

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7037809号

(P7037809)

(45)発行日 令和4年3月17日(2022.3.17)

(24)登録日 令和4年3月9日(2022.3.9)

(51)国際特許分類

F I

F 2 6 B 21/04 (2006.01)

F 2 6 B

21/04

A

F 2 6 B 3/02 (2006.01)

F 2 6 B

3/02

F 2 6 B 21/10 (2006.01)

F 2 6 B

21/10

A

F 2 6 B 21/08 (2006.01)

F 2 6 B

21/08

A 2 4 B 1/02 (2006.01)

A 2 4 B

1/02

A

請求項の数 3 (全19頁)

(21)出願番号 特願2018-32516(P2018-32516)

(22)出願日 平成30年2月26日(2018.2.26)

(65)公開番号 特開2019-148361(P2019-148361

A)

(43)公開日 令和1年9月5日(2019.9.5)

審査請求日 令和3年1月26日(2021.1.26)

(73)特許権者 594189279

株式会社木原製作所

山口県山口市秋穂西3106番地の1

(74)代理人 100111132

弁理士 井上 浩

(72)発明者 木原 功一朗

山口県山口市秋穂西3106番地の1

株式会社木原製作所内

(72)発明者 木原 利昌

山口県山口市秋穂西3106番地の1

株式会社木原製作所内

(72)発明者 木原 康博

山口県山口市秋穂西3106番地の1

株式会社木原製作所内

審査官 岩瀬 昌治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 循環式乾燥機とその乾燥方法及びその乾燥制御プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

被乾燥物を収納し、空気を外気と換気させながら循環させて前記被乾燥物から水分を蒸発させて乾燥させる乾燥室と、この乾燥室内の前記被乾燥物の温度を測定する被乾燥物温度計と、前記乾燥室入口の乾球温度を測定する乾燥室入口乾球温度計と、前記乾燥室入口の湿球温度を測定する乾燥室入口湿球温度計と、前記空気を循環させるファンと、前記空気を前記外気と換気するダンパーと、循環させる前記空気を加熱するヒーターと、前記ダンパーと前記ヒーターに制御信号を送信する制御部と、を備え、この制御部は、被乾燥物温度判断部と、乾燥室入口乾球温度判断部と、乾燥室入口湿球温度判断部とを有し、前記被乾燥物温度判断部は時系列に対応させて予め得た被乾燥物基準温度データと前記被乾燥物温度計で測定される前記温度を比較して同値でない場合に、判断信号を生成して前記乾燥室入口乾球温度判断部及び前記乾燥室入口湿球温度判断部へ送信し、前記乾燥室入口乾球温度判断部は、前記判断信号に基づいて、前記被乾燥物基準温度データに対応させて予め得た乾燥室入口基準乾球温度データであって、前記被乾燥物温度計で測定される前記温度と同一の前記被乾燥物基準温度データに対応した前記乾燥室入口基準乾球温度データと、前記乾燥室入口乾球温度計で測定された前記乾燥室入口の前記乾球温度とを比較し、その結果に基づいてヒーター制御信号を前記ヒーターに送信し、前記乾燥室入口湿球温度判断部は、前記判断信号に基づいて、前記被乾燥物基準温度データと対応させて予め得た乾燥室入口基準湿球温度データであって、前記被乾燥物温度計で測定される前記温度と同一の前記被乾燥物基準温度データに対応した前記乾燥室入口基準湿球温度データと、前記乾燥

室入口湿球温度計で測定された前記乾燥室入口の前記湿球温度とを比較し、その結果に基づいてダンパー制御信号を前記ダンパーに送信することを特徴とする循環式乾燥機。

【請求項 2】

被乾燥物を乾燥室に収納し、空気をヒーターによって加熱し、ダンパーを開閉して外気と換気しながら前記空気を循環させ、前記被乾燥物から水分を蒸発させて乾燥させる循環式乾燥方法であって、前記乾燥室内の前記被乾燥物の温度を測定する被乾燥物温度測定工程と、前記乾燥室入口の乾球温度及び湿球温度を測定する乾燥室入口温度測定工程と、時系列に対応させて予め得た被乾燥物基準温度データと前記被乾燥物温度測定工程で測定される前記温度を比較して同値でない場合に、判断信号を生成する判断工程と、この判断工程で生成された前記判断信号と前記乾燥室入口の前記乾球温度と前記乾燥室入口の前記湿球温度に基づいて前記ダンパーと前記ヒーターに制御信号を送信して制御する制御工程と、を有し、前記制御工程は、前記判断信号に基づいて、前記被乾燥物基準温度データと対応させて予め得た乾燥室入口基準乾球温度データであって、前記被乾燥物温度測定工程で測定される前記温度と同一の前記被乾燥物基準温度データに対応した前記乾燥室入口基準乾球温度データと、前記乾燥室入口温度測定工程で測定された前記乾燥室入口の前記乾球温度とを比較し、その結果に基づいてヒーター制御信号を前記ヒーターに送信する第 1 の制御工程と、前記判断結果に基づいて、前記被乾燥物基準温度データと対応させて予め得た乾燥室入口基準湿球温度データであって、前記被乾燥物温度測定工程で測定される前記温度と同一の前記被乾燥物基準温度データに対応した前記乾燥室入口基準湿球温度データと、前記乾燥室入口温度測定工程で測定された前記乾燥室入口の前記湿球温度とを比較し、その結果に基づいてダンパー制御信号を前記ダンパーに送信する第 2 の制御工程と、を有することを特徴とする循環式乾燥方法。

【請求項 3】

被乾燥物を乾燥室に収納し、空気をヒーターによって加熱し、ダンパーを開閉して外気と換気しながら前記空気を循環させ、前記被乾燥物から水分を蒸発させて乾燥させるために、コンピュータによって実行されるプログラムであって、前記乾燥室内の前記被乾燥物の温度を測定する被乾燥物温度測定工程と、前記乾燥室入口の乾球温度及び湿球温度を測定する乾燥室入口温度測定工程と、時系列に対応させて予め得た被乾燥物基準温度データと前記被乾燥物温度測定工程で測定される前記温度を比較して同値でない場合に、判断信号を生成する判断工程と、この判断工程で生成された前記判断信号と前記乾燥室入口の前記乾球温度と前記乾燥室入口の前記湿球温度に基づいて前記ダンパーと前記ヒーターに制御信号を送信して制御する制御工程と、を有し、前記制御工程は、前記判断信号に基づいて、前記被乾燥物基準温度データと対応させて予め得た乾燥室入口基準乾球温度データであって、前記被乾燥物温度測定工程で測定される前記温度と同一の前記被乾燥物基準温度データに対応した前記乾燥室入口基準乾球温度データと、前記乾燥室入口温度測定工程で測定された前記乾燥室入口の前記乾球温度とを比較し、その結果に基づいてヒーター制御信号を前記ヒーターに送信する第 1 の制御工程と、前記判断信号に基づいて、前記被乾燥物基準温度データと対応させて予め得た乾燥室入口基準湿球温度データであって、前記被乾燥物温度測定工程で測定される前記温度と同一の前記被乾燥物基準温度データに対応した前記乾燥室入口基準湿球温度データと、前記乾燥室入口温度測定工程で測定された前記乾燥室入口の前記湿球温度とを比較し、その結果に基づいてダンパー制御信号を前記ダンパーに送信する第 2 の制御工程と、を有することを特徴とする循環式乾燥制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、果実やキノコあるいは葉たばこ等の植物を空気の循環によって乾燥させる循環式乾燥機とその乾燥方法及びその乾燥制御プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

植物を乾燥させる技術は、葉たばこの乾燥技術をはじめ様々な産業分野において研究され

10

20

30

40

50

てきた。

例えば、特許文献 1 には「葉たばこの自動乾燥方法およびその装置」という名称で、葉たばこを乾燥させる際に、乾燥室内の湿球温度を、吸排気量の調節によって全乾燥工程を通じて略一定に保持し、乾燥室内の乾球温度を乾燥用熱源の制御によって、順次段階的に上昇させながら葉たばこを乾燥させ、一定時間経過後には乾燥室内の吸排気量を固定し、この状態で乾燥を進行させて湿球温度が一定値だけ低下した際に乾球温度を所定値ずつ上昇させるという自動乾燥方法が開示されている。

この発明では、湿球温度検知器の応答速度が遅くても、それによる誤作動をなくし、乾燥中の葉たばこの脱水量、すなわち乾燥室の吸排気量が平衡した時点をもとに乾球温度の上昇を図ることができる。

10

【 0 0 0 3 】

また、特許文献 2 には、「葉たばこ乾燥装置」という名称で、乾燥処理の各進行段階について確保されるべき処理室内の乾球温度を表す一連の基準乾球温度データ及び同進行段階で確保されるべき処理室内の乾球温度と湿球温度の差を表す一連の基準差温度データを記憶しておき、基準乾球温度信号と乾球温度センサからの乾球温度信号との誤差信号が零になるように加熱器操作信号を出力するとともに、乾球温度センサからの乾球温度信号と湿球温度センサからの湿球温度信号との差を算出して差温度信号とし、この差温度信号と基準差温度信号との誤差信号が零となるように排湿ベーンの開度を調整する装置が開示されている。

