

A Study on performance improvement for LIB application of Ion Gel Electrolytes

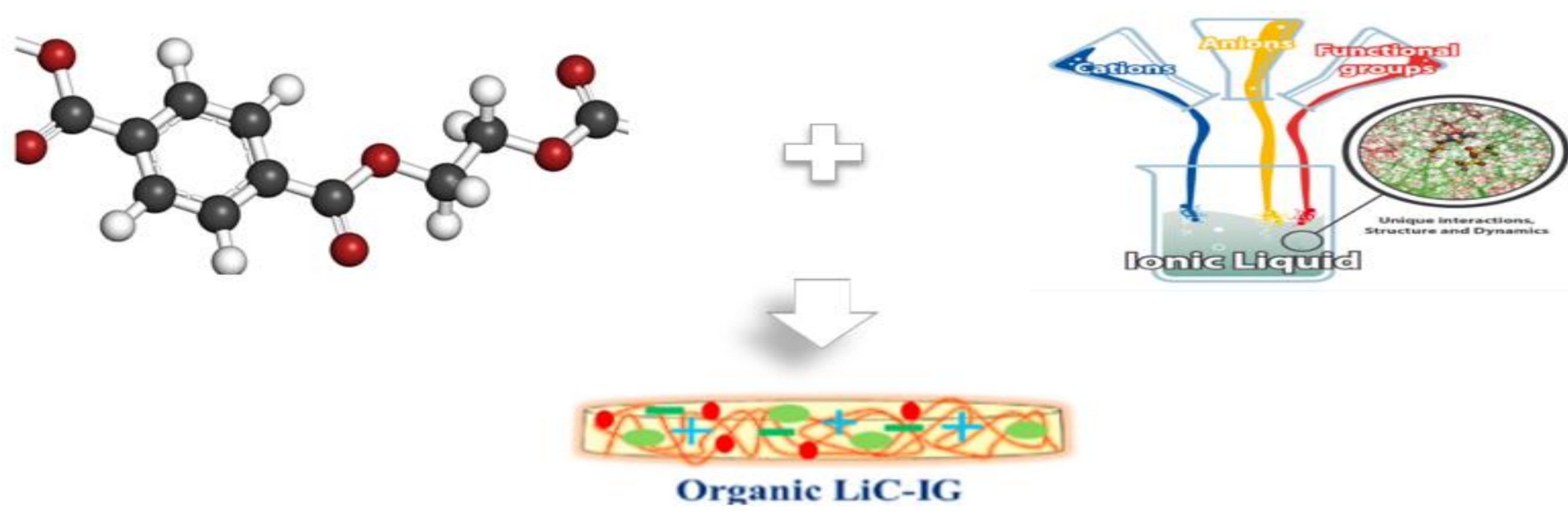
Author : 김준혁, 송재성

Affiliation : University of Seoul, Chemical Engineering

배 경

◇ 전기자동차, 스마트폰 등 첨단 산업 분야에서 리튬 이온 배터리(LIB)는 주요 전원 공급 동력원으로 사용되고 있다. 기존의 리튬 이온 배터리에는 액체 전해질이 사용되는데, 액체 전해질의 불안정성과 누출 문제 등으로 인해 다수의 배터리 화재 및 폭발사고가 발생하고 있다. 액체 전해질을 대체하기 위해 최근 전고체 전해질에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다. 고체 전해질 중에서, 고분자 고체 전해질(SPEs)이 호환성과 설계 유연성 측면에서 높은 관심을 받고 있다. 특히, 고분자 전해질에 이온성 액체를 첨가한 이온젤 전해질(IGs)은 높은 이온전도도를 가짐과 동시에 기존 액체전해질의 누출 및 안정성 문제를 해결할 수 있다는 점에서 리튬 이온 배터리에 가장 적합한 전해질 중 하나로 평가되고 있다.

◇ 따라서, 본 연구에서는 이온젤 전해질(IGs)을 활용한 리튬 이온 배터리의 안정성 및 성능 개선을 목표로 한다.



[Fig. 1] Composition of Ion Gel

방 법

◇ 리튬 이온 배터리용 이온 젤 전해질의 성능 개선은 이온 젤의 각 구성 요소인 polymer matrix와 ionic liquid 각각의 성능 개선을 통해 이루어질 수 있다. 따라서 구성 요소의 물질적/구조적 변화를 통해 기계적 물성과 열적, 전기화학적 안정성을 개선한 논문들을 바탕으로 리뷰 연구를 진행 하였다.

