

# 自然農法の理念と中庸之道の哲学

徐じよ  
会かい連れん

キーワード：中庸之道（ゴールデンミーン、Golden Mean）、自然農法中庸之道（ソイルパワーミーン、the Doctrine of Soil Power Mean）、土の偉力（Soil Power）

## まえがき

岡田茂吉師の自然農法の理念は東洋哲学と深く関わっている。特に自然に順応し、また自然法則を遵守する面において東洋哲学の最先端に立っている。自然農法は土を自然の代表にして、土の生命力あるいは偉力を発揮し、自然を汚さず欲望のまま振る舞わないとする理念が、儒教の「中庸之道」の哲学に一致している。本稿では「中庸之道」が自然農法にどう関わるか、哲学と科学を融合させた手法で解釈していきたい。

周知のように、中庸之道は儒教文化の中核として東洋の

国々や西洋の文化へも浸み込んでいる。この「中庸」は通常、

三通りの意味で解釈される。

第一は「中」の意味から、ど

ちらにも偏らずに、また極端

に行き過ぎたり不足したりす

ることのない状態をいう。第

二は、「中」の意味を中正あ

るいは調和として、偏りのな

い正しさやつり合いやまとま

りとする。第三は「庸」の意

味から、良好と有用または正

しいことをいう。第三の解釈

はよく無視されるが実は一番

大事である。この有用という

意味の「中庸」に対する解釈

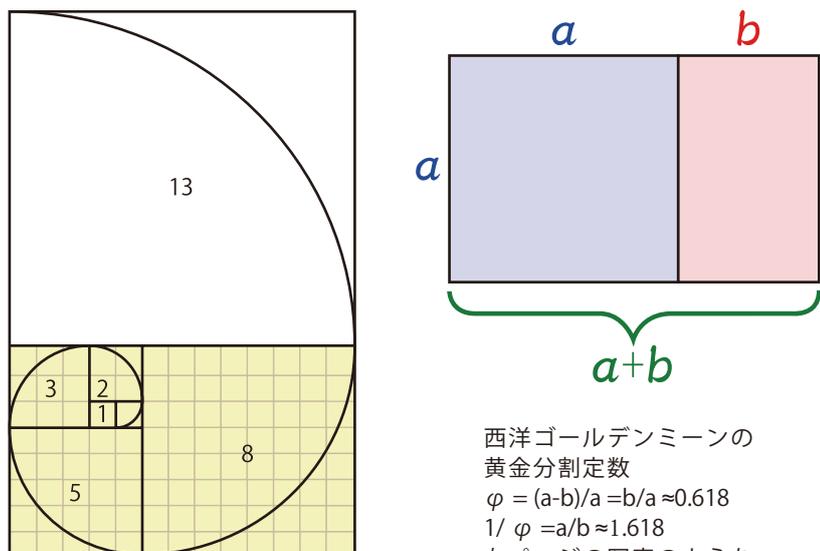
は、多くの日本語の辞書でも

抜け落ちて、「庸」はむしろ

軽蔑的な意味になっている。

例えば、「庸愚」、「庸人」、「凡庸」といった単語は、「賢い」とは反対の意味で使われている。「庸」を漢字の構成から見ると、広い倉庫の中に有用で不可欠な物としての道具（漁具、猟具と炊具）を置くという意味の文字で成り立っている。つまり、本来は「有用で正しく役立つ」という大切な意味が含まれる。

一方、自然農法は土の偉力を発揮するという原理によって生産力を高めることが期待され、土を表章とする生物や生命力あるいは自然の生産力を引き出すには、肥料ではなく「土の生命力あるいは土の偉力（Soil power）」を主役



西洋ゴールデンミーンの黄金分割定数  
 $\phi = (a-b)/a = b/a \approx 0.618$   
 $1/\phi = a/b \approx 1.618$   
 左ページの写真のような現象は西洋ゴールデンミーンに準じる現象と無理やりに解釈される。

図1 西洋のゴールデンミーンにおける黄金分割定数、フィボナッチ数列



として、土を汚さず、肥料毒を出さ無い、最適な「無肥料栽培」が求められている。この土の力を引き出す最適が、施肥と無施肥の中庸 (Golden Mean) にあたるものと考えられる。これまで、漢字文化圏を中心とした東洋では本来の「中庸之道」は思想文化として国の教育と統治に使われてきたが、自然科学に应用された例は寡聞にして知らない。ただ数列や幾何学で  $0.618$  ( $\phi = 2/(1+\sqrt{5}) = 0.618$ ) とする Golden Ratio (黄金分割定数) は東洋の「中庸」を説明する Golden Mean と同じ意味の言葉として意義付けされている。図1