この発明では、乾燥の際に葉たばこに与えられるべき好適な温度と湿度に処理室を制御することが可能である。

20

【 0 0 0 4 】

特許文献 3 には、「葉たばこの自動乾燥プログラム」という名称で、葉たばこが収容される乾燥室内を加熱制御及び吸排気制御して、乾燥室内の乾球温度及び湿球温度を、それぞれ所定の温度ずつ昇温又は降温させることで、葉たばこ乾燥工程の蒸酵期末期から黄変期初期、黄変期末期から色沢固定期及び色沢固定期から中骨乾燥期に移行する各段階の昇温制御及び降温制御を漸傾状に行うという発明が開示されている。

この発明では、葉たばこの乾燥時間の無駄を無くし、葉たばこの脱水性を向上させて稼働率を向上させることができるばかりでなく、乾燥状態の確認を容易かつ省力化することができ、品質の良い乾葉を得ることができる。

30

【 0 0 0 5 】

さらに、特許文献 4 には、「乾燥装置」という名称で、小魚等の被乾燥物を収容し、複数のセイロが整列して配設され、そのセイロ内部に低相対湿度、高温の湿り空気を流して被乾燥物を乾燥させる装置が開示されている。

この発明では、湿度と温度をそれぞれ独立に制御して低相対湿度（15%～30%）と高温（70～90℃）の湿り空気を循環させることで、小魚等の表面近くの乾燥が進み過ぎることなく、乾燥時間の短縮も可能となる。

【 0 0 0 6 】

特許文献 5 には、「木材乾燥機およびその乾燥制御方法」という名称で、乾燥室内の相対湿度の変化量に基づいて、排気口の排気ダンパおよび吸気口の吸気ダンパの各開度を比例制御する相対湿度運転モードを備える技術が開示されている。

40

この発明では、乾燥室内に棧積みされた木材の上側と下側で生じていた乾燥品質のバラツキを防止できる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 文献 】特開昭 5 7 - 7 4 0 7 9 号公報

特開昭 5 7 - 1 6 6 9 7 7 号公報

特開 2 0 0 4 - 2 9 0 1 7 5 号公報

特開 2 0 1 2 - 1 0 7 8 5 2 号公報

50

特開 2 0 1 3 - 1 0 8 7 2 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特許文献 1 に開示される技術では、乾燥室内の湿球温度を、吸排気量の調節によって全乾燥工程を通じて略一定に保持し、乾燥室内の乾球温度を乾燥用熱源の制御によって、順次段階的に上昇させながら葉たばこを乾燥させるが、乾燥の際に葉たばこからの情報は何ら取得されておらず、葉たばこの状態は経験等に基づく推定でしかなく、葉たばこの温度が変動している状態は把握できていない。葉たばこの乾燥では、この特許文献 1 にも記載されるとおり、単なる脱水乾燥のみならず葉たばこ特有の色沢や香嗅味を出すため内容成分の化学的变化を促進させるキュアリングの過程を経たうえで葉肉部分及び中骨部分の脱水乾燥を施すことが重要であるため、その葉たばこ自身の状態、特に化学的变化を生じさせる温度状態を正確に把握することは極めて重要であるものの、本特許文献に開示される発明では把握することができていないという課題があった。

10

また、特許文献 2 に開示される技術でも、基準乾球温度信号と乾球温度センサからの乾球温度信号との誤差信号が零になるように加熱器を制御し、乾球温度信号と湿球温度信号との差温度信号と基準差温度信号との誤差信号が零となるように排湿ペーンの開度を調整するものの、この場合も葉たばこの乾燥時に葉たばこ自体がどの程度の温度状態にあり、どの程度の化学的反応が進行しているかを把握できておらず、結局加熱器と排湿ペーンの開度の制御の精度は、葉たばこの状態の把握という観点からすれば低いという課題があった。

20

【0009】

さらに、特許文献 3 に開示される技術では、葉たばこが収容される乾燥室内を加熱制御及び吸排気制御して、乾燥室内の乾球温度及び湿球温度をそれぞれ所定の温度ずつ昇温又は降温させるが、特許文献 1, 2 と同様に葉たばこから情報が得られておらず、加熱制御と吸排気制御の精度の向上の余地があるという課題があった。

特許文献 4 に開示される技術でも、熱交換器と排気弁を制御することで湿り空気の温度を 7 0 ~ 9 0 に、また、湿度を 1 5 % ~ 3 0 % に調整しているが、この場合も小魚等からの情報が制御パラメータに含まれておらず、被乾燥物の状態把握という観点から制御の精度向上の余地があるという課題があった。特許文献 4 に開示される発明における被乾燥物は葉たばこではないものの、特許文献 4 にも記載されるとおり、この発明の目的の 1 つとして魚等の腐敗や変色を防止するという被乾燥物の品質の向上があり、その観点からは同等に考えることが可能である。

30

特許文献 5 に開示される技術では、乾燥室内の相対湿度の変化量に基づいて、排気口の排気ダンパおよび吸気口の吸気ダンパの各開度を比例制御し、温風温度を 4 0 ~ 7 0 に設定しているが、乾球温度を用いた加熱制御は含まれていないため、これらのダンパの開度の制御自体は簡素化されるが、乾燥をダンパの開閉制御のみで加熱制御することなく実行すると、一般的には、低温の場合には乾燥時間が長くなり、高温の場合には乾燥時間は短いものの被乾燥物の品質が低下するという課題があった。

【0010】

本発明はかかる従来の事情に対処してなされたものであり、吸・排気して一部を外気と交換しながら空気を乾燥室内に循環させて被乾燥物を乾燥させる循環式乾燥機とその方法及びその乾燥制御プログラムであって、循環空気のエンタルピー量をダンパーとヒーターを用いて制御する際に、被乾燥物の温度を測定しその被乾燥物の状態を判断し、その判断結果に基づいて、ダンパーとヒーターに制御信号を送信して制御することで、より高精度で高効率な制御を可能とし、コストを抑制しながら被乾燥物の品質を高めることができる循環式乾燥機とその方法及びその乾燥制御プログラムを提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するため、第 1 の発明である循環式乾燥機は、被乾燥物を収納し、空気を外気と換気させながら循環させて前記被乾燥物から水分を蒸発させて乾燥させる乾燥室と

50

、この乾燥室内の前記被乾燥物の温度を測定する被乾燥物温度計と、前記乾燥室入口の乾球温度を測定する乾燥室入口乾球温度計と、前記乾燥室入口の湿球温度を測定する乾燥室入口湿球温度計と、前記空気を循環させるファンと、前記空気を前記外気と換気するダンパーと、前記循環させる空気を加熱するヒーターと、前記ダンパーと前記ヒーターに制御信号を送信する制御部と、を備え、この制御部は、予め得た被乾燥物基準温度と前記被乾燥物温度計で測定される温度を比較して乾燥工程の遷移を判断し、その判断結果と前記乾燥室入口乾球温度と前記乾燥室入口湿球温度に基づいて前記ダンパーと前記ヒーターに前記制御信号を送信することを特徴とするものである。

上記構成の循環式乾燥機では、被乾燥物温度計が乾燥室内の被乾燥物の温度を測定することで被乾燥物の状態を把握させるように作用する。後で詳細に説明するが、葉たばこや果実、椎茸などのキノコには酵素が含まれており、その酵素が適切に機能することでそれぞれが備えている独特の色味や香味が発揮されるが、その酵素はたんぱく質でできており、また、酵素が働くための適切な温度もあることから、被乾燥物の温度管理は非常に重要である。しかも乾燥の工程が進行するにつれて適切な温度も変化していくことからその温度変化に対応することも重要であり、被乾燥物の温度状況を把握することは極めて重要である。

制御部は、被乾燥物温度計によって測定された被乾燥物の温度と基準温度を比較することで乾燥工程の遷移を判断するように作用し、その判断結果と乾燥室入口乾球温度と乾燥室入口湿球温度に基づいてダンパーとヒーターに制御信号を送信するように作用する。

【0012】

なお、被乾燥物温度計、乾燥室入口乾球温度計及び乾燥室入口湿球温度計は、乾燥室内やその入口で温度の測定ができ、その温度情報を制御部に送信できればどのような原理を用いるものでもよい。熱電対であってもよいし、電磁波を用いた非接触型のセンサーであってもよく、特に限定するものではない。被乾燥物温度計で測定される温度は、一時点での温度でもよいし、経時的な温度変化、すなわち温度勾配であってもよい。

また、ダンパーは循環する空気を外気と交換可能であれば吸気口と排気口のいずれに設置されてもよく、両方でもよい。

さらに、本願発明及び実施の形態においては、被乾燥物温度判断部等、「部」という語を含んだ構成要素を用いているが、この「部」とは「素子」や「電子回路」、あるいは「構成物のユニット」、又は「それらが集合した装置」を概念化して示すものである。

【0013】

また、第2の発明である循環式乾燥機は、第1の発明において、前記制御部は、被乾燥物温度判断部と、乾燥室入口乾球温度判断部と、乾燥室入口湿球温度判断部とを有し、前記被乾燥物温度判断部は前記被乾燥物基準温度と前記被乾燥物温度計で測定される温度を比較して前記乾燥工程の遷移を判断し、その判断結果に係る判断信号を前記乾燥室入口乾球温度判断部及び前記乾燥室入口湿球温度判断部へ送信し、前記乾燥室入口乾球温度判断部は、前記判断信号に基づいて、予め得た乾燥室入口基準乾球温度データと前記乾燥室入口乾球温度計で測定された前記乾燥室入口乾球温度を比較し、その結果に基づいてヒーター制御信号を前記ヒーターに送信し、前記乾燥室入口湿球温度判断部は、前記判断信号に基づいて、予め得た乾燥室入口基準湿球温度データと前記乾燥室入口湿球温度計で測定された前記乾燥室入口湿球温度を比較し、その結果に基づいてダンパー制御信号を前記ダンパーに送信することを特徴とするものである。

