シ　ン　ポ　ジ　ウ　ム

環境条件からみた北海道の草地および飼料作物の生産性

1.　物質生産環境からみた生産性
～寒地型牧草とトウモロコシの生産特性について～

窪田　文武（北農試）

ここでは，トウモロコシと2, 3の寒地型牧草の気象反応特性を検討し，次に，それぞれの特性が北海道の気象条件下でいかなる形で生産力に結びついてくるかを考察した。

牧草は，西岸海洋性気候帯に古くから定着の栽培されてきた作物であるのに対して，トウモロコシは，北米の内陸的気候帯において最も効率的な生産を示す作物である。また，光合成反応からみれば，寒地型牧草はC_3 型，トウモロコシはC_4 型の植物である。それぞれ独特な気象反応を示し，きわめて気象条件が異なる地帯に適応してきた寒地型牧草，トウモロコシを北海道の気象条件下に導入した場合，当然多くの問題が生じるものと考えられる。

第1図には，気温，日射量，降水量，日長時間の月別変化を札幌，宇都宮，Oxford（牧草地帯，英国），Moline（トウモロコシ地帯，北米）について示した。牧草地帯，トウモロコシ地帯とも夏期数ケ月に渡って，牧草，トウモロコシの生産適温条件が示される。一方，札幌は，夏期，短期間トウモロコシの適温にかろうじて達する条件である。また，札幌は，牧草生産からみれば，春，秋に適温期が別かれ，夏は高温に過ぎ，冬は低温に過ぎる。

日射量は，牧草地帯，トウモロコシ地帯とも夏期に高く，しかも，両地帯の夏期はそれぞれ牧草，トウモロコシの生産適温期と重なっている。札幌の春期は高日射量条件であり，しかもこの時期は牧草の適温期と重なっている。このため，札幌の牧草の生産力は，春から初夏にかけてきわめて高くなる条件下にあると言える。しかし，トウモロコシの生産からみれば，札幌の夏期（トウモロコシの生産適温に達する時期）は，日射量が低下する傾向にあり，気温と日射量条件の組み合わせが必ずしも良い地点とは言えない。

降水量は，トウモロコシ地帯では，春，播種期に多く，秋，収穫期に少ない。これに対して，札幌では，春に降水量が少なく，秋に多い逆の現象を示している。また，牧草地帯の降水量の季節的変化は，札幌に比較して非常に小さい。日長時間については，札幌はトウモロコシ地帯とほぼ一致するが，牧草地帯とは異なる。

このように気象条件からみて，札幌とトウモロコシ地帯との間あるいは牧草地帯との間には，かなり大きな差異が示され，札幌はトウモロコシ，牧草の生産にとって好適な条件を背景した地点であるとは言い難い。

次に，第2図には代表的な寒地型牧草の一つであるオーチャードグラスの生産力，生産効率が世界的にみて，どの位置にあるかを示した。この図には，気温と日射量を基礎にして群落の光合成と呼吸のCO_2 収支から計算した約50地点（北米，欧州，日本）のオーチャードグラスの生産効率，生産量を示してある。Iの区画に位置する地点は，生産効率，生産量ともに優れ，

オーチャードグラスの生産適地とみられる。Ⅲの区画は，生産効率，生産量とも低い地点であり．根室がこれに含まれる。札幌（北海道内では最も生産力が高い条件の地点）は，世界的にみて生産効率，生産量とも平均的な地点である。このように，北海道におけるオーチャードグラスの生産気象条件は，世界的にみて平均以下であると予測される。

次に，第３図には，道内４地点のオーチャードグラスの生産力，季節生産曲線をCO_2収支から計算して示した。４地点の季節生産曲線のパターンはそれぞれ異なり，ピークは，札幌で６月，根室で８月に示された。生産力（指数）は，札幌100に対して，根室70であり，両者間にはかなり大きな差がみられる。網走は，道東地帯の中では生産力（92）が高く，苫小牧は，西南地帯の中では生産力（80）が低く，ともに注目される地点である。

第１表には，道内４地点の気温と日射量の月別変化を示した。札幌と網走では，オーチャードグラスの生産適温と高日射量が重なり合う時期が存在し（気温と日射量の組み合わせ条件が良い），両地点とも生産力が高まる気象条件を有する。これに対して苫小牧，根室は，気温と日射量の組み合わせが悪く，生産力が低い地点として位置づけられる。特に根室では，年平均の日射量，気温とも網走とほぼ同様であったが，両気象要因の組み合わせ状態の悪さから，その生産力は網走よりもかなり低い段階にとどまるものと考えられる。

