

# Journal of Fluids Engineering 논문을 통해 본 유체공학 분야 최근 연구동향

이석(부산대학교 기계공학부 교수), 정병규(기계·로봇연구정보센터)

## I. 들어가며

"유체 공학 저널 (Journal of Fluids Engineering)"은 기계 공학 및 기타 공학 분야의 연구자와 설계자들을 대상으로 유체 역학에 관한 기술 정보를 전하는 월간 학술지입니다. 주로 독창적인 분석, 수치 또는 실험 결과와 함께 지속적인 과학적 가치에 대한 물리적 해석을 담은 논문들을 게재하며, 레이저 도플러 속도계, 열필름, 열선 풍속계, 입자 이미지 속도계 등과 같은 혁신적인 측정 기술, 분석 방법, 전산 유체 역학 및 실험 방법을 강조합니다.

주요 연구 범위로는 항공역학 (Aerodynamics), 경계층 (Boundary Layers), 기포류(Bubbly Flows), 캐비테이션 (Cavitation), 압축성 유동 (Compressible Flows), 대류 열/물질 전달 (Convective Heat/Material Transfer in Fluid Flows), 덕트 및 파이프 유동 (Duct and Pipe Flows), 자유 전단층 (Free Shear Layers), 생물학적 시스템 내의 유동 (Flow in Biological Systems), 유체-구조 상호작용 (Fluid-Structure Interaction), 유체 과도현상 및 파동 운동 (Fluid Instabilities and Wave Motions), 제트 유동 (Jet Flows), 미세유체공학 (Microfluidics), 다상 유동 (Multiphase Flows), 해군 유체역학 (Naval Fluid Dynamics), 미끄럼 유동 (Slip Flows), 스프레이 (Sprays), 안정성과 전환 (Stability and Transition), 터빈 (Turbines), 난류 (Turbulence), 후류유동 (Wake Flows)등이 포함됩니다.

저널의 빈도는 월간이며, ISSN 및 eISSN 등의 출판 정보와 함께 2022년 영향력 지수는 2로 보고되었습니다. (Clarivate Analytics, 2023)

## II. 분석대상자료 및 분석방법

3년간(2020년~2023년) 월간으로 발간된 Journal of Fluids Engineering에 게재된 716편의 논문에 대한 저자, 소속, 키워드 등을 추출하여 정리했습니다. 분석에는 통계분석과 네트워크

분석을 활용했습니다. 통계분석에서는 기관별 논문 발표순위, 국가별 논문 발표순위, 국가별 게재기관수, 한국기관의 논문 게재순위 등을 조사했으며, 네트워크 분석에서는 Net Miner 3.6을 활용하여 키워드 분석, 연구자 분석, 기관-키워드 분석(2Mode)을 수행했습니다.

### III. 통계분석

#### 1. 국가별 논문 게재 순위

2020년~2023년 3년간 Journal of Fluids Engineering에 46개 국가의 총 716편의 논문이 게재되었습니다. 국가별 논문 순위를 조사한 결과, 미국이 189편으로 가장 많은 논문을 발표했으며, 중국이 158편, 인도가 85편, 캐나다가 37편, 독일이 30편, 일본이 29편, 이탈리아가 17편, 프랑스가 15편, 영국이 15편, 호주가 12편, 한국과 브라질이 각각 9편의 논문을 발표하였습니다(Figure 1 참조).

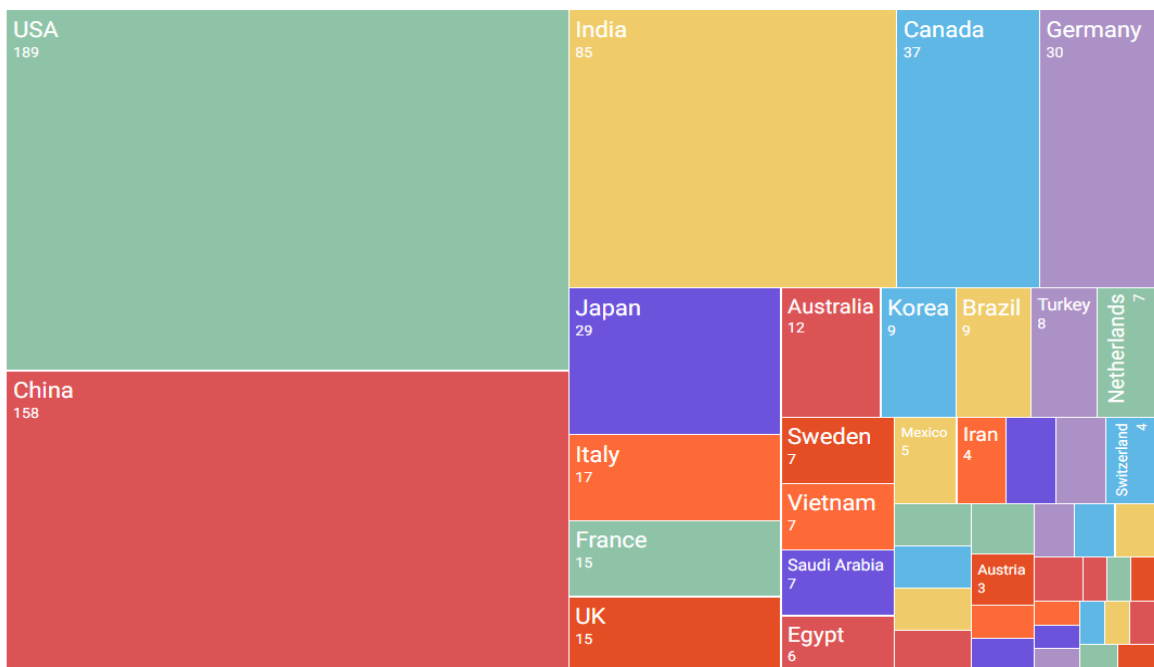


Figure 1. 2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering 국가별 논문 순위

#### 2. 기관별 논문 순위

2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering의 기관별로 논문 수를 살펴보면, 중국의

Jiangsu Univ.와 Zhejiang Univ. 그리고 미국의 Texas A&M Univ.가 각각 15편의 논문을 게재했습니다. 이어서 China Agricultural Univ.가 14편의 논문을 발표하였고, Xi'an Jiaotong Univ.와 IIT at Bombay, 그리고 Zhejiang Sci-Tech Univ.에서는 11편의 논문을 발표했습니다. 또한, Beihang Univ.에서는 10편의 논문을 발표하였으며, IIT at Roorkee가 8편, Univ. of Cincinnati가 7편, Univ. of Central Florida, The Pennsylvania State Univ., Virginia Tech, Univ. of Manitoba, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Ruhr Univ., Bochum이 각각 6편의 논문을 발표했습니다.

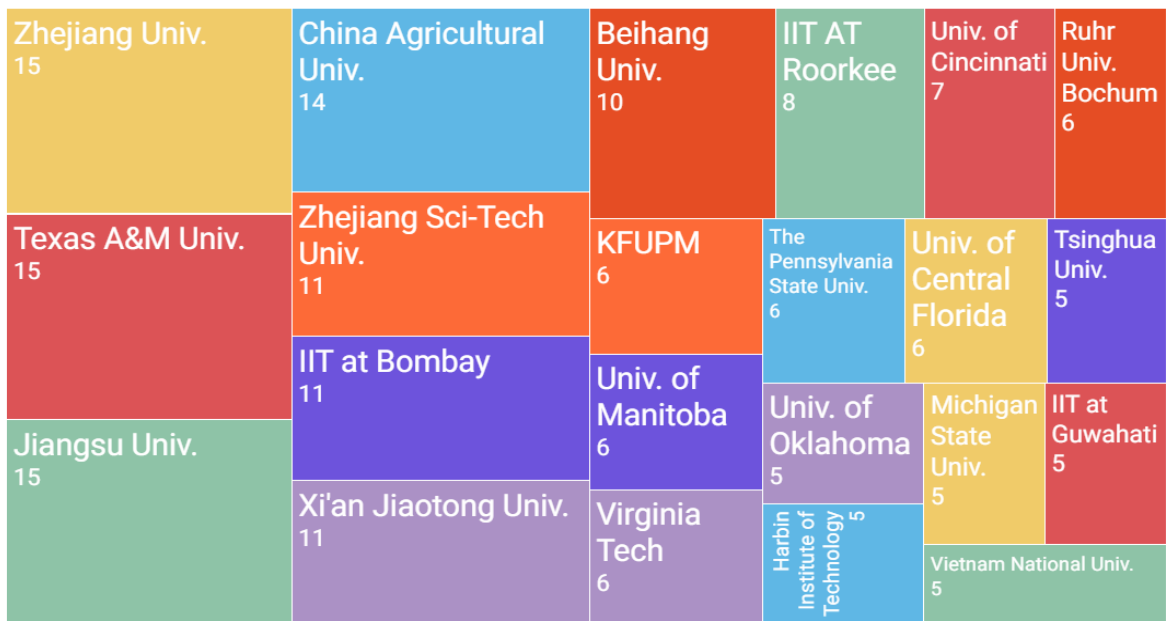


Figure 2. 2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering 기관별 논문 순위(5편 이상)

### 3. 연구자 논문 발표순위

2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering의 연구자 중 2편 이상의 논문을 발표한 저자는 Table 2와 같습니다. 이 중에서 가장 많은 논문을 발표한 저자는 각각 Abba Abdulhamid Abubakar(KFUPM), Anh Dinh Le(Vietnam National Univ.), Francine Battaglia(State Univ. of New York at Buffalo)로, 각각 5편의 논문을 발표했습니다. 또한 C. Y. Wang(Michigan State Univ.), Hyeon-Seok Shim(Inha Univ.), Yongshun Zeng(China Agricultural Univ.)은 4편의 논문을 발표했습니다.

Table 1. 2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering 제1저자별 논문발표 수 순위 (2편이상)

NO	저 자	논 문 수
1	Abba Abdulhamid Abubakar(KFUPM)	5편
	Anh Dinh Le(Vietnam National Univ.)	
	Francine Battaglia(State Univ. of New York at Buffalo)	
2	C. Y. Wang(Michigan State Univ.)	4편
	Hyeon-Seok Shim(Inha Univ.)	
	Yongshun Zeng(China Agricultural Univ.)	
3	Baoling Cui(Zhejiang Sci-Tech Univ.)	3편
	Chaoyue Wang(China Agricultural Univ.)	
	Jie Wang(Univ. of Twente)	
	Olalekan Shobayo(Univ. of Oklahoma)	
	Philipp Epple(Coburg Univ. of Applied Sciences)	
	Upender Kaul(NASA Ames Research Center)	
	Xueliang Wen(Beihang Univ.)	
	Qian-qian Li(Zhejiang Univ.)	
	V. Sivadas(Amrita School of Engineering)	
Yandong Gu(Yangzhou Univ.)		
4	Aarthi Sekaran(Texas A&M Univ.)	2편
	Alessandro Ferrari(Politecnico di Torino)	
	Amit Kumar(IIT at Bombay)	
	Ashim Jyoti Nath(National Institute of Technology Silchar)	
	Ashutosh Pandey(Purdue Univ.)	
	Atul Kumar Shukla(Babasaheb Bhimrao Ambedkar Univ.)	

