



과학기술의 융합적 이해 2013년 2학기 제12주
합성화학과 환경

2013년 11월 21일 정동욱

과학의 커다란 선물, 합성화학

- 분석화학 vs. 합성화학
 - 분석 : 물질의 구성원소 분석
 - 합성 : 구성원소를 이용해 물질 (인공) 합성
- 응용과학의 선구자
 - 19세기부터 산업적인 응용에 성공
 - 초창기 기업체 연구소에서 화학자 채용

유비쿼터스 케미칼



Chemical Abstract Service

7 5,5 3 0,2 3 8

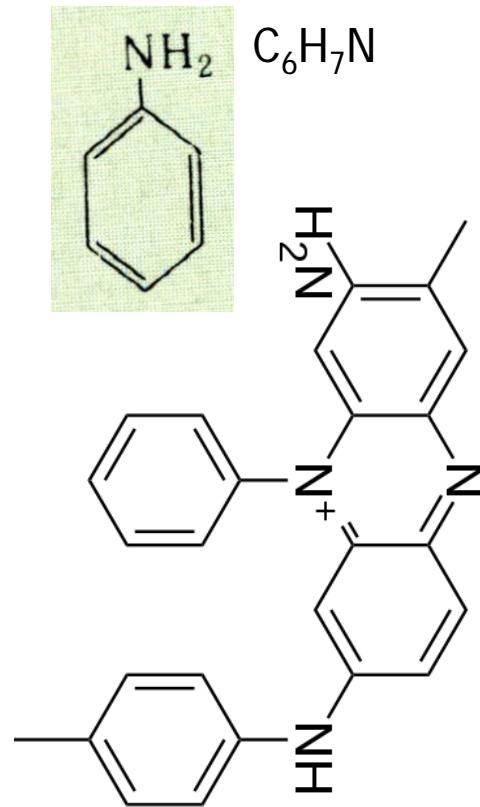
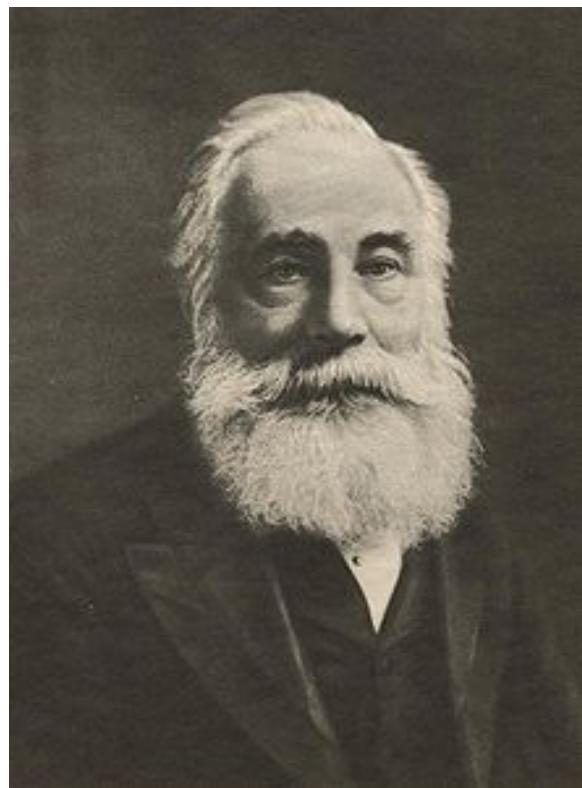
ORGANIC AND INORGANIC
SUBSTANCES
TO DATE

A global team of scientists is continually adding substance information from the world's disclosed chemistry to the CAS REGISTRYSM, the gold standard for chemical substance information.



