 新世界
- <20> 레이저가 연 光産業

플라스틱時代를 연 베이클라이트

레오·베클랜드는 딱딱하고 부서지기 쉬운 수지를 정복하여 나일론과 터페웨어를 생산하는 길을 텃다. (Robert Friedel)

「로버트 프리델」(Robert Friedel)은 1977년 존스홉킨스大에서 '셀룰로이드의 역사'란 논문으로 박사학위를 받았다. 그는 이것을 주제로 1983년 『선구자 플라스틱 : 셀룰로이드의 제조와 판매』(Pioneer Plastic: the Making and S-

■ 筆者 紹介 ■

elling of Celluloid)라는 저서를 펴냈다. 그는 토마스 에디슨과 19세기 물리학의 거물인 파라디와 맥스웰에 관한 책들을 저술했다. 「프리델」은 1971년 브라운大에

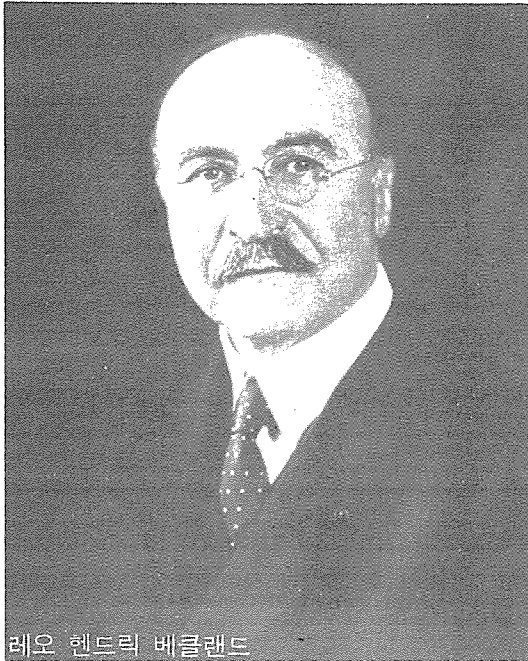
서 과학사로 A.B(문학사), 1972년 런던大에서 과학기술사로 M.Sc(과학석사)를 받았다. 그는 현재 미국 전기전자기술자협회(IEEE)의 전기공학사센터 소장으로 재직하면서 에디슨의 전등발명에 관한 연구를 하고 있다.

말년에 가서 이 노인은 행동이 뚜렷하게 과확스러워졌다. 그는 몇주일씩이나 부인과 가족들과 어울리지 않는 일이 흔히 있었다. 그는 플로리다의 따가운 햇살을 피하기 위해 헬멧 모자를 쓰고 흰 옷만 입고 다녔다. 더위가 못견딜 정도로 기승을 부리면 흰 양복과 헬멧모자를 걸친채 그대로 앞 마당에 있는 수영장으로 행진해 들어 갔다 나와서 흠뻑 젖은 옷의 증발기운으로 몸을 식혔다. 수백만의 재산을 가진 백만장자였으나 깡통에 든 수우프와 콩으로 식사했다. 그러나 「레오 헨드릭 베클랜드(Leo Hendrik Baekeland, 1863-1944)」는 이렇게 다른 사람과는 다른 면모를 지닐 수 있는 사람이었다. 그가 평생에 이룩한 업적은 그 이전의 어떤 사람의 업적보다 판이하게 달랐으며 세상을 크게 바꿔 놓기 시작한 것이다. 그것은 바로 플라스틱

이다.

베클랜드는 20세기의 독특한 모습과 감각을 만들어 낼 만능의 자극적이며 없어서는 안되는 재료가족의 아버지였다. 폴리에스터¹⁾, 폴리비닐²⁾, 폴리스티렌³⁾, 폴리에틸렌⁴⁾, 폴리프로필렌⁵⁾ 그리고 나일론등 어리둥절할 정도로 이어지는 이름들은 하나의 큰 산업계가 얼마나 활기있게 활동하고 있다는 것을 보여주는 증거가 되고 있다. 이것은 또 새로운 재료를 토대로 제품을 강화하고 무게를 줄이며 값을 내리고 다양화하려는 생산업자들의 열성이 얼마나 뜨겁다는 것을 반영하는 것이기도 하다.