	Bharat Soni(IIT at Roorkee)	
	Chengshuo Wu(Zhejiang Univ.)	
	Davide Maria La Rosa(Politecnico di Milano)	
	Deb Banerjee(The Ohio State Univ.)	
	Dohwan Kim(The Pennsylvania State Univ.)	
	Ella Marie Morris(Univ. of Manitoba)	
	Enver Karakas(Univ. of Nevada)	
	Fan Zhang(Jiangsu Univ.)	
	Joseph Simpson(Univ. of Arkansas)	
	Jun Li(Univ. of Illinois at Urbana-Champaign)	
	Junyu Tao(Zhejiang Sci-Tech Univ.)	
	Kelin Wu(Zhejiang Univ.)	
	Liang Chang(Xi'an Jiaotong Univ.)	
	M. Tadjfar(Amirkabir Univ. of Technology)	
	M. Vinodkumar Reddy(Vellore Institute of Technology)	
	Majid Hassan Khan(IIT at Bombay)	
	Manish Dhiman(IIT at Guwahati)	
	Mark Fernelius(Brigham Young Univ.)	
	Michael Mair(Univ. of Oxford)	
	Mitansh Tripathi(Univ. of Cincinnati)	
	Naman Jain(The Pennsylvania State Univ.)	
	Puxuan Li(Kansas State Univ.)	
	Rafsan Rabbi(Utah State Univ.)	
	Ri Zhang(Ocean Univ. of China)	

	Samer Alokaily(Univ. of Petra)	
	Santosh Kumar Panda(Kalinga Institute of Industrial Technology)	
	Sedem Kumahor(Univ. of Manitoba)	
	Sichang Xu(Univ. of Windsor)	
	Sourav Garai(CSIR-Central Mechanical Engineering Research Institute)	

## IV. 네트워크 분석

### 1. 키워드 네트워크 분석

논문의 키워드를 분석하면 발표된 논문들이 어떤 분야와 어떤 주제의 연구를 다루고 있는지 확인할 수 있습니다. 2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering의 논문 키워드를 분석한 결과를 기반으로, 키워드의 Spring Layout 네트워크 시각화를 Figure 3에서 보여주고 있습니다. Spring Layout은 각 논문의 키워드를 분석하고 종합하여, 한 논문에 함께 나열된 키워드들을 서로 연결하여 시각적으로 나타낸 것입니다. 아래의 Figure 3은 전체 키워드 간의 상관관계를 보다 명확하게 표현하기 위해 Link Reduction 5 (빈도수 5 이하인 값을 삭제)한 결과를 나타낸 그림입니다.



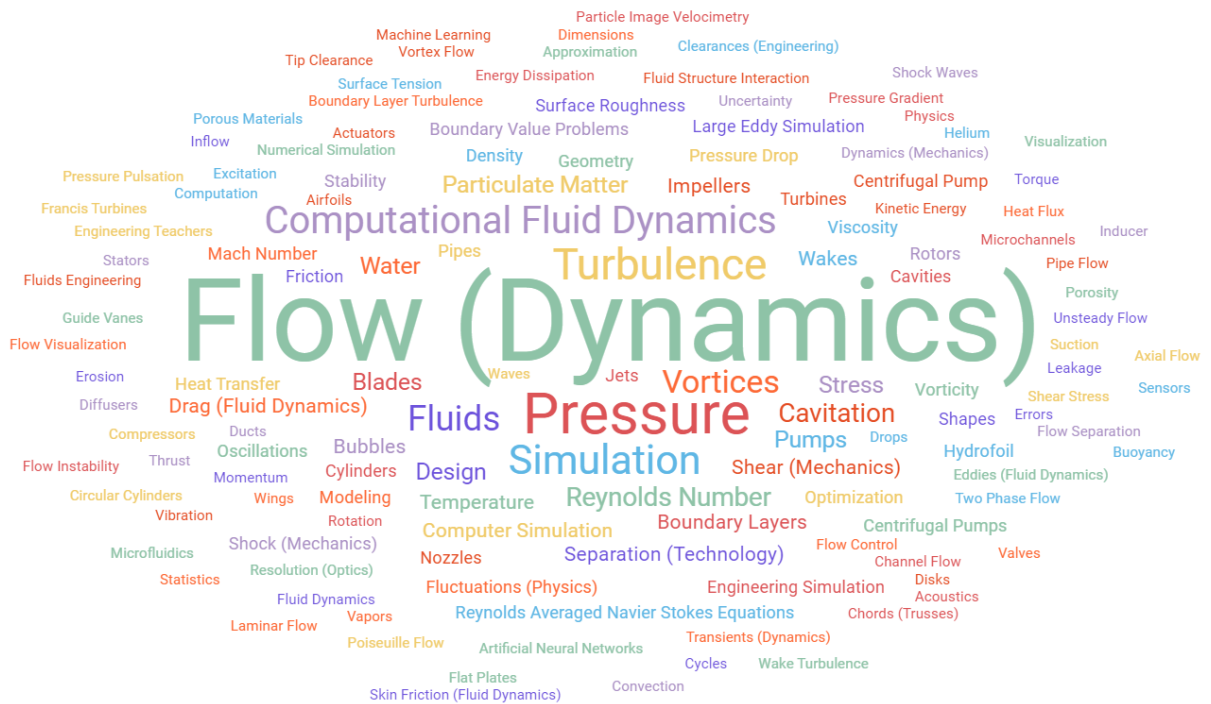


Figure 4. 2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering 키워드 클라우드(빈도수5이상)

Figure 4는 키워드의 연결관계와 상관없이 빈도수의 비중을 계산하여 텍스트맵으로 표현한 그림입니다. 여기서 나타난 Journal of Fluids Engineering의 논문의 총 키워드 수는 1,580개이며, 이를 살펴보면 Flow (Dynamics), Pressure, Turbulence이 100회 이상 나왔으며, Simulation, Computational Fluid Dynamics, Fluids, Vortices, Cavitation, Reynolds Number, Blades, Particulate Matter, Pumps, Stress, Design, Water, Shear (Mechanics), Temperature가 30번 이상 나타났습니다.

## 2. 연구자 네트워크 분석

키워드 분석과 마찬가지로, Journal of Fluids Engineering의 2020년~2023년도 논문에서 공저자들 간의 상관관계를 시각화하였습니다(Spring Layout). Figure 5에서 확인할 수 있듯이, 많은 연구자 그룹이 형성되어 있습니다. 오른쪽 하단은 주로 개인이나 실험실 단위로 구성된 작은 그룹을 보여주며, 왼쪽 상단으로 갈수록 여러 기관 소속의 연구자들이 모인 큰 그룹임을 알 수 있습니다. 이 시각화를 통해 논문의 공동 저자들 간의 협력 패턴과 네트워크 구조를 파악할 수 있습니다.



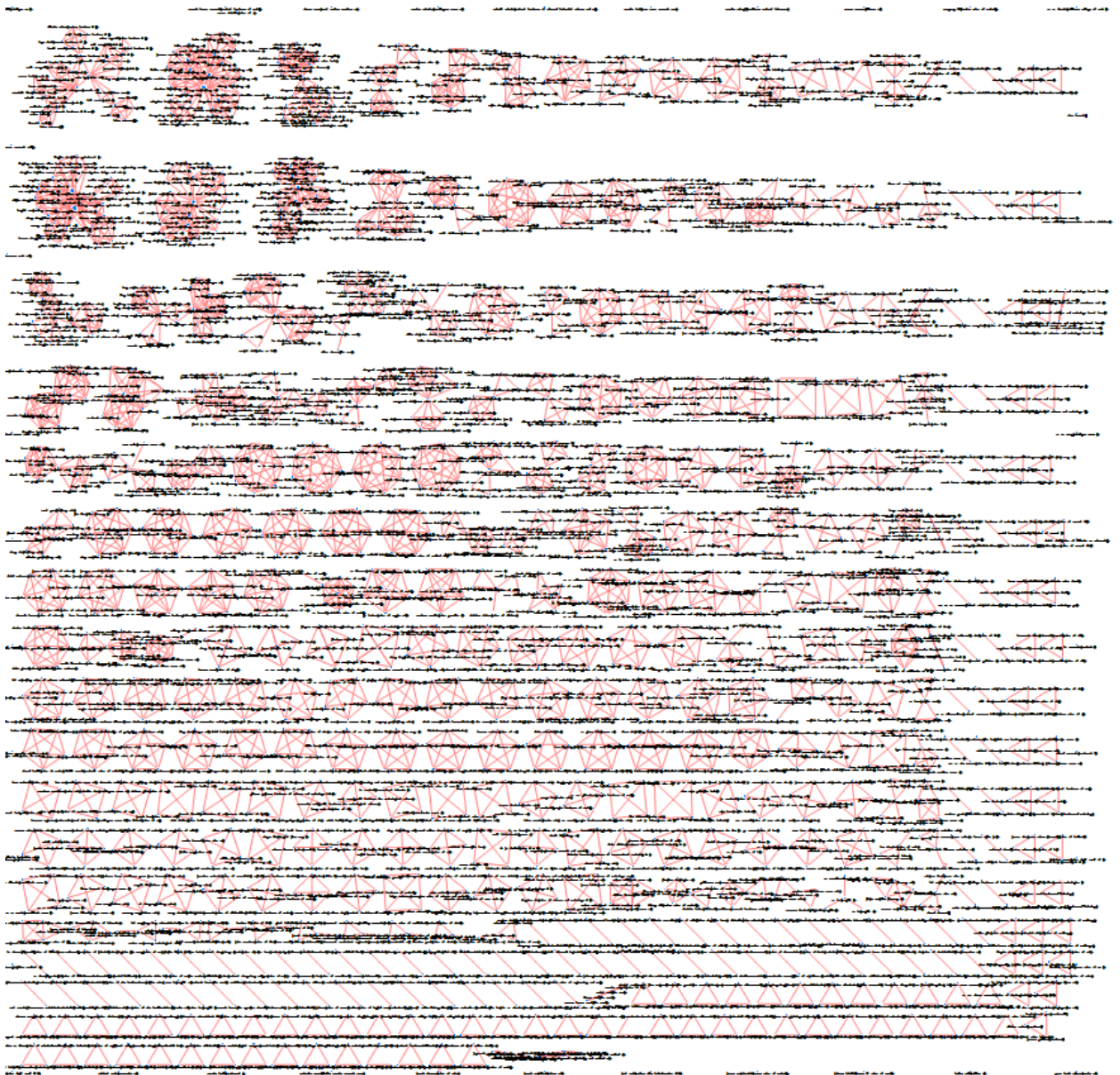


Figure 5. 2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering연구자 네트워크 시각화(Spring layout)

왼쪽 상단에 나타난 주요 연구 그룹은 아래 Figure 6~10과 같습니다.

