

울산대학교 화학과

BK21(핵심) 지역산업 밀착형 정밀화학 연구인력 양성사업팀

울산대학교 화학과 지기환(팀장), 정한모, 이영일 교수

홈페이지 <http://chem.ulsan.ac.kr/chemistry/bk21/index.htm>

사업팀 목적 및 배경

본 사업팀이 소속된 울산대학교 화학과는 우리나라 최초·최대의 국가 석유화학산업단지과 함께 국가의 산업화 및 선진화를 이끄는 견인차 역할을 수행하고 있는 산업도시 울산을 배경으로 위치하고 있다. 한편, 울산지역의 화학산업체는 최근 치열해 지는 국제적 경쟁상황 속에서도 지속가능한 성장을 도모하기 위해 그 동안의 주력상품인 석유화학제품의 생산에만 머무르지 않고 고부가가치 제품의 창출을 지향하는 정밀화학 산업으로의 전환을 서두르고 있다. 정부도 이러한 추세에 발맞추고자 정밀화학을 지역특화 전략산업으로 선정하고 동 산업의 육성을 도모하고 있다. 그러나 정밀화학 산업은 기존의 장치산업과는 달리 고성능·고기능의 소량 다품종 제품의 생산을 그 특징으로 하며 이러한 정밀화학 산업을 활성화하기 위해서는 무엇보다도 고부가가치 제품의 시의 적절한 연구개발이 관건으로, 이를 가능케 하는 다수의 고급 연구인력의 확보가 가장 중요하다. 따라서 본 사업팀은 울산지역 산업체에서 필요로 하는 정밀화학 전공 고급 연구인력을 지역에서 효과적으로 양성하여 제공함으로써, 지역산업의 선진화·다양화를 촉진하고 궁극적으로는 국가발전에 기여코자 한다. 본 사업팀에서 양성하고자 하는 연구인력은 대학원에서 고급유기화학, 녹색화학, 고급고분자화학, 나노재료화학, 고급분석화학, 첨단

기기분석 교과목을 수학과, 산학협력 연구과제를 적극적으로 수행함으로써, 지역산업체에서 요구하는 녹색화학기술과 고성능_고기능성 화학소재 개발기술을 숙지하고 국제적 감각과 영어 소통능력을 겸비함을 그 특징으로 한다.

사업팀 구성

참 여 교 수: 지기환(팀장), 정한모, 이영일

초 빙 교 수: Professor Victor D. Filimonov (러시아)