これまで，オーチャードグラスを主体にして検討してきたが，寒地型牧草の中には，特性が異なった種が数多くある。北海道で栽培される牧草がその特性をもっとも強く示すとすれば，それは越冬性あるいは越冬準備態勢（低温，短日に対する反応）についてであろう。越冬性は，耐寒性よりも耐病性との関連が強いと言われている。物質生産のレベルと病理現象を直接結びつけて検討することには無理があるが，従来，越冬性に優れると言われてきたチモシーは，秋，低温，短日に鋭敏な反応を示す現象が認められる。トールフェスクやペレニアルライグラスは，越冬力が劣る草種と言われてきているが，これらの草種の日長，気温に対する反応は，チモシーに比べて鈍感である。しかし，越冬性が強い制限要因とならない地帯では，チモシーのように気象反応が鋭敏過ぎる草種は，秋，低温，短日条件になるに従って，生産力が急速に低下する結果となるであろう。これに対して，トールフェスクやペレニアルライグラスのような気象反応特性を持つ草種は，早春から晩秋まで長期間生産を維持することが可能になるものと考えられる。

北海道における現実の牧草栽培では，冬の不良環境条件に対する手当として，チモシー（ペレニアルライグラス→オーチャードグラス→チモシー）が選ばれている。また，夏期生産期間の気象条件の変動の大きさ，あるいは，気象要因間の組み合わせ条件の悪さに対しては，放牧型利用から採草型利用への移行が手当として考えられる。すなわち，長期間群落を繁茂した状態に保持する採草利用型の方が，不良気象条件を補償し，気象変動を吸収する力を有するものと考えられる。

これまでは寒地型牧草について検討を進めてきたが，今後はトウモロコシを牧草と対比しながら検討する。第４図には，トウモロコシとオーチャードグラスの光，温度に対する反応を示した。第４図a，bに示したようにトウモロコシの温度に対する反応はきわめて鋭敏であり，生産速度は，

15℃～20℃の間では指数関数的な変化を示す。この気温は，北海道の初夏～夏の条件に相当し，この範囲の気象条件下での生産速度の変化がもっとも大きくなることは，北海道の夏の条件下におけるトウモロコシの生産速度が大きく変動することを予測させる。これに比べて，オーチャードグラス（第4図*b*）では，気温15℃～20℃の範囲での生産速度の変化はきわめて小さい。また，トウモロコシの光合成の光に対する反応も強いことが知られている（第４図*c*）。