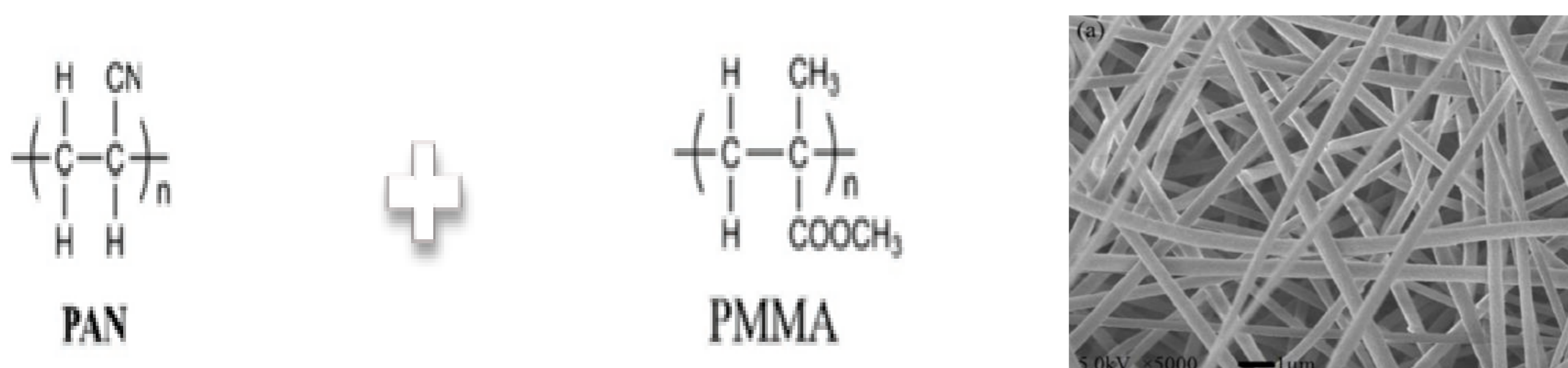
◇ polymer matrix의 경우, 기존의 homo polymer 들의 단점을 극복하고, 장점들을 동시에 확보하기 위해 설계된 copolymer 기반 전해질 논문 data를 위주로 분석하였다. 먼저, copolymer에 포함된 각각의 monomer unit의 작용기가 해당 전해질의 물성 및 성능에 어떠한 기여를 하는지를 중점으로 파악하였다. 이후, porous structure, cross-linking structure 등 고분자 사슬의 nano structure 구조 설계를 통해 기계적 물성과 이온전도도를 향상한 논문들을 탐색 하였다.

◇ ionic liquid의 경우, 먼저 ionic liquid 첨가에 따른 이온 전도도 향상 매커니즘을 다룬 논문을 탐색하여 해당 매커니즘을 분석하였다. cation과 anion 각각의 특성을 파악하고, 분류하는 작업을 진행하였다. 분류한 ion 종들의 열분해 온도, 이온전도도, 전기화학적 창 등의 성능 그래프 분석을 통해 최적의 성능을 갖는 cation과 anion의 조합을 분석하였다.

◇ 최종적으로 polymer 전해질과 ionic liquid를 조합하여 이온전도도 및 물성 향상을 이끌어낸 논문들을 분석하여 해당 설계의 타당성을 확보한 후, 리튬 이온 배터리에 적합한 성능을 가진 이온 젤 전해질의 구조를 제시하였다.

