

平成25-27年度環境研究総合推進費

# 5-1306 日本海及び周辺域の大気・海洋における有機汚染物質の潜在的脅威に関する研究

研究代表者  
早川和一（金沢大学）

研究体制（○：サブテームリーダー）

- (S1)大気・海洋環境中のPAHs及び放射性核種の起源と動態の把握  
○早川和一, 長尾誠也(金沢大学)
- (S2)大気・海洋環境中のPOPs条約指定物質の起源と動態の把握  
○荒巻能史, 高澤嘉一(独)国立環境研究所  
研究協力機関: 兵庫県環境研究センター
- (S3)大気・海洋環境中のPAHs類二次生成と毒性化の解明  
○亀田貴之(京都大学)
- (S4)日本海及び周辺域の有機汚染物質の発生・輸送と海洋負荷の解析  
○佐藤啓市, 猪股弥生, 大泉 毅(アジア大気汚染研究センター)  
研究協力機関: 気象庁

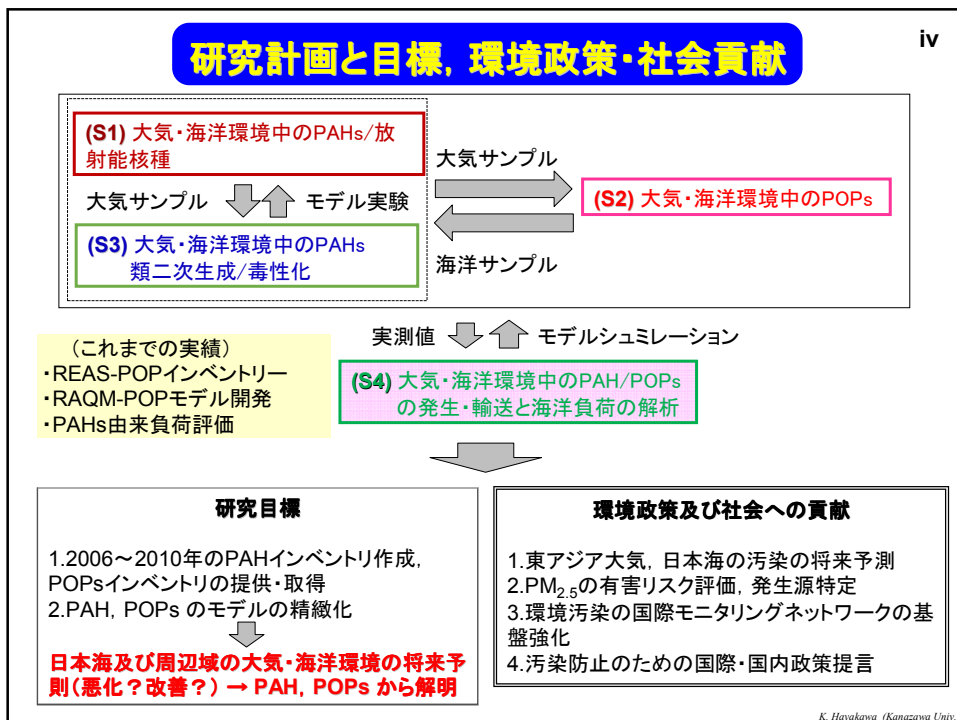
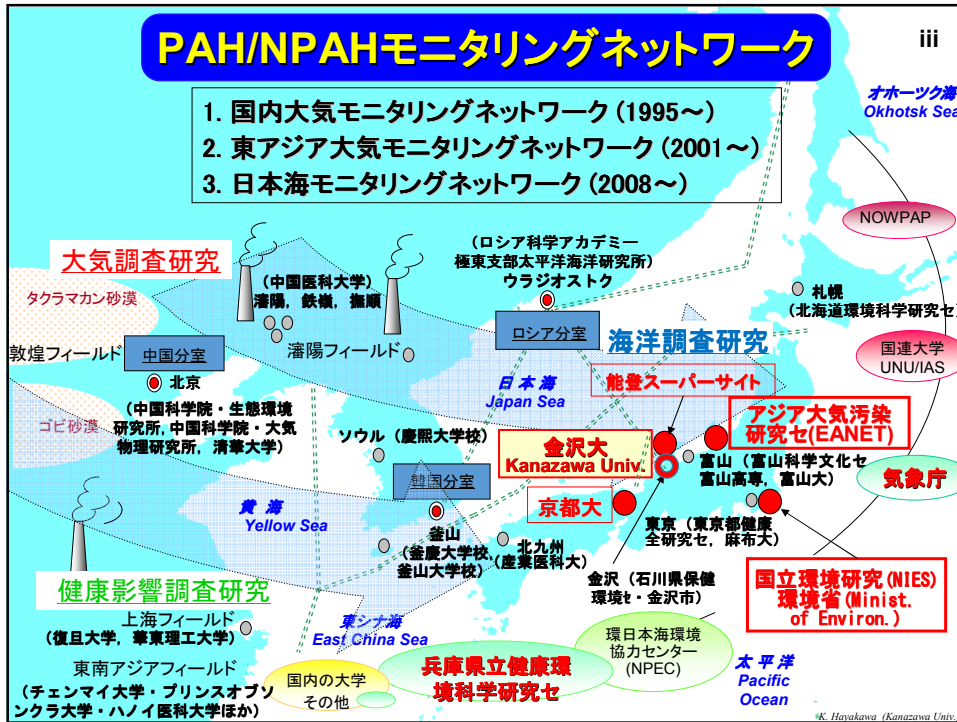
国外連携機関: 清華大学, 中国科学院生態環境研究センター, 復旦大学(中国), 釜山大学校, 釜慶大学校, 忠北大学校(韓国), ロシア科学アカデミー極東支部(ロシア) 他