19세기 후반에는 한때 침울했던 이 유기화학 분야가 지성의 성취와 재료의 신장을 위한 하나의 원천이 되었다. 화학자들은 시작에서는 느렸으나 차츰차츰 빠른 숨씨로 자연이 생명체를



레오 헨드릭 베클랜드

만들기 위해 수소, 산소, 질소등 몇가지의 간단한 원소를 탄소원자와 결합시키는 방법을 찾아냈다. 이윽고 화학자들은 보다 간단한 것으로부터 더욱 복잡한 유기화합물을 합성하여 자연을 모방하는 길을 찾았다.

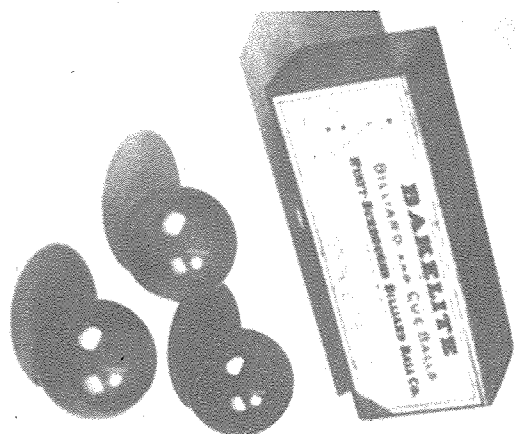
과학에서는 흔히 있듯이 이런 보물은 뜻밖에도 빈번히 발굴되었다. 1856년에는 런던의 한 화학연구소의 젊은 학생인 「윌리엄 헨리 퍼킨 (William Henry Perkin, 1838~1907)」이 코울타르의 찌꺼기에서 약품 퀸을 합성하려고 하다가 대신 짙은 자주빛의 물질을 얻었는데 이것은 굉장한 물감이라는 것이 들어났다. 이 물감과 뒤이어 생산된 염료들은 하나의 산업을 창출했고 유행의 모습을 영원히 바꿔놓았으며 세계 도처의 화학자들에게 합성에 성공하면 부귀와 영예가 기다리고 있다는 것을 알려 주었다.

19세기의 나머지 기간동안 유기화학자들은 밝고 진귀한 염료들은 물론 끝없이 이어지는 향미료와 의약품의 합성으로 지냈다. 이들의 성공은 기술이 개가를 올리자면, 과학에 의존한다는 신념을 심게 하는데 도움이 되었다. 실제로 한

정된 범위의 실험방법을 여러 다른 물질에 응용하여 많은 결과를 얻었다.