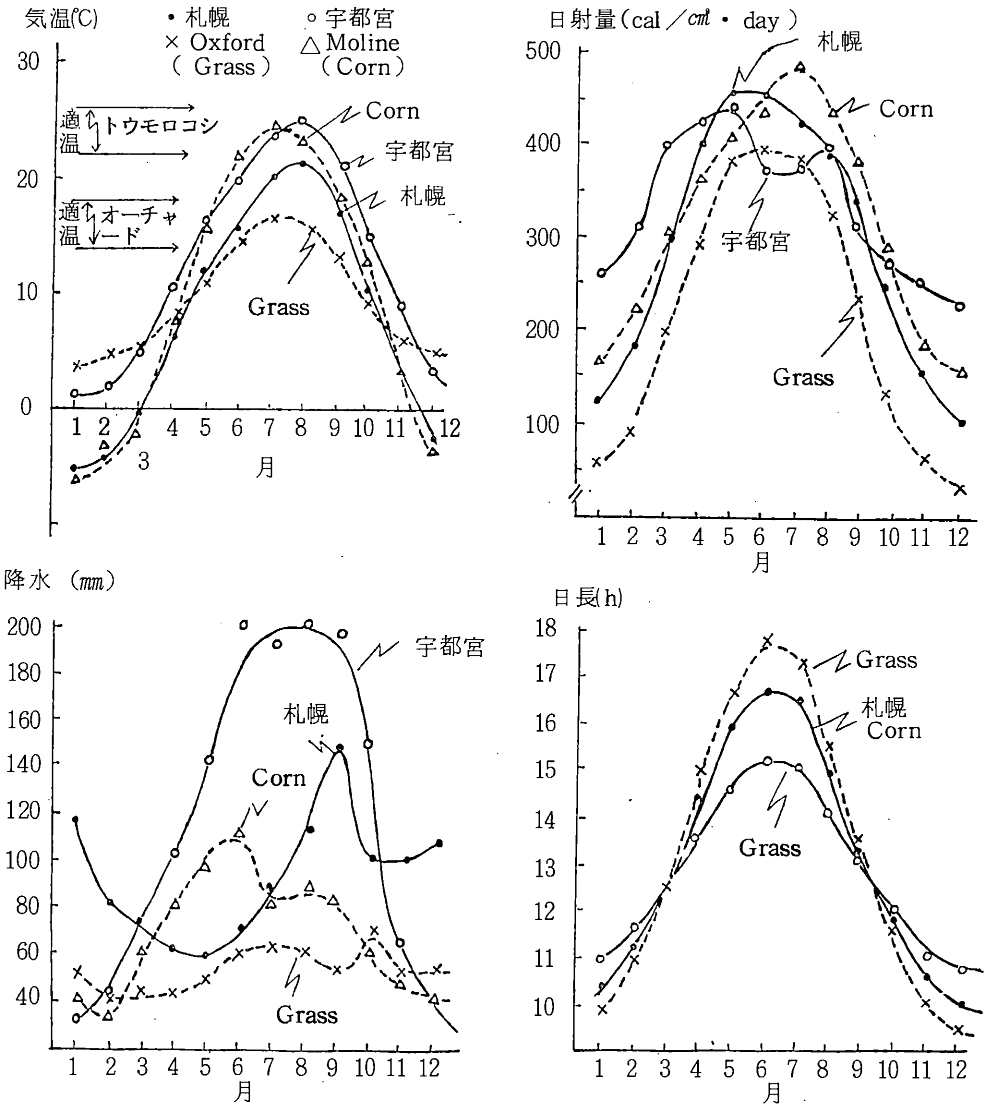
トウモロコシの道内の生産力については，Toda(1968）が，有効積算気温，無霜期間などとの関連で検討している。トウモロコシの気象反応特性からみて，北海道，特に，栽培限界地帯で生産力が高くなる条件は，短期間でも高温，高日射量条件が得られることである。道東地帯は，一般に低温，低日射量と言われているが，気象条件を地点別に細かく検討すれば，せまい範囲であろうが生産力がある程度高くなる地点を見い出せるものと考えられる。しかし，トウモロコシの気象反応特性と北海道の気象条件の変化との関係からすれば，トウモロコシの生産力の変動はかなり大きくなることが予測される。

第５図には，昭和30年から昭和46年までの17年間，網走の７月の気温，日射量条件とこれにともなうトウモロコシとオーチャードグラスの生産力（指数）の変化を示した。17年間に気温（月平均）は21℃～14℃の変動，日射量（月平均）は500cal／cm²・day～ 310cal／cm²・dayの変動を示した。この気象条件に応じた生産力の変動巾は，オーチャードグラスでは80～ 120であったのに対して，トウモロコシでは20～280に達した。

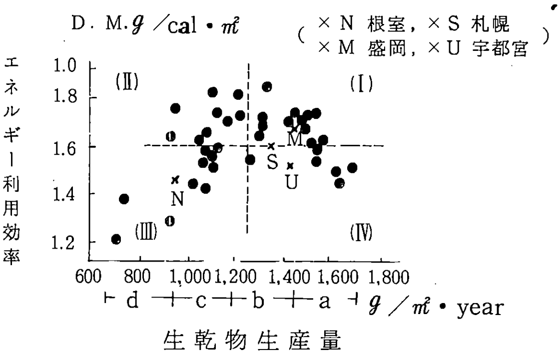
北米のトウモロコシ地帯では，実とりが最大の目的となっている。北海道の場合，特に，道東，道北へのトウモロコシの導入を考えた場合，夏～秋の気象条件下での群落光合成量が低下し，雌穂への物質の転流，分配は低くなるものと考えられるため，実とり型よりも青刈り型の栽培が生産力が高く，安定するものと考えられる。気象条件が良好でない地帯においても，早生型の品種を用いて早い時期に収穫すれば，実とり栽培も可能であろうが，エネルギー利用効率の低下にともなう生産量の低下は著しいものと考えられる。