## 環日本海域諸国の特徴

- 日本海**  
日本, ロシア, 中国, 韓国及び北朝鮮に囲まれた海域で, 両端が狭い海峡 → 汚染が滞留しやすい, 豊かな水産資源
- 国土面積**  
ロシア(1,707万平方km), 中国(960万平方km), 日本(37万平方km), 韓国(10万平方km)の4カ国で, 地球陸地の5.5%
- 人口**  
中国(13億), ロシア(1億4千万), 日本(1億2千万), 韓国(5千万)の4カ国で, 世界の人口62億1千万人の26.2%
- エネルギー消費量**  
日本, 中国, 韓国, ロシアの4カ国で, 世界のエネルギー消費量97.4億トンの25.6%
- 主要エネルギー源**  
日本, 韓国: 石油  
ロシア: 天然ガス(沿海州地方は石炭)  
中国: 石炭(68%), 世界最大の石炭消費国
- 大気・海洋汚染源**  
燃焼排ガス(CO<sub>2</sub>, NOx, SOx, PM<sub>2.5</sub>, PAH/NPAH類, ダイオキシン類), 黄砂  
廃・排水(重金属, POPs(農業などを含む)) 他

PAH/NPAH: 多環芳香族炭化水素ニトロ多環芳香族炭化水素  
POPs: 残留性有機汚染物質

K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)



主催 大気環境学会中部支部/環境省環境総合研究早川班  
公開シンポジウム「日本海及び北東アジア域における越境大気汚染の現況」

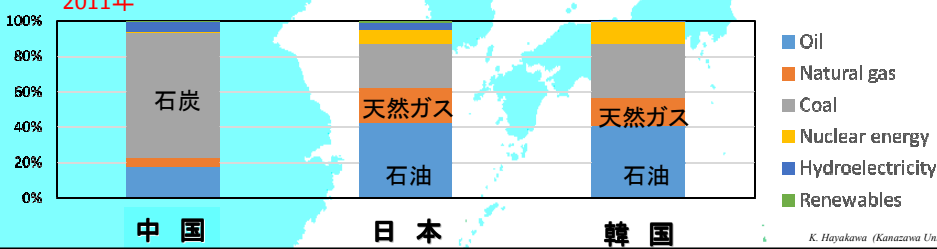
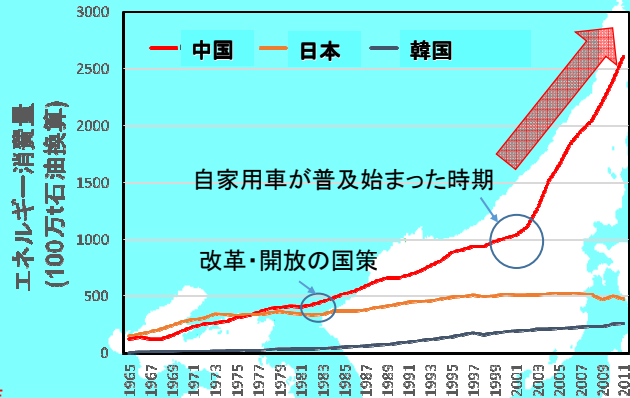
# 日本のバックグラウンド地域でみた 中国北部都市の大気汚染の変遷

## 早川和一

金沢大学医薬保健研究域薬学系  
金沢大学環日本海環境研究センター

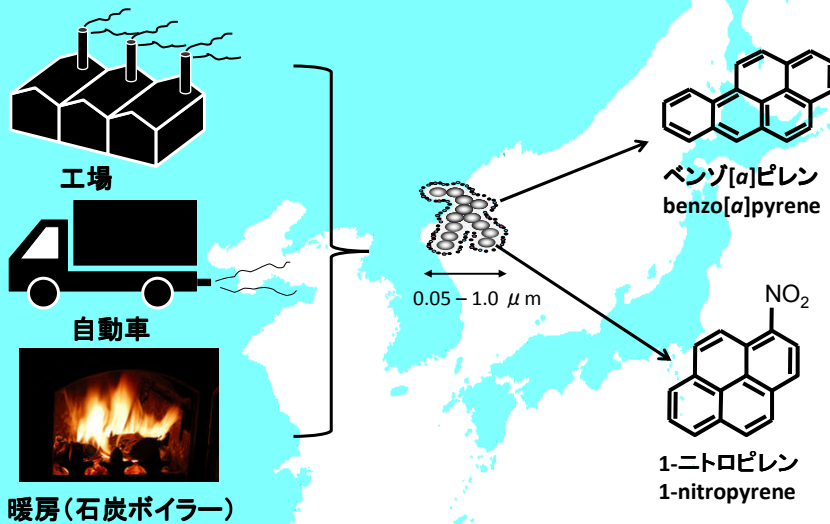


## 東アジア主要国のエネルギー事情



## 大気中多環芳香族炭化水素 (PAH) 及び そのニトロ体 (NPAH) の主要発生源

3



K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)