上記構成の循環式乾燥機では、制御部を構成する被乾燥物温度判断部が、乾燥工程の遷移を判断し、その判断結果に基づいて乾燥室入口乾球温度判断部及び乾燥室入口湿球温度判断部に判断信号を送信するように作用する。また、乾燥室入口乾球温度判断部は、その判断信号を受信しそれに基づいて、乾燥室入口基準乾球温度データと乾燥室入口乾球温度計で測定された乾燥室入口乾球温度とを比較してその結果に基づいてヒーター制御信号をヒーターに送信するように作用する。さらに、乾燥室入口湿球温度判断部は、判断信号を受信してそれに基づいて、乾燥室入口基準湿球温度データと乾燥室入口湿球温度計で測定された乾燥室入口湿球温度を比較してその結果に基づいてダンパー制御信号をダンパーに送

10

20

30

40

50

信するように作用する。

【 0 0 1 4 】

そして、第 3 の発明である循環式乾燥方法は、被乾燥物を乾燥室に収納し、空気をヒーターによって加熱し、ダンパーを開閉して外気と換気しながら前記空気を循環させ、前記被乾燥物から水分を蒸発させて乾燥させる循環式乾燥方法であって、前記乾燥室内の前記被乾燥物の温度を測定する被乾燥物温度測定工程と、前記乾燥室入口の乾球温度及び湿球温度を測定する乾燥室入口温度測定工程と、予め得た被乾燥物基準温度と前記被乾燥物温度工程で測定される温度を比較して乾燥工程の遷移を判断する判断工程と、この判断工程で得られた判断結果と前記乾燥室入口乾球温度と前記乾燥室入口湿球温度に基づいて前記ダンパーと前記ヒーターに制御信号を送信して制御する制御工程と、を有することを特徴とするものである。

10

上記構成の循環式乾燥方法は、第 1 の発明を方法発明として捉えた発明であり、第 1 の発明における構成要素を第 3 の発明では工程とするもののその作用は第 1 の発明と同様である。

【 0 0 1 5 】

第 4 の発明である循環式乾燥方法は、第 3 の発明において、前記制御工程は、前記判断結果に基づいて、予め得た乾燥室入口基準乾球温度データと前記乾燥室入口温度測定工程で測定された前記乾燥室入口乾球温度を比較し、その結果に基づいてヒーター制御信号を前記ヒーターに送信する第 1 の制御工程と、前記判断結果に基づいて、予め得た乾燥室入口基準湿球温度データと前記乾燥室入口温度測定工程で測定された前記乾燥室入口湿球温度を比較し、その結果に基づいてダンパー制御信号を前記ダンパーに送信する第 2 の制御工程と、を有することを特徴とするものである。

20

上記構成の循環式乾燥方法は、第 2 の発明を方法発明として捉えた発明であり、第 2 の発明における構成要素を第 4 の発明では工程とするもののその作用は第 2 の発明と同様である。

【 0 0 1 6 】

第 5 の発明である循環式乾燥制御プログラムは、被乾燥物を乾燥室に収納し、空気をヒーターによって加熱し、ダンパーを開閉して外気と換気しながら前記空気を循環させ、前記被乾燥物から水分を蒸発させて乾燥させるために、コンピュータによって実行されるプログラムであって、前記乾燥室内の前記被乾燥物の温度を測定する被乾燥物温度測定工程と、前記乾燥室入口の乾球温度及び湿球温度を測定する乾燥室入口温度測定工程と、予め得た被乾燥物基準温度と前記被乾燥物温度工程で測定される温度を比較して乾燥工程の遷移を判断する判断工程と、この判断工程で得られた判断結果と前記乾燥室入口乾球温度と前記乾燥室入口湿球温度に基づいて前記ダンパーと前記ヒーターに制御信号を送信して制御する制御工程と、を有することを特徴とするものである。

30

上記構成の循環式乾燥制御プログラムは、第 3 の発明をプログラム発明として捉えた発明であり、第 3 の発明における工程を第 5 の発明ではコンピュータによって実行される工程とするもののその作用は第 3 の発明と同様である

【 0 0 1 7 】

第 6 の発明である循環式乾燥制御プログラムは、第 5 の発明において、前記制御工程は、前記判断結果に基づいて、予め得た乾燥室入口基準乾球温度データと前記乾燥室入口温度測定工程で測定された前記乾燥室入口乾球温度を比較し、その結果に基づいてヒーター制御信号を前記ヒーターに送信する第 1 の制御工程と、前記判断結果に基づいて、予め得た乾燥室入口基準湿球温度データと前記乾燥室入口温度測定工程で測定された前記乾燥室入口湿球温度を比較し、その結果に基づいてダンパー制御信号を前記ダンパーに送信する第 2 の制御工程と、を有することを特徴とするものである。

40

上記構成の循環式乾燥制御プログラムは、第 4 の発明をプログラム発明として捉えた発明であり、第 4 の発明における工程を第 6 の発明ではコンピュータによって実行される工程とするもののその作用は第 4 の発明と同様である。

【 発明の効果 】

50

【 0 0 1 8 】

第 1 の発明に係る循環式乾燥機では、被乾燥物温度計によって乾燥室内の被乾燥物の温度を測定することが可能であるので、経時的に変化する被乾燥物の状態を把握することが可能である。また、測定された被乾燥物の温度と基準温度を比較することで乾燥工程の遷移を判断することが可能である。

そして、その乾燥工程の遷移に関する判断結果と乾燥室入口乾球温度と乾燥室入口湿球温度に基づいてダンパーとヒーターに制御信号を送信することができるので、より高精度で高効率な制御を可能とし、乾燥に必要な熱量に対するコストを抑制しながら被乾燥物の品質を高めることができる。

【 0 0 1 9 】

第 2 の発明に係る循環式乾燥機では、第 1 の発明の効果に加えて、被乾燥物温度判断部が、乾燥工程の遷移を判断し、判断信号を乾燥室入口乾球温度判断部及び乾燥室入口湿球温度判断部に送信するので、乾燥室入口乾球温度判断部と乾燥室入口湿球温度判断部は乾燥工程の状態についての遷移の有無を認知することが可能である。

そして、乾燥室入口乾球温度判断部は、その判断信号に基づいて、乾燥室入口基準乾球温度データと乾燥室入口乾球温度計で測定された乾燥室入口乾球温度とを比較することで、被乾燥物の温度に適したヒーター制御信号をヒーターに送信することが可能である。また、乾燥室入口湿球温度判断部も、同様に被乾燥物温度に適したダンパー制御信号をダンパーに送信することが可能である。

このように被乾燥物の温度に適したヒーター制御信号とダンパー制御信号を送信することができるため、より高精度で高効率な制御を可能とし、乾燥に必要な熱量に対するコストを抑制しながら被乾燥物の品質を高めることができる。

【 0 0 2 0 】

第 3 の発明に係る循環式乾燥方法及び第 5 の発明に係る循環式乾燥制御プログラムでは、第 1 の発明をそれぞれ方法発明、プログラム発明として捉えたものであり、その効果は第 1 の発明と同様である。

【 0 0 2 1 】

第 4 の発明に係る循環式乾燥方法及び第 6 の発明に係る循環式乾燥制御プログラムでは、第 2 の発明をそれぞれ方法発明、プログラム発明として捉えたものであり、その効果は第 2 の発明と同様である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 2 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態に係る循環式乾燥機のシステム構成図である。

【 図 2 】 本発明の実施の形態に係る循環式乾燥機における循環空気の流れを説明するための概念図である。

【 図 3 】 被乾燥物の乾燥工程における含水率と被乾燥物の温度の理想的な関係を示す概念図である。

【 図 4 】 乾燥物の乾燥工程において基準となる乾燥室入口空気の乾球温度と湿球温度の理想的な推移を示す概念図である。

【 図 5 】 湿り空気線図上で循環式乾燥機の操作線の意義を説明するための概念図である。

【 図 6 】 本発明の実施の形態に係る循環式乾燥機によって実行される減率乾燥Ⅰ期とその後の減率乾燥Ⅱ期の湿り空気線図上での操作線を併せて示す概念図である。

【 図 7 】 本発明の実施の形態に係る循環式乾燥機によって実行される乾燥制御方法のフロー図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 3 】

以下に、本発明の実施の形態に係る循環式乾燥機について図 1 - 図 7 を参照しながら説明する。

図 1 は、本発明の実施の形態に係る循環式乾燥機のシステム構成図である。図 2 は本発明の実施の形態に係る循環式乾燥機における循環空気の流れを説明するための概念図である。

10

20

30

40

50

図 1、図 2 において、循環式乾燥機 1 は、主として、入力部 2、出力部 3、制御部 4、乾燥室 5、ダンパー 6、ヒーター 7 に加え、データベース群として入力データベース 8 と出力データベース 9 から構成されている。また、乾燥室 5 の内部には被乾燥物温度計 1 3 が設置され、乾燥室 5 の入口には乾燥室入口乾球温度計 1 4 及び乾燥室入口湿球温度計 1 5 が設けられている。