연 구 교 수: 이찬우 박사

박사 후 연구원: Dr. Roza Yusubova

참 여 학 생: 박사과정 2명, 석사과정 11명

주요 사업내용 및 특징

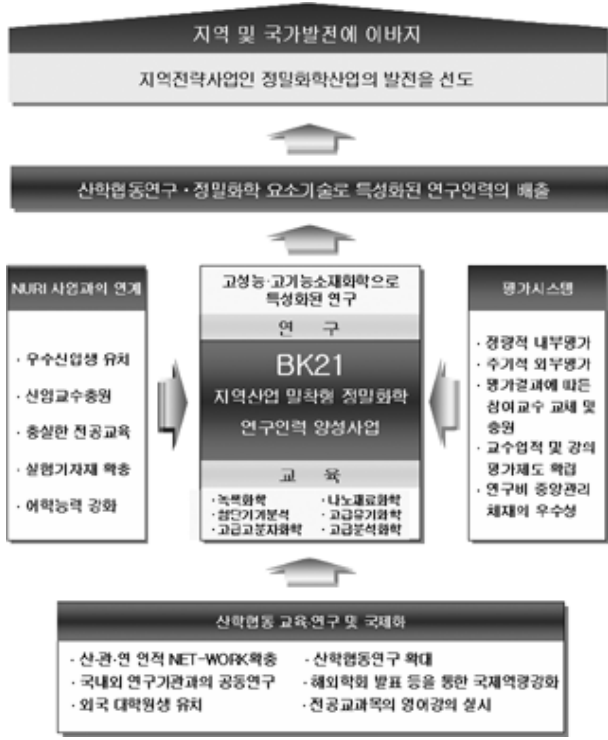
1. 정밀화학 연구인력 양성

지역 석유화학산업은 물론 NT, IT, BT, ET로 대표되는 첨단기술의 근간을 이루는 정밀화학을 전공하는 우수한 연구인력을 연차적으로 확대 양성하고, 지역에서 필요한 연구인력은 지역에서 양성·배출하여야 할 필요성과 당위성에 부응하기 위해 본 사업팀에서 수학적 대학원 졸업생 수를 7차 년도에는 1차 년 대비 125% 증가하여 배출코자 한다.

사업 비전

지역산업 밀착형 정밀화학 연구인력 양성 지역우수 연구중심 대학원으로 도약

<p>국제화 역량을 갖춘 지역정밀화학산업 밀착형 교육</p> <ul style="list-style-type: none"> • 국제화 역량 배양 <ul style="list-style-type: none"> - 영어전용강좌 운영 (50%) - 국제학회발표 (70% 증대) - 대학원생 논문발표 (150% 증대) - 졸업요건 강화 (SCI논문) • 선택과 집중 교육내용화 <ul style="list-style-type: none"> - 녹색화학, 나노재료화학 특성화 교육 (3과목신설) - 공정한 강의평가 시스템 - 논문지도/심사 시스템 보강 • 교육자원 네트워크 <ul style="list-style-type: none"> - 해외 지대대학 확대 - 지역네트워크 협력 강화 • 산·학 협동 교육체제 <ul style="list-style-type: none"> - 산업체 전문가 초빙 - 취업률 100% 유지 	<p>지역정밀화학산업 발전을 선도하는 산학협동 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> • 연구역량 극대화 <ul style="list-style-type: none"> - 교수 논문수 50% 증가 - 교수 특허 100% 증가 - 고가분석장비 확충 (400백만원/년) - 석·박사 배출인력 125% 증가 • 산학협동 연구 특성화 <ul style="list-style-type: none"> - 고성능·고기능화소재기술 특성화 연구 - 지역정밀화학산업과 공동연구 강화 - 대학원생 현장파견연구 • 연구 네트워크 <ul style="list-style-type: none"> - 외국대학과 공동연구 - 지역 네트워크 등과 공동 연구 강화 	<p>지역혁신 주체간 협력 체제 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> • 대학 프로그램 <ul style="list-style-type: none"> - 인적·물적 투자 확대 (학과 교수인당 학생수 개선 18.6 → 16.4) - 운영시스템 강화 (자체 평가시스템 등) - NURI 사업연계 • 울산광역시 및 지역공공기관 <ul style="list-style-type: none"> - 정밀화학 지역주체간 인적·물적 투자 및 인프라 구축 - 인력·장비 공유 - 지역산업 발전 모델 제시 및 재원 확보 • 울산 정밀화학산업체 <ul style="list-style-type: none"> - 산학공동 연구개발 (신규사업도출, 수익성 개선) - 인력교류 및 장비공유
--	---	---



2. 지역산업 밀착형 교육

울산지역 전략산업의 하나인 정밀화학의 특성 상 기능성 유기 및 고분자 화합물, 유·무기 복합소재, 첨단 기기 분석 분야를 전공한 연구인력에 대한 지역의 수요가 많다. 이러한 녹색화학기술, 고성능·고기능성 화학소재 개발기술에 관한 산업체의 수요에 부응하기 위해 녹색화학, 나노재료화학, 첨단기기분석, 고급유기화학, 고급고분자화학, 고급분석화학 교과목을 대학원 교과과정의 필수과목으로 개설하고 이를 대학원생이 수강케 함으로써 본 사업팀에서 수학한 대학원생을 관련분야의 전문가로 양성한다.

