

International Aerosol Conference (IAC 2018)의 연구동향 분석

이석(부산대학교 기계공학부 교수), 정병규(기계·건설공학연구정보센터)

I. 들어가며

요즘 미세먼지가 연일 '나쁨' 요즘 미세먼지가 연일 '나쁨'수준으로 나타나고 있다. 미세먼지는 깊숙이 침투해 폐 조직에 붙어 호흡기 질환을 발생시키고, 혈관으로 흡수돼 뇌졸중이나 심장질환의 원인이 되기도 한다. 최근에 한국도 국내 미세먼지(PM2.5) '나쁨' 일수는 2017년 기준으로 57일 정도로 나타났다. 이처럼 미세먼지의 위험성이 크게 대두되고 있는 상황이다. 미세먼지는 지름이 10 μm 이하인 미세먼지, 지름이 2.5 μm 이하(PM 2.5)인 초미세먼지로 나뉜다. 지름 2.5 μm 이하의 먼지로 PM2.5로 표기한다.

에어로졸(Aerosol)은 대기 중에 부유하는 고체 또는 액체 상태의 작은 입자로 크기는 보통 0.001~1.0 μm 정도이며, IAC는 미세먼지까지 포함하여 다루고 있는 국제 학술대회이며, 최근의 상황에 맞게 많은 연구들이 진행되고 있다.

이번 IAC 2018 Conference는 2018년 9월 2일부터 7일까지 미국 Saint Louis에서 개최되었다.

II. 분석대상자료 및 분석방법

자료 분석을 위해 IAC 2018에서 발표된 1,585편의 논문에 대한 저자 및 소속, 키워드 등을 추출하여 정리하였다. 그러나 IAC 2018에서 키워드는 필수가 아닌 선택사항이기 때문에 키워드가 게재된 논문은 1,585편중 37편으로 매우 적은 편이다. 또한 발표자 소속도 주로 제1저자만 표기가 되어 있기 때문에, 이름과 소속의 일치가 아닌 이름만으로 네트워크 분석을 하였다. 이로 인해 동명 이인일 경우 분석의 오류가 있을 수 있음을 밝혀 두고자 한다.



Figure 1. IAC 2018 홈페이지(http://www.2018iac.org)

III. 통계분석

1-1. IAC 2018 국가별 논문발표 순위

IAC 2018 의 국가별 논문 발표 순위를 살펴보면 아래 Figure 2 와 같이 미국이 720 편으로 제일 많은 논문을 발표하였으며, 그 다음으로 중국이 123 편, 인도는 72 편, 독일이 68 편, 영국이 59 편, 한국과 핀란드가 각각 56 편의 논문을 발표하였다. 아래 Table 1 과 같이 62 개국에서 논문 발표에 참여하였다.

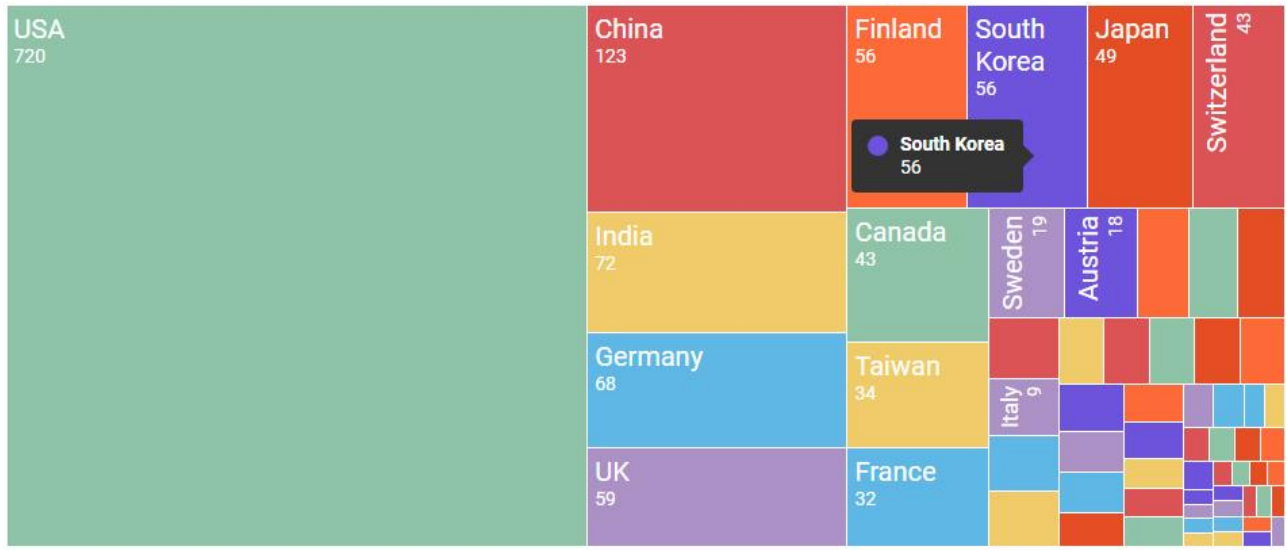


Figure 2. 국가별 논문발표 순위(2017~2018년, 2년간)

NO	국가명	논문수
1	USA	720
2	China	123
3	India	72
4	Germany	68
5	UK	59
6	South Korea	56
7	Finland	56
8	Japan	49
9	Canada	43
10	Switzerland	43
11	Taiwan	34
12	France	32
13	Sweden	19
14	Austria	18
15	Israel	13
16	Australia	12
17	Czech	12
18	Brazil	10
19	Hong Kong	9
20	Portugal	9
21	Italy	9
22	Mexico	7
23	Singapore	7

NO	국가명	논문수
33	Ireland	4
34	Belgium	4
35	New Zealand	4
36	Nigeria	3
37	Cyprus	3
38	Lithuania	2
39	Chile	2
40	Qatar	2
41	Vietnam	2
42	Romania	2
43	Bangladesh	2
44	Norway	2
45	Poland	1
46	Sweden	1
47	Macau	1
48	Serbia	1
49	Ukraine	1
50	Belarus	1
51	Iran	1
52	Ethiopia	1
53	Malaysia	1
54	Netherlands	1
55	Indonesia	1

24	Spain	7	56	Philippines	1
25	Kazakhstan	7	57	Iceland	1
26	Greece	7	58	Republic of South Africa	1
27	Morocco	7	59	Puerto Rico	1
28	Russia	6	60	Argentina	1
29	Colombia	6	61	Thailand	1
30	Denmark	5	62	Slovenia	1
31	Pakistan	5		총합계	1,585
32	Estonia	5			

Table 1. 국가별 논문발표 순위

1-2. IAC 2018 기관별 논문발표 순위

IAC 2018의 기관별 발표 논문 수는 Table 2와 같이 미국의 Washington Univ. in St. Louis가 가장 많은 수인 68 편의 논문을 발표하였으며, Carnegie Mellon Univ.와 Univ. of Colorado에서 각각 28 편의 논문을 발표하였고, Paul Scherrer Institute에서 23 편의 논문을, Univ. of Helsinki는 21 편의 논문을 발표하였다. 또한 Peking Univ.와 Tsinghua Univ., Univ. of Minnesota에서 각각 19 편의 논문을 발표하였다.