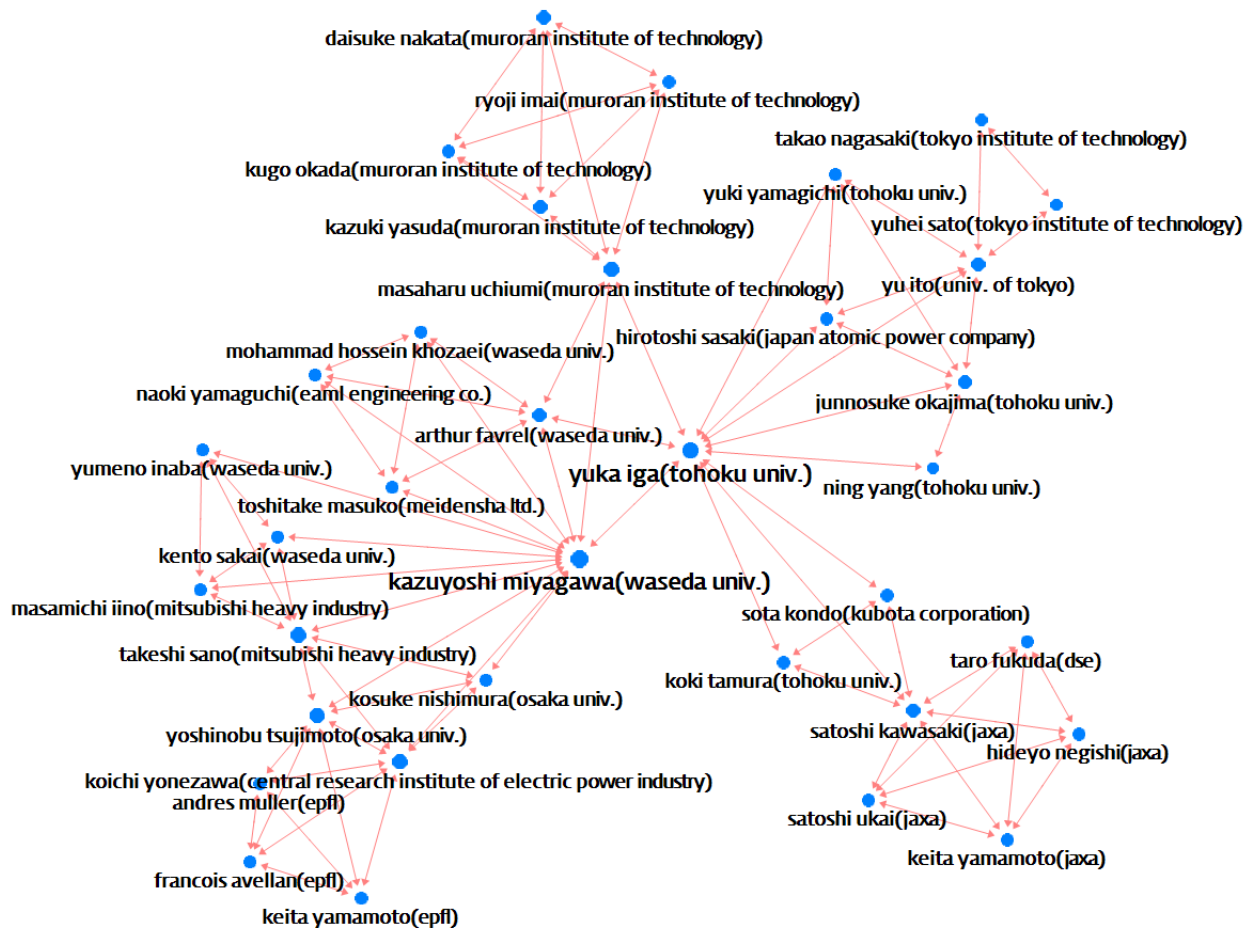


Figure 6. Tohoku Univ.와 Waseda Univ. 그리고 Muroran Institute of Technology, Tokyoun Institute of Technology, Univ. of Tokyo, Osaka Univ., EPFL, JAXA 연결 그룹

Figure 6의 좌측 상단에 나타난 가장 큰 연구자 그룹은 Tohoku Univ., Waseda Univ., Muroran Institute of Technology, Tokyo Institute of Technology, Univ. of Tokyo, Osaka Univ., EPFL, JAXA(일본항공우주청)가 연결된 그룹입니다. 여기에는 Yuka Iga(Tohoku Univ.)와 Kazuyoshi Miyagawa(Waseda Univ.)가 각각의 그룹을 이끄는 중심 연구자로 확인됩니다.

Yuka Iga(Tohoku Univ.)는 고속 가스-액체 혼합 유동과 캐비테이션과 관련된 복잡한 유동 현상을 연구하고 있습니다. 특히, 로켓 펌프에서의 캐비테이션 불안정성과 관련된 문제를 해결하기 위해 고온수 터널 실험과 수치 시뮬레이션을 사용하고 있습니다. 또한, 상변화와 열전달 메커니즘을 연구하여 차세대 냉각 시스템에 기여하는 연구를 수행하고 있습니다.

Kazuyoshi Miyagawa(Waseda Univ.)는 열·유체·에너지 연구소의 소장이자 터보기계협회 회장으로 활동 중입니다. 또한, 일본기계학회, JAXA 등 다양한 기관에서 위원으로 활동하며 해양 에너지 변환기 표준화 위원회 등에서도 참여하고 있습니다. 그의 연구는 주로 유체 에너지와 회전 에너지를 변환하는 터보 기계에 중점을 두고 있으며, 로켓 엔진, 선박 펌프, 수력발전 터빈 등 다양한 분야에서 최적설계,

내부 흐름 해석, 안정성 평가 등을 다루고 있습니다. 현재는 수력 발전소용 고성능 프랜시스 수차 개발, 캐비테이션 서지의 예측 및 해명, 다단 원심 펌프의 불안정 특성 예측 및 대책 등에 대한 연구를 진행 중입니다.



Figure 7. ZheJiang Univ.의 연구그룹

Figure 7에서는 Zhejiang Univ.의 연구 그룹으로 Peng Wu를 중심으로 Bin Huang, Dazhuan Wu, Chengshuo Wu, Haojie Ye 등의 비중이 높은 연구자들로 연결되어 있습니다.

Peng Wu(Zhejiang Univ.)는 전염병의 동적 모델링과 수치 시뮬레이션에 중점을 두고 연구하고 있습니다. 최근 연구에서는 HIV/AIDS와 COVID-19에 대한 모델을 제안하고 해당 전염병의 확산과 치료 준수 등에 대한 수치적 결과를 제시했습니다. 뿐만 아니라, HIV에 대한 기존 모델에서는 지수 분포를 가정하는 대신 일반적인 분포를 고려하여 새로운 모델을 제안하고 유용한 수치 구현을 제시했습니다.

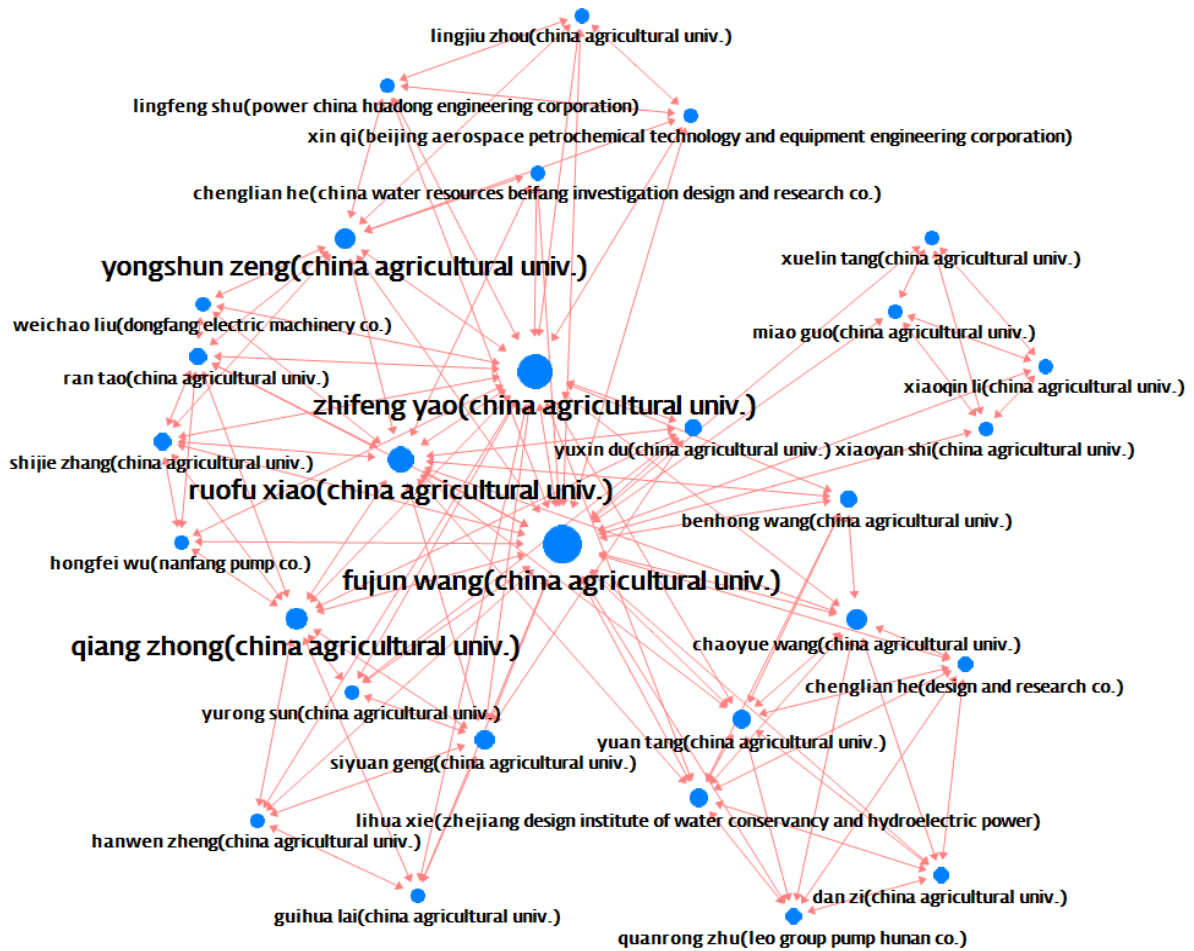


Figure 8. China Agricultural Univ. 연결그룹

Figure 8은 China Agricultural Univ.의 연구자 연결 그룹을 나타내며, 이 그룹에는 Fujun Wang, Zhifeng Yao를 중심으로 Ruofu Xiao, Youngshun Zeng, Qiang Zhong 등이 연결되어 있는 것을 확인할 수 있습니다.