### 1. 光合成に有用な光強度中庸点 (Soil power point) と中庸定数 (Soil power constant)

光が弱い時、光強度を上げると、光合成速度は直線的に上昇し、さらに光強度を上げると直線的ではなく、曲線的に緩やかに上昇するようになる。緩やかな上昇後にさらに光強度を上げると、光合成速度は上昇しないかあるいは低

下する。これは、周知の植物の光反応曲線である。つまり、光は植物の光合成に対して不可欠な存在だが、高いほど良いとは言えない。光はないところと光が強すぎるところの中間に、植物に対して一番良いところ、有用な光強度が存在

する、自然農法の生物学的に役立つ中庸定数あるいはソイルパワー定数 (Soil power Constant) を提示して、自然農法に關係する現象について研究データを用いて解釈を試みる。過去の作物生産に関する研究データも引用して論説するが、主に筆者自身の研究データ、または筆者がこれまで提出した理論と数式を用いて解析する。ただし、本報告では自然農法の中庸之道は英語で the Doctrine of Soil Power Mean (ソイルパワーミーン) を、また中庸定数は Soil Power Constant (ソイルパワー定数) をいう。

在していると考えられる。つまり、この一番良いところは中庸の点である。

#### (1) 試験と解析方法

供試植物として、薬用ニンジン (Panax ginseng CA Meyer cv. Jilin-1) 、ラズベリー



出典：Wikimedia Commons  
 1 L. Shyamal [CC BY-SA 2.5]  
 2 Sam [CC BY-SA 4.0]  
 3 Chris 73 [CC BY-SA 3.0]  
 4 NASA&ESA [PD]  
 5 NASA [PD]

(*Rubus idaeus* L. cv. Jeanne d'Orleans)

ムトロー (*Solanum lycopersicum* cv. Myoko) を使った。ここで栽培と管理方法の説明を省略して、光合成速度の光反応曲線の解析方法を明示する。いずれの植物についても、展開したばかりの若い葉の光合成速度を 0 ~ 2000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  までの範囲の光強度 (有効光子、PPF) で測定した。測定したデータから図 2 に示される光反応曲線 ( $P_N = P_C(1 - e^{-KI}) - R_D$ ) を求めた。この式の中で、変数  $I$  は光強度 (PPF で表す) を表し、 $P_C$  は理論的に光強度が大きくなる時の最大光合成速度で、光強度の過剰 (飽和) 点を表している。 $R_D$  は光がない時の光合成速度、呼吸速度とも言え、光強度の飢餓状態を示している。 $P_N$  はある光強度下の光合成速度で、 $I$  (光強度) が  $K$  の逆数になる時、 $P_N = P_C(1 - e^{-KI}) - R_D = 0.632 P_C - R_D$  になる。したがって、 $\theta = 1 - e^{-1} = 0.632$  を中庸定数 (Soil power constant) と定義する。つまり、光合成速度が最大光合成能力の 63・2% になった時の光強度はそれぞれの植物に対して最適な光強度である。

