世界気象データと衛星および NECP 再解析データ

による中国の旱魃凶作年の評価

金子大二郎(松江高専 環境・建設工学科),相見宏正 (松江高専 専攻科), 熊倉俊郎(長岡技術科学大学),楊 鵬(東京大学気候システム研究センター)

1.はじめに IPCC 報告によれば,温暖化による気候変化に脆弱 部門は,水資源,食糧安全保障,感染症,保険(災害)等が挙げられている.食 糧安全保障の視点から国内そしてアジアの現状を概観すると,世界の食糧 需給については,楽観論と悲観論がある.数年から10数年に1度に生じる 異常気象が引き起こす凶作への対応は,両論に共通して必要な課題である. 本研究は日本の水稲生産量を衛星によって監視する方法を開発してきた. 東アジアの食糧環境情報を整備し,我国の食糧安全保障に資するために, アジアの穀物生産を定量的に監視しようとしている.そのためには,世界 の代表的な水資源不足地帯である中国華北平原の作物への水ストレスを モデルの中に組み入れねばならない.本研究では,食糧需要が急増してい る中国を対象に,2001年に旱魃によって凶作となった気象条件を主たる対象 とし,Bhalme and Mooley の旱魃指標 BMDIを使い旱魃による異常気象の程度 を評価した.また,NECP 再解析データを用い,異常気象時の広域的特長を分 析し,作物への影響を評価したので報告する.

2. 早魃指標 BMDI の中国への適用 降雨データによる旱魃指標 BMDI は, 長年について平均された標準的な月平均降雨量を用いる.当年の降雨量が旱魃によって 減少している量を,上述の長年月のデータから得られた標準偏差によって無次元化され た水分指標 M を定義することが基礎となっている.その降雨不足が連続した M により旱魃を表し,その数値の程度によって旱魃指標 BMDI を4段階に分類して いる.すなわち水分指標 M と旱魃指標 BMDI は次式によって定義される.

$$M = 100\left(p - \overline{p}\right)/s \tag{1}$$

ここに, M: 水分指標, p: 月降水量, p: 月平均降水量,

s: 降水量の標準偏差

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i}^{N} \left(p_i - \overline{p}\right)^2} \tag{1a}$$

ここに, N:統計年数 連続する水分指標 Mは,次式で表わされる.

$$\sum_{t=1}^{k} M_t = a + bk \tag{2}$$

ここに , a,b は地域に依存する定数 すると , 旱魃指標 BMDI は , 次式の I_kで定義される .

$$I_{k} = \frac{M_{k}}{d} + (1+c)I_{k-1}$$
(3)



図-1 中国の旱魃指標の計算対象地域

表-1 中国の小麦生産量の経年変化

Year	Wheat Area	Production	Yield	Jinan
	(1000ha)	(10000 t)	(t/ha)	(t/ha)
1996	29611	11057	3.73	5.09
1997	30057	12329	4.10	5.55
1998	29775	10973	3.69	5.08
1999	28854	11388	3.95	5.29
2000	26653	9964	3.74	4.96
2001	24664	9388	3.81	4.67
2002	23908	9029	3.78	4.55



図-2 月別平均降水量の季節変化と年変動(済南)



図-3 水分指標 M による中国済南の降雨特性

3.使用した降雨・気温・作物統計データ 中国の作物統計値は,世界食糧機構 FAO と中国農業出版社が出版した中国農業統計資料により,表-1 に示した.不作年は2001年および2003年であり,豊作年は2004年と2005年である.旱魃解析の対象地点は,瀋陽・北京,済南・南京・成都と済南である.穀物生産の視点から旱魃による異常な降雨特性を評価した. 東北部の瀋陽は春小麦と水稲の生産地帯である.北京は,冬小麦の華北平原を代表させた.また,南京と成都は代表的な水稲地帯である.旱魃指標を求める統計年数期間は,1982年から2005年までの24年間である.使用データは,世界気象デー

キーワード: 旱魃指標 , BMDI , 中国 , 世界気象データ , 気象再解析データ , 水分指標 〒690-8518 松江市西生馬町 14-4 国立松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 TEL 0852-36-5266 タから作物の水ストレスに直結する月降水量と気温を抽出した.気象の平面分布については,NCEP気象再解析データを用いた.中国の穀物生産地帯の分布と共に,評価対象地点の位置を図-1に示した.