결 과

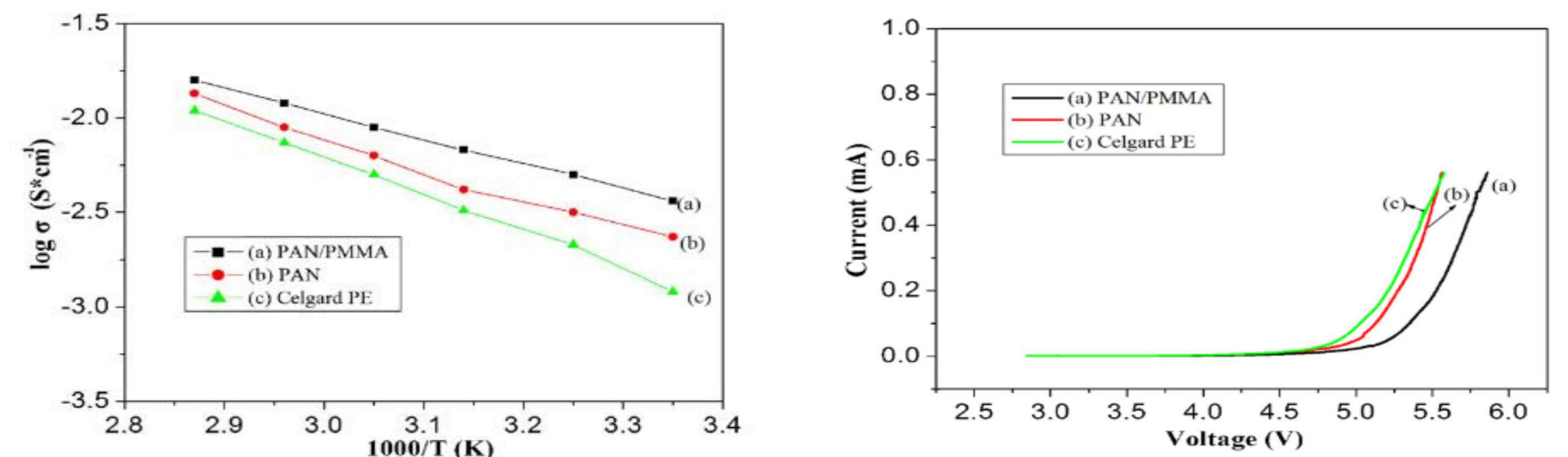
◇ Polymer part의 물질적 개선으로는, homo polymer의 장점을 확대하고 단점을 축소할 수 있는 Copolymer matrix를 제시하였다. 구조적 개선으로는, porous, cross-linking, support, nano structure 등을 제시하였다.