## (2) 光合成速度の光反応曲線

図の 2 ~ 5 は光反応曲線を示したものである。図 2 では基底部の小さい光強度の範囲で光合成速度が直線的に増

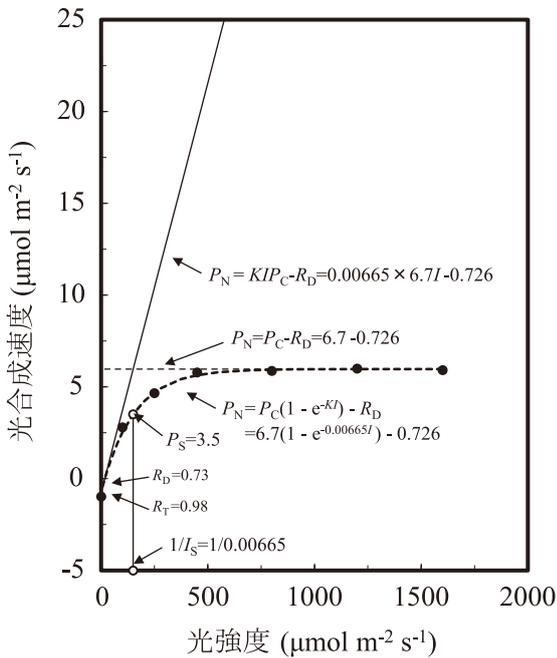


図 3 薬用ニンジンの光反応曲線

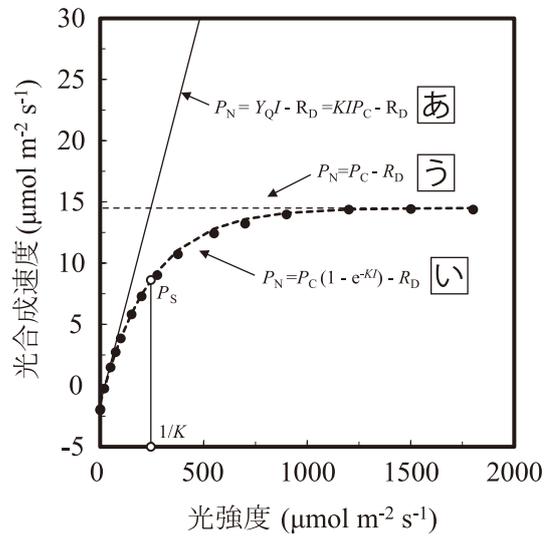


図 2 光反応モデル曲線

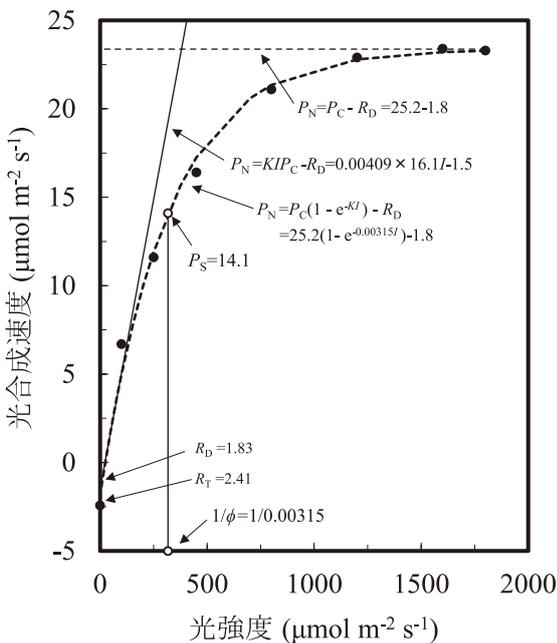


図 5 トマトの光反応曲線

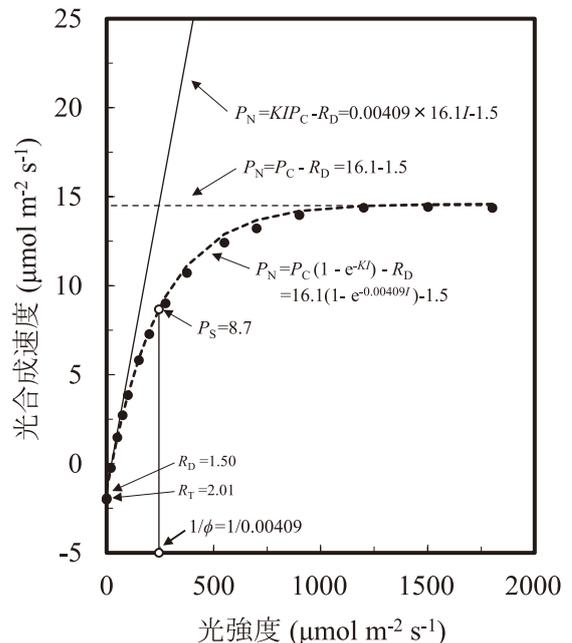


図 4 ラスベリーの光反応曲線

表1 薬用ニンジン、ラズベリー、トマトの光合成曲線の解析結果

植物	$P_c$	$P_s$	$R_D$	$K$	$Y_Q$	$I_s$
	( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )					
薬用ニンジン	6.7	3.5	0.73	0.00665	0.04456	150.4
ラズベリー	16.1	8.7	1.50	0.00409	0.06585	244.5
トマト	25.2	14.1	1.83	0.00315	0.07938	317.5

$P_c$ は最大光合成能力、 $P_s$ は中庸点の光強度 (Soil power PPF) 下の中庸光合成速度 (the Soil power photosynthetic rate、 $P_c$ の63.2%)、 $R_D$ は暗呼速度、 $K$ は時間定数、 $Y_Q$ は最大光合成利用効率 (曲線基部の直線部分の勾配)、 $I_s$ は中庸点の光強度 (Soil power PPF) で光合成速度  $P_N$  が最大能力  $P_c$  の63.2% ( $\approx 1-e^{-1}$ ) に達した時の光強度。



図6 光が強いほど成長が良いトマト (上) とラズベリー (左上) および弱光を好む薬用ニンジン (左)

加した (図2右)。光強度がさらに増加すると、光反応曲線は曲がって光合成速度の増加が緩やかになった (図2右)。光強度がさらに増加すると光合成速度はほとんど増加せず、理論的に横ばいになった (図2右)。この曲線はチェンバー内の理想条件下で測定したデータから得られたもので、実際に太陽の光強度は晴れの日においてもそれほど強くはならない。夏の昼間に強くなっても湿度が低く温度が高いため、光合成速度はこの曲線のようになるわけではない。では、どの程度の光強度が植物に一番良いのだろうか？ その解析結果は、理想条件下における光合成速度 ( $P_N$ ) が最大光合成能力 ( $P_c$ ) を100%とした時の63.2%になった時の光強度 ( $I_s$ ) であった。この時の光合成速度が中庸の光合成速度 ( $P_s$ 、Soil power photosynthesis)