Fujun Wang(China Agricultural Univ.)의 연구 관심사는 유체, 유한요소 모델링, 구조 역학, 동적 분석, 유체 역학, 계산유체역학, 수치 시뮬레이션 등입니다. 주요 논문 중 하나는 다상 로토다이내믹 펌프의 최적 디자인에 관한 것으로, 가스-액체 이상 유동을 처리하는 펌프의 고수효과(pump head effect)와 우수한 혼합 운송 능력을 갖추기 위한 최적 디자인 시스템을 소개하고 있습니다. 그 외에도 미세채널에서 점적이 일어나는 경우의 점성 영향을 탐구하는 논문이 있으며, 고속 미세 유체 흐름장(High-speed Microfluidic Flow Field)에서의 흐름 제어에 대한 연구도 포함되어 있습니다. 대형 펌프의 무동력 구조와 대형 펌프 스테이션의 흐름 구조 및 소용돌이 행동에 관한 연구도 수행하였습니다.

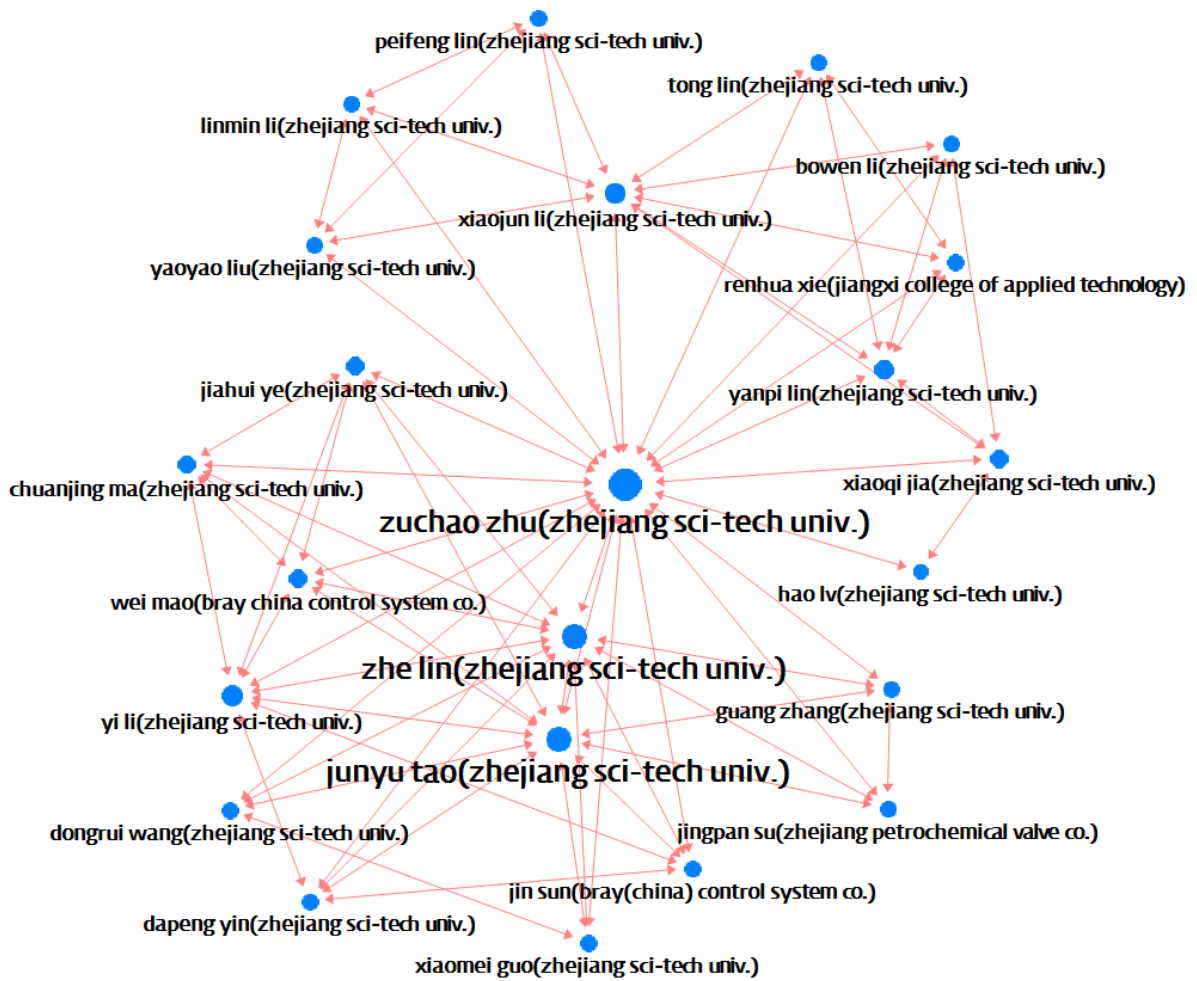


Figure 9. ZheJiang Sci-Tech Univ.의 연결그룹

Figure 9는 Zhejiang Sci-Tech Univ.의 연구 그룹을 나타내며, 이 그룹에서는 Zuchao Zhu, Zhe Lin, Junyu Tao의 3명의 연구자가 중심 연구자 역할을 하고 있습니다. Zuchao Zhu(Zhejiang Sci-Tech Univ.)는 원심 펌프 및 임펠러와 관련된 주제를 다루고 있습니다.

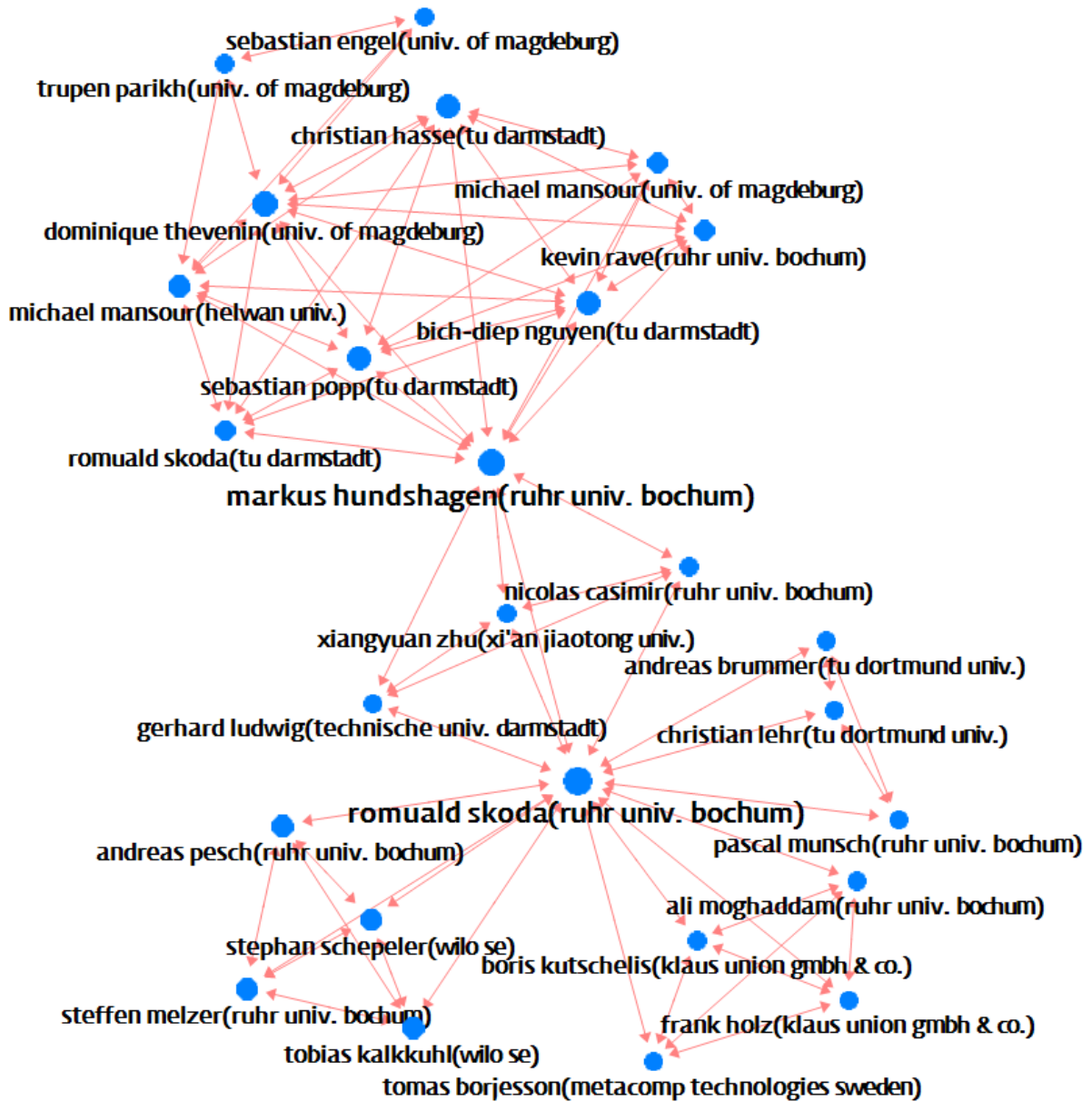


Figure 10. Ruhr Univ. Bochum의 연구자 그룹, 그리고 Univ. of Magdeburg, Tu Darmstadt, Klaus Union GmbH.co 연결그룹

Figure 10은 Ruhr Univ. Bochum의 연구자들을 중심으로 Univ. of Magdeburg, Tu Darmstadt, Klaus Union GmbH. co의 연구자들이 포함된 그룹을 나타냅니다. 이 그룹에는 Romuald Skoda와 Markus Hundshagen을 중심으로 해서 2개의 그룹이 연결되어 있는 모습입니다.