Figure 3. 기관별 논문 발표 수(10편이상)

NO	기관명(학교명)	논문수	NO	기관명(학교명)	논문수
1	Washington Univ. in St. Louis	68	16	Univ. of Manchester	13
2	Carnegie Mellon Univ.	28	17	Aerodyne Research	12
3	Univ. of Colorado	28	18	CAS	12
4	Paul Scherrer Institute	23	19	Kanazawa Univ.	12
5	Univ. of Helsinki	21	20	Lund Univ.	12
6	Peking Univ.	19	21	Pacific Northwest National Lab.	12
7	Tsinghua Univ.	19	22	Univ. of California Irvine	12
8	Univ. of Minnesota	19	23	Univ. of Florida	12
9	Georgia Institute of Technology	17	24	Univ. of Maryland	12
10	Colorado State Univ.	15	25	Chinese Academy of Sciences	11
11	Univ. of Eastern Finland	15	26	IIT Kanpur	11
12	California Institute of Technology	13	27	Tampere Univ. of Technology	11
13	Clarkson Univ.	13	28	The State Univ. of New Jersey	11
14	Univ. of California Riverside	13	29	Univ. of California Davis	11
15	Univ. of Cambridge	13	30	Univ. of Toronto	10

Table 2. 기관별 논문 발표 수(10편 이상)

1-3. IAC 2018 한국 기관 논문발표

한국기관에서는 2018 년에 아래 Table3 와 같이 총 22 기관에서 56 편의 논문을 발표하였다. KIST 와 KIMM 에서 각각 7 편, KITECH 에서 6 편, 서울대학교가 5 편, 한양대학교와 연세대학교가 각각 4 편, GIST 에서 3 편 등의 논문을 발표하였다.

NO	한국기관	논문수
1	KIST	7
2	Korea Institute of Machinery and Materials	7
3	KITECH	6
4	Seoul National Univ.	5
5	Hanyang Univ.	4
6	Yonsei Univ.	4
7	GIST	3
8	Hankuk Univ. of Foreign Studies	2
9	Korea Electric Power Corporation Research Institute	2
10	Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources	2
11	Kumoh National Institute of Technology	2

12	Pusan National Univ.	2
13	Aerosol Research & Technology Plus	1
14	Busan Metropolitan Institute of Health and Environment	1
15	EcoPictures Co. Ltd.	1
16	Industrial Technology Research Institute	1
17	Innociple Co. Ltd.	1
18	Korea Railroad Research Institute	1
19	Korea Research Institute of Standards and Science	1
20	Korea Univ. of Science and Technology	1
21	Sungkyunkwan Univ.	1
22	Yeungnam Univ.	1
소계		56

Table 3. 한국 기관의 논문 발표 수

IV. 네트워크 분석

2-1. 키워드 네트워크 분석

논문의 키워드를 분석하면 발표된 논문들이 어떤 분야와 주제의 연구인지 확인할 수 있다. 그러나, IAC 2018 에서의 논문의 키워드는 필수가 아닌 선택사항이기 때문에 키워드가 게재된 논문은 1,585 편중 37 편으로 매우 적은 편이다. 37 편의 논문에 대한 키워드 빈도수 순위는 아래 Tabel 4 와 같다. .

No	키워드	빈도수
1	Aerosol Sampling	5
2	Pm2.5	4
3	Nanoparticles	3
4	Air Pollution	2
5	Air Quality	2
6	Bio Aerosols	2
7	Corona Discharge	2
8	Electrostatic Precipitator	2
9	Particle Bounce	2
10	Particle Overloading	2
11	Radiative Forcing	2

Table 4. 키워드 빈도수

키워드 Spring Layout 네트워크 시각화는 각 논문의 키워드를 분석하여 취합하고 한 논문에 같이 나열된 키워드들을 서로 연결하여 그림으로 나타낸 것으로, 아래 Figure 4는 IAC 2018 논문의 전체 키워드의 상관관계를 넷 마이너를 이용하여 Spring Layout 으로 도식화 한 이미지 이다.

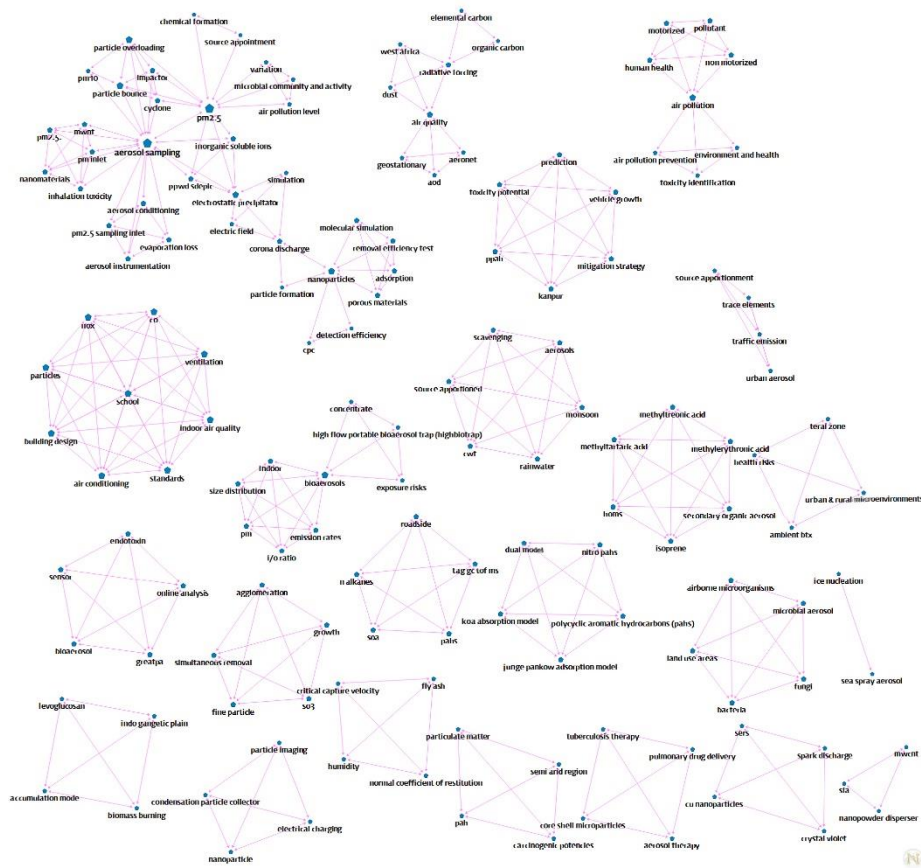


Figure 4. IAC 2018 키워드 네트워크 시각화 (Spring Layout)

이중 위의 Figure 4 에서 가장 큰 연구 그룹은 아래 Figure 5 와 같이 Aerosol Sampling, Pm2.5 와 nanoparticles 가 연결된 그룹이다.