## 2. 小麦のバイオマス生産に有用な葉面積指数と中庸定数

### (1) 材料と解析方法

ここで使う試験データは、中国のチベット高原と山東省沿岸地区 (中国東部、以下山東平野) で栽培された小麦から収集したものである。チベット高原は乾燥した気候で、小麦は成長期間が長く、長い日照を浴びている。山東平野はより湿潤な気候で、小麦は成長

であり、その光強度が中庸の光強度 ( $I_s$ 、Soil power PPF) としえる。周知のように、薬用ニンジンは弱光下でも生育できる耐陰生植物で、その中庸の光強度 ( $I_s$ ) はわずか  $150.4 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (図3) である。ラズベリー (図4) とトマト (図5) は強光下で生育する陽生植物であり、中庸の光強度はそれぞれ  $244.5 \sim 317.5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  である (表1)。 $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  の光強度はちょうど朝10時頃に作物個体に差した平均光強度になる。耐陰性の薬用ニンジンの場合、光強度は  $I_s$  を超えると光合成速度は増加しないだけではなく、さらに強光害を受けてニンジン自身も生きられない (図6)。中庸光強度は植物工場の人工光の光強度を設定する時にも有効な目安になる。

期間がより短く、少ない日照を浴びている。この気候が異なる2つの場所では栽培された小麦について、葉面積指数 (Leaf Area Index、LAI) と子実収量との関係を解析した。作物の収量とLAIとはLAIが0~1の範囲で線形的に比例し、LAIの値がさらに増加すると収量の増加は減速する

表2 葉面積指数と収量関係の解析

項目	チベット高原	山東平野
$M_C$ (t ha <sup>-1</sup> )	25.2	19.2
$M_S$ (t ha <sup>-1</sup> )	15.9	12.5
$\alpha$	0.345	0.458
$LAI_S$	2.90	2.18



図9 葉面積指数が高すぎて倒伏し、発病した小麦（上）と葉面積指数が中庸になって倒伏もなく発病もしない小麦（下）

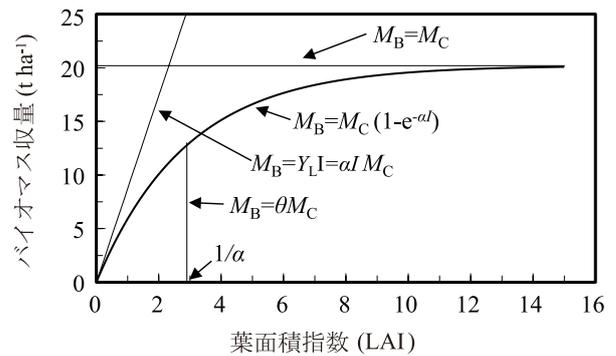


図7 小麦の葉面積指数とバイオマス収量の関係

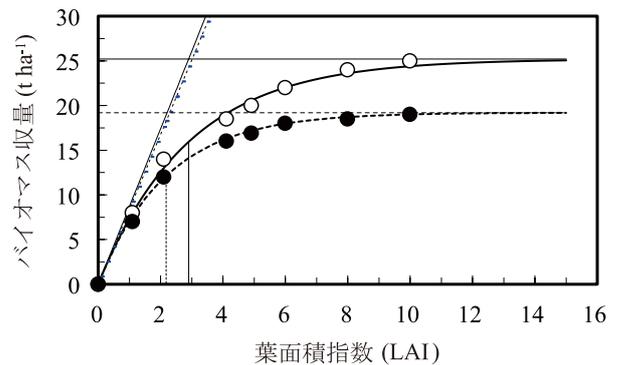


図8 チベット高原(○)と山東平野(●)の小麦の違い

(図7)。中庸な葉面積指数はどれくらいになるだろうか。やはり  $M_B = M_C(1 - e^{-\alpha L})$  の式を使って、この式の  $L$  (葉面積指数) が  $1/\alpha$  になると、バイオマス収量 ( $M_B$ ) は最大収量 ( $M_C$ ) の  $63 \cdot 2\%$  になる。この点は中庸点で、この点の収量は中庸収量 ( $M_S$ ) であり、この点の葉面積指数は中庸  $LAI$  ( $LAI_S$ ) となる(表2)。