세상 밖으로 나온 화학

최초의 합성염료 '아닐린 보라색'



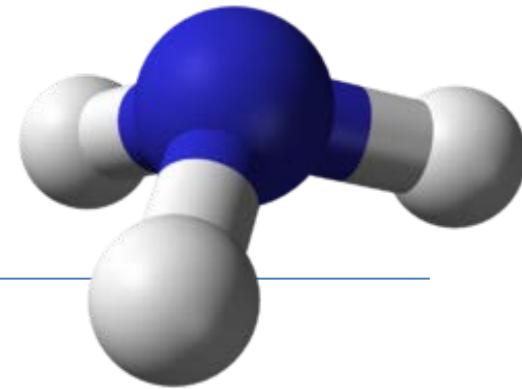
말라리아 치료제 퀴니네를
인공적으로 합성하려 했던
윌리엄 퍼킨의 우연한 발명(1856)

aniline purple & aniline black 염색 (1870년대)

다양한 합성염료의 개발

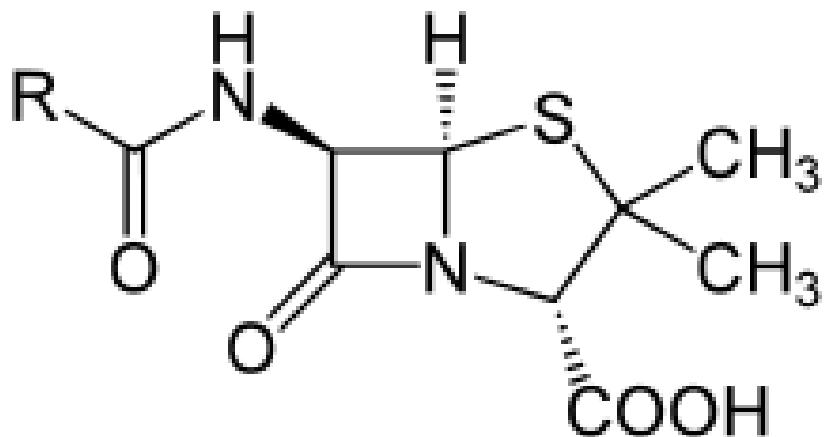


암모니아(NH₃)의 대량합성



- 하버-보슈법(1907/1913)
 - 질소와 수소를 촉매 존재 하에 고온고압에서 반응
 - 1차 세계 대전 중 화약 생산에 따른 암모니아의 수요가 증가하자 보슈가 하버의 방법을 공업적으로 적용
 - 연 9천 톤의 암모니아 합성에 성공
- 합성 요소 비료
 - 1828년 시안산암모늄을 이용해 요소 실험실 합성 성공
 - 하버보슈법을 이용해 합성 요소 비료 대량 생산 시작
 - 요소 비료의 약 40%가 합성 암모니아를 원료로 함
 - 합성 암모니아의 80%가 비료의 재료로 이용
 - 암모니아 생산에는 인류 전체 소비 에너지의 1% 소요

신약 개발



최초의 항생제 페니실린(1928)