循環式乾燥機 1 には図 2 に示されるように乾燥室 5 の内部に載荷棚 3 0 が配列されており、果実やキノコあるいは葉たばこ等の植物を被乾燥物（図示せず）として載置し、空気を循環させて乾燥させる。図 2 において、ヒーター 7 によって加熱された乾燥室入口空気 3 1 は、乾燥室 5 に供給され、載荷棚 3 0 上の被乾燥物を乾燥させた後、乾燥室 5 から乾燥室出口空気 3 2 として送出される。

10

なお、本実施の形態（図 2）において、乾燥室入口空気 3 1 は乾燥室 5 の下方から上方へと移動するように記載されているが、乾燥室 5 内での気流については特に限定するものではなく、被乾燥物の種類や量等によって適宜変更修正される。

【 0 0 2 4 】

その際、乾燥室 5 の内部では被乾燥物温度計 1 3 によって載荷棚 3 0 上に配列された被乾燥物の温度が測定される。また、乾燥室 5 の入口では乾燥室入口乾球温度計 1 4 によって乾燥室入口空気 3 1 の乾球温度、乾燥室入口湿球温度計 1 5 によって湿球温度が測定される。

被乾燥物から水分を奪って湿り気を帯びた乾燥室出口空気 3 2 は、その一部が排気口 3 4 から排出される排出空気 3 3 として、吸気口に設けられたダンパー 6 を介して外部から吸入される吸入空気 3 5 と交換され混合空気 3 6 となり、ヒーター 7 によって加熱されることで再び乾燥室入口空気 3 1 として乾燥室 5 に供給される。

20

なお、図 2 には循環式乾燥機 1 内部の空気を循環させるためのファンの記載を省略しているが、実際はその必要な循環風量に応じてファンを、循環する空気を搬送するダクトに設ける必要がある。また、ファンの風量は乾燥制御の仕様に依りて設定されればよく、風量を一定としてもよいし可変としてもよい。

本実施の形態においてはダンパー 6 を吸気口に設けたが、乾燥室出口空気 3 2 と外気の換気が可能であれば排気口 3 4 に設けてもよいし、あるいは両方に設けてもよい。

【 0 0 2 5 】

次に、図 3 及び図 4 を参照しながら植物性の被乾燥物の乾燥のメカニズムについて説明する。

30

図 3 は、被乾燥物の乾燥工程における含水率と被乾燥物の温度の理想的な関係を示す概念図であり、図 4 は乾燥物の乾燥工程において基準となる乾燥室入口空気の乾球温度と湿球温度の理想的な推移を示す概念図である。なお、図 4 に示されるギリシャ数字は図 3 のものと共通であり時系列を共通に示している。

まず、図 3 において、符号 4 0 で示されているのは被乾燥物の含水率曲線であり、縦軸は左側の含水率（重量％）が対応している。この曲線では初期の含水率を 1 0 0 重量％として、その後の乾燥工程での減少の変化を表現している。また、符号 4 4 で示されているのは被乾燥物基準温度曲線であり、縦軸は右側の被乾燥物温度（ ）が対応している。

また、横軸はすべての曲線に共通の時間であり、右に向かって進んでいる。上部に示されるギリシャ数字はⅠが材料予熱期、Ⅱが恒率乾燥期、Ⅲが減率乾燥 1 期、Ⅳが減率乾燥 2 期と呼ばれる乾燥過程を示している。

40

材料予熱期（Ⅰ）では、湿潤な材料（被乾燥物）が温・湿度一定の定常乾燥条件下におかれると、その温度は乾燥条件と平衡した温度に到達するが、周囲の温風からのみ熱を受けるときは、被乾燥物の温度（品温）は近似的に湿球温度となる。その温度に到達するまでが材料予熱期である。この材料予熱期では温風によって水分が失われ始めるため含水率曲線 4 0 が下降する。一方、被乾燥物基準温度曲線 4 4 は温風の湿球温度となる。

【 0 0 2 6 】

次に、恒率乾燥期（Ⅱ）は被乾燥物の表面に水（自由水）のある状態であり、この期間では品温（被乾燥物基準温度曲線 4 4 ）は湿球温度と近似してほぼ一定にあり、受熱はす

50

べて水分蒸発に使用されるので、含水率曲線 40 は一定速度で減少する。

被乾燥物の表面に水分が不足して内部からの水分（間隙水）移動、内部拡散が蒸発に追い付かなくなっていくが、それが減率乾燥 1 期（ⅢⅢⅢ）である。恒率乾燥期と減率乾燥 1 期の境界における含水率が限界含水率 41 であり、この減率乾燥 1 期では、含水率曲線 40 の傾きが緩やかになり下降してくる。また、被乾燥物基準温度曲線 44 は徐々に上昇していく。

さらに、被乾燥物の組織の内部にある特に繊維質のような固い組織内部では水分（分子水、膠状水）移動が遅いため、含水率曲線 40 の傾きはさらに緩やかになり、被乾燥物基準温度曲線 44 の傾きも緩やかになる。ただし、すぐに含水率は 0 に近づくことはなく時間を要するが、乾燥条件と平衡した平衡含水率 43 に到達する。この時期を減率乾燥 2 期（ⅢⅣ）という。なお、減率乾燥 1 期と減率乾燥 2 期の境界における含水率を本願では膠状含水率 42 と呼ぶことにする。

以上が被乾燥物の含水率と温度に基づく乾燥の工程の説明であるが、このように乾燥工程で変化していく被乾燥物の含水率に対する基準温度が後述する被乾燥物基準温度データ 16 となる。

次に、乾燥機側として循環空気の状態を乾球温度と湿球温度の観点からどのように制御していくかを示したのが図 4 である。

【0027】

図 4 において、符号 45 で示されているのが乾燥室入口基準乾球温度曲線であり、符号 46 で示されているのが乾燥室入口基準湿球温度曲線である。時間を横軸、温度（ ）を縦軸としている。これらの曲線で表現される温度は、それぞれ後述する乾燥室入口基準乾球温度データ 17 と乾燥室入口基準湿球温度データ 18 となる。

材料予熱期（Ⅰ）では、乾球温度も湿球温度も上昇し、恒率乾燥期（ⅢⅢ）では、乾球温度も湿球温度も略一定に制御される。前述のとおり、恒率乾燥期では自由水の蒸発のために熱量が使用されるので、品温（被乾燥物温度曲線 44）は湿球温度と近似してほぼ一定となる。よって、図 3 の被乾燥物基準温度曲線 44 と図 4 の乾燥室入口基準湿球温度曲線 46 は略一致することになる。

次に、減率乾燥 1 期（ⅢⅢⅢ）では、湿球温度は恒率乾燥期と同様に一定であるものの乾球温度は上昇する。これは乾球温度を上げて湿球温度との差を広げることで相対湿度を下げて限界含水率 41 に到達して蒸発する水分量が少なくなった被乾燥物からの蒸発を促進するためである。

また、湿球温度を一定としているのは酸化酵素の活性を維持するためである。乾球温度と湿球温度の差を広げて相対湿度を下げる場合には、例えば乾球温度を一定として湿球温度を下げることも考えられるが、その場合は酵素の活性が弱まってしまうので望ましくない。また、湿球温度を逆に上げてしまうと酵素が失活してしまうので、酵素の機能がまだ発揮されている減率乾燥 1 期では湿球温度を一定にしておくことが望ましい。

さらに、被乾燥物内部の水分が減少し、膠状含水率 42 に到達した場合には、もはや酵素機能は不要であり、次の減率乾燥 2 期（ⅢⅣ）に遷移していく。この減率乾燥 2 期では、徐々に平衡含水率 43 に近づいてくるので乾燥の速度を下げていく。乾球温度の上昇率は鈍り、湿球温度も少し上昇させることで、被乾燥物の温度が上昇している場合に加える熱量を抑制することが可能となり、熱効率を高めることが可能である。

以上、被乾燥物の含水率と温度に基づく乾燥の工程の説明と、そのような現象に基づいて乾燥機側で循環空気の乾球温度と湿球温度をどのように制御していくかについて説明したが、ここで重要なのは恒率乾燥期から減率乾燥 1 期への遷移点となる限界含水率 41 への到達点、及び減率乾燥 1 期から減率乾燥 2 期への遷移点となる膠状含水率 42 への到達点をいかに精度高く把握できるかという点である。

限界含水率 41 への到達では乾燥室入口基準乾球温度曲線 45 に示されるように乾球温度を上げていき、乾燥室入口基準湿球温度曲線 46 に示されるように湿球温度はそのまま維持する制御を行う必要があるし、膠状含水率 42 への到達点では、乾燥室入口基準湿球温度曲線 46 に示されるように湿球温度を上昇させる必要があるからである。

10

20

30

40

50

すなわち、いずれも乾球温度及び湿球温度の制御を変化させるべき時点であり、この変化を精度高く実行できるか否かが被乾燥物の品質に大きく影響し、また、乾燥工程におけるコストにも大きく影響することになるのである。