## 発がん性がある, または疑われるPAH、NPAH

4

### Group1 (carcinogenic to humans): 1 PAH

Benzo[a]pyrene

### Group2A (probably carcinogenic to humans): 3 PAHs and 2 NPAHs

Dibenz[a,h]anthracene, Dibenzo[a,l]pyrene, Cyclopenta[c,d]pyrene  
6-Nitrochrysene, 1-Nitropyrene

### Group2B (possibly carcinogenic to humans): 12 PAHs and 10 NPAHs

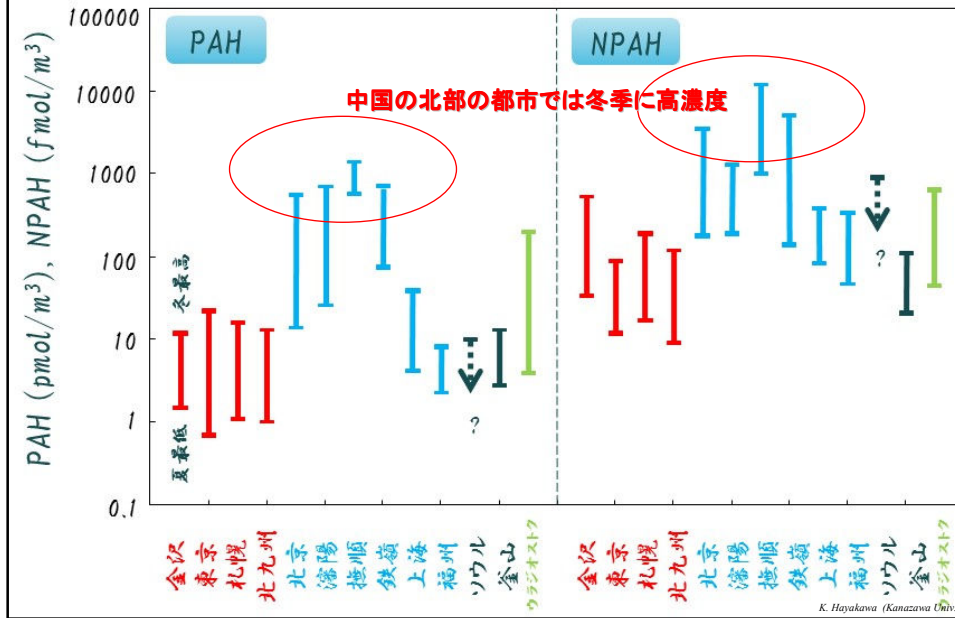
Benz[a]anthracene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[j]fluoranthene,  
Benzo[k]fluoranthene, Benzo[c]phenanthrene, Chrysene,  
Dibenzo[a,e]pyrene, Dibenzo[a,h]pyrene, Dibenzo[a,i]pyrene, Naphthalene,  
Indeno[1,2,3-cd]pyrene, 5-Methylchrysene  
3,7-Dinitrofluoranthene, 3,9-Dinitrofluoranthene, 1,6-Dinitropyrene,  
1,8-Dinitropyrene, 2,4-Dinitrotoluene, 2,6-Dinitrotoluene,  
5-Nitroacenaphthene, 2-Nitrofluorene,  
4-Nitropyrene, 3-Nitrobenzanthrone

国際癌研究機関(IARC)ホームページ (2013).

K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)

## 東アジア主要国の都市の大気中PAH, NPAH濃度

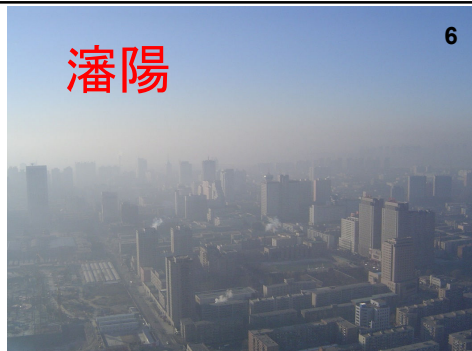
5



北京



瀋陽



鉄嶺



撫順



6

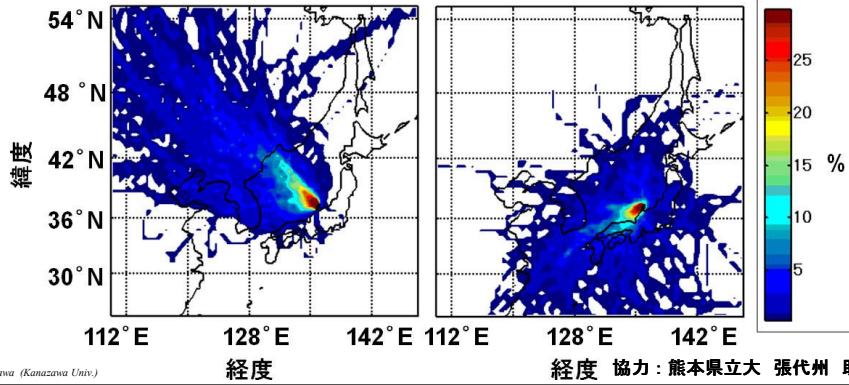
K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)