대체로 경험적인 이 접근방법은 해결책을 얻은 것 만큼이나 많은 의문도 창출했다. 예컨대 2개의 비교적 간단한 유기물질인 페놀과 알데히드의 경우가 있다. 페놀은 대형급의 화합물에 속한다. 유기화학자들은 이 화합물의 기본적인 탄소골격의 패턴에서 이것을 고리형 화합물이라고 부르는데, 단순한 페놀(C_6H_5OH)이라면 마땅히 그런 이름을 가질만 하다. 그러나 살균제로 쓰였을 때 더욱 많이 알려진 이름은 석탄산이다. 알데히드도 그 냄새로 이름이 나 있다. 가장 단순한 알데히드는 해부대에서 일해 본 일이 있는 생물학도라면 누구나 잊을 수 없는 강력한 냄새인 포르말데히드($HCHO$)이다. 더욱 복잡한 알데히드는 여러 향수와 그 밖의 방향료의 기초가 된다. 화학자들은 페놀과 알데히드간의 반응에 눈을 잃고 있었다. 독일의 가장 위대한 합성화학자인 「아돌프 폰 바이어 (Adolf von Baeyer, 1835~1917)」는 1872년 페놀인 피로갈롤과 벤즈알데히드간의 반응에서 수지같은 물질이 생겼다는 사실을 발표했다. 이것은 흥미는 있으나 다루기 어려워져 바이어의 발표는 학술적인 알리정도 이상으로는 받아들여지지 않았다. 이로부터 거의 20년의 세월이 흐른 뒤 「베르너 클리버그」는 단순 페놀과 흐름알데히드로 딱딱하고 용해되지 않는 물질을 얻었으나 바이어가 만든 물질과 마찬가지로 연구나 분석하기 어려운 물질이었다. 페놀-알데히드제품이 상업적인 가능성이 있다는 것을 내다본 과학자들도 있었으나 특허는 거의 나오지 않았고 이것을 쓸모 있는 것으로 만들 수 있다고 감히 내세우는 사람은 아무도 없었다.

「베클랜드」가 여기에 손을 댄 것은 20세기 초였으나 이 무렵의 현황은 대체로 그런 정도였었다. 1863년 벨기에에서 태어난 베클랜드」는 당시 창의적인 화학과 악착같은 기업가 정신을 숨겨있게 결합시켜 돈을 잘 벌고 있었다. 겐트 대학에서 최신유기화학을 배운 그는 화학발명가가 되었다. 그가 올린 가장 큰 개기는 사진용



지였다. 종래의 사진용지는 햇빛을 쬐어야했으나 이것은 햇빛 대신 인공 빛에 노출시켜 인화하는 것이었다. 「베클랜드」는 1899년 그의 벨록스(Velox)지를 이스트만 코닥사에 75만 달러를 받고 팔아 넘겼다. 미국은 용기와 지식을 가진 이민이라면 누구에게나 기회를 제공한다는 그의 신념은 이로써 몇곱절이나 정당화된 것이다. 그는 뉴욕주 온커즈에 훌륭한 주택을 샀고 이 도시에서는 첫번째가 되는 자동차를 구입하여 이 색다른 장치로 이웃을 공포의 도가니로 몰아넣었다. 그는 훌륭한 장비를 갖춘 연구소와 조수 한사람을 거느리고 화학문제가 그의 공상을 자극할 때마다 취미삼아 연구에 매달려서 시간을 보냈다.

다른 여러 화학자들과 마찬가지로 그도 페놀-포름알데히드의 반응으로 생긴 수지같은 제품은 합성셀락⁸⁾을 만들 수 있는 가능성을 느낀다. 이 천연제품은 남부아시아에서 입수해 왔는데 그곳에서는 수지의 원천인 수십만개의 락곤충을 수집하여 크게 번창하고 있었다.⁷⁾

셀락은 광내기와 와니스의 잘 알려져 있는 성분의 하나이었다. 그 주물형태로 된 것이 음반이었으며 전기절연체와 비품용으로는 경질고무보다 월등하게 우수했다. 그러나 전기산업이 급속하게 성장하면서 셀락의 제한된 공급량은 미처 수요를 감당할 수 없게 되었다.