さらに、乾燥工程における植物の細胞内部での変化について説明を加える。

【 0 0 2 8 】

前述のとおり、植物の細胞には酵素が含まれており、茎や枝からもぎ採られ、根からの影響補給を絶たれると、蓄えた養分を酸化酵素を利用して分解、消耗しながら生き長らえるように呼吸作用を行うことが知られている。この変化を利用して酸化酵素の活性を強化し、内容成分の変化を促進させるためには被乾燥物の温度や含水量を適正帯に誘導する必要がある。

10

特に、前述のとおり、恒率乾燥期（ⅠⅠ）において、被乾燥物の表面に水（自由水）のある状態で被乾燥物の温度は湿球温度に近似するため、このときの湿球温度の管理が重要となり、さらに、その後に減率乾燥１期へ遷移する時点、すなわち被乾燥物が限界含水率４１となった状態の温度を把握することが重要なのである。

葉たばこでは、一般的には３６ から３８ で酵素の働きは最も旺盛となり、でんぷんはショ糖、ブドウ糖、果糖などの糖に変化する。また、果実のレモンは３４ から３８ 程度、椎茸では２８ から３０ と植物の種類によって異なるものの、酵素が働く適切な温度は存在している。また、椎茸等ではタンパク質がアミノ酸に変化することでうま味や香味を生じている。

さらに、酸化酵素はタンパク質で構成されているため被乾燥物の温度があまりに上昇してしまうと細胞が熱死し、酵素も失活してしまい機能を発揮しなくなるので温度管理が重要となるのである。

20

【 0 0 2 9 】

したがって、恒率乾燥期（ⅠⅠ）において被乾燥物の温度が酸化酵素の活性を維持できる温度であることを確認しながら、湿球温度を制御することが望ましい。

このような酸化酵素の働きを利用した後に、乾燥を進めることで味や香り等の品質に優れた植物性の乾燥物が完成するのである。

また、減率乾燥１期（ⅠⅠⅠ）では被乾燥物の内部からの水分が移動し、さらに内部拡散が蒸発に追い付かなくなっていくので、徐々に水分蒸発量が少なくなり、被乾燥物の温度自体が上昇してくるので、酵素の活性を維持すべき湿球温度一定とするのか、あるいは湿球温度も上昇させて減率乾燥２期（ⅠⅤ）として仕上げ乾燥とすべきなのかの状態を把握することも重要である。すなわち、減率乾燥１期から減率乾燥２期へ遷移する時点、すなわち被乾燥物が膠状含水率４２となった状態の温度を把握することも重要である。

30

【 0 0 3 0 】

以下、再び図１を参照しながら循環式乾燥機１の構成について説明する。

循環式乾燥機１の入力部２は、制御部４によって判断するための基準温度データを入力データベース８に読み出し可能に予め入力する場合や制御時に基準温度データを入力する際にも随時利用される。

入力部２の具体例としては、キーボード、マウス、ペンタブレット、光学式の読取装置あるいはコンピュータ等の解析装置や計測機器等から通信回線を介してデータを受信する受信装置など複数種類の装置のいずれでもあるいは組み合わせでもよく、目的に応じて使い分け可能な装置の採用も考えられる。また、循環式乾燥機１への入力に対するインターフェースのようなものであってもよい。

40

また、出力部３は、制御部４から判断や制御の結果、データ入力を促すための入力画面（インターフェース画面）等の情報について、あるいは各データベースからデータを読み出して外部へ出力するものである。具体的にはＣＲＴ、液晶、プラズマあるいは有機ＥＬなどによるディスプレイ装置、あるいはプリンタ装置などの出力装置、さらには外部装置への伝送を行うためのトランスミッタなどの発信装置などが考えられる。もちろん、外部装置への伝送のための出力に対するインターフェースのようなものであってもよい。

なお、入力データベース８と出力データベース９は図１では制御部４とのみ接続されてい

50

るように示されているが、制御部 4 によらず、入力部 2 から直接入力データベース 8 に入力できてもよいし、入力データベース 8 や出力データベース 9 から直接出力部 3 に出力できてもよい。

【 0 0 3 1 】

循環式乾燥機 1 は、データベースとして、入力データベース 8 と出力データベース 9 の 2 つのデータベースを備えている。

入力データベース 8 には、制御部 4 に入力されるデータが格納されており、具体的には、図 3 を参照しながら説明した被乾燥物基準温度曲線 4 4 に基づく被乾燥物基準温度データ 1 6、図 4 を参照しながら説明した乾燥室入口基準乾球温度曲線 4 5 に基づく乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 及び乾燥室入口基準湿球温度曲線 4 6 に基づく乾燥室入口基準湿球温度データ 1 8 が読み出し可能に格納されている。被乾燥物基準温度データ 1 6 は、被乾燥物として載荷される植物の含水率とともに変化していく温度に関して基準となるデータであり、乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 はこの被乾燥物基準温度に対応して適切と考えられる乾球温度として基準となるデータで、乾燥室入口基準湿球温度データ 1 8 は同様に湿球温度として基準となるデータである。

被乾燥物基準温度データ 1 6 としては、単に温度データの羅列であってもよいし、時系列に対応して配列された温度データであってもよい。さらに、一時点での温度データであってもよいし、時系列に対応した温度変化、すなわち温度勾配の温度データであってもよい。その理由は、図 3 に示される被乾燥物基準温度曲線 4 4 上の限界含水率 4 1 の時点では、温度自身と温度勾配の両方が上昇して変化するので温度であっても温度勾配であってもその時点の検知が可能であるし、同様に膠状含水率 4 2 の時点では、温度自身と温度勾配の両方の上昇が緩やかになるように変化するので温度であっても温度勾配であっても同様にその時点が検知できるからである。

乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 と乾燥室入口基準湿球温度データ 1 8 は、それぞれ被乾燥物基準温度データ 1 6 に 1 対 1 に対応するデータであり、ヒーター 7 とダンパー 6 の制御の基準（目標）となる温度データとなるものである。

【 0 0 3 2 】

一方、出力データベース 9 には、制御部 4 で用いられた各温度計で測定された温度やその温度を用いて判断・制御された結果に関するデータが格納されており、具体的には、被乾燥物温度データ 1 9、乾燥室入口乾球温度データ 2 0、乾燥室入口湿球温度データ 2 1、ダンパー開度データ 2 2 及びヒーター出力データ 2 3 が読み出し可能に格納されている。制御部 4 は、被乾燥物温度判断部 1 0、乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 及び乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 から構成されており、入力データベース 8 及び被乾燥物温度計 1 3、乾燥室入口乾球温度計 1 4、乾燥室入口湿球温度計 1 5 から必要なデータを読み出して乾燥制御に必要な判断及びその判断結果に基づいた制御信号を生成し、ダンパー 6 及びヒーター 7 に対して制御信号を送信する。また、判断に用いられた被乾燥物温度データ 1 9、乾燥室入口乾球温度データ 2 0 及び乾燥室入口湿球温度データ 2 1、さらに制御結果についてはそれぞれ出力データベース 9 に読み出し可能に格納される。

なお、出力データベース 9 にはダンパー 6 に対する制御結果としてのダンパー開度データ 2 2、ヒーター 7 に対する制御結果としてのヒーター出力データ 2 3 が示されるが、ダンパー 6 やヒーター 7 の制御によっては単にオンオフを行うことも考えられるので、これらには定量的な数値の他、オンやオフといったデータも含まれる。

【 0 0 3 3 】

次に、今回の発明の実施の形態に係る循環式乾燥機 1 の乾燥制御に係る操作線の考え方を図 2 及び図 5 を参照しながら説明する。図 5 は湿り空気線図上で循環式乾燥機の操作線の意義を説明するための概念図である。

循環式乾燥機 1 では、ヒーター 7 によって加熱した循環空気を乾燥室 5 に導入し、収容されている被乾燥物から水分を奪い、そして湿度の低い新たな外気（吸気空気 3 5）をダンパー 6 から取り込むと共に同量の循環空気の一部（排気空気 3 3）を排気口 3 4 から排出して交換し、再度ヒーター 7 で加熱して乾燥室 5 に循環させるという方法で乾燥させてい

10

20

30

40

50

る。

このような一連のサイクルを図 5 の湿り空気線図で考えてみる。湿り空気線図の横軸は乾球温度 () であり、縦軸は絶対湿度 (kg / kg) である。また、図中符号 4 7 で示されているのが露点 (相対湿度 100 %) 曲線であり、この点においては、乾球温度と湿球温度が同一となっている。

図中符号 A で表されているのが外気の状態を線図上で示した点であり、同様に、符号 B で表されているのが循環式乾燥機 1 のヒーター 7 の入口における混合空気 3 6 (図 2 参照) であり、符号 C で表されているのがヒーター 7 出口、すなわち乾燥室入口空気 3 1 (図 2 参照) であり、符号 D で表されているのが乾燥室出口空気 3 2 (図 2 参照) である。また、添字の 2 は恒率乾燥期 (I I) を示し、添字の 3 は減率乾燥 1 期 (I I I) における運

10

【 0 0 3 4 】

このような湿り空気線図上で、破線で示される恒率乾燥期では、乾燥室出口空気 3 2 (D 2) の一部が同量の吸入空気 3 5 と排出空気 3 3 とで交換され、乾燥室出口空気 3 2 (D 2) と吸入空気 3 5 (A) との混合空気 3 6 (B 2) がヒーター 7 によって Q 2 の熱を受けて乾燥室入口空気 3 1 (C 2) となり、乾燥室 5 内で被乾燥物から水分を蒸発させて、乾燥室出口空気 3 2 (D 2) となることが表現されている。