現在，北海道で栽培されているトウモロコシの品種の内，外国産品種の中に生産力が高いものが相当数見い出される。北海道と気象的に非常に異なった地帯で育成された品種の生産力が北海道において高いという事実は不合理に感じられる。北海道で育成された品種が，本来，地元の気象条件に適合し，高い生産力を示さなければならない。今後，北海道の気象条件に適し，安定して高い生産力を示す品種を育成すれば，トウモロコシの利用価値は上昇し，栽培面種も広がるものと期待される。

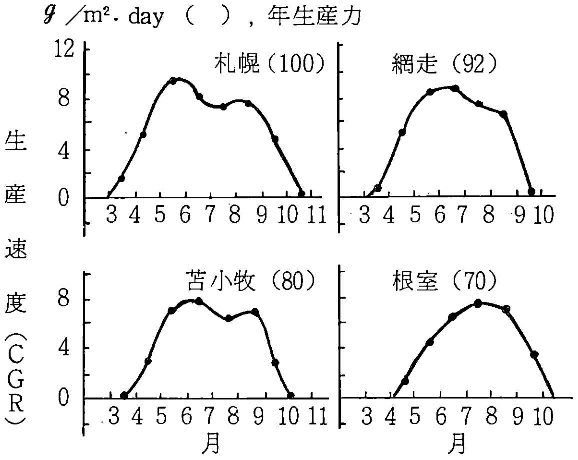
これまで，気温と日射量を軸にして北海道の生産力を論じてきたが、今後，他の気象要因との関連で検討を進める必要がある。特に，降水量が問題であろう。北海道（札幌）では，第１図に示したように降水量は，牧草地帯を上回っているが，季節的変化が大きいため，牧草にとって水分不足あるいは過多の状態が現実に出てきている。また，降水量の季節変化のパターンは，先に述べたように，トウモロコシ生産にとって好ましいものではない。林（昭和49年）などが行なっているように，北海道の降水条件との関連で，牧草，トウモロコシ生産におよぼす水分の影響について検討することが今後の課題となるであろう。