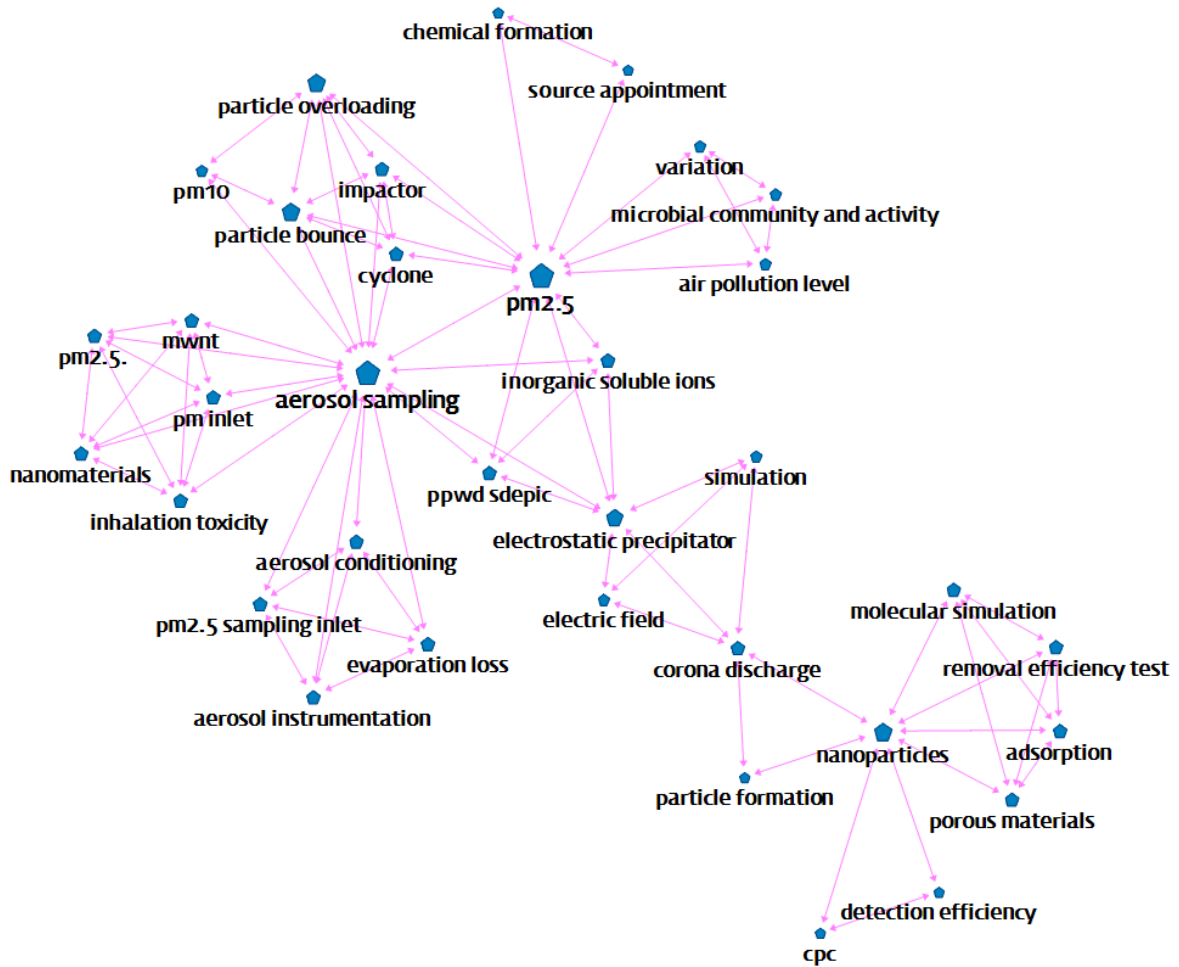


Figure 5. IAC 2018 키워드 네트워크 시각화 (제 1그룹, Spring Layout)

위의 Figure 6 은 연결 관계와 상관없이 빈도수의 비중을 계산하여 워드 클라우드로 표현한 그림이다. 여기에 나타난 논문의 총 키워드는 122 개이며, Aerosol Sampling, Pm2.5 Nanoparticles 이 빈도수 3 이상으로 나타났다.

2-2. 공저자 네트워크 분석

키워드 분석과 마찬가지로 IAC 2018 의 논문의 공저자들의 상관관계를 넷 마이너를 사용하여 시각화(Spring Layout)하였다. IAC 2018 에는 주저자를 제외하고 공저자의 소속이 명확하게 표기하지 않아 이름이 같으면 동일인으로 보고 분석하였다. 아래 Figure 7 와 같이 약 30~40 개 사이의 연구자 그룹이 형성되어 있는 것을 확인해 볼 수 있다. 이중 우측 상단의 4 개 정도의 그룹이 여러 연구자들이 연결된 중심 그룹으로 생각해볼 수 있다.