Romuald Skoda(Ruhr Univ. Bochum)는 현재 Ruhr-Universität Bochum에서 유압 유동 기계 교수로 재직 중이며, 2012년 1월 이후로 해당 분야의 새로운 교실을 이끌고 있습니다. 이전에는 Robert Bosch

GmbH에서 연구 엔지니어로 근무하며 주로 캐비테이션 및 스프레이 모델링 연구에 참여했습니다. 또한 Siemens AG Power Generation 및 DaimlerChrysler AG에서의 경험도 보유하고 있습니다. 학문적으로는 유체 역학 및 터빈 모델링에 중점을 두고 연구를 수행했으며, 이를 토대로 다수의 학술 논문을 발표했습니다. 최근에는 국제 Cavitation Forum에서 광학적 연구 및 수치 시뮬레이션을 통한 미세한 유로에서의 캐비테이션 유동 현상에 대한 논문을 발표했습니다.

Markus Hundshagen(Ruhr Univ. Bochum)은 현재 Ruhr University Bochum의 Institute Thermo- and Fluidodynamik의 Chair of Hydraulic Fluid Machinery을 맡고 있습니다. 그는 기계 공학 분야에서 주로 다상 유동의 수치 시뮬레이션에 중점을 둔 연구를 수행하고 있습니다.

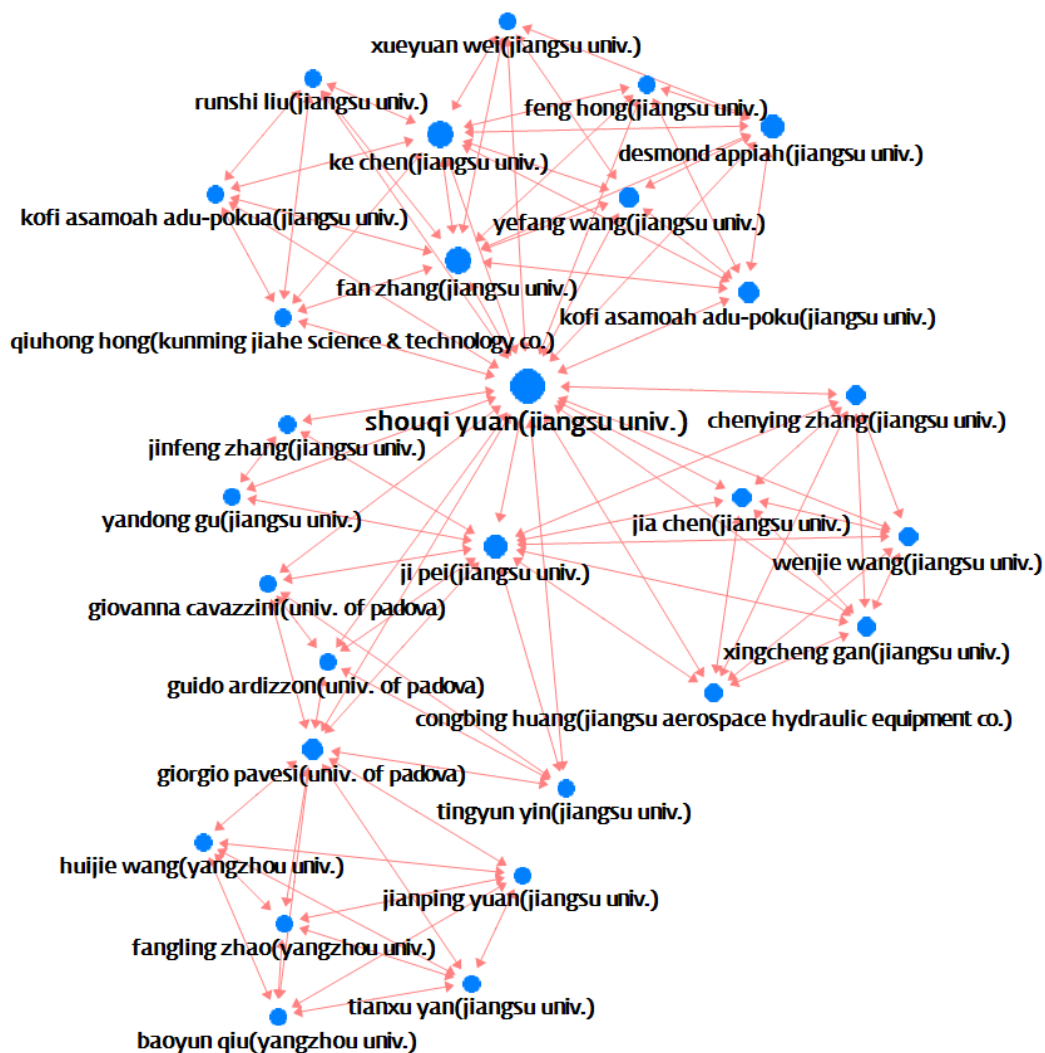


Figure 11. Jiangsu Univ.의 연구자 그룹, 그리고 Univ. of Padova, Yangzhou Univ., Jiangsu Aerospace Hydraulic Equipment Co. 연결 그룹

Figure 11은 주로 Jiangsu Univ.의 연구자 그룹으로 연결되어 있으며, 몇몇 연구자들은 Univ. of

Padova, Yangzhou Univ., Jiangsu Aerospace Hydraulic Equipment co.와 연결된 것으로 나타납니다. 이 그룹의 중심 연구자는 Shouqu Yuan(Jiangsu Univ.)입니다.

Shouqu Yuan은 Jiangsu Univ.의 교수이자 총장으로 활동 중이며, 배수 및 관개 기계, 유체 기계의 이론과 설계, CFD, PIV에 관심이 있습니다. 다양한 프로젝트를 수행하고 권위 있는 상을 받은 그는 최근 지진 응답, 대형 원심 펌프의 압력 변동과 진동 특성, 정밀 관개 기술(Precision Irrigation Technology)에 중점을 둔 연구를 수행하고 있습니다. 정밀 관개 기술은 농업에서 사용되는 고급 관개 기술 중 하나로, 농작물에 정확한 양의 물 및 영양분을 제공하기 위해 디지털 기술과 자동화를 활용하는 기술을 나타냅니다.

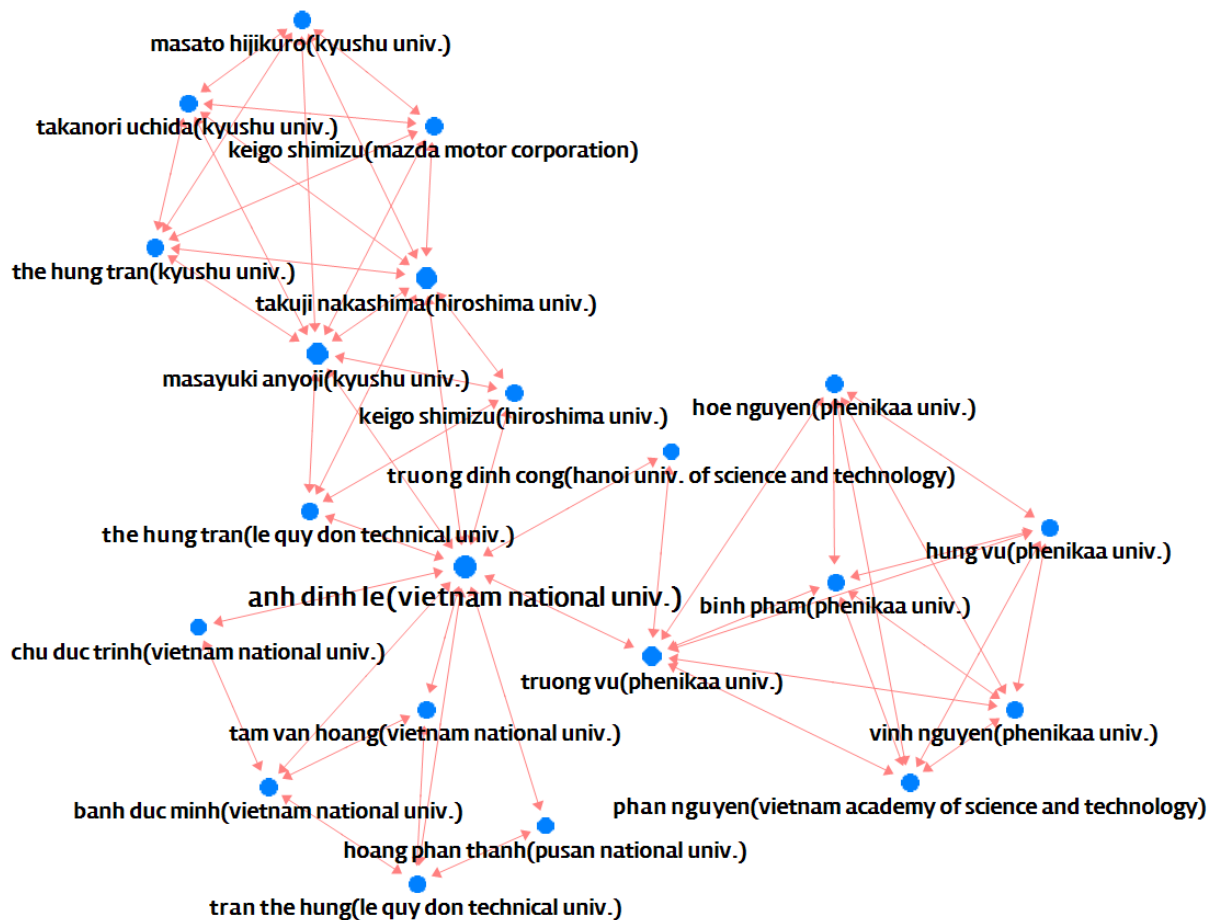


Figure 12. Vietnam National Univ., Phenikaa Univ., Kyushu Univ., Mazda Motor Corporation, Hiroshima Univ., Phenikaa Univ., Pusan National Univ., Le Quy Don Technical Univ. 연결 그룹

Figure 12는 Vietnam National Univ., Phenikaa Univ., Kyushu Univ., Mazda Motor Corporation,



Hiroshima Univ., Pusan National Univ., Le Quy Don Technical Univ. 등 매우 많은 소속의 연구자들이 연결되어 있으며, 이 중 Anh Dinh Le(Vietnam National Univ.)가 중심 연구자로 확인됩니다.