第1図　気温，日射量，降水量および日長時間の月別変化

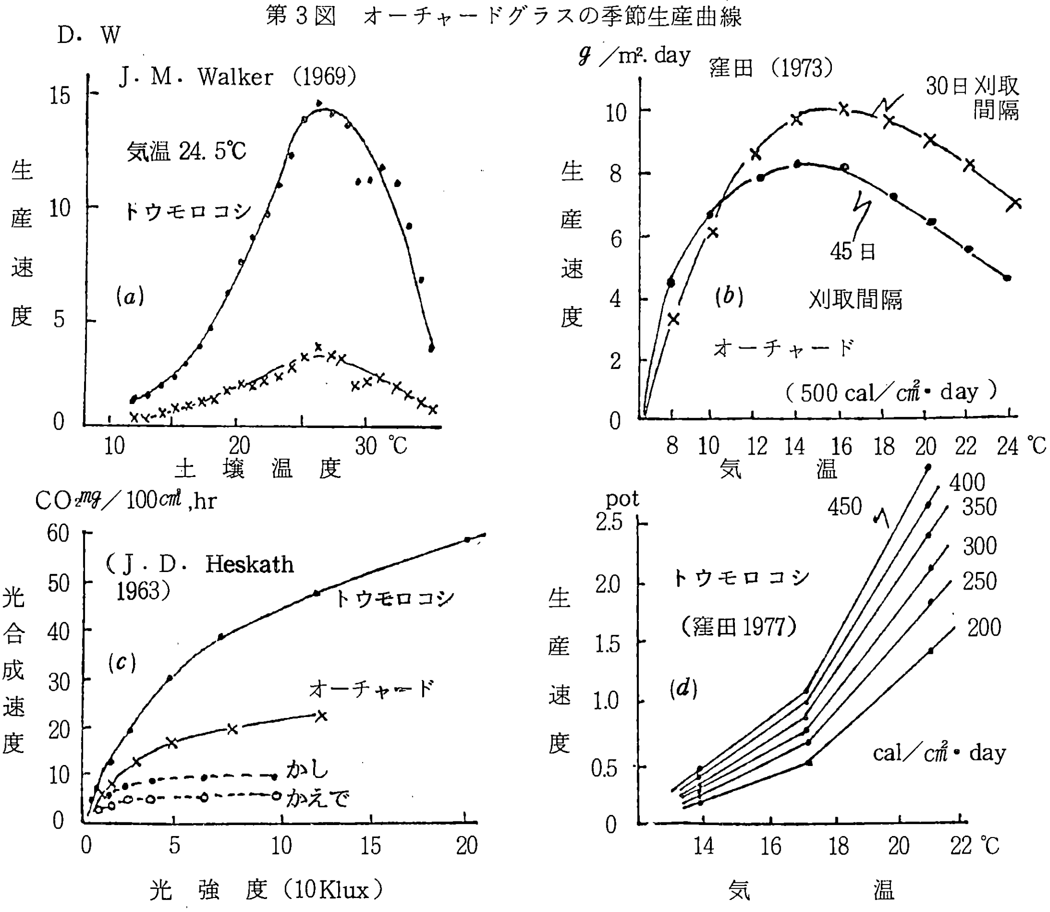


第2図　世界各地点の年生産量とエネルギー利用効率

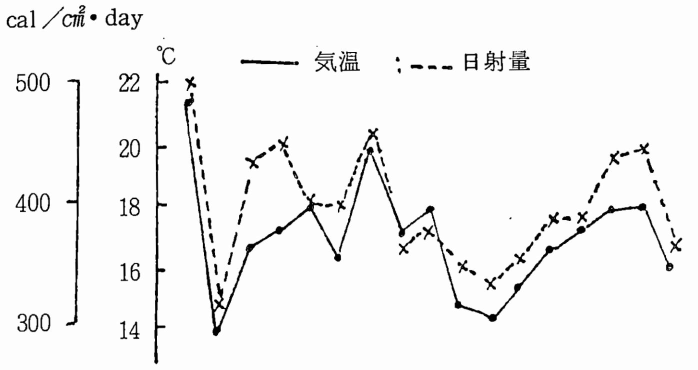


{札幌 1.4 t／10 a （生草 7～9 t／10 a）}
{根室 1.0 t／10 a （生草 5～6 t／10 a）}

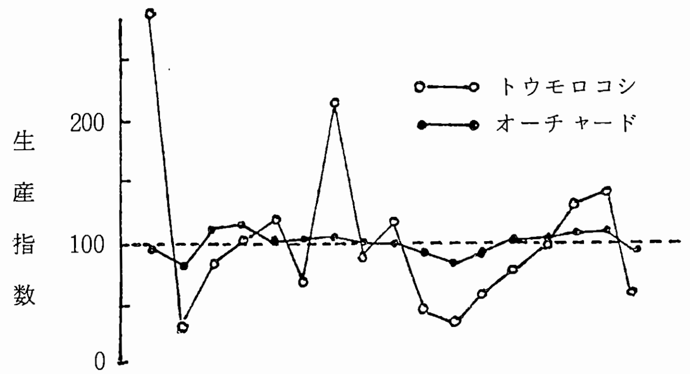
第3図　オーチャードグラスの季節生産曲線



第4図　オーチャードグラスとトウモロコシの温度，日射反応



網走７月；昭和30～46年



第５図　網走（７月）の気象条件および生産条件の年次変化

第１表　道内４地点の気温，日射量の月別変化

月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ann
札幌	気温	−5. 1	−4. 4	−0. 6	6. 1	11. 8	15. 7	20. 2	21. 7	16. 9	10. 4	3. 7	−2. 3	7. 8
	日射	124	187	305	403	461	457	426	390	333	250	153	107	300
網走	気温	−6. 6	−7. 1	−2. 9	3. 9	9. 3	12. 6	19. 2	19. 0	15. 7	9. 9	3. 0	−3. 0	5. 9
	日射	130	201	319	390	431	432	413	370	336	248	157	114	295
苫小牧	気温	−5. 1	−4. 5	−1. 0	4. 4	9. 2	13. 0	17. 7	20. 4	16. 6	10. 4	3. 9	−1. 9	6. 9
	日射	165	227	332	393	428	374	351	335	327	263	180	138	293
根室	気温	−4. 8	−5. 6	−2. 2	3. 0	7. 1	10. 0	14. 3	17. 1	15. 4	10. 6	4. 6	−1. 2	5. 7
	日射	162	231	342	389	421	385	350	327	316	256	181	140	292

オーチャードグラスの年生産力指数，札幌（100）；網走（92）；苫小牧（80）；根室（70）

日射；cal／cm²・day，└──┘；高日射量あるいは生育適温