[Fig. 2] Porous structure of PAN + PMMA

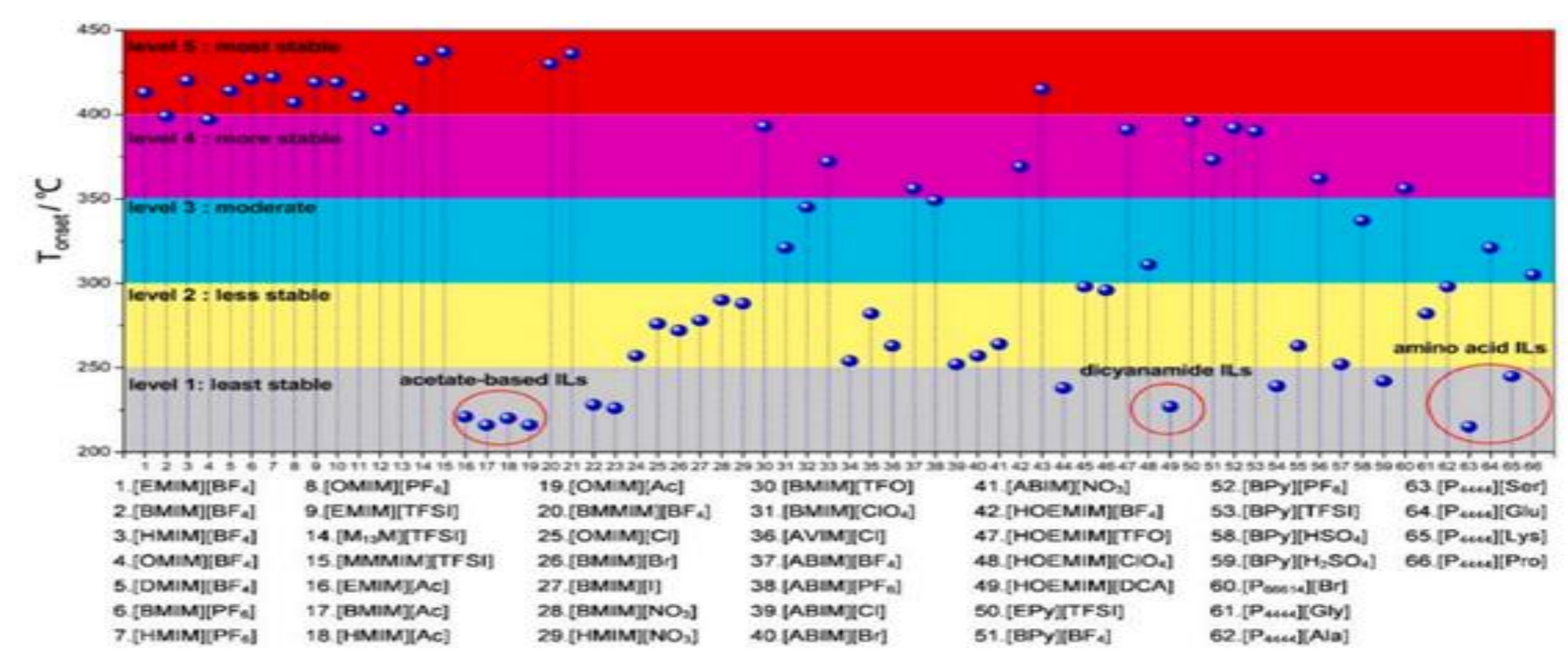
결 과

예시로, PAN과 PMMA를 더해 만들어진 Copolymer는 우수한 기계적 물성과 전극 호환성을 확보할 수 있다. 해당 Copolymer의 낮은 이온전도도는 Porous nano structure을 통한 이온 수송 경로 확보를 바탕으로 개선되었다.

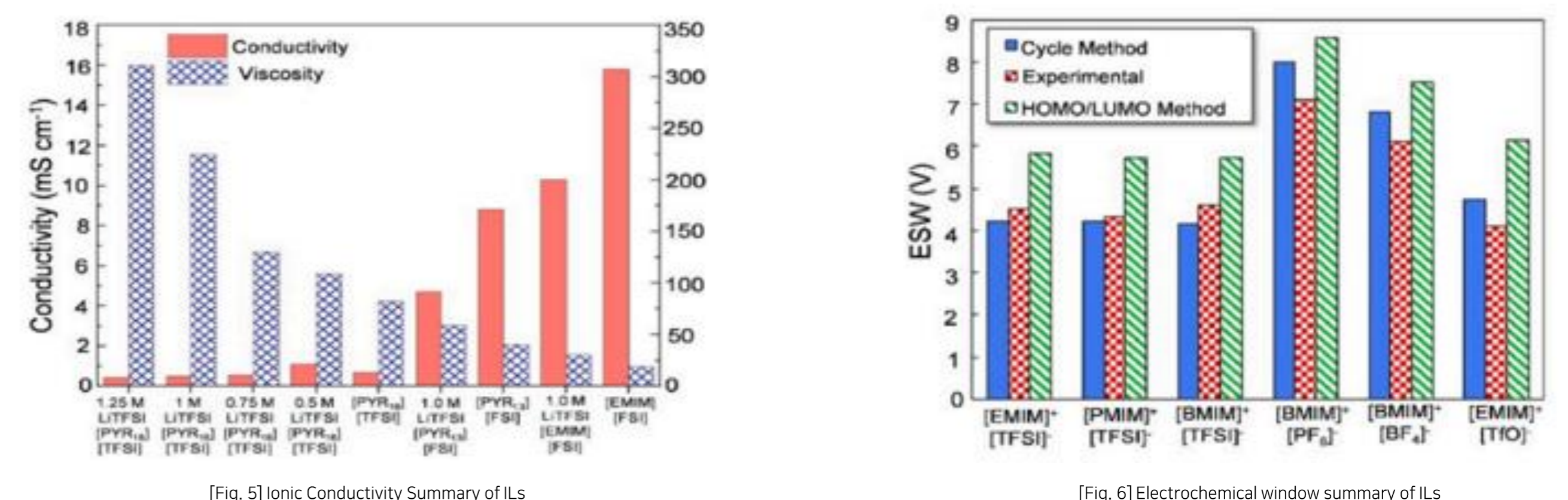


[Fig. 3] Performance of PAN + PMMA

◇ Ionic liquid의 경우, cation은 Imidazolium based, Pyrrolidinium and Piperidinium based, Chain quaternary ammonium based ion으로 분류할 수 있고, anion은 Borate based, Fluorinated based, Imide based ion으로 분류할 수 있다.



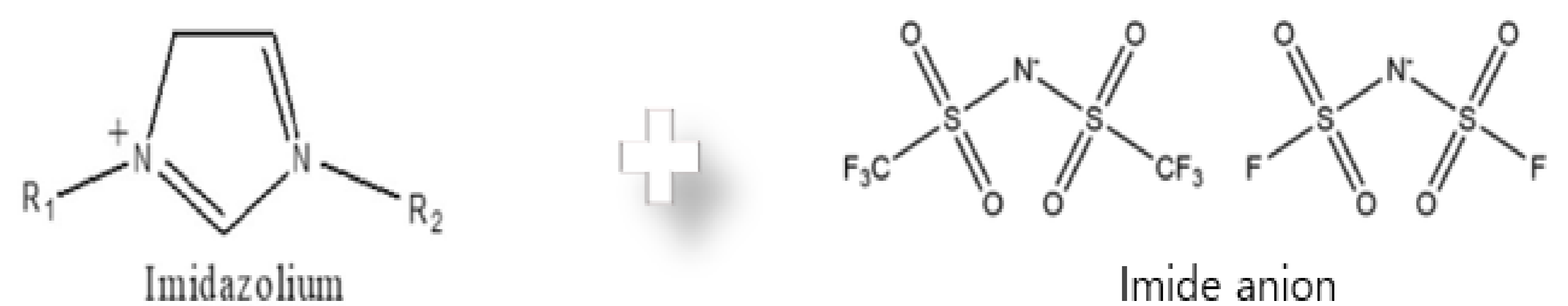
[Fig. 4] Thermal stability summary of ILs