Anh Dinh Le(Vietnam National Univ.)은 베트남 국립 대학교 공과 대학에서 박사 학위를 받은 연구자로, 주요 연구 관심사는 연속 유동 역학, 캐비테이션(Cavitation), 재생 에너지, 풍력 터빈 등입니다. 그가 참여한 몇몇 논문의 주제는 터빈 성능 향상, 캐비테이션 유동, 기체 유동 및 해양 공학 등 다양합니다. 최근에는 러시아 공학 아카데미 외국 아카데미선으로 선출되어 국제적인 학술적 영향력을 확보하고 있습니다.

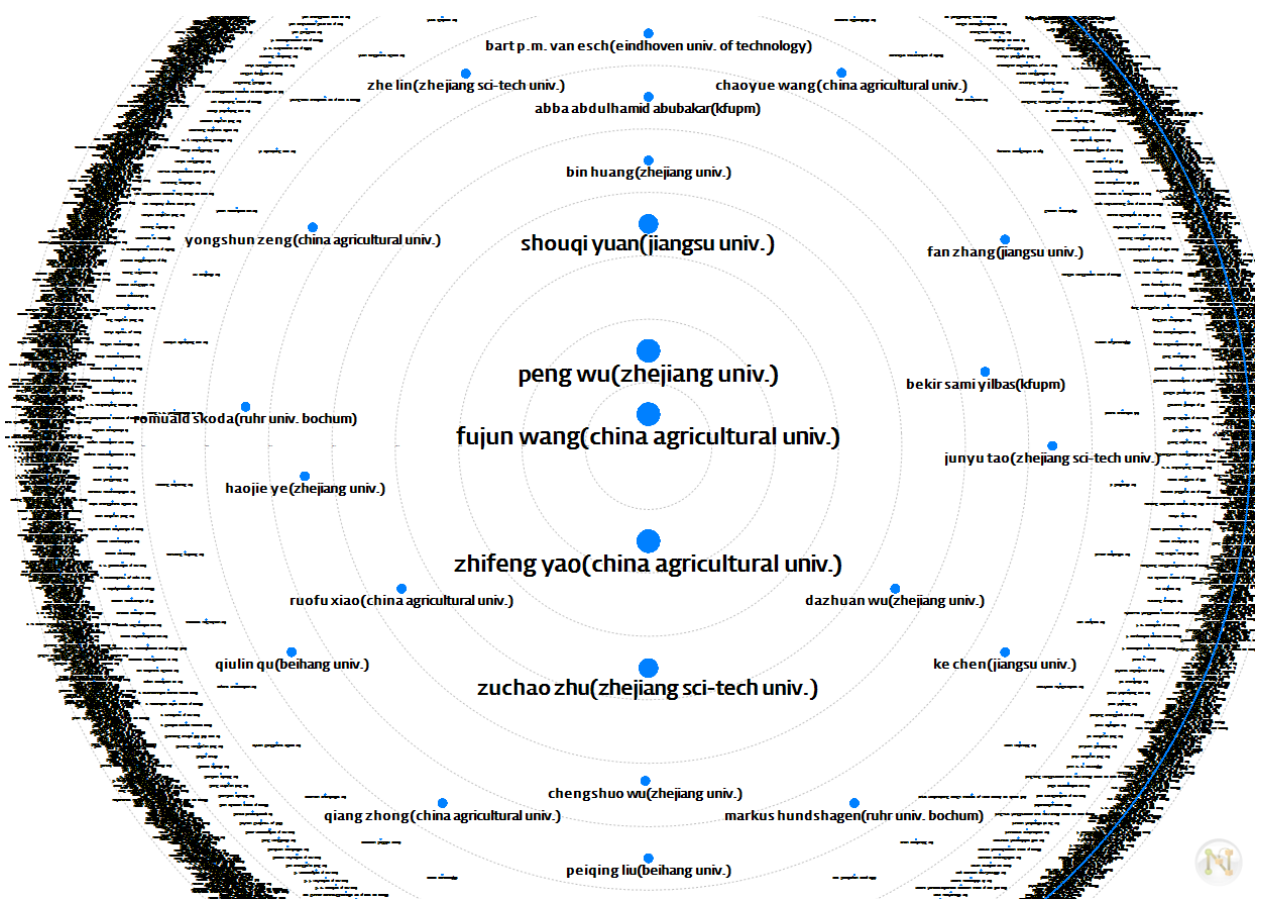


Figure 13. 2023 ICRP 연구자 네트워크 시각화( Degree Centrality)

Figure 13와 같이 연구자들의 Degree Centrality 분석 결과를 제시했습니다. Degree Centrality는 네트워크 분석에서 사용되는 중심성 지표 중 하나로, 각 노드의 연결된 링크의 수를 기반으로 노드의 중심성을 측정합니다. 이는 노드가 다른 노드들과 얼마나 많이 연결되어 있는지를 나타내며, 연결된 링크의 수가 많을수록 해당 노드의 중심성이 높다고 간주됩니다. 특히, 논문 수와 다른 연구자들과의

연결 관계가 많을수록 해당 연구자는 전체 네트워크에서 중심에 가깝게 위치합니다. Degree Centrality는 한 연구자가 전체 네트워크에서 얼마나 중요한 역할을 하는지를 나타내는 중요한 지표로 활용됩니다.

Degree Centrality 결과를 살펴보면 중심에 가장 가까운 연구자는 Fujun Wang(China Agricultural Univ.)이며, 그 다음으로 Peng Wu(Zhejiang Univ.)와 Zhifeng Yao(China Agricultural Univ.)가 위치합니다. 또한, Shouqu Yuan(Jiangsu Univ.)과 Zuchao Zhu(Zhejiang Sci-Tech Univ.)가 그 다음 원에 위치하고 있습니다. Table 3은 공저 논문 수가 4편 이상인 연구자 리스트를 제시하고 있으며, 이를 통해 공저 논문 수와 중심 연구자가 비교적 일치하고 있는 것을 확인할 수 있습니다.

**Table 2. Journal of Fluids Engineering 2020년~2023년 공저논문수 순위 (5편 이상)**

공저자	공저 논문수
Fujun Wang(China Agricultural Univ.)	11
Zhifeng Yao(China Agricultural Univ.)	10
Peng Wu(Zhejiang Univ.)	8
Zuchao Zhu(Zhejiang Sci-Tech Univ.)	8
Shouqi Yuan(Jiangsu Univ.)	7
Abba Abdulhamid Abubakar(KFUPM)	6
Anh Dinh Le(Vietnam National Univ.)	6
Bekir Sami Yilbas(KFUPM)	6
Francine Battaglia(Univ. At Buffalo)	6
Ruofu Xiao(China Agricultural Univ.)	6
Bin Huang(Zhejiang Univ.)	5
D. Keith Walters(Univ. of Oklahoma)	5
Dazhuan Wu(Zhejiang Univ.)	5
Mark Tachie(Univ. of Manitoba)	5

Michel Cervantes(Lulea Univ. of Technology)	5
Peiqing Liu(Beihang Univ.)	5
Philipp Epple(Coburg Univ. of Applied Sciences)	5
Qiulin Qu(Beihang Univ.)	5
Romuald Skoda(Ruhr Univ. Bochum)	5

### 3. 한국기관소속 연구자 네트워크 분석

한국기관에서는 아래 Table 3과 같이 4개 기관에서 9편의 논문을 발표하였습니다.

Table 3. Journal of Fluids Engineering 한국기관의 논문발표 수

한국기관	논문수
Inha Univ.	4
Korea Univ. of Science & Technology(UST)	3
Chonnam National Univ.	1
Univ. of Ulsan	1
<b>4개 기관</b>	<b>9편</b>

2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering의 연구자 네트워크 중에서 한국인 연구자만 별도로 추출하여 연결된 연구 그룹들을 나타내면 아래 Figure 15와 같습니다.

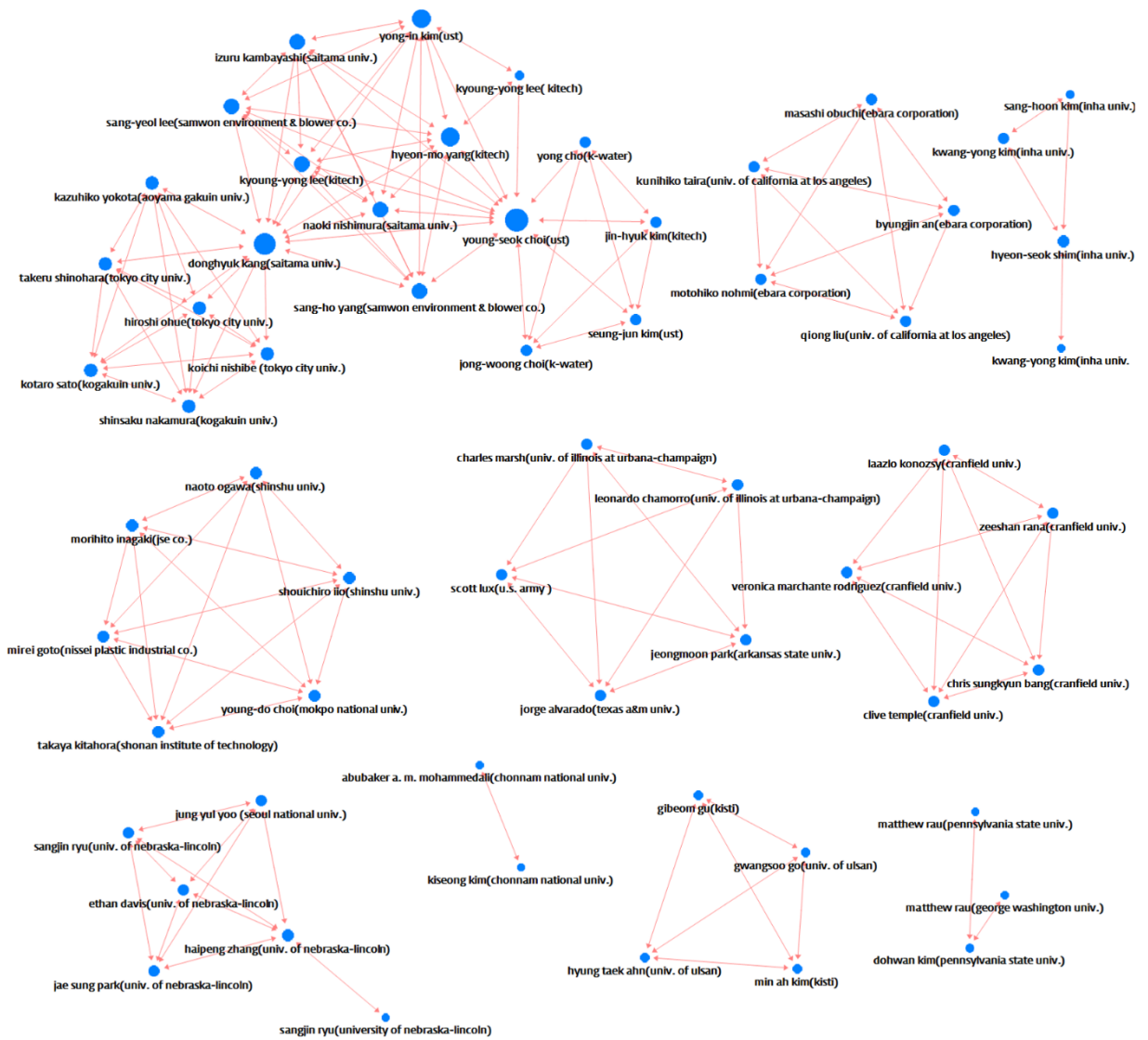


Figure 14. 한국인 연구자 그룹(2020년~2023년)

한국인 연구자 그룹은 위의 Figure 14와 같이 10개 그룹으로 나타났습니다.