この湿り空気線図上では、線分 C 2 - D 2 が湿球温度一定の線図上にあり、乾燥室の入口と出口間で湿球温度が一定に制御されていることを示している。また、線分 B 2 - C 2 はヒーター 7 の入口と出口で乾球温度がどれだけ上昇したかを示しており、ヒーター 7 で与えた熱量 Q 2 が表現されている。また、C 2 の点がサイクルの繰り返し後でも移動しない場合は乾球温度が一定であることが示されることになる。すなわち、この破線で示された運転状態の継続は、乾球温度及び湿球温度一定であり、恒率乾燥期における状態を示している。

20

【 0 0 3 5 】

また、線分 D 2 - B 2 と線分 B 2 - A の長さの比である $m : n$ は乾燥室出口空気 3 2 (D 2) の一部が排出空気 3 3 (m) として排気され、残りの再循環空気 (n) と、排出空気 3 3 と同量の吸入空気 3 5 (A) とが混合されて混合空気 3 6 (B 2) となる状態を表現するものである。この湿り空気線図には、等比エンタルピー線が記載されているので、この線図を参照すれば作図によっても乾燥室出口空気 3 2 (D 2)、外気 (A)、ヒーター 7 入口の混合空気 3 6 (B 2) 及び乾燥室 5 入口の乾燥室入口空気 3 1 (C 2) の比エンタルピーを知ることが可能であり、エンタルピーの観点からすると、 $m : n$ は循環式乾燥機 1 から排気される熱量と排気されずに循環する熱量との比であることがわかる。

30

さらに、D 2 を頂点とし、線分 B 2 - C 2 を底辺として示される三角形の高さは、乾燥室 5 の入口と出口での絶対湿度の差を示すものであり、これから乾燥室 5 内で脱水された水分量を演算することも可能である。

添字の 3 は減率乾燥 1 期 (I I I) における運転状態を示しているが、この減率乾燥 1 期では先ほどの三角形が右下にずれた状態で表現されている。これは、減率乾燥 1 期でも恒率乾燥期と同じ湿球温度で一定に制御していることを示しつつ、さらに、ヒーター 7 の出口の乾球温度は Δt_{23} ほど上昇させていることを示している。減率乾燥 1 期では既に説明したとおり、乾球温度を上昇させる制御を行うが、その状態を表現するものである。実際の運転では空気の循環量に応じて徐々に温度を上昇させるので、三角形も徐々にずれるように移動することになる。

40

また、三角形の底辺の長さ Q 3 がヒーター 7 で与えた熱量として表現され、三角形の高さである絶対湿度の差、すなわちサイクルでの蒸発水分量は、恒率乾燥期 (W w 2) よりも減率乾燥 1 期 (W w 3) の方が少なくなっており、これは既に図 3 を参照しながら説明した状態と一致している。

【 0 0 3 6 】

次に、図 6 を参照しながら、減率乾燥 1 期から減率乾燥 2 期 (I V) に遷移する場合の運転状態について説明する。

50

図 6 において、図 5 と横軸と縦軸は同一であり、減率乾燥 1 期の運転状態を破線で示し、減率乾燥 2 期の運転状態を実線で示す。

減率乾燥 2 期においても、減率乾燥 1 期と比較して三角形が右下に移動しているが、減率乾燥 2 期では乾球温度と湿球温度の両方で上昇しているのが理解できる。すなわち、乾球温度では Δt_{34} 、湿球温度では $\Delta t'_{34}$ ほど上昇している。このような運転については、既に図 4 を参照しながら説明したとおりである。

また、減率乾燥 2 期では、三角形の高さである絶対湿度の差、すなわちサイクルでの蒸発水分量 (Ww_4) は、減率乾燥 1 期 (Ww_3) よりもさらに少なくなっており、これも既に図 3 を参照しながら説明した状態と一致している。

以上説明したとおり、恒率乾燥期から減率乾燥 1 期への遷移及び減率乾燥 1 期から減率乾燥 2 期への遷移は湿り空気線図上に表現することが可能である。そして、この遷移における乾燥室 5 の入口空気の乾球温度と湿球温度は、それぞれ C 2 と C 3 及び C 3 と C 4 におけるものをそれぞれ乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 及び乾燥室入口基準湿球温度データ 1 8 として入力データベース 8 に格納しておき、被乾燥物温度判断部 1 0 で被乾燥物温度計 1 3 からの温度データを被乾燥物基準温度データ 1 6 と比較しながら、限界含水率 4 1 及び膠状含水率 4 2 に到達した時点を見極めることで、その温度データに対応した乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 及び乾燥室入口基準湿球温度データ 1 8 を用いてダンパー 6 とヒーター 7 を制御することで被乾燥物の乾燥工程における温度管理を精度の高いものとすることができる。

このように、被乾燥物の温度に応じて、乾燥後の品質を高めたり乾燥の効率を高めるために各乾燥工程において湿球温度と乾球温度の管理をすることが重要であることを説明したが、これから、この温度管理の精度を高めるための制御技術について説明する。

【 0 0 3 7 】

図 1 と図 7 を参照しながら、循環式乾燥機 1 の制御方法について説明する。図 7 は本発明の実施の形態に係る循環式乾燥機によって実行される乾燥制御方法のフロー図である。

本図は、本願発明の循環式乾燥方法及び循環式乾燥制御プログラムに対してはその実行工程を表すものでもあり、この図を参照しながら循環式乾燥機 1 におけるデータ処理の流れを説明することは循環式乾燥方法及び循環式乾燥制御プログラムの実施の形態について説明することと同義である。なお、図 7 において、S で示す工程に関する記載を覆うようにして破線で示しているのは図 1 に示される循環式乾燥機 1 の構成要素であり、符号を同一としている。

【 0 0 3 8 】

循環式乾燥機 1 による乾燥工程では、まず前工程として、被乾燥物基準温度データ 1 6、乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 及び乾燥室入口基準湿球温度データ 1 8 を、入力部 2 を介して入力データベース 8 に入力しておく。これらの温度データは被乾燥物の種類に応じて予めデータを作成しておく。

そして、ステップ S 1 としてまず乾燥室 5 内に設置された被乾燥物温度計 1 3 を使用して被乾燥物の温度を測定する。また、ステップ S 2、S 3 として乾燥室 5 の入口に設置された乾燥室入口乾球温度計 1 4 及び乾燥室入口湿球温度計 1 5 を使用して、それぞれ乾燥室入口乾球温度と乾燥室入口湿球温度を測定する。

本実施の形態においては便宜上ステップ S 1、2、3 としたが、これらは同時に測定されており、その順序を限定するものではない。

【 0 0 3 9 】

次に、ステップ S 4 では制御部 4 の被乾燥物温度判断部 1 0 が、ステップ S 1 において被乾燥物温度計 1 3 で測定され読み出された被乾燥物温度と、入力データベース 8 から読み出した被乾燥物基準温度データ 1 6 を比較して同値、あるいは高低を判断する。そして、ステップ S 5 では、その判断結果に応じて判断信号を生成し、乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 及び乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 に送信する。判断信号は測定値が同値の際には生成されず、測定値の方が高いか低い場合に生成されて送信される。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 6 では、乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 が、ステップ S 2 において乾燥室入口乾球温度計 1 4 で測定され読み出された乾燥室入口乾球温度と、入力データベース 8 から読み出した乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 を比較して同値、あるいは高低を判断する。そして、ステップ S 7 では、その判断結果として測定値の方が高い場合には乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 はヒーター 7 をオフあるいは出力を下げる制御信号を生成し、逆に低い場合にはヒーター 7 をオンあるいは出力を上げる制御信号を生成し、ヒーター 7 に送信する。また、同値の場合には制御信号を生成することなくヒーター 7 の出力は維持される。このようにヒーター 7 は乾燥室入口の乾球温度に基づいて制御される。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 8 では、乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 が、ステップ S 3 において乾燥室入口湿球温度計 1 5 で測定され読み出された乾燥室入口湿球温度と、入力データベース 8 から読み出した乾燥室入口基準湿球温度データ 1 8 を比較して同値、あるいは高低を判断する。そして、ステップ S 9 では、その判断結果として測定値の方が高い場合には乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 はダンパー 6 を開あるいは開度を上げる制御信号を生成し、逆に低い場合にはダンパー 6 を閉あるいは開度を下げる制御信号を生成し、ダンパー 6 に送信する。また、同値の場合には制御信号を生成することなくダンパー 6 の開度は維持される。このようにダンパー 6 は乾燥室入口の湿球温度に基づいて制御される。

【 0 0 4 2 】

さらに、ステップ S 5 で被乾燥物温度の測定値が高くあるいは低く判断信号が生成され乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 に送信されると、ステップ S 6 で乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 は入力データベース 8 からその判断信号に基づいて、入力データベース 8 において測定値と同一の被乾燥物基準温度データ 1 6 に対応した乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 を読み出して、その読み出された基準乾球温度と乾燥室入口乾球温度計 1 4 で測定された乾球温度を比較して、同値あるいは高低を判断する。そして、ステップ S 7 では同様に制御信号を生成し、ヒーター 7 に送信する。