**(2) バイオマス生産に有用な葉面積指数の解釈**

小麦作物の  $LAI$  とバイオマス収量との関係は、前記の  $M_B = M_C(1 - e^{-\alpha L})$  の式によく一致した。中庸平均定数に関連するモデルパターンおよびパラメータにおいては、チベット高原と山東平野の小麦作物の間に大きな違いがあった。図8に示すように、 $M_B = M_C$  では、バイオマス収量が最大に達し、バイオマス収量  $LAI$  関係曲線の漸近線とも呼ばれる。チベット高原の小麦作物は山東平野の小麦作物に比べ  $M_C$  ははるかに大きい。チベット高原地域では、年間降水量はわずかに  $167 \text{ mm}$  しかないが、灌漑を加えることで  $15203 \text{ kg ha}^{-1}$  という高い小麦収量に到達した。チベット高原は典型的な春小麦生産地域で、年間気温平均は  $7 \cdot 6^\circ\text{C}$ 、7月の平均月間平均気

温は  $19 \cdot 2^\circ\text{C}$ 、1月の月間平均気温はマイナス  $4 \cdot 6^\circ\text{C}$  である。この地域の小麦の高い収量は日照時間が長く、光合成速度が速く、呼吸が少なく、特に60日ほど長い稔実期間と長い日照に起因する。山東平野の気候はチベット高原と異なり、小麦作物の  $LAI$  はチベット高原ほど高くはない。さもないければ、高い  $LAI$  は、図9に示すように、倒伏および発病を引き起こす原因になる。要するに、小麦で高い収量を得るためには、高い  $LAI$  が必要だが、作物群落の  $LAI$  が高すぎると、葉が重なって光の透過量が低下し湿度が高まるなど環境が悪化し、小麦の程が伸びて倒れやすくなり病原体に感染しやすくなる。光を効率的に利用し健全な受光体勢を保つ完璧な  $LAI$  ( $LAI_S$ ) が存在するはずである。この完璧な  $LAI$  は、中庸之道の哲学に基づいて中庸葉面積指数 (Soil power  $LAI$ ) で計算した。

ソイルパワーミーンの中庸の道理論を適用すると、小麦作物の  $LAI$  が最大値の  $63 \cdot 2\%$  を超える場合には、倒伏と発病に注意を払わなければならない。また、高い  $LAI$  はある範囲で高い収量をもたらすことができるが、 $LAI$  が高すぎると倒伏と発病による減収を引き起こす原因



となる。本試験のデータ解析からみると、チベット高原と山東平野の小麦最大収量 ( $M_C$ ) はそれぞれ  $25.2 \sim 19.2 \text{ t ha}^{-1}$  で、中庸収量 ( $M_S$ ) はそれぞれ  $15.9$  と  $12.5 \text{ t ha}^{-1}$  であった。中庸収量に必要な

### 3. 水稲玄米収量に有用な窒素施肥量と中庸定数

#### (1) 試験方法と解析

ここで、現存研究資料のデータを借用して、次の数学式で施肥の中庸点を解析する。

$$Y = Y_M \text{EXP}[-\alpha (n - N_M)^2] + Y_B [1 - \beta (n - N_M)^2]$$

$$= (Y_M - Y_B) \text{EXP}[-\alpha (n - N_M)^2] + Y_B [1 - \beta (n - N_M)^2]$$

ただし、この数式の  $Y$  はある窒素施肥量での玄米収量、 $Y_M$  は最大収量、 $Y_B$  は施肥しない場合の収量、 $Y_1$  は最大増加収量で  $Y_M - Y_B$  とする。  $\alpha$  は定数、  $n$  は窒素施肥量、  $N_M$  は最大収量になる窒素施肥量、  $\beta$  は定数である。この式から中庸収量 ( $Y_S = Y_1 (1 - \alpha) + Y_B$ ) と中庸施肥量 ( $N_S$  : 中庸収量が得られた時の窒素施肥量) を求めた。

本稿では、日本、アメリカ、インドにおける既往のデータを用いて、窒素施肥に対する水稲玄米収量の反応について前記の数式で解析した。

な葉面積指数 ( $LAI_s$ ) はそれぞれ  $2.90$  と  $2.18$  であった。要するに、ここで採用されるソイルパワーミーンの解析はチベット高原と山東平野の小麦の特徴をよく説明した。

#### (2) 水稲収量の中庸施肥量の解釈

周知のように、化学農業は収量を追及する一方で、肥料を過剰に施用している。その結果、土壌、地下水と河川湖沼、さらに農産物を汚染してしまう。また、窒素肥料を過剰に施用すると、害虫と病気を招く。もちろん、施肥しないと収量と収益が確保できないが、中庸之道の理念によると、不足と過剰の間に適切な中庸点があるはずである。

結果は図10、12と表3に示す。これらの3か所とも、最大収量に至るまで窒素施肥の増加に応じて玄米収量が増加したが、施肥量がある水準を超えると収量は低下していった。もちろん、適切な施肥量、つまり中庸施肥量 ( $N_S$ )