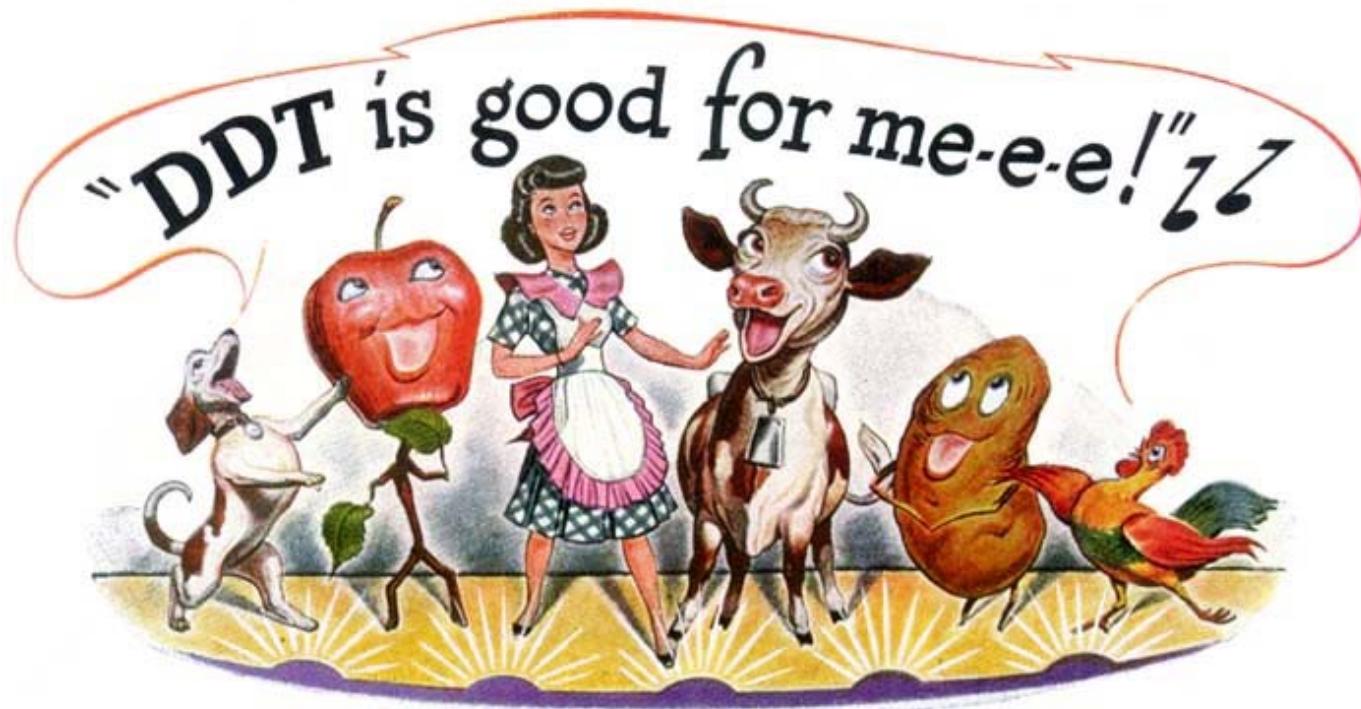
경구피임약(합성호르몬제)



입덧방지용 약 탈리도마이드(1950)

안전한 살충제 DDT

- 위험한 농약을 대신할 기술 필요
 - 20세기 들어 납, 비소 계열의 독약을 약화시킨 농약 사용 증가
- P. H. Muller의 DDT 발명
 - 저렴하고 식물과 온혈동물에게는 피해가 없는 이상적인 살충제로 인식



전쟁 승리의 또 다른 주역, DDT



“[2차 세계대전에서 우리는] 최고의 승리 중 하나 [를 거두었다.] … [이는] 아노펠레스(*anopheles*) 모기를 상대로 과학과 규율로써 거둔 승리이다.”

- 더글러스 맥아더 (1944)



발진티푸스를 예방하기 위해 DDT를 이용해 이를 죽이는 방법을 설명하는 모습. DDT는 북부 아프리카와 남부 이탈리아에서 발진티푸스의 발생을 예방했다.

DDT의 성공신화

- 2차 세계대전 중 열대 지역에서 효과 입증
- 전후 지중해 지역 말라리아 모기 박멸 성공
- 1948년 뮐러, 노벨생리의학상 수상
- WHO : DDT를 이용한 말라리아 박멸 계획

"Americans were living well and they believed that science and technology could solve any problem."