4.降雨と旱魃特性 中国の冬小麦が旱魃によって凶作であった 2001年と 豊作であった2005年を対象に旱魃指標の地域特性を検討した. 冬小麦の済南について、月降雨量の年平均と2001年の旱魃凶作年および、 2004 年と 2005 年の豊作年の月降水量と共に図-2 に示した. 冬小麦が不作 であった 2001 年は,小麦の生長期である3月から5月にかけて降水量が 少ないことが判る.特に5月の降水量が平年よりはるかに少ない.逆に, 豊作年であった2004年は4月から6月にかけて降水量が平年を大幅に上 回っていることが判る、計算された水分指標 M の季節変化を図-3 に示し た. 冬季の 12 月から 2 月にかけて,水分指標 M の変動が大きい. しか し,冬季の降水量は極めて少ないこと,また,作物の生長と登熟にとっ て冬季の水分指標が重要でない.逆に,冬季の水分指標 M の変動量が, 積算された水分指標Mに過大な影響評価となる.従って,冬小麦の生長 する3月以降の降雨を対象に水分指標 M の積算値である旱魃指標 M を検討した.積算された旱魃指標 Mの月変化を図4に示した.旱魃指 標 Mの最大の年は,予想通り,小麦が水ストレスにより不作となった 2001年であった.旱魃による凶作は降雨量ばかりでなく, Penman 蒸発 位に関係し,気温に依存する. 2001年は,降水量の不足であったばか りでなく,冬小麦の開花・登熟期である5月に月平均気温が3 ほど高 温であり、熱波的な旱魃であったことが判った.この2001年5月につい て, SPOT 衛星による水分指標 NDWI 平面分布を図-5 に示した.この もう一つの水分指標 NDWI によって Asia 全域の水分特性を検討した. 短波長赤外光を用いた水分指標 NDWI は,次のように定義される.

$$NDWI = \frac{\rho_3 - \rho_4}{\rho_3 + \rho_4}$$
(4)

ここに 3:近赤外帯の反射率(0.76-0.86µm), 4:短波長赤外帯の反射率(1.60-1.70µm)

水分によって短波長赤外光の吸収が大きいとNDWIは大きくなり,逆に 乾燥するとNDWIは小さくなる.水分指標は,地上に植生が茂っていて も植生中の水分によって大きな値となるため,2005年と2001年との NDWI差によって水分量の平面分布を表わした.華北平原の山東省から 河南省にかけた南部が赤色に表示され,乾燥していることが判る.農作 物の水ストレスによる早害は,この旱魃と灌漑不足が同時に起こる時に 生じる、灌漑不足による土壌水分の不足が生じている裏付けとなる2001 年の凶作年と2005年の豊作年における気温分布の相違について,NECP 気象再解析データで広域的に比較し図-6に示した.冬小麦の登熟期であ る5月の平均気温差である.華北平原一帯について,2001年が2~5 ほ ど高温であることが判った.今後,衛星からの地表面温度T。と地表気温 T。および図-7に示した降雨分布により水ストレスを検討する.

5. おわりに 本研究では,人口の増大し続ける Asia の中で食糧需要が急増している中国を対象に,2001年に旱魃によって凶作となった気象条件を対象とし,旱魃指標 BMDIと NECP 気象再解析データによって旱魃の異常気象を評価した.2001年の冬小麦の凶作は,開花・登熟期の旱魃によってもたらされ,旱魃指標 BMDIから評価しても確率的に



図-4 済南におけるの旱魃指標 BMDI 特性



図-5 Asia における正規化水分指標 NDWI の差(2005 年 5 月-2001 年 5 月)



図-6 NCEP 再解析データによる気温分布



図-7 NCEP からの豊作年の降雨分布

最大級の旱魃であったことが判った.水分指標 NDWI の平面分布から,華北平原の土壌水分の不足を確認することができた. 旱魃の定量化と共に,今後,これらの結果を作物の水ストレス指標に応用することを考えている.

参考文献 Bhalme, H. N., and Mooley, D. A.: Large scale drought/floods and monsoon circulation, Monthly Weather Review, 108(8), 1197-1211. 2) Oladipo, E. O.: A comparative performance analysis of three meteorological drought indices, Journal of Climatology, 5, 655-664, 1985. 3) 金子大二郎: 衛星を用いた光合成型モデルによる日本の水稲作況指数の推定,日本 リモートセンシング学会誌, 26(3), 202-212, 2006.