3. 경쟁력을 갖춘 연구인력 양성

박사과정 학생에게는 SCI 논문 최소 2편, 석사과정 학생에게도 SCI급 논문 최소 1편의 발표를 졸업 필수요건으로 강화함으로써 연구력 증진을 독려한다. 본 사업팀의 연도 별 연구실적은 1차 년 대비 7차 년도에는 교수 1인당 논문 수 및 IF의 50% 증가를 목표로 한다. 또한 학과 전임교원을 연차적으로 증·보강하여 대학원을 쇄신하고 활성화함으로써, 본 학과를 졸업한 대학원생을 첨단 전공 지식과 연구력을 겸비한 정밀화학 연구인력으로 양성한다.

4. 산학협력 교육 및 연구

울산소재 화학산업체의 국제적 경쟁력을 높이기 위한 정밀화학 관련 고급 전공 인력의 수요는 급증할 것으로 예상되므로 울산대학교 화학과 대학원의 교육과정을 산업체가 요구하는 내용으로 확충한다. 이를 위해 산업체에서 근무하는 임원급 현장인력을 학생교육 및 산학협의회 위원으로 적극 활용한다. 또한, 산학협력연구 과제를 적극 발굴하여 대학원생의 산학협력연구 참여기회를 확대·제공함으로써 산업체에게 우수 연구인력의 선발기회를 제공함과 동시에 대학원생의 취업률을 제고한다. 대학원생에게는 졸업 전이라도 학생을 원하는 화학산업체를 알선하여 인턴사원으로 근무케 함으로써 대학원 졸업과 동시에 취업이 가능하도록 독려한다.

5. 특성화된 대학원 교육

유기합성화학, 나노재료화학, 첨단기기분석 전공분야를 산학협동 중심으로 교육하고 연구함으로써 특성화된 정밀화학 연구인력을 지역 산업체에 배출하고자 한다. 본 사업팀 소속 대학원생의 고급기기분석 교육에 '화학물질 분석 및 규명 기술혁신 센터' (TIC, 산자부 지원) 소재 첨단 분석기기를 적극 활용함으로써 특화된 대학원 교육을 실시한다. 지도교수는 분기별로 대학원생 면담을 실시하여 진로상담일지를 작성함으로써 학생 생활의 문제점과 애로사항을 파악하고 궁극적으로는 진로상담일지를 학생취업의 활성화에 이용한다. 특히, 연구인력의 수요가 많은 지역 중소기업 또는 벤처기업 형 정밀화학 산업체의 특성을 학생에게 이해시키고 산업체가 요구하는 전공지식의 습득이 가능하도록 지도함으로써 원활한 취업을 유도한다.

6. 국제화된 연구인력 양성

국제화의 구체적 방안으로, 외국 대학원생을 점차적으로 확보하여 사업팀 소속 대학원 재학생의 25%까지 그 수를 확대한다. 2007년도 1학기에는 베트남 학생 2명이 본 대학원에 입학할 예정으로, 대학원 영어전용강의 수도 전공 교과목의 50%가 되도록 연차적으로 증대한다. 한편, 1차년도 사업의 일환으로 러시아 출신의 저명한 화학자인 Victor D. Filimonov 교수를 초빙하여 국제 공동연구를 수행하였으며 Roza Yusuboba 박사는 본 사업팀에서 박사 후 과정 자격으로 연구를 수행하고 있다. 또한, 외국 자매대학 화학과와 본 사업팀과의 교류를 통해 국제 공동 연구를 실시함으로써 연구성과를 극대화하고 대학원생의 국제적 감각을 제고한다. 이러한 국제교류사업과 더불어, 가능한 많은 대학원생이 외국 학회 및 국제 세미나에 참여하여 자신의 연구결과를 발표함으로써 국제적 역량을 자연스럽게 제고코자 한다. 사업 7차 년도의 대학원생 1인당 논문 건수 및 학회발표 건수는 1차 년 대비 각각 150, 70%의 증가를 목표로 한다.