があるが、それは場所によって異なるはその最大収量と無施肥収量によっても大きく異なる(表

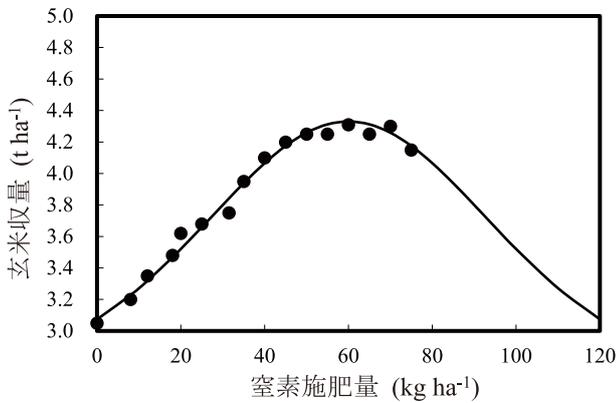


図11 窒素施肥量と玄米収量の関係 (アメリカ) (R. Barker et al. The Rice Economy of Asia による)

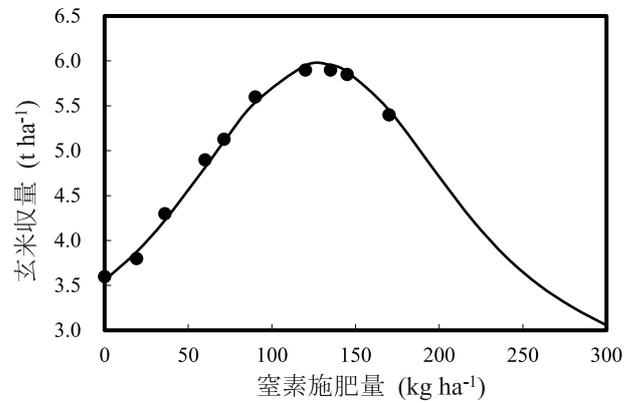


図10 窒素施肥量と玄米収量の関係 (日本) (原始データは松本五楼著「施肥の原理」による)

表3 窒素施肥に応じる玄米収量の解析結果

項目	日本	アメリカ	インド
$Y_M$ (t ha <sup>-1</sup> )	5.98	4.35	2.56
$Y_1$ (t ha <sup>-1</sup> )	2.37	1.33	0.53
$Y_B$ (t ha <sup>-1</sup> )	3.61	3.02	2.03
$\alpha$ ( $\times 10^{-4}$ )	1.29	5.21	22.1
$\beta$ ( $\times 10^{-6}$ )	0.56	1.21	0.41
$Y_S$ (t ha <sup>-1</sup> )	5.10	3.86	2.37
$N_S$ (kg ha <sup>-1</sup> )	71.3	31.5	18.1
$N_M$ (kg ha <sup>-1</sup> )	127.8	60.2	32.1

$Y_M$  は最大収量、 $Y_B$  は施肥しない場合の収量、 $Y_1 = Y_M - Y_B$ 、 $Y_S$  は中庸 (Soil power) 収量、 $N_S$  は中庸 (Soil power) 施肥量、 $N_M$  は最大収量になる施肥量で、 $\alpha$  と  $\beta$  は定数である。

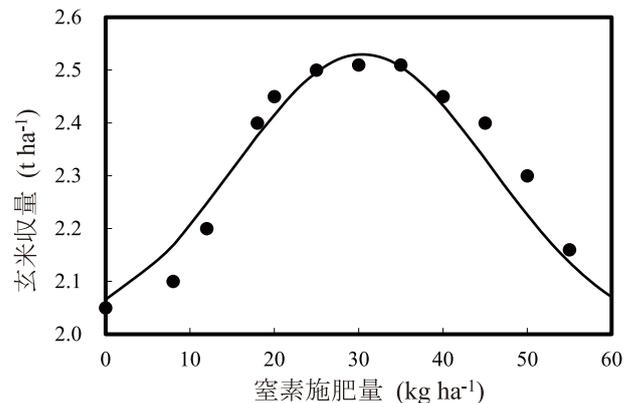
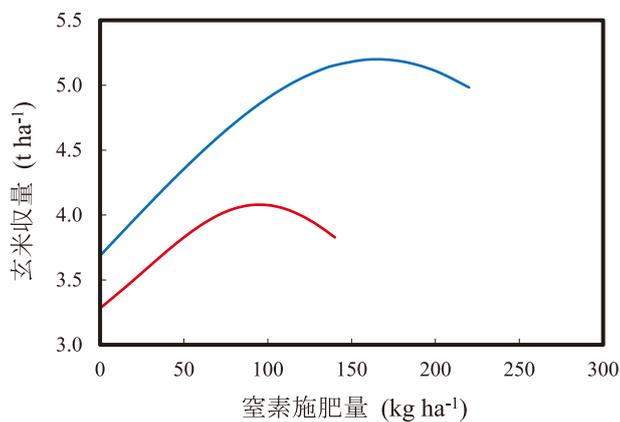
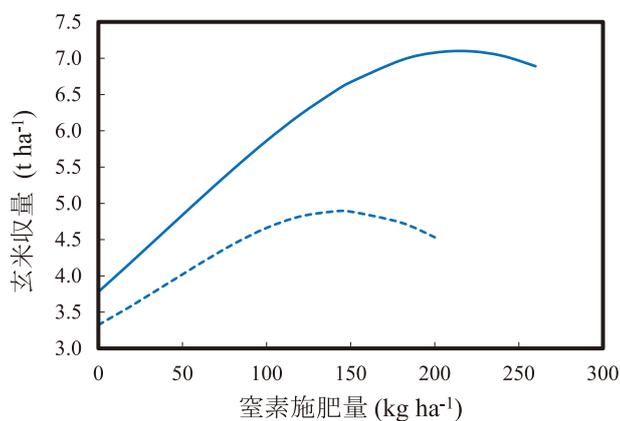