[Fig. 5] Ionic Conductivity Summary of ILs

[Fig. 6] Electrochemical window summary of ILs

각각의 cation 종과 anion 종의 물성을 분석한 결과, Cation에서는 Imidazolium 기반 IL이 열적, 전기화학적 안정성과 이온전도도 모두 다른 cation보다 우수함을 알 수 있다. Anion의 경우, 전도도 측면에서는 Imide based anion이 더 좋은 물성을 가지고, 전기 화학적 안정성 측면에서는 Fluorinated based anion이 더 좋은 물성을 가진다.

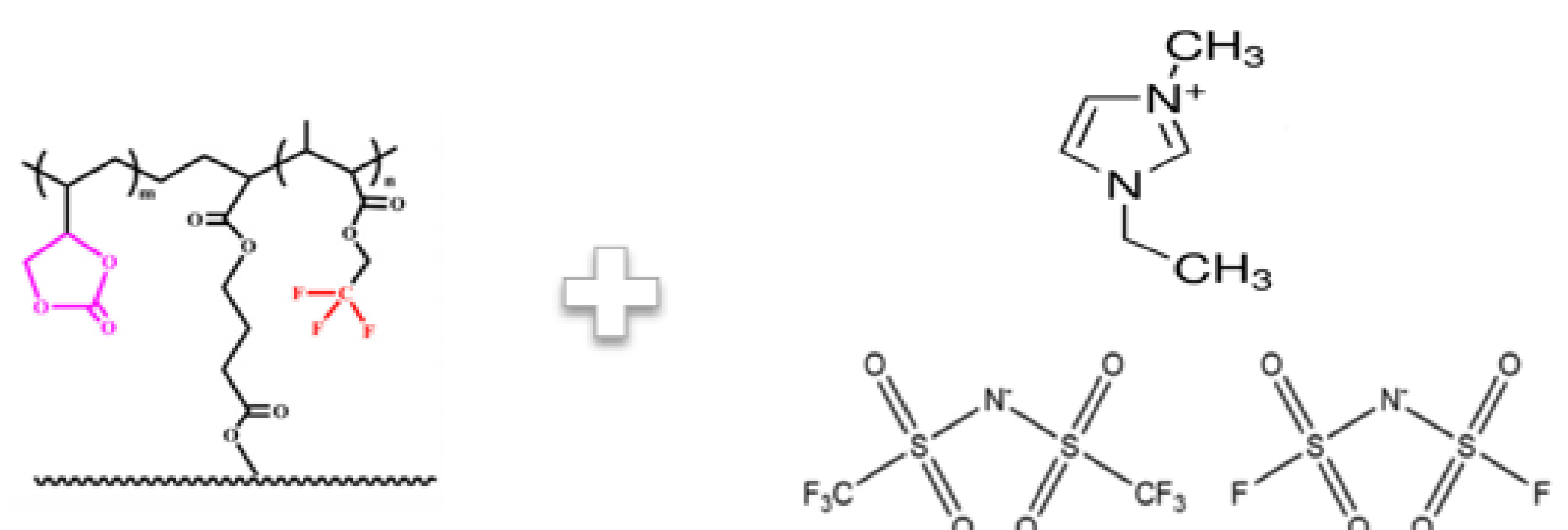


[Fig. 7] Optimal ionic liquid structure

해당 연구에서는 ionic liquid의 첨가를 통한 이온 전도도 개선이 목적이므로, Imidazolium based cation과 Imide based anion을 조합한 구조를 최적의 ionic liquid로 제시하였다.

결론 및 고찰

◇ [Copolymer + nano structure] Polymer matrix와 [Imidazolium based cation + Imide based anion] Ionic liquid를 조합한 구조를 리튬 배터리에 적합한 최적의 이온젤로 제시한다.



[Fig. 8] Optimal ionic-gel structure