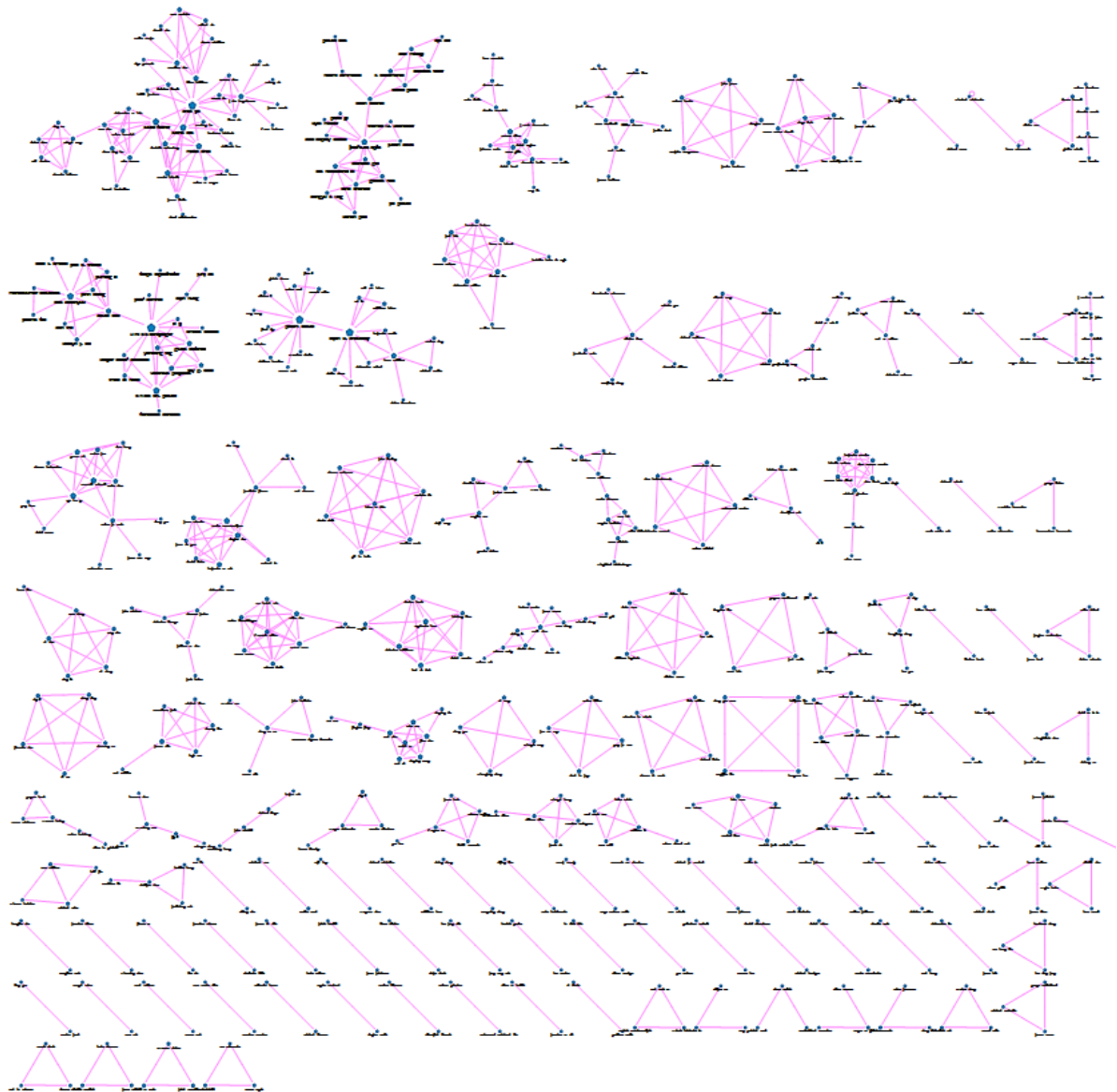


Figure 7. 연구자 네트워크 시각화 (Spring Layout, Link Reduction 2)

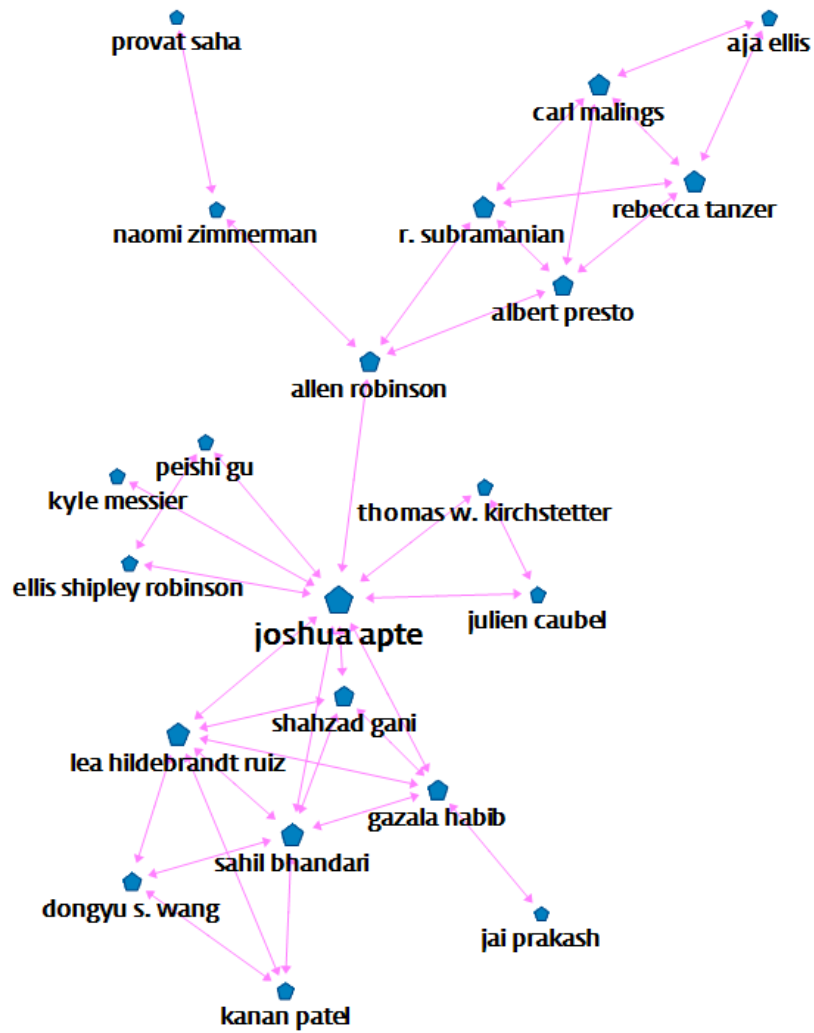


Figure 9. Joshua Apte(Univ. of Texas at Austin) 중심 그룹 (Spring Layout, Link Reduction 2)

위의 연구자 그룹에서 세번째로 큰 그룹은 아래 Figure 10 과 같다. 이 그룹은 alla Zelenyuk 와 David Bell 이 연결된 그룹과 Urs Baltensperger(Paul Scherrer Institute) 와 Andres S. H. Provot 가 이 중심이 되는 2 개의 그룹이 연결되어 있으며, 이 4 의 연결 관계에 의해 크게 그룹이 형성되어 있다. 이 그룹에서 가장 중심과 핵심적인 역할을 하는 연구자는 Urs Baltensperger(Paul Scherrer Institute)로 보인다.

