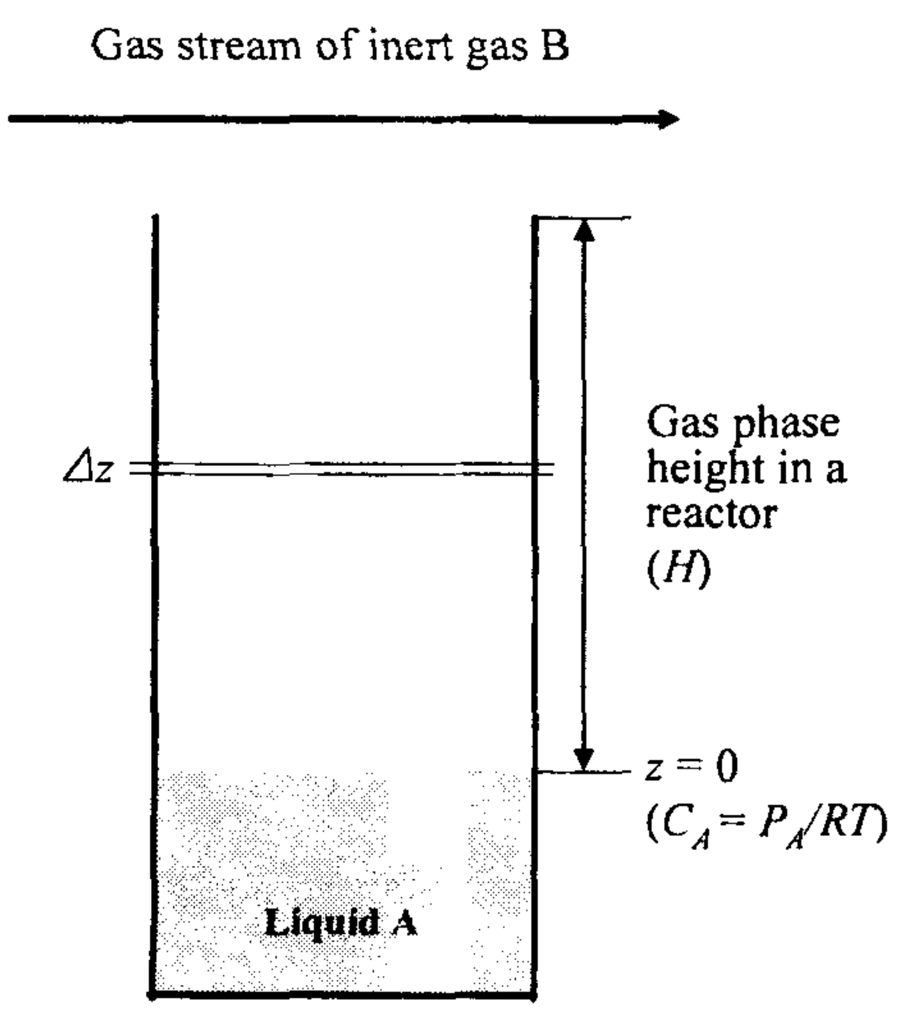
LiCl 용융염의 확산 휘발에 대한 연구

허진목, 이수철, 서중석, 이한수
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
jmhur@kaeri.re.kr

한국원자력연구원에서는 LWR 사용후핵연료의 처분성을 향상시키는 한편, 사용후핵연료에 남아 있는 가용한 에너지 자원을 금속핵연료 주기에 순환시킬 수 있는 Pyroprocessing을 1997년 이후 중점적으로 개발해 오고 있다. 그 주요 단위공정으로는 Voloxidation, 전해환원, 전해정련, 전해제련 등이 있는데, 전해환원과 전해정련은 각각 LiCl과 LiCl-KCl 용융염에서 수행되며, 공정 운전 중 용융염의 휘발이 일어나게 된다. 또한, 두 공정에서 생산되는 금속생성물에는 잔류염이 존재하고, 이 잔류염은 휘발에 의하여 금속생성물로부터 분리되게 된다. 고온 휘발에 의한 잔류염 분리는 Cathode Process라고 불리우며, 분리된 염은 전해셀로 재순환되거나, 폐염 처리 공정으로 보내지게 된다.

Pyroprocessing 연구의 일환으로, LANL과 ANL에서 염 휘발에 대한 연구가 수행되었으나, 그들의 연구는 염의 분리에 초점을 맞추었으며, Hertz-Langmuir 식에 지배되는 진공 휘발만이 고려되었다. 그런데 전해환원과 전해정련을 포함한 대부분의 Pyroprocessing 단위공정들은 비활성 기체 분위기에서 수행되며 이 과정에서 일부 용융염의 휘발이 일어나게 된다. 또한, 진공에 의해 금속 미세분말이 염과 비말 동반되는 현상이 발생하게 되므로, 전해환원 생성물이 미세 금속분말인 경우에는 저진공도, 또는 비활성 기체 분위기에서 잔류염의 고온 휘발분리가 이루어지게 된다. 이처럼 일정 대기압에서 용융염이 휘발되는 경우에는 확산 휘발을 고려해야 한다.

본 연구에서는 LiCl의 휘발에 대한 unsteady diffusion 모델을 개발하고 semi-infinite 반응기와 finite 반응기에 대해서 적용하였다. 개발된 모델로 비활성 기체 분위기에서 LiCl 용융염의 확산 휘발 정도를 온도 및 확산거리의 함수로 계산할 수 있었다. 적용된 온도 및 시간 범위에서 LiCl 용융염의 확산 휘발량은 semi-infinite 반응기와 finite 반응기의 경우 각각 시간의 제곱근 및 시간에 비례하였다. 본 연구 결과는 전해정련을 비롯한 여타 용융염 기반 공정에서의 용융염 확산휘발 거동을 예측/분석/평가/모사하는 데 쉽게 확장 적용될 수 있을 것이다.