同様に、ステップ S 5 で被乾燥物温度の測定値が高くあるいは低く判断信号が生成され乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 に送信されると、ステップ S 8 で乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 は入力データベース 8 からその判断信号に基づいて、入力データベース 8 において測定値と同一の被乾燥物基準温度データ 1 6 に対応した乾燥室入口基準湿球温度データ 1 8 を読み出して、その読み出された基準湿球温度と乾燥室入口湿球温度計 1 5 で測定された湿球温度を比較して、同値あるいは高低を判断する。そして、ステップ S 9 では同様に制御信号を生成し、ダンパー 6 に送信する。

【 0 0 4 3 】

なお、乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 におけるステップ S 6、7 と乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 におけるステップ S 8、9 は便宜上このように順序したが、図 7 に示されるとおり、ステップ S 5 からステップ S 6 とステップ S 8 の両方に判断信号を送信するものであり、特にその工程の順序を限定するものではない。

また、被乾燥物温度判断部 1 0 で読み出された被乾燥物温度は被乾燥物温度データ 1 9 として被乾燥物温度判断部 1 0 によって、乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 で読み出された乾燥室入口乾球温度は乾燥室入口乾球温度データ 2 0 として乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 によって、乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 で読み出された乾燥室入口湿球温度は乾燥室入口湿球温度データ 2 1 として乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 によって、それぞれ出力データベース 9 に読み出し可能に格納される。

さらに、乾燥室入口乾球温度判断部 1 1 によって生成されたヒーター 7 のオンオフ、あるいは出力の増減に関する制御信号に基づくヒーター出力はヒーター出力データ 2 3 として出力データベース 9 に読み出し可能に格納され、同様に乾燥室入口湿球温度判断部 1 2 によって生成されたダンパー 6 の開閉、あるいは開度の増減に関する制御信号に基づくダンパー開度はダンパー開度データ 2 2 として出力データベース 9 に読み出し可能に格納される。

また、被乾燥物基準温度データ 1 6、乾燥室入口基準乾球温度データ 1 7 及び乾燥室入口

10

20

30

40

50

基準湿球温度データ 18 はそれぞれ入力データベース 8 から読み出されるものとしたが、循環式乾燥機 1 の稼働中に必要に応じて入力部 2 から制御部 4 の被乾燥物温度判断部 10、乾燥室入口乾球温度判断部 11 及び乾燥室入口湿球温度判断部 12 にそれぞれ入力されてもよい。

このように制御することで、図 3 及び図 4 を参照しながら説明した被乾燥物の乾燥工程の進行時に含水率の変化及び温度の変化に伴って遷移すべきポイントである限界含水率 41 となる点、膠状含水率 42 となる点などを被乾燥物温度計 13 によって被乾燥物温度を乾燥室 5 内で直接測定することで精度高く認知することが可能となる。

【0044】

そして、その精度を高めたタイミングで乾燥室入口乾球温度と乾燥室入口湿球温度の制御において基準とする温度を基準値として乾燥室 5 の乾燥室入口乾球温度計 14 と乾燥室入口湿球温度計 15 の高低を判断してダンパー 6 とヒーター 7 を制御することで被乾燥物の乾燥の程度に応じた循環空気の物性を制御することが可能であり、よって酸化酵素の活性化の状態を適切に維持して味や香味さらには食感に優れた高い品質の乾燥物を提供することができ、しかも不要な熱量は加えず効率的で効果的な乾燥を行うことが可能である。

なお、本実施の形態において、ステップ S4 では制御部 4 の被乾燥物温度判断部 10 が、ステップ S1 において被乾燥物温度計 13 で測定され読み出された被乾燥物温度と、入力データベース 8 から読み出した被乾燥物基準温度データ 16 を比較して同値、あるいは高低を判断したが、被乾燥物基準温度データ 16 として単位時間当たりの温度変化、すなわち温度勾配を採用する場合には、被乾燥物温度計 13 で測定された被乾燥物温度変化を微分して温度勾配を得て、これを測定値として、温度勾配同士を比較して同値、あるいは高低を判断すればよい。

また、ステップ S5 で被乾燥物温度の測定値としての温度勾配が高くあるいは低く判断信号が生成され乾燥室入口乾球温度判断部 11 に送信された場合には、ステップ S6 で乾燥室入口乾球温度判断部 11 は入力データベース 8 からその判断信号に基づいて、入力データベース 8 において測定値としての温度勾配と同一の被乾燥物基準温度データ 16 に対応した乾燥室入口基準乾球温度データ 17 を読み出して、その読み出された基準乾球温度と乾燥室入口乾球温度計 14 で測定された乾球温度を比較して、同値あるいは高低を判断する。そして、ステップ S7 では同様に制御信号を生成し、ヒーター 7 に送信する。それ以降のステップ S8 も同様である。

【0045】

以下に、上述の実施の形態に係る循環式乾燥機 1、循環式乾燥方法及び循環式乾燥制御プログラムの変形例について説明を加える。

上述の実施の形態では、制御部 4 に被乾燥物温度判断部 10 を設けたが、これを乾燥室入口乾球温度判断部 11 と乾燥室入口湿球温度判断部 12 のそれぞれに組み込むのが変形例である。

すなわち、乾燥室入口乾球温度判断部 11 は、乾燥室入口乾球温度計 14 で測定された乾燥室入口乾球温度と入力データベース 8 から読み出した乾燥室入口基準乾球温度データ 17 を比較するが、その前工程として乾燥室入口乾球温度判断部 11 が被乾燥物温度計 13 から被乾燥物温度を読み出して、入力データベース 8 から読み出した被乾燥物基準温度データ 16 と比較し、高低があった場合にその判断結果に基づいて判断信号を自己に生成するのである。そして、その判断信号に基づいたその後の実行は既に説明したとおりである。

同様に、乾燥室入口湿球温度判断部 12 も乾燥室入口湿球温度計 15 で測定された乾燥室入口湿球温度と入力データベース 8 から読み出した乾燥室入口基準湿球温度データ 18 を比較するが、その前工程として乾燥室入口湿球温度判断部 12 が被乾燥物温度計 13 から被乾燥物温度を読み出して、入力データベース 8 から読み出した被乾燥物基準温度データ 16 と比較し、高低があった場合にその判断結果に基づいて判断信号を自己に生成するのである。そして、その判断信号に基づいたその後の実行は既に説明したとおりである。

すなわち、被乾燥物温度の是非を判断するのをダンパー 6 やヒーター 7 に対して制御信号を生成する乾燥室入口湿球温度判断部 12 や乾燥室入口乾球温度判断部 11 の機能として

10

20

30

40

50

付加したものである。

このように構成される変形例においても前述の実施の形態と同様の作用及び効果を発揮することが可能である。

なお、本変形例においても被乾燥物基準温度データ 16 として単位時間当たりの温度変化、すなわち温度勾配を採用する場合は考えられ、実施の形態で既に述べたとおりである。

【産業上の利用可能性】

【0046】

以上説明したように、本発明の請求項 1 乃至請求項 6 に記載された発明は、被乾燥物の温度を測定し、その被乾燥物の状態を判断しその判断結果に基づいて、ダンパーとヒーターに制御信号を送信して制御することで、より高精度で高効率な制御を可能とし、乾燥にか
10
かる加熱コストを抑制しながら被乾燥物の品質を味や香味、食感の観点から高めることが可能であり、業務用の葉たばこの乾燥機やドライフルーツの製造装置、あるいは椎茸乾燥機などをはじめ、広く一般家庭向きの小型で家庭の主婦でも取り扱いが容易で安価・簡単に高品質な食品乾燥を可能とする装置など広く提供することができる。

【符号の説明】

【0047】

1 ... 循環式乾燥機 2 ... 入力部 3 ... 出力部 4 ... 制御部 5 ... 乾燥室 6 ... ダンパー 7 ...
ヒーター 8 ... 入力データベース 9 ... 出力データベース 10 ... 被乾燥物温度判断部 1
1 ... 乾燥室入口乾球温度判断部 12 ... 乾燥室入口湿球温度判断部 13 ... 被乾燥物温度計
14 ... 乾燥室入口乾球温度計 15 ... 乾燥室入口湿球温度計 16 ... 被乾燥物基準温度デー
20
タ 17 ... 乾燥室入口基準乾球温度データ 18 ... 乾燥室入口基準湿球温度データ 19 ...
被乾燥物温度データ 20 ... 乾燥室入口乾球温度データ 21 ... 乾燥室入口湿球温度データ
22 ... ダンパー開度データ 23 ... ヒーター出力データ 30 ... 載荷棚 31 ... 乾燥室入口
空気 32 ... 乾燥室出口空気 33 ... 排出空気 34 ... 排気口 35 ... 吸入空気 36 ... 混
合空気 40 ... 含水率曲線 41 ... 限界含水率 42 ... 膠状含水率 43 ... 平衡含水率 4
4 ... 被乾燥物基準温度曲線 45 ... 乾燥室入口基準乾球温度曲線 46 ... 乾燥室入口基準湿
球温度曲線 47 ... 露点（相对湿度 100%）曲線