## 日本列島上空の気圧配置の特徴

7



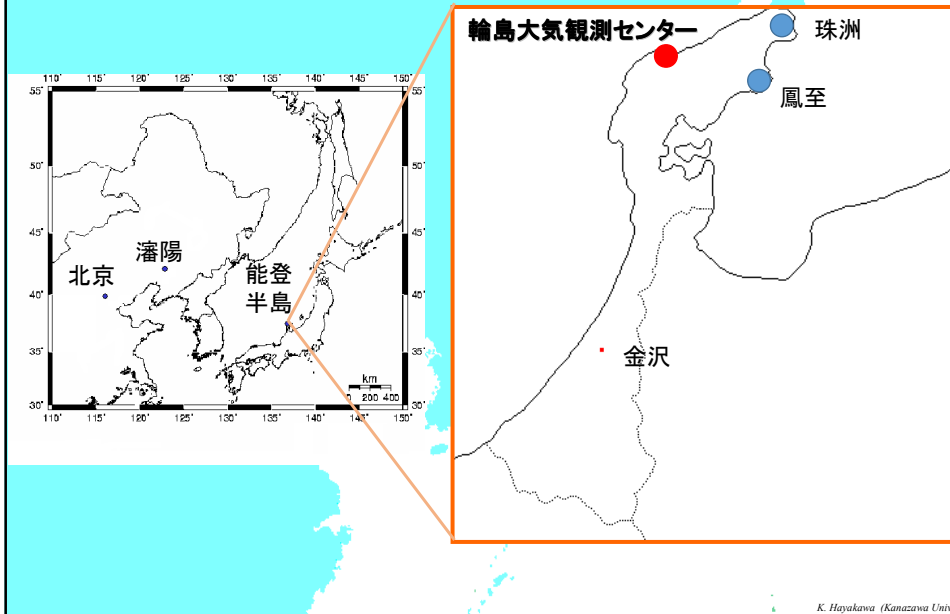
能登半島の冬の空気は、殆どが、北西風に乗って中国東北部を經由



K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)

## 金沢大学能登スーパーサイト

8



## 輪島大気観測センター(旧国設酸性雨観測局)

9



K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)

## 能登半島における大気試料の捕集

10

輪島大気観測センター  
(旧国設酸性雨観測局)



- **捕集装置:**  
ハイボリューム エアーサンプラー
- **捕集ろ紙:**  
石英繊維フィルター
- **捕集流量:**  
700 L/min
- **ろ紙の交換:**  
1週間ごと
- **捕集期間:**  
2004年9月1日より現在に至る

K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)

# 大気粉塵捕集フィルターの前処理

11

## ・前処理



捕集後の粉じんフィルター

## ・保存

捕集済みフィルター

粉じん重量の測定  
(捕集前後の重量の差)

暗所、-20℃で保管

フィルター

内標準物質 (1-NP- $d_6$ , Pyr- $d_{10}$ , BaP- $d_{12}$ )  
ベンゼン:エタノール溶液 (3:1)  
超音波抽出 (15分)  
ひだ付きろ紙でろ過  
メンブランフィルターでろ過 (0.45  $\mu$ m)

× 2回

ベンゼン:エタノール溶液

洗浄  
5% 水酸化ナトリウム  
20% 硫酸  
水 (2回)

ベンゼン溶液

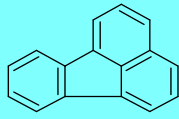
ジメチルスルホオキシド添加  
減圧乾固

残留物

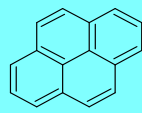
エタノールに再溶解

HPLC/蛍光検出 (PAH)  
HPLC/化学発光検出 (NPAH)

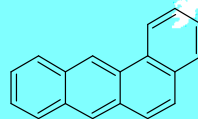
K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)



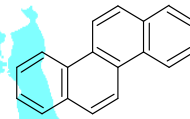
fluoranthene (FR)



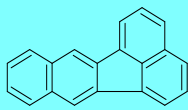
pyrene (Pyr)



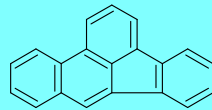
benzo[a]anthracene (BaA)



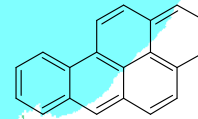
chrysene (Chr)



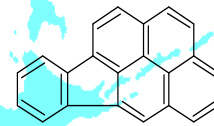
benzo[b]fluoranthene (BbF)



benzo[k]fluoranthene (BkF)



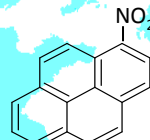
benzo[a]pyrene (BaP)



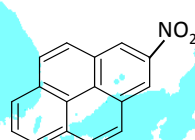
indeno[1,2,3-cd]pyrene (IDP)



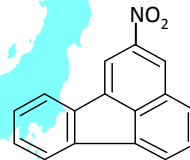
benzo[ghi]perylene (BgPe)



1-nitropyrene (1-NP)



2-nitropyrene (2-NP)