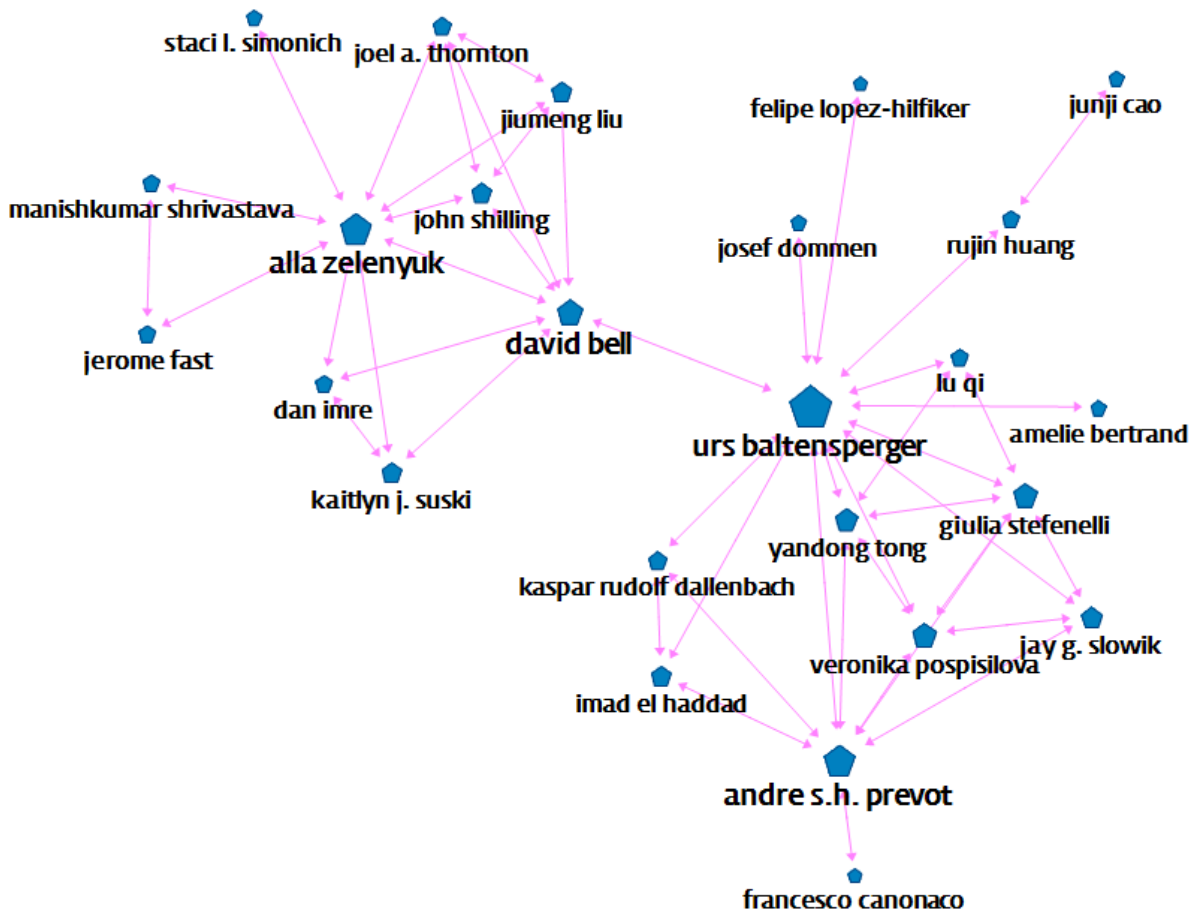


Figure 10. Urs Baltensperger(Paul Scherrer Institute) 중심 그룹(Spring Layout, Link Reduction 2)

두번째로 큰 그룹은 아래 Figure 11 과 같다. 이 그룹은 Pratim Biswas(Washington Univ. in St. Louis)와 Rajan K. Chakrabarty(Washington Univ. in St. Louis)가 각각 중심이 되는 그룹이 두 사람의 연결관계에 의해 하나의 큰 그룹으로 연결되어 있는 것을 확인할 수 있다.

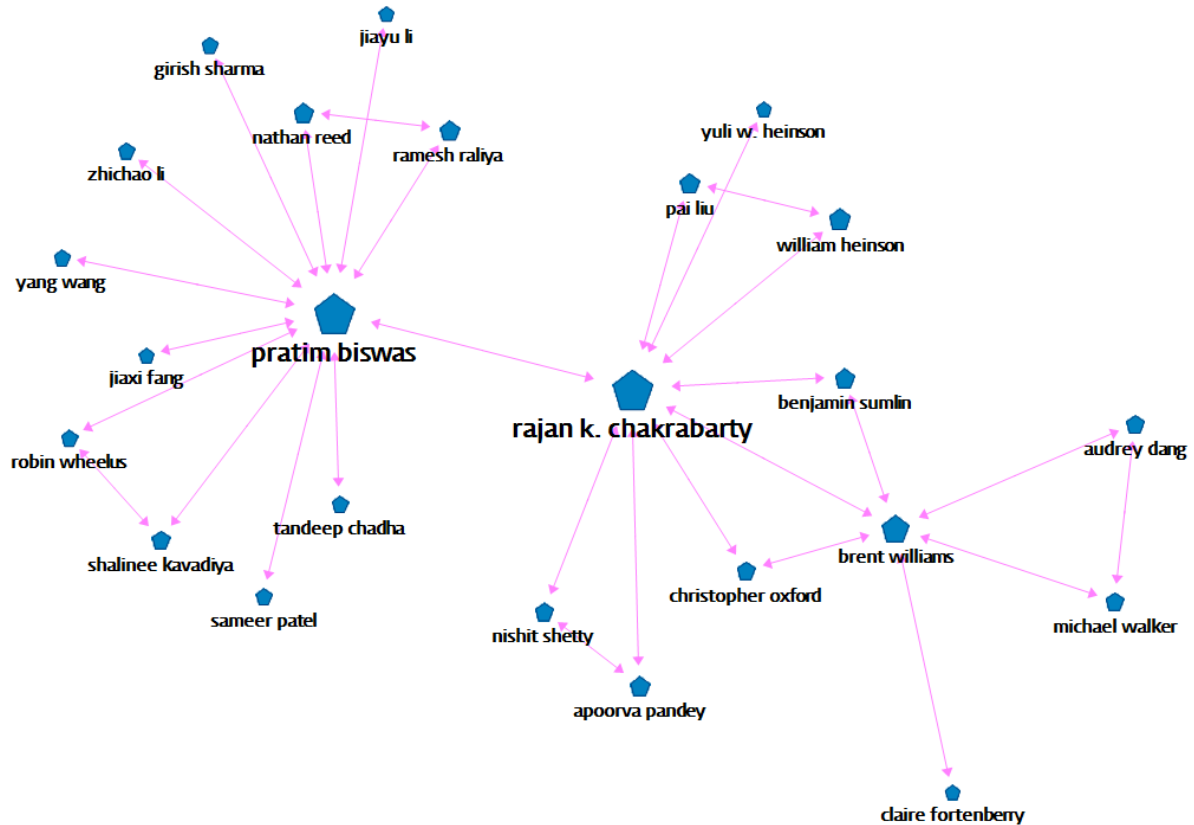


Figure 11. Pratim Biswas(Washington Univ. in St. Louis)와 Rajan K. Chakrabarty(Washington Univ. in St. Louis) 중심 그룹(Spring Layout, Link Reduction 2)

위에서 추출한 연구자 데이터를 바탕으로 하여 Figure 12 과 같이 연구자의 Degree Centrality 를 분석하였다. Degree Centrality 는 연결 정도 중심성으로 한 개인이 전체 네트워크에서 얼마만큼 중심에 가까이 자리 잡고 있는지를 나타내는 지표로 여러 논문과 다른 연구자와의 연결 관계가 많을수록 네트워크 가운데 쪽으로 위치하게 된다.

이를 살펴보면 Pratim Biswas(Washington Univ. in St. Louis)가 제일 중심에 위치하고있으며, 그 다음 가까운 위치에 Urs Baltensperger(Paul Scherrer Institute)이 있으며, Andre S.H. PrEvot(Paul Scherrer Institute)와 Chao Yan(Univ. of Helsinki), Lubna Dad(Univ. of Helsinki)가 가까이 있는 것을 확인할 수 있다.