7. 학부 NURI 사업과 연계된 효과적인 대학원 교육

울산대학교 화학과는 본교 생명화학공학과와 함께 '산업맞춤형 정밀화학인력 양성사업 (NURI)' 을 수행 중에 있다. 따라서, NURI 사업의 실시로 확충되는 산업체 교육인력풀을 대학원 교육과 연구, 교과과정 개발에 적극 활용함으로써 화학산업체에서 요구하는 산업밀착형 연구인력 양성사업의 효율적 수행을 추구한다. 더불어, NURI 사업의 학부 교육과정과 BK21 사업의 대학원 교과과정이 연계되도록 교과과정을 개편하여 두 사업의 시너지 효과가 최대화 되도록 한다.

주요 연구분야

향후 화학산업의 발전 방향은 물질 면에서는 「원하는 성능과 기능을 최대로 발현」하고, 제품 면에서는 「안전과 환경을 고려하면서」, 공정 면에서는 「제조비용을 최소화하는 프로세스」를 지향할 것이다. 따라서 본 사업팀은 안전과 환경을 고려한 제품을 생산하여 지속가능한 발전으로 삶의 질을 향상시키기 위한 **녹색화학기술**을 바탕으로 원하는 기능을 최대로 발현하는 제품을 설계, 개발하여 관련 산업의 발전을 선도하기 위한 **고성능·고기능성 화학소재 기술**에 관한 연구를 수행하면서, 관련 인력을 양성하고 있다.

1. 녹색화학기술을 이용한 신합성법 개발, 생체활성, 전도성 또는 광기능성 유기화합물의 합성연구 및 자기조립(self-assembly)을 포함한 초분자화학(supramolecular chemistry) 연구

- 녹색화학기술을 이용한 새로운 합성법 연구

· 청정용매를 사용한 청정 합성법의 개발 - 유기합성시 전통적으로 사용되는 chloroform, methylene chloride, benzene, acetone 등의 유기용매 대신 환경친화적이며 그 독특한 물리적 특성으로 인해 반응속도가

촉진됨은 물론 분리정제에도 유리한 물, 초임계유체, 불소화된 용매(fluorous solvent), 이온성 액체(ionic liquids) 등의 청정 용매를 이용하는 합성법을 연구·개발함으로써 환경에 유해한 유기용매의 사용을 최소화하고 원하는 물질의 합성 수율을 극대화하고자 한다.

· Microwave를 이용한 청정 합성법의 개발 - 대부분의 화학반응은 액체 상태에서만 일어나는 것으로 여겨왔지만 마이크로웨이브를 이용하면 고체상태에서의 화학반응도 유용하게 이용할 수 있다. 마이크로웨이브를 이용하면 에너지 소비가 많은 가열 시간을 현저하게 줄일 수 있을 뿐만 아니라 용매 없이도 반응이 가능해져 용매를 제거하는 데 필요한 가열 과정이나 용매사용경비를 감소시키고 더 나아가 용매를 사용함으로써 발생할 수 있는 유해성을 원천적으로 막을 수 있다. 이렇게 유용한 마이크로웨이브를 이용하는 새로운 청정 합성법을 연구·개발하여 공업적으로 활용하고자 한다.

- 생체활성, 전도성 또는 광기능성 유기화합물의 합성연구

· 생체활성 유기화합물의 합성연구 - 약(항생제, 결핵약 등)에 대한 세균의 내성증가로 신약의 개발은 앞으로도 요긴하며 필수적인 연구주제이다. cross-coupling 반응 등 새로이 개발된 유기합성법을 활용하여 새로운 의약품 또는 의약품중간체의 효과적인 합성법을 연구개발하고 있다.