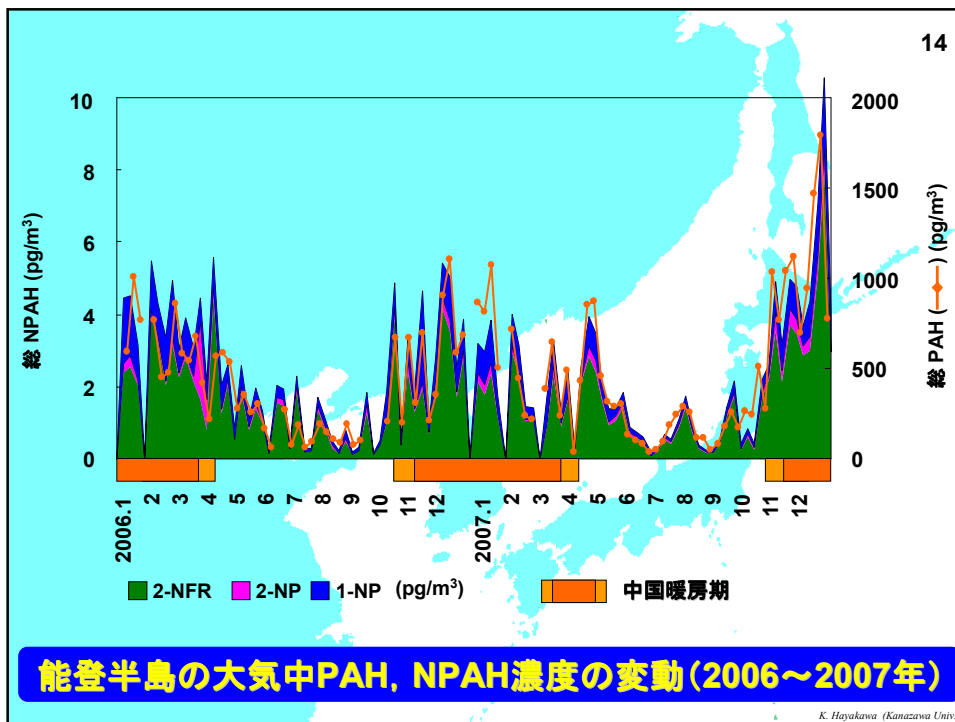
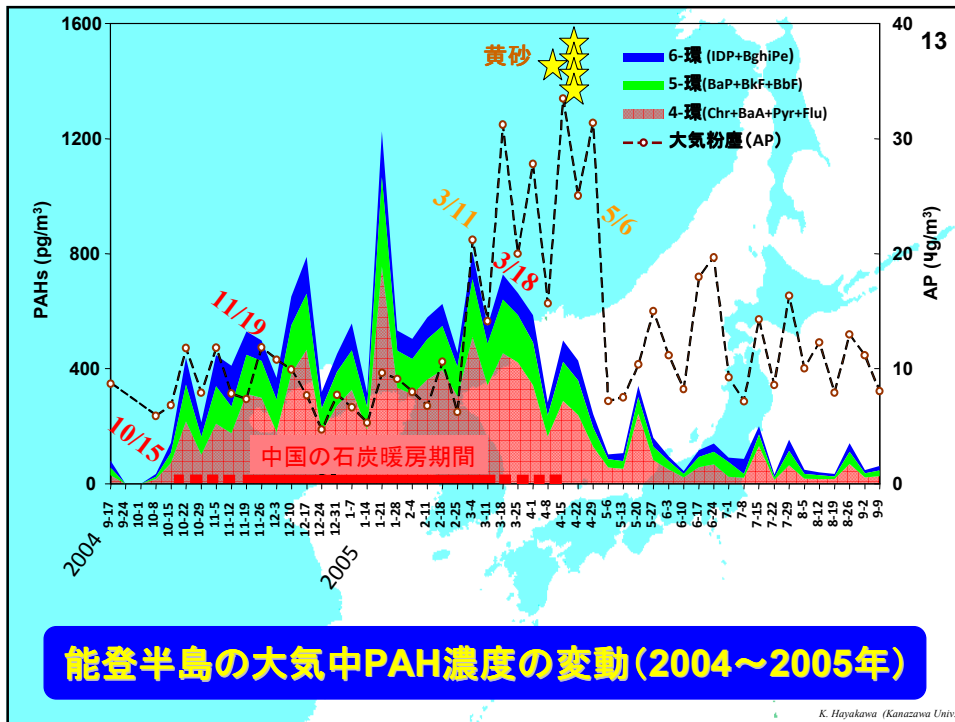
2-nitrofluoranthene (2-NFR)