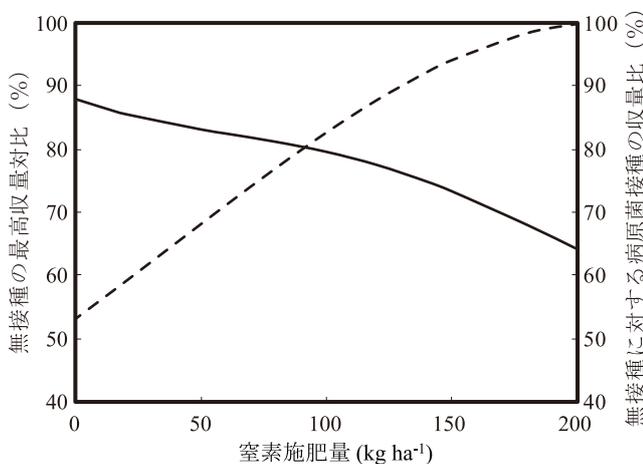
図12 窒素施肥量と玄米収量の関係 (インド) (R. Barker et al. The Rice Economy of Asia による)



A: 耐病性品種（青線）と罹病性品種（赤線）の比較



B: 病原菌接種（破線）と無接種（実線）の比較



C: 無接種の最高収量対比（左軸・破線）と無接種に対する病原菌接種の収量比（右軸・実線）

図 13 窒素施肥量と玄米収量の関係

3)。この解析から最大収量  
が得られる窒素施肥量を求め  
ると、日本の場合、最大収量  
( $Y_M$ ) が得られる施肥量( $N_M$ )  
は 127.8 kg ha<sup>-1</sup> になる。中  
庸施肥量( $N_S$ ) 71.3 kg ha<sup>-1</sup>  
の倍近くなった。中庸収量か  
らさらに増収を求める場合に  
は肥料利用効率は低下してし  
まう。または、病害虫の危険  
が増すことになった。従って  
中庸収量を得られた時、それ  
以上施肥量を増加して増収を  
求めるなら、生産コストに関

わる肥料利用効率の低下、あ  
るいは病害虫の危険増加を考  
慮するべきである。アメリカ  
とインドの事例は収量レベル  
も大きく異なるが、肥料利用  
効率や病害虫の危険性の点で  
同様の傾向を示していた(図  
11・12、表3)。

#### 4. 水稲収量と発病に及ぼす窒素施肥量の 影響およびそれに関する中庸定数の解析

##### (1) 試験方法と解析

報告されたデータを利用し  
て、中庸之道の理念に準じ  
て、数学式  $Y = Y_M \text{EXP}(-\alpha (n - N_M)^2) + Y_B [1 - \beta (n - N_M)^2]$  で、  
耐病性と罹病性水稲品種の収  
量( $Y$ )、窒素施肥量( $n$ )  
に対する反応を解析した。た  
だし、 $Y_M$  は最大収量、 $Y_B$  は  
施肥しない時の収量、収量の  
最大増加量( $Y_I$ ) は  $Y_M - Y_B$

とする。 $\alpha$  は定数、 $n$  は窒素  
施肥量、 $N_M$  は最大収量にな  
る窒素施肥量、 $\beta$  は定数であ  
る。また、この式から中庸(ソ  
イルパワー) 収量( $Y_S$ ) と  
中庸(ソイルパワー) 施肥量  
( $N_S$ ) が計算された。

##### (2) 試験結果の解釈

図 13 A に示すように、無施  
肥から窒素施肥量を増やし始

表 4 窒素施肥の増加に対する耐病性水稲品種の収量反応の解析結果

処理	$Y_M$	$Y_B$	$Y_I$	$Y_S$	$\alpha$	$\beta$	$N_M$	$N_S$
罹病性品種	4.08	3.17	0.91	3.75	0.000134	0.0000055	94.9	42.6
耐病性品種	5.18	3.59	1.59	4.60	0.000035	0.0000056	165.1	70.3
病原菌接種 (耐病性品種)	4.89	3.33	1.56	4.32	0.000068	0.0000061	144.2	70.8
無接種 (耐病性品種)	7.11	3.50	3.61	5.78	0.000129	0.0000024	214.8	95.5