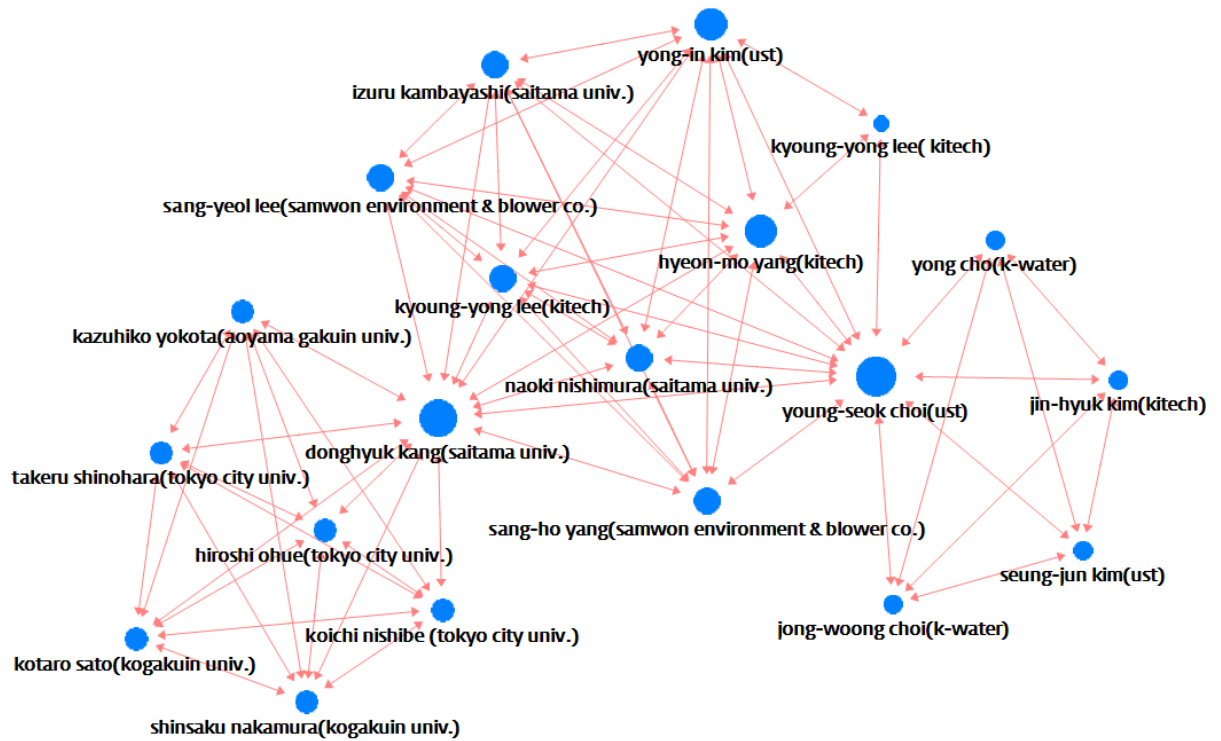


Figure 15. Kogakuin Univ., Tokyo City Univ., Saitama Univ., Aoyama Gakuin Univ.,의 일본연구자와 Samwon, K-Water, KITECH, UST등의 한국인 연구자들이 연결된 그룹

이중 좌측 상단에 나타나는 가장 큰 그룹은 위의 Figure 15와 같이 일본의 연구자 그룹과 한국인 연구자 그룹이 연결된 것으로 Kogakuin Univ., Tokyo City Univ., Saitama Univ., Aoyama Gakuin Univ.의 일본 연구자와 Samwon, K-Water, KITECH, UST(과학기술연합대학원대학교) 등의 한국인 연구자들이 연결된 그룹입니다. 여기서 Donghyuk Kang(Saitama Univ.)이 일본인 연구자들과 한국인 연구자를 연결하는 중요한 역할을 하고 있으며, 한국 소속의 연구자들 중에서는 Young-Seok Choi(UST)가 중심 연결자 역할을 하고 있음을 알 수 있습니다.

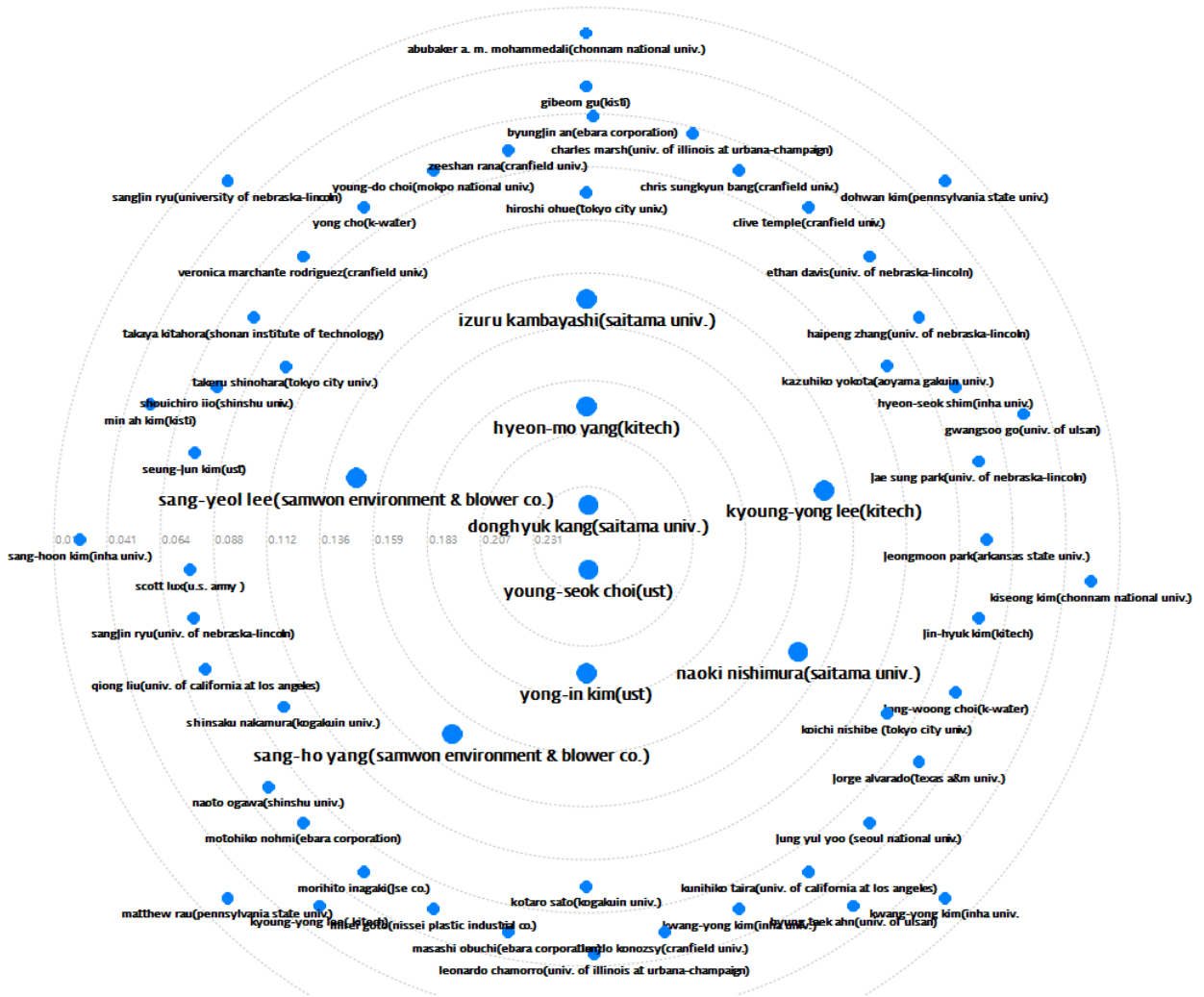


Figure 16. 2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering 한국인 연구자 중심도 분석

이러한 연결 관계를 기반으로 한 중심도 분석 결과는 Figure 16에서 확인할 수 있습니다. Figure 15에서 보여진대로 Donghyuk Kang(Saitama Univ.)과 Young-Seok Choi(UST)가 네트워크 상에서 가장 중심에 가까운 연구자로 나타났습니다

한국 기관 소속의 연구자 뿐만 아니라 외국 기관 소속의 한국인 연구자들의 논문도 총 6편이 발표되었습니다. 아래의 Table 4에는 외국 기관 소속으로 추정되는 한국인 저자들(공동 저자 포함)의 명단입니다.

Table 4. 타기관 소속의 한국인 연구자

연구자명	소속
Dohwan Kim	Pennsylvania State Univ.
Chris Sungkyun Bang	Cranfield Univ.

Donghyuk Kang	Saitama Univ.
Sangjin Ryu	Univ. of Nebraska-Lincoln
Jae Sung Park	Univ. of Nebraska-Lincoln
Byungjin An	Ebara Corporation

#### 4. 기관-키워드 분석 (2MODE)

기관과 키워드의 연관성 분석은 어떤 기관에서 어떤 분야의 연구를 중점적으로 수행하는지에 대한 객관적인 자료를 제공할 수 있습니다. 논문의 주저자 기관 및 해당 논문의 키워드를 정리하여, 기관과 키워드 간의 관계를 분석한 결과를 Figure 17에 나타내었습니다.