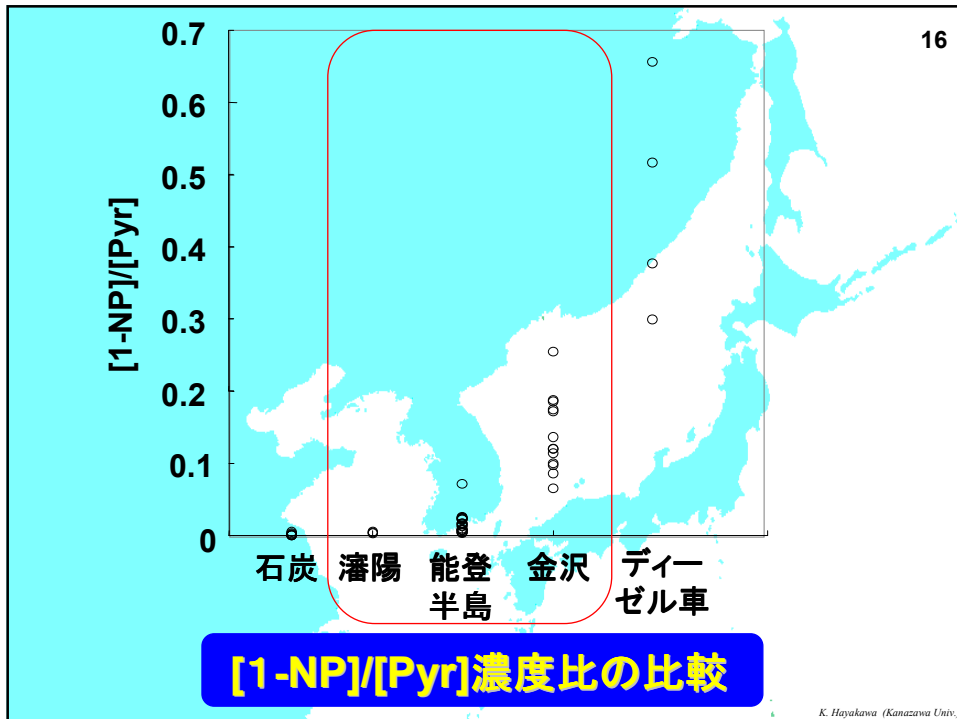
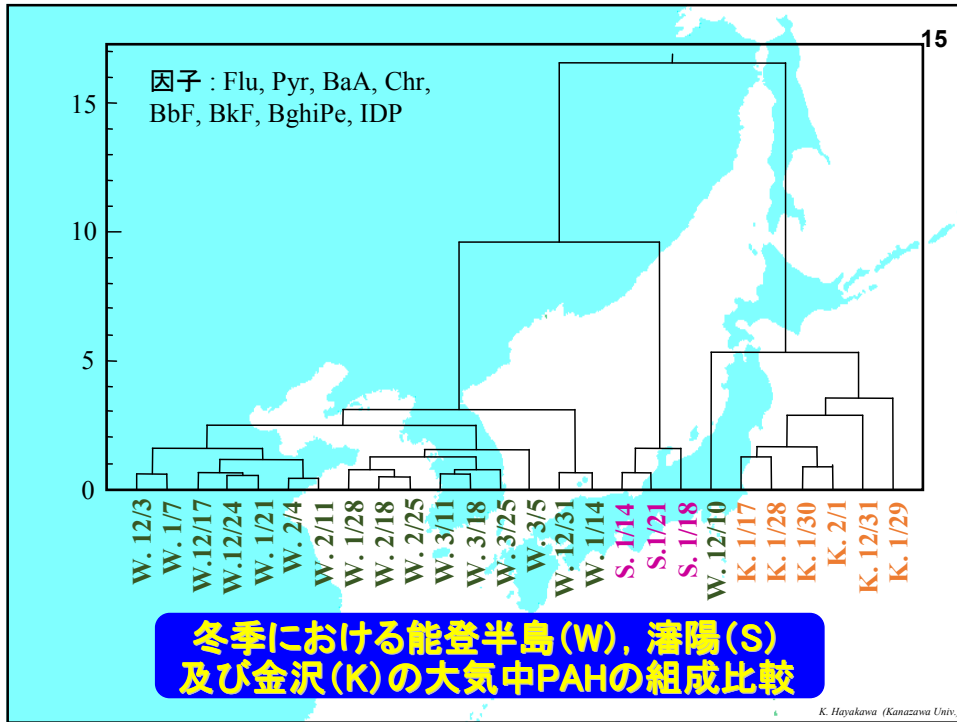
12