「베클랜드」를 포함하여 어떤 화학자도 셀락을 상업적으로 대신할만한 대용품이 머리에 떠

오르지 못했다. 당시 「베클랜드」는 많은 연구를 하면서 페놀-포름알데히드반응의 수수께끼를 차츰차츰 풀기 시작했다. 예컨대 이 반응중인 혼합물에 산을 가하면 그 결과 끈적끈적한 물질이 생겨서 알코홀이나 아세톤과 같은 일반 용제속에서 스스로 녹아 버렸다. 한편 염기를 보태면 부서지기 쉽고 녹지 않는 물질로 되어 버렸다. 그는 또 여러가지 다른 온도와 압력의 영향을 눈여겨 보았다. 셀락의 대용품을 찾아 내려는 작업에서 희망은 곧 잡히지 않았으나 「베클랜드」는 그의 혼합물속에서 다른 가능성을 모색하기 시작했다. 부서지기 쉽고 바위 같은 이 물질은 언뜻 가치가 없는 듯 보였다. 그러나 석면이나 연한 나무와 같은 구멍이 많은 재료를 반응이 진행되는 동안 첨가한다면 이 재료는 큰 내구력을 가지게 경화시켜 진정한 잠재성을 지닌 제품을 만들 수 있지 않을까 하고 그는 생각했다.

1907년 6월, 「베클랜드」는 이런 연구노선에 따라 차곡차곡 일을 진행시켰다. 이것은 다른 과학자가 바라 볼 수는 있되 아무도 뒤따를 수 없는 작업이었다. 그는 연구비망록에 페놀-포름알데히드, 그리고 염기로 된 장래가 촉망되는 혼합물을 기록하기 시작했다. 그는 마침내 밀폐된 튜브속에서 어떤 혼합물을 가열한뒤 색다른 점을 관찰하게 되었다.

...노리끼리하고 딱딱한 이 굳은 물체는 장래가 촉망되어 보인다. D라고 부를 이 덩어리가 단독으로나 또는 예컨대 석면, 카세인, 산화아연, 녹말, 여러가지 다른 무기분말 그리고 램프 블랙과 같은 다른 고체물질과 함께 주조물질을 만들 수 있어 셀룰로이드와 경질고무의 대용품을 만들 수 있다는 것을 가려내는 것은 가치있는 일이라고 생각된다.....

셀룰로이드와 경질고무에 언급했다는 사실은 「베클랜드」가 이 새로운 재료의 장래를 얼마나 빨리 파악하고 있었다는 것을 보여주는 것이다. 이것은 19세기에 벌써 플라스틱의 세계가 도래할 것이라고 암시한 것이다. 1890년대에 이르러 사실상 플라스틱이라는 말⁸⁾은 질산셀룰로우스



로 시작된 재료류를 설명할 때 準대중과학지에서 빈번하게 나타나기 시작했다. 「베클랜드」는 그의 일기에서 스스로를 보다 기발한 사람으로 내세웠다.

『나는 아주 최근에 와서 매우 성공적인 작업을 했다고 생각한다. 이로써 나는 플라스틱과 와니스와 같은 광범위한 응용의 길을 가지게 될 몇가지의 새롭고 재미있는 제품을 생산할 궤도에 올라타게 되었다. 특허를 신청했는데 나는 이 물질을 베이클라이트라고 부를 것이다.』

일을 조금하게 서두는 것은 「베클랜드」의 스타일이 아니었다. 그는 18개월을 더 작업하면서 이 새로운 재료의 성질과 생산의 주요단계 그리고 최선의 사용법을 연구했다. 하나 하나의 반응조건과 형태를 조심스레 관찰하면서 제조자, 주조자 또는 다른 용도의 이용자들이 가장 쓸모 있다고 생각되는 시점에서 공정을 중단할 수 있게 만들었다.

아름든 그의 베이클라이트는 참으로 놀랄만한 물질이었다. 녹지 않고 쉽사리 타지도 않을 뿐더러 거의 모든 산이나 그 밖의 부식 물질에 견디는 탁월한 전기절연체였다. 더우기 매력적인 천연호박색을 갖고 있고 또 쉽게 밝은 색으로 염색할 수도 있다. 부서지기 쉬운 고유의 결합도 나무가루나 또는 조각과 같은 충전재를 섞어서 극복할 수 있다. 아직도 새로운 재료가 진

귀하던 시대여서 베이클라이트의 안전성·용융성·가동성등은 많은 생산업자와 기업가들의 관심을 끌었다.