1946년 경의 신문 광고



DDT 살포, 1948년 플로리다



농약의 대량 살포

DDT : 서서히 드러나는 문제

- 먹이사슬을 따라 DDT 농축
- DDT의 화학적 안정성은 농축에 따른 독성 강화 기여
- 곤충들의 내성 → 더욱 독성이 강한 살충제 개발



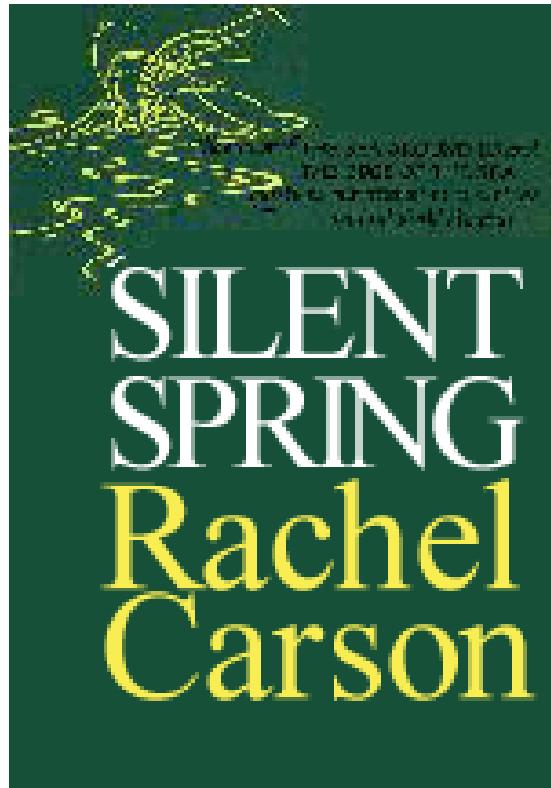
DDT 중독으로 부화하지 못한
따오기의 알들 (1970)



탈리도마이드 증후군에 대한 *Life*의 보도 (1962)

레이첼 카슨의 <침묵의 봄>

- 레이첼 카슨(Rachel Carson, 1907-1964)
 - 존스홉킨스대학 동물학 석사
 - 대중적인 저술가로 이름을 날림
 - 『해풍 아래에서』(1941), 『우리 주변의 바다』(1951)
 - 1956년부터 합성 살충제의 문제에 본격적인 관심을 가짐
- 1962년 6월 카슨의 책의 요약판이 New Yorker에 연재됨
- “침묵의 봄은 시끄러운 여름이 되었다”
 - 농무부 관리들과 살충제 생산업체의 공격
 - 1962년 9월 출판, 그 해 가을에만 60만 부 판매



그런데 어느 날 낯선 병이 이 지역을 뒤덮어 버리더니 모든 것이 변하기 시작했다. 어떤 사악한 마술의 주문이 마을을 덮친 듯했다. ... 마을 곳곳에 죽음의 그림자가 드리워진 듯했다. ... 낯선 정적이 감돌았다. 새들은 도대체 어디로 가버린 것일까? ... 주변에서 볼 수 있는 단 몇 마리의 새조차 다 죽어 가는 듯 격하게 몸을 떨었고 날지도 못했다. 죽은 듯 고요한 봄이 온 것이다. 전에는 아침이면 ... 여러 가지 새들의 합창이 울려 퍼지곤 했는데 이제는 아무런 소리도 들리지 않았다. 들판과 숲과 습지에 오직 침묵만이 감돌았다.

시끄러운 여름, 가을, 겨울, 봄

- DDT를 비롯한 화학약품의 위험성 및 그로 인한 토지와 물의 오염 고발
 - 과학적인 설명과 증거
 - 일상적인 사례들
 - 살충제에 대한 대안 제시
- 비판세력의 공격
 - 농무부, 화학공업회사, 대농장주, 일부 과학자들의 비판
 - 각종 과학단체, 언론을 통해 카슨의 주장 반박 자료 배포
 - 카슨에 대한 인신공격 감행: “카슨은 석사학위 소지자”
- 호의적인 백악관
 - 살충제 조사 위해 대통령 과학자문위원회 특별 패널 구성
 - 살충제 사용문제가 공공정책 문제로 확대됨



CBS에서 방영한 레이첼 카슨과의 인터뷰

1963년 케네디 대통령 과학자문 위원회 회의에 참석한 카슨



≪침묵의 봄≫의 영향

- 1969. 미국의 환경정책법 제정
- 1970. 4월 22일 제1회 지구의 날
- 1972. 미국에서의 DDT 사용 금지
- 1972. 로마클럽 보고서 ≪성장의 한계≫ 출간
 - '지속가능한 사회'라는 개념 제안
 - 단순한 환경오염 문제를 넘어서 자원의 양과 인구 문제에 대한 관심 촉구