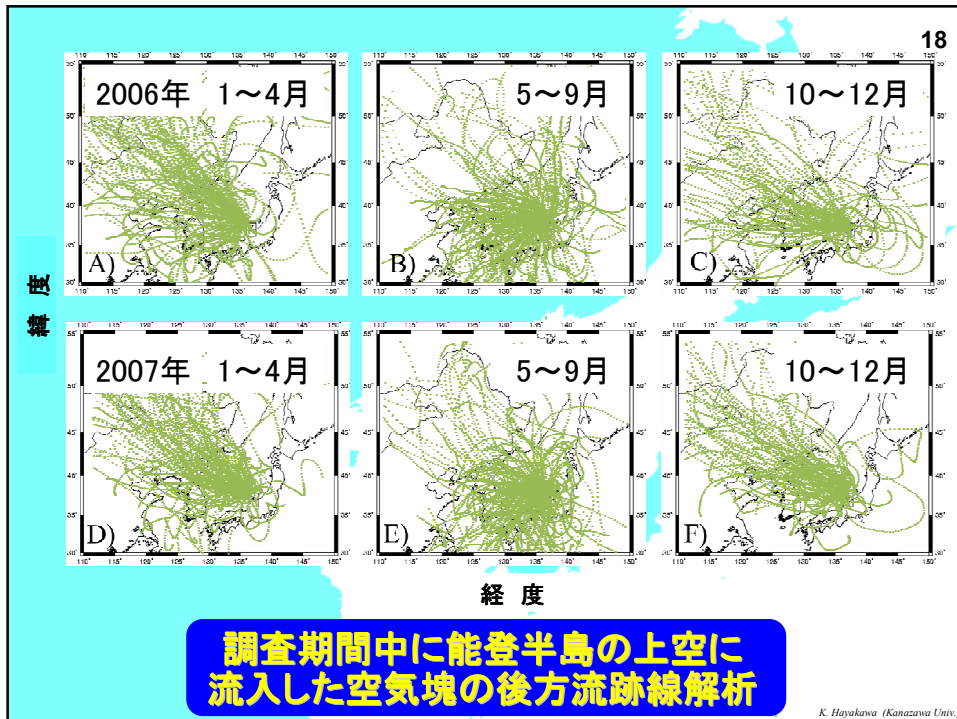
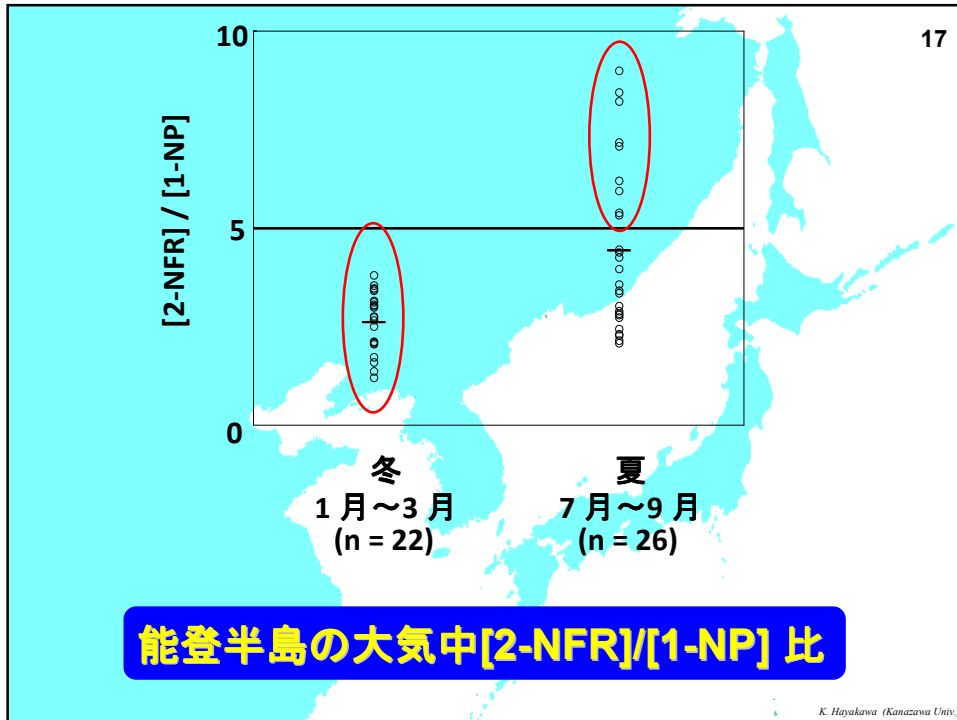
# 分析対象PAH, NPAHの構造と名称