$Y_M$  は最大収量、 $Y_B$  は施肥しない場合の収量、 $Y_I = Y_M - Y_B$ 、 $Y_S$  は中庸 (Soil power) 収量、 $N_M$  は最大収量になる施肥量、 $N_S$  は中庸 (Soil power) 施肥量、 $\alpha$  と  $\beta$  は定数である。



図 14 葉面積指数が高すぎて倒伏し、発病した水稻（上）と葉面積指数が中庸になって倒伏もなく発病もしない水稻（下）の手刈り風景

### 結論

東洋哲学と深く関わる自然農法の理念の中核は、自然順応、自然尊重であり、人類の過剰の欲望を制御する。土の偉力を引き出す自然農法の理念は偏らず正しい上に有用で役立つ指標となり、儒教で示される「中庸之道」の倫理的規範として共通している。英語圏では中庸を Golden Mean と翻訳する。Golden Mean は、また Golden Constant、Golden Ratio（黄金比、 $\phi = 2 / (1 + \sqrt{5})$ ）と同様の意味として、

数学や幾何学から求められる平面（2次元）的な美の姿形の比率としても意義づけられるが、生物学的な最適値を求めるための有用性は未知数である。

本稿では植物の反応曲線から導き出した中庸定数（ $\theta = 1 \cdot \phi \approx 0.632$ ）を使って、光や窒素について農作物の生産力を高める最適値を求めた。窒素施肥の増加あるいは葉面積の増加に伴って作物収量も増加するが、ある程度の増加を超えると収量はもはや増加

せず、不足と過剰の間の中庸である、最大収量の  $63 \cdot 2\%$ （ $\theta = 1 \cdot \phi \approx 0.632$ ）に達した時、適正な施肥量あるいは葉面積指数を中庸施肥量あるいは中庸葉面積指数と定義できる。また適正な光強度に対する光合成速度も同じように中庸光強度に対する中庸光合成速度と定義できる。

めると、耐病性品種（青線）と罹病性品種（赤線）とも窒素施肥の増加に伴って玄米収量が増加した。しかし、窒素施肥量があるレベルに増加した段階では、玄米収量はそれ以上増加しなくなり、さらに施肥量を増やすとついに低下に転じた。罹病性品種は耐病性品種より少ない施肥量の段階で収量低下に転じた。窒素施肥量の増加は罹病性品種をさらに弱めたことになる。最大収量を求める窒素施肥量は罹病性品種と耐病性品種にお

いてそれぞれ  $94.9 \sim 165.1 \text{ kg ha}^{-1}$  で、中庸施肥量（ $N_0$ ）はそれぞれ  $42.6 \sim 70.3 \text{ kg ha}^{-1}$  と計算された。耐病性品種であっても、中庸収量となる  $Y_0$  から  $Y_{0.5}$ （ $0.58 \text{ t ha}^{-1}$ ）の収量増加（ $Y_M$ ）の  $11\%$  あるいは  $Y_1$  の  $36 \cdot 8\%$  を求めるなら、中庸施肥量の  $235\%$ （ $= (165.1 - 70.3) / 70.3$ ）の窒素施肥を投入しなければならぬ（表 4）。図 13 B は耐病性品種を用いて病原菌の接種有無の結果を示したが、やはり、窒素施肥の増加は病気で弱っ

た水稻をさらに弱める結果となった（図 14）。詳しいメカニズムは耐病性有無の品種に似ていた。図 13 C は、無接種の最大収量  $7.11 \text{ t ha}^{-1}$  に対する無接種の各窒素施肥量における収量割合（破線）と、無接種に対する病原菌接種の収量比（実線）を表したものである。面白いのは両曲線が交差するところがちょうど中庸点（ソイルパワーポイント）、つまり、窒素施肥量  $95.5 \text{ kg ha}^{-1}$  で  $5.78 \text{ t ha}^{-1}$  の収量が得られた点になる。

本稿では植物の反応曲線から導き出した中庸定数（ $\theta = 1 \cdot \phi \approx 0.632$ ）を使って、光や窒素について農作物の生産力を高める最適値を求めた。窒素施肥の増加あるいは葉面積の増加に伴って作物収量も増加するが、ある程度の増加を超えると収量はもはや増加

せず、不足と過剰の間の中庸である、最大収量の  $63 \cdot 2\%$ （ $\theta = 1 \cdot \phi \approx 0.632$ ）に達した時、適正な施肥量あるいは葉面積指数を中庸施肥量あるいは中庸葉面積指数と定義できる。また適正な光強度に対する光合成速度も同じように中庸光強度に対する中庸光合成速度と定義できる。