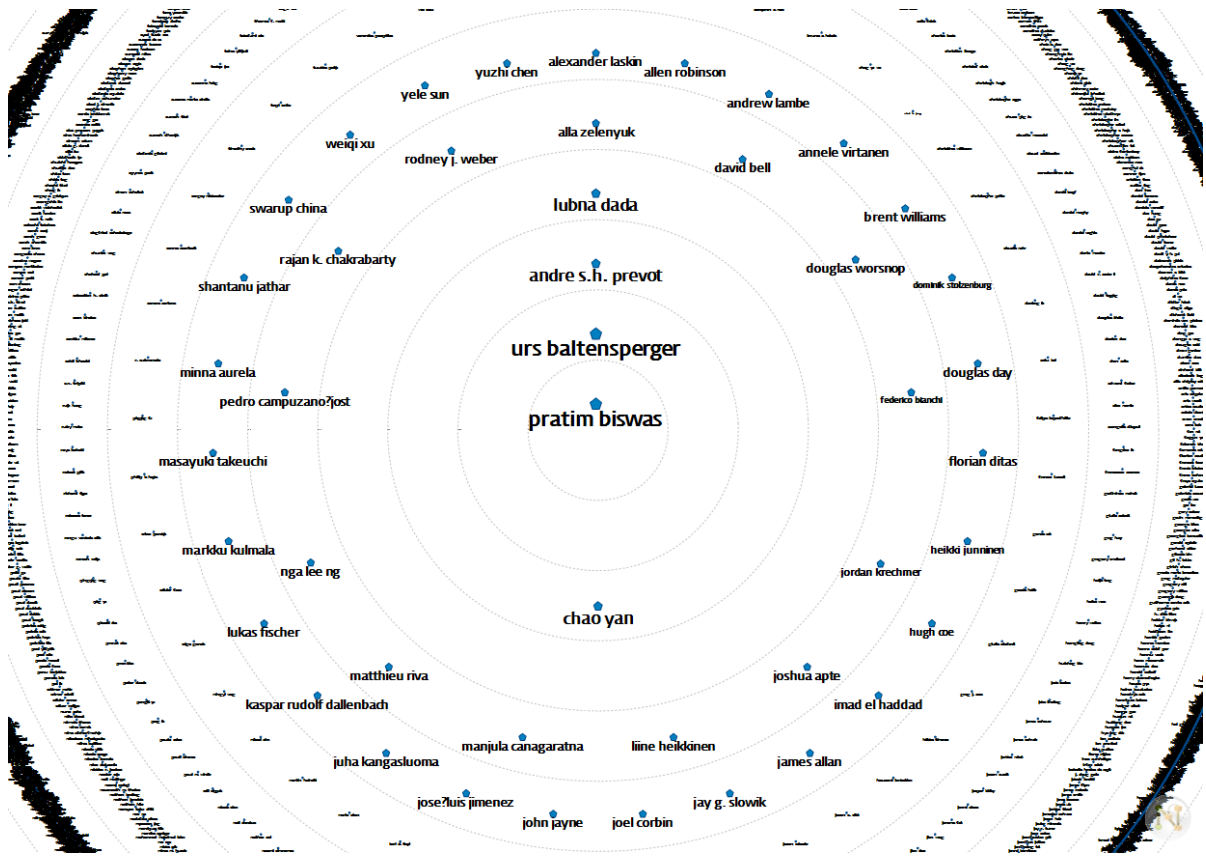


Figure 12. 공저자 네트워크 시각화(Degree Centrality)

아래 Table 5 는 공저 논문 수 10 편 이상의 연구자 리스트이다. 공저 논문의 순위와 위의 Figure 20 의 중심도 결과가 비례하지 않는 이유는 Degree Centrality 는 공저 논문 수와 함께 다른 연구자와의 공저 관계도 같이 고려되기 때문이다.

NO	공저자	공저 논문수
1	Pratin Biswas	37
2	Rajan K. Chakrabarty	25
3	Urs Baltensperger	15
4	Andre S.H. Prevot	13
5	Brent Williams	13
6	Chao Yan	12
7	David Y. H. Pui	12
8	Jingkun Jiang	12
9	Joshua Apte	12
10	Nga Lee Ng	12
11	Rodney J. Weber	12
12	Douglas Worsnop	11

NO	공저자	공저 논문수
15	Junji Cao	11
16	Lubna Dada	11
17	Manjula Canagaratna	11
18	Adam M Boies	10
19	Alla Zelenyuk	10
20	Andrew Lambe	10
21	Jordan Krechmer	10
22	Jose Luis Jimenez	10
23	Masayuki Takeuchi	10
24	Shantanu Jathar	10
25	Suresh Dhaniyala	10
26	Takafumi Seto	10

13	Gazala Habib	11	27	William Heinson	10
14	Hongliang Zhang	11	28	Yinon Rudich	10

Table 5. 공저자 공저논문 순위(10편 이상)

● 주요 연구자 정보

1. Pratim Biswas(Washington Univ. in St. Louis): <https://engineering.wustl.edu/Profiles/Pages/Pratim-Biswas.aspx>
2. Chao Yan(Univ. of Helsinki): <https://scholar.google.fi/citations?user=8SG93f0AAAAJ&hl=en>
3. Lubna Dad(Univ. of Helsinki): [https://tuhat.helsinki.fi/portal/en/persons/lubna-dada\(7d1e63de-a4a7-4fc1-b524-cb4d38318a4f\).html](https://tuhat.helsinki.fi/portal/en/persons/lubna-dada(7d1e63de-a4a7-4fc1-b524-cb4d38318a4f).html)
4. Pratim Biswas(Washington Univ. in St. Louis): <https://engineering.wustl.edu/Profiles/Pages/Pratim-Biswas.aspx>
5. Urs Baltensperger: <https://www.innovations-report.com/html/reports/physics-astronomy/present-day-measurements-yield-insights-into-clouds-of-the-past.html>

한국 기관의 연구그룹 중 가장 큰 그룹은 아래 Figure 14과 같이 Jungho Hwnag(Yonsei Univ.) 을 중심으로 21명의 연구자가 연결되어 있는 그룹으로 나타났다.