· 전도성 또는 광증폭 특성을 지닌 유기소재 합성연구 - 기존에 알려진 유기소재보다 전도성이 뛰어난 고분자의 합성 또는 광증폭 특성을 지닌 유기소재의 효과적 합성법을 개발하고 그 특성을 연구함으로써 공업적으로 매우 유용한 소재개발의 기초연구를 실시하고 있다.

- 자기조립을 포함한 초분자화학 연구

· 전통적인 유기합성방법에 의해 복잡한 고리화합물을 제조할 때 철저한 설계에 따른 다단계 합성에 의존함으로써 많은 노력에도 불구하고 최종화합물의 수득률은 낮을

수밖에 없다. 이에 비해 자기조합에 의한 고리화합물의 합성은 비교적 단순하여, donor와 acceptor를 합리적으로 설계하여 제조하고 이 둘을 온화한 반응조건에서 반응시킴으로써 높은 수득률의 고리화합물을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이렇게 얻은 고리화합물은 촉매 등으로 유용할 것으로 예측된다. 이러한 유용성이 인간의 과학, 문화발전에 실질적으로 기여하기 위해서는 앞으로 배위결합을 원동력으로 한 자기조합반응의 반응경로의 철저한 이해가 요구되며 반응생성물의 다양성 및 응용성이 확보되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 점에 초점을 두고 특히, Pt, Pd 금속과 ligand(pyridine, carboxylate, nitrile)사이의 배위결합을 이용한 자기조합반응을 종합적으로 연구함으로써 discrete heterocyclic supramolecules의 다양성 및 응용성을 확보하고자 한다.

2. 고성능·고기능 유·무기 혼성재료의 미세구조 설계, 평가 및 응용 연구

- 형상기억능 유·무기 혼성재료에 관한 연구

· 온도에 감응하는 형상기억고분자는 특정 온도 이상으로 가열하여 유연해지면 변형을 가하고, 이를 특정 온도 이하로 급랭하여 변형된 형상을 고정한 후, 다시 특정 온도 이상으로 가열하면 원래 형상을 회복하는 기능을 가진 고분자이다. 형상기억고분자는 형상기억합금에 비해 성형이 쉽고, 밀도가 작으며, 변형양이 크고, 값이 저렴한 장점이 있으나, 모듈러스, 회복력, 고정력 등이 형상기억합금에 비해 떨어진다. 본 연구에서는 고정상을 나노 크기로 분산된 무기물로 보강하여 형상기억고분자들의 단점을 보완한 유·무기 하이브리드 재료들을 제조하고, 평가하는 연구를 수행하고 있다.

· 졸-겔법을 이용하여 유·무기 하이브리드 형상기억재료를 제조 및 평가, 구형으로 제조되어 있는 나노크기의 실리카 입자를 이용하여 고정상을 보강하는 방법에 의한

유·무기 하이브리드 형상기억재료의 제조 및 평가 등에 관한 연구를 수행하고 있다.

- 나노복합재료의 설계, 응용에 관한 연구

· 본 사업팀에서 그동안 수행해 온 나노복합재료에 관한 기초연구결과들을 지역 산업체의 제품 고도화 혹은 신규 제품의 개발에 적용하는 응용연구를 수행하고 있다.

· 나노 복합재료의 barrier성 증대 효과, 내마모성, 접착력 등 기계적 물성 증대 효과, 차음·흡음성 증대 효과에 관한 응용 연구 등을 지역 산업체와 공동으로 수행하고 있다.

3. 고성능·고기능성 화학소재 개발을 위한 첨단 분광분석기술 연구

- 고성능·고기능성 화학소재의 화학적 구조 분광분석 연구

· 본 사업팀에서 개발하고자 하는 다양한 고분자재료, 무기재료, 유기재료의 개발에 있어서 필수적인 재료의 화학적 구조를 밝힘으로써 재료 개발의 근본적인 방향을 제시하고 개발상의 오류를 수정할 수 있고, 또한 개발의 속도를 향상시키는데 매우 중요한 분야이다. 이 분야에서는 고체상 NMR을 이용한 정밀화학 재료의 분광분석 연구와 X-선을 이용한 극미세구조 분석 연구를 수행하고자 있다.