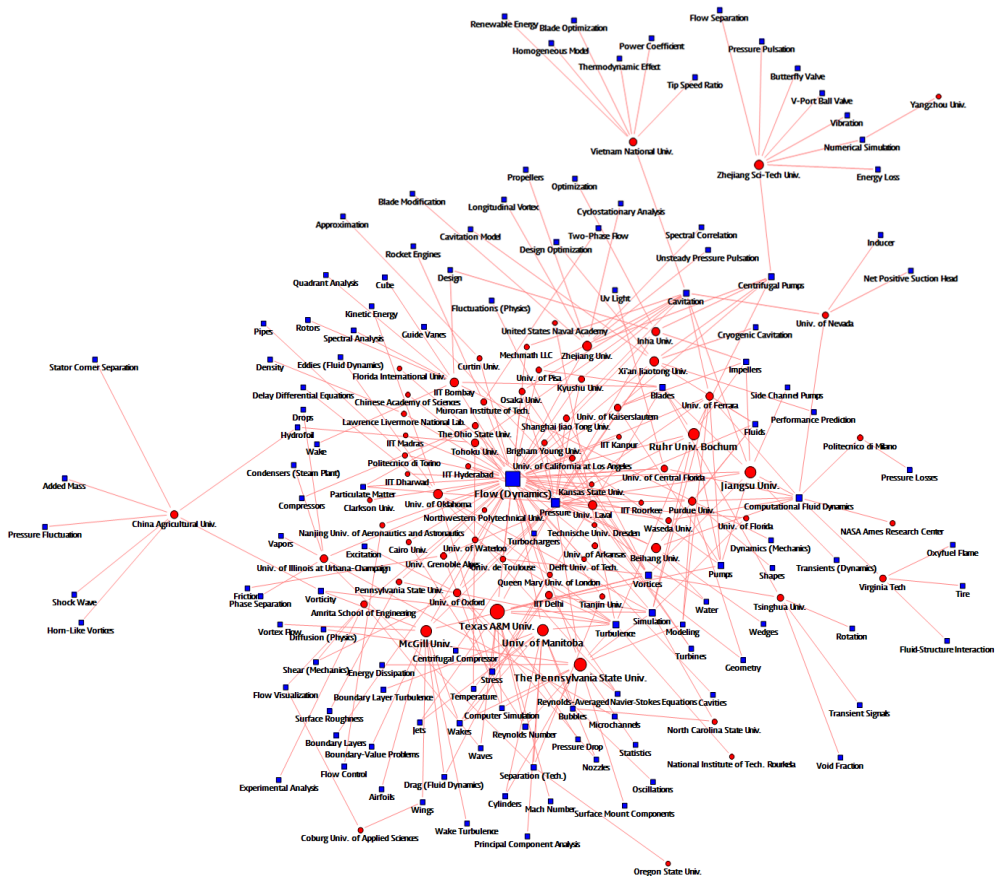


Figure 17. 2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering 기관-키워드 네트워크 시각화 (2-Mode분석, Link Reduction 1)





Channel Pumps", "Cavitation" 등이 중요한 키워드로 나타났습니다. McGill Univ.에서는 "Flow (Dynamics)", "Pressure", "Vortices", "Drag (Fluid Dynamics)", "Wings", "Wake Turbulence" 등이 주요 키워드로 나타났고, Zhejiang Sci-Tech Univ.에서는 "Centrifugal Pumps", "Pressure Pulsation", "Energy Loss", "Numerical Simulation" 등이 중요한 연구 주제로 나타났습니다.

이 내용을 표로 정리한 것은 아래 Table 5와 같습니다.

**Table 5. 연구키워드에 따른 주요 연구기관**

주요 연구 기관	키워드
Ruhr Univ. Bochum	Flow(Dynamics), Pressure, Simulation, Centrifugal Pumps, Impellers, Pumps, Blades
Texas A&M Univ.	Flow(Dynamics), Pressure, Turbulence, Vorticity, Vortices, Reynolds Number
Jiangsu Univ.	Flow(Dynamics), Pumps, Impellers, Side Channel Pumps, Cavitation
McGill Univ.	Flow(Dynamics), Pressure, Vortices, Drag(Fluid Dynamics), Wings, Wake Turbulence
Zhejiang Sci-Tech Univ.	Centrifugal Pumps, Pressure Pulsation, Energy Loss, Numerical Simulation

## V. 결론

2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering에서는 46개 국가에서 총 716편의 논문이 발표되었습니다. 이 중 미국이 189편으로 가장 많은 논문을 발표한 국가이며, 중국(158편), 인도(85편), 캐나다(37편), 독일(30편) 등이 뒤를 이었습니다. 한국과 브라질은 각각 9편의 논문을 발표했습니다. 기관별로는 중국의 Jiangsu Univ.와 Zhejiang Univ., 미국의 Texas A&M Univ.가 주요 선두를 이끌었고, 중국의 China Agricultural Univ., Xi'an Jiaotong Univ., IIT at Bombay, Zhejiang Sci-Tech Univ.도 높은 논문 발표량을 기록했습니다. 한국 기관에서는 Inha Univ., Korea Univ. of Science & Technology(UST), Chonnam National Univ., Univ. of Ulsan이 논문을 게재했습니다.

개별 연구자들은 Abba Abdulhamid Abubakar(King Fahd University of Petroleum and Minerals), Anh Dinh Le(Vietnam National Univ.), Francine Battaglia(State Univ. of New York at Buffalo)이 5편의 논문으로 높은 성과를 거두었습니다. 또한, C. Y. Wang(Michigan State Univ.), Hyeon-Seok Shim(Inha Univ.), Yongshun Zeng(China Agricultural Univ.)은 4편의 논문을 발표했습니다.

논문의 키워드 분석 결과, "Flow(Dynamics)," "Pressure," "Simulation," "Turbulence"이라는 네 개의 키워드가 높은 연결성을 갖는 그룹을 형성했습니다. 이들 키워드 중 "Flow(Dynamics)," "Pressure," "Turbulence"은 100회 이상 등장하였고, "Simulation," "Computational Fluid Dynamics," "Fluids," "Vortices," "Cavitation," "Reynolds Number," "Blades," "Particulate Matter," "Pumps," "Stress," "Design," "Water," "Shear (Mechanics)," "Temperature" 등이 30회 이상 등장했습니다. Degree Centrality를 기반으로 한 결과에서는 "Flow (Dynamics)"를 중심으로 "Pressure," "Turbulence," "Simulation," "Computational Fluid Dynamics," "Fluids," "Vortices," "Cavitation" 등이 중심에 가깝게 나타나고 있습니다.

논문의 네트워크 분석 결과를 통해, 공동 저자들 간의 관계를 Net Miner를 사용하여 시각화하였습니다. 위의 Figure 6~12에서 주요 연구 그룹을 확인할 수 있습니다. Tohoku Univ., Waseda Univ., Muroran Institute of Technology 등이 연결된 큰 그룹과 Zhejiang Univ., China Agricultural Univ., Zhejiang Sci-Tech Univ. 등의 그룹이 나타납니다. 각 그룹의 중심 연구자들과 그들의 주요 연구 분야에 대한 소개가 제공되었습니다. Figure 13에서는 Degree Centrality 결과를 살펴보면 중심에 가장 가까운 연구자는 Fujun Wang(China Agricultural Univ.)로 나타났으며, 그 다음으로 Peng Wu(Zhejiang Univ.)와 Zhifeng Yao(China Agricultural Univ.), Shouqu Yuan(Jiangsu Univ.)과 Zuchao Zhu(Zhejiang Sci-Tech Univ.) 등이 비교적 중심에 가까운 연구자로 나타났습니다.

2020년~2023년까지 한국 기관에서 4개의 기관이 참여하여 총 9편의 논문을 발표했습니다. 한국인이 포함된 가장 큰 연구그룹은 Kogakuin Univ., Tokyo City Univ., Saitama Univ., Aoyama Gakuin Univ. 등의 일본 연구자 그룹과 Samwon, K-Water, KITECH, UST 등의 한국 기관 소속 연구자들이 함께 연결된 그룹으로 확인됩니다. 이 중에서 Donghyuk Kang(Saitama Univ.)이 일본 및 한국 연구자들 간의 연결 역할을 수행하며, 한국 기관 소속 연구자 중에서는 Young-Seok Choi(UST)가 중심 연결자 역할을 하고 있음을 확인할 수 있습니다. 중심도 분석을 통해 한국인 중심 연구자를 확인한 결과, Donghyuk Kang(Saitama Univ.)과 Young-Seok Choi(UST)가 가장 중심에 가까운 연구자로 나타났습니다. 또한, 한국 기관 소속 외국 기관에서 활동하는 한국인 연구자들의 논문도 총 6편이 발표되었으며, 이들의 명단은 Table 4에 제시되어 있습니다.

2020년~2023년 Journal of Fluids Engineering 논문에서 기관과 키워드 간의 연관성을 분석한 결과를 Figure 18와 Figure 19로 시각화하여 제시했습니다. 간략하게 정리하면 "Flow (Dynamics)"가 가장 빈도가 높은 키워드로 여러 기관에서 중점적으로 연구되고 있습니다. "Pressure"가 그 다음으로 높은 빈도

를 보이며, 주로 Texas A&M Univ., Ruhr Univ. Bochum, McGill Univ., Beihang Univ., Inha Univ. 등에서 연구되고 있습니다. 기관별로는 Ruhr Univ. Bochum에서는 "Flow (Dynamics)", "Pressure", "Simulation", "Centrifugal Pumps", "Impellers", "Pumps", "Blades" 등이 중요한 연구 주제로 나타났습니다. Texas A&M Univ.에서는 "Flow (Dynamics)", "Pressure", "Turbulence", "Vorticity", "Vortices", "Reynolds Number" 등이 주로 연구되고 있으며, Jiangsu Univ.에서는 "Flow (Dynamics)", "Pumps", "Impellers", "Side Channel Pumps", "Cavitation" 등이 중요한 키워드로 나타났습니다. McGill Univ.에서는 "Flow (Dynamics)", "Pressure", "Vortices", "Drag (Fluid Dynamics)", "Wings", "Wake Turbulence" 등이 주요 연구 키워드로 확인되고, Zhejiang Sci-Tech Univ.에서는 "Centrifugal Pumps", "Pressure Pulsation", "Energy Loss", "Numerical Simulation" 등이 중요한 연구 주제로 부각되고 있습니다.