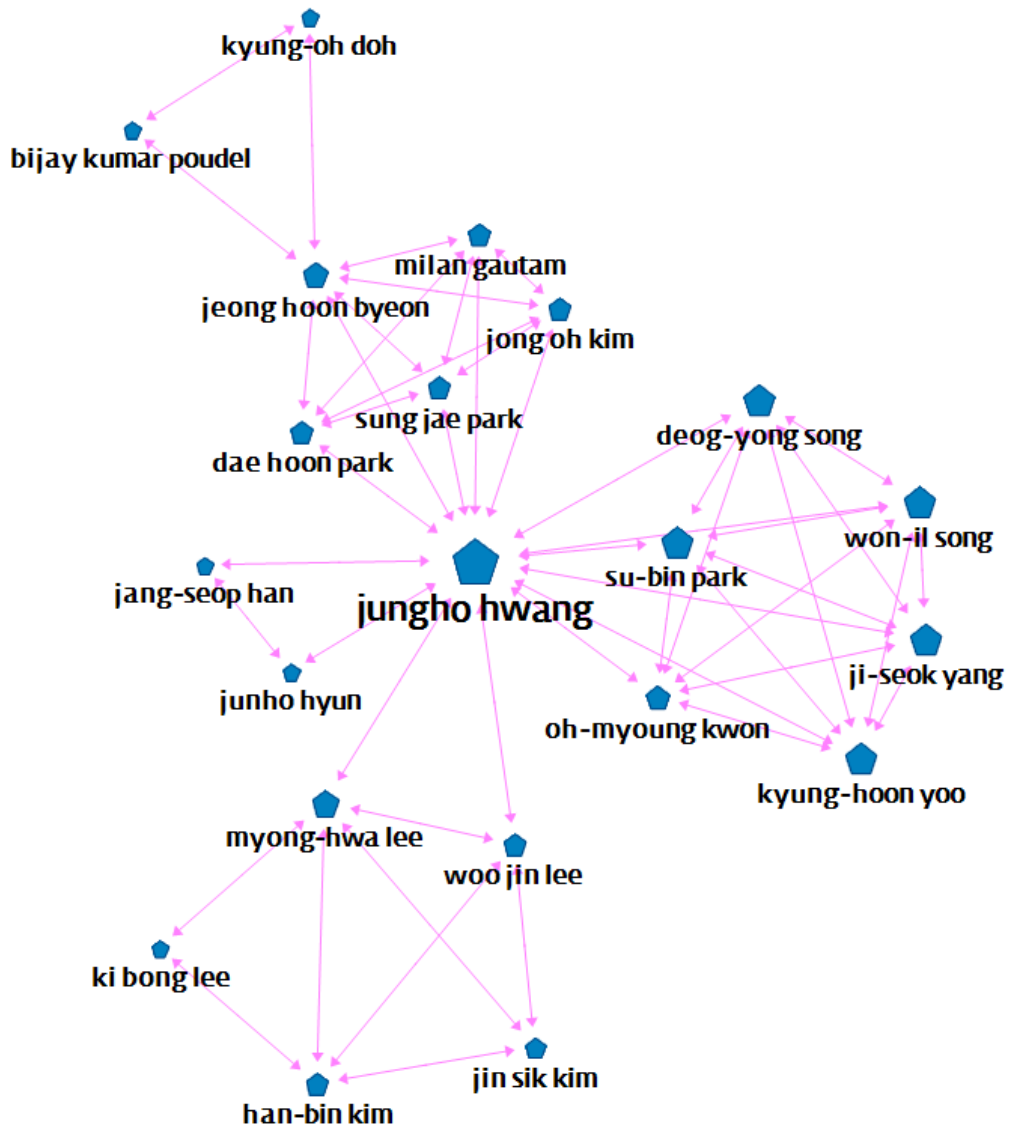


Figure 14. Jungho Hwnag(Yonsei Univ.) 중심그룹

한국 기관의 연구그룹 중 두번째로 큰 그룹은 아래 Figure 15와 같다. 이 그룹에는 1명의 중심연구자가 Jong Sung Park, Hye Jung Shin, Taehyun Park, Gyutae Park, Kyughoon Kim의 5명의 연구자가 각각 주요 연구자로 연결되어 있는 그룹이다. 이 그룹에는 21명의 연구자가 연결되어 있다.

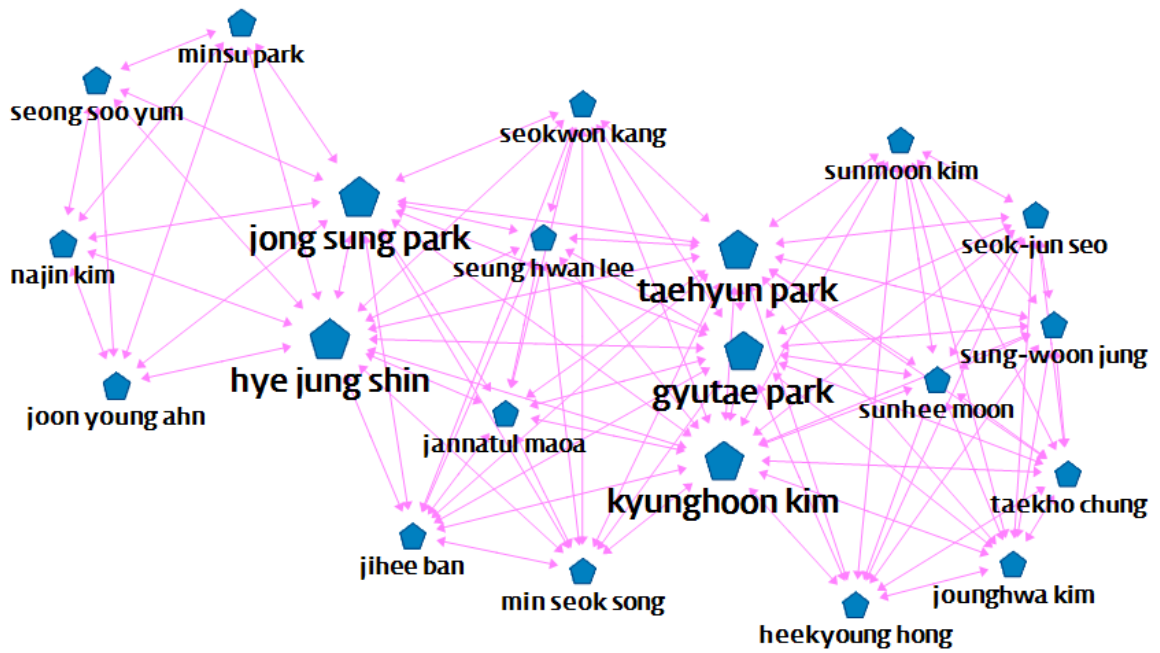


Figure 15. Hankuk Univ. of Foreign Studies 중심그룹

한국 기관의 연구그룹 중 세번째로 큰 그룹은 아래 Figure 16과 같이 Mansoo Choi(Seoul National Univ.)를 중심으로 15명의 연구자가 연결되어 있는 그룹이다.

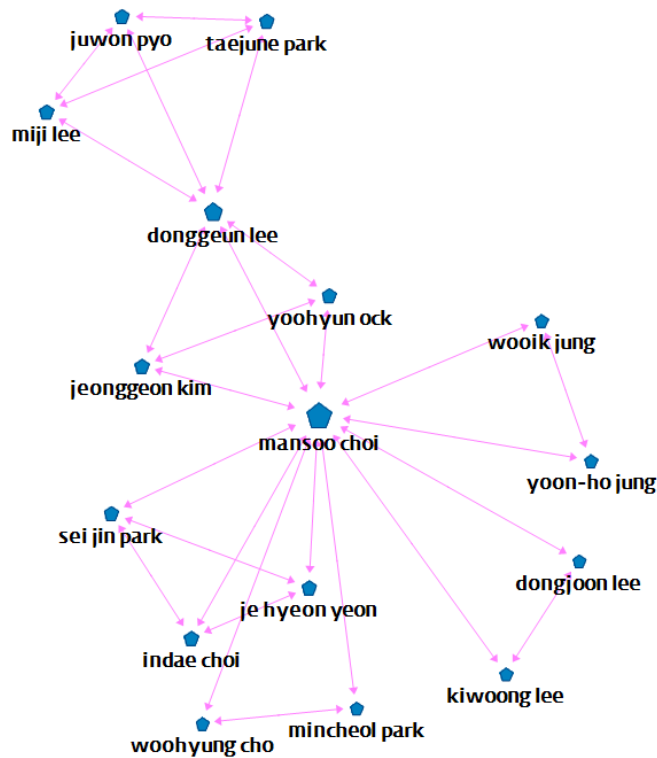


Figure 16. Mansoo Choi(Seoul National Univ.) 중심그룹

이외에 한국 기관 소속으로 논문을 발표한 주저자는 아래 Table 6 과 같이 56 명으로 확인 된다. 이중 Chang Gyu Woo(Korea Institute of Machinery and Materials), Hak-Joon Kim(Korea Institute of Machinery and Materials), NaJin Kim(Yonsei Univ.), Sang-Hee Woo(KIST), Su-Bin Park(KITECH), Yusung Cho(KIST) 등은 2 편이상의 논문을 발표한것으로 확인된다.