10

20

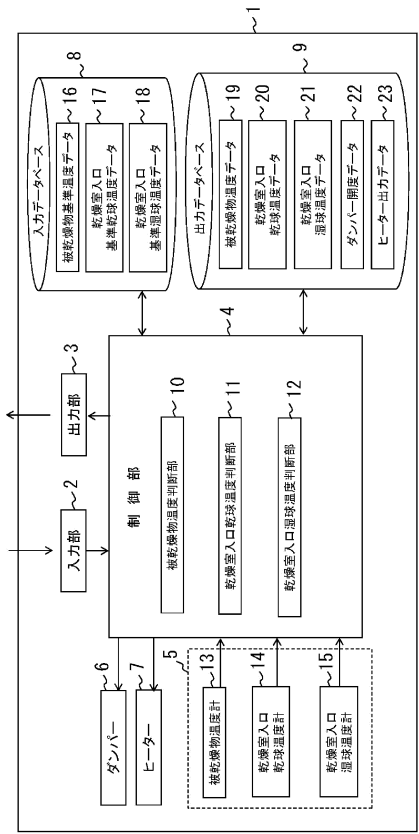
30

40

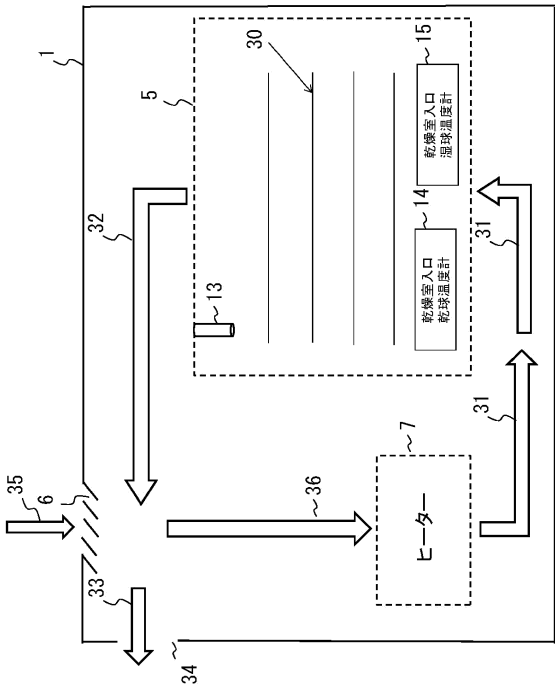
50

【図面】

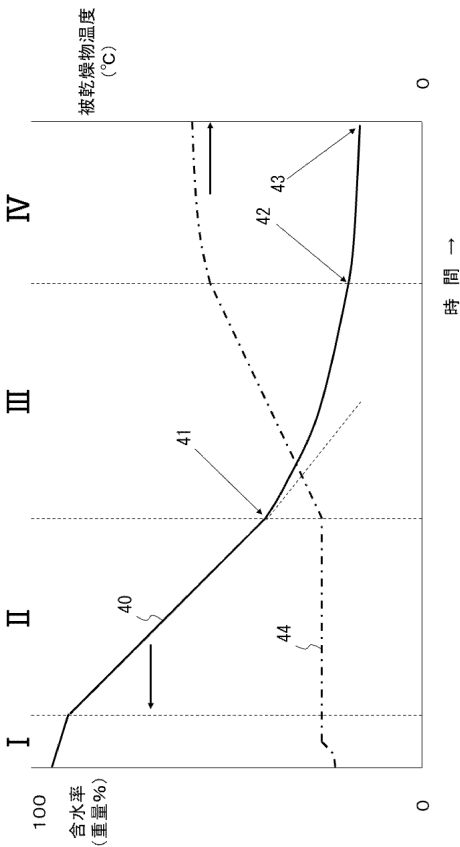
【図 1】



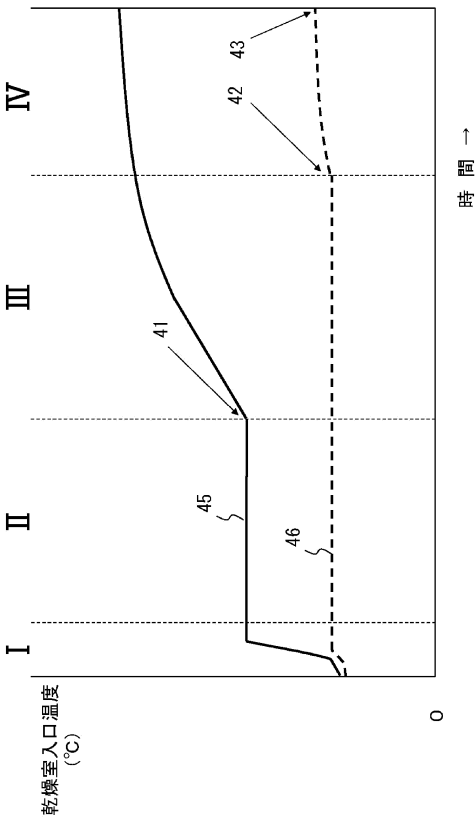
【図 2】



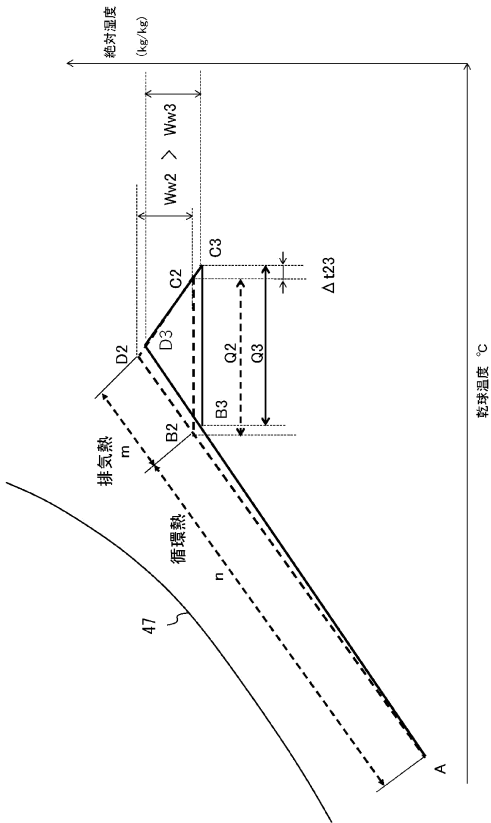
【図 3】



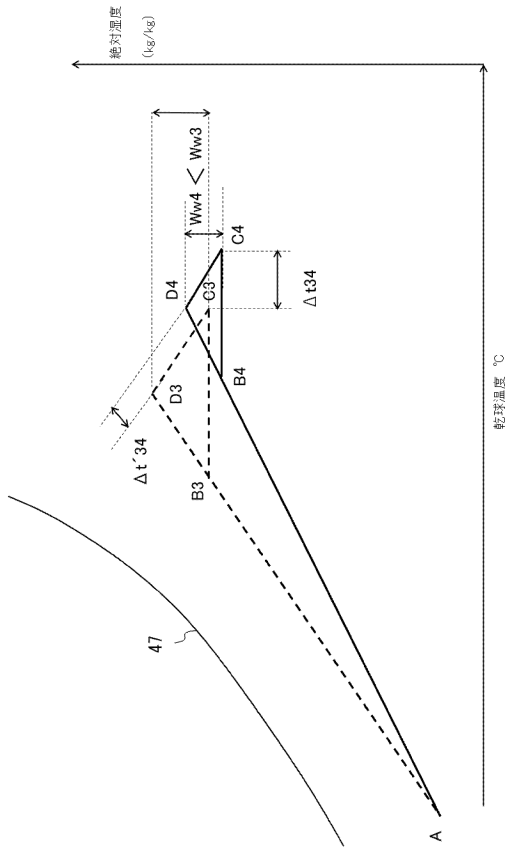
【図 4】



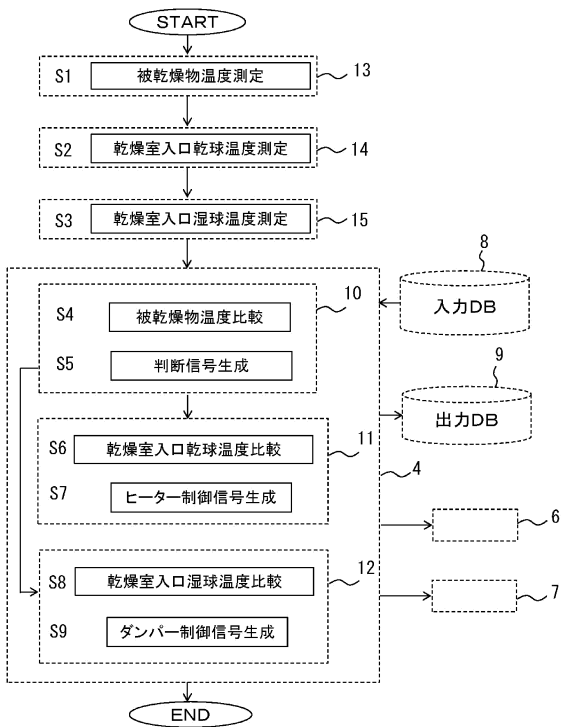
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 3 2 5 7 2 4 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 0 0 6 6 6 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------|
| F 2 6 B | 2 1 / 0 4 |
| F 2 6 B | 3 / 0 2 |
| F 2 6 B | 2 1 / 1 0 |
| F 2 6 B | 2 1 / 0 8 |
| A 2 4 B | 1 / 0 2 |