이보다 중요한 사실은 베이클라이트가 화학합성의 중요한 출발점이 되었다는 것이다. 종전에는 보다 간단한 분자로 합성한 복잡한 분자들은 언제나 적당한 크기를 갖고 있었다. 베이클라이트는 화학자가 작은 분자들을 가지고 매우 큰 분자로 연결시킨 첫번째 인공물질인 최초의 합성중합체⁹⁾였다. 이 분자가 얼마나 크다는 것을 「베클랜드」나 다른 어떤 화학자도 미처 짐작할 수 없었다. 오늘날 다 알고 있는 사실이지만 당시에는 고분자를 측정하는 방법을 알지 못했기 때문이다. 이론보다 실행이 아직도 앞지르고 있었다.

그러나 화학이론이 미흡하다고 해서 베이클라이트가 거둔 성공을 훼방놓지는 못했다. 특히 전기업계를 비롯한 잠재적인 이용자들은 이 새 재료가 열이나 추위 또는 습기에 노출되면 곧바로 훼손되는 셀락과 경질고무로 빚어내는 문제를 해소할 수 있다고 생각했다. 열에 견디고 전기를 절연할 수 있는 재료는 20세기초에 산업계와 산업계가 창출하고 있던 소비사회와 당시 가장 요망되는 첨단기술계에서 재빠른 응용의 길을 찾게 되었다. 늘상 흑갈색이나 까만 색깔을 가진 베이클라이트는 토스터, 주전자의 손잡이 그리고 전기플러그에 쓰였다. 주행을 뜨기 쉽고 전기저항이 있으며 튼튼하다는 베이클라이트의 장점은 자동차의 배전캡, 라디오의 슬레노이드¹⁰⁾, 그리고 비행기의 장비손잡이 등에 쓰이는 길을 텃다. 1920년대에는 베이클라이트가 당시 '산업디자인'운동을 이끈 아르데코(art deco : 1910~20년대 및 1960년대 후기에 유행한 장식성등을 특징으로한 디자인)의 물결치는 라인과 유선형에 꼭 어울리는 재료가 되었다. 곡선으로 둘러싸인 라디오, 캐비닛, 거울의 테, 머리술은 베이클라이트로 쉽게 모양을 가다듬을 수 있었다. 산업계는 물론 사회의 총아가된 「베클랜드」는 1927년 9월 타임 잡지표지에 등장했다.

「베클랜드」의 업적은 화학과 우연의 발견이 가져온 성과였으며 이론에는 거의 신세를 진 것이 없었다.¹¹⁾ 플라스틱이 진보하기 위해서는 이 새로운 거대분자의 존재를 옹호하고 설명할 수 있는 과학자들이 필요했다. 당시 아직도 이런 거대분자의 존재를 믿기를 거부하는 과학자들도 있었다. 독일 화학자 「헤르만 슈타우딩거(Hermann Staudinger, 1881~1965)」는 이런 물질의 분자량을 측정하는 방법을 고안하여 스스로 폴리머(重合體)과학의 아버지의 자리를 확립했다. 1928년에는 「월레스 카로더즈(Wallace Carothers, 1896~1937)」가 듀폰사에 연구소를 차려 폴리머 이론을 발전시켰으며 합성고무의 일종인 레오프렌¹²⁾ 고무와 나일론과 같은 제품을 창조했다.

1930년대와 1940년대에 들어와서 플라스틱 산업은 마침내 크게 번져나간 소비문화와 날로 복잡해지는 기술세계에서 없어서는 안될 존재로 굳혀졌다. 한편 「베클랜드」는 나이와 노쇠로 차츰차츰 세상에서 사라져갔다. 1940년 5월, 아직도 죽음을 4년쯤 앞두었으나 그의 허물어져 가는 정신은 플라스틱시대의 최선의 도약적인 발전사건을 알아차리지 못했을지 모른다. 그 달 어느날 아침 최초의 나일론스타킹의 판매가 개시되었는데 4일내에 처음 만든 4백만켈레가 거의 매진되었다. 그러나 플로리다 해안의 그 노인의 대해서 또 이 세상이 그에게 신세진 은혜에 대해서 잠깐동안이라도 생각해 본 사람은 단 한두사람도 없었을 것 같다.