과학기술에 대한 비관적 견해 확산

- “의도치 않은 귀결”의 문제
 - 부작용이 없다는 것을 어떻게 확신할 수 있는가?
 - 자연은 우리가 완전히 이해하기에 너무 복잡
- “통제불가능한 기술”의 문제
 - 증가해버린 인구를 살충제와 농약 없이 어떻게?
 - 현대 사회에서 자동차와 전기 없이 어떻게?
 - 인간은 오히려 거대 기술시스템의 부속품
- 선택지1 : 과거로 돌아가자?

편리함 vs. 공동체 해체

- 스페인 북동부의 작은 마을 이비에카(Ibieca)
 - 1970년대 초반 집집마다 수도물 공급
→마을의 공공 우물과 빨래터가 버려짐
→활발한 사회적 상호작용의 장이 사라진 것
→민주주의와 자치에 대한 중대한 위협
 - 편리함 vs. 공동체의 해체라는 파우스트적인 거래
- 모든 기술은 trade-off의 특성 있음(Don Ihde)
 - 돌보기 : 사물을 확대해주지만, 반대로 시야를 좁힘

과거로 돌아갈 것인가?

자크 엘륄의 전통 기술 vs. 현대 기술

전통 기술	현대 기술
다른 목적을 성취하기 위해 제작, 사용	기술 발전 그 자체가 중요해짐
도구보다 장인을 더 중요하게 여김	사람보다 기계가 더 중요
기술 전파에 오랜 시간 걸림	기술은 문화와 종교보다 빨리 전파
특정 기술의 사용은 필수가 아닌 선택	기술이 거대한 시스템을 이루어 선택이 사실상 불가능

과거로 돌아갈 것인가?

- 과연 인간이 주어진 외부적 조건을 마음대로 조종 할 수 있었던 때가 있었던가?
- 과거에는 의도치 않은 귀결이 더 적었는가?
- 과거에는 과연 기술선택이 자유로웠는가?
- 사람들에게 물어보라
 - 당신은 수돗물을 원합니까? 아니면 공동체를 원합니까?
 - 과연 둘 중 하나만 택해야 하는가?
 - 선택할 수 있다는 것만으로도 우리는 이미 과거보다 선택지가 많다. 즉 과거보다 더 자유로운 것 아닐까?
 - 혹시 둘 다 가질 수 있는 방법은 없는가?

화학물질 문제에 대한 절충적인 해법

- 환경적 영향에 대한 향상된 이해
 - 생태학과 생태학적 사고의 발전
 - 장기적이고 복합적인 영향에 대한 이해 향상
- 환경적 피해 최소화
 - 기존 및 신규 화학물질의 환경적 영향 평가 제도화
 - 화학물질 등에 대한 규제를 위한 법과 제도 강화
위험물질 사용 금지 또는 부적절한 남용 규제
 - 더 적은 환경적 영향을 미치는 기술 개발 노력
but '부작용이 없는 기술'에 대한 환상은 버려야
 - 사전 예방의 원칙

에필로그: 말라리아는 어떻게 되었을까?

- 20세기 초 : 퀴니네와 합성약 & 물길 조절과 배수 관리
- 1950년대 말라리아 박멸을 위한 전지구적 프로그램
 - “DDT 분사기 전쟁” [싸고 빠르고 손쉬운 방법]
- 말라리아 발병 추이 (인도)
 - 1951년 : 7,500만 명 발병 (800,000명 사망)
 - 1961년 : 50,000명 발병
 - 1965년 : 100,000명 발병
 - 1970년대 후반 : 약 5,000만 명
- 구식 기술의 재등장 : 구식 약들과 모기장