· 고체상 핵자기공명분광법(Solid-state NMR) : 본교의 화학과는 고체상 NMR실험을 위한 설비를 올해에 도입할 계획에 있다. 이 고체상 NMR을 이용하여 다양한 정밀화학 재료에 대한 ^{13}C 요술각회전(MAS) NMR을 비롯하여, 2차원 ^1H - ^{13}C WISE NMR, ^2H , ^7Li , ^{11}B , ^{15}N , ^{27}Al , ^{29}Si , ^{31}P , ^{59}Co 등과 같은 다양한 핵종에 대한 분광분석 연구를 수행하고자 한다.

· X-선 나노 현미경(X-ray Nano-Tomography) : X-ray microtomography는 물질의 내부를 원하는 원소별로 관찰할 수 있는 technique이다. X-선을 이용한

microtomography는 resolution이 수 μm 또는 수백 nm 까지 가능하며 nano-sized material study에도 응용할 수 있고, 한 set의 3D tomogram을 얻는데 불과 수분에 얻을 수도 있는 장점이 있다. 다양한 원소에 대한 tomogram을 얻을 수 있고, 높은 신호-대-잡음 비를 얻을 수 있어 시료에 대해 공간적인 정보를 제공하는 image 뿐만 아니라, 특정 composition에 대한 정량적 정보와 density를 포함한 mapping도 가능하며, biology, medical, environmental, material, polymer 연구 등에 다양하게 활용될 수 있다.

- 환경유해물질 극미량 분석 연구

· 국내외적으로 환경유해물질의 기준이 점차적으로 강화되어가고 있는 실정에서 울산은 지역적으로 환경유해물질의 오염이 매우 심각한 현실에 있다. 본 사업단은 기존의 ppm 수준에서의 분석기술을 ppb 수준으로 까지 낮출 수 있는 극미량 분석기술을 개발하고자 한다. ICP-MS를 이용한 유해 중금속의 극미량 분석기술의 개발과, GC/MS와 HPLC/MS를 이용한 유해 유기화합물의 극미량 분석기술의 개발을 하고 있다. 또한 당 사업팀에서 개발되는 각종 결과물 및 부산물의 환경유해물질의 분석도 병행하여, 친환경적인 화학소재를 도출할 수 있도록 하고 있다.

- On-line quality control (QC) system 개발연구

· 기존의 공장에서는 제품의 품질을 확인하고 보정하기 위해, 단위 공정에서의 결과물과 부산물을 채취하여 별도로 준비된 실험실의 분석장비를 이용하여 제품의 품질을 확인하고 있다. 이과정은 오랜 시간과 인력 및 더 많은 재원이 소모되는 off-line QC system 임. 효율성의 떨어짐은 물론이고, 시료를 채취하고 이동하는 과정에서의 시료의 변질로 인한 결과의 신뢰성도 문제시되고 있다. 이러한 이유로 많은 공장에서는 On-line QC system을 개발중에 있으며, 기존의 on-line QC system은 근적외선(near Infrared)을 활용하여 (주)SK에서는 이미 현장 적용에 성공한 것으로 알려져 있다. 하지만, 근적외선을 활용한 system은 스펙트럼의 신호-대-잡음 비가 매우 낮아 결과에 대한 신뢰성에 다소의 한계가 있다. 따라서, 신호-대-잡음 비가 높고 다양한 화합물에 적용이 가능하므로 여러 종류의 제품에도 적용이 가능한 NMR 분광기를 이용한 on-line QC system 개발 연구를 수행하고 있다. 개발 성공시, 울산지역에 많은 정유공장, 석유화학공장, 식음료 제조공장 뿐만 아니라 제약공장 및 각종 유기용제공장 등에 적용 가능할 것이다. Ⓣ