No	한국인 주저자	논문편수	No	한국인 주저자	논문편수
1	Chang Gyu Woo	3	26	Je Hyeon Yeon	1
2	Hak-Joon Kim	2	27	Jin Sik Kim	1
3	Najin Kim	2	28	Jinhong Ahn	1
4	Sang-Hee Woo	2	29	Jongbae Heo	1
5	Su-Bin Park	2	30	Junho Ji	1
6	Yusung Cho	2	31	Kang-Ho Ahn	1
7	Yong Lim	1	32	Kiwoong Lee	1
8	Bijay Kumar Poudel	1	33	Mincheol Park	1
9	Chongmin Lee	1	34	Minhan Park	1
10	Dae Hoon Park	1	35	Myong-Hwa Lee	1
11	Eunhwa Jang	1	36	Seokhwan Lee	1
12	Gibaek Kim	1	37	Suji Kang	1
13	Gun-Ho Lee	1	38	Sung-Min Shim	1
14	Gyutae Park	1	39	Sungnam Chun	1
15	Haebum Lee	1	40	Taehyun Park	1
16	Han-Bin Kim	1	41	Taejune Park	1
17	Hankwon Chang	1	42	Taesung Kim	1
18	Hee Dong Jang	1	43	Wonyoung Jeon	1
19	Hee-Sang Kim	1	44	Woo Jin Lee	1
20	Hwajin Kim	1	45	Wooik Jung	1
21	Hyunok Maeng	1	46	Yen-Ting Li	1
22	Hyunwoo Lee	1	47	Yong-Hee Park	1
23	Jae Hee Jung	1	48	Yongil Lee	1
24	Jaeseok Kim	1	49	Yoohyun Ock	1
25	Jang-Seop Han	1	총합계		56

Table 6. 한국인 주저자

● 한국인 연구자 정보

Jungho Hwnag(Yonsei Univ.): <https://yonsei.pure.elsevier.com/en/persons/jungho-hwang>

mansoo Choi(Seoul National Univ.): <https://eng.snu.ac.kr/node/8130>

Chang Gyu Woo(KIMM): https://www.researchgate.net/profile/Chang_Woo

Hak-Joon Kim(KIMM): https://www.researchgate.net/profile/Hakjoon_Kim

NaJin Kim(Yonsei Univ.): <https://atmos.yonsei.ac.kr/eng/people/najinkim/>

V. 결론

IAC 2018 의 국가별 논문 발표 순위는 62 개국중 미국이 720 편으로 제일 많은 논문을 발표하였으며, 그 다음으로 중국이 123 편, 인도는 72 편, 독일이 68 편, 영국이 59 편, 한국과 핀란드가 각각 56 편의 논문을 발표하였다.

기관별 발표 논문 수는 미국의 Washington Univ. in St. Louis 가 가장 많은 수인 68 편의 논문을 발표하였으며, Carnegie Mellon Univ.와 Univ. of Colorado 에서 각각 28 편의 논문을 발표하였고, Paul Scherrer Institute 에서 23 편의 논문을, Univ. of Helsinki 는 21 편의 논문을 발표하였다. 또한 Peking Univ.와 Tsinghua Univ., Univ. of Minnesota 에서 각각 19 편의 논문을 발표하였다.

한국기관에서는 총 22 기관에서 56 편의 논문을 발표하였다. KIST 와 KIMM 에서 각각 7 편, KITECH 에서 6 편, 서울대학교가 5 편, 한양대학교와 연세대학교가 각각 4 편, GIST 에서 3 편 등의 논문을 발표하였다.

IAC 2018 에서의 논문의 키워드는 필수가 아닌 선택사항이기 때문에 키워드가 게재된 논문은 1,585 편중 37 편으로 매우 적은 편이다. 여기에 나타난 논문의 총 키워드는 122 개이며, Aerosol Sampling, Pm2.5 Nanoparticles 이 빈도수 3 이상으로 나타났다.

키워드 분석과 마찬가지로 IAC 2018 의 논문의 공저자들의 상관관계를 넷 마이너를 사용하여 시각화(Spring Layout)하였다. IAC 2018 약 30~40 개 사이의 연구자 그룹이 형성되어 있는 것을 확인해 볼 수 있다. 이중 가장 큰 그룹의 중심연구자는 Chao Yan(Univ. of Helsinki)으로 Lukas Fischer(Univ. of Vienna)와 Lubna Dada(Univ. of Vienna)가 주요 연구자로 연결되어 있는 것을 볼 수 있다. 두번째로 큰 그룹에서는 Joshua Apte(Univ. of Texas at Austin)를 중심으로 Lukas Fischer(Univ. of Vienna)와 Lubna Dada(Univ. of Vienna)가 주요 연구자로 연결되어 있는 것을 볼 수 있다.

위에서 추출한 연구자 데이터를 바탕으로 하여 연구자의 Degree Centrality 를 분석하였다. 이를 살펴보면 Pratim Biswas(Washington Univ. in St. Louis)가 제일 중심에 위치하고있으며, 그 다음 가까운 위치에 Urs Baltensperger(Paul Scherrer Institute)이 있으며, Andre S.H. PrEvot(Paul Scherrer Institute)와 Chao Yan(Univ. of Helsinki), Lubna Dad(Univ. of Helsinki)가 가까이 있는 것을 확인할 수 있다.

IAC 2018 의 연구자 네트워크 중에서 한국 기관의 연구자만 별도로 추출해보면 연구자 그룹은 19 개로 나타났다. 한국 기관 소속으로 논문을 발표한 저자는 56 명으로 확인 된다. 이중 Chang Gyu Woo(Korea Institute of Machinery and Materials), Hak-Joon Kim(Korea Institute of Machinery and Materials), NaJin Kim(Yonsei Univ.), Sang-Hee Woo(KIST), Su-Bin Park(KITECH), Yusung Cho(KIST) 등은 2 편이상의 논문을 발표한것으로 확인된다.

한국 기관 소속으로 논문을 발표한 저자는 56 명으로 확인 된다. 이중 Chang Gyu Woo(Korea Institute of Machinery and Materials), Hak-Joon Kim(Korea Institute of Machinery and Materials), Na Jin Kim(Yonsei Univ.), Sang-Hee Woo(KIST), Su-Bin Park(KITECH), Yusung Cho(KIST) 등은 2 편 이상의 논문을 발표한 것으로 확인된다.