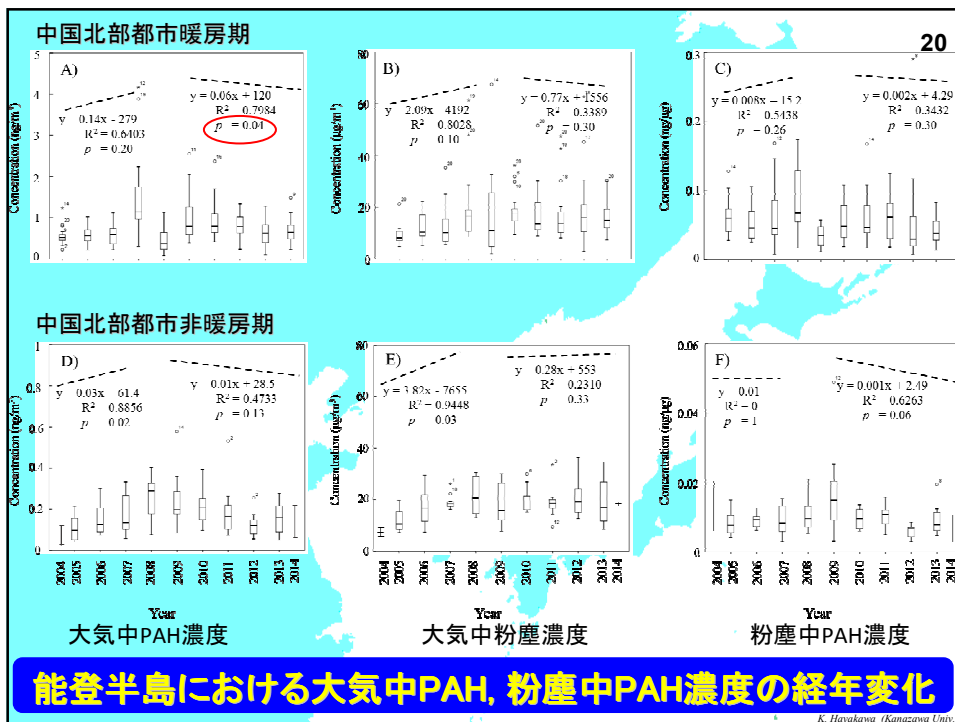
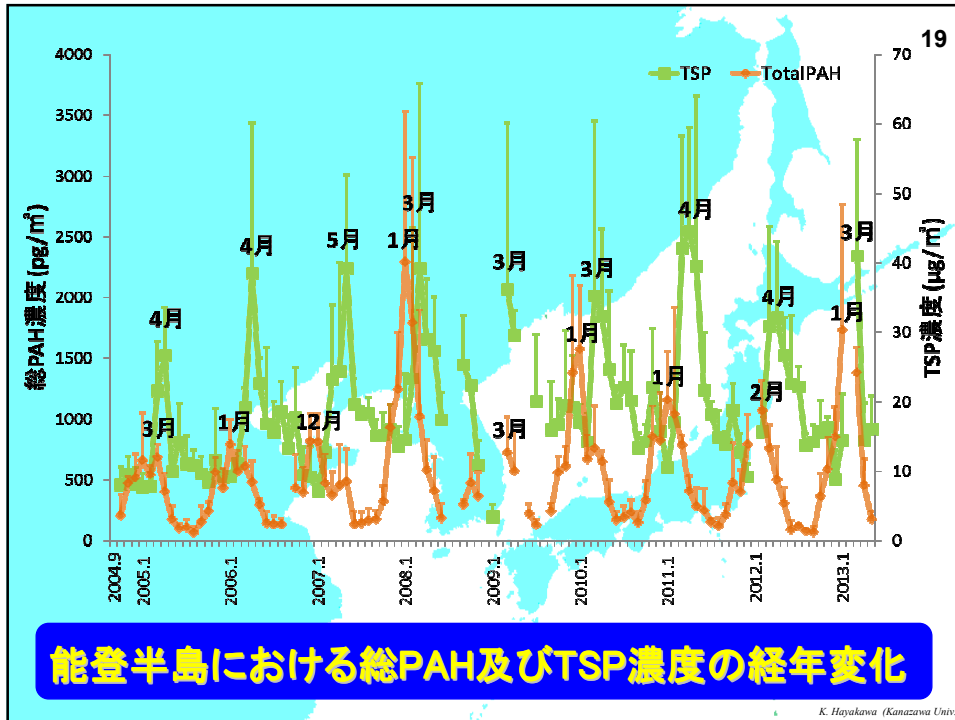
K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)

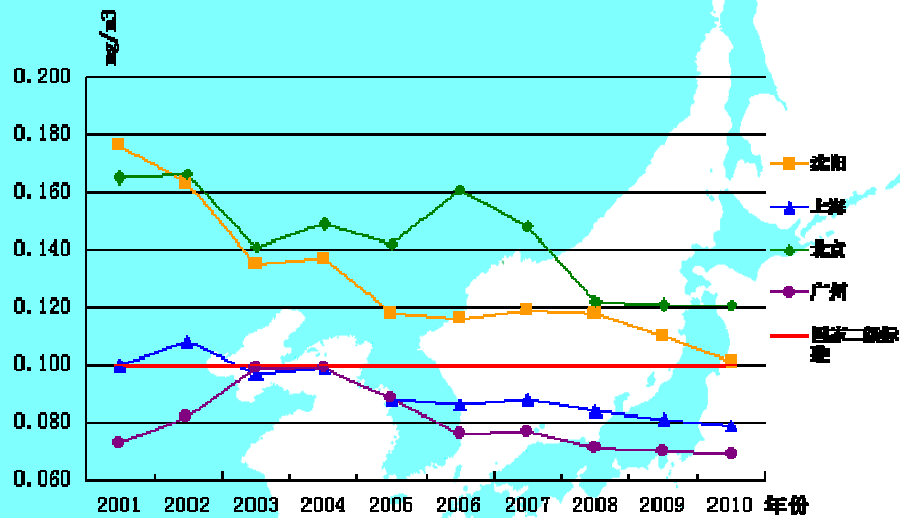












瀋陽、上海、北京及び広州の大気中PM<sub>10</sub>濃度の比較

K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)

## まとめ

- 冬季に中国北部で生成した高濃度PAH, NPAHの一部は日本に長距離輸送していることを明らかにした。
- 中国暖房期における能登半島の大気中粉塵濃度及び粉塵中PAH, NPAH濃度はいずれも年々減少傾向にあり、その相乗効果により、能登半島の大気中PAH, NPAH濃度は、近年有意に減少したことを明らかにした。
- 能登半島の大気中PAH, NPAH濃度の経年変動は、中国で報告されている北部の都市である北京、瀋陽の傾向とよく一致していたことから、能登半島での継続的な観測は、中国の北部都市の大気汚染現状を把握できると考えられた。

K. Hayakawa (Kanazawa Univ.)