용 어 해 설

1) 폴리에스테르(Polyester) : 알코올과 카르복실산(carboxylic acid)에서 생긴 중합체. 데트론등이 있다.

2) 폴리비닐(Polyvinyl) : 비닐론섬유 원료인 폴리비닐알코올이 있고 폴리염화비닐(Polyvinyl Chloride)은 전기절연성·화학적저항성이 크고 내수와 난연성이 좋아 전기피복, 필름등에 쓰인다.

3) 폴리스티렌(Polystyrene) : 스티렌의 중합체. 팽창한 폴리스티렌은 많은 기포가 내포되어 있어 단열재 또는 포장의 패키징에도 쓰인다. 내수성, 굴절률, 투명성이 크고 고무와 절연성이 좋다.

4) 폴리에틸렌(Polyethylene) 에틸렌의 중합체. 파라핀과 비슷한 분자구조를 갖는 긴 사슬모양의 고분자물질. 저밀도의 유연한 것과 고밀도의 딱딱한 것등 용도에 따라 생산된다.

5) 폴리프로필렌(Polypropylene) : 프로필렌의 중합체. 내약품성, 기계적성질, 열적성질 등이 모두 뛰어나다. 폴리에틸렌과 매우 닮았으나 강도가 크고 가볍다.

6) Shellac : 시드락(sead lac)*

을 처리 정제하여 얻은 알갱이 모양의 수지를 가공하여 판자모양으로 만든 뒤 다시 부서 조개껍질 모양의 얇은 조각을 골라 낸 것. 다갈색으로 용점은 115~120°C. 용도는 페인트 와니스원료, 가죽의 마무리작업용.

* 시드락은 락(lac) 벌레가 입고 있는 어미나무의 작은 가지를 건조하고 분쇄하여 잡물을 제거한것.

7) 당시 미국은 해마다 인도에서 30만톤이나 되는 셀락을 수입하고 있었다.

8) 플라스틱(Plastic) : 이 말은 그리스어의 '成形' 할 수 있다는 뜻인 'Plastikos'에서 유래한 것이다. 이 성형할 수 있는 성질은 고대부터 도자기를 만드는 원료인 점토가 갖는 성질로서 중요하게 생각되었다. 최초의 플라스틱인 셀룰로이드는 당구공의 원료로 발명되었다. 당구공은 1860년대까지 상아로 만들었으나 당구가 유행되면서 많은 코끼리를 잡

았기 때문에 그 대용품 발명에 상급까지 걸게 되었다.

9) 폴리머(Polymer) : 중합체, 유기화합물의 분자가 중합하여 생성되는 고분자 화합물. 단량체가 몇분자 중합하는가에 따라 2량체, 3량체라고 한다.

10) 솔레노이드(Solenoid) : 통형선륜(筒形線輪)

11) 수지와 같이 복잡한 고분자의 연구는 손을 댈 수 없었던 당시 베클랜드는 경험적이며 직감력을 믿고 모든 연구를 진행해야 했다. 그는 셀락과 같은 물질을 만드는 과정에서 이 물질이 되기까지 A, B, C의 3가지 종류의 상태를 거친다는 것을 밝혔다. 반응을 A에서 멈추게 하고 건조하면 용체에 녹는 가루가 생겼다. 이것을 녹여 가마속에서 열을 가하는 한편 압력을 걸었더니 반응이 진척되고 약품과 열에도 강한 매끄러운 고체 C가 생겼다. 그는 이 물질에 베이클라이트라는 이름을 붙였다.

12) 네오프렌(Neoprene) : 클로로프렌 고무(Chloroprene rubber)의